

山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目

环境影响报告书

(报批公示稿)

建设单位：海卫（乳山）海上风电有限公司

评价单位：青岛浅海海洋工程研究院有限公司

二〇二三年七月

目 录

1.概述.....	1
1.1 项目由来	1
1.2 环境影响评价过程工作	3
1.3 项目分析判定情况	4
1.4 主要环境问题及环境影响	5
1.5 环境影响评价结论	5
2 总则	6
2.1 编制依据	6
2.2 评价目的及评价重点	10
2.3 环境影响要素识别和评价因子筛选	10
2.4 评价标准	11
2.5 评价等级	16
2.6 评价范围和环境敏感目标	19
3.项目概况.....	25
3.1 项目建设内容	25
3.2 平面布置和主要结构、尺度	27
3.3 项目主要施工工艺和方法	45
3.4 主要工程量与施工总进度	57
3.5 占用（利用）海岸线和海域状况	58
3.6 项目建设必要性	60
4.工程分析.....	64
4.1 产污环节分析	64
4.2 工程各阶段污染环境的影响分析	66
4.3 项目各阶段非污染环境的影响分析	77
5.环境现状调查与评价	79
5.1 自然环境概况	79
5.2 自然资源概况	99
5.3 开发利用现状与保护概况	103
5.4 水文动力环境调查与评价	110
5.5 海洋环境调查与评价	113
5.6 渔业资源	145
5.7 鸟类及栖息地现状调查与评价	163
5.8 声环境质量现状评价	173
5.9 大气环境现状	190
6.环境影响预测与分析	191
6.1 水文动力环境影响分析	191
6.2 水质环境的影响预测与评价	203
6.3 地形地貌与冲淤环境影响评价	209
6.4 沉积物环境影响预测分析	212
6.5 海洋生态环境及渔业资源影响分析	212
6.6 对周边港口航道和通航环境影响分析	223
6.7 噪声环境影响预测分析	228

6.8 电磁环境影响预测分析	235
6.9 工程建设对鸟类的影响	241
6.10 项目建设对敏感目标的影响	244
6.11 固体废物环境影响分析	249
6.12 大气环境影响分析	251
7.环境事故风险分析与评价	253
7.1 事故识别	253
7.2 溢油事故影响分析	254
7.3 自然灾害风险分析	267
7.4 其它事故风险分析	269
7.5 事故防范措施和应急预案	271
8.环境保护对策措施	279
8.1 施工期污染防治对策	279
8.2 运营期污染防治对策	282
9.环境保护的技术经济合理性	288
9.1 环保投资估算	288
9.2 环境损益	288
9.3 环境经济损益综合分析	290
9.4 环保措施技术、经济合理性分析	291
10.项目建设合理性和环境可行性	292
10.1 海洋主体功能区划符合性分析	292
10.2 海洋功能区划的符合性分析	293
10.3 区域和行业规划符合性	303
10.4 建设项目的政策符合性	313
10.5“三线一单”符合性分析	313
10.6 工程选址与布置的合理性	319
10.7 环境影响可接受分析	331
11.环境管理和环境监测计划	333
11.1 环境管理	333
11.2 施工期环境管理	334
11.3 运行期环境管理	334
11.4 环境监测计划	335
11.5“三同时”验收计划	339
11.6 建设项目污染物排放清单及污染物排放管理要求表	339
12.环境影响综合评价结论及对策建议	341
12.1 综合评价结论	341
12.2 建议	345
附件一 委托书	346
附件二 关于印发《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》的通知	347
附件三 鸟类生态环境现状调查与影响评价报告专家评审意见	349
附件四 水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告专家评审意见	350
附件五 乳山市人民政府关于支持项目开发建设的函	351
附件六 关于工程建设内容和责任范围的说明	353
附件七 威海海事局关于同意项目建设的复函	354

1.概述

1.1 项目由来

增加能源供应、保障能源安全、保护生态环境、促进经济和社会可持续发展，是我国经济和社会发展的一项重大战略任务。为减少对一次能源的依赖，保护人类的生存环境，我国政府已承诺走可持续发展的道路，明确经济的发展不以牺牲后代生存环境、资源为代价，并研究、制定和开始执行经济、社会和资源相互协调的可持续发展战略。《国民经济和社会发展规划“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》中明确了“十四五”期间有序发展海上风电的政策方向，将建设山东海上风电基地（渤中、半岛北和半岛南）纳入了规划纲要，为推动我省海上风电基地开发建设、服务海洋强省战略实施奠定了坚实基础。山东省是我国经济发达地区，经济实力雄厚，能源需求巨大。《山东省能源发展“十四五”规划》指出，加快发展海上风电，按照统一规划、分布实施的总体思路，坚持能建尽建原则，以渤中、半岛南、半岛北三大片区为重点，充分利用海上风电资源，打造千万级海上风电基地。

《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》于 2022 年 1 月获得国家能源局综合能源司复函（国能综函新能[2022]7 号），山东省发展和改革委员会、山东省能源局于 2022 年 2 月印发了山东海上风电规划（鲁发改能源[2022]86 号），共规划渤中、半岛南、半岛北 3 个大型海上风电基地，规划共布置 25 个海上风电场场址，规划总面积约 5380 平方公里，规划总装机容量 3500 万千瓦。

《国家能源局综合司关于山东省海上风电规划的复函》（国能综函新能[2022]7 号）中明确“规划实施要按照相关要求进一步做好与国土空间规划、海洋相关规划、海域海岛使用、生态环境保护、通航、军事等相关因素的协调和衔接，加强有关影响论证分析，加强海上风电在军民融合和海洋油气深度融合的创新应用，落实场址可用性。如规划项目实施中海洋相关规划、军事、通航等条件发生变化，请山东省能源局商有关部门、单位对有关场址进行适度优化调整”。山东省能源局致函委托国家电投集团牵头开展半岛南基地首批海上风电项目前期研究论证和开发建设，提出“请务必将军事影响评估论证放在优先位置，全面对接部队有关方面，委托资质单位对航行、飞行、作战、训练、观通等开展军事影响评估论证”。结合论证成果对半岛南基地部分场址进行调整和优化。原规划的 U 场址规划装机容量 150 万千瓦，规划场址面积 240km²。U 场址依据国能综函新能[2022]7 号进行优化调整，调整后的 U 场址已经取得能源局批复，优化

后的场址位于原场址西侧（图 1.1-1），规划装机容量保持一致，仍为 150 万千瓦，规划场址面积 239km²。

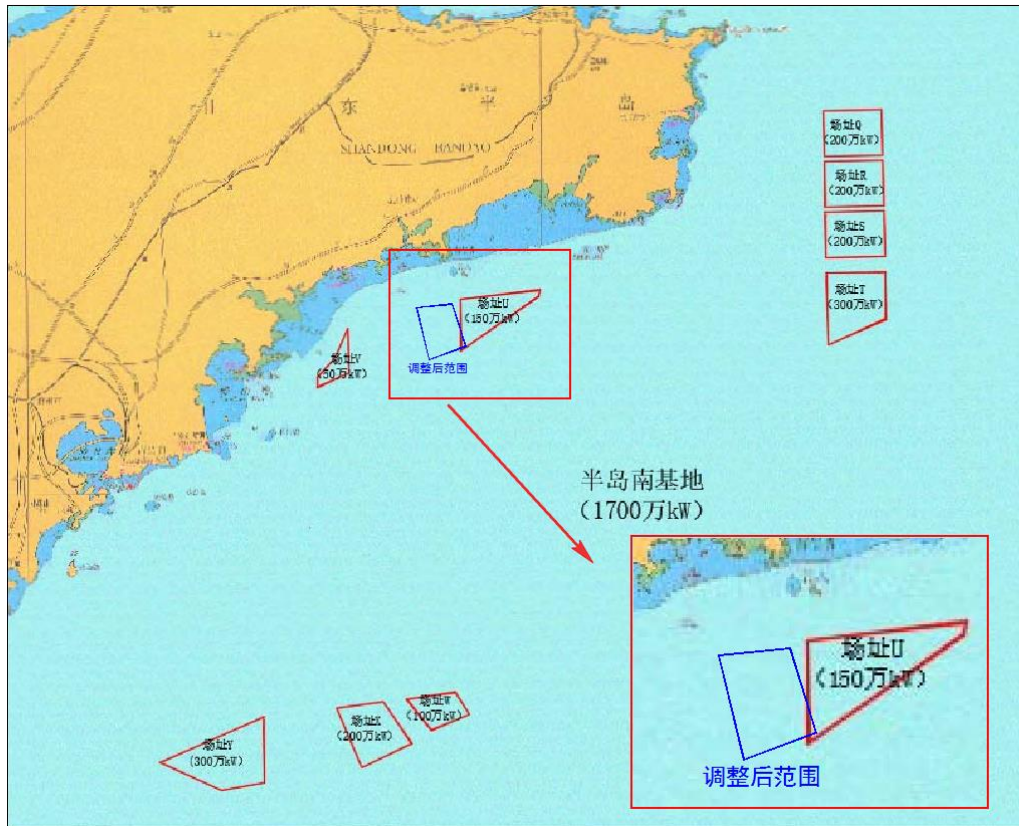


图 1.1-1 项目在规划的半岛南风电场中的位置

国家电力投资集团有限公司山东分公司于 2016 年 2 月在济南挂牌成立，主要负责国家电投集团在山东省的发展和协调工作。国家电投集团山东能源发展有限公司于 2016 年 06 月成立。国家电投集团山东能源发展有限公司与国家电力投资集团有限公司山东分公司一体化运作，在全省范围内开发陆上风电、海上风电、分布式光伏等新能源项目，新能源资产遍布济南、德州、潍坊、东营、烟台等 10 余地市。国家电投集团山东能源发展有限公司依据《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》对半岛南 U 场址进行分期开发，投资主体均为其下属子公司，北侧由国电投（乳山）海上风电有限公司建设国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目，南侧由海卫（乳山）海上风电有限公司建设山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目（本项目），两公司内部沟通和协调以及 U 场址协调补偿事宜均由国家电投集团山东能源发展有限公司统一负责。

山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目选址于优化调整后的半岛南 U 场址（见附件），项目风电场位于山东省乳山市南侧海域（场址中心离岸 26km），拟安装

53 台 8.5MW 风电机组，总装机规模 450.5MW，风电机组所发电通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入风电场北侧依托的海上升压站，升压后以 2 回 220kV 海缆连接至登陆点附近登陆。

本评价的环评责任主要包括海上风机和海缆工程，不包含海上升压站、陆上集控中心及陆上线缆工程等，这些非本项目环评责任范围内的工程由建设单位另行委托和评价（相关材料见附件）。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》的相关规定，本项目需开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目建设海上风电场工程，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”，应编制环境影响报告书。

1.2 环境影响评价过程工作

海卫（乳山）海上风电有限公司委托青岛浅海海洋工程研究院有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位在接受委托后，进行了调查研究，搜集和分析了有关资料，对本项目进行初步的工程分析，同时开展初步的环境状况调查，识别本项目的环境影响因素，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《山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目环境影响报告书》。

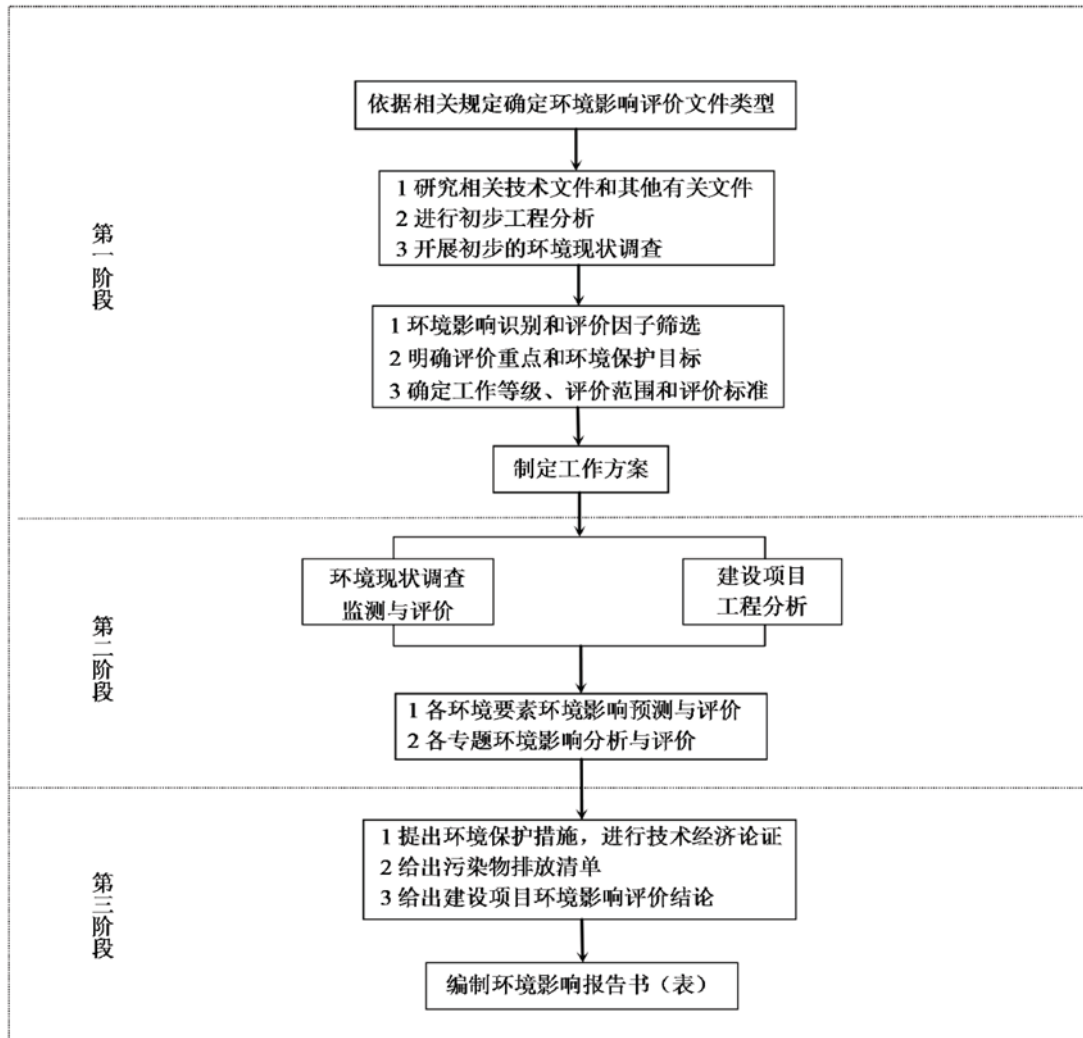


图 1.2-1 建设项目环境影响评价工作程序图

1.3 项目分析判定情况

（1）产业政策符合性

本项目为海上风电场项目，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，属于“鼓励类”项目：“五、新能源”中的“12 海上风电场建设与设备制造及海底电缆制造”，本项目建设符合国家产业政策的要求。

（2）选址、规划符合性

本项目位于山东省乳山市南侧海域。根据《山东省海洋功能区划（2011~2020 年）》，项目位于威海-青岛东近海农渔业区（B1-2）和文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25），项目用海符合《山东省海洋功能区划（2011~2020 年）》。

项目建设符合《海上风电开发建设管理办法》、《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》、《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030 年）》

和《山东省十四五能源发展规划》等相关规划。

(3) “三线一单”符合性

项目建设符合《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

表 1.3-1 项目“三线一单”符合性

内容	符合性
生态保护红线	本项目位于乳山市南部海域，根据山东省“三区三线”划定成果，项目不占用红线区，项目建设不会对红线区水质、沉积物质量等海洋环境产生不利影响。
环境质量底线	根据环境质量现状调查分析，项目区域环境空气、声环境、海水水质、沉积物环境质量现状能够满足相应环境功能区划要求。通过环境影响分析，项目施工期和营运期污染物均妥善处置，不排海，不突破环境质量底线。
资源利用上线	项目运营过程中不消耗电源、水资源等资源，为海上风电场建设项目，项目的建设充分利用此处的海上风能，装机符合相应规范要求。项目符合资源利用上线的要求。
生态环境准入清单	项目属于清洁能源项目，不位于自然保护区、生态红线区、重点保护水域内。本项目位于海域管控单元，项目建设符合威海市生态环境准入清单要求。具体分析详见 10.5 节。

1.4 主要环境问题及环境影响

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

1.5 环境影响评价结论

本项目符合国家产业政策及相关规划的要求，所采用的污染防治措施技术经济可行，污染物的去向及处理、处置方案可得到落实，预测表明该项目的实施对周围环境的影响在可接受范围内。在充分落实本报告书提出的各项工程环保措施、风险控制措施及环境监督管理措施，从环保角度分析，拟建项目建设具有环境可行性。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律、法规

(1) 《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通过，2015 年 1 月 1 日起施行；

(2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议决定，2017 年 11 月 5 日起施行；

(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议重新修订；

(4) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2000 年 4 月 29 日，第九届人大常委会第十五次会议通过，2018 年 10 月 26 日修正；

(5) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 4 月 29 日，十三届全国人大常委会第十七次会议审议修订，2020 年 9 月 1 日实施；

(6) 《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年 6 月 27 日中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议予以修订，2018 年 1 月 1 日起施行；

(7) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2021 年 12 月 24 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022 年 6 月 5 日起施行；

(8) 《中华人民共和国渔业法》（2013 年修订），2013 年 12 月 28 日，第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议通过，2014 年 3 月 1 日起施行；

(9) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订，2021 年 9 月 1 日起施行；

(10) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012 年修订），2012 年 2 月 29 日，第十一届人大常委会第二十五次会议通过，2012 年 7 月 1 日起施行；

(11) 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017 年 10 月 7 日修改；

(12) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 29 号，2019 年 10 月发布，2021 年 12 月 27 日第 20 次委务会议修改；

(13) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018 年 3 月 19 日修订；

(14) 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》，交通运输部令 2021

年第 24 号，2021 年 8 月 25 日起施行；

(15) 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境污染防治管理规定》，交通运输部令 2010 年第 7 号，2011 年 2 月 1 日起施行；

(16) 《海洋工程环境影响评价管理规定》，国海规范〔2017〕7 号，2017 年 6 月国家海洋局修订；

(17) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2020 年 11 月 5 日由生态环境部部务会议审议通过，2021 年 1 月 1 日起施行；

(18) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环境保护部，环发〔2012〕77 号，2012 年 07 月 03 日；

(19) 《海洋自然保护区管理办法》，原国家海洋局（国海法发〔1995〕251 号），1995 年 5 月 29 日施行；

(20) 《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，交通运输部，交海发〔2007〕165 号，2007 年 4 月 10 日发布，2007 年 5 月 1 日起实施；

(21) 《交通运输部关于修改〈中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定〉的决定》，交通运输部令 2019 年第 40 号，2019 年 11 月 28 日起施行；

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

(23) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，1992 年 8 月 26 日发布施行；

(24) 《海上风电开发建设管理办法》，国家能源局、国家海洋局，国能新能〔2016〕394 号，2017 年 1 月 7 日；

(25) 《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》，原国家海洋局，国海规范〔2016〕6 号，2016 年 11 月 02 日。

(26) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部 公安部 交通运输部，2022 年 1 月；

(27) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，生态环境部 国家发展改革委 公安部 交通运输部 卫生健康委员会，2021 年 1 月 1 日。

2.1.2 地方法律、法规依据

(1) 《山东省环境保护条例》，2018 年 11 月 30 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议修订，2019 年 1 月 1 日起施行；

(2) 《山东省海洋环境保护条例》，2018 年 11 月 30 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议修订；

(3) 《山东省海域使用管理条例》，2003 年 9 月 26 日经山东省第十届人民代表大会常务委员会第四次会议审议通过；

(4) 《关于进一步落实好环评和“三同时”制度的意见》，鲁环发[2007]131 号，2007.9.24；

(5) 《山东省大气污染防治条例》，2018 年 11 月 30 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议修订；

(6) 《山东省水污染防治条例》，山东省人大常委会公告第 27 号，2018 年 9 月 21 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第五次会议修订；

(7) 《山东省实施<中华人民共和国环境影响评价法>办法》，山东省第十三届人大常委会第七次会议修正，2018 年 11 月 30 日起施行；

(8) 《山东省海洋特别保护区管理暂行办法》，鲁海渔函〔2014〕19 号；

(9) 《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据》的函，自然资办函[2022] 2207 号，2022 年 10 月 14 日；

(10) 《山东省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》，鲁政字〔2020〕269 号；2020 年 12 月 30 日；

(11) 威海市人民政府关于印发《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知，威政字〔2021〕24 号，2021 年 6 月 17 日。

(12) 威海市生态环境委员会办公室关于印发威海市生态环境准入清单的通知，威环委办〔2021〕15 号，2021 年 6 月 20 日。

2.1.3 规划、区划

(1) 《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》，国务院，国函[2012]13 号，2012 年；

(2) 《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，国务院，国函[2012]165 号，2012 年；

(3) 《山东省能源发展“十四五”规划》，山东省人民政府，2021 年 8 月；

(4) 《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》，山东省发展和改革委员会、山东省能源局，2022 年 2 月；

(5) 《山东半岛蓝色经济区发展规划》，国务院，国函[2011]1 号，2011 年；

(6) 《山东省“三区三线”划定成果》，山东省人民政府，2022 年 10 月；

(7) 《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划（修订版）》，2022 年 4 月；

- (8) 《威海市“十四五”生态环境保护规划》，2021 年 12 月；
- (9) 《威海市海洋功能区划（2013-2020 年）》，2015 年 4 月。

2.1.4 技术规范依据

- (1) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1—2016）；
- (2) 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；
- (3) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年）
- (4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (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) 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）；
- (9) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (10) 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）；
- (11) 《污染源源强核算技术指南 准则》（HJ 884-2018）；
- (12) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002 年）；
- (13) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (14) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）；
- (15) 《海滨观测规范》（GB14914-2006）；
- (16) 《建设项目危险废物环境影响评价指南》，2017.10.1 实施；
- (17) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）。

2.1.5 其他资料

- (1) 《山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目可行性研究报告》，山东电力工程咨询院有限公司，2023 年 3 月；
- (2) 《山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目海底电缆路由桌面研究及调查、勘测方案》，山东电力工程咨询院有限公司，2023 年 3 月；
- (3) 《山东半岛南海上风电基地 U 场址项目通航安全影响研究报告》，大连海事大学，2023 年 3 月；
- (4) 《国家电投山东半岛南海上风电项目 U 场址鸟类生态环境现状调查与影响评价报告》，山东大学，2022 年 9 月；
- (5) 《国家电投山东半岛南 U 场址海上风电项目水下噪声及电磁环境对海洋生物

影响专题研究报告》，中国科学院声学研究所北海研究站，2022 年 9 月；

（6）项目委托书，海卫（乳山）海上风电有限公司，2023 年 3 月；

（7）建设单位提供的其他资料。

2.2 评价目的及评价重点

2.2.1 评价目的

（1）通过对项目所在地环境现状调查，分析项目所在区域环境质量现状。

（2）通过工程分析核实主要污染物排放源强，选择适当模式，预测分析该项目营运期环境影响范围和程度，提出针对性的环保对策措施。

（3）依据国家有关环境标准，论证拟采用的污染防治措施的合理性、可行性和可靠性，是否能够满足稳定达标排放的要求，以最大限度减少项目对环境的不利影响。提出改进措施或污染防治对策措施和建议。

（4）从环境保护的角度，明确项目建设是否可行的结论，为项目的审批和环境管理提供科学依据。

2.2.2 评价重点

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

2.3 环境影响要素识别和评价因子筛选

2.3.1 环境影响要素识别

（1）污染要素

施工期间，海域主要污染物为海缆管沟开挖、桩基打桩和辅助桩拔除等产生的悬浮泥沙，施工船舶产生的含油污水、生活污水及垃圾，施工机械产生的噪声和废气；陆域施工场地主要污染物为施工扬尘、机械噪声、生活污水、生活垃圾以及生产固体废弃物等。

运营期间，海上风场产生的风机运转噪声；设备维修时产生的含油污水、柴油机供电时产生的废气；电缆产生的电磁辐射和无线电干扰以及维护期产生的固体废物和危险废物等。

(2) 非污染要素

地形地貌改变、水动力环境变化、冲淤环境变化、海洋渔业生态环境影响、鸟类生态栖息环境的影响、海域通航环境影响等。

2.3.2 评价因子筛选

通过对项目附近海域的环境质量现状调查，结合环境影响因素识别，对环境影响评价因子进行了初步筛选，确定本项目的环境评价因子，见表2.3-1。

表2.3-1 项目环境评价因子表

评价时段	环境影响要素	评价因子	产生影响内容及其表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海洋生态	底栖生物	管沟开挖、构筑物建设	+++
		鱼卵、仔鱼	悬浮泥沙扩散	++
		浮游生物	悬浮泥沙扩散	++
	海水水质	SS	管沟开挖、打桩产生悬浮物	+++
		石油类	船舶作业	+
		COD、氨氮	施工人员	+
	海洋水文动力	潮流	海上构筑物影响	+++
	海洋沉积物	底质	悬浮物扩散	++
	海洋地形地貌与冲淤	冲淤环境	海上构筑物影响	+++
	噪声环境	噪声	船舶、车辆和机械作业	+
	大气环境	TSP	材料堆放、施工扬尘	+
		SO ₂ 、NO _x 和 CO	船舶、机械作业、车辆运输	+
	固体废弃物	生活垃圾、船舶垃圾、加工废料	作业船舶、施工人员	+
运营期	水环境	石油类	机修污水、工作船含油污水	+
		重金属	牺牲阳极废水	+
	噪声环境	噪声	风机运转噪声	++
	大气环境	SO ₂ 、NO ₂	检修船舶废气	+
	电磁环境	工频电磁场	输电线路	+
		无线电干扰		
	固体废弃物	生活垃圾、检修固废	运维人员生活垃圾、运维含油废物	+
	生态环境	鸟类的栖息、迁徙及生境	风场对鸟类的影响	++
	其它	通航安全	风场建设	+

十表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需进行简要的分析与影响预测；

++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需进行常规影响分析与影响预测；

+++环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需进行重点的影响分析与影响预测。

2.4 评价标准

2.4.1 环境质量标准

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目评价范围内海域功能区包

括农渔业区、港口航运区、旅游休闲娱乐区等，现状调查针对站位所在功能区，采用不同的评价标准，本项目位于农渔业区。根据《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》，本项目位于文登-乳山-海阳盐业养殖区（SD214BII）和威海-青岛东近海盐业养殖区（SD233BII），属于二类环境功能区。综合考虑对工程所在功能区水质保护目标从严要求。

（1）海水质量标准

海洋保护区海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类标准；旅游休闲娱乐区、农渔业区海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第二类标准；港口航运区海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第三类标准；特殊利用区海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第四类标准。

威海(四)海洋功能区划图

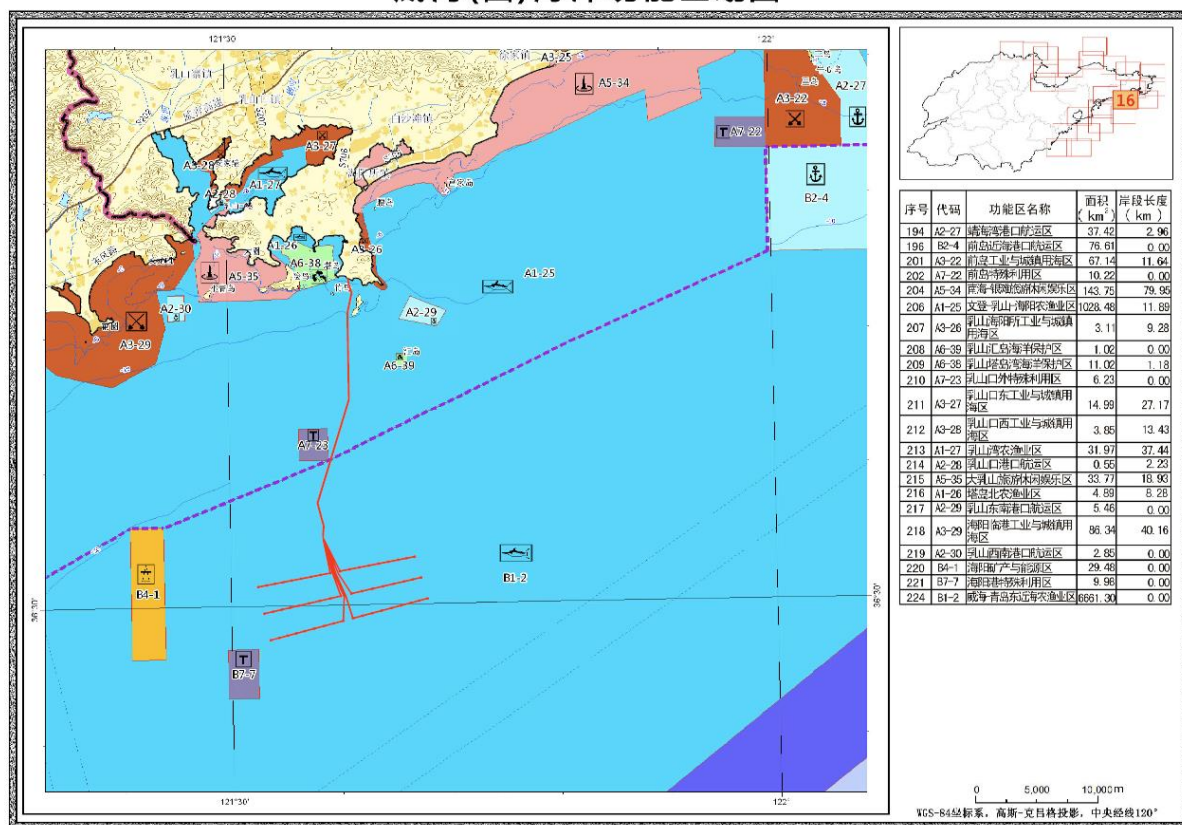


图 2.4-1 本项目在《山东省海洋功能区划（2011-2020）》中的位置图



图 2.4-2 项目在山东省近岸海域环境功能区划中位置

(2) 沉积物质量标准

海洋保护区、农渔业区、旅游休闲娱乐区海域海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）第一类标准；港口航运区海域海洋沉积物质量执行第二类标准；特殊利用区海域海洋沉积物质量执行第三类标准。

(3) 生物质量标准

贝类评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的标准值，鱼类、甲壳类评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程（第二分册）》中的标准值。

(4) 环境空气质量标准

项目所在区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单中二级标准。

(5) 声环境质量标准

根据《乳山市声环境功能区划分方案》，项目为海上风电项目，主要位于海上，项目周边无声环境功能区，本报告主要评价内容为噪声对海洋生态环境影响。

本次采用的环境质量评价标准见表 2.4-1，采用的相应的标准值见表 2.4-2~表 2.4-6。

表 2.4-1 评价标准

标准	项 目	标准号	标准名称及分类	级别
环境 质量 评价 标准	水环境	GB 3097-1997	《海水水质标准》	第一、二、三类
	沉积物	GB 18668-2002	《海洋沉积物质量》	第一、二类
	生物质量	GB 18421-2001	《海洋生物质量》	第一、二类
	大气环境	GB 3095-2012	《环境空气质量标准》	二级

表 2.4-2 海水水质标准单位：mg/L,pH 无量纲

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

表 2.4-3 海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）

项目	一类标准	二类标准	三类标准
汞（ $\times 10^{-6}$ ）	0.2	0.5	1
镉（ $\times 10^{-6}$ ）	0.5	1.5	5
铅（ $\times 10^{-6}$ ）	60	130	250
锌（ $\times 10^{-6}$ ）	150	350	600
铬（ $\times 10^{-6}$ ）	80	150	270
铜（ $\times 10^{-6}$ ）	35	100	200
砷（ $\times 10^{-6}$ ）	20	65	93
有机碳（ $\times 10^{-2}$ ）	2	3	4
硫化物（ $\times 10^{-6}$ ）	300	500	600
石油类（ $\times 10^{-6}$ ）	500	1000	1500

表 2.4-4 海洋生物体质量标准（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	5.5	2.0	2.0
铜≤	10	25	50	100	100	200
锌≤	20	50	100	250	150	40
砷≤	1.0	5.0	8.0	10	8	5
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***

*引用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的标准

**引用《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的标准

***引用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程（第二分册）》中的标准

2.4-5 空气环境质量评价标准限值

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

2.4-6 声环境质量标准值 等效声级 LAeq: dB

标准名称	类别	昼间	夜间
《声环境质量标准》	3	65	55

2.4.2 污染物排放标准

（1）施工期施工扬尘、车辆道路扬尘等大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中无组织排放标准；

（2）施工期施工场界噪声限值执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；运营期噪声主要产生自风电机组，噪声排放参照执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准；

（3）船舶污染物排放执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），含油污水及船舶生活污水由具有资质单位接收处理，不排放；

（4）固体废弃物排放执行《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修正版）》；《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），危险废物统一委托有资质单位接收处置。

表 2.4-7 污染物排放标准

序号	标准	污染物种类	标准限值	备注
1	《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）	TSP	1.0mg/m ³	无组织排放监控浓度限值，日均值
		NO _x	0.12mg/m ³	
2	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中海域标准	石油类	收集并排入接收设施	根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，船舶油污水应当进行铅封，禁止排放
		SS、BOD		
		船舶生活垃圾	塑料制品禁止投入水域；漂浮物距最近陆地 25 海里以内禁止投弃入海；食品废弃物及其它垃圾未经粉碎禁止在距最近陆地 12 海里以内投弃入海；	
3	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）	Leq	昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）	
4	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）	Leq	昼间 65dB（A），夜间 55dB（A）	

2.5 评价等级

2.5.1 海洋环境评价等级

2.5.1.1 水文动力环境、水质环境、沉积物环境、生态环境评价等级

本项目为海上风电工程，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19458-2014）海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容要求，风电场工程必选评价内容为海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋地形地貌与冲淤环境、海洋水文动力环境和环境风险；海底电缆工程必选评价内容为海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境及环境风险。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19458-2014）和《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年）中评价等级判定标准，本项目的风电场工程属于海洋能源开发利用工程类型，工程规模为大型，风场所在区域为农渔业区，场区及周边分布有养殖区，西侧分布有海洋保护区等，因此评价范围内的生态环境类型为生态环境敏感区；本项目的海底电缆敷设长度约 111km，海缆位于近岸海域，主导功能为农渔业区，西侧有保护区，北侧分布有自然岸线，生态环境类型为敏感区。

根据上述分析，采用“就高不就低”的原则，结合本项目工程特点及周边开发利用情况，最终确定本次评价工作的评价等级为：水文动力 1 级，水质 1 级，沉积物 1 级，

生态 1 级。判定依据见表 2.5-1。

表 2.5-1 海洋环境评价等级判定依据

工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
潮汐发电, 波浪发电, 温差发电, 地热发电, 海洋生物能等海洋能源开发利用、输送设施及网络工程; 海洋风力发电, 太阳能发电及其输送设施及网络工程; 海洋空间能源(资源)利用工程	大型 ($\geq 100\text{MW}$)	生态环境敏感区	1	1	2	1
		其它海域	2	2	2	2
	中型 ($> 20\text{MW} - < 100\text{MW}$)	生态环境敏感区	1	1	2	1
		其它海域	2	2	3	2
	小型 ($\leq 20\text{MW}$)	生态环境敏感区	2	2	2	2
		其它海域	3	3	3	3
海上和海底电(光)缆等工程; 海上和海底输水管道工程; 无毒无害物质输送管道工程; 海洋电(光)缆废弃、拆除工程; 一般管道废弃、拆除工程	长度大于 100km	生态环境敏感区	1	1	1	1
		其它海域	2	2	2	1
	长度 (100~20) km	生态环境敏感区	2	1	2	1
		其它海域	3	2	3	2
	长度 (20~5) km	生态环境敏感区	2	2	2	1
		其它海域	3	3	3	2

2.5.1.2 海洋地形地貌与冲淤环境评价等级

本项目总用海面积超过表 2.5-2 中 $50 \times 10^4 \text{m}^2$ 范畴, 参照《海上风电工程环境影响评价技术规范》中海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据, 最终界定项目地形地貌与冲淤环境评价等级界定为 1 级。

表 2.5-2 海上风电项目海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据

评价等级	工程类型
1	海上风电项目所有工程类型总占海面积超过 $50 \times 10^4 \text{m}^2$ 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。

2.5.2 环境风险评价等级

本项目主要由风电场和海底电缆工程组成, 不涉及生产、加工、运输、使用或贮存有毒物质、易燃物质、爆炸性物质。施工期多艘船舶在场区内作业及施工。因此项目主要环境风险为施工期船舶碰撞使燃料油发生泄露, 造成的溢油风险事故, 船舶燃料油为可燃、易燃危险性物质。工程施工期船舶主要为打桩船、起重船、交通船及拖轮, 船舶载油量不大, 施工高峰期在场船舶按 18 艘计, 结合船舶型号和燃油量, 按平均每艘 50t 计, 则场区内燃料油最大存在量为 900t, 根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018), 则项目施工船舶载油量最大存在量与油类物质临界量 (2500t) 比值 $Q=0.36 < 1$, 当 $Q < 1$ 时, 项目环境风险潜势为 I, 对应的环境风险评价工作等级为简单分析。

2.5-3a 建设项目 Q 值确定表

危险物质名称	CAS 号	最大存在总量 t	临界量 t	危险物质 Q 值
油类物质	/	900	2500	0.36
项目 Q 值	0.36			

表 2.5-3b 环境风险评价等级结果表

环境风险潜势	VI、VI+	III	II	I
评价工作等级	一级	二级	三级	简单分析

2.5.3 电磁评价等级

项目风电机组发出电能通过 66kV 集电海底电缆接入北侧依托的北侧国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目的海上升压站，经升压后通过 220kV 海底电缆接入陆域集控中心。根据工可设计，项目 220kV 海缆为海底电缆，属地下电缆，根据《环境影响评价技术导则 输变电 HJ 24-2020》，项目海底电缆电磁评价等级为三级。

2.5-4 输变电建设项目电磁环境影响评价工作等级

电流类型	电压等级	工程	条件	评价工作等级
交流	220~330kV	输电线路	1.地下电缆	三级
			2.边导线地面投影外两侧各 15m 范围内无电磁环境敏感目标的架空线	
			边导线地面投影外两侧各 15m 范围内有电磁环境敏感目标的架空线	二级

2.5.4 大气环境

本工程营运期废气污染主要来自船舶排放的尾气，排放的污染物是 NO_x、CO 等。由于船舶停靠时间较短，因此船舶排放的尾气均采用定性分析。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。

2.5.5 声环境

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，本项目主要位于海上，周边无声环境敏感目标，声环境评价等级按照三级评价。

2.5.6 地表水环境

项目营运期间废水主要为船舶机舱油污水、船舶生活污水。项目船舶机舱油污水、船舶生活污水统一收集后由有资质单位统一接收处理，不排海，因此水污染型的评价等级为三级 B。项目主要环境影响为对水动力、泥沙冲淤环境的影响以及施工悬浮泥沙扩散影响，属于水文要素影响型，本项目 53 台风机最外侧垂直投影面积约 1.2hm²（0.012km²），项目海缆铺设扰动水底面积约 11hm²（0.11km²）。根据水文要素影响

型建设项目地表水等级判定依据（表 2.5-5），本项目工程垂直投影面积及外扩范围 $A_1=0.012\text{km}^2 < 0.15\text{km}^2$ ，工程扰动水底面积 $A_2=0.11\text{km}^2 < 0.5\text{km}^2$ ，综合判定本项目水文要素影响评价等级为三级。

综上，本项目地表水按照水污染型的评价等级为三级 B，按水文要素影响型建设项目界定评价等级为三级。

表 2.5-5 水文要素影响型建设项目评价等级判定

评价等级	受影响地表水域
	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
	入海河口、近岸海域
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 $A_2 \leq 0.5$

2.5.7 其他

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）附录 A，本项目行业类别是“E 电力”中“34.其他能源发电”，属 IV 类建设项目。根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）中“4.1 一般性原则：……IV 类建设项目不开展地下水环境影响评价。”因此，本项目不开展地下水环境影响评价。

根据《环境影响评价技术导则土壤》（HJ964-2018）附录 A，本项目属于土壤环境影响评价项目类别中的“其他行业”，属于 IV 类项目，可不开展土壤环境影响评价。

综合上述分析，将项目水文动力环境评价等级定为 1 级，海洋水质环境评价等级定为 1 级，海洋沉积物环境评价等级定为 1 级，海洋生态环境评价等级定为 1 级；海洋地形地貌与冲淤环境评价等级定为 1 级；电磁评价等级定为三级；声环境评价等级为三级；地表水按水文要素影响型建设项目评价等级为三级；大气环境影响评价等级为三级；环境风险评价等级为简单分析。

2.6 评价范围和环境敏感目标

2.6.1 评价范围

根据拟建工程所处的海洋功能区、海域环境的特点、本项目涉海工程的内容、以及各单项环境影响评价等级的确定，按照《海洋工程环境影响评价技术导则》确定海域评价的范围如下：

（1）水文动力评价范围

水文动力环境的 1 级评价，范围垂向距离一般不小于 5km，纵向距离不小于一个潮

周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。

（2）海洋环境现状评价范围

1) 水质环境现状调查与评价范围，应能覆盖建设项目周边环境影所及区域，并充分满足评价与预测要求，另外附近有敏感区时，调查范围应扩展到敏感区边界；

2) 沉积物调查范围应覆盖影响海域，反映环境状况，满足预测要求；

3) 生态环境调查评价范围根据导则要求，1 级评价扩展距离在 8~30km；

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范（2014）》，海洋水质、海洋沉积物、海洋生态环境影响评价范围主要依据评价区域及周边区域生态完整性确定；以主要评价因子受影响方向的扩展距离确定，1 级评价海上风电项目所有工程外缘线为起点向外扩展一般应分别不小于 15km，海底管线沿垂直海底管线路由方向从管线外缘向两侧扩展不少于 5km。确定本项目环境评价范围为以场区为中心，向四周外扩 15km，220kv 海缆外缘向两侧扩展 5km。

（3）地形地貌与冲淤环境评价范围

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

（4）大气环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），三级评价项目不需设置大气环境影响评价范围。

（5）声环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）要求，声环境影响评价范围根据风机及施工区周边海域渔业资源等保护目标受影响范围进行评价。

（6）鸟类

鸟类评价范围为涵盖工程边界线向外扩展 8km 区域。

综上，项目的总评价范围应覆盖各单项评价范围，根据上述原则，综合确定本项目评价范围为涵盖风电场边界线向外扩展 15km、220kV 海底电缆向外扩展 5km 区域，即图 2.6-1 中 A~J 与海岸线连线所围成的区域，评价范围面积约 1700km²。评价范围拐点坐标见表 2.6-1。

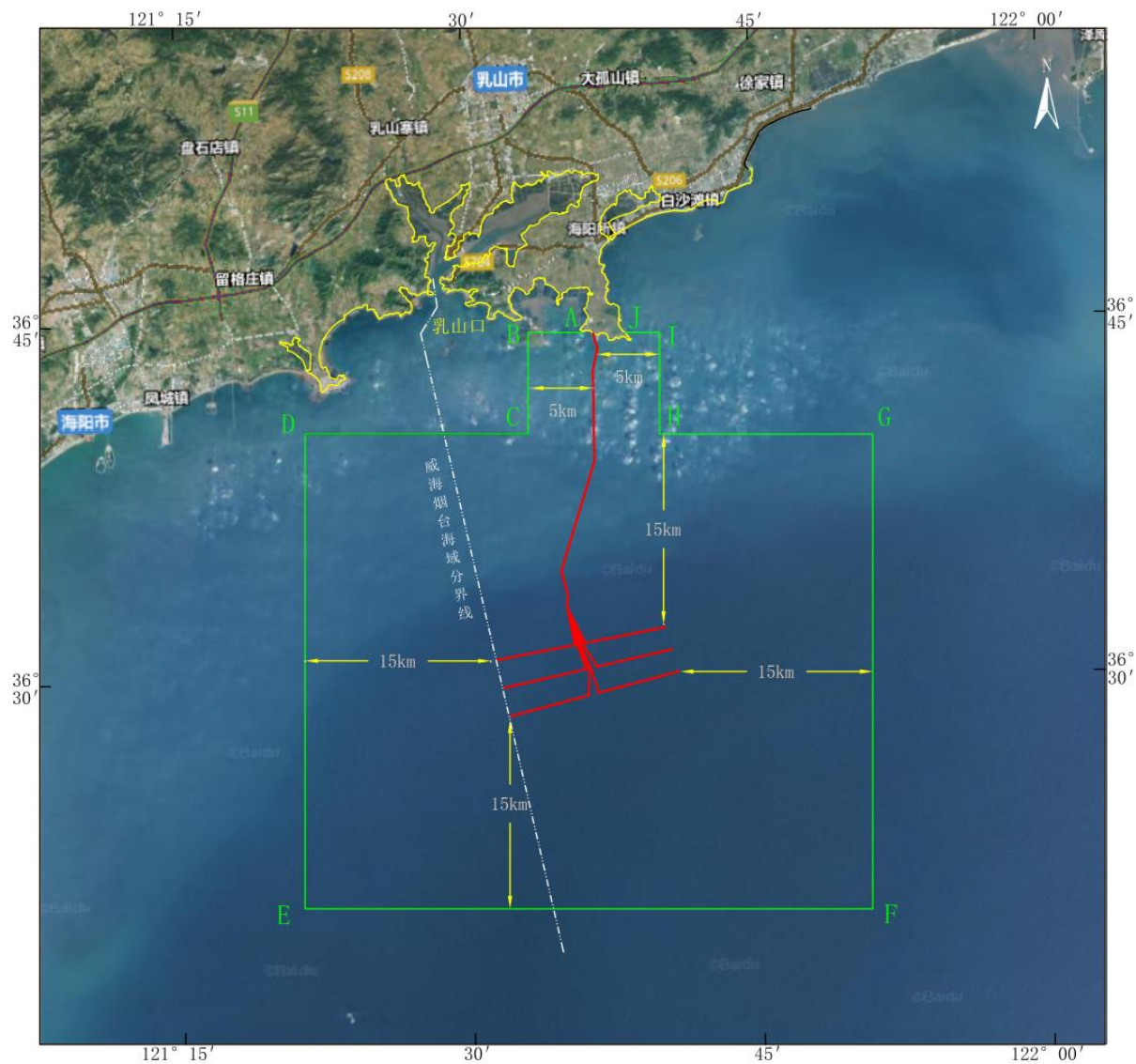


图 2.6-1 项目评价范围图

表 2.6-1 评价范围点坐标 (CGCS2000 坐标系)

拐点	纬度 (N)	经度 (E)
A	36°44'31.98"	124°36'10.99"
B	36°44'34.27"	124°33'18.85"
C	36°40'18.47"	124°33'13.70"
D	36°40'26.99"	124°21'37.46"
E	36°20'32.76"	124°21'16.60"
F	36°20'09.13"	124°50'41.41"
G	36°40'03.07"	124°51'09.81"
H	36°40'12.92"	124°40'03.85"
I	36°44'28.71"	124°40'09.38"
J	36°44'30.19"	121°38'22.53"

2.6.2 环境敏感目标

（1）环境敏感目标

本项目为海上风电项目，风电场周围 500m 范围内无居民区。项目建成后正常营运时对区域水动力、泥沙冲淤、海洋生态环境影响较小。项目对海洋环境的影响主要包括施工期对海水水质、海洋生态环境的影响，运营期间产生的电磁、噪声对海洋环境以及鸟类的影响。针对项目各阶段的环境影响特点，确定本项目的环境敏感目标，项目所在的乳山海域使用类型包括渔业用海、港口用海、旅游娱乐用海、海洋特别保护区等。其中，渔业用海在各种用海类型中占绝对优势等为主。评价范围内的环境敏感区为大乳山国家海洋公园、乳山市塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区和保护区以外的海洋生态保护红线区，其他环境敏感目标主要为养殖区。

（2）环境保护要求

本项目为清洁能源项目，项目周边环境保护目标是不因项目建设而使该区域水环境、生态环境、沉积环境和上述敏感点环境使用功能下降。

环境敏感目标分布见图 2.6-2、图 2.6-3，本项目与周边敏感目标之间位置关系见表 2.6-2、表 2.6-3。

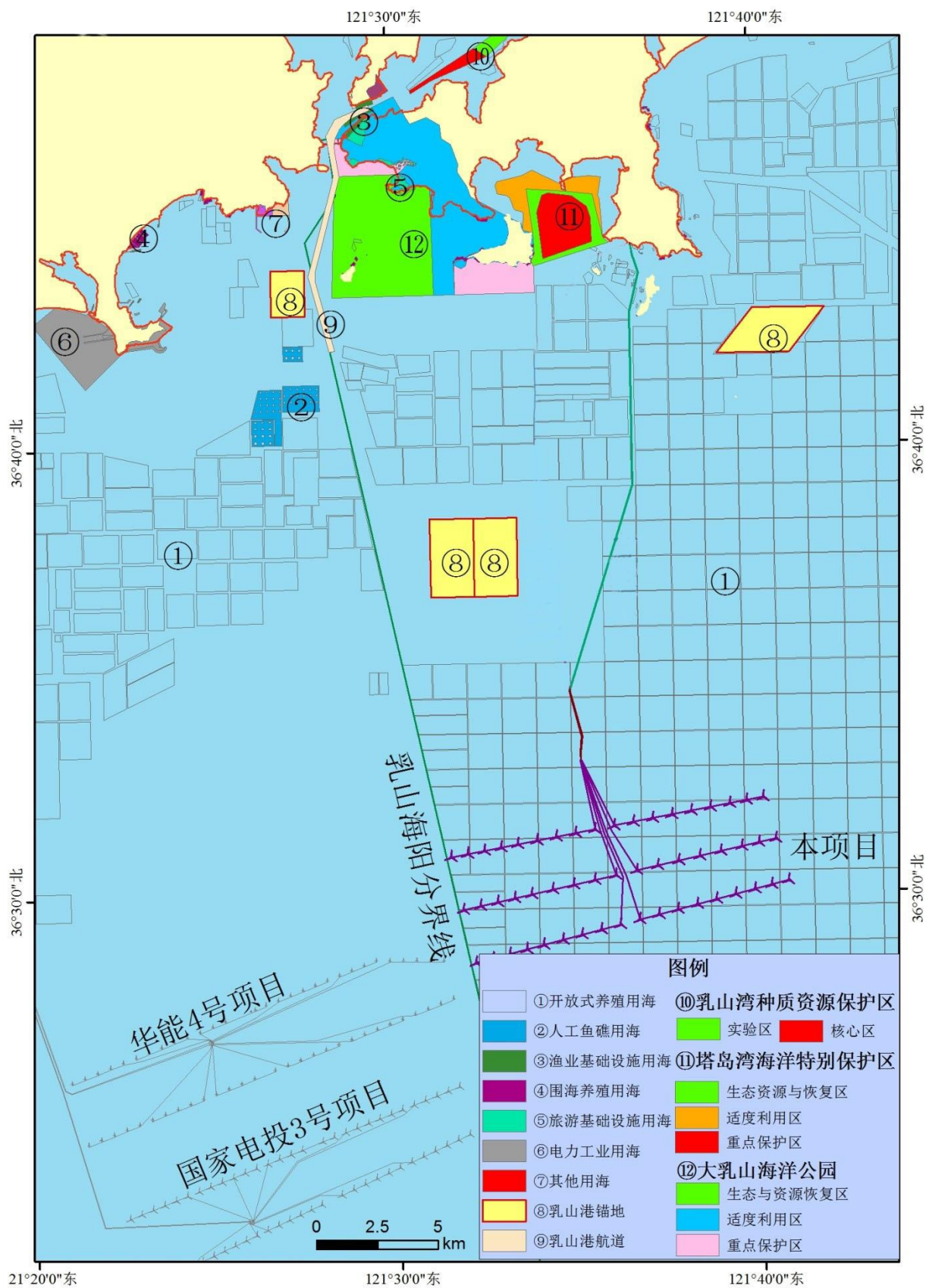


图 2.6-2 项目周边敏感目标分布（养殖区、保护区等）

表 2.6-2 环境敏感目标分布一览表

序号	敏感目标		典型目标名称	相对位置和最近距离	执行标准		
					海水水质 GB3097-1997	海洋沉积物 GB18668-2002	海洋生物质量 GB18421-2001
1	养殖区 (位于农渔业区)		开放式养殖详细分布见表 2.6-3 和图 2.6-3	项目用海范围内及项目周边	二类	一类	一类
2	港口区	港口	乳山港	海缆 NW 侧 10.3km	四类	三类	三类
		航道	乳山港航道	风电场 NW 侧 21.2km	三类	三类	三类
		锚地	乳山港锚地	风电场 N 侧 10.0km	三类	三类	三类
3	旅游用海		大乳山旅游休闲娱乐区	风电场 W 侧 18km 海缆 W 侧 4km	二类	一类	一类
4	其他海上风电工程		山东能源发展有限公司 3 号海上风电项目	SW 侧 5.1km	二类	一类	一类
			华能山东发电有限公司 4 号海上风电项目	SW 侧 1.4km	二类	一类	一类
5	保护区	海洋公园	大乳山国家海洋公园	海缆 NW 侧 4.0km	一类	一类	一类
		海洋保护区	乳山市塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区	海缆 NW 侧 1.0km	一类	一类	一类

3.项目概况

3.1 项目建设内容

(1) 项目名称：山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目。

(2) 项目性质：新建工程。

(3) 项目建设单位：海卫（乳山）海上风电有限公司。

(4) 工程地理位置：项目位于山东省乳山市南侧海域，风电场场区水深 28.5m~30.5m，场址中心离岸距离约 26km。地理范围为东经 121°31'32.36"~121°39'42.83"，北纬 36°28'30.52"~36°32'06.28"。

项目地理位置见图 3.1-1~图 3.1-3。

(5) 工程规模

本项目风电场总装机容量 450.5MW，拟安装 53 台单机容量为 8.5MW 的风电机组。风机基础拟定为单桩基础。风电机组所发电通过场内 6 回 66kV 集电海底电缆接入场区北侧依托的 220kV 海上升压站，升压后以 2 回 220kV 海缆接入海缆登陆点。

风电场理论年发电量为 202867.6 万 kW·h，设计年发电量 167062.0 万 kW·h，年上网电量 128637.7 万 kW·h，年等效满负荷利用小时数为 2855.4h，平均容量系数 0.3260。

(6) 工程总投资及工期

根据国内已建及在建海上风电场工程投资情况，结合相关建设条件及容量大小，本工程计划总投资 472830 万元，工程计划总工期 10 个月。



图 3.1-1a 项目地理位置图



图 3.1-1b 项目地理位置图

3.2 平面布置和主要结构、尺度

3.2.1 工程建设内容概况

本项目海域工程包括 53 台单机容量为 8.5MW 的风电机组工程、场区内 6 回 66kv 海缆（67.2km）及海上至登陆点双回路 220kv 海缆（2×21.8km）共约 110.8km。

本项目 220kv 海缆登陆后转为架空线路，最后接入陆上集控中心，陆上集控中心位于乳山市小濞村东南侧。陆上工程包括陆上集控中心、陆上电缆敷设、架空线路等。

报告的评价责任范围为项目的海域工程，包括风机组和海缆。陆上集控中心、登陆点至架空线路等在内的陆地工程不在本次评价责任范围内，陆域工程部分由建设单位另行委托评价。另外，项目施工期供水、供电、施工场地布置等相关工程依托租用的码头及后方陆域设施。

表 3.2.1-1 项目建设内容一览表

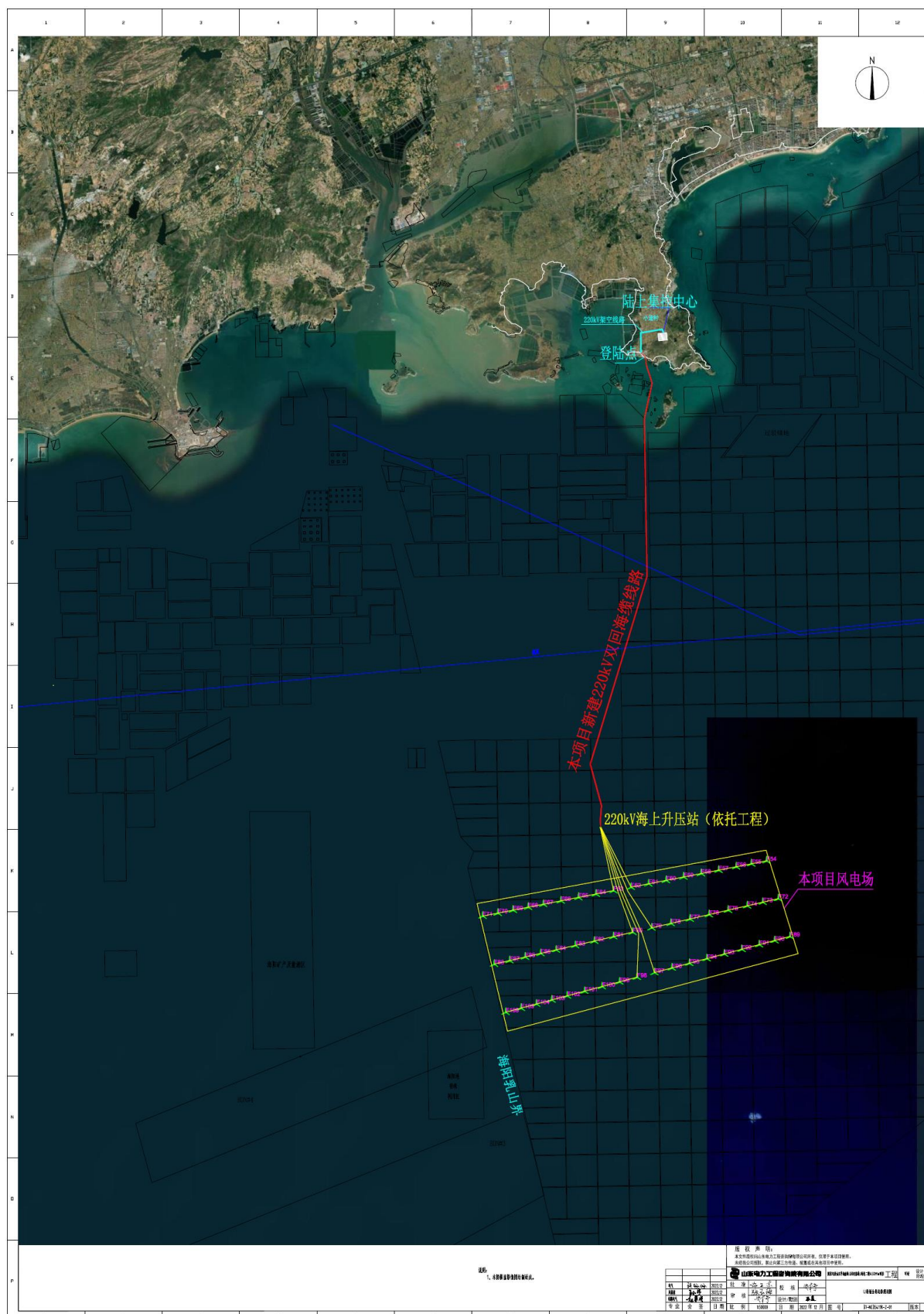
工程组成		数量/规模、说明
海上风电主体工程	风电机组工程	53 台、单机容量为 8.5MW
	66kv 海缆敷设	连接风机至海上升压站 67.2km
	220kv 海缆敷设	连接海上升压站至登陆点 2×21.8km
	控制保护设备及安装工程	包括：防腐蚀、防冲刷、靠船和防撞等
临辅工程	施工交通（码头工程）	租用乳山港码头
	设备组装工程	安装场地、临时库房、仓库、生活营地等租用乳山港码头后方
		钢结构加工全部租用乳山港码头
公用工程	施工供电、供水	依托租用的码头设施； 海上依靠补给船和船体发电机
配套工程	通信、消防、电气	风机机组和集控中心统一布置
依托工程	海上升压站、220kv 陆地电缆和陆上集控中心配电装置	不在本次评价责任范围内
环保工程	废水处理	船舶生活污水、含油废水委托有资质单位接收处理
	固体废物处置	含油废物委托有资质单位统一接收处置。

3.2.2 平面布置概况

3.2.2.1 工程总布置

本项目海洋工程包括：风电机组工程、66kV 和 220kV 海缆敷设。陆上依托工程包括：220kV 海上升压站和陆上集控运维中心。工程总平面布置图如图 3.2.2-1 所示。

风电场拟安装 53 台 8.5MW 风电机组，场区内建设 6 回 66kV 集电线路接入北侧海上升压站（依托工程），所有风电机组所发电能经 220kV 海上升压站升压后以 2 回 220kV 海缆接入海缆登陆点。



3.2.2.2 风电机组布置

风电场址东西长约 13.6km，南北长约 5.9km。风机平面布置充分考虑风电场区域海床的稳定性、场区内主要风能方向以及风电场发电量，风机南北向的行间距需取较大值，东西向的行内间距取值可相对较小。风电场共安装 53 台单机容量 8.5MW 的风电机组（F1-F53），总装机规模 450.5MW。风机在场址边界范围内，沿近东西向成排布置，共布置三排风机，风机行内间距为 700m~818m，行间距约为 1732m~2237m。风机场东西长约 13.3km，南北向长约 4.4km，中心离岸距离约 26km。

风电机组平面布置见图 3.2.2-2。

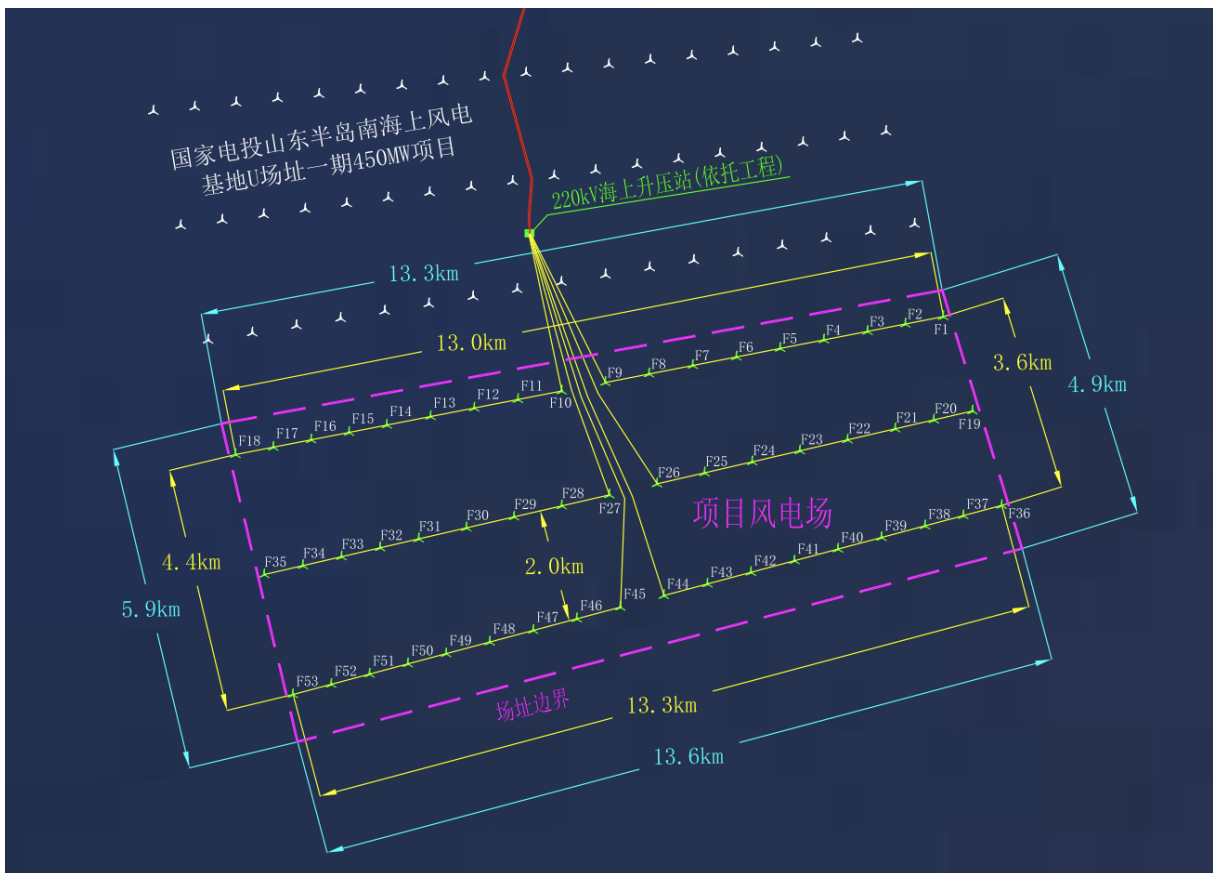


图 3.2.2-2 风机平面布置图

3.2.2.3 海底电缆

本工程海底电缆包括两部分，66kV 集电线路海缆和海上升压站至登陆点的 220kV 海缆。

(1) 66kV 电缆

66kV 集电线路共规划 6 回，其中，5 回串接 9 台风机，1 回串接 8 台风机，66kV 海缆路径总长度 67.2km。

场址海域内，66kV 海缆主要沿风机布置敷设，每台风机的进出海缆通过风机桩身

预留开孔进入塔筒底部，每组线路首端风机至220kV海上升压站之间连接海缆通过海上升压站基础施工时埋设的“J”形管进入海上升压站底层夹板平台后敷设至66kV配电装置。

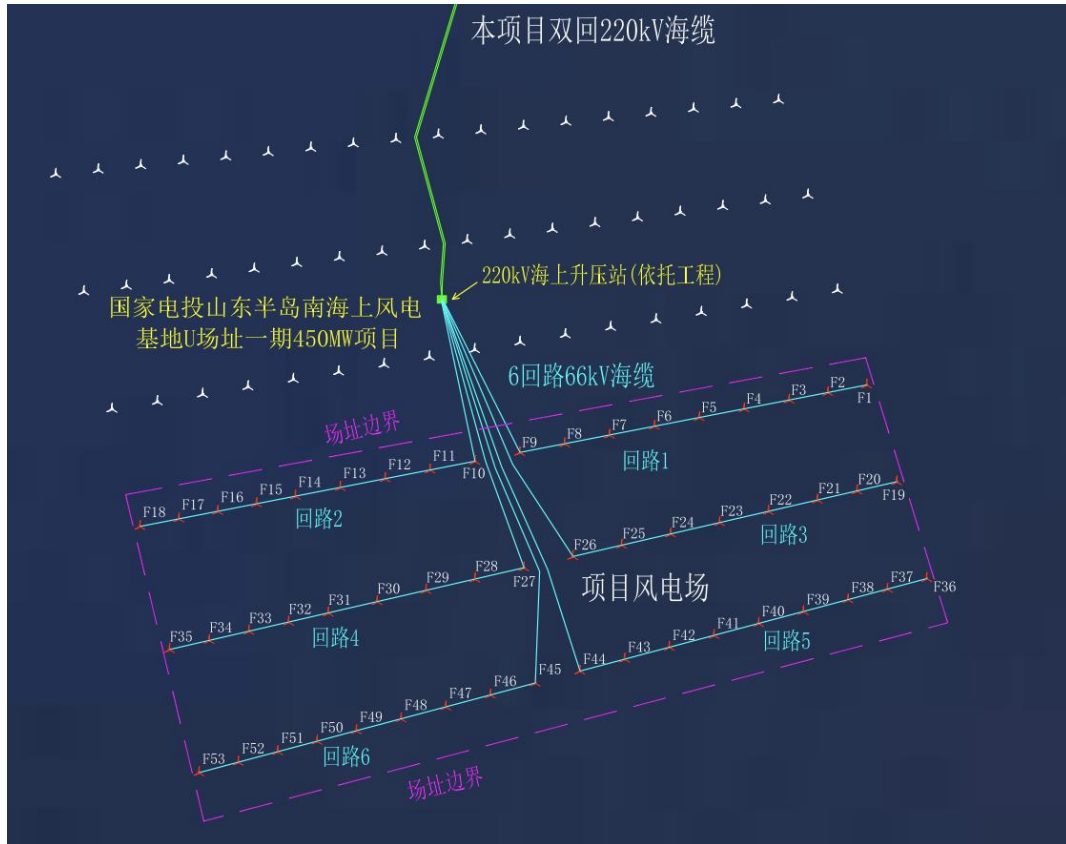


图 3.2.2-3 场区内 66kV 海缆集电线路布置图

（2）220kV 海缆

风电机组所发电能66kV海缆汇入220kV海上升压站升压后以2回220kV海缆接入海缆登陆点，采用两回220kV线路，平行敷设，两回海缆间距离不小于1.2倍水深，海缆线路路径长度 $2 \times 21.8\text{km}$ 。

220kV海缆自海上升压站通过“J”形管至海底后，向北冲埋敷设，出风场约6公里后向东北向前进，经养殖场之间通道向北敷设，在蛟龙咀西侧约0.3公里处海岸线登陆。

220kV海缆布置见图3.2.2-1。

3.2.3 主要尺度及结构形式

根据《海上风力发电场设计标准》（GB/T 51308-2019）规定，风电机组基础安全等级为一级。根据《风电场工程110kV~220kV海上升压变电站设计规范》（NB/T 31115-2017）规定，海上升压站基础及上部钢框架结构的安全等级为一级，其余结构安全等级为二级。

3.2.3.1 风电机组

桩基础具有承载力高，沉降小且均匀、抗震性能好等特点，能够较好的承受轴向荷载、水平荷载、上拔力及由风机运行产生的振动和动力作用，已在国内外海上、陆上、滩涂区风电场及海港工程中广泛应用，有着成熟的设计与施工经验，本项目风机基础型式采用桩基础。根据现有地勘成果，场址整体上地势较为平坦，各勘探孔地层分布较均匀，无明显的土层缺失，各层厚度变化规律基本一致，本工程基础方案均采用钢管桩单桩基础型式。

单桩基础结构型式为：用单根直径7.5m~9.0m钢管桩定位于海底，承受波浪、海流荷载及风机塔架传递的风荷载，钢管桩平均桩长约93m，壁厚75mm~90mm，平均入土深度约51.5m，桩端进入第⑤层中粗砂层作为持力层。

单桩基础结构见图3.2.3-1。

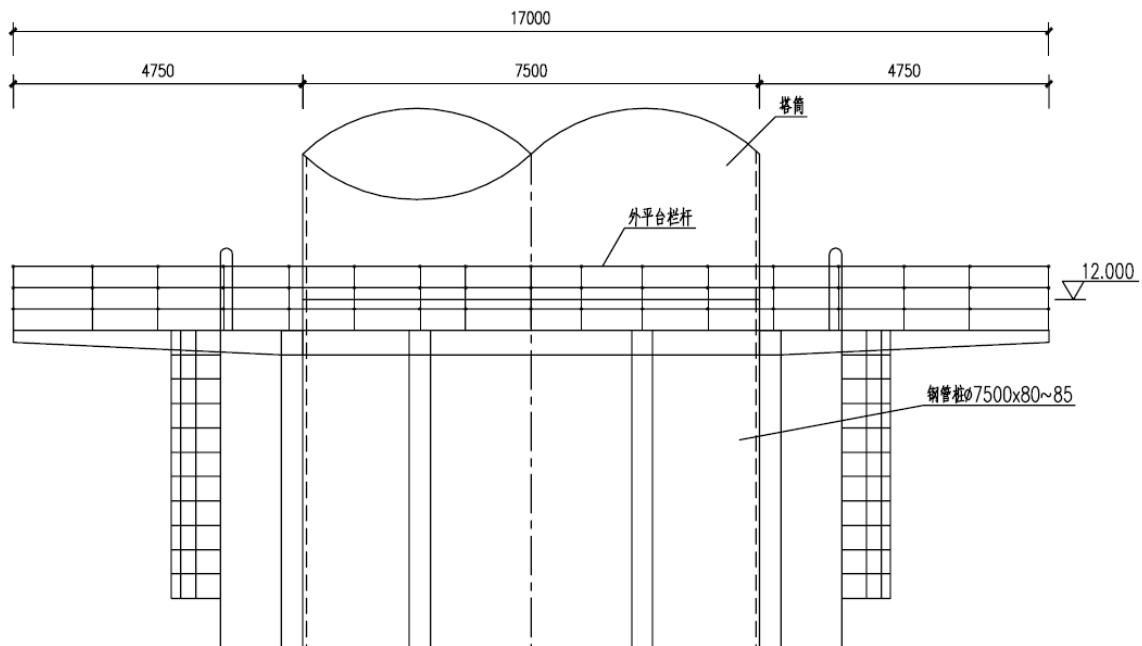
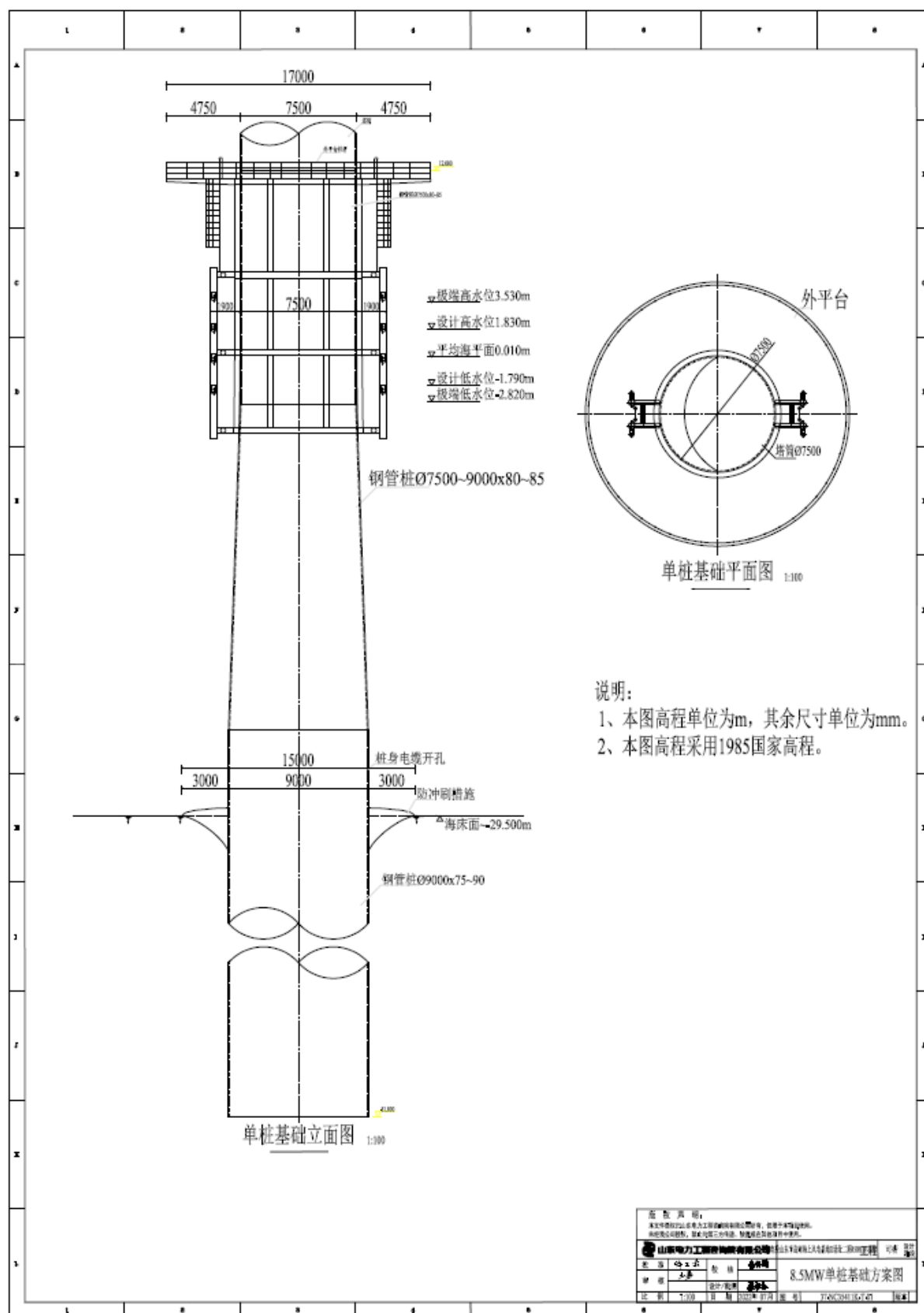


图3.2.3-1a 单桩基础结构示意图（局部放大）



3.2.3.2 海底电缆

(1) 66kV 电缆

本项目场内66kV电缆为风电场内连接各风机及风机与海上升压站电缆。66kV场内电缆拟选用三芯铜导体XLPE绝缘光电复合海底电缆，除风机塔筒底部的电缆通道内，大部分海缆直埋敷设埋设于海底，埋设深度为2.0m。

(2) 220kV 电缆

本项目220kV电缆为连接海上升压站至陆上规划建设的220kV升压站配电装置的电缆。220kV海底电缆推荐采用XLPE绝缘海底电缆，成缆型式采用三芯。220kV海缆截面采用 $3 \times 630\text{mm}^2$ ，双回路敷设。

电缆结构断面图及说明见图3.2.3-2。



图3.2.3-3a 220kV三芯海底电缆结构断面示意图

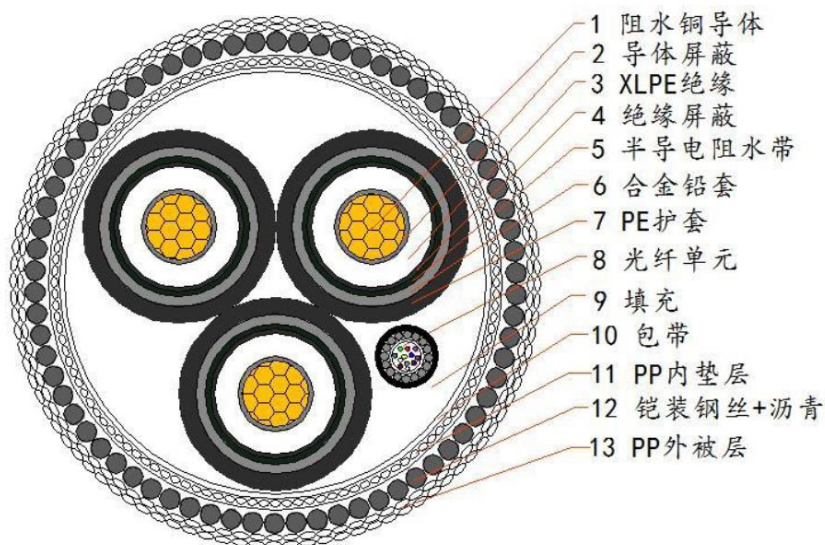


图3.2.3-3b 66kV 三芯海底电缆结构断面示意图

3.2.4 工程相关设计

3.2.4.1 防腐蚀设计

根据《风电场工程 110kV~220kV 海上升压变电站设计规范》（NB/T31115-2017），本工程海上升压站设计使用年限为 50 年，防腐蚀年限按照 26 年考虑。

根据海洋水文条件，参照《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》（NB/T31006）进行海上风机基础在无掩护条件下的腐蚀环境区域划分。腐蚀环境分为大气区、浪溅区、水下区和泥下区。

具体的涂层防腐蚀保护方案见表 3.2.4-1。由于目前的防腐蚀材料及工艺水平所限，对防腐蚀涂层的实施质量和防护效果应定期巡检，发现损坏应及时组织修补。

表 3.2.4-1 防腐蚀措施方案

防腐区域	防腐涂层	漆膜厚度	电化学保护
大气区	环氧玻璃鳞片+聚氨酯面漆	1000+80 μ m	/
浪溅区	环氧玻璃鳞片+聚氨酯面漆	1000+80 μ m	/
水下区、内部区	环氧玻璃鳞片	800 μ m	外加电流保护
泥下区	环氧玻璃鳞片（泥面下 5m）	800 μ m	

3.2.4.2 防冲刷设计

工程区总体上处于稳定状态，海床稳定性较好。根据水文专业相关冲刷分析结果，风电场在直径 9.0m 的桩墩在 1 年一遇条件作用下，桩墩最大冲刷深度都在 5.3m 以内；在 5 年一遇条件作用下，各计算点处的桩墩最大冲刷深度都在 5.7m 以内。在 50 年一遇条件作用下，各计算点处的桩墩最大冲刷深度都在 7.0m 以内。综合各计算点整体来看，考虑到桩墩间冲刷的相互叠加影响，其综合冲刷深度应略大于计算的冲刷深度。

根据单桩基础的模态分析，单桩基础刚度相对小，泥面处变形大，桩径桩长设计主要受变形控制，对泥面的冲刷较敏感，所以对桩周围泥面进行防冲刷保护，并在结构计算时考虑 3m 的泥面冲刷深度。

根据场址周边已建成的半岛南 3 号海上风电场的建设经验，本阶段防冲刷方案推荐采用固化土进行防护，即在沉桩完成后，通过泵送拌制的固化土到桩基周围，形成具有一定刚性的防护壳保护桩周土体免于冲刷。考虑到目前工程海域已建成的海上风电场较为有限，已实施的防冲刷措施的防护效果有待风场运行的进一步检验，且工程区域海洋水动力环境具有一定的不确定性，故可考虑在风电场建成后，加强巡视与测量，

了解风机、海上升压站基础周边冲刷情况，并做好记录，若发生基础冲刷程度超过预期的情况应及时采取措施进行防冲刷措施补救。

3.2.4.3 靠船和防撞设计

（1）设计标准

风机基础的靠船防撞设计仅考虑海上风电场运行期间的运维服务船舶停靠工况，根据海上风电场在风机设备调试、运行和检修工作需要，本工程选择日常工作船按 500t 计，靠船构件按 500t 级工作船舶法向靠泊速度 0.45m/s 设计。

靠船和防撞设施的布置应综合考虑靠泊船舶的类型和尺度、靠泊方式、水位变幅和使用要要求等因素，保证船舶在各种水位和不同吃水深度条件下的安全靠泊。靠船防撞结构设置在设计高水位以上 3.0m 至设计低水位以下 1.0m 的区间。

本工程场区主浪向为 SE 方向，涨潮流方向为 W 向，落潮流方向为 E 向；可以看出本工程涨落潮流方向与主浪向基本在同一方位，故本阶段工程靠泊防撞布置设计时，按照常规的两边停靠方式，以主流向作为防撞设计参考方向。

本项目设计工况船舶撞击力为 427kN，校核工况船舶撞击力为 1332kN。校核工况下，设计水位取设计高水位，同时考虑 1 年重现期的波流条件与撞击力的组合，对靠船构件在校核工况下的强度进行详细分析，可知靠船钢管采用两根 $\phi 402 \times 20$ 时，最大 UC 值为 0.65，结构不会失效。

（2）防撞设计

对于更大速度的船舶撞击，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，应进行及时维修；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的，同时也难以实现，因此除在工程布置时，考虑海上升压站、风机与航道间预留一定的安全距离外，项目建成后，可以通过安装航标警示标志、AIS 航标及建设单位向海事主管部门申请发布航行通告，提醒本风电场周边航路的航行船舶加强值班与瞭望，并采取相应的安全航行措施。

3.2.4.4 抗冰设计

乳山附近海区，冬季海上冰情较轻。一般年份，对海上施工、交通运输没有多大影响，但在冷冬或偏冷季节，海滨沿岸一定范围及数量的浮冰和流冰应引起注意，一般流冰厚度为 3~20cm，堆积冰厚度 20~40cm，影响海区也在岸边 3~4km 内。故本工程不考虑海冰的影响。

3.2.4.5 监测设计

风机基础监测设计的内容主要包括：基础的不均匀沉降和水平变形监测，钢管桩的应力应变监测，风机基础振动监测，桩身腐蚀监测，基础冲刷深度监测等。风机基础监测分为重点监测机位和普通监测机位，重点监测机位数量按照风机总量的 10% 选取，本工程取 6 台单桩基础进行重点监测。

应定期派潜水员下水进行基础外防腐涂层和阳极电位的检查，对防腐涂层和电位的常规检查周期为 1 年，详细检查的周期为 5 年，具体检查项目参照《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》（JTS153-3）执行。加强巡检防冲刷措施的实施质量和效果，一旦发现防冲刷措施失效应及时采取措施防止冲刷深度进一步加深。

3.2.5 主要配套工程

3.2.5.1 电气工程

风电机组-升压变拟采用“1 机 1 变”单元接线方式，风机厂配套提供升压设备将出口电压升压至 66kV。机组高压侧拟采用 8 或 9 台 8.5MW 风力发电机组为一个联合单元接线方式，共 6 回 66kV 集电线路汇集到 220kV 海上升压站，升压后经由两回 220kV 海缆线路转架空线后接入陆上集控运维中心后再接入系统。

3.2.5.2 通信

本工程随海上升压站-陆上集控运维中心双回 220kV 线路敷设 2 条 36 芯光缆，风电场陆上集控运维中心配置 1 套地区级 622M 光传输设备和 1 套汇聚层 PTN 设备，分别向对侧变电站开通 622M 光通信链路（1+1）和 GE 光通信链路（1+1），对侧变电站相应增加光接口。风电场海上升压站配置 1 套地区级 622M 光传输设备和 1 套接入层 PTN 设备，向陆上集控运维中心开通 622M 光通信链路（1+1）和 GE 光通信链路（1+1）。

3.2.5.3 消防工程

每台风电机组机舱内配备超细干粉自动灭火系统，同时要求配备手提式灭火器，分别放置在第一节塔筒和机舱内。

3.2.6 海上依托工程

本项目建设需依托北侧国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址项目的 220kV 海上升压站，项目风电机组所发电能通过 6 回 66kV 海缆汇入依托的海上升压站。依托的海上升压站在国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址项目风电场内，位于本项目风电场以北约 2.9km 的位置，距海岸线距离约 21km。

本项目与国家电投山东半岛南海上风电基地U场址项目共用一个海上升压站，由国家电投山东半岛南海上风电基地U场址项目一次性建设完成，能够满足两个项目的66kV海缆汇入需求。海上升压站为本项目海上依托工程，下文对其主要情况进行介绍。

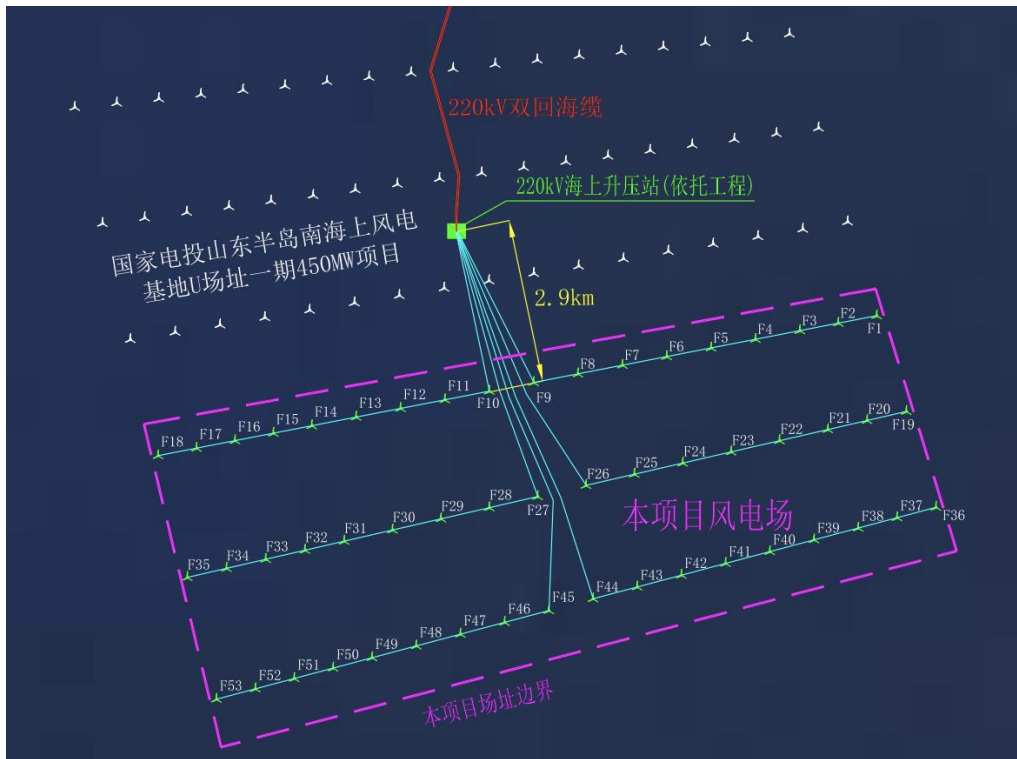


图3.2.6-1 海上依托工程相对位置图

3.2.6.1 平面布置

国家电投山东半岛南海上风电基地U场址项目内的海上升压站采用整体式布置，包括上部组块和下部基础。

海上升压站上部组块采用模块化设计，共分为两层，平面投影尺寸为52.2m×59.6m，高约17.0m。底层主要为电缆层，并布置有事故油罐、预制舱模块、备品间、水泵房及吊车等，层高7m；二层为主要设备层，布置有四台主变、220kV GIS配电装置预制舱模块、66kV GIS配电装置预制舱模块、二次继保及控制室预制舱、低压配电装置预制舱模块、吊机、通信天线等其他升压站设备。

海上升压站下部基础采用导管架型式，并设置了6根钢管桩，钢管桩通过套筒及连接板与导管架本体连接。

海上升压站上部组块平面布置见图3.2.6-2。

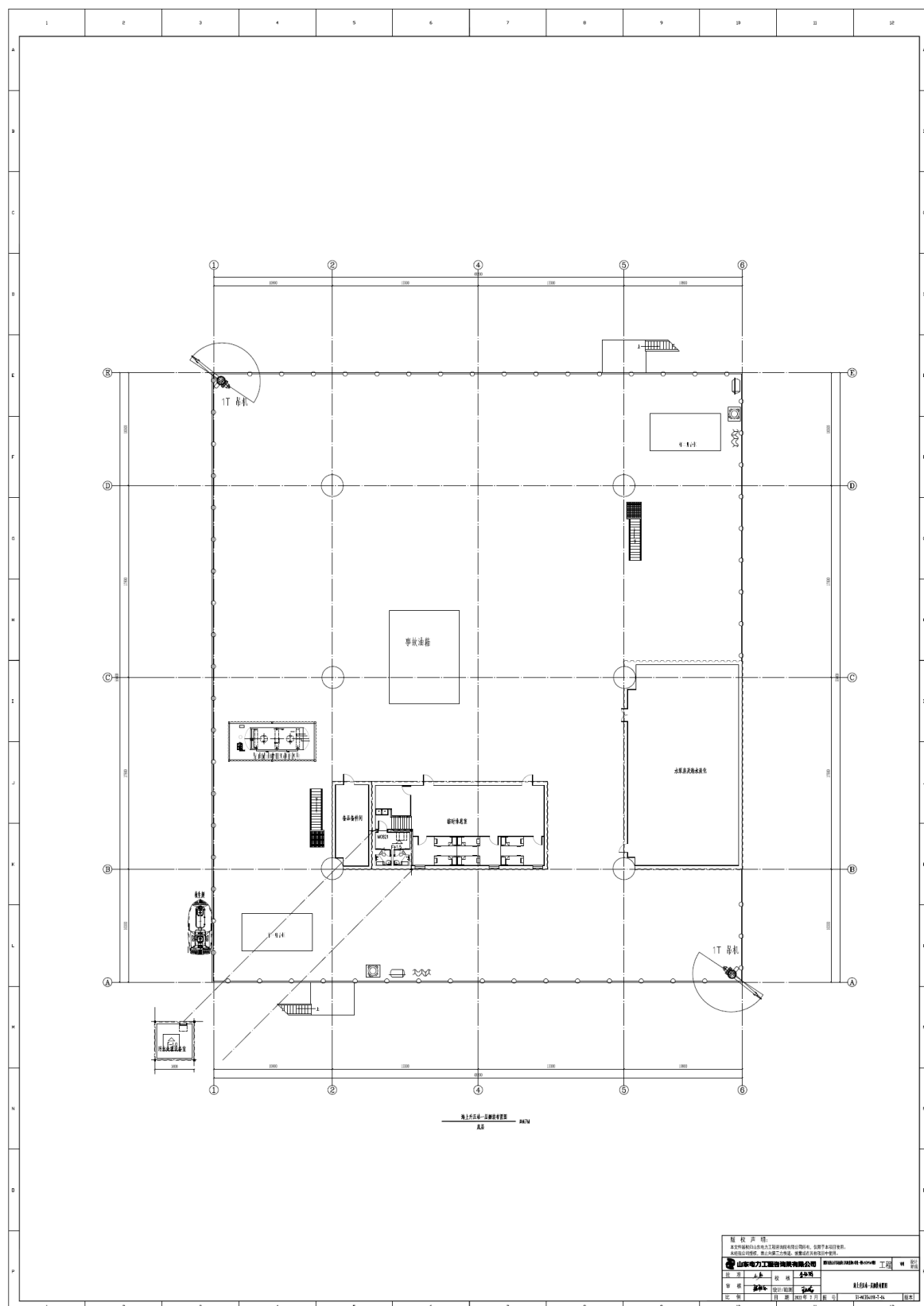


图3.2.6-2a 海上升压站平面布置图（底层）

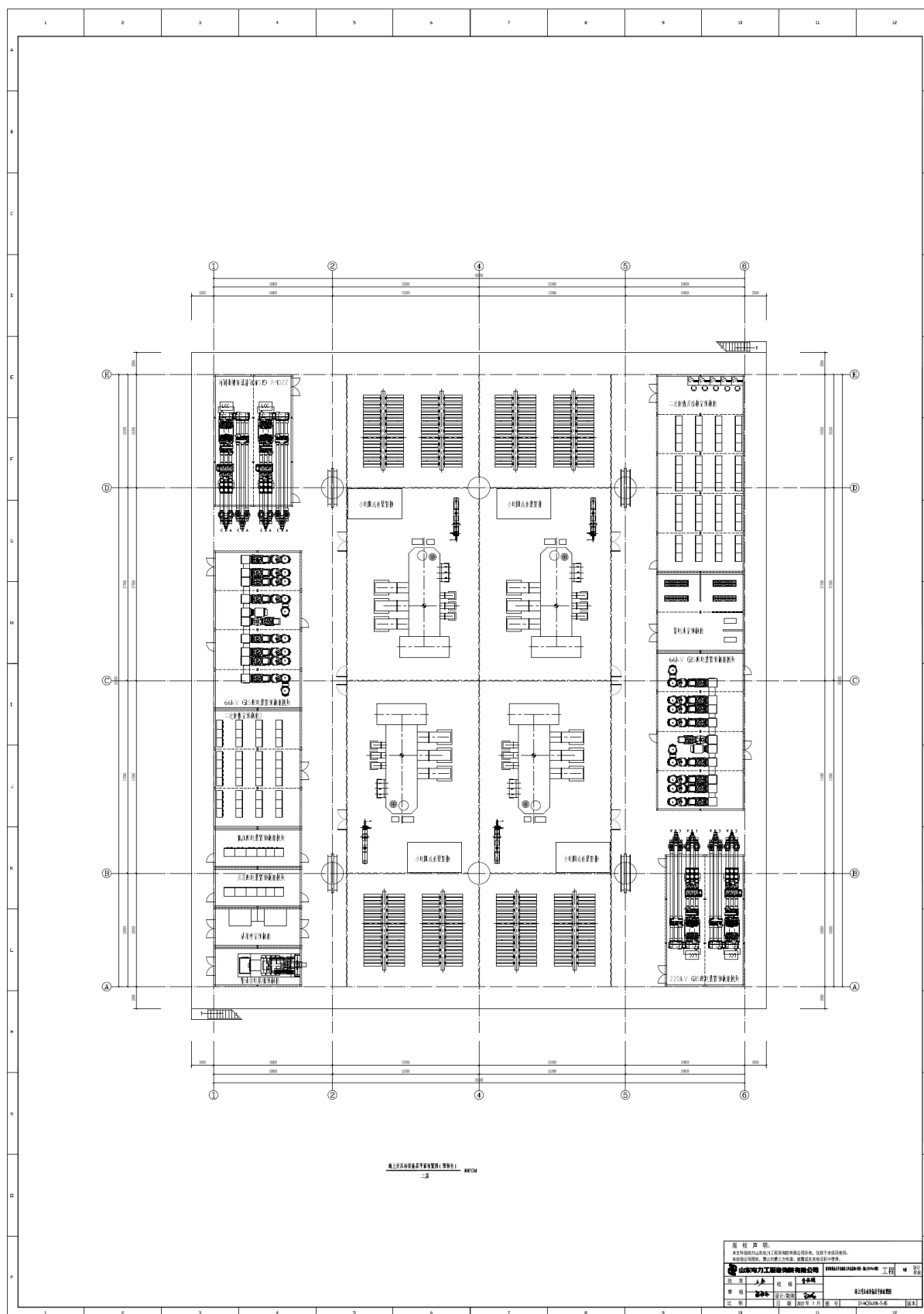


图3.2.6-2b 海上升压站平面布置图（二层）

3.2.6.2 主要结构

海上升压站上部组块采用二层布置，底层梁顶高程14.0m，二层梁顶高程21.0m。

上部组块结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。结构主梁采用焊接H型钢H1200、H1000、H800，次梁采用焊接H型钢H600、H400，其余次梁采用热轧H型钢H300等。立柱采用Φ1500、Φ406钢管等，主甲板间斜撑采用Φ406和Φ356钢管等，甲板为6/8mm厚钢板满铺，舱壁板为6mm厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用钢材DH36-Z35加强。上部组块通过主立柱的四根插尖插入导管架顶部预留空间，二者之间焊接连接。

海上升压站下部基础采用导管架型式，6根钢管桩直桩通过套筒打入海床，直桩与套筒直接通过卡桩器和高强灌浆料连接。导管架采用圆管桁架结构，设置2层X撑杆，同时设置3层水平撑杆，导管架主腿直径为Φ1500~2000mm，斜度7: 1，X撑杆和水平撑杆直径为Φ600~950mm。导管架顶标高11.0m，底标高-30.0m，顶层水平撑标高9.0m，中间水平撑标高-9.5m，底部水平撑标高-28.0m，桩套筒直径为Φ2450，顶标高-19.0m，底标高-30.0m。导管架局部节点用钢材DH36-Z35加强。导管架上设靠船构件、登船平台、走道平台、电缆管、防沉板等附属构件。

包含靠船构件、电缆管、防沉板、牺牲阳极、登船平台、走道板等附属构件的导管架总重量2340t。钢管桩采用Φ2200，壁厚50~70mm，桩入土约68m，泥面以上14m，单根桩长82m，单根桩重272t，总桩重1632t。

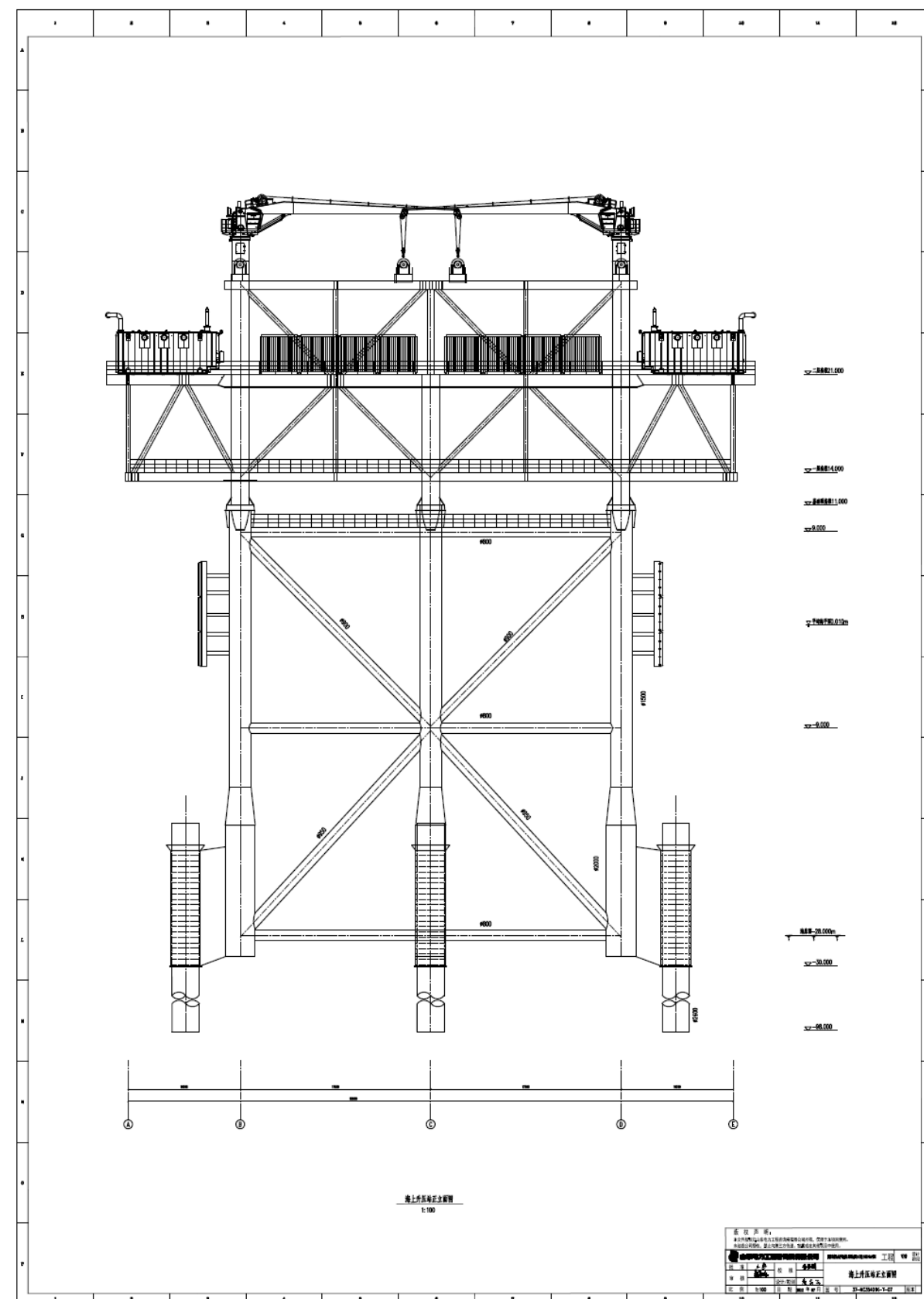


图3.2.6-3a 海上升压站上部组块正立面图

43

3.3 项目主要施工工艺和方法

3.3.1 施工交通运输和供应条件

(1) 场外交通运输条件

本工程位于山东省威海乳山市南侧海域，乳山市交通发达，区位优势明显。

1) 陆上交通条件

风电场所在的乳山市具有良好的陆上交通系统。地处青岛、威海、烟台三市衔接腹地；南濒黄海，与韩国、日本隔海相望。

项目陆域交通也十分发达，临近两个港口乳山港和海阳港，道路系统十分便捷。本工程东北侧为乳山港，现拥有2个2万吨级和1个1000吨级泊位，生产、生活辅助设施齐全。可作为大型设备、施工船舶进出码头、一般建材和小型设备的运输、堆放基地或者避风场所，临建场地或拼装场地就近布置。

2) 航运条件

乳山港位于胶东半岛东南端黄海之滨的乳山湾内，是不可多得的天然避风良港。乳山港泊位及配套设施齐全，可满足海上风电设备运输船舶和浮吊船靠泊装卸需求。码头前沿配有地下供水管道和岸电接电箱，可为作业船舶和运输船舶提供加水、接电等需求。乳山港堆场面积共计16万平方米，全部使用连锁块铺设，场地平整，排水性好，具备大件风机设备的堆存能力。

(2) 施工物资供应条件

本工程建设所需物资主要为水泥、钢材与油料等，工程区域为沿海经济发达地区，建筑业也较为发达，相应地建筑材料及施工市场均具有一定规模，供应种类丰富齐全，为本工程的施工提供了便利条件。

1) 建筑材料供应条件

本工程建设所需材料主要有钢材、油料等。

钢材：风机基础、塔筒、升压站等全部为大型钢结构，本工程用钢量较大，对钢材要求等级也较高，主体工程所需钢材可根据材料要求在全国大型钢材厂家进行采购，海运至钢结构加工厂进行加工。其它零散钢材等用钢量较小，主要是各类型钢、钢板及无缝钢管等，可从潍坊、烟台、东营、青岛等市场采购。

油料：工程所需的各类油料等在本地及周边地区来源丰富，可直接从当地的油料供应公司购买通过陆运方式运输至本工程施工基地。

2) 水电供应条件

目前工程施工基地周边的市政系统已经基本建设完成，水、电供应设施完备，施工期间的水电供应有条件从附近的管网系统进行接引。对于风机海上布置区域，受自然条件的影响，其不存在布置水电等临时设施的条件，风电场布置区域内施工期间的水电供应需自备发电设备与淡水补给设施。

3) 施工机械设备来源

本工程施工机械设备主要为起重船、运输船等近海类工程船舶与港口内大型起重机械。工程周边的海港设有大型起重设备，周边地区大型的船舶制造企业和港口施工企业较多，这些企业普遍具有大型的工程类船舶，可通过租用或者合作共建的方式进行本工程的施工。

