



中广核嵊泗 7#海上风电场工程
环境影响报告书
(简本)

建设单位：中广核（嵊泗）新能源有限公司

编制单位：杭州希澳环境科技有限公司

二〇二四年七月

目 录

1 概述	1
1.1 项目由来	1
1.2 建设项目的特点	2
1.3 环境影响评价的工作过程	2
1.4 分析判定相关情况	2
1.5 关注的主要环境问题及环境影响	3
1.6 环境影响评价的主要结论	3
2 总 则	4
2.1 编制依据	4
2.2 评价目的	8
2.3 评价标准	9
2.4 评价工作等级	17
2.5 评价范围	19
2.6 环境保护目标和环境敏感目标	24
2.7 评价重点和评价时段	30
2.8 相关规划及功能区划符合性分析	30
3 建设项目工程分析	55
3.1 项目概况	55
3.2 工程分析	87
4 环境现状调查与评价	114
4.1 自然环境概况	114
4.2 工程区域海洋资源	122
4.3 水文动力环境现状调查与评价	140
4.4 地形地貌与冲淤状况	141
4.5 海洋环境现状调查与评价	143
4.6 海洋生态现状调查与评价	152
4.7 渔业资源现状调查与评价	152
4.8 环境空气质量现状评价	152
4.9 电磁环境监测	154
4.10 鸟类资源现状评价	154
5 环境影响预测与评价	156
5.1 水文动力条件影响预测与评价	156
5.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	173
5.3 水环境影响预测与评价	175
5.4 海洋沉积物环境影响预测与评价	180

5.5 生态影响预测与评价	181
5.6 水上噪声影响预测与评价	189
5.7 水下噪声影响预测与评价	193
5.8 工程建设对鸟类的影响	203
5.9 其他环境影响预测与评价	209
5.10 环境事故风险预测与评价	211
5.11 工程建设对环境敏感区的影响	234
6 环境保护对策措施	236
6.1 施工期环境保护对策措施	236
6.2 运行期环境保护对策措施	243
6.3 环境风险防范与应急措施	246
6.4 环境保护措施汇总	261
7 环境经济损益分析	264
7.1 环保投资估算	264
7.2 经济效益分析	265
7.3 环境损益估算	266
7.4 环境经济损益综合分析与评价	267
8 环境管理与监测计划	268
8.1 环境管理计划	268
8.2 环境监理	271
8.3 环境监测计划	272
8.4 总量控制	278
9 环境影响评价结论及建议	279
9.1 工程分析	279
9.2 环境现状评价	279
9.3 主要环境影响分析与评价结论	282
9.4 环境事故风险	285
9.5 环境保护对策措施	285
9.6 综合评价结论	287

1 概述

1.1 项目由来

风力发电作为清洁能源，具有显著的社会和环保效益，对于推动我国可再生能源发展有着重要意义，国家支持和鼓励对风电的开发。近些年来，我国陆上风电得到迅速发展，但东部沿海地区由于资源条件、建设用地、电网条件、环境保护等因素对陆上风电的制约也越来越明显，近海风电将是我国东部沿海地区今后风电发展的方向。

根据习近平总书记提出的“3060”目标和要求，建立以新能源为主体的新型电力系统是电力系统发展的方向。浙江电网隶属于华东电网，目前网内电源以燃煤电厂为主，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 、烟尘等污染环境和造成温室效应的有害气体，对环境和生态造成不利的影响。积极开发风电等清洁能源是应对气候变暖、响应国家政策的需要，也是保持浙江经济可持续发展的能源战略。

为实现国家经济社会发展战略目标，加快能源结构调整，国家相继出台了《可再生能源法》《“十四五”现代能源体系规划》《关于印发“十四五”可再生能源发展规划》指导可再生能源的发展。浙江省近年来风电事业发展快速，截至2021年底，全省风电累计并网装机容量已达到364万kW，其中海上风电220万kW。2021年6月，浙江省发改委、省能源局正式发布《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》，规划指出“十四五”期间，浙江省将大力发展风电、光伏，实施“风光倍增计划”。到2025年底，可再生能源装机超过5000万kW，装机占比达到36%以上。到“十四五”末，力争我省风电装机达到640万kW以上，新增装机在450万kW以上，主要为海上风电。

中广核嵊泗 7#海上风电场工程（以下简称“本工程”）场区位于浙江省舟山市嵊泗县小洋山岛北部海域，场址中心距离小洋山岛约8km，场址呈不规则五边形，东西长约5.5km，南北宽约3.9km，面积约15km²，水深11~13m，规划装机容量为25万kW。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》及《浙江省建设项目环境保护管理办法》的有关规定，本项目建设需执行环境影响评价制度。根据《建设项目环境影响评价分类管理名

录（2021 年版）》，本项目海域工程属于“五十四、海洋工程—151 海洋能源开发利用类工程”中的“总装机容量 5 万千瓦及以上的海上风电工程及其输送设施及网络工程”，需要编制环境影响报告书；本项目陆域工程属于“五十五、核与辐射—161 输变电工程”中的“其他”，需要编制环境影响报告表；因此，本项目环境影响评价类别按照单项等级最高的确定，编制环境影响报告书。

为此，建设单位中广核（嵊泗）新能源有限公司委托杭州希澳环境科技有限公司承担了该项目的环境影响评价工作。我公司在现场踏勘、监测和资料收集等基础上，按环境影响评价技术导则的规范和环境影响报告书的编写要求，编制了该项目的环境影响报告书（送审稿）提交主管部门审查。

1.2 建设项目的特点

浙江省位于我国东部沿海经济发达地区，常规能源资源较为贫乏，对外依存度高，而风能资源则比较丰富，海上风能资源开发潜力比陆地更大。为加快开发浙江沿海风能资源，中广核（嵊泗）新能源有限公司拟在浙江省舟山市嵊泗海域建设中广核嵊泗 7#海上风电场工程。本次评价的海域工程包括 20 台 12.5MW 风力发电机组、66kV 海缆 6.858km，陆域工程包括登陆点、450m 陆缆和陆上换流站。

1.3 环境影响评价的工作过程

中广核（嵊泗）新能源有限公司委托杭州希澳环境科技有限公司承担本项目的环境影响评价工作。评价单位接受委托后，在项目区域进行了多次现场调查，了解工程区域自然环境状况及环境功能区划，收集了与本项目相关的规划等文件，同时开展环境保护目标调查和环境现状调查。

本项目环评阶段，中广核（嵊泗）新能源有限公司采取了网站公示、现场张贴公告两种信息公开方式征求公众意见。

在上述工作的基础上，编制单位依据项目建设方案及相关专题报告，针对工程特点和工程区域环境概况，进行环境现状评价和影响预测，制定防治污染和减缓生态影响的措施，编制完成《中广核嵊泗 7#海上风电场工程环境影响报告书》。

1.4 分析判定相关情况

根据国家发展改革委发布的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，新能源项目“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”属于鼓励类项目。工程符合

《浙江省国土空间规划（2021-2035）》《浙江省海岸带及海洋空间规划》，浙江省“三区三线”划定成果、《浙江近岸海域环境功能区划（修编）》《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》等相关规划。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

根据拟建项目特点，本次评价关注的主要环境问题及环境影响为：

- ①风机基础、电缆铺设施工对海洋水质、生态及渔业资源的影响；
- ②水下噪声对海洋动物的影响；
- ③风机运行对区域鸟类迁徙、栖息及其生境的影响；
- ④突发溢油风险事故对海洋环境 and 环境敏感目标的影响。

1.6 环境影响评价的主要结论

本项目选址符合《浙江省国土空间规划（2021-2035）》《浙江省海岸带及海洋空间规划》《浙江近岸海域环境功能区划（修编）》、浙江省“三区三线”划定成果、《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》《浙江省海上风电发展规划（2021-2035）》，符合国家的产业政策。

工程建设和运行带来的海洋生物损失可通过适当的生态补偿等进行修复，其它不利环境影响大多可以通过采取相应的环保措施予以减缓。只要在工程的建设 and 运行过程中加强管理，确保实施报告书中提出的环保措施，从环境保护角度看，本项目建设是可行的。

2 总 则

2.1 编制依据

2.1.1 有关法律、法规

2.1.1.1 国家相关法律法规及部门规章

1. 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；
2. 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017 年 11 月 5 日修正；
3. 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；
4. 《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年 6 月 27 日；
5. 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日；
6. 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2022 年 6 月 5 日；
7. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日；
8. 《中华人民共和国可再生能源法》，2006 年 1 月 1 日；
9. 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 7 月 1 日；
10. 《中华人民共和国渔业法（修订）》，2014 年 3 月 1 日；
11. 《中华人民共和国野生动物保护法》，2022 年 12 月 30 日修订；
12. 《中华人民共和国湿地保护法》，2021 年 12 月 24 日修订；
13. 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2013 年 12 月 7 日；
14. 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日；
15. 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 9 月 1 日；
16. 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》，2017 年 3 月 1 日；
17. 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院第 475 号，2017 年 3 月 1 日；
18. 《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》，1990 年；
19. 《防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院令第 561 号，2017 年 3 月 1 日；
20. 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋污染防治管理规定》，2017 年 5 月 23 日；

21. 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》；
22. 《海洋工程环境影响评价管理规定》，2017 年 4 月 27 日；
23. 《海底电缆管道保护规定》，国家海洋局，2004 年 3 月 1 日；
24. 关于国际海事组织《73/78 防污公约》1995 年修正案（附则 V）生效的通知，交通部；
25. 《水生生物增殖放流管理规定》，农业部令 20 号，2009 年 5 月 1 日；
26. 《海上风电开发建设管理办法》，2016 年 12 月；
27. 《国家重点保护野生动物名录》，国家林业和草原局、农业农村部，2021 年 1 月 4 日；
28. 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月 1 日；
29. 《中华人民共和国土地管理法》，2020 年 1 月 1 日；
30. 《中华人民共和国突发事件应对法》，2007 年 11 月 1 日；
31. 《中华人民共和国水土保持法》，2011 年 3 月 1 日；
32. 《排污许可管理条例》，2021 年 3 月 1 日；
33. 《中华人民共和国海洋倾废管理条例实施办法》，2017 年 12 月 27 日；
34. 《水产资源繁殖保护条例》，1979 年 2 月 10 日；
35. 《长江经济带发展负面清单指南（试行）》（推动长江经济带发展领导小组办公室文件第 89 号）；
36. 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》，交通运输部令 2017 年第 15 号；
37. 《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》，交通运输部令 2019 年第 40 号；
38. 《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》，交海发〔2018〕168 号；
39. 《建设项目主要污染物排放总量指标审核及管理暂行办法》，环发〔2014〕197 号；
40. 《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》，环环评〔2016〕150 号；
41. 《关于做好环境影响评价制度与排污许可制衔接相关工作的通知》，环办环评〔2017〕84 号；

42. 《关于发布船舶水污染防治技术政策的公告》，环境保护部公告 2018 年第 8 号；

43. 关于印发《“十四五”全国危险废物规范化环境管理评估工作方案》的通知（生态环境部办公厅，环办固体[2021]20 号）；

44. 《生态环境部审批环境影响评价文件的建设项目目录（2019 年本）》，生态环境部公告 2019 年第 8 号；

45. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号；

46. 《珠三角、长三角、环渤海（京津冀）水域船舶排放控制区实施方案》，2015 年 11 月；

2.1.1.2 浙江省相关法规及规章

1. 《浙江省海洋环境保护条例》（2017 年修正），2017 年 9 月 30 日；
2. 《浙江省生态环境保护条例》，（自 2022 年 8 月 1 日起施行）；
3. 《浙江省渔业管理条例》（第四次修正），2020 年 09 月 24 日；
4. 《浙江省重点保护陆生野生动物名录》，浙江省政府，2016 年 2 月 17 日。
5. 《浙江省海域使用管理条例》，2017 年 9 月 30 日；
6. 《浙江省水污染防治条例》，2020 年 11 月 27 日；
7. 《浙江省大气污染防治条例》，2020 年 11 月 27 日；
8. 《浙江省固体废物污染环境防治条例》，2017 年 9 月 30 日；
9. 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2021 年 2 月 10 日；
10. 《关于切实加强建设项目环保“三同时”监督管理工作的通知》，浙环发〔2014〕26 号；
11. 《浙江省环境保护厅关于印发建设项目环境影响评价信息公开相关法律法规解读的函》，浙环发〔2018〕10 号；
12. 《浙江省生态环境厅关于执行国家排放标准大气污染物特别排放限值的通告》，浙环发〔2019〕14 号；
13. 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021 年修正）。

2.1.2 中国加入的有关国际公约

1. 《防止废物和其它物质倾倒入海洋公约》，1972 年；
2. 《经 1978 年议定书修正的 1973 年国际防止船舶污染海洋公约（MARPOL 73/78）》，国际海事组织；
3. 《生物多样性公约》，1992 年 6 月 5 日，签订于里约热内卢；
4. 《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》，1982 年 3 月 12 日议定书修订；
5. 《国际重要湿地特别是水禽栖息地公约》，1971 年 2 月；
6. 《中华人民共和国和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》，1986 年 10 月 20 日；
7. 《中华人民共和国政府和日本政府保护候鸟及其栖息环境的协定》，1981 年 3 月 3 日。

2.1.3 技术导则和技术规范

1. 《环境影响评价技术导则 总纲》，HJ2.1-2016；
2. 《海洋工程环境影响评价技术导则》GB/T19485-2014；
3. 《环境影响评价技术导则 大气环境》，HJ2.2-2018；
4. 《环境影响评价技术导则 地表水环境》，HJ2.3-2018；
5. 《环境影响评价技术导则 声环境》，HJ2.4-2021；
6. 《环境影响评价技术导则 生态影响》HJ19-2022；
7. 《建设项目环境风险评价技术导则》，HJ69-2018；
8. 《海上风电工程环境影响评价技术规范》，原国家海洋局，2014 年；
9. 《水上溢油环境风险评估技术导则》，JT/T1143-2017；
10. 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）；
11. 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
12. 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC/T 9110-2007；
13. 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，原国家海洋局，2002 年；
14. 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（海洋出版社，1986）；
15. 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）；
16. 《海洋监测规范》（GB 17378.1~7-2007）；

17. 《海洋调查规范》（GB/T 12763.1~11-2007）。

2.1.4 相关区域规划

1. 《浙江省国土空间规划》（2021—2035 年）；
2. 《浙江省海岸带及海洋空间规划》（2023 年 12 月）；
3. 《浙江省海洋主体功能区规划》（浙政函[2017]38 号）；
4. 《浙江省“三区三线”划定成果》，2022 年 9 月 30 日；
5. 《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》，2024 年 3 月；
6. 《浙江省海岸线保护与利用规划》（2016—2020 年），2017 年 9 月；
7. 《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划（2020-2035）》，浙江省发展和改革委员会、浙江省生态环境厅，2021 年 5 月；
8. 《浙江省海岛保护规划（2017—2022 年）》，浙江省海洋与渔业局，2018 年 9 月；《浙江省海上风电场工程规划报告》（国能新能[2016]14 号）；
9. 《浙江省海底路由“十四五”规划》（浙自然资函〔2021〕26 号）；
10. 《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标》，浙江省发改委，2021 年 1 月 30 日；
11. 《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》（浙发改能源〔2021〕152 号）；
12. 《浙江省能源发展“十四五”规划》（浙政办发〔2022〕29 号）；
13. 《宁波—舟山港总体规划（2014-2030 年）》（交规化函〔2016〕854 号）；
14. 《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》（嵊政发〔2020〕10 号）；

2.1.5 项目文件及技术资料

1. 《嵊泗 7#海上风电场工程海洋水文调查报告》（2022.07）；
2. 《嵊泗 7#海上风电场工程海洋水文调查报告》（2023.12）；
3. 《嵊泗 7#海上风电场工程论证报告》（送审稿）；
4. 《嵊泗 7#海上风电场工程数学模型报告》（2024.05）。

2.2 评价目的

- (1) 对评价区域环境现状进行系统调查，了解工程海域和陆域的环境特点，

包括环境质量现状、目前存在的主要环境问题、工程范围内的环境敏感点等；

(2) 通过工程分析确定本项目的主要环境影响因子及其污染源强，进而对可能产生的主要环境问题进行科学的分析和预测；

(3) 针对工程可能带来的主要环境问题，提出切实可行的污染防治方案和生态保护措施，确保污染物达标排放，将工程建设引起的环境影响减小到最低限度；

(4) 提出本项目环境管理的要求和建议，实现环境、经济效益的高度统一以及社会经济可持续发展的目标，同时为建设单位实施环境保护措施和环境管理部门监督管理提供依据。

2.3 评价标准

2.3.1 环境质量标准

2.3.1.1 海水水质标准

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（图 2.3.1-1），本工程风电场及海缆路由位于舟山近岸一类区（ZJ02A I），该功能区面积 15143.45 平方千米，市级代码 ZS01A I，主要使用功能为海洋渔业、海洋生态保护红线，海水水质保护目标为一类。登陆点位于洋山四类区（ZJ05DIV），该功能区面积 139.50 平方千米，市级代码 ZS04DIV，主要使用功能为海洋港口、海洋开发，海水水质保护目标为四类。

根据现状水质调查站位在《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》中对应的功能区，本工程现状海水水质分别执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类、第二类和第四类标准。评价标准见表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 GB3097-1997《海水水质标准》 除 pH 外，所有单位均为 mg/L

评价标准 评价项目	第一类	第二类	第三类	第四类
水温（℃）	人为造成的海水升温夏季不超过当时当地 1℃，其他季节不超过 2℃		人为造成的海水升温不超过当时当地 4℃	
pH 值	7.8~8.5		6.8~8.8	
SS	人为增加的量 ≤ 10		人为增加的量 ≤ 100	人为增加的量 ≤ 150
DO>	6	5	4	3

评价标准 评价项目	第一类	第二类	第三类	第四类
化学需氧量 $\leq$	2	3	4	5
无机氮 $\leq$ （以 N 计）	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐 $\leq$ （以 P 计）	0.015	0.03		0.045
硫化物（以 S 计）	0.02	0.05	0.10	0.25
铜 $\leq$	0.005	0.010	0.050	
铅 $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.050
锌 $\leq$	0.020	0.050	0.10	0.50
镉 $\leq$	0.001	0.005		0.010
总铬 $\leq$	0.05	0.10	0.20	0.50
砷 $\leq$	0.020	0.030	0.050	
汞 $\leq$	0.00005	0.0002		0.0005
石油类	0.05		0.30	0.50
镍 $\leq$	0.005	0.01	0.02	0.05

2.3.1.2 海洋沉积物评价标准

本工程现状监测点位置海水水质属于第一类、第二类及第四类，相应的海洋沉积物质量标准按《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的第一类、第二类和第三类标准执行。参见表 2.3.1-2。

表 2.3.1-2 海洋沉积物质量标准

评价项目	第一类	第二类	第三类
有机碳（ 10^{-2} ） $\leq$	2.0	3.0	4.0
硫化物（ 10^{-6} ） $\leq$	300.0	500.0	600.0
石油类（ 10^{-6} ） $\leq$	500.0	1000.0	1500.0
铜（ 10^{-6} ） $\leq$	35.0	100.0	200.0
铅（ 10^{-6} ） $\leq$	60.0	130.0	250.0
锌（ 10^{-6} ） $\leq$	150.0	350.0	600.0
镉（ 10^{-6} ） $\leq$	0.50	1.50	5.00
铬（ 10^{-6} ） $\leq$	80.0	150.0	270.0
汞（ 10^{-6} ） $\leq$	0.20	0.50	1.00
砷（ 10^{-6} ） $\leq$	20.0	65.0	93.0

2.3.1.3 海洋生物体质量评价标准

本项目鱼类、甲壳类目前尚无统一的标准，铜、铅、锌、镉、汞采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》推荐的评价标准，砷、铬、石油烃采用《第

二次全国海洋污染基线调查报告》推荐标准。

表 2.3.1-3 生物体质量评价标准 (mg/kg, 湿重)

生物类别	总汞	铜	铅	镉	锌	砷	铬	石油烃
鱼类≤	0.3	20	2.0	0.6	40	0.5	1.50	20
甲壳类≤	0.2	100	2.0	2.0	150	1.0	1.50	20

注：各评价因子的单位为 mg/kg，均为去壳部分的鲜重

2.3.1.4 环境空气质量标准

根据舟山市环境空气功能区划，本项目所在区域不涉及自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域，本项目大气环境为二类功能区，环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的二级标准；具体标准值见表 2.3.1-4。

表 2.3.1-4 环境空气质量标准

污染物名称	取值时间	二级标准浓度限值	浓度单位
SO ₂	年平均	60	ug/m ³
	24 小时平均	150	
	1 小时平均	500	
NO ₂	年平均	40	
	24 小时平均	80	
	1 小时平均	200	
PM ₁₀	年平均	70	
	24 小时平均	150	
PM _{2.5}	年平均	35	
	24 小时平均	75	
CO	24 小时平均	4	mg/m ³
	1 小时平均	10	
O ₃	日最大 8 小时平均	160	ug/m ³
	1 小时平均	200	

2.3.1.5 声环境质量标准

本工程海域未划定声环境功能区，66kV 集电线路在薄刀嘴北侧人工海堤上登陆，根据《舟山市嵊泗县声环境功能区划分方案》（嵊政函[2019]69 号），66kV 集电线路在薄刀嘴北侧人工海堤上登陆，登陆点位于薄刀嘴围垦区（2-07），详见图 2.3。属于二类区。本工程声环境质量标准执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类功能区相应的类别标准，参见表 2.3.1-5。

表 2.3.1-5 GB3096-2008《声环境质量标准》 单位: dB (A)

声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
1 类	55	45
2 类	60	50
3 类	65	55
4a 类	70	55

2.3.1.6 电磁环境标准

根据《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中关于工作曝露控制限值的要求,环境中电场、磁场、电磁场场量参数的方均根值应满足下表要求。

表 2.3.1-6 公众曝露控制限值

频率范围	电场强度 E (V/m)	磁场强度 H (A/m)	磁感应强度 (μ T)	等效平面波功率密度 S_{eq} (W/m ²)
1Hz~8Hz	8000	$32000/f^2$	$40000/f^2$	-
8Hz~25Hz	8000	$4000/f$	$5000/f$	-
0.025kHz~ 1.2kHz	$200/f$	$4/f$	$5/f$	-
1.2kHz~2.9kHz	$200/f$	3.3	4.1	-
2.9kHz~57kHz	70	$10/f$	$12/f$	-
57kHz~100kHz	$4000/f$	$10/f$	$12/f$	-
0.1MHz~3MHz	40	0.1	0.12	4
3MHz~30MHz	$67/f^{1/2}$	$0.17/f^{1/2}$	$0.21/f^{1/2}$	$12/f$
30MHz~ 3000MHz	12	0.032	0.04	0.4
3000MHz~ 15000MHz	$0.22f^{1/2}$	$0.00059f^{1/2}$	$0.0074f^{1/2}$	$f/7500$
15GHz~300GHz	27	0.073	0.092	2

注1: 频率 f 的单位为所在行中第一栏的单位。

注2: 0.1MHz~300GHz频率, 场量参数是任意连续6分钟内的方均根值。

注3: 100kHz以下频率, 需同时限制电场强度和磁感应强度; 100kHz以上频率, 在远场区, 可以只限制电场强度或磁场强度, 或等效平面波功率密度, 在近场区, 需同时限制电场强度和磁场强度。注4: 架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所, 其频率50Hz的电场强度控制限值为10kV/m, 且应给出警示和防护指示标志。

本项目频率为 50Hz, 属于 100kHz 以下频率, 需同时限值电场强度和磁感应强度, 经计算后, 以 4000V/m 作为工频电场强度公众曝露控制限值, 以 100 μ T 作为工频磁感应强度公众曝露控制限值。

架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，其频率 50Hz 的电场强度（地面 1.5m 高度处）限值为 10kV/m，且应给出警示和防护指示标志。

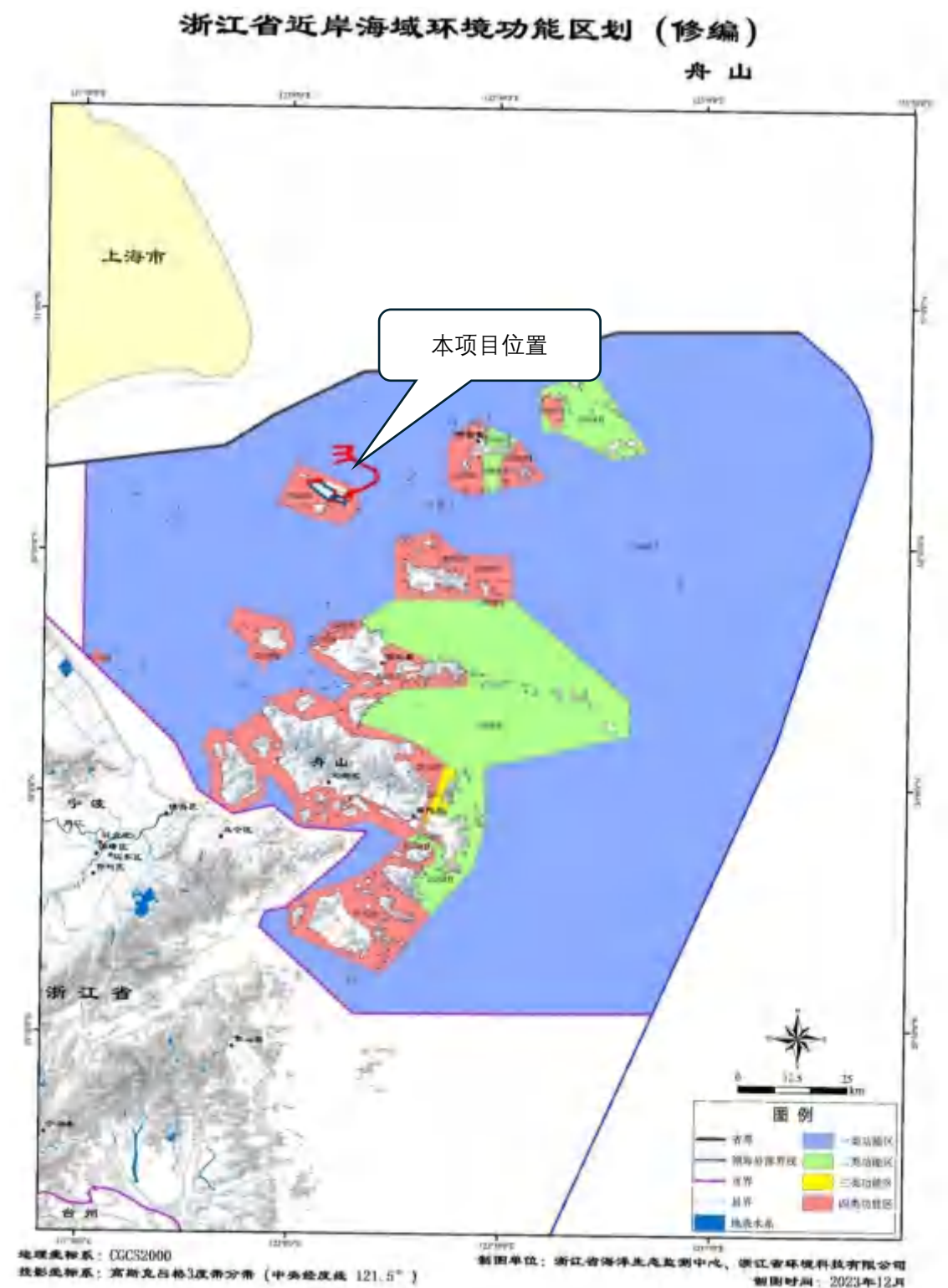


图 2.3.1-1 浙江省近岸海域环境功能区划（修编）示意图

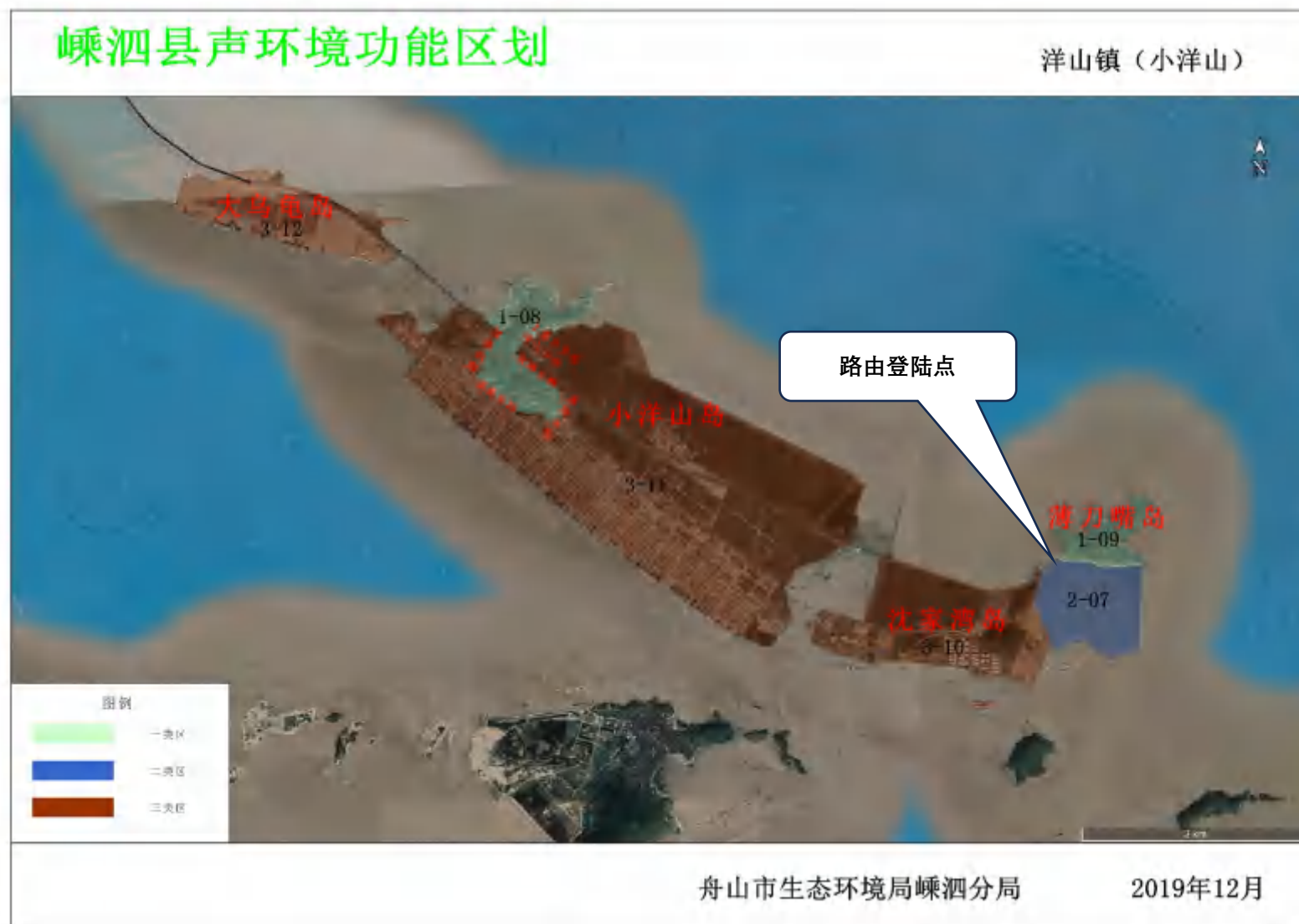


图 2.3.1-2 嵊泗县小洋山声环境功能区划图

2.3.2 污染物排放标准

2.3.2.1 环境空气

1. 施工船舶

船舶大气污染物排放执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》中规定的硫氧化物、颗粒物、氮氧化物排放控制要求：2019 年 1 月 1 日起，海船进入排放控制区，燃油中含硫量不大于 0.5%。

2000 年 1 月 1 日及以后建造（以铺设龙骨日期为准，下同）或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第一阶段氮氧化物排放限值要求。2011 年 1 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的国际航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。2015 年 3 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求。

表 2.3.2-1 氮氧化物排放限值

阶段	对应的 NO _x 限值 (g/kWh) (按 NO ₂ 总加权排放量计算)		
	n < 130 rpm	130 rpm ≤ n < 2000 rpm	n ≥ 2000 rpm
第一阶段	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
第二阶段	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7

2. 施工机械

施工机械废气执行《〈非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三、四阶段）〉（GB 20891-2014）修改单》中第三阶段排放限值要求和《非道路移动柴油机械排气烟度限值及测量方法 GB 36886-2018》中 II 类限制要求。

表 2.3.2-2 施工机械柴油机排气污染物排放限值

阶段	额定净功 (P _{max}) (kW)	CO (g/kW·h)	HC (g/kW·h)	NO _x (g/kW·h)	HC+NO _x (g/kW·h)	PM (g/kW·h)	NH ₃ (ppm)	PN (#/kW·h)	来源
Ⅲ	P _{max} > 560	3.5	-	-	6.4	0.20	-	-	道路移动机械用柴油
	130 ≤ P _{max} ≤ 560	3.5	-	-	4.0	0.20	-	-	机排气污染物排

	$75 \leq P_{\max} \leq 130$	5.0	-	-	4.0	0.30	-	-	放限值及测量方法 (中国第三、四阶段) (中国第三、四阶段) (GB20891-2014) 修改单
	$37 \leq P_{\max} \leq 75$	5.0	-	-	4.7	0.40	-	-	
	$P_{\max} < 37$	5.5	-	-	7.5	0.60	-	-	

表 2.3.2-3 施工机械柴油机排气烟度限值

类别	额定净功率(Pg) /kW	光吸收系数/m ⁻¹	林格曼黑度级数	来源
II 类	$P_{\max} < 19$	2.00	1	非道路移动柴油机械排气烟度限值及测量方法 (GB36886-2018)
	$19 \leq P_{\max} \leq 37$	1.00		
	$37 \leq P_{\max} \leq 560$	0.80		

2.3.2.2 噪声排放标准

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，营运期海上风电项目和陆上换流站参考《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准，详见表 2.3.2-4。

表 2.3.2-4 声环境影响评价标准一览表

执行标准	限值
《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011) 表 1	Leq: 昼间 70dB (A)，夜间 55dB (A)
《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) 2 类	Leq: 昼间 60dB (A)，夜间 50dB (A)

2.3.2.3 固体废物控制标准

本项目产生的一般固废参照执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020) 中相关规定，危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023) 中的相关规定。

2.3.2.4 废水

本项目废水主要为船舶水污染物，执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 的要求，详见表 2.3.2-5。

表 2.3.2-5 船舶污染物排放相关标准和规定

污染物	排放海域	船舶类型	排放控制要求
船舶含油污水	沿海	400 总吨及以上船舶	石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ (油污水处理装置出水口，船舶航行中排放) 或收集并排放接收设施
船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以内		(1) 利用船载收集装置收集，排入接收设施；或 (2) 利用船载生活污水处理装置处理，达到 5.2 规定要求后在航行中排放。

污染物	排放海域	船舶类型	排放控制要求
	距最近陆地 3~12 海里	同时满足以下条件：（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；（2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
	距最近陆地 大于 12 海里	船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
船舶垃圾	海域	1 内河禁止倾倒船舶垃圾。在允许排放垃圾的海域，根据船舶垃圾类别和海域性质，分别执行相应的排放控制要求。 1.1 在任何海域，应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾收集并排入接收设施。 1.2 对于食品废弃物，在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。 1.3 对于货物残留物，在距最近陆地 12 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 12 海里以外的海域，不含危害海洋环境物质的货物残留物方可排放。 1.4 对于动物尸体，在距最近陆地 12 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。 1.5 在任何海域，对于货舱、甲板和外表面清洗水，其含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境物质的方可排放；其他操作废弃物应收集并排入接收设施。 2 在任何海域，对于不同类别船舶垃圾的混合垃圾的排放控制，应同时满足所含每一类船舶垃圾的排放控制要求。	

2.4 评价工作等级

2.4.1 海洋评价工作评价等级

项目营运期维护巡检人员产生的生活污水交由资质单位处置，不设地表水评价等级。根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本工程影响类型为水文要素影响型项目，受影响地表水域为近岸海域，风电场风机垂直投影面积为 0.1918km^2 ，工程垂直投影面积及外扩范围面积 $0.15 < A_1 < 0.5\text{km}^2$ ，水文要素评价等级为二级，工程总扰动面积为 1.850076km^2 ，工程扰动水底面积 $0.5 < A_2 < 3\text{km}^2$ ，水文要素评价等级为二级；项目风场区、电缆位于舟山近岸一类区（ZJ02A I），水文要素评价等级为一级。综合取其中最高等级可知，本工程水文要素评价等级为一级。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）和《海上风电工程环境影响评价技术规范》中评价等级判定标准，本风电场装机规模为 250MW，66kV 海底电缆总长为 86.858km，所在海域为海湾、河口海域（杭州湾）以及海岛及其周围海域，属生态环境敏感区，因此沉积物环境评价等级为 2 级，

水文动力环境、水质环境、生态环境、地形地貌与冲淤环境的评价等级均为 1 级。

表 2.4-1 海洋评价等级一览表

依据	海洋工程类型	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	海洋环境影响评价内容				
					水动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境	海洋地形地貌与冲淤环境
《海洋工程环境影响评价技术导则》	海上潮汐电站、波浪电站、温差电站等海洋能源开发利用类工程	海洋风力发电、太阳能发电及其输送设施及网络工程	大型 (≥100MW)	生态环境敏感区	1	1	2	1	1
	海底管道、海底电(光)缆类工程	海底电缆工程	20km≤长度<100km	生态环境敏感区	2	1	2	1	1
《海上风电工程环境影响评价技术规范》	海上风电项目	海上风电机组工程	100MW≤装机容量<300MW	海洋生态环境敏感区	1	1	2	1	1
		海底电缆工程	20km≤长度<100km	海洋生态环境敏感区	2	1	2	1	1
最终评价等级					1	1	2	1	1

2.4.2 电磁环境评价等级

本项目配套建设一座 $\pm 200\text{kV}$ 陆上换流站，风机所发电能采用 66kV 交流海底电缆汇集（共 4 回）直接登陆（小洋山岛）接至陆上换流站，整流至 $\pm 200\text{kV}$ 后接至洋山换流站母线，根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），本项目换流站直流侧电压 $< 400\text{kV}$ ，电磁环境评价等级为二级；根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）， 100kV 以下的交流输变电设施产生的电场、磁场、电磁场的设施属于免于管理范围， 66kV 交流海缆属于豁免管理；综合分析，电磁环境评价等级为二级。

2.4.3 环境风险评价等级

本项目主要由风电场工程及海底电缆工程等组成，项目无直接生产、加工、运输、使用或贮存有毒物质、易燃物质、爆炸性物质，根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），施工期最大船舶 10000 吨级作业船舶燃油舱单舱燃油量为 99m³，比重为 0.82~0.845kg/L（本次取 0.835kg/L），本次事故船舶溢油风险计算的源强设定 82.6t，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），油类物质临界量为 2500t，工程含油量与临界量比值 $Q=0.03<1$ ，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。

2.4.4 其它环境影响评价等级

参考《环境影响评价技术导则声环境》中的 5.1.4 “建设项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的 3 类、4 类地区，或建设项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在 3dB（A）以下（不含 3dB（A）），或受影响人口数量变化不大时，按三级评价”，工程实施后受影响人口数量变化不大，因此本项目噪声评价等级为三级，本项目主要针对水上、水下声环境影响进行重点预测评价。

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

2.5 评价范围

2.5.1 海洋水文动力、海洋水质、海洋沉积物、海洋生态评价范围

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年）及《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014），各单项环境影响评价内容的评价范围要求如表 2.5-1 所示。

表 2.5-1 各单项海洋环境影响评价范围

序号	环境要素	评价等级	评价范围	确定依据
1	水文动力环境	1	垂向（垂直于工程所在海区中心点潮流主流向）距离不小于 5km；纵向（潮流主流向）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。	GB/T19485-2014
2	地形地貌与冲淤环境	1	一般应不小于水文动力环境影响评价范围。	GB/T19485-2014

3	海洋水质环境	1	能覆盖周边环境影区域,并能充分满足评价与预测要求。	GB/T19485-2014
4	海洋沉积物环境	2		GB/T19485-2014
5	海洋生态环境	1	主要评价因子受影响方向的扩展距离不小于 8~30km。	GB/T19485-2014

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年）及《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014），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 级评价要求潮流主流向纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的两倍，根据风电场内、电缆区水文调查站位结果，计算水质最大扩散距离约为 41.3km。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》的有关要求，建设项目水域环境影响的总评价范围应能覆盖水文动力环境、水质环境、沉积物环境、生态环境等各单项因素评价范围，最终确定本项目水域环境影响评价范围为：本工程评价范围为由风电场区外缘线为起点向主潮流方向外扩约 41.3km，垂向外扩 15km，评价范围控制坐标见表 2.5-2。

表 2.5-2 工程海域评价范围控制坐标

控制点	坐标	
	东经°	北纬°
1	122.27843285	31.10292151
2	121.68148041	30.50785027
3	122.06909180	30.21991520
4	122.67986298	30.83090827

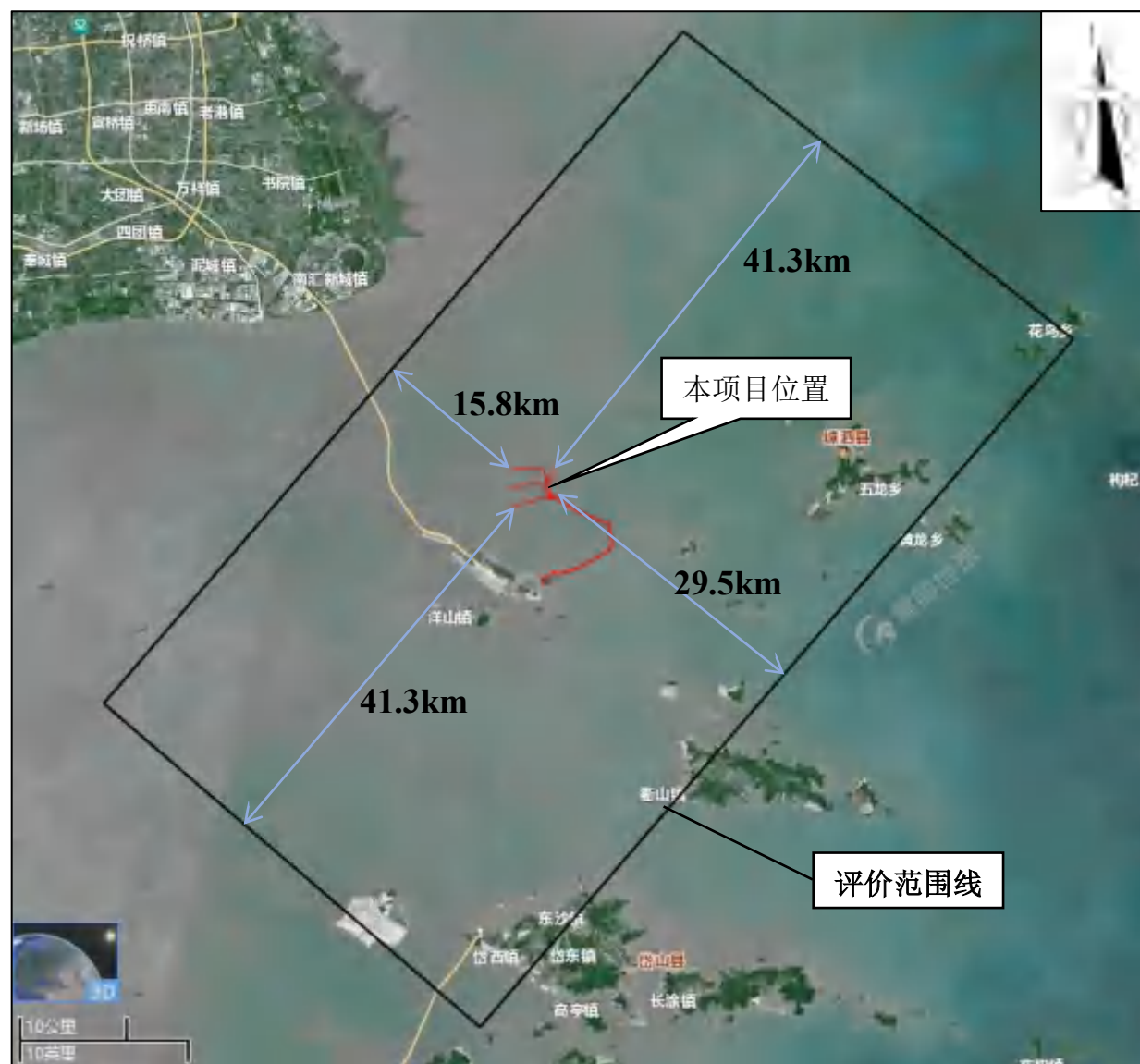


图 2.5-1 评价范围示意图

2.5.2 电磁环境评价范围

本工程不涉及海上升压站，根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014 年），确定电磁环境评价范围为电缆两侧边缘向水平外延 30m。

2.5.3 声环境评价范围

本项目陆域声环境评价范围为电缆登陆点两侧 200m 范围。营运期海上风电场的声环境评价范围为风场区厂界外 1200m 范围。

2.5.4 风险评价范围

本工程风险评价范围主要以溢油扩散的距离为界，根据溢油风险预测结果，风险评价范围东侧嵊泗县、南到岱山县海域、西侧杭州湾，北至上海海域。评价范围见图 2.5-1、控制点见表 2.5-3。

表 2.5-3 风险评价范围控制点

控制点	坐标	
	东经°	北纬°
1	121.93270683	31.73758412
2	123.31329346	31.74685416
3	123.34625244	30.36813583
4	121.64611816	30.35154626
5	121.63719177	30.83886769



图 2.5-2 风险评价范围示意图

2.6 环境保护目标和环境敏感目标

工程海域的水质、沉积物及生态环境不因本项目建设而影响其环境功能，工程周边的环境敏感区不因本项目建设而降低其环境质量要求。

表 2.6-1 工程周边环境功能目标一览表

项目	敏感/保护对象	影响要素	与工程位置关系	敏感对象/敏感区概况	环境保护管理要求
环境保护目标	海水水质	水质	工程区周边海域	主要超标水质因子是无机氮和活性磷酸盐。	项目实施后保持原水质类别，不因本项目建设发生恶化。
	海洋沉积物	沉积物	工程区周边海域	符合一类沉积物质量标准	项目实施后工程海域沉积物保持现有质量类别，不因本项目建设发生恶化。
	海洋生物及渔业资源	生态	工程区周边海域	包括浮游动物、浮游植物、底栖生物、潮间带生物、游泳动物等	工程区域海洋生态(包括渔业资源)、水生生物群落结构不因本项目建设而发生明显改变。

根据《浙江省海洋生态红线划定方案》、《浙江省海洋功能区划》、《上海市生态保护红线》、《上海市海洋功能区划（2011—2020 年）》等文件以及工程周边开发现状情况，确定海域环境保护目标和环境敏感区，主要为评价范围内的风景名胜区、生态红线（重要渔业水域、旅游区）、无居民海岛、国家级水产种质资源保护区、渔场和鱼类三场一通道等。

表 2.6-2 海洋环境保护目标和环境敏感区

序号	类型	环境敏感区	相对位置	最近距离/km	保护对象	备注
1	国家级风景名胜区	嵊泗列岛风景名胜区	西南	紧邻电缆登陆点	沙滩、礁岩、幻石、绝壁、摩崖石刻、重要文物建筑等独具特色的自然与人文景观及近海海域	按照环境保护法律法规及相关规划要求进行管理
2	旅游区	白节山群岛旅游区	东	电缆东侧 20	自然景观和白节山国家灯塔	
3		徐公岛	东	电缆东侧 6.5	自然景观和人文景观	
4	浙江省生态保护红线	岱衢洋重要渔业海域	东南	电缆西南侧 45.5	大黄鱼亲体、鱼卵仔鱼	浙江省海洋生态红线划定区域
5		大戢洋产卵场保护区	北	风电场北侧 0.10	鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼等鱼类资源	
6		灰鳖洋重要渔业海域	西南	电缆西南侧 47.1	蓝点马鲛、鳓鱼亲体、鱼卵仔鱼	
7		嵊泗县嵊泗列岛风景名胜区生态保护红线	西、东	风电场西 5	重要生态系统	
8		岱山县岱山风景名胜区生态保护	南	电缆南侧 26	重要生态系统	

序号	类型	环境敏感区	相对位置	最近距离/km	保护对象	备注
		红线				
9		嵊泗县长弄堂水库水源涵养生态保护红线	东	风电场东侧 30	重要生态系统	
10		马鞍列岛国家海洋公园生态保护红线	东	电缆东侧 45	珍稀动物	
11	上海市海洋生态红线	南汇嘴湿地	西北	风电厂区西北 29.92	/	上海市海洋生态红线划定区域
12		南汇嘴自然岸线	西北	风电厂区西北 30.28	/	
13		海湾生物多样性维护红线	西北	风电厂区西北 46.9	/	
14		海湾森林公园滨岸带生物多样性维护红线	西北	风电厂区西北 47.49	/	
15	舟山市环境综合管控单元（海域）中的优先保护单元	大戢洋水产种质资源保护区	东	风电厂区东侧 5.5	/	舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案划定区域（浙江省海洋生态红线未包含）
16	无居民海岛	薄刀嘴北上岛	南	电缆南侧 1	海岛景观和岸线自然属性	浙江省海岸带与海洋空间规划 2023
17		薄刀嘴北下岛	南	电缆南侧 1.42		
10		薄刀嘴南上岛	南	电缆南侧 1.85		
13		薄刀嘴南下岛	南	电缆南侧 1.89		
14		薄刀嘴南岛	南	电缆南侧 2.12		
15		小戢北礁	西	风电场西侧 4.3		
16		小戢东礁	西	风电场西侧 4.25		
17		小戢中礁	西	风电场西侧 4.3		
18	国家级水产种质资源保护区	东海带鱼国家级水产种质资源保护区	东南	电缆东南侧 22.7	主要保护对象有带鱼、大黄鱼、小黄鱼、鲈、鳓、灰鲳、银鲳、鳙、蓝点马鲛等重要经济鱼类。	原农业部颁布国家级水产种质资源保护区
19	渔场和鱼类三场一通道	舟山渔场	四周	位于其中		
20		中上层鱼类产卵场	东、南、北	位于其中	主要包括鲈鱼、蓝圆鲹、鳙鱼、马鲛鱼等	
21		底层鱼类产卵场	四周	位于其中	主要有带鱼、大黄鱼、小黄鱼、银	

序号	类型	环境敏感区	相对位置	最近距离/km	保护对象	备注
					鲳、灰鲳	
22		带鱼产卵场	东、南、北	55	带鱼	
23		大黄鱼产卵场	东、南、北	11	大黄鱼	
24		小黄鱼产卵场	东、南、北	产卵场紧邻本项目	小黄鱼	
25		银鲳产卵场	东、南、北	21	银鲳	
26		白姑鱼产卵场	东、南、北	位于其中	白姑鱼	
27		虾蟹产卵场	东、南、北	16	三疣梭子蟹、安氏白虾等	
28		黄鲫产卵场	四周	位于其中	黄鲫	
29		宽体舌鳎产卵场	四周	位于其中	宽体舌鳎	
30		鲢产卵场	四周	位于其中	鲢	

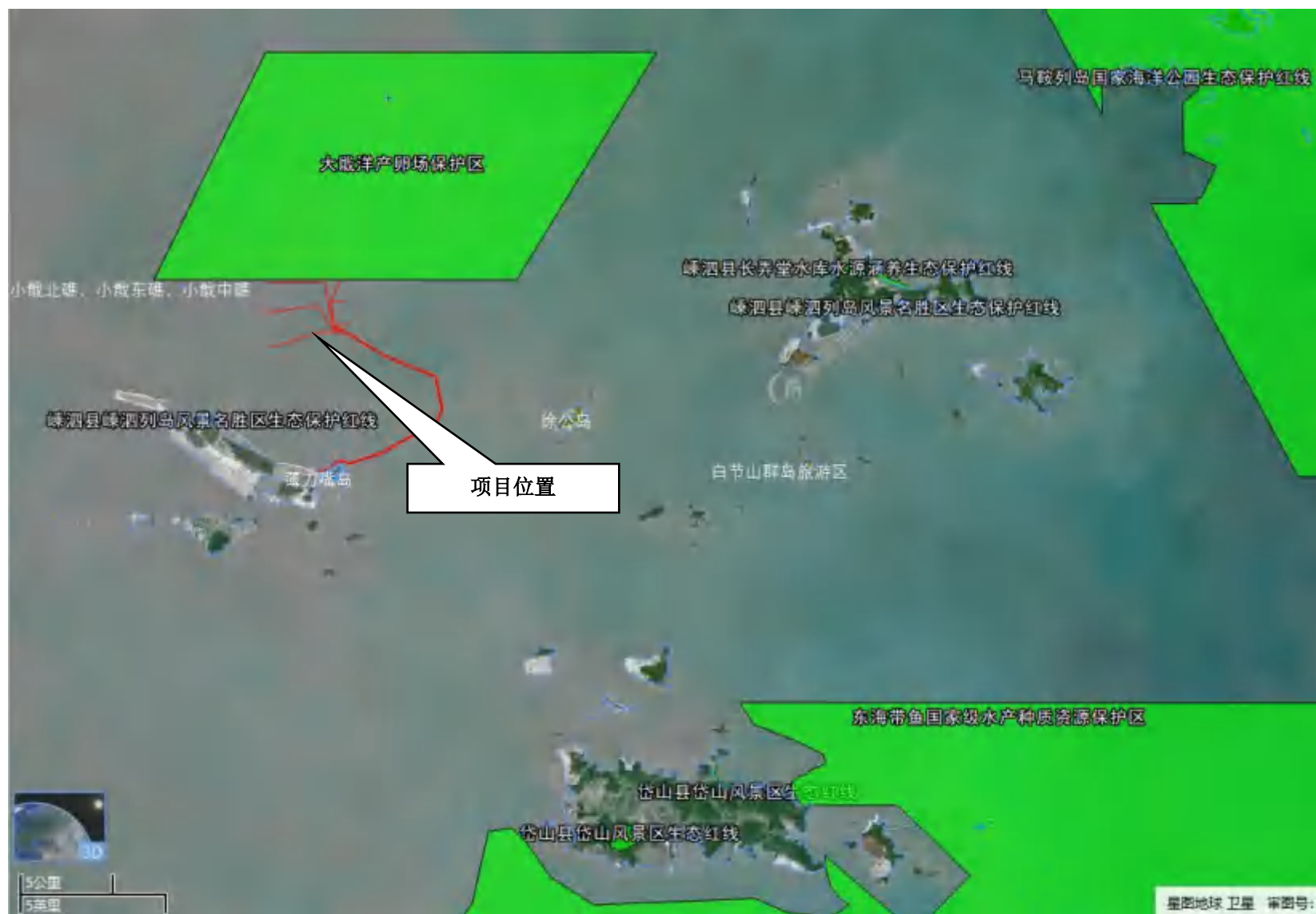


图 2.6-1 项目周边主要敏感目标分布

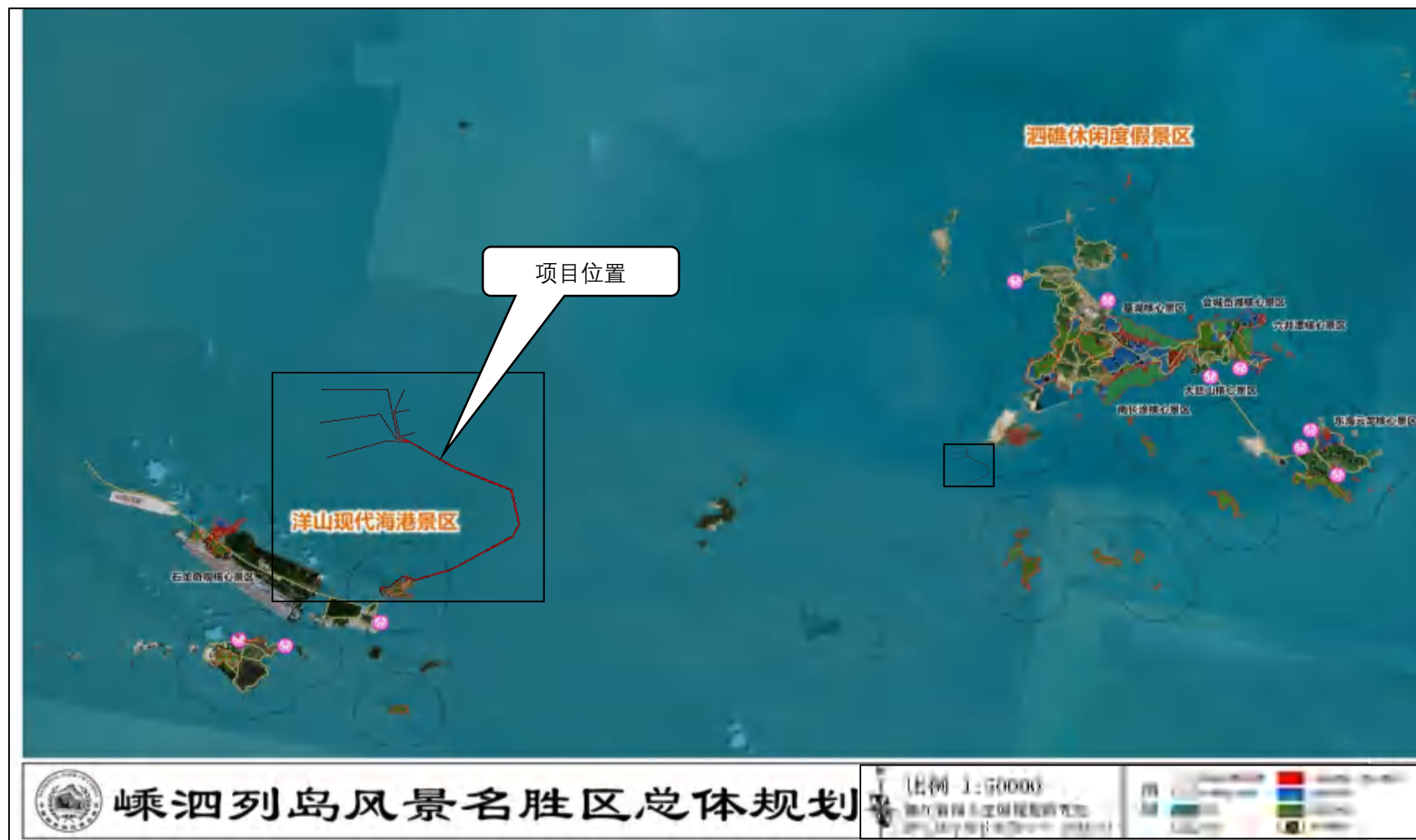


图 2.6-2 项目位置与嵊泗风景区相对位置关系

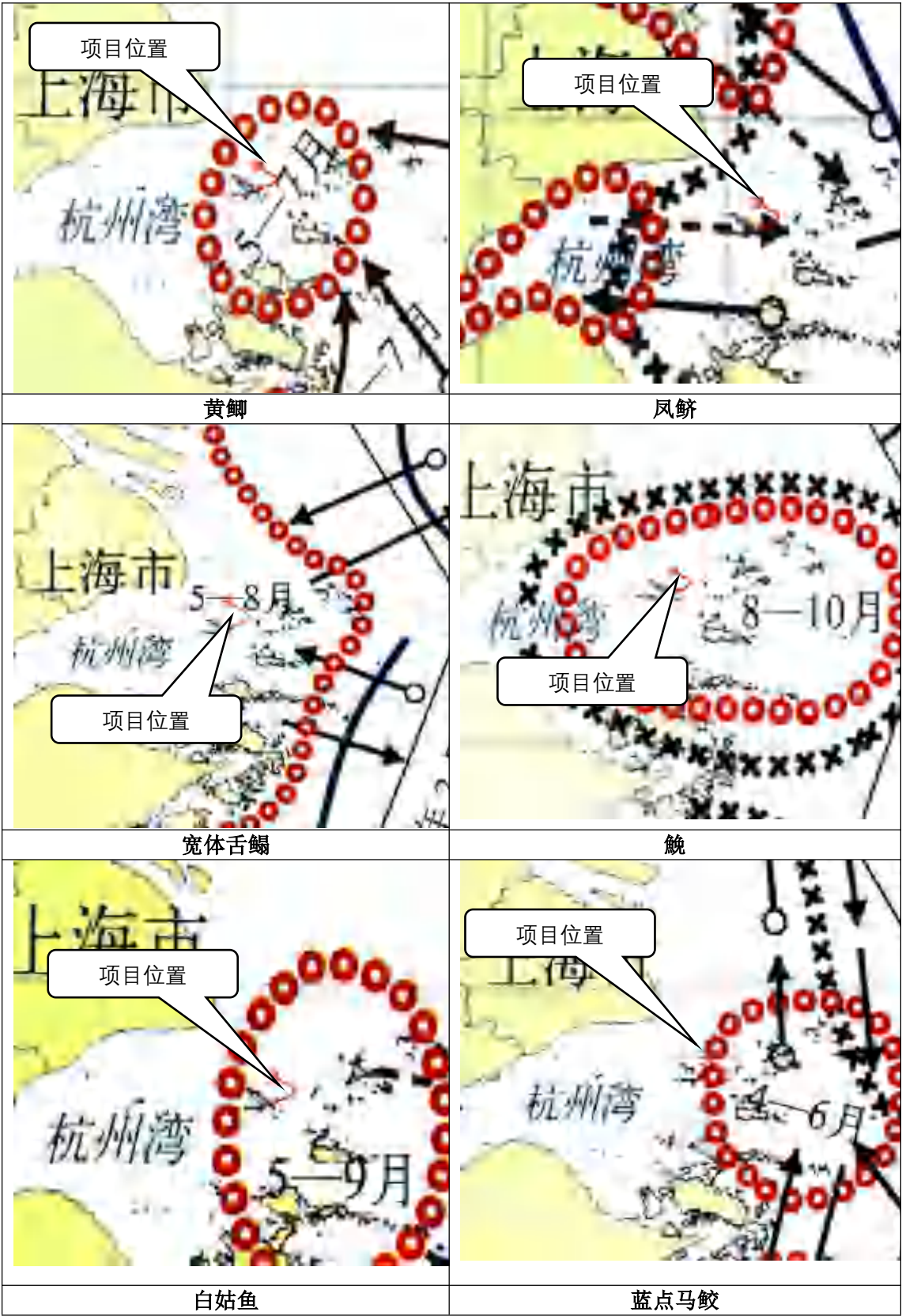


图 2.6-3 项目周边“三场一通道”分布

2.7 评价重点和评价时段

根据工程特点和周围环境状况，确定本次评价的重点为：

工程建设与功能区划和其他相关规划的符合性；风机基础、电缆铺设施工对海水水质、生态及渔业资源的影响；风机运行对区域鸟类栖息、迁徙及其生境的影响；对周围海域环境保护目标的影响；溢油环境事故风险分析评价；环境保护对策措施。

本报告评价时段为施工期和营运期，不包括项目退役期。

2.8 相关规划及功能区划符合性分析

2.8.1 行业发展规划符合性分析

2.8.1.1 海上风电场相关规划

浙江省近年来风电事业发展势头良好，高度重视包括风电、太阳能在内的可再生能源发展，出台了一系列加强可再生能源发展的政策措施，主要包括《浙江省可再生资源开发利用促进条例》和《浙江省可再生能源发展专项资金管理暂行办法》等，在政策和资金等方面给予可再生能源支持。

2016 年 11 月 2 日，国家海洋局发布《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）；意见指出“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。”

本项目场区呈不规则五边形，东西长约 5.5km，南北宽约 3.9km，面积约 15km²，规划装机容量 250MW，每 10 万千瓦是 7.08km²，满足“原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”的要求。拟建风电场选址及布置过程中已避开大戢洋产卵场保护区生态保护红线，与保护区最近相距 100m。

因此，本项目符合海上风电场相关规划要求。

2.8.1.2 浙江省海底路由“十四五”规划

浙江省自然资源厅于 2021 年 4 月发布《浙江省海底路由“十四五”规划》，该规划是统筹规划海底电缆管道路由空间布局的专门安排，是海域空间资源精细化管理的重要体现，也是管线建设和保护管理的重要依据，符合国家“十四五”规划关于“强化国土空间规划和用途管控”“国土空间开发保护格局得到优化”

“全面提高资源利用效率”的要求。

规划将全省海域划分为海底电缆管道建设禁止区（点）、廊道区（线）和限制区（面）三类，进行分区管控，引导约束管线路由合理布置。通过整合在用、废弃和拟建海底电缆管道路由空间，进行科学开发和有效利用，提高空间资源利用效率。优先选择已建管线周边且对新建管线施工不存在重大限制性因素的海域空间。根据已建管线布置情况、周边自然环境和开发状况等因素，合理利用、优化布局，划定廊道区。

廊道区管控要求。执行特定海域海底电缆管道集中布置制度，要求新建管线“应入廊尽入廊”。在廊道内，新建管线应尽可能与已建管线并行铺设，并优先使用已建管线附近空间。根据施工工艺及水深等自然条件，在技术可行前提下，尽量减少各管线之间的布置间隔，尽量避免管线交越，确需交越的，要充分沟通协调，并做好施工保障措施。登陆点应尽量集中，减少对海域空间资源和海岸线资源的占用。合理利用废弃管线空间资源，提高利用效率，促进海域合理开发和可持续利用。统筹各管线的建设时序，适度考虑远期发展需求，预留远景发展空间。选择生态环境影响较小的登陆位置，选择合适的施工方式、施工时间并做好生态环境保护措施。当廊道区内空间无法满足新建管线施工或其他技术要求时，可以优先使用沿廊道区外侧平行的海域空间，并适时调整廊道区范围。

本项目风电场送出海缆属于“洋山至嵊泗管线廊道”。该廊道位于杭州湾口东部、舟山群岛北部，连接薄刀嘴岛和嵊泗山岛。其管控要求为：“连接嵊泗山岛和洋山方向的管线优先布置在该廊道，有途经该海域的其他管线，鼓励入廊；尽量避免途经该海域的新建管线与本廊道产生交越，确需交越通过的，需做好协调工作、完善施工方案，登陆基岩岸线需做好生态环境的保护措施，周边开发活动密集，且穿越航道，施工时需要注意，并加强保护。”

“洋山至嵊泗管线廊道”信息见表 2.8.1-1 所示。本项目 66kV 输出海缆近岸段路由位于“洋山至嵊泗管线廊道”内，符合该廊道“近岸段保障海上风电场送出电缆入廊，有途经该海域的其他管线，鼓励入廊”的管控要求。路由登陆点采用定向钻穿越海堤，在做好安全措施的前提下，对海堤影响较小。因此，本项目海上风电场工程建设符合《浙江省海底路由“十四五”规划》的相关要求。

表 2.8.1-1 洋山至嵊泗管线廊道

廊道名称	洋山至嵊泗管线廊道
------	-----------

地理位置	位于杭州湾口东部、舟山群岛北部，连接薄刀嘴岛和嵊泗山岛。
周边管线概况	已建有泗礁插旗岗至洋山薄刀嘴 35kV 输电电缆、舟山多端柔性直流电缆、泗礁至大洋通信电缆等管线。
自然环境	处于开阔海域，海底较为平坦，水深基本在 15 米以内；底质类型以黏土质粉砂为主。
登陆点环境	两侧登陆点处均为基岩岸线，后缘为山坳植被覆盖。
特征点坐标	略。
长度	约 29 千米。
管控说明	连接嵊泗山岛和洋山方向的管线优先布置在该廊道，有途经该海域的其他管线，鼓励入廊；尽量避免途经该海域的新建管线与本廊道产生交越，确需交越通过的，需做好协调工作、完善施工方案，登陆基岩岸线需做好生态环境的保护措施，周边开发活动密集，且穿越航道，施工时需要注意，并加强保护。
图示	

2.8.1.3 浙江省循环经济发展“十四五”规划

2021 年 5 月 25 日，浙江省发展和改革委员会印发了《浙江省循环经济发展“十四五”规划》（浙发改规划〔2021〕189 号），规划主要目标为到 2025 年，现代化循环型产业体系和废旧物资循环利用体系基本建立，资源节约集约循环利用和能源清洁低碳安全利用水平显著提升，基础设施全面绿色升级，绿色生活方式普遍推广，绿色低碳循环发展支撑体系进一步完善，基本建成绿色美丽和谐幸

福的现代化大花园，努力夯实碳排放率先达峰的基础，打造全国绿色低碳循环发展新标杆，生态文明建设继续走在前列。

加强清洁能源开发利用。大力发展风能、太阳能、海洋能等可再生能源，不断提高发电效率，降低发电成本，实现与常规电力同等竞争。继续推进分布式光伏发电应用，鼓励集中式复合光伏发展。科学推进海上风电布局建设，打造若干个百万千瓦级海上风电基地，探索海上风电制氢、深远海碳封存、海上能源岛等新技术、新模式。安全高效发展核电，打造浙北、浙东南、浙南三大沿海核电基地。有序建成单机兆瓦级海洋潮流能泊位，开展百兆瓦级海洋潮流能并网示范工程建设，带动相关产业集聚。因地制宜发展农林生物质和沼气发电，改造提升生物质分布式能源项目。强化煤炭总量控制，促进煤炭清洁高效利用。到 2025 年，非化石能源占一次能源消费比重达到 24%，光伏装机容量达到 2750 万千瓦左右，风电装机容量达到 641 万千瓦左右，生物质发电装机达到 300 万千瓦左右。

本项目嵊泗 7#海上风电场工程建设，属于规划中大力发展的低碳能源体系。本项目拟安装 20 台单机容量 12.5MW 的风电机组，总装机容量为 250MW，风电场实施将有助于提升我省循环经济发展中能源体系实现低碳转型和非化石能源消费占比，实现风电装机容量达到 641 万千瓦左右的目标，项目建设与《浙江省循环经济发展“十四五”规划》相符。

2.8.1.4 浙江省可再生能源发展“十四五”规划

2021 年 5 月 7 日，浙江省发改委、能源局发布关于印发《浙江省可再生能源发展“十四五”规划的通知》，《规划》目标：大力发展风电、光伏，实施“风光倍增计划”；更好发挥以抽水蓄能为主的水电调节作用；因地制宜高质量发展生物质能、地热能、海洋能等。到 2025 年底，可再生能源装机超过 5000 万千瓦，装机占比达到 36%以上。

大力推进海上风电建设。积极推进已核准项目的开发建设，适时开展一批规划项目前期核准工作，加快海上风电规划修编，积极争取新增海上风电项目入规，逐步探索利用我省临近的专属经济区建设海上风电，实现我省海上风电规模化发展。到“十四五”末，力争我省风电装机达到 640 万千瓦以上，新增装机在 450 万千瓦以上，主要为海上风电。“十四五”期间，全省海上风电力争新增装机容量 450 万千瓦以上，累计装机容量达到 500 万千瓦以上。

本项目规划装机容量为 250MW，能够满足一部分浙江省可再生能源发展“十四五”规划的海上风电装机要求，能够满足积极推进近海海上风电的规划要求，与《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》是相符合的。

2.8.1.5 浙江省能源发展“十四五”规划

2022 年 5 月 7 日，浙江省人民政府办公厅发布关于印发《浙江省能源发展“十四五”规划的通知》，《规划》目标：到 2025 年，现代能源体系建设取得明显进展，能源供应保障安全有力，为全省实现碳达峰奠定坚实基础。全省能源综合生产能力达到 4377 万吨标准煤左右（均为非化石能源），能源自给率提高到 15%左右。全省境内电力装机容量达到 1.37 亿千瓦左右，天然气消费量达到 315 亿立方米左右。全省能源储备体系更加优化，煤炭石油天然气储存能力达到 1.2 亿吨标准煤，能源应急储备能力满足高质量供应需求。电力高峰负荷削峰能力达到最高用电负荷 12430 万千瓦的 5%以上。

大力发展生态友好型非水可再生能源。实施“风光倍增”工程。突出以整县规模化开发分布式光伏，以高质量推广生态友好型发展集中式光伏，到 2025 年，全省光伏装机达到 2762 万千瓦。着力打造百万千瓦级海上风电基地，到 2025 年，全省风电装机达到 641 万千瓦以上，其中海上风电 500 万千瓦以上。在宁波、温州、舟山、台州等海域，打造 3 个以上百万千瓦级海上风电基地。因地制宜发展生物质发电，到 2025 年，生物质发电装机达到 300 万千瓦以上。积极探索海洋能综合开发利用。

本项目规划装机容量为 250MW，位于舟山嵊泗海域，满足浙江省能源发展“十四五”规划的海上风电装机要求，满足积极推进舟山海域海上风电的规划要求，与《浙江省能源发展“十四五”规划》是相符合的。

2.8.2 与区域发展规划符合性分析

2.8.2.1 《浙江海洋经济发展示范区规划》

根据《浙江海洋经济发展示范区规划》，定位我省海洋生态文明和清洁能源示范区。加快发展清洁能源，优化能源结构，努力创建清洁能源示范区。落实国家重点产业调整和振兴规划，培育海洋新兴产业，加强海洋科研与产业优化基地建设，扶持壮大港口物流、海洋装备制造、清洁能源、海水利用、海洋生物医药等新兴产业，加快发展临港先进制造业、滨海旅游、现代渔业等优势产业，培育

一批国际知名的企业和品牌，建设具有较强国际竞争力的产业集群，为引领我省海洋经济转型升级提供强大动力。

清洁能源产业，围绕清洁能源基地建设，积极开发海岛和近海风能、潮汐能、潮流能、生物质能等新能源，鼓励海洋新能源开发试验项目落户，打造重要的海洋能研究与开发基地。完善能源保障网，依托海岸线 and 海岛资源优势，稳妥建设核电，积极开发风能、潮汐能等可再生能源，优化能源供应结构，提升保障水平。增强能源供给保障，适时启动建设舟山、象山、台州、温州等百万千瓦级海上风电基地。

本项目建设海上风电清洁能源项目，有利于加快浙江省发展清洁能源、优化能源结构，完善能源保障网，促进可再生能源开发建设，有助于加快我省创建清洁能源示范区，因此符合《浙江海洋经济发展示范区规划》。

2.8.2.2 《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》要求，构建绿色低碳的现代能源体系，全面提升能源安全保障能力。大力发展可再生能源，安全高效发展核电，鼓励发展天然气分布式能源、分布式光伏发电，有序推进抽水蓄能电站和海上风电布局建设，加快储能、氢能发展，到 2025 年清洁能源电力装机占比超过 57%，高水平建成国家清洁能源示范省。建成白鹤滩输浙特高压直流，持续优化外来电输入比重和结构。推进多元融合高弹性电网建设，建成天然气主环网，构建布局合理、功能完善、民生优先的综合供能服务网。加快电能替代，提高电气化水平。

因此，项目风电场工程建设符合浙江省“构建绿色低碳的现代能源体系，全面提升能源安全保障能力”的发展计划，有利于促进浙江省发展可再生能源，建成国家清洁能源示范省，符合《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》相关要求。

2.8.2.3 《浙江省自然资源发展“十四五”规划》

浙江省自然资源发展“十四五”规划提出，节约集约利用要达到新水平。自然资源利用效率和质量进一步提升，持续推进城镇低效用地再开发，加大批而未供和闲置土地处置利用，加大农村存量建设用地盘活力度，盘活存量建设用地面

积 50 万亩以上，2025 年人均城乡建设用地控制目标为 170 平方米。大中型矿山比例达 70%以上，矿产资源开采规模化、集约化和综合利用水平不断提高，海洋资源开发利用效率进一步提升。历史围填海区域产业和生态建设 10 万亩以上，砂质岸线保有率达到 100%。

本项目建设海上风电场，拟安装 20 台单机容量 12.5MW 的风电机组，总装机容量为 250MW，本项目能够做到集约节约用海，能够做到进一步提升海洋资源开发利用效率。本项目符合《浙江省自然资源发展“十四五”规划》。

2.8.3 与功能区划的符合性分析

2.8.3.1 舟山市国土空间总体规划（2021-2035 年）相符性分析

根据《舟山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（浙政函〔2024〕47 号），嵊泗县主体功能为生态经济地区、海洋经济地区和文化景观地区，项目区域所在的洋山镇为城市化优势地区（图 2.8-1），要求积极引导人口和产业集中布局，加大空间要素保障，提升土地和岸线利用效率，推动重大战略平台建设。根据规划国土空间用途分区，项目所在海域位于海洋发展区。本项目区域嵊泗 7#海上风电场已列入规划重要能源矿产保障区名录，位置为大衢洋，面积 22 平方千米，保障要求为：按照海洋用途分区管控要求做好用海空间统筹安排。浙江舟山嵊泗 7 号海上风电 220 千伏送出工程列入规划重点建设项目安排表。

舟山市国土空间总体规划（2021-2035年）

国土空间用途分区规划图



图 2.8-1 《舟山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》国土空间用途分区规划图

2.8.3.2 浙江省海岸带及海洋空间规划符合性分析

浙江省海岸带及海洋空间规划是国土空间总体规划的专项规划，是陆海统筹的专门安排，是海岸带高质量发展的空间蓝图。海洋空间以基本功能分区为框架，统筹海域、海岸线、海岛、历史用海等海岸带空间资源，实施生态保护分级与利用管制分类相结合的管控方式。

依据生态保护重要性、资源利用现状及其适宜性，按“绿、蓝、黄、橙、红”五色等级统筹我省海岸带空间资源生态保护分级管控要求。由图 2.8-2 可知，本项目风电场位于海洋预留区，登陆点位于工矿通信用海区，海缆路由穿越了海洋预留区、交通运输用海区及工矿通信用海区，交通运输用海区及工矿通信用海区按红色等级（优化开发级管控）进行管控。

“红色”为优化开发级管控。在落实集约节约利用原则下，允许适度改变海域自然属性。开发建设需保障周边生态空间的连续以及风景游憩生态廊道的通畅。在不影响空间主要功能的前提下，允许适度兼容准入其他类型利用活动，兼容用海确权面积一般不超过所在功能区面积的 40%。优化开发级管控的无居民海岛，按照国家相关政策严格控制改变海岛四面环海水自然属性的行为。

1、交通运输用海区

区域按优化开发级要求实施管控。

重点保障港口、航运、路桥隧道、海上机场等用海主导功能。在不影响主导功能或主导功能尚未实施前提下，兼容渔业、工业、游憩、排污等功能。

允许适度改变海域自然属性。

除港区建设外严格限制占用深水岸线资源。不得在港池、锚地、航道、通航密集区以及公布的航路内进行与航运无关、影响航行安全的活动。维护和改善港口区、航运区原有的水动力和泥沙冲淤环境。

符合性分析：本项目在交通运输用海区为海底电缆埋设，满足“在不影响主导功能或主导功能尚未实施前提下，兼容渔业、工业、游憩、排污等功能”；项目海底电缆全程埋设，不改变海域自然属性；交通运输区范围内，本项目不涉及占用岸线资源；本项目电缆埋设于海底，并在航道区内增加埋设深度，不会影响航运，项目施工期会引起局部海域水动力冲淤变化，影响主要集中在施工区域附近，施工结束后基本可恢复至原有的水动力和冲淤环境。因此，项目建设符合交

通运输用海区管控要求。

2、工矿通信用海区

本项目海底电缆穿越的工矿通信用海区为嵊泗洋山工矿通信用海区（330922630-03）

主要用于工业、海底电缆管道等用海，兼容交通运输、排污、游憩等功能；允许适度改变海域自然属性；因国家重大战略项目确需新增围填海的，应集约节约，进行充分论证，科学确定填海规模，优化围填海平面设计，减少占用自然岸线，可能导致地形及海洋生态环境破坏的要提出生态修复对策和措施。

符合性分析：本项目在工矿通信用海区内为海底电缆埋设，符合海底电缆管道的用海主要功能；项目海底电缆全程埋设，不改变海域自然属性；项目在工矿通信用海区内，海底路由登陆点布置于“洋山至嵊泗管线廊道”内，符合电缆管道空间布局要求。因此，项目建设符合工矿通信用海区管控要求。

3、海洋预留区

本项目风电场所在海洋预留区为：嵊泗洋山海洋预留区（330922660-01），面积为 1888 公顷，位于嵊泗大洋山沿岸与小洋山北部海域，主要用于重大项目用海用岛预留的控制性后备发展区域。除省级及以上重大项目和海岸防护工程外，严格限制改变海域自然属性和海岸线自然形态。限制开发强度和规模，未转换功能前，累计确权面积不超过功能区面积 20%。

符合性分析：本项目为风力发电项目，工程建设可以弥补电力缺口、调整优化能源结构，开发利用浙江沿海地区较丰富的风能资源，风机用海面积及嵊泗洋山海洋预留区面积的 10%，符合开发强度要求。

4、海岸线

根据海岸线生态功能、资源价值与区位禀赋等条件，将大陆海岸线分为严格保护、限制开发和优化利用三类岸段，并在此基础上明确自然岸线占补平衡、海岸建筑避让区、深水岸线和潮间带的管控要求。

——严格保护岸段。指自然形态保持完好、生态功能与资源价值显著的自然岸线，以及生态保护红线内重要人工岸段，包括优质沙滩、典型地质地貌景观、重要滨海湿地、红树林岸、生态海堤等。原则上不得改变自然岸线形态，允许实施生态修复措施，结合向海一侧分区功能可适当开展海岸防护、开放式用海，以及线状桥梁跨越或海底路由底部穿越活动。

——限制开发岸段。指自然形态保持基本完整、生态功能较好，资源利用价值较高、开发利用需求和潜力较为明确的岸段。除国家重大项目和海岸防护工程外，严格限制改变自然岸线形态和影响海岸生态功能的开发利用活动。结合向海一侧功能分区允许开展海岸防护工程以及开放式、透水构筑物等用海活动；以其他用海方式占用岸线的，需严格论证其必要性并因地制宜开展生态修复。

——优化利用岸段。指生态保护红线外，人工化程度较高、海岸防护与开发利用条件较好的岸段，以及已被工程项目实际占用的岸段。允许适度改变岸线形态，提升岸线使用效率，鼓励离岸式工程建设。结合向海一侧功能分区因地制宜开展生态修复，优化沿海地区产业集聚和产城融合开发利用格局，实现海岸线集约高效利用。

由图 2.8-3 可知，本项目登陆点所在岸段为人工岸线，且项目采用定向钻的施工方式穿越岸段，不会改变岸线形态，符合海岸线管控要求。

5、无居民海岛

本项目登陆点属于嵊泗崎岖列岛南岛群，使用功能为“在海岛景观和岸线自然属性保护基础上，适度发展港口航运、临港产业及滨海生态旅游，开发过程中需注重海岛资源与环境保护。”不占用薄刀嘴岛上的海岸建筑退缩线（避让区），位于港口物流岛。

港口物流岛管控要求为“以适度发展集装箱存储、中转、运输和大宗散货储运、加工、贸易、金融与信息服务为利用导向。统筹规划海岸线尤其是深水岸线、周边航道和锚地等的开发，坚持海岸线集约高效利用，保护与合理利用港口资源。”

