

证书编号：国环评证甲字第 1812 号

三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上 风电场工程海洋环境影响报告书

（征求意见稿）

上海勘测设计研究院有限公司

上海市逸仙路 388 号

2019 年 5 月

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程		
环境影响评价文件类型	海洋环境影响报告书		
一、建设单位情况			
建设单位（签章）	三峡新能源盐城大丰有限公司		
法定代表人或主要负责人（签字）			
主管人员及联系电话	彭尧 0515-68028108		
二、编制单位情况			
主持编制单位名称（签章）	上海勘测设计研究院有限公司		
社会信用代码	91310109425010781E		
法定代表人（签字）	石小强		
三、编制人员情况			
编制主持人及联系电话	郑磊夫 13764969076		
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书编号		签字
郑磊夫	0008057		
2.主要编制人员			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
俞士敏	0008405	审定	
王朝晖	0002827	第 5、6、9 章	
郑磊夫	0008057	审核	
丁玲	0011924	第 1、2、3、4、7、8、10 章	
陈希青	0002825	第 9、11、12 章	
余科平	201703501035	第 13、14、15、16 章	
四、参与编制单位和人员情况			

目 录

1	概述	1
1.1	项目背景	1
1.2	建设项目特点	2
1.3	环境影响评价工作过程	3
1.4	建设项目关注的主要环境问题	3
1.5	报告书主要结论	4
2	总论	5
2.1	评价目的	5
2.2	编制依据	5
2.3	评价技术方法与技术路线	10
2.4	环境保护目标和环境敏感目标	22
3	工程概况.....	30
3.1	工程名称、性质	30
3.2	工程地理位置	30
3.3	工程建设的必要性	34
3.4	建设方案概述	36
3.5	建设用海及用地	53
3.6	工程施工	59
3.7	土石方平衡	78
3.8	工程特性表	78
4	工程分析.....	81
4.1	生产工艺与过程分析	81
4.2	工程各阶段环境影响分析	83
4.3	环境影响要素识别及评价因子	94
4.4	工程各阶段主要评价内容	97

5	海域和陆域自然与社会环境现状.....	98
5.1	自然环境概况	98
5.2	社会环境概况	109
5.3	海洋资源概况	112
5.4	重要渔业生物生境	114
5.5	环境敏感区、环境敏感目标和主要保护对象的现状及分布	116
5.6	海域开发利用现状	131
5.7	环境质量概况	140
6	环境现状评价	141
6.1	水文动力环境现状调查与评价	141
6.2	地形地貌与冲淤环境现状调查与评价	175
6.3	海水水质与沉积物环境现状调查与评价	183
6.4	海洋生态环境现状调查与评价	222
6.5	海洋渔业资源现状调查与评价	256
6.6	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区	274
6.7	鸟类及其生境现状调查与评价	280
6.8	声环境现状监测与评价	289
7	环境影响预测与评价.....	301
7.1	水文动力环境影响预测与评价	301
7.2	地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	330
7.3	海水水质影响预测与评价	337
7.4	沉积物环境影响分析评价	347
7.5	生态环境影响预测与评价	347
7.6	水下噪声和电磁场对鱼类的影响分析	358
7.7	对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区的影响评价	369
7.8	对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的影响	371
7.9	对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的影响	372
7.10	鸟类及生境影响预测评价	375

7.11	其他环境影响预测与评价	379
8	环境风险分析与评价	402
8.1	环境事故识别	402
8.2	通航环境风险评价	402
8.3	溢油事故风险评价	410
8.4	自然灾害风险分析	439
8.5	海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险分析	441
8.6	其它环境风险事故及其影响分析	442
9	清洁生产	445
9.1	清洁能源的利用	445
9.2	设备先进性分析	446
9.3	资源、能源的节约	446
9.4	施工工艺先进性分析	447
9.5	污染物排放控制水平	447
9.6	减排效益	447
10	总量控制	449
11	环境保护对策措施	450
11.1	海域污染防治措施	450
11.2	陆域污染防治措施	453
11.3	海洋生态保护措施	457
11.4	环保验收清单	464
12	环境保护的技术经济合理性	466
12.1	环保投资	466
12.2	经济效益	467
12.3	环境损益	467
12.4	环境经济损益综合分析	468
13	海洋工程的环境可行性	469

13.1	与海洋主体功能区规划的符合性	469
13.2	与海洋功能区划的符合性	471
13.3	与区域和行业规划的符合性	477
13.4	工程建设的政策符合性	487
13.5	工程选址与布置的合理性	488
13.6	与“三线一单”的符合性分析	513
13.7	环境可接受性分析	515
14	环境管理与环境监测	519
14.1	环境管理计划	519
14.2	环境监测计划	520
15	工程生态用海方案分析	525
15.1	用海布局优化	525
15.2	岸线利用与保护	526
15.3	污染排放与控制	527
15.4	生态修复与补偿	527
15.5	跟踪监测及监测能力建设	528
16	结论与建议	529
16.1	工程分析	529
16.2	环境现状	530
16.3	主要环境影响预测	537
16.4	环境事故风险	548
16.5	污染对策措施	548
16.6	公众参与	550
16.7	综合评价结论与建议	550

附件：

- 附件 1 委托函
- 附件 2 《关于三峡新能源大丰 H8-2#300MW 海上风电项目海洋环境影响报告书》的审查意见
- 附件 3 船舶含油废物接收证明
- 附件 4 《三峡新能源盐城大丰 H8-2 海上风电场工程防治溢油污染海洋环境应急防备和应急处置待命委托意向协议书》
- 附件 5 三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电项目海底电缆预选路由行政协调会会议纪要
- 附件 6 模型率定验证
- 附件 7 《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电项目鸟类影响评价专题报告》技术审查意见
- 附件 8 三峡新能源大丰 H8-2#300MW 海上风电场水下噪声及电磁对海洋动物的影响专题报告评审意见
- 附件 9 三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告专家审查意见
- 附件 10 《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程海洋环境现状调查及评价报告》专家评审意见

附录：

- 附录 1 2018 年春季浮游植物种类名录
- 附录 2 2018 年秋季浮游植物种类名录
- 附录 3 2018 年春季浮游动物种类名录
- 附录 4 2018 年秋季浮游动物种类名录
- 附录 5 2018 年春季底栖动物种类名录
- 附录 6 2018 年秋季底栖动物种类名录
- 附录 7 2018 年春季潮间带生物种类名录
- 附录 8 2018 年秋季潮间带生物种类名录
- 附录 9 2018 年春季渔业资源种类名录
- 附录 10 2018 年秋季渔业资源物种类名录

附图：

- 附图 1 工程地理位置图
- 附图 2 工程平面布置图

- 附图 3 工程功能区划图
- 附图 4 工程敏感目标分布图
- 附图 5 工程区域水深地形图
- 附图 6 施工总平面布置图
- 附图 7-1 海上升压站一层舾装布置图
- 附图 7-2 海上升压站轴立面图
- 附图 8-1 海上换流站一层布置图
- 附图 8-2 海上换流站轴立面图
- 附图 9-1 陆上换流站平面布置图
- 附图 9-2 陆上换流站轴立面图

1 概述

1.1 项目背景

能源是国民经济发展的重要基础，是人类生产和生活必需的基本物质保障。能源问题是一个全球性问题，通过加强国际科技合作，大力发展可再生能源与新能源，已经成为各国增加能源供给，促进节能降耗，保障能源安全，减少温室气体排放，发展低碳经济，实现经济与社会可持续发展的共同选择。我国电源结构 70% 是燃煤火电，而且负荷增长迅速，环境影响特别是减排二氧化碳的压力越来越大。风能是清洁的可再生能源，我国可开发风能总储量约有 43.5 亿千瓦。其中，可开发和利用的近海风能储量有 1 亿到 2 亿千瓦，风能资源十分丰富，发展潜力巨大。为实现国家经济社会发展战略目标，加快能源结构调整，国家出台了《可再生能源法》、《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》指导可再生能源的发展。在此基础上国家能源局颁布了《风电发展“十三五”规划》，作为“十三五”我国风电发展的依据。

江苏省位于我国东部沿海经济发达地区，但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，全省风能资源总储量达到 34690.4MW。江苏省风能开发利用潜力很大，沿海滩涂面积逐年扩大，海上风能资源潜力比陆地更大。在东部沿海地区的如东、启东、大丰、东台、响水、滨海和射阳等县（市），具备良好的风能资源开发利用条件。

为推动海上风电建设进程，江苏省政府积极组织编制了《江苏省海上风电场工程规划》，该报告于 2012 年 12 月获得国家能源局的批复。2016 年，在国家海洋局印发的《关于全面建立实施海洋生态红线制度的意见》、《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）和国家能源局、国家海洋局联合印发的《海上风电开发建设管理办法》（国能新能[2016]394 号）等政策出台后，江苏省发改委启动了新一轮海上风电场工程规划修编工作，2017 年 7 月完成《江苏省海上风电场工程规划修编报告（征求意见稿）》。根据该报告，江苏省海上风电场划分为 3 个风电基地，自北向南分别为连云港及盐城北部、盐城南部和南通基地。本项目为盐城南部基地规划中的大丰 H8-2#海上风电场。

三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程场址位于大丰区毛竹沙北侧海域。场址呈东西向的不规则多边形，场址西侧为陈家坞槽，东侧为草米树洋。场址中心离岸距离 72km，水深 3~15m（海图水深）。场址东西向长约 15km，南北向宽约 3.2km，规划装机 30 万 kW。风电场拟安装单机容量 6.3MW 的风力发电机组 48 台，总装机容量 302MW。工程建设内容包括风机、升压站、换流站和海底电缆等。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》和《建设项目环境保护管理条例》等的规定，凡新建、改建、扩建对环境有影响的工程项目必须进行环境影响评价，编制环境影响报告书，以阐明项目所在地环境质量现状及工程项目施工期和运行期的环境影响。为此，项目建设单位三峡新能源盐城大丰有限公司委托上海勘测设计研究院有限公司（以下简称我院）承担本项目环境影响评价工作（环评委托书见附件1）。

我院接受委托后与本项目可研单位协作，将环评工作与项目方案设计工作紧密结合，将对环境的考虑充分融入到方案设计中。对可研报告中提出的各装机容量、平面布置和施工方案的环境可行性、合理性进行了分析比较，并将环境因素纳入最终的工程设计方案考虑中。

本评价包括项目施工期及运行期的环境影响评价，本工程设计运行期 25 年，退役期环境影响应在拆除施工前另行编制环境影响报告。

1.2 建设项目特点

本工程为电力工业用海项目，其主要特点如下：

（1）建设特点：电力工业用海项目

（2）建设项目类型：海上风电项目

（3）环境影响特点：施工期主要环境影响为海域水质和沉积物、海洋生态和渔业资源、鸟类及陆生动植物、声环境、固体废弃物、环境空气、通航环境影响。运行期主要环境影响为水文动力、冲淤环境、海域水质、沉积物、海洋生态和渔业资源影响、鸟类、声环境、电磁辐射、固体废弃物影响。

（4）周边环境特点：本工程场址中心离岸距离 72km，主要涉及盐城湿地珍

禽国家级自然保护区、麻菜珩领海基点保护区、麻菜珩特别保护海岛、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区、吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区等海洋保护区、吕四渔场农渔业区等环境敏感目标。

1.3 环境影响评价工作过程

我院自接受建设单位委托后立即成立项目课题组，并根据相关法律法规、政策及导则要求，对本项目开展环境影响评价工作。在报告书的编制过程中，我院尽可能收集与本项目有关的资料和文献报告，委托江苏中信优佳检测技术有限公司于2018年9月在工程海域开展了海水水质、沉积物、生物质量、海洋生态和渔业资源监测调查工作，同时收集春季海水水质、沉积物、生物质量、海洋生态和渔业资源调查资料；委托华东师范大学开展鸟类调查及影响评价专题；委托中国水产科学研究院东海水产研究所开展吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响评价专题；委托上海海洋大学开展水下噪声和电磁辐射对鱼类影响专题。在环境影响评价过程中，2018年9月~10月期间建设单位按照《环境影响评价公众参与管理办法》要求开展了公众参与调查工作。

根据建设单位提供的工程技术资料，环评单位开展了项目的工程分析、环境影响预测评价、环境风险评价、环境保护措施、环境管理和监测计划等报告书专题的编制，并结合公众参与调查结果，于2019年5月编制完成《三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW海上风电场工程海洋环境影响报告书》（送审稿）。

1.4 建设项目关注的主要环境问题

项目关注的主要环境问题包括：风机和升压站桩基础建设对周边海域水文动力、地形冲淤环境的影响；风机和升压站桩基础建设、海缆施工对海域水质、沉积物的影响；项目建设对海洋生态、渔业资源的影响；施工船舶可能产生的溢油风险；项目建设对周边环境敏感目标的影响。

本项目评价目的如下：

（1）对评价区域环境现状进行系统调查，了解工程海域的环境特点，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期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 and 环境保护措施，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) 提出本工程环境管理的要求和建议，实现环境、经济和社会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；

(5) 施工期及运行期环境风险影响分析。

1.5 报告书主要结论

三峡新能源江苏大丰H8-2# 300MW海上风电场项目的建设符合我国可再生能源中长期发展规划和江苏省沿海地区发展规划，符合《江苏省海洋功能区划（2011-2020年）》。其建设能在一定程度上改善了江苏省以及大丰市的能源结构。工程建设可能对海域自然、生态环境和鸟类造成一定影响，对海域渔业资源造成一定损失，对渔业生产造成一定制约，并存在溢油风险，但可通过采取生态修复补偿措施、风险防范措施和各项环境保护措施予以减轻。在落实本报告提出的各项环保措施并实行跟踪监督管理的前提下，不存在制约本工程建设的环境因素。从环境影响的角度评价，工程建设基本可行。

2 总论

2.1 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) 通过工程分析确定施工期和运行期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环境问题，提出切实可行的污染防治方案 and 环境保护措施，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) 提出本工程环境管理的要求和建议，实现环境、经济和社会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。

2.2 编制依据

2.2.1 法律、法规依据

- 《中华人民共和国环境保护法》，2015.1；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017.11；
- 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002.1；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016.9；
- 《中华人民共和国水污染防治法》，2008.6；
- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，1997.3；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》，2016.1；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016.11；
- 《中华人民共和国可再生能源法》，2006.1；
- 《中华人民共和国渔业法》，2013.12；
- 《中华人民共和国野生动物保护法（2016年修订本）》，2017.1；
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012.7；
- 《中华人民共和国海上交通安全法》，2016.11；

- 《海洋工程环境影响评价管理规定》，国海环字〔2008〕367号，2008.7；
- 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》，2017.3；
- 《中华人民共和国防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院令 第 475 号，2006.11；
- 《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》，1990.8；
- 《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院令 第 561 号，2010.3（2017 年修订）；
- 《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》，国发〔2015〕42 号，2015.8；
- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2006.9；
- 《产业结构调整指导目录（2011 年本）》修正版，发展和改革委员会令 第 21 号，2013.5；
- 《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 2011 年第 4 号，2011.6；
- 《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 2010 年第 7 号，2011.2；
- 《国家船舶溢油应急设备库设备配置管理规定（试行）》，2008.11；
- 《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，交海发[2007]165 号，2007.5；
- 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 第 682 号，2017.10；
- 《中华人民共和国自然保护区条例》，2011.1；
- 《海洋自然保护区管理办法》，2007.4；
- 《国务院办公厅关于加强湿地保护管理的通知》，国办发〔2004〕50 号；
- 《水产种质资源保护区管理暂行办法》，农业部部令 2011 年第 1 号，2011.3；
- 《关于海洋工程建设项目环境影响评价报告书公众参与有关问题的通知》，国家海洋局，2017.1；
- 《环境影响评价公众参与暂行办法》，环发[2006]28 号，
- 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》，环发[2012]98 号，2012.8；
- 《海上风电开发建设管理办法》，国能新能[2016]394 号，2016.12；

《近岸海域环境功能区管理办法》，国家环境保护总局令 第 8 号，1999.12；
《海洋功能区划管理规定》，国海发[2007]18 号，2007.8；
《国家重点保护野生动物名录》，国务院，1988.12；
《国家重点保护野生植物名录（第一批）》，国务院，1999.8；
《海底电缆管道保护规定》，国土资源部令（第 24 号），2004.3；
《江苏省自然保护区名录（截止 2012 年底）》，环境保护部，2013.9。

2.2.2 地方法规

《江苏省海洋环境保护条例》，江苏省人大，2016.3；
《江苏省渔业管理条例（2012 年修正本）》，江苏省人大；
《江苏省环境噪声污染防治条例（2012 年修订）》，江苏省人大，2012.2；
《关于切实做好建设项目环境管理工作的通知》，苏环管[2006]98 号，2006.9；
《关于进一步规范规划和建设项目环评中公众参与听证制度的通知》，苏环办[2011]173 号，2011.6；
《江苏省国有渔业水域占用补偿暂行办法》，苏政办发[2009]174 号；
《江苏省农业生态环境保护条例（修正）》，江苏省人大，2004.7；
《江苏省固体废物污染环境防治条例（2012 年修订）》，江苏省人大，2012.2；
《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》，江苏省海洋与渔业局，2016.10。

2.2.3 规划与区划

《全国海洋功能区划（2011~2020 年）》，2012.4；
《全国海洋主体功能区规划》，2015.8；
《全国海洋经济发展“十三五”规划》，2017.5；
《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，2012.10；
《江苏省近岸海域环境功能区划》，2002；
《江苏省沿海地区发展规划》，2009.6；
《江苏省海上风电场工程规划修编报告》，2017.7；
《江苏省“十三五”海洋经济发展规划》，苏政办发[2017]16 号；

《江苏省国家级生态保护红线规划》，江苏省人民政府，2018.6；

《江苏省海洋生态红线保护规划(2016-2020 年)》，江苏省人民政府，2017.3；

《江苏省生态红线区域保护规划》，江苏省人民政府，2013 年 8 月。

2.2.4 中国加入的有关国际公约

《国际防止废物和其它物质倾倒污染海洋公约》，联合国；

《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）》（V2011 年修正），国际海事组织；

《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》，1981.3.3；

《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》，1986.10.20；

《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》，1982.3.12 议定书修订；

《生物多样性公约》，1992.6.5，签订于里约热内卢。

2.2.5 规程、规范和导则

《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；

《海上风电工程环境影响评价技术规范》；2014.4；

《环境影响评价技术导则 总纲》，（HJ2.1-2016）；

《环境影响评价技术导则 大气环境》，（HJ2.2-2008）；

《环境影响评价技术导则 地表水环境》，（HJ/T2.3-93）；

《环境影响评价技术导则 声环境》，（HJ2.4-2009）；

《环境影响评价技术导则 生态影响》，（HJ19-2011）；

《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）；

《建设项目环境风险评价技术导则》，（HJ/T169-2004）；

《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，（SC/T9110-2007）；

《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》（试行），2011.10；

《海洋调查规范》（GB 12763-2007）；

《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；

《海水水质标准》（GB3097-1998）；

《渔业水质标准》(GB11607-89);

《海洋沉积物质量标准》(GB18668-2002);

《海洋生物质量标准》(GB18421-2001);

《环境空气质量标准》(GB3095-2012);

《声环境质量标准》(GB3096-2008);

《电磁环境控制限值》(GB8702-2014);

《±800kV 特高压直流线路电磁环境参数限制》(DL/T1088—2008);

《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018);

《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);

《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);

《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);

《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(底质评价标准),海洋出版社,1986。

2.2.6 其他依据

《江苏海上风电场工程规划修编报告(征求意见稿)》,2017年7月;

《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程可行性研究报告》,2018年7月,上海勘测设计研究院有限公司;

《三峡新能源江苏大丰 H8-2#海上风电项目夏季海洋水文测验报告》,2018年10月,国家海洋局第二海洋研究所;

《三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目海洋水文测验报告》,2016年3月,国家海洋局第二海洋研究所杭州国海海洋工程勘测设计研究院;

《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程水质、沉积物及海洋生态调查及评价报告(2018年春季)》,2018年9月,江苏中信优佳检测技术有限公司;

《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程水质、沉积物、生物质量、生物生态及渔业资源调查报告(2018年秋季)》,2018年10月,江苏中信优佳检测技术有限公司;