3.3.2 风机基础施工

(1) 单桩基础施工流程

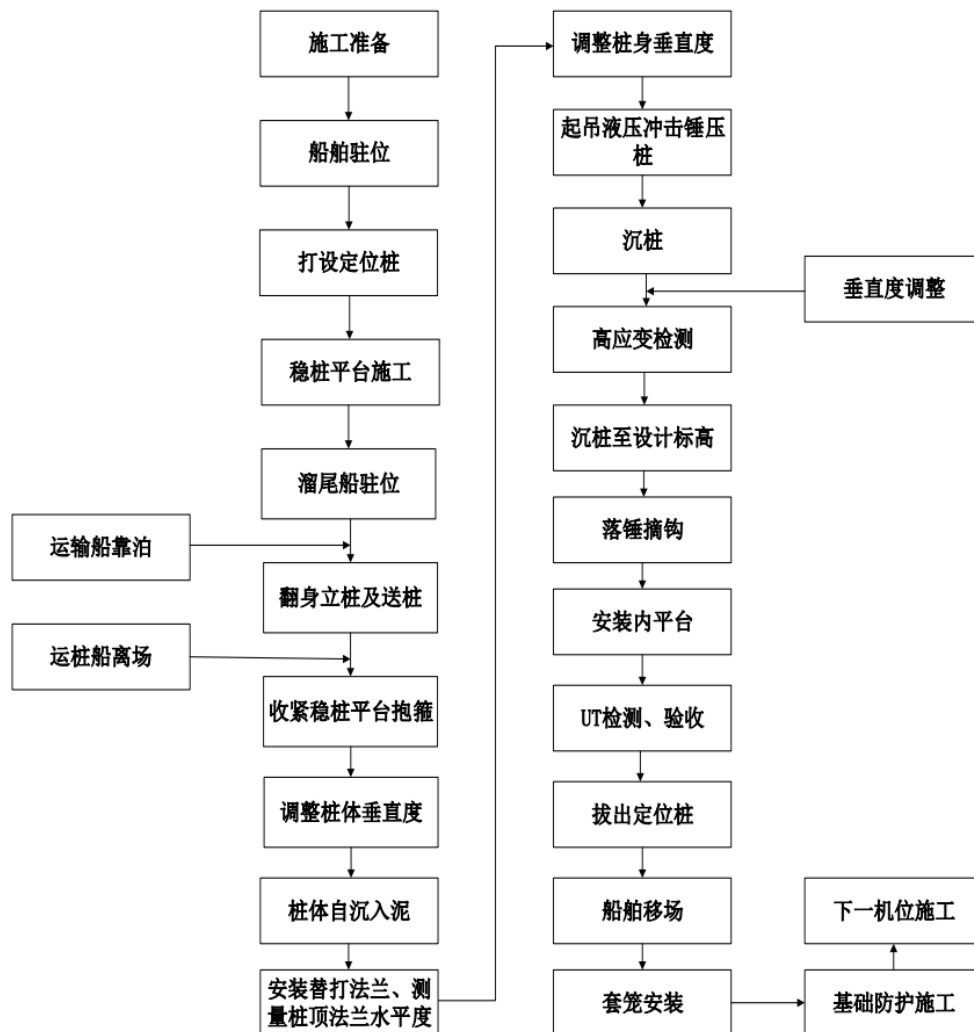


图 3.3.2-1 单桩基础施工流程图

本项目沉桩施工可采用船载式稳桩平台和坐底式稳桩平台作为打桩平台。



图 3.3.2-2 船载式稳桩平台

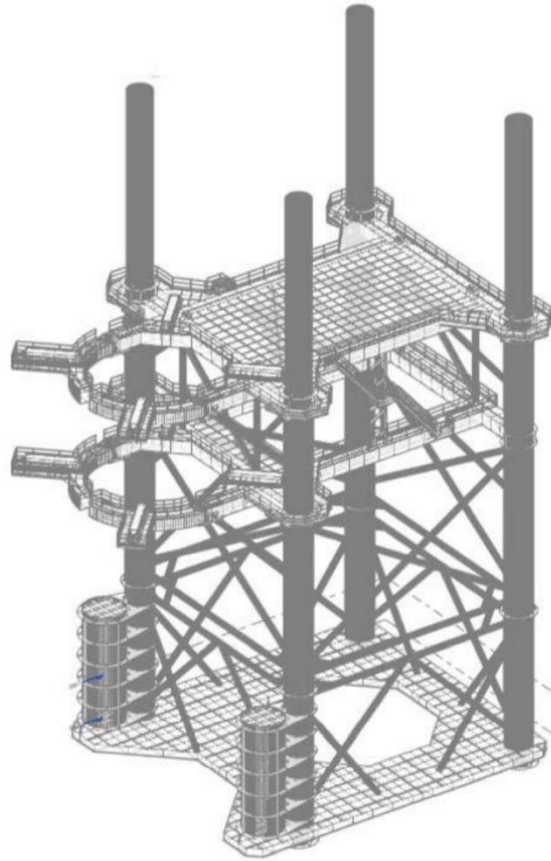


图 3.3.2-3 抱桩器平台现场图

(2) 沉桩施工工艺

① 起吊前准备

进行吊索具检查，起重船与运输船驻位。

② 吊桩、竖桩

③ 单桩入抱桩器

- ④ 桩自重入土
- ⑤ 法兰水平度调整
- ⑥ 液压锤击沉桩
- ⑦ 验收
- ⑧ 移至下一机位

（3）基础防护

沉桩施工完成后，进行基础周边冲刷范围与深度的测量工作，出现冲刷坑时，根据实际情况先对冲坑进行填平，直至达到施工图纸规定的要求后才可以进行固化土防护施工。

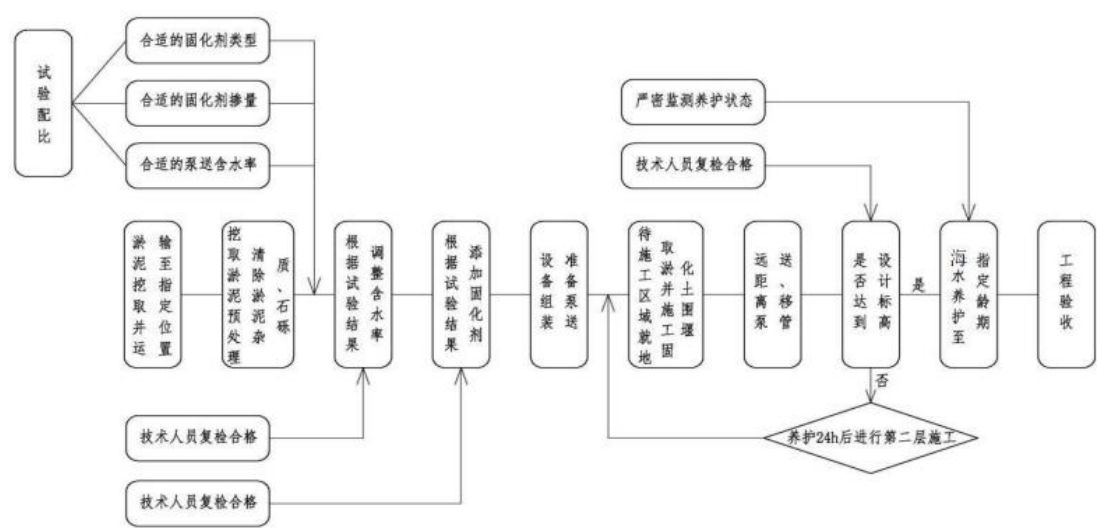


图 3.3.2-4 固化土基础防护施工流程图

（4）风机基础施工主要设备

风机基础施工主要设备见表3.3.2-1。

表 3.3.2-1 船机设备配置表

内容	设备名称	型号规格	备 注
单桩风机基础施工	起重船	2400t 级（起重能力）及以上	立桩，稳桩，沉桩施工
	稳桩平台驳船	甲板驳	稳桩平台及打桩锤存放
	船载固定导向平台	能满足抱桩直径在 9m 以上	钢管定位
	甲板驳船	8000t 级	钢管桩运输
	打桩锤	2000KJ 及以上液压打桩锤	钢管桩沉桩
	平板驳船	8000t 级	材料运输
	拖轮	4000HP	船舶拖航
	起重船	700t	防冲刷施工
	方驳	3000t	防冲刷施工

内容	设备名称	型号规格	备 注
	拖轮	5000HP	拖带起重船
	起锚艇	起锚能力 30t	起锚、抛锚
	交通艇		人员上下
	抛锚船		船舶抛锚
	补给船		油水补给

3.3.3 风电机组安装

采用自升式平台分体安装方案。

(1) 施工流程

风电机组安装采用分体式吊装方案。分体式吊装方案是在风机安装前，对部分风机部件进行预拼装，主要是将机舱、轮毂、叶片组合为机舱&轮毂组合件进行吊装。对于塔筒，主要将各段塔筒内附件进行预安装。最终形成两种吊装方式：一种为塔筒吊装完成后进行机舱&轮毂组合件的吊装，最后将三个叶片分别安装；另一种为塔筒吊装完成后进行机舱吊装，叶轮（三叶片&轮毂组合件或两叶片&轮毂组合件和单叶片）吊装。分体式吊装方案的各部分组合体可通过自升式船舶或者半潜式起重船运输至工程现场，通过船舶配套桩腿系统深入泥面以下一定深度使船舶顶升至水面以上形成稳定安装平台或者船舶注水下沉驻底泥面后也形成稳定安装平台后，在海上创造的平稳安装环境条件下，自下而上完成个组合件的海上组装工作。



图3.3.3-1 风机分体式吊装施工流程图

（2）船机选择

风机分体安装施工每个作业面每月可安装风机 5~8 台。满足本项目的风机吊装船主要有“德建”、“港航平 7”、“精钢 3”、“三航风和号”、“龙源振华叁号”等船机，起重能力 1000t~2000t。自升式平台主要适用于条件较为恶劣的海域，船舶吃水深度一般在 4.0m 以内，船体上配备可以插入海床的桩腿，桩腿到达持力要求后，可将船舶提升至水面以上一定高度，形成平稳作业的吊装环境，风浪条件对于船舶稳性的影响较小。

（3）风机设备安装

①风机设备组装

本工程考虑以施工临时码头作为风机设备预组装及零散件转运码头，本工程施工临时码头选择乳山港，预组装主要包含下部塔筒及机舱和发电机的组装。为提高自升式平台的安装效率，考虑采用 5000t 级驳船将风机设备部件运输至风机安装机位。

②风机设备海上安装

自升式平台进场、定位、顶升、形成作业条件。自升式平台船由两艘拖轮拖航至拟安装机位处，航行速度为 6~7 海里/小时。拖轮选用两艘 8000HP 拖轮。自升式平台船到达拟安装机位处后，进行抛锚定位，调整船舶位置，然后开始桩腿预压、入泥下沉、顶升、平稳等工序，在桩腿下沉过程中，全程监控支腿的压力情况。

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，开始进行风机设备海上安装。吊装准备作业完成后，即开始进行吊装作业。以单叶片吊装为例，吊装顺序是：下段塔筒→中段塔筒→上段塔筒→机舱+轮毂吊装→第一只叶片吊装→第二只叶片吊装→第三只叶片吊装；各结构的吊装前应安排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。

在塔筒设备安装方面，应掌握安装期间工程区气象条件，以确保安装作业安全。安装时，利用吊车提升下塔筒，使塔筒的下端准确坐落在基础的法兰钢管上，按设计要求连接法兰盘，做到牢固可靠。中段塔筒吊装需要两台吊车配合工作将塔筒缓慢直立后，准确坐落在下段塔筒的上法兰面，用螺栓紧固。上段塔筒的安装方法与中段塔筒相同。

在风电机组安装方面，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，不允许安装风电机组。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。

（4）风机安装主要施工设备

表3.3.3-1 风机设备安装主要施工设备配置表

序号	设备名称	设备型号	备注
1	自升式平台船	起重能力 1000t 及以上	风机安装
2	甲板驳船	5000t 级及以上	风机设备运输
3	拖轮	8000HP 及以上	船舶拖运
4	交通艇		
5	抛锚艇		船舶抛锚
6	补给船		油水等补给

3.3.4 海底电缆施工

工程场址海域海床表层为粉土、粉质黏土为主，根据锚重与投入地表层深度的关系，铺缆正常海况条件为六级以下风力，施工船舶受横流小于 2.5 节，海缆敷设施工一般在三级海况下进行，敷设速度控制在 3~6m/min 左右。

根据电缆敷设区域海洋环境的不同，可将电缆敷设区分为以下三个主要区域进行：

- （1）始端近岸段海缆施工区：海缆登陆施工水-陆转换段、登陆段浅水环境施工；
- （2）浅水海域施工区：海上升压站至陆上登陆点所经过的近海区域；
- （3）近海海域施工区：各风机之间、风机与海上升压站之间、海上升压站至陆上登陆点之间所经过的近海深水区域。

海缆敷设主要流程如下：

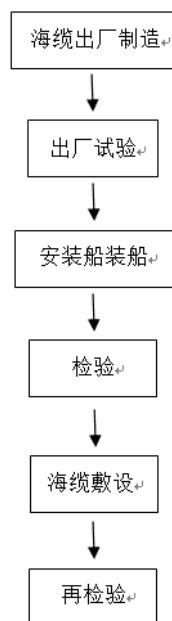


图 3.3.4-1 海缆敷设流程

（一）电缆敷设准备

- （1）敷设前，进行电缆敷设路由调查并根据相关部门意见确定最终敷设路由；
- （2）施工方案报送相关部门审批并取得作业许可证；
- （3）尽可能采用铺缆船直接装缆运输的方式，敷设前对电缆质量进行必要的检查；
- （4）敷设施工前，对施工设备及各种仪器仪表进行检查，完成相关的准备工作，落实安全措施，确保其能满足施工要求；
- （5）在施工前，应对预定海域电缆路由进行扫海作业；
- （6）始端登陆和终端登陆准备。

（二）电缆敷设施工

（1）始端登陆段海缆施工区

海缆穿岸线施工采用定向钻孔的方式，本项目穿顶管方式敷设长度 300 米，顶管置于表层泥土 3 米以下。顶管段（KP0-KP0.3）成孔施工设备布置与操作均在岸线内侧的施工场地内进行，通过定向钻导首先在岸线底部从陆域向海域侧沿设计路径进行先导孔的钻设施工，在岸线临海侧海域内先导孔出海底泥面后通过反向扩孔并附带电缆保护管形成设计断面，完成岸线穿越施工。

220kV 海缆登陆段采用穿管加混凝土包封保护，登陆后采用穿管直埋保护。

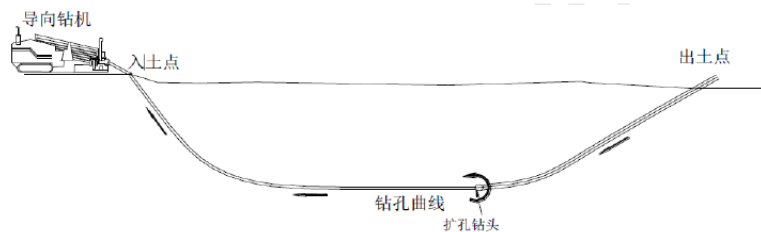


图 3.3.4-2 定向钻孔施工示意图



图 3.3.4-3 200kV 海缆登陆段示意图

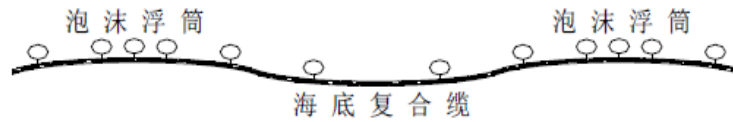


图 3.3.4-4 海缆泡沫浮筒绑扎位置示意图

(2) 浅水海域施工区

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

(3) 近海海域施工区

1) 海底电缆结束端上平台/风机铺设

①铺缆船绞锚就位至距离起始平台（或风机）30m 左右。施工船上履带式张紧器将电缆从海缆托盘内牵引出，将电缆送至入水槽，电缆终端采取保护措施后扎上网套，和拖拉钢缆一端连接，拖拉钢缆另一端与 J 型套管内预穿的牵引钢索连接，通过设于立管支撑上的转向滑轮，绞于船上卷扬机。

②利用平潮时间，船舶停驻在风机基础以外 30m 左右的安全距离内，张紧器缓缓送出电缆，电缆呈一定入水角下水，同时启动卷扬机，以拖曳钢丝牵引电缆端头，慢速穿过 J 型套管上平台。卷扬机牵引时，应严格控制电缆张力、拉力和弯曲半径，并随时校核张紧器与卷扬机的速度。同时潜水员水下在 J 形管入口外监护电缆与海床接触情况，与喇叭口折点处电缆受力情况及其弯曲半径情况。

2) 海底电缆风机之间海域、升压站至登陆段近海海域正常铺设

本工程 66kV 海缆敷设选择 2000t 级以上电缆敷设船，220kV 海缆敷设船选择 6000t 级以上电缆敷设船。初步考虑采用专业海底电缆敷设船配备牵引式高压水射水埋设机或开沟犁进行敷埋施工。电缆敷设深度不小于 2.5m，沟槽底宽 0.5~1m，沟上顶宽 1~1.5m。

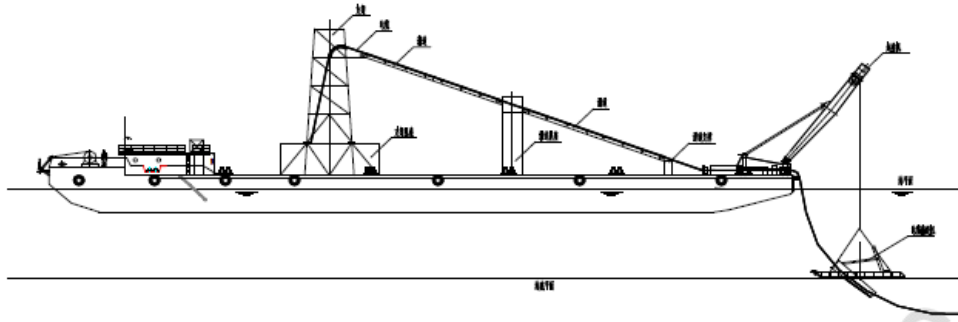


图 3.3.4-5 电缆正常敷设施工示意图

3) 海底电缆结束端上平台/风机铺设

当海底复合缆被铺设到终点平台（或风机）附近后实施敷设。

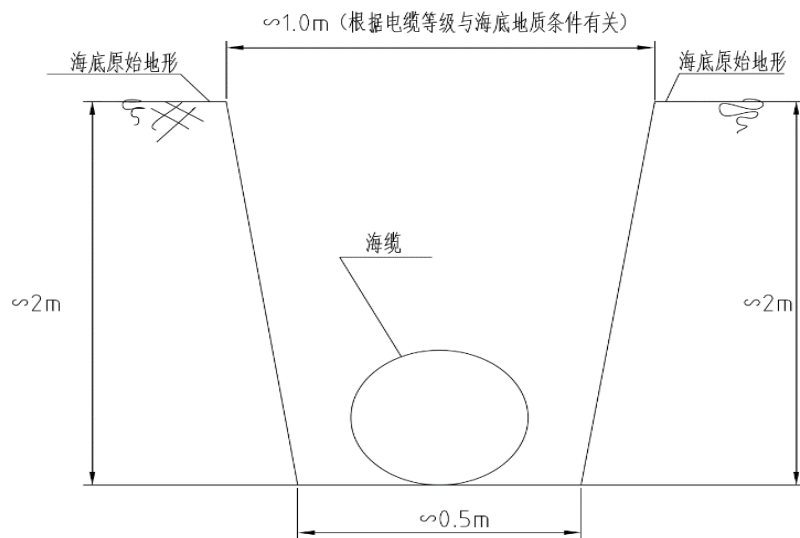


图 3.3.4-6 海缆敷设典型断面示意图

(4) 海上风电场小间距海底并行电缆登陆施工方案

本项目海上风电场风机登陆电缆以“多回路并行”布置，海缆间距较小，为尽量减少电缆铺设施工中的风险，同时又能提高铺设效率，设计考虑“铺缆船双线铺设”作业方案。通过控制两条铺缆作业线的间距，来控制两条海缆的铺设路由间距，既安全可靠，又省时高效。

考虑岸边水深较浅，船舶无法靠近施工，整体施工方案设计为“由岸向海”的铺设方案，登陆作业采用“海缆助浮+（正/反）牵拉”方案。具体方案介绍如下：

1) 铺缆船要求

为满足“双线铺设”要求，铺缆船船舶船宽要求不小于 16 米，满足同时布置两条铺缆作业线的要求，此项目设计间距（7-8 米）。储缆池最低要求单个，但具备分区存放的条件。

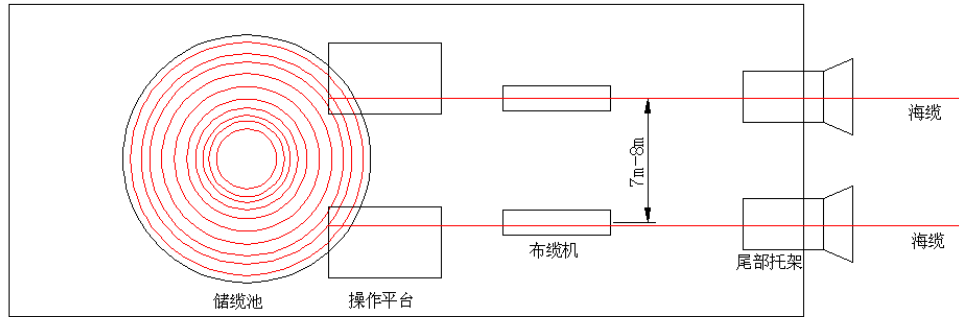


图 3.3.4-7 铺缆船甲板布置

2) 登陆作业

登陆段海缆采用浮球助浮，减少拖拉阻力，船舶反牵拉就位施工方案。

铺缆船赶高潮位，保证安全的前提下，尽量靠近岸边抛锚就位，利用船上绞车，陆地设置定滑轮组（反牵拉点）。海缆入水前，在尾部托架处间隔一定距离绑扎浮球入水，提供牵拉浮力。

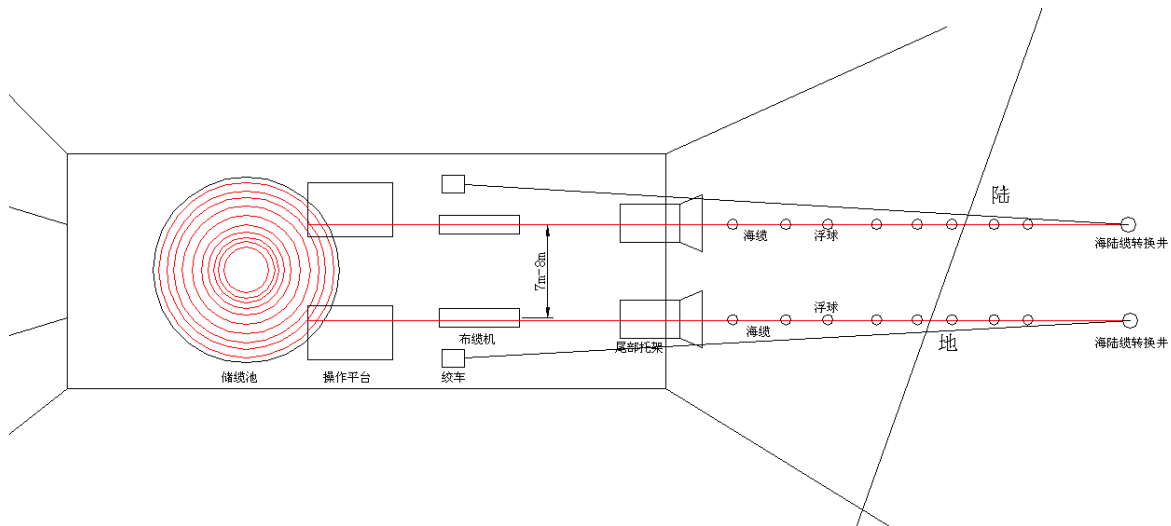


图 3.3.4-8 海缆登陆作业

3) 深水区正常铺设

铺缆船通过绞船离开浅水区域，进入深水区，开始正常铺设作业，铺设过程中控制船速、布缆机的张拉力及船舶偏航精度，保障海缆安全，满足铺设精度要求。

4) 末端登风机牵拉作业

铺缆船抵达第一台风机后，进行风机末端的登风机作业。同样采用助浮反牵拉方案，将第一根海缆牵上风机，进行锚固。依次进行第二台的海缆登风机作业。

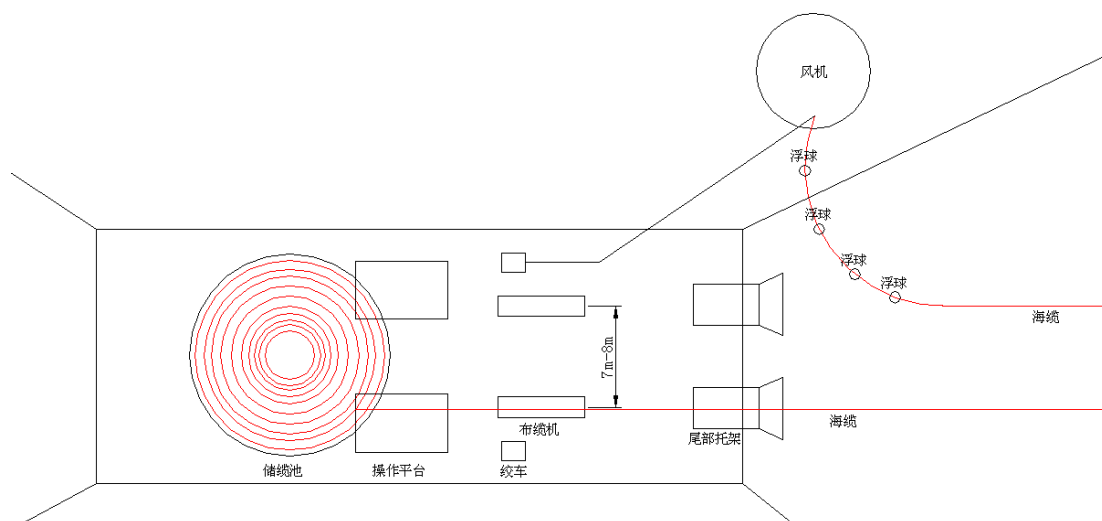


图 3.3.4-9 末端登风机作业

(三) 电缆敷设主要设备

本工程 66kV 海缆敷设选择 2000t 级以上电缆敷设船，220kV 海缆敷设船选择 6000t 级以上电缆敷设船。此类级别的敷缆船属于普通的敷缆船，国内几家海缆施工单位都拥有一艘以上此级别敷设船。

表 3.3.4-1 海缆敷设主要设备配置表

序号	机械设备名称	型号规格	单位	备注
1	带埋设机的铺缆船	6000t 级	艘	220kV 海底电缆铺设
2	带埋设机的铺缆船	2000t 级	艘	66kV 电缆敷设
3	卷扬机		台	电缆牵引
4	拖轮	2000HP	艘	铺缆船拖航及稳定性控制
5	抛锚艇		艘	铺缆船等抛锚
6	交通艇		艘	

3.3.5 施工总布置

根据本工程施工期内大件物资的运输特征分析以及可能比选的交通运输方案，水（海）路运输将是本工程施工期完成超大尺寸重量设备物资对外交通运输的主要方案，因此必须在工程现场附近选择合适的港口码头设施作为物资水路运输的到岸码头，承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能。乳山港海运距 30 海里左右，可进行正常的生产运营工作。乳山港与本工程建设地点同属于乳山市，各方面协调相对简单。乳山港具备大型起重机械作业的条件，能够满足风机设备部件等超大超重部件的装卸、上船等要求，码头后方布置有大面积的平整场地可供施工临时设施的布置，是较理想的施工基地。项目建设单位已与乳山港达成初步意向，后续会签订相关协议。

根据工程的布置特点及交通运输的需要，分为两大施工区：施工基地承担水陆运

输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能；施工生产区为风机基础施工、风机安装和海缆敷设作业区域。

现阶段将乳山港作为项目陆域施工场地具备可行性，

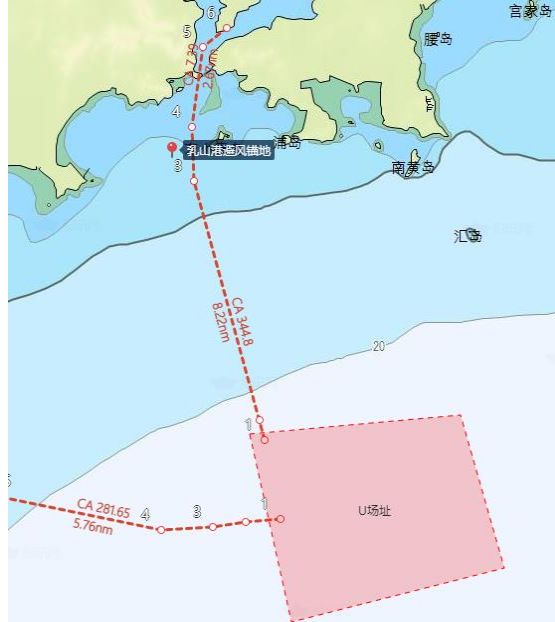


图 3.3.5-1 项目施工场地和海上运输路径示意图

3.4 主要工程量与施工总进度

3.4.1 工程量

项目各单元主要工程量见表 3.4.1-1。

表 3.4.1-1 主要土建工程量汇总

序号	项 目	规格	单位	数量
一	风机基础工程（8.5MW 风机）			
1.1	钢管桩	DH36（局部 Z35 要求）	t	1544
1.2	附属构件套笼	Q355D	t	52
1.3	内平台	Q355D	t	13
1.4	外平台	钢格栅 G405/40/100W	t	8
1.5	栏杆及爬梯	Q235B（表面镀锌 150μm）	t	6
1.6	靠船构件	Q355D	t	18
1.7	吊耳及桩身牛腿	DH36	t	8
1.8	环锻法兰	Q355E-Z35	t	15
1.9	防坠落系统		套	2
1.10	钢结构防腐涂层	环氧玻璃鳞片重型防腐涂料+聚氨酯面漆，1080μm	m ²	3517
1.11	外加电流系统	电化学防腐	套	1
1.12	防冲刷保护	固化土	m ³	1005
二	海缆			
3.1	220kV 海缆	3*630	km	2*23km
3.2	66KV 海缆		km	79km

3.4.2 施工总进度

本工程施工关键线路为：施工单位进场→施工前期准备→风机基础施工→首批风机安装→首批风机调试、投产发电→剩余风机安装→剩余风机调试、发电→工程竣工。首批发电工程线路为：施工单位进场→施工前期准备→变电站电气安装→变电站调试、倒送电→首批机组发电→工程竣工。

本阶段拟第 2 年 2 月下旬开始单桩加工制作，第 2 年 3 月底开始进行风机基础沉桩工作，第 2 年 4 月上旬首批风机设备运输到安装基地，在对应的基础施工完成后即进行风机安装工作。第 2 年 5 月上旬开始首根海底电缆敷设，在第 2 年 7 月底完成首批风机并网发电，第 2 年 12 月底完成全容量并网发电。

本工程首批风机发电工期 6 个月，总工期 10 个月。

表 3.4.2-1 施工计划进度表

序号	项目名称	施工起止时间
1	主体工程施工 (风机机组基础施工、风机安装)	第 2 年 2 月下旬至第 2 年 12 月底，共 10 个月
2	首批机组到岸	第 2 年 4 月上旬
3	首批风机设备安装、调试	第 2 年 4 月上旬至第 2 年 7 月底，共 3 个月
4	首批机组发电	第 2 年 7 月底
5	全部机组安装完毕，投产发电	第 2 年 12 月底

3.5 占用（利用）海岸线和海域状况

3.5.1 项目申请用海类型

申请用海类型：本项目用海类型一级类为“工业用海”（2），二级类为“电力工业用海”（25）。

申请用海方式：本项目用海包括四个部分，分别为风机布置区用海、66kV 海底电缆及 220kV 海底电缆用海。风电机组用海方式为构筑物（2）中的透水构筑物用海（23），海底电缆用海方式为其他方式（5）中的“海底电缆管道用海”（53）。

3.5.2 项目申请用海面积、占用岸线状况

（1）申请用海面积

本工程海上风机申请用海面积为 56.9803hm²，即透水构筑物申请用海面积为 56.9803hm²。220kV 海缆申请用海面积为 114.6857hm²，66kV 海缆申请用海面积为 121.5240hm²，海底电缆管道申请用海总面积为 236.2702hm²。本项目申请用海总面积为 293.1900hm²。

表 3.5.2-1 本项目用海方式及用海面积

序号	单元	用海方式	用海面积（hm ² ）	
1	风机	透水构筑物	56.9803	
2	220kV 海缆	海底电缆管道	114.6857	236.2097
3	66kV 海缆		121.5845	
4	申请用海总面积		293.1900	

(2) 占用岸线情况

本项目220kV海底电缆需在岸线附近登陆后连接至陆上集控中心，登陆点附近为自然岸线，为了避免对自然岸线的占用和破坏，本海缆登陆段采用定向钻孔的方式，在临海侧海域内先导孔出海底泥面后通过反向扩孔并附带电缆保护管形成断面，完成海缆穿岸线施工，海缆登陆不直接占用岸线，本项目双回路220kV海缆登陆段需利用岸线长度为14.4m。

项目申请用海界址图见图 3.5-1，宗海位置图见图 3.5-2。

3.5.3 项目申请用海年限

根据本项目工程可行性研究报告，项目风机和风机基础的设计年限为 25 年，考虑项目施工及后续拆除工作，综合考虑，建设单位拟申请使用海域 28 年。

本项目已开展了项目用海的海域使用论证工作，项目已取得用海预审意见，并获得核准批复，相关材料见附件。

3.6 项目建设必要性

（一）符合我国能源发展战略

当前，我国的能源结构以常规能源（煤、石油和天然气）为主，由于常规能源的不可再生性，使得能源的供需矛盾日益突出。作为可再生能源的风能，“取之不尽、用之不竭”。发展风力发电，改善传统的能源结构，实现能源多元化，缓解对有限矿物能源的依赖与约束，是我国能源发展战略和调整电力结构的重要措施之一。

（二）优化山东省能源结构，保护环境

山东电网基本由火电组成，目前网内主要以燃煤电厂为主，电源结构形式单一。燃煤电厂在消耗煤炭资源的同时，还产生了大量的 SO_2 、 CO_2 、 CO 、 NO_x 、烟尘等污染环境 and 造成温室效应的有害气体，对环境和生态造成不利的影响。积极调整优化能源结构、开发利用山东较丰富的风能资源，对于降低山东省的煤炭消耗、缓解环境污染、改善电源结构等具有非常积极的意义，是发展循环经济、建设节约型社会的具体体现，是山东省能源发展战略的重要组成部分。

风力发电，为绿色能源。积极开发利用山东的风力资源，科学有序发展风力发电，可替代一部分矿物能源，能降低山东省的煤炭消耗、缓解环境污染和交通运输压力，对于改善电源结构等具有非常积极的意义。随着风力资源开发和利用，风电将成为山东电网的有益补充。

（三）有利于提高相关产业水平，促进设备国产化，推动科技进步

山东省近海海上风电资源丰富，其中，本项目海域海底地形起伏较小，具有成规模开发海上风电非常丰富的场址资源。目前，山东省海上风电尚处于起步阶段，本项目的开发建设，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。本项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为下一步山东省海上风电规模化开发，为后续海上风电建设提供宝贵经验和示范。

（四）推动当地经济发展扩大就业机会

本项目对于促进区域经济社会发展有着积极意义。工程建设将带动项目地相关产业如设备制造业、建材、交通的快速发展，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，从而带动和促进地区国民经济的全面发展和社会进步。项目建设将促进当地风电相关设备制造业的快速发展，加快当地产业转型升级，扩大当地就业机会；风电场建设期间使用的建筑材料会就近采购，带动当地建材行业的发展；风电场及各施工单位

也会吸纳当地劳动力，增加当地的就业机会，如建筑工、保安、清洁、绿化、食堂等岗位，有利于提高当地居民的收入水平。

随着半岛南风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

（五）本工程建设优势和作用

我国东部沿海地区电网系统发达，海上风能资源也较丰富，因此，现阶段积极开发海上风电场优势较明显。

本项目具有开发建设的有利条件和资源优势。

（1）本工程位于山东省乳山市境内南部海域，属暖温带海洋性季风型气候。经分析风场区域周边代表年平均风速为 7.11m/s ，年均风功率密度为 387W/m^2 ， 10m 高度年均风功率密度为 189.7W/m^2 。根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T 18710-2002）风功率密度等级评判标准，本风电场风功率密度达到 3 级，具备开发价值。

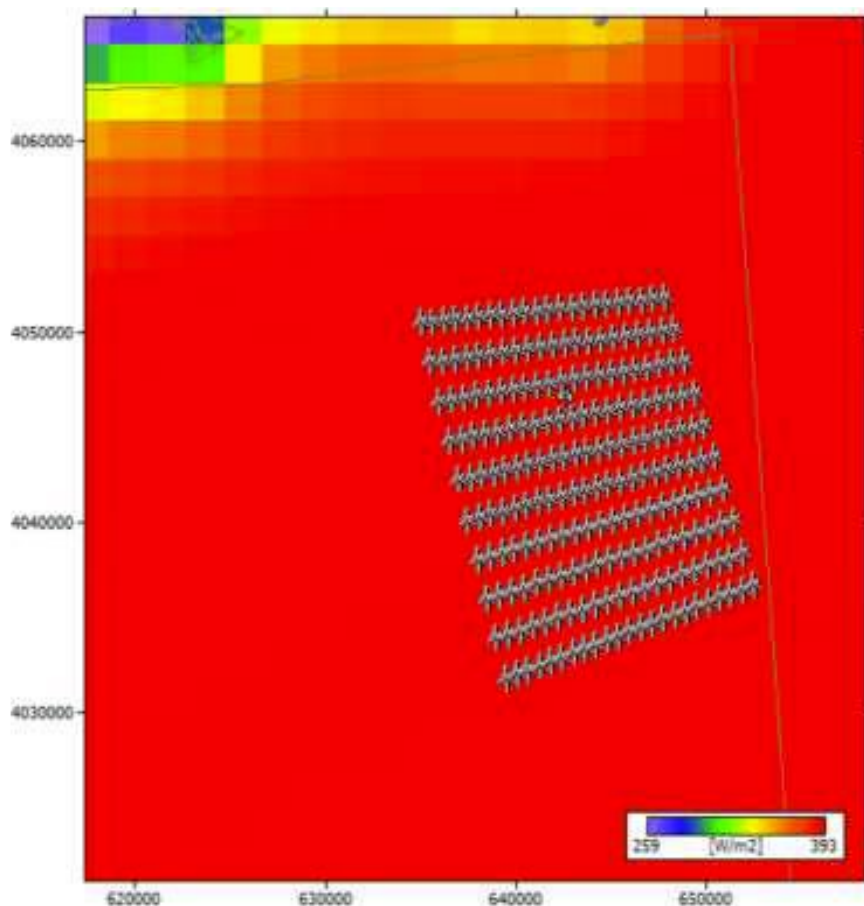


图3.6-1 风电场风能资源分布图

（2）乳山市位于山东半岛海域，周边港口、航运业发达，具有大型的海上风电场建设的有利条件，也可极大促进本地区风电相关产业的进一步发展。

(3) 风电场建设可以带动威海市和山东相关产业的发展，提供就业机会，同时，还可以增加当地财政收入，推动当地经济发展。

(4) 海上风电的建设周期较短, 投入发电运行快, 自动化程度高, 运行维护方便, 建成后, 可向电网输送清洁的可再生能源, 有力地加强了电网末端的电力供应, 改善了当地的电源结构。

(5) 风力发电作为清洁的可再生能源，不向大气中排放任何有害气体，更有利于保护环境。本项目建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗以及因燃煤等排放有害气体对环境的污染。

(6) 威海市电力平衡

威海电网位于山东电网东部末端，供电范围为环翠区、荣成市、文登区和乳山市。乳山电网属于威海电网的重要部分。根据威海电网 220kV 及以上系统电力平衡可知，随着全社会用电负荷的持续增长，在不考虑风电、光伏及储能的情况下，2024 年电力盈余为 148MW；2025 年电力盈余为 367MW。考虑风电 5%、光伏 10% 的情况下，预计 2023 年电力盈余为 413MW；2025 年电力盈余为 632MW。

因此，本项目利用当地风能资源发电，其所发电力可以在威海当地电网消纳，在系统中为地方性清洁能源。

根据本工程位置、规模、周边电网情况，本期工程接入系统方案见图 3.6-2。

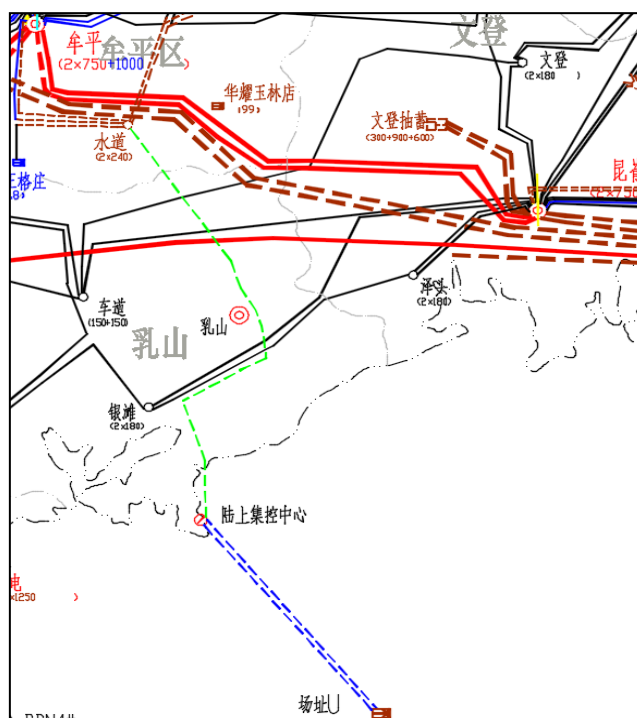


图 3.6-2 本项目接入系统方案示意图

综上所述，本地区具有开发风力发电的有利条件，该风电场的建设对于改善当地的电源结构，发展我国的风电事业，开发可再生能源有着重要的意义，项目所发电力可以在威海当地电网消纳，是对威海电网的重要补充，并且社会效益、环保效益显著。因此，本项目的建设是必要的。

4.工程分析

4.1 产污环节分析

本工程生产工艺较简单，施工期主要为风机基础施工、风机安装，以及电缆敷设等。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，通过风机内变压器和升压站两级升压后送出。

4.1.1 施工期

海上风电部分施工期间海上施工主要涉及的施工作业内容主要有风机基础施工与吊装、电缆敷设，在施工过程中可能对周围海域产生一定的环境影响。

本项目产污环节分析如下。

1、施工顺序

风电机基础施工流程为：施工准备——打设辅助桩——调平系统安装——导管架吊装——导管架调平——打设钢管桩——灌浆——拆除调平系统——拔除辅助桩。

风机机组采用整体吊装方案施工流程为：施工准备——各部件运输——预组装——整体海上运输——整体吊装。

2、产污环节分析

风机基础施工与吊装施工工序和产污环节见图 4.1-1。由图可知，风机基础施工与吊装过程中海域主要污染环节为打桩时产生的悬浮物、施工船舶产生的废水、废气以及固体废弃物等，其中废气主要为施工机械燃油废气，固体废弃物主要为施工人员生活垃圾及施工废料等；陆域施工场地主要污染环节为风机叶片组装、钢管桩制作过程中产生的粉尘、废边角料以及生活污水等。风机安装与吊装过程中基本无污染物排放。

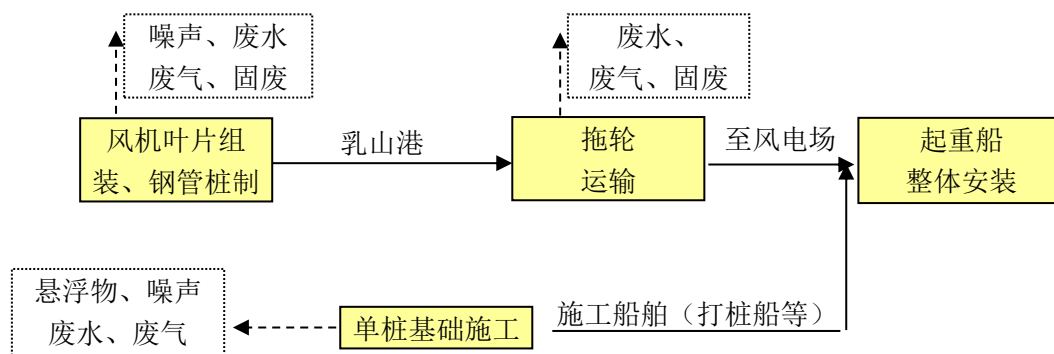


图 4.1-1 风机基础施工与吊装施工工序和产污环节图

3、海缆施工

海底电缆施工工序和产污环节见图 4.1-2。由图可知，海底电缆施工过程中海域主

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

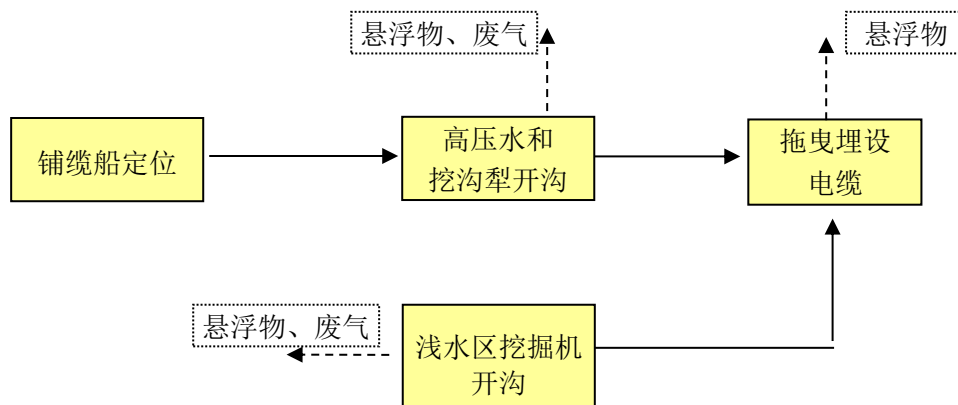


图 4.1-2 海底电缆施工工序和产污环节图

另外，本项目陆域施工场地依托乳山港，施工场地主要产污环节为施工人员生活污水，施工机械噪声和废气、施工场地粉尘、扬尘以及施工人员生活垃圾和少量固体废弃物。

4.1.2 运营期

项目运营期间主要工艺为海上风机发电，然后通过 66kv 海缆汇集至海上升压站，升压后由 220kv 海缆输送至陆域集控中心。

（1）风机结构及工作原理

风力发电机组是把风能转化为电能的装置。风力发电机主要包含风轮、机舱和塔杆三部分，在塔杆底部一般还配备有箱式变压器。机舱是风力发电机组的核心部分，内部主要有发电机、齿轮箱、控制系统、刹车机构等组成，详见图 4.1-4。

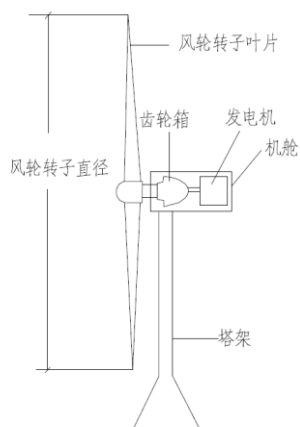
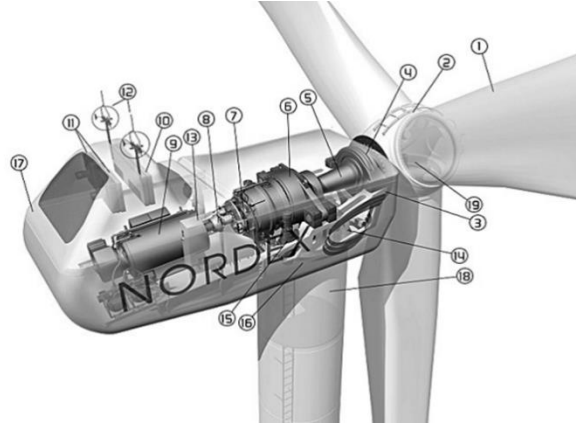


图 4.1-4 风力发电机组结构示意图



1—叶片；2—轮毂；3—机舱；4—叶轮轴与主轴连接；5—主轴；6—齿轮箱；7—刹车机构；8—联轴器；9—发电机；10—散热器；11—冷却风扇；12—风速仪和风向标；13—控制系统；14—液压系统；15—偏航驱动；16—偏航轴承；17—机舱盖；18—塔架；19、变桨距部分。

图 4.1-5 机舱内部结构图

(2) 产污环节分析

本项目运营期间主要流程及产污环节见图 4.1-6。

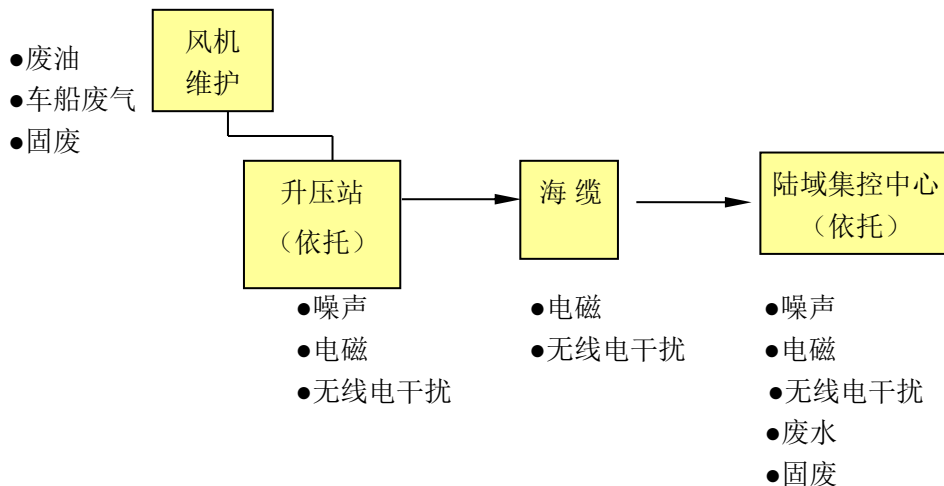


图 4.1-6 风电场运营期运行工序及产污环节示意图

4.2 工程各阶段污染环境影响分析

4.2.1 工程各阶段环境影响因素识别

1、施工期主要污染环境影响因素识别

(1) 水环境影响

施工期风机基础打桩、海缆管沟开挖等环节产生的悬浮泥沙对海洋水质环境造成影响，施工场地产生的生活、生产、含油废水，施工船舶产生的生活污水及含油废水。

(2) 大气环境

施工机械、船舶、设备、车辆产生的尾气、扬尘等。

(3) 声环境

施工船舶、机械、设备、车辆等产生的噪声。

(4) 固体废物

施工期间陆域及海上产生的生活垃圾。

2、运营期主要污染环境影响因素识别

(1) 声环境影响

风机产生的噪声

(2) 电磁辐射和干扰影响

输电线产生的电磁辐射及无线电干扰影响。

(3) 废水、废气、固废

风机维护及检查期间，工作船人员日常生活及维修过程，会产生废水、废气和固废。

4.2.2 工程各阶段污染因子源强估算

4.2.2.1 施工期污染因子源强估算

4.2.2.1.1 废水

(1) 含油污水

1) 船舶含油污水

施工期间船舶含油污水主要来自机舱油污水，根据统计本项目施工期共投入各种船舶18艘，包括打桩船、起重船、驳船、方驳、拖轮、专用敷缆船、补给船及交通艇等，根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶舱底油污水产生量依据船型而不同，具体统计情况见表4.2-1。

按保守考虑，所有船舶同时施工作业，则施工期船舶含油污水产生量为18.14m³/d，根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）要求，舱底油污水含油量按实测资料确定，无实测资料时，可取2000~20000mg/L，类比同类型船舶油污水实测含油量，本次计算时取均值11000mg/L，则施工期石油类污染物产生量为199.54kg/d。

表 4.2-1 船舶含油污水产生量统计

船机名称	生产能力/吨级	数量	舱底油污水产生量 (m ³ /d.艘)	油污水产生量 (m ³ /d)
自升式平台船	额定吊重 700t 以上	1	0.14	0.14
打桩船	2000KJ 及以上	1	0.14	0.14
起重船	500T	1	0.21	0.21
起重船	3000T	1	0.81	0.81

起重船	7000T	1	1.96	1.96
甲板驳船	5000T	1	1.44	1.44
甲板驳船	8000T	1	2.24	2.24
平板驳船	8000T	2	2.24	4.48
方驳	3000T	1	0.81	0.81
拖轮	5000HP	2	1.44	2.88
专用敷缆船	2000T	1	0.54	0.54
专用敷缆船	6000T	1	1.67	1.67
补给船	——	2	0.27	0.54
交通艇	——	2	0.14	0.28
合计	——	18	——	18.14

2) 施工场地机修油污水

本项目施工期大型设备包括：起重机、履带吊机、挖掘机、装载机、自卸汽车等，工程机械设备大修主要由当地相关修配企业承接。陆域施工场地主要承担保养维护工作，保养过程含油废水生产量平均约 $0.1\text{m}^3/\text{d}$ ，年施工作业天数按300天计，则污水产生量为 $30\text{m}^3/\text{a}$ ，石油类浓度约为 2000mg/L ，则石油类污染物产生量为 0.06t/a 。

含油污水禁止排放，统一收集后交由相关有资质单位接收处理。

(2) 生活污水

1) 船舶生活污水

本项目施工期按照每艘施工船配置10人考虑，高峰时船舶上工作人员数量可达180人，根据《国内航行海船法定检验技术规则》，生活污水的按照每人每天70L计算，则船舶工作人员生活用水量为 $12.6\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水产生系数按0.8计算，则船舶工作人员生活污水产生量为 $10.08\text{m}^3/\text{d}$ ，施工期海上作业时间共按300天计，则施工期船舶工作人员生活污水产生量为 $3024\text{m}^3/\text{a}$ ，船舶生活污水由陆域统一接收处理，禁止随意排放。

2) 施工场地生活污水

施工场地工作人员高峰时按照80人考虑，生活污水的发生量按照每人每天80L计算，则工作人员生活用水量为 $6.4\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水产生系数按0.8计算，则工作人员生活污水产生量为 $5.12\text{m}^3/\text{d}$ ，陆域施工场地年工作日按300天计算，则施工场地工作人员生活污水产生量为 $1536\text{m}^3/\text{a}$ 。

综上所述，本项目施工期生活污水产生总量为 $4560\text{m}^3/\text{a}$ ，污水中COD、氨氮和SS浓度按照 500mg/L 、 45mg/L 和 400mg/L 计算，则COD、氨氮和SS的年产生量分别为 2.28t/a 、 0.21t/a 、 1.82t/a 。生活污水禁止随意排放，由有陆域单位统一接收处置。

(3) 悬浮泥沙

1) 桩基施工

风机桩基和升压站桩基通过液压震动锤振动下沉，施工时振动导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加（>10mg/L）范围一般在半径100m内。

2) 海缆敷设产生的悬浮泥沙

A、登陆端潮间带区域

潮间带区电缆沟施工采用两栖挖掘机配合小型铺缆船进行施工作业，电缆埋设时滩面一般处于无水或浅水状态，浅水状态下最大涉水深度为2m，水深小于0.5m的区域采取低潮干滩施工。低潮位干地施工时，电缆铺设不会对海域水质造成明显影响。

本项目海缆开挖深度2m、沟槽顶宽、底宽1m、开沟速度20m/h，工程区沉积物平均密度按1250kg/m³，起沙率以施工土方量的20%计，同时考虑施工时的超挖量，超挖系数按1.2计。

悬浮沙产生速率=搅动沉积物的横截面积×管线埋铺设的速度×沉积物密度×起沙率×超挖系数

根据计算可得，在潮间带区域施工条件下，电缆埋设施工悬浮物释放强度为3.33kg/s。

B、中间水域

本工程中间水域敷设电缆采用的埋设犁埋设速度：1.5~8m/min，潜水深度：2~30m（海底流速3节-1.542m/s），埋设能力：Φ30~Φ200mm 电缆海底最大埋深2.0m。

本项目海底电缆埋深2m，顶宽1m，底宽0.5m。铺缆铺设速率以埋设犁埋设速度6m/min计（每天铺设约为10小时），埋设犁施工过程不进行任何挖掘工作，仅在海底临时切割出一条管沟，光缆立刻嵌入到管沟中。埋设犁经过该区域后，海底沉积物将管沟掩埋，而不需要填埋工作。

管线铺设悬浮沙的产生速率计算公式如下：

产生速率 = 搅动沉积物的横截面积×设备移动的速度×沉积物密度（湿重）×（1-含水率）×起沙率

沉积物含水率取25%，悬浮沙湿密度取1.96 t/m³，起沙率按5.0%计算，则悬浮沙产生速率为11.0kg/s。

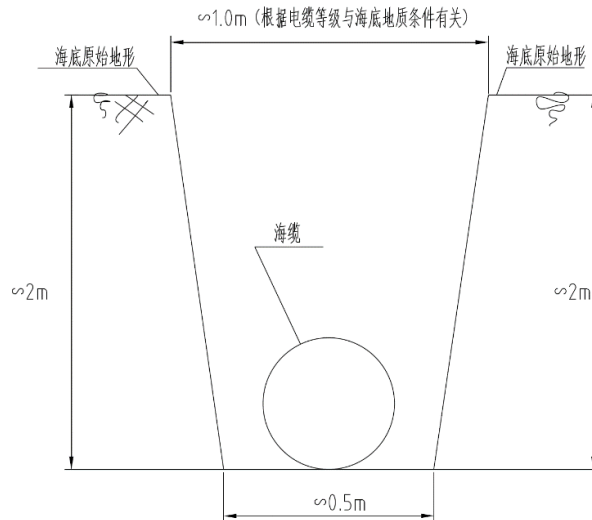


图 4.2-1 海底电缆挖沟参数及示意图

4.2.2.1.2 噪声

本次工程施工噪声源主要包括以下几类：

(1) 施工机械

施工的各类机械设备包括装载机、挖掘机、打桩机，还有电气接线埋设，施工机械噪声等，这类机械是最主要的施工噪声源。

(2) 运输船只

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

(3) 桩基打桩噪声

冲击式水下打桩为海上风电场施工期间最大的水下噪声源强。桩基施打的水下噪声源强主要取决于桩柱管径、重锤敲击能量等。根据同类项目桩基施工噪音类比，管桩施打时水下噪声源强预计为 230dB re 1μPa-m。

各施工环节主要施工机械设备产生的噪声源强情况见表4.2-2。

表 4.2-2 施工机械噪声源强

序号	机械设备名称	噪声源强（距声源 10m），dB(A)
1	液压打桩锤	102
2	水陆两栖履带运输车	75
3	两栖式多履带式打桩机	90
4	打桩锤	90
5	液压振动锤	85
6	两栖挖掘机	82
7	拖泵	70
8	牵引车	75
9	轮式施工小型平台	70

序号	机械设备名称	噪声源强（距声源 10m），dB(A)
1	液压打桩锤	102
10	伸缩臂式履带起重机	75
11	潜水泵	70
12	伸缩立柱式履带起重机	75
13	挖掘机	80

4.2.2.1.3 废气

（1）施工场地污染源强估

本项目陆域施工场地依托租用港口场地，类比同类项目的建设，在组件组装制作过程中产生的粉尘污染、车辆运输道路二次扬尘、场地扬尘等共同作用下，未采取环保措施时，施工现场面源污染源强为 539g/s。采取环保措施时，施工现场面源污染源强为 140g/s。

（2）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： $B_0=150\times 1360.5\times 10^{-3}=204.08\text{kg}$ 。

燃烧的油料以轻柴油计算， 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（%）。

参照国际防止船舶造成污染公约规定，柴油中 S 的含量取 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）；

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：

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

本项目海上作业船舶数约为 18 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 SO₂、NO_x、CO 废气量分别为 110.2t/a、135.5t/a、462.2t/a。

（3）施工场地车辆排放废气

车辆排放废气计算参考《公路建设项目环境影响评价规范》（JTG B03-2006）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，具体见表 4.2-3。

本项目陆域（租用港口组装场地）年施工作业天数按 300d 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 2.52t/a、5.01t/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 4.2-3 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

4.2.2.1.4 固体废物

（1）施工期高峰时船舶上工作人员数量可达 180 人，施工场地工作人员数量可达 80 人，共计 260 人，按照每人 1kg/d 的产生量估算，则垃圾产生量为 260kg/d。生活垃圾统一收集由垃圾运输车定期运至垃圾处理站集中处理。

（2）海域管沟开挖完成后直接进行覆盖回填，没有多余土石方产生；桩基进行桩内挖方时会产生一定的土方，冲刷土方全部在桩基四周自然沉降。

（3）陆域组装场地的加工车间，在零配件加工及制作过程中会产生少量废物，主要为木屑、铁渣，由港区环卫部门统一收集处理，不会对环境产生污染。

表 4.2-4 施工期主要污染物产生情况一览表

环境要素	污染源		发生情况	主要污染物	排放/处理方式
水环境	含油污水	船舶含油污水	18.14m ³ /d	石油类	收集至陆域由有资质单位统一处理
		施工场地机修油污水	30m ³ /a		
	生活污水	船舶生活污水	10.08m ³ /d	COD、氨氮和 SS	由有资质单位统一接收处置
		陆域施工场地生活污水	5.12m ³ /d		
	悬浮泥沙	海缆铺设（潮间带区域）	3.33kg/s	SS	自然扩散
		海缆铺设（深水区）	11.0kg/s		
声环境	施工船舶和机械作业		70-102dB	噪声	自然传播
	打桩噪声		230/uPa-mdB		软启动
大气环境	陆域施工场地		140g/s	扬尘	间断排放
	汽车废气		CO、NO _x 无组织排放	CO、NO _x	
	船舶废气		SO ₂ 、NO _x 、CO 无组织排放	SO ₂ 、NO _x 、CO	
固体废弃物	船舶生活垃圾		260kg/d	固废	统一收集处理 陆地处置
	陆域施工场地废料		少量		

4.2.2.2 运营期污染因子源强估算

4.2.2.2.1 噪声

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。

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：

A、机械噪声及结构噪声

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

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

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

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

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，而且对人的烦扰度最大。这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，如提高

加工工艺和安装精度，使齿轮和轴承保持良好的润滑条件等。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

B、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。

C、通风设备噪声

散热器、通风机等辅助设备产生的噪声。

D、单台风机噪声

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

4.2.2.2.2 废水

(1) 生活污水

运营期按每次巡检人数5人计，生活污水按照每人每天70L计算，则船舶工作人员生活污水产生量为 $0.35\text{m}^3/\text{d}$ 。按照每年工作天数300天，工作周期每十天巡视检查一次，每年工作天数为30天，则巡检人员生活污水年产生量为 $10.5\text{m}^3/\text{a}$ 。

(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》（JTS149-2018）要求，工作船舱底油污水产生量为 $0.14\text{m}^3/\text{d}$ 艘，工作船含油污水产生量为 $4.2\text{m}^3/\text{a}$ ，类比同类型船舶油污水实测含油量，本次计算时舱底油污水含油量取 11000mg/L ，石油类污染物产生量为 $46.2\text{kg}/\text{a}$ 。

含油污水禁止排放，统一收集后交由有资质单位接收处理。

4.2.2.2.3 废气

(1) 风机废气

海上风机运营期主要是风力发电，工艺过程无废气产生。

(2) 船舶废气

本项目运营期船舶工作时单艘船舶大气污染源强计算如下：

停靠船舶发电机总功率： $P=500\text{kW}$ ，换算成马力（ $0.735\text{kW}=1$ 马力）：

$500\text{kW}/0.735=1360.5$ 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： $B_0=150\times 1360.5\times 10^{-3}=204\text{kg}$ 。

燃烧的油料以轻柴油计算， 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 (%)。

根据规定，柴油中 S 的含量不超过 0.5%，保守计算取 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：

$$G_s=2B_0S_0(1-\eta)=2\times 204\times 0.5\%\times (1-0)=2.04\text{kg/h}$$

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 204kg，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：

$$G_c=2.33\cdot B_0\cdot q\cdot C=2.33\times 204\times 2\%\times 90\%=8.56\text{kg/h}$$

本项目营运期检修作业按照 10 天一次进行，每年检修天数为 30 天，每次工作按 10h 计，则船舶无组织排放的 SO_2 、 NO_x 、 CO 废气量分别为 0.61t/a、0.75t/a、2.57t/a。

4.2.2.2.4 固体废物

(1) 生活垃圾

风机定期维护和检查期间，维修船工作人员及维修工作时会产生少量固体废物，按照每次巡检人数 5 人，每人 1kg/d 的产生量估算，则生活垃圾产生量为 5kg/d。每十天

巡视检查一次，每年工作天数为30天，则生活污水垃圾年产生量为150kg/a。生活垃圾由船舶带回到陆域统一收集处理，不会对海洋环境产生污染。

（2）检修废物

风机日常维护将产生少量含油废物，类比陆上风电同类工程情况，维护产生的含油废物量约为50kg/a，主要为机修面纱、含油抹布等。

按照《国家危险废物名录》（2021年），营运期产生的含油废物等属于危险废物，委托具备资质的专业处置单位统一接收处置。另外，根据国家危险废物名录（2021年）附录危险废物豁免管理清单，废弃的含油抹布、劳保用品的豁免条件为未分类收集，豁免内容为全过程不按危险废物管理。由于项目运营期设备维护产生的含油废物量较小，均由检修船舶统一运回陆域处理，建议委托有资质单位进行统一接收处理。

表4.2-5 项目运营期检修过程危险废物产生处置情况一览表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	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	污染防治措施
1	机修棉纱	HW49	900-041-49	50kg	风机日常维护	固	含油棉纱	废矿物油	每年	T/In	委托有资质单位接收处理

4.2.2.2.5 电磁辐射及无线电干扰

运营期输电线路运行产生的电磁场及无线电干扰值大小与线路的电压等级、运行电流、导线排列及周围环境相关。

风电场输电电缆埋设于海底2m以下，海缆有加强铠装保护，敷设与海底后有较好的屏蔽作用。根据类比监测情况，电缆敷设后对沿线基本无电磁、无线电干扰影响。

综上，本项目运营期主要污染物产生情况见表4.2-6。

表 4.2-6 运营期主要污染物产生情况一览表

环境要素	污染源	发生情况	主要污染物	排放/处理方式
水环境	检修船生活污水	10.5m ³ /a	COD、氨氮	收集至陆域统一接收处理
	检修船含油污水	46.2m ³ /a	石油类	委托资质单位接收处置
声环境	风机噪声	110dB	噪声	自然排放
大气环境	船舶废气	SO ₂ 、NO _x 、CO 无组织排放	SO ₂ 、NO _x 、CO	无组织排放
固体废物	船舶生活垃圾	150kg/a	生活垃圾	陆域统一收集处理
	风机日常维护	含油废物 50kg/a	危废	委托资质单位接收处置
电磁环境	电缆	——	工频电磁场和无线电干扰	加强铠装保护、海底埋设

4.3 项目各阶段非污染环境影响分析

(1) 项目建设对水动力环境的影响

本项目建成后，风机基础受涨落潮影响，风机基础在一定程度上改变局部海底地形，对周边海域潮流场产生一定影响，尤其是风机墩柱周围的流速和流向均会发生变化。

(2) 项目建设造成海底地形地貌及冲淤变化

本项目在区域内呈斑点状分布，风机之间间距较大。由于底流在风机基础周围产生涡流和局部冲刷，风机基础在一定程度上改变局部海床自然性状，其地形地貌也将有所改变，产生局部的冲刷或淤积。

(3) 对鸟类的影响

1) 对鸟类栖息和觅食的影响

风电机在运转过程中会产生叶片扫风噪声和机械运转噪声。风机运行将直接对风电场鸟类栖息和觅食产生影响。鸟类在风电场范围内的飞行，存在鸟类碰撞叶片而伤亡的风险，所以风电场范围不再适宜作为鸟类的栖息觅食场所。

2) 对鸟类迁徙的影响

风力发电场都占有较大的海域面积，如果场区位于鸟类迁徙路线上，则会对鸟类迁徙产生一定障碍。

3) 对鸟类存活的影响

风机叶片旋转的范围在离地面40~120m之间，是鸟类飞行通过风机的高风险区域，有被风机叶片撞击的危险。

（4）通航影响

施工期船舶增加对周边航道通行造成影响；运营期由于风场存在可能影响周边航道的正常通行。

（5）海洋生态和渔业生产

本项目风机基础永久占用海域，将减少海域资源，造成底栖生物死亡；电缆铺设施工对海底进行开挖，将造成部分底栖生物的掩埋或死亡；施工产生的悬浮物对海洋生物造成影响。

项目所在海域具有渔业养殖功能，风场建成后将造成渔业养殖面积减少；风场建设导致部分养殖户无法继续进行养殖生产。

5.环境现状调查与评价

5.1 自然环境概况

5.1.1 气候气象

乳山市位于东亚暖温带季风气候区，常年四季分明。受海洋的影响，季节交替较同纬度的内陆滞后，具海洋性和大陆性之间的过渡型特征。冬半年（11月至翌年4月）处于中纬度西风带东亚大槽控制之下，受冷空气和气旋活动的频繁侵袭常有大风降温天气出现；夏半年（5~10月），为北太平洋副热带高压的势力范围，4~7月南方的暖湿气流常导致本区海雾连绵，7~8月为本海区雨季，降水量占全年的一半以上。

通过对千里岩海洋站 1988-2017 年实测观测数据的气温、气压、降水及雾等气象要素进行统计分析，结果如下：

（1）气温

该站年平均气温 13.2℃，累年最高气温 34.6℃，出现在 2009 年 8 月 13 日，累年最低气温-12.5℃，出现在 2016 年 1 月 24 日。

（2）气压

年平均气压 1009.3hPa，累年最高气压 1037.1hPa，出现在 1994 年 12 月 19 日；累年最低气压 976.4hPa，出现在 1983 年 7 月 2 日。

（3）相对湿度

年平均相对湿度 74，累年最小相对湿度为 9，出现在 1996 年 7 月 1 日。

（4）降水

该站年平均降水 566.3mm，其中年最大降水 1074.6mm，出现在 1990 年，年最少降水 330mm。出现在 1981 年，日最大降水量 146.6mm，出现在 1988 年 8 月 20 日。

（5）雾

该站年平均有雾日为 50.6 天，累年最多有雾日数为 79 天，出现在 1995 年；累年最少有雾日数 27 天，出现在 2017 年。

（6）风况

千里岩海洋站近 30 年实测平均风速年际变化见表 5.1.1-1。千里岩海洋站近 30 年实测平均风速为 6.65m/s，近 20 年实测平均风速为 6.53m/s，近 10 年实测平均风速为 6.42m/s。近 30 年实测年平均最大风速为 7.15m/s，发生时间为 2005 年，实测年平均最小风速为 5.96m/s，发生时间为 2015 年。由于千里岩海洋站处于海岛之上，没有建筑物

等的遮挡，因此该站长期实测平均风速相对稳定。

表 5.1.1-1 千里岩海洋站近 30 年平均风速年际变化表

年份	年平均风速(m/s)	年份	年平均风速(m/s)
1988	6.78	2003	6.42
1989	6.72	2004	6.62
1990	6.96	2005	7.15
1991	7.02	2006	6.15
1992	6.82	2007	6.06
1993	6.63	2008	6.10
1994	7.11	2009	6.10
1995	6.98	2010	6.96
1996	6.79	2011	6.32
1997	7.05	2012	6.58
1998	6.67	2013	6.69
1999	6.59	2014	6.40
2000	6.93	2015	5.96
2001	6.81	2016	6.47
2002	6.94	2017	6.62
近 30 年平均风速		6.65	
近 20 年平均风速		6.53	
近 10 年平均风速		6.42	

千里岩海洋站多年逐月平均风速详见表 5.1.1-2。

表 5.1.1-2 海洋站多年逐月平均风速

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
风速 (m/s)	7.50	7.09	7.07	7.21	6.75	5.50	5.47	5.31	5.60	6.56	7.80	7.96

从以上表可以看出，千里岩海洋站风速较大的月份集中在 11 月至次年 1 月，其中 12 月份风速最大，为 7.96m/s；6 月至 9 月平均风速较小，最小风速为 5.31m/s，该区域全年风速呈现出季节性的变化。

表 5.1.1-3 千里岩海洋站风向频率表

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率(%)	8.9	7.4	7.9	3.9	3.2	2.0	3.2	5.6
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNE
频率(%)	19.2	9.7	6.1	2.2	2.9	3.9	8.6	5.4

图 5.1.1-1 和表 5.1.1-3 中可以看出，该区域风向集中，主导风向为南，频率 19%，次主导风向为 SSW，频率为 9.7。

根据千里岩海洋站 1981~2017 年统计出的 37 年最大风速和极大风速，记录到的最大风速为 37.0m/s，发生在 1993 年；极大风速为 33.2m/s，发生在 1997 年（其中 1993 年的记录缺失）。

5.1.2 潮汐

根据周年专用站 2018 年 12 月至 2019 年 11 月一年的实测数据，计算本海区平均海面平面在 1985 国家高程基准面以上 1cm，理论深度基准面在平均海面以下 228.8cm。

潮汐特征值：

(1) 平均海面

观测期间年平均海面为 0.01m，各月平均海面 2019 年 8 月最高，为 0.2m；2019 年 2 月最低，为-0.18m，平均海面年较差为 0.38m。

(2) 最高、最低潮位

观测期间最高潮位为 2.30m，出现在 2019 年 10 月；最低潮位为-2.41m，出现在 2019 年 3 月。

(3) 平均高、低潮位

平均高潮位为 1.35m，平均低潮位为-1.23m。各月最高平均高潮位为 1.60m，出现在 2019 年 8 月，各月最低平均高潮位为 1.14m，出现在 2019 年 1 月、2 月。各月最高平均低潮位为-1.06m，出现在 2019 年 7 月，各月最低平均低潮位为-1.43m，出现在 2019 年 2 月。

(4) 平均、最大、最小潮差

观测期间年平均潮差为 2.58m，各月平均潮差以 2019 年 8 月最大，为 2.69m，2019 年 11 月最小，为 2.50m。观测期间最大潮差为 4.24m，出现在 2019 年 9 月。

(5) 平均涨、落潮历时

观测期间年平均涨潮流历时 5h43min，平均落潮流历时为 6h42min。

5.1.3 波浪

工程海域历史上没有进行过长期的波浪观测，搜集风电场址邻近风电场 2020 年周年波浪实测资料进行统计分析。

观测期间海区 $H_{1/10}$ 平均波高为 0.83~1.23m，最大波高为 2.53~6.03m，平均周期为 3.5~4.8s，各向波浪频率为 1.54%~79.93%。强浪向为 ESE 向，最大波高为 6.03m，次强浪向为 SE 向，最大波高为 5.71m，常浪向为 SSE 向，频率为 19.93%。

观测资料中小于 1.0m 的波浪，占 65.84%，大于等于 2.5m 的波浪频率占 1.04%。各向波高频率分布，SSE 向波浪频率最高，占 19.92%，其次是 SE，频率分别为 16.72%。

同时参考工程区附近千里岩海洋站长期的波浪观测资料，千里岩海洋站在工程区

S 向外海，为外海深水区波浪，资料年限为 1960~2017 年。由于该站在外海，其波向极值序列可作为分析和计算工程区外海设计波要素的选择。

本区以风浪为主，累年风浪频率为 98%。累年各月风浪频率相同，变幅仅 1%。累年涌浪频率为 55%。涌浪频率季节变化明显：夏季涌浪最多，频率为 69%~80%，其中以 7 月份最多；春、秋两季接近频率分别为 51~58%；冬季较少，频率为 38~43%，其中 12 月最少。累年风浪绝大多数出现在 N~NE 向、S~SSW 向和 WNW~NNE 向。其中以 S 向和 SSW 向最多，频率均为 12%。E~SE 和 WSW 各向风浪频率最少，仅为 1%。

5.1.4 海流

根据项目海区 2019 年~2020 年历史实测数据，工程区周边海流表现为较强的往复性流动，各站涨潮流向为偏 W 向，落潮流向为偏 E 向，属于规则半日潮流。大潮期涨潮流平均流速最大为 31cm/s，流向为 270°，落潮流平均流速最大为 32cm/s，流向为 96°。

5.1.5 泥沙

5.1.5.1 泥沙来源

风电场所在区域沿岸泥沙主要来源为河流输沙和岸滩侵蚀来沙，外海来沙极小。

(1) 河流来沙

泥沙的主要来源为河流输沙和岸滩侵蚀来沙，而外海来沙极小。留格河在张家庄以南注入海区东部海域，河长 31km，流域面积 322km²，中水流量为 556m³/s，枯水流量为 0.96m³/s。按该区多年平均侵蚀模数（300-500t/km²a）进行估算，年输沙量约为 9.7×10⁴t-16.1×10⁴t。1994 年留格河上中游已兴建一座中型水库，拦截 1.6×10⁴t 的泥沙。留格河属于季节性河流，来沙量主要集中在洪水季节，粗颗粒物质沿程堆积，细颗粒下泄入海，据目前情况估计约为 8.0×10⁴t，在浪和流的作用下向西运移。

(2) 岸滩侵蚀

老龙头主要由砂页岩层，易风化，在海浪的不断冲击下形成沉积物，这些物质多堆积在原地和岬角附近，形成砾石滩和沙砾滩，但作为泥沙来源是次要的。在基岩岬角之间则为沙滩，沙滩向陆分布着尚未被破坏的沙堤，在风暴浪的作用下，该沙堤向陆后退，可以造成泥沙的纵横向运动。因此，岸滩泥沙的再分配是该区域不可忽略的沙源。如果人工采砂、开挖虾池或者构筑其它建筑物，完全可以破坏原来的平衡，造成泥沙向海输移。因此，岸滩泥沙再分配是该区域不可忽略的沙源。如果人工采砂、

开挖虾池或者构筑其它建筑物，破坏原来的平衡，泥沙向海输移。

5.1.5.2 底质沉积物特征

底质基本上遵循重力分异的规律，近岸多为礁石和砂砾，随着水深的增加，底质粒度变细，以粉砂质为主。东南部海域，水下礁石和基岩块石区分布较多，潮间带和近岸浅水区以细砂为主，-30m 等深线周围主要以砂砾、砾石底质为主。

海域沉积物类型主要有七种，分别是砂、含结核粉砂质砂、砂质粉砂、黏土质粉砂、粉砂质黏土、黏土—粉砂—砂和粉砂质砂。

根据工程可行性研究报告中表层沉积物实测资料，风电场周围区域内沉积物类型单一，主要为粉砂类底质。所取 59 站底质样品中 57 站表层沉积物类型为粘土质粉砂沉积物类型，其他 2 站沉积物类型为粉砂类型。根据粒度实验分析结果，风电场及其周围区域内沉积物粒径偏细且粗细较一致、变化小，中值粒径变化范围 $6.32\Phi \sim 7.40\Phi$ ，平均 6.96Φ 。依据粒度分析结果沉积物组分，以粉砂、粘土组分为主，砂组分含量较少。砂组分含量在 0.3%~14.3%之间，平均含量 6.48%；粉砂组分含量在 57.0%~78.2%之间，平均含量 64.6%；粘土组分含量在 17.1%~36.1%之间，平均含量 28.9%。

5.1.6 地形地貌

5.1.6.1 地形地貌

乳山是海岸地貌单元分为海蚀崖、海蚀平台和潮滩、潮流三角洲及冲海积平原。乳山湾为沿断裂带发育的构造湾，海岸为典型的山地港湾海岸。海蚀崖分布于乳山湾湾口段。从湾口琵琶岛至东乳山均为岩岸，两岸山高坡陡，沿岸礁石突起，岸滩很少，湾口段水深不淤。海蚀平台和潮滩分布于乳山湾内至湾口段水下及潮间带，由淤泥、中砂和粗砂组成。潮流三角洲和冲海积平原分布于湾口以南，呈扇形，由淤泥和细砂组成。西北水道有乳山河注入，泥沙来源丰富，淤积严重，水浅滩宽，50 年来，西北湾汊道水深从 2.5m 左右淤至目前的不足 1m，汊道宽由 30 年前的 500m 缩至现在的 100m。东北水道因有锯河等河流注入，两岸发育了较宽的泥沙质浅滩，由于泥沙来源不多，纳潮量较大，故东北水道内淤积不严重。平均每年约 5~6cm。

风电场所在区域地处胶北隆起和胶莱凹陷的过渡带，岩性以燕山晚期的花岗斑岩和侏罗纪砂页岩为主。花岗斑岩不易风化，构成该区域的低丘等地貌单元，砂页岩地区则风化夷平为侵蚀剥蚀平原。区域低丘主要分布在北部，周围有侵蚀剥蚀平原，平原外围向南逐渐过渡为冲、海积平原。陆域无长大河流入海，多为季节性雨源河流。

附近主要入海河流发源于剥蚀低丘区，河口处为滨海平原。

区域海底地貌包括海底侵蚀地貌和堆积地貌两种类型。水下侵蚀平台主要分布在海岸侵蚀平台下的水下延续部分，一般其外缘水深在 1.5~3.0m 左右。水下堆积地貌包括水下岸坡和水下堆积平原。其中水下岸坡分布在理论基准面以下至 5m 水深，该区内主要组成物质为粉砂粒级的物质，海底坡降平均为 1.6‰，由进岸向远海逐渐变缓：3m 以浅东部为 6‰，西部小于 3‰；4.0m 水深以外，海底坡度比较均匀，约在 0.75‰，底质含泥量也逐渐增多。近海水下堆积平原分布在水下岸坡以外，海底坡度小于 0.5‰，组成物质为粉砂和粉砂质粘土。黄海西海岸，山东半岛海蚀港湾海岸和海积平直海岸交替出现，沿岸岛屿众多，岬湾相间，海岸线比较曲折，并有海蚀崖，海蚀穴，海蚀平台及沙堤、沙坝、沙嘴、泻湖等滨岸地貌景观。

拟建场地海底地形起伏较小，总体呈西北高东南低、由近海向远海倾斜的缓倾斜平地，地貌成因类型为滨海浅滩。

工程近岸海域地貌见图 5.1.6-1，场址区及周边实测水深见图 3.1.6-2。

5.1.6.2 区域地质构造

工程场地在大地构造上处于扬子断块区的北部边缘地带。华北断块区边界受深大断裂控制，断块区内部在构造和地貌上总体格局是北北东向的隆起区与沉降区相间。新构造期以来，继续保持着隆起区的上升和沉降区的下沉，断块区内构造和地震活动与这一区域隆起与沉降相间分布格局具有密切关系。

区域主要涉及胶辽断块、鲁西断块、苏北—胶南断块和冀东—渤海断块等几个次级断块。工程场地位于扬子断块区的苏北-胶南断块之中。

苏北—胶南断块属于扬子断块区，结晶基底由胶南群（与大别群相当）和五莲群（与宿松群相当）组成，与胶辽断块的胶东群和粉子山群不同，主要由云母变粒岩、片岩、浅粒岩、斜长角闪岩和黑云斜长片麻岩等组成，固结时间大约在 10 亿年左右。该区在山东部分缺失古生代沉积盖层，中生代沉积也局限于断块的周边地带，构造线方向主要为北东向。该断块内地震活动水平较高，有史料记载以来，发生过 6 级以上地震多次，最大地震为 1846 年黄海 7 级地震。

根据前新生代地质构造特征，新近纪以来地质构造演化特点、新近纪及第四纪地层分布、岩浆活动、地貌特征以及各区断裂活动的特点，可以将区域范围划分为华北和扬子二个一级新构造区和 5 个二级区，见图 5.1.6-2。

（1）胶辽—千里岩—海州湾隆起区（I₄）

隆起区在大地构造上主要涉及华北断块区，其次也包括了胶南造山带的部分，可分为多个次级新构造区。该区新生代以来发生了以总体隆起为主的运动，同时，由于区内断裂的活动，断裂之间所控制的次级块体又发生了差异升降和掀斜运动；进入新构造时期以来，构造活动的水平大大降低，以缓慢的隆起运动为主，结晶基底大片出露，发生了一定程度的倾斜隆起，发育了鲁中期、唐县期和临城期三级夷平面。第四纪时期，除渤海海峡、北黄海及蓬黄地区下沉外，其余仍继续隆起。隆起具间歇性特征，表现为阶梯状地形、古剥夷面、海蚀平台、海蚀洞穴和河流基座—侵蚀阶地的发育。

（2）苏北—南黄海断坳区（II₁）

区域范围内仅涉及扬子新构造区的苏北—南黄海断坳区（II₁）的局部，这是一个以中、新生代沉积为主的坳陷，又可分为南黄海北部坳陷盆地（II₁-1）和南黄海中部隆起（II₁-2）。该断坳区经历了早期（中生代～古近纪）断陷发展期，古近纪末以后转变为坳陷式沉积，沉积范围扩大。新近纪以来整体下陷，早期的凸起也开始接受沉

积，新近系及第四系发育较齐全，厚度近千米。

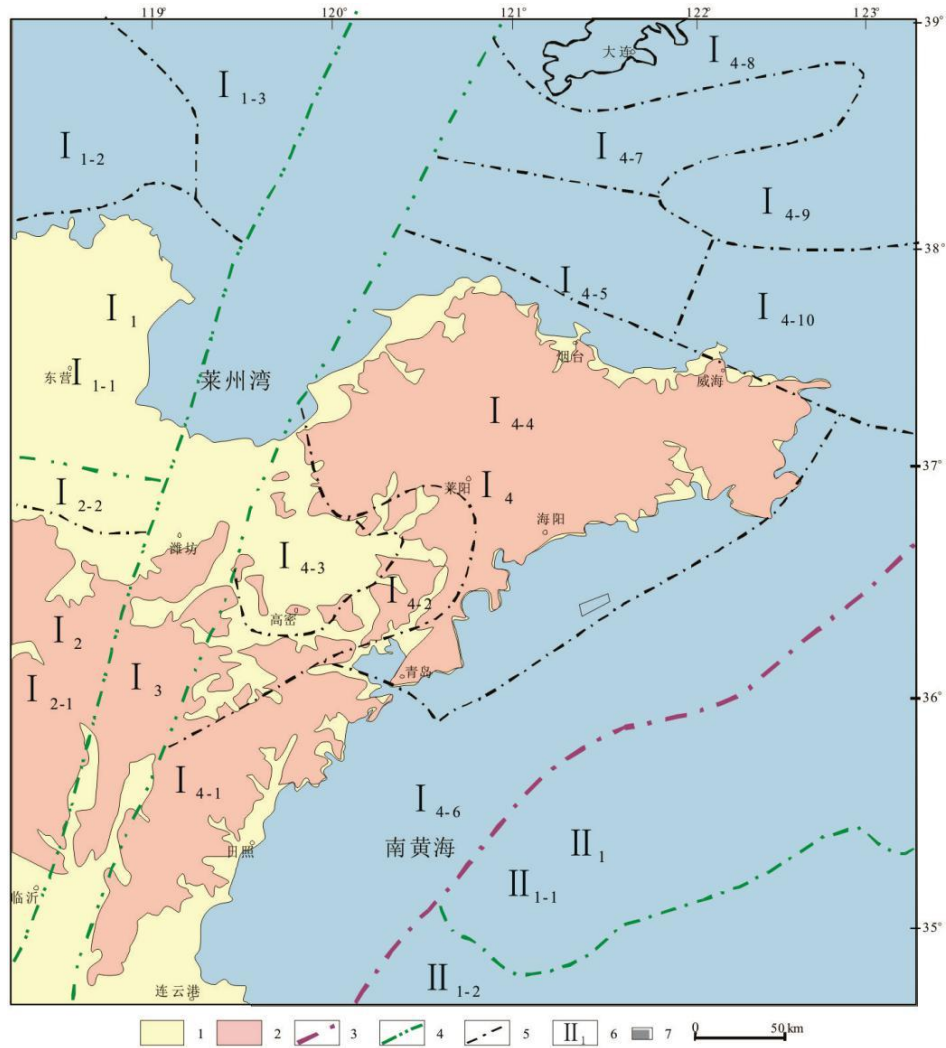


图 5.1.6-2 区域新构造分区图

5.1.6.3 地震

(1) 区域地震活动分布特征

本区历史地震记载悠久，区域内记到的最早一次地震是公元前 70 年安丘 7 级地震。自公元前 70 年至 2006 年 5 月共记到 $MS \geq 4.7$ 的地震 43 次，7.0~7.9 级地震 5 次；6.0~6.9 级地震 6 次；5.0~5.9 级地震 17 次。

区域范围内地震活动在不同地区具有不同的特征。区域内 6 级以上强震主要分布胶东半岛的周边地区。包括三个地域：渤海—安丘—郯城一线的北东东向地带，这里包括了区域范围内绝大多数 $MS \geq 7$ 级地震和部分中强地震，也是小震密集分布的条带，构成郯庐地震带的主要地震活动段，历史上发生过 1597 年 7 级地震、1888 年 7 级地震、1969 年 7.4 级地震、公元前 70 年 7 级地震等；胶东半岛北部北黄海海域近海北西向地带，这里发生过 1548 年 7 级地震和多次中强地震，小震密集分布呈醒目的北西向条带，

与渤海北东东向地震条带交汇在一起；胶东半岛南侧南黄海海域，有数次 6 级以上地震分布，也是小震分布比较多的地区。而在胶东半岛上，则多零散分布 5 级左右的中等强度地震，小震分布也呈分散状态。

（2）近区域地震构造

近场区主要断裂有郭城-观水断裂、朱吴断裂、海阳断裂、乳山断裂、千里岩断裂和千里岩东断裂。其中海阳断裂的小店南到北石河的东石兰沟段、千里岩断裂、千里岩东断裂为晚更新世活动。近场区具有发生中、强地震的构造背景。自有史料记载以来，近场区内记录到 2 次破坏性地震；自 1970 年至 2019 年 6 月，近场区内共记录到 $ML \geq 2.0$ 级地震 357 次，其中 2.0-2.9 级地震 319 次，3.0-3.9 级地震 33 次，4.0-4.9 级地震 5 次，最大地震为 2014 年 1 月 7 日黄海海域 $ML 4.7$ 级地震和 2014 年 4 月 4 日乳山县白沙滩 $ML 4.7$ 级地震。近场区范围内记录到的地震主要分布在近场区东北角，因 2013 年的乳山震群活动，在乳山附近形成了一个小震分布密集区。对近场区地震震源深度分布统计表明，近场区内平均震源深度约 7km，大部分的地震震源深度都小于 30km，即地震均为中上地壳内的浅源地震。近场区海域内存在千里岩断裂和千里岩东断裂 2 条晚更新世活动断裂，沿千里岩断裂和千里岩东断裂划分出千里岩 7.0 级潜在震源区和石岛湾海外 7.0 级潜在震源区。

（3）地震动参数

依据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2001）和“中国地震动参数区划图”，本区抗震设防烈度为Ⅲ类设计，基本地震加速度值为 0.10g。

（4）场址稳定性评价

根据对该区断裂构造、历史地震、强震重复间隔、地震活动带的综合分析，场址区域范围内虽然构造复杂，断裂构造发育，但均为非全新世活动断裂，可不考虑其对场址稳定性的影响。工程场址及场址区附近无像大面积地表塌陷等危及场址安全的潜在地质灾害产生的条件。同时，工程建设也不会引起次生地质、地震灾害。综合分析场址所在区的断裂活动性及地震特征，认为场址处于相对稳定区，适宜工程建设。

5.1.6.4 工程地质

根据项目工程可行性研究报告中地质勘察内容，拟建场地上覆地层为第四系全新统海积层（ Q_4^m ）和上更新统冲洪积层（ Q_3^{al+pl} ），岩性主要为淤泥质粉质黏土、黏性土和砂土。下伏基岩为中生界白垩系莱阳群水南组沉积岩（ K_1S ），岩性主要为砂岩和砂质页岩。

地层结构如下：

1) 第四系全新统海积层 (Q_4^m)

①淤泥质粉质黏土：褐灰、灰褐色，流塑，饱和，含少量粉粒，偶见贝壳碎片，具腥臭味。场区普遍分布，厚度：2.70~7.80m，平均 4.34m；层底标高：-37.58~-31.60m，平均-33.85m；层底埋深：2.70~7.80m，平均 4.34m。

②粉质黏土：灰褐色、褐灰色，可塑，饱和，含少量粉粒，偶见贝壳碎片及铁锰质锈斑。场区普遍分布，厚度：7.20~16.40m，平均 12.09m；层底标高：-54.24~-46.57m，平均-50.47m；层底埋深：17.00~24.00m，平均 20.96m。

②-1 粉土：黄褐色，稍密，很湿，含少量粉粒及粉质黏土团块，局部混少量砂粒。场区普遍分布，厚度：2.50~8.50m，平均 4.84m；层底标高：-54.65~-47.40m，平均-50.78m；层底埋深：18.80~25.30m，平均 21.45m。

②-2 粉细砂：黄褐色，密实，饱和，主要成分为石英和长石，粒径级配较差，含少量黏粒。场区普遍分布，厚度：3.30~6.90m，平均 5.10m；层底标高：-46.05~-41.54m，平均-43.80m；层底埋深：11.30~16.70m，平均 14.00m。

②-3 中粗砂：黄褐、褐黄和灰白等色，主要成分为石英和长石，粒径级配较好，含少量黏粒，夹少量砾石，砾石成分为石英，粒径 0.5~2cm，最大粒径约 4cm，磨圆度较好。场区普遍分布，厚度：14.20~14.20m，平均 14.20m；层底标高：-63.27~-63.27m，平均-63.27m；层底埋深：33.70~33.70m，平均 33.70m。

2) 第四系上更新统冲洪积层 (Q_3^{al+pl})

③粉质黏土：褐灰色，可塑，饱和，局部夹粉土薄层。场区普遍分布，厚度：5.80~16.30m，平均 11.12m；层底标高：-84.57~-72.85m，平均-76.21m；层底埋深：43.50~55.00m，平均 46.70m。

③-1 粉土：黄褐色，密实，很湿，砂粒含量较高。场区普遍分布，厚度：1.80~6.00 m，平均 3.87m；层底标高：-78.74~-73.48m，平均-76.76m；层底埋深：43.70~48.50m，平均 46.90m。

③-2 粉细砂：褐灰、黄褐色，密实，饱和，主要成分为石英和长石，粒径级配较差，含少量黏粒。场区普遍分布，厚度：1.60~12.90m，平均 5.80m；层底标高：-78.78~-58.05m，平均-68.12m；层底埋深：28.70~49.00m，平均 38.63m。

③-3 中粗砂：黄褐、褐黄和灰白等色，主要成分为石英和长石，粒径级配较好，含少量黏粒，夹少量砾石，砾石成分为石英，粒径 0.5~2cm，最大粒径约 4cm，磨圆度

较好。场区普遍分布，厚度：2.80~8.00m，平均 4.82m；层底标高：-76.27~-57.04m，平均-64.69m；层底埋深：26.80~46.70m，平均 35.18m。

④中粗砂：黄褐、褐黄和灰白等色，主要成分为石英和长石，粒径级配较好，含少量黏粒，夹少量砾石，砾石成分为石英，粒径 0.5~2cm，最大粒径约 4cm，磨圆度较好。上部地层局部为粉细砂，密实，主要成分为石英和长石，粒径级配一般。下部地层渐变为砾砂，主要成分为石英和长石，粒径级配较好，含少量黏粒，夹少量砾石，砾石成分为石英，粒径 0.5~2cm，最大粒径约 4cm，磨圆度较好。场区普遍分布，厚度：12.60~14.80m，平均 13.70m；层底标高：-103.07~-101.38m，平均-102.23m；层底埋深：71.60~73.50m，平均 72.55m。

④-1 粉质黏土：黄褐色，硬塑，饱和，局部夹粉土团块及较多铁锰质结核。场区普遍分布，厚度：6.90~9.80m，平均 8.47m；层底标高：-104.54~-94.15m，平均-98.96m；层底埋深：64.80~74.30m，平均 69.57m。

根据本次勘测成果，根据本次勘测成果，拟建场地各土层的分布较有规律，成层性较好，除上部分布的①淤泥质粉质黏土、②粉质黏土、②-1 粉土等土体工程地质性质较差外，中部及以下土层为硬塑的黏性土、中密~密实状态的粉土、密实的砂层，土层工程性质良好。拟建场地下部的④中粗砂及其夹层地层强度高、压缩性低，工程性质稳定，是良好的桩端持力层，可以将上述土层作为桩端持力层。因此场地适宜于采用钢管桩基础，亦满足本工程建设的要求。

场区勘探点平面布置见图 5.1.6-3，工程地质剖面图见图 5.1.6-4。

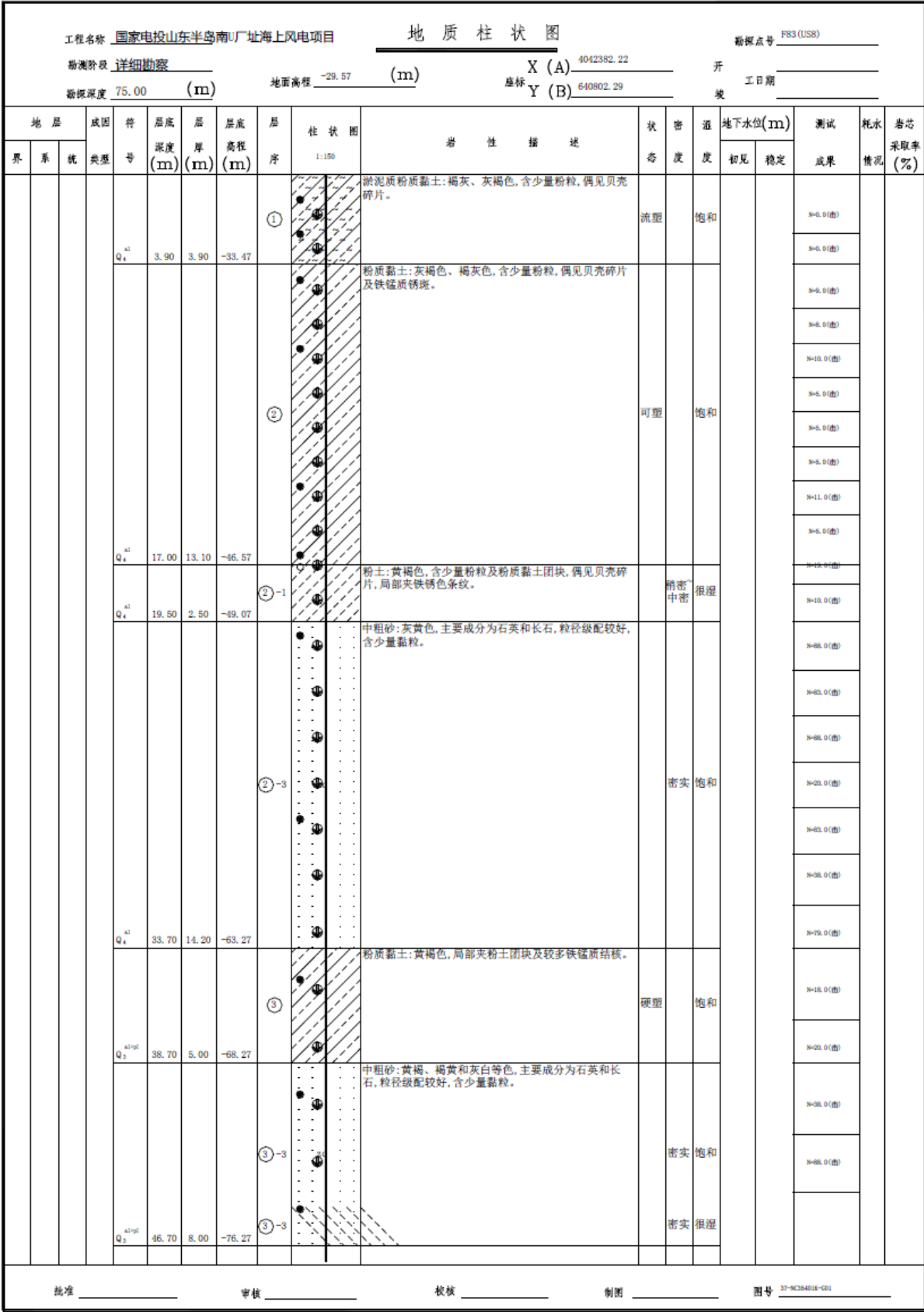


图 5.1.6-4a 工程地质柱状图 (US8)

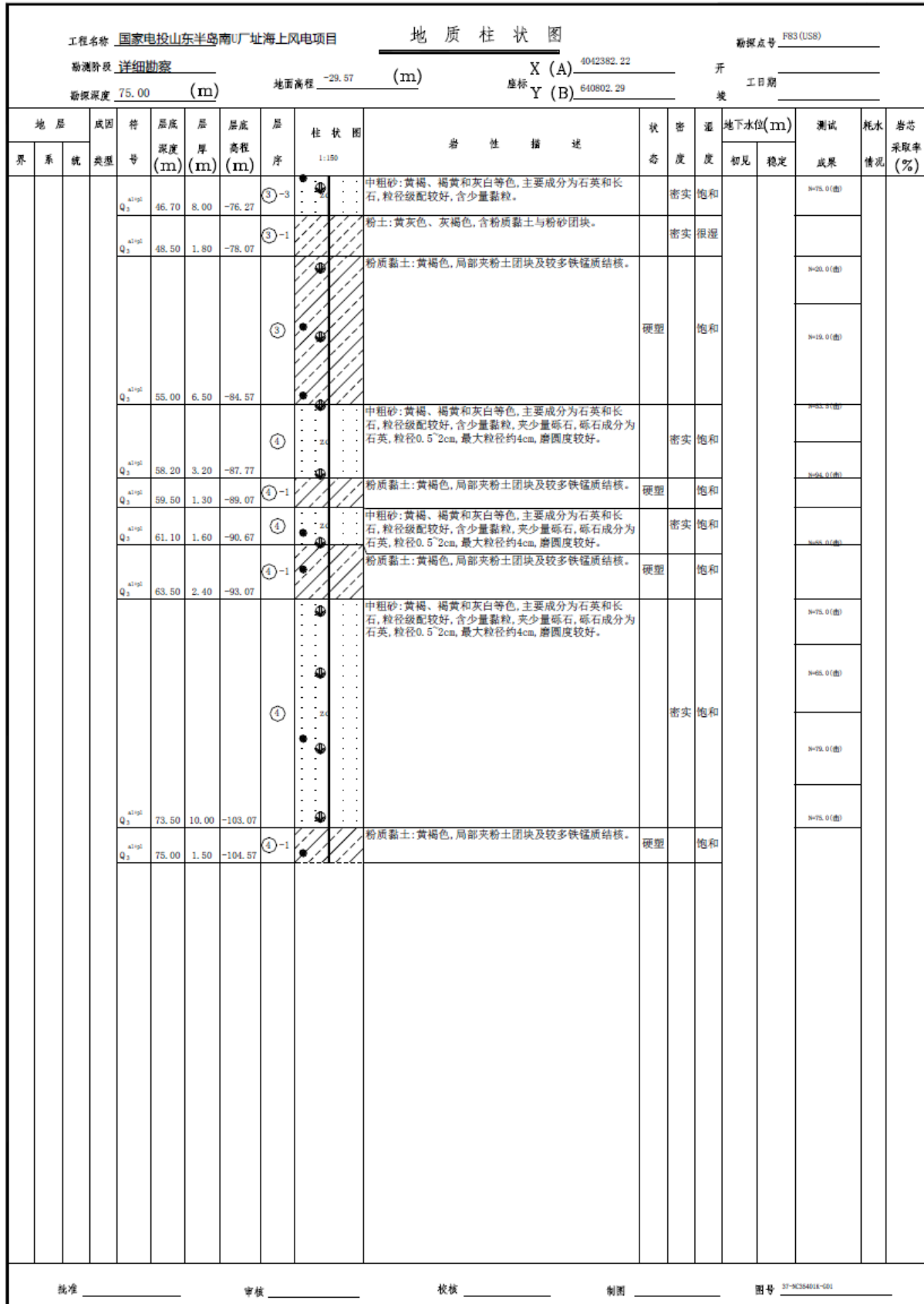


图 5.1.6-4a 工程地质柱状图 (US8)

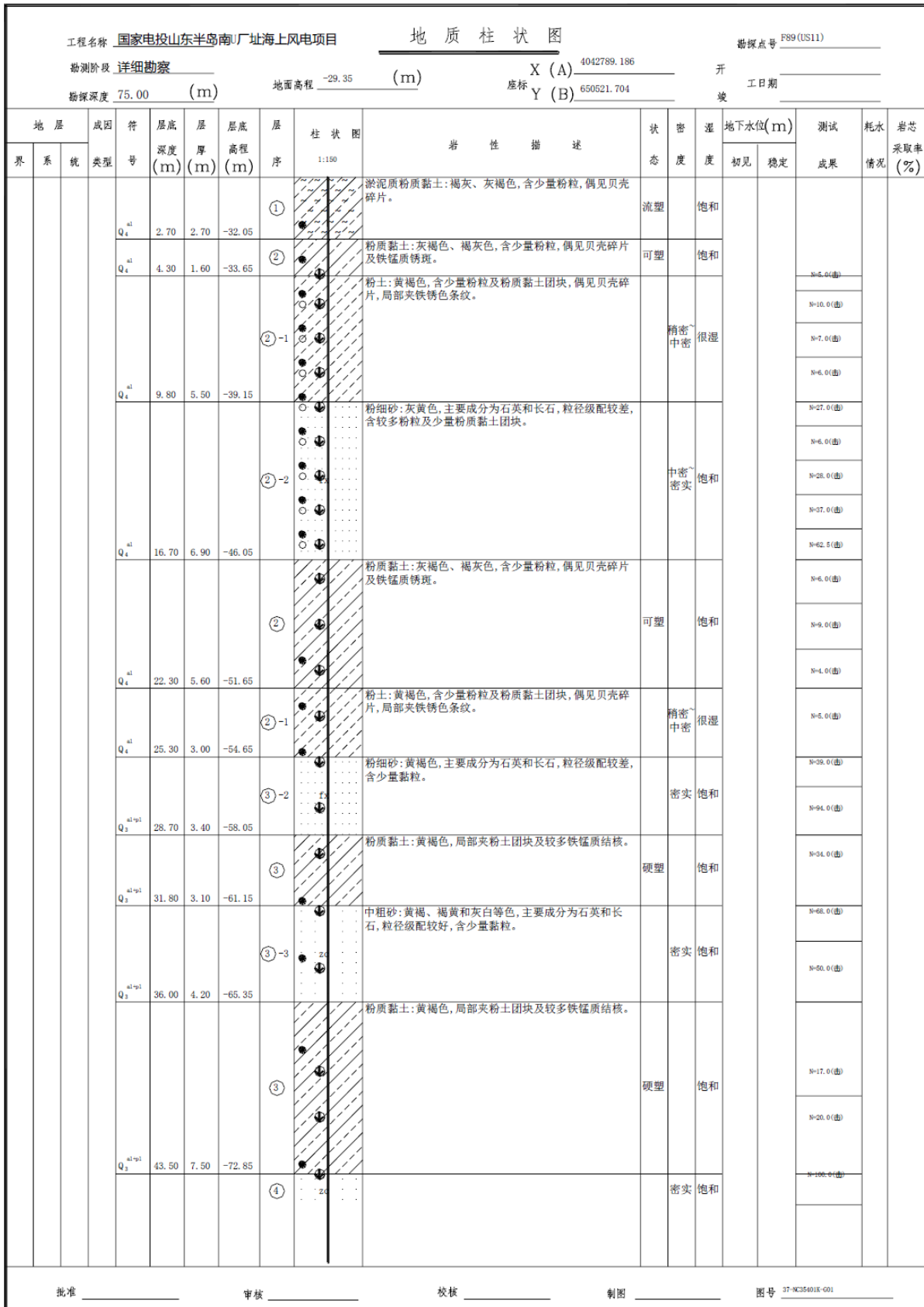


图 5.1.6-4b 工程地质剖面图 (US11)