本项目电缆全程埋设海底下，不会影响锚地、航道航运，不占用港口资源。本项目满足港口物流岛管控要求。

海洋功能分区规划图（舟山市）

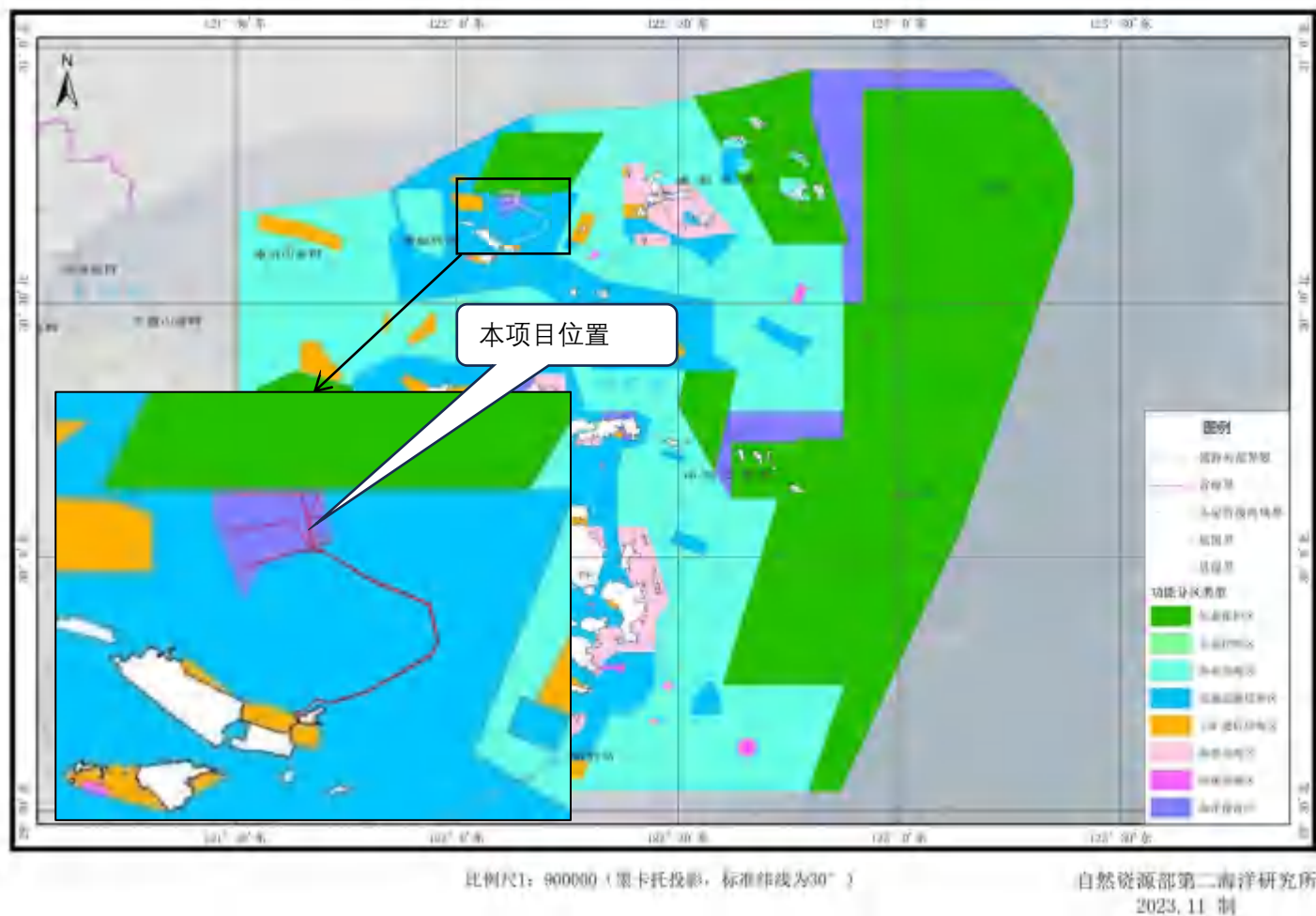


图 2.8-2 浙江省海岸带及海洋空间规划（海洋功能分区）示意图

海岸线分类保护与利用规划图（舟山市）

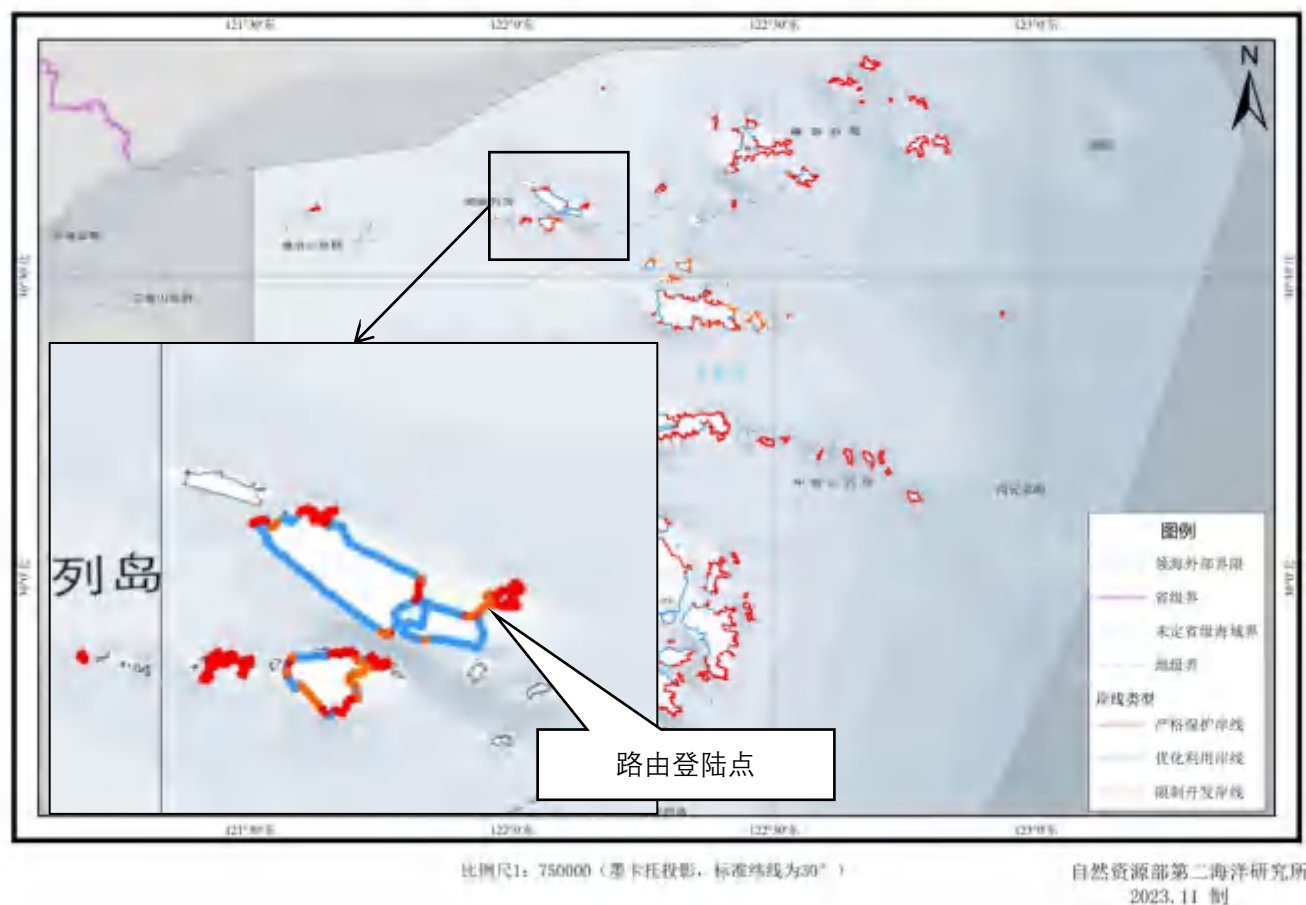
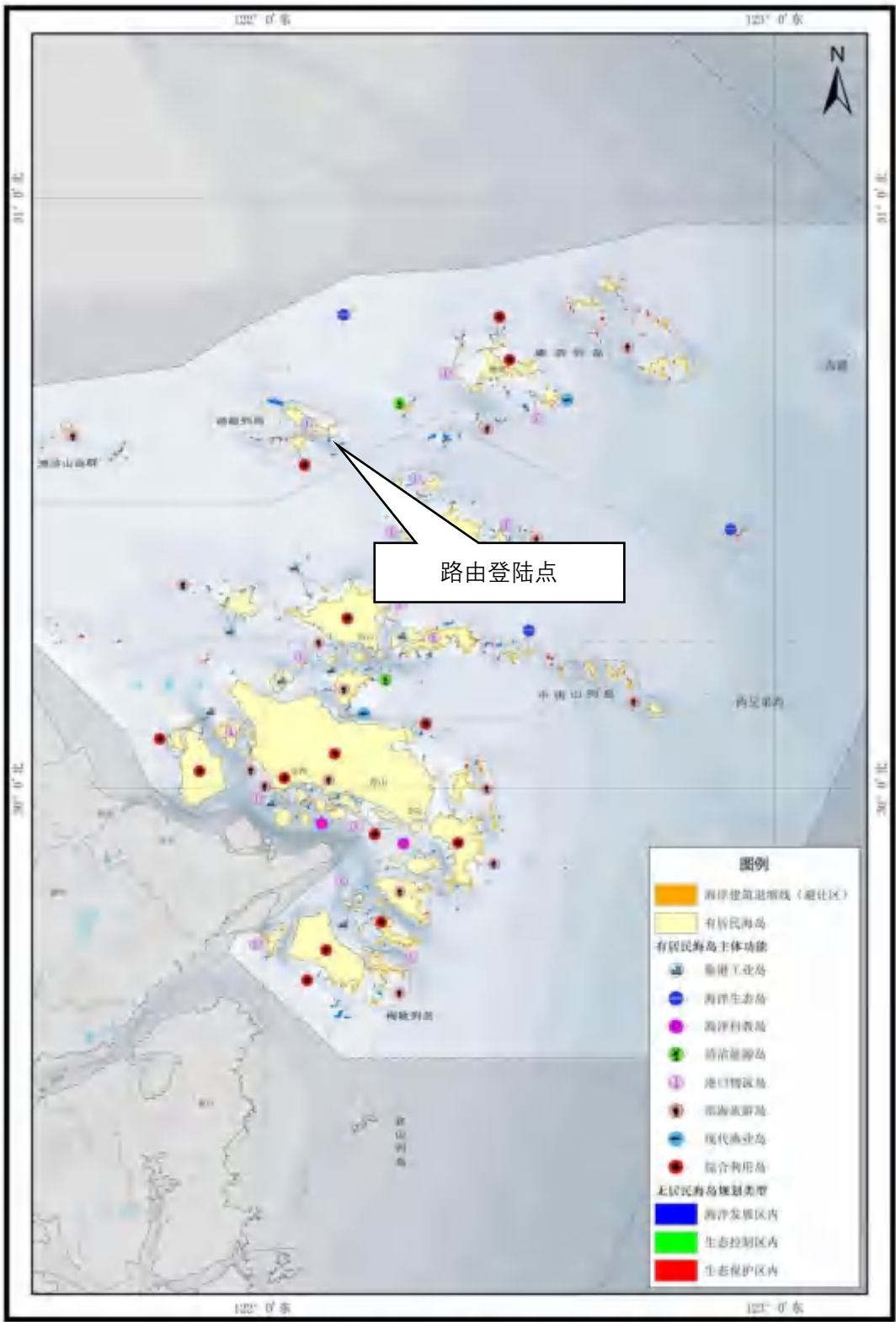


图 2.8-3 浙江省海岸线与海洋空间规划图（海岸线分类保护与利用图）

海岛类型与退缩线范围图（舟山市）



比例尺1: 800000（墨卡托投影，标准纬线为30°） 自然资源部第二海洋研究所
2023.11 制

图 2.8-4 浙江省海岸线与海洋空间规划图（海岛类型与退缩范围线）

2.8.3.3 与浙江省“三区三线”划定成果符合性分析

2020 年 9 月 30 日,《自然资源部办公厅关于浙江等省(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]2080 号)下发,浙江省“三区三线”划定成果符合质检要求,正式启用,作为建设项目用地用海报批的依据。

浙江省自然资源厅 2022 年 10 月 26 日发布了关于启用“三区三线”划定成果的通知(浙自然资发〔2022〕18 号),根据文件第 2 条“新增交通、能源、水利、军事设施、产业单独选址项目和乡村建设项目用地,可以选址在城镇开发边界外,但应避让永久农田、生态保护红线;”。

经对本项目位置与“三区三线”划定成果矢量数据叠置分析,从图中可以看出,项目区域本身不占用生态红线区,拟建风电场选址及布置过程中已避开大戢洋产卵场保护区生态保护红线,与保护区最近相距 100m。大戢洋产卵场保护区生态保护红线为重要渔业资源产卵场,面积约 278.60 平方公里,主要保护对象为:鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼等鱼类资源;管控措施:禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动;严格执行《中华人民共和国渔业法》《浙江省渔业管理条例》和《渔业捕捞许可管理规定》。

本项目风电场区建设对保护区的主要影响体现在施工期悬沙扩散会导致保护区南侧悬浮物浓度增加,溢油风险状态下油膜会漂移至保护区。根据数值模拟预测结果,风电施工将会短期内造成保护区南侧约 32km² 的范围内悬浮浓度增量达 10mg/L。项目建设对鱼类产卵场会有一定的负面影响,但属于可以接受范围。风机桩基产生的局部涡流和人工鱼礁效应,一定程度上有利于鱼类的聚集,对渔业资源的保护可能产生正面效应。

因此,本项目与“三区三线”划定成果相符。

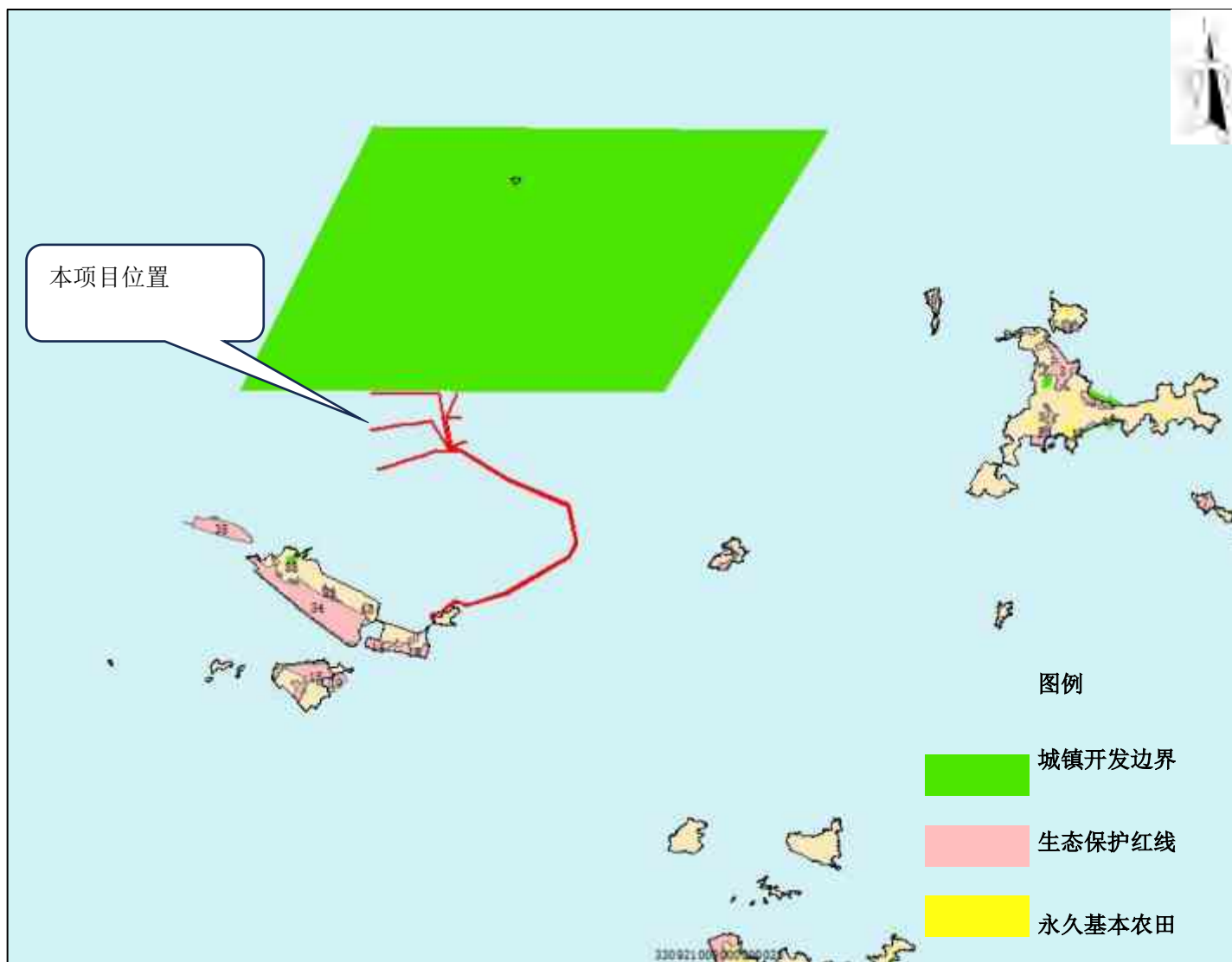


图 2.8-5 本项目位置与“三区三线”划定成果叠置分析图

2.8.3.4 浙江省近岸海域环境功能区划符合性分析

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（图 2.2.1-1），本工程风电场及海缆路由位于舟山近岸一类区（ZJ02A I），海水水质保护目标为《海水水质标准》（GB3097-1997）一类标准，登陆点位于洋山四类区（ZJ05DIV），海水水质保护目标为四类标准。

本项目施工期风机基础打桩、海底电缆的铺设将引起悬浮物浓度增加，影响局部海水水质，但施工期间引起的悬浮物局部扩散等的影响是暂时的，施工结束后，悬浮物可在较短时间内沉降，水质环境将逐步恢复。施工期及营运期船舶污水、固废等运至岸上处理，不外排，不会对海洋水环境、沉积物环境造成不利影响，不会改变现有环境功能区使用功能。总体上，工程建设对海水水质、沉积物的影响较小，不会造成海水水质、沉积物质量的恶化。因此，工程建设与浙江省近岸海域环境功能区划是符合的。

2.8.3.5 浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划

《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》（2020—2035）的总体目标为：展望 2035 年，浙江近岸海域海洋生态环境根本好转，沿海地区绿色生产生活方式全面形成，美丽海洋建设目标基本实现。陆海一体化污染防治体系有效形成，海洋生态实现系统保护和修复，生态良好、生境完整、生物多样的健康状态基本呈现，海洋优质生态产品供给基本满足人民美好生活需要；海洋生态环境治理体系和治理能力现代化全面实现；海洋绿色低碳发展达到国内领先、国际先进水平；“水清滩净、鱼鸥翔集、人海和谐”的全域“美丽海湾”基本建成。

本项目施工期对海域的影响主要为风场区桩基施工以及海底电缆沟槽开挖环节引起的悬浮泥沙，影响主要集中在桩基、电缆沟槽施工区附近水域，对水质及渔业资源有一定影响，施工结束后，水质会逐步恢复，影响随之消失。本项目营运期不向海域排放污染物，对工程周边海域的海洋生态环境质量基本无影响。

本项目通过科学布局海上风电，推进海洋新能源示范应用，能够做到减少化石能源二氧化碳排放、发展海上绿色能源并加快构建清洁低碳的现代能源体系。与“十四五”规划中减排温室气体，应对适应气候变化的重点任务相符。

因此，本项目符合《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》（2020—2035）。

2.8.4 “三线一单”分析判定

2016 年 10 月 26 日，国家环保部以环环评[2016]150 号文发布了“关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知”，“通知”明确落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”（以下简称“三线一单”）约束，建立项目环评审批与规划环评、现有项目环境管理、区域环境质量联动机制（以下简称“三挂钩”机制），更好地发挥环评制度从源头防范环境污染和生态破坏的作用，加快推进改善环境质量，结合上述文件具体“三线一单管”控要求如下：

1、生态保护红线

根据《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目部分 66kV 海缆位于位于洋山港口区（ZH33090020033）重点管控单元，其余海缆和风电场区等工程均位于嵊泗捕捞区（ZH33090030071）一般管控单元。根据 2.8.3.2 节分析，本项目路由、登陆段及陆上换流站均不涉及生态保护红线，本项目符合浙江省“三区三线”划定成果管理要求。

2、环境质量底线

本项目所在区域的环境质量底线为：风电场区所在海域海水水质达到《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类标准；空气环境质量达到《环境空气质量标准》二级标准；项目登陆点区域噪声环境质量应达到《声环境质量标准》2 类。

项目拟建区域大气环境质量良好，能达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。根据海域水质现状调查结果，项目所在海域主要的水质超标因子为无机氮和活性磷酸盐，本项目不对项目所在海域排放废水，不会造成所在海域海水水质的恶化。风电场周围无村庄等环境敏感点，风电场运营期对周围声环境影响较小。

本项目对海水水质的影响仅限于施工期悬浮泥沙，随着施工结束影响消失，施工期和运营期产生的其他污废水均收集处置，不外排入海；本项目施工废气主要为机械和船舶尾气，主要位于海上施工场区，对大气环境影响很小，且随着施工结束不再排放。运营期无废气排放；本项目噪声经治理之后能做到达标排放；固废可做到无害化处置。采取本环评提出的相关防治措施后，本项目排放的污染物不会对区域环境质量底线造成冲击。

3、资源利用上线

本项目建成运营后通过内部管理、设备选择、废物回收利用、污染治理等多方面采取合理可行的防治措施，以“节能、降耗、减污”为目标，有效地控制污染。项目的水、气等资源利用，不会突破区域的资源利用上线。因此，本项目符合资源利用上线的要求。

4、环境准入负面清单

根据《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目部分 66kV 海缆位于舟山市区港口航道区重点管控单元（ZH33090020035），其余海缆和风场区等工程均位于嵊泗捕捞区（ZH33090030071）一般管控单元，见图 2.8-6。对照上述管控单元的空间分布引导、污染物排放管控、环境风险管控和资源开发效率要求，本项目的建设符合上述管控单元生态环境准入清单要求。

综上所述，本项目选址和建设符合“三线一单”控制要求。

表 2.8-4 舟山市“三线一单”环境管控生态环境准入清单符合性分析

环境管控单元名称	管控要求		符合性分析
洋山港口区重点管控单元 (ZH33090020033)	空间布局约束	禁止在港区、锚地、航道、通航密集区以及公布的航路内进行与航运无关、有碍航行安全的活动；严禁在规划港口航运区内建设其他永久性设施。加强舟山港港口综合治理，减少对周边功能区环境影响。维护和改善港口航运区原有的水动力和泥沙冲淤环境。	本项目港口航道区段电缆全程埋设海底下，不会影响锚地、航道航运，不妨碍航行安全；也不会改变原有的水动力和冲淤环境。本项目满足空间布局管控要求。
	污染物排放管控	/	/
	环境风险防控	/	/
	资源开发效率要求	/	/
嵊泗捕捞区一般管控单元 (ZH33090030071)	空间布局约束	除渔港、农业围垦等基础设施建设用海外，严格限制改变海域自然属性，农业围垦要控制规模和用途，严格按照围填海计划和自然淤涨情况科学安排用海；严格保护水产种质资源保护区；加强渔业资源增殖放流，科学规划与建设增殖放流区、水产种质资源保护区和海洋牧场，扩大放流规模，规范资源管理；合理利用海洋渔业资源，严格实行捕捞许可证制度，控制近海捕捞强度，严格实行禁渔休渔制度；重点加强舟山本岛周边海域的海岸环境整治，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展；积极防治海水污染，禁止在规定的养殖区、增殖区和捕捞区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动。加强滩涂资源统筹开发，有序推进滩涂围垦开发，科学确定围垦区域的功能定位、开发利用方向，合理安排农业、生态、旅游等用地。	本项目电缆全程埋设，不会改变海域自然属性。本项目为海上风电场区和海底电缆铺设工程，风电场区采用透空式桩基结构，不涉及围填海。本项目建设过程中会造成一定的渔业资源损失，会通过增殖放流的形式恢复当地渔业资源。项目路由周边无养殖区、增殖区，项目施工期航道疏浚、风机基础打桩、海底电缆的铺设将引起悬浮物浓度增加，影响局部海水水质，但施工期间引起的悬浮物局部扩散等的影响是暂时的，施工结束后，悬浮物可在较短时间内沉降，水质环境将逐步恢复，施工期及运行期船舶污废水、固废等运至岸上处理，不外排，不会对周边水质、生态环境产生影响。本项目满足空间布局管

环境管 控单元 名称	管控要求		符合性分析
			控要求。
	污染物排 放管控	/	/
	环境风险 防控	/	/
	资源开发 效率要求	/	/
浙江省 舟山市 嵊泗洋 山重点 管控单 元 S (ZH33 090020 067)	空间布局 约束	除经批准专门用于三类工业集聚的开发区（工业区）外，禁止新建、扩建三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目仅海底路由部分穿越该区域，不产生污染物，海底路由附近无居民区
	污染物排 放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目为生态影响型，不产生污染物，不涉及总量控制。
	环境风险 防控	定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境与健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	本项目按要求配置应急物资与建设风险防控体系。
	资源开发 效率要求	/	/

环境管控单元名称	管控要求		符合性分析
浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元 S（ZH33090020066）	空间布局约束	禁止新建、扩建不符合园区发展（总体）规划的其他三类工业建设项目。优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和升级改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目仅海底路由部分穿越该区域，不产生污染物，海底路由附近无居民区
	污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目为生态影响型，不产生污染物，不涉及总量控制。
	环境风险防控	定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	本项目按要求配置应急物资与建设风险防控体系。
	资源开发效率要求	/	/
浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元（ZH33092220097）	空间布局约束	禁止新建、扩建不符合园区发展（总体）规划的其他三类工业建设项目。优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和升级改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目仅海底路由部分穿越该区域，不产生污染物，海底路由附近无居民区
	污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目为生态影响型，不产生污染物，不涉及总量控制。
	环境风险	定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。强化工业集聚	本项目按要求配置应急物资与建设风险防控

环境管 控单元 名称	管控要求		符合性分析
	防控	区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	体系。
	资源开发 效率要求	/	/



图 2.8-6 (a) 舟山市“三线一单”分区分管对照图（海域）



图 2.8-6 (b) 舟山市“三线一单”分区管控对照图(陆域)

3 建设项目工程分析

3.1 项目概况

3.1.1 工程总体概况

项目名称：中广核嵊泗 7#海上风电场工程。

项目性质：新建。

工程规模：本工程拟布置 20 台单机容量 12.5MW 风电机组，总装机规模为 250MW。风电场所发电能通过 66kV 集电线路（共 4 回）汇集后，直接登陆（小洋山岛）接至陆上换流站，整流至 $\pm 200\text{kV}$ 后接至洋山换流站母线。

地理位置：中广核嵊泗 7#海上风电场工程（以下简称“本项目”）场区位于浙江省舟山市嵊泗县小洋山岛北部海域，场址中心距离小洋山岛约 8km，场址呈不规则五边形，东西长约 5.5km，南北宽约 3.9km，面积约 15km^2 ，水深 11~13m，规划装机容量为 25 万 kW。

工程组成：包括 20 台单机容量 12.5MW 风电机组，66kV 海缆 87.148km 和 1 座 $\pm 200\text{kV}$ 陆上换流站，陆缆长度 450m。

工程地理位置图见图 3.1.1-1，工程特性见表 3.1.1-1。



图 3.1.1-1 工程地理位置图

表 3.1.1-1 中广核嵊泗 7#海上风电场工程项目特性表

名称		单位(或型号)	数量	备注
经度（东经）		121°5′～121°9′		风电场区位置
纬度（北纬）		30°40′～30°43′		风电场区位置
规划场区面积		km ²	15	
中心离岸距离		km	25	距离大陆海岸上海市最近
设计高潮位		m	2.42	1985 国家高程基准
设计低潮位		m	-1.75	
50 年一遇极值高潮水		m	3.69	
50 年一遇极值低水位		m	-2.66	
多年平均气温		℃	16.4	
多年极端最高气温		℃	36.4	
多年极端最低气温		℃	-5.7	
年平均风速（144m 高度）		m/s	8.27	
空气密度		kg/m ³	1.189	
年平均风功率密度(144m 高度)		W/m ²	560	
50 年一遇最大风速(144m 高度)		m/s	49.6	
盛行风向			NNW、N、NNE	
风电机组	推荐机型	MW	12.5	
	台数	台	20	
	叶片数	片	3	
	叶轮直径	m	260	
	切入风速	m/s	3.5	
	额定风速	m/s	10.1	
	切出风速	m/s	25	
	设计极大风速	m/s	79.8	
	轮毂高度	m	144	
	发电机容量	kW	12500	
	发电机频率	Hz	50	
	发电机电压	V	1380	
出线回路数及电压等级	出线回路数	回	4	
	电压等级	kV	66	
风电机组基础	台数	台	20	
	型式	单桩基础		
	地基特性	软土地基		
施工期限	总工期	月	18	
	第一批机组发电	月	12	

3.1.2 建设方案概述

3.1.2.1 工程项目组成

项目包括 20 台风电机组，66kV 海缆、陆缆和 ±200 kV 陆上换流站，工程平面布置图见图 3.1.2-1。

3.1.2.2 风电机组

1. 风机机型

本阶段选定 WTG3 机型单机容量为 H260-12.5MW 的风电机组进行布置。

机型技术参数见表 3.1.2-1。

表 3.1.2-1 风机机型技术参数表

指 标	单 位	WTG3
概 况	单机容量	MW
	叶轮直径	m
	单位千瓦扫风面积	m ² /kW
	装机台数	台
	总装机容量	MW
	轮毂中心高度	m
发 电 量	平均尾流影响系数	%
	单台最大尾流影响系数	%
	年设计发电量	万kWh
	综合折减系数	
	年上网电量	万kWh
	等效满负荷小时数	h

2. 风机平面布置

沿场区南北边界成行布置，共 3 行，风电机组行间距 1218~2005m，行内间距 769~1020m，风电机组最小间距 769m（约 2.96D）。

3. 风机基础

本项目 20 台风力发电机组（12.5MW）均采用单桩基础。风机单桩基础结构布置图见图 3.1.2-2。

单桩基础结构型式为：用单根直径 8.5m~9.5m 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。根据本工程的设计资料及周边海域风电场的设计成果，经过初步计算，无过渡段大直径单桩基础桩径约 8.5m~9.5m，壁厚为 75mm~100mm，单桩平均桩长约 78m，入土深度约 50~70m，桩端进入持力层一定深度。单桩基础桩顶高程为 12m，桩顶通过法兰系统连接上部塔筒。

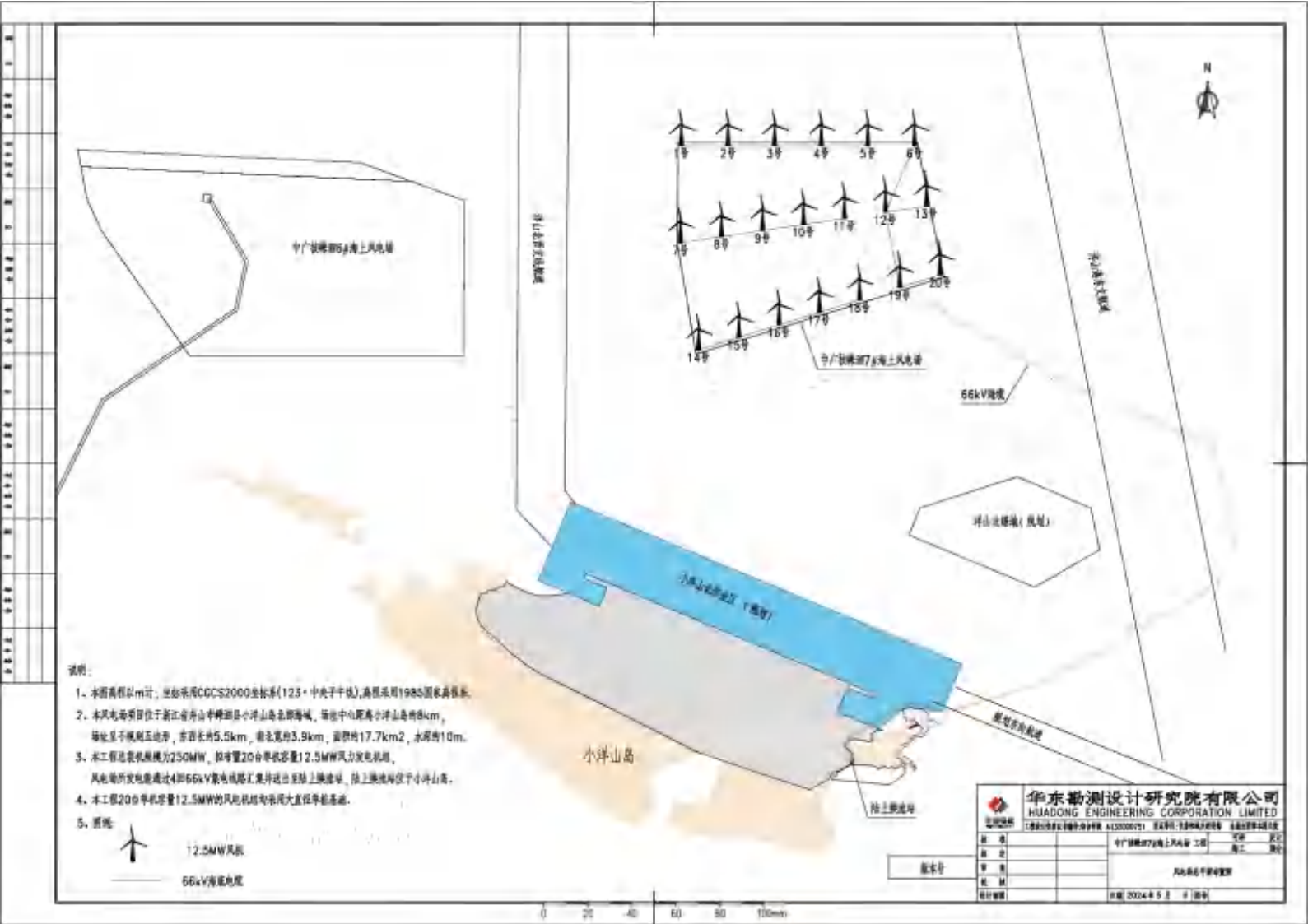


图 3.1.2-1 项目平面布置图

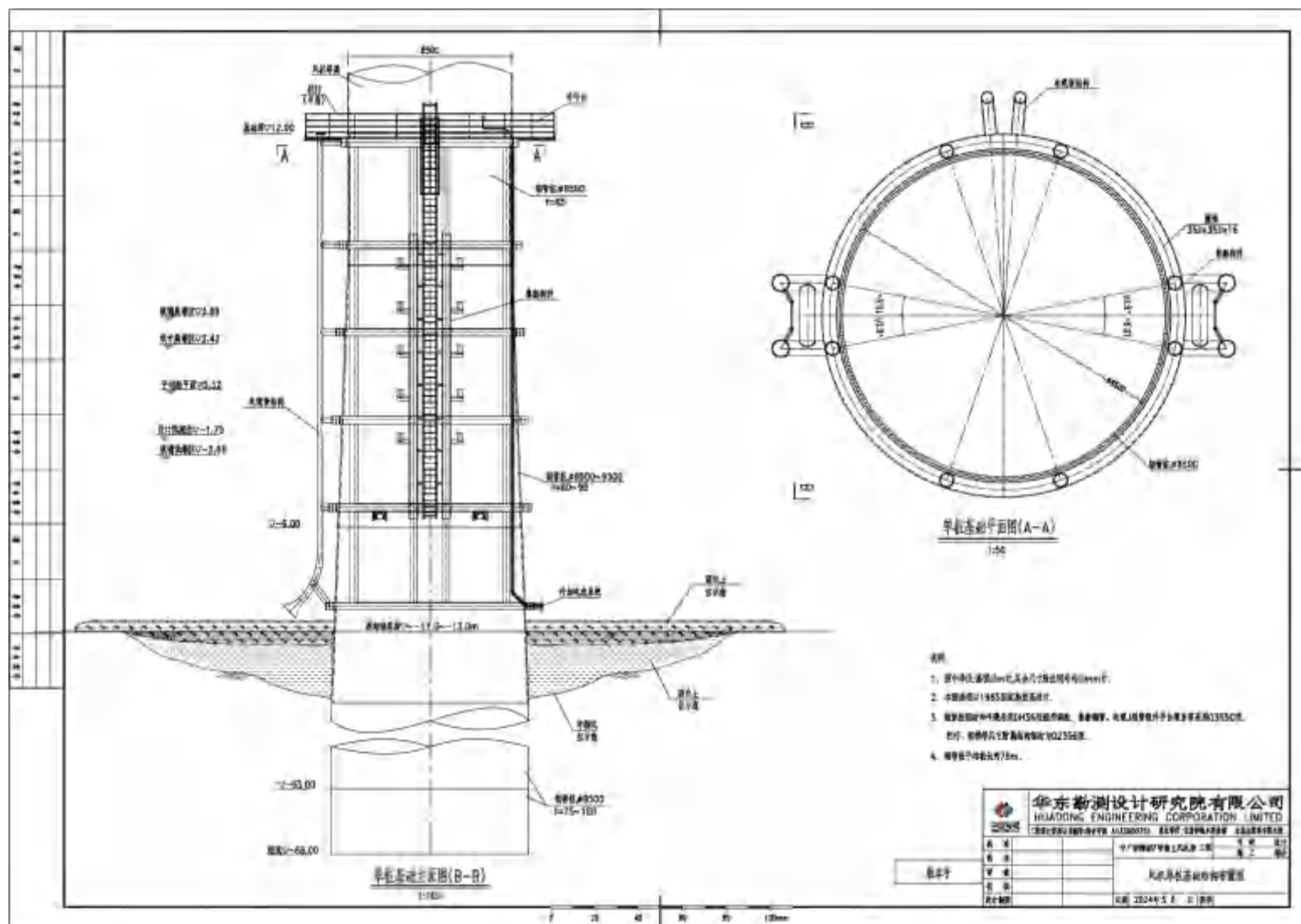


图 3.1.2-2 风机单桩基础结构布置图

4.防腐设计

由于本工程风机基础直接处于海水环境中，其浪溅区和水位变动区腐蚀问题严重，并考虑到本工程钢管桩、钢结构的重要性，在风机正常运行期内，风机基础须采取可靠的防腐蚀措施，保障结构的安全。

参考《海上风电场工程防腐蚀设计规范》（NB/T 10626）、《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》（JTS153-3）等相关规范，风机基础在采用预留腐蚀余量的同时，采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，即采用外加电流 ICCP 系统，在飞溅区、全浸区辅以长寿命重防腐涂料双层改性环氧涂层进行防腐，泥下区采用外加电流 ICCP 系统方式进行防腐。风机基础防腐蚀方案见表 3.1.2-2。

表 3.1.2-2 风机基础防腐蚀方案

腐蚀分区	防腐蚀部位	防腐蚀措施
大气区	钢结构	主要采用物理防护的保护方式，单层改性环氧玻璃鳞片+聚氨酯面漆（1000um）。
浪溅区+水位变动区	钢管桩	主要采用物理防护的保护方式，以长寿命重防腐涂料双层改性环氧玻璃鳞片漆进行防腐，漆膜干膜厚度1000μm。
全浸区	钢管桩	采用物理防护与外加电流保护的联合保护方式，辅以长寿命重防腐涂料双层改性环氧玻璃鳞片漆进行防腐，漆膜干膜厚度不低于800μm。
泥下区	钢管桩	采用外加电流的阴极保护方式进行防腐。

5.防冲刷设计

根据本项目场地特点，考虑单桩基础沉桩后在桩基周围采取固化土的冲刷防护方案。即拟在采取固化土的冲刷防护方案后，单桩基础计算时预留约 4.0m 的冲刷深度。固化土防冲刷保护措施已在国内海上风电场工程中成功应用，固化土通常采用滩涂或海底淤泥掺入一定比例的固化剂制成，料源广泛；现场直接向海底吹填或泵送，海上施工方便快捷。

对于海缆而言，基础冲刷坑形成后，电缆管及其末端海缆处于悬空摇摆状态，在波流的长期作用下，易发生疲劳破坏。本阶段采用在电缆管末端海缆设置弯曲限制器保护装置的方案对电缆管末端海缆进行保护。

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

3.1.2.3 海底电缆

1.海缆路由布置

根据嵊泗 7#海上风电场场内风机总布置，风电场所发电能通过 66kV 集电线路（共 4 回）汇集后，直接登陆（小洋山岛）接至陆上换流站，整流至 $\pm 200\text{kV}$ 后接至洋山换流站母线。路由自场区向南经洋山北锚地北侧海域，至薄刀嘴东侧绕至薄刀嘴北侧人工海堤上登陆。单回路由长约 20.905~22.958km，4 回路由共计 86.858km。

2. 电缆选型

采用 4 回 66kV 海缆，66kV 海缆型号初拟选用铜导体、3 芯交联聚乙烯绝缘、分相铅护套钢丝铠装光电复合海底电缆，型号为 HYJQ41-F-3 $\times$ 120~630+2 $\times$ 36B38/66kV。电缆截面暂根据持续负荷电流选择，并按热稳定、电压降进行校核。

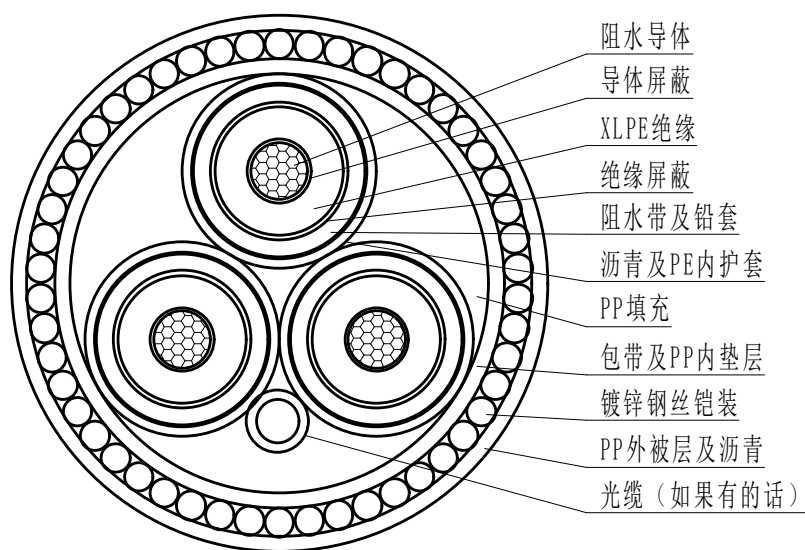


图 3.1.2-3 三芯海底电缆结构简图

3. 登陆点

海底电缆路由自场区向南经洋山北锚地北侧海域，至薄刀嘴东侧绕至薄刀嘴北侧人工海堤上登陆。薄刀嘴登陆点位于薄刀嘴岛西南角海堤上，其岸线性质为人工岸线。

登陆点所处海堤大致呈 NE-SW 走向，是一条连通薄刀嘴岛和沈家湾岛的海堤，海堤两侧由石块堆砌而成，中间为混凝土浇筑。整个海堤横截笔架门水道，两侧海域水深较浅。登陆点北侧紧邻规划的小洋山北作业区，目前西北侧已填海成陆，填海区与对岸的薄刀嘴岛形成了半封闭岬湾，岬湾向北开口，岬口宽约 25m，恰好可容纳 4 回海缆进入岬湾。岬湾内底质以泥质沉积为主，低潮时泥滩出露。

登陆点后方为填海空地，建有一条环岛泥路，可见施工车辆和集装箱改造屋。该登陆点可沿海堤和泥路较为方便地实现陆上连接。



图 3.1.2-3 海底电缆预选路由



图 3.1.2-4 薄刀嘴登陆点正射影像图



图 3.1.2-5a 薄刀嘴登陆点现场照片



图 3.1.2-5b 薄刀嘴登陆点现场照片

3.1.2.4 陆上换流站

本项目配套建设一座 $\pm 200\text{kV}250\text{MW}$ 陆上柔直与不控整流混联换流站。

1.陆上换流站主接线方案

本工程陆上换流站采用全容量 MMC 柔性直流换流阀和四分之一容量不控整流阀混联拓扑接线形式，如下图所示。其中， 66kV 海缆进线 4 回，采用 66kV 交流接线采用单母分段接线形式。I 段 66kV 母线配电装置包括交流海缆进线 3 回、联接变出线 1 回、母线设备 1 回，出线经联结变升压至 208kV 后，接入全容量 MMC 换流阀交流侧。II 段 66kV 母线配电装置包括交流海缆进线 1 回、联接变出线 3 回、母线设备 1 回，3 回出线分别经联结变升压后，分别接入正负极不控整流阀和级联 MMC 换流阀交流侧，直流侧采用正极不控整流阀、级联 MMC 换流阀、负极不控整流阀串联(组成系统简称为不控整流阀)。全容量 MMC 换流阀直流侧与四分之一容量不控整流阀直流侧并联后，接耗能装置与直流断路器后，出线接至洋山换流站。

此外，接地点推荐在陆上站的联接变阀侧经电抗器和大电阻接地的方式。换流站站用电取电来源于联接变第三绕组，换流站暂不配置无功补偿装置。

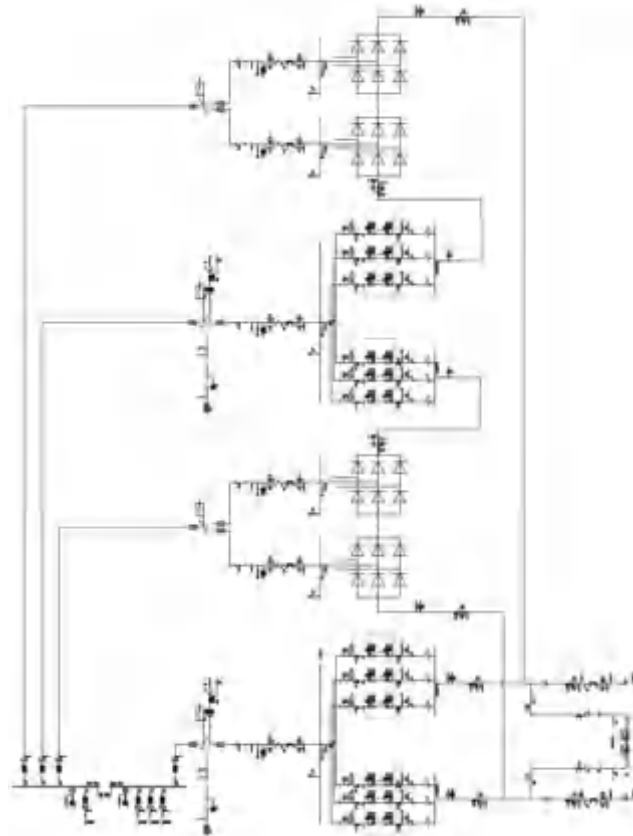


图 3.1.2-6 陆上换流站主接线方案示意图

2.陆上换流站平面布置

陆上换流站场区总平面布置根据电气设备布置要求,结合站址所在地实际情况进行布置。

换流站征场内布置综合楼、生活楼、附属楼、消防泵房、阀厅、66kV GIS室、门卫室等辅助建(构)筑物。

综合楼为三层建筑,建筑面积 2224m²,综合楼东侧布置降压变、66kV GIS、冷却塔设备等;

综合楼南侧布置阀厅,西侧布置生活楼、附属楼和消防泵房 80m²。站区北侧设事故油池(有效容积约 105m³)、雨水泵站、综合水池(200m³)等。

陆上换流站西侧设置出入口(含门卫室),与站外已有道路接壤,大门宽度为 10.5m。站内道路为城市型,主干道宽 4.5m,主变运输道路转弯半径为 9m,道路呈环形布置,消防车可直达站内各建筑物。站内道路两侧进行配景设计以增强美化站区,站区所有道路为混凝土路面。

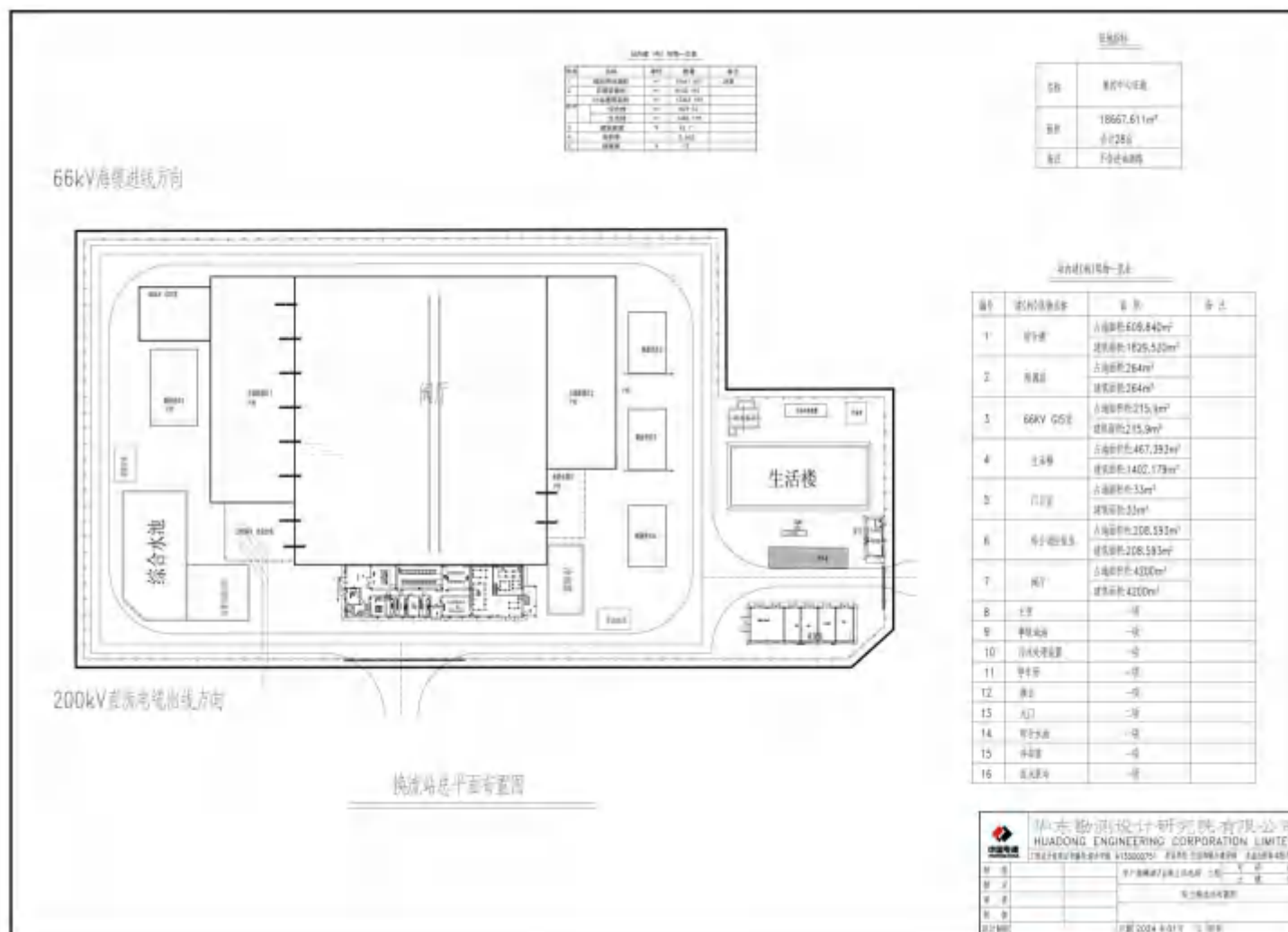


图 3.1.2-7 陆上换流站总平面布置图

3.1.3 施工规划

3.1.3.1 施工交通运输

1、场外交通运输方案

本次根据潜在的风机设备厂家所在区域、主要的运输来向进行风机设备部件的对外交通运输规划，设备物资运输终点选择与基础物资运输终点为海上风电场施工场地。

(1) 常规物资的场外运输

施工基地或海上施工所涉及到的施工期常规外来建物资主要为钢材、油料、电缆与小型电气设备等，来向本阶段考虑从上海市、舟山市及其周边区域的建材市场进行购买，运输量小同时运输强度低，依托物资来向区域发达的公路网络，可以选择公路运输的对外交通运输方式至风电场工程施工现场。

陆上换流站工程所涉及的少量混凝土，采用成品混凝土公路运输至施工基地。工程所需钢筋可与上海市建材市场采购后通过陆路运输至施工基地进行后续加工处理。

(2) 基础钢构件生产运输

根据对风机基础施工物资中具有运输代表性的钢管桩结构运输特点和要求，本阶段对于风机基础结构构件均选择对运输部件的尺寸及重量限制较低的水运运输方式。考虑到沿海、沿江的大型钢结构生产企业多自备物资出运码头，可利用企业内码头将钢管桩装船，进入外海后转至风电场工程施工现场。

本项目基础构件主要为超长钢管桩，属于大型钢构件，考虑在工程周边的钢结构制造企业进行加工制作，本阶段考虑江苏区域钢结构生产厂家进行本工程风机基础钢构件的加工与运输工作。

(3) 轮毂、机舱、桨叶组件运输

风机厂家根据海上风力发电机组的特点，专门配备制作了河海联运的特种装用船，主要承担风电机组的发运工作。所以本阶段考虑利用风机厂家的机舱专用运输船进行运输，采用河海联运方式进行运输，即由风机设备生产基地配套码头装船海运到达初步选择的施工临时基地码头或风机机位。

(4) 塔筒部件运输

根据潜在塔筒生产厂家的位置，塔筒运输可选择采取海上运输的方式，塔筒厂家的临岸码头作为起岸码头。

2、场内交通运输方案

风机部件由厂家通过海运至岱山海上风电基地，作为场内交通运输的起运码头与转运基地，由基地内配备的起重设备进行装卸和场内转运。本工程场区水深条件良好，采用浅水驳船运输的场内交通运输方案。

中转基地岱山海上风电基地的位置及整体布置：东侧水域设置 2 个风电机组拼装出运泊位、1 个辅助泊位；西侧水域设置 2 个钢构件及预制构件泊位，采用龙门档结构形式；码头前沿可以停靠风机材料运输驳、普通杂货船、散货船等船舶外，还可停靠起重船等工程船舶，能够满足工程需要。

航线选择：西航线经灰鳖洋进出杭州湾航线，该航线自大鱼山西侧通过，过鱼腥脑岛灯桩后转向进入杭州湾，然后向金山航道航行，再经洋山进港航道出海。该航线经灰鳖洋向西可直接驶入杭州湾，或向南经西堠门水道或或金塘北部进入舟山南部水域。

本阶段拟采用分体式的风机组装和安装模式。风机安装前，根据风机厂家要求可对部分风机部件进行预拼装，风机预拼装结束以后，将已拼装完成的组合体以及其他剩余部件通过船舶运输至海上工程现场，通过大型起重船舶或自升式起重平台自下而上完成各组合体和零散部件的海上组装工作。

混凝土材料、施工用水等采用专用船舶从岱山海上风电基地运输，到达现场后停在施工作业区。海上作业区现场施工和生活用水均使用船舶储存的饮用水，同时考虑到导管架注浆的拌和用水及常驻现场船舶上的生活用水补给，拟配置 300m³ 的补给船（加水船）1 艘。施工人员的交通运输采用交通艇接送。



图 3.1.3-1 风电场场内外交通示意图

3.1.3.2 施工供应条件

本工程区域位于浙江省舟山市境内，舟山市东临东海、西靠杭州湾、北面上海市，是环杭州湾大湾区核心城市，社会经济十分发达，建筑材料供应及施工市场均具有很大规模，为本工程的施工提供了便利的条件。

1. 建筑材料供应条件

钢材、油料：钢材在上海及舟山区域有可靠的供应来源，宝钢等大型钢铁企业均有条件供给本工程使用；油料在工程周边地区来源丰富，可直接从当地的油料供应公司购买运输至本工程施工现场。

砂石骨料及混凝土：工程建设的混凝土多采用外购商品混凝土的方式，目前城市市政工程中均采用外购商品混凝土的方式进行施工。本工程中主要陆上换流站存在混凝土工程，同时混凝土总量较少，可采取外购商品混凝土进行换流站土建施工的方案。

2. 水电供应条件

工程周边市政管网系统完备,施工期间的水电供应有条件从附近的城市市政管网系统进行接引。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.施工机械设备条件

本工程施工机械设备主要为大型的运输驳、起重船及常规的机械设备等。附近的宁波-舟山港、洋山港为世界知名的深水大港,港口设有大型起吊设备,宁波、江苏及周边地区大型的船舶、钢结构加工类企业和海港施工企业较多,各类船舶使用频繁,适宜本工程的运输驳来源较为广泛,对于施工机械来说,本工程单桩基础钢管桩具有桩径大、桩重重的特点,目前国内此种船舶档期资源较为紧张,通过租借或者合作共建的方式可以满足本工程的施工需求。

3.1.3.3 施工总布置

1.施工临时设施规划与布置

本工程选择岱山海上风电基地作为本工程的施工基地,作为物资水路运输的到岸码头,同时承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能,称为 1#施工生产区;陆上换流站施工临时设施布置在换流站附近的平坦区域,称为 2#施工生产区;3#施工生产区主要为海上风电机组及海底电缆的施工作业区,其施工作业区域均在海上,故不需要布置施工临时设施。

岱山海上风电专用基地位于浙江岱山本岛西南临港经济开发工业园区,距离高亭镇约 6km,海运条件十分便捷,基地同时位于洋山港区与宁舟港区的中心,地理位置优越。该场址从东到西规划建设 6 个码头泊位,东侧水域设置了 2 个风力发电机组装场地及 1 个辅助泊位,码头采用顺岸连片式平面布置。同时在码头后方陆域布置了风机叶轮拼装场地及风机部件堆存场地,通过三座引桥连接;西侧的钢构件、预制构件出运码头采用龙门档平面布置(双栈桥)型式,共有 2 个泊位。后方陆域共建设海堤长度约 1083m,后方场地主要包括海上风电机组组装场地、风机工装设备与材料仓库、风机设备堆存场、办公区及生活区、风电机组配套导管架、风电基础单桩、导管架加工堆放场地,总面积约 30 万 m^2 ,其中用于风机组拼装用区域为 10 万 m^2 。

本项目施工总平面布置示意图见图 3.1.3-2a, 1#施工生产区平面布置见图

3.1.3-2b, 2#施工生产区平面布置见图 3.1.3-2c。

2.施工工厂、仓库布置

本工程区属浙江省经济发达区域,部分施工辅助企业可充分利用当地的资源,考虑到本工程主体项目内容较单一,陆上换流站工程规模较小,因此其规模尽量简化。

(1) 综合加工厂

本项目仅在 2#施工生产区设置综合加工厂,包括钢筋加工厂和木材加工厂,占地面积为 1000m²。

(2) 机械修配厂

本项目在 1#施工生产区和 2#施工生产区设置机械修配厂。1#机械保养场占地面积 2000m², 2#施工生产区机械保养场占地面积为 1000m², 主要承担施工机械的小修、保养及临时停放的功能,大中修理则委托上海市相关修配企业承担。

(3) 机械停放场

本项目在 2#施工生产区设置机械停放场,和 2#施工生产区设置机械修配厂在同一个位置,不再单独设置独立的机械停放场。

(4) 仓库设置

本项目所需仓库主要设有综合仓库及电气设备专用仓库。

1#施工生产区内的仓库主要为综合仓库及风电机组电气设备专用仓库。

综合仓库仅包括临时的生产、生活用品仓库等,占地面积 1000m²,电气设备专用仓库主要堆存电缆及电气设备等,以堆存 5 台风机相关的设备物资为标准,占地面积 4000m²,仓库占地面积共计 5000m²。

2#施工生产区内仓库主要为陆上换流站土建工程与电气安装工程配套的生产生活综合仓库与电气等设备物资仓库,占地面积 2000m²。

(5) 风机拼装场地和风机设备堆存场

根据风电场周边临时码头实际靠泊、转运能力及附属设施情况,本阶段选用岱山基地码头及后方堆场作为风机设备的临时堆存场地。风机设备临时堆场根据风机基础施工的进度情况同时参考其余工程风机设备的供货情况进行布设,本阶段风机供货的台数暂按每次 5 台考虑,临时堆存场地面积为 20000m²,风机拼装场地为岱山基地码头前沿操作区。



图 3.1.3-2a 工程施工总平面布置图

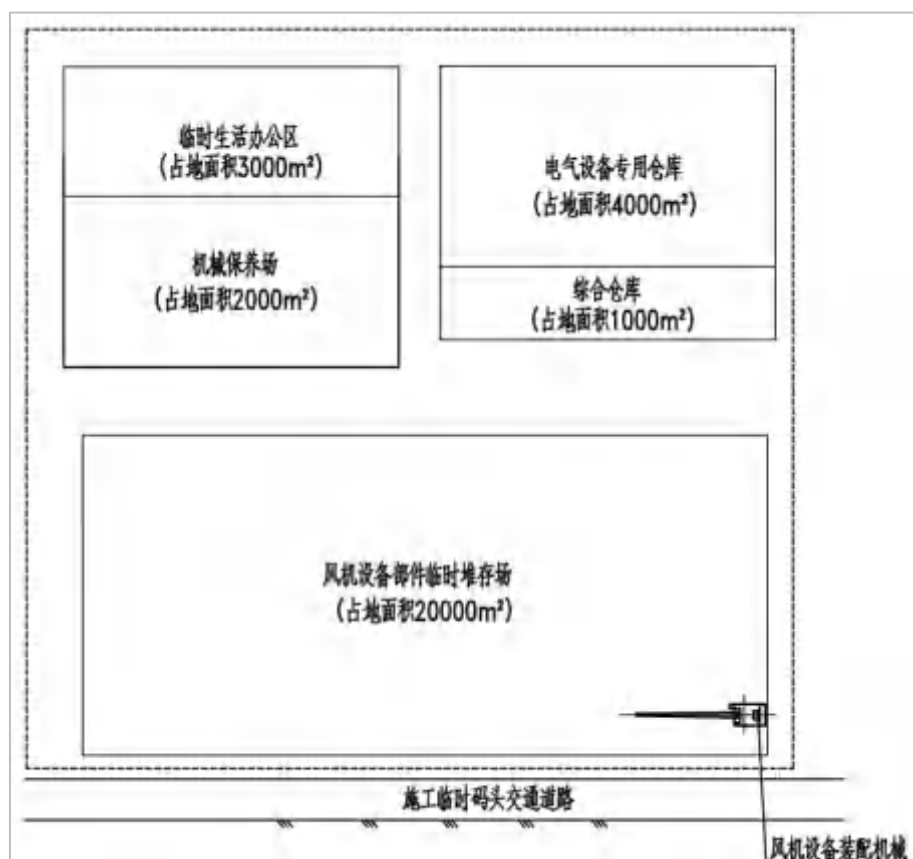


图 3.1.3-2b 1#施工生产区布置示意图

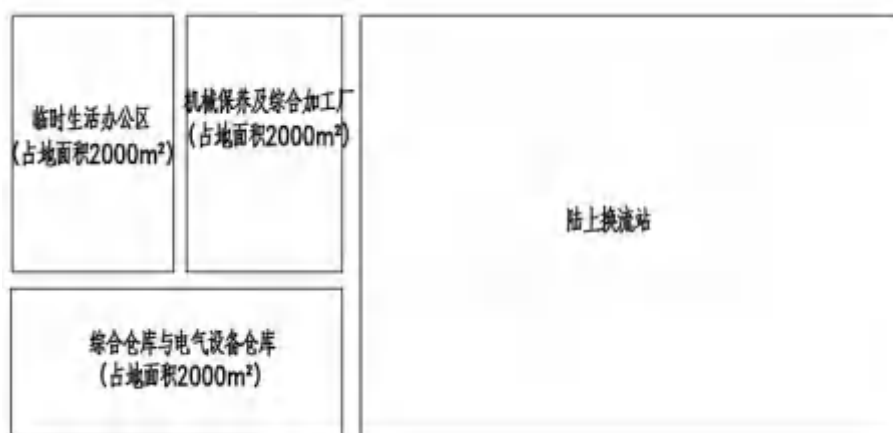


图 3.1.3-2c 2#施工生产区布置示意图

3、临时生活、办公区设置

工程临时生活、办公区在 1#施工生产区，即岱山风电专用施工基地，与 2#施工生产区，即陆上换流站施工区，分别设置。

根据施工总进度安排，1#施工生产区选定的基地施工期的平均人数为 80 人，高峰人数为 90 人，施工临时办公生活区布置在基地内，建筑面积为 1500m²，占地面积共计 3000m²；2#施工生产区，选定的基地施工期的平均人数为 50 人，高峰人数为 70 人，施工临时办公生活区布置在基地内或附近，尽量利用已有设施，

建筑面积为 1000m²，占地面积共计 2000m²。

海上施工人员通过驳船自带的生活、办公设施解决。

3.1.3.4 施工方法

1. 风电场风机施工

(1) 风机基础施工

单桩基础主要施工流程考虑为：钢管桩制作→钢管桩运输→钢管桩沉桩施工→附属构件安装→基础保护施工。

1) 钢管桩的制作

钢管桩与导管架拟在附近大型钢结构加工企业进行整体加工制作，通过海运至现场。

2) 钢管桩运输

根据对钢管桩运输要素的分析，管桩运输长度是船只选型的控制要素，按照管桩长度 78m 的运输要求，本阶段配套选择 5000t 级可自航式甲板驳船。



图 3.1.3-3 钢管桩运输示意图

3) 沉桩定位施工

本项目单桩基础对打桩精度要求较高，通常浮式起重船仅靠船舶自身无法将打桩精度控制在设计要求的范围内，采用四套定位架（三套施工，一套备用）进行辅助沉桩施工。

定位架为多层钢桁架结构形式以适应不同潮位水深条件，采用 4 根钢管桩定位于海上，钢管桩桩长 40~50m，桩径 2.2m。沉桩定位架钢管桩采用振动锤沉桩和拔桩，可重复使用。



图 3.1.3-4 单桩定位架示意图

4) 钢管桩沉桩

本工程水深 11m 及以上，水深条件良好，可以满足施工船舶进出场要求。

本阶段拟采用整根长管桩的沉桩施工方式。针对单桩沉桩施工方式，本项目采用常规浮式起重船舶进行单桩基础的沉桩施工。起重船的选型为大型浮式起重船（2500t 级及以上，吊高 77m）。考虑到本工程钢管桩属于超长大直径钢管桩，对锤击能力要求较高，同时采用吊打的沉桩施工方式，因此选择 3000kJ 液压打桩锤进行沉桩施工。



图 4.1.3-5 浮式起重船起吊钢管桩图

钢管桩装船发运至项目现场达到指定位置后，靠泊在项目现场已经就位的定位船侧舷，浮式起重船起吊单桩后送入稳桩平台（定位架）抱桩架内，现场技术

人员对单桩的垂直度进行观测,并使用抱桩架上配置的千斤顶调整单装至垂直状态,慢慢放松浮吊船吊钩,使单桩在自身重量的作用下以垂直状态缓慢入泥,插入海床一定深度,直至全部放松后拆除吊钩。浮吊船起吊液压打桩锤放置在单桩顶部,锤重亦可让单桩基础下沉一定的量。

在正式打桩前,应采用小功率轻打,并在打桩过程中,随时监测桩身的垂直度,再逐步加大功率至额定功率打桩。在靠自重、锤重自沉一定深度以及开始打桩的初期,垂直度控制相对容易,且初期的垂直度控制对于控制桩身最终垂直度的敏感性非常大。一旦发现倾斜超过允许值,应停止沉桩,上拔,通过抱桩扶正装置进行纠偏。

沉桩完成后,浮吊船起吊辅助定位架放置在双体船上,并使用振动锤拔出定位架辅助桩,转移至另一机位施工。



图 3.1.3-6 单桩基础施工图示

5) 防冲刷保护

单桩基础周围采用固化土方案进行基础外部裸露表面的保护工作。固化土施工方案如下：

①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，直至达到设计规定的要求后再进行固化土吹填施工。

②固化土施工顺序为：沉桩完成—取泥（对工程无影响的前提下，场区附近就近取泥）—制备标准固化土—直接海底吹填，沉桩完成后即可进行冲刷防护。

③通过输送管路将固化土泵送至桩基周围，标准固化土在调制完成后四小时内使用完毕，超过规定时间不再使用。

④吹填结束后，固化土自然成型，在完工后第三天进行首次水下探摸，扫测固化土存留及成型情况。在首次探摸后，应按要求定期进行海底扫测，以检测防护材料完整性。

6) 附属构件运输及安装

本工程单桩基础采用集成式附属构件，即将外平台、栏杆、爬梯、靠船构件等附属构件在陆上加工厂整体组装为一个集成式套笼结构，通过驳船运输至风电场拟安装机位，采用起重船整体吊装至钢管桩上，施工时需注意套笼的方向满足设计要求。

(2) 风机安装

本项目采用分体安装的风机设备组装与吊装方案，选用自升式平台船进行风机分体安装。根据风机安装的主要内容与先后顺序，可将风机安装工作划分为风机部件组装与海上场内运输、风机现场安装两大工作内容。

1) 风电机组组件预拼装

风电机组底节塔筒及内部电气设备预组装在塔筒厂家完成，其后与其他节段塔筒一起运输至海上现场。风电机组部件组装完成后，用自航式驳船运至海上施工现场安装。

2) 风电机组部件场内运输及风电机组安装

预拼装塔筒及堆存的风电机组部件过驳装采用码头自有全回转吊机，采用 10000t 级甲板驳运输。本项目采用配备甲板以上吊高 134m 以上的自升式支腿平台船进行风电机组分体吊装。

自升式平台船目前主要作为海上施工作业基地进行自然条件恶劣的外海工程。其船体通过升降系统将桩腿伸入海底，当桩腿到达海底时，能将船身升离水面一定距离以承载船体重量，为海上风机安装作业提供一个类似陆域环境的平稳

工作平台。自升式平台船基本不受风、浪、潮流的影响，通过调节支腿的下放长度可在高低不平的海床上保持平衡稳定。通过对国内外类似船舶的调研，大部分平台船可在浪高 2m、风速 15m/s（相当于 7 级），潮差 4m 的海况条件下正常施工作业，此种平台船是目前应用最为广泛的自升类船舶。

自升式支腿平台船到达拟安装机位处后，完成桩腿预压、入泥下沉、顶升、平稳等工序后，船舶上升至海面以上形成稳定的操作平台，进行风电机组各零散设备的组装工作。

风电机组吊装顺序是：下段塔筒→中段塔筒→上段塔筒→机舱→轮毂→单叶片。



图 3.1.3-7 自升式平台船进行风机安装图示

2. 陆上换流站施工

陆上换流站施工顺序：基础挖土、降水→主体结构→附属设施→结构内外装饰→电气设备安装。

基础施工：陆上换流站基础采用混凝土实心方桩基础结构。采用陆上常规打桩机进行锤击沉桩作业。基坑土方开挖采用 1.5m³ 挖掘机施工，配 8t 自卸汽车运输，开挖土料堆存在陆上换流站附近土方临时堆场。回填土方充分利用基坑开挖弃土，从临时堆存区域采用 1.5m³ 挖掘机回采卸入回填区，分层填筑，用蛙式打夯机夯实，墙后填土需结构混凝土强度达到 80% 以上再进行施工。

主体工程施工：本工程主体结构为钢筋混凝土框架结构。人工进行钢筋绑扎、模板支立（模板采用钢模板、木模板、竹胶合板）；混凝土采取外购商品混凝土的方式，泵车泵送混凝土入仓、人工插入式振捣器振捣。在陆上换流站施工场地中心位置设 1 台建筑工程类塔吊，用于施工设备、施工材料的垂直运输。

3.海底电缆敷设施工

（1）电缆敷设基本情况

本工程电缆主要连接风机与风机之间、风机至陆上换流站之间。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两个主要区域进行：

- ①始端近岸段 66kV 海缆至陆上登陆点所经过的浅水区域；
- ②近海海域 66kV 海缆至风机、风机之间 66kV 海缆所经过的近海深水区域；

（2）电缆敷设施工

1) 敷设准备

①登陆点调查

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

②路由扫海

路由扫海主要是为施工船施工时清除电缆路由上的一切障碍物，如渔网、废缆、绳索等，如遇到不能清除的障碍物，探明情况后，拟定解决方案并由建设单位确认。路由扫海一般用锚艇在船首或船尾部系扫海设备，沿电缆路由往返扫海一次。扫海施工时，采用 DGPS 系统精确定位导航，控制范围为海缆路由范围内左右 50m 之内。

在对主干海缆路由扫海中，应特别注意对深水沟槽的了解，便于施工时采取相应措施。对扫海清除的障碍物不能就地丢入海中，必须存放在甲板上或距离电缆路由较远的地方丢弃，不能影响施工作业。

③其他主要准备工作

- a、施工前，敷设船必须进行模拟试航及试敷设，以保证施工的顺利进行；
- b、施工方案报送相关部门审批并取得作业许可证；
- c、在施工前，必须收集施工期间的潮汐水文预报资料，根据潮汐风讯编制施工方案；

d、施工前，通报有关部门，发航海通告以及施工期间的封航通告。

路由信息记录表格中，经运算及处理后，将相关数据输入微机显示器上或外接显示屏上，并进行连续存储。海测人员将各种数据反映给施工指挥人员，以供及时掌握作业情况。通过控制布缆机的张力来保证敷设时海缆张力控制在允许范围之内。

2) 施工工艺流程

海底电缆工艺流程：装缆运输→施工准备（牵引钢缆布放、扫海等）→始端登陆穿堤施工→电缆敷埋施工→终端登平台施工→电缆冲埋、固定→终端电气安装→测试验收。

3) 电缆装船

①铺缆船开始动员，在码头将出海所需的一切设备、机具、材料都一起装船。设备和机具在装船前都已经进行了调试，上船后做好加固，装船结束后，进行清点，按计划拖航至电缆厂码头或指定电缆交接地地点。

②采用吊装或其他形式在电缆交接地点将需要铺设的电缆安放至铺缆船甲板上，所有电缆配件全部上船，特别注意电缆附件种类多、结构较小、易损坏，需要妥善放置船上，并与厂家人员办好交接手续。全部完成后，清点物品，准备驶往施工地点。



3.1.3-8 电缆装船示意图

4) 始端登陆段 66kV 海缆敷设施工

①电缆登陆敷设

本工程登陆点海缆穿堤施工采用定向钻孔的方式，成孔施工设备布置与操作均在海堤内侧的施工场地内进行，通过定向钻导首先在海堤底部从陆域向海域侧

沿设计路径进行先导孔的钻设施工,在海堤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,完成海缆穿堤施工。定向钻孔穿堤方式已广泛用于海底光缆、电缆、石油管线登陆,国内上海东海大桥海上风电场的电缆登陆也采取了这种施工方式。

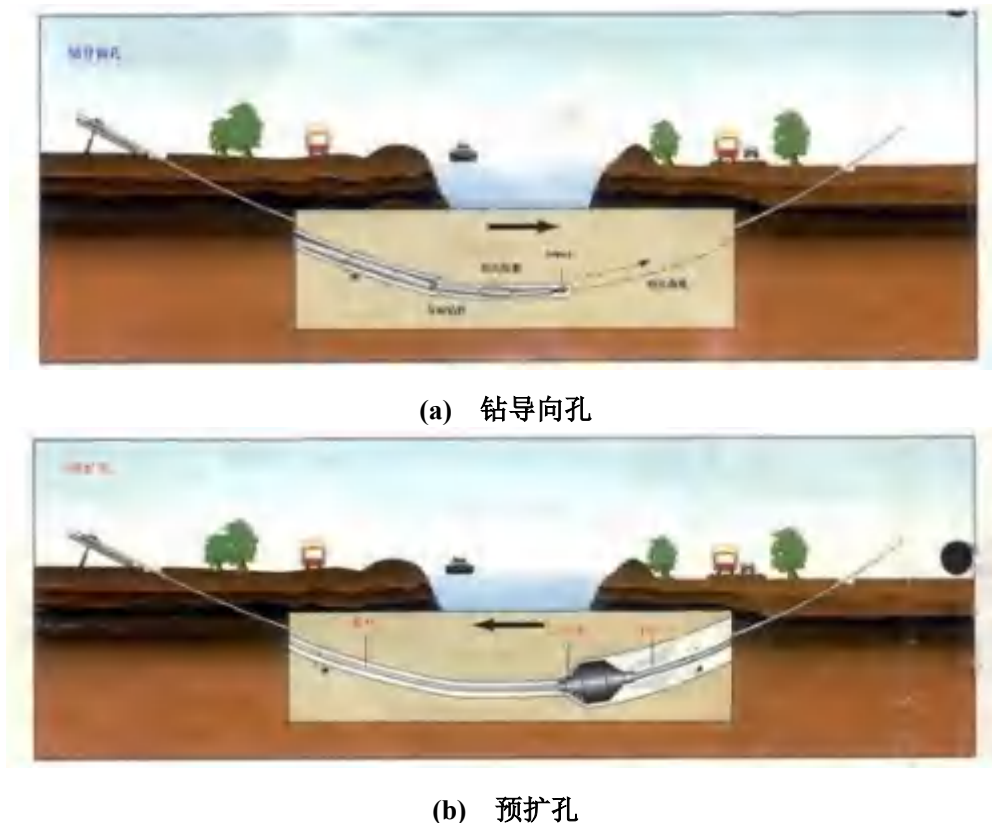


图 3.1.3-9 定向钻孔施工示意图

5) 近海海域 66kV 海缆敷设施工

近海海域水深条件较好,工作水深大于 4m,可满足敷缆船只正常施工的近海海域,此海域范围内海缆敷设施工主要有两方面施工内容。

①海底电缆风机之间近海海域正常敷设

在海底电缆登陆铺设结束至海底电缆结束端上风机平台铺设过程中,海域水深条件相对较好,满足铺缆船正常航行所需要的水深条件,同时也满足射水挖沟犁高压射水挖沟所需要的水压条件,铺缆船进入海底电缆正常铺设状态,另外在风机与风机之间中间段电缆铺设过程中,也同样进入海底电缆正常铺设状态。

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

a. 在铺缆船船尾将海底电缆装入电缆挖沟犁头内,用铺缆船自身的吊

机将电缆挖沟犁吊离甲板，慢慢放入水中，然后潜水员下水检查海底电缆及电缆挖沟犁姿态，如果海底电缆及电缆挖沟犁姿态正常，则进入正常铺缆状态。

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

c. 电缆正常铺设过程中，埋设机姿态仪随时反映出埋设机的姿态。

d. 海缆埋深按不小于 3.0m 控制，对具有通航功能的海域敷设深度应适当加深。敷设时施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设，敷设过程应通过船上监测仪器全程监控，控制铺埋速度，监测电缆张力和埋设深度。

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

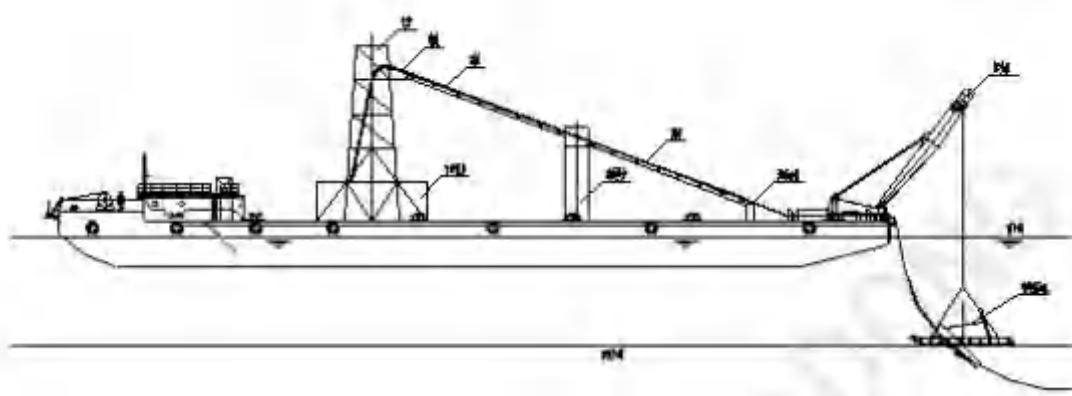


图 3.1.3-10 电缆正常敷设施工示意图

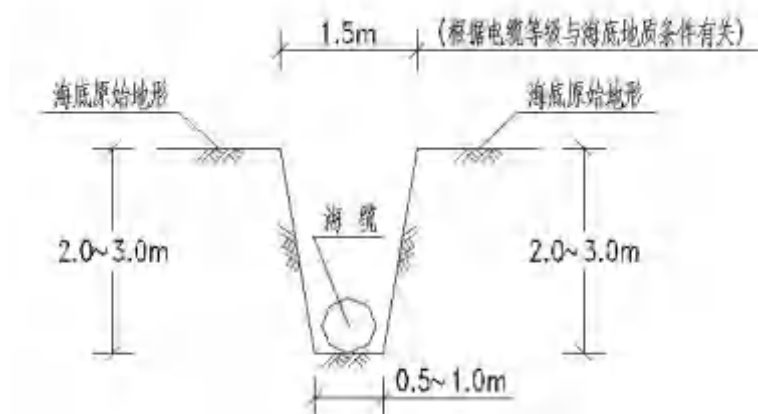


图 3.1.3-11 电缆正常敷设冲挖断面示意图



图 3.1.3-12 常规射水挖沟犁设备示意图

②海底电缆结束端上风机铺设

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

b. 在风机电缆护管上端出口正上方安装一个导向滑轮，潜水员在电缆护管下端喇叭口检查方向，另外需要检查是否有海洋生物阻塞喇叭口。

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

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

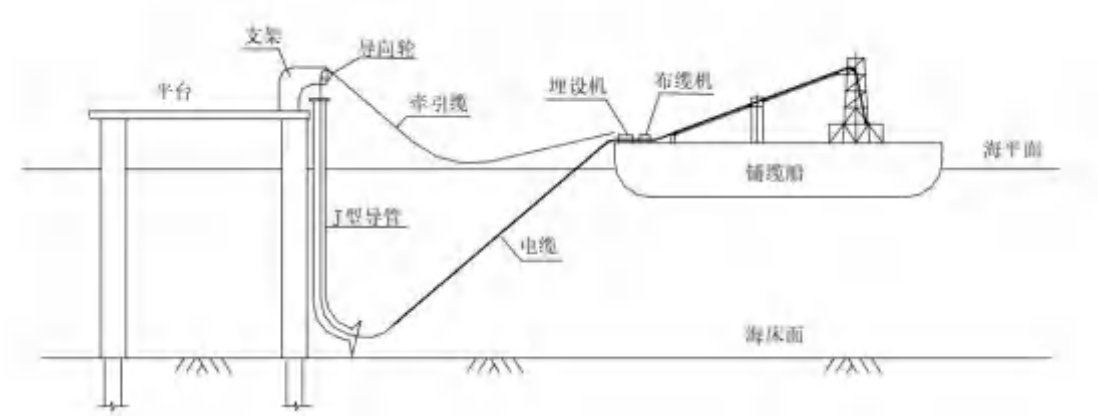


图 3.1.3-13 电缆起始端上平台/风机铺设施工示意图

3.1.3.5 施工机械设备

本项目各类施工设备和船只见下表。

表 3.1.3-1 海域施工主要施工设备配置表

内容	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备注
单桩基础施工	起重船	2500t 级及以上 (起重能力)， 吊高 77m 及以上	艘	1	配置 3000kJ 液压打桩 锤作为首选锤型
	可自航式甲板 驳船	5000t 级	艘	1	钢管桩运输
	可自航式甲板 驳船	2000t 级	艘	1	基础保护施工、附属 构件运输
	拖轮	2000HP 及以上	艘	2	拖运、移位船舶
	交通艇		艘	2	接送人员
	抛锚艇		艘	2	起重船抛锚
	补给船		艘	1	淡水与生活物资补给
风机安装施工	自升式起重平 台	1000t 级及以上 起重能力	艘	1	全回转起吊设备，甲 板以上吊高为 134m 以上，桩腿 70m 以上
	履带式起重机	800t	台	2	风机组装辅助吊
	可自航式甲板 驳船	10000t 级	艘	2	风电设备组件运输
	拖轮	3000HP 及以上	艘	3	拖运船舶
	交通艇		艘	2	接送施工人员及工作 面转换
	抛锚艇		艘	2	运输船、起重船等抛 锚
	补给船		艘	2	淡水与生活物资补给
陆上换流站 施工	运输汽车	8t	辆	6	
	混凝土搅拌车	6.0m ³	台	4	
	挖掘机	1.5m ³	台	2	
	装载机	2.0m ³	台	2	

	拖拉机	59W	台	4	
	推土机	74kW	台	2	
	振动平碾	12~15t	台	4	
	蛙式打夯机	2.8kW	台	6	
	建筑用塔机	10t	台	2	
	振捣器	插入式	套	6	
	柴油打桩锤	D100	台	2	
海缆敷设施工	带埋设机的铺缆船	3000t 载重量	艘	2	66kV 海底电缆铺设
	卷扬机		台	2	电缆牵引
	拖轮	3000HP	艘	2	铺缆船拖航及稳定性控制
	抛锚艇		艘	2	铺缆船抛锚
	两栖挖掘机		辆	2	
	交通艇		艘	2	
	定向钻		套	1	

3.1.3.6 施工进度

第 1 年 1 月初本工程开工进点, 承包人即开展供水供电及临时生产生活设施修建等施工前期准备工作。第 1 年 1 月初开始风机基础加工制作, 第 1 年 4 月初开始风机基础施工、风机主体结构工程施工; 陆上换流站于第 1 年 1 月初进行施工, 第 1 年 9 月底土建施工完成; 第 1 年 11 月中旬完成电气设备的安装、调试, 具备送电条件; 第 1 年 9 月初开始首期海底电缆敷设, 第 1 年 11 月底敷设完成。

第 1 年 7 月初首批机组到岸后开始卸货、办理有关手续、运输至施工生产基地, 并逐台进行风机安装。第 1 年 12 月底完成首批风机调试、并网发电, 第 2 年 3 月底全部风机安装完成; 第 1 年 12 月初开始剩余海底电缆敷设, 第 2 年 4 月底敷设完成; 第 2 年 6 月底全部机组调试完成并发电、消缺, 工程完工。

首批机发电工期为 12 个月, 总工期 18 个月。工程控制性施工进度见表 3.1.3-2。

表 3.1.3-2 控制性施工进度表

序号	项目名称	施工起止时间
1	项目开工	第 1 年 1 月 1 日
2	施工准备工作 (施工用水、电、场地等临时设施)	第 1 年 1 月初至第 1 年 3 月底进行, 共 3 个月
3	主体工程施工 (风机机组基础、电缆施工、风机安装)	第 1 年 4 月初至第 2 年 4 月底, 共 13 个月
4	首批机组到现场	第 1 年 7 月初
5	首批机组发电	第 1 年 12 月底
6	全部机组安装完毕, 投产发电	第 2 年 6 月底

