

华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电 项目环境影响报告书

建设单位：华能沽化新能源有限公司

环评单位：海域海岛环境科技研究院（天津）有限公司

2025年12月

目 录

1	概述.....	1
1.1	项目背景.....	1
1.2	建设项目特点.....	2
1.3	环境影响评价过程.....	3
1.4	分析判定相关情况.....	4
1.5	关注的主要环境问题及环境影响.....	5
1.6	环境影响评价报告结论.....	5
2	总则.....	7
2.1	编制依据.....	7
2.2	评价因子与评价标准.....	10
2.3	评价工作等级、范围.....	18
2.4	环境敏感目标及环境保护目标.....	25
3	建设项目工程分析	33
3.1	项目建设概况.....	33
3.2	建设方案概述.....	33
3.3	施工方案.....	57
3.4	项目用海用地情况.....	77
3.5	产污环节分析.....	79
3.6	污染因子源强估算.....	81
3.7	工程各阶段非污染环境影响分析.....	94
4	环境现状调查与评价	98
4.1	自然环境概况.....	98
4.2	区域开发利用现状与保护概况.....	121
4.3	海洋水文动力环境现状调查与评价.....	123
4.4	海洋水质调查结果与评价.....	133
4.5	海洋沉积物调查与评价.....	146
4.6	海洋生态环境现状调查与评价.....	151
4.7	海洋生物体质量现状调查与评价.....	161
4.8	渔业资源现状调查与评价.....	163

4.9	鸟类生态环境现状评价与调查.....	165
4.10	噪声现状调查与评价.....	176
4.11	大气环境质量现状与评价.....	185
5	环境影响预测与评价	186
5.1	大气环境影响评价.....	186
5.2	声环境影响评价.....	186
5.3	地表水环境影响评价.....	187
5.4	固体废物环境影响评价.....	187
5.5	海洋环境影响评价.....	188
5.6	海洋生物资源影响评价.....	199
5.7	鸟类及其生境影响评价.....	203
5.8	通航安全影响分析.....	218
5.9	对环境敏感目标影响分析.....	220
5.10	海洋生态影响程度判定.....	224
6	环境风险评价	225
6.1	环境风险识别.....	225
6.2	环境风险事故源项分析.....	226
6.3	事故风险影响分析.....	232
6.4	风险防范对策措施.....	238
6.5	结论.....	256
7	环境保护措施及其可行性论证	257
7.1	废气污染防治措施.....	257
7.2	噪声污染防治措施.....	258
7.3	水污染防治措施.....	259
7.4	固体废物污染防治措施.....	259
7.5	生态环境保护措施.....	261
7.6	环境保护措施汇总.....	271
8	环境影响经济损益分析	273
8.1	环境经济损益分析方法.....	273
8.2	项目经济、社会效益分析.....	273

8.3	环境损益分析.....	273
8.4	综合评价.....	275
9	环境管理与监测计划	276
9.1	环境管理.....	276
9.2	环境监测.....	278
9.3	总量控制.....	282
9.4	“三同时”验收一览表	283
10	产业政策、规划符合性及选址合理性分析	287
10.1	产业政策符合性分析.....	287
10.2	“三线一单”符合性分析	287
10.3	国土空间规划符合性分析.....	297
10.4	相关规划符合性分析.....	302
10.5	工程选址合理性分析.....	306
11	环境影响综合评价结论与对策建议	313
11.1	项目概况.....	313
11.2	污染物排放情况.....	313
11.3	环境质量现状.....	314
11.4	环境影响评价结论.....	315
11.5	环境保护对策措施分析结论.....	318
11.6	环境影响经济损益分析.....	321
11.7	环境管理与监测计划.....	322
11.8	公众参与情况.....	322
11.9	环境影响可行性结论.....	322

1 概述

1.1 项目背景

2021年9月22日，中共中央、国务院联合发布了《中共中央国务院关于<完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见>》，意见指出：“立足新发展阶段，贯彻新发展理念...把碳达峰、碳中和纳入经济社会发展全局，以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展为核心，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路，确保如期实现碳达峰、碳中和”。2024年3月5日，李强总理代表国务院在十四届全国人大二次会议上作《政府工作报告》，报告提出：“大力发展绿色低碳经济。推进产业结构、能源结构、交通运输结构、城乡建设发展绿色转型。...深入推进能源革命，控制化石能源消费，加快建设新型能源体系。加强大型风电光伏基地和外送通道建设，推动分布式能源开发利用，发展新型储能，促进绿电使用和国际互认。”

2021年8月，山东省人民政府印发《山东省能源发展“十四五”规划》，规划指出，到2025年，全省可再生能源装机规模超过8000万kW，力争全省可再生能源装机达到9000万kW。2022年2月，山东省发改委和山东省能源局联合印发《山东省可再生能源发展“十四五”规划》。规划指出，到2025年底全省可再生能源装机达到9000万kW以上。在风电方面，坚持海陆统筹、科学布局，推进风电规划化、基地化发展，实现风能资源的科学开发和有效利用。到2025年，光伏装机规模达到2500万kW。2023年2月，山东省印发《2023年全省能源工作指导意见》，指出到2023年底，电力总装机达到2亿kW左右，其中新能源和可再生能源发电装机达到8000万kW以上，占比达到40%以上。全年新投产新能源和可再生能源装机1000万kW以上。2023年1月，滨州市印发《深化新旧动能转换推动绿色低碳高质量发展2023年重点工作任务》，要求坚定不移走生态优先、绿色发展的现代化道路。

根据自然资源部2024年12月30日发布的《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，“鼓励立体复合利用：在符合国土空间规划和利益相关者协调一致的前提下，鼓励在已取得合法用海手续的海洋油气开发区、深远海养殖区等已开发利用海域建设海上风电。鼓励新增海上风电项目用海采用“风电+”的综合开发利用模式实现“一海多用”，通过统一设计、统一论证，建设一定比例的网箱养殖、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施，切实提高海上风电场区海域资源利用效率。已经批准的海上风电项目，鼓励在风电场内进行复合利用。经评估论证不影响安全使用的情况下，可在现有标准海堤或永久性堤坝确权用海范围内建设风机

塔架”。

根据《山东省能源交通跨领域协同发展三年行动计划（2025-2027年）》，“打造低碳港口群：发挥港口丰富的风光资源优势，以青岛港、日照港、渤海湾港、威海沿海码头和内河港口群等为重点，利用港区堆场空闲地和办公楼、仓库、厂房等屋顶资源，加快光伏和风电项目开发，试点推进可再生能源制氢及应用。利用潍坊港、滨州港防波堤岸线资源，探索防波堤风电开发。到2027年光伏发电装机达到8万千瓦左右、风电装机达到60万千瓦左右”。本项目已纳入《山东省能源交通跨领域协同发展三年行动计划(2025-2027年)》中。

华能沾化新能源有限公司拟在滨州港已建的西防波上方建设20台风力发电机组，总装机容量为200MW，经35kV的集电线路汇集至220kV升压站。经估算，项目年上网电量约为688662.26MW·h，年均等效满负荷小时数为2749.15h，容量系数为0.3138。项目建成后每年可节约标准煤22.4万t。减少烟尘0.052万t、氮氧化物0.841万t、二氧化硫1.682万t、二氧化碳55.91万t、一氧化碳56.98t，有利于优化全市能源供应结构、缓解环境污染等方面发挥积极的推动作用。

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》和《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》的规定，需进行海洋环境影响评价。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场总装机容量200MW，属于“五十四、海洋工程，151.海洋能源开发利用类工程”中“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”，应编制报告书。为此，华能沾化新能源有限公司委托海域海岛环境科技研究院（天津）有限公司开展华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电项目环境影响评价工作。本报告评价内容包括风电机组及集电线路施工期及营运期的环境影响，升压站的环境影响另行开展专题。

1.2 建设项目特点

项目为电力工业用海项目，主要特点如下：

（1）项目性质：新建项目

（2）地理位置：本项目位于滨州市无棣县滨州港海域，依托已建防波堤进行建设，风电机组桩基均位于滨州港已建防波堤确权范围内，升压站位于西防波堤起点南侧。

建设规模：本项目建设内容包括风电机组和海底电缆及升压站。项目拟在已建西防波堤建设20台风电机组，项目风机单机容量10MW，总装机容量为200MW，风

电机组发出电能通过自带箱式变压器升压为35kV，经过10回35kV海底电缆，汇集至220kV升压站。

行业类别：根据《国民经济行业分类》（GBT4754-2017）（2019年修订），本项目行业类别为“D4415风力发电”、“E4834海底设施铺设工程建筑”、“E4839其他海洋工程建筑”、“E4874风能发电工程施工”。

建设现状：未开展建设。

环境影响特点：本项目在已建的防波堤上建设风电，主要的环境影响在施工期，包括施工期对防波堤的影响，施工产生的悬浮泥沙以及施工船舶产生的废水（生活污水和含油废水）、船舶尾气和固体废物以及施工噪声、扬尘等。运行期，项目风力发电，将风能转化为电能，主要环境影响为运维检修过程中产生的固体废物以及检修人员产生的废水和固体废物。此外，项目生态影响包括海洋生态环境、海洋水文动力环境、鸟类迁徙及生境和通航环境的影响。

1.3 环境影响评价过程

评价单位在接受委托后，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，最后制订了评价工作方案。根据工作方案，开展进一步的工程分析，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，并最终编制完成了《华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电项目环境影响报告书》。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）等相关技术规范的要求，本项目环评影响评价工作程序见下图。

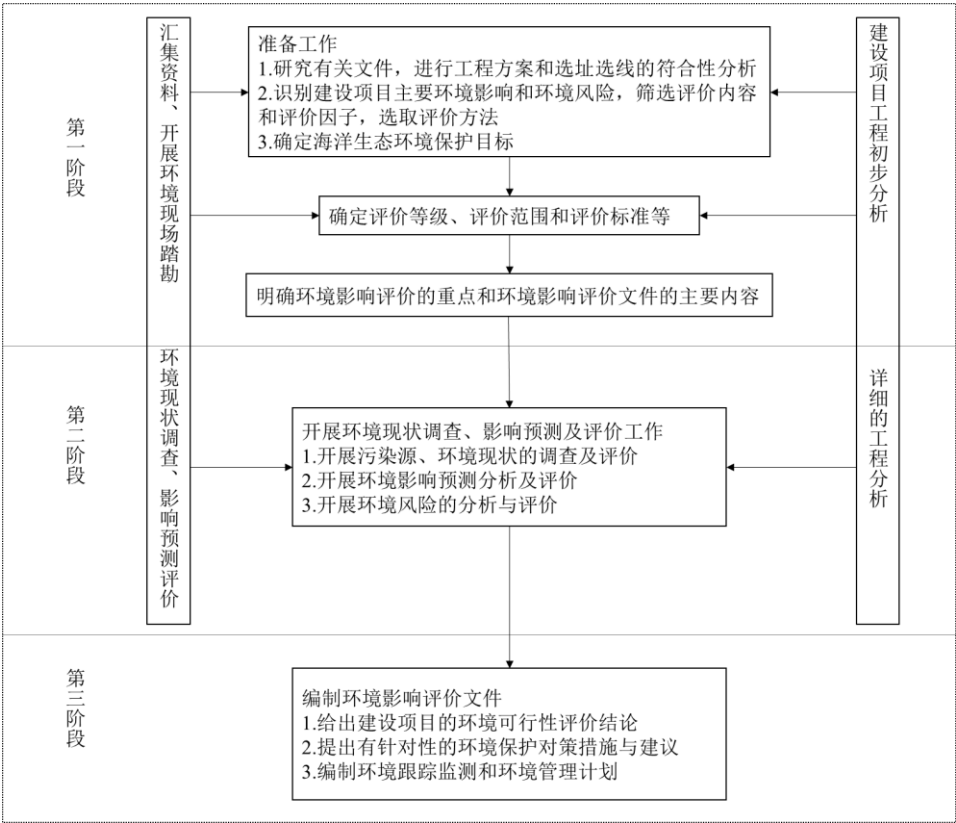


图 1.3-1 本项目环评影响评价工作程序

1.4 分析判定相关情况

（1）根据《山东省国土空间规划（2021-2035年）》，本项目位于海洋开发利用空间，不占用生态保护红线，不占用岸线。项目在已确权的防波堤上建设风电，占用的海域空间为水面，有利于推动海域分层确权，立体利用。

（2）根据《滨州市国土空间总体规划（2021-2035年）》，项目位于滨州港交通运输用海区。项目风机位于已建防波堤上，风机基础全部位于防波堤确权范围内，主要利用水面以上空间，不占用水体，与已建防波堤实施立体设权，项目建设不影响交通运输用海区基本功能的发挥，不会妨碍周边海域交通运输。

（3）根据《无棣县国土空间总体规划（2021-2035年）》，项目位于交通运输用海区。项目风机位于已建防波堤上，风机基础全部位于防波堤确权范围内，主要利用水面以上空间，不占用水体，与已建防波堤实施立体设权，项目建设不影响交通运输用海区基本功能的发挥，不会妨碍周边海域交通运输。

（4）根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于“鼓励类”中“五、新能源”的“1.风力发电技术与应用”，项目建设符合国家产业政策。

（5）根据山东省“三区三线”划定成果，本项目不占用生态保护红线和永久基本农田，符合“三区三线”管控要求。项目建设符合资源利用上线和环境质量底线的要求，项目位于重点管控单位和一般管控单元；本项目在施工期和运营期设置了合理

的污染防治措施，满足“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和滨州市生态环境准入清单”的相关要求。

(6) 项目施工期生活污水经环保厕所收集后委托资质单位处理，含油污水封铅后，委托资质单位处理，生活垃圾经垃圾箱定点收集后委托环卫部门处理，废气主要为机械车辆船舶尾气，均为直接排放。项目运营期，检修期间产生的生活垃圾和生活废水均集中收集后处理，检修过程中产生的危险废物暂存至危废间，委托资质单位处理。因此，本项目无需申请总量控制指标。

(7) 本项目不在《固定污染源排污许可分类管理名录（2019年版）》（生态环境部令第11号）规定的类别范围内，无需申请排污许可证。若国家颁布新的排污许可管理文件，按照新文件执行。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

本项目为海上风电项目，在已建防波堤上建设风电机组，铺设海底电缆，根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，结合项目实际情况，应关注的主要环境问题及环境影响为：

(1) 项目施工产生的悬浮泥沙对海水水质、海洋生态和生物资源环境的影响；

(2) 项目建设对滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区、辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区等环境敏感目标的影响；

(3) 项目建设对防波堤安全稳定性的影响；

(4) 项目施工期及运营期噪声、废水、废气、固体废物处置及对周边环境的影响；

(5) 项目施工船舶溢油环境风险事故对环境的影响及防范措施对策建议。

1.6 环境影响评价报告结论

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于“鼓励类”，符合国家和滨州市产业政策，符合《山东省国土空间规划（2021-2035年）》《滨州市国土空间总体规划（2021-2035年）》、山东省“三区三线”，《滨州市“三线一单”生态环境分区管控方案》。项目区域环境质量现状一般，施工期、运营期采取的污染物治理措施符合项目实际情况及环保要求，污染物的去向及处理、处置方案可行。各类废水、废气、噪声排放均满足国家标准要求，固体废物得到妥善处置，不产生排海污染物。项目建设对附近海域水质、水文动力和冲淤环境的影响较小，对周边生态环境的影响较小。本项目风险水平为低风险，在落实了相关应急措施、设施，加强风险管理后，可以避免大的环境风险，项目所带来的环境风险是可接受的，可控的。

建设单位在落实报告书中提出的各项环保治理措施后，从环境保护角度出发，本项目的建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律法规与条例

(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订；

(2) 《中华人民共和国自然保护区条例》，根据中华人民共和国国务院令〔2017〕687号，2017年10月7日第二次修订；

(3) 《中华人民共和国水土保持法》，1991年6月29日通过，2010年12月25日第一次修订，自2011年3月1日起施行；

(4) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，1982年8月23日通过，2000年4月1日起施行，2023年10月24日第二次修订，2024年1月1日起施行；

(5) 《中华人民共和国海上交通安全法》，1983年9月2日通过，2021年4月29日修订，2021年9月1日起施行；

(6) 《中华人民共和国民法典》，十三届全国人大三次会议，2020年5月28日颁布，2021年1月1日施行；

(7) 《中华人民共和国防洪法》，1997年8月29日通过，2016年7月2日第三次修正，2016年9月1日起施行；

(8) 《中华人民共和国水法》，1988年1月21日通过，2016年7月2日第二次修正，2016年9月1日起施行；

(9) 《中华人民共和国水污染防治法》，1984年5月11日通过，2017年6月27日第二次修正，2018年1月1日起施行；

(10) 《海洋自然保护区管理办法》，1995年5月29日；

(11) 《自然保护区类型与级别划分原则》（GB/T14529-93）；

(12) 《关于加强自然保护区管理有关问题的通知》（环办〔2004〕101号），原国家环境保护总局办公厅，2004年11月12日；

(13) 《关于进一步加强生态保护工作的意见》（环发〔2007〕37号），2007年3月；

(14) “关于认真落实《国务院办公厅关于做好自然保护区管理有关工作的通知》的通知”（环发〔2011〕65号），2011年6月5日；

(15) 《关于进一步加强涉及自然保护区开发建设活动监督管理的通知》，2015年5月6日；

(16) 《在国家级自然保护区修筑设施审批管理暂行办法》（国家林业局 50 号令，2018 年 4 月起实施）

(17) 《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》（国务院令第 62 号公布，国务院令第 698 号修改），1990 年 5 月 25 日通过，2018 年 3 月 19 日第三次修订，2018 年 3 月 19 日起施行；

(18) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院令第 475 号公布，国务院令第 698 号修改），2006 年 8 月 30 日通过，2018 年 3 月 19 日第二次修订，2018 年 3 月 19 日起施行；

(19) 《山东省湿地保护条例》，山东省十四届人大常委会第十次会议表决通过，自 2024 年 12 月 1 日起施行。

(20) 《山东省海洋环境保护规定》，2004 年 9 月 23 日山东省第十届人民代表大会常务委员会第十次会议通过；2012 年 1 月 13 日第一次修正；2016 年 3 月 30 日第二次修正。

2.1.2 技术依据

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ/T2.3-2018）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- (8) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (9) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；
- (10) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (11) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (12) 《海洋生物质量监测技术规程》（HY/T078-2005）；
- (13) 《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442-2008）；
- (14) 《海洋监测技术规程》（HY/T147-2013）；
- (15) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (16) 《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）；
- (17) 《海洋生物质量标准》（GB18421-2001）；

- (18) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (19) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (20) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其 2018 年修改单；
- (21) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (22) 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；
- (23) 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JTT1143-2017）；
- (24) 《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)；
- (25) 《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025)；
- (26) 《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）；
- (27) 《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）；
- (28) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T17501-2017）；
- (29) 《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GBT 18314-2024）；
- (30) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；
- (31) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》；

2.1.3 区划、规划

- (1) 《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，自然资办函〔2022〕2207号；
- (2) 《山东省“十四五”生态环境保护规划》，山东省人民政府，鲁政发〔2021〕12号，2021年8月23日印发；
- (3) 《山东省国土空间规划（2021-2035年）》，山东省人民政府，鲁政发〔2023〕12号，2023年12月27日；
- (4) 《滨州市国土空间总体规划（2021-2035年）》，山东省人民政府，鲁政字〔2023〕201号，2023年11月2日；
- (5) 《无棣县国土空间总体规划（2021-2035年）》，无棣县人民政府，棣政发〔2025〕13号，2025年6月27日；
- (6) 《山东省湿地保护规划（2022-2030年）》，山东省自然资源厅，鲁自然资发〔2023〕12号，2023年10月30日；
- (7) 《滨州港总体规划》，山东省人民政府，鲁政字〔2012〕36号，2012年3月

5日。

(8) 《滨州市城区噪声标准适用区域划分方案》，滨政办字〔2020〕58号，2020年8月5日。

2.1.4 项目基础资料

(1) 委托书；

(2) 《华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电项目可行性研究报告》，中水东北勘测设计研究有限责任公司、福建省水利水电勘测设计研究院有限公司，2025年12月；

(3) 《华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电项目通航安全分析报告》，大连海事大学，2025年8月；

(4) 《华能滨州港25万千瓦海上风电项目建设对鸟类生态影响评价报告》，青岛博研海洋环境科技有限公司，2025年10月；

(5) 其他相关技术资料。

2.2 评价因子与评价标准

本项目环境影响评价时段包括施工期和运营期两个时段。评价内容包含风电机组及集电线路施工期及运营期的环境影响。

2.2.1 评价因子

2.2.1.1 施工期

1、水环境

本工程产生的废水主要是施工人员产生的生活污水及海上施工过程中产生的悬浮泥沙。施工船舶会产生舱底油污水，主要污染物为石油类。施工人员产生生活污水，主要污染因子为COD、NH₃-N、总氮、总磷等。

2、大气环境

施工期大气环境影响主要来自临时施工区运输车辆及施工船舶的尾气、地面扬尘、施工机械的燃料废气等。主要污染物包括CO、NO_x、PM₁₀、SO₂等。

3、声环境

进出施工场地各类施工机械、运输车辆、施工船舶运行产生的噪声。海域施工区施工船舶、设备产生的噪声。

4、固体废弃物

施工期施工人员产生的生活垃圾，施工过程产生的土石方及建筑废料等。

5、非污染要素

项目施工期对海洋生态环境的影响主要体现在对沉积物环境、冲淤环境、地形地

貌及海洋生物等的影响，鸟类生态环境的影响及海域通航环境影响。此外，项目施工期对防波堤的稳定性及功能的影响。

6、环境风险

施工船舶和周边航道的船舶或附近渔船碰撞产生溢油环境风险。此外，还需考虑防波堤坍塌风险。

2.2.1.2 运营期

1、水环境

项目运营期风机维护及检查期间，工作船检修人员日常生活及维修过程，会产生生活废水和船舶含油废水，若运维船舶作业不当可能造成船舶发动机、液压系统的润滑油、燃油泄漏造成的含油废水。

2、大气环境

项目在其运行期间，除了维修时期，几乎没有NO_x、SO₂及颗粒物等大气污染物排放。维修船舶产生少量船舶尾气。

3、声环境

项目运营期对声环境的影响主要为风电机组运行产生的噪声。风力发电机组的噪声主要包括叶片扫风产生的噪声和机组内部的机械运转产生的噪声。

4、固体废物

本项目运营期产生的固废主要为运维检修工作人员产生的生活垃圾；风机维修保养产生的含油抹布或含油锯末等固体废弃物。

5、非污染要素

本项目运营期对海洋环境的影响主要体现在对海洋水动力、地形地貌和冲淤环境及海洋生物的影响；风机对鸟类产生干扰、碰撞等影响。此外，项目运营期可能会对防波堤的稳定性产生一定的影响。

6、环境风险

运维船舶和周边航道的船舶或附近渔船碰撞产生溢油环境风险。此外，还需考虑防波堤坍塌风险。

2.2.1.3 小结

表 2.2-1 项目环境影响因素识别一览表

评价时段	受影响对象	评价因子	工程内容	影响方式	影响性质及影响时段	影响程度
施工期	底栖生物、游泳生物（含鱼卵仔稚鱼）	种类组成、生物量、密度、种群	清淤及临时施工平台搭建临时占用，悬浮泥沙扩散	直接影响	短期/施工期	弱

评价时段	受影响对象	评价因子	工程内容	影响方式	影响性质及影响时段	影响程度
		结构等				
	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区(渤海湾保护区)	分布范围、生产力	项目占用	直接影响	长期/施工期及生产运营期	中
	海洋水文动力	潮流	海上构筑物影响	直接影响	短期/施工期	弱
	海水水质	SS	清淤及临时施工平台搭建悬浮泥沙扩散	直接影响	短期/施工期	中
		COD、氨氮	生活污水	直接影响	短期/施工期	弱
		石油类	船舶含油污水	直接影响	短期/施工期	弱
	海洋沉积物	底质	清淤及临时施工平台搭建扰动	直接影响	短期/施工期	弱
	大气环境	PM ₁₀	施工扬尘, 车辆运输扬尘	直接影响	短期/施工期	弱
		NO _x 、SO ₂	运输车辆、施工机械、施工船舶尾气	直接影响	短期/施工期	弱
	噪声环境	噪声	车辆和施工机械、施工船舶作业	直接影响	短期/施工期	弱
	固体废物	生活垃圾	临时施工区及船舶施工人员产生	直接影响	短期/施工期	弱
		土石方	施工过程产生	直接影响	短期/施工期	弱
		建筑垃圾	施工过程产生	直接影响	短期/施工期	弱
	鸟类	鸟类栖息、迁徙及生境	作业船舶、施工人员、施工场地	直接影响	短期/施工期	弱
	事故风险	海洋生态	施工船舶溢油事故	直接影响	短期/施工期	弱
		防波堤稳定性	施工过程	直接影响	短期/施工期	弱
	其他	通航	施工船舶	直接影响	短期/施工期	弱
运营期	海洋水文动力	潮流	海上构筑物影响	直接影响	短期/生产运行期	弱
	海洋地形地貌与冲淤	冲淤环境	海上构筑物影响	直接影响	短期/生产运行期	弱
	水环境	石油类	检修船舶含油废水	直接影响	短期/生产运行期	弱
		COD、氨氮	值班及检修人员生活污水	直接影响	短期/生产运行期	弱
	大气环境	NO _x 、SO ₂	维修船舶尾气	直接影响	短期/生产运行期	弱
	噪声环境	噪声	风机运行噪声	直接影响	短期/生产运行期	弱
	固体废物	生活垃圾	维护管理工作人员产生	直接影响	短期/生产运行期	弱
		危险废物	检修过程产生	直接影响	短期/生产运行期	弱
	鸟类	鸟类栖息、迁徙及生境	风电机组对鸟类影响	直接影响	短期/生产运行期	弱
	事故风险	海洋生态	运维船舶事故溢油	直接影响	短期/生产运行期	弱

评价时段	受影响对象	评价因子	工程内容	影响方式	影响性质及影响时段	影响程度
		防波堤稳定性	防波堤坍塌	直接影响	短期/生产运行期	弱

表 2.2-2 评价因子筛选表

类别	受影响对象	评价因子	工程内容及影响方式	影响性质及影响时段
环境质量现状评价因子	大气	SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、O ₃ 、CO、	施工设备及船舶尾气	短期/施工期
	噪声	水上、水下噪声，等效A声级	施工过程	短期/施工期
	水质	pH、水温、盐度、悬浮物、COD、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发性酚、重金属（As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr）	悬浮泥沙	短期/施工期
	沉积物	硫化物、石油类、有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷	悬浮泥沙	短期/施工期
	生物质量	铅、镉、铬、锌、铜、砷、汞、石油烃	悬浮泥沙	短期/施工期
	鸟类	鸟类种类、数量、群落组成、栖息地类型与分布、迁徙路径	施工过程及风机运行	长期/施工期及生产运营期
环境影响评价因子	初级生产力	叶绿素a	悬浮泥沙/直接影响	短期/施工期
	浮游植物、浮游动物、潮间带生物、游泳动物（含鱼卵仔稚鱼）	种类组成、生物量、密度（丰度）、种群结构、群落特征、分布范围、物种多样性指数等	悬浮泥沙/直接影响	短期/施工期
	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区（渤海湾保护区）	分布范围、生产力	项目占用/直接影响	长期/施工期及生产运营期
	滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区	贝壳堤岛和湿地生态系统	项目用海占用/直接影响	长期/施工期及生产运营期

2.2.2 环境质量标准

2.2.2.1 水环境质量标准

根据《滨州市国土空间总体规划（2021-2035年）》和《无棣县国土空间总体规划（2021-2035年）》，项目位于交通运输用海区。周边的功能区为渔业用海区、生态保护区、工矿通信用海区。结合海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的海水水质分类与标准，各功能区中应执行的水质标准为交通运输用海区和工矿通信用海区执行四类标准，渔业用海区执行二类水质标准，生态保护区执行第一类水质标准。

表 2.2-3 海水水质标准（GB3907-1997）（单位：mg/L，除 pH 值外）

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
SS	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
DO>	6	5	4	3
COD _{Cr} ≤	2	3	4	5
BOD ₅	1	3	4	5
无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤	0.015	0.030		0.045
Pb≤	0.001	0.005	0.010	0.050
Cu≤	0.005	0.010	0.050	
Zn≤	0.020	0.050	0.10	0.50
Cd≤	0.001	0.005	0.01	
总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
Hg≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
As≤	0.020	0.030	0.050	
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
挥发酚≤	0.005		0.010	0.050

2.2.2.2 海洋沉积物标准

根据《滨州市国土空间总体规划（2021-2035年）》和《无棣县国土空间总体规划（2021-2035年）》，项目位于交通运输用海区。周边的功能区为渔业用海区、生态保护区、工矿通信用海区。结合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）中的海洋沉积物质量分类，各功能区应执行的海洋沉积物标准为工矿通信用海区执行第三类标准，交通运输用海区执行第三类标准，渔业用海区执行第一类标准，生态保护区执行第一类标准。

表 2.2-4 沉积物质量评价标准值表（有机碳单位为 10^{-2} ，其它为 10^{-6} ）

项目	第一类	第二类	第三类
有机碳	≤2.0	≤3.0	≤4.0
油类	≤500.0	≤1000.0	≤1500.0
铜	≤35.0	≤100.0	≤200.0
铅	≤60.0	≤130.0	≤250.0
锌	≤150.0	≤350.0	≤600.0
镉	≤0.50	≤1.50	≤5.00
汞	≤0.20	≤0.50	≤1.00
铬	≤80.0	≤150.0	≤270.0
砷	≤20.0	≤65.0	≤93.0
硫化物	≤300.0	≤500.0	≤600.0

2.2.2.3 海洋生物质量

双壳贝类采用GB18421的标准值进行评价。软体动物、甲壳动物和定居性鱼类等的重金属、石油烃的评价标准执行《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）参考附录C。

表 2.2-5 生物体污染物评价标准值（鲜重，mg/kg）

生物类别		铜	铅	锌	镉	铬	砷	汞	石油烃
贝类	一类	10	0.1	20	0.2	0.5	1	0.05	15
	二类	25	2	50	2	2	5	0.1	50
	三类	50（牡蛎100）	6	100（牡蛎500）	5	6	8	0.3	80

表 2.2-6 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 C-其他海洋生物质量参考值（鲜重，mg/kg）

生物类别 评价因子	软体动物（非双壳贝类）	甲壳类	鱼类
总汞	0.3	0.2	0.3
镉	5.5	2.0	0.6
锌	250	150	40
铅	10	2	2
铜	100	100	20
砷	1	1	1
石油烃	20	20	20

2.2.2.4 环境空气质量标准

根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单，本项目所在环境空气功能区属于二类区，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。

表 2.2-7 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）（二级）

序号	污染物项目	浓度限值			单位
		年平均	24小时平均	1小时平均	
1	二氧化硫（SO ₂ ）	60	150	500	μg/m ³
2	二氧化氮（NO ₂ ）	40	80	200	
3	一氧化碳（CO）	/	4	10	mg/m ³
4	臭氧（O ₃ ）		160 (日最大8小时平均)	200	μg/m ³
5	颗粒物（粒径小于等于2.5μm）	35	75	/	μg/m ³
6	颗粒物（粒径小于等于10μm）	70	150	/	

2.2.2.5 声环境质量标准

根据《滨州市城区噪声标准适用区域划分方案》，项目位于BZBH-3-2，属于3类功能区。结合《声环境质量标准》（GB3096-2008），3类声环境功能区环境噪声限值如下。

表 2.2-8 声环境质量标准（单位：dB(A)）

声环境功能区类别	昼间	夜间
0类	50	40
1类	55	45
2类	60	50
3类	65	55

声环境功能区类别		昼间	夜间
4类	4a类	70	55
	4b类	70	60

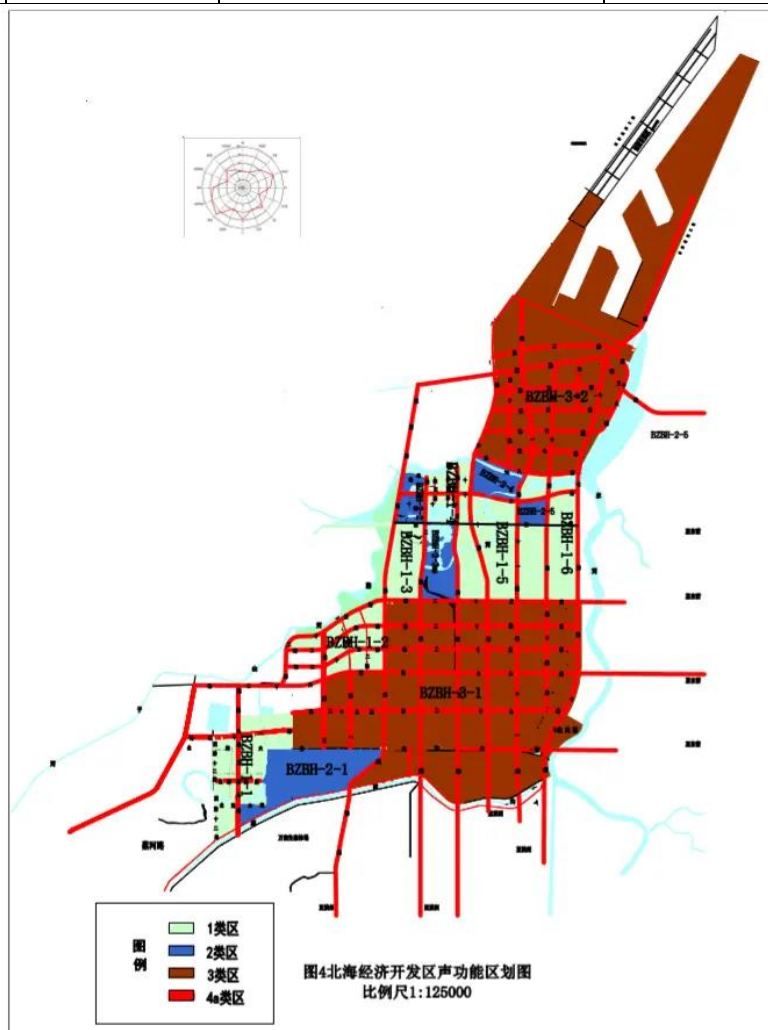


图 2.2-1 《滨州市城区噪声标准适用区域划分方案》-北海经济开发区声功能区划图

2.2.3 污染物排放标准

1.废水

本项目施工人员产生的生活污水集中收集后委托资质单位处理。项目海域船舶含油废水排放执行《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交海发[2007]165号）和《渤海海域船舶排污设备铅封程序规定》，实施铅封，禁止排放；本项目船舶生活按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中“利用船载收集装置收集，排入接收设施”的要求，不排海。

2.废气

施工期车辆尾气及扬尘执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996），中的无组织排放监控浓度限值；施工机械尾气执行《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）。

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）。

表 2.2-9 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）（摘录）

序号	污染物	无组织排放监控浓度限值	
		监控点	浓度，mg/m ³
1	二氧化硫（SO ₂ ）	周界外浓度最高点	0.40
2	氮氧化物（NO _x ）		0.12
3	颗粒物（TSP）		1.0

表 2.2-10 《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）》-非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值

阶段	额定净功率（P _{max} ）（kW）	CO（g/kWh）	HC（g/kWh）	NO _x （g/kWh）	HC+NO _x （g/kWh）	PM（g/kWh）
第三阶段	P _{max} > 560	3.5	—	—	6.4	0.20
	130 ≤ P _{max} ≤ 560	3.5	—	—	4.0	0.20
	75 ≤ P _{max} < 130	5.0	—	—	4.0	0.30
	37 ≤ P _{max} < 75	5.0	—	—	4.7	0.40
	P _{max} < 37	5.5	—	—	7.5	0.60
第四阶段	P _{max} > 560	3.5	0.40	3.5，0.67(1)	—	0.10
	130 ≤ P _{max} ≤ 560	3.5	0.19	2.0	—	0.025
	75 ≤ P _{max} < 130	5.0	0.19	3.3	—	0.025
	56 ≤ P _{max} < 75	5.0	0.19	3.3	—	0.025
	37 ≤ P _{max} < 56	5.0	—	—	4.7	0.025
	P _{max} < 37	5.5	—	—	7.5	0.60

（1）适用于可移动式发电机组用P_{max} > 900kW的柴油机。

表 2.2-11 船机排气污染物第一阶段排放限值

船机类型	单缸排量（SV）（L/缸）	额定净功率（P）（kW）	CO（g/kWh）	HC+NO _x （g/kWh）	CH ₄ ①（g/kWh）	PM（g/kWh）
第1类	SV < 0.9	P ≥ 37	5.0	7.5	1.5	0.40
	0.9 ≤ SV < 1.2		5.0	7.2	1.5	0.30
	1.2 ≤ SV < 5		5.0	7.2	1.5	0.20
	5 ≤ SV < 15		5.0	7.8	1.5	0.27
第2类	15 ≤ SV < 20	P < 3300	5.0	8.7	1.6	0.50
		P ≥ 3300	5.0	9.8	1.8	0.50
	20 ≤ SV < 25		5.0	9.8	1.8	0.50
	25 ≤ SV < 30		5.0	11.0	2.0	0.50

①仅适用于NG（含双燃料）船机。

表 2.2-12 船机排气污染物第二阶段排放限值

船机类型	单缸排量（SV）（L/缸）	额定净功率（P）（kW）	CO（g/kWh）	HC+NO _x （g/kWh）	CH ₄ ①（g/kWh）	PM（g/kWh）
第1类	SV < 0.9	P ≥ 37	5.0	5.8	1.0	0.30
	0.9 ≤ SV < 1.2		5.0	5.8	1.0	0.14
	1.2 ≤ SV < 5		5.0	5.8	1.0	0.12
第2类	5 ≤ SV < 15	P < 2000	5.0	6.2	1.2	0.14
		2000 ≤ P < 3700	5.0	7.8	1.5	0.14
		P ≥ 3700	5.0	7.8	1.5	0.27
	15 ≤ SV < 20	P < 2000	5.0	7.0	1.5	0.34
		2000 ≤ P < 3300	5.0	8.7	1.6	0.50
		P ≥ 3300	5.0	9.8	1.8	0.50

船机 类型	单缸排量（SV） （L/缸）	额定净功率（P） （kW）	CO （g/kWh）	HC+NO _x （g/kWh）	CH4① （g/kWh）	PM （g/kWh）
	20≤SV<25	P<2000	5.0	9.8	1.8	0.27
		P≥2000	5.0	9.8	1.8	0.50
	25≤SV<30	P<2000	5.0	11.0	2.0	0.27
		P≥2000	5.0	11.0	2.0	0.50
①仅适用于NG（含双燃料）船机。						

3.噪声

项目施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025)。

表 2.2-13 建筑施工场界排放限值〔单位：dB (A)〕

昼间	夜间
70	55

4.固体废物

施工和运营期的生活垃圾执行《山东省生活垃圾管理条例》，建筑垃圾执行《建筑垃圾处理技术标准》（CJJT134-2019）。

项目海域船舶垃圾排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）；检修产生的危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）中有关要求。

2.3 评价工作等级、范围

2.3.1 评价工作等级

2.3.1.1 环境空气评价等级

《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）中环境空气影响评价工作等级划分，是根据评价项目的主要污染物排放量、项目建设内容以及当地执行的环境空气质量标准等因素确定的。

施工期大气环境影响主要来自运输车辆及施工船舶的尾气、地面扬尘、施工机械的燃料废气等。主要污染物包括CO、NO_x、PM₁₀、SO₂等，各污染物排放量均不大，故对周围大气环境影响较小。与火电等常规能源相比，风电属于清洁能源，在其运行期间，除了维修时期，几乎没有NO_x、SO₂及颗粒物等大气污染物排放。依据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），确定本项目大气环境影响评价等级为三级。

2.3.1.2 地表水环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ/T2.3-2018）的规定，建设项目地表水环境影响评价等级按照影响类型、排放方式、排放量或影响情况、受纳水体环境质量现状、水环境保护目标等综合确定。

（1）水污染影响型评价等级判定

本工程建设地点及临时施工区均在海岸线以下，不涉及陆上工程。项目施工生产废水主要为施工人员产生的生活污水。施工期施工人员租住在项目东南侧直线距离约4.5km的滨州港公租房，产生的生活污水经市政排污管道处理。

按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ/T2.3-2018）中的规定，本项目陆上的废水均回收利用，属于“注 10：建设项目生产工艺中有废水产生，但作为回水利用，不排放到外环境的，按三级 B 评价”，按三级 B 评价。

（2）水文要素影响型评价等级判定

本项目位于海域，项目实施主要为对近岸海域水文环境产生的影响，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ/T2.3-2018），水文要素影响型评价等级划分见表2.5-1。

表 2.3-1 水文要素影响型评价等级判定表

评价等级	受影响地表水域（近岸海域）
	工程垂直投影面积及外扩范围 A_1/km^2 ；工程扰动水底面积 A_2/km^2
一级	$A_1 \geq 0.5$ ；或 $A_2 \geq 3$
二级	$0.5 > A_1 > 0.15$ ；或 $3 > A_2 > 0.5$
三级	$A_1 \leq 0.15$ ；或 $A_2 \leq 0.5$

项目工程垂直投影面积及外扩范围 A_1 仅风机、升压站等占用水域的面积， A_1 为 0.01km^2 ，小于 0.15km^2 ；工程扰动水底面积 A_2 考虑项目工程及清淤、临时施工平台造成的扰动面积为 0.55km^2 。因此水文要素影响型评价等级为二级。

2.3.1.3 海洋生态环境评价等级

项目位于山东省滨州市滨州港海域，本项目共计建设20台单机容量10MW的风机机组，总装机容量200MW；风机所发电能经10回35kV集电线路送至配套升压站，经升压至220kV后以1回线路送至系统站。本工程集电线路10回总长度约109.67km。项目申请用海面积103.6826公顷，用海方式为透水构筑物，用海空间层为水面。临时施工用海面积为8.32公顷，用海方式为非透水构筑物。项目清淤量约 $149.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），项目涉及挖沟埋设管缆总长度约7.5km，申请用海为面积103.6826公顷，水下开挖量 $149.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，评价等级为2级。项目用海范围占用滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区，因此，项目评价等级提高一级，项目评价等级为1级。

表 2.3-2 建设项目海洋生态环境影响评价等级判定表

评价等级 影响类型		1	2	3
废水排放量 Q ($104\text{m}^3/\text{d}$) ^a	含 A 类污染物	$Q \geq 2$	$0.5 \leq Q < 2$	$Q < 0.5$
	含 B 类污染物	$Q \geq 20$	$5 \leq Q < 20$	$Q < 5$
	含 C 类污染物	$Q \geq 500$	$50 \leq Q < 500$	$Q < 50$
水下开挖/回填量 Q (10^4m^3) ^b		$Q \geq 500$	$100 \leq Q < 500$	$Q < 100$

评价等级 影响类型		1	2	3
泥浆及钻屑排放量 Q (10^4m^3)		$Q \geq 10$	$5 \leq Q < 10$	$Q < 5$
挖沟埋设管缆总长度 L (km) ^c		$L \geq 100$	$60 \leq L < 100$	$L < 60$
水下炸礁、爆破挤淤工程量 Q (10^4m^3) ^d		$Q \geq 6$	$0.2 \leq Q < 6$	$Q < 0.2$
入海河口(湾口)宽度束窄/拓宽尺度占原宽度的比例 $R\%$		$R \geq 5$	$1 < R < 5$	$R \leq 1$
用海面积 S (hm^2)	围海	$S \geq 100$	$S < 100$	/
	填海	$S \geq 50$	$S < 50$	/
	其他用海 ^e	$S \geq 200$	$100 \leq S < 200$	$S < 100$
线性水工构筑物轴线长度 L (km)	透水	$L \geq 5$	$1 \leq L < 5$	$L < 1$
	非透水	$L \geq 2$	$0.5 \leq L < 2$	$L < 0.5$
人工鱼礁固体投放量 Q (空方 10^4m^3)		$Q \geq 10$	$5 \leq Q < 10$	$Q < 5$

a: 排放口位于近岸海域以外海域的评价等级降低一级(最低为3级); 建设项目排放的污染物为受纳水体超标因子, 评价等级应不低于2级。

b: 海底隧道按水下开挖(回填)量划分评价等级, 采用盾构、钻爆方式施工的海底隧道, 评价等级降低一级(最低为3级)。

c: 挖沟埋设管缆总长度以挖沟累积长度计。

d: 爆破挤淤工程量以挤出淤泥量计。

e: 其他用海主要指海上风电、海上太阳能发电、海水养殖等开放式用海建设项目; 不投加饵料的海水养殖项目, 评价等级为3级。

2.3.1.4 海洋地形地貌与冲淤环境

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，项目总申请用海面积为 103.6826hm^2 ，因此，本项目海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级为1级。

表 2.3-3 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 $50 \times 10^4\text{m}^2$ 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 $(50 \sim 30) \times 10^4\text{m}^2$ 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 $(30 \sim 20) \times 10^4\text{m}^2$ 的或有改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻冲刷、淤积的工程项目。

2.3.1.5 声环境影响评价等级

本项目全部位于海域，参照《声环境质量标准》3类地区，项目附近无居民生活集中区，无声环境敏感目标，根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)中评价等级判定标准，声环境按照三级进行评价。

2.3.1.6 地下水环境影响评价等级

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”，为IV类建设项目，不开展地下水环境影响评价。

2.3.1.7 土壤环境影响评价等级

根据《环境影响评价技术导则土壤环境(试行)》(HJ964-2018)附录A土壤

环境影响评价项目类别表，本项目属于“HJ964-2018-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”，故本项目不开展土壤环境影响评价。

2.3.1.8 环境风险评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录B，本项目可能涉及的风险物质主要为施工船舶溢油。

本项目施工期共投入各种船舶28艘，根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），采用插值法，施工期船舶燃料油最大储存量为4188.38t。项目营运期运维船舶1辆，储油量为36.5t。

表 2.3-4 驳船燃油舱中燃油数量关系

驳船载重吨位(t)	驳船总吨数GT	燃油总舱容(m ³)	燃油总量（载油率80%）(m ³)	燃油舱单舱燃油量(m ³)
<5000	<2550	<306	<245	<31
5000~10000	3100~6200	248~744	198~595	25~99

表 2.3-5 散货船燃油舱中燃油数量关系

散货船载重吨位(t)	散货船总吨数GT	燃油总舱容(m ³)	燃油总量(载油率80%)(m ³)	燃油舱单舱燃油量(m ³)
<5000	<3800	<456	<365	<61
5000~10000	3400~6800	272~816	218~653	27~109
10000~30000	6500~19500	520~2340	416~1872	52~312
30000~50000	18300~30500	1464~3660	1171~2928	146~488
50000~80000	27500~44000	2200~5280	1760~4224	220~704
80000~150000	44000~82500	3520~9900	2816~7920	352~1320
15000~250000	76500~127500	6120~15300	4896~12240	612~2040

表 2.3-6 船舶含油污水产生量统计

序号	机械设备名称	单位	型号规格	数量	燃油量(t)	小计(t)
1	坐底起重船	艘	800t级以上	2	58.4	116.8
2	拖轮	艘	4000HP	4	292	1168
3	拖轮	艘	2640HP	2	192.72	385.44
4	拖轮	艘	1670HP	4	121.91	487.64
5	交通艇	艘	500t	3	36.5	109.5
6	抛锚艇	艘	1000t	4	73	292
7	补给船	艘	1000t	4	73	292
8	甲板驳船	艘	10000t	2	595	1190
9	甲板驳船	艘	1000t	3	49	147
总计				28		4188.38

综合，本项目施工期危险化学品总量为4188.38t，危险化学品临界比值 $Q=4188.38/100=41.88$ ， $10 \leq Q < 100$ 。依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中的“表C.2危险物质及工艺系统危险性等级判断(P)”要求，本项目属于“涉及危险物质使用、贮存的项目”，M值为5，属于M4，则本项目的危险等级为P4。项目营运期危险化学品总量为36.5t，危险化学品临界比值 $Q=36.5/100=0.36$ ，环境风险潜势为I。

表 2.3-7 危险物质及工艺系统危险性等级判断(P)

危险物质数量与临界量比值 (Q)	行业及生产工艺 (M)			
	M1	M2	M3	M4
$Q \geq 100$	P1	P1	P2	P3
$10 \leq Q < 100$	P2	P2	P3	P4
$1 \leq Q < 10$	P3	P3	P4	P4

项目海上施工范围仅局限在场区所在区域，项目位于交通运输用海区，属于海水水质分类的第四类区域，但项目用海占用滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区及辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），附录G中对环境敏感程度的分级，确定项目敏感程度为E1。

表 2.3-8 环境敏感程度分级

敏感性	环境敏感特征
E1	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第一类区域或重要敏感区
E2	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第二类区域或一般敏感区
E3	上述地区之外的其他地区

综上，本项目施工期危险物质及工艺系统危险性等级为P4，环境敏感程度为E1，则环境风险潜势为III级，评价工作等级为二级。营运期环境风险潜势为I，评价工作等级为简单分析。因此，本项目环境风险评价等级为二级。

表 2.3-9 建设项目环境风险潜势划分

环境敏感程度 (E)	危险物质及工艺系统危险性 (P)			
	极高危害 (P1)	高度危害 (P2)	中度危害 (P3)	轻度危害 (P4)
环境高度敏感区 (E1)	IV+	IV	III	III
环境中度敏感区 (E2)	IV	III	III	II
环境低度敏感区 (E3)	III	III	II	I
注：IV+为极高环境风险。				

表 2.3-10 环境风险评价工作级别

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析 ^a
^a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。				

2.3.1.9 电磁评价等级

项目电磁辐射已另行开展电磁辐射环境影响评价，本报告不包含电磁环境影响评价内容。

2.3.2 评价范围

2.3.2.1 大气环境影响评价范围

本项目大气环境影响评价等级为三级，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），不需设置大气环境影响评价范围。

2.3.2.2 声环境影响评价范围

项目声环境影响评价等级为三级，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），项目评价范围为项目边界外扩200m。



图 2.3-1 项目声环境影响评价范围

2.3.2.3 海洋生态环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），1级评价项目在潮流主流向的扩展距离应不小于15km~30km，垂直于潮流主流向的扩展距离以不小于主流向扩展距离的1/2为宜。本项目在潮流主流向的扩展距离为项目平面布置外缘线向外扩15km，垂直于潮流主流向的扩展距离为项目平面布置外缘线外扩15km。与岸线形成闭合区域，面积约1427km²。评价范围四至经纬度坐标见下表，评价范围图见下图。

表 2.3-11 评价范围四至坐标表

序号	纬度		经度	
A				
B				
C				
D				



图 2.3-2 项目海洋环境影响评价范围

2.3.2.4 环境风险评价范围

项目环境风险评价等级为二级，根据报告 6.3.1 章节，项目夏季主导风向 SSE 向、涨潮）48h 内油膜最大扩散范围，确定本项目环境风险的评价范围为项目西南侧外扩 54km，宽约 23km。



图 2.3-3 环境风险评价范围

2.4 环境敏感目标及环境保护目标

2.4.1 环境敏感区及其分布

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中海洋生态环境敏感区的注释“主要包括自然保护区，珍稀濒危海洋生物的天然集中分布区，海湾，河口海域，领海基点及其周边海域，海岛及其周围海域，重要的海洋生态系统和特殊生境（红树林、珊瑚礁等），重要的渔业水域、海洋自然历史遗迹和自然景观等”。

海洋生态功能与价值较高，且遭受损害后较难恢复其功能的海域，分为重要敏感区和一般敏感区。

重要敏感区主要包括依法依规划定的国家公园、自然保护区、自然公园等自然保护地、世界自然遗产、生态保护红线等区域。一般敏感区主要包括河口、海湾、海岛，重要水生生物天然集中分布区、栖息地及产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道（以下简称“三场一通道”），特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床和海藻场等），水产种质资源保护区，海洋自然人文历史遗迹和自然景观等。

2.4.1.1 生态保护区

根据山东省“三区三线”的划定成果，项目不占用生态红线，评价范围内涉及的生态红线为山东贝壳堤岛与湿地重要滩涂及浅海水域生态保护红线（距离项目最近约 [REDACTED]）和黄河三角洲北部重要滩涂及浅海水域生态保护红线（距离项目最近约 [REDACTED]）。

) 。

图 2.4-1 项目评价范围内的生态保护红线

2.4.1.2 自然保护区

评价范围内的自然保护区为滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区、东营河口浅海贝类生态国家级海洋特别保护区。项目占用现状滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的缓冲区，距离东营河口浅海贝类生态国家级海洋特别保护区约 。

滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区位于山东省滨州市无县和滨州北海经济开发区的北部沿海地区，渤海西南岸。主要保护对象是贝壳堤岛和湿地生态系统。项目占用现状滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的缓冲区，目前贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区范围正在调整，并已通过山东省批复，调整后的保护区范围较之前面积减少 30%，项目不占用调整后的保护区，距离调整后的保护区最近距离约 。

东营河口浅海贝类生态国家级海洋特别保护区位于渤海湾南岸黄河三角洲近岸海域，主要保护对象是文蛤、四角蛤蜊、毛蚶等底栖贝类及其赖以生存的栖息环境。

图 2.4-2 海域评价范围内自然保护区示意图

图 2.4-3 项目与贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区（调整后）的位置关系

2.4.1.3 水产种质资源保护区

1、辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区

项目位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区中的渤海湾保护区中。

根据《农业农村部办公厅关于调整辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区面积范围和功能分区的批复》（农办渔〔2023〕37号），渤海湾保护区海岸线北起河北省唐山市南堡渔港西侧，经丰南、沙河黑沿子入海口、涧河入海口，向西经天津的海河、独流减河入海口，向西至歧口河口为折点向南再经河北省黄骅市、海兴县的南排河李家堡、石碎河赵家堡入海口、大口河入海口、马颊河、徒骇河入海口，南至山东省滨州市湾湾沟。

主要保护对象有中国明对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹。栖息的其他物种包括银鲳、黄鲫、青鳞小沙丁鱼、刀鲚、凤鲚、鳙、鳊、赤鼻棱鳊、玉筋鱼、黄姑鱼、白姑鱼、叫姑鱼、棘头梅童鱼、鲛、花鲈、中国毛虾、海蜇等。

图 2.4-4 项目与辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的位置关系

2、马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区

马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区于2008年12月22日由中华人民共和国农业

部第1130号公告批准建立，面积3997hm²，其中核心区面积1182hm²，位于项目西南侧4.0km处，实验区面积2815hm²，位于项目西南侧616m处，核心区保护期为全年，文蛤繁殖季节(8月1日-9月30日)是重点保护时期。保护区位于山东省滨州市无棣县马颊河入海口区域滩涂及海域，主要保护对象是文蛤，其他保护物种包括缢蛏、青蛤、四角蛤蜊、光滑河兰蛤、红螺、毛蚶、习见织纹螺，厚蟹类，双齿围沙蚕、日本刺沙蚕等。


项目不占用马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区，距离其实验区的最近距离约。

图 2.4-5 项目与马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区的位置关系

3、无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区

无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区于2012年12月7日由中华人民共和国农业部第 1873 号公告批准建立，保护区位于无县近岸浅海，南为马颊河入海口、东为渤海湾、西为大口河入海口、北为黄骅港，保护区以中国毛虾为主要保护对象，其他保护对象包括中国对虾、背尾对虾、三梭子蟹、天津厚蟹、文蛤、缢蛏、四角蛤蜊、光滑河篮蛤、梭鱼、鲈、斑鲷、黄鲫等。



项目不占用无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区，距离其实验区的最近距离约，距离其核心区约。

图 2.4-6 项目与无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区的位置关系

4、套尔河口海域国家级水产种质资源保护区

根据 2020 年 10 月 21 日农业农村部办公厅发布的《农业农村部办公厅关于调整庐山海鲢等 7 个国家级水产种质资源保护区面积范围和功能分区的批复》（农办渔〔2020〕21 号），套尔河口海域国家级水产种质资源保护区总面积 924.91 公顷，其中核心区面积 232.18 公顷，实验区面积为 692.73 公顷。特别保护期为每年的 7 月 1 日至 9 月 30 日。保护区位于山东省滨州市北海新区套尔河口附近海域。实验区为保护区范围内除核心区以外的海域。保护区主要保护对象为缢蛏。


本项目位于套尔河口海域国家级水产种质资源保护区的东南侧约处。

图 2.4-7 项目与套尔河口海域国家级水产种质资源保护区的位置关系

2.4.1.4 三场一通道

项目位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区，保护区核心区主要保护对象为小黄鱼、中国明对虾、三疣梭子蟹等。

1、小黄鱼

小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)隶属石鲈形目石首鱼科黄鱼属,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。小黄鱼是渤海的主要经济鱼类,一般春季向沿岸洄游,3~6月间产卵后,分散在近海索饵,秋末返回深海,冬季于深海越冬。其越冬场在黄海中南部至东海北部,每年4月份北上到达成山头外海,然后分2支,一支继续向北到鸭绿江口进行产卵,另一支则向西,经烟威外海进入渤海,分别游向莱州湾、渤海湾和辽东湾等产卵场,产卵期为5月~6月,10月末到11月初向渤海中部集中。黄渤海小黄鱼主要产卵期为5~6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。小黄鱼昼夜产卵,主要产卵时间在17~22时,以19时左右为产卵高峰,小黄鱼产卵场的底层适温为11~14℃。渤海和黄海中部产卵场小黄鱼卵径为1.30~1.60mm,黄海南部为1.28~1.65mm。卵子孵化时间随水温的变化而不同,通常为63~90小时。渤海小黄鱼目测性腺发育5月中旬76%的雌性个体已达到Ⅴ期,6月中旬61%的个体已产卵完毕。

小黄鱼性腺成熟度系数,全年雌鱼以9月最低,10月至翌年2月增长缓慢,3~4月增长迅速,5月达到高峰,雄鱼3~4月为最高。春季(5月)小黄鱼处于产卵期,夏秋季为恢复期,主要为Ⅰ~Ⅱ期,冬季略有增长。小黄鱼怀卵量与年龄有关,2~4龄鱼为32~72千粒,5~9龄鱼处于怀卵高峰期,怀卵数为83~125千粒,从10龄鱼开始,怀卵量开始下降。

项目不占用小黄鱼的“三场一通道”。

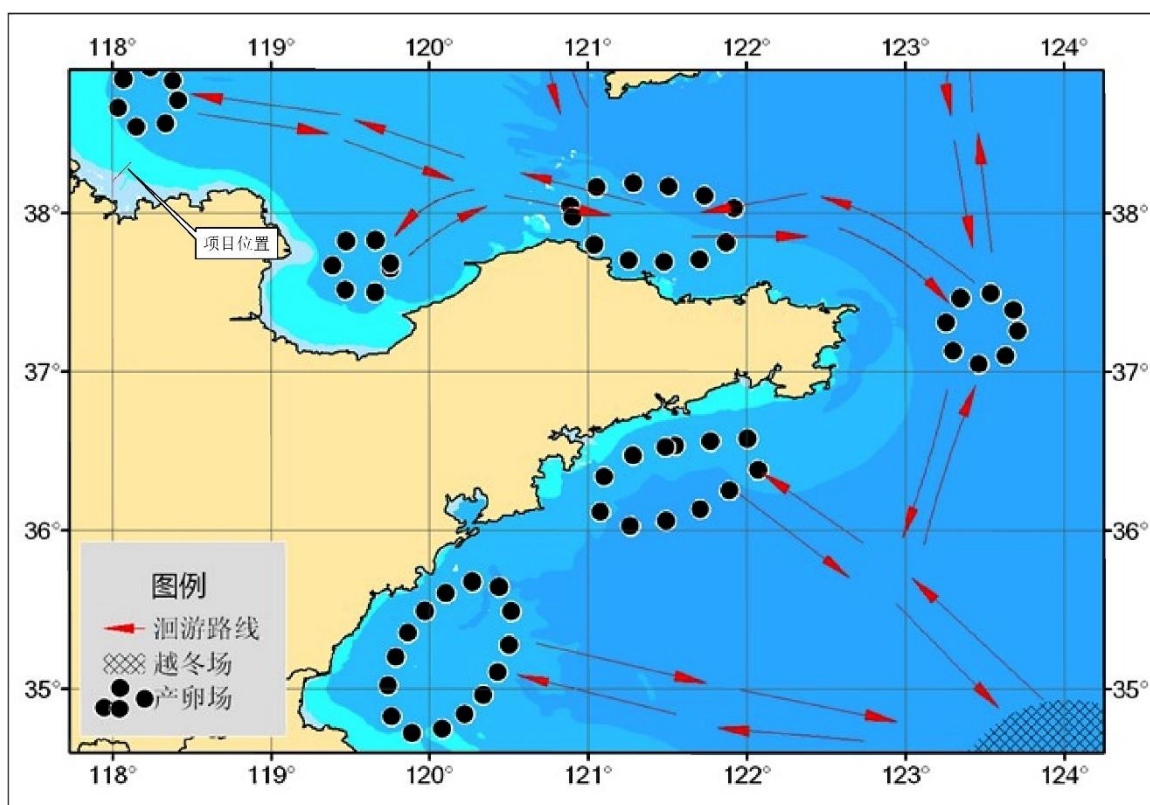


图 2.4-8 项目与小黄鱼“三场一通道”的位置关系

2、中国明对虾

中国明对虾属节肢动物门甲壳纲十足目对虾科对虾属。是我国分布最广的对虾类，中国明对虾属广温、广盐性、一年生暖水性大型洄游虾类。

对虾每年秋末冬初，便开始越冬洄游，到黄海东南部深海区越冬;翌年春北上，形成产卵洄游。4月下旬开始产卵，怀卵量30~100万粒，雌虾产卵后大部分死亡。卵经过数次变态成为仔虾，仔虾约18天经过数十次蜕皮后，变成幼虾，于6~7月份在河口附近摄食成长。5个月后，即可长成12cm以上的成虾，9月份开始向渤海中部及黄海北部洄游，形成秋收渔汛。其渔期在5月中旬至10月下旬。

中国明对虾的生殖活动分交配和产卵1次进行，9~10月是当年虾交配的盛期,可是直至翌年5月中旬产卵季节，交配以后的雌体大量摄食，性腺迅速发育，至11月初离开近岸进行越冬洄游；翌年4-5月下旬底层水温升至12℃℃时虾开始产卵，这时60%以上虾雌体已经抱卵,卵块呈鲜艳的的绿褐色,随着卵子的发育，约经20多天至5月下旬，卵子逐渐变为褐色或黑绿色，表示即将进入产卵孵化期，第一次散仔时间为5月底~6月初；6月中旬开始出现第二次产卵高峰，大部分雌体又开始抱卵，第二次抱卵孵化时间较第一次大为缩短，6月下旬卵块即变为褐黑色并相继散仔。一般每年2次产卵，两次产卵的间隔时间为30天左右。

项目不占用中国明对虾的“三场一通道”。

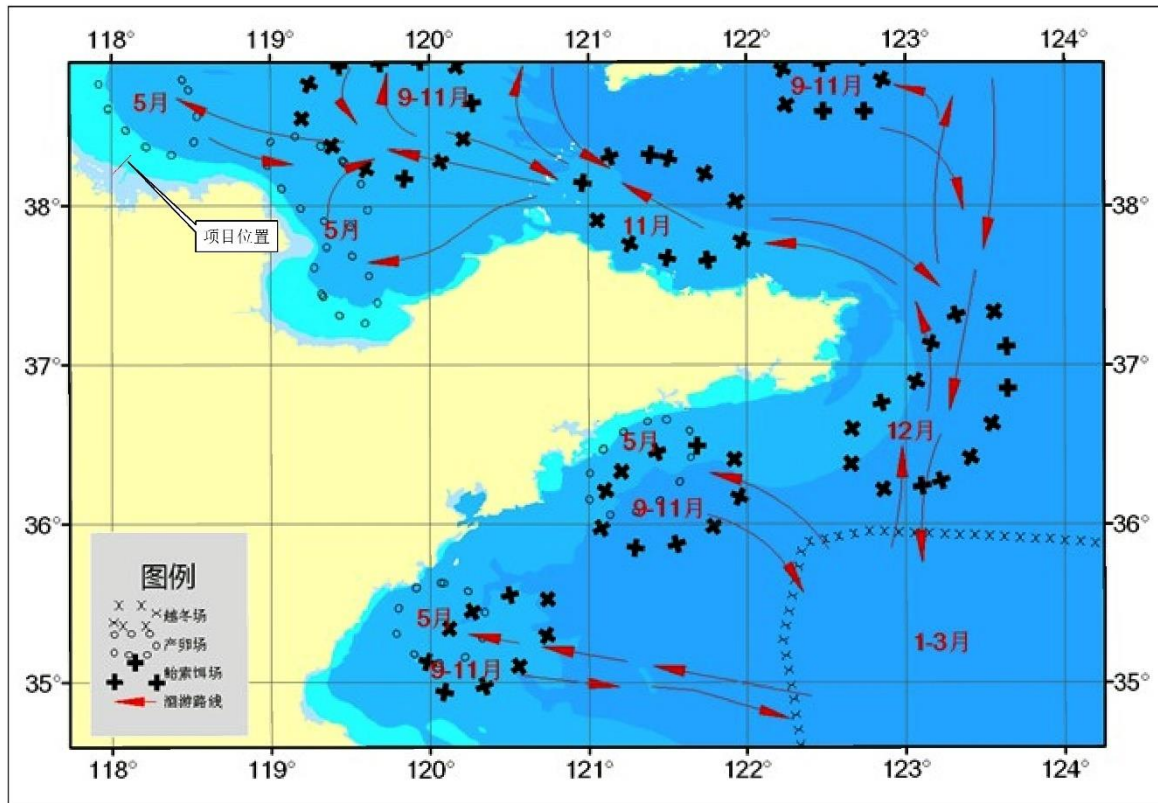


图 2.4-9 项目与中国明对虾“三场一通道”的位置关系

3、三疣梭子蟹

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)属甲壳纲十足目梭子蟹科，三疣梭子蟹终生生活在渤海，是一种地方性资源。每年 12 月下旬至翌年 3 月下旬为越冬期，3 月末 4 月初三梭子蟹开始出蛰并逐渐向近岸产卵场洄游，渔获数量明显增加；5 月初产卵群体已经游至河口附近浅水区开始产卵，6~7 月经过 2 次产卵的产卵亲体开始向外海移动，集中分布在内湾的相对深水区，8 月当年补充群体大量出现，并集中分布在内湾的近岸浅水区；9 月是三梭子蟹分布密度最高的月份，补充群体也开始向外海移动；10 月份随着水温的下降向外海洄游的数量不断增加。

三疣梭子蟹的生殖活动分交配和产卵 2 次进行，7~8 月是越年蟹交配的盛期，当年生蟹的交配盛期在 9~10 月，可是直至翌年 6 月中旬产卵季节，仍有一定数量的幼蟹尚未交配。交配以后的雌体大量摄食，性腺迅速发育，至 11 月初离开近岸进行越冬洄游；翌年 4 月下旬底层水温升至 12° C 时三疣梭子蟹开始产卵，这时 60%以上三疣梭子蟹雌体已经抱卵，卵块呈鲜艳的桔黄色，随着卵子的发育，约经 20 多天至 5 月下旬，子逐渐变为褐色或黑灰色，表示即将进入散仔孵化期，第一次散仔时间为 5 月底~6 月初；6 月中旬开始出现第二次产卵高峰，大部分雌体又开始抱卵，第二次抱卵孵化时间较第一次大为缩短，6 月下旬卵块即变为褐黑色并相继散仔。三疣梭子蟹一般每年 2 次产卵，两次产卵的间隔时间为 45 天左右。

项目占用三疣梭子蟹的索饵场，距离三疣梭子蟹的产卵场和越冬场都较远。

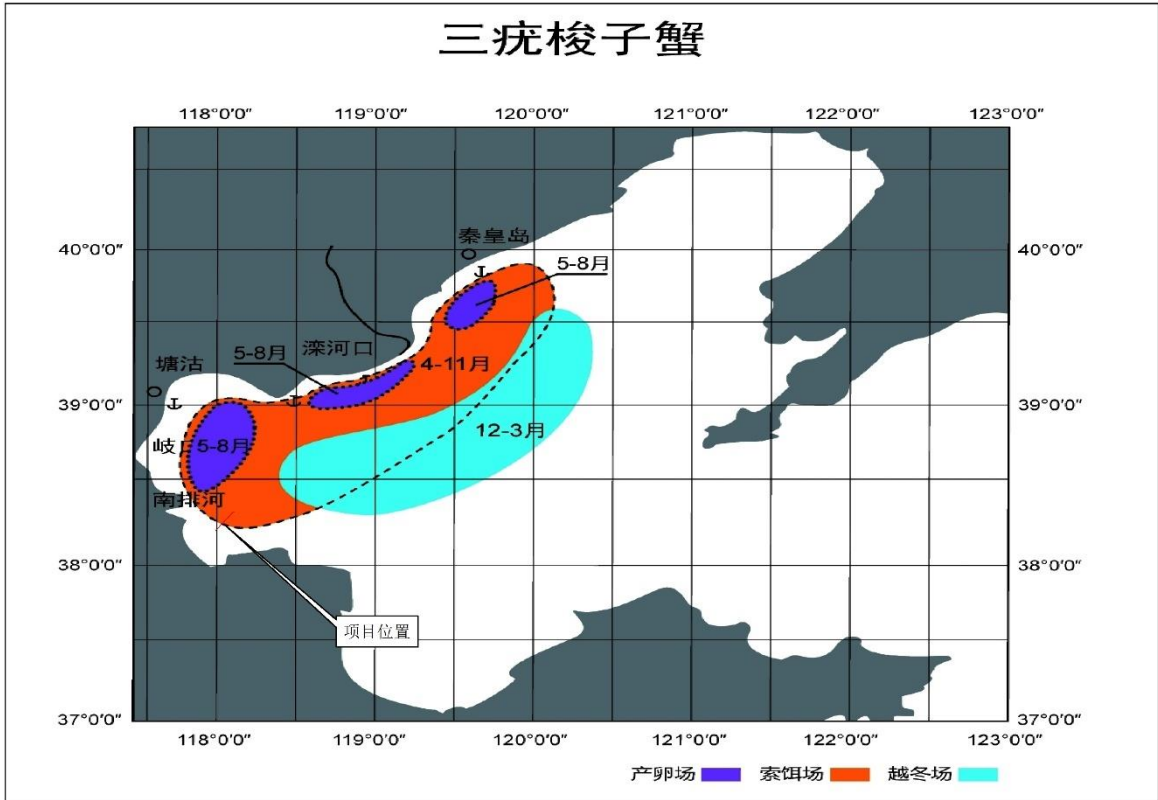


图 2.4-10 项目与三疣梭子蟹“三场一通道”的位置关系




2.4.2 环境保护目标

本工程大气无需设置大气环境影响评价范围，无大气环境保护目标；声环境评价范围内，无声环境保护目标。

本工程海域环境保护目标如下表。

表 2.4-1 项目环境保护目标一览表

序号	敏感区		位置关系	环境保护要求
1	生态红线	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
3	保护区	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
4		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
5	水产种质资源保护区	[REDACTED]	[REDACTED]	
6		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
7		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
8		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

序号	敏感区		位置关系	环境保护要求
9	三场一通道			

3 建设项目工程分析

3.1 项目建设概况

(1) 项目名称：华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目

(2) 建设内容：项目位于滨州市滨州港海域。工程拟依托滨州港防波堤及围堤内滩涂进行建设，拟安装 20 台单机容量 10MW，总装机容量 200MW，风机之间通过 10 回 35kV 电缆连接送至升压站。新建一座 220kV 升压站。

(3) 建设单位：华能沾化新能源有限公司

(4) 投资金额：工程静态总投资 151815.52 万元，工程动态总投资 153933.52 万元，单位千瓦静态投资 7590.78 元/kW，单位千瓦动态投资 7696.68 元/kW。

(5) 用海情况：项目拟申请用海面积为 103.6826 公顷。用海类型为电力工业用海，用海方式为透水构筑物。

(6) 施工时长：12 个月。

3.2 建设方案概述

3.2.1 工程建设内容

本项目为华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目，建设内容主要包括风电机组、220KV 升压站、35kV 集电线路。

项目建设的工程组成包括：主体工程、临时工程、依托工程、辅助工程、公用工程、配套工程及环保工程等。

表 3.2-1 项目建设内容一览表

工程类别	工作内容	建设内容
主体工程	风电机组	20 台单机容量 10MW，总装机容量 200MW。
	35kV 电缆	连接风机与风机之间、风机与升压站之间，共计 10 回，集电线路总长 109.67km。Z1~Z8 风机直接采用电缆沟，Z8~Z20 采用电缆桥架的方式。
	升压站	升压站通过桥梁与防波堤相接，220kV 升压站总体布局分为生活区和生产区，生活区和生产区以中间道路和围栏分隔。
临时工程	临时施工平台	Z1~Z8 共 8 个机位采用土石填筑施工平台，尺寸为 60m×50m（长×宽）。 Z9~Z20 共 12 个机位的施工安装平台采用钢结构施工辅助平台，施工辅助平台尺寸为 45m*45m，共设置 8 根钢管桩作为平台支撑基础。
	清淤工程	清淤范围在 Z10~Z15 风机范围内，清淤长度约 5.4km，清淤深度为 1m，宽度为 100m，清淤面积约 54 公顷

工程类别	工作内容	建设内容
依托工程	防波堤	本项目拟选址于滨州港防波堤，风机基础均位于防波堤海域确权范围内建设。
	码头	滨州港码头
配套工程	通信、消防、电气	风机机组和升压站统一布置。
环保工程	废水	工程海域废水主要为施工人员的生活污水和船舶机舱含油废水，船舶生活污水收集后运至岸上统一处理，含油废水封铅上岸后由资质单位接受处理处理。生活污水收集至环保厕所后，定期委托资质单位处理。
	废气	施工场地定期洒水。铺设防尘布苫盖或设置围挡。
	噪声	施工期施工机械、车辆、船舶噪声通过采取严格的施工管理，加强维护保养降低影响。
	固废	施工人员生活垃圾集中收集后委托环卫部门清运。建筑废料集中收集后回收或二次售卖。

3.2.2 平面布置

3.2.2.1 总平面布置

项目场址位于山东滨州港防波堤上，拟安装 20 台单机容量为 10MW 风力发电机组，总装机容量 200MW。每台风机配套一台箱式变电站（简称箱变）升至 35kV，风机与箱变的接线方式为一机一变的单元接线。风电场输变电系统采取二级升压方式，通过箱变升压到 35kV 后接入 220kV 升压。新建一座 220kV 升压站，风机之间通过 10 回 35kV 集电线路送至升压站。

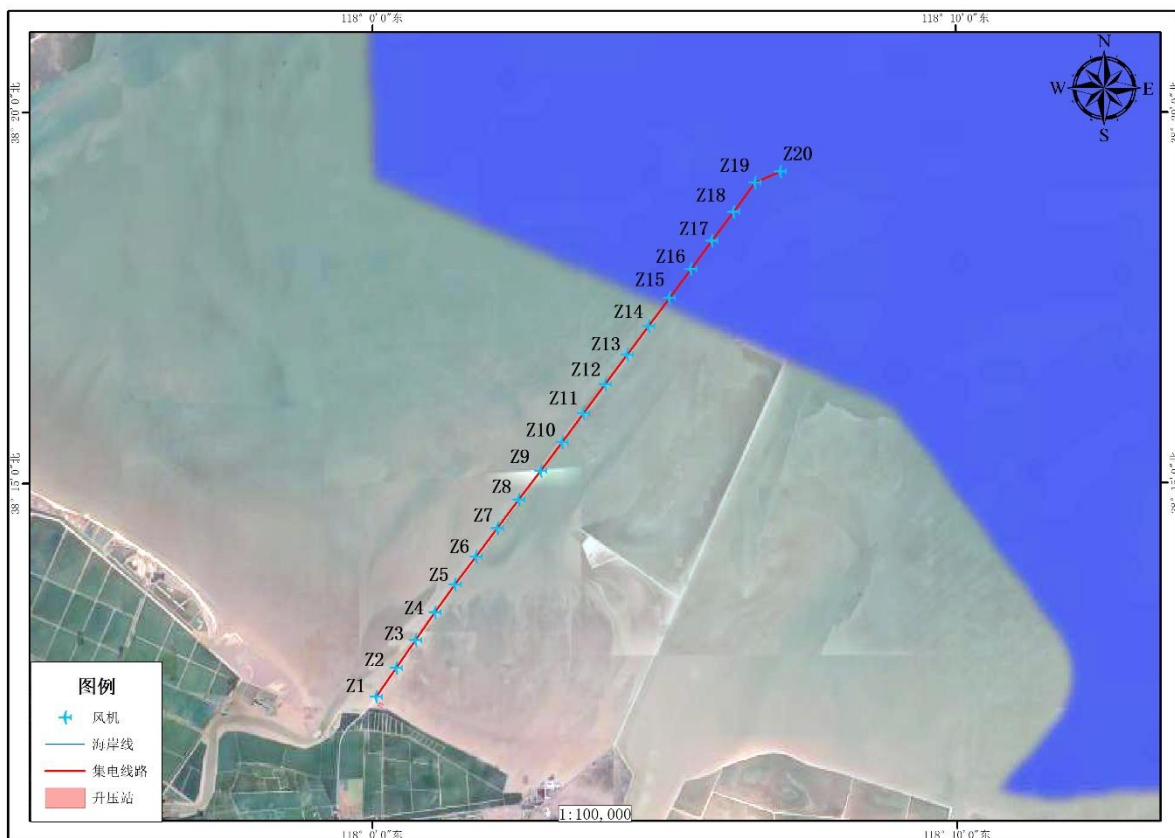


图 3.2-1 项目总平面布置图

3.2.2.2 风电机组布置

风电机组的排布应尽量垂直于风电场主风能方向，本项目为防波堤沿海风电场，本项目的机位布置原则为：机位选址考虑避让各类敏感及限制因素，尽可能满足各类条件的同时，选择风资源条件好、交通便利、紧凑布置，减小电缆线路等配套投资。

项目风机沿防波堤走向单行依次布置，风机基础全部位于防波堤确权范围内。共布设 20 台风机。风机间距在之间 685~921m，为叶轮直径的 3.4~4.0D。机组平面布置详见下图。

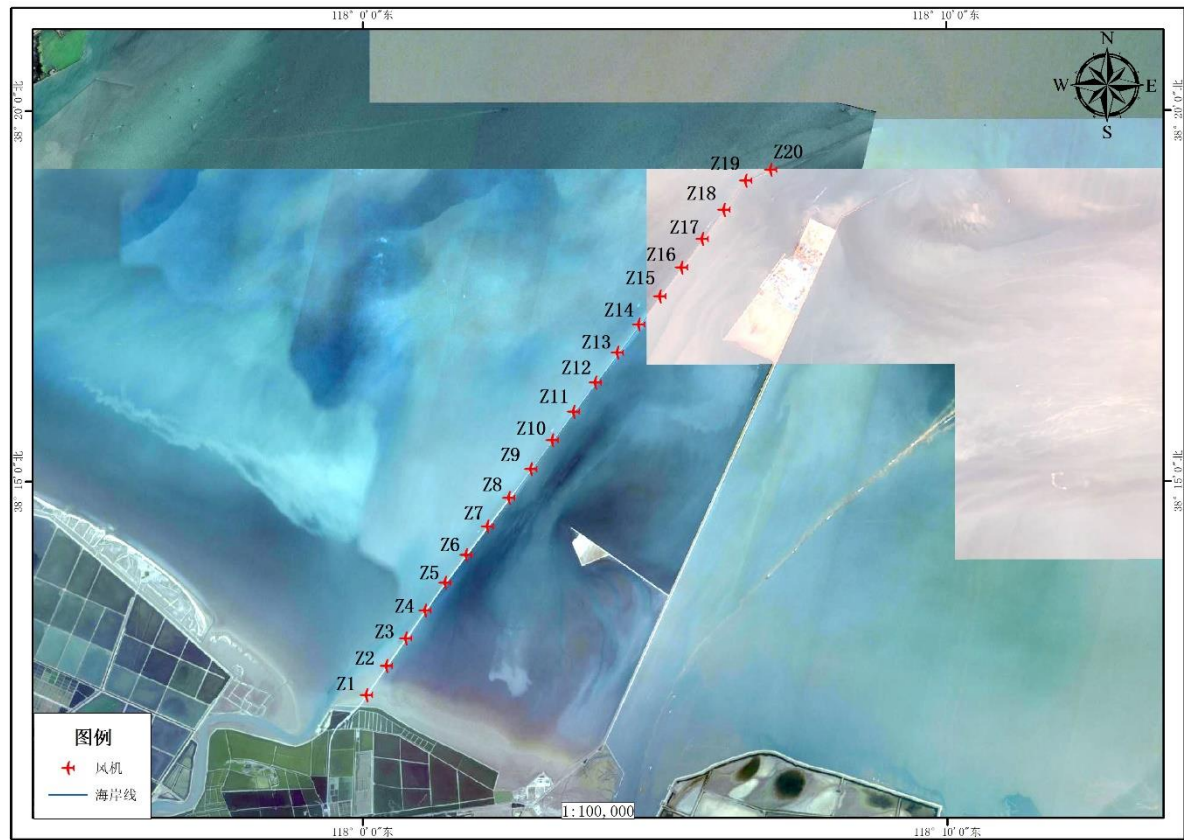


图 3.2-2 项目风机布置
表 3.2-2 项目风机点位坐标

编号	纬度	经度	编号	纬度	经度
1			11		
2			12		
3			13		
4			14		
5			15		
6			16		
7			17		
8			18		
9			19		
10			20		

3.2.2.3 集电线路

根据电缆类型及作用，本工程电缆主要包括风机间集电线路、风机与升压站之间的 35kV 集电线路。

风机采用一机一变的方式升压至 35kV。根据风机布置，20 台风机共分为 10 组，每组 2 台风机组成一个联合单元，每回集电线路输送容量为 20MW，集电线路总长约 109.67km。

表 3.2-3 项目集电线路连接表

序号	风机机位	输送容量（MW）
A	#02、#01	20
B	#04、#03	20
C	#06、#05	20
D	#08、#07	20
E	#10、#09	20
F	#12、#11	20
G	#14、#13	20
H	#16、#15	20
J	#18、#17	20
K	#20、#19	20
总计		200MW

3.2.2.4 升压站

项目升压站位于 1#风机东南侧，通过桥架与防波堤相连。结合项目情况，升压站仅考虑少量值班人休息。在满足生产要求的前提下，220kV 升压站总体布局分为生活区和生产区，生活区和生产区以中间道路和围栏分隔。

平面布置以站内东西向主道路为主轴线，西北角布置生活区，其他区域布置生产区。生产区从西南向东北依次布置出线构架、220kV 电气预制舱、主变设备基础、SVG 组合设备及接地变成套装置，危废品库、施工变压器、事故油池布置在围墙空闲场地。二次设备预制舱布置在场区的西南角。生活区布置有生活用房、简易环保厕所等，各分区之间形成环形道路，满足消防要求，运输要求。大门设置在西侧，从西面进站。

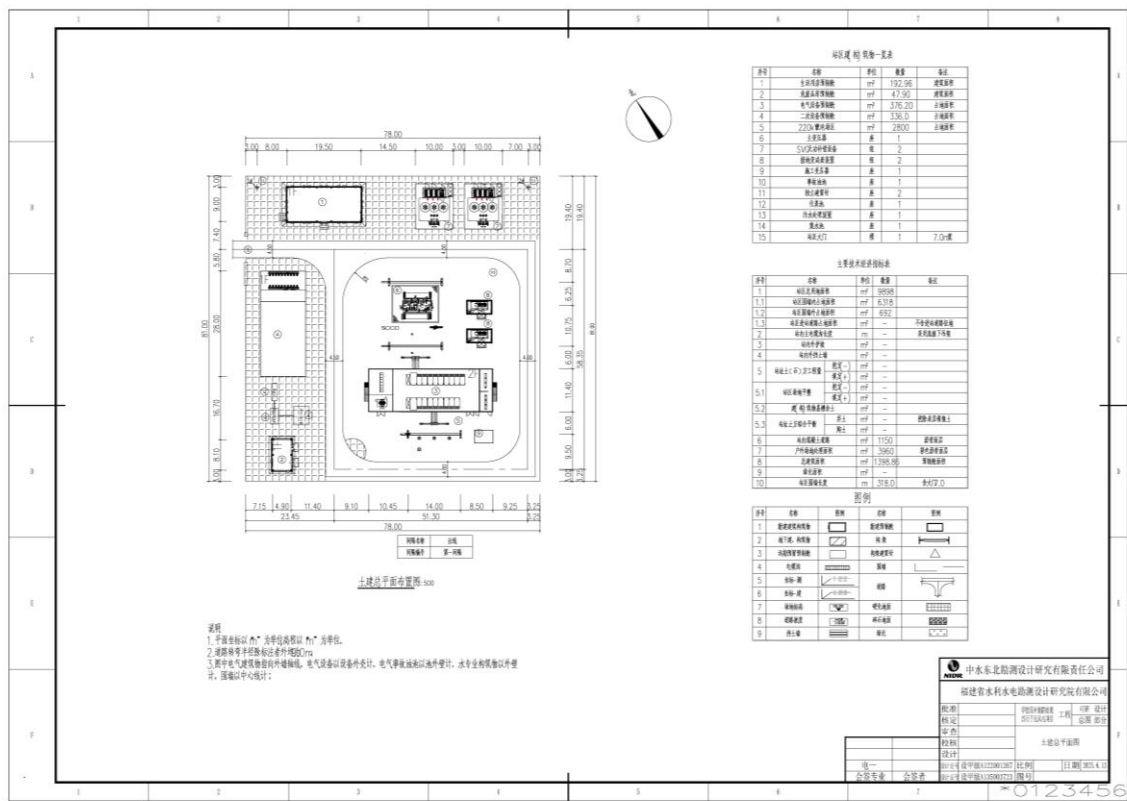


图 3.2-3 升压站平面布置示意图

3.2.2.5 临时工程

1、清淤

位于已建防波堤堤段的 Z1~Z8 共 8 个机位，通过对已建防波堤道路采取加固措施及铺设临时钢板作为施工的通道；Z9~Z20 共 12 个机位没有防波堤道路直达，部分机位水深较深可满足船舶进场施工要求，直接通过驳船进行海上施工；对于部分水深不能满足施工船舶运输的航道要提前进行清障达到船舶进场水深后才能开始进场。

项目清淤范围在 Z10-Z15 风机范围内，清淤长度约 5.4km，清淤深度为 1m，宽度为 100m，清淤面积约 54 公顷。为控制清淤施工期悬浮泥沙的扩散，施工期拟在 17# 风机西南侧约 60m 至 20# 风机东北侧 80m 范围内布置两道拦污帘（长约 2.5km）以减少项目施工施工期对周边养殖项目的影响，拦污帘选用两道叠加布置，单层拦截率约 60%。



图 3.2-4 项目清淤范围示意图

2、临时施工平台

位于已建防波堤堤段的Z1~Z8，该8个机位的施工安装平台采用土石填筑施工平台，风机基础施工及风机安装场地位于现有防波堤迎水侧，安装平台表面高程与检修道路相同，边坡坡度按1:1.5考虑。为了施工方便，风机基础位置考虑采用土方回填，其余位置采用块石回填，施工平台尺寸为60m×50m（长×宽）。