《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程鸟类影响评价专题》,

2018 年 10 月，华东师范大学；

《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响专题报告》，2018 年 10 月，中国水产科学研究院东海水产研究所；

《三峡新能源大丰 H8-2#300MW 海上风电场水下噪声及电磁辐射对海洋生物的影响》，2018 年 10 月，上海海洋大学；

《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程拟建址周围电磁环境现状检测》，2019 年 2 月，江苏省苏核辐射科技有限责任公司。

2.3 评价技术方法与技术路线

2.3.1 评价内容

根据本项目类型及其对海洋环境可能产生的影响，依据《海洋工程环境影响评价技术导则》和《海上风电工程环境影响评价技术规范》，本项目各单项环境影响评价内容包括海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生物生态、鸟类生态、海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境、声环境（水下和水上）、电磁环境和环境风险。

2.3.2 评价工作等级

2.3.2.1 海洋环境评价

本工程为海上风电工程，总装机容量 302MW，工程风机所在及路由涉及保护区等生态敏感区，根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》中评价等级的判定原则，确定本工程水文动力环境、水质环境、沉积物环境、海洋生态环境、地形地貌及冲淤环境的评价等级均为 1 级。各单项评价等级见表 2.3-1 和表 2.3-2。

表 2.3-1 海洋水文动力、水质、沉积物、生态环境影响评价等级

海上风电项目 工程类型	工程规模	工程所在海域特 征和生态环境类 型	海洋水环境影响评价等级			海洋生态
			水文动 力环境	水质 环境	沉积物 环境	
海上风电机组 工程	装机容量 $\geq 300\text{MW}$	海洋生态环境敏 感区	1	1	1	1
海底电缆工程	长度 $\geq 100\text{km}$	海洋生态环境敏 感区	1	1	1	1

表 2.3-2 地形地貌与冲淤环境影响评价等级

评价等级	工 程 类 型
1	海上风电项目所有工程类型总占海面积超过 $50 \times 10^4 \text{m}^2$ 以上的或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目。

表 2.3-3 电磁环境影响评价等级

电流类型	电压等级	工程类型	条件	评价工作等级
交流电	220~330 kV	220kV 海缆	海底电缆	三级
		220kV 海上升压站	户内式、地下式	三级
		220kV 陆上换流站		三级
直流电	其它	320kV 海上换流站	--	二级
		320kV 海缆	--	二级

2.3.2.2 环境风险

参照《建设项目环境风险评价技术导则》，本项目施工期及运行期均存在船舶事故溢油风险，燃油泄漏风险，涉及可燃、易燃危险性物质，且工程区域海洋生态环境较为敏感和脆弱，因此溢油风险评价等级为一级。

2.3.2.3 其他

本工程位于离岸海域，风电场周边无声环境、空气环境敏感目标，因此评价中仅对空气、声（水上）环境影响做影响分析，其评价内容从简。

陆域影响主要是陆上施工基地的材料堆放、风机组装等，运行期陆上换流站污染物主要为管理人员生活污水和垃圾等，产生量较小，因此陆域水环境评价仅作简要分析评价。

2.3.3 评价范围与评价重点

2.3.3.1 评价范围

(1) 海域

1) 海洋水文动力、海洋水质

根据海洋工程环评导则，本项目水文动力环境评价范围为一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍，海洋水质评价范围则为规划实施可能造成的悬浮扩散与污染影响范围。考虑本工程海域潮流特性及可能的海洋水质环境影响范围，确定水文动力与海洋水质评价范围为风电场场址及海底电缆所在向外延伸 15km 所包含的海域。

2) 生态环境与水下噪声

根据生态环境评价导则，生态环境评价范围应依据评价项目对生态因子的影响方式、影响程度和生态因子之间的相互影响和相互依存关系确定。考虑本工程生态环境不利影响主要来自施工期悬浮扩散等，因此海洋生态评价范围同水文动力与海洋水质评价范围。水下噪声评价范围与海洋生态环境评价范围一致，为风机外延线外扩 15km 范围。

3) 电磁环境

根据《环境影响评价技术导则 输变电工程》(HJ 24-2014)，220kV 海上升压站、220kV 陆上换流站电磁环境影响评价范围为站界外 40m，220kV 海缆电磁环境影响评价范围为海缆两侧各外扩 5m 范围，320kV 海上换流站电磁环境影响评价范围为站界外 50m，320kV 海缆电磁环境影响评价范围为海缆两侧各外扩 5m 范围。

综上确定本工程海域评价范围为风电场场址周围、电缆所在向外延伸 15km 所包含的海域。

工程海域评价范围见图 2.3-1。评价范围角点坐标见表 2.3-4。

表 2.3-4 评价范围角点经纬度坐标

边界点	经度	纬度
A	120°37'47.28"E	33°35'57.15"N
B	121°35'2.89"E	33°55'4.87"N
C	121°54'43.11"E	33°13'38.47"N
D	120°55'53.64"E	32°53'34.69"N

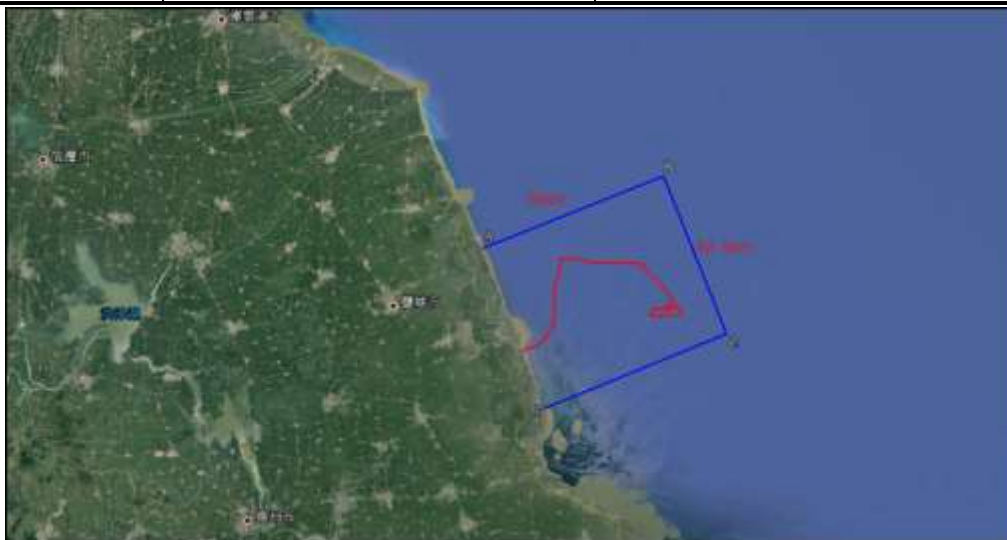


图 2.3-1 环境影响评价范围示意图

(2) 陆域

环境空气、声环境和电磁环境影响评价范围为：工程征地周围 200m 区域内，海缆登陆点周围 200m 区域内，以及其它可能受到影响的环境敏感点（区）。

电磁环境评价范围为：电缆路径两侧边缘各外延 5m、换流站厂界外 40m 范围。

生态环境影响评价范围为：陆域工程厂界周边 8km 范围，施工便道、施工场地等施工临时用地涉及范围。

(3) 环境风险

风险评价范围确定为风机及海缆路由占用海域周围 30km 范围内海域。

2.3.3.2 评价重点

根据本工程特点和周围海洋环境状况，本工程环境评价重点为：

- (1) 工程分析：项目方案环境比选及环境合理性分析。
- (2) 施工期环境影响评价：风机及海底电缆施工对海域水质、沉积物、生

态环境、渔业资源、鸟类生境的影响评价。

(3) 运行期环境影响评价：风机运行对海域水文动力、地形冲淤、生态环境、渔业生产和鸟类生境的影响评价，风机运行水下噪声和电磁辐射对鱼类的影响。

(4) 保护区环境影响评价：项目实施对周边种质资源保护区、自然保护区等敏感目标的影响分析与评价。

(5) 环境风险评价：施工及运行期船舶碰撞溢油对海洋水质、海洋生态的风险影响评价。

(6) 环保对策措施：项目风机布置及施工方案环境合理性分析及方案优化，海洋水质、沉积物、生态环境（渔业资源）保护及修复补偿措施拟定。

2.3.4 评价工作程序

本评价工程程序见图 2.3-2。

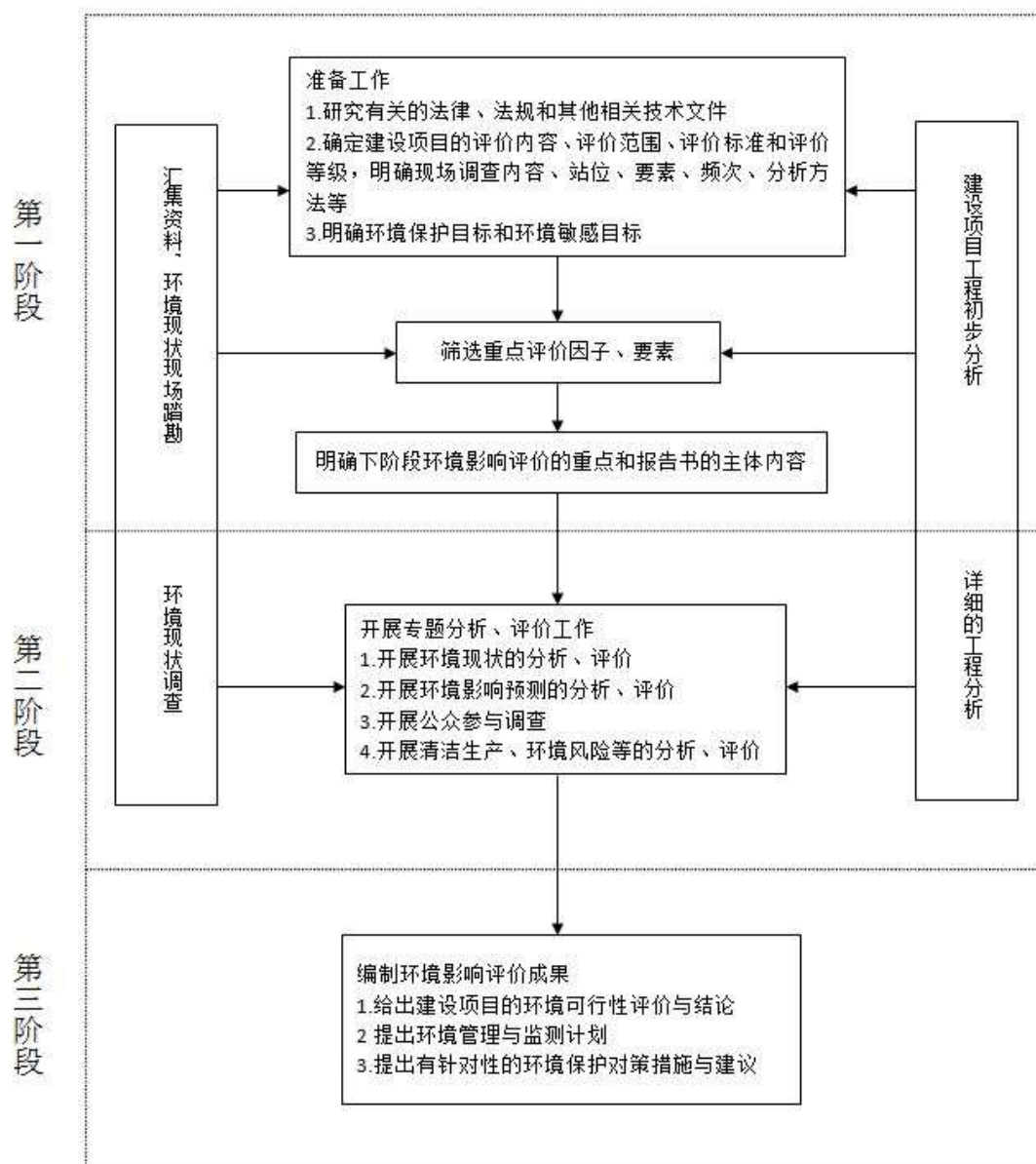


图 2.3-2 海洋工程环境影响评价工作程序

2.3.5 环境影响评价和环境质量标准

2.3.5.1 环境质量标准

（1）海洋功能区划与海域环境质量标准

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本工程主体位于吕四渔场农渔业区中的兼容海上风能的区域（射阳南、大丰北外侧海域），同时风电场区涉及吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区实验区，320kV 海缆距离东沙

泥螺四角蛤种质资源保护区的最近距离 120m，320kV 海缆距离盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区的最近距离为 400m，风电场区及海缆沿线附近还涉及麻菜珩领海基点保护区、大丰东台农渔业区、大丰麋鹿国家级自然保护区等环境敏感区域，项目周边海洋环境较为敏感。综合考虑海域功能区划和海洋保护要求，评价海域海水水质执行《海水水质标准》一类标准。海洋沉积物执行《海洋沉积物质量标准》第一类标准。双壳类海洋生物质量执行《海洋生物质量标准》第一类标准，非双壳类海洋生物体内污染物质（除石油烃外）含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。相应标准限值见表 2.3-5～表 2.3-9。

表 2.3-5 海水水质标准单位：mg/L（pH 除外）

污染物名称	标准类别			
	一类	二类	三类	四类
pH	7.8~8.5	7.8~8.5	6.8~8.8	6.8~8.8
DO	>6	>5	>4	>3
COD	≤2	≤3	≤4	≤5
无机氮（以 N 计）	≤0.2	≤0.3	≤0.4	≤0.5
活性磷酸盐（以 P 计）	≤0.015	≤0.030	≤0.030	≤0.045
SS（人为增加量）	≤10	≤10	≤100	≤150
石油类	≤0.05	≤0.05	≤0.30	≤0.50

表 2.3-6 渔业水质标准单位：mg/L（pH 除外）

编号	项目	标准值
1	pH 值	海水 7.0~8.5
2	DO	连续 24h 中，16h 以上必须大于 5，其余任何时候不得低于 3
3	BOD ₅	≤5，冰封期≤3
4	汞	≤0.0005
5	镉	≤0.005
6	铜	≤0.01
7	锌	≤0.1
8	石油类	≤0.05
9	硫化物	≤0.2

表 2.3-7 海洋沉积物质量标准单位: mg/kg (pH 除外)

项目	标准值		
	一类	二类	三类
汞 (10^{-6})	0.2	0.5	1.0
镉 (10^{-6})	0.50	1.50	5.00
铅 (10^{-6})	60.0	130.0	250.0
铜 (10^{-6})	35.0	100.0	200.0
锌 (10^{-6})	150.0	300.0	600.0
铬 (10^{-6})	80.0	150.0	270.0
砷 (10^{-6})	20.0	65.0	93.0
硫化物 (10^{-6})	300.0	500.0	600.0
石油类 (10^{-6})	500.0	1000.0	1500.0
有机碳 (10^{-2})	2.0	3.0	4.0

表 2.3-8 海洋生物质量标准 (双壳类)

项目	标准值		
	一类	二类	三类
汞 (mg/kg) $\leq$	0.05	0.10	0.30
镉 (mg/kg) $\leq$	0.2	2.0	5.0
铅 (mg/kg) $\leq$	0.1	2.0	6.0
铜 (mg/kg) $\leq$	10	25	50(牡蛎 100)
锌 (mg/kg) $\leq$	20	50	100(牡蛎 500)
铬 (mg/kg) $\leq$	0.5	2.0	6.0
砷 (mg/kg) $\leq$	1.0	5.0	8.0
石油类 (mg/kg) $\leq$	15	50	80

表 2.3-9 鱼类、甲壳类海洋生物质量评价标准 (鲜重: $\times 10^{-6}$)

生物类别	总汞	Cu	Pb	Cd	Zn	As	Cr	石油烃	附注
甲壳类	0.2	100	2	2	150	8.0	1.5	20	石油烃执行《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册), 其余指标执行《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》
鱼类	0.3	20	2	0.6	40	5.0	1.5	20	

(2) 环境空气

登陆点及陆上换流站环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准。海上风机区域、海上升压站和海上换流站等海域环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准。环境空气质量标准值见表 2.3-10。

表 2.3-10 环境空气质量标准单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （标准状态）

序号	项目	平均时间	浓度限值	
			一级	二级
1	SO_2	年平均	20	60
		24 小时平均	50	150
		1 小时平均	150	500
2	NO_2	年平均	40	40
		24 小时平均	80	80
		1 小时平均	200	200
3	TSP	年平均	80	200
		24 小时平均	120	300
4	PM_{10}	年平均	40	70
		24 小时平均	50	150
5	$\text{PM}_{2.5}$	年平均	15	35
		24 小时平均	35	75

(3) 声环境

本工程主体施工基本位于海域，声环境参照执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准；施工临时基地选择在陆上换流站附近和大丰港码头后方陆域，其中陆上换流站附近的施工基地声环境参照农村地区执行 1 类标准，大丰港码头后方陆域的施工基地声环境执行 3 类标准。

表 2.3-11 声环境质量标准单位：等效声级 $\text{Leq}[\text{dB}(\text{A})]$

类别	昼间	夜间
1	55	45
2	60	50
3	65	55

2.3.5.2 污染物排放标准

(1) 污水

- 1) 本工程海域作业禁止排污。
 - 2) 污水回用标准执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）。
 - 3) 船舶含油污水执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）。
- 污水排放标准详见表 2.3-12 和表 2.3-13，回用水标准见表 2.3-14。

表 2.3-12 污水综合排放标准 单位: mg/L

序号	污染物	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH	6~9	6~9	6~9
2	色度	50	80	-
3	悬浮物	70	150	400
4	五日生化需氧量	20	30	300
5	化学需氧量	100	150	500
6	石油类	5	10	20

表 2.3-13 船舶污染物排放要求

污水类别	水域类别	船舶类别		排放控制要求
机器处所油污水	内河	2021 年 1 月 1 日之前建造的船舶		自 2018 年 7 月 1 日起, 按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
		2021 年 1 月 1 日之后建造的船舶		收集并排入接收设施
	沿海	400 吨及以上船舶		自 2018 年 7 月 1 日起, 按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
		400 总吨以下船舶	非渔业船舶	自 2018 年 7 月 1 日起, 按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
			渔业船舶	(1) 自 2018 年 7 月 1 日起至 2020 年 12 月 31 日止, 按本标准 4.2 执行; (2) 自 2021 年 1 月 1 日止, 按本标准 4.2 执行或收集并排入接收设施
含货油残余物的油污水	内河	全部船舶		自 2018 年 7 月 1 日起, 收集并排入接收设施
	沿海	150 总吨以上船舶		自 2018 年 7 月 1 日起, 收集并排入接收设施, 或在船舶航行中排放, 并同时满足下列条件: (1) 油船距最近陆地 50 海里以上; (2) 排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过 30 升/海里
		150 总吨以下船舶		自 2018 年 7 月 1 日起, 收集并排入接收设施

表 2.3-14 污水回用标准

项目及执行标准	污染指标	单位	限值
《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)	pH	无量纲	6~9
	浊度	NTU	20
	五日生化需氧量	mg/L	15
	氨氮		20
	溶解氧		1.0

(2) 大气

本工程陆上换流站区域执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-96) 二级标准。见表 2.3-15。

表 2.3-15 新污染源大气污染物排放限值单位: mg/m³

(无组织排放监控浓度限值)

项目	SO ₂	NO _x	TSP
监控点	周界外浓度最高点	周界外浓度最高点	周界外浓度最高点
浓度	0.4	0.12	1.0

(3) 噪声

施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011), 见表 2.3-16。运行期海上升压站、海上换流站、陆上换流站参照执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 1 类标准, 见表 2.3-17。

表 2.3-16 建筑施工场界环境噪声排放限值 (Leq) 单位: dB

(A)

噪声排放限值	昼间	70
	夜间	55

表 2.3-17 工业企业厂界环境噪声排放限值 (Leq) 单位: dB

(A)

类别	昼间	夜间
1	55	45
3	65	55

低频噪声由于无对应的国家排放标准或行业标准, 因此运行期风机低频噪声

参照《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中结构传播固定设备室内噪声排放限值(倍频带声压级),见表 2.3-18。20~200Hz 的 A 计权声压级参照台湾《噪声管制标准》,见表 2.3-19。

表 2.3-18 结构传播固定设备室内噪声排放限值(倍频带声压级)