3.1.4 工程用海、用地状况

1. 用海

工程用海总面积 185.0076hm²，其中，风机用海面积为 19.1800hm²，电缆用海面积为 165.8276hm²。

2.用地

本工程用地为陆上换流站永久用地，占地总面积 2.1626hm²，临时施工用地 3.6hm²，包括 1#施工区临时占地 3hm²，2#施工区临时占地 0.6hm²。

3.2 工程分析

3.2.1 生产工艺与过程分析

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，海缆敷设、陆缆铺设以及陆上换流站建设等。运行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，风电场所发电能通过 66kV 集电线路（共 4 回）汇集后，直接登陆（小洋山岛薄刀嘴西登陆点）接至陆上换流站，整流至±200kV 后接至洋山换流站母线。

3.2.1.1 施工期

根据前文“3.1.3.4 施工方法”，项目施工期间海上施工主要涉及的作业内容有风机的基础施工与风机吊装和海缆敷设等，在施工过程中可能对周围海域产生一定的环境影响；陆上施工主要包括陆缆施工，陆上换流站施工。产污环节分析如下：

1.风机基础施工与吊装

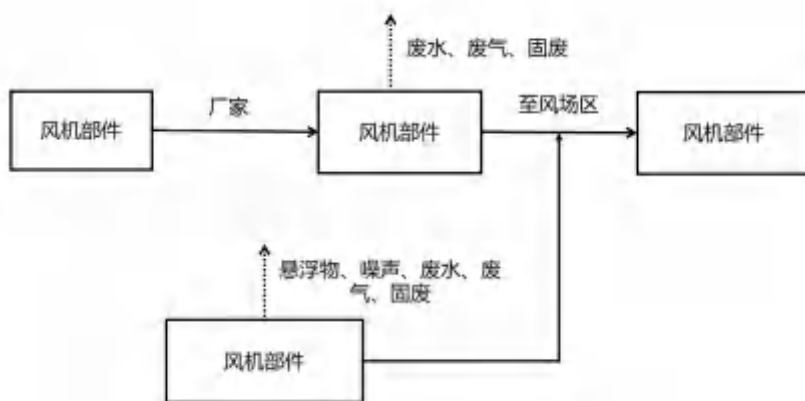


图 3.2.1-1 风机基础施工与风机吊装施工工序和产污环节图

由图 3.2.1-1 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、吊装施工船舶产生的废水、废气、噪声以及固体废物等。其中，

废气主要为施工船舶和机械燃油废气，固体废物主要为船舶施工人员生活垃圾以及施工废料等，废水主要为船舶生活污水。

另外，在陆地 1#施工营地进行的风机组装和转运过程中，废气主要为施工车辆、机械废气，废水主要为施工人员生活污水，固废为施工人员生活垃圾，噪声为施工车辆和机械噪声。

2.海底电缆敷设

海底电缆施工工序和产污环节见图 3.2.1-2。由图可知，海底电缆施工过程中海域主要污染环节为埋设海缆过程中挖沟犁和高压水联合作用产生的悬浮物。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 3.2.1-2 海底电缆施工工序和产污环节图

3.陆上换流站施工

陆上换流站施工主要包括土方开挖，土建施工，污染物主要包括施工机械噪声、机械废气、施工扬尘，施工期废水，建筑垃圾、渣土，以及施工人员的生活垃圾和生活污水。陆域施工主要工序和产污环节见图 3.2.1-3。

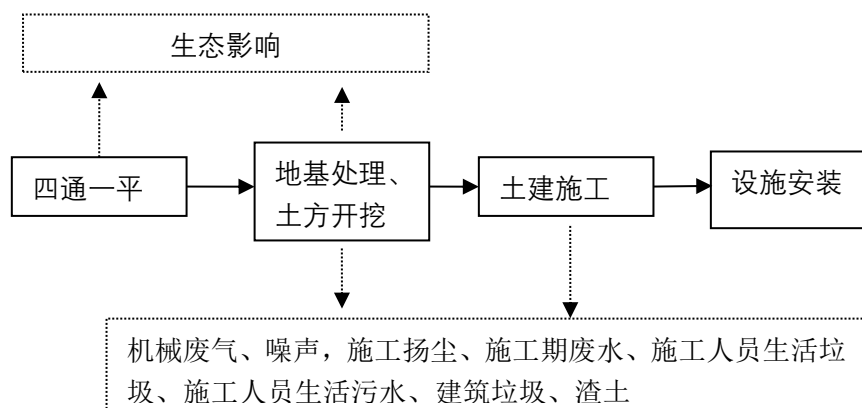


图 3.2.1-3 陆上换流站施工期工艺流程与产物环节示意图

3.2.1.2 运行期

运行期仅是风能向电能的转化过程，该转化过程本身不产生污染物。

运行期风电场主要环境污染因素包括风机运行噪声、海底电缆的工频电磁场，另外，在风机运行维护及维修时，船舶将产生少量的船舶废气、噪声、船舶生活污水，船舶含油废水，维修产生的少量废油，以及发生事故情况下产生少量的油污水。

运行期陆上换流站主要为运行噪声和电磁场，以及管理人员生活污水、生活垃圾，以及运行维护和维修时产生的危废。

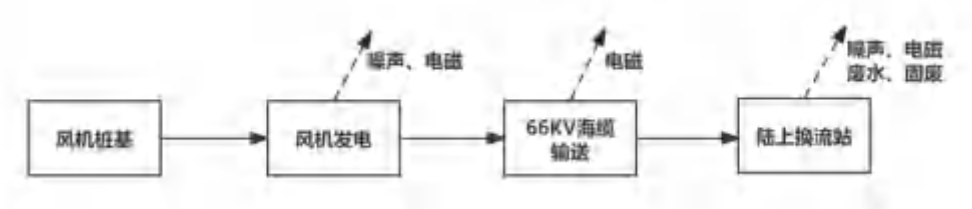


图 3.2.1-4 工程营运期间的运行工序及产污环节图

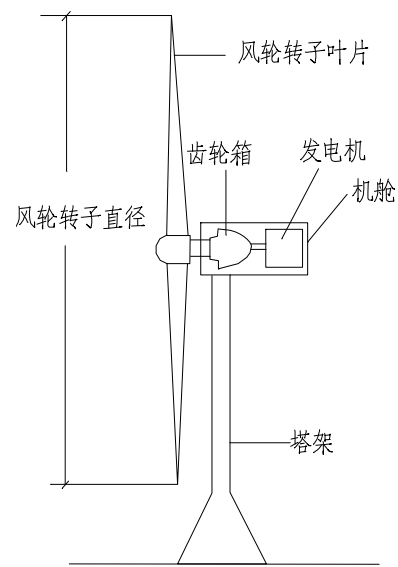


图 3.2.1-5 风力发电机组结构图



图 3.2.1-6 风力发电项目工艺流程图

3.2.2 工程各阶段污染影响分析

3.2.2.1 施工期污染影响分析

1.水环境

- (1) 生活污水
- (1) 生活污水

本项目高峰期施工人数为 360 人，其中海上 200 人，陆上施工人员 160 人（1#施工区 90 人，2#施工区 70 人）。海上施工人员生活用水量取 50L/人•d，陆上施工人员生活用水量取 100L/人•d，废水产生量按用水量的 80%计，施工期生活污水产生量见表 3.2.2-1，生活污水主要污染物浓度见表 3.2.2-2。

表 3.2.2-1 生活污水产生量

施工区	施工人数(人)	生活污水产生量(t/d)	备注
海上风电场施工区	200	8.0	
1#施工区	90	7.2	
2#施工区	70	5.6	

表 3.2.2-2 生活污水主要污染物浓度

污染物	SS	COD _{Cr}	氨氮	动植物油
浓度(mg/L)	200	300	30	30

(2) 施工含油废水

①船舶含油污水

工程施工期主要为海上作业，施工船舶合计约 30 艘，主要为打桩船、起重船、驳船和电缆敷设船等（详见表 3.1.3-1）。施工机械油污水主要是施工船舶、设备产生的残油、废油及机舱油污水，其主要污染因子为石油类，浓度差异较大。

根据《水运工程环境保护设计规范》(JTS 149-2018)，施工期船舶含油污水产生量约 16.95t/d。不同吨位船舶含油污水产生量详见表 3.2.2-3。

施工船舶产生的含油污水委托有资质的单位处置，建设单位应采用环境监理等手段监督施工单位严格按照相关规定执行。

表 3.2.2-3 船舶舱底油污水量

船舶载重吨(t)	施工船舶数量(艘)	舱底油污水(t/d·艘)	小计(t/d)
500	15	0.14	2.1
1000	1	0.27	0.27
2000	4	0.54	2.16
3000	7	0.81	5.67
4000	0	1.08	0
5000	1	1.35	1.35
6000	0	1.62	0
10000	2	2.7	5.4
15000	0	4.2	0
合计	52		16.95

②机修废水

本项目在岱山海上风电基地的 1#施工生产区和陆上换流站的 2#施工生产区设置机械修配厂。本着充分利用当地的资源的原则，本项目只设置小规模机械保养厂，主要承担施工机械的小修、保养及临时停放的功能，大中修理则委托上海市相关修配企业承担。

施工区检修过程中产生含油废水量约 0.1m³/d，高峰废水量约 0.15m³/d，需收集后处理。

③陆上换流站施工废水

陆上换流站施工废水包括基础开挖废水、机械设备冲洗废水等，工程所需混凝土采用商购。施工废水往往偏碱性，含有石油类污染物和大量 SS，各污染物浓度一般为：pH 约 10、SS 约 1000~6000mg/L、石油类约 15mg/L。施工废水经沉淀后部分回用，其余部分在站内自然渗透蒸发，不外排。

（3）施工悬浮物

根据工程设计方案，本项目海缆路由均直接采取冲埋（水喷式埋设犁施工），

因此，本项目海缆施工悬浮物产生环节主要是开挖和冲埋施工，源强计算如下：

根据设计单位提供的开挖沟剖面为倒梯形，顶面一般为 1.5m，底面为 0.5m~1.0m，电缆直径约 0.3m，埋深 2.0-3.0m，铺设速度为 2m/min。

施工悬浮泥沙主要由粘土质粉砂扰动产生，海洋中悬浮泥沙主要为粒径小于 $4\mu\text{m}$ 黏土。根据水文调查数据，粉砂含量 59.5%，粘土含量 22.0%，砂含量 18.5%（以夏季最不利情况），海底粘土粒径在 $4\mu\text{m}$ 及以下。入海淤泥起悬比，按 100% 计。

根据工程区地质勘查结果，工程区附近海域沉积物干密度为 1190kg/m^3 。电缆施工悬浮物源强为 $2.25 \times 3 \times 1/60 \times 1190 \times 25\% = 33.47\text{kg/s}$ 。本次施工悬浮泥沙源强为 33.47kg/s 。

2. 声环境

施工期海上施工噪声主要来自于风机基础打桩、施工船舶行驶和电缆线铺设等。陆上施工噪声源主要是各种施工机械设备和施工运输车辆产生的机械噪声及土方挖掘和场地平整以及打桩、钻孔等各种施工作业产生的施工噪声。

（1）海上噪声

①基础打桩

水下打桩噪声从声源发出后，在水下传播过程会经历衰减，研究水下打桩噪声传播衰减特性，拟合出水下打桩噪声传播衰减公式，有助于推算离打桩点不同距离处水下打桩噪声强度，并估计水下打桩噪声声源级。

噪声从声源发出到达声接收点，在介质内传播过程中能量会不断损耗，这个能量衰减量即为传播损失，可用 TL (Transmission Loss) 表示。假设噪声声源级为 SL (Source Level)，声接收点声强度为 RL ，那么 SL 、 TL 、 RL 有如下关系

$$SL = RL + TL$$

式中： SL 、 TL 和 RL 的单位均为 dB ，造成传播损失的原因为扩展损失、吸收损失和散射。在海洋介质中，存在泥沙、气泡以及介质的不均匀性，会引起声波的散射和声强衰减，同时海水界面对声波的散射也是声衰减的一个原因，但考虑到散射因素的复杂性，在估计水下打桩噪声传播损失公式时，将不考虑声散射因素。其次，在水下打桩噪声主要能量频段的海水吸收损失是很微弱的，因此不考虑吸收损失对传播损失的影响。扩展损失是水下打桩噪声传播损失的重要原因，因此将扩展损失作为海上风电场工程水下打桩噪声传播衰减公式估计的唯一影

响因素。

扩展损失也称为几何损失，它指声波波阵面在传播过程中不断扩展而引起的声强衰减，一般可以把扩展损失写成以下形式

$$TL=n \times 10 \lg r$$

n 的取值和传播条件有关，例如：n=0：平面波传播，无扩展损失；n=1：柱面波传播，波阵面按圆柱面规律扩大；n=3/2：计入海底声吸收情况的浅海声传播；n=2：球面波传播，波阵面按球面扩展。

根据海上风电场工程打桩时不同监测距离所对应的数据，假设

$$RL=SL+a \times \lg(R)$$

式中：a 为扩展损失系数，

R 为声接收点与打桩点的距离。

对所选取的数据进行最小二乘法线性拟合，调用 Matlab 中的 cftool 函数可以实现最小二乘法线性拟合，从而估计出水下打桩噪声的声源级。

通过上述方法，根据嵊泗 2#风电和嵊泗 5#6#风电场工程打桩时监测距离 100m、500m 和 1000m 所对应的峰值声压级平均值和声暴露级平均值，假设

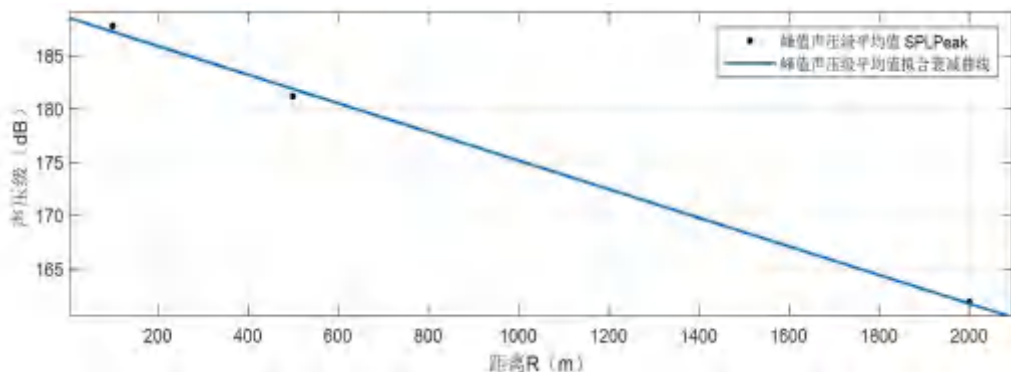
$$RL=SL+a \times \lg(R)$$

对所选取的数据进行最小二乘法线性拟合，调用 Matlab 中的 cftool 函数实现最小二乘法线性拟合，估计出该海上风电场工程水下打桩噪声的声源级。

通过上述方法拟合得出嵊泗 2#海上风电工程水下打桩噪声峰值声压级和声暴露级平均值拟合衰减曲线（图 3.2.2-1），表达式如下：

$$SPL_{peak}=231.1-21.7 \times \lg R$$

$$SEL=190.9-15.0 \times \lg R$$



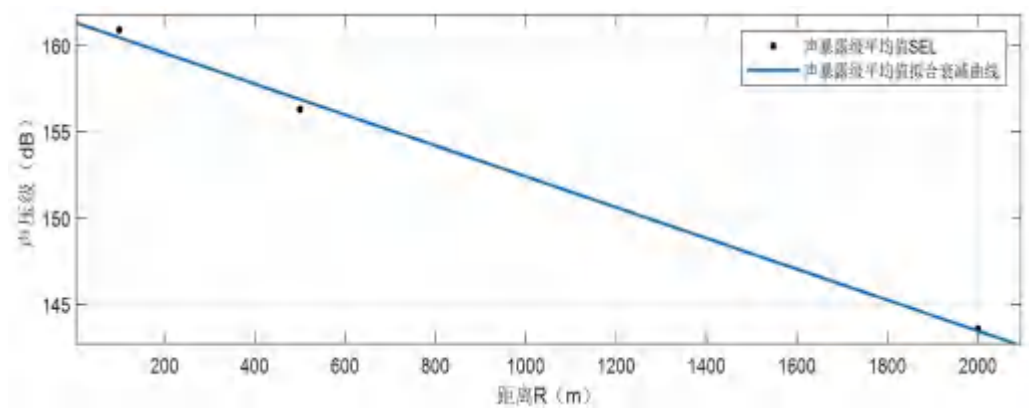


图 3.2.2-1 嵊泗 2#风电水下打桩噪声峰值声压级和声暴露级平均值拟合衰减曲线

同样的，得到嵊泗 5#6#海上风电工程水下打桩噪声峰值声压级和声暴露级平均值拟合衰减曲线（图 3.2.2-2），表达式如下：

$$SPL_{peak}=227.6-18.7\times lgR$$

$$SEL=193.6-16.7\times lgR$$

从式可知：嵊泗 2#海上风电工程水下打桩噪声峰值声源级为 231.1dB，扩散系数为 21.7；嵊泗 5#6#海上风电工程水下打桩噪声峰值声源级为 227.6dB，扩散系数为 18.7。

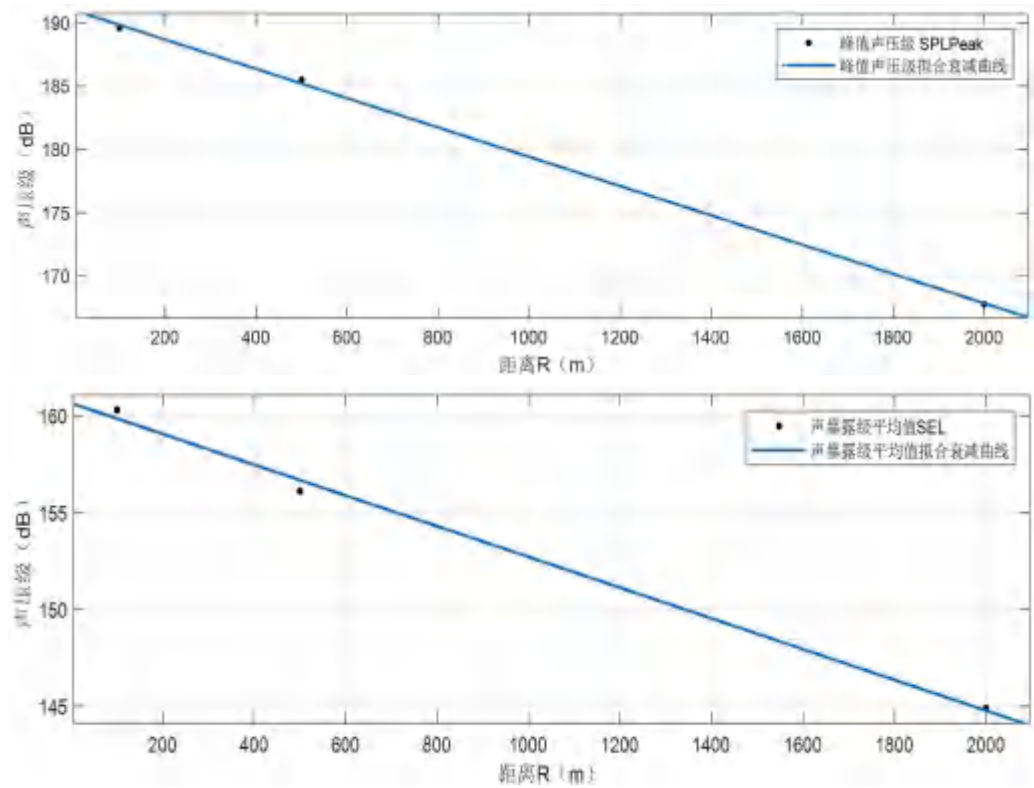


图 3.2.2-2 嵊泗 5#6#风电水下打桩噪声峰值声压级和声暴露级平均值拟合衰减曲线

根据《瑞安 1 号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》（厦门大学），其课题组收集了历年来国内外资料所得的典型桩芯材料与不同直径对应的水下打桩单次冲击噪声声级，详见表 3.2.2-5。

表 3.2.2-5 典型桩芯材料与不同直径的单次打桩对应声源级表(10m)

桩型(直径)	峰值声压(dBSPL)	均方根值声压(dBRMS)
冲击式混凝土桩(61cm)	183~193	171~175
冲击式钢壳桩(30.5cm)	190~200	180~184
冲击式钢芯桩(70cm)	206	188
冲击式钢壳桩(76cm)	208	190
冲击式钢壳(244cm)(距离 25m)	212	197

Nedwell 等（JR Nedwell 等，2007）等对英国 5 个海上风电场 5 种不同直径单管桩在打桩施工时的水下噪声进行现场测量，表明其峰值声源级的变化范围为 237~251dB μ P；且在直径 4m 以上时，声源级随管桩径直径的变化关系不明显，其与传播的水深等参数密切相关。详见表 3.2.2-6。

表 3.2.2-6 英国 5 个海上风电场单桩桩基施工水下噪声声源级

海上风电场	管桩直径(m)	峰值声源级 (dB-1m)	风机数	峰值声源级 (dB-500m)	海域水深 (m)
North Hoyle	4.0	243	17	197	10~15
Scroby Sands	4.2	251	20	196	3~30
Kentish Flats	4.3	237	20	182	5~8
Barrow	4.7	245	18	197	10~20
Burbo Bank	4.7	243	21	186	7~24

参考多个海上风电场水下打桩噪声的传播衰减公式，同时结合打桩噪声声源级与桩径关系等，再由嵊泗 2#（风机单机容量为 6.45MW 和 6.25MW，风机基础采用高桩承台基础，单个基础设 6 根钢管桩（直径 2.3m））和嵊泗 5#6#海上风电场（风机单机容量为 6.25MW，风机基础类型均为高桩承台基础，单个基础设 8 根钢管桩（直径 2.0m）；海上升压站基础型式为导管架结合桩基的结构，基础采用四根钢管桩（直径 2.3m））施工期打桩噪声的现场采集数据及模拟结果，类比预测嵊泗 7#风电场（风机单机容量为 12.5MW）水下打桩噪声的声源级。

根据嵊泗 2#风电和嵊泗 5#6#风电场水下打桩峰值声压级表达式，其峰值分别为 231.1 dB re 1 μ Pa-m(管桩直径 2.0m)和 227.6 dB re 1 μ Pa-m(管桩直径 2.3m)，其扩散系数分别为 21.7 和 18.7。由表 3.2.2-5 和表 3.2.2-6 可得，管桩直径大小对风电场水下打桩峰值声压级的影响相对较小。

故本着最不利影响的角度考虑，本项目取打桩水下噪声的峰值声源级约为 240 dB re 1 μ Pa-m，水下噪声传播中具有声传播衰减的特点，扩散系数约为 22，

以此来估算打桩施工时的水下噪声影响范围。

②运输船只

施工设备、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。

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。大部分噪声分布在 10Hz 至 5kHz 频率范围内，螺旋桨空化噪声的频率范围较广，从 50Hz 开始扩展至 100kHz。本项目所用船舶以平均航速 10 海里估算，运输路线为码头至风电场工程区（以中心点计）之间，污染源方式为移动点源，采用经验公式[Ross D, 1976]进行估算，其源强情况见表 3.2.2-7。

表 3.2.2-7 船舶运输噪声排放情况

船舶类型	规格型号	污染物	水下排放量	排放方式
可自航式甲板驳船	10000t 级	SL	172	移动点源
可自航式甲板驳船	2000t 级	SL	162	移动点源
起重船	2500t 级起重量	SL	162	移动点源
可自航式甲板驳船	5000t 级	SL	167	移动点源
自升式起重平台	1000t 级起重量	SL	157	移动点源
拖轮	3000HP	SL	164	移动点源
拖轮	2000HP	SL	162	移动点源
带埋设机的铺缆船	3000t 载重量	SL	168	移动点源
交通艇		SL	152	移动点源
抛锚艇		SL	152	移动点源
补给船		SL	152	移动点源

③海底电缆敷设噪声

本项目海底电缆近海段敷设主要采用带埋设机的铺缆船进行，海缆埋深不低于 3m。类比厦门海沧钱屿附近现场调查，由海域进行电缆敷设及船运通过等所造成的水下噪声谱级相比原来的水下环境背景噪声提高不多，约 4~5dB。本项目水下环境背景噪声峰值声压级（L_{peak}）为 153.4~162.5dB，故电缆敷设施工时水下噪声峰值声压级约在 157.4~167.5dB。

(2) 陆上施工噪声

陆缆敷设过程中主要有两栖挖掘机、重型运输车、商砼搅拌车和拖缆绞车。

陆上换流站施工期，土石方阶段施工机械主要有挖掘机、推土机、铲土机、自卸卡车等；基础阶段施工机械主要为钻孔式灌注桩机；打桩阶段施工机械主要是打桩机；建筑施工阶段施工机械主要有砼振捣器、砼搅拌机、升降机和电锯。

根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013），工程主要施工设备的噪声源强见表 3.2.2-8。

表 3.2.2-8 陆上换流站施工期主要施工机械噪声源强一览表

序号	施工设备名称	距离声源 5m
1	液压挖掘机	82~90
2	推土机	83~88
3	重型运输车	82~90
4	静力压桩机	70~75
5	商砼搅拌车	85~90
6	混凝土振捣器	80~88
7	空压机	88~92
8	柴油打桩锤	82~90
9	蛙式打夯机	85~90
10	两栖挖掘机	82~90
11	拖缆绞车	82~90

3. 大气环境

工程在施工过程中所使用的施工机械、船舶和运输车辆均以柴油或汽油为燃料，施工机械、船舶和车辆运行会产生一定量废气，主要污染物质包括 NO_x 、 CO 、 SO_2 等。陆上运输车辆的物料装卸、堆放、运输等将产生一定扬尘，对公路沿线造成一定影响。海域施工区，施工船舶和机械在运行中也会排放一定量的废气，影响海上环境空气质量。

工程施工船舶发电机功率按 3000HP（2200kW，本项目主要施工船舶）计，1HP 的功耗油按 150g 计，则单艘船舶每小时耗油量为 450kg。燃油以轻柴油计算，船舶 SO_2 、 NO_x 、 CO 的源强如下：

(1) 船舶 SO_2 源强

$$G_s = 2 \times B_0 \times S_0 \times (1 - \eta)$$

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《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，海船进入排放控制区应使用含 S 量不大于 0.5%；本项目按照含 S 量 0.5%进行计算，则单艘船舶每小时 SO_2 的排放量为： $2 \times 450 \times 0.5\% \times (1-0) = 4.5\text{kg/h}$ 。

（2）船舶 NO_x 源强

根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》第二阶段氮氧化物排放限值要求，2200kW 功率船舶每小时 NO_2 排放量最高为 16.9kg/h。

（3）施工机械废气

工程在施工过程中所使用的施工机械主要为卷扬机等，均以柴油为燃料，机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布。400t 卷扬机额定功率均在 300kW 左右，根据《〈非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)〉（GB 20891-2014）修改单》中第三阶段排放限值要求和《非道路移动柴油机械排气烟度限值及测量方法 GB 36886-2018》中 II 类限制要求，卷扬机 CO、 NO_x 、颗粒物排放速率分别为 $3.5\text{g/kW} \cdot \text{h}$ 、 $4\text{g/kW} \cdot \text{h}$ 和 $0.2\text{g/kW} \cdot \text{h}$ 。

4. 固体废物

工程施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、弃方和海缆沟开挖疏浚土。

施工人员生活垃圾按每人每天产生量为 1.0kg 计，高峰期施工 360 人，其中海上 200 人，陆上 160 人（1#施工区 90 人和 2#施工区 70 人），则海上人员生活垃圾产生量为 200kg/d、陆上 1#施工区为 90 kg/d，2#施工区为 70kg/d。海上生活垃圾需收集后统一运至陆上，与陆上生活垃圾收集后委托环卫定期清运。

5. 环境风险

（1）事故溢油量

施工期风机打桩和风电场区 66kV 海缆敷设时，场区施工船舶较多，施工船舶之间以及施工船舶与渔船可能发生碰撞溢油事故，66kv 送出海缆敷缆船、挖泥船施工将穿越众多航道与航道通航船舶可能发生碰撞溢油事故。根据施工工艺和方法，本项目风电场工程施工期最大船型为 10000 吨级可自航式甲板驳船。

根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）：附录 C.9，10000 吨级驳船燃油舱单舱所带燃油量为 99m^3 ，所带油品为柴油。柴油是石油提炼后

的一种油质的产物。它由不同的碳氢化合物混合组成。它的主要成分是含 10 到 22 个碳原子的链烷、环烷或芳烃。它的化学和物理特性位于汽油和重油之间，沸点在 170℃至 390℃间，比重为 0.82~0.845kg/L（本次取 0.835kg/L）。据此计算，10000 吨级驳船最可能发生的船舶溢油事故溢油量为 82.6t。

（2）船舶总燃油量

根据第 3.1.3.5 施工机械设备章节的设备清单，本项目施工船舶最大合计约 30 艘，其中 2000 吨级以下 20 艘（1 个燃油舱），2000-6000 吨 8 艘（2 个燃油舱），10000 吨级驳船 2 艘（4 个燃油舱），最大燃油总量合计约 3634.4t。

3.2.2.2 运行期污染影响分析

1. 噪声

（1）海上风电场水上噪声分析

① 营运期水上噪声分析

Herik Moller 等（2011）对大容量风机噪声进行了预测，并结合丹麦风电巨头维斯塔斯（Vestas）风电公司网站上给出的风机技术参数说明（<https://www.vestas.com/en/products/offshore/V236-15MW>），9.5MW 和 10.0MW 机型的噪声源为 112.9dB(A)，15.0MW 风机的噪声源为 115.3dB(A)。故从更不利影响的角度，本项目 12.5MW 风机噪声源以 115dB(A)作为空气噪声源评估分析。

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

假定声音从一个点源无吸收衰减传播，则距离单台风机声源 r 处预测点 A 声级 $L_P(r)$ 计算公式为：

$$L_P(r) = L_w(r_0) - 10\lg(2\pi r^2)$$

式中： $L_P(r)$ 为单台风机声源 r 处预测点 A 声级，单位 dB(A)；

$L_w(r_0)$ 单台风机声源 r_0 处 A 声级，单位 dB(A)。

本项目风机轮毂中心高度为 145m，风机噪声源均以 115dB(A)作为评估分析，则营运期期风机组噪声影响预测表见表 3.2.2-10 所示。

表 3.2.2-10 本项目风机组噪声影响预测表 单位：dB(A)/20μP

与轮毂直线距离 (m)	250	400	500	700	800	1000	1200	1500
与桩基水平距离	204	373	479	685	787	989	1,191	1,493

(m)								
风机噪声(dB)	61	56	53	50	49	47	46	44

由此可得，在距离风机轮毂直线距离 250m 处（距桩基水平距离为 204m），运营期风机噪声降为 61dB(A)；在离风机直线距离 700m 处（距桩基水平距离为 685m），运营期风机运行噪声降为 50dB(A)；在离风机直线距离 1000m 处（距桩基水平距离为 989m），运营期风机运行噪声降为 47B(A)。

在大多数情况下，由于风电机组间相距较远，每个风电机组可视为一个点声源，多个噪声在同一点的噪声叠加值比单个噪声值只略有增加，海上风电场的整体运行噪声很接近单个风机的运行噪声，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。

②运营期水上噪声预测

由本报告 4.9 节“声环境质量现状调查与评价”可知，2023 年 8 月，各测点噪声监测结果范围为 40.6dB~53.4dB，平均值为 47.4dB；2023 年 9 月，各测点噪声监测结果范围为 37.2dB~54.1dB，平均值为 42.8dB。测量时海况较好（2 级海况），在海况更差甚至下雨时，声环境背景值会更高。由表 3.2.2-10 可知，当距离单台风机 400m 时（距桩基水平距离为 373m），风机运行噪声降到 56dB 以下，随着与风机距离的增加，风机运行产生的噪声逐渐低于环境背景噪声。由于噪声掩蔽现象，风机噪声被背景值掩盖，故推测本海上风电场运行噪声对海上声环境影响仅限于风机附近。

风电机组最小间距 769m，本项目单台风力发电机组噪声以最大声功率 115dB(A)计算，且从更不利影响的角度，风机之间距离以 0.7km 分布计算，则运营期临近某台风机的 4 台风机在本台风机处产生的噪声源强为 50dB(A)。根据 N 台风机距离声源 r 处的噪声水平总效应 $L_{p,total}(r)$ 公式，进一步分析本项目海上风电场运营期多台风机水上噪声叠加影响情况。N 台风机距离声源 r 处的噪声水平总效应 $L_{p,total}(r)$ 为：

$$L_{p,total}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{\frac{L_{p,i}}{10}})$$

故可得邻近风机距离声源 r 处的噪声水平总效应 $L_{p,total}(r)$ 为：

$$L_{p,total}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{\frac{L_{p,i}}{10}}) = 10 \lg (10^{\frac{115}{10}} + 4 \times 10^{\frac{50}{10}}) \approx 115 \text{dB(A)}$$

由上式可得，临近的 4 台风机在某一风机处叠加所产生的噪声数值很小，与

单台风机产生的噪声水平相当。

本项目营运期水上噪声与海洋环境背景噪声相当，其水上噪声测量结果主要受海况（包括风力、海浪拍击船舷声响等）影响，且多台风机之间噪声的叠加仅随着场界大小，其影响范围变化，噪声强度基本不增加，风机机组产生的叠加噪声基本上仍等于单台风机原噪声源强。另外，由于海上风声和海浪声等海洋背景值较大，多台风机运行对海上声环境影响仅限于风机附近。

综上，由于风电机组间相距较远，每个风电机组可视为一个点声源，多个噪声在同一点的噪声叠加值比单个噪声值只略有增加，增加值基本可以忽略。

（2）水下噪声分析

本报告参考了位于浙江嵊泗海域的嵊泗 2#海上风电场项目以及江苏灌云海上风电场项目营运期的现场采集的水下噪声数据及分析结果，类比预测嵊泗 7#海上风电场营运期产生的水下噪声源强。

①嵊泗 2#海上风电场项目营运期水下噪声类比预测

2022 年 3 月 14 日，杭州海蛞蝓生态科技有限公司对正常运营工况下的浙能嵊泗 2#海上风电场项目营运期水下噪声进行了监测。监测结果显示，营运期海域水下噪声全频带累积声压级的平均值为 125.6dB；在 20Hz~20kHz 的分析频带内，声压谱级的分布区间是 42.8dB~137.2dB，并随着频率增高而减小。峰值声压在 110.9~146dB，变化范围 35.1dB。根据《浙能嵊泗 2#海上风电场工程环境影响报告书》（华东勘测设计研究院，2020 年 4 月），厦门大学课题组于 2018 年 7 月 17 日~18 日对浙能嵊泗 2#海上风电项目工程海域的声环境质量进行本底调查，监测结果显示，调查海域平均总声级为 135.8dB。由此可得，施工前与营运期各点位不同层次水下噪声强度变化不大。

故总体上看，由风机营运噪声引起的水下噪声强度变化不大，基本上与海洋环境背景噪声场相近。

②江苏灌云海上风电场项目营运期水下噪声类比预测

2023 年 5 月 31 日，杭州海蛞蝓生态科技有限公司对正常运营工况下的江苏华能灌云海上风电场工程营运期水下噪声进行了监测。结果显示，运行期海域水下噪声全频带累积声压级的空间平均值为 117.1dB；在 20Hz~20kHz 的分析频带内，声压谱级的分布区间是 119dB~45dB。本报告将海缆线位上的 3 个监测点位（HN01、HN02 和 HN03）作为风电场区水下噪声的对照点位，则对比各个监测

点位不同层次水下噪声总声级强度均值可得，风场区内监测点位总声级与风电场外对照点位总声级强度相近。

因此，总体来看，华能灌云海上风电场水下噪声由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的海洋环境背景噪声场相近。

③国内外风电场营运期噪声类比预测

海上风力发电项目开发主要集中在欧洲，丹麦、瑞典、荷兰、英国等是最早进行海上风电开发的国家。海上风力发电研究始于上世纪 80 年代，欧洲各国对海上风电场所引起的水下噪声研究也有较多研究。

1995 年 Westerburg (Nedwell J, 2004) 进行了首次的营运期风电场水下噪声测量，测量对象为坐落于瑞典东南沿岸的世界上第一台海上风机（额定功率为 220kW，塔高为 35m）。在距风机距 100m 处的水下噪声测量结果表明，当风速在 6m/s 到 12m/s 时，风机产生的噪声分别为 102dB 和 113dB，噪声谱峰位置约在 16Hz 处。

2000 年 Degn (Nedwell J, 2004) 比较了丹麦 Vindeby 风电场 450kW 风机和瑞典 Gotland 风电场 550kW 风机的水下噪声，测量距离均为 20m。在 Vindeby 风电场，风机的能量在 400Hz 以下，峰值频率为 25Hz，对应的声压级为 119dB，比风机停转时的海洋背景噪声高 33dB。在 Gotland 风电场，风机水下噪声中不存在单频谐波成分，在 160Hz 处有个宽峰，对应的声压级为 95dB，该值比海洋背景噪声高 25dB。

Betke K 多次对风机运营水下噪声进行测量分析。2004 年 Klaus (Betke K, 2004) 对德国北海某风机运营水下噪声进行了测量，结果表明随着风机运转功率等增加，其产生的水下噪声强度增加，当风机功率为 1500kW，其辐射的水下噪声功率谱在 50Hz 和 200Hz 处出现尖峰。2006 年 Klaus (Betke K, 2006) 对丹麦的 Horns Rev 风电场风机运营水下噪声进行测量分析，测量分风机额定功率运转和低于额定功率运转两种情况进行。图 6.3-52 为风机以额定功率运转时距离其 100m 水下噪声时频图和功率密度谱，风机水下噪声功率密度谱上有多个尖峰，其中在频率为 150Hz 和 300Hz 能量最高，对应的声压级分别为 122dB 和 111dB，除此之外，在 100Hz、200Hz 和 600Hz 附近出现小尖峰，风机水下辐射噪声能量均分布在 800Hz 以下。在风机以低于额定功率运转的情况，相比与风机以额定功率运转，功率谱上 150Hz 的峰值点下降到 143Hz，且对应声压级下降了 20~25dB。

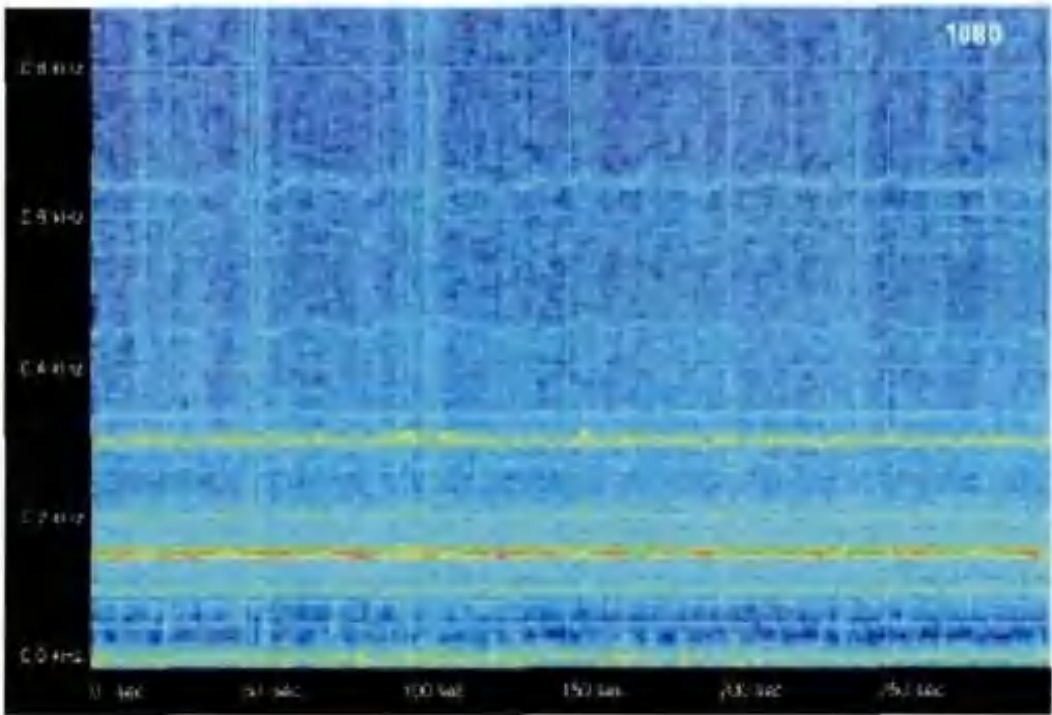


图 3.2.2-3 Horns Rev 风电场某风机运营水下噪声时频图

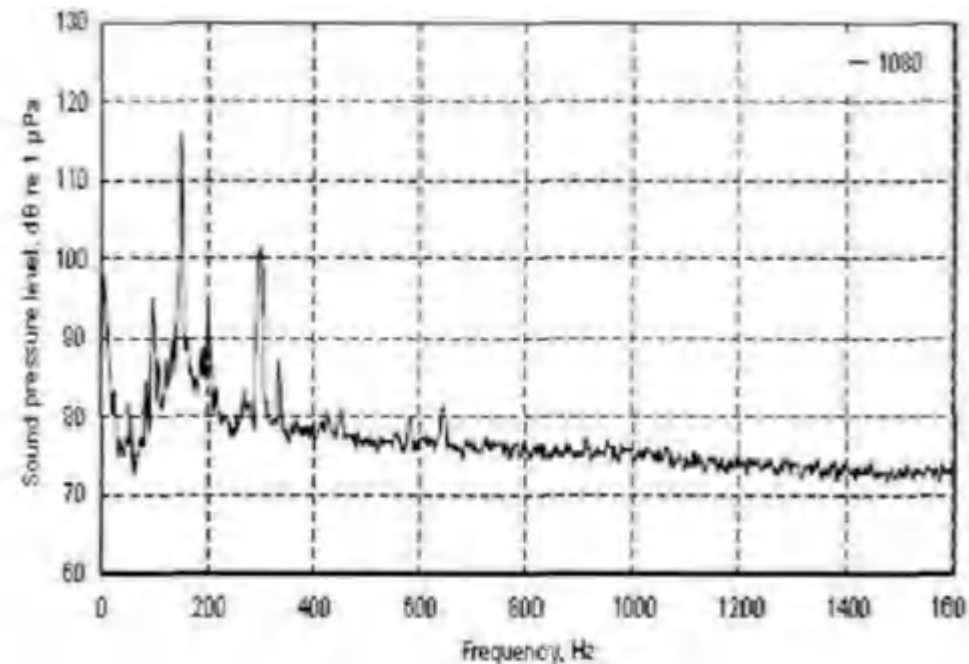


图 3.2.2-4 Horns Rev 风电场某风机运营水下噪声功率密度谱

2007 年 Nedwell 等 (Nedwell J et al, 2007) 总结了英国 North Hoyle、Scroby sands、Kentish Flats、Barrow 海上风电场风机运营水下噪声测量结果, 即风机运营产生的水下噪声是很微弱的。其中 3 个风电场的场内声压级要高于场外, 但差值不高于 8dB, 而 Scroby sands 的风电场场内的声压级比场外还低 2dB, 详见图

3.2.2-5。

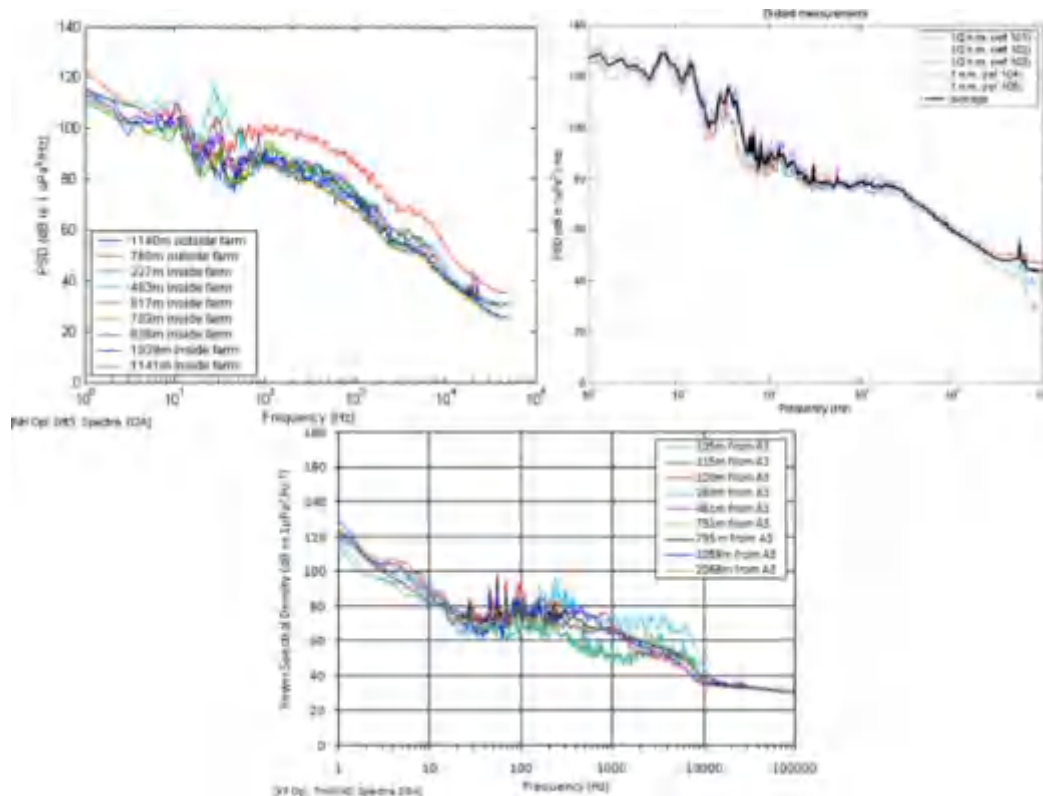


图 3.2.2-5 North Hoyle（左上）、Scroby Sands（右上）和 Kentish Flats（下）海上风电场运营期水下噪声功率密度谱

2008 年 Blew 等 (Blew J et al, 2008) 总结了 Utgrunden、Horns Rev、Nysted、Paludans Flak 4 个海上风电场风机水下噪声测量结果, 测量距离均为 100m, 风机水下噪声峰值频率分别为 176Hz、150Hz、135Hz 和 134Hz, 对应的声压级分别为 114dB、117dB、110dB 和 122dB, 推算出声源级分别为 144dB、147dB、140dB 和 152dB。

2009 年 Tougaard 等 (Tougaard J et al, 2009) 对 Middelgrunden、Bockstigen-Valar 和 Vindeby 三个海上风电场风机水下噪声进行测量, 测量距离分别为 2.5m、5m 和 2m。所有的测量结果显示风机水下噪声都在 500Hz 以下, 在距离 Vindeby 风电场 14m 处风机水下噪声最大, 1/3 倍频程级(TOL)为 126dB, 对应频率为 25Hz。对 Middelgrunden 风电场的测量在风速为 13m/s 和 6m/s 两种情况下进行, 结果表明, 两种情况下峰值频率均为 125Hz 但风速较大时对应的 1/3 倍频程级比风速小时高 11dB。

根据对各大海上风电场的噪声测量值, 推算了距离噪声源 1m 处的噪声声压水平 (Wahlberg M et al, 2005)。不同海上风电场运营期水下噪声的测量值可能

会由于风速、测量记录条件、噪声辐射方向等不同而略有差异，但均在一定范围内，详见图 3.2.2-6。

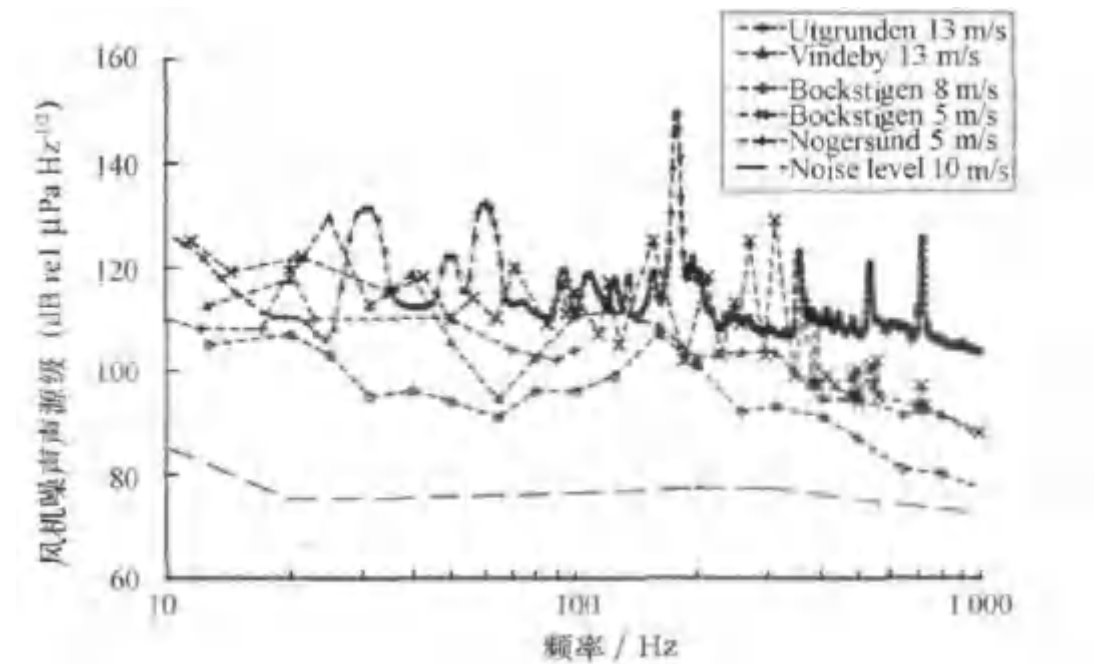


图 3.2.2-6 各海上风电场的噪声测量值

吉新磊（2018 年）对江苏滨海某风电场营运期水下噪声进行了分析。风机 100m 处水下 3m 的噪声监测结果如图 6.3-49 所示。由图可知，工程前海域水下声环境与风机运行期的声环境主要发生明显变化的频率为<1000Hz，在 1000Hz~20000Hz 之间声压谱级基本吻合。在距离风机 100m 处的监测结果表明水下噪声主要分布在在 88.6dB~100.4dB 之间，且出现峰值声压谱级频率主要集中在低频段。距离风机 100m 处的水下声压级与水下背景声压谱级相近，这说明在营运期风机产生的水下噪声主要集中在低频率段，在距离 100m 左右风机产生的噪声基本衰减完成。对该风电场营运期距离桩机 100m 处不同水深的海洋环境噪声监测和分析，结果表明：在 200Hz、500Hz 和 600Hz 出现峰值且比背景水下噪声级大 2~10dB。

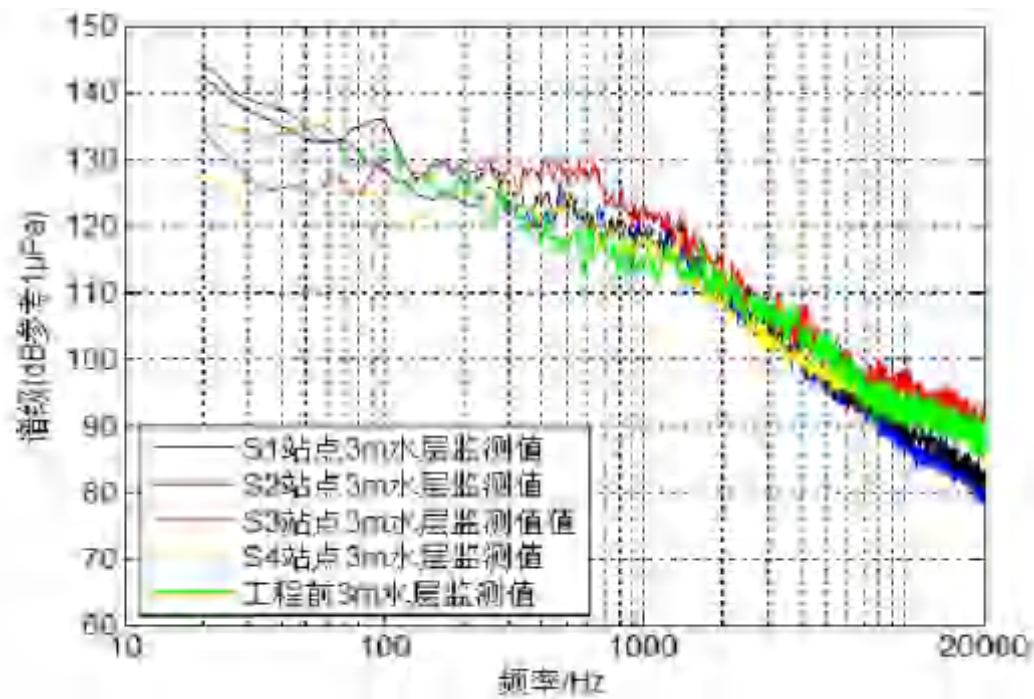


图 3.2.2-7 营运期水下 3m 水层噪声监测结果

④本项目营运期水下噪声类比结果分析

本项目海上风电场营运期水下噪声的主要来源为没入水下的风机塔柱部分的结构振动。海上风电场风机辐射噪声在声传播过程中，其波阵面会随着距离的增加而增大，声能随距离的增加而按球面波扩展规律衰减。当声波由空气中传导海水中，由于水介质的界面的存在，会使声传播产生折射和散射现象。通常认为在距风力发电机组水平距离 50m 以远，噪声计算值与实测值衰减趋势就基本一致。

有研究表明，水下噪声强度和峰值频率随桩基结构、功率变化而改变，不同桩基结构具有不同的噪声特性，但功率差异性不显著。不同功率和桩基结构的风机产生水下噪声谱特性如表 3.2.2-11 所示。

表 3.2.2-11 不同功率和桩基结构风机产生水下噪声特征

风机功率 及桩基结构	距风机 距离/m	深度/m	风速/ (m·s ⁻¹)	1/3 倍频带 强度/dB	总声级/ dB re 1μPa	峰值 频率/Hz	声谱级/ dB re 1μPa @ 1 m
5.0 MW, 导管架	50	14.1	3	31.5~1 000	111	50	126
5.0 MW, 单管架	50	14.1	12	31.5~1 000	118	125	143
3.0MW, 导管架	54	13.4	3	31.5~500	108	50	127
3.0 MW, 单管架	54	13.4	8	31.5~500	110	100	136
3.0 MW, 单管架	54	13.4	11	31.5~500	119	125	140
1.5 MW, 单管架 ⁽⁷⁾	110	10	17	12.5~500	112	180	152
0.5 MW, 单管架 ⁽⁸⁾	20	10	8	12.5~500	113	160	156
2.0 MW, 重力式 ⁽⁹⁾	20	5	6	12.5~500	109	25	130
2.0 MW, 重力式 ⁽¹⁰⁾	40	5	13	40~400	122	125	146
0.45 MW, 重力式 ⁽⁶⁾	14	4	13	12.5~500	127	25	147

对嵊泗 2#海上风电场、华能灌云海上风电场营运期水下噪声的类比监测结果，同时结合表 6.3-6 中不同功率和桩基结构风机产生水下噪声特征可得，各海上风电场风机运行水下噪声的频谱级均较为相似，总体强度随频率增加而明显较小，且风机在营运期中所产生的水下噪声级总体比较低，即使是在靠近风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上高于背景噪声约 10~20dB/re 1 μ Pa。

综上，海上风电场营运期水下噪声谱级基本上与海洋环境背景噪声相近。而在特定频段上（120Hz~1.5kHz）噪声级的提高并没有比因自然状况变化（下雨、生物移动、船舶噪声等）所带来的噪声级提高很多。故推测，嵊泗 7#风电营运期由于风机噪声引起的强度变化不大，其产生的水下噪声基本与海洋环境背景噪声相当。

2. 污废水

运行期间污废水主要为本项目管理维护人员生活污水、间接冷却水。

风电场运行人员定员 13 人，生活用水量取 150L/人·d，废水产生量按用水量的 80%计，则生活污水产生量为 1.56m³/d，生活污水经污水生化处理池处理后，回用于站区道路冲洗和绿化。

冷却水循环使用，定期补充。

运行期风机维护船舶为 500t 级，运行期每季度开展一次巡检维护，每次维护产生的船舶油污水量约为 0.14t，每年船舶油污水为 0.56t，委托有资质的单位处置。

3. 电磁环境

风电场 66kV 海缆埋设于海底 3.0m 以下，海缆有加强铠装保护，敷设于海底后有较好的屏蔽作用，电磁影响很小。

4. 固废废物

（1）生活垃圾

运行期间生活垃圾主要为本项目管理维护人员生活垃圾，风电场运行人员定员 13 人，人均生活垃圾产生量约 1kg/d，日常生活垃圾产生量约为 13kg/d。管理维护人员生活垃圾集中存放于站内移动式垃圾箱并由当地环卫部门定期清运。

（2）危险废物

① 风机

根据可研,单台风机每年更换的润滑油为 $114 \times 0.85 \times 0.9 \times 2 = 174.4\text{kg}$, 20 台风机每年产生的废油量约 3.5t。含油棉纱每台风机每年产生 1kg 考虑,本项目每年风机检修产生的含油棉纱为 20kg; 手套按 0.5kg/副计算,全年产生废手套 10kg。日常维护涉及的残废油、含油棉纱和废手套运回陆域统一堆放在陆上换流站的危废暂存间中,由具备资质的专业处理单位接收处理。

表 3.2.2-12 危险废物一览表

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
1	废润滑油	HW08 废矿物油	900-214-08	3.5t/a	海上风机	液态	矿物油	矿物油	一年	T, I
2	含油棉纱	HW49 其他废物	900-041-49	20kg/a	海上风机维修	固态	废棉纱、油类	油类	一年	T/In
3	废手套	HW49 其他废物	900-041-49	10kg/a	海上风机维修	固态	废手套、油类	油类	一年	T/In

②陆上换流站

陆上换流站产生的废蓄电池交由有资质单位处理,不得随意丢弃。

陆上换流站运行期正常情况下,无变压器油及油污水产生。当主变压器检修或发生事故时产生少量的油污水,主要污染物为石油类。陆上换流站设计阶段考虑各变压器事故排油时,首先排至主变油坑,通过含油废水排放管道排至事故油池,通过含油废水排放管道排至事故油池,事故油等交由有相应资质的单位处理,不外排。

5.环境风险

工程单台风机内部设置 66kV 变压器,为干变,呈密封状态;同时风机机舱和轮毂中还存在较多润滑油,油品主要为油脂、液压油等,约 0.172m^3 。当风机桩基失稳倒塌导致内部油料泄漏后,对周边海洋环境会产生影响。

换流站单台换流变油量按不超过 75t (油体积约 83.80m^3) 设计,换流站运营期正常情况下,换流变压器无漏油产生。一旦发生事故,事故油经事故油池收集后,由有资质的单位处理处置,不外排。事故油池、事故油坑及排油管道均采取防渗防漏措施,确保事故油及油污水在贮存过程中不会渗漏。因此,本项目运行

后的环境风险可控。

3.2.3 工程各阶段非污染影响分析

3.2.3.1 施工期环境影响分析

1.对海洋生态和渔业的影响

(1) 对海洋生态影响

本项目实施对海洋生态的影响主要首先包括风场区风机组桩基、定位架桩基占用海域,以及海缆敷设过程中海缆沟开挖扰动占用海域对海洋底栖生物生境的占用和底栖生物的影响。第二,海底泥沙再悬浮主要来自电缆沟开挖,增加所在海域的含沙量,降低海洋中浮游植物生产力,局部高浓度的悬浮物对浮游生物和鱼类等也可能造成伤害,使鱼类呼吸系统受到影响。第三,风机基础钢管桩打桩噪声对海洋生物也可能产生影响,不同鱼类在不同声压级条件下会产生逃离、昏迷、死亡等的反应。

(2) 对渔业资源影响

施工导致的高浓度悬浮物颗粒可能直接对海洋生物仔幼体造成伤害,主要表现为影响胚胎发育,悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡,大量悬浮物造成水体严重缺氧而导致生物死亡,高的悬浮颗粒物浓度会降低光强度和仔鱼视力,严重影响仔鱼的摄食能力,摄食能力下降使仔鱼营养不良,严重时会导致仔鱼死亡,悬浮物有害物质二次污染造成生物死亡等。不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同,一般说来,仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。水体中过高的和细小的悬浮颗粒物会粘附于鱼卵表面,妨碍鱼卵的呼吸,不利于鱼卵成活、孵化,从而影响鱼类繁殖。

2.对鸟类的影响

工程施工期间,由于人类活动、交通运输工具、施工机械的机械运动等人为因素增加,近岸施工过程中产生的噪声、灯光等将对工程附近地区栖息和觅食的鸟类产生一定影响。

3.对陆生生态的影响

工程建设中,陆缆铺设和陆上换流站建设等活动,会带来永久与临时占地,使场地植被及区域地表状态发生改变,对区域生态环境造成不同程度的影响。

4.对其他海洋开发活动影响

工程风电场不占用任何港口码头以及航道, 66kV6 海缆穿越洋山港冬支航道、规划东向航道等航道, 以及小洋山北作业区(规划)东侧边缘, 工程海缆施工可能会对穿越航道及小洋山北作业区产生一定影响。

施工期风机基础施工打桩、拔桩噪声和海缆施工期悬浮泥沙可能会对周边鳎苗捕捞产生一定的影响。

3.2.3.2 运行期环境影响分析

风力发电的工艺流程是利用自然风能转变为机械能, 再将机械能中转变为电能的过程。在生产过程中不消耗燃料, 不产生污染物。运行期间对环境的影响主要表现为以下几个方面:

1、海洋水文动力环境

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

2、区域地形地貌和冲淤环境

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, 分别有局部冲刷和淤积产生。

3、生态和渔业生产

(1) 生态

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

陆上换流站运行期的运行维护活动均在换流站内, 不影响换流站周边生态环境。陆缆线路运行期运行维护活动主要为线路例行安全巡检, 巡检人员主要在已有道路活动, 且例行巡检间隔时间长, 陆缆线路较短, 对线路周边生态环境基本不产生影响。

(2) 渔业生产

目前, 风电场所在海域部分具有鳎苗捕捞等渔业捕捞功能, 风电场建成运行后, 由于风电场用海造成渔业捕捞面积略有缩小; 海底电缆段两侧海域一定范围

内将禁止进行养殖和捕捞作业，这将在一定程度上降低了渔业捕捞范围。

4、鸟类

本风电场位于亚太地区候鸟大迁徙通道附近。工程施工期间，主要由于人类活动、交通运输工具、施工机械的机械运动，相应施工过程中产生的噪声、灯光等，可能会对鸟类迁徙、栖息和觅食等活动产生一定的扰动。

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

5、通航环境

工程风电场位于多条航路、航道之间，66kV 送出海缆与多条航道形成交越。风电场的建设客观上改变了场区附近水域的通航环境，对附近过往船舶的航线设计、视觉了望、避碰方式、航海仪器性能等，以及渔船活动范围、活动方式等都不可能地产生一定的影响。但这些影响可以通过采取相应措施、落实相关规定有效的加以控制。

3.2.3.3 环境影响要素识别和评价因子筛选

根据上述生产工艺过程及产污环节，进行环境影响要素识别分析，根据影响情况筛选主要评价因子。施工期和运行期环境影响评价因子分别见表 3.2.3-1 和表 3.2.3-2。

表 3.2.3-1 施工期环境影响因素和评价因子一览表

影响因素	影响原因	影响范围	评价因子	影响程度	评价深度
海洋水质	施工悬浮物、施工污水排放	风机及海底电缆沿线周边海域	悬浮物、COD、石油类	可逆，较小	详细评价
沉积物环境	施工污水排放及废弃物丢弃		沉积物质量，石油类等	可逆，较小	一般评价
海洋生态	悬浮物浓度增加、破坏海洋生态及底栖生境	风机及海底电缆沿线周边海域	浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、游泳动物	部分不可逆，较大	详细评价
鸟类	施工活动干扰鸟类迁徙等	施工区及邻近鸟类栖息地	鸟类栖息地	较小	详细评价
声环境	打桩、船舶航行、施工机械和运输车辆运行噪声	陆上、海上工程施工区域	水下噪声频带声压级、水下噪声声压谱[密度]级、Leq(A)	可逆，较小	详细评价
空气	施工扬尘、施工机械和	陆上、海上工	TSP、NO _x 、CO、SO ₂	可逆，较小	一般评

影响因素	影响原因	影响范围	评价因子	影响程度	评价深度
环境	车辆尾气排放	程施工区域			评价
渔业生产	占用渔业水域	风机、海底电缆沿线周边海域	养殖面积、捕捞等	部分不可逆, 较大	详细评价
陆域生态	施工开挖、占地	陆上临时施工区域	植被、水土流失	可逆, 较小	一般评价
海域利用	施工影响航运交通	海上施工海域及设备运输航线	通行船只数量、航行安全	可逆, 较小	一般评价
固体废物	施工人员生活垃圾	陆上、海上工程施工区域	垃圾排放量	可逆, 较小	一般评价
环境风险	溢油事故	海上工程施工区域及周边海域	柴油	较大	详细评价

表 3.2.3-2 运行期环境影响因素和评价因子一览表

影响因素	影响原因	影响范围	评价因子	影响程度	评价深度
海洋水文动力	对区域海洋水文动力环境造成一定影响	风电场附近海域	潮汐、潮流	不可逆, 较小	详细评价
海洋地形地貌与冲淤环境	改变区域海域的地形地貌和冲淤环境	风电场附近海域及近岸	冲淤程度	不可逆, 较小	详细评价
水质	管理维护人员生活污水	风机桩基及沿线海域、陆上换流站	COD、氨氮等	可逆, 较小	一般评价
沉积物环境	维护污水排放及废弃物丢弃	风机桩基及沿线海域	沉积物质量	可逆, 较小	一般评价
声环境	风机运行产生噪声 陆上换流站产生噪声	风电场区域、陆上换流站	水下噪声频带声压级、水下噪声声压谱[密度]级、Leq(A)	较小	一般评价
电磁环境	海缆、陆缆和陆上换流站产生电磁场	海上风电场区域、海缆、陆缆和陆上换流站	电、磁场强度	较小	一般评价
海洋生态	风机桩基破坏底栖生物生境	风机桩基周围	底栖生物量	部分不可逆, 较小	详细评价
鸟类	旋转叶片对鸟类飞行有一定影响	鸟类迁徙、飞行路线	鸟类数量、多样性	中等	详细评价
固体废物	生活垃圾和危险废物	风电场区、陆上换流站	固体废物排放量	可逆, 较小	一般评价
航运	风电场对航运交通	风电场及海缆附	通航安全	较小	一般评

影响因素	影响原因	影响范围	评价因子	影响程度	评价深度
	影响	近			价
渔业生产	占用海域影响海水捕捞	征用海域	捕捞	较小	一般评价
环境卫生	管理人员生活垃圾和生活污水	陆上换流站	污水、固废排放量	较小	一般评价
环境风险	陆上换流站油料泄漏	风电场及周边海域、陆上换流站	绝缘油	较大	详细评价

4 环境现状调查与评价

4.1 自然环境概况

4.1.1 气候气象

本项目所在地属北亚热带季风性气候区，冬冷夏热，四季分明。冬季受北方冷高压控制，盛行西北风，冷而干燥；夏季在西北太平洋副热带高压笼罩下，多东南风，暖热湿润；春秋是季风的转变期，多阴雨天气。根据风电场区域的地理位置特点，选取小洋山气象站近 50 年气象观测资料进行统计分析。主要气象特征如下：

1.降水

根据小洋山气象站资料统计，项目海域降水量年际变化较大，年平均降水量为 1023mm。降水量季节性变化也非常明显，大致表现为夏季多，春季次之，秋、冬少的特点，每年 3~6 月雨量集中，合计占全年雨量的一半左右，其中 6 月份最多，平均达 204.5mm。全年 3 月份降水日数最多，为 15.4 天，其次是 6 月，为 14.6 天。

2.气温

项目所在区域年平均气温为 17.3℃，年极端最高气温 34.9℃，最低气温-3.5℃。气温的逐月变化表现出明显的季节变化特征，八月平均气温 27.4℃，一月平均气温 6.9℃。

3.雾况

项目海域年平均雾日数 29 天。全年雾日相对集中在春季和冬季，又以 4 月最多，平均为 6.6 天。雾日最少的是 7~10 月，4 个月平均雾日合计不到 2 天，仅占全年雾日数的 6%。

表 4.1-1 各月多年平均雾日数

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
3.2	2.8	4.2	6.6	4.0	2.4	0.2	0.4	0.2	1.0	1.8	3.2	29.0

项目海域的雾冬季多为辐射雾，春季多为平流雾和锋面雾。辐射雾一般范围不广，通常在夜间产生，在日出后渐渐散去。春季的平流雾和锋面雾范围较广，水平范围可达 300~400km，持续时间也较长。1998~2002 年五年中，雾过程持续

时间最长的约 17~18 小时，出现在 1999 年 4 月；最短的仅为 10 分钟，雾次平均持续时间约 3 小时。其中持续时间 3 小时以下的雾次出现频率占 66.5%，持续时间 3~6 小时的雾次出现频率占 22%。持续时间 9 小时以上的占 11.5%，大都发生在 3~5 月。

4.风况

本项目所在海域风向风速的季节性变化非常明显，冬季盛行 NNW 向风（风速 6.6m/s），夏季盛行 SE 向风（风速 5.9m/s），春季和秋季风向多变，为风的转向过渡季节。项目海域全年常风向为 N 向，次常风向为 SE 向。强风向为 NNW~WNW 向，次强风向为 SSE 向，西北偏北—东南偏南为一强风轴。

项目海域 6 级大风日数（日最大风速 $\geq 10.8\text{m/s}$ ）年平均 73.8 天，7 级大风日数（日最大风速 $\geq 13.9\text{m/s}$ ）年平均 20.6 天。一年中 1 月的大风日数最多，6 级大风日数平均为 9.4 天，7 级大风日数平均为 3.4 天。5、6 月大风日数最少，6 级大风日数各为 3.2 天、2.6 天，7 级大风日数只有 0.4 天、0.6 天。夏、秋季引起大风的主要天气系统是台风，深秋和冬春季节则主要是由寒潮引起。

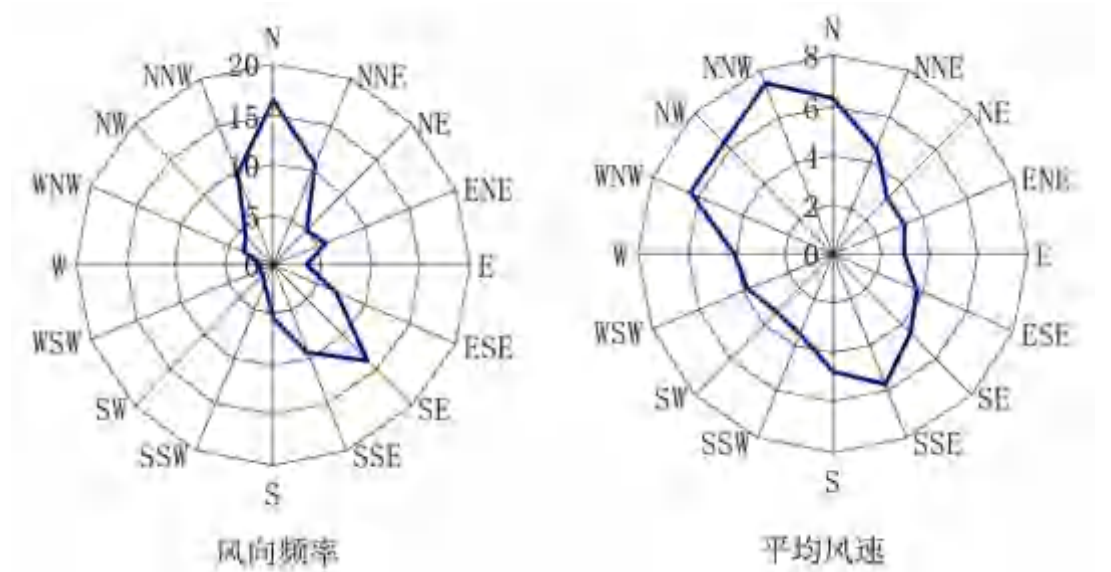


表 4.1-2 累年各月平均大风天数单位（天）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
6 级	9.4	4.4	6.6	7.2	3.2	2.6	5.4	5.8	6.8	6.2	8.0	8.2	73.8
7 级	3.4	1.0	2.2	2.2	0.4	0.6	0.8	1.6	3.2	1.0	1.8	2.4	20.6

5.雷暴

项目所在海域一年四季都可能产生雷暴，年平均雷暴日数为 17~25 天，强雷暴主要出现在 6~9 月，7 月份最多。雷暴出现时常伴有偏西北大风，风力多为

6~7 级，最大风力 8~9 级，10 级以上少见。某一局部区域，雷暴大风平均持续时间为 20~25min。

6.灾害性天气

(1) 台风

台风是影响项目海域最严重的灾害性天气系统。根据 1959 年~2017 年观测资料，影响洋山海区的台风共有 136 个，年平均 2.3 个。从发生的时间来看，大多发生在夏秋季节，主要集中在 7、8、9 月，其中 8 月又是台风活动最为频繁的月份，其次为 7 月、9 月、6 月。常造成大风、强降水、风暴潮和巨浪等恶劣天气和海况。每年 1~4 月和 12 月不会受热带气旋影响。

(2) 寒潮

寒潮也是项目海域的重大灾害性天气之一。1997 年 7 月~2017 年 12 月，洋山共出现寒潮过程 54 次，年平均约 2.7 次。寒潮对洋山海区的影响主要表现在大幅降温和持续大风。24 小时过程降温幅度最大达 9.3℃，48 小时过程降温幅度最大达 10.3℃，出现的极端最低气温为-3.5℃；6 级以上大风持续时间最长为 42 小时，7 级以上大风持续时间最长为 18 小时，出现最大风速 19.6m/s。

寒潮的发生集中在冬半年，即每年的 11 月至翌年 3 月，其中以 12 月最多。

4.1.2 地质条件

上海海洋地质勘察设计有限公司于 2023 年 8-9 月完成了风电场区域地质初勘，出具了岩土工程勘察报告。

1、区域地质构造

根据收集到的资料，拟建场地大地构造上属华南褶皱系的浙东南褶皱带，为丽水——宁波隆起中的新昌——定海——花鸟断隆的东北边缘向北延伸入海部分。基底为前古生代变质岩系，上覆燕山早期花岗岩和上侏罗统陆相火山岩系。在港湾岬角发育厚度不等的第四纪松散堆积层，其地层层序和组成与长江三角洲平原区相仿，但成因不尽相同，在潮流动力变化复杂及深切地段，松散层堆积的组成及厚度变化复杂，甚至缺失。

2、地基岩石的构成与特征

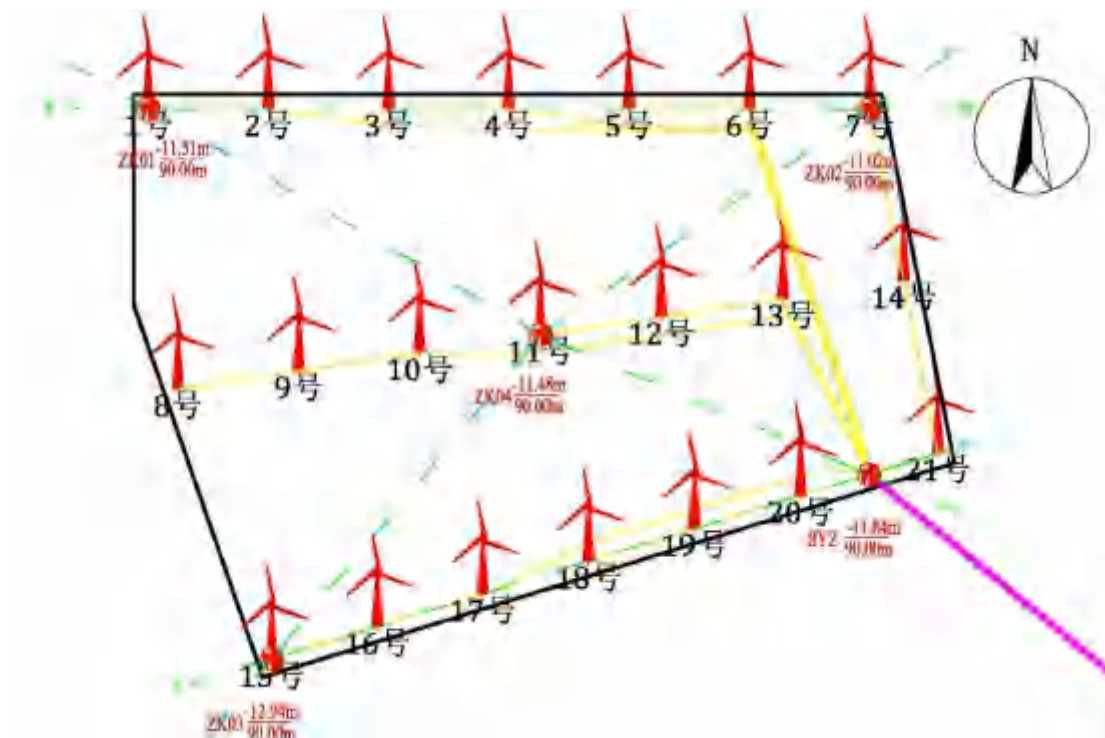


图 4.1-2 地质勘察钻孔平面图

勘探揭露的土层主要为第四纪全新世、晚更新世的松散堆积层，根据各岩石的地质时代、成因类型、埋藏深度、空间分布发育规律、物理力学性质指标及其工程地质特征，并参照长江三角洲平原区地基土层的划分原则，将其划分为 9 个大层，其地基土层的工程地质特征分述如下：

①灰～灰黄色淤泥

饱和，流塑，含有机质、贝壳碎屑，夹薄层粉砂，土质上下不均。干强度中等，韧性中等。该层为新近淤积形成，土质极软，钻具自沉。该层在拟建场地分布广泛，厚度一般为 1.20~1.80m，平均厚度 1.58m。该层实测标贯击数为<1 击，平均值为<1 击。

③灰色淤泥质粉质粘土

饱和，流塑，含云母，夹薄层粉土粉砂及团块，土质不均；稍有光泽、韧性中等、干强度中等、稍有摇振反应。该层在拟建场地分布广泛，厚度普遍较大，厚度一般为 8.60~10.90m，平均厚度 17.32m。该层实测标贯击数为 1 击，平均值为 1.0 击。

④灰色淤泥质粘土

饱和，流塑，含云母，偶夹薄层状粉土，土质均匀；有光泽、韧性高、干强

度高、无摇振反应。该层在拟建场地分布广泛，厚度普遍较大，厚度一般为 16.60~18.00m，平均厚度 10.18m。该层实测标贯击数为 1~3 击，平均值为 2.2 击。

⑤灰色粉质粘土

饱和，可塑~软塑，含云母、有机质，夹薄层粉砂；稍有光泽、韧性中等、干强度中等、无摇振反应。该层在拟建场地分布广泛，厚度为 20.6~21.3m，平均厚度 20.88m。该层实测标贯击数为 10~15 击，平均值为 12.60 击。

⑦2 灰色粉砂

饱和，密实。砂质较纯，夹少量粘性土薄层，局部粉土含量较高，近砂质粉土；局部砂粒细，近粉砂。该层在拟建场地分布较广泛，发育较稳定。厚度普遍较大，厚度为 19.5~20.10m，平均厚度 19.86m。该层实测标贯击数为 32~>50 击，平均值为 43.20 击。

⑧2 灰色粉质粘土夹粉细砂

饱和，可塑~软塑，土质不均匀，粉细砂单层厚约 0.3~0.5cm，呈“千层饼”状。该层在拟建场地局部广泛，厚度为 1.60~2.20m，平均厚度 1.90m。该层实测标贯击数为 25~26 击，平均值为 25.50 击。

⑨2 灰~灰黄色粉细砂夹中粗砂

饱和，密实。土质较均匀，混少量砾砂，局部所夹中粗砂少，为粉细砂。该层在拟建场地分布较广泛，发育较稳定。厚度普遍较大，厚度为 8.20~9.80m，平均厚度 9.10m。该层实测标贯击数为 42~>50 击，平均值为>50 击。

⑩灰~浅灰绿色粉质粘土

饱和，可塑~硬塑。切面不光滑，偶含灰白色泥质结核。稍有光泽、韧性中等、干强度中等、无摇振反应。该层在拟建场地分布广泛，厚度为 5.20~7.60m，平均厚度 6.44m。该层实测标贯击数为 22~28 击，平均值为 25.30 击。

⑪灰色粉细砂

饱和，密实。颗粒较均匀，偶含砂质结核。该层在拟建场地分布较广泛，发育较稳定，本次勘察未钻穿。该层实测标贯击数为 41~>50 击，平均值为>50 击。

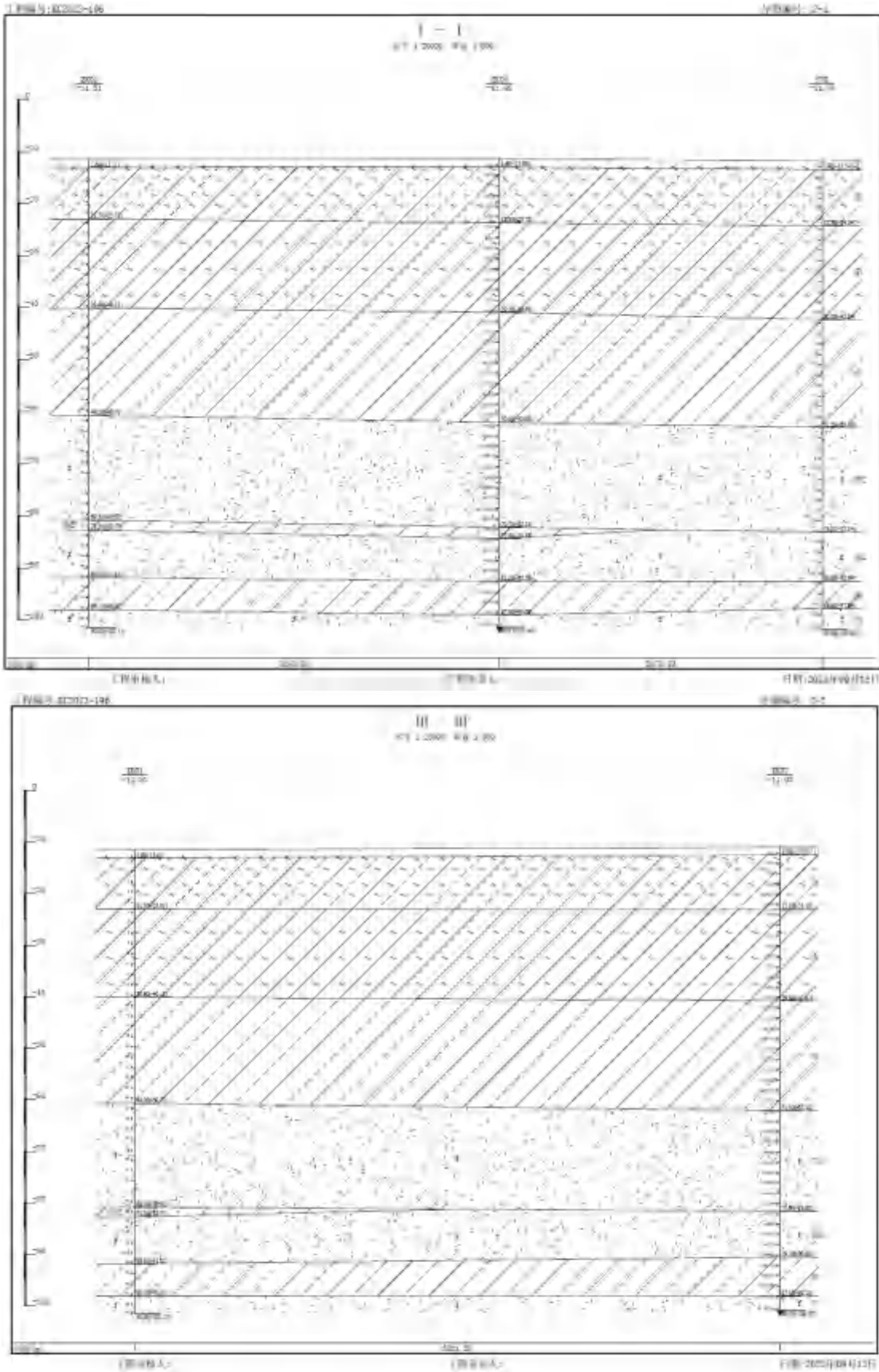


图 4.1-3 地质剖面图

ZK01 钻孔柱状图

[illegible]