Z9~Z20该12个机位的施工安装平台采用钢结构施工辅助平台，施工辅助平台尺寸为45m*45m，共设置8根桩径2米壁厚20mm钢管桩作为平台支撑基础。

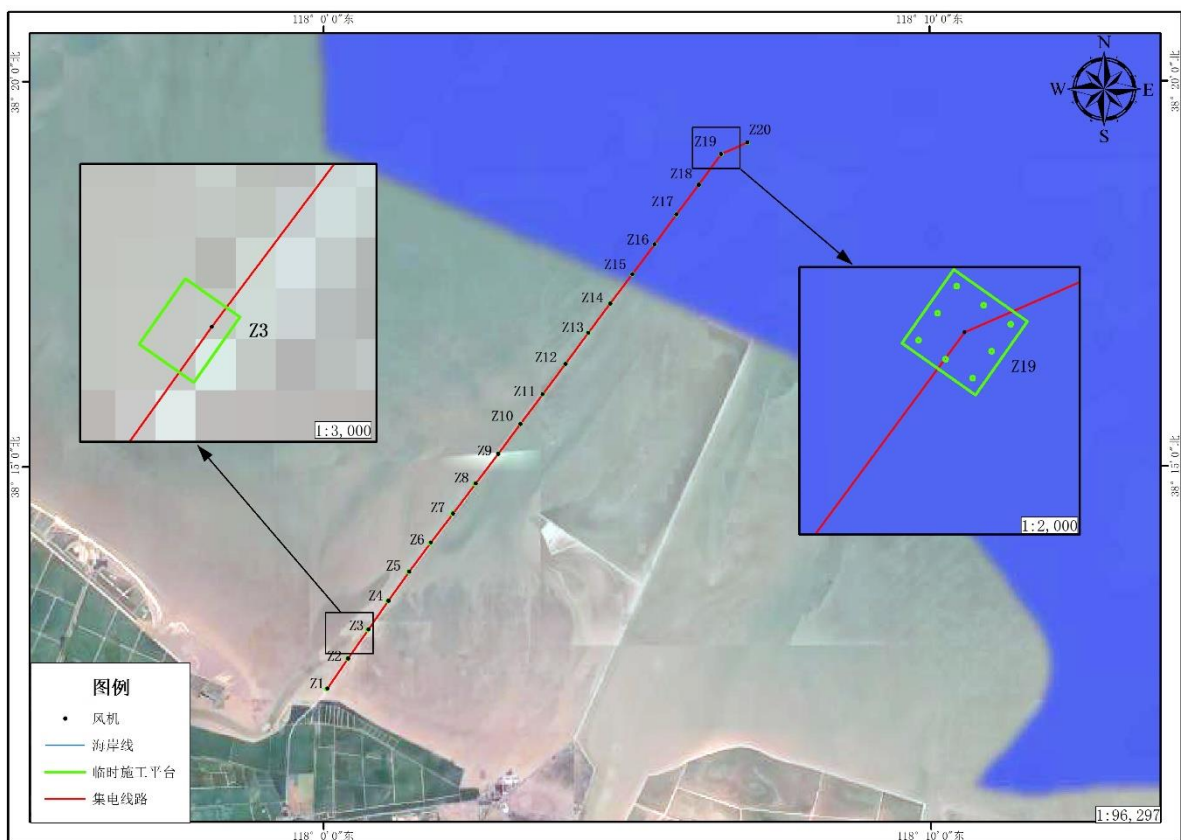


图 3.2-5 风机临时施工平台位置

项目升压站建设，为保障施工位置干燥，拟在升压站建设区域四周建设顶宽为7.5米的施工围堰。

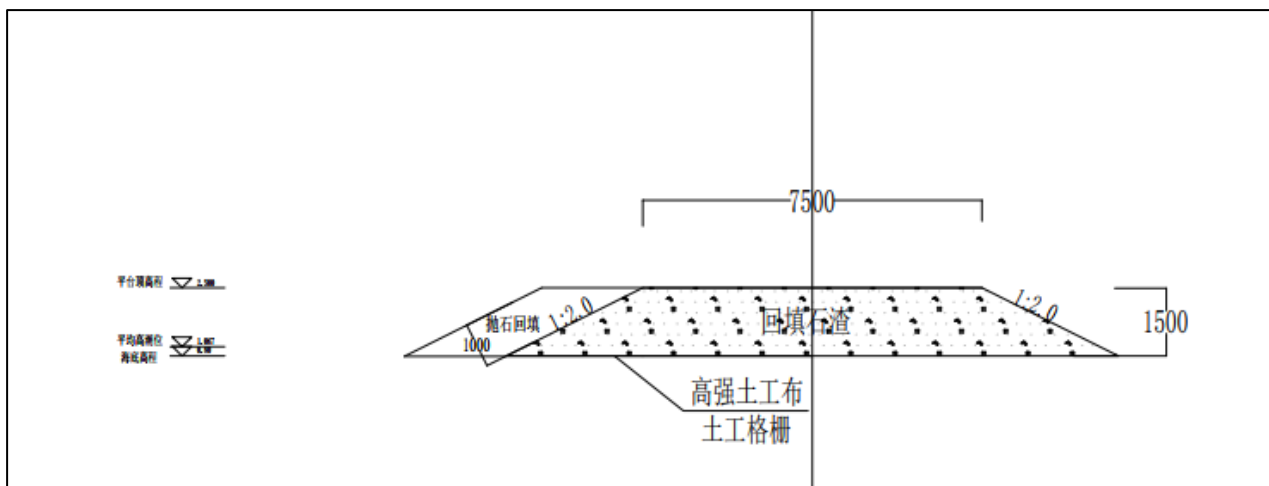


图 3.2-6 升压站临时施工围堰断面

3.2.3 结构型式

3.2.3.1 风电机组

3.2.2.1.1 风机基础结构

20台单机容量为10MW的风力发电机组，轮毂高度140m，叶轮直径233m的风电机组。

型式一顶高程 9m，底高程 3m，承台变阶高度 2.5m，承台边缘高度 1.5m，承台

顶圆台高 2.0m，承台总高度 6.0m，桩基内圈采用 6 根直径 1.2m 混凝土灌注桩，外圈外用 18 根直径 1.2m 混凝土灌注桩，混凝土等级采用 C45，桩长 52~56m，以⑤4 粉砂和⑤4-1 粉土为持力层，拟采用的机位为 Z1~Z8 共计 8 台机位。

型式二顶高程 9m，底高程 1m，承台变阶高度 2.5m，承台边缘高度 1.5m，承台顶圆台高 4.0m，承台总高度 8.0m，桩基内圈采用 6 根直径 1.2m 混凝土灌注桩，外圈外用 18 根直径 1.2m 混凝土灌注桩，混凝土等级采用 C45，桩长 55~58m，以⑤4 粉砂和⑤4-1 粉土为持力层，采用的机位为 Z9~Z20，共计 12 台机位。

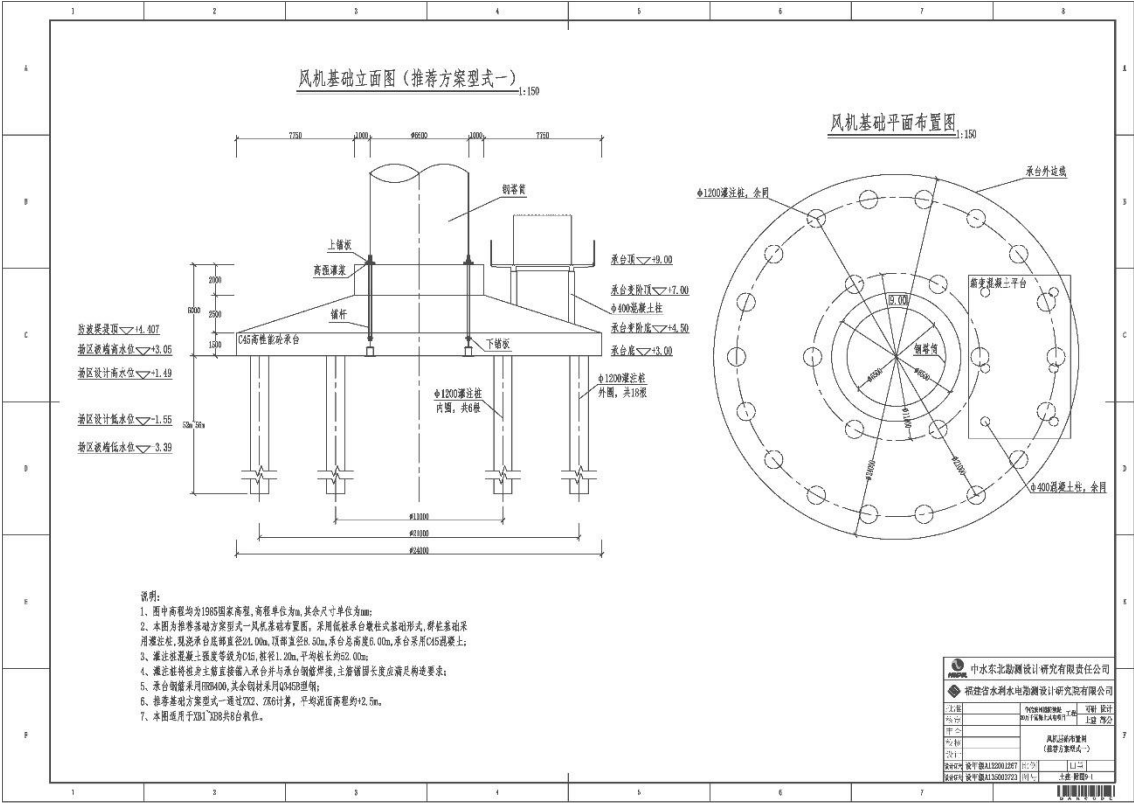


图 3.2-7 项目风机基础结构型式一（Z1~Z8）

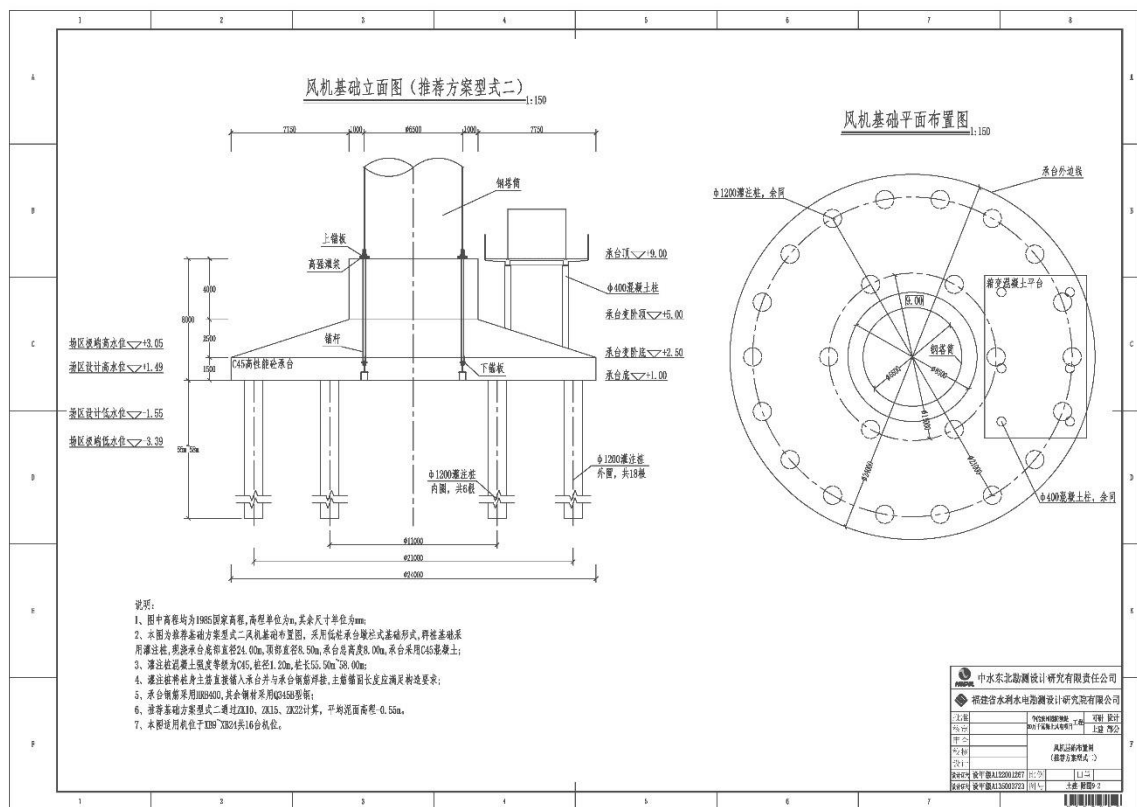


图 3.2-8 项目风机基础结构型式二（Z9~Z20）

3.2.3.2 集电线路

本项目风机所发电能经 10 回 35kV 集电线路送至配套升压站，经升压至 220kV 后以 1 回线路送至系统站。

本工程电缆主要连接风机与风机之间、风机与升压站之间，电缆路由路径总计 109.67km。位于已建防波堤堤段的 Z1~Z8 共 8 个机位的集电线路采用电缆沟形式，电缆沟基本沿道路布置，电缆沟采用预制电缆沟槽，施工完成后敷设电缆；Z9~Z20 共 12 个机位的集电线路因为所临近的防波堤堤面都是不规则的扭王字块，无法预制槽盒敷设，敷设形式为桩+电缆桥架。

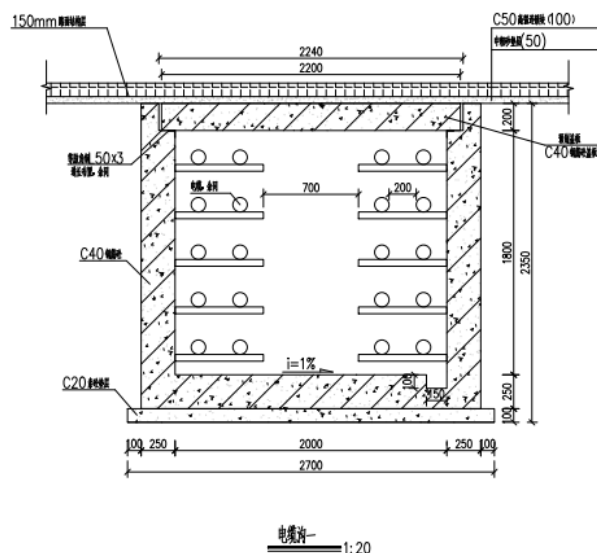


图 3.2-9 电缆沟结构示意图 (Z1-Z8 风机间电缆)

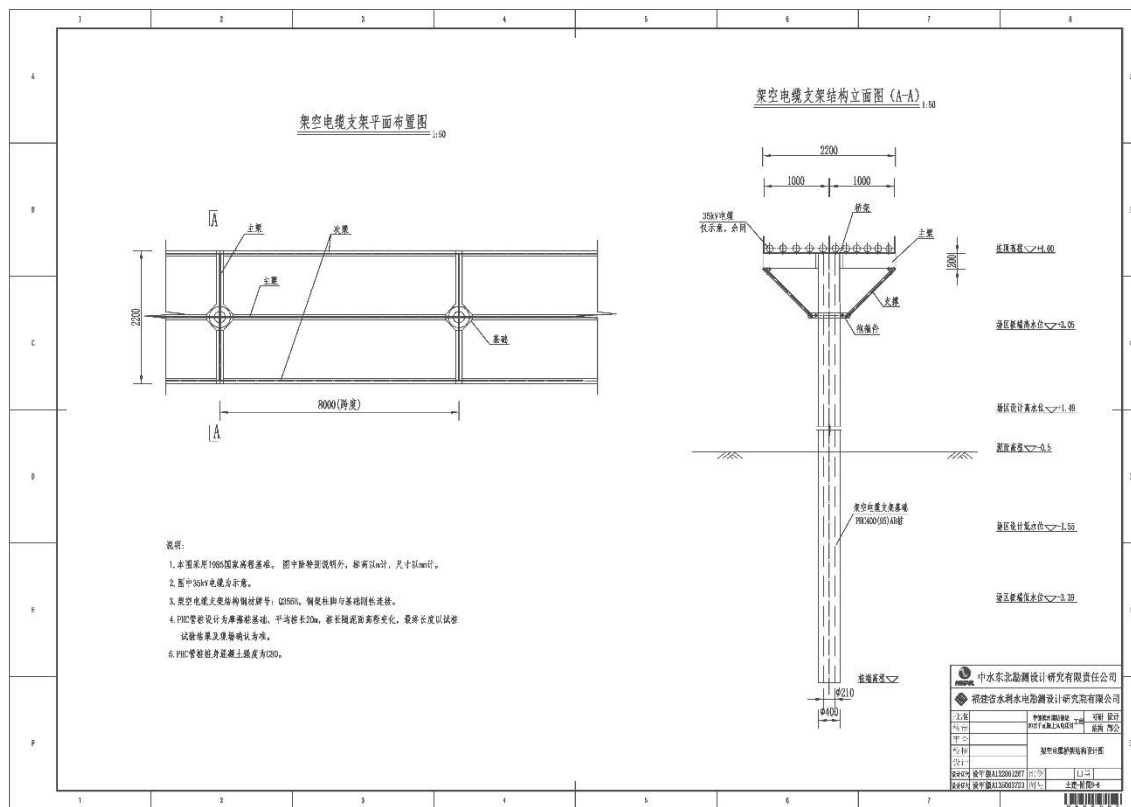


图 3.2-10 项目架空电缆支架结构示意图 (Z9-Z20 风机间电缆)

3.2.3.3 升压站

项目升压站拟安装 1 台 220MVA 主变压器。平面布置以站内东西向主道路为主轴线, 西北角布置生活区, 其他区域布置生产区。生产区从西南向东北依次布置出线构架、220kV 电气预制舱、主变设备基础、SVG 组合设备及接地变成套装置, 危废品库、施工变压器、事故油池布置在围墙空闲场地。二次设备预制舱布置在场区的西南角。生活区布置有生活用房等, 各分区之间形成环形道路, 满足消防要求, 运输要求。大门设置在西侧, 从西面进站。

构架：包括主变构架、出线构架、过渡构架，采用门型构架形式，构架柱采用人字柱或带端撑人字柱，直焊缝钢管柱，工厂分段制作，现场拼接采用法兰连接，横梁采用三角形格构梁，梁柱采用螺栓连接。上人部位设置爬梯，构架爬梯安装护笼保护装置。构支架柱与基础地脚螺栓连接。

支架：采用多边形或圆型直焊缝钢管。支架柱与基础地脚螺栓连接。

避雷针采用格构式钢结构，钢材型号 Q235C 级；基础地脚螺栓连接，钢筋混凝土基础。

钢构件均采用整体热镀锌防腐处理，现场焊接部位外加封闭漆防腐，镀锌厚度 100 μ m。基础高出平台 350mm。

主变基础及油坑：采用“支墩+整体筏片”型式钢筋混凝土基础，变压器基础周围设贮油池，贮油池尺寸比主变外轮廓每边大 1.0m 以上，内铺洁净卵石，粒径为 50~80mm，卵石厚度不小于 250mm，油坑侧壁压顶高于站区场地 150mm，卵石层顶面标高低于油池壁 100mm，发生事故时，保证主变油体通畅排出。集油坑内的油通过排油管排至附近设置的钢筋混凝土事故油池内。

GIS 基础：一部分放置于预制舱内，出舱套筒采用钢筋混凝土“支墩”型式。

SVG 设备基础：主要包括隔离开关、旁路开关、电抗器以及水冷装置基础。隔离开关、旁路开关、电抗器采用钢筋混凝土独立基础；电容器采用素混凝土大块式基础；预制舱采用条形基础，顶面标高高出周围设计地坪 200mm。

接地变兼站用变为小型预制舱型式，采用基础采用混凝土条形基础，顶面标高高出周围设计地坪 200mm。

危废品库：预制舱型式，建筑面积 47.90 平方米。预制舱轴线尺寸为 8.10m（长） \times 4.90m（宽），层高为 4.20m，室内外高差 150mm。首层平面布置依次有危废品库、废油库功能房间组成，各个房间的门直通室外。

水工构筑物：水工结构包括事故油池、回收水池等。水工构筑物采用现浇钢筋混凝土箱形结构。混凝土采用抗渗，箱体尺寸及埋深满足工艺要求。总事故油池采用现浇钢筋混凝土结构。按规程取单台变压器用油量的 100%设计，事故油池应采取防腐、防漏措施。在雨季应及时排出池内积水，以保证安全生产。

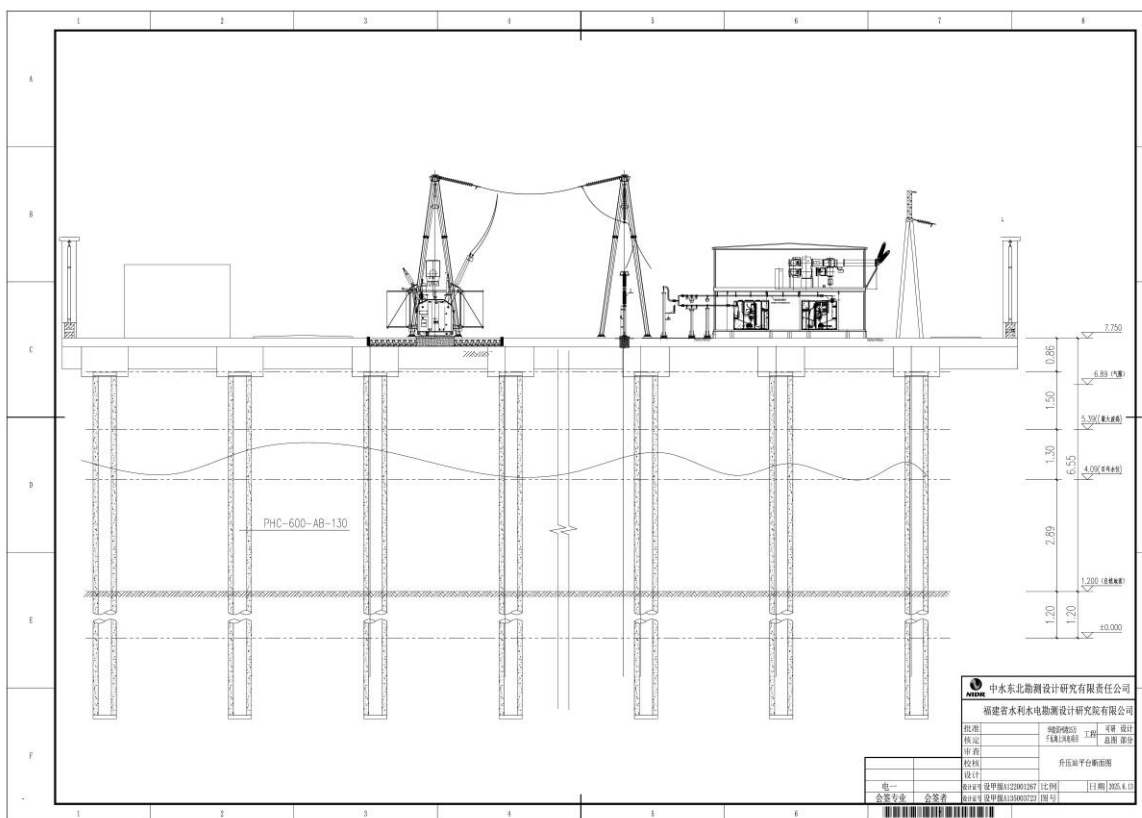


图 3.2-11 升压站结构示意图

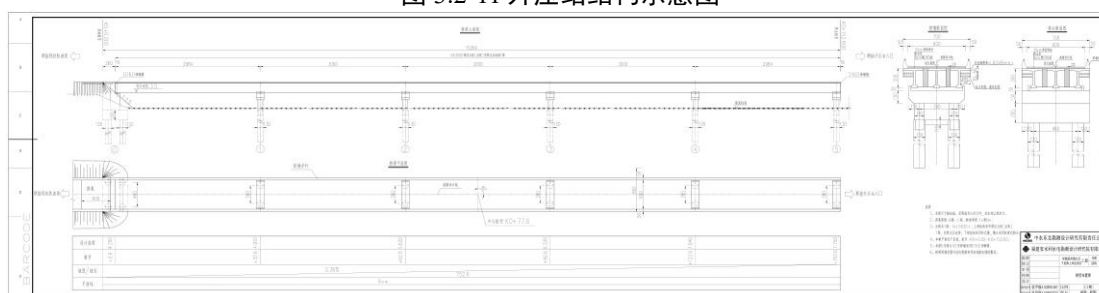


图 3.2-12 升压站进站桥梁结构示意图

3.2.3.4 配套工程

1、场区电气一次

本工程风电机组单机容量为 10MW，出口电压 1140V，风电场输变电系统采取二级升压方式。风机专用升压变压器，采用欧式箱变，风电场区内共配置 20 台箱变，每台 35kV 欧式箱式变电站内配置一台干式 9200kVA 三相、两线卷、自冷式、升压电力变压器。风力发电机组与箱式变电站之间采用 1.8kV（运行电压为 1.14kV）低压电缆直埋敷设。目位处沿海防波堤侧，为抵御海水侵蚀，风机接地体采用接地扁铜，截面为-60×6mm。采取以风机为中心做环形圆圈，并在风机基础承台位置预留接地连接点，将接地环形圈与基础内钢筋可靠连接，形成一个接地整体。风机接地和箱变基础接地共用一个接地装置。风电机组与其配套升压设备接地网工频接地电阻要求不大于 4Ω。风电机配套的箱式变电站高压侧均采用氧化锌避雷器保护。

2、升压站电气一次

据系统规划及风电场升压站设计规模，设计的主接线方案如下：

(1) 主变压器配置

升压站本期安装 1 台 220MVA 主变压器。

(2) 220kV 电气主接线

220kV 侧采用单母线接线形式，本期设置 1 个主变间隔，1 个出线间隔，1 个 PT 间隔，220kV 线路接入 220kV 海丰变电站，最终以电网接入系统批复意见为准。

(3) 35kV 电气主接线

35kV 本期采用扩大单母线接线；本期设 2 个主变进线柜、10 个集电线路进线柜、2 个 SVG 动态无功补偿柜、2 个接地变柜、1 个站用变柜、2 个母线设备柜。

(4) 中性点接地方式

220kV 为直接接地系统，主变压器 220kV 中性点具备不直接接地的条件；当主变压器 220kV 中性点采用不直接接地方式运行时，采用放电间隙对主变压器进行保护。

(5) 无功补偿

风电机组出力经风电场升压变送入电网，为了补偿变压器的无功损耗，减少线路的功率损耗，降低线路的电压损失，应遵循无功就地补偿的原则进行无功补偿。根据风机厂家提供资料，风电机组可以在额定有功功率下向电网提供或吸收一定的无功功率。根据《风电场接入电网技术规定》Q / GDW 1392-2015 的要求，风电场需在 35kV 侧配备无功补偿装置能够实现连续调节以控制并网点电压，其调节速度不大于 10ms。

(6) 站用电源及引接方式

升压站按终期规模考虑，本期配置 1 台容量为 500kVA 干式站用变压器，电源引自 35kV 母线。另一路电源引自附近 10kV 线路，通过 1 台容量为 500kVA 的 10kV 变压器降压成 380V 后作为站外电源（施工时作为施工电源）。

站用电配电柜采用低压配电柜，安装于预制舱内。站用电采用三相四线制接线，380/220V 中性点接地系统，采用两段单母线接线方式，配备双 ATS，备用电源可自动投入，正常工作时由站用变压器对两段母线供电，当站用变压器故障时，自动切换到备用电源对母线进行供电。对重要负荷均由两段母线分别供电。

3.2.4 依托工程

3.2.4.1 防波堤

1997 年至 1998 年 11 月，在套尔河河口两侧建设了 4886m 和 7884m 的一期防沙堤工程。防沙堤为斜坡式抛石潜堤，东堤堤根附近滩面高程-1.0m，堤头高程-2.0m；西堤分别为 1.0m 和-1.2m。除东堤头部 1576m 高程为 2.53m 外，其余东、西防沙堤堤顶

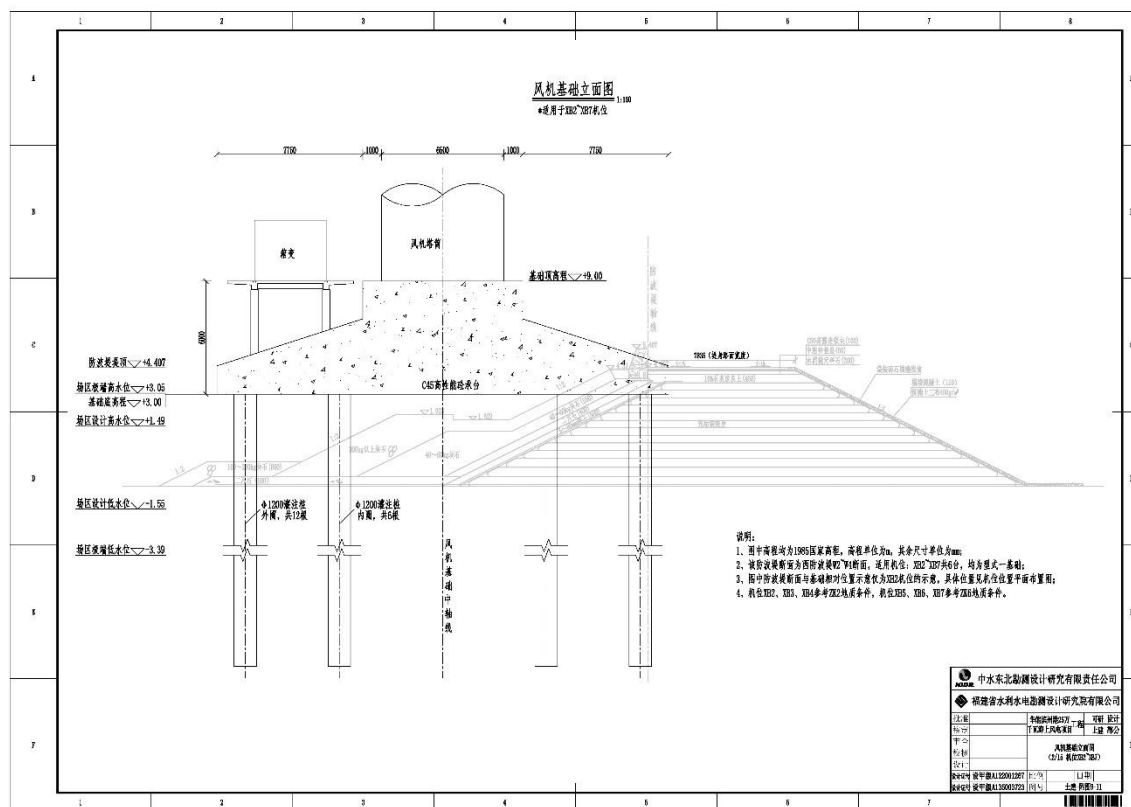
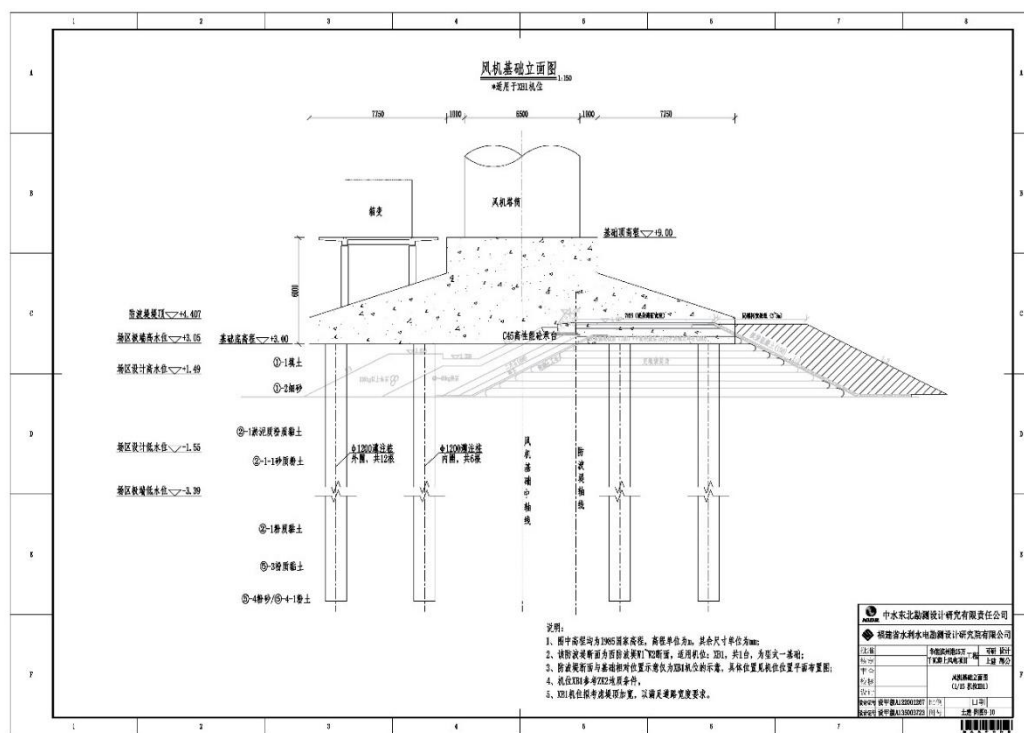
高程均为 2.73m，位于平均海面与平均高潮位之间。根据《滨州港总体规划》(2012 年)，海港港区在套尔河口外构造双堤合抱格局。根据设计，海港港区先后建成 [REDACTED] [REDACTED]，形成港区发展空间的同时在套尔河口外形成环抱式掩护水域，2014 年下半年海港港区通过建设位于滨州港规划西港界北段的“[REDACTED]”，与东侧“[REDACTED]”形成合抱格局，形成半封闭的港池，定了港区的发展空间。目前海港港区的已建防波堤的高程、长度等，均满足《滨州港总体规划》要求，可满足 3 万吨航道的防波挡沙。



图 3.2-13 项目防波堤现状

本工程共布置 20 台风机，风机机位均位于已建成的滨州港防波堤上。XB1~XB8 共 8 个机位位于已建二期，风机机位附近泥面高程约-2.5~0m；XB9~XB20 共 12 个机位位于已建西防波堤，风机机位附近泥面高程约-2m ~-7.0m。项目风机与防波堤的位置关系如下图所示。

XB1~XB8 机位所在的二期防潮堤长 6684.56m，工程区天然水深-2.5~0m，地基处理采用在天然泥面上铺设高强土工格栅和土工布，堤心采用充填袋，外海侧铺设碎石垫层、二片石及 40~60kg 的垫层块石，护面结构为栅栏板，边坡为 1:2，并铺设 300kg 以上块石为水下棱体及 300~600kg 的护底块石。内坡采用倒滤土工布作为倒滤层，袋混凝土护面。堤顶为 C25F200 砼挡浪墙，挡浪墙顶高程为 7.0~7.5m，挡浪墙后为 C50 高强连锁块路面，路面宽 7.5m。



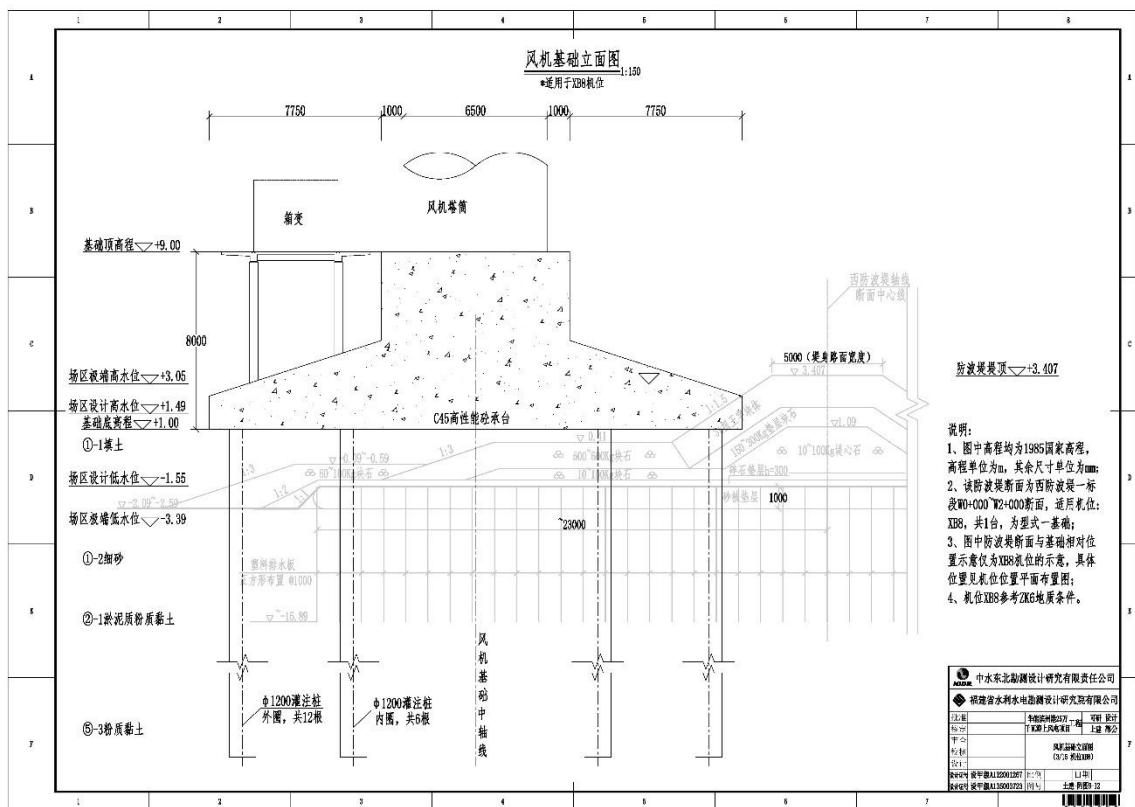


图 3.2-16 XB8 号风机与已建防潮堤的位置关系

XB9~XB20 机位所在的西防波堤长 13180.605m, 共分为三个标段。西防波堤一标段长 7600m, 工程区天然水深 0~3.5m, 地基处理采用在天然泥面上铺设 1.0m 厚砂垫层, 打设塑料排水板, 铺设高强土工格栅、土工布和碎石垫层。堤心采用 10~100kg 的堤心石, 其上铺设 150~300kg 的垫层块石, 及 3t 扭王字块体护面, 边坡为 1:1.5, 堤心两侧为水下棱体, 两侧均铺设 60~100kg 的护底块石。

西防波堤二标段长 1940.75m, 工程区天然水深-3.5~-5.5m, 地基处理采用在天然泥面上铺设 1.0m 厚砂垫层, 打设塑料排水板, 铺设高强土工格栅、土工布和碎石垫层。堤心采用 10~100kg 的堤心石, 其上铺设 250~500kg 的垫层块石及 5t 扭王字块体护面, 边坡为 1:1.5, 堤心两侧为水下棱体, 两侧均铺设 60~100kg 的护底块石。

西防波堤三标段长 3639.855m, 工程区天然水深-5.8~-7.0m, 地基处理采用在天然泥面上铺设 1.0m 厚砂垫层, 打设塑料排水板, 铺设高强土工格栅、土工布和碎石垫层。堤心采用 10~100kg 的堤心石, 其上铺设 500~1000kg 的垫层块石及 7t 扭王字块体护面, 边坡为 1:1.5, 堤心两侧为水下棱体, 两侧均铺设 100~150kg 的护底块石。

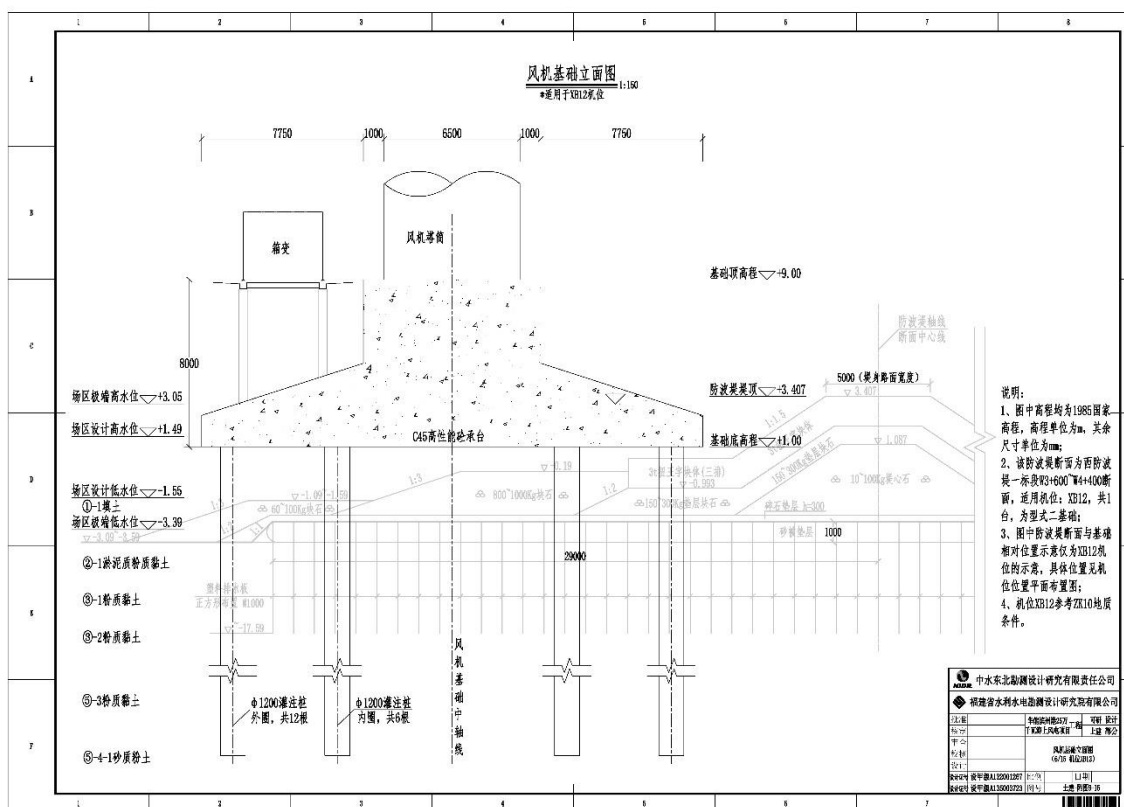


图 3.2-19 XB12 号风机与已建防潮堤的位置关系

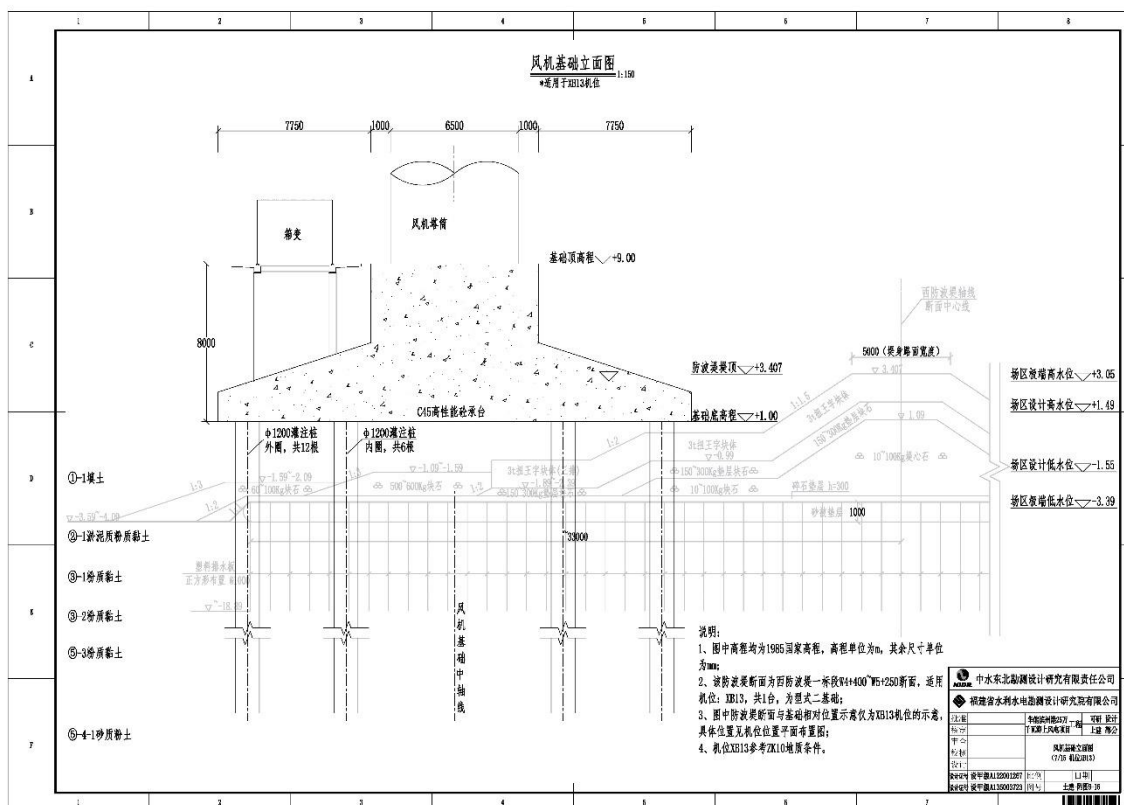


图 3.2-20 XB13 号风机与已建防潮堤的位置关系

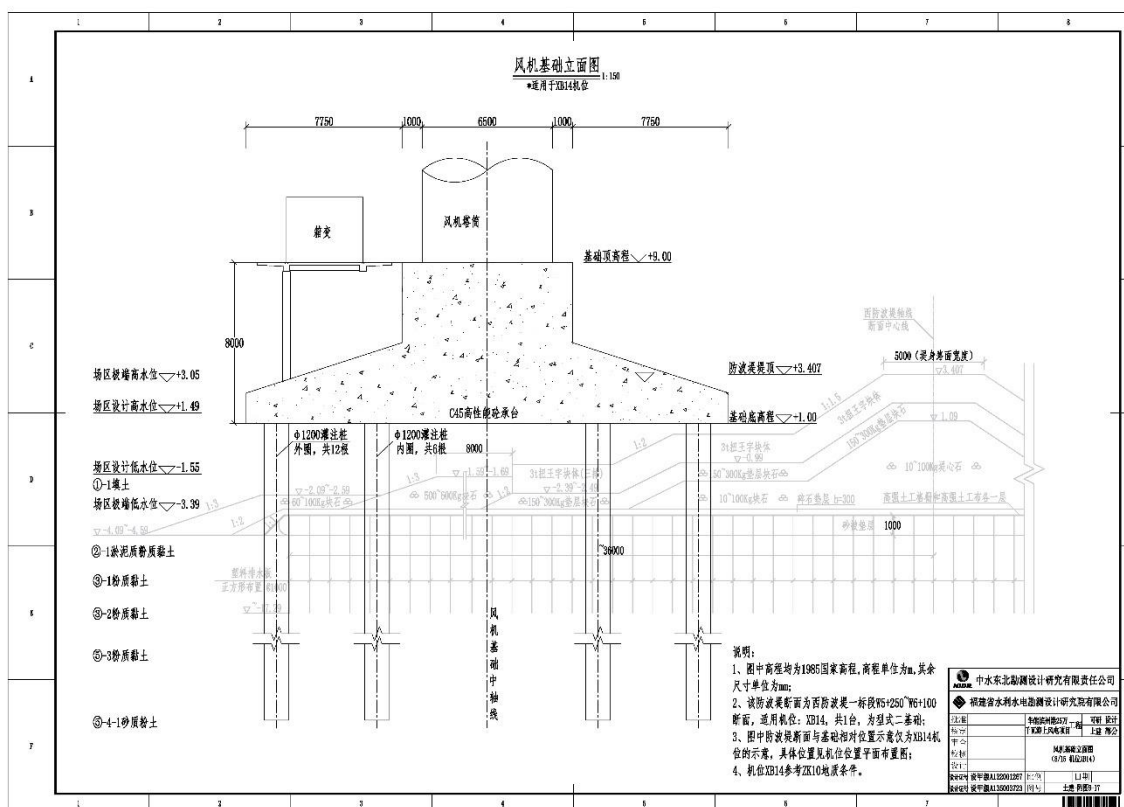


图 3.2-21 XB14 号风机与已建防潮堤的位置关系

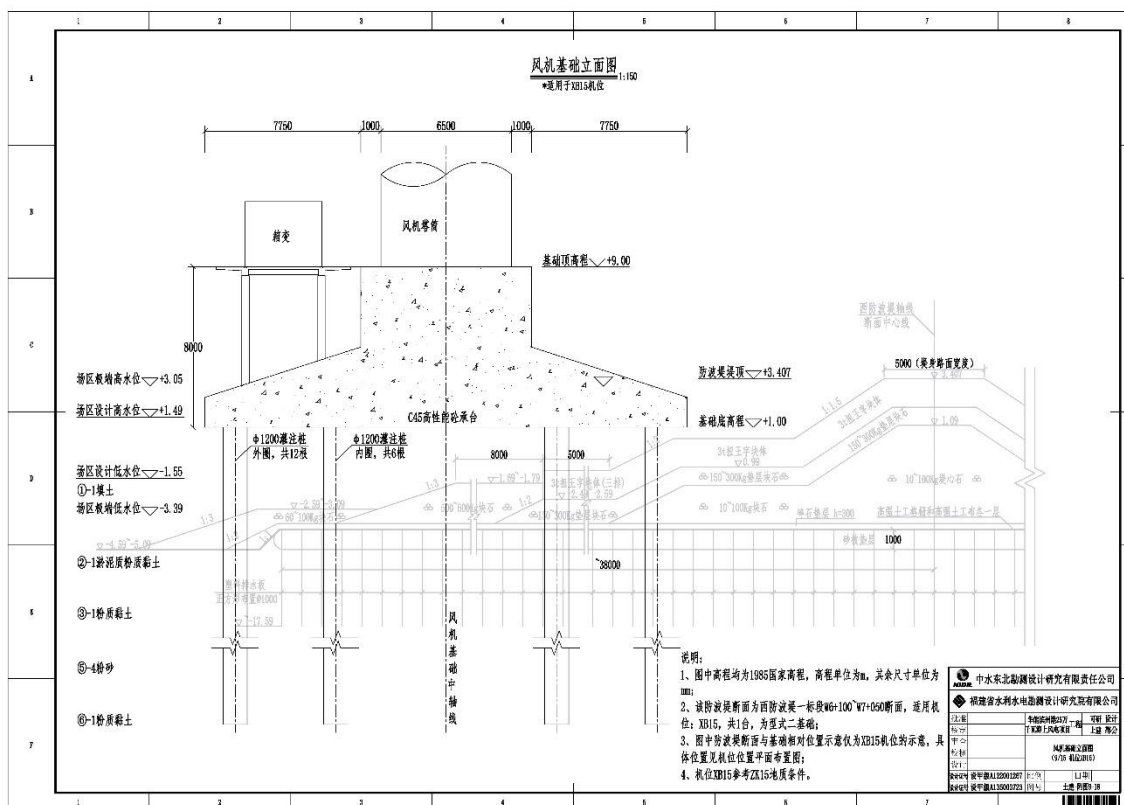


图 3.2-22 XB15 号风机与已建防潮堤的位置关系

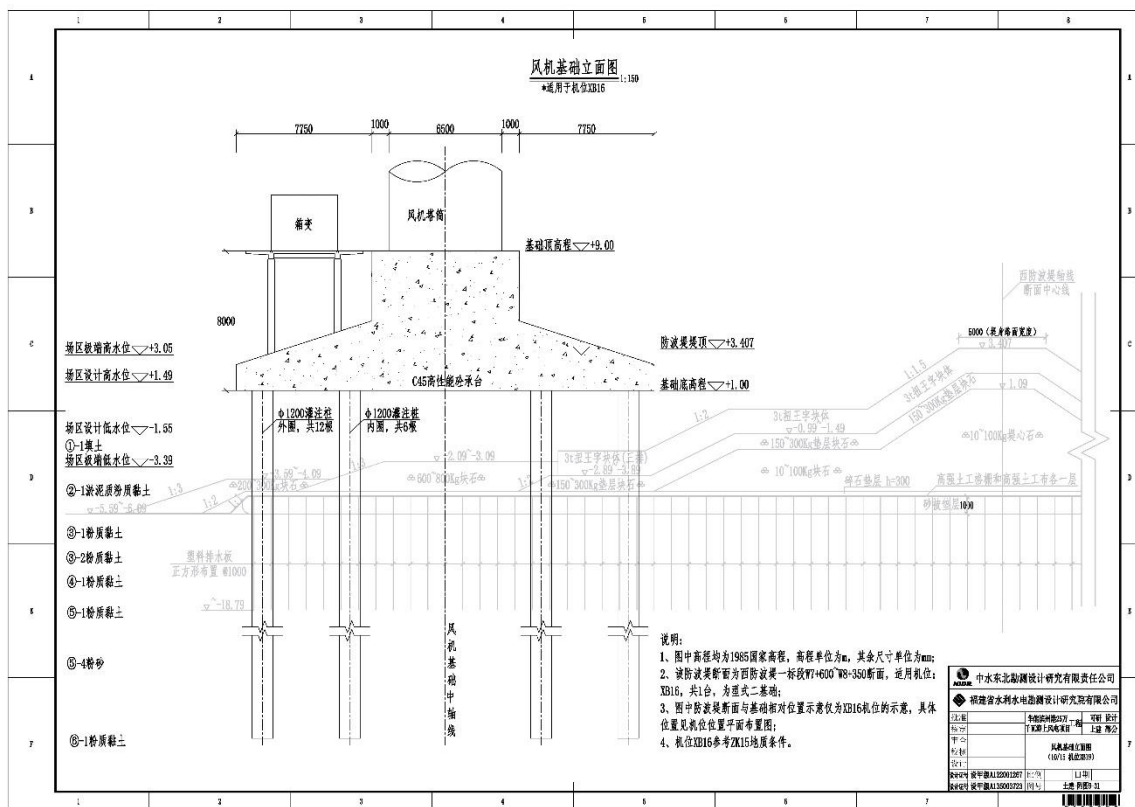


图 3.2-23 XB16 号风机与已建防潮堤的位置关系

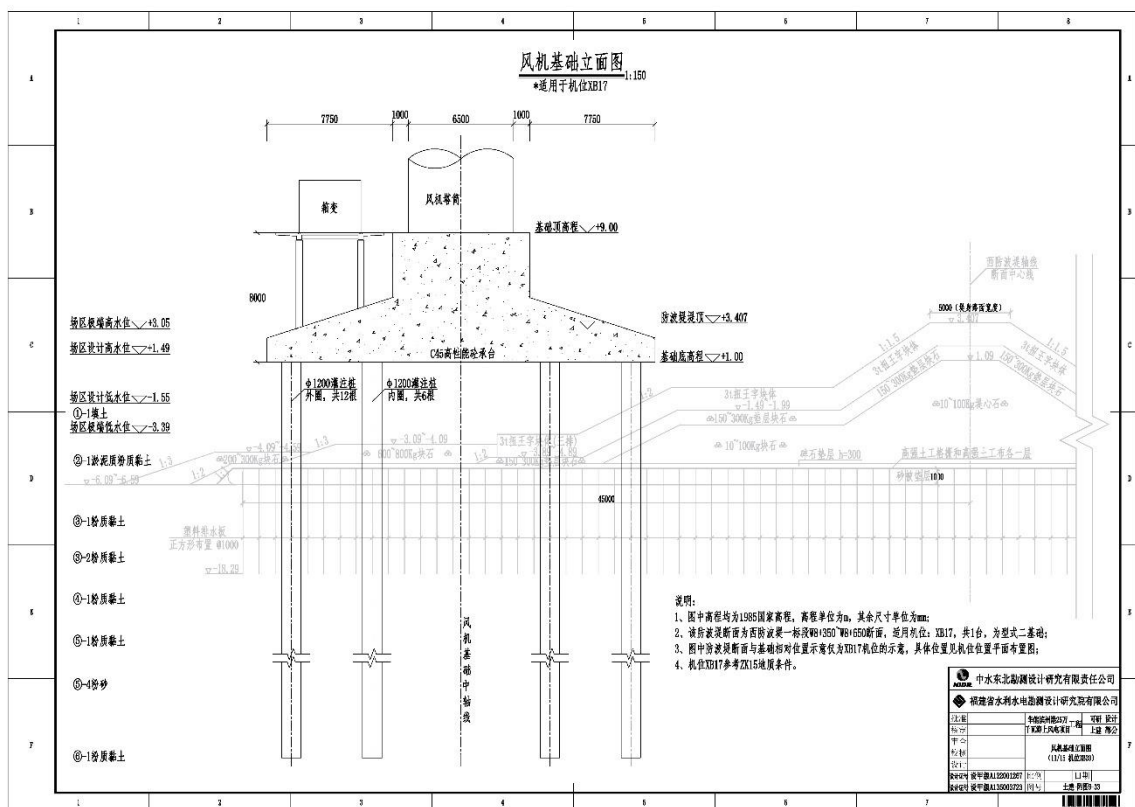


图 3.2-24 XB17 号风机与已建防潮堤的位置关系

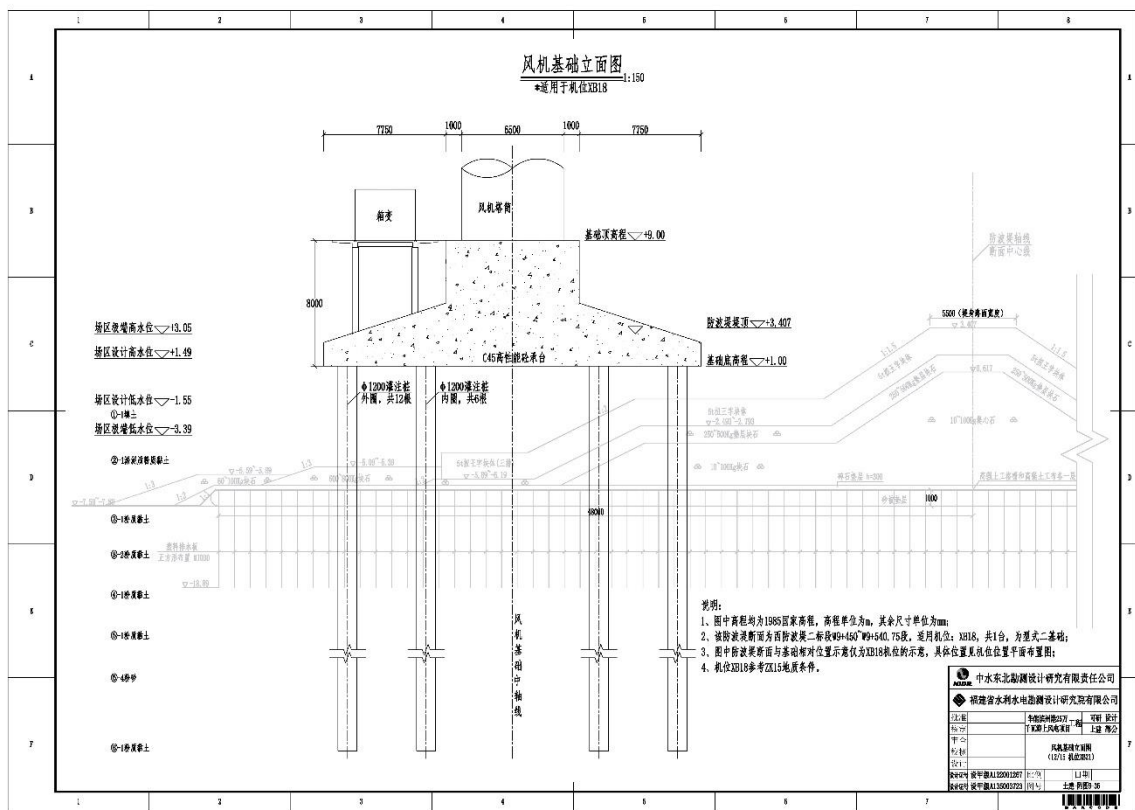


图 3.2-25 XB18 号风机与已建防潮堤的位置关系

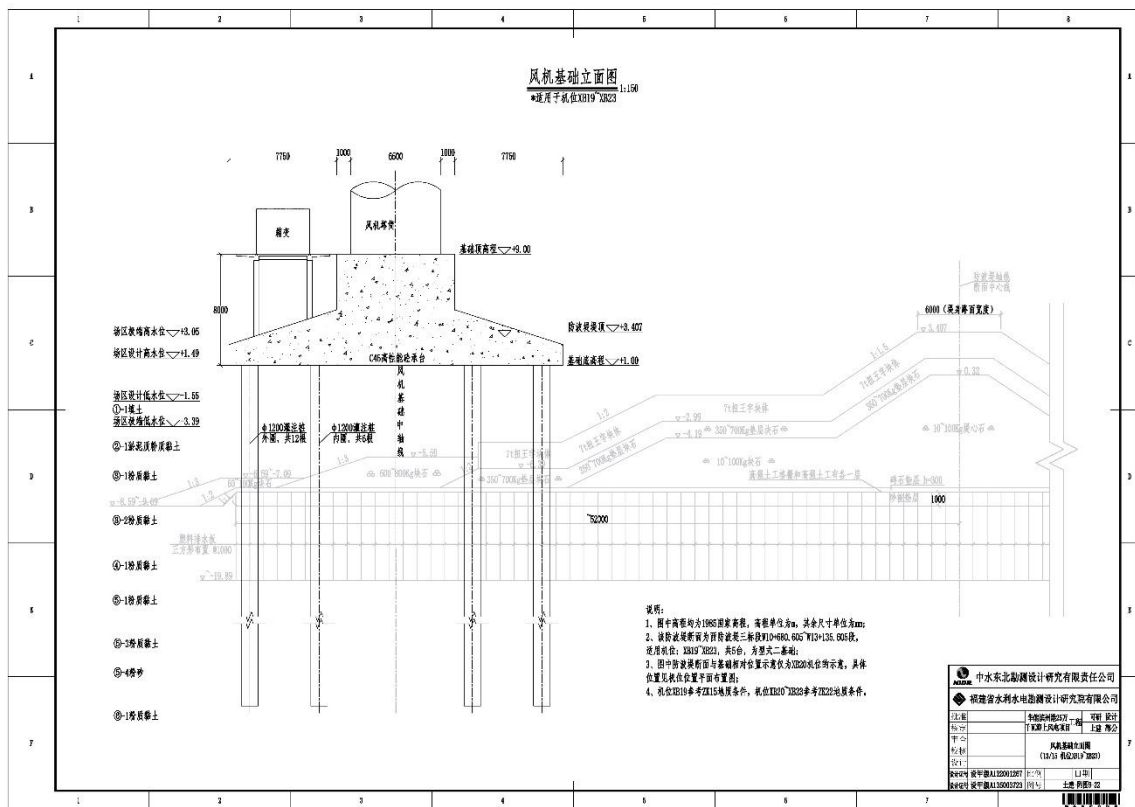


图 3.2-26 XB19~XB20 号风机与已建防潮堤的位置关系

3.2.4.2 港口

滨州港位于渤海湾西南岸, 套尔河入海口处, 北濒渤海, 东邻东营, 西与河北省黄骅港相望, 规划建有海港港区、套尔河港区和大口河港区。

项目位于海港港区，为综合性港区，以能源、原材料、钢材和化工品运输为主，兼顾集装箱运输，承担临港工业服务、腹地物资中转运输和综合物流服务等功能。

目前，滨州港海港港区共有 8 个泊位，包括 2 个 30000 吨级液体散货泊位、2 个 30000 吨级散杂货泊位和 4 个 50000 吨级液体散货泊位。



图 3.2-27 《滨州港总体规划》-港口规划布局图

3.2.5 公用工程

1、用水

施工现场生产、生活用水分为临时施工区和海上施工区两部分，临时施工现场生产、生活、消防用水可通过引入滨州港供水系统。海上施工用水通过淡水补给船供应。

2、用电

临时施工区施工电源拟从附近的10kV 线路接至施工区，在施工区设置10/0.38kV 的变压器，输出380V和220V的电压等级的电流，供施工使用。海上施工用电由各船只自备的柴油发电机等设备供应。

3、通信

滨州港通信网络较发达，场址附近已通固定电话网络，施工通信线可从场址附近的交接箱引出，接至现场施工通信总机的引入端。

另外，场址附近区域已有覆盖无线通讯网络（中国移动、中国电信、中国联通），施工期间的通讯也可采用移动电话。施工单位可自主选择通讯网络进行联系。

3.2.6 其他相关设计

3.2.6.1 监测设计

本工程推荐风机基础为灌注桩桩基承台基础。拟开展监测设计应包括对风力发电机组基础结构的沉降、倾斜率进行监测，判定基础的变形是否满足风机运行的要求；对基础结构的应力进行监测，判定基础的强度是否满足要求；对基础的动力特性进行监测，判定基础的动力运行特性。监测元件应安全可靠，数据传输准确，尽可能避免或减弱施工和运行时外部环境对元件工作性能的影响，监测数据的分析应及时

监测设计的内容主要包括：基础的不均匀沉降、基桩的应力、应变监测，系统整体动力特性测试，防腐蚀监测等。拟对 X1、X13 机位开展重点监测，重点监测内容包括：基础的不均匀沉降、基桩的应力、应变监测，系统整体动力特性测试，其余18台机位进行常规监测，常规监测内容主要包括不均匀沉降监测及振动监测。同时开展防波堤堤身稳定性监测，此部分详见防波堤堤身修复及监测部分。

3.2.6.2 靠泊防撞设计

1、基础靠船及防撞标准

考虑到本工程海域部分基础调试和运行期间可能会有工作或运维检修船舶停靠，基础结构安全对风机塔架安全运行至关重要，升压站基础设备、海缆及管线众多，为防止过往船只因误操作造成对风机基础和变电站基础的破坏性撞击，基础计算时考虑船舶撞击荷载，并在基础外侧设置靠泊侧设置橡胶护舷以减小靠泊的冲击力。

参考《海上风电场工程风电机组基础设计规范》(NB/T 10105), 本阶段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 设计。对于更大速度的船舶靠泊撞击, 防撞设施仅能起到有效缓冲撞击的作用, 进而减小撞击对风机基础或升压站基础的影响, 但不保证防撞设施的完好无损, 当防撞设施损坏时, 应进行及时的修补。对于更大吨位的船舶, 从结构设计方面考虑抵抗其撞击是不经济也难以实现的, 参考其他工程的做法, 除在工程布置时, 考虑风机与较大航道间预留一定的安全距离外, 项目建成后, 可以通过安装警示灯、AIS 以及业主单位向海事主管部门申请发布航行通告, 提醒本风电场周围航路中的船舶加强值班与瞭望, 并采取相应的安全措施。

2、基础防撞设计

本工程建设于已建防波堤确权海域内, 与可能有较大船舶航行的相关航道已按相关要求预留了足够的安全距离。因此, 本工程综合考虑防撞设施布置的造价和本风电场周边的通航情况, 拟定采用以预防措施为主, 即风机基础顶部侧面喷涂警示反光漆, 升压变基础及每座风机基础均设置警示灯和雷达应答器, 不再设置专门的防撞措施。

3.2.6.3 消防设计

本升压站消防设计立足“自救为主, 外援为辅”的消防原则, 消防设计与升压站总体布置统筹考虑, 保证消防车道的布置、建筑物防火间距、安全疏散、安全出口的布置以及有关消防设施(如消防供水、消防供电、事故照明、自动报警、通风防排烟、灭火器配置等)满足有关消防规范的要求。

风电场每台风电机组机舱内配备自动灭火系统, 同时要求配备相应的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, 要求机舱内的灭火器采取固定措施; 机舱内及风力发电机组升压变安装自动灭火系统。

项目主变压器及事故油池附近各设置 2 具推车式磷酸铵盐干粉灭火器(50kg, 氮气驱动)、1 个消防砂箱(有效容积 1m³)及消防器材柜(内含 4 具手提式磷酸铵盐干粉灭火器(氮气驱动)、消防铲及砂桶各 5 套)。

本工程生活预制舱及电气预制舱内均配置一定数量的手提式磷酸铵盐干粉灭火器, 灭火器按中危险级设计, 每个箱内设置 2 具 MF/ABC4 手提式磷酸铵盐干粉灭火器(由厂家配套提供), 在升压站场区内配置一定数量的室外推车式磷酸铵盐干粉灭火器(50kg), 氮气驱动, 场区灭火器火灾危险等级按中危险级设计, 保护半径 40m, 并在推车式灭火器处设置遮阳遮雨棚, 并做好通风设施, 保证灭火器设置点的环境温度维持在灭火器的使用温度范围之内。

3.2.6.4 防腐蚀设计

桩基承台基础主要涉及混凝土和钢筋的防腐蚀，防腐蚀措施主要为混凝土采用高性能混凝土，设计等级为 C45，抗冻融等级不小于 F300。混凝土的质量和配合比严格按照《海上风电场工程防腐蚀设计规范》（NB/T10626）的规定，并采取可靠的温控措施，防止混凝土浇筑时产生温度裂缝。混凝土中水泥采用高抗硫酸盐水泥的同时，掺入高效防腐蚀外加剂。另外采取增大钢筋混凝土保护层厚度，承台混凝土外表面采用硅烷浸渍喷涂（喷涂两遍，每次喷涂量 $\geq 300\text{mL/m}^2$ ）等措施，以提高基础混凝土抗腐蚀能力。本工程风机设计寿命为 25 年，考虑到建设期约为 12 个月，本次防腐蚀设计按 26 年考虑。若风电场风机设计寿命到期后风机基础还需运行，需对重防腐涂层加强维护或补涂新的防腐涂层。

3.2.6.5 防冲刷设计

工程区风机基础拟布置于防波堤堤身，原防波堤堤身结构护面结构及护底块石能够起到良好的防冲刷效果。根据防波堤工程施工图阶段设计资料，海域内流速不大于 0.98m/s，防波堤建成后将进一步减小流速，因此，基础建成后其外侧护面结构和护底块石采用原防波堤护面结构，不再单独设置其它基础防冲刷设计。

3.3 施工方案

3.3.1 施工条件

3.3.1.1 交通运输

（1）陆上交通

本项目大型设备进场道路可由G0111秦滨高速转国道G339，进入滨州港风电场所区域，风电场四周有多条县乡道路通过，陆上交通便利。

（2）海上交通

项目所在地滨州港，滨州港（Binzhouport）位于滨州市北部、渤海湾西南岸，隶属于山东港口渤海湾港口集团，作为黄河三角洲高效生态经济区和山东半岛蓝色经济区两大国家战略共同规划建设的重要港口之一，是山东省会城市群经济圈最近的出海通道，是山东对接天津滨海新区最近的出海口岸。

2007年，滨州市政府确定了“以港兴市”的战略，自此滨州港不断发展，2017年12月22日，滨州港一类开放口岸获中华人民共和国国务院批复。

截至2020年，滨州港已经建成了东、西两条防波堤及17公里集疏运通道，3万吨级航道建成通航，建成并投入运营3万吨级（结构预留5万吨级）散杂货泊位2个、3万吨级（结构预留5万吨级）液体化工泊位2个。2018年滨州港货物吞吐量突破1200万吨；

2020年，滨州港货物吞吐量为3665.02万吨，2021年上半年，滨州港货物吞吐量为1901万吨。

滨州港目前已建成东、西两道防波堤，长度分别为20公里。为满足大型船舶进港作业条件，滨州港2018年启动对原有3万吨级航道的改扩建工程，其中包括东、西防波堤的外延工程，该工程由东、西防波堤外延至天然水深-8.7m处，两外延堤长度相同，均为8.8km，共17.6公里。项目大型设备可通过水运到达，水运交通便利。

3.3.1.2 施工供应条件

（1）建筑材料供应条件

本工程建设所需物资主要为水泥、钢材与油料等，项目所需材料及土石方均外购，工程区域为沿海经济发达地区，建筑材料等物资丰富，为本工程的施工提供了便利条件。

风电机组基础结构需要材质要求较高的钢材，为保证钢材质量，可选择直接从大型钢厂进行采购，直接运输至项目施工现场。

（2）施工供水、供电和通信条件

施工现场生产、生活用水分为临时施工区和海上施工区两部分，临时施工现场生产、生活、消防用水可通过引入滨州港供水系统。海上施工用水通过淡水补给船供应。

临时施工区施工电源拟从附近的10kV线路接至施工区，在施工区设置10/0.38kV的变压器，输出380V和220V的电压等级的电流，供施工使用。海上施工用电由各船只自备的柴油发电机等设备供应。

滨州港通信网络较发达，场址附近已通固定电话网络，施工通信线可从场址附近的交接箱引出，接至现场施工通信总机的引入端。

另外，场址附近区域已有覆盖无线网络（中国移动、中国电信、中国联通），施工期间的通讯也可采用移动电话。施工单位可自主选择通讯网络进行联系。

（3）施工机械设备条件

本工程施工机械设备主要为起重船、运输船、专业工程船舶等工程船只与防波堤上大型起重机械。工程附近的滨州港为国家一类口岸，码头前沿设有大型起重设备，同时工程周边地区分布有大型的船舶制造企业和港航施工类企业，拥有数量与种类众多的工程施工船只，满足工程建设对施工船机设施条件的需求。

3.3.2 施工工艺

3.3.2.1 场内道路施工

位于已建防波堤堤段的 Z1~Z8 共 8 个机位场内物资运输通过现有防波堤道路，预

先铺设 6m 宽 30mm 临时钢板以提高防波堤路面承载力。在施工前，对道路表面进行彻底清理，移除杂物、积油污等。基础处理:对道路基础进行必要的处理，如填补坑槽平整表面等，确保钢板铺设后的平稳性；利用吊车等设备将钢板运输至施工现场，并妥善放置根据设计方案，对钢板进行精确定位，确保铺设位置，按照定位要求，依次铺设钢板，保证钢板之间的平整度和连续性。

3.3.2.2 防波堤修复及加固

1、防波堤修复结构设计

根据现场踏勘与测量，本项目既有防波堤局部有塌陷需修复，塌陷部分均为防波堤内坡，因此本项目防波堤修复采用原防波堤设计方案，使用泥浆泵灌装至土工织物袋中形成堤心为保证整体稳定，本方案内外坡坡度均取为1:2。防潮堤主体内坡采用倒滤土工布作为倒滤层，其上采用15cm厚模袋混凝土进行护坡。上部结构采用10%石灰土、6%水泥稳定碎石层及连锁块，路面宽7.5m。修复后防波堤结构如下图：

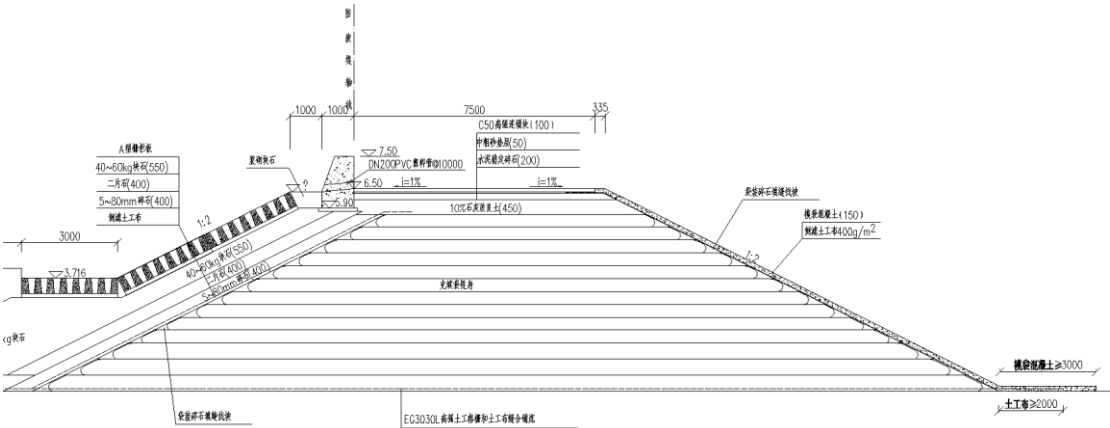


图 3.3-1 防波堤断面图

(1) 充填袋堤心施工技术要求:

- 1) 模袋砂堤心：布袋采用防老化编织土工布，单位面积质量大于 200g/m²。袋体内充填料应选用砂性土，其粘粒含量<10%，充填饱满度为 85%，充填后的干重度应达到 14.5kN/m³ 以上。
- 2) 充填袋堤心所用土工织物应逐批，逐卷进行检查验收，其物理力学性能应满足设计要求。
- 3) 袋体缝制缝的形式及缝接强度，应采用包缝或丁缝，缝线采用强度不小于 150N 的尼龙线。
- 4) 充填袋充填筑堤前，应将地基表面可能有损织物的凸出物，杂物清除干净。
- 5) 上下袋体的铺设应错缝搭接，紧靠，相邻袋体之间不应有通缝。

6) 袋体充填应按照“充填—拼浆—二次充填”的顺序进行, 每层充填袋体的厚度控制在 0.4~0.5m 范围内。

7) 对袋体表面应进行检查, 土工织物袋体在铺设及充填过程中若出现袋体损伤, 应及时修复, 缝接方法采用外覆式。

8) 堤心断面形成后应及时进行护面的施工, 或采取有效保护措施防止“风损”。

(2) 土工布施工:

1) 土工布为涤纶短纤维针刺无纺土工布, 规格为: 400g/m²。

2) 土工布沿坡向不得搭接, 沿引堤轴线方向搭接宽度不小于 1m, 搭接缝应用砂袋压稳。

3) 应随展铺土工布随压砂袋, 防止土工布漂浮、位移, 砂袋间距宜为 1~2m, 单个砂袋重量宜在 50kg 以上。

4) 土工布进场后应存放在通风遮光的仓库内, 严禁暴露日晒。

5) 土工布铺完后应采取防晒措施, 同时土工布施工与吹填之间的间隔不应超过 10 天。

6) 破损、老化的土工布不得使用。

7) 土工布铺设应保持平顺、松紧适度, 留有一定的富裕量。

(3) 高强连锁块施工:

1) 基层要求平整、密实, 表面应理出排水坡度, 碾压密实度应达到 93%以上。

2) 预制块铺砌完成后的表面标高误差均应控制在纵横缝顺直误差为 10mm/20m。

3) 垫层采用中粗砂, 用刮刀刮平, 厚度要求均匀平整。

4) 铺砌前应站在砌块上作业, 不可站在砂垫层上作业以保证平整度, 砌块间隙不大于 5mm。

5) 路面相接处或转弯处, 需要特殊尺寸砌块或需采用切割机切割。

6) 铺设好的连锁块应采用带橡胶底板的重载板式压实机压实至少两遍, 以达到所需平整度。

2、防波堤加固

为保证既有防波堤承载力与稳定性满足大件运输及检修道路要求, 因此对 XB1~XB8 风机路段防波堤进行劈裂注浆加固, 布孔采用梅花形(正三角形), 孔距为 1.4m, 孔深为 6m, 单孔注浆量为 1.8m³。

(1) 施工流程

测量放线→现场试验(确定参数)→钻孔就位→成孔→下注浆管→制浆→注浆→

记录→拔管→封孔→移机至下一孔位→质量检验。

(2) 施工方法

1) 测量放线：根据设计图纸，采用全站仪精确放出每一个注浆孔的位置，并打入木桩或喷漆标记。

2) 现场试验：正式施工前，选取一个有代表性的区域（如 20m×20m）作为试验区，进行试注浆。通过试验最终确定最佳孔距、排距、浆液配比、注浆压力、注浆速度等核心参数，用以指导大面积施工。

3) 钻孔：采用地质钻机或锚杆钻机跟进套管成孔，以防止塌孔。钻孔至设计深度后，进行清孔。

4) 下注浆管：采用Φ42~Φ50mm 的钢花管作为注浆管。花管底部 1~2m 范围内钻设出浆孔，孔径 6~8mm，间距 200~300mm，呈梅花形布置，外包橡胶套或塑料胶带作为单向阀。将注浆管下至孔底，在孔口用止浆塞封堵。

5) 制浆与注浆：严格按试验确定的配比在集中制浆站拌制浆液。采用双液注浆泵进行注浆。注浆时，自上而下或自下而上分段注浆（推荐分段式，效果更好）。严格遵循“跳孔施工”原则，间隔 1~2 个孔位进行施工。

6) 记录：专人负责记录每孔的注浆压力、注浆量、浆液配比、开始与结束时间、异常情况等，记录表需签字归档。

7) 封孔：注浆结束后，若孔口出现返浆，应采用浓水泥浆将孔口封堵密实。

3.3.2.3 风机基础施工工艺

1、Z1~Z8 共 8 台风机基础施工

位于已建防波堤堤段的 Z1~Z8 共 8 台风机基础的施工工序为：桩位放线→切除桩位处扭王字块→钢护筒埋设→施工平台填筑→钻机就位、孔位校正→成孔、泥浆循环、清除废浆、泥渣→第一次清孔→质量验收→下钢筋笼和钢导管→第二次清孔→浇筑混凝土→成桩→模板安装→安装过渡段连接钢管→绑扎承台钢筋→浇筑承台砼→拆除底模。

该 8 个机位的施工安装平台采用土石填筑施工平台，风机基础施工及风机安装场地位于现有防波堤迎水侧，安装平台表面高程与检修道路相同，边坡坡度按 1:1.5 考虑。为了施工方便，风机基础位置考虑采用土方回填，其余位置采用块石回填，施工平台尺寸为 60m×50m（长×宽）。

2、Z9~Z20 共 12 台风机基础施工

Z9~Z20 共 12 台风机的风机基础的施工工序为：桩位放线→切除桩位处扭王字块

→钢护筒埋设→辅助桩施工→施工辅助平台安装→钻机就位、孔位校正→成孔、泥浆循环、清除废浆、泥渣→第一次清孔→质量验收→下钢筋笼和钢导管→第二次清孔→浇筑水下混凝土→成桩→拆除施工辅助平台→安装底模板→安装钢套箱→安装过渡段连接钢管→绑扎承台钢筋→浇筑承台砼→拆除钢套箱→附属设施及防腐→拆除底模。

该 12 个机位的施工安装平台采用钢结构施工辅助平台，施工辅助平台尺寸为 45m*45m，共设置 8 根桩径 2 米壁厚 20mm 钢管桩作为平台支撑基础。

3、防波堤坡面开挖

为保障防波堤桩基施工，需精准切除桩位处扭王字块体。首先采用 GPS-RTK 与全站仪双控定位，标定桩中心点及切割边界（设计桩径+20cm 操作空间），确保桩心偏差≤2cm。切割时执行分层拆除工艺：

- 1) 金刚石绳锯环形切割至 30cm 深度；
- 2) 液压劈裂枪十字分块，将块体裂解；
- 3) 真空吸盘配合履带吊逐块移除，全程监测防碰撞。

块体移除后立即基床处理：清除碎石至原堤身层，夯实铺设 10cm 级配碎石找平层（承载力≥150kPa），安装焊接式钢导向架定位桩位。同步实施结构维稳措施：

- 1) 相邻块体缝隙灌注环氧砂浆增强侧向约束；
- 2) 坡面覆盖防浪苫布+沙袋压边，控制周边位移≤3mm；
- 3) 严格选择潮差<2m 的低潮窗口期（6 小时内完成切割至导向架安装）。

此方案通过精准定位→分层裂解→快速吊离→基床强化→即时防护的闭环流程，高效解决桩基作业面开辟难题，尤其适用于潮汐环境下的防波堤相关工程。

4、防波堤恢复

1)防波堤坡面恢复前，应进行开挖平面、剖面复核检查，以及进行原坝坡面清理质量的检查和验收；

2)应清除基底垃圾等杂物，抽除坑内积水、淤泥。

3)应保证恢复后的整理美观性。

5、灌注桩施工

1)泥浆护壁成孔时，应采用孔口护筒，护筒设置应符合下列规定：

a.护筒埋设应准确、稳定，护筒中心与桩位中心的偏差不得大于 50mm；

b.护筒可用 20mm 厚钢板制作，其内径应大于钻头直径 100mm，并不应大于设计桩径 300mm，上部宜开设 1~2 个溢浆孔；

c.护筒顶标高应高出地下水位 1.5~2.0m，并高出地面 300mm 以上，护筒的埋设深

度不应小于 1.0m，外侧应采用黏土填实，其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求。

2) 在软土层中钻进时，应根据泥浆补给情况控制钻进速度。

3) 钻进成孔过程中，孔内液面应高于孔外水位 1.5~2.0m。当孔内外水头变化较大时，应对孔内水位采取稳定措施。

4) 钻机设置的导向装置应符合下列规定：潜水钻的钻头上应有不小于 3d 长度的导向装置；利用钻杆加压的正循环回转钻机，在钻具中应加设扶正器。

5) 如在钻进工程中发生斜孔、塌孔和护筒周围冒浆、失稳等现象时，应停钻，待采取相应措施后再进行钻进。

6) 成孔作业结束后，开动空吸泵，令钻头在原地空转 1min 左右，直至泵出口处的排泄物不含土砂后再提升钻头。

7) 钻孔达到设计深度，灌注混凝土之前，孔底沉渣厚度指标不应大于 80mm，桩径偏差 $\pm 50\text{mm}$ ，垂直度允许偏差 $<1\%$ 。

8) 终孔后，应立即进行清孔。

6、混凝土浇筑

为保证基础的整体性，要求整个基础一次浇筑完成，不留施工缝。基础混凝土采用分层浇筑，每层厚度 30cm 左右，为避免出现冷缝，上下两层混凝土浇筑时间间隔不大于下层混凝土初凝时间以前 1 小时，单个基础混凝土浇筑时间不超过 10 个小时，混凝土最大浇筑强度将达到 $148\text{m}^3/\text{h}$ 。

3.3.2.4 风电机组安装工艺

1、Z1~Z8 共 8 台风机基础施工

机组安装施工顺序：施工准备—施工塔筒吊装—机舱吊装—叶片吊装—控制柜安装—电缆安装—电气连接—液压管路连接。

(1) 施工准备

安装现场道路应平整、通畅，能够保证各种施工车辆安全通行。

2) 风机安装场地应满足吊装需要，并应有足够的零部件存放场地。

3) 施工现场临时用电应采取可靠的安全措施。

4) 施工现场应根据需要设置警示性标牌、围栏等安全设施。

5) 安装现场应准备常用的医药用品。

6) 根据风电机组大型吊车的控制性参数为轮毂高度和最大部件重量，选用一台 1250t 履带吊、一台 200t 履带起重机配合吊装。吊装前吊装人员必须检查吊车各零部件，正确选择吊具。

7) 吊装前应认真检查风机设备，防止物品坠落。

8) 吊装现场必须设专人指挥。指挥必须有起重指挥证，执行规定指挥手势和信号。

9) 起重机操作人员在吊装过程中负有重要责任。吊装前，吊装指挥和起重机操作人员要熟悉吊装方案。吊装指挥应向起重机操作人员交待清楚工作任务。

10) 遇有大雾、雷雨天、照明不足，指挥人员看不清各工作地点，或起重驾驶员看不见指挥人员时，不得进行起重工作。

11) 塔架内的同一段爬梯上只允许有一个人在攀爬或施工。

(2) 风电机组塔筒安装

1) 在下塔筒吊装之前，须完成塔基控制柜支架和柜体的安装；

2) 在吊装之前，用水准仪复核锚笼环的标高和水平度，清除锚笼环螺栓孔内的灰尘、铁锈、铁屑等杂物，清理锚笼环上下法兰面，在锚笼环上法兰面上涂密封胶；

3) 准备好下塔筒与锚笼环连接用的螺栓、螺母、垫片，放在锚笼环里；

4) 用专用润滑剂润滑所有螺栓的螺纹；

5) 按安装方案要求，将主吊车与副吊车布置就位，吊装工具准备齐全；主吊车吊具与塔筒上法兰联接（均布四处联接），副吊车吊具与塔筒下法兰一处联接，将吊具吊头分别挂在主副吊车大钩里，并扣好大钩安全扣；

6) 通过下塔筒下法兰螺栓孔绑好两根对称的拉绳，用来调整塔筒方向；

7) 主副吊车同时起吊，待塔筒离开地面以后，主吊车继续提升，副吊车则调整塔筒底端和地面的距离；

8) 主吊车将塔筒提升至垂直位置后，拆卸副吊车吊具，使塔筒底部对准锚笼环法兰面缓缓落下，并用拉绳调整塔筒方向，找准塔架入口门正确位置，并转动筒体使塔筒和锚笼环螺栓孔对正，落下筒体，在下塔筒和锚笼环法兰面距离 3mm~5mm 时可用孔销定位；

9) 用电动或液压扳手预紧螺栓；

10) 拆卸主吊车吊具；

11) 紧固塔筒与锚笼环连接螺栓，螺栓紧固力矩须满足要求；

12) 连接接地线；

13) 塔筒内照明接线安装；

14) 中段塔筒和上段塔筒的吊装方法同下塔筒的吊装。在吊装之前，清理已安装塔筒的上法兰面及螺栓孔，并准备好法兰连接螺栓。在主吊车提升塔筒并处于垂直状

态时，清理塔筒下部法兰面及螺栓孔。塔筒对接时应保证位置正确，孔位准确，连接可靠。

（3）机舱的安装

应在厂家专门技术人员的指导下进行，吊装过程如下：

事先需要安装好机舱和发电机，叶轮组装需要在吊装机舱前完成，在地面上将三个叶片与轮毂连接好，并调好叶片安装角。

吊装机舱前，要将主起重机停在旋转起吊允许半径范围内，按照厂家技术文件要求，将机舱的三个吊点用专用工具与吊车的吊钩固定好。并将人拉风绳在机舱两侧固定好后，保持机舱底部的偏航轴承下面处于水平位置，先将机舱吊离地面 10-20cm，检查吊车的稳定性、制动器的可靠性和绑扎点的牢固性，待上述工作完成并检查无误后，方可起吊。

提升过程中，应保持机舱水平，如果产生较大的倾斜，应将机舱重新放下，矫正后再起吊。

安装机舱时，需 2 名装配人员站在塔筒平台上，机舱由起重机提升，并由人工牵引风绳，应绝对禁止机舱与吊车及塔筒发生碰撞。机舱与塔筒顶法兰空中进行对接，机舱慢慢落下时，可用螺栓与垫圈先将后面固定，然后将所有螺栓拧上，完成以上步骤后，继续缓慢落下机舱，但应使吊勾保持一定拉力。

机舱完全坐在塔筒法兰盘上，以保证制动垫圈位于塔筒法兰盘的中心。当所有螺栓紧固力矩达到要求后，可将吊车和提升装置移走。

（4）风电机组叶片安装

本次风机吊装为单叶片吊装。叶片起吊时，风速禁止大于 10m/s，吊装前派专人持续关注天气、风力、涌浪等气象信息。叶片起吊前，安装缆风绳系统，并确认缆风绳系统能正常运作，无异样。厂家人员提前对叶片夹具进行调试，避免吊装过程中出现故障，叶片预涂防冰涂层。

机舱偏航之前保证机舱与安装船上的起重机有一个安全距离；释放偏航锁，根据安装船的位置来确定机舱的偏航位置。

机舱与塔筒组装好后，使用存储期间盘车工装转动轮毂，使轮毂呈现“Y”形，锁定转子锁，同时观察如图所示刻度线(在发电机出入孔处)，直到发电机法兰上三条黄色实线对齐护板三条透明线后停止转动，锁定转子锁；

启动机舱内的变桨液压泵，检查手动变桨手柄是否工作正常；操作变桨手柄，将变桨油缸的活塞杆伸出到顺桨位置，等待叶片的安装，关闭手动安全阀门，叶片吊具

配合揽风系统进行叶片吊装。

2、Z9~Z20 共 12 台风机基础施工

该施工区域为浅海区域，大部分风机机位作业水深仅 3~4m，大型自升式平台风电安装船对水深要求高无法进场，半潜驳船对浅水作业适应性好，因此工程拟采用半潜式坐底船进行风机分体安装。

（2）风机设备组装

本工程考虑在风机厂家完成机舱、轮毂、下节塔筒与内部电气设备的组装工作。为提高船舶的适用工效，考虑采用 10000t 级坐底驳船将风机零散设备部件（机舱、轮毂、叶片和塔筒）趁潮运输至拟安装风机机位。