功能区类别	房间类型	31.5dB		63 dB		125 dB		250 dB		500 dB	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
0	A、B 类房间	76	69	59	51	48	39	39	30	34	24
1	B 类房间	79	72	63	55	52	43	44	35	38	29
2、3、4	B 类房间	82	76	67	59	56	48	49	39	43	34

表 2.3-19 工厂(场)噪音管制标准 单位: dB (A)

管制区	频率: 20Hz 至 200Hz		
	日间	晚间	夜间
第一类	42	42	39
第二类	42	42	39
第三类	47	47	44
第四类	47	47	44

(4) 固废

船舶固废执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018),见表 2.3-13。

(5) 电磁辐射

根据《电磁环境控制限值(GB8702-2014)》,以 4kV/m 作为工频电场强度的评价标准;以 80A/m 作为磁场强度标准;以 0.1mT 作为磁感应强度的评价标准。

由于目前国内暂无针对±320kV 直流输变电工程电磁环境参数限值标准,投运的或者进行前期工作的±330kV、±400kV、±500kV、±660kV 等电压等级直流输变电工程均参考《±800kV 特高压直流线路电磁环境参数限制》(DL/T1088—2008),因此本工程亦参考该标准。

本工程合成场强评价标准为:最大值 25kV/m,同时应满足 80%测量值不超过 15kV/m。

2.4 环境保护目标和环境敏感目标

2.4.1 环境保护目标

(1) 生态环境

工程区域海洋生态环境（包括渔业资源）不因本工程建设而发生明显恶化。

工程区域周围鸟类种类和水生生物群落结构等不因本工程建设而发生明显变化。

风电场区周边及工程送出线路涉及的自然保护区、水产种质资源保护区、农渔业区等生态环境及生态功能不因本工程建设受到影响。

(2) 水环境

项目实施后风电场区、送出电缆海域及自然保护区、水产种质资源保护区内水质均保持现有类别，不因本工程建设而变劣。

(3) 海洋沉积物和生物质量

项目实施后工程海域沉积物质量和生物质量保持现有类别，不因工程建设而变劣。

2.4.2 环境敏感目标

根据工程布置及周边环境特征，确定本工程建设涉及的环境敏感目标见下表。工程图周边海域功能区划图及敏感目标分布图见附图 3、附图 4。

表 2.4-1 工程建设涉及的海洋环境保护目标

编号	类型	名称	地区	位置关系	概况	环境保护管理要求
1	海洋保护区	盐城湿地珍禽国家级自然保护区	盐城市	位于风电场西侧，实验区距离海缆最近距离约为 400m	1、120° 35′ 27″ E, 33° 28′ 35″ N; 2、120° 39′ 04″ E, 33° 30′ 10″ N; 3、120° 39′ 12″ E, 33° 28′ 47″ N; 4、120° 42′ 07″ E, 33° 29′ 19″ N; 5、120° 38′ 00″ E, 33° 39′ 07″ N; 6、120° 29′ 33″ E, 33° 36′ 50″ N; 7、120° 32′ 41″ E, 33° 32′ 21″ N; 8、120° 31′ 31″ E, 33° 30′ 55″ N; 9、120° 33′ 49″ E, 33° 30′ 16″ N; 10、120° 35′ 59″ E, 33° 30′ 23″ N。 由五块区域组成。保护区总面积为 247260hm²，其中核心区 22596hm²，缓冲区 56742hm²，实验区	主要保护丹顶鹤等珍禽和候鸟迁徙通道，以及典型淤泥质平原海岸景观。严格按照《中华人民共和国自然保护区条例》的规定和实际情况对保护区进行保护。

编号	类型	名称	地区	位置关系	概况	环境保护管理要求
					167922hm ² 。	
2		麻菜珩领海基点保护区	大丰市	位于风电场区西北侧，距离风电场最近距离约为 15.2km	东经 121° 20′ 48″，北纬 33° 21′ 48″ 周围海域；保护区划定海域面积 5.74km ² 。保护区属海域特别保护区红线区，为禁止类红线区。	海域环境和资源，减少污染损害事故的发生，海洋环境质量维持现状； 禁止实施各种与保护无关的工程建设活动。具体执行《海洋特别保护区管理办法》的相关制度。
3		麻菜珩特别保护海岛	大丰市	位于风电场区南侧，距离风电场最近距离约为 10.22km	保护区划定海域面积 125.96km ² 。保护区属特别保护海岛红线区，为限制类红线区。	维护主权权益，严格保护海岛自然地形、地貌。禁止围填海、炸岩炸礁、填海连岛、实体坝连岛、沙滩建造永久建筑物、采挖海砂及其他可能造成海岛生态系统破坏及自然地形、地貌改变的行为，加强对受损海岛生态系统的整治与修复。根据海岛自然资源、自然景观以及历史、人文遗迹保护的需 要，对具有特殊保护价值的海岛及其周边海域，依法批准设立海洋自然保护区或者海洋特别保护区强化保护。合理确定用岛规模，工程建设与生态保护措施同步进行，岛上固体废弃物和污水集中收集送至岸上处理或就地处理达标排放，确保零排放、零污染。适度发展海珍品养殖；支持开展科研、教育、监测等活动。
4		东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	大丰市	位于风电场区西侧，距离风电场风机最近约 960m，距离 320kV 海缆最近距离 120m	保护区划定海域面积 814.56km ² 。保护区属重要渔业海域红线区，为限制类红线区。	维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工及其他可能会影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动。禁止破坏性捕捞方式，合理有序开展捕捞作业；严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。开放式养殖用海应注意控制养殖密度和养殖方式，减少养殖污染，推广

编号	类型	名称	地区	位置关系	概况	环境保护管理要求
						生态养殖。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。
5		吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区	-	位于风电场区东侧，部分风机和海缆在实验区内	总面积为 166.08 万 hm^2 ，其中核心区面积为 87.34 万 hm^2 ，实验区面积为 78.74 万 hm^2 。特别保护期为每年的 5 月 1 日至 7 月 1 日。主要保护对象为小黄鱼、银鲳产卵亲体及其幼体。	强化管护措施，加大水产种质资源保护力度。
6		大丰麋鹿国家级自然保护区	大丰市	位于风电场区西南侧，距离海缆登陆点最近距离约为 10.2km	保护区位于江苏省大丰市东南方，距大丰市市区 50km，距盐城市 100km。地理坐标为北纬 $32^{\circ} 56'$ ~ $33^{\circ} 36'$ ，东经 $120^{\circ} 42'$ ~ $120^{\circ} 51'$ 。保护区类型为野生动物类型，主要保护对象是麋鹿及其生境。	落实保护措施，保护海域环境和资源，实现保护区规划建设的目标；重点保护海洋和湿地生态系统、珍稀濒危生物以及重要自然历史遗迹
7		吕四渔场农渔业区	盐城市、南通市	风电场区东侧部分位于该农渔业区内	双洋河口至蒿枝港外侧海域	主要保护对象有小黄鱼、银鲳、大黄鱼、带鱼、灰鲳、蓝点马鲛、哈氏仿对虾、葛氏长臂虾等重要经济鱼类。执行《水产种质资源保护区管理暂行办法》(农业部令 2011 年第 1 号)的相关要求。
8	农渔业区	大丰东台农渔业区	大丰市东台市	位于风电场区西南侧，距离风电场区最近距离约为 15.8km	1、 $120^{\circ} 46' 07'' \text{ E}$ ， $33^{\circ} 11' 28'' \text{ N}$ ； 2、 $120^{\circ} 51' 46'' \text{ E}$ ， $33^{\circ} 12' 56'' \text{ N}$ ； 3、 $121^{\circ} 02' 21'' \text{ E}$ ， $32^{\circ} 54' 20'' \text{ N}$ ； 4、 $120^{\circ} 54' 45'' \text{ E}$ ， $32^{\circ} 52' 32'' \text{ N}$ ；	1 提高海域环境整治和资源的保护意识，加强整治力度；养殖区海水水质标准不劣于二类水；海洋环境不达标的水域，要采取有效治理措施予以逐步解决；逐步实现养殖品种和养殖方式的多样性，提高生态系统健康水平。 2 加强渔政管理；除风电兼容区和已核准的航道锚地区排污区以及倾倒区外不得布置其他用海；认真控制渔具和捕捞方式，严格执行休渔制度，禁捕期

编号	类型	名称	地区	位置关系	概况	环境保护管理要求
					5、120° 53' 26" E, 32° 43' 50" N; 6、120° 51' 39" E, 32° 44' 55" N; 7、120° 53' 33" E, 33° 00' 49" N; 8、120° 47' 40" E, 33° 03' 14" N; 9、120° 49' 16" E, 33° 04' 19" N; 10、120° 47' 10" E, 33° 10' 59" N; 11、120° 46' 07" E, 33° 10' 55" N; 12、120° 47' 59" E, 33° 11' 50" N; 13、120° 49' 47" E, 33° 12' 12" N; 14、120° 54' 39" E, 33° 04' 11" N; 15、120° 51' 28" E, 33° 03' 49" N; 16、120° 49' 39" E, 33° 09' 28" N。	内停止一切捕捞活动；加强渔政的监督检查工作；履行捕捞许可制度，禁止渔船非法捕捞活动；保护区内的重要渔种，处理好捕捞区与种质资源保护区的关系；加强海上船舶的排污监督，定期检测海洋环境；捕捞区海水水质标准不劣于一类水。
9		川东港口旅游休	大丰市	位于风电场区西南	1、120° 49' 01" E, 33° 02' 37"	围垦与保护环境协调进行；严格海域论证环评工

编号	类型	名称	地区	位置关系	概况	环境保护管理要求
	旅游休闲娱乐区	闲娱乐区		侧，距离海缆最近距离约为 9.6km	N; 2、120° 49' 56" E, 33° 03' 23" N; 3、120° 48' 27" E, 33° 03' 28" N; 4、120° 47' 56" E, 33° 03' 09" N。	作。重点保护珍稀濒危生物种群、典型海洋自然景观和历史文化古迹，严禁破坏性开发；采取有效措施，防止污染和环境质量下降。
10		东沙旅游娱乐区	大丰市	位于风电场区西南侧，距离海缆最近距离约为 12.8km	1、121° 03' 04" E, 33° 07' 30" N; 2、121° 04' 04" E, 33° 07' 30" N; 3、121° 04' 05" E, 33° 06' 38" N; 4、121° 03' 05" E, 33° 06' 36" N。	围垦与保护环境协调进行；严格海域论证、环评工作。重点保护珍稀濒危生物种群、典型海洋自然景观和历史文化古迹，严禁破坏性开发；采取有效措施，防止污染和环境质量下降。
11	港口航运区	大丰港口航运区（1）	大丰市	位于风电场区西侧，距离海缆最近距离约为 10.9km	1、120° 46' 57" E, 33° 33' 03" N; 2、120° 47' 07" E, 33° 33' 05" N; 3、120° 49' 57" E, 33° 23' 58" N; 4、120° 51' 04" E, 33° 24' 22" N; 5、120° 52' 02" E, 33° 21' 36" N;	1 港口区航运区建设要严格环境影响评价，进行海域使用论证；要定期加强环境检测，发现问题及时处理；港口的施工建设与运营应加强污染防治工作，避免对海域生态环境产生不利影响。 2 航道区的施工运营和抛泥区的选址应经过充分科学论证，加强污染防治，避免对海域生态环境产生不利影响；严格监管锚地内船舶的倾倒、排污等活动，防止污染事故发生。

编号	类型	名称	地区	位置关系	概况	环境保护管理要求
					6、120° 50′ 49″ E, 33° 21′ 08″ N; 7、120° 51′ 55″ E, 33° 17′ 33″ N; 8、120° 53′ 31″ E, 33° 17′ 47″ N; 9、120° 53′ 49″ E, 33° 16′ 27″ N; 10、120° 52′ 20″ E, 33° 16′ 13″ N; 11、120° 53′ 21″ E, 33° 12′ 54″ N; 12、123° 53′ 10″ E, 33° 12′ 51″ N。	
12		大丰港口航运区 (2)	大丰市	位于风电场区西侧， 距离海缆最近距离约 为 8.1km	1、120° 40′ 55″ E, 33° 20′ 30″ N; 2、120° 45′ 54″ E, 33° 23′ 47″ N; 3、120° 52′ 34″ E, 33° 13′ 05″ N; 4、120° 50′ 17″ E, 33° 12′ 40″ N; 5、120° 43′ 21″ E, 33° 20′ 49″ N; 6、120° 41′ 05″ E, 33° 19′ 47″	

编号	类型	名称	地区	位置关系	概况	环境保护管理要求
					N。	

3 工程概况

3.1 工程名称、性质

- (1) 工程名称：三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW海上风电场工程
- (2) 工程性质：新建
- (3) 建设单位：三峡新能源盐城大丰有限公司

3.2 工程地理位置

3.2.1 地理位置

三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW海上风电场工程场址位于大丰区毛竹沙北侧海域。地处江苏省东部、黄海之滨，位于北纬 $32^{\circ}56'$ ～ $33^{\circ}36'$ ，东经 $120^{\circ}13'$ ～ $120^{\circ}56'$ ，东临黄海，西连兴化市，南与东台市接壤，北与盐城市亭湖区交界，拥有112km长的海岸线，总面积3059km²。工程地理位置见图3.2-1及附图1。



图 3.2-1 风电场地理位置图

3.2.2 风电场概况

三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW海上风电场工程场址位于大丰区毛竹沙北侧海域。场址呈东西向的不规则多边形，场址西侧为陈家坞槽，东侧为草米树洋，场址角点坐标为：33.3360° N，121.5273° E；33.3392° N，121.6634° E；33.3057° N，121.5076° E；33.3089° N，121.6735° E；33.3197° N，121.68° E。场址中心离岸距离72km，水深3~15m（海图水深）。场址东西向长约15km，南北向宽约3.2km，场区规划面积48km²，规划装机30万kW。

本工程拟安装单机容量6.3MW的风力发电机组48台，总装机容量302MW。风电场配套新建一座220kV海上升压变电站、一座海上换流站及一座陆上换流站，海上换流站规模按920MVA设计，陆上换流站规模按900MW设计。所发电能汇集至海上交流升压站35kV母线，经主变升压至220kV，采用1回220kV交流海底电缆接至场区附近的±300kV海上直流换流站。所有电能经海上换流站整流后采用2根320kV直流海底电缆登陆接至陆上换流站，经陆上换流站逆变后采用2回220kV线路接入系统500kV大丰变电站。

本工程35kV海缆总长70.45km，220kV交流海缆总长2.3km，320kV直流海缆共两根，单根长度为124.5km。

3.2.3 建设条件

3.2.3.1 风资源条件

风电场代表年110m高度年平均风速分别为7.70m/s，对应的年平均风功率密度分别为537.6W/m²。风能资源具有较好的开发价值。

3.2.3.2 电网条件

大丰汇流站远景规划为500kV变电站，主要作用主要是为盐城南部地区，尤其是沿海港区负荷集中地区提供电源支撑，同时为沿海大规模风电场的接入创造条件。

3.2.3.3 交通运输条件

(1) 公路

大丰区是江苏省盐城市市辖区，地处江苏省东部、黄海之滨，东临黄海，西连兴化市，南与东台市接壤，北与盐城市亭湖区交界。公路、铁路、水运各种运输方式较完善。

大丰港从港口可直通沿海高速、大徐高速、宁靖盐高速、沪宁高速、204国道；沈海高速公路紧靠大丰区，距上海仅有210公里车程。境内集高速、国省干道、市、县、乡村道路为一体的现代化交通网已具规模，以高速、国省干道为骨架，以市乡道路为辅助，干支相连，四通八达。

(2) 铁路

盐通高速铁路在大丰区内设大丰站，预计2021年建成。新长铁路纵贯大丰境内，在大丰区内有大丰货运站，暂不办理客运业务，新长线北与欧亚动脉陇海线接轨，南与京沪线、宣杭线相连。

(3) 民航

大丰距一类开放口岸——盐城南洋国际机场20分钟车程，可直航韩国、香港、北京、广州、昆明等地；距上海虹桥机场2小时车程；距上海浦东和南京禄口国际机场2.5小时车程。

(4) 港口及航道条件

本工程区附近港口大型港口为大丰港，其位于江苏省海岸中部，“西洋深槽”西岸，为国家一类开放口岸。

大丰港目前已经建设完成一期与二期工程，其中一期包括两个5000吨级泊位，散杂货和多用途泊位各一个。二期工程的建设规模为一个5万吨级通用散货泊位，一个2万吨级杂货泊位。

大丰港进出港航道为西洋水道，其为江苏沿海辐射沙洲群中最北面距岸最近的一条深水潮汐水道。大丰港航道位于西洋中段，3h乘潮累积频率为90%的水深可以满足5万吨级船舶的进出港要求，2万吨级船舶可以全天候进出。

3.2.3.4 施工条件

本风电场周边水域平均水深为在10m（海图水深）左右，水深条件相对优

越，风电场可全天候施工，工程总体施工条件较好，适合建设海上风电场。

（1）建筑材料供应条件

本工程所需物资材料主要为钢材、水泥、砂石骨料、汽柴油等。本工程地处江苏沿海经济发达地区，建筑材料市场成熟，规模较大。

钢材、钢筋：可从连云港、盐城、张家港、南通、南京、上海等区域采购，部分进口材料可从南京、上海、连云港市场采购。

水泥及混凝土：江苏省水泥厂家众多，产量质量均可满足要求。商品混凝土和混凝土骨料均可由盐城市市场供应。

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

（2）钢结构加工基地

本工程风电机组基础、塔筒及上部结构等均为大型钢结构，用钢量较大，对钢材要求等级也较高，主体工程所需钢材可根据材料要求在全国大型钢材厂家进行采购，海运至钢结构加工厂进行加工。

江浙沪沿海一带具有多家大型钢结构加工制造类企业，例如振华公司大南通基地、南通蓝岛海洋工程有限公司、韩通船厂钢结构生产基地、道达重工及上海宝钢等，每个厂生产工艺和年处理能力均可满足本工程大型钢构件中的基础钢管桩及风电机组塔筒等部件的生产供应强度、质量控制等方面的要求，因此可选择在江浙沪沿海地区进行风电机组基础钢管桩及塔筒等构件的制造加工工作。

（3）施工机械设备来源

本工程施工机械设备主要为桩基施工的打桩船、大型的起重船、驳船与拖轮等。大丰港为知名的港口，港口设有大型起重设备，盐城大丰、南通、上海等周边地区大型的船舶加工企业和海港施工企业较多，这些企业普遍具有大型的工程用船，可通过租借或者合作共建的方式进行本工程的施工。

（4）施工用水供应条件

本工程的施工用水，包括生产用水和施工用水，工程区域附近港口码头的供水、系统完备，施工期间，陆上基地内水、电供应可由工程施工区附近的管网系统提供。作业船上人员生活用水由船直接载入提供。

（5）施工用电供应条件

施工用电为生产用电和生活用电，升压站建设用电从附近电网的接入电源；码头基地用电采用码头场区电网接入。船上的施工用电通过工程船舶自带的发电机提供。

3.3 工程建设的必要性

3.3.1 国家能源政策与规划

发展可再生能源是改善中国资源状况和能耗水平的迫切需要。其次，环境的不断恶化将严重影响中国经济发展的步伐。此外，中国的土地、能源、水资源十分紧张，在开发的政策环境下形成世界加工中心的同时，中国也将成为耗能和消耗资源的中心，将加剧中国的资源危机，因此，必须建立国家发展战略意识，把有限的资源综合利用好。

开发新能源是我国能源发展战略的重要组成部分，我国政府对此十分重视，……到2020年底，风电累计并网装机容量确保达到2.1亿kW以上；风电年发电量确保达到4200亿kWh，约占全国总发电量的6%。其中，海上风电并网装机容量达到500万kW以上，为实现2020年非化石能源比重达到15%的目标提供重要支撑。

随着陆上风电发展步伐的逐步放缓和海上风电技术的日益成熟，海上风电必将成为带动风电行业发展的一个新增长点。因此，风电场的建设是十分必要的。

3.3.2 江苏省风电建设政策及规划

江苏省近年来风电事业发展也十分迅猛，先后参与了全国风电陆上第一、第二、第三批特许权招标及第一批海上特许权招标项目，从目前风资源开发及规划情况看，江苏省可供开发的陆上风电场资源有限，海上风电场开发成为江苏省进一步发展风电事业的必由之路。