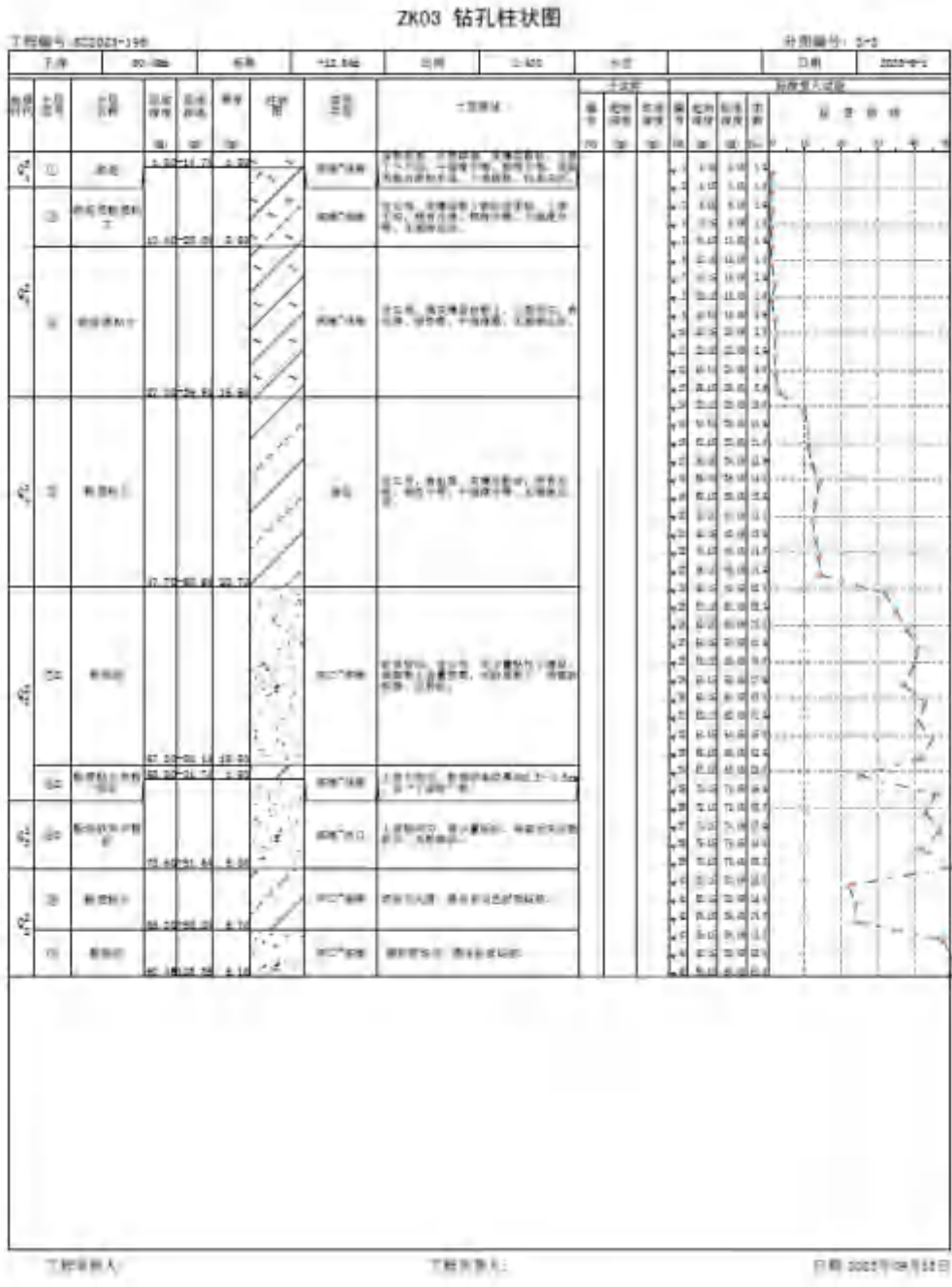


图 4.1-4 地质钻孔柱状图

3.不良地质作用及特殊性岩土

(1) 不良地质作用

根据调查, 拟建 7#海上风电场地处长江下游三角洲冲积平原前缘, 基岩埋藏深, 工程区未发现深大断裂和活动性断裂通过, 本区属于构造稳定区, 区域构造稳定性好, 工程区泥面较平缓, 附近无深切沟槽, 未发现崩塌、滑坡等不良地质现象。

（2）特殊性岩土

勘察区发育的③、④淤泥质土，为高含水量、高压缩性、中～高灵敏的软弱土层，工程地质性质差，一般累计厚度为 30.0m，为拟建场地软弱地基土层，属特殊性土。

4.场地地震效应

根据国家标准《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016 年版），拟建场地抗震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第一组。根据国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）中附录 C，拟建场地按 II 类场地考虑基本地震动峰值加速度为 0.10g，反应谱特征周期为 0.35s。

5.岩土工程分析与评价

根据勘察区已有的区域地质条件和区域稳定性研究资料，本勘察区构造活动十分微弱，地震震级小，次数少，拟建场地附近范围内无活动性断裂通过，处于区域地质构造相对稳定地段。

工程区泥面较平缓，附近无深切沟槽，未发现崩塌、滑坡等不良地质现象。附近没有大面积开采地下水的活动，不存在地面塌陷、地裂缝等地质灾害，但场地存在厚度较大的软土层，属于对建筑抗震不利地段，因此依据行业标准《水运工程岩土勘察报告编制标准》（JTS 109-2018），同时参考行业标准《城乡规划工程地质勘察规范》（CJJ57-2012），判定拟建场地稳定性较差。

拟建场地虽存在水动力条件较为复杂、浅表部软土较发育等一些岩土工程问题，但未发现危及场区整体稳定的不良地质作用，存在的一些岩土工程问题可通过适当的手段解决，且本地区已有丰富的克服此类不利因素的建筑经验。

勘察过程中未发现有其它危害场地稳定性的不良地质现象及不利的地下埋藏物。因此，拟建场地可进行本工程建设。

4.2 工程区域海洋资源

4.2.1 海洋资源概况

项目及毗邻海域海洋资源丰富，主要有岸线资源、岛礁资源、港口资源、航道锚地资源、海洋旅游资源、海洋渔业资源、海洋能源资源等。

4.2.1.1 海岸线资源

根据 2019 年有居民海岛岸线修测成果，本项目海域南侧小洋山岛海岸线总长为 39.933km，其中自然岸线长 15.362km，人工岸线长 24.571km。本项目海域离岸设置，不占用岸线。工程区域周边海岛海岸线分布图见图 4.2.1-1。

4.2.1.2 岛礁资源

舟山市共有海岛 2085 个，其中，有居民岛 141 个，无居民海岛 1944 个。嵊泗县范围内共有海岛 630 个，其中有居民海岛 28 个，无居民海岛 602 个，海岛陆域总面积约为 85.48km²。本项目海域范围内不含无居民海岛，最近的无居民海岛为小戢山屿、小戢中礁、小戢东礁、小戢北礁，距离约 3.7km。工程区周边海域无居民海岛分布见图 4.2.1-2。



图 4.2.1-1 工程区域周边海岛海岸线分布图

4.2.1.3 港口资源

宁波舟山港区域是国家重点建设的大陆沿海四大国际深水中转港之一。根据《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》，宁波-舟山港将在原有港区划分基础上，适当调整、拓展，总体上呈“一港、四核、十九区”的空间格局。本项目海域南侧为宁波舟山港的洋山港区。

洋山港区：洋山港区包括小洋山作业区、沈家湾作业区、大洋山作业区。论证范围内的作业区为小洋山作业区。小洋山作业区以大乌龟、颧珠山、小洋山和镬盖堂及大岩礁等诸岛形成的岛链为基础进行平面布置。小洋山作业区集装箱泊位总长度 8.74km，纵深 0.6~1.2km，规划陆域面积 9.8km²，共可布置集装箱专业化泊位 24 个。根据洋山客运的需求，规划在西部布置洋山客运中心。

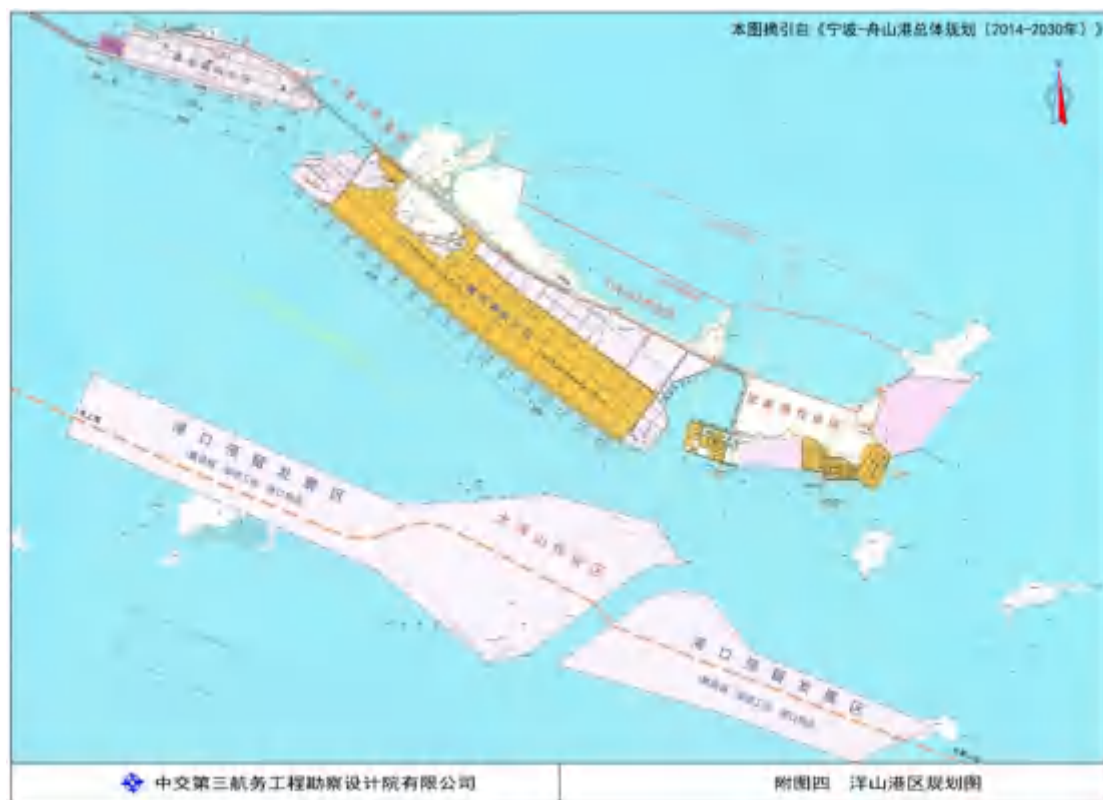


图 4.2.1-3 洋山港区规划图

2022 年 7 月 28 日，交通运输部、浙江省人民政府、上海市人民政府联合批复《上海国际航运中心洋山深水港区小洋山北作业区规划方案》（交规划函〔2022〕371 号）。

小洋山北作业区陆域规划总面积约 13.45km²，规划布置集装箱码头作业区、贸易加工及综合服务功能区和支撑系统码头区。集装箱码头作业区位于在码头岸

线后方，纵深约 1km，用地面积约 572 ha，主要布置集装箱堆场、生产及生产辅助设施。贸易加工及综合服务功能区位于集装箱码头作业区以南，规划用地面积为约 762ha。支持系统码头区位于支持系统码头后方，用地面积约 11ha。



图 4.2.1-4 小洋山北作业区总体规划图

4.2.1.4 航道资源

本项目海域周边主要有洋山港区进港航道、金山航道、漕泾东航道、内航路、浙江沿海西航路推荐航路等主要航道、航路。

洋山港区进港航道：是第五代、第六代集装箱船进出港通道。该航道导助航设施完善，远洋集装箱船由国际习惯航线经浪岗山列岛南侧沿黄泽洋水道进入洋山深水港区，适合 15 万吨级船舶通行，全长约 104km。进港航道人工航槽段为单向航道，航道设计有效宽度 300m，挖槽长度约 10.3km，单航道设标长度为 11.5km，航道设计通航水深 15.5m，航道设计疏浚深度 16.0m；其余航段为自然水深双向航道，航道设计有效宽度 550m，自然水深均大于 16m。

金山航道：是进出金山化工码头和嘉兴港区主要航道，航道全程长约 80 海里，宽度 2km，航道水深均在 7m 以上。洋山港区进港航道与金山航道交汇处是船流密度相对较大的水域。

漕泾东航道：是进出上海化学工业区码头区主要航道。航道全程长约 35.5 海里，宽度 1 海里，航道水深均在 7m 以上。金山航道与漕泾东航道在漕泾灯船处汇合。

内航路：内航路自长江口南支灯船经过东海大桥主通航孔至鱼腥脑灯塔方位 096° 距离 4.6 海里处，或从长江口船舶定线制 C4 通航分道口经金山航路至鱼腥脑灯塔方位 096° 距离 4.6 海里处，经金塘水道或西侯门、螺头水道、双屿门、牛鼻山水道往南，是中小型船舶常用航路。

浙江沿海西航路推荐航路：西航路推荐航路自长江口经过东海大桥主通航孔或西马鞍山岛东方，鱼腥脑岛西方，驶往金塘水道或西侯门、螺头水道、虾峙门，通常为 5000 吨级及以下船舶前往或过境浙江沿海诸港的常用航路。其航法为：船舶沿长江口南行，在大戢山东方 6.7 海里处，转航向为 201° 航行，至西马鞍山岛灯桩 291°、距离 2.4 海里处，转航向 262°，航行约 11.3 海里，至唐脑山灯塔南方约 4.3 海里处，转航向 223°，航行约 14 海里，至鱼腥脑岛灯塔方位 096°、距离 4 海里处，航路可分成 3 条：一条驶往七里锚地，另一条驶往金塘水道方向，还有一条驶往西侯门，是中小型船舶南下北上的常用习惯航路。

浙江沿海西航路习惯航路：浙江沿海西航路习惯航路通常为 5000 吨级及以下船舶前往或过境浙江沿海诸港的常用习惯航路。该航路内船舶主要沿浙江沿海西航路推荐航路航行至西马鞍山岛灯桩 291°、距离 2.4 海里处，转航向 240°，航行至鱼腥脑岛灯塔方位 096°、距离 4 海里处。此后，该习惯航路分成前往七里锚地、金塘水道、西侯门三个方向的航路。

舟山至长江航路：本工程西侧有经东海大桥进出长江的船舶航路，船舶尺度通常为 50~60m 的小型船舶，船舶流量较大。每天长江来船经过工程水域西侧的船舶数量约 100 艘次，船舶尺度大多为 50~60m 的小型船舶。

舟山至小洋山客运航线：本工程东侧为舟山本岛至衢山岛、小洋山等客运航线的主要通道，本工程所在海域现有客运航线主要有三江码头-双合-小洋山（一天 2 班）、高亭-小洋山（一天 2 班）、普陀山-小洋山（一天 1 班）、三江码头-嵊泗（一天 2 班）等。通航客船主要有高速客船和客滚船两类，高速客船一般吨位在 200 吨以内，载客量不超过 300 人，客滚船最大靠泊等级为 300 吨。

4.2.1.5 锚地资源

项目周边锚地资源主要有洋山小型避风锚地、大洋山南 1#锚地、大洋山南 2#锚地。

XB10 洋山小型避风锚地：位于小洋山岛与大山塘岛之间海域，锚地水深 10~12m，锚泊面积约 3.95 km²，适合 1~2 万吨级船舶避风使用。

XB11 大洋山南 1#锚地：位于大洋山岛南侧海域，水深 13~20m，锚地面积 6.3 km²，锚地主要功能为 10 万吨级以下船舶待泊及避风使用。

GB9 大洋山南 2#锚地：为规划锚地，位于大山塘岛南侧海域，水深 16m，锚地面积 1.2 km²，锚地主要功能为 2 万吨级船舶待泊、避风及候潮使用。

洋山北锚地：位于小洋山岛北侧水深较好区域，南侧距离规划小洋山北约 2.5km，锚地面积约 4.25km²，锚地区现状水深约 11m，总体成六边形布置，可供 7 艘 1 万吨集装箱船同时锚泊。

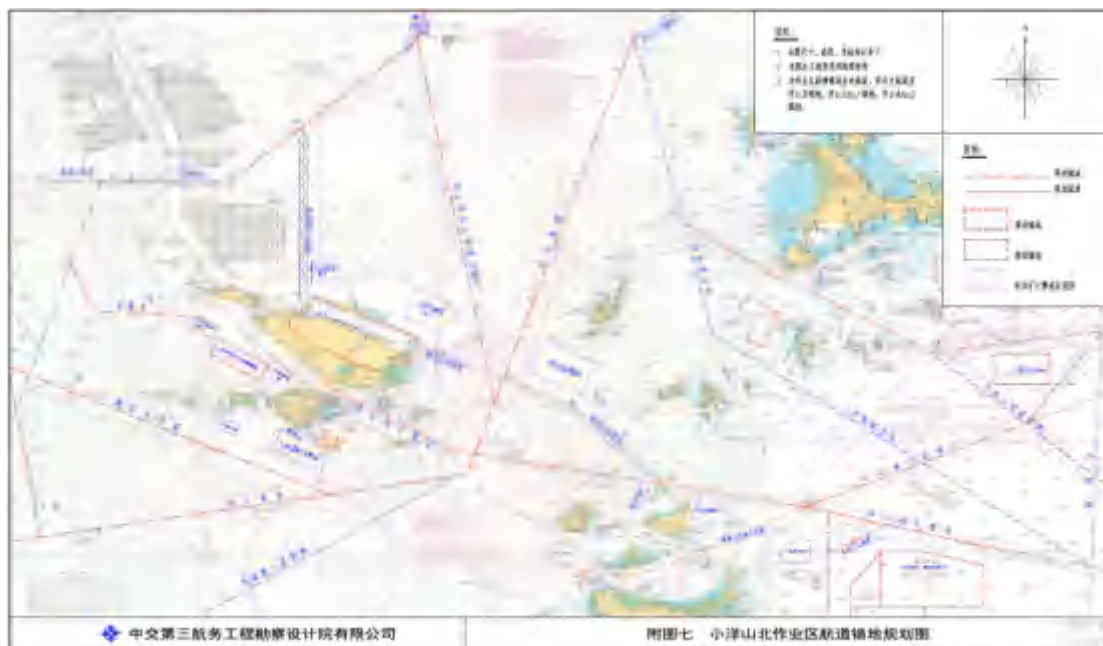


图 4.2.1-5 小洋山北作业区航道、锚地规划图

4.2.1.6 渔业资源

嵊泗县所处舟山渔场是我国最大的渔场，也是全国最大的河口性产卵场，素有“东海鱼仓”和“祖国渔都”之美称。嵊泗海域辽阔，海水和海涂资源丰富，含舟山渔场内大戢渔场、嵊山渔场、浪岗渔场渔场。

舟山渔场水产资源丰富，共有鱼类 365 种。其中属暖水性鱼类占 49.3%，暖温性鱼类占 47.5%，冷温性鱼类占 3.2%；虾类 60 种；蟹类 11 种；海栖哺乳动物

20 余种；贝类 134 种；海藻类 154 种。鱼类有大黄鱼、小黄鱼、带鱼、鳙鱼、银鲳、海鳗、蓝点马鲛、鲢鱼、黄姑鱼、白姑鱼、褐毛鲈鱼、棘头梅童、石斑鱼、鲐鱼、蓝圆鲹、舌鳎鱼、绿鳍马面鲀、虫蚊东方鲀、红鳍东方鲀、黑鲷、鲻鱼、鲂鱼、黄鲫、鲚鱼、鳀鱼、沙丁鱼、龙头鱼、白斑星鲨、双髻鱼、扁鲨、犁头鳐、黄魮、弹涂鱼等。

4.2.1.7 旅游资源

本项目海域附近旅游资源丰富，洋山风景名胜区是大自然赋予的得海独优，得港独厚，得景独秀之优势。岛上古迹聚集、文物荟萃并保持原汁原味的渔农风味。

大洋山岛大山是观赏整个洋山全景和洋山深水港区待开发旅游的处女地。小洋山岛被称为“海上雁荡山”，其自然风光和人文景观独具魅力，岛上幻石灵岩，摩崖题刻蔚为壮观，其数量之多，造型之美，在我国沿海岛屿中名列前茅。石景以卧叠有姿的“双龙石”，切切相依的“夫妻石”，天工巧鉴的“龙珠石”最为著名。“倚剑”、“海阔天空”等明清石刻气势撼人。

4.2.1.8 风能资源

本项目海域风能资源以测风塔实测资料为主，测风塔位于本项目海域北侧约 4km 处，地理位置为东经 122° 8.713'、北纬 30° 43.688'，于 2012 年 11 月初建成，11 月 15 日开始正式测风，测风塔高度 100m。测风塔采用两套 NRG 测风塔设备互为备份，两套设备编号分别为 1005# 和 1006#，在测风塔 100m/90m/80m/70m/50m/20m 高度安装了风速传感器，在 100m/90m/70m/50m/20m 高度安装了风向传感器，在 15m 高度安装了温度计和气压计。本阶段收集到 2012 年 11 月 15 日~2016 年 1 月 27 日约 39 个月的测风数据。

1. 平均风速和风功率密度

根据风电场各高度平均风速和风功率密度年变化统计数据可知，风电场 100m、90m、80m、70m、50m 和 20m 高度年平均风速分别为 7.95m/s、7.84m/s、7.81m/s、7.69m/s、7.42m/s 和 6.74m/s，对应的年平均风功率密度分别为 506.9W/m²、484.4W/m²、483.1W/m²、459.3W/m²、419.8W/m² 和 319.8W/m²。风功率密度等级为 4 级。

风电场 100m 高度大风月为 7 月（9.45m/s），小风月为 6 月（6.43m/s）；风功率密度最大月为 7 月（716.1W/m²），最小月为 6 月（320W/m²）。风电场 20m 高度大风月为 10 月（7.91m/s），小风月为 6 月（5.35m/s）；风功率密度最大月为 10 月（516.6W/m²），最小月为 6 月（190.2W/m²）。



图 4.2.1-6 测风塔与本项目海域位置关系图

风电场 100m 高度日最大风速出现在 18:00~21:00 时（8.5m/s），最小风速出现在 13:00 时（7.5m/s）；最大风功率密度出现在 18:00 时（624.7W/m²），最小风功率密度出现在 12:00 时（441.5W/m²）。风电场 20m 高度日最大风速出现在 18:00~19:00 时（7.2m/s），最小风速出现在 11:00~13:00 时（6.4m/s）；最大风功率密度出现在 18:00 时（390.1W/m²），最小风功率密度出现在 11:00~12:00 时（289.8W/m²）。

风电场各高度平均风速和风功率密度变化较为一致，从下午 14 点开始到凌晨 3 点风速逐渐增大趋势，其余时段风速变化逐渐减小至平稳。总的特点是白天风小，晚上风大，白昼风速变化较大较明显。

2. 风速与风功率密度频率分布

风电场 100m 高度风速在 3m/s~25m/s 之间的出现频率占 95.2%，风速在

3m/s~25m/s 之间的风能出现频率分别达到 100%。

3. 风向与风功率密度方向频率分布

根据统计数据，风电场 100m 高度主风向为 NE 方向（占 12.0%），主风能出现在 NE 方向（占 18.9%）。风电场主风与主风能方向一致，且风电场主风能比较集中，有利于风机布置。

4.2.2 主要经济种类“三场一通道”分布

1. 白姑鱼

白姑鱼属暖温性近底层鱼类，广泛分布于印度洋和太平洋西部海域，我国沿岸均有分布，一般栖息在水深 40-100m 泥沙底海区。主要以底栖十足类、小型鱼类和头足类为食。产卵期为 5-9 月，6-7 月为盛期。初次性成熟年龄为 1 龄，大量性成熟年龄为 2 龄左右。白姑鱼具有年龄结构较为简单、生殖期长、产卵场较广而分散等特点。分布在东海区的白姑鱼大致分为黄海种群和东海种群两个种群。

（1）黄海种群

黄海种群产卵场主要在海州湾，越冬场在黄海东南部外海，越冬期 1-3 月，鱼群于每年 3-4 月分批离开越冬场游向西北方向，于当年 5-6 月进入海州湾、黄海北部各海湾的产卵场。仔幼鱼主要在产卵场附近水域索饵肥育，9 月开始集群，边索饵边开始游向外海，12 月返回越冬场。

（2）东海种群

东海种群主要有南、北两个越冬场，越冬期 12 月至翌年 2 月。北部越冬场位于舟外和江外两处渔场，该越冬场的群体常与黄海越冬群体相混合。东海北部鱼群春季从越冬场向近海移动，于 5-9 月密集于长江口、舟山渔场产卵，6-7 月为产卵盛期，而后逐渐向北进行索饵洄游，随着水温下降，鱼群转向越冬场。东海南部鱼群的越冬场大致在浙江南部至福建北部近海较深海区，鱼群沿东海南部的大陆沿岸作南北洄游，3-4 月由外侧海区向沿岸移动，5-8 月密集于闽中及舟山渔场一带产卵，仔幼鱼在产卵场附近水域索饵育肥，产卵鱼群尔后继续北上，约 10 月开始掉头向南移动，逐步返回南部越冬场。此外，在上述两个主要越冬场之间尚存在一个较小的越冬场，位于舟山渔场和渔山渔场，124° E 以西至禁渔区线之间。

2. 鮟鱼

鮟鱼为近海暖温性中下层鱼类，主要分布于西太平洋的中国、朝鲜和日本沿海。东海区产卵场位于杭州湾、舟山嵊泗和岱衢洋海域、洞头南麂列岛周边以及江苏沿岸海域，浙江沿岸海域产卵期为 8-10 月，江苏沿岸产卵期为 9-10 月。索饵场基本位于产卵场及周边水域，范围稍大于产卵场，索饵期为 3-11 月。越冬场位于沙外渔场、江外渔场、舟外渔场、温外渔场 70m 以深的外海，越冬期为 12 月至翌年 2 月。

8-10 月，在江浙近海的索饵群体进入产卵场产卵，产卵高峰期为 8 月底至 9 月。孵化后的幼体在产卵场周边问口、岛礁海域索饵育肥。产卵后的亲体索饵后于 11-12 月向外海进行越冬洄游，12 月至翌年 2 月在外海越冬场越冬，春夏季外海越冬鱼群进入近海海域索饵。

白姑鱼“三场一通道”示意图

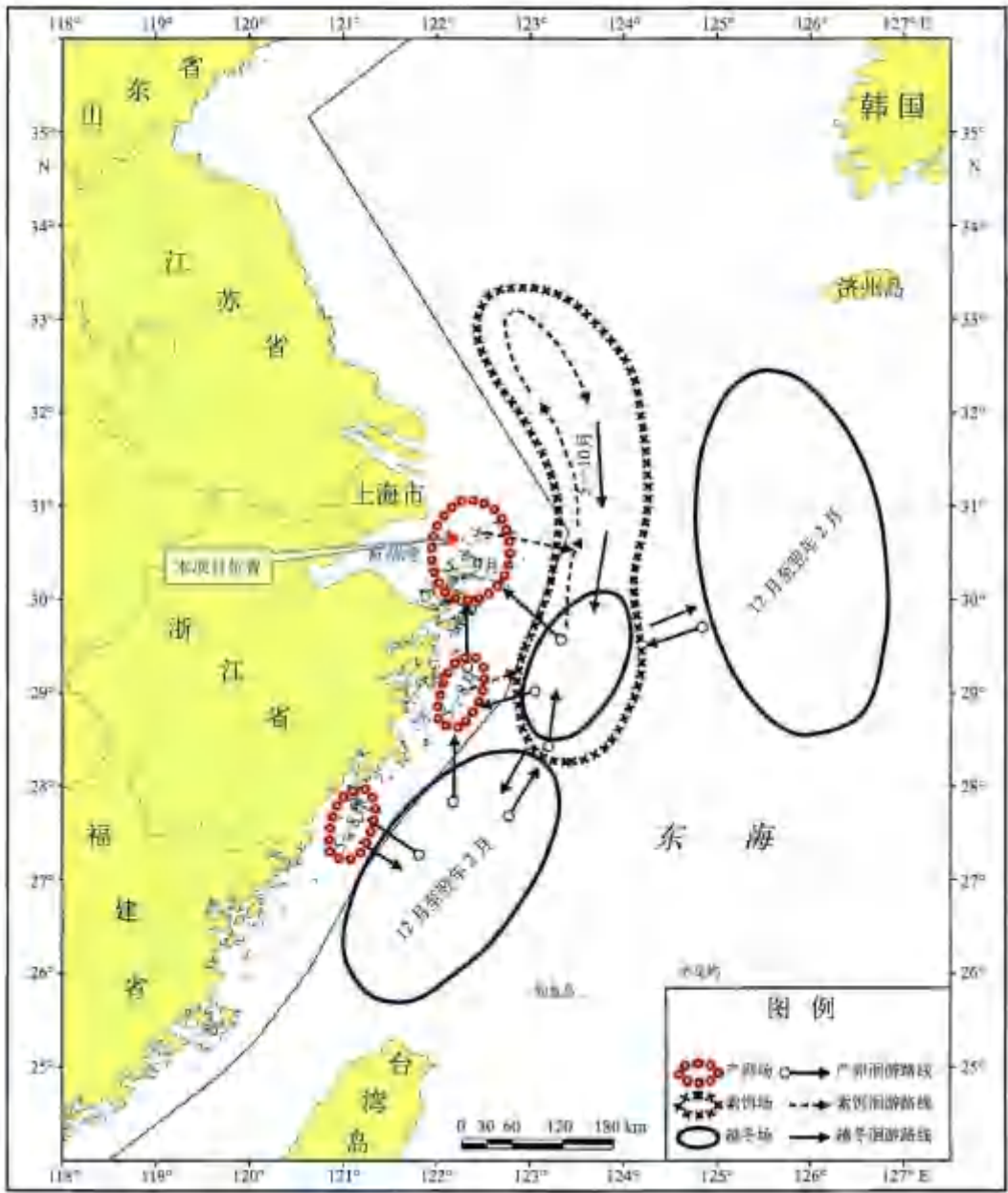


图 4.2.2-1 白姑鱼“三场一通道”与本项目海域位置示意图

鲻“三场一通道”示意图

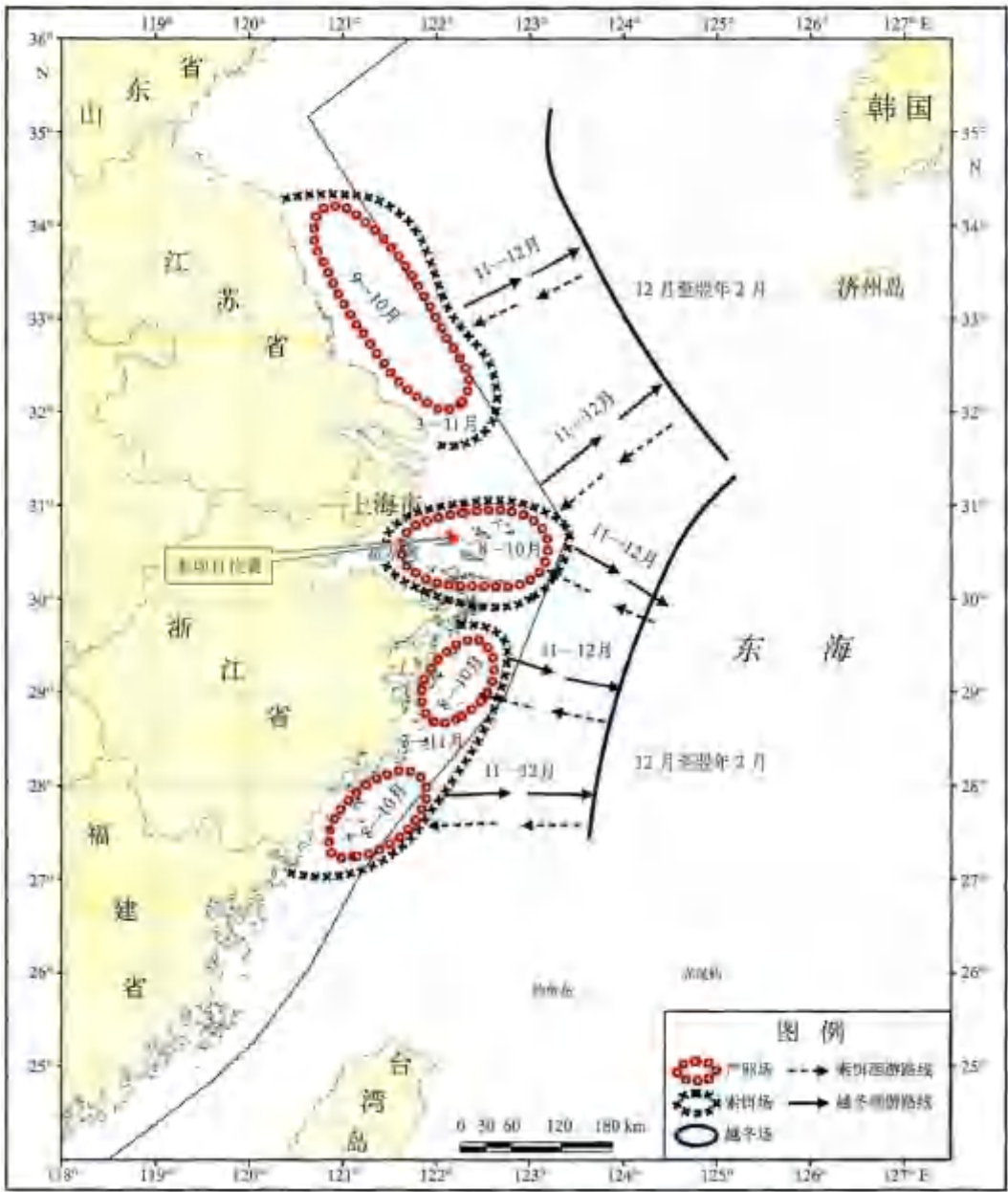


图 4.2.2-2 鲻鱼“三场一通道”与本项目海域位置示意图

3.凤鲚

凤鲚属暖水性中下层鱼类，广泛分布于北太平洋西部沿岸。我国渤海、黄海和东江等河口区产卵，最迟可延续到8月底和9月初，其中5月上旬至7月上旬为产卵盛期。舟山渔场幼鱼的高峰期一般出现在8月。凤鲚雌鱼个体较大，一般为150~180mm，雄鱼个体较小，一般为100~130mm，捕获的最大个体为218mm。目前发现的凤鲚最大年龄为5龄。

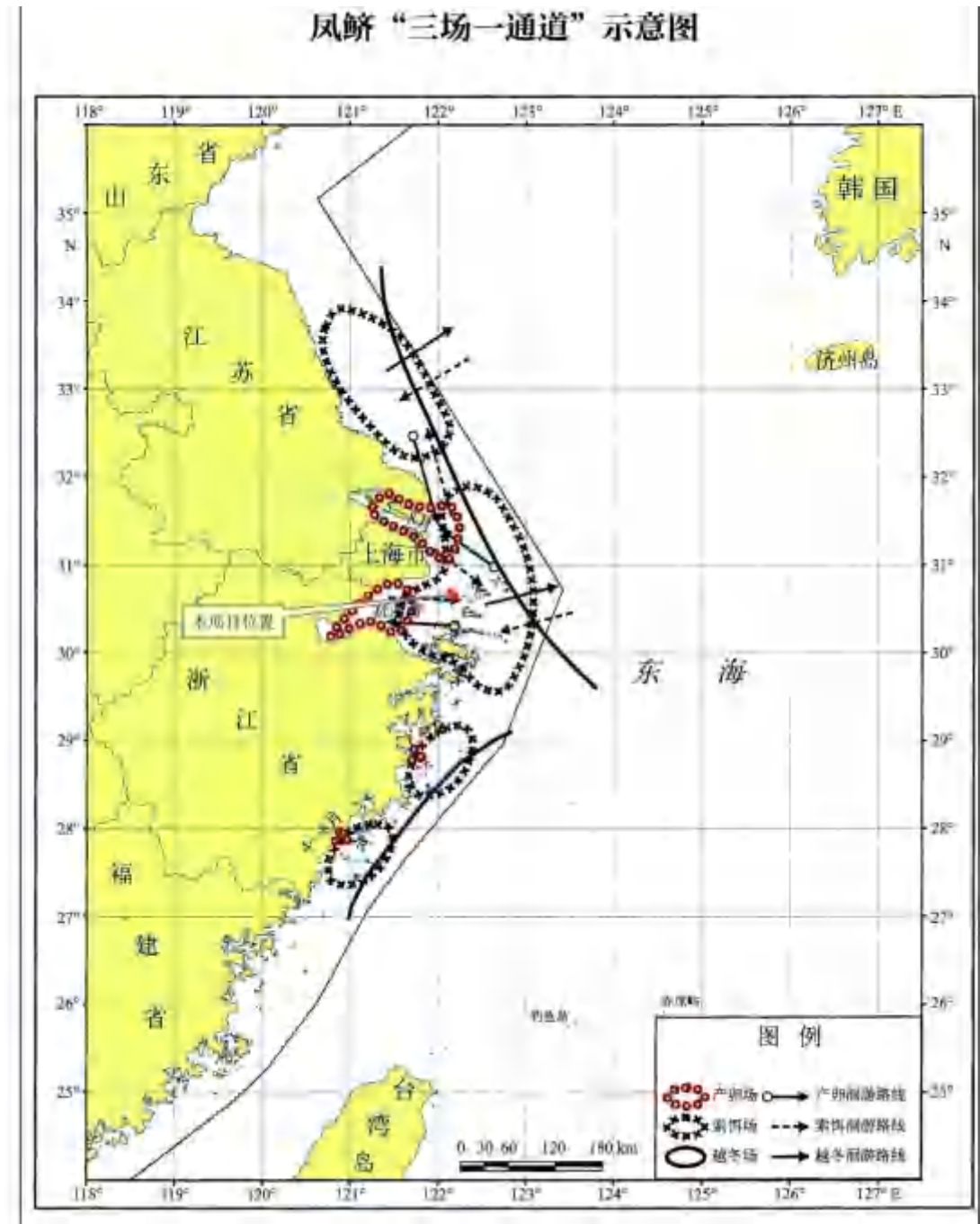


图 4.2.2-3 风鲚“三场一通道”与本项目海域位置关系示意图

4.宽体舌鳎

宽体舌鳎为暖温性底层鱼类，喜栖息在泥沙底质的近海，广泛分布于我国渤海、黄海、东海到南海北部。宽体舌鳎的游泳能力不强，活动范围较小，洄游路线短。东海的宽体舌鳎以江浙沿岸河口水域分布较多，一般作东西向短距离洄游，越冬期在 12 月至翌年 2 月，越冬场位于 40~60m 水深的海区；3~4 月从深水区游往浙江南部至长江口沿岸水域；5~8 月在江苏和浙江沿岸浅水区产卵，仔稚鱼在产卵场附近索饵；卵为浮性，孵化后在发育过程汇总变态并沉底，营底栖生活，

在河口和近岸觅食；成鱼在 10 月以后逐渐返回越冬场。宽体舌鳎“三场一通”分布示意图见图 4.3-6。

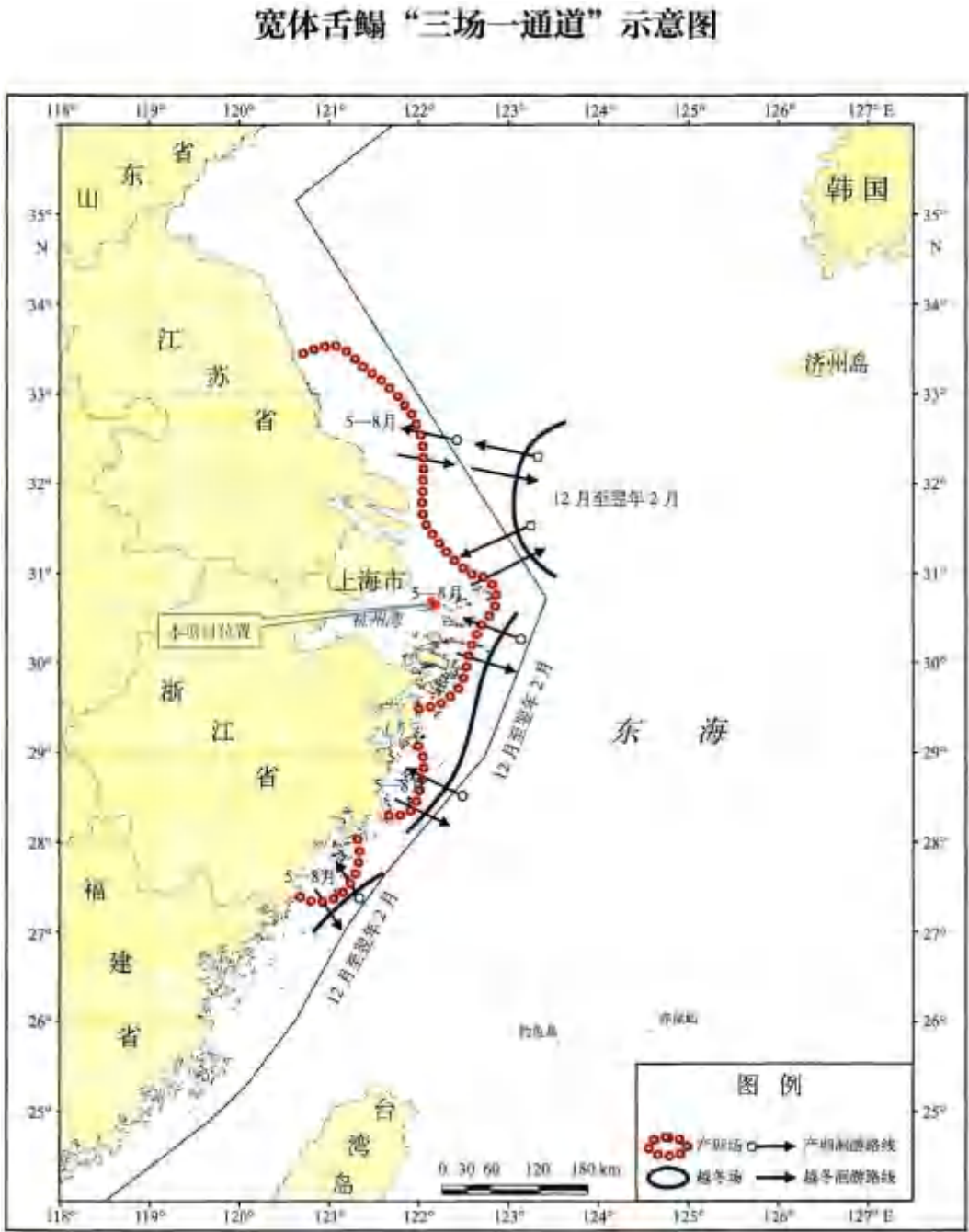


图 4.2.2-4 宽体舌鳎“三场一通道”示意图

5.蓝点马鲛

蓝点马鲛属于暖水性中上层鱼类，广泛分布于西北太平洋的日本、朝鲜半岛及中国沿海。为大型长距离洄游性鱼类，产卵场多位于沿岸港湾和河口水域。一般划分为两个种群。

(1) 黄渤海种群

黄渤海种群越冬场主要位于沙外渔场和江外渔场。4 月下旬，鱼群从越冬场

向西经大沙渔场抵达吕泗渔场和长江口渔场，一部分鱼群向西北，进入海州湾和山东半岛南岸各产卵场，产卵期为 4-6 月，高峰期在 5-6 月。主群则沿 122°30'E 北上，进入黄海北部及渤海产卵。9 月中旬，黄海索饵场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和江外渔场越冬。

（2）东海种群

东海种群越冬场位于 25°30'-31°30'N 的浙闽外海，西自禁渔区线附近海域，东至 120m 等深线。越冬期为 1-2 月。3 月开始向近岸作产卵洄游，4 月在近海越冬的鱼群进入沿岸产卵场，在外海越冬的鱼群继续向西或西北方向洄游，相继到福建、浙江至江苏沿岸的河口、港湾、岛礁附近海域产卵。产卵场主要包括厦门近海至兄弟岛、牛山、闽东、甌江口、象山港口、舟山大戢洋至代衢洋。产卵期为 3-6 月，5 月为盛期，福建沿岸较早，浙江至江苏南部沿岸稍迟。夏季幼鱼在沿岸水域索饵生长，秋末索饵鱼群先后离开索饵场向东或东南方向洄游，12 月至翌年 1 月到达越冬场越冬。

6. 黄鲫

黄鲫属近海暖水性中下层鱼类。广泛分布于缅甸、马来西亚、印度尼西亚、印度朝鲜、韩国、日本及中国沿岸泥沙底质海区。我国黄鲫产卵海区一般位于河口附近水深 20m 以浅水域，越冬场在黄海南部和东海 60~100m 水深海区，有明显的季节性洄游现象。冬季，黄鲫群体开始移动到黄海南部至东海海域越冬。黄鲫主要有南、北两个越冬场，南部越冬场位于浙闽近海，北部越冬场位于黄海中部至济州岛西南海域 3 月中旬，向近岸作生殖洄游，产卵场主要位于南北麂列岛附近海域、三门湾口、象山港口、六横岛及其附近海域、杭州湾口以及江苏近海一带，产卵期 5-7 月，5-6 月为盛期。自 7 月开始，亲鱼及幼鱼分布在各产卵场外侧或近岸进行索饵，索饵场相对集中在黄海西南部，11-12 月开始越冬洄游。

蓝点马鲛“三场一通道”示意图

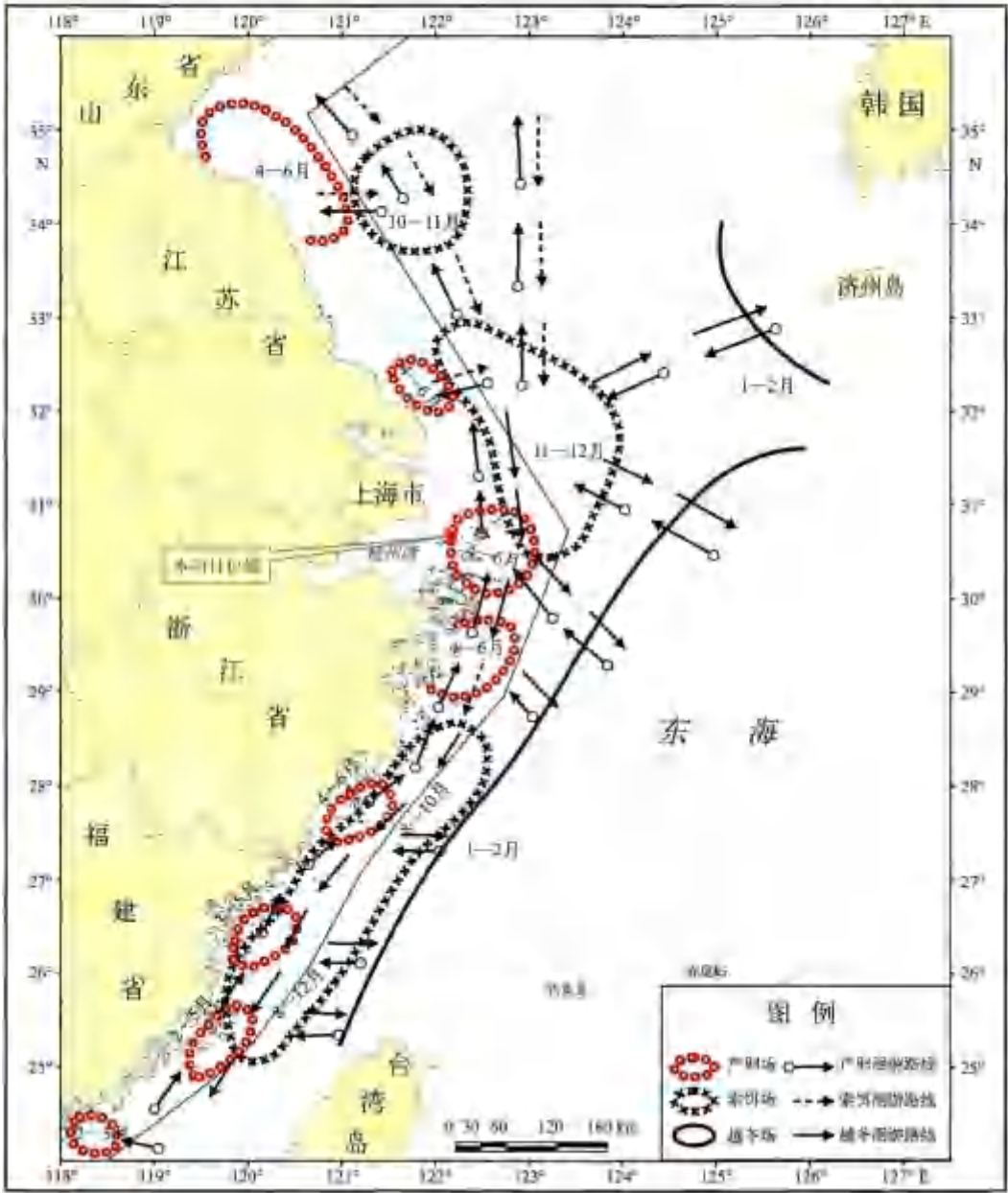
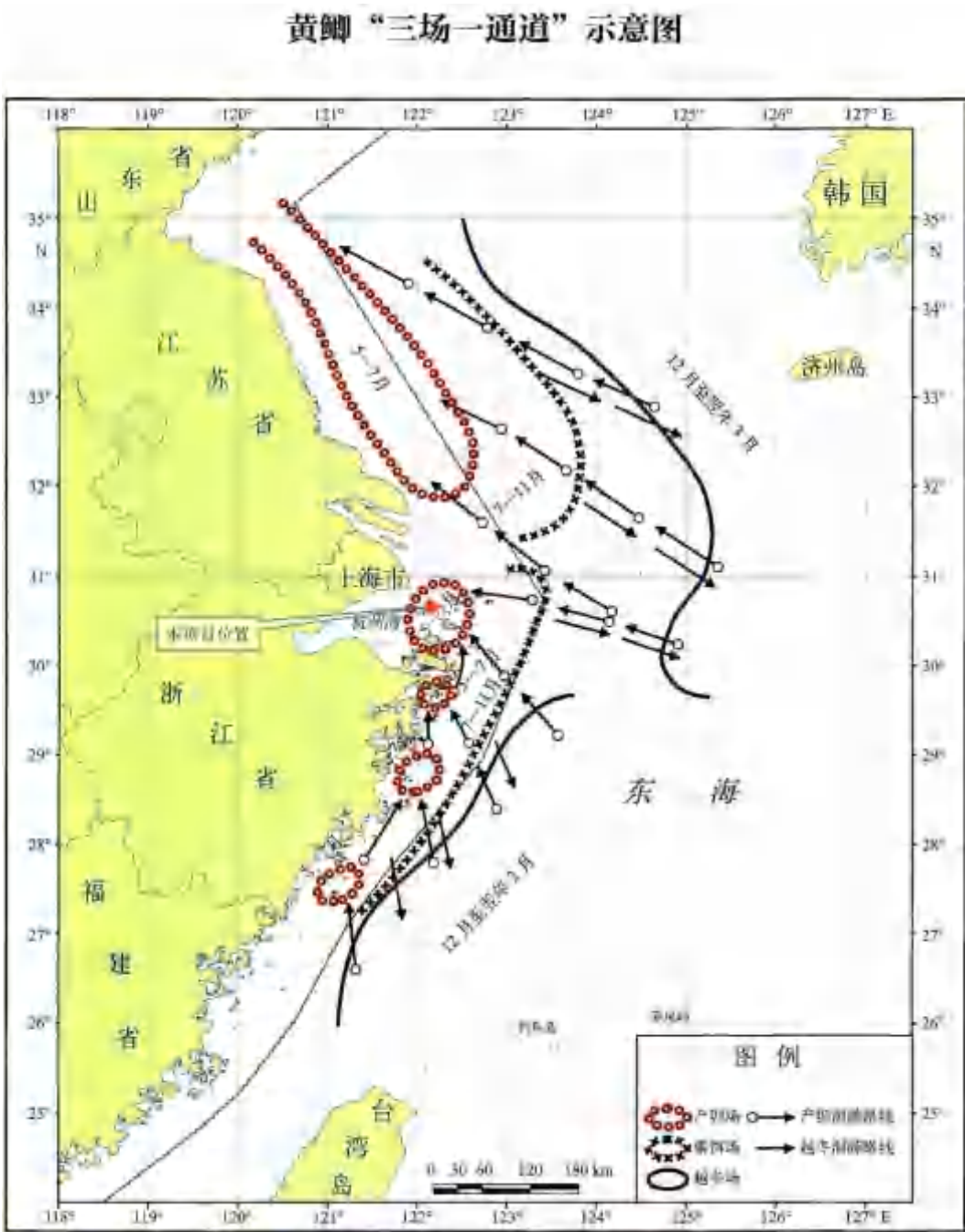


图 4.2.2-5 蓝点马鲛“三场一通道”示意图



4.2.2-6 黄鲫“三场一通道”示意图

4.3 水文动力环境现状调查与评价

本报告水文资料引自《嵊泗 7#海上风电场工程海洋水文调查报告》（舟山市自然资源测绘设计中心，2022 年 8 月）和《中广核新能源嵊泗 7#海上风电项目秋季水文监测报告》（浙江省海洋水产研究所，2023 年 12 月）。

4.4 地形地貌与冲淤状况

本项目位于小洋山岛北侧海域，整个测区呈近似方形，东西和南北长度均为 10km 左右，测区内不存在海岛及涉海构筑物，测区高程在-10.3m~-16.2m 之间，平均高程为-11.4m 左右。

总体而言，本项目风电场区水下地形呈“东北偏高、西南偏低”的走势，但总体相对平缓，坡度变化较小，等深线呈东南-西北走势，且走向相对顺直。东北侧最大高程-10.3m，西南侧靠近小洋山岛附近的水下最小高程为-16.2m。东北与西南之间距离约 10.6km，可以估算出，测区东北与西南之间海域平均坡度为 0.03° 。其中桩基连线用海范围，面积约为 15.5km^2 ，水下地形高程在-11.1m~-13.8m 之间，平均高程-11.5m 左右。

3.海床冲淤活动分析

本报告利用 1986 年、2002 年和 2013 年海图水深（比例尺均为 1:8 万）绘制了冲淤平面图，利用冲淤平面图分析了项目所在海域近 30 年来水深变化，结论如下：

1986~2002 年，冲刷区分布在西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽及大鱼山北部海域等（图 4.4-2），其中西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽内冲淤幅度较大，年冲刷强度为 0.7m/年。其他海域呈弱淤积态势。

2002~2013 年，冲刷范围较 1986~2002 年略有增大，主要包括本工程风电场区、西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽、虎啸蛇岛东南海域和大鱼山北部海域等（图 4.4-3）。相比 1986~2002 年，西马鞍-虎啸蛇潮流冲刷槽在 2002~2013 年冲刷强度大大降低，年冲刷幅度为 0.4m/年。其他海域冲淤基本平衡。

采用工程海域 2012 和 2023 年测图分析工程区附近海床冲淤变化，高程基准为 1985 高程。图 4.4-4 为工程附近海床 2012 至 2023 年冲淤变化，可以看出 2012 至 2023 年期间工程海域整体呈冲刷态。风机所在海域最大冲刷幅度约为 0.8m，

冲刷速率约为 0.07m/a。海缆铺设段同样呈冲刷态势，冲刷幅度约为 0.4m，在登陆段附近冲刷幅度略有增大，最大冲刷幅度可达 1.2m。工程区的冲刷态势可能主要受长江入海泥沙减少影响，长江入海泥沙的减少导致杭州湾呈冲刷态。

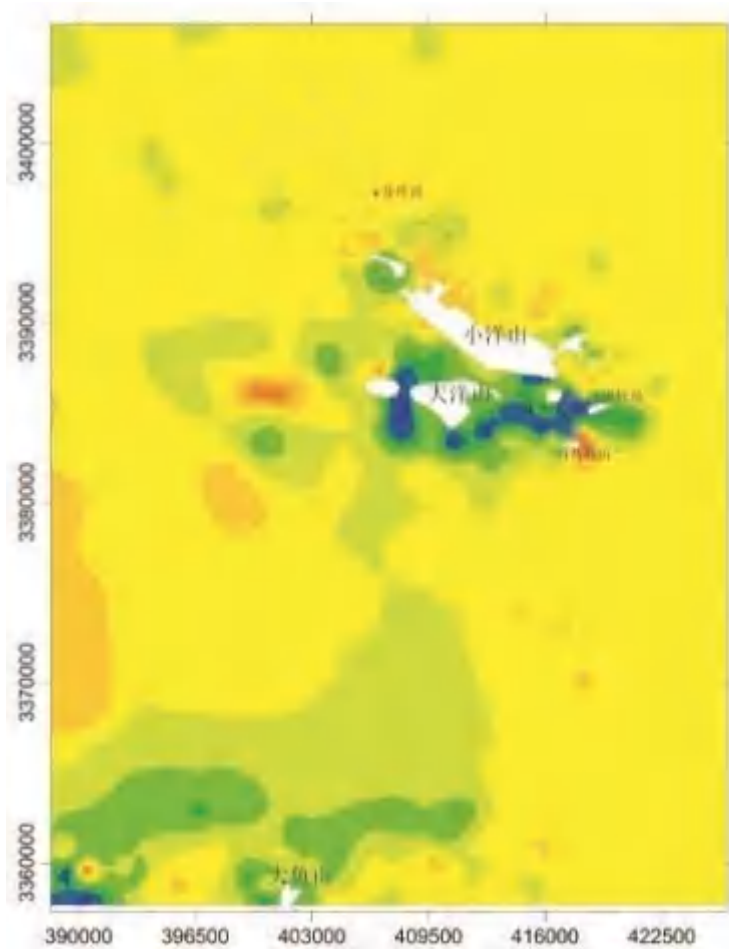


图 4.4-1 海域海床冲淤变化图（1986-2002）

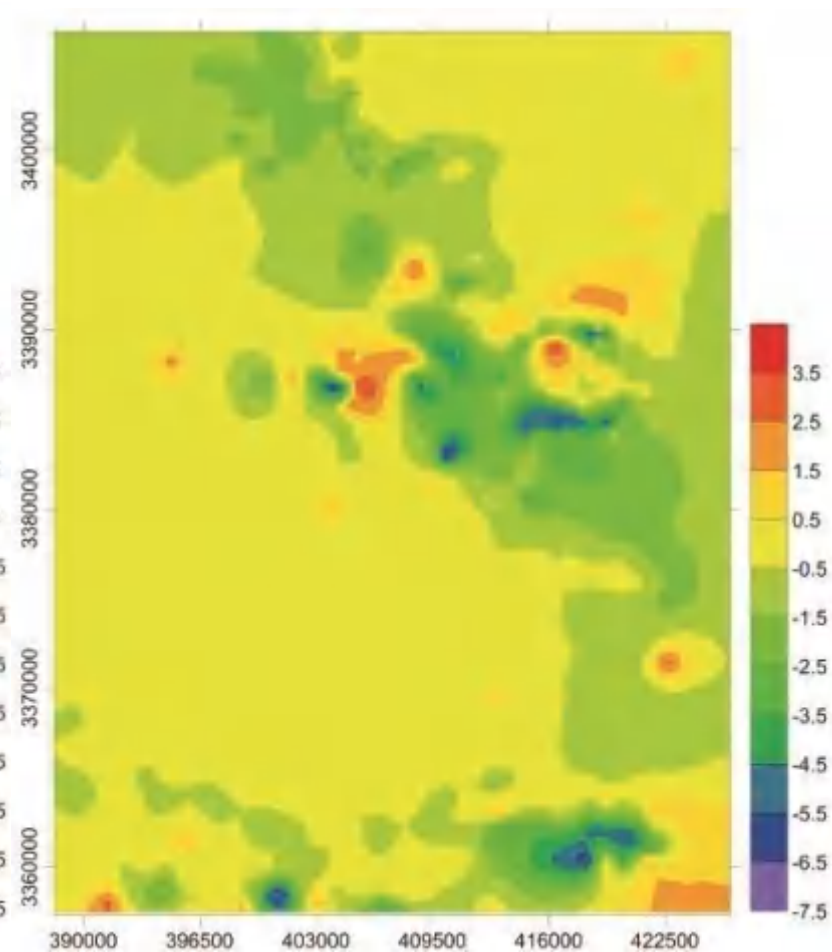


图 4.4-2 海域海床冲淤变化图（2002-2013）

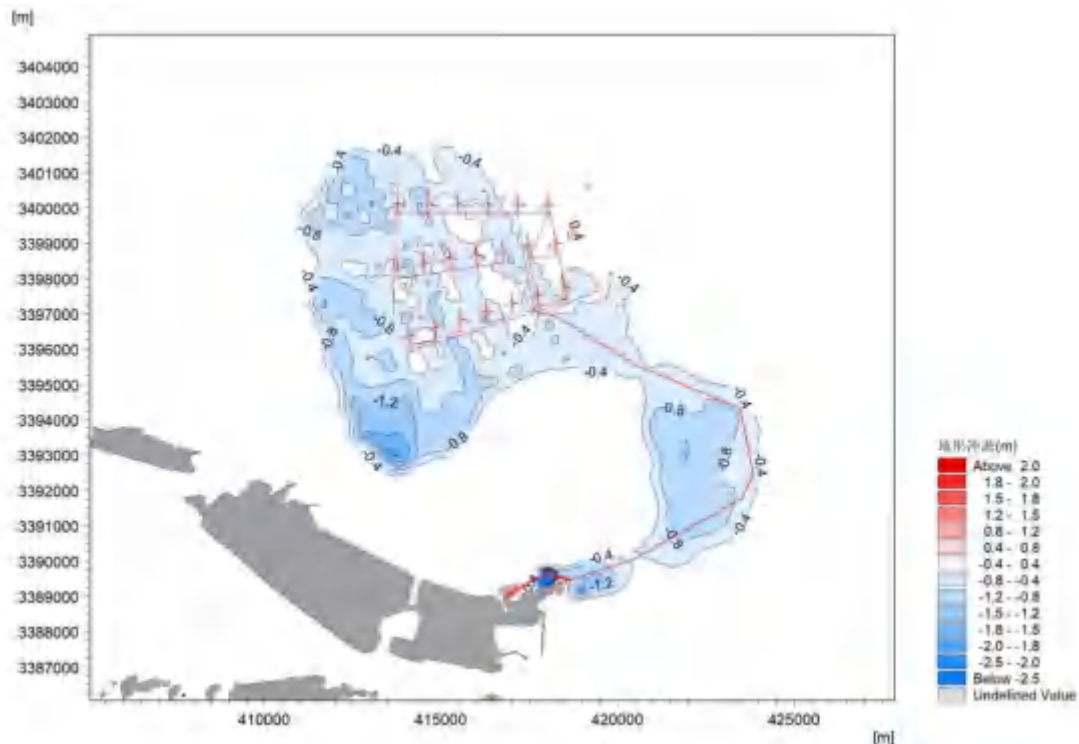


图 4.4-3 工程附近 2012~2023 年海床冲淤变化

4.5 海洋环境现状调查与评价

为了解工程所在海域的水质环境和生态环境质量状况，本报告资料引自《中广核新能源嵊泗 7#海上风电项目海洋环境监测报告（春季）》（浙江省海洋水产研究所，2023 年 6 月）和《中广核新能源嵊泗 7#海上风电项目海洋环境监测报告（秋季）》（浙江省海洋水产研究所，2023 年 6 月）。

4.5.1 调查概况

4.5.1.1 调查项目

海水水质调查项目包括：水深、pH、温度、盐度、溶解氧（DO）、悬浮物（SS）、化学需氧量（COD）、无机氮（包括硝酸盐、亚硝酸盐和铵盐）、活性磷酸盐、油类、重金属（铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、汞（Hg）、砷（As））等。

海洋沉积物调查项目包括：油类、有机碳、硫化物、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、汞（Hg）和砷（As）。

海洋生态调查项目包括：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、潮间带生物、大型底栖生物。

各个渔业资源调查站位中经济鱼类、甲壳类中污染物浓度，检测指标为石油烃、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、汞（Hg）和砷（As）。

渔业资源调查项目包括：鱼卵、仔稚鱼和游泳动物。

4.5.1.2 检测和评价方法

1、海域水质、沉积物质量和生物质量的检测、评价标准及方法

1) 检测分析方法

水质、沉积物、生物质量各调查项目的测定均依据《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）中相应的规定执行。详见表 4.5.1-2。

表 4.5.1-2 海水水质、沉积物质量和海洋生物质量各调查项目的分析方法

分类	项目名称	分析方法	检出限	方法标准
海水水质	温度	表层水温表法	/	GB 17378.4-2007
	SS	重量法	/	GB 17378.4-2007
	盐度	盐度计法	/	GB 17378.4-2007
	pH	pH 计法	/	GB 17378.4-2007
	DO	电化学探头法	/	HJ 506-2009
	COD	碱性高锰酸钾法	0.10 mg/L	GB 17378.4-2007
	硝酸盐	流动注射比色法	0.003 mg/L	HJ 442-2020
	亚硝酸盐	流动注射比色法	0.001 mg/L	HJ 442-2020
	氨氮	流动注射比色法	0.005 mg/L	HJ 442-2020
	活性磷酸盐	流动注射比色法	0.001 mg/L	HJ 442-2020
	石油类	石油醚萃取荧光分光光度法	0.0010 mg/L	GB 17378.4-2007
	Pb	无火焰原子吸收分光光度法	0.03 μg/L	GB 17378.4-2007
	Cu	无火焰原子吸收分光光度法	0.2 μg/L	GB 17378.4-2007
	Cd	无火焰原子吸收分光光度法	0.01 μg/L	GB 17378.4-2007
	Hg	原子荧光法	0.007 μg/L	GB 17378.4-2007
	As	原子荧光法	0.5 μg/L	GB 17378.4-2007
	Zn	火焰原子吸收光谱法	0.0031 mg/L	GB 17378.4-2007
	Cr	无火焰原子吸收分光光度法	0.4 μg/L	GB 17378.4-2007
海洋沉积物	有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	2×10 ⁻⁴ %	GB 17378.5-2007
	石油类	石油醚萃取荧光分光光度法	1.0 mg/kg	GB 17378.5-2007
	硫化物	离子选择电极法	0.3 mg/kg	GB 17378.5-2007
	Cu	火焰原子吸收分光光度法	2.0 mg/kg	GB 17378.5-2007
	Pb	无火焰原子吸收分光光度法	3.0 mg/kg	GB 17378.5-2007
	Zn	火焰原子吸收分光光度法	6.0 mg/kg	GB 17378.5-2007

	Cd	无火焰原子吸收分光光度法	0.04 mg/kg	GB 17378.5-2007
	Hg	冷原子吸收光度法	0.002 mg/kg	GB 17378.5-2007
	As	原子荧光法	0.002 mg/kg	GB 17378.5-2007
	Cr	火焰原子吸收分光光度法	5.0 mg/kg	GB17378.5-2007
生物体质量	Hg	冷原子吸收光度法	0.002 mg/kg	GB 17378.6-2007
	石油烃	荧光分光光度法	0.2 mg/kg	GB 17378.6-2007
	Cu	电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS)	0.05 mg/kg	GB 5009.268-2016
	Pb		0.02 mg/kg	
	Zn		0.5mg/kg	
	Cd		0.002 mg/kg	
	Cr		0.05mg/kg	
	As		0.02 mg/kg	

2) 评价方法

(1) 水质评价

采用环境质量单因子评价标准指数法进行海域水质的现状评价,如果评价因子的标准指数值 >1 ,则表明该因子超过了相应的水质评价标准,不能满足相应功能区的使用要求。反之,则表明该因子能符合相应功能区的使用要求。

单项水质评价因子*i*在第*j*取样点的标准指数:

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

式中:

$C_{i,j}$: 水质评价因子*i*在第*j*取样点的实测浓度值, mg/L;

C_{si} : 水质评价因子*i*的评价标准, mg/L。

DO 的标准指数为:

$$S_{DO,j}=DO_s/DO_j \quad \text{当 } DO_j \leq DO_f \text{ 时}$$

$$S_{DO,j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \quad \text{当 } DO_j > DO_f \text{ 时}$$

式中:

$S_{DO,j}$: 饱和溶解氧在第*j*取样点的标准指数;

DO_j : 溶解氧在*j*取样点的实测统计代表值, mg/L;

DO_s : 溶解氧的水质评价标准限值, mg/L;

DO_f : 饱和溶解氧浓度, mg/L。对于入海河口、近岸海域, $DO_f=(491-2.65S) / (33.5+T)$;

S:实用盐度符号, 量纲为 1;

T: 水温, °C。

pH 的标准指数为:

$$SpH_j = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{sd}) \quad \text{当 } pH_j \leq 7.0 \text{ 时}$$

$$SpH_j = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0) \quad \text{当 } pH_j > 7.0 \text{ 时}$$

式中:

SpH_j : pH 在第 j 取样点的标准指数;

pH_j : j 取样点水样 pH 实测值;

pH_{sd} : 评价标准规定的下限值;

pH_{su} : 评价标准规定的上限值。

(2) 沉积物质量的评价

沉积物质量的评价采用底泥污染指数法, 本报告选用《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002) 中相应的标准类别作为评价标准值。

底泥污染指数法计算公式为:

$$P_{i,j} = C_{i,j} / C_{si}$$

式中:

$P_{i,j}$: 底泥污染因子 i 在第 j 取样点的单项污染指数;

$C_{i,j}$: 底泥污染因子 i 在第 j 取样点的实测值, mg/L;

C_{si} : 底泥污染因子 i 的评价标准值, mg/L。

2、海域生态环境各调查项目的分析和评价方法

(1) 采样及分析方法

1) 叶绿素 a 和初级生产力

①叶绿素 a

叶绿素 a 样品的采集、分析方法参照《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007) 进行。调查海域叶绿素 a 水样采集与海上生态样品采集同步进行。叶绿素 a 采用萃取荧光法进行测定, 由 Trilogy 荧光仪测定显示叶绿素 a 浓度数值。

②初级生产力

初级生产力计算采用叶绿素法, 按照 Cadée 和 Hegeman (1974) 提出的简化计算真光层初级生产力公式估算, 公式如下:

$$P = p \times E \times D / 2$$

式中:

P 为每日现场的初级生产力 ($\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$) ;

E 为真光层深度 (m) , 取透明度的 3 倍 (Yukuya, 1980) ;

D 为白昼时间 (h) , 即日出至日落的时间长度, 春季取 14 小时;

p 为表层水浮游植物的潜在生产力 ($\text{mgC}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) , $p=C_n\times Q$ (C_n 为表层叶绿素 a 含量; Q 为同化系数, 取 5.0) 。

2) 浮游植物

浮游植物样品采集和鉴定分析参照《海洋监测规范》(GB 17378.7-2007) 进行。样品采集采用浅水 III 型浮游生物网(网具孔径 $77\mu\text{m}$) 自底至水面进行垂直拖网, 按每升水样加鲁哥氏液 6ml~8ml 进行固定保存。采用浓缩计数法经浓缩后用显微镜观察、鉴定和计数。浮游植物鉴定主要依据《中国海藻志》(郭玉洁, 2000)、《中国海域常见浮游硅藻图谱》(董树刚, 2006)、《中国海洋生物图集》(黄宗国, 2012)、《中国海域甲藻》(杨世民, 2014)、《中国海域甲藻扫描电镜图谱》(杨世民, 2014)、《中国海洋底栖硅藻类》(金德祥, 1991) 等著作。

3) 浮游动物

浮游动物样品采集和鉴定分析参照《海洋监测规范》(GB 17378.7-2007) 进行。样品采集采用浅水 I 型浮游生物网(网具孔径 $507\mu\text{m}$) 自底至表层垂直拖网采集, 按样品体积 5% 加入甲醛进行固定保存。在室内挑去杂物后, 以湿重法称量浮游动物生物量(包括水母类), 在显微镜和体视镜下对样品进行分拣、鉴定、计数。浮游动物鉴定主要依据《浙北近岸海域常见大中型浮游动物》(王晓波, 2016)、《中国海浮游桡足类图谱》(张武昌, 2010)、《中国海洋浮游桡足类多样性-上册》(连光山, 2018)、《中国海洋浮游桡足类多样性-下册》(连光山, 2018)、《中国海洋浮游生物图谱》(束蕴芳, 1992) 等著作。

4) 大型底栖生物

大型底栖生物采集和鉴定参照《海洋监测规范》(GB 17378.7-2007) 进行。采用 0.1m^2 抓斗式采泥器进行各站位泥样采集, 每站采集 3 个样方, 所采泥样分批次倒入网袋(孔径 0.5mm), 用水泵冲洗, 将洗净淤泥后的生物与杂质装入采样瓶, 现场用 5% 的甲醛固定。样品带回实验室挑去杂物后以湿重法称取底栖生物的生物量, 然后在体视显微镜下对标本进行分拣、鉴定、计数。大型底栖动物鉴定主要依据《常见海滨动物野外识别手册》(刘文亮, 2018)、《中国海岸带

大型底栖动物资源》（李宝泉，2019）、《浙江动物志甲壳类》（浙江动物志编辑委员会，1991）、《浙江动物志软体动物》（浙江动物志编辑委员会，1991）、《中国海洋大型底栖生物研究与实践》（李新正，2010）、《长江口大型底栖动物》（周进，2018）、《中国近海多毛环节动物》（杨德渐，1988）、《中国近海软体动物图志》（李琪，2019）《黄渤海常见底栖动物图谱》（冷宇，2017）、《中国海洋生物图集第三册》（黄宗国，2012）、《中国海洋生物图集第六册》（黄宗国，2012）、《中国海洋生物图集第七册》（黄宗国，2012）、《黄、渤海及东海常见大型海藻图鉴》（刘涛，2018）等著作。

5) 潮间带生物

潮间带生物样品采集和鉴定方法参照《海洋调查规范》（GB/T 12763.6-2007）进行。各调查断面潮间带的高、中、低潮区分别采集定性样品和定量样品。定性样品在各断面周围随机采取，遇采集难度较大的生物（如弹涂鱼等）或有一定危险性的区域，采取拍记录的方法。定量采集时，硬相生境取样用 25cm×25cm 的定量框取 2 个样方；软相生境取样用 25cm×25cm×30cm 定量框取 4 个样方，取样深度 30cm。用 1.0mm 孔径的筛网淘洗装入定量采样瓶，5%甲醛溶液固定保存后，带回实验室分拣、鉴定、计数和称重。潮间带生物鉴定主要依据与大型底栖动物鉴定依据相同。

（2）各调查项目的评价方法

各生态学参数分别依如下公式计算：

多样性指数 H' 采用 Shannon-Weiner 公式：

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

丰度（丰富度）指数 d 采用 Margalef 公式：

$$d = (S-1)/\log_2 N$$

均匀度 J 采用 Pielou 公式：

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

优势度 Y 公式：

$$Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

式中：

S 为样品中的种类总数;

N 为样品中的总个体数;

p_i 为样品中第 i 种的个体数占总个体数的比例;

n_i 为第 i 种的个体总数;

f_i 为该物种在采样点出现的频率。

一般认为,环境未受人为干扰, H' 和 d 指数值高;环境受人为干扰,指数值降低。 J' 值范围为 0~1 之间, J' 值越大时,体现种间个体分布较均匀,群落结构较稳定;反之, J' 值小反映种间个体分布不均匀。由于环境污染造成种间分布差别大,表现为 J' 值低,群落结构往往不稳定。当某物种的 $Y > 0.02$ 时,判定该物种为群落中的优势种。

3、渔业资源采样、分析和评价方法

(1) 采样与分析方法

鱼卵、仔稚鱼调查方法按《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)进行,定量样品采用浅水 I 型浮游生物网垂直取样,定性样品采用水平拖曳,每站拖网 10min,船速 2kn。用中性甲醛溶液固定,加入量为样品体积的 5%。带回实验室后进行鉴定和计数。鱼卵、仔稚鱼鉴定主要依据《长江口经济鱼类仔稚鱼形态鉴别的研究》(王晓东,2018)、《中国近海鱼卵与仔鱼》(张仁斋,1985)、《中国近海及其邻近海域鱼卵与仔稚鱼》(万瑞景,2016)等文献资料。

渔业资源调查方法按照《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403-2012)、《海洋调查规范》(GB12763.6-2007)及《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。拖网调查租用渔民单拖网船。每站拖网所获的渔获物全部取样装入样品袋,并进行编号、记录后,冰鲜保存,带回实验室分析、鉴定。鱼游泳动物鉴定主要依据《东海鱼类志》(朱元鼎,1963)、《浙江海洋鱼类志》(赵盛龙,2016)、《舟山海域鱼类原色图鉴》(赵盛龙,2006)、《东海经济虾蟹类》(宋海棠,2006)、《浙江动物志:甲壳类》(浙江动物志编辑委员会,1991)、《浙江动物志:软体动物》(浙江动物志编辑委员会,1991)等著作。实验室内统计渔获品种、重量、尾数等,并进行生物学测定(体重、体叉肛长、幼体比等)。本次调查海域渔获物主要分为鱼类、虾类、口足类、蟹类、头足类,在计算资源密度时将口足类归入虾类进行统计。无尾叉的鱼类测量体长,渔获尾叉明显的测量叉长,为方便统计,均用体长表示。

(2) 评价方法

优势种的计算采用相对重要性指数，计算公式如下：

$$IRI = [(n_i / N + w_i / W) \cdot f_i / m] \cdot 10^5$$

式中：

n_i 、 w_i 分别为第 i 种生物的个体数和生物量；

N 、 W 分别为调查所获得的总个体数和总生物量；

f_i 为第 i 种生物在 m 次取样中出现的频率；

m 为取样次数。

物种多样性评价主要采用 Shannon-Weaver (H') 指数、均匀度 (J')、丰富度 (d)、单纯度 (C) 4 个公式计算。Shannon-Weaver 指数、均匀度指数、丰富度指数计算公式见前节。

单纯度指数计算公式： $C = \text{SUM} (n_i/N)^2$

式中：

C 为单纯度指数；

N 为群落中所有物种丰度或生物量；

n_i 为第 i 个物种的丰度或生物量。

渔业资源密度估算方法根据《海洋渔业资源调查规范》(SC/T9403-2012) 进行，其计算公式如下：

$$D = C / aq$$

式中：

D 为渔业资源密度，单位为千尾/平方千米 (10^3ind/km^2) 或千克/平方千米 (kg/km^2)；

C 为平均每小时拖网渔获量，单位为千尾/小时 (10^3ind/h) 或千克/小时 (kg/h)；

a 为每小时网具扫海面积，单位为平方千米/小时 (km^2/h)；

q 为捕获率，取值为 0.5。

4、海洋生物体质量采样、分析和评价方法

(1) 检测分析方法

海洋生物质量样品采自游泳动物拖网优势渔获物（鱼类和甲壳类），样品分

析则根据《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》（GB 5009.268-2016），具体分析方法见表 4.5.1-3。

表 4.5.1-3 生物体质量各调查项目的检测分析方法

项目名称	分析方法	检出限	方法标准
汞（Hg）	冷原子吸收光度法	0.002 mg/kg	GB 17378.6-2007
石油烃	荧光分光光度法	0.2 mg/kg	GB 17378.6-2007
铜（Cu）	电感耦合等离子体质谱法 （ICP-MS）	0.05 mg/kg	GB 5009.268-2016
铅（Pb）		0.02 mg/kg	
锌（Zn）		0.5mg/kg	
镉（Cd）		0.002 mg/kg	
铬（Cr）		0.05mg/kg	
砷（As）		0.02 mg/kg	

（2）评价方法

海洋生物体质量评价方法参照质量单因子评价标准指数法。

4.5.1.3 评价标准

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目附近海域功能区划为大洋山工业与城镇用海区、嵊泗农渔业区、徐公岛旅游休闲娱乐区等海洋功能区，根据海洋环境保护要求，本工程执行以下评价标准：

海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第二类要求执行。

海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的第一类要求执行。

鱼类、甲壳类、头足类中的铜、铅、锌、镉、汞采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》推荐的评价标准，砷、铬、石油烃采用《第二次全国海洋污染基线调查报告》推荐标准。

铬评价标准参照《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762-2017)。

4.5.2 海域水质环境调查结果

4.5.3 海洋沉积物

4.6 海洋生态现状调查与评价

4.7 渔业资源现状调查与评价

4.8 环境空气质量现状评价

根据《2022 年舟山市生态环境状况公报》，2022 年舟山市城市空气质量优良，市区日空气质量优良率为 97.8%。舟山市 SO₂、NO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5} 浓度达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准，O₃ 浓度达到二级标准。市区空气质量优 211 天，良 146 天，轻度污染 8 天，首要污染物均为 O₃。

根据《舟山市生态环境质量报告书（2022 年度）》公布的相关数据，舟山市大气基本污染物达标情况见表 4.8-1。

表 4.8-1 舟山市 2022 年环境空气质量现状评价表

污染物	年评价指标	现状浓度 (ug/m ³)	标准值 (ug/m ³)	占标率 (%)	达标 情况
PM _{2.5}	年平均质量浓度	14	35	40.0	达标
	第 95 百分位数日平均质量浓度	32	75	42.7	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	27	70	38.6	达标
	第 95 百分位数日平均质量浓度	55	150	36.7	达标
NO ₂	年平均质量浓度	17	40	42.5	达标
	第 98 百分位数日平均质量浓度	36	80	45.0	达标
SO ₂	年平均质量浓度	4	60	6.7	达标
	第 98 百分位数日平均质量浓度	6	150	4.0	达标
CO	第 95 百分位数日平均质量浓度	600	4000	15.0	达标
O ₃	第 90 百分位数日平均质量浓度	131	160	81.9	达标

由上表可知，2022 年舟山市 SO₂、NO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃ 污染物年均浓度和相应百分数的 24h 平均质量浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单（生态环保部公告 2018 年第 29 号）中的二级标准，能满足二类功能区的要求，属于环境空气质量达标区。

4.8.1 水上声环境现状调查

1.水上声环境现状监测概况

（1）监测时间

为了解嵊泗 7#海上风电场区域水上声环境质量现状，杭州海蛎蚶生态科技有限公司分别于 2023 年 8 月 26 日、2023 年 9 月 15 日在工程附近海域进行了两次工程施工前水上声环境监测工作。

(2) 监测点位

本次监测共设置 9 个声环境监测点位。

(3) 监测内容

嵊泗 7#海上风电场区域水上声环境监测内容为等效连续声级 L_{Aeq} ，每个监测站位测量时间 10min。

(4) 监测条件

2023 年 8 月，采用调查船移动作业方式进行声环境现场监测工作。水上声环境监测期间，海洋环境基本信息测量结果显示，监测海域水深约 7.1m~10.0m，天气晴，海况 1~2 级，风速 2.3~4.9m/s。

2023 年 9 月，采用调查船移动作业方式进行声环境现场监测工作。水上声环境监测期间，海洋环境基本信息测量结果显示，监测海域水深约 7.0m~12.0m，天气晴，海况 2 级，风速 0.3~3.0m/s。

4.8.2 水下声环境现状调查

水下声环境现状监测工作主要依据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）、《海上风电工程环境影响评价技术规范》、《声学 水下噪声测量》（GB/T 5265-2009）等技术规范要求开展。

(1) 监测时间

为了解嵊泗 7#海上风电场区域水下声环境质量现状，杭州海蛎蚶生态科技有限公司于 2023 年 8 月 26 日、2023 年 9 月 15 日在工程附近海域进行了两次工程施工前水下声环境监测工作。

(2) 监测站点

本次监测共设置 9 个水下声环境监测点位，监测点位坐标和分布同水上声环境监测点位，详见表 4.8.2-1 和图 4.8.2-1。

(3) 监测内容

嵊泗 7#海上风电场区域水上声环境监测内容为水下噪声频带声压级 L_{pf} 、水下噪声声压谱密度级 L_{ps} 、总声级 L_p 和峰值声压级 L_{peak} 。

（4）监测条件

2023 年 8 月，水下声环境监测期间海洋环境基本信息同水上声环境监测期间海洋环境基本信息。监测海域水深约 7.1m~10.0m，天气晴，海况 1~2 级，风速 2.3~4.9m/s。

2023 年 9 月，水下声环境监测期间海洋环境基本信息同水上声环境监测期间海洋环境基本信息。监测海域水深约 7.0m~12.0m，天气晴，海况 2 级，风速 0.3~3.0m/s。

4.9 电磁环境监测

（1）监测时间

为了解嵊泗 7 号海上风电场区域电磁辐射现状，由杭州海蛞蝓生态科技有限公司分别于 2023 年 8 月和 2023 年 9 月在工程附近海域进行了工程电磁辐射监测。

（2）监测布点

本次监测共设置 9 个监测点位，监测点位坐标和分布同声环境监测点位，详见表 4.8.1-1 和图 4.8.1-1。

（3）监测内容

工频电场强度和工频磁场强度。

（4）监测条件

2023 年 8 月，工频电磁场监测期间海洋环境基本信息同声环境监测期间海洋环境基本信息。监测海域水深约 7.1m~10.0m，天气晴，海况 1~2 级，风速 2.3~4.9m/s。2023 年 9 月，工频电磁场监测期间海洋环境基本信息同声环境监测期间海洋环境基本信息。监测海域水深约 7.0m~12.0m，天气晴，海况 2 级，风速 0.3~3.0m/s。