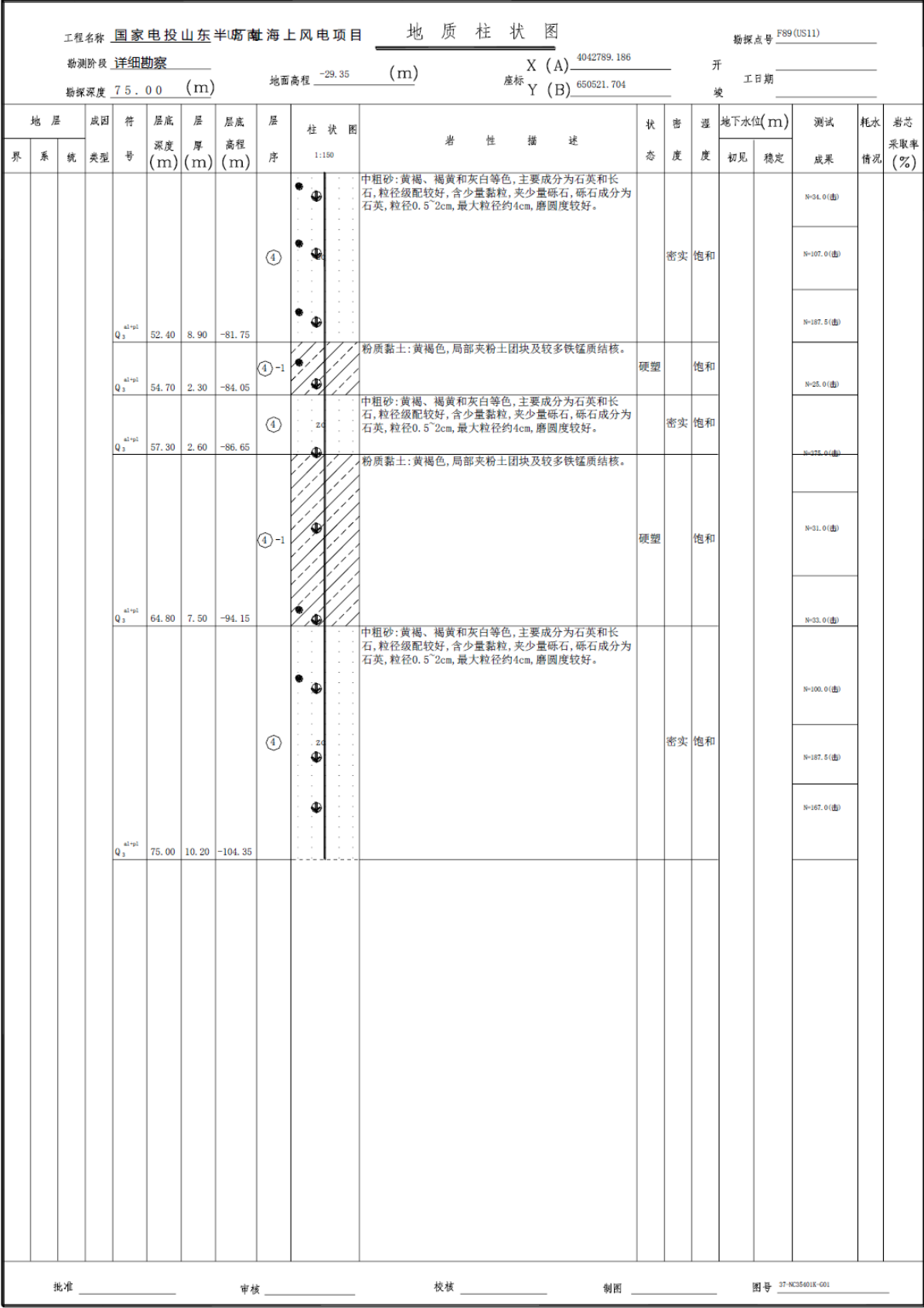


图 5.1.6-4b 工程地质剖面图 (US11)

为了反映项目海缆路由周边近岸海域工程地质条件，收集到《乳山港航道工程施工图设计阶段地质勘查报告》（山东诚基工程建设有限公司）相关资料，乳山口外海域地层按其成因时代、成因类型、岩土特征及其物理力学指标从上至下可分为8个工程地质层，10个工程地质亚层，介绍如下：

1层为粉砂（Q4al+m）：灰~灰黄色，饱和，松散~稍密，局部混少量淤泥，分选性一般，局部粒径较大为细砂，主要矿物成分为石英、长石等，主要在WHZK03~WHZK06有揭露，顶板标高-3.10~-1.80m，层厚0.00~3.20m；主要物理力学指标：水上休止角40°，水下休止角27°，实测击数N=12击，地基容许承载力值f=100kPa。

2-1层为淤泥（Q4m）：灰黑色，饱和，流塑，土质较匀，局部含少量砂，含贝壳，局部含贝壳较多；主要在WHZK01、WHZK08~WHZK14有揭露，顶板标高-8.60~-4.50m，层厚0.00~8.20m；主要物理力学指标：十字板剪切抗剪强度6.15kPa，N<1击，地基容许承载力值f=60kPa。

2-2层为砂混淤泥（Q4m）：灰黑色，饱和，松散~稍密，土质一般，局部砂质含量较高，含贝壳，偶含少量砾石，局部含较多贝壳；主要在WHZK02~WHZK07有揭露，顶板标高-5.00~-3.40m，层厚0.0~6.60m；主要物理力学指标：水上休止角42°，水下休止角30°，实测击数N=8击，地基容许承载力值f=140kPa。

3层为粉砂（Q4m）：粉砂：灰色，饱和，稍~中密，含贝壳碎片；主要在WHZK01~WHZK03、WHZK06有揭露，顶板标高-8.20~-6.20m，层厚0.00~1.90m。主要物理力学指标：水上休止角41°，水下休止角27°，实测击数N=16击，地基容许承载力值f=160kPa。

4层为淤泥质粘土夹粉砂（Q4m）：灰色，饱和，流塑~软塑，层状，夹粉砂，局部夹粉土，含贝壳；主要在WHZK01~WHZK08有揭露，顶板标高-10.70~-7.50m，层厚0.00~5.10m；主要物理力学指标：实测击数N=6击，十字板剪切抗剪强度14.49kPa，地基容许承载力值f=100kPa。

5-1层为粉质粘土（Q3apl）：灰色，饱和，软~可塑，含铁猛质氧化物，在WHZK04~WHZK06、WHZK09有揭露，顶板标高-13.30~-12.80m，层厚0.00~1.90m；主要物理力学指标：实测击数N=7击，地基容许承载力值f=140kPa。

5-2层为粉质粘土（Q3apl）：黄色，饱和，可塑，含铁猛质氧化物，仅在WHZK04孔有揭示，顶板标高-14.70m，本次最大揭露厚度1.20m；主要物理力学指标：实测击

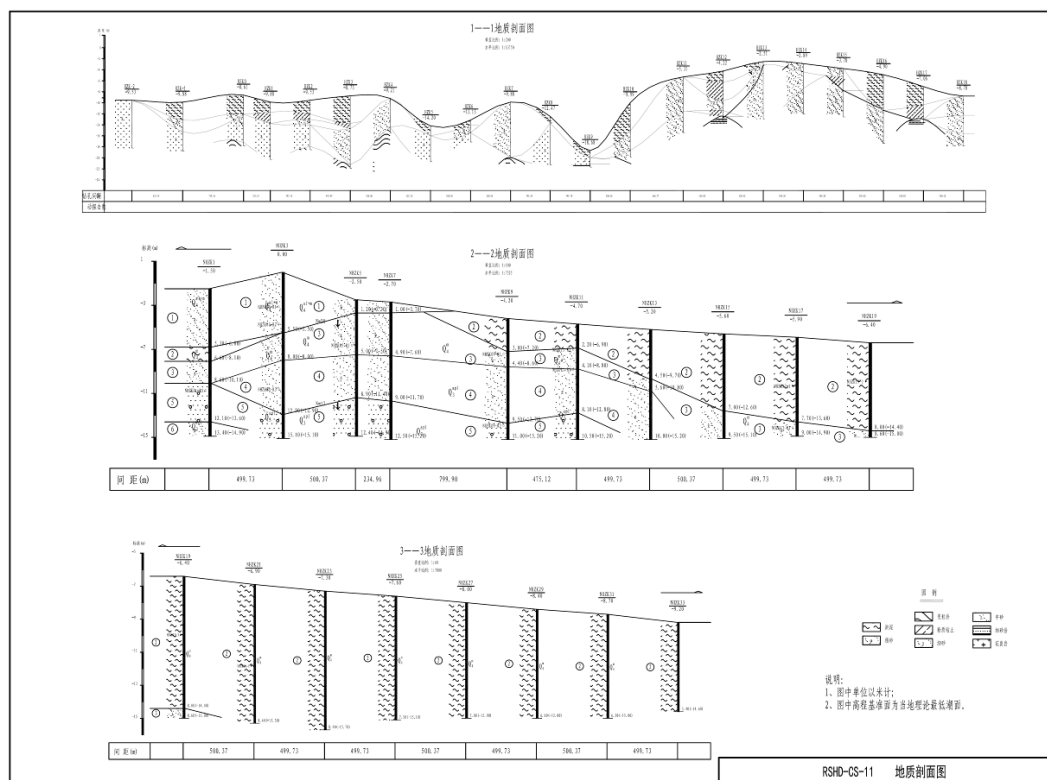
数 $N=10$ 击，地基容许承载力值 $f=160\text{kPa}$ 。

6层为中砂（Q3apl）：灰黄色，饱和，中密，分选性较好，主要矿物成分为石英、长石等，顶板标高-14.60~-11.00m，层厚0.00~4.10m；主要物理力学指标：水上休止角 42° ，水下休止角 28° ，实测击数 $N=24$ 击，地基容许承载力值 $f=180\text{kPa}$ 。

7层为含角砾粉质粘土（Q3apl）：灰~灰绿色，饱和，可塑，分选性较差，砾石含量约30%，粒径一般在0.2~2cm，个别大于3cm，角砾主要为页岩和粉砂岩；在WHZK07-09孔为含粘性土碎石，灰黄色，饱和，密实，分选性差，磨圆度差，为棱角状，粒径一般在2~4cm，个别大于5cm，碎石成份主要为粉砂岩，粘性土含量不均匀，局部含量较少为碎石；顶板标高-14.50~-10.70m，层厚0.20~1.90m，地基容许承载力值 $f=300\text{kPa}$ 。

8层为强风化粉砂岩(J3l3)：灰黄色，层状构造，风化较严重，敲击声较脆、易碎；主要在 WHZK03、WHZK07~WHZK09 有揭露，顶板标高-15.30~-11.00m，本次最大揭露厚度 1.40m，地基容许承载力值 $f=400\text{kPa}$ 。

参考本次工程地质资料，拟建路由区海底浅层地质情况相对简单，海缆埋设深度范围内沉积物为较软的淤泥质沉积物和粉砂，适宜海缆的铺设施工。



5.1.6.5 海床冲淤变化特征

(1) 数据收集与分析方法

为分析风场区及其附近区域的地形地貌冲淤变化特征，共收集到风场区及其附近海域两期海图数据：

1) 1: 150000 乳山口至青岛港及其附近海图，南黄岛近岸、远岸由海军司令部海道测量部在 1980 年和 1964 年测量（水深基准面：理论最低潮面；单位：m；坐标系：2000 国家大地坐标系）。

2) 1: 150000 乳山口至青岛港及其附近海图，近岸段由海军司令部航海保证部测量 2012 年测量（基准面：理论最低潮面；单位：m；坐标系：2000 国家大地坐标系）。

由于各期海图及实测资料在投影、水深单位、比例尺及海图基准面的选取上存在差异，因此首先进行了海图投影变换、数据编辑、海图基准面和水深单位同化、比例尺变换及坐标配准等工作。通过相关转换参数将水深数据统一转换在 CGCS2000 坐标系下，水深数据皆采用理论深度基准面（理论最低低潮面）。利用这两期海图的等深线数据进行研究海域的地形地貌冲淤特征，考虑到海图的数据的特点以及研究海域的水深情况，选取 2m、5m、10m、20m、25m 和 30m 等深线进行比较，绘制 1980-2012 年 42 年间风场区海域冲淤变化图。

(2) 海床冲淤变化分析

根据两期海图等深线变化叠加对比，综合比较分析风场区及其周围海域的海床冲淤变化。

1) 2m 等深线变化

登陆段周边 2m 等深线自 1980 年至 2012 年整体呈现向海移动的趋势，处于淤积状态，向海最大扩展距离 210m，年扩展速率为 5m/a（图 5.1.6-6）。总体而言，淤积变化较小，未出现快速冲淤变化。

2) 5m 等深线变化

处于路由周边 5m 等深线自 1980 年至 2012 年变化较为复杂，冲刷与淤积变化交叉进行。其中，在乳山口外（小青岛周边）5m 等深线整体呈现向陆移动的趋势，处于冲刷状态；在险岛至竹岛间，5m 等深线呈现向海移动趋势，处于淤积状态；在竹岛至南黄岛间，5m 等深线呈现向陆移动的趋势，处于冲刷状态；而南黄岛东侧 5m 等深线整体处于冲淤平衡状态（图 5.1.6-7）。

3) 10m 等深线变化

路由周边 10m 等深线自 1980 年至 2012 年整体呈现向陆移动的趋势，处于冲刷状态，向陆最大扩展距离 310m，年扩展速率为 7.4m/a；在路由区的西侧小青岛至险岛外海 10m 等深线呈向海移动的变化趋势，即处于淤积状态（图 5.1.6-8），但总体变化幅度较小，变化速率较小。

4) 20m 等深线变化

本次收集的海图 20m 等深线数据在路由附近一直未更新，路由西侧更新 2020 年数据，可见 1964 年至 2020 年间 20m 等深线呈现向陆移动的侵蚀变化趋势，整体呈现冲刷状态，总体侵蚀冲刷幅度不大（图 5.1.6-9）。

5) 25m、30m 等深线变化

25m 和 30m 等深线分别从风电场场区的北侧、南侧穿过，通过等深线比较发现，该区域海床总体处于稳定状态，冲淤变化幅度较小，处于冲淤平衡状态。（图 5.1.6-10，图 5.1.6-11）。

（3）海床冲淤演变结论

通过工程场区周围自 1980 年至 2012 年两期海图叠加对比，可见场区周围海床总体处于动态平衡状态，未发生大幅冲淤变化。其中，2m 等深线整体呈现向海推进移动的发展变化趋势，处于弱淤积状态；5m 等深线在乳山口外（小青岛周边）呈现冲刷，险岛至竹岛间处于淤积状态，竹岛至南黄岛间处于冲刷状态，南黄岛东侧整体处于冲淤平衡状态。路由西侧小青岛至险岛外海 10m 等深线处于淤积状态。海图 20m 等深线数据在工程场区范围呢一直未更新，路由西侧更新 2020 年数据，可见 1964 年至 2020 年间 20m 等深线呈现向陆移动的趋势，整体呈现冲刷状态；25m 和 30m 等深线分别从场区北侧、南侧穿过，通过等深线比较发现，该区域海床总体处于稳定状态，冲淤变化幅度较小，处于冲淤平衡状态。

5.1.7 海洋灾害

(1) 风暴潮

山东省主要的海洋环境灾害有风暴潮、海浪和海冰。其中，风暴潮是海洋环境灾害的主要表现形式。2009～2017 年以来，山东省共发生风暴潮灾害 16 次，其中台风风暴潮灾害 6 次，造成直接经济损失 38.39 亿元，温带风暴潮灾害 10 次，造成直接经济损失 7.27 亿元。通过统计结果可以看出，山东省遭受温带风暴潮灾害频繁，平均每年受灾一次。而台风风暴潮灾害虽然次数少，但其破坏力要远大于温带风暴潮。统计各月情况来看，台风风暴潮多发于 7、8 月份，正值夏季；温带风暴潮灾害则多发于 9～11 月份，春季也偶有发生。

2009～2017 年山东省风暴潮灾害过程及损失统计和灾害损失分布情况见下表。

表 5.1.7-1 2009～2017 年山东省风暴潮灾害过程及损失统计

年份	台风风暴潮	发生时间	直接经济损失 (亿元)	温带风暴潮	发生时间	直接经济损失 (亿元)
2009				“4.15”	4 月 15 日	3.01
2010	1007“圆规”	8 月 28 日-9 月 1 日	0.32	“4.12”	4 月 12 日	0.21
2011	1105“米雷”	6 月 25 日-28 日	4.92	“9.1”	8 月 31 日	0.07
	1109“梅花”	8 月 5 日-8 日	0.45			
2012	1210“达维”	8 月 2 日-4 日	15.99			
	1215“布拉万”	8 月 27 日-28 日	15.6			
2013				“5.26”	5 月 26 日-28 日	1.44
2014	1410“麦德姆”	7 月 22 日-24 日	1.11	“10.8”	10 月 8 日-12 日	0.29
2015				“9.30”	9 月 30 日-10 月 2 日	0.02
				“11.4”	11 月 4 日-6 日	0.42
2016				“10.22”	10 月 21 日-22 日	0.89
				“11.21”	11 月 20 日-21 日	0.86
2017				“10.9”	10 月 9 日-10 日	0.06

根据《2019 年北海区海洋灾害公报》，2019 年，北海区风暴潮过程出现 4 次，较近五年的平均次数偏少；有效波高 2.5 米以上海浪过程出现 20 次，与上年持平。在 4 次风暴潮过程中，温带风暴潮 2 次；台风风暴潮 2 次，其中 1 次（1909“利奇马”台风风暴潮）造成直接经济损失。北海区海洋灾害直接经济损失最多的省份是山东省，损失了 216334.44 万元。受“利奇马”台风风暴潮和近岸浪的共同影响，2019 年北海区风暴潮灾害直接经济损失为近十年次高，仅次于 2012 年；单次台风风暴潮过程造成的直接经济损失为近十年次高，仅次于 2012 年“达维”台风风暴潮过程造成的损失。此次过程，威海市直接经济损失 148.50 万元。

(2) 海冰

附近海区一般于 12 月中、下旬岸边浅水处可见到初生冰及少量薄冰，到翌年 2 月下旬海冰消失，冰期平均 65 天。个别年份初冰日可提前在 12 月上旬，或晚到次年 1 月上旬；终冰日最早在 2 月上旬，最晚在 3 月中旬。冰期短的为 46 天，长的达 87 天。附近海区平常年份不出现固定冰，多为流冰。流冰量占 2~3 成，最小流冰量的年度小于 1 成，最多的年度可达 6 成。

乳山口附近海上流冰的方向，除少数受大风影响支配外，主要是随潮流方向运动，即落潮时为 WSW 向，涨潮时为 ENE 向。最大流冰速度可达 80cm/s，多出现在半潮期；最小流冰速小于 10cm/s，主要出现在高低潮前后，或冰量较大的时候。流冰厚度为 3~20cm，堆积冰厚度 20~40cm。

总之，附近海区冬季海上冰情较轻。一般年份，对海上施工、交通运输影响不大，但在冷冬或偏冷季节，海滨沿岸一定范围及数量的浮冰和流冰应引起注意，一般流冰厚度为 3~20cm，堆积冰厚度 20~40cm，影响海区也在岸边 3-4km 内。

5.2 自然资源概况

5.2.1 港口资源

近年来，威海市大力实施“以港兴市”发展战略，加快港口基础设施建设，优先发展大型港口，积极调整港口布局结构，形成了布局较为合理、功能日趋明确、配套基本完善的港口群体。目前全市共有威海港、石岛新港、龙眼港、蜊江港、威洋石油、朱口港、张家埠港、乳山港、马山港、石岛港、好当家港、荣喜港、救助站、广源公司、大宇船业、庆顺码头、旅游码头等近 20 家从事港口经营的企业。

乳山市境内共有大小港口 22 处，四通八达，交通方便。其中乳山口、南泓、和尚洞三个渔港隶属市海洋与渔业局，由乳山渔港监督直接管理，其余为群众自建渔港或自然港湾。近年来，乳山市对辖区内的港口进行规划调整，并加大港口建设投资力度，集中建设几个具有一定规模、分布合理的渔港。将乳山口渔港建设为国家中心渔港，将南泓、和尚洞渔港建设为国家一类渔港。将乳山商港 500 吨的西码头扩建成千吨级码头。在现有小型渔港的基础上，扩大投资，将其建设为一个较大的经营性专用渔港。其他渔港根据功能大小和环境条件，分别进行改经或扩建，使之更好的为乳山经济发展服务。

乳山港陆上集疏运体系发达，青威、烟乳两条公路干线在乳山交汇，济南~威海

铁路贯穿全境。港口距乳山市约 15km，北距烟台市约 97km，东距文登市约 83km，距威海市约 101km，西距青岛市约 184km。水路距青岛港约 274km、烟台港约 567km、威海港约 432km、大连港约 800km、韩国仁川约 1029km、日本长崎约 1417km。2016 年 9 月，乳山港扩建一期工程通过全面验收，2017 年 6 月下旬，乳山市乳山口港实施一类口岸开放获得国务院批准。乳山港现有乳山港区已建成 4 个泊位，现存 2 个 2 万吨级的散杂货泊位，于 2013 年建成投入使用，泊位长度 390 米，设计年通过能力 180 万吨，乳山港 2 万吨级航道目前也已完工并投入使用，航道总长 11.2 公里。

5.2.2 渔业资源

乳山市 15m 以浅的浅海面积 6.67 万公顷，滩涂面积 0.67 万公顷。乳山湾濒临乳山渔场，鱼乳山湾濒临乳山渔场，鱼类有 86 种，优势种有乳鲈、青鳞鱼、斑鲈、赤鼻棱鲉、鲉、黄鲫、油鲳、长蛇鲻、海鳗、星康吉鳗、海龙、鲈、梭鱼、细条天竺鲷、多鳞鱈、白姑鱼、小黄鱼、黑鳃梅童鱼、方氏云鲷、长绵鲷、短鳍鲷、李氏鲷、带鱼、银鲳、虾虎鱼类、鲷、大泷六线鱼、短吻红舌鲷和黄鲛等 22 种。无脊椎动物有日本枪乌贼、金乌贼、双喙耳乌贼、长蛸、短蛸、太平洋磷虾、中国对虾、周氏新对虾、细巧仿对虾、戴氏赤虾、鹰爪虾、中国毛虾、细螯虾、鲜明鼓虾、日本鼓虾、日本关公蟹、三疣梭子蟹、日本蟳、双斑蟳和口虾蛄等。

乳山湾及邻近水域海洋渔业捕捞生产的主要方式采用流网与拖网作业，主要捕捞品种为鱼、虾、蟹与贝类。海水养殖主要方式有池塘养殖、滩涂贝类养殖和浅海筏式养殖，池塘养殖主要养殖品种包括日本对虾、南美白对虾、中国对虾、三疣梭子蟹、刺参、海蜇和贝类等，滩涂养殖品种为菲律宾蛤仔和缢蛏，筏式养殖为牡蛎，近几年来养殖规模及产量呈稳步上升趋势。2021 年实现水产品总产 51.8 万吨，同比增长 5.64%。其中，海洋捕捞 3.43 万吨，同比增长 2.85%；海水养殖 47.64 万吨，同比增长 5.91%；淡水养殖 0.73 万吨，同比增长 2.05%。全年投产专业远洋渔船 9 艘，远洋渔业产量 3000 吨，同比增长 3.4%。

5.2.3 旅游资源

乳山市位于胶东半岛南端，黄海之滨，依山傍海，风光旖旎，具有城市景观、海岛风光、沙滩岸礁、名山奇川、民俗风情等丰富的旅游资源。塔岛湾东部有银滩省级旅游度假区，西侧有大乳山旅游区等。

银滩旅游度假区：东起浪暖口，西至白沙口，面积约 36.2km²。具有典型的暖温带

海洋性气候，冬无严寒，夏无酷暑，春季温暖，秋季凉爽，年平均气温 12.3℃。这里林秀海碧，礁奇滩曲，集山、海、岛、湖、泉、河、林于一体，特别是绵延约 20km 长的沙滩，坡缓滩平，沙质细腻松软，洁白如银，“银滩”因而得名，被誉为“天下第一滩”。

海上仙境乳山口：乳山市境南部沿海，山秀海碧，礁奇滩曲，海上峨峰相峙，夹海成口，其中最负盛名的便是乳山口，面积约 13.2km²。乳山口以大乳山为中心，南靠一望无际的黄海，北有平静的乳山口湾，西面和垛山、小乳山、西乳山隔海相望。海口南面，有一横贯东西的岛屿——小青岛，为乳山口的天然屏障。这里气候宜人，山岛竦峙，青树翠蔓，波锦水碧，历史上曾有“北有旅顺口，南有乳山口”之美谈。

天然图画——大乳山：大乳山乳起峰隆，美不胜收，令人心旷神怡；与大乳山隔岸相望的西乳山，恰似一妙龄少女仰卧万顷碧海之中，端庄俊俏的面庞，小巧玲珑的鼻梁，似是睡熟，人称“睡美人”。

天然海上牧场和乐园——乳山口湾：呈“V”字型的乳山口湾位于大乳山北侧，是乳山口与大海的唯一通道。乳山口湾被群山环绕，这里天风不犯，碧波锦鳞，山间孕秀，岛中藏韵，水深港阔。

5.2.4 风能资源

5.2.4.1 场址风能资源概况

（1）风能资源概况

本工程位于山东省威海市乳山市海域，滩面开阔平坦，属暖温带海洋性季风型气候，干湿区属于中国湿润区的北延。四季分明，雨量充沛，冬无严寒，夏无酷暑。本项目场区粗糙度较小，受季风影响，盛行南风，主要风能方向较集中。

（2）现场测站分析

对比分析周边气象站地理气候环境，本工程选取距离风电场较近的千里岩海洋站作为参证气象站。综合千里岩海洋站测风数据、千里岩测风雷达测风数据和临近风电项目的风资源评估结论，对本项目场址处进行风能资源分析。

经分析，千里岩海洋站测风高度约 80m 处平均风速为 6.54m/s，年均风功率密度为 347.65W/m²；千里岩测风雷达实测 105m 高度平均风速为 7.02m/s，年均风功率密度为 389.39W/m²；半岛南 3#项目场址处 105m 高度平均风速为 7.07m/s，年均风功率密度为 378.00W/m²。综合千里岩海洋站数据、千里岩测风雷达数据和半岛南 3#风资源评估数据的完整性、合理性和地理位置分布情况，考虑到千里岩海洋站和千里岩激光雷达测

风均为陆地测风，且海洋站位于海拔 70m 高处，测风高度仅离地 10m；激光雷达位于海拔 65m 的位置，测风高度离地较近，测风结果受千里岩海岛陆地地形的影响明显。另外，千里岩雷达测风的风向结论与长系列风向差异较大，因此认为其测风结论的代表性较差。本项目场址位置和离岸距离与半岛南 3#项目更为接近，本阶段暂参考基于半岛南 3#风资源结论的分析结果。

（3）风能资源评价

经综合分析，本阶段暂按风场 130m 高度平均风速为 7.15m/s，年均风功率密度为 390W/m² 进行计算，根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T 18710-2002）风功率密度等级评判标准，本风电场 50m 高度处年均风功率密度约为 311W/m²，风功率密度达到 3 级，具备开发价值。

本阶段风场内风向分布参考周围风场情况，风电场区轮毂高度全年主导风向和次主导风向分别为 S 和 N，风能密度主导方向和次主导方向分别为 N 和 NNE。主要风向区间和主要风能区间分布较为一致，均主要分布在风向 N 和 S 两个方向。

根据千里岩海洋站实测资料，计算千里岩海洋站处 50 年一遇 10 分钟平均最大风速取值 39.2m/s，推算到 130m 轮毂高度处 50 年一遇 10 分钟平均最大风速取值分别为 40.9m/s。根据 IEC61400-1（2005）及 IEC61400-3（2009）标准关于风机安全等级的规定，本阶段根据设计风速情况，初步建议场址在风电机组选型时需选择 IEC IIC 类及以上的风力发电机组。

5.2.4.2 电力系统概况

截至 2020 年底，山东省电厂总装机容量为 158963MW，其中燃煤火电装机容量 106411MW、水电装机容量 1081MW（含抽水蓄能 1000MW）、核电装机容量 2500MW、风电装机容量 17949MW、光伏装机容量 22725MW，其他装机 8295MW。山东电网统调公用电厂装机容量 63825MW。2020 年山东省全社会用电量达到 6940 亿 kWh，全社会最大负荷达到 114400MW。2020 年，山东省共接纳省外来电 1158.6 亿 kWh，最大受电 21980MW。

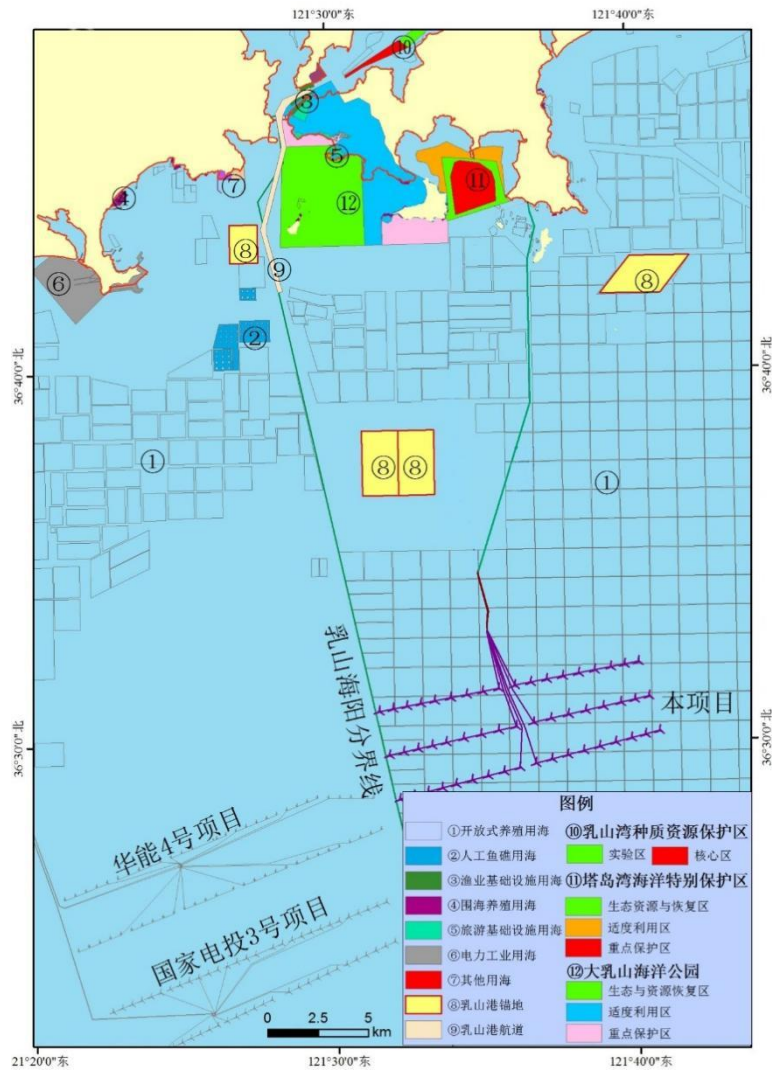
威海电网位于山东电网东部末端，供电范围为环翠区、荣成市、文登区和乳山市。威海电网最高电压等级为交流 500kV，现已形成以 500kV 昆嵛站和威海电厂为主电源，220kV 电网为主网架的供电网络，并通过 220kV 杜家～宁海、桃村～车道、银滩～桃村线路与烟台电网相连。

截至 2020 年底，威海电网装机容量 4253MVA。其中煤电 15 座，装机容量 2837MVA（含威海电厂 2×320+2×680MW）；垃圾发电 6 座，装机容量 142MVA；风电场 16 座，装机容量 1017MVA；光伏电站装机容量 257MVA。2020 年威海市全社会用电量 142 亿 kWh，网供最大负荷 1920MW，预计到 2025 年，全市全社会用电量为 182 亿 kWh，网供最大负荷 2930MW。本项目投产后，其电力可在风电场近区电网就地消纳。

5.3 开发利用现状与保护概况

5.3.1 开发利用与保护现状

本项目位于威海乳山南侧海域，周边开发利用现状主要包括：渔业用海、港口用海、电力用海、旅游娱乐用海、海洋特别保护区等。其中，渔业用海在各种用海类型中占绝对优势。项目周边开发利用现状见图 5.3.2-1。



5.3.2.1 港口航运

本项目不在乳山港区规划范围内。

(1) 港口

乳山口港位于山东半岛东北部乳山市境内，乳山湾南侧，乳山河入海口东岸、大乳山对岸，港区南面有大乳山为屏障，西南有麦杆崮山掩护，行政区属乳山镇。乳山口港是乳山市唯一的商港，也是乳山市重要的运输通道，在经济建设中起着举足轻重的作用。目前乳山口港目前拥有 500 吨级、1000 吨级泊位各 1 个，20000 吨级通用泊位 2 个。

(2) 航道

随着乳山市经济的持续发展，大宗货物进出口量大幅增加。但由于航道水深的限制，来港的船舶或需乘潮进出港，或直接无法进港，成为制约港口和腹地企业发展的主要因素。乳山港航道仅能满足 5000 吨级船舶乘潮通航，与现有泊位规模不匹配。为提高港口综合服务水平，2018 年乳山市重新启动了 2 万吨级单向航道建设工程，设计航道总长 11233m，设计底高程-8.9m。其中，内航道长 2233m、航道通航宽度 104m，外航道长度 9000m、航道通航宽度 112m，内外航道间转弯段采用圆弧连接，转弯半径 1500m，转弯处采用切割法进行加宽。

(3) 锚地

目前，由于乳山港规模小、泊位等级低且到港船舶数量少，因此港口没有配备专用锚地。乳山口湾外现有 5000 吨级散杂货轮候潮待泊锚地（1#锚地），布置在进港航道西南侧，锚地为矩形水域，面积 2.6km²，平均水深 5.6m，泥底，主要供 5000 吨级以下散杂货船舶候潮、待泊、引检等用。但随着航道西侧养殖业的发展，1#锚地已被养殖区占用，无法为到港船舶提供锚泊服务。另外在南黄岛东 4.6km 处设有一深水过驳锚地，该锚地水深 12m 以上，泥底。此锚地也未具备 2 万吨级船舶锚泊要求，同时距离乳山港较远。

根据《威海港总体规划》和乳山口港区发展需要，综合考虑自然条件及到港船型发展趋势，为更好地充分利用海洋资源，满足船舶锚泊的需求，提高船舶锚泊效率，当地已确定在主航道东南侧布置两块面积各为 5.8km² 的 5 万吨级及以下锚地（2#锚地、3#锚地），其中，2#锚地主要功能为待泊、检疫，兼具应急、公益等功能；3#锚地主要功能为避风，兼具应急、公益等，锚地水深均为-16.0~-20.0m。

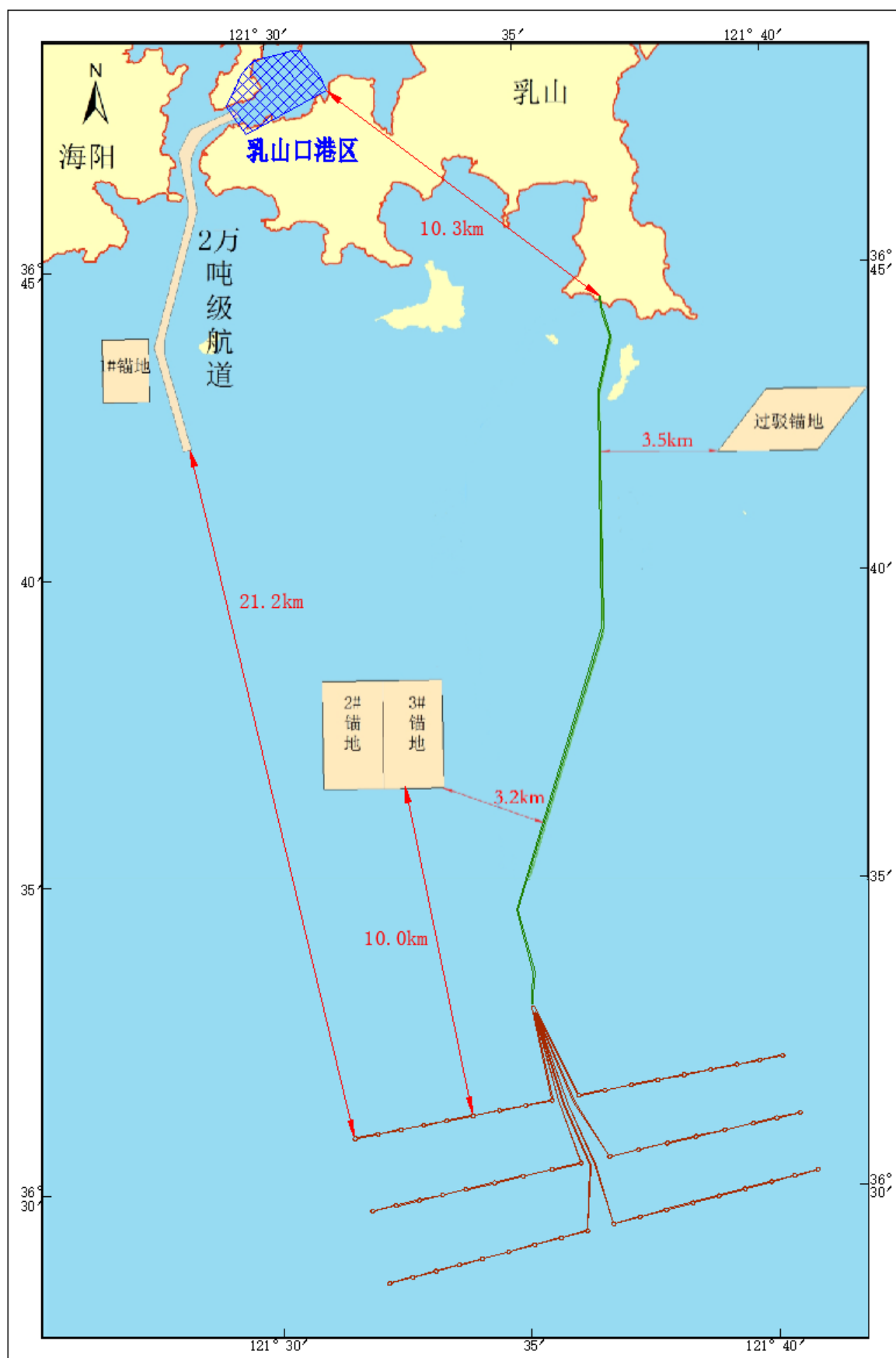


图 5.3.2-2 项目与周边港口航运位置关系图

5.3.2.2 海水养殖

在实施“海上乳山”战略的引导下，乳山市浅海增养殖业发展迅猛，主要包括菲律宾蛤仔养殖、牡蛎养殖、缢蛏养殖。其中乳山湾是乳山市重要的滩涂贝类增养殖区，主要养殖品种有菲律宾蛤仔、缢蛏、泥蚶等。另外，乳山湾海域还是重要的海水养殖区，主要包括：贻贝养殖、牡蛎养殖、裙带养殖、海带养殖、对虾养殖等。

本项目风电场离岸较远，工程区海域（风电场及海缆用海区）主要涉及的为开放式养殖用海。

5.3.2.3 旅游娱乐用海

本项目周边旅游娱乐活动主要位于项目海缆近岸段东西侧海岸区域。塔岛湾东部有银滩省级旅游度假区，西侧有大乳山旅游区等。

银滩旅游度假区：东起浪暖口，西至白沙口，面积约 36.2km²。具有典型的暖温带海洋性气候，冬无严寒，夏无酷暑，春季温暖，秋季凉爽，年平均气温 12.3℃。这里林秀海碧，礁奇滩曲，集山、海、岛、湖、泉、河、林于一体，特别是绵延约 20km 长的沙滩，坡缓滩平，沙质细腻松软，洁白如银，“银滩”因而得名，被誉为“天下第一滩”。

大乳山滨海旅游度假区是区域开发的重要旅游项目，是一处集观光旅游、休闲度假、文化娱乐、养生康体，以及包括旅游房地产开发在内的综合性大型旅游胜地。景区总占地面积 52km²，其中陆地面积 19km²，海洋面积 33km²。经过历年的开发建设，大乳山景区先后荣获“省级园林示范单位”、“山东旅游最具成长力品牌”、“中国十佳休闲胜地”、“2008 中国旅游品牌十大景区”、“中华母亲节率先举办单位”、“中国休闲旅游最佳目的地”等荣誉称号。并被选定为中华母亲节论坛会址、全国女摄影家创作基地、联合国青年技术培训基地、国际休闲产业协会会址、美国 NBA 体育培训中心等产业基地。

项目周边旅游娱乐活动主要位于近岸区域，距离项目风电场较远，距离在 20km 以上，项目海缆登陆点距离西北侧大乳山滨海旅游度假区距离在 4km 以上，距离东北侧银滩旅游度假区在 6km 以上。

5.3.2.4 电力工业用海（风电）

（1）国家电投山东半岛南 3 号海上风电项目

国家电投山东半岛南 3 号海上风电项目位于项目风电场西南侧海阳市海域，与本

项目最近距离 1.4km，该项目拟安装 58 台单机容量为 5.2MW 的风电机组，装机规模 301.6MW。风电场中心北距海阳市政府驻地约 40km，北距海阳核电约 30km。风电场外缘西北距丁字湾旅游休闲娱乐区 32km，西北距海阳万米海滩海洋保护区 31km，北距大乳山旅游休闲娱乐区 26.5km。风电场南北长约 4.9km，东西长约 16.4km。项目于 2019 年底取得用海批复，目前已投产。

（2）华能山东半岛南 4 号海上风电项目

华能山东半岛南 4 号海上风电项目位于项目风电场西南侧海域、国家电投山东半岛南 3 号海上风电项目北侧，与本项目最近距离 5.1km，风电场拟安装 58 台单机容量为 5.2MW 的风电机组，总装机规模 301.6MW，风电机组叶轮直径 161m，轮毂高度 105m。项目于 2019 年底取得用海批复，目前已投产。

（3）国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目

国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目位于项目风电场北侧，与本项目最近距离 1.7km，风电场拟安装 53 台单机容量为 8.5MW 的风电机组，总装机规模 450.5MW，风电机组叶轮直径 230m，轮毂高度 130m。项目海域使用论证报告于 2022 年 11 月通过专家评审，2022 年 12 月获得项目核准批复（见附件）。

（4）国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电一期项目

国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电一期项目位于项目风电场南侧海域，与本项目最近距离 1.7km，风电场拟安装 36 台单机容量为 8.5MW 的风电机组，总装机规模 306MW。项目海域使用论证报告于 2022 年 11 月通过专家评审，项目于 2022 年 12 月取得用海预审意见（见附件），未开工建设。

5.3.2.5 海洋保护区

（1）乳山市塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区

2011 年 5 月 13 日国家海洋局批准成立“乳山市塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区”。保护区总面积 1097.15 公顷，旨在保护西施舌、菲律宾蛤仔等生物资源及岛礁。保护区分为为重点保护区、适度利用区以及生态与资源恢复区三个功能区，其中重点保护区面积 464.06 公顷，适度利用区面积 357.52 公顷，生态与资源恢复区面积 275.57 公顷。主要保护该区域内丰富多样的海洋生物种质资源及其栖息、繁衍地，维护该区域海洋生态系统的健康稳定。

重点保护区为塔岛湾 2m~6m 等深线以内的水域，占保护区总面积的 42.29%。该区

是多种海洋质生物资源包括鱼类、底栖（菲律宾蛤仔、贻贝、西施舌等）的生存与繁殖区；也是对虾、梭子蟹等的重要增殖流场所。

上述保护区位于本项目近岸段海缆西北侧，项目海缆距离该保护区最外围的生态与资源恢复区最近距离约 1km。海缆登陆采用定向钻孔方式，对该保护区基本没有影响。

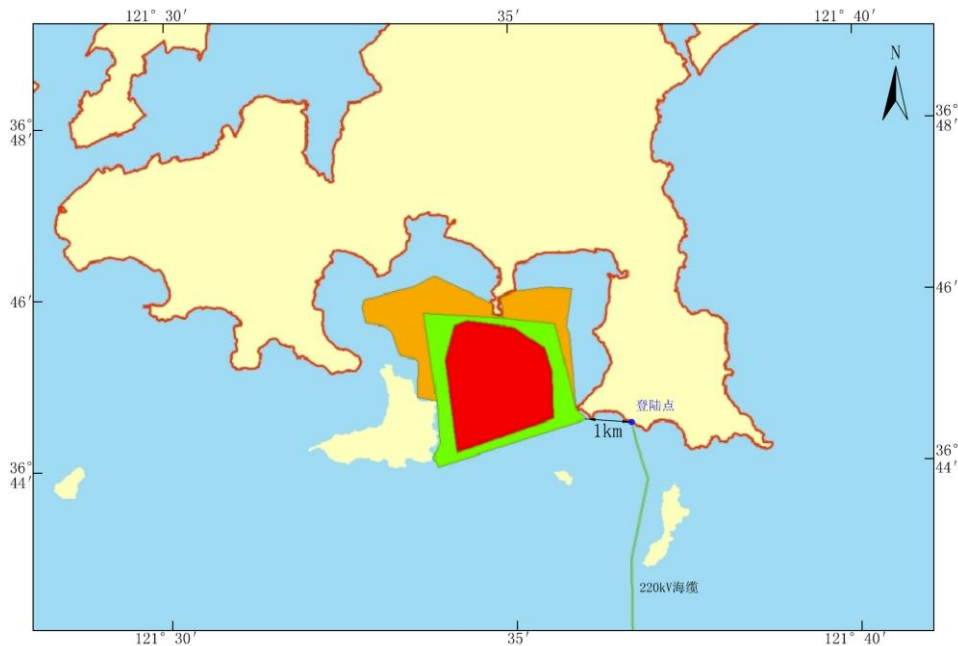


图 5.3.2-5 本项目海缆与乳山市塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区位置关系

（2）乳山湾国家级水产种质资源保护区

乳山湾国家级水产种质资源保护区总面积 203.474 公顷，其中核心区面积 99.699 公顷，实验区面积 103.775 公顷。在乳山湾泥蚶繁殖期及幼虫附着期对其种质资源进行特别保护，特别保护期时间为 7 月 1 日至 9 月 30 日。

保护区位于山东省乳山市辖区内的乳山湾东流区海域，西起寨前南咀，呈带状分布，向东北方向延伸至邹格庄以北海域，由七个拐点连线围成的乳山湾东流区海域。核心区以保护泥蚶自然繁育及其生态环境为主，实验区以泥蚶种质资源恢复为主。主要保护对象为泥蚶，其他保护对象有缢蛏、菲律宾蛤仔、蜆子虾、白姑鱼、短吻红舌鲷、木叶鲷等。

乳山湾国家级水产种质资源保护区位于项目西北侧乳山湾内，本项目路由方案距该保护区最近约 9.3km，项目建设不会对保护区造成影响。

（3）大乳山国家海洋公园

大乳山国家海洋公园为国家级海洋特别保护区，规划范围北起乳山口湾，南至

浦岛，东西向沿海滨方向长约 10 公里，南北陆地部分平均纵深约 2 公里。总体规划范围 47.90 平方公里，其中：陆地面积约 14.87 平方公里，岛屿面积 0.93 平方公里，海域面积约 32.10 平方公里。整个范围涵盖大乳山滨海休闲旅游度假区的所有景点景区，包括自然类资源大/小乳山、海滨沙滩、滨海湿地、岛礁等；人文社会类资源以及运动休闲项目。该海洋公园是目前我国北方景点分布比较集中、涵盖内容最为丰富具特色的国家海洋公园。

大乳山国家级海洋公园总规划面积 4838.68hm²，其中重点保护区面积约 620.67hm²，生态与资源恢复区面积约 1951.30hm²，适度利用区面积约 2266.71hm²。海洋公园海域面积 3450.20hm²，占海洋公园总面积的 71.3%，陆域部分面积约 1487hm²，占海洋公园总面积的 28.7%。

重点保护区分为两部分，分别为红石崖岛北侧 1.8km 范围内自然岩礁保护区和大乳山滨海旅游度假区南部杜家岛自然岩礁及生态系统保护区。重点保护区重点保护红石崖良好的生态环境和反映自然地貌的奇石景观；在河口湿地保护区重点保护已修复的湿地植被景观和野生动物栖息地。

本项目风电场离岸在 20km 以上，项目海缆路由距保护区最近 4.0km，对保护区不会产生影响。

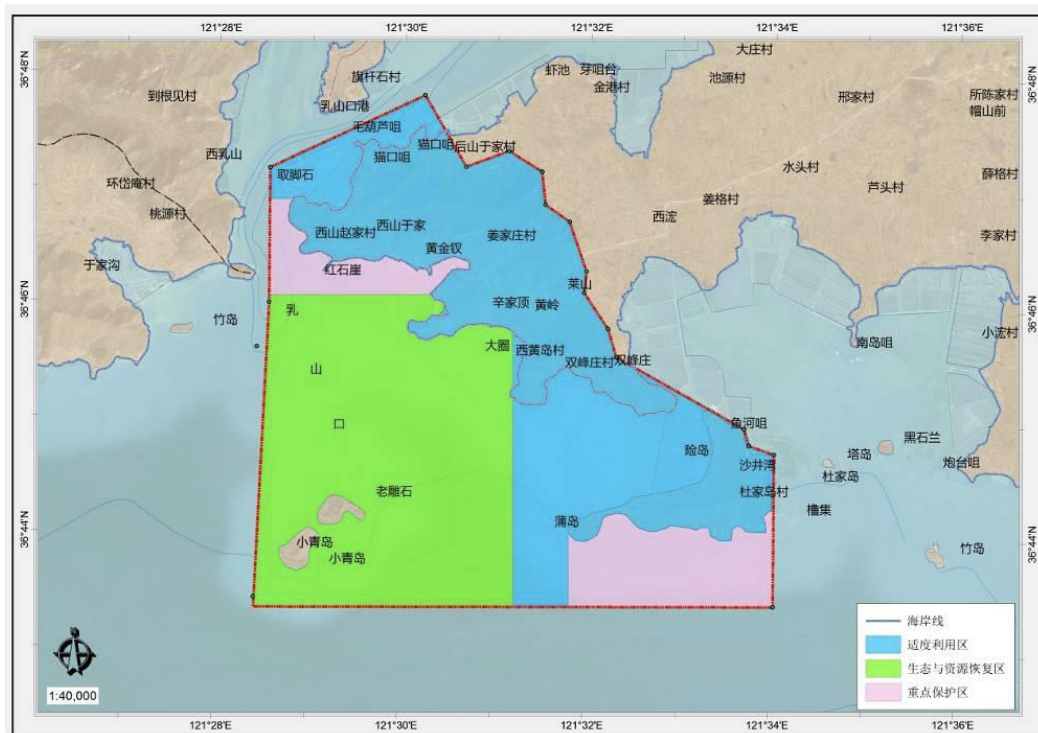


图 5.3.2-6 大乳山国家海洋公园

5.4 水文动力环境调查与评价

自然资源部第一海洋研究所于 2022 年 2 月 18 日至 24 日（冬季）、2018 年 10 月 10 日至 18 日（秋季），在工程海域进行了水文观测，2022 年 2 月布设 8 个海流观测站位，2018 年 10 月布设 6 个海流观测站位进行同步水文海流观测。

5.4.1 2020 年 2 月海流调查

2022 年冬季大潮水文观测时间：大潮观测：2022 年 2 月 18 日 9 时（农历正月十八）至 19 日 11 时（农历正月十九）；中潮观测：2022 年 2 月 23 日 9 时（农历正月二十三）至 24 日 11 时（农历正月二十四）；以下主要依据冬季大、中潮次 8 站同步水文悬沙测验得到的海流资料分析本海区海流状况和特征。

（1）流速、流向关系

根据流速、流向观测记录过程线，涨（落）潮流速最大的时刻发生在由高（低）潮附近，流速最小的时刻发生在高（低）潮后 3h~4h。

（2）海流在平面上的分布

表 5.4-1 为各站实测涨落潮流的平均流速、流向，图 5.4-2 为大、中潮期间各站垂线平均流速流向矢量图。可以看出，各站实测海流均表现为较强的往复性流动，各站涨潮流向为偏 SW 向，落潮流向为偏 NE 向。

1) 涨、落潮流平均流速及流向

以下讨论的均为垂线平均的涨、落潮流平均流速。大潮期涨潮流平均流速最大为 31cm/s，流向为 268°，出现在 U7 站，落潮流平均流速最大为 33cm/s，流向为 87°，出现在 U7 站；场址内涨潮流平均流速最大为 27cm/s，流向为 261°，出现在 U6 站，落潮流平均流速最大为 29cm/s，流向为 92°、89°，出现在 U3、U5 站。中潮期涨潮流平均流速最大为 21m/s，流向为 265°，出现在 U2 站，落潮流平均流速最大为 26cm/s，流向为 67°，出现在 U8 站；场址内涨潮流平均流速最大为 20cm/s，流向为 269°，出现在 U5 站，落潮流平均流速最大为 25cm/s，流向为 86°，出现在 U5 站。

各站中，大潮期，除 U6、U8 涨潮流平均流速大于落潮流平均流速外，其余各站涨潮流平均流速均小于落潮流平均流速。中潮期，各站涨潮流平均流速均小于落潮流平均流速。在两次观测中，各站大潮涨落潮平均流速大于中潮期。

2) 最大涨、落潮流流速及流向

大潮期垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 39cm/s~49cm/s 之间，最大值出现

在 U8 站，流向为 276° ，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 $38\text{cm/s}\sim 48\text{cm/s}$ ，最大值为出现在 U4 站，流向为 93° 。中潮期，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 $28\text{cm/s}\sim 36\text{cm/s}$ 之间，最大值出现在 U2 站，流向为 267° ，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 $38\text{cm/s}\sim 50\text{cm/s}$ ，最大值为出现在 U5 站，流向为 94° 。

大潮期，涨潮流最大流速为 56cm/s ，流向为 280° ，出现在 U8 站表层，落潮流最大流速为 53cm/s ，流向为 73° ，出现在 U2 站表层。中潮期，涨潮流最大流速为 41cm/s ，流向为 271° ，出现在 U2 站表层，落潮流最大流速为 53cm/s ，流向为 72° ，出现在 U2 站表层。

3) 海流在垂向上的分布

大、中潮期观测中，海流流速大部分站的最大值出现在表层 $\sim 0.4H$ 层，流速基本上均自表至底逐渐减小，流向在垂直线上的分布比较一致。

5.4.2 2018 年 10 月海流调查

2018年秋季大潮水文观测时间：2018年10月10日10:00（阴历九月初二）至11日12:00（阴历九月初三）；中潮水文观测时间为：2018年10月14日6:00（阴历九月初六）至15日8:00（阴历九月初七）；小潮水文观测时间：2018年10月17日8:00（阴历九月初九）至18日10:00（阴历九月初十）。以下主要依据大、中、小潮三个潮次6船同步水文悬沙测验得到的海流资料分析本海区海流状况和特征。

根据流速、流向过程曲线和潮位过程曲线，涨（落）潮流速最大的时刻发生在由高（低）潮前后3h左右，最小流速的时刻发生在高（低）潮时左右。该海域的潮波属驻波性质。

表5.4-2为各站实测涨落潮流的平均流速、流向，图5.4-3为大、中、小潮期间各站垂线平均流速流向矢量图。可以看出，离岸站实测海流表现为较强的往复性流动，近岸C5和C6站实测海流表现为一定的旋转性流动，涨潮流向为偏SW向，落潮流向为偏NE向。

(1) 涨、落潮流平均流速及流向

涨、落潮流平均流速，其变化范围落潮流为 $6\sim 35\text{cm/s}$ ，涨潮流变化范围为 $10\sim 28\text{cm/s}$ 。各站中，大潮期，除 C1 站落潮流平均流速小于涨潮流平均流速外，其余各站落潮流平均流速均大于涨潮流平均流速。中潮期，C1、C3、C5 站落潮流平均流速小于涨潮流平均流速，其余各站落潮流平均流速均大于涨潮流平均流速。小潮期，C6

站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速，其余各站落潮流平均流速均小于涨潮流平均流速。

大潮期落潮流平均流速最大为 35cm/s，流向为 96°，出现在 C2 站，涨潮流平均流速最大为 28cm/s，流向为 291°，出现在 C1 站；中潮期落潮流平均流速最大为 14cm/s，流向为 108°，出现在 C2 站，涨潮流平均流速最大为 11cm/s，流向为 309°，出现在 C2 站；小潮期，落潮流平均流速最大为 17cm/s，流向为 90°，出现在 C6 站，涨潮流平均流速最大为 22cm/s，流向为 260°，出现在 C5 站。

在三次观测中，各站落潮平均流速总的看大潮期最大，中、小潮期流速较小。

(2) 最大涨、落潮流流速及流向

大潮期垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 44cm/s~57cm/s 之间，最大值出现在 C5，流向为 61°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 48cm/s~57cm/s，最大值为出现在 C3 站，流向为 83°。中潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 36cm/s~46cm/s 之间，最大值出现在 C2 站，流向为 88°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 33cm/s~46cm/s，最大值为出现在 C5 站，流向为 64°。小潮期，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 27cm/s~36cm/s 之间，最大值出现在 C5 站，流向为 249°，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 27cm/s~37cm/s，最大值为出现在 C4 站，流向为 263°。

5.5 海洋环境调查与评价

5.5.1 站位布设

中国海洋大学于 2022 年 4 月（春季）、2021 年 11 月（秋季）在工程附近海域进行了现场综合调查，共布设水质调查站位 48 个、沉积物调查站位 24 个、生物调查站位 36 个、潮间带调查断面 3 条。

调查站位及坐标见图 5.5-1，表 5.5-1。

5.5.2 调查项目及调查方法

调查项目的采样、分析方法按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）的规定进行。

5.5.2.1 水质

（1）调查项目

盐度、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、石油类和重金属（铜、铅、锌、镉、汞、砷、总铬）。

（2）调查分析方法

样品的采集按照《海洋调查规范：海水化学要素观测》（GB12763.4-2007）《海洋监测规范：第四部分海水分析》（GB17378.4-2007）的有关规定进行。当水深低于 5m，水质样只采表层样；水深超过 5m，水质样采表层、底层；超过 10m，水质样采表层、中层和底层。各项目分析方法和检出限见表 5.5.2-1。

表 5.5.2-1 水质监测分析方法

序号	分析项目	分析方法	检出限	规范性引用文件
1	pH	电位法	0.01pH	GB17378.4—2007
2	总悬浮物	重量法	0.1mg/L	GB17378.4—2007
3	DO	碘量滴定法	0.042mg/L	GB17378.4—2007
4	COD	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L	GB17378.4—2007
5	BOD ₅	碘量滴定法	0.042mg/L	GB17378.4—2007
6	油类	荧光分光光度法	3.5μg/L	GB17378.4—2007
7	NO ₃ ⁻ -N	铈镉还原比色法	0.05μmol/L	GB17378.4—2007
8	NO ₂ ⁻ -N	萘乙二胺分光光度法	0.02μmol/L	GB17378.4—2007
9	NH ₄ ⁺ -N	次溴酸盐氧化法	0.03μmol/L	GB17378.4—2007
11	总氮	过硫酸钾氧化法	0.002mg/L	GB17378.4—2007
11	PO ₄ ³⁻ -P	磷钼蓝分光光度法	0.02μmol/L	GB17378.4—2007
12	SiO ₃ ²⁻ -Si	硅钼黄法	0.45μmol/L	GB17378.4—2007
13	铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L	GB17378.4—2007
14	铅	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L	GB17378.4—2007
15	锌	火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L	GB17378.4—2007
16	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L	GB17378.4—2007

17	总铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L	GB17378.4—2007
18	汞	原子荧光法	0.007μg/L	GB17378.4—2007
19	砷	原子荧光法	0.5μg/L	GB17378.4—2007

5.5.2.2 沉积物

沉积物调查分析项目：石油类、硫化物、有机碳、砷、汞、铜、铅、锌、铬、镉。

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》（GB17378—2007）和《海洋调查规范》（GB12763—2007）的规定进行。分析方法见表 5.5.2-2。

表 5.5.2-2 沉积物项目分析方法

序号	分析项目	分析方法	检出限	规范性引用文件
1	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.2×10^{-6}	GB 17378.5—2007
2	有机碳	氧化还原容量法	0.03%	GB 17378.5—2007
3	铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.5×10^{-6}	GB 17378.5—2007
4	铅	无火焰原子吸收分光光度法	1×10^{-6}	GB 17378.5—2007
5	镉	火焰原子吸收分光光度法	0.05×10^{-6}	GB 17378.5—2007
6	锌	火焰原子吸收分光光度法	6×10^{-6}	GB 17378.5—2007
7	铬	无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}	GB 17378.5—2007
8	砷	原子荧光法	1×10^{-6}	GB 17378.5—2007
9	汞	原子荧光法	5×10^{-9}	GB 17378.5—2007
10	底质油类	荧光分光光度法	2×10^{-6}	GB 17378.5—2007

5.5.2.3 海洋生态

生物生态调查主要进行海水叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（包括鱼卵、仔鱼）、底栖生物和潮间带生物的调查。调查过程中样品采集、贮存、运输和预处理及其分析测定均按《海洋监测规范》（GB 17378-2007）等规范中的相应要求进行。

1) 叶绿素、生物水样、微生物

叶绿素、生物水样在大面站观测时与海水水质调查同步取样；微生物：自表层海水取样直接装入灭菌瓶中，并加盖无菌橡胶塞。

2) 浮游植物和浮游动物

拖网自底（距海底 2m）至海表面垂直拖取。浮游动物用浅水 I 型浮游生物网垂直拖取；浮游植物用浅水 III 型浮游生物网垂直拖取。

3) 底栖生物

用 0.1m^2 的采泥器采泥两次。通过三层不同孔径的套筛筛选。上层筛孔径 2.0~5.0mm，中层为 1.0mm，下层为 0.5mm。

船速 2 kn，航向稳定后投底拖网，拖网绳长为水深 3 倍，拖 15min。收集所有采集到的生物。取样结束后，仔细清除网上遗留生物。

4) 潮间带生物

每条断面在高、中、低潮区共设 6 个站，各站用 25 cm × 25 cm × 30 cm 定量框随机取样 1 次（岩礁底质取样为 25 cm × 25 cm 定量框）。同时在观测站周围进行定性取样与观察。

分析方法参照《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB 17378.7-2007）中规定的方法。

1) 叶绿素 a

荧光分光光度法，用丙酮溶液提取浮游植物色素进行荧光测定。根据提取液酸化前后的荧光值，可以分别计算叶绿素 a 和脱镁色素的含量。

2) 浮游植物

浮游植物水样的鉴定与分析，按照层次进行逐层分析。

3) 浮游动物

浮游动物的样品静置沉淀后进行必要的浓缩，按照序号分别移入已经备好内外标签的样品瓶中，待返回实验室后测定其生物量及计数。

4) 大型底栖生物、潮间带生物

大型底栖生物、潮间带生物在返回实验室后用放大镜或者显微镜进行鉴定其种类。

5.5.2.4 经济生物体质量

取底拖网和渔业资源调查获取的生物样、潮间带采集的当地代表性的海洋生物样品共进行分析，包括鱼类、甲壳类、软体类和藻类等种类，样品数应尽量符合生物调查站位数量。

调查项目有分析经济生物体内的铜、铅、锌、镉、砷、汞、总铬、石油烃等。

分析方法见表 5.5.2-3。

表 5.5.2-3 生物体质量分析方法

项目	方 法	仪器/型号
石油烃	荧光分光光度法	荧光分光光度计 F-4500
Cu	无火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 240DUO
Pb	无火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 240DUO
Zn	火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 240DUO
Cd	无火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 240DUO
Cr	无火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 240DUO
Hg	冷原子吸收分光光度法	智能冷原子荧光测汞仪
As	原子分光光度法	智能冷原子荧光测汞仪

5.5.3 评价标准

海水水质评价依据《海水水质标准》（GB 3097-1997），沉积物质量评价依据《海洋沉积物质量标准》(GB 18668-2002)，经济生物体质量贝类评价依据《海洋生物质量》（GB 18421-2001）。鱼类和甲壳类的生物质量评价（除石油烃外）采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的海洋生物质量标准；石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

表 5.5.3-1 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	
DO>（mg/L）	6	5	4	3
COD≤（mg/L）	2	3	4	5
悬浮物≤（mg/L）	人为增加量≤10		人为增加量≤100	人为增加量≤150
无机氮≤（mg/L）	0.20	0.30	0.40	0.50
硫化物≤（mg/L）	0.02	0.05	0.10	0.20
磷酸盐≤（mg/L）	0.015	0.03	0.045	
油类≤（mg/L）	0.05		0.30	0.50
铜≤（mg/L）	0.005	0.010	0.050	
铅≤（mg/L）	0.001	0.005	0.010	0.050
锌≤（mg/L）	0.02	0.05	0.10	0.50
镉≤（mg/L）	0.001	0.005	0.010	0.010
汞≤（mg/L）	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
铬≤（mg/L）	0.05	0.10	0.20	0.50
砷≤（mg/L）	0.020	0.030	0.050	

表 5.5.3-2 沉积物质量标准（GB 18668-2002）

项目	一类标准	二类标准	三类标准
有机碳×10 ⁻²	≤2.0	≤3.0	≤4.0
石油类×10 ⁻⁶	≤500	≤1000	≤1500
铜×10 ⁻⁶	≤35.0	≤100.0	≤200.0
铅×10 ⁻⁶	≤60.0	≤130.0	≤250.0
汞×10 ⁻⁶	≤0.20	≤0.50	≤1.00
硫化物×10 ⁻⁶	≤300.0	≤500.0	≤600.0
镉×10 ⁻⁶	≤0.50	≤1.50	≤5.00
总铬×10 ⁻⁶	≤80.0	≤150.0	≤270.0
锌×10 ⁻⁶	≤150.0	≤350.0	≤600.0
砷×10 ⁻⁶	≤20.0	≤65.0	≤93.0

表 5.5.3-3 海洋生物质量评价标准 (mg/kg)

项目			第一类	第二类	第三类
生物 体 质 量	镉	(10 ⁻⁶)	≤ 0.20	≤ 2.0	≤ 5.0
	铅		≤ 0.1	≤ 2.0	≤ 6.0
	锌		≤ 20	≤ 50	≤ 100 (牡蛎 500)
	铜		≤ 10	≤ 25	≤ 50 (牡蛎 100)
	铬		≤ 0.5	≤ 2.0	≤ 5.0
	汞		≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 0.30
	砷		≤ 1.0	≤ 5.0	≤ 8.0
	石油烃		≤ 15	≤ 50	≤ 80

表 5.5.3-4 海洋生物体内污染物评价标准 (单位: mg/kg)

项目	铜	锌	镉	总汞	铅	砷	铬	石油烃
鱼类	20	40	0.6	0.3	2	0.5	2.0	20
甲壳类	100	150	2	0.2	2	0.5	2.0	20

调查区域覆盖面积较大,根据《山东省海洋功能区划(2011-2020)》各站位所在功能区及执行评价级别见表 5.5.3-5。

表 5.5.3-5 调查站位所在功能区及执行标准级别一览表

功能区名称	代码	涉及站位	水质标准	沉积物标准
威海-青岛东近海农渔业区	B1-2	2~5 号、8~12 号、15~19 号、22~24 号、26 号、29~33 号、36~40 号、43~47 号、50~54 号、57~60 号	第二类	第一类
海阳-即墨农渔业区	A1-28	1、7、13、14 号	第二类	第一类
丁字湾旅游休闲娱乐区	A5-36	6 号	第二类	第一类
文登-乳山-海阳农渔业区	A1-25	21、27、28、34、35、41、48、49、55、56 号	第二类	第一类
海阳港口航运区	A2-31	20 号	第三类	第二类
千里岩海洋保护区	A6-1	25 号	第一类	第一类
乳山口外特殊利用区	A7-23	42 号	第四类	第三类

5.5.4 评价方法

海水水质、海洋沉积物以及生物体质量以各监测项目作为评价因子,采用单站单因子质量指数法进行评价。

标准指数法的计算方法如下:

1) 一般污染物

污染程度随实测浓度增加而加重的因子,其公式:

$$I_i = C_i/S_i$$

式中：

I_i —— i 项污染物的标准指数；

C_i —— i 项污染物的实测浓度（平均值）；

S_i —— i 项污染物评价标准。

2) 海水 DO

对水中溶解氧 DO，则用下式计算：

$$I_i(DO) = |DO_f - DO| / (DO_f - DO_s) \quad DO \geq DO_s$$

$$I_i(DO) = 10 - 9DO / DO_s \quad DO < DO_s$$

$$DO_f = 468 / (31.6 + t)$$

式中：

DO_f —— 现场水温及氯度条件下，水样中氧的饱和含量（mg/L）；

DO_s —— 溶解氧标准值；

DO —— 溶解氧测定值。

3) 海水 pH

pH 也有其特殊性，计算公式为：

$$S_{i,pH} = |pH_i - pH_{sm}| / Ds$$

式中， $pH_{sm} = \frac{1}{2}(pH_{s\mu} + pH_{sd})$ ， $Ds = \frac{1}{2}(pH_{s\mu} - pH_{sd})$ ； $S_{i,pH}$ —— 第 i 站 pH 的

标准指数； pH_i —— 第 i 站 pH 测量值； $pH_{s\mu}$ —— pH 评价标准的最高值； pH_{sd} —— pH 评价标准的最低值。

4) 海洋生态环境

根据各站浮游动物、浮游植物和底栖生物的种类组成及密度分布，分别计算生物样品的物种多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数、物种优势度指数等，其方法按《海洋监测规范》的要求进行。

根据各站生物的密度，分别对生物样品的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等进行统计学评价分析，计算公式为：

① 香农-韦弗（Shannon-Weaver）多样性指数

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

式中： H' ---生物多样性指数

S ---样品中的种类数量

P_i ---第 i 种的个体数与总个体数的比值

②均匀度

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

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丰度

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

式中： d ---丰度

S ---样品中的种类数量

N ---样品中的生物个体总数

④优势度

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

式中： D ---优势度

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 ---样品中的总个体数

5.5.5 海水水质质量状况与评价结果

5.5.5.1 海水水质质量调查结果

（一）2022 年 4 月春季调查结果

2022 年 4 月春季调查统计结果见表 5.5.5-1。

（1）pH

调查海域海水 pH 变化范围在 8.22~8.31 之间，平均值为 8.26。

（2）溶解氧 DO

DO 含量变化范围在 7.90~11.61mg/L 之间, 平均值为 9.99mg/L。

(3) 化学需氧量

调查海域 COD 含量在 0.29~1.55mg/L 之间, 平均值为 0.80mg/L。

(4) 悬浮物

调查海区 SS 的含量在 2.4~40mg/L 之间, 平均值为 13.09 mg/L。

(5) 无机氮

调查海区海水中无机氮的含量范围在 0.01~0.17mg/L 之间, 平均值为 0.06mg/L。

(6) 活性磷酸盐

调查海区活性磷酸盐的含量范围在 0.001~0.012mg/L 之间, 平均值为 0.003mg/L。

(7) 石油类

调查海区石油类的含量在 0.004~0.06 mg/L 之间, 平均值为 0.02mg/L。

(8) 汞

调查海域海水中汞范围为 0.01~0.04 µg/L, 平均为 0.01 µg/L。

(9) 砷

调查海域海水中砷范围为 0.06~5.96µg/L, 平均为 2.34µg/L。

(10) 铜

调查海域铜范围为 0.48~2.56µg/L, 平均为 1.62µg/L。

(11) 铅

调查海域铅范围为 0.07~0.4 µg/L, 平均为 0.16µg/L。

(12) 镉

调查期间海水中镉含量范围为 0.06~0.22µg/L, 平均为 0.12µg/L。

(13) 总铬

调查海域海水中总铬含量范围为 0.22~2.95µg/L, 平均为 1.26µg/L。

(14) 锌

调查海域锌范围为 2.4~13.2µg/L, 平均为 5.81µg/L。

(二) 2021 年 11 月秋季调查

2021 年 11 月秋季调查统计结果见表 5.5.5-2。

(1) pH

调查海域海水 pH 变化范围在 7.08~8.15 之间, 平均值为 7.92。

(2) 盐度

盐度含量变化范围在 30.46~31.24 之间，平均值为 30.98。

(3) 溶解氧 DO

DO 含量变化范围在 9.01 ~12.50mg/L 之间，平均值为 10.31mg/L。

(4) 化学需氧量

调查海域 COD 含量在 0.43~2.23mg/L 之间，平均值为 1.35mg/L。

(5) 无机氮

调查海区海水中无机氮的含量范围在 0.08~ 0.28mg/L 之间，平均值为 0.13mg/L。

(6) 活性磷酸盐

调查海区活性磷酸盐的含量范围在 0.0003~0.0043mg/L 之间，平均值为 0.0014mg/L。

(7) 石油类

调查海区石油类的含量在 0.002~ 0.009 mg/L 之间，平均值为 0.004mg/L。

(8) 汞

调查海域海水中汞范围为 0.006μg/L ~ 0.020μg/L，平均为 0.013μg/L。

(9) 砷

调查海域海水中砷范围为 0.28μg/L ~ 1.13μg/L，平均为 0.52μg/L。

(10) 铜

调查海域铅范围为 0.27μg/L ~ 2.98μg/L，平均为 1.09μg/L。

(11) 铅

调查海域铅范围为 0.10μg/L ~2.90μg/L，平均为 0.91μg/L。

(12) 镉

调查期间海水中镉含量范围为 0.008μg/L ~ 0.160μg/L，平均为 0.046μg/L。

(13) 总铬

调查海域海水中总铬含量范围为 0.05μg/L ~ 2.59μg/L，平均为 0.56μg/L。

(14) 锌

调查海域锌范围为 2.99μg/L ~ 18.14μg/L，平均为 9.78μg/L。

5.5.5.2 海水水质质量评价

2022 年 4 月秋季水质评价结果见表 5.5.5-3，2021 年 11 月秋季水质评价结果见表 5.5.5-4。

(1) 春季评价结果

根据水质评价结果，除 37 号站石油类存在轻微的超标现象，其余各站位各项监测

指标均符合所在功能区的要求的海水水质标准，调查水域的水质状况较好。

（2）秋季评价结果

根据水质评价结果，除 36 号站 DO、25 号站无机氮存在超标现象，其余各站位各项监测指标均符合所在功能区要求的的海水水质标准，调查水域的水质状况较好。

（3）本项目达标分析

本项目施工期产生各类污染物均有合理的处置措施，不外排。施工悬浮泥沙扩散影响是短暂的，随着施工结束，影响结束。运营期风力发电为清洁能源，基本不会产生其他污染物。项目建设不会对周边功能区水质质量等海洋环境产生不利影响，不会降低该海域海水水质质量。

5.5.6 海洋沉积物质量状况与评价结果

(1) 海洋沉积物质量监测结果

2021 年 11 月调查海域表层沉积物调查统计结果见下表 5.5.6-1。

1) 有机碳

调查海域表层沉积物有机碳含量范围介于 0.16%~1.04 %之间，平均值为 0.50 %。无站位超标，均满足海洋沉积物一类标准（2.0%）的要求。

2) 硫化物

调查海域表层沉积物中硫化物含量范围介于 2.01~86.59 mg/kg 之间，平均值为 24.24 mg/kg；无站位超标，均满足海洋沉积物一类标准（300 mg/kg）的要求。

3) 镉：含量范围介于 0.02~0.20 mg/kg 之间，平均值为 0.09 mg/kg。无站位超标，均满足海洋沉积物一类标准（0.5 mg/kg）的要求。

4) 铬：含量范围介于 5.58~33.83 mg/kg 之间，平均值为 20.19mg/kg。无站位超标，均满足海洋沉积物一类标准（80.0 mg/kg）的要求。

5) 铜：含量范围介于 5.42~33.28mg/kg 之间，平均值为 20.05 mg/kg。无站位超标，均满足海洋沉积物一类标准（35.0 mg/kg）的要求。

6) 铅：含量范围介于 7.67~40.2 mg/kg 之间，平均值为 24.59mg/kg。无站位超标，均满足海洋沉积物一类标准（60.0 mg/kg）的要求。

7) 锌：含量范围介于 7.83~50.10 mg/kg 之间，平均值为 30.92mg/kg。无站位超标，均满足海洋沉积物一类标准（150.0 mg/kg）的要求。

8) 砷：含量范围介于 2.76~14.21mg/kg 之间，平均值为 8.37 mg/kg，所有站位砷元素含量均低于海洋沉积物一类标准的 20 mg/kg。

(2) 海洋沉积物质量评价结果

2021 年 11 月评价结果：所有调查站位所有沉积物调查项目均符合国家第一类海洋沉积物质量标准，调查海域的沉积物环境质量状况较好。调查海域各站位所有沉积物污染因子均符合相应的沉积物质量标准。

5.5.7 海洋生态环境状况

5.5.7.1 叶绿素 a

2022 年 4 月调查海域叶绿素 a 的变化范围在 0.0510~5.32g/L，平均值为 1.63μg/L。本次调查中调查海域叶绿素 a 浓度正常。

2021 年 11 月调查海区海水中叶绿素 a 的变化范围在 0.338~2.068μg/L，平均值为

1.07µg/L。

5.5.7.2 浮游植物

(1) 2022年4月春季调查结果

1) 浮游植物的种群结构

调查中共鉴定出浮游植物 61 种，分别隶属 3 门，其中硅藻门 42 种，占总种数的 69%；甲藻门 18 种，占总种数的 30%。品种最多的站位为 21 站位，21 个种。本次调查优势种中肋骨条藻。

表 5.5.7-1 浮游植物种名录

序号	中文名	拉丁文名
	硅藻门	Bacillariophyta
1	冰河拟星杆藻	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round
2	加拉星平藻	<i>Asteroplanus karianus</i> (Grunow) Gardner et Crawford
3	派格棍形藻	<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Hendey
4	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder
5	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei</i> Karsten
6	丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve
7	密连角毛藻	<i>Chaetoceros densus</i> (Cleve) Cleve, 1899
8	劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow
9	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg
10	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i> Grouh
11	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenberg
12	圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> spp.
13	细弱圆筛藻	<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg
14	威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i> Gran & Angst
15	新月柱鞘藻	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964
16	蜂腰双壁藻	<i>Diploneis bombus</i> Ehrenberg
17	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow
18	斯氏几内亚藻	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle et al
19	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
20	短楔形藻	<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh
21	舟形藻	<i>Navicula</i> spp.
23	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs, 1861
24	洛氏菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow
25	菱形藻	<i>Nitzschia</i> spp.
26	长耳齿状藻	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh
27	中华齿状藻	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow
28	具槽帕拉藻	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873
29	羽纹藻	<i>Pinnularia</i> spp.
30	端尖曲舟藻	<i>Pleurosigma acutum</i> Norman
31	曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> spp.
32	柔弱伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden et al
33	亚得里亚海杆线藻	<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing
34	翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Ostefeld
36	伯氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo
37	透明根管藻	<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostefeld et Schmidt

38	覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell
39	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell
40	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve
41	针杆藻	<i>Synedra</i> spp.
42	海链藻	<i>Thalassiosira</i> spp.
	甲藻门	Dinophyta
43	血红阿卡藻	<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup
44	亚历山大藻	<i>Alexandrium</i> spp.
45	米氏凯伦藻	<i>Karenia mikimotoi</i> G.Hansen & Moestrup
46	梭状新角藻	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia
47	粗刺新角藻	<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-Garcia
48	大角新角藻	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia
49	三角新角藻	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-Garcia
50	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Ehrenberg
51	斯科格鸟尾藻	<i>Ornithocercus skogsbergii</i> Abé
52	米尔纳尖甲藻	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting
53	节杖尖甲藻	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Shroeder
54	尖甲藻	<i>Oxytoxum</i> sp.
55	具齿原甲藻	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein
56	闪光原甲藻	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg
57	微小原甲藻	<i>Prorocentrum minimun</i> (Pavillard) Schiller
58	网刺原多甲藻	<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech, 1974
59	灰甲原多甲藻	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh
60	原多甲藻	<i>Protoperidinium</i> spp.
	金藻门	Chrysophyta
61	小等刺硅鞭藻	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg

2) 浮游植物的细胞数量

本次调查海域浮游植物细胞数量在 1770 个/m³~1.69×10⁷ 个/m³之间，平均为 1.53×10⁶ 个/m³。最高值出现在 10 号站，最低值出现在 59 号站。

3) 评价结果

种类多样性指数 (H')、均匀度 (J) 和丰度 (d) 是生物群落种间群聚的主要参数，可以作为生物评价的生物指数之一。

计算结果表明，2022 年 4 月调查区浮游植物种类多样性指数 (H') 值在 0.10-3.23 之间，平均值为 1.62；均匀度值 (J) 在 0.03-1.00 之间，平均值为 0.62；浮游植物丰度值 (d) 在 0.06-1.11 之间，平均值为 0.62。

表 5.5.7-2 2022 年 4 月调查海域浮游植物各站生态评价指数表

站位	多样性指数	丰富度指数	均匀度指数
2	0.27	0.69	0.07
4	1.75	0.60	0.49
6	1.31	0.67	0.34
8	1.18	0.72	0.30
10	0.16	0.37	0.05

12	0.96	0.50	0.28
14	0.14	0.27	0.05
15	0.97	0.80	0.24
16	1.11	0.84	0.27
17	0.24	0.51	0.07
18	0.10	0.57	0.03
21	1.73	1.11	0.39
22	2.86	0.81	0.75
23	2.62	0.69	0.76
24	2.86	0.72	0.83
26	1.63	0.86	0.41
27	0.83	0.60	0.22
29	2.43	0.71	0.68
31	2.86	0.79	0.77
32	2.89	0.82	0.78
33	3.23	1.07	0.77
35	0.79	0.67	0.20
36	2.21	0.87	0.58
37	2.49	1.08	0.57
39	0.95	0.31	0.37
41	2.24	0.60	0.67
43	2.61	0.98	0.64
44	0.74	0.06	0.74
45	1.61	0.20	0.81
47	2.65	0.54	0.88
49	0.99	0.07	0.99
51	1.58	0.18	1.00
53	1.82	0.44	0.65
55	0.51	0.15	0.32
57	2.51	1.11	0.59
59	2.32	0.37	1.00
最大值	3.23	1.11	1.00
最小值	0.10	0.06	0.03
平均值	1.62	0.62	0.52

(2) 2021 年 11 月秋季调查结果

1) 浮游植物种类组成

调查中共鉴定出浮游植物 56 种，分别隶属于 3 门，其中硅藻门 46 种，占总种数的 82.1%；甲藻门 9 种，占总种数的 16.1%；金藻门 1 种，占总种数的 1.8%。品种最多的站位为 29 号站位，19 个种。本次调查优势种为笔尖形根管藻、劳氏角毛藻、中肋骨条藻、角毛藻。

表 5.5.7-3 浮游植物种名录

序号	中文名	拉丁文名
	硅藻门	Bacillariophyta
1	丛毛辐杆藻	<i>Bacteriastrium comosum</i> Pavillard
2	笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell
3	粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i> Norman ex Ralf
4	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow
5	丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve
6	脆杆藻	<i>Fragilaria</i> spp.
7	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
8	蜂腰双壁藻	<i>Diploneis bombus</i> Ehrenberg
9	佛氏海线藻	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff
10	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell
11	膜状舟形藻	<i>Navicula membranacea</i> Cleve
12	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i> Grouh
13	海链藻	<i>Thalassiosira</i> spp.
14	大洋角管藻	<i>Cerataulina bergonii</i> Ostensfeld, 1903
15	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenberg
16	环纹娄氏藻	<i>Lauderia annulata</i> Cleve
17	斯氏几内亚藻	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle et al
18	具槽帕拉藻	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve
19	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei</i> Karsten
20	劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow
21	齿状角毛藻	<i>Chaetoceros denticulata</i>
22	菱形藻	<i>Nitzschia</i> spp.
23	拟旋链角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin
24	曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> spp.
25	柔弱伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden
26	翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Ostensfeld
27	蛇目圆筛藻	<i>Coscinodiscus argus</i> Ehrenberg
28	深环沟角毛藻	<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran
29	太平洋海链藻	<i>Thalassiosira pacifica</i> Gran & Angst
30	太阳漂流藻	<i>Planktoniella sol</i> Qian et Wang
31	泰晤士旋鞘藻	<i>Helicotheca tamesis</i> (Shrubsole) Ricard
32	细弱圆筛藻	<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg
33	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg
34	嘴状角毛藻	<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder
35	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve
36	优美旭氏藻矮小变型	<i>Schröderella delicatula</i> f. <i>schröderi</i> (Bergon) Sournia
37	掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow
38	圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> spp.
39	圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve
40	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder
41	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs
42	针杆藻	<i>Synedra</i> spp.
43	中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis</i> Greville
44	柔弱井字藻	<i>Eunotogramma debile</i> Grunow in Van Heurck, 1883

45	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve
46	北方角毛藻	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey
	甲藻门	Dinophyta
47	梭状新角藻	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia
48	海洋原多甲藻	<i>Protoperidinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech
49	三角新角藻	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-Garcia
50	短角新角藻	<i>Neoceratium breve</i> (Ostenfeld & Schmidt) Gómez, Moreira & López-Garcia
51	多米尼环沟藻	<i>Gyrodinium dominans</i> Hulbert
52	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Ehrenberg
53	叉状新角藻	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia
54	尖脚原多甲藻	<i>Protoperidinium acutipes</i> (Dangeard) Balech
55	波状新角藻	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia
	金藻门	Chrysophyta
56	小等刺硅鞭藻	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg

2) 浮游植物的细胞数量

本次调查海域浮游植物细胞数量在 1.6×10^4 个/ m^3 ~ 1.2×10^6 个/ m^3 之间, 平均为 3.2×10^5 个/ m^3 。最高值出现在31号站, 最低值出现在10号站。

3) 评价结果

种类多样性指数 (H')、均匀度 (J) 和丰度 (d) 是生物群落种间群聚的主要参数, 可以作为生物评价的生物指数之一。

计算结果表明, 2021 年 11 月调查区浮游植物种类多样性指数 (H') 值在 1.38~3.30 之间, 平均值为 2.66; 均匀度值 (J) 在 0.49~0.94 之间, 平均值为 0.77; 浮游植物丰度值 (d) 在 0.24~0.85 之间, 平均值为 0.56。

表 5.5.7-4 2021 年 11 月调查海域浮游植物各站生态评价指数表

站位	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数
2	0.62	2.94	0.69
4	0.44	2.59	0.86
6	0.36	2.37	0.84
8	0.35	1.97	0.88
10	0.44	2.16	0.77
12	0.36	2.37	0.84
14	0.37	1.38	0.49
15	0.56	3.12	0.94
16	0.36	1.96	0.70
17	0.67	2.95	0.78
18	0.66	3.04	0.80
21	0.68	2.82	0.74

22	0.73	2.28	0.87
23	0.24	1.94	0.84
24	0.65	2.70	0.71
26	0.59	3.11	0.90
27	0.38	2.29	0.71
29	0.85	3.11	0.74
31	0.74	3.26	0.85
32	0.48	2.69	0.81
33	0.63	3.30	0.67
35	0.69	3.09	0.87
36	0.58	3.11	0.92
37	0.39	2.60	0.73
39	0.75	3.09	0.74
41	0.48	2.69	0.81
43	0.82	2.61	0.67
44	0.83	3.11	0.76
45	0.65	2.70	0.71
47	0.50	2.46	0.61
49	0.52	2.29	0.75
51	0.63	3.16	0.68
53	0.54	2.96	0.69
55	0.45	2.49	0.75
57	0.66	2.11	0.74
59	0.57	2.98	0.69
最大值	0.85	3.30	0.94
最小值	0.24	1.38	0.49
平均值	0.56	2.66	0.77

5.5.7.3 浮游动物

(1) 2022 年 4 月春季调查结果

1) 浮游动物的种类结构

调查中共鉴定出浮游动物 24 种，其中节肢动物 12 种，种类最多，占种类组成的 50%；浮游幼虫类 8 种，占种类组成的 33%；原生动物、腔肠动物、栉水母、毛颚动物各 1 种，各占种类组成的 4%。

调查期间，该海域浮游动物的种类组成主要以暖温带沿岸低盐广温种占主导地位，优势种为中华哲水蚤、夜光虫。

表 5.5.7-5 2022 年 4 月调查海域浮游动物种名录

序号	中文名	拉丁文名
	原生动物	Protozoa
1	夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i>
	腔肠动物	Coelenterata
2	卡玛拉水母	<i>Malagazzia carolinae</i>

	栉水母	Ctenophora
3	球形侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>
	节肢动物	Arthropoda
	桡足类	Copepoda
4	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>
5	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
6	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i>
7	克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clasi</i>
8	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>
9	羽长腹剑水蚤	<i>O. plumifera</i>
10	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>
11	硬磷暴猛水蚤	<i>Clytemnestra scutellata</i>
12	猛水蚤	<i>Harpacticoida</i>
	涟虫类	Cumacea
13	三叶针尾涟虫	<i>Diastylis tricineta</i>
	端足类	Amphipoda
14	细足法虫戎	<i>Themisto gracilipes</i>
15	钩虾	<i>Gammarus sp.</i>
	毛颚动物	Chaetognatha
16	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i>
	浮游幼虫	Pelagic larvae
17	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>
18	瓣鳃类幼体	<i>Lamellibranchiata larva</i>
19	腹足类幼体	<i>Gastropoda larva</i>
20	桡足类无节幼虫	<i>Nauplius larva (Copepoda)</i>
21	桡足幼体	<i>Copepoda larva</i>
22	长尾类幼体	<i>Macrura larva</i>
23	短尾类溞状幼虫	<i>Zoea larva (Brachyura)</i>
24	海胆长腕幼虫	<i>Echinopluteus larva</i>

2) 浮游动物的个体数量与生物量

调查海域浮游动物个体数变化范围在 64-18611 个/m³之间, 平均值为 2936 个/m³。最高值出现在 53 号站, 最低值出现在 31、45 号站。调查海域浮游动物生物量变化范围在 0.06-6.92g/m³之间, 平均值为 1.31g/m³。高值出现在 6 号站, 低值出现在 45 号站。

表 5.5.7-6 2022 年 4 月调查海域浮游动物个体数/生物量统计表

站位	生物量 (g/m ³)	种数	密度 (个/m ³)
2	3.08	14	1727
4	1.77	11	1217
6	6.92	7	12488
8	4.05	6	3004

10	0.35	13	1537
12	0.33	16	1158
14	0.40	11	407
15	1.76	6	1145
16	0.86	10	1727
17	0.98	14	1411
18	0.60	8	831
21	1.28	8	16446
22	1.16	7	4409
23	0.30	10	1764
24	0.16	6	309
26	0.35	6	756
27	2.96	10	5200
29	0.66	11	1456
31	0.30	4	64
32	0.24	7	2020
33	0.24	8	1547
35	3.52	11	6085
36	0.36	7	147
37	0.59	11	1733
41	2.38	8	2677
43	3.23	8	2818
44	1.26	10	950
45	0.06	4	64
47	0.11	7	169
49	0.88	9	1282
51	2.64	7	3942
53	0.10	9	18611
55	0.51	7	944
57	0.99	8	1568
59	0.45	7	1134
最大值	6.92	16	18611
最小值	0.06	4	64
平均值	1.31	9	2936

3) 评价结果

根据 2022 年 4 月调查海域浮游动物的生态评价指数, 种类的多样性指数 (H') 平均 1.29, 范围在 0.19-2.52 之间; 种类均匀度指数 (J) 平均 0.43, 范围在 0.07-0.85 之间; 种类丰度指数 (d) 平均 1.15, 范围在 0.66-2.28 之间。调查海域浮游动物分布比较均匀, 群落结构较健康。

表 5.5.7-7 2022 年 4 月调查海域浮游动物生态评价指数表

站位	多样性指数	均匀度指数	丰富度指数
2	2.16	0.57	1.86
4	2.11	0.61	1.51

6	1.01	0.36	0.67
8	0.93	0.36	0.66
10	2.46	0.66	1.75
12	2.52	0.63	2.28
14	2.27	0.66	1.81
15	1.61	0.62	0.76
16	1.96	0.59	1.29
17	1.79	0.47	1.92
18	1.62	0.54	1.12
21	0.43	0.14	0.76
22	0.78	0.28	0.76
23	0.86	0.26	1.28
24	1.20	0.46	0.95
26	1.17	0.45	0.81
27	0.86	0.26	1.11
29	0.99	0.29	1.47
31	1.54	0.77	0.81
32	1.03	0.37	0.84
33	0.90	0.30	1.02
35	1.12	0.32	1.21
36	1.99	0.71	1.33
37	1.06	0.31	1.43
41	0.67	0.22	0.94
43	0.58	0.19	0.94
44	1.01	0.30	1.41
45	1.70	0.85	0.81
47	2.08	0.74	1.29
49	0.40	0.13	1.20
51	0.19	0.07	0.77
53	1.15	0.38	0.75
55	0.73	0.26	0.94
57	0.98	0.33	1.02
59	1.19	0.43	0.91
最大值	2.52	0.85	2.28
最小值	0.19	0.07	0.66
平均值	1.29	0.43	1.15

(2) 2021 年 11 月秋季调查结果

1) 浮游动物种类组成

在调查的 36 个生态站位中，共鉴定出浮游动物 49 种，其中节肢动物 25 种，种类最多，占种类组成的 51%；浮游幼虫类 13 种，占种类组成的 27%；腔肠动物 7 种，占种类组成的 14%；浮游被囊类 2 种，占种类组成的 4%；原生动物和毛颚动物均为 1 种，占种类组成的 2%。

表 5.5.7-8 2021 年 11 月调查海域浮游动物种名录

序号	中文名	拉丁文名
	原生动物	Protozoa
1	夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i>
	腔肠动物	Coelenterata

2	小介螅水母	<i>Podocoryne minima</i>
3	短腺和平水母	<i>Eirene brevigona</i>
4	带玛拉水母	<i>Malagazzia taeniogonia</i>
5	薺枝水母	<i>obelia</i> spp.
6	五角水母	<i>Muggiaea atlantica</i>
7	八斑芮氏水母	<i>Rathkea octopunctata</i>
8	锡兰和平水母	<i>E. ceylonensis</i>
	节肢动物	Arthropoda
	枝角类	Cladocera
9	鸟喙尖头溞	<i>Penilia avirostris</i>
10	肥胖三角溞	<i>Evadne tergestina</i>
11	球形侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>
	桡足类	Copepoda
12	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>
13	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
14	强额拟哲水蚤	<i>P. crassirostris</i>
15	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i>
16	背针胸刺水蚤	<i>C. dorsispinatus</i>
17	海洋伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus marinus</i>
18	火腿伪镖水蚤	<i>P. poplesia</i>
19	真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>
20	小唇角水蚤	<i>L. minuta</i>
21	叉刺角水蚤	<i>Pontella chierchiae</i>
22	中华异水蚤	<i>Acartiella sinensis</i>
23	克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clasi</i>
24	太平洋纺锤水蚤	<i>A. pacifica</i>
25	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>
26	孔雀唇角水蚤	<i>L. pavo</i>
27	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>
28	猛水蚤	<i>Harpacticoida</i>
29	等足类	Isopoda
30	小寄虱	<i>Microniscus</i> sp.
31	端足类	Amphipoda
32	钩虾	<i>Gammarus</i> sp.
33	麦秆虫	<i>Coprella</i> spp.
	毛颚动物	Chaetognatha
34	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i>
	浮游被囊类	Pelagic Tunicata
35	小齿海樽	<i>Doliolum denticulatum</i>
36	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>
	浮游幼虫	Pelagic larvae
37	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>
38	瓣鳃类幼体	<i>Lamellibranchiata larva</i>
39	腹足类幼体	<i>Gastropoda larva</i>
40	蔓足类无节幼虫	<i>Nauplius larva</i> (Cirripedia)
41	蔓足类腺介幼虫	<i>Cypris larva</i>
42	桡足类无节幼虫	<i>Nauplius larva</i> (Copepoda)
43	桡足幼体	<i>Copepoda larva</i>
44	长尾类幼体	<i>Macrura larva</i>

45	腕足动物舌贝幼虫	<i>Lingula larva</i>
46	帚虫类辐轮幼虫	<i>Actinotrocha larva</i>
47	短尾类溞状幼虫	<i>Zoea larva</i> (Brachyura)
48	磁蟹溞状幼虫	<i>Zoea larva</i> (Porcellana)
49	虾卵	<i>Shrimp egg</i>

2) 生物量及其分布

调查海域浮游动物个体数变化范围在 1037-239118 个/m³之间，平均值为 20137 个/m³。最高值出现在 51 号站，最低值出现在 33 号站。调查海域浮游动物生物量变化范围在 0.08-1.86g/m³之间，平均值为 0.43g/m³。

3) 评价结果

根据 2021 年调查海域浮游动物的生态评价指数，种类的多样性指数 (H') 平均 2.01，范围在 0.98-3.04 之间；种类均匀度指数 (J) 平均 0.57，范围在 0.35-0.89 之间；种类丰度指数 (d) 平均 1.38，范围在 0.71-2.34 之间。调查海域浮游动物群落结构较健康。

表 5.5.7-10 2021 年 11 月调查海域浮游动物生态评价指数表

站位	多样性指数	均匀度指数	丰富度指数
2	2.08	0.49	1.47
4	1.74	0.44	1.41
6	1.22	0.35	1.04
8	2.82	0.89	1.41
10	2.96	0.71	2.34
12	2.38	0.61	0.87
14	2.42	0.81	1.28
15	1.88	0.59	1.15
16	2.35	0.59	1.88
17	1.81	0.47	1.86
18	1.35	0.39	1.14
21	2.32	0.73	1.43
22	1.31	0.41	1.2
23	1.48	0.43	1.31
24	2.11	0.66	1.22
26	2.51	0.72	1.86
27	3.04	0.76	1.51
29	2.35	0.59	1.79
31	2.82	0.89	1.4
32	0.98	0.35	0.71
33	1.97	0.44	1.83
35	2.05	0.49	1.48
36	1.82	0.44	1.66
37	2.34	0.69	1.64
39	1.97	0.54	1.28
41	2.52	0.84	1.62
43	2.01	0.57	1.37
44	2.03	0.68	1.31

45	1.62	0.51	1.07
47	1.44	0.38	1.25
49	2.17	0.63	0.96
51	1.72	0.54	1.07
53	1.42	0.38	1.27
55	2.04	0.74	1.23
57	1.79	0.44	1.42
59	1.51	0.45	1.05
最大值	3.04	0.89	2.34
最小值	0.98	0.35	0.71
平均值	2.01	0.57	1.38

5.5.7.4 底栖生物

(1) 2022 年 4 月春季调查结果

1) 底栖生物的种类组成

调查海域内共鉴定出底栖生物 50 种，分别隶属于扁形动物、纽形动物、多毛类、软体动物、甲壳类、棘皮动物。其中多毛类的种类最丰富，出现 31 种，占底栖生物总种数 62%；甲壳类出现的种类次之，共 9 种，占底栖生物总种数的 18%；软体动物 7 种，占底栖生物总种数的 14%；扁形动物、纽形动物、棘皮动物各出现 1 种，占底栖生物总种数的 2%。

表 5.5.7-11 2022 年 4 月调查海域底栖生物名录

序号	类群	中文名	拉丁名
1	扁形动物	平角涡虫	<i>Paraplanocera reticulate</i>
2	纽形动物	纽虫	<i>Nemertinea spp.</i>
3	多毛类	双栉虫	<i>Ampharete acutifrons</i>
4	多毛类	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
5	多毛类	中阿曼吉虫	<i>Armandia intermedia</i>
6	多毛类	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
7	多毛类	细丝鳃虫	<i>Cirratulus filiformis</i>
8	多毛类	足刺拟单指虫	<i>Cossurella aciculata</i>
9	多毛类	巧言虫	<i>Eulalia sp.</i>
10	多毛类	渤海格鳞虫	<i>Gattyana pohaiensis</i>
11	多毛类	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>
12	多毛类	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
13	多毛类	那不勒斯膜帽虫	<i>Lagis neapolitana</i>
14	多毛类	后指虫	<i>Laonice cirrata</i>
15	多毛类	日本细莱毛虫	<i>Levinsenia gracilis japonica</i>
16	多毛类	双唇索沙蚕	<i>Lumbrinereis cruzensis</i>
17	多毛类	尖叶长手沙蚕	<i>Magelona cincta</i>
18	多毛类	中蚓虫	<i>Mediomastus californiensis</i>
19	多毛类	张氏神须虫	<i>Mysta tchangsi</i>

20	多毛类	多齿全刺沙蚕	<i>Nectoneranthes multignatha</i>
21	多毛类	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
22	多毛类	掌鳃索沙蚕	<i>Ninoe palmata</i>
23	多毛类	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>
24	多毛类	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
25	多毛类	副栉虫	<i>Paramphicteis</i> sp.
26	多毛类	格陵兰半突虫	<i>Phyllodoce (Anaitides) groenlandica</i>
27	多毛类	蛇杂毛虫	<i>Poecilochaetus serpens</i>
28	多毛类	尖刺缨虫	<i>Potamilla</i> cf. <i>acuminata</i>
29	多毛类	昆士兰稚齿虫	<i>Prionospio queenslandica</i>
30	多毛类	咽鼻稚虫	<i>Rhynchospio glutaea</i>
31	多毛类	羽鳃栉虫	<i>Schistocomus hiltoni</i>
32	多毛类	巴氏钩毛虫	<i>Sigambra bassi</i>
33	多毛类	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
34	软体动物	小刀蛭	<i>Cultellus attenuatus</i>
35	软体动物	纵肋饰孔螺	<i>Decorifera matusimana</i>
36	软体动物	灰双齿蛤	<i>Felaniella usta</i>
37	软体动物	红明樱蛤	<i>Moerella rutila</i>
38	软体动物	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>
39	软体动物	微角齿口螺	<i>Odostomia subangulata</i>
40	软体动物	薄荚蛭	<i>Siliqua pulchella</i>
41	甲壳类	轮双眼钩虾	<i>Ampelisca cyclops</i>
42	甲壳类	涟虫	<i>Bodotria</i> sp.
43	甲壳类	胶州湾壳颚钩虾	<i>Chitinomandibulum jiaozhouwanensis</i>
44	甲壳类	三叶针尾链虫	<i>Diastylis tricineta</i>
45	甲壳类	尖顶大狐钩虾	<i>Grandifoxus aciculata</i>
46	甲壳类	细长涟虫	<i>Iphinoe tenera</i>
47	甲壳类	齿冷钩虾	<i>Nicippe tumida</i>
48	甲壳类	哈氏和美虾	<i>Nihonotrypaea harmandi</i>
49	甲壳类	潮间海钩虾	<i>Pontogeneia littorea</i> sp.
50	棘皮动物	日本倍棘蛇尾	<i>Amphioplus japonicus</i>

2) 底栖生物的个体数量与生物量

调查海域的底栖动物生物量位于 $0.05-29.40\text{g/m}^2$ 之间，平均生物量为 3.08g/m^2 ，在 18 号站位生物量达到最大值。其个体数量变化范围在 $75-1950\text{个/m}^2$ 之间，平均值为 423个/m^2 ，最大值在 37 号站位。

3) 底栖生物的综合指数

调查底栖生物评样品各项参数分析统计结果。此次调查底栖生物群落各指数值，多样性指数在 $0-2.64$ 之间，平均为 1.45 ；均匀度指数在 $0-1.00$ 之间，平均为 0.80 ；丰度值在 $0-0.77$ 之间，平均为 0.34 。