因此，本海上风电场工程的开发建设，符合国家和地方能源发展战略和可持续发展方向，符合国家和地方风电规划的相关要求，风电场的建设是十分必

要的。

3.3.3 地区能源结构优化要求

江苏电网隶属于华东电网，基本以火电为主。随着经济的发展，用电负荷和用电量都将持续增长，发电用煤需求量将更大。同时产生大量的有害气体，对生态环境造成不利的影响。

开发利用省内丰富的风能资源，特别是海上风能资源，对于降低全省的煤炭消耗、缓解环境污染、改善电源结构等具有非常积极的意义，是发展低碳经济、建设节约型社会的具体体现，是江苏省能源发展战略的重要组成部分。

开发风电来补充日益增长的电力需求，对促进江苏省可再生能源的开发利用，增加能源供应，改善能源结构，保障能源安全，保护环境，实现经济社会的可持续发展具有重要的意义。

3.3.4 利用资源优势促进经济发展

江苏省海上风电具有资源丰富、场址远离居住区、不占地、不破坏防护林、适合兴建大型风电场且装机利用小时高等优势，提前布局海上风电开发，通过试验项目和示范项目的建设，推进海上风电的技术进步，培养和储备技术力量，为大规模开发利用海上风电打好基础。

由此可见，江苏省海上风电开发潜力大，推进海上风电的合理开发利用，有利于资源优势转变为经济发展优势。

3.3.5 对其他产业的促进作用

风电场的开发建设将促进 风电产业链快速发展，推动国内风机制造业在产品研发、行业管理、能力建设上日趋发展和完善。2013 年3 月国家发改委颁布了《产业结构调整指导目录》，新增的“海上风电机组技术开发与设备制造”和“海上风电场建设与设备制造”，为海上风电产业发展打下了坚实的基础。

随着国家风电发展目标的逐步推进，风机及配套企业纷纷在地方落户建厂，利用风电发展提供的市场机遇发展设备制造业。风电场建设可以增加当地财政收入，推动经济发展，提供就业机会，对地方经济社会发展有较好的促进作用。

3.3.6 开发本工程的有利条件和优势

风力资源是最具商业化和规模化开发条件的可再生能源之一，国外已经拥有非常先进的技术和较大的市场规模，且近年来欧美发达国家的海上风电发展也已十分迅猛；我国第一个海上风电场—东海大桥海上风电场工程已有近七年的商业化运营，积累了一定的海上运行及评估经验。

本地区具有开发风力发电的有利条件，且社会效益、环保效益显著。该风电场的建设对于改善江苏省的电源结构，推动我国的海上风电事业的发展，开发可再生能源有着重要的意义。

3.4 建设方案概述

3.4.1 工艺说明

本工程主要由海上风力发电机组、35kV风电场集电线路、220kV海上交流升压站、 $\pm 300\text{kV}$ 海上直流换流站、陆上换流站、 $\pm 320\text{kV}$ 直流海底电缆、220kV交流海底电缆等组成。

风力发电机组的风机叶片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，所发电能由风电场集接线汇集至海上交流升压站，经主变升压至220kV，通过220kV交流海底电缆接至场区附近的海上直流换流站，所有电能经海上换流站整流后由 $\pm 320\text{kV}$ 直流海底电缆登陆接至陆上换流站，经陆上换流站逆变后通过220kV线路接入系统侧500kV大丰变电站。

项目工艺流程见图3.4-1。

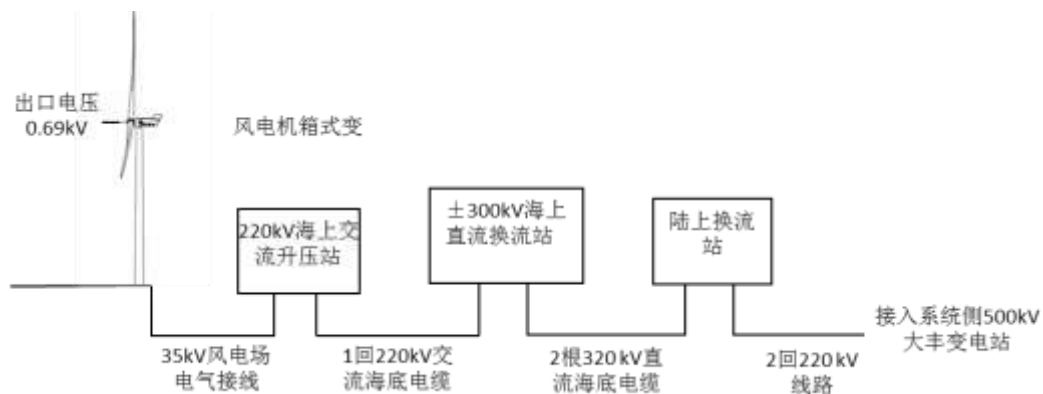


图 3.4-1 风电场工艺流程图

3.4.2 工程等别与标准

本工程属于大（1）型工程，机组塔架地基基础设计级别为1级，风机基础结构安全等级为一级；工程配套海上升压站设计级别设为1级，安全等级设为一级；工程海上换流站的设计级别为1级，安全等级设为一级；工程陆上换流站建筑物级别为2级，陆上建筑物结构安全等级为二级。

3.4.3 总平面布置

本风电场拟安装单机容量6.3MW的风力发电机组48台，总装机容量302MW。风力发电机组布置方案主要按照当地主风向的方向排布（主风向为ESE和SE），并充分考虑场址走向。风电场区风机东西向成行，一共 3 行，风电机组，列距约900m~1800m，行距约1650m。

风电场配套新建一座220kV海上交流升压站、一座海上换流站及一座陆上换流站。所发电能汇集至海上交流升压站35kV母线，经主变升压至220kV，采用1回220kV交流海底电缆接至场区附近的±300kV海上直流换流站，海上直流换流站容量暂定为920MW。所有电能经海上换流站整流后采用2根320kV直流海底电缆登陆接至陆上换流站，经陆上换流站逆变后采用2回220kV线路接入系统侧500kV大丰变电站。

风电场风机平面布置示意图见图3.4-2。工程总平面布置图见附图2。

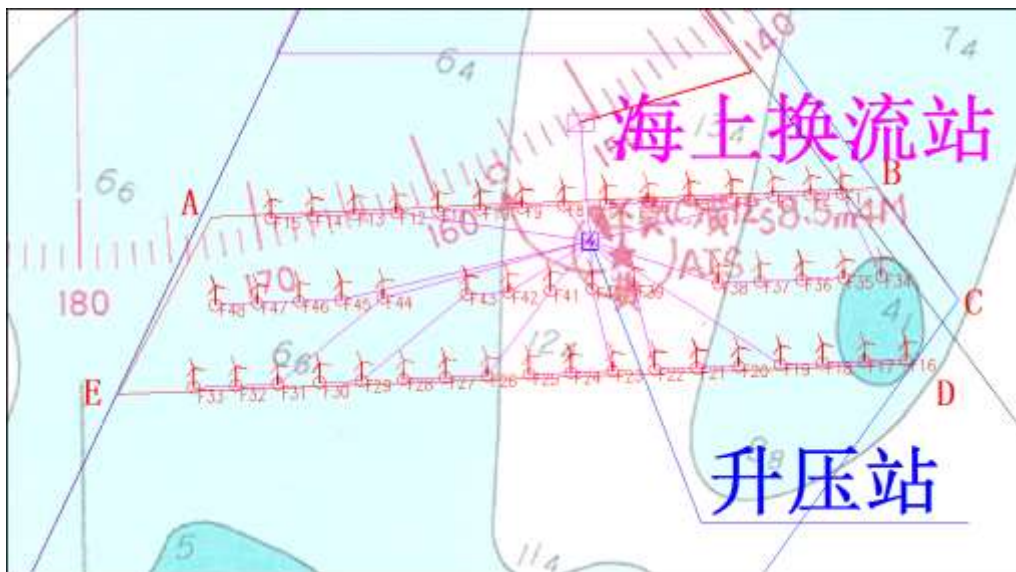


图 3.4-2 风电场风机布置示意图

3.4.4 风电机组设计及发电量

3.4.4.1 风机机型

根据场址风速条件，并对适合于本风电场的单机容量5MW及以上的风电机组进行技术经济比较，设计采用单机容量6.3MW机组作为本工程代表性机组。本项目选择风机设备特性见表3.4-1。

3.4.4.2 风机结构

风电机组主要由风机机舱，风机塔架和风机塔基等三部分组成。

表 3.4-1 风机设备特性表

项目	单位	WTG-4 机型
额定功率	kW	6300
功率调节方式		变速变桨
轮毂高度（推荐）	m	110
叶轮直径	m	184
安全风速	m/s	40
安全等级	m/s	IEC S
切入风速	m/s	3
切出风速	m/s	21
额定风速	m/s	10
运行温度范围	°C	-20~+40
生存温度范围	°C	-30~+50
叶片材料		玻璃纤维增强树脂
叶片数		3
叶片长度	m	\
叶尖线速度	m/s	67.37~96.24
扫风面积	m ²	26536
类型		永磁同步发电机
额定功率	kW	6750
额定电压	V	720
频率	Hz	50
防护等级		IP54
绝缘等级		F
主制动系统		气动刹车
第二制动系统		发电机刹车

项目	单位	WTG-4 机型
防雷设计标准		IEC61400-24-2010 IEC 62305-2010
防雷措施		电气防雷、叶片防雷
风机接地电阻	Ω	$R \leq 4 \Omega$
塔筒重量	T	448

(1) 风机机舱

风机机舱作为风机核心部分安装有发电机、机舱控制器和风机箱式变压器。
风机机舱结构见图3.4-3。

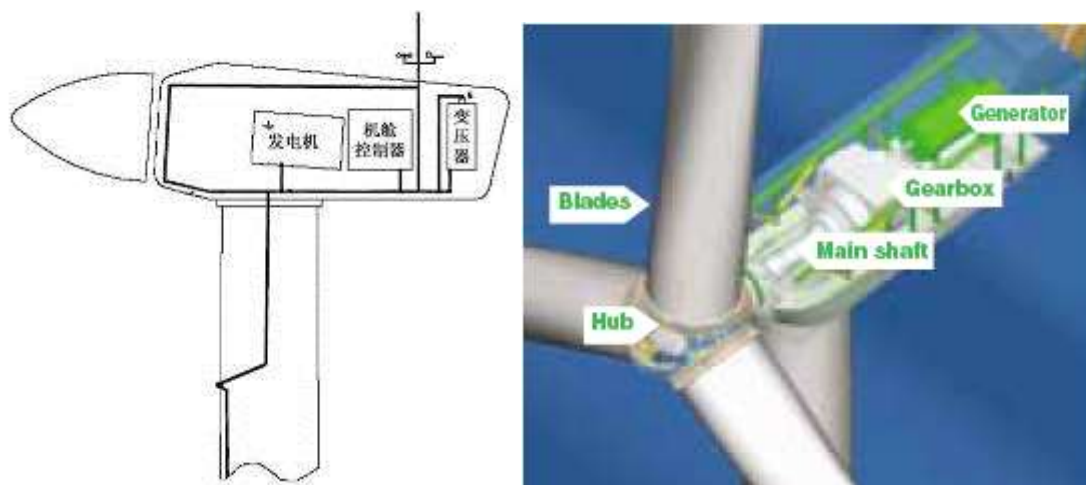


图 3.4-3 风机机舱结构示意图

(2) 风机塔架

根据风机机舱重量和转轮直径要求，确定风机轮毂高度为110m。

3.4.4.3 风机基础设计

(1) 单桩基础（浅水区）

本工程浅水区采用无灌浆连接段单桩基础，主体结构为大直径钢管桩，钢管桩桩身外挂靠船设施、钢爬梯及休息平台、电缆J型管等。桩顶面设有风机塔架的预埋法兰系统。钢平台高程为12.0m。

单桩基础方案采用一根直径为D7000~8000mm的钢管桩，钢管桩与风机塔筒连接处外径7.0m，水中部分通过锥形段过渡到8.0m，泥面以下为单根直径8.0m，桩身壁厚为60~80mm，平均入土深度约为50m，桩底平均高程约为-65.0m。

单桩基础的结构布置图见图3.4-4。

（2）单桩基础（深水区）

本方案采用无灌浆连接段单桩基础，主体结构为大直径钢管桩，钢管桩桩身外挂靠船设施、钢爬梯及休息平台、电缆J型管等。桩顶面设有风机塔架的预埋法兰系统。钢平台高程为12.0m。

单桩基础方案采用一根直径为D7000~8000mm的钢管桩，钢管桩与风机塔筒连接处外径7.0m，水中部分通过锥形段过渡到8.0m，泥面以下为单根直径8.0m，桩身壁厚为60~80mm，平均入土深度约为60m，桩底平均高程约为-76.0m。

单桩基础的结构布置图见图3.4-5。

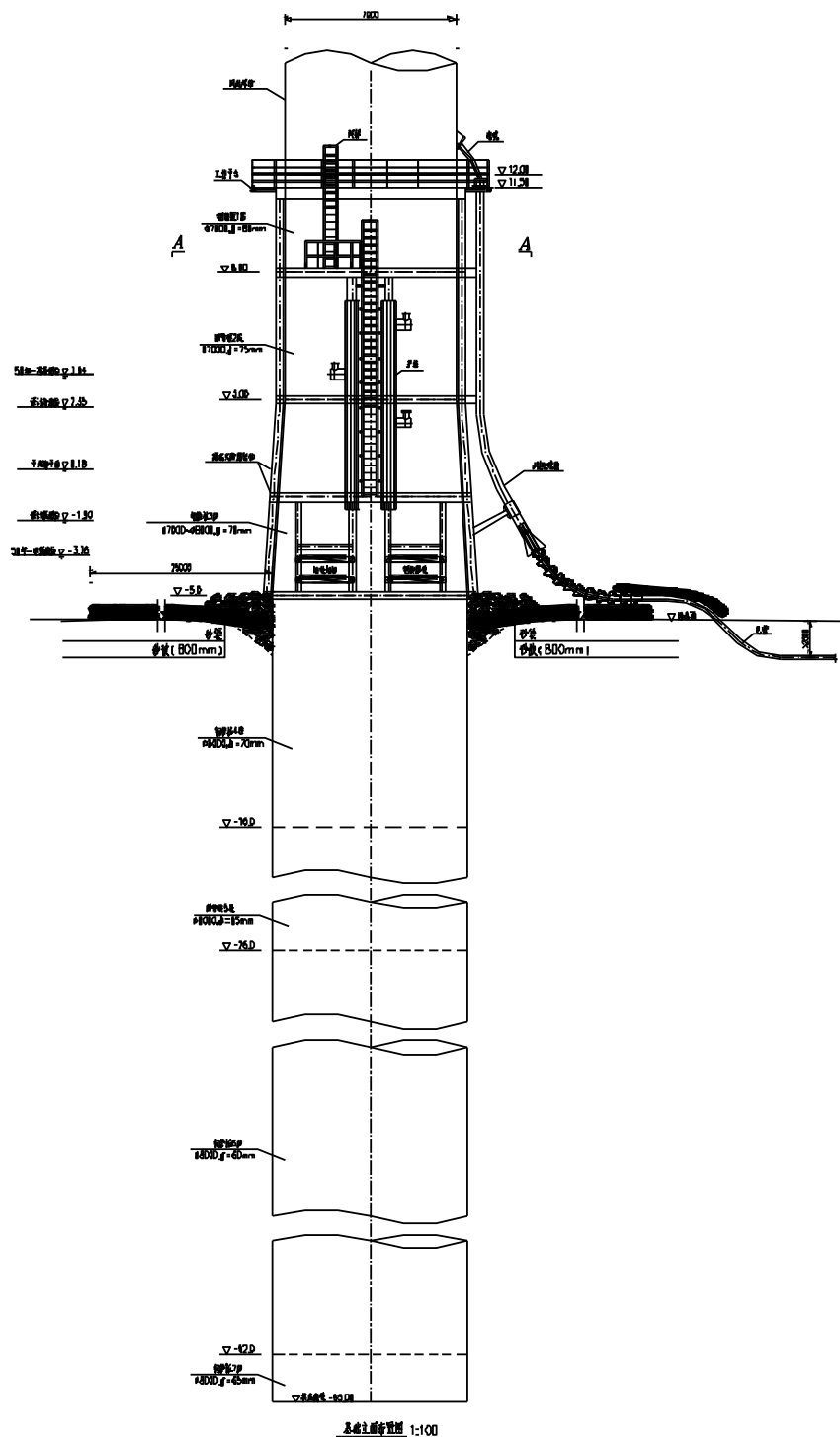


图 3.4-4 浅水区单桩基础结构图

3.4.4.4 防腐设计

本工程风机基础结构设计年限按25年标准设计，本阶段考虑风电场正常运行期约为25年，同时考虑建设期约2~3年，故本次防腐蚀设计按28年考虑。

本工程风机海上升压站及海上换流站基础电化学防腐现阶段采用外加电流阴极保护防腐。材料方面，辅助阳极可采用石墨、高硅铸铁、磁性氧化铁、Pb-Ag（-Pt）、MMO、Pt复合阳极等，参比电极材料可采用CSE、Ag/AgCl、高纯锌、锌合金等。

3.4.4.5 防冲刷设计

本工程推荐的单桩基础刚度小，泥面处变形大，桩径桩长设计主要受变形控制，对泥面的冲刷较敏感，所以对桩周围泥面进行防冲刷保护，并在结构计算时考虑3m的泥面冲刷深度。基础防冲刷措施采用港口工程中常用的沙袋+砂被的方式，即在单桩桩周10m宽度范围顶面覆盖两层厚0.4m的砂被（含加筋、隔仓等，编织布采用500g/m²的针刺复合土工布）。桩周1m宽度范围内以袋装砂充实。具体见图3.4-6。

海上升压站防冲刷设计采用港口工程中常用的砂被+砼联锁块软体排的方式，即在海上升压站桩周10m宽度范围顶面覆盖砂被+砼联锁块软体排。砂被厚0.4m，含加筋隔仓等，袋体采用400g/m²涤纶长丝机织土工模袋，砼联锁块软体排为混凝土块400*400*250mm，含 ϕ 16丙纶绳，两层400g/m²复合土工布，桩周砂袋采用400g/m²涤纶长丝机织土工模袋缝制，规格：800*499mm。



图 3.4-6 基础防冲刷保护

海上换流站防冲刷设计与海上升压站一致，防冲刷面积约0.35hm²，见图3.4-7。

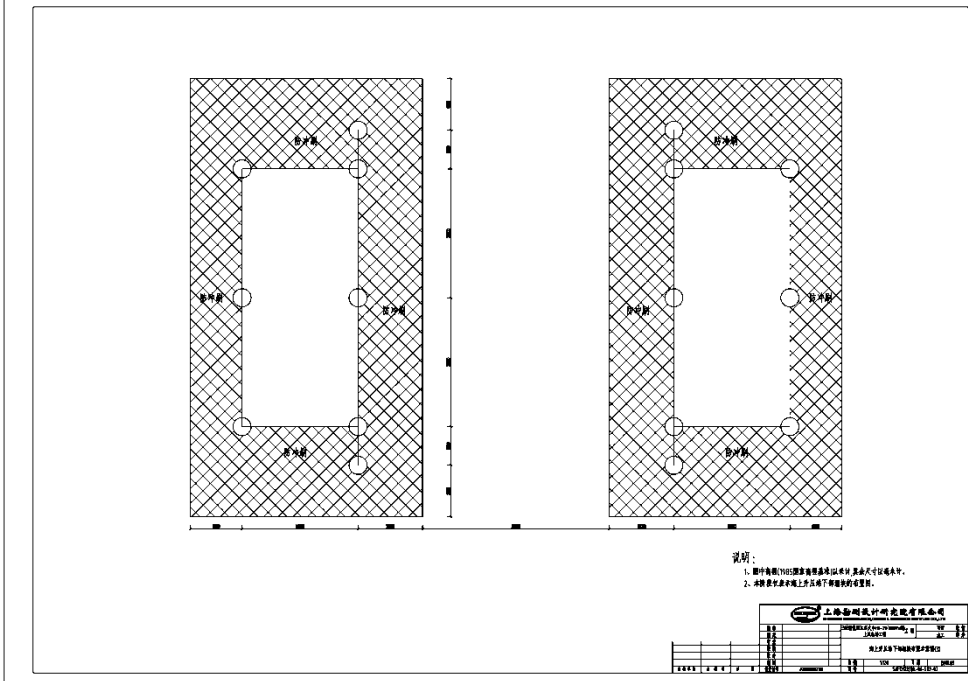


图 3.4-7 海上换流站基础防冲刷保护

3.4.4.6 靠船防撞设计

为满足靠泊要求，本阶段靠泊设计选用焊接工字型箱梁靠船型钢，外侧挂设 DGH-A300 型橡胶护舷，通过靠船支撑杆与基础预埋件焊接，靠船型钢之间设置上、下两层连接钢管增加横向刚度，钢构件间设钢爬梯。