4.10 鸟类资源现状评价

舟山市自然资源测绘设计中心在 2022 年春季和秋季对项目所在海域及洋山港周边进行了鸟类现状调查。其中，春季调查 2 次，分别在 4 月和 5 月开展，秋季调查 2 次，分别在 10 月和 11 月开展。

调查方法参照《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》和《生物多样性观测技术导则鸟类》（HJ710.4-2014），本次主要采用样线法进行调查。在经

过实地踏勘、确定调查样线的基础上,调查人员利用 8-10 倍双筒望远镜和 30- 60 倍单筒望远镜进行实地观察,通过目击观察、鸣声辨别和摄影取证等方法,对样线两边各 300m 内鸟类的种类、数量、行为、距样线的垂直距离和生境等信息进行记录,后期对获得的数据进行统计和分析,布设样线长度在 1km 以上。每次调查时间以鸟类活动相对活跃的晨昏为主,根据季节差异,一般在上午 6:00-10:00 和下午 3:00-6:00 进行野外调查。观测时天气选择晴天或多云天气,雨天或大风天气不开展观测。样线上非调查时段或非调查样线上记录到的鸟类,作为鸟种信息计入,但不作为样线数据进行统计。

在陆地调查时,调查人员采用步行方式沿着海堤、塘基或原有的路面匀速行走;在水域进行调查时,调查人员乘船进行调查。越冬季和繁殖季注意在每一季节鸟类稳定的时段进行调查,避免鸟类迁徙动态变化的影响。每一季节的鸟类调查均进行两次,两次之间的调查间隔 1 个月。每次调查中,以调查样线中出现的最大一次数值作为该次调查数值;对调查到的物种,以同一季中两次调查到的最大记录数值作为该物种的数量。鸟类名录参考《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》(2017 年,郑光美,科学技术出版社)。

嵊泗 7#海上风电场工程的鸟类现状调查共计开展了 4 次样线调查,样线布置见图 4.11-1。



图 4.11-1 鸟类资源现状调查 4 条样线布置图

5 环境影响预测与评价

5.1 水文动力条件影响预测与评价

本报告水文动力与冲淤环境及悬浮泥沙数模预测引自《嵊泗 7#海上风电场工程数学模型专题报告》，舟山市自然资源测绘设计中心，二〇二四年五月。

5.1.1 潮流泥沙数学模型

1.潮流数学模型

连续性方程，

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = q \quad (1)$$

x 方向动量方程，

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right) + \frac{\partial huv}{\partial y} = s_x \quad (2)$$

y 方向动量方程，

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right) = s_y \quad (3)$$

式中， h 为水深， u 为 x 方向的流速， v 为 y 方向的流速； s_x 、 s_y 称为源项，表达式为，

$$s_x = -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + c_x \quad (4a)$$

$$s_y = -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + c_y \quad (4b)$$

其中： c_x ， c_y 分别为科式力； z_b 为床面高程； τ_{bx} 、 τ_{by} 为河底阻力，采用的表达式为，

$$\tau_{bx} = \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}, \quad \tau_{by} = \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (5)$$

式中， n 为糙率。

2.悬沙输移数学模型

悬沙输移采用垂线平均的二维不平衡输沙方程，其基本方程为：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(hs_l)}{\partial t} + \frac{\partial(hus_l)}{\partial x} + \frac{\partial(hvs_l)}{\partial y} \\ & = \frac{\partial}{\partial x} \left(h\varepsilon_s \frac{\partial s_l}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h\varepsilon_s \frac{\partial s_l}{\partial y} \right) - \alpha \varpi_{sl} (s_l - s_{*l}) \end{aligned} \quad (6)$$

式中：式中： s_l 为第 l 组泥沙的含沙量，单位为 kg/m^3 ； s_{*l} 为第 l 组的挟沙能力； α 为恢复饱和系数； ϖ_{sl} 为第 l 组泥沙的沉降速度； ε_s 为泥沙扩散系数。

3.定解条件

上述方程中在一定的初始条件和边界条件下可得数值解：

(1) 初始条件

对水动力模型而言，模型初始条件一般给定静定流场或恒定流场。

(2) 边界条件

对于水动力计算，岸边界采用可滑不可入条件。

无临时测站的外海水边界利用全球潮汐模型（TPXO9）求得，该模型通过 10 个分潮推算天文潮位，包含八个主要分潮 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 N_2 、 P_1 、 K_2 、 Q_1 ，以及两个长周期分潮 M_f 和 M_m ，基本能够构造出外海深水处真实的天文潮过程：

$$\zeta_0(x) = \zeta_p(x) + \sum_{i=1}^{10} A_i(x) \cdot \cos[\omega_i t + \alpha_i(x)] \quad (7)$$

式中， ζ_0 为边界处的潮位， ζ_p 为边界处静压水位， i 等于 1 至 10，分别对应上述分潮， A_i 、 α_i 分别为分潮在开边界处的振幅和迟角， ω_i 为分潮的角频率。

4.床面冲淤计算模型

本研究床面冲淤采用半经验半理论公式：

$$\Delta \xi_b(\Delta t) = 0.5 \left[(H_1 + \beta \Delta t K_s) - \sqrt{(H_1 + \beta \Delta t K_s)^2 + 4 \beta \Delta t H_1 K_F} \right] \quad (8)$$

式(1-8)中当冲淤时间 $\Delta t \rightarrow \infty$ 时，可以得到海床冲淤终极平衡状态的量值：

$$\begin{aligned} \Delta \xi_b &= \left(1 - \frac{K_F}{K_S} \right) H_1 \\ K_F &= \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2, K_S = 1 - \left(\frac{S_1 - S_2}{S_{*1}} \right), \beta = \frac{\alpha \omega S_{*1}}{\gamma'_s} \end{aligned} \quad (9)$$

式中， $\Delta \xi_b$ 为冲淤幅度， γ'_s 为泥沙干容重， ω 为悬沙沉速， α 为泥沙落淤几

率, H_1 、 H_2 为工程实施前后计算水深; V_1 、 V_2 为工程实施前后计算流速; S_1 、 S_2 为工程实施前后水流含沙量; S_{s1} 为工程实施前水流挟沙力。

5.数值方法

空间采用非结构网格系统克服复杂边界和计算尺度悬殊所引起的困难, 并可以进行局部加密。采用 CC 方式 (Cell Center) 的有限体积方法, 把变量存在单元的中心, 单元的边界为控制体。

积分控制方程应用格林公式把面积分转变为线积分, 可以得到空间离散方程为,

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} \Delta V_i + \oint_{\partial V_i} F \cdot n ds = S \quad (10)$$

式中, $F = (E, H)$, ΔV_i 为单元 i 的面积, ∂V_i 为单元的边界, $\dot{S} = \int_{V_i} S(U) dV$ 为源项的单元积分值, $n = (n_x, n_y)$ 为单元边界的外法线方向。

对流项采用 Roe 格式的近似 Riemann 解离散, 底坡源项采用迎风特征分解离散, 其它源项采用半隐式离散, 得到最后的空间离散方程为,

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} = \frac{1}{\Delta V_i} (I - \theta \Delta t Q_f)^{-1} & \left\{ - \sum_{j=0}^m \left[\frac{1}{2} (F_n(U_i) + F_n(U_{ij})) + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^4 \hat{\alpha}^k |\hat{\lambda}^k| r^k \right] l_{ij} \right. \\ & \left. + \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^4 \left[\frac{1}{2} (1 - \text{sign}(\hat{\lambda}^k)) \beta^k \hat{r}^k l_{ij} \right]^j + S' \right\} \end{aligned} \quad (11)$$

采用 MP 法则, 利用空间重构和两步 Runge-Kutta 法, 可以得到时空均为二阶精度的离散方程,

$$U_i^{tem} = U_i^n - \frac{\Delta t}{2} W(G_i^n, U_i^n, U_1^n, \dots, U_m^n) \quad (12a)$$

$$U_i^{n+1} = U_i^n - \Delta t W(G_i^{tem}, U_i^{tem}, U_1^{tem}, \dots, U_m^{tem}) \quad (12b)$$

式中, G 为变量在单元内的分布梯度; $(\bullet)_i^{tem}$ 为中间变量, $W(\dots)$ 为空间离散后的右端项。

悬移质方程采用有限体积离散方法进行离散

$$\begin{aligned}
 (hs_l)_i^{n+1} = & (hs_l)_i^n - \frac{\Delta t}{A_i} \sum_{l=1}^{E_i} [Q_{j(i,l)} s_{l,j(i,l)} l_{j(i,l)}] \\
 & + \frac{\Delta t}{A_i} \sum_{l=1}^{E_i} \left[\left(Kh \frac{\partial s_l}{\partial n} \right)_{j(i,l)} l_{j(i,l)} \right] - \alpha \varpi_{sl} \Delta t (s_l - s_{*l})_i
 \end{aligned} \quad (13)$$

5.1.2 计算范围及网格布置

模型南边界取象山石浦～外海，东边界设置在外海约-60m 等深线处，北边界为长江口北岸～外海，整个计算域面积约 7 万 km²。工程距模型南边界约 100km，距东边界约为 200km，距北边界约 200km。网格布置充分利用了三角形网格的优点，按照关键水域网格密、其它水域网格疏的原则进行布置。计算域内的网格布设考虑了水流、地形梯度的差异，对工程区附近的计算网格作进一步加密，保证工程前后流场模拟精度，最小网格尺寸约为 5m。模型范围及网格布置见图 5.1-1。工程区局部网格布置见图 5.1-2，模型共布设 250700 个单元与 129535 个节点。

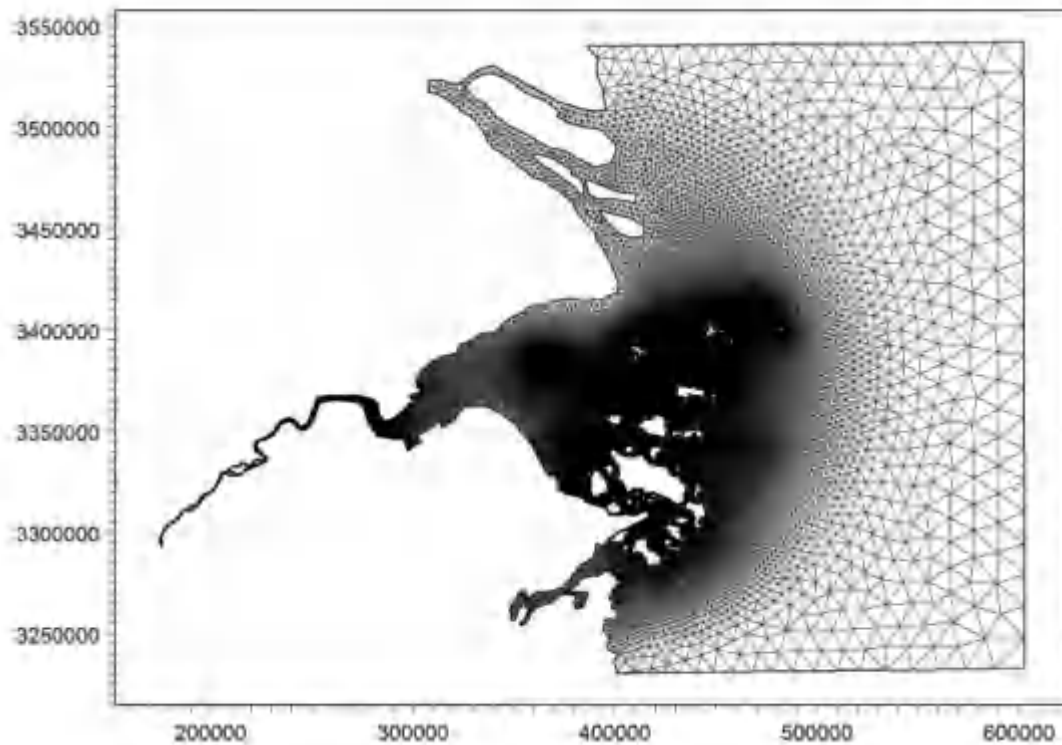


图 5.1-1 计算范围及网格布

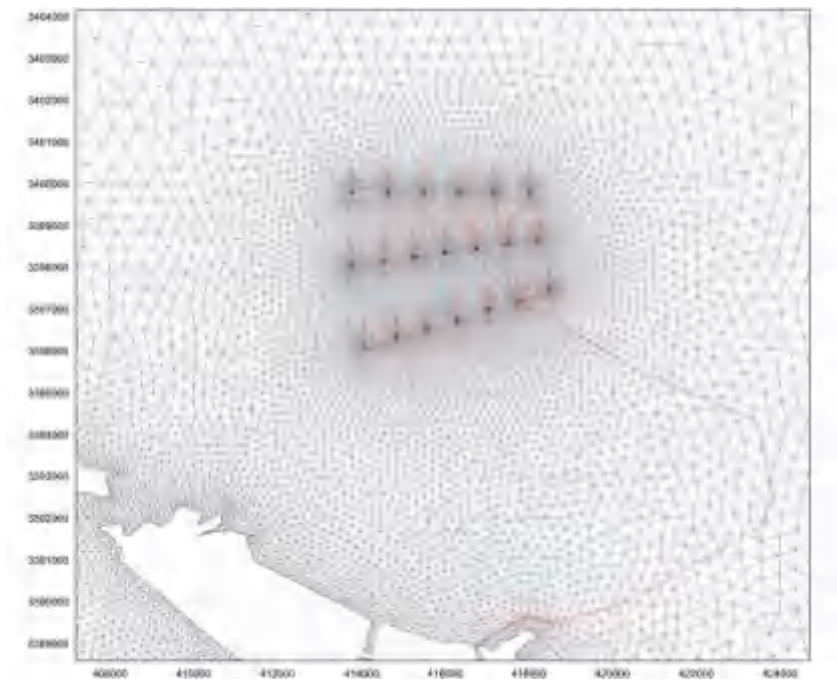


图 5.1-2 工程区局部网格布置

5.1.3 模型验证

采用 2022 年 5 月实测水文资料进行验证，包括 1 个潮位测站和 6 条水文垂线。测站位置见图 5.1-3。

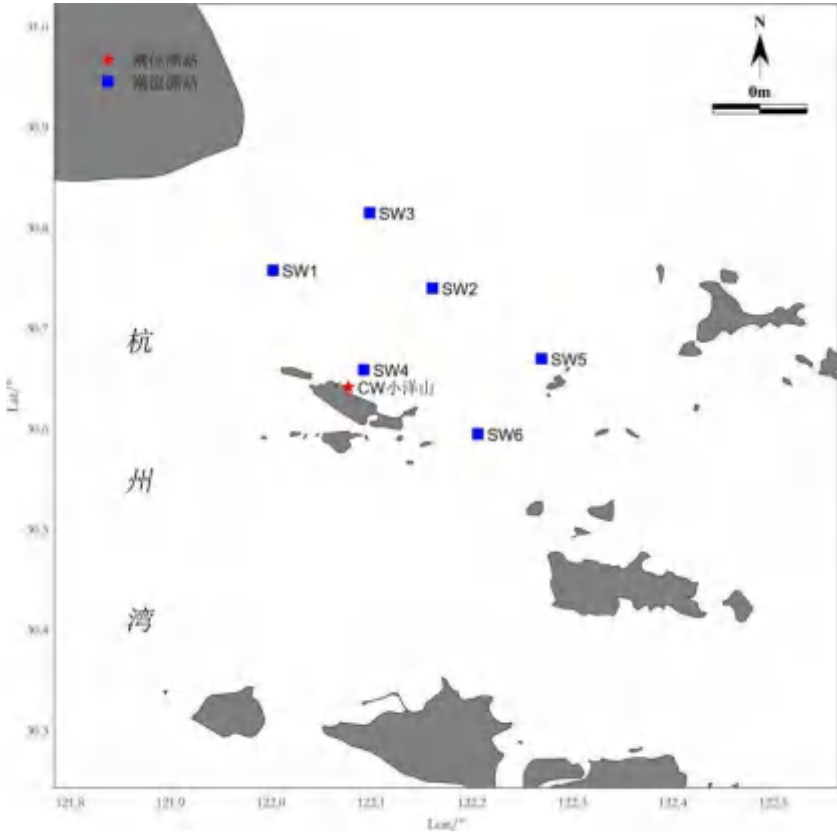


图 5.1-3 测站位置示意图

5.1.3.1 潮位验证

2022 年 5 月大潮期间潮位验证见图 5.1-4。从潮位验证结果来看，大、中、小潮各潮位站计算值与实测值基本一致；计算的高、低潮位出现的时间与实测高、低潮位出现的时间均吻合较好；最高最低潮位偏差均小于 10cm，满足规范要求。总体来看，潮位验证结果良好。

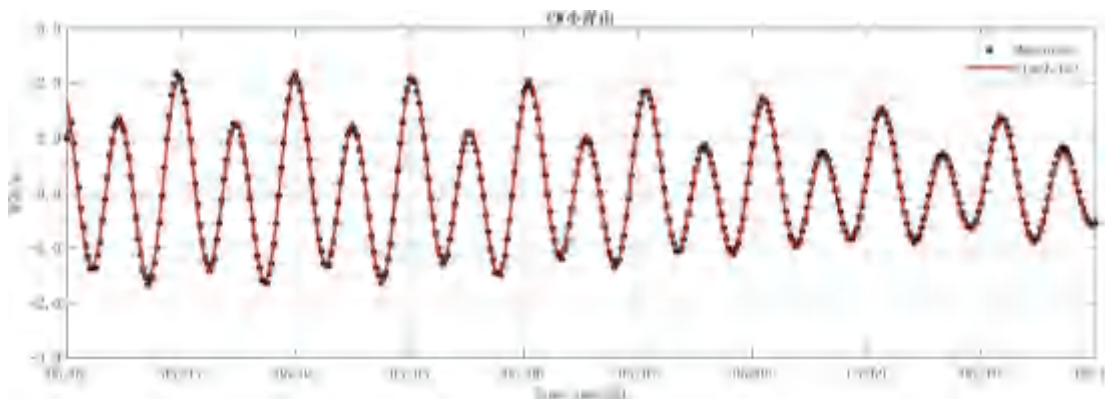


图 5.1-4 2022 年 5 月潮位过程验证

5.1.3.2 潮流验证

2022 年 5 月潮流验证见图 5.1-5～图 5.1-6。从流速验证结果来看，各测点流速计算值与实测值均吻合较好，相位偏差较小，流速过程与实测基本一致，涨落潮段平均流速偏差均小于 10%，满足规范要求；从流向验证结果来看，各测点流向计算值与实测值的偏差均小于 10° ，满足规范要求。总体来看，流速流向验证结果良好。

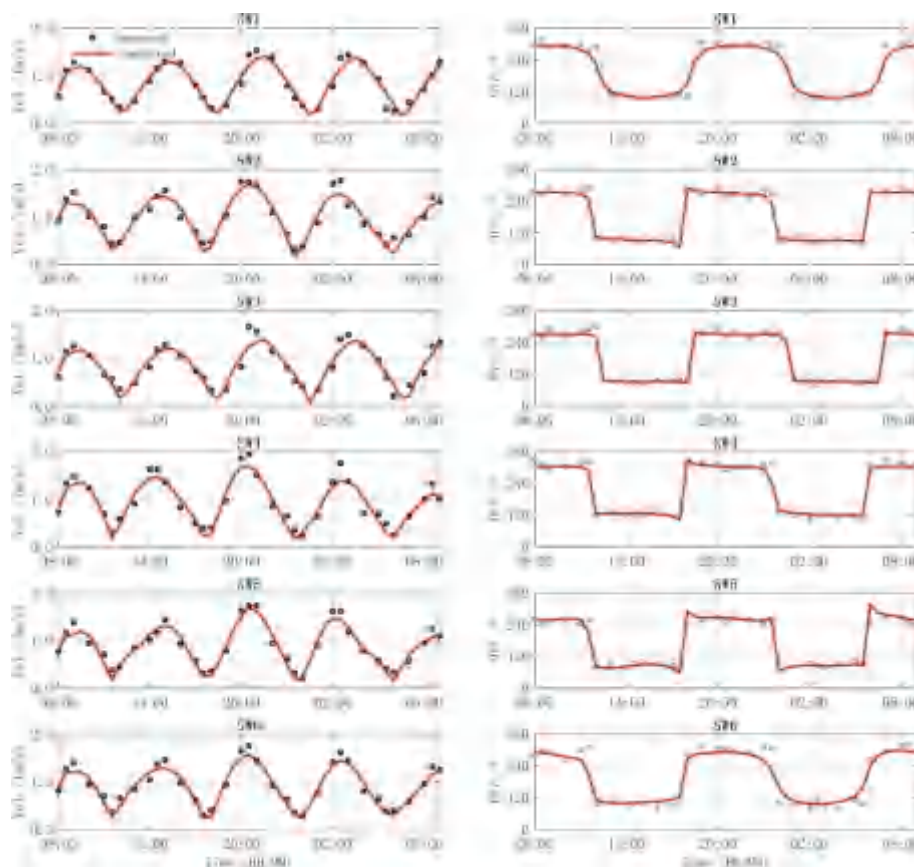


图 5.1-5 2022 年 5 月大潮潮流验证

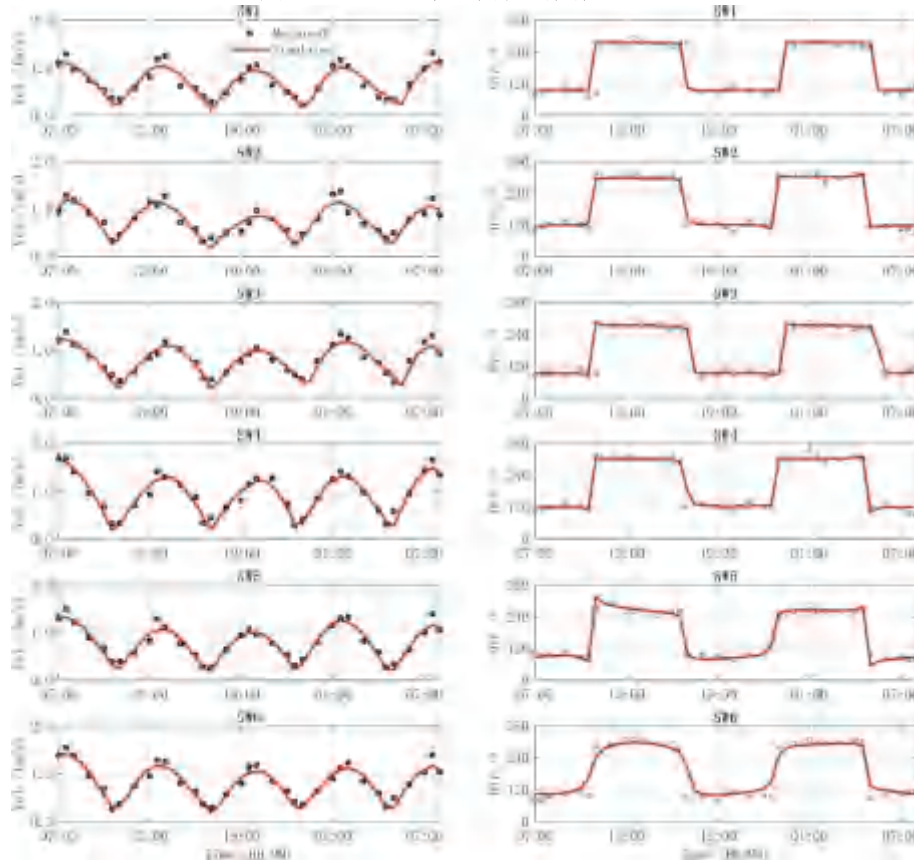


图 5.1-6 2022 年 5 月小潮潮流验证

5.1.3.3 工程区流场特征

图 5.1-7~图 5.1-8 为杭州湾及周边海域涨急、落急流场图,图 5.1-9、图 5.1-10 所示为工程周边海域涨、落急流场示意图,厂区周边涨、落急流场分布见图 5.1-11 与图 5.1-12。控制本海区潮波运动的是以 M2 分潮为主的东海前进潮波系统,东海潮波自东南向西北进入舟山海域后,到近岸区后受狭道、岸线等局部地形限制,呈现出往复流特性。涨潮时,潮流通过芦潮港、洋山、岱山口门、金塘水道进入湾内,在王盘山至滩浒之间水域会合;与此同时通过舟山群岛各通道的涨潮流进入湾内,其主流朝西北方向传播直指王盘山。通过王盘山后,进入杭州湾上游;落潮时,主流通过自杭州湾上游分南、北两支,其主流在王盘山以南,通过王盘山后转向东南,再经七姊八妹列岛及舟山诸峡道外泄;落潮流方向基本与涨潮流方向相反,潮流自西北向东南退出杭州湾海域。

对于本工程所在海域周边流场来说,涨落潮流大致呈东西方向运动,涨潮流自东往西方向运动,落潮流流向基本与涨潮流流向相反。

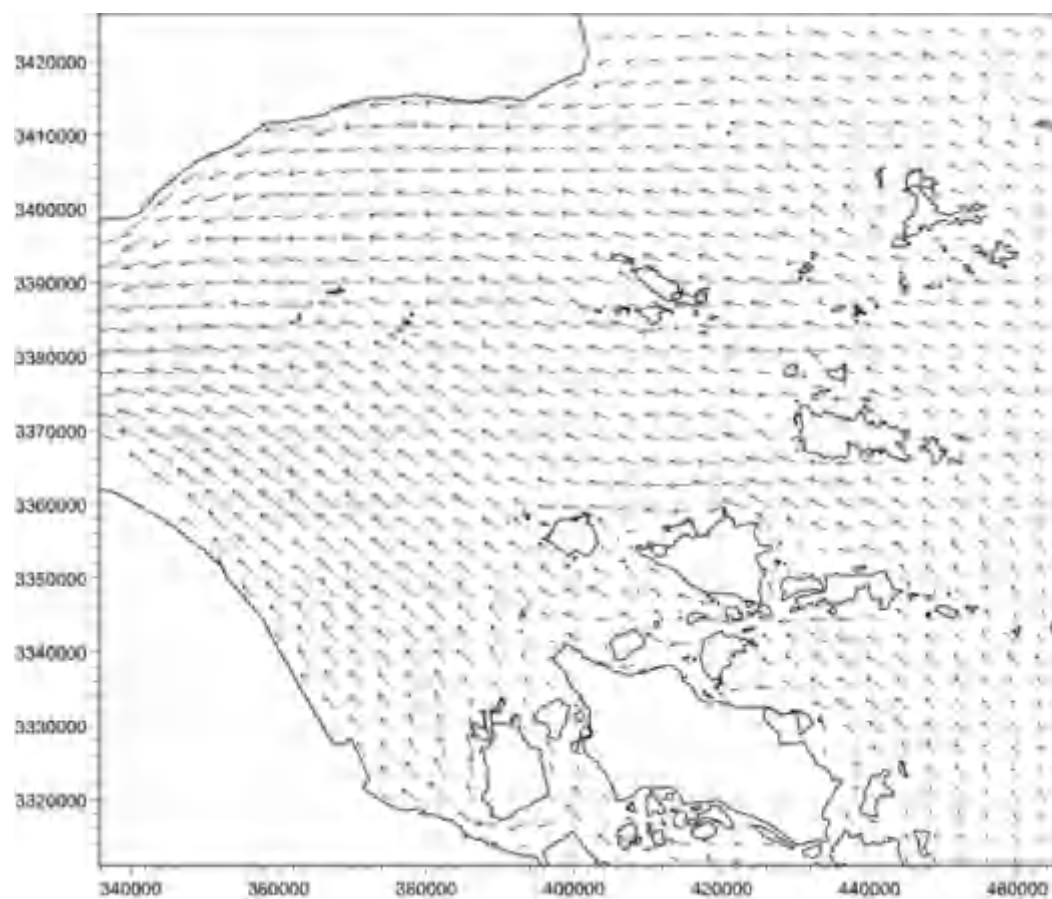


图 5.1-7 杭州湾及周边海域涨急流场

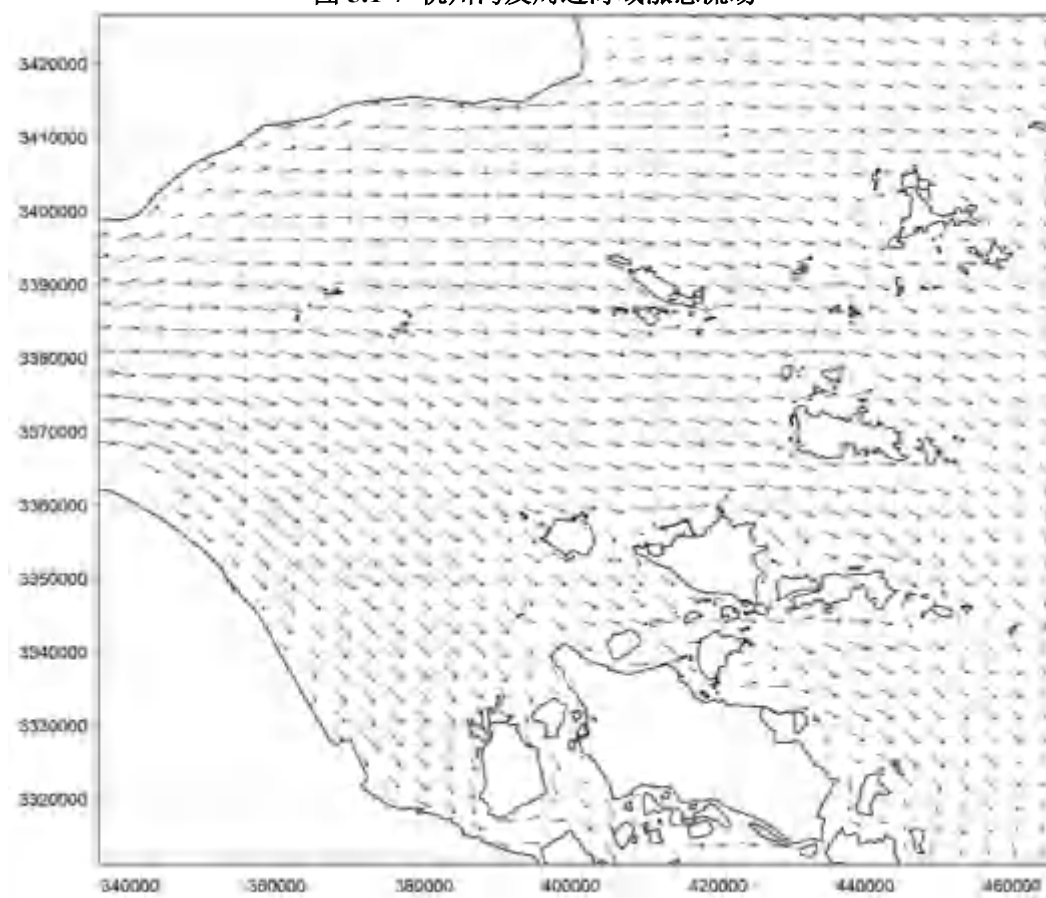


图 5.1-8 杭州湾及周边海域落急流场

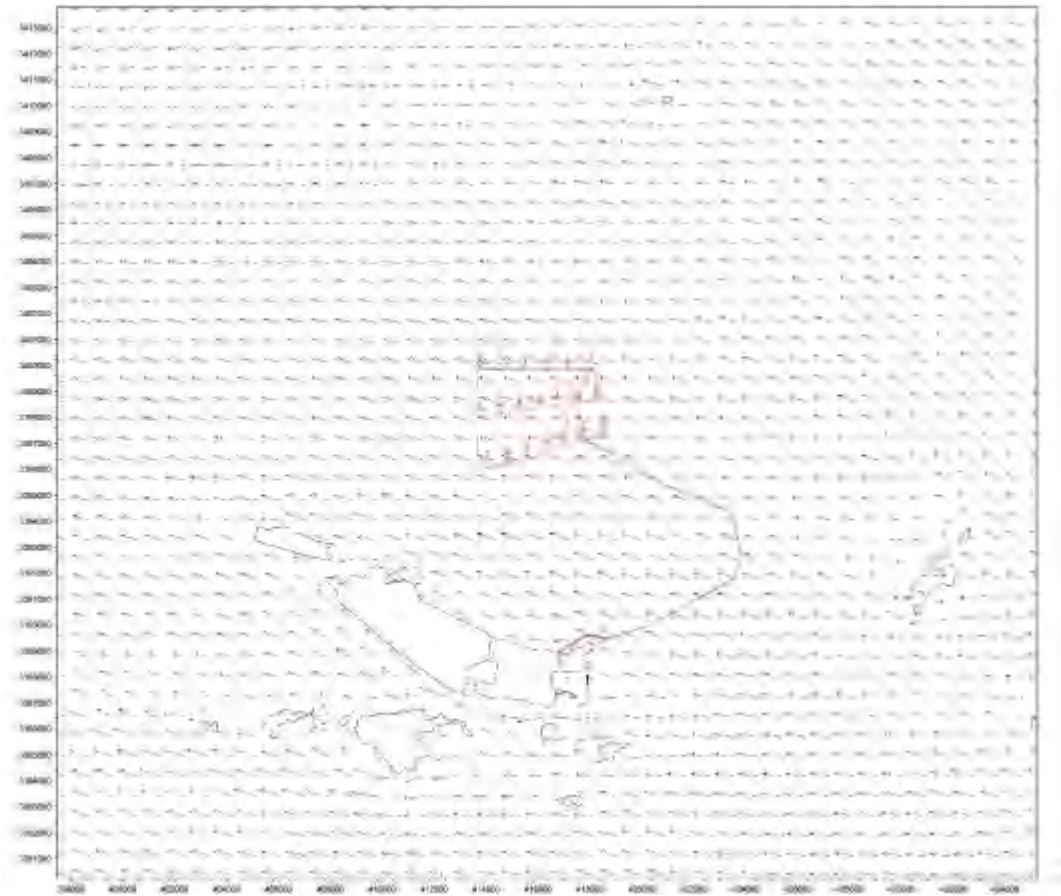


图 5.1-9 现状大范围涨急流场

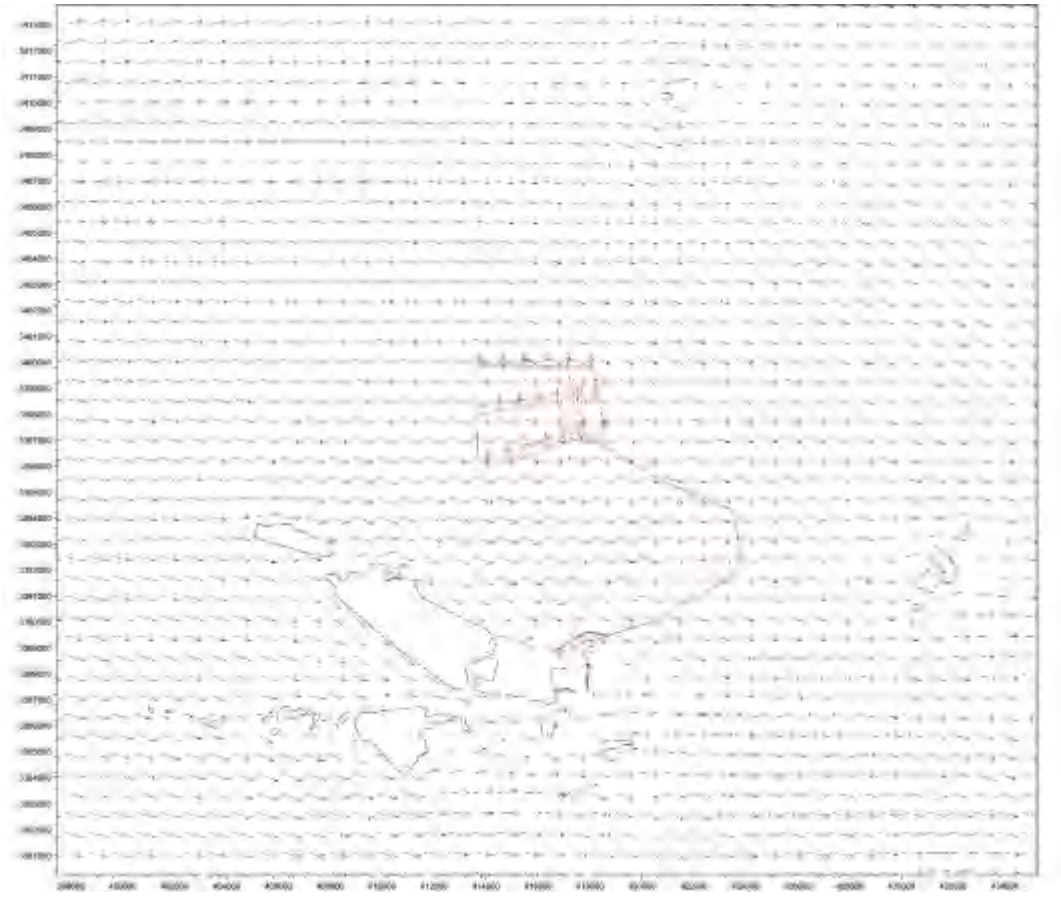


图 5.1-10 现状大范围落急流场

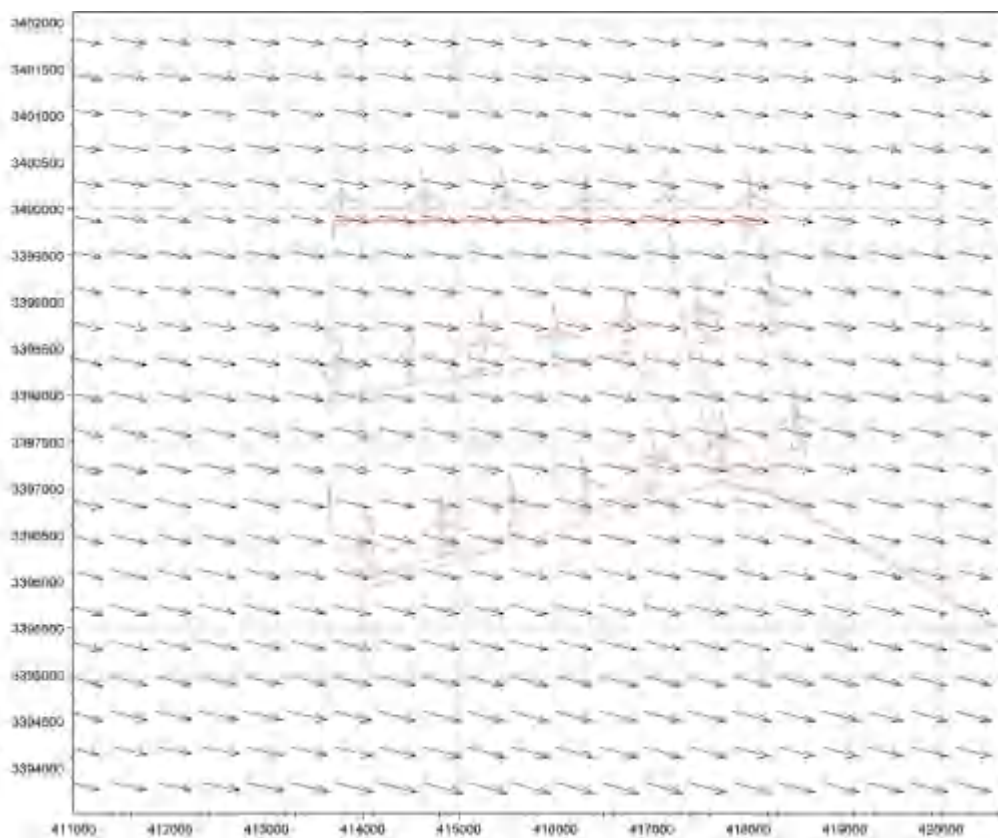


图 5.1-11 现状小范围涨急流场

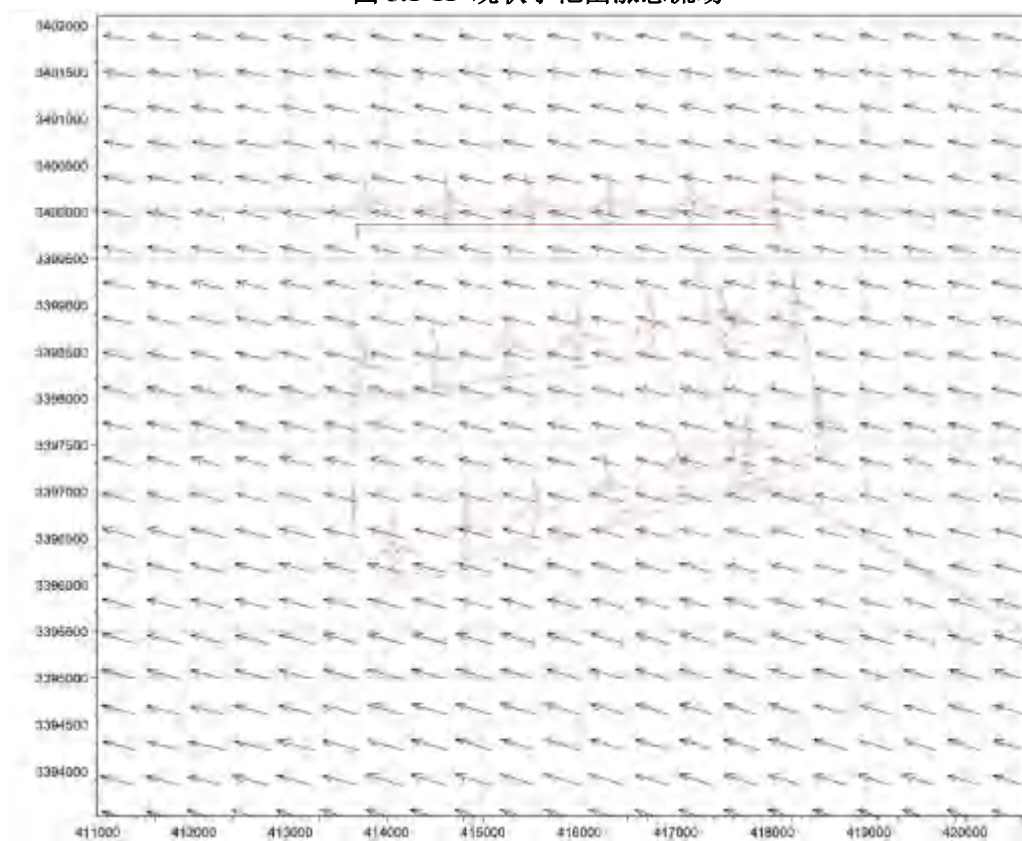


图 5.1-12 现状小范围落急流场

5.1.3.4 含沙量验证

2022 年 5 月各测点含沙量过程验证结果如图 5.1-13、图 5.1-14 所示。可以

看出，计算值与实测值量值较为接近，且可以反映含沙量随潮变化的峰、谷过程，验证结果表明泥沙参数选取比较合理，可以反映海域含沙量的分布。

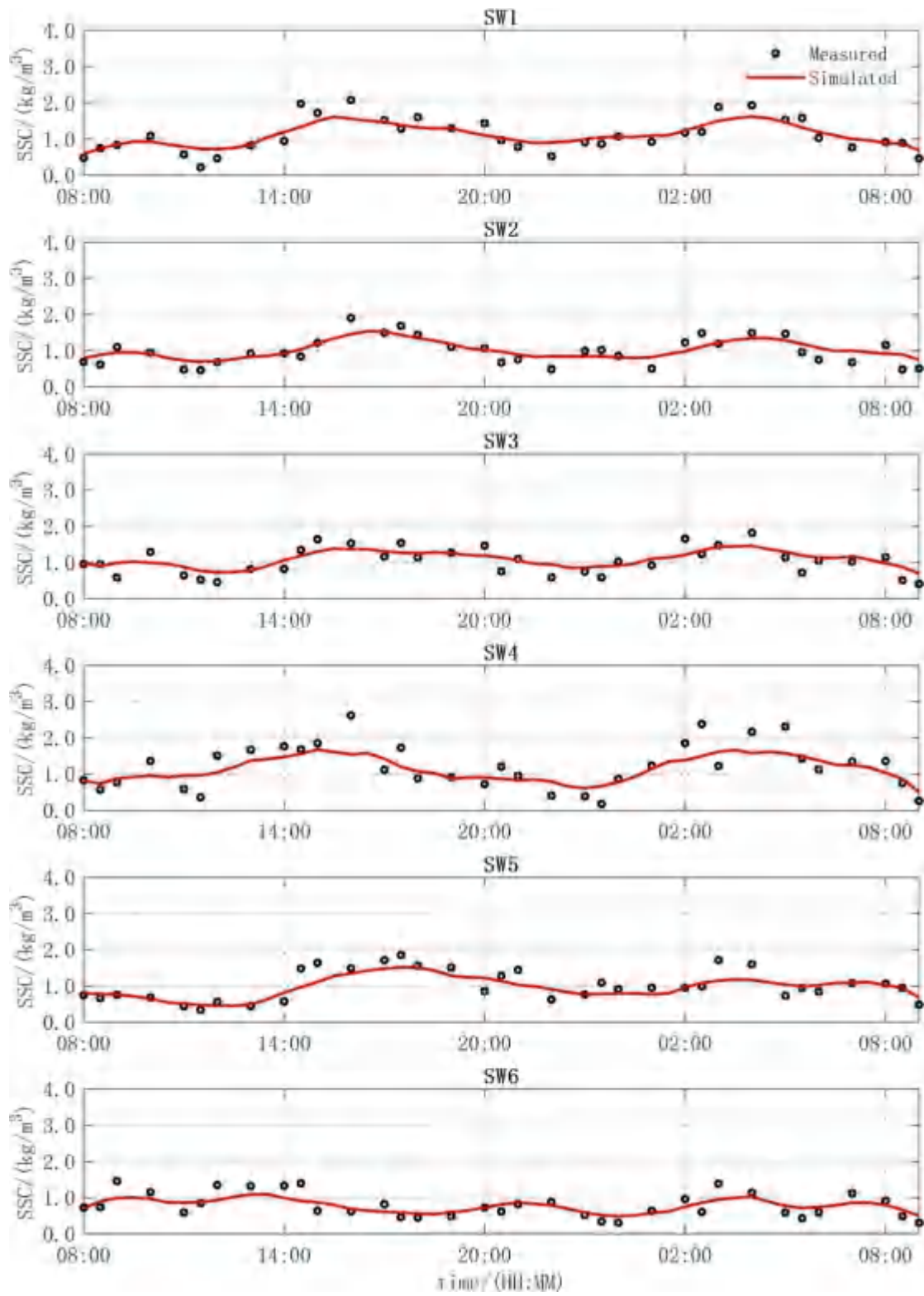


图 5.1-13 2022 年 5 月大潮含沙量验证

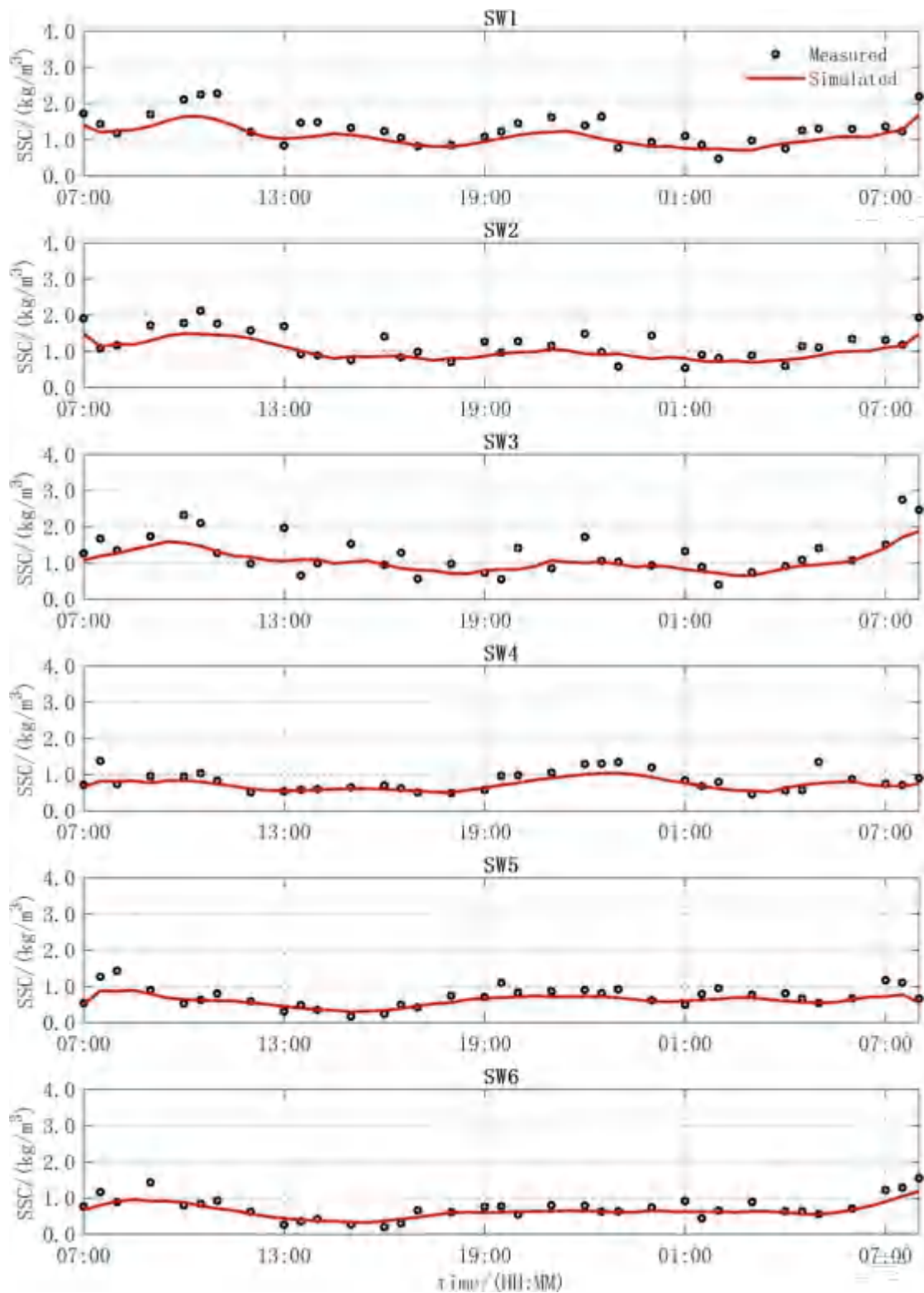


图 5.1-14 2022 年 5 月小潮含沙量验证

5.1.4 模型概化

本工程主要包括 20 台 12MW 风电机组，采用单桩方案，单桩采用直径 8.0m~10.5m 无过渡段钢管桩，按照不利情况取桩径 10.5m，根据等效阻水原理将风机基础概化成边长为 5.77m 的正六边形不透水区域，区域内的计算单元工程后不过水。

5.1.5 工程实施后水动力影响分析

5.1.5.1 流速流态影响分析

图 5.1-15~图 5.1-16 所示分别为工程前后涨急时刻和落急时刻流场对比。图 5.1-17 为工程实施后涨潮平均流速变化情况,图 5.1-18 为工程实施后落潮平均流速变化情况。

由图可得,工程实施后,工程周边海域的涨落潮流态未发生明显改变,工程实施未对工程周边海域流态产生明显影响。对于桩基所在海域来说,由于桩基的存在,会导致局部流态改变,受桩基阻水作用的影响,风电场工程建设后,桩基周边流速会发生一定的变化。

工程实施后对流速变化的影响来说,工程实施后涨落潮平均流速整体呈减小趋势,且桩基背水面流速减小值大于迎水面流速减小值,而垂直于涨落急方向(风机基础两侧)流速略有增大。对于涨潮平均流速变化来说,因为涨潮流大致呈自东往西方向流动,每个桩基周边分布有呈东西走向的条带状流速减小带,桩基西侧(背水面)流速减小幅度及范围较桩基东侧(迎水面)大,工程实施后流速变化的幅度随着距桩基距离增大而减小。由于本工程桩基数量较多,形成群桩阻水效应,由于本厂区北侧两排风机的桩基排列大致与涨潮流流向平行,在厂区北侧形成两个条带状流速减小区,流速减幅约为 0.02m/s,流速减幅为 0.02m/s 的范围分布在厂区西侧约 2.5km 范围内。对于落潮平均流速变化来说,桩基周边同样分布有呈东-西走向的条带状流速减小带,桩基东侧(背水面)流速减小幅度及范围较桩基西侧(迎水面)大,同样受群桩阻水效应影响,厂区北侧第一排风机所在海域形成一个流速减幅约为 0.02m/s 的条带状流速减小区,流速减幅为 0.02m/s 的范围分布在厂区东侧约 1km 范围内。

由计算结果可见,工程实施后仅工程所在海域流速流态略有改变,涨落潮平均流速变幅为 0.02m/s 的影响范围分布在工程区周边东西两侧约 2.5km 范围内,未对工程周边海域流速流态产生较大影响。

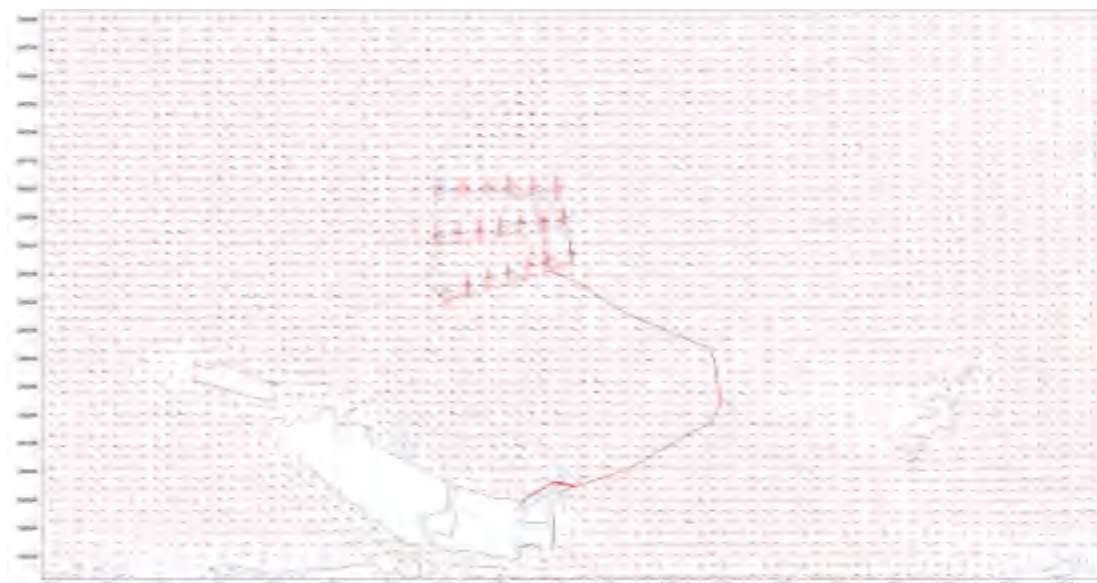


图 5.1-15 涨急流矢叠加图（黑色为工程前，红色为工程后）



图 5.1-16 落急流矢叠加图（黑色为工程前，红色为工程后）

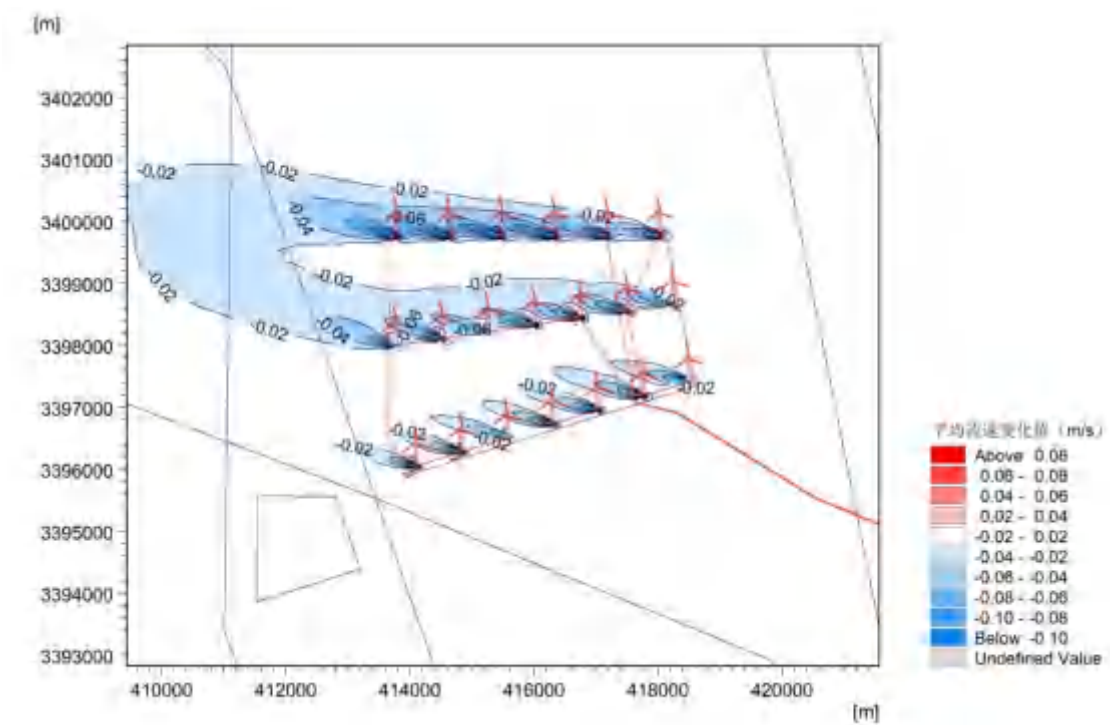


图 5.1-17 工程实施前后涨潮流速变化情况

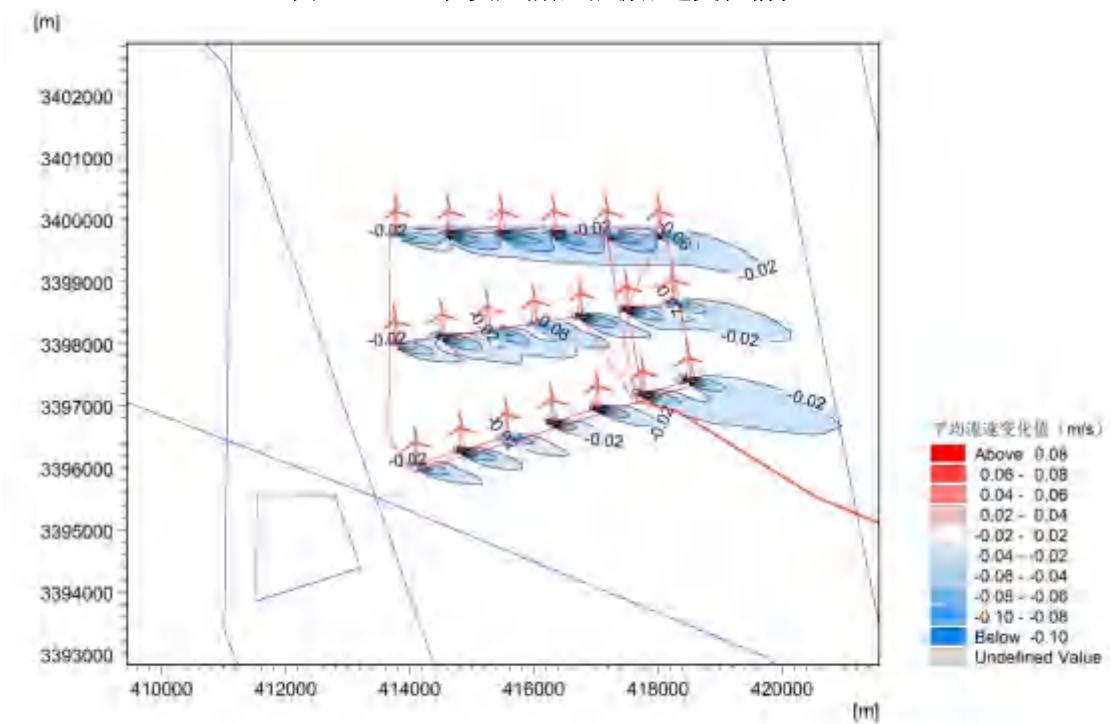


图 5.1-18 工程实施前后落潮流速变化情况

5.1.5.2 特征点流速影响分析

为定量分析工程实施后对周边海域的影响，在工程周边布置 38 个特征点，来分析其流速变化情况，特征点位置示意图见图 5.1-19。表 5.1-1 为特征点流速变化情况表。

由表可得，对于各特征点来说，涨落潮平均流速变化幅度较小，最大流速变幅为 0.02m/s。

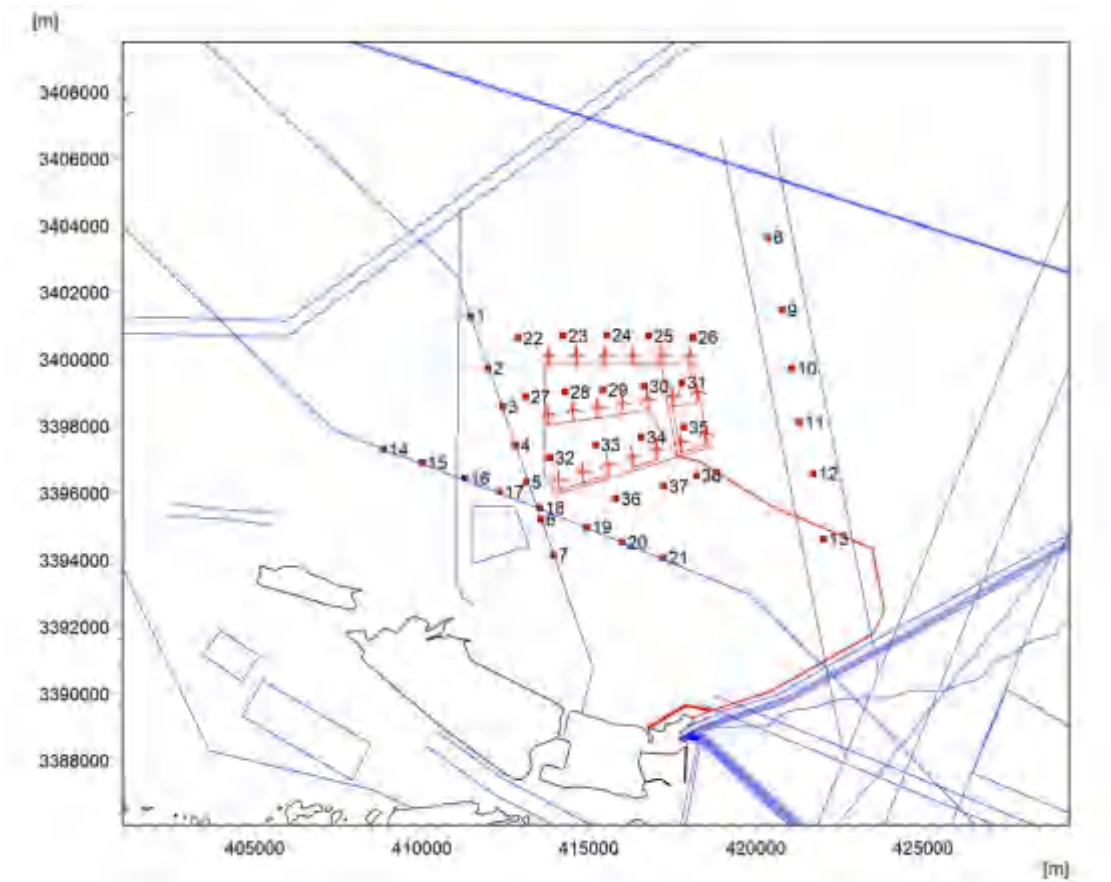


图 5.1-19 特征点位置示意图

表 5.1-1 特征点流速变化情况表（单位：m/s）

位置	编号	现状涨潮平均流速	涨潮平均流速变化值	现状落潮平均流速	落潮平均流速变化值
上海液化天然气（LNG）项目管道	1#	1.19	-0.01	1.12	0.00
	2#	1.20	-0.01	1.14	0.00
	3#	1.21	-0.02	1.16	0.00
	4#	1.22	-0.01	1.16	0.00
	5#	1.23	-0.02	1.15	0.00
	6#	1.27	0.01	1.18	0.00
	7#	1.29	0.00	1.23	0.00
	8#	1.19	0.00	1.12	0.00
	9#	1.21	0.00	1.13	0.00
洋山港东支航道	10#	1.21	0.00	1.14	0.00
	11#	1.20	0.00	1.14	-0.01
	12#	1.15	0.00	1.16	-0.01
	13#	1.11	0.00	1.17	0.00
	14#	1.23	0.00	1.14	0.00
	15#	1.23	0.00	1.14	0.00
	16#	1.24	0.00	1.14	0.00

中日海底通信光缆	17#	1.24	0.01	1.15	0.00
	18#	1.25	0.01	1.17	0.00
	19#	1.28	0.00	1.21	0.00
	20#	1.27	0.00	1.22	0.00
	21#	1.26	0.00	1.21	0.00
	22#	1.21	-0.02	1.14	0.00
	23#	1.22	-0.01	1.15	0.01
	24#	1.23	0.00	1.16	0.01
	25#	1.22	0.00	1.16	0.01
	26#	1.23	0.00	1.17	0.01
	27#	1.21	-0.01	1.16	0.00
	28#	1.22	-0.01	1.17	0.01
厂区周边	29#	1.23	-0.01	1.17	0.00
	30#	1.23	-0.01	1.17	-0.02
	31#	1.23	0.00	1.17	-0.02
	32#	1.23	-0.01	1.17	0.00
	33#	1.22	-0.02	1.18	-0.01
	34#	1.21	0.00	1.18	-0.01
	35#	1.22	0.00	1.18	-0.01
	36#	1.24	0.00	1.19	-0.02
	37#	1.21	0.00	1.20	-0.01
	38#	1.18	0.00	1.19	-0.02

5.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

5.2.1 工程实施后对周边海域冲淤影响分析

图 5.2-1、图 5.2-2 所示分别为工程实施后首年和冲淤平衡后冲淤变化。工程实施后首年，本厂区东西两侧海域呈淤积态，厂区南北侧局部区域呈冲刷态。淤积区整体呈带状分布在工程东西两侧，随着距离桩基距离越远淤积幅度越小，淤积幅度为 0.04m 的范围分布在厂区周边约 7.5km 范围内，南北两侧冲刷幅度约为 0.02m。至冲淤平衡后，冲淤趋势与首年相近，但幅度相对较大，淤积幅度为 0.1m 的范围分布在厂区周边约 7.0km 范围内，南北两侧冲刷幅度约为 0.1m。

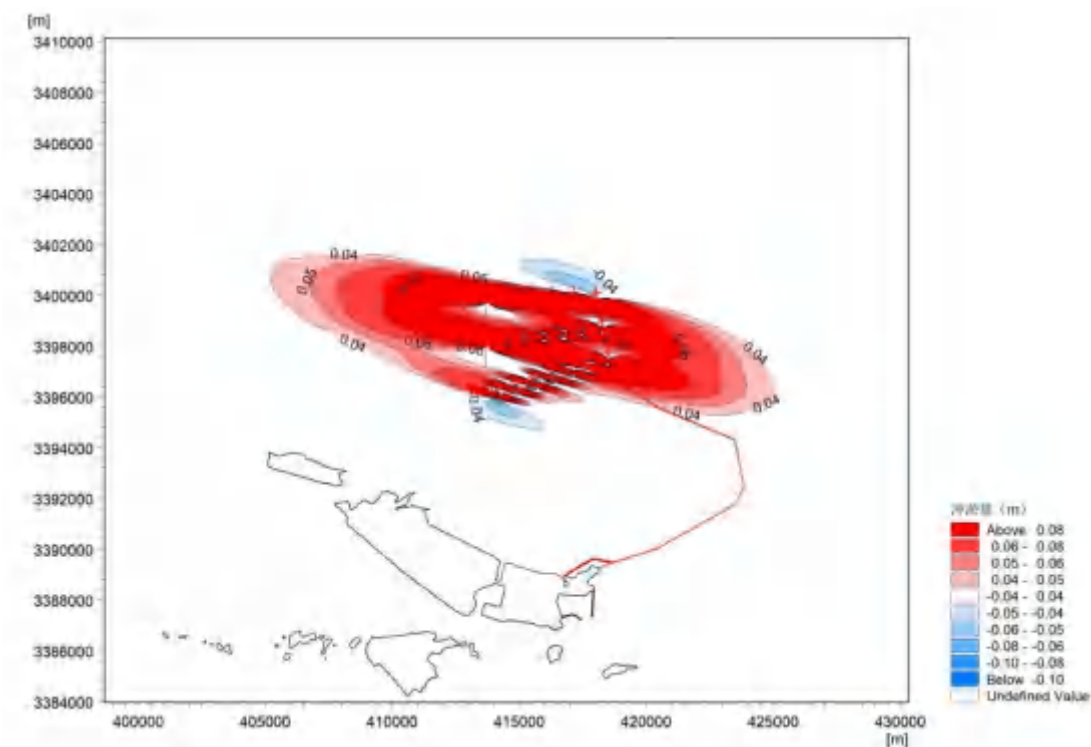


图 5.2-1 工程实施后首年冲淤变化

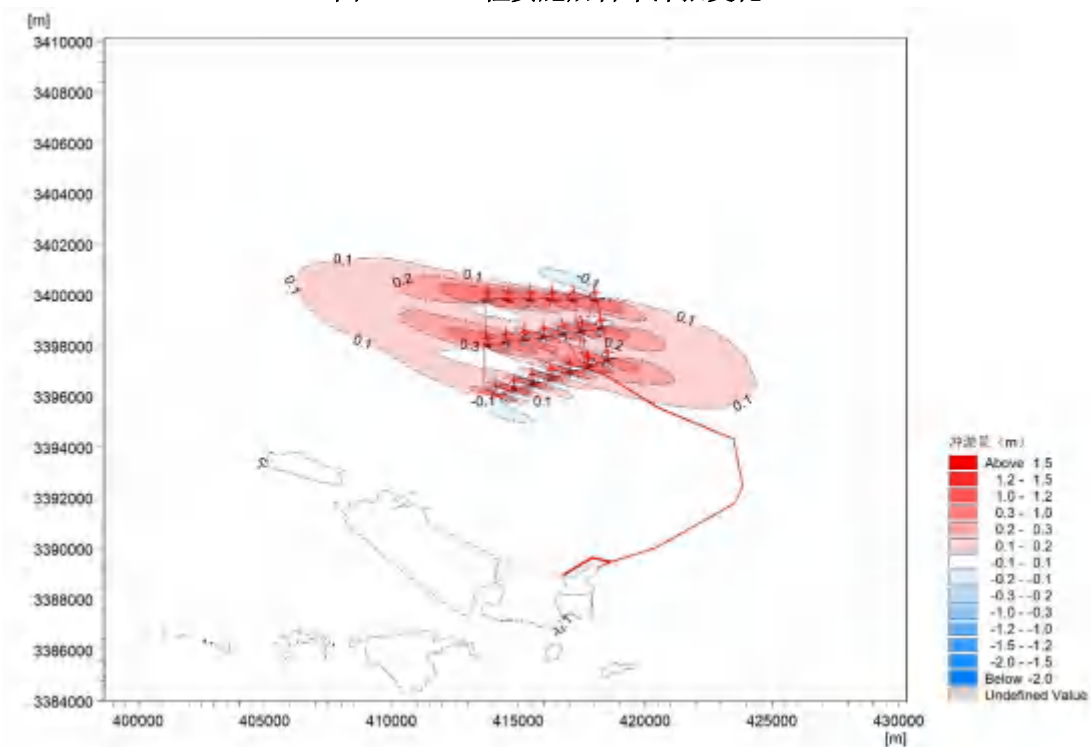


图 5.2-2 工程实施冲淤平衡后冲淤变化

5.2.2 特征点冲淤影响分析

为定量分析工程实施后对周边海域的影响，在工程周边布置 38 个特征点，来分析其冲淤变化情况，特征点位置示意图见图 5.1-19。表 5.2-1 为特征点冲淤变化情况表。

由表可得，工程实施后各特征点冲淤变化幅度较小，首年冲淤变化幅度最大为 0.10m，至冲淤平衡后，冲淤变化幅度最大为 0.21m。

表 5.2-1 特征点冲淤变化情况表（单位：m）

位置	编号	现状地形	一年冲淤	平衡冲淤	位置	编号	现状地形	一年冲淤	平衡冲淤
上海液化天然气（LNG）项目管道	1#	-11.1	0.03	0.06		22#	-11	0.08	0.18
	2#	-11.2	0.04	0.09		23#	-10.9	0.03	0.06
	3#	-11.2	0.09	0.20		24#	-10.7	-0.03	-0.07
	4#	-11.7	0.03	0.06		25#	-10.7	-0.05	-0.11
	5#	-12.2	0.09	0.20		26#	-10.7	-0.04	-0.08
	6#	-12.7	-0.04	-0.08		27#	-11	0.04	0.09
	7#	-13.5	-0.02	-0.05		28#	-10.8	0.01	0.02
洋山港东支航道	8#	-10.5	-0.01	-0.02	厂区周边	29#	-10.7	0.05	0.11
	9#	-10.7	-0.01	-0.02		30#	-10.7	0.09	0.19
	10#	-11.1	0.01	0.03		31#	-10.8	0.10	0.21
	11#	-11.4	0.07	0.15		32#	-11.6	0.03	0.07
	12#	-11.4	0.06	0.13		33#	-11.3	0.09	0.19
	13#	-11.9	0.02	0.05		34#	-11.1	0.06	0.12
	14#	-12.3	0.03	0.06		35#	-10.9	0.03	0.07
	15#	-12.3	0.03	0.06		36#	-11.9	0.06	0.13
	16#	-12.3	0.03	0.06		37#	-11.4	0.05	0.10
中日海底通信光缆	17#	-12.4	-0.01	-0.03		38#	-11.3	0.09	0.20
	18#	-12.5	-0.05	-0.10					
	19#	-12.5	-0.04	-0.09					
	20#	-12.5	-0.03	-0.07					
	21#	-12.4	-0.02	-0.05					

5.3 水环境影响预测与评价

5.3.1 施工悬浮物影响分析

5.3.1.1 控制方程

采用悬浮物扩散模式：

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial (uS)}{\partial x} + \frac{\partial (vS)}{\partial y} = F_s - \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial S}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial S}{\partial y} \right) - F_v$$

S——悬浮物含沙量；

D_h——水平方向的扩散系数，可以取为某一常数，也可以取为磨阻流速分量的函数；

F_v——单位时间悬浮物扩散中的沉降项，F_v=α W_s，α 为沉降系数，W 为沉降速度；

F_s——输入源强。

5.3.1.2 源强

根据设计单位提供资料，电缆敷设深度不小于 3.0m，沟槽底宽 0.5m，沟上顶宽 1m，挖沟剖面为倒梯形，开挖截面为 2.25m^2 ，海缆敷设速度约为 $3\text{m}/\text{min}$ 。根据工程区地质勘查结果，工程区附近海域沉积物干密度为 $1190\text{kg}/\text{m}^3$ 。电缆施工悬浮物源强为 $2.25 \times 3 \times 1/60 \times 1190 \times 25\% = 33.47\text{kg}/\text{s}$ 。本次施工悬浮泥沙源强为 $33.47\text{kg}/\text{s}$ 。

5.3.1.3 施工期作业悬浮泥沙预测结果及分析

根据悬浮物输移扩散的特性以及本次工程平面布置的特点，对于施工所引起的悬浮泥沙扩散来说，在海缆处布置 189 个固定点源分别计算各点源在大小潮期间的悬沙扩散情况，源强大小为单点源强，每个源强释放时间为 12 小时，并计算至完全沉降后再进行下一点源的释放。各源强点位置如图 5.3-1 所示。

计算得到各点源工程附近悬浮物浓度最大增量，最后将 189 个点各特征浓度增量值包络线连接，得到工程区及其附近悬浮物浓度增量的最大可能分布图，从而预测工程施工可能产生的悬浮物影响范围。

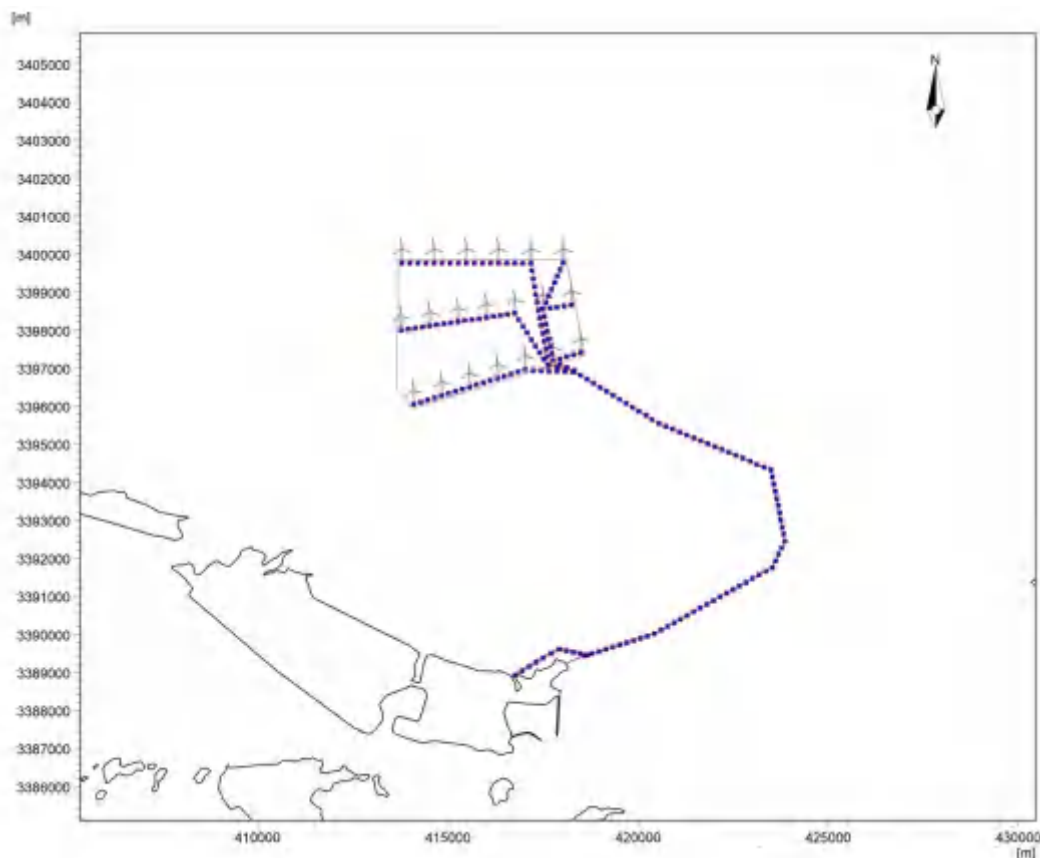


图 5.3-1 施工源强点分布图

施工作业开始后,进入水体的悬浮泥沙除部分发生落淤之外,另一部分则在潮流作用下,在施工点附近水域作输移扩散,且随着时间延长,施工产生的悬浮泥沙增量浓度将逐渐趋于 0,海域水体含沙量也将逐渐恢复到自然状态的含沙量。悬浮泥沙随着涨、落潮水流发生扩散,悬浮物输移方向与潮流方向基本一致。工程施工产出的悬浮泥主要集中在工程附近区域。由于泥沙沉降的原因,离工程区越远,海水中悬浮物浓度增量越小。图 5.3-2 和图 5.3-3 为大、小潮情况下施工作业悬浮泥沙浓度增量包络图。图 5.3-4 为全潮(大、小潮)情况下施工期作业悬浮泥沙浓度增量包络图。表 5.3-1 所示为悬浮泥浓度包络统计表。

大潮情况下,施工期悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的包络面积为 83.97km²,浓度大于 20mg/L 的包络面积为 43.30km²,浓度大于 50mg/L 的包络面积为 13.09km²,浓度大于 100mg/L 的包络面积为 4.82km²,浓度大于 150mg/L 的包络面积为 4.59km²。

小潮情况下,施工期悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的包络面积为 87.45km²,浓度大于 20mg/L 的包络面积为 45.66km²,浓度大于 50mg/L 的包络面积为 13.03km²,浓度大于 100mg/L 的包络面积为 5.44km²,浓度大于 150mg/L 的包络面积为 5.19km²。

全潮情况下,施工期悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的包络面积为 90.73km²,浓度大于 20mg/L 的包络面积为 46.77km²,浓度大于 50mg/L 的包络面积为 13.48km²,浓度大于 100mg/L 的包络面积为 5.44km²,浓度大于 150mg/L 的包络面积为 5.19km²。

表 5.3-1 施工悬浮物浓度包络统计

潮型	≥10mg/L	≥20mg/L	≥50mg/L	≥100mg/L	≥150mg/L
大潮	83.97	43.30	13.09	4.82	4.59
小潮	87.45	45.66	13.03	5.44	5.19
全潮	90.73	46.77	13.48	5.44	5.19

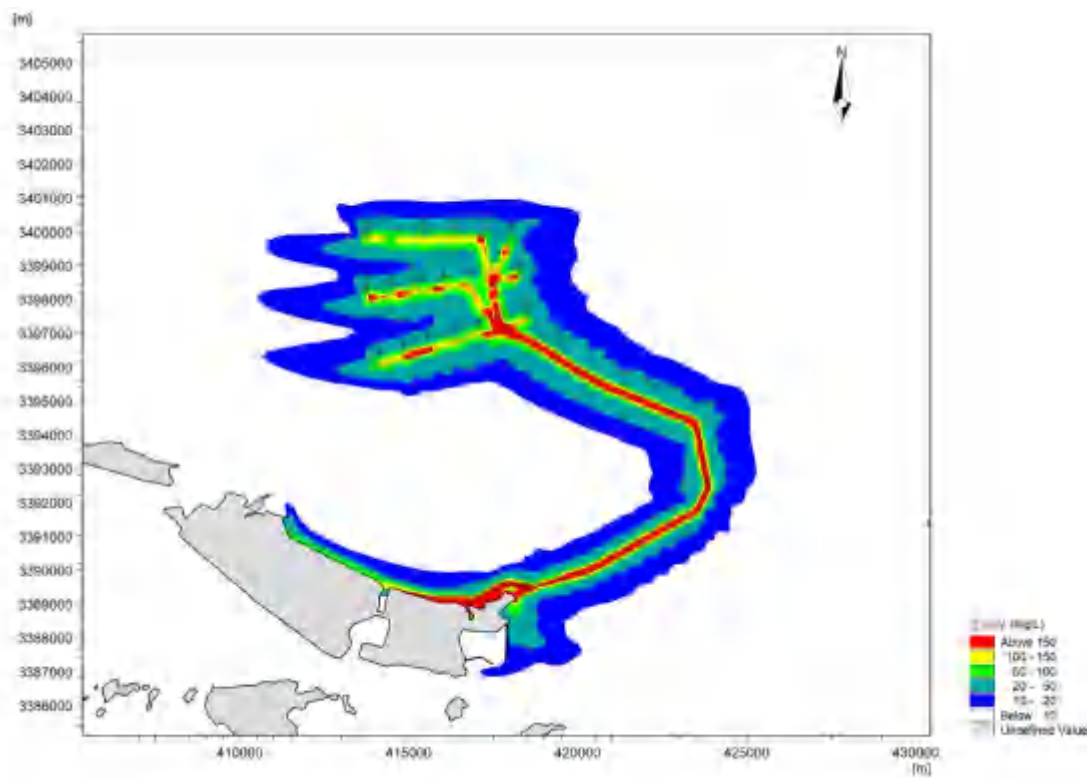


图 5.3-2 施工大潮悬浮泥浓度增量包络分布图

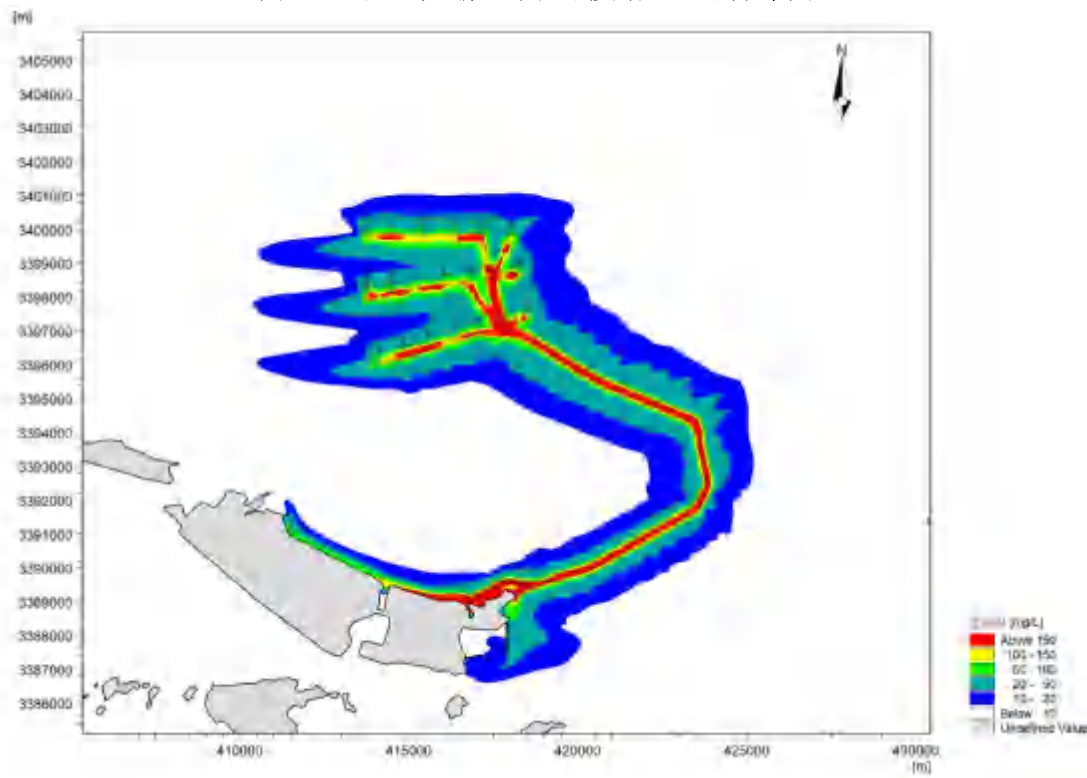


图 5.3-3 施工小潮悬浮泥浓度增量包络分布图

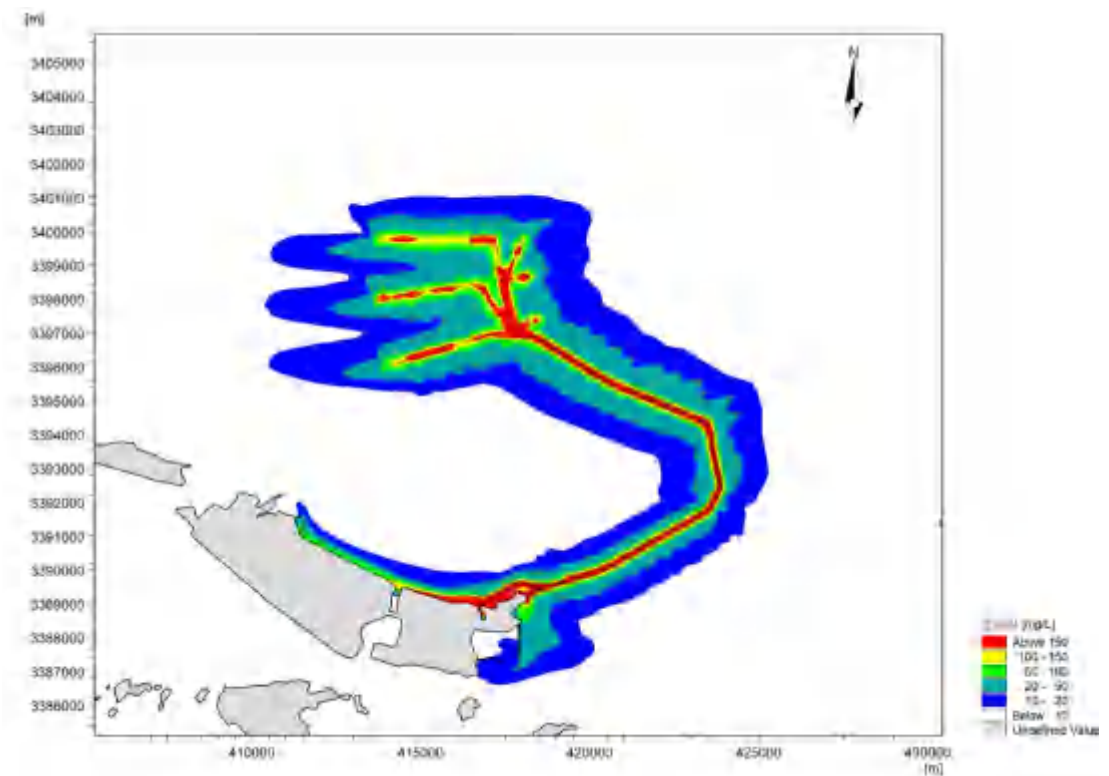


图 5.3-4 施工全潮悬浮泥浓度增量包络分布图

5.3.2 施工污水影响分析

1.海域污水

船舶生活污水委托船舶污染处理公司进行统一收集和处置，对周边海域基本无影响。船舶含油废水主要是施工船舶、设备产生的残油、废油及机舱油污水，其主要污染因子为石油类。根据《<73/78 防污公约>2011 年附则修正案》等，船舶含油污水禁止排入海域，含油污水收集后，均交由有资质单位接收处理，因此对周边海域环境没有影响。