表 5.5.7-13 2022 年 4 月调查海域底栖生物群落特征指数统计表

站位	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数
2	0.00	0.00	0.00
4	0.18	1.00	1.00
6	0.32	1.58	1.00
8	0.43	1.92	0.96
10	0.00	0.00	0.00
12	0.45	2.00	1.00
14	0.55	2.25	0.97
15	0.52	2.16	0.93
16	0.18	1.00	1.00
17	0.30	1.50	0.95
18	0.77	2.64	0.94
21	0.16	0.92	0.92
22	0.16	0.92	0.92
23	0.00	0.00	0.00
24	0.32	1.58	1.00
26	0.13	0.76	0.76
27	0.18	1.00	1.00
29	0.30	1.50	0.95
31	0.29	1.37	0.87
32	0.75	2.52	0.90
33	0.45	2.00	1.00
35	0.00	0.00	0.00
36	0.65	2.50	0.97
37	0.54	1.98	0.77
39	0.18	1.00	1.00
41	0.16	0.92	0.92
43	0.65	2.41	0.93
44	0.63	2.16	0.84
45	0.55	2.25	0.97
47	0.45	2.00	1.00
49	0.16	0.92	0.92
51	0.57	2.32	1.00
53	0.11	0.52	0.52
55	0.51	2.11	0.91
57	0.00	0.00	0.00
59	0.75	2.52	0.90
最大值	0.77	2.64	1.00
最小值	0.00	0.00	0.00
平均值	0.34	1.45	0.80

(2) 2021 年 11 月秋季调查结果

1) 种类组成

调查海域共采集到底栖生物 64 种，隶属于纽形动物、多毛类、软体动物、甲壳类、棘皮动物、腕足动物等 6 个动物门。其中多毛动物的种类最丰富，出现 45 种，占底栖生物总种数 70.3%；甲壳类出现的种类次之，共 8 种，占底栖生物总种数的 12.5%；软体动物 5 种，占底栖生物总种数的 7.8%；棘皮动物出现 4 种，占底栖生物总种数的

6.3%；纽形动物和腕足动物各出现 1 种，分别占底栖生物总种数的 1.6%。优势种为不倒翁虫和寡鳃齿吻沙蚕。

表 5.5.7-14 2021 年 11 月调查海域底栖生物名录

类群	种名	拉丁名
纽形动物	纽虫	Nemertinea spp.
多毛类	巴氏钩毛虫	<i>Sigambra bassi</i>
多毛类	扁鳃扇栉虫	<i>Amphicteis scophrobranchiata</i>
多毛类	扁蛰虫	<i>Loimia medusa</i>
多毛类	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>
多毛类	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
多毛类	丛生树蛰虫	<i>Pista fasciata</i>
多毛类	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
多毛类	短鳃伪才女虫	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>
多毛类	多丝独毛虫	<i>Tharyx multifilis</i>
多毛类	副栉虫	<i>Paramphicteis</i> sp.
多毛类	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
多毛类	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>
多毛类	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
多毛类	后指虫	<i>Laonice cirrata</i>
多毛类	尖锥虫	<i>Scoloplos armiger</i>
多毛类	昆士兰稚齿虫	<i>Prionospio queenslandica</i>
多毛类	鳞腹钩虫	<i>Scolecopsis squamata</i>
多毛类	马丁海稚虫	<i>Spio martinensis</i>
多毛类	拟节虫	<i>Praxillella praetermissa</i>
多毛类	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
多毛类	中蚓虫	<i>Mediomastus californiensis</i>
多毛类	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
多毛类	日本双边帽虫	<i>Amphictene japonica</i>
多毛类	日本细莱毛虫	<i>Levinsenia gracilis japonica</i>
多毛类	扇栉虫	<i>Amphicteis gunneri</i>
多毛类	梳鳃虫	<i>Terebellides stromii</i>
多毛类	双唇索沙蚕	<i>Lumbrineris cruzensis</i>
多毛类	双栉虫	<i>Ampharete acutifrons</i>
多毛类	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
多毛类	四索沙蚕	<i>Lumbrineris tetraura</i>
多毛类	太平洋白毛虫	<i>Pilargis verrucosa pacific</i>
多毛类	西方似蛰虫	<i>Amaeana occidentalis</i>
多毛类	细丝鳃虫	<i>Cirratulus filiformis</i>
多毛类	小健足虫	<i>Micropodark dubia</i>
多毛类	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
多毛类	小眼拟缨鳃虫	<i>Parasabella microphthalmus</i>
多毛类	有齿背鳞虫	<i>Lepidonotus dentatus</i>
多毛类	长双须虫	<i>Eteone longa</i>
多毛类	羽鳃栉虫	<i>Schistocomus hiltoni</i>
多毛类	长突半足沙蚕	<i>Hemipodus yenourensis</i>
多毛类	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
多毛类	中华合甲虫	<i>Synelmis sinica</i>
多毛类	日本刺沙蚕	<i>Neanthes japonica</i>

类群	种名	拉丁名
多毛类	锥稚虫	<i>Anoides oxycephala</i>
多毛类	足刺拟单指虫	<i>Cossurella aciculata</i>
软体动物	菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i>
软体动物	彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens</i>
软体动物	脆壳理蛤	<i>Theora fragilis</i>
软体动物	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>
软体动物	群栖织纹螺	<i>Nassarius gregarius</i>
甲壳类	锯齿利尔钩虾	<i>Liljeborgia serrata</i>
甲壳类	六齿拟钩虾	<i>Gammaropsis sexdentata</i>
甲壳类	裸盲蟹	<i>Typhlocarcinus nudus</i>
甲壳类	头角泥钩虾	<i>Eriopisella propagatio</i>
甲壳类	鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>
甲壳类	伍氏螯蛄虾	<i>Upogebia wuhsienweni</i>
甲壳类	小巧毛刺蟹	<i>Pilumnus minutus</i>
甲壳类	长尾亮钩虾	<i>Photis longicaudata</i>
棘皮动物	丛足硬瓜参	<i>Sclerodactyla multipes</i>
棘皮动物	日本倍棘蛇尾	<i>Amphioplus japonicus</i>
棘皮动物	滩栖阳遂足	<i>Amphiura vadicola</i>
棘皮动物	心形海胆	<i>Echinocardium cordatum</i>
腕足动物	鸭嘴海豆芽	<i>Lingula anatina</i>

2) 生物量和栖息密度

调查海域 11 月份底栖生物个体数量平均 358.61 个/m²，范围 50~950 个/m²；生物量平均 2.42g/m²，范围 0.01~14.50g/m²。

3) 综合性指数

底栖生物样品的多样性指数、均匀度指数、丰度、优势度分析，是反映底栖生物群落结构特点的一些重要参考指标，它们同时也能反映出调查海域底质生态环境的状况。

本调查海域的底栖生物多样性指数在 1.14~3.15 之间；均匀度在 0.37~0.96 之间；丰富度在 0.43-1.21 之间。底栖生物群落分布比较稳定，均为黄渤海常见种。

表 5.5.7-16 2021 年 11 月调查海域底栖生物群落特征指数统计表

站位号	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数
2	0.49	2.17	0.93
4	0.53	2.28	0.94
6	0.66	2.86	0.95
8	1.1	3.13	0.96
10	0.47	2.94	0.92
12	0.78	1.16	0.48
14	0.89	2.85	0.75
15	1.02	2.74	0.65
16	0.77	2.69	0.69
17	1.03	3.15	0.91

18	1.2	2.04	0.9
21	0.63	2.92	0.94
22	0.84	2.82	0.94
23	1	3.15	0.91
24	0.76	1.58	0.85
26	0.7	1.92	0.96
27	0.9	2.25	0.37
29	0.57	1.66	0.83
31	0.86	2.99	0.83
32	0.57	1.66	0.83
33	0.52	1.28	0.64
35	0.46	1.47	0.63
36	1.09	2.95	0.93
37	0.91	2.37	0.92
39	1.21	2.85	0.95
41	0.43	1.14	0.73
43	0.8	1.77	0.58
44	1.07	2.54	0.8
45	0.9	2.03	0.56
47	1.15	2.56	0.54
49	0.56	1.47	0.4
51	0.85	2.01	0.82
53	0.7	1.79	0.9
55	1.18	2.81	0.81
57	0.97	2.46	0.82
59	0.66	2.84	0.95
最大值	1.21	3.15	0.96
最小值	0.43	1.14	0.37
平均值	0.81	2.31	0.79

5.5.7.5 潮间带生物

(1) 2022 年 4 月春季调查结果

潮间带监测断面共采集到潮间带生物 14 种，隶属于多毛类、甲壳类、腔肠动物软体动物、尾索动物。其中甲壳类出现的种类数最多，共 7 种，占种类组成的 50%；软体动物次之，共 3 种，占种类组成的 21%；多毛类 2 种，占种类组成的 14%；腔肠动物、尾索动物各 1 种，占种类组成的 7%。

表 5.5.7-17 2022 年 4 月调查海域潮间带生物名录

序号	类群	种名	拉丁名
1	多毛类	膜质伪才女虫	<i>Pseudopolydora kemp</i>
2	多毛类	长突半足沙蚕	<i>Hemipodus yenourensis</i>
3	甲壳类	强壮藻钩虾	<i>Ampithoe valida</i>
4	甲壳类	隐居独螺赢蜚	<i>Monocorophium insidiosum</i>
5	甲壳类	日本沙钩虾	<i>Byblia japonicus</i>
6	甲壳类	戈氏豆蟹	<i>Pinnotheres gordonae</i>
7	甲壳类	日本游泳水虱	<i>Natatolana japonensis</i>
8	甲壳类	强壮藻钩虾	<i>Ampithoe valida</i>

9	甲壳类	弯指铲钩虾	<i>Listriella curvidactyla</i>
10	腔肠动物	海葵一种	<i>Actinaria</i>
11	软体动物	黑芥麦蛤	<i>Xenostrobus atratus</i>
12	软体动物	高捻塔螺	<i>Monotygmia eximia</i>
13	软体动物	凸壳肌蛤	<i>Musculus senhousia</i>
14	尾索动物	曼哈顿皮海鞘	<i>Molgula manhattensis</i>

表 5.5.7-19 2022 年 4 月调查海域潮间带生物群落特征指数统计表

站 位	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数
C1-1	0.00	0.00	0.00
C1-2	0.00	0.00	0.00
C1-3	1.26	1.58	1.00
C2-1	0.00	0.00	0.00
C2-2	0.00	0.00	0.00
C2-3	0.87	1.87	0.93
C3-1	0.13	0.75	0.75
C3-2	0.13	0.75	0.75
C3-3	0.17	0.81	0.81
最大值	1.26	1.87	1.00
最小值	0.00	0.00	0.00
平均值	0.28	0.64	0.47

潮间带生物平均生物量为 2.034g/m²。各断面相比，C3-2 断面最高，为 10.104g/m²。C1-2 断面生物量最低，为 0.04g/m²。

潮间带生物栖息密度平均为 111 个/m²。各断面相比，C3-1 断面密度最高，560 个/m²。C1-2、C2-1、C2-2 断面密度最低，为 3 个/m²。

潮间带生物各断面多样性指数为 0~1.87，平均 0.64；丰富度指数为 0~1.26，平均 0.28；均匀度指数为 0~1.00，平均 0.47。

(2) 2021 年 11 月秋季调查结果

1) 种类组成

本次调查共获潮间带生物 24 种，隶属于纽形动物、多毛类、甲壳类、软体动物 4 个类别，其中纽形动物 1 种，占 4.2%；多毛类 11 种，占 45.8%；软体动物 9 种，占 37.5%；甲壳类 3 种，占 12.5%。

表 5.5.7-20 潮间带底栖动物种类名录

类群	种名	拉丁名
纽形动物	纽虫	<i>Nemertinea spp.</i>
多毛类	背褶沙蚕	<i>Tambalagamia fauveli</i>
多毛类	尖锥虫	<i>Scoloplos armiger</i>
多毛类	昆士兰稚齿虫	<i>Prionospio queenslandica</i>
多毛类	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>

多毛类	太平洋长手沙蚕	<i>Magelona pacifica</i>
多毛类	长双须虫	<i>Eteone longa</i>
多毛类	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
多毛类	日本刺沙蚕	<i>Neanthes japonica</i>
多毛类	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
多毛类	足刺拟单指虫	<i>Cossurella aciculata</i>
多毛类	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>
软体动物	布氏朱砂螺	<i>Barleeia bureri</i>
软体动物	光滑狭口螺	<i>Stenothyra glabar</i>
软体动物	托氏昌螺	<i>Umbonium thomasi</i>
软体动物	东方缝栖蛤	<i>Hiatella orientalia</i>
软体动物	短文蛤	<i>Meretrix petechialis</i>
软体动物	光滑河篮蛤	<i>Potamocorbula laevis</i>
软体动物	江户明樱蛤	<i>Moerella jodoensis</i>
软体动物	薄壳绿螂	<i>Glaucanome primeana</i>
软体动物	青蛤	<i>Cyclina sinensis</i>
甲壳类	尖顶大狐钩虾	<i>Grandifoxus aciculata</i>
甲壳类	企氏外浪漂水虱	<i>Excirrolana chiltoni</i>
甲壳类	痕掌沙蟹	<i>Ocypode stimpsoni</i>

3 条断面生物种类存在差异，种类数最多的是断面 3，出现 18 种，最低的断面为断面 2，出现 5 种。从生物种类垂直分布来看，以潮下带、潮中带出现最多，潮上带出现最少。

2) 栖息密度与生物量组成

潮间带生物平均生物量为 $1.32\text{g}/\text{m}^2$ ，各断面变化幅度较大，变化范围在 $0.0\sim 4.65\text{g}/\text{m}^2$ ，最高值出现在断面 3 的潮下带，最低值出现在断面 2 的潮上带。潮间带生物平均栖息密度为 103.1 个/ m^2 ，各断面变化幅度较大，变化范围在 $0\sim 368$ 个/ m^2 ，以断面 3 的潮下带最高，最低值出现在断面 2 的潮上带。

3) 综合性指数

潮间带生物各断面丰富度指数为 $0.32\sim 1.26$ ，平均 0.71 ；多样性指数为 $0.27\sim 1.86$ ，平均 1.23 ；均匀度指数为 $0.28\sim 0.87$ ，平均 0.61 ，调查区域潮间带生物丰度、均匀度和多样性指数正常，群落结构稳定。

表 5.5.7-22 2021 年 11 月潮间带底栖生物群落结构

站位	潮带	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数
1-1	潮上	0.75	1.68	0.839
1-2	潮中	0.86	1.37	0.865
1-3	潮下	1.26	1.58	0.351
2-1	潮上	/	/	/
2-2	潮中	0.387	0.269	0.284
2-3	潮下	0.56	0.891	0.515
3-1	潮上	0.321	0.984	0.621

3-2	潮中	0.73	1.86	0.721
3-3	潮下	0.78	1.24	0.674

5.5.7.6 经济生物体质量

（一）春季调查结果及评价

2022 年 4 月调查海域生物质量检测结果见下表。检测结果表明，贝类体内石油烃、铅、砷含量超过《海洋生物质量标准》（GB18421-2001）中的一类标准，符合二类标准，贝类体内其他评价指标符合《海洋生物质量标准》（GB18421-2001）中的一类标准。软体动物中石油烃的含量超过《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》建议的海洋生物体内污染物评价标准，鱼类和甲壳类体内各项评价指标的含量均低于《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》建议的海洋生物体内污染物评价标准。

表 5.5.7-23 海洋生物质量实测结果统计表 (mg/kg)

序号	监测 站位	类别	生物	石油烃	汞	镉	铅	砷	总铬	铜	锌
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	2	甲壳类	口虾蛄	7.12	0.0208	0.0667	0.157	0.822	0.315	2.35	17.4
2	4	甲壳类	口虾蛄	8.44	0.0119	0.0874	0.105	0.825	0.257	4.17	18.2
3	5	鱼类	六丝钝尾虾虎鱼	4.59	0.0115	0.0412	0.0775	0.812	-	4.56	8.12
4	6	贝类	牡蛎	2.86	0.0256	0.189	0.167	0.244	0.211	6.22	6.96
5	7	甲壳类	口虾蛄	8.65	0.0142	0.148	0.209	2.04	0.532	9.59	16.6
6	10	甲壳类	口虾蛄	7.32	0.0109	0.0540	0.331	4.31	0.464	7.73	12.1
7	11	鱼类	矛尾虾虎鱼	4.57	0.0168	0.0315	0.0467	0.742	0.178	0.924	10.2
8	12	软体动物	脉红螺	20.4	0.0983	5.15	0.0407	4.36	0.269	22.2	25.1
9	13	甲壳类	三疣梭子蟹	14.2	0.0412	0.0229	0.0874	0.732	0.264	6.72	16.1
10	14	贝类	紫贻贝	25.7	0.0390	-	0.730	0.400	0.100	2.40	10.9
11	15	甲壳类	三疣梭子蟹	11.4	0.0385	0.0415	0.0977	0.921	0.284	5.46	17.6
12	18	软体动物	脉红螺	20.4	0.0983	5.15	0.0407	4.36	0.269	22.2	25.1
13	20	鱼类	六丝钝尾虾虎鱼	5.15	0.0203	0.525	0.0664	0.775	0.0964	3.88	11.8
14	22	贝类	文蛤	19.3	0.0322	0.154	0.108	1.27	0.283	1.08	10.6
15	24	软体动物	脉红螺	15.6	0.0859	1.25	0.0648	3.78	0.242	15.4	22.8

（二）秋季调查结果及评价

2021 年 11 月海洋生物体质量监测分析项目包括：Cu、Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 和石油烃。海洋生物质量调查中，工程附近海域各个站位鱼类、甲壳类生物体内污染物含量符合相应规定的生物质量标准值；贝类中铅、镉含量普遍超一类标准，其余评价因子均符合相应的生物质量标准值。

表 5.5.7-28 2021 年 11 月各类群生物质量检测结果(鲜重)(单位: mg/kg)

生物体样品 名称	铜 10 ⁻⁶	铅 10 ⁻⁶	锌 10 ⁻⁶	铬 10 ⁻⁶	镉 10 ⁻⁶	砷 10 ⁻⁶	总汞 10 ⁻⁶	石油烃 10 ⁻⁶
日本蟳	1.02	0.415	3.12	0.22	0.45	0.13	0.010	1.24
日本蟳	0.94	0.537	2.68	0.2	0.4	0.1	0.011	1.26
日本蟳	0.78	0.432	2.37	0.17	0.32	0.11	0.009	1.11
日本蟳	1.24	0.45	2.03	0.16	0.39	0.1	0.010	0.99
密鳞牡蛎	0.96	0.205	4.02	0.21	0.21	0.21	0.011	2.12
密鳞牡蛎	0.86	0.205	3.27	0.22	0.21	0.17	0.013	1.99
密鳞牡蛎	1.03	0.187	2.4	0.2	0.17	0.15	0.011	1.86
密鳞牡蛎	1.22	0.205	2.37	0.18	0.16	0.2	0.010	1.76
紫贻贝	1.48	0.31	1.45	0.22	0.31	0.11	0.010	2.31
紫贻贝	1.21	0.275	1.03	0.2	0.3	0.1	0.008	2.12
紫贻贝	1.02	0.362	1.24	0.2	0.21	0.12	0.009	2.24
紫贻贝	0.99	0.292	1.11	0.17	0.22	0.14	0.007	1.99
菲律宾蛤仔	2.58	0.24	2.01	0.32	0.23	0.37	0.004	2.03
菲律宾蛤仔	1.56	0.205	1.95	0.25	0.21	0.35	0.002	1.85
菲律宾蛤仔	1.64	0.24	1.86	0.23	0.2	0.32	0.003	1.99
菲律宾蛤仔	1.8	0.222	1.66	0.22	0.19	0.3	0.003	1.66
方氏云鳎	0.66	0.012	0.96	0.22	0.12	0.42	0.01	2.46
方氏云鳎	0.55	0.012	0.86	0.19	0.1	0.38	0.011	2.37
方氏云鳎	0.59	0.047	0.8	0.17	0.1	0.4	0.010	2.02
方氏云鳎	0.78	0.012	0.66	0.16	0.09	0.46	0.011	1.99
许氏平鲉	1.02	0.047	0.85	0.43	0.32	0.21	0.018	0.96
许氏平鲉	1.13	0.047	0.69	0.32	0.21	0.2	0.017	1.02
许氏平鲉	0.86	0.03	0.75	0.37	0.23	0.22	0.015	0.85
许氏平鲉	0.99	0.047	0.8	0.32	0.24	0.2	0.014	0.99
栉孔扇贝	0.86	0.327	1.56	0.3	0.21	0.47	0.011	2.13
栉孔扇贝	0.78	0.292	1.24	0.25	0.2	0.45	0.010	1.86
栉孔扇贝	0.69	0.31	1.14	0.26	0.19	0.41	0.012	1.99
栉孔扇贝	0.75	0.292	1.3	0.24	0.17	0.43	0.011	1.85
鲜明鼓虾	3.13	0.222	1.64	0.32	0.31	0.34	0.02	2.67
鲜明鼓虾	2.97	0.205	1.13	0.3	0.25	0.3	0.018	2.01
鲜明鼓虾	2.82	0.17	1.25	0.2	0.26	0.33	0.017	1.98
鲜明鼓虾	2.66	0.187	1.13	0.24	0.23	0.3	0.014	1.86

表 5.5.7-29 2021 年 11 月生物体评价指数一览表

物种	铜	铅	镉	铬	锌	砷	总汞	石油烃
日本蟳	0.010	0.208	0.225	0.110	0.021	0.016	0.050	0.062
日本蟳	0.009	0.269	0.200	0.100	0.018	0.013	0.055	0.063
日本蟳	0.008	0.216	0.160	0.085	0.016	0.014	0.045	0.056
日本蟳	0.012	0.225	0.195	0.080	0.014	0.013	0.050	0.050
密鳞牡蛎	0.096	2.050	1.050	0.420	0.201	0.210	0.220	0.141
密鳞牡蛎	0.086	2.050	1.050	0.440	0.164	0.170	0.260	0.133
密鳞牡蛎	0.103	1.870	0.850	0.400	0.120	0.150	0.220	0.124
密鳞牡蛎	0.122	2.050	0.800	0.360	0.119	0.200	0.200	0.117
紫贻贝	0.148	3.100	1.550	0.440	0.073	0.110	0.200	0.154
紫贻贝	0.121	2.750	1.500	0.400	0.052	0.100	0.160	0.141

紫贻贝	0.102	3.620	1.050	0.400	0.062	0.120	0.180	0.149
紫贻贝	0.099	2.920	1.100	0.340	0.056	0.140	0.140	0.133
菲律宾蛤仔	0.258	2.400	1.150	0.640	0.101	0.370	0.080	0.135
菲律宾蛤仔	0.156	2.050	1.050	0.500	0.098	0.350	0.040	0.123
菲律宾蛤仔	0.164	2.400	1.000	0.460	0.093	0.320	0.060	0.133
菲律宾蛤仔	0.180	2.220	0.950	0.440	0.083	0.300	0.060	0.111
方氏云鳎	0.003	0.006	0.200	0.110	0.024	0.084	0.033	0.123
方氏云鳎	0.003	0.006	0.167	0.095	0.022	0.076	0.037	0.119
方氏云鳎	0.003	0.024	0.167	0.085	0.020	0.080	0.033	0.101
方氏云鳎	0.004	0.006	0.150	0.080	0.017	0.092	0.037	0.100
许氏平鲉	0.005	0.024	0.533	0.215	0.021	0.042	0.060	0.048
许氏平鲉	0.006	0.024	0.350	0.160	0.017	0.040	0.057	0.051
许氏平鲉	0.004	0.015	0.383	0.185	0.019	0.044	0.050	0.043
许氏平鲉	0.005	0.024	0.400	0.160	0.020	0.040	0.047	0.050
栉孔扇贝	0.086	3.270	1.050	0.600	0.078	0.470	0.220	0.142
栉孔扇贝	0.078	2.920	1.000	0.500	0.062	0.450	0.200	0.124
栉孔扇贝	0.069	3.100	0.950	0.520	0.057	0.410	0.240	0.133
栉孔扇贝	0.075	2.920	0.850	0.480	0.065	0.430	0.220	0.123
鲜明鼓虾	0.031	0.111	0.155	0.160	0.011	0.043	0.100	0.134
鲜明鼓虾	0.030	0.103	0.125	0.150	0.008	0.038	0.090	0.101
鲜明鼓虾	0.028	0.085	0.130	0.100	0.008	0.041	0.085	0.099
鲜明鼓虾	0.027	0.094	0.115	0.120	0.008	0.038	0.070	0.093

5.6 渔业资源

5.6.1 调查范围与站位布设

中国海洋大学于 2022 年 3 月 28 日-4 月 2 日（春季）、2021 年 11 月 25 日-29 日（秋季）在工程区及附近海域进行的渔业资源调查，共设调查站位 15 个站位，见表 5.6-1 和图 5.6-1。

5.6.2 调查内容及方法

（1）游泳动物调查方法

游泳动物拖网调查按《GB12763.6 海洋调查规范第 6 部分海洋生物调查》、《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。渔业资源拖网调查所用网具为单拖底拖网，网口 1400 目，网目尺寸 56mm，网口周长 78.4m，囊网网目 20mm。每站拖曳 1h，平均拖速 3.5kn。拖曳时，网口高度 5.3m，网口宽度 9m，每站的实际扫海面积为 58338m²。渔获物在船上鉴定种类，并按种类记录重量、尾数等数据，样本冰冻保存带回实验室详细测定生物学数据。

（2）鱼卵、仔稚鱼调查方法

鱼卵、仔稚鱼是鱼类资源进行补充和可持续利用的基础，在鱼类生命周期中数量

最大、对环境的抵御能力最脆弱，是死亡最多的敏感发育阶段，这期间在形态学、生理学和生态学等特性方面均发生很大的变化，其孵化和成活率的高低、残存量的多寡将决定鱼类世代的发生量，即补充群体资源量的密度。

鱼卵、仔鱼调查根据 GB12763.6《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》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 50 cm，长 145 cm）自底至表垂直取样，定性样品采集使用大型浮游生物网（口径 80 cm，长 280 cm）表层水平拖网 10 min，拖网速度 2 kn。采集的样品经 5% 甲醛海水溶液固定保存后，在实验室进行样品分类鉴定和计数。

（3）调查内容

1) 鱼卵、仔稚鱼

调查项目包括：鱼卵、仔稚鱼的种类组成、数量分布和优势种。

2) 游泳动物

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

5.6.3 评价方法

（1）鱼卵仔稚鱼

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

①相对重要性指数：从各种类在数量、重量中所占比例和出现频率 3 个方面进行优势度的综合评价，判断其在群落中的重要程度，即：

$$IRI=(N+W) F$$

式中：IRI 为相对重要性指数；

N 为在数量中所占的比例；

W 为在重量中所占的比例；F 为出现频率。

②物种丰富度指数（Margalef, 1958）为：

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

式中：D 为物种丰富度指数；S 为种类数；N 为总尾数。

③物种多样性指数（Shannon-Wiener）根据各个种类所占比例进行分析，即：

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

式中：H'为物种多样性指数；

P_i 为 i 种鱼的群落中所占的比例。

④物种均匀度指数（Pielou）：

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

式中：J'是为物种均匀度指数；

H'为物种多样性指数；

S 为种类数。

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

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

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

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

5.6.4 游泳动物调查结果与评价

5.6.4.1 春季调查结果

（1）种类组成

春季调查共出现渔业资源种类 56 其中，鱼类 34 种，占总数的 60.7%；甲壳类 16 种，占总数的 28.6%；头足类 6 种，占总数的 10.7%。

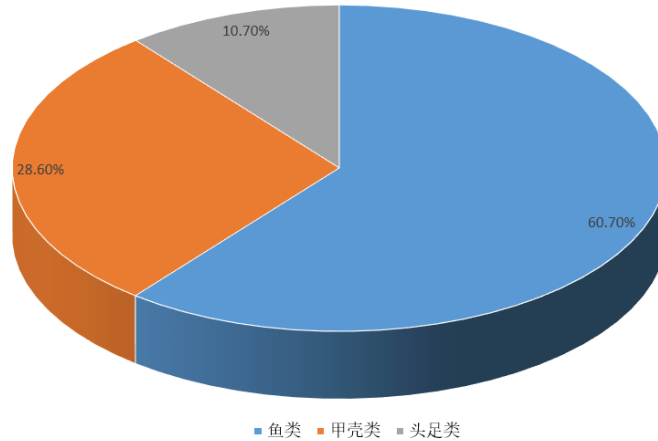


图 5.6.4-1 游泳动物种类数组成

表 5.6.4-1 游泳动物种类名录

种类	序号	种名	拉丁文
鱼类	1	斑鲛	<i>Rajakenojei</i>
	2	星康吉鳗	<i>Congermyriaster</i>
	3	鳀	<i>Engraulisjaponicus</i>
	4	赤鼻棱鳀	<i>Thrissakammalensis</i>
	5	黄鲛鰈	<i>Lophiuslitulon</i>
	6	尖海龙	<i>Syngnathusacus</i>
	7	许氏平鲉	<i>Sebastesschlegeli</i>
	8	绿鳍鱼	<i>Chelidonichthyspinosus</i>
	9	虹鲆	<i>Erisphexpotti</i>
	10	大泷六线鱼	<i>Hexagrammosotakii</i>
	11	网纹狮子鱼	<i>Liparisshefuensis</i>
	12	油鲷	<i>Sphyraenapinguis</i>
	13	黄姑鱼	<i>Nibea albiflora</i>
	14	细条天竺鲷	<i>Apogonlineatus</i>
	15	竹荚鱼	<i>Trachurusjaponicus</i>
	16	皮氏叫姑鱼	<i>Johniusbelengerii</i>
	17	银姑鱼	<i>Pennahiaargentatus</i>
	18	小黄鱼	<i>Larimichthyspolyactis</i>
	19	方氏锦鲷	<i>Enedriasfangi</i>
	20	绵鲷	<i>Enchelyopuselongatus</i>
	21	隧鲷	<i>Azumaemmion</i>
	22	绯衙	<i>Callionymusbeniteguri</i>
	23	小带鱼	<i>Eupleurogrammuspunctamanus</i>
	24	鲐	<i>Scomberjaponicus</i>
	25	蓝点马鲛	<i>Scomberomorusniphonius</i>
	26	长蛇鲻	<i>Saurida elongata</i>
	27	矛尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthysstigmatias</i>
	28	褐牙鲆	<i>Paralichthysolivaceus</i>
	29	桂皮斑鲆	<i>Pseudorhombuscinnamomeus</i>
	30	角木叶鲽	<i>Pleuronichthyscornutus</i>
	31	钝吻黄盖鲽	<i>Pseudopleuronectesherzensteini</i>
	32	石鲽	<i>Kareiusbicoloratus</i>

种类	序号	种名	拉丁文
	33	短吻红舌鲷	<i>Cynoglossusjoyeri</i>
	34	黄鲫	<i>Setipinna taty</i>
甲壳类	35	口虾蛄	<i>Oratosquillaoratoria</i>
	36	中国明对虾	<i>Fenneropenaeuschinensis</i>
	37	日本囊对虾	<i>Marsupenaeusjaponicus</i>
	38	鹰爪虾	<i>Trachysalambriacurvirostris</i>
	39	戴氏赤虾	<i>Metapenaeopsisdalei</i>
	40	鲜明鼓虾	<i>Alpheusdistinguendus</i>
	41	日本鼓虾	<i>Alpheusjaponicus</i>
	42	日本褐虾	<i>Crangonhakodatei</i>
	43	葛氏长臂虾	<i>Palaemongravieri</i>
	44	细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
	45	疣背深额虾	<i>Latreutesplanirostris</i>
	46	隆线强蟹	<i>Eucratecrenata</i>
	47	泥脚隆背蟹	<i>Carcinoplaxvestita</i>
	48	日本关公蟹	<i>Dorippe japonica</i>
	49	三疣梭子蟹	<i>Portunustrituberculatus</i>
	50	双斑蟳	<i>Charybdisbimaculata</i>
头足类	51	太平洋褶柔鱼	<i>Todarodespacificus</i>
	52	金乌贼	<i>Sepiaesculenta</i>
	53	枪乌贼	<i>Loliolusspp.</i>
	54	双喙耳乌贼	<i>Sepiolabirostrata</i>
	55	短蛸	<i>Octopusminor</i>
	56	长蛸	<i>Octopusfangsiao</i>

按重量计，本次调查鱼类占 38.45%，甲壳类占 56.36%，头足类占 5.17%。

按数量计，本次调查鱼类占 27.13%，甲壳类占 69.79%，头足类占 3.08%。

②优势种

本次调查优势种有 2 种，为口虾蛄和矛尾虾虎鱼；重要种有 12 种，依次为疣背深额虾，戴氏赤虾、小带鱼、枪乌贼、日本鼓虾、鹰爪虾、长蛇鲻、葛氏长臂虾、许氏平鲈、银姑鱼、泥脚隆背蟹、短蛸。

重量比例超过 1%的种类共 13 种，占全部渔获物重量的 87.15%。重量组成比例超过 10%的种类 3 种，为口虾蛄 19.04%、矛尾虾虎鱼 25.09%、戴氏赤虾 17.01%；重量组成比例在 5~10%之间的种类 2 种，为银姑鱼 5.07%、长蛇鲻 8.04%；重量组成比例在 1~5%的种类 8 种，依次为鹰爪虾 3.17%、疣背宽额虾 1.03%、枪乌贼 1.73%、小带鱼 2.17%、许氏平鲈 1.56%、泥脚隆背蟹 1.51%、葛氏长臂虾 1.44%、短蛸 1.97%；其余种类重量组成比例低于 1%。

数量比例超过 1%的种类共 12 种，占全部渔获物重量的 85.42%。数量组成比例超过 10%的种类 3 种，为口虾蛄 24.37%、矛尾虾虎鱼 16.52%、戴氏赤虾 16.18%；数量组

成比例在 5~10%之间的种类 2 种，为鹰爪虾 9.77%、疣背宽额虾 6.95%；数量组成比例在 1~5%之间的种类 7 种，依次为银姑鱼 2.13%、长蛇鲻 2.16%、枪乌贼 2.12%、小带鱼 1.25%、许氏平鲉 1.88%、日本鼓虾 1.36%、葛氏长臂虾 1.37%；其余种类数量组成比例低于 1%。

表 5.6.4-2 游泳动物主要种类组成 (IRI>100)

种类	重量百分比 W%	尾数百分比 N%	出现频率 F%	IRI
口虾蛄	19.04	24.37	100	4341
矛尾虾虎鱼	25.09	16.52	100	4161
戴氏赤虾	17.01	16.18	80	2655
鹰爪虾	3.17	9.77	100	1294
疣背宽额虾	1.03	6.95	86.6	691
银姑鱼	5.07	2.13	60	432
长蛇鲻	8.04	2.16	33.3	340
枪乌贼	1.73	2.12	73.3	282
小带鱼	2.17	1.25	60	205
许氏平鲉	1.56	1.88	46.7	161
泥脚隆背蟹	1.51	0.37	83.33	157
日本鼓虾	0.49	1.36	73.3	136
葛氏长臂虾	1.44	1.37	46.7	131
短蛸	1.97	0.24	60	133

④资源密度

根据扫海面积法计算，调查海域尾数资源平均密度为 $44.17 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，以 Y7 号站最高为 $79.14 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，Y1 号站最低为 $15.57 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ；调查海域重量资源密度平均为 361.54 kg/km^2 ，以 Y13 号站最高为 718.70 kg/km^2 ，Y11 号站最低为 134.62 kg/km^2 。

⑤生物多样性

调查海域生物种类多样性指数平均为 1.938，变化范围为 1.467~2.248；物种均匀度指数平均为 0.629，变化范围 0.520~0.782；物种丰富度指数平均为 2.665，变化范围 2.044~3.778。

表 5.6.4-4 游泳动物群落多样性指数

站位	丰富度 D	多样性 H'	均匀度 J'
1	3.202	2.055	0.615
2	3.778	2.103	0.597
3	3.080	2.096	0.597
4	2.714	2.112	0.674
5	2.143	1.905	0.598
6	2.255	1.785	0.581
7	2.044	1.467	0.727
8	2.353	1.728	0.520
9	3.061	2.248	0.611
10	2.744	2.149	0.655

11	2.530	1.935	0.663
12	2.633	2.002	0.650
13	2.350	1.977	0.782
14	2.785	1.829	0.595
15	2.308	1.685	0.576
最小值	2.044	1.467	0.520
最大值	3.778	2.248	0.782
平均值	2.665	1.938	0.629

5.6.4.2 秋季调查结果

(1) 种类组成

秋季调查共出现渔业资源种类 67 种，其中，鱼类 35 种，占总数的 52.2%；虾类 10 种，占总数的 14.8%；蟹类 5 种，占总数的 7.5%；双壳类 3 种，占 4.5%；腹足类 3 种，占总数的 4.5%；头足类 5 种，占总数的 7.5%；棘皮类 6 种，占 9.0%（图 5.6.4-2、表 5.6.4-5）。

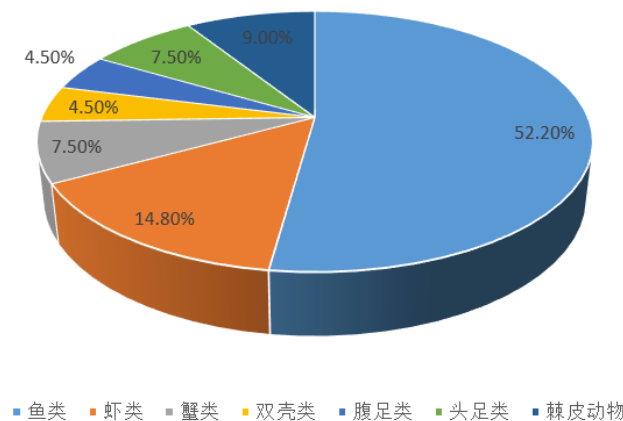


图 5.6.4-2 游泳动物种类数组成

表 5.6.4-5 游泳动物种类名录

物种类群	序号	中文名	拉丁名
鱼类	1	中颌棱鲷	<i>Thryssamystax</i>
	2	黄姑鱼	<i>Nibeaalbiflora</i>
	3	单指虎鲂	<i>Minousmonodactylus</i>
	4	褐菖鲈	<i>Sebastesmarmoratus</i> (CuvieretValenciennes, 1829)
	5	绿鳍鱼	<i>Chelidonichthyspinosus</i> (McClelland, 1844)
	6	铠平鲈	<i>Sebasteshubbsi</i>
	7	虹鲂	<i>Erisphexpottii</i>
	8	云鲈	<i>Pholisnebulosa</i>
	9	皮氏叫姑鱼	<i>Johniusbelengerii</i> (Cuvier, 1830)
	10	小黄鱼	<i>Larimichthyspolyactis</i> (Bleeker, 1877)
	11	白姑鱼	<i>Argyrosomusargentatus</i> (Houttuyn, 1782)
	12	银鲳	<i>Pampusargenteus</i> (Euphracen, 1788)
	13	星康吉鳗	<i>Congermyriaster</i>

	14	方氏云鲷	<i>Enedriasfangi</i>
	15	长蛇鲻	<i>Sauridaelongata</i> (TemmincketSchlegel, 1846)
	16	玉筋鱼	<i>Ammodytespersonatus</i>
	17	黄鲫	<i>Setipinnatenuifilis</i>
	18	青鳞小沙丁鱼	<i>Sardinellazunasi</i>
	19	赤鼻棱鲷	<i>Thryssakammalensis</i> (Bleeker, 1849)
	20	鲷	<i>Engraulisjaponicus</i> (TemmincketSchlegel, 1846)
	21	大泷六线鱼	<i>Hexagrammosotakii</i>
	22	黄鲛鰈	<i>Lophiuslitulon</i>
	23	青鲢	<i>Gnathagnuselongatus</i>
	24	角木叶鲷	<i>Pleuronichthyscornutus</i>
	25	带鱼	<i>Trichiuruslepturus</i>
	26	尖海龙	<i>Syngnathusacus</i> (Linnaeus, 1758)
	27	日本海马	<i>Hippocampusjaponicus</i> (Kaup, 1853)
	28	蓝点马鲛	<i>Scomberomorusniphonius</i>
	29	矛尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthysstigmatias</i> (Richardson, 1844)
	30	长丝虾虎鱼	<i>Cryptocentrusfilifer</i> (Valenciennes, 1837)
	31	长吻红舌鲷	<i>Cynoglossuslighti</i>
	32	鲷	<i>Platycephalusindicus</i>
	33	鲱鲷	<i>Callionymusbeniteguri</i>
	34	六丝钝尾虾虎鱼	<i>Amblychaeturichthyshexanema</i>
	35	细条天竺鲷	<i>Apogonichthyslineatus</i>
虾类	36	戴氏赤虾	<i>Metapenaeopsisdalei</i>
	37	南美白对虾	<i>Penaeusvannamei</i>
	38	脊腹褐虾	<i>Crangonaffinis</i>
	39	中国对虾	<i>Penaeusorientalis</i>
	40	鞭腕虾	<i>Hippolysmatavittata</i>
	41	葛氏长臂虾	<i>Palaemongravieri</i>
	42	鲜明鼓虾	<i>Alpheusdistinguendus</i>
	43	海蜷虾	<i>Latreutesanoplonyx</i>
	44	鹰爪虾	<i>Trachypenaeuscurvirostris</i>
	45	口虾蛄	<i>Oratosquillaoratoria</i>
蟹类	46	寄居蟹	<i>Pagurusminutus</i>
	47	强壮菱蟹	<i>Parthenopevalidus</i>
	48	日本蟳	<i>Charybdisjaponica</i>
	49	三疣梭子蟹	<i>Portunustrituberculatus</i>
	50	沈板蟹	<i>Petalomerasheni</i>
双壳类	51	双斑蟳	<i>Charybdisbimaculata</i>
	52	布氏蚶	<i>Arcaboucardi</i>
	53	总角截蛸	<i>Solecurtusdivaricatus</i>
腹足类	54	扁玉螺	<i>Glossaulaxdidyma</i>
	55	脉红螺	<i>Rapanavenosa</i>
	56	甲虫螺	<i>Cantharuscecillei</i>
头足类	57	金乌贼	<i>Sepiaesculenta</i>
	58	双喙耳乌贼	<i>Sepiolabirostrata</i>
	59	短蛸	<i>Octopusocellatus</i>
	60	长蛸	<i>Octopusvariabilis</i>
	61	枪乌贼	<i>Loligochinensis</i>
棘皮动物	62	哈氏刻肋海胆	<i>Temnopleurushardwickii</i>

63	海燕	<i>Patiriapectinifera</i>
64	罗氏海盘车	<i>Asieriasrollestoni</i> Bell
65	紫蛇尾	<i>Ophiopholismirabilis</i>
66	沙海星	<i>Luidiaquinaria</i> vonMartens
67	多棘海盘车	<i>Asteriasamurensis</i>

按重量计，本次调查鱼类占 78.72%，虾类占 13.32%，蟹类占 3.97%，双壳类占 0.56%，腹足类占 0.48%，头足类占 14.57%，棘皮类占 0.78%。

按数量计，本次调查鱼类占 59.13%，虾类占 34.06%，蟹类占 2.55%，双壳类占 2.37%，腹足类占 0.91%，头足类占 10.45%，棘皮类占 0.65%。

(2) 优势种

本次调查优势种有 3 种，为尖海龙、鹰爪虾和枪乌贼；重要种有 11 种，依次为方氏云鲷、矛尾虾虎鱼、口虾蛄、长蛇鲭、六丝钝尾虾虎鱼、细条天竺鲷、蓝点马鲛、三疣梭子蟹、戴氏赤虾、短蛸、日本蟳。

重量比例超过 1%的种类共 13 种，占全部渔获物重量的 91.60%。重量组成比例超过 10%的种类 2 种，为尖海龙 21.57%、枪乌贼 12.06%；重量组成比例在 5~10%之间的种类 7 种，为鹰爪虾 7.27%、方氏云鲷 8.6%、矛尾虾虎鱼 6.72%、长蛇鲭 6.62%、六丝钝尾虾虎鱼 5.48%、细条天竺鲷 6.16%、蓝点马鲛 6.71；重量组成比例在 1~5%的种类 4 种，依次为口虾蛄 4.61%、三疣梭子蟹 2.38%、短蛸 2.09%、日本蟳 1.33%；其余种类重量组成比例低于 1%。

数量比例超过 1%的种类共 11 种，占全部渔获物重量的 80.17%。数量组成比例超过 10%的种类 2 种，为鹰爪虾 22.68%、尖海龙 18.56%；数量组成比例在 5~10%之间的种类 3 种，为枪乌贼 8.51%、方氏云鲷 8.28%、口虾蛄 6.24%；数量组成比例在 1~5%之间的种类 6 种，依次为矛尾虾虎鱼 4.47%、长蛇鲭 2.71%、六丝钝尾虾虎鱼 2.84%、细条天竺鲷 1.95%、三疣梭子蟹 1.26%、戴氏赤虾 2.67%；其余种类数量组成比例低于 1%。

表 5.6.4-6 游泳动物主要种类组成 (IRI>100)

种类	重量百分比 W%	尾数百分比 N%	出现频率 F%	IRI
尖海龙	21.57	18.56	100	4013
鹰爪虾	7.27	22.68	100	2995
枪乌贼	12.06	8.51	80	2057
方氏云鲷	8.6	8.28	80	1688
矛尾虾虎鱼	6.72	4.47	60	1119
口虾蛄	4.61	6.24	100	1085
长蛇鲭	6.62	2.71	53.3	933

六丝钝尾虾虎鱼	5.48	2.84	73.3	832
细条天竺鲷	6.16	1.95	66.7	811
蓝点马鲛	6.71	0.68	26.7	739
三疣梭子蟹	2.38	1.26	46.7	364
戴氏赤虾	0.95	2.67	100	362
短蛸	2.09	0.91	100	300
日本蟳	1.33	0.93	83.33	226

(3) 资源密度

根据扫海面积法计算，调查海域尾数资源密度为 $297.24 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，以 RL05 号站最高为 $589.92 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，RL07 号站最低为 $65.58 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ；调查海域重量资源密度平均为 919.09 kg/km^2 ，以 RL11 号站最高为 1420.16 kg/km^2 ，RL07 号站最低为 428.34 kg/km^2 。

(4) 生物多样性

调查海域生物种类多样性指数平均为 1.773，变化范围为 1.284~2.162；物种均匀度指数平均为 0.538，变化范围 0.391~0.752；物种丰富度指数平均为 2.625，变化范围 1.982~3.128。

表 5.6.4-8 2021 年 11 月游泳动物群落多样性指数

站位	丰富度 D	多样性 H'	均匀度 J'
Y1	2.658	1.623	0.498
Y2	3.057	1.902	0.548
Y3	2.620	1.852	0.533
Y4	2.911	2.107	0.559
Y5	1.982	1.805	0.490
Y6	2.481	1.463	0.400
Y7	2.465	1.307	0.698
Y8	2.777	2.043	0.524
Y9	2.459	2.162	0.528
Y10	2.717	2.052	0.540
Y11	2.741	1.805	0.599
Y12	2.550	1.655	0.524
Y13	2.262	1.865	0.752
Y14	3.128	1.668	0.485
Y15	2.576	1.284	0.391
最小值	1.982	1.284	0.391
最大值	3.128	2.162	0.752
平均值	2.625	1.773	0.538

5.6.5 鱼卵、仔稚鱼调查结果与评价

(一) 春季调查结果

由于 2022 年 3 月调查时间未处于产卵盛期时，未捕获鱼卵仔稚鱼。为此，本节搜集了烟台市海洋环境监测预报中心 2019 年 5 月在工程区及附近海域进行的渔业资源调查，共设调查站位 12 个站位，见表 5.6.5-1 和图 5.6.5-1。

2019 年 5 月调查共鉴定鱼卵仔稚鱼 12 种，隶属于 2 目 9 科。其中，鱼卵 9 种，以鳀鱼卵为主，占鱼卵总数的 84.65%，仔稚鱼 8 种，以斑鲷最高，占仔稚鱼总数的 41.98%。本次调查鱼卵主要有鳀、短鳍銜、斑鲷和青鳞小沙丁鱼。仔稚鱼主要有斑鲷、鳀和小黄鱼。

表 5.6.5-2 调查海域鱼卵仔稚鱼组成

编号	种类	学名	鱼卵（粒）	仔稚鱼（尾）
01 鳀科				
1	鳀	Engraulis japonicus	7234	50
2	赤鼻棱鳀	Thrissakammalensis	80	
02 鲱科				
3	青鳞小沙丁鱼	Sardinella zunasi	112	
4	斑鲷	Konosirus punctatus	234	102
03 石首鱼科				
5	棘头梅童鱼	Collichthys lucidus		5
6	小黄鱼	Larimichthys poeyotis	149	45
04 鲱科				
7	短鳍銜	Lepidotrigla microptera	675	
05 鲭科				
8	鲈	Scomber japonicus		32
06 六线鱼科				
9	大泷六线鱼	Hexagrammos otakii	10	2
07 平鲈科				
10	许氏平鲈	Sebastes schlegelii		5
08 鲷科				
11	蓝点马鲛	Scomberomorus niphonius	50	2
09 鲷科				
12	高眼鲷	Cleisthenes herzenstein	2	

调查的 12 个站位中，11 个站位有鱼卵出现，鱼卵出现频率为 91.67%。平均密度为 712.17 粒/站（1.54 粒/m³）。其中以 7 号站最高为 1912 粒/站，9 号站次之，为 1632 粒/站，12 号站未采集到鱼卵。

出现仔稚鱼的站位 10 个，出现频率为 83.33%，平均密度 20.25 尾/站（0.043 尾/m³）。其中以 5 号站最高为 53 尾/站，3 号站次之，为 52 尾/站，2 号和 11 号站未采集到仔稚鱼。

（二）秋季调查结果

2021 年 11 月近海鱼卵、仔稚鱼水平拖网调查中，共采集到鱼卵样品 0 粒、稚鱼 2

尾，分别为鳀和黄姑鱼。其中鳀出现在 2#，出现频率为 6.7%，平均密度为 0.33 ind/m³；黄姑鱼出现在 5#，出现频率为 6.7%，平均密度为 0.33 ind/m³。

表 5.6.5-3 2021 年 11 月（秋季）鱼卵、仔稚鱼物种名录

序号	中文名	拉丁名	发育阶段
1	黄姑鱼	<i>Nibea albiflora</i>	稚鱼
2	鳀	<i>Engraulis japonicus Temminck et Schlegel</i>	稚鱼

鱼卵、仔稚鱼数量密度较低主要与调查时间有关。春、夏季节，调查海域水温较高、营养条件较好，因此适于海域大多数鱼种的生长、发育和繁殖，可形成较为丰富的渔业资源；秋末冬初时，水温、营养盐含量偏低，鱼类浮游生物种类和数量相对较少。根据相关文献，调查海域中可能采集到的鱼类浮游生物只有海鳗、花鲈、石鲈等少数几种产浮性卵的种类，而且由于我国近海渔业资源的整体衰退，其中某些物种在近年来的野外拖网调查中已经很少见。此次调查时间为秋末冬初，采集到的鱼类浮游生物样品较少，在一定程度上反映出海域渔业资源的季节变动趋势。

5.6.6 鱼卵、仔稚鱼调查补充资料

为了进一步分析项目周边海域鱼卵、仔稚鱼现状，搜集并补充了自然资源部第一海洋研究所 2021 年 5 月的鱼卵、仔稚鱼调查数据资料（站位信息详见图 5.6.6-1 和表 5.6.6-1）。

2021 年 5 月份调查海域附近共采到鱼卵 3127 粒和仔稚鱼 3 尾，包括鱼卵 2 种，分别为鳀和真鲷，仔稚鱼 2 种，分别为许氏平鲈和六丝钝尾鰕虎鱼。

2021 年 5 月调查海域鱼卵、仔稚资源密度均值分别为 0.781 ind./m³ 和 0.001 ind./m³。其中，鱼卵绝对资源密度最高的为 12 号站位 1.533 ind./m³，7 号站位未采集到鱼卵。仔稚鱼 3、7 和 10 号站位绝对资源密度均为 0.003 ind./m³，其余站位均未采集到仔稚鱼。

5.6.7 主要经济种类的三场一通道

本项目位于乳山南侧外海域，受调查时间及调查站位的限制，本次调查资料不足以阐明渔业资源洄游分布特征，以下根据历史资料对重要经济种类的洄游特征加以描述。

（1）小黄鱼

小黄鱼越冬场在黄海中部，水深 60-80m，底质为泥砂、砂泥或软泥，底层水温最低为 8℃，盐度为 33-34，越冬期为 1-3 月份。之后，随着水温的升高，小黄鱼从越冬

场向北洄游，经成山头分为两群，一群游向北，另一群经山东半岛北部海域进入渤海，在渤海沿岸、鸭绿江口等海区产卵。产卵期主要为 5 月，产卵后鱼群分散索饵，在 10-11 月随着水温的下降，小黄鱼逐渐游经成山头以东 124°E 以西海区向越冬场洄游。

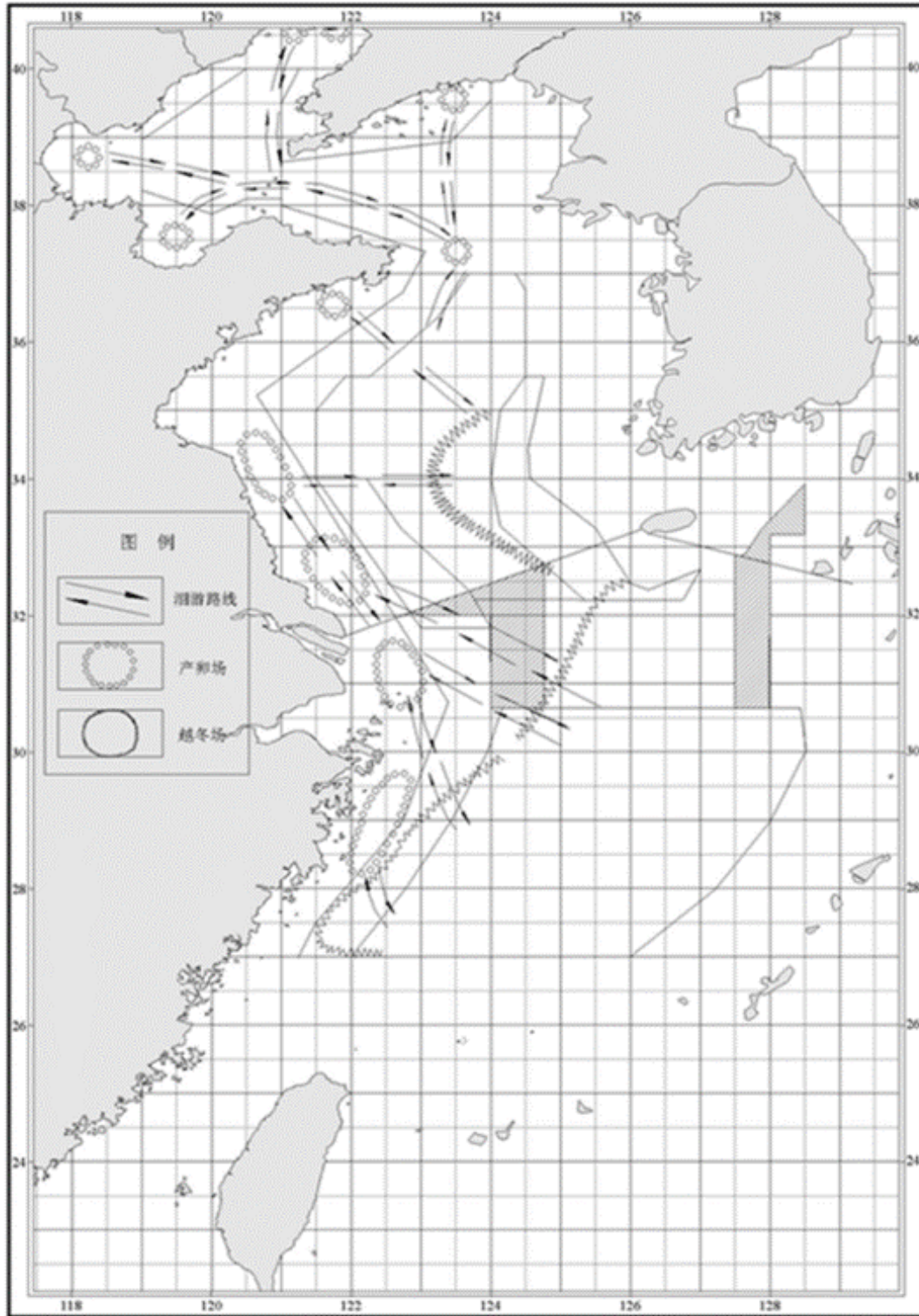


图 5.6.7-1 小黄鱼洄游分布示意图

（2）带鱼

黄海、渤海带鱼种群在黄海有海州湾、海阳和乳山近海、鸭绿江口近海等产卵群；渤海有莱州湾、渤海湾、辽东湾等产卵群。本种群的生态习性为在浅水，温、盐度较低的河口区产卵，产卵期集中于 5、6 月，其他月份产卵个体较少。因海区较封闭，受气象影响大，产卵、索饵和越冬期明显。

黄海、渤海带鱼产卵场位于黄海沿岸和渤海的莱州湾、渤海湾、辽东湾 3 个湾内。现从渤海的两个产卵场和黄海 3 个产卵场条件看，它们都足在水深 20m 左右，底温 14~19℃，盐度 27.0~31.0 的河口混合水海区，水深较浅，受气候因子影响大的海域。

春汛，3~4 月带鱼自济州岛附近越冬场开始向产卵场作产卵前期索饵洄游和产卵洄游。黄、渤海带鱼经大沙渔场游往黄海的海州湾、乳山湾、辽东半岛东岸、烟威近海和渤海的莱州湾、辽东湾、渤海湾等海区。海州湾带鱼产卵群体自大沙渔场经连青石渔场南部，沿 20~40m 水深斜坡，向沿岸游到海州湾的石臼所、岚山头外海产卵；乳山湾带鱼产卵群体经连青石渔场北部进入产卵场。历年以灰岛东南至苏山岛西北一带为鱼群分布的中心；黄海北部带鱼产卵群体自成山头外海游向海洋岛、大鹿岛南、大长山岛北和庄河、新金沿岸产卵。

带鱼产卵群体从烟威渔场游进渤海，其群体可分为南、北两个部分：南部群体进入莱州湾，产卵中心在黄河口东北，水深 20m 处。北部群体分别分布于渤海中部和辽东湾东西两岸，两者之间的群体有一定的联系。辽东湾东岸带鱼产卵群体，春汛在复县外海金州湾洄游分布，经长兴岛向北到熊岳河口为止。辽东湾西岸带鱼产卵群体自大清河口经秦皇岛、山海关、绥中等处近海到葫芦岛海区。

秋汛，渤海南、北部产卵群体于产卵后，部分索饵群体向渤海中部和滦河口近海进行索饵，部分索饵群体游出渤海海峡到烟威渔场索饵。黄海北部带鱼索饵群体于 11 月在海洋岛近海汇同烟威渔场的鱼群向南移动。海州湾渔场小股索饵群体北游乳山、石岛绕过成山头到达烟威近海，大股索饵群体分布于海州湾渔场东部和青岛近海进行索饵。

10 月向东移动到青岛东南近海同来自渤海、烟威、黄海北部各渔场的鱼群汇合。乳山渔场索饵群体 8、9 月分布在石岛近海，9 月、10 月、11 月等先后同渤海、烟威、黄海北部和海州湾等渔场索饵群体在石岛东南和南部的陡坡和水温梯度大的海区汇合形成非常浓密的鱼群，当鱼群移动到 36°N 以南时，随着陡坡宽阔缓和和水温梯度减少，逐渐广泛分散游往大沙渔场。

每年秋末冬初，随着水温迅速下降，11 月前带鱼越冬鱼群离开渤海，12 月底前后离开黄海北部、中部，从大沙渔场进入济州岛附近越冬场。在济州岛南部海区，终年底温 $14\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，底盐 $33.0\sim 34.5$ ，冬季沿黄海海沟向黄海南部出现的明显水舌，这就是黄海暖流。黄海、渤海带鱼越冬场就在黄海暖流影响的海域内。并向东海迤邐接连东海带鱼越冬场

（3）银鲳

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

（4）鲈

洄游至黄海的鲈，主要来自于济州-対马和东海的两个群系：対马暖流（包括黄海暖流）系和台湾暖流系。春季随着水温的升高，上述两个群系的部分鱼群开始向北游进黄海。鲈进入渤海的数量较少，且时间相对较晚。3 月末、4 月初，鲈由越冬场北上进行产卵洄游，5-6 月先后抵达青岛—石岛外海、烟台—威海外海、海洋岛外海约 40m 以浅的水域产卵，小部分鱼群经渤海海峡进入渤海产卵。7 月下旬产卵结束。8-10 月，鲈陆续返回较深水域，主要在石岛东南、黄海南部和北黄海的中部一带索饵。秋季（10-12 月），随着温度的下降，鱼群开始向黄海中南部更深的水域移动并索饵。冬季（2 月），鱼群全部向东南退至 35°N 以南， 123°E 以东、水温在 10°C 以上的黄海暖流

舌状区域的范围内，大部分鱼群则进入对马水域和东海进行越冬。

(5) 蓝点马鲛

4 月下旬，蓝点马鲛由越冬场经大沙渔场，由东南抵达 $33^{\circ}00'-34^{\circ}30'N$ ， $122^{\circ}00'-123^{\circ}00'E$ 范围的江苏射阳河口东部海域后，一支鱼群游向西北，进入海州湾和山东半岛南岸各产卵场，产卵期在 5-6 月。主群则沿 $122^{\circ}30'N$ 北上，首批鱼群四月底越过山东高角，向西进入烟威近海产卵场以及渤海的莱州湾、辽东湾、渤海湾及滦河口等主要产卵场，产卵期为 5-6 月。在山东高角处，从主群分出的另一支群体继续北上，抵达黄海北部的又一产卵场海洋岛，产卵期为 5 月中到 6 月初。每年 9 月上旬前后，鱼群开始陆续游离渤海，9 月中旬黄海索饵群体主要集中在烟威、海洋岛及连青石渔场，10 月上、中旬，主群向东南移动经海州湾外围海域，汇同海州湾内索饵鱼群在 11 月上旬迅速向东南洄游，经大沙渔场的西北部返回沙外及江外渔场越冬。

(6) 中国对虾

春季，在渤海和黄海北部与中部近岸水域发生的中国对虾，一生中要进行两次洄游，一次是在秋季 11 月份的中、下旬，由于渤海和黄海北部与中部近岸水温的下降，在那里索饵和生长的中国对虾分别集群，进行长、短距离不一的越冬洄游，最后到达黄海中、南部水深在 60-80m 之间的深水区，分散进行越冬。越冬场底层水温一般是 $8-10.5^{\circ}C$ ，越冬期为 1-3 月。根据 80 年代以前的调查结果，越冬场位置大约在黄海 $33^{\circ}00'-36^{\circ}00'N$ 、 $122^{\circ}00'-125^{\circ}00'E$ 之间的区域；另一次是翌年的 3 月份的中、下旬，由于中国对虾要到黄、渤海近岸河口附近浅水区进行产卵，于是从越冬场开始集群，向近岸各产卵场进行生殖洄游，一般在 4 月底或 5 月初到达黄、渤海近岸各产卵场，进行生殖活动。中国对虾的主要产卵场在渤海的莱州湾、渤海湾、辽东湾和滦河口附近水域。此外，在黄海北部的海洋岛和鸭绿江口附近水域，黄海西部的山东半岛南岸的靖海湾、五垒湾、乳山湾、丁子湾、胶州湾和海州湾等河口附近水域，以及黄海东部朝鲜半岛西海岸的仁川沿岸，也都有中国对虾的产卵场。

(7) 毛虾

中国毛虾虽属较为典型的地方性海洋渔业生物资源，因游泳能力较弱不作长距离的洄游，喜栖于海水中下层，夏季有时也上升到表层，春、夏、秋三季在分布区内随涨落潮而往返，有昼夜垂直移动的习性，晴天比阴天尤为明显。在水深和透明度大的水域比水浅透明度小的水域要显著，有明显的季节性定向的浅、深水之间的移动。在

渤海区中国毛虾形成两部分独立的群体(在分布和生殖上都是独立的), 通称辽东湾群和渤海西部群, 辽东湾群终年不离开辽东湾, 越冬期(1、2月), 分布于辽东湾南部水深为 25~30m 的水域, 一般大个体毛虾的分布区偏南, 中、小个体偏北。2 月下旬越冬虾群尾随梅童鱼、脊尾白虾、葛氏长臂虾之后, 开始向北移动, 除中央部分的主群外, 当资源较多的时候, 也有一部分虾群沿辽东湾东、西两侧北上; 3 月上旬, 虾群主要密集于水深 10~15m 的区域, 以后逐渐向 5m 等深处扩散, 这个时期 39°31'N 以南海域仍有由较小个体组成的虾群分布; 5 月下旬, 随着性腺发育并趋近成熟, 虾群进一步向北部浅水区移动, 进行交尾, 接着产卵期开始; 6 月在辽东湾北部河口区(辽河、大凌河和小凌河河口)形成毛虾第一次产卵高峰。在 20 世纪 50 年代初、中期, 由于资源的丰盛, 早春捕捞强度较低, 6 月河口区产卵虾群密集, 虾体大而整齐, 形成橈张网渔业的黄金季节, 俗称“五月十三(农历)橈”, 河北南堡也有此俗称。7 月初, 产卵场扩展到西部菊花岛和东部鲅鱼圈沿海, 因越年产卵后逐渐死亡, 所以 6~7 月间资源急剧减少, 一般到 7 月下旬越年虾作为一个虾群来说已基本消失, 出生于北部水域的夏一世代毛虾, 随沿海渔场, 最后进入黄骅歧口沿海。渔期早的年份, 每年 2 月下旬, “雨水”刚过, 近岸水域仍是一片冰封时, 渔民即破冰出海, 开始了春汛生产, 在渔期早的年份, 很快进入旺汛; 当近岸河口区水温上升, 毛虾逐渐向近岸河口区转移, 渔期即告结束, 有的年份在 3 月中旬结束, 有的年份可持续到 4 月中下旬。其他渔场的渔期较晚, 例如老黄河口以西海区毛虾渔期在 3 月中下旬开始, 5 月中旬以后, 开始是大体毛虾, 以后包括中型毛虾接近沿岸区产卵。6 月份是越年虾群的产卵盛期, 南堡海河口、大河口和莱州湾西部近岸水域也都是越年毛虾的产卵场。7 月上旬后, 剩余的越年虾群和夏一世代幼虾离开近岸浅水区向较深水域转移, 分布范围扩大, 在渤海湾的中西部形成了中心渔场。8 月虾群分布区不变, 但已是夏一世代毛虾的产卵盛期。9 月份毛虾继续向外移动, 产卵场扩大到渤海湾东部黄河口海域和大清河附近海区。11 月下旬至 12 月上旬, 随着水温下降, 渤海湾南部毛虾和莱州湾毛虾主群, 均向越冬场转移。

从上述可以看出, 辽东湾和渤海西部中国毛虾群移动分布趋势是一致的。即每年 2 月下旬起, 越冬区毛虾开始向近岸海区转移, 首先在离岸较远、水较深、水温相对较高的水域停留, 强烈索饵; 5 月下旬, 当沿岸水温上升到 18℃左右, 毛虾向沿岸, 特别是河口区转移, 并进入产卵期, 早期产卵的是大型虾, 以后是中型虾, 6 月形成越年虾的产卵高峰期; 7 月以后, 随着沿岸水温进一步提高, 剩余的越年虾和夏一世代幼虾外撤; 8 月夏一世代毛虾进一步外撤于相对低温区(23~26℃)产卵, 形成第二个产卵高峰;

11 月下旬，随着水温急剧下降，虾群开始向深水区移动；大约在 12 月上、中旬，虾群向越冬区转移。

（8）三疣梭子蟹

三疣梭子蟹属于近岸种，为地方性种群，游泳能力较弱，不做长距离洄游，深秋时，只做短距离移动，在离岸稍远的水域即可越冬。春季 4 月初，黄海北部地理群的越冬群体向北部近岸浅水区产卵场移动，黄海南部地理群的越冬群体向吕泗渔场的近岸浅水区、海州湾、朝鲜半岛的西海岸等产卵场移动。一般在 10m 以下的浅水区、靠近河口附近的水域进行繁殖，当年发生的幼蟹和越冬蟹基本在近岸水域索饵，直到深秋近岸水温不断下降才开始向较深水域缓慢移动，12 月至翌年 3 月，在离岸稍远、水深大约 20-30m 的软泥低质海域蛰伏越冬。

（9）青鳞沙丁鱼

青鳞沙丁鱼广泛分布于我国黄渤海和东海沿岸，越冬场位于济州岛与五岛之间水深近 100m 处，越冬期为 1~3 月。越冬场底层水温为 10~13℃，底层盐度为 33.0~34.0。3 月中上旬，鱼群开始分批向西北进行产卵洄游，3 月中下旬鱼群分别抵达吕四外海、海州湾和石岛外海，4 月中下旬分布在黄海北部和烟威外海，4 月下旬至 5 月上旬进入渤海，5 月中旬遍布于渤海各湾。产卵期在 5--7 月，产卵后鱼群分散在沿岸海区索饵，6~10 月分别在莱州湾、辽东湾和射阳河门形成 3 个密集区。8 月稍离沿岸向较深水域移动，9 月 10 月分布在渤海和黄海北部的鱼群已有部分开始进行越冬洄游，11 月中下旬，各鱼群分批向黄海、南部汇集，继续南下，1 月上旬返回越冬场。

（10）口虾蛄

口虾蛄，俗称虾耙子、耙虾。其广泛分布于渤海、黄海、东海、南海和日本近海，为广分布、暖温性、大型经济甲壳类。在黄渤海沿岸，它是小型底拖网、定置网和流刺网的主要捕捞对象，其味道鲜美，具有较高的经济价值。

黄海、渤海口虾蛄是地方性资源，越冬时不做长距离洄游，只在深浅水之间做短距离移动。渤海口虾蛄终生在渤海生活。其越冬期是 12 月中旬至翌年 3 月中旬，营穴居越冬，越冬水深一般为 10~40m，水温在 3~12℃之间，盐度为 28.0—33.0。3 月下旬开始，口虾蛄向近岸移动，5~7 月集中于近岸浅水区产卵。黄渤海沿岸水域为口虾蛄的产卵场，产卵期的水温为 12~18℃，秋后，当水温下降至 12℃以下时，开始向深水区移动，行穴居越冬。

本工程风电场处于近海中上层鱼类和底层鱼类“三场”和洄游通道产卵场内边缘地

带。风机基础打桩作业对该海域中的渔业资源影响主要体现于对鱼类的驱赶作用。但项目所在区不占用重要渔业种质资源的产卵场及洄游通道，风机打桩形成的噪声对渔业资源的影响在可接受范围之内。施工单位在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失。根据厦门大学对石首鱼科大黄鱼幼鱼（出生 1 个月左右）水下噪声影响实验结果表明：大黄鱼幼鱼对声音较为敏感，发声信号微弱，当声源级为 150dB 时，就出现幼鱼游动避开声源等明显的行为变化现象。因此，在项目建设过程中必须高度重视石首鱼科幼鱼的保护，避开这些鱼类的繁殖期和育幼期。

5.7 鸟类及栖息地现状调查与评价

鸟类调查资料引自山东大学于 2022 年 9 月编制的《国家电投山东半岛南海上风电项目 U 场址鸟类生态环境现状调查与影响评价报告》。

5.7.1 调查范围和资料来源

按照相关法规和政策文件，海上风电场的鸟类多样性调查评价应涵盖工程边界线向外扩展至少 8 km 的海域。由于本海上风力发电场的边界距离最近的海岸有 22km，最近岛屿南黄岛离场址也有 17km，项目边界 8km 内全为海域，没有任何形式的陆地存在，因此我们适当增加了一些鸟类集中分布区，并对工程建设期间材料运输可能经过的地方进行了取样调查。调查取样范围涵盖了海岸线的主要生境类型以及项目所在地附近海域。

历史资料来源主要有《山东省鸟类分布名录》（赛道建和孙玉刚主编，2013 年，科学出版社），《山东省鸟类志》（赛道建，2017，科学出版社），中国观鸟记录中心的历史数据，同时参考了邻近地区已发表的相关学术文献。除了现场调查及历史资料外，我们还对当地渔民进行了走访，对常见鸟类的分布情况进行了询问调查。

5.7.2 调查时间和方法

（1）调查时间

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

表 5.7-1 历次调查时间表

调查时间	调查内容
2019年9月12日-9月15日	秋季鸟类调查
2019年12月14日-12月15日	冬季鸟类调查
2020年6月6日-6月7日	夏季鸟类调查
2020年8月1日-8月2日	夏季鸟类调查
2020年10月1日-10月4日	秋季鸟类调查
2021年1月1日-1月3日	冬季鸟类调查
2021年4月3日-4月5日	春季鸟类调查
2021年5月1日-5月3日	春季鸟类调查

（2）调查路线和调查点

本海上风电场工程距离海岸线最近距离为 22 km，海阳市和乳山市海岸地区的景观类型主要为礁石海岸、沙质沙滩和养殖池为主。另外，在河流入海口处有泥质沙滩面积较小。

根据风力发电场及周边的生境类型，我们设置了 7 条样线，其中 5 条样线位于海岸上，分布在驴山至核电站之间，覆盖了沿途主要生境。1 条样线位于项目所在区域内，1 条样线位于南黄岛至项目所在区域途中。陆地上的每条样线长度为 2~4km 不等，海上样线略有延长，长度约 5~8km（具体见图 5.7-1）。

（3）调查方法

1）直接计数法

调查方法根据《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》，2019 年 9 月-2021 年 10 月期间，采用以直接计数法进行调查，直接记录物种种类，计数调查区域中水鸟的绝对数量，统计数量以观察记录到最多一次的个体数量为准，在调查区域调查以步行为主，而在比较开阔、生境均匀的大范围区域借助汽车进行调查；在调查海域时以船只调查为主。

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

2）访问法和收集历史资料法

在调查过程中结合对当地的村民、养殖户主等进行访问调查，以补充野外调查的不足。收集历史资料，主要对 2010 年以来调查评价范围及周边春、秋季迁徙期和越冬期候鸟调查进行收集和整理。

5.7.3 调查结果与评价

5.7.3.1 鸟类种类及区系组成

根据现场调查的结果，在项目区及邻近海岸线分布的鸟类约有 136 种，其中现场调查到 113 种，来自文献的记录 23 种。按居留型划分，其中留鸟 30 种，占比 22.1%；夏候鸟 33 种，占比 24.3%；冬候鸟 12 种，占比 8.8%；旅鸟 61 种，占比 44.8%。

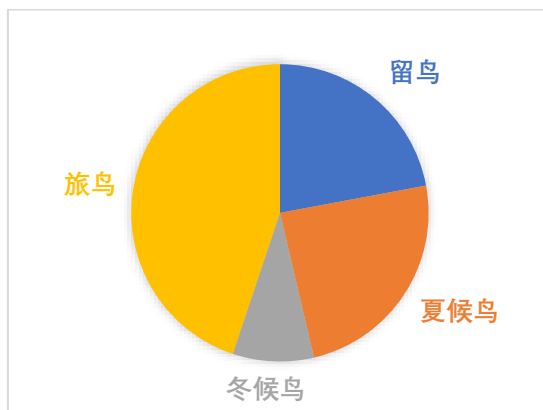


图5.7-2 各居留型鸟类比例图

按生态类群划分，其中游禽 25 种，占比 18.4%；涉禽 57 种，占比 41.9%；猛禽 14 种，占比 10.3%；攀禽 5 种，占比 3.7%；陆禽 4 种，占比 2.9%；鸣禽 31 种，占比 22.8%。在上述鸟类中，没有属于国家一级保护的种类，属于国家二级保护的有 23 种。

表5.7-3 调查区域鸟类名录、居留型、生态型、保护级别及常见程度

中文名	学名	目	科	居留型	生态型	保护级别及 IUCN 受危等级	数据来源
日本鹌鹑	<i>Coturnix japonica</i>	鸡形目	雉科	留鸟	陆禽	NT	文献资料
环颈雉	<i>Phasianus colchicus</i>	鸡形目	雉科	留鸟	陆禽		实地调查
鸿雁	<i>Anser cygnoides</i>	雁形目	鸭科	旅鸟	游禽	国二/VU	文献资料
豆雁	<i>Anser fabalis</i>	雁形目	鸭科	旅鸟	游禽		文献资料
灰雁	<i>Anser anser</i>	雁形目	鸭科	旅鸟	游禽		文献资料
斑脸海番鸭	<i>Melanitta deglandi</i>	雁形目	鸭科	旅鸟	游禽		实地调查
赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>	雁形目	鸭科	冬候鸟	游禽		实地调查
翘鼻麻鸭	<i>Tadorna tadorna</i>	雁形目	鸭科	冬候鸟	游禽		文献资料
绿头鸭	<i>Anas platyrhynchos</i>	雁形目	鸭科	留鸟	游禽		实地调查
斑嘴鸭	<i>Anas poecilorhyncha</i>	雁形目	鸭科	留鸟	游禽		实地调查
凤头潜鸭	<i>Aythya fuligula</i>	雁形目	鸭科	旅鸟	游禽		文献资料
鹊鸭	<i>Bucephala clangula</i>	雁形目	鸭科	冬候鸟	游禽		实地调查
普通秋沙鸭	<i>Mergus merganser</i>	雁形目	鸭科	冬候鸟	游禽		实地调查
红胸秋沙鸭	<i>Mergus serrator</i>	雁形目	鸭科	冬候鸟	游禽		实地调查
小鸕鹚	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	鸕鹚目	鸕鹚科	留鸟	游禽		实地调查
凤头鸕鹚	<i>Podiceps cristatus</i>	鸕鹚目	鸕鹚科	夏候鸟	游禽		实地调查
红喉潜鸟	<i>Gavia stellata</i>	潜鸟目	潜鸟科	冬候鸟	游禽		实地调查
山斑鸠	<i>Streptopelia orientalis</i>	鸽形目	鸠鸽科	留鸟	陆禽		实地调查
珠颈斑鸠	<i>Streptopelia chinensis</i>	鸽形目	鸠鸽科	留鸟	陆禽		实地调查
四声杜鹃	<i>Cuculus micropterus</i>	鹃形目	杜鹃科	夏候鸟	攀禽		实地调查
大杜鹃	<i>Cuculus canorus bakeri</i>	鹃形目	杜鹃科	夏候鸟	攀禽		实地调查
黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>	鹤形目	秧鸡科	夏候鸟	涉禽		实地调查
白骨顶	<i>Fulica atra</i>	鹤形目	秧鸡科	留鸟	涉禽		实地调查
黄脚三趾鹑	<i>Turnix tanki</i>	鸨形目	三趾鹑科	旅鸟	涉禽		文献资料
蛎鹬	<i>Haematopus ostralegus</i>	鸨形目	蛎鹬科	夏候鸟	涉禽	NT	实地调查
黑翅长脚鹬	<i>Himantopus himantopus</i>	鸨形目	反嘴鹬科	夏候鸟	涉禽		实地调查
反嘴鹬	<i>Recurvirostra avosetta</i>	鸨形目	反嘴鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
普通燕鸻	<i>Glareola maldivarum</i>	鸨形目	燕鸻科	夏候鸟	涉禽		文献资料
凤头麦鸡	<i>Vanellus vanellus</i>	鸨形目	鸨科	旅鸟	涉禽	NT	文献资料

中文名	学名	目	科	居留型	生态型	保护级别及 IUCN 受危等级	数据来源
灰头麦鸡	<i>Microsarcops cinreus</i>	鸻形目	鸻科	旅鸟	涉禽		文献资料
金鸻	<i>Pluvialis fulva</i>	鸻形目	鸻科	旅鸟	涉禽		实地调查
灰鸻	<i>Pluvialis squatarola</i>	鸻形目	鸻科	夏候鸟	涉禽		实地调查
剑鸻	<i>Charadrius hiaticula</i>	鸻形目	鸻科	夏候鸟	涉禽		文献资料
长嘴剑鸻	<i>Charadrius placidus</i>	鸻形目	鸻科	夏候鸟	涉禽		文献资料
金眶鸻	<i>Charadrius dubius</i>	鸻形目	鸻科	夏候鸟	涉禽		实地调查
环颈鸻	<i>Charadrius alexandrinus</i>	鸻形目	鸻科	夏候鸟	涉禽		实地调查
蒙古沙鸻	<i>Charadrius mongolus</i>	鸻形目	鸻科	旅鸟	涉禽		文献资料
铁嘴沙鸻	<i>Charadrius leschenaultii</i>	鸻形目	鸻科	夏候鸟	涉禽		文献资料
东方鸻	<i>Charadrius veredus</i>	鸻形目	鸻科	旅鸟	涉禽		文献资料
扇尾沙锥	<i>Gallinago gallinago</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		文献资料
半蹼鹬	<i>Limnodromus semipalmatus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		文献资料
黑尾塍鹬	<i>Limosa limosa</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
斑尾塍鹬	<i>Limosa lapponica</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
小杓鹬	<i>Numenius minutus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	国二	文献资料
中杓鹬	<i>Numenius phaeopus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
白腰杓鹬	<i>Numenius arquata</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	国二/NT	实地调查
大杓鹬	<i>Numenius madagascariensis</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	国二/EN	实地调查
鹤鹬	<i>Tringa erythropus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
红脚鹬	<i>Tringa tetanus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
泽鹬	<i>Tringa stagnatilis</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
青脚鹬	<i>Tringa nebularia</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
白腰草鹬	<i>Tringa ochropus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
林鹬	<i>Tringa glareola</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
翘嘴鹬	<i>Xenus cinereus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
翻石鹬	<i>Arenaria interpres</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	国二	实地调查
大滨鹬	<i>Calidris tenuirostris</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	国二/EN	实地调查
红腹滨鹬	<i>Calidris canutus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	NT	实地调查
三趾滨鹬	<i>Calidris alba</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
红颈滨鹬	<i>Calidris ruficollis</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	NT	实地调查

中文名	学名	目	科	居留型	生态型	保护级别及 IUCN 受危等级	数据来源
青脚滨鹬	<i>Calidris temminckii</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		文献资料
长趾滨鹬	<i>Calidris subminuta</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
尖尾滨鹬	<i>Calidris acuminata</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
弯嘴滨鹬	<i>Curlew Sandpiper</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	NT	实地调查
黑腹滨鹬	<i>Calidris alpine</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
阔嘴鹬	<i>Limicola falcinellus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽	国二	文献资料
红颈瓣蹼鹬	<i>Phalaropus lobatus</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		文献资料
灰瓣蹼鹬	<i>Phalaropus fulicarius</i>	鸻形目	鹬科	旅鸟	涉禽		实地调查
黑尾鸥	<i>Larus crassirostris</i>	鸻形目	鸥科	留鸟	游禽		实地调查
普通海鸥	<i>Larus canus Linnaeus</i>	鸻形目	鸥科	夏候鸟	游禽		实地调查
西伯利亚银鸥	<i>Larus vegae</i>	鸻形目	鸥科	留鸟	游禽		实地调查
红嘴鸥	<i>Larus ridibundus</i>	鸻形目	鸥科	夏候鸟	游禽		实地调查
鸥嘴噪鸥	<i>Gelochelidon nilotica</i>	鸻形目	燕鸥科	夏候鸟	游禽		实地调查
红嘴巨燕鸥	<i>Sterna Caspia</i>	鸻形目	燕鸥科	旅鸟	游禽		实地调查
普通燕鸥	<i>Sterna hirundo</i>	鸻形目	燕鸥科	夏候鸟	游禽		实地调查
白额燕鸥	<i>Sterna albifrons</i>	鸻形目	燕鸥科	旅鸟	游禽		实地调查
灰翅浮鸥	<i>Chlidonias hybrid</i>	鸻形目	燕鸥科	夏候鸟	游禽		实地调查
普通鸬鹚	<i>Phalacrocorax carbo</i>	鲑鸟目	鸬鹚科	冬候鸟	游禽		实地调查
苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>	鹈形目	鹭科	留鸟	涉禽		实地调查
草鹭	<i>Ardea purpurea</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
大白鹭	<i>Ardea alba</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
中白鹭	<i>Ardea intermedia</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
绿鹭	<i>Butorides striatus</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
黄斑苇鳉	<i>Ixobrychus sinensis</i>	鹈形目	鹭科	夏候鸟	涉禽		实地调查
大麻鳉	<i>Botaurus stellaris</i>	鹈形目	鹭科	旅鸟	涉禽		实地调查
白琵鹭	<i>Platalea leucorodia</i>	鹈形目	鸮科	旅鸟	涉禽	国二	文献资料
鸮	<i>Pandion haliaetus</i>	鹰形目	鸮科	冬候鸟	猛禽	国二	实地调查

中文名	学名	目	科	居留型	生态型	保护级别及 IUCN 受危等级	数据来源
凤头蜂鹰	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	鹰形目	鹰科	旅鸟	猛禽	国二	实地调查
黑翅鸢	<i>Elanus caeruleus</i>	鹰形目	鹰科	留鸟	猛禽	国二	实地调查
黑鸢	<i>Milvus migrans</i>	鹰形目	鹰科	留鸟	猛禽	国二	实地调查
白腹鹞	<i>Circus spilonotus</i>	鹰形目	鹰科	旅鸟	猛禽	国二	实地调查
白尾鹞	<i>Circus cyaneus</i>	鹰形目	鹰科	旅鸟	猛禽	国二	实地调查
日本松雀鹰	<i>Accipiter gularis</i>	鹰形目	鹰科	旅鸟	猛禽	国二	实地调查
雀鹰	<i>Accipiter nisus</i>	鹰形目	鹰科	旅鸟	猛禽	国二	实地调查
普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	鹰形目	鹰科	冬候鸟	猛禽	国二	实地调查
大鵟	<i>Buteo hemilasius</i>	鹰形目	鹰科	冬候鸟	猛禽	国二	实地调查
纵纹腹小鸮	<i>Athene noctua</i>	鸮形目	鸮鸮科	留鸟	猛禽	国二	实地调查
戴胜	<i>Upupa epops</i>	犀鸟目	戴胜科	留鸟	攀禽		实地调查
普通翠鸟	<i>Alcedo atthis</i>	佛法僧目	翠鸟科	留鸟	攀禽		实地调查
三宝鸟	<i>Eurystomus orientalis</i> Linnaeus	佛法僧目	佛法僧科	旅鸟	攀禽		文献资料
红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	隼形目	隼科	留鸟	猛禽	国二	实地调查
红脚隼	<i>Falco amurensis</i>	隼形目	隼科	夏候鸟	猛禽	国二	实地调查
燕隼	<i>Falco Subbuteo</i>	隼形目	隼科	旅鸟	猛禽	国二	实地调查
黑卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	雀形目	卷尾科	夏候鸟	鸣禽		实地调查
红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>	雀形目	伯劳科	夏候鸟	鸣禽		实地调查
灰喜鹊	<i>Cyanopica cyana</i>	雀形目	鸦科	留鸟	鸣禽		实地调查
喜鹊	<i>Pica pica</i>	雀形目	鸦科	留鸟	鸣禽		实地调查
大山雀	<i>Parus major</i>	雀形目	山雀科	留鸟	鸣禽		实地调查
云雀	<i>Alauda arvensis</i>	雀形目	百灵科	留鸟	鸣禽	国二	实地调查
棕扇尾莺	<i>Cisticola juncidis</i>	雀形目	扇尾莺科	留鸟	鸣禽		实地调查
东方大苇莺	<i>Acrocephalus orientalis</i>	雀形目	苇莺科	夏候鸟	鸣禽		实地调查
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	雀形目	燕科	夏候鸟	鸣禽		实地调查
金腰燕	<i>Cecropis daurica</i>	雀形目	燕科	夏候鸟	鸣禽		实地调查
白头鹎	<i>Pycnonotus sinensis</i>	雀形目	鹎科	留鸟	鸣禽		实地调查
褐柳莺	<i>Phylloscopus fuscatus</i>	雀形目	柳莺科	旅鸟	鸣禽		实地调查
黄腰柳莺	<i>Phylloscopus proregulus</i>	雀形目	柳莺科	旅鸟	鸣禽		实地调查
黄眉柳莺	<i>Phylloscopus inornatus</i>	雀形目	柳莺科	旅鸟	鸣禽		实地调查

中文名	学名	目	科	居留型	生态型	保护级别及 IUCN 受危等级	数据来源
极北柳莺	<i>Phylloscopus borealis</i>	雀形目	柳莺科	旅鸟	鸣禽		实地调查
淡脚柳莺	<i>Phylloscopus tenellipes</i>	雀形目	柳莺科	旅鸟	鸣禽		实地调查
冕柳莺	<i>Phylloscopus coronatus</i>	雀形目	柳莺科	旅鸟	鸣禽		实地调查
棕头鸦雀	<i>Paradoxornis webbianus</i>	雀形目	莺鹛科	留鸟	鸣禽		实地调查
红胁绣眼鸟	<i>Zosterops erythroleurus</i>	雀形目	绣眼鸟科	旅鸟	鸣禽		实地调查
暗绿绣眼鸟	<i>Zosterops japonicas</i>	雀形目	绣眼鸟科	夏候鸟	鸣禽		实地调查
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	雀形目	椋鸟科	留鸟	鸣禽		实地调查
灰椋鸟	<i>Sturnus cineraceus</i>	雀形目	椋鸟科	留鸟	鸣禽		实地调查
红尾鸫	<i>Turdus naumanni</i>	雀形目	鸫科	旅鸟	鸣禽		实地调查
斑鸫	<i>Turdus eunomus</i>	雀形目	鸫科	冬候鸟	鸣禽		实地调查
北红尾鸫	<i>Phoenicurus aureus</i>	雀形目	鸫科	留鸟	鸣禽		实地调查
黑喉石鹇	<i>Saxicola torquata</i>	雀形目	鸫科	旅鸟	鸣禽		实地调查
北灰鸫	<i>Muscicapa latirostris</i>	雀形目	鸫科	旅鸟	鸣禽		实地调查
麻雀	<i>Passer</i>	雀形目	雀科	留鸟	鸣禽		实地调查
白鹡鸰	<i>Motacilla alba</i>	雀形目	鹡鸰科	留鸟	鸣禽		实地调查
金翅雀	<i>Carduelis sinica</i>	雀形目	燕雀科	留鸟	鸣禽		实地调查
小鹀	<i>Emberiza pusilla</i>	雀形目	鹀科	冬候鸟	鸣禽		实地调查

注：国一代表国家一级保护动物，国二代表国家二级保护动物。本表格中所列居留型仅相对于调查区域而言，对于同种鸟类而言，实际调查到的个体既有可能是留鸟，也有可能是夏候鸟、冬候鸟或旅鸟。

5.7.3.2 主要保护鸟类及习性介绍

项目区域及邻近海岸区域内分布的国家重点保护鸟类一共有 23 种，均为二级保护，无一级保护种类。这 23 种鸟类中，除鸿雁、白琵鹭、白腰杓鹬、大杓鹬、小杓鹬、翻石鹬、大滨鹬、阔嘴鹬、云雀外，其余均是猛禽。这些鸟类中的鸿雁、白琵鹭和所有鹬类，除极少数个体在此越冬外，绝大多数为旅鸟，主要在沿海滩涂、养殖塘或河流入海口附近活动，捕食水生生物。猛禽主要在沿海地区的农田和丘陵生境中活动，以捕食其他鸟类和小型哺乳动物为食，绝大多数为旅鸟。云雀则见于草地生境，在调查范围内少见。

5.7.3.3 优势鸟类及习性分析

其中水鸟最常见的有苍鹭、白鹭、黑翅长脚鹬、环颈鸪、白腰杓鹬、大杓鹬、黑尾鸥和红嘴鸥，这些水鸟中除黑尾鸥和红嘴鸥外，几乎都在滩涂及河流入海口中活动，受风电场影响的概率很低；陆地活动的鸟类最常见的有珠颈斑鸠、喜鹊、麻雀、家燕、金腰燕和白鹡鸰等，主要见于农田生境，不受风电场的影响。

5.7.3.4 各种栖息地现状及常见鸟类分析

(1) 海洋生境中的主要鸟类介绍

在海洋生境中，即风电场选址及周边低潮时不会露出滩涂的区域，鸟类主要为游禽，以黑尾鸥和红嘴鸥为主。这些鸥类大多伴随船只活动，行为主要以觅食为主，相比于靠近海岸海域以及滩涂、养殖池塘等生境中，数量较少。

项目所在的海洋生境中并不是黑尾鸥和红嘴鸥的主要栖息场地。在实地调查过程中，上述两种鸟类的主要见于海岸滩涂、河口和养殖塘等生境。

(2) 滩涂生境中的主要鸟类介绍

滩涂是指大潮高潮位与低潮位之间的潮浸地带，根据其物质组成成分可以分为岩滩、沙滩和泥滩三类。在本研究地区内，滩涂主要以沙滩为主，泥质滩涂，面积较小，岩滩主要见于虎头湾及乳山市沿海地区的丘陵地带，面积很小。

根据我们的现场调查和历史数据，滩涂中的鸟类主要以鸻鹬类等涉禽为主，常见种类有环颈鸪、黑腹滨鹬、黑尾塍鹬、大杓鹬、白腰杓鹬等，另外还有白腰草鹬等各种鹬类共计 44 种。

鸻鹬类是遍布世界的一类以中小型涉禽为主的鸟类，除极个别种类外，大多在水边生活，尤其是沿海地带。它们大多迁徙，每年往返于南北半球之间，迁徙过程中会在沿海滩涂觅食补充能量，由于它们腿和嘴均相对较短，因此低潮时

露出的滩涂是其理想的觅食地，滩涂为它们提供了丰富的软体动物、蠕虫及甲壳类动物。正是由于鸻鹬类的食性和身体构造特点，它们的分布大多局限于沿海滩涂。

除了鸻鹬类外，在滩涂地带活动的鸟类还有一些大型涉禽，其中常见的有苍鹭、白鹭，在迁徙季节还可以看到白琵鹭等鸟类。这些鸟类体型较大，除了在滩涂活动外，还可以在一些水较深的地区活动，也见于一些养殖池、河流生境。常见的苍鹭和白鹭在本地区多为留鸟和夏候鸟，分布相对没有那么集中，因此受施工的影响相对较小。

除了涉禽外，一些鸥类等游禽也会在滩涂上休息和觅食。其中以各种燕鸥类、红嘴鸥、黑尾鸥为主。相比于鸻鹬类，鸥类对滩涂的依赖性相对较低，三种类型的滩涂生境中均有发现。

5.7.3.5 项目运营区鸟类

由于项目运营区为海域，在项目运营区活动的鸟类种类和数量很少，本地区的主要鸟类活动区在沿岸的滩涂、水产养殖场和部分农田及丘陵地带，距离运营区最近边界约 19km。项目运营区不是鸥类集中分布区，也不是其主要觅食区域。

由于鸟类迁徙并不是沿着直线迁徙。多数陆栖鸟类不喜欢在宽阔的水面上迁徙，遇到大海时一般都是顺着海岸绕行。而雁鸭类水鸟则大都沿着内陆湖泊、河流迁徙，因为那里有丰富的食物资源，可以随时补充能量。

5.7.3.6 鸟类在项目区域内的空间分布及季节活动特点

本风电场所在区域为海域，离潮位最低时的裸露滩涂最近距离约 19 km，距最近的岛屿南黄岛约 17 km，调查中所记录到的 136 种鸟类，只有极少数鸥类等会在项目运行区域内及边界 8 km 以内的区域活动。

本项目周边沿海地区的鸟类以旅鸟为主，一共有 61 种，占总种数的 44.8%，以春季和秋季最为集中，主要为鸻鹬类，分布在风电场边界 10 km 以外的滩涂生境中，受风电场影响非常小。另外，与项目所在地西侧青岛市胶州湾是半岛地区重要的候鸟停歇点，大多数途经的鸻鹬类多在胶州湾停歇，一般很少经过项目北侧的海岸区域。

5.8 声环境质量现状评价

为了解工程海域声环境质量现状，中国科学院声学研究所北海研究站于 2022 年 8 月对本项目所处海域进行了工程海域水上、水下声环境的现场调查。

5.8.1 海域声环境现状监测点位

在工程海域共设置 8 个噪声调查站点（各站点均开展水上、水下声测量），各站点经纬度坐标见表 5.8-1。

5.8.2 水上声环境现状

（1）调查内容

根据《海上风电项目海洋环境影响评价技术规范》的要求，在工程海域共设置 8 个噪声调查站点，每个站点连续测量时间均为 10min 以上。测量计算结果为：

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

（2）调查结果

工程海域水上声环境调查结果见表 5.8-2。

表 5.8-2 工程海域水上声环境质量调查结果（A 计权）单位：dB/20uPa

站点	最大声级 (dB)	等效连续声级 (dB)	累积百分声级 L10 (dB)	累积百分声级 L50 (dB)	累积百分声级 L90 (dB)
#1	58.9	41.9	45.2	40.2	36.8
#2	63.4	39.5	44.2	39.2	36.3
#3	62.8	43.2	43.6	40.7	38.4
#4	69.0	42.6	45.4	43.0	40.4
#5	79.0	45.7	47.7	43.0	40.6
#6	68.5	44.6	44.5	40.6	38.2
#7	63.5	42.2	43.8	40.0	37.4
#8	63.3	41.8	45.8	40.8	37.7

工程海域各调查站点的声环境三分之一倍频程结果如图 5.8-2~5.8-9 所示。

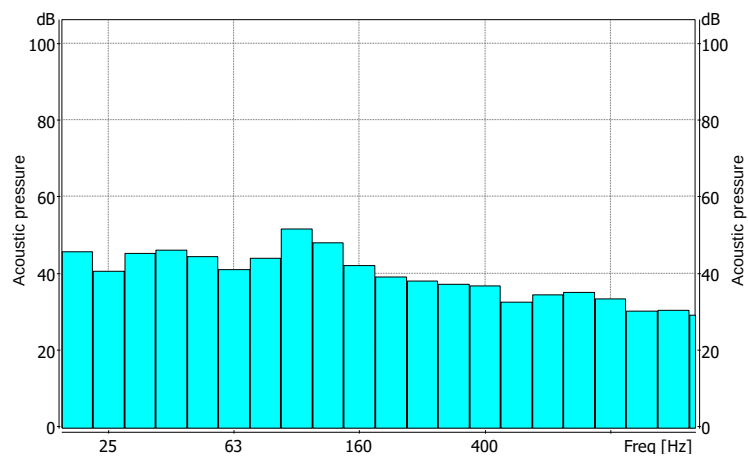


图 5.8-2 站点 1 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

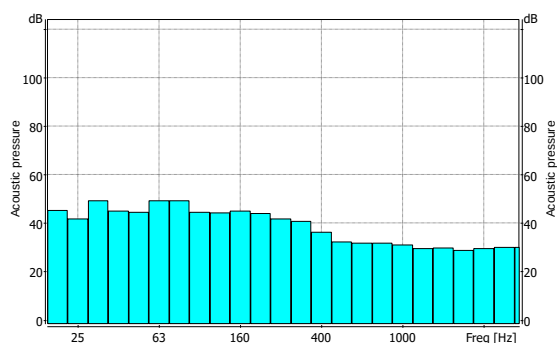


图 5.8-3 站点 2 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

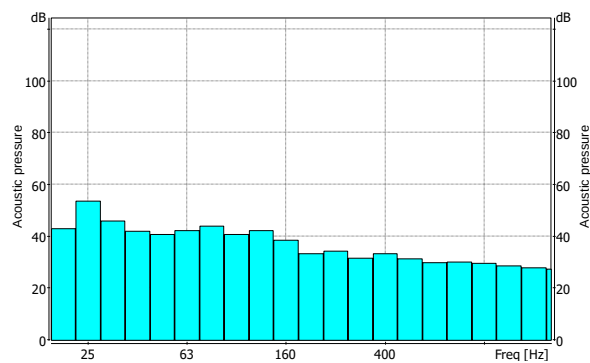


图 5.8-4 站点 3 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

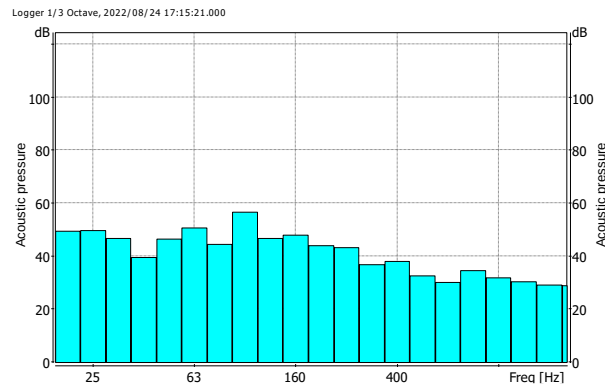


图 5.8-5 站点 4 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

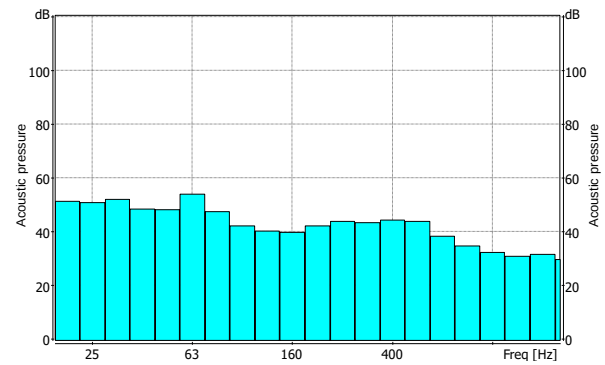


图 5.8-6 站点 5 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

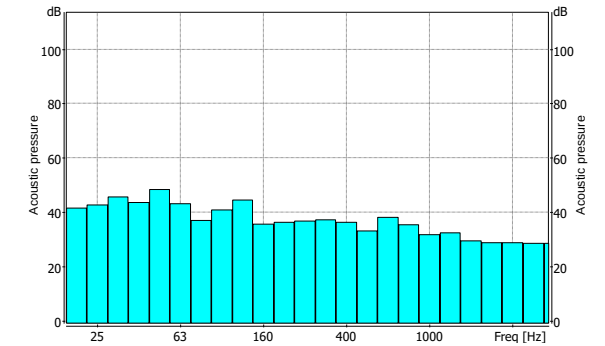


图 5.8-7 站点 6 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

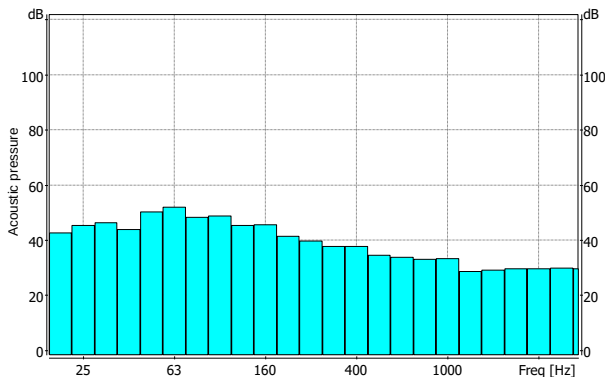


图 5.8-8 站点 7 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

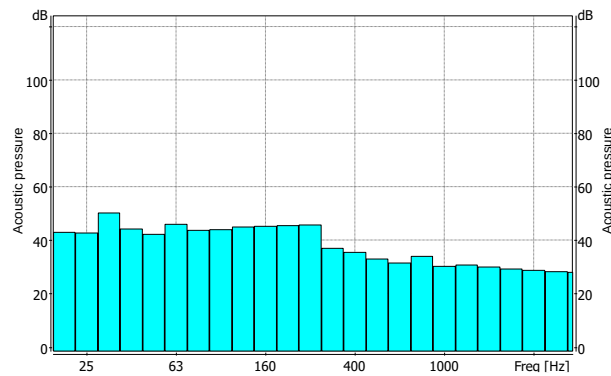


图 5.8-9 站点 8 海上环境噪声三分之一倍频程柱状图

5.8.3 水下声环境现状

(1) 调查内容

根据各站点不同的海域深度，设置 2 个水层深度：5m、15m，进行同步测量，测量记录时间均为 2min 以上。调查内容为频带声压级、声压谱级以及各测点的峰值声压级。

(2) 峰值声压

表 5.8-3 各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级

站点 编号	测点深度 (m)	峰值声压 (dB/1uPa)	全频带累积声压级 L_p (dB/1uPa)		
			各测量点	各站点平均值	调查海域 平均值
#1	5	160	110	116	119
	15	161	119		
#2	5	164	112	120	
	15	163	123		
#3	5	161	115	119	
	15	162	122		
#4	5	170	127	125	
	15	165	122		
#5	5	162	113	110	
	15	159	105		
#6	5	160	110	111	
	15	162	112		
#7	5	163	115	120	
	15	161	123		
#8	5	166	110	112	
	15	162	114		

(3) 工程海域频带声压级和声压谱级

调查结果见表 5.8-4~5.8-5。

表 5.8-4a 工程海域水下噪声环境调查结果—声压谱级（1）单位：dB（ $re 1\mu Pa/\sqrt{Hz}$ ）

站点 编号	测 量 深 度	声压谱级															
		20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
#1	5	99	97	89	86	81	79	79	74	75	76	73	72	70	68	66	66
	15	111	105	98	89	84	80	78	79	81	83	77	70	63	62	62	63
#2	5	100	99	94	91	86	82	81	82	80	79	75	74	73	72	73	75
	15	115	108	101	93	87	83	82	84	85	89	83	75	68	69	71	74
#3	5	103	103	97	91	84	81	78	75	75	75	72	71	70	68	65	65
	15	114	107	100	92	86	83	82	84	87	89	84	77	69	68	67	62
#4	5	110	113	115	109	95	99	93	94	86	83	81	77	74	71	69	66
	15	112	111	104	96	87	85	81	83	85	87	82	76	68	66	65	59
#5	5	94	92	92	97	94	92	87	84	85	79	69	66	65	67	70	75
	15	95	90	81	74	74	70	71	70	66	65	64	64	65	67	71	75
#6	5	100	95	89	88	83	80	80	76	74	69	66	64	63	63	63	61
	15	107	102	95	88	85	82	80	83	86	88	82	76	70	68	67	62
#7	5	104	103	93	87	82	80	78	78	81	84	81	80	78	75	72	70
	15	114	108	101	93	87	84	82	86	89	90	84	77	68	68	68	61
#8	5	95	94	95	92	88	86	84	85	81	75	71	68	67	67	67	69
	15	106	99	91	85	82	79	78	79	82	85	78	75	67	68	68	70