图 3.4-8 靠泊设施-钢护舷

3.4.4.7 发电量

本工程年理论发电量为131328万kWh，年上网电量87890.4万kWh，年等效满负荷小时数为2906h，风电场平均尾流损失为7.05%。

3.4.5 电气设备

3.4.5.1 电气一次

(1) 接入电力系统方式

本风电场内新建一座220kV海上交流升压站，所发电能汇集至海上交流升压站35kV母线，经主变升压至220kV，采用1回220kV交流海底电缆（三芯1000mm²）接至场区附近的±300kV海上直流换流站，海上直流换流站容量暂定为920MW，换流站同时考虑本场区H8-1#（200MW）、H9#（200MW）、H15#（200MW）的接入。所有电能经海上换流站整流后采用2根320kV直流海底电缆（单芯1800mm²）

登陆接至陆上换流站，经陆上换流站逆变后采用2回220kV线路接入系统500kV大丰变电站。

接入系统方案由系统设计单位进行专项设计，最终方案根据系统设计单位专题论证及审查意见确定。

(2) 海上升压变电站及换流站站址选择

综合考虑风场地形情况、海上升压站吊装要求、风场内集电线路分组、海缆费用等，同时考虑高压海缆制造及敷设原因，尽量减少高压海缆的长度，同时海上升压站尽量靠近陆地，以便于后期运行维护，因此，初步拟定换流站位于本风场F8风机北侧H8-1#与H8-2#风场之间的海域，海上升压站位于F7、F8、F40之间海域。

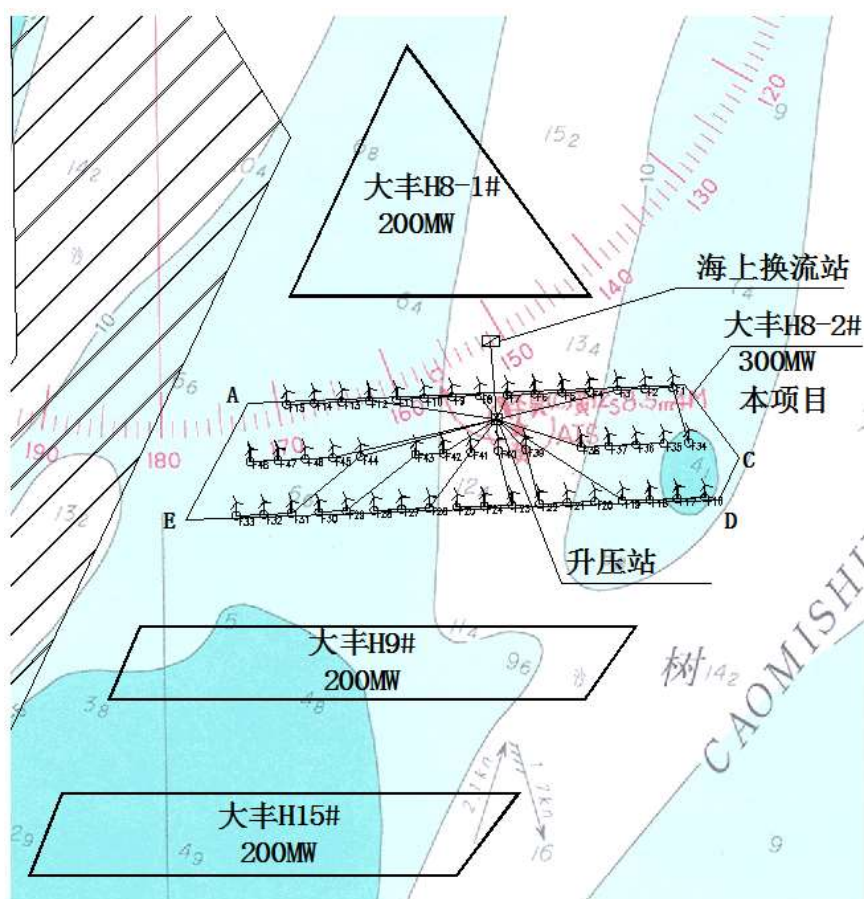


图 3.4-9 海上升压站及换流站布置方案图

(3) 电气主接线

① 风电场集电线路

本工程场内集电线路电压等级采用35kV，风机采用一机一变的方式升压至

35kV。根据风机布置及风电场海域情况，48台风机共分为12组，每组4台风电机组组合成一个联合单元，场内集电线路每回输送容量为25.2MW。场内集电线路采用35kV海底光电复合缆。12回电压等级为35kV的海底电缆汇流后接至220kV海上升压变电站，升压至220kV后，以一回三芯（ $3\times 1000\text{mm}^2$ ）220kV海缆线路接入海上换流站。本工程35kV海缆总长70.45km。

② 220kV海上升压站电气主接线

220kV海上升压站安装2台容量均为180MVA/90MVA-90MVA，电压等级为220/35kV低压双分裂绕组变压器，主变低压35kV侧为两组单母线接线，规划安装35kV开关柜26面，分别为12回风机回路进线、4回主变出线、2回站用变进线、4面母线设备柜，2面分段断路器柜及2面分段隔离柜；选用C-GIS交流金属封闭气体绝缘开关柜。

主变高压220kV侧为单母线接线，采用220kV SF6气体绝缘金属封闭式组合电器（GIS），共设置有四个间隔，包括2个主变进线间隔，1个母线设备间隔及1回海缆出线间隔。

主变压器220kV中性点为有效接地系统。

③海上换流站电气主接线

海上换流站联接变阀侧315kV配电装置联接变进线2回、阀侧出线1回，暂定采用单母线接线方式。海上换流站交流进线侧220kV配电装置交流海缆进线4回，采用单母线分段接线。

④陆上换流站电气主接线

陆上换流站联接变阀侧315kV配电装置联接变进线1回、阀侧出线1回。交流进线侧220kV配电装置系统出线2回、连接变进线1回，站用降压变压器1回，采用单母线接线方式。

（4）登陆点位置和路由选择

直流送出海缆从换流站东北方向出线到达H8-1#东南角，然后沿着H8-1#场区边界向西北至东沙泥螺四角蛤种质资源保护区最北端外侧拐点AC11，之后向西沿着大丰整个规划风电场区外缘到达大丰H3#西北角外侧的拐点AC8，之后向南沿着大丰H3#风电场送出海缆向南延伸（间距130m），进入大丰风电场送出海缆主通道后，经过瓢儿沙和三丫子沙之间海域以及西洋深槽，至竹港河北侧登陆。送

出海缆海缆路由长度约124.5km。

登陆点位于大丰港区规划水域南侧、竹港河北侧海堤。

(5) 主要电气设备

海上风场部分主要电气设备有风力发电机组及配套35kV升压变压器、电力电缆；220kV海上升压变电站主要电气设备有220kV主变压器、220kV配电装置、35kV配电装置、35kV接地变-接地电阻成套装置、35kV站用变装置、柴油发电机、400V站用电屏、400V应急电源低压屏、35kV电力电缆。

海上换流变采用2台容量为460MVA，三相、三绕组、铜绕组、强迫油循环、导向/强迫风冷型、油浸式、低损耗的有载调压换流变压器，330kV、220kV 配电装置采用GIS。

陆上换流站主要电气设备有220kV配电装置、换流变、换流阀、启动电阻、接地电抗器、平波电抗器、直流开关等。

风电机自配35kV升压变压器。35kV高压侧采用环网充气柜，每台风机处设1面带断路器模块的环网柜与风机变压器链接，1~3面带负荷开关电缆进线模块的环网柜与相邻风机的环出负荷开关电缆进线柜连接，环网柜一般布置在塔筒底部。

风机单元之间的连接以及联合单元连接到220kV海上升压站间的输电线路采用35kV交联聚乙烯海底电缆。35kV海缆结构为铜导体三芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套粗钢丝铠装海底光电复合电缆。

海上升压站至海上换流站的输电线路采用220kV交联聚乙烯海底电缆。220kV海缆采用3×1000mm²铜导体三芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套粗钢丝铠装220kV海缆。

本工程220kV主变选用容量为180/90-90MVA、铜绕组、三相、低压双分裂绕组、自冷型、油浸式有载调压电力变压器。主变高压侧采用象鼻式“油油”套管出线，低压侧套管采用采用35kV多相肘型绝缘套管。220kV配电装置应选用GIS成套设备，35kV配电装置选用结构更加紧凑的C-GIS交流金属封闭气体绝缘开关柜。35kV接地变-接地电阻成套装置选用DKSC-1000/35接地变压器，35kV开关柜至站用变一次侧间电力电缆规格为ZA-YJY23-26/35-3×150，配置内锥式电缆终端和冷缩式电缆终端，35kV开关柜至主变压器低压侧多相肘型绝缘套管电力电缆规格均为ZA-YJY23-26/35-1×500，配置内锥式电缆终端。

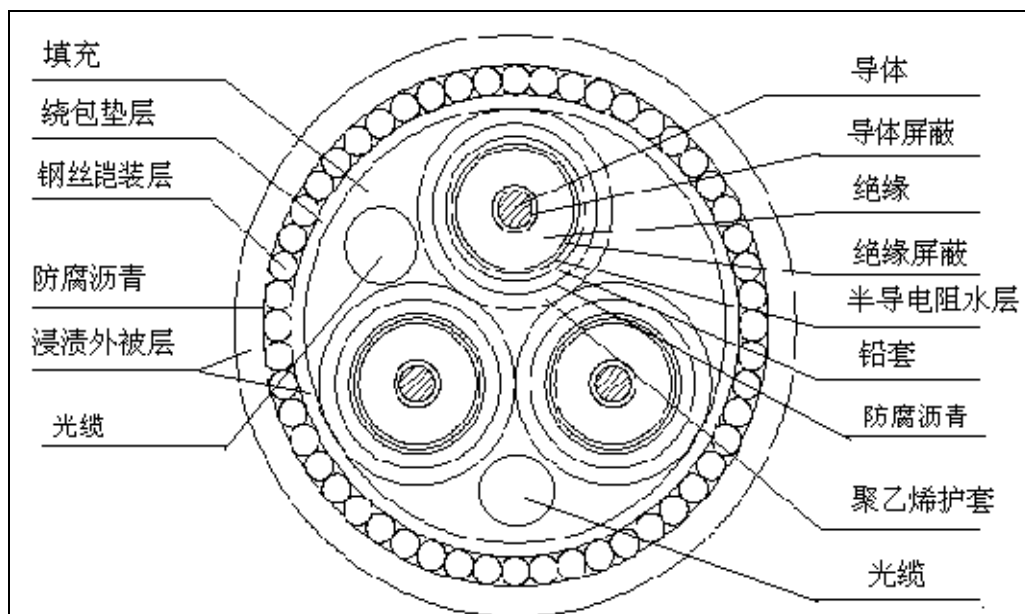
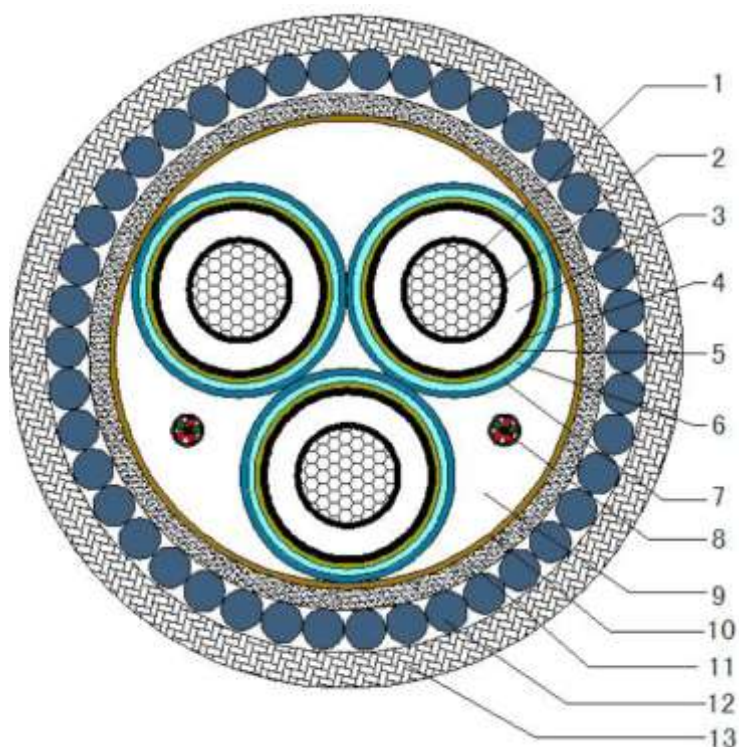


图 3.4-10 35kV 海底电缆剖面结构示意图



1.阻水导体 2.半导电尼龙带+导体屏蔽 3.绝缘 4.绝缘屏蔽 5. 半导电阻水带 6.铅套 7.半导电 PE 护套 8.光缆单元 9.PP 填充 10.成缆包带 11.聚丙烯绳内衬层 12. 镀锌钢丝 13. 聚丙烯绳纤维外被

图 3.4-11 220kV 海底电缆剖面结构示意图



图 3.4-12 320kV 海底电缆剖面结构示意图

(6) 电气设备布置

①220kV海上升压变电站电气设备布置

220kV海上升压站所处海域空气潮湿，盐雾严重，电气设备布置在一幢钢结构构筑物内，采用技术先进，可靠性高，占地面积小的GIS设备和气体绝缘开关柜，同时根据高低压进出线的实际情况，对各配电装置进行了较为合理的布置。

海上升压平台分为底层甲板平台、一层甲板平台、二层甲板平台、顶层甲板平台，海上升压平台尺寸为长44.1米，宽33.8米。

除主变散热器外，其余设备均室内或柜体内布置。海上升压平台一层布置220kV主变压器室、220kV GIS室、35kV开关柜室、柴油发电机室、细水喷雾泵房、站用配电屏室、应急配电屏室、接地变（接地电阻）室、备品间；海上升压平台二层布置继保控制室、蓄电池室、通风机房、应急生活间。220kV主变下设主变油坑，主变高压侧采用电缆出线与220kV GIS连接，低压侧采用电缆出线与35kV充气开关柜连接；主变与其它建筑物之间设置H120级防火墙。所有的控制保护屏柜、通信设备屏等均组屏放置于继保控制室，蓄电池放置于蓄电池室，平台底层设事故油罐。

②海上换流站电气设备布置

海上换流站上部组块尺寸为85m×56m×28m（长×宽×高），海上换流站为六层布置，主要布置有换流阀、平波电抗器、直流开关、换流阀冷却控制设备，桥臂电抗器、GIS、联结变压器、海水冷却设备、配电屏等一次设备、保护控制通信等二次设备、以及暖通消防等附属设备。

③陆上换流站电气设备布置

陆上换流站占地为220m×120m，自南向北，依次布置有220kV GIS室及站用变室、换流变及启动电阻回路、接地装置及桥臂电抗器室、阀室、直流场设备室、直流斩波器室。

阀室及直流场设备室旁边布置有控制楼，控制设备、低压配电设备等均布置在控制楼内。换流站内布置相应的工业、消防水池及泵房，辅房及生活楼等辅助建筑。

3.4.5.2 电气二次

本工程监控系统设备配置和功能要求按照陆上集中监控和海上“无人值班”的运行管理方式设计，风电场监控系统采用分层分布式结构，监控范围包含风电机组及其升压设备、海上交流升压站设备、海上换流站设备及陆上换流站设备。

监控系统对监控范围内的设备分四级进行监控：在风机、各配电装置的现场对主设备进行监控；在海上交流升压站及海上换流站进行集中监控；在陆上换流站进行集中监控；在供电公司调度端和集控中心实行远程监控，优先级依次递减。

3.4.6 海上升压变电站及换流站

3.4.6.1 海上升压站

海上升压站主要包括上部组块与下部组块，其中下部组块分为导管架结构和钢管桩上部结构与钢管桩、导管架与桩基础的连接采用焊接和灌浆相结合的方式连接。上部组块结构采用框架-支撑体系，下部结构采用导管架嵌套桩基础结构，为加强导管架侧向刚度，4根导管架套管间采用横撑、斜撑相互连接组成空间桁架，为增强升压平台整体结构的抵抗水平荷载的能力，钢管桩考虑一定的空间倾角。上下部结构连接后形成多层空间整体桁架，有良好的刚度，更有利于抵抗水平荷载作用，增加结构整体稳定性。海上升压平台上部结构采用分层、分段建造，

整体吊装方案，即在陆上制造厂内，上部结构每施工一层，便同步安装此层电气设备或辅助设备模块，待整个上部结构施工、调试完成后，采用驳运方式直接运输至海上指定位置，利用大型施工机械在施工现场将整个上部结构整体吊装到位，并与下部已施工完成的导管架和桩基础可靠连接。

由于本工程上部平台结构重量大、面积大，所处位置水深较深和波浪荷载作用大，根据国内外海上升压平台的建设经验，本工程考虑采用传统的导管架嵌套钢管桩的基础形式，导管架由 4 根直径 2.55m 钢套管，为增加结构整体水平刚度，钢套管、钢管桩采用空间斜率为 1:10 进行布置，且钢套管间采用直径 D1143mm~D1321mm 的横撑和斜撑连成桁架式结构，J 管、靠船护舷、登台爬梯、防沉板等附属构件均合理布置在导管架相应位置。导管架在工厂预制好以后整体吊装到预定安装位置；基础为 4 根直径 2.35m 倾斜钢管桩，厚度为 3.5~5.0cm，为方便桩顶与套管的焊接连接，桩顶高程取为 10.00m，桩底高程-96.00m，桩尖进入⑧-2 细砂层中。桩腿钢套管顶面高程+9.50m，每个桩腿套管外侧设置有灌浆管。海上升压平台底层梁顶高程+13.0m。现场钢管桩安装完毕后钢管桩与套管间的环形空间内采用灌浆密实。另外为满足节点冲剪需要，焊接节点处都局部加厚加强。基础考虑砂被、砼联锁块软体排和桩周袋装砂联合防冲刷措施。

经过布置计算，基础型式为导管架嵌套钢管桩的结构，基础为4根钢管桩，单个基础的钢管桩重量为278t；基础下部导管架总重量约为1450t。上部钢结构平台总重量约3268t。海上升压站一层平面图及总轴立面图见附图7。

3.4.6.2 海上换流站

海上换流站共有两部分组成，下部结构和上部组块，上部结构采用整体安装。海上换流站导管架采用导管架型式，共设置两个6腿导管架。上部组块共分六层，组块由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部结构在陆上工厂制作，完成焊接、涂装、电气设备安装调试等工序后运输至现场安装。

海上换流站上部组块为六层建筑，平面尺寸为85m×56m。换流站平台一层布置阀室、海水循环泵房、阀水冷却系统室、电缆室等；换流站平台二层布置220kV GIS室、330kV GIS室、阀室上空、电缆室等；三层布置220kV GIS室上空、330kV GIS室上空、阀室上空、继保室、阀控制屏室、站用配电屏室、蓄电池室

等；四层布置桥臂电抗器及直流场设备室、站用变室、通风机房、细水雾泵房、工具间、生活室、电缆室、事故油罐室等；平台五层布置桥臂电抗器及直流场设备室上空、换流变及散热器、控制室、通信设备室、消防设备室、备件间、柴油发电机及油罐室、电缆室；平台六层布置桥臂电抗器及直流场设备室上空、换流变及散热器上空、应急配电屏室、泡沫泵房、生活水泵房、暖通机房、柴油发电机及油罐室；平台屋顶层设置有设备检修孔、吊机，直升机平台等。