2.陆域污水

施工期，陆上临时施工区将产生污水，1#施工区生活污水采用化粪池处理后纳入港区管网。1#施工区检修过程中产生含油废水采用隔油沉淀处理方案，隔除的浮油以及沉淀的污泥送至有资质的单位处置，出水用于各施工厂区和道路洒水。

2#施工区在施工场地设置污水生化处理池，施工人员产生的生活污水经污水生化处理池处理后，定期清理，不直接排入环境水体；站内施工机械、进出车辆清洗废水经收集、沉砂、澄清处理后回用于车辆冲洗及施工场地洒水抑尘，不随意排放。灌注桩基础施工等产生的少量施工废水采用沉淀池沉淀后回用，对周围

水环境的影响很小。

因此，施工期各项污废水均不外排，不会对地表水环境产生影响。

5.3.3 营运期对水环境影响分析

运行期间污废水主要为本项目维护和管理人员产生的生活污水经污水生化处理池处理后，回用于站区道路冲洗和绿化，不会对水环境产生影响。

本项目风机基础采用钢结构，外露部分采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，辅以长寿命重防腐涂料环氧玻璃鳞片漆进行防腐，漆膜干膜厚度 800~1000 μm ，环氧玻璃鳞片涂层是由环氧树脂、玻璃鳞片、颜料、固化剂、助剂和稀释剂等组成，具有很强的耐水性、耐盐水性、耐油性，在海水环境中基本不会物质溶出，对海水水质基本不产生影响；对泥下区采用外加电流阴极保护方式进行防腐，无阳离子析出，不会对海水水质产生影响。

5.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

5.4.1 施工期影响分析

本项目施工期生活污水和施工机械油污水以及施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等均收集运至岸上处理，不会对附近海域沉积物造成影响。

施工悬浮物影响范围内的悬浮泥沙将会沉积到海底，由于悬浮泥沙主要是来源于原有的海底沉积物、数量较少且持续时间较短，施工产生的悬浮泥沙与影响范围内的沉积物理化指标基本相同，因此施工产生的悬浮物不会对周边海域沉积物环境质量明显影响。

5.4.2 运营期影响分析

本项目风机基础采用环氧玻璃鳞片漆防腐涂层和外加电流阴极保护方式进行防腐，外加电流阴极保护方式无阳离子析出，环氧玻璃鳞片涂层是由环氧树脂、玻璃鳞片、颜料、固化剂、助剂和稀释剂等组成，具有很强的耐水性、耐盐水性、耐油性，在海水环境中基本不会物质溶出，不会对海洋沉积物产生影响。

本项目采用固化土进行防冲刷保护，固化剂成分主要包括二氧化硅，5%-30%氧化铝及微量的氧化铁、硫酸钠、氧化镁、重金属等。目前固化土在海洋工程防冲刷中广泛应用。本次通过类比江苏滨海港固化土监测情况分析项目实施后对海洋沉积物质量的影响程度。

2018 年 8 月, 南通海洋监测中心站在北海港附近海域开展了固化土监测, 共采集 5 个站位样品, 监测项目包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硫化物、石油类、有机碳、666、DDT、PCBs。其监测结果表明, 各监测因子均满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第一类标准。

表 5.4-1 固化土样品监测结果

序号	项目	最小值	最大值	沉积物质量标准 第一类
1	硫化物 ($\times 10^{-6}$)	2.42	15.8	300
2	石油类 ($\times 10^{-6}$)	12	38.7	500
3	有机碳 ($\times 10^{-6}$)	0.3	1.04	2
4	铜 ($\times 10^{-6}$)	32.2	35.7	35
5	铅 ($\times 10^{-6}$)	14.4	16.4	60
6	锌 ($\times 10^{-6}$)	76.8	80	150
7	镉 ($\times 10^{-6}$)	0.035	0.0774	0.5
8	铬 ($\times 10^{-6}$)	32.8	34.4	80
9	汞 ($\times 10^{-6}$)	0.0331	0.0362	0.2
10	砷 ($\times 10^{-6}$)	12.8	14.2	20

注: 666、DDT、PCBs 均未检出

因此, 根据类比分析可知, 工程采用固化土进行防护后, 风机周边沉积物质量能够满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 第一类标准, 对海洋沉积物的影响较小。

5.5 生态影响预测与评价

5.5.1 施工期对海洋生态环境的影响预测与评价

5.5.1.1 对生物多样性的影响

工程场址范围主要为近海海域, 场区内生物种类组成与场区周边海域种类基本相同, 工程施工主要涉及风电场区域, 对海洋生物的影响主要为施工带来的悬浮物浓度增加、振动、施工噪声等干扰等, 均为暂时影响, 对区域生物多样性影响小。

5.5.1.2 悬浮物对浮游生物的影响

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。从水生生态系食物链角度看,初级生产力下降,必将影响正常食物链的传递,最终导致水域可利用生物资源量下降。

施工过程中引起的入海悬浮泥沙是暂时和有限的。随着工程施工结束,泥沙通过沉降作用,水质将逐渐恢复,浮游生物会逐渐恢复正常。有关资料表明,浮游生物群落的重新建立需要几天到几周时间,基础打桩完成后进行海底电缆铺设,电缆冲埋为线性施工,不产生持续性影响,因此电缆冲埋施工参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》,不考虑生物资源的累计损害量。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)(农业部,2008年3月1日起施行),10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L的影响水域中浮游动物、浮游植物损失率分别取5%、30%、50%和50%,项目海域浮游植物细胞个数春秋两季平均值为 5.4×10^5 cells/m³,浮游动物生物量春秋两季平均值为80.2mg/m³。

则工程施工将引起浮游植物受损的数量约 1.98×10^{14} 个,浮游动物损失量29.489t。见下表。

施工过程中引起的入海悬浮泥沙是暂时和有限的。随着工程施工结束,泥沙通过沉降作用,水质将逐渐恢复,浮游生物会逐渐恢复正常。有关资料表明,浮游生物群落的重新建立需要几天到几周时间,本项目施工期短,电缆为线性施工,不产生持续性影响,施工产生的悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期不利影响。

表 5.5-1 冲埋施工浮游生物损失估算表

序号	生物类别	生物资源平均密度	损害面积(km ²)	损失率	损失量
1	浮游植物	5.4×10^5 cells/m ³	90.73	5%	2.94×10^{13} cells
			46.77	30%	9.09×10^{13} cells
			13.48	50%	4.37×10^{13} cells
			10.63	50%	3.44×10^{13} cells
		小计	/	/	1.98×10^{14} cells
2	浮游动物	80.2mg/m ³	90.73	5%	4368.65kg
			46.77	30%	13511.85kg
			13.48	50%	6490.62kg
			10.63	50%	5118.35kg
		小计	/	/	29489.47kg

5.5.1.3 对底栖生物的影响

工程施工对区域内底栖生物的影响主要包括海缆埋设过程中的开挖作业以及风机桩基占用对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。

海缆施工为冲埋施工，海底电缆开沟犁作业宽度 0.5m，考虑干扰按 3m 计算，则本项目海底电缆施工影响面积总计约 26.0574hm²，该范围内的底栖生态环境全部被破坏，栖息于这一范围内的底栖动物将全部丧失，工程周边海域底栖生物平均生物量约 2.10g/m²。则海底电缆施工造成的底栖生物一次性损失量为： $2.10\text{g/m}^2 \times 260574\text{m}^2 = 0.547\text{t}$ 。

本项目海底电缆铺设时，其施工范围内的底栖生态环境全部被破坏，该范围内的底栖生物将全部损失；海缆铺设完成后其所在海域可形成新的底栖生态环境，底栖生物量可逐步恢复。因此海缆建设对底栖生物的影响为一次性，按 3 倍计算，生物资源价格为 2022 年舟山市海洋捕捞产值与产量均值的比值为 1.66 万元/吨。海底电缆施工造成的底栖生物损害的经济价值为： $0.547\text{t} \times 1.66 \text{ 万元/t} \times 3 \text{ (倍)} = 2.72 \text{ 万元}$ 。

根据设计资料，无过渡段大直径单桩基础桩径约 8.5m~9.5m，本报告取最大 9.5m，则 20 台风机桩基占用海域面积为 1398.88m²，该范围内的底栖生态环境全部被破坏，栖息于这一范围内的底栖动物将全部丧失，工程周边海域底栖生物平均生物量约 2.10g/m²。则桩基占用造成的底栖生物一次性损失量为： $2.10\text{g/m}^2 \times 1398.88\text{m}^2 = 2.94\text{kg}$ 。

5.5.1.4 对渔业资源的影响

(1) 施工悬浮物对渔业资源的影响

施工过程中，产生的悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。首先是悬浮微粒中含有大小不同、从几十微米到十余微米的矿质颗粒，悬浮微粒过多时将导致水体混浊度增大，透明度降低，不利于天然饵料的繁殖生长。其次水体中大量存在的悬浮物会造成鱼类呼吸困难和窒息现象，因为悬浮物微粒随鱼的呼吸动作进入鳃部，会沉积在鳃瓣鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且会阻断气体交换，严重时导致窒息。

悬浮颗粒将直接对海洋生物仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡，大量悬浮物造成水体严重缺氧而导致生物死

亡，悬浮物有害物质二次污染造成生物死亡等。不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。

根据王云龙等(1999)长江口疏浚泥悬沙对中华绒螯蟹早期发育的试验结果，当悬沙浓度为 8g/L 时，不会对中华绒螯蟹的交配、产卵和胚胎发育造成影响。在原肠期以前，胚胎成活率几乎为 100%，但当胚胎发育至色素形成期产生一定程度的影响，试验结果三组数据最大死亡率为 60~70%，最小为 5~10%，平均为 30%。但本项目悬浮物浓度持续时间远低于试验条件。可以认为，工程悬浮物增量引起的幼体死亡率应低于 5%。此外，在自然环境中，由于悬沙量增加，降低水中透光率，从而引起浮游植物生产量的下降，进而影响以浮游植物为食的浮游动物的丰度，间接影响溞状幼体和大眼幼体的摄食率，最终影响其发育和变态。海水中悬浮物增加，会对游泳鱼类的正常生理行为产生影响，由于海洋生物的“避害”反应，工程附近海域自然生长的游泳动物将变少。

(2) 悬浮物对渔业资源的影响

① 工程区生物资源密度和生物量见下表所示：

表 5.5-2 生物资源密度和生物量

	春季	秋季	平均值
浮游植物 cells/m ³	555000	525000	5.4×10^5
浮游动物 mg/m ³	76.9	83.6	80.25
鱼卵粒/m ³	0.216	0	0.11
仔稚鱼尾/m ³	0.518	0	0.26
鱼类 kg/km ²	228.09	318.41	273.25
虾类 kg/km ²	21.98	53.16	37.57
蟹类 kg/km ²	176.79	132.94	154.87

② 生物损失率取值

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，工程施工悬浮泥沙扩散浓度为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 的影响水域中鱼卵仔鱼、各类幼体损失率分别取 5%、30%、50%和 50%，成体损失率分别取 1%、10%、20%和 20%。

③ 施工期悬浮物增量影响面积

根据渔业水质标准，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应 $\leq 10\text{mg/L}$ ，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对渔业资源生长造成影响。根据数模预测结果，本项目施工悬浮物 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 的包络线面积分别为 90.73km²和 46.77km²、13.48km²和 10.63km²。

④ 工程区水深

根据水深地形图可知，工程影响海域平均水深为 12m。

⑤ 影响周期

由于桩基施工产生的悬浮物源强远低于电缆敷设施工的悬浮物源强，引起周围海域悬浮物浓度范围较小。本报告仅计算电缆敷设引起的悬浮泥沙对周边海洋生物的影响。根据施工计划安排，电缆施工在 2 个月左右，但实际施工中，由于电缆施工的分段性，任何段敷设对海域底泥干扰造成的悬浮泥沙扩散在时间上都是分开的，正常情况下，每个部位的电缆敷设造成悬浮泥沙扩散不会超过 15 天，即一个损害周期内可完成。

⑥ 悬浮物增量扩散造成海洋生物损害量估算

本项目工程施工引起的悬浮物扩散造成的海洋生物损害量结果，鱼卵、仔鱼一次性损害量分别为 3.97×10^7 cells、 9.52×10^7 尾；鱼类、虾类、蟹类成体的一次性损害量分别为 2843.52kg、390.96kg、1611.57kg。

表 5.5-3 冲埋施工悬浮物造成的海洋生物一次性损害量估算结果

序号	生物类别	生物资源平均密度	损害面积 (km ²)	损失率	损失量
1	鱼卵	0.11 粒/m ³	90.73 (10~20mg/L)	5%	5.88×10^6 cells
			46.77 (20~50mg/L)	30%	1.82×10^7 cells
			13.48 (50~100mg/L)	50%	8.74×10^6 cells
			10.63 (>100mg/L)	50%	6.89×10^6 cells
		小计	/	/	3.97×10^7 cells
2	仔稚鱼	0.26 尾/m ³	90.73 (10~20mg/L)	5%	1.41×10^7 尾
			46.77 (20~50mg/L)	30%	4.36×10^7 尾
			13.48 (50~100mg/L)	50%	2.09×10^7 尾
			10.63 (>100mg/L)	50%	1.65×10^7 尾
		小计	/	/	9.52×10^7 尾
3	鱼类	273.25kg/km ²	90.73 (10~20mg/L)	1%	247.92 kg
			46.77 (20~50mg/L)	10%	1277.99kg
			13.48 (50~100mg/L)	20%	736.68kg
			10.63 (>100mg/L)	20%	580.93kg
		小计	/	/	2843.52kg
4	虾类	37.57kg/km ²	90.73 (10~20mg/L)	1%	34.09kg
			46.77 (20~50mg/L)	10%	175.71kg
			13.48 (50~100mg/L)	20%	101.29kg
			10.63 (>100mg/L)	20%	79.87kg
		小计	/	/	390.96 kg
5	蟹类	154.87kg/km ²	90.73 (10~20mg/L)	1%	140.51kg

			46.77 (20~50mg/L)	10%	724.30kg
			13.48 (50~100mg/L)	20%	417.52kg
			10.63 (>100mg/L)	20%	329.24kg
		小计	/	/	1611.57kg

⑦ 渔业资源经济补偿价值

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），本项目工程海域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。悬浮物增量扩散导致的生物资源损害和损失补偿额按照一次性损害额的 3 倍计算。

鱼苗价格：根据 2023 年浙江省公共资源交易服务平台系统、浙江省政府采购网等政府渔业资源增殖放流项目的中标（成交）结果公告，大黄鱼（体长≥5.0 cm）单价 0.1 元/尾（宁波市象山港水产引种育种有限公司报价），黑雕（体长≥5.0 cm）单价 0.20 元/尾（舟山市普陀兴海养殖优质种苗选育研究所报价），黄姑鱼（体长≥5.0 cm）单价 0.30 元/尾（舟山市普陀兴海养殖优质种苗选育研究所报价）；本报告以体长≥5cm 且上述均价 0.20 元/尾作为苗种价格。

本项目工程悬浮物扩散造成海洋生物损害的经济价值为 333.47 万元。

表 5.5-4 本项目工程悬浮物增加扩散造成海洋生物损害的经济价值估算

渔业资源种类	损害量	成活率	单价	损害经济价值 (万元)
鱼卵	3.97×10^7 cells	1%	0.2 元/尾	7.94
仔鱼	9.52×10^7 尾	5%		95.17
鱼类成体	2843.52kg	100%	16.7 元/kg	4.72
虾类成体	390.96 kg	100%		0.65
蟹类成体	1611.57kg	100%		2.68
小计	/	/	/	111.16
总计	一次性损害额的 3 倍			333.47

5.5.2 运行期对海洋生态环境的影响预测与评价

(1) 对海洋生态的影响

①影响分析

根据前章水文动力和泥沙冲淤影响评价结论，项目建成后除风机桩基周围局部区域外，海域的水文动力和泥沙冲淤环境基本不会改变，且项目建成运行后基本不会造成海域水质和沉积物环境的变化，因此海域海洋生态生境条件较项目实施前无明显变化，项目建成后项目所在海域的生物类型、数量、组成等均不会发

生明显变化，项目运行期对海洋生态环境影响较小。但风机基础的修筑会造成少量海洋底栖生境的永久丧失，项目运行期无法恢复。

风电场建成后，该海域原有的平稳流态受到扰动，形成有快、有慢以及产生滞留带，该海域水流的变动必然与鱼群移动和栖息有着相互的关联性。风电场建成后在迎流面产生一定程度的壅水，在背流面产生涡流。壅水的形成促使工程附近水体垂直交换，海底的营养盐被翻起和扩散，壅水不断将底层、近底层低温、高盐富营养的海水涌升至表层，从而加快营养物质循环速度，并可能引起浮游生物的增加和水质的改善，使该区域成为鱼类的聚集地。基础后部的涡流，影响作用是多方面的，在背面会产生压强相对较小区域，海底的泥沙，大量的悬浮物等都会在此停滞，从而引来鱼群。桩基附近海域由于水的充分交换，不但形成理想的营养盐运转环境，而且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，从而对渔业资源增殖产生有利影响。

②损失评估

工程建设引起工程海域的水动力条件及泥沙运动发生变化，由此造成工程海域的水下地形发生冲淤变化，主要表现为，沿涨落潮流方向的桩基两侧发生淤积现象，而垂直于潮流主轴方向的桩基两侧则发生冲刷现象，即工程建设后大体呈现出流速减小的地方发生淤积，流速增加的地方发生冲刷。总体上看，泥沙冲淤的影响范围主要集中在桩基附近。本项目在桩基基础结构设计时，考虑了冲刷深度影响，基本上可以保证在风机基础结构在预计冲刷条件下的结构安全。但是持续冲刷会造成范围内的底栖生物丧失。

工程桩基占海造成的底栖生物永久性损失面积为 1398.88m²。

表 5.5-5 本项目桩基占用海域面积计算表

类型	桩基直径 m	数量	每个桩数	面积 m ²
风机桩基	8.5m~9.5m	20	1	1398.88

本项目最大冲刷半径 17.7m，固化土防护范围为冲刷造桩径的 2D~3D（26.1、28.8m），因此冲刷和固化土防护造成的底栖生物损失面积按照较大的 3D 范围计算（扣除风机桩基永久占海面积），合计约 11623.33m²。

根据海洋生态环境调查结果，工程周边海域底栖生物平均生物量约 2.10g/m²。则风机桩基永久占用海域造成的一次性损失为： $2.10\text{g/m}^2 \times 1398.88\text{m}^2 = 0.0029\text{t}$ ；防护造成的一次性损失为： $2.10\text{g/m}^2 \times 11623.33\text{m}^2 = 0.0244\text{t}$ 。

本项目永久占海和防护造成的底栖生物损失均按照 20 年补偿计算，永久损害的经济价值为： $0.0273t \times 1.66 \text{ 万元/t} \times 20 \text{ (年)} = 0.90 \text{ 万元}$ 。

(2) 对海洋生态系统服务功能的影响分析

海上风电场项目建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在造成部分生态系统服务功能的破坏或丧失。海洋生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。项目建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、养殖生产、污染净化、生物多样性维持等 4 个方面的主导功能。

① 物种栖息地

项目建设所在海域是部分水生动物栖息、繁殖场所，也临近候鸟的迁徙区。风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，对成体造成回避。但在运行期基本不受影响。由于海缆施工过程中占用少量滩涂造成鸟类觅食面积减少，对鸟类的觅食范围产生一定影响。

② 养殖生产

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。项目海域主要提供养殖和捕捞海产品。风机基础实际占用海域面积较小，且风电场不占用养殖区水域；送出海缆不占用养殖区水域。因此，工程对养殖生产功能影响较小。

③ 污染物净化

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

④ 生物多样性维持

生物多样性主要考虑物种多样性维持、生态系统多样性维持。

根据海洋环境现状调查结果，工程海域春秋季节调查出的浮游动植物、潮间带生物、底栖生物、游泳动物为常见种类，未调查到珍稀海洋动植物。工程施工期间的悬浮物会造成浮游动植物、潮间带生物、底栖生物和鱼卵仔鱼一定的损失，

运行期风机噪声影响较为有限。因此，工程建设对当地海洋生物多样性、海洋生态系统多样性维持不会产生明显的影响。

5.5.3 陆域生态影响分析

本项目 1#施工区为港口码头用地，现状已无植被分布，2#工区为填海形成的陆域，根据现场踏勘，工程区域有零星植被生长，植被覆盖率 10%左右。

（1）对土地利用的影响

本项目占地性质包括永久占地和临时占地，永久占地为换流站占地，临时占地主要为施工场地占地。

本项目临时占地施工结束后将通过植被恢复、表土回填等方法恢复其原有土地功能，对土地利用的影响是短暂的、可恢复的；永久占地面积相对较小，因此，项目，对土地利用的影响轻微。

（2）对植物的影响

换流站占地类型为未利用地，根据实地调查，占地和评价范围内主要植物为常见种类。

因此，本项目的建设可能造成所在区域植被数量上的轻微减少，但不会造明显减少和植被类型的减少，也不会造成所在区域内植物多样性及群落结构的变化，对植物资源的影响较小。

（3）对动物的影响

项目所在区域不涉及珍稀濒危野生动物生境，工程沿线附近未见有国家重点保护野生生物。

因此，本项目的建设对区域内的动物影响很小且影响时间较短，这种影响将随着施工的结束和临时占地植被的恢复而缓解、消失，不会对陆生生物的生存造成威胁，也不会破坏其生境。

5.6 水上噪声影响预测与评价

5.6.1 施工期

工程施工期水上噪声对海洋动物的影响源主要是施工期船舶运输噪声。船舶航行引起的水下声环境变化预测，根据厦门大学在厦门五缘湾海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的监测。厦门西海域为厦门港的主要航道，监测的船舶渔船经

过时的海洋环境噪声变化情况。一艘渔船由远到近，之后又远离时所（最近距离 20m）监测到的船舶噪声，其监测结果表明：一般货运船舶噪声的均方根声压级平均值约为 125.5dB，比海洋环境噪声提高了约 10~15dB。部分航速较快、吨位较大、航行中仍在施工或其他增大水下噪声的原因的船舶其峰值声压级可以达到 150dB 以上。由于风电场周边 500m 范围内无声环境敏感目标，因此，施工船舶运输噪声对水上声环境影响不大。船舶航行声压谱级的变化，见表 5.6-1。

表 5.6-1 船舶经过前与后的海洋环境噪声变化

频率 (kHz)	0.1	0.5	1	2	5
船舶经过前噪声谱级 (dB)	95	93	94	88	80
船舶经过时噪声谱级 (dB)	108	110	112	100	98
增加谱级数 (dB)	13	17	18	12	18
工程海域水下背景噪声谱级最大值 (dB)	98.2	87.5	87.0	73.7	67.8
本项目海域船舶经过时噪声叠加值 (dB)	111.2	104.5	105	85.7	85.8

5.6.2 运行期

①预测目标

工程运行期主要为风机运行空气动力学噪声。

②预测方法

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

假定声音从一个点源无吸收衰减传播，则距离单台风机声源 r 处预测点 A 声级 $LP_{(r)}$ 计算公式为：

$$L_P(r) = L_w(r_0) - 10\lg(2\pi r^2)$$

式中： $LP_{(r)}$ 为单台风机声源 r 处预测点 A 声级，单位 dB (A)；

$LW_{(r_0)}$ 单台风机声源 r_0 处 A 声级，单位 dB (A)。

本项目风机轮毂中心高度为 145m，风机噪声源均以 115 dB (A) 作为评估分析，则营运期风机组噪声影响预测表见表 5.6-2 所示。

表 5.6-2 本项目风机组噪声影响预测表 单位：dB (A) /20μP

与轮毂直线距离(m)	250	400	500	700	800	1000	1200	1500
与桩基水平距离(m)	204	373	479	685	787	989	1,191	1,493
风机噪声(dB)	61	56	53	50	49	47	46	44

由此可得，在距离风机轮毂直线距离 250m 处（距桩基水平距离为 204m），

运营期风机噪声降为 61dB (A)；在离风机直线距离 700m 处（距桩基水平距离为 685m），运营期风机运行噪声降为 50dB (A)；在离风机直线距离 1000m 处（距桩基水平距离为 989m），运营期风机运行噪声降为 47B (A)。

在大多数情况下，由于风电机组间相距较远，每个风电机组可视为一个点声源，多个噪声在同一点的噪声叠加值比单个噪声值只略有增加，海上风电场的整体运行噪声很接近单个风机的运行噪声，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。

由本报告 4.1 节可知，2023 年 8 月，各测点噪声监测结果范围为 40.6dB~53.4dB，平均值为 47.4dB；2023 年 9 月，各测点噪声监测结果范围为 37.2dB~54.1dB，平均值为 42.8dB。测量时海况较好（2 级海况），在海况更差甚至下雨时，声环境背景值会更高。由表 5.6-3 可知，当距离单台风机 400m 时（距桩基水平距离为 373m），风机运行噪声降到 56dB 以下，随着与风机距离的增加，风机运行产生的噪声逐渐低于环境背景噪声，由于噪声掩蔽现象，风机噪声被背景值掩盖，故推测本海上风电场运行噪声对海上声环境影响仅限于风机附近。

根据 N 台风机距离声源 r 处的噪声水平总效应 $L_{p,total}(r)$ 公式，进一步分析本项目海上风电场运营期多台风机水上噪声叠加影响情况。

N 台风机距离声源 r 处的噪声水平总效应 $L_{p,total}(r)$ 为：

$$L_{p,total}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{\frac{L_{p,i}}{10}})$$

根据本海上风电场风电机组选型和布置方案，在风电场区共布置 20 台单机容量 12.5MW 的风电机组，总装机容量 250MW。风电场风机沿场区南北边界成行布置，共 3 行，风电机组行间距 1218~2005m，行内间距 769~1020m，风电机组最小间距 769m（约 2.96D）。

本项目单台风力发电机组噪声以最大声功率 115dB (A) 计算，且从更不利影响的角度，风机之间距离以 0.7km 分布计算，则运营期临近某台风机的 4 台风机在本台风机处产生的噪声源强为 50dB(A)。故可得邻近风机距离声源 r 处的噪声水平总效应 $L_{p,total}(r)$ 为：

$$L_{p,total}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{\frac{L_{p,i}}{10}}) = 10 \lg (10^{\frac{115}{10}} + 4 \times 10^{\frac{50}{10}}) \approx 115 \text{dB (A)}$$

由上式可得，临近的 4 台风机在某一风机处叠加所产生的噪声数值很小，与

单台风机产生的噪声水平相当。

为进一步验证海上风电场营运期水上噪声的强度，我公司对本项目工程周边海域的海上风电场开展了营运期水上噪声监测，具体如下：

2024 年 3 月 29 日，杭州海蛞蝓生态科技有限公司对嵊泗 2#海上风电场工程营运期升压站四周的声环境开展了监测，监测点位分布详见图 5.6-1。监测期间，海域水深约 11.3m~11.5m，天气晴，海况 2 级，风速 4.0m/s~4.5m/s。水上噪声监测结果表明，海面上环境噪声等效连续 A 声级主要分布在 49.8dB~56.5dB，最大等效连续声级约为 56.5dB，平均值为 52.0dB。详见表 5.6-3。



图 5.6-1 浙能嵊泗 2#海上风电场项目营运期升压站监测点位

表 5.6-3 嵊泗 2#海上风电场工程营运期升压站四周水上声环境现状监测结果

点位	主要声源	测量时间	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀
DC01	海面噪声	2024-3.29 16:26	50.2	51.4	49.6	47.2
DC02	海面噪声	2024-3.29 16:51	56.5	59.0	49.8	48.0
DC03	海面噪声	2024-3.29 15:56	51.3	51.8	54.0	52.0
DC04	海面噪声	2024-3.29 16:11	49.8	51.4	49.8	48.6

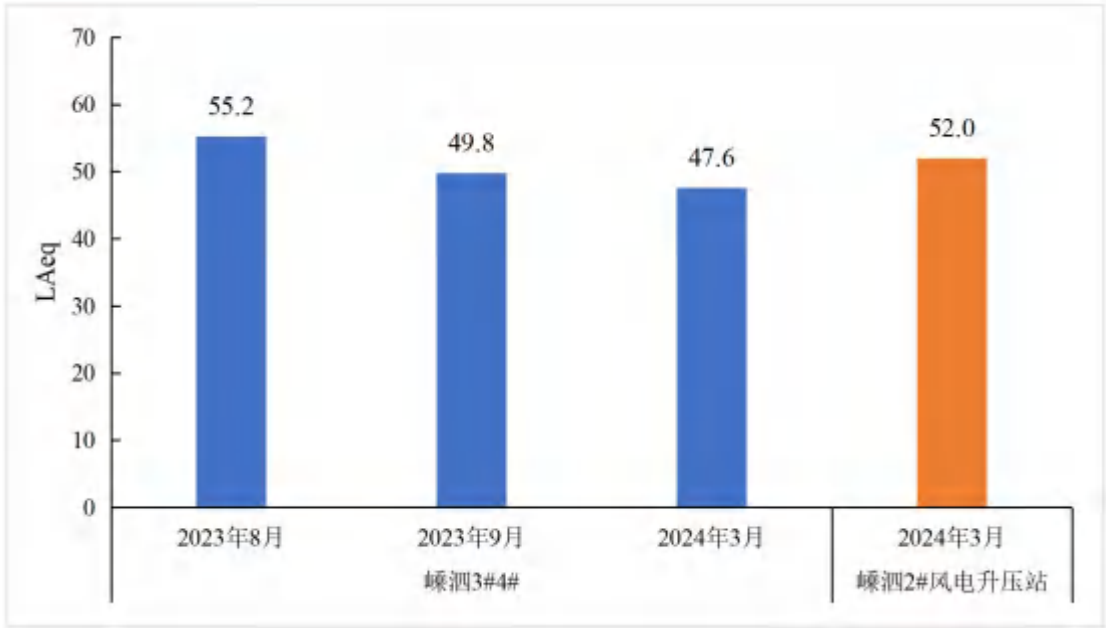


图 5.6-2 水上噪声均值对比

由此推测，本项目营运期水上噪声与海洋环境背景噪声相当，其水上噪声测量结果主要受海况（包括风力、海浪拍击船舷声响等）影响，且多台风机之间噪声的叠加仅随着场界大小，其影响范围变化，噪声强度基本不增加，风机机组产生的叠加噪声基本上仍等于单台风机原噪声源强。另外，由于海上风声和海浪声等海洋背景值较大，多台风机运行对海上声环境影响仅限于风机附近。综上，由于风电机组间相距较远，每个风电机组可视为一个点声源，多个噪声在同一点的噪声叠加值比单个噪声值只略有增加，增加值基本可以忽略。

参考《声环境质量标准》（GB3096-2008）、《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）、《社会生活环境噪声排放标准》（GB22337-2008）等标准，45dB~40dB 已经达到 0 类标准，即尽管存在多噪声在同一点处叠加，但与单个噪声相比增值不大，增加值基本可以忽略。

5.7 水下噪声影响预测与评价

5.7.1 施工期

参考美国国家海洋渔业局现行采用的（过渡性）保护门限值（NOAA Fisheries Northwest Regional Office，2016）【<http://www.nwr.noaa.gov/Marine-Mammals/MM-sound-throshld.cfm>】，详见表 5.7-1。目前在水下噪声对海洋哺乳动物和鱼类影响相关阈值判断中，根据水下工程噪声对海洋生物影响的危害性程度进行分级。其中声源级高于 180dB 的水下噪声为危险级，可能会对海豚等海洋生物的

听觉系统造成伤害，主要有打桩噪声和水下爆破噪声；声源级在 120~180dB 范围的水下噪声为警告级，可能会对海豚行为产生影响，主要有施工船舶噪声以及钻孔噪声和疏浚噪声；声源级低于 120dB 的水下噪声强度基本接近海洋环境噪声，因此评定为安全级。同时，也表明由于各地海洋背景噪声有所不同，阈值可根据背景噪声进行 10dB 范围内适当的浮动调整。

表 5.7-1 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级 (>180dB 危险级)	基于暂时性听力阈值提升 (TTS) 和保守估计的永久性听力阈值提升 (PTS) 伤害门限	鳍足类: 190dB RMS 鲸豚类: 180dB RMS
B 级 (120~180dB。警告级)	脉冲式噪声（如冲击打桩）可对动物产生行为妨害的门限	160dB RMS
B 级 (<120dB, 安全级)	非脉冲式噪声（如钻孔）可对动物产生行为妨害的门限	120dB RMS
鱼类		
伤害门限值	声压峰值（适用于所有鱼）： 206dB	累积暴露级（Cumulative SEL）： 对质量大于等于 2g 的鱼体: 187dB; 对质量小于 2 克的鱼体: 183dB

本项目风机基础施工中，取有效声源强为 240dB 进行影响范围评估，传播衰减因子 $F=22lgr$ ，声源级计算点与声源本身的距离设为 1.0m。预测出在均方根声压保护阈值取为 190dB（对鳍足目，如斑海豹，听力保护范围）、180dB（对鲸豚目，如江豚，听力保护范围）和 160dB（对海洋哺乳动物行为干扰）时，对基础打桩施工时的影响距离。单台风机施工打桩所产生的水下噪声影响距离范围预测结果详见表 5.7-2。单桩打桩施工水下噪声影响范围预测分布图见图 5.7-1（黄色对应于 160dB 的影响距离）；20 台风机打桩施工水下噪声影响范围预测分布图见图 5.7-2。

表 5.7-2 单台风机打桩施工影响范围

声源级 (RMS) SL=240dB; 传播损失 $F=22lgr$				
声压级 (dB) 阈值	190 (鳍足目)	180 (鲸豚目)	160 (海洋哺乳动物)	153 (石首鱼科幼鱼)
距离 (m)	187.4	533.7	4328.8	9006.3

根据表 5.7-1 预测可得施工噪声对海洋生物的影响距离，具体如下：

1. 施工噪声对一般海洋鱼类的影响距离

本项目海上打桩施工时,应确立在离打桩桩基距离 0.5km 范围内为危险区域 ($>180\text{dB}$, 鱼类将受到物理损害), 在离打桩桩基约在 4.3km 范围内为警告区域 ($>160\text{dB}$, 将影响鱼类行为状态)。因此, 海上打桩施工中在这些海域范围内应对鱼类活动进行可能的驱赶、搬移等工作。

2. 施工噪声对石首鱼科鱼类的影响距离

对于石首鱼科鱼类(如棘头梅童鱼、白姑鱼、小黄鱼等), 以警告级限值 160dB 作为对其产生行为影响的阈值, 则可算出本工程在风机基础海上打桩施工时, 应确立在打桩施工时桩基 4.3km 的距离范围外为石首鱼科鱼类安全距离。

根据厦门大学课题组对石首鱼科大黄鱼幼鱼(体长 2~3cm, 出生 1 个月左右)水下噪声影响实验结果表明: 石首鱼科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。考虑到海洋中的游动性, 本报告以 153dB 作为对石首鱼科幼鱼的影响阈值, 可算出本工程海上打桩施工时, 应确立桩基 9.0km 的距离范围外为石首鱼科幼鱼的安全距离。

根据嵊泗 2#和嵊泗 5#6#风电施工期水下噪声数据, 由两个风电场水下打桩噪声峰值声压级平均值拟合衰减曲线可得, 水下打桩噪声峰值声压随距离增加而降低, 且在 4.0km 后峰值声压衰减趋势逐渐减缓, 故本工程施工期水下打桩噪声对石首鱼科鱼类的影响应着重关注桩基 4.0km 范围内的影响。

3. 施工噪声对江豚等海洋哺乳动物的影响距离

对于江豚等海洋哺乳动物, 本工程在打桩施工时, 应确立在 0.5km 范围为海洋哺乳动物听阈影响的危险区域 ($>180\text{dB}$); 在 4.3km 范围内为对海洋哺乳动物有行为影响的警告区域 ($>160\text{dB}$)。

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 150dB, 可能对该海域中的石首鱼科幼鱼等的行为产生某些短暂的干扰影响; 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, 对海洋生物的影响较小。

5.7.2 运行期

5.7.2.1 类比分析

1.嵊泗 2#海上风电场项目类比监测

①监测概况

2022 年 3 月 14 日，杭州海蛞蝓生态科技有限公司对浙能嵊泗 2#海上风电场项目营运期水下噪声进行了监测。营运期水下噪声共布设 3 个监测点，分别为风电场区 1#、海上升压站厂界 2#、风电场区外背景点 3#。

表 5.7-3 浙能嵊泗 2#海上风电场项目营运期监测点位经纬度

点位	东经 E	北纬 N	备注
SX1	121.610757°	30.638864°	海上风电场区 1#（水下噪声）
SX2	121.623661°	30.642143°	海上升压站厂界 2#（水下噪声）
SX3	121.603092°	30.622571°	风电场外背景点 3#（水下噪声）



图 5.7-1 浙能嵊泗 2#海上风电场项目营运期监测点位

②监测结果与分析

营运期总声级和峰值声压详见表 5.7-4。监测结果表明，风电机噪音具有低频及低能级水平的特点，主要频率在 400Hz 以内。风机运行中水下噪声的频谱级分布基本相似，总体强度随频率增加而减小，随水深增加增大。在离开风机不

同的距离处水下噪声的频谱级基本上都较相似，总体强度上随频率增加而明显较小。

表 5.7-4 营运期总声级和峰值声压

测点编号	层次	总声级（20Hz~20kHz）	峰值声压 Lpeak
1#	中	117.3	161.6
	底	116.9	172.4
2#	中	137.6	172.4
	底	146.0	172.4
3#	中	110.9	162.7
	底	124.7	170.8

③施工前后噪声对比分析

根据《浙能嵊泗 2#海上风电场工程环境影响报告书》（华东勘测设计研究院，2020 年 4 月），厦门大学课题组于 2018 年 7 月 17 日~18 日对浙能嵊泗 2#海上风电项目工程海域的声环境质量进行本地调查，监测结果显示，调查海域平均总声级为 135.8dB。

施工前、后各监测点位总声级对比详见图 5.7-2。由图可得，施工前与营运期各点位不同层次水下噪声强度变化不大。故总体上看，由风机营运噪声引起的水下噪声强度变化不大，基本上与海洋环境背景噪声场相近。

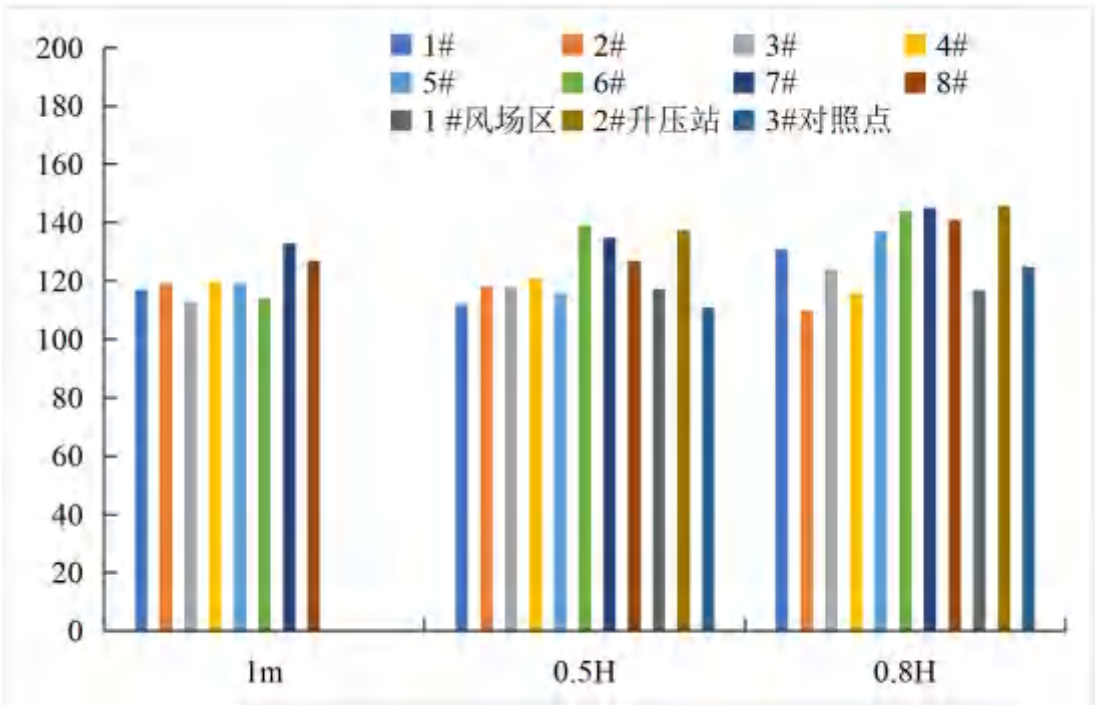


图 5.7-2 嵊泗 2#风电施工前、营运期各点位不同层次总声级强度对比

2.江苏灌云海上风电场项目类比监测

①监测概况

2023 年 5 月 31 日，杭州海蛞蝓生态科技有限公司对正常运营工况下的江苏华能灌云海上风电场工程营运期水下噪声进行了监测。营运期水下噪声共布设 12 个监测点。



图 5.7-3 华能灌云海上风电场噪声监测点位分布图

②监测结果与分析

营运期总声级和峰值声压详见表 5.7-5。

表 5.7-4 营运期总声级和峰值声压

站位	水深/m	层次	总声级	峰值声压
HN01	2.7	1m	122.9	164.2
		0.5H	122.5	158.9
		0.8H	123.6	162.5
HN02	2.1	1m	120.6	163.5
		0.5H	121.6	164.3
		0.8H	/	/
HN03	3.7	1m	120.7	165.6
		0.5H	120.4	161.0
		0.8H	121.5	162.3
HN04	4.8	1m	128.1	166.2
		0.5H	119.6	158.6
		0.8H	119.9	161.7

站位	水深/m	层次	总声级	峰值声压
HN05	3.9	1m	/	/
		0.5H	120.0	174.3
		0.8H	105.2	160.6
HN06	4.3	1m	102.2	157.7
		0.5H	106.6	161.2
		0.8H	117.6	166.5
HN07	6.1	1m	121.2	164.4
		0.5H	124.7	160.6
		0.8H	131	173.0
HN08	6.7	1m	119.5	169.0
		0.5H	125.3	172.2
		0.8H	125.4	171.3
HN09	7.0	1m	115.2	161.4
		0.5H	121.7	168.5
		0.8H	117.8	171.0
HN10	2.9	1m	107.3	163.0
		0.5H	127.5	171.7
		0.8H	101.7	152.7
HN11	4.0	1m	106.1	160.3
		0.5H	106.2	155.2
		0.8H	109.9	165.7
HN12	3.9	1m	106.6	155.4
		0.5H	111.9	159.6
		0.8H	109.5	163.5

③施工前后噪声对比分析

华能灌云海上风电场水下噪声监测结果表明：风机运行中，在离开风机不同的距离处水下噪声的频谱级基本上都较相似，调查海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，运行期海域水下噪声全频带累积声压级的空间平均值为 117.1dB；在 20 Hz~20 kHz 的分析频带内，声压谱级的分布区间是 119dB~45 dB，并随着频率增高而减小，100 Hz 以上频率的噪声声压谱级分布在 105 dB 以下，500 Hz 以上的声压谱级在 100 dB 以下，1 kHz 以上的声压谱级大部分在 87dB 以下，而在 5 kHz 以上的声压谱级在 75 dB 以下。

本报告将海缆线位上的 3 个监测点位（HN01、HN02 和 HN03）作为风电场区水下噪声的对照点位，则对比各个监测点位不同层次水下噪声总声级强度均值可得，风场区内监测点位总声级与风电场外对照点位总声级强度相近，详见图

5.7-4。

因此，总体来看，华能灌云海上风电场水下噪声由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的海洋环境背景噪声场相近。

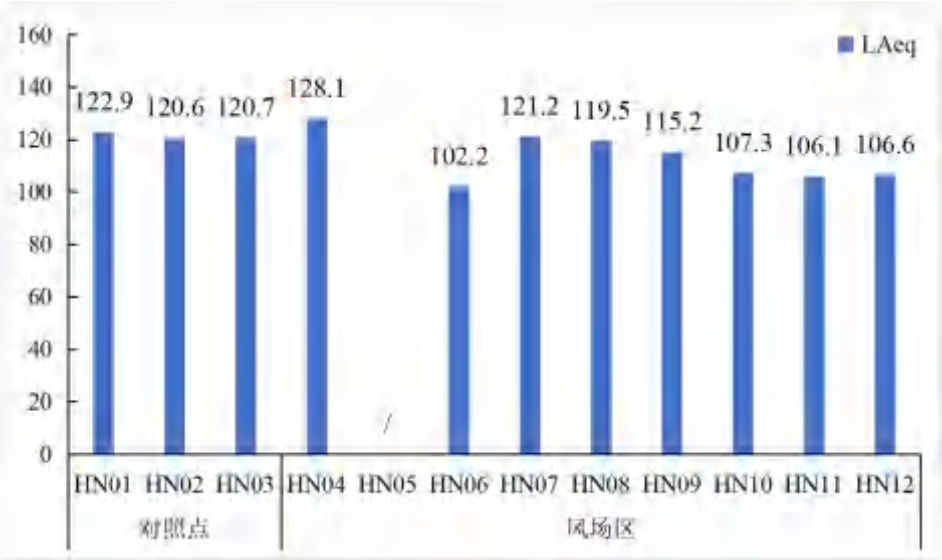


图 5.7-4a 华能灌云运营期各点位不同层次总声级强度对比（层次 1m）

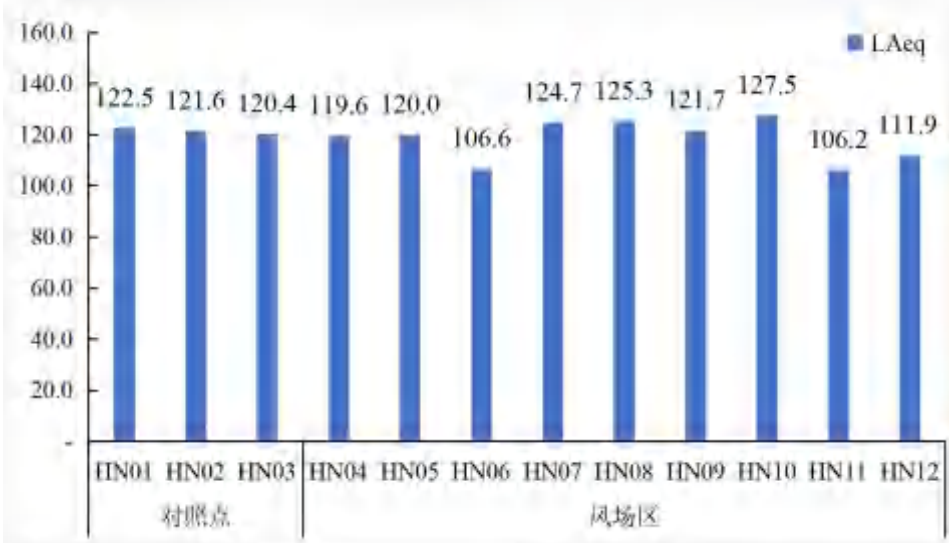


图 5.7-4b 华能灌云运营期各点位不同层次总声级强度对比（层次 0.5H）

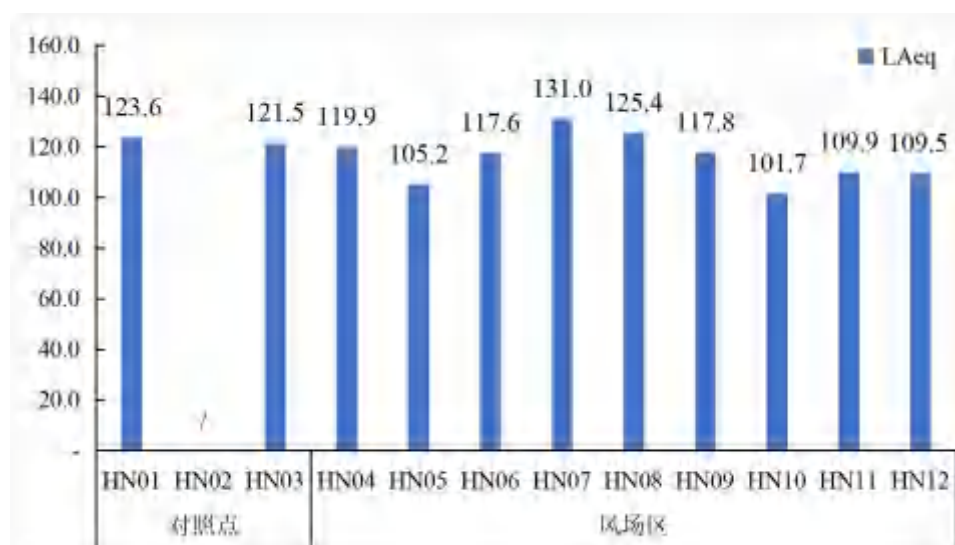


图 5.7-4c 华能灌云运营期各点位不同层次总声级强度对比（层次 0.8H）

2. 本项目运营期水下噪声源分析

风机运营期水下噪声可能来源于风机机舱的空气噪声耦合到水中，假设机舱到水面的高度为 80 m，由于空气的特征阻抗远小于水的特征阻抗，根据折射定理，当机舱噪声到达水面的入射角大于 13° 将会发生全反射，此时入射点到风机的水平距离 $r=80 \times \tan 13^\circ$ ，即 18.5 m，因此在距风机大于 18.5 m 的测点，该空气噪声在水界面发生全反射，能量无法进入水中，在距风机小于 18.5 m 的测点不会发生全反射，但因为海水介质的特征阻抗要远大于空气介质的特征阻抗，因此该空气噪声到达水面近似于穿过一个绝对硬边界，透射声强约为零（许肖梅，2003），加上机舱噪声从 80 m 高度到达水面，本身存在噪声强度衰减，由此可知海上风机空气噪声折射入水中的能量很微弱，可以忽略不计。因此，海上风电场运营期水下噪声的主要来源为没入水下的风机塔柱部分的结构振动。

海上风电场风机辐射噪声在声传播过程中，其波阵面会随着距离的增加而增大，声能随距离的增加而按球面波扩展规律衰减。当声波由空气中传导海水中，由于水介质的界面的存在，会使声传播产生折射和散射现象。通常认为在距风力发电机组水平距离 50m 以远，噪声计算值与实测值衰减趋势就基本一致。

3. 本项目运营期水下噪声特性分析及预测

有研究表明，水下噪声强度和峰值频率随桩基结构、功率变化而改变，不同桩基结构具有不同的噪声特性，但功率差异性不显著。不同功率和桩基结构的风机产生水下噪声谱特性如下表所示。

表 5.7-6 不同功率和桩基结构风机产生水下噪声特征

风机功率 及桩基结构	距风机 距离/m	深度/m	风速/ $m \cdot s^{-1}$	1/3 倍频程 频宽/Hz	总声级/ dB re 1μPa	峰值 频率/Hz	声压级/ dB re 1μPa @ 1 m
5.0 MW, 单管桩	50	14.1	3	31.5~1 000	111	50	126
5.0 MW, 单管桩	50	14.1	12	31.5~1 000	118	125	143
3.0 MW, 单管桩	54	13.4	3	31.5~500	108	50	127
3.0 MW, 单管桩	54	13.4	8	31.5~500	110	100	136
3.0 MW, 单管桩	54	13.4	11	31.5~500	119	125	140
1.5 MW, 单管桩 ⁽¹⁾	110	10	17	12.5~500	112	180	152
0.5 MW, 单管桩 ⁽²⁾	20	10	8	12.5~500	113	160	136
2.0 MW, 重力式 ⁽³⁾	20	5	6	12.5~500	109	25	130
2.0 MW, 重力式 ⁽³⁾	40	5	13	40~400	122	125	146
0.45 MW, 重力式 ⁽⁴⁾	14	4	13	12.5~500	127	25	147

对嵊泗 2#海上风电场、华能灌云海上风电场营运期水下噪声的类比监测结果，同时结合表 6.3-6 中不同功率和桩基结构风机产生水下噪声特征可得，各海上风电场风机运行水下噪声的频谱级均较为相似，总体强度随频率增加而明显较小，且风机在营运期中所产生的水下噪声级总体比较低，即使是在靠近风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上高于背景噪声约 10~20dB/re 1μPa。

综上，海上风电场营运期水下噪声谱级基本上与海洋环境背景噪声相近。而在特定频段上（120Hz~1.5kHz）噪声级的提高并没有比因自然状况变化（下雨、生物移动、船舶噪声等）所带来的噪声级提高很多。故推测，嵊泗 7#风电营运期由于风机噪声引起的强度变化不大，其产生的水下噪声基本与海洋环境背景噪声相当。

5.7.2.2 对海洋动物影响分析

1.对成鱼的影响分析

根据前文结果预测，本项目风电场营运期间水下噪声与海洋环境背景噪声相当，水下噪声增加强度较低，因此推测本项目营运期水下噪声的增加对海洋生物的影响在可接受范围内，对海洋鱼类等生物的行为基本无影响，即鱼类等海洋生物对海上风电场营运期水下噪声做出行为响应的可能性不大。

2.对鱼卵、仔鱼的影响分析

由于成鱼会主动游离噪声源，而幼体是随波逐流，避免暴露在噪声源中的能力非常有限，因此，鱼卵、仔鱼较成鱼更容易受到水下噪声的影响。但是，目前关于海上风电场营运期水下噪声对鱼卵、仔鱼发育影响的数据有限。牛富强等人针对网箱养殖大黄鱼进行了听觉影响实验。实验结果可得，大黄鱼幼鱼所承受噪

声的能力明显小于成鱼。其中，鱼体体长 7~8cm 的，当噪声声压级 >142dB 时，有明显的行为响应，当声压级达 164dB 时，会对其产生生理损伤；鱼体体长 20~23cm 的，当噪声声压级 >145dB 时，有明显的行为响应，当声压级达 168dB 时，会使其暂时性听觉位移。

Kostyuchenko (1973) 研究了地震气枪产生的噪声对鱼卵的影响，研究结果表明，在距离噪声 20m 处就对鱼卵造成了严重伤害。同样，Booman (1996) 研究了地震气枪对于鱼卵和幼体的影响，当距离噪声约 5m 范围内时，发现在不同年龄段的鳕鱼、鲱鱼有显著的死亡率，其中距离 1.4m 范围内时对于鱼类的影响最大。同时这些研究也发现了由地震气枪所产生的噪声会对鱼类的侧线系统和其他感觉器官造成损伤。

5.8 工程建设对鸟类的影响

5.8.1 施工期鸟类影响分析与评价

5.8.1.1 对鸟类栖息和觅食的影响分析

1. 风电场施工对鸟类栖息和觅食的影响

风电场区施工期对鸟类的影响主要是打桩施工产生的噪声会对周边鸟类产生干扰和驱赶作用；场区海底电缆敷设和桩基建设会破坏工程区海域底栖生物和鱼类资源栖息生境，减少工程区域底栖生物和鱼类的生物量，进而有可能影响鸟类（尤其是鸥类）等的觅食地质量。从不同鸟类类群分析：

①对于风电场区周边的雀形目小鸟，这类鸟类种类较少且密度低，主要栖息于风电场区北侧的海岛山林中，与施工区距离较远，因此风电场区施工对其影响较小；

②对于大风头燕鸥等鸥类，其主要在场区附近海域进行觅食活动，因此场区施工的噪声和人为活动会一定程度干扰其觅食，且区域内底栖生物和鱼类损失会降低其觅食地的质量，但是该影响将随着施工结束而，底栖生物和鱼类会在一定时间内得到恢复，同时施工影响范围主要限于风机及海底电缆路线周边，对海域生物资源影响范围较小，且海域鸟类觅食可选择周边其他区域进行替代，因此，风电场区施工建设对大风头燕鸥等鸥类栖息和觅食的影响较小。

5.8.1.2 风电施工对鸟类迁徙的影响分析

本项目风电场离大陆海岸线较远，不是鸟类重要的迁徙停歇地。因调查只能在白天进行，风电场区仅记录到部分迁徙路过的鸟类，主要在周边海岛停歇或飞行经过，种类和数量较少，大群体鸟类迁徙有可能发生在夜间。根据施工方案，在风机基础施工期间，均为近海面作业，施工设备的高度一般在 20m 以下。在风机安装阶段，根据风机的轮毂高度和叶片半径，总高度约 278m 左右。在这一阶段，鸟类正常迁飞一般不会受到影响，只有在雨天、雾天等能见度低的天气条件下，会有部分鸟类飞至风机高度甚至以下，可能会出现鸟撞风机事件，但是概率相对较小。施工阶段安装好的风机不运转，且体积较大，并且存在施工噪声，容易被迁徙的鸟类注意，从而可以提前规避工程区绕道而行。因此，工程施工期对迁徙鸟类的影响较小。

5.8.1.3 环境事故风险对鸟类的影响

本风电场区内部施工期采用的最大吨位施工船舶为 10000t 级的大型自航运输驳，同时，本项目海底电缆路由与航道交越，海底电缆作业战线较长，可能会发生施工船舶之间的碰撞或者施工船舶进出航道时与过往船舶之间发生碰撞，存在施工船舶撞击导致溢油事故发生的风险。如果发生溢油事故，将对海洋生物和海洋生态系统产生深远的不利影响，同时也会对鸟类造成直接伤害和间接影响。首先，鸟类若进入含油水面或者有污染的滩涂湿地中，身体沾染油污，将无法正常工作，甚至直接致死；此外，油污进入水体会导致海洋生物死亡，也会波及海岸带，进入沉积物，尤其是滩涂沉积物中，慢慢释放，形成持久的毒性，对鸟类栖息地造成污染从而导致影响鸟类生存状态。油类物质也会通过食物链或者直接被摄入鸟类体内，毒害鸟类。因此，溢油事故发生将会影响在溢油区域活动和觅食的鸟类的生存状态。

由于溢油事故无论是泄漏量还是泄漏事件均有较大的不确定性，且影响是重大而不可逆的，为此，必须做好溢油防控措施，尽量避免溢油事故发生，一旦发生事故需尽快启动应急预案处理。

5.8.2 运营期鸟类影响分析与评价

5.8.2.1 风电场运营对鸟类栖息地利用的影响

海上风电场建设导致鸟类栖息地实际减少的面积一般很小,相关研究估计整个风电场区只有 2%~5%的面积被风机建设直接改变。本项目风电场区避开了鸟类重要繁殖地和迁徙停歇地,直接的栖息地丧失对鸟类的影响非常有限。此外,本项目风机间距较大超过 800m,不会增加鸟类在风电场区的飞行阻力。

综合来说,预测本项目运营期对鸟类栖息地利用的影响较小,实际的影响结果需根据风电建成后运营期风电场区鸟类群落的变化来进一步判定。

5.8.2.2 风电场阻碍驱赶对鸟类迁徙和飞行的影响

风电场对鸟类的阻碍、驱赶影响,加上鸟类的躲避效应,通常情况下,海上风电场的建设对区域鸟类数量分布会有负面的影响。从已有研究来看,海上风电场直接导致的鸟类死亡率比较低,海上风电场区域鸟类数量分布的降低主要还是因为鸟类会避开出现在风电场区域。Desholm 等通过雷达跟踪监测了丹麦南部 Nysted 海上风力发电场对周围 20 多万只鸟秋季昼夜迁移的影响,研究发现海上风电建设后鸟类进入风电区域的比例显著下降,并出现了大规模的主动回避行为。据数据统计,在迁移到足够靠近涡轮机的地方,有可能发生碰撞的鸟类所占比例不到 1%。Pertersen 等对 HornsRev 海上风电场区域内的黑海番鸭调查发现,黑海番鸭在风电场建成初期有规避行为,然而 3 年后的调查显示,黑海番鸭在该海域觅食的现象已很常见,种群数量达到当地种群的 50%以上,黑海番鸭已习惯了在风电场区域觅食。除此之外,小鸥和普通燕鸥也对风电场内的环境产生了适应性。

本项目风电场区离杭州湾两岸的滩涂湿地均较远,直线距离超过了 30km,因此项目场区及周边不存在迁徙鸟类重要的中途停歇地。从现状调查数据看,本项目所在区域鸟类主要为春夏季在周边海岛繁殖的夏候鸟,可能受到影响的主要是在海域活动的鸥类、燕鸥类、鹭类以及迁飞时跨越海域的鸻鹬类和雀形目鸟类,在夏季现场观测中出现在海域的主要为大凤头燕鸥和黑尾鸥等夏候鸟,在区域内主要进行觅食活动,活动主要贴近海面或海面 50m 内上空,受到风机叶片影响的可能性较小。根据本单位对已建的嵊泗 5#、6#海上风电项目的跟踪监测结果,该项目风电场区南侧小辑山岛为黑尾鸥和褐翅燕鸥的繁殖海岛,在风电建成后的

3 年内，该岛上的繁殖鸥类种类和数量未发生重大变化，可以表明，运营期风机运行对周边海岛的繁殖鸥类无明显影响。类比分析，本项目运营期风机运行不会对场区北侧的繁殖鸥类产生较大影响。

但春、秋季等迁徙高峰期夜间迁徙鸟类会经过风电场区，且本区域规划有较多海上风电场，迁徙通道被分割，有可能会对迁徙鸟类造成较大影响，项目建成后需保持关注，一旦发现重大影响事件，需及时采取补救措施。

5.8.2.3 鸟类-风机撞击致死分析

由于海上很难探测或者观测到鸟类与风机及其附属物的撞击（陆域风电场可以通过地面残留的发生撞击的鸟类尸骸来调查和评估鸟类-风机撞击情况），海上风电场鸟撞死亡率相关的信息比较少。海上风电场鸟类撞击致死有三种可能途径：鸟类撞上风机塔或者支架、鸟类撞上旋转的叶片或者被叶片旋转形成的旋涡甩到海中。总体而言，鸟撞风机的概率主要与风机高度和风机转速等风机特性相关。

1. 风机高度对鸟类迁徙的影响

鸟类的飞行高度相对于风机的高度对鸟类风机撞击率有很大影响。国内外鸟类迁徙经过海域时的飞行高度的研究比较少。从陆域研究记录来看，鸟类在直接的长距离迁徙飞行过程中，特别是在天气晴好的夜晚，飞行高度通常较高，如表 5.8-1 所示，绝大部分鸟类的飞行高度在 150m 以上：小型鸕鹚类迁飞高度在 50 到 250m，大中型鸕鹚类迁飞高度在 100m 到 400m，鹭类一般在 150—600m，鸛类在 350m 到 750m，鹤类在 300m 到 700m，鸭类迁飞高度在 150—500m。但是在天气恶劣或遇上异常天气条件，许多鸟类会降低飞行高度，或作中途停歇。鸟类在迁徙的中途停歇地，由于觅食的需要，通常需要在觅食地和栖息地之间往返迁飞。这种迁飞由于飞行距离通常较短，其飞行高度通常要低于直接的长距离迁飞。Cook 等收集了欧洲 32 个已建、在建和拟建的海上风电对鸟类影响的 40 份数据材料，总共涉及 39 种 40 多万只鸟，重点统计了鸟类飞行高度和碰撞死亡率，结果显示在海拔 20~150m 时，鸟类碰撞死亡率为 0.03%~33.1%。

表 5.8-1 风机叶片和主要迁徙鸟类在陆域飞行高度一览表

考察物	高度（m）
风机叶片	30 - 200
小型鸕鹚类/雀形目鸟类	50 -250

中型鸕鹚类	100 - 300
大型鸕鹚类	150 -400
鹭类	150 - 600
鹤类	350 - 750
鹤类	300 - 700
鸭类	150 - 500
雁类（包括天鹅）	350-12000

根据调查结果，本区域记录到的鸕鹚类和鸭类种类和数量均较少，且鸕鹚类和鸭类主要沿岸迁徙停歇，因此在本区域出现的概率较低，鹭类在本区域主要为留鸟或夏候鸟，基本是低空飞行觅食，因此本项目风机高度造成鸟类的撞击概率较低。此外，由于大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的夜晚，能够较好地识别障碍物，而避免与风机发生撞击。若是阴雨天或大雾天，则鸟类可能会选择降低飞行高度且因视线不明导致撞击风机的概率增加，且本区域规划有较多海上风电场，迁徙通道被分割，有可能会对迁徙鸟类造成较大影响，项目建成后需保持关注，一旦发现重大影响事件，需及时采取补救措施。

2.风机转速对鸟类飞行的影响分析

鸟类与风机发生撞击而造成死亡与风机的转速也有一定的关系（Orloff and Flannery, 1992），一般变速的风机对鸟类的影响较大。但即使如此，在许多情况下仍然有 80％以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤（另外 20%选择绕开风电场或者风机飞行）(Winkelman, 1992)。特别是在离岸建设风电场，撞击概率就更小。如在 Utgrunden 的海上风电场，观察到有 500,000 只海鸭穿过风电场，没有发生一起撞击事件（Peterssonand Stalin, 2003）。在丹麦西部的 Tjaereborg 通过雷达研究风力机与鸟的关系也表明不管是在白天或黑夜,在 2MW、叶片直径 60m 的风力机前 100 到 200m，鸟类能发现它的存在而提前改变飞行路径，飞行到高于风力机叶片扫过的安全高度。因此，在天气晴好的情况下，鸟类撞击风机的概率极小。

5.8.2.4 风机低频噪声对鸟类的影响

风机噪声包含低频和高频噪声。大多数噪声是由叶片的旋转引起的，是高频的。风机的噪声涵盖了广泛的频谱，包括变桨的低音和高音（低频和高频）。叶片噪声在高频时最强，但叶片的旋转也会产生低频噪声，风力涡轮机则是低频噪声的主要来源。目前，低频噪声对鸟类的影响尚未明确，一些研究表明低频噪声

会影响鸣禽的繁殖成效，低频率的雄性鸟鸣在同样低频的噪音中很难被鸟类识别，雌性鸟类也无法据此做出生育的生理准备。

根据现状调查，记录到的鸣禽较少，且主要分布与沿岸陆域及滩浒山岛等区域，本风电场区与大陆岸线较远，风机产生的低频噪声不会对陆域区域以及岛屿栖息的鸣禽产生明显影响，同时场区本身不是鸣禽等鸟类的主要栖息地，整体鸟类种类和数量较少，数量密度很低，工程场区风机噪声对偶尔穿越的鸟类影响较小。

5.8.2.5 工频电磁场对鸟类的影响

风电场运行期输电线路会产生工频电磁场，工程集电线路主要为 66kV 电压等级。本项目 66kV 海底电缆拟选用三芯绝缘海缆，电缆外层均包裹有金属屏蔽层和铠装层，可以有效地屏蔽电缆带电芯线在周围所产生的电场。而海水对交流海底电缆产生的 0.5MHz 磁场的屏蔽作用极强，磁场能量会迅速衰减。

国内外关于极低频电磁场对鸟类迁徙活动影响的研究较少，根据已有的研究表明，没有足够的生物学或生理学的证据表明低频电磁场会对鸟类群落产生影响。研究发现许多鸟类在迁徙过程中借助地球磁场定位及导航，极弱的电磁场或许会干扰信鸽方向辨别神经系统，造成信鸽的方向迷失。研究同时发现，虽然开始时较弱的电磁场会对鸟类个体产生一定的方向迷惑，但整个鸟群可以很快地适应电磁场的异常改变，并再次成功地定位（Wiltschko and Wiltschko 1988）。

根据调查结果，工程区海域主要有鸥类和鸬鹚类等栖息觅食或迁徙经过，鸟类在迁飞过程中，只有非常短的时间暴露在风电场电磁环境中，电缆一般敷设于海底泥面以下，海缆有加强铠装保护，敷设于海底后有较好的屏蔽作用，根据类比监测情况，工频电场基本受屏蔽，工频磁场逐步衰减，正常情况下在 20m 内衰减至接近本底值，而进入海水后衰减更快，因此对海面以上的电磁环境影响基本可以忽略，风电场运行期电缆电磁环境变化不会对鸟类迁徙活动产生影响。

5.8.3 累积影响分析

待本项目建设完成投入运营后，由于海域风机密度增加，可能会增加鸟类与风机撞击的概率，受影响的鸟类主要是迁徙经过该海域的鸟类或者在海域飞行的鸟类，虽发生撞击事件的概率相对较低，不会对区域鸟类的种类造成较大影响，但随着海上风电场愈发密集，其累加影响可能会增强。多个风电场的修建，占用

的海域水体面积逐渐增加，会对鸟类的飞行和停歇形成网状的阻隔作用，为了避免与风机相撞，鸟类需要采取更高或更低的飞行模式，再加上穿越风电场区的额外绕行飞行过程，势必会增加鸟类本不必要的能量损耗，降低其生存几率。随着该区域越来越多的风电场的建设，势必累积效应会越来越大。因此，需开展本区域迁徙鸟类长期的跟踪监测调查，关注本区域迁徙鸟类尤其是珍稀濒危鸟类的种群变化，及时应对因项目运营对鸟类造成的危害。

5.8.4 影响评价小结

综上所述，本项目建设区位于嵊泗海域，处于东亚—澳大利西亚候鸟和西太平洋迁徙路线上，迁徙水鸟主要分布在陆域岸线，迁徙性非水鸟主要分布在岛屿和陆域，因此，本项目建设区不是候鸟迁徙途中的重要栖息地，工程对候鸟迁飞影响较小；本项目对各类群鸟类的影响较为有限；工程施工和运营对周边重要鸟类栖息地和保护区影响有限。整体而言，本项目海上风电场施工建设和运营对鸟类的影响处在可以接受的范围内，从工程对鸟类影响的角度，在采取必要的预防和保护措施的基础上，本项目的实施总体上可行。

5.9 其他环境影响预测与评价

5.9.1 环境空气影响评价

本项目对环境空气影响主要在施工期，为施工期船舶和车辆运输、机械施工等产生的燃油废气，主要位于海上施工场区，陆域车辆很少，对大气环境影响很小，且随着施工结束不再排放。

营运期无废气排放。

5.9.2 固体废物影响评价

工程海上施工产生的固体废物以及施工人员的生活垃圾禁止随意丢弃，船舶垃圾委托区域海上垃圾处理船接收处理。

运行期管理维护人员生活垃圾集中存放于站内移动式垃圾箱并由当地环卫部门定期清运。风机维护产生的废油、含油棉纱等均属危险废物，运回陆域统一堆放在换流站的危废库房中，由具备资质的专业处理单位接收处理；陆上换流站产生的废蓄电池和变压器事故油等危险废物交由有资质单位处理，不得随意丢弃。

综上，在采取上述固废防治措施后，本项目对环境影响较小。

5.9.3 陆域声环境影响评价

本项目 1#施工区位于港区，主要进行风机的堆存和运输，周边无居民区分布，产生的噪声对环境影响较小。陆上换流站及线路工程施工期噪声主要为各种施工机械设备产生的噪声及施工运输车辆行驶的噪声等。

1.陆上换流站

施工噪声对周围声环境的影响按照户外声传播衰减进行计算，在没有隔声屏障等措施的情况下，计算方法及公式参照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ/2.4-2009）相关规定。

户外声传播衰减包括几何发散（ A_{div} ）、大气吸收（ A_{atm} ）、地面效应（ A_{gr} ）、屏障屏蔽（ A_{bar} ）、其他多方面效应（ A_{misc} ）引起的衰减。在只考虑几何发散衰减时，预测点 r 处的 A 声级为：

$$L_A(r) = L_A(r_0) - 20 \lg(r/r_0)$$

式中： $L_{A(r)}$ -距声源 r 处的声级，dB(A)；

$L_{A(r_0)}$ -参考位置的声级，dB(A)；

r_0 -参考位置与点声源之间的距离，m；

r -预测点与点声源之间的距离，m。

将各施机械噪声声级代入以上公式进行计算，各施工阶段单台机械设备噪声随距离扩散衰减情况详见表 5.9-1。

表 5.9-1 换流站单台施工设备声环境影响预测结果 单位：m

序号	设备名称	距离声源的距离									
		5m	10m	12m	25m	30m	60m	80m	100m	150m	250m
1	液压挖掘机	90	84	80	76	72	68	66	64	60	56
2	推土机	88	82	78	74	70	66	64	62	58	54
3	重型运输车	90	84	80	76	72	68	66	64	60	56
4	静力压桩机	75	69	65	61	57	53	51	49	45	41
5	商砼搅拌车	90	84	80	76	72	68	66	64	60	56
6	混凝土振捣器	88	82	78	74	70	66	64	62	58	54
7	空压机	92	86	83	78	74	70	68	66	62	58
各设备噪声源等效声级的叠加影响		97.7	91.7	88.0	83.7	79.7	75.7	73.7	71.7	67.7	63.7

由上表可知，在不采取任何措施的情况下，施工期间施工场界处的主要噪声源等效声级叠加值将会超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）

的限值要求（昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）），对周围环境影响较大。

施工期施工单位应在施工场界四周设置不低于 2.3m 高的围挡，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）薄屏障最大衰减值取 20dB，厚屏障的最大衰减值取 25dB，一般 2.3m 高围挡可以等效为薄屏障，本评价取值为 15dB（A）。

2.输电线路工程

本项目输电线路施工主要为基础开挖，主要噪声源为设备噪声及运输车辆的交通噪声。

（1）设备噪声

本项目输电线路施工过程中使用的机械设备的声级水平较低，一般低于 70dB(A)，由于主要噪声设备分属于不同施工阶段，因此不存在设备噪声叠加。根据输电线路施工特点，各施工点施工量小，施工时间短，施工噪声影响随着施工活动的结束而消失，在落实文明施工、合理施工的情况下，对附近环境影响很小。

（2）交通运输噪声

本项目输电线路沿线交通条件较好，工地运输采用汽车和人抬运输相结合的运输方案。本项目输电线路施工范围很小，所以交通运输噪声对周围环境影响较小。

5.10 环境事故风险预测与评价

5.10.1 环境事故风险分析与评价

根据工程规模、建设特点及周边环境特征，工程施工期和运行期存在潜在的事故风险和环境风险。工程主要环境及事故风险包括：

（1）溢油事故风险；

（2）海底线缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险。

5.10.2 溢油风险事故及影响分析

5.10.2.1 溢油事故风险识别

工程为海上风力发电项目，主体工程本身不涉及易燃易爆、有毒有害物品。工程主要溢油风险为施工期施工船舶碰撞溢油事故。油料是由各种烷烃、环烷烃

和芳香烃组成的混合物，大部分为液态烃，伴有气态烃和固态烃，所含基本元素是碳和氢，两种元素的总含量平均为 97%~98%，同时含有少量硫、氧、氮等，化学组分因产地不同有所差异。

1.船舶溢油风险事故概率分析

1) 我国船舶溢油事故统计

根据交通部海事部门有关统计资料，我国 1990 年~2010 年各类等级的溢油事故分档统计见表 5.10-1。由于船舶溢油事故 50t 以下的数据不够完整，该表对一般船舶污染事故不做统计。

表 5.10-1 我国 1990 年~2010 年船舶、码头溢油事故分档统计表

年份	较大船舶污染事故		重大船舶污染事故		特别重大船舶污染事故	
	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t	事故次数	溢油总量/t
1990	1	100	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0
1992	2	430	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0
1994	3	300	0	0	0	0
1995	5	1367	1	700	0	0
1996	3	785	2	1532	0	0
1997	3	490	0	0	1	1000
1998	2	392	0	0	0	0
1999	0	0	2	1089	0	0
2000	1	230	0	0	0	0
2001	1	200	0	0	1	2000
2002	4	825	1	900	0	0
2003	2	650	1	670	0	0
2004	1	100	0	0	2	3268
2005	2	571	1	950	0	0
2006	2	664	0	0	0	0
2007	2	350	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	2	532	1	500	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
总计	36	7986	9	6341	4	6268

1990~2010 年期间，共发生船舶溢油事故（溢油量 $\geq 50\text{t}$ ），71 起，其中我国海域发生较大船舶溢油污染事故 36 起，发生频率为 1.71 次/a，所占比例 50.7%；发生重大船舶溢油事故 9 起，发生频率为 0.43 次/a，所占比例为 12.7%；发生特别重大船舶溢油污染事故 4 起，发生频率为 0.19 次/a，所占比例为 5.6%。根据分析结果可知，发生较大船舶溢油污染事故的频率较高，应引起重视。

船舶溢油事故按事故原因可分为操作性事故和海损性事故。操作性事故一般指在装 /卸货油、加燃油、其他作业期间发生的事故，包括违章故意排放。海损

性事故一般指由于碰撞、触礁/搁浅、船体损坏、火灾爆炸等引起的船舶事故。根据《我国沿海港口船舶溢油事故分析及对策研究 [J] 》，对于溢油量在 1t 以下的船舶溢油事故，其原因主要是操作性事故。对于溢油量在 7t 以上的船舶溢油事故，原因则主要是海损性事故。从图 5.10-1 对船舶溢油的事故原因分析可以看出，7 种事故原因所引起的船舶溢油事故次数和溢油总量的变化规律基本一致。即碰撞是船舶溢油事故的最主要原因，由碰撞引发的溢油事件共 42 起，其发生次数占总溢油次数的 59.15%，其导致的溢油总量也最高，占有所有溢油事故溢油总量的 44.35%；其次是触礁/搁浅而引起的船舶溢油事故，共发生溢油事件 14 起，占总船舶溢油事件次数的 19.72%，其溢油总量为 6564t，占有所有溢油事故溢油总量的 29.79%。由操作性原因和船体倾覆所导致的船舶事故次数最低，都为 2 起，占总船舶溢油事故的 2.82%。因此，碰撞、触礁/搁浅是我国溢油量在 50t 以上船舶溢油事故发生的主要原因。

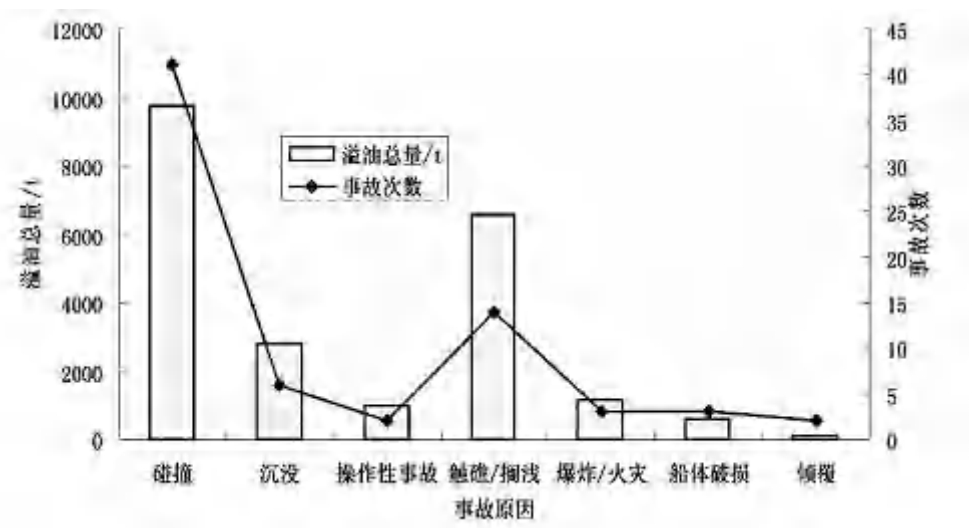


图 5.10-1 我国船舶溢油事故原因分析

2) 舟山海域近年来溢油事故统计分析

根据舟山海事局 2007~2016 年船舶交通事故统计资料，舟山海域共发生船舶交通事故 350 起，碰撞事故占了 53.1%，其次是触损和触礁，分别为 14.9%和 14.0%。而事故总量在 2008 年达到了一个高峰后逐年降低。舟山海域事故种类分布中，碰撞事故占事故总量的一半，并且所占比重有增大趋势；其次因辖区通航环境影响，触损、触礁、自沉事故也是多发事故种类。

表 5.10-2 2007 年~2016 年舟山海域船舶交通事故类型统计表

年份	总计	碰撞	触损	自沉	触礁	搁浅	火灾	其他
2007	43	22	6	7	8	0	0	0

年份	总计	碰撞	触损	自沉	触礁	搁浅	火灾	其他
2008	52	25	13	3	8	0	2	1
2009	50	16	9	7	14	0	2	2
2010	42	25	5	5	4	1	2	0
2011	36	27	5	1	2	0	1	0
2012	29	15	4	5	2	1	2	0
2013	31	17	6	3	4	0	1	0
2014	18	12	1	2	0	0	3	0
2015	11	6	0	2	1	0	1	1
2016	38	21	3	5	6	2	1	0
合计	350	186	52	40	49	4	15	4
比例	100.0%	53.14%	14.86%	11.43%	14.00%	1.14%	4.29%	1.14%

近几年来，舟山海域的船舶污染事故有 3 起溢油量超过 100 吨的较大事故。

2007~2016 年，操作性船舶溢油污染事故共 10 次，最大一次为 2009 年 08 月 19 日，靠泊在定海册子油库码头的新加坡籍油船“MAERSK NEWTON”轮，因船上 3 号输油管与岸方输油臂的连接法兰螺帽松动，导致原油喷射入海，入海量约为 3 吨。总体来说，操作性船舶污染事故后果较轻。