表 5.8-4b 工程海域水下噪声环境调查结果—声压谱级（2）单位：dB（re1uPa/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ）

站点 编号	测 量 深 度	声压谱级														
		800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k	12.5k	16k	20k
#1	5	64	64	64	62	54	48	45	44	44	45	43	42	41	40	38
	15	59	53	50	51	50	45	40	42	43	43	43	42	41	40	38
#2	5	72	66	65	64	58	49	47	44	43	43	42	41	40	38	37
	15	70	59	54	53	53	46	42	41	43	42	42	41	40	39	38
#3	5	64	63	64	61	53	47	45	44	43	44	44	43	41	40	38
	15	57	54	55	54	52	45	41	42	42	43	43	42	41	40	38
#4	5	67	67	68	66	57	49	48	46	45	45	45	44	43	42	40
	15	57	54	55	55	52	45	44	44	44	44	44	43	43	42	40
#5	5	73	60	57	53	46	44	45	46	46	45	44	44	43	41	39
	15	73	62	56	54	48	45	45	45	44	44	44	42	43	42	39
#6	5	57	54	53	50	45	44	43	42	42	43	40	39	39	37	35
	15	60	53	53	54	50	44	40	40	40	40	39	38	38	38	36
#7	5	70	70	72	71	62	51	50	48	46	45	43	42	41	40	38
	15	58	53	55	55	53	46	44	44	44	43	42	41	40	40	38
#8	5	64	56	54	50	45	46	46	47	47	46	45	45	45	43	41
	15	65	58	53	53	48	46	47	47	46	46	45	44	44	43	42

表 5.8-5a 工程海域水下噪声环境调查结果—频带声压级（1）单位：dB/1uPa

站点 编号	测 量 深 度	1/3oct 倍频程频带声压级															
		20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
#1	5	106	105	98	96	92	92	92	88	90	92	90	90	89	88	87	88
	15	117	113	106	99	94	91	91	93	95	99	94	88	81	81	82	84
#2	5	106	107	103	100	97	94	93	95	95	95	92	92	91	91	93	97
	15	121	116	110	103	97	94	95	97	100	104	100	92	87	88	92	96
#3	5	110	111	106	100	95	92	90	89	89	91	89	89	88	88	86	87
	15	120	115	108	101	97	95	94	97	102	105	100	94	88	87	88	83
#4	5	116	121	124	118	106	111	106	107	101	98	98	94	93	91	89	88
	15	119	118	113	105	97	97	94	97	100	103	99	94	87	85	86	81
#5	5	100	99	101	106	105	104	100	98	100	95	86	84	84	87	90	97
	15	102	98	90	84	85	82	84	83	80	81	80	82	84	87	91	97
#6	5	107	103	98	97	94	91	93	90	89	85	82	82	82	83	83	83
	15	114	110	104	98	96	94	93	97	100	103	98	94	88	88	88	83
#7	5	111	111	101	97	93	91	91	92	96	99	97	97	96	95	95	92
	15	121	116	109	102	97	96	95	99	103	106	101	95	87	88	89	82
#8	5	102	102	104	102	99	98	96	99	95	91	88	86	85	87	88	91
	15	113	106	100	94	92	90	91	92	96	100	95	89	86	87	89	92

表 5.8-5b 工程海域水下噪声环境调查结果—频带声压级（2）单位：dB/1uPa

站点 编号	测 量 深 度	1/3oct 倍频程频带声压级														
		800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k	12.5k	16k	20k
#1	5	87	88	89	88	81	76	75	74	75	76	76	76	76	75	75
	15	82	77	75	76	76	73	69	72	74	75	75	75	76	76	75
#2	5	94	89	90	90	84	77	76	74	74	74	75	75	75	74	74
	15	93	83	79	78	80	73	71	71	73	73	75	75	75	75	75
#3	5	86	87	88	87	80	75	74	74	74	76	76	76	76	76	75
	15	80	78	80	80	79	73	69	72	73	75	75	75	75	76	75
#4	5	89	91	93	91	83	77	77	76	76	76	77	77	78	78	77
	15	79	78	80	80	79	73	73	73	74	76	76	77	77	77	76
#5	5	95	84	82	79	72	71	73	75	76	77	77	78	78	77	76
	15	96	85	81	79	74	73	74	74	75	76	75	76	78	77	76
#6	5	80	78	78	76	72	72	71	72	73	75	73	73	73	73	72
	15	83	77	78	80	77	72	69	69	70	71	72	72	72	73	72
#7	5	93	93	96	96	88	79	79	77	76	76	76	76	76	76	74
	15	80	77	80	81	79	74	73	74	75	75	75	75	75	76	75
#8	5	87	80	78	75	72	74	75	76	77	78	78	79	79	78	78
	15	88	82	78	79	75	74	76	76	76	77	77	77	78	79	78

(4) 各站点的时域波形、频带声压级和声压谱级图

站点 1:

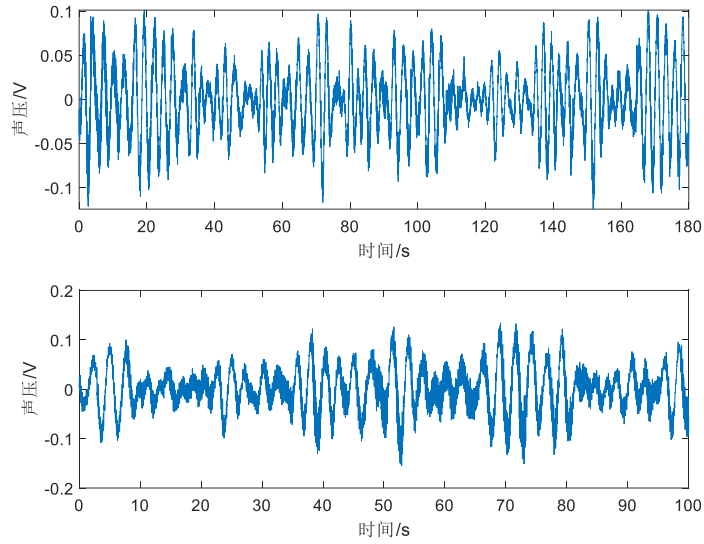
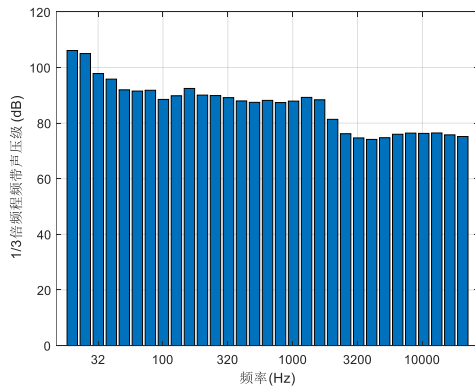
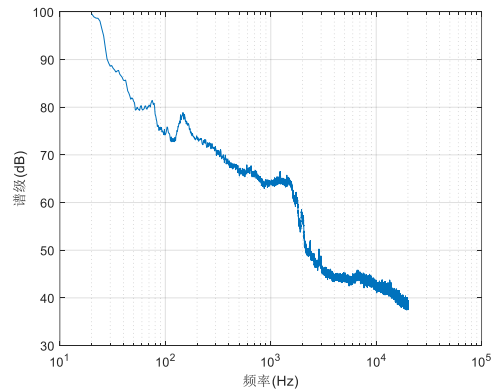


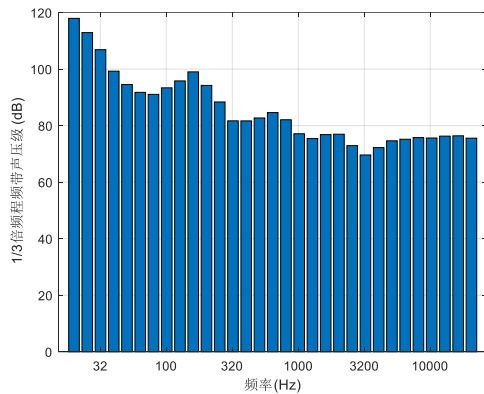
图 5.8-10 站点 1 水听器在 5m、15m 处所测时域图



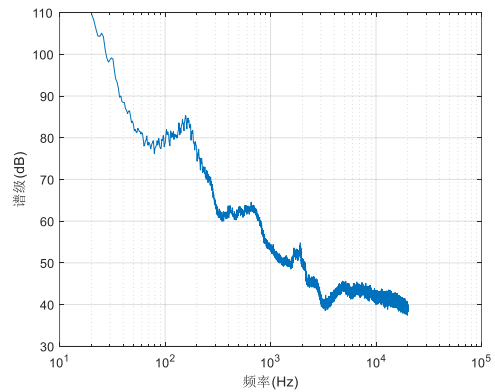
(a) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图 5.8-11 站点 1 水深 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

站点 2:

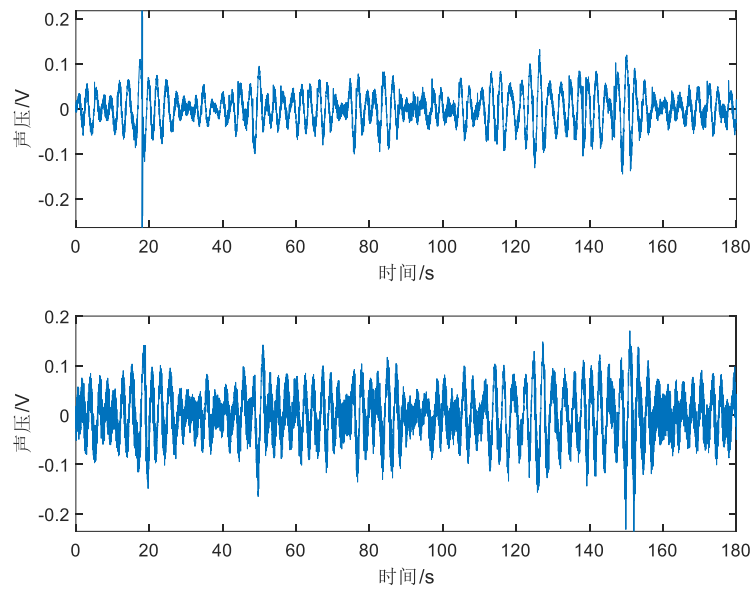
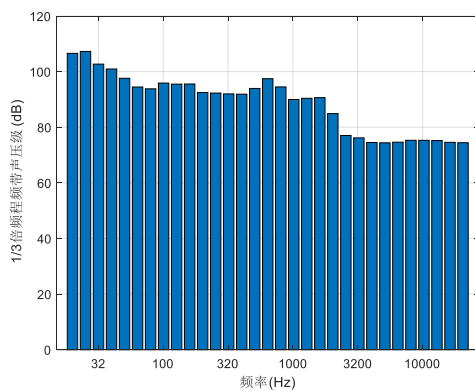
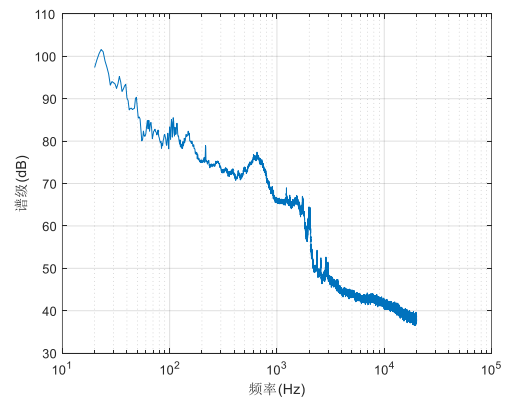


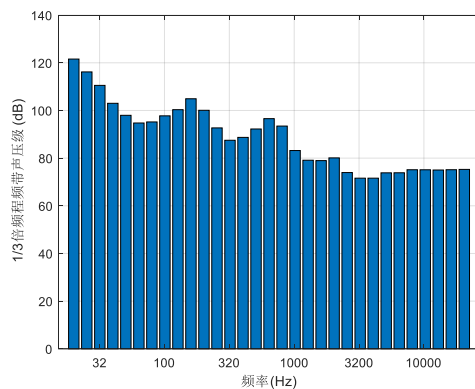
图 5.8-12 站点 2 水听器在 5m、15m 处所测时域图



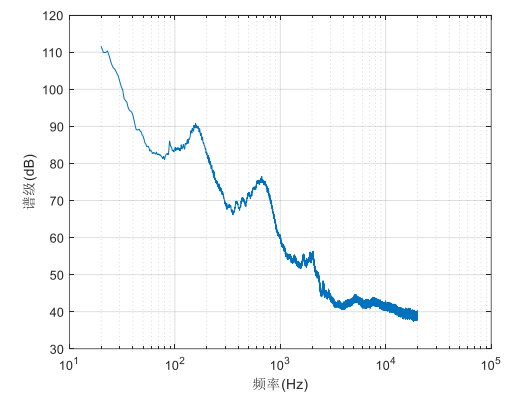
(a) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图 5.8-13 站点 2 水深 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

站点 3:

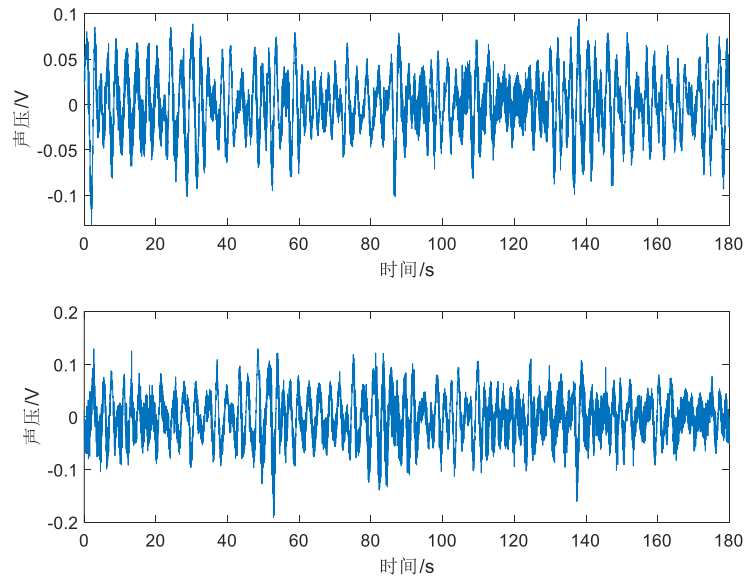


图 5.8-14 站点 3 水听器在 5m、15m 处所测时域图

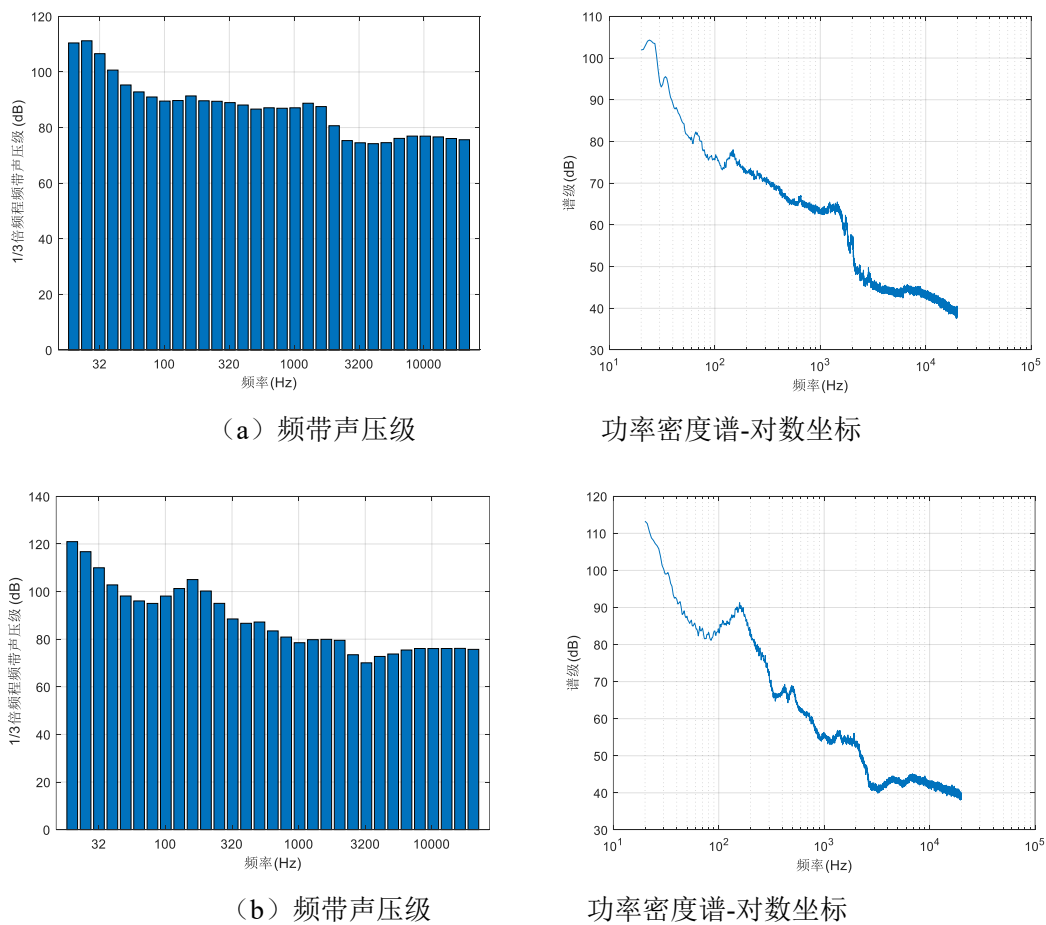


图 5.8-15 站点 3 水深 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

站点 4:

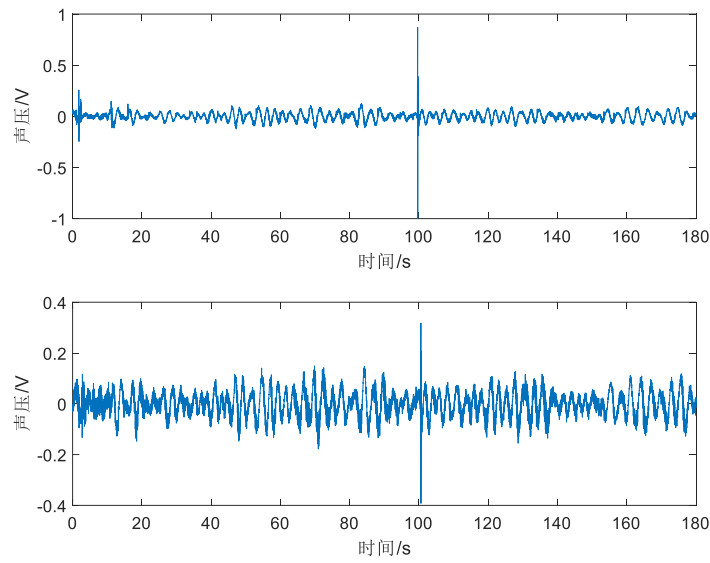
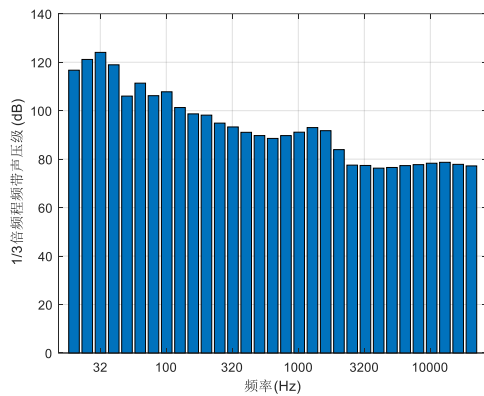
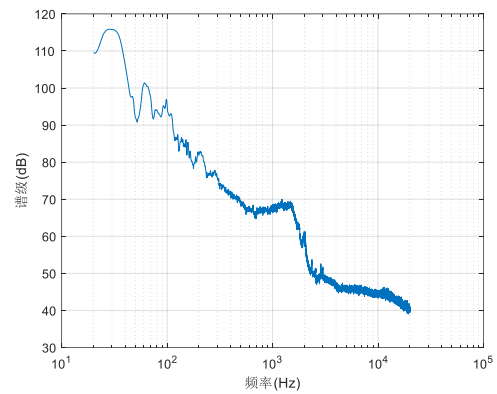


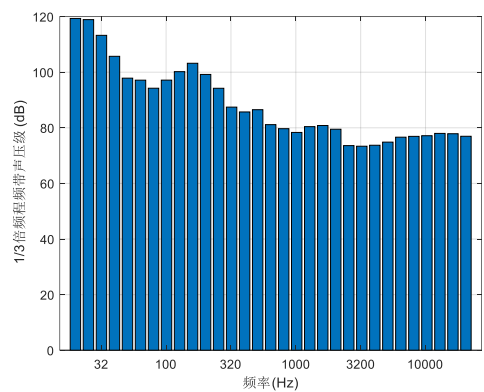
图 5.8-16 站点 4 水听器在 5m、15m 处所测时域图



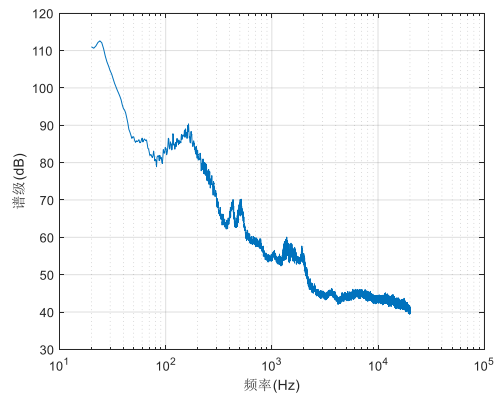
(a) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图 5.8-17 站点 4 水听器 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

站点 5:

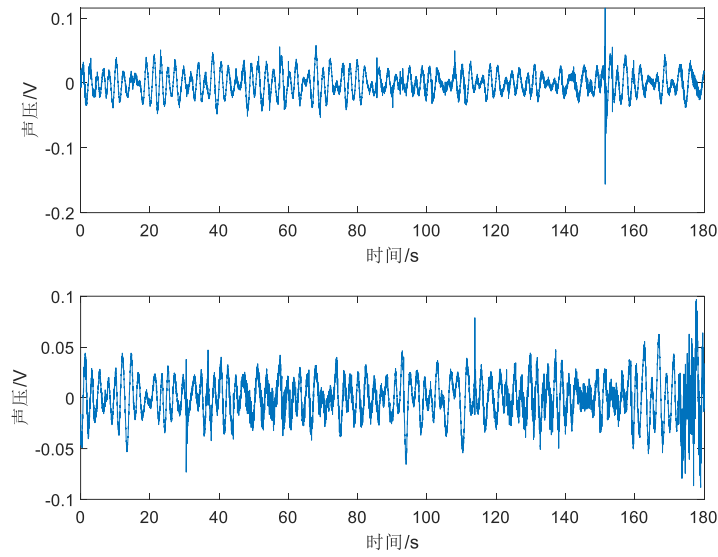
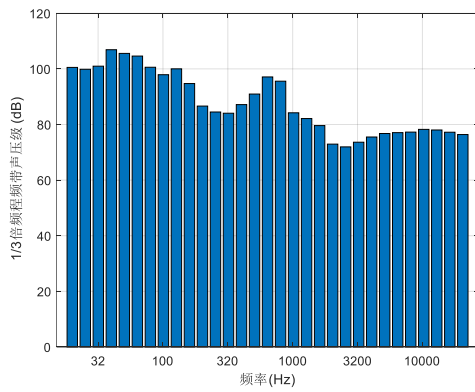
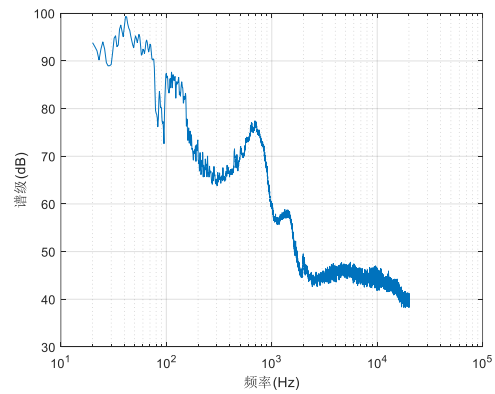


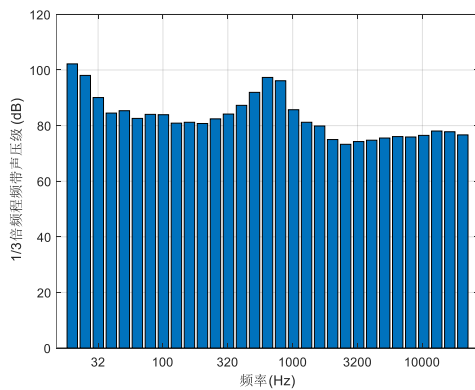
图 5.8-18 站点 5 水听器在 5m、15m 处所测时域图



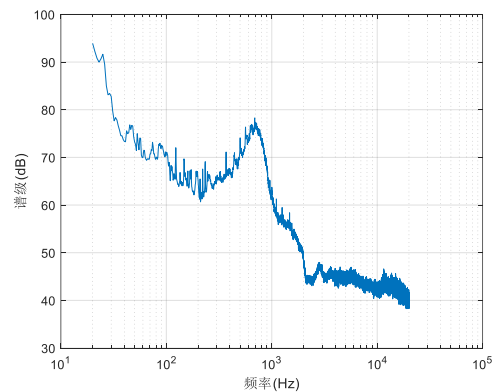
(a) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图 5.8-19 站点 5 水深 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

站点 6:

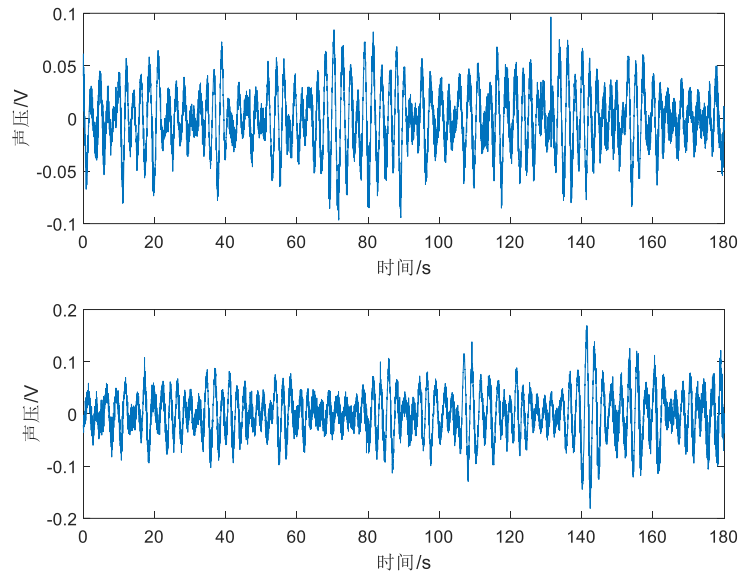
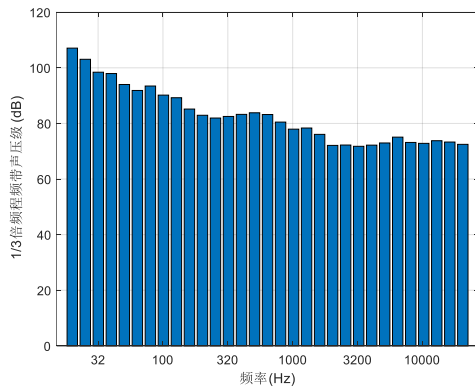
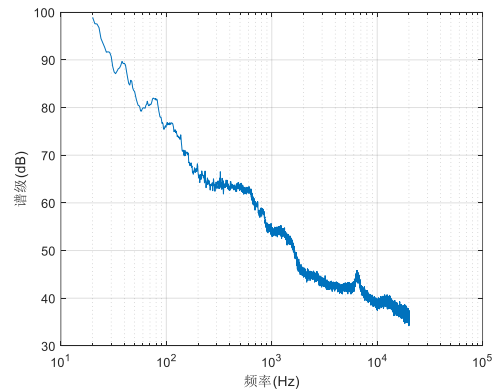


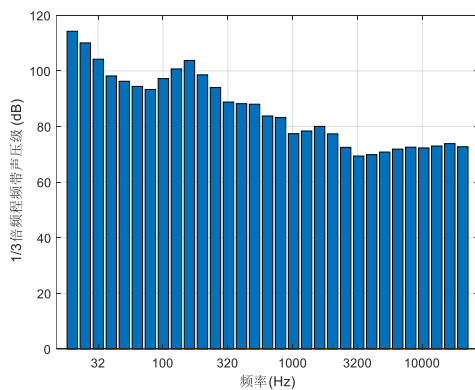
图 5.8-20 站点 6 水听器在 5m、15m 处所测时域图



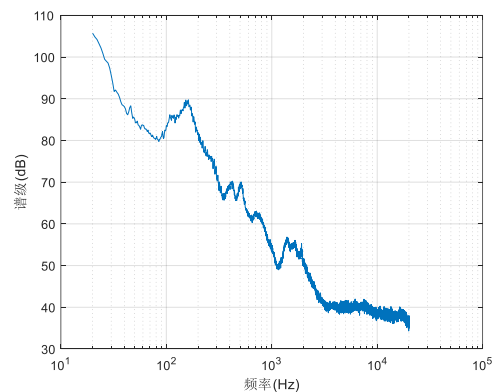
(a) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图 5.8-21 站点 6 水深 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

站点 7:

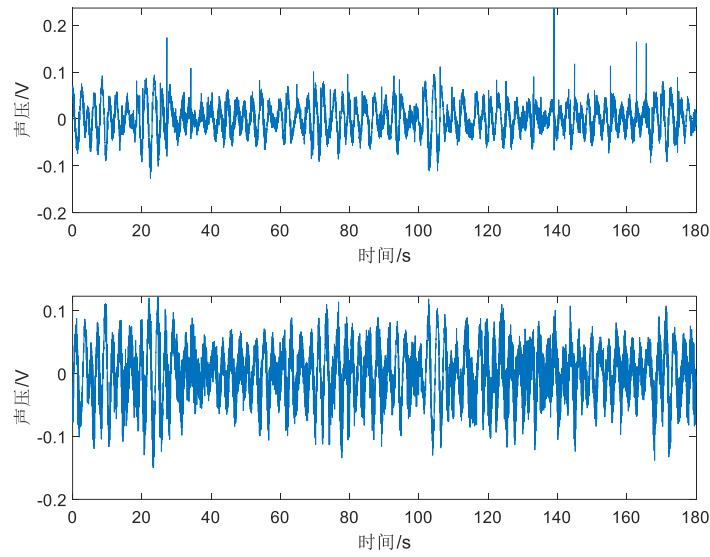
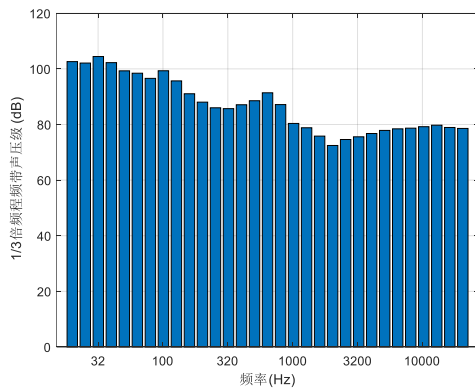
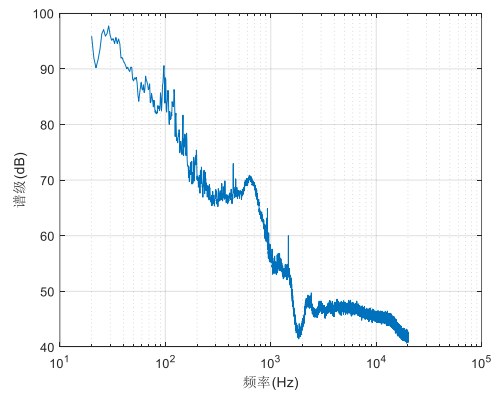


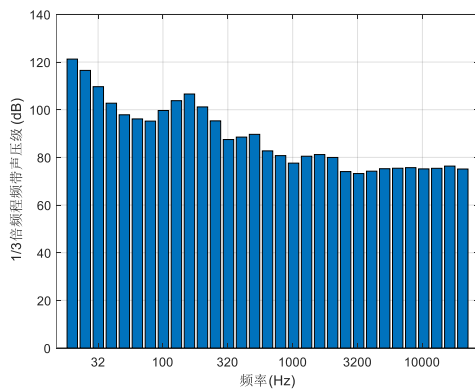
图 5.8-22 站点 7 水听器在 5m、15m 处所测时域图



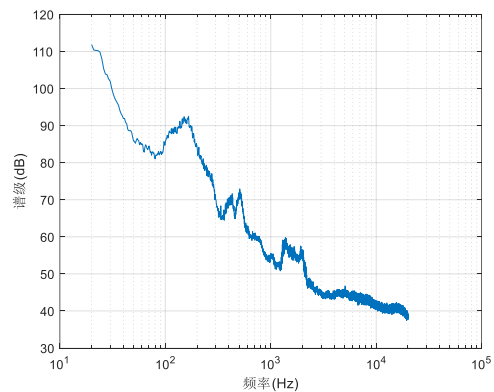
(a) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图 5.8-23 站点 7 水深 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

站点 8:

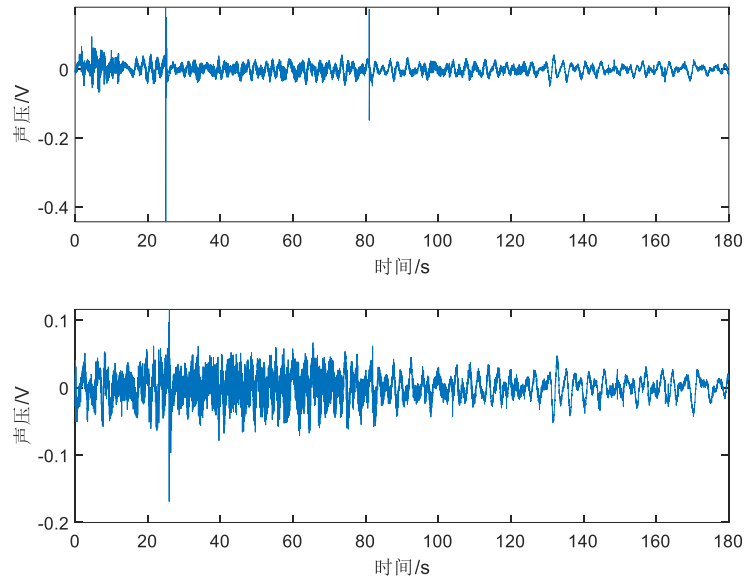
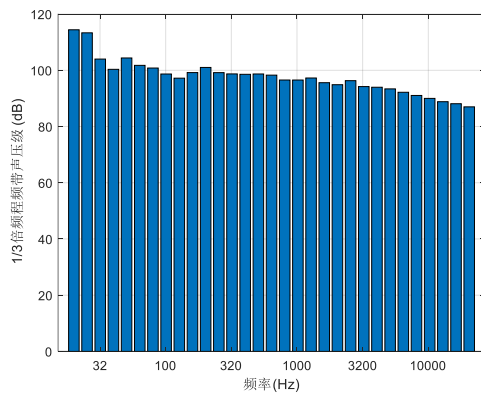
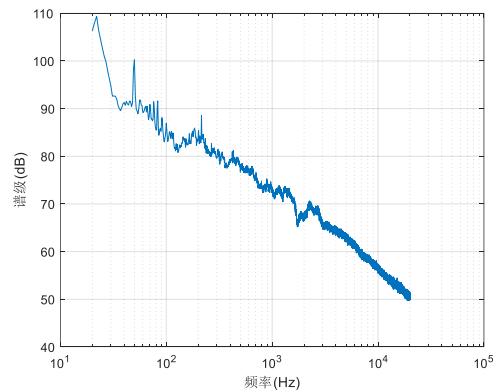


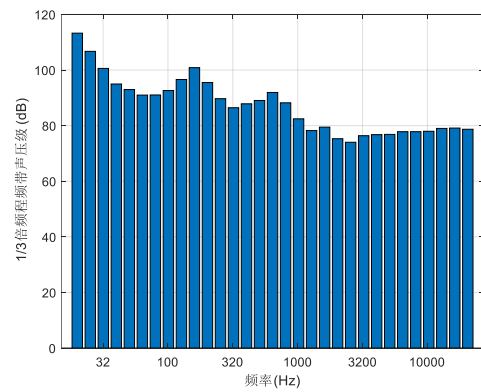
图 5.8-24 站点 8 水听器在 5m、15m 处所测时域图



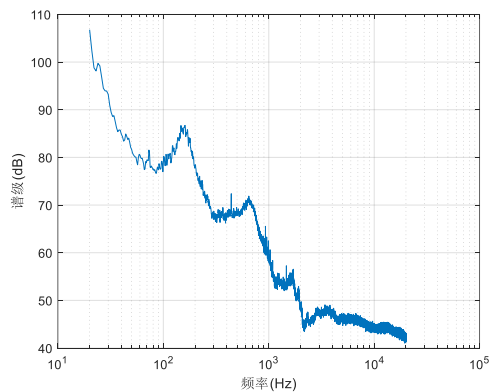
(a) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图 5.8-25 站点 8 水深 5m(a)、15m(b)处噪声分析结果

(4) 水下噪声现状小结

乳山海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，全频带累积声压级为 119dB，噪声谱级的总动态变化范围是 77dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 31dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 94dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 73dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 70dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 47dB 以下。

5.8.4 调查结论

（1）水上噪声环境调查结论

工程海域海面上环境噪声等效噪声级（A 计权）主要分布在 39~46dB 之间；最大声级的算术平均值为 66.0dB；在 20Hz~20kHz 的频率分布范围内，各频带噪声级的最大动态范围为 30dB。

（2）水下噪声环境调查结论

水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，全频带累积声压级为 119dB，噪声谱级的总动态变化范围是 77dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 31dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 94dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 73dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 70dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 47dB 以下。

5.9 大气环境现状

根据威海市生态环境局乳山分局发布的《乳山市2022年环境质量公报》，全市环境空气质量达到《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)二级标准，优良率为91.8%。

环境空气主要污染物二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物(PM10)年均值、一氧化碳24小时平均第95百分位数浓度值分别为 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $39\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，达到国家《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）一级标准；细颗粒物(PM2.5)年均值和臭氧日最大8小时滑动平均值的第90百分位数浓度值分别为 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $144\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，达到《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准。

环境空气质量综合指数2.86，同比改善8.3%，六项主要污染物中二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物、细颗粒物四项指标分别同比改善16.7%、18.2%、2.5%、20.0%。

全市城市降水pH年均值范围在6.57至7.30之间，pH值均大于5.60，全市未出现酸雨。

项目所在的乳山市的环境空气质量达到《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)二级标准，项目所在的区市为达标区。

6.环境影响预测与分析

6.1 水文动力环境影响分析

6.1.1 潮流场数学模型

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维数值模型 MIKE21FM 进行水动力环境影响预测与分析，采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

(1) 模型控制方程

1) 质量守恒方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu) + \frac{\partial}{\partial y}(hv) = 0$$

动量方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) - fv + \frac{gu\sqrt{u^2+v^2}}{C_z^2 H} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + fu + \frac{gv\sqrt{u^2+v^2}}{C_z^2 H} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} \end{aligned}$$

式中： ζ ——水位；

h ——静水深；

H ——总水深， $H=h+\zeta$ ；

u 、 v ——分别为 x 、 y 方向垂向平均流速；

g ——重力加速度；

f ——科氏力参数（ $f=2\omega \sin \varphi$ ， φ 为计算海域所处地理纬度）；

C_z ——谢才系数， $C_z = M \cdot H^{\frac{1}{6}}$ ， M 为曼宁系数；

ε_x 、 ε_y —— x 、 y 方向水平涡动粘滞系数。

2) 定解条件

初始条件：

$$\begin{cases} \zeta(x, y, t) |_{t=t_0} = \zeta(x, y, t_0) = 0 \\ u(x, y, t) |_{t=t_0} = v(x, y, t) |_{t=t_0} = 0 \end{cases}$$

6.1.2 计算域及网格设置

(1) 计算域设置

工程所建立的海域数学模型计算域范围见图 4.1-1a，即为图中 A、B、C、D 四点以及岸线围成的海域，坐标范围为北纬 $34^{\circ}43'22.80''\sim 36^{\circ}51'36.91''$ ，东经 $119^{\circ}45'00.00''\sim 122^{\circ}53'52.80''$ 。

模拟采用三角网格，用动边界的方法对干、湿网格进行处理。整个模拟区域内由 23788 个节点和 42255 个三角和矩形单元混合组成，最小空间步长约为 6m。为了清楚地反映工程附近海域水动力环境特点，模拟中将工程区附近海域网格进行局部加密。数值模拟计算域及工程附近海域网格分布分别见图 4.1-1b~图 4.1-1c。

（2）水深和岸界

水深：采用中国人民解放军海军航海保证部制作的 12510 号、12570 号和 12500 号海图数据以及工程周边实测水深数据。

岸线：采用以上海图中岸界、山东省海陆勘界线勘测资料以及工程附近海岸线勘测资料。

（3）大海域模型水边界输入

开边界：A、D 点分别采用石臼所、王家湾多年潮位观测资料调和分析求得的 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 M_4 、 MS_4 六个主要分潮调和常数值，经潮位预报所得潮位资料作为输入文件。B、C 点分别采用 Chinatide 提取的对应点的 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 M_4 、 MS_4 六个主要分潮调和常数值输入计算。

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_{oi} + V_i) - G_i]\}$$

这里， f_i 、 σ_i 是第 i 个分潮（这里共取六个分潮： M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 M_4 、 MS_4 ）的交点因子和角速度； H_i 和 G_i 是调和常数，分别为分潮的振幅和迟角； $V_{oi}+V_i$ 是分潮的幅角。

闭边界：以大海域和工程周边岸线作为闭边界。

（4）计算时间步长和底床糙率

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 0.1s。底床糙率通过曼宁系数进行控制，曼宁系数 M 取 $40\sim 50m^{1/3}/s$ 。

（5）水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算水平涡粘系数，表达式如下：

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

式中：

c_s —常数；

l —特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ($i, j = 1, 2$) 计算得到。

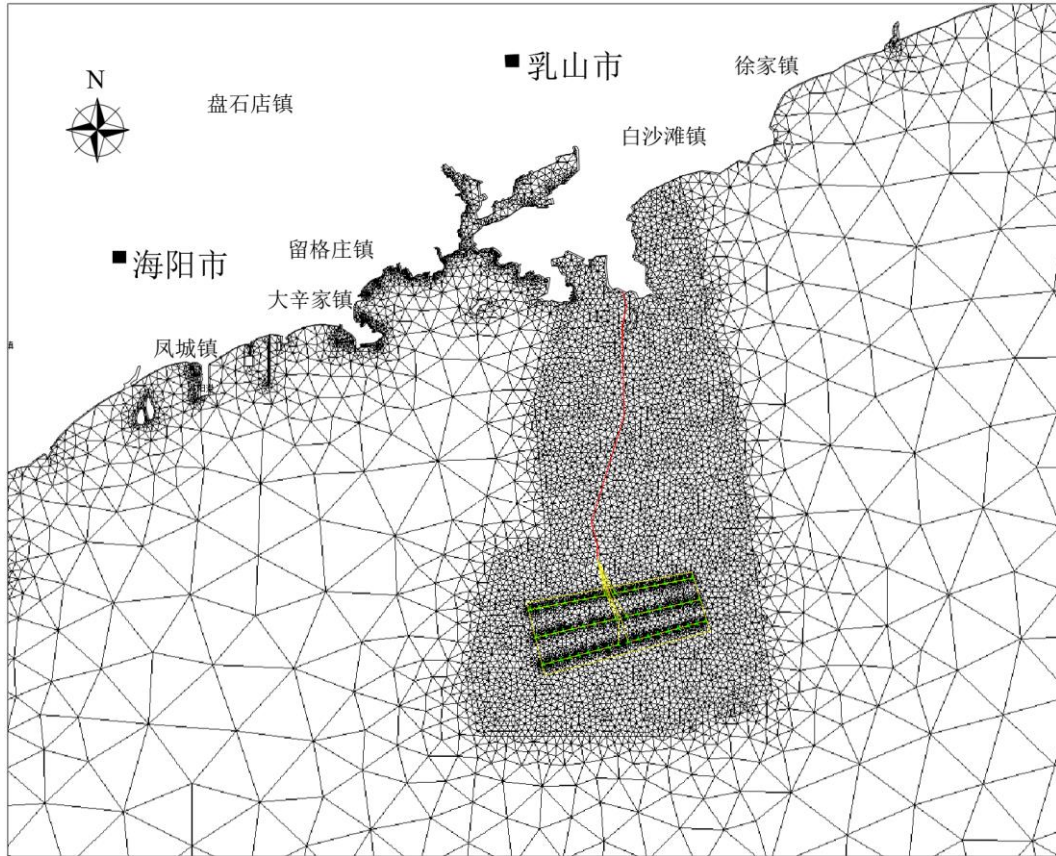


图 6.1-1b 加密区域网格分布图

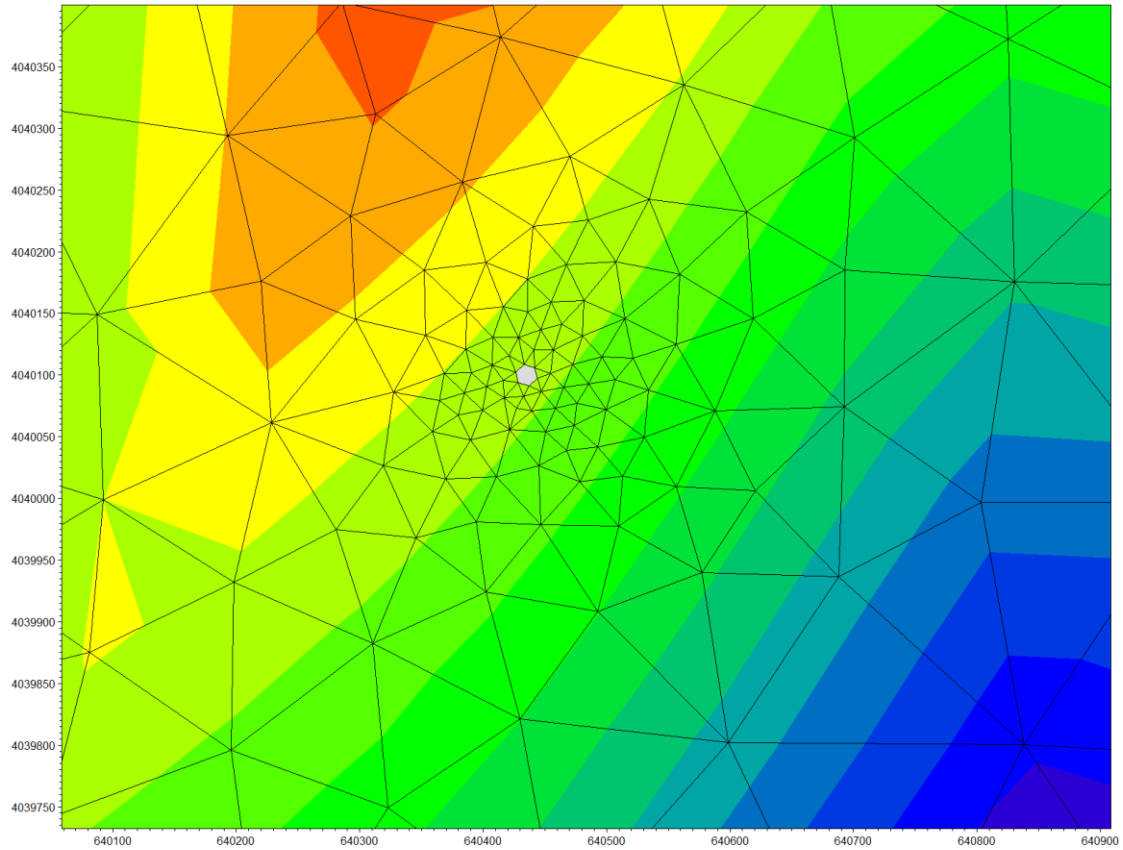


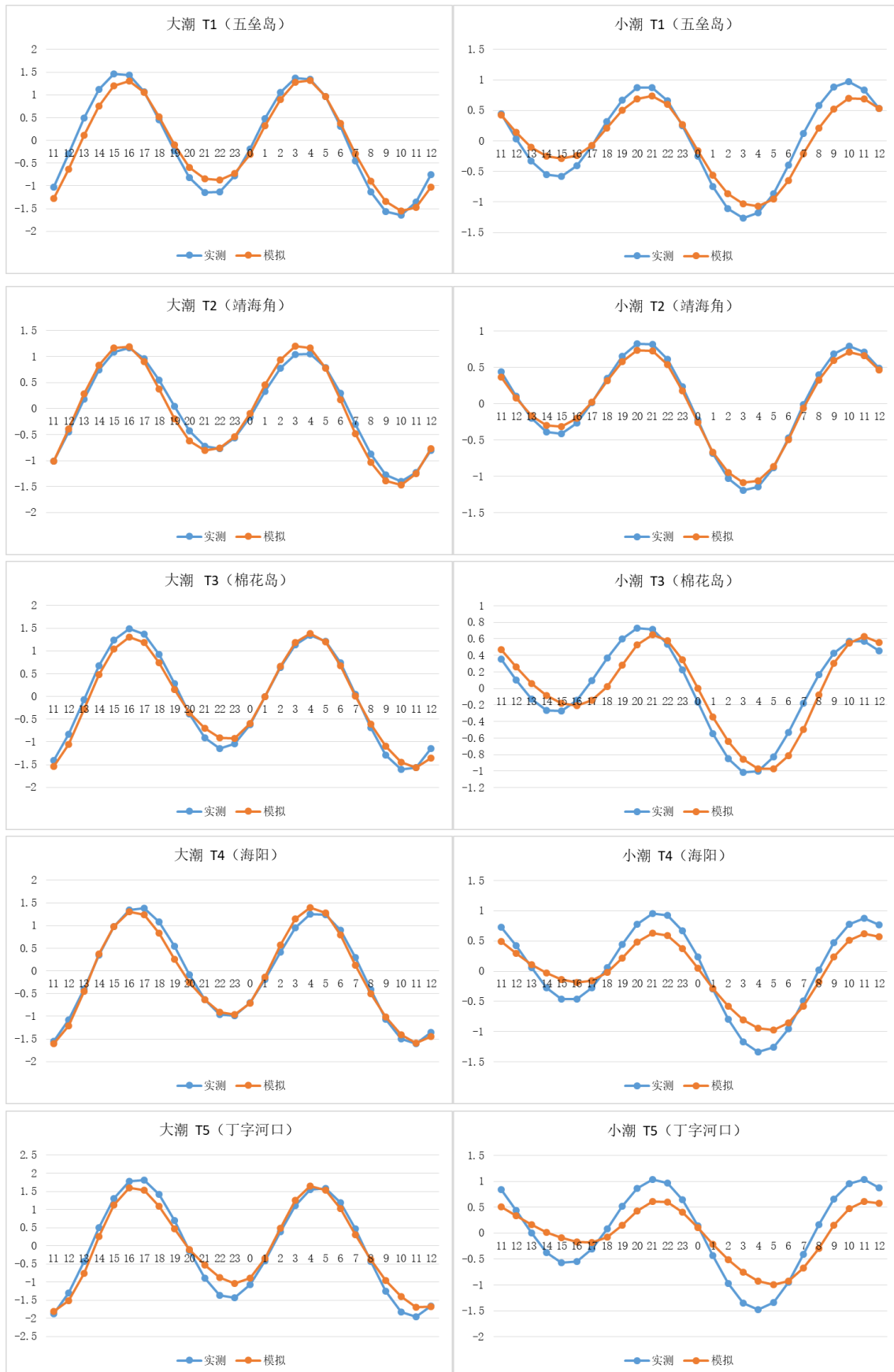
图 6.1-1c 风机周边网格分布图

6.1.3 模型验证

采用 T1 五垒岛、T2 靖海角、T3 棉花岛、T4 海、阳、T5 丁字河口、T6 千里岩、T7 鳌山、T8 沙子口、T9 大公岛、T10 青岛等 10 个站位的潮位资料进行逐时潮位验证，各站位由 M₂、S₂、K₁、O₁、M₄、MS₄ 六个分潮的调和常数预报出的潮位与计算结果进行验证，调和常数采用当地海洋站多年历史潮位观测资料调和分析得到。潮位验证点见图 6.1-1a 和表 6.1-1，潮位验证曲线见图 6.1-2。验证结果表明，对应观测点上模拟得到的潮位值与预报潮位基本吻合。

潮流验证采用 2020 年 3 月 10 日~11 日（大潮期）和 2020 年 3 月 17 日~18 日（小潮期）工程附近海域 6 个站位（1~6）的潮流实测资料与模拟所得潮流流速流向进行对比。潮流验证点见表 6.1-1 和图 6.1-1a，潮流验证曲线见图 6.1-3。验证结果表明，对应观测点上模拟得到的潮流流速流向与实测（预报）潮流基本吻合，能够较好地反映工程周边海域潮流状况。

表 6.1-1 潮位和潮流验证点坐标



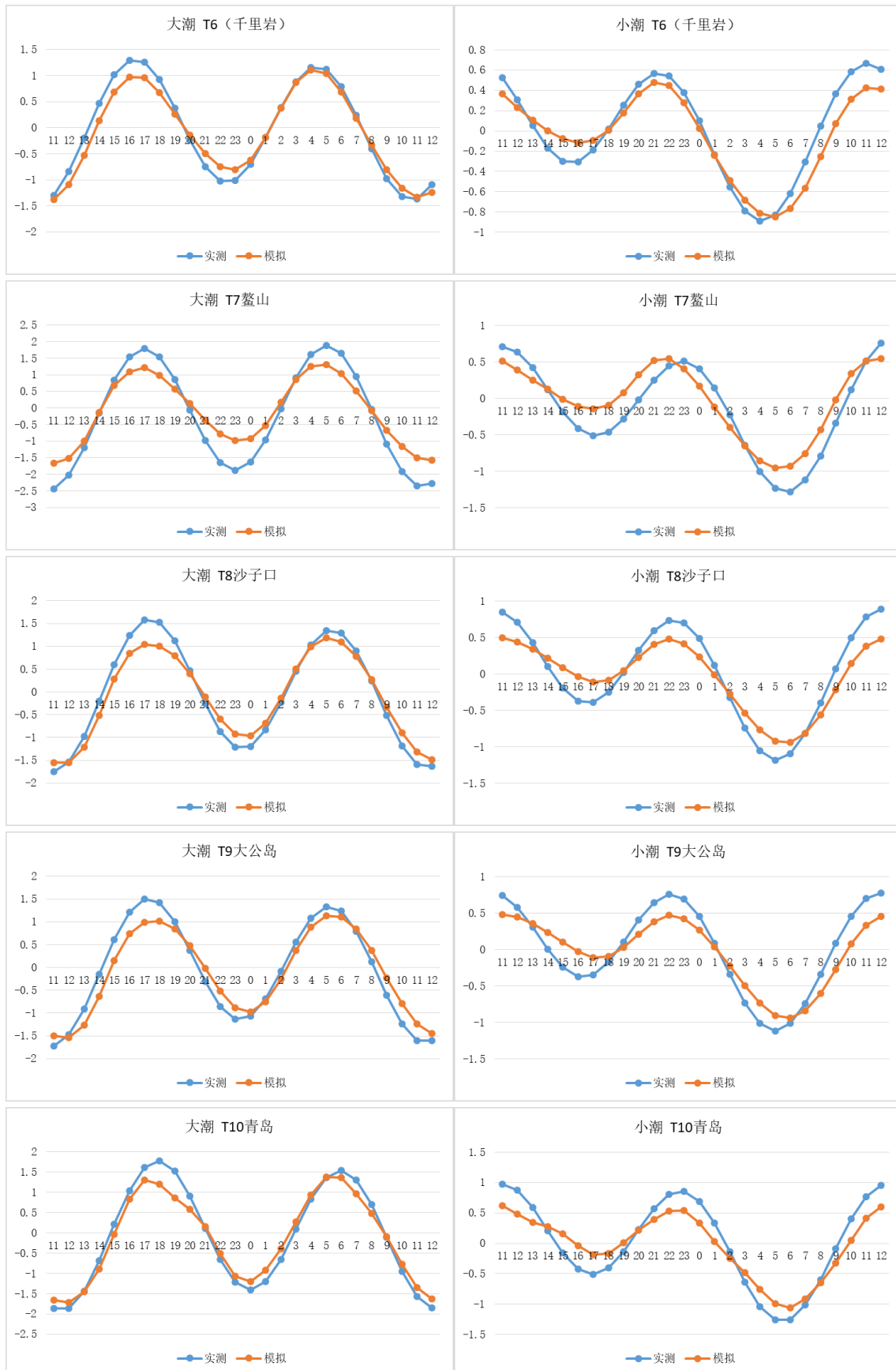


图 6.1-2 潮位验证曲线



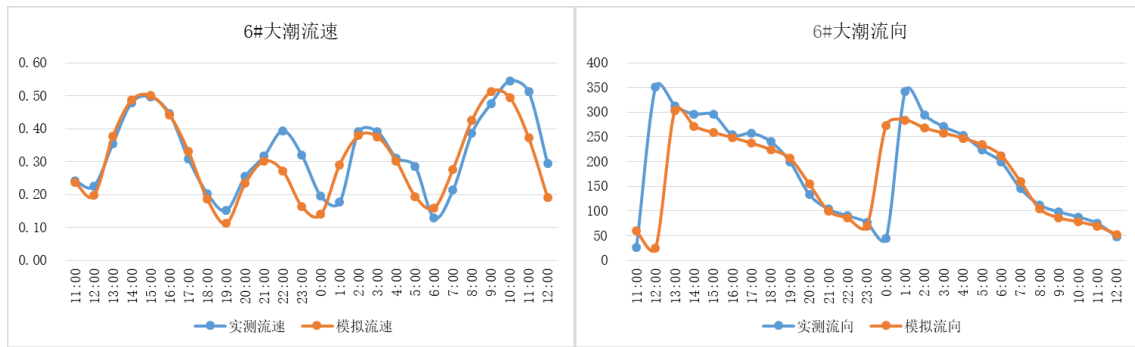
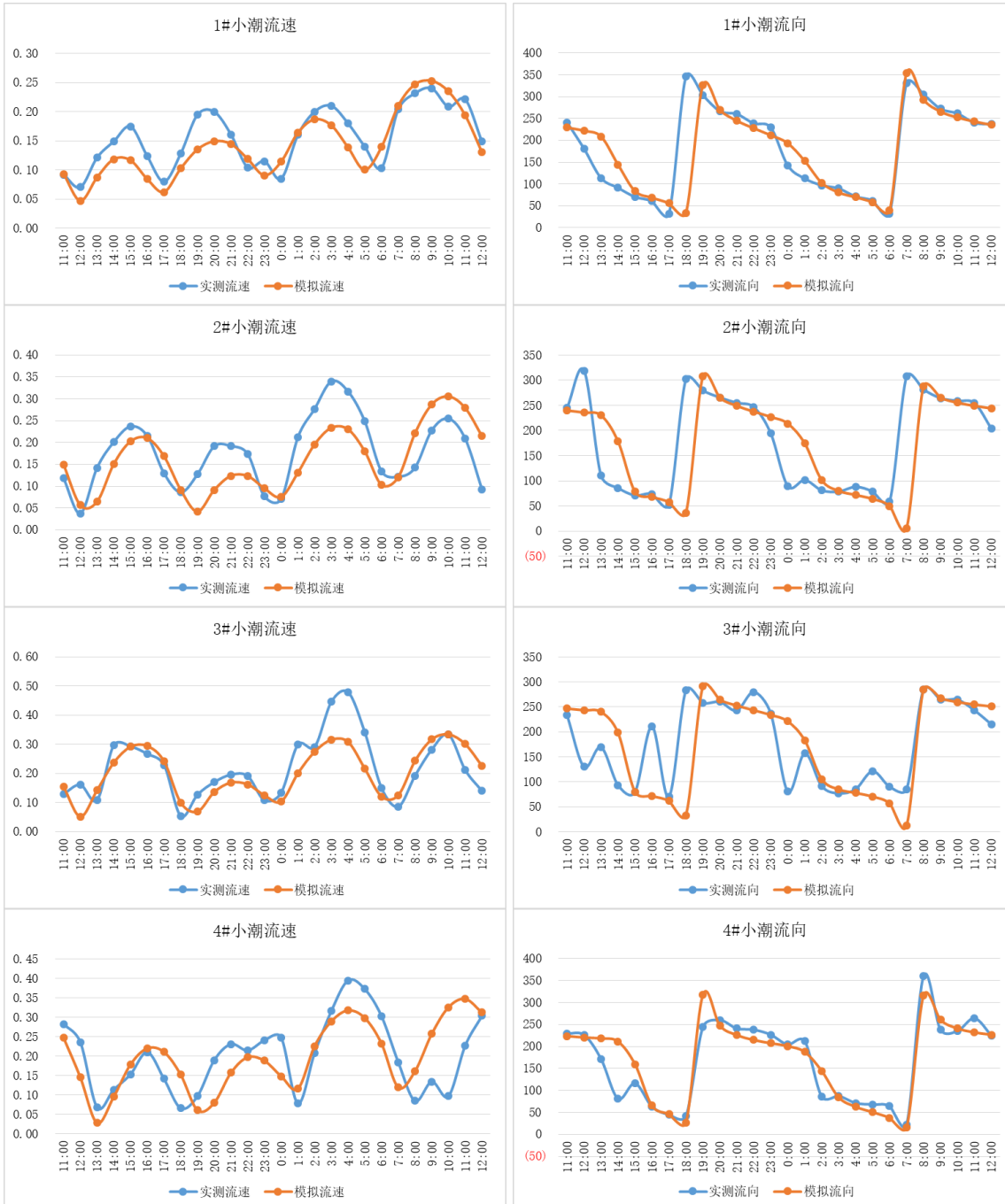


图 6.1-3 大潮期潮流验证曲线



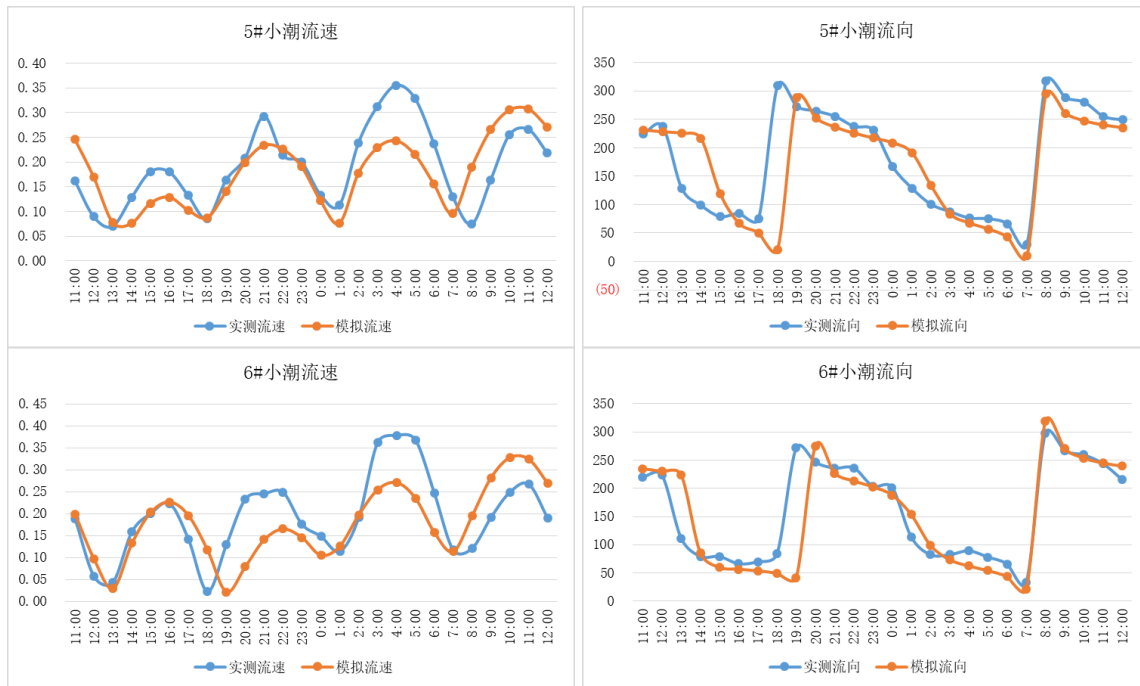


图 6.1-4 小潮期潮流验证曲线

6.1.4 潮流场计算结果分析

(1) 大海域现状潮流场模拟结果分析

大潮期间涨急时（图 6.1-5），计算域内潮流整体由 NE 往 SW 流，流速普遍介于 30cm/s~70cm/s 之间，各海湾内流速较小，外海流速较大；大潮期间落急时（图 6.1-6），计算域内落潮流整体由 SW 往 NE 流，流速普遍介于 40cm/s~70cm/s 之间。

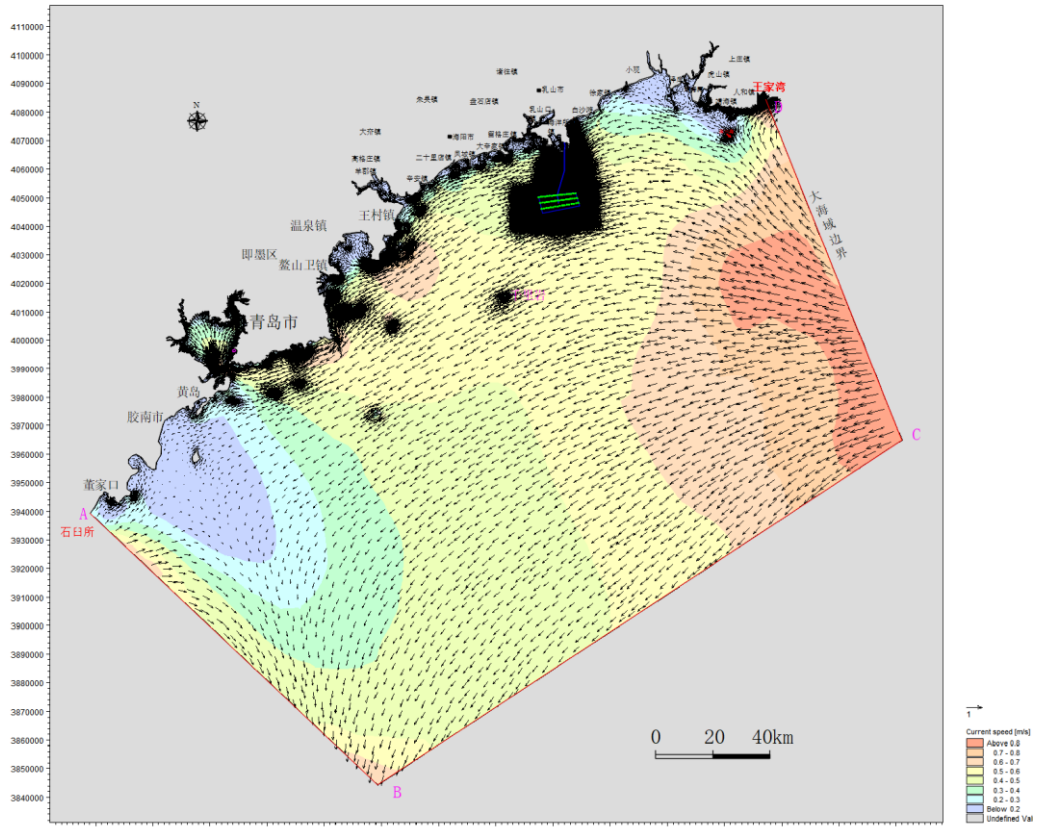


图 6.1-5 大海域现状潮流场（涨急时，大潮期）

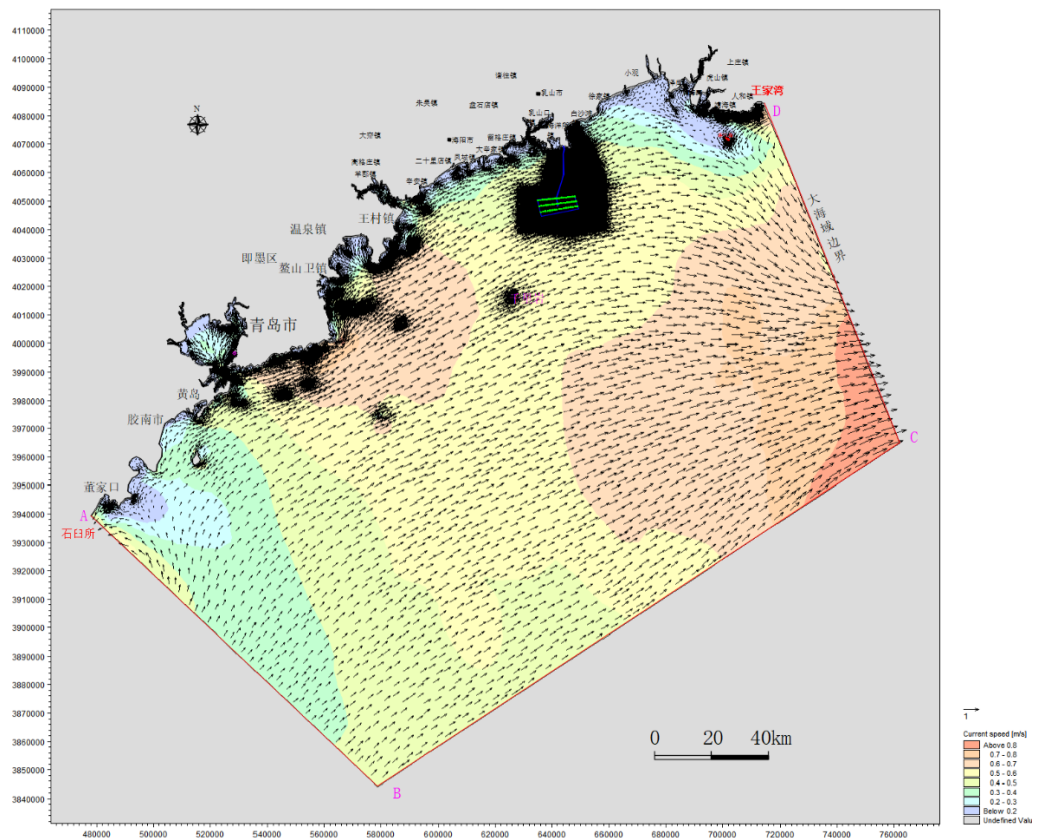


图 6.1-6 大海域现状潮流场（落急时，大潮期）

(2) 工程周边海域现状潮流场数值模拟

大潮期间涨急时（图 6.1-7），工程区流向自 E 往 W，风场区流速在 0.50m/s-0.55m/s 之间；路由段流速在 0.04m/s-0.75m/s 之间、由岸向风场区流速增加，近岸路由段流速较小，一般在 0.04m/s-0.20m/s 之间。

大潮期间落急时（图 6.1-8），工程区流向自 W 往 E，风场区流速在 0.45m/s-0.55m/s 之间；路由段流速在 0.01m/s-0.60m/s 之间、由岸向风场区流速增加，近岸路由段流速较小，一般在 0.01m/s-0.10m/s 之间。

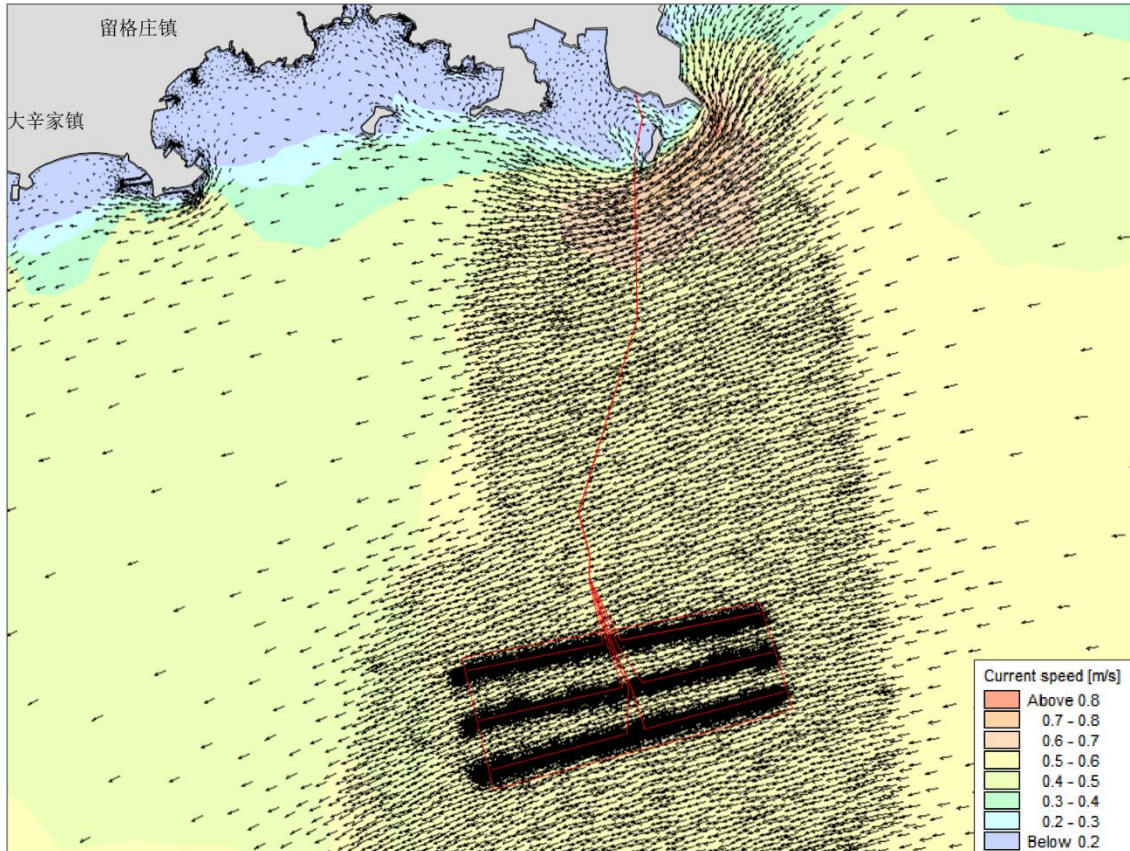


图 6.1-7 工程附近海域现状潮流场（涨急时，大潮期）

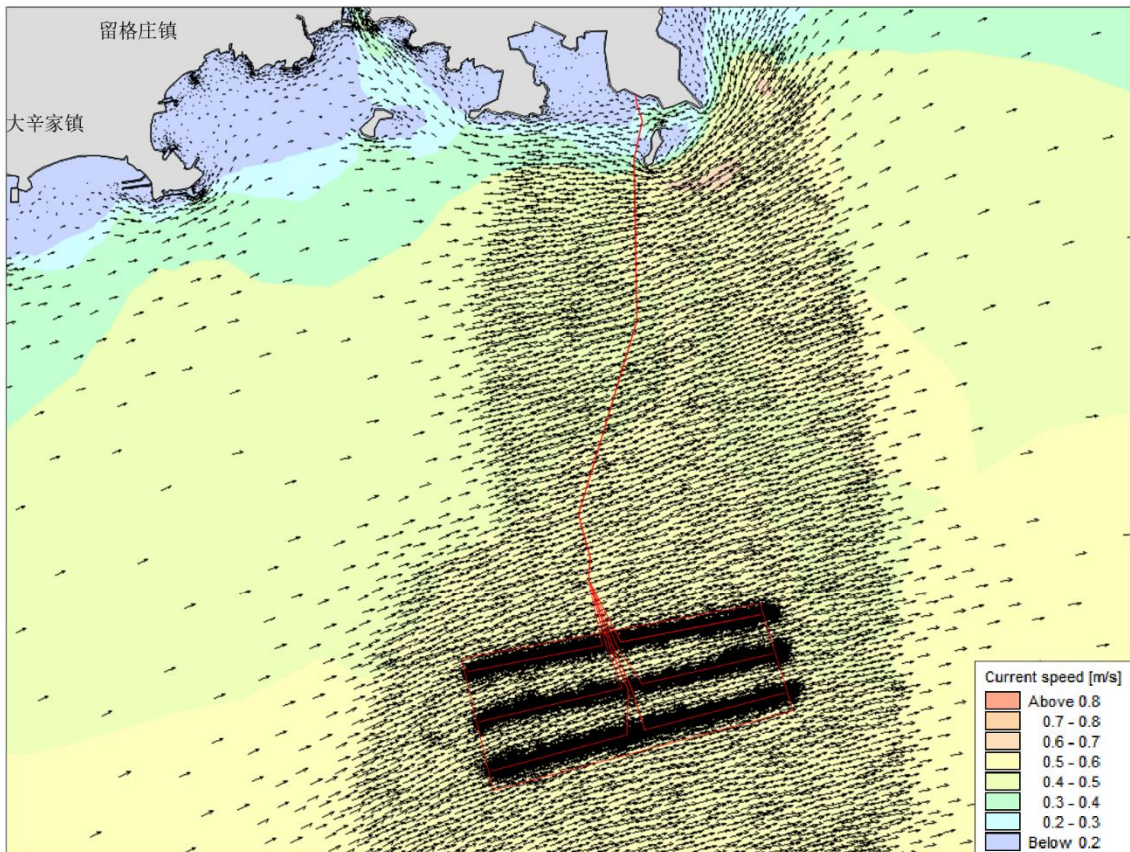


图 6.1-8 工程附近海域现状潮流场（落急时，大潮期）

6.1.5 工程建设对潮流场的影响分析

图 6.1-9 为大潮期涨急时刻工程前后流速变化图，拟建风机整体沿海流流向布置，风机南北及风机之间周边小范围内流场整体呈减小趋势，减小在 3cm/s 的范围距离风机约为 980m；风电场西北侧流速略有增大，增加大于 2cm/s 的范围距离风电场最大约为 1800m，最大增加量约为 5.0cm/s。

图 6.1-10 为大潮期落急时刻工程前后流速变化图，拟建风机整体沿海流流向布置，风机南北及风机之间周边小范围内流场整体呈减小趋势，减小在 3cm/s 的范围距离风机约为 610m；风电场南侧流速略有增大；增加大于 2cm/s 的范围主要位于基础附近。

整体来看，风机周边小范围内流速整体有所减小，涨落急时刻减小在 3cm/s 的区域距风场最大距离约 980m；风电场潮流流速增加在 2cm/s 的区域距风场最大距离约 1800m；工程建设对潮流场的影响主要集中在风机周边小范围内，对外围其他区域的影响较小。

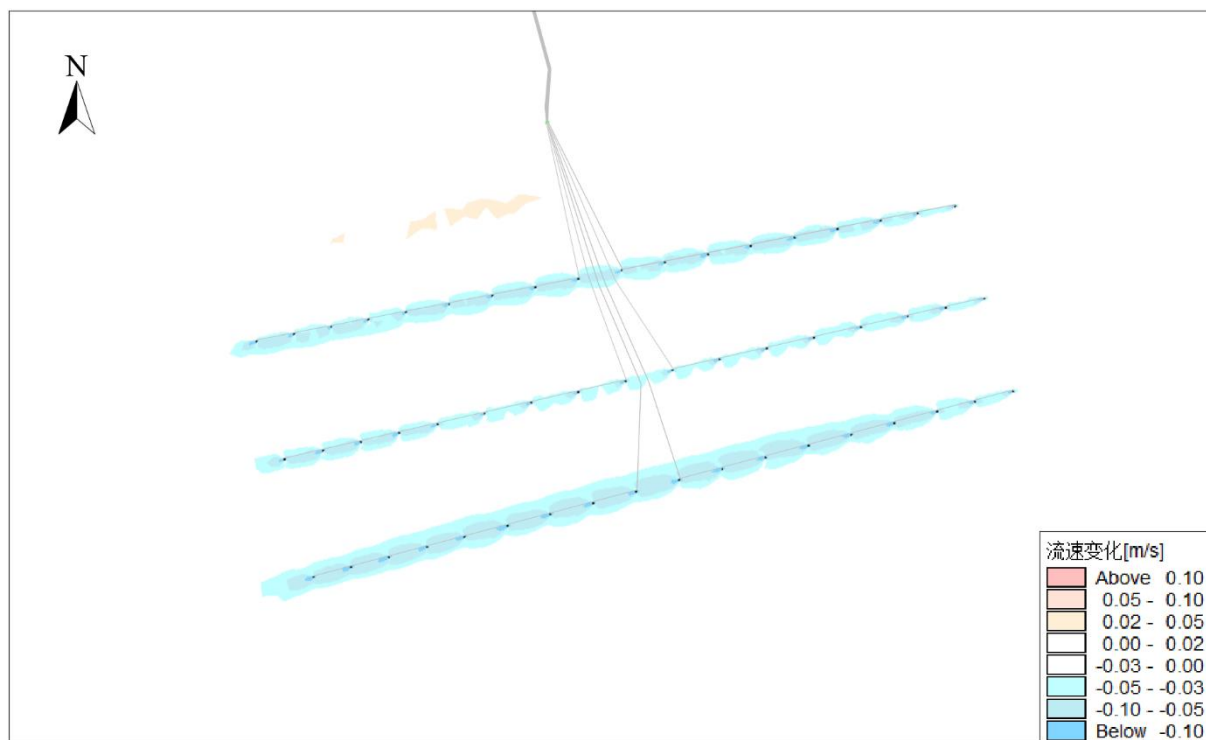


图 6.1-9 工程建成后流速变化图（涨急时，大潮期）

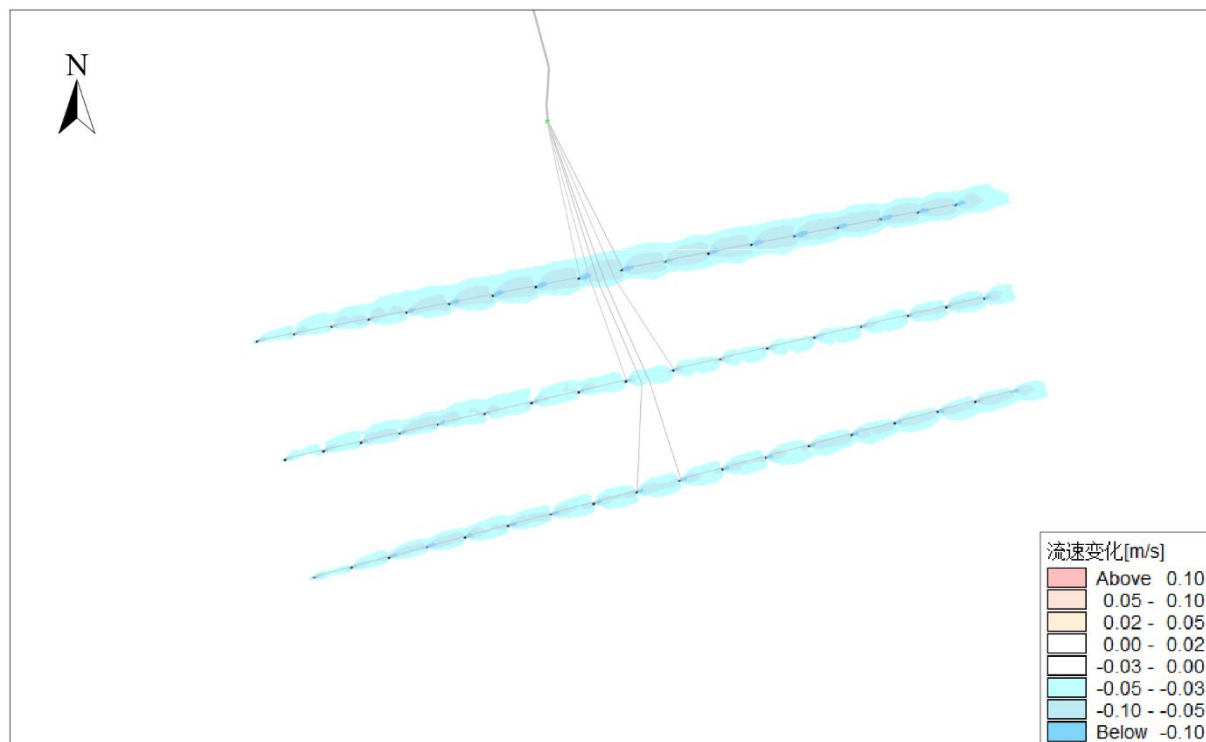


图 6.1-10 工程建成后流速变化图（落急时，大潮期）

6.2 水质环境的影响预测与评价

水质环境影响主要是本项目施工期风机桩基和电缆铺设产生的悬浮泥沙扩散造成的影响。风机桩基通过液压震动锤振动下沉，施工时导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。

6.2.1 预测模式

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

（1）二维水质对流扩散控制方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}(hD_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(hD_y \frac{\partial c}{\partial y}) - Fc + s$$

式中， c 为污染物浓度（ kg/m^3 ）； u 、 v 分别为 x 、 y 向流速分量； D_x 、 D_y 为 x 、 y 向分散系数； s 为污染物排放源强， $s=Q_s C_s$ ，式中 c 为悬浮泥沙浓度（ kg/m^3 ）； F 为衰减系数， $F = p\omega$ ， p 为沉降概率（无量纲）， ω 为沉降速度（ m/s ）。

（2）边界条件

岸边界条件：浓度通量为零；

开边界条件：入流： $c|_{\Gamma} = c_0$ ，式中 Γ 为水边界， c_0 为边界浓度，模型仅计算增量影响，取 $c_0=0$ 。

出流： $\frac{\partial c}{\partial t} + V_n \frac{\partial c}{\partial n} = 0$ ，式中 V_n 边界法向流速， n 为法向。

（3）初始条件

$$c(x, y)|_{t=0} = 0。$$

6.2.2 施工期悬浮物影响分析

6.2.2.1 悬沙预测点位置

（1）电缆敷设悬浮物源强

1) 登陆端潮间带区域

潮间带电缆沟施工采用两栖挖掘机配合小型铺缆船进行施工作业，电缆埋设时滩面一般处于无水或浅水状态，浅水状态下最大涉水深度为 2 m，水深小于 0.5m 的区域采取低潮干滩施工。低潮位滩涂干地施工时，电缆铺设不会对海域水质造成明显影响；但在高潮位浅水条件下施工时，两栖挖掘机开槽会导致滩涂泥沙再悬浮，从而引起施工点周围水体浑浊，污染局部海水水质。本项目海缆开挖深度 2m、沟槽顶宽最大 1.0m、底宽 0.5m、开沟速度 20m/h，工程区沉积物平均密度按 $1250\text{kg}/\text{m}^3$ ，起沙率以施工土方量的 20% 计，同时考虑施工时的超挖量，超挖系数按 1.2 计。

本项目施工过程产生的悬浮泥沙计算按照所有参数的最大值计算，悬浮沙的产生速率 = 搅动沉积物的横截面积 × 管线埋铺设的速度 × 沉积物密度 × 起沙率 × 超挖系数

根据以上公式计算可得，在潮间带滩涂区域施工条件下，电缆埋设施工悬浮物释放强度为 3.33kg/s。

2) 中间水域

本工程中间水域敷设电缆采用的埋设犁埋设速度：1.5~8m/min，潜水深度：2~30m(海底流速 3 节-1.542m/s)，埋设能力：Φ30~Φ200mm 电缆海底最大埋深 2.0m。

本项目海底电缆埋深 2m，顶宽 1m，底宽 0.5m。铺缆铺设速率以埋设犁埋设速度 6m/min 计（每天铺设约为 10 小时），埋设犁施工过程不进行任何挖掘工作，仅在海底临时切割出一条管沟，光缆立刻嵌入到管沟中。埋设犁经过该区域后，海底沉积物将管沟掩埋，而不需要填埋工作。

管线铺设悬浮沙的产生速率计算公式如下：

产生速率 = 搅动沉积物的横截面积×设备移动的速度×沉积物密度（湿重）×（1-含水率）×起沙率

沉积物含水率取 25%，悬浮沙湿密度取 1.96 t/m³，起沙率按 5.0%计算，则悬浮沙产生速率为 11.0kg/s。

（2）风机基础悬浮物源强

风机桩基通过液压震动锤振动下沉，施工时导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加(>10mg/L)范围一般半径在 100m 内。风机桩基和升压站桩基施工悬浮物影响范围据此给出，因此不作预测。

（3）源强位置

本工程布置 53 台风机。电缆铺设为线性工程，受地形和潮流条件影响，不同点位施工产生的悬浮物影响范围不同。根据风电场区电缆布置，选取 37 个代表点，预测不同点位施工的悬浮物最大影响范围，电缆敷设悬浮物预测点位见图 6.2.2-1。

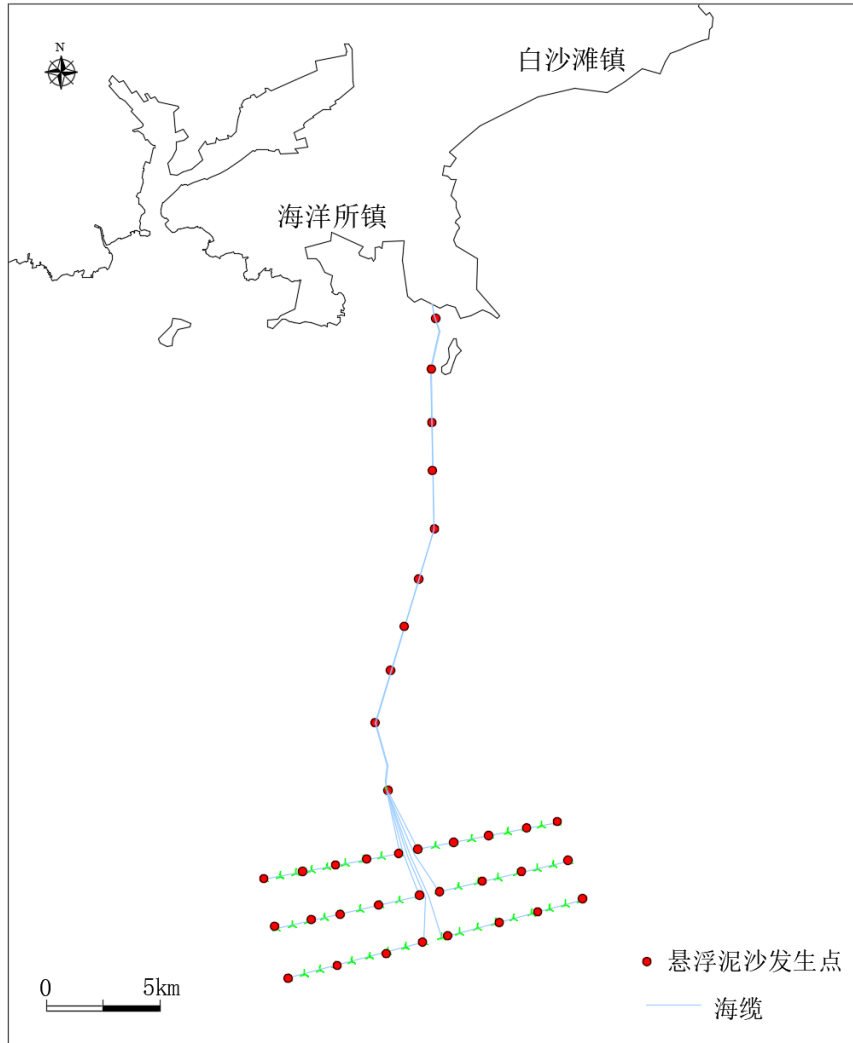


图 6.2.2-1 悬浮物预测特征点位置示意图

6.2.2.2 预测悬浮泥沙浓度增量分布

根据预测结果，海缆敷设施工环节中产生的悬浮泥沙扩散范围见图 6.2.2-2。

工程周边流场为往复流，主流向近 W-E 向，施工期间 10mg/L 悬浮泥沙主要在工程 W-E 方向扩散，最大扩散距离约 1.3km。悬浮泥沙超二类水质标准范围（10mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 16201.96hm²，悬浮泥沙超三类水质标准范围（100mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 2733.14hm²，悬浮泥沙超四类水质标准范围（150mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 1214.70hm²。

表 6.2.2-1 悬浮泥沙各分区浓度面积一览表

序号	分区浓度	面积(hm ²)	面积(hm ²)
1	10-20mg/L	2974.244	10964.529
2	20-50mg/L	7990.285	
3	50-100mg/L	2504.292	2504.292
4	100-150mg/L	1518.441	1518.441
5	>150 mg/L	1214.703	1214.703

6.2.3 地表水环境影响分析

(1) 施工期

根据前文预测分析结果，施工期间 10mg/L 悬浮泥沙主要在工程 W-E 方向扩散，最大扩散距离约 1.3km，影响范围在工程区周边，且随着施工结束悬浮泥沙影响很快消失，对工程区周边的水环境保护目标影响较小。施工期对水环境的其他影响主要包括船舶含油污水、机修含油污水、船舶生活污水和施工人员生活污水。项目施工期产生的船舶含油污水和生活污水统一收集后，委托有资质单位统一接收处置。

(2) 营运期

营运期间对地表水环境产生影响的主要因素为船舶生活污水、检修船含油污水等。船舶生活污水、检修船含油污水统一收集后，委托有资质单位接收处置，不外排。在采取环保措施后，正常情况下本项目营运期废水不对工程区域的海洋水质环境的产生影响，项目建设不会对地表水环境产生影响。

表 6.2.3-1 地表水环境影响评价自查表

工作内容		自查项目		
影响识别	影响类型	水污染影响型 ☒ ；水文要素影响型 ☒		
	水环境保护目标	饮用水水源保护区 ☐ ；饮用水取水口 ☐ ；涉水的自然保护区 ☐ ；涉水的风景名胜区 ☐ ；重要湿地 ☐ ；重点保护与珍稀水生生物的栖息地 ☐ ；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道 ☒ ；天然渔场等渔业水体 ☐ ；水产种质资源保护区 ☐ ；其他 ☐		
	影响途径	水污染影响型	水文要素影响型	
		直接排放 ☐ ；间接排放 ☐ ；其他 ☒	水温 ☐ ；径流 ☐ ；水域面积 ☒	
现状调查	影响因子	持久性污染物 ☐ ；有毒有害污染物 ☐ ；非持久性污染物 ☐ ；pH 值 ☐ ；热污染 ☐ ；富营养化 ☐ ；其他 ☐	水温 ☐ ；水位（水深） ☐ ；流速 ☐ ；流量 ☐ ；其他 ☒	
	评价等级	水污染影响型	水文要素影响型	
		一级 ☐ ；二级 ☐ ；三级 A ☐ ；三级 B ☒	一级 ☐ ；二级 ☐ ；三级 ☒	
	区域污染源	调查项目 已建 ☐ ；在建 ☐ ；拟建 ☐ ；其他 ☐	拟替代的污染源 ☐	数据来源 排污许可证 ☐ ；环评 ☐ ；环保验收 ☐ ；既有 ☐ 实测 ☐ ；现场监测 ☐ ；入河排放口数据 ☐ ；其他 ☐
现状调查	受影响水体水环境质量	调查时期 丰水期 ☐ ；平水期 ☐ ；枯水期 ☐ ；冰封期 ☐ 春季 ☒ ；夏季 ☐ ；秋季 ☒ ；冬季 ☐		数据来源 生态环境保护主管部门 ☐ ；补充监测 ☐ ；其他 ☒
	区域水资源开发利用状况	未开发 ☐ ；开发量 40% 以下 ☐ ；开发量 40% 以上 ☐		
	水文情势调查	调查时期 丰水期 ☐ ；平水期 ☐ ；枯水期 ☐ ；冰封期 ☐ 春季 ☒ ；夏季 ☐ ；秋季 ☒ ；冬季 ☐		数据来源 水行政主管部门 ☐ ；补充监测 ☐ ；其他 ☒
	补充监测	监测时期 丰水期 ☐ ；平水期 ☐ ；枯水期 ☐ ；冰封期 ☐ 春季 ☐ ；夏季 ☐ ；秋季 ☐ ；冬季 ☐	监测因子 ()	监测断面或点位 () 个
现状评价	评价范围	河流：长度 () km；湖库、河口及近岸海域：面积 (1441) km ²		
	评价因子	(温度、盐度、pH、悬浮物 (SS)、化学需氧量 (COD)、溶解氧 (DO)、石油类、亚硝酸盐、硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷)		

工作内容		自查项目					
	评价标准	河流、湖库、河口：Ⅰ类□；Ⅱ类□；Ⅲ类□；Ⅳ类□；Ⅴ类□ 近岸海域：第一类☑；第二类☑；第三类☑；第四类☑ 规划年评价标准（）					
	评价时期	丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□ 春季☑；夏季□；秋季☑；冬季□					
	评价结论	水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标状况：达标□；不达标☑ 水环境控制单元或断面水质达标状况：达标□；不达标□ 水环境保护目标质量状况：达标□；不达标□ 对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况：达标□；不达标□ 底泥污染评价□ 流域（区域）水资源（包括水能资源）与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况□ 依托污水处理设施稳定达标排放评价□					达标区□ 不达标区☑
	预测范围	河流：长度（）km；湖库、河口及近岸海域：面积（1600）km ²					
影响预测	预测因子	（SS）					
	预测时期	丰水期□；平水期□；枯水期□；冰封期□ 春季□；夏季□；秋季□；冬季□ 设计水文条件☑					
	预测情景	建设期☑；生产运行期□；服务期满后□ 正常工况□；非正常工况□ 污染控制和减缓措施方案□ 区（流）域环境质量改善目标要求情景□					
	预测方法	数值解☑；解析解□；其他□ 导则推荐模式□；其他□					
	水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价	区（流）域水环境质量改善目标□；替代削减源□					
影响评价	水环境影响评价	排放口混合区外满足水环境管理要求□ 水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标□ 满足水环境保护目标水域水环境质量要求□ 水环境控制单元或断面水质达标□ 水文要素影响型建设项目时应包括水文情势变化评价、主要水文特征值影响评价、生态流量符合性评价□ 满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求☑					
	污染源排放量核算	污染物名称		排放量/（t/a）		排放浓度/（mg/L）	
	替代源排放情况	污染源名称	排污许可证编号	污染物名称	排放量/（t/a）	排放浓度/（mg/L）	
		（）	（）	（）	（）	（）	
	生态流量确定	生态流量：一般水期（）m ³ /s；鱼类繁殖期（）m ³ /s；其他（）m ³ /s 生态水位：一般水期（）m；鱼类繁殖期（）m；其他（）m					
	防治措施	污水处理设施□；水文减缓设施□；生态流量保障设施□；区域削减□；依托其他工程措施√；其他□					
防治措施	监测计划	环境质量		污染源			
		监测方式	手动√；自动□；无监测□			手动□；自动□；无监测□	
		监测点位	（工程用海周边）			（）	
		监测因子	pH、溶解氧（DO）、化学耗氧量（COD）、氨氮、悬浮物、油类。			（）	
污染物排放清单							
评价结论		可以接受√；不可以接受□					
注：“□”为勾选项，可打√；“（）”为内容填写项；“备注”为其他补充内容。							

6.3 地形地貌与冲淤环境影响评价

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

6.3.1 基本控制方程

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \cdot \frac{\partial}{\partial x} (h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}) + \frac{1}{h} \cdot \frac{\partial}{\partial y} (h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y}) + Q_L \cdot C_L \cdot \frac{1}{H} - S$$

式中：

$\bar{c}$ —— 平均质量浓度 (kg/m^3)；

u, v —— 平均流速 (m/s)；

D_x, D_y —— 扩散系数 (m^2/s)；

h —— 水深 (m)；

S —— 沉积或侵蚀项 ($\text{kg/m}^3/\text{s}$)；

Q_L —— 单位水平面积上的源流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)；

C_L —— 源浓度 (kg/m^3)。

6.3.2 沉积和侵蚀计算公式

(一) 粘性土沉积和侵蚀

(1) 沉积过程

沉积是将悬浮泥沙转移到海底，沉积发生在海底剪切应力小于临界沉积剪切应力的情况下。沉积率描述为：

$$S_D = w_s \cdot c_b \cdot P_D$$

式中： P_D —— 沉积概率函数；

w_s —— 沉降速度 (m/s)；

c_b —— 泥沙的近海底浓度。

沉积概率函数定义为：

$$P_D = \max \left[0, \min \left(1, 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} \right) \right]$$

式中： τ_b —— 海底剪切应力 (N/m^2)；

τ_{cd} —— 沉积临界剪切应力 (N/m^2)。

(2) 冲刷侵蚀过程

冲刷是将沉积物转移到水体中去，发生在海底剪切应力大于临界剪切应力的活跃海底沉积层上。根据海底沉积物密实程度或固结程度可以给出两种冲刷率计算方法。对于密实的或固结的海底沉积物采用如下冲刷率：

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \tau_b > \tau_{ce}$$

式中： E —— 侵蚀率 ($\text{kg/m}^2/\text{s}$) ；

τ_{ce} —— 冲刷临界剪切应力 (N/m^2) ；

τ_b —— 底床剪切应力 (N/m^2) ；

n —— 侵蚀系数。

对于较软的或部分固结的海底沉积物采用 如下冲刷率：

$$S_E = E \cdot \exp \left[\alpha (\tau_b - \tau_{ce})^{\frac{1}{2}} \right]$$

式中： α —— 冲刷系数 ($\text{m/N}^{1/2}$)

(二) 非粘性土浓度

平衡浓度定义如下：

$$\bar{c}_e = \frac{q_s}{\bar{u} h}$$

式中： $\bar{u}$ —— 平均流速；

q_s —— 悬移质输运率 (kg/m/s) ；

$$q_s = \int_a^h c \cdot u dy$$

其中： c —— 距离海底距离 y 的沉积物浓度；

h —— 水深 (m) ；

a —— 底床层的厚度 (m)

u —— 距离海底距离 y 的水体流速。

沉降率定义如下： $S_d = -(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s}), \bar{c}_e < \bar{c}$

其中： $\bar{c}_e$ —— 平衡浓度；

$\bar{c}$ —— 水体泥沙质量浓度；

$t_s = \frac{h_s}{w_s}$ ，时间尺度。

侵蚀率定义如下： $S_e = -(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s}), \bar{c}_e > \bar{c}$

6.3.3 输入参数确定

(1) 沉积物类型、粒度特征参数

根据该区近期和历史表层沉积物调查资料输入。

(2) 风的资料输入

根据工程区附近海域风资料的统计结果，将全年的大风引起的波浪与潮流、径流共同作用于地形地貌冲淤模拟中，从而模拟和预测工程建设对海域地形地貌冲淤环境的影响。

6.3.4 冲淤环境变化影响分析

(1) 工程建设前冲淤现状

图 6.3-1 为工程建设前年冲淤效果图，工程建设前，工程附近海域冲淤变化较为稳定，电缆区近岸区以侵蚀为主，年最大侵蚀量约 5cm；离岸区以弱淤积为主，年淤积量一般小于 1.5cm；风电场区主体以弱淤积为主，年淤积量一般小于 1cm。

(2) 工程建成后冲淤状况

图 6.3-2 为工程建设后年冲淤效果图，工程建设后，工程所在海域冲淤分布趋势与工程前一致，仅风机小范围内有所变化，风电场所在海域仍然以弱淤积为主。

(3) 工程建设对冲淤影响

图 6.3-3 为工程建设前后年冲淤变化图，从冲淤变化图可以看出，工程建成前后冲淤变化不大，风场周边冲淤变化基本处于动态平衡，风电场北侧年淤积略有增大，年最大淤积增加量小于 0.20cm；南侧年最大侵蚀变化量 0.16cm。工程建设对冲淤环境的影响主要集中在风场周边小范围内且变化量较小，工程建设对地形地貌冲淤环境影响很小。



图 6.3-3 工程建设前后年冲刷变化图

6.4 沉积物环境影响预测分析

1、施工悬沙对海底沉积物影响

本项目管沟开挖及桩基等施工过程中会使海域内悬浮泥沙含量增大，悬浮泥沙粒径小、粘度大，沉降到海底后使海底表层沉积物粒径变小，粘性变大。工程搅动海底沉积物在2天内沉积海底，除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，不会影响海底沉积物质量。

2、防腐蚀牺牲阳极保护装置影响分析

工程运行期间，仅有少量牺牲阳极保护装置中锌释放到海域中，且在极端不利工况，只有在风机基础被围隔时才会出现，牺牲阳极的锌溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，锌也是海水中的最常见的物质之一，其不易形成稳定物质而持续累积，因此工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

6.5 海洋生态环境及渔业资源影响分析

6.5.1 施工期对海洋生态环境的影响分析

6.5.1.1 施工悬浮泥沙对海洋生物的影响

(1) 对浮游生物影响

工程风机桩基基础施工，海底电缆铺设施工都会引起海底泥沙再悬浮，在施工工作

业点周围水体中产生大量的悬浮物，形成一定范围的悬浮物高密度分布区域，从而引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降。一般而言，悬浮物的浓度增加在10mg/L以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，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。

（2）对游泳生物的影响

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。工程不会产生的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，从而影响使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。根据预测，场区电缆敷设悬浮物浓度大于 10mg/L~150mg/L 扩散范围会影响部分桩基周边海域，该范围内的浮游生物、游泳生物及底栖生物将受到一定影响。但随着施工的结束，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。