海上换流站一层平面图及轴立面图见附图8。

3.4.6.3 陆上换流站

陆上换流站占地为220m×120m，自南向北，依次布置有220kV GIS室及站用变室、换流变及启动电阻回路、接地装置及桥臂电抗器室、阀室、直流场设备室、直流斩波器室。

其中，接地装置及桥臂电抗器室主要布置有接地电抗器、接地电阻、直流接地开关、直流电流测量装置、避雷器；阀室主要布置有换流阀、直流接地开关、直流电流测量装置、避雷器；直流场设备室主要布置有平波电抗器、直流接地开关、直流电压测量装置、直流电流测量装置、避雷器；直流斩波器室主要布置有直流斩波器、耗能电阻、直流隔离开关、避雷器。

阀室及直流场设备室旁边布置有控制楼，控制设备、低压配电设备等均布置在控制楼内。换流站内布置相应的工业、消防水池及泵房，辅房及生活楼等辅助建筑。

陆上换流站平面布置及轴立面图见附图9。

3.5 建设用海及用地

3.5.1 海域占用

本项目涉海工程包括风机、海底电缆、海上升压站、海上换流站、陆上换流站和引桥。本项目的用海类型属于工业用海中的电力工业用海。风机、海上升压站、海上换流站、陆上换流站和引桥的用海方式为构筑物中的透水构筑物，海底电缆的用海方式为其他方式中的海底电缆管道。

本工程风机共48台，风机申请用海面积61.7328公顷。海上升压站、海上换流站、陆上换流站和引桥透水构筑物用海申请用海面积为31.5726公顷。本项目海底电缆的申请用海面积为366.1638公顷。综合上述，本项目申请用海总面积459.4692公顷。宗海位置图、界址图见图3.5-1~3.5-2。

表 3.5-1 本项目申请各类用海面积

工程名称	用海方式		面积（公顷）
	一级方式	二级方式	
风机	构筑物	透水构筑物	61.7328
海上升压站、海上换流站、陆上换流站和引桥	构筑物	透水构筑物	31.5726
海底电缆	其他方式	海底电缆管道	366.1638
用海总面积		459.4692	

本项目设计使用年限为25年，项目总工期42个月，本项目申请用海期限为29年。

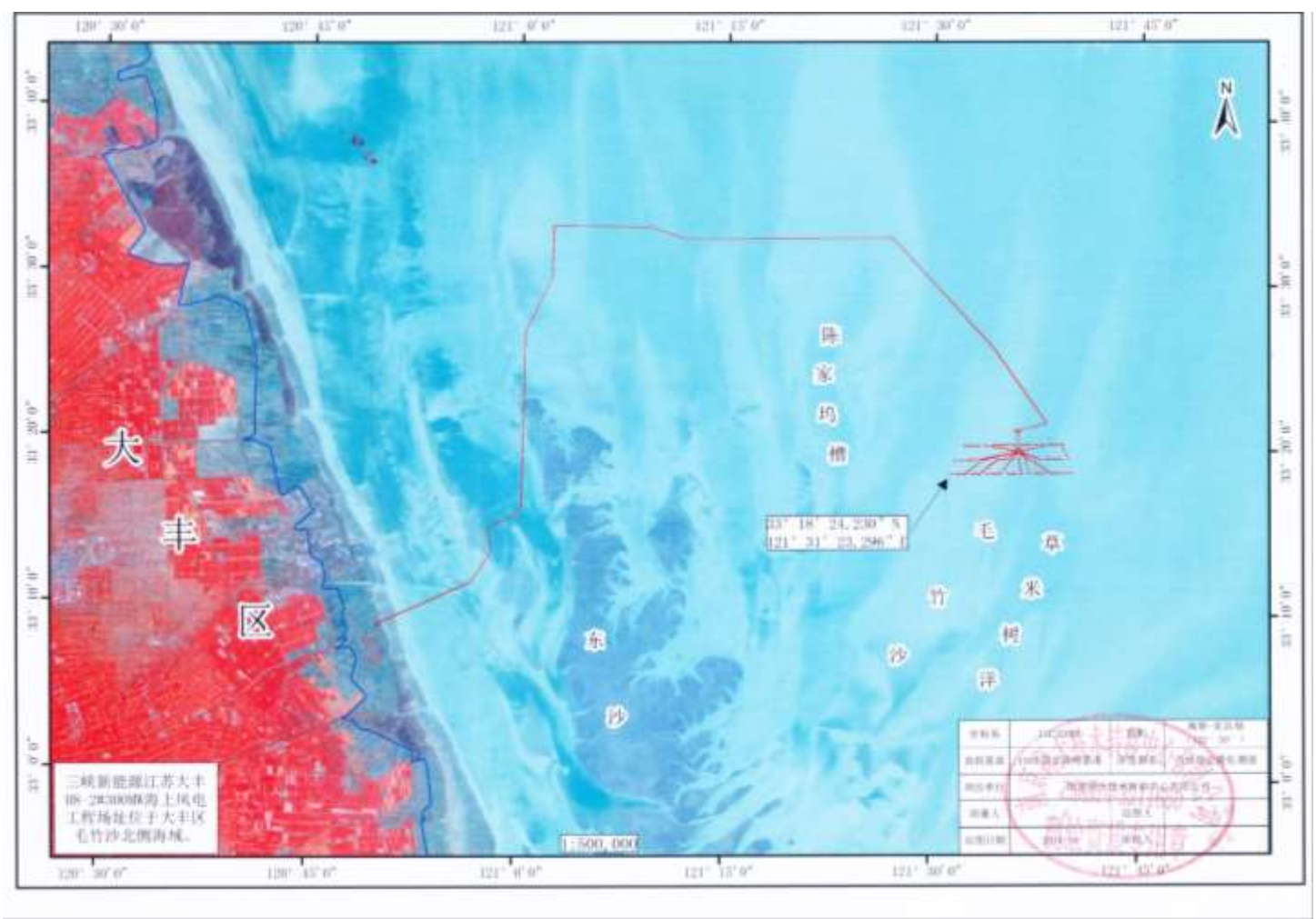


图 3.5-2 项目宗海位置图

3.5.2 工程占地

本工程共设置2个施工临时布置区，其中1#施工基地设置在陆上换流站以西约6.2km处海岸线内侧，主要为陆上换流站工程的临时设施，包括临时生活办公设施、堆场、综合加工厂等。2#临时生产生活区设置在大丰港码头后方陆域，主要为风电机组设备临时堆场、拼装区、各类仓库及生活、办公区。

施工临时设施的占地面积详见表3.5-2和表3.5-3。施工总平面布置图见3.5-3。

表 3.5-2 1#临时生产生活区占地表（陆上换流站附近，海堤内）

序号	名称	建筑面积（m ² ）	占地面积（m ² ）	备注
1	综合仓库	500	800	临时占地
2	综合加工厂	800	2000	临时占地
3	电气设备专用仓库	400	400	临时占地
4	临时生活办公用房	1000	2000	临时占地
5	合计	2700	5200	临时占地

表 3.5-3 2#临时生产生活区占地表（大丰港基地）

序号	名称	建筑面积（m ² ）	占地面积（m ² ）	备注
1	风电机组设备堆场	0	20000	租用
2	风电机组设备拼装场地	0	10000	租用
3	电缆及工器具专用仓库	2000	2000	租用
4	钢结构临时堆场	0	8000	租用
5	临时生活办公用房	800	1200	租用
6	合计	2800	41200	租用

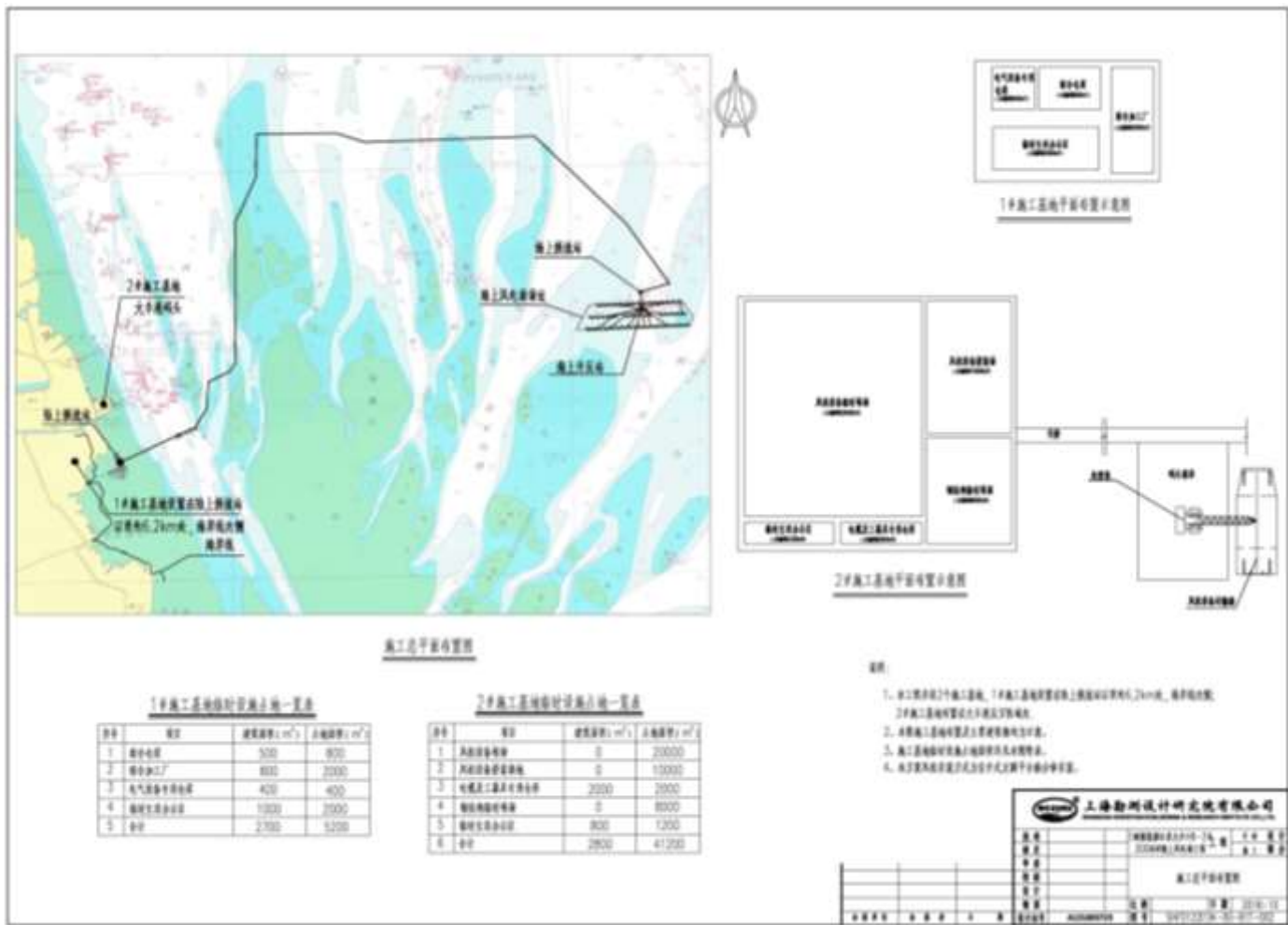


图 3.5-3 施工总平面布置图

3.6 工程施工

3.6.1 施工条件

3.6.1.1 施工条件

（1）材料供应条件

本工程所需物资材料主要为钢材、水泥、砂石骨料、汽柴油等。本工程地处江苏沿海经济发达地区，建筑材料市场成熟，规模较大。

钢材、钢筋：可从连云港、盐城、张家港、南通、南京、上海等区域采购，部分进口材料可从南京、上海、连云港市场采购。

水泥及混凝土：江苏省水泥厂家众多，产量质量均可满足要求。商品混凝土和混凝土骨料均可由盐城市市场供应。

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

（2）水电供应条件

本工程的施工用水，包括生产用水和施工用水，工程区域附近港口码头的供水、系统完备，施工期间，陆上基地内水、电供应可由工程施工区附近的管网系统提供。作业船上人员生活用水由船直接载入提供。

施工用电为生产用电和生活用电，升压站建设用电从附近电网的接入电源；码头基地用电采用码头场区电网接入。船上的施工用电通过工程船舶自带的发电机提供。

3.6.1.2 施工交通运输

（1）场外交通运输

大丰区是江苏省盐城市市辖区，地处江苏省东部、黄海之滨，东临黄海，西连兴化市，南与东台市接壤，北与盐城市亭湖区交界。公路、铁路、水运各种运输方式较完善。本工程区附近港口众多，其中大型港口为大丰港，其位于江苏省海岸中部，“西洋深槽”西岸，为国家一类开放口岸。工程施工过程中可采取水陆联运的方式将材料、构件设备等直接运输到施工基地及施工现场。

表 3.6-1 交通运输规划方案表

种类	物资来向	运输方案
常规物资运输	盐城、连云港等地区建筑市场	公路运输
风电机组基础物资运输	南通地区大型钢结构加工企业	海运至工程区域
海上升压平台及基础物资运输	南通地区大型钢结构加工企业	海运至工程区域
海上换流站及基础物资运输	江苏、上海地区大型钢结构加工企业	海运至工程区域
风电机组设备	设备厂家	船运至到岸码头

(2) 场内交通运输条件

本工程风电机组布置区属于近海的区域，场内交通主要为风电场施工码头与风场之间以及海上风电机组之间的设备及物资的海上运输。本工程风电机组布置区域海底高程在理论最低潮面以下，平均海平面以下水深约6.4m~15.3m，水深条件可满足常规船只正常运行，与大丰港之间可通过进出港航道相互联系，因此场内交通运输通过船只自航或拖轮牵引进行移位与航行。

①基础物资场内运输方案

风电机组基础钢管桩及海上升压站、海上换流站等由大型钢结构从工厂加工完成后，在做好施工组织设计的前提下，由甲板驳直接运至施工海域。上述大型构件不再运至施工码头进行转运。

其他辅助料的运输采用自航运输驳，从材料出运码头运输，到达现场后停靠在大型施工船舶侧；施工用水和用油由专用运水船和专用加油船到现场直接补给；施工人员的交通运输采用交通船接送。

②风电机组机组场内运输方案

风电机组拼装租用大丰港码头，2000t甲板驳运输至机位。

③航道状况

风电机组机组运输航线均为海事部门规定的现有航道，航道水深满足要求，无海上设施的影响，能够满足风电机组运输的要求。

④船舶避风锚地

施工现场面临开阔海域，常年受季风、台风影响，对船舶施工安全构成较大的威胁。所以施工中必须慎重考虑船舶安全作业条件，做好防风、防浪预防措施。根据以往经验，预报风力超过8级，船舶便须选择锚地避风，风力小于8级，船舶可选择工程海域周边的天然槽沟区域抛锚避风。

港内拥有锚地，供船舶待装、待卸、避风用，本工程船舶锚泊避风条件良好。

3.6.2 施工总布置

3.6.2.1 施工基地

本工程风电机组位于海上，施工物资与设备在到达工程现场后需要进行运输方式的转化与调整，以满足物资场内海上运输的要求。因此，必须在工程现场附近选择合适的港口码头作为物资运输的中转站，承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆场与调整的功能。若采用整体安装，风电机组设备的拼装工作亦需要在码头进行。

根据对风电场附近区域的港口资源调查成果，本阶段初步选定大丰港码头做为风电机组部件堆存、拼装的施工场地基地，其中机舱、轮毂等超重件在风电机组大件码头装船出运，叶片在通用码头装船出运。此外，利用大丰港作为常规物资运输的中转站，海陆转换次码头。本工程施工基地地理位置及平面布置见附图 6。

3.6.2.2 施工临时设施布置

本工程共设置2个施工临时布置区，其中1#施工基地设置在陆上换流站以西约6.2km处海岸线内侧，主要为陆上换流站工程的临时设施，包括临时生活办公设施、堆场、综合加工厂等。2#临时生产生活区设置在大丰港码头后方陆域，主要为风机设备临时堆场、拼装区、各类仓库及生活、办公区。

另外根据工程需要，还需要设置施工现场作业区，金属结构加工区，船舶避风锚地等。

(1) 施工现场作业区即本工程海上风电场场址，施工现场共有 48 台风电机组，现场主要布置船舶抛锚作业区、警戒区及设施等。为方便施工，拟在现场布置多功能驳，作为临时办公、休息场地。

(2) 钢桩、导管架等金属结构在江苏、上海等地区的钢结构厂家码头基地加工制作和堆放，可以直接利用焊接加工厂场地，不另增场地。

(3) 1#施工布置区设置在陆上换流站以西约 6.2km 处，海岸线内侧，主要设施有综合仓库、综合加工厂、电气设备专用仓库、混凝土预制桩堆场及临

时办公生活用房等。总建筑面积 2700m²，占地面积 5200m²。根据现场条件，布置施工临时道路 300m。

2#施工布置区设置在大丰港码头后方陆域，主要设施有风电机组设备堆场、组装场、风电机组工装设备与材料仓库、生活办公用房等。总建筑面积 2800m²，占地面积 41200m²。

(4) 施工现场面临开阔海域，常年受季风、台风影响，对船舶施工安全构成较大的威胁。所以施工中必须慎重考虑船舶安全作业条件，做好防风、防浪预防措施。根据以往经验，预报7~9级，船舶便须选择临时锚地避风，当预报9级以上大风时，船舶则必须拖航附近锚地避风。临时设施占地面积见表3.5-2~3.5-3。

3.6.2.3 施工供水、供电及通讯系统布置

(1) 施工用水

施工用水包括生产用水和生活用水两部分，考虑到本工程主要为钢结构施工、海上作业，施工高峰时段施工用水和生活用水强度不大，因此，1#施工临时布置区生产生活施工用水引接附近市政自来水管网，引接距离约3000m。2#施工临时布置区生产生活区用水由码头基地自来水管网引接。海上作业区由施工船舶自带淡水，另外配备1艘专用运水船用于补给。

(2) 施工用电

工程用电为生产用电和生活用电由大丰港沿海钢结构生产基地用电由基地直接供应，高峰用电为500kW（不含船上自带发电机设备发电），其基地电压已经降为380V，可以满足现场生产用电电压等级380V和生活用电220V的电压要求。2#施工临时布置区位于大丰码头基地，也直接采用基地自带电源，施工期需要容量约200kW。1#施工临时布置区供电可由附近电网引接，引1回10kV线路至施工区，接入距离约3000m，在施工区设置 10/0.38kV 变压器，降压后供电，施工期高峰用电为250 kW。海上施工临时用电，除了在使用多功能驳上的交流发电机组成自发电源，向本区域用电设备供电外。还自备5台120kW静音发电机为吊装体系运行、螺栓紧固等施工供电。

(3) 施工劳动力及生活区布置

工程临时生活、办公区在码头及陆上换流站附近分别设置，生活办公区建筑

面积为1800m²，占地面积共计3200m²，施工期高峰人数为300人，平均人数为210人。

3.6.3 风机基础施工

3.6.3.1 单桩基础施工

根据风机总体布置，将风机基础分别按浅水区和深水区考虑。本工程共48台风机，风机基础采取了单桩基础方案，其中单桩基础（深水）21台，单桩基础（浅水）27台。

（1）基础结构型式

本工程风电机组基础类型均为单桩基础，钢管桩直径7.0~8.0m，桩长77~88m，材质DH36，壁厚60~80mm，单根钢管桩重约1064.1~1198.1t。变直径段设钢护舷等附属构件。