（3）风机设备海上安装

风机吊装顺序是：下段塔筒→中下段塔筒→中上段塔筒→上段塔筒→机舱+发电机→轮毂→叶片，机组安装由风机机舱的吊装工况控制，其吊重约为 145t，吊装高度 158m。根据此吊装要求分析，选择在 158m 以上吊高 40m 吊幅工况下的起重能力为 174t 以上的起重设备，满足风机各组件吊装要求。

风机安装过程如下：

当风电机组结构具备安装条件时，在气象条件和海况条件允许情况下，开始进行风机设备陆域组装和运输、船舶定位等前期和准备工作；

①吊装准备作业完成后，即开始进行吊装作业。吊装顺序是：下段塔筒→中下段塔筒→中上段塔筒→上段塔筒→机舱+发电机+轮毂→叶片。

②各结构的吊装过程中应提前做好参加结构连接的施工人员，每连接完一个塔筒必须经检验确认合格后才能进行下一设备的吊装作业。

吊车竖直提升塔筒至塔筒下法兰离地面合适高度。吊机提升下部塔筒至法兰面上方合适高度（约 1.5m 左右）时，塔筒缓慢下落，并用 2 根~3 根导向绳配合调整塔筒位置以防止塔筒磕碰，快接近法兰面时拆掉导向绳。继续缓慢下落塔筒，当塔筒底部距离法兰表面 10cm 左右时，吊机停止动作，此时用撬棒扳手的撬棒引导两法兰孔对中，两法兰零位标记一定要对正。塔筒对正后，先安装一部分螺栓、垫片和螺母，然后放下塔筒至两法兰完全接触但吊车提升力维持在 10t 左右，使两法兰间留有一定小间隙，穿完剩余的螺栓。接着用快速电动扳手按顺序预拧紧塔筒内圈螺栓，在预拧紧过程中用梅花扳手阻止螺栓转动，内圈螺栓预拧紧后再按照上述办法预拧紧外圈螺栓。预拧紧结束后，放松吊机吊钩，用液压力矩扳手按顺序四点拧紧塔筒内圈螺栓达到扭矩，在拧紧过程中用相应的梅花扳手阻止螺栓转动，用同样的办法再拧紧外圈螺栓力

矩达到厂家要求：第一节塔筒螺栓预拧紧后，拆去吊机吊具。再拧紧塔筒内各设备固定螺栓，30分钟后第二次扭紧第一节塔筒底法兰螺栓，力矩达到厂家要求，底部法兰螺栓力矩拧紧完后，准备第二段塔筒的起吊。

采用坐底安装船主吊起吊塔筒，主吊吊起塔筒离开驳船，在指挥人员的指挥下，竖直塔筒。在竖直过程中，辅吊始终保持塔筒下法兰面不能接触驳船，按起吊下部塔筒的相应要求安装。拆卸下法兰吊具，同时在下法兰上系好安全风绳，开始中部塔筒与下部对接。当中部塔筒下法兰平面高出下部塔筒上法兰平面 15cm 左右时，塔筒内指挥人员开始指挥吊车，安装人员在安全风绳的帮助下，用撬棒扳手的撬棒引导上下法兰孔对中，并拆除安全风绳，注意两法兰零位标记一定要对正。按下部塔筒安装要求一样安装好螺栓、垫片和螺母，用快速电动扳手按顺序预拧紧螺栓，预拧紧结束后，放松主吊机吊钩，用液压力矩扳手按顺序四点拧紧螺栓达到厂家要求扭矩，过三十分钟后第二次将螺栓拧紧到厂家要求扭矩。约有一半联接螺栓拧紧完毕后，可拆卸中部塔筒上法兰起吊工具。

上部塔筒安装同中部塔筒安装。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 10m/s 时，不允许安装机舱、塔筒；当风速超过 8m/s 时，不允许安装叶片。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。

塔筒安装完工后，应及时吊装机舱，避免发生塔筒倾覆事故的发生；如由于天气或其它原因，无法及时安装机舱，采取顶节塔筒暂且不安，待条件允许时，将最上一节塔筒和机舱一起安装。

本次风机吊装为单叶片吊装。叶片起吊时，风速禁止大于 10m/s, 吊装前派专人持续关注天气、风力、涌浪等气象信息。叶片起吊前，安装缆风绳系统，并确认缆风绳系统能正常运作，无异样。厂家人员提前对叶片夹具进行调试，避免吊装过程中出现故障。

3.3.2.5 升压站施工工艺

1、土建工程施工

本工程新建一座升压站。为保障施工区域干燥，拟在升压站建设四周建设临时围堰，混凝土采用商品混凝土。混凝土搅拌运输车运送至施工现场浇筑，人工平仓，振捣器振捣。

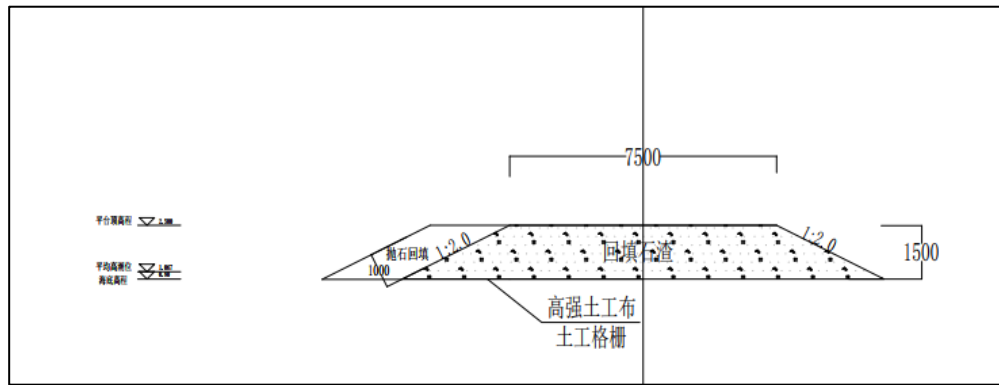


图 3.3-2 升压站临时施工围堰断面

2、钢筋混凝土预制桩施工

施工工艺：桩机就位→起吊预制桩→稳桩→打桩→接桩→送桩→中间检查验收→移桩机至下一个桩位。

(1) 施工准备

1) 桩基的轴线和标高均已测定完毕，并经过检查办完预检手续。桩基的轴线和高程的控制桩，要设置在不受打桩影响的地点并妥善保管。

2) 处理完高空和地下的障碍物。如影响邻近建筑物或构筑物的使用或安全时，要会同有关单位采取有效措施，予以处理。

3) 据轴线放出桩位线，用木橛或钢筋头钉好桩位，并用白灰作标志，以便于施打。

4) 场地应碾压平整，排水畅通，保证桩机的移动和稳定垂直。

5) 打试验桩。施工前必须打试验桩.其数量不少于 2 根，确定贯入度并校验打桩设备、施工工艺以及技术措施是否适宜。

6) 选择和确定打桩机进出路线的打桩顺序，制定施工方案。

(2) 施工流程

1) 桩机就位

打桩机就位时，要对准桩位，保证垂直稳定，在施工中不发生倾斜、移动。

2) 起吊预制桩

先拴好吊桩用的钢丝绳和索具，然后用索具捆住桩上端吊环附近处，一般不超过 30cm，再起动机起吊预制桩，使桩尖垂直对准桩位中心，缓缓放下插入土中，位置要准确；再在桩顶扣好桩帽或桩箍，即可除去索具。

3) 稳桩

桩尖插入桩位后，先用较小的落距锤击 1~2 次，桩入土一定深度.再使桩垂直稳定。10m 以内短桩可目测或用线坠双向校正；10m 以上或打接桩必须用线坠或经纬仪

双向校正，不得用目测。桩插入时垂直度偏差不得超过 0.5%。桩在打入前，要在桩的机面或桩架上设置标尺，以便在施工中观测、记录。

4) 打桩

a、用落锤或单动锤打桩时，锤的最大落距不能超过 1.0m；用柴油锤打桩时，应使锤跳动正常。

b、打桩要重锤低击，锤重的选择要根据工程地质条件、桩的类型、结构、密集程度及施工条件来选用。

c、打桩顺序根据基础的设计标高，先深后浅；依桩的规格要先大后小，先长后短。由于桩的密集程度不同，可自中间向两个方向对称进行或向四周进行；也可由一侧向单一方向进行。

5) 接桩

a、在桩长不够的情况下，采用焊接接桩，其预制桩表面上的预埋件要清洁，上下节之间的间隙要用铁片垫实焊牢；焊接时，要采取措施，减少焊缝变形；焊缝要连续焊满。

b、接桩时，一般在距地面 1m 左右时进行。上下桩节的中心线偏差不得大于 10mm，节点折曲矢高不得大于 1‰桩长。

c、接桩处入土前，要对外露铁件，再次补刷防腐漆。

6) 送桩

设计要求送桩时，送桩的中心线要与桩身吻合一致，才能进行送桩。若桩顶不平，可用麻袋或厚纸垫平。送桩留下的桩孔要立即回填密实。

7) 检查验收

每根桩达到贯入度要求，桩尖标高进入持力层，接近设计标高或打至设计标高时，要进行中间验收。在控制时，一般要求最后三次十锤的平均贯入度，不大于规定的数值或以桩尖打至设计标高来控制，符合设计要求后，填好施工记录。如发现桩位与要求相差较大时，要会同有关单位研究处理，然后移桩机到新桩位。

3、设备安装

(1) 电缆线路安装

电缆管的加工敷设、电缆桥架及电缆架的安装、电缆敷设及电缆终端头的制作等均应符合《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（GB50168-2006）的有关规定和施工图纸要求。

(2) 主变压器安装

a.主变压器到达现场后，除进行外观和数量检查外，还应检验：冲撞记录器上的加速度记录不得超过制造厂的规定。如制造厂未作具体规定，应符合下列数值：垂直加速度不超过 1g，水平及侧向加速度不超过 4g。油箱内的湿气含量应与设备发运前的含量基本一致。

b.主变压器到达现场后，应进行器身检验。

器身检查时，场地四周应清洁，并有防尘措施。周围空气温度不宜低于 0℃，变压器器身温度不宜低于周围空气温度。吊壳或进入油箱检查时，器身在空气中暴露的时间，应符合以下规定：当空气相对湿度小于 75%时，不得超过 16h；当空气相对湿度或露空时间超过规定时，应采取可靠的防止变压器受潮的措施。

器身检查的项目和要求应遵守国家标准《电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》（GB50148-2010）的规定。器身检查完毕后，必须用合格变压器油冲洗，并清理油箱底部。注意铁芯应无多点接地现象。器身检查应做出记录。

c.变压器本体及附件的安装应遵守制造厂在安装装配图、安装使用说明书中的规定。变压器就位前应先检查基础，装有气体继电器的箱体其顶盖应有 1%~1.5%的升高坡度。

附件安装前应经检查、清洗（包括用合格变压器油冲洗）和校验。安装位置应正确，连接应牢固，密封应良好。冷却装置在安装前应按制造厂规定的压力值用气压或油压进行密封试验，并应符合下列要求：冷却器、强迫油循环风冷却器，持续 30min 应无渗漏；强迫油循环水冷却器，持续 1h 应无渗漏，水、油系统应分别检查渗漏。

d.绝缘油必须按国家标准《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》（GB50150-2016）的规定试验合格后，方可注入变压器中。

不同牌号的绝缘油或同牌号的新油与使用过的油混合使用前，必须做混油试验。

主变压器要求采用真空注油，应符合《电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》（GB50148-2010）第 4.9.4 条规定。注入油的油温应高于器身温度。注油速度不宜大于 100L/min，注油后真空保持时间不少于 2h。真空注油工作不宜在雨天或雾天进行。

在抽真空时，必须将不能承受真空下机械强度的附件与油箱隔离；对允许抽同样真空度的部件，应同时抽真空；真空泵或真空机组应有防止突然停止或因误操作而引起真空泵油倒灌的措施。

变压器注油时，宜从下部油阀进油；加注补充油时，应通过储油柜上专用的添油

阀，并经净油机注入，注油至储油柜额定油位。

e.对变压器连同气体继电器及储油柜进行密封性试验，可采用油柱或氮气，在油箱顶部加压 0.03MPa，试验持续时间应为 24h，并无渗漏。当产品技术文件有要求时，应按其要求进行。

(3)预制舱吊装施工方案

a.进入施工现场人员必须佩戴好安全帽。吊车吊装全过程，必须由专人指挥，吊车司机不得听从其他人的指挥。但对紧急停车信号，应立即执行。吊车吊装作业时，所有人员均应该注意安全，吊车作业半径内严禁站人。施工作业当天如遇五级大风或雨、浓雾天气时严禁吊装作业。施工作业区域，严禁相关人员追逐打闹，无关人员不得进入施工作业区域。吊车司机必须按照吊车操作规程进行操作。预制舱吊装时，吊具必须检查合格，钢丝绳必须挂在吊钩上。

b.预制舱运输到目的地后，在设备安装整体吊装时，应同时使用预制舱本体上的全部吊点，必须使用设备配带的起重吊具。预制舱用 4 根等长的钢丝绳将吊车吊钩与预制舱吊耳可靠连接，然后吊车缓慢提升吊钩，吊钩必须处于垂直位置起吊，不得斜吊或斜拉。起吊预制舱时，钢丝绳与铅垂线之间的夹角不得大于 30°。待预制舱开始收到吊车拉力时，稍停留片刻，待钢丝绳细直不动，对吊臂进行微调，以保证预制舱悬空后舱体前后左右摆动幅度不可过大，不可与货车护栏碰撞损伤箱体外壳。微调完毕后，继续提升吊钩，提升预制舱底部离货车底盘距离约 30cm 时，停止提升吊钩不少于 30 秒，检查钢丝绳的安全性以及各受力点是否合适，受力是否均匀，确定各部分均无问题的情况下方可继续起吊。预制舱吊至预制舱底部高于货车底盘 0.5 米以上，被吊预制舱无前后左右动情况，才能水平移动，预制舱移动至预制舱钢筋混凝土基础。上方时，缓慢下降吊钩，直至预制舱距地约 0.5 米时，吊钩停止下降合理调整好预制舱的摆放方向，再缓慢下降，预制舱四个角均设置一人时刻调整角度及位置，保证预制舱底座位置与基础位置对齐，直至预制舱完全放下为止。如底座位置与基础位置未对齐，则应重新提升预制舱适当高度，再下调吊臂，调整角度位置至预制舱完全放下，直至预制舱位置与基础位置对齐为止。

c.预制舱完全放下后，需测量预制舱底座是否平稳，测量预制舱是否水平，如有问题，则需在预制舱底座下垫加钢板直至预制舱水平稳固为止。吊运应根据预制舱重量，采用大一些吨位吊车，使用吊车前应检查车况及钢丝绳的情况，检查必须符合要求后方可起吊。吊装时要求钢丝绳固定牢固，并应起吊平稳，尽量减少震动。

d.预制舱搬运时，应注意保护外部漆面，最好用纸箱将吊具罩住，使其不伤害预

制舱外表面。

e.预制舱搬运过程中，不应有冲击或严重震动情况，吊装时一定要找好重心，以防倾斜，运输倾斜角不得超过 15°，防止预制舱内部结构变形

f.预制舱在搬运或装卸前，应核对安装方向，以免安装时调换方向发生困难。

(4)35kV 开关柜安装技术要求

35kV 开关柜安装需满足《电气装置安装工程质量检验及评定规程》（DL/T5161-2002）的要求。

(5)其他电气设备安装技术要求

其他电气设备安装需满足《电气装置安装工程质量检验及评定规程》（DL/T5161-2002）、《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》（GB50147-2010）、《电气装置安装工程母线装置施工及验收规范》（GB50149-2010）等规范的要求。

3.3.2.6 集电线路施工工艺

本工程电缆主要连接风机与风机之间、风机与升压站之间。位于已建防波堤堤段的 Z1~Z8 共 8 个机位的集电线路采用电缆沟形式，电缆沟基本沿道路布置，电缆沟采用预制电缆沟槽，施工完成后敷设电缆；Z9~Z20 共 12 个机位的集电线路因为所临近的防波堤堤面都是不规则的扭王字块，无法预制槽盒敷设，敷设形式修改为桩+电缆桥架。

1、Z1~Z8 机位的集电线路施工

1) 放样画线

根据设计图纸和复测记录，按照设计单位提供的图纸和现场地形地貌的特点，测量电缆径路，在满足设计要求的前提下，选择便于缆沟开挖的径路为原则决定拟敷设电缆线路的走向，然后进行画线。画线时应尽量保持电缆沟顺直，主要采用划双线，拐弯处的曲率半径不得小于电缆的最小允许弯曲半径。

2) 电缆沟基础开挖

按定测径路划双线采用机械开挖。在道床边开挖时用彩条布进行防护，避免污染道碴。电缆线路径路测量严格按设计确定的径路进行，测量采用百米钢尺。在查明的地下管线径路上设立标志。

电缆沟基础开挖采用机械进行开挖，电缆沟开挖完成后，会同现场监理工程师对电缆沟进行检查，在监理工程师签字认可后，方可敷设电缆。同时准备好直埋电缆防护用料及电缆标志桩。

3) 预制沟槽吊装与就位

选用一台 200t 履带起重机配合吊装，吊点必须使用沟槽预制的专用吊环。吊装过程中应平稳、缓慢，避免碰撞。将沟槽段准确吊放至预先标记的安装位置附近。注意沟槽的安装方向（如接口方向）。调整沟槽底部四角及中部支撑点的标高和水平度，确保单节沟槽水平，且整个沟槽系统纵坡符合设计要求（利于排水）。防波堤地面常有坡度，需特别注意沟槽沿坡度方向的顺接。

4) 电缆敷设

电缆到货后按规定进行外观检查和绝缘电阻试验、直流耐压试验及泄漏电流试验，检查电缆线路的相位，保证电缆的电气性能指标合格，方可运抵现场。敷设电缆之前，应对安装好的预支电缆沟槽认真地检查其深度、宽度和拐角处的弯曲半径是否合格，保护管是否埋设好，管口是否已掰成喇叭口状，管内是否已穿好铁线或麻绳，管内有无其他杂物。采用人工敷缆法时，电缆长、人员多，因此对动作的协调性要求较高。为了提高工作效率，应设专人指挥（2~3 人，其中一人指挥），专人领线，专人看盘。

在线路的拐角处，穿越公路及其他障碍点处，要派有经验的电缆工看守，以便及时发现和处理敷缆过程中出现的问题。敷缆前，指挥者应向全体施工人员交待清楚“停”、“走”的信号和口笛声响的规定。线路上每间隔 50m 左右，应安排助理指挥一名，以保证信号传达的及时和准确。

5) 盖板安装、沟槽回填与压实

待沟槽主体安装、调平、连接、密封完成并验收合格后，开始安装预制盖板，盖板应轻拿轻放，平稳放置于沟槽承托面上。确保盖板与沟槽的搭接长度符合要求，盖板间的缝隙以及盖板与沟槽体之间的缝隙，应使用设计指定的密封材料（如密封胶条、密封胶）进行填充密封，防止水、沙侵入。

电缆敷设好后，回填前先自检合格后，再通知监理工程师进行检查，检查合格并书面签认后，才能进行下道工序。沟槽回填应分层压实，回填时，沟槽中不得有积水，回填材料中不允许用腐植土、垃圾、胶泥等不良材料回填，应符合设计要求及施工规范规定，电缆沟回填土分层夯实，每回填 20-30cm 夯实一次，并应作有堆高防沉土层，整条缆沟培土应高于自然地面，中间部分高出 20~30cm 向两边呈斜坡，保证降雨后自然下沉，以防松土沉落形成深沟。

6) 电缆头制安

根据电缆与设备联接的具体尺寸，测量电缆长度并做好标记。锯掉多余电缆，根据电缆头套型号尺寸及包缠尺寸要求，剥除外护套。将地线的焊接部位用钢锉处理，准备焊接。打钢带卡子时，应将多股接地铜线整齐卡在卡子内。用电缆本身钢带做卡

子，采用咬口方法将卡子打牢，必须打两道，防止钢带松开，两道卡子间距离为15mm。剥电缆铠装，在第一道卡子向上进 3-5mm 处锯一环形深痕，深度为钢带厚度的 2/3。用螺丝刀在锯痕尖处将钢带挑起，用钳子将钢带撕掉，随后将钢带锯口处用钢锉修理钢带毛刺，使其光滑。地线采用焊锡接于电缆钢带上，焊接应牢固。不应有虚焊现象，应注意不要将电缆烫伤。

剥去电缆绝缘层，将头套下部先套入电缆。根据电缆头的型号尺寸，按照电缆头套长度和内径，用塑料带采用半叠法包缠电缆。塑料带包缠应紧密，形状呈枣核状。将头套上部套上，上下部对接，套严。从芯线端头量出长度为线鼻子的深度，另加 5mm，剥去电缆芯线绝缘，并在芯线上涂上凡士林或电脂膏。

将芯线插入接线鼻子内，用压线钳压紧接线鼻子，压接应在两道上。根据不同的相位，使用黄、绿、红、黑四色塑料带分别包缠电缆各芯线至接线鼻子的压接部位。将做好电缆头的电缆，固定好，并将芯线分开。

7) 电缆试验

电缆头制作完毕后，首先使用试验仪器和工具对电缆线路进行耐压、直流电阻、泄漏电流等项目检验合格后，再聘请由建设单位认可的有资质的检测试验机构按国家标准进行试验，并出具有效试验报告，备查。电缆线路检测试验合格后，才可试送电。

2、Z9~Z20 机位的集电线路施工

主要施工工艺为：定位放线→桩位处理→管桩施工→桥架安装→电缆敷设。

1) 定位放线

根据设计图纸和复测记录，按照设计单位提供的图纸和现场地形地貌的特点，测量电缆径路和打桩点位，在满足设计要求的前提下，选择便于电缆敷设的径路为原则决定拟敷设电缆线路的走向，然后进行画线。画线时应尽量保持电缆顺直，主要采用划双线，拐弯处的曲率半径不得小于电缆的最小允许弯曲半径。

2) 桩位处理

先按设计坐标用全站仪精确定位桩心，采用金刚石绳锯切割移除桩位处扭王字块或抛石，清除碎石至堤身级配层，回填夯实碎石地基（压实度 $\geq 93\%$ ）。

3) 管桩施工

选用 $\Phi 600\text{mm}$ 预应力混凝土管桩（PHC 桩），桩长根据地质报告穿透淤泥层进入持力层 $\geq 3\text{m}$ ，采用坐底打桩船锤击沉桩，贯入度控制 $\leq 30\text{mm}/10$ 击，垂直度偏差 $\leq 0.5\%$ 。

4) 桥架安装

单桩双侧布置桥架，采用 1000mm×200mm 镀锌钢制桥架，直线段钢制电缆桥架长度超过 30m，铝合金或玻璃钢制电缆桥架长度超过 15m 应设有伸缩节，跨越伸缩缝处设置补偿装置，可用带伸缩节的桥架。桥架与支架间螺栓、桥架连接板螺栓紧固无遗漏，螺母位于桥架外侧，当铝合金桥架与钢支架固定时，有相互间绝缘防电化措施腐蚀措施，一般可垫石棉垫。

5) 电缆敷设

敷设方法可用人力或机械牵引。电缆应单层敷设，排列整齐，不得有交叉拐弯处应以最大截面电缆允许弯曲半径为准。不同等级电压的电缆应分层敷设，高电压电缆应敷设在上层。同等级电压的电缆沿支架敷设时，水平净距不小于 35mm。电缆敷设排列整齐，电缆首尾两端、转弯两侧及每隔 5~10m 处设固定点。

3.3.3 主要施工机械

表 3.3-1 项目施工船舶设备

部位	序号	机械设备名称	单位	型号规格	数量	备注
风机基础施工	1	坐底起重船	艘	800t 级以上	2	满足施工区作业水深
	2	拖轮	艘	4000HP	2	拖运、移位船只
	3	拖轮	艘	1670HP	2	拖运、移位船只
	4	交通艇	艘		2	接送人员
	5	抛锚艇	艘		2	甲板驳等起抛锚
	6	补给船	艘		2	淡水与生活物资补给
电缆架设工程	1	甲板驳船	艘	10000t	1	电缆及桥架运输
	2	坐底起重船	艘	800t 以上	1	预应力混凝土管桩施工
	3	拖轮	艘	2640HP	2	拖运、移位船只
	4	抛锚艇	艘		2	
	5	卷扬机	台		2	电缆牵引
	6	交通艇	艘		2	接送人员
风机分体安装	1	坐底安装船	艘	800t 级以上	2	满足施工区作业水深
	2	甲板驳船	艘	10000t	2	风机部件运输
	3	拖轮	艘	4000HP	2	拖运、移位船只
	4	拖轮	艘	1670HP	2	拖运、移位船只
	5	交通艇	艘		2	接送人员
	6	抛锚艇	艘		2	甲板驳等起抛锚
	7	补给船	艘		2	淡水与生活物资补给
	8	柴油发电机	台	150kW	4	海上吊装

表 3.3-2 项目施工机械设备表

机械	型号	数量
履带起重机	1250t	1 台
汽车起重机	200t	3 台
汽车起重机	150t	1 台
汽车起重机	15t	1 台
举升车	满足 120m 叶片运输	2 台
大型平板运输车	200t	1 台
履带式挖掘机	1m ³	3 台

机械	型号	数量
履带式挖掘机	0.25m ³	3 台
卷扬机	3t	2 台
推土机	74kw	2 台
自卸车	8t	10 辆
钎入式振捣器	CZ-25/35	5 台
钢筋调直机	φ14 以内	2 台
钢筋切断机	φ40 以内	2 台
钢筋弯曲机	φ40 以内	2 台
直流电焊机		2 台
砼输送泵车		2 台
蛙式打夯机	H201D	2 台
潜水泵	7.5kw	2 台
双胶轮车		20 台
振动碾	10t	2 台
变压器	315kv	2 台

3.3.4 工程量与土石方平衡

工程土石方开挖、填筑活动主要集中在风机基础施工、电缆桥架基础和集电线路铺设施工的过程中。项目产生的余方利用绞吸船通过滨州港的疏浚管道输送至接收处理，项目已与订接收证明。

表 3.3-3 项目土石方平衡表（单位：m³）

序号	工程	挖方	借方	填方	余方/弃方
1	电缆	205	4	-209	0
2	敷设	51778	0	-10355	41423
3	风机	1792	0	-1792	0
4	基础	0	99900	-99900	0
5	其他	1499000	0	0	1499000
6	施工	0	30000	0	30000
7		0	14120	0	14120
合计		1552775	144024	-112256	1584543

3.3.5 施工进度安排

计划总工期为12个月。

表 3.3-4 施工周期计划表

序号	项目	T+0	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7	T+8	T+9	T+10	T+11
1	施工准备												
2	临时通道清淤												
3	风机基础工程施工												
4	升压站施工、调试												
5	风机安装												
6	电缆敷设												
7	风机调试、发电												

序号	项目	T+0	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7	T+8	T+9	T+10	T+11
8	收尾工程												

3.4 项目用海用地情况

项目本次工程及施工均位于海岸线以下，无用地情况。

1、项目申请用海面积

本项目用海类型属于工业用海中的电力工业用海。申请用海的单元为风机、海上升压平台和海底电缆，其中风机、电缆桥架、海上升压站及进站桥梁的用海方式为构筑物中的透水构筑物，海底电缆用海方式为其他方式中的海底电缆管道。项目风机、电缆桥架、海上升压站及进站桥梁均采用立体分层确权，风机的用海空间层为防波堤上缘高程至风机上缘高程，升压站的用海空间层为升压站平台设计低高程至升压站设备实际上缘高程，进站桥梁的用海空间层为桥面设计低高程至桥梁设计顶高程，电缆桥架的用海空间层为防波堤上缘高程至桥架设计顶高程。项目确权不占用岸线。

项目总申请用海面积为103.6826公顷。

图 3.4-1 项目宗海位置图

图 3.4-2 项目宗海平面布置图

图 3.4-3 项目宗海界址图

图 3.4-4 项目宗海界址点续表

图 3.4-5 项目（风机）宗海立体空间范围示意图

图 3.4-6 项目（升压站、进站桥梁）宗海立体空间范围示意图

图 3.4-7 项目（电缆桥架）宗海立体空间范围示意图

2、项目临时用海面积

项目临时用海活动包括清淤、临时施工平台。

（1）清淤

项目清淤范围在Z10-Z15风机所在防波堤的迎海面，清淤长度约5.4km，清淤深度为1m，宽度为100m，清淤面积约54公顷。

（2）临时施工平台

项目Z1~Z8共8个机位的施工安装平台采用土石填筑施工平台，施工平台尺寸为60m×50m（长×宽），占用海域面积4.20公顷。Z9~Z20共12个机位的施工安装平台采用钢结构施工辅助平台，施工辅助平台尺寸为45m*45m，占用海域面积3.24公顷。此外，项目升压站建设区域四周建设顶宽为7.5米的临时施工平台，占用海域面积0.88公顷。项目临时施工平台总计占用海域面积为8.32公顷。

图 3.4-8 项目施工用海宗海位置图

图 3.4-9 项目施工用海宗海平面布置图

图 3.4-10 项目施工用海宗海界址图（施工挡潮围堰）

图 3.4-11 项目施工用海宗海界址点续表（施工挡潮围堰）

图 3.4-12 项目施工用海宗海立体空间范围示意图（施工挡潮围堰）

图 3.4-13 项目施工用海宗海立体空间范围示意图（施工平台）

3.5 产污环节分析

项目施工期主要为风机基础及升压站基础施工、风机和升压站安装及电缆敷设等。营运期风机利用风能转化为机械能，然后通过风机机舱内的发电机转化为电能。项目营运期主要为海上风机发电，将风能转化为电能通过 35kV 海底电缆接入海上升压站。

3.5.1 施工期产污环节分析

项目施工期主要包括：防波堤加固、风机施工及集电线路施工。

1、防波堤加固

防波堤加固的主要施工过程为：测量放线→现场试验（确定参数）→钻孔就位→成孔→下注浆管→制浆→注浆→记录→拔管→封孔→移机至下一孔位→质量检验

产污环节：

在防波堤加固过程中可能会产生污染物的环节主要是在钻孔注浆过程中产生的泥浆等，钻孔及注浆过程中产生的施工噪声，施工人员产生的生活污水和生活垃圾。

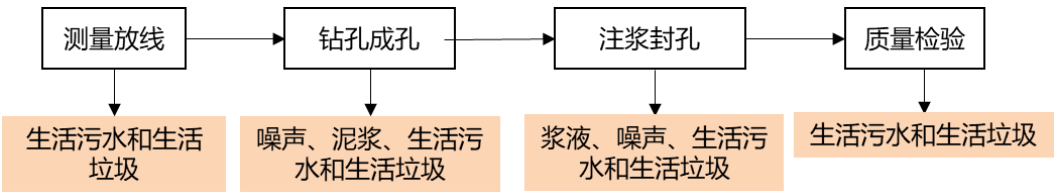


图 3.5-1 防波堤加固产污环节分析

2、风机施工

风机基础的施工过程为：桩位放线→切除桩位处扭王字块→钢护筒埋设→施工平台搭建→钻机就位、孔位校正→成孔、泥浆循环、清除废浆、泥渣→第一次清孔→质量验收→下钢筋笼和钢导管→第二次清孔→浇筑混凝土→成桩→模板安装→安装过渡段连接钢管→绑扎承台钢筋→浇筑承台砼→拆除底模

机组安装施工顺序：施工准备—施工塔筒吊装—机舱吊装—叶片吊装—控制柜安装—电缆安装—电气连接—液压管路连接

产污环节：

项目风机基础施工过程中，施工平台的搭建安装可能会引起海水扰动，产生悬浮泥沙，钻孔会产生泥浆，塔筒及机舱等吊装过程中，机械设备及运输船舶等会产生一定的废气、含油废水和施工噪声等，施工人员产生生活污水和生活垃圾。

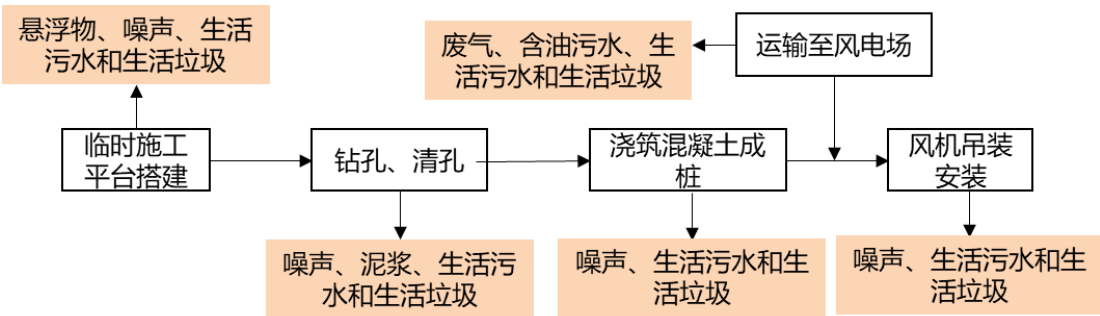


图 3.5-2 风机施工产污环节分析

3、集电线路施工

集电线路施工过程：

(1) Z1~Z8 机位的集电线路施工

放样画线→电缆沟基础开挖→预制沟槽吊装与就位→电缆敷设→盖板安装→沟槽回填与压实

产污环节：该集电线路施工过程中，电缆沟开挖会产生海水扰动，引起悬浮泥沙，并产生土石方，预制沟槽吊装与就位过程中会产生噪声，施工设备产生废气。此外，施工人员会产生生活污水和生活垃圾。

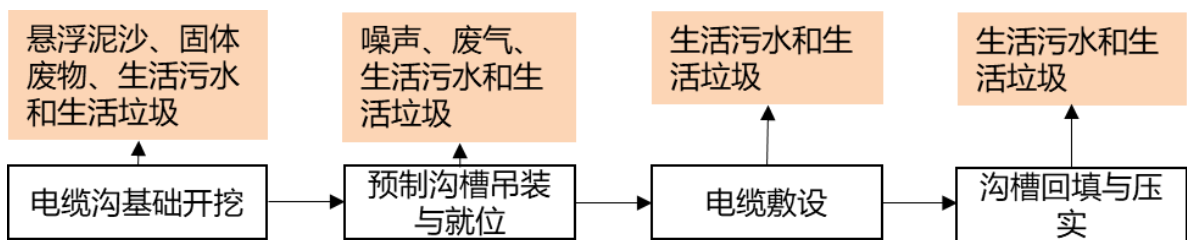


图 3.5-3 集电线路施工产污环节分析 1

(2) Z9~Z20 机位的集电线路施工

定位放线→桩位处理→管桩施工→桥架安装→电缆敷设

产污环节：该集电线路施工过程中，桩位施工过程中会产生土石方，施工噪声，施工设备产生废气。此外，施工人员会产生生活污水和生活垃圾。

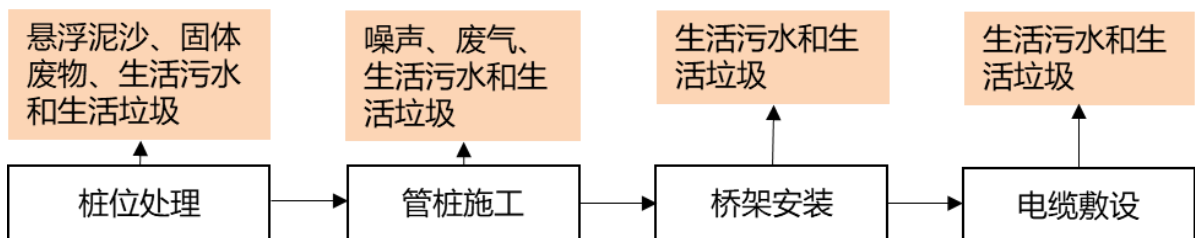


图 3.5-4 集电线路施工产污环节分析 2

3.5.2 营运期产污环节分析

项目营运期主要为海上风机发电，将风能转化为电能通过 35kV 电缆接入海上升压站。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。主要环境污染因素为风机机组运行噪声，风机日常维护产生的少量含油锯末或含油棉纱废物等。以及运维期间，检修人员会产生少量生活污水和生活垃圾。

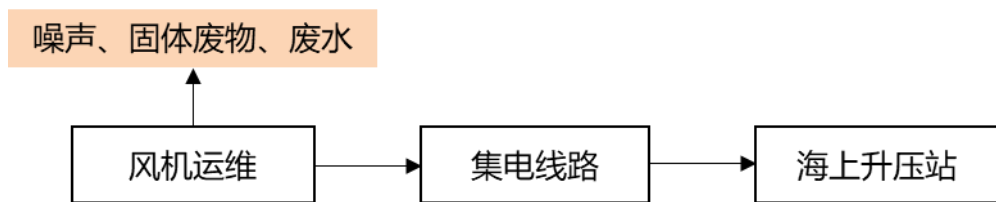


图 3.5-5 运营期产污环节

3.6 污染因子源强估算

3.6.1 施工期污染因子源强估算

3.6.1.1 废水

1、悬浮泥沙

本工程建设对周边海域水质环境的影响主要来源于7种施工工序所产生的悬浮泥沙污染：①钻孔灌注桩成桩施工；②钻孔灌注桩钢护筒拔除；③预制钢管桩贯入打桩；④预制钢管桩拔除；⑤临时施工平台和升压站临时围堰砌筑；⑥施工船行航道疏浚开挖。

根据项目周边表层沉积物调查资料，表层沉积物中值粒径主要介于 0.0081mm~0.0124mm，中值粒径平均值为 0.0099mm，泥沙干密度取值 753kg/m³。

上述各施工工序产生的悬浮泥沙源强计算方法如下：

(1) 钻孔灌注桩成桩施工悬浮泥沙源强

本项目风机和升压站道路的桩基基础均采用钻孔灌注桩，根据陈华伟等相关研究结论，钻孔灌注桩的钢护筒施打扰动海底产生悬浮物，但时间短暂，大量的悬浮物在钢护筒内，影响范围局限在钢护筒附近，随着距离的增加，影响将逐步减轻。钻孔泥浆不外排，结合施工期的环保措施，对海洋环境影响不大。但钢护筒内水体中含有大量的悬浮泥沙，填筑管注浆时会产生使钢护筒中剩余的悬浮泥沙泄露。这部分废水泥沙进入海洋环境的泄漏量可按产生量的 5%估算。

$$Q = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot h \cdot \rho \cdot \omega / t$$

其中，

Q：单桩贯入产生的悬浮泥沙源强；

d：钢管桩直径，m；

h：结构贯入深度，每小时灌注深度约 10m；

ρ：覆盖层泥沙密度，kg/m³；

ω：悬浮泥沙比例，参考 5%；

t：单桩施工时间。

根据项目设计资料，项目风机基础钻孔灌注桩钢护筒直径 1.2m，升压站道路基础钻孔灌注桩钢护筒直径 1.3m。

计算风机海上桩基基础钻孔灌注桩成桩施工源强：

$$Q_{\text{风机钻孔灌注桩成桩}} = 1/4 \times 3.14 \times 1.2^2 \times 10 \times 753 \times 0.05 / 3600 = 0.12 \text{ (kg/s)};$$

计算升压站道路桩基基础钻孔灌注桩成桩施工源强：

$$Q_{\text{升压站道路钻孔灌注桩成桩}} = 1/4 \times 3.14 \times 1.3^2 \times 10 \times 753 \times 0.05 / 3600 = 0.14 \text{ (kg/s)}。$$

(2) 钻孔灌注桩钢护筒拔除悬浮泥沙源强

风机海上桩基基础和升压站道路桩基基础钻孔灌注桩现浇成桩完成后，需拔除钢护筒。预制钢护筒在振动拔除过程中，在钢管外壁所黏附的淤泥被海水冲刷，这一过程会产生悬浮泥沙。计算公式如下：

$$Q = \frac{\pi D h \rho \rho}{t}$$

式中，

Q —拔桩施工的悬浮泥沙源强 (kg/s) ;

D —钢管桩直径 (m) ;

h —钢管桩入泥深度 (m) , 每小时拔桩长度约 20m;

φ —钢管桩外壁附着泥层厚度 (m) , 取 0.02m;

ρ —泥沙干容重 (kg/m³) ;

t —单桩施工时间 (s) 。

考虑钢护筒拔除速度为 20m/h, 计算钢护筒拔除源强如下:

计算风机海上桩基基础钢护筒拔除源强:

$Q_{\text{风机钻孔灌注桩钢护筒拔除}} = 3.14 \times 1.2 \times 20 \times 0.02 \times 753 / 3600 = 0.32$ (kg/s);

计算升压站道路桩基基础护筒拔除源强:

$Q_{\text{升压站道路钻孔灌注钢护筒拔除}} = 3.14 \times 1.3 \times 20 \times 0.02 \times 753 / 3600 = 0.34$ (kg/s)。

(3) 预制钢管桩贯入打桩悬浮泥沙源强

本项目电缆桥架、升压站平台、临时海上平台的桩基基础均采用预制钢管桩贯入施工, 根据经验公式, 对工程钢管桩打入时产生的悬浮泥沙发生量进行计算:

$$Q = \pi[0.25D^2 - (0.5D - d)^2]h\rho n/t$$

式中:

Q —桩基贯入的悬浮泥沙发生量 (kg/s);

D —钢管桩直径 (m);

d —钢管桩厚度 (m);

h —桩基结构入泥深度 (m) , 每小时打桩深度约 10m;

ρ —覆盖层泥沙干密度 (kg/m³);

n —悬浮泥沙起悬比 (%), 取 5%;

t —单桩施工时间 (s) 。

根据项目设计资料, 项目电缆桥架桩基采用 PHC400(95)桩, 钢管桩直径 400mm, 壁厚 95mm; 升压站平台桩基采用 PHC600 (130), 钢管桩直径 600mm, 壁厚 130mm; 临时海上平台钢管桩直径 2m, 壁厚 25mm。

因此, 单个桩基打桩作业源强如下:

计算电缆桥架桩基基础预制钢管桩打桩源强:

$Q_{\text{电缆桥架预制钢管桩打桩}} = 3.14 \times [0.25 \times 0.4^2 - (0.5 \times 0.4 - 0.095)^2] \times 10 \times 1000 \times 5\% / 3600 = 0.01$ (kg/s);

计算升压站平台桩基基础预制钢管桩打桩源强:

$$Q_{\text{升压站平台预制钢管桩打桩}} = 3.14 \times [0.25 \times 0.6^2 - (0.5 \times 0.6 - 0.13)^2] \times 10 \times 1000 \times 5\% / 3600 = 0.02 \text{ (kg/s)};$$

计算临时海上平台桩基基础预制钢管桩打桩源强:

$$Q_{\text{临时海上平台预制钢管桩打桩}} = 3.14 \times [0.25 \times 2.0^2 - (0.5 \times 2.0 - 0.025)^2] \times 10 \times 1000 \times 5\% / 3600 = 0.02 \text{ (kg/s)}。$$

(4) 预制钢管桩拔除悬浮泥沙源强

项目整体施工完成后, 临时海上平台基础需拔除。预制钢管桩在振动拔除过程中, 在钢管外壁所黏附的淤泥被海水冲刷, 这一过程会产生悬浮泥沙。计算公式如下:

$$Q = \frac{\pi D h \varphi \rho}{t}$$

式中,

Q —拔桩施工的悬浮泥沙源强 (kg/s) ;

D —钢管桩直径 (m) ;

h —钢管桩入泥深度 (m) ;

φ —钢管桩外壁附着泥层厚度 (m) ;

ρ —泥沙干容重 (kg/m³) ;

t —单桩施工时间 (s) 。

考虑预制钢管桩拔除速度为 20m/h。

计算临时海上平台桩基基础预制钢管桩拔除源强:

$$Q_{\text{临时海上平台桩基基础预制钢管桩}} = 3.14 \times 2.0 \times 20 \times 0.02 \times 753 / 3600 = 0.53 \text{ (kg/s)}。$$

(5) 土石填筑平台砌筑悬浮泥沙源强

本项目升压站道路在与防波堤连接段的基础、近岸 1~8#风机施工临时土石填筑平台、升压站临时围堰均采用抛石砌筑。抛石施工中, 回填料悬浮泥沙和抛石挤淤两种形式同时发生, 因此分别对其源强进行计算。

①回填料悬浮泥沙源强

参考崔雷等《填海工程悬浮物对海域环境影响的数值模拟研究》(2017), 抛石施工作业形成的悬沙源强按下式计算:

$$Q = E c \alpha \rho$$

式中:

Q —抛石施工作业的回填料悬浮泥沙源强 (kg/s);

E —抛石施工作业效率 (m³/s);

c —石料中的泥土含量 (%), 取 10%;

α —泥土进入海水后悬浮泥沙产生系数（%），取 10%；

ρ —石料中松散泥沙干密度（ kg/m^3 ），取 2000kg/m^3 。

单台机械每小时抛石作业量约 20 m^3 ，得到抛石施工作业效率约 $0.0055\text{m}^3/\text{s}$ ，根据上式计算得到抛石施工时，回填料带入的悬浮泥沙源强为 $0.0055 \times 10\% \times 10\% \times 2000 = 0.11\text{kg/s}$ 。

②抛石挤淤悬浮泥沙源强

抛石挤淤产生的悬沙源强根据下列公式计算：

$$Q = \rho \alpha P$$

式中：

Q —抛石挤淤的悬浮泥沙源强（ kg/s ）；

ρ —泥沙干密度（ kg/m^3 ）；

α —泥沙中悬浮物颗粒所占百分比，考虑极细粉砂和粘土全部起浮，取 20%；

P —平均挤淤强度（ m^3/s ），为抛石强度的 20%。

根据项目施工组织方案，抛石作业强度约为 $0.0055\text{m}^3/\text{s}$ ，平均挤淤强度取为抛石强度的 20%，取值为 $0.0011\text{m}^3/\text{s}$ 。根据计算，抛石挤淤产生的悬沙源强约为 $0.0011 \times 20\% \times 753 = 0.17\text{g/s}$ 。

因此，抛石砌筑施工作业产生的总悬沙源强 $Q_{\text{抛石}}$ 为 0.28kg/s 。

（6）施工船行航道疏浚开挖悬浮泥沙源强

根据项目施工方案，施工区部分水域水深较浅，不能满足施工船舶同行需要，需对其进行疏浚。项目疏浚拟采用抓斗式挖泥船配泥驳船施工，挖掘机利用吊杆及钢索来悬挂抓斗并放入海底抓取泥土，抓取泥土后转动卸泥至泥驳船，卸泥后挖掘机继续进行挖泥，如此循环作业。由于抓斗的机械搅动作用，使得底土起浮，同时，抓斗在提升过程会泄漏少量底泥造成水体悬浮物含量升高，水质下降。

疏浚过程中的悬浮物源强核算采用《港口建设项目环境影响评价规范》（JTS105-1-2011）中推荐的公式进行估算：

$$Q = \frac{R}{R_0} \cdot T \cdot W_0$$

式中： Q ——疏浚作业悬浮物发生量（ t/h ）；

R ——发射系数 W_0 时的悬浮物粒径累计百分比（%），取 89.2%；

R_0 ——现场流速悬浮物临界粒子累计百分比（%），取 80.2%；

T ——疏浚效率（ m^3/h ），抓斗式挖泥船效率取为 $60\text{ m}^3/\text{h}$ 。

W_0 —悬浮物发射系数 (t/m^3)，取 $38.0 \times 10^{-3} t/m^3$ 。

因此，本项目疏浚过程中悬浮物源强：

$$Q_{\text{疏浚}} = 0.892 \times 60 \times 38 \times 10^{-3} / 0.802 = 2.53 \text{ (t/h)} = 0.70 \text{ (kg/s)}。$$

由于基础施工阶段临设的布设和拆除均位于同一位置，故源强取两者较大值综上，得到各悬沙发生点位置及其源强如下表所示。同时，由于升压站道路、升压站平台基础施工均在升压站施工围堰内进行，升压站道路、平台基础施工产生的悬浮泥沙均限于围堰内侧，故不再单独模拟其悬浮泥沙扩散过程。

表 3.6-1 各悬沙发生点位置及其源强

序号	工程结构	施工内容	源强 (kg/s)
1	风机基础	海上桩基基础施工	0.32
2	电缆桥架基础	海上桩基基础施工	0.01
3	升压站道路基础	海上桩基基础施工	0.34
4		平台砌筑 (防波堤连接段)	0.28
5	升压站平台基础	海上桩基基础施工	0.02
6	土石填筑平台	临时土石填筑平台施工 平台砌筑	0.28
7	海上平台基础	海上桩基基础施工	0.53
8	升压站施工围堰	临时施工土石围堰砌筑	0.28
9	施工船行航道	疏浚开挖	0.70

(2) 生活污水

项目施工周期为12个月，根据施工总进度安排，本工程施工期的平均天投入人数为524人，高峰人数为733人。生活污水的发生按照每人每天50L计算，项目施工期12个月，生活污水产生系数按0.8计算，则施工期生活污水产生量为7545.6m³。污水中COD、BOD、氨氮和SS浓度分别按350mg/L、150mg/L、40mg/L和350mg/L计，则COD、BOD、氨氮和SS的产生量分别为2.64t、1.13t、0.30t、2.64t。项目施工期在项目现场产生的生活污水收集至环保厕所中，与项目船舶施工人员产生的生活污水统一委托资质单位处理。

(3) 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，根据《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-1-2018)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，计算时取平均值11000mg/L。项目施工船舶的总数量为28艘，则施工期船舶含油污水产生量为17.05m³/d，石油类污染物产生量为187.55kg/d。船舶含油废水先储藏在船舶的含油废水储存仓内，上岸后委托资质单位接收处理。

表 3.6-2 项目船机设备油污水产生量

序号	机械设备名称	单位	型号规格	数量	舱底油污水产生量 (m ³ /d 艘)	油污水产生量 (m ³ /d)
1	坐底起重船	艘	800t 级以上	2	0.22	0.44
2	拖轮	艘	4000HP	4	1.1	4.4
3	拖轮	艘	2640HP	2	0.71	1.42
4	拖轮	艘	1670HP	4	0.45	1.8
5	交通艇	艘	500t	3	0.14	0.42
6	抛锚艇	艘	1000t	4	0.27	1.08
7	补给船	艘	1000t	4	0.27	1.08
8	甲板驳船	艘	10000t	2	2.8	5.6
9	甲板驳船	艘	1000t	3	0.27	0.81
合计				28		17.05

3.6.1.2 废气

本工程施工期大气污染物主要为施工区及临时施工区各类施工船舶、车辆、机械设备等产生的废气。施工机械和车辆运行会产生一定量废气及扬尘，主要污染物包括 NO_x、CO、SO₂等。

(1) 施工扬尘

工程施工产生的无组织排放的扬尘与风速、道路状况等因素密切相关，根据文献《施工扬尘污染及防治措施》（西安建筑科技大学）中的数据资料显示，施工场地下风向 50m 处 TSP 可达到 8.9mg/m³；下风向 100m 处可达到 1.65mg/m³；下风向 150m~200m 处可达到环境空气质量标准日均值 0.3mg/m³。因此，施工作业和物料堆场的扬尘影响范围一般在 200m 范围内。在有防尘措施情况下（施工现场围挡风板），施工现场粉尘污染范围在 50m 内，在下风向 20m 处 TSP 浓度为 0.82mg/m³。

(2) 道路运输扬尘

参照国内港口道路扬尘的实验研究成果，汽车道路扬尘量可按下列式计算：

$$Q=0.123 (V/5) (W/6.8)^{0.65} (P/0.5)^{0.72}$$

式中：Q—汽车扬尘量，（kg/km，辆）；

V—汽车速率，（km/h）；

W—汽车载重量，（t/辆）；

P—道路表面积尘量，（kg/m²）。

施工道路扬尘主要集中在风电场施工区的运输干道两侧，尤其是场外物资进入施工区的主要通道。同样的车速情况下，路面越清洁、湿度越高，扬尘量越低。因此，本项目对运输车辆做出强制要求，施工建材运输、进场过程中限速行驶，并保持路面清洁、定期在路面洒水降尘，有效减少汽车行驶扬尘。

(3) 船舶排放废气

施工船舶工作时两台发电机运行，发电机功率按 500kW 计，一艘船舶大气污染源强计算如下：

停靠船舶发电机总功率： $P=500\text{kW}\times 2=1000\text{kW}$ ，换算成马力（ $0.735\text{kW}=1$ 马力）： $1000\text{kW}/0.735=1360.5$ 马力。按 1 马力的功需要耗油 150g，则船舶停靠每小时的耗油量为： $B_0=150\times 1360.5\times 10^{-3}=204.08\text{kg}$ 。

燃烧的油料以柴油计算， SO_2 、 NO_x 和 CO 的源强如下：

I. SO_2 源强

$$G_s=2B_0S_0(1-\eta)$$

式中： G_s — SO_2 排放量（kg）；

B_0 ——燃油量（kg）；

S_0 ——油中硫的含量（%）；

η — SO_2 的脱除效率（%）。

柴油中 S 的含量一般不超过 0.5%，船舶没有脱硫装置，所以 η 取 0，计算船舶每小时 SO_2 的排放量为：

$$G_s=2B_0S_0(1-\eta)=2\times 204.08\times 0.5\%\times (1-0)=2.04\text{kg/h}$$

II. NO_x 源强

燃烧 1t 柴油约产生 12.3kg NO_x ，船舶每小时耗油量为 204.08kg，则 NO_x 排放量约为 2.51kg/h。

III. CO 源强

$$G_c=2.33\cdot B_0\cdot q\cdot C$$

式中： G_c —— CO 排放量（kg）；

B_0 ——燃油量（kg）；

q ——燃料的燃烧不完全值（%），取 2%；

C ——燃料含碳量，85%~90%。

计算得到，船舶每小时 CO 的排放量为：

$$G_c=2.33\cdot B_0\cdot q\cdot C=2.33\times 204.08\times 2\%\times 90\%=8.56\text{kg/h}$$

本项目海上作业船舶数约为 28 艘，每天工作按 10h 计，年施工作业天数按 300d 计，每年则船舶排放的 SO_2 、 NO_x 、 CO 废气量分别为 171.36t/a、210.76t/a、719.01t/a。

(4) 车辆排放废气

车辆排放废气计算参考《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03-2006)附录E中表E.2.7平均车速为50.0km/h时车辆单车排放因子推荐值,具体见下表。根据单车污染物平均排放量、最大车流量,本项目年施工作业天数按210d计,每天工作时间8h,车辆平均行驶距离按10km/h·辆计算,每天车辆按20辆计,均为大型车,则CO、NO_x的年排放量分别1.76t/a、3.51t/a。相关调查所得到的资料表明,如果施工场区通风条件良好,车辆在怠速工况下排放的废气中污染物对外界环境的影响基本上可以接受。

表 3.6-3 车辆单车排放因子推荐值 单位: g/km 辆

污染物	小型车	中型车	大型车
CO	31.34	30.18	5.25
NO _x	1.77	5.40	10.44

3.6.1.3 噪声

本次工程施工噪声源主要包括海上施工机械和施工船舶产生的噪声、施工车辆噪声。

(1) 施工机械

施工现场的各类机械设备包括螺旋钻机、插入式振捣器、起重船、电气接线埋设噪声等,这类机械工程噪声是主要的海上施工噪声源。参照《环境噪声与振动控制工程技术导则》(HJ2034-2013)附录A常见噪声污染源及其源强,项目施工机械设备噪声源强在70dB~110dB之间(距声源10m)。

表 3.6-4 施工机械噪声源强

序号	机械设备名称	噪声源强(距声源10m), dB(A)
1	振捣器	102
2	振动碾	110
3	挖掘机	90
4	拖轮	70
5	运输船	75
6	交通艇	85
7	抛锚艇	70
8	自升平台船	70
9	起重船	75
10	装载机	75
11	载重汽车	70
12	自卸汽车	82

(2) 施工船舶

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。

表 3.6-5 船舶运输噪声排放情况表

序号	机械设备名称	型号规格	污染物	水下噪声排放量	排放方式
1	起重船	800t级	SL	156dB	移动点源
2	驳船	10000t级	SL	162dB	移动点源
3	驳船	2000t级	SL	156dB	移动点源
4	拖轮	4000HP	SL	153dB	移动点源
5	交通艇	/	SL	147dB	移动点源
6	抛锚艇	/	SL	150dB	移动点源
9	补给船	/	SL	156dB	移动点源

3.6.1.4 固体废物

施工期固废主要为生活垃圾和建筑垃圾。

(1) 生活垃圾

项目施工周期为12个月，根据施工总进度安排，本工程施工期的平均月投入人数为524人，高峰人数为733人，按照每人1kg/d的产生量估算，项目施工期12个月，则垃圾产生量为188.64t。项目施工船舶产生的生活垃圾及施工人员产生的生活垃圾统一收集后委托有当地环卫部门接受处理。

(2) 土石方

工程土石方开挖、填筑活动主要集中在风机础施工、电缆桥架基础和集电线路铺设施工及施工航道清淤过程中。本项目共计产生约168万方土石方，委托接收处理。

(3) 建筑废料

项目施工过程中可能产生部分钢铁废料，数量较小。钢铁废料存储至船舶指定位置，施工结束后，二次出售回收利用。

(4) 混凝土

项目施工过程中使用的混凝土均外购，不在施工区设置搅拌站，直接在周边购买运输至现场，无多余固废产生。

3.6.1.5 环境风险

本工程施工期采用的最大吨位施工船舶为10000t的驳船，按《水上溢油环境风险评估技术导则》(JTT1143-2017)中提供的驳船燃油舱中燃油数量关系，10000t的驳船燃油舱单舱燃油量为99m³，则最不利情况下10000t的驳船燃油舱单舱燃油量为99m³，参考相关文献，柴油密度范围为0.81~0.86g/ml，取密度0.86g/ml，则最大单舱载油量约85.14t，驳船至少配置2个油舱，则船舶的最大载油量约为170.28t。本项目溢油风险按170.28t/次考虑。

3.6.1.6 小结

项目施工期产生的主要污染情况如下所示：

表 3.6-6 项目施工期主要污染物产生情况一览表

环境要素	污染源	污染量	主要污染物	排放/处理方式
水环境	船舶含油污水	17.05m ³ /d	石油类	委托资质单位接收处理
	生活污水	7545.6m ³	COD、氨氮、SS	委托资质单位接收处理
	悬浮泥沙	0.70kg/s	SS	自然排放
声环境	施工噪声	110dB	噪声	自然传播
	船舶噪声	162dB	噪声	自然传播
大气环境	施工场地	539g/s	扬尘	直接排放
	汽车废气	CO、NO _x 分别2.52t/a、5.01t/a	CO、NO _x	
	船舶废气	SO ₂ 、NO _x 、CO分别为171.36t/a、210.76t/a、719.01t/a	SO ₂ 、NO _x 、CO	自然排放
固体废物	生活垃圾	188.64t	固废	委托环卫部门处理
	土石方	--	--	接收处理
	建筑废料	--	--	回收或二次售卖
环境事故 风险溢油	施工船舶	170.28t/次	石油类	船舶溢油事故应急预案

3.6.2 运营期污染因子源强估算

3.6.2.1 废水

(1) 生活污水

运营期检修人员按每天1-2人计算，生活污水按照每人每天50L计算，生活污水产生系数按0.8计算，则运营期人员生活污水的产生量为0.08m³/d。生活污水定期委托资质单位处理。

(2) 检修船含油污水

本项目运营期间设置一艘工作船，定期对风机进行维护和检查，根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2018）要求，工作船舱底油污水产生量为0.14t/d·艘，工作船每周巡查一次，每年工作天数为52天，含油污水产生量为7.28m³/a，舱底油污水含油量取11000mg/L，石油类污染物产生量为80.08kg/a。检修船产生的含油污水定期委托资质单位接受处理。

3.6.2.2 废气

(1) 风力发电

海上风场运营期主要是风力发电，工艺过程无废气产生。

(2) 船舶排放废气

运营期配有一艘检修船舶，运维期间会产生一定量废气，主要污染物包括NO_x、CO、SO₂等。

运维船舶工作时两台发电机运行，发电机功率按 500kW 计，一艘船舶大气污染源强计算如下：

停靠船舶发电机总功率：P=500kW×2=1000kW，换算成马力（0.735kW=1 马力）：1000kW/0.735=1360.5 马力。按 1 马力的功需要耗油 150g，则船舶停靠每小时的耗油量为：B₀=150×1360.5×10⁻³=204.08kg。

燃烧的油料以轻柴油计算，SO₂、NO_x 和 CO 的源强如下：

I .SO₂ 源强

$$G_s=2B_0S_0(1-\eta)$$

式中：G_s—SO₂排放量（kg）；

B₀——燃油量（kg）；

S₀——油中硫的含量（%）；

η —SO₂ 的脱除效率（%）。

柴油中 S 的含量一般不超过 0.5%，船舶没有脱硫装置，所以 η 取 0，计算船舶每小时 SO₂ 的排放量为：

$$G_s=2B_0S_0(1-\eta)=2\times 204.08\times 0.5\%\times (1-0)=2.04\text{kg/h}$$

II .NO_x 源强

燃烧 1t 柴油约产生 12.3kgNO_x，船舶每小时耗油量为 204.08kg，则 NO_x 排放量约为 2.51kg/h。

III.CO 源强

$$G_c=2.33\cdot B_0\cdot q\cdot C$$

式中：G_c——CO 排放量（kg）；

B₀——燃油量（kg）；

q——燃料的燃烧不完全值（%），取 2%；

C——燃料含碳量，85%~90%。

计算得到，船舶每小时 CO 的排放量为：

$$G_c=2.33\cdot B_0\cdot q\cdot C=2.33\times 204.08\times 2\%\times 90\%=8.56\text{kg/h}$$

本项目运维船舶 1 艘，每周检修 2 次，每次按 10 小时计，每年检修 104 次计，每年则船舶排放的 SO₂、NO_x、CO 废气量分别为 2.12t/a、2.61t/a、8.90t/a。

3.6.2.3 噪声

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。

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106dB作为评估分析。

3.6.2.4 固体废物

(1) 生活垃圾

运营期巡视和检修人员按每天1-2人计算。生活垃圾产生量每人每天1kg计算。则

项目运营期生活垃圾产生量为2kg/d。

(2) 危险废物

工程运行期间产生的危险废物主要是风机日常维护产生的少量含油锯末或含油棉纱废物。危险废物均统一收集后存放于危废间，定期委托资质单位接收处理。类比同类型项目，项目运营期危险废物的产生量如下：

运营期项目产生的危险废物收集后放置于危废间，由资质单位接受处理。

表 3.6-7 项目危险废物产生处置汇总情况

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	防治措施
1	含油锯末或含油棉纱	HW49	900-041-49	50kg	风机日常维护	固	棉纱	废物矿油	每年	T/In	暂存危废间，委托资质单位接受处理

3.6.2.5 小结

本项目风电场运营期主要污染物产生的情况如下：

表 3.6-8 运营期主要污染物产生情况一览表

环境要素	污染源	污染量	主要污染物	排放/处理方式
水环境	运维检修船含油污水	7.28m³/a	石油类	委托资质单位处理
	生活污水	0.08m³/d	COD、氨氮、SS	委托资质单位处理
声环境	风机运行	106dB	噪声	自然传播
大气环境	检修船舶废气	SO ₂ 、NO _x 、CO 分别2.12t/a、2.61t/a、8.90t/a	SO ₂ 、CO、NO _x	自然排放
固体废物	生活垃圾	2kg/d	一般固体废物	交由环卫部门处理
	含油锯末或含油棉纱等危险废物	50kg	危险固体废物	放置于危废间，委托资质单位处理

3.7 工程各阶段非污染环境影响分析

3.7.1 工程建设对水动力环境的影响

项目在已建防波堤上建设风电，施工船行航道疏浚的水深调整、风机、电缆桥架和升压站基础的“桩基群效应”和砌筑平台布设，会对项目周边小范围的潮流流态产生一定影响，短期内，冲淤环境会有所改变，沉积物产生位移分选。

3.7.2 工程建设对地形地貌及冲淤的影响

项目在已建防波堤上建设风电，目建设对冲淤环境的影响（年冲淤变化超过±0.5cm）主要集中在包括疏浚范围在内的项目附近500m范围内，影响范围较小，影响

程度不大（冲淤变化幅度基本小于3cm）。风电场建成后，对工程海域地形冲淤影响甚小。

3.7.3 工程建设对通航环境的影响

根据《滨州港防波堤风电项目通航安全分析报告》（大连海事大学，2025 年 8 月），项目本工程主要为防波堤水域，附近并无规划航路。根据滨州市的航道规划，如下图所示，距离本工程最近的规划航路为大口河港区—海港港区航道，最小距离为 2.6 海里左右。对该航道航行的船舶影响较小。与最近的锚地距离大于 5 海里，如下图所示。因此，风电场项目所处位置与现有锚地基本不产生影响。

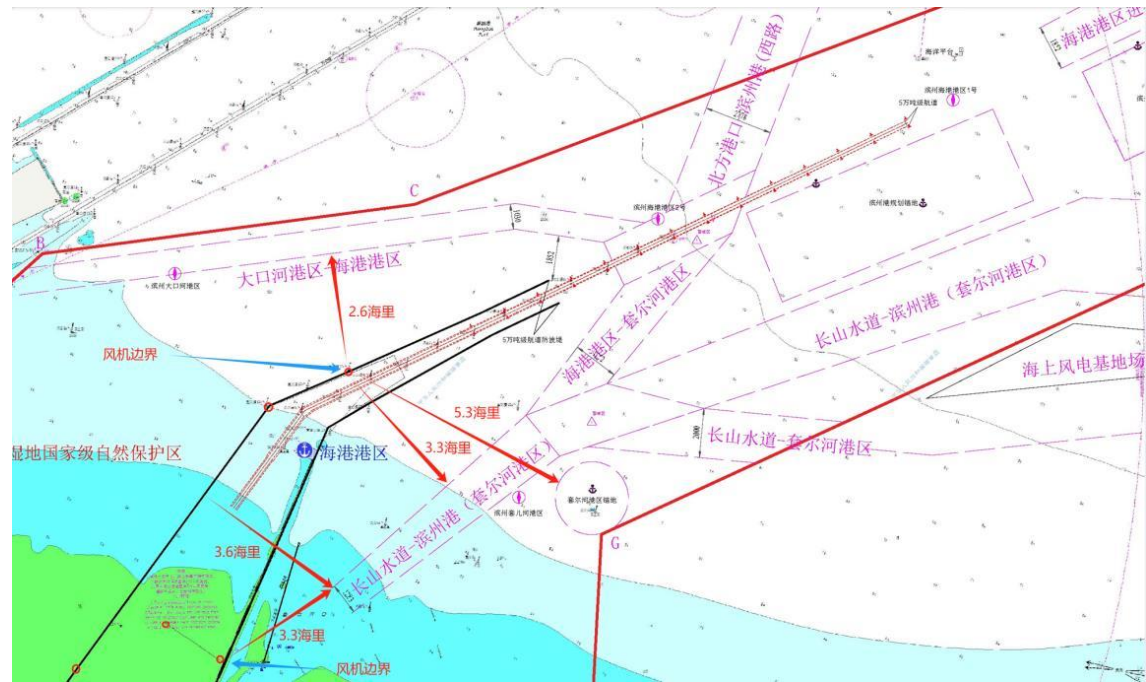


图 3.7-1 《滨州港防波堤风电项目通航安全分析报告》-滨州港规划航道与本工程位置关系图

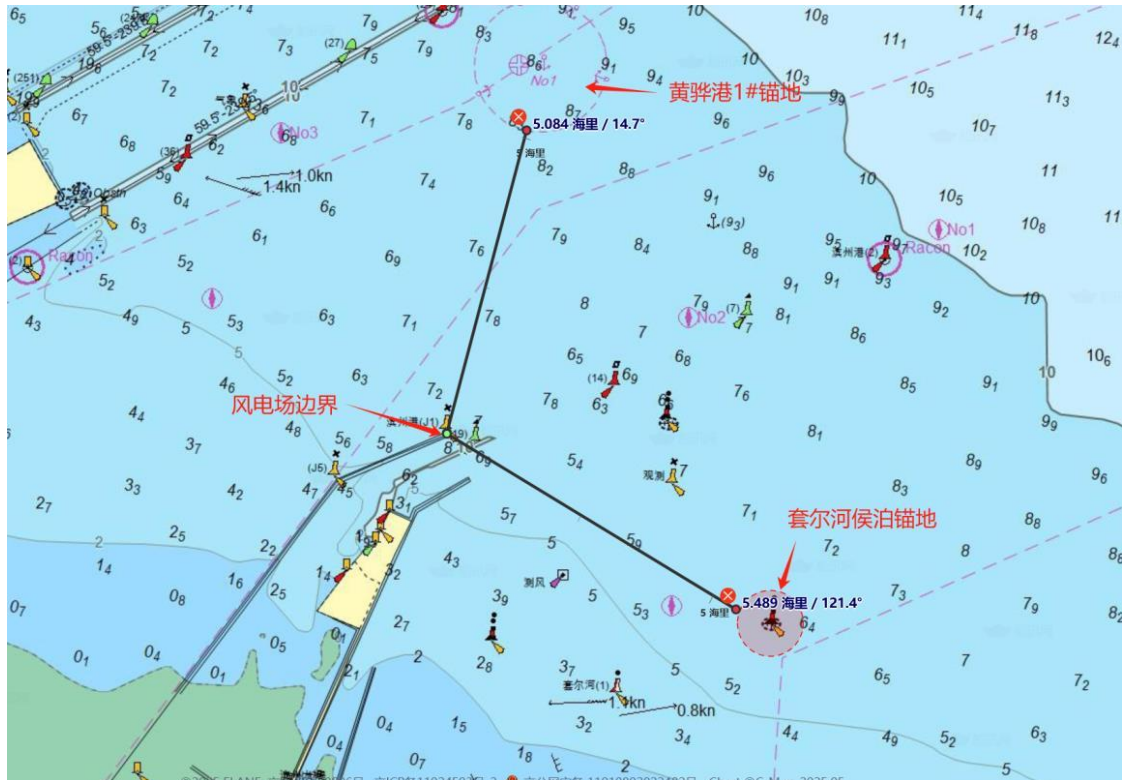


图 3.7-2 《滨州港防波堤风电项目通航安全分析报告》-项目与最近锚地的位置关系图

3.7.4 工程建设对海洋生态的影响

风电场建于已确权建设的防波堤上，不直接占用海域水体，项目施工产生的悬浮泥沙，可能会引起海水扰动，对周围的海洋水质沉积物等环境产生一定的影响，但这种影响是暂时的，在施工结束后就会消失。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行补偿。项目营运期利用风能转化为电能，运维期间产生的废水和固体废物均收集后妥善处理，不排海，不会对海洋生态环境造成影响。

3.7.5 工程建设对鸟类的影响

本节资料引自《华能滨州港防波堤25万千瓦海上风电项目鸟类生态环境现状调查与影响评价专题报告》（[REDACTED]，2025年10月），该专题报告已于2025年9月30经过专家评审。“报告”认为，项目不涉及重点保护鸟类集中分布区，对重点保护鸟类的直接干扰、影响很小。项目场址所占鸟类总迁徙区域的比例较小，虽属于渤海区域迁徙鸟类的固定迁徙通道和必经区域，但项目场址区域范围有限，迁徙鸟类有足够的主动规避空间；鸟类迁飞停栖的主要区域为陆域海岸线附近，海上风电场区不是鸟类迁徙的中转站，也不是迁徙鸟类停歇、觅食的主要区域。施工期对鸟类影响程度有限，且是暂时的，在采取规避、加强管理避免夜间施工等保护措施的前提下，施工期影响可接受。海上风电场运营期加强灯光管控，在采取风机叶片增设警示色、加强鸟类监测及管理相应措施后，可减缓对鸟类的相关影响，海上风电场建设从对鸟类生态影响角度可以接受。

4 环境现状调查与评价

4.1 自然环境概况

4.1.1 区域气候与气象

气象资料采用滨州市滨州港气象观测资料。

(1) 气温

2016—2021年，滨州港站累年平均气温为14.2℃。月平均气温具有夏高冬低的变化特征，1月最低，为-1.9℃，7月最高，为27.6℃，年较差为29.5℃。月最高气温和月最低气温的年变化特征与月平均气温相似，月最高气温极大值出现在6、7月，月最低气温极小值出现在12月和1月。滨州港站历年的平均气温为13.7~14.5℃，其中2017年最高，2016和2021年最低。

(2) 降水

滨州港站2016—2021年降水量的年变化见下图。平均年降水量为635.2mm，降水量的季节分布很不均匀，夏季（6-8月）为451.8mm，占全年降水量的71.1%，秋季（9-11月）为108.3mm，占全年的17.0%，春季（3-5月）为65.7mm，占全年的10.3%，冬季（12月-翌年2月）为8.3mm，占全年的1.3%。7月平均月降水量最多，为196.0mm，占全年的30.9%。

历年年降水量为431.4~933.1mm，其中2021年最多，2019年最少。

最大日降水量超过100mm的有2年，分别是2016年和2021年，超过150mm的有2年，是2021年。最大日降水量为165.4mm，出现在2021年7月。

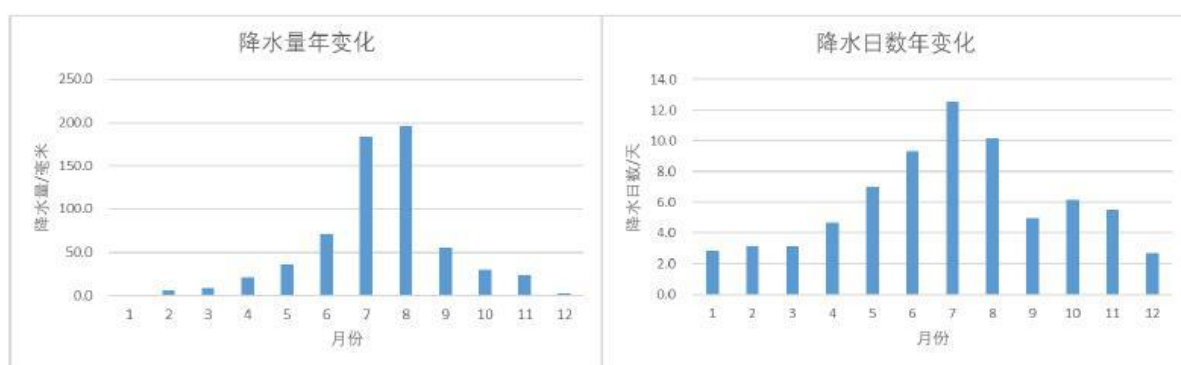


图 4.1-1 2016—2021 年降水量年变化和降水日数年变化

(3) 风况

本地区常年处于冬、夏季风的交替控制下，风向季节变化明显。全年常风向为WSW、SW；多年冬季常风向为NW；夏季常风向为SSE；春秋风向多变。滨州港站全年以E向风最多，频率为10.42%，其次为SW向，频率为9.53%，WNW向的风最少，频率为1.76%。沾化站全年以ENE向风最多，频率为11.23%，其次为SSE向，频率为

9.86%，NW向的风最少，频率为4.00%。

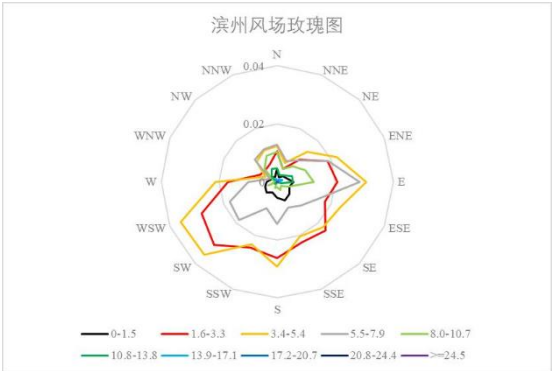


图 4.1-2 滨州港站全年各向风的频率（2016-2021 年）

(4) 雾

本地区多年平均雾日7.9d，年最大雾日数30d，出现于1972年。雾日多集中于12月至翌年1月。

(5) 雷暴

最多雷暴日数45d（1977年）；

平均雷暴日数27.8d；

最少雷暴日数14d（2000年）。

4.1.2 海洋水文

4.1.2.1 潮位

(1) 潮汐性质

根据《滨州港总体规划方案波浪、潮流、泥沙数学模型试验研究报告》（交通运输部天津水运工程科学研究所，2011年12月），工程海域潮汐特征如下：

本海区属于不正规半日潮海区，判别标准为：

$$K = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}} = 0.67$$

(2) 基面关系

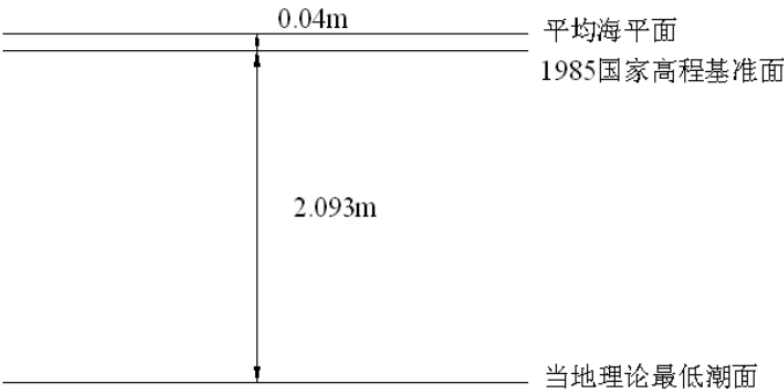


图 4.1-3 基面关系示意图（单位：米）

（3）潮位特征值

平均高潮位1.067m（85高程）

平均低潮位-0.873m（85高程）

平均潮差-0.153m（85高程）

平均海面0.057m（85高程）

（4）设计水位

设计高水位1.478m（85高程）

设计低水位-1.553m（85高程）

极端高水位3.047m（85高程）

极端低水位-3.393m（85高程）

（5）乘潮水位

表 4.1-1 全年乘潮水位（m）（85 高程）

乘潮历时	50%	60%	70%	80%	85%	90%	95%
一小时	1.417	1.337	1.257	1.167	1.097	1.017	0.907
二小时	1.327	1.237	1.167	1.067	1.007	0.917	0.817
三小时	1.177	1.107	1.007	0.917	0.887	0.797	0.687
四小时	0.987	0.907	0.827	0.737	0.697	0.627	0.517

表 4.1-2 冬季乘潮水位（12 月、1 月、2 月）（单位：m）（85 高程）

乘潮历时	50%	60%	70%	80%	85%	90%	95%
一小时	1.177	1.117	1.027	0.927	0.897	0.827	0.727
二小时	1.077	1.017	0.947	0.857	0.817	0.757	0.677
三小时	0.917	0.887	0.807	0.737	0.677	0.637	0.577
四小时	0.737	0.697	0.647	0.557	0.507	0.477	0.387

（6）潮水水位

滨州地区50年一遇最高洪水位（潮水）为3.37m（85高程系）。

滨州地区100年一遇最高洪水位（潮水）为3.91m（85高程系）。

4.1.2.2 波浪

根据《滨州港总体规划方案波浪、潮流、泥沙数学模型试验研究报告》（交通运输部天津水运工程科学研究所，2011年12月），交通运输部天津水运工程科学研究所于2006.9～2007.8在工程海域的观测资料统计分析结果表明，该区以风浪为主，涌浪为辅。该区常浪向为ENE向，频率为16.22%，次常浪向E向，频率为14.54%；强浪向为ENE向，H4%>2.0波高的频率为0.94%，次之为WSW向，H4%>2.0波高频率为

0.33%。

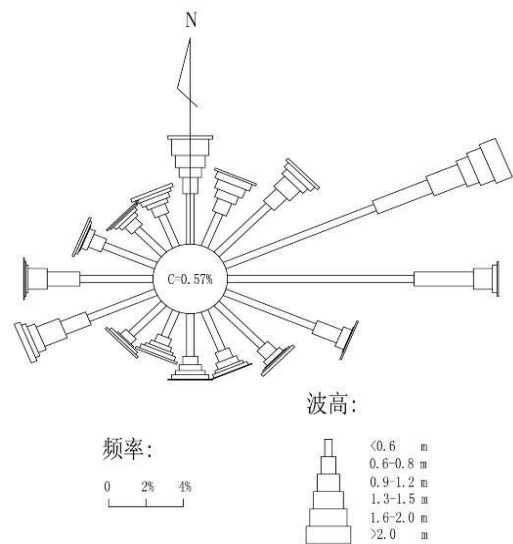


图 4.1-4 波玫瑰图

(2) 设计波浪要素

利用本工程海域 20m 等深线处不同重现期的有效波高及周期（见下表）作为外海深水波要素，采用波浪数学模型计算得到 50 年一遇设计高水位下主要浪向的设计波要素见下表。

表 4.1-3 滨州海域 20m 水深处不同重现期有效波高及周期

	50 年一遇		25 年一遇		10 年一遇		5 年一遇		2 年一遇	
	Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)
NNE	4.63	8.30	4.38	8.09	3.98	7.74	3.69	7.42	3.20	6.93
NE	5.14	8.66	4.84	8.44	4.35	8.02	3.98	7.70	3.39	7.13
ENE	4.99	8.44	4.69	8.22	4.21	7.86	3.86	7.55	3.28	7.04
E	4.77	8.40	4.50	8.18	4.06	7.82	3.75	7.52	3.22	7.01

表 4.1-4 设计波要素表

-7m 水深									
	NE 向			N 向			E 向		
	H1%	H5%	H13%	H1%	H5%	H13%	H1%	H5%	H13%
极端高水位	6.1	5.2	4.5	4.9	4.1	3.5	5.1	4.3	3.7
设计高水位	5.9	5.1	4.4	4.7	4.0	3.4	4.9	4.2	3.6
设计低水位	4.7*	4.5	4.0	4.3	3.7	3.2	4.5	3.9	3.4
Ƴ （s）	8.3			8.1			8.4		
-6m 水深									
	NE 向			N 向			E 向		
	H1%	H5%	H13%	H1%	H5%	H13%	H1%	H5%	H13%
极端高水位	5.9	5.1	4.4	4.7	4.0	3.4	5.0	4.2	3.6

设计高水位	5.7	4.9	4.3	4.5	3.8	3.3	4.8	4.1	3.5
设计低水位	4.1*	3.8	3.4	4.0	3.6	3.2	4.0*	3.5	3.1
T （s）	8.3			8.1			8.4		
-1~-5m 水深 N 向 T （s）=8.1									
水深	极端高水位			设计高水位			设计低水位		
	H1%	H5%	H13%	H1%	H5%	H13%	H1%	H5%	H13%
-5m	4.4	3.7	3.2	4.2	3.6	3.1	3.5*	3.4	3.0
-4m	4.2	3.5	3.0	4.0	3.4	2.9	2.9*		2.5
-3m	4.0	3.4	3.0	3.8	3.3	2.9	2.3*		2.0
-2m	3.9	3.3	2.9	3.5*	3.2	2.8	1.7*		
-1m	3.7	3.2	2.8	2.9*		2.7	1.0*		

注: *为极限波高。

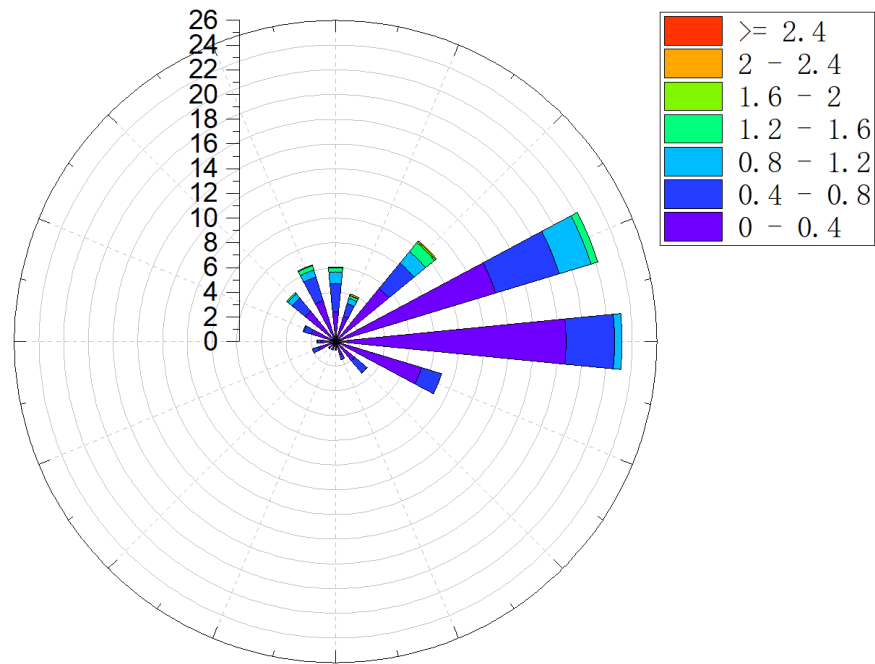


图 4.1-5 滨州港防波堤外侧海域波浪玫瑰图
表 4.1-5 滨州港防波堤外侧海域波高波向分级频率表

波高 (m) \ 波向	0-0.4	0.4-0.8	0.8-1.2	1.2-1.6	1.6-2.0	>2.0-2.4
N	2.44	2.27	0.95	0.30	0.00	0.05
NNE	2.16	1.06	0.47	0.21	0.02	0.12
NE	5.56	2.65	1.22	0.93	0.10	0.08
ENE	13.55	5.38	2.69	0.57	0.00	0.00
E	18.65	3.93	0.61	0.00	0.00	0.00
ESE	7.29	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00
SE	2.04	1.28	0.03	0.00	0.00	0.00

波高 (m) \ 波向	0-0.4	0.4-0.8	0.8-1.2	1.2-1.6	1.6-2.0	>2.0-2.4
SSE	1.19	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
S	0.67	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
SSW	0.63	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
SW	0.70	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
WSW	1.48	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
W	1.21	0.29	0.01	0.00	0.00	0.00
WNW	2.06	0.65	0.05	0.01	0.00	0.00
NW	3.19	1.36	0.47	0.12	0.00	0.00
NNW	3.48	1.99	0.59	0.36	0.07	0.00

4.1.3 地形地貌与冲淤状况

4.1.3.1 地形地貌

滨州港地势西南高东北低，自现代黄河向西侧微微倾斜，向海凸出呈一扇形。地形受古河道的控制而微有起伏，新老三角洲迭加的现象颇为突出，受泥砂淤积影响，陆域不断向海推进。三角洲平原两旁的滨海地带，地形极平坦，普遍形成盐渍化或沼泽化，堆积物以滨海相褐灰色淤泥质粘土和粉细砂为主，质软、抗冲性能差，在潮汐作用下，形成了宽阔平坦的海滩。勘察区域位于防波堤外侧，地表有人工抛石，地势较平坦，原为海岸浅滩，经人工抛填形成现状，填垫完成时间大于5年。