6.5.1.2 施工船舶含油污水对海域生态环境的影响

石油类污染是目前海洋环境污染中的几大问题之一，它对海洋水生生物的影响是多方面的：①石油类对浮游植物的致死浓度范围为 0.1~10mg/L，对浮游动物的急性中毒致死浓度范围为 0.1~15mg/L，致死的主要原因为浮游植物会因细胞溶化、藻体分解而死亡，浮游动物也会在石油的毒性和缺氧条件下大量死亡；②石油块（粒）覆盖生物体表后会影响动物的呼吸和进水系统；③石油随悬浮物沉降在潮间带和浅水区后，会使底栖生物的幼虫与孢子失去合适的固着基质，甚至发生严重的化学毒性效应。

在一定的海域范围内过量的排放含油污水或直接排放未经处理的高浓度含油污水，将会给海洋生态环境造成极大的危害。尤其是石油组分中的芳香烃类会对海洋生物构成威胁和危害，其特点是不论高、低沸点的组份对一切生物均有毒性。实验证明石油烃会破坏浮游植物细胞，油膜会阻碍海—气交换，影响光合作用。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般约为 1.0mg/L。对于更加敏感的种类，石油浓度

低于 0.1mg/L 时，同样会影响细胞的分裂与生长速率。即使是达标排海的含油污水，在大量集中排放时仍然会对排放口周边水体中的浮游生物构成影响。

浮游动物的石油急性中毒致死浓度一般在 0.1~15mg/L 之间，当水体中的油含量为 0.05mg/L，小型拟哲水蚤 *Paracalanussp.* 的半致死时间为 4 天。一般情况下，浮游动物的幼体对油污染的敏感程度要大于成体。

底栖生物的种类和体积不同对石油浓度的适应程度有差异，多数底栖生物的石油烃急性中毒致死浓度范围约在 2.0~15mg/L 之间（幼体的致死浓度范围更接近其下限）。例如：0.01mg/L 的石油可以使牡蛎产生明显的油味，甚至可以使耐油污性很差的海胆、海盘车等底栖生物死亡。当海水中石油浓度在 0.01~0.1mg/L 时，对藤壶幼体和蟹幼体就有明显的毒效。

长期处于低浓度含油废水中可影响鱼类的摄食和繁殖，使渔获物产生油臭味而影响其食用价值。据相关报导，20 号燃料油对黑鲷 *Sparusmacrocephaius* 的 20 天生长试验结果，其最低影响浓度和无影响浓度分别为 0.096mg/L 和 0.032mg/L。例如 20 号燃料油的浓度为 0.004mg/L 时，5 天就能使对虾产生油味，14 天使文蛤产生异味。

根据施工期环境影响评价可知，本工程施工船舶所产生的含油污水均集中收集处理，不排海，因此只要严格施工管理，一般不会发生污染，不会对海域生态环境产生不良影响。

6.5.1.3 对底栖生物的影响

工程风机基础液压式冲击锤进行沉桩施工，海缆埋设过程中的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。风机塔架基础桩基将破坏海底底栖生物。

6.5.1.4 施工噪声对海洋生态的影响

海域中某些海洋生态对噪声较敏感，可能因高强度噪声产生的震动能量而受到较大影响甚至死亡。施工噪声主要来自风机桩基施打、施工船舶航行、设备和机械等产生的噪声。

6.5.2 运营期对海洋生态环境的影响分析

6.5.2.1 运营期对底栖生物的影响

运行期对海洋生态的影响主要是风机桩基、海底电缆等永久设施占地周围区的底栖生物的生境遭到永久的破坏，在该范围内的底栖生物不可恢复。另外，风机基础有一定的表面积，为底栖生物提供了一个较好的附着场所，具有一定的鱼礁效应，在一

定程度上可增加风电场及周边区域藻类、贝类鱼类的生物多样性。

6.5.2.2 风机噪声对海洋生态的影响

风机运行过程中产生的噪声主要由机械及结构噪声和空气动力噪声组成，风机运行产生的噪声到达海面时衰减为 55dB，声波传入水体中将进一步衰减。因此，风机运行产生的噪声不会引起桩基周围的水生生物和鱼类晕厥、死亡等现象，且当风机噪声影响鱼类正常栖息和生存时，鱼类将游离该处，寻找适合生存的栖息地。

因此，风机运行期产生的噪声对周围环境影响很小。

6.5.2.3 电磁对海洋生态的影响

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。且根据类比陆上电缆线路可知，电缆管廊外 5m 处的磁感应强度已接近环境本底值。因此本工程海底电缆建成运行后，不会对海洋生物产生不利的电磁场影响。

6.5.2.4 运营期对牡蛎的影响

本节内容主要参考自《国家电投山东半岛南 U 场址海上风电项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》（中国科学院声学研究所北海研究站，2022 年 9 月）研究结论，该专题报告已通过专家评审，评审意见见附件。

项目运营期电磁和噪声对乳山海域优势种——牡蛎的影响分析如下：

（1）噪声对牡蛎养殖的影响

对于项目海域优势养殖物种——牡蛎，已有试验结果表明海上风电场运营期水下噪声在短期内对其碱性磷酸酶活性、酸性磷酸酶活性无显著影响。此外，目前未查阅到噪声对牡蛎产生影响的相关文献，要深入研究风电场运营期水下噪声对牡蛎的影响，需要对风电场运营中的水下噪声及附近养殖场牡蛎生长情况进行长周期监测，开展大量的基础数据调查和研究。

（2）电磁对牡蛎养殖的影响

本工程海底电缆均敷设于海底土层 2 米以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层以及海水对磁场具有较强的屏蔽作用。根据类比电缆线路磁场分布可知，海底电缆上方 1m(中心处)工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT。此外，据已有模拟实验，风电场电磁环境对牡蛎等贝类影响较小。

6.5.3 对海洋生态系统服务功能的影响

我国近海生态系统服务功能划分为供给功能、调节功能、文化功能和支持功能四大类（见图6.5.3-1）。

根据工程分析，本工程建设对海洋生态系统服务功能的影响表现为对供给功能的食品生产和支持功能中初级生产力、物种多样性造成影响。

（1）工程建设对食品生产功能的影响

食品生产功能是指海洋生态系统提供给人类的贝类、鱼类、虾蟹、海藻等海产品的功能。海洋是一个巨大的食物库，从藻类到鱼虾贝类数十万种生物在其中繁衍生息。海洋是全球蛋白质的重要来源。工程建设产生的悬浮泥沙会对贝类、鱼类、虾蟹、海藻造成影响，从而对海洋的食品生产功能产生影响，但随着施工结束，悬浮泥沙对海域影响将随之消失。

（2）工程建设对初级生产力的影响

初级生产：通过浮游植物、其它海洋植物和细菌生产固定有机碳，为海洋生态系统提供物质和能量来源。本项目施工期间工程建设会造成浮游植物和其它海洋之物造成影响，从而影响海洋服务系统的支持功能。

（3）工程建设对物种多样性的影响

物种多样性维持：海洋不仅生活着丰富的生物种群，还为其提供重要的产卵场、越冬场和避难所等庇护场所。本工程所在海域为海水养殖区，不是产卵场、越冬场，在工程区内也没有发现需保护的珍稀海洋生物；由工程建设引起丧失的各种底栖生物种类，在当地的广阔海域均有大量分布。因此工程建设不会造成物种多样性降低的生态问题。

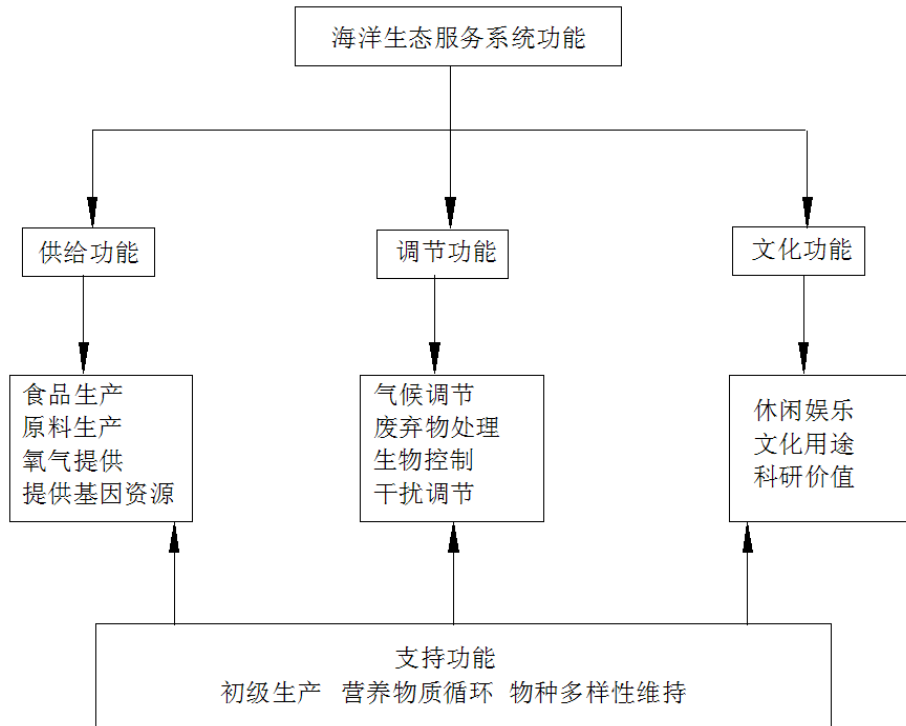


图 6.5.3-1 海洋生态系统功能

6.5.4 对渔业资源的影响

6.5.4.1 施工期对渔业环境影响分析与评价

(1) 施工期间产生悬浮泥沙对渔业资源的影响

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

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

覆盖在水底的沉淀物会损害无脊椎生物种群，堵塞产卵的砾石层，而且如果有有机物的话，还会消耗其上面水体的溶解氧。当沉淀固体堵塞了鱼类产卵的砾石层时，鱼卵就会大量死亡。无机悬浮物的增加还会妨碍光线向水体的投射，结果减少了透光层深度，从而减少了初级生产量并减少了鱼类的饵料。美国科学院和美国工程科学院联合委员会建议，光透射深度不得减少10%（美国科学院，NAS，1974）。同时，由于颗粒物吸收了较多的热量，从而使水体趋于稳定，阻止了上下水混合，致使近表层

水被加热，上下水混合程度的减少，也减少了溶解氧和营养物向水体下部的扩散。长期生活在高浑浊水中的海洋生物，其鳃部会被悬浮物质充满而影响呼吸和发育，甚至引起窒息死亡。此外，水中悬浮物质长期过量会妨碍海洋生物的卵及幼体的正常发育，破坏其栖息环境，并抑制水生生物的光合作用，减少海洋动物的饵料。

水域悬浮物含量超标，对渔业资源的影响是多方面的，它不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮性泥沙颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍与水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低；悬浮物含量超标能使浮游生物繁殖受阻，导致水域基础生产力下降，减少鱼类的饵料生物，从而影响到鱼类的正常索饵；另外，悬浮物超标还会改变鱼类的洄游和摄食行为。

总而言之，悬浮泥沙对鱼类和水生生物的影响主要包括：

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

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

C 混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避敌害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力。

D 影响基础饵料生物生长，使鱼类得不到充足的食物。

E 影响鱼类的正常活动和洄游。

（2）施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。在拟建工程附近海域未发现珍稀和濒危物种。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议海上施工尽量避开这一季节。

6.5.4.2 运营期对渔业生产的影响

根据《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令 第24号），海湾等狭窄海域电缆两侧各100m范围内属于海底电缆管道保护区，“保护区内将禁止在从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业”。本项目建成后，在该保护区范围内将禁止捕捞、养殖等渔业活动，对渔业生产产生一定影响。

本项目建设海上风电场，风机基础和冲刷保护区有一定的人工鱼礁效应。工程风机基础采用透水构筑物，随着时间的增长，可以起到人工鱼礁的作用。塔基附近海域由于上下层水体的充分交换，形成可供鱼类选择的不同水流条件，为鱼类提供了优良的饵料场、繁殖场和栖息场所，海洋生物资源因此得到更好的生长和养护。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，类比陆上电缆线路可知，电缆管廊外5m的磁感应强度已接近环境本底值。因此，本工程海底电缆埋设于海底，建成运行后，电磁场对海洋生物影响很小。

6.5.4.3 运营期对捕捞业的影响

1) 作业水域的影响

由于海上风电场建设，风机孤立式基础分散布置在海中，对海上渔船通航、捕捞作业带来影响，并且海底电缆建设划定保护海域，该海域内禁止捕捞作业，也减少了捕捞作业水域。由于风电场建设后，风机基础具有岛礁效应，可有效恢复占用海域的渔业资源。

2) 作业方式的影响

本项目为在海上建设固定位置的风机和海缆。海底电缆对捕捞作业的影响主要是占用了一定空间水域，对捕捞作业方式无影响。本项目主要是风机建设对捕捞作业方式的影响。风机建设对不同捕捞作业方式影响方式不同，主要影响的是需要在海中航线捕捞作业方式，如对拖网、单拖网，对其他捕捞作业方式（定置张网、底层流刺网）几乎无影响。本项目风机位于威海-青岛东近海农渔业区内，该区域兼容养殖、增殖、航道、固体矿产、可再生能源等功能。本项目为风电建设项目，为海上能源工程，与兼容可再生能源等功能的用途管制相符。

总体看，项目实施对当地渔民拖网传统作业带来一定影响，但影响相对较小。

6.5.5 生态损失量计算

采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行生态损失计算。

（1）评估方法

①悬沙造成的生物资源损失

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙浓度增量在区域存在时间少于 15 天，因此按一次性平均受损量评估。

悬浮泥沙对海洋生物资源损害，按公式 6.5.5-1 计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \dots\dots\dots (6.5.5-1)$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/ km^2 ）、个平方千米（个/ km^2 ）、千克平方千米（kg/ km^2 ）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

生物资源损失率取值参见表 6.5.5-1。

表 6.5.5-1 污染物对各类生物损失率

污染物 i 的超标 倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$B_i \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50

注：

- 1.本表列出污染物 i 的超标倍数(B_i)，指超《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标标准倍数最大的污染物为评价依据。
- 2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
- 3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。
- 4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

②占用水域造成的生物资源损失

工程建设需要，占用渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失。各种类生物资源损害量评估按公式 6.5.5-2 计算：

$$W_i = D_i \times S_i \dots\dots\dots (6.5.5-2)$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）/每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）/每立方千米[尾（个）/km³]、千克/每平方千米（kg/km²）；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

（2）项目用海区域生物资源密度

本工程生物损失主要由风电、升压站管桩建设和悬浮泥沙扩散造成。由于游泳动物的逃避能力较强，风机管桩建设主要造成浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵和仔稚鱼、游泳动物的生物量损失；水体中悬浮泥沙扩散主要造成浮游植物、浮游动物、鱼卵和仔稚鱼的生物量损失。

生物资源密度根据两季现状调查结果数据取平均值，统计结果见表 6.5.5-2。

（3）损失评价

1）占用海域造成的海洋生物损失

本项目风机基础管桩非透水部分和风机护底结构物实际占用海域共计面积为 0.9241hm²（风机基础管桩非透水部分 0.3297hm² + 防冲刷工程 0.5944hm²），占用区域水深取平均水深 25m 计算。本项目海底电缆长度共约 110.8km，电缆敷设深度不小于 2.0m，顶宽 1m，电缆敷设占用海域面积为 11.08hm²。

根据计算结果，本工程占用海域共造成浮游植物总损失量为 7.62×10^{10} 个，浮游动物总损失量为 9.51×10^8 个，底栖生物损失量为 0.33t，鱼卵损失量为 9.56×10^4 粒，仔稚鱼损失量为 1.54×10^4 尾，游泳生物为 0.002t。

2）悬浮泥沙扩散造成的海洋生物资源损失

生物损失按各超标倍数对应的平均生物损失率计算，大于 9 倍时按 50%计。根据水质影响模拟预测结果，海缆埋设施工产生的悬浮泥沙浓度在 $10\text{mg/L} < S \leq 50\text{mg/L}$ 面积为 10965hm²， $50\text{mg/L} < S \leq 100\text{mg/L}$ 面积为 2504hm²， $S > 100\text{mg/L}$ 面积为 2733hm²。悬浮泥沙扩散影响海域内取平均水深 15m。悬浮泥沙扩散造成的生物损失见表 6.5.5-4。

3）生态损失评价结果

综上，本工程共计造成浮游植物总损失量为 4.46×10^{14} 个，浮游动物总损失量为 5.56×10^{12} 个，底栖生物总损失量 0.33t，游泳生物总损失量为 20.58t，鱼卵总损失量为 4.64×10^8 个，仔稚鱼总损失量为 7.48×10^7 尾。

（4）生物资源损失补偿估算和分析

根据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》

的规定：风机和升压站管桩建设属永久性占渔业水域，补偿年限按 20 年计算；施工阶段因海缆敷设挖沟，造成的生物资源损害属一次性损害，按 3 倍进行补偿。

由于浮游生物价值量较低，不计算其经济损失。

1) 鱼卵、仔稚鱼经济价值按下式计算：

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

式中：

M ——鱼卵、仔稚鱼经济损失金额（元）；

W ——鱼卵、仔稚鱼损失量（个，尾）；

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

E ——鱼苗的商品价格，根据项目实际建设时间的主要鱼类苗种平均价格计算。

2) 生物资源经济价值按下式计算：

$$M = W \times E$$

式中：

M ——经济损失额，单位为元（元）；

W ——生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E ——生物资源的价格，单位为元每千克。

根据计算结果，项目生物资源损失经济补偿额共为 1327.11 万元。

6.5.6 生态损失修复和补偿措施

建设单位做为生态补偿的责任主体，应采取生态修复和补偿措施，缓解和减轻工程对所在海域生态环境的不利影响。本项目海洋生物资源补偿可采用海洋生物资源增殖放流的补偿措施，进行海洋生物资源的恢复与补偿。

建设单位在海洋生物资源增殖放流过程中，必须在进行生态调查、资源研究、制定实施规划的基础上，根据项目对海洋生态环境的损害，有针对性的对海洋生态环境和渔业资源进行修复。可以选择乳山海域常见的牡蛎作为放流品种，放流贝类应是本地种群的成体或其子一代。苗种生产单位应持有渔业行政主管部门颁发的水产苗种生产许可证，且交通和通讯便利，距放流海域较近。放流品种感官质量应符合相关要求。

放苗季节应以适合放流对象快速生长为宜，一般为 5 月~8 月。放苗时间宜选择在小潮汛或大潮汛的平潮流速较缓慢时进行。宜选择在阴天或者晴天的傍晚和早晨时分

放苗，尽量避开强烈阳光直射、暴雨或7级以上大风的天气。增殖放流工作可分批次开展，每批次放流数量视放流的种类、规格和放流区面积而定。

目前，乳山海域正在规划和实施多项海上风电工程，这些工程都有各自的环保措施和生态修复措施，为此建议项目的海域生态保护修复工作遵循海洋渔业行政主管部门的统一协调、规划和实施，以达到海洋生态修复效益的最大化。

项目建设完成后，由于风机基础采用透水构筑物方式，随着时间的增长，可以起到人工鱼礁的作用，营造的良好生态环境为大量海洋生物提供了理想的栖息场所，生物多样性将更加丰富，引起浮游生物的增加。塔基附近海域由于上下层水体的充分交换，形成可供鱼类选择的不同水流条件，为鱼类提供了优良的饵料和栖息场所，海洋生物资源可得到更好的生长和养护，从而促进了海洋生物的生长，提高海区生产力。

6.6 对周边港口航道和通航环境影响分析

6.6.1 对周边港口航道影响分析

本项目周边港口工程主要是西北侧的威海港乳山口港区。

（1）对港区码头的影响

乳山口港区位于乳山湾内，乳山港区已建成4个泊位，现存2个2万吨级的散杂货泊位，泊位长度390米，前沿设计水深-10.9米，设计年通过能力180万吨。项目实施不占用乳山港区作业区范围，据作业区最近距离10.3km，对港区港口码头建设无影响。本项目风机桩基采用透水构筑物形式，海缆埋设于泥面以下。据6.1~6.3节数值模拟预测分析结果可知，项目对港口区的水动力和冲淤环境也不会产生影响，因此项目建设不会对乳山口港现状码头产生影响。

（2）对乳山口港区航道的影响

乳山口港区2万吨级航道目前已投入使用，航道总长11.2km，设计底高程-8.9m。其中，内航道长2.2km、航道通航宽度104m，外航道长度9km、航道通航宽度112m，内外航道间转弯段采用圆弧连接，转弯半径1500m。本工程风电场距离乳山港区2万吨级航道最近距离21.2km，项目建设不对该航道通航产生影响，根据前文水动力和泥沙冲淤预测结果，项目建设也不会影响至航道水域，因此项目建设不会对乳山口港区航道产生影响。

（3）对港区锚地的影响

本工程风电场距离现有的乳山港检疫锚地及避风锚地最近约10.0km，项目风电场

与锚地距离能够满足《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》及《海港锚地设计规范》等相关要求（根据海上风电场与锚地的距离按照不小于1000米和代表船型的3倍至5倍船型长度计算的控制距离为2海里及以上），项目建设不会对乳山口港锚地产生影响。

（4）对陆岛交通码头的影响

本工程风电场距离东北侧南黄岛距离较远，最近距离为15.1km，风电场建设不会对南黄岛产生影响。本工程220kV海缆近岸段东侧0.2km为乳山市南黄岛-挂子场陆岛交通码头项目，项目用海未占用该项目用海区，陆岛交通水域位于项目海缆东侧200m以上，正常情况下项目建设不会影响陆岛交通活动，项目建设影响主要是海缆铺设施工产生的悬浮泥沙影响，增加附近海域悬浮泥沙浓度，但随着施工结束，悬浮泥沙影响会随之消失，不会影响交通码头功能的发挥。但建设单位需做好海上船舶调度管理，避免影响南黄岛陆岛交通。

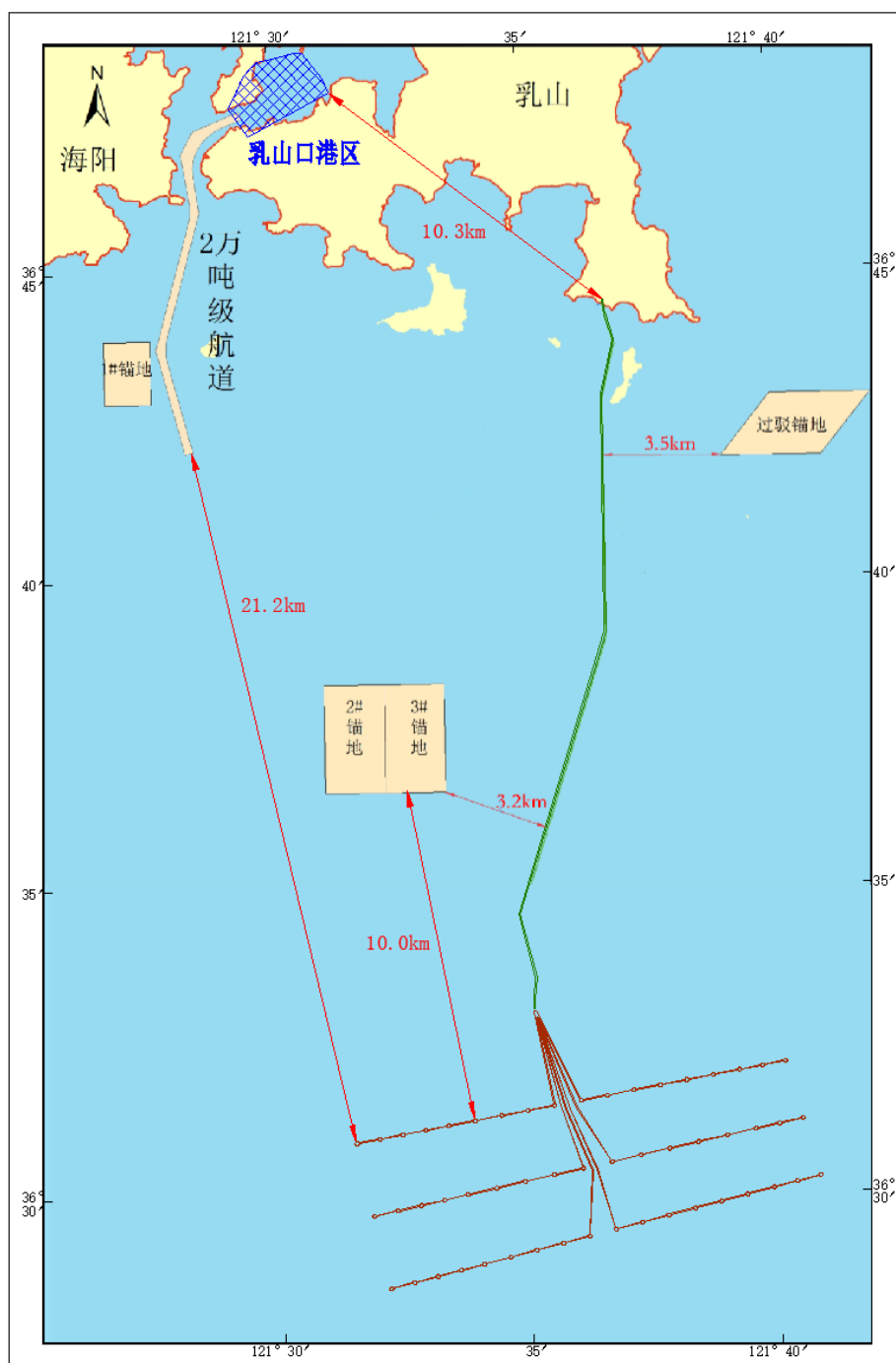


图6.6-1 项目与威海港乳山口港区位置关系图

6.6.2 对周边通航安全影响分析

本节内容主要参考《山东半岛南海上风电基地 U 场址项目通航安全影响研究报告》（大连海事大学，2023 年 3 月）主要分析内容和结论。

（1）对附近习惯航线通航环境的影响

根据附近商船实际 AIS 交通流轨迹聚合可知，工程水域附近存在的主要船舶习惯航线有：（1）南北方向穿越本工程的习惯航线；（2）东西方向习惯航线；（3）成山

角南部至青岛港（近）习惯航线。

1) 与东西向船舶航线的影响

根据交通流统计分析，东西向穿越本工程风电场的船舶 2021 全年数量也较多，东西向通过 U 场址的船舶大多数为渔船等非运输船，运输船主要为 150 米以下船舶，平均每天约 5.3 艘次。

由于半岛南 3#和 4#风电场在 2021 年底已投入运营，风电场作为海上构筑物势必会阻碍东西向穿越本风电场船舶。目前，一般商船基本无东西向穿越本工程风电场。

本工程建设对东西向交通流影响相对较小。

2) 与南北向穿越交通流的影响

本工程的建设对南北向穿越本工程场址的进出乳山港区的船舶会产生一定影响。风电场的建设改变了该部分进出港船舶的习惯航法，工程建成后从南北穿越本工程风电场方向进出乳山港区船舶应避开风电场区域。

根据 2021 年交通流统计分析，南北向穿越本工程风电场的船舶全年数量较多，南北向通过 U 场址的船舶绝大多数为渔船、工作船等非运输船，运输船平均每天穿越约 2.8 艘次，这部分南北向穿越的运输船主要为部分进出乳山港区的商船。

根据烟台海事局最新公布的发布的海阳港区进港航路，进出海阳港区的航路位于已建半岛南 3 号、4 号海上风电场西侧，与成山角南部至青岛港沿海航路相衔接。工程建成后，原南北向穿越本工程风电场进出乳山港区的船舶可选择通过海阳港区进港航路进出港，且目前大多数进出乳山港的船舶已按照该航线进出，该进出港航路两侧均为风电场，航行时注意与两侧风电场保持安全距离通过。工程建成后通过设置有效的导助航标志、投入海上交通安全自主管理系统等可以保障周边船舶能正确识别通道。

由于 U 场址对南北向船舶的通航的影响，乳山港航道航路建设应先于海上风电 U 场址建设，建议在 U 场址东侧规划乳山港进港航路及航道。规划乳山港航路距离本项目 U 场址距离应大于等于“技术指南”推荐的参考安全距离，具体乳山港进出港航路规划方案应开展专题研究并及时公布实施。

3) 与成山角南至青岛港（近）船舶航线的影响

如图 6.6-5 所示，目前仍存在部分小型船舶从千里岩北侧、半岛南 3#风电场南侧开阔水域航行通过，该部分船舶交通流从本工程场址南侧通过，本工程建成后，该部分船舶为了保持与 U 场址风机安全距离通过，促使习惯航线适当远离本工程风电场。由于该部分习惯航线船舶流量不大，同时本项目位于整个 U 场址的中间区域，距离习惯

航线8海里左右，后续工程建成后也会设置有效的助航标志、防撞设施以及相应的船舶航行规定，对该习惯航线影响较小。

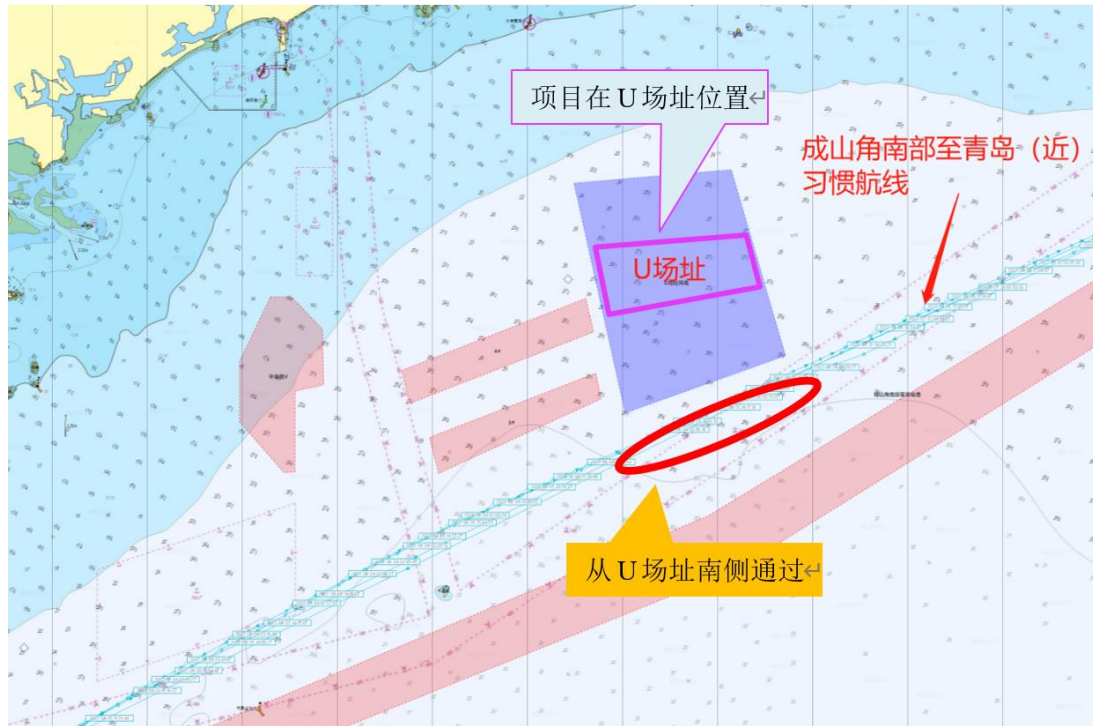


图6.6-5 项目与成山角南至青岛港（近）习惯航线位置关系图

(2) 通航安全分析结论

《山东半岛南海上风电基地 U 场址项目通航安全影响研究报告》对项目实施对通航环境的影响进行了具体分析。本工程建设对附近通航环境影响主要是对南北向穿越本工程场址的进出乳山港区的船舶会产生一定影响。风电场的建设改变了该部分进出港船舶的习惯航法，工程建成后从南北穿越本工程风电场方向进出乳山港区船舶应避开风电场区域。工程建成后，原南北向穿越本工程风电场进出乳山港区的船舶可选择通过海阳港区进港航路进出港，且目前大多数进出乳山港的船舶已按照该航线进出。通过设置有效的导助航标志、投入海上交通安全自主管理系统等可以保障周边船舶能正确识别通道。

U 场址阻碍了现有南北向船舶的通航，同时进出乳山港东西向航线附近具有很多渔网，综合考虑乳山港航道航路与海上风电 U 场址相互协调，建议在 U 场址东侧规划乳山港进港航路及航道。规划乳山港航路距离本项目 U 场址距离应采纳“技术指南”推荐的较为安全的通过距离，具体乳山港进港航路规划方案应开展专题研究并及时公布实施。

建设单位应充分认识到通航环境与安全生产的关系，投入必要的物力和配套设施，

并主动与当地海事主管机关进行充分联系和协调，共同加强对工程及其附近水域的安全管理。在采取专题报告给出的相关建议和保障措施，本工程水域的通航安全可以得到保障。

6.7 噪声环境影响预测分析

本节噪声影响分析主要参考《国家电投山东半岛南U场址海上风电项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响》（中国科学院声学研究所北海研究站，2022年9月）研究结论。

6.7.1 施工期噪声分析

6.7.1.1 施工期噪声源

本工程施工噪声源主要包括以下三类：

（1）施工机械

施工现场的各类机械设备包括装载机、挖掘机、打桩机，还有电气接线埋设，疏浚噪声等，这类机械工程噪声是主要的海上施工噪声源。

（2）运输船只

施工中土石方调配、设备、材料等运输将动用大量运输船只，这些运输船的频繁行驶经过和施工将对施工海域产生较大干扰噪声。船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。船舶机械噪声是船上各种机械振动通过基座传递引起船壳振动并辐射至水下产生的噪声，其来源包括机械运动不平衡产生的噪声、机械碰撞噪声以及轴承噪声等。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪声和水动力噪声的强度相对较小，船舶噪声主要为机械噪声。在高速情况下，螺旋桨噪声成为船舶噪声的主要成分。螺旋桨噪声的来源包括螺旋桨叶片振动以及螺旋桨空化。

（3）桩基打桩噪声

水下打桩可分为冲击打桩和振动打桩两类，冲击打桩使用水锤泵(Hydraulicram)对桩施加冲击力将桩沉入地下，振动打桩使用旋转偏心块(RotatingEccentricWeights)对桩施加交变力，通过振动将桩沉入地下（Blackwell, S.B., 2004）。水下冲击打桩是海洋工程的典型主要强噪声来源，其特点为高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，而对于一根桩柱需要多次冲击才能完成作业，因此表现为连续多个脉冲的脉冲串。

海上风电场施工中的主要噪声中，风机打桩施工噪声为主要的水下噪声源，将产生较大较强的水下冲击波噪声，对海洋生物产生一定的影响。

6.7.1.2 工程施工噪声源强评估

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

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

类比在其他海域对打桩施工所产生的水下噪声现场监测结果，参考国外文献资料，结合本风电场区水深在 24~27m 之间，场区为滨海相沉积地貌单元，风电场位置水下滩面地形较平缓。工程场址区地面下 20m 范围内均为淤泥质土，对水下噪声传播的衰减较大等特点，评估本工程打桩施工所产生的水下噪声源强和 underwater 噪声传播损失。对本工程单桩风机基础钢管桩施工，所产生的均方根声源级取 236/uPa-mdB，并以此来估算打桩施工时的水下噪声影响范围。

6.7.1.3 水下噪声影响预测分析

图 6.8.1-1 为以某个风机基础为例画出的单桩风机基础打桩施工水下噪声影响分布图，图 6.8.1-2 为多台大直径单桩风机基础打桩施工影响范围预测结果。

（1）施工期海洋生物安全距离要求

风机基础打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。但项目所在区不占用重要渔业种质资源的产卵场及洄游通道，风机打桩形成的噪声对渔业资源的影响在可接受范围之内。

由公式可算出在保护阈值为 190dB、180dB 和 160dB 时，对单个风机桩基所对应的影响距离分别为 100m、272m、2015m。

表 6.7.1-1 打桩水下噪声影响预测

声源级保护阈值	风机单桩基础施工（236dB）
190dB（对鳍足目，如斑海豹，听力保护范围）	100m
180dB（对鲸豚目，如江豚，听力保护范围）	272m
160dB（对海洋哺乳动物行为干扰）	2015m

由于施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间较短，无多声源叠加等特点。风机单桩基础打桩施工确立在距离桩基最大 2015m 范围内为警告区域（对海洋哺乳动物行为产生干扰）。

(2) 施工噪声对海洋生物影响距离评估

1) 施工噪声对一般海洋鱼类影响距离

对本工程所采用的大直径单桩风机基础施工，在钢管桩直径（7.5~9.6m）风机基础水下打桩施工时，应确立在离打桩施工中心点 272m 范围内为危险区域，在离打桩施工中心点 2.01km 范围内为警告区域。

2) 对石首鱼类的影响

在海域中存在石首科鱼类时，考虑鱼群在海域中游动性，以 155dB 作为对石首鱼如黄姑鱼、小黄鱼等产生行为影响为阈值，可算出对本工程所采用的大直径单桩风机基础施工风机基础打桩施工时，与施工风机基础对应的保护距离为 3.4km。

3) 施工噪声对经济鱼类的影响

根据厦门大学对石首鱼科大黄鱼幼鱼（出生 1 个月左右）水下噪声影响实验结果表明：大黄鱼幼鱼对声音较为敏感，发声信号微弱，当声源级为 150dB 时，就出现幼鱼游动避开声源等明显的行为变化现象。因此，在项目建设过程中必须高度重视石首鱼科幼鱼的保护，避开这些鱼类的繁殖期和育幼期。

4) 其他施工活动的影响

本工程的其他水下施工噪声，如施工船舶噪声、水下钻孔等噪声声源级可达到 150~170dB，可能对该海域中的石首鱼科幼鱼等的行为产生某些干扰；而一般的水下噪声，如抛沙抛石等所产生的水下噪声，噪声声压级已低于 120dB，基本上已和海洋环境噪声相当，对鱼类等海洋生物的影响在可接受范围内。

5) 施工期水下噪声对海洋生物的累加影响

虽然相关测量数据及研究表明中小幅度的撞击式桩基施工不会对一定距离外(如 200m 左右)的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋生物的累积效应可能造成慢性影响。这些慢性影响包括：遮蔽效应和听力损失，行为模式改变和紧张等。

6) 小结

水下打桩施工噪声可能会对鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，施工船将会对在这一带水域活动的鱼类、特别是石首科鱼类造成滋扰，受影响的鱼类将因回避而离开施工区。但当环境滋扰消失或较少时这些鱼类会恢复其原来的生活状态，如当航道施工作业完成或滋扰减少时，部分海洋生物会恢复其原来的活动范围，迁移到较远水域的个体一般还会回迁。

风机基础打桩作业对该海域中的渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。但项目所在区不占用重要渔业种质资源的产卵场及洄游通道，风机打桩形成的噪声对渔业资源的影响在可接受范围之内。施工单位在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。

6.7.2 运营期噪声分析

6.7.2.1 运营期水上噪声评估

风力发电机组在运转过程中产生的噪声来自于叶片扫风产生的噪声和机组内部机械运转产生的噪声，其中以机组内部的机械噪声为主。海上风电场噪声属于户外噪声。辐射声波在传播过程中，其波阵面会随距离的增加而增大，声能量扩散，声压或声强随距离的增加而衰减。除此之外，空气吸收、地面吸收、阻挡物的反射或屏障等因素的影响，也会使噪声产生衰减。海上风电场部分声波在由空气传播到海水中，由于传播媒质的改变，使其产生一定的折射和散射，会使部分声能改变传播方向。

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

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》附录 C 推荐的预测模式进行预测，本工程风力单台风力发电机组噪声采用最大声功率 110dB(A) 计算。经预测多台风机之间噪声的叠加仅是影响范围的扩大，基本不增加强度，总体上风机组的叠加噪声影响较小。在距离轮毂 100m 处（距桩基水平距离 44m），风机运行噪声影响为 59dB(A)；随距离衰减至 300m 处（距桩基水平距离 286m）时，噪声影响为 49.5dB(A)；当衰减至 500m（距桩基水平距离 492m）处时，噪声影响为 45.0dB(A)，可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准要求；当衰减至 1000m 处时，噪声影响仅 39dB(A)。

本项目风电场风机间距在 700m 以上，风机间噪声不会产生叠加影响。

表 6.7.2-1 风机噪声随距离衰减表 单位：dB(A)

与轮毂的距离 (m)	100	300	500	1000	1500
风机噪声 (dB)	59	49.5	45	39	31

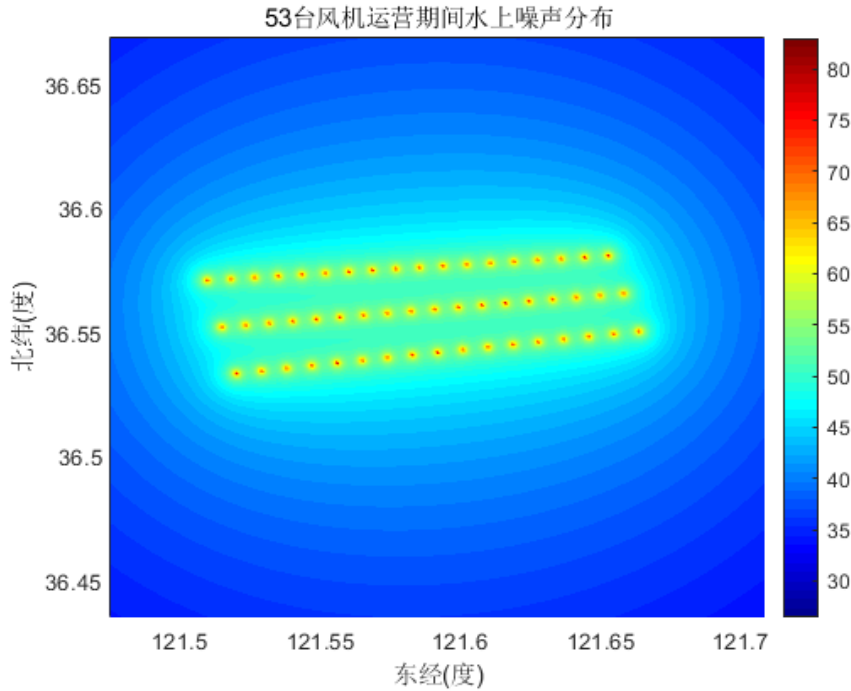


图 6.7.2-1 运营期间水上噪声预测结果图

风机在水中不同风速下产生的噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速（风速分别为 6m/s 和 13m/s）运转下的风机在水下辐射噪声时，高风速 13m/s 时在低频段（63Hz 以下）风机所辐射的水下噪声与海洋环境背景噪声相当（即淹没在背景噪声中），在 125Hz 频点上风机在高风速（13m/s）比低风速(6m/s)下在水中辐射的水下噪声谱级高 10dB/re1 μ Pa 左右，但总体都不高，与海洋背景噪声相当。

6.7.2.2 运营期水下噪声影响分析

国内海上风电场运营期水下噪声类比监测结果显示：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。风机在水中不同风速下产生的噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速（风速分别为 6m/s 和 13m/s）运转下的风机在水下辐射噪声时，高风速 13m/s 时在低频段（63Hz 以下）风机所辐射的水下噪声与海洋环境背景噪声相当（即淹没在背景噪声中），在 125Hz 频点上风机在高风速（13m/s）比低风速(6m/s)下在水中辐射的水下噪声谱级高 10dB/re1 μ Pa 左右，但总体都不高，与海洋背景噪声相当。

评估英国的 4 个海上风电场在运营期的监测结果，它们分别是英国 NorthHoyle 海上风电场(2003 年建成，机组容量 60MW，30 台 2MW，水深 12m，单桩基础类型)；英国 ScrobySands 海上风电场（2004 建成，机组容量 60MW，30 台 2MW，水深 21m，单桩）；英国 KentishFlats 海上风电场（2005 建成，机组容量 90MW，30 台 3MW，水深

5m，单桩）；英国 Barrow 海上风电场（30 台）。本课题组对半岛南 U 场址海上风电场营运期水下噪声的监测结果与英国 4 个海上风电场的结论基本上相吻合。

（1）风电场营运期水下噪声对石首鱼科（黄姑鱼、大黄鱼）的影响

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

在离风机 100m 处海上风电场水下噪声中心频率 630Hz 1/3 倍频程的声压级为 115dB，而黄姑鱼发声信号的 1/3 倍频程声压级在 630Hz 中心频率为 133dB，已大于风电场噪声且差值大于 10dB，因此在离风机 100m 处的风电场水下噪声不会对黄姑鱼叫声产生影响。水下噪声对黄姑鱼叫声影响的距离为 40m。

（2）风电场营运期水下噪声对大黄鱼的影响距离预测

由公式可分别算得：海上风电场在营运期中水下噪声对幼鱼大黄鱼叫声的影响距离为 46.7m，对 6 个月的大黄鱼叫声的影响距离为 8.3m，而对成鱼大黄鱼叫声基本上没有影响。

因此，本工程营运期水下噪声对石首鱼科的影响距离（掩蔽效应）定为 50m。

（3）营运期水下噪声对一般成鱼的影响

结合海上风电场营运期水下噪声测量结果，同时根据本课题对几种实际鱼种所做的水下噪声实验，在综合分析对噪声较为敏感的石首鱼科小黄鱼声学特性后，可以得出：风电场营运期总体的水下噪声强度比较低，与原海洋环境背景噪声基本上相当。

本项目地处陆域边缘和海域交回处，水深较浅，噪声在水下传播衰减较快等特点，可得出本工程对海洋鱼类等生物的行为基本上不会带来明显影响，即鱼类等海洋生物对海上风电场营运噪声做出行为响应的可能性不大。

（4）营运期水下噪声对鱼卵、仔鱼的影响

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

挪威学者研究了使用空气枪和水枪作为地震声源，进行海洋三维地质调查中产生的水下强噪声对鳕鱼鱼卵和仔鱼的影响。他们把鳕鱼的鱼卵和仔鱼（鱼卵为在受精后 2，5，10 天；鱼幼体为在孵化后的 1，5，37，38，40，41，56，69，110 天）暴露于水下

空气枪所产生的噪声场中，得出了在使用小强度的空气枪（声源级 222dB）声源级所产生的水下噪声对鳕鱼鱼卵的影响不明显的结论（JohnDalen，1986）。

水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的不同鱼类目前研究不多，因此在营运期水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的鱼类影响还有待进一步深入的研究。

（5）营运期不同风速水下噪声海洋生物影响

风机在不同风速下产生的水下噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速（风速分别为 6m/s 和 13m/s）运转下的风机在水下辐射噪声时，高风速 13m/s 时在低频段风机所辐射的水下噪声与海洋环境背景噪声相当（即淹没在背景噪声中），在 125Hz 频点上风机在高风速（13m/s）比低风速（6m/s）下在水中辐射的水下噪声谱级高 10dB/re1μPa 左右，但总体都不高，与海洋背景噪声相当。除了在离桩基 50m 范围内对石首鱼科的通讯距离会产生掩蔽效应影响外，对一般的鱼类和海洋哺乳动物的影响在可以接受范围内。

表 6.7-4 声环境影响评价自查表

工作内容		自查项目					
评价等级与范围	评价等级	一级 ☐ 二级 ☐ 三级 ☒					
	评价范围	200m ☐ 大于 200m ☒ 小于 200m ☐					
评价因子	评价因子	等效连续 A 声级 ☒ 最大 A 声级 ☐ 计权等效连续感觉噪声级 ☐					
评价标准	评价标准	国家标准 ☒ 地方标准 ☐ 国外标准 ☐					
现状评价	环境功能区	0 类区 ☐	1 类区 ☐	2 类区 ☐	3 类区 ☐	4a 类区 ☐	4b 类区 ☐
	评价年度	初期 ☐		中期 ☐		近期 ☒ 远期 ☐	
	现状调查方法						
	现状评价	达标百分比			100%		
噪声源调查	噪声源调查方法	现场实测 ☐ 已有资料 ☐ 研究成果 ☒					
声环境影响预测与评价	预测模型	导则推荐模型 ☒ 其他：					
	预测范围	200m ☐ 大于 200m ☒ 小于 200m ☐					
	预测因子	等效连续 A 声级 ☒ 最大 A 声级 ☐ 计权等效连续感觉噪声级 ☐					
	厂界噪声贡献值	达标 ☒ 不达标 ☐					
	声环境保护目标处噪声值	达标 ☒ 不达标 ☐					
环境监测计划	排放监测	厂界监测 ☐ 固定位置监测 ☐ 自动监测 ☐ 手动监测 ☒ 无监测 ☐					
	声环境保护目标处噪声监测	监测因子：（等效连续 A 声级）		监测点位数（海上 9 个点）		无监测 ☐	
评价结论	环境影响	可行 ☒ 不可行 ☐					

注：“□”为勾选项，可√；“（ ）”为内容填写项。

6.8 电磁环境影响预测分析

根据《国家电投山东半岛南海上风电基地U场址项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》（中国科学院声学研究所北海研究站，2022年9月）的专题研究工作，本次论证工作电磁辐射影响分析主要参考其结论，具体内容如下：

6.8.1 电磁场环境影响

目前陆上埋地电缆运用较多，陆上电缆电磁场传播介质为空气，海底电缆电磁场传播介质为海水，但海底电缆与陆上电缆均埋设于地下，土壤和海底沉积物对电磁场均有一定的屏蔽作用，因此类比陆上电缆线路有较好的可比性。

由于电缆线经过电缆外层遮蔽后产生的工频电磁场强度水平较小，通过类比监测已运行的广东 110kV 双回旗光、旗长电缆和 220kV 双回中宝电缆线路和 220kV 双回景芳电缆线路进行分析（华能江苏大丰 300MW 海上风电示范工程工频电磁场和低频噪声对海洋生物影响专题报告，2012），220kV 双回中宝电缆线路工频电磁场监测结果见表 6.8-1，变化趋势图见图 6.8-1。

表6.8.3-1 220kV双回中宝电缆线路工频电磁场监测结果

序号	监测点位		工频电场强度 V/m	工频磁感应强度 $\times 10^{-3} \mu\text{T}$
D1	线路中心线正上方		1.87	14785.18
D2	线路中心线外	5m	1.85	5052.17
D3		10m	1.95	1953.18
D4		15m	1.99	958.19
D5		20m	2.03	518.91
D6		25m	1.83	321.00
D7		30m	1.88	221.26
D8		35m	1.84	155.26
D9		40m	1.85	118.08
D10		45m	1.76	85.45
D11		50m	1.66	63.08

从上表中可以看出，220kV 双回中宝电缆输电线路正常运行的情况下，监测断面各点工频电场强度在 1.66~2.03V/m 之间，由于受屏蔽影响，接近背景值，最大值出现在中心线外 20m 处，远小于 4kV/m 的限值要求；工频磁感应强度在 63.08~14785.18nT 之间，最大值出现在中心线外 0m 处为 14.8 μT ，远远小于 0.1mT 的标准限值。

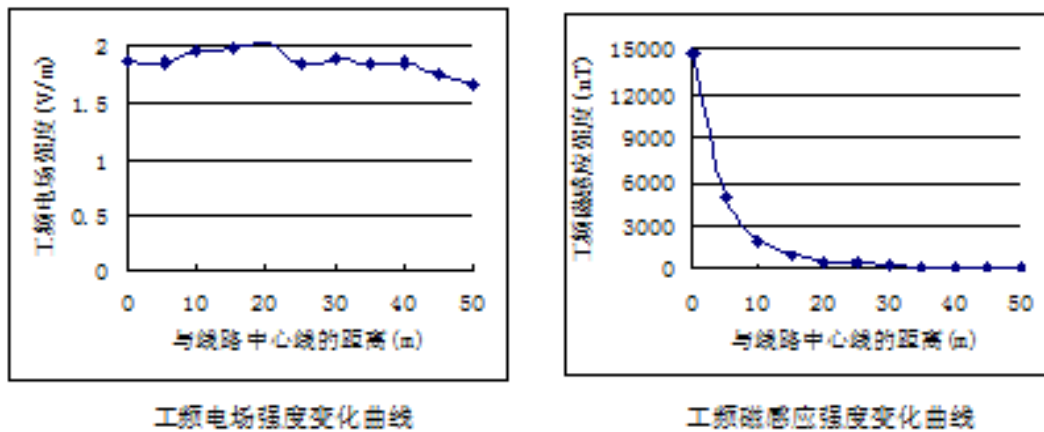


图 6.8-1 220kV 双回中宝电缆工频电磁场变化趋势图（离地 1.5m）

从上图中可以看出，监测断面各点工频电场强度由于受屏蔽影响，基本相同，接近背景值；工频磁感应强度总体呈现衰减趋势，即随着与线路中心线距离的增加，强度均逐渐趋小。

220kV 电线空间磁感应强度的预测计算。由于海水和空气介质的非磁属性，同时也考虑了电磁波在海水中传播的能量衰减速率较空气环境中更大，磁场强度在相同距离

上空气中还会略大些的基本思路，预测220kV海底电缆所辐射的磁场强度。根据公式可以进行预测计算220kV导线上方的磁场强度。

计算出本项目在电缆电压 220kV、电流强度为 608A，在电缆埋深深度为 3m，两电缆线间隔 30m 下的电缆磁感应强度的总体分布情况（图 6.8.3-2）。

由图中可见，在电缆线中心距离上的磁感应强度约为 $5\mu\text{T}$ ，综合量最大值出现在距电缆中心线投影 15m 处，其值为 $46\mu\text{T}$ ，之后随与此点距离的增加，其值逐步降低。

在电缆电压为220kV时，三芯电缆所辐射的电磁感应强度在海床面上很小，小于 $10\mu\text{T}$ ，单芯分开铺设的电缆在275kV时，所辐射的电磁感应强度将明显增大，但一般不超过5倍。保守估计220kV单芯电缆在分开20m铺设时，在埋深2m情况下，所辐射的电磁感应强度不会超过 $100\mu\text{T}$ 。

海上升压站运行后，电磁环境影响类比分析采用相似的 220kV 菊城变电站的电磁辐射监测进行类比分析。本工程 220kV 海上升压站主变容量同为 $2\times 240\text{MVA}$ ，所产生的电场强度及工频磁感应强度与菊城变电站类比监测结果相类似，因此，可以预测，220kV 海上升压站的最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

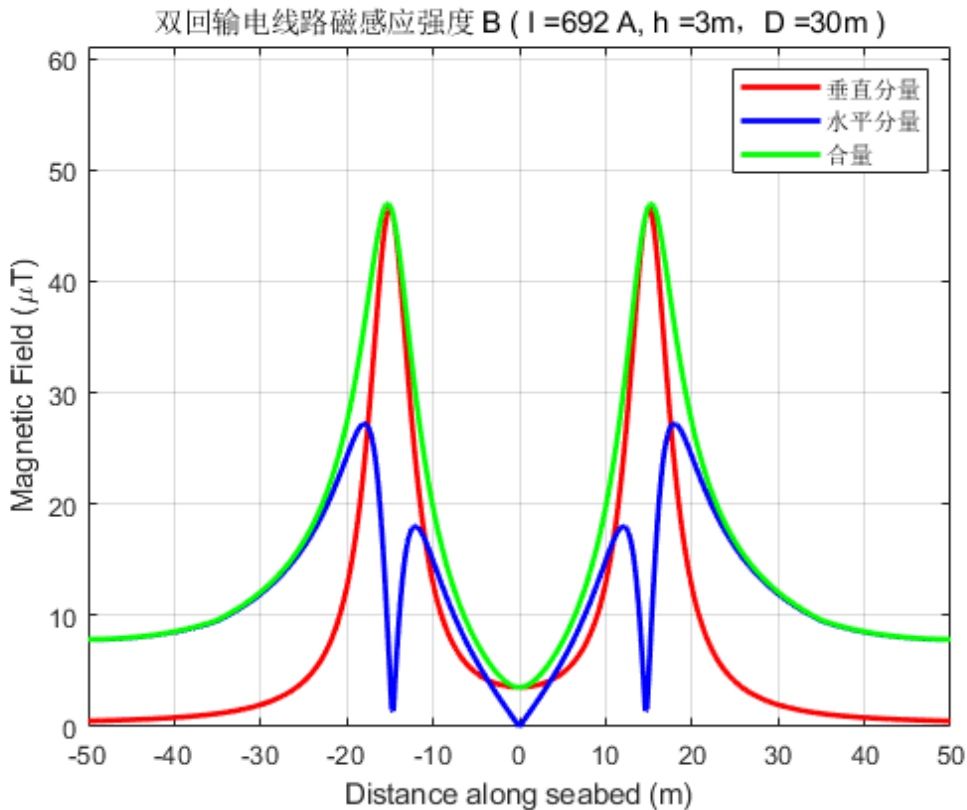


图 6.8-2 220kV、608A 电流下的电缆磁感应强度的总体分布情况

6.8.2 风机机群的电磁环境效应

1、场内海底电缆叠加效应分析

对于风电场 66kV 场内海底电缆，由本工程风机机群集电线排布可知，最密集的布放方式为 6 根 66kV 海底电缆并行排列叠加的效应最明显。本评估采用 6 根平行排列的海底电缆来进行分析，采用 Ansoft Maxwell 2D 软件中的交流传导场进行仿真评估。

图 6.8-3 和图 6.8-4 分别为不同相位的电场强度。由图可知，电场严格限制在每个核内部，这是由于假设理想条件下的电缆金属护套完全接地。仿真结果与理论分析相吻合。

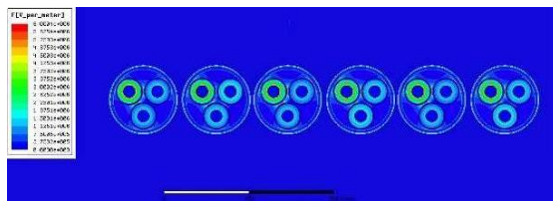


图 6.8-3 相位为 0° 的电场强度 E
(不同颜色表示的范围为 0 到 10^6 V/m)

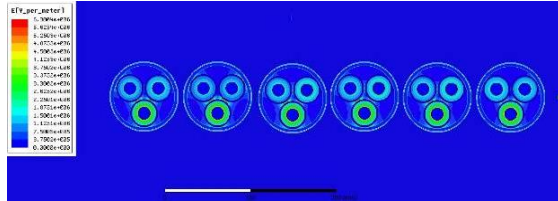


图 6.8-4 相位为 120° 的电场强度 E
(不同颜色表示的范围为 0 到 10^6 V/m)

由麦克斯韦方程组可知，变化的电场将产生磁场，并且通过交流电存在于每一相导线，这些时变的磁场使得周围媒质感应出电场，并且导体中存在涡流，下面采用涡流场求解器仿真磁场强度和磁感应强度。

图 6.8-5、图 6.8-6 分别给出了 6 根电缆并行排列时的磁场强度和磁感应强度。由图可见，并行排列的 6 根电缆磁感应强度的叠加效应将使衰落呈椭圆分布，但总体强度随着距离的增加而减少，而且衰减越来越严重，在离电缆中心点 1m 外的区域中磁感应强度已经降到 $1\mu\text{T}$ 以下。

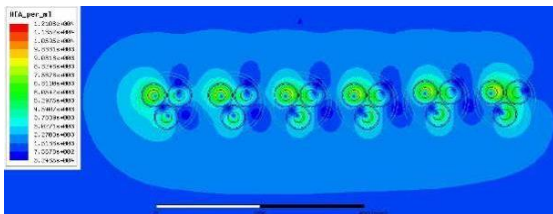


图 6.8-5 海底电缆相位为 0° 的磁场强度 H
(不同颜色表示的范围为 10^{-4} 到 10^4 A/m)

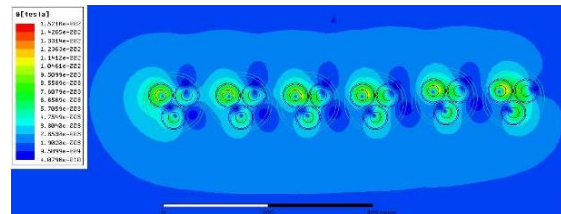


图 6.8-6 海底电缆相位为 0° 的磁感应强度(B 场)
(不同颜色表示的范围为 10^{-10} 到 10^{-2} T)

2、预测结论：

风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 35kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 $1\mu\text{T}$ 以下；对于 220kV 海底电缆，磁感应强度已降在 $10\mu\text{T}$ 以下。据本项目实验室模拟

实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（梅童鱼、白姑鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）等海洋生物的影响在可以接受范围。

风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 1 μ T 以下；对于 220kV 海底电缆，磁感应强度已降在 10 μ T 以下。据本项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（梅童鱼、白姑鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）等海洋生物的影响在可以接受范围。

6.8.3 电磁辐射对海洋生物的影响

本工程海底电缆敷设位于近岸海域。目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋生物产生的影响还未有科学的定论。

（1）磁场和鱼类行为的关系

行为学研究显示鱼类是能够感觉到电场的，据认为板鳃亚纲对磁场较为敏感。也许电磁场对敏感物质有一定的干扰，但是目前所知这种影响是较小的，从有关高压直流输电电缆的若干研究中的一项可以证实。Formicki 等(2004 年)人对很多种鱼进行研究发现，如鲈鱼(*Perca fluviatilis*)、白斑狗鱼(*Esox lucius*)、拟鲤(*Rutilus rutilus*)、红眼鱼(*Scardinius erythrophthalmus*)、鲷科鱼东方欧鲷(*Abramis brama*)和鲈科鱼梅花鲈(*Gymnocephalus cernuus*)等都趋于选择镶有磁铁的长袋网。但这些研究都是以淡水鱼类为研究对象，因此与海水鱼类相比磁场反应有可能不同。

鳗鲡需要洄游至远方产卵场的鱼类，因此人们在进行鱼类行为与磁力学研究中对它给予了特别的关注。Branover 和 Vasilyev (1971)首次研究了鱼类在人造磁场中的定位。在 Nishi、Kawamura 和 Matsumoto (2004)的研究中发现，洄游数千千米进行产卵的日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 对 12663nT (>0.1mT) 的磁场变化会产生反应。McCleave、Rommel、Catchart 和 Rommel 与 McCleave (1971) 在对美洲鳗鲡 (*Anguilla rostrata*) 进行磁场变化条件测试时得出的结果却不很明确。Karlsson、Tesch、Wendt 和 Karlsson (1992) 等人对欧洲鳗鲡、进行的实验室展示了其对磁场的敏感性。

现有的有关鱼类对磁场行为反应的结果存在矛盾，其主要原因可能是由于所使用的方法和种类不同所致。能够检出的磁场并不一定会导致鱼类行为上的反应。另外，

接收磁场的现象是可能发生的，但是由于磁场太强或太弱而难以测出，即磁场高于或低于检测水平。

（2）电磁场对鱼类的影响

俄罗斯有研究已证实（Poddubnyetc.1979），河流中的鱼类从电线下方通过时会有反应，他们猜测这是磁力的影响。Westerberg 和 Begout-Anras（2000）进行了一项遥测研究，对欧洲银鳗在穿越南波罗的海海底电缆时的洄游形式进行了监测。这一电缆在一段 60m 长的距离产生了 51T 的磁场。利用超声波发射器，使用船和一排固定的水中听音浮体对鳗鲡的运动进行跟踪。其结果与假设一致，即鳗鲡追随着一个持续的磁性罗盘航向，而并非一个强度相同的直线方向，此直线磁场方向推测是由电缆产生的地磁异常。由于这次跟踪的空间分辨率太低，因而无法得出一个关于磁场影响的肯定结论。实验还发现，环境水深和水流因素也应加以考虑。

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

在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中，对 60 尾正在洄游的银鳗进行超声波标记，并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132kV 交流电缆（AC）的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4km 的间隔进行检测。电缆从间隔中间横穿。通过校正水流引起的水平对流，可以发现鳗鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响，这种影响是很小的，从这些间隔通过引起了平均约 30min 的延迟，根据调查结论，电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

（3）小结

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对电场具有强烈的屏蔽作用；根据电缆磁场类比监测结果，其工频磁场远远小于 0.1mT 的标准限值，工频电场远远小于 4kV/m 的限值要求，而海水对磁场具有更强的衰减作用，且场区无重要洄游通道分布，鱼类活动空间较大，海底电缆建成运行后，不会对海洋生物产生明显不利影响。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本工程海底电缆上方 1m

（中心处）工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT。

对于 66kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降为 1uT 以下；对于 220kV 海底电缆，磁感应强度将降为 10uT 以下，对海洋生物的影响在可接受范围内。经超过 10 米海水介质的进一步衰减，传至海面的磁感应强度几乎可以忽略。

6.9 工程建设对鸟类的影响

该部分内容引自山东大学于2022年9月编制的《国家电投山东半岛南海上风电项目 U 场址鸟类生态环境现状调查与影响评价报告》的专题研究成果，本次论证工作鸟类影响分析主要参考其结论。

6.9.1 项目施工期对鸟类的影响分析与评估

6.9.1.1 风电场和海上升压站施工对鸟类影响分析

本项目施工期对鸟类主要影响因素有：风力发电机组基础施工、风力发电机组安装、船舶运输等施工活动。各种施工机械如施工和运输船舶、风机基础承台施工、海上整体吊装、海上电缆开挖、高压水枪冲散以及抛石等施工活动所产生噪声、干扰，会对风电场施工区及周边的水鸟产生一定的影响。

本海上风力发电场和海上升压站所在区域水深较深，且距离海岸和滩涂很远，仅有少量鸥类在此活动，项目建设期间的噪音较大可能会影响施工区内鸟类的正常觅食。另一方面，建设期间将会暂时性对海洋底栖生物和鱼类造成影响，进而影响鸟类的食物链，影响鸟类的正常觅食。但由于本项目的施工属于短期行为，建成后的影响仅限于风机周边，对水域的扰动影响有限。另外，由于鸟类有规避性，可以通过主动规避来选择其他地点觅食。因此，海上建设期间对鸟类的影响总体非常小。

对于生活在其他区域内的绝大多数鸟类，比如鸬鹚类、鹭类、猛禽和雀形目鸟类等，由于其栖息和觅食的地点远离海上风电场的建设区域，因此不受海上风电场建设的影响。

6.9.1.2 海缆铺设对鸟类的影响分析

本风电场的海缆主要分为两部分：其中一部分为各发电机组至海上升压站，另一部分为海上升压站至陆地集控中心。第一部分的施工位于风电场的运行区域内，因此对鸟类的影响和风电场施工的影响一致，对鸟类的影响总体较小。

但在海缆登陆点的路线选择、选址及后续建设规划时需注意避免滩涂鸟类的主要

栖息地，施工时间应避免繁殖和迁徙高峰期。由于海缆铺设并不会对滩涂造成永久破坏，经过一定时间的恢复将会恢复原状，因此，通过合理的施工规划，海缆铺设工作对鸟类的影响也将会非常小。

6.9.2 项目运营期对鸟类的影响

项目建成后，风电场对鸟类的影响将仅局限于风电场和海上升压站所在海域，对于远离该海域的鸟类并没有影响。而该海域内没有鸟类繁殖和栖息，因此，不会对鸟类的繁殖和栖息地造成影响。对鸟类的影响主要体现在两个方面：觅食和迁徙。

6.9.2.1 项目运营期对鸟类觅食的影响

建成后，本项目对鸟类的影响将主要局限于海洋生境中，此刻的影响主要来自风力发电机组的运营。风机叶片运转和产生的噪声可能会对鸟类的正常觅食活动产生一定影响，甚至不排除发生风机与鸟类碰撞的可能性。由于鸟类本身有趋避行为，风机对其影响相对比较有限。根据对山东滨州和东营沿海地区陆地风电场的鸟类调查结果，同样生境下，有风机和无风机区域的鸟类种类组成及数量并无显著差异（石婷婷等 2019）。

由于鸟类与风机发生撞击取决于多种因素：鸟类种类、数量、行为特点、天气状况等。通常来说，翼展较大的鸟类撞击风险更高（Brown et al.1992），恶劣天气下撞击风险更高（Larsen and Clausen 2002）。结合本地区鸟类的生活习性、时空分布特点以及风电场的实际位置，有着较大撞击风险的主要为一些大型且飞行相对较缓的鸥类，对其他鸟类没有影响。其中，普通鸬鹚、西伯利亚银鸥、黑尾鸥、红嘴鸥等受影响的可能性较大，且存在一定的撞击风险。这几种鸟类的翼展都超过一米，会在海洋生境中觅食。根据观察，上述鸟类在觅食期间的飞行高度大多在距离海面 30m 以内，而风力发电机组的叶片旋转的高度多在 30-170m 之间，因此鸟类有一定的概率会撞到风力发电机的叶片。但由于该海域并不是鸟类的主要觅食区且鸟类本身能主动规避这些区域，因此对鸟类觅食的影响将会非常小。

6.9.2.2 对鸟类迁徙的影响

鸟类迁徙路线上的风电场会给鸟类迁徙带来巨大威胁，白天迁徙的鸟类往往需要飞得更高以躲避风力发电涡轮机组。风电场对鸟类迁徙的威胁不仅在于碰撞造成的直接死亡，风力涡轮机的存在给鸟类的飞行造成阻碍。无论风力涡轮机是否旋转，鸟类都会避免飞进风电场区域，并且减慢飞行速度（Osborn et al. 1998）。鸟类改变迁徙路线或回避障碍物会造成不必要的能量损失（Langston et al. 2003），进而影响其迁徙路

线上停歇地和取食地的选择、换羽以及区域间的固有联系，造成潜在的不利影响（Drewitt et al. 2006）。

夜间能见度低，迁徙鸟类甚至可能无法看清风力涡轮机的扇叶，从而发生碰撞。Erickson 等（2001）在美国 31 处陆地风电设施的研究中发现，风力涡轮机造成死亡的鸟类中大约一半为夜晚迁移的雀形目种类。在春秋迁徙季节，雀形目鸟类是与风力涡轮机碰撞风险最大的类群（Higgins et al. 1996, Osborn et al. 1998），因此，风电场的建设应尽量避免鸟类迁移路线。但鸟类的迁徙通道一般较为宽阔，而且许多鸣禽的夜间迁徙路线并不为人所知（Langston et al. 2003），因此实际操作上相当困难。

丹麦 Utgrunden 海上风电场对雁鸭类和雀形目鸟类迁徙影响的相关研究表明，鸟类会在迁徙过程中主动规避风机（Pettersson and Fagelvind 2011），但该风电场仅有 7 台风机，且海峡距离仅有 20km，该情况是否适用于本项目区域尚待进一步研究。另一项在丹麦 Nysted 160MW 海上风电场开展的研究发现，该海上风电场建成后，通过风电场区域的雁鸭类飞行群占该海域过境群体的比例从 40.4% 下降到 8.9%，但在进入风电场运行区域的群体中，仅有 0.9% 的夜间迁徙群体和 0.6% 的白天迁徙群体会进入到风机叶片影响到的区域。Nysted 160MW 海上风电场的研究具有一定的参考价值。

在本项目场址及其周边邻近地区中，旅鸟、夏候鸟和冬候鸟存在迁徙习性，可能会途经本风电场所在的区域。但根据目前的研究，途经项目区及乳山市沿海海岸的鸟类大多来自朝鲜半岛、我国北方和俄罗斯等地区。其中，大多数鸕鹚类的停歇地点位于胶州湾区域，然后从胶州湾往南飞行，不会穿越项目所在地区；猛禽大多沿山东半岛的丘陵地区迁徙，穿越项目所在地区的可能性很低，偏向于夜间迁徙的雀形目鸟类可能会在邻近项目区域的千里岩岛停歇，本项目通过合理的增设红色警示灯光将有效地降低撞击风险。

6.9.2.3 对鸟类栖息地的影响

鸟类的分布与各种栖息地条件有密切不可分割的关系，依据植被的种类和数量可以把地球上的栖息地分为 11 种类型：极地、苔原、高山、针叶林、落叶林、亚热带常绿林、热带雨林、草原、荒漠、湿地以及海洋。上述栖息地类型中，和本风电场相关的是湿地及海洋两种类型。湿地指一年之中有相当长的时间，土壤饱含水分或被水淹没的地区，包括沼泽、泥炭地、滩涂、河流、河口湾、盐沼、湖泊、池塘、水库、稻田以及退潮时水深不超过 6m 的海水区。海洋生境则是连续而又高度均一的生境，一般会有鸟类在距离海岸 5~10km 范围内取食。

由于本风电场建成后，运营区域位于水深超过 20m 的海上，不属于湿地的范畴，因此对湿地没有影响。另外，由于风电场所在的边界距离海岸的距离在 22km 以上，因此也不属于传统的海洋栖息地中鸟类的觅食区域，因此总体上本风电场建成后对鸟类栖息地没有影响。

6.9.2.4 鸟类影响综合评估结论

山东海卫半岛南 U 场址海上风电项目所在海域不是鸟类迁徙的主要通道，项目本身对其所在海域的鸟类迁徙、繁殖和觅食等生态行为影响较小。项目对邻近海域及沿海地区（调查评价范围）鸟类的综合影响亦较小，属于完全可接受的范围。建设单位在严格执行相关环保法规制度的前提下严格落实各项保护措施，可将施工及运营期对鸟类的不利影响降低到最小程度，其影响是完全可接受的。

综上所述，从项目对本区域及周边地区鸟类生态影响的角度分析论证，本项目的建设是切实可行的。

6.10 项目建设对敏感目标的影响

本项目用海类型为电力工业用海，项目周边主要的开发活动为养殖用海、旅游娱乐用海、工业用海、港口用海，海洋保护区等。根据前文中的用海影响预测分析结果，结合各专题报告影响分析结论，本项目对周边开发活动的影响主要表现为项目用海对养殖用海活动的占用和施工期产生的悬浮泥沙对海水水质产生的影响。

本项目施工期悬沙扩散影响到的养殖项目见图 6.10-1。

6.10.1 对养殖区的影响分析

（1）项目用海占用养殖区

本项目风机以及海底电缆用海均占用部分养殖用海，占用情况见图 6.10-2。

（2）施工悬沙对养殖区影响

据 6.2 节海水水质环境影响预测结果可知，项目施工期悬浮泥沙扩散对周边近距离养殖区内海水水质会产生短暂的影响。

（3）项目用海及悬沙扩散对养殖区影响小结

1) 项目用海占用养殖区

根据图 6.10-2，项目用海共占用开放式养殖用海 47 宗（图 6.10-2 中编号为 5-8、12、17-18、23、31、36、41、45-46、48、50-51、53、55-57、59-60、61-63、65-69、73、80、82、86、90-95、98-102、104、106）。

2) 施工悬沙影响的养殖区

根据图 6.10-2，项目施工悬沙共影响养殖用海 115 宗（图 5.1-3 中编号为 1-115）。

（4）对养殖区影响协调措施

建设单位已与养殖业主和相关部门进行了沟通和协调，同时项目建设单位已与乳山市人民政府进行了充分沟通和协商，由乳山市人民政府负责工程用海的政策处理工作，负责乳山海域项目用海影响范围内所有的利益相关者，并负责制定了具体补偿方案（见附件），进行养殖用海等的征收和补偿工作，以确保 U 场址风电项目用海的顺利实施。

6.10.2 对保护区的影响分析

根据 5.3.2 节开发利用现状内容，项目评价范围内保护区包括乳山市塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区、乳山湾国家级水产种质资源保护区以及大乳山国家海洋公园。

乳山市塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区位于本项目近岸段海缆西北侧，项目海缆距离该保护区最外围的生态与资源恢复区最近距离约 1km。本项目海缆登陆段采用定向钻孔方式，项目施工期悬浮泥沙扩散不会扩散至该保护区，对保护区内的水质及生态系统不会产生影响。项目营运期对水动力环境及冲淤环境影响范围有限，也不会影响至该保护区，因此项目建设不会对该保护区产生影响。

乳山湾国家级水产种质资源保护区位于项目西北侧乳山湾内，本项目海缆路由距该保护区最近约 9.3km。

大乳山国家海洋公园位于项目西北侧近岸，项目海缆路由距该保护区最近 4.0km，由于项目距离上述保护区较远，同时施工期悬浮泥沙扩散也不会扩散至上述保护区，因此项目建设不会对乳山湾国家级水产种质资源保护区和大乳山国家海洋公园造成影响。

6.10.3 对旅游娱乐活动的影响分析

项目周边旅游娱乐活动主要位于近岸区域，距离项目风电场较远（最近距离 23km），项目海缆登陆点距离西北侧大乳山滨海旅游度假区距离在 4km 以上，距离东北侧银滩旅游度假区在 6km 以上。本项目施工期及营运期均不会对周边旅游用海活动的海水水质和水动力冲淤环境产生影响。

6.10.4 对海上风电项目的影响分析

（1）对 U 场址西侧海阳海域已建风电场的影响

国家电投集团山东能源发展有限公司、华能山东发电有限公司分别在半岛南海阳海域建设 3 号、4 号海上风电项目，本项目与西侧半岛南 3 号风电场、220kV 送出海缆距离较远（最近距离 5.1km）。本项目建设运营均不会对上述风电项目产生影响。

本项目与西侧半岛南 4 号风电场最东侧风机最近距离为 1.4km。本区域主风向较集中，主风向及主风能方向为 S、N。依据《风电场工程微观选址技术规范 NB/T10103-2018》，海上风电机组布置时，行内间距不宜小于 3 倍风轮直径，行间距不宜小于 7 倍风轮直径，本项目定标风机叶轮直径为 230m，行间距应大于 1.61km，行内间距应大于 0.69km。本项目推荐方案风机行内间距为 700m~818m。项目于西侧项目距离能够满足两个项目风机布置规范要求。同时两个项目分属乳山和海阳不同海域，本项目建设运营均不会对上述风电项目产生影响。

由于半岛南 3 号和 4 号项目已经投产，且其最东侧几台风机于本项目距离最近，为此，本项目建设单位再后续建设过程中应加强施工和管理，避免项目施工对已建项目产生影响。同时本项目业主应该与半岛南 3 号和 4 号进行充分沟通，本着双方互惠互利原则，以保证已建项目的正常运营和本项目的顺利实施。

（2）对 U 场址海域内其他风电项目的影响

1）国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目的影响

国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目位于本项目风电场北侧域，与本项目最近距离 1.7km。该项目已取得用海预审意见并获得项目核准批复。

依据《风电场工程微观选址技术规范 NB/T10103-2018》，海上风电机组布置时，行内间距不宜小于 3 倍风轮直径，行间距不宜小于 7 倍风轮直径，因此行间距应大于 1.61km。本项目与北侧项目风机间距为 1.7km，能够满足规范要求。

本项目与国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目共用 220kV 海缆路由廊道，并且项目建设需依托家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目的海上升压站。由于本项目建设单位——海卫（乳山）海上风电有限公司与国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目建设单位——国电投（乳山）海上风电有限公司同为国家电力投资集团有限公司下属的子公司，项目具体建设可通过集团内部协调，不存在利益冲突问题，该项目已取得用海预审意见并获得项目核准批复，将在本项目之前开工建设，这也为本项目依托条件提供了可行性，在满足相关设计规范的前提下，体现了集约、节约用海的原则。

2）对国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电一期项目影响

国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电一期项目位于项目风电场南侧海域，与本项目最近距离 1.7km，项目已进行用海申请，且项目海域使用论证报告于 2022 年 11 月通过专家评审，目前为报批阶段。

本项目与南侧项目同为 U 场址内的风电项目，根据相关风电规划进行开发利用，依据《风电场工程微观选址技术规范 NB/T10103-2018》，海上风电机组布置时，行内间距不宜小于 3 倍风轮直径，行间距不宜小于 7 倍风轮直径，因此行间距应大于 1.61km。本项目与南侧侧项目风机间距为 1.7km，能够满足规范要求。不会对其项目建设和运营产生明显影响。同时，本项目建设单位——海卫（乳山）海上风电有限公司的上级公司国家电力投资集团有限公司与南侧国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电一期项目建设单位——国华能源投资有限公司同为国家电力投资集团有限公司保持着长期的良好的战略合作关系，在山东省海域联合开发了多个风电场址。本项目建设单位与南侧国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电一期项目建设单位应就 U 场址的联合开发进行充分沟通和协商，双方在半岛南 U 场址各项目用海地用海分解问题上达成协议，双方明确 U 场址双方所占海域面积按照容量划分，南北侧布置，北侧为国电投项目区域，南侧为国华区域，机组布置沿共有边界各自退让 850 米（合作纪要见附件）。在满足相关设计规范的前提下，双方项目的风机布置也遵循了这一原则，并充分体现集约、节约用海的原则，同时应各自合理安排工期、细化施工方案，完善运营期管理措施，在双方互惠互利的前提下，保证各自项目的顺利实施。

6.10.5 对敏感目标影响协调分析

本项目可影响到的工程主要为开放式养殖区。根据 6.10 节项目用海对周边用海活动影响分析可知：

（1）本项目用海直接占用养殖用海 47 宗，涉及乳山华信食品有限公司、乳山市瑞翔建设开发有限公司、乳山市城市国有资产经营有限公司、乳山市润畅建设投资有限公司和鞠秀乐、马述汉、赵德岳 7 个权属单位或个人。

因此界定项目用海占用的开放式养殖用海项目的权属人——乳山华信食品有限公司、乳山市瑞翔建设开发有限公司、乳山市城市国有资产经营有限公司、乳山市润畅建设投资有限公司、鞠秀乐、马述汉、赵德岳为本项目利益相关者。

（2）本项目施工期悬浮泥沙扩散影响到 115 宗养殖用海项目，涉及乳山华信食品有限公司、乳山市瑞翔建设开发有限公司、乳山市财金资产运营有限公司、乳山市城市国有资产经营有限公司、乳山市国有资本运营有限公司、乳山市国鑫资产经营管理

有限公司、乳山市蓝湾建设投资有限公司、乳山市润畅建设投资有限公司、乳山市市政建设工程有限公司、山东波德隆集团有限公司、乳山市海阳所镇南乔村、乳山市农村信用合作联社、丁伟东、姜军伟、鞠秀乐、马述汉、宋金增、宋均峰、宋钦祥、宋庆国、宋庆杰、宋庆良、宋夕殿、宋夕强、毕礼威、赵德岳共26个单位或个人。

因此界定受悬沙影响的养殖项目的权属人——乳山华信食品有限公司、乳山市瑞翔建设开发有限公司、乳山市财金资产运营有限公司、乳山市城市国有资产经营有限公司、乳山市国有资本运营有限公司、乳山市国鑫资产经营管理有限公司、乳山市蓝湾建设投资有限公司、乳山市润畅建设投资有限公司、乳山市市政建设工程有限公司、山东波德隆集团有限公司、乳山市海阳所镇南乔村、乳山市农村信用合作联社、丁伟东、姜军伟、鞠秀乐、马述汉、宋金增、宋均峰、宋钦祥、宋庆国、宋庆杰、宋庆良、宋夕殿、宋夕强、毕礼威、赵德岳为本项目利益相关者。

项目建设单位已与乳山市人民政府达成协议，由乳山市人民政府负责工程用海的利益相关协调和处理等相关工作，妥善协调项目用海影响范围内所有的利益相关者，制定具体补偿方案，进行养殖用海等的征收和补偿工作，确保 U 场址风电项目用海的顺利实施。乳山市人民政府关于支持项目开发建设的函见附件。据此，项目建设单位和乳山市人民政府根据 U 场址项目（协议中称“国电投山东半岛南海上风电基地 U1 场址 900MW 项目”）影响范围和养殖区现状分布情况，就补偿工作进行了进一步沟通和协商，达成了具体协调意见并签订了补偿协议，包括项目补偿范围、补偿金额和具体动迁补偿工作，协议中的“U1 场址 900MW 项目”包括“国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目”和“山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目（即本项目）”两个项目，协调工作由“国家电投集团山东能源发展有限公司”一次开展，因此，该协议能够具体解决本项目的补偿工作（具体补偿协议见附件十四）。

（3）与相邻风电项目协调分析

本项目与国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目共用 220kV 海缆路由廊道，并且项目建设需依托国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目的海上升压站。由于本项目建设单位——海卫（乳山）海上风电有限公司与国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址一期 450MW 项目建设单位——国电投（乳山）海上风电有限公司同为国家电力投资集团有限公司下属的子公司，项目具体建设可通过集团内部协调，不存在利益冲突问题，该项目已取得用海预审意见并获得项目核准批复，将在本项目之前开工建设，这也为本项目依托条件提供了可行性，在满足相关设

计规范的前提下，体现了集约、节约用海的原则。

本项目建设单位与南侧国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电一期项目建设单位应就 U 场址的联合开发进行充分沟通和协商，双方在半岛南 U 场址各项目用海地用海分解问题上达成协议，双方明确 U 场址双方所占海域面积按照容量划分，南北侧布置，北侧为国电投项目区域，南侧为国华区域，机组布置沿共有边界各自退让 850 米（合作纪要见附件）。在满足相关设计规范的前提下，双方项目的风机布置也遵循了这一原则，并充分体现集约、节约用海的原则，同时双方应各自合理安排工期、细化施工方案，完善运营期管理措施，在双方互惠互利的前提下，保证各自项目的顺利实施。

因此，本项目与利益相关者或相关部门存在妥善协调和解决的途径。

6.11 固体废物环境影响分析

根据山东省环保厅《关于进一步加强建设项目固体废物环境管理的通知》（鲁环办函[2016]141 号）和《建设项目危险废物环境影响评价技术指南》的要求，本次评价对工程固体废物的产生、处置情况及环境影响进行分析论证。

6.11.1 施工期固体废物环境影响分析

工程施工期产生的固体废物主要为施工人员产生的生活垃圾和施工过程产生的施工废料。陆域生活垃圾统一收集交由市政环卫部门进行清运，船舶生活垃圾收集后交由有资质单位处理，均不向环境排放；陆域组装场地的加工车间，在零配件加工及制作过程中会产生少量废物，主要为木屑、铁渣，由港区环卫部门统一收集处理，不会对环境产生污染。

6.11.2 运营期固体废物环境影响分析

6.11.2.1 运营期固体废物的产生及处置情况

本项目产生的固废主要有检修船舶工作人员的生活垃圾，日常维修产生的含油抹布、机修面纱等。

（1）生活垃圾

照每次巡检人数 5 人，每人 1kg/d 的产生量估算，则生活垃圾产生量为 5kg/d。每十天巡视检查一次，每年工作天数为 30 天，则生活污水垃圾年产生量为 150kg/a。生活垃圾由船舶带回到陆域统一收集处理，不会对海洋环境产生污染。

（2）危险废物

本项目产生主要的危险废物为日常检修产生的含油抹布和机修面纱，产生量分别

为 50kg/a。

表 6.11-1 危险废物产生及处理情况

序号	危险废物名称	危险废物代码	产生量 (吨/年)	产生工序及 装置	形态	有害 成分	危险 特性	污染 防治 措施
1	机修含 油抹布	900-041- 49	0.05	日常检修	固态	油类	T,I	委托 处置

6.11.2.2 运营期固体废物环境影响分析

(1) 生活垃圾和一般固废

工程运营期产生的生活垃圾经分类收集后交由环卫部门进行处理，不向环境排放。本工程产生的固体废物不会对环境造成影响。

(2) 危险废物

按照《国家危险废物名录》（2021年），运营期产生的含油废物等属于危险废物，委托具备资质的专业处置单位统一接收处置。另外，根据国家危险废物名录（2021年）附录危险废物豁免管理清单，废弃的含油抹布、劳保用品的豁免条件为未分类收集，豁免内容为全过程不按危险废物管理。由于项目运营期设备维护产生的含油废物量较小，均由检修船舶统一运回陆域处理，建议委托有资质单位进行统一接收处理。

采取上述措施后，可最大限度的降低危险废物暂存过程中对周围环境的影响。

外委处置的危险废物的运输均由委托的废物处置单位自行负责，运输单位应具有危险废物运输资质（具有《中华人民共和国道路危险货物运输许可证》）。

对危险废物运输的管理，除要依据危险废物处置的相关法规外，还需配合《道路危险货物运输管理规定》、《汽车危险货物运输规则》、《道路运输危险货物车辆标志》等相关道路运输法规来规划。应按指定的运输路线运输危险废物，避开人群稠密区及高峰时间，每批次按照规定办理危险废物转移联单。因此，在正常情况下，危险废物的运输过程不会对环境造成危害。

表 6.4-2 建设项目危险废物贮存场所（设施）基本情况

序号	贮存场所名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	船舶废油储罐	含油抹布	HW49 其他废物	900-041-49	检修船舶	/	暂存	50kg	<3 个月

6.11.3 小结

综上所述，本项目产生的固体废物均得到妥善管理和合理处置，对外环境影响较小。

6.12 大气环境影响分析

6.12.1 施工期环境空气影响评价

施工期对大气环境的主要污染是施工船舶和施工机械尾气、施工扬尘。施工过程中机械和船舶无组织排放的尾气，主要的氮氧化物，二氧化硫碳氢化合物等。在本项目建设过程中，柴油机烟气排放将造成局部的大气污染，其影响持续时间较短，且项目施工区域比较开阔，随着项目施工结束，所产生的污染也会随之消失。本项目施工码头临时场地主要堆放风机、桩基基础等大件物品，无大气污染物产生。陆域施工现场采取围挡、洒水抑尘等措施，有效降低施工扬尘，对大气环境影响不大。

项目施工期对环境空气的影响较小。

6.12.2 运营期环境空气影响评价

（1）环境影响分析

本项目建设海上风场，运营期主体工程不产生废气，对大气环境无影响。

检修船舶会产生 NO_x 、 SO_2 及 CO 等少量废气，船舶采用符合标准的燃油，并加强船舶发动机的保养，尾气量较少，且为开阔海域，对环境空气影响较小。

另外海上升压站设置 1 台柴油发电机组作为事故紧急备用电源，正常工况时不运行，运行时会产生 NO_x 、 SO_2 及 CO 等少量废气，产生量较少，全部为无组织自然排放，对大气环境影响较小。

本项目大气评价等级为三级，无需进行进一步预测和评价。

（2）大气环境保护距离

本项目无需设置大气环境保护距离。

大气环境影响评价自查表详见表 6.5-1。

表 6.5-1 环境空气影响评价自查表

工作内容		自查项目				
评价等级与范围	评价等级	一级 ☐		二级 ☐		三级 ☒
	评价范围	边长 50km ☐		边长 5~50km ☐		边长=5km ☐
评价因子	SO ₂ +NO _x 排放量	≥2000t/a ☐	500~2000t/a ☐		<500t/a ☒	
	评价因子	基本污染物（CO、O ₃ 、SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} ） 其他污染物（无）			包括二次 PM _{2.5} ☐ 不包括二次 PM _{2.5} ☒	
评价标准	评价标准	国家标准 ☒		地方标准 ☐	附录 D ☐	其他标准 ☐
现状评价	评价功能区	一类区 ☐		二类区 ☒		一类区和二类区 ☐
	评价基准年	（2022）年				
	环境空气质量	长期例行监测标准		主管部门发布的数据标准		现状补充标准 ☐

	现状调查数据来源	☐		☒			
	现状评价	达标区 ☒				不达标区 ☐	
污染源调查	调查内容	该项目正常排放源 ☒ 该项目非正常排放源 ☐ 现有污染源 ☐		拟替代的污染源 ☐	其他在建、 拟建项目污染源 ☐	区域污染源 ☐	
大气环境影响预测与评价	预测模型	AER MOD ☐	AD MS ☐	AUSTAL 2000 ☐	EDMS/A EDT ☐	CALPUF F ☐	网格模型 ☐ 其他 ☐
	预测范围	边长 $\geq 50\text{km}$ ☐			边长 5~50km ☐		边长 = 5km ☐
	预测因子	预测因子 ()				包括二次 PM2.5 ☐ 不包括二次 PM2.5 ☐	
	正常排放短期浓度贡献值	C 该项目最大占标率 $\leq 100\%$ ☐				C 该项目最大占标率 $> 100\%$ ☐	
	正常排放年均浓度贡献值	一类区		C 该项目最大占标率 $\leq 10\%$ ☐		C 该项目最大占标率 $> 10\%$ ☐	
		二类区		C 该项目最大占标率 $\leq 30\%$ ☐		C 该项目最大占标率 $> 30\%$ ☐	
	非正常 1h 浓度贡献值	非正常持续时长 () h		C 非正常占标率 $\leq 100\%$ ☐			C 非正常占标率 $> 100\%$ ☐
	保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值	C 叠加达标 ☐				C 叠加不达标 ☐	
区域环境质量的整体变化情况	$k \leq -20\%$ ☐			$k > -20\%$ ☐			
环境监测计划	污染源监测	监测因子: ()		有组织废气监测 ☐ 无组织废气监测 ☐		无监测 ☒	
	环境质量监测	监测因子: ()		监测点位数 ()		无监测 ☒	
评价结论	环境影响	可以接受 ☒ 不可以接受 ☐					
	大气环境保护距离	距 (/) 厂界最远 (/) m					
	污染源年排放量	SO ₂ : (/) t/a		NO _x : (/) t/a		颗粒物: (/) t/a	VOCs: (/) t/a
注: “ ☐ ”, 填“ ☒ ”; “()”为内容填写项							

7.环境事故风险分析与评价

7.1 事故识别

项目环境风险是指由于人为或自然因素引起的、对海域资源环境或海域使用项目造成一定损害、破坏乃至毁灭性事件的发生概率及其损害的程度。本项目为海上风电场，由海上风电机组和电气接线两部分组成。回顾国外海上风电项目建造、运行经验，并参考国内外相关资料，项目在建设期和运行期均存在潜在的事故和环境风险主要包括：

（1）施工时船舶碰撞溢油事故

施工期大量船舶在海上进行施工作业，由于不良天气、海况及人工误操作等原因，可能发生船舶碰撞的事故，造成溢油事故的发生。

（2）通航环境风险

运营期本项目将占用部分海域，在海上建设多台风机，项目周边分布有港口、航道等，对通航环境造成一定的影响。

（3）自然灾害风险事故

风机遭受雷电、台风等自然灾害风险事故。

（4）其它风险事故

包括：鸟类撞击风机、风机自身设计缺陷损坏或倒塌、长时期冲刷造成电缆和海床之间形成掏空等。

考虑到项目主体位于海上，本次评价对海上碰撞事故溢油进行了预测分析，对海上溢油风险应急和减轻生态影响提供一定支撑。项目在采取正确的预防措施和应急措施后，本项目环境风险水平是可以接受的。

表 7.1-1 建设项目环境风险分析表

建设项目名称	山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目				
建设地点	（山东）省	（威海）市	（）区	（乳山市）县	（）园区
地理坐标	经度	121°36'19"	纬度	36° 30' 24"	
主要危险物质及分布	主要为油舱中燃料油。				
环境影响途径及危害后果（大气、地表水、地下水等）	油舱中燃料油泄漏以及泄漏引起的火灾事故，以及燃烧过程产生的伴生/次生污染物一氧化碳对周围大气、海水水质环境的影响。其影响途径主要为溢油在水面扩散，影响海洋生物（浮游生物、鱼虾贝类、底栖生物、海水养殖业等）。				
风险防范措施	调动周边溢油应急设施，制定溢油应急预案。				
填报说明（列出项目相关信息及评价说明）					
本项目 Q<1，因此，项目环境风险潜势为I。本项目评价等级为简单分析。					

7.2 溢油事故影响分析

7.2.1 溢油风险预测

（一）预测模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流、湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散。本报告采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为，用随机方法模拟扩散过程，用定性方法模拟平流过程。

（1）动力学过程

动力学过程包括平流过程和扩散过程，溢油在每一瞬时的三维空间位置和分布状态则是各种运动过程的综合作用结果。

① 漂移过程（平流运动）

漂移过程是油膜在外界动力场（如风应力，油水界面切应力等）驱动下的整体运动。海流的预测模式选择上述垂向积分的浅水方程组作为海流的控制方程。

② 扩展过程

扩展过程是油料溢出到海面上，受到惯性力、重力、粘性力和表面张力共同作用，使油与海水产生了不平衡的压力分布面向四周扩散，分为惯性—重力阶段、重力—粘性阶段和粘性—表面张力阶段。对实际溢油事件的观察发现，在溢油的最初数小时里，扩展过程占支配地位。

扩散速度分量可以通过用拉格朗日独立粒子（随机游动）算法来模拟粒子云团在水中扩散，在 Δt 时间内平均移动为：

$$S_{rmsL} = \sqrt{2 * D_L * \Delta t} \quad S_{rmsT} = \sqrt{2 * D_T * \Delta t} \quad (7.2-1)$$

式中： S_{rmsL} 和 S_{rmsT} 分别是纵向和横向方向上的距离的平均平方根， D_L 和 D_T 是水平扩散系数， Δt 为时间步长。

（2）非动力学过程

非动力学过程包括蒸发和乳化作用。

① 蒸发

蒸发是由于石油烃类从液态向气态的相变而造成的油膜与空气之间的物质交换。溢油的组份、表面积及其物理特征、风速、海气温度、海况以及太阳辐射的强度等都影响蒸发的速率。低烃类组份有较高的饱和蒸发压，因此有较高的蒸发速率，蒸

发后溢油中的低沸点烃类迅速减少。

蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F = (1/C) [\ln P_0 + \ln (K_m A v t C / R T V + 1 / P_0)] \quad (\text{式 7.2-2})$$

式中：F—蒸发部分；V—溢出体积（m³）；R—空气常数；C—常数；
A—溢油面积（厚部分）（m²）；T—海表温度（K）；v—摩尔体积；
t—时间；

K_m —质量输运系数，与 $U_{0.78}$ 成比例，U 为风速；

$$P_0 = C_r \cdot \exp\left(1 - \frac{T_0}{T}\right), \quad C_r \text{ 为常数, } T_0 \text{ 为油的沸点 (K) }。$$

对于溢油薄的部分：

$$R_{eva} = C_{eva} (t / t_{\max}^c) \quad (\text{式 7.2-3})$$

式中： R_{eva} —蒸发率； C_{eva} —系数；

$t_{\max}^c$ —蒸发的最大时间，决定于溢油的组份。

② 乳化作用

溢油在海水中乳化，形成毫米量级的乳化物（油包水颗粒）。海况能影响乳化的速度，但最终的乳化总量与海况无关，而仅取决于溢油中乳化剂的含量。形成的乳化物具有较高的密度和粘性，可以影响溢油的扩散过程。轻质的易挥发的油很少形成乳化物，重质燃料油或原油会形成相当大量的乳化物。当乳化颗粒与碎屑或生物残骸结合而重量增加时，将沉降到海底。

计算乳化物含水量的公式（Mackay 等 1980）为：

$$Y_w = \frac{1}{K_B} (1 - e^{-K_A K_B (1 + U_w)^2 t}) \quad (\text{式 7.2-4})$$

式中： Y_w 为乳化物的含水量（%）； $K_A = 4.5 \times 10^{-6}$ ； U_w 为风速；

$$K_B = \frac{1}{Y_w^F} \approx 1.25; \quad Y_w^F \text{ 是最终含水量; } t \text{ 为时间。}$$

◆ 密度变化

乳化对油密度的影响表示为：

$$\rho_e = (1 - Y_w) \rho_0 + Y_w \rho_w \quad (\text{式 7.2-5})$$

式中： ρ_e 为乳化后油的密度； ρ_0 为乳化前油的初始密度； ρ_w 为海水密度； Y_w 为乳化物含水量。

蒸发对油密度的影响表示为：

$$\rho = (0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0 \quad (\text{式 7.2-6})$$

综合两者的影响，油的密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_w)[(0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0] + Y_w\rho_w \quad (\text{式 7.2-7})$$

◆ 粘性变化

溢油在风化过程中粘性会增加，主要是由于蒸发和乳化，此外粘性很大程度上与油面温度有关。

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp \frac{2.5y_w}{1 - 0.654y_w} \quad (\text{式 7.2-8})$$

式中： η 为乳化后油的运动粘性系数；

η^{oil} 为乳化前油的运动粘性系数；

y_w 为乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加，计算为：

$$\eta^{oil} = \eta_0^{oil} \exp(C_4 F_e) \quad (\text{式 7.2-9})$$

式中： C_4 为油中无量纲量[wt%]；

F_e 为油蒸发的部分。

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下，它是两种影响不同形式的总和：

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt} = C_4\eta_0^{oil} \frac{1}{V_{oil}^0} \frac{dV_e}{dt} + \frac{2.5\eta^{oil}}{(1 - y_w^{\max} y_w)^2} \frac{dy_w}{dt} \quad (\text{式 7.2-10})$$

(二) 溢油预测风险识别

施工期场区施工船舶较多，施工船舶之间以及施工船舶与其他船舶（如渔船、货运船舶等）可能发生碰撞溢油事故，溢油将对场区和周围生态环境造成影响。

运行期对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。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。含油废物应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，将废油、含油废物等一并送交有

资质单位回收处理。

（三）油种和油量

工程施工期船舶主要为打桩船、起重船、交通船及拖轮，船舶载油量不大。本工程发生溢油主要为施工期施工船舶与过往船舶发生碰撞，取燃料油为溢油油种，本次预测从保守角度考虑，预测本项目海上溢油风险类型为海难性船舶污染事故，根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》，最可能发生的海难性船舶污染事故的溢油量取 365 吨，1 小时泄漏入海，模拟时间为 72 小时。

（四）溢油发生点

周边来往船舶主要为进出乳山港的货船、周边养殖区作业渔船、南部航路东西行驶的船舶，施工船舶主要在风场、路由区施工，与进出乳山港、南部航路船舶及周边养殖船舶存在一定的概率发生碰撞，因此预测时溢油发生点选择在项目场址内西侧养殖区附近。

（五）溢油预测模型参数选取

模拟采用轻质燃料油，各组分含量分别为环烷（C6-C12）含量 51%、环烷（C13-C23）含量 31%、芳烃（C6-C11）含量 8%、芳烃（C12-C18）含量 8%、其他 2%。根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 7.3-2。蒸发系数 k 取值 0.029。

光辐射所能测出的水面油膜厚度为 $1\mu\text{m}$ （T.I.O.塞维列娃等，1980）^[8]，模拟结果提取时将油膜厚度 $1\mu\text{m}$ 作为油膜扩散范围的边界。

根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 7.2-1。

表 7.2-1 部分模型参数设置

系数过程取值	系数过程取值	系数过程取值
风漂移系数 cw	对流 0.035	风漂移系数 cw
油的最大含水率 $y_w^{\max}$	乳化	0.85
油的最大含水率（K1）	乳化	5×10^{-7}
释出系数（K2）	乳化	1.2×10^{-5}
传质系数 KSi	溶解	2.36×10^{-6}
蒸发系数 k	蒸发	0.029
油辐射率 loil	热量迁移	0.82
水辐射率 lwater	热量迁移	0.95
大气辐射率 lair	热量迁移	0.82
漫射系数（Albedo） α	热量迁移	0.1

模型中水平（横向和纵向）扩散系数 DL 和 DT 的取值非常重要，反映了油粒子在水体中的扩散强度和随机紊动强度，对模拟结果影响较大，而且不同的应用场合下取值范围很大。模型采用的是油粒子模型，其中的扩散系数概念与常规的对流扩散模型有所不同，体现在：①油粒子只在水体表面运动；②粒子不按水动力模型中设定的网格运移，而是按实际运移路径准确计算，扩散系数取值与模型网格布置方式和时间步长关系不大。

（六）工况选择

根据工可风场分析资料，场区 10m 高处夏季主导风向为 SE，冬季主导风向为 NNW，根据本项目周边养殖区等敏感目标分布情况、不利风向为 SSE。模拟选取 SE（平均风速 5.3m/s）、NNW（平均风速 4.5m/s）、SSE（不利风速 10.8m/s）向风进行模拟。共 3 种典型气象条件，在低潮时和高潮时 2 个典型时刻发生溢油，6 种工况组合。

综上，溢油事故场景模拟工况条件如下表所示：

表 7.2-2 事故情景条件（工况共计 6 种）

事故情景	泄漏时间	高潮时/低潮时
	泄漏地点	风电场址内
	泄漏品种	船用燃油
	溢油量	365t（1 小时漏完）
环境条件	风向、风速	SE（平均风速 5.3m/s）、NNW（平均风速 4.5m/s）、SSE（不利风速 10.8m/s）
	气温(°C)	夏季气温采用 28°C，冬季气温采用 1°C

7.2.2 溢油预测结果分析

（1）夏季主导风向 SWE 向风溢油预测结果

低潮时发生溢油：SW 向风（风速 5.3m/s）作用下，低潮时刻发生溢油，受风和潮流的共同影响油膜呈螺旋状向北偏西扩散。溢油发生后油膜整体在养殖区内扩散。72 小时扫海面积约 168.67km²，最大影响距离约 19.2km。

高潮时发生溢油：SW 向风（风速 5.3m/s）作用下，高潮时刻发生溢油，受风和潮流的共同影响油膜先向北偏西扩散。溢油发生后油膜整体在养殖区内扩散。72 小时扫海面积约 162.09km²，最大影响距离约 16.3km。

（2）冬季主导风向 NNW 向风溢油预测结果

低潮时发生溢油：NNW 向风（风速 4.5m/s）作用下，低潮时刻发生溢油，油膜先向东扩散，然后整体向南扩散。溢油发生后，油膜位于养殖区，第 29 小时扩散出

南侧养殖区。72 小时扫海面积约 237.94km²，最大影响距离约 37.3km。

高潮时发生溢油：NNW 向风（风速 4.5m/s）作用下，高潮时刻发生溢油，油膜主要向南扩散。溢油发生后，油膜位于养殖区，第 38 小时扩散出南侧养殖区。72 小时扫海面积约 234.11km²，最大影响距离约 34.9km。

（3）不利风向 SSE 向风溢油预测结果

低潮时发生溢油：SSE 向风（风速 10.8m/s）作用下，低潮时刻发生溢油，油膜主要向西北扩散。溢油发生后进入东侧养殖区、第 6 小时扩散出养殖区，第 18 小时扩散至西北侧养殖区，第 52 小时后抵岸。43 小时扫海面积约 152.38km²，最大影响距离约 36.1km。

高潮时发生溢油：SSE 向风（风速 10.8m/s）作用下，高潮时刻发生溢油，油膜主要向北扩散。溢油发生后进入东侧养殖区，第 12 小时扩散出养殖区，第 22 小时扩散至西北侧养殖区，第 45 小时扩散至海阳核电附近海域，第 47 小时后抵岸。59 小时扫海面积约 167.64km²，最大影响距离约 33.8km。