2007~2016 年，海难性船舶溢油污染事故共 8 次。最大的一次事故为 2009 年 11 月 1 日，伊朗籍“ZOORIK”轮在绿华山北锚地走锚后触礁，船舶破损造成约 400 吨燃油泄漏。

2010 年 8 月 27 日 15 时左右，一艘满载 6 万多吨原油的“锦河”轮在浙江舟山海区长白水道东侧入口处发生搁浅，一旦船体破损，6 万多吨原油发生泄漏，将给舟山海域造成重大污染，后果不堪设想，后经长达 11 个小时的观察和救援，确保了该艘油船安全。

可见，随着舟山辖区船舶大型化的趋势，该水域发生较大规模的溢油污染事故不无可能。

2. 风机损坏风险分析

风机荷载计算时不仅考虑了导致风力发电机组最不利工况的风轮启动位置（风轮启动位置的间距应不超过 30° ），且考虑了极端暴风的初期电网失效，无独立电网系统来保证控制系统至少运行 7 天和偏航系统工作 6 小时（假设偏航角误差为正负 180° ）。海上风机及支撑结构设计时，考虑 50 年一遇最大风速情况下，风机发生上述故障无法偏航，叶片正面迎风情况下风机极端荷载，并将其与 50 年一遇极端高潮位下累计平率 H1%波浪联合作用，以确保风机、基础结

构安全可靠。

兆瓦级新型风电机组产品投入规模化生产运行后,质量和运行可靠性还未在海上得到充分检验。同时,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。

工程单台风机内部设置 66kV 干变压器,没有油,呈密封状态;同时风机机舱和轮毂中还存在润滑油,油品主要为油脂、液压油等,约 0.144m³。根据其组成特性,该类油具有较好的分水性,由于其油量较小,当风机桩基失稳倒塌导致内部油料泄漏后,对周边海洋环境影响相对较小。

3.陆上换流站溢油分析

根据设计资料,场址内设置有事故油池,有效容积约应 $\geq 114.4\text{m}^3$,容积指标满足《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB 50229-2019)中容量不小于单台主变油量 100%要求,同时主变压器底部设置集油坑,集油坑尺寸大于变压器外廓各 1m,集油坑与事故油池以耐腐蚀排油管道连通。一旦主变发生事故时,事故含油废水即排入集油坑,并经排油管汇入事故油池,管路与变电站内雨水收集系统相互独立且不向外溢流,事故油池收集后交由有资质的单位统一回收处理,不会排放到外环境产生污染。根据国内 220kV 变电站的运行情况看,除非设备年久失修老化,正常维护情况下,主变事故漏油发生概率极小,因此发生漏油的环境风险总体较小。

5.10.2.2 溢油源项分析

施工期风机打桩和 66kV 缆敷设时,场区施工船舶较多,施工船舶之间以及施工船舶与渔船可能发生碰撞溢油事故,敷缆船、挖泥船施工将穿越众多航道与航道通航船舶可能发生碰撞溢油事故。溢油将对场区施工和周围生态环境造成影响,主要溢油风险点在航道交叉点和风场区中心等施工密集区。

工程运行期,主要溢油风险为风电场附近来往船舶、检修作业船与风机碰撞溢油事故,以及风机失稳造成油品泄漏事故,主要溢油风险点在风场区。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。含油的连通软

管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，将废油、含油废物等一并送交有资质单位回收处理。

1.船舶碰撞事故溢油量分析

根据工程分析，风场区施工最大船型为 10000 吨级驳船最可能发生的船舶溢油事故溢油量为 82.6t。

2.风机损坏事故溢油量分析

本项目单台风机内部设置 66kV 干变压器，没有油，呈密封状态；同时风机机舱和轮毂中还存在润滑油，油品主要为油脂、液压油等，约 0.144m³。根据其组成特性，该类油具有较好的分水性，由于其油量较小，当风机桩基失稳倒塌导致内部油料泄漏后，对周边海洋环境影响相对较小。

5.10.2.3 溢油事故影响预测

1.溢油计算方法介绍

海上溢油的扩散行为受气象条件和潮流特征等环节条件以及溢油本身化学性质的影响，会经历拓展、漂移及风化等复杂过程。溢油刚发生时，油膜主要在海中进行扩展过程，持续时间较短，随后在海中进行漂移和风化过程，持续时间较长。目前对溢油数值模拟研究的方法基本有两种，一种是基于对流扩散方程，将油膜视作一般污染物；另一种是“油粒子”模型，采用拉格朗日随机走动法和粒子云团来描述溢油过程。“油粒子”模型将油膜分散成大量油粒子，油膜视为这些“油粒子”组成的粒子云团，该方法可以较好地反应海上溢油在各种环境因素影响下的行为情况，目前在溢油研究中被广泛使用。

本次计算采用丹麦水利研究所 DHI 开发的 MIKE21/3OS 模块进行溢油的数值模拟，其基本原理是基于拉格朗日体系，模拟溢油在海水中的扩展、漂移、风化等过程，并且能全面反应油膜的漂移轨迹、扫海面积以及溢油物理化学属性的改变情况，是国际上应用较广的溢油预测模型模拟系统之一。

在模型中油被分为两部分：轻质挥发部分（分子量小于 160g/mol，沸点小于 300°C）和重质部分（分子量大于 160g/mol，沸点 300°C 以上），石蜡和沥青作为油中的特殊成分，不参与降解、蒸发和溶解过程。模型中油被离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，每个粒子都在模型被单独计算。溢油发生后，油残留物的化学组分变化是物理和生物过程的结果、这通常称为油的风化过程，在

模型中油的风化过程主要包括蒸发、扩散、乳化、溶解、沉降、感光氧化和生物降解等。

(1) 扩展过程

溢油的扩展过程主要受重力、粘力和表面张力的影响。模型采用的是修正的 Fay 重力-粘性力公式计算油膜的扩展过程：

$$\frac{dA_0}{dt} = K_a A_0^{1/3} \left(\frac{V_0}{A_0} \right)^{4/3}$$

$$V_0 = R_0^2 \pi h_0$$

式中， A_0 为油膜扩展面积， V_0 为溢油体积， K_a 为系数， h_0 为油膜初始厚度，取 10cm， t 为时间。

(2) 漂移过程

“油粒子”模型将漂移过程分为对流和紊动扩散两个主要过程，在每个计算步长内，油粒子的变化都是这两个过程综合作用下的结果。

1. 对流过程

油粒子在潮流和风力的作用下产生对位移移，可以表示为：

$$U_p = U_s + C_w \cdot U_w \cdot \sin(\theta - \pi + \theta_w)$$

$$V_p = V_s + C_w \cdot U_w \cdot \cos(\theta - \pi + \theta_w)$$

式中， U_p 、 V_p 分别为油粒子在 x 、 y 方向的对流移动分速度； U_s 、 V_s 分别是表面流速在 x 、 y 方向的分速度； U_w 为海面上 10m 处的风速； θ 为风向角； C_w 为风漂移系数，一般取值为 0.03~0.04 之间，本模型取值为 0.03； θ_w 为风偏转角，可表示为：

$$\theta_w = \beta \exp\left(\frac{\alpha |U_w|^3}{g \gamma_w}\right)$$

其中， $\alpha = -0.3 \times 10^{-8}$ ； $\beta = 28.38'$ ； g 为重力加速度； γ_w 为运动粘度。本模型取模型默认值， $\theta_w = 28^\circ$ 。

2. 紊流扩散过程

每个油粒子的空间是由水流的随机脉动所导致的，对于二维的情况，可以将随机走动的距离形式表示为：

$$\Delta S_{\alpha} = R \cdot \sqrt{6D_{\alpha} \cdot \Delta t}$$

其中 ΔS_{α} 为在 α 方向上的一个时间步长内可能扩散走动的距离, D_{α} 为 α 方向上的扩散系数, R 为-1 到 1 的随机数。

(3) 溢油风化过程

溢油的风化包括蒸发、乳化以及溶解等过程。其过程十分复杂, 与溢油自身属性、温度、风、阳光等许多因素有关。

1. 蒸发过程

油类蒸发指液态的石油烃变成气态造成油膜与空气间进行物质交换的过程, 油类的蒸发受油品本身及环境因素影响, 油品本身性质决定着油类在水中的蒸发率, 油膜厚度、风场及温度、水温、风速计太阳辐射等因素也影响着油类的蒸发。油膜蒸发是风化过程的主要部分, 大多数原油的蒸发量可达 40%, 蒸发数量一般占总溢油量的 20%~40%。蒸发率由下式表达:

$$N_i^e = K_{ei} \cdot P_i \cdot \frac{M_i}{\rho_i} / (RT)$$

式中: N_i^e 为蒸发率, P 为蒸汽压, i 为不同的油组分, R 为气体常数, K_{ei} 为物质传输系数, M 为分子量, T 为温度, ρ 为油组分密度, K_{ei} 由下式估算:

$$K_{ei} = K \cdot A_0^{0.045} \cdot Sc_i^{-2/3} \cdot U_w^{0.78}$$

其中, K 为蒸发系数, Sc 为蒸汽 Schmidt 数, 模型取 2.7。

2. 乳化过程

乳化是油与水经过扰动作用后混合在一起, 油膜被打碎成油滴不断向水体运动, 同时卷吸海水形成黑褐色的乳化物。这种乳化物可以长期漂浮于海上, 体积、粘度和比重都比原来大得多, 这是由于其吸收了大量海水的原因。溢油的乳化会极大影响到扩散、蒸发等其它过程, 严重地妨碍了溢油的清理工作。溢油的乳化受油膜厚度、水流紊动作用以及环境条件等的影响。

油膜的乳化包括形成水包油型及油包水型两个物化过程。在溢油发生最初的时刻, 扩散是最主要的运动方式, 由于其是一种物理过程, 油膜在自身伸展压缩运动及水流和风浪的扰动下破碎, 将油膜分散成各种粒径的油滴, 油滴进入水中, 形成水包油型乳化。从油膜中扩散到水中的油量损失可由下式计算:

a. 形成水包油乳化物的过程

溢油在海上的扩散过程中,水流的紊动作用将油膜打碎成油滴,油滴分散到水体后进而形成了水包油的乳化物。这些乳化物表面化学性质稳定,可以防止油滴返回油膜。在静风条件下油膜的伸展压缩运动是主要的分散作用力,而在大风的情况下波浪破碎是主要因素。溢油的损失量计算为:

$$D = D_a + D_b$$

$$D_a = \frac{0.11(1+U_w)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_0 h_s \gamma}$$

式中, D_a 为油类进入到水中的分量, D_b 为进入水体后没有返回的分量, μ_0 为油的粘度, γ 为油和水的表面张力。

油粒子返回油膜速率为:

$$\frac{dV_0}{dt} = D_a(1-D_b)$$

b. 形成油包水乳化物的过程

当水进入油类中,形成油包水型乳化,会增加油类的含水率。油类含水率变化由下式得出:

$$\frac{dY_w}{dt} = R_a - R_b$$

$$R_a = K_a(Y_w^{\max} - Y_w) \frac{(1+U_w)}{\mu_0}$$

$$R_b = K_b Y_w \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a}$$

其中, R_a 、 R_b 分别为水的吸收速率和释放速率, A_s 为溢油的沥青含量, W_a 为溢油的石蜡含量, Y_w 为乳化物含水率, $Y_w^{\max}$ 为最大含水率, K_a 、 K_b 分别为吸收系数和释放系数。 $Y_w^{\max}$ 取值为 0.75。

3.溶解

溢油有微弱的溶于水的特性,主要是低碳的轻油组分溶解于水。在整个溢油扩散的过程中其溶解量通常不会超过溢油总量的 1%,可以忽略不计。但考虑到溶解于水中的溢油具有一定的毒性,溢油扩散数值模拟中需要进行溶解量的计算。

溶解率可表示为：

$$\frac{dV_{di}}{dt} = K_{di} \cdot X_i \cdot C_i^s A_0 \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$K_{di} = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i$$

$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \end{cases}$$

其中， V_{di} 为溢油溶解量， K_{di} 为溶解传质系数， X_i 为摩尔分数， C_i^s 为溶解度， M 为摩尔质量。

（4）溢油物理化学性质的变化

进入水体的溢油的物理化学性质会随着乳化和蒸发等过程的进行而不断地发生变化。在“油粒子”模型中，溢油的浓度和厚度都以粒子的体积以及网格面积表示。本模型考虑了溢油的密度、粘度和热容量的变化。

2.溢油源强及位置

根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017），船舶溢油事故溢油量选取工程的可能最大水上溢油事故溢油量，按照施工船舶的 1 个燃料油边舱的容积确定。参照《水上溢油环境风险评估技术导则》中附录 C，10000 吨级驳船舶燃油舱单舱燃油量为 99m³，密度取 0.835kg/L，据此计算，10000 吨级驳船最可能发生的船舶溢油事故溢油量为 82.6t。溢油点选择在风电场场区内，详见图 5.10-2。

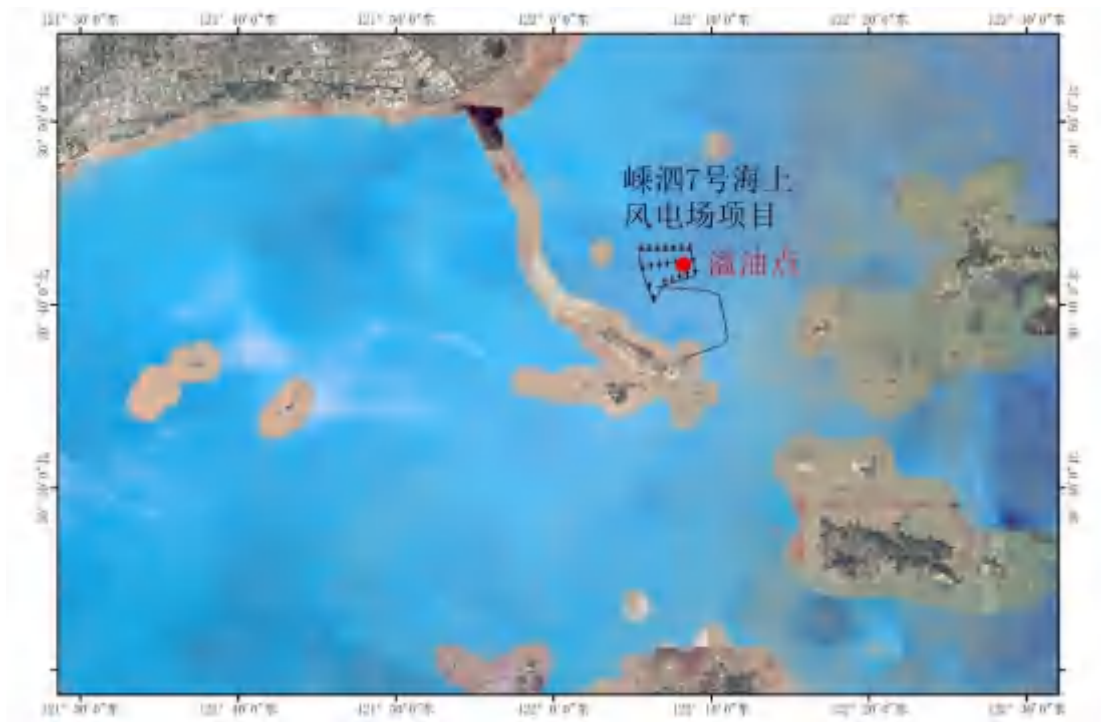


图 5.10-2 溢油点位置示意图

3.周边敏感区分布

根据浙江省“三区三线”划定成果，工程周边多有海上生态保护红线，具体分布如图 5.10-3 和表 5.10-3 所示。

表 5.10-3 周边敏感区情况统计表

序号	敏感区名称	与本项目的位置关系
1	大戢洋产卵场保护区生态保护红线	N，临近
2	马鞍列岛国家海洋公园生态保护红线	E，47km
3	马鞍列岛产卵场保护区生态保护红线	E，74km
4	浙江舟山东部省级海洋公园生态保护红线	SE，73km
5	舟山渔场产卵场保护区生态保护红线	SE，84km
6	嵊泗县嵊泗列岛风景名胜区生态保护红线	E，31km
7	岱衢洋产卵场保护区生态保护红线	SE，51km
8	岱山县岱山风景名胜区生态保护红线	E，41km
9	灰鳖洋重要渔业资源产卵场生态保护红线	SW，50km
10	浙江普陀中街山列岛国家海洋公园生态保护红线	SE，69km

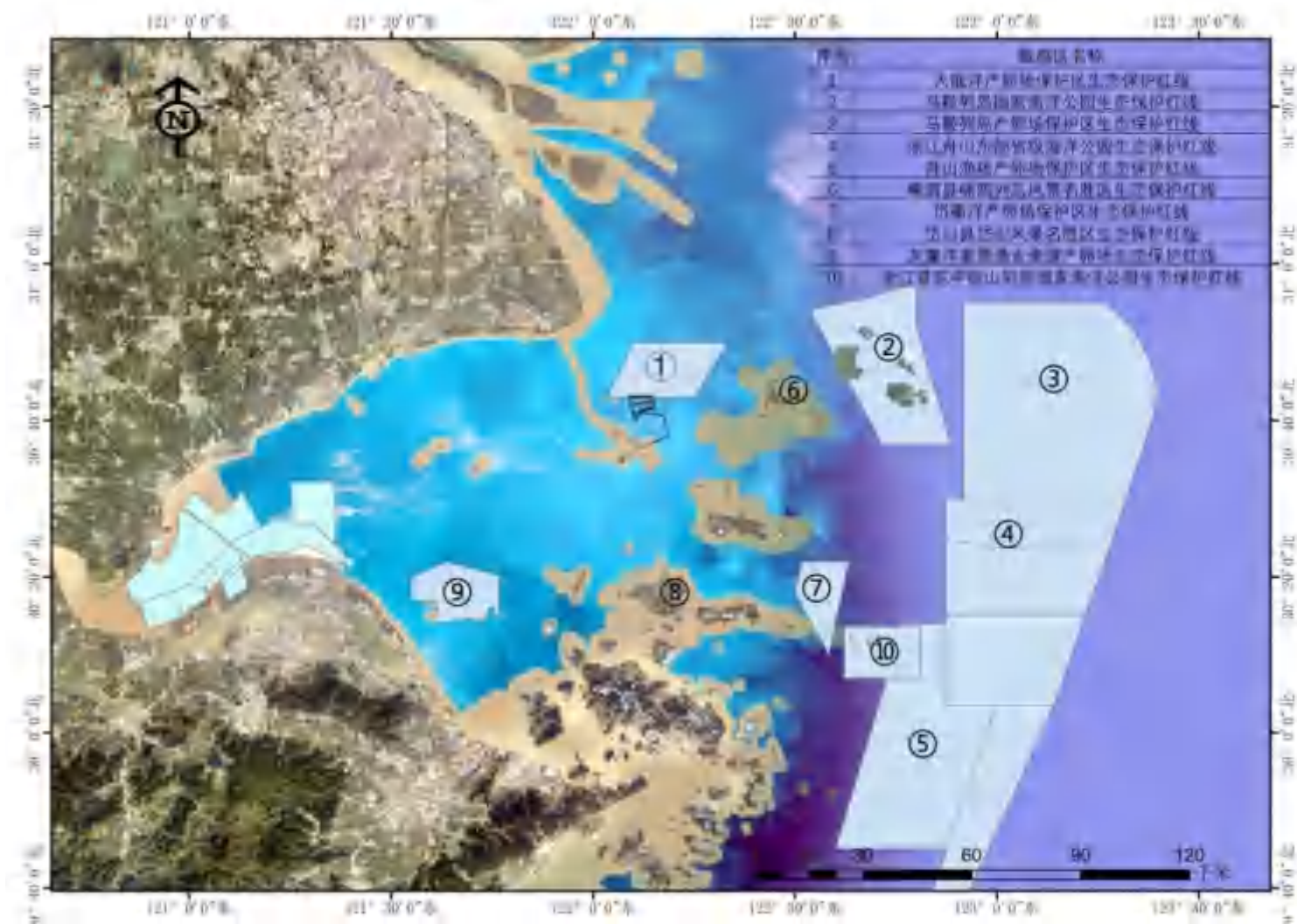


图 5.10-3 工程周边敏感区位置分布图

4.溢油计算工况

(1) 流场参数

考虑到大潮期间潮流流速较大,油膜在大潮期扩散范围最大,因此在流场验证良好的基础上,在实测潮型中选择大潮期的水动力场作为计算流场。

(2) 气象参数

溢油计算工况通常需考虑冬季主导风、夏季主导风以及不利风向,主导风向风速取年平均风速。根据小洋山气象站多年测风资料,工程区域夏季盛行东南风,冬季盛行西北风,冬季多年平均风速 5.3m/s,夏季多年平均风速 4.6m/s。不利风速取施工船舶的最大作业风速 6 级大风的上限风速 13.8m/s 作为最大风速。

考虑到风电场海域周边有环境保护敏感目标,因此不利风向选择为对其最不利的风向和最不利风速,风向根据相互位置关系确定,风速取施工船舶抗风等级六级风上限 13.8m/s。

(3) 计算工况

结合本项目施工船舶的投入情况,预测以燃料油作为油品的主要代表,考虑 1 小时内连续溢油的情况,以大潮作为主要的潮流形式。溢油发生时刻分涨憩和落憩两种时刻。

溢油计算条件组合见表 5.10-4。

表 5.10-4 溢油模型工况设计

工况	风向, 风速	溢油发生时刻	备注
工况1	静风	落憩/涨潮	
工况2		涨憩/落潮	
工况3	夏季常风, SE, 4.6m/s	落憩/涨潮	
工况4		涨憩/落潮	
工况5	冬季常风NW, 5.3m/s	落憩/涨潮	
工况6		涨憩/落潮	
工况7	S, 13.8m/s	落憩/涨潮	大戢洋产卵场保护区生态保 护红线
工况8		涨憩/落潮	
工况9	W, 13.8m/s	落憩/涨潮	马鞍列岛国家海洋公园等工 程东侧多处生态保护红线
工况10		涨憩/落潮	

5.溢油计算结果

根据各种工况计算的结果,表 5.10-5 给出了各种工况下溢油发生后各时刻油膜的扫海面积,表 5.10-6 给出了各种工况下油膜最大漂移距离,表 5.10-7 给出了各种工况下溢油发生后各时刻的残油量,图 5.10-4~图 5.10-13 给出了各工况下典型时刻油膜扫海范围,图 5.10-14 给出了各工况下油膜 72 小时的运动轨迹图。

表 5.10-5 各工况油膜扫海面积随时间变化 单位: km²

工况	3h	6h	12h	24h	48h	72h
工况1	6.436	12.667	23.637	43.443	77.606	100.307
工况2	5.060	10.854	18.285	42.400	83.486	196.161
工况3	6.237	12.103	21.126	41.136	74.818	106.637
工况4	6.466	12.776	23.361	54.784	115.175	174.769
工况5	7.233	13.278	24.135	49.447	100.518	183.519
工况6	4.856	9.813	13.215	34.498	90.373	103.294
工况7	4.059	9.722	29.097	65.690	154.847	290.921
工况8	9.779	18.579	39.997	81.311	189.783	331.778
工况9	3.328	5.890	25.196	48.631	112.727	265.646
工况10	8.711	17.274	23.299	62.748	184.139	350.846

表 5.10-6 各工况油膜 72 小时内最大漂移距离 单位: km

工况序号	工况1	工况2	工况3	工况4	工况5
漂移距离	17.1	18.2	47.6	49.6	49.8
工况序号	工况6	工况7	工况8	工况9	工况10
漂移距离	40.7	122.7	108.5	114.9	116.3

表 5.10-7 各工况溢油残油量随时间变化 单位: 吨

工况时间	1h	3h	6h	12h	24h	48h	72h
工况1	72.3503	68.5953	66.2567	63.5574	60.2443	55.8534	52.553
工况2	72.3503	68.5953	66.2567	63.5574	60.2443	55.8534	52.553
工况3	72.3502	68.5932	66.2485	63.5219	60.1553	55.6757	52.3044
工况4	72.3502	68.5932	66.2485	63.5219	60.1553	55.6757	52.3044
工况5	72.3501	68.5927	66.2463	63.5124	60.1315	56.0569	53.1057
工况6	72.3501	68.5927	66.2463	64.0088	61.6858	59.1551	55.9816
工况7	72.3494	68.5808	66.202	63.3348	59.6747	54.7162	50.9723
工况8	72.3494	68.5808	66.202	63.3348	59.6747	54.7162	50.9723
工况9	72.3494	68.5808	66.202	63.3348	59.6747	54.7466	51.0893
工况10	72.3494	68.5808	66.202	63.3348	59.941	55.5746	52.3341

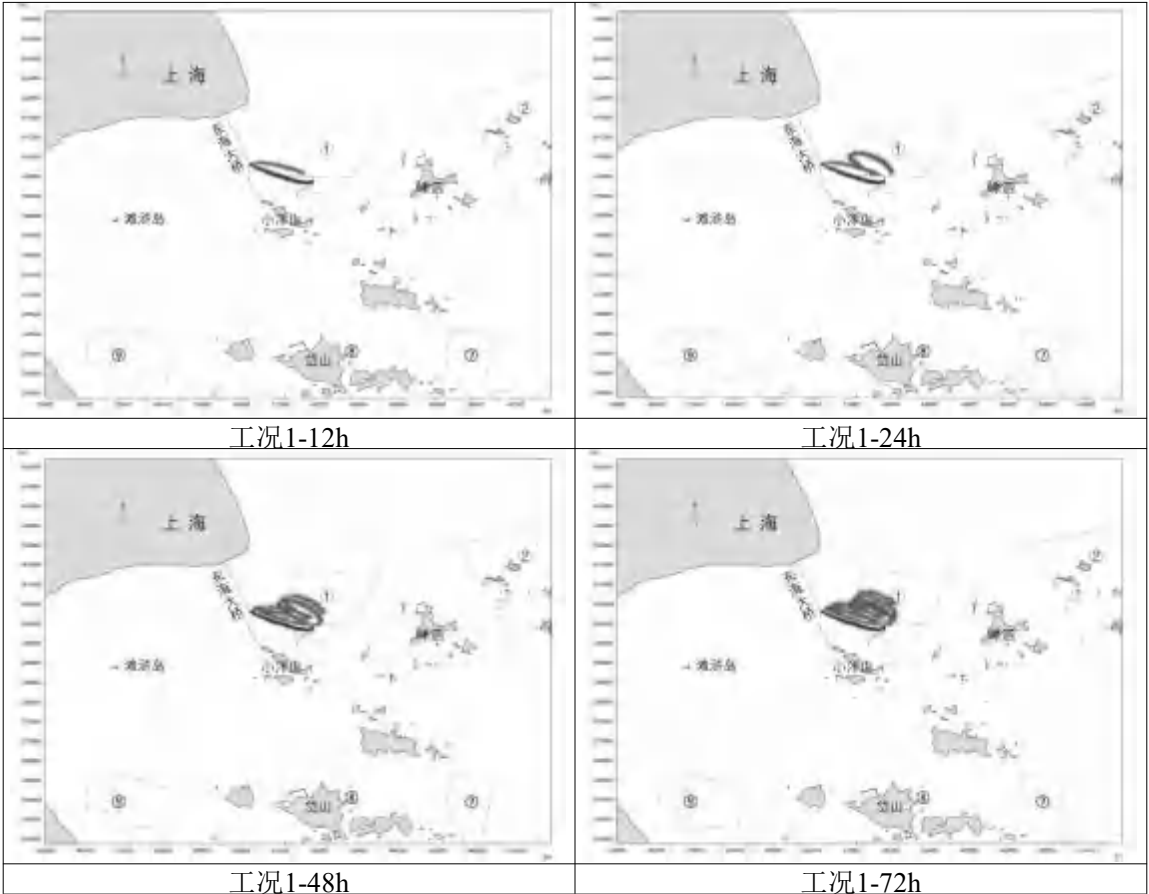


图 5.10-4 工况 1 典型时刻油膜扫海范围分布图

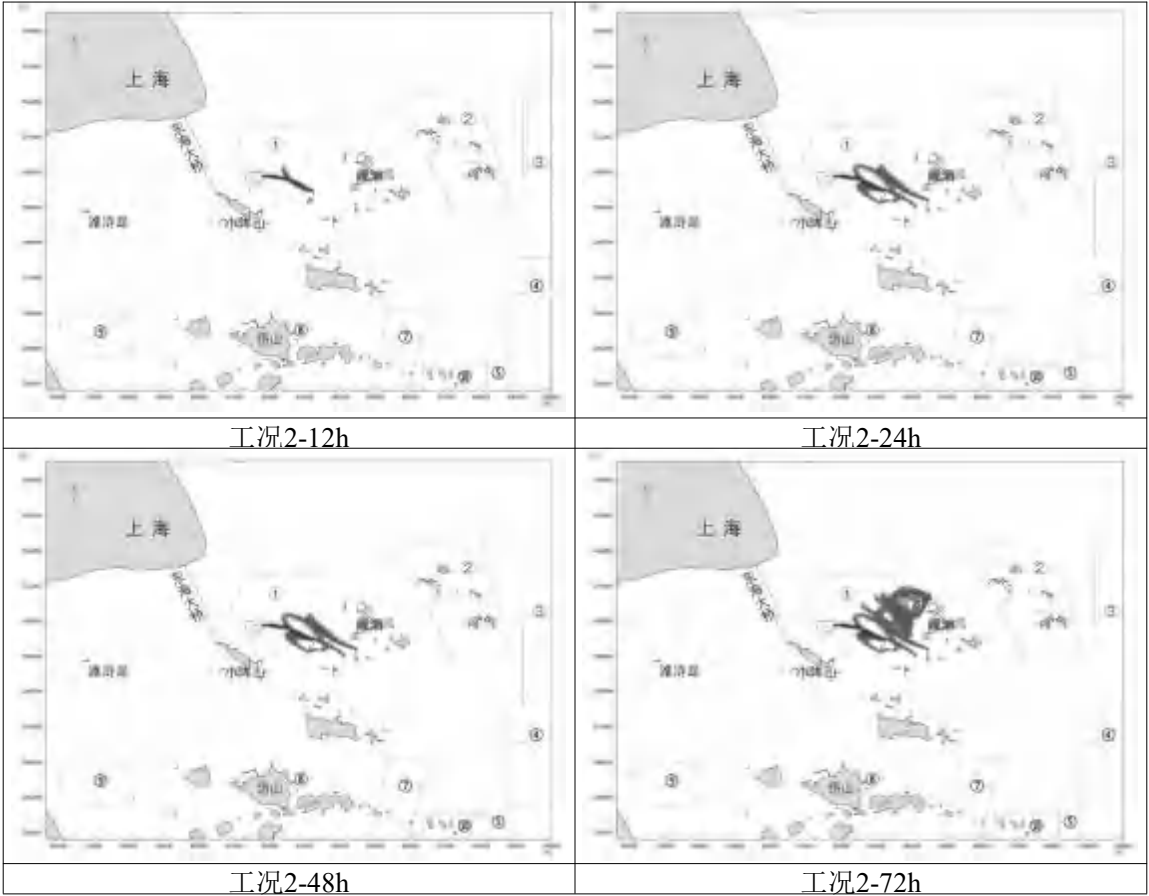
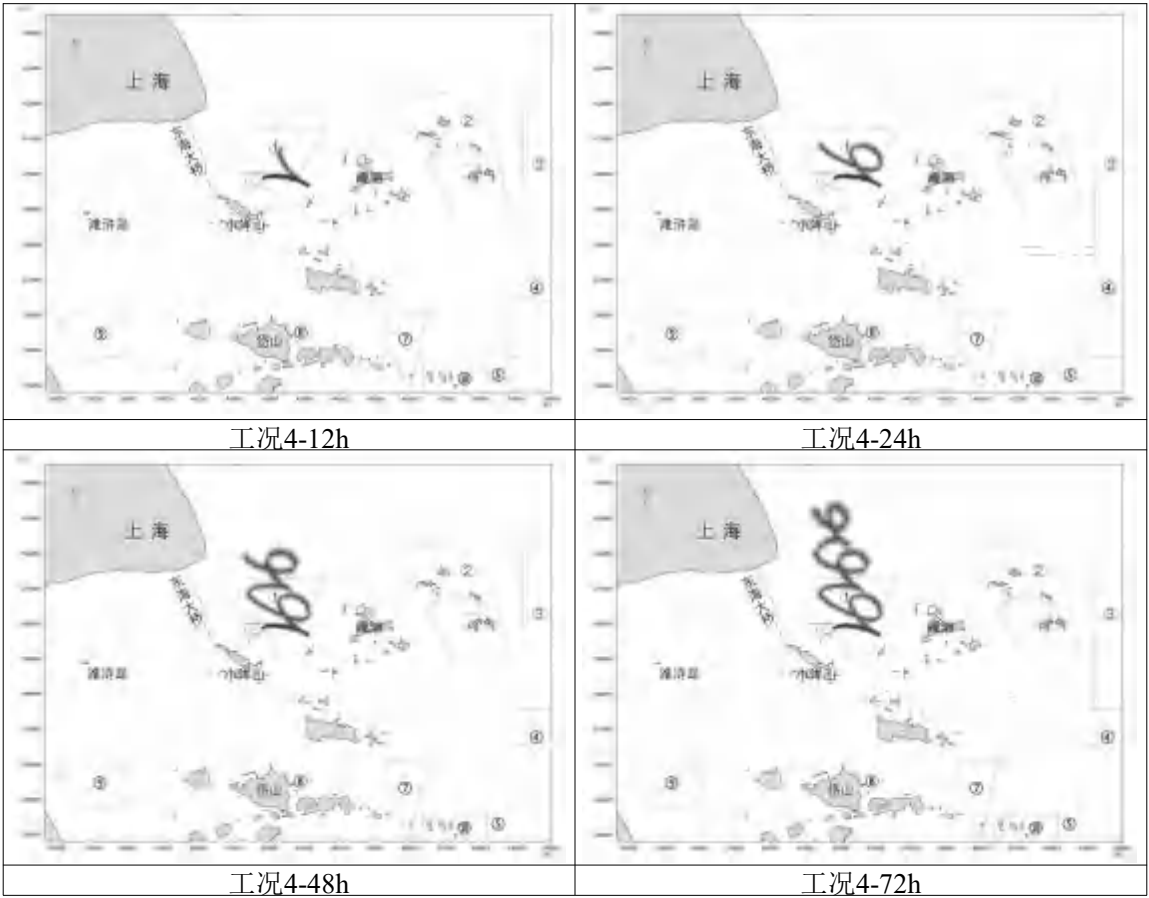
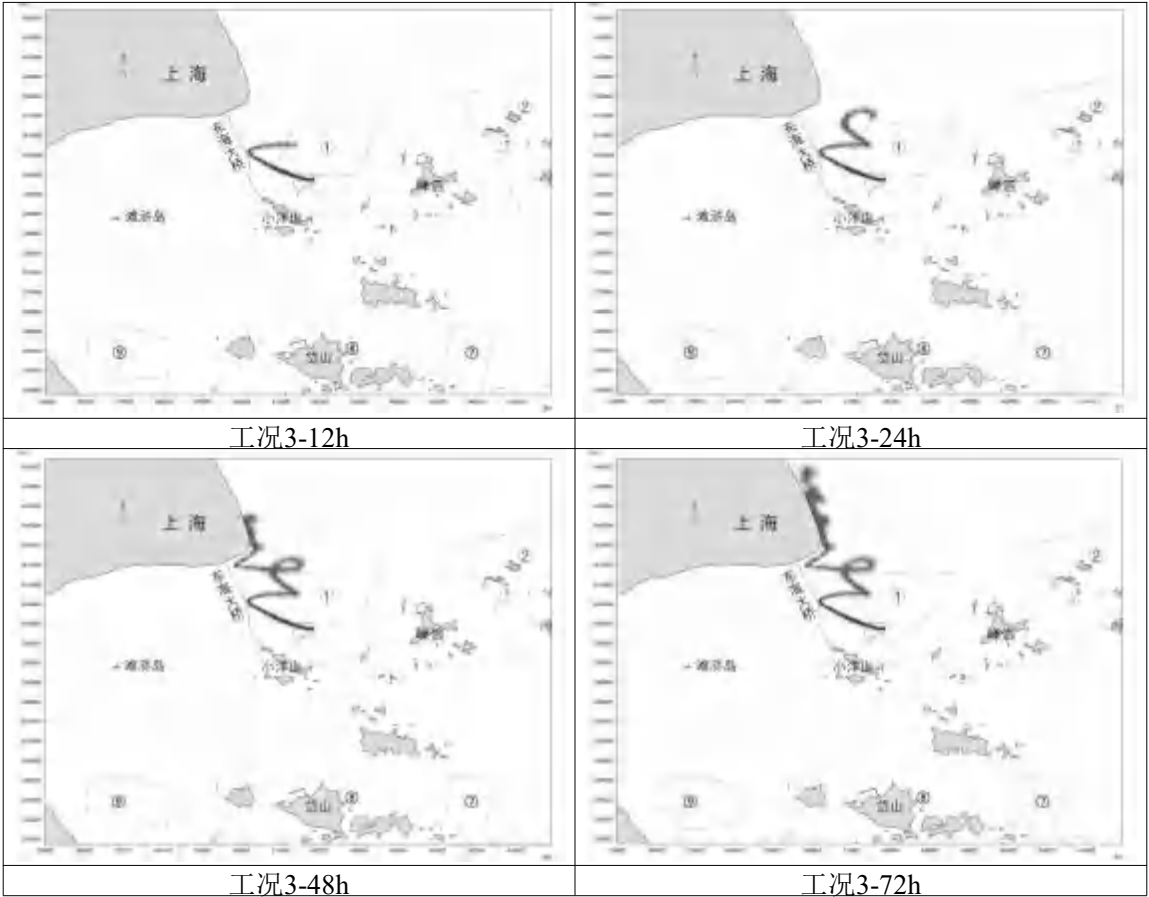
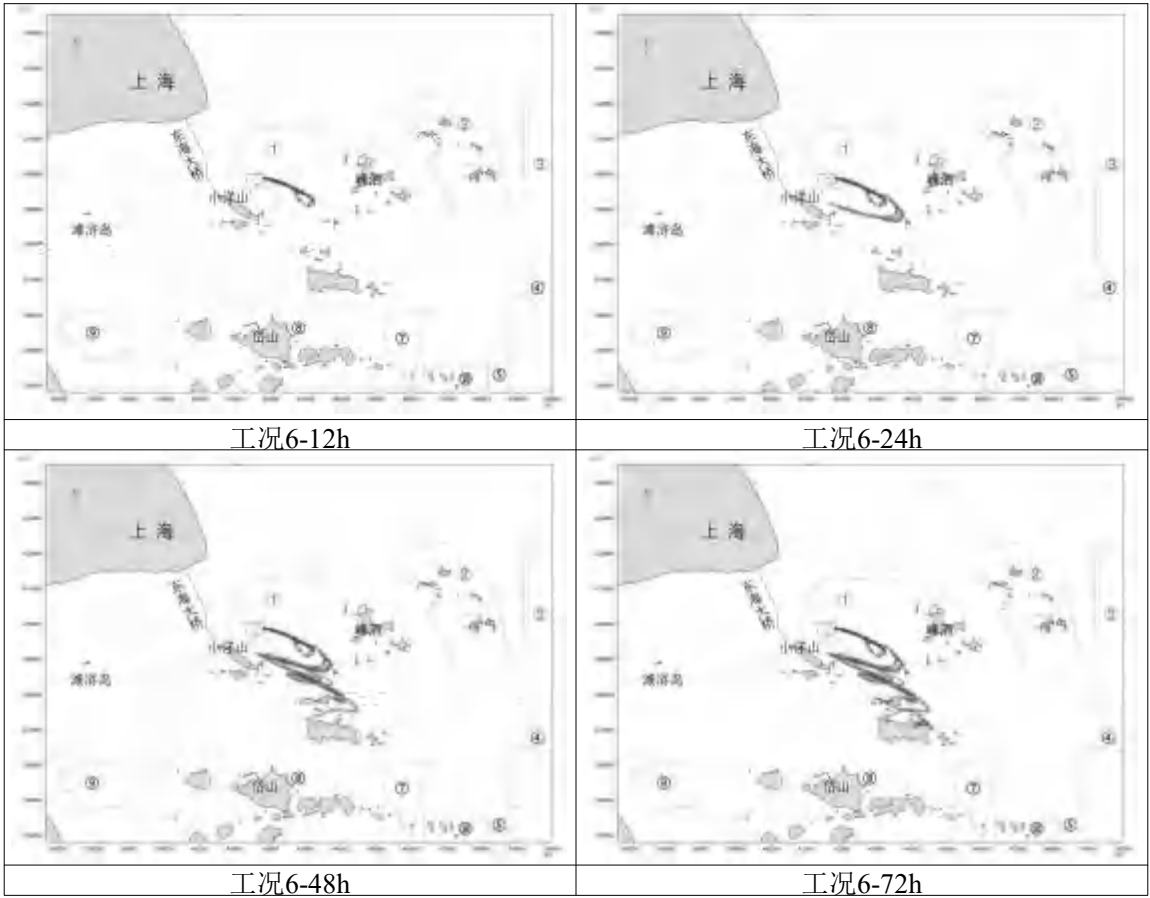
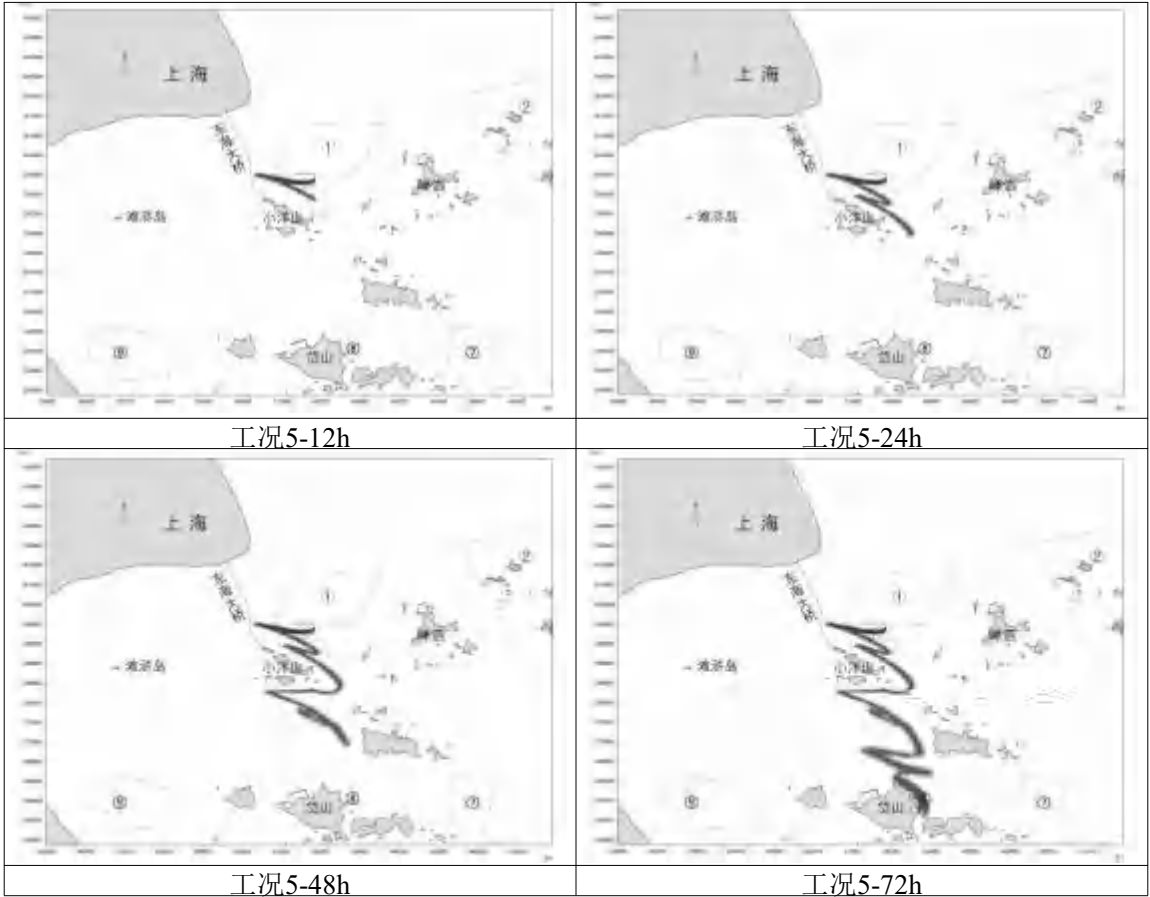


图 5.10-5 工况 2 典型时刻油膜扫海范围分布图





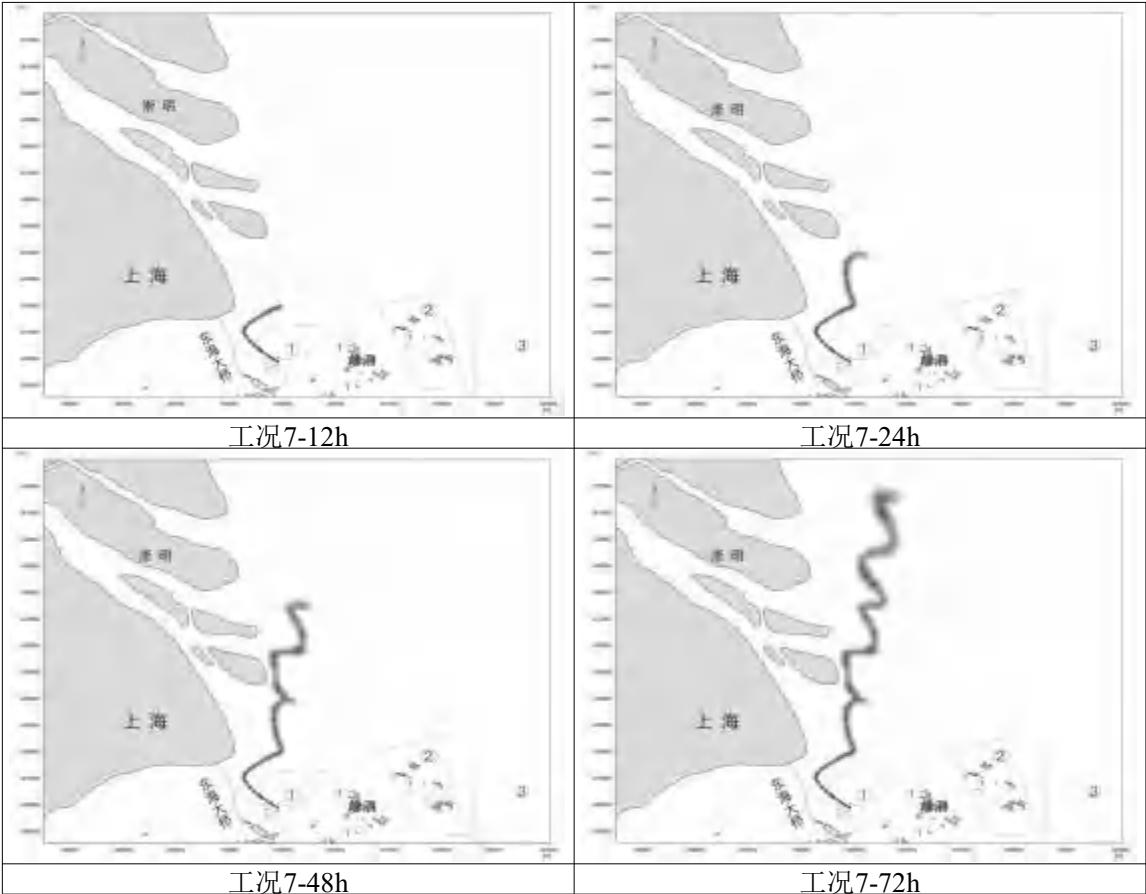


图 5.10-10 工况 7 典型时刻油膜扫海范围分布图

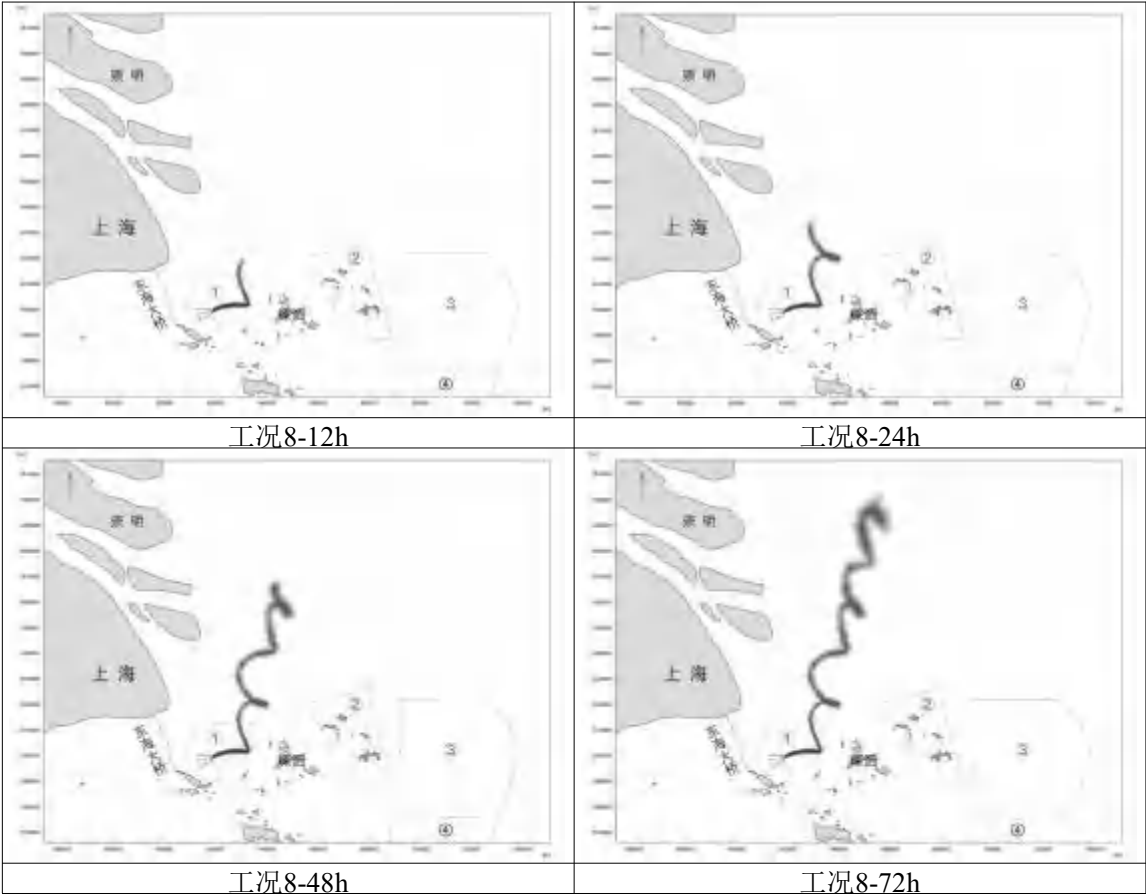


图 5.10-11 工况 8 典型时刻油膜扫海范围分布图

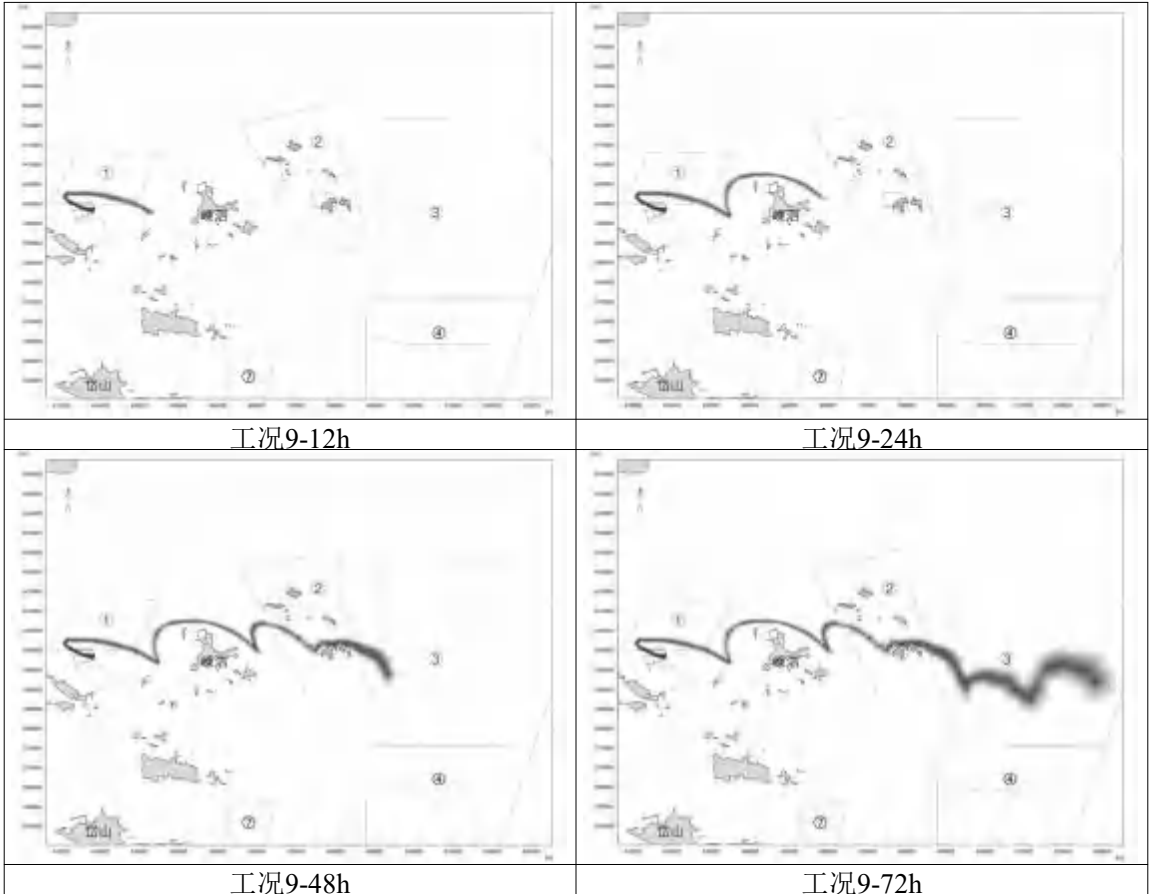


图 5.10-12 工况 9 典型时刻油膜扫海范围分布图

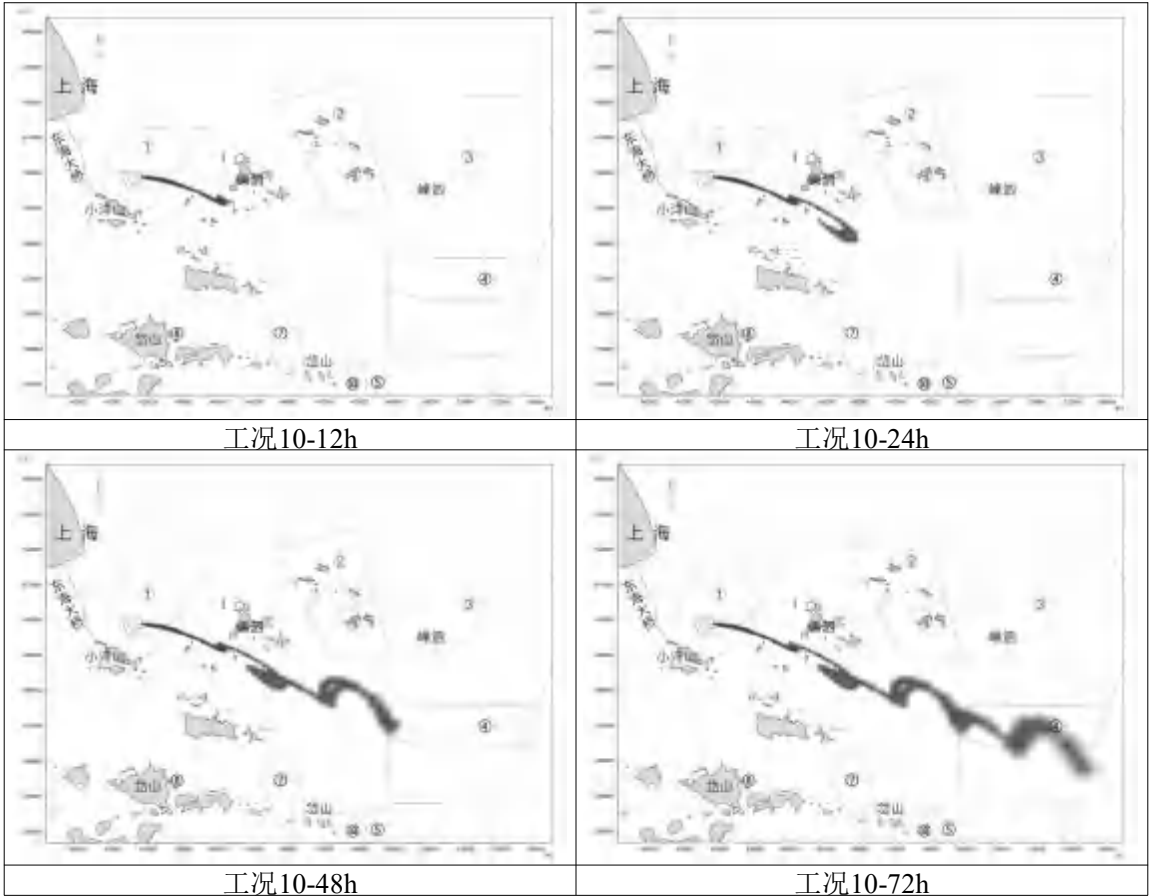
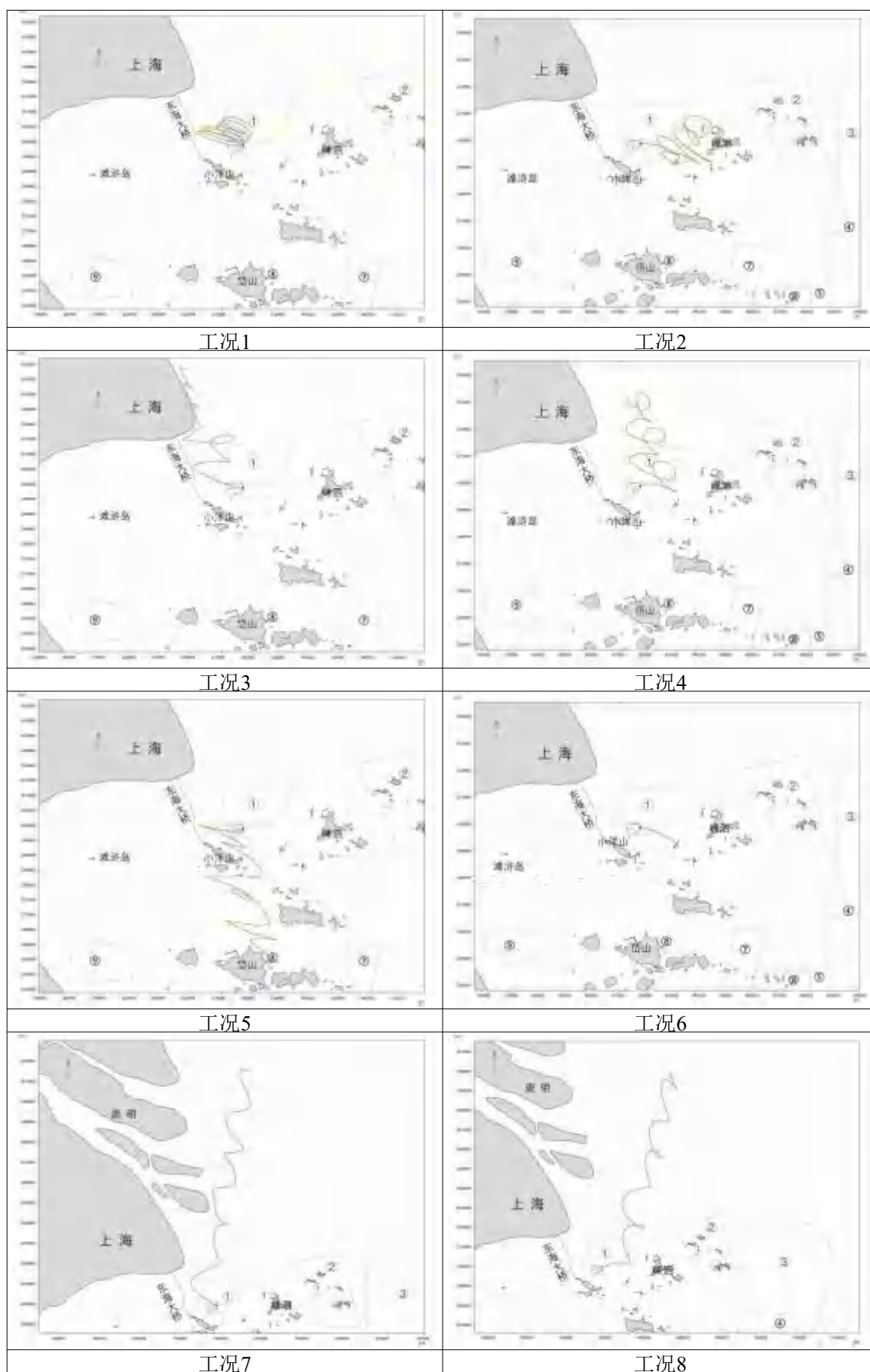


图 5.10-13 工况 10 典型时刻油膜扫海范围分布图



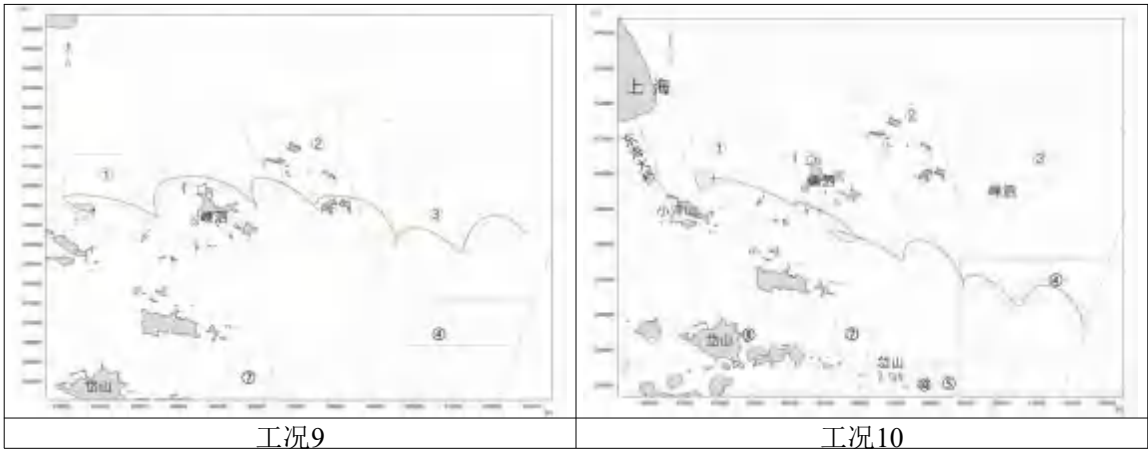


图 5.10-14 72h 油膜运动轨迹图

(1) 溢油计算结果影响分析

从各工况油膜运动轨迹图可以看出，不同风向对油膜运动轨迹和扩散面积影响十分明显。

静风工况，没有风的作用，溢油发生后，油膜仅受潮流动力的影响，在潮流动力作用下，油膜在场区周边 20km 范围内做来回漂移运动；在冬夏季常风工况作用下，风速相对较小，溢油发生后，油膜受潮流动力和风的双重影响下，呈现来回漂移整体往风向所指方向漂去，即冬季常风往南漂移，夏季常风往北漂移；不利工况下，风速较大，达到 13.8m/s，溢油发生后，油膜受潮流动力和大风的双重影响下，风流同向时快速漂移，风流逆向时漂移较慢，整体呈现往风向所指方向漂去的特征。

(2) 溢油对各敏感区影响分析

本工程海域周边的敏感目标主要根据浙江省“三区三线”划定成果中工程周边的海上生态保护红线来确定。一旦发生溢油事故将会对这些区域发生不利影响，通过分析溢油各种工况下的计算结果，给出了溢油发生后油膜到达敏感地区的最短时间，如表 5.10-8。

表 5.10-8 各工况下溢油到达敏感目标的最短时间

序号	敏感目标	工况1	工况2	工况3	工况4	工况5	工况6	工况7	工况8	工况9	工况10
1	大戢洋产卵场保护区	3h	10h	2h	2h	/	/	1.5h	0.5h	3h	/
2	马鞍列岛国家海洋公园	/	/	/	/	/	/	/	/	33h	/
3	马鞍列岛产卵场保护区	/	/	/	/	/	/	/	/	46h	/
4	浙江舟山东部省级海洋公园	/	/	/	/	/	/	/	/	/	41h

5	舟山渔场产卵场保护区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6	嵊泗县嵊泗列岛风景名胜	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7	岱衢洋产卵场保护区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	岱山县岱山风景名胜	/	/	/	/	70h	/	/	/	/	/
9	灰鳖洋重要渔业资源产卵场	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	浙江普陀中街山列岛国家海洋公园	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

由上述图表可以看出：在各风况及潮形条件下，溢油事故发生后，油膜到达大戢洋产卵场保护区的最短时间约为 0.5h；到达马鞍列岛国家海洋公园的最短时间约为 33h；到达马鞍列岛产卵场保护区生态保护红线的最短时间约为 46h；到达浙江舟山东部省级海洋公园生态保护红线的最短时间约为 41h；到达岱山县岱山风景名胜区生态保护红线的最短时间约为 70h。各工况下油膜不会漂移至舟山渔场产卵场保护区、嵊泗县嵊泗列岛风景名胜区、岱衢洋产卵场保护区灰鳖洋重要渔业资源产卵场和浙江普陀中街山列岛国家海洋公园。

6. 溢油风险对海洋生物的影响分析

(1) 对浮游生物的影响

浮游植物是海洋生物的初级生产者，最容易受到油污染的影响。0.1mg/L 的油浓度就会影响其正常生长，对于以其为食的浮游动物也随之而受到影响。完全性浮游动物、动物幼体、卵、一些动物的某一个生长期等对油污染更为敏感。一些海洋生物的影响情况如下表所示。

表 5.10-9 石油产品对海洋生物的致死浓度(1)

生物种类	2 号燃料油或煤油	废油 (ppm)
海洋植物	<100 μ L/L	10
鲳鱼	50 μ L/L	1700
幼体和卵	0.1 μ L/L	1.25
浮游甲壳动物	5~50PPm	15~20
底栖甲壳动物	0.56mg/L	

表 5.10-10 石油产品对海洋生物的致死浓度(2)

种类	石油产品种类	浓度 (ppm)	亚致死反应
普通小球藻	精制萘	1	抑制生长
硅藻、双鞭毛藻	油	0.1~0.0001	抑制或减缓细胞分裂
日本星杆藻	煤油	3~38	降低生长速度
海胆幼体	船用燃油的萃取物	0.1~1	影响受精卵发育

种类	石油产品种类	浓度 (ppm)	亚致死反应
大西洋鳕鱼幼体	BP1002	0~10	破坏捕食行为
大虾	原油、煤油	10	影响化学感受捕食行为
贻贝	原油	1	加快呼吸、减少捕食
滨螺	BP1002	30	明显抑制生长

(2) 对游泳生物的影响

鱼类是海洋中主要的游泳生物，它们对油污染的抵抗能力比其他生物较强，但是，1mg/L 的油浓度也会引起鱼类的中毒反应，而对于幼小的鱼苗，它们的敏感程度比成熟的鱼高 100 倍，而且它们不能象成体那样避开被油污染的水域。

(3) 对其它海洋生物的影响

对于哺乳动物类、鸟类等这样大型的海洋脊椎动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了正在栖息生殖的海滩，他们将极易受到伤害，它们的幼体有被窒息的危险，溢油还会污染它们的皮毛，甚至眼睛、鼻孔和嘴，造成不同程度的伤害，威胁其生命。此外，油类中的石油烃在某些不敏感的有机物的同化作用下，能以各种不同方式富集于它们的食物链中，尤其在鱼类、软体类动物体内的富集，使这些动物受到污染。渔业生产也会受到油污染的影响。一方面可能降低渔业产量，另一方面因造成肉质带有油味而降低其商业价值，因而造成较大的经济损失。

综上所述，一旦发生大规模溢油事故，受污染区域内的海洋生物将会受到较严重的破坏。因此，杜绝溢油事故发生，或者是当发生溢油事故后，及时采取应急抢险措施，最大限度降低溢油事故对生态环境的影响。

5.10.3 海底电缆冲刷掏空风险

受长期泥沙冲刷的影响，海底线缆和海床之间有形成掏空的可能，管线掏空后深沟潮流的往复流将对管线的安全产生较大，流急的情况将会冲断该管线。此外，考虑工程海域可能遭受风暴潮的影响，风暴潮带来的强劲潮流和风能共同作用也可能造成海缆局部冲刷，威胁海缆安全。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，采用预留长度余量，减缓潮流冲刷影响，确保海缆安全。

5.11 工程建设对环境敏感区的影响

5.11.1 对生态保护红线影响分析

本项目风场区、海缆、陆缆和陆上换流站均不涉及占用生态保护红线，项目周边最近的生态红线区为“大戢洋产卵场保护区生态保护红线”，位于风场区北侧 100m。

本项目风场区和 66kV 海缆距离其他生态保护红线距离均较远，基本不会对其他生态保护红线产生影响。

本项目海缆铺设产生的悬浮泥沙扩散一部分会进入“大戢洋产卵场保护区生态保护红线”，但对红线的影响范围较小，且随着施工结束影响也随之消失，不会对生态保护红线产生长期不利影响。

5.11.2 对主要经济鱼类“三场一通道”的影响分析

工程建设对产卵场、索饵场和洄游通道的影响主要表现在风机对渔业水域的占用，打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩和风机运转的噪声。

1.对产卵场影响

在工程的施工阶段，海底电缆施工会造成水体悬浮物的增加，水中悬浮物随水流将附着在水生植物上和水底砂粒上的鱼卵覆盖，可能会使鱼卵窒息死亡。鱼类主要通过鳃进行呼吸，过多的悬浮物会吸附鱼类鳃器官，造成堵塞，对鱼类的呼吸功能造成阻碍，尤其在鱼苗阶段体内生理代谢旺盛，需要充足的氧量供应，以保障身体需要，当悬浮物过多而堵塞鱼鳃时，必然显著减低对水体中氧量的吸收，造成体内缺氧，部分生理机能受到损害，严重时会造成鱼体死亡。

施工产生的振动、噪声可能会使一些鱼类的个体出现行为紊乱，妨碍其正常生活习性；鱼类对外界声音的反应比较敏感，会使鱼类产生背离性行为，逃离开噪声源，会避开声音干扰而游向其他方，逃离产卵场造成繁殖失败。上述两种影响在一定程度上对主要经济物种的产卵场功能产生影响，但此种影响随着工程施工的结束而消失，不利影响仅发生在较短的时间段内。

本项目送出海缆位于宽体舌鳎、鲆产卵场内、海蜇产卵场边缘；风场区位于鲆、黄鲫、白姑鱼产卵场内，海蜇、宽体舌鳎和鲆产卵场内。海缆施工结束后位于泥面 2m 以下，对产卵场影响较小；风电桩基等水工建筑物将永久占用这些鱼

类的产卵场。随着鱼类对新环境的适应，构筑物对产卵场的影响也会逐渐下降。本项目桩基占用产卵场面积相对于整个产卵场区来说比例较小，因此对产卵场的影响较小。

（2）对索饵场影响

施工造成水体悬浮物含量的升高，其沉积和覆盖将导致施工海域浮游、底栖动物生物量的变化，造成一定区域鱼类饵料生物的变化。同时，水中悬浮物浓度增大影响鱼类的视力，使捕获食物将变得困难，进而影响到鱼类的索饵。但上述不利影响仅会出现在施工期，是局部、暂时的，尤其是在施工阶段。只要加强施工管理，严格按施工程序操作，工程施工造成的悬浮泥沙对海水的水质影响较小，对水体中的水生生物产生的影响也较小。

当施工噪音超过水生生物耐受界限时，作为饵料的小型水生动物和鱼类就会产生背离性行为，离开原有生态环境；依赖小型鱼类和浮游生物为饵料的鱼类被迫迁移到其他饵料生物并不丰富的场所，这样会造成鱼类饵料食物的供应不足。

本项目送出海缆位于凤鲚、鳁索饵场内；风场区位于凤鲚、鳁索饵场内。海缆施工结束后位于泥面 2m 以下，对索饵场影响较小；同时风电桩基占据索饵场一定空间，造成索饵面积缩小。与整个凤鲚、鳁索饵场（江浙沿海区域）总面积相比，永久占用面积非常小，对索饵场的影响较小。

（3）对越冬场影响

本项目风场区和送出海缆不涉及主要经济物种的越冬场，项目位置距离主要经济鱼类主要越冬场与越冬洄游路线较远，对鱼类越冬影响较小。

（4）洄游通道

本建设项目风机及其基础以桩基形式建设，不会阻断水流，不会阻断主要经济鱼类的产卵、索饵、越冬洄游通道，对主要种群的洄游活动影响较小。

综上，工程场区占用部分产卵场和索饵场，但总的来说影响主要集中于施工期，风电场施工期打桩作业对鳁幼鱼和鳁产卵等可能存在一定负面影响，运营期风机噪声等对其影响总体较小。为尽量减轻施工噪声对鳁等石首鱼科种类的不利影响，应合理安排打桩作业时间，尽量避开其敏感时节。

工程永久占用面积相对于整个产卵场、索饵场来说比例较小，本建设项目风机及其基础以桩基形式建设，不会阻断主要经济鱼类的洄游通道，对主要种群“三场一通道”影响较小。

6 环境保护对策措施

6.1 施工期环境保护对策措施

6.1.1 水污染防治措施

(1) 海域施工区

①海域施工期间，现场施工人员每天产生一定量的生活污水，由有资质的单位进行统一收集和处置。

②严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》和 73/78 国际防止船舶污染海洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放，施工单位应按照规定将船舶含油废水委托有资质单位对船舶油污水进行接收处理。

含油废水的接收、转运、贮存应严格按照船舶污染物五联单制度执行。接收单位在接收船舶污染物后，应向船舶出具污染物接收联单，按照联单格式填写作业名称、作业开始和结束时间、地点以及污染物种类、数量等内容。接收作业完成后，作业双方在联单上签字确认，第一联接收单位留存，第二联交船舶方，施工单位保存油类记录簿等文件至少 2 年。接收单位将第三、四、五联分别报作业地海事部门、生态环境部门和港航部门。

③甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并处理。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向就近的港务监督局报告。

④加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

(2) 陆域施工区

①1#施工区生活污水采用化粪池处理后纳入港区管网。1#施工区检修过程中产生含油废水量采用隔油沉淀处理方案，隔除的浮油以及沉淀的污泥送至有资质的单位处置，出水用于各施工厂区和道路洒水。

②2#施工区在施工场地设置污水生化处理池，施工人员产生的生活污水经污水生化处理池处理后，定期清理；施工机械、进出车辆清洗废水经收集、沉砂、

澄清处理后回用于车辆冲洗及施工场地洒水抑尘；施工人员临时租用当地民房居住，产生的少量生活污水利用当地已有的污水处理设施进行处理；灌注桩基础施工等产生的少量施工废水采用沉淀池沉淀后回用。

6.1.2 固体废物处理

（1）海域施工区

①对于施工期产生的生活垃圾，主要在各施工船舶上，每只船舶配置 1~2 垃圾收集桶，定期委托有资质的单位进行统一收集和处置。

②施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废物，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物的处理处置工作，不得在地面有明显的固体废物残留。对有利用价值的施工废弃材料也应由施工单位负责及时清理处置。

（2）陆域施工区

①1#施工区施工人员的生活垃圾分类收集，委托当地环卫部门定期清运。

②2#施工区施工人员的生活垃圾分类收集，委托当地环卫部门定期清运；建筑垃圾委托经核准从事建筑垃圾运输的单位运送至指定收纳场地。

6.1.3 生态保护措施

1.海洋生态保护措施

（1）为减轻工程建设对海洋环境的影响，应采取以下措施：

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下，尽可能减少海底开挖面积、开挖量，缩短水下作业时间，避免施工悬浮物剧烈扩散对海洋环境的影响。

②严格限制工程施工区域在其用海范围内，控制电缆施工设备及人员作业范围，施工机械按照电缆划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

③海底电缆施工尽量避开凤鲚、宽体舌鳎、海蜇、鲢等的产卵盛期。

（2）为减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，应采取以下措施：

①对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行张网捕捞活动的范围、时间。

②做好施工期的海水环境跟踪监测与环境监理工作。对施工期附近水域开展

生态环境及渔业资源跟踪监测,及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

(3) 水下噪声对海洋动物影响减缓措施

①施工中的水下打桩将对周围海域的海洋生物、特别是石首鱼科的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点,海上施工期应对每日预计打桩数量(即最高数量)、打桩的持续时间做出预测,在时间上控制一次一桩。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基 8km 范围为哺乳动物和石首鱼科受水下噪声影响的危险区域,在该范围内若出现相应哺乳动物或石首鱼科鱼群活动,应停止打桩施工,驱逐离开保护范围后再进行打桩。

③施工期的一般施工活动中,应注意施工机械和运输机械的维护和更新,尽量采用低噪声环保机械,避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

④打桩时避免采用撞击式的打桩方式,并会采用环保型液压式打桩,减缓噪音能量散播。打桩时采用软启动方式。即首桩采用小幅度的冲击,而后强度逐渐增强,用于驱赶海中一些游动的鱼群。

⑤建设单位在施工现场张贴通告和投诉电话,建设单位在接到投诉后应及时处理各种环境纠纷。

(4) 建设单位将本建设项目造成的生态损失价值等额或差额投入海洋生态措施的建设与保护资金,通过增殖放流进行补偿,减缓对海域的渔业资源造成的影响。

2. 陆域生态保护措施

①严格控制陆上换流站施工占地,合理安排施工工序和施工场地,将工程临时占地合理安排在征地范围内,以减少施工临时占地对周边耕地的影响。

②施工过程中,在站址四周设置围挡,防止挖方、填方作业造成的水土流失;加强管理,妥善处理施工过程中产生的垃圾,防止乱堆乱弃,侵占周边农田。

③线路开挖多余的土石方禁止随意堆置,处置措施应满足水土保持方案要求,施工后平整处理,并及时进行植被恢复。

④施工期的牵张场和施工临时便道尽量利用现有道路和空地,减少对区域植被的破坏;施工结束后按照原有土地利用类型进行植被恢复。

⑤施工中基础开挖尽量选择掏挖式,控制施工开挖量;施工料场及牵张场尽

量选择周边现有空地；施工材料运输应充分利用现有道路等，减小施工场地占地。

⑥施工过程中的回填土石方应集中堆放。并设置防护措施，不得随意堆弃。施工开挖过程中的表层熟土和生土应分开堆放，施工结束后分层回填，以保护表土资源。

⑦施工前应对施工人员进行相关法律法规的培训，增强他们的环境保护意识，同时应加强施工管理，保护项目周边生态环境。

⑧施工结束后施工单位应及时清理施工场地，对输电线路的施工临时占地的部分，根据原占地类型进行生态恢复；临时道路在施工结束后若无使用要求，应恢复原有植被。

6.1.4 鸟类保护措施

(1) 尽可能选用低噪声设备，并加强设备的维护和保养，减少施工机械噪声和车辆运输噪声对鸟类的干扰。

(2) 在鸟类迁徙期要加强灯光使用管理，严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在大雾、小雨、强逆风或无月的夜晚，施工应格外谨慎。针对夜间飞行的鸟类容易被人工光照明干扰，造成误撞的情况，应改进光照强度，减少迁徙季节鸟类误撞概率。

(3) 红色光对于候鸟的影响相对较强，为了减少红色光对鸟类的影响，应尽量降低红光灯的使用率或使用其他照明光源作为替代品，尽量使用对鸟类影响较小的 LED 灯。

(4) 采取措施避免船舶溢油事故的发生，降低事故溢油对鸟类及其栖息地影响风险。加强船舶管理，避免船舶溢油事故发生，进而避免溢油风险事故对邻近海域和岛屿周边鸟类栖息地的影响；对于船舶溢油等风险事故做好突发事件预案，把减缓对邻近海域以及海岛周边鸟类栖息地的影响措施纳入预案中加以考虑，在预案中形成明确的鸟类及其栖息地保护的措施。

(5) 加强施工建设期鸟类的监测。在施工期建设期即开始对风电场海域、海缆登陆段及周边区域鸟类状况开展跟踪监测，进一步评价和验证施工期鸟类的影响，并根据观测结果及时修正或者调整施工方案和施工安排。

6.1.5 大气环境防治

(1) 《MARPOL73/78 附则 VI--防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 7

月 1 日生效，工程施工船舶大气污染物应按该附则规定实施。

(2) 加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。加强对施工机械，运输车辆的维修保养，禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟尘和颗粒物排放。

(3) 施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料堆场等应定点定位，并采取适当的防尘措施。施工场地定期洒水，防止土方表面浮尘产生，在大风日加大洒水量及洒水次数。对运输车辆行驶路面也应经常洒水和清扫，保持车辆出入的路面清洁、湿润，减少行车时产生大量扬尘。

(4) 根据《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》，施工期船舶应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，同时应使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置。根据船舶建造年限船舶排放氮氧化物满足《国际防止船舶造成污染公约》不同阶段排放限值要求。

(5) 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，减少施工大气污染。

6.1.6 噪声防治

(1) 施工船舶应有效控制主辅机噪声。船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定；机舱路口上布置主辅机消声器；合理设置消声器和机舱室结构；限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放。

(2) 尽可能选用低噪声设备，加强施工设备的维护保养，发生故障应及时维修，保持润滑，紧固各部件，减少运行震动噪声；改进施工机械，整体设备应安放稳固，并与船体或地面保持良好接触，有条件的应使用减振机座。加强施工管理、文明施工，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声。

(3) 陆上换流站施工场地周围应尽早建立围墙等遮挡措施，尽量减少施工期噪声对周围声环境的影响。

(4) 依法限制夜间施工，站区施工均应安排在白天进行。如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，应按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，取得县区级以上人民政府或者其有关主管部门的证明，并公告附近居民；同时禁止高噪声设备作业。

(5) 施工运输车辆经过居民区时禁止鸣笛且减速慢行，输电线路牵张场和临时施工占地尽量远离居民区布置。

6.1.7 通航安全保障措施

(1) VTS 监管

VTS 海事监管范围应覆盖本项目水域。鉴于本项目位于舟山海域，岛屿水道众多，考虑到日后港口的发展造成船舶通航量的增加与本风电场的开发建设，有必要配备必要的监管设施，并加强海事监管。监管设施的配备应当结合附近水域的发展规划作出统一的规划和部署。

(2) 安全监管措施

①通过发布航海通告等手段及时公布本项目所在的位置和相应的标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让本风电场。

②加强对附近水域渔船的宣传、教育、培训和监管。根据渔船的特点，与渔政部门配合对渔船进行监督和管理，使其充分认识到过分靠近风电场航行或作业的危险性，对违反规定的渔船和商船进行依法处理。

③对施工船舶严格管理。加强施工和运输船舶人员的安全培训，确保施工船和航行于风电场工程附近的船只都要严格遵守《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》，保障施工正常进行和过往船只的航行安全。同时检查施工船舶的登记、检验和配员要求，及进行施工船舶的签证和安全检查等。在进行锚地等相关规划时，应当保持与本项目有足够的安全距离。

(3) 施工组织与安全保障措施

本项目应严格根据《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》要求进行施工，主要措施要求如下：

①本风电场施工属于影响通航水域交通安全或对通航环境产生影响的水上水下施工，必须附图报经海事主管机关审核同意，由海事机关核准并发布航行警告、航行通告，详细通告施工作业区域和安全警戒水域范围、施工的内容、施工船舶情况及注意事项等。

②施工方施工前应根据施工情况，申请安全作业区。划定与施工作业相关的安全作业区必须报经海事局核准、公告，与施工无关的船舶、设施不得进入施工作业安全作业区，施工作业者不得擅自扩大施工作业安全区的范围。

③建设、施工单位应制定并落实相应的安全生产和防污染规章，采取相应的安全措施，避免事故的发生。

④施工方应根据国家有关安全生产的各种规定和要求，制定应急预案和应急计划，包括船舶碰撞事故应急预案、雾季船舶航行应急预案、船舶溢油污染应急预案、人员落水应急处置预案、火灾爆炸事故应急处置预案、船舶搁浅应急处置预案、对失控船舶的应急处置预案等。施工方应将上述预案报海事主管部门批准，并在遇到紧急情况时及时启动预案，并通知海事主管部门。

⑤施工方在施工期间应组建通航安全管理与监督小组，保持与海事部门的沟通，与施工水域附近的过往船舶协调行动，按期完成工程，使本风电场建设给附近水域通航安全带来的影响降低到最低程度。