4.1.3.2 水深地形

工程区域水深地形图见下图。

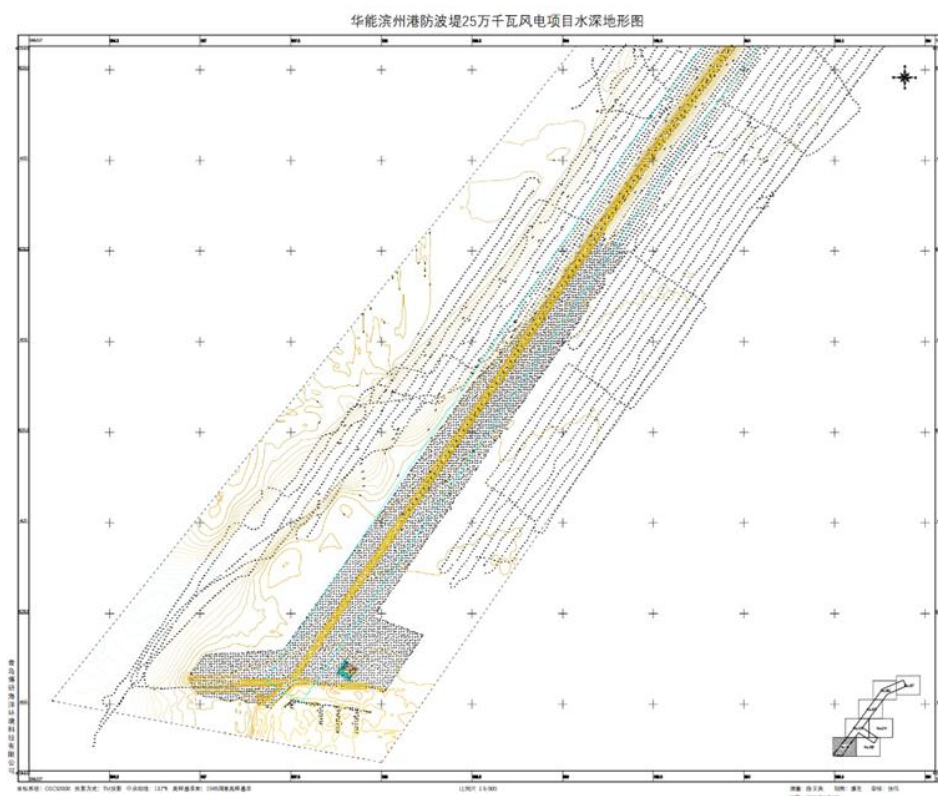


图 4.1-6a 工程区域水深地形图

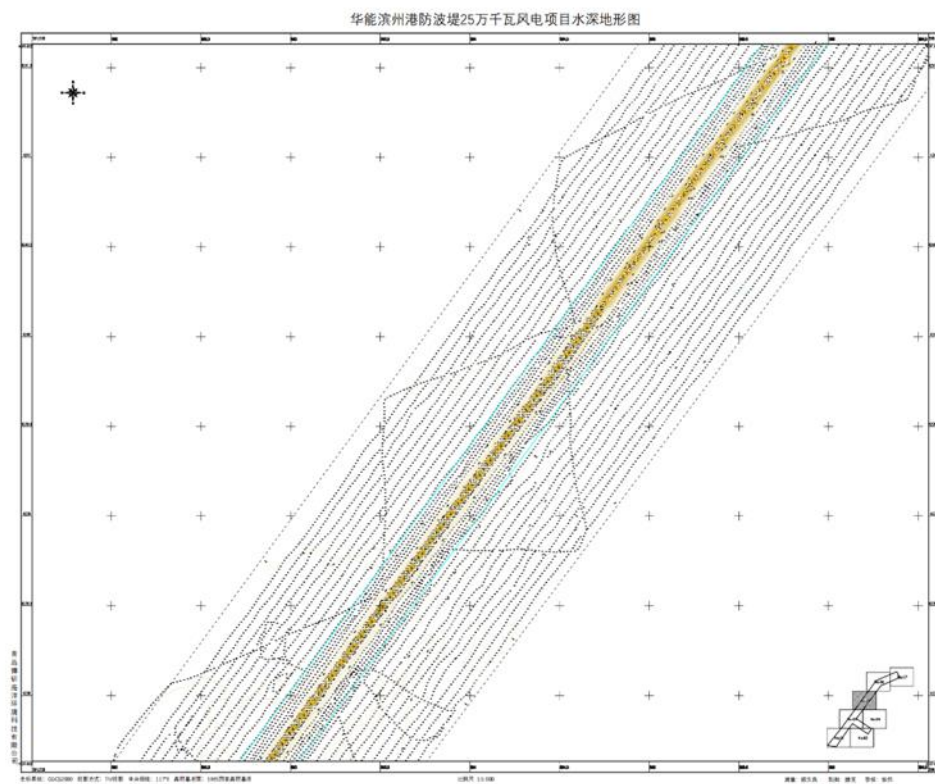


图 4.1-6d 工程区域水深地形图

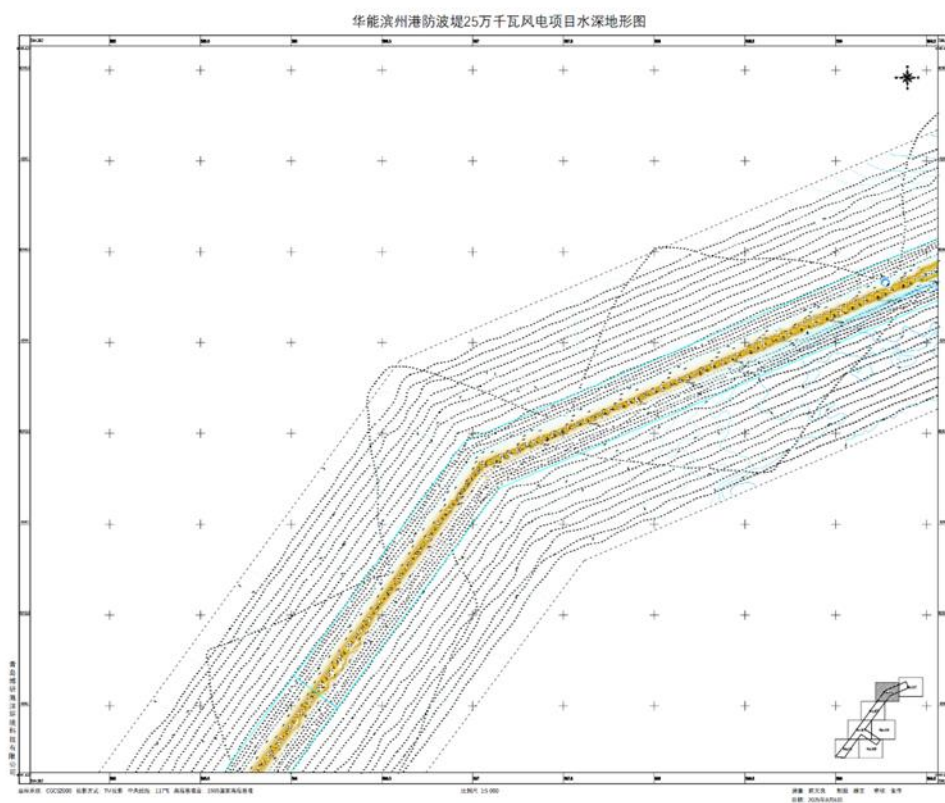


图 4.1-6e 工程区域水深地形图

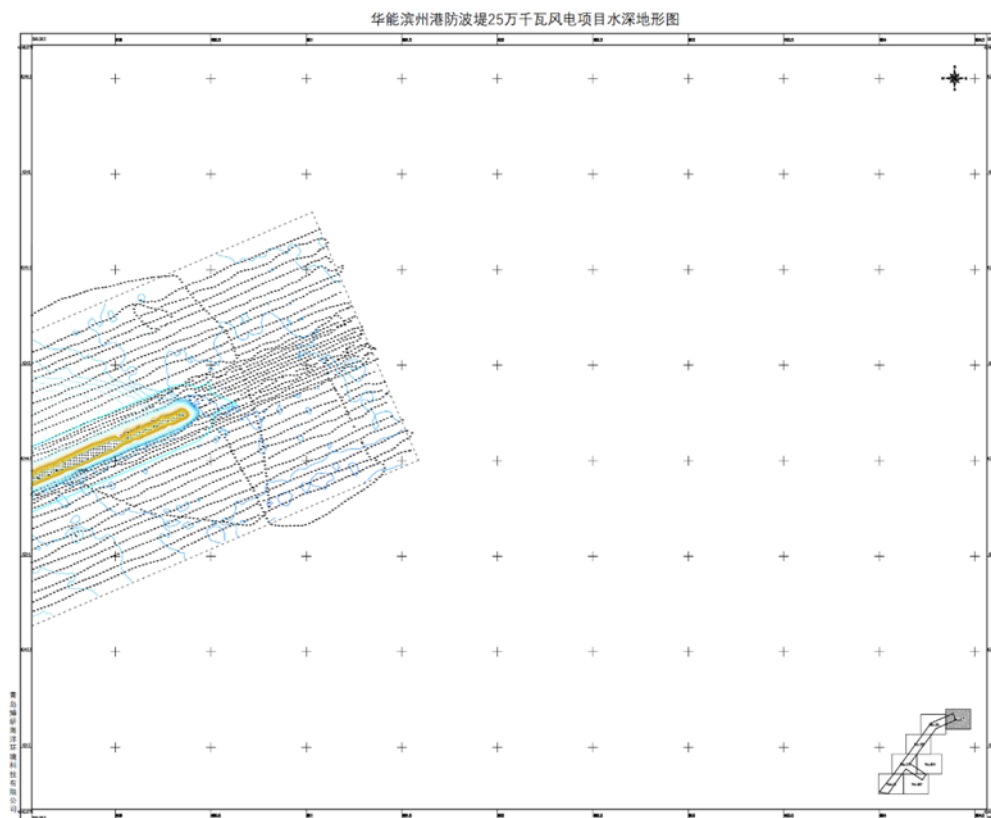


图 4.1-6f 工程区域水深地形图

4.1.4 工程地质

4.1.4.1 区域地质情况

(1) 区域地质构造

滨州港位于华北地台的东缘。由于燕山运动和喜山运动的影响，华北地区内断裂构造发育，其走向主要为近EW向和NE向，其次为NNE向、NW向、NNW向，构成了本区主要构造单元的分界。勘察区域附近较大的断裂构造有：埕子口断层，此断层近EW向至NE向，南盘下降，北盘上升，西起无棣杜家庄，向东经大山庄，至南翟庄转向NE，经高家庄子在狼洼附近伸入渤海。拟建区域的抗震设防烈度小于 8° 且与埕子口断层距离大于13km，可不考虑断裂活动对拟建物的影响。工程周边地质构造图见下图。

(2) 区域构造稳定性

根据国家标准《海上风力发电场勘测标准》（GB51395-2019）附录F，本场地地震动峰值加速度 $\alpha = 0.10g$ 满足 $0.09g \leq \alpha < 0.19g$ ，地震烈度为Ⅶ度，5km内无活动断层，故该工程区域构造稳定性分级为稳定性较好。

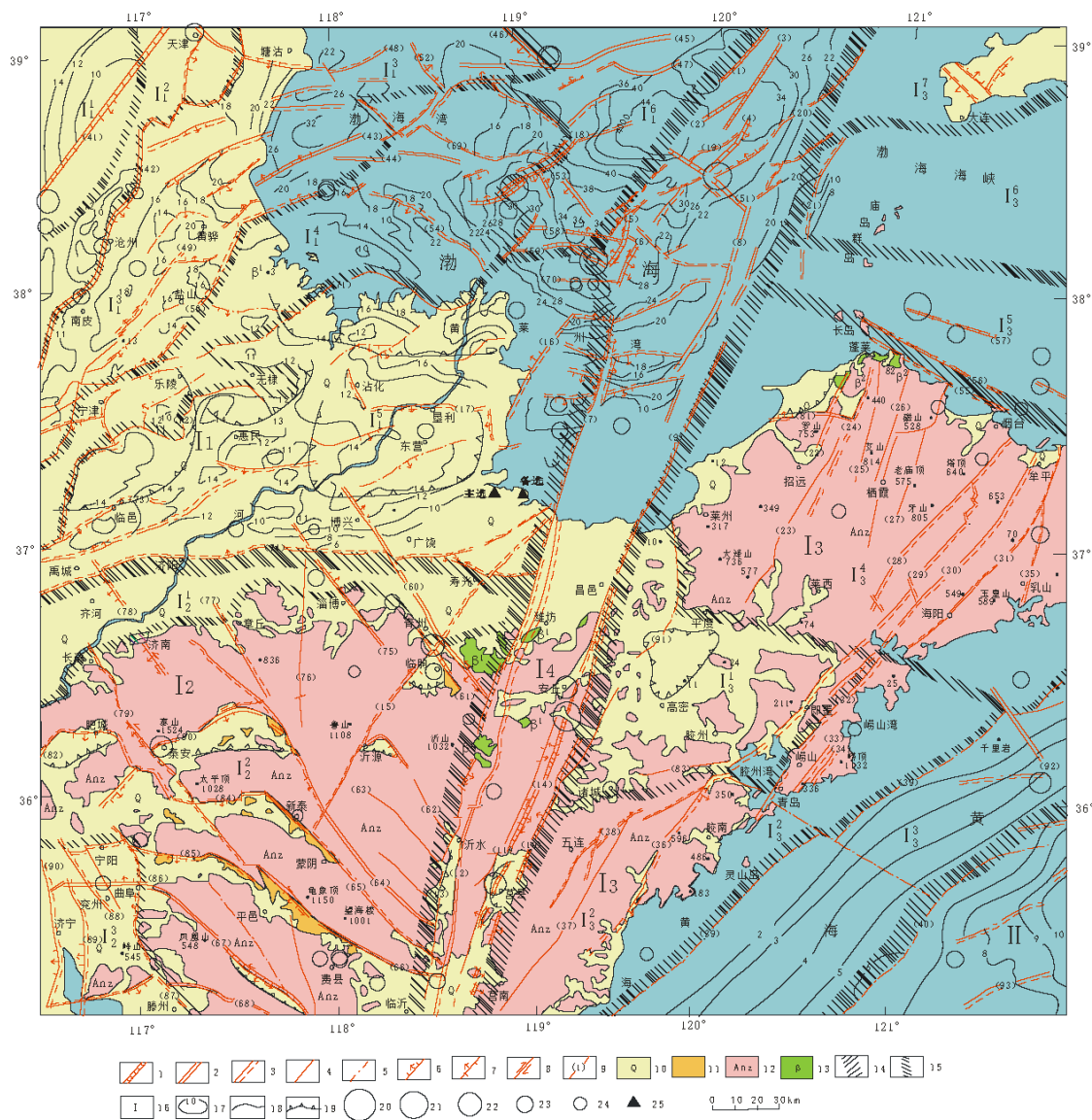


图 4.1-7 工程周边地质构造图

4.1.4.2 工程地质情况

一、升压站场区

根据升压站场区地基土物理力学性质、埋藏条件、成因时代、岩性成分及其结构构造等, 将升压站场区勘探深度内岩土体划分为 5 个工程地质层(第四系全新统人工填土层(Q_4^{ml})、第四系全新统海相沉积层(Q_4^m)、第四系全新统冲积层(Q_4^{al})、

第四系全新统海相沉积层 (Q_4^m)、第四系全新统海陆交互相沉积层 (Q_4^{mc})，细分为 9 个工程地质亚层。

升压站场区地层自上而下分述如下：

1、第四系全新统人工填土层 (Q_4^{ml})

①₁ 人工填土 (Q_4^{ml})

以粉质黏土为主，黄褐色，流塑，高压缩性。由人工填垫形成，填垫时间大于 5 年。

本地层揭露厚度为 1.30m，层顶标高为 1.34m。

2、第四系全新统海相沉积层 (Q_4^m)

②₁ 淤泥质粉质黏土 (Q_4^m)

褐灰色，流塑，高压缩性，含少量有机质及贝壳碎片，夹粉土团。

本地层层顶深度为 1.30m，厚度为 2.90m，层顶标高为 0.04m。

②₁₋₁ 粉土 (Q_4^m)

褐灰色，湿，中密，含少量贝壳碎片，砂性较大。

本地层层顶深度为 4.20m，厚度为 5.40m，层顶标高为-2.86m。

②₁ 淤泥质粉质黏土 (Q_4^m)

褐灰色，流塑，高压缩性，含少量有机质及贝壳碎片，夹粉土团。

本地层层顶深度为 9.60m，厚度为 5.00m，层顶标高为-8.26m。

3、第四系全新统冲积层 (Q_4^{al})

③₁ 粉土 (Q_4^{al})

浅灰-褐黄色，湿，密实，摇震反应迅速，含少量贝壳碎片及粉砂颗粒，夹粉质黏土薄层，局部相变为粉砂或粉质黏土。

本地层层顶深度为 14.60m，厚度为 3.50m，层顶标高为-13.26m。

③₂ 粉质黏土 (Q_4^{al})

黄褐色，饱和，软塑，中-高压缩性，夹锈斑。

本地层层顶深度为 18.10m，厚度为 7.60m，层顶标高为-16.76m。

4、第四系全新统海相沉积层 (Q_4^m)

④₁ 粉质黏土 (Q_4^{mc})

灰褐色，软塑，中-高压缩性，含少量有机质，偶见贝壳碎片。

本地层层顶深度为 25.70m，厚度为 8.60m，层顶标高为-24.36m。

5、第四系全新统海陆交互相沉积层 (Q_4^{mc})

⑤₁粉质黏土 (Q₄^{mc})

灰黄色，软塑-可塑，中-高压缩性，含铁锈斑条纹，夹粉土团块。

本地层层顶深度为 34.30m，厚度为 3.20m，层顶标高为-32.96m。

⑤₂粉土 (Q₄^{mc})

褐黄色，湿，密实，摇震反应迅速，含铁锈斑条纹及粉砂颗粒，夹粉质黏土薄层。

本地层层顶深度为 37.50m，厚度为 2.50m，层顶标高为-36.16m。

二、风机场区

根据风机场区地基土物理力学性质、埋藏条件、成因时代、岩性成分及其结构构造等，将风机场区勘探深度内岩土体划分为 7 个工程地质层（第四系全新统人工填土层 (Q₄^{ml})、第四系全新统海相沉积层 (Q₄^m)、第四系全新统冲积层 (Q₄^{al})、第四系全新统海陆交互相沉积层 (Q₄^{mc})、第四系上更新统海相沉积层 (Q₃^m)、第四系上更新统冲积层 (Q₃^{al})，细分为 20 个工程地质亚层。

风机场区地层自上而下分述如下：

1、第四系全新统人工填土层 (Q₄^{ml})

①₁人工填土 (Q₄^{ml})

以人工抛石为主，成分主要为花岗岩、灰岩。岩芯多呈块状，少量呈短柱状，柱长约 20cm，底部有 20cm 左右的砂砾褥垫层，由人工填垫形成，填垫时间大于 5 年。

本地层在场地内普遍存在，厚度为 1.20~7.60m，层顶标高为-0.58~2.67m。

①₂细砂 (Q₄^{ml})

褐黄色，中密，人工吹填砂，以石英长石为主，局部混少量贝壳碎屑，及黏性土，由人工填垫形成，填垫时间大于 5 年。

本地层仅在 Z2、Z6 存在，厚度为 0.50~2.00m，平均厚度 1.25m，层顶标高为-1.07~1.47m。

2、第四系全新统海相沉积层 (Q₄^m)

②₁淤泥质粉质黏土 (Q₄^m)

褐灰色，流塑，高压缩性，含少量有机质及贝壳碎片，夹粉土团。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 1.70~7.60m，厚度为 7.90~12.60m，平均厚度 9.96m，层顶标高为-8.18~0.97m。

②₁₋₁粉土 (Q₄^m)

褐灰色，湿，中密，含少量贝壳碎片，砂性较大。

本地层仅在 Z2、Z25 存在，层顶深度为 4.20~5.40m，厚度为 2.10~6.10m，平均

厚度 4.53m，层顶标高为-2.73~-1.98m。

3、第四系全新统冲积层（ Q_4^{al} ）

③₁粉土（ Q_4^{al} ）

浅灰-褐黄色，湿，密实，摇震反应迅速，含少量贝壳碎片及粉砂颗粒，夹粉质黏土薄层，局部相变为粉砂或粉质黏土。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 16.30~18.00m，厚度为 3.40~8.10m，平均厚度 4.70m，层顶标高为-16.18~-13.63m。

③₂粉质黏土（ Q_4^{al} ）

黄褐色，饱和，软塑，中-高压缩性，夹锈斑。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 20.10~23.20m，厚度为 4.10~7.50m，平均厚度 6.39m，层顶标高为-23.75~-17.3m。

4、第四系全新统海相沉积层（ Q_4^m ）

④₁粉质黏土（ Q_4^{mc} ）

灰褐色，软塑，中-高压缩性，含少量有机质，偶见贝壳碎片。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 25.20~30.20m，厚度为 6.10~9.90m，平均厚度 8.20m，层顶标高为-27.98~-23.93m。

5、第四系全新统海陆交互相沉积层（ Q_4^{mc} ）

⑤₁粉质黏土（ Q_4^{mc} ）

灰黄色，软塑-可塑，中-高压缩性，含铁锈斑条纹，夹粉土团块。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 34.30~36.70m，厚度为 3.10~6.20m，平均厚度 4.64m，层顶标高为-36.18~-32.53m。

⑤₂粉土（ Q_4^{mc} ）

褐黄色，湿，密实，摇震反应迅速，含铁锈斑条纹及粉砂颗粒，夹粉质黏土薄层。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 38.30~42.50m，厚度为 1.00~4.90m，平均厚度 2.66m，层顶标高为-41.58~-35.63m。

⑤₃粉质黏土（ Q_4^{mc} ）

黄褐色，可塑，中压缩性，含锈斑，偶见姜石。

本地层在场地内普遍存在，在 SYZ1 孔的钻孔深度内未揭穿，层顶深度为 39.40~45.90m，揭露厚度为 5.00~11.90m，平均厚度 8.75m，层顶标高为-46.48~-39.88m。

⑤₄粉砂（ Q_4^{mc} ）

灰黄色，饱和，密实，成分以石英、长石为主，含贝壳、云母。

本地层在场地内除 Z6、SYZ1 孔外普遍存在，层顶深度为 49.30~56.30m，厚度为 1.00~3.40m，平均厚度 2.32m，层顶标高为-54.68~-49.85m。

⑤₄₋₁ 粉土 (Q₄^{mc})

褐黄色，湿，密实，摇震反应迅速，含铁锈斑条纹及粉砂颗粒。

本地层在场地内仅在 Z2、Z6、Z10、Z15 孔存在，层顶深度为 47.10~53.10m，厚度为 2.20~5.10m，平均厚度 3.48m，层顶标高为-50.98~-47.65m。

6、第四系上更新统海相沉积层 (Q₃^m)

⑥₁ 粉质黏土 (Q₃^m)

褐灰色，可塑，中压缩性，含贝壳，夹粉土薄层。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 52.70~59.60m，厚度为 0.40~5.50m，平均厚度 3.22m，层顶标高为-57.38~-53.25m。

⑥₁₋₁ 粉砂 (Q₃^m)

灰褐色，饱和，密实，成分以石英、长石为主，含贝壳、云母。

本地层在场地内仅在 Z25 孔存在，层顶深度为 60.00m，厚度为 3.6m，层顶标高为-57.78m。

7、第四系上更新统冲积层 (Q₃^{al})

⑦₁ 粉质黏土 (Q₃^{al})

黄褐色，可塑，中压缩性，含锈斑，局部与粉土互层。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 57.50~63.60m，厚度为 1.00~4.40m，平均厚度 2.07m，层顶标高为-61.38~-57.93m。

⑦₂ 粉土 (Q₃^{al})

褐黄色，湿，密实，摇震反应迅速，含铁锈斑条纹及粉砂颗粒。

本地层在场地内普遍存在，层顶深度为 58.5~69.50m，厚度为 2.40~6.00m，平均厚度 3.95m，层顶标高为-67.28~-58.98m。

⑦₂₋₁ 粉砂 (Q₃^{al})

褐黄色，饱和，密实，成分以石英、长石为主，含贝壳、云母。

本地层在场地内仅在 Z25 孔存在，层顶深度为 65.3m，厚度为 4.20m，层顶标高为-63.08m。

⑦₃ 粉质黏土 (Q₃^{al})

褐黄色，硬塑-可塑，中压缩性，含锈斑，夹粉土薄层。

本地层在场地内仅在 Z2、Z6、Z10、Z25 孔存在，层顶深度为 61.30~72.40m，

厚度为 0.70~8.70m，平均厚度 3.02m，层顶标高为-70.18~-61.78m。

⑦₄粉土（Q₃^{al}）

褐黄色，湿，密实，摇震反应迅速，含铁锈斑条纹及粉砂颗粒。

本地层在场地内普遍存在，在 Z25 孔未揭穿，层顶深度为 67.20~78.60m，揭露厚度为 1.00~5.50m，平均厚度 3.23m，层顶标高为-76.38~-67.75m。

⑦₄₋₁粉砂（Q₃^{al}）

褐黄色，饱和，密实，成分以石英、长石为主，含贝壳、云母。

本地层在场地内除 Z2 孔外普遍存在，层顶深度为 62.80~73.10m，厚度为 3.20~5.50m，平均厚度 4.52m，层顶标高为-70.88~-63.28m。

⑦₅粉质黏土（Q₃^{al}）

褐黄色，可塑，中压缩性，含锈斑，夹粉土薄层。

本地层在场地内普遍存在，勘察深度内未揭穿，层顶深度为 71.8~77.10m，揭露厚度为 2.90~8.20m，层顶标高为-76.18~-72.28m。

4.1.5 海洋灾害

4.1.5.1 海冰

根据《2023 年山东省海洋灾害公报》，2022/2023年冬季，山东海域冰情较常年略偏轻，冰情等级为2.5级。浮冰最大面积较常年偏大，冰期较常年略偏短，严重冰期较常年偏短。

表 4.1-6 2022/2023 年山东海域冰日冰期一览表

结冰海域	初冰日	终冰日	冰期(天)	严重冰期(天)
渤海湾南部	2022/12/16	2023/2/14	61	7
莱州湾	2022/12/13	2023/2/14	64	6
胶州湾	2022/12/18	2023/2/6	51	6
鳌山湾	2022/12/18	2023/2/6	51	5

海冰的变化与空间分布主要有以下特征：

（1）渤海湾南部海域

严重冰期内，渤海湾南部浮冰类型以尼罗冰为主，受海流输运堆积，渤海湾南部海冰密集度较大。沿岸固定冰冰型以搁浅冰为主，厚度一般为5~15 厘米，最大厚度20厘米，固定冰宽度一般为800~1000米。

（2）莱州湾海域

严重冰期内，莱州湾浮冰类型以尼罗冰为主，主要分布在莱州湾近岸海域。沿岸固定冰冰型以搁浅冰为主，厚度一般为5~15厘米，最大厚度20厘米，固定冰宽度一般1000~1200米。

(3) 山东半岛南部海域

严重冰期内，山东半岛南部海域海冰主要分布在胶州湾、鳌山湾、丁字河口等海域。浮冰类型以冰皮和尼罗冰为主，一般冰厚约5厘米，最大冰厚约10厘米。沿岸固定冰冰型以沿岸冰为主，厚度一般为5~10厘米，最大厚度15厘米，固定冰宽度一般为100~150米。

表 4.1-7 2022/2023 年冬季山东各结冰海域浮冰范围及冰厚

结冰海域	一般冰厚 (厘米)	最大冰厚 (厘米)	浮冰外缘线离岸最大距离 (海里)	海冰最大分布面积 (平方千米)
渤海湾南部	5~15	20	12	1951
莱州湾	5~15	20	22	2947
胶州湾	5	10	2	115
鳌山湾	2~4	8	1.5	4.5

4.1.5.2 风暴潮

风暴潮是热带气旋、温带气旋、海上飚线等风暴过境所伴随的强风和气压骤变而引起叠加在天文潮位之上的海面震荡或非周期性异常升高（降低）现象。渤海湾沿岸的风暴潮主要是由台风引起的台风风暴潮和由温带气旋引起的温带风暴潮两种类型。

项目所在海域属于渤海湾范围，渤海湾沿岸是风暴潮较强地区之一，风暴潮会导致海堤被毁、房屋倒塌、农田被淹、通讯和电力等设施被毁而产生巨大损失。

山东沿海地区台风风暴潮灾害频繁且严重，2022年，山东省风暴潮灾害过程致灾2次，风暴潮灾害直接经济损失119816.76万元，其中温带风暴潮灾害造成的直接经济损失113039.27万元；2023年，山东省未发生风暴潮灾害。

根据2020年-2023年自然资源部海洋预警监测司数据统计，“201119”温带风暴潮对山东省沿海造成影响，滨州港站测得最大增水1.32m，龙口站测得最大增水1.00m，潍坊站测得最大增水0.83m，蓬莱站测得最大增水0.85m，芝罘岛站测得最大增水0.73m，成山头站测得最大增水0.58m；“210920”温带风暴潮对山东省沿海造成影响，潍坊站测得最大增水0.62m，龙口站测得最大增水0.86m，蓬莱站测得最大增水0.81m，烟台站测得最大增水0.75m，成山头站测得最大增水0.58m；“211107”温带风暴潮对山东省沿海造成影响，未公布该风暴潮过程造成最大增水情况；2212“梅花”台风风暴潮对山东省沿海造成影响，日照站测得最大增水1.01m，田横站测得最大增水1.01m，龙口站测得最大增水1.26m，潍坊站测得最大增水1.47m，滨州港站测得最大增水1.10m；“221003”温带风暴潮对山东省沿海造成影响，龙口站测得最大增水1.30m，潍坊站测得最大增水2.30m，东营港站测得最大增水1.20m，滨州港站测得最大增水1.34m。

表 4.1-8 2023 年山东省风暴潮过程

影响时间	造成风暴潮的天气系统	影响范围	超警级别	最大增水站（增水最大值，单
------	------------	------	------	---------------

				位：厘米)
1月13-14日	冷空气	渤海湾、莱州湾沿岸	蓝	潍坊港(201)
1月22-23日	冷空气	渤海湾、莱州湾沿岸	蓝	潍坊港(112)
4月4-5日	冷空气和气旋配合	渤海湾、莱州湾、山东半岛北部沿岸	蓝	潍坊港(176)
8月5-6日	冷空气	渤海湾、莱州湾沿岸	蓝	滨州港(97)
8月28-29日	冷空气	渤海湾、莱州湾、山东半岛北部沿岸	蓝	潍坊港(101)
11月2-3日	冷空气	渤海湾、莱州湾沿岸	蓝	潍坊港(138)
12月13-15日	冷空气和气旋配合	山东半岛北部、渤海湾、莱州湾沿岸	蓝	潍坊港(154)

4.1.5.3 海浪

2023年，山东海域共出现灾害性海浪过程15次，其中冷空气浪6次，冷空气和气旋配合浪8次，台风浪1次（表4.1-9）。灾害性海浪天数共24天，其中达到黄色警报级别4天，达到蓝色警报级别20天（图4.1-8）。灾害性海浪天数最多的月份为11月和12月，均为6天。5、6、7月未发生灾害性海浪过程。灾害性海浪过程未造成直接经济损失和人员死亡失踪。近十年我省海浪灾害造成直接经济损失的情况见图4.1-9。

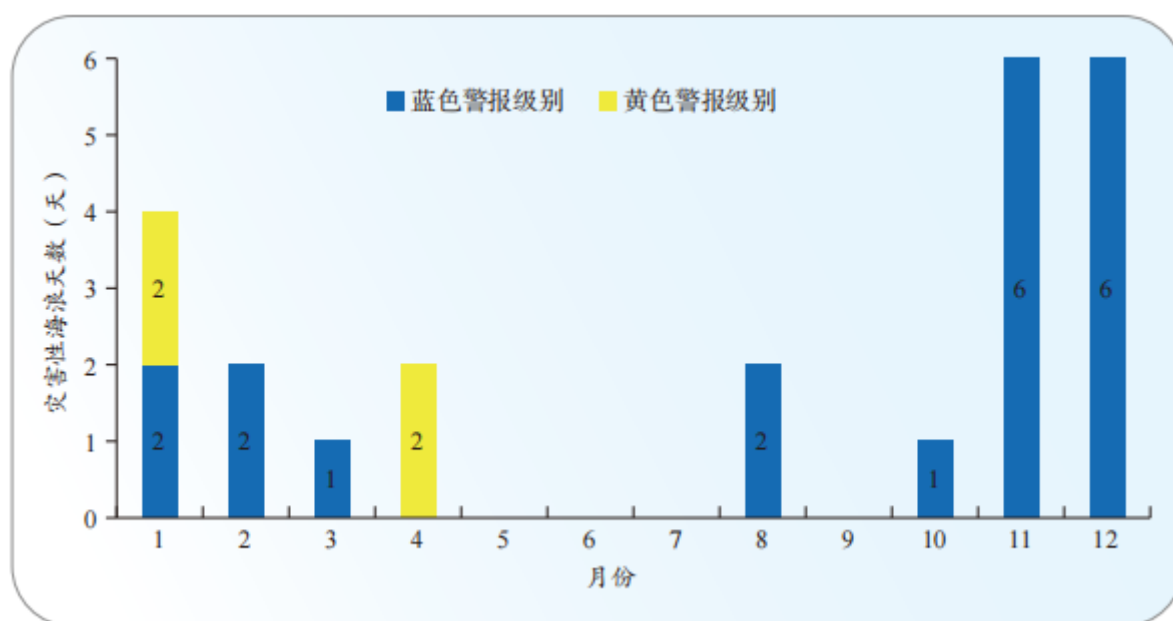


图 4.1-8 2023 年山东海域灾害性海浪天数

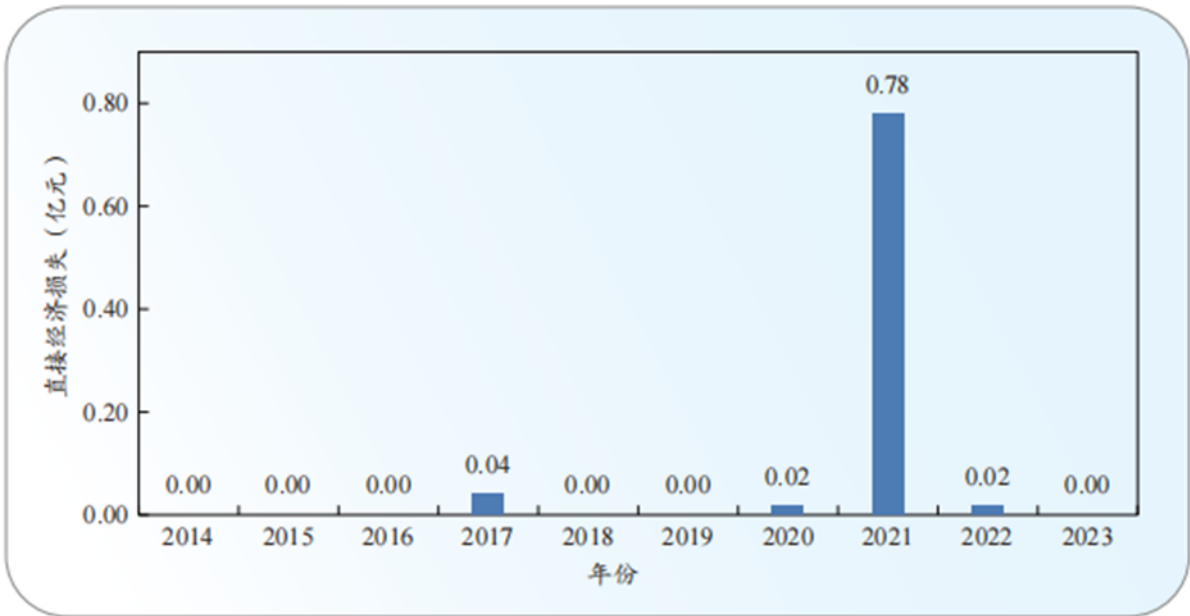


图 4.1-9 2014-2023 年山东省海浪灾害直接经济损失

表 4.1-9 2023 年山东省灾害性海浪过程

影响时间	天气系统	影响范围	超警级别	最大有效波高 (米)
1月13-16日	冷空气	渤海、黄海，烟台北部沿海	黄	3.7
1月22-25日	冷空气	渤海、黄海，烟台北部沿海	黄	3.5
2月12-14日	冷空气	渤海、黄海，烟台北部沿海	蓝	3.0
3月11-13日	冷空气和气旋配合	渤海、黄海，东营沿海	蓝	3.4
4月3-5日	冷空气和气旋配合	渤海，东营、烟台北部、威海、青岛沿海	黄	4.1
8月4-5日	台风“卡努”	黄海，威海沿海	蓝	2.8
8月28-29日	冷空气和气旋配合	渤海、黄海，东营、烟台北部、威海沿海	蓝	3.2
10月26日	冷空气	渤海，东营沿海	蓝	2.9
11月3日	冷空气	渤海，东营沿海	蓝	3.1
11月5-7日	冷空气和气旋配合	渤海、黄海，东营、烟台北部沿海	蓝	3.0
11月16-18日	冷空气和气旋配合	渤海、黄海，东营、烟台北部沿海	蓝	2.9
11月23日	冷空气和气旋配合	渤海、黄海，东营沿海	蓝	2.7
12月9-12日	冷空气和气旋配合	渤海、黄海，烟台北部沿海	蓝	3.2
12月14-17日	冷空气和气旋配合	渤海、黄海，烟台北部沿海	蓝	3.4
12月19-21日	冷空气	渤海、黄海，	蓝	2.6

影响时间	天气系统	影响范围	超警级别	最大有效波高 (米)
		烟台北部沿海		

2023 年山东省共出现 5 次较强的灾害性海浪过程，具体如下：

（1）“230113” 冷空气浪

1月13日至16日，受强冷空气影响，山东近岸海域芝罘岛观测站出现了 3.7 米有效波高的大浪，龙口观测站出现了 3.2 米有效波高的大浪，近海海域的渤海浮标出现 4.9 米有效波高的巨浪。本次灾害性海浪过程达到黄色警报级别，影响范围包括渤海、黄海和烟台北部沿海。

（2）“230122” 冷空气浪

1月22日至25日，受强冷空气影响，山东近岸海域龙口观测站出现了 3.5 米有效波高的大浪，芝罘岛观测站出现了 2.8 米有效波高的大浪，近海海域的黄海中部浮标出现 4.9 米有效波高的巨浪。本次灾害性海浪过程达到黄色警报级别，影响范围包括渤海、黄海和烟台北部沿海。

（3）“230403” 冷空气和气旋配合浪

4月3日至5日，受冷空气和气旋配合影响，山东近岸海域东营港观测站出现了 4.1 米有效波高的巨浪，石岛观测站出现了 3.3 米有效波高的大浪，龙口观测站出现了 3.1 米有效波高的大浪，小麦岛观测站出现了 2.6 米有效波高的大浪，近海海域的渤海浮标出现 4.7 米有效波高的巨浪。本次灾害性海浪过程达到黄色警报级别，影响范围包括渤海，东营、烟台北部、威海、青岛沿海。

（4）“231105” 冷空气和气旋配合浪

11月5日至7日，受冷空气和气旋配合影响，山东近岸海域东营港观测站出现了 3.0 米有效波高的大浪，龙口观测站出现了 3.0 米有效波高的大浪，芝罘岛观测站出现了 2.5 米有效波高的大浪，近海海域的黄海中部浮标出现 5.2 米有效波高的巨浪。本次灾害性海浪过程达到蓝色警报级别，影响范围包括渤海、黄海，东营、烟台北部沿海。

（5）“231116” 冷空气和气旋配合浪

11月16日至18日，受冷空气和气旋配合影响，山东近岸海域芝罘岛观测站出现了 2.9 米有效波高的大浪，龙口观测站出现了 2.7 米有效波高的大浪，东营港观测站出现了 2.6 米有效波高的大浪，近海海域的黄海中部浮标出现 5.7 米有效波高的巨浪。本次灾害性海浪过程达到蓝色警报级别，影响范围包括渤海、黄海，东营、烟台北部沿海。

4.1.5.4 海岸侵蚀

海平面上升导致近岸波浪和潮汐能量增加、风暴潮作用增强，加剧海岸蚀退和岸

滩下蚀，同时加大侵蚀海岸的修复难度。2023 年，山东省对沿海 9 处典型侵蚀区开展了现场调查，测量岸段主要集中在滨州市、烟台市、威海市和青岛市。结果显示，滨州贝壳堤监测岸段和烟台龙口道恩集团监测岸段海岸侵蚀加剧。

表 4.1-10 2023 年山东沿海典型岸段海岸侵蚀状况

市	岸段名称	海岸类型	监测岸线长度 (千米)	岸线蚀退距离/ (米) 蚀退为 “+”)		岸段下蚀高度 / (厘米) (下蚀为 “+”)		影响情况
				最大值	平均值	最大值	平均值	
滨州	无棣县贝壳堤岸段	粉砂淤泥质海岸	1.04	49.57	8.09	52	12	蚀退和下蚀
烟台	招远宅上村岸段		1.34	-22.96	-5.31	-60	-10	淤积
烟台	龙口市道恩集团岸段		1.13	20.79	13.15	90	35	蚀退和下蚀
烟台	蓬莱海水浴场		0.83	-11.19	-1.39	42	-7	淤积
威海	九龙湾公园		2.12	-20.12	3.38	54	2	蚀退和下蚀
青岛	龙湾岸段		2.50	4.00	<0.10	<0.10	<0.10	蚀退
青岛	流清河		1.10	0	0	40	3.42	下蚀
青岛	仰口		0.80	0	0	70	9.67	下蚀
青岛	石雀滩		1.50	0	0	0	-1.10	无

滨州市：贝壳堤岸段最大侵蚀距离 49.57 米，年平均侵蚀距离 8.09 米，岸段最大下蚀距离 52 厘米，年平均下蚀 12 厘米。

烟台市：龙口沿海岸段最大侵蚀距离 20.79 米，年平均侵蚀距离 13.15 米，岸段最大下蚀距离 90 厘米，年平均下蚀 35 厘米；招远沿海、蓬莱海水浴场部分岸段出现淤积现象。

威海市：九龙湾岸段年平均侵蚀距离 3.38 米，岸段最大下蚀距离 54 厘米，年平均下蚀 2 厘米。

青岛市：龙湾岸段最大侵蚀距离 4.00 米，年平均侵蚀距离不足 0.10 米，岸段最大下蚀距离与年平均下蚀距离均不足 0.10 厘米；流清河岸段最大下蚀距离 40 厘米，年平均下蚀 3.42 厘米；仰口岸段最大下蚀距离 70 厘米，年平均下蚀 9.67 厘米；石雀滩岸段出现淤积现象。

4.1.5.5 地震

地震产生的地质背景是新构造运动。项目区域内新构造运动不发育，而强震又都发生在深大断裂带上。项目场区附近主要断裂有埭子口断裂、庆云断裂、义南断裂，

庆云断裂、义南断裂及埕子口断裂处于鲁西北拗陷区内部断裂，鲁西北拗陷区第四纪拗陷幅度达340.0m，内部断裂以北东-北东东走向为主，在第四纪早、中期（Q1-Q2）有些断裂具继承性活动，以正断性质为主。庆云断裂长度60km，走向EW，倾向S，倾角60°~70°，为非活动断裂。义南断裂长度80km，走向NE，倾向SE，倾角60°~70°，为非活动断裂。埕子口断裂长度150km，走向EW，倾向S，倾角60°~70°，为非活动断裂。山东境内较大的断裂，如郯庐断裂、聊考断裂，严格控制着强震的发生。马山子镇东至郯庐断裂约80km，西至聊考断裂约200km，处于地震震中网格的空白部位，缺乏强震产生的地质背景，历史上地震规模较小。

4.1.6 社会环境与经济概况

4.1.6.1 岸线资源

滨州市海岸线西起鲁冀交界处的大口河口中心点、东至本市沾化区与河口区行政交界处的小挑河东***m（即下河农场屋子）处。滨州市海岸线总长约***公里，主要分布在无棣县和沾化区，属于典型的淤泥质海岸。

4.1.6.2 滩涂湿地资源

滨州海岸属典型的泥沙质海岸，海域内潮间带均为淤泥沉积而成，跨度大，滩涂宽广，平均跨度10km，有滩涂面积17×104ha，占全国滩涂总面积的***、环渤海地区的***、鲁北地区的***，平均岸线滩涂***ha/km，远高于全国平均岸线滩涂***ha/km的水平。

滨州市滩涂主要包括以下几种地貌类型：

I.滨海滩地。包括防潮坝外侧及整个制盐区，在特大高潮线附近普遍发育有侵蚀陡坎，其高度一般不足1m，陡坎壁上有海蚀洞穴，陡坎顶面上常有薄层贝壳堆积。

II.海岸滩地。分布于平均高潮线内侧至特大高潮线之间，其中大部分为脱离海侵母质阶段未久的海蚀平地，平地之上分布着多处相对高起的台地，或为古黄河三角洲海蚀残留块体，或为贝壳堤。

III.滨海土壤。滨海地区主要是潮土，分为潮土和盐化潮土两个亚类。土壤养分含量低、保水保肥性能差，土地瘠薄。

滨州市沿岸河口区营养盐丰富，浮游生物众多，为著名的鱼虾产卵场和索饵区。沿海滩涂资源丰富，主要有海盐及盐化工原料、丰年虫及虫卵、海贝类、沙蚕、鱼虾蟹类、沿海植物（芦苇、红荆条、油蒿、卤蓬）等。滩涂开发利用率已达44%以上。

滨州市地处黄河三角洲腹地，北临渤海，位于“九河尾间”，地势低洼、平坦，独特的地理位置和地形地貌，决定了丰富的湿地资源。滨州市湿地的分布具有沿海地

区湿地面积广阔、分布集中的特点，随着向西南内地的深入，湿地面积逐渐减少，分布也比较零散。滨州市的海岸带湿地有着丰富的动植物资源，在保护生物多样性、调节气候、排涝滞洪、抵御海水倒灌和风暴潮危害等方面发挥了重要的作用。

4.1.6.3 渔业资源

滨州市位于渤海湾南部，5条河流入海，海底平坦，海水盐度在22.3~31之间，pH在7.6~8.4之间。北部浅海海域海洋生物资源丰富，海洋经济动物以鱼、虾、蟹、贝为主，鱼类有鲈鱼、梭鱼、鲷鱼、鳎鱼、牙鲆、鳊鱼、黄鲫、青鳞鱼、虾虎鱼、黄姑鱼、梅童、鲷鱼等；虾类有中国对虾、中国毛虾、脊尾白虾、鹰爪虾、爬虾、糠虾等；蟹类有三疣梭子蟹、日本虫寻、天津候蟹、宽身大眼蟹、关公蟹等；贝类有文蛤、镜蛤、鸭咀蛤、兰蛤、樱蛤、梯蛤、青蛤、四角蛤蜊、强棘红螺、纵带锥螺、扁玉螺、乳玉螺、虫昌螺、珠带础螺、笋螺、毛蚶、近江牡蛎、竹蛏等。

4.1.6.4 旅游资源

滨州市位于山东省北部，黄河三角洲核心地带，是一座兼具河海特色、历史文化与现代产业的城市，拥有丰富而独特的旅游资源。作为黄河入海口城市之一，滨州的旅游资源以生态湿地为基础，融合了黄河文化、孙子兵法文化、滨海风情、温泉康养、乡村体验等多种元素，形成了独具特色的旅游体系。

在自然生态资源方面，滨州拥有得天独厚的湿地景观。黄河三角洲国家级自然保护区是滨州旅游的金字招牌，这里保存着我国暖温带最完整、最年轻的湿地生态系统，每年吸引数以万计的珍稀鸟类在此栖息繁衍，成为观鸟爱好者的天堂。贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区则以其独特的地质地貌和生态价值著称，绵延数十公里的贝壳堤是世界罕见的自然奇观。鹤伴山国家森林公园作为鲁北地区少有的山地景观，为游客提供了登山健身、森林浴的好去处。

历史文化资源方面，滨州是“兵圣”孙武的故里，孙子兵法文化是滨州最具影响力的文化名片。孙子兵法城作为全球首个以《孙子兵法》为主题的军事文化旅游区，通过沉浸式体验让游客领略这部兵学圣典的智慧。魏氏庄园则以其独特的城堡式建筑风格展现了清代鲁北民居的建筑艺术，被誉为“北方民居建筑的活化石”。碣石山古遗址与曹操“东临碣石，以观沧海”的历史典故相联系，为滨州增添了浓厚的历史人文色彩。

滨海旅游资源方面，滨州拥有126公里的海岸线，北海湿地公园、滨海盐田等景观展现了渤海湾独特的自然风貌。滨州港的现代化建设成就也为发展工业旅游提供了条件。近年来开发的滨州海底温泉，结合海洋资源打造特色康养产品，丰富了滨海旅游的内涵。

乡村旅游资源是滨州旅游的重要组成部分。西纸坊黄河古村通过改造传统民居，打造了集民宿、手工艺体验、农耕文化展示于一体的乡村旅游综合体。阳信万亩梨园、沾化冬枣园等农业观光资源，通过举办梨花节、冬枣节等节庆活动，带动了乡村旅游的发展。这些资源不仅展现了滨州特色的农耕文化，也为乡村振兴注入了新活力。

红色旅游资源方面，渤海革命老区纪念园等场馆记录了滨州在革命战争时期的贡献，是开展红色教育的重要基地。现代工业旅游则以滨州港、北海经济开发区为代表，展示了滨州在海洋经济、新能源等领域的发展成就。

4.1.6.5 港口资源

滨州港位于渤海湾西南沿海，介于京津冀和山东半岛两大经济区的连接地带，地处环渤海经济圈与黄河经济带的结合部，是山东省西北部的主要出海口，是打造东北亚国际航运综合枢纽的重要支撑，地理位置优越，腹地经济发达，交通基础设施完备。

滨州港现有港口设施主要分布在海港港区、套尔河港区、大口河港区和徒骇河沿岸。截至2019年底，滨州港共有37个生产性泊位运营，通过能力2587万吨，其中海港港区已建有2个30000吨级散杂货泊位和2个30000吨级液体散货泊位；大口河港区现有2个1000吨级散杂货泊位；徒骇河沿岸有2个1000吨级泊位；套尔河港区是目前滨州港港口设施和生产规模最大的港区，现有31个生产性泊位，最大靠泊能力3000吨级。

4.1.6.6 盐业资源

滨州市沿岸地貌属渤海湾滩涂，坡度平缓，表层所系黄褐色砂质黏土，地表以下是黏土层，底盘坚实，渗透性小，近海海域有丰富的海水资源和地下卤水资源丰富，滨州地区气候适宜，夏季可利用太阳能制盐，冬季西北风多，可利用风能制卤。滨州沿海宜盐面 $9.6 \times 10^4 \text{ha}$ ，是山东省第二大海盐生产基地。

4.1.6.7 鸟类资源

本节资料引自《华能滨州港25万千瓦海上风电项目鸟类生态环境现状调查与影响评价专题报告》（XXXXXXXXXX，2025年10月），《华能滨州港25万千瓦海上风电项目鸟类生态环境现状调查与影响评价专题报告》已于2025年10月通过专家评审。

1. 鸟类迁徙通道概况

本项目冬、春、夏三季共观测到的124种鸟类中，旅鸟62种，候鸟39种，这101种鸟类均有迁徙行为。在东部迁徙路线上，且途径本项目海上风电场迁徙集群的鸟类主要有普通鸬鹚、东方白鹳、白琵鹭、豆雁、赤麻鸭、翘鼻麻鸭、罗纹鸭、花脸

鸭、针尾鸭、白眉鸭、斑头秋沙鸭、普通秋沙鸭、日本松雀鹰、灰鹤、灰鸽、蒙古沙鸽、环颈鸽、黑尾塍鹬、斑尾塍鹬、小杓鹬、大滨鹬、红腹滨鹬、黑腹滨鹬、普通燕鸥、西伯利亚银鸥、黄眉鸫、苇鸫等。候鸟迁飞一般沿着河流、海岸线或山脉等地理标志飞行，多数陆栖鸟类不喜欢在宽阔的水面上迁徙，遇到大海时一般都顺着海岸绕行，进入本项目海上风电场的几率较小。

迁徙跨越渤海的鸟类具体路径包括海上及多个滨海地区，其中本项目场址所占鸟类总迁徙区域的比例很小，亦不属于渤海湾地区迁徙鸟类的固定通道和必经区域。本项目场址区域范围有限，迁徙鸟类有足够的主动规避空间。

2..项目所在区域鸟类资源调查情况

对滨州贝壳堤岛链及海上风电场场址区冬、春、夏、秋四季鸟类现状调查，共观测到鸟类 124 种，隶属于 16 目 39 科。以鸽形目、雀形目、雁形目种类最多，分别为 41、39、12 种，各占该调查区冬、春、夏、秋四季鸟类总种数的 33.06%、31.45%、9.68%；鹬科、鸭科、鸥科为优势科，分别为 22、12、10 种，各占鸟类总种数的 17.74%、9.68%、8.06%，共占鸟类总种数的 35.48%。鸟类区系组成以古北界种最多，占调查区域鸟类总种数的63.71%；东洋界种最少。鸟类居留型以旅鸟最多，为62种，占调查区域鸟类总种数的50.00%。鸟类生态类型以涉禽最多，为42种，占调查区域鸟类总种数的33.87%；鸣禽次之，游禽居第三位，陆禽最少。属国家一、二级重点保护鸟类各有 2、22 种，山东省重点保护鸟类 19 种。海上风电场址区附近鸟类种类、数量很少，鸟类物种多样性不算丰富。本项目区海域共观测到国家一级重点保护鸟类 1 种，二级重点保护鸟类 5 种，山东省重点保护鸟类 9 种。

4.2 区域开发利用现状与保护概况

项目所在海域评价范围内的开发利用现状主要包括港口用海、开放式养殖用海、围海养殖用海等用海项目。其中，项目周边包括 4宗开放式养殖用海、20宗港口用海、1宗交通运输用海和1宗海洋保护区用海。

工程水域周边的航道主要包括：滨州港海港港区进出港航道（目前为3万吨级航道）、套尔河港区航道、黄骅港航道以及滨州港规划航道。风电场距离滨州港海港港区进出港航道最近距离为556米左右；距离套尔河航道最近距离为1千米左右；距离黄骅港航道最近距离为5.7海里；距离滨州港规划航道最近距离为2.6海里（大口河港区—海港港区）。锚地主要包括黄骅港1#锚地和套尔河候泊锚地，均距离项目超过5海里。

表 4.2-1 项目周边开发利用现状一览表
略

略

图 4.2-1 项目海域评价范围内开发利用现状示意图
略

图 4.2 2 风电场与海港港区 3 万吨级航道距离
略

图 4.2-2 项目与最近的锚地距离

4.3 海洋水文动力环境现状调查与评价

于 2023 年 5 月，开展了华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目水文动力监测工作，主要监测内容为流速、流向、水深等。本节资料引自《华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目春季大、小潮水文观测报告》。

于 2023 年 5 月 20 日～5 月 21 日（春季，阴历四月初二～初三，大潮期）在滨州港周边海域进行的 6 个站位的海流实测数据。对滨州港周边海域流速、流向和水深进行观测，海流观测层位分为表层、中层和底层（距海底 0.5m）（H 代表该站位的实际水深），并进行了同步悬浮泥沙取样工作。在海流观测期间同步进行潮位观测，潮位观测站位位于滨州港和岔尖渔港内，并于 2023 年 5 月 27 日 12:00～5 月 28 日 12:00（春季，阴历四月初九～初十，小潮期）进行了小潮期潮位观测。

4.3.1 监测站位

调查时间：2023 年 5 月 20 日～5 月 21 日（春季，阴历四月初二～初三，大潮期）。
2023 年 5 月 27 日 12:00～5 月 28 日 12:00（春季，阴历四月初九～初十，小潮期）。

调查内容：布置 6 个测点（1#～6#）进行水深、流速、流向、悬沙等要素观测，另外在海流观测期间同步进行潮位观测，潮位观测站位位于滨州港和岔尖渔港内。

站位布设：站位布设及站位坐标如下图、表所示。

表 4.3-1 海流、潮位调查站位表			
观测站位	北纬	东经	调查内容
1#			海流
2#			海流
3#			海流
4#			海流
5#			海流
6#			海流
S			潮位
S1			潮位

略

图 4.3-1 滨州港周边海域春季海流、潮位观测站位图

4.3.2 潮位结果分析

春季大潮期潮位观测时间为 2023 年 5 月 20 日 12 时～2023 年 5 月 21 日 12 时，记录间隔为 10min，选取整点时刻的潮位数据进行分析，其中大潮期高潮时刻为 2023 年 5 月 20 日 17:00 和 2023 年 5 月 21 日 4:00，低潮时刻为 2023 年 5 月 20 日 23:00 和

2023 年 5 月 21 日 11:00，如下图所示。

略

图4.3-2 春季大潮期S站位潮位变化曲线（2023.5.20~5.21）

略

图 4.3-3 春季大潮期 S1 站位潮位变化曲线（2023.5.20~5.21）

春季小潮期潮位观测时间为 2023 年 5 月 27 日 12 时~2023 年 5 月 28 日 12 时，记录间隔为 10min，选取整点时刻的潮位数据进行分析，其中小潮期高潮时刻为 2023 年 5 月 27 日 22:00 和 2023 年 5 月 28 日 8:00，低潮时刻为 2023 年 5 月 27 日 15:00 和 2023 年 5 月 28 日 4:00，如下图所示。

略

图 4.3-4 春季小潮期 S 站位潮位变化曲线（2023.5.27~5.28）

略

图 4.3-5 春季小潮期 S1 站位潮位变化曲线（2023.5.27~5.28）

4.3.3 实测海流资料统计分析

（1）实测流速和流向

下图是春季海流大潮期间各测站各层实测及垂线平均流速、流向过程曲线图。根据各测站垂线平均流速流向过程曲线说明春季海流各测站海流特征。

春季海流大潮期 1#~6#测站流速流向过程曲线均反映海流日不等现象不明显，在一个落潮段过程中，1#~6#测站表层至底层各落潮时刻流速最大值和最小值差值的平均值分别为***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s 和 ***cm/s；在一个涨潮段过程中，1#~6#测站表层至底层各涨潮时刻流速最大值和最小值差值的平均值分别为***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s、***cm/s 和 ***cm/s。各测站各层实测海流表现为较明显的往复流特征，涨潮流主流向为 WSW，流向介于 SSW~W 之间，落潮流主流向为 ENE，流向介于 NE~SE 之间，转流时刻分别发生在 17:00、23:00、4:00 和 11:00 左右，转流时间一般在 2h 以内，且转流时流速较小。

图 4.3-6 春季 1#测站大潮期流速流向过程曲线（2023.5.20~5.21）

图 4.3-7 春季 2#测站大潮期流速流向过程曲线（2023.5.20~5.21）

图 4.3-8 春季 3#测站大潮期流速流向过程曲线（2023.5.20~5.21）

图 4.3-9 春季 4#测站大潮期流速流向过程曲线（2023.5.20~5.21）

图 4.3-10 春季 5#测站大潮期流速流向过程曲线（2023.5.20~5.21）

图 4.3-11 春季 6#测站大潮期流速流向过程曲线（2023.5.20~5.21）

(2) 垂线平均流速和流向

由下表看出春季水文观测期间测区大潮期海流调查垂线平均流速、流向在各层的分布情况。

春季海流大潮期涨潮流时，滨州港周边海域平均流速介于***cm/s 之间，平均值为***cm/s，落潮流时，平均流速在***cm/s 之间，平均值为***cm/s，涨潮流流向在 205.6° ~279.2° 之间，即 SSW~W，落潮流流向在 56.6° ~123.6° 之间，即 ENE~SE。

(3) 最大流速及流向

春季海流大潮期涨潮流时，滨州港周边海域最大流速介于***cm/s 之间，平均值为***cm/s，落潮流时，最大流速在***cm/s 之间，平均值为***cm/s，涨潮流最大流速对应流向在 223.9° ~298.4° 之间，即 SW~WNW，落潮流最大流速对应流向在 51.2° ~151.8° 之间，即 NE~SSE。

表 4.3-2 春季大潮期各站涨、落潮流平均、最大流速 (cm/s) 及流向 (°)

站位	层次	平均流速及流向				最大流速及流向			
		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
		流速	流向	流速	流向	距离	方向	距离	方向
1#	表层								
	中层								
	底层								
2#	表层								
	中层								
	底层								
3#	表层								
	中层								
	底层								
4#	表层								
	中层								
	底层								
5#	表层								
	中层								
	底层								
6#	表层								
	中层								
	底层								

4.3.4 潮流结果分析

(1) 潮流性质

按照《海港水文规范》，潮流按照以下判别标准可分为规则的半日潮流、不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流：

$$\frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 0.5$$

规则半日潮流；

$$0.5 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 2.0$$

不规则半日潮流；

$$2.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 4.0 \quad \text{不规则全日潮流;} \quad 4.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \quad \text{规则全日潮流。}$$

式中 W_{M_2} 、 W_{K_1} 、 W_{O_1} 分别为主太阴半日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴日分潮流的椭圆长半轴长度（cm/s）。

根据潮流调和分析可得春季各站位大潮时的潮流系数，见下表。

表 4.3-3 春季各站潮流类型判别数 $(W_{O_1} + W_{K_1})/W_{M_2}$		层位		
类型	站位	表层	中层	底层
春季大潮	1#			
	2#			
	3#			
	4#			
	5#			
	6#			

由表可知，春季海流各调查站位各层潮流系数介于 0.03~0.49，均小于 0.5，表明滨州港周边海域潮流性质表现为规则半日潮流。

（2）潮流的M2分潮及运动形式

春季海流各站潮流 M2 分潮流的 K 值如表 4.3-4 所示，潮流的运动形式取决于周边海域主要分潮流的椭圆要素，反映潮流运动形式的参量为旋转率（亦称椭圆率）K，其值为该分潮流椭圆短轴与椭圆长轴的比值，当 $|K|>0.25$ 时，潮流表现为旋转流；当 $|K|<0.25$ 时，潮流表现为往复流。K 值符号有“+”、“-”之分，“+”表示分潮流为逆时针旋转，“-”则为顺时针旋转。

滨州港周边海域潮流为规则半日潮流性质，主要半日分潮流（M2 和 S2）的运动形式即代表海区潮流的运动形式。由于观测海域为规则半日潮流类型，因此，主要以 M2 分潮流的椭圆率来对潮流运动形式作近似分析。潮流的旋转方向，因本海域是半日潮流，讨论潮流的旋转方向时，可用 M2 分潮流的 $|K|$ 值变化来讨论各站各层的潮流旋转方向，各站各层潮流旋转方向不一致。

根据调和分析结果，春季海流调查滨州港周边海域除部分站位各别层位（2#底层）半日分潮流旋转率为“-”，表现为顺时针旋转外，其余站位及其他层位半日分潮流旋转率为“+”，表现为逆时针旋转。总体来看，春季 6#站各层 $|K|>0.25$ ，表现为旋转流，其余站位各层均 $|K|<0.25$ ，表现为往复流。因此，春季海流调查滨州港周边海域潮流以逆时针旋转的往复流为主，部分站位个别层位潮流表现为顺时针或者旋转流的性质。春季大潮时各站位各层实测海流矢量图分别见图 4.3-12~图 4.3-14。

表 4.3-4 春季各站潮流 M2 分潮流的 k 值表

类型	层位	层位		
		表层	中层	底层
春季大潮	1#			
	2#			
	3#			
	4#			
	5#			
	6#			

图 4.3-12 春季大潮期表层实测海流矢量图（2023.5.20~5.21）

图 4.3-13 春季大潮期中层实测海流矢量图（2023.5.20~5.21）

图 4.3-14 春季大潮期底层实测海流矢量图（2023.5.20~5.21）

（3）潮流的平均最大流速和可能最大流速

《海港水文规范》中规定，按准调和分析方法分析的结果，确定潮流椭圆要素，并用下列公式计算大、小潮期间潮流的平均最大流速矢量。

对半日潮流区，平均最大流速 \bar{V}_M 公式： $\bar{V}_{M_s} = \bar{W}_{M_2} + \bar{W}_{S_2}$ 、 $\bar{V}_{M_n} = \bar{W}_{M_2} - \bar{W}_{S_2}$

对全日潮流区，平均最大流速 \bar{V}_M 公式： $\bar{V}_{M_s} = \bar{W}_{K_1} + \bar{W}_{O_1}$ 、 $\bar{V}_{M_n} = \bar{W}_{K_1} - \bar{W}_{O_1}$

式中 \bar{V}_{M_s} 、 \bar{V}_{M_n} 分别为大、小潮平均最大流速矢量； \bar{W}_{M_2} 、 \bar{W}_{S_2} 、 \bar{W}_{K_1} 、 \bar{W}_{O_1} 分别为主太阴半日分潮流、主太阳半日分潮流、太阴太阳日分潮流、主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量。

对规则半日潮流海区，潮流的可能最大流速 \bar{V}_{\max} 公式：

$$\bar{V}_{\max} = 1.295\bar{W}_{M_2} + 1.245\bar{W}_{S_2} + \bar{W}_{K_1} + \bar{W}_{O_1} + \bar{W}_{M_4} + \bar{W}_{MS_4}$$

对规则全日潮流海区，潮流的可能最大流速 \bar{V}_{\max} 公式：

$$\bar{V}_{\max} = \bar{W}_{M_2} + \bar{W}_{S_2} + 1.600\bar{W}_{K_1} + 1.450\bar{W}_{O_1}$$

不规则半日潮流海区和规则全日潮流海区，应采用以上两式中的大值。

式中 \bar{W}_{M_4} 和 \bar{W}_{MS_4} 分别为太阴 1/4 分潮流和太阴太阳 1/4 分潮流的椭圆长半轴矢量。

根据潮流调和结果，分别计算春季各站潮流的可能最大流速和可能平均最大流速见表 4.3-5。

春季大潮期各站表层潮流的可能最大流速在***cm/s 之间，1#站最大，流向为***；中层潮流的可能最大流速在***cm/s 之间，5#站最大，流向为***；底层潮流的可能最大流速在***cm/s 之间，4#站最大，流向为***。

春季大潮期各站表层潮流的平均最大流速在***cm/s 之间，1#站最大，流向为

；中层潮流的平均最大流速在cm/s 之间，1#站最大，流向为***；底层潮流的平均最大流速在***cm/s 之间，4#站最大，流向为***。

(4) 潮流水质点的平均最大运移距离与可能最大运移距离

潮流水质点的运移距离有平均最大和可能最大之分。按照《海港水文规范》，大、小潮期间潮流水质点平均最大运移距离可由以下公式进行计算。

对半日潮流海区，水质点的平均最大运移距离公式：

$$\vec{L}_{M_s} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2}, \quad \vec{L}_{M_n} = 142.3\vec{W}_{M_2} - 137.5\vec{W}_{S_2}$$

对全日潮流海区，水质点的平均最大运移距离公式：

$$\vec{L}_{M_s} = 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1}, \quad \vec{L}_{M_n} = 274.3\vec{W}_{K_1} - 295.9\vec{W}_{O_1}$$

对规则半日潮流海区，潮流水质点的可能最大运移距离为：

$$\vec{L}_{\max} = 184.3\vec{W}_{M_2} + 171.2\vec{W}_{S_2} + 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1} + 71.2\vec{W}_{M_4} + 69.9\vec{W}_{MS_4}$$

对规则全日潮流海区，潮流水质点的可能最大运移距离为：

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1}$$

不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，应采用以上两式中计算的大值。

式中 \vec{L} 代表潮流水质点的运移距离矢量，其它符号的含义同上。

将项目周边海域各分潮流的相应参量代入上式，分别计算该海域春季潮流水质点平均最大运移距离、可能最大运移距离见下表。

春季大潮期各站位表层水质点的可能最大运移距离在***m 之间，1#站最大，流向为***；中层水质点的可能最大运移距离在***m 之间，5#站最大，流向为***；底层水质点的可能最大运移距离在***m 之间，4#站最大，流向为***。

春季大潮期各站位表层水质点的平均最大运移距离在***m 之间，1#站最大，流向为***；中层水质点的平均最大运移距离在***m 之间，1#站最大，流向为***；底层水质点的平均最大运移距离在***m 之间，4#站最大，流向为***。

表 4.3-5 春季大潮期潮流的平均、最大流速及方向和平均、最大运移距离及方向

站位	层次	平均最大流速		可能最大流速		平均最大运移距离		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	距离 (m)	方向 (°)	距离 (m)	方向 (°)
1#	表层								
	中层								
	底层								
2#	表层								
	中层								
	底层								
3#	表层								

站位	层次	平均最大流速		可能最大流速		平均最大运移距离		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	距离 (m)	方向 (°)	距离 (m)	方向 (°)
	中层								
	底层								
	表层								
4#	中层								
	底层								
	表层								
5#	中层								
	底层								
	表层								
6#	中层								
	底层								
	表层								

(5) 余流

余流是指从实测海流中分离出潮流后余下的部分，包括风海流、沿岸流和潮致余流。根据调和分析得到的是潮致余流，其中春季调查滨州港周边海域余流流速介于***cm/s 之间，流向介于***之间，3#站位底层余流流速较大，流向为***，6#站位表层余流流速最小，流向为***。各站位各层余流流速流向见下表，余流矢量见下图。

表 4.3-6 春季各站位各层潮流余流流速

层位 潮型站位		表层		中层		底层	
		流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)	流速(cm/s)	方向(°)
春季 大潮	1#						
	2#						
	3#						
	4#						
	5#	6.4	165.2	2.8	178.5	1.4	54
	6#	0.6	182.5	0.9	211.3	0.9	33.3

图 4.3-15 春季大潮期余流矢量图（2023.5.20~5.21）

4.3.5 水温分析

海流观测期间，全天海温介于之间，各站点海温昼夜变化不大，白天海温略高，夜间海温略低。

4.3.6 盐度分析

盐度介于 27.3-28.4 之间。各站点盐度变化不大，无明显变化趋势。

表 4.3-7 春季海温及盐度时段值

时段	温度	盐度
	℃	无量纲
12:00		
13:00		
14:00		
15:00		
16:00		

时段	温度	盐度
	°C	无量纲
17:00	■	■
18:00	■	■
19:00	■	■
20:00	■	■
21:00	■	■
22:00	■	■
23:00	■	■
0:00	■	■
1:00	■	■
2:00	■	■
3:00	■	■
4:00	■	■
5:00	■	■
6:00	■	■
7:00	■	■
8:00	■	■
9:00	■	■
10:00	■	■
11:00	■	■
12:00	■	■

4.3.7 悬沙分析

(1) 含沙量统计分析

根据抽滤实验结果进行统计分析，绘制了调查海域春季大潮期各测站表层至底层含沙量过程曲线，如下图所示，其中大潮期间各站位各层悬沙浓度最大不超过***mg/L，最小值为***mg/L，分别出现在 L2 站位底层和 L6 站位底层，对应时间分别为 2023 年 5 月 21 日 8:00 和 2023 年 5 月 21 日 03:00。

图 4.3-16 大潮期各测站含沙量过程曲线

(2) 潮段平均含沙量

通过对本次水文动力观测大潮期各测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其算术平均值得到各测站潮段平均含沙量，见下表。

①大潮期水文观测期间测区大潮期涨、落潮平均含沙量分别为***mg/L、***mg/L，涨潮时段悬浮泥沙浓度与落潮时段基本一致。

②从水平分布来看，大潮期水文观测期间测区大潮期 L1 站位涨潮悬沙含量最大，含沙量平均为***mg/L，L6 站位落潮悬沙含量最小，含沙量平均为***mg/L。

③大潮潮段平均含沙量，最大为***mg/L，出现在 L1 站位，最小为***mg/L，出现在 L6 站位。

表 4.3-8 大潮期各站位潮段平均含沙量统计表 (mg/L)

潮型 \ 站位		L1	L2	L3	L4	L5	L6
大潮期	涨潮	■	■	■	■	■	■
	落潮	■	■	■	■	■	■
	平均值	■	■	■	■	■	■

(3) 垂线平均最大含沙量

通过对本次水文动力观测大潮期各测站的垂线平均含沙量进行统计, 按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站潮段垂线平均最大含沙量, 见下表。

调查海域大潮期涨潮段各站位垂线平均最大含沙量介于***mg/L, 平均值为***mg/L, 最大值出现在 L2 站位, 最小值出现在 L5 站位, 落潮段各站位垂线平均最大含沙量介于***mg/L, 平均值为***mg/L, 最大值出现在 L2 站位, 最小值出现在 L4 站位。

表 4.3-9 各站位的垂线平均最大含沙量 (mg/L)

潮型 \ 站位		L1	L2	L3	L4	L5	L6
大潮期	涨潮	■	■	■	■	■	■
	落潮	■	■	■	■	■	■
	平均值	■	■	■	■	■	■

(4) 测点最大含沙量

通过对调查海域大潮期水文动力各测站各层实测的含沙量进行统计, 按涨潮段、落潮段分别取其最大值得到各站位测点的涨、落潮段最大含沙量, 见下表。

大潮期测点最大含沙量为***mg/L, 出现在 L2 站位落潮段底层, 对应时刻 2023 年 5 月 21 日 8:00, 对应流速为***cm/s; 最小含沙量为***mg/L, 出现在 L2 站位涨潮段中层, 对应时刻 2023 年 5 月 21 日 11:00, 对应流速为***cm/s。

表 4.3-10 各站位最大含沙量统计表 (mg/L)

潮型 \ 站位		大潮期		
		表层	中层	底层
L1	涨潮	■	■	■
	落潮	■	■	■
L2	涨潮	■	■	■
	落潮	■	■	■
L3	涨潮	■	■	■
	落潮	■	■	■
L4	涨潮	■	■	■
	落潮	■	■	■
L5	涨潮	■	■	■
	落潮	■	■	■
L6	涨潮	■	■	■
	落潮	■	■	■

(5) 潮段平均含沙量垂向分布

通过对调查海域大潮期水文动力各测站各层实测的含沙量资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别统计平均值得到各站位各层涨、落潮段平均含沙量见下表。

统计结果表明：大潮期间各站位涨、落潮段表层至底层平均含沙量变化不大，整体表现为自表层至底层潮段平均含沙量逐渐增大，其中涨潮段垂线平均含沙量表层为***mg/L，中层为***mg/L，底层为***mg/L，大潮落潮段垂线平均含沙量表层为***mg/L，中层为***mg/L，底层为***mg/L。

表 4.3-11 各站位最大含沙量统计表 (mg/L)

站位	潮型	大潮期		
		表层	中层	底层
L1	涨潮			
	落潮			
L2	涨潮			
	落潮			
L3	涨潮			
	落潮			
L4	涨潮			
	落潮			
L5	涨潮			
	落潮			
L6	涨潮			
	落潮			

4.4 海洋水质调查结果与评价

本项目春季海洋环境现状调查资料引自《华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目海域海洋环境现状调查报告（春季）》（[REDACTED]，2023 年 5 月和 2025 年 3 月），2023 年 5 月和 2025 年 3 月在该海域进行海洋环境调查，共设置了 30 个海水水质站位、18 个沉积物站位、18 个生物站位、4 条潮间带站位、3 条潮间带沉积物站位、13 个渔业资源与生物体质量站位。

4.4.1 调查内容

2023年5月水质现状调查因子包括：pH、水温、悬浮物、盐度、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷，共计18项。

2025年3月水质现状调查因子包括：水温、pH、盐度、悬浮物、BOD5、化学需氧量、溶解氧、油类、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、硫化物、挥发性酚、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硒、镍，共计23项。

4.4.2 调查时间与站位布设

1.时间：2023年5月和2025年3月。

2. 站位布设:

各站位坐标详见下表和下图。

图 4.4-1 春季环境质量现状调查站位布设图

表 4.4-1 春季水质、沉积物、生物调查站位表

站位	北纬	东经	调查项目	调查时间	国土空间规划	评价标准（海水/沉积物）
9			海水	2023 年 5 月	特殊用海区	第四类
10			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	其他海域	第二类/第一类
11			海水	2023 年 5 月	渔业用海区	第二类
12			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	生态保护区	第一类/第一类
15			海水	2023 年 5 月	国土空间规划外	第一类
16			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	渔业用海区	第二类/第一类
17			海水	2023 年 5 月	生态保护区	第一类
18			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	交通运输用海区	第三类/第二类
21			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	国土空间规划外	第一类/第一类
22			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	渔业用海区	第二类/第一类
23			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	渔业用海区	第二类/第一类
24			海水	2023 年 5 月	渔业用海区	第二类
27			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	国土空间规划外	第一类/第一类
28			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	渔业用海区	第二类/第一类
29			海水	2023 年 5 月	生态保护区	第一类
30			海水、沉积物、生物	2023 年 5 月	生态保护区	第一类/第一类
B2			水质	2025 年 3 月	生态保护区	第一类
B3			水质、沉积物、生物	2025 年 3 月	生态保护区	第一类/第一类
B4			海水	2025 年 3 月	生态保护区	第一类
B5			水质、沉积物、生物	2025 年 3 月	生态保护区	第一类/第一类
B6			水质、沉积物、生物	2025 年 3 月	工矿通信用海区	第三类/第二类
B7			水质	2025 年 3 月	工矿通信用海区	第三类
B8			海水、沉积物、生物	2025 年 3 月	工矿通信用海区	第三类/第二类
B9			水质	2025 年 3 月	生态保护区	第一类
B11			水质	2025 年 3 月	工矿通信用海区	第三类
B12			海水、沉积物、生物	2025 年 3 月	工矿通信用海区	第三类/第二类
B13			水质、沉积物、生物	2025 年 3 月	交通运输用海区	第三类/第二类
B14			海水	2025 年 3 月	交通运输用海区	第三类
B15			水质、沉积物、生物	2025 年 3 月	交通运输用海区	第三类/第二类
B22			海水、沉积物、生物	2025 年 3 月	渔业用海区	第二类/第一类
B1			潮间带生物、潮间带沉积物	2025 年 3 月	工矿通信用海区	第三类/第二类
B21			潮间带生物、潮间带沉积物	2025 年 3 月	渔业用海区	第二类/第一类

站位	北纬		东经		调查项目	调查时间	国土空间规划	评价标准（海水/沉积物）
B25					潮间带沉积物	2025 年 3 月	渔业用海区	第二类/第一类
B					潮间带生物	2023 年 5 月	/	/
D					潮间带生物	2023 年 5 月	/	/
Y17					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	生态保护区	/
Y18					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	渔业用海区	/
Y19					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	国土空间规划外	/
Y20					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	国土空间规划外	/
Y21					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	生态保护区	/
Y22					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	渔业用海区	/
Y23					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	国土空间规划外	/
Y24					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	国土空间规划外	/
Y25					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	渔业用海区	/
Y26					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	渔业用海区	/
Y27					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	渔业用海区	/
Y28					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	生态保护区	/
Y29					渔业资源、生物体质量	2023 年 5 月	生态保护区	/

4.4.3 调查方法和样品分析方法

水质（除油类）采样只取表层水样外，其余项目的采集均按以下要求进行：当水深小于10m时，采集表层；当水深大于10m小于25m时，采集二层样；当水深大于25m小于50m时，采三层样；当水深大于50m时，采四层样；DO和油类采双样。

各监测项目调查分析测定过程均按《海洋监测规范第2部分数据处理与分析质量控制》（GB17378.2-2007）、《海洋监测规范第3部分样品采集、贮存与运输》（GB17378.3-2007）和《海洋监测规范第4部分海水分析》（GB17378.4-2007）中的要求进行。

表 4.4-2 水质监测各项目分析及检出限表

项目	分析方法	检出限（mg/L）
pH	pH 计法	--
SS	重量法	2
DO	碘量法	0.042
COD	碱性高锰酸钾法	0.15
BOD ₅	五日培养法	--
水温	表层水温表法	--
盐度	盐度计法	--
活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法	0.62×10^{-3}
硝酸盐	锌镉还原法	0.7×10^{-3}
亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法	--
氨盐	次溴酸盐氧化法	0.4×10^{-3}
硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.2×10^{-3}
挥发性酚	4-氨基安替比林分光光度法	1.1×10^{-3}
油类	紫外分光光度法	3.5×10^{-3}
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}
铬	无火焰原子吸收分光光度计法	0.4×10^{-3}
硒	原子荧光法	0.2×10^{-3}
镍	无火焰原子吸收分光光度法	0.5×10^{-3}
汞	原子荧光法	0.007×10^{-3}
砷	原子荧光法	0.5×10^{-3}

4.4.4 调查结果与评价

4.4.4.1 评价方法

①采用单因子指数法进行质量评价，标准指数的计算公式如下：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{i,s}$$

式中， $S_{i,j}$ ——第 i 站评价因子 j 的标准指数；

$C_{i,j}$ ——第 i 站评价因子 j 的测量值；

$C_{i,s}$ ——评价因子 j 的评价标准值。

②溶解氧（DO）采用下式计算：

$$S_{DO,j} = DO_s / DO_j, DO_j \leq DO_f$$

$$S_{DO,j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s), DO_j \geq DO_f$$

式中： $S_{DO,j}$ ——溶解氧的标准指数，大于1表明该水质因子超标；

DO_j ——溶解氧在j点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L；对于河流， $DO_f = 468 / (31.6 + T)$ ；对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$ ；

S ——实用盐度符号，量纲为1；

T ——水温，℃。

③pH采用下式计算：

$$S_{pH,j} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{sd}), pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH,j} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0), pH_j > 7.0$$

式中： $S_{pH,j}$ ——pH值的标准指数；

pH_j ——pH值在j站位的实测统计代表值；

pH_{sd} ——水质评价标准规定的pH下限值；

pH_{su} ——水质评价标准规定的pH上限值。

若水质评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

4.4.4.2 评价标准

依据《滨州市国土空间总体规划（2021-2035年）》、《东营市国土空间总体规划（2021-2035年）》、《沧州市国土空间总体规划（2021-2035年）》、《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相关规划，采取从优原则，春季调查站位中，12号、17号、29号、30号、B2号~B5号、B9号站位位于生态保护区，15号、21号、27号站位位于国土空间规划外，采用第一类海水水质标准进行评价；11号、16号、22号~24号、28号、B22号站位位于渔业用海区，10号站位位于其他海域，采用第二类海水水质标准进行评价；18号、B13号~B15号站位位于交通运输用海区，B6号~B8号、B11号、B12号站位位于工矿通信用海区，采用第三类海水水质标准进行评价，9号站位位于特殊用海区，采用第四类海水水质标准进行评价。

海水水质评价依照中华人民共和国国家标准《海水水质标准》（GB3097-1997），具体评价标准值见下表。

表 4.4-3 海水水质标准 (GB3907-1997) (单位: mg/L, 除 pH 值外)

项目	pH	DO	COD	BOD ₅	无机氮	活性磷酸盐	石油类	硫化物	挥发性酚
一类	7.8~8.5	>6	≤2	≤1	≤0.20	≤0.015	≤0.05	≤0.02	≤0.005
二类	7.8~8.5	>5	≤3	≤3	≤0.30	≤0.030	≤0.05	≤0.05	≤0.005
三类	6.8~8.8	>4	≤4	≤4	≤0.40	≤0.030	≤0.30	≤0.10	≤0.010
四类	6.8~8.8	>3	≤5	≤5	≤0.50	≤0.045	≤0.50	≤0.25	≤0.050
项目	铜	铅	锌	镉	铬	硒	镍	汞	砷
一类	≤0.005	≤0.001	≤0.020	≤0.001	≤0.05	≤0.010	≤0.005	≤0.00005	≤0.020
二类	≤0.010	≤0.005	≤0.050	≤0.005	≤0.10	≤0.020	≤0.010	≤0.0002	≤0.030
三类	≤0.050	≤0.010	≤0.10	≤0.010	≤0.20	≤0.020	≤0.020	≤0.0002	≤0.050
四类	≤0.050	≤0.050	≤0.50	≤0.010	≤0.50	≤0.050	≤0.050	≤0.0005	≤0.050

4.4.4.3 春季水质调查结果与评价

(1) 调查结果

对各站实测数据进行统计分析, 统计结果见下表。

表 4.4-4 春季海水水质调查结果

（2）评价结果

监测海域各站各评价因子的标准指数值及统计结果见下表。

①主要调查因子的质量现状及其基本特征

水质评价结果表明，监测海域生化需氧量、无机氮、铅、化学需氧量、石油类、活性磷酸盐、铜、汞、锌存在超标现象，超标率分别为 64%、50%、40%、37%、13%、7%、7%、7%、3%，其他测站各评价因子均符合所在功能区的质量标准。调查结果表明调查海域整体海水质量一般。

②所在功能区水质达标情况及超标原因

1）生态保护区、国土空间规划外（第一类海水水质标准）

执行第一类海水水质标准的功能区内共有 12 个站位（12 号、15 号、17 号、21 号、27 号、29 号、30 号、B2 号~B5 号、B9 号）。

海水水质评价结果显示，生态保护区内有 9 个站位（12 号、17 号、29 号、30 号、B2 号~B5 号、B9 号），铅存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；无机氮 6 个站位（29 号、B2 号~B5 号、B9 号）存在超标现象，均超第一类海水水质标准，29 号站位符合第二类海水水质标准，B2 号站位符合第四类海水水质标准，B3~B5 号、B9 号站位为劣四类海水水质；化学需氧量 5 个站位（B2 号~B5 号、B9 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，B9 号站位符合第三类海水水质标准，B2 号站位符合第四类海水水质标准，B3~B5 号站位为劣四类海水水质；生化需氧量 5 个站位（B2 号~B5 号、B9 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，B9 号站位符合第三类海水水质标准，B5 号站位符合第四类海水水质标准，B2 号~B4 号站位为劣四类海水水质；石油类 4 个站位（B2 号~B5 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第三类海水水质标准；活性磷酸盐 2 个站位（B3 号、B5 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；铜 2 个站位（B3 号、B4 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；汞 2 个站位（B2 号、B9 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；锌 1 个站位（B4 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。国土空间规划外有 3 个站位（15 号、21 号、27 号），铅存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；无机氮 1 个站位（27 号）存在超标现象，超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。其余各站位各检测因子均符合所在功能区海水水质标准要求。

2）渔业用海区、其他海域（第二类海水水质标准）

在执行第二类海水水质标准的功能区内共有 8 个站位（10 号、11 号、16 号、22 号~24 号、28 号、B22 号）。

海水水质评价结果显示，渔业用海区内有 7 个站位（11 号、16 号、22 号~24 号、28 号、B22 号），无超标现象。其他海域有 1 个站位（10 号），无超标现象。各站位各检测因子均符合所在功能区海水水质标准要求。

3）交通运输用海区、工矿通信用海区（第三类海水水质标准）

在执行第三类海水水质标准的功能区内共有 9 个站位（18 号、B6 号~B8 号、B11 号~B15 号）。

海水水质评价结果显示，交通运输用海区内有 4 个站位（18 号、B13 号~B15 号），无机氮 3 个站位（B13 号~B15 号）存在超标现象，超第三类海水水质标准，为劣四类海水水质；化学需氧量 2 个站位（B14 号、B15 号）存在超标现象，超第三类海水水质标准，B14 号站位符合第四类海水水质标准，B15 号站位为劣四类海水水质。工矿通信用海区内有 5 个站位（B6 号~B8 号、B11 号、B12 号），无机氮存在超标现象，超第三类海水水质标准，为劣四类海水水质；化学需氧量 4 个站位（B6 号、B7 号、B11 号、B12 号）存在超标现象，超第三类海水水质标准，为劣四类海水水质；生化需氧量 4 个站位（B7 号、B8 号、B11 号、B12 号）存在超标现象，超第三类海水水质标准，B8 号、B11 号站位符合第四类海水水质标准，B7 号、B12 号站位为劣四类海水水质。其余站位无超标现象，各站位各检测因子均符合所在功能区海水水质标准要求。

4）特殊用海区（第四类海水水质标准）

在执行第四类海水水质标准的功能区内共有 1 个站位（9 号）。

海水水质评价结果显示，特殊用海区内无超标现象，各站位各检测因子均符合所在功能区海水水质标准要求。

超标原因：监测海域春季海水中生化需氧量、无机氮、铅、化学需氧量、石油类、活性磷酸盐、铜、汞、锌存在超标现象。超标站位主要集中在河道、入海口处。大量的地表径流携带污染物入海、养殖活动频繁，可能是造成海水水质生化需氧量、无机氮、化学需氧量、溶解氧、活性磷酸盐超标的主要原因。重金属铜及锌超标站位位于马颊河河道及入海口处，推测与陆源排污及人为活动有关。孙铭阳等对《休渔期和捕捞作业期黄、渤海区沿海中心渔港表层海水重金属分布及生态风险评估》的研究结果表明：“海水中重金属铅主要来自机动车和船舶尾气以及电镀工业废水，而渔港水环境中的铅污染则主要来自河流、排污口、燃料燃烧和大气沉降。渤海区铅浓度处于较

高水平”，“汞主要受渔船大量停靠和港区陆域交通密集的影响”，河流及排污口的共同作用可能是造成海水中金属铅超标的主要原因，汞超标站位均位于近岸海域，推测与渔船停靠及人为活动有关。随着季节的变化，其污染程度会有所差异。

② 超标因子、特征因子的分布特征

水质历史资料引自《滨州沾化区 2GW 渔光互补发电项目环境现状调查报告》(██████████，2022 年 6 月)，选取 2022 年 4 月在项目附近海域进行的水质现状调查数据。具体站位见下表 4.4-5 和图 4.4-2。

表 4.4-5 2022 年 4 月水质现状调查站位表

站位	经度	纬度	调查项目
1	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
2	██████████	██████████	水质
3	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
4	██████████	██████████	水质、生态、生物质量
5	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
6	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
7	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
8	██████████	██████████	水质
9	██████████	██████████	水质
10	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
11	██████████	██████████	水质
12	██████████	██████████	水质、生态、生物质量
13	██████████	██████████	水质
14	██████████	██████████	水质
15	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
16	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
17	██████████	██████████	水质、生态、生物质量
18	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
19	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
20	██████████	██████████	水质
21	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
22	██████████	██████████	水质、生态、生物质量
23	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
24	██████████	██████████	水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
L1	██████████	██████████	潮间带生物
L2	██████████	██████████	潮间带生物
L3	██████████	██████████	潮间带生物

图 4.4-2 2022 年 4 月环境质量现状调查站位布置图

2022 年 4 月海水水质现状评价结果表明：海水部分站位的无机氮、磷酸盐、五日生化需氧量存在超标现象。2023 年 5 月及 2025 年 3 月水质评价结果表明，监测海域生化需氧量、无机氮、铅、化学需氧量、石油类、活性磷酸盐、铜、汞、锌存在超标现象。

综合分析历史资料及现状春季监测数据，该海域水质超标因子种类、分布范围及

污染结构均呈现显著的年际变化趋势。从超标因子类型来看，污染结构由传统营养盐型向复合污染型演变：2022年4月主要超标因子为无机氮、磷酸盐和五日生化需氧量，反映以陆源输入为主的营养盐污染特征；而2023年5月及2025年3月，除上述因子持续超标外，新增铅、化学需氧量、石油类、铜、汞、锌等重金属与有机污染物，表明污染来源趋于复杂，涉及工业排放、船舶作业、交通尾气等多重人为活动。

从空间分布看，超标站位高度集中于河道与入海口区域，如马颊河河道及邻近海域，反映出陆源输入是污染物进入海洋环境的主要途径。重金属铅、铜、锌在该区域超标，与电镀工业、河道排污和港口活动密切相关；汞在近岸海域超标，则可能与渔船密集停靠、燃料燃烧及大气沉降有关。

④水质现状综合评价结论

根据上述分析，本项目所在海域的一些水质调查因子存在超标现象，调查海域整体海水质量一般。

表 4.4-6 春季海水水质评价结果

表 4.4-7 2022 年 4 月海水水质评价结果

4.5 海洋沉积物调查与评价

海洋沉积物春季现状调查资料采用[]委托[]于2023年5月和2025年3月在工程周边海域开展的调查，在调查海域内共设置18个海洋沉积物调查站位、3条潮间带沉积物断面（每个断面3个站位），调查站位分布见图4.3-1和表4.3-1。

4.5.1 调查内容

2023年5月海洋沉积物现状调查因子包括含水率、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷，共计11项。

2025年3月海洋沉积物现状调查因子包括含水率、pH、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷，共计12项。

潮间带沉积物现状调查因子包括含水率、有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷，共计11项。

4.5.2 调查时间与站位布设

见上述4.4.2节。

4.5.3 调查方法和样品分析方法

各监测项目调查分析过程均按《海洋监测规范第2部分数据处理与分析质量控制》（GB17378.2-2007）、《海洋监测规范第3部分样品采集、贮存与运输》（GB17378.3-2007）和《海洋监测规范第5部分沉积物分析》（GB17378.5-2007）中的要求进行。各项目所采用的分析方法见下表。