（2）基础钢管桩制作及运输

① 钢管桩制作

钢管桩考虑在工程场区附近的大型钢结构制造企业进行卷制、焊接，通过海运至工作区码头。

为保证管桩结构受力需求，管桩采用分节卷制、直缝焊接的制作工艺进行生产，钢管桩制作的工艺流程如图3.6-1所示。

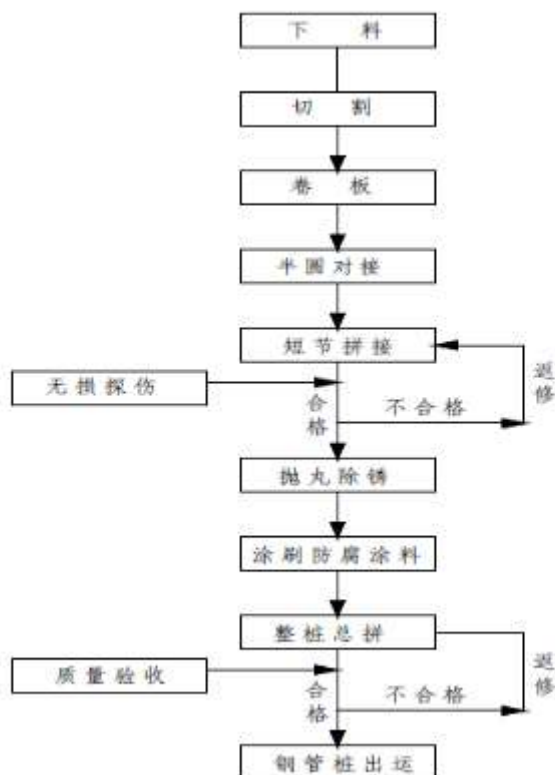


图 3.6-1 钢管桩制作工艺流程图



图 3.6-2 钢管桩制作工艺流程图

按照最长管桩长度88m的运输要求，本阶段配套选择可利用平底形体长度90m，型宽30m，满载吃水3.5m以内的多功能运输驳船，按照普通运输驳船的方

形系数0.7考虑，其载重量约5500t，属于5000t级以上甲板运输驳船，配置2000HP拖轮拖带。为充分利用现有施工船只配置，扩大船只使用率，减少多级别船只的工作差异性，基础附件钢结构亦采用5000t级驳船，与钢管桩一并运输。



图 3.6-3 单桩钢管桩运输

（3）钢管桩沉桩

①船体系统选择

本工程采用浮式起重船+辅助工艺定位导向架设施。

②基础沉桩施工

本工程风机基础钢管桩直径7.0~8.0m，桩长77~88m，单根钢管桩重约1064.1~1198.1t，为保证管桩的加工与施工质量，本阶段拟采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。本工程拟配备起吊能力1600t以上起重船舶。综合起吊能力要求、市场供应情况、经济性及施工效率等因素，本工程单桩基础施工配置的大型浮式起重船宜以全回转浮式起重船为主推方案，固定扒杆式起重船为备选方案。根据施工进度安排，本阶段配置2套钢结构定位导向架进行进行风机基础钢管桩沉桩施工，循环使用。导向架平台顶面标高8m（平台底层高程按平均高潮位1.71m控制），尺寸18m×18m，高6.5m，架体重约260t，每个导向架设辅助桩4根，直径1.5m，壁厚30~45cm，桩长40m，单根辅助桩重为50.1t。导向架安装采用350t浮式起重船完成。

锤击沉桩系统推荐选择IHC-S3000型液压打桩锤作为首选锤型，

MENCK3500型液压打桩锤作为备选。

打桩的船机设备就位后，采用起吊能力1600t的浮吊起吊钢管桩，依靠其自身吊钩完成钢管桩的吊立、翻身，钢管桩竖立后缓慢送入定位导向架龙口。吊机松钩后，钢管桩自沉入泥，自沉时密切监测桩的垂直度，如果垂直度超过允许的误差范围，须立即停止桩的下沉，查明原因，重新调整垂直度后下沉。

钢管桩自沉后，由起重船吊放打桩锤进行压锤，直至钢管桩不再下沉。查看并复核垂直度是否符合要求，如果垂直度超过允许的误差范围，应立即停止桩的下沉，将锤吊起，并查明原因，通过抱桩器液压滚轮对桩垂直度进行调整，重新压锤。桩在压锤稳定后，启动液压锤，进行锤击沉桩，首先轻击1下，检查垂直度是否符合要求，如果垂直度超过允许的误差范围，将锤吊起，并查明原因，通过抱桩器液压滚轮对桩垂直度进行调整，重新压锤。

沉桩初期，必须间断轻打，避免过度溜桩，并防止产生偏心锤击，确保沉桩安全和施工质量。

初期以后，钢管桩沉桩施工应连续进行，不要中途停顿，以免管桩周围的土壤恢复而增加沉桩的阻力。沉桩完成后应及时测定出处于自由状态下的桩顶标高和桩身垂直度，并做好记录。

在沉桩过程中，采用GPS和倾角传感器实时监控桩体高程和垂直度。如出现贯入度异常、桩身突然下降、过大倾斜、移位等现象，应立即停止沉桩，并会同相关部门及时查明原因，以采取有效措施。

风机基础施工主要施工设备配置见表3.6-2。

表 3.6-2 单桩单桩基础施工船机设备配置表

序号	机械设备名称	单位	型号规格	数量	备注
1	浮式起重船	艘	主钩 1600t、辅助吊钩 1000t 以上	1	吊高 100m 以上，钢管桩沉桩
2	浮式起重船	艘	350t	1	导向架及附属设施安装
3	振动锤	套	150t	2	四联动，辅助桩值桩、打桩
4	打桩锤	套	IHC-S3000	1	MENCK3500 型液压打桩锤备用一套
5	甲板驳船	艘	5000t 级	2	钢管桩运输
6	铺排船	艘		1	砂被铺设
7	泥石驳	艘	1000m ³	1	砂被供砂
8	自航甲板驳船	艘	1000t 级	1	附属设施运输
9	拖轮	艘	2000HP 及以上	6	拖运、移位船只

10	交通艇	艘		2	接送人员
11	抛锚艇	艘		3	起重船、甲板驳等起抛锚
12	补给船	艘		2	淡水与生活物资补给

3.6.3.2 风机机组安装

本工程风机安装推荐采用自升式支腿平台船分体安装方案。

(1) 风机组件预拼装

为减少海上操作的时间，提高海上作业效率，风机设备可先在陆上进行部分部件的组装工作。本工程初步选择距离工程区域直线距离约80km的大丰港作为预拼装基地。风电机组底节塔筒在大丰港重件码头预拼装或在设备厂家预组装好。风电机组部件过驳采用码头自带500t桅杆吊。叶片在大丰港通用码头出运，由码头自带的门座式起重机装船。

(2) 风机部件场内运输

预拼装部件及其他散件采用2000t级甲板驳运输，1500HP拖轮拖带，海上运输距离约110km。

(3) 风机安装

本工程风机设备采用分体安装，安装设备采用自升降式支腿平台船，配置有800~1000t左右起重能力的全回转起重机。风机吊装顺序是：下段塔筒→中段塔筒→上段塔筒→机舱→叶轮，其中叶轮组合体事先在平台船上拼装完成。选择额定起吊重量为800~1000t的自升降式支腿平台船可满足机舱的吊装要求。

海上分体吊装主要施工设备配置见表3.6-3。

表 3.6-3 海上分体吊装主要施工设备配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	自升降式支腿平台船	艘		1	配置 800~1000t 左右起重能力的全回转起重机
2	甲板驳	艘	2000t	2	风电机组散件运输
3	拖轮	艘	2000HP 及以上	1	配套自升式平台船
4	拖轮	艘	1500HP	2	配套甲板驳
5	交通艇	艘		2	接送施工人员
6	抛锚艇	艘		2	船舶抛锚
7	桅杆吊	台	500t	1	基地自带，风电机组组件预拼装、过驳

8	门座式起重机	台	40t-40	1	基地自带，叶片装船
9	120kw 柴油发电机	台		5	风电机组拼装应急电源

3.6.4 升变电站施工

本工程海上升压平台拟建在风场中部F7、F8和F40风电机组之间，基础型式为导管架结合桩基的结构，基础桩包括：升压平台主体钢管桩，共4根，单桩长102m，重量约为279.5t。

基础导管架总重量约为1450t。基础上部采用钢结构平台，钢平台总重量约3268t（含主要电气设备）。

本工程海上升压平台导管架基础采用先安放导管架后施打钢管桩方案。安放导管架后施打钢管桩方案流程如图3.6-4。

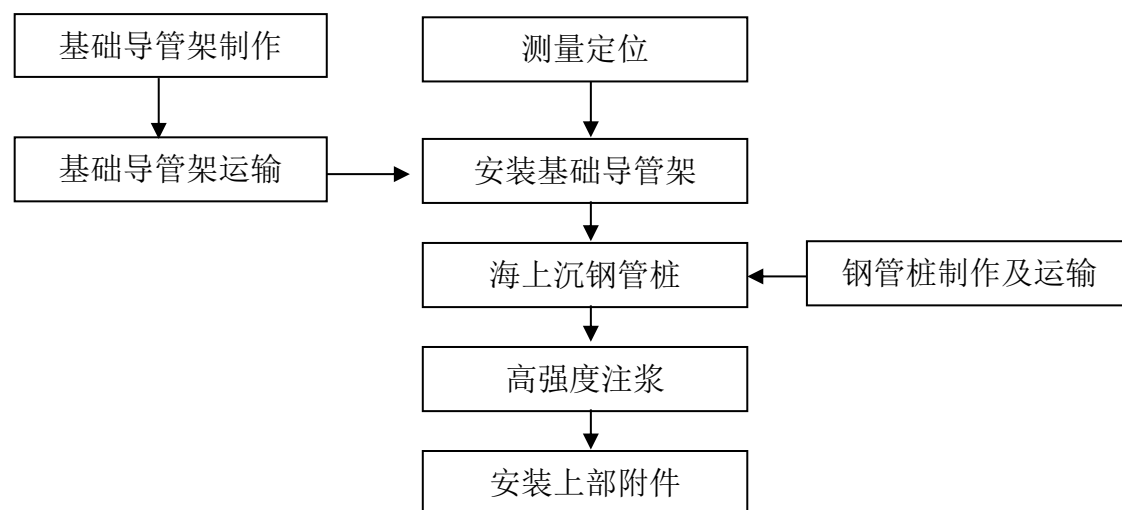


图 3.6-4 海上升压平台基础施工流程图

钢管桩、导管架在南通地区钢结构厂家加工后由码头起重机将桩装在10000t甲板驳上，运桩驳船由2000HP拖轮拖至沉桩现场。上部钢平台在钢结构生产厂家前沿码头进行模块组装，组装完成后采用码头滑道滑移到10000t驳船上进行运输，钢平台支腿与驳船上事先安置的垫墩接触，并做好临时固定措施。装运钢平台的10000t驳船由拖轮拖至现场，停泊在浮式起重船的一侧，由起重机起吊至导管架上安装作业。

海上升压平台导管架基础主要施工步骤为：安放导管架→调平→沉桩→桩腿灌浆。

海上升压平台主要施工船机配置见表3.6-4。

表 3.6-4 220kV 升压站主要施工设备配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	驳船	艘	10000t 级	1	导管架基础运输
2	驳船	艘	10000t 级	1	升压平台组块运输
3	S1200 液压锤	台		1	钢管桩沉桩
4	浮式起重船	艘	3500t	1	吊高 122m 以上，导管架安放及沉桩
5	浮式起重船	艘	350t	1	防冲刷施工及辅助作业
6	浮式起重船	艘	5000t 级以上	1	组合体吊装，具有 4 个吊钩，双排、双列布置
7	拖轮	艘	6500HP	1	拖运起重船
8	拖轮	艘	4000HP 及以上	2	拖运驳船及起重船
9	拖轮	艘	2000HP	2	拖运驳船及起重船
10	多功能驳船	艘		1	灌浆
11	自航甲板驳船	艘	1000t 级	1	附属设施运输
12	抛锚艇	艘		2	船舶抛锚
13	交通艇	艘		2	接送施工人员

3.6.5 海上换流站施工

本工程海上换流站拟建在F8风电机组北侧约1500m处，基础型式为导管架结合桩基的结构，共12根基础桩。

基础上部采用钢结构平台，钢平台总重量约15000t（含主要电气设备）。

本工程海上换流站导管架基础采用先安放导管架再施打钢管桩的方案。安放导管架后施打钢管桩方案流程如图3.6-5。

海上换流站钢结构在江苏、上海地区加工。导管架采用4500t级以上起重船吊装，钢管桩采用4500t级以上起重船吊打，上部组块采用20000t级以上驳船运输，浮托法安装。

海上换流站导管架基础主要施工步骤为：安放导管架→调平→沉桩→桩腿灌浆。

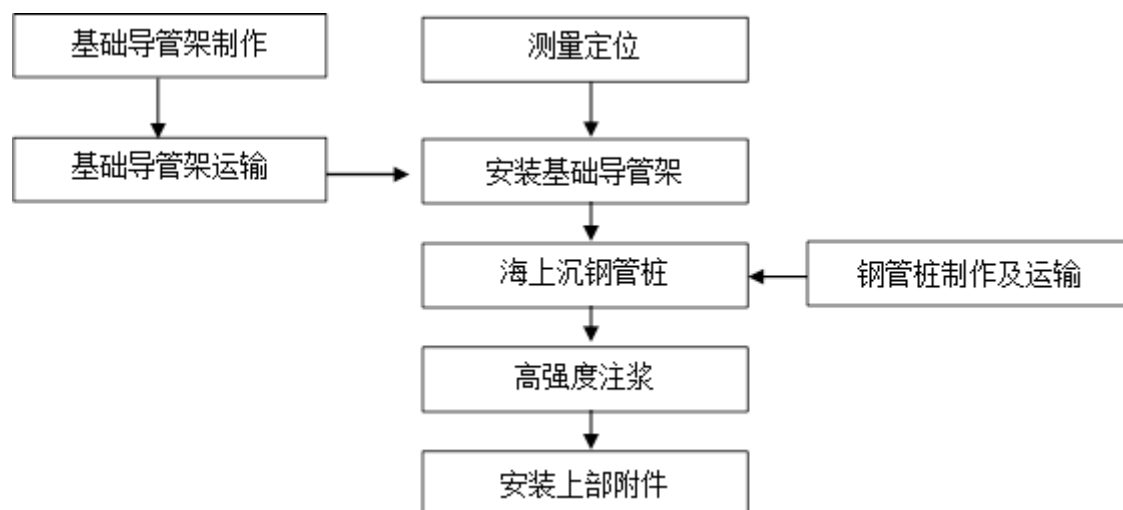


图 3.6-5 海上换流站基础施工流程图

表 3.6-5 海上换流站主要施工船机配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	驳船	艘	10000t 级	1	导管架基础运输
2	驳船	艘	20000t 级	1	升压平台组块运输、安装
3	S1200 液压锤	台		1	钢管桩沉桩
4	浮式起重船	艘	4500t	1	导管架安放及沉桩
5	拖轮	艘	6500HP	1	拖运起重船
6	拖轮	艘	4000HP 及以上	2	拖运驳船及起重船
7	拖轮	艘	2000HP	2	拖运驳船及起重船
8	多功能驳船	艘		1	灌浆
9	自航甲板驳船	艘	1000t 级	1	附属设施运输
10	抛锚艇	艘		2	船舶抛锚
11	交通艇	艘		2	接送施工人员

3.6.6 陆上换流站施工

陆上换流站施工顺序为：施工准备→桩基施工→上部平台吊装→主体结构安装施工→电气管线敷设及室内外装修→电气设备安装施工。

① 桩基施工

陆上换流站位于养殖鱼塘区域，所在场区性质未转换，仍属于海域。考虑先施工栈桥，利用栈桥作为施工进站通道，再进行换流站基础施工。栈桥及换流站基础采用进占法施工，采用履带吊吊打桩锤打桩，然后用钓鱼法吊装栈桥及换流站平台面板，逐步向前推进。

②上部平台吊装与主体结构安装施工

陆上换流站上部平台采用履带吊吊装，结合栈桥及换流站平台基础施工，采用钓鱼法进占施工。

3.6.7 海底电缆铺设

本工程海底电缆主要为连接风电机组与风电机组之间、风电机组与海上升压平台之间的35kV海缆，海上升压平台与海上换流站之间220kV海缆，海上换流站与陆上换流站之间直流海缆。其中35kV海缆长度约70.45km，220kV海缆长度约2.3km。直流海缆共两根，单根长度约124.5km，采用两根并排同时敷设。

由于海上施工作业区域内船只海底光缆较多，而且海床为柔软的沉积淤泥层，根据规范要求，软土区域海缆埋设在泥沙变动区域下部2m以下，经过航道的区域埋设不小于3m。铺缆正常施工海况条件为六级以下风力，施工船受横流小于2.5节。施工进度正常铺设速度为3~5m/min。

根据海缆敷设区域海洋环境的不同，可将海缆敷设区分为以下三个主要区域进行：

- (1) 登陆点至陆上换流站之间电缆
- (2) 海上升压站至登陆点所经过的浅水与滩涂区域；
- (3) 各风电机组之间、各回路终端风电机组至海上升压站之间、海上升压站至海上换流站之间所经过的深水区域。

不同区域电缆敷设施工：

①登陆点至陆上换流站之间电缆

登陆点至陆上换流站采用海缆，在堤顶设滑轮，鱼塘内采用浮球敷设，陆上换流站设卷扬机牵引登陆。

②浅水与滩涂区域海缆敷设

浅水与滩涂区域因水深条件有限，海缆敷设采用浅吃水铺缆船(需赶潮施工)，局部露滩部位采用水陆两栖式挖掘机进行电缆沟开挖与回填。登陆点海缆敷设应利用高潮位时机尽量将铺缆船靠近岸边，浅水区、滩涂采用两栖挖掘机预先完成挖沟作业，铺缆船航行至海缆登陆点外海一定水深海域抛锚，海缆采用浮球法牵引登陆，岸上登陆点施工人员操作卷扬机，牵引海缆通过浮球、顶管、导轮至终端杆位置，始端登陆方式采用埋管方式。

同时,考虑到浅水滩涂段部分海缆距离江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区较近,为了减少海缆施工对该保护区的影响,对浅水滩涂段临近保护区段的海缆施工方案进行了优化,选择在低潮露滩期间进行干地施工,一边开挖敷缆一边回填土方,涨潮期不施工,避免涨潮期悬浮物扩散。

③深水区域海底电缆敷设

初步考虑采用专业海底电缆敷设船配备牵引式高压射水埋设机进行敷埋施工,施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设,铺缆船铺缆时,开沟犁和高压水联合作用形成初步断面,在淤泥坍塌前及时铺缆,一边开沟一边铺缆,根据电缆直径选择犁的大小,开沟犁宽 20~40cm。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。

本工程直流海缆采用两根并排同时敷设的施工方案,单根直流海缆长度约 124.5km,直径约165mm,单米重量约65kg,两根海缆并排同时敷设,两根海缆总重量约17257.5t。考虑海缆厂家生产能力及国内现有船机设备载缆能力(目前国内常规海缆敷设船载缆量一般在2000t~6000t,双缆并排敷设需进行改造增加一个载缆盘,对甲板面积要求高),拟采用分4段敷设,每根设置3个现场硬结头,海缆船载缆量不小于4400t。现场搭建平台或敷缆船锚泊进行接头施工。

电缆敷设之后,在埋深少于2m处采用覆盖水泥压块或土工网装碎石的方式保护电缆。个别区域无法敷设或开沟深度浅时采用哈夫球铰减震型球墨铸铁海缆保护套管进行保护,海缆两端采用海缆铠装锚固装置对海缆钢丝铠装进行固定。

电缆敷设施工船机配置见表3.6-6。

表 3.6-6 海缆施工主要船机配置表

序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
1	1 号铺缆船	艘	载缆量 4400t 以上	1	直流海缆敷设
2	2 号铺缆船	艘		1	220kV 海缆敷设、 35kV 海缆敷设
3	水陆两栖挖掘机	台		2	登陆点附近电缆沟开挖与回填
4	抛锚艇	艘		2	施工船抛锚
5	拖轮	艘	2000HP	2	拖运施工船
6	卷扬机	台		2	电缆牵引
7	交通艇	艘		2	接送施工人员