⑥业主应选择具有优良设备的施工单位，并督促施工单位落实安全生产措施，协调施工单位与其他相关部门间的工作；施工单位应提供适航的施工船舶并保持其适航状态，遵守有关安全航行的规则和安全作业程序，加强对施工作业船舶的安全管理，同时应将参与施工作业的船舶及时报当地海事主管机关，自觉接受海事部门的监督检查，避免施工船舶引起水上交通安全事故的发生。

⑦船舶进入施工水域，应谨慎驾驶，加强瞭望，避让时注意运用良好船艺，注意与操纵能力较差的施工船舶的避让，尽量避免在施工水域附近会船和追越。在与大型施工船时注意保持足够的会遇距离，防止因大船的兴波造成船舶的横摇而产生危险。施工单位应避免在大风、急流和大浪等影响安全的条件下强行作业。

⑧工程区域风浪天气较多，而且由于整体组合后组合体属重大件货物，对其进行运输与安装操作时需充分考虑施工船舶的施工安全。

⑨船舶在运输和安装的施工过程中尽量减小风浪对施工的影响：需要运用良好的船艺，避免船舶横风横浪；同时针对驳船的载重量，留出足够的储备浮力，以减少甲板上浪对船舶和所装载设备的的影响。施工方应制定详细的风浪中施工操作的应急预案并严格执行，以确保风浪中施工的安全。由于装载重大货件降低船舶的稳性，在装载、运输和安装操作时需进行详细的稳性计算，确定合理的装载与绑扎方案，装载方案应充分考虑风浪天气对船舶动稳性的影响。

⑩施工方应将施工进展情况上报海事部门，征得海事部门对施工水域进行有效监管，以利航经该水域的船舶安全避让。如施工期间发生突发事件，立即启动和执行紧急预案外，应及时向海事主管机关报告。

⑪严禁施工作业者随意倾倒废弃物,且施工作业者有责任清除其遗留在施工作业水域的碍航物体。施工后应注意检查不要遗留碍航物。

6.2 运行期环境保护对策措施

风机在风力带动下将风能转变为机械能,在齿轮箱和发电机作用下机械能转变为电能,生产过程中无废气、废水和废渣等“三废”排放,针对工程运行期间可能的一些影响提出减缓和修复措施。

6.2.1 生态保护措施

(1) 加强管理,确保风电场正常运行

加强风电场运营管理,保证各项工程设施完好和确保安全生产是海洋生态保护最基本的措施,杜绝海洋环境污染事故。

(2) 设立海洋生态环境跟踪监测系统

根据海域环境特征,在风电场附近内设立长期的监测站点,对海域的各种水生生物资源(包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源)等进行定期监测。

(3) 海洋生态及渔业资源增殖放流

目前国内对于海岸带开发,采取的生态修复和补偿措施主要包括海洋生物人工放流增殖技术。建设单位应按照《浙江省水生生物增殖放流工作规程》要求开展增殖放流工作,将项目造成的生态损失补偿经费纳入工程投资预算中,在当地主管部门指导下,统一委托开展生态补偿方案的编制,编制增殖放流计划表,统一开展效果评估。

根据舟山海域特点,结合浙江省及沿海各市多年实施海洋增殖放流的实践和增殖效果跟踪评估,考虑各类生物的生态地位及生态功能及技术可行性,初步选择大黄鱼、黑鲷、日本对虾、三疣梭子蟹、黄姑鱼、曼氏无针乌贼、厚壳贻贝等作为本项目的放流种类,增殖放流种类、计划放流数量根据生态修复方案专题确定。同时应对增殖放流效果进行跟踪监测,提供放流效果的调查分析报告。

根据放流苗种的繁育、中间培育季节选择放流时间,优先选择在伏季休渔期;放流区域根据生物苗种习性计划放流区域,优先选择在保护区和有管理条件的区域,增殖放流实施周期为 3 年,费用平均到每年。

建设单位应参考报告书中生态补偿估算结果委托编制生态修复方案,在主管

部门指导下开展增殖放流工作，增殖放流方案最终要以专业单位委托编制的生态修复方案为准。

6.2.2 渔业生产保护措施

①建设单位应与地方渔业行政主管部门进行充分的协商沟通，由渔业部门做好统一协调，做好渔业生产与风电场安全运行协调补偿工作，在促进风电资源开发的同时保护渔业资源，减缓工程建设对渔业生产的影响。

②根据通航安全影响论证报告，本项目海域在附近渔港渔船出港的航路上，风电场建设会对渔船的正常进出港产生一定的影响，建设单位需加强对过往船舶的引导。

6.2.3 鸟类保护措施

（1）鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为减少鸟类与风机叶片碰撞的风险，风机的叶片翼尖区域建议选用红白相间的颜色，不同于天空和海洋背景的颜色，以起到警示色的作用，让鸟类在飞行中能尽早分辨出安全路线，及时规避风机，降低鸟只撞机风险。

（2）风电场区域的照明设备建议选用白色灯，并且尽可能少安装灯，灯的亮度和闪烁次数也要尽可能小和低。不要使用钠蒸气灯，禁止长时间开启明亮的照明设备，给需要照明的设备加装必要的遮光设施，以减少光源对夜间迁徙鸟类的干扰。

（3）特殊情况下的风电场运行管理。在有大雾、小雨或强逆风等不利天气状况时，尤其在迁徙强度大的季节，应密切关注风电场的情况，避免鸟类撞机伤亡。

6.2.4 污水处理措施

（1）陆上换流站站内设置生活污水生化处理池，运行期间管理和维护人员产生的生活废水经污水生化处理池处理后，定期清掏，不外排。

（2）运营期巡检船舶应严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》，船舶油污水需委托有资质的单位接收处置。

6.2.5 噪声防治措施

主要为海上风机噪声，风机噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声。机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，这部分噪声是能够控制的，其主要途径是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。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。

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。为降低机械噪声可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；为降低风机结构噪声，建议可在机舱内表面贴附阻尼材料。

6.2.6 固体废物处置措施

(1) 生活垃圾

运行期换流站内设有垃圾桶，管理和维护人员产生的生活垃圾集中堆放在站区垃圾桶，委托当地环卫部门统一收集处置。

(2) 当陆上换流站变压器发生事故或检修时，事故油通过排油管道集中排至事故池，废油由具备相应资质的专业单位妥善回收处置，不外排。陆上换流站运行过程中产生的废铅蓄电池及废变压器油，更换时由有资质的专业单位当日直接回收处置，不在站内贮存。陆上换流站应建立危险废物管理台账，如实记录有关信息，并通过国家危险废物信息管理系统向所在地生态环境主管部门申报危险废物的种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。按照国家有关规定和环境保护标准要求贮存危险废物。将危险废物暂存在危险废物暂存间由有危险废物许可证的机构收集、贮存、利用、处置，不外排。

6.2.7 电磁影响防治措施

(1) 加强运行期的海底电缆冲刷检测监控，保证海底电缆一定的埋深，避免海底电缆外露造成的电磁影响增加。

(2) 换流站选址时尽量避让人口密集区，换流站内提高导线对地高度；在换流站总平面布置设计时，合理布置和屏蔽部分高压电气设备，减小相互间的电磁干扰；换流变压器尽量靠近阀厅，以变压器套管取代阀厅套管等，尽量缩短阀

和变压器间的辐射回路、减少电磁环境影响；对产生大功率的电磁振荡设备采取必要的屏蔽措施，并将机箱的孔、口、门缝的连接缝密封；为限制电晕产生的电磁环境影响，在设备定货时要求导线、母线、均压环、母线终端球和其他金具等提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕。

（3）确保换流站厂界四周及周围电磁环境敏感目标处的合成电场满足《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB39220-2020）的限值要求、工频电场和工频磁场满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的限值要求。

6.3 环境风险防范与应急措施

6.3.1 溢油事故风险防范措施

6.3.1.1 施工期溢油风险防范措施

（1）加强教育，提高意识

施工前，需指定切实有效的安全管理措施和风险事故应急预案，并由建设单位负责组织对海域施工人员的安全环保培训教育，特别针对施工船舶航线安全进行专业培训，同时加强设备的维护和管理，提高施工人员的安全防范意识，切实贯彻“安全第一，预防为主”的方针，预防溢油事故的发生。

（2）施工作业开工前按规定向舟山海事局申办妥水上、水下施工作业手续，并获得施工许可。施工单位应根据工程施工的需要确定施工水域，并报海事管理机构核准。

（3）建设单位应根据工程施工水域和现场安全维护的需要，向海事管理机构申请设置施工水域警戒标志，并实施“三同时”；除了遵照避碰规则和信号规则的有关要求显示相应信号灯外，打桩船应在八字锚锚位处设置锚标；当锚缆外伸较远时，应在锚缆入水处设置相应标志，夜间应有警示灯标，在锚缆伸出方向用灯光照明，以警示过往船舶避开水下锚缆。

（4）施工作业前，建设单位应向海事主管机关申请发布与工程施工有关的航海通（警）告，以便过往船舶识别施工水域，避开航行；召开有关单位参加的通气协调会后再进行施工。

（5）在电缆铺设的过程中，应设置阶段性施工警戒区，随时根据电缆铺设进度及时设置施工警戒区，警戒区范围建议为海底电缆南北方向各 300m 以内水

域，防止周围船舶误闯施工区域。施工船要正确显示号灯号型，加强与周围船舶的联系与沟通，避免周围船舶靠近电缆铺设区域。必要的时候联系海事主管部门，对电缆铺设给予相应的协助。

(6) 选择具有沿海资质的施工船舶和交通船，足额配员，船舶进入施工水域后和施工过程中，应严格按有关规定显示信号，加强值守，注意瞭望，及时主动提醒过往船舶注意避让，注意检查本船的船位，防止走锚。

(7) 施工船舶应在海事机构的指导下合理设计航线，使用改正到最新的海图等航海资料，认真分析航路沿线的通航环境情况，选择气象、海况良好的航行时机，谨慎驾驶，加强瞭望，保障航行安全。

(8) 施工船舶和相关辅助船舶，应配备雷达、AIS 等助导航设备，并在核定的工程施工水域范围内进行施工作业和停泊，尽量减小对附近航行船舶安全航行的影响。

(9) 在施工现场进行打桩作业时，打桩船舶及服务船舶均需抛锚，为避免施工船抛锚对过往船舶造成危害影响，应白天在艏悬挂锦旗，夜间用探照灯向开锚锚位处水面照射。

(10) 海域海况差会增加发生船舶碰撞的几率，因此海域风力增加，海浪较大时，当达到施工船舶的抗风浪等级前，施工船应停止施工作业，在气象预报风浪超过施工船抗风浪等级前，应提前撤离施工现场，就近避风。

(11) 施工单位应选择具备沿海航区资质、载重能力、尺度和适航性能适合工程设备和物资运输的运输船舶从事相关设备和物资的运输，杜绝内河船舶和不适航的船舶参与工程运输，以便随时出动进行应急抢救等救助工作，同时发生少量溢油事故时，可现场及时进行围栏清理。

6.3.1.2 运行期溢油风险防范措施

风电场场区周边航道较多，为防范运行期船舶碰撞及溢油事故风险，必须采取相应的安全措施以保证船舶航行和风机的安全运行。

(1) 海上风机应涂有醒目的警示色、夜间需采用警示灯的办法。在风电场场界外侧考虑设置航行警示标，以警示船舶有效避让。

(2) 设定专门机构，定期对风电场场区进行巡视，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。并配置有效的通讯设备，与海事

主管机关随时保持通讯联系，以在发生突发事件时能及时获得海事主管机关的应急援助。

(3) 向海事主管机关申请发布航行通告和航行警告，提出协助进行水上安全维护申请。并在以后出版的有关海图上进行标记。

(4) 运行期间建设单位应建立风电场安全维护和作业制度，相关制度应包括安全作业条件（如天气、海况、设备、人员等条件）、作业程序和安全技术要求等内容。作业人员应满足海上高空作业环境和海上航行环境要求，熟悉安全作业的操作规程，具备基本的海上求生技能和急救技能，避免因操作失误引发的风险事故。

(5) 加强风机基础冲刷监控，定期进行跟踪监控，防止风机基础掏空倒塌，如果发生风机倒塌事故，将及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海监部门，对外发布航行预警通告，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，防止风机内部润滑油料泄漏，一旦发生泄漏，立即采取围油栏围挡，采取吸油毡等对泄漏油料吸附回收。

6.3.2 海底电缆保护措施

针对运行期海底电缆外露的风险，应加强运行期海底电缆的防护措施，切实保护海缆和工程的安全运行。

(1) 对海底电缆管道保护区和海底电缆管道的线路等设置标识。国家鼓励海底电缆管道所有者对海底电缆管道保护区和海底电缆管道的线路等设置标识。设置标识时，应向县级以上人民政府自然资源主管部门备案。同时，可以对海底电缆管道采取定期复查、监视等其他保护措施。

(2) 对于可能出现海床演变、局部冲刷较严重的区域，采取海缆 S 型敷设的措施，预留足够的海缆长度，以便在海床冲刷电缆出露后可通过电缆自重下沉至海床面而不致形成悬空。

(3) 加强跟踪监测，在工程运行过程中，若因海床整体演变等原因造成海底电缆外露，需根据外露区域的工程地质条件选择合适的后续保护工程，如抛填级配块石，设置预制水泥盖板，布设钢丝铅笼网兜等设施。

6.3.3 环境风险应急措施

6.3.3.1 海域溢油应急预案概况

按照我国政府加入的《73/78 国际防止船舶造成污染公约》附则 I（防止油污规则）第 37 条（船上油污应急计划）的规定，150 总 t 以上的非油轮船舶自 1995 年起船上已制定了《船上油污应急计划》。一旦该船发生溢油污染事故，首先要启动该《船上油污应急计划》，同时请求海事主管部门给予支援控制和清除油污（支援者可要求合理的清除费）。

（1）应急计划区

本项目应急计划区主要为海缆敷设线路及风电场附近，一旦发生溢油事故，将依托于舟山市、宁波市应急处理力量对溢油事故进行处置，并启动应急程序。应急事件包括船舶碰撞、倾翻油品泄漏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

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。应急领导机构负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥。

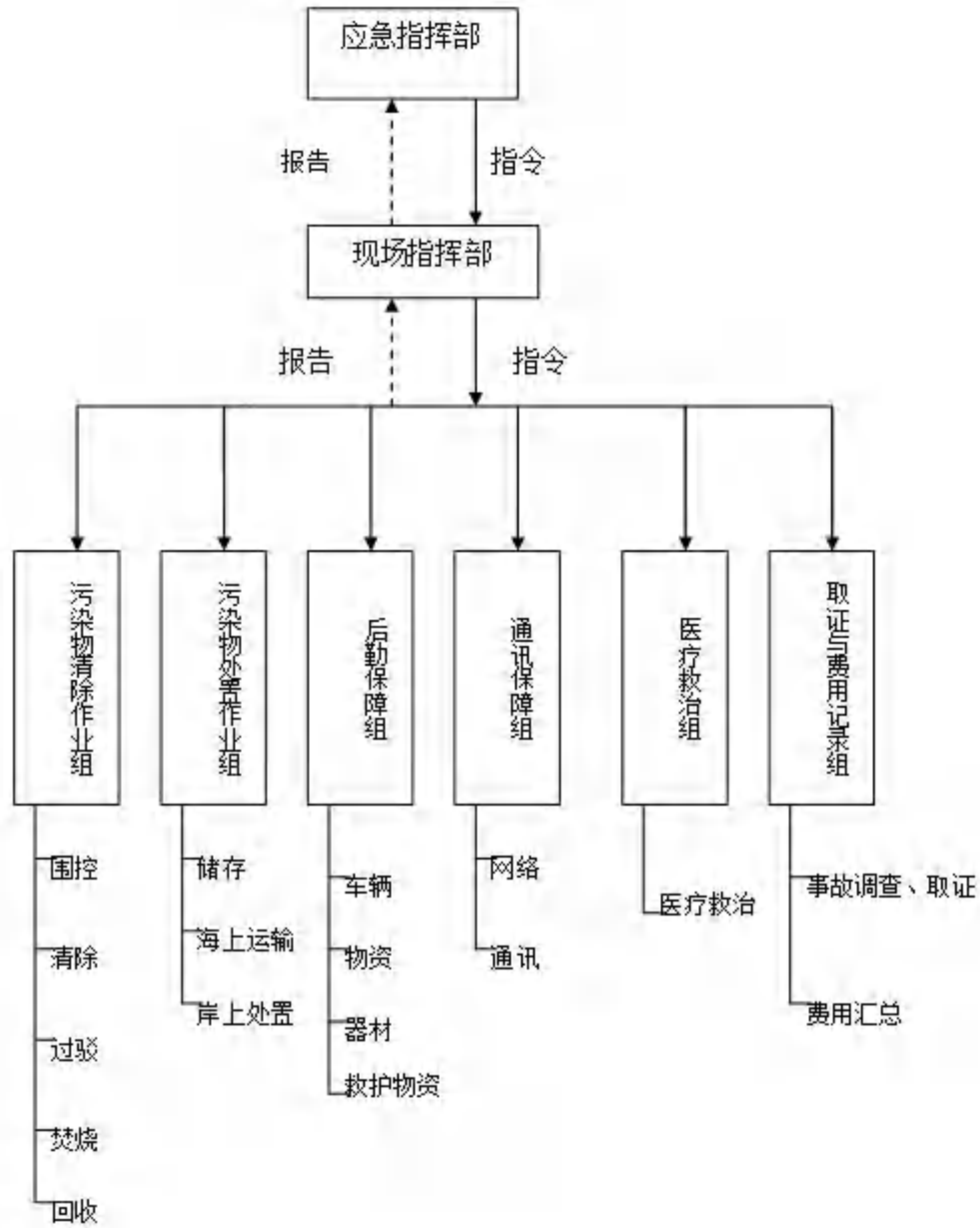


图 6.3-1 溢油事故应急程序图

②应急指挥部

由建设单位成立应急指挥部，负责船舶污染应急防备和应急清除工作的组织和指挥，并设日常办公机构，挂靠在行政人事部，负责应急指挥部的日常工作。应急指挥部成员由公司领导层、高级指挥人员和公司各部门负责人组成。

总指挥可由应急指挥部指定，必须是高级指挥人员。总指挥应当具备对船舶污染事故应急反应的宏观掌控能力，能够根据事故情形综合评估风险，及时做出应急反应决策，有效组织实施，并应当通过中华人民共和国海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

③现场指挥部

现场指挥部，由应急指挥部指派到溢油事故现场的临时指挥机构，在应急指挥机构的统一领导下，负责船舶污染事故现场的应急组织、协调和指挥。根据船舶污染事故现场情况，制定具体的污染清除作业方案，并组织应急作业组开展污染物清除和污染物处置作业。现场指挥官由应急指挥部指派，必须由中级以上指挥人员担任。

现场指挥官应根据指挥机构的对策，结合现场情况，制定具体的清污方案并能组织应急操作人员实施，并应当通过中华人民共和国海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

④应急作业组

根据应急救援的需要，在应急指挥部领导下组建应急作业组，包括污染物清除作业组、污染物处置作业组、后勤保障组、通讯保障组、医疗救治组、取证与费用记录组等，具体负责协议单位船舶各类突发事件的污染处置工作。

污染物清除作业组和污染物处置作业组人员应由应急操作人员组成。应急操作人员应具备应急反应的基本知识和技能，正确使用应急设备和器材，实施清污作业，并应当通过江苏海事局组织的培训、考试和评估，取得培训合格证书。

（3）预案响应

海上溢油事件按照先企业自救，本项目位于浙江省舟山市，属于舟山海事局管理范围内，本项目所编制的应急预案应纳入舟山市以及浙江省的船舶污染应急预案中。发生任何海上溢油事件，首先是企业利用自身具备的应急救援资源积极自救，第一时间防止污染扩散，同时将事故上报舟山市海事局海上搜救中心；舟山市海上搜救中心在接到求救信息后必须积极响应；如果发生大型事故，则启动省级预案，省级预案启动前事发地海上搜救中心必须启动市级预案进行先期处置。

在发生油污溢漏事故时，建设单位与施工单位应迅速采取应急处置措施，以控制和减少溢漏。建设单位与施工单位应编制溢油应变部署表，张贴于施工船上适当位置。所有施工人员都应熟知其在事故应急中的职责分工。一旦发生泄漏事故，一经发现，船长或其他工程负责人应立即发出报警，组织全体海上施工人员开展应急反应。主要包括以下应急反应措施：

①停止施工，发出应急警报，启动应急反应程序；

②探明施工船舶或其他船舶的受损情况（在未查明破口对船体稳性和强度影响前，应采取措施使尚未脱离的两船碰撞部位，保持不分离）；

③测定碰撞位置附近的液舱（含淡水舱、压载水舱），双层底及污水井中的液位和水深变化情况，确定船体破损情况；

④如发现船体破损进水，应立即查清破口部位和破损程度，评估对船舶的整体结构（应力和稳性损失）的影响，可能的话，应采取排水、堵漏、补焊等抢救措施；

⑤如发现破口部位有油类液体外溢，应迅速查明溢漏源，采取转驳措施，设法将破损油舱中的油类液体驳入其他完好舱室；

⑥如果船舶遭受较大的结构损害，可能需要将全部或部分货物/燃油驳运到其他船舶，施工单位应安排专门的接收船舶进行“船对船”驳运操作，船对船的驳运操作应报当地海事管理机构审批；

⑦当甲板上发生溢漏，应进行隔离，防止溢漏物进入水体中造成污染（如堵塞甲板排水孔），使用专用材料（如吸附材料）进行清除；用于隔离、转移或清除溢出物的材料应收集和隔离，防止发生其他危害，如火灾、爆炸、有毒或易燃蒸汽的释放等。这些材料应妥善保存，直至转至岸上接收设施；

⑧如果溢油进入水体中，当船舶和人员的安全明确后，应在工程应急指挥部的领导下，采取围控和清除（如：分散，吸收，中和）措施。

⑨一旦发生溢油事故除自身立即采取围控和清除措施外，应该立即联系工程海域周边的应急力量协助清理。建设单位需与周边有能力的船舶污染应急单位签订应急处置协议，以便于施工情况下能够调用资源进行应急响应。

⑩事故处理完毕后，应将事故原因、溢液量、污染清除处理过程、污染范围和影响程度，书面报告海事与生态环境管理部门，并接受调查，按实际情况确定由事故溢液造成受损失的赔偿费用，经法院最终裁决后，给予经济赔偿。

（4）溢油应急救援保障

1）本项目应急资源

施工期间配备必要的消防、救生和防污安全设备放置于专门的施工拖轮上，并保持良好的技术状态。存放消防、救生和防污安全设备的船舶必须全天候值守，以备事故情况下急用。防污应急设备包括：围油栏、吸油材料、消油剂等。

一旦发生溢油事故应第一时间启动应急预案，并调用工程自身的防污设备将油污控制在事发点。

2）外部应急资源

区域现有应急力量主要包括：浙江海事局宁波船舶溢油应急设备库 1000t（北仑）、浙江海事局舟山船舶溢油应急设备库 200t（岱山）、上海长江口船舶溢油应急设备库 1000t、上海打捞局应急设备库 500t（横沙岛），外钓岛石油储运基地大型地方溢油应急设备库和鱼山绿色石化应急设备库（均可对抗 1000 吨级溢油事故规模），两家清污公司共 1000t，以及宁波舟山港港口企业配备的溢油应急力量。

（一）国家船舶溢油应急设备库

（1）宁波船舶溢油应急设备库

浙江海事局宁波船舶溢油应急设备库，该库是按照《国家船舶溢油应急设备库设备配置管理规定》中沿海大型库的标准进行建设，基本具备一次性应对 1000 吨海上溢油事故的能力。同时交通运输部规划在宁波配套国家大型船舶溢油应急设备库，建造大型溢油应急回收船一条，配备专用溢油围控、回收、分散剂喷洒设备，具有溢油围控、回收、储运功能。

（2）舟山小型溢油应急设备库舟山小型溢油应急设备库（投入 2700 万元）于 2011 年底建成，位置设在岱山岛，该溢油应急设备库基本具备一次性应对 200 吨海上溢油事故的能力。

（3）上海、长三角地区的应急库

上海长江口船舶溢油应急设备库于 2015 年底建成（完成竣工验收），位置设在上海海事局长江口监管基地内（长江口南支南港南岸五号沟），该溢油应急设备库基本具备一次性应对 1000 吨海上溢油事故的能力。

上海打捞局应急设备库设在上海横沙岛，该溢油应急设备库基本具备一次性应对 500 吨海上溢油事故的能力。

（二）地方溢油应急设备库

1) 2019 年，舟山外钓岛石油储运基地地方政府和企业合资建设大型地方溢油应急设备库，综合清除控制能力为 1000 吨。

2) 2019 年，鱼山石化集团出资自建鱼山绿色石化应急设备库，兼顾化学品应急处置功能，综合清除控制能力为 1000 吨。

3) 洋山港区溢油应急设备库

洋山深水港区已配备一座溢油应急设备库，位于洋山三期冠东码头内（具体位置见图 6.3-2），该设备库由上海港兴晟海上应急服务有限公司运营。该设备

库配备有 2 艘应急处置船舶（晟敏 3、东雷 6），距离本项目登陆点约 4.5km。设备配备情况见表 6.3-1。

洋山深水港区兴晟海上应急服务有限公司溢油应急设备库综合清除控制能力约为 100 吨。



图 6.3-2 洋山深水港区已建溢油应急设备库位置示意图

表 6.3-1 洋山港应急器材库设备一览表

序号	类别	设备名称	规格	数量	单位	备注
1	充气式围油栏	充气围油栏200m/卷	WQJ-1500	19	卷	3800m
		充气围油栏动力站	WQD1500	8	台	
		充吸气机	CQJ3.5	9	台	
2	防火式围油栏	防火围油栏900mm	WGJ900H/750H	400/200	米	900型400m，750型200m。
		防火围油栏储存架10套		10	个	
3	岸滩围油栏	岸滩围油栏	WQV750T	4000	米	
		充水机（冲水泵）	KDP-20	6	台	
4	浮子式围油栏	橡胶浮子围油栏（黑色）	WGJ900/WGJ1100	4000/1390	米	900型4000m，1100型1390m（790米采购中）
		PVC浮子围油栏	PVC900/600	300/1040	米	总高≥900mmPVC围油栏300m，总高≥600mmPVC围油栏PVC围油栏1040m。
5	收油设备	动态斜面收油机高	DXS150/DXS30/撇油船	5	套	2套回收能力为150m³/h，3套回收能力合计86m³/h，五套收油机回收能力共计为386m³/h

		收油网（油拖网）高 6m ³ /h	FW-6	9	套	合计回收能力为54m ³ /h
		转盘刷式收油机中、 低100m ³ /h	ZSJ50	2	套	适合中、低粘度的收油机22 台，共计回收能力为 453m ³ /h。总收能力共计 893m ³ /h。
		Vikoma15/20/50/100		4	套	
		自航式收油机、绳式 收油机、桶式收油机		3	套	
		堰式收油机、扇形收 油机		13	套	
8	分散剂	分散剂	常规型（t）	54	桶	51.92t
9	便携式 喷洒装 置	便携式喷洒装置	PS40	10	台	
10	船用喷 洒装置	船用喷洒装置	PS140B	6	台	
11	清洁装 置	冷水高压清洗装置	JYCC2016D	2	台	流量16L/min，压力20Mpa
		鲸鱼/进口高压清洗 装置	JYCH0815B/STRP11	7	台	流量15L/min，压力8Mpa。
12	吸附材 料	吸油毡	pp	7.7	吨	
		吸油拖栏	xtty200	5040	米	
		索科洛化学品吸附 剂	索科洛10kg/包	5.07	吨	
13	应急卸 载泵	应急卸载泵300m ³ /h	XZB300/DHP120	3	套	900m ³ /h
14	齿轮泵	齿轮泵3m ³ /h	5.5kw	2	台	6m ³ /h
15	叉车	叉车	3T	1	辆	
		叉车	6T	1	辆	
16	应急箱	应急处置箱	40英尺	1	只	
17	储油装 置	储油囊/临时储油装 置		6	个	容积共计305m ³

（5）项目溢油应急资源

A 队伍保障

建立与处置各类突发事件有关的政府部门、机构、专家、设备供应商等的联系渠道，建立社会化应急联络保障机制。

B 物资与资金保障

应采取相应措施、保障突发事件应对工作所需经费、物资。行财科根据实际应急需要确定、落实资金与物资保障、应急办公室负责监督应急物资与资金储备情况。科学合理确定物资储备的种类、方式和数量、同时加强对应急物资的采购、

储备、管理等环节的监督检查。

C 应急设备、设施保障

应配备相应必要的应急设备、设施等，并定期检测、维护，使其处于良好状态，确保突发事件发生时的正常使用。

D 应急通信保障

在任何情况下，保障和建设单位之间至少有一种通信方式（有线通信、无线通信、卫星通信等）畅通。

E 本项目溢油应急资源

由于周边环境敏感目标较多，为确保发生溢油风险事故期间可及时开展清污作业，防止溢油事故发生后，油污大范围扩散，建议建设单位配备一定数量的防油污应急物资，以备发生事故期间应急响应。

根据《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017）的规定，从事装卸作业的新建码头需要满足一级防备的要求，应急防备能力目标要求见表 6.3-2。

表 6.3-2 水上溢油应急防备等级要求

应急防备等级	应急资源拥有方式	防备能力配备要求		自接到应急响应通知后应急响应的时间最低要求（h）
		占区域溢油应急防备目标比例	满足潜水和岸线清污作业的占比	
一级防备	自有、联防或者购买应急防备服务	5%~10%（含基本防备）	20%	4
二级防备	与上一级应急预案衔接或联防安排	50% • 60%		24
三级防备	在应急预案中识别周边可协调的应急资源	40% • 50%		48

本项目自身可能最大水上溢油事故溢油量为 82.6t，结合周边环境敏感性，选取可能最大事故 10%作为一级防备应急能力配备要求，即 8.26t，因此本项目配备的应急资源至少应满足处理 8.26t 溢油事故的应急能力。按照 JT/T 877 分别计算需要配备的应急设施设备和物资的种类和数量。

①围油栏

依据《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T 877）围油栏配备总数量 $L_{总}$ 见式 6.3-1：

$$L_{总} = L_{围控所需} + L_{收油用} + L_{导流配套} + L_{防护配套} \quad \text{（式 6.3-1）}$$

式中：

$L_{\text{围控所需}}$ ——溢油源围控所需围油栏数量， $L_{\text{围控所需}}=3 \times (B+W) \times N_1$ ， B 为最大尺寸船舶船长，约 80m； W 为最大尺寸船舶船宽，约 40m； N_1 为围油栏布放的层数，本次取 2；

$L_{\text{收油用}}$ ——收油用围油栏数量， $L_{\text{收油用}}=D \times 100$ ； D 为“收油系统”数，本次取 3；

$L_{\text{导流配套}}$ ——导流配套的围油栏数量， $L_{\text{导流配套}}=U \times N_2$ ， U 为一组围油栏的长度， N_2 为所需导流的围油栏组数；

$L_{\text{防护配套}}$ ——防护配套围油栏数量， $L_{\text{防护配套}}=(L_{\text{围控所需}}+L_{\text{收油用}}+L_{\text{导流配套}}) \times k$ ， k 的取值区间为 0.2~0.5，环境敏感度越高，取值越大；本次取 0.5；

该项目最大船型为 10000t 级驳船，则围油栏总长度： $L_{\text{总}}=3 \times (B+W) \times N_1+D \times 100+U \times N_2+(3 \times (B+W) \times N_1+D \times 100+U \times N_2) \times k=1830\text{m}$

因此，该项目最低要求配备应急型围油栏 1830m。

② 收油机

收油机回收能力计算公式见式 6.3-2：

$$E=T \times P / (\rho \times \alpha \times Y \times h \times (1-\phi_1)) \quad (\text{式 6.3-2})$$

式中：

E ——收油机回收能力， m^3/h ；

T ——溢油量，溢油应急能力目标 8.3t；

P ——收油机回收占溢油的比例，本评价取 60%；

α ——收油机回收效率，本评价取 7%；

Y ——收油作业天数，本评价取 3 天；

h ——每天收油作业时间，本评价取 8h；

ρ ——回收油品的密度，燃料油为 $0.835\text{t}/\text{m}^3$ ；

ϕ_1 ——富裕量，根据经验，本评价取 20%；

根据计算收油机回收能力为： $4.4\text{m}^3/\text{h}$ 。

③ 吸收吸附材料

常规的吸附材料为吸油毡，也是目前处理日常作业小型船舶污染事故的常用材料之一，它主要将水面溢油直接渗透到材料内部或吸附于表面，以便于回收溢油，通常有聚氨酯、聚乙烯、聚丙烯、尼龙纤维和尿素甲醛泡沫等材料。我国行

业标准规定，其吸油性应达到本身重量 10 倍以上，吸水性为本身重量 10%以下，持油性保持率 90%以上。所需数量 I 见式 6.3-3：

$$I = \frac{T \times P}{J \times K \times P_1} \quad (\text{式 6.3-3})$$

式中：

I——吸油毡数量，t；

T——溢油总量，8.3t；

P——吸附回收量占总溢油量的比例，取 20%；

J——实际吸附倍数， ≥ 10 倍；

K——持油性保持率， $\geq 90\%$ ；

P_1 ——吸收吸附加权系数，取 0.3。

经计算，该项目需要配备 0.61t 吸油毡。

④ 溢油分散剂

溢油分散剂配备数量见式 6.3-4：

$$G = T \times 10^3 \times P \times R \quad (\text{式 6.3-4})$$

式中：

G——需喷洒的溢油分散剂数量，kg；

T——溢油总量，8.3t；

P——溢油分散剂处理溢油数量占总溢油量的比例（%），取 30%；

R——溢油分散剂与油的用量配比，常规型分散剂取值为 0.3~1，浓缩型分散剂取值为 0.1~0.2，本次取 0.3；

根据计算本项目需要配备的溢油分散剂配备数量为 747kg。

⑤ 溢油分散剂喷洒装置

溢油分散剂喷洒装置喷洒速率计算公式见 6.3-5：

$$V = \frac{G}{\rho_1 \times Y \times 6 \times 60} \quad (\text{式 6.3-5})$$

V——喷洒速率，L/min；

G——需喷洒的消油剂数量，747kg；

ρ_1 ——溢油分散剂密度（kg/L）。

计算的消油剂喷洒装置喷洒速度应不低于 0.518L/min。

⑥ 储存装置

海上溢油的临时储存和转运设备可使用船舶货仓、油舱，油驳等，也可使用浮动油囊和轻便式储油罐。

该项目临时储存能力建议不应小于 10m³。建议该项目配备轻便储油罐 1 套，总容量 10m³。本项目应急设备可以放置在大型施工船上。

表 6.3-3 本项目溢油应急设备配置明细表

序号	应急设备名称	单位	数量	备注	是否为基本应急设备	投资(万元)
1	围油栏	m	1830m	满足抗风速大于 10m/s，抗波高大于 1.2m，且栏高≥1100mm。	否	
2	收油机	台	1	收油能力不小于 4.4m ³ /h	否	
3	吸收吸附材料	t	0.61	吸油性应达到本身重量 10 倍以上，吸水性为本身重量 10%以下，持油性保持率 90%以上；	是	
4	溢油分散剂	kg	747		是	
5	溢油分散剂喷洒装置	套	1	消油剂喷洒装置喷洒速度应不低于 0.518L/min	是	
6	储存装置	套	1	临时储存能力建议不应小于 10m ³	是	
	合计					

事故发生后在利用自身污染防控设施控制溢油污染的同时，应立即通知周边溢油应急力量，根据溢油预测结果，油膜抵达大戢洋产卵场保护区生态保护红线最短为0.5小时。兴晟海上应急库距离本项目登陆点4.5km，距离海上风场区9km，按照最低航速10节计算，兴晟海上应急最短0.48小时内抵达。本项目在加强应急设备配备和建立应急预案和联动机制下，能够在油膜抵达环境敏感区之前对油污进行拦截。

(6) 监督管理

① 预案演练

建设单位应建立应急演练制度，制定每年的演练计划，根据实际情况采取实战演练、桌面推演等方式，组织开展人员广泛参与、处置联动性强、形式多样、节约高效的应急演练，以检验、改善和强化应急响应和应急处置的能力。演练结束后，应对演练效果进行评估和总结。

② 宣传和培训

建设单位应向施工单位广泛宣传应急法规制度和预防、避险、自救、互救、减灾等常识，增强干部的忧患意识、社会责任意识和自救、互救能力。

③责任与奖惩

建设单位应急处置工作实行行政领导负责制和责任追究制。

违反本预案规定，不履行职责的，由上级单位责令改正、通报批评、给予警告；有下列情形之一的，根据情节对直接负责的主管人员和其他直接责任人员给予处分构成犯罪的，依法追究刑事责任。

- 1) 未依照本预案的规定履行报告职责，对突发事件隐瞒、缓报、谎报或者授意他人隐瞒、缓报、谎报的；
- 2) 未认真调查突发事件情况，造成错误评估判断或提出不当防治、处理建议，并造成不良后果的；
- 3) 不服从突发事件应急指挥部统一调度指挥的；
- 4) 未按要求保证和落实应急处置所需的人员、资金和物资的；
- 5) 未能及时采取有效措施延误时机的；
- 6) 在突发事件发生期间，散布谣言、扰乱工作秩序的；
- 7) 担负应急任务的工作人员拒不接受工作任务，借故推诿拖延、擅离职守或者临阵脱逃的；
- 8) 在突发事件处置、调查工作中有其他玩忽职守、失职、渎职行为的。

6.3.3.2 陆域应急预案概况

为进一步保护环境，环评提出本项目投运后，建设单位必须针对陆上换流站建立相应的事故应急管理部门，并制定相应的环境风险应急预案，以紧急应对可能发生的环境风险，并及时进行救援和减少环境影响。

(1) 设立应急救援的组织

建设单位应成立应急救援指挥机构，应明确机构成员职责。各负其责。指挥机构要有相应的指挥系统（如报警装置和电话控制系统等）。

(2) 编制应急预案

为加强环境事故风险防范能力，防止事故漏油可能造成的后果，建设单位应制定风险应急预案。应急预案主要编制内容如下表。

表 6.3-4 应急预案主要内容表

序号	项目	预案内容及要求
1	应急计划区	危险目标：主变区、低抗区
2	应急组织机构	站区：负责全站指挥、事故控制和善后处理
3	预案分级响应条件	规定预案级别，分级响应程序及条件
4	应急救援保障	应急设施、设备与器材等
5	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式和交通保障、管制等相关内容
6	应急环境监测	由专业队伍负责对事故现场进行侦察监测，对事故性质、参数与后果进行评估，为指挥部门提供决策依据
7	应急防护措施	事故区域控制：事故现场与邻近区域 清除污染措施：清除污染设备及配置
8	应急救援关闭程序与恢复措施	规定应急状态终止程序；事故现场善后处理，恢复措施；邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
9	培训计划	人员培训；应急预案演练
10	公众教育和信息	对陆上换流站邻近地区开展公众教育、发布有关信息

事故应急预案（措施）：

①发生一般变压器油泄漏，当班值班人员应立即报告值班组长，站长、运行管理单位逐级上报，采取必要防护措施；

②检查变压器油储存设施，确保泄漏的变压器油储存在事故油坑、管道及事故油池中，不外泄，及时联系有资质单位对其进行回收；

③对事故现场进行勘察，对事故性质、参数与后果进行评估；

④对事故现场与邻近区域进行防火控制，对受事故油污染的设备进行清除；

⑤应急状态终止，对事故现场善后处理，邻近区域解除事故警戒及采取善后恢复措施，恢复陆上换流站运行。

6.4 环境保护措施汇总

工程建设中必须严格执行环境保护“三同时”制度，确保各类环保设施的正常运转。本项目环境保护对策措施一览表详见表 6.4-1。

表 6.4-1 环境保护措施一览表

项目		具体内容	规模及数量	预期效果	实施地点及 投入使用时间	责任主体 及运行机制
船舶 污染物处 理	船舶污 水、垃圾 处理	污水、垃圾 收集装置	施工船舶均设置船舶含油污水的收集装 置，含油废水交由有资质单位处理。施 工人员生活污水、生活垃圾由有资质单 位进行统一收集和处置。	统一收集和处置，对周边环境无污 染影响。	工程海域、施工 区，施工期	建设单位主体 管理，施工单 位使用和管 理、维护
固体 废物处 置	生活垃 圾处置	垃圾桶	根据需要在施工船舶上设置生活垃圾 桶，由有资质单位进行统一收集和处置。	统一收集后有由有资质单位进行统 一收集和处置，对周边环境无污染 影响	施工场地内，与其 建设同步	施工单位、建 设单位建设、 使用和管理
	运行期 检修含 油废水	收集装置	风机检修润滑油由有资质单位处理	含油污水交由资质单位处理，不外 排	运行期，陆上换流 站	建设单位建 设、使用和管理
	含油棉 纱、废手 套	收集装置	产生含油棉纱、废手套运回陆域统一堆 放在换流站的危废库房中	由具备资质的专业处理单位接收 处理	运行期，陆上换流 站	建设单位建 设、使用和管理
海洋 生态 保护	渔业资 源补偿	采用增殖 放流方法 补偿	以当地海域常见的经济贝类、鱼、虾类 为主	按照相关主管部门的要求，按时完 成增殖放流的品种、数量，不会对 工程海域生物资源造成明显影响	风电场影响海域， 施工完成后的 3 年内完成	建设单位落 实，可委托专 业单位
	风机叶 片涂色	20 台风机 的叶片进 行涂色	增加风机叶片可见度，减少鸟撞概率； 形成鸟类适宜栖息地	风机叶片，与风机安装同步	风机叶片，与风机 安装同步	建设单位落 实，可委托叶 片厂家及护套 厂家
陆上 生态 保护	生态保 护措施	防护、绿 化、管理 等	做好陆上临时施工生产区及周边的防护 措施，并对其周围进行绿化；采取围挡、 遮盖、避开雨季施工等管理措施		施工生产区及周 边场地，施工期间 实施	施工单位、建 设单位实施和 管理
声环 境保 护	噪声防 治	管理措施	施工车辆和施工设备的维护保养，张贴 通告和投诉电话等噪声管理措施	施工期场界噪声达到《建筑施工场 界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011) 的限值要求；运 行期厂界噪声达到《工业企业厂界 环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) 2 类标准	施工临时场地，施 工期间实施	施工单位、建 设单位实施和 管理

环境 空气 保护	大气污 染物控 制	管理措施	定期洒水，施工船只管理、机械设备维 护保养等管理措施	大气污染物排放执行《大气污染物 综合排放标准》（GB16297-1996） 无组织排放限值	施工临时场地，施 工期间实施	施工单位、建 设单位实施和 管理
环境 风险 预防 措施	监控设 施	监控管理	风电场设现场监控系统，制定运行维护 安全措施		风电场内，与其建 设同步	施工单位、建 设单位建设、 使用和管理
	应急设 备	围油栏及 溢油船舶 等	施工期应急船舶和运行期溢油应急设施	配置溢油应急设备，并依托区域应 急力量	与其建设同步	施工单位、建 设单位建设、 使用和管理
环境 管理	环境管 理情况	风电场环 保管理	设专职人员对风电场环境保护工作统一 管理		风电场内，施工期 及运行期	建设单位实施 和管理
	环境监 理	环境监理	采用巡视方式进行环境监理		工程影响范围，施 工期	建设单位落 实，可委托专 业单位
	环境监 测	环境监测	海洋生态、渔业环境、海水水质监测以 及鸟情观测、冲淤观测等		监测计划范围内， 施工期及运行期	建设单位落 实，可委托专 业单位

7 环境经济损益分析

7.1 环保投资估算

工程环保投资主要包括水环境保护、固废处理、海洋生态资源修复和鸟类保护、环境监测及独立费用等，具体详见表 7.1-1。

表 7.1-1a 海域环保投资概算表

序号	项 目		备 注
一	环境保护措施		
1	海洋生态资源修复		渔业资源、生态补偿
2	鸟类保护		鸟类救护、宣传教育；叶片警示色等列入招标要求
二	环境监测措施		/
1	施工期及验收期	海洋生态、海水水质等监测	/
2		渔业资源监测	/
3		施工期大气、噪声等监测	/
4		鸟类观测	/
5		水下噪声监测	/
		小计	/
6	运行期	海洋生态、海水水质等监测	/
7		渔业资源监测	/
8		水下噪声等监测	/
9		鸟类观测	/
10		冲淤观测	纳入工程投资
		小计	/
三	环境保护设备		/
1	运行期生活污水处理		利用陆上换流站
2	运营期生活垃圾		利用陆上换流站
3	运营期船舶油污水委托处理		委托处理费用
四	环境保护临时措施		/
1	水环境保护工程		/
1)	施工期船舶含油废水委托处理		委托处理费用
2)	施工期生活污水处理		船舶委托处理
2	固体废物处理		固废收集装置及清运处置费用
3	环境空气保护		以宣传和管理为主
4	噪声防治		以管理为主
五	环境风险防范与应急		/
1	环境风险应急设备		具体见表 6.3-3
2	环境风险应急预案		
六	独立费用		

1	竣工环保验收调查		
2	环境保护措施设计		
3	施工期环境监理		
	合 计		

表 7.1-1b 陆域环保投资概算表

序号	项目		备注
1	电磁环境保护措施		
2	生态环境保护措施		植被恢复、临时占地场地平整及植被恢复等
3	水环境保护措施		施工期临时沉淀池、生活污水处理设施、事故油池及事故油坑等
4	环境空气保护措施		站区及运输道路定期洒水、陆上换流站围墙喷雾降尘等
5	固体废物防治措施		施工期生活垃圾及建筑垃圾清运、购置垃圾桶
6	环境保护相关知识培训		环保法律知识、输变电工程知识、电磁环境知识以及含油污水处理设施（事故油池）应急措施等的培训
7	施工期环境监理		/
8	环境影响评价		/
9	竣工环保验收调查及监测		/
	合计		

7.2 经济效益分析

7.2.1 直接经济效益

风力发电是新能源中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。本项目经济效益主要为风力发电收入。本项目装机容量 250MW，设计年平均上网发电量 91507 万 kWh。项目的风力发电收入计算方法如下：

发电收入 = 上网电量 × 上网电价

上网电量是指在设计电量中扣除各项损耗之后的电量。

根据新出台的《中华人民共和国可再生能源法》，风能发电上网电价由国务院价格主管部门根据不同类型可再生能源发电的特点和不同地区的情况，按照有利于促进可再生能源开发利用和经济合理的原则确定，并根据可再生能源开发利用技术的发展适时调整。项目可研阶段初拟上网电价为 0.4153 元/kWh，因此预计项目生产期内年均产生经济效益约 3800 万元/a。

7.2.2 社会效益

本项目的建设可作为主网的补充电源，直接向当地电网供电，减轻主网的潮

流输送并相应减少线损，从而有助于满足区域负荷发展的需要。实现电力一次能源多样化，对促进区域经济和社会可持续发展将产生积极的作用。

建设风电场，会带动地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展，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。随着风电场的相继开发，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，加快实现小康社会起到积极作用。

综上所述，本项目对于促进当地相关产业，带动地方经济快速发展将起到积极作用。另外，对于发展和推动我国风电机组的国产化水平具有现实意义，项目社会效益显著。

7.3 环境损益估算

7.3.1 环境效益

风电场的生产过程是将当地的风能转变为机械能，再将机械能转变为电能的过程。在整个流程中，不需要消耗其他常规能源，不产生大气、液体、固体废弃物等方面的污染物，也不会产生大的噪声污染。风电的节能效益主要体现在风电场运行时不需要消耗其他常规能源，环境效益主要体现在不排放任何有害气体和不消耗水资源。根据《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》（环发〔2015〕164号），“全国新建燃煤发电项目原则上平均供电煤耗低于300克标准煤/千瓦时”“到2020年，全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放（即在基准氧含量6%条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10、35、50毫克/立方米）”。本项目建成后，每年可为电网提供清洁能源电能91507万kWh，与燃煤电厂相比，按替代标准煤耗267.33g/kWh计算，每年可节省标煤约24.46万t。与相同发电量的火力发电厂相比，按清洁生产指标计算，烟气排放量按照0.136g/kWh，SO₂排放量按1.16g/kW·h计，NO₂排放量按0.856g/kW·h计，则本风电工程可相应地减少的污染物排放量：烟尘124.45t/a，SO₂1061.48t/a，NO_x783.30t/a。根据国家发改委能源所能源环境中心公布的中国电力部门CDM项目基准线排放因子，近3年平均OM基准线为0.8825tCO₂/MWh，因此相应地每年可以减少排放温室效应气体二氧化碳80.75万t/a。

对于减排SO₂等带来的经济价值，暂按其在中国的排污费用折算（相比实际环境效益显著偏小）。根据《中华人民共和国环境保护税法》（2018年1月1

日实施），大气污染物每污染当量取值为 1.2 元，SO₂ 的污染当量值为 0.95kg，NO_x 的污染当量值为 0.95kg，烟尘污染当量值为 2.18kg。

针对减排 CO₂ 所能带来的经济价值，采用碳税法计算固定 CO₂ 的经济价值更为合理，根据国际通用的瑞典碳税率，每减少排放 1tCO₂ 所带来的经济效益折合人民币为 273 元。

据此计算，本项目大气污染物减排效益约 22288.96 万元/a，详见表 7.3-1。

表 7.3-1 大气污染物减排效益

序号	项目	减排量（t/a）	环境效益（万元/a）
1	CO ₂	807549.275	22046.10
2	SO ₂	1061.4812	121.01
3	NO _x	783.29992	89.30
4	烟尘	124.44952	32.56
5	合计		22288.96

此外，本风电场项目实施不会产生温排水，也不会排放含油废水、锅炉酸洗水、化学处理水等废水；也没有锅炉煤渣和粉煤灰需要处理，运行期不需要进行发电资源的勘探和采集，从而也避免了相应的地质和生态风险，具有明显的环境效益。可见，本风电场的建设可以减少化石资源消耗，有利于缓解环境保护压力，实现经济与环境的协调发展，项目的节能和环保效益显著。

7.3.2 环境损失

根据“5.5 海洋生态影响预测与评价”章节的海洋生态损失估算，工程施工期共造成潮间带生物资源、底栖生物资源、渔业资源损失为 336.19 万元，运行期造成底栖生物资源损失为 0.90 万元，施工期和运行期共计造成海洋生物资源损失总计 337.09 万元。

7.4 环境经济损益综合分析与评价

综上所述，本项目具有明显的环境效益，节约能源原材料消耗等，减少温室气体等污染物的排放；社会效益显著，缓解电力供需矛盾和改善电源结构，并促进国内制造业等的发展。本项目在建设和运行过程中会造成渔业资源和海洋生态等方面的环境损失，但其主要发生在施工期，且可通过补偿措施进行恢复。

从环境经济损益综合分析，本项目环境效益远大于损失，环境、社会、经济效益明显。

8 环境管理与监测计划

8.1 环境管理计划

8.1.1 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。

外部管理是指生态环境主管部门，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。

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。工程环境管理体系见图 8.1-1。

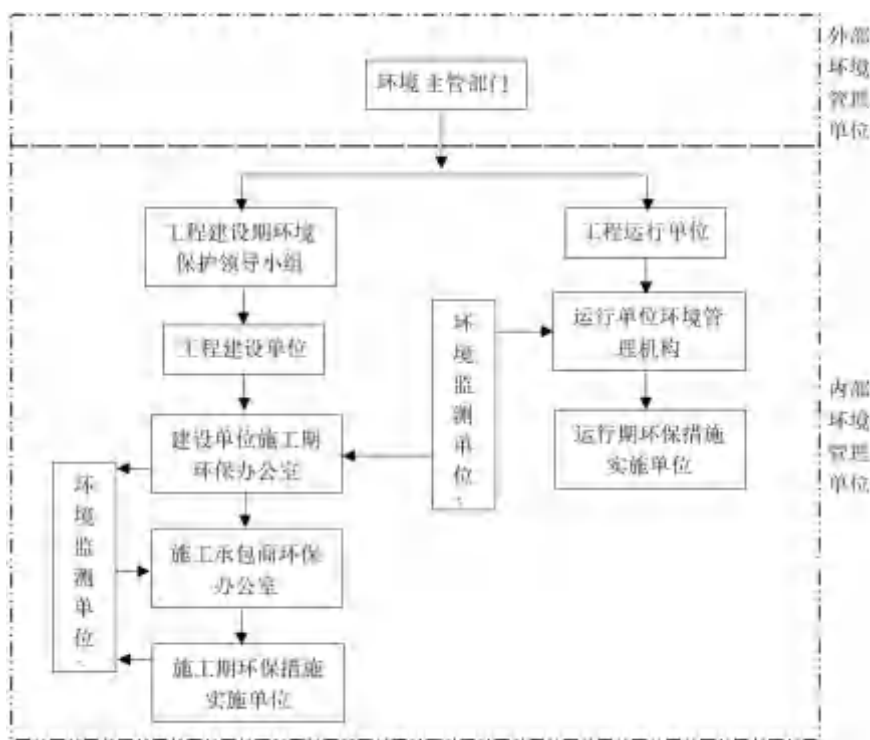


图 8.1-1 工程环境管理体系框架图

8.1.2 环境管理职责

8.1.2.1 施工期

(1) 建设单位

工程开工前建设单位应设置“环境保护领导小组”和“环境保护办公室”。

“环境保护领导小组”成员由建设单位、监理单位、设计单位及施工单位等各有关单位的主要领导组成，其中建设单位主要领导任主要负责人，负责确定工程环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目立项和投资投入报告、审批环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境保护意识等工作。

“环境保护办公室”为工程施工期“环境保护领导小组”的常设办事机构，设专职人员 1 人。具体负责和落实工程建设过程中环境保护管理工作，其主要职责包括：

①通过开展调查研究，确定适合本项目的环境保护方针和经济技术政策，确立环境保护目标，并结合工程施工方案予以分解；

②制定、贯彻工程环境保护的有关规定、办法、细则，并处理执行过程中的有关事宜；

③组织编制工程环境保护总体规划和年度计划，组织规划和计划的全面实施，做好环境保护年度预决算，配合财务部门对环境保护资金进行计划管理；

④委托进行环保专项设计，检查设计进度，组织设计成果的验收和审查，并保证各项环境保护措施的有效实施；

⑤依照法律、规定和方法，对整个工程各项环境保护措施的实施情况进行监督和管理，实施环境质量一票否决制；

⑥协调各有关部门之间的关系，听取和处理各环境管理机构提交的有关事宜和汇报，不定期向上级环境保护行政主管部门汇报工作，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；

⑦督促承包商环境管理机构的工作，内部处理环境违法、违规行为，表彰先进事迹；

⑧检查督促接受委托的环境监测部门监测工作的正常实施，加强环境信息统计，建立环境资料数据库；

⑨完善内部规章制度，搞好环境管理的日常工作，作好档案、资料收集、整理等工作。

（2）施工单位

施工期的污水废水处理、声环境保护、环境空气保护、固体废物处置、生态环境保护等环境保护费用应由施工单位承担，并在招标文件中明确。施工单位应切实确保措施到位，落实相关费用。

各施工承包单位在进场后均应设置“环境保护办公室”，设专职人员 1~2 人，实施工程招标文件中或设计文件中规定的环境保护对策措施，及时处理施工过程中出现的环境问题，接受有关部门对环保工作的监督和管理。主要包括以下内容工作：

①制定环境保护年度工作计划和编写环境保护工作季报、年报；

②检查所承担的环保设施的建设进度、质量及运行、检测情况，处理实施过程中的有关问题；

③核算年度环境保护经费的使用情况；

④接受环保管理办公室和环境监理单位的监督，报告承包合同中环保条款的执行情况。

（3）监理单位

为了更加有效地实施工程环境保护管理，成立风电场环境监理部，并接受舟山市生态环境局全程参与工程环境管理和施工期环境监理。环境监理部的机构组织、监理内容和监理制度见“8.2 环境监理”。

（4）设计单位

根据国家法律法规、生态环境主管部门要求、环境影响报告书和批复等有关文件，从环境保护角度优化工程设计，选用对环境影响小的设计方案，反馈于建设单位和施工单位。

8.1.2.2 运行期

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、并配合地方环保、渔政和海事部门共同做好项目运行期环境管理，包括海洋渔业资源、鸟类活动及撞机情况观测和通航安全管理等的监督和检查工作。

工程建成运行后，在工程管理部门中设置“环境保护办公室”，设兼职人员 1 人，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、法规及技术标准，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）负责落实环保经费及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、鸟类活动及撞机情况观测和通航安全管理等的监督和检查工作。

8.2 环境监理

工程施工期应实施环境监理制度，以便对各项环保措施的实施进度、质量及实施效果等进行监督控制，及时处理和解决可能出现的环境污染和生态破坏事件。

8.2.1 机构设置与工作方式

根据工程规模和施工规划，施工期环境保护监理部门拟设专职监理人员 1 人。环境监理人员采用定期巡视方式，对施工区环境保护工作进行动态管理。监理随时检查各项环境监测数据，现场巡视发现问题后，立即要求承包商限期治理，并以公文函件确认。对于限期处理的环境问题，按期进行检查验收，将检查结果形成纪要下发承包商。

8.2.2 工作范围及职责

施工环境监理的工作范围包括施工区及所有因工程建设可能造成环境污染和生态破坏的区域。根据《建设项目环境管理条例》《建设项目竣工环境保护验收管理办法》等的要求，依据环境影响报告书、环评批复、工程设计等文件的有关要求，制定项目施工期和试生产阶段环境监理计划，规范化开展项目环境监理工作，并编制环境监理报告。

监理工作内容包括但不限于：

（1）指导、检查、督促各施工承包单位环境保护办公室的设立和正常运行。

（2）根据实际情况，就承包商提出的施工组织设计、施工技术方案和施工进度计划提出清洁生产等环保方面的改进意见，以保证方案满足环保要求，核实监理施工设计是否全面落实环评文件及批复的要求；

(3) 审查承包商提出的环境保护措施的工艺流程、施工方法、设备清单及各项环保指标。加强现场的监控, 监督环保措施“三同时”执行情况; 重点监督检查船舶含油废水、其它生产生活污水收集和处理系统的施工质量、运行情况。对在监理过程中发现的环境问题, 以书面形式通知责任单位进行限期处理改进。

(4) 对承包商施工过程及施工结束后的现场, 依据环境保护要求进行检查和质量评定。

8.2.3 监理工作制度

环境监理工程师根据工作情况作出监理记录; 每季编制环境监理季报, 每年编制一份环境保护工作总结报告, 进行阶段性总结。

8.3 环境监测计划

为了分析、验证和复核本项目对环境影响的评价结果, 及时反映工程实际影响, 需对进行跟踪监测, 以便及时提出合理化建议和对策、措施, 达到保护工程周围环境质量、生物多样性和渔业资源的目的。

环境监测应委托具备 CMA 计量认证资质的单位进行, 技术要求按照有关环境监测规范的规定执行, 提交符合要求的跟踪监测计量认证分析测试报告, 以备查。

8.3.1 环境监测计划一览表

根据风电场环境特点及工程特征, 制定环境监测计划一览表, 海上风电场施工期、运行期监测计划分别见表 8.3-1、表 8.3-2。后续跟踪监测计划可根据实际情况进行优化调整。跟踪监测点位见表 8.3-3 及表 8.3-4。

陆上换流站根据《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ681-2013), 施工期、竣工环保验收时跟踪监测计划详见表 8.3-5。

表 8.3-1 施工期及验收期环境监测计划一览表

监测期	监测内容	监测站位	监测时间、频率	监测项目
施工及验收期	海水水质	14 个	施工期的春、秋各测 1 次，共 2 次； 验收时监测 1 次	悬浮物、pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮（硝态氮、亚硝氮、氨氮）、重金属（铜、铅、锌、镉）、石油类
	海洋沉积物	7 个	施工高峰期 1 次	石油类、锌
	海洋生物	10 个 (潮间带 2 条)	施工期的春、秋各测 1 次，共 2 次 验收时监测 1 次	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物
	渔业资源	10 个		鱼卵仔鱼和渔业资源
	水下噪声	风电场区内桩基周边	施工高峰期及竣工时监测 1 次	按衰减规律形成监测断面，频带声压级、声压谱[密度]级、声压的瞬时值
	鸟类	风电场及海缆登陆点	施工期及验收时每年夏冬季各监测一期，按规范开展监测	开展鸟类种类和数量监测

表 8.3-2 运行期环境监测计划一览表

监测期	监测内容	监测站位	监测时间、频率	监测项目
运行期	海水水质	14 个	工程运行 3 年后在春秋两季各测 1 次。	悬浮物、石油类、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、锌
	海洋沉积物	7 个		石油类、锌
	海洋生物	10 个 (潮间带 2 条)		叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物
	生物质量	10 个		石油烃、锌
	渔业资源	10 个		鱼卵仔鱼和渔业资源
	水下噪声	风电场区内桩基周边	运行期监测一期	按衰减规律形成监测断面，频带声压级、声压谱[密度]级、声压的瞬时值
	鸟类	风电场内	运行初期 5 年，前 2 年每年每季 1 次，后期根据跟踪监测情况适时调整跟踪监测计划	按规范开展鸟类种类和数量监测，记录候鸟迁徙及在区内活动、撞击数量、种类及致死率情况。
	地形和局部冲刷	风电场区	运行期每年监测 1 次，连续 5 年	淤深（厚）度、冲淤坑（包）直径

表 8.3-5 陆上环境跟踪监测计划

监测项目		工频电场强度、工频磁场强度	噪声	生态环境
监测点位布置	陆上换流站	陆上换流站四周站界外 5m 处，变电站设置 1 处断面监测。	陆上换流站四周站界外 1m 处。	/ 施工临时占地地区。
	电缆线路	电缆线路设置 1 处电磁衰减断面。	/	

监测时间	竣工环境保护验收时监测 1 次，根据投诉或纠纷情况进行监测。	竣工环境保护验收时监测 1 次，根据投诉或纠纷情况进行监测。	施工期及竣工环境保护验收时各监测 1 次。
------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------

8.3.2 环境保护“三同时”验收要求

环境保护“三同时”验收要求详见表 8.3-4。

表 8.3-4 环境保护三同时验收一览表

项目内容	环境要素	验收主要内容	参考要求或执行标准
风电场及送出电缆	海洋水质	1. 施工船舶上的生活污水、含油污水交由资质单位处理，运营期维护人员生活污水收集上岸后利用陆上计量站一体化污水处理装置处理； 2. 日常维护涉及的残费油、含油棉纱和废手套收集后运回陆域统一堆放在计量站的危废暂存间，定期委托具备危险废物经营许可资质的专业单位接收处理； 3. 对于在突发事故或机组检修时所产生的含油污染物质，属于危险废物，定期委托处置。	1、《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），船舶生活污水、含油污水等污染物接收、转运、处置联单； 2、危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。危险废物转运执行《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）中相关要求。
	海洋生态保护	1. 优化施工方案，尽可能减少海底开挖面积、开挖量，缩短水下作业时间，严格限制工程施工区域在其用海范围内，合理安排施工期，打桩作业尽可能避开 3-5 月经济鱼类产卵繁殖盛期； 2. 对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间； 3. 做好施工期的跟踪监测与环境监理工作； 4. 建设单位将本建设项目造成的生态损失价值等额或差额通过增殖放流进行异地补偿。	验收落实情况
	鸟类及其生境修复	1. 施工期合理规划施工作业时间，在制定施工计划时，海缆登陆施工应尽量避免鸟类春秋季节迁徙期；做好施工组织 and 现场管理，加强对施工人员的环保教育，严禁捕杀鸟类；严格执行施工操作规程，使工区的烟气达标排放，施工机械设备应有消声减振措施；严格施工管理，减少施工机械设备油类的跑、冒、滴、漏，避免污染滩涂生态环境；施工期间生活垃圾等固废要求各施工单位负责处理，不得随意抛弃或填埋； 2. 运行期在风机上采用间色搭配，使旋转时形成图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。	验收落实情况
	声环境保护	1. 施工期施工船舶应有效控制主辅机噪声；加强施工车辆和施工机械设备的维护保养，有条件的应使用减振机座；建设单位在施工现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉后应及时处理各种环境纠纷； 2. 运行期在风电机组内使齿轮和轴承保持良好的润滑状态，建议可在机舱内表面贴附阻尼材料，减少风机噪声。	施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），运行期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。

项目内容	环境要素	验收主要内容	参考要求或执行标准
	固体废物	1. 船舶生活垃圾交由有资质单位处置；运营期维护人员生活垃圾收集上岸运至计量站由环卫部门清运； 2. 风机维护产生的少量废油可用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆域计量站暂存，并应委托有资质单位统一回收处置、处理。	1、《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），船舶污染物接收、转运、处置联单； 2、危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。危险废物转运执行《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）中相关要求。
	通航安全措施	1. 加强工程所在海域的海事监管； 2. 通过发布航海通告等手段及时公布本项目所在的位置和相应的标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让； 3. 对施工船舶严格管理，加强施工和运输船舶人员的安全培训，确保施工船和航行于工程区附近的船只都要严格遵守《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》。	需满足通航安全报告要求
陆上换流站	陆域生态	1.施工期站址四周设置围挡，妥善处理施工产生的垃圾，防止乱堆乱弃，侵占周边农田； 2.线路开挖土方禁止随意堆置，应修筑护坡、排水沟，施工后应及时平整处理，进行植被恢复； 3.回填土方应集中堆放，设置防护措施，不得随意堆弃； 4.施工结束后及时清理场地，根据原占地类型进行生态修复；临时道路无使用要求，恢复原有植被。	验收落实情况
	水环境	1.施工期生产废水和生活污水分别设置临时污水处理装置，防止无组织排放；物料集中堆放并用土工布挡护，避免雨季受雨水冲刷造成水体污染； 2.运行期陆上换流站站内设置污水生化处理池，站内值班人员生活污水经处理后定期清掏，不外排。	验收落实情况
	声环境保护	1.施工期变电站施工场地周围应设立围墙等遮挡措施； 2. 施工车辆经过居民区禁止鸣笛且减速慢行，输电线路牵张场和临时施工占地应远离居民区布置。	施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），运行期陆上换流站执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准，

项目内容	环境要素	验收主要内容	参考要求或执行标准
			线路沿线 2 类标准。
	大气环境	1.施工场地围墙上方设置喷雾系统,用以降尘; 2.施工临时堆场和牵张场应远离居民区并采取土工布围护或进行人工定期洒水。	验收落实情况
	固体废物	1.施工人员生活垃圾分类收集;委托环卫部门定期清理;建筑垃圾由从事建筑垃圾运输单位运送至指定收纳场地,不得随意堆放; 2.运行期站内生活垃圾集中堆放,定期委托环卫部门清运;产生的废蓄电池和废变压器油更换后由有资质单位当日直接回收处置,不在站内贮存,并建立危险废物管理台账,如实记录有关信息,不得随意丢弃。	1、一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中要求; 2、危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。危险废物转运执行《危险废物收集、贮存、运输技术规范》(HJ2025-2012)中相关要求。
环境风险事故预防	监控设施	1.风电场设现场监控系统,一旦发生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运行维护安全措施。	验收落实情况
	应急设备、设施	按照本报告要求配备相应的应急设备。	验收落实情况
	应急预案	制定应急预案并备案纳入当地应急体系,设立溢油应急救援小组以及溢油应急救援保障措施等,委托专业应急单位进行事故溢油处理。	验收落实情况
环境管理	环境管理	设专职人员对风电场、陆上换流站环境保护工作统一管理。	验收落实情况
	环境监理	采用巡视方式进行环境监理	验收落实情况
	环境监测	实施报告制定的海洋生态、渔业环境、海水水质、鸟情观测及陆上电磁环境计划	验收落实情况

8.4 总量控制

本项目运营期主要污染物包括陆上换流站值班人员生活污水、生活垃圾和换流站运行产生的废蓄电池及废变压器油；风机维护船舶人员产生的生活污水、生活垃圾和风机设备维护产生的废油等。船舶生活污水经收集后运至陆上换流站与陆上换流站生活污水一同预处理后定期清掏不外排，船舶生活垃圾收集上岸后与陆上生活垃圾一同委托环卫部门清运，风机维护废油、换流站废蓄电池及废变压器油委托有资质的单位进行处置。

9 环境影响评价结论及建议

9.1 工程分析

9.1.1 工程概况

中广核嵊泗 7#海上风电场工程（以下简称“本项目”）场区位于浙江省舟山市嵊泗县小洋山岛北部海域，场址中心距离小洋山岛约 8km，场址呈不规则五边形，东西长约 5.5km，南北宽约 3.9km，面积约 15km²，水深 11~13m，规划装机容量为 25 万 kW。工程包括 20 台单机容量 12.5MW 风电机组，66kV 海缆 86.858km 和 1 座 ±200 kV 陆上换流站，陆缆长度 450m。

9.1.2 合理性分析

本项目属于“海上风电场建设与设备制造”，能带动《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中相关鼓励类项目发展，工程建设符合国家产业政策要求。工程建设符合《浙江省国土空间规划（2021-2035）》《浙江省海岸带及海洋空间规划》《浙江省海洋主体功能区规划》《浙江近岸海域环境功能区划（修编）》《浙江省三区三线划定成果》《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》《浙江省海上风电场工程规划报告》等相关规划。

9.2 环境现状评价

9.2.1 地形地貌与冲淤环境

采用工程海域 2012 和 2023 年测图分析工程区附近海床冲淤变化，可以看出 2012 至 2023 年期间工程海域整体呈冲刷态。风机所在海域最大冲刷幅度约为 0.8m，冲刷速率约为 0.07m/a。海缆铺设段同样呈冲刷态势，冲刷幅度约为 0.4m，在登陆段附近冲刷幅度略有增大，最大冲刷幅度可达 1.2m。工程区的冲刷态势可能主要受长江入海泥沙减少影响，长江入海泥沙的减少导致杭州湾呈冲刷态。

9.2.2 水环境质量

春季调查总体评价：在项目工程附近海域环境质量现状调查中，除无机氮、活性磷酸盐外，水质 pH、溶解氧、COD、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、

砷含量均符合第二类海水水质标准，其中无机氮、活性磷酸盐的站位超标率分别为 100%和 84%。

秋季调查总体评价：在项目工程附近海域环境质量现状调查中，除无机氮、活性磷酸盐外，水质 pH、溶解氧、COD、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷含量均符合第二类海水水质标准，其中无机氮、活性磷酸盐的站位超标率分别为 88%和 60%。

9.2.3 海洋沉积物

评价海域沉积物中，石油类、有机碳、硫化物、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷的含量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准。

9.2.4 生态环境质量

（1）叶绿素 a

春季调查海域叶绿素 a 值在 0.1~6.6 $\mu\text{g/L}$ ，平均叶绿素 a 值为 1.2 $\mu\text{g/L}$ 。秋季调查海域叶绿素 a 值在 0.4~9.2 $\mu\text{g/L}$ ，平均叶绿素 a 值为 2.3 $\mu\text{g/L}$ 。

（2）浮游植物

2022 年春季海域调查期间共获有浮游植物 3 门 39 种。其中，硅藻门 34 种，占 87.2%；甲藻门 3 种，占 7.7%；金藻门 2 种，占 5.1%。

2022 年秋季共获有浮游植物 3 门 44 种。其中，硅藻门 37 种，占 84.1%；甲藻门 6 种，占 13.6%；金藻门 1 种，占 2.3%。

（3）浮游动物

2022 年春季海域调查期间共采获有大型浮游动物 11 类 25 种，其中桡足类 8 种，占 32.0%；水母类 3 种，占 12.0%；浮游幼体 5 种，占 20.0%；毛颚动物 2 种，占 8.0%；磷虾类、枝角类、糠虾类、翼足类、介形类、端足类、樱虾类各 1 种，分别占 4.0%。

2022 年秋季共有大型浮游动物 10 类 23 种，其中桡足类 7 种，占 30.4%；水母类 4 种，占 17.4%；浮游幼体 4 种，占 17.4%；毛颚动物 2 种，占 8.7%；磷虾类、枝角类、糠虾类、端足类、樱虾类和多毛类各 1 种，分别占 4.3%。

（4）底栖生物

附近海域调查期间春季采集到大型底栖生物 4 大类 14 种，其中多毛类 7 种，

占 50.0%；软体动物 3 种，占 21.4%；甲壳类和棘皮动物各 2 种，分别占 14.3%。

秋季采集到大型底栖生物 4 大类 15 种，其中多毛类 6 种，占 40.0%；软体动物 5 种，占 33.3%；甲壳类和棘皮动物各 2 种，分别占 13.3%。

（5）潮间带生物

春季调查 4 个潮间带断面 T1、T2、T3 和 T4 均为岩相。春季调查期间共采集到潮间带生物 3 大类 20 种，软体动物 10 种，占 50.0%；甲壳类 8 种，占 40.0%；其它类 2 种，占 10%。

秋季调查 4 个潮间带断面 T1、T2、T3 和 T4 均为岩相。秋季调查期间共采集到潮间带生物 3 大类 21 种，其中软体动物 11 种，占 52.4%；甲壳类 7 种，占 33.3%；其它类 3 种，占 14.3%。

（6）陆域生态

本项目陆上换流站站址及输电线路沿线现有植被资源系统复杂程度较低。未跨越或占用国家和省级重点公益林和保护林区，不涉及古树名木和珍稀植物分布区，不涉及湿地保护区。

9.2.5 海洋渔业资源

（1）鱼卵仔鱼

2022 年 5 月拖网采集方式进行鱼卵、仔鱼调查，此次调查中共出现种类 15 种，隶属于 4 目，11 科。其中，采集到鱼卵 441 粒，采集到仔稚鱼 2977 尾。

海域春季鱼卵的优势种为小黄鱼，仔稚鱼的优势种为棱鲅。

2022 年 10 月拖网采集方式进行鱼卵、仔鱼调查，此次调查中共出现种类 5 种，隶属于 4 目，4 科。其中，采集到鱼卵 2 粒，采集到仔稚鱼 36 尾。

海域秋季鱼卵的优势种为中颌棱鲷，仔稚鱼的优势种为小黄鱼。

（2）游泳动物

2022 年 5 月调查海域共鉴定游泳动物 42 种。其中，鱼类 26 种，占渔获种类总数的 61.90%，隶属于 8 目，14 科，22 属；虾类 10 种，占渔获种类总数的 23.81%，隶属于 2 目，7 科，8 属；蟹类 6 种，占渔获种类总数的 14.29%，隶属于 1 目，3 科，6 属。

2022 年 10 月调查海域共鉴定游泳动物 50 种。其中，鱼类 29 种，占渔获种类总数的 58.00%，隶属于 8 目，16 科，24 属；虾类 8 种，占渔获种类总数的 16.00%，

隶属于 2 目, 5 科, 6 属; 蟹类 10 种, 占渔获种类总数的 20.00%, 隶属于 1 目, 6 科, 8 属; 头足类 3 种, 占渔获种类总数的 6.00%, 隶属于 3 目, 3 科, 3 属。

9.2.6 环境空气

本项目区域 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 O_3 污染物年均浓度和相应百分数的日均质量浓度均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单(生态环境部公告 2018 年第 29 号) 中的二级标准, 能满足二类功能区的要求, 属于环境空气质量达标区。

9.3 主要环境影响分析与评价结论

9.3.1 水文动力环境

工程实施后, 工程周边海域的涨落潮流态未发生明显改变, 工程实施未对工程周边海域流态产生明显影响。对于桩基所在海域来说, 由于桩基的存在, 会导致局部流态改变, 受桩基阻水作用的影响, 风电场工程建设后, 桩基周边流速会发生一定的变化。根据预测结果, 工程实施后仅工程所在海域流速流态略有改变, 涨落潮平均流速变幅为 0.02m/s 的影响范围分布在工程区周边东西两侧约 2.5km 范围内, 未对工程周边海域流速流态产生较大影响。

9.3.2 地形地貌与冲淤环境

工程实施后首年, 本厂区东西两侧海域呈淤积态, 厂区南北侧局部区域呈冲刷态。淤积区整体呈带状分布在工程东西两侧, 随着距离桩基距离越远淤积幅度越小, 淤积幅度为 0.04m 的范围分布在厂区周边约 7.5km 范围内, 南北两侧冲刷幅度约为 0.02m。至冲淤平衡后, 冲淤趋势与首年相近, 但幅度相对较大, 淤积幅度为 0.1m 的范围分布在厂区周边约 7.0km 范围内, 南北两侧冲刷幅度约为 0.1m。

9.3.3 水环境

(1) 施工期悬浮泥沙全潮情况下, 施工期悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的包络面积为 90.73km², 浓度大于 20mg/L 的包络面积为 46.77km², 浓度大于 50mg/L 的包络面积为 13.48km², 浓度大于 100mg/L 的包络面积为 5.44km², 浓度大于 150mg/L 的包络面积为 5.19km²。电缆敷设实际影响是暂时的, 随着工程结束,

悬浮物对水环境的影响也将消失。

(2) 本项目施工船舶生活污水根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的要求由有资质的公司进行统一收集和处置;各施工区的生活污水和生产废水均收集处置后委托清运或回用不外排。运行期管理维护人员产生的生活污水经污水生化处理池处理后,回用于站区道路冲洗和绿化,不会对水环境产生影响。

9.3.4 海洋沉积物环境

在严格施工管理条件下,施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾经收集处理后运至陆上处置,海上工程施工不会对海洋沉积物质量产生明显影响。

9.3.5 生态(含渔业资源)

(1) 施工期海洋影响

工程场址范围主要为近海海域,场区内种类组成与场区周边海域种类基本相同,工程施工不会对区域生物多样性带来较大影响。

工程风机桩基基础施工、海底电缆铺设施工都会破坏海洋生物生境、引起海底泥沙再悬浮,造成水体浮游植物生产力下降,并造成潮间带底栖动物和渔业资源的损失,经济损失价值为 336.19 万元。海洋生物损失随着施工的结束,慢慢可以得到恢复,因此施工对海洋生物的影响是暂时的、可逆的。

(2) 运行期海洋影响

项目建成后项目所在海域的生物类型、数量、组成等均不会发生明显变化,项目运行期对海洋生态环境影响较小。但风机基础的修筑会造成少量底栖生物生境的永久丧失,经济损失价值为 0.90 万元。

(3) 对海洋生态系统服务功能的影响

风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰,运行期基本影响不大;海缆施工过程中对鸟类的觅食范围产生一定影响。风电场不占用养殖区水域。工程建设不会对海域污染物净化功能造成明显改变,对当地海洋生物多样性、海洋生态系统多样性维持不会产生明显的影响。

(4) 陆域生态影响

本项目建设不会改变现有生态系统的格局,对区域生态完整性影响很小。施工单位合理堆放土、石料,并在施工后认真清理和恢复迹地后,不会发生土地恶

化、土壤结构破坏现象。在采取相应植被保护措施、动物保护措施后，工程对植被和动物的影响可控制在可接受范围内。在采取相关水土保持措施后，工程施工期间水土流失也在可控范围内。因此在采取并落实相应的保护措施后，工程施工对陆域生态环境的影响能够控制在可以接受的范围。

9.3.6 其他环境影响

(1) 鸟类环境影响

本项目建设区位于嵊泗海域，处于东亚—澳大利西亚候鸟和西太平洋迁徙路线上，迁徙水鸟主要分布在陆域岸线，迁徙性非水鸟主要分布在岛屿和陆域，因此，本项目建设区不是候鸟迁徙途中的重要栖息地，工程对候鸟迁飞影响较小；项目对各类群鸟类的影响较为有限；工程施工和运营对周边重要鸟类栖息地和保护区影响有限。整体而言，本项目海上风电场施工建设和运营对鸟类的影响处在可以接受的范围内，从工程对鸟类影响的角度，在采取必要的预防和保护措施的基础上，本项目的实施总体上可行。

(2) 水下噪声影响

风机基础水下打桩施工时，应确立在打桩施工时桩基 4.3 km 的距离范围外为石首鱼科鱼类安全距离，9.0km 的距离范围外为石首鱼科幼鱼安全距离。施工期水下打桩噪声对石首鱼科鱼类的影响应着重关注桩基 4.0km 范围内的影响。因此，在项目建设过程中必须高度重视幼鱼的保护，避开这些鱼类的繁殖期和育幼期。本项目的其他水下施工噪声，噪声声压级低于 120dB，基本上已和海洋环境噪声相当，不会对该海域中的鱼类等的行为产生明显影响。

营运期由于风机噪声引起的强度变化不大，其产生的水下噪声基本与海洋环境背景噪声相当。水下噪声的增加对海洋生物的影响在可接受范围内，对海洋鱼类等生物的行为基本无影响。

(3) 水上噪声影响

由于风电场周边 500m 范围内无声环境敏感目标，因此，施工船舶运输噪声对水上声环境影响不大。风电场周围无村庄等环境敏感点，风电场运营产生的水上噪声与海洋环境背景噪声相当，风电场运行期对周围声环境影响较小。

(4) 电磁环境影响

根据类比分析，工程海底电缆产生的工频电场强度和工频磁感应强度均能满

足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的限值要求，对底栖贝类、鱼类、虾蟹类和海洋哺乳动物影响较小。另外根据国内外现有电磁场对海洋鱼类的影响研究资料分析，风电场运营期间，海底电缆产生的工频电磁场不会改变鱼类的洄游路线及洄游形式。

9.4 环境事故风险

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。

9.5 环境保护对策措施

9.5.1 施工期环境保护措施

（1）污废水处理

施工期间，现场施工人员主要在各类施工船、补给船只，每天产生一定量的生活污水，现场施工人员每天产生一定量的生活污水，由有资质的单位进行统一收集和处置。

严格执行 73/78 国际防止船舶污染海洋公约等相关规定。船舶含油废水交由有资质单位处理。

（2）固体废物

对于施工期产生的生活垃圾，每只船舶配置 1~2 垃圾收集桶，定期委托有资质的单位进行统一收集和处置。施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废物，同时应尽量避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废物应由施工单位负责及时清理处置。

（3）海洋生态保护措施

优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下，尽可能减少海底开挖面积、开挖量，缩短水下作业时间，避免施工悬浮物剧烈扩散。严格限制工程施工区域在其用海范围内。尽量选用先进低噪的施工设备和船舶，并注意日常设备维护，降低施工噪音，减轻对鱼类的影响。电缆铺设后及时填埋，恢复原地貌，加快生态修复。

打桩时采用软启动方式；施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域。做好施工期的海水环境跟踪监测与环境监理工作。为有效减缓本项目实施对渔业生产的影响，建议建设单位对受影响养殖渔民采取适当的补偿。建设单位应通过增殖放流补偿本建设项目造成的生态损失，减缓对海域的渔业资源造成的影响。

（4）鸟类保护措施

合理规划施工作业时间。强调合理有序施工，优化施工组织。应尽量避免在施工工区全面铺开作业，建议分区域分时段施工，宜以电缆回路为单元进行分区，避免施工区域多点零散施工，并尽可能缩短日施工时间，避免夜间施工，以减少对鸟类栖息、觅食等的影响。做好施工组织和现场管理，文明施工。应加强对施工人员的环保教育，提高其对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀。严格执行施工操作规程，严格施工管理，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。

（5）噪声防治

施工船舶应有效控制主辅机噪声。加强施工设备的维护保养，发生故障应及时维修；改进施工机械，整体设备应安放稳固，并与船体或地面保持良好接触，有条件的应使用减振机座。加强施工管理、文明施工，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声。需加强车辆的维护和保养，保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。在施工现场张贴通告和投诉电话，及时处理各种环境纠纷。

（6）大气环境保护措施

加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。加强对施工机械，运输车辆的维修保养，禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

（7）通航安全保障措施

VTS 海事监管范围应覆盖本项目水域。配备必要的监管设施，并加强海事监管。监管设施的配备应当结合附近水域的发展规划作出统一的规划和部署。通过发布航海通告等手段及时公布本项目所在的位置和相应的标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让本风电场。加强对附近水域渔船的宣传、教育、培训和监管。

对施工船舶严格管理。施工方应将施工进展情况上报海事部门，征得海事部门对施工水域进行有效监管，以利航经该水域的船舶安全避让。如施工期间发生突发事件，立即启动和执行紧急预案外，应及时向海事主管机关报告。

9.5.2 运行期环境保护措施

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。

为减小对鸟类的影响，建议在风机上采用不同色彩搭配，便于鸟类及早发现和避开风机，降低撞击风险；开展鸟类观测；加强工作人员生态保护意识。

此外对于风机的噪声等，建议通过采取在机舱内表面贴附阻尼材料降低结构噪声，主变压器与底座之间衬隔振垫，室内墙体敷设外壳为铝合金的吸音板等措施，减小上述影响。

加强陆上换流站管理维护人员生活污水处置和管理，设置危险废物暂存间，风机维护和陆上换流站产生的各类危废妥善处理。

9.6 综合评价结论

中广核嵊泗 7#海上风电场工程建设符合我国可持续发展能源战略、增加电力供应并改善地区电源结构，推动舟山沿海风能资源的开发，社会效益、经济效益和环境效益明显。工程建设和运行带来的海洋生物损失可通过适当的生态补偿等进行修复，其它不利环境影响大多可以通过采取相应的环保措施减小或避免。只要在工程的建设和运行过程中加强管理，确保实施报告中提出的环保措施，从环境保护角度看，不存在制约本项目建设的环境因素，本项目建设是可行的。