表 4.5-1 沉积物监测各项目分析及检出限表

监测项目	分析方法	检出限
pH	电位法	--
含水率	重量法	--
有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.03×10^{-2}
油类	紫外分光光度法	3.0×10^{-6}
硫化物	碘量法	4.0×10^{-6}
铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.5×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	1.0×10^{-6}
锌	火焰原子吸收分光光度法	6.0×10^{-6}
镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}
铬	无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}
汞	原子荧光法	0.002×10^{-6}
砷	原子荧光法	0.06×10^{-6}

4.5.4 调查结果与评价

4.5.4.1 评价方法

沉积物环境质量评价采用单因子标准指数法进行，公式如下：

$$I_i = C_i / S_i$$

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。

4.5.4.2 评价标准

依据《滨州市国土空间总体规划（2021-2035年）》、《东营市国土空间总体规划（2021-2035年）》、《沧州市国土空间总体规划（2021-2035年）》、《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相关规划，采取从优原则，春季调查站位中，12号、30号、B3号、B5号站位位于生态保护区，21号、27号站位位于国土空间规划外，10号站位位于其他海域，16号、22号、23号、28号、B22号站位位于渔业用海区，均采用第一类海洋沉积物质量标准进行评价；18号、B13号、B15号站位位于交通运输用海区，B6号、B8号、B12号站位位于工矿通信用海区，采用第二类海洋沉积物质量标准进行评价，具体评价标准值见表4.5-2。

海洋沉积物评价依照中华人民共和国国家标准《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），具体评价标准值见下表。

表 4.5-2 沉积物质量评价标准值表（有机碳单位为 10^{-2} ，其它为 10^{-6} ）

项目	第一类	第二类	第三类
有机碳	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 4.0
油类	≤ 500.0	≤ 1000.0	≤ 1500.0
铜	≤ 35.0	≤ 100.0	≤ 200.0
铅	≤ 60.0	≤ 130.0	≤ 250.0
锌	≤ 150.0	≤ 350.0	≤ 600.0
镉	≤ 0.50	≤ 1.50	≤ 5.00
汞	≤ 0.20	≤ 0.50	≤ 1.00
铬	≤ 80.0	≤ 150.0	≤ 270.0
砷	≤ 20.0	≤ 65.0	≤ 93.0
硫化物	≤ 300.0	≤ 500.0	≤ 600.0

4.5.4.3 春季海洋沉积物质量调查结果及评价

1. 调查结果

春季沉积物监测结果见表4.5-3。

2. 沉积物调查结果评价

监测海域各站各评价因子的标准指数值统计结果见表4.5-4。

（1）主要调查因子的质量现状及其基本特征

沉积物评价结果表明，监测海域铜存在超标现象，超标率为6%，其余各站位各评价因子均符合所在功能区的质量标准。调查结果表明调查海域沉积物质量良好。

潮间带沉积物质量评价结果表明，各站位各评价因子均符合所在海洋功能区相应

的沉积物质量标准，且均达到一类沉积物质量标准，沉积物质量良好。

（2）超标因子、特征因子的分布特征

铜超标率为 6%，超标站位为 B5 号，位于马颊河河道内的生态保护区，超第一类沉积物质量标准，符合第二类沉积物质量标准。

综合以上调查结果，调查海域沉积物铜存在超标现象。地表径流携带污染物入海、养殖活动及来往船只频繁，且长时间富集沉积在底质中，进而影响沉积物中铜的含量。

（3）沉积物现状综合评价结论

①海洋沉积物评价结果

1) 生态保护区、国土空间规划外、其他海域、渔业用海区（第一类沉积物质量标准）

在执行第一类沉积物质量标准的功能区内共有 12 个站位（10 号、12 号、16 号、21 号~23 号、27 号、28 号、30 号、B3 号、B5 号、B22 号）。

生态保护区内共有 4 个站位（12 号、30 号、B3 号、B5 号），铜 1 个站位（B5 号）存在超标现象，超第一类沉积物质量标准，符合第二类沉积物质量标准。国土空间规划外有 2 个站位（21 号、27 号），其他海域内共有 1 个站位（10 号），渔业用海区内共有 5 个站位（16 号、22 号、23 号、28 号、B22 号），各站位各评价因子均符合所在功能区的沉积物质量标准。

2) 交通运输用海区、工矿通信用海区（第二类沉积物质量标准）

在执行第二类沉积物质量标准的功能区内有 6 个站位（18 号、B6 号、B8 号、B12 号、B13 号、B15 号）。

交通运输用海区内共有 3 个站位（18 号、B13 号、B15 号），工矿通信用海区内共有 3 个站位（B6 号、B8 号、B12 号），各站位各评价因子均符合所在功能区的沉积物质量标准。

②潮间带沉积物调查评价结果

潮间带沉积物评价结果表明，各站各评价因子均符合所在功能区的质量标准。调查结果表明调查海域潮间带沉积物质量良好。

1) 渔业用海区（第一类沉积物质量标准）

执行第一类沉积物质量标准的站位有 1 个。

潮间带沉积物评价结果显示，渔业用海区有 1 个站位（B21 号），无超标现象，各站位各调查因子均符合所在功能区海洋沉积物质量标准。

2) 工矿通信用海区（第二类沉积物质量标准）

执行第二类沉积物质量标准的站位有 1 个。

潮间带沉积物评价结果显示，工矿通信用海区有 1 个站位（B1 号），无超标现象，各站位各调查因子均符合所在功能区海洋沉积物质量标准，且均符合第一类沉积物质量标准。

表 4.5-3 春季沉积物调查结果

表 4.5-4 春季沉积物评价结果

4.6 海洋生态环境现状调查与评价

生态现状调查资料采用[]委托[]在[]在项目附近海域进行的海洋环境现状调查。春季调查时间为2023年5月及2025年3月，选取项目评价范围内的18个生物站位、4条潮间带生物断面。

4.6.1 调查内容

4.6.2 调查时间和站位布设

见上述4.4.2节。

4.6.3 调查方法和样品分析方法

现场采集所有生物样品带回实验室分析，采集与分析方法如下：

(1) 调查方法

①叶绿素a

使用5L有机玻璃采水器采集水样，水样加入碳酸镁溶液，用孔径0.45 μ m的玻璃纤维滤膜过滤，滤膜用90%丙酮萃取后用紫外可见光分光光度计测定。详细步骤和计算方法见《海洋监测规范》GB17378.7-2007。

②浮游生物

浮游植物采用浅水III型浮游生物网从底至表层垂直拖网，现场用碘液固定，在实验室进行种类鉴定及按个体计数法进行计数、统计和分析，浮游植物丰度，密度单位：cells/m³。

浮游动物采用浅水II型浮游生物网从底至表层垂直拖网获取，经5%福尔马林溶液固定后带回实验室进行称重、分类、鉴定和计数，密度单位：个/m³，总生物量湿重单位：mg/m³。

③大型底栖生物

调查底栖生物样品的采集与沉积物调查同步进行，采用0.05m²曙光型采泥器采集，每站2~4个样方。所获泥样经2.0mm、1.0mm和0.5mm孔径的套筛淘洗后固定，挑拣全部个体进行鉴定。

④潮间带生物

用定量采样框（25cm×25cm×30cm）在每个站位取4（滩面沉积物、类型较一致、生物分布较均匀）~8个样方，并合并为一个样品进行编号。铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，应继续往下取样，直至采不到生物为止。然后用过筛器进行淘

洗，将采得的标本装入聚乙烯瓶（1000mL）中，并加入 5%甲醛固定液 6~8ml。

（2）评价方法

根据各站位的生物密度、物种数，参照 HY/T215-2017《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》，分别计算生物的多样性指数、均匀度指数、丰富度指数和海洋生物多样性综合指数，计算公式如下：

①香农-威纳（Shannon-Wiener）多样性指数

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

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} —— $\log_2 S$ ，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

N_1 ——样品中第一优势种的个体数

N_2 ——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

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

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海洋生物多样性综合指数（ MBI ）

$$MBI = \sum_{i=1}^5 W_i \sum_{j=1}^n Y_{ij} W_{ij}$$

式中：\$W_i\$——第 \$i\$ 个一级指标的权重；

\$Y_{ij}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标的赋值得分；

\$W_{ij}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标的权重。

\$Y_{ij}\$ 的计算公式：

$$Y_{ij} = \frac{Y_{ij\max} - Y_{ij\min}}{I_{ij\max} - I_{ij\min}} (I_{ij} - I_{ij\min}) + Y_{ij\min}$$

式中：\$Y_{ij}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标的赋值得分；

\$Y_{ij\max}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标所隶属等级的分值上限；

\$Y_{ij\min}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标所隶属等级的分值下限；

\$I_{ij\max}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标所隶属等级的指标值上限；

\$I_{ij\min}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标所隶属等级的指标值下限；

\$I_{ij}\$——第 \$i\$ 个一级指标中的第 \$j\$ 个二级指标的实测值。

各评价指标及权重见表4.6-1，评价指标等级划分标准见表4.6-2，赋值标准见表4.6-3，分级评价标准见表4.6-4。

表 4.6-1 海洋生物多样性评价指标及权重

一级指标	二级指标	单位
海洋营养级	海洋营养级指数	无量纲
浮游植物物种多样性	浮游植物总物种数、浮游植物平均单站物种数	种
	浮游植物种类多样性指数	无量纲
浮游动物物种多样性	浮游动物总物种数、浮游动物平均单站物种数	种
	浮游动物丰度	ind/m ³
	浮游动物生物量	mg/m ³
	浮游动物种类丰富度指数	无量纲
	浮游动物种类多样性指数	无量纲
潮间带生物物种多样性	潮间带生物总物种数、潮间带生物平均单条断面物种数	种
	潮间带生物栖息密度	×10 ² ind/m ²
	潮间带生物生物量	g/m ²
	潮间带生物种类丰富度指数	无量纲
	潮间带生物种类多样性指数	无量纲
浅海大型底栖生物物种多样性	浅海大型底栖生物总物种数、浅海大型底栖生物平均单站物种数	种
	浅海大型底栖生物栖息密度	ind/m ²
	浅海大型底栖生物生物量	g/m ²
	浅海大型底栖生物种类丰富度指数	无量纲
	浅海大型底栖生物种类多样性指数	无量纲

注：评价指标采用等权重，并且各层级指标权重之和均等于 1。

表 4.6-2 海洋生物多样性评价指标的等级划分标准

表 4.6-3 海洋生物多样性指标的赋值标准

表 4.6-4 海洋生物多样性现状分级

4.6.4 调查结果与评价

(1) 叶绿素a

①现状评价

叶绿素 a 是浮游植物现存量的良好指标。

春季调查海域海水中叶绿素 a 含量范围为 [redacted]，平均值为 [redacted]，最高值出现在 B15 号站位，最低值出现在 21 号站位。

②结合历史数据，分析评价生物多样性的变化趋势

海洋生态历史资料引自《滨州沾化区 2GW 渔光互补发电项目环境现状调查报告》（[redacted]，2022 年 6 月），选取 2022 年 4 月在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据，具体站位见表 4.4-5 和图 4.4-2。

2022 年 4 月监测结果表明，表层叶绿素 a 变化范围：[redacted]，平均值为 [redacted]。底层变化范围：[redacted]，平均值为 [redacted]。

表 4.6-5 2022 年 4 月监测叶绿素 a 含量汇总表（单位 μg/L）

根据历史数据及现状春季监测结果，调查海域叶绿素 a 浓度呈显著上升趋势，反映出浮游植物群落结构可能已发生明显变化。2022 年 4 月，海域叶绿素 a 浓度整体处于较低水平（表层均值 [redacted]，底层均值 [redacted]），分布均匀，表明当时浮游植物生物量总体稳定，水体初级生产力水平适中。至 2023 年及 2025 年春季，叶绿素 a 浓度范围扩大至 [redacted]，平均值升至 [redacted]，其中 B15 号站位出现 [redacted] 的峰值，显示局部海域已出现藻类异常增殖现象。

叶绿素 a 浓度的急剧升高及空间分异加剧，是水体富营养化程度加深的典型特征，可能引发浮游植物群落由多样性向单一优势种演替，进而影响各级生物群落结构。高生物量藻华可能导致光照遮蔽、溶解氧昼夜波动增强，对滤食性生物及底层生物造成胁迫，长期持续将引起生态系统功能简化与生物多样性下降。

(2) 初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算：

$$P=C_aQLt/2$$

P—初级生产力（mg·C/m²·d）；

Ca —表层叶绿素 a 含量 (mg/m^3);

Q —同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl-a}\cdot\text{h})$), 根据以往调查结果, 这里取 3.7;

L —真光层的深度 (m); $L=\text{透明度}\times 3$

t —白昼时间 (h), 根据调查时间的季节特点, 这里取 12。

对初级生产力进行估算统计, 结果显示春季调查海域初级生产力平均值为 [REDACTED], 变化范围为 [REDACTED], 其中以 B15 号站最高, 18 号站最低。

初级生产力反映出单位时间和单位面积内浮游植物的生产水平, 其水平高低取决于初级生产者浮游植物或用叶绿素浓度代表的多少生物量和单位初级生产者的生产能力同化数, 受到光、温度、辐射、营养盐、浮游植物等多种生态因子的综合影响。

调查海域的叶绿素 a 含量及初级生产力水平有一定波动, 不同区域存在一定的差别。

表 4.6-6 春季叶绿素 a 监测结果 ($\mu\text{g}/\text{L}$) 及初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)

(3) 浮游植物

①种类组成

春季调查海域共获得浮游植物 [REDACTED]。其中, 硅藻 [REDACTED] 种, 占总种类数的 95.12%; 甲藻 [REDACTED] 种, 占 4.88%。优势种 1 种, 为柔弱几内亚藻。

图 4.6-1 调查海域浮游植物种类组成

本次监测浮游植物种类组成详见下表。

表 4.6-7 调查海域浮游植物种类名录

②密度分布

春季浮游植物调查结果显示, 各调查站位浮游植物细胞数量介于 [REDACTED] 之间, 平均值为 [REDACTED] cells/m^3 。最高值出现 B6 号站位, 最低值出现在 22 号站位。

③群落及优势种分布特征

春季浮游植物调查结果显示, 调查海域浮游植物丰富度指数变化范围 [REDACTED], 均值为 [REDACTED]; 均匀度变化范围 [REDACTED], 均值为 [REDACTED]; 多样性指数变化范围 [REDACTED], 均值为 [REDACTED], 多样性指数波动较大; 优势度变化范围 [REDACTED], 均值为 [REDACTED]。综上所述, 调查海域浮游植物群落呈斑块化分布, 丰度及物种多样性水平一般, 整体生境一般。

表 4.6-8 春季浮游植物细胞数量及群落结构特征指数

④结合历史数据，分析评价生物多样性的变化趋势

2022 年 4 月调查期间调查海域共鉴定出浮游植物 2 门 44 种，其中硅藻门 40 种，占浮游植物种类数的 90.91%，甲藻门 4 种，占浮游植物种类数的 9.09%。调查期间各站间出现的细胞密度差别较大，变化范围在 [] 个/ m^3 之间，平均值为 [] 个/ m^3 。调查海域浮游植物群落多样性指数在 [] 之间，平均为 []；丰富度指数在 [] 之间，平均值为 []；均匀度指数在 [] 之间，平均为 []。调查海域浮游植物群落特征各参数值表明该海域种类丰富度较高，种间分布不均匀。

表 4.6-9 2022 年 4 月调查海域浮游植物细胞密度及群落结构特征指数

基于历史数据及现状春季监测结果，调查海域浮游植物群落结构及多样性指标呈现出显著的年际变化，反映出生态系统可能正面临环境压力。

2022 年 4 月调查期间，该海域浮游植物群落结构相对稳定，共鉴定出 2 门 44 种，以硅藻门为主（90.91%），种类组成较为丰富。群落多样性指数均值为 2.02，丰富度指数均值为 0.93，均匀度均值为 0.52，表明当时浮游植物群落具有中等偏上的多样性水平，尽管种间分布已存在一定不均。

至 2023 年及 2025 年春季，各项多样性指标均出现明显下降。多样性指数均值由 [] 降至 []，丰富度指数由 [] 降至 []，均匀度指数由 [] 降至 []，反映出浮游植物种类数量减少、优势种集中度增强、群落结构趋于简化。此外，优势度指标波动加剧（0~1.00），部分站位出现极高优势度（1.00），进一步说明局部海域已形成单一物种主导的群落格局，群落呈斑块化分布。

综合分析，与 2022 年相比，近年来该海域浮游植物多样性水平整体下降，群落稳定性减弱，结构趋于简单化，显示出水体富营养化或局部环境扰动对浮游植物生境的潜在影响。

（4）浮游动物

①种类组成

春季调查海域共鉴定浮游动物 [] 种。其中节肢动物 [] 种，占种类总数的 56.86%，浮游幼虫 [] 种，占种类总数的 25.49%，刺胞动物 [] 种，占种类总数的 13.73%；轮虫动物及毛颚动物各 [] 种，各占种类总数的 1.96%。优势种 10 种，分别为中华哲水蚤、腹针胸刺水蚤、长尾类糠虾幼虫、短尾类溞状幼虫、小拟哲水蚤、仔稚鱼、长尾类溞

状幼虫、细巧华哲水蚤、鱼卵、强壮箭虫。

图 4.6-2 调查海域浮游动物种类组成
本次监测浮游动物种类组成详见下表。

表 4.6-10 调查海域浮游动物种类名录

②浮游动物生物量和生物密度

春季调查浮游动物生物量变化范围在 [REDACTED]，平均值为 [REDACTED]。最高值出现在 18 号站位，最低值出现在 B3 号站位。

浮游动物的个体数量介于 [REDACTED]，平均值为 [REDACTED]。其中，最高值出现在 23 号站位，最低值出现在 B22 号站位。

表 4.6-11 春季浮游动物数量密度和生物量分布

③浮游动物生物群落及优势种分布特征

春季调查浮游动物群落的丰富度指数变化范围 [REDACTED]，均值为 [REDACTED]；均匀度变化范围 [REDACTED]，均值为 [REDACTED]；多样性指数变化范围 [REDACTED]，均值为 [REDACTED]；优势度变化范围 [REDACTED]，均值为 [REDACTED]。综上所述，调查海域浮游动物丰度及物种多样性水平一般，整体生境一般。

表 4.6-12 春季浮游动物生物群落结构指数评价结果

④结合历史数据，分析评价生物多样性的变化趋势

2022 年 4 月份调查期间调查海域共鉴定浮游动物 10 大类 32 种。水母类 3 种，占浮游动物种类组成的 9.38%；桡足类 14 种，占浮游动物种类组成的 43.75%；介形类 1 种，占浮游动物种类组成的 3.13%；涟虫类 1 种，占浮游动物种类组成的 3.13%；端足类 1 种，占浮游动物种类组成的 3.13%；糠虾类 1 种，占浮游动物种类组成的 3.13%；十足类 1 种，占浮游动物种类组成的 3.13%；毛颚类 1 种，占浮游动物种类组成的 3.13%；被囊类 1 种，占浮游动物种类组成的 3.13%；浮游幼体 8 种，占浮游动物种类组成的 25.00%。调查海域浮游动物密度范围为 38.9~14573.3 个/ m^3 ，均值为 1883.6 个/ m^3 ；浮游动物生物量范围为 27.6~47491.0mg/ m^3 ，平均值为 3280.21mg/ m^3 。调查海域浮游动物群落多样性指数在 0.88~3.29 之间，平均为 2.26；丰富度指数在 0.83~2.54 之间，平均值为 1.87；均匀度指数在 0.28~0.90 之间，平均为 0.65。

表 4.6-13 2022 年 4 月调查海域浮游动物数量密度及群落结构特征指数

根据历史数据及现状春季监测结果，调查海域浮游动物群落结构与多样性指标呈

现明显变化，反映出生态系统结构与功能可能发生了一定程度的演变。

2022 年 4 月调查期间，共鉴定浮游动物 10 大类 32 种，以桡足类（43.75%）和浮游幼体（25.00%）为主，群落结构具有一定代表性。多样性指数均值为 2.26，丰富度指数均值为 1.87，均匀度均值为 0.65，显示当时浮游动物群落具备中等偏上的多样性水平。同期浮游动物密度均值为 1883.6 个/m³，生物量均值为 3280.21 mg/m³，整体生物资源较为丰富。至 2023 年及 2025 年春季，浮游动物种类数增至 51 种，节肢动物占比最高（56.86%），浮游幼虫类群比例仍较高（25.49%），反映群落结构组成有所扩展。然而，多样性指数均值由 2.26 降至 1.668，丰富度指数由 1.87 降至 1.67，均匀度略有上升至 0.75，整体多样性水平呈下降趋势。同时，浮游动物密度均值大幅下降至 460.77 个/m³，生物量均值降至 409.05 mg/m³，显示群落规模显著收缩。

综合来看，尽管近年来浮游动物种类数有所增加，但群落规模缩小、多样性水平下降，表明该海域浮游动物群落可能正经历结构重组与资源衰减并存的阶段，其变化可能与水质环境变动、饵料资源变化及水文条件影响有关。

（5）大型底栖生物

①种类组成

春季调查共发现大型底栖动物 10 种，其中软体动物 5 种，占种类总数的 48.84%；环节动物 3 种，占种类总数的 25.58%；节肢动物 2 种，占种类总数的 23.26%；脊索动物 1 种，占种类总数的 2.33%。优势种 3 种，分别为小亮樱蛤、中华螺赢蜚、乳突半突虫。

图 4.6 3 调查海域大型底栖生物种类组成
本次监测大型底栖动物种类组成详见下表。

表 4.6-14 调查海域大型底栖动物种类名录

②生物量和生物密度

春季大型底栖动物湿重生物量变化范围在 0.00~0.05 g/m² 之间，平均为 0.01 g/m²，最高值出现在 12 号站位，最低值出现在 B3 号站位。栖息密度变化范围在 0.00~0.05 ind/m² 之间，平均密度为 0.01 ind/m²，最高值出现在 B12 号站位，最低值出现在 B5、B6 号站位。

表 4.6-15 春季大型底栖生物栖息密度和生物量（湿重）统计表

③生物群落及优势种分布特征

春季大型底栖动物群落的丰富度指数变化范围为 []，均值为 []，丰度较小；均匀度变化范围为 []，均值为 []；多样性指数变化范围为 []，均值为 []，多样性水平一般；优势度变化范围 []，均值为 []，优势种的优势度较低。综上所述，调查海域底栖生物群落生境一般。

表 4.6-16 春季大型底栖动物群落结构主要特征参数

④结合历史数据，分析评价生物多样性的变化趋势

2022 年 4 月调查共鉴定出底栖生物 47 种，节肢动物发现 11 种（占 23.40%），环节动物发现种类最多，共发现 17 种，占底栖生物发现总种类数的 36.17%，软体动物 15 种（占 31.91%），棘皮动物 2 种（占 4.26%）；刺胞动物和纽形动物各发现 1 种（均 2.13%）。调查所得底栖生物个栖息密度变化范围在（10~4290）个/ m^2 之间，平均为 456 个/ m^2 ；生物量变化范围在（5.27~592.84） g/m^2 之间，平均为 138.04 g/m^2 。调查海域底栖生物群落多样性指数在 0.00~3.21 之间，平均为 2.10；丰富度指数在 0.00~2.03 之间，平均值为 1.05；均匀度指数在 0.28~1.00 之间，平均为 0.86。

表 4.6-17 2022 年 4 月调查海域底栖生物栖息密度、生物量及群落特征指数

根据历史数据及现状春季监测结果，调查海域大型底栖动物群落在种类组成、生物量、栖息密度及多样性指标方面均呈现一定程度的变化，反映出底栖生境质量与群落结构可能已发生演变。

2022 年 4 月调查期间，共鉴定大型底栖生物 47 种，以环节动物（36.17%）和软体动物（31.91%）为主，群落结构较为多样。该时期底栖生物栖息密度平均为 456 个/ m^2 ，生物量平均为 138.04 g/m^2 ，显示底栖生物资源较为丰富。多样性指数均值为 2.10，丰富度指数均值为 1.05，均匀度均值为 0.86，整体表现为中等偏上的多样性水平，群落结构相对稳定。至 2023 年及 2025 年春季，底栖生物种类数略有下降，共鉴定 43 种，软体动物成为优势类群（48.84%），环节动物比例下降至 25.58%，节肢动物占比基本持平。群落规模显著减小，栖息密度均值降至 146.67 个/ m^2 ，生物量均值降至 9.28 g/m^2 ，分别较 2022 年下降约 67.8%和 93.3%。多样性指数均值略降至 1.896，丰富度指数略有上升（1.12），均匀度指数有所提高（1.07），但整体多样性水平仍属一般，部分站位多样性指数较低（最低为 0.056），反映出群落结构存在空间异质性。

综合来看，与 2022 年相比，近年来调查海域大型底栖动物群落虽在种类组成上未发生根本性改变，但生物量与栖息密度显著下降，群落结构趋于简化，反映出底栖

生境可能受到环境压力影响，生态系统承载能力有所减弱。

(6) 潮间带生物

① 种类组成

调查海域共出现 种潮间带生物。其中，软体动物 15 种，占 48.39%；环节动物 种，占 25.81%；节肢动物 种，占 19.35%；脊索动物和纽形动物各 种，占 48.39%。

图 4.6-3 潮间带生物类群组成图

调查海域内潮间带生物优势种共 2 种，分别为光滑河篮蛤、薄壳绿螂。

本次监测潮间带生物种类组成详见下表。

表 4.6-18 调查海域潮间带生物种类名录

② 生物量组成与分布

调查结果表明，调查海域潮间带生物的栖息密度介于 之间，平均为 ，最高出现在 1 号站底潮区，最低出现在 21 号站位中潮区；湿重生物量介于 之间，平均为 。生物量最高出现在 21 号站位底潮区，最低出现在 1 号站位中潮区。

表 4.6-19 春季潮间带各站位数量密度和生物量统计表

③ 群落特征

各站位潮间带生物群落特征结果显示，丰富度指数介于 之间，平均值为 ；多样性指数介于 之间，平均值为 ；均匀度指数介于 之间，平均值为 ；优势度介于 之间，平均值为 。

表 4.6-20 春季潮间带生物群落结构主要特征参数

④ 结合历史数据，分析评价生物多样性的变化趋势

2022 年 4 月本次潮间带调查 3 个断面共发现生物 7 种，其中节肢动物发现 5 种，占有发现种类的 71.43%，软体动物发现 1 种（占 14.29%），环节动物发现 1 种（占 14.29%）。本次调查无优势种。本次定量调查中三个断面潮间带生物的生物量在 $(1.77\sim41.84)\text{ g/m}^2$ 之间，平均为 21.13 g/m^2 。栖息密度在 $(4\sim46)\text{ 个/m}^2$ 之间，平均为 26 个/m^2 。

表 4.6-21 2022 年 4 月调查海域潮间带生物生物量和栖息密度

2022 年 4 月调查期间，潮间带生物群落结构较为简单，3 个断面共发现生物 7 种，以节肢动物（71.43%）为主，软体动物与环节动物各 1 种。该时期未形成优势种，群

落组成较为分散。生物量平均为 21.13 g/m^2 ，栖息密度平均为 26 个/m^2 ，整体资源水平较低，群落处于结构简单、种类贫乏的状态。

在 2023 年到 2025 年期间，潮间带生物种类数显著增加，共记录 31 种，软体动物成为主要类群（48.39%），环节动物和节肢动物分别占 25.81%和 19.35%，群落结构趋于复杂。同时，出现了光滑河篮蛤和薄壳绿螂两种优势种，表明群落结构已由均匀型向具有一定优势类群的结构演变。生物量均值降至 14.90 g/m^2 ，栖息密度均值降至 16.89 个/m^2 ，显示单位面积生物资源量有所下降。多样性指数均值为 1.641，丰富度指数均值为 0.79，均匀度均值为 1.31，整体多样性水平仍属一般，但较 2022 年结构更为复杂，种类组成更为多样。

综合来看，与 2022 年相比，近年来潮间带生物群落结构呈现出种类增加、优势类群形成的趋势，但生物量与栖息密度有所下降，反映出潮间带生态系统可能正处于结构重组阶段。

（7）海洋生物多样性现状评价

春季调查海域海洋生物多样性评价指标及其等级结果见附下表，对各级指标进行赋值计算调查海域海洋生物多样性综合指数 MBI 为 49.03，海洋生物多样性等级为一般，海洋生物物种较少，物种分布较不均匀，局部区域或个别生物群落的物种多样性较高，但生物多样性总体水平一般。

表 4.6-22 春季调查海域海洋生物多样性评价指标及其等级结果表

（8）分析阐明各类生态敏感区现状、珍稀濒危动植物及其生境现状

根据本次生态环境现状调查结果，对项目涉及的环境敏感区（主要包括生态保护红线、自然保护区、水产种质资源保护区及重要水生生物“三场一通道”）的环境现状与生境进行综合分析如下：

表 4.6-23 各类生态敏感区现状及生境分析

（9）小结

4.7 海洋生物体质量现状调查与评价

海洋生物体质量春季现状调查资料采用 [] 委托 [] 于 2023 年 5 月在工程周边海域布设了 13 个海洋生物体质量调查站位，调查站位分布见图 4.4-1 和表 4.4-1。

4.7.1 调查内容

4.7.2 调查时间和站位布设

见上述4.4.2节。

4.7.3 调查方法和样品分析方法

现场采样按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）的要求进行。采样设备：底层拖网、阿氏拖网。生物质量调查项目及分析方法见下表。

表 4.7-1 生物质量调查项目及分析方法表

监测项目	分析方法	检出限
铅	无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-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}
锌	火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}
铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}
砷	原子荧光法	0.2×10^{-6}
汞	原子荧光法	0.002×10^{-6}
石油烃	荧光分光光度法	0.2×10^{-6}

4.7.4 调查结果与评价

（1）评价标准

生物体质量中双壳贝类采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）中相应的类别标准进行评价。调查过程中未采集到贝类生物。

软体动物、甲壳类、鱼类体内污染物质（汞、铜、铅、镉、锌、砷、石油烃）含量评价标准采用《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 中规定的生物质量标准；鱼类、软体类、甲壳类的铬无评价标准，不予评价。

表 4.7-2 海洋生物体质量标准（鲜重）表（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≤	0.5	2.0	6.0	-	-	-
铜≤	10	25	50（牡蛎 100）	100*	100*	20*
锌≤	20	50	100（牡蛎 500）	250*	150*	40*
砷≤	1.0	5.0	8.0	1	1	1
镉≤	0.2	2.0	5.0	5.5*	2.0*	0.6*
汞≤	0.05	0.10	0.30	0.3*	0.2*	0.3*
铅≤	0.1	2.0	6.0	10*	2.0*	2.0*
石油烃	15	50	80	20***	20***	20***

注：“/”表示无评价指标；

*引用《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025）中的标准；

**引用《海洋生物质量》(GB18421-2001)中的标准。

标准指数按下式计算：

$$I_i = C_i / S_{ij}$$

式中： I_i —— i 测项的污染指数；

C_i —— i 测项的实测浓度或指标值；

S_{ij} —— i 测项的 j 类生物质量标准值。

(2) 调查结果

调查海域生物质量检测结果见下表。

表 4.7-3 春季生物体残留调查结果

(3) 评价结果

表 4.7-4 春季生物体残留评价结果

调查结果与标准指数结果表明：监测海域各站位鱼类、甲壳类及软体动物体内的铜、铅、锌、镉、砷、汞、石油烃均符合《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录C中的相关要求，调查海域生物体质量整体较好。

4.8 渔业资源现状调查与评价

生态现状调查资料采用[]委托[]在[]在项目附近海域进行的海洋环境现状调查。春季调查时间为2023年5月及2025年3月，选取项目评价范围内的13个渔业资源站位。调查站位分布见图4.4-1和表4.4-1。

4.8.1 调查内容

4.8.2 调查时间与站位布设

见上述4.4.2节。

4.8.3 调查方法和样品分析方法

鱼卵、仔稚鱼、游泳动物现场采样按照《海洋调查规范-海洋生物调查》（GB12763.6—2007）的有关要求进行。

①鱼卵、仔稚鱼

鱼卵、仔稚鱼调查根据《海洋调查规范第6部分：海洋生物调查》（GB/T12763.6-2007）的有关要求执行。定量样品采集使用浅水I型浮游生物网（口径50cm，长145cm）自底至表垂直取样，定性样品表层水平拖网10min，拖网速度2kn。采用5%中性福尔马林溶液固定带回实验室，进行种类鉴定、计数、统计和分析。

鱼卵仔稚鱼密度计算公式： $G=N/V$

式中： G 为单位体积海水中鱼卵或仔稚鱼个体数，单位为粒每立方米或尾每立方

米 (ind./m³)；N为全网鱼卵或仔稚鱼个体数，单位为粒或尾 (ind.)；V为滤水量，单位为立方米 (m³)。

②游泳动物

游泳动物调查按《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》(GB/T12763.6-2007)、《海洋水产资源调查手册》和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的相关规定执行。春季和秋季渔业资源拖网调查所用网具均为单拖底拖网，网口周长 16.2m，囊网网目 20mm，拖曳时网口宽度约 4m，每站拖曳 1h，平均拖速 2kn。渔获物样本冰冻保存带回实验室详细测定生物学数据。依据调查海域物种分布和经济种类等情况，本次调查主要对鱼类、虾类、蟹类和头足类 4 大类群进行分别描述，其中，口足目的口虾蛄类归入虾类。

渔业资源密度计算采用面积法。渔业资源密度计算执行中华人民共和国水产行业标准 (SC/T9110-2007)，各调查站资源密度 (重量和尾数) 的计算式为：

$$D=C/q \times a$$

式中：D为渔业资源密度，单位为，尾/km²或kg/km²；

C为平均每小时拖网渔获量，单位为，尾/网*h或kg/网*h；

a为每小时网具取样面积，单位为km²/网*h；

q为网具捕获率，其中，低层鱼类、虾蟹类、头足类q取0.5，近底层鱼类取0.4，中上层鱼类取0.3。

③相对重要性指数

在生物群落中，并非所有的物种都同等重要，优势种是对群落起主要控制影响的种类。判断一个群落的组成，优势种的变化是一个重要指标。为了确定各种游泳动物在整个群落中的重要性，采用Pinkas (1971年) 提出的相对重要性指标 (IRI) 来衡量游泳动物在不同海区、不同季节的地位。其优点是即考虑了捕获物的尾数和重量，也考虑了它们出现的频率。计算公式为：

$$IRI=(N+W)F$$

式中：N为某种类尾数占总尾数的百分比；W为某种类重量占总重量的百分比；F为某一种类出现的站次数占调查总站次数的百分比。

一般情况下，IRI值大于1000的种类为优势种，IRI值在100~1000之间为重要种，IRI值在10~100之间为常见种，IRI值在1~10之间为一般种，IRI值在1以下为少见种。由此来确定各个种类在生物群落中的重要性。

4.8.4 调查结果与评价

(1) 鱼卵、仔稚鱼

①种类组成

②数量与密度分布

③结合历史数据，分析评价生物多样性的变化趋势

(2) 游泳动物

①种类组成

图 4.8-1 春季游泳动物种类数组成

本次监测游泳动物种类组成详见下表。

表 4.8-1 春季游泳动物调查物种名录

②相对资源密度分布

表 4.8-2 春季游泳动物相对资源密度分布

③优势种

表 4.8-3 春季游泳动物主要种类组成 (IRI>100)

④现存资源密度

表 4.8-4 春季游泳动物现存资源密度分布

⑤游泳动物成幼体比例

⑥生物多样性

表 4.8-5 春季游泳动物群落多样性指数

⑦结合历史数据，分析评价生物多样性的变化趋势

表 4.8-6 2022 年 4 月调查海域各站位渔业资源资源密度

表 4.8-7 各站位渔业资源重量及尾数多样性指数

根据 2022 年至 2023 年春季游泳动物调查结果，本海域游泳动物群落结构及资源状况出现明显变化，反映出渔业资源组成与生态功能发生了一定转变。

4.9 鸟类生态环境现状评价与调查

本节鸟类生态环境现状调查资料引自《华能滨州港25万千瓦海上风电项目鸟类生态环境现状调查与影响评价专题报告》，该专题报告已于2025年9月30经过专家评审。

4.9.1 调查范围与调查内容

本项目以风机叶轮直径界定的用海范围部分占用现行滨州贝壳堤岛与湿地国家级

自然保护区的缓冲区，风机基础及电缆建设于现状防波堤上，不实际占用滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区。项目用海范围与滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区核心区最近距离为 ***km。因此，本调查评价范围项目位于滨州港西防波堤堤坝，西防波堤右侧 ***km、左侧 ***km 的海域、西防波堤南端升压站区域以及滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区岛链和潮间带，对滨州贝壳堤岛链及海上风电场场址区冬、春、夏、秋四季鸟类现状调查。

调查内容为鸟类种类、数量、区系组成、居留型、生态型，以及鸟类分布，鸟类物种多样性，珍稀、濒危或特有鸟类物种和重点保护鸟类等。

4.9.2 资料来源及调查方法

(1) 调查期次

2025 年冬季（1 月 11 日、2 月 9 日）、春季（4 月 30 日、5 月 1 日）、夏季（6 月 2 日）、秋季（9 月 6 日）鸟类以滨州市野生动物调查队以样线法对滨州贝壳堤岛链和附近潮间带调查资料为主。2025 年夏季（7 月 16 日）、秋季（9 月 7 日）鸟类现场调查采用样点法。

(2) 调查样线与样点

在滨州贝壳堤岛链上布设 1 条调查样线。在西防波堤堤坝上布设 5 个调查样点，西防波堤右侧、左侧海域各布设 5 个调查样点，西防波堤南端的升压站站址、滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区潮间带各布设 1 个调查样点，总计 17 个调查样点（见图 4.9-1、表 4.9-1）。每个调查样点观测 5-20min。采用 25-60 倍单筒望远镜、10X 双筒望远镜、D5 照相机、600mm 镜头 f4 观测、摄影，室内判读、鉴定鸟类种类，直接计数法统计鸟类个体数量。

表 4.9-1 鸟类调查样点一览表

区域	样点编号	经纬度		生境类型	调查时间
西防波堤堤坝	A1			堤坝	2025 年 7 月 16 日 、9 月 7 日
	A2				
	A3				
	A4				
	A5				
西防波堤右侧海域	B1			海域	
	B2				
	B3				
	B4				
	B5				
西防波堤左侧海域	C1			海域	
	C2				
	C3				
	C4				
	C5				
西防波堤南端升压站	D				

区域	样点编号	经纬度	生境类型	调查时间
自然保护区潮间带	E		潮滩	

图 4.9-1 鸟类调查样线与样点分布图

(3) 数据处理方法

鸟类依据郑光美（2023）《中国鸟类分类与分布名录》（第四版）的分类系统进行物种编目和确定物种区系型、居留型、生态型。根据2021年国务院批准的《国家重点保护野生动物名录》分别确定重点保护鸟类级别；根据2000年《山东省重点保护野生动物名录》确定山东省重点保护鸟类种类。根据“中日候鸟保护协定”、“中澳候鸟保护协定”分别确定中日、中澳保护鸟类。根据《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》（IUCN2024年），确定鸟类濒危等级。采用香农—维纳生物多样性指数（Shannon-Wiener diversity index）计算鸟类物种多样性（计算公式见式1）。

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (1)$$

式中： $P_i = \frac{n_i}{N}$

S—种数；

P_i —样品中属于第*i*种的个体比例；

N—调查到的个体总数量；

N_i —第*i*种的个体数量。

4.9.3 调查结果

4.9.3.1 鸟类群落组成

(1) 冬季鸟类群落组成

根据滨州市野生动物调查队2025年1月11日、2月9日的实地定性调查资料，该区域共观测到鸟类36种，分别隶属于12目19科（见下表）。其中，以雁形目种类最多，为11种，占该季鸟类总种数的30.56%。按科统计，以鸭科、鸥科种类最多，分别为11、3种，各占该季鸟类总种数的30.56%、8.33%，为优势科；计有12个科为单种科，占该季鸟类总科数的63.16%。

表 4.9-2 冬季鸟类群落组成

(2) 春季鸟类群落组成

依据滨州市野生动物调查队2025年4月30日、5月1日的实地定性调查资料，该区域共观测到鸟类87种（见下表），分别隶属于12目29科。其中，以鸽形目、雀形目种类最多，分别为32、24种，各占该季鸟类总种数的36.78%、27.59%，共占该季鸟类

总种数的64.37%。按科统计，以鹬科、鹰科、鸥科种类最多，分别为18、8、7种，各占该季鸟类总种数的20.69%、9.20%、8.04%，共占该季鸟类总种数的37.91%，为优势科；计有13个科为单种科，占该季鸟类总科数的37.93%。

表 4.9-3 春季鸟类群落组成

（3）夏季鸟类群落组成

①调查区夏季鸟类群落组成

根据本次7月16日对项目区17个样点的鸟类现场调查，以及滨州市野生动物调查队6月2日的鸟类调查资料，该区域共观测到鸟类55种（见下表），分别隶属于10目24科。其中，以鸽形目、雀形目种类最多，分别为29、11种，各占该季鸟类总种数的52.73%、20.00%，共占该季鸟类总种数的72.73%。按科统计，以鹬科、鸥科种类最多，分别为16、9种，各占该季鸟类总种数的29.09%、16.36%，共占该季鸟类总种数的45.45%，为优势科；计有15个科为单种科，占该季鸟类总科数的62.50%。

表 4.9-4 调查区夏季鸟类群落组成

②风电场区夏季鸟类群落组成

按升压站站址、西防波堤堤坝以及两侧海域而言，共观测到鸟类17种，分别隶属于5目10科。以鸽形目鸟类种数最多，为11种，占该风电场区鸟类总种数的64.70%。按科统计，以鸥科、鹬科种数最多，分别为6、3种，各占该风电场区鸟类总种数的35.29%、17.65%，共占该风电场区鸟类总种数的49.94%，为优势科；其他8科均为单种科，占该风电场区鸟类总科数的80.00%。该风电场区鸟类总种数仅占总调查区鸟类总种数的30.91%，鸟类种类很少。

表 4.9-5 夏季风电场区鸟类群落组成

（4）秋季鸟类群落组成

根据本次9月7日对项目区17个样点的鸟类现场调查，以及滨州市野生动物调查队9月6日的鸟类调查资料，该区域共观测到鸟类61种（见表4.9-6），分别为29、16种，各占该季鸟类总种数的47.54%、26.23%，共占该季鸟类总种数的73.77%。按科统计，以鹬科、鸥科种类最多，分别为14、8种，各占该季鸟类总种数的22.95%、13.11%，共占该季鸟类总种数的36.06%，为优势科；计有16个科为单种科，占该季鸟类总科数的64.00%。

表 4.9-6 调查区秋季鸟类群落组成

按升压站站址、西防波堤堤坝以及两侧海域而言，该风电场区该季共观测到鸟类38种，分别隶属于5目13科（见下表）。以鸽形目鸟类种数最多，为23种，占该风电场区该季鸟类总种数的60.53%；雀形目次之，为10种，占26.32%。按科统计，以鸽科、鸥科种数最多，分别为11、9种，各占该风电场区该季鸟类总种数的28.95%、23.68%，共占该风电场区该季鸟类总种数的52.63%，为优势科；计有8个科为单种科，占该风电场区该季鸟类总科数的61.54%。该风电场区该季鸟类总种数占调查区该季鸟类总种数的63.33%。

表 4.9-7 风电场区秋季鸟类群落组成

（5）冬、春、夏、秋四季鸟类群落组成

①调查区域鸟类群落组成

表 4.9-8 冬、春、夏、秋四季调查区鸟类群落组成

图 4.9-2 冬、春、夏、秋四季鸟类群落组成（单位：%）

②风电场区鸟类群落组成

夏、秋两季该风电场区共观测到鸟类50种，隶属于7目18科（见表4.9-9）。其中，以鸽形目、雀形目种类最多，分别为31、12种，各占该风电场区鸟类总种数的62.00%、24.00%（见图4.9-3），共占该风电场区鸟类总种数的86.00%。按科统计，以鸽科、鸥科种类最多，分别为19、9种，各占该风电场区鸟类总种数的38.00%、18.00%，共占鸟类总种数的56.00%，为优势科；计有12个科为单种科，占该风电场区鸟类总科数的66.67%。可见，该风电场区鸟类以涉禽、游禽种类最多。

表 4.9-9 夏、秋季风电场区鸟类群落组成

图 4.9-3 夏、秋季风电场区鸟类群落组成（单位：%）

表 4.9-10 调查区域鸟类名录、区系型、居留型、生态型及保护级别一览表

4.9.3.2 鸟类物种多样性

(1) 夏季鸟类物种多样性

根据 2025 年 7 月 16 日对项目区 17 个样点鸟类调查数据，以香农-维纳（ShannonWiener）生物多样性指数（ H' ）评价，西防波堤堤坝鸟类物种多样指数为 0-0.96，平均为 0.33；西防波堤右侧海域鸟类物种多样性指数为 0-0.66，平均为 0.24；西防波堤左侧海域鸟类物种多样性指数为 0-1.04，平均 0.67。可见，上述区域鸟类物种多样性不丰富。升压站站址鸟类物种多样性指数为 2.04，滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区潮间带鸟类物种多样性指数为 2.07，鸟类物种多样性较为丰富（见下表、下图）。

表 4.9-11 夏季鸟类物种多样性指数（ H' ）

图 4.9-4 各样点夏季鸟类物种多样性指数（ H' ）比较

(2) 秋季风电场区鸟类物种多样性

根据 2025 年 9 月 7 日对项目区 17 个样点鸟类调查数据，以香农-维纳（ShannonWiener）生物多样性指数（ H' ）评价，西防波堤堤坝鸟类物种多样性指数为 0.11-1.48，平均为 0.77；西防波堤右侧海域鸟类物种多样性指数为 0.76-1.33，平均为 0.99；西防波堤左侧海域鸟类物种多样性指数为 0.68-2.26，平均为 1.32。可见，上述区域鸟类物种多样性不丰富。滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区潮间带鸟类物种多样性指数为 1.86，略丰富，升压站站址鸟类物种多样性指数为 2.52，鸟类物种多样性指数最大，鸟类物种多样性较丰富。

图 4.9-5 风电场区各样点秋季鸟类物种多样性指数（ H' ）比较

4.9.3.3 鸟类区系组成

(1) 冬季鸟类区系组成

图 4.9-6 冬季各区系型鸟类比例（单位：%）

(2) 春季鸟类区系组成

图 4.9-7 春季各区系型鸟类比例（单位：%）

(3) 夏季鸟类区系组成

图 4.9-8 夏季各区系型鸟类比例（单位：%）

(4) 秋季鸟类区系组成

图 4.9-9 秋季各区系型鸟类比例（单位：%）

(5) 冬、春、夏、秋四季鸟类区系组成

图 4.9-10 冬、春、夏、秋四季调查区域各区系型鸟类比例（单位：%）

4.9.3.4 鸟类居留型

(1) 冬季鸟类居留型

图 4.9-11 冬季各居留型鸟类比例（单位：%）

(2) 春鸟类居留型

图 4.9-12 春季各居留型鸟类比例（单位：%）

(3) 夏季鸟类居留型

图 4.9-13 夏季各居留型鸟类比例（单位：%）

(4) 秋季鸟类居留型

图 4.9-14 秋季各居留型鸟类比例（单位：%）

(5) 冬、春、夏、秋四季鸟类居留型

图 4.9-15 冬、春、夏、秋四季调查区域各居留型鸟类比例（单位：%）

4.9.3.5 鸟类生态型

(1) 冬季鸟类生态型

图 4.9-16 冬季各生态型鸟类比例（单位：%）

(2) 春季鸟类生态型

图 4.9-17 春季各生态型鸟类比例（单位：%）

(3) 夏季鸟类生态型

图 4.9-18 夏季各生态型鸟类比例（单位：%）

(4) 秋季鸟类生态型

图 4.9-19 秋季各生态型鸟类比例（单位：%）

(5) 冬、春、夏、秋四季鸟类生态型

图 4.9-20 冬、春、夏、秋四季调查区域各生态型鸟类比例（单位：%）

4.9.3.6 鸟类数量分布

(1) 夏季鸟类数量分布

根据2025年7月16日对项目区17个样点鸟类调查数据，西防波堤堤坝鸟类数量为0-14只，平均每个样点5.8只；西防波堤右侧海域鸟类数量为1-11只，平均每个样点5.2只；西防波堤左侧海域鸟类数量为1-5只，平均每个样点3.4只。可见，风电场区鸟

类数量很少。升压站站址样点鸟类67只，数量也不多。唯滨州贝壳堤岛与湿地国家级保护区潮间带样点鸟类数量最多，达832只（见下表）。

表 4.9-12 风电场区域夏季鸟类数量分布

（2）秋季风电场区鸟类数量分布

根据2025年9月7日对项目区17个样点鸟类调查数据，西防波堤堤坝鸟类数量为3-204只，平均每个样点56只；西防波堤左侧海域鸟类数量为10-162只，平均每个样点45只；西防波堤右侧海域鸟类数量为5-11只，平均每个样点8只；以西防波堤堤坝鸟类平均数量最多，堤坝左侧海域次之，堤坝右侧海域最少。升压站站址鸟类数量为24只，滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区潮间带样点鸟类数量12只，这是因为调查时正值最低潮，鸟类集中迁徙至堤坝左侧的C1样点（C1样点与保护区潮间带样点最近）觅食所致（见表4.9-12）。

4.9.3.7 重点保护鸟类

4.9.3.8 主要迁徙鸟类分析

鸟类中，候鸟具有每年随季节变化、定期沿着相对固定路线，在繁殖地和越冬地之间做远距离迁徙的独特习性。通常是一年迁徙两次，即春季由越冬地迁往繁殖地，秋季由繁殖地迁往越冬地。候鸟中夏候鸟是从春季由越冬地迁到本地繁殖，秋季又南去越冬地越冬；冬候鸟是由繁殖地迁来本地越冬，春季又向北方迁徙回到繁殖地。鸟类迁徙并不是沿着直线飞行，多数陆栖鸟类不喜欢在宽阔的水面上迁徙，遇到大海时一般都顺着海岸绕行。鸟类迁徙个体和群体都有自己的迁徙路线和停歇地点，这些迁徙路线和停歇地点可能相同或不同。许许多多目的地相同的鸟类的迁徙路线成片经过明显的地面标志，形成所谓的通道。受各种因素影响，迁徙的通道宽窄不同。一般来说，鸟类飞行的环境范围越大，迁徙通道越宽。

根据滨州港沿海及海域生境特点，重点分析在沿海地区活动及迁徙过程中可能会经过此地海域的鸟类，主要包括雁形目、鹤形目、鸨形目、隼形目、鹳形目、鸛形目、雀形目的鸟类。

（1）雁形目迁徙鸟类

雁形目鸟类为中大型水鸟，善于游泳。本调查区域代表性鸟类有豆雁、翘鼻麻鸭、琵嘴鸭、罗纹鸭、白眉鸭、针嘴鸭、普通秋沙鸭、斑头秋沙鸭等。在迁徙季节和越冬季节，雁形目鸟类会在沿海地区的河口、淡水湿地生境中休息和活动，通常集大群，数量较多的种类可集群数百只。根据观察资料，山东沿海地区的黄河三角洲以及威海荣成大天鹅自然保护区是雁形目鸭科鸟类在山东地区越冬和停歇的重点区域，迁徙时

会途径周边海域。

雁形目鸟类的飞行能力通常较强，属于长距离迁徙鸟类，迁徙时飞行高度一般较高，如鸭类飞行高度在150-500m，雁类飞行高度一般在350m以上，不超过10000m。在迁徙时通常昼夜兼程，部分种类主要在白天迁徙。

（2）鹤形目迁徙鸟类

该项目区域代表性鹤形目鸟类是鹤科鸟类，如灰鹤等，属于国家二级重点保护鸟类。山东沿海地区的黄河口湿地以及莱州湾南岸湿地是鹤类迁徙的重要途径区域，尤其是黄河三角洲湿地，迁徙季节部分种类可达数百只，如灰鹤等，丹顶鹤的数量可达800只。鹤形目鸟类体型差别较大，体型大的鹤科鸟类站高1m以上，翼展通常在1.5m以上，代表性种类有丹顶鹤、白鹤、灰鹤等。鹤类迁徙时飞行高度一般为300-700m，灰鹤可飞高400-800m。鹤类迁徙通常不会长距离跨海，一般会经过海峡区域或者跳跃式迁徙，如白鹤在经过山东渤海区域时，多从烟台直接迁徙至辽东半岛，或者经黄河三角洲或滨州沿海地区至天津东部沿海地区后北上。

（3）鸻形目迁徙鸟类

鸻形目鸟类众多，包括鸻类、鹬类、鸥类等，代表性种类有环颈鸻、蛎鹬、斑尾塍鹬、大杓鹬、红嘴鸥、西伯利亚银鸥、黑嘴鸥等。该区域鸻形目鸟类多为旅鸟，且大部分隶属于中日候鸟保护协定或中澳候鸟保护协定的种类。黄河三角洲区域的滩涂是大多数鸻类和鹬类迁徙期间重要停歇地及能量补给地点，春、秋迁徙季节沿我国东部海岸线迁徙的鸻鹬类鸟类通常会在固定的地点停歇数日，多集中于沿海滩涂、盐池、养殖塘等生境，无法进入水深水域，但迁徙时可能会跨海飞行。鸻鹬类大多数夜间迁徙，迁徙高度达150-300m左右，一般不超过400m。鸥类善于游泳，其活动范围可延伸到远离海岸的区域，但大多数种类觅食集中在滩涂、盐池及养殖塘等生境。

（4）鹰形目和隼形目迁徙鸟类

鹰形目、隼形目鸟类属于猛禽，该调查区代表性鸟类有黑鸢、普通鵟、凤头蜂鹰、白尾鹞、红脚隼等。这些种类中体型大的翼展超过2m，小的也在0.5m以上。国外研究显示，一些体型较大的猛禽是陆上风力发电场撞击风险最高的类群。猛禽在沿海地区多为迁徙经过，仅有少数种类在沿海地区繁殖。迁徙种类一般是经过山东半岛越过渤海海峡飞往辽东半岛，或者经山东半岛最东端飞往朝鲜半岛、日本。猛禽类鸟类大多白天迁徙，迁飞高度较高，可达1000m左右。

（5）其它迁徙鸟类

除上述几大类群外，鹬形目、鸻形目、鲑鸟目的鸟类也值得关注。这些鸟类的翼

展通常接近1m或以上，也常在沿海滩涂活动，迁徙季节直接飞越海洋。鹬形目鹭科鸟类飞行高度一般在150-600m，鸬科鸟类飞行高度一般在350-750m，但东方白鹳最大飞行高度可达2410m。黄河三角洲是东方白鹳的一个集中分布区，此地至天津沿海的海域也是其迁徙途径的重要区域。普通鸬鹚则可能直接跨海飞行，直接往返于山东、河北及辽宁的沿海地区。雀形目小型鸣禽的迁徙高度一般不超过300m。

本项目区域迁徙鸟类主要是雁形目、鹤形目、鸽形目、鹰形目、隼形目、鹬形目、鸬形目、雀形目的鸟类。根据已有文献记载，在渤海湾上空迁徙的大型鸟类飞行高度一般低于500m，小型鸟类的迁徙高度一般不超过300m，本项目海上风电场设计风机高度为256.5m，存在风机叶片旋转范围与小型鸟类迁飞高度相重叠问题。

4.9.4 小结

(1) 2025年冬、春、夏、秋四季调查区域共观测到鸟类124种，分别隶属于16目39科，以鸽形目、雀形目、雁形目种类最多，鸬科、鸭科、鸥科种类最多，为优势科。124种鸟类中，以古北界种最多，广布种次之，东洋界种最少；以旅鸟种数最多，夏候鸟和旅鸟次之，冬候鸟最少，无迷鸟分布；以涉禽种数最多，鸣禽次之，游禽居第三位，陆禽最少。

(2) 2025年7月16日对升压站站址、西防波堤堤坝以及两侧海域现场调查，共观测到鸟类17种，分别隶属于5目10科。以鸽形目鸟类种数最多，鸥科、鸬科为优势科。该风电场区鸟类种数很少，仅占该季调查区鸟类总种数的30.91%。升压站站址观测到鸟类67只，西防波堤堤坝、右侧海域、左侧海域鸟类数量平均分别为5.8、5.2、3.4只，鸟类数量很少，且鸟类物种多样性不丰富，升压站站址鸟类物种多样性略为丰富。

(3) 2025年9月7日对升压站站址、西防波堤堤坝以及两侧海域现场调查，共观测到鸟类38种，分别隶属于5目13科。以鸽形目鸟类种数最多，鸬科、鸥科为优势科。该风电场区该季鸟类种数占该季调查区鸟类总种数的63.33%。升压站站址观测到鸟类24只，西防波堤堤坝、右侧海域、左侧海域鸟类数量平均各为56、8、45只，以堤坝鸟类数量最多，左侧海域次之，右侧海域最少。鸟类物种多样性以升压站站址较为丰富，滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区潮间带次之，风电场区鸟类物种多样性不丰富。

(4) 2025年冬、春、夏、秋四季调查区域共观测到国家一级重点保护鸟类2种，国家二级重点保护鸟类22种。属中日候鸟保护协定的鸟类74种，属中澳候鸟保护协定的鸟类35种。属IUCN中濒危级别的鸟类3种，易危级别的鸟类2种，近危级别的鸟类11种。属山东省重点保护鸟类19种。

(5) 本项目区域和滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区迁徙鸟类主要是雁形目、鹤形目、鸬形目、鹰形目、隼形目、鸛形目、雀形目的部分种类。根据已有文献记载，在渤海湾上空迁徙的大型鸟类飞行高度一般低于 500m，小型鸟类的迁徙高度一般不超过 300m，本项目海上风电场设计风机高度 256.5m，存在与小型鸟类飞行高度相重叠问题。

4.10 噪声现状调查与评价

4.10.1 夏季现状调查

4.10.1.1 调查时间与站位布设

根据项目需求，依据《海上风电工程海洋环境影响评价技术规范》及《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）、《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ1409-2025），[REDACTED]在项目所在海域开展了水上水下噪声监测，于2025年7月开展夏季监测，分别布设9个站位，坐标见下表，站位图见下图。

图 4.10-1 噪声监测点位图
表 4.10-1 调查站位经纬度

4.10.1.2 海况

[REDACTED]于2025年7月10日对项目所处海域的声环境质量进行了现场监测。测试时停止船上一切机械设备，禁止一切与测量无关的操作工作，测量采用蓄电池供电。工程海域环境噪声监测条件见下表。

表 4.10-2 风电场各个测试点位测试时的环境条件记录表

4.10.1.3 调查设备

本次测验根据各项测验成果要求和技术难度，选用了多种先进的测验设备及分析仪器。其中水上噪声采用声级计AWA6228+，水下噪声主要采用自容式水听器。调查设备均经过检定校准，并且在有效期内。

表 4.10-3 仪器设备配置表

设备名称	数量	备注
多功能声级计/AWA6228+	1	水上噪声测量
自容式水听器/RHSA-30-B	1	水下噪声测量
GPS定位仪	1	用于记录位置
手持气象站	1	用于记录气象参数
钢丝绳	1	用于记录水深

4.10.1.4 调查方法

按照《声环境质量标准》（GB3096-2008）和《声学水下噪声测量》GB/T5265-

2009要求进行测量。

(1) 水上噪声

每次每个测点测量10min的等效声级 L_{eq} ，同时记录噪声主要来源。

水上噪声的测量是使用多功能声级计AWA6228+进行现场调查。AWA6288+型多功能声级计是采用数字信号处理技术的新一代噪声测量仪器，满足《环境影响评价技术导则声环境》要求。

调查内容为等效连续声级 L_{eq} 、最大声级 L_{max} 、百分比声级 L_{10} 、 L_{50} 和 L_{90} ，每个站位连续测量10min。

(2) 水下噪声

水下噪声测量方式分为漂浮式布放、坐底式布放以及特殊情况下的船载布放方式。

水下噪声测量一般步骤如下：

- a)测量船到达就位点，按照规定位置布放测声换能器系统（浮标、潜标或船载）；
- b)按试验要求接收记录水下噪声数据，同步监听噪声信号，测量数据存储到数字记录设备中；同时记录相应的水听器灵敏度、放大器放大倍数、水听器阵列的位置等测量系统相关信息；

c)由于水下噪声昼夜和季节性变化，应对同一地点进行多次测量。测量次数根据需要确定，每次测量记录长度不少于2min，本次调查于冬季、春季两个季节进行测量。

(3) 测量应注意的问题

- a)在进行测量之前，首先确认测量环境、各项要求均应符合声学测量环境要求；
- b)防止测量系统过载；
- c)测量期间，测量设备的供电设施应不干扰测量的进行(例如采用电池供电方式)；
- d)根据《声学水下噪声测量》(GB/T5265-2009)的要求，测声换能器系统采用船载方式进行噪声测量时，在噪声测量期间不能启动主机和辅机，禁止船上进行能产生撞击声传入水中的人为活动，并避开测量点附近可能存在的各种干扰噪声源（如舰艇航行、施工等）。特别注意对噪声有异常情况的记录，同时记录监测点位深度、测点深度、涨落潮情况、气象条件等。

4.10.1.5 调查结果

4.10.1.5.1 水上噪声

工程海域水上噪声监测结果见下表，调查表明，海面上环境噪声等效连续A声级主要分布在[]之间，最大等效连续声级为[]。监测结果均小于《声环境质量标准》(GB3096-2008)中规定3。

表 4.10-4 2025 年 7 月水上声环境质量调查结果单位: dB(A)

4.10.1.5.2 水下噪声

调查结果表明总声压级在 [REDACTED] 之间, 峰值声压在 [REDACTED] 之间, 声压谱级在 [REDACTED] 之间, 频带声压级在 [REDACTED] 之间。

表 4.10-5 水下噪声声压谱级监测结果表 (dB)

表 4.10-6 水下噪声声压谱级监测结果表 (续) (dB)

表 4.10-7 水下噪声频带声压级监测结果表 (dB)

表 4.10-8 水下噪声频带声压级监测结果表 (续) (dB)

表 4.10-9 水下噪声总声压级及峰值声压级监测结果表 (dB)

图 4.10-2 S1 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-3 S2 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-4 S3 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-5 S3 中层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-6 S3 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-7 S4 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-8 S4 中层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-9 S4 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-10 S5 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-11 S5 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-12 S6 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-13 S7 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-14 S8 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-15 S8 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-16 S9 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-17 S9 中层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-18 S9 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

4.10.2 秋季现状调查

4.10.2.1 调查时间与站位布设

根据项目需求,依据《海上风电工程海洋环境影响评价技术规范》及《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023)、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025), [REDACTED] 在项目所在海域开展了水下噪声监测,于 2025 年 9 月开展秋季监测,分别布设 9 个站位,坐标见下表,站位图见下图。水下噪声每个站位设置表层、中层和底层三个深度层。

图 4.10-19 噪声监测点位图
表 4.10-10 调查站位经纬度表

4.10.2.2 海况

于2025年9月25日对项目所处海域的声环境质量进行了现场监测。测试时停止船上一切机械设备，禁止一切与测量无关的操作工作，测量采用蓄电池供电。工程海域环境噪声监测条件见表4.10-11。

表 4.10-11 风电场各个测试点位测试时的环境条件记录表					
调查时间	序号	测点	波高（m）	天气	水深（m）
2025年9月	1	S1	0.2	多云	2.2
	2	S2	0.2	多云	1.8
	3	S3	0.3	多云	7.5
	4	S4	0.2	多云	8.2
	5	S5	0.3	多云	3.3
	6	S6	0.2	多云	1.2
	7	S7	0.2	多云	1.1
	8	S8	0.2	多云	4.2
	9	S9	0.2	多云	7.0

4.10.2.3 调查设备

本次测验根据各项测验成果要求和技术难度，选用了多种先进的测验设备及分析仪器。其中水上噪声采用声级计AWA6228+，水下噪声主要采用自容式水听器。调查设备均经过检定校准，并且在有效期内。

表 4.10-12 仪器设备配置表		
设备名称	数量	备注
多功能声级计/AWA6228+	1	水上噪声测量
低功耗自容式水听器/LoPAS-L	2	水下噪声测量
自容式水听器/RHSA-30-B	1	水下噪声测量
GPS定位仪	1	用于记录位置
手持气象站	1	用于记录气象参数
钢丝绳	1	用于记录水深

4.10.2.4 调查方法

同上述 4.10.1.4 节。

4.10.2.5 调查结果

1) 水上噪声

工程海域水上噪声监测结果见表4.10-13，调查表明，海面上环境噪声等效连续A声级主要分布在38dB~46dB之间，最大等效连续声级为46dB。监测结果均小于《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中规定3类的环境噪声限值。

表 4.10-13 2025 年 9 月水上声环境质量调查结果 单位：dB(A)

2) 水下噪声

测试海域水下声环境声压谱级、频带声压级、总声压级及峰值声压级，声压谱级监测结果见表4.10-14、表4.10-15，频带声压级监测结果见表4.10-16、表4.10-17，总声压级及峰值声压级监测结果见表4.10-18，调查结果表明总声压级在81.8dB~137.0dB之间，峰值声压在126.2dB~119.6dB之间，声压谱级在28.2dB~127.7dB之间，频带声压级在56.4dB~136.2dB之间。

表 4.10-14 水下噪声声压谱级监测结果表 (dB)
表 4.10-15 水下噪声声压谱级监测结果表 (续) (dB)
表 4.10-16 水下噪声频带声压级监测结果表 (dB)
表 4.10-17 水下噪声频带声压级监测结果表 (续) (dB)

表 4.10-18 水下噪声总声压级及峰值声压级监测结果表 (dB)

图 4.10-20 S1 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-21 S2 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-22 S3 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-23 S3 中层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-24 S3 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-25 S4 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-26 S4 中层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-27 S4 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-28 S5 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-29 S5 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-30 S6 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-31 S7 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-32 S8 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-33 S8 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-34 S9 表层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-35 S9 中层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

图 4.10-36 S9 底层噪声谱级图、波形图、三分之一倍频程噪声频带声压级图及噪声谱级图

4.11 大气环境质量现状与评价

项目位于滨州市无棣县，根据无棣县生态环境质量公报（2024年），2024年无棣县所有空气自动站二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳均能满足一级标准要求；PM₁₀只有三实站点达到二级标准，车王镇、信阳镇、埕口镇污染较严重；PM_{2.5}三实站点刚刚达到二级标准，水湾镇、余家镇、西小王镇、车王镇超标严重；臭氧污染城区比乡镇严重，三实、小泊头镇、希贤学校有较大改善空间。大气环境质量有待进一步提高。

表 4.11-1 各镇街环境空气污染物监测浓度（单位：μg/m³，CO 为 mg/m³）

站点	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	O ₃ 8h	综合指数
无棣希贤学校	14	29	74	39	1.6	175	4.61
无棣三实	15	28	67	35	1.1	181	4.32
水湾镇	10	35	76	47	1.3	169	4.86
碣石山镇	8	34	76	41	1.5	171	4.69
小泊头镇	8	23	73	38	1.6	180	4.36
埕口镇	11	37	77	43	1.6	143	4.72
车王镇	9	33	82	45	1.6	149	4.76
柳堡镇	7	37	73	40	1.6	134	4.46
余家镇	7	35	75	47	1.5	154	4.75
信阳镇	8	31	78	42	1.5	152	4.55
西小王镇	10	34	73	45	1.4	171	4.77

2024年，无棣县城区环境空气中二氧化硫浓度年均值为14微克/立方米，达到一级标准；二氧化硫浓度日均值范围在4~42微克/立方米之间，全部达到一级标准。氮氧化物浓度年均值为28微克/立方米，达到一级标准；氮氧化物浓度日均值范围在3~75微克/立方米之间，全部达到一级标准。PM₁₀浓度年均值为70微克/立方米，达到二级标准；PM₁₀浓度日均值范围在12~320微克/立方米之间，日均值超标率3.85%。PM_{2.5}浓度年均值为37微克/立方米，超二级标准0.06倍；PM_{2.5}浓度日均值范围在2~245微克/立方米之间，日均值超标率9.34%。一氧化碳浓度日均值为1.3毫克/立方米，达到一级标准；一氧化碳浓度日均值范围在0.2~1.8毫克/立方米之间，全部达到一级标准。臭氧日最大8小时滑动浓度平均值为176微克/立方米，超过二级标准0.1倍；臭氧日最大8小时滑动浓度范围在20~240微克/立方米之间，超标率17.3%。

根据滨州市生态环境局无棣分局发布的《无棣县生态环境质量公报（2024年）》，2024年无棣县环境空气质量中，SO₂、NO₂、PM₁₀、CO四项指标均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及2018年修改单中的二级标准，PM_{2.5}、O₃两项指标存在超标情况，属于不达标区。

表 4.11-2 2024 年无棣县环境空气质量现状监测数据统计评价一览表

5 环境影响预测与评价

5.1 大气环境影响评价

施工期大气环境影响主要来自运输车辆及施工船舶的尾气、地面扬尘、施工机械的燃料废气等。主要污染物包括CO、NO_x、PM₁₀、SO₂等，各污染物排放量均不大，故对周围大气环境影响较小。据类比调查，工地扬尘对大气的影 响范围主要在下风向150m范围内，工地道路扬尘影响的范围为道路两侧各50m的区域。运营期，风机利用风能转化为电能属于清洁能源，除了检修期间的船舶尾气，几乎没有NO_x、SO₂及颗粒物等大气污染物排放。

5.2 声环境影响评价

5.2.1 施工期噪声影响分析

施工期，施工机械和船舶等产生的噪声对周边环境将产生一定的影响。

施工过程中会产生施工机械设备运行噪声及运输工具噪声，其中机械噪声源主要是混凝土搅拌机。根据对有关作业场所噪声源强的监测资料，小型混凝土搅拌车为91~102dB(A)。由于项目离岸线较远，周围无环境敏感目标，因此对施工区场地进行合理布置后，施工区的噪声对周围环境影响不大。

5.2.2 运营期噪声影响分析

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，本项目风电机组轮毂处的最大声功率取106dB。

根据工程附近海域水上噪声监测结果，项目附近海面上环境噪声等效连续A声级主要分布在45dB~57dB之间，最大等效连续声级为57dB。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》附录C计算预测，经预测项目单台风力发电风电机组衰减趋势见下表，采用最大声功率106dB(A)计算，可知在距风力发电风电机组直线距离50m处，噪声已衰减至低于55dB(A)，即国家规定的《声环境质量标准》(GB3096-2008)中3类标准限值，接近海域水上噪声现状监测的背景值；当距离风机直接距离250m处时，噪声影响低于50.0dB，可满足声环境质量2类标准要求；在500m处时，噪声影响为43.71dB，可满足声环境质量1类标准要求。

项目位于滨州港，距海岸线较远，经衰减后风电机组噪声贡献值低于1类声环

境功能区标准限值要求，不会对附近声环境造成影响。

表 5.2-1 风电噪声衰减表

与桩基的直线距离	50m	100m	150m	200m	300m	400m	500m
与轮毂的直接距离	149m	172m	205m	244m	331m	424m	519m
声压级dB	54.58	53.31	51.78	50.27	47.62	45.48	43.71

5.3 地表水环境影响评价

本工程建设地点及临时施工区均在海岸线以下，不涉及陆上工程。

项目施工生产废水主要为施工设备及施工机械的冲洗产生。临时施工区设置沉淀池，处理后尾水可回用于道路冲洗、场地洒水，施工人员产生的生活污水经环保厕所收集后委托资质单位处理，不排向海域。

项目施工产生悬浮泥沙的过程包括①钻孔灌注桩成桩施工；②钻孔灌注桩钢护筒拔除；③预制钢管桩贯入打桩；④预制钢管桩拔除；⑤临时施工平台和升压站临时围堰砌筑；⑥施工船行航道疏浚开挖。施工会在短时间内导致海底泥沙悬浮引起水体浑浊，影响局部海水水质，项目施工期较短，施工结束即很快恢复。同时，为控制清淤施工期悬浮泥沙的扩散，施工期拟在17#风机西南侧约170m至20#风机东北侧80m范围内布置两道拦污帘以减少项目施工施工期对周边养殖项目的影响，拦污帘选用两道叠加布置，单层拦截率约60%。

项目营运期检修人员产生的生活污水均收集后定期委托资质单位接受处理，不排海。

综上，项目施工期产生的各类污水在采取相应环保措施后均能做到妥善处置，不会对区域水环境质量产生明显不利影响。

5.4 固体废物环境影响评价

工程施工期产生的固体废物主要是施工人员产生的生活垃圾、临时施工区产生的建筑废料等；营运期产生的固体废物主要是运维期间产生检修人员产生的生活垃圾及检修废物。

施工期产生的生活垃圾禁止随意丢弃，集中收集后交由当地环卫部门处理。建筑废料回收或二次售卖。营运期产生运维期间产生的生活垃圾集中收集，委托环卫部门接受处理。运维过程中产生的含油锯末等危险废物，暂存于危废间，定期交由资质单位接受处理。项目危废间（6m×8m）应满足“六防”要求。地面采用抗渗混凝土浇筑，设置 2mm 厚高密度聚乙烯的防渗层，可达到渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-10} \text{cm/s}$ ；危险废物用耐腐蚀容器分类收集，各种危险废物分区隔离储存，配有灭火器并设置警示标志。

5.5 海洋环境影响评价

5.5.1 水文动力环境影响预测与评价

5.5.1.1 水文动力模型

- (1) 模型控制方程
- (2) 初始条件
- (3) 边界条件

5.5.1.2 计算域和网格设置

- (1) 计算域设置

图 5.5-1 大海域计算范围内网格示意图

图 5.5-2 项目附近海域网格示意图（12#风机附近区域放大）

- (2) 水深和岸界

图 5.5-3 大海域计算范围水深岸界示意图

图 5.5-4 项目周边水深岸界示意图（粉色线代表项目设施与工程区域）

图 5.5-5 项目建设位置附近水深岸界示意图（以 8#~9#风机附近小范围为例）

- (3) 模型边界条件
- (4) 干湿边界处理
- (5) 计算时间步长
- (6) 底床糙率
- (7) 水平涡动粘滞系数

5.5.1.3 潮位潮流数值模型验证

表 5.5-1 潮位、潮流验证点坐标信息

调查站位	经度（E）	纬度（N）	验证内容
C1 站	██████████	██████████	潮位
S1 站	██████████	██████████	潮流
S2 站	██████████	██████████	
S3 站	██████████	██████████	
S4 站	██████████	██████████	
S5 站	██████████	██████████	
S6 站	██████████	██████████	

图 5.5-6 潮位、潮流验证点位置图

潮位验证曲线见图 5.5-7，潮流验证曲线见图 5.5-8。验证结果表明，对应观测点上潮位和潮流模拟结果与实测潮位和潮流资料基本吻合，模拟流速、流向与实测流速、流向随时间变化趋势基本一致，最大涨急、落急时刻基本一致，流速的涨落潮最大值与实测值符合较好；流向验证接近于实测流向。因此，模型采用的计算方法和相关参数（曼宁系数、水平扩散系数等）取值合理，模拟精度满足要求，能够客观反映本海域的潮流运动特性。

（1）潮位验证

图 5.5-7C1 站大潮期潮位验证曲线示意图

（2）潮流验证

图 5.5-8 大潮期潮流流速、流向验证曲线示意图

5.5.1.4 流场模拟结果和影响分析

5.5.1.4.1 大范围海域流场

大潮期间大范围海域涨、落急时刻潮流场现状如下图所示。分析采用渤海湾海域（北纬 [REDACTED]，东经 [REDACTED]）的相应时刻潮流场。

大潮期间涨急时，计算域内涨潮流整体由外海侧向湾内流动，计算域内辽东湾潮流整体呈由SW向NE流，其中部海域流速介于10~20cm/s之间；渤海湾潮流整体由E向W流，其中部海域流速介于75~90cm/s；莱州湾此时基本处于涨憩时刻，其中部海域流速基本小15cm/s；渤海中部海域潮流整体由E向W流，流速基本介于45~60cm/s之间。

图 5.5-9 大范围海域大潮期潮流场（涨急时刻）

大潮期间落急时（图 5.5-11），计算域内辽东湾潮流整体呈由 NE 向 SW 流，其中部海域流速介于 60~75cm/s 之间；渤海湾潮流整体由 W 向 E 流，其中部海域流速介于 45~60cm/s；莱州湾整体呈由 NE 向 SW 流，处于涨潮时刻，其中部海域流速基本介于 30~45cm/s 之间；渤海中部海域潮流整体由 NW 向 SE 流，流速基本介于 30~50cm/s 之间。

图 5.5-10 大范围海域大潮期潮流场（落急时刻）

5.5.1.4.2 项目周边海域流场

大潮期间项目周边海域涨、落急时刻流场分析采用滨州港外侧海域（北纬 [REDACTED]，东经 [REDACTED]）的相应时刻流场。

(1) 项目建设前流场

涨急时刻，受水深地形和现状岸线的影响，潮流方向基本为外海侧由E向W流，至近岸逐渐呈由NE向SW的沿岸流。涨急时刻，滨州港西防波堤的堤头处发生绕流，形成小范围流速高值区，最大流速可达1.0m/s；西防波堤沿岸外侧海域流速主要介于10cm~90cm/s之间，涨潮流流速由外海侧向近岸侧逐渐减小；同时，涨潮流自滨州港海港港区口门处汇入，受北侧码头和中部滨州港海港港区2#、3#港池围堰工程的掩护作用，E侧近岸和围堰工程垂直于主流向两侧（NE侧和SE侧）的流速值相对较小。项目风机、电缆桥架、施工平台主要布置于防波堤坡面处，流速值整体较小：1~20#风机基础布设区域涨潮流流速基本小于35cm/s，流速呈由外海侧向近岸侧逐渐减小趋势。

图 5.5-11 项目周边海域大潮期涨急时刻潮流场（建设前）

落急时刻，落潮流方向与涨急时刻相反，落潮流在近岸基本呈 SW 向 NE 流，外海侧逐渐呈 W 向 E 流，落急时刻，该海域主要流速介于 10cm~90cm/s 之间，海区落急时刻流速整体略低于涨急时刻流速；其中，落潮流水体在滨州港海港港区海域受码头等结构的束窄作用和在转角段的绕流现象，流速相对较大，同时，受中部滨州港海港港区 2#、3#港池围堰工程的掩护作用，E 侧近岸和围堰工程 NE 侧的流速值相对较小。项目风机、电缆桥架、施工平台主要布置于防波堤坡面处，流速值整体较小：1~20#风机基础布设区域落潮流流速基本小于 35cm/s，流速呈由外海侧向近岸侧逐渐减小趋势。

图 5.5-12 项目周边海域大潮期落急时刻潮流场（建设前）

(2) 项目建设后潮流场

下图为项目建设后大潮期的周边海域涨、落急时刻流场。可以看出，项目建设后周边海域的涨急、落急时刻潮流流速、流向与建设前基本一致。项目建设基本不会对周边海域的水动力环境产生影响，但会对项目设施和工程范围附近的小范围流场产生一定影响。

图 5.5-13 项目附近海域大潮期涨急时刻潮流场（建设后）

图 5.5-14 项目附近海域大潮期落急时刻潮流场（建设后）

5.5.1.4.3 项目附近小范围流速变化分析

为清晰反映项目建设对流场的影响范围，绘制项目建设前后周边海域全潮平均

流速差值等值线图（建设后-建设前）如下图所示，其中红色表示流速增加，蓝色表示流速减小，粉色线代表项目设施范围和工程范围。同时，局部放大近岸 1~3#风机和升压站等代表位置的附近小范围流场变化情况。

结果表明，施工船行航道疏浚的水深调整、风机、电缆桥架和升压站基础的“桩基群效应”和砌筑平台布设，会对项目周边小范围的潮流流态产生一定影响：

（1）疏浚作业完成后，施工船行航道疏浚区水深增加导致局部过水断面扩大，平行于主潮流方向的水体通量略有增大；同时，项目疏浚区外侧垂直于主潮流方向的水体流向略向疏浚区偏转。因此，在平行于主潮流方向的两侧（NE 侧和 SW 侧），水体流速有所增加；而在垂直于主潮流方向的两侧（NW 侧和 SE 侧），流速则相应降低。此外，由于外海侧水深值较大，疏浚深度向近岸方向逐渐增加，其对流速的影响程度也呈现向近岸递增的趋势。

（2）在平行于主流向上，桩基基础和砌筑平台在一定程度上起到了阻挡潮流运动和对后方水体的掩护作用，在平行于潮流主流向的结构两侧潮流流速降低。在垂直于主流向上，潮流在垂直于主流向的桩基结构外侧发生绕流，流速增大。

（3）项目桩基结构间距较大、桩基结构尺度远远小于疏浚水域，故 8~16#风机附近海域流场变化主要受施工船行航道疏浚水深调整的影响。

图 5.5-15 项目建设前后全潮平均流速变化（建设后-建设前）

图 5.5-16 项目建设前后全潮平均流速变化（近岸 1~3#风机、升压站区域局部放大）

图 5.5-17 项目建设前后全潮平均流速变化（17#风机区域局部放大）

对比项目建设前后的全潮平均流速变化，可明确流速变化的空间范围及幅度：

（1）风机、电缆桥架、升压站基础附近小范围

主要集中于防波堤和围堰沿岸区域，在平行于防波堤和围堰轴线方向（即主流方向）流速减小；在垂直于西防波堤轴线方向，项目结构基础外侧最大约 100m（20#风机处）范围内流速略有增加。

（2）施工船行航道疏浚区附近小范围

在平行于主流向上，疏浚区及其 SW 侧 1000m 范围内的流速整体略有增加，增幅基本小于 4.0cm/s；在垂直于主流向上，疏浚区近岸段（约 2km 范围）的 NW 侧约 1000m 范围内流速减小，减幅基本小于 2.0cm/s。

综上所述，项目的建设对大海域水文动力不会产生影响，但对其附近小范围海域的水文动力场将造成一定影响，影响（流速变化幅度超过 $\pm 0.5\text{cm/s}$ ）集中在项目所在防波堤内，影响范围和影响程度不大（流速变化幅度基本介于 $\pm 4\text{cm/s}$ ），总体

来说项目建设对水动力环境的影响是可以接受的。

5.5.2 海洋地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

5.5.2.1 计算公式

5.5.2.2 参数选取

5.5.2.3 地形地貌与冲淤数值模拟结果

项目建设前后第一年冲淤变化如下图所示，结合上文水文动力环境变化分析的相关分析，可以得到如下结论：

（1）项目周边 500m 范围内存在冲淤变化（年冲淤变化超过 $\pm 0.5\text{cm}$ ），其余位置无明显变化。这是由于项目建设对水动力场的影响范围较小，项目周边 500m 范围外海域输沙相对平衡。

（2）项目建成一年后，施工船行航道疏浚区NW侧500m范围内、风机与电缆桥架基础结构间的沿岸海域，形成年淤积量超过 0.5cm 的淤积带，淤积量主要介于 $0.5\sim 2.0\text{cm}$ 。这是由于，疏浚区外侧垂直于主潮流方向的水体略向疏浚区偏转、流速相应降低，同时，受结构的阻挡作用，结构基础平行于潮流主流向两侧的流速降低，上述区域水动力减弱、水体挟沙能力降低，致使泥沙沉降、淤积。

（3）项目建成一年后，项目疏浚区及其SW侧500m、风机结构垂直于主流向外侧250m范围内，形成年冲刷量超过 0.5cm 的冲刷区。这是由于，疏浚区水深增加导致局部过水断面扩大，平行于主潮流方向的水体通量略有增大、流速增大，同时，由于水体经过结构基础发生绕流现象，垂直于主流向的外侧海域流速增大，上述区域水动力作用增强，水体的剪切应力增大，促使泥沙起动、输移。

综上所述，项目建设对冲淤环境的影响（年冲淤变化超过 $\pm 0.5\text{cm}$ ）主要集中在包括疏浚范围在内的项目附近500m范围内，影响范围较小，影响程度不大（冲淤变化幅度基本小于 3cm ）。因此，本项目建设对海域的冲淤环境会产生一定的影响，但影响相对较小。

图 5.5-18 项目建设前后第 1 年冲淤变化（建设后-建设前）

图 5.5-19 1 项目建设前后第 1 年冲淤变化（近岸 1~3#风机、升压站区域局部放大）

图 5.5-20 项目建设前后第 1 年冲淤变化（17#风机区域局部放大）

5.5.3 海洋水质环境影响预测与评价

5.5.3.1 预测模型

- (1) 二维水质对流扩散控制方程：
- (2) 边界条件
- (3) 初始条件

5.5.3.2 模型参数设置

5.5.3.2.1 悬浮泥沙发生点设置

图 5.5-21 风机、桥架及海上平台基础悬浮泥沙发生点位置示意图

图 5.5-22 施工船行航道疏浚开挖悬浮泥沙发生点位置示意图

图 5.5-23 升压站、土石填筑平台基础悬浮泥沙发生点位置示意图

5.5.3.2.2 悬浮泥沙源强

5.5.3.3 悬浮泥沙扩散对海水水质环境的影响分析

为得到悬浮泥沙可能影响的最大范围，以大潮期一个潮周期的最大扩散范围为依据，判定出悬浮物扩散的最大外包络线，各节点浓度增量指的是整个施工过程中最高瞬时浓度，浓度增量等值线是各点最高瞬时浓度的连线。

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）对于海水水质标准的界定，第二、三、四类水质悬浮物质浓度需分别小于10mg/L、100mg/L以及150mg/L。因此本次悬沙浓度等值线取值为10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L和150mg/L。

结合施工方案，施工期拟在 17#风机西南侧约 170m 至 19#风机东北侧 80m 范围内布置两道拦污帘以减少项目施工施工期对周边养殖项目的影响，拦污帘选用两道叠加布置，单层拦截率约 60%。在此基础上，项目推荐方案施工环节引起的悬浮泥沙扩散最大范围及其统计结果如下。由计算结果可知，大于 10mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散范围 6.9382km²；大于 20mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散范围 5.6120 km²；大于 50mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散范围 4.2190 km²；大于 100mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散范围 3.2500 km²；大于 150mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散范围 2.7258km²。

图 5.5-24 悬沙扩散最大包络范围示意图（增设拦污帘）
表 5.5-1 施工产生悬浮物（SS）最大包络线影响范围（增设拦污帘）

序号	浓度（SS）	影响面积（km ² ）
1	SS>150 mg/L	2.7258
2	100 mg/L<SS≤150 mg/L	0.5242
3	50 mg/L<SS≤100 mg/L	0.9690
4	20 mg/L<SS≤50 mg/L	1.3930
5	10 mg/L<SS≤20 mg/L	1.3262

由于不同施工海域范围其施工作业内容产生的悬浮泥沙源强、水深和水动力条件不同，故悬浮泥沙扩散距离略有不同，但悬浮泥沙扩散整体影响范围主要沿防波堤结构和海缆敷设轴线呈带状分布，对周边海域的环境影响较小。施工悬沙所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

5.5.3.4 施工期其他污染物对海水水质影响分析

本项目施工期产生的废水、固废主要为施工人员生活污水、船舶机舱油污水、车辆机械冲洗废水、建筑垃圾、生活垃圾等，项目施工产生的各种废水、固废均能得到有效收集处理，不会排入附近海域，不会对工程附近海域海水水质造成明显不利影响。

5.5.3.5 营运期污染物对海水水质影响分析

项目运营期检修维护期间会产生少量运维船舶含油污水和船舶生活污水、含油抹布、废润滑油及船舶生活垃圾等。项目运营期产生的各种污水、固废均能得到有效收集处理，不会排入附近海域，不会对工程附近海域海水水质造成明显不利影响。

综上，项目施工期悬浮泥沙随着施工结束消失，施工期和运营期产生的各种污水、固废均能得到有效收集处理，不会排入附近海域，不会对工程附近海域海水水质造成明显不利影响。

5.5.4 沉积物环境影响分析

施工期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，若管理不善直接排海，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。因此必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作，保护沉积物环境。

项目施工悬浮物泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮物泥沙会直接沉降在工程区附近海域，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮物泥沙会随海流漂移扩

散，并最终沉积在工程区周围的海底，将原有表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境的变化。由于施工期间产生悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，对工程区既有的沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉积物环境质量的变化

项目施工期及营运期的生活污水和含油污水均集中收集后委托资质单位处理，生活垃圾由当地环卫部门处理，不排入海中，因此不会对海洋沉积环境带来影响。

综上所述，本项目的建设运营不会对海洋沉积物环境产生明显影响。

5.5.5 海洋生态环境影响评价

5.5.5.1 施工期海洋生态环境影响

(1) 悬浮泥沙对海洋生物的影响

1) 对浮游生物的影响分析

工程海底电缆直埋铺设施工过程中产生悬浮泥沙使周围海域水体浑浊度增加，水体透光率降低，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，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。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。根据悬浮泥沙预测结果，项目施工产生的悬浮泥沙浓度较低，且悬浮泥沙排放的时间相对较短，随着施工作业结束悬浮泥沙停止排放，其影响将会逐渐消失。因此，项目对浮游植物的影响是短期的、可恢复的。

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。本项目悬浮泥沙浓度较低，产生的时间相对较短，随着施工作业结束，其影响将会逐渐消失。因此，项目对浮游动物的影响是短期的，可恢复的。

2) 对游泳生物的影响分析

悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。游泳生物是海洋生物中的一大类群，海洋鱼类是其典型代表，它们往往具有发达的运动器官和很强的运动能力，从而具有回避污染的效应。室内生态实验表明，悬浮物含量为300mg/L水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活3~4周，悬浮物含量在200mg/L以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。工程不会产生悬浮物含量高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内的生物群落的种类组成和

数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。由于游泳动物幼体逃逸能力不足，施工过程导致悬浮泥沙沉降、沉积，将极有可能使游泳动物幼体死亡。随着施工的结束，悬浮泥沙影响范围和程度逐渐减弱，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。因此，施工期间产生的悬浮物不会对游泳生物造成较大的影响。