SE、NNW 和 SSE 向风作用下，低潮时和高潮时溢油漂移轨迹见图 7.2-2~图 7.2-7，油膜扫海面积和残油量见表 7.2-3。

风况	潮时	溢油持续时间(h)	扫海面积(km ²)	残油量(t)	备注
SE	低潮	72	168.67	15.5	
	高潮	72	162.09	16.1	
NNW	低潮	72	237.94	12.6	
	高潮	72	234.11	12.4	
SSE	低潮	43	152.38	61.7	抵达海岸
	高潮	47	167.64	59.2	抵达海岸

表 7.2-3 溢油扫海面积和残油量统计表

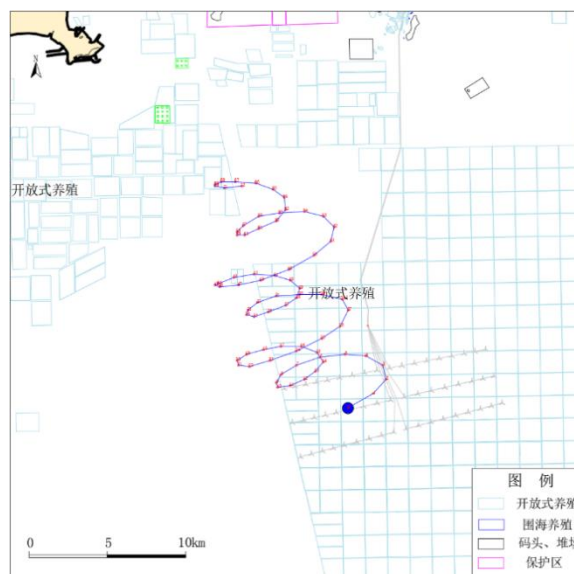


图 7.2-2a SE 向风条件下溢油轨迹图（低潮）

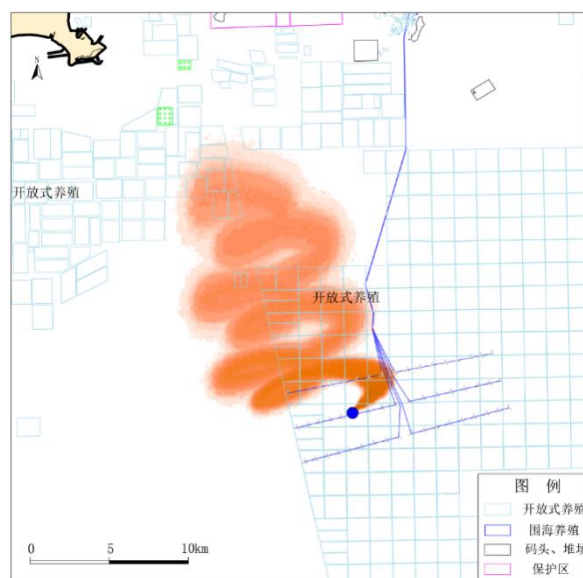
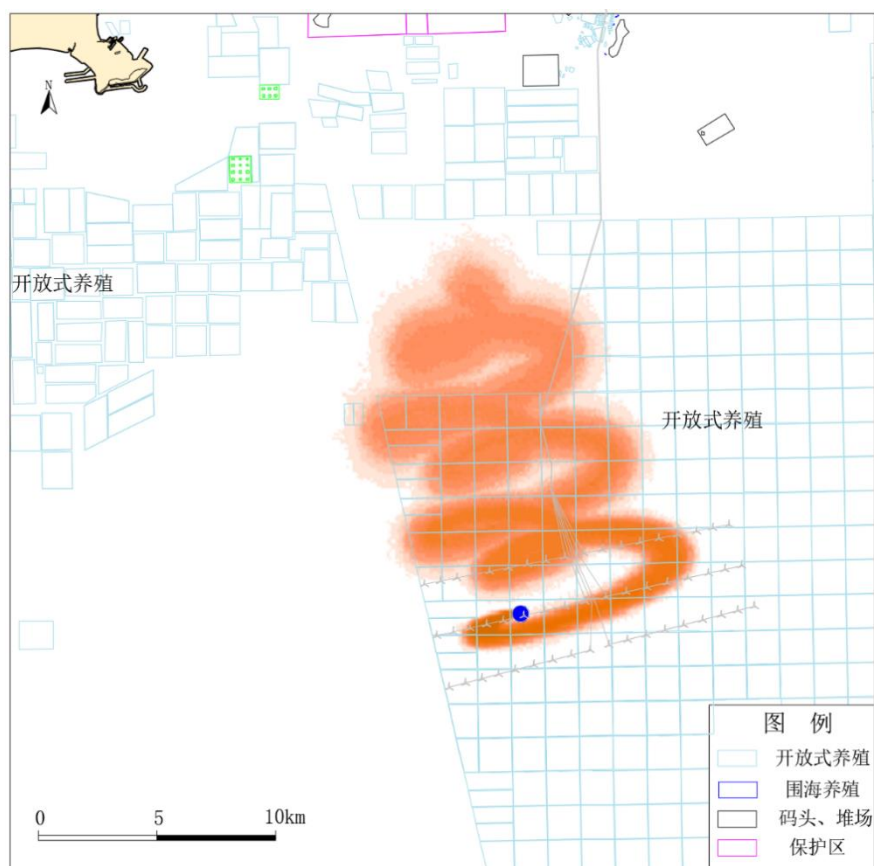
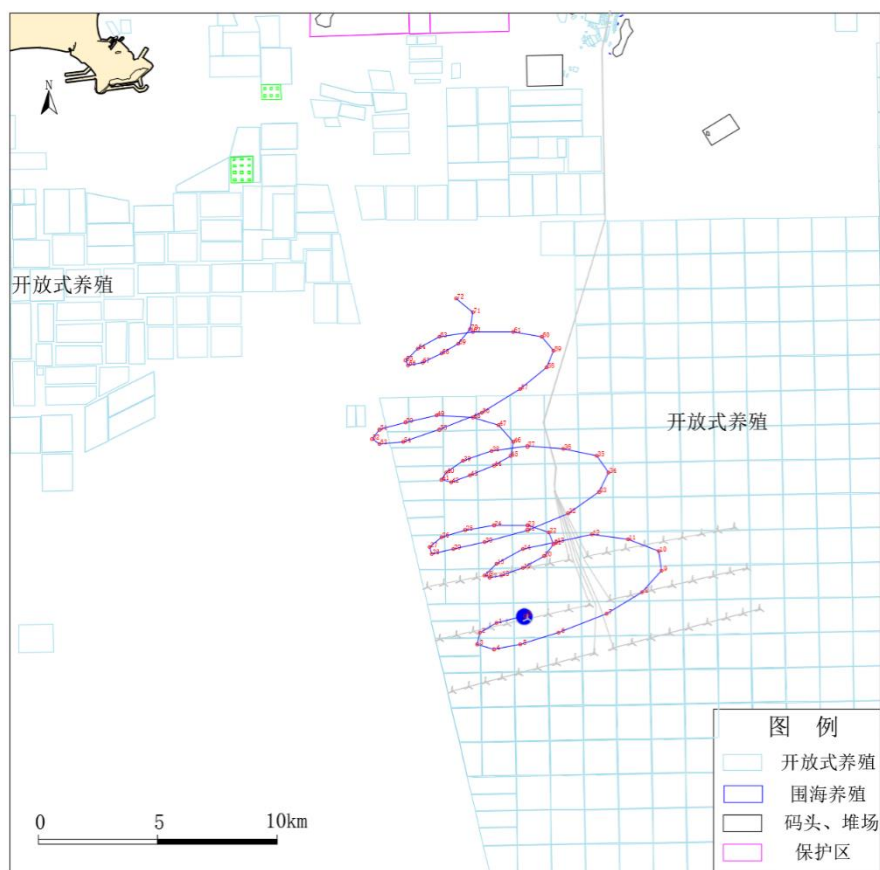


图 7.2-2b SE 向风条件下油膜扫海范围图（低潮）



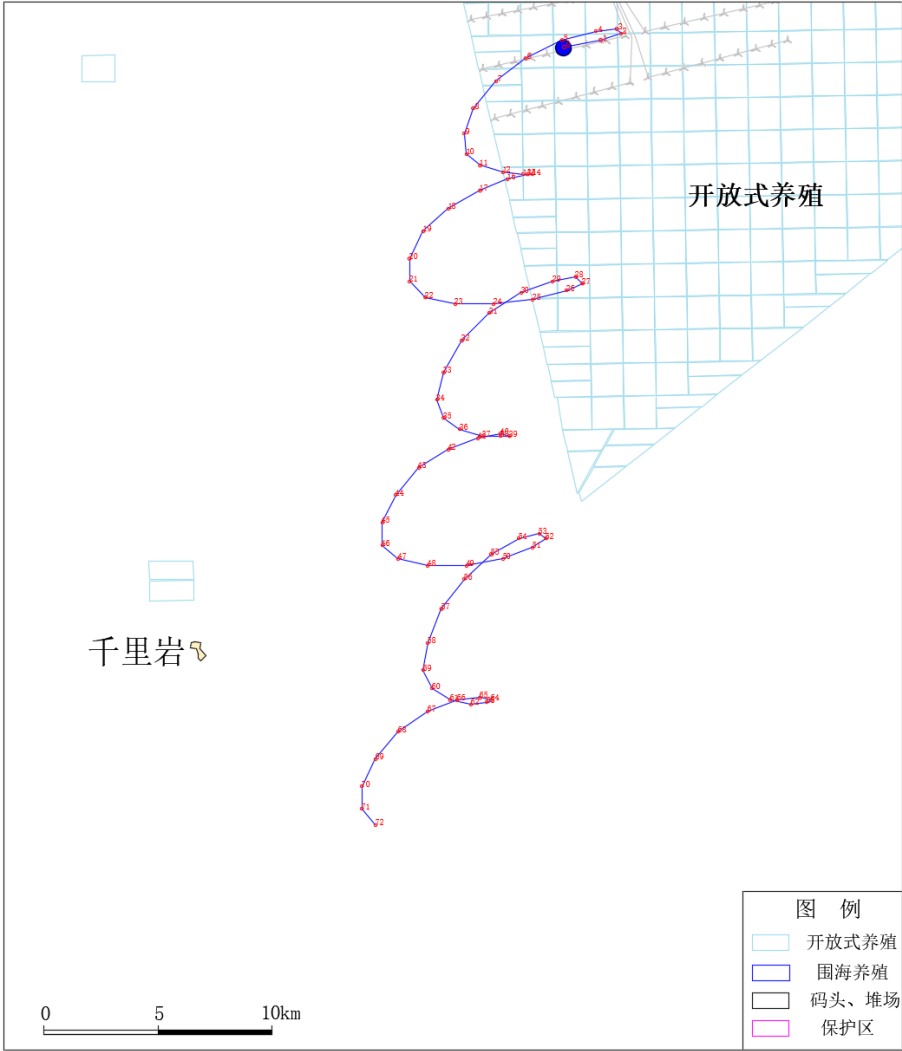


图 7.2-4a NNW 向风条件下溢油轨迹图（低潮）

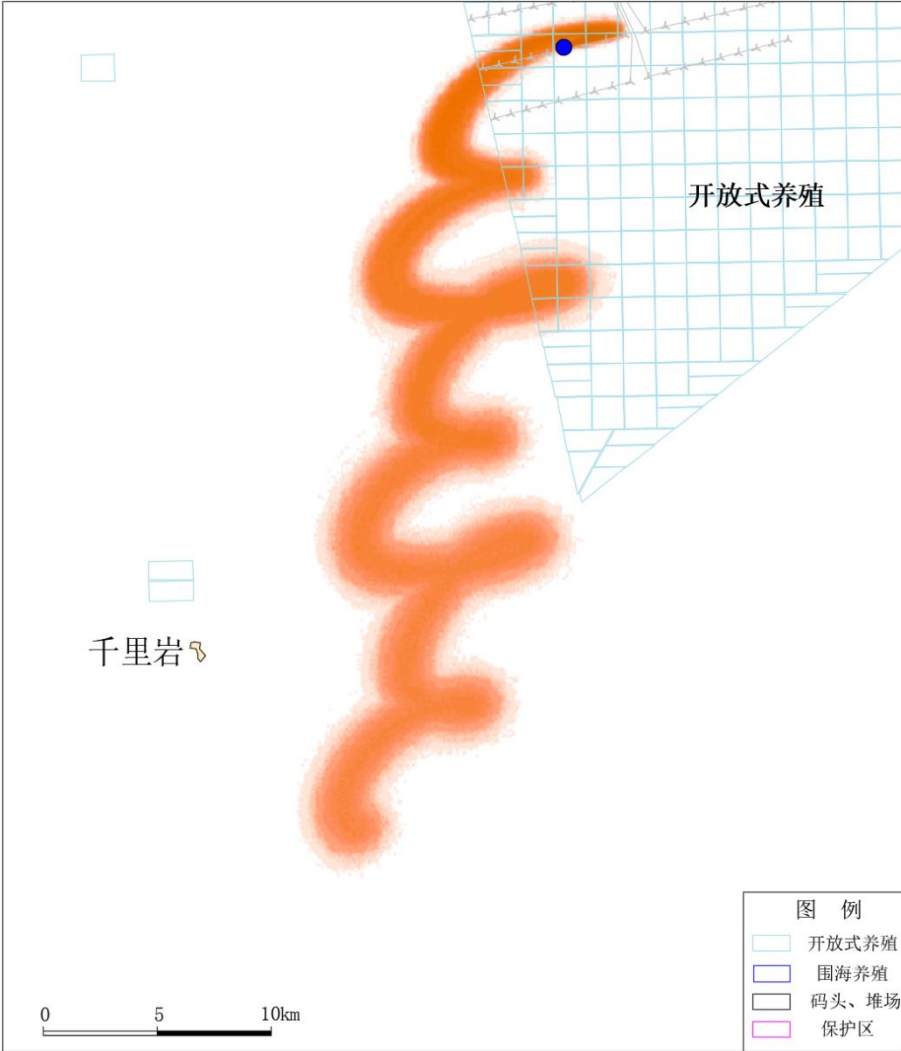


图 7.2-4b NNW 向风条件下油膜扫海范围图（低潮）

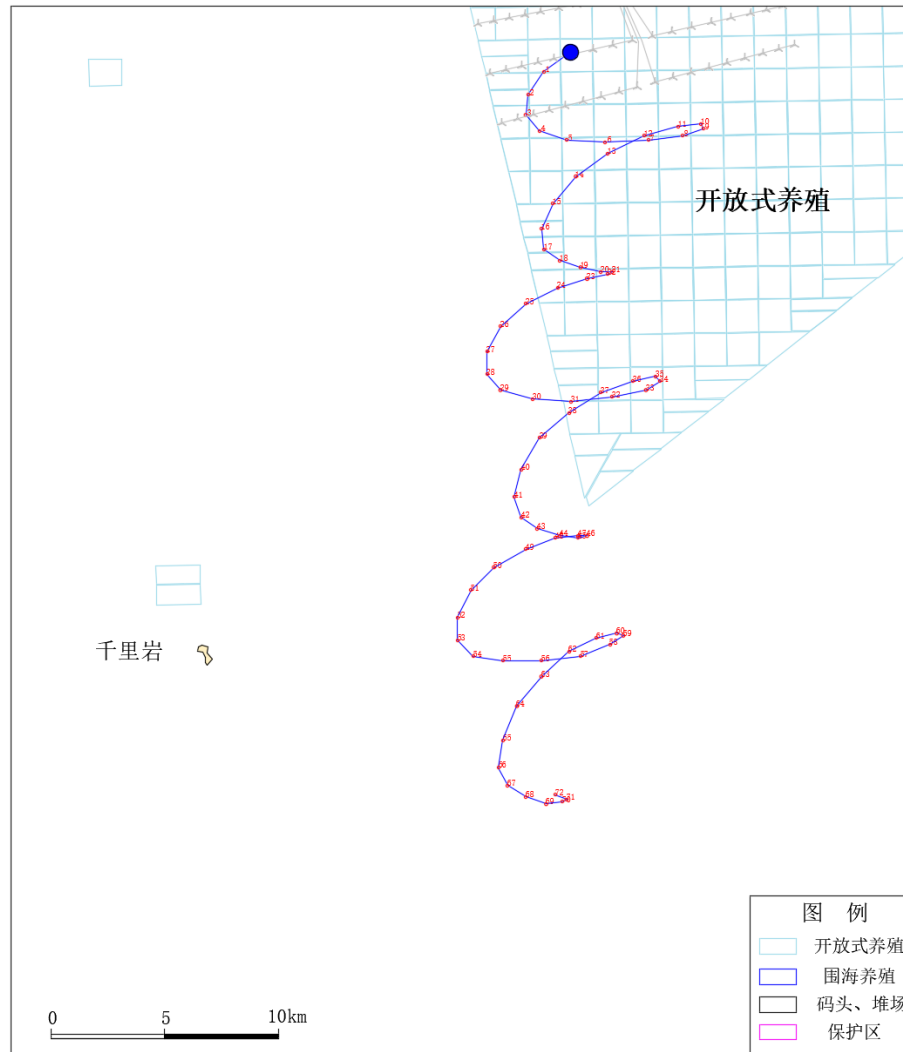


图 7.2-5a NNW 向风条件下溢油轨迹图（高潮）

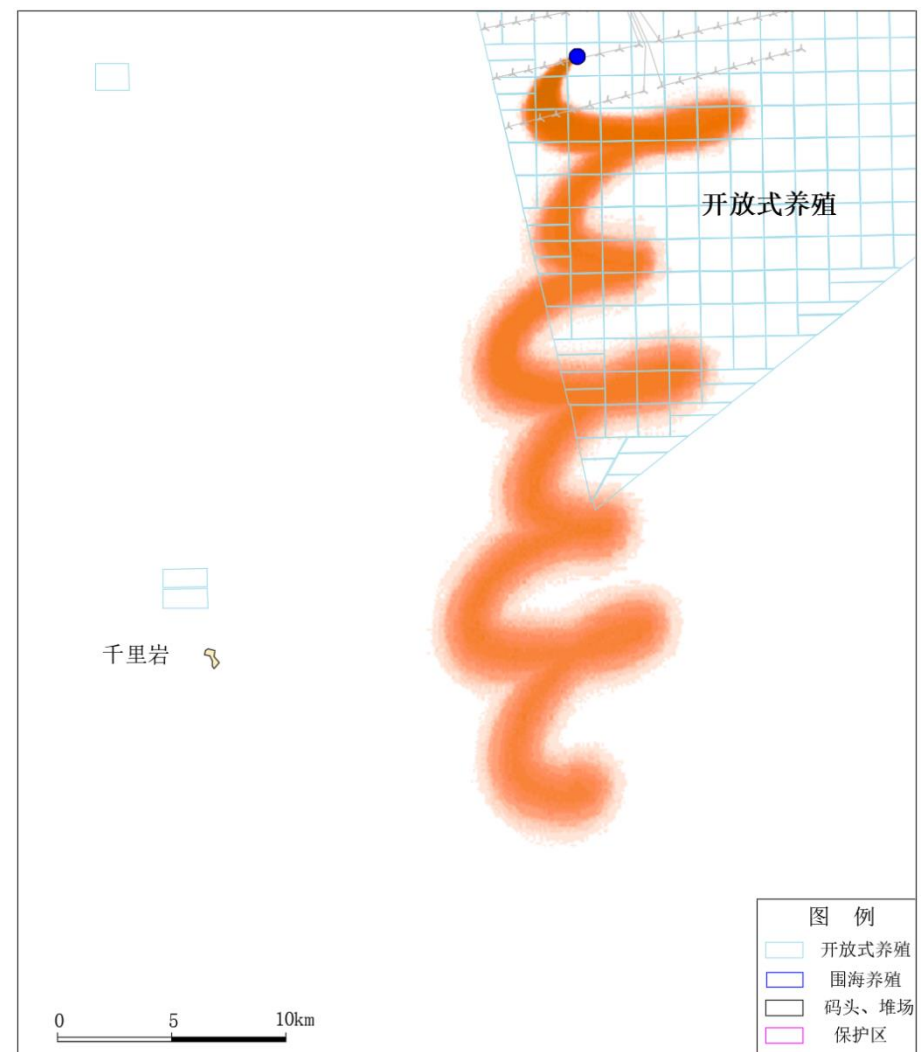


图 7.2-5b NNW 向风条件下油膜扫海范围图（高潮）

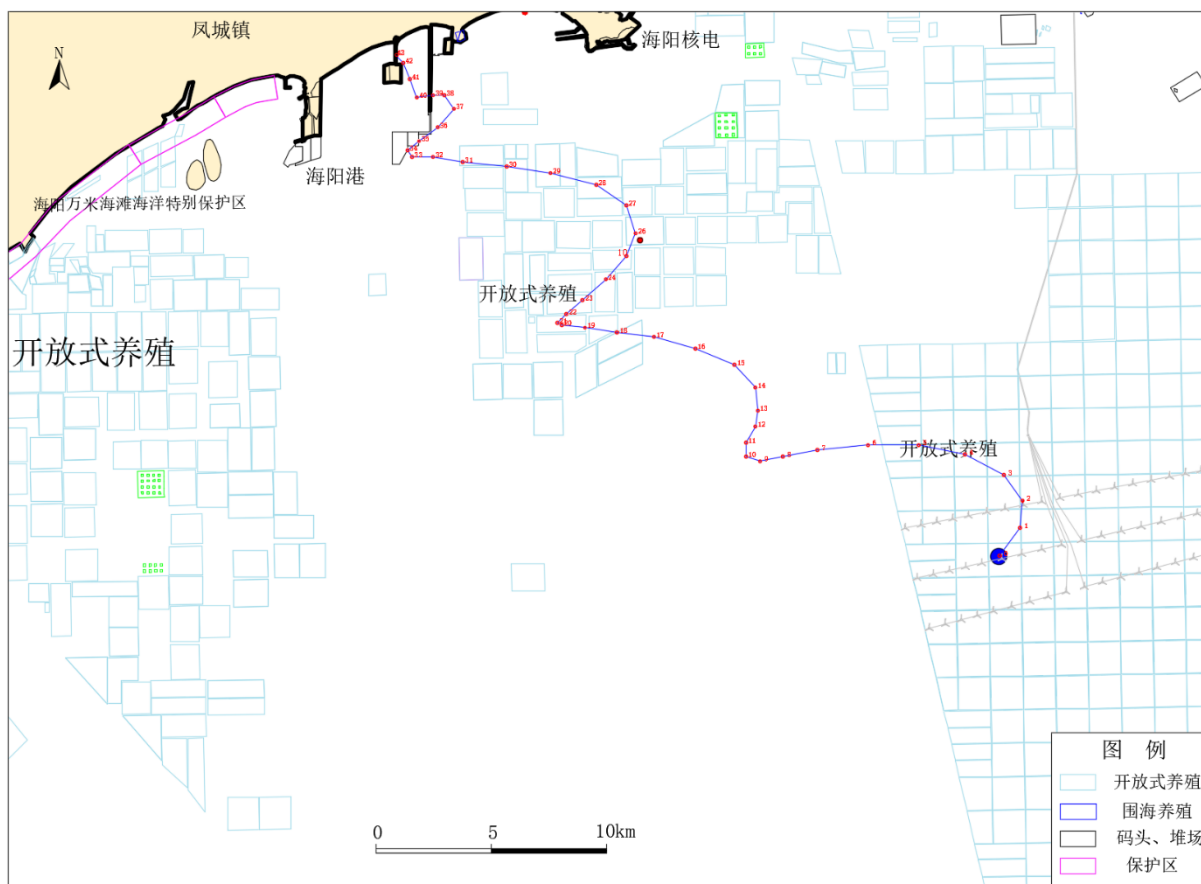


图 7.2-6a SSE 向风条件下溢油轨迹图（低潮）

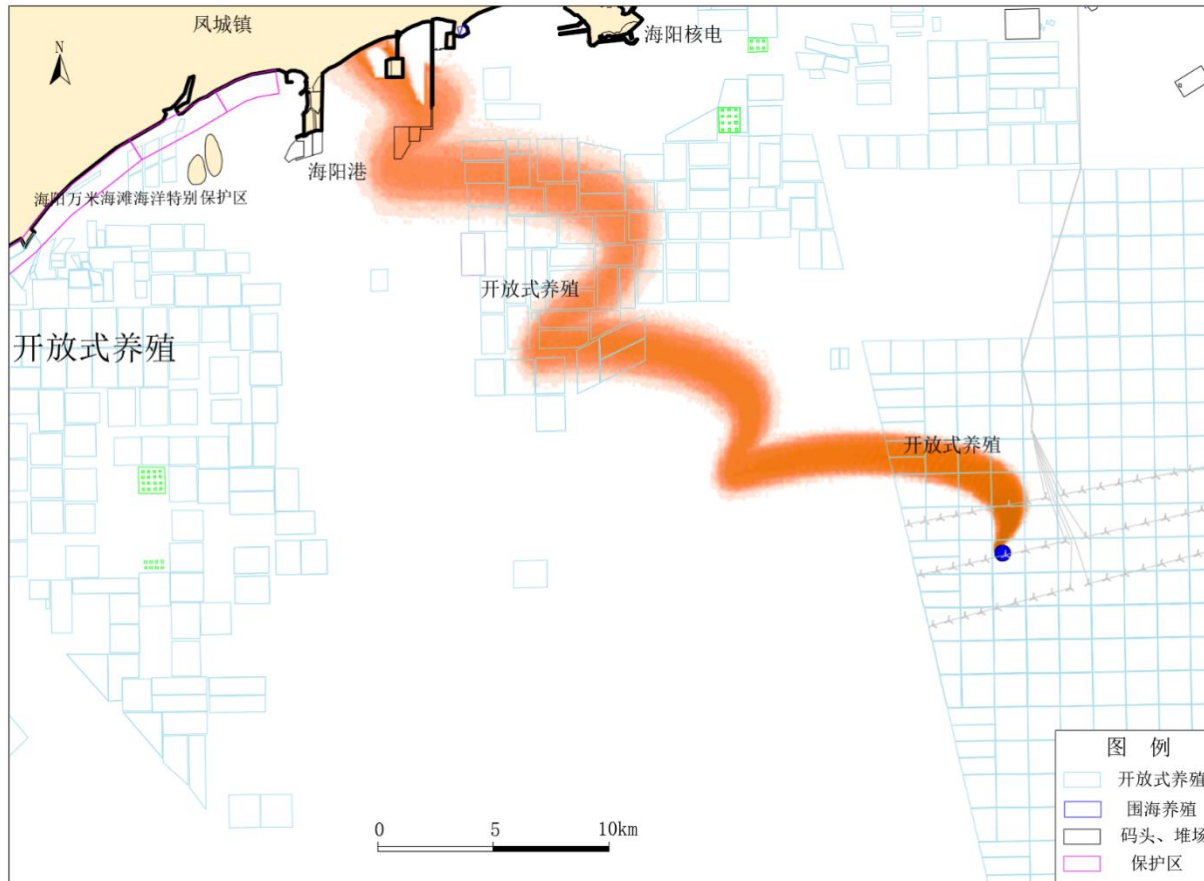


图 7.2-6b SSE 向风条件下油膜扫海范围图（低潮）

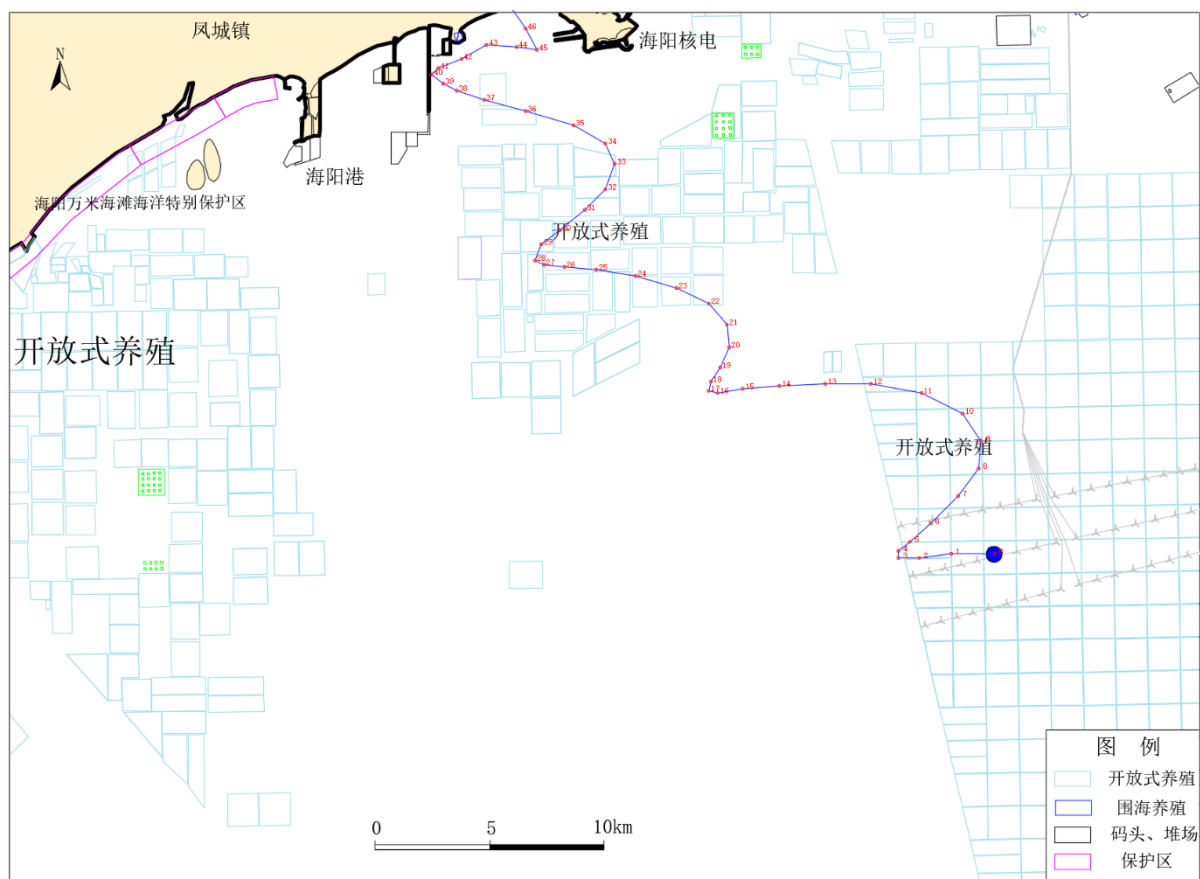


图 7.2-7a SSE 向风条件下溢油轨迹图（高潮）

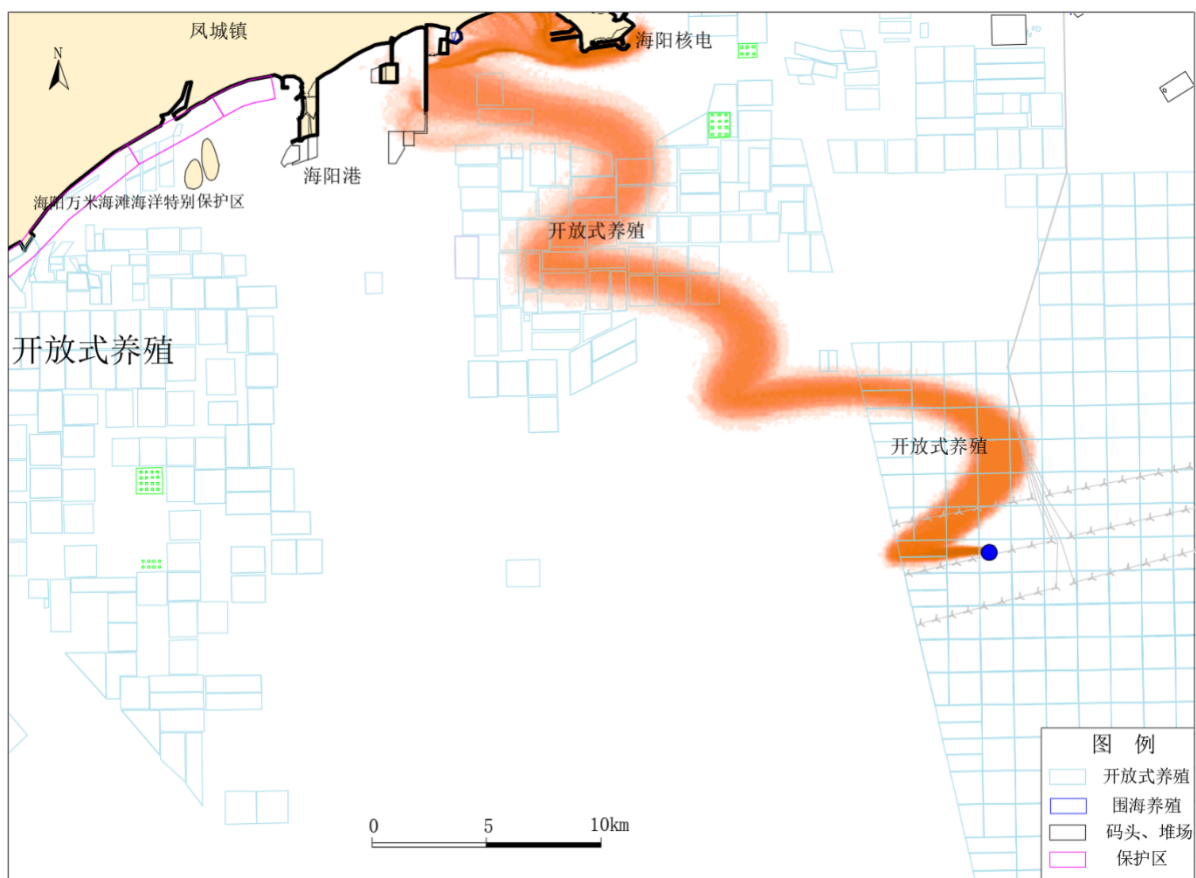


图 7.2-7b SSE 向风条件下油膜扫海范围图（高潮）

7.2.3 溢油风险对环境的影响分析

(1) 对浮游生物的影响

溢油事件发生后，油膜会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍他们的光合作用。破坏程度取决于油类物质的类型，浓度及浮游植物的种类。根据国内外毒性实验结果，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各种油类的耐受能力都很低。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为0.1~10mg/L，一般为1mg/L。对于更敏感的种类，油浓度低于0.1mg/L时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。

浮游动物石油急性中毒致死浓度范围一般为0.1~15mg/L，Mironov 等曾将黑海某些桡足类、和枝角类暴露于0.1ppm 的石油海水中，当天浮游动物全部死亡。当石油含量降至 0.05ppm，小型拟哲水蚤 *Paracalanus sp.* 的半致死时间为4天，而胸刺镖蚤 *CentroPages*、鸟缘尖头蚤和长腹剑水蚤 *Oithona* 的半致死天数依次为3天、2天和1天。另外，Mironov 对不同浓度对桡足类幼体的影响实验表明，永久性（终生性）浮游动物幼体的敏感性大于阶段性（临时性）的底栖生物幼体，而它们各自的幼体的敏感性又大于成体。

(2) 对游泳生物的影响

1mg/L 的油浓度会引起鱼类的中毒反应，而对于幼小的鱼苗，它们的敏感程度比成熟的鱼高100 倍，而且它们不能象成体那样避开被油污染的水域。

高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，低浓度的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，具毒性随石油组分的不同而有差异。根据东海水产研究所近年来对几种不同油类对鲱鱼仔鱼 *Mugilcaphalus* 的毒性试验结果表明，阿拉伯也门麦端波原油、镇海炼油厂的混合废油、胜利原油和东海平湖原油对鲱鱼的96h—LC50 值分别为15.8mg/L，1.64mg/L、6.5mg/L 和2.88mg/L。胜利原油对真鲷仔鱼 *Pagrassonius major* 和牙鲆仔鱼 *Paralichthyolovaceus* 的96h—LC50 值分别为1.0mg / L和1.6mg/L。20 号燃料油对黑鲷 *Spares macrocephaius* 的96h~LC50 值为2.34mg/L，而对黑鲷的20 天生长试验结果，其最低影响浓度（LOEC）和无影响浓度分别为0.096mg/L和0.032mg/L。

(3) 对底栖生物的影响

底栖生物随种类的不同而产生对石油浓度适应的差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在2.0~15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小些。软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油，如：0.01ppm 的石油则可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味

可持续达半年之久。某些底栖甲壳类动物幼体（无节幼虫）当海水中石油浓度在0.1～0.01ppm 时，对藤壶幼体和蟹幼体有明显的毒效。

（4）对其它海洋生物的影响

对于哺乳动物类、鸟类等这样大型的海洋脊椎动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了正在栖息生殖的海滩，他们将极易受到伤害，它们的幼体有被窒息的危险，溢油还会污染它们的皮毛，甚至眼睛、鼻孔和嘴，造成不同程度的伤害，威胁其生命。此外，油类中的石油烃在某些不敏感的有机物的同化作用下，能以各种不同方式富集于它们的食物链中，尤其在鱼类、软体类动物体内的富集，使这些动物受到污染。渔业生产也会受到油污染的影响。一方面可能降低渔业产量，另一方面因造成肉质带有油味而降低其商业价值，因而造成较大的经济损失。

因此，应杜绝溢油事故发生，一旦发生溢油事故需尽快启动相应应急预案进行处理，及时采取应急抢险措施，最大限度降低溢油事故对生态环境的影响。

7.3 自然灾害风险分析

工程建成后，所在海域将竖立起多台风机。在开阔无遮拦的海面上，当遇到暴雨雷电、台风、海雾等恶劣气候条件时，风机可能遭受雷击和台风摧毁的危险。

7.3.1 雷击风险

空中的尘埃、冰晶等物质在大气运动中剧烈摩擦生电以及云块切割磁力线，在云层上下层分别形成了带正负电荷的带电中心，运动过程中当异性带电中心之间的空气被其强大的电场击穿时，就形成放电。对风电场运行带来危害的主要是云地放电，带负电荷的云层向下靠近地面时，地面的凸出物、金属等会被感应出正电荷，随着电场的逐步增强，雷云向下形成下行先导，地面的物体形成向上闪流，云和大地之间的电位差达到一定程度时，即发生猛烈对地放电。雷电一般具有：冲击电流大；持续时间短；雷电流变化梯度大和冲击电压高等特点。通常雷击有三种形式，直击雷、感应雷、球形雷。

风机设备遭受雷击受损通常有下列4种情况：

- （1）风机直接遭受雷击而损坏，主要指叶片件遭感应雷和球形雷破坏叶尖甚至整个叶片；
- （2）雷电脉冲沿与设备相连的信号线、电源线或其他金属管线侵入使设备受损；
- （3）设备接地体在雷击时产生瞬间高电位形成地电位“反击”而损坏；
- （4）设备安装方法或安装位置不当，受雷电在空间分布的电场、磁场影响而损坏。

7.3.2 风暴潮风险

风暴潮是热带风暴、温带气旋与寒潮过境时引起的海平面异常升高与降低现象。当强风暴与天文大潮同时出现时，伴随狂风暴雨海平面迅速上升，造成严重的风暴潮灾害损失。如 9216 号风暴潮，水高浪大，高水位使波浪加大，破坏力增强，波浪破碎又使水位增高，其联合作用将温泉镇 7.5m 高、2170m 长的石坝彻底摧垮，造成巨大损失。

每年影响黄、渤海的温带气旋和强冷空气大风过程有近 60 次。由台风和温带气旋等大风过程产生的 1m 以上的风暴潮，平均每年发生 14 次，2m 以上的严重风暴潮 22 次，成重灾者平均每 2 年约 1 次。

台风风暴潮多发生于 7、8 月，随着台风活跃北上，经山东或沿岸进入黄、渤海造成东北大风，使海水倒灌造成风暴潮；冷锋类风暴潮多发生于 4、10、11 月，遇强冷锋过境而形成。

风暴潮对风电场的可能造成的损害包括：

- (1) 风暴潮夹带的细小沙砾造成破坏叶片表面，轻则影响叶片气动性能，产生噪音，严重的将破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度。
- (2) 风暴潮带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。
- (3) 风暴潮破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，设备不能降低受风面积，超过设计载荷极限，使设备遭到破坏。
- (4) 风暴潮施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，导致引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

7.3.3 海雾风险

海雾作为影响船舶航行的不安全因素，给海上航行安全带来的最大影响是能见度下降，造成船舶了望、陆标定位困难等，从而易发施工船舶碰撞、航行船舶雾航撞击风机等海上交通事故。雾天发生的海上交通事故以碰撞为最多，并且大多数是人为因素造成或与人为因素有关，主要表现为：

- (1) 不遵守避碰规则，无视安全航行规章；
- (2) 风险意识不强，存在盲目、粗心、逞能等不良心里状态，使船舶陷于困境；
- (3) 应变能力差，缺乏应急措施预案，关键时刻慌乱、操纵失误；
- (4) 对周围环境估计不足或思想麻痹而失去应有的戒备，造成避让行动迟缓或疏

漏；

(5) 技术素质低、经验不足，导致判断能力差和操船能力差；

(6) 维护保养不善，船舶的动力装置、通导设备、电力系统等出现故障，使得驾驶人员对船舶操纵失去控制，或航线、船位的准确度和可靠性受到影响，以及船岸、船船间的通信中断。

因此，为确保雾航安全、避免发生事故，全体船员要严格遵守规章，加强维护保养，增强风险意识，克服不良心理；驾驶人员尤其要加强学习，积累经验，不断提高操作能力和应变能力。

7.3.4 地震灾害风险

根据本项目工程可行性研究报告结论，拟建场址及场址区附近无大面积地表塌陷等危及场址安全的潜在地质灾害产生的条件。同时，工程建设也不会引起次生地质、地震灾害。综合分析场址所在区的断裂活动性及地震特征，认为场址处于相对稳定区，适宜工程建设。可研报告中地震灾害计算分析相关主要结论如下：

本工程场区 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.15g，地震基本烈度为 VII 度，利用水运工程地震加速度反应谱进行地震分析。由于地震的随机性和地震方向的不确定性，计算中地震输入需考虑水平地震作用和竖向地震作用两个方向效应对结构受力和变形的影响。基于振型分解反应谱法对单桩基础在地震作用下的承载力、变形和强度进行了计算和校核，考虑地质液化对桩基承载的影响，根据计算结果，单桩基础承载力和强度能够满足要求。

7.4 其它事故风险分析

7.4.1 鸟类飞行撞击风机

根据相关研究，大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的白天，而且大部分鸟类飞行高度较高，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，避免与风机发生撞击。在飞行条件较差的时候，如下雨或者起雾时，则有可能发生鸟类与风机的撞击，目前的研究总体结果表明概率较低，特别是在离岸建设风电场，撞击概率就更小。本工程位于山东半岛南侧近岸海域，场址周边不是鸟类迁徙路线，加上鸟类的趋避行为，因此实际损失的鸟类数量很有限。

7.4.2 海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空

受长期泥沙冲刷的影响，风电场海底线缆和海床之间有形成淘空的可能，而风机海缆如埋设在局部冲刷坑范围内则可能出现海缆出露甚至泥沙冲刷淘空的可能。

此外，考虑工程海域可能遭受风暴潮的影响，风暴潮带来的强劲潮流和风能共同作用也可能造成海缆及基础处的局部冲刷，威胁基础稳定和海缆安全。在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，减小局部冲刷，同时应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，在接入风机 J 型管时采用预留长度余量，减缓潮流冲刷影响，确保海缆安全。

为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

7.4.3 船舶抛锚引起海底电缆破坏

重力式抛锚作业时，船锚在海水中运动时受到波浪、船锚形状等因素影响可能发生旋转，造成船锚入泥角度(船锚与海底法线的夹角)不同。而对于埋置海底电缆，船锚与海底土层接触面积以及入射角度直接影响埋置电缆的保护土层对船锚冲击能量的吸收。

埋置土层能够有效保护海底电缆，减小船舶抛锚撞击海缆的冲击风险。海底电缆铺设在海床之后，受海底地形以及海流等因素的影响，会造成不同位置的海缆埋设厚度不均匀，导致海缆受船舶抛锚撞击的影响不同。

7.4.4 风机损坏及倒塌

本项目风电场区海域台风、风暴潮发生概率较大，且台风、风暴潮等恶劣天气会对风机产生较大危害，台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，轻则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

7.4.5 集电线路短路风险

当集电线路发生短路故障以后，其主要特征是短路点将流过强大的短路电流。这一短路电流将比系统的正常工作电流大许多倍，乃至几十倍，短路电流的危害主要有：

(1) 对人身的伤害。当电气设备发生接地或线路一相落地时，故障电流就会从接地点向四周扩散，形成电压梯度。离接地点越近，电位越高，电位梯度越高。若人处

在故障电流区域，不同身体之间会形成电压差，对人体造成伤害。

(2) 短路电流热效应危害。短路电流往往会有电弧产生，它不仅能烧坏故障元件本身，也可能烧坏周围设备和伤害周围人员。巨大的短路电流通过导体时，一方面会使导体大量发热，造成导体过热甚至熔化，以及绝缘损坏。

(3) 短路电流的电动力效应危害。巨大的短路电流将在电气设备中产生很大的电动力，可引起电气设备的机械变形、扭曲、甚至严重损坏。

(4) 短路电流的磁效应危害。当系统发生不对称短路时，不对称短路电流产生不平衡的交变磁场，对送电线路周围的通讯线路可能产生干扰破坏。

(5) 短路电流产生电压降影响其它设备正常工作。很大的电流通过线路时，在线路上产生很大的电压降，影响用电设备的正常工作。

7.5 事故防范措施和应急预案

7.5.1 船舶溢油防范措施及应急预案

本工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，营运期周边也有船舶通航，如一旦发生运输船舶碰撞、倾翻等突发性事件容易诱发海上溢油事故，将对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

7.5.1.1 应急组织

根据《中国海上船舶溢油应急计划》相关要求和说明，本报告书提出以下溢油事故应急预案。

(1) 应急计划区

本工程应急计划区主要为风电场区和电缆路由铺设附近海域。

应急事件包括船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故。

(2) 应急组织机构、人员

① 应急领导机构

市政府设立市突发公共事件应急委员会（议事、协调机构），作为市政府处理突发公共事件应对工作的领导机构。该委员会由市政府主要负责人或者负责常务工作的负责人、相关部门负责人、驻市解放军和武警部队有关负责人组成，承担和履行政府的突发公共事件预防、应急准备、应急处置和事后恢复与重建职责，以及法律、法规或规章规定的其他职责；统一领导和协调应急处置工作，决定突发公共事件应对工作中的重大事项；组织制定市政府突发公共事件总体应急预案。

现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。具体见图 7.5-1。

②现场指挥

由应急领导机构指定现场指挥，各类事故应急行动由应急行动指挥专人负责指挥。

③溢油应急救援小组

应急指挥部按各自职责设立溢油应急救援小组：清污组、通信组、工艺组、警戒组、物资供应组、现场救护组、设备保障组、防火组、油污处理组。

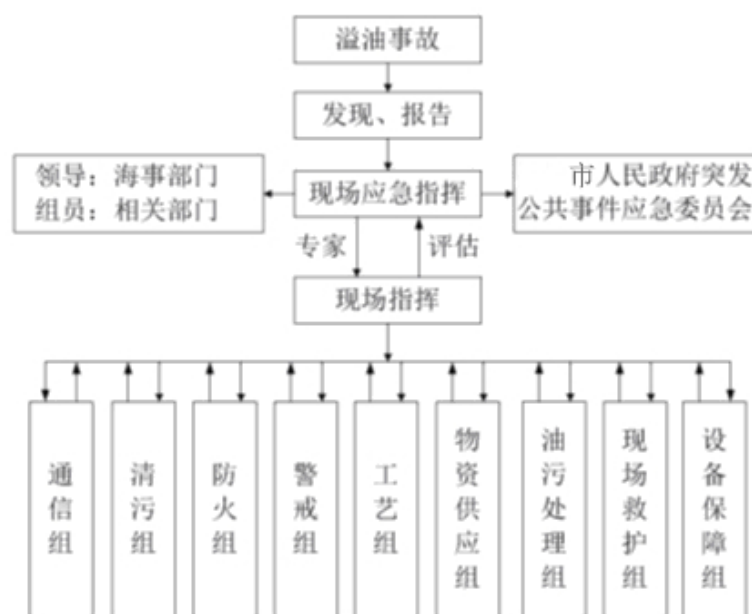


图 7.5-1 溢油事故应急指挥组织机构

7.5.1.2 应急反应程序及对策措施

本项目溢油应急反应行动图见图 7.5-2。

① 启动分级应急响应程序

本项目施工（或维护）船舶溢油发现溢油事故后，应立即通知相关操作人员，并采取一切办法切断事故源，并作出判断，启动分级应急响应程序，发出警报，迅速通知建设单位、乳山市人民政府突发公共事件应急委员会及海事部门等相关部门。现场抢险组等各组在组长指挥下立即按各自的职责实施事故救援，各专业救援队伍迅速赶往事故现场。

②消除泄漏的措施方法

迅速查明事故发生的源点、泄漏部位和原因。初步判断船舶破损情况或海上升压站柴油泄漏原因，组织堵漏和将残油转移。当肇事船舶作业有困难时，可按以下几点协助进行。作业要求如下：

- ◆必要时，由救捞人员进行水下探摸。采取各种可能的方法，尽力封堵破损口。
- ◆将残油驳至其他燃油舱或可接收油的油轮、油驳及油囊中。过驳时须严格遵守安全和防污染操作规程，注意不断调整各舱油量，保持船体平稳上升。
- ◆为保证两船安全并靠，应在两船船舷之间设置足够的碰垫，并准备移动式球形碰垫。过驳时派专人随时调整和加固缆绳，密切监视输油管及油舱状况。

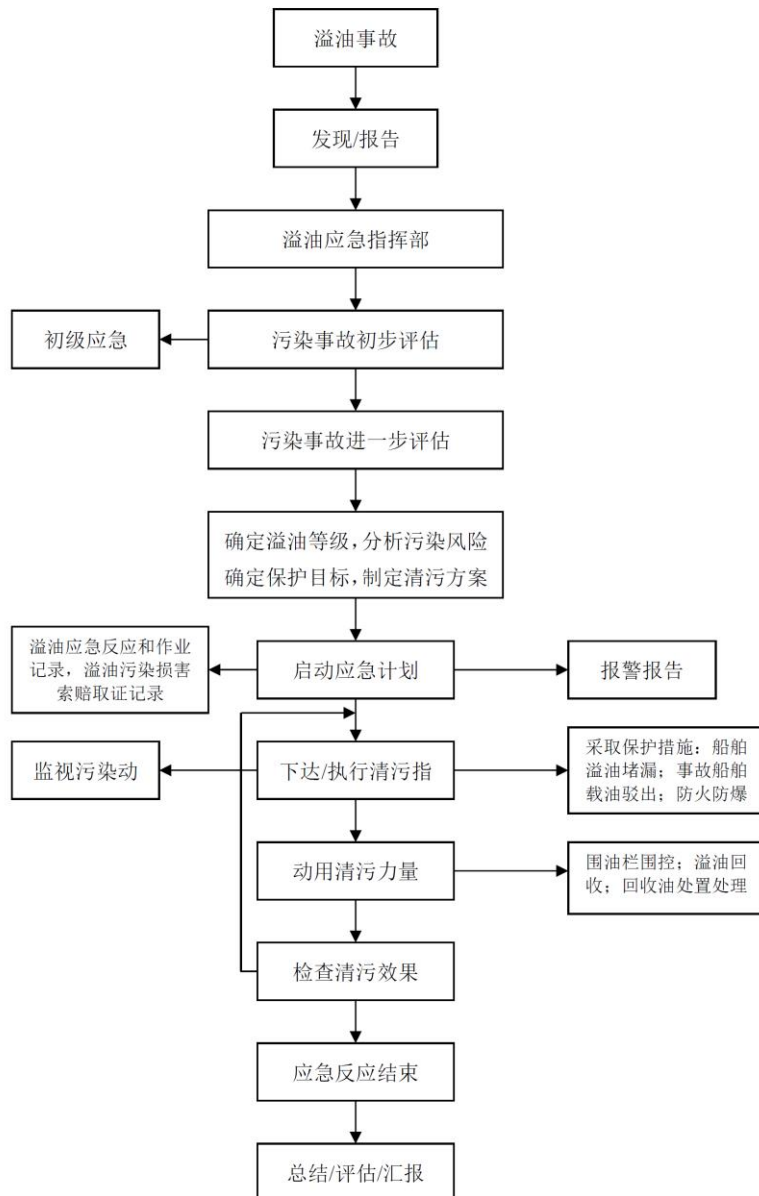


图 7.5-2 本项目溢油应急响应行动图

③溢油的围控

船舶溢油时，事故现场的海况（波高、流速、风速等）符合围油栏的作业条件许可时，采用围油栏在海上进行定位围控；在现场围油不可能情况下，可用围油栏将

溢油诱导至利于进行清除作业且对环境敏感区影响较小的水域，再进行清除作业；当溢油受风和流的影响有可能向环境敏感区漂移时，需在敏感区周围布设围油栏，减少污染损害。

④海域海岸溢油清除

溢油被限制在一定的水域之后，应及时对其进行回收、处理，根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速确定围油方向和面积，缩小围圈，用吸油毡最大限度地回收流失的油，然后加分散剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。水面溢油回收后的应急储存也很关键，除了利用当地储油设施和调动油船外，还应使用水上应急储油装置如浮动油囊，陆岸应急储油装置如轻便储油软罐等，以顺利完成水面溢油回收后的处理。

7.5.1.3 应急设备配置情况

本项目在施工期或运行期发生溢油事故时，可依托港区的溢油应急设备和应急队伍进行溢油应急处理。当溢油事故较严重，港区的溢油应急设备和应急队伍无法满足溢油应急清污能力时，应及时请求政府部门启动相应预案的应急行动，调用附近区域溢油应急设备。

工程在施工期或运行期发生溢油事故时，可依托乳山港溢油应急设备库的溢油应急设备和应急队伍进行溢油应急处理。建议建设单位与乳山港商谈施工码头租赁、港区环境污染处置依托协议、施工期和运营期溢油风险应急协议。经初步沟通，乳山港现有风险应急设施能够满足应急需求。

7.5.2 防雷措施

针对雷电对设备的破坏特性，风机应需安装一套综合的内外部避雷保护系统，保证在直接受雷击的情况下避雷系统可用低阻抗体与基础接地极相连，保证雷击电流的可靠转移。建议在叶片上翼面复合材料中加入具有良好导电性能和比重轻的碳纤维，并在叶尖部位装一个接闪器，通过电缆与叶片法兰连接，再由轮毂通过塔架内的接地线接入地网形成雷电通道。当雷电击中叶片时，强大的雷电流通过雷电通道泻入大地，达到避雷效果，而不致使对叶片及其他设备造成损坏。

对于雷电脉冲的危害，每台升压变压器高压侧均装设一组氧化锌避雷器，避雷器能把因雷电感应而窜入电力电缆线、信号传输线的高电压限制在一定范围内，保证设备不被击穿而达到防雷效果。

本项目风力发电机塔架基础可作为自然接地体，再敷设必要的人工接地体。对地

电阻小，雷电流能够迅速散流到大地，设备不会因地电位“反击”而损坏。

通过风电场的合理布置并采取上述防雷击措施，风机及电气接线能有效抵御雷击造成的损害。

7.5.3 台风、风暴潮预防措施

为减少台风给风电场带来的损失，根据台风的破坏机理本报告提出下列防范措施：

(1) 装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

(2) 推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

(3) 加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。本项目风机设计安全风速远大于乳山市多年的极大风速，因此设备机型可保证风机经受台风袭击。

7.5.4 能见度低雾航防范措施

在能见度不良情况下船舶施工要严格执行安全操作，将风险控制措施落实到位：

(1) 船舶在雾天施工前应严格执行安全管理体系文件中的相关规定，完成各项准备工作；船长应督促驾驶员对各种航行仪器、雾号和航行灯进行检查，以确保施工中正常使用，督促有关人员检查排水和水密设备，使之处于良好状态。

(2) 当视线恶劣、渔船密集、避让困难、航道复杂及船长对航行安全无把握时，为确保船舶雾航安全，在条件许可的情况下，船长有权择地锚泊或滞航，切勿盲目航行。

(3) 能见度小于 5 海里时，即认为能见度不良，应处于雾航的戒备状态，做好一切雾航准备工作，开启雷达并调整到最佳状态，注意守听 VHF 和加强了望等。

(4) 当航经近岸、船舶密集、水道狭窄、风电场区周边等复杂水域遇雾时，应视情在驾驶台或船首增加了望人员，船首了望人员应及时将所发现或听到的情况及疑点报告驾驶台。

(5) 充分利用 AIS、雷达、VHF 等助航仪器，获取他船的信息跟踪其动态，视情发布本船雾航警报，以提醒过往船舶注意。对碍航船应及早协调避让，避免造成行动上的误会。

(6) 对于海上固定的渔区在设计航线时就应考虑远离，沿岸航行应注意到渔网渔船随时出现的可能性，谨慎驾驶提前警惕防止事故发生。

7.5.5 集电线路短路防范措施

风力发电机组配置过载、短路、缺相、过压、失压、三相不平衡及振动超限保护等保护，保护装置由风力发电机厂家配置并成套供货。机组升压变保护配置速断保护、过电流保护、过负荷信号和温度保护等，采用微机型自供电保护装置，安装于 35kV 环网柜内。

针对短路故障，本工程采用接地变压器经小电阻接地方式，同时集电线路设置微机继电保护装置，单相接地时短路电流较小，且继电保护装置能快速切除故障回路，对环境影响较小。

7.5.6 鸟类碰撞风机防范措施

为减少鸟撞风机给风电场带来的损失，提出下列防范措施：

①建议在风力发电机组叶片应涂装成橙红与白色相间颜色鲜艳的警示条带，对附近鸟类起到警示的作用，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，降低撞击风险。

②建议警示用灯光的选取以红色光源为主。另外还需要在风机上增设雾灯，提高其在能见度不好条件下的醒目程度。

③在鸟类迁徙高峰时间内 24 小时观测鸟类迁徙情况，在鸟类迁徙的高峰时段，采取例如适时降低桨叶转速等措施，以减小对迁徙鸟类的影响。

④定期维护风机，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态，从而减小风机工作时的噪声，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，以避免对鸟类飞行的干扰。

7.5.7 风机损坏风险应急预案

(1) 应急措施

①风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生损坏、倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

②风电场运行维护期制定了严格的运行维护措施，一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

③若风机发生倒塌事故，应及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海监部门，

对外发布预警通告，确保不对周边海上作业构成安全影响；风电场业主将及时组织吊装、施工单位，对倒塌风机及基础结构进行吊装、转运至陆上处理，现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

（2）应急预案

为使本项目发生风机损坏事故能快速做出反应，最大限度地减少风机损坏对风机发电和安全的影响，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定风险应急预案，并定期进行演习。

7.5.8 风机基础冲刷防范措施

（1）进行科学合理的设计，给出有针对性的基础冲刷防护设计方案；

（2）定期进行桩基周边水深的跟踪监测，及时掌握桩基周边冲刷的数量变化，根据冲刷程度进行桩基保护工作；

（3）运营期定期对各桩基进行检查，发现险情及时上报，以便开展补救和防护工作。

7.5.9 通航安全防范措施

1、导航安全设施

（1）业主应委托专门机构设计和设置风机警示标志和风电场水上助航标志，以避免无关船舶随意穿行风电场内部水域，有效引导船舶避开风电场区域；建议业主在监控值班室配备 CCTV、AIS 等设备，配备能够随时在风电水域实施监管的工作船只，以监控风电场区附近船舶的活动。在施工期间应设置醒目、易懂的临时标志，并考虑先设临时标志再进行施工作业。

（2）防撞设施设置建议：

1）建议风电场每台风机建议按照拟选工作船 0.45m/s 靠泊速度和 100 吨渔船 1m/s 碰擦法向速度考虑防撞设施和抗撞击能力。

2）建议对风电场外侧角部风机采用分离式防撞桩的方式设置防撞设施。

（3）业主应做好风电场配套安全设施的建设和维护预算，确保维护做好工程建设和营运的通航和场区安全维护工作。

2、更新和发布相关航海信息

建议根据风电场的布置，风电场区范围、海底电缆路由和埋设、航标配布等发布航行通（警）告，及时更新航海图书资料，保证通航安全。

3、风电场安全管理措施

(1) 建议划定风电场水域，并制定相应安全管理规定。

(2) 风电场区内通航限制 除风电维护船、从事风电设施维修的工程船、执行公务和搜救任务的船舶、300 总吨以下的渔业船舶和游乐船以外，除非紧急情况，其他船舶禁止进入风电场水域。建议设置距离风电设施 50m 范围的风电设施安全区，除风从事电维护和维修作业的船舶外，其他船舶应与风机、海上升压站保持足够的安全距离，禁止进入风电设施安全区。

(3) 建设单位与渔业部门配合对航行工程附近的渔船进行宣传、教育、监管。

(4) 业主应注意建立风电场水域安全管理制度，配备适当的安全配套设施，借鉴国内外现有风电场运营期间的维护和安全作业经验，制定适合本工程的海上风电场营运期间维护与安全作业安全管理规定和作业标准，制定防台预案，落实安全管理和安全责任，保证风电场运行和附近通航安全。

(5) 应注意风电场配套设置建设，特别是保证助航设施和风电场监控设施的完备性，减小过往及在附近水域活动船舶发生与风机碰撞或其他相关事故的可能性。

(6) 本项目建设单位依据通航安全影响分析专题报告的结论和建议，针对性设置通航安全保障设施和措施。

(7) 大风浪来临时，对风电场附近锚地的船舶加强监控和跟踪，防止或提早发现锚泊船的走锚现象。

(8) 工程结束后应进行现场扫测，防止遗留碍航物。

8.环境保护对策措施

8.1 施工期污染防治对策

8.1.1 水污染防治对策

8.1.1.1 海上污水处理与防治措施

(1) 对于本项目的两栖设备在水上作业时，禁止直接向海域水体排放油污水和其它废水。

(2) 两栖设备水上施工应获得有关部门的航行许可。海域施工期间，现场施工人员的施工营地如在潮间带上，生活垃圾和生活污水禁止随意排放，应收集至陆域处理。

(3) 加强施工设备的管理与养护，杜绝油类泄漏，避免污染海水。

8.1.1.2 潮间带施工作业水污染防治措施

(1) 优化施工方案，按照潮流条件科学划定干地施工作业带及浅水施工作业带，并合理安排施工进度，尽量选择低潮位露滩时段干地施工，尤其对于工期较短的电缆铺设施工，避免大量泥沙随潮流入海。

(2) 严格控制两栖施工设备及人员作业范围，施工机械按照电缆铺设路线行驶，禁止任意穿行，禁止超出作业带作业，可减小施工扰动造成的潮间带表层泥沙流失。

(3) 电缆沟槽开挖产生的沙土应在电缆入沟槽后及时回填，减小沙土随潮流扩散。

8.1.1.3 施工污废水处置措施

(1) 施工场地生活污水由港区污水处理站接收处理，含油污水由相关资质单位收购处理。

(2) 施工船舶产生的生活污水运回陆域统一接收处置，含油污水随施工船舶运回陆域，由相关资质单位接收处理。

施工期船舶污染物接收处置协议见附件十三，协议中的“乳山U1项目”包括“国家电投山东半岛南海上风电基地U场址一期450MW项目”和“山东海卫半岛南U场址450MW海上风电项目（本项目）”两个项目。这两个项目的施工负责单位为“烟台打捞局”，因此，施工船舶负责单位直接与接收处置单位签订相关协议，以确保船舶污废水等得到有效处置，防止对海洋环境造成污染。

8.1.1.4 施工悬沙扩散降低相关措施

本项目所在海域主要是海水养殖，为降低项目建设对海水养殖区影响，项目施工期应结合具体情况，应选择6级风以下施工，主要施工内容应在潮水平缓阶段，即在流

速较低的高平潮或者低平潮附近时刻施工，降低施工期悬沙扩散范围。

8.1.2 生态环境保护措施

项目建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把项目施工对潮间带和海洋生态环境带来的不利影响降至最低程度。

8.1.2.1 海洋生态环境保护措施

(1) 潮间带生物、底栖生物保护措施

1) 在满足施工技术要求的前提下尽可能减少两栖施工设备对潮间带压占范围，划定两栖设备的作业施工行驶带，禁止两栖设备在行驶带外穿行。

2) 严格划定施工作业范围，禁止非施工设备和车辆机械进入，避免任意扩大施工范围。

3) 优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间。

4) 施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免施工中土方开挖和回填、电缆铺设等产生的悬浮物在不利天气下大量扩散入海。

5) 当风机桩基和电缆铺设完成后，应及时平整并压实潮间带地面，以有利于加快潮间带植被的自然修复。

6) 选择科学合理的施工方法和顺序，减少施工对海洋环境的影响。

7) 施工机械、设备和人员产生的所有污染物禁止在潮间带上随意排放和丢弃，应收集至陆域处理，减少对周边水体环境影响。

(2) 渔业资源和渔业生产保护措施

1) 优化施工进度安排，潮间带电缆铺设应选择海况良好的低潮位露滩干地施工，尽量避免涉水施工，以减少悬浮泥沙扩散对渔业资源的影响。

2) 从减缓对渔业资源影响的角度出发，工程施工高峰期应避开春、夏季海洋鱼类产卵高峰期。

3) 对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞、养殖作业活动的范围、时间。尤其禁止施工人员在鱼类产卵高峰期抓捕鱼类。

4) 施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测调查，及时了解项目施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

8.1.2.2 鸟类及其生境保护措施

(1) 做好施工组织 and 现场管理，文明施工。加强对施工人员的环保教育，提高其

对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀。

(2) 严格执行施工操作规程，使工区的排尘排放量控制在最低水平。施工机械设备应有消声减振措施，避免对鸟类造成惊吓，保护鸟类生境。

(3) 严格施工管理，减少施工机械设备油类的跑、冒、滴、漏；施工中废油、生活污水、渣土等合理处置，避免污染潮间带鸟类生境和生态环境。

(4) 施工期间生活垃圾等固废严禁随意抛弃或填埋，以免使鸟类误食而致病。同时建设单位应在施工招标文件中提出相应的处置和处罚条款。

(5) 合理规划施工作业时间，避免在鸟类迁徙的高峰期进行工区全面铺开作业，实施分区域施工，以电缆回路为单元进行分区，避免施工区域多点零散施工，提高施工效率，并尽可能缩短日施工时间，避免夜间施工，以减少对鸟类的影响。

8.1.3 固体废物污染防治措施

本项目施工期产生的固体废弃物主要为施工人员生活垃圾和施工废料。

(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由施工单位负责及时清理处置。施工结束时，需做好施工现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面有明显的固体废弃物残留。

(2) 对能利用的施工废弃材料由施工单位负责及时清理处置。

(3) 应设立施工人员生活垃圾收集点，定期清运至陆上，按当地环卫部门规定统一处置。

(4) 各施工单位加强对施工人员的环保教育和管理，不随处随手乱扔垃圾，保证生活垃圾集中处置。

8.1.4 声环境保护措施

施工噪声主要来自施工机械设备，由于周边附近无居民集中区等声环境敏感目标，但为保护潮间带鸟类及其生境，同时也为保障施工人员健康安全，尽量减小施工噪声的不利影响，拟采取如下防护措施。

(1) 施工单位应选择低噪声设备，对噪声较高的施工设备采取降噪措施，禁止使用不符合国家噪声排放标准的施工机械设备。

(2) 定期维护和及时修理施工机械，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的异常噪声。

(3) 加强对施工人员的个人防护，对在高噪声设备附近工作的施工人员配备必要

的防噪声耳塞、头盔等防护用品。

(4) 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。

(5) 春、夏季(4~6月)是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，打桩、电缆铺设应避开海洋鱼类产卵高峰期。同时打桩前可采取预先轻轻打几下桩，以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类，以减轻后续正式打桩时产生的水下噪声对鱼类的影响。

8.1.5 通航环境保护措施

为保证项目施工安全和最大程度降低对附近海域航行的不利影响，施工单位应有丰富的水上施工经验，施工过程中需科学合理安排施工工序，周密考虑项目施工期间的安全措施，主要包括：

(1) 加强对施工作业的安全管理。施工作业的两栖施工设备应经过相关的安全检测，有关人员应经过水上作业的安全培训和教育，并认真落实施工作业的安全措施和发生突发情况的应急措施。

(2) 为确保本项目顺利进行和附近水域船舶的通航安全，施工单位应拟定施工期间水上交通安全维护方案，利用报刊、广播、电视等媒体开展广泛的宣传，使有关航运单位、航行船舶及从事捕捞作业的渔民能及时了解项目内容、施工范围和工期等，以取得社会各方面的理解、支持和配合。

8.1.6 环境空气保护措施

(1) 加强对施工机械，运输车辆维修保养。禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

(2) 施工场地、道路、土方堆场应定期洒水，防止表面产生大量浮尘，在大风天加大洒水量及洒水次数，保持车辆出入的路面整洁、湿润，以免行车时产生大量扬尘。

(3) 施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料的堆场等应定点定位，并采取适当的防尘措施。

(4) 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。

8.2 运营期污染防治对策

本项目为风力发电项目，营运过程中无废气、废水排放，具有清洁生产特征。主要针对本项目运行期间可能对渔业生产、鸟类、声环境、通航和电磁环境产生的影响，

提出以下防治对策。

8.2.1 海洋生态影响减缓和修复措施

(1) 本项目实施不可避免地海洋生态和渔业资源造成直接损害。项目建设单位应根据相关规定，投入一定的生态补偿金，用于在当地实施增殖放流。

(2) 建设单位应与当地渔业主管部门和渔民协商，落实对经济损失的渔民的补偿措施，制定切实可行的补偿计划，落实补偿费用，以经济手段减轻项目实施对渔民的影响。

(3) 项目运行期，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴。含油废物应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将含油废物等一并运回陆域送交有资质单位统一处理，避免污染海域环境。

8.2.2 水环境影响对策措施

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，工作人员生活污水禁止随意排放，收集后交由陆域统一处置。另外，工作船舶也会产生少量含油污水，含油污水禁止排放，统一收集铅封后交由有资质单位接收处理，不会影响海水水质环境。

8.2.3 鸟类影响对策措施

(1) 采用在风机上适当的位置安设闪烁灯光、以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。由于海上导航指示灯会增加鸟类撞击的概率，所以避免使用连续的红光或是旋转光柱，建议采用低亮度的白色闪光。

(2) 建议用紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面，以增加鸟类对风电机的可见度。

(3) 采用生态工程措施，对陆域建设区域侵占的鸟类栖息地进行补偿。主要通过邻近地区潮间带种青、促淤以及适当圈围，形成鸟类适宜栖息地来实现。

(4) 加强区域鸟类活动特征以及鸟类与风机撞击情况的观测，合理调整运行及防范措施。

(5) 对于不同地区、不同的鸟类物种而言，风电场的影响可能是多样化的。在风电场建成后建设单位应开展长期的鸟类调查和监测项目，针对性地开展风电场对鸟类的影响研究，并及时采取相应的改进措施。

8.2.4 风机噪声环境保护措施

(1) 风机噪声控制

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。

(2) 加快水下噪声影响研究

建设单位先期委托技术单位进行了噪声电磁辐射环境影响专题工作，但鉴于时间、经费等因素的考虑，关于水下噪声对海洋生物的影响的相关工作还需在后续的工作中继续开展，应重点关注：

- 1) 海洋鱼类及哺乳动物的听阈值和声信号的敏感性研究；
- 2) 对海洋鱼类生物生活、生长和发育的影响；
- 3) 对海洋鱼类及哺乳动物的通讯影响。

8.2.5 固体废物环境保护措施

(1) 风机运行期维护产生的少量废油（通常是润滑油）可用棉纱吸净，含油棉纱等应收集后运回陆地，并应委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理。

(2) 维修船工作人员养护期间产生的固体废物应由维修船收集并运回陆域统一处理。

8.2.6 通航环境保护措施

(1) 风电场风机机柱上应涂有醒目的警示色，夜间需采用灯光照射的办法；或在最外排的风机连线外布置一排黄色航行警示标，以警示航行船只进行有效避让。

(2) 安装海上风机监视系统，随时掌握风电场设施水域周围的船舶航行动态。并配备有效的通讯设备，以在发生突发性事件时能及时获得海事部门的应急救援。

(3) 加大相关风机等抗风、流、浪的能力，并做好相关设施防撞配件的安装和维护，以防止附近船舶由于恶劣天气可能导致撞击风机事故的发生。

(4) 风电场建成后应及时发布航行通告，通知相关船舶及船舶管理部门，并设置

禁航区和导助航设施。

表 8.2-1 主要环保对策措施及相应设备、工具一览表

时间	保护要素	主要环保对策措施	投入主要设备和工具						
			规模/型号	数量	处置效果	实施地点	实施时间	责任主体	运行机制
施工期	水环境	海上船舶油污水铅封上岸处置	油污水收集装置	各施工船自配	全部收集	船体	施工期	施工船	建设单位委托施工单位进行环境保护相关工作的开展，由建设单位和监理单位负责监督
		陆域生活污水依托乳山港区污水处理设施进行处理	/	/	不外排	依托港区	施工期	施工单位	
		船舶生活污水禁止随意排放，陆域收集处置	污水收集装置	各施工船自配	全部收集	船体	施工期	施工船	
	生态环境	严格划定施工作业范围	管理措施、方法，配套装置等		减少生态环境影响	施工区域	施工期	委托单位、施工单位及建设单位	
		优化施工方案，加强科学管理							
		施工高峰期应尽量避免春、夏季海洋鱼类产卵高峰期							
		施工海域设置明显警示标志，告知施工周期							
		开展生态环境及渔业资源跟踪监测调查							
	固体废物	建筑垃圾，不得随意倾倒，应运至制定垃圾处理点进行处理	垃圾运输车	1 辆	定期清理	陆域施工区	施工期	施工单位	
		设置废料回收桶，收集废弃物	垃圾桶	5	定期清理	陆域施工区			
		禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物，施工船舶固体废物收集至陆域统一处理	垃圾桶	施工船舶自配	全部收集	船体		施工船	
		设施工人员生活垃圾收集点，定期清运至陆上	垃圾中转点	1 处	定期收集清理	陆域施工区			
	声环境	选择低噪声设备	配套设施、管理措施和方法		减噪、降噪	施工区域	施工期	施工单位	
		定期维护和及时修理施工机械							
		加强对施工人员的个人防护							
		加强施工管理							
		以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类							
通航环境	加强对施工作业的安全管理	管理措施和方法		保证通航安全	海上施工区域	施工期	施工单位 建设单位		
	施工期间水上交通安全维护方案								
大气环境	加强对施工机械，运输车辆维修保养	管理措施方法		施工区					
	施工场地、道路应定期洒水	洒水车	1 辆	定期洒水		施工期	施工单位		

时间	保护要素	主要环保对策措施	投入主要设备和工具							
			规模/型号	数量	处置效果	实施地点	实施时间	责任主体	运行机制	
		施工单位应加强施工区的规划管理、采用适宜的防尘措施	管理措施、方法		减少大气环境影响	陆域施工区				
运营期	生态环境	增殖放流为主的生态修复补偿措施	管理措施、方法		减少生态环境影响	用海区域	运营期	建设单位和委托相关单位	建设单位内部设立专门的环境保护管理部门，对各生产运行环节环保工作进行管理和监督及具体工作的协调处理。	
		落实对经济损失的渔民的补偿措施								
	鸟类	风机上适当的位置安设闪烁灯光	闪烁灯	每个风机一个	降低对鸟类影响、积累数据	风机	运营期	建设单位		
		紫外光固化涂料涂漆在风电机组叶片表面	紫外光涂料	每个风机一套		风机				
		加强区域鸟类活动特征以及鸟类与风机撞击情况的观测	相关措施和方法			用海区域		委托相关单位		
		开展风电场对鸟类的影响研究								
	声环境	风机机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动	配套装置和材料	每个风机	隔音、吸音、减噪、减震	风机	运营期	风机及升压站设计制造单位		
		使风机齿轮和轴承保持良好的润滑状态，减少撞击和摩擦								
	固体废物	含油废物应收集后运回陆地统一处理	吸油棉	配套	及时收集	使用地点	运营期	建设单位		
		维修、养护人员产生的生活垃圾运回陆域处理	船舶垃圾桶	维护船自配	全部清理	维护船				
	通航环境	设置足够的导助航设施	导航设施	对应设施进行配备	保证通航安全	风机	运营期	建设单位和设计单位		
		风机机柱上应涂有醒目的警示色	警示标志							
		安装海上风机监视系统	监视系统							
		相关设施防撞配件的安装和维护	防撞装置							
		及时发布航行通告	管理措施方法			用海区域				
	水环境	海上维护船生活污水收集至陆域处理	污水收集装置	船体自配	全部收集	维修船	运营期	建设单位		
		船舶含油废水收集至陆域处理	油污水铅封装置	船体自配	全部收集	维修船	运营期	建设单位		

9.环境保护的技术经济合理性

9.1 环保投资估算

本项目环保投资共计 2127.11 万元，占项目总投资估算 472830 万元的比例为 0.45%。
工程环保投资一览表见表 9.1-1。

表 9.1-1 工程环保投资一览表

序号	项目	费用	备注
一	环境保护措施	1377.11	
1	海洋生态资源损失补偿	1327.11	生态损失补偿
2	鸟类资源保护	50.0	鸟类救护、宣传教育等；叶片警示色等列入招标要求（视具体情况定）
二	环境监测措施	340.0	
1	海洋生态、海水水质等监测	100.0	施工期、验收，运营期跟踪监测
2	渔业资源监测	80.0	施工期、验收，运营期跟踪监测
3	施工期废水、大气、噪声等监测	95.0	噪声(含水下噪声监测)
4	鸟类救助及观测	65.0	按 5 年计
三	环境保护措施	230.0	
1	水环境保护工程	185.0	
1)	施工期船舶含油废水和生活污水委托处理	85.0	包括委托处理费用，具体以施工期实际委托接收单位时合同中金额为准。
2)	陆上施工辅助设施含油废水处理	100.0	依托乳山港，仅考虑委托处理费，具体以建设单位与港区签订协议为准。
3)	施工期陆上生活污水处理		
2	固体废弃物处理	30.0	固废收集装置及清运处置费用 运营期含油废物依托陆域集控中心处理
3	环境空气保护	15.0	洒水、宣传和管理
四	风险应急措施	40.0	
1	溢油风险应急设置及物资	40.0	部分依托周边乳山港等
六	独立费用	140.0	
1	环境保护建设管理费	20.0	
2	竣工环保验收调查	50.0	
3	宣教及技术培训费	10.0	
4	施工期环境监理	60.0	采取定期巡视
合计		1892.79	

9.2 环境损益

9.2.1 节能减排效益

本项目海上风电部分可发电上网。本项目为可再生的清洁能源，风电场建成后，风力发电机组每年可为电网提供可再生能源的发电量，可为国家节约煤炭。相应可减少多种有害气体和废气排放：如烟尘、二氧化硫、二氧化碳排放量等。本工程风电场的建成，不仅能节约煤炭资源，更可减少燃煤的负面环境效应，有利于环境保护。

本项目海上风电部分总装机容量 450.5MW，运行期设计年发电量 167062.0 万 kW·h，年上网电量 128637.7 万 kW·h，年等效满负荷利用小时数为 2855.4h。本风电场工程与相同发电量的常规燃煤火电机组相比，每年可节约标煤约 40.6 万 t，相应可减少废气排放量：烟尘 51.1t/a、SO₂：251.0t/a、NO_x：262.0t/a、CO₂：112.5 万 t，减少灰渣排放量 12.1 万 t。

本项目拟采取的主要节能措施有：实行能源消耗成本管理，制定节能降耗计划和任务并组织实施；尽量采用节能设备，降低经营成本；加强施工中质量控制，避免返工、补修等情况出现等等。本工程风电场的建成，不仅能节约煤炭资源，更可减少燃煤的负面环境效应，有利于环境保护。

9.2.2 经济效益

根据项目可行性研究报告财务评价和社会效果分析结果表明，本项目运营期为 25 年，基于含税上网电价为 0.3949 元/kWh，进行经济效益分析测算，项目全部投资财务内部收益率（所得税后）为 6.23%，全部投资财务净现值（所得税后）为 50742.29 万元，投资回收期（所得税后）为 12.83 年，项目资本金财务内部收益率 9.4%；项目投资财务净现值大于零，财务评价各项指标符合国家和行业规定，表明项目投产后具有较好的盈利能力。

9.2.3 社会效益

本工程位于山东省近海海域，具有显著的社会效益。山东省电网为以火电为主的电网，电源结构不合理，本风电场的建设增加了可再生能源在电网中的份额，对缓解电力供需矛盾和改善电源结构有重要的意义。

（1）国家能源产业发展和规划的需要

为减少对一次能源的依赖，保护人类的生存环境，我国政府已承诺走可持续发展的道路，明确经济的发展不以牺牲后代生存环境、资源为代价，并研究、制定和开始执行经济、社会和资源相互协调的可持续发展战略。风能资源作为洁净能源受到高度重视。

（2）可促进当地旅游业的发展

风电场不但可给地区电网提供电力，而且，其本身也可成为旅游景点，促进当地旅游业的发展。

（3）可促进当地经济的发展

本风电场的建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，同时通过引进、

消化国外先进技术，使我国风电机组制造能力进一步提升。项目建设还会促进地区其他相关产业，如建材、交通、设备制造业的大力发展，对扩大就业和发展第三产业将起到一定的促进作用，从而促进地区国民经济的发展和社会进步。

9.2.4 环境损失

本项目建成后仅对风机基础局部水域的潮流场产生影响，其他海域的潮流场基本不受影响。本项目建设后工程区海域淤积强度的变化并不明显，但存在局部冲刷现象。风机基础和电缆铺设等施工时将产生悬浮物扩散，施工期对近岸养殖区会造成一定影响，此影响随施工结束而逐渐消失。施工人员生活污水和施工船舶污废水在正常情况下不会对海域环境造成影响。

海上施工时泥沙入海将导致浮游生物数量减少，电缆挖沟作业将彻底破坏该区内底栖生物的栖息环境，对该区域内的底栖生物造成不可逆转的损害。

本项目风电场区不涉及鸟类栖息和觅食生境，工程施工期间可能对鸟类的觅食、迁徙造成一定的干扰，但施工期的影响是暂时，施工结束后，对鸟类的影响也随之消失。本项目施工噪声对渔业资源的影响主要体现于对鱼类的驱赶作用，经实验研究表明：风电场营运期总体的水下噪声强度比较低，对海洋生物的行为等不会带来明显影响。

海底电缆在埋深 2~3m 所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个核内部。对于三芯集群海底电缆，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 10^{-6}T 以下，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物基本上没有影响。

9.3 环境经济损益综合分析

风能是一种清洁、可再生的一次能源，风力发电符合国家环保、节能政策，是环境效益最好的能源之一，是我国鼓励和支持开发的可持续发展的新能源。风电场的开发建设不仅能够取得良好的投资回报，同时可以有效减少常规能源尤其是煤炭资源的消耗，节能减排，保护生态环境，风电场建成以后，既可以提供一定的电力，又不增加环境的压力，还可以为当地增加新的旅游景观，所以风电场的建设具有明显的社会环境效益。山东电网以火电为主，电源结构较为单一，本风电场的建设增加了可再生能源在电网中的份额，对缓解电力供需矛盾和改善电源结构有重要的意义。此外，还可节约用水，减少相应的电厂废水和温排水等对水环境的污染。

本风电场工程的建设可减少燃煤电厂的建设对周围环境的污染，并起到利用自然可再生能源、节约不可再生能源及保护生态环境的作用，对当地环境保护、减少大气污染具有积极的作用，并有明显的节能减排、环境效益和社会效益。其施工和运行期间所造成的环境影响在采取污废水处理、防尘降噪、固废收集处理、海洋生态资源修复、鸟类保护措施、渔业生产补偿等一系列环保措施后，可予以减免和补偿。

因此，本项目建设过程应加强环境保护对策措施的实施，以便更大限度的发挥其本身具有的经济效益、社会效益和节能减排等环境效益。从环境经济损益综合分析，本项目环境效益远大于损失，环境、社会、经济效益明显。

9.4 环保措施技术、经济合理性分析

本项目污染物排放主要是在工程施工阶段。施工期，严格按照施工管理要求规范作业。施工期间产生的污水全部收集后统一处理，不直接向海域内排放；通过选用低噪声、低污染的施工机械设备，减小对周边声环境和大气环境的影响；固体废弃物统一收集处理。通过选择合适的施工时间、选用先进的施工工艺等措施减小施工对周边海洋环境的影响在技术上是可行的，在经济方面没有较大投入。

综上所述，本工程具有较好的社会、国民经济效益，但项目建成后会造区域海洋生态环境有一定影响，但随着施工的结束影响逐渐消失，环境损益有利有弊。本项目建设为当地的经济发展提供重要的用电支撑，社会、经济、环境效益综合而言，利大于弊。

10.项目建设合理性和环境可行性

10.1 海洋主体功能区划符合性分析

2017 年 8 月山东省人民政府下发了《山东省海洋主体功能区规划》，《规划》是我国海洋主体功能区规划体系的重要组成部分，是推进形成山东省海洋主体功能区的基本依据，是科学开发海域空间资源的行动纲领和远景蓝图，是全省海洋空间开发的基础性和约束性规划。依据主体功能，将海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域四类。

根据《山东省海洋主体功能区规划》，本项目位于“乳山市海域”，根据主体功能，该海域为“限制开发区域”，其功能定位为“发展临港产业园，包括现代物流、装备制造、环保材料、新兴能源等为重点的产业。发展滨海旅游产业。海域内岛屿发展现代渔业和海岛旅游等。加强乳山湾国家级种质资源保护区和乳山市宫家岛海域西施舌种质资源保护区建设和管理。加大重点水域、河道湿地、海岛海湾、海岸线等生态区域保护力度”。

本项目建设海洋风电场，属于新兴能源范畴，项目建设对促进乳山市的海洋经济发展具有重要意义。项目采用透水构筑物及海底管缆用海方式，对水动力及冲淤环境影响很小，工程建设产生的少量悬浮泥沙影响是短暂的、局部的，不会对海水水质产生明显影响，因此不会影响周边渔业及海岛旅游业发展。本项目距离种质资源保护区较远，也不会对种质资源保护区产生影响。

因此，本项目建设符合《山东省海洋主体功能区规划》。



图 10.1-1 本项目在山东省海洋主体功能区规划中的位置（乳山市海域）

10.2 海洋功能区划的符合性分析

10.2.1 与《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》符合性分析

10.2.1.1 所在功能区符合性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目风机、66kV 海缆及部分 220kV 用海位于威海-青岛东近海农渔业区（B1-2），其余部分 220kV 海缆用海位于文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25）。其周边的相邻的功能区主要有乳山塔岛湾海洋保护区（A6-38）、乳山口外特殊利用区（A7-23）。本项目与《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的位置关系见图 10.2-1，各功能区登记表见表 10.2-1。

（1）文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25）

本项目部分 220kV 海缆位于文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25）。

1) 用途管制符合性分析

该功能区用途管制：本区域基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。保障河口行洪安全。

本项目 220kV 海缆占用该功能区海域，海缆埋设于泥面以下，仅在施工期挖沟时有少量悬浮泥沙扩散，扩散范围有限，且施工结束后逐渐落淤，不会对农渔业区内的海水水质产生明显影响，因此不会影响农渔业功能。项目海缆位于泥面以下，对河口区的水动力不会产生影响，因此不会对河口行洪安全产生影响。由此，项目建设符合文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25）的用途管制。

2) 用海方式符合性分析

用海方式：严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海。

本项目部分 220kV 海缆位于该功能区，海缆用海方式为海底电缆管道，因此用海方式不会改变海域的自然属性，符合该功能区允许适度改变海域自然属性的管理要求。本项目用海符合该功能区的用海方式要求。

3) 环境保护符合性分析

生态保护重点目标：传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等。环境保护要求：加强海洋环境质量监测。河口实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。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。其它海域海水水质不劣于二类标准，海

洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。

本项目在规划场址内进行风电场建设，根据 3.2.6.4 节内容，项目海缆不占用传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等，项目施工期海缆埋设产生的悬浮泥沙对所在海域水质和生态环境有一定影响，但随着施工的结束，这种影响逐渐消失。本项目制定了相应的施工期环境管理监测计划，加强海洋环境监测。项目建成后无污染物产生，不会导致周边水质、沉积物、海洋生物体质量下降。因而符合该功能区的环境保护要求。

因此，本项目建设符合文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25）的用途管制、用海方式及环保要求。

（2）威海-青岛东近海农渔业区（B1-2）

本项目 66kV 海缆、风机和部分 220kV 海缆位于威海-青岛东近海农渔业区（B1-2）。

1）用途管制符合性分析

该功能区用途管制：本区域基本功能为农渔业功能，兼容港口航运、矿产与能源等功能。适宜开发贝类底播增养殖和筏式养殖，允许发展海水养殖业和捕捞业。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。军事区内禁止养殖。

本项目为海上风电建设项目，为海上能源工程，与兼容矿产与能源等功能的用途管制相符。由于海上风电场建设，风机孤立式基础分散布置在海中，对海上渔船通航、捕捞作业带来影响，并且海底电缆建设划定保护海域，该海域内禁止捕捞作业，也减少了捕捞作业水域。由于风电场建设后，风机基础具有岛礁效应，可有效恢复占用海域的渔业资源。海底电缆对捕捞作业的影响主要是占用了一定空间水域，对捕捞作业方式无影响。本项目主要是风机建设对捕捞作业方式的影响。风机建设对不同捕捞作业方式影响方式不同，主要影响的是需要在海中航线捕捞作业方式，如对拖网、单拖网，对其他捕捞作业方式（定置张网、底层流刺网）几乎无影响。

每个项目建设都不可避免的对周边生态环境造成一定的影响，本项目建设也存在这样的影响，但与其他项目相比，本项目对所在海域生物的生存存在一定的正面效应，如风机基础有人工鱼礁的作用。我国海上风电场建设起步较晚，由于海洋环境的复杂性，海上风电场对生态环境的影响尚未可知，国内鲜有相应的研究；国外海上风电场建设较早，相应的研究较多，不少研究表明风机基础有明显的人工鱼礁效应，包括近

岸和近海的风电场。Marie Maar 等运用 DynamicEnergyBudget (DEB) 模型模拟了丹麦位于波罗的海近岸的 Nysted 风电场中贻贝的生长和反馈, 结果显示, 风机基础处的贻贝数量是冲刷保护区的 7~18 倍, 是周边海床中贻贝数量的 500 多倍, 因为风机基础能提供更多更稳定的食物; 高密度的贻贝还能通过自身的摄食、排泄等在风机基础处形成生物活动“热点 (hotspots)”。Reubens J.T. 等于 2009 年 1 月至 2011 年 12 月对比利时部分北海中的风机基础、遇难船和沙质海底的鳕鱼和大头鱼的数量进行监测, 结果显示, 沙质海底中的鱼群数量最少, 风机基础处数量最多, 鱼群明显地聚集在风机基础附近, 且数量随季节改变, 在捕食期间即夏、秋两季最为密集。Tara Hooper 等收集丹麦 Horns Rev 风电场风机基础及冲刷保护区内黄道蟹连续三年春、秋的监测数据, 数据显示, 黄道蟹在风电场内的密度很高, 有个风机甚至每平方米约有 1900 个幼蟹, 高密度的黄道蟹也表明风机基础及其冲刷保护区可以提供适宜的生存环境, 对蟹的数量也有正面的影响, 各种不同年龄的黄道蟹表明风机基础可以作为繁殖区域。综上所述, 无论是近岸还是近海风电场, 风机基础和冲刷保护区均有一定的人工鱼礁效应。风机基础作为硬基质引入砂质底质的海域, 为贝类、蟹类或鱼类提供繁殖、摄食、生长、栖息、抵御天敌的场所, 当然, 人工鱼礁效应也因风机所在海域的温度、盐度、水文和底质条件的不同而不同。

本项目为风电建设项目, 为海上能源工程, 与兼容能源等功能的用途管制相符。总体看, 项目实施对当地渔民拖网传统作业带来一定影响, 但影响相对较小。

2) 用海方式符合性分析

用海方式: 严格限制改变海域自然属性, 鼓励开发开放式用海。海域整治: 控制养殖密度, 严格执行休渔制度。

本项目海缆用海方式为海底电缆管道, 风机及升压站用海方式均为透水构筑物, 不会改变海域的自然属性, 符合该功能区严格限制改变海域自然属性的管理要求。同时项目施工避开了海域休渔期, 减少对渔业资源影响。本项目符合该功能区的用海方式要求。

3) 环境保护符合性分析

生态保护重点目标: 传统渔业资源的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等。环境保护要求: 加强海域污染防治和监测。海域海水水质不劣于二类标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量均执行一类标准。

项目不占用传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等, 项目施工期海缆埋设

产生的悬浮泥沙对所在海域水质和生态环境有一定影响，但随着施工的结束，这种影响逐渐消失。本项目制定了相应的施工期环境管理监测计划，加强海洋环境监测。项目建成后无污染物产生，不会导致周边水质、沉积物、海洋生物体质量下降。本项目施工期悬浮泥沙对该功能区的水质和生态环境影响是暂时的，施工结束后逐渐消失。因此，项目建设符合该功能区的环境保护要求。

本项目施工期悬浮泥沙对该功能区的水质和生态环境影响是暂时的，施工结束后逐渐消失。因而符合该功能区的环境保护要求。

因此，本项目建设符合威海-青岛东近海农渔业区（B1-2）的用途管制、用海方式及环保要求，与《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》相符。

综上，本项目建设与所在功能区的用途管制、用海方式及环保要求均相符，因此本项目与《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》相符。

威海(四)海洋功能区划图

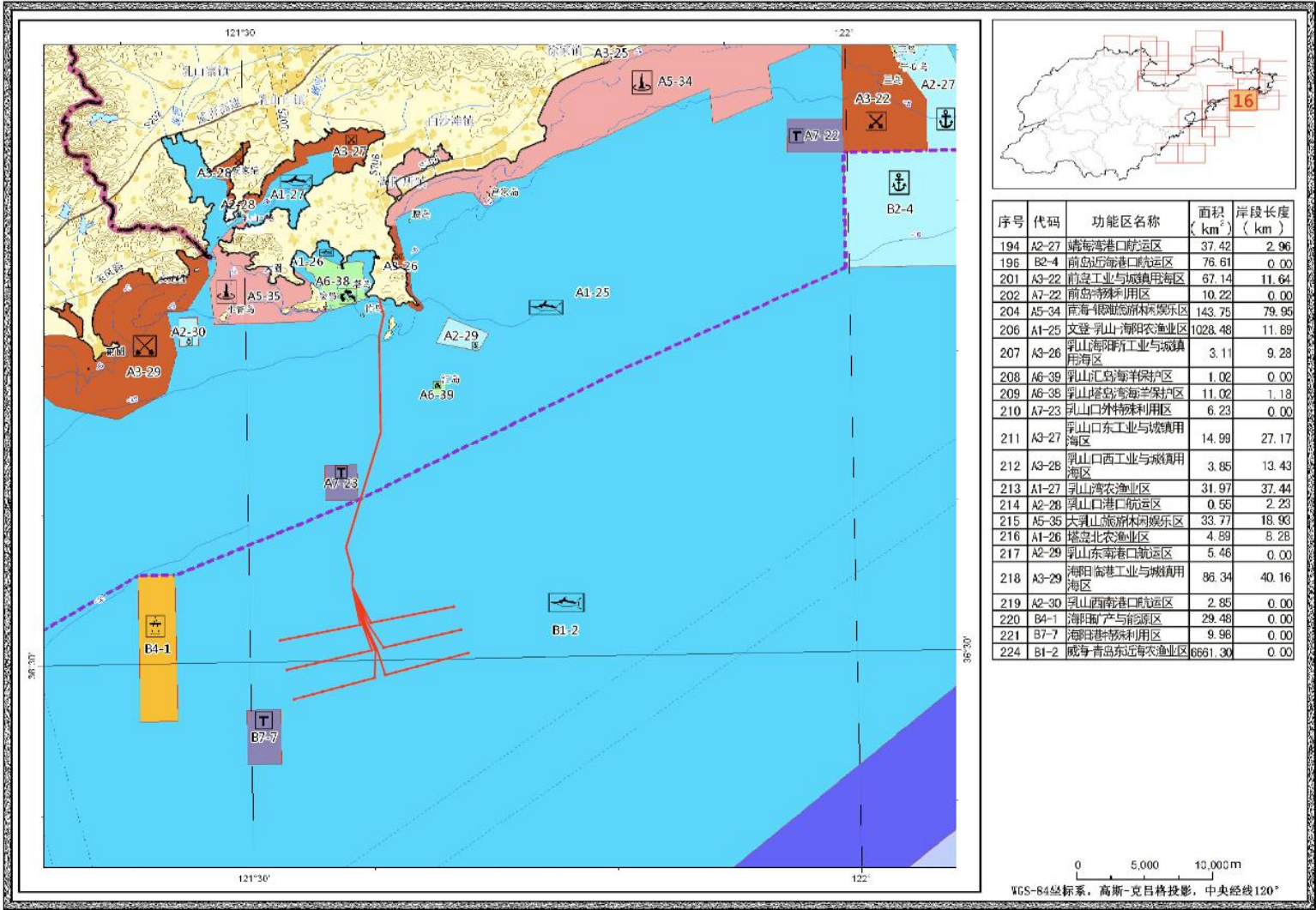


图 10.2-1 本项目在《山东省海洋功能区划（2011-2020）》中的位置图

表 10.2-1 工程所在海洋功能区及周边海洋功能区(《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》)

代码	功能区	地区	地理范围	功能区类型	面积 (km ²)	岸段长度 (km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
A1-25	文登-乳山-海阳农渔业区	威海烟台	文登五垒岛湾至海阳高家庄村四至：121°16'59.48"--121°59'52.11"；36°30'11.35"--36°58'0.53"	农渔业区	1028.48	11.89	用途管制：本区域基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。保障河口行洪安全。用海方式：严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海。海域整治：保护自然岸线，禁止破坏其自然形态，鼓励对人工岸线进行生态化建设。	生态保护重点目标：传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等。环境保护要求：加强海洋环境质量监测。河口实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。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。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。
B1-2	威海-青岛东近海农渔业区	威海烟台青岛	荣成石岛湾至青岛石老人南部近海海域四至：120°32'12.50"--122°34'49.29"；35°57'42.36"--36°49'32.12"	农渔业区	6661.30	0.00	用途管制：本区域基本功能为农渔业功能，兼容港口航运、矿产与能源等功能。适宜开发贝类底播增养殖和筏式养殖，允许发展海水养殖业和捕捞业。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。军事区内禁止养殖。用海方式：严格限制改变海域自然属性，鼓励开发开放式用海。海域整治：控制养殖密度，严格执行休渔制度。	生态保护重点目标：传统渔业资源的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等。环境保护要求：加强海域污染防治和监测。海域海水水质不劣于二类标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量均执行一类标准。

A6-38	乳山塔岛湾海洋保护区	威海	塔岛湾内海域 四至：121°33'0.50"-- 121°36'6.35"; 36°44'0.55"-- 36°46'8.86"	海洋保护区	11.02	1.18	用途管制：本区域基本功能为海洋保护功能，兼容农渔业和旅游休闲娱乐功能。规划建设塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区，优先保障海洋保护区用海，按照《海洋特别保护区管理办法》进行管理。 用海方式：生态保护区禁止改变海域自然属性，资源恢复区严格限制改变海域自然属性，开发利用区 and 环境整治区允许适度改变海域自然属性。 海域整治：保持海岸自然风貌。	生态保护重点目标：海湾生态系统、海洋经济生物资源。 环境保护要求：严格执行国家关于海洋环境保护的法律、法规和标准，加强海洋环境监测。维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观，减少保护区周边海域环境点面源污染。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不劣于一类标准。
A7-23	乳山口外特殊利用区	威海	乳山小青岛南部海域 四至： 121°33'49.62"-- 121°35'26.51"; 36°36'26.07"-- 36°37'49.92"	特殊利用区	6.23	0.00	用途管制：本区域基本功能为特殊利用功能。对环境的影响应符合《海水水质标准》（GB3097-1997）的相应要求，对倾废活动要加强监视、监测，控制倾废强度；当不宜继续倾废时应经过论证依法予以关闭。 用海方式：允许适度改变海域自然属性；严格控制倾废范围。	环境保护要求：禁止倾倒超过规定标准的有毒、有害物质，避免对海洋生态环境产生不利影响。海水水质不劣于四类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准。避免对毗邻海洋敏感区、亚敏感区产生影响。

10.2.1.2 项目用海与相邻海洋功能区的符合性分析

本项目周边相邻的功能区主要有乳山塔岛湾海洋保护区（A6-38）和乳山口外特殊利用区（A7-23），其余功能区距离项目距离较远。

表 10.2-2 本项目与周边相邻功能区的位置关系

代码	功能区名称	方位与距离
A6-38	海洋保护区	W, 0.9km
A7-23	乳山口外特殊利用区	W, 0.2km

（1）乳山塔岛湾海洋保护区（A6-38）

1）用途管制：本区域基本功能为海洋保护功能，兼容农渔业和旅游休闲娱乐功能。

规划建立塔岛湾海洋生态国家级海洋特别保护区，优先保障海洋保护区用海，按照《海洋特别保护区管理办法》进行管理。

2）用海方式：生态保护区禁止改变海域自然属性，资源恢复区严格限制改变海域自然属性，开发利用区 and 环境整治区允许适度改变海域自然属性。

3）环境保护要求：

生态保护重点目标：海湾生态系统、海洋经济生物资源。环境保护要求：严格执行国家关于海洋环境保护的法律、法规和标准，加强海洋环境质量监测。维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观，减少保护区周边海域环境点面源污染。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不劣于一类标准。

本项目海缆近岸段距离西北侧的乳山塔岛湾海洋保护区（A6-38）最近距离约 0.9km。项目建设不占用该功能区，不影响该功能区的海域自然属性，不占用岸线资源。施工期悬浮泥沙不会对该功能区内的水质和生态环境产生不利影响。海缆建设不会影响到该功能区的动力环境。

因此，项目建设不会影响塔岛湾海湾生态系统和海湾内海洋经济生物资源。

（2）乳山口外特殊利用区（A7-23）

1）用途管制：本区域基本功能为特殊利用功能。对环境的影响应符合《海水水质标准》（GB3097-1997）的相应要求，对倾废活动要加强监视、监测，控制倾倒强度；当不宜继续倾倒时应经过论证依法予以关闭。

2）用海方式：允许适度改变海域自然属性；严格控制倾倒范围。

3）环境保护要求：禁止倾倒超过规定标准的有毒、有害物质，避免对海洋生态环境产生不利影响。海水水质不劣于四类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不

劣于三类标准。避免对毗邻海洋敏感区、亚敏感区产生影响。

项目海缆距离西侧的乳山口外特殊利用区最近距离约 0.2km。海缆建设不占用该功能区，不影响该功能区的海域自然属性，不会影响特殊利用区的倾废活动等功能。项目施工期部分悬浮泥沙会扩散至该区，悬浮泥沙对所在海域水质和生态环境有一定影响，但随着施工的结束，这种影响逐渐消失。本项目制定了相应的施工期环境管理监测计划，加强海洋环境监测。项目建成后无污染物产生，不会导致周边水质、沉积物、海洋生物体质量下降。因而符合该功能区的环境保护要求。

综上，根据《山东省海洋功能区划（2011~2020 年）》，本项目的实施符合所在功能区的用途管制、用海方式和环境保护要求，项目建设不会影响邻近功能区的基本功能的实施。本项目建设符合《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》要求。

10.2.2 与《威海市海洋功能区划》（2013-2020 年）的符合性分析

根据《威海市海洋功能区划》（2013-2020 年），项目所在海域的功能区为文登-乳山养殖区（A1-25-1）和乳山近海养殖区（B1-2-3）、功能区图件和登记表见表 10.2-3。周边主要海洋功能区包括：乳山塔岛湾海洋特别保护区（A6-38-1）、乳山口外特殊利用区（A7-23）等，项目所在海域的海洋功能区划图见图 10.2-2。

（1）文登-乳山养殖区（A1-25-1）

文登-乳山养殖区（A1-25-1）用途管制、用海方式及环保要求见表 10.2-3。

本项目部分 220kV 海底电缆占用该功能区部分海域，本项目海缆埋设于泥面以下，仅在施工期挖沟及打桩时有少量悬浮泥沙扩散，扩散范围有限，且施工结束后逐渐落淤，不会对农渔业区内的海水水质产生明显影响，因此不会影响农渔业功能。海缆位于泥面以下，对河口区的水动力不会产生影响，因此不会对河口行洪安全产生影响。由此，项目建设符合文登-乳山养殖区（A1-25-1）的用途管制。

本项目海缆用海方式为海底电缆管道因此用海方式不会改变海域的自然属性，符合该功能区允许适度改变海域自然属性的管理要求。本项目用海符合该功能区的用海方式要求。本项目施工期海缆埋设产生的悬浮泥沙对所在海域水质和生态环境有一定影响，但随着施工的结束，这种影响逐渐消失。本项目制定了相应的施工期环境管理监测计划，加强海洋环境监测。项目建成后无污染物产生，不会导致周边水质、沉积物、海洋生物体质量下降。因而符合该功能区的环境保护要求。