（2）施工对底栖生物的影响

大型底栖动物主要类群为多毛类、软体动物、甲壳类和棘皮动物，悬浮物泥沙对大型底栖动物的影响主要表现在滤食性贝类的影响（宋伦，2012），相关实验研究表明（马明辉，2004）低浓度的悬浮物（ $<230\text{mg/L}$ ）对贝类致死效应不强。本工程悬浮物增量 $>100\text{mg/L}$ 为 3.5928km^2 ，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后数小时内人为增加的悬浮物浓度较快减至 10mg/L 以下，且项目在已建防波堤上建设风电，不直接占用底栖生物栖息空间，临时施工围堰建设会导致底栖生物的死亡，但由于占用海域面积小且周期短，施工结束围堰拆除后，底栖生物即可恢复。因此，本工程建设对海洋大型底栖生物影响不大且影响可逆。

（3）施工噪声对海洋动物影响

当海洋中人为噪声足够大并且鱼类相对靠近声源时，会造成鱼类内脏破裂导致其死亡或者破坏内耳毛细胞导致暂时（暂时性阈移，TTS）或永久（永久性阈移，PTS）的听力丧失。与许多其他动物不同，鱼类在一生中都可以产生毛细胞，Smith等(2006)对金鱼的观察表明毛细胞在被声音破坏后可以再生。如果听力丧失是暂时的，那么鱼类在几小时或几天内就可恢复听力，恢复的时间取决于噪声的持续时间以及频率。然而，在听力暂时丧失阶段，鱼类会暴露在一个较高的被捕食风险环境中，并且一些具有重要生物学意义的行为可能会受到抑制。

研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。施工期噪声可能会对海洋哺乳动物和鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，如可造成成年海豹与幼崽的隔离（DavidKastaket al.1999）。根据程兆龙等的研究显示，东亚江豚以发声鱼类为食，在发声鱼类（主要为石首鱼科鱼类）的繁殖季节（5-6月），主要通过窃听获取食物方位，在非发声鱼类繁殖季节，利用回声定位信号主动探测食物方位。施工期的人为噪声很大程度上与鱼类发声频段重叠，会以听觉掩蔽的方式影响捕食者捕食。

项目在已建防波堤上建设风电，采取灌注桩施工，施工机械等噪声最高约为 110dB ，通过水质传播到水下后的声压级会大大降低，工程附近海域未发现珍稀和

濒危物种，因此，项目施工噪声对海洋生态影响不大。

5.5.5.2 运营期对海洋生态环境的影响分析

项目在已建防波堤上建设风电项目，运营期利用风能转化为电能。升压站无人值守，检修期间产生的危险废物存放至危废间，定期委托资质单位处理。运维人员产生的生活污水和生活垃圾均集中收集后妥善处理，不排海。

同时，项目建设区域的底栖生物将逐渐恢复，防波堤及风机基础恢复后可成为恋礁型底栖生物附着场所，为底栖生物提供良好的栖息环境和索饵场，有利于底栖生物资源量的恢复和增加。

本项目运营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。根据相关研究成果，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。

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。

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，根据国外风机厂家资料和国内实测推算数据，其风力发电机组噪声声功率级105dB，本工程风力发电机组源强为106dB。滨海北H1#风电场的风机轮毂高度为90m，而本工程轮毂高度为140m，离海面更高，因此，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。

表 5.5-2 运营期水下噪声类比可比性分析

水下噪声	滨海北 H1#风电场	本项目
风电机组噪声声功率级	105dB	106dB
风机轮毂高度	90m	140m
周围环境	海面，开阔	海面，开阔

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。具体监测站位详见下表和

下图。监测时，风力发电机组正常运行。

表 5.5-3 监测点位置

序号	测试点		距最近风机距离(m)
	经度(E)	纬度(N)	
YA1			100
YA2			250
YA3			500
YA4			2000
YA5			4000
Z1			风电场内



图 5.5-25 声环境监测点位布置示意图

由监测结果可知，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。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。

本工程和类比项目位置均在开阔海域，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，本工程的风力发电机组噪声功率级略高于类比项目，但本项目轮毂高度更高，因此，参照类比项目的上述分析结果，本工程风机在运行后，对水下噪声环境影响较小。

5.6 海洋生物资源影响评价

5.6.1 海洋生物资源损失量评估

海洋生物资源损害评估依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》规定的方法进行。

5.6.1.1 生物损失量评估方法

项目造成生物损失主要在施工期，工程占用水域及悬沙造成的生物损失。

- 1、占用水域造成的生物资源损失
- 2、悬沙造成的生物资源损失

本工程污染物对各类生物损失量见下表。

表 5.6-1 污染物对各类生物损失率

5.6.1.2 生物损失量评价参数

表 5.6-2 生物量取值一览表

5.6.1.3 生物资源损害评估

- 1、占用对渔业资源的影响评价

项目永久占用主要包括：

(1)华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目共计 20 台风机，均位于保护区内。风电机组基础承台直径为 24m，风机桩基基础永久占用保护区面积为 0.9043hm²。

(2)电缆桥架总长约 21km，采用透水式桩基结构 PHC400(95)AB 桩，8m 一跨，桩基占用保护区面积为 0.1318hm²；

(3)升压站采用透水式桩基结构，占用保护区面积为 0.9896hm²；

(4)进站桥梁采用透水式桩基结构，占用保护区面积为 0.3778hm²；

(5)电缆沟总长约 12.45km，宽约 2.2m，占用保护区面积为 1.9360hm²。

综上，项目永久占用核心区面积为 4.3395hm²。

项目临时占用保护区主要包括：

(1)电缆沟总长 12.45km，施工作业带按照 10m 计算，面积为 12.45hm²；

(2)非透水式施工平台位于已建防波堤堤段的 XB1~XB8 共 8 个机位，平台尺寸

为 60m×50m，施工结束后拆除，面积 2.4000hm²；

(3)透水式施工平台位于已建防波堤堤段 XB9~XB20 共 12 个机位，总计采用两座钢结构施工辅助平台，采用 8 根直径 2 米的钢管桩作为平台支撑基础，安装平台尺寸为 45m×45m，施工结束后拆除，面积 0.0301hm²；

(4)升压站及进站桥梁施工挡潮围堰道路顶宽 7.5m，围堰高度 1.5m，兼做施工道路，施工结束后拆除，面积 1.2178hm²；

(5)施工便道位于已建防波堤堤段的 XB1~XB8 共 8 个机位，通过铺设 6 米临时钢板作为施工的通道，施工结束后拆除，面积 7.4700hm²；

综上，项目临时占用保护区面积为 23.5679hm²。工程占用造成渔业资源的损失量见下表。

表 5.6-3 工程占用造成的海洋生物资源损失量

种类	密度		工程类型	水深	影响面积	损失量	
	单位	密度		m	km ²	单位	数量
底栖生物	g/m ²	11.51	永久性占用	/	0.0434	t	0.5
鱼卵	粒/m ³	1.915		7		粒	5817.77
仔稚鱼	尾/m ³	0.38		7		尾	1154.44
幼鱼	尾/km ²	14999		/		尾	650.96
头足类幼体	尾/km ²	2576		/		尾	111.8
虾幼体	尾/km ²	3477.5		/		尾	150.92
蟹幼体	尾/km ²	1038		/		尾	45.05
渔业资源成体	kg/km ²	693.24		/		kg	30.09
底栖生物	g/m ²	11.51	临时性占用	/	0.2357	t	2.71
鱼卵	粒/m ³	1.915		7		粒	31595.59
仔稚鱼	尾/m ³	0.38		7		尾	6269.62
幼鱼	尾/km ²	14999		/		尾	3535.26
头足类幼体	尾/km ²	2576		/		尾	607.16
虾幼体	尾/km ²	3477.5		/		尾	819.65
蟹幼体	尾/km ²	1038		/		尾	244.66
渔业资源成体	kg/km ²	693.24		/		kg	163.4

2、疏浚对底栖生物的影响评价

方便施工船舶作业，需对滨州港进行疏浚，疏浚面积约为 54.3211hm²，均位于保护区海域内，疏浚对保护区的影响主要体现在直接破坏底栖生物的生境，故对保护区范围内疏浚海域内全部底栖生物资源损失量进行评估。补偿年限按照 3 年计算。疏浚造成底栖生物的损失量见下表。

表 5.6-4 疏浚造成的底栖生物损失量

分类	工程类型	密度		影响面积	损失量	
		单位	数量	hm ²	单位	数量
底栖生物	疏浚	g/m ²	11.51	54.3211	t	6.25

3、悬浮泥沙对渔业资源的影响评价

工程风机基础和电缆施工等活动引起海底泥沙再悬浮，使施工作业点周围水体中产生

大量的悬浮物，一般而言，悬浮物的浓度增加量 $\leq 20\text{mg/L}$ 时，超过《海水水质标准》(GB3097-1997)一、二类标准值 0~1倍，该面积内鱼卵、仔稚鱼和幼鱼损失率按 5%计算，渔业资源按照1%计算；当悬浮物的浓度增加量在 $20\text{mg/L} \sim 50\text{mg/L}$ 时，浮游植物将会受到轻微的影响，超过《海水水质标准》(GB3097-1997)一、二类标准值1~4倍，该面积内鱼卵、仔稚鱼和幼鱼损失率按 10%计算，渔业资源按照 5%计算；而当悬浮物浓度增加量为 $50\text{mg/L} \sim 100\text{mg/L}$ 时，超过《海水水质标准》(GB3097-1997)一、二类标准值 4~9倍，该面积内鱼卵、仔稚鱼和幼鱼损失率按 30%计算，渔业资源按照15%计算；悬浮物含量增加量为 $>100\text{mg/L}$ 时，超过《海水水质标准》(GB3097-1997)一、二类标准值 >9 ，该面积内鱼卵、仔稚鱼和幼鱼损失率按 50%计算，渔业资源按照 20%计算。

表 5.6-5 保护区内悬浮泥沙扩散面积

表 5.6-6 施工悬浮泥沙造成的渔业资源损失量

表 5.6-7 项目用海造成生物损失一览表

5.6.2 生物资源损失经济价值评估

5.6.2.1 补偿年限

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)中“7.2 生物资源损害赔偿和补偿年限(倍数)的确定”的规定，本项目施工方案和营运方式，确定海洋生物补偿年限：(1)风电桩基和海上升压站等永久性占用造成渔业水域生态系统不可逆的影响，生物资源损害的补偿年限按 20 年计算；海底电缆铺设对保护区渔业资源造成一定影响，随着电缆铺设完成，影响逐渐消失，生态资源损害的补偿年限按照 3 年计算；(2)疏浚直接破坏海域内底栖生物的生境，补偿年限按照 3 年计算；(3)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，补偿年限按 3 年计算。

5.6.2.2 生物损失经济价值评估

1、占用对渔业资源损害的经济价值评估

项目占用渔业水域造成的经济损失共 60.15 万元，见下表。

表 5.6-8 占用渔业资源损害经济价值评估结果

种类	工程类型	损失量	单位	单价	单位	换算	单位	补偿年限	金额 (万元)
底栖生物	永久性占用	0.5	t	1.5	万元/t		万元	20	0.75
鱼卵		581777	粒	1	元/尾	1%	元		11.64
仔稚鱼		115444	尾	1	元/尾	5%	元		11.54
幼鱼		650.96	尾	1	元/尾	-	元		1.3
头足类幼体		111.8	尾	20	元/kg	0.02	元		0.09
虾幼体		150.92	尾	30	元/kg	0.01	元		0.09

种类	工程类型	损失量	单位	单价	单位	换算	单位	补偿年限	金额 (万元)
蟹幼体		45.05	尾	50	元/kg	0.1	元		0.45
渔业资源成体		30.09	kg	15	元/kg	-	元		0.9
底栖生物	临时性占用	2.71	t	1.5	万元/t		万元	3	12.2
鱼卵		3159559	粒	1	元/尾	1%	元		9.48
仔稚鱼		626962	尾	1	元/尾	5%	元		9.4
幼鱼		3535.26	尾	1	元/尾	-	元		1.06
头足类幼体		607.16	尾	20	元/kg	0.02	元		0.07
虾幼体		819.65	尾	30	元/kg	0.01	元		0.07
蟹幼体		244.66	尾	50	元/kg	0.1	元		0.37
渔业资源成体		163.4	kg	15	元/kg	-	元		0.74
合计									60.15

2、疏浚对底栖生物损害的经济价值评估

疏浚对底栖生物造成的经济损失为 28.14 万元，见下表。

表 5.6-9 疏浚对底栖生物损害经济价值评估结果

分类	工程类型	损失量		补偿年限	单价	单位	金额 (万元)
		单位	数量				
底栖生物	疏浚	t	6.25	3	1.5	万元/t	28.14

3、悬浮泥沙对渔业生物资源损害的经济价值评估

悬浮泥沙影响渔业资源造成的经济损失为 188.83 万元，见下表。

表 5.6-10 悬浮泥沙影响渔业资源损害经济价值评估结果

种类	损失量	单位	单价	单位	换算	单位	补偿年限	金额 (万元)
鱼卵	28436160.55	粒	1	元/尾	1%		3	85.31
仔稚鱼	5642684.6	尾	1	元/尾	5%			84.64
幼鱼	31817.53	尾	1	元/尾	-			9.55
头足类幼体	5464.49	尾	20	元/kg	0.02	kg/尾		0.66
虾幼体	7376.86	尾	30	元/kg	0.01	kg/尾		0.66
蟹幼体	2201.92	尾	50	元/kg	0.1	kg/尾		3.3
渔业资源成体	608.84	kg	15	元/kg	-			2.74
合计								186.86

5.6.2.3 小结

本工程对渔业生物资源的影响主要是：(1) 占用保护区对渔业资源及底栖生物的影响；(2)疏浚对保护区底栖生物的影响；(3)施工期悬浮泥沙扩散对保护区渔业资源的影响。评估经济损失共计 275.15 万元。详见下表。

表 5.6-11 渔业资源损失补偿价值评估结果

序号	影响类型	经济损失 (万元)
1	占用	60.15
2	疏浚	28.14
3	悬浮泥沙	186.86
4	合计	275.15

5.7 鸟类及其生境影响评价

本节资料引自《华能滨州港25万千瓦海上风电项目鸟类生态环境现状调查与影响评价专题报告》的现状调查和影响分析结果。该专题报告已2025年9月30日组织召开专家评审会，评审意见见附件。

5.7.1 施工期对鸟类生态的影响

我国海上风电起步较晚，针对海上风电场对鸟类的影响实证研究并不多见。根据国内外海上风电场对鸟类生态影响方面的研究成果，结合本工程项目可研报告和本项目的鸟类生态环境现状调查，以类比的方法，定性、定量分析该海上风电场建设项目对鸟类生态的可能影响。

本项目施工期对鸟类生态产生影响的施工活动主要有：风力发电机组施工、升压站建设、海缆铺设、船舶运输、人类活动等，主要影响因素为各种施工机械噪声及振动影响、施工干扰影响、占用海域对鸟类栖息及觅食影响、施工灯光影响等。

5.7.1.1 噪声及振动对鸟类生态的影响

本项目位于山东省滨州市滨州港左侧海域，本项目工程规划装机规模为20万千瓦，包括20台单机容量为10MW的风力发电机组，以及1座220kV陆上升压站。

海上风电场建设施工过程中产生的噪声、振动污染，对鸥类和海上迁徙的鸟类有驱赶、惊扰等直接影响，会使鸟类数量和物种多样性有所降低，也会影响鸟类正常的栖息、觅食活动。但鸟类有规避行为，可以通过规避减轻影响程度。而且本项目海域调查观测到的鸟类种类、数量很少，海鸟的数量密度很低，对其影响有限。再者，本项目场址用海面积小，施工临时用海面积仅有27.98hm²，周边有着广阔的海域，还存在大量替代的栖息地。鸥类、鹭类等水鸟更习惯于在沿海岸线的潮间带湿地栖息和觅食，因而受到风电场施工噪声的影响有限。因此，海上风电场建设期间的噪声、振动对鸟类影响非常有限，且是短暂的。待施工期结束后，其对鸟类的影响可以消除。

5.7.1.2 施工干扰对鸟类的影响

本项目海上风电场施工期间，施工材料、构件、风机设备等大部分靠船舶运至各个施工点。海上风机建设施工，需要自升式海上平台船、甲板驳船、拖轮、抛锚艇、交通艇、补给船以及履带式起重机、卷扬机、两栖挖掘机等专用船舶和机械。施工船舶的穿梭航行，会干扰鸟类的迁徙行为；本项目施工高峰时段投入劳动力733人，平均投入劳动力524人，施工人员的活动也会干扰鸟类的迁徙和正常觅食。但由于鸟类的警觉性较高，有趋避行为可选择远离施工区域，且施工期风机未运行，

施工区对鸟类迁徙的影响不大。

5.7.1.3 占用海域对鸟类栖息及觅食影响

(1) 海上风电场施工占用海域对鸟类栖息及觅食的影响

本海上风力发电场所在区域水深较浅，且距离海岸和滩涂很近，仅有少量鸥类在此活动，项目建设期间的噪音较大，可能会影响其正常觅食。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量，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，由于鸟类有规避性能，可以通过主动规避来选择其他地点觅食。再者，海上风电场离近岸滩涂湿地较近，除了海域觅食的鸥类外，少有鸟类在此区域觅食，而鸥类活动范围大，飞行能力强，可在其他海域觅食。因此，海上风电场建设期间对鸟类觅食的影响总体非常小。

(2) 海上升压站施工占地对鸟类栖息及觅食的影响

本项目海上升压站拟位于滨州港西防波堤南端，用海面积为1.2183hm²。根据鸟类生境调查海上升压站结果，海上升压站附近有少量红嘴鸥、鸥嘴噪鸥、普通燕鸥等鸟类栖息觅食，由于项目占用面积很小，且周边分布大面积的荒草地、滩涂和养殖池塘，建设不会对鸟类觅食产生明显影响。

5.7.1.4 施工灯光对鸟类的影响

本项目海上风电场施工期间，各个施工点的照明灯光、船舶航行灯光及船上照明灯光、施工焊接火花等，会吸引夜间飞行的鸟类，或受光源吸引，或受光源迷惑，存在鸟类碰撞光源附近障碍物或已竖立的风机的风险。

5.7.1.5 施工污染对鸟类的影响

项目施工过程产生的污染物主要为施工人员产生的生活污水、施工船舶产生的含油污水、施工垃圾等，以上污染物均受到严格管理，不向海域排放，不会对海域环境产生污染影响。施工过程中船舶、机械等可能会产生滴漏的燃料油、润滑油、机油等油类，会对周边海域环境造成污染，但由于潮流的稀释作用，滴漏油类会很快分散，不会对海域环境造成明显影响，亦不会影响鸟类觅食、栖息等生境条件。

施工人员产生的生活垃圾中有机物含量较高，容易吸引杂食性鸟类。本项目每日产生的生活垃圾较少，且由密闭的垃圾桶收集后交由环卫部门统一处理，对杂食性鸟类的影响较小。

5.7.1.6 施工环境事故风险对鸟类的影响

本项目海上风电场施工过程中要大量用到船舶运输装备和材料、用船舶进行打

桩和吊装施工等，存在施工船舶溢油的风险。如发生溢油事故，将对海洋生物和海洋生态系统产生深远的不良影响。鸟类进入含油水面或者油污染的滩涂，身体会沾上油污，影响其活动，进而影响生存，还会通过食物链或者直接摄入鸟体内，毒害鸟类，也会影响鸟类觅食和繁殖。根据本调查观测，可能受溢油影响的鸟类是直接在水面觅食的鸥类及在滩涂区停歇的鸥类、鸕鹚类和鹭类等。本海域活动的鸟类存在有效避免受到溢油影响的可能性，逃避至其他海域栖息和觅食。同时，溢油事故发生的概率极低，假若发生溢油事故，一般油膜扫海的范围和面积相对有限，并不会波及整个海域，不大可能对整个海域鸟类栖息地和鸟类群落造成颠覆性影响。

5.7.2 项目运营期对鸟类生态的影响

5.7.2.1 对鸟类迁徙的影响

(1) 鸟类迁徙路线

经过亿万年的自然进化，候鸟形成了每年在繁殖地与越冬地之间沿相对固定的路线往返迁徙的独特习性。通过长期、大量的鸟类环志和科研监测等工作，现已证实鸟类在全球有九大迁徙路线，其中有四条路线贯穿我国全境，在我国形成西部、中部和东部三条迁徙路线。

东部候鸟迁徙路线，位于东亚—澳大利西亚迁徙路线的中段偏东地带，从我国南海沿东南沿海一带，穿越华南东部和华东、华北、东北的大部分地区，通往俄罗斯西伯利亚地区。沿该路线迁徙的候鸟主要包括：在西伯利亚、阿拉斯加、蒙古东部和我国东北地区繁殖，前往东南亚、澳洲等地越冬的鸕鹚类，在我国越冬的白鹤、白枕鹤、东方白鹳、鸿雁、豆雁、苍鹭、花脸鸭、苍鹰、红嘴鸥、长耳鸮、白腰朱顶雀、黄喉鹀等鸟类，以及前往朝鲜半岛及日本越冬的丹顶鹤等鸟类，是涉及候鸟种类和数量最多的路线。

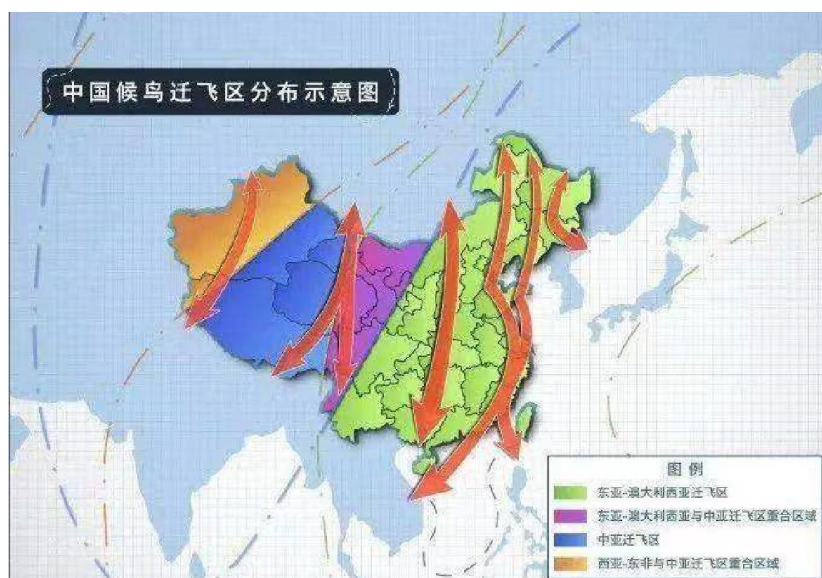


图 5.7-1 中国候鸟迁徙路线图

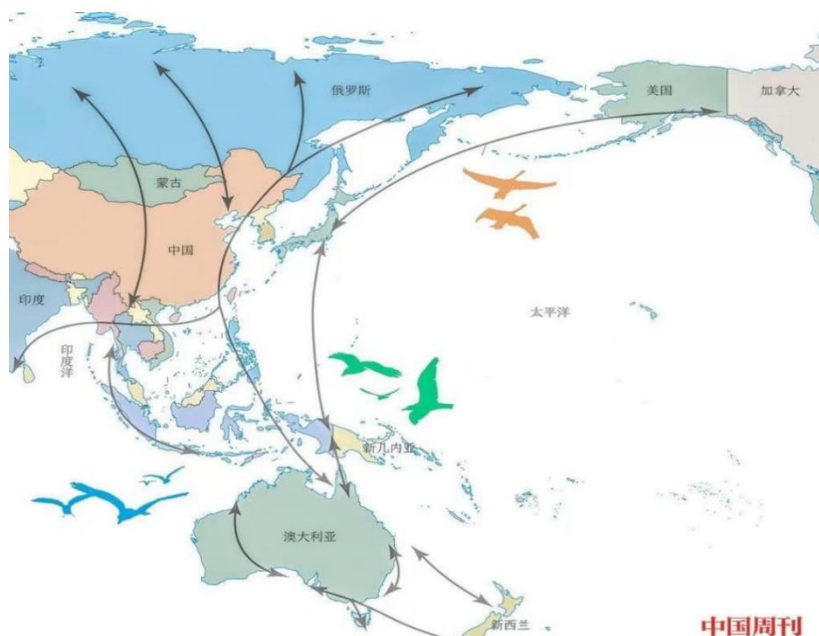


图 5.7-2 中西部地区候鸟迁徙路线图

山东省位于东部候鸟迁徙路线区域，目前有国家级自然保护区7个，其中山东黄河三角洲国家级自然保护区、长岛国家自然保护区、滨州贝壳堤岛与湿地国家自然保护区是候鸟南北迁徙路线的主要途经地和临时栖息地。候鸟迁徙经过山东路线主要有二条：一条位于山东黄河三角洲国家级自然保护区和滨州贝壳堤岛与湿地国家自然保护区，第二条迁徙路线是素有“候鸟旅站”之称的长岛国家自然保护区。

根据重点鸟区的生境类型、选录标准以及区域内受威胁鸟类的种类组成，结合已有的部分鸟类的迁徙路线卫星追踪结果，滨州和东营沿海地区是重要的雁鸭类、鹤类以及鸬鹚类的越冬地和迁徙停歇地。该区域在春季（3-5月）和秋季（9-11月）会有大量鸟类迁徙途经此地，跨海飞行，通常往返于此地和西北方或者北方的渤海

沿岸地区，也有部分种类往返于这一地区和朝鲜半岛的沿海地区。

渤海湾和黄海沿岸区域是鸟类迁徙路径中的东亚—澳大利亚迁徙路线，有大量的鸟类会途径此地往返于亚洲和北美洲北部地区的繁殖地和东亚、澳大利亚等地的越冬地，是东亚—澳大利亚候鸟迁飞路线上水鸟的重要中转站。每年有超240种候鸟在此地繁育、迁徙、停歇和越冬。



图 5.7-3 东方白鹤迁徙路线示意图（引自 Higuchi et al.2000）

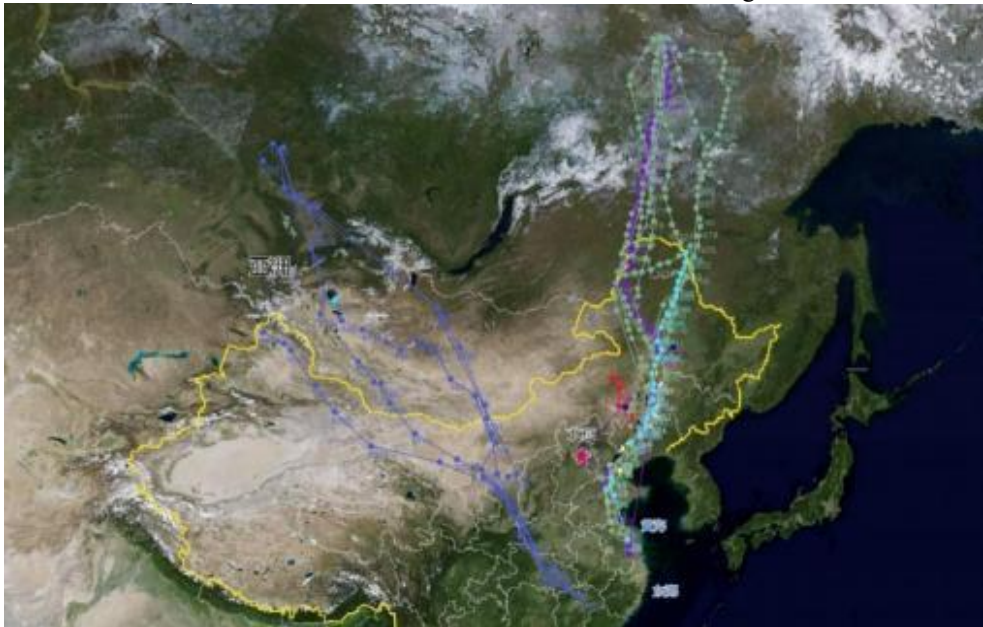


图 5.7-4 灰鹤卫星跟踪迁徙路线

（2）风电场对迁徙鸟类的影响

1）本项目建设对鸟类迁徙的影响

本项目观测到的鸟类中，有101种鸟类均有迁徙行为。在东部迁徙路线上，且途径本项目海上风电场迁徙集群的鸟类主要有普通鸕鹚、东方白鹤、白琵鹭、豆雁、赤麻鸭、翘鼻麻鸭、罗纹鸭、花脸鸭、针尾鸭、白眉鸭、斑头秋沙鸭、普通秋沙鸭、

日本松雀鹰、灰鹤、灰鸽、蒙古沙鸽、环颈鸽、黑尾塍鹬、斑尾塍鹬、小杓鹬、大滨鹬、红腹滨鹬、黑腹滨鹬、普通燕鸥、西伯利亚银鸥、黄眉鹀、苇鹀等。候鸟迁徙一般沿着河流、海岸线或山脉等地理标志飞行，多数陆栖鸟类不喜欢在宽阔的水面上迁徙，遇到大海时一般都顺着海岸绕行，进入本项目海上风电场的几率较小。

迁徙跨越渤海的鸟类具体路径包括海上及多个滨海地区，其中本项目场址所占鸟类总迁徙区域的比例很小，亦不属于渤海湾地区迁徙鸟类的固定通道和必经区域。本项目场址区域范围有限，迁徙鸟类有足够的主动规避空间。根据长期观测资料，雁形目鸟类的飞行能力通常较强，属于长距离迁徙鸟类，迁徙时飞行高度一般较高，如鸭类飞行高度在150-500m，雁类飞行高度一般在350m以上，不超过10000m。在迁徙时通常昼夜兼程，部分种类主要在白天迁徙。本项目风机采用直径233m的风机叶轮、高140m轮毂的结构，风机距海平面256.5m高，雁形目鸟类迁飞的高度一般都会超过风机的高度，加上鸟类的躲避行为，天气状况良好的情况下，迁飞的鸟类基本都能避开风机叶片扫过的区域，风电场风机对其迁徙影响较小。但也不可忽视本调查所观测到的候鸟中，鸭科鸟类迁徙时会途径此海域，飞行高度为150-500m；鹬形目鸟类迁徙季节直接飞越海洋，鹭科鸟类飞行高度一般在150-600m；鸻鹬类大多数夜间迁徙，迁徙时会跨海飞行，迁徙高度100-300m。该工程海上风电场运营期风机高度与上述候鸟的飞行高度有重叠，可能会影响鸟类的正常迁徙，但影响有限。

鸟类在迁徙过程中突然遇到逆风不能着陆时，会飞得很低，几乎是近地面或近海面飞行，特别在夜间或有雾、烟、密云和透视度低的天气，发生误撞而死亡的几率会提高。Pettersson等（2003）、陆忠民等（2014）研究了鸟类和风机的撞击概率，发现在晴好的天气下，撞击概率为3.4只/年，概率较低。但在大风、雨天、大雾、漆黑夜晚等天气情况下，长途迁徙的鸟类的飞行高度会降低，促使鸟类与风机的撞击风险增加。Drewitt和Langston（2006）也指出，不良的气象条件会导致能见度降低，从而增加鸟类与风机碰撞的概率。

建议建设单位采取以下鸟类保护措施：海上风电机组可以使用不易吸引鸟类的蓝色和绿色光源；建议长时期对鸟类进行连续观测，如若对鸟类迁徙影响较大，可在鸟类主要迁徙期暂停风机运行。

2）类比已建风电场对鸟类迁徙的影响

目前江苏省已建设华能如东300MW海上风电工程，该风电场距离世界遗产地中国黄(渤)海候鸟栖息地(第一期)较近，根据华能如东鸟类跟踪监测（见下图）报告，四季监测均未记录到风机运行期发生鸟类撞机事件，类比可知海上风机运行期

对鸟类影响较小。

施蓓等（2021）对我国首座海上风电场—东海大桥海上风电场建设对鸟类的影响研究表明：该风电场2007年开工建设，2012年5月至2013年6月运营期视频观测没有记录到鸟类撞击风机的事件。



图 5.7-5 华能如东鸟类跟踪监测各样点、样带设置示意图

（3）对鸟类趋避行为的影响

海上风电场建设给鸟类迁徙带来的不利影响，主要表现为鸟类的趋避行为会使鸟类选择远离风机飞行，从而在一定程度上减少了鸟类的活动范围，这也是风电场的屏障效应。但从另一个角度来说，鸟类对风电场的这种趋避行为也可以减少鸟类碰撞风机的风险。风电场对鸟类的干扰程度取决于一系列的因素，包括季节、鸟类物种、鸟类的集群规模、鸟类的适应程度、鸟类对风电场建设区域的格局、风电场建设区域到重要栖息地的距离、风电场周边可替换栖息地的可提供性、风机的类型以及鸟类所处的生活史周期（越冬、换羽、繁殖）等。

Bech和Petersen等学者（2005）曾对丹麦HornsRev海上风电场附近迁徙鸟类的行为进行跟踪观测，研究发现风机建设后，主要鸟类黑海番鸭（*Melanittanigra*）的分布范围发生改变，且其在风电场周边2-8km范围内的出现频率明显下降。而在迁徙季节，大部分鸟类会绕过风电场迁飞，只有少部分会穿越部分风电场区域。同时，也发现风电场建成一段时间之后，部分鸟类会对风电场内的环境产生适应性，如小鸥(*Larusminutus*)和普通燕鸥(*Sternahirundo*)。

Krijgsveld等（2008）采用望远镜扫描和全自动雷达观测相结合的方式，对鸟

类通过风电场的飞行路径进行了研究，结果表明：鸟类的通量在风电场建设后大大低于风电场建设前所测得的，这也许不全是由于风电场的存在造成的，但与海上风电场特定的离岸位置和风电场区域作业渔船数量的显著减少有一定的关系。

石婷婷（2020）于2017年10月至2019年9月，在渤海湾南岸的滨州和东营沿海地区开展了鸟类多样性调查和风电场对鸟类影响的研究工作，结果表明：在风电场区，代表性鸟类在空间分布上与风机保持一定的水平距离，最近的20m，最远的1000m，均在风机叶片旋转时所影响到的范围外。因此，熟悉风电场环境的鸟类，会自行调整飞行高度以规避风机。

海上风电场对鸟类迁徙的干扰程度与很多因素有关，鸟类在风电场建设初期对风电场表现出趋避特征比较明显，但是随着时间的推移，部分鸟类会对风电场内的环境产生适应性（陆忠民等，2014）。

（4）鸟机相撞风险

当风机安装在鸟类迁飞通道上时，鸟类在迁徙过程中存在与风机相撞而受伤或死亡的风险，这是影响鸟类生存的最直接也是最严重的影响形式。鸟类与风机相撞的风险取决于很多因素，比如风电场的位置、鸟类物种、季节、气候、灯光、风机排列、地形、风机技术、距离迁徙通道的远近、附近出现的鸟类物种以及鸟类丰度等。

通常鸟机相撞的风险可能发生在鸟类的当地迁飞活动中，鸟类由于觅食的需要，通常会在觅食地和栖息地之间往返迁飞，这种迁飞由于飞行距离一般较短，其飞行高度通常要低于100m，因而增加了与风机相撞的风险概率。风机扫掠面积、高度增加和增高，鸟类撞击到风机上而死亡的风险也会随之增加（孙春顺等，2008）。

国外对海上风电场研究发现，鸟类与风机相撞概率会因不同区域、不同生境以及风电场建设规模、分布鸟类的不同而存在明显差异，如表11所示。Pettersson（2005）在Utgrunden的海上风电场观察到有500000只海鸭穿过风电场，却没有发生一起撞击事件；Kahlert（2003）在丹麦的Nysted海上风电场用雷达进行的研究表明，白天大部分鸟类在距风电场3km以外就开始改变飞行路线，而晚上在1km左右改变方向，在风机群周边飞行时表现出明显的躲避行为；Pettersson（2005）在瑞典的KalmarSound目视观察绒鸭的移动对两个近岸风机的反应，在150万只迁徙水鸟中，只有1次撞击事件。Deholm&kahlert（2005）用雷达监测显示，大部分绒鸭都绕道经过Nyted海上风电场，只有很低的撞击死亡率。

同样研究监测还发现，鸟撞风机也与环境因素有关。在天气晴好的情况下，即

使在鸟类数量非常多的海岸带区域，鸟类与风机撞击的机率基本为零。而Huppop等（2006）在德国北海一个海上研究平台上的研究发现，13037 只迁徙雀形目鸟类中有 442 只撞死于该平台，导致这些鸟类撞上海上研究平台的原因是大雾和小雨。大风、雨天、起雾天气和漆黑的夜晚会降低鸟类对飞行的操控能力，在这些条件下迁徙鸟类的飞行高度会降低，促使鸟类与风机的撞击风险增加，而且在恶劣天气条件下，风机上的灯光对鸟类的吸引会增强，变成影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，增加了鸟机相撞的风险。Drew 等（2006）也认为在不良的气象条件下，如大雾、阵雨或逆风时，大气能见度降低，鸟类会降低飞行高度，从而增加与风机相撞的概率。但是，美国鸟类专家罗格艾特埃奥尔的研究表明，风力发电机并不是对大量夜间飞行的鸟类构成致命危险，即使是在相当高的迁徙密度和低云层、有雾情况下也是如此（赵大庆，2005）。鸟类在飞近风电场区域时，能够成功改变迁徙路线以避开塔柱和旋转的叶片，并且白天比夜晚更能精确的改变飞行方向（Christsen 等，2005）。

鸟类的飞行高度相对于风机的高度对鸟类风机撞击率有很大影响。国外学者Richardson(1979)、Alerstan 等（1999）、Gudmundsson(2002)、Hedenstrom 等（2009）对环北冰洋区域海岸线附近鸬鹚类迁徙经过海面高度的雷达监测显示，鸟类迁徙经过海面的高度平均值为793—2000m，最高的迁飞高度可以达到近 7000m。数量比例上，大部分个体的迁飞高度都在 1000m 之上，表明鸟类在近海岸的海面迁徙时，飞行高度远高于陆域。而这样的飞行高度，大部分鸟类个体迁飞时都要高于风电风机的高度。

当迁徙季节鸟类在迁飞过程需要觅食或者停歇时，基本都是保持着零或者百米以下的飞行高度，如果鸟类规避风险不及时，就有可能发生鸟机相撞。猛禽在追击猎物时常快速俯冲降低飞行高度，遇到能见度较低及强逆风天气时鸟类也会降低飞行高度，存在鸟机相撞风险。本项目风电场区离岸距离较近，不是鸟类迁飞过程中的觅食场所。此外，本项目风机距海平面以上 256.5m，根据本项目鸟类调查结果可知，周边区域的迁徙鸟类包括雁形目、鹤形目、鸬形目、鹰形目、隼形目、鹳形目、鸛形目、雀形目的鸟类，大多数鸟类的迁徙高度均高于本项目风机的高度，风机运行对候鸟长距离迁徙的碰撞风险不大，对其他小型迁徙鸟类存在鸟机相撞的风险。

海上风电场由于风机的建设，形成了人为屏障，对鸟类存在阻挡、干扰作用，会对鸟类迁徙、活动产生影响，存在鸟类撞击的可能。本项目海上风电场布置30

台风机，风机之间的距离较大，屏障效应较弱。

鸟类与风机发生撞击而造成死亡与风机的转速也有一定的关系。Orloff 等（1992）研究表明，一般变速的风机对鸟类的影响较大。但 Winkelman(1992)研究认为即使如此，在许多情况下仍然有 80%以上的鸟类可以穿过变速风机而不受丝毫损伤，另有 20%选择绕开风电场或者风机飞行。Winkelman(1992)研究表明，在离岸建设风电场，鸟类撞击概率就更小。Erickson(2005)根据大量的统计资料指出，风机对鸟类造成的伤害远小于城市建筑物、通讯设施等对鸟类造成的伤害。本项目风机转速约 18r/min，速度较慢，鸟机相撞的概率更小。

滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区是项目周边区域鸟类的主要栖息地和迁徙中转站，雁类等大型鸟类在进出迁徙中转站时，需低空飞行40-50m。本项目距离滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区实验区边界距离约50m，已位于迁徙鸟类高空飞行区，因此鸟类与风机相撞的概率较低，不会对进出滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的鸟类产生明显影响。

综上所述，通常情况下，鸟类在长距离迁徙时飞行高度较高，且在风机群周边飞行时会表现出明显的绕避行为，本项目风机之间的距离较大，屏障效应较弱，仅在恶劣天气以及低空迁飞觅食的情况下才会增加与风机相撞的概率，风机运行对鸟类长距离迁徙的碰撞风险不大；本项目距离滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区实验区边界50m，不会对进出该自然保护区觅食的鸟类产生明显影响。海上风电场风机的转速较慢，而鸟类视觉极为敏锐，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100-200m的距离下避开。因此，在天气晴好的情况下，鸟类误撞风机的几率极小。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。

（5）光源对鸟类生态的影响

光源是影响鸟类迁徙安全的一个非常重要的因素（Drewitt等，2006）。白昼迁徙的鸟类多利用太阳或者地面景观导航定位，夜间迁徙的鸟类则利用月光和星座导航定位。食谷的鸟类、涉禽、雁鸭类等多选择夜间迁徙，有时会把灯光当成黎明的光线，这种趋光性极易造成鸟类撞上光源附近的障碍物。北美Virginia西部山区风电场在2003年5月底某天大雾的夜晚发生27只迁徙鸟类死亡，变电站的钠蒸气灯是吸引鸟类与风电机相撞的原因。该风电场鸟类死亡情况的研究结果表明，夜间迁徙的鸟类经常死于风电场内的灯下（崔怀峰等，2008）。Huppop等（2006）的研究表明，海上风电场灯光的影响要比陆地大，也明确表明蓝、绿两种光质对鸟类来说

基本没有什么引诱力。Cochran等（1958）的研究表明，并不是所有特质的灯光都会对鸟类产生吸引。唐长海等（2015）通过资料记载和实地调查，对新福陆上风电场对鸟类迁徙产生的影响进行分析，光源会影响鸟类安全，导致其在夜间迁徙时与风机设备相撞，鸟类也会通过消耗另外的体能绕过风机设备，但该部分能量的消耗会对迁徙鸟类产生负面影响。刘越强等（2017）对云南鸟类敏感区域已建成风电场进行了4年野外观察，当漆黑的环境里出现灯光、火光，会把周围游荡的鸟类吸引过来，进而导致迁徙鸟类撞击玻璃、撞击线路的概率较高。

海上风电场区域的灯光会吸引夜间迁徙的鸟类，致使其在光源周围盘旋，消耗能量，甚至坠海。夜间、大雾、降雨雪、强逆风天气等能见度较低时，鸟类在迁徙途中易受光源吸引、迷惑，有发生鸟机相撞或碰撞光源附近障碍物的风险。因此，项目运营期应加强夜间鸟类迁徙季节升压站灯光管控，室外禁止使用钠蒸气灯、红光灯等对鸟类有吸引力的灯光，可采用蓝、绿色光灯进行照明；室内安装遮光窗帘，以减少光源对夜间及恶劣天气迁徙鸟类的干扰。

5.7.2.2 对鸟类栖息地的影响

海上风电场对鸟类栖息地的影响，有正反两个方面的效应：

不利的影响主要表现为部分鸟类物种会因风电场的建设而被迫迁移栖息地。如：Gonzalez 等（2015）发现啄食黑松鸡(*Tetrao tetrix*)在风电场建设后在本地发生迁移，但它们只是迁离了风电场 500m 范围之外，总的数量并没有变化。鸟类因栖息地丧失而被迫迁移的案例很多，尤其是风电场建设对生活在其周边区域内的鸟类种群影响最大。红喉潜鸟(*Gavia stellata*)和黑海番鸭在建设前的 Horns Rev 海上风电场区域内被发现，但在建成后几乎完全不存在(Petersen, 2006)，而普通海番鸭却已经开始在涡轮机之间自由觅食。Nysted 海上风电场的一些长尾鸭(*Clangula hyemalis*)仍然可以活动在风电场涡轮机之间，但密度低于建设前。通过对挪威西部 47 个鹰领地 10 年的观测数据，沿海风电场影响了白尾鹰繁殖成功率（Dahl, 2012）。XuH 等（2021）研究了崇明东滩风电场对小白鹭(*Egretta garzetta*)丰度的影响，发现对小白鹭的丰度没有显著影响。本海上风电场项目永久用海面积 103.6826hm²，面积很小，对鸟类的栖息地影响有限。

风电场对鸟类栖息地也有正面影响的研究报道。研究发现，涡轮机底座周围的底栖动物群落的丰度和多样性比原生动物群落增加的更多(Nazir, 2020)。这些底栖动物群落及其伴生的浮游生物是鱼类的食物来源。莫爵亭等（2020）对广东阳江风电场的研究同样表明，风电海域的初级生产力明显高于周边区域。此外，海上风电

场区禁止捕捞，导致风电场内的鱼类生物量往往比周围海域更高，从而为鸟类提供了大量的食物。海上风电场开发作为人工鱼礁和禁捕区，为海鸟和其他海洋生物提供了新的栖息地，具有潜在的海洋保护和生物多样性效益(Hiscock,2002)。

5.7.2.3 对鸟类觅食的影响

研究表明，鸟类可成功改变飞行方向以避免风机进行觅食，某些鸟类对风电场建成后的生境还会产生适应性。Petersen等（2007）曾对HornsRev海上风电场区域的黑海番鸭开展了调查，发现黑海番鸭在风电场海域的觅食现象比以往任何一次调查都常见，究其原因可能是风电场建成几年之后，黑海番鸭已经习惯了在风电场区域内觅食。施蓓等（2021）对东海大桥海上风电场研究也表明，风电场基本不会对临近区域鸟类的栖息、觅食产生影响。如果风电场选址避开了鸟类重要的栖息地，这种直接的栖息地丧失对鸟类的影响非常有限。

徐燕华等（2010）对江苏东沙沙洲离岸潮间带风电场建设对鸟类的影响研究表明，风机对鸬鹚类等中小型涉禽、水鸟的觅食影响不大，风电场区域仍可作为这些鸟类的觅食地。陈旭才（2016）针对潮间带风电场对鸟类的影响，在江苏如东沿海进行为期一年的观测调查，发现调查区域鸟类数量减少，但依然处在稳定的鸟类组成，说明鸟类在该区域仍可进行栖息和觅食等活动，且鸟类对风机设施已形成了适应性。

结合本调查区鸟类的生活习性、时空分布特点以及风电场的实际位置，结合鸟类现状调查资料，红嘴鸥、黑尾鸥、西伯利亚银鸥以及部分雁鸭类大多见于秋冬季节，根据观测，大多在距离滩涂2km以内的海洋生境中活动，偶尔会随船只等抵达项目所在区域，来此觅食的个体数量相对较少。风机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的影响，但影响将会非常小。滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区实验区边界距离本项目风电场区最近50m，保护区内的国家级重点保护鸟类基本不会来风电场区觅食，本项目建设对保护区内重点保护鸟类的觅食影响较小。

5.7.2.4 对鸟类种群结构的影响

风电会引起鸟类种群结构发生变化，一些对风电场适应能力较强的种类能生活在距离风电场较近的地方，而较敏感的鸟类则会迁移出去，这样就造成了风电场周边鸟类种群结构的变化。对德国第一个海上风电场“阿尔法文图斯”风电场的调查发现，风电场内部的鸟类丰度比风电场外低了75%-92%。有3种鸟类迁移到了离最外层涡轮机1km以外的地方，与此相对应的是有两种海鸥被吸引到风电场内部

(WelckerJ, 2016)。在墨西哥瓦哈卡风电场中,随着距离风电桩机越来越远,其鸟类的群落多样性和丰度越来越高(Willegas,2012)。

施蓓等(2021)以我国首座海上风电场—东海大桥海上风电场为研究实例,通过风电场建设前后区域鸟类群落的长期调查观测数据的对比分析,评估了海上风电场的建设对鸟类组成及行为影响。该研究以东海大桥海上风电场2007年开工建设为分界点,收集区域附近南汇东滩1997-2006年鸟类观测资料、洋山港2000-2006年周年鸟类观测资料,并与相同调查区域2012年5月至2013年6月观测资料进行物种数、种类组成及数量组成等比较分析,结果表明:区域鸟类的物种数并未产生明显的变化,鸪形目鸟类种类比例有所下降,雀形目种类增加明显,但鸪形目鸟类数量仍占明显优势,这一变化是由风电场建设、近岸其他工程建设、区域陆化发展、生境条件改变等综合作用的结果。风电场区域的视频观测没有记录到鸟类活动的情况,也没有记录到鸟类撞击风机的事件,推测风电场场址已避开迁徙主要通道,或表明鸟类对其产生规避。

5.7.2.5 对鸟类的干扰影响

(1) 噪声和电磁辐射对鸟类的影响

关于海上风电场风机、输电线路、变电站产生的噪音和电磁干扰对鸟类的影响,Drewitt和Langston(2006)开展了研究,认为噪音和电磁干扰会对鸟类的迁徙路线产生一定的影响,但这种影响的表现程度并不十分明显。据统计,风电场对鸟类产生的最大影响范围为800m,繁殖鸟是300m。国外海上风电场对鸟类分布的影响距离如表12所示(陆忠民等,2014)。目前尚没有明显的证据表明,风电场的电磁辐射会对鸟类造成影响(胡韧等,2021)。

风力涡轮机运行产生的噪音和湍流气流可能会吓跑鸟类并缩小它们的领地,这也会影响鸟类的繁殖、迁徙、觅食和通信等行为。Leddy等(1999)对明尼苏达州西南部的布法罗岭风电场的研究表明,涡轮机噪音和涡轮机的物理运动可能会干扰筑巢的鸟类。Zwart等(2016)的研究表明,人为噪音可能会影响鸟类的领土行为。当海上风电涡轮机噪音存在时,知更鸟(*Erithacus rubecula*)无法正常发出低频鸣叫声,而这种低频叫声是知更鸟用于阻吓入侵者的工具。因此,风力涡轮机噪音削弱了它们阻止入侵者的能力,导致额外时间和精力消耗,增加受伤的风险,并因此降低繁殖成功率。同样,噪声对鸟类的影响也存在争议,Nazir等(2020)认为风力涡轮机在距离350m以外的地方,噪声比一台家用冰箱的都小,因此不必过度考虑风电噪音对鸟类的影响。

表 5.7-1 风电场运行对鸟类分布的干扰影响

区域	生境	鸟类别	风场规模	显著受影响种类	影响距离
丹麦, Tjaereborg	海岸草地	水鸟	S	凤头麦鸡, 金鸻, 鸥类	最大 800m, 繁殖凤头麦鸡为 300m
荷兰, Oosterbierum	海堤上	水鸟	M	涉禽、鸥类、雁鸭类	最大 500m, 对繁殖涉禽没有影响
荷兰, Urk	海堤上	水鸟	M	大天鹅、潜鸭、白颊鸭	最大 300m
苏格兰, Bugar Hill	海岸沼地	潜鸟和猛禽	S	红喉潜鸭	仅在建设初期有一定人为干扰影响
英格兰, Haverigg	海岸草地	企鹅、鸥类	S	无	
英格兰, Blyth	海岸岸线	鸬鹚、绒鸭、矶鹬、鸥类	S	无	
瑞典, Nasudden Goiland	海岸沼泽和耕地	水鸟	L	无	
丹麦, Tuno Knob	海上	海鸭、黑海番鸭	M	除了飞行路线改变, 基本无影响	
比利时, Zeebrugge	海岸岸线	水鸟	M	大部分水鸟	大约 300m
Ulgrunden	海上	针尾鸭	S	无	

注：L-大，50-200台风机；M-中等，10-50台风机；S-小，<10台风机。

国内学者赵大庆（2005）研究显示，风机运行时产生的噪声对低飞的鸟类起到驱赶和惊扰的作用，主要是对留鸟产生影响，对候鸟和旅鸟影响不大。孙靖等（2007）对江苏大丰电场鸟类影响的研究发现，风电设备运行过程中产生的噪声，会使丹顶鹤产生躲避行为，缩小活动的范围来保护自身安全。白文娟等（2013）通过对发电机运行的实测及调查数据分析，单台风机声功率级在85-100dB(A)；由于风电场各台风机之间间距较大，噪声叠加作用不明显，在距离风机300m外，可达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）中Ⅰ类标准的要求。由于大多数珍禽对运行物体、噪声具有较高的敏感性，风机的转动和风机运行噪声会迫使珍禽选择回避。Erne&Amrhein(2008)、Hardouin等（2008）的研究发现，鸟类可调节鸣唱时间来避开噪声干扰；若风电场建设在鸟类集中活动区域，将使得珍禽的活动范围减少或改变。

海上风电场运营期产生的噪声主要为风机运行、风机叶片与风撞击所产生的噪声以及升压变电站产生的噪声等，对鸟类可能带来不利影响。据王辉（2014）研究表明，噪声污染会使鸟类体内多种系统受到影响，产生内分泌紊乱现象。风机运行产生的噪声可能会惊吓鸟类而减少或改变它们的活动范围，对鸟类的迁徙、觅食和通信行为带来不利影响。

根据已有研究资料和风电场海域水上环境调查结果，海面上环境噪声等效噪声

级主要分布在52-60dB(A)之间，最大声级的算术平均值为55.6dB(A)；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(A)。本项目单台风机噪声采用最大声功率100dB(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；在距离轮毂100m处时，噪声影响为49.5dB(A)；当衰减至500m处时，噪声影响为45.0dB(A)，可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）I类标准要求；当衰减至1000m处时，噪声影响仅39dB(A)，故对整个风电场来说影响范围较小，对鸟类的影响也较小，是可以接受的；另根据已有运营期的海上风电场风机噪声影响分析，风机运营期海上噪声主要集中在风机中心500m范围内。该海上风电场区与大陆岸线较近，风机低频噪声不会对邻近海域栖息的鸟类产生影响，同时该海域本身不是鸟类的主要栖息地，整体鸟类种类和数量较少，该海上风电场风机噪声对偶尔穿越的鸟类影响较小。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，该项目海上风电运营期风机叶片噪声对鸟类影响较小。

（2）人为活动对鸟类的影响

运营期海上风电场管理人员、往返交通船及维护活动等对鸟类存在一定的干扰，如工作人员对风机的管理维护与对话交流、往返交通船的航行噪声等，对视觉、听觉敏感的鸟类会出于自我保护而远离该区域。

5.7.2.6 人为污染对鸟类的影响

海上风电场运营期风机巡视和检修时船舶生活污水经船舶收集后运回陆域处理，风机维护和检查废油统一收集交由有资质的单位处理，不向海域排放。

海上风电场维修可能会发生漏油事故，由于海浪潮汐的稀释作用，少量的漏油事故不会对海洋水质环境造成明显影响。海上风电场不是鸟类的主要觅食和栖息场所，海洋环境污染对鸟类影响不大。

运营期检修人员的生活垃圾分类收集后交由当地环卫部门定期清运。检修产生的危险废物暂存在危废间，委托资质单位接收处理，因此运营期不会对周边养殖池塘产生污染影响，不会影响鸟类栖息和觅食。

5.7.3 鸟类及其生境影响结论

本项目施工期对鸟类产生影响因素为各种施工机械噪声及振动影响、施工干扰影响、占用海域对鸟类栖息及觅食影响、施工灯光影响、施工风险事故影响等。施工期对鸟类影响程度有限，且随着施工的结束而消失，在采取规避、加强管理、避免夜间施工等保护措施的前提下，施工期影响可接受。

本项目处于东亚—澳大利西亚候鸟迁飞区，迁徙跨越渤海的鸟类具体路径包括海上及多个滨海地区，其中本项目场址所占鸟类总迁徙区域的比例很小，属于渤海区域迁徙鸟类的固定迁徙通道和必经区域，本项目场址区域范围有限，迁徙鸟类有足够的主动规避空间；鸟类迁飞停栖的主要区域为陆域海岸线附近，海上风电场区离岸较近，水深较浅，不是迁徙期鸟类迁徙所经过主要路线的中间，也不是迁徙鸟类停歇、觅食的主要区域。

本项目风机采用直径233m的风机叶轮、高140m轮毂的结构，风机距离海平面以上高256.5m，雁形目鸟类迁飞的高度一般都会超过风机的轮毂和叶片的高度，且风机行间距与行内间距较宽，加上鸟类的躲避行为，在天气状况良好的情况下，迁飞的鸟类基本都能避开风机叶片扫过的区域，风电场风机对鸟类迁徙影响较小。风电场运行期间的噪声、电磁辐射、光源等对鸟类有影响，这些影响较小，从生态环境影响角度可以接受。

本项目风电场区不涉及重点保护鸟类集中分布区，对重点保护鸟类的直接干扰、影响很小。

综上，本项目海上风电场、海底电缆、海上升压站的选址避开了鸟类的栖息地、觅食区，对鸟类栖息和觅食的干扰影响有限。根据鸟类实地调查，项目区鸟类多沿岸线飞行，迁徙跨越渤海的鸟类具体路径包括海上及多个滨海地区，其中本项目场址所占鸟类总迁徙区域的比例很小，虽属于渤海区域迁徙鸟类的固定迁徙通道和必经区域，但本项目场址区域范围很小，迁徙鸟类有足够的主动规避空间，且长距离迁徙鸟类迁飞高度较高，大多高于风机的轮毂和叶片的高度，加上鸟类的躲避行为，风电场风机对鸟类迁徙影响较小。为避免光源影响，海上风电场运营期应加强灯光管控，在采取相应措施后，可减缓对鸟类的相关影响，海上风电场建设从对鸟类生态影响角度可以接受。

5.7.4 建议

项目选址及路由经过了严格的比选论证，并从工程设计角度规避鸟类影响；施工期应严格按照工程设计进行施工，同时采取相应的工程措施，避免对鸟类的影响；建设期和运营期应严格灯光管理，加强鸟类监控，在迁徙高峰期采取停机等相关措施；同时建议设立观鸟台、鸟类救护站等设施，项目建设单位应委托专业机构按环评制定的鸟类监测计划开展运营期长期鸟类观测。

5.8 通航安全影响分析

本节分析引自《滨州港防波堤风电项目通航安全分析报告》（大连海事大学，

2025 年 8 月)。

5.8.1 与附近航道的影响

本工程海域现有航道主要为滨州港海港港区进出港航道。本项目风电场位防波堤上，依次沿防波堤排列布置，叶轮直径 233 米，风机工作时占用的水域直径为 233 米，由于西防波堤的走向与盛行风的走向基本一致，风机亦沿盛行风走向布置，因此，风机工作时，占用的区域仅为防波堤上方区域，不会涉及防波以外的水域。



图 5.8-1 滨州港海港港区部分进港航迹

5.8.2 与习惯航线的影响

本项目的风机设施均建立在防波堤上，不涉及对海域的占用，不改变当前港口、航道、锚地等布局，并且距离习惯航线较远，因此，对于周边的习惯航线基本不产生影响。

5.8.3 与渔船的影响

本次防波堤风电项目所在海域分布着众多渔港，每逢渔汛季节，都有大量渔船出海进行捕捞作业，增加了该水域的通航密度，使该水域的航行环境变得较为复杂。复杂。本项目附近有 3 个比较大的渔港，其中，停靠在下图区域的渔船，在进出港时会占用防波堤水域。因此，部分渔船与本次防波堤风电项目之间存在着一定的影响。

业主单位应联合海洋渔业部门，充分利用风电场自身配备的 CCTV 系统对附近的渔船进行监控，及时发现及时控制。并与相关单位联合，加大对附近水域渔民的教育和培训工作，加强对附近水域渔船的宣传和管理工作，使其对风电场的建设及水域环境的变化引起足够重视,航行及作业时与风电场保持一定的安全距离，避免渔船与风机产生碰撞危险。



图 5.8-2 使用防波堤水域的渔船轨迹

5.8.4 与航道锚地的影响

风电场项目在防波堤上建设，并未占用现有海上水域；电缆均敷设在防波堤附近，未占有港外水域。与最近的锚地距离大于 5 海里，离本工程最近的规划航路为大口河港区—海港港区航道，最小距离为 2.6 海里左右。因此，风电场项目所处位置与现有航道及锚地基本不产生影响。

风电场项目建设过程中，会有工程船舶参与建设，增加了本海域的船舶交通流量，可能会对进出航道及锚地的船舶航行带来一定的影响。针对这种影响，只要每艘船舶遵守国际海上避碰规则，保证正规瞭望，可以避免船舶碰撞事故发生。

5.9 对环境敏感目标影响分析

5.9.1 工程各阶段对生态红线的影响

根据山东省“三区三线”的划定成果，项目不占用生态红线，评价范围内涉及的生态红线为山东贝壳堤岛与湿地重要滩涂及浅海水域生态保护红线（距离项目最近约 624m）和黄河三角洲北部重要滩涂及浅海水域生态保护红线（距离项目最近约 11.9km）。

项目施工期船舶产生的生活污水、含油废水及生活垃圾等全部收集后妥善处理，不会直接排放至海域。项目施工过程中产生的悬浮泥沙最大扩散包络范围，不会进入生态红线，与山东贝壳堤岛与湿地重要滩涂及浅海水域生态保护红线的最近距离

约为 3m，项目 1~8#风机选择在低潮时施工，降低施工期悬沙与海水之间的交换，且这种影响在施工结束后就会消失且施工期较短；与黄河三角洲北部重要滩涂及浅海水域生态保护红线的最近距离约为 10.8km。因此，项目建设不会对生态红线造成影响。

项目营运期无污染物产生，检修期间船舶产生的污水和固体废弃物均收集后妥善处理，不排放至海域，不会对生态红线造成影响。

图 5.9-1 项目悬浮泥沙包络范围与生态红线的位置关系

5.9.2 工程各阶段对自然保护区的影响

评价范围内的自然保护区为滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区、东营河口浅海贝类生态国家级海洋特别保护区。项目占用现状滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的缓冲区，距离东营河口浅海贝类生态国家级海洋特别保护区约 11.6km。

滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区位于山东省滨州市无县和滨州北海经济开发区的北部沿海地区，渤海西南岸。主要保护对象是贝壳堤岛和湿地生态系统。项目占用现状滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的缓冲区，目前贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区范围正在调整，并已通过山东省批复，调整后的保护区范围较之前面积减少 30%，项目不占用调整后的保护区，距离调整后的保护区最近距离约 624m。

东营河口浅海贝类生态国家级海洋特别保护区位于渤海湾南岸黄河三角洲近岸海域，主要保护对象是文蛤、四角蛤蜊、毛蚶等底栖贝类及其赖以生存的栖息环境。

项目施工期船舶产生的生活污水、含油废水及生活垃圾等全部收集后妥善处理，不会直接排放至海域。项目施工过程中产生的悬浮泥沙最大扩散包络范围，会进入现状滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的缓冲区，扩散范围距离核心区的最近距离约 3m。项目 1~8#风机选择在低潮时施工，降低施工期悬沙与海水之间的交换，且这种影响在施工结束后就会消失且施工期较短；同时项目后续将通过增殖放流进行生态补偿。项目悬浮泥沙扩散范围与东营河口浅海贝类生态国家级海洋特别保护区的最近距离约为 10.8km，不会对其产生影响。

项目营运期无污染物产生，检修期间船舶产生的污水和固体废弃物均收集后妥善处理，不排放至海域，不会对自然保护区造成影响。

图 5.9-2 项目悬浮泥沙包络范围与自然保护区的位置关系

图 5.9-3 项目悬浮泥沙包络范围与自然保护区（调整后）的位置关系

5.9.3 工程各阶段对水产种质资源保护区的影响

5.9.3.1 对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的影响

项目位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区中的渤海湾保护区中。

1.施工期

(1)项目位于渤海湾保护区核心区风电基础、电缆敷设、升压站等永久占用和施工平台、施工便道和挡潮围堰等临时占用渤海湾保护区海域，挤占主要保护对象的生存空间，对保护区内主要保护对象资源量具有一定影响。由于风机采用灌注桩基础结构，电缆桥架、升压站进站桥梁采用透水式桩基结构，均为透水构筑物，对渤海湾保护区主要保护对象和保护区的主要保护功能不会造成显著影响。

(2)疏浚用海将直接破坏底栖生物的栖息环境，用海范围内的底质环境完全破坏，除少量活动能力较强的底栖种类能够逃往他处而存活外，大部分底栖生物死亡，对其生存影响较大。

(3)本项目涉及悬沙的施工内容主要为海上桩基基础施工、平台砌筑、疏浚开挖和临时道路钢板铺设，对保护区水质环境产生一定影响。同时悬浮泥沙浓度升高，导致保护区内浮游植物、浮游动物以及鱼卵仔稚鱼和渔业资源幼体的成活率下降，从而导致保护区内的浮游植物、浮游动物以及鱼卵仔稚鱼和渔业资源幼体资源量降低。由于渔业资源成体具有一定的游泳能力，能够躲避不利生存的环境，因此，悬浮泥沙浓度的升高，对保护区内渔业资源会造成一定的影响。由于施工时间较短，悬浮泥沙对保护区主要保护对象的影响会随施工期的结束而逐渐消失。

(4)项目距离渤海湾保护区核心区主要保护对象三疣梭子蟹的产卵场较近。由于本项目位于滨州港防波堤附近海域，水动力环境较弱。工程施工产生的悬浮泥沙影响范围在工程附近海域，正常工况下，项目建设对三疣梭子蟹的产卵行为影响较小，同时项目施工期采取避让渤海湾保护区的特别保护期措施。综上，本项目施工期对疣梭子蟹产卵场主要功能影响较小。

(5)工程建设引起潮流场变化，从而导致冲淤环境变化，数模结果，工程建设对周边的潮流场及冲淤环境的影响较小，因此项目建设对保护区内底栖生物的资源量影响较小。

2.运营期

风电场在运行过程中没有工业废水和废弃物排出，维护维修过程中会产生少量含油废水和固体废弃物。所有污染物都收集后统一处理，不排海，对保护区主要保护对象和保护区主要功能影响较小。

运营期风电机组和输电电缆的电磁强度都很小，国内外现有的电磁场对海洋生物影响研究资料尚不全面，建议建设单位在项目运营期间积极开展风电场运营期对主要海洋经济生物影响跟踪监测。

综上，项目不会直接对主要保护对象中国明对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹等产生显著影响，项目占用保护区海域面积较小不会对保护区主要功能造成较大影响。建议加强项目施工过程监管，风电基础、电缆敷设、升压站等海上施工严格避开保护区的特别保护期4月25日~6月15日，积极采取生态保护措施，降低项目建设对保护区及主要保护对象的影响。

5.9.3.2 对马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区的影响

马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区的主要保护对象是文蛤，其他保护物种包括缢蛏、青蛤、四角蛤蜊、光滑河兰蛤、红螺、毛蚶、习见织纹螺，厚蟹类，双齿围沙蚕、日本刺沙蚕等。

项目不占用马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区，距离其实验区的最近距离约610m。项目施工期船舶产生的生活污水、含油废水及生活垃圾等全部收集后妥善处理，不会直接排放至海域。项目施工过程中产生的悬浮泥沙最大扩散包络范围，距离马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区的最近距离约24m，不会扩散至保护区，同时，项目1~8#风机选择在低潮时施工，降低施工期悬沙与海水之间的交换。

项目营运期无污染物产生，检修期间船舶产生的污水和固体废弃物均收集后妥善处理，不排放至海域，不会对马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区造成影响。

图 5.9-4 项目悬浮泥沙包络范围与马颊河文蛤国家级水产种质资源保护的位置关系

5.9.3.3 对无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区的影响

无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区以中国毛虾为主要保护对象，其他保护对象包括中国对虾、背尾对虾、三疣梭子蟹、天津厚蟹、文蛤、缢蛏、四角蛤蜊、光滑河篮蛤、梭鱼、鲈、斑鲷、黄鲫等。

项目不占用无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区，距离其实验区的最近距离约1m，距离其核心区约2.4km。

项目施工期船舶产生的生活污水、含油废水及生活垃圾等全部收集后妥善处理，不会直接排放至海域。项目施工过程中产生的悬浮泥沙最大扩散包络范围，会进入无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区的实验区，扩散范围最大约301m。项目1~8#风机选择在低潮时施工，降低施工期悬沙与海水之间的交换，且这种影响在施工结束后就会消失且施工期较短；同时项目后续将通过增殖放流进行生态补偿。项

目悬浮泥沙扩散范围与无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区核心区的最近距离约为 2.4km，不会对其产生影响。

项目营运期无污染物产生，检修期间船舶产生的污水和固体废弃物均收集后妥善处理，不排放至海域，不会对无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区造成影响。

图 5.9-5 项目悬浮泥沙包络范围与无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区的位置关系

5.9.3.4 对套尔河口海域国家级水产种质资源保护区的影响

套尔河口海域国家级水产种质资源保护区的主要保护对象为缢蛏。本项目位于套尔河口海域国家级水产种质资源保护区的东南侧约 3.6km 处。

项目施工期船舶产生的生活污水、含油废水及生活垃圾等全部收集后妥善处理，不会直接排放至海域。项目施工主要在西防波堤迎水面，套尔河口海域国家级水产种质资源保护区与项目有防波堤相隔，产生的悬浮泥沙不会扩散至保护区，不会对套尔河口海域国家级水产种质资源保护区造成影响。

项目营运期无污染物产生，检修期间船舶产生的污水和固体废弃物均收集后妥善处理，不排放至海域，不会对套尔河口海域国家级水产种质资源保护区造成影响。

图 5.9-6 项目悬浮泥沙包络范围与套尔河口海域国家级水产种质资源保护区的位置关系

5.9.4 工程各阶段对“三场一通道”的影响

项目区所处海域临近渤海湾核心区主要保护物种为三疣梭子蟹的产卵场，项目区外侧海域有保护区主要保护对象索饵场及洄游线路分布。项目占用三疣梭子蟹的索饵场，工程施工产生的悬浮泥沙、潮流场以及冲淤环境影响范围主要集中在风电机组桩基附近，通过项目施工期采取避让渤海湾保护区特别保护期、增殖放流等措施以降低项目施工对三疣梭子蟹产卵行为的影响，营运期正常工况下项目不会对保护区主要保护对象等产生显著影响。

综上，项目建设对“三场一通道”影响较小。

5.10 海洋生态影响程度判定

根据上述项目建设对海洋生态环境的影响分析，参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）附录 F，项目建设对海洋生态影响程度分级判断如下。

表 5.10-1 海洋生态影响程度划分表

6 环境风险评价

6.1 环境风险识别

6.1.1 环境风险敏感目标

项目环境风险评价范围内的敏感目标包括：开放式养殖用海项目、滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区、无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区、马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区、辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区（渤海湾）。

图 6.1-1 环境风险评价范围内的敏感目标

6.1.2 物质危险性识别

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）对突发环境事件风险物质进行识别判定，本项目涉及的环境风险物质主要为船舶燃料油，以柴油为主要类型。柴油的理化性质指标见下表。

表 6.1-1 柴油理化性质表

一、标识	
中文名：柴油	英文名：Diesel oil
分子式：C ₄ H ₁₀ -C ₁₂ H ₂₆	CAS号：67-56-10
分子量：/	危险性类别：可燃液体
二、理化性质	
外观和性状：稍有粘性的棕色液体	主要用途：原料
闪点（℃）：38	相对密度（水=1）：0.82~0.87
沸点（℃）：170~390	爆炸上限%（V/V）：5.0
引燃温度（℃）：75~120	爆炸下限%（V/V）：0.7
溶解性：难溶于水，易溶于醇等有机溶剂。	
三、危险性	
中毒现象：柴油有麻醉和刺激作用，皮肤接触柴油可致接触性皮炎，可引起眼、鼻刺激症状、头晕和头痛。	
危险特性：属于易燃物，其蒸汽在60℃时遇到明火会燃烧，燃烧放出大量热；柴油是电的不良导体，在运输过程中，油分子之间、柴油与其他物质之间的摩擦会产生静电，产生电火花。	
燃烧分解产物：一氧化碳、二氧化碳、醛类和不完全燃烧时的大量黑烟。黑烟中有未经燃烧的油雾、碳粒，一些高沸点的杂环和芳烃物质，并有些致癌物如苯并芘，可造成污染。	
急救措施：①皮肤接触：立即脱掉污染的衣服，用肥皂和清水冲洗皮肤；②眼睛接触：立即用流动水冲洗，就医；③吸入：迅速撤离现场至空气清新处，保持呼吸道顺畅；④食入：误服柴油者可饮牛奶，尽快洗胃，送医院就医。	

6.1.3 生产系统危险性识别

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018），对生产系统开展危险性识别时应涵盖主要生产装置、储运设施、公用工程和辅助生产设施以及环境保护设施等方面。在本项目中，施工期与运营期存在以下潜在风险：船舶在恶劣天气条件或人为操作失误影响下可能发生碰撞事故，进而引发燃料油或其它油类泄漏；

同时，防波堤在面临风暴潮、地震等自然灾害强烈作用时，存在发生结构性损坏乃至坍塌的可能。

表 6.1-2 生产系统危险性识别一览表

序号	风险单元	危险物质	环境风险类型	触发因素
1	船舶	船舶燃料油	意外事故	操作失误、泄漏、恶劣天气等
2	防波堤	/	坍塌、损坏	恶劣天气、地震等

6.1.4 自然灾害风险识别

(1) 台风和风暴潮

台风及强风引发的风暴潮通常表现为海水水位异常上涨，可能淹没沿海陆地，冲毁建筑，并对农田、人畜等造成损害。若风暴潮与天文大潮高潮位叠加，将进一步加剧水位上升，导致海水向内陆漫溢，引发严重的灾害后果。

在风暴潮发生期间，强风与巨浪共同作用可引起水位显著增高，增加工程海域内船舶发生碰撞、搁浅等事故的风险。若本工程在设计或施工阶段遭遇极端风暴潮袭击，可能导致航道发生大规模淤积，从而造成重大经济损失。

(2) 海冰

海冰灾害主要指海上出现的严重冰情，对海上交通运输、油气开采、水产养殖等生产活动，以及海上工程和海岸设施等造成的危害。

项目施工期间，施工船舶可能与浮冰发生碰撞；若遭遇冰封情况，船舶航行将受限，影响施工进度并导致经济损失。运营期间如发生海冰灾害，将阻碍船舶安全进出港口，严重影响港口正常作业与通航安全。

6.1.5 风险识别结果

根据上述分析，本项目的环境危险单元主要包括：事故危险单元、生产系统危险单元和自然灾害危险单元。本项目的环境风险识别结果见下表。

表 6.1-3 环境风险识别结果汇总表

序号	危险单元	风险源	主要危险物质	环境风险类型	环境影响途径	可能受到影响的敏感目标
1	事故危险单元	船舶溢油	燃料油	意外事故	泄漏物质会在水动力作用下影响周边敏感目标	周边保护区、养殖区、休闲娱乐区等
2	生产系统危险单元	防波堤坍塌	/	坍塌、损坏	损坏防波堤和风电基础，引起船舶碰撞等	周边保护区、养殖区、休闲娱乐区等
3	自然灾害危险单元	风暴潮	/	自然灾害		
4		海冰				

6.2 环境风险事故源项分析

6.2.1 溢油事故分析

船舶溢油事故指船舶在海上发生石油或其制品泄漏的事件，通常由船舶事故、设备故障、人为操作失误或恶劣天气等原因引发。

根据国家环境监测总站 2018 年发布的《中国近岸海域环境质量公报》统计，1973 年至 2016 年间我国近海海域共发生溢油事故 5395 起，累计溢油量约 41419 吨，其中溢油量超过 50 吨的重大事故 79 起。事故原因主要包括船舶碰撞、搁浅、船体或设备故障、火灾及爆炸等。对 1970 年至 2019 年间的事故原因进行分析显示，碰撞与搁浅是导致溢油的主要原因。在溢油量 7-700 吨的事故中，碰撞占比 27%，搁浅占 20%，设备事故占 15%；而在溢油量超过 700 吨的事故中，搁浅和碰撞分别占 32%和 30%，船体事故占 13%，火灾、爆炸及其他因素（如极端天气和人为破坏）占比相对较小。

船舶溢油会造成大量石油或化学品进入海洋，破坏海洋生态系统，污染海水、海底沉积物及海岸带环境，对海洋生物的生存与繁殖造成严重影响，甚至可能引发生态灾难。泄漏的石油在水面形成油膜，不仅对海洋生物和鸟类具有毒性及窒息威胁，也会打破海洋生态平衡。此外，油污还会对海滩及沿岸生境造成长期污染，影响滨海生物多样性，并对当地旅游业造成直接经济损失。

统计数据显示，1974年至2018年间我国近海发生50吨及以上溢油事故共117起，其中50吨级以上92起、500吨级以上24起、3.4万吨级以上1起，累计损失油品约186105吨。广东、山东和上海地区事故次数均达15次以上，山东以31次事故、溢油总量约11912吨位居第二。渤海水域在此期间发生6起重大溢油事故，结合区域特点及周边受影响情况，该海域亦属于溢油事故需重点关注的区域。由图6.3-2可以看出，碰撞是导致海洋溢油事故的首要致因。

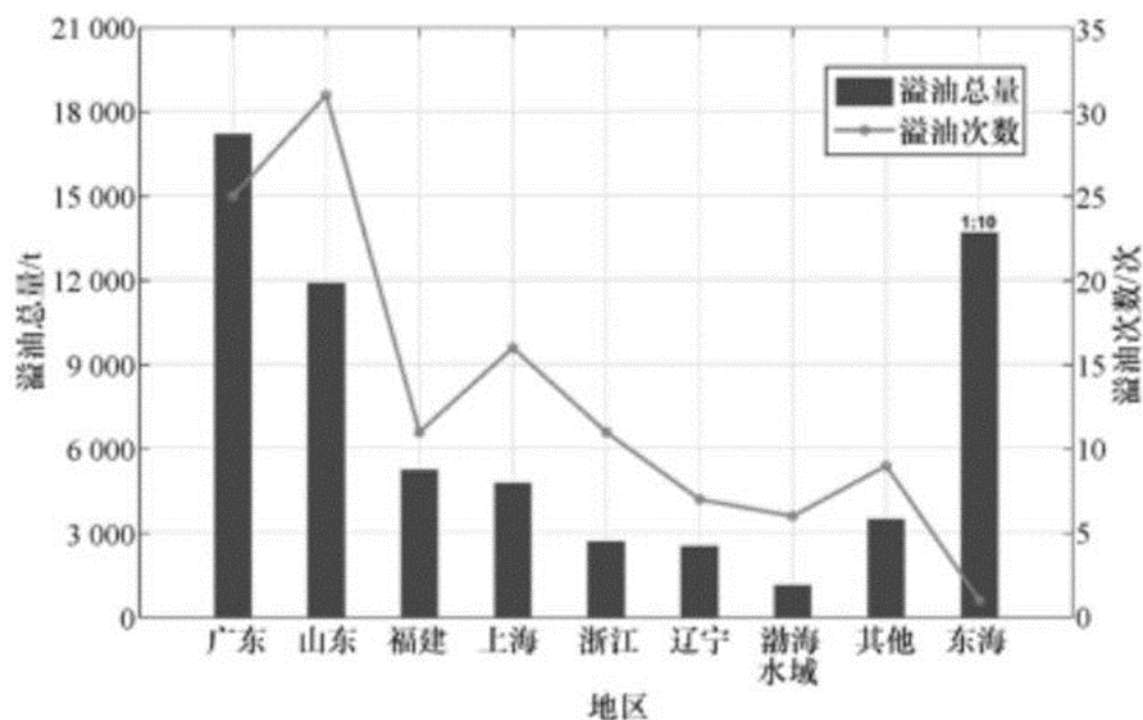


图 6.2-1 1974~2018 年我国海洋溢油事故区位分析图

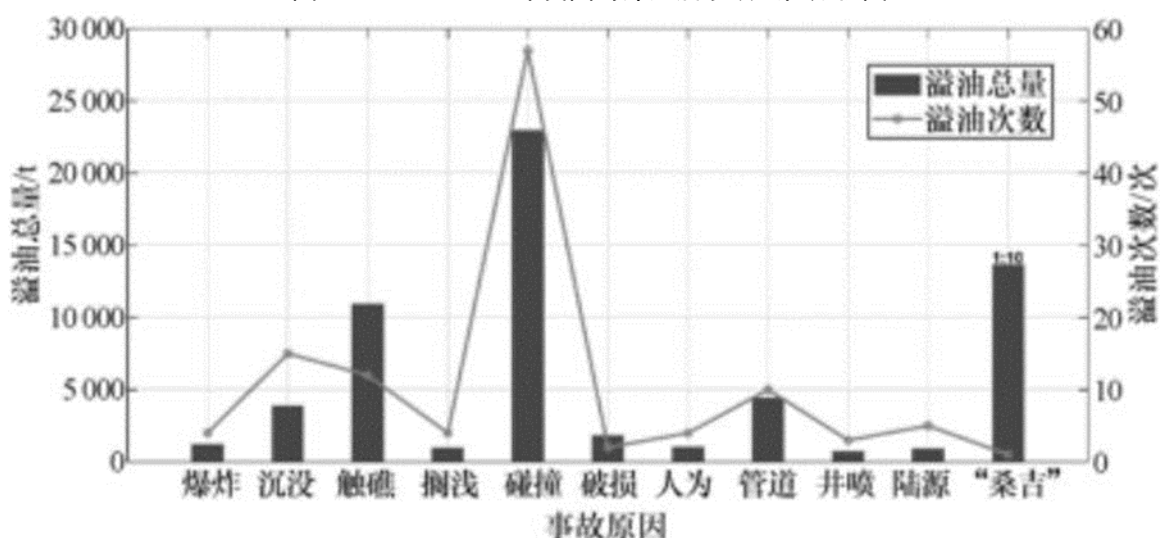


图 6.2-2 1974~2018 年我国 50t 及以上海洋溢油事故原因分析图

2019年9月3日，广东籍散货船“瑞鑫168”在上海港常州号泊位码头附近水域，因违反船舶运输安全规定并存在操作不当行为，导致所载散装焦煤发生倾倒，致使船舶沉没并引发燃油泄漏事故。据评估，泄漏燃油量约为180吨。

2021年4月27日，利比里亚籍油轮“交响乐”轮与巴拿马籍杂货船“义海”轮在黄海海域发生碰撞，造成约9419吨货油泄漏进入海洋环境。根据相关部门发布的《青岛“4.27”船舶污染事故调查报告》，此次碰撞导致“交响乐”轮承运的约9419吨货油泄漏，造成青岛、威海、烟台三地共计约4360平方公里海域及约786.5公里海岸线受到污染。

6.2.2 防波堤坍塌

防波堤在海港各类水工建筑物中具有重要作用，其功能在于抵御波浪及海冰的侵袭，保障港内水域的平稳，以确保船舶在港区内安全停泊和正常进行装卸作业。本项目风电机组布置于防波堤之上，在建设期间需对原有防波堤进行修复及加固，该过程可能对其整体结构稳定性造成一定影响。同时，在项目运营阶段，强风浪、地震等外部作用力也可能对防波堤的稳定性构成潜在威胁。

由于波浪作用的随机性以及波浪-防波堤-地基之间相互作用的复杂性，防波堤损毁事件在全球范围内时有发生。例如20世纪30年代初地中海沿岸热那亚等多处港口的防波堤遭受严重破坏、1978年葡萄牙锡尼斯港深水防波堤出现重大损毁、日本屡次发生的防波堤破坏案例，以及我国部分防波堤的损坏情况。近年来，我国沿海工程设施常受台风浪冲击，强台风浪导致防波堤护面结构受损的情况较为突出。波浪作为防波堤承受的主要荷载之一，对其稳定性具有显著影响。近几年我国沿海频受台风侵袭，例如2012年“布拉万”台风和2015年“彩虹”台风均对相关港口防波堤造成了严重影响。若防波堤发生坍塌，将对本项目中风电基础结构的稳定性带来不利后果，一旦出现倒塌事故，还可能引发水体污染，对周边水域水质造成影响。防波堤的坍塌将对本项目风电基础的稳定性产生不利影响，如若发生倒塌，将会导致水体污染，影响水质。建议建设单位，在施工及营运过程中加强监测，降低事故发生概率。

6.2.3 自然灾害分析

6.2.3.1 风暴潮、台风事故影响分析

风暴潮指海洋水体受强烈大气扰动影响而引发的海平面显著异常升降现象，通常由短时间内强风或气压急剧变化所导致。若风暴潮发生期间恰逢天文大潮的高潮时段，两者叠加易造成受影响海域水位大幅上涨，可能超出沿海防潮设施的设防水位，对沿岸居民生命财产安全和经济社会发展构成威胁；在极端情况下，高涨的水位甚至可能波及内陆区域。

山东省沿海属于风暴潮多发区。据相关统计，在1898年至1997年的近百年间，影响山东沿海的台风总数约130个，年均约1.3个，其中7至9月发生的台风占总数80%左右，8月最为集中。

除台风风暴潮外，山东省沿海还常受温带气旋风暴潮影响。莱州湾与渤海湾沿岸是温带风暴潮的高发区。每年影响黄、渤海海域的温带气旋及强冷空气大风过程约60次，由台风和温带气旋等引发的增水超过1米的风暴潮年均发生约14次，超过2米的严重风暴潮共发生过22次，平均约每两年发生一次造成重大灾害的风暴潮过程。

表6.2-1 山东沿海风暴潮灾害事件统计

时间	性质	最大增水
1992年9月1~2日	9216号台风	羊角沟增水 3.04m
1994年8月15~16日	9415号台风	龙口增水 1.33m
1997年8月18~19日	9711号台风	羊角沟增水>2m
1964年4月5~6日	黄海气旋	莱州湾、渤海湾增水>2m
1969年4月23日	强气旋	羊角增水 3.35m
1980年4月5日	江淮气旋	羊角增水 3.18m
1987年11月26~27日	低压	莱州湾、渤海湾增水>2m
2003年10月11~12日	低压倒曹	羊角沟增水 3.25m
2007年3月3~4日	特大温带风暴潮	羊角沟验潮站 2.02m
2009年4月15日	温带风暴潮	黄骅站 1.76m
2012年8月2~4日	“达维”台风风暴潮	黄骅站 1.57m
2013年5月26~28日	温带风暴潮	潍坊站 1.38m
2014年10月8~12日	“141008”温带风暴潮	潍坊站 1.80m
2015年9月30~10月2日	“150930”温带风暴潮	/
2015年11月4~6日	“151104”温带风暴潮	/
2016年10月21~22日	“161022”温带风暴潮	/
2016年11月20~21日	“161121”温带风暴潮	/
2017年10月9日~10日	“171009”温带风暴潮	/
2018年3月15日	“180315”温带风暴潮	/
2018年8月12日~14日	“摩羯”台风风暴潮	/
2018年8月14日~16日	“180815”温带风暴潮	潍坊站 1.76m
2019年8月8日~13日	1909“利奇马”台风风暴潮	黄河海港站（1.94m）、龙口站（1.66m）、东营港站（1.56m）和蓬莱站（1.15m）
2020年11月18~19日	“201119”温带风暴潮	成山头站（0.63m）、芝罘岛站（0.73m）

注：资料来源于自然资源部海洋预警监测司“海洋灾害公报”

本工程海域位于我国温带系统风暴潮灾害最为频发、程度最为严重的渤海湾与莱州湾周边区域，同时处于北上进入渤海的台风主要路径或显著影响范围内，因此受风暴潮影响较为常见。其造成的灾害后果包括损毁海堤、港口内停泊船只、浅海及滩涂养殖设施等，严重时可能导致人员及牲畜溺亡，经济损失可达数百万元至数千万元。尤其在出现大幅增水且与当地天文高潮时段重叠，并伴随近岸向岸大浪的情况下，极易引发严重或特别严重的风暴潮灾害。

滨州市沿海地区属于平原泥沙质海岸，岸线坡度平缓，易受季风作用影响，也是山东省内风暴潮发生频率最高的岸段。1993年、1997年及2003年三次较严重的风暴潮，共计造成当地直接经济损失约20.8亿元。该区域的风暴潮主要由温带系统引发，其次受台风系统影响。温带系统导致的增减水现象多出现在10月至次年5月，幅度一般在80厘米至99厘米之间；增幅超过100厘米的情况主要集中在10月至次年2月，减幅超过100厘米则多见于11月至次年3月。台风引发的风暴潮则集中于夏季7月至9月，一般增水幅度约为60厘米，较强情况下可达100厘米左右。

在风暴潮期间，波浪高度和能量显著增大，会对防波堤结构形成强烈冲击，影

响防波堤及风电基础的稳定状态，进而可能危及停靠船舶的安全，增加发生溢油事故的风险。

6.2.3.2 海冰事故影响分析

海冰是由海水直接冻结形成的咸水冰，也包括从陆地进入海洋的大陆冰川（如冰山和冰盖）、河冰及湖冰等。海冰灾害是指由海冰引发的、对人类在沿海及海上活动及相关设施安全运行造成影响的灾害，尤其指造成人员伤亡和资源财产损失的事件，例如航道堵塞、船舶与海洋工程结构及海岸设施损坏、港口码头冻结、水产养殖受损等。海冰会影响施工船舶的航行安全，增加碰撞风险，从而对海洋环境带来不利影响。

山东省海域的海冰情况按严重程度分为五个等级，依次为轻冰年（1级）、偏轻冰年（2级）、常冰年（3级）、偏重冰年（4级）和重冰年（5级）。过去50年间，渤海与黄海平均冰级约为2.8级，最高冰级为5级（出现在1957年和1968年），最低冰级为1级（出现在1973年），详见图6.2-3。自1950年以来，渤、黄海冰级总体呈下降趋势，平均下降速率约为0.0154级/年。各年代平均冰级分别为：20世纪50年代3.3级，60年代3.0级，70年代2.6级，80年代略有回升至2.8级，90年代降至2.4级，为近50年来最低水平。从各年代冰级距平值也可看出，50年代和60年代为正距平，70年代以后转为负距平，90年代达到近50年最低值，距平为-0.5级。

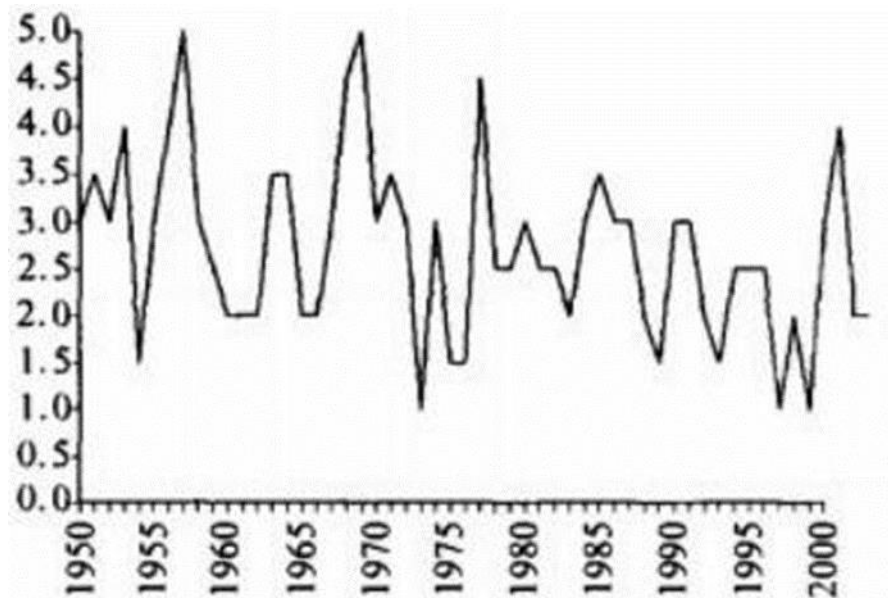


图 6.2-3 近 50 年山东沿海海冰年际变化图
表 6.2-2 1951~2000 年海冰年代距平

年代	1950	1960	1970	1980	1990
10 年距平	0.4	0.3	-0.2	-0.2	-0.5

从漳卫新河口起，沿海岸经渤海湾南岸、莱州湾西岸及南岸延伸至莱州湾东岸，冰情强度呈逐渐减弱趋势。大致可划分为四段：渤海湾与莱州湾西岸沿岸、莱州湾

南部与东部沿岸、砣姆岛至蓬莱高角沿岸以及山东黄海沿岸，各段冰情依次递减。其中，渤海湾和莱州湾西岸沿岸冰情最为严重，而山东黄海沿岸在一般年份通常无海冰出现，仅在特殊偏冷年份才会形成少量海冰。沿海各段的冰情特征参数详见表 6.2-3。

表 6.2-3 山东沿海各地冰情统计表

项目	渤海湾和莱州湾西部	莱州湾南部和东部	砣姆岛至蓬莱高角
开始时间	12 月	12 月上旬到下旬	1 月下旬
结束时间	翌年 3 月	翌年 2 月底至 3 月初	2 月中旬
冰期	3 个月	2.5~3 个月	1 个月
盛冰期	1 月下旬至 2 月中旬	1 月下旬至 2 月中旬	--
固定冰宽	1~3km	0.5km	限于岸边二三海里
一般冰厚	15~25cm	10~20cm	5~10cm
最大冰厚	40cm	35cm	最厚 15cm
流冰距岸	15~25nmile	15~25nmile	2~3nmile
流冰速度	52cm/s、最大 103cm/s	52cm/s、最大 103cm/s	52cm/s、最大 103cm/s

根据表 6.2-2 和表 6.2-4 分析，山东沿海 1951~2000 年间的海冰年代距平从 20 世纪 70 年代开始转为负值，且冰级整体呈下降趋势；本工程位于渤海湾，属于山东沿海冰情最严重的区域，海冰期持续时间长，冰层厚度相对较大。

2009 年 1 月下旬至 2 月上旬，辽东湾、渤海湾、莱州湾及黄海北部曾出现大范围冰封现象。2010 年 1 月以来，受持续低温天气影响，黄渤海海冰迅速增长，出现近 30 年同期最严重的冰情。由于对冰情预估不足且防范措施不够充分，莱州湾及周边沿海区域的养殖业和航运受到显著影响。2011 年 1 月，在持续冷空气作用下，莱州湾附近海域再次发生严重海冰灾害。据烟台海洋环境监测中心站预测，当时莱州湾海冰覆盖面积约 6188 平方公里，冰厚约 20 厘米，69%的海域被冰层覆盖，此次灾害对当地捕捞、养殖及航运等行业造成了严重损害。

一旦发生海冰灾害，受潮流及船舶活动影响，浮冰易在航道内聚集，航行船舶需等待拖轮清除浮冰后方可靠泊，严重影响港口正常作业。此外，船舶在冰区航行时，易发生海底阀堵塞、螺旋桨损坏、搁浅及走锚等险情。设置在航道附近的航标受海冰挤压易发生漂失、移位或损坏，从而丧失助航功能，导致船舶偏离航道并引发搁浅事故。

本项目位于渤海湾内，根据上述分析，该区域冰情较为严重，海冰发生概率较高。因此，每年冬季结冰期来临前应做好相关防范准备，并在海冰出现时采取必要的应急措施，以减轻灾害带来的不利影响。

6.3 事故风险影响分析

6.3.1 船舶溢油事故影响分析

根据《环境影响评价技术导则海洋生态环境》（HJ 1409-2025）和《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），对本项目可能的船舶溢油风险进行预测分析。

6.3.1.1 溢油预测模型

6.3.1.2 溢油源强及计算工况

6.3.1.3 溢油模拟结果

溢油事故发生后油膜随着海潮的涨落而来回地漂移，同时，油品不断地乳化进入海水从而影响海洋水质，海面的油膜和海水中的油类物质对海洋生态环境造成严重影响。本报告对溢油扩散的研究选取潮流和风作为主要动力影响因子，对事故发生后的溢油扩散情况进行研究。预测结果详见下表所示。

表 6.3-1 各工况下溢油最大漂移距离和代表时刻最大扫海面积统计表

- 图 6.3-1 工况 1（夏季主导风向 SSE 向、涨潮）12h 内油膜扩散情况
- 图 6.3-2 工况 1（夏季主导风向 SSE 向、涨潮）24h 内油膜扩散情况
- 图 6.3-3 工况 1（夏季主导风向 SSE 向、涨潮）48h 内油膜扩散情况
- 图 6.3-4 工况 2（夏季主导风向 SSE 向、落潮）12h 内油膜扩散情况
- 图 6.3-5 工况 2（夏季主导风向 SSE 向、落潮）24h 内油膜扩散情况
- 图 6.3-6 工况 2（夏季主导风向 SSE 向、落潮）48h 内油膜扩散情况
- 图 6.3-7 工况 3（冬季主导风向 NW 向、涨潮）12h 内油膜扩散情况
- 图 6.3-8 工况 3（冬季主导风向 NW 向、涨潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-9 工况 3（冬季主导风向 NW 向、涨潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-10 工况 4（冬季主导风向 NW 向、落潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-11 工况 4（冬季主导风向 NW 向、落潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-12 工况 4（冬季主导风向 NW 向、落潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-13 工况 5（不利风向 1 ENE 向、涨潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-14 工况 5（不利风向 1 ENE 向、涨潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-15 工况 5（不利风向 1 ENE 向、涨潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-16 工况 6（不利风向 1 ENE 向、落潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-17 工况 6（不利风向 1 ENE 向、落潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-18 工况 6（不利风向 1 ENE 向、落潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-19 工况 7（不利风向 2 W 向、涨潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-20 工况 7（不利风向 2 W 向、涨潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-21 工况 7（不利风向 2 W 向、涨潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-22 工况 8（不利风向 2 W 向、落潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-23 工况 8（不利风向 2 W 向、落潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-24 工况 8（不利风向 2 W 向、落潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-25 工况 9（不利风向 3 SW 向、涨潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-26 工况 9（不利风向 3 SW 向、涨潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-27 工况 9（不利风向 3 SW 向、涨潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-28 工况 10（不利风向 3 SW 向、落潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-29 工况 10（不利风向 3 SW 向、落潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-30 工况 10（不利风向 3 SW 向、落潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-31 工况 11（不利风向 4 S 向、涨潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-32 工况 11（不利风向 4 S 向、涨潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-33 工况 11（不利风向 4 S 向、涨潮）48h 内油膜扩散情况

图 6.3-34 工况 12（不利风向 4 S 向、落潮）12h 内油膜扩散情况

图 6.3-35 工况 12（不利风向 4 S 向、落潮）24h 内油膜扩散情况

图 6.3-36 工况 12（不利风向 4 S 向、落潮）48h 内油膜扩散情况

根据上述油膜的最大扩散范围，可知溢油事故发生后可能影响的最大海域范围，对生态敏感目标的影响分析详见各工况溢油风险分析表。

表 6.3-2 各工况溢油风险分析表

根据不同风向、海流作用下数值模拟结果，施工期发生溢油事故时，事故发生后 48h 内可能影响的生态敏感目标包括：三湾水产种质资源保护区（渤海湾）、开放式养殖区以及滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区。其中，不利风向 1 情境下 ENE 风向 13.8m/s 风速（工况 5）时，油膜扩散对滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的影响范围最大；不利风向 3 情境下 SW 风向 13.8m/s 风速（工况 9）时，油膜向渤海中部海域的影响范围最大；不利风向 4 情境下 S 风向 13.8m/s 风速（工况 12）时，油膜向北侧海域漂移，对三湾水产种质资源保护区（渤海湾）的影响范围最大。

6.3.1.4 影响分析

船舶溢油事故发生后，将对海洋生物和渔业资源造成很大影响。尽管本工程发生溢油的概率较低，但若溢油事件发生，油品进入海洋环境后，通常以三种形态存在：一是浮于海面形成油膜；二是溶于或分散于海水中形成溶解态或乳化态；三是形成凝聚态残留物，漂浮或沉降于海底。这些形态的油类污染物将从多个层面威胁海洋生态系统的结构与功能，具体分析如下：

（1）溢油对环境风险敏感目标的影响

根据数模结果，施工期发生溢油事故时，事故发生后48h内可能影响的生态敏感目标包括：三湾水产种质资源保护区（渤海湾）、开放式养殖区以及滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区。其中，不利风向1情境下ENE风向13.8m/s风速（工况5）时，油膜扩散对滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区的影响范围最大；不利风向3情境下SW风向13.8m/s风速（工况9）时，油膜向渤海中部海域的影响范围最大；不利风向4情境下S风向13.8m/s风速（工况12）时，油膜向北侧海域漂移，对三湾水产种质资源保护区（渤海湾）的影响范围最大。本项目溢油发生时，可调用滨州港现有的溢油应急设备，其应急库位于[]和[]内，应急物资和器材较全面，可满足《港口码头溢油应急设备配备要求》（JT/T451-2009）的相关要求，应急库与本项目最近距离约2.03km，最远距离约15km，最快到达时间不足1h，可满足本项目溢油应急依托需求。同时，建议建设单位可联合滨州海事局等单位共同构建溢油风险方法网络体系，在依托现有设施的基础上，进一步在本工程施工船舶配备吸油毡等防污器材，提高

溢油风险防范能力，降低溢油事故发生时对周围敏感目标的影响。此外，建设单位和施工单位应合理安排施工密度和时间，避免溢油事故的发生。

（2）溢油对浮游植物的影响

油类中含有的多环芳烃等有毒物质可破坏浮游植物细胞膜结构，抑制光合作用相关酶的活性，阻碍叶绿素合成，导致光合效率下降、生长受阻甚至死亡。相关研究表明，多数浮游植物的石油急性中毒阈值在 0.1~10 mg/L 之间，敏感种类在 1 mg/L 以下即受到显著影响。漂浮于海面的油膜可阻隔光线进入水体，降低真光层深度，从而限制浮游植物对光能的获取，进一步抑制其光合作用与初级生产力。油类在自然降解过程中消耗大量溶解氧，易造成局部水体缺氧。同时，浮游植物死亡后的分解过程也会加剧氧耗，形成恶性循环，对存活个体造成次生环境胁迫。浮游植物是海洋食物网的基础环节和有机质的主要生产者。其数量与结构的变动将直接影响浮游动物、仔稚鱼等更高营养级生物的饵料供给，进而影响整个生态系统的物质循环与能量流动。

（3）溢油对浮游动物的影响

溢油事故对浮游动物的影响主要表现为直接毒害与间接环境胁迫的共同作用。油类中的烃类及多环芳烃等有毒成分可直接损伤浮游动物的细胞结构与生理机能，尤其对幼体阶段的发育与存活造成显著抑制，部分敏感类群在较低浓度下即可出现死亡率上升。同时，油膜覆盖水面会阻碍气体交换与光照传输，导致水体溶解氧下降并影响浮游动物的行为与分布。此外，浮游植物作为其重要饵料因油污影响而减少，进一步导致浮游动物面临食物短缺。这些影响不仅会造成浮游动物群落数量减少和多样性下降，还会通过食物链传递，威胁鱼类、虾类等更高营养级生物的生存，最终对海洋生态系统的结构与功能产生损害。

（4）溢油对底栖生物的影响

溢油事故中柴油的较重组分沉降并污染海底沉积物后，对底栖生物产生多方面的影响。底栖生物通过滤食或体表直接接触摄入石油烃等有毒物质，导致组织损伤和生理功能异常。同时，沉积物中微生物在分解石油烃的过程中大量消耗氧气，并可能降低沉积物pH值，进一步恶化了底栖生物的栖息环境。长期污染还会引起底栖生物群落结构与功能的改变，表现为敏感类群尤其是高营养级生物数量减少，耐受性强的机会种大量繁殖，生物多样性下降，生物扰动作用减弱，生态功能趋于简化。此外，石油烃在沉积物中的持久存在会对底栖生物造成慢性毒性效应，影响其生长、繁殖及种群延续，从而对整个底栖生态系统稳定性产生危害。

（5）溢油对渔业资源的影响

溢油事故会导致养殖水域中的水质受到影响。污染的水质含有有害物质，对养殖生物的生长和健康造成危害，导致养殖鱼类、贝类等生物中毒或死亡，养殖生物数量减少，影响养殖业的产量和经济效益。此外还会导致养殖设施受到损坏，例如养殖网箱、养殖池等设施可能被油污覆盖或破坏，影响养殖业的正常运作，导致养殖业者的经济损失。

油污中的有害物质会对渔业资源造成污染。受污染的鱼类、贝类等海产品含有有毒物质，对人类健康构成威胁。此外，受污染的渔业资源可能无法正常生长和繁殖，影响渔业资源的再生产能力。

（6）溢油对鸟类的危害

油污附着于羽毛后破坏鸟类的防水与保温结构，导致鸟类体温失衡，在寒冷环境中易失温死亡；同时鸟类在整理羽毛过程中易误食油污，造成消化系统与呼吸系统损伤。此外，油污污染其捕食的鱼类与无脊椎动物等食物来源，导致鸟类摄入有毒物质而中毒。栖息地如滩涂、岩岸等受到油污覆盖或渗入，也会破坏其繁殖与觅食环境，影响种群生存与繁衍。潜水捕食的鸟类尤其易受油膜危害，常因羽毛黏附油类丧失活动能力，并因饥饿、代谢紊乱与器官损伤而死亡，因此在溢油应急响应中需重视对受困鸟类的专业救助。

（7）溢油对海滨环境的影响

一旦海面上的浮油漂到海岸或海滩，便堆积在高潮线附近、岩石坑里或洼地里，涂在岸边的礁石表面，粘裹在卵石、碎片和砂子上。若油的粘性小，还能渗入海滩上层的砂子里，形成厚厚的油-砂混合层，恶化了海岸的自然环境。

综上所述，根据以上从各个角度的分析，若在工程区发生溢油事故，将对当地的海洋生态和渔业资源造成较大的污染损害。溢油对海洋造成的污染是严重而持久的，因此应充分重视，加强管理，严防船舶事故的发生，制定必要的应急计划，及时采取措施，杜绝大面积溢油污染事故。

溢油发生后，各单位在得到通报后应作出应急反应，应及时在敏感区方向上时采取海上围油栏导流、岸滩围油栏拦截等应急措施，对海上溢油进行导流和拦截，减少进入敏感区的溢油量，减轻溢油损害。

6.3.2 防波堤坍塌事故后果分析

防波堤结构若发生坍塌，将影响本项目风电机组的稳定状态。若风电机组因此倾倒，会扰动海底沉积物，引发悬浮泥沙扩散，对周边海域水质造成不利影响。同

时，风机内部储存的润滑油、液压油等油类物质（注：风机采用干式变压器，不涉及含油设备）可能泄漏进入海洋环境，从而对海域生态环境产生污染影响。

6.3.3 自然灾害后果分析

风暴潮、海冰等自然灾害可能影响防波堤及风电机组的结构稳定性。若风电机组发生倒塌，将导致重大财产损失，同时机组内的油类物质可能泄漏进入海洋环境，造成污染。此外，此类自然灾害还会威胁施工船舶的航行安全，增加碰撞事故风险，对人员生命和财产安全构成威胁；碰撞事故若引发溢油，也将对海洋生态环境产生不利影响。

6.4 风险防范对策措施

6.4.1 溢油风险防范对策措施

6.4.1.1 施工期油品泄漏事故防范对策措施

施工期间油品泄漏风险主要来源于施工船舶发生碰撞导致其燃油舱内油品外泄。为有效防控此类风险，采取以下管理措施：

（1）确保施工船舶驾驶员具备合格业务技能，作业期间所有船舶须按规显示信号，作业人员应严格遵守操作规程。

（2）船舶应服从海事部门在通讯联络、航行导航、助航引航、航标指示、救助协调、警报发布、气象水文通报等方面的监督管理。船舶自身须加强安全管理，与安全监督部门及过往船舶保持通讯畅通，关注水文气象条件，制定应急预案，并配备相应安全防护设施。

（3）禁止施工作业单位擅自扩大作业安全区域，严禁无关船舶进入施工水域，并提前、定时发布航行通告。

（4）及时向海上安全监督部门通报施工计划，施工船舶应设置醒目警示标志，作业中注意观察过往船舶，协调通航秩序，提醒船只绕行避免干扰。锚泊时应按规定使用专用锚泊灯，以降低碰撞及溢油风险。

（5）合理安排施工期，避开雾季、台风季及强季风时段。遇不利天气应及时组织船舶避风，禁止在能见度不良或风力超过 6 级时作业。

（6）依据水文气象条件科学安排工期，避免在大风、台风风暴潮等恶劣天气下施工，保障作业安全，降低溢油事故发生概率。

（7）船舶加油作业须严格按规程执行，杜绝操作疏忽导致溢油；同时应注意现场水文气象状况，尽量避免在大风浪条件下进行加油。

(8) 若发生船舶交通事故，应迅速关闭所有油舱管路阀门并堵塞通气孔，防止油品外溢。

(9) 一旦发生油品泄漏入海，须立即向有关部门报告，启动应急措施，使用围油栏、收油机、吸油材料及溢油分散剂等设备物资，控制油品扩散并及时开展回收清理。

(10) 出现溢油事故时应立即通报可能受影响的养殖区或海洋保护区，协调相关部门做好应对准备，采取措施减轻污染影响。

(11) 健全海上安全保障体系，包括强化港务监督、完善海上通讯、导航助航、引航服务、海难救助、海事警报、气象海况预报等设施与功能。

(12) 加强对贝壳堤岛及湿地保护区以及周边养殖区的日常监测，若发现对贝壳堤或湿地生态系统造成严重损害，应及时启动备用保护方案与应急预案。

(13) 各类油船应尽量避免在不利风向（如 ENE 向和 N 向）下进入港区，由滨州港实施统一调度，最大限度降低船舶碰撞概率；一旦发生溢油事故，须尽快控制油膜扩散，避免其波及周边保护区等环境敏感目标。

6.4.1.2 运营期油品泄漏事故防范对策措施

运营期油品泄漏风险主要由于通航船舶碰撞导致船体损坏，可能引起储运的油品发生泄漏或是燃油舱内的油品泄漏。一旦发生泄漏，对海洋环境的破坏以及经济损失都是不可估量的，所以运营期一定要杜绝船舶碰撞事故的发生，遵守液体化工品、油品的安全运输规范。

6.5.1.2.1 船舶交通事故的防范对策

(1) 所有通航船舶须按照规定显示信号。

(2) 船舶在运输过程中必须严格执行《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国港口法》、《危险化学品安全管理条例》、《港口危险货物管理规定》(交通部令2003年第9号)、《中华人民共和国港口法》和《中华人民共和国海上交通安全法》（2021.9.1）等有关法律、法规。

(3) 船舶必须服从海事部门领导的通讯联络、船舶导航、助航、引航、航道航标指示、救助、警报、气象、水况等港航监督管理。

(4) 避开在雾季、台风季节和冬北季风期间航行，在遇到不利天气时及时安排船舶避风，禁止在能见度不良和风力大于6级的天气航行。

(5) 严格执行海事部门及滨州港港调规定，对船舶进行有效合理的调度。

(6) 船舶航行时，认真执行中华人民共和国《海上交通安全法》，遵守

《1972年国际海上避碰规则》的规定和当地海事部门规定的其他航行规则。严格执行海上交通安全规章制度和操作规程，保障船舶航行、停泊和作业的安全。

(7) 船舶在航行或作业时，当班人员要加强瞭望，不得争抢航道，必须做到礼让三先，谨慎操作，当有过往船舶对本船存在潜在威胁时主动用高频电话、声号、灯号与对方取得联系，了解来船目的，告知本船舶动态，提醒对方采取有效措施。

(8) 待命或停工，各船必须在航道以外指定位置下锚，任何船不得以任何理由占用航道。

6.4.1.3 油品泄漏应急措施

(1) 迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，并进行隔离，严格限制出入。事故现场应注意通风，杜绝火源。

(2) 建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿消防防护服，在确保安全情况下堵漏。尽可能切断泄漏源，防止进入下水道、排洪沟等限制性空间。

(3) 一般情况下，少量泄漏可使用惰性吸收材料，在未得到处理之前，应由专人看管，并放置于事故地点，处理后的地面用洗涤剂或用水冲洗，并经安全测试合格。

(4) 注意泄漏处理水的收集，防止对环境的污染。

(5) 在生产使用过程中发生泄漏，应立刻关闭相关阀门，切断与之相连的设备、管线，停止作业，或通过改变工艺流程等方法来控制危险化学品的泄漏。若船舱或容器发生泄漏，应根据实际情况，采取措施堵塞和修补裂口，制止进一步泄漏，同时要防止泄漏物扩散，殃及周围的水域、船舶和人群。

(6) 在海上危险化学品泄漏事故中，必须及时做好周围水域船舶和人员的紧急疏散工作。根据不同化学物质的理化特性和毒性，结合气象条件，迅速确定疏散距离。疏散下风向地区重、中度及轻度危害范围内的人员或采取个体保护措施（防护器具）。

(7) 项目占用辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区，周边分布大量开放式养殖区和保护区等敏感海域，油品的泄漏可能会扩散至保护区及养殖区所在海域，同时低粘度的有毒有害物质能够很快在水表面扩散成很薄的薄膜，危害保护物种，因此应对保护区优先进行保护。本项目部分油品为溶解性、低粘度的油品，为将油品得到有效的吸收，使用高吸收率的吸附材料是很重要的，用围油栏控制溢漏物的扩散配合使用吸附材料和类似的试剂进行处理更为有效。化学试剂包括：中和试剂、氧化剂、减缓试剂、凝聚剂、吸附剂、合成试剂、离子交换剂等。上述试

剂用来处理泄漏溶解物，并将其溶液泵入驳船或其他储存容器加以回收，活性炭经常被用于有机物质的吸附剂。

(8) 位于项目东侧约2.03km处的[]和[]
[]已具备完善的事故应急体系，可为本项目提供依托，建设单位正在编制环境应急预案，建议环境应急预案编制完成后随即在当地生态环境主管部门备案，与地方人民政府部门和受影响单位建立应急联动机制，应急预案内容包括但不限于以下几个方面：

1) 应急等级的确定

根据本项目所处的区域敏感性和油品泄漏种类，将本项目泄露事故分为三个级别：级别I——大量泄露（50t以上）、级别II——有效泄露（10~50t）或是危险化学品泄漏、级别III——少量泄露（<10t）。根据事故级别采取相应的对应措施。具体内容见下表。

表 6.4-1 事故级别及其对应的应急预案等级一览表

泄露等级	泄漏量/是否为危险化学品	泄露区域及影响程度	应急预案等级
级别III	<10t/否	泄露区域发生在近岸海域，经初步评估污染物 量较少，且预计不会对近岸海域水质产生影响	三级应急响应
级别II	10~50/是	经初步评估污染物极有可能对近岸海域水质造成污染 污染物属于危险化学品，通过项目区自身不能 控制和处理	二级应急响应
级别I	>50t	超出码头和二级应急机构的处理能力	一级应急响应

2) 应急组织

渤海海域作为一个整体应建立突发性溢油、化学品泄露事故应急机构。应急机构应包括一级应急机构、二级应急机构和三级应急机构。建议一级应急机构由滨州市政府领导，由生态环境局、海洋发展和渔业局、交通局等有关部门组成；二级应急机构由滨州港有关部门组成；三级应急机构由建设单位有关部门组成。

3) 应急程序

若发生的突发性泄露事故，由三级应急机构采取措施进行处理，三级应急机构没有能力控制，则二级应急机构介入协同处理，并报一级应急机构统一协调加以处理。事故应急方案程序具体见下图所示。

①应急报告程序

泄漏事故一旦发生应立即并使用快速通讯手段，报告应急指挥部总指挥、安全生产管理处等部门，并应立即报告上级海事局。

事故报告只是应急反应的第一步，应急指挥部接到事故报告后，应迅速下达指令执行应急计划，动员应急队伍开展各项应急行动控制事故，减少事故损失。在事故的应急反应的全过程，应急指挥部要及时向上级海事局报告，保持联系，取得指导和支持。

②程序和措施

a. 应急反应程序从现场事故源出现开始启动。

b. 确认事故的责任方，责令其采取可能做到的应急措施，尽最大可能地减缓泄漏速度，减少泄漏数量。

c. 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、拖浅、防火、灭火等措施。

d. 一旦发生事故，应立即用无线或有线电话将泄漏的时间、地点、泄漏化工品或油品的类型、数量、原因、气象及水文情况及已采取的措施等情况报告有关公司调度，组织实施溢油应急救助行动。如泄漏事故较大，应向主管部门报告。

e. 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。该人员以最快速度向主管部门做出报告。

f. 根据泄漏源的类型、数量、地点、原因，评价泄漏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；派遣船舶对泄漏源周围实施警戒，并监视泄漏液体或化工品在水上的扩散；根据泄漏区域的气象、风向、水流、潮流等情况，控制泄漏化工品或油品的扩散方向；并进行跟踪监测，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。

g. 根据现场实际情况，制定相应应急反应对策方案，调动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。

h. 对泄漏周围水域、沿岸进行监测，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，以保持航道的畅通；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。

i. 对可能受威胁的环境敏感区和易受损资源采取保护措施，项目位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区内，溢油发生时随即进入该保护区，并有可能进入滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区缓冲区和核心区、东营河口浅海贝类

生态国家级海洋特别保护区、无棣开放式养殖区、无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区、马颊河文蛤国家级水产种质资源保护区、沾化开放式养殖区、东营市养殖区内，溢油发生时立即在敏感目标方位设置防护设施，避免或减小对周边敏感目标的影响。

③清除物的去向

溢出的油品如为纯净的，则可设法回收。无法回收的则送后方罐区污水处理厂进行油水分离处理。分离后油渣及吸油后的废弃物，为防止二次污染堆放在指定地点，在环保部门的监管下集中收集送处理单位进行焚烧或用其它方法处理。泄漏的如果是液体化工品，应根据化工品的种类、化学性质，进行回收或处理。

④总结与回顾

事故应急响应程序以事故应急总结或回顾结束，全体员工通过事故总结得以受到教育和吸取教训，有利于减少和防范事故的发生。

4) 响应程序

①一级响应

a.事故发生后，各单位应及时启动预案进行响应，并按照本单位的应急预案、现场处置方案，采取有效的处置措施控制事态发展，最大限度地减少事故损失,同时向建设单位应急办公室报告；

b.公司应急办公室根据事故的发展态势报告应急领导小组副组长和组长，由组长决定启动公司一级应急响应，迅速协调应急资源，派出有关人员赶赴现场参与应急救援；

c.公司主要领导或分管领导赶赴现场后，应立即成立现场应急指挥部，并组建抢险救援组、善后工作组、安全保卫组、后勤保障组、对外联络组、事故调查组等应急救援工作小组，明确分工和职责，定时向上级汇报救援工作进展情况；

②扩大应急

在应急抢险过程中，项目应急领导小组应不断对事故现场态势和应急救援情况进行评估，及时将有关情况客观、全面地向上一级应急指挥机构报告。当项目应急领导小组协商认为有必要启动更高一级应急响应时，报告应急领导小组长总批准后提高应急响应级别，扩大应急范围，增强救援能力。

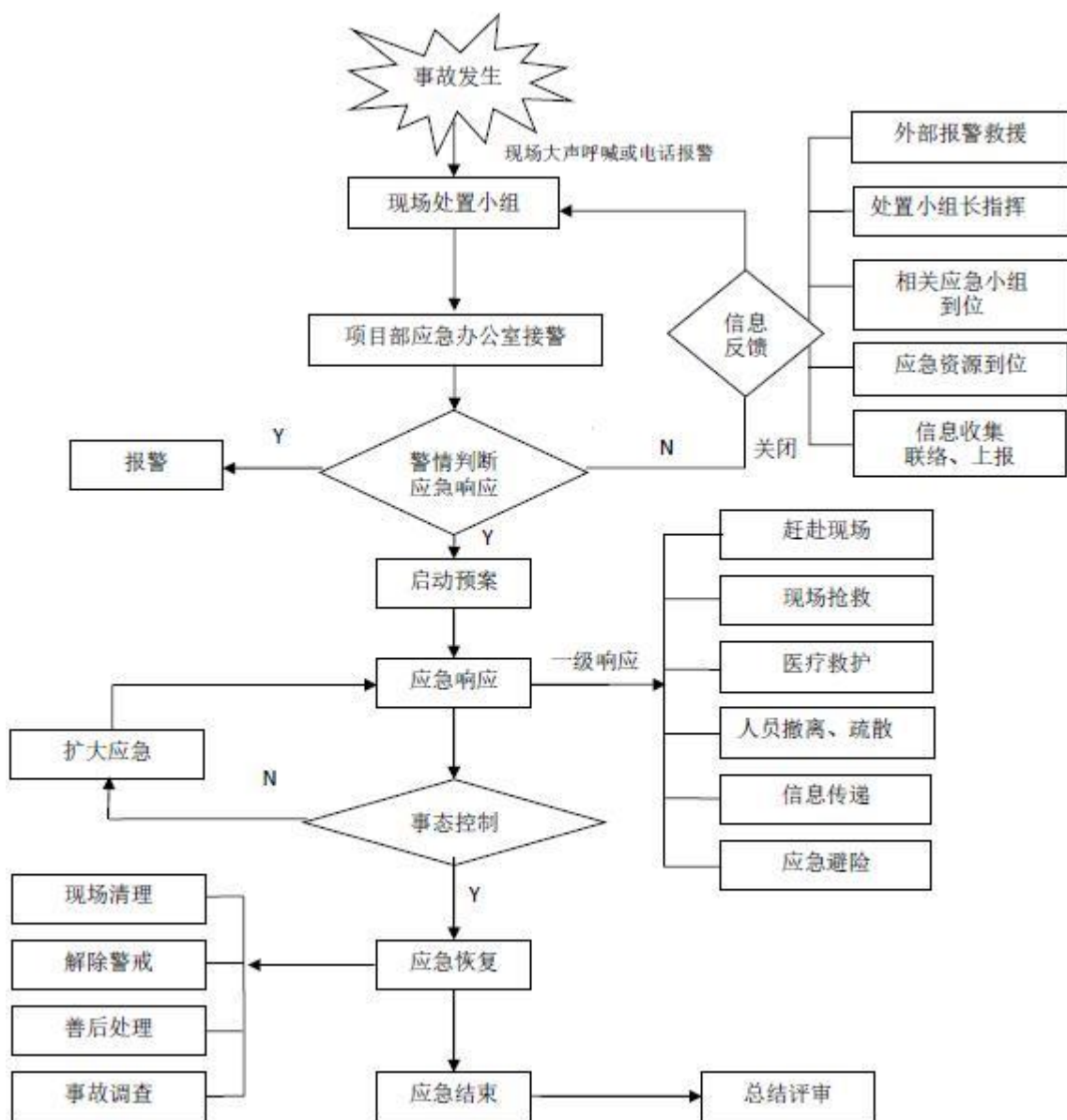


图 6.4-1 事故应急方案程序图

5) 应急处置

应急处置应把人员生命救援作为首要任务，全力救治受伤人员，搜救失踪人员，最大限度减少因伤死亡。科学决策，科学施救，防止发生次生事故，切实保障救援人员安全。事故发生的施工现场负责人或项目经理在应第一时间启动现场处置方案、应急预案，确定可能波及的范围并撤离区域内人员，组织调动现场一切资源、救援力量在第一时间开展警戒保卫、应急救援工作，防止发生次生、衍生事故。

①应急响应处置措施

a.先期处置

事发单位和先期到达的应急救援队伍必须迅速、有效地实施先期处置，全力控制事故发展，防止次生、衍生事故，果断控制或切断事故灾害链，并将受伤人员及时送往医院救治，同时做好应急通信、交通、食宿、办公等应急保障措施，保证应

急救援工作秩序。

b.应急领导小组应急处置

宣布应急响应启动；批准重大应急决策；确定派赴现场的人员及主要工作；向上级应急领导小组如实报告；落实上级指令及政府部门要求；在授权范围内对外公告，协调有关部门的应急响应行动。

c.现场应急处置

现场根据应急救援情况，组织召开现场应急救援会议，组建抢险救援组、善后工作组、安全保卫组、后勤保障组、对外联络组、事故调查组等应急救援工作小组，明确分工和职责，研究救援方案，解决有关的应急救援问题。

d.应急搜救

有人员失踪或受困时，应根据事故特点和现场情况，组织有关人员研究制定多种搜救方案，必要时决定派出有关专家赶赴现场参加、指导现场应急救援，切忌盲目或不合理施救，避免救援失败或延误应急救援时机。

6) 应急支援

当明确事态无法控制时，应根据应急资源调查报告中外部（救援）力量的联系方式，由现场应急指挥机构决策，立即寻求外部（救援）力量支持，并及时向外部（救援）力量通报事故动态。当外部（救援）力量抵达后，原则上由现场应急指挥机构进行统一指挥，事态紧急时，可将指挥权移交至外部专业应急救援队伍。

7) 响应终止

当应急处置工作结束，事故现场得以控制，环境符合有关标准，导致次生、衍生事故隐患消除后，经现场确认应急状态可以解除时，向应急领导小组办公室报告，由应急领导小组组长决定并发布应急状态解除命令。

8) 应急物资和器材

本项目溢油发生时，可调用滨州港现有的溢油应急设备，其应急库位于[]和[]内，应急物资和器材较全面，可满足《港口码头溢油应急设备配备要求》（JT/T451-2009）的相关要求，应急库与本项目最近距离约2.03km，最远距离约15km，最快到达时间不足1h，可满足本项目溢油应急依托需求，现有溢油应急设备一览表见下表，随着港区的后续发展，还应根据，同步配备相应的溢油应急设备，一旦发生溢油，应急人员应及时抵达溢油海域，实施应急预案。

表 6.4-2 港口现有溢油应急设备一览表

序号	名称	数量	型号	存放位置
1	可燃气体探测器	24 套	GL-300 型	装卸区
2	可燃气体检测仪(手持式)	2 套	BH-4	调度室、值班室
3	急救药箱	2 件	/	调度室、值班室
4	永久布放型围油栏	800 米	WGJ1100	前沿、仓库
5	救生衣	20 件	/	操作部
6	救生圈	20 个	/	
7	溢油分散剂	55 桶	GH-2	仓库
8		43 桶	浓缩型	
9	收油机	1 套	30m³/h	
10		1 套	ZS50	
11	溢油分散剂喷洒装置	1 套	PSC40	
12	应急型围油栏	440 米	WGV900	
13	化学吸油毡	100 包	PP	
14	吸油毡	2.5 吨	PP-2	
15	托油网	2 套	6m	
16	轻便储油罐	3 套	QG10	
17	围油栏布放艇	1 艘	海联	5#
18	浮油回收船	1 艘	凯航	油 6#
19	可燃气体检测仪	24		微型消防站
20	可燃气体检测仪(手持式)	2	BH-4	仓库
21	急救药箱	2		
22	担架	1		
23	救生衣	50		
24	救生圈	20		
25	自给式呼吸器	2	G-G-16	
26	消防站战斗服	12		
27	防毒面具	22	TZL30	
28	消防头盔	12		
29	消防防护靴	12		
30	消防手套	11		
31	消防安全腰带	11		
32	佩戴式防爆照明灯	11	BMT2698	
33	消防员呼救器	11	RHJ240	
34	方位灯	11		
35	消防轻型安全绳	20		
36	消防腰斧	11		
37	水枪	12		
38	强光照明灯	2		
39	水带	11		
40	分水器	2		
41	单杠梯	1		
42	消防栓扳手	11		
43	大斧	2		

序号	名称	数量	型号	存放位置
44	绝缘剪断钳	2		
45	铁钎	2		

图 6.4-2 港口现有溢油应急设备应急库位置示意图

6.4.1.4 应急设备应急能力分析

根据现有应急设备配备和《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》的计算公式，并根据《国家船舶溢油应急设备库设备配置管理规定》确定相关参数，对现状溢油应急设备应对能力进行分析。

（1）机械回收能力

1) 计算方法

机械回收能力计算公式如下：

$$E = \frac{T \times P1}{\rho \times \alpha \times Y \times 6 \times (1 - \eta)}$$

式中：E——收油机回收能力，m³/h；

T——溢油量，溢油应急目标 170.28t；

P1——机械回收占溢油的比例；根据《船舶溢油应急能力评估导则》中规定机械回收量占总溢油量的比例为 40~60%，本项目机械回收效率保守取低，即 40%。

ρ——回收油水混合物密度，单位为吨每立方米（t/m³），本评价取燃料油密度 0.84t/m³；

α——收油机回收效率，本评价取 5%；本项目主要涉及燃料油，根据《船舶溢油应急能力评估导则》表 1 中规定对重质原油、燃料油的收油速率为标定值的 5%。

Y——收油作业天数，本评价取 5 天；

6——每天收油作业时间，单位 h，本评价取 8h；

η——富裕量，根据经验，本评价取 20%。

2) 配置要求

根据公式的计算方法，本工程需配收油机的总能力至少为 50.68m³/h。目前港口应急中心配置一套收油能力 30m³/h 和一套 ZS50 收油机（收油能力 50m³/h），总收油能力为 80m³/h，可以满足项目需求。

（2）溢油围控能力

1) 计算方法

依据《船舶溢油应急能力评估导则》(JT/T877-2013)提供的技术方法,围油栏配备总数量 L 总见下式:

$$L=L_1+L_2+L_3+L_4$$

式中:

L——围油栏的总数量,单位为米;

L_1 ——溢油源围控的围油栏数量, $L_1=3 \times (B+W) \times N_1$, 式中 B: 最大船型船舶的船长, W: 最大船型船舶的船宽, N_1 : 布设围控的围油栏层数;

L_2 ——收油作业配套的围油栏数量, $L_2=D \times 100$, D 为“收油系统”数量;

L_3 ——导流配套的围油栏数量, $L_3=U \times N_2$, 式中 U: 一组围油栏的长度, N_2 : 所需导流的围油栏的组数;

L_4 ——防护配套的围油栏数量, $L_4=(L_1+L_2+L_3) \times \phi$, 式中 ϕ : 加权系数, 取值区间为 0.2~0.5, 环境敏感度越高, 取值越大。

2) 配置要求

本项目最大船型为 10000t 级的甲板驳船, 船长约为 110m, 宽约为 30m, N_1 取 2, 经计算 $L_1=840$;

收油作业配套的围油栏数量 L_2 : 本评价 D 取 9, 因此 $L_2=9 \times 100=900$ m。

导流配套的围油栏数量 L_3 : 按照通常海上溢油带的短边长度为 100-500m,

本项目按照 U 为 200m 计算, N_2 取 4, 由此计算 $L_3=200 \times 4=800$ m;

防护配套的围油栏数量 L_4 : 项目本次 ϕ 取中间值 0.35, 则 $L_4=(L_1+L_2+L_3) \times 0.5=(840+900+800) \times 0.35=889$ m;

由此, 需要配置围油栏的总数量: $L=3429$ m。目前港口现有溢油应急设备配置应急围油栏 440m 和永久布放型围油栏 800 米, 共 1240 米, 未满足本项目需求, 建议建设单位配置一定数量的围油栏。

(3) 油污吸附能力

常规的吸附材料为吸油毡, 也是目前处理日常作业小型船舶污染事故的常用材料之一, 它主要将水面溢油直接渗透到材料内部或吸附于表面, 以便于回收溢油, 通常有聚氨酯、聚乙烯、聚丙烯、尼龙纤维和尿素甲醛泡沫等材料。

1) 计算方法

我国<船用吸油毡>行业标准规定, 其吸油性应达到本身重量 10 倍以上, 吸水性为本身重量 10%以下, 持油性保持率 80%以上。所需数量计算如下:

$$I = T \times P_3 \div (J \times K \times \phi_1)$$

式中：

I——吸收吸附材料数量，t(单位：吨)；

T——总溢油量，t(单位：吨)；

P₃——吸附回收量占总溢油量的比例，本评价取 20%；

J——吸收吸附倍数，本评价取 10；

K——油保持率，本评价取 80%；

φ₁——吸收吸附加权系数，取 0.3。

2) 配置要求

经计算，按照溢油 170.28t 为目标，本项目需要配备 14.19 吨吸油毡，目前港口应急中心配有 2.5 吨吸油毡和 100 包化学吸油毡，建议建设单位配置一定数量的吸油毡。

目前滨州港已配备了相当的溢油应急设备，但由于本项目的实施将在一定程度上增加海域船舶溢油事故发生的可能，因此需进一步提高海域溢油防范的能力。建议建设单位可联合滨州海事局等单位共同构建溢油风险防控网络体系，在依托现有设施的基础上，进一步在本工程施工船舶配备吸油毡等防污器材，提高溢油风险防范能力。此外，溢油事故应急现场作业人员不可避免地要暴露于泄漏燃油蒸气，必须配备应急人员个体防护装备，以保障应急人员安全，保证应急行动顺利开展。项目应配备一批应急人员防护设备，需保证 5 名应急人员的使用需要。

建议本项目配备应急设备如下。

表 6.4-3 本工程环境风险应急物资储备表

序号	设备名称	数量	费用(元)
1	吸油毡	--	240000
2	围油栏	--	200000
3	防护衣	1套	18000
4	空气呼吸器	1套	10600
5	防毒面具	5个	10600
6	护目镜	5个	3000
7	防护靴	5双	3600
8	抗腐蚀手套	5双	3000
9	便携式可燃气体检测仪	2台	18000
10	其他物资	--	8200
总计			50万元

6.4.2 防波堤坍塌风险防范对策措施

(1) 建设期

在防波堤拆除作业开始前，应对周边区域进行临时支护与加固处理，确保待拆

除部分及施工区域的稳定状态。拆除过程中须严格管控挖掘等相关作业环节，确保施工范围控制在计划拆除区域内，避免对拆除范围以外的防波堤结构稳定性造成影响。

在修复及加固工程完成前，应对施工区周边的海洋环境开展实时监测，如发现异常情况须立即启动应急响应，采取临时支护与加固措施，防止发生坍塌风险。防波堤重建工程应执行严格的设计标准，所选方案与材料均需满足整体设计要求，保障重建后防波堤的结构稳定性。

（2）运营期

应与相关部门及责任人保持沟通协调，定期对防波堤的结构、基础及周边环境进行检查与评估，发现安全隐患及时处置，确保结构安全稳定。根据检查评估结果，与相关责任方协同对已识别的结构薄弱点与缺陷进行加固修复，提升防波堤抵御风浪的能力。同时应密切关注气象信息，在强台风来临前提前做好防灾应对准备。

6.4.3 自然灾害风险防范对策措施

6.4.3.1 风暴潮、台风事故防范对策措施及应急预案

6.4.3.1.1 施工期防范与应急措施

施工期间应尽量选择避开台风季节，在台风季节施工应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

（1）安全防护体系：

①成立应急抢险防护领导小组，组长：建设单位相关负责人；成员：各施工队负责人。

②主要职责：领导小组负责预案的检查、指导及协调工作和预案的现场落实工作。

（2）具体措施

①与气象部门保持密切联系，实时关注天气及海洋预报信息。在风暴潮来临前，及时调整作业安排，避免在大风期间进行航道疏浚等施工作业。如遇较强台风或风暴潮影响，应全面启动抗台预案，所有施工船舶须进港避风，并持续跟踪台风动向及船舶避风情况，同步检查船舶安全状态与避风措施落实情况；若已无法及时返港，应尽可能选择就近锚地实施避风。

②在施工区域内设立观测点并安排专人负责。各施工场地由现场负责人组织天气与潮汐变化的监测与记录，并与施工指挥部保持实时联络，及时掌握相关信息。遇紧急情况时，在接到通知后两小时内迅速组织现场施工人员安全撤离。

③所有施工船舶须按规定配备救生器材，设置安全防护栏、悬挂安全网及救生圈等必要安全设施。

④施工期间，加强与渔业、边防、海警、海事、应急管理、保险、交通、卫生等相关部门的协调配合，明确职责分工，形成联动机制。

⑤各施工队伍应建立覆盖各工段、班组及工种的人员应急组织网络，做到责任到人。接到撤离指令后，应急网络须实现上下联动、协同响应，确保撤离过程中不遗漏任何人员。

⑥保障通信畅通，除常规通信手段外，应配备足量对讲机，避免因手机浸水等原因影响通信，确保突发风暴潮期间的联络可靠性。

⑦建立夜间应急信号系统，在遭遇夜间突发风暴潮、大浪等灾害时，通过防水照明信号实现内部及对外救援联络。

⑧坚持生命至上原则，配备充足且完好的救生衣、救生圈等设备，以备在紧急情况下保障人员安全。

⑨严格执行值班制度，定期接收气象与海洋信息，密切监视潮位及波浪动态，及时向相关单位通报情况，提前做好防风、防潮、防浪各项准备工作。

6.4.3.1.2运营期防范与应急措施

为切实做好运营期防潮工作，确保在风暴潮来临及其它紧急情况下能采取及时有效的措施，最大限度地减少海上突发性事件所造成的人员财产损失，航道管理部门应配合港区进行相应的防台防汛工作，在防台过程中，要求落实“防、避、救”等工作措施，确保各项防范措施落到实处：

（1）防

①定期对堤头灯、浮标等导助航设施进行检查，保障台风、风暴潮期间导助航设施处于正常工作的状态，提醒过往船舶避让，避免与防波堤发生碰撞。

②在对船舶避风需求进行科学预测的基础上，合理确定避风港和避风锚地的规划，完善港口避风、防台配套设施及避风锚地的建设，为过往船舶提供安全的避风场所，港务部门监督负责划定避风锚地的区域界线并给予公布。

③要密切监测台风动向，及时发布预警预报信息，提前做好危险地区人员转移准备。

④风暴潮、海浪等灾害来临前，各部门的防灾工作应立即进入戒备状态，主要领导要迅速进入防灾工作岗位，相关设备必须处在备战状态。要严格24小时值班制度和大风天气领导带班制度，认真收听天气预报，掌握台风变化动态，及时传递信

息，确保通讯联络畅通。

（2）避

①应根据气象部门提供的信息，据本辖区防台风工作重点和上级领导的指示，结合具体实际，认真抓好防台风工作各项措施的落实，过往船舶应选择进港避风或锚地避风，并加强对进港避风船舶的管理，并预留一定的安全距离，防止船舶乱停乱放，避免风暴潮期间避风船舶发生摇摆相互碰撞，同时注意避免阻塞航道。

②应急抢险防护领导将组织有关部门对海上的防灾和抢险救助工作情况进行督查。重点抓好以下方面的工作：做好各项防护措施，对工程进行详细的检查和监控；成立应急抢险救助队伍，备足工具和抢险物料。

③各部门要加强值班，及时汇报有关情况，不得出现断岗和脱岗现象。重点部位要重点巡视，发现问题要立即上报。

（3）救

强化海上运输管理，保障安全，加强应急值守，确保灾害发生时第一时间响应、第一时间到位、第一时间处置。台风暴雨发生后，要及时开展救援，妥善安排好受灾企事业单位人员的生活，尽快恢复正常的生产生活秩序。

6.4.3.1.3 防范与应急措施小结

项目建设在防波堤上，风机基础在设计和材料的选择上已经具备一定防台抗风的能力，但是建设单位对此应引起足够重视，采取相应预防措施，加强管理。

1）装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风；

2）推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载；

3）在施工和运营过程中通过优化施工方案、加强变形监测，保障防波堤的稳定性；

4）建立对施工区域范围内的观测点，由专人负责。每个施工场地由施工场地领队负责该项工作，随时掌握天气及潮水变化情况并进行统计记录。现场与施工总部保持联络，及时了解相关动态，遇紧急情况，在接到通知后1小时内，迅速组织现场施工队伍撤离，施工船舶停泊至港区内；

5）强化对施工队及负责人安全防护意识的培训教育工作，做到平日施工有序，临风暴潮时服从命令，听从指挥，平稳撤离；

6) 分工明确，责任到人。

6.4.3.1.4 风暴潮、台风应急预案

根据中华人民共和国自然资源部2019年12月31日发布《海洋灾害应急预案》（自然资办函〔2019〕2382号），海洋灾害应急响应分为Ⅳ级、Ⅲ级、Ⅱ级、Ⅰ级四个级别，分别对应最低至最高响应级别。海洋灾害应急响应级别主要依据海洋灾害警报级别确定，海洋灾害警报分为蓝、黄、橙、红四色，分别对应最低至最高警报级别。

预计预报海区将发生达到Ⅲ级或Ⅳ级应急响应启动标准的风暴潮灾害时，国家、海区和省（自治区、直辖市）海洋预报机构应提前发布风暴潮灾害Ⅲ级警报（黄色）或Ⅳ级警报（蓝色）（其中，台风风暴潮警报至少提前24小时发布、温带风暴潮警报至少提前12小时发布）。承担风暴潮灾害应急响应工作任务的部门和单位收到灾害警报后，立即启动相应级别的应急响应。预计预报海区将发生达到Ⅰ级或Ⅱ级应急响应启动标准的风暴潮灾害时，国家、海区和省（自治区、直辖市）海洋预报机构应提前发布风暴潮灾害Ⅰ级警报（红色）或Ⅱ级警报（橙色）（其中，台风风暴潮警报至少提前12小时发布，温带风暴潮警报至少提前6小时发布）。承担风暴潮灾害应急响应工作任务的部门和单位收到灾害警报后，立即启动相应级别的应急响应。

（1）成立防风暴潮应急组织机构

成立风暴潮预防和抢险救助工作应急指挥小组，组织协调指挥防风暴潮和抢险救助工作。

指挥小组办公室设在港区办公区，负责港区和航道的防风暴潮工作，并负责与上级有关部门的工作协调。

（2）预案启动实施

①预案启动。防风暴潮指挥部办公室接到上级发布的风暴潮警报后（市海洋预报台发布的Ⅳ级以上警报），于1小时内报告指挥部指挥、副指挥，由指挥决定是否启动本预案。预案确定启动后，由指挥部办公室于30分钟内通知港区各生产单位按本预案开展工作。

②预警下达。预案启动后30分钟内通知港区各生产作业单位做好防风暴潮和避风工作，1小时内通知港区所有船舶回港避风。

③现场指挥。本预案启动后，所有指挥部成员要及时赶到现场办公，并配合上级指挥部的指导工作。

④应急保障。由港区后勤部门负责抢险物资保障，必要时借助区直有关部门和

单位做好人、财、物等的保障，确保防风暴潮应急所需。

（3）应急方案

①在风暴潮来临前12小时，督促航行船舶进港避风，禁止船舶出港，根据气象预报情况，及时组织人员有序撤离。当船舶出现倾覆时，及时向指挥部报告，指挥部立即组织抢险队伍赶赴现场组织救援，在确保人员安全的前提下，争取把损失降至最低。

②当出现人员伤亡时，向指挥部报告安排车辆送至附近卫生院进行急救。

③风暴潮过后，应立即组织力量修复受损设施和设备，及时恢复生产。同时，立即组织有关人员进行事故调查和善后处理工作，并尽快将损失情况和事故调查处理情况及时上报。

6.4.3.2 海冰事故的防范对策措施及应急预案

项目施工期应避免在海面结冰严重时进行航道开挖，海冰事故的防范对策措施及应急预案主要针对运营期。

6.4.3.2.1 防范措施

①多渠道掌握冰情信息并及时发布，适时启动应急机制组织应对。海事局利用海上巡航，VTS、CCTV监控，询问海上船舶等一切有效手段，密切关注海上冰情变化，及时掌握最新冰情信息，通过高频、电话、航行警告、口头告知等方式传达到相关单位和船舶，做好信息发布。针对冰冻灾害造成的不利影响，按照共建的有关要求和各单位防冰抗冰经验，适时启动应急机制，组织港口、引航等相关单位共同商讨对策，采取破冰助航应对措施，在保证安全的前提下，力争把冰冻灾害的影响降到最低。

②港口运营单位主动协调破冰船提升破冰能力，保证进出港通道安全和作业人员安全。在船舶进出港前安排拖轮护航破冰，保障船舶正常进出；配备必要的设施器材保障上下船舶人员安全，认真落实码头作业人员防滑防冻的安全措施，确保安全生产。

③航标管理部门加大航标巡查力度，及时发现失常航标。通过运用新技术、新设备不断提高航标维护能力；通过配备大型航标作业船提高恶劣天气下航标的维护能力，及时修复失常航标；备标准备充足，提前做好维护保养，遇有失常及时更换。对因客观原因无法及时更换的航标，应做好应急准备。

④航运企业和相关船舶切实提高安全意识，提前沟通掌握冰情信息并采取有效措施做好防抗准备。船舶公司在思想上高度重视，做好防冰抗冰准备，加强宣传教

育，提高船员安全意识。船长在船舶进入冰区前做好宣传教育，提高船员安全意识，并对船舶做到及时维护保养，及时排水防冰。

⑤建立过往数据档案，全面了解船舶进港防冰情况，对因冰冻不能及时停靠的船舶，调度到安全的码头停泊。

6.4.3.2.2 应急措施

①成立海冰灾害防范领导小组，制定《海冰灾害应急预案》，密切关注冰情变化，适时启动预案，在海冰灾害来临时，积极做好防冰、破冰、除冰工作，细化紧急情况下的各项应急措施，最大程度减少灾害造成的损失。

②坚持领导带班和24小时值守制度，及时掌握海冰变化情况，并通知到生产单位、企业。

③海冰灾害防范救助工作，有关领导和部门负责人要到岗到位，深入一线，落实24小时值班和领导带班制度，确保信息畅通。随时关注海冰变化情况，密切跟踪灾害发展过程，确保海冰灾害信息及时、准确上报。

④海冰灾害应急响应启动后，相关部门安排人员值班，每日至少参加1次灾害预警应急会商，协调海冰灾害应急响应和处置工作。相关领导到预报工作现场组织开展海冰灾害预警工作，预报人员进行24小时值班，及时向海洋部门报告海冰灾害动态和应急工作情况，密切跟踪灾害发生发展动态，组织开展灾害应急会商，并及时上报。

6.4.3.2.3 应急预案

根据国家海洋局2012年07月12日发布《风暴潮、海浪、海啸和海冰灾害应急预案》，海冰灾害应急响应分为I、II、III、IV级，分别对应特别重大海洋灾害、重大海洋灾害、较大海洋灾害、一般海洋灾害，颜色依次为红色、橙色、黄色和蓝色。

浮冰外缘线达到45海里；且浮冰范围内冰量7成以上，预计海冰继续增长时，应发布海冰灾害I级警报（红色），并启动海冰灾害I级应急响应。

浮冰外缘线达到40海里；且浮冰范围内冰量7成以上，预计海冰继续增长时，应发布海冰灾害II级警报（橙色），并启动海冰灾害II级应急响应。

浮冰外缘线达到35海里；且浮冰范围内冰量7成以上，预计海冰继续增长时，应发布海冰灾害III级警报（黄色），并启动海冰灾害III级应急响应。

浮冰外缘线达到25海里；且浮冰范围内冰量7成以上，预计海冰继续增长时，应发布海冰灾害IV级警报（蓝色），并启动海冰灾害IV级应急响应。

各海洋预报机构根据各类海洋、气象观测数据，当预计负责预报海区将发生达

到海冰灾害应急响应启动标准的海冰灾害时，发布海冰灾害警报。承担海冰灾害应急响应工作任务的部门和单位收到灾害警报后，立即启动应急响应。

（3）地震

1）在设计阶段，根据当地地震规范和抗震要求，设计具有一定抗震能力的风电设施和基础设施；

2）加强项目施工阶段的监测和检测工作，及时发现地震活动情况，采取必要的防震措施；

3）在项目运营阶段，定期进行设施和设备的检查维护，确保设施的抗震性能和安全性；

4）建立健全应急预案和应急演练机制，培训相关人员的抗震应急反应能力，提高项目在地震事件发生时的应急处理能力；

5）加强与地方政府、地震监测机构等部门的合作与沟通，及时获取地震信息和风险评估结果，做好地震风险防范工作。

后续，建设单位应根据项目实际情况编制应急预案。

6.5 结论

综上所述，建设单位在采取安全防范措施、落实各项安全环保措施、编制应急预案，确保风险防范和应急措施切实有效的前提下，满足国家相关环境保护和安全法规、标准的要求，本项目的环境风险整体可防、可控。

7 环境保护措施及其可行性论证

7.1 废气污染防治措施

7.1.1 施工期废气污染防治措施

(1) 工程施工船舶大气污染物应按《MARPOL 73/78附则VI--防止船舶造成空气污染规则》规定执行。

(2) 加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵。加强对施工机械，运输车辆的维修保养，始终保持发动机处于良好状况，降低尾气中有害成分的浓度，满足尾气排放标准。禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入施工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

(3) 加强施工区规划管理，建筑材料堆场定点定位，采取防尘措施。施工场地定期洒水。施工过程中使用水泥、石灰、沙石、涂料、铺装材料等易产生扬尘的建筑材料，应采取密闭存储、防尘布苫盖或设置围挡。

(4) 进出工地的物料、渣土、垃圾运输车辆，应按照批准的路线和时间进行物料、渣土、垃圾的运输，应尽可能采用密闭车斗，并保证物料不遗撒外漏，尽可能减少运输扬尘对运输路线居民的影响。

(5) 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施工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

(6) 项目施工船舶应使用硫含量不大于0.1% m/m 的船用燃油，鼓励选用清洁能源、新能源、配备尾气后处理、油气回收等环保设施的施工船舶。对施工船舶定期检修和维护，减少船舶尾气排放。项目施工船舶尾气排放可以满足《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）、《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号）要求。

(7) 加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工，减少施工期的空气污染。

7.1.2 运营期废气污染防治措施

海上风电场运营期主要是风力发电，工艺过程无废气产生。运营期废气主要为运维船舶排放尾气。项目船舶应使用硫含量不大于0.1% m/m 的船用燃油，船舶尾气排放可以满足《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）、《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕

168号)要求,对周边大气环境影响较小。

7.2 噪声污染防治措施

7.2.1 施工期噪声污染防治措施

(1) 海域施工保护措施

1) 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) 加强施工机械设备日常检修维护,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(3月末-5月初)是鱼类产卵高峰期,从减缓对渔业资源影响的角度出发,项目挡潮围堰施工及临时施工平台等施工作业应避开海洋鱼类产卵高峰期。同时施工前可以采取“软启动”方法驱赶周围的鱼类,以减缓后续正式施工时产生的水下噪声对鱼类的影响。

(2) 施工场地保护措施

1) 应选用噪声低的施工机械,严格按照《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025)中的有关规定执行;选用符合《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》(GB 1495-2020)标准的施工车辆,禁止不符合国家噪声排放标准的机械设备和运输车辆进入工区。

2) 合理安排施工计划,本工程原则上不进行夜间施工作业,如确实需要夜间22:00~6:00施工,应向有关环保部门申报,获批准后方可进行,严格禁止在夜间进行高噪声污染的建筑施工作业。

3) 加强施工设备的维护保养,发生故障应及时维修,保持润滑,紧固各部件,减少运行震动噪声;改进施工机械,整体设备应安放稳固,并与地面保持良好接触,有条件的应使用减振机座。加强施工管理、文明施工,杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其他噪声。

7.2.2 运营期噪声污染防治措施

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源,这部分噪声是能够控制的,其主要途径是:①避免或减少撞击和摩擦,使齿轮和轴承保持良好的润滑状态;②为减小机械部件的振动噪声,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；③尽可能选择低噪声的设备。

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并产生噪声。为降低风机噪声源强，建议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。

7.3 水污染防治措施

7.3.1 施工期水污染防治措施

（1）海域施工期间，现场施工人员主要在各类施工、补给船只上，每天产生一定量的生活污水，船舶生活污水收集后统一处理。

（2）严格执行国家《船舶污染物排放标准》、《船舶水污染物排放标准（征求意见稿）》和《国际防止船舶污染海洋公约》的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。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；含油废水由具资质港口和船舶回收处理。

（3）甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施。

（4）施工活动应尽量选择低潮期间施工，并尽量在风浪较小的时段施工，既能保障施工安全，利于施工进行，也能减小悬浮物的影响范围和影响程度。招标时应优先选择先进的施工工艺，进一步控制和减缓施工对水质的影响。

（5）施工期禁止向海域排放各类污废水。

（6）施工生活区设环保厕所，收集后委托资质单位处理。

7.3.2 运营期水污染防治措施

项目风机运行过程不产生水污染物，风机设备维护产生少量的船舶油污水、船舶生活污水。项目生活污水水质较为简单，生活污水利用船载收集装置收集，排入接收装置，禁止随意排放；船舶油污水经铅封后排入接收设施，确保废水不外排。升压站无人值守，检修人员产生的生活污水经环保厕所收集后，委托资质单位处理。

7.4 固体废物污染防治措施

7.4.1 施工期固体废物污染防治措施

(1) 施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物，同时应尽量避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废弃物应负责及时清理处置。

(2) 项目清淤产生的疏浚物及施工过程产生的土石方，利用绞吸船通过滨州港的疏浚管道输送至[]接收处理，[]位于项目东南侧直线距离约5km处。项目已与[]签订接收证明。

(3) 施工船舶设置废料回收桶，将风机安装产生的少量废弃材料、设备包装物等海域产生的固体废弃物统一回收处置。对散落在水体内的固体废弃物，尤其是短期内不易沉入水底的漂浮物，施工单位应尽力打捞回收。

(4) 对施工场地产生的建筑废弃材料集中收集后由施工单位负责及时清理处置，弃渣运往弃渣场堆放，并采取相应的水土保持措施。施工结束撤离时，做好现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面遗留固体废弃物。

(5) 施工场地生活垃圾应加强管理，分片、分类设置垃圾收集箱，并委托环卫部门定期清运。

(6) 施工结束时，需做好施工现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面有明显的固体废弃物残留。

(7) 加强对施工人员的教育和管理，不随地大小便，不随处随手乱扔垃圾，保证粪便和生活垃圾集中处置。

7.4.2 运营期固体废物污染防治措施

运营期风电机组、箱变等设备检修维护产生的含油锯末或含油棉纱等危险废物分类收集后，随运维船舶送至岸上，暂存至升压站内危废暂存间贮存，委托具有危险废物处置资质的单位定期处置。

表 7.4-1 项目危险废物产生处置汇总情况

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	防治措施
1	含油锯末或含油棉纱	HW49	900-041-49	50kg	风机日常维护	固	棉纱	废物矿油	每年	T/In	暂存于危废间

表 7.4-2 项目危险废物贮存场所基本情况样表

序号	贮存场所名称	危险废物名	危废类别	危废代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
3	危废间	含油锯末或含油棉纱	HW49	900-041-49	升压站	47.9m ²	固	50kg	小于

序号	贮存场所名称	危险废物名	危废类别	危废代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
									90天

7.5 生态环境保护措施

7.5.1 施工期生态环境保护措施

(1) 海域生态保护措施

①严格划定施工作业范围，风电基础、电缆敷设、升压站施工时，控制作业面（带）宽度，禁止非施工设备和车辆机械进入，避免任意扩大施工范围，从而降低对生态环境的影响范围。

②优化施工方案，加强科学管理，选择科学合理的施工方法和顺序，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间，减少施工对海洋环境的影响。

③施工应避免恶劣天气，选择海况良好、潮流较缓的情况进行施工作业，严格按照操作规程，尽量避免事故发生，保障施工安全并避免施工中土方开挖和回填、电缆敷设等产生的悬浮物在不利天气下大量扩散入海。

④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海洋鱼类产卵高峰期（3月末-5月初）。

⑤施工机械、设备和人员产生的所有污染物禁止随意排放和丢弃，应收集至陆域处理，减少对周边水体环境影响。严格施工溢油管理，杜绝施工机械设备油类的跑、冒、滴、漏和溢油事故的发生，一旦发生事故，立即启动风险防范措施和应急处置，将风险范围防控在一定范围内。

⑥优化施工方案，尽量避免高噪声作业方式，减少对鸟类的惊扰。鸟类大多是晨、昏或夜间外出觅食，正午是鸟类休息时间。应做好施工方式、时间的计划，并力求避免在晨、昏和正午施工。施工时应注意在11~3月避免对鸟类产生噪声影响和其他人为影响；风机基础施工应尽可能避免在11~3月越冬期进行。

⑦对施工人员应加强保护鸟类的教育，严禁捕杀鸟类，确保文明施工。制定奖惩措施，奖励保护鸟类的施工人员，处罚捕杀鸟类和破坏鸟类生境的人员。

⑧施工前应与当地渔业主管部门做好沟通，并严格按照国家及地方的有关规定执行，做好相关的经济补偿工作。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。

(2) 临时使用区域生态保护措施

项目临时施工平台、临时道路、挡潮围堰等对生态环境的影响主要表现在施工占地、动植物等方面。施工前明确施工边界，控制施工作业区范围，减少工程占地。制定合理的施工工期，避开雨季进行土建施工。施工过程中应注重做好水土保持工作，土方尽量集中堆放，注意堆放坡度并做好边坡防护，表面采用密目网苫盖，避免由于风、雨天气可能造成的风蚀和水蚀。施工结束后对临时占用区域进行自然恢复。

7.5.2 运营期生态环境保护措施

(1) 工程运营期产生的废水、固体废物等均不向周边环境排放。船舶油污水、船舶生活污水、生活垃圾分别收集后排入接收装置；风机及相关设备维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴，废油应储存在专设的废油箱中。含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，暂存于升压站的危废间，定期委托有资质单位回收处理，避免污染项目海域生态环境。

(2) 建议风机机组区安装风力发电机驱鸟器，风机叶片选用橙红色与白色相间的警示色，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，以减少鸟类撞机的概率。在风电机组区加设照明装置，并在大雾天气，鸟类迁徙高峰期的夜间开启照明装置。

(3) 加强鸟类的监测和科学管理工作，在恶劣天气期间派专人巡视风电场，发现珍稀保护鸟类撞击受伤时，及时送至鸟类救护站，由鸟类救护站人员进行救治。在鸟类迁徙高峰时间内24小时观测鸟类迁徙情况。将风电机组对鸟类的影响防范工作纳入区域发展规划，协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。

(4) 在有雾、小雨或强逆风的夜晚，尤其在迁徙强度大的季节，应停止运行风机，以减少鸟的撞机伤亡。

7.5.3 项目生态修复措施

7.5.3.1 渔业资源补偿与修复

本项目位于渤海湾保护区核心区范围内,将会对保护区渔业资源造成一定的影响。根据有关法律、法规，按照“谁建设、谁治理、谁补偿”的原则，为使工程建设与渔业资源可持续发展，建设单位应在工程实施过程中,积极采取有效措施，尽可能地减少对渔业生态环境和渔业资源的危害程度，并对所造成的渔业资源损害进行经济补偿，以达到项目建设与保护渔业资源两者兼顾的目的。

建议项目建设单位在项目实施前应与保护区管理部门进行沟通和协商，对本报告所评估的渔业生物资源损失进行经济补偿，补偿额共为275.15万元，并将对渔业

资源的补偿费用纳入环保投资。

渔业资源损失经济补偿(275.15万元)主要用于保护区的渔业资源及生态环境修复,主要工作内容包括增殖放流、保护区管护条件提升、跟踪监测及保护区主要保护物种调查、生态补偿措施效果评估及技术监管等,使渔业资源及生态环境得到尽快恢复和可持续利用。

补偿额275.15万元的60%左右(166.00万元)用于增殖放流,包括增殖放流苗种的检验检疫、包装费、购买苗种等;10%左右(28.00万元)用于保护区管护条件提升;12%左右(34.00万元)用于保护区渔业资源跟踪监测及主要保护物种调查;10%左右(28.00万元)用于风电场噪声及电磁辐射对海洋主要经济生物影响实验研究;8%左右(21.12万元)用于生态补偿措施的效果评估及技术监管。

渔业资源修复措施由建设单位采用招标形式实施,以确保渔业资源损失经济补偿金落实到位且均用于保护区渔业资源和生态环境修复工作。渔业资源修复资金分配见下表。

表 7.5-1 渔业资源修复资金分配表

项目	资金(万元)	占比
增殖放流	166	60%
保护区管护条件提升	28	10%
保护区渔业资源跟踪监测及主要保护物种调查	34	12%
风电场噪声及电磁辐射对海洋主要经济生物影响实验研究	28	10%
生态补偿措施的效果评估及技术监管	19.15	8%
合计	275.15	100%

7.5.3.2 增殖放流

根据辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区渤海湾保护区的保护对象,结合该海域生物特点、放流经验和当地鱼苗市场情况,本次生态修复方案选择保护区主要保护对象中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎、海蜇为增殖放流品种,有利于快速恢复放流物种资源量,增殖放流效果显著。

表 7.5-2 增殖放流方案*

生物品种	规格	拟投放数量	单价	所需金额(万元)
中国对虾	体长 $\geq 10\text{mm}$	4500万尾	100元/万尾	45
三疣梭子蟹	二期稚蟹	310万只	1000元/万只	31
半滑舌鳎	$\geq 50\text{mm}$	225万尾	2000元/万尾	45
海蜇	$\geq 10\text{mm}$	1500万株	300元/万株	45
合计				166

*放流品种和数量可根据当时当地实际情况和价格做适当调整

中国对虾适宜的放流时间为5月20日至6月5日,底层水温需在 14°C 以上;三疣梭子蟹适宜放流时间为5月20日至6月15日,放流时底层水温需在 14°C 以上;半滑舌鳎适宜放流时间为5月1日~7月20日和9月1日~10月31日,放流时底层水温

在 14℃~24℃；海蜇适宜放流时间为 5 月 20 日~6 月 10 日，放流时底层水温在 16℃ 以上。

表 7.5-3 增殖放流实施内容及适宜放流时间和温度

序号	放流物种	适宜放流时间	适宜放流温度
1	中国对虾	5 月 20 日~6 月 5 日	底层水温在 14℃以上
2	三疣梭子蟹	5 月 20 日~6 月 15 日	底层水温在 14℃以上
3	半滑舌鳎	5 月 1 日~7 月 20 日，9 月 1 日~10 月 31 日	底层水温在 14℃~ 24℃
4	海蜇	5 月 20 日~6 月 10 日	底层水温在 16℃以上

7.5.3.3 保护区管护条件提升

辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区于 2007 年 12 月由原农业部公告第 947 号批准建立。国家级水产种质资源保护区的设立旨在保护水生生物的重要生长繁育区域，确保生物多样性的维护，促进生态平衡和可持续发展。通过实施特别保护期和一般保护期的管理措施，禁止或限制人类活动，以减少对保护对象及其生存环境的破坏，确保水生生物资源的可持续利用。目前，因保护区缺乏边界指示设施、公众缺乏对保护区的了解等各方面原因，导致保护区的管理工作难度加大，因此加强保护区设施建设及宣传教育，让公众认识并了解保护区显得尤为重要，有助于提高公众对水生生物保护的意识，促进社会各界对水生生物保护的参与和支持。

考虑到保护区管护条件提升较重且单个项目渔业资源修复资金有限，实施单位可与当地渔业主管部门及时沟通,合理分配资金用途，使补偿金得到有效利用，确保修复措施落实到位。保护区管护条件提升要求如下：

(1)配备必要基础巡护设备及应急救护设备，如日常巡护交通工具(如摩托车、小型冲锋舟艇等)、日常巡护配套设备(如小型无人机、对讲机、望远镜、摄像机等)、应急救护配套设备(应急救护常用耗材、备用组件箱(包)等)，保障保护区巡护效率，提高保护区的应急救护能力；

(2)建设视频监控系统，全天候不间断监控，实现保护区全面监控和及时预警;建设无人机巡护系统，并用大数据分析、人工智能识别等技术手段，及时发现并预警异常事件，提高保护区响应速度和应对能力。

(3)设置桩碑牌，如用于界定保护区总体范围及主要功能分区的界桩、界碑、标识牌及围栏等，用于核心关键区域的警示性、提示性标识牌(桩、碑)，用于介绍保护区概况、重要保护对象基本情况、管护工作开展情况的科普性、宣传性标识牌。

7.5.3.4 保护区渔业资源跟踪监测及主要保护物种调查

为了解辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区渤海湾保护区的资源及主要保护物种现状情况，保护和恢复保护区的生态系统及其功能，为相关报告的编制提供背景资料和依据，并提出有效措施保护海洋环境和主要保护对象，开展保护区资源及主要保护物种调查是十分必要的。

1、调查站位和时间

根据《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007)和《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403-2012)等的相关要求，在项目海域按照“均匀设站、重点加密”的原则设置保护区资源及主要保护物种调查站位 6 个，调查站位及经纬度信息见下图和下表。

保护区资源及主要保护物种调查共进行 2 次，春秋季各一次。

表 7.5-4 保护区资源及主要保护物种调查站位经纬度

站位	经度 (E)			纬度 (N)		
S1						
S2						
S3						
S4						
S5						
S6						

2、调查内容

- (1) 鱼卵、仔稚鱼种类组成、数量分布及资源密度;
- (2) 渔获物种类及其组成、渔获物(重量、尾数)组成、资源密度(重量、尾数)、优势种、物种多样性(丰富度指数、多样性指数和均匀度指数)以及种群结构等;
- (3) 选取保护区主要保护对象中国明对虾、三疣梭子蟹、小黄鱼开展生物学特性分析，掌握其出现频率、渔获量、资源密度及分布状况，将其体长与体重数据进行回归拟合，构建回归曲线，分析其生长特性。

7.5.3.5 风电场噪声及电磁辐射对海洋主要经济生物影响实验研究

1、研究内容

海上风电场的区域通常与重要的渔业栖息地重叠,因此需要了解海上风电场对渔业和生态系统的影响。海上风电场建设期会产生水下噪声污染，运行过程中也会产生噪声和电磁辐射，且运营期风机的运转、机舱的机械振动产生的水下噪声及海底电缆的电磁辐射是长期的、大面积的。噪声和电磁辐射对各水层的海洋动物均会产生影响，可能影响到海洋动物的运动、摄食等行为，甚至影响到其生长与生存。因此，需要对海上风电场的噪声和电磁辐射影响进行定量评估，为风电场选址、建设、运行提出合理建议，为海洋生态环境监测、渔业资源评估提供准确数据，也为海洋生态修复、增殖放流等提供参考。

本项目选择虾蟹类、贝类和鱼类等多种类型海洋经济动物进行噪声和电磁辐射影响评估,基于各类型海洋动物的生态分布特点、结合其生长发育期,从运动、摄食行为入手综合评估噪声和电磁辐射的影响。研究内容包括:

(1) 噪声对海洋经济动物的运动、摄食行为影响

1) 噪声对底栖甲壳类及其浮游幼体的运动、摄食行为影响

风电场建设区距离岸边的距离远近不一、深水也各有差异,因此对底栖甲壳类及其浮游幼体均会产生影响,因此,选择 2 种代表类型的海洋经济底栖甲壳类-虾类、蟹类,结合其浮游幼体和底栖个体进行噪声影响研究,重点分析噪声对其浮游幼体的运动、摄食行为影响、噪声对底栖个体运动及分布的影响。

2) 噪声对鱼类早期幼体的运动、摄食行为影响

鱼类早期幼体运动能力差、受水流和潮汐影响,风电场产生的噪声对鱼类早期幼体会产生较大影响,因此,选择 3 种海洋经济鱼类,分别为黄姑鱼、许氏平鲉和花鲈,对其早期幼体进行噪声影响研究,重点分析噪声对其运动、摄食行为影响。

3) 噪声对贝类的运动、摄食行为影响

贝类运动能力差,风电场产生的噪声对其会产生较大影响,因此,选择牡蛎代表性海洋经济贝类,对其进行噪声影响研究,重点分析噪声对其运动、摄食行为影响。

(2) 电磁辐射对海洋经济动物的运动、摄食行为影响

1) 电磁辐射对底栖甲壳类及其浮游幼体的运动、摄食行为影响海上风电的海底电缆产生的电磁辐射对各类型底栖动物及其幼体均可能产生影响,因此,选择 2 种代表类型的海洋经济底栖甲壳类-虾类、蟹类,结合其浮游幼体和底栖个体进行电磁辐射的影响研究,重点分析电磁辐射对虾蟹类浮游幼体聚集行为的影响、对底栖个体运动及分布的影响,从而评估对其摄食的影响。

2) 电磁辐射对鱼类早期幼体的运动、摄食行为影响关于海底电缆产生的电磁辐射对鱼类早期幼体是否会产生影响,已有的研究结果因种类而异,因此,选择 3 种关键海洋经济鱼类,分别为黄姑鱼、许氏平鲉和花鲈,对其早期幼体进行噪声影响研究,重点分析噪声对其运动、摄食行为影响。

3) 电磁辐射对贝类的运动、摄食行为影响

贝类运动能力差,电磁辐射对其可能会产生较大影响,因此,选择代表性海洋经济贝类,对其进行电磁辐射影响研究,重点分析对其运动、摄食行为影响。

2、研究方案

本项目对海洋经济动物运动行为、摄食行为的研究主要采用摄像系统拍摄的方法，其中对甲壳类浮游幼体、鱼类早期幼体的运动、摄食行为及贝类的摄食行为主要采用显微高速摄像系统拍摄；对浮游幼体的垂直移动主要采用垂直搭建的摄像系统拍摄；对贝类的水平运动行为主要采用定时拍摄的长时间拍摄系统。

（1）噪声对海洋经济动物的运动、摄食行为影响

1) 噪声对虾蟹类浮游幼体的游泳、摄食行为的影响研究

①基于海上风电场风机运行时的噪声频率与声压特征，在实验室小型水槽内，运用水下声学仪器对声源进行模拟、设置噪声频率、声压梯度，实验期间进行 24 小时连续噪声刺激,用显微高速摄像机拍摄虾蟹类浮游幼体的游泳特点,每隔 4 小时拍摄一次，分析运动速度、运动时长、间歇时长等参数;

②24 小时噪声影响后，用浮游植物喂食浮游动物幼体，拍摄噪声影响后的摄食行为特点，分析其摄食附肢摆动频率、摄食时长等参数。

2) 噪声对鱼类早期幼体的运动、摄食行为影响

①选择黄姑鱼、许氏平鲉和花鲈的早期幼体进行噪声对其运动、摄食行为影响。在实验室小型水槽内对其进行 24 小时连续噪声刺激，用高速摄像机拍摄鱼类幼体的游泳特点,每隔 4 小时拍摄其运动特点,分析运动速度、运动时长、间歇时长、运动转角等参数;

②24 小时噪声影响后，喂食鱼类早期幼体，拍摄其噪声影响后的摄食行为特点，分析其摄食速率、摄食时长等参数。

3) 噪声对贝类的运动、摄食行为影响

①在实验室大型水槽内，对贝类进行连续噪声刺激，时长为 2 个月，并每隔一周对贝类的摄食行为进行高速摄像系统拍摄,重点关注繁殖期贝类的影响，分析其滤食速度、摄食时长等参数，并配合性腺成熟的分析;

②用定时拍摄的长时间拍摄系统拍摄其水平移动，分析贝类运动特点，重点关注其与噪声源的距离参数。

（2）电磁辐射对海洋经济动物的运动、摄食行为影响

1) 电磁辐射对虾蟹类浮游幼体的游泳、摄食行为的影响研究

①基于海底电缆电磁辐射强度，在实验室搭建交流电辐射水槽，实验期间进行 24 小时连续电磁辐射刺激，用显微高速摄像机拍摄虾蟹类浮游幼体的游泳特点，每隔 4 小时拍摄一次，分析运动速度、运动时长、间歇时长等参数;

②用垂直搭建的摄像系统拍摄浮游幼体的 24 小时的垂直移动，分析电磁辐射对其垂直移动行为的影响：24 小时电磁辐射影响后，用浮游植物喂食浮游动物幼体，拍摄噪声影响后的摄食行为特点，分析其摄食附肢摆动频率、摄食时长等参数。

2) 电磁辐射对鱼类早期幼体的运动、摄食行为影响

①选择黄姑鱼、小黄鱼和花鲈的早期幼体进行电磁辐射对其运动、摄食行为影响。在实验室电磁辐射水槽内对其进行 24 小时连续电磁辐射刺激，用高速摄像机拍摄鱼类幼体的游泳特点，每隔 4 小时拍摄其运动特点，分析运动速度、运动时长、间歇时长、运动转角等参数；

②24 小时噪声影响后，喂食鱼类早期幼体，拍摄其电磁辐射影响后的摄食行为特点，分析其摄食速率、摄食时长等参数。

3) 电磁辐射对贝类的运动、摄食行为影响

①在实验室大型水槽内,对贝类进行连续电磁辐射刺激,时长为 2 个月并每隔一周对贝类的摄食行为进行高速摄像系统拍摄，重点关注繁殖期贝类的影响，分析其滤食速度、摄食时长等参数，并配合性腺成熟的分析；

②用定时拍摄的长时间拍摄系统拍摄其水平移动，分析贝类运动特点，重点关注其与电磁辐射源的距离参数。

7.5.3.6 生态补偿措施的效果评估及技术监管

通过利用渔业资源损失补偿金(275.15 万元)进行各项渔业资源修复措施，可以在一定程度上弥补项目对海洋渔业生态环境和渔业资源造成的损失,加快实现海洋生态损害修复与环境保护，确保保护区得到有效保护和管理。生态补偿措施的效果评估及技术监管旨在对渔业资源修复措施在专业技术角度进行全面效果评估与监管，以促进渔业资源补偿的有效实施和价值最大化。

本项目生态补偿措施的效果评估及技术监管主要针对增殖放流开展。项目整体位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区渤海湾保护区核心区内，跟踪监测具体内容可根据具体情况进行调整。监测方案如下：

1、监测内容

为充分了解增殖放流效果，开展增殖放流效果评价工作，通过收集资料，摸清滨州海域增殖放流物种本底资源状况。增殖放流活动实施后，开展增殖放流效果跟踪调查，分析放流种类的生长率、成活率和回捕率；结合大面调查，查清放流种类的生长、分布情况，结合社会走访调查，分析本次增殖放流产生的社会经济和生态效益，撰写增殖放流效果评价报告，为渔业主管部门增殖放流提供数据支撑。

（1）本地调查

通过社会走访和收集资料等方式开展本底调查，摸清滨州海域中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎和海蜇的本底数量、分布及资源状况

（2）跟踪调查

1) 调查时间

苗种放流后 1 个月内进行一次中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎跟踪调查。

2) 调查内容

调查内容包括中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎的数量与分布、群体组成特征，放流海域渔业资源群落结构。

3) 调查站位

在中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎各放流点周围布设 2-3 个调查断面，利用专用网具进行跟踪调查。

（3）大面调查

1) 调查时间

放流后利用单拖网进行中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎大面调查，调查时间为当年 9 月；用流刺网进行海蜇大面调查，调查时间为当年 7 月。具体时间可以视具体情况进行调整。

2) 调查内容

调查内容包括中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎和海蜇的数量及群体组成渔业生物群落结构，评估滨州海域中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎和海蜇的可捕量。

大面调查同时开展调查放流区域及周边海域生态环境调查,可为放流区域和放流季节的选取提供科学依据，也为后期进行中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎和海蜇放流对生态环境改善的效果评价提供数据支撑。

生态环境调查包括叶绿素 a、海水温度、盐度、水深、透明度、DO、pH、无机氮、活性磷酸盐。

3) 调查站位

布设中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎大面调查站位 12 个站位，采用底拖网调查，拖速 3kn 左右，拖网时间 1h 左右;布设海蜇大面调查站位 12 个站位采用三层海蜇流刺网调查，网目为 80mm，网高为 10m，放网网长为 1000m，每站放网时间为 1h，渔获物带回实验室分析。大面调查站位可依据增殖放流物种实际放流地点进行调整。

(4) 社会走访调查

针对增殖放流物种除了进行大面调查以外,开展渔业生产动态调查及社会走访调查,结合社会走访调查,统计分析回捕跟踪情况。

在苗种生产、回捕、加工、销售等环节,由科研人员进行社会走访调查,发放调查问卷,统计分析放流增殖活动产生的经济效益和社会效益。

2、样品分析方法

(1) 分析方法

渔业资源调查内容包括渔业资源(鱼类、甲壳类、头足类)的种类组成、数量分布、生态优势度、资源量指数、群落多样性指数及群落结构。

渔业资源:采样及样品分析均按《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)和《海洋渔业资源调查规范》(SC/T9403-2012)进行。鱼类种类名称及分类地位以《海洋生物分类代码(GB/T17826-1999)》和《中国海洋生物名录》为依据。渔业资源调查所用网具为单船底拖网,每站拖曳 1h,平均拖速 3.0kn。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 50ind 的种类,随机抽取 50ind 进行生物学测定,不足 50ind 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。

(2) 数据处理

采样记录和样品分析数据经整理、核对后录入 Excel 表格进行计算和分析。各种平面分布图的绘制使用 ArcGIS10.7 软件。

由于各种渔业资源的生态习性不同,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 3.0kn、拖网时间 1h 为基准,根据各站位扫海面积(网口宽度 x 平均拖速 x 拖网时间)对调查数据进行标准化处理。

3、综合评价

综合评价本次中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎、海蜇放流增殖的经济效益、社会效益和生态效益。

生态效益:分析本次增殖放流活动对放流物种种群资源量的补充,以及对维持和提高增殖海域渔业生物多样性和群落稳定性的有利影响。

经济效益:主要是调查研究中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎、海蜇资源不同生活阶段的存活率、回捕率,增殖活动的投入产出和成本收益等。

社会效益：主要是通过各种形式的调查，用事实案例分析阐述增殖放流活动带来的社会受益行业、受益群体数量及受益程度，对解决社会就业的贡献度，全社会资源和环境保护意识提高程度，政府部门水生生物养护管理能力和决策水平提高等。

7.6 环境保护措施汇总

本项目环境保护措施汇总见下表。

表 7.6-1 项目环境保护措施汇总表

要素	时段	污染源	污染物	环保措施	处理效果
废气	施工期	施工扬尘	TSP	采取防尘措施，场地定期洒水。易扬尘材料如水泥、石灰、沙石等需密闭存储、苫盖或设置围挡，防止扬尘产生。	降低影响
		施工机械、车辆、船舶尾气	CO、NO _x 、SO ₂ 、THC	使用优质燃油和低污染排放设备、加强维修保养	降低影响
	运营期	船舶尾气	CO、NO _x 、SO ₂ 、THC	使用优质燃油和低污染排放设备、加强维修保养	降低影响
噪声	施工期	施工机械设备、船舶、车辆噪声	等效连续 A 声级	选择低噪声设备，并进行定期维护；做好施工机械、车辆的调度工作。	降低影响
	运营期	风机运行噪声	等效连续 A 声级	机舱内表面贴附阻尼材料。	降低影响
废水	施工期	施工人员生活污水	COD、NH ₃ N	项目施工营地设置环保厕所，定期委托资质单位处理	集中收集处理，严禁排海
		施工船舶生活污水	COD、NH ₃ N	船舶生活污水集中收集后委托资质单位处理	
		施工船舶舱底油污水	SS、石油类	船舶上配备污水收集容器统一收集，含油废水封铅上岸后委托资质单位接受处理	严禁排海
		海缆直埋铺设悬浮泥沙	SS	严格控制施工作业范围，选择海况良好、潮流较缓的情况进行施工作业。部分区域布设防污帘	降低影响
	运营期	检修人员生活污水	COD、NH ₃ -N	环保厕所收集后委托资质单位处理	不外排
		船舶生活污水	COD、NH ₃ -N	集中收集后委托资质单位处理	不外排
		船舶含油污水	石油类	封铅上岸后委托资质单位接受处理	不外排
固废	施工期	建筑垃圾	建筑垃圾	回填利用或二次售卖	全部安全处置，无外排
		施工人员生活	生活垃圾	收集后由环卫部门定期清运处理。	
		运维船舶	生活垃圾	集中收集上岸后交由环卫部门。	

要素	时段	污染源	污染物	环保措施	处理效果
	运营期	风电机组、箱变等设备定期检修维护	废含油抹布、或含油锯末	分类收集后随运维船舶送至岸上，转运至项目接入升压站内危废暂存间贮存。	全部安全处置，无外排
		生态保护措施	降低影响	增殖放流、保护区管护条件提升、跟踪监测及保护区主要保护物种调查、生态补偿措施效果评估及技术监管等	
海洋生态环境		跟踪监测		施工期及营运期定期跟踪监测	跟踪监测