因此，本项目建设符合文登-乳山养殖区（A1-25-1）的用途管制、用海方式及环保要求，与《威海市海洋功能区划》（2013-2020 年）相符。

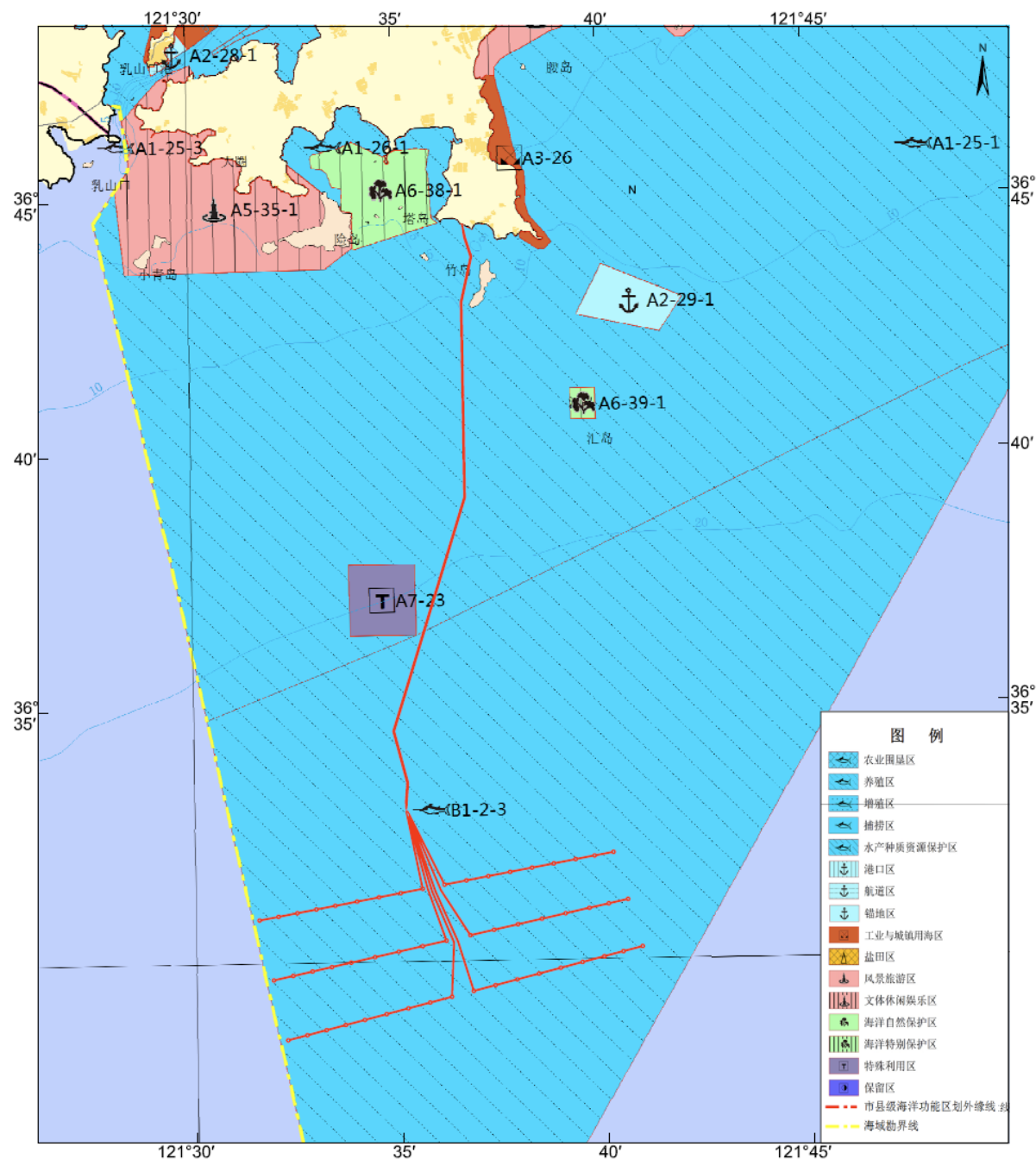


图 10.2-2 项目在威海市海洋功能区划中位置

(2) 乳山近海农渔业区 (B1-2-3)

本项目风机、升压站和部分 220kV 海底电缆占用该功能区部分海域，本项目为风电建设项目，为海上能源工程，与兼容矿产与能源等功能的用途管制相符。

本项目海缆用海方式为海底电缆管道，风机用海方式均为透水构筑物，不会改变海域的自然属性，符合该功能区严格限制改变海域自然属性的管理要求。本项目符合该功能区的用海方式要求。

本项目施工期悬浮泥沙对该功能区的水质和生态环境影响是暂时的，施工结束后

逐渐消失。因而符合该功能区的环境保护要求。

（3）项目周边功能区

项目周边相邻功能区为乳山塔岛湾海洋特别保护区（A6-38-1）和乳山口外特殊利用区（A7-23）。

本项目海缆近岸段距离西北侧的乳山塔岛湾海洋特别保护区（A6-38-1）最近距离约 0.9km。项目建设不占用该功能区，不影响该功能区的海域自然属性，不占用岸线资源。施工期悬浮泥沙不会对该功能区内的水质和生态环境产生不利影响。海缆建设不会影响到该功能区的动力环境。

项目海缆距离西侧的乳山口外特殊利用区最近距离约 0.2km。海缆建设不占用该功能区，不影响该功能区的海域自然属性，不会影响特殊利用区的倾废活动等功能。项目施工期部分悬浮泥沙会扩散至该区，悬浮泥沙对所在海域水质和生态环境有一定影响，但随着施工的结束，这种影响逐渐消失。本项目制定了相应的环境监测计划。项目建成后无污染物产生，不会导致周边水质、沉积物、海洋生物体质量下降。符合该功能区的环境保护要求。

综上所述，本项目建设符合所在功能区要求，不会对相邻功能区功能发挥产生影响，项目建设符合《威海市海洋功能区划（2011-2020 年）》。

10.3 区域和行业规划符合性

10.3.1 与可再生能源产业政策的符合性

2005 年通过的《中华人民共和国可再生能源法》明确将包括风能在内的可再生能源开发利用列为能源发展的优先领域，通过制定可再生能源开发利用总量目标和采取相应措施，推动可再生能源市场的建立和发展。

《可再生能源中长期发展规划》（2007-2020 年）中指出随着传统石油等能源的不可逆转的减少，在新世纪里要想获得发展先机，壮大经济实力，必须壮大经济实力，必须要大力发展可再生能源，以便更好地满足经济和社会持续发展的需要。可再生能源包括水能、生物质、风能、太阳能、地热能和海洋能等。从目前可再生能源的资源状况和技术发展水平看，今后发展较快的可再生能源除水能外，主要是生物质能、风能和太阳能。

规划提出“到 2020 年，全国风电总装机容量达到 3000 万 KW。在广东、福建、江苏、山东、河北、内蒙古、辽宁和吉林等具备规模化开发条件的地区，进行集中连片开发条件的地区，进行集中连片开发，建成若干个总装机容量 200 万 KW 以上的风电

大省。”

本项目位于山东莱州湾海域，风资源丰富，是可再生能中长期发展规则提出的风电发展重点区域。本工程的建设充分利用此处的海上风能，从一定程度上缓解山东省的用电紧张并与可再生能源中长期发展规划中大力发展风电相协调。

10.3.2 与《海上风电开发建设管理办法》的符合性

根据国家能源局、国家海洋局关于印发《海上风电开发建设管理办法》的通知（国能新能[2016]394 号）第七条“海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。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”。

（1）离岸距离

本项目位于威海乳山市南侧海域，风电场距离海岸线最近 22km，超过 10km。

（2）水深情况

项目风电场区所在海域水深 28.5m-30.5m，超过 10m。

本项目风场水深大于 10m，项目距离岸边也大于 10 公里，项目选址位置符合《海上风电开发建设管理办法》的要求。

（3）与其他规定符合性

本项目不占用海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区，没有在产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道范围内，不存在鸟类主要迁徙通道。

因此，项目与《海上风电开发建设管理办法》的要求相符合。

10.3.3 与《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》的符合性

根据《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6 号），对海上风电建设提出了明确意见，其中第一条“海上风电项目用海必须符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划，优先选择在海洋功能区划中已明确兼容风电的功能区布置，一般不得占用港口航运区、海洋保护区或保留区等功能区；海洋功能区划中没有明确兼容风电功能的，应当严格科学论证与海洋功能区划的符合性，不得损害所在功能区的基本功能，避免对国防安全和海上交通安全等产生影响”，第二条“海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里

左右，除因避让航道等情形以外，应当集中布置，不得随意分块。规划建设海上风电项目较多的地区，风电场应集中布局，统一规划海上送出工程输电电缆通道和登陆点，集约节约利用海域和海岸线资源。”

《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范[2016]6 号），对于风机集约节约用海、严格控制用海面积提出要求“单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”。本项目装机容量 450.5MW，风电场控制面积为 72km²，本项目推荐方案风机外包络面积为 53km²，能够满足面积控制，体现了集约节约用海、严格控制用海面积的要求。

综上，本项目建设符合《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范[2016]6 号）的相关要求。

10.3.4 与《山东省海上风电规划（2021-2030 年）》的符合性

为适应经济社会发展、生态环境保护和技术发展对海上风电开发建设提出的新挑战新要求，结合海洋强省战略的深入实施，山东省积极开展海上风电相关工作。《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》于 2022 年 1 月获得国家能源局综合能源司复函（国能综函新能[2022]7 号），山东省发展和改革委员会、山东省能源局于 2022 年 2 月印发山东海上风电规划（鲁发改能源[2022]86 号），共规划渤中、半岛南、半岛北 3 个大型海上风电基地，规划布置 25 个海上风电场场址，规划总面积约 5380 平方公里，规划总装机容量 3500 万千瓦。

《国家能源局综合司关于山东省海上风电规划的复函》（国能综函新能[2022]7 号）中明确“规划实施要按照相关要求进一步做好与国土空间规划、海洋相关规划、海域海岛使用、生态环境保护、通航、军事等相关因素的协调和衔接，加强有关影响论证分析，加强海上风电在军民融合和海洋油气深度融合的创新应用，落实场址可用性。如规划项目实施中海洋相关规划、军事、通航等条件发生变化，请山东省能源局商有关部门、单位对有关场址进行适度优化调整”。山东省能源局致函委托国家电投集团牵头开展半岛南基地首批海上风电项目前期研究论证和开发建设，提出“请务必将军事影响评估论证放在优先位置，全面对接部队有关方面，委托资质单位对航行、飞行、作战、训练、观通等开展军事影响评估论证”。

本项目选址于半岛南 U 场址，规划装机容量 150 万千瓦，规划场址面积 240km²。根据《国家能源局综合司关于山东省海上风电规划的复函》（国能综函新能[2022]7 号），U 场址建设单位已委托评估机构完成军事影响评估报告并完成专家评审，对项

目所在的 U 场址进行了优化，调整后场址东侧边线避让了特殊用海海域，北侧边线为功能区划近岸农渔业区及农渔业区边线（该功能区划兼容矿产能源），西侧边线为威海与烟台海域分界线，南侧边线为考虑避让习惯航路，保证安全距离前提下确定的，调整后 U 场址已经与国防安全部门进行沟通，同意调整后的 U 场址范围。优化后 U 场址规划装机容量 1500MW，规划场址面积 239km²，与原场址容量和面积基本保持一致，本项目位于调整后的 U 场址内的北侧海域，见图 10.3.4-1。

因此，本项目场址是依据《国家能源局综合司关于山东省海上风电规划的复函》，在充分考虑特殊用海区域、海域管理、通航安全、功能区划等因素的基础上综合确定的，项目选址于优化调整后的 U 场址范围内，项目建设符合《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》。

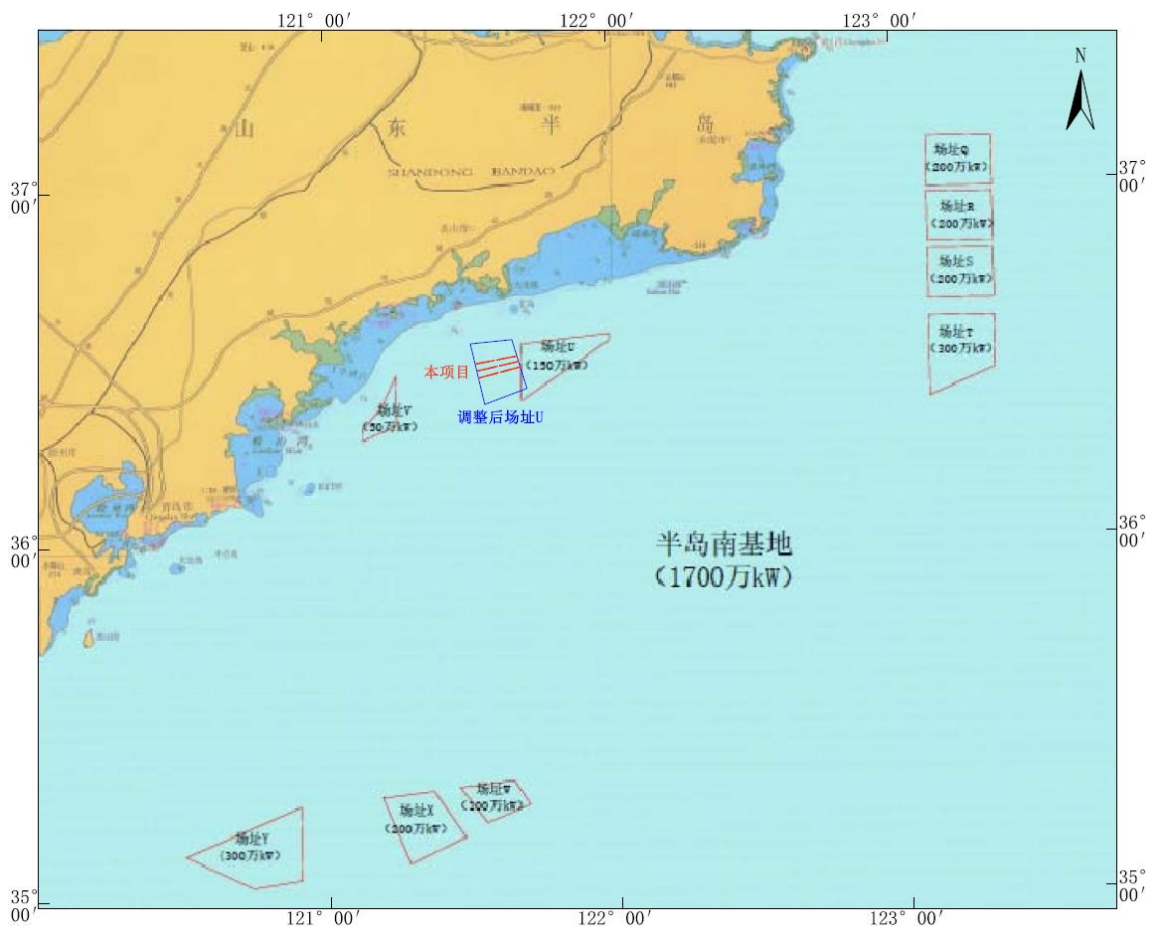


图 10.3.4-1 《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》（半岛南基地）

10.3.5 与《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030 年）》的符合性

为贯彻落实“四个革命、一个合作”能源工作总要求，加快构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，促进新能源和可再生能源产业持续健康发展，根据国家和我省经

济社会及能源发展规划，省发展改革委研究制定了《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030 年）》（鲁改能源〔2017〕418 号），对于发展任务要求：“坚持统筹规划、陆海并举，统筹风能资源分布、电力输送和市场消纳，加强风电布局与主体功能区划、产业发展、旅游资源开发的衔接协调，积极打造陆上、海上“双千万千瓦级风电基地”，建设东部风电大省；完善适应风电发展的电力调度和运行管理机制，确保风力发电全额保障性收购；鼓励采用新型技术和产品，降低风电开发成本，提高风电利用效率。力争到 2030 年，全省风电并网装机容量达到 2300 万千瓦。

围绕山东半岛东部、北部沿海及海上风电带，加强海上风电开发与海洋功能区划、海岸线开发利用规划、重点海域海洋环境保护规划、沿岸经济建设、产业布局等统筹协调，以鲁北、莱州湾、渤中、长岛、半岛北、半岛南等 6 个百万千瓦级海上风电基地为重点，积极推进潮间带及近海风电项目建设，打造海上千万千瓦级风电基地。”

本项目位于山东半岛南部海域，项目建设是积极推进近海风电项目建设的需要，是对打造海上千万千瓦级风电基地的具体落实。综上所述，项目用海符合《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030 年）》。

10.3.6 与《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》的符合性

为全面贯彻党的十九大精神和习近平总书记绿色低碳发展理念，认真落实省委、省政府关于加快新旧动能转换的重大决策部署，科学推进全省新能源产业快速发展，有效激发能源领域“新动能”，根据《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》《山东省新旧动能转换重大工程实施规划》《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》等，制定《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》（以下简称《规划》）。

《规划》内容包括发展基础、发展形势、发展思路原则目标、重点任务和保障措施 5 个部分，涵盖新能源汽车、核电、智能电网及储能、热泵、太阳能、风能、生物质能、氢能、可燃冰、海洋能等领域。

按照“统筹规划、陆海并举”的原则，围绕山东半岛东部、北部沿海、海上风电带以及鲁中、鲁西南内陆山区风电带，科学有序推进风电规模化发展，打造海陆“双千万千瓦级风电基地”。海上，按照海上风电开发与海洋功能区划、海洋主体功能区规划、重点海域海洋环境保护规划、沿岸经济建设、产业布局等统筹协调的总体要求，开展好海上风电规划修编工作。按照整体规划、分布实施、集约节约原则和统一资源配置、统一开发建设思路，科学有序推进海上风电开发建设，重点支持海上风电项目与海洋牧场等其他开发利用活动融合发展，最大限度发挥海域资源效益。在现有工作基础上，

适度有序推进风电项目建设。到 2022 年，全省风电装机容量达到 1700 万千瓦左右；到 2028 年，全省风电装机容量达到 2300 万千瓦左右。

海上风电制造与应用产业集群。以青岛、烟台、东营、潍坊、威海、日照、滨州等市为重点，围绕海洋强省战略组织实施和“千万千瓦级海上风电基地”规划建设，加快推进 6 兆瓦、8 兆瓦及以上大功率海上风电设备研制及使用，带动相关配套装备产业发展，建设高端海上风电装备制造基地。支持蓬莱争取国家级海上风电检测基，带动风机制造、海洋装备、技术研发等全产业链协同发展。按照试点先行、有序推进的原则，科学推动海上风电开发建设，支持海上风电与海洋牧场、波浪能、潮流能等融合发展，形成产业发展与推广应用相互配套、协同发展的建设格局。

本项目位于威海乳山市海域、《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》半岛南基地 U 场址。项目通过开展海上风电场建设，采用更加环保的科技和工程建设手段，项目建设优化了海上风机的科学布局。项目建设符合“科学有序推进海上风电开发建设，重点支持海上风电项目发展”的要求。项目总装机容量 450.5MW，符合“千万千瓦级海上风电基地”的要求。项目建设有利于推进全省新能源产业快速发展，是山东省“新旧动能转换”和“建设山东海洋强省”战略的具体行动。

综上所述，项目建设符合《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》。

10.3.7 与《山东省十四五能源发展规划》的符合性

《山东省十四五能源发展规划》明确指出：能源是经济社会发展的基础和保障。十四五时期，是我省开启新时代现代化强省建设新征程，加快新旧动能转换、推动高质量发展的关键五年，也是我省全面贯彻习近平总书记“四个革命、一个合作”能源安全全新战略，落实“碳达峰、碳中和”要求的关键五年。

规划主要任务中提出：“加快能源结构调整步伐，实施“四增两减”工程，聚焦可再生能源、核能、天然气、省外来电做加法，打造全国重要的核电基地、海上风电基地、沿海 LNG 接卸基地、跨区域电力消纳基地和鲁北风光储输一体化基地；突出煤炭、煤电做减法，淘汰低质低效产能，实现能源消费增量全部由清洁能源供给、电力消费增量主要由清洁电力供应”。关于风电规划中提出：“以海上风电为主战场，积极推进风电开发。加快发展海上风电。按照统一规划、分步实施的总体思路，坚持能建尽建原则，以渤中、半岛南、半岛北三大片区为重点，充分利用海上风电资源，打造千万千瓦级海上风电基地。科学布局陆上风电，适度有序推进陆上风电开发建设，重点打造鲁北盐碱滩涂地千万千瓦级风光储输一体化基地。到 2025 年，风电装机规模达到 2500

综上分析，项目用海符合《山东省十四五能源发展规划》。

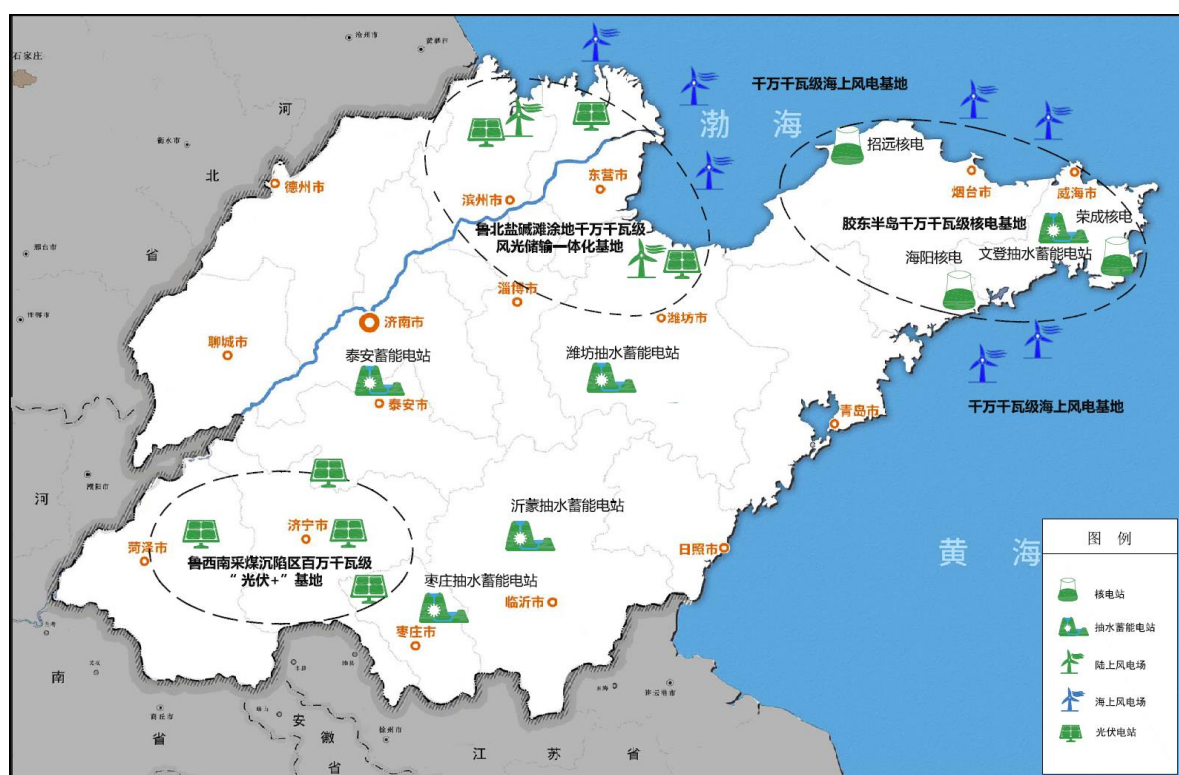


图 10.3.7-1 山东省十四五大型清洁能源基地布局示意图

《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划（修订版）》中提出要促进海洋产业减污降碳，其中推进绿色能源发展方面：加快构建清洁低碳的现代能源体系。按照统筹规划、分步实施原则，聚焦渤中、半岛北、半岛南三大片区，推进海上风电集中连片、深水远岸开发，加快海上风电基地建设。探索推进“海上风电+海洋牧场”综合利用新模式，支持海洋清洁能源与深远海养殖、海洋观测等融合发展。积极有序发展沿海核电”。

本项目为国家电投半岛南 U 场址一期的海上风电工程，项目位于半岛南片区，项目建设 53 台风力发电机组，总装机容量 450MW，项目符合“聚焦渤中、半岛北、半岛南三大片区，推进海上风电集中连片、深水区开发，加快海上风电基地建设”的要求。项目建设符合《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划》的要求。

10.3.9 与《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》的符合性

近岸海域环境功能区是为执行《海洋环境保护法》和《海水水质标准》，根据海域水体的使用功能和地方经济发展的需要对海域环境划定的按水质分类管理的区域。

环境功能区水质目标为：一类环境功能区、二类环境功能区、三类环境功能区和四类环境功能区，应分别执行《海水水质标准（GB3097-1997）》中第一类、第二类、第三类和第四类海水水质标准。本项目位于“第二类环境功能区”，应执行第二类海水水质标准，根据 2021 年 11 月和 2022 年 4 月现场调查结果显示：春季调查中除 37 号站位表层石油类超第二类海水水质标准，符合第三类海水水质标准外，其余各站位各评价因子均符合相应的海水水质标准，调查水域的水质状况较好。秋季调查中所有调查站位的调查因子均符合第二类海水水质标准。

本项目施工期产生各类污染物均有合理的处置措施，不外排。施工悬浮泥沙扩散影响是短暂的，随着施工结束，影响结束。运营期风力发电为清洁能源，基本不会产生其他污染物。项目建设不会对周边功能区水质质量等海洋环境产生不利影响，不会降低该海域海水水质质量。



图 10.3.9-1 项目在山东省近岸海域环境功能区划中位置

10.3.10 项目用海与山东省“三区三线”的符合性

2022 年 10 月 14 日，自然资源部办公厅发布了《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函[2022]2207 号）。文件指出北京、河北、江苏、福建、江西、山东、广东、广西、海南、云南 10 个省（区、市）人民政府办公厅，按照《全国国土空间规划纲要（2021-2035 年）》确定的耕地和永久基本农田保护红线任务和《全国“三区三线”划定规则》，你省（区、市）完成了“三区三线”划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。

山东省“三区三线”规划范围为山东省全部行政辖区，覆盖陆海全域国土空间。全省陆域面积 15.81 万平方千米；管辖海域面积 4.73 万平方千米。规划期限为 2021—2035 年。关于海洋空间了三个海区，渤海海区重点强化生态保护修复，半岛东部海区

聚焦加快建设海洋牧场，半岛南部海区着力打造国际海洋创新策源地和高端海洋产业聚集区。实施海域空间分区管控，划定严格保护、限制开发和优化利用三类岸线，实施岸线、海岛分类管控。本项目风电场位于威海市乳山海域分区内，见图 10.3.10-1。

本项目为海上风电工程，位于威海市乳山海域的海域分区内的海洋发展区，项目用海不占用耕地和永久基本农田、不占用生态保护红线区，项目所在 U 场址各项目已经纳入市级国土空间总体规划，项目建设符合山东省“三区三线”划定成果（位置关系见图 10.3.10-2）。

海上风电项目为海上清洁能源工程，属于工矿用海，根据前文分析结论，项目用海与周边的渔业海域具有一定的兼容性，本项目海缆埋设于泥面以下，仅在施工期挖沟及打桩时有少量悬浮泥沙扩散，扩散范围有限，且施工结束后逐渐落淤，不会对农渔业区内的海水水质产生明显影响，项目风机采用透水构筑物用海方式，使用海域面积相对较小，风场用海面积占整个农渔业海域比例较小，不会对海域农渔业功能产生明显影响。本项目海缆用海方式为海底电缆管道，不会彻底改变海域的自然属性，项目施工期海缆埋设产生的悬浮泥沙对所在海域水质和生态环境有一定影响，但随着施工的结束，这种影响逐渐消失。同时，本项目制定了相应的施工期环境管理监测计划，加强海洋环境监测。项目建成后无污染物产生，不会导致周边海域生态环境质量下降。

项目近岸登陆段海缆采用定向钻方式穿越岸线，不直接占用海岸线资源，能够有效避免对海岸带和海岸线资源产生破坏。本项目海缆近岸段距离西北侧的乳山塔岛湾海洋特别保护区最近距离约 0.9km。项目建设不占用该保护区，不影响该功能区的海域自然属性。根据数值模拟结果，项目施工期悬浮泥沙不会对该保护区的水质和生态环境产生不利影响。

综上所述，本项目建设符合山东省“三区三线”管控要求，不会对周边城镇发展区、永久基本农田区和生态保护区产生影响，项目建设符合山东省“三区三线”规划。

10.3.11 与《威海市“十四五”生态环境保护规划》的符合性

根据《威海市“十四五”生态环境保护规划》，展望2035年，经济社会发展完成绿色转型，碳排放达峰后稳中有降，绿色低碳发展水平和应对气候变化能力显著提高，绿色生产生活方式全面普及，集约高效的生产空间、幸福宜居的生活空间、山清水秀的生态空间基本形成，生态环境治理体系和治理能力现代化基本实现，成为全国具有较强影响力的“美丽城市”，到2025年，“绿水青山就是金山银山”理念深入人心，生态文明建设取得新进步，生产生活方式绿色转型成效显著，能源资源利用效率明显

提高，“无废城市”建设进一步优化提升，主要污染物排放总量稳步下降，生态系统稳定性明显增强，生态环境品质稳步提升，生态环境质量继续保持全省领先。

威海市“十四五”生态环境保护主要指标包括：环境质量提升、绿色发展、应对气候变化、环境风险防控和生态保护。其中第三章“深化“四减四增”，助力推动绿色低碳发展”的第四节“深化能源结构调整”中提到：“优化能源供给结构。……。实施可再生能源替代行动，推进清洁能源基础设施建设，合理发展生物质能、垃圾焚烧发电，推进和规范分布式能源项目发展。有序论证海上风电项目。……。2025年底前，新能源装机占全市装机比例达到50%，全市可再生能源发电装机规模达到335万千瓦以上。”

本项目为清洁能源项目，符合绿色发展目标，项目建设是有序推进海上风电项目、优化能源结构的重要举措。项目选址不在生态红线区内，对周边红线区没有影响。项目海缆采用海底定向钻施工方式穿越，不会影响岸线的自然属性，不会对自然岸线保有率产生影响，同时根据水质影响预测结果，项目施工期悬浮泥沙未扩散至红线区内，同时项目制定了针对性的风险防控应急预案和措施，不会对红线区海水水质环境产生影响。

综上，项目建设符合《威海市“十四五”生态环境保护规划》。

10.4 建设项目的政策符合性

产业结构调整指导目录是政府引导投资方向，管理投资项目，制定和实施财税、金融、土地、进出口等政策的重要依据，《产业结构调整指导目录（2019 年本）》于2020 年 1 月 1 日起施行，2021 年 12 月 27 日第 20 次委务会议修改。其中的第一类鼓励类的第五节第 12 条“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”。

本项目属于鼓励类的建设项目，符合我国国家产业政策。

10.5“三线一单”符合性分析

10.5.1 生态保护红线

根据前文分析结果，本项目风电场及海缆均避让了红线区，不在生态保护红线规划的限制开发区和禁止开发区之内，本工程为海上风电工程，属清洁能源项目，与山东省“三区三线”划定成果的管理要求相符，工程正常施工和营运情况下不会对邻近的生态保护红线区造成明显不利影响，因此本工程符合生态保护红线要求。

10.5.2 环境质量底线

本项目为海上风电工程，项目风电场位于一般管控区，项目主要产污环节是施工期悬浮泥沙影响，随着施工结束会恢复至本底水平，项目运营期基本无污染物产生。本项目采取了针对性污染防治措施，对区域环境质量影响不大，不会改变区域环境质量等级。

同时根据各因子预测和分析结果，本项目的建设对大气、海水、噪声等环境影响较小，项目建设不会降低近岸海域环境质量。项目建设满足环境质量底线的要求。

10.5.3 资源利用上线

本项目为海上风电场建设项目，项目的建设充分利用此处的海上风能，属清洁能源开发，项目运营过程中不消耗电源、水资源、土地资源等。因此，本项目建设符合资源利用上线的要求。

10.5.4 环境准入清单

根据《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》可知，本项目所在的 U 场址位于海上，不在陆域管控单元范围内，项目风电场位于乳山市海域一般管控单元范围内，近岸段部分海缆位于乳山市海域重点管控单元范围内。

本工程为海上风电工程，属清洁能源项目，符合国家产业政策及能源规划要求，不属于高耗水、高污染物排放、产生有毒有害污染物的建设项目。无废气、废水外排，无土壤污染风险，根据表 10.5-1 分析内容，本工程符合威海市生态环境准入清单中空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控和资源开发效率要求，同时项目主体工程不在陆域环境管控单元之内，项目建设符合威海市市级生态环境准入清单要求。

（1）空间布局约束符合性

本项目为海洋风电项目，风电场位于乳山市海域一般管控单元，项目为清洁能源项目，项目选址位于红线区外，不进行围填海，不设置排污口。项目风电场离岸距离在 22km 以上，根据数值模拟分析结果，项目建设不会对区域海洋水动力和泥沙冲淤地形地貌环境产生损害，项目建设能够符合空间布局约束要求。项目海缆铺设于海底，部分海缆位于近岸的重点管控单元内，项目海缆同样不占用红线区，项目建设和运营不会对周边红线区产生影响。

（2）污染物排放管控要求符合性

本项目项目主要产污环节是施工期期间产生施工悬沙，使海域水质中悬浮物浓度有所增加，但随着海缆铺设船经过后，很快恢复到自然环境本底。施工船产生的船舶污染物禁止排放，施工人员生活污水收集上岸后有相关单位统一处理，禁止船舶向水

体排放含油污水，实施铅封管理，运回至陆域后由有资质单位统一处理。项目施工期与营运期污水妥善处理，不排海。项目建设符合污染物排放管控要求。

（3）环境风险防控要求符合性

项目开展了海上溢油事故风险预测，并制定了完整的溢油风险防范和应急措施，能够有效的防范溢油等污染事故的发生。同时项目制定了风暴潮、海啸等灾害应急预案。项目主体工程依托周边海区溢油应急力量，能够满足溢油风险防范要求，本项目溢油风险可控。项目建设符合环境风险防控要求。

（4）资源开发效率要求符合性

海上风电项目属于清洁能源项目，项目实施能降低石化燃料发电对资源消耗，充分利用区域海洋资源，满足资源开发效率要求。

因此，项目建设符合威海市生态环境准入清单管控要求。

综上分析，本项目能够满足生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线的要求，符合环境准入清单要求，项目建设符合《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

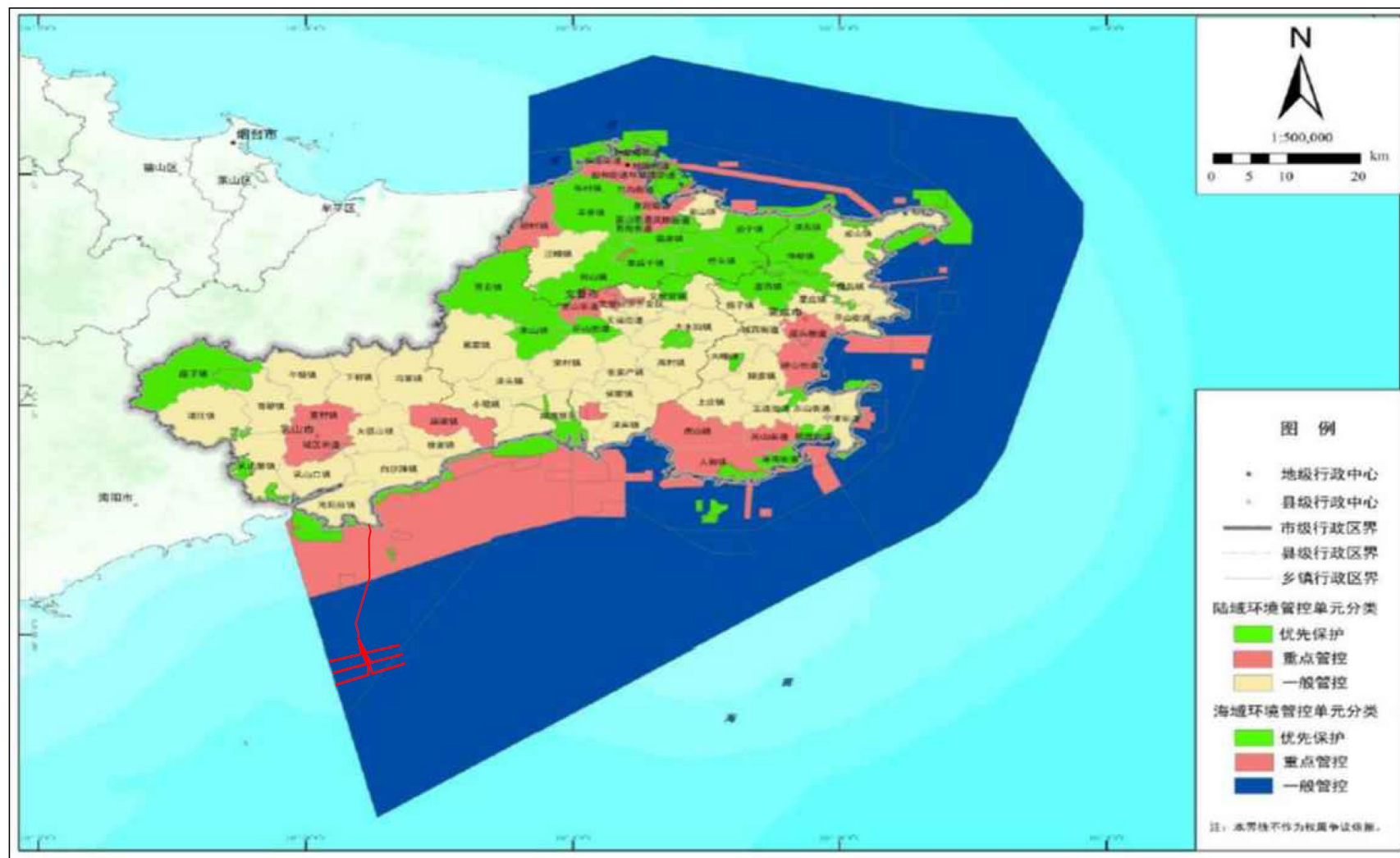


图 10.5-1 本项目在威海市环境管控单元分布图的位置

表 10.5-1 本项目与威海市生态环境准入清单符合性

管控 维度	管控要求	本项目情况	符合性
空间 布局 约束	1.1 坚持新增“两高”行业项目应严格落实污染物排放“减量替代是原则，等量替代是例外”的要求，实施“上新压旧”“上大压小”“上高压低”，新项目一旦投产，被整合替代的老项目必须同时停产。严禁以任何名义、任何方式核准或备案产能严重过剩行业的增加产能项目。严格控制高耗能、高污染项目建设，从严审批高耗能、高污染物排放的建设项目。 1.20 严格执行《威海市海岸带保护条例》。除国防安全和整治修复需要外，在严格保护区禁止新建、改建、扩建与保护无关的开发建设项目，禁止填海、设置排污口、炸毁礁石等损害海岸带地形地貌和生态环境的活动；在限制开发区域禁止工业生产、矿产资源开发和商品房建设，禁止填海、设置排污口、炸毁礁石等损害海岸带地形地貌和生态环境的活动。 1.21 严格控制占用岸线的开发利用活动。在不得侵占沙滩、礁石、滩涂、潟湖、海岛等资源范围的前提下，新建建筑应当按照自大陆岸线向陆地一侧基岩海岸后退不小于 80 米、砂质海岸不小于 200 米、堤岸等人工岸线不小于 20 米的距离的原则确定。 1.26 除国家重大战略项目外，全面停止新增围填海项目的受理、审核及报批工作。	项目位于红线区外，不进行围填海，不占用自然岸线，不会改变海域自然属性。	符合
污染 物排 放管 控	2.30 严格控制入海排污量。规范入海排污口设置，全面清理非法或设置不合理的排污口。对高区污水处理厂、经区污水处理厂、临港污水处理厂、初村污水处理厂、荣成污水处理厂等重点直排海污染源以及母猪河、乳山河、黄垒河等入海河流开展入海污染物总量监测，并实施总氮排放总量控制，严格控制环境激素类化学品污染。实施近岸海域综合治理和区域污染物总量控制。 2.35 严格执行《船舶水污染物排放控制标准》，限期淘汰达不到污染物排放标准的船舶，严禁新建不达标船舶进入运输市场。提高港口及船舶修造厂含油污水、化学品洗舱水、生活污水和垃圾等污染物的接收、转运、处置能力，加强船、港、城之间污染物转运、处置设施衔接。严禁海上运输船舶生活污水直排入海，实施船舶及相关作业油类污染物零排放制度。禁止船舶向水体超标排放含油污水，对符合铅封要求的船舶实施铅封管理。国际航线船舶按照国际公约要求实施压载水交换或安装压载水灭活处理系统。规范拆船行为，禁止冲滩拆解。加强对近岸海域船舶的监管，对储运的风险物质进行标签跟踪式管理，船舶须安装并使用污染物处理设施。逐步压减近海捕捞渔船数量。	项目施工期与营运期污水妥善处理，不排海；船舶含油污水铅封后统一收集至岸上处理。不会降低海域环境质量水平。	符合

管控 维度	管控要求	本项目情况	符合性
环境 风险 防控	3.14 开展海上溢油污染近岸海域风险评估，防范溢油等污染事故发生。在重点海湾、入海河流、排污口等布设在线监测设备和溢油雷达。各油类作业点应在作业前按照法律规定布设围油栏。加强海水浴场、电厂取水口水母灾害监测预警。完善风暴潮、赤潮（绿潮）、海啸、海冰等应急预案，定期开展海洋灾害培训与应急演练。港口、码头、装卸站的经营者应制定防治船舶及其有关活动污染海洋环境的应急预案。对装卸码头进行实时监控，建立海上运输环境风险预警体系。	项目建立了全面的海域溢油风险防范措施，和海上溢油应急响应机制，环境风险可控。	符合
资源 开发 效率 要求	4.1 到 2025 年，威海市万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量达到省定标准，农田灌溉水有效利用系数提高到 0.701 以上。到 2035 年，全市水资源节约和循环利用达到世界先进水平，形成水资源利用与发展规模、产业结构和空间布局等协调发展的新格局。 4.14 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满足。	项目为清洁能源项目，符合清洁生产要求，严格执行省下达的自然岸线控制目标，不占用自然岸线。	符合

10.6 工程选址与布置的合理性

10.6.1 用海选址的区位和社会条件适宜性分析

(1) 区位条件适宜性

山东省地处东部沿海、黄河下游，东临渤海、黄海，与朝鲜半岛、日本列岛隔海相望，西北与河北省接壤，西南与河南省交界，南与安徽、江苏省毗邻。山东半岛与辽东半岛相对，环抱着渤海湾。特殊的地理位置，使山东省成为沿黄河经济带与环渤海经济区的交汇点、华北地区和华东地区的结合部，在全国经济格局中占有重要地位，是我国重要的人口大省、资源大省和经济大省。

威海市没有煤炭和石油等一次能源资源的储藏。能源主要依靠区外补给，能源对区外的依存度较高。随着经济发展快，能源需求量大，现有本地矿物能源产量有限，需要大力发展能源产业，保障市区人民正常的生产和生活需要。威海市应大力发展风电、太阳能等技术较成熟、投资水平相对较低的可再生能源。

2020 年山东省全社会用电量达到 6940 亿 kWh，全社会最大负荷达到 114400MW。截至 2020 年底，山东省电厂总装机容量为 158963MW，其中风电装机容量 17949MW，山东电网统调公用电厂装机容量 63825MW。威海电网位于山东电网东部末端，供电范围为环翠区、荣成市、文登区和乳山市。威海电网最高电压等级为交流 500kV，现已形成以 500kV 昆嵛站和威海电厂为主电源，220kV 电网为主网架的供电网络，并与烟台电网相连。截至 2020 年底，威海电网装机容量 4253MW。其中煤电 15 座，装机容量 2837MW；垃圾发电 6 座，装机容量 142MW；风电场 16 座，装机容量 1017MW；光伏电站装机容量 257MW。地区全社会最大负荷 2540MW，全社会用电量 138 亿 kWh。根据威海市装机计划及负荷预测情况，2023 年电力缺额在 484~1164MW。本项目装机规模 450.5MW，项目建设能够为威海电网乃至整个山东电网提供有效的电力补充，适应地区电力需求发展需要。

本项目选址于半岛南海域 U 场址海上风电场，综合海洋站数据完整性、合理性和地理位置分布情况，根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T 18710-2002）风功率密度等级评判标准，本风电场风功率密度达到 3 级，具备开发价值。项目利用当地风能资源发电，其所发电力主要在威海当地电网消纳，在电力系统中为地方性清洁能源。

(2) 社会条件适宜性

本工程所在区域社会经济条件优越。作为本工程腹地的威海市，地处山东半岛最

东端，三面环海，一面接陆，北、东、南三面濒临黄海，东及东南与朝鲜半岛和日本列岛隔海相望，北与辽东半岛成犄角之势。威海市现辖环翠区、文登区、荣成市和乳山市，还包含火炬高新技术产业开发区与威海经济技术开发区，全市总面积为 5797km²，总人口 280.53 万。到 2020 年，威海市全年生产总值完成 3017.8 亿元，增长 3%；规模以上工业增加值增长 4.6%；服务业增加值增长 3.7%；固定资产投资增长 2.9%；一般公共预算收入 252.4 亿元，增长 1%；外贸进出口总额完成 1615 亿元，增长 15%，其中出口 1166 亿元，增长 26.6%。

1) 外部配套条件

本工程场区位于山东省威海乳山市南部海域，场址中心离岸距离约 26km，属于海上风电场工程，在现有条件下可供本工程规划使用的陆域施工场地为风电场区西北侧邻近的乳山港，码头设施完备，供电、供水、消防、通信等基础设施完善，施工场地规模庞大，交通运输便利，砂、石料及水泥来源丰富，能够为本工程的施工组织提供了良好的外部资源使用条件。

2) 施工技术力量

结合乳山港已有工程建设经验，当地建设条件较好且经验丰富，施工工艺成熟，施工单位经验丰富，可保证工程质量与施工进度。

3) 用地及水域使用条件

本工程加工场地位于港口区内，港区码头及后方堆场能够满足项目建设需求，同时风电场所征用海域与海洋功能区划主导功能符合。

综上分析，项目所在区域具有优越的地理位置，项目所在场址风能资源丰富，项目所在区域的基础设施条件能够满足项目建设的需要，区位条件优越、社会条件良好，项目选址具备合理性。

10.6.2 用海选址的自然资源和生态环境适宜性分析

(1) 自然资源适宜性

1) 气候条件的适宜性分析

选址区域属于暖温带半湿润大陆性季风气候，四季分明，光照充足。本项目场区粗糙度较小，受季风影响，盛行南风，主要风能方向较集中，多年平均风速为 2.59m/s，月平均风速以 4 月最大，9 月最小。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。本项目所在海域风能资源丰富，开发建设条件优良，是我国沿海地区最具开发利用价值的千万千瓦级风电基地之一。根据项目可研报告，本工程风电

场中心处风速频率集中于 2m/s~10m/s, 风能频率集中于 7m/s~16m/s, 年均风功率密度为 390W/m², 场址内风向风能分布比较集中, 日内变化幅度相对较小; 全年可发电小时数相对较高, 根据《风电场风能资源评估方法》(GB/T18710-2002) 风功率密度等级评判标准, 本风电场风功率密度等级达到 3 级, 具备开发价值。

2) 地形地貌条件的适宜性分析

本工程所在海域自然条件好, 风电场区域内海底地势变化平缓, 泥砂活动弱, 水深适中, 具备建设工程的基本条件。工程区域不存在发震构造。场址区域范围内虽然断裂构造发育, 但均为非全新世活动断裂, 可不考虑其对场址稳定性的影响。工程场址及场址区附近无大面积地表塌陷等危及场址安全的潜在地质灾害产生的条件。同时, 工程建设也不会引起次生地质、地震灾害。综合分析场址所在区的断裂活动性及地震特征, 场址处于相对稳定区, 适宜工程建设。

3) 海洋水文动力环境适宜性分析

本工程所在海域的波浪主要受季风影响, 该海区的波浪以风浪为主, 常浪向为 S 向, 出现频率为 21.22%, 其次为 SSE 向, 出现频率为 16.14%。强浪向 SE 向。该海区为规则的半日潮流区, 潮流呈往复流的性质, 涨潮流向 SW, 落潮流向 NE。外海潮流较弱, 潮段平均流速仅为 0.15m/s, 涨落潮最大垂线平均流速分别为 0.44m/s 和 0.26m/s。该海区余流流速较小。该海域的波浪和海流基本满足建设工程要求。

(2) 生态资源适宜性

本工程位于乳山南侧海域, 所在海域不属于生态敏感区, 没有珍惜濒危物种, 工程建设不会对该海域的生态结果造成明显影响。

项目施工期产生的悬浮泥沙仅有短暂影响, 随着工程的完工, 对浮游生物、游泳生物的影响将随之消失, 对海洋生态环境的影响通过采取适当的措施进行修复, 海域内的生态系统也将逐步得到恢复。运营期间不会对工程周边养殖区内的养殖水产带来明显影响。项目选址此处与周边生态资源相适宜。

综合分析, 项目所在区域自然条件好, 地质条件好, 海域宽阔, 地形平缓, 具备建设工程的基本条件, 风电场海域不属于生态敏感区, 工程建设不会对该海域的生态环境造成明显影响, 项目选址此处与周边生态资源相适宜。

10.6.3 用海选址与周边海域其它用海活动的适应性分析

(1) 工程选址与周边港口航运业的适宜性分析

本工程施工场地依托乳山港, 施工期间的风机材料外购, 由汽车运输至施工现场,

运输车辆由疏港路驶入，通过疏港路进入施工场地，施工时，可能会造成道路拥挤，从而影响其它车辆正常进、出港。因此，施工期间应做好协调工作，加强对运输车辆及港区其它车辆的管理和调度，在不影响港区正常运营的情况下，保证工程正常施工。

(2) 工程选址与周边海洋养殖业的适宜性分析

本项目所在海域以海上养殖为主，项目路由选化已经充分考虑与养殖区相对位置，尽量避开养殖区，并通过布置方案优化尽量使项目用海少占用养殖区，项目在规划场址内选址建设，可与海洋养殖兼容发展。项目建成运营后产生的污水、垃圾均有妥善合理的处置措施，严禁向海域排放，不会对周边养殖业产生明显影响。

因此，虽然项目用海占用海域需要占用部分养殖，但通过协商和补偿工作可以解决相关利益协调。协调完成后，本工程与周边其他海洋养殖业相互独立，互不干扰，能够共存。

10.6.4 工程布置的合理性分析

根据规划的 U 场址范围，确定本项目场址边界，按照节约、集约用海原则，在场址范围内进行风机布置，风电机组布置时应在技术可行的范围内尽量减小风电场涉海面积，并依据《国家能源局综合司关于山东省海上风电规划的复函》进行优化。根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，在满足设计要求的前提下，合理选择风电机组间距。布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要尽量减小风机间总海缆长度，以降低配套工程投资、场内输变电损耗及海缆用海面积。

一、风电机组布置方案优化

(1) 机型选择

根据风电场实测资料，本风电场适用 IECIII 类及以上风电机组。同时考虑到海洋环境的特殊性，所选风电机组需具备良好的抗台风、防盐雾、防潮、防腐、防雷暴等性能。结合目前风电市场的现状，同时考虑到项目工期与供货保障情况，以及机组大型化趋势，现阶段采用 WTG6 (8.5MW) 为代表机型，对场址进行风机布置及发电量计算。

(2) 风电机组布置及优化

本报告根据以上布置原则及制约因素，对工程进行风机布置，并结合区域风资源分布、风机尾流和发电量水平，对方案进行优化。

风机南北向的行间距需取较大值，东西向的行内间距取值可相对较小。

为此本项目风机推荐布置方案为：风机沿场址边界和东北-西南向成排布置，共布置三排风机，风机行间距为 1732m~2237m，行内间距为 700m~818m。

（3）风电机组布置间距合理性分析

本场址主风向较集中，主风向及主风能方向为 S、N，在风机布置上宜增大南北方向的行间距，以获得更好的发电效益。依据《风电场工程微观选址技术规范 NB/T10103-2018》，海上风电机组布置时，行内间距不宜小于 3 倍风轮直径，行间距不宜小于 7 倍风轮直径，本项目定标风机叶轮直径为 230m，行间距应大于 1610m，行内间距应大于 690m。该数值仅为最低要求，并非为保证风机发电量的最佳距离，风电场的风机布置须在一定的范围内，以获得更高的发电量为目标进行排布。研究表明，风机运行时，在风轮迎风面后方存在尾流区，该区域风速减小，湍流强度较大，对后方风机运行安全及发电量影响较大，海上风电由于地形特征，尾流区范围更大。若强行按最小距离布置风机，有可能会造成内部风机尾流效应过大，影响风机寿命和发电收益。据此，本项目推荐方案风机沿场址边界和东北-西南向成排布置三排风机，风机行间距为 1732m~2237m，行内间距为 700m~818m。风机布置除满足规范要求之外，还需考虑风资源分布特点、避让因素的影响，通过合理排布获得更好的风场发电效益。本场址形状不是标准矩形，每排风机的总距离不一致，布置时必然会导致每排的风机间距不同，另外由于场址内部风机受尾流影响过大，布置时考虑适当增加国家北侧边界风机台数，减少场址内部的风机台数，适当增加内部风机间距，以获得更大的发电量，因此，最终推荐布置方案的风机间距不完全一致。

根据《风电场工程微观选址技术规范 NB/T10103-2018》，风电场整体平均尾流损失小于 8%，单台风机最大尾流损失控制在 15%以内，推荐布置方案在尽量减少涉海面积极的前提下平均尾流损失已经控制为 15.9%，继续缩减间距将导致尾流损失更大。

（4）风机布置据通航安全论证专题结论再优化

根据项目通航安全评估报告中拟建工程与邻近场址风机距离影响分析：根据风机位置布置，布置风机之间留有约 800m 以上的富裕距离，周边的渔船等小船可能会从风机之间不规则穿越，造成碰撞风机的风险。

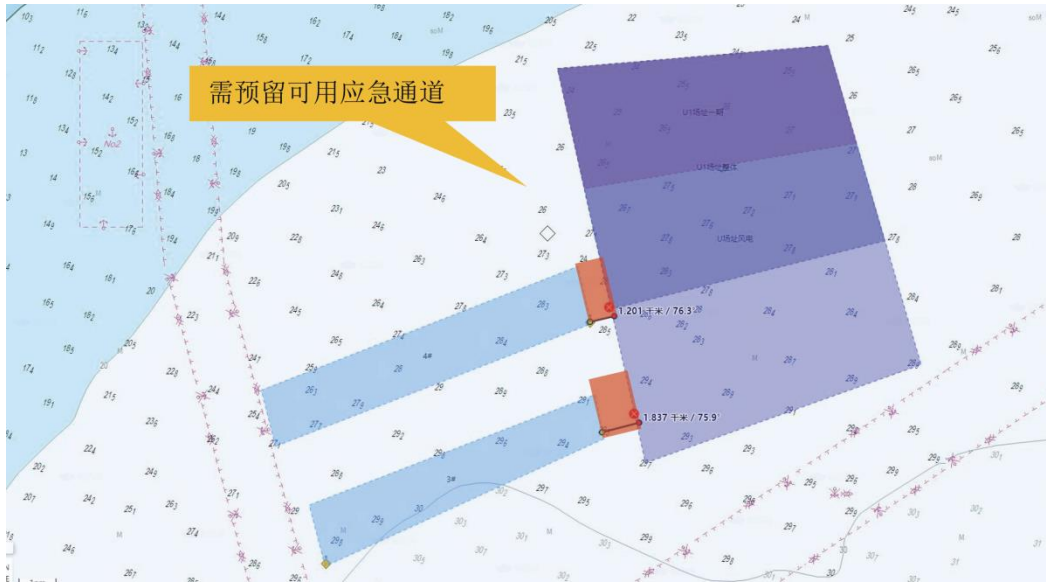


图 10.6.4-1 场址西侧可用预留南北方向应急通道示意图

本工程 U 场址西侧与 3 号和 4 号风电场边界之间存在 1100~1400 米左右的可航预留空间，两风场之间可航行间距较小，不利于为渔船、货船及其他船舶提供可通航的避险应急通道。

为了给渔船等其他南北穿越船舶提供通道航线，减小从风机内部通过对风机的影响，且可以为风电场之间航行提供避险通道。根据专家意见，建议调整 U 场址西侧两个风机位置，从而使得 U 场址西侧风机与半岛南 3#及 4#海上风电场风机保持约 2000 米左右的可航水域。

为此，业主单位在充分考虑风机位置基础上，为了保障 U 场址与西侧半岛南 3#和 4#风场保持合适距离的应急预留通道，对 U 场址中本项目东南角风机（53 号风机）进行位置调整，调整后位置如图所示。调整后 U 场址西侧风机与邻近半岛南 3#及 4#风机之间的风机距离达到 2000m 以上。

同时，营运期应制定相应的渔船等小船干扰风电运营的应急预案，防范大批渔船及小船从风电场间穿越，保障风电场自身运营及周边船舶安全。

优化后的项目风机平面布置见图 10.6.4-3

（5）小结

综上所述，本项目风机场是根据《山东海上风电发展规划（2021-2030 年）》规划和《国家能源局综合司关于山东省海上风电规划的复函》进行优化的场址内，进行风机布置，且充分考虑规划使用海域的水深、地形条件，确保基础安全性。布置方案根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间

距。布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行方案比选和优化。按照节约、集约用海原则，在技术可行的范围内尽量减小风电场涉海面积。

因此，本项目风电机组布置是合理的。

二、风机间集电线路布置方案比选和优化

本工程共布置 53 台 8.5MW 风电机组，总装机容量为 450.5MW。现阶段国内外海上风电场离岸 10 公里及以上，已广泛使用海上升压站，按照本项目风机布置情况，较近处风机距登陆点直线距离约为 22km，集电海缆登陆方案基本不具备实施条件，因此采用 220kV 海上升压站+陆上集控运维中心方案。风机所发电能通过场内集电线路接至海上升压站。

本工程场内集电线路电压等级有 35kV 和 66kV 两种电压等级可供选择。从经济性和用海面积方面来分析，同样的装机规模与风机布置，每回 66kV 海缆最大可连接 9 台风机，每回 35kV 集电海缆进可连接 4 台风机。当采用 66kV 集电海缆时，同样的电缆截面下可以连接更多台风机，集电线路串数减少，从而减少海缆数量，节约用海面积，同时由于输送电压升高，海缆运行的损耗更小。因此，推荐采用 66kV 集电海缆方案。综上，本项目采用场内海上升压站和 66kV 集电海缆方案具备一定合理性。

为降低海缆的整体投资，在海上升压站布置时考虑尽量缩短 220kV 海缆及 66kV 海缆的长度。为避让风电场东北侧成片养殖海域，220kV 海缆路径出风电场后需先向北敷设。本项目依托的 220kV 海上升压站位置在风电场北侧 2.9km 处海域，综合考虑，根据本期场内 53 台风机的推荐方案布置位置，考虑避免海缆交叉，进行了集电线路接线方案布置。

从经济性、安全性、对海域的占用、施工方便性等各方面综合考虑，本阶段推荐接线方案为：本风场台风机共分成 6 组，每组串接 8-9 台 8.5MW 风机，对应每组容量为 68-76.5MW，最后由场区中部向北汇集接线至海上升压站。本项目场区内集电线路连接示意图见下图。

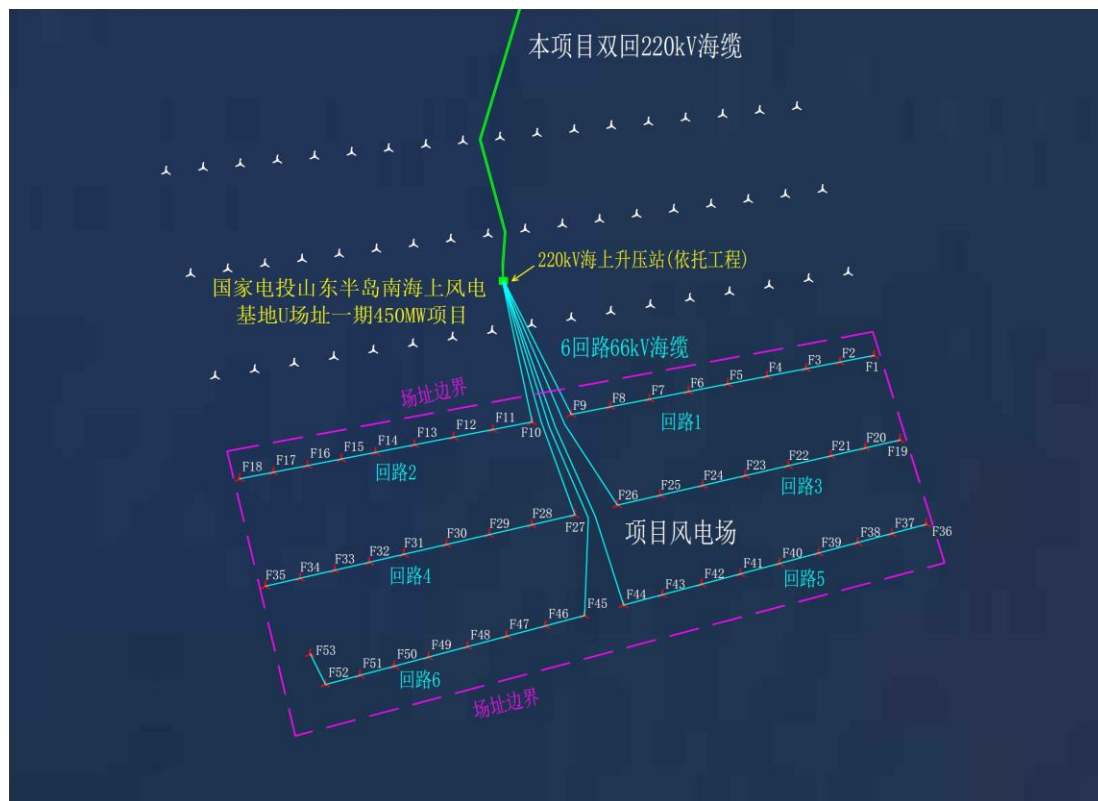


图 10.6.4-2 场区内优化后的 66kV 海缆集电线路布置图

三、220kV 海缆路径方案比选和优化

《山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目海底电缆路由桌面研究及调查、勘测方案》（山东电力工程咨询院有限公司，2023 年 3 月）对本项目 220kV 电缆送出方案进行了比选，本节主要参考其内容。

（1）220kV 海缆路由方案

比选方案主要对经过初期踏勘后形成的两个主干路由预选方案，两个路由预选方案均位于山东省威海乳山市南侧海域。

方案一路径：整体在国电投半岛南 U 场址一期项目送出段西侧平行布设，两项目海缆间距 25m 左右。自海上升压站接出两回 220kV 海缆后，经过拐点 G1、G2、G3 至风电场区边界，随后折向东北前进约 8.8km 至拐点 G4（G4'），随后沿养殖间廊道（宽度 175m~185m）向北前进约 7.2km 至拐点 G5（G5'），在沿南黄岛西侧习惯性航路向东北前进 1.7km 至拐点 G6（G6'），最后折向西北至登陆点 DLD。两回海缆整体间距 25m，登陆前 470m 开始逐渐收窄（拐点 G7 至 DLD），方案一路径长度约 21.8km×2 回。

方案二路径：自海上升压站接出两回 220kV 海缆后，经过拐点 G1、G2、G3 至风电场区边界，随后折向西北前进约 8.7km 至拐点 G8（G8'），随后沿养殖间廊道（宽

度 25m~75m) 向北前进约 5.3km 至拐点 G9 (G9'), 在避让生态红线前提下向东北前进 4.4km 至拐点 G10 (G10'), 最后连接至登陆点 DLD。两回海缆整体间距 25m, 登陆前 500m 开始逐渐收窄 (拐点 G11 至 DLD), 方案二路径长度约 23.3km×2 回。

两个预选方案路径示意图见图 10.6.4-3。

(2) 路由方案比选

针对主干路由两个方案进行比选, 两方案均位于威海乳山市南侧海域。这两个方案海上升压站、登陆点位置相同; 每个方案海上升压站至登陆点的海底电缆路由连接不同。

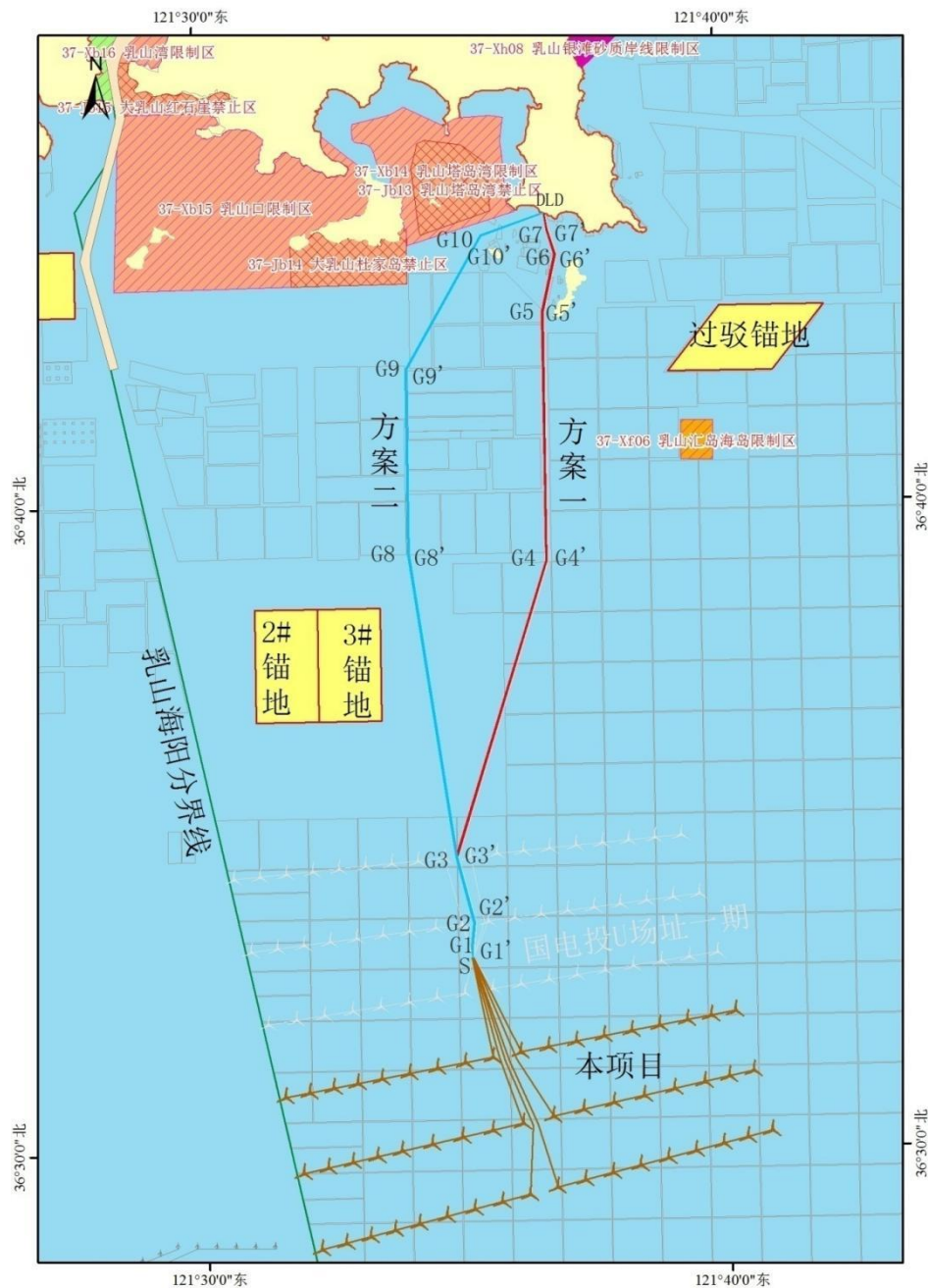


图 10.6.4-3 路由预选方案路径示意图

(3) 比选结论

经过比选分析，将影响路由方案比选的主要因素和比选结果列于表 10.6.4-1 中。

从表中可以看出，两方案的区域地质环境、断裂和地震、气象水文条件、登陆段环境、利益相关者评价等五个方面基本一致。相比较其他因素而言：

预选路由方案二仅在海底地形变化方面具有优势，相较方案一，方案二距离生态红线和保护区距离较近，施工期会产生悬浮泥沙扩散影响，另外占用功能区划中的特殊利用区，其倾倒废物可能对海底电缆可能存在一定的影响，对海缆安全及后期运维造成一定安全隐患，海缆长度方面较方案一增加 3.0km。

因此，综合考虑，将预选方案一作为本次推荐方案。

表 10.6.4-1 路由比选的主要因素评价表

评价内容		方案一	方案二	推荐
区域地质环境		本项目海底电缆预选路由位于威海乳山市南侧海域，项目区域范围内虽然构造复杂，断裂构造发育，但均为非全新世活动断裂，可不考虑其对海底电缆的影响。海底电缆路由区附近无大面积地表塌陷等危及场址安全的潜在地质灾害产生的条件。同时，海底电缆铺设也不会引起次生地质、地震灾害。		基本相同
断裂和地震		预选路由周边场地地震动反应谱特征周期为 0.40s（对应中硬场地土），按 III 类场地调整后为 0.55s。		基本相同
海底地形地貌		场区整体西北浅东南深，水深变化在 27m-28m。通过主干路由两方案水深剖面变化可以看出，自海上升压站至登陆点整体呈现由深变浅的趋势，其中方案一在南黄岛西侧出现水深急速变化的陡坡，其余位置水深变化较为平缓；方案二整体水深变化较为平缓，未发现水深急速变化的陡坡。		方案二
气象水文环境		本项目地处海洋影响的暖温带季风气候区，气温年较差小，极端温度和缓。风向区间和主要风能区间分布较为一致，均主要分布在风向 N 和 S 两个方向。年均气温 13.5℃，年平均降水量为 592mm，本区海域年平均潮差为 2.58m，最大潮差为 2.69m，出现在 8 月。实测海流均表现为较强的往复性流动，各站涨潮流向为偏 W 向，落潮流向为偏 E 向。影响本海区的主要天气系统有冷空气、气旋、热带气旋及海冰等。		基本相同
登陆点	登陆点位置	乳山市海阳所镇南芥村挂马场西南侧，距海上升压站直线距离 21.4km，距陆地集控中心直线距离 0.94km。		基本相同
	登陆点附近条件	现状为粉砂质海滩，向海为废弃养殖池，池壁残损，池内有较多碎石，向陆为荒草山坡，登陆点西侧 100m 为原养殖池看护房，登陆点附近整体较为平坦，没有影响海缆登陆的不利条件。		
开发活动 及相关规划	功能区划	占用威海-青岛东近海农渔业区（B1-2）、文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25）	占用威海-青岛东近海农渔业区（B1-2）、文登-乳山-海阳农渔业区（A1-25）和乳山口外特殊利用区（A7-23）	方案一
	海洋生态红线	距离最近的乳山塔岛湾限制区（37-Xb14）最近约 860m，距新“三区三线”红线区最近 700m	距离乳山塔岛湾限制区（37-Xb14）最近约 350m，距新“三区三线”红线区最近 60m，施工期悬沙影响	方案一
	保护区	距调整后大乳山国家级海洋公园最近约 800m（登陆段），施工无影响	距调整后大乳山国家级海洋公园最近约 60m，施工期悬沙影响	方案一
	港口锚地	距最近的乳山港 3#锚地约 3.2km	距最近的乳山港 3#锚地约 1.0km	方案一

评价内容		方案一	方案二	推荐
	利益相关者	占用 9 宗开放式养殖用海，涉及 5 个单位和个人	占用 8 宗开放式养殖用海，涉及 5 个单位和个人	基本相同
经济性	海缆长度	21.8km×2 回	23.3km×2 回	方案一
	造价费用	28994 万元	30989 万元	
评价	优势	①远离生态红线 ②远离保护区 ③不占用特殊利用区 ④距离锚地较远 ⑤海缆长度较短，经济性好	路径地形起伏较平缓	方案一

10.7 环境影响可接受分析

10.7.1 污染影响可接受性分析

(1) 施工期

施工期水环境影响主要来源于主要为施工人员生活污水、船舶含油废水以及生活垃圾等。本工程施工期施工期人员生活污水、船舶含油废水收集后由有资质单位统一接收处理；固体废物由当地环卫部门清运。因此施工期对周边环境影响较小。

(2) 运行期

本工程实施后对流场的影响有限，影响主要集中在桩基附近水域，距离工程场区较远的地方，几乎不受影响。工程场区及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，在对周围海域环境影响也相应较小。

10.7.2 生态环境影响可接受性分析

(1) 施工期

施工期对生态影响主要为施工打桩噪声对海洋动物的影响以及电缆、桩基施工占用海域和悬浮物对海洋生态和渔业资源的影响。根据影响分析，风机打桩通过采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。施工活动对海洋生态和渔业资源影响主要集中与风电场区域及送出电缆两侧，不会对区域生物多样性带来较大影响，通过增殖放流等措施可以减缓对海洋生态损失的影响。

(2) 运行期

运行期对海洋生态环境影响主要为风机运行对鸟类的影响以及水下噪声对海洋动物的影响。运行期对鸟类的影响主要为鸟类撞击风机影响，目前的研究总体结果表明概率较低，在一般飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率约 0.01%。总体而言，虽然项目建设会带来一定的鸟类撞击风机的可能，但发生的概率总的来说较低，不会对区域鸟类的数量种类造成明显影响。海上风电场在营运期总体的噪声强度比较低，对海洋动物影响较小。

10.7.3 环境风险影响可接受性分析

工程施工过程中可能会发生船舶碰撞发生溢油事故，本工程可依托乳山港以及乳山市海事部门的溢油应急设备。项目运行期的风险事故，主要为风机损坏、倒塌以及海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险，通过相关设计、加深电缆埋设深度和桩基固化土防冲刷等工程措施可将将环境风险减小到最小。

因此，在工程的建设和运行过程中落实各项环保措施，通过加强监督管理，确保环保措施稳定运行实施，本工程建设对环境影响是可以接受的。

11.环境管理和环境监测计划

11.1 环境管理

11.1.1 环境管理的目的和任务

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。环境管理目的在于保证工程各项环境保护措施的顺利实施，使工程施工和运行产生的不利环境影响得到减免，以实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

本项目环境管理工作由建设单位和施工单位共同承担。建设单位具体负责和落实从项目施工开始至结束的一系列环境保护管理工作。对施工期工区内的环境保护工作进行检查、落实，协调各有关部门之间的环保工作，并配合地方相关部门共同作好工区的环境保护监督和检查工作。

11.1.2 环境管理体系

工程环境管理分为外部管理和内部管理两部分。

外部管理是指国家及地方环境保护行政主管部门，依据国家相关法律、法规和政策，按照工程需达到的环境标准与要求，依法对各工程建设阶段进行不定期监督、检查及环境保护竣工验收等活动。

内部管理是指建设单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。内部管理分施工期和运行期两个阶段。

海洋相关部门负责本项目的环境管理、环境监测、污染源防治的监督管理等工作。当地海事行政主管部门负责水域监视，防治船舶及其相关作业污染水域的监督管理，负责水域重大污染事故的处理。

施工期内部管理由建设单位负责，对工程施工期环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到建设项目环境保护要求。施工期内部环境管理体系由建设单位、施工单位、设计单位和监理单位共同组成，通过各自成立的相应机构对工程建设的环保负责。

运行期由工程运行管理单位负责，对环境保护措施进行优化、组织和实施。

11.1.3 环境管理建议

针对本项目的建设和投入营运，提出如下环境保护管理要求和建议：

(1) 所有与本项目直接相关的污染防治设施的建设必须与项目主体工程同时设计、

同时施工、同时投产使用。

(2) 项目竣工投入试运营后, 应按照有关要求申请进行建设项目环保竣工验收。

(3) 建议本项目在落实各项环境保护设施时, 采用相关主管部门认证合格单位的污染治理技术或设施。

11.2 施工期环境管理

本项目环境管理工作由建设单位、监理单位和施工单位共同承担。

建设单位具体负责和落实从项目施工开始至结束的一系列环境保护管理工作。对施工期工区内的环境保护工作进行检查、落实, 协调各有关部门之间的环保工作, 并配合地方环保部门共同作好工区的环境保护监督和检查工作。

环境监理单位承担环境保护监理工作, 按照国家对建设项目环境保护管理要求, 依据环境影响报告书、环境保护设计文件和合同、标书中的有关内容对施工过程中的环境保护工作进行监理, 制定具体监理方案, 确保落实各项保护措施、实施进度和质量。项目环境保护监理贯穿于项目施工全过程。

施工单位应严格按照环境保护有关条例规定和制定的各项环保措施开展施工活动, 主要包括:

(1) 根据项目设计文件、报告书中有关环保内容和措施, 落实项目的各项环保措施和各项环保经费, 合理安排施工时间、方式, 确保将项目建设对渔业资源和鸟类的影响减到最小; 确保施工期间施工废水和生活污水统一收集处理, 不排海; 合理安排施工方式、时间, 确保施工场界噪声达标; 保持场地整洁, 保证施工机械和车辆废气排放符合国家有关规定; 做好施工人员卫生防疫工作。

(2) 委托有资质单位按照有关监测技术规范进行施工期环境监测, 定期提供监测数据和分析报告。

11.3 运行期环境管理

运行期间, 环境管理职能由项目运营方承担, 安排专职人员对风电场运行期环境保护工作统一管理。项目生产期结束后, 做好项目拆除施工的环境保护工作, 对拆除造成的环境影响进行必要的修复措施, 确保风机拆除不会对海域利用造成影响。

工程建成运行后, 在工程管理部门中设置“环境保护办公室”, 并设专职人员, 具体负责和落实工程建成运行后的环境保护管理工作, 其主要职责包括:

(1) 根据相关的环境保护法律、法规和技术标准, 确定工程运行期环境保护方针

和环境保护目标，制定运行期环境保护管理办法；

(2) 负责监督各项环保措施的落实与环保经费执行情况，确保环境监测工作的正常实施，做好环境信息统计；

(3) 协调处理运行期工程影响区出现的各项环境问题，配合地方海洋、环保、渔政和海事部门共同做好工程运行期环境管理工作，主要包括生态补偿、鸟类活动及撞击情况观测和通航安全管理等的监督和检查工作。

11.4 环境监测计划

本项目风电场区建设规模大，建设单位需要制订环境监测计划，委托具有海洋环境监测资质的相关单位，跟踪监测本工程建设对海洋环境的影响，便于及时发现并解决本工程建设引起的海洋环境问题。

为了及时了解和掌握本工程建设对海洋环境的影响，制定了本项目施工期及运营期具体的环境监测计划。

11.4.1 施工期

(1) 水质

- ①监测位置：风场区附近布设 20 个监测站位。
- ②监测时间及频次：施工期监测 2 次，在施工期监测一次，施工结束后监测 1 次。
- ③监测项目：悬浮物（SS）、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐。

(2) 沉积物

- ①监测位置：风场区附近设 10 个监测站位。
- ②监测时间及频次：项目施工结束后监测 1 次。
- ③监测项目：石油类、重金属。

(3) 海洋生态

- ①监测位置：风场区附近设 12 个监测站位。
- ②监测时间及频次：施工期监测 1 次，在施工年度的春、秋季实施。
- ③监测项目：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物。

(4) 鸟类

- ①监测位置：在风场和登陆点沿岸，布设 2 个站位。
- ②监测时间及频次：施工期进行观测一次。
- 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。

（5）水下噪声

在风机基础施工期间，从施工期开始及时跟踪监测施工所产生的水下噪声，特别是在施工期的第 1 个月，实时监测风机桩基打桩时产生的水下噪声，布设站位 4 个。

监测内容：施工所产生的最大声压级；噪声频带有效声压级；噪声声压谱级等。

11.4.2 运营期

通过监测可以反映和掌握运营期防治污染措施的有效程度和治理污染设施的运行治理效果，为环境管理工作提供科学依据。

（1）水质

- ①监测位置：风场区附近设 20 个监测站位。
- ② 监测时间及频次：运营期每年监测 1 次，选择春、秋季代表性季节。
- ③监测项目：pH、悬浮物、石油类、COD、DO、无机氮、活性磷酸盐等。

（2）沉积物

- ①监测位置：风场区附近设 12 个监测站位。
- ②监测时间及频次：运营期代表性季节每年 1 次。
- ③监测项目：石油类、重金属。

（3）海洋生态

- ①监测位置：风场区附近设 12 个监测站位。
- ②监测时间及频次：每年代表性季节监测 1 次。
- ③监测项目：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物。

（4）海洋生物体质量

- ①监测位置：风场区附近设 3 个监测站位。
- ②监测时间及频次：每年代表性季节监测 1 次。
- ③监测项目：鱼类、头足类、甲壳类等。

（5）鸟类

- ①监测位置：监测位置同海洋生态站位，12 个。
- ②监测时间及频次：运营期在代表性季节观测，每年一次。
- 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，鸟类撞机情况等。

（6）电磁环境

①监测位置：海缆及附近海域，设 9 个监测站位。

②监测时间及频次：运营期选择海缆正常工作时间监测 1 次。

③监测项目：工频电场、工频磁场。

(7) 水下噪声

①监测位置：风场区附近设 9 个监测站位，在距离风电场单个风机周边监测水下辐射噪声，在距离风电场场址边界外海域进行水下噪声背景监测及风机群噪声的综合测量。

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。

(8) 地形地貌与冲淤监测

①监测位置：8 个典型风机桩基位置。

②监测时间及频次：运行初期前 3 年，每年 1 次。

③监测项目：淤深（厚）度、冲淤坑（包）直径。

监测采样和分析方法应按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》要求执行。具体监测应委托有资质单位进行，并可视项目实际运行情况进行适当调整，海洋环境监测结果应报送行政主管部门，并应提交有效的计量认证分析检测成果，为管理部门提供可信的监测数据与资料。建设单位在制定环境监测计划时，应同时制定环境监测资料的存贮、建档与上报的计划，并接受有关环境保护行政主管部门的检查和指导。

本项目监测站位见图 11.4-1。

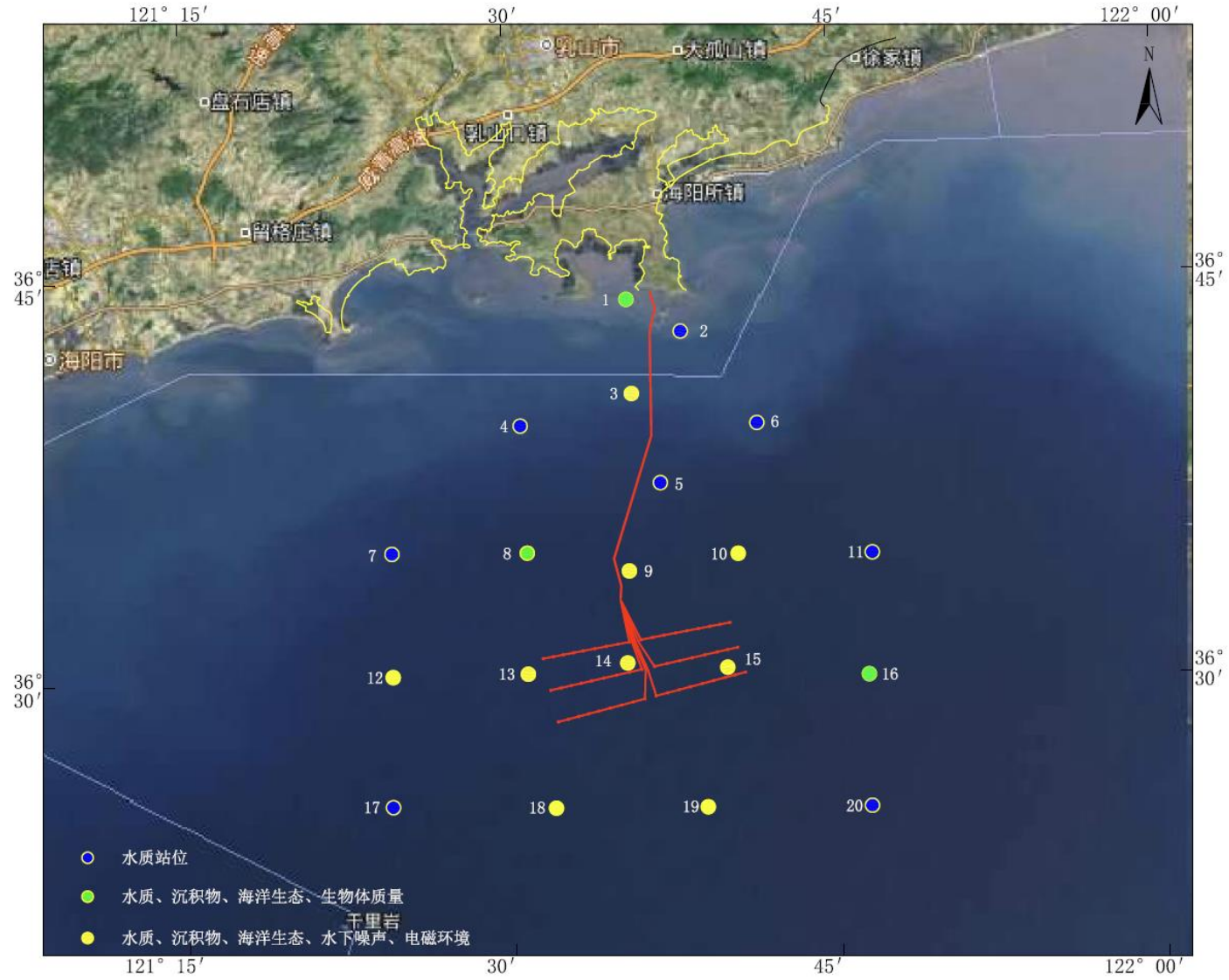


图 11.4-2 运营期环境监测站位图

11.5“三同时”验收计划

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》有关规定，由企业自主全面开展建设项目竣工环境保护验收。

建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督。

本项目竣工环境保护验收的主要内容见表 11.5-1。

表 11.5-1 “三同时”验收一览表

项目	污染源	主要污染物	排放/处理方式	验收标准
废水	船舶生活污水	COD、氨氮和 SS	运至陆域统一接收处置	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）
	船舶含油废水	石油类	委托有资质单位接收处理	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）
噪声	风机噪声	噪声	自然排放	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）
固体废物	船舶生活垃圾	生活垃圾	由陆域单位统一接收处理	按要求实施
	危险废物	含油棉纱	委托有资质单位接收处理	《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
环境监测计划	/	/	监测机构设置、人员配置、监测计划	按要求实施
风险	/	/	风险管理计划：工程设计中的风险防范措施；事故风险的环境保护应急计划，包括应急人力、物资配备、防范措施、应急处置等	按要求实施

11.6 建设项目污染物排放清单及污染物排放管理要求表

本项目污染物排放清单及排放管理要求详见表 11.6-1。

11.6-1 建设项目污染物排放清单及污染物排放管理要求表

环境要素	污染源	主要污染物	排放/处理方式	排放浓度	执行标准	排放量	排污口	环境监测
水环境	船舶生活污水	COD、BOD、氨氮、SS	由陆域单位统一接收处置	/	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）	0	/	/
	检修船含油污水	石油类	委托资质单位接收处理	/	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）	0	/	/
声环境	风机	噪声	自然传播	/	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）	/	/	/
大气环境	船舶废气	SO ₂ NO _x CO	无组织排放	/	/	/	/	/
固体废物	检修船工作人员	生活垃圾	委托陆域单位统一接收处置	/	/	/	/	/
	风机维护	含油棉纱	委托陆域有资质单位接收处理	/	《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）	0	/	/
							/	/
							/	/

12.环境影响综合评价结论及对策建议

12.1 综合评价结论

12.1.1 项目概况

本项目位于山东省乳山市南侧海域，风电场场区水深 28.5m~30.5m，场址中心离岸距离约 26km。项目风电场总装机容量 450.5MW，拟安装 53 台单机容量为 8.5MW 的风电机组。风电机组所发电通过场内 66kV 集电海底电缆接入依托的 220kV 海上升压站，升压后以 2 回 220kV 海缆接入海缆登陆点。

本项目用海类型一级类为工业用海，二级类为电力工业用海。其中，风机用海方式为透水构筑物；海底电缆用海方式为海底电缆管道。项目申请用海年限为 28 年。

本工程计划总投资 472830 万元，项目环保投资共计 2127.11 万元，占项目总投资估算的比例为 0.45%。项目总工期为 10 个月。

12.1.2 环境现状评价结论

(1) 海水水质

根据 2022 年春季水质评价结果，除 37 号站石油类存在轻微的超标现象，其余各站位各项监测指标均符合相应的海水水质标准。

根据 2021 年秋季水质评价结果，除 36 号站 DO、25 号站无机氮存在超标现象，其余各站位各项监测指标均符合相应的海水水质标准。

(2) 海洋沉积物

2021 年 11 月评价结果表明，调查海域各站位所有沉积物污染因子均符合相应的沉积物质量标准。

(3) 海洋生态

1) 叶绿素 a

2022 年春季调查海域叶绿素 a 的变化范围在 0.0510~5.32g/L，平均值为 1.63μg/L。本次调查中调查海域叶绿素 a 浓度正常。

2021 年秋季调查海区海水中叶绿素 a 的变化范围在 0.338~2.068μg/L，平均值为 1.07μg/L。

2) 浮游植物

2022 年春季调查海域调查中共鉴定出浮游植物 61 种，分别隶属 3 门，其中硅藻门 42 种，占总种数的 69%；甲藻门 18 种，占总种数的 30%。品种最多的站位为 21 站位，

21 个种。调查优势种中肋骨条藻。

2021 年秋季调查海域共鉴定出浮游植物 56 种，分别隶属于 3 门，其中硅藻门 46 种，占总种数的 82.1%；甲藻门 9 种，占总种数的 16.1%；金藻门 1 种，占总种数的 1.8%。优势种为笔尖形根管藻、劳氏角毛藻、中肋骨条藻、角毛藻。

3) 浮游动物

2022 年春季调查共鉴定出浮游动物 24 种，其中节肢动物 12 种，种类最多，占种类组成的 50%；浮游幼虫类 8 种，占种类组成的 33%；原生动物、腔肠动物、栉水母、毛颚动物各 1 种，各占种类组成的 4%。

2021 年秋季调查共鉴定出浮游动物 49 种，其中节肢动物 25 种，种类最多，占种类组成的 51%；浮游幼虫类 13 种，占种类组成的 27%；腔肠动物 7 种，占种类组成的 14%；浮游被囊类 2 种，占种类组成的 4%；原生动物和毛颚动物均为 1 种，占种类组成的 2%。

4) 底栖生物

2022 年春季调查海域内共鉴定出底栖生物 50 种，分别隶属于扁形动物、纽形动物、多毛类、软体动物、甲壳类、棘皮动物。其中多毛类的种类最丰富，出现 31 种，占底栖生物总种数 62%。甲壳类出现的种类次之，共 9 种，占底栖生物总种数的 18%；软体动物 7 种，占底栖生物总种数的 14%；扁形动物、纽形动物、棘皮动物各出现 1 种，占底栖生物总种数的 2%。

2021 年秋季调查海域共采集到底栖生物 64 种，隶属于纽形动物、多毛类、软体动物、甲壳类、棘皮动物、腕足动物等 6 个动物门。其中多毛动物的种类最丰富，出现 45 种，占底栖生物总种数 70.3%。甲壳类出现的种类次之，共 8 种，占底栖生物总种数的 12.5%；软体动物 5 种，占底栖生物总种数的 7.8%；棘皮动物出现 4 种，占底栖生物总种数的 6.3%；纽形动物和腕足动物各出现 1 种，分别占底栖生物总种数的 1.6%。优势种为不倒翁虫和寡鳃齿吻沙蚕。

5) 潮间带生物

2022 年春季调查共采集到潮间带生物 14 种，隶属于多毛类、甲壳类、腔肠动物软体动物、尾索动物。其中甲壳类出现的种类数最多，共 7 种，占种类组成的 50%。软体动物次之，共 3 种，占种类组成的 21%；多毛类 2 种，占种类组成的 14%；腔肠动物、尾索动物各 1 种，占种类组成的 7%。

2021 年秋季调查共采集到潮间带生物 24 种，隶属于钮形动物、多毛类、甲壳类、

软体动物 4 个类别，其中钮形动物 1 种，占 4.2%；多毛类 11 种，占 45.8%；软体动物 9 种，占 37.5%；甲壳类 3 种，占 12.5%。

(4) 渔业资源

2022 年春季调查共出现渔业资源种类 56 种，其中，鱼类 34 种，占总数的 60.7%；甲壳类 16 种，占总数的 28.6%；头足类 6 种，占总数的 10.7%。2019 年春季调查共鉴定鱼卵仔稚鱼 12 种，隶属于 2 目 9 科。

2021 年秋季调查共出现渔业资源种类 67 种，其中，鱼类 35 种，占总数的 52.2%；虾类 10 种，占总数的 14.8%；蟹类 5 种，占总数的 7.5%；双壳类 3 种，占 4.5%；腹足类 3 种，占总数的 4.5%；头足类 5 种，占总数的 7.5%；棘皮类 6 种，占 9.0%。2021 年秋季调查共采集到稚鱼 2 尾，分别为鲢和黄姑鱼。

12.1.3 环境影响分析结论

(1) 水动力、冲淤环境影响

整体来看，风机周边小范围内流速整体有所减小，涨落急时刻减小在 3cm/s 的区域距风场最大距离约 980m；风电场潮流流速增加在 2cm/s 的区域距风场最大距离约 1800m；工程建设对潮流场的影响主要集中在风机周边小范围内，对外围其他区域的影响较小。

工程建成前后冲淤变化不大，风场周边冲淤变化基本处于动态平衡，风电场北侧年侵蚀略有增大，年最大侵蚀增加量小于 0.20cm；南侧年最大侵蚀变化量 0.16cm。工程建设对冲淤环境的影响主要集中在风场周边小范围内且变化量较小，工程建设对地形地貌冲淤环境影响很小。

(2) 水环境影响

项目施工期产生的船舶含油污水和生活污水统一收集后，委托有资质单位统一接收处置，不外排。营运期工作船舶生活污水、检修船含油污水统一收集后，委托有资质单位接收处置，不外排。正常情况下本项目营运期废水不对工程区域的海洋水质环境产生影响。

项目电缆敷设施工期间 10mg/L 悬浮泥沙主要在工程 W-E 方向扩散，最大扩散距离约 1.3km。悬浮泥沙超二类水质标准范围面积为 16201.96hm²，悬浮泥沙超三类水质标准范围面积为 2733.14hm²，悬浮泥沙超四类水质标准范围面积为 1214.70hm²。

随着施工结束，悬浮泥沙对海域水质环境影响将随之消失。

(3) 海洋生态环境影响

本工程共计造成浮游植物总损失量为 4.46×10^{14} 个，浮游动物总损失量为 5.56×10^{12}

个，底栖生物总损失量 0.33t，游泳生物总损失量为 20.58t，鱼卵总损失量为 4.64×10^8 个，仔稚鱼总损失量为 7.48×10^7 尾。

（4）噪声环境影响

风机运行过程中产生的噪声主要由机械及结构噪声和空气动力噪声组成，风机运行产生的噪声到达海面时衰减为 55dB，声波传入水体中将进一步衰减。因此，风机运行产生的噪声不会引起桩基周围的水生生物和鱼类晕厥、死亡等现象，且当风机噪声影响鱼类正常栖息和生存时，鱼类将游离该处，寻找适合生存的栖息地。

因此，风机运行期产生的噪声对周围环境影响较小。

（5）电磁环境影响

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。因此本工程海底电缆建成运行后，不会对海洋生物产生不利的电磁场影响。

（6）环境事故风险影响

本工程主要环境风险包括施工期施工船舶碰撞溢油事故；运营期环境风险包括风机遭受雷电、台风等自然灾害风险，长期冲刷造成电缆和海床之间形成掏空的事故风险。针对可能发生的环境事故，本报告提出了相应的事故防范措施，采取上述措施后，上述环境事故的发生概率可明显降低，事故发生对环境的影响可明显减小。

项目环境风险是可控的。

12.1.4 公众意见采纳情况

本次环评报告编制过程中建设单位依据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）以及《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）等规范和文件要求采取网络平台公示、报纸公示、现场张贴公告等方式开展了项目公众参与调查工作，公示期间未收到相关反馈信息和意见。

12.1.5 环保措施分析结论

项目污废水、固废等收集后统一处理，废气、扬尘、噪声等采用预防、管理和治理措施。针对海洋生态采取了加强管理、优化施工方案、合理选择施工时间、生态补偿等措施。针对鸟类影响采取宣传教育、加强管理、噪声防范措施、合理选择施工作业时间和范围等措施。为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的影响，建议在建设单位采取适当补偿后由主管部门统一规划和实施区域的增殖放流等资源恢复工作。

运营期为减小对鸟类的影响，采取了设置保护色彩、生态工程、加强鸟类撞击观测、进行鸟类研究等措施。为减小通航影响采取：设置导助航设施、涂警示色、安装监视系统、配防撞设施、加强环境监测等措施。运行期管理人员生活污水和船舶生活废水由资质单位接收处理，固废由资质单位统一收集处置。

12.1.6 建设项目的环境可行性评价结论

项目建设符合《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和山东省“三区三线”划定成果，符合《山东省海洋主体功能区规划》、《海上风电开发建设管理办法》、《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》等相关规划。项目建设符合《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》、《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

项目施工与运营，对周边海域水质、生态环境影响程度可接受。项目建设和运行带来的海洋生物和渔业资源损失可通过适当的生态补偿等进行修复，其它不利环境影响可以通过采取相应的环保措施予以减轻。

本项目符合产业政策，项目社会效益显著。在全面加强环保管理、认真落实本报告提出的各项环保措施、风险防范措施的前提下，从环境保护的角度，项目建设是可行的。

12.2 建议

（1）施工期各施工船舶应严格按照施工方案选择的施工航线行驶，禁止随意穿越现有航道，确保施工期和运营期船舶通航安全。

（2）建议建设单位定期对鸟类活动进行监测，切实做好鸟类保护工作。

委托书

青岛浅海海洋工程研究院有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》等有关法律、法规，我公司开展的山东海卫半岛南U场址450MW海上风电项目需要开展环境影响评价工作，我公司通过前期总承包单位山东电力工程咨询院有限公司委托贵单位依据相关技术规范编制该项目环境影响报告书。

海卫（乳山）海上风电有限公司

2023年3月24日



山东省发展和改革委员会 山东省能源局 文件

鲁发改能源〔2022〕86号

山东省发展和改革委员会 山东省能源局 关于印发《山东海上风电发展规划 （2021-2030年）》的通知

青岛、东营、烟台、潍坊、威海、日照、滨州市人民政府，省有关部门、单位，各有关企业：

《山东海上风电发展规划（2021-2030年）》已经省委、省政府同意，现印发给你们，请结合实际，认真组织实施。



国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址项目

对鸟类影响的评价报告专家评审意见

2022 年 9 月 27 日，国电投（乳山）海上风电有限公司以通讯方式组织召开了《国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址项目对鸟类影响的评价报告》（以下简称“报告”）的专家评审会。国电投（乳山）海上风电有限公司的代表及 3 位专家（名单附后）参加了会议。与会专家和代表听取了山东大学对“报告”的汇报，经认真讨论和质询，形成如下审查意见：

一、国家电投山东半岛南海上风电基地 U 场址项目位于山东海阳市和乳山市南侧海域，水深 24~29m，所占海域面积约 143km²，风电场中心距最近海岸距离约 22km，场址边界距海岸最近距离约 17km。风场外缘西南距千里岩海洋保护区约 30km。风场选址避开了海洋自然保护区、军事用海管理区、海底电缆等区域。风电场总规划容量为 900MW，分两期建设。首期拟安装 53 台单机容量 8.5MW 的风电机组，总装机规模 450.5MW，并配套建设海上升压平台及海底电缆。

二、“报告”通过资料搜集与实地调查相结合手段，开展了风电场周边各种生境类型中的鸟类调查。“报告”认为，本项目场址离岸较远，项目建设和运营期对鸟类的繁殖没有影响，对极少数鸟类的觅食行为有影响，但影响有限。部分鸟类迁徙过程中可能会经过本项目场址所在区域，但该海域并非鸟类主要迁徙通道，鸟类在飞行过程中也会主动规避风机。此外，项目所占海域面积较小，经此区域迁徙或在此区域活动的鸟类会有足够的主动规避空间。总体而言，项目建设和运营对鸟类迁徙的影响较小。“报告”建议施工期应避开春、秋鸟类迁徙季节的迁徙高峰期，并采取在风机叶片增设警示标志灯等措施，促使鸟类进一步主动规避，并加强运营期间鸟类的监测和科学管理。从对鸟类生态影响的角度来讲，“报告”认为本项目的建设是可行的。

三、“报告”开展的鸟类调查观测站位布置合理、调查取样分析手段符合相关规范要求、分析结果合理可信，所提保护建议及措施科学到位。

“报告”经修改完善后，可作为该项目后续相关工作的依据。

评审专家：赵金明 贾少波
钟 磊 2022 年 9 月 27 日

附件四 水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告专家评审意见

国家电投山东半岛南 U 场址海上风电项目水下噪声及电磁环境 对海洋生物影响专题研究报告技术审查意见

2022 年 9 月 27 日，山东电力工程咨询院有限公司在青岛组织召开了《国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电场工程声环境现状调查及影响分析报告》（以下简称“报告”）技术审查会。国电投（乳山）海上风电有限公司的代表及 3 位专家（名单附后）参加了会议。与会专家和代表听取了中国科学院声学研究所北海研究站对“报告”的汇报，经认真讨论和质询，形成如下审查意见：

一、国家电投山东半岛南 U 场址海上风电项目位于山东省威海市乳山海域，本期规划装机容量为 450MW，场址面积 71km²，拟布置 53 台风力发电机组。本期风电场场区水深 24.7m~28.5m，场址中心离岸距离 22km 左右。

二、“报告”开展工程海域水上、水下噪声监测与评价，类比海上风机在施工期、营运期对水下环境噪声的影响，结合国内外相关文献，分析给出水下噪声对海洋生物的声压级阈值影响范围。结果表明施工期打桩施工为主要噪声影响因素，确立在离打桩施工中心点 272 m 范围内为海洋鱼类的危险区域；试验与类比分析表明，项目工程海域鱼类和优势物种（三疣梭子蟹、口虾蛄、牡蛎等）对风电场运营期风机噪声无明显反应。

三、“报告”分析了项目各单元电气特征，类比分析工程运行期电磁环境影响范围和程度，对于 35kV 的集群海底电缆，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降为 1uT 以下；对于 220kV 海底电缆，磁感应强度将降为 10uT 以下，对海洋生物的影响在可接受范围内。

四、“报告”技术路线正确，现场监测实验数据可靠，分析评估方法合理，影响分析准确。报告编制依据充分，成果资料翔实，结论可信。

“报告”经修改完善后，可作为该项目后续相关工作的依据

五、建议

补充项目海域海洋生物繁殖、产卵时间，明确海上打桩施工期建议。

专家组组长：

张涛

2022 年 9 月 27 日

乳 山 市 人 民 政 府

关于支持山东半岛南基地 U 场址海上风电 项目开发建设的函

按照省委、省政府部署要求,为加快推动海上风电项目开发,2021 年 10 月 13 日,山东省能源局下发了《关于委托开展“十四五”首批海上风电项目前期研究论证的函》(鲁能源新能函〔2021〕36 号),文中委托国家电投集团牵头、国家能源集团参与,共同开展半岛南基地 U 场址海上风电项目前期研究论证工作,并要求做好相关市县有关部门、单位的沟通衔接、积极争取有关方面的支持和协助。

半岛南基地 U 场址规划建设规模 150 万千瓦,项目已完成军事影响论证,并根据论证结果完成项目场址调整。调整后场址位于乳山市南部海域,属山东省省管海域,风电场中心离岸距离约 26 公里。根据《威海港总体规划》(鲁政字〔2009〕39 号批复),经研究论证,本项目开发建设对乳山港附近锚地及进出乳山港区船舶航路影响较小。

我市将积极支持本项目建设单位开展项目用海、通航等核准手续办理工作。因项目开发建设所涉及的乳山港及港区船舶航路影响、利益相关者协调等事宜将由我市统一协调,以确保本项目开发建设顺利实施。



附件六 关于工程建设内容和责任范围的说明

关于山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目 工程建设内容的说明

山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目的建设单位为海卫（乳山）海上风电有限公司，项目场址位于山东省乳山市南侧海域。

本项目海域工程包括 53 台单机容量为 8.5MW 的风电机组工程、场区内 6 回 66kV 海缆（67.2km）及海上至登陆点双回路 220kV 海缆。项目陆地工程包括陆上集控中心、登陆点至架空线路等。项目 220kV 海缆登陆后转为架空线路，最后接入陆上集控中心。

海卫（乳山）海上风电有限公司于 2023 年 3 月委托青岛浅海海洋工程研究院有限公司开展了山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目环境影响评价工作，评价单位编制了《山东海卫半岛南 U 场址 450MW 海上风电项目环境影响报告书》，该报告的评价责任范围为项目的海域工程，主要包括海上风电机组工程、场内 66kV 海缆工程和海上至登陆点 220kV 海缆工程，登陆点之后陆域工程不在本次评价责任范围内，陆域工程部分（集控中心及登陆点至陆上集控中心线路工程）由建设单位另行委托，并开展相应的环境影响评价工作。

海卫（乳山）海上风电有限公司

2023 年 6 月 19 日



中华人民共和国威海海事局

威海事函〔2023〕40号

威海海事局关于山东 海卫半岛南U场址450WM海上风电项目用 海预审征求意见的复函

威海市行政审批服务局：

《关于山东海卫半岛南U场址450WM海上风电项目用海预审征求意见的函》已收悉，经研究，我局原则同意山东海卫半岛南U场址450WM海上风电项目用海。建议在项目开工前，完成进出乳山港锚地及航道的海上航路、航道规划论证工作。



2023年3月22日