8 环境影响经济损益分析

8.1 环境经济损益分析方法

环境影响经济损益分析主要是衡量项目的环保投资所能收到的环境效益和经济效益，建设项目应力争达到社会效益、环境效益、经济效益的统一，实现经济的持续发展和环境质量的不断改善。本项目在生产过程中会产生废气、废水、噪声等污染物，是一个复合型工程，其建设在一定程度上给周围环境质量带来一些负面影响，因此有必要进行经济效益、社会效益、环境效益的综合分析，确保本建设项目的建设论证更加充分可靠，工程的设计和实施更加完善，以实现社会的良性发展、经济的持续增长和环境质量的保持与改善。

以调查和资料分析为主，在详细了解项目的工程概况、环保投资及施工运营各环节环境影响程度和范围的基础上，运用相应的计算方法进行经济损益定性或定量估算，建立经济指标进行分析评价。

8.2 项目经济、社会效益分析

8.2.1 经济效益分析

本项目位于山东省滨州市滨州港，其主要建设内容包括风电机组、升压站等。本项目的建设可向当地电网输送清洁的可再生能源，有力地加强电网末端的电力供应，改善当地的电源结构。

本项目按上网电价0.303元/kWh进行财务评价得出：项目投资财务内部收益率为6.05%（税前），资本金财务内部收益率为7.71%，投资回收期为13.99年，总投资收益率为3.43%，项目资本金净利润率为9.64%。项目投资财务内部收益率为6.05%，高于基准收益率（6%），因此，该项目财务评价可行。

8.2.2 社会效益分析

建设本风电场，将会促进当地相关产业（如建材、交通）的发展，对扩大就业和发展第三产业将起到积极作用，从而带动和促进当地国民经济的发展和社会进步。随着风电场的相继开发，风能将成为当地的又一大产业，为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展，加快实现小康将起到积极作用。

本风电场工程200MW项目的开发，不仅是该地区能源供应的有效补充，而且作为绿色电能，有利于缓解该地区电力工业的环境保护压力，促进地区经济的持续发展，对于带动地方经济快速发展将起到积极作用，项目社会效益显著。

8.3 环境损益分析

8.3.1 环境保护投资费用估算

根据国家环境保护法律、法规的规定，建设项目应执行环境保护“三同时”制度，即建设项目中防治污染的设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。环保建设投资比例的大小应较好地体现出技术可行、经济合理、环境效益明显等原则。

环保投资估算见下表。

表 8.3-1 拟建项目施工期环境保护措施投资估算

序号	项目		处理措施	投资估算 (万元)
1	水环境保护工程	生活污水 处理	环保厕所收集后，委托资质单位处理；	10
2		含油废水	委托资质单位处理	20
3		悬浮泥沙	防污帘	50
4	大气环境保护工程	施工扬尘	定期洒水；设置围挡	1
5	固体废物处置	生活垃圾	垃圾收集后，交由环卫部门处理	1
6		建筑废料	回收/二次售卖	/
7		危险废物	暂存危废间，委托资质单位处理	5
8	鸟类生态保护		采用在风机上采用不同色彩搭配，安装驱鸟器	25
9	风险防范设施		溢油应急物资	50
10	施工期环境监测		水质、沉积物、海洋生态、鸟类、噪声	90
11	营运期跟踪监测		水质、沉积物、海洋生态、鸟类、噪声	90/a
12	生态修复		增殖放流、保护区管护条件提升、跟踪监测及保护区主要保护物种调查、生态补偿措施效果评估及技术监管等	275.15
总计				617.15万元/a

8.3.2 环境经济损失分析

(1) 水质环境影响

施工期生活污水与施工污水均不外排，对水质环境产生影响的主要为悬浮泥沙，根据水环境影响评价结果可知，本工程悬浮泥沙产生影响较小且为暂时性、可恢复的，随工程结束而消失，因此对水环境的影响是可以接受的。建成后对水环境无影响。

(2) 生物资源损失

项目临时施工平台占用海域导致区域内的底栖生物生境丧失，导致底栖生物死亡，项目清淤等施工过程中产生的悬浮泥沙也会对周边的海洋生物造成影响，依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》计算本综上所述，项目用海共造成底栖生物损失量为 11.62t，鱼卵损失量为 3.25×10^7 粒，仔稚鱼损失量为 6.44×10^6 尾，幼鱼损失量 3.63×10^4 尾，头足类幼体损失量 1988 尾，虾幼体损失 8425

尾，蟹幼体损失 2515 尾，渔业资源成体损失 8019.14kg。

通过调研滨州市本地鱼卵、仔稚鱼、底栖生物价格。按照此标准估算项目建设造成的海洋生物资源损害价值，经计算项目共造成海洋生物资源损害价值约为 275.15 万元。

8.3.3 环保措施环境效益分析

环保投资的效益包括直接效益和间接效益。直接效益为资源、能源的回收利用所产生的收益；间接效益为由于污染物的削减而产生的环境效益。对本建设项目来说，环境经济效益只由间接效益组成。

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，从而确保有效地保护生态环境，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。

项目拟投入 617.15 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，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。

8.4 综合评价

综上所述，华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目能够为当地电网输送清洁的可再生能源，有力地加强电网末端的电力供应，改善当地的电源结构。在社会效益方面，本项目提供就业和地方税收，对促进地方的经济发展有重要贡献；在环境效益方面，本项目的建设和运营会对环境产生一定的影响，但在项目建设中，只要严格执行有关的法律、法规，环保措施执行“三同时”制度，可保证所造成的环境损失在允许范围之内；在经济效益方面，项目投资利润率与投资利税率较高，有较好的经济效益。以上三方面的分析结果表明，本项目具有良好的经济效益和社会效益，对环境的影响损失较小，可以实现经济效益、社会效益与环境效益的协调发展。

9 环境管理与监测计划

环境管理与环境监测是项目日常管理中的重要环节之一。根据工程的特点，从保护环境的角度出发，建立、健全环保机构，加强环境监测和管理，把环境保护工作作为生产管理的重要组成部分，确定环保目标，制订和实施环保措施，改善环境保护的基础工作，减少污染物排放和对生态影响，促进资源的综合利用，提高经济效益和环境效益，实现经济与环境的协调和健康发展。

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。

9.1 环境管理

(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下表。

表 9.1-1 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。
阶段	环境管理工作计划的具体内容
施工阶段	(1) 落实环评报告提出的环保措施，监理单位应做好施工现场的巡视检查、发现存在的环境问题并及时提出，对环保措施的落实情况进行监督。施工期落实的主要污染防治措施包括：施工过程中是否采取降低悬浮物的浓度和控制悬浮物扩散的措施；施工物料堆放、装卸、运输是否按对策措施要求落实；施工过程中使用的各类机械设备是否依据有关法规控制噪声污染；施工粉尘、扬尘是否得到有效防治；各类废水和垃圾是否进行妥善处理；施工期监测制度是否落实等。 (2) 制订和实施环境监测计划，确定监测频率和监测站位。 (3) 监理单位编制环境监理报告，报送建设单位、施工单位和环保部门，反映施工期环境保护措施的落实情况，作为工程竣工环境保护验收的重要材料。

竣工验收阶段	(1) 落实环保投资，确保治理措施执行“三同时”和各项环保治理措施达到设计要求； (2) 开展竣工验收监测、编制环保竣工验收报告等工作；
运营阶段	(1) 严格执行各项生产及环境管理制度； (2) 监督生态影响防治措施； (3) 制订和实施环境监测计划； (4) 污染事故应急防范：对于突发性污染事故的应急防范，建设单位应成立应急反应指挥小组，制定和实施项目应急反应计划，配备适当数量的应急设备，将项目的突发事故应急防范与地方应急防范工作相衔接，做好污染事故应急防范工作； (5) 定期开展宣传、教育和培训。

(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和生态影响因素、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。

(3) 环境保护管理建议

在施工过程中，建设单位应优化施工工艺，在保证项目建设满足功能需要的同时兼具环保和美观；采取切实有效措施，减少悬浮物对海洋环境的影响，保护海洋环境；施工和运营期间加强管理，严禁向近岸海域排污。

项目施工前，应认真研究有关的地质勘察、海流、水深等资料，优化施工方案。对可能发生不利影响因素的范围与程度进行评估，制定监测与应对措施，必要时与施工管理部门协商，将施工进度及作业面等作相应的变通。

相关措施：

①加强管理，严禁向近岸海域排污；

②定期对工程所在海域进行监测，及时掌握环境状况，以便及时采取有效

措施改善环境；

- ③避免工程的施工机械对其他用海安全产生不利的影响；
- ④突发性事故将造成水质严重污染，这一潜在危害应当引起重视；
- ⑤建设单位应制定防风暴潮等用海风险的应急预案；

因此，应在管理上制定严格的措施，高度警惕，力争杜绝事故的发生。

9.2 环境监测

本项目为海上风电项目，根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》以及项目实际特点和周边海域特点，在工程周边海域设置海水水质、沉积物质量、海洋生态、海洋生物体质量、鸟类调查的监测工作，本次主要针对施工期和运营期对海洋环境的影响进行跟踪监测，后期实际监测方案结合项目区的情况可适当进行调整。

9.2.1 施工期跟踪监测

1.海水水质、沉积物环境、海洋生态、生物质量和渔业资源监测

(1) 范围及站位布设

在工程海域设置共计 12 个调查站位，其中包括水质站位 12 个、沉积物站位 8 个、海洋生态站位 8 个（包含生物质量）、渔业资源站位 8 个。

(2) 监测内容

①水质

施工前/后：水温、盐度、PH、悬浮物、COD、BOD₅、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发性酚和重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍）；

施工中：悬浮物、COD、BOD₅、无机氮、石油类。

②沉积物：粒度、有机碳、PH、石油类、硫化物、重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷）；

③生物质量：重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷等）和石油烃；

④海洋生态环境、渔业资源：叶绿素-a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔稚鱼）、底栖生物、游泳动物。

(3) 监测频率和时间

水质施工期每年监测 6 次，分别在丰水期、平水期、枯水期的大小潮各进

行 1 次进行监测；沉积物施工期共监测 3 次，在项目施工前、施工中和施工结束后各监测 1 次；海洋生态、渔业资源施工期共监测 3 次，在项目施工前、施工中和施工结束后各监测 1 次；生物质量随生态监测一同进行。

2.鸟类：

①监测方法：采用样点法和样线法相结合的方法进行鸟类观测。

②监测时间及频次：施工期在代表性季节进行观测一次。

③监测项目：主要包括鸟类种类和数量，迁徙活动情况，栖息觅食情况等。

3.水下噪声

（1）监测站位：在风机基础施工期间，布设代表性站位 9 个，在距离风电场单个风机约 100m 处监测水下辐射噪声，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）监测内容：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级；

（3）监测频率和时间：桩基基础施工高峰期开展一次。

9.2.2 运营期环境监测

1.海水水质、沉积物环境、海洋生态、生物质量和渔业资源监测

（1）范围及站位布设

在工程海域设置共计 12 个调查站位，其中包括水质站位 12 个、沉积物站位 8 个、海洋生态站位 8 个（包含生物质量）、渔业资源站位 8 个。

（2）监测内容

①水质：水温、盐度、PH、悬浮物、COD、BOD₅、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发性酚和重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍）；

②沉积物：粒度、有机碳、PH、石油类、硫化物、重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷），潮间带沉积物；

③生物质量：重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷等）和石油烃；

④海洋生态环境、渔业资源：叶绿素-a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔稚鱼）、底栖生物、游泳动物。

（3）监测频率和时间

水质、沉积物、海洋生态、生物质量及渔业资源开始 5 年内每年监测 1 次，监测 5 年后根据前期监测分析结果，再调整监测频率。

2.鸟类

①监测方法：采用样点法和样线法相结合的方法进行鸟类观测；

②监测时间及频次：运营期进行春、秋两季观测；

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。

3.地形地貌与冲淤

①监测位置：本项目属海上风电项目用海，其冲淤监测范围为以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例尺按照 1: 5000 制图；

②监测时间及频次：运行初期前 3 年，每年 1 次；

③监测内容：淤深（厚）度、冲淤坑（包）直径。

4.水下噪声

①监测位置：设 9 个代表性监测站位，在距离风电场单个风机约 100m 处监测水下辐射噪声，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：运营期选择风机正常工作时间监测 1 次；

③监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级。

表 9.2-1 环境监测计划一览表

监测时期	监测内容	监测站位 (个)	监测项目	监测频率
施工期	水质	12	施工前/后：水温、盐度、PH、悬浮物、COD、BOD ₅ 、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发性酚和重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍）	每年分别在丰水期、平水期、枯水期的的大小潮各进行1次进行监测
	沉积物	8	粒度、有机碳、PH、石油类、硫化物、重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷），潮间带沉积物	施工前、施工中和施工结束后各监测1次
	海洋生态	8	叶绿素-a、浮游植物、浮游动物、底栖生物	
	渔业资源	8	鱼卵、仔稚鱼、游泳动物	
	生物质量	8	重金属（总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷等）和石油烃	

监测时期	监测内容	监测站位 (个)	监测项目	监测频率
	鸟类	采用样点法和样线法相结合	鸟类种类和数量, 迁徙活动情况, 栖息觅食情况	施工期代表性季节进行观测一次
	水下噪声	9	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级	桩基基础施工高峰期开展一次
运营期	水质	12	水温、盐度、PH、悬浮物、COD、BOD ₅ 、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类和重金属(总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍)	开始5年内每年监测1次, 运行5年后根据前期监测分析结果, 调整监测频次
	沉积物	8	粒度、有机碳、PH、石油类、硫化物、重金属(总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷), 潮间带沉积物	
	海洋生态	8	叶绿素-a、浮游植物、浮游动物、底栖生物	
	渔业资源	8	鱼卵、仔稚鱼、游泳动物	
	生物质量	8	重金属(总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷等)和石油烃	
	鸟类	采用样点法和样线法相结合	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	运营期进行春、秋两季观测
	地形地貌与冲淤	以工程外扩边界2km的海域范围	淤深(厚)度、冲淤坑(包)直径	运行初期前3年, 每年1次
	水下噪声	9	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级	运营期选择风机正常工作时间监测1次

表 9.2-2 施工期及运营期跟踪监测站位表

站位	纬度 (N)	经度 (E)	调查内容
1			水质、沉积物、生物、渔业资源
2			水质、沉积物、生物、渔业资源
3			水质
4			水质、沉积物、生物、渔业资源
5			水质、沉积物、生物、渔业资源
6			水质
7			水质
8			水质、沉积物、生物、渔业资源
9			水质、沉积物、生物、渔业资源
10			水质
11			水质、沉积物、生物、渔业资源
12			水质、沉积物、生物、渔业资源

表 9.2-3 水下噪声监测站位

站位	纬度 (N)	经度 (E)	监测项目
S1			水下噪声
S2			水下噪声
S3			水下噪声
S4			水下噪声
S5			水下噪声
S6			水下噪声
S7			水下噪声
S8			水下噪声
S9			水下噪声

图 9.2-1 施工期及营运期跟踪监测站位示意图

图 9.2-2 施工期及营运期水下噪声监测站位示意图

9.3 总量控制

9.3.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量

根据《国务院关于印发“十四五”节能减排综合工作方案的通知》(国发(2021)33 号)文件和《山东省“十四五”生态环境保护规划》，大气污染物总量控制的项目为臭氧、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，确定水环境总量控制因子为COD、氨氮；大气环境总量控制因子为NO_x。

9.3.1.1 各阶段污染物排放总量

本项目各阶段污染物排放种类、排放方式与排放量具体见下表。

表 9.3-1 工程各阶段污染物排放清单

阶段	环境要素	污染源	污染量	主要污染物	排放/处理方式
施工期	水环境	船舶含油污水	17.05m ³ /d	石油类	委托资质单位接收处理
		生活污水	7545.6m ³	COD、氨氮、SS	委托资质单位接收处理
		悬浮泥沙	0.70kg/s	SS	自然排放
	声环境	施工噪声	110dB	噪声	自然传播
		船舶噪声	162dB	噪声	自然传播
	大气环境	施工场地	539g/s	扬尘	直接排放
		汽车废气	CO、NO _x 分别为2.52t/a、5.01t/a	CO、NO _x	
		船舶废气	SO ₂ 、NO _x 、CO分别为171.36t/a、210.76t/a、719.01t/a	SO ₂ 、NO _x 、CO	自然排放
	固体废物	生活垃圾	188.64t	固废	委托环卫部门

阶段	环境要素	污染源	污染量	主要污染物	排放/处理方式
	环境要素				处理
		土石方	--	--	接收处理
		建筑废料	--	--	回收或次售卖
	环境事故风险溢油	施工船舶	170.28t/次	石油类	船舶溢油事故应急预案
运营期	水环境	运维检修船含油污水	7.28m³/a	石油类	交由资质单位处理
		生活污水	0.08m³/d	COD、氨氮、SS	委托资质单位处理
	声环境	风机运行	106dB	噪声	自然传播
	大气环境	检修船舶废气	SO ₂ 、NO _x 、CO分别 2.12t/a、2.61t/a、 8.90t/a	SO ₂ 、CO、NO _x	自然排放
	固体废物	生活垃圾	2kg/d	一般固体废物	交由环卫部门处理
		含油锯末或含油棉纱等危险废物	50kg	危险固体废物	放置于危废间，委托资质单位处理

9.3.1.2 各阶段污染物排放总量

根据总量控制对象及污染物排放情况，确定施工期总量控制对象为COD、氨氮和NO_x，运营期总量控制对象为COD、氨氮和NO_x，总量控制指标为COD：0t/a、氨氮：0t/a、NO_x：0t/a。

9.3.2 污染物的排放削减方法

根据上述分析，本工程受控污染物主要为施工期和运营期的污水、施工期和运营期的车辆及船舶尾气，其排放削减方法为：施工期产生的生活污水委托资质单位处理，船舶含油污水封铅到岸后由资质单位接收处理；运营期检修人员产生的生活污水集中收集后委托资质单位定期处理，不外排入海。项目施工期车辆定期维修保养，船舶使用硫含量不大于 0.5%_{m/m} 的船用燃油。

9.3.3 污染物排放总量控制方案与建议

本项目无需申请总量控制指标。

9.4 “三同时”验收一览表

根据《建设项目环境保护管理条例》(2017年修订)和《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范生态影响类》

(HJ/T394-2007)，编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，在规定的验收时限内，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。本项目建成后，建设单位应组织开展竣工环境保护验收相关工作，竣工环境保护验收通过后，建设单位方可正式投入运行。

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。环保竣工验收内容如下：

表 9.4-1 项目竣工环境保护验收一览表

项目阶段	污染因素	污染源	主要污染物	排放/处理方式	验收标准	验收内容
施工期	废水	施工悬沙	SS	部分区域布设防污帘	按要求实施	--
		船舶含油废水	油类污染物	封铅处理，上岸后委托资质单位处理	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）；《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》；	检查落实情况（有完整的接收合同、接收方资质证明等）
		船舶生活污水	COD、BOD ₅ 、氨氮和SS	集中收集后，委托资质单位处理	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）	检查落实情况（有完整的接收合同、接收方资质证明等）
		生活污水	COD、BOD ₅ 、氨氮和SS	环保厕所集中收集后，委托资质单位处理	--	检查落实情况（有完整的接收合同、接收方资质证明等）
	噪声	船舶、车辆、施工噪声	噪声	自然排放	《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）	--
	废气	船舶尾气	CO、NO ₂ 等	应使用硫含量不大于0.5% _{m/m} 的船用燃油	《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）	--
		车辆尾气	CO、NO ₂ 等	自然排放	《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）	--
		扬尘	PM ₁₀	自然排放；施工现场和运输车辆应做好防尘措施；建筑材料堆放场采取土工布围护，并由人工定期洒水，以保持材料一定的湿度；	《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）	检查落实情况
	固体废物	生活垃圾	固体废物	集中收集后委托处理	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）、《山东省城乡生活垃圾分类技术规范》（DB37/T 5182-2021）	检查落实情况（有完整的接收证明）
		建筑垃圾	固体废物	回收或二次售卖	《建筑垃圾处理技术标准》（CJJ T134-2019）、《建筑垃圾综合利用技术导则》（DB37/T 4583—2023）	检查落实情况

项目阶段	污染因素	污染源	主要污染物	排放/处理方式	验收标准	验收内容
营运期	废水	含油废水	油类污染物	封铅处理，后委托资质单位处理	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552—2018）；《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》；	检查落实情况（有完整的接收证明）
		生活污水	COD、BOD ₅ 、氨氮和SS	集中收集后，委托资质单位处理	--	检查落实情况（有完整的接收证明）
	噪声	风机运转噪声	噪声	自然排放	--	--
	废气	检修船舶废气	CO、NO ₂ 等	自然排放；	《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）	--
	固体废物	生活垃圾	固体废物	集中收集后运往附近的生活垃圾集中处理站处理	《山东省城乡生活垃圾分类技术规范》（DB37/T 5182-2021）	检查落实情况
		维护产生的少量含油锯末或含油棉纱废物、废油等	危险废物	暂存于危废间，定期委托资质单位处理	《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）	检查落实情况（有完整的接收合同、接收方资质证明等）
环境监测计划	/	/	/	/	/	检查建设单位与监测单位签订的相关合同文件。提供完整的监测记录、监测报告
环境风险	应急体系			将本工程应急体系纳入滨州市船舶污染事故应急体系		检查是否落实措施，查阅船舶事故溢油风险应急预案
	事故预防设施			在风电场拐角及两条长边中间位置风机上各安装一台灯光警示设备；设置危废间		
	事故处理			在施工水域外围设置专门的警戒船或者浮筒，提醒航行船舶注意避让；施工单位应制定船舶事故溢油风险应急预案，加强对船舶溢油及其他风险事故的防范，施工单位运输风机部件时应尽量避开周边航道通航高峰期，避免碍航现象和船舶碰撞事故发生		

10 产业政策、规划符合性及选址合理性分析

10.1 产业政策符合性分析

根据国家发展改革委《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目为海上风电项目，属于“鼓励类”中“五、新能源”的“1.风力发电技术与应用”，项目建设符合国家产业政策。

根据《市场准入负面清单（2025年版）》的通知（发改体改规〔2025〕466号），本项目建设不属于“市场准入负面清单”中的“禁止准入类”。本项目属于负面清单以外项目，符合清单管理的相关要求。

10.2 “三线一单”符合性分析

10.2.1 生态保护红线符合性分析

根据山东省“三区三线”划定成果，项目与“三区三线”中的生态保护红线位置关系见图 10.3-1，项目不占用生态保护红线，与山东贝壳堤岛与湿地重要滩涂及浅海水域生态保护红线的最近距离约 。

图 10.2-1 项目与“三区三线”的位置关系

10.2.2 环境质量底线

根据《滨州市生态环境质量概要》（2024 年），2024 年，滨州市近岸海域 5 个国控点位优良水体比例达到 89.9%，超出省任务目标 12.1 个百分点。国控各点位 pH、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、石油类、铜、镉、汞、铅等项目年均值全部符合一类海水标准；无机氮一类海水比例占 20.0%，二类海水比例占 60.0%，三类海水比例占 20.0%。声环境，全市 7 县（市、区）昼间区域声环境监测点位 726 个，区域声环境等效声级平均值为 52.0 分贝，区域环境噪声总体水平为二级，与上年相比下降 1.6 分贝。土壤环境，全市 31 个基础点位中所有指标均低于《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》。（GB15618-2018）。

环境质量底线是指按照水、大气、土壤环境质量不断优化的原则，结合环境质量现状和相关规划、功能区划要求，考虑环境质量改善潜力，确定的分区域分阶段环境质量目标及相应的环境管控、污染物排放控制等要求。

项目施工期会对海水水质造成一定的影响，但这种影响施工结束后就会消失。施工期和营运期产生的主要污染物包括船舶含油废水、生活污水、固体废物等均集中收集后妥善处理，不排向海域，不会对近海海域水质环境质量产生不利影响，符合水环境质量底线目标要求。

项目废物的污染源主要是机械设备、运输车辆及船舶产生的尾气及施工扬尘，采用适宜的污染防治措施后，经自然排放及扩散，能够满足所在功能区的环境质量要求，符合大气环境质量底线目标要求。

项目为风电项目，施工期及运营期产生的固体废物集中收集后妥善处理，不会对土壤环境造成影响，符合土壤环境质量底线目标要求。

因此，项目建设符合区域环境质量底线目标要求。

10.2.3 资源利用上线

资源利用上线是指按照自然资源资产“只能增值、不能贬值”的原则，以保障生态安全和改善环境质量为目的，利用自然资源资产负债表，结合自然资源开发管控，提出的分区域分阶段的资源开发利用总量、强度、效率等上线管控要求。

项目运营期无人值守，用水主要为检修人员生活用水，用水量较少。本项目为风力发电项目，风能是清洁的、可再生的能源，开发风能符合国家环保、节能政策。项目本着节约土地资源建设的方针，风机通过立体确权建设在防波堤上，充分利用海域空间。因此，项目建设会突破资源利用上线。

10.2.4 环境管控单元及生态环境准入清单

根据《滨州市生态环境准入清单》（2023年版）。环境管控单元生态环境准入清单分属于7个县（市、区），体现各环境管控单元的差异性、落地性要求。环境管控单元包括优先保护、重点管控和一般管控单元三类，项目位于重点管控单元和一般管控单元。

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目不属于限制类，符合国家产业政策的要求。从污染物排放管控来看，大气污染物排放强度低，水污染物收集处理，采取报告中所列的环境污染防治措施后，大气环境和水环境影响可接受。本项目水资源、能源符合清洁生产的要求，不会造成较大的水消耗和能源消耗。

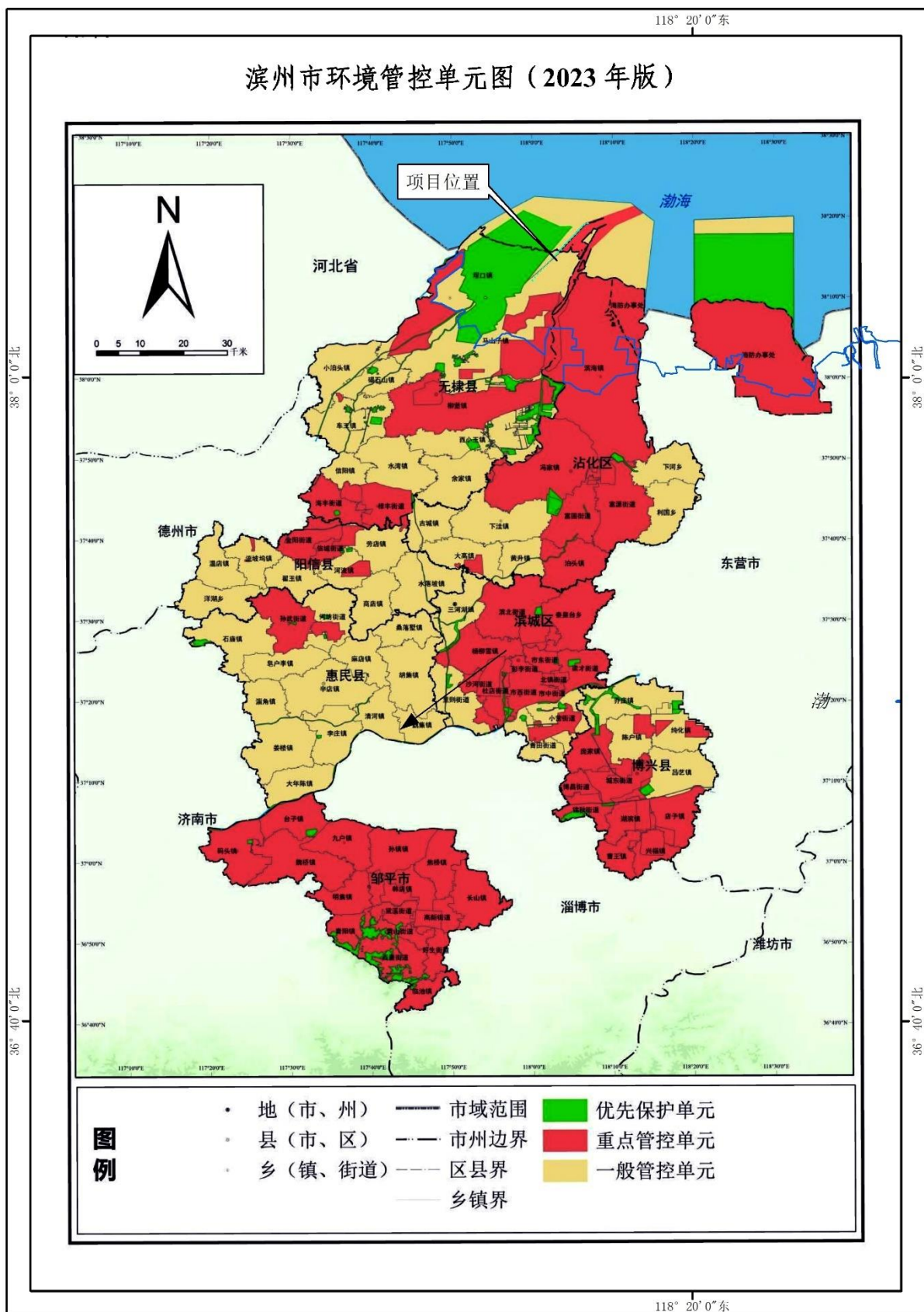


图 10.3-2 项目与滨州市环境管控单元的位置关系

表 10.2-1 滨州市生态环境管控单元-通用-管控要求

序号	属性/区域	管控纬度	准入要求	符合性分析
1	通用	空间布局约束	<p>(1.1) 县级以上人民政府应当根据产业结构调整和产业布局优化的要求,引导工业企业入驻工业园区。</p> <p>(1.2) 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。</p> <p>(1.3) 全面启动城镇人口密集区 and 环境敏感区域的危险化学品生产企业搬迁入园或转产关闭工作。</p> <p>(1.4) 化工投资项目原则上应在省政府认定的化工园区、专业化工园区和重点监控点内实施,并符合国土空间规划、产业发展规划等相关规划。</p> <p>(1.5) 海水或卤水提取溴素、新建大型冶金项目配套焦化和制气、氯碱企业耗氯和耗氢项目,可以就地或随原有企业配套建设。</p> <p>(1.6) 新建生产危险化学品的化工项目(危险化学品详见《危险化学品目录》),固定资产投资额原则上不低于 3 亿元(不含土地费用);列入国家《产业结构调整指导目录》和《外商投资产业指导目录》鼓励类以及搬迁入园项目,不受 3 亿元投资额限制。</p> <p>(1.7) 严格限制新建剧毒化学品项目,实现剧毒化学品生产企业只减不增。</p> <p>(1.8) 加强空间布局管控。将土壤和地下水环境管理要求纳入国土空间规划,加强生态环境分区管控,合理规划土地用途。永久基本农田集中区域禁止规划建设可能造成土壤污染的建设项目。居住区和学校、医院、疗养院等单位周边,禁止新(改、扩)建可能造成土壤污染的项目。新(改、扩)建建设项目涉及有毒有害物质可能造成土壤污染的,提出并落实土壤和地下水污染防治要求。</p> <p>(1.9) 核心控制区内禁止新建污染大气环境的生产项目;建设其他设施,其污染物排放应满足《区域性大气污染物综合排放标准》(DB37/2376-2019)中相应的“核心控制区”的排放浓度限值。</p> <p>(1.10) 禁止建设不符合国家和省产业政策的小型造纸、制革、印染、染料、炼焦、炼硫、炼砷、炼汞、炼油、电镀、农药、石棉、水泥、玻璃、钢铁、火电以及其他严重污染环境的生产项目。已经建设的,由所在地的县级以上人民政府责令拆除或者关闭。</p> <p>(1.11) 严格控制尿素、磷铵、电石、烧碱、聚氯乙烯、纯碱、黄磷等过剩行业新增产能,相关部门和机构不得违规办理土地(海域)供应、能评、环评和新增授信等业务,对符合政策要求的先进工艺改造提升项目应实行等量或减量置换。未纳入《石化产业规划布局方案》的新建炼化项目一律不得建设。</p>	<p>符合。项目为风电项目,根据《产业结构调整指导目录》,属于鼓励类。项目建设和运营基本不会对土壤和大气环境产生影响。项目不占用生态保护红线,不突破环境质量底线和资源利用上线,不属于环境准入负面清单。</p>

序号	属性/区域	管控纬度	准入要求	符合性分析
			<p>(1.12) 对钢铁、地炼、焦化、煤电、电解铝、水泥等重点行业实施产能总量控制，严格执行产能置换要求，确保产能总量只减不增。</p> <p>(1.13) 严格核查清理在建焦化产能，违规产能一律停止建设。</p> <p>(1.14) 依据安全、环保、技术、能耗、效益标准，以钢铁、地炼、焦化、煤电、水泥、轮胎、煤炭、化工等行业为重点，分类组织实施转移、压减、整合、关停任务，加快淘汰低效落后产能。</p> <p>(1.15) 根据国家及行业相关要求，优化整合钢铁、地炼、焦化、煤电、水泥、轮胎、煤炭、化工等行业产能布局。</p> <p>(1.16) 严格控制新上耗煤项目审批、核准、备案，鼓励天然气、电力等清洁能源替代煤炭消费。严格控制燃煤机组新增装机规模，新增用电量主要依靠非化石能源发电和外输电满足。</p> <p>(1.17) 65 蒸吨/小时及以上燃煤锅炉在完成超低排放的基础上要全部完成节能改造。</p> <p>(1.18) 全市 35 蒸吨/小时及以下燃煤锅炉全部淘汰。以蒸汽为供热介质的热电联产项目，10 公里供热半径内除现有规划布局外，原则上不再规划热源点。除国家和省另有规定外，在城市建成区、开发区、工业园区内不得新建额定蒸发量二十吨以下的直接燃重油、渣油锅炉以及直接燃用生物质的锅炉。</p> <p>(1.19) 鼓励发展天然气分布式能源等高效利用项目，限制发展天然气化工项目；有序发展天然气调峰电站，原则上不再新建天然气发电项目。</p> <p>(1.20) 推动运输结构调整。以推进货物运输“公转铁”为核心，加快构建多式联运系统，推进各种运输方式协调发展，提高综合交通运输体系组合效率。逐步调整大宗物料公路运输量，加快推动运输距离在 400 公里以上，且具备铁路或管道运输条件的煤炭、矿石、焦炭、石油等大宗货物，由公路运输转为铁路或管道运输。</p> <p>(1.21) 持续开展“散乱污”企业和集群排查整治，发现一起、处置一起，实行“散乱污”企业动态清零。</p> <p>(1.22) 严格建设项目环境准入。严格落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”，逐步提高石化、化工、包装印刷、工业涂装等高 VOCS 排放建设项目的环保准入门槛，实行严格的控制措施。未列入国家批准的相关规划的新建炼油及扩建一次炼油项目、新建乙烯、对二甲苯(PX)、二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI) 项目，禁止建设。新建涉 VOCS 排放的工业企业要入园区。严格涉 VOCS 建设项目环境影响评价，实行区域内 VOCS 排放等量或倍量削减替代，并将替代方案落实到企业排污许可证中，纳入环境执法管</p>	

序号	属性/区域	管控纬度	准入要求	符合性分析
			理。新、改、扩建涉 VOCS 排放项目，应从源头加强控制，使用低(无)VOCS 含量的原辅材料，加强废气收集，安装高效治理设施。 (1.23) 邹平市产业发展禁止类（27 类） (1.24) 加快动能转换助推高质量发展。完整准确、全面贯彻新发展理念，牢记“国之大者”，严把新建“两高”项目准入关。	
		污染物排放管控	(2.1) 二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物（VOCS）全面落实大气污染物特别排放限值。 (2.2) 严控重点行业新增产能。重大项目建设，必须首先满足环境质量“只能更好，不能变坏”的底线，严格落实污染物排放“减量替代是原则，等量替代是例外”的总量控制刚性要求。 (2.3) 对超过重点水污染物排放总量控制指标或者未达到水环境质量改善目标的，暂停审批该地区新增重点水污染物排放建设项目的环评影响评价文件。 (2.4) 根据水质目标和主体功能区要求，制定实施差别化区域环境准入政策，从严审批高耗水、高污染物排放、产生有毒有害污染物的建设项目，对造纸、焦化、氮肥、有色金属、印染、农副食品加工、原料药制造、制革、农药、电镀等十大重点行业，实行新(改、扩)建项目主要污染物排放等量或减量置换，在南水北调重点保护区、集中式饮用水水源涵养区等敏感区域实行产能规模和主要污染物排放减量置换。 (2.5) 实施最严格水资源管理制度。严格取水许可审批管理，对取水总量已达到或超过控制指标的地区，暂停审批其建设项目新增取水许可。 (2.6) 严厉打击查处破坏污染源自动监控设施、监测数据弄虚作假，私设暗管或利用渗井、渗坑排放、倾倒含有毒有害污染物废水、含病原体污水，不正常使用水污染物处理设施，或者未经批准拆除、闲置水污染物处理设施等环境违法行为。	符合。 项目施工期机械设备、车辆及船舶会产生一定的废气，经扩散后对大气环境的影响不大。运营期无废气产生。施工期产生的船舶含油废水、生活污水及固体废物均集中收集后妥善处理，不排海。营运期，升压站无人值守，检修期间产生的生活污水经环保厕所收集后委托资质单位处理。
		环境风险防控	(3.1) 土壤污染重点监管单位应该严格控制有毒有害物质排放，并按年度向生态环境主管部门报告排放情况；建立土壤污染隐患排查制度，保证持续有效防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散；制定、实施自行监测方案，并将监测数据报生态环境主管部门。并对监测数据的真实性和准确性负责。生态环境主管部门发现土壤污染重点监管单位监测数据异常，应当及时进行调查。设区的市级以上地方人民政府生态环境主管部门应当定期对土壤污染重点监管单位周边土壤进行监测。	符合。 项目为风电项目，属于清洁能源，项目建设和运营产生的废水和固体废物均妥善处理，不会对土壤和地下水环境产生影响。

序号	属性/区域	管控纬度	准入要求	符合性分析
			<p>(3.2) 土壤污染重点监管单位拆除设施、设备或者建筑物、构筑物的，应当制定包括应急措施在内的土壤污染防治工作方案，报地方人民政府生态环境、工业和信息化主管部门备案并实施。</p> <p>(3.3) 土壤污染重点监管单位生产经营用地的用途变更或者在其土地使用权收回、转让前，应当由土地使用权人按照规定进行土壤污染状况调查。土壤污染状况调查报告应当作为不动产登记资料送交地方人民政府不动产登记机构，并报地方人民政府生态环境主管部门备案。</p> <p>(3.4) 有色金属冶炼、石油加工、化工、医药、焦化、电镀、制革、铅蓄电池制造等行业企业拆除生产设施设备、构筑物和污染治理设施前，应认真排查拆除过程中可能引发突发环境事件的风险源和风险因素，有针对性地制定包含遗留物料、残留污染物清理和安全处置方案在内的专项环境应急预案，报所在地县级生态环境和经信部门备案；规范各类设施拆除流程，按照有关规定对残留污染物实施安全处置。拆除活动残留污染物属于危险废物的，应委托具有危险废物资质的单位进行安全处置，防范拆除活动污染土壤。环保部门应当督促企业公开拆除过程中的污染防治信息。</p> <p>(3.5) 加强对矿产资源开发利用活动的辐射安全监管，有关企业每年要对本矿区土壤进行辐射环境监测。</p> <p>(3.6) 县级以上人民政府生态环境主管部门应当会同有关部门定期开展土壤和地下水环境质量调查、污染源排查。排污单位应当制定相应的风险防控方案，并采取防范措施。对土壤和地下水造成污染的，排污单位或者个人应当承担修复责任。</p> <p>(3.7) 强化安全生产责任制，探索高风险危险化学品全程追溯，实施危险化学品生产企业安全环保搬迁改造。</p> <p>(3.8) 完善化工园区监控、消防、应急等系统平台，推动信息共享，夯实安全生产基础。</p> <p>(3.9) 强化安全卫生防护距离和规划环评约束，不符合要求的化工园区、化工品储存项目要关闭退出，危险化学品生产企业搬迁改造及新建化工项目必须进入规范化工园区。</p> <p>(3.10) 严格污染地块相关从业单位规范管理，全面落实土壤污染隐患排查和自行监测措施，加强城镇人口密集区危险化学品生产企业搬迁改造等工作中腾退土地土壤污染风险管控和修复。</p>	
		资源利用效率	<p>(4.1) 严格新增地下水取水水源论证和取水许可审批。在地下水超采区内，除应急供水外，严禁新增地下水取水量。确需取用地下水的，一般超采区要在现有地下水开采总量内调剂解决，并逐步削减地下水开采量；申请在地下水限制开采区开采利用地下水的，由省级水行</p>	符合。本项目为风电项目，项目建设和运营不突破环境质量底线和资源利用上线，不属于环境准入负面清单。

序号	属性/区域	管控纬度	准入要求	符合性分析
			<p>政主管部门负责审批。地方各级人民政府要抓紧制定方案，通过强化节约用水、使用替代水源、调整经济结构等措施，逐步压缩超采区地下水开采量，达到地下水采补平衡，修复地下水环境。</p> <p>（4.2）严格控制开采深层承压水，地热水、矿泉水开发应严格实行取水许可和采矿许可。依法规范机井建设管理，排查登记已建机井，未经批准的和城市公共供水管网覆盖范围内的自备水井，一律予以关闭。</p> <p>（4.3）推进水资源节约利用。实施引黄灌区农业节水工程，扩大节水灌溉规模，发展节水种植，到 2025 年，农田灌溉水有效利用系数完成省级下达目标。严格电力、化工、食品和发酵等高耗水行业用水管理，推进企业和园区串联用水、分质用水、一水多用。以电解铝、化工、纺织服装等产业为重点，推进工业节水改造，推广高效冷却、循环用水、废污水再生利用、高耗水生产工艺替代等节水工艺和技术，推动滨城区工业园等园区再生水用工程建设。严格高耗水服务业节水管理，洗浴、洗车、游泳馆、高尔夫球场、人工滑雪场、洗涤、宾馆等行业，积极推广低耗水、循环用水等节水技术、设备和工艺。加强城镇供水管网检漏和更新改造，推进供水管网分区计量管理。积极开展节水示范建设，推动县域节水型社会和节水型城市、企业、校园等各类节水载体建设。</p> <p>（4.4）科学制定黄河水资源超载综合治理方案，实施小清河生态保护修复工程，提升重点区域生态功能。全面贯彻“四水四定”，强化水资源约束，推动农业节水变革，提高工业节水成效，切实管住黄河“水池子”。</p>	

表 10.2-2 滨州市生态环境管控单元-滨州港交通运输用海区-管控要求

环境管 控单元 编码	单元 名称	行政区划			单元分类	单元面积	涉及乡镇（街道）	主体功能定位	主导产业
		省	市	县					
HY3716 002000 1	滨州港交 通运输用 海区	山东 省	滨州 市		重点管控单元	64.56			交通运输用海区
管控维度					管控要求				符合性分析
空间布局约束					（1.1）执行全市空间布局约束空间准入要求。 （1.2）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。保障河口行洪安全。 （1.3）允许适度改变海域自然属性，港口内工程用海鼓励采用多突堤式透水构筑物方式。				符合。项目在已建防波堤上方建设风电，用海方式为透水构筑物。
污染物排放管控					（2.1）执行全市污染物排放管控准入要求。 （2.2）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。避免对毗邻海洋保护区产生影响。港口区海域海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于三类标准。航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。 （2.3）推进陆海污染防治。深化流域“治用保”治污体系，持续开展入海河流“消劣行动”、海陆结合部“净滩行动”。深入开展入海排污口溯源整治，严格入海排污口分类监管，实施全链条水污染防治。严控海水养殖污染，加强对河流入海口、近岸海域的污染治理，加大海上船舶、溢油等污染防治力度，确保陆源排污口、海上人工设施等达标排放。健全海域海岛动态监视监测、海洋生态环境监测、海洋灾害监测预警报体系，推进海洋环境网格化监测和实时在线监控。加快完善海洋生态补偿和生态损害赔偿等约束制度。 （2.4）加强陆源入海污染控制。以入海河流、入海排污口等为重点，强化精准治污，分区分类实施陆海污染源头治理，减少污染入海通量，推动近岸海域劣四类水质面积持续减少，清洁海域面积不断增加。 （2.5）强化海上污染防治。加强海水养殖、船舶港口、海洋垃圾污染防治，减少海上污染，深入打好重点海域污染防治攻坚战，改善渤海湾滨州段近岸海域环境质量。				符合。项目为风电项目，施工期和营运期产生的污染物均妥善处理，不排海。调查结果显示，项目所在海域水质环境一般，沉积物环境良好，生物质量较高。
环境风险防控					（3.1）执行全市环境风险防控准入要求。 （3.2）防范环境风险。坚持预防为主，强化全程管控，加强海洋环境风险源头防范，全面摸排重大海洋环境风险源，构建以企业为主体的环境风险防控体系，加强预警和应急能力建设，形成突发事件协同处置合力，推动实施海洋生态环境损害赔偿，有效降低海洋生态环境风险，保障沿海居民生命财产安全和海洋生态环境安全				项目主要的环境风险为海上施工船舶溢油，在制定完善的溢油防控体系下和应急预案的前提下，项目的环境风险可以控制在一定范围内。
资源开发效率要求					（4.1）执行全市资源利用效率准入要求。				符合。项目建设符合全市资源开发效率。

表 10.2-3 滨州市生态环境管控单元-滨州北渔业用海区-管控要求

环境管控单元编码	单元名称	行政区划			单元分类	单元面积	涉及乡镇（街道）	主体功能定位	主导产业
		省	市	县					
HY37160030001	滨州北渔业用海区	山东省	滨州市		一般管控单元	109.55			渔业用海区
管控维度					管控要求				符合性分析
空间布局约束					<p>（1.1）执行全市空间布局约束空间准入要求。</p> <p>（1.2）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。保障河口行洪安全。</p> <p>（1.3）严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海，允许适度进行人工岛、平台、后勤服务等基础设施建设。</p> <p>（1.4）本区域海岸大部分为沿海防潮堤永久性人工岸线，小部分池塘土质堤坝和道路为非永久性人工岸线，少量粉砂淤泥质自然岸线未被开发利用。海岸可进行沿海防潮堤坝建设。保护自然岸线原始形态，鼓励对人工岸线进行生态化改建。</p>				符合。项目在已建防波堤上方建设风电，用海方式为透水构筑物。项目不占用岸线。
污染物排放管控					<p>（2.1）执行全市污染物排放管控准入要求。</p> <p>（2.2）加强海洋环境质量监测。防止渔港环境污染，加强环境综合治理。河口实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。油气资源开发注意保护海洋资源环境，防止溢油，避免对毗邻海洋保护区产生影响。</p> <p>（2.3）渔业设施建设区海水水质不劣于二类（渔港区执行不劣于现状海水水质标准），海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。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。</p>				符合。项目为风电项目，施工期和营运期产生的污染物均妥善处理，不排海。调查结果显示项目所在海域水质环境一般，沉积物环境良好，生物质量较高。
环境风险防控					<p>（3.1）执行全市环境风险防控准入要求。</p>				符合。项目为风电项目，属于清洁能源，项目建设和运营产生的废水和固体废物均妥善处理，不会对土壤和地下水环境产生影响。
资源开发效率要求					<p>（4.1）执行全市资源利用效率准入要求。</p>				符合。项目建设符合全市资源开发效率。

10.3 国土空间规划符合性分析

10.3.1 与《山东省国土空间规划（2021-2035年）》的符合性分析

根据《山东省国土空间规划（2021-2035 年）》，

[REDACTED]

[REDACTED]本项目位于海洋开发利用空间，不占用生态保护红线，不占用岸线。项目在已确权的防波堤上建设风电，占用的海域空间为水面，有利于推动海域分层确权，立体利用。

因此，项目符合《山东省国土空间规划（2021-2035年）》。

图 10.3-1 《山东省国土空间规划（2021-2035 年）》海洋空间功能布局图

图 10.3-2 项目与《山东省国土空间规划（2021-2035 年）》海洋空间功能布局图的位置关系

10.3.2 与《山东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的符合性分析

国土空间生态修复是我国生态文明建设的重大举措，是关系国家生态安全和民生福祉的重要战略任务。习近平总书记在深入推动黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上及视察山东时做出重要指示，要求山东在推动黄河流域生态保护和高质量发展上走在前，开创新时代社会主义现代化强省建设新局面。2021-2035 年，是我省由全面建成小康社会向基本建成新时代现代化强省的关键时期，坚持绿水青山就是金山银山理念，统筹山水林田湖草沙系统治理，加快推进全省国土空间生态修复，构建生态安全格局，提升生态系统服务功能，守牢自然生态安全边界，将为建设人与自然和谐、生态宜居的美丽山东提供重要生态保障。

根据《山东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，

。项目位于海域海岛生态修复区，不占用岸线。项目在已建防波堤上建设风电，施工期产生的悬浮泥沙对周围水质沉积物的影响是有限的，这种影响在施工结束后就会消失。运营期，产生的污染均集中收集后妥善处理，不排海。且项目为风电项目，属于清洁能源。项目建成后接入滨州市电网，为滨州市电网注入绿色能源，使该地区能够实现更加可持续和环保的能源供应，减少经济发展对火电的依赖，降低煤炭消耗，从而从根本上减少二氧化碳排放，有利于建设生态宜居的美丽山东。

因此，项目符合《山东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》。

图 10.3-3 《山东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》生态保护红线图

10.3.3 与《滨州市国土空间总体规划（2021-2035）》的符合性分析

根据《滨州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，

项目位于滨州港交通运输用海区。

根据《滨州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》海洋规划分区登记表，滨州港交通运输用海区的管控要求如下：

生态保护重点目标：滨海湿地；

符合性分析：项目在已建防波堤上建设风电，不会对滨海湿地造成影响。

空间用途准入：

符合性分析：项目在已建的滨州港防波堤上拟建 20 台风电机组。风机及风机之间的输电缆位于防波堤、潜堤上，风机基础全部位于防波堤确权范围内，主要利用水面以上空间，不实际占用海域，与海堤实施立体设权，不会妨碍周边海域交通运输。项目与最近的锚地距离大于 5 海里，离本工程最近的规划航路为大口河港区—海港港区航道，最小距离为 2.6 海里左右。因此，风电场项目所处位置与现有航道及锚地基本不产生影响，不妨碍周边海域交通运输。

开发利用方式：海港港区作为滨州港的主体港区，主要发挥综合性优势，落实“多港联动”发展布局，承接能源、原材料、化工产品和集装箱运输，并拓展临港工业服务、腹地物资中转运输和综合物流服务等功能。套尔河港区作为滨州港主体功能的重要补充，主要发展临港工业开发和城市建设生活服务的散杂货、液体化工品等运输功能及现代物流、风电装备运输等，逐步形成装卸仓储、中转换装、临港产业、城市生活为一体的综合性港口。

符合性分析：用海类型为工业用海中的电力工业用海，用海方式为透水构筑物。风电建设在防波堤之上，不会影响港口航运安全，也不会对交通运输用海等造成影响。

因此，项目建设符合《滨州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

图 10.3-4 项目位置与《滨州市国土空间总体规划》的位置关系图

10.4 相关规划符合性分析

10.4.1 与《滨州港总体规划（2011~2030）》符合性分析

滨州港位于渤海湾西南岸，套尔河入海口处，地处黄河三角洲腹地，是山东省北部的主要出海口。滨州港位于渤海湾西南岸，套尔河入海口处，地处黄河三角洲腹地，是山东省北部的主要出海口。

根据《滨州港总体规划》，项目位于海港港区。

项目在已建的滨州港防波堤上方建设风电，风机及风机之间的输电缆位于防波堤、潜堤上，风机基础全部位于防波堤确权范围内，主要利用水面以上空间，不实际占用海域，与海堤实施立体设权，不会妨碍周边海域交通运输。根据《滨州港防波堤风电项目通航安全分析报告》的结论“综上所述，通过本工程建设对所在海域的通航环境影响分析，在采取相应的方法和措施后，滨州港新能源项目与当地通航环境是可以相适应的，但项目的建设对所在水域通航环境的影响是客观存在的，业主单位应充分认识通航环境和安全营运的关系，按照“三同时”原则，投入必要的人力、财力、物力及相应配套的安全监管设施、设备，落实相应安全对策与保障措施，有效降低风电场建设对通航安全的影响和保障风电场营运后的通航安全。因此，综合考虑工程所在海域的各项通航因素，从通航安全角度分析，滨州港新能源项目是可行的。”



图 10.4-1 港口规划布局图

10.4.2 与《滨州港总体规划环境影响报告书》及审查意见的符合性分析

项目建设采取的环保措施与《滨州港总体规划环境影响报告书》中提出的滨州港运营过程中应采取的主要环境保护治理措施相符合，其符合性见表 10.4-1，项目建设符合《滨州港总体规划环境影响报告书》的相关要求。项目与《滨州港总体规划环境影响报告书》审查意见的符合性分析见表 10.4-2。

表 10.4-1 项目与《滨州港总体规划环境影响报告书》环保措施的符合性分析

表 10.4-2 项目与《滨州港总体规划环境影响报告书》审查意见的符合性分析

10.4.3 与《自然资源要素支撑产业高质量发展指导目录（2024年本）》的符合性分析

2024年12月2日，自然资源部、国家发展和改革委员会、国家林业和草原局发布《关于印发<自然资源要素支撑产业高质量发展指导目录（2024年本）>的通知》。通知要求“《目录》包含鼓励、限制和禁止三类事项。凡列入鼓励类的项目，在符合国土空间规划和用途管制的基础上，自然资源、投资管理和林草主管部门可优先提供要素保障、优先办理相关手续；凡列入限制类的项目，必须符合规定的条件或标准，方可办理相关手续；凡列入禁止类或者采用所列工艺技术、装备、规模的项目，不得办理相关手续。鼓励类、限制类和禁止类之外，且符合国家有关法律法规和政策规定的项目属于允许类，依法办理相关手续”。

本项目为海上风电项目，属于《自然资源要素支撑产业高质量发展指导目录（2024年本）》限制类中的“（六）发电项目3.新增海上风电项目”。根据自然资源部下发的《自然资源部办公厅关于做好海上风电用海有关问题处置工作的通知》（自然资办函〔2021〕1713号）

根据《山东省能源发展“十四五”规划》规划提出

本项目在防波堤上建设风电项目，符合《自然资源部办公厅关于做好海上风电用海有关问题处置工作的通知》及《山东省能源发展“十四五”规划》对于风电项目的要求和规定，为“符合规定的条件或标准”的限制类项目，可办理相关手续。因此，本项目符合《自然资源要素支撑产业高质量发展指导目录（2024年本）》的要求。

10.4.4 与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析

2022年3月22日，国家发改委和能源局印发的《“十四五”现代能源体系规划》

中明确指出：

本项目为风力发电项目。滨州市滨州港海域风能资源丰富，具有足够的可利用空间资源，满足项目建设的要求。项目建成后接入滨州市电网，有利于缓解滨州市电网供电压力，促进清洁能源占比，助力当地用电产业提升自身竞争力，符合“全面推进风电和太阳能发电大规模开发和高质量发展，优先就地就近开发利用”、“在风能和太阳能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电和光伏发电集中式开发”的要求。

因此，本项目的建设符合《“十四五”现代能源体系规划》。

10.4.5 与《“十四五”可再生能源发展规划》的符合性分析

2022年6月1日，国家发展改革委、国家能源局、财政部等九部门联合发布《关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知》。规划明确指出：

本项目位于滨州市滨州港海域，该海域风能资源丰富。本项目风机建设在防波堤上，充分利用海域空间。本项目周边为滨州市北海经济开发区，本项目的建设将缓解工业区用电压力。因此，符合“大力推进风电和光伏发电基地化开发”、“积极推动风电分布式就近开发”的要求。

因此，本项目的建设符合《“十四五”可再生能源发展规划》。

10.4.6 与《山东省能源发展“十四五”规划》的符合性分析

山东省发展和改革委员会于2021年8月发布了《山东省能源发展“十四五”规划》，规划提出

项目充分利用港口资源，在防波堤上建设海上风电，不会对港口海洋功能区造成影响，所发电力纳入当地电网，保障电力供应，有利于促进沿海经济建设和产业布局；项目为防波堤上建设风电开发，符合规划中提出的“坚持能建尽建原则”的规划要求。

因此，项目建设符合《山东省能源发展“十四五”规划》。

10.4.7与《滨州市“十四五”生态环境保护规划》符合性分析

《滨州市“十四五”生态环境保护规划》规划要求：

本项目为绿色能源项目，不属于高污染项目。项目建成后促进滨州市绿色低碳能源的占比。项目施工期和运营期产生的污水和固体废弃物均妥善处理，不向海域排放与倾倒，施工期产生的悬浮泥沙影响范围较小，随着施工结束而消失，不会对海洋生态系统造成影响。

因此，项目的建设符合《滨州市“十四五”生态环境保护规划》的要求。

10.5 工程选址合理性分析

10.5.1 选址社会条件适宜性分析

（1）政策规划适宜性

根据《山东省能源交通跨领域协同发展三年行动计划（2025-2027 年）》，

本项目已纳入《山东省能源交通跨领域协同发展三年行动计划(2025-2027年)》中。

根据自然资源部2024年12月30日发布的《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，

项目在已建的滨州港防波堤内建设风电，风机及风机之间的输电缆位于防波堤、潜堤上，风机基础全部位于防波堤确权范围内，符合国家政策要求。

（2）区位条件适宜性

滨州港是济南都市圈最近的出海口，是黄河三角洲高效生态经济区开发建设的重要港口，是建设山东半岛蓝色经济区，打造东北亚国际航运综合枢纽的重要支撑，地理位置优越，腹地经济发达，交通基础设施完备。公路有长深高速（G25）、荣乌高速（G18）、青银高速（G20）、205国道、220国道以及多条省级干线公路，形成了以高等级公路为骨架、地方公路为补充的公路运输体系。

滨州港目前已建成东、西两道防波堤，长度分别为20公里。为满足大型船舶进港作业条件，滨州港2018年启动对原有3万吨级航道的改扩建工程，其中包括东、西防波堤的外延工程，该工程由东、西防波堤外延至天然水深-8.7m处，两外延堤长度相同，均为8.8km，共17.6公里。大型设备可通过水运到达，水运交通便利。

项目拟在滨州港防波堤建设20台风力发电机组，在已建的西防波堤上建设风机。风电基础拟建位置不超过防波堤坡脚线，项目选址占用海域面积小，对海洋环境的影响相对较小。

因次，项目选址区位条件适宜。

（3）社会条件适宜性

2024年，根据滨州市级生产总值统一核算结果，一季度，全市生产总值720.53亿元，按不变价格计算，同比增长6.7%。分产业看，第一产业增加值24.85亿元，增长3.8%；第二产业增加值307.47亿元，增长9.2%；第三产业增加值388.21亿元，增长4.9%。

截至2022年底，山东省电源总装机容量188790MW，同比增长8.9%。其中燃煤火电装机106970MW，占比56.7%；水电机组容量2280MW(含抽水蓄能电站2200MW)，占比1.2%；核电机组容量2500MW，占比1.3%；风电机组容量23050MW，占比12.2%；光伏机组容量42260MW，占比22.4%；生物质、生物质能及垃圾发电装机4110MW，占比2.2%；其它装机6430MW，占比3.4%；储能装机1180MW，占比0.6%。

2023年，滨州35千伏及以上电网建设完成投资超7.5亿元，新建成线路长度455.2公里、变电容量145.2万千伏安，投产规模居全省前列。

项目常规物资考虑从工程周边地区（如滨州市）的建材市场进行购买，物资来向相对单一，同时距离工程区域较近，依托周边发达的公路网络，可以选择公路运输的方式运送至施工现场。需要运输至海上施工现场的，再通过各港口码头采用驳船运输在现场。陆路运输经进场道路可由G0111秦滨高速转国道G339，进入滨州港风电场所区域，风电场四周有多条县乡道路通过，陆上交通便利。

因此，项目选址区位和社会条件能满足项目建设和营运要求。

10.5.2 自然资源和生态环境适宜性

（1）自然资源适宜性

1）气候条件

项目位于中纬度，属东亚温暖带湿润大陆性季风气候区，受太阳辐射、季风和自然地理环境的影响，具有气候适宜、四季分明、光照充足、无霜期长等气候特点，表现出较强的大陆性气候。冬季干冷、春旱多风、夏热多雨、晚秋又旱，东北部沿海与内陆气候大致相同，略有差异。

春季，干旱多风，早春冷暖无常，常有倒春寒出现，晚春回暖迅速，常发生春旱；夏季，炎热多雨，温高湿大，有时受台风侵袭；秋季，气温下降，雨水骤减，天高气爽；冬季，天气干冷，寒风频吹，多刮北风、西北风，雨雪稀少。受台风影响较少，可作业天数较高。该区域的气候条件适宜工程建设。

2）风能资源

根据《华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电项目可行性研究报告》，项目风机高度处的主风向为ENE，次风向为SW、主风能方向为ENE，次风能方向为NE，项目风电场区域代表年风速和年平均风功率密度等级属于2级，年有效风速小时数高，风向稳定，风能资源较丰富，具备较高的开发价值，适宜建设风电场。

3）海洋水文动力环境

根据《华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电项目可行性研究报告》，项目区以风浪为主，涌浪为辅。滨州港周边海域大多表现为往复流，涨潮流流向SE~SW，落潮流流向E~SSW，涨潮流平均流速36.5cm/s，落潮流平均流速37.5cm/s，涨潮流速略小于落潮流速。风机基础坐落在防波堤上方，原防波堤堤身结构护面结构及护底块石能够起到良好的防冲刷效果。

4）工程地质条件

根据《华能滨州港防波堤20万千瓦海上风电项目可行性研究报告》，本工程场地类别为IV类，根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）和《建筑抗震设计标准》（GB/T50011—2010）（2024版），本场地抗震设防烈度为6度，设计基本地震加速度值为0.05g。根据《山东省建设工程抗震设防条例》（2017.9.30）（2024.1.20修正），地震动峰值加速度按0.10g考虑，设防烈度按照7度考虑。特征周期值为0.90s，设计地震分组为第三组。本工程不宜采用天然地基，建议采用桩基础。本项目桩基采用直径1.2m混凝土灌注桩。地质构造满足项目建设要求。

（2）生态资源适宜性

1）对保护区的影响

根据《海上风电开发建设管理办法》，“在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”本项目选址海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区以及划定的生态红线区，也不占用河口、海湾等重要、敏感和脆弱生态区域。本项目用海范围中的风机叶片垂直投影占用现状滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区，但项目风电桩基位于防波堤确权范围内，不占用保护区。此外，目前滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区范围正在调整，已通过山东省批复，项目不占用调整后的滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区。项目风电场区海域不属于重要渔业水域，不会对保护区的主要功能产生较大影响。

2）对海洋生态资源的影响

根据海洋环境调查结果，项目周边海域生态结构稳定，生态系统良好，无珍稀濒危物种。本工程风机基础建设在防波堤、潜堤之上，各风机基础不占用防波堤、潜堤确权范围之外的海域，对海洋生态影响较小；项目海底海缆埋于海底之下或采取架空方式，不会压缩海洋生态空间，电缆敷设产生悬浮泥沙短期内对海洋生态产生一定影响，悬浮泥沙扩散范围较小，施工结束后悬浮泥沙的影响消失，因此，电缆敷设对海洋生态资源的影响较小；施工平台占用部分海洋生物活动空间，但是施工平台的存续时间较短，施工结束后就会拆除，占用范围内的海洋生态系统得到恢复。因此，本工程的建设对海洋生态资源影响较小。

3）对鸟类的影响

本项目施工期对鸟类产生影响因素为各种施工机械噪声及振动影响、施工干扰影响、占用海域对鸟类栖息及觅食影响、施工灯光影响、施工风险事故影响等。施工期对鸟类影响程度有限，且随着施工的结束而消失，在采取规避、加强管理、避免夜间

施工等保护措施的前提下，施工期影响可接受。

本项目处于东亚—澳大利西亚候鸟迁飞区，迁徙跨越渤海的鸟类具体路径包括海上及多个滨海地区，属于渤海区域迁徙鸟类的固定迁徙通道和必经区域，但本项目场址所占鸟类总迁徙区域的比例很小，且本项目场址区域范围有限，迁徙鸟类有足够的主动规避空间；鸟类迁飞停栖的主要区域为陆域海岸线附近，海上风电场区不是鸟类迁徙的中转站，也不是迁徙鸟类停歇、觅食的主要区域。

本项目风机采用直径 233m 的风机叶轮、高 140m 轮毂的结构，风机距离海平面以上高 256.5m，雁形目鸟类迁飞的高度一般都会超过风机的轮毂和叶片的高度，且风机行间距与行内间距较宽，加上鸟类的躲避行为，在天气状况良好的情况下，迁飞的鸟类基本都能避开风机叶片扫过的区域，风电场风机对鸟类迁徙影响较小。风电场运行期间的噪声、电磁辐射、光源等对鸟类有影响，这些影响较小，从生态环境影响角度可以接受。

10.5.3 用海选址与周边海域其他用海活动的适应性分析

本项目选址及周边海域的用海活动主要包括港口用海、开放式养殖用海、围海养殖用海等用海项目。

（1）项目选址与港口航道用海的适应性分析

项目与附近船舶的主要习惯航路、港口航道、助航设施均保持一定的安全距离，基本上可以保证船只航行安全。但与滨州港海港港区进港航道边界最小距离不足 1000 米，航行于该航道的船舶应特别注意保持船舶航行于航道内。

滨州港防波堤风电项目所属的滨州市具有良好的公路、铁路及港口交通系统。风电项目重件设备的运输，可通过该港区港口设施完成。滨州港防波堤风电项目的施工设施和施工材料的水、陆运输均较方便。该项目建设所需物资主要为水泥、钢材与油料等，所在区域建筑材料及施工市场均具有规模，为滨州港防波堤风电项目的建设施工提供了便利条件。

风电场所处海域风资源丰富，为滨州港防波堤风电项目建设提供了前提条件。同时所处水域避开了周边的港口航运区，虽然防波堤风电项目在一定程度上改变了该水域的通航环境，但通过有序的协调与管理以及采取相应的有效措施，项目建设对周边通航环境的影响将会大大降低。总体而言，滨州市新能源基地项目选址基本上是合理的。

（2）项目选址与其他用海的适应性分析

图 10.5-1 项目悬浮泥沙包络范围与开放式养殖的位置关系

10.5.4 用海平面布置合理性分析

(1) 风机布置合理性分析

1) 风电机组选型

本项目结合目前国内外成熟的商业化风电机组技术规格，从技术参数、机型特点、功率曲线、推力系数曲线、多年平均上网电量、建设成本、运行成本等因素出发，选择经济性最好的WTG1作为设计机型，20台单机容量为10MW的风力发电机组，轮毂高度为140m，叶轮直径为233m，，经估算，项目年上网电量约为593885.4MW·h，年均等效满负荷小时数为2963.50h，容量系数为0.3383。

2) 风电机组布置

风电机组的排布应尽量垂直于风电场主风能方向，本项目为防波堤沿海风电场，本项目的机位布置原则为：机位选址考虑避让各类敏感及限制因素，尽可能满足各类条件的同时，选择风资源条件好、交通便利、紧凑布置，减小电缆线路等配套投资。

本项目风电场址位于山东滨州港防波堤上，项目风机沿防波堤走向单行依次布置，风机基础全部位于防波堤确权范围内。共布设20台风机，其中Z1~Z8共8个机位位于已建西防波堤迎水面，Z9~Z20共12个机位位于西防波堤。风机间距在之间421~1072m，为叶轮直径的1.8~4.6D。

3) 风机平面布置与相关规范的符合性

a. 风电机组排列方向

根据《风电场工程微观选址技术规范（NB/T10103-2018）》，“6.1条规定风电机组排列宜垂直于主风能方向”。本项目场区所在海域主风向和主风能较为明显，主风向为ENE，次风向为SW、主风能方向为ENE，次风能方向为NE。风电机组的排布根据风电场内主风向和主风能方向判断，以基本垂直于主风向和主风能方向，同时兼顾次主风向和次主风能的原则来排布机组，本项目风机排列呈东南-西北向，与主风能方向基本垂直分布，符合“6.1条规定风电机组排列宜垂直于主风能方向的规定”。

根据《风电场工程微观选址技术规范（NB/T10103-2018）》，“6.1风电机组布置可根据风能资源条件及风电场形状采用不等间距布置方案，风电场整体平均尾流损失宜小于8%，单台风电机组的尾流损失宜控制在15%以内”。通过相关研究及以往设计工程经验可知，随着风机间距的减小，尾流影响系数逐渐增大，另相关研究也表明，部分风电机组处于上游机组的尾流中，尾流区风速降低，湍流度增加，风速降低造成尾流区内风电机组发电量损失为10%~15%，机组内间距若继续减小则损失会更大。此外，风机尾流效应除可减小处于风机尾流区其他机组的发电效率，还会增加下游风机

来流风的湍流强度，引起风机的机械疲劳损伤，降低风机的运行稳定性和服务寿命。由于尾流的存在，风力发电机组之间必须保持一定的距离，既是出于提高发电量的考虑，也为了保证风力发电机组能够安全运行。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加风电机组间电缆的长度，增大投资。因此，风电机组的布置既要合理控制风机尾流影响，以获得较大电量，又要适当注意避免过于分散布置，以利用安装条件，减少集电线路长度，充分利用场地。

根据项目可行性研究报告，风电场平均尾流为5.32%，小于8%，满足设计规范对于尾流损失的要求。

11 环境影响综合评价结论与对策建议

11.1 项目概况

本项目位于滨州市无棣县滨州港海域，依托已建防波堤进行建设，风电机组桩基均位于滨州港已建防波堤确权范围内，升压站位于西防波堤起点南侧。

主要建设内容为：本项目建设内容包括风电机组和海底电缆及升压站。项目拟在已建西防波堤建设 20 台风电机组，项目风机单机容量 10MW，总装机容量为 200MW，风电机组发出电能通过自带箱式变压器升压为 35kV，经过 10 回 35kV 海底电缆，汇集至 220kV 升压站。

11.2 污染物排放情况

（1）施工期污染物排放情况

1）水污染物

施工期海上施工生活污水由各船舶自行收集后返港时运至岸上集中处理，对海水水质基本无影响。船舶含油废水封铅上岸后委托资质单位接受处理，均不外排。

2）大气污染物

施工期大气污染主要为施工扬尘，运输扬尘，施工机械、车辆、船舶产生的尾气。主要污染物包括CO、NO_x、PM₁₀、SO₂等，各污染物排放量均不大，故对周围大气环境影响较小。

3）噪声污染物

施工期，施工机械和船舶等产生的噪声对周边环境将产生一定的影响。主要为施工器械设备产生的噪声、振动，由于项目所在施工区远离居民区等环境敏感点，场域空旷，因此工程施工所产生的噪声、振动对基本不对周边居民造成影响。

4）固体废物

施工期固废主要为生活垃圾和一般工业固体废物。海域施工部分工程废料和施工人员生活垃圾全部收集集中处理，工程废料回收或二次售卖，生活垃圾委托当地环卫部门处理。

（2）运营期污染物排放情况

1）水污染物

运行期升压站无人值守，检修人员产生的生活污水经环保厕所收集后，定期委托资质单位处理。

2）大气污染物

与火电等常规能源相比，风电属于清洁能源，在其运行期间，除运维期间检修船舶产生的船舶废气，几乎没有NO_x、SO₂及颗粒物等大气污染物排放。

3) 噪声

风机在运转过程中会产生噪声。风力发电机组的噪声主要包括叶片扫风产生的噪声和机组内部的机械运转产生的噪声。风力发电机组风机轮毂处噪声值约为106dB(A)。

4) 固体废物

运营期检修人员会产生少量生活垃圾及检修固体废物，生活垃圾收集至垃圾箱，检修产生的危险废物暂存于危废间。

11.3 环境质量现状

(1) 海水水质现状

2023年5月及2025年3月调查海域生化需氧量、无机氮、铅、化学需氧量、石油类、活性磷酸盐、铜、汞、锌存在超标现象，整体海水质量一般。

(2) 沉积物质量现状

2023年5月及2025年3月调查海域铜存在超标现象，其余各站位各评价因子均符合所在功能区的质量标准，沉积物质量良好。潮间带沉积物质量良好。

(3) 海洋生物质量调查结果

2023年5月调查海域，生物质量现状良好。

(4) 海洋生态调查结果

1) 叶绿素 a

2023年5月及2025年3月的调查中叶绿素 a 平均值为 ***μg/L。

2) 浮游植物

2023年5月及2025年3月调查海域共鉴定浮游植物***种，浮游植物群落细胞丰度的平均值为***cells/m³，浮游植物群落多样性指数在***之间，平均值为***；均匀度指数在***之间，平均值为***；丰富度指数在***之间，平均值为***。

3) 浮游动物

2023年5月及2025年3月监测共鉴定出浮游动物***个种类，个体密度变化范围在***之间，均值为***，多样性指数在***之间，平均值为***；均匀度指数在***之间，平均值为***；丰富度指数在***之间，平均值为***。

4) 底栖生物

2023年5月及2025年3月调查海域共鉴定出大型底栖生物***种，栖息密度变化范围在***之间，平均值为***。群落多样性指数变化范围在***之间，平均值为***。均

均匀度指数变化范围在*** 之间，平均值为***。丰度指数变化范围在***之间，平均值为***。

5) 潮间带生物

2023 年 5 月及2025年3月调查海域共出现***种潮间带生物。潮间带生物的栖息密度介于***之间，平均为***；湿重生物量介于***之间，平均为***。丰富度指数介于***之间，平均值为***；多样性指数介于***之间，平均值为***；均匀度指数介于***之间，平均值为***；优势度介于***之间，平均值为***。

(5) 渔业资源调查结果

2023 年 5 月及 2025 年 3 月调查海域航次共捕获样品种类鱼卵***种***粒，仔稚鱼***种***尾，各站位鱼卵平均密度为***，各站位仔稚鱼平均密度为***。调查共出现游泳动物种类***种，其中，鱼类***种，占总种类数的 54.76%；虾类***种，占 21.43%；蟹类***种，占 16.67%；头足类***种，占 7.14%。

(6) 鸟类调查结果

对滨州贝壳堤岛链及海上风电场场址区冬、春、夏、秋四季鸟类现状调查，共观测到鸟类***种，隶属于***目***科。以鸻形目、雀形目、雁形目种类最多，鹬科、鸭科、鸥科为优势科，以古北界种、旅鸟、涉禽种类最多。属国家一、二级重点保护鸟类各有***种，山东省重点保护鸟类***种。海上风电场址区附近鸟类种类、数量很少，鸟类物种多样性不算丰富。本项目区海域共观测到国家一级重点保护鸟类***种，二级重点保护鸟类***种，山东省重点保护鸟类***种。

(7) 声环境质量现状

1) 水上噪声

海面上环境噪声等效连续A声级主要分布在***之间，最大等效连续声级为***。监测结果均小于《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中规定2类的环境噪声限值 60dB。

2) 水下噪声

调查结果表明总声压级在***之间，峰值声压在***之间，声压谱级在28.2dB~127.7dB之间，频带声压级在***之间。

11.4 环境影响评价结论

(1) 大气环境影响评价结论

施工期大气环境影响主要来自运输车辆及施工船舶的尾气、地面扬尘、施工机械的燃料废气等。主要污染物包括CO、NO_x、PM₁₀、SO₂等，各污染物排放量均不大，故对周围大气环境影响较小。据类比调查，工地扬尘对大气的影响范围主要在下风向

150m范围内，工地道路扬尘影响的范围为道路两侧各50m的区域。运营期，利用风能转化为电能，属于清洁能源，除了运维期间船舶的船舶尾气，几乎没有NO_x、SO₂及颗粒物等大气污染物排放。

（2）声环境影响评价结论

施工期，施工机械和船舶等产生的噪声对周边环境将产生一定的影响。但附近没有工业企业、学校、医院、居民点等声环境敏感点，因此对施工区场地进行合理布置后，施工区的噪声对周围环境影响不大。

运营期，风机在运转过程中会产生噪声。风力发电机组的噪声主要包括叶片扫风产生的噪声和机组内部的机械运转产生的噪声。经预测项目单台风力发电风电机组衰减趋势，在距风力发电风电机组直线距离50m处，噪声已衰减至低于55dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中3类标准限值。

（3）地表水环境影响评价结论

施工期产生的生活污水集中收集后委托资质单位处理。海上风机基础施工会造成水体扰动，悬浮物增多，对周围海域水质产生影响；铺设海底输电电缆时，埋设机开槽导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质。但这种影响在施工结束后就会消失，不会对海水水质造成较大影响。

运营期，升压站无人值守，仅在运维期间产生少量的生活污水和含油废水，均收集后妥善处理，不排海。

（4）固体废物环境影响评价结论

施工期，施工人员生活垃圾全部收集后委托环卫部门处理，建筑废料回收或二次售卖，施工产生的剩余土石方委托

接收处理。

运营期，升压站无人值守，仅在运维期间产生少量的生活垃圾和检修废物，生活垃圾收集后交由环卫部门处理，检修产生的危险废物暂存危废间，定期委托资质单位接收处理。

（5）海洋环境影响评价结论

1) 水文动力、地形地貌与冲淤环境影响

本项目主要建设内容为海上风电机组，受风机桩基及基础护底建设的影响，除了风电场区附近以外，其余海区的潮流流速改变较小。整体而言，项目建设前后潮流场的变化较小，水动力改变的区域都局限于工程区域以及附近小范围海域，流速变化幅

度较小

2) 海域水质影响

由于不同施工海域范围其施工作业内容产生的悬浮泥沙源强、水深和水动力条件不同，故悬浮泥沙扩散距离略有不同，但悬浮泥沙扩散整体影响范围主要沿防波堤结构和海缆敷设轴线呈带状分布，对周边海域的环境影响较小。施工悬沙所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

3) 沉积物环境影响

项目施工期间的生活污水集中收集处理，不排海，不会对海洋沉积环境带来影响；项目施工期产生的悬浮泥沙沉积在工程区附近海底，将原有表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境变化。但由于施工期产生的悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，对工程区既有的沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉积物环境质量的变化。

(6) 生态环境影响评价结论

施工悬沙所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业的结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，海区的水质会逐渐恢复原有的水平。

项目在已建防波堤上建设风电项目，营运期利用风能转化为电能。升压站无人值守，检修期间产生的危险废物存放至危废间，定期委托资质单位处理。运维人员产生的生活污水和生活垃圾均集中收集后妥善处理，不排海。

同时，项目建设区域的底栖生物将逐渐恢复，防波堤及风机基础恢复后可成为恋礁型底栖生物附着场所，为底栖生物提供良好的栖息环境和索饵场，有利于底栖生物资源量的恢复和增加。

(7) 对敏感目标的影响

项目营运期无污染物产生，检修期间船舶产生的污水和固体废弃物均收集后妥善处理，不排放至海域，不会对生态红线造成影响。

项目占用辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区和现状滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区（调整前），目前贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区范围正在调整，并已通过山东省批复，项目不占用调整后的保护区。项目施工期产生的悬浮泥沙可能会扩散至无棣中国毛虾国家级水产种质资源保护区。但这种影响在施工结束后就会消失。项目占用三疣梭子蟹的索饵场，项目拟通过增殖放流、保护区管护条件提升、

跟踪监测及保护区主要保护物种调查、生态补偿措施效果评估及技术监管等措施进行生态补偿。

(8) 鸟类资源影响评价结论

根据《华能滨州港25万千瓦海上风电项目鸟类生态环境现状调查与影响评价专题报告》，“本项目海上风电场、海底电缆、海上升压站的选址避开了鸟类的栖息地、觅食区，对鸟类栖息和觅食的干扰影响有限。根据鸟类实地调查，项目区鸟类多沿岸线飞行，迁徙跨越渤海的鸟类具体路径包括海上及多个滨海地区，其中本项目场址所占鸟类总迁徙区域的比例很小，虽属于渤海区域迁徙鸟类的固定迁徙通道和必经区域，但本项目场址区域范围很小，迁徙鸟类有足够的主动规避空间，且长距离迁徙鸟类迁飞高度较高，大多高于风机的轮毂和叶片的高度，加上鸟类的躲避行为，风电场风机对鸟类迁徙影响较小。为避免光源影响，海上风电场运营期应加强灯光管控，在采取相应措施后，可减缓对鸟类的相关影响，海上风电场建设从对鸟类生态影响角度可以接受。”

11.5 环境保护对策措施分析结论

11.5.1 施工期污染防治措施

1、污水处理

①海域施工期间，现场施工人员主要在各类施工、补给船只上，每天产生一定量的生活污水，船舶生活污水收集后统一处理。

②严格执行国家《船舶污染物排放标准》、《船舶水污染物排放标准（征求意见稿）》和《国际防止船舶污染海洋公约》的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。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；含油废水由具资质港口和船舶回收处理。

③甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施。

④施工活动应尽量选择低潮期间施工，并尽量在风浪较小的时段施工，既能保障施工安全，利于施工进行，也能减小悬浮物的影响范围和影响程度。招标时应优先选择先进的施工工艺，进一步控制和减缓施工对水质的影响。

2、大气环境保护措施

(1) 工程施工船舶大气污染物应按《MARPOL 73/78 附则 VI--防止船舶造成空气污染规则》规定执行。

(2) 加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵。加强对施工机械，运输车辆的维修保养，始终保持发动机处于良好状况，降低尾气中有害成分的浓度，满足尾气排放标准。禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入施工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

(3) 加强施工区规划管理，建筑材料堆场定点定位，采取防尘措施。施工场地定期洒水。施工过程中使用水泥、石灰、沙石、涂料、铺装材料等易产生扬尘的建筑材料，应采取密闭存储、防尘布苫盖或设置围挡。

(4) 进出工地的物料、渣土、垃圾运输车辆，应按照批准的路线和时间进行物料、渣土、垃圾的运输，应尽可能采用密闭车斗，并保证物料不遗撒外漏，尽可能减少运输扬尘对运输路线居民的影响。

(5) 加强施工人员的环保培训，提高施工人员环保意识，文明施工。

3、声环境保护措施

(1) 施工船舶应有效控制主辅机噪声。船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱布置消声器，限制汽笛等突发性高噪声。

(2) 各施工现场进行合理规划，统一布局，远离敏感目标集中布置固定噪声源，选用噪声低的施工机械以减轻工程施工噪声的影响，严格按照《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）中的有关规定执行。

(3) 加强施工管理、文明施工，减少施工期不必要的人为噪声对周围人群的影响。施工人员在强噪声环境工作时，应佩戴耳罩和防声头盔；当噪声超过 90dB(A)，无防护措施时，应按有关规定减少接触时间。

4、固体废弃物处置措施

(1) 施工船舶人员生活垃圾禁止随意倾倒入海，集中收集后运至陆上统一处置。尽量避免各类固体废弃物散落进入水体。

(2) 施工船舶设置废料回收桶，将风机安装产生的少量废弃材料、设备包装物等海域产生的固体废弃物统一回收处置。对散落在水体内的固体废弃物，尤其是短期内不易沉入水底的漂浮物，施工单位应尽力打捞回收。

(3) 对临时施工场地产生的建筑废弃材料集中收集后由施工单位负责及时清理处

置，弃渣运往弃渣场堆放，并采取相应的水土保持措施。施工结束撤离时，做好现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面遗留固体废弃物。

(4) 临时施工场地生活垃圾应加强管理，分片、分类设置垃圾收集箱，并委托环保部门定期清运。

5、通航保护措施

(1) 发布航海通告及时公布本工程所在在位置和相应标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让。

(2) 加强宣传，与渔政部门配合对渔船进行监督和管理。

(3) 严格管理施工船舶。加强施工和运输船舶人员的安全培训，确保施工船舶严格遵守《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》，保障施工正常进行和过往船只的航行安全。对施工船舶进行登记作业。

6、海洋生态保护措施

(1) 减轻工程建设对海洋环境的影响

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下，尽可能减少海底开挖面积、开挖量，缩短水下作业时间，避免施工悬浮物剧烈扩散对海洋环境的影响。

②严格限制工程区域用海范围，控制施工设备及人员作业范围，施工机械按照划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。尽量选用先进低噪的施工设备和船舶，并注意日常设备维护，降低施工噪音，减轻对鱼类的影响。

(2) 水下噪声对海洋动物影响减缓措施

①施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

②建设单位在施工现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉后应及时处理各种环境纠纷。

(3) 建设单位应通过增殖放流补偿本建设项目造成的生态损失，减缓对海域的渔业资源造成的影响。

7、对鸟类影响减缓措施

合理规划施工作业时间，强调合理有序施工，优化施工组织。应尽量避免在施工区全面铺开作业，建议分区域分时段施工。做好施工组织和现场管理，文明施工。施工单位应加强对施工人员的生态环境保护宣传和教育work，提高施工人员的生态环

境保护意识，严禁施工人员捕捉、猎杀鸟类。

11.5.2运营期污染防治措施

1、污废水处理

(1) 运行期，风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴，废油应储存在专设的废油箱中。含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将废油、含油废物等一并交由有资质单位回收处理，避免污染项目海域生态环境。

(2) 运行期，升压站无人值守，生活污水主要来自运维人员。经环保厕所收集后定期委托资质单位接收处理。

2、噪声防治

海上风力发电机机组的主要噪声为机械噪声和结构噪声、空气动力噪声。为降低机械噪声可以用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；为降低风机结构噪声，建议可在机舱内表面贴附阻尼材料。

3、固体废物处理

运行期，升压站无人值守，固体废物主要来自于运维检修期间，检修人员产生的固体废物和检修产生的危险废物，危险危废暂存于危废间，并应委托有资质单位统一回收处置、处理，生活垃圾收集后定期交由环卫部门处理。

4、鸟类影响减缓措施

(1) 风机上采用不同色彩搭配，旋转时形成图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。由于部分鸟类具有趋光性，因此在鸟类迁飞季节，应调暗或尽量关闭升压站夜间及凌晨时段的灯光照明，以免趋光鸟类大量飞入风电场区增加撞机风险。

(2) 安装驱鸟系统，播放鸟类天敌声音驱鸟、电子炮驱鸟装置。

11.6环境影响经济损益分析

本项目位于山东省滨州市滨州港，其主要建设内容包括风电机组、升压站等。本项目的建设可向当地电网输送清洁的可再生能源，有力地加强电网末端的电力供应，改善当地的电源结构。

根据本项目工程可行性研究报告本项目按上网电价 0.303 元/kWh 进行财务评价得出：项目投资财务内部收益率为 6.05%（税前），资本金财务内部收益率为 7.71%，投资回收期为 13.99 年，总投资收益率为 3.43%，项目资本金净利润率为 9.64%。项目投资财务内部收益率为 6.05%，高于基准收益率（6%），因此，该项目财务评价可行。

华能滨州港防波堤 20 万千瓦海上风电项目能够为当地电网输送清洁的可再生能源，有力地加强电网末端的电力供应，改善当地的电源结构。在社会效益方面，本项目提供就业和地方税收，对促进地方的经济发展有重要贡献；在环境效益方面，本项目的建设和运营会对环境产生一定的影响，但在项目建设中，只要严格执行有关的法律、法规，环保措施执行“三同时”制度，可保证所造成的环境损失在允许范围之内；在经济效益方面，项目投资利润率与投资利税率较高，有较好的经济效益。以上三方面的分析结果表明，本项目具有良好的经济效益和社会效益，对环境的影响损失较小，可以实现经济效益、社会效益与环境效益的协调发展。

11.7 环境管理与监测计划

企业成立安全环保部门，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监测计划和自行监测计划，对项目达标排放情况定期进行监测。

11.8 公众参与情况

项目于 2025 年 11 月 5 日在华能山东发电有限公司滨州公司官方网站上 (<http://portal.zhdc.shdgs.chng.com.cn/ptongzhilist.html>)进行了第一次环境影响评价公示，符合相关要求，公示期间建设单位和环评单位未收到任何反馈意见。

项目于 2025 年 11 月 19 日在滨州北海经济区官方网站上 (http://www.sdbh.gov.cn/art/2025/11/19/art_197145_10322948.html)进行了第二次环境影响评价公示，于 11 月 21 日和 11 月 25 日在《滨州日报》上进行了公示，同时在项目建设地点张贴公告，项目公众参与符合《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令[2018]第 4 号）的要求，公示期间建设单位及环评单位未收到任何反馈意见。

11.9 环境影响可行性结论

项目为海上风电项目，项目建设期海上施工区产生的废水和固体废物均收集后妥善处理，不排海，海上施工期产生的悬浮泥沙在施工结束后就会消失，在海域附近施工布设防污帘，控制悬浮泥沙的扩散。对施工期可能产生的风险事件，均制定了相应的防护措施和应急预案，项目建设过程中对海洋生物造成的损失进行补偿；项目营运期利用风能转化为电能，运维期间产生的废水和固体废物均收集后妥善处理，不排海，运营期环境噪声符合相应标准要求。项目建设不会对附近海域造成较大影响。

项目位于《山东省国土空间规划（2021-2035 年）》的开发利用空间，不占用生态红线区，位于《滨州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的交通运输用海区，位于《山东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》的海域海岛生态修复区，项目为海

上风电项目，项目建设均符合相关规划的要求；项目位于一般管控单元和重点管控单元，符合滨州市生态环境准入清单，项目建设符合“三线一单”的管控要求；项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类“五、新能源”中的“1 风力发电技术与应用”。

项目为海上风电项目，利用风电转化为电能，属于清洁能源，符合《山东省能源发展“十四五”规划》、《滨州市“十四五”生态环境保护规划》等的要求。

项目在落实好各项环境保护措施的前提下，项目建设对环境的影响是可接受的，项目建设是可行的。