3.6.8 工程量

表 3.6-7 单桩基础（浅水区）工程量表

序号	项目	工程量名称	单位	单个基础	台数	总工程量
1	钢管桩	钢管桩 1 段($\phi 7.0\text{m}$, $\delta=8.0\text{cm}$, $L=4.0\text{m}$, DH36)	t	60.07	27	1621.93
2		钢管桩 2 段($\phi 7.0\text{m}$, $\delta=7.5\text{cm}$, $L=5\text{m}$, DH36)	t	70.45	27	1902.07
3		钢管桩 3 段($\phi 7.0\sim 8.0\text{m}$, $\delta=7.0\text{cm}$, $L=8\text{m}$, DH36)	t	112.87	27	3047.56
4		钢管桩 4 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=7.0\text{cm}$, $L=11\text{m}$, DH36)	t	165.64	27	4472.39
5		钢管桩 5 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=6.5\text{cm}$, $L=10\text{m}$, DH36)	t	139.92	27	3777.78
6		钢管桩 6 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=6.0\text{cm}$, $L=36\text{m}$, DH36)	t	465.25	27	12561.75
7		钢管桩 7 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=6.5\text{cm}$, $L=3\text{m}$, DH36)	t	41.98	27	1133.33
8		钢管桩顶法兰	t	7.94	27	214.37
9	防冲刷处理	袋装砂	m^3	33.00	27	891.00
10		砂被两层（每层厚 400mm）	m^2	5701.99	27	153954
11	集成式附属结构	外平台、栏杆、爬梯、电缆护管、靠船构件等集成式附属构件套笼结构 Q345D	t	165.00	27	4455.00
12	护舷	橡胶护舷（DGH-A300, $L=3.0\text{m}$ ）	套	6.00	27	162.00
13	钢管桩内部	内平台等其它钢材（Q235B）	t	13.20	27	356.40
14	电缆 J 型管	J 型管钢材（Q345D）, $\phi 325 \times 14$, 长 20m, 2 根	t	6.36	27	171.72
15	结构防腐	A21I-1 高效铝合金阳极（310kg/块），48 块	t	15.62	27	421.85
16		大气区钢结构富锌底漆 $75\mu\text{m}+400\mu\text{m}$ 环氧玻璃鳞片漆+ $100\mu\text{m}$ 聚氨酯面漆	m^2	57.68	27	1557
17		浪溅区钢结构表面 $1000\mu\text{m}$ 环氧玻璃鳞片漆+ $80\mu\text{m}$ 聚氨酯面漆	m^2	1952.59	27	52720
18		水下区钢结构表面 $600\mu\text{m}$ 环氧玻璃鳞片漆	m^2	163.05	27	4402
19		内部区富锌底漆 $80\mu\text{m}+180\mu\text{m}$ 环氧漆	m^2	542.87	27	14657
20	地基处理		项	1.00	1	1

表 3.6-8 单桩基础（深水区）工程量表

序号	项目	工程量名称	单位	单个基础	台数	总工程量
1	钢管桩	钢管桩 1 段($\phi 7.0\text{m}$, $\delta=8.0\text{cm}$, $L=4.0\text{m}$, DH36)	t	60.07	20	1201.43
2		钢管桩 2 段($\phi 7.0\text{m}$, $\delta=7.5\text{cm}$, $L=5\text{m}$, DH36)	t	70.45	20	1408.94
3		钢管桩 3 段($\phi 7.0\text{m}$, $\delta=7.0\text{cm}$, $L=5\text{m}$, DH36)	t	65.80	20	1315.96
4		钢管桩 4 段($\phi 7.0\text{m}$, $\delta=6.5\text{cm}$, $L=5\text{m}$, DH36)	t	61.14	20	1222.85
5		钢管桩 5 段($\phi 7.0\sim 8.0\text{m}$, $\delta=6.5\text{cm}$, $L=8\text{m}$, DH36)	t	104.88	20	2097.62
6		钢管桩 6 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=7.0\text{cm}$, $L=12\text{m}$, DH36)	t	180.70	20	3614.05
7		钢管桩 7 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=6.5\text{cm}$, $L=10\text{m}$, DH36)	t	139.92	20	2798.35
8		钢管桩 8 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=6.0\text{cm}$, $L=36\text{m}$, DH36)	t	465.25	20	9305.00
9		钢管桩 9 段($\phi 8.0\text{m}$, $\delta=6.5\text{cm}$, $L=3\text{m}$, DH36)	t	41.98	20	839.51
10		钢管桩顶法兰	t	7.94	20	158.80
11	防冲刷处理	袋装砂	m^3	33.00	20	660.00
12		砂被两层（每层厚 400mm）	m^2	5701.99	20	114040
13	集成式附属结构	外平台、栏杆、爬梯、电缆护管、靠船构件等集成式附属构件套笼结构 Q345D	t	165.00	20	3300.00
14	护舷	橡胶护舷 (DGH-A300, $L=3.0\text{m}$)	套	6.00	20	120.00
15	钢管桩内部	内平台等其它钢材 (Q235B)	t	13.20	20	264.00
16	电缆 J 型管	J 型管钢材 (Q345D), $\phi 325 \times 14$, 长 28m, 2 根	t	9.54	20	190.80
17	结构防腐	A21I-I 高效铝合金阳极 (310kg/块), 48 块	t	15.62	20	312.48
18		大气区钢结构富锌底漆 75 μm +400 μm 环氧玻璃鳞片漆 +100 μm 聚氨酯面漆	m^2	57.68	20	1154
19		浪溅区钢结构表面 1000 μm 环氧玻璃鳞片漆+80 μm 聚氨酯面漆	m^2	1952.59	20	39052
20		水下区钢结构表面 600 μm 环氧玻璃鳞片漆	m^2	489.15	20	9783

序号	项目	工程量名称	单位	单个基础	台数	总工程量
21		内部区富锌底漆 80 μ m+180 μ m 环氧漆	m ²	836.92	20	16738
22	地基处理		项	1.00	1	1

表 3.6-9 海上升压平台工程量

序号	项目	规格、材质	单位	工程量
1	上部组块			
1.1	柱（主体结构，含吊机柱）	$\delta=36\sim 50\text{mm}$, DH36	t	251
1.2	柱（关键节点，含吊机柱）	$\delta=36\sim 50\text{mm}$, DH36-Z35	t	230
1.3	斜撑（上部组块主体结构）	$\delta=10\sim 36\text{mm}$, DH36	t	185
1.4	梁（上部组块主体结构）	焊接 H 钢，梁高 588~900，DH36、Q345C	t	648
1.5	上部组块节点	$\delta=10\sim 60\text{mm}$, DH36-Z35	t	195
1.6	上部组块铺板	花纹钢板， $\delta=8\text{mm}$, Q235B,	t	270
1.7	铺板加劲板	球扁钢，船用 A 级钢	t	80
1.8	上部组块吊耳	$\delta=50\sim 70\text{mm}$, DH36-Z35	t	40
1.9	上部组块底部插尖	$\delta=40\sim 60\text{mm}$, DH36-Z35	t	60
1.10	事故油罐	Q345C	t	25
1.11	设备基础	Q235B	t	20
2	下部结构			
2.1	导管架	DH36, $\delta=35\text{mm}$	t	480
2.2	局部节点加强部位	DH36-Z35, $\delta=30\sim 50\text{mm}$	t	412
2.3	吊耳	DH36-Z35	t	16
3	钢管桩			
3.1	主桩体($\phi 2.35\text{m}$, $\delta=3.5\sim 5.0\text{cm}$, 共 4 根,每根长约 106m, DH36)		t	1112
3.2	吊耳		t	6
4	附属件			
4.1	灌浆连接等	Q345C	t	8
4.2	下部组块靠船支撑	$\delta=8\sim 16\text{mm}$, DH36	t	119
4.3	靠船护舷	DGH-A300, L=3m	套	64
4.4	下部结构爬梯	Q345C	t	30
4.5	下部结构栏杆	315L	t	10
4.6	J 型管及固定设施	Q345C	t	117
4.7	防沉板	Q345C	t	90
4.8	套管内细部构造	Q345C	t	8
4.9	封堵设施		套	4
4.10	灌浆材料	水泥基高强灌浆材料	m ³	182
4.11	玻璃钢格栅		m ²	200
4.12	海洋观测平台		套	1
4.13	气象设备		套	1

序号	项目	规格、材质	单位	工程量
4.14	爬梯限位器		套	4
4.15	吊机		台	1
5	结构涂料防腐			
5.1	下部结构			
5.1.1	结构防腐 1: 环氧玻璃鳞片漆 1000 μ m+聚氨酯面漆 80 μ m 按业主要求调色 (浪溅区、水位变动区钢结构外表面)		m ²	5729
5.1.2	结构防腐 2: 改性环氧树脂漆 800 μ m (J 型管内壁)		m ²	1122
5.1.3	结构防腐 3: 环氧玻璃鳞片漆 800 μ m (水下区钢结构外表面)		m ²	6208.4
5.1.4	结构防腐 4: 环氧玻璃鳞片漆 800 μ m (钢管桩内壁在-17m 高程以上部分)		m ²	1036.
5.2	上部组块			
5.2.1	结构防腐 5: 环氧封闭漆 50 μ m+环氧玻璃鳞片漆 450 μ m +聚氨酯面漆 60 μ m 按业主要求调色 (梁、柱、斜撑及底层铺板)		m ²	17723.5
5.2.2	结构防腐 6: 环氧玻璃鳞片漆 450 μ m +聚氨酯面漆 60 μ m 按业主要求调色 (除底层外的铺板、墙板、楼梯和栏杆等)		m ²	22099.5
6	防冲刷、检测、监测			
6.1	防冲刷措施			
6.1.1	砂被厚 0.4m, 含加筋隔仓等, 袋体采用 400g/m ² 涤纶长丝机织土工模袋。 (桩基导管架外侧 9m, 电缆敷设路径上加覆盖一层)		m ²	3366
6.1.2	砼联锁块软体排 (混凝土块 400*400*250mm, 含 ϕ 16 丙纶绳, 两层 400g/m ² 复合土工布)		m ²	1872
6.1.3	桩周砂袋 (砂袋袋体采用 400g/m ² 涤纶长丝机织土工模袋缝制, 规格: 800*499mm)		m ³	271
6.2	桩基检测			
6.2.1	桩基检测 (高应变初打)		根	4
6.2.2	桩基检测 (高应变复打, 初打后 7~14 天)		根	1
6.3	平台监测			
6.3.1	平台监测		项	1

表 3.6-10 海上换流站工程量表

序号	工程项目	单位	工程量	备注
1	海上换流站上部机构			
1.1	上部结构 (立柱、撑杆、节点板、梁)	t	6400	DH36、Q345C
1.2	上部结构 (铺板结构、舱壁、楼梯、栏杆)	t	3200	Q235B
2	导管架			
2.1	导管架导管	t	4020	DH36
2.2	导管节点加强板	t	500	DH36-Z35
2.3	爬梯栏杆	t	100	Q235B

2.4	靠船防撞设施	t	150	Q345C
2.5	电缆套管	t	200	Q345C
2.6	灌浆连接附属构件	t	20	Q345C
3	钢管桩			
3.1	钢管桩	t	3800	DH36(共 16 根)
3.2	吊点等结构	t	100	DH36
4	其他			
4.1	防腐蚀涂料	m ²	140000	
4.2	高强水泥灌浆材料	m ³	200	
4.3	灌浆封隔器	套	16	
4.4	橡胶护舷	个	80	SA 型橡胶护舷
4.5	吊车	套	2	额定吊装能力约 5t
4.6	电动葫芦	个	4	额定起重 3t, 链绳长 15m
4.7	手推式平板液压小车	个	4	额定载重 2t
4.8	海洋观测平台	个	1	观测潮流、波浪, 成品
4.9	气象观测站	个	1	观测气象, 成品
4.10	爬梯限位器	个	2	登平台爬梯辅助设施, 成品

3.6.9 施工进度

本工程筹建期不计入工程总工期。本工程第1年1月初开工, 第2年1月初开始风场主体工程施工, 第2年11月底首批风电机组发电, 至第4年6月底全部48台机组投产发电, 工程竣工。首批机发电工期为23个月, 总工期42个月。

3.6.10 运行管理

由于风电场场区内的环境条件特殊, 应充分考虑海洋水文、温度、雨雪、雷电等恶劣气象条件对风电机组、变压器、电力电缆、输变电设备、防雷设施等运行工作的影响。要求员工加强巡视检查力度。在巡检时配备相应的检测、防护和照明设备, 以保证工作的正常运行。

3.6.11 风力发电机组维护

经常性维修包括检查、清理、调整、注油及临时故障的排除。应按规程和厂家规定的项目逐项进行定期维护, 对所完成的维修项目应记入维修记录中, 并整理存档, 长期保存。

特殊维护指技术复杂、工作量大、工期长、耗用器材多、费用高或系统设备结构有重大改变等的检修, 此类检修应根据风电场的具体情况制定方案, 经报上级主管部门批准后实施。

3.6.12 风电场弃置

本工程运行达到设计周期后，对风电场进行拆除工作，其中主要的工作内容为风电机组的拆除工作、风电机组基础的拆除工作和海上升压站的拆除工作等。

3.7 土石方平衡

本工程风机桩基础、海上升压站、海上换流站及陆上换流站基础均采用桩基础，无需外购土石方，也无弃方产生。但风机桩基础防冲刷时采用的沙袋+砂被均为外购。外购的材料需进行物料理化分析，并满足《围填海工程填充物质成分限值》(GB30736-2014)要求。

3.8 工程特性表

本工程特性见表 3.8-1。

表 3.8-1 工程特性表

名称				单位 (或型号)	数量	备注
风电场场址	经度（东经）			/	120° 13' ~120° 56'	
	纬度（北纬）			/	32° 56' ~33° 36'	
	中心离岸距离			km	72	
	多年平均气温			℃	14.1	
	历史最高气温			℃	38.4	
	历史最低气温			℃	-11.7	
	年平均风速			m/s	7.70	110m
	空气密度			kg/m ³	1.223	
	风功率密度			W/m ²	537.6	110m
	盛行风向				ESE、SE	
	50 年一遇最大风速			m/s	37.3	
	平均海平面高程			m	0.18	1985 年国 家平 均海 平面
	水深范围			m	5~15	
	平均高潮位			m	1.71	
	平均低潮位			m	-1.49	
	最高潮位			m	3.05	
	最低潮位			m	-2.40	
	极端高潮水位（50 年一遇）			m	3.64	
主要	风电场	风电	代表机型		WTG-4	
			台数	台	48	
			额定功率	kW	6300	

名称				单位 (或型号)	数量		备注
设 备	主要 机电 设备	机 组	叶片数	片	3		
			风轮直径	m	184		
			切入风速	m/s	3		
			额定风速	m/s	10		
			切出风速	m/s	21		
			安全风速	m/s	40		
			轮毂高度	m	110		
			额定电压	V	720		
	升压 变电 所	主变 压 器	型号	SFZ-180000/220			
			台数	台	2		
			容量	kVA	180000		
			额定电压	kV	220		
出线回 路数及 电压等 级		出线回路数	回	1			
		电压等级	kV	220			
土 建	风电机组基础		台数	个	48		
			型式	单桩基础			
			地基特性	软土/岩基			
	升压站基础		型式	导管架+钢管桩			
			地基特性	软基			
名称			单位（或型号）		数量	备注	
施 工 数 量	工 程 数 量	钢管桩		t	53891		
		钢构件		t	5768		
		35kV 海缆		km	127.580		
		220kV 海缆		km	80		
		施工 期限	总工期		月	30	
	首批发电工期		月	11			
概 算 指 标	静态投资（编制年）			万元	508212.47		
	工程动态投资			万元	536103.28	贷款额度 80%	
	单位千瓦静态投资			元/kW	16940.42		
	单位千瓦动态投资			元/kW	17870.11		
经 济 指 标	装机容量			MW	302		
	年上网电量			万 kWh	83267.6		
	年等效满负荷小时数			h	2747		
	平均上网电价（含增值税）			元/kWh	0.85		
	盈 利 能 力	总投资收益率(ROI)			%	5.48	
		项目资本金净利润率(ROE)			%	10.11	
		项目投资财务内部收益率			%	8.97	税前
		项目投资财务内部收益率			%	7.71	税后
		资本金财务内部收益率			%	14.46	
		投资回收期			年	11.07	税前
		资本金财务净现值			万元	76750.07	Ic=8%
	清	资产负债率			%	69.77	最大

名称			单位 (或型号)	数量		备注
	偿	利息备付率	%	1.07	最小	
		偿债备付率	%	1.71	最大	

4 工程分析

4.1 生产工艺与过程分析

4.1.1 施工期

4.1.1.1 风机机组施工工序与产污分析

风机机组施工工序和产污环节见图4.1-1。由图4.1-1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噪声、废气悬浮物、施工船舶产生的含油废水、以及固体废物等，其中废气主要为施工机械产生的废气，固体废物主要为施工人员生活垃圾以及建筑垃圾等。

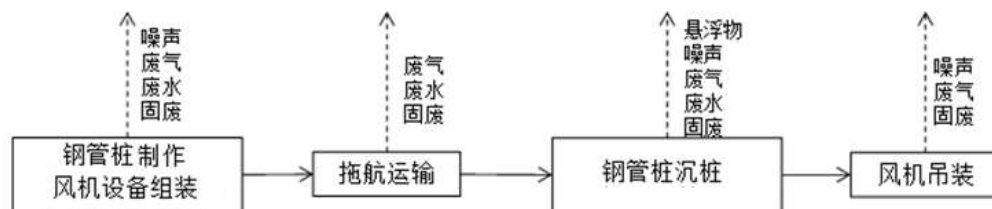


图 4.1-1 风机机组主要施工工序及产污环节

4.1.1.2 电缆施工

海底电缆施工工序和产污环节见图4.1-2。由图4.1-2可知，海底电缆施工过程中海域主要污染环节为埋设电缆过程中高压水和挖沟犁联合作用产生的悬浮物。此外还包括扫海清障产生的固体废弃物，施工船舶、运输传播产生的燃油废气、噪声、含油废水等。

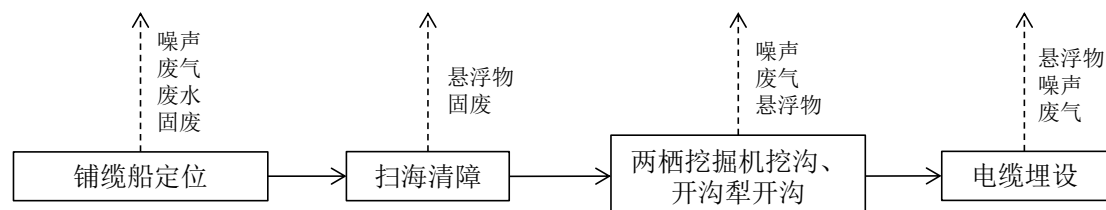


图 4.1-2 电缆主要施工工序及产污环节

4.1.1.3 海上升压站、海上换流站施工

由于海上升压站和海上换流站施工流程一致，因此海上升压站及海上换流站

施工工序和产污环节相同，见图4.1-3。由图4.1-3可知，海上升压站及海上换流站施工过程中海域主要污染环节为打桩时产生的悬浮物、施工船舶产生的废水、废气以及固体废物等。电气设备安装及设备调试过程中基本无污染物排放。

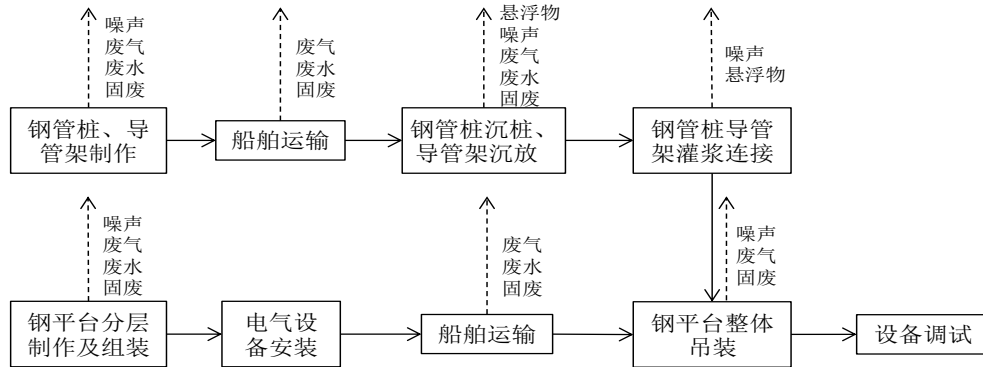


图 4.1-3 海上升压站及海上换流站主要施工工序及产污环节

4.1.1.4 陆上换流站施工

陆上换流站施工工序和产污环节见图 4.1-4。陆上换流站位于养殖鱼塘区域，所在场区性质未转换，仍属于海域，主要污染环节为栈桥及换流站基础打桩、平台吊装、主体结构安装以及设备安装等。陆上换流站施工悬浮物主要来自于打桩过程，废水包括机修含油废水和施工生活污水，废气主要为施工机械燃油废气、物料运输扬尘。噪声为施工机械噪声，同时施工人员有生活污水、生活垃圾排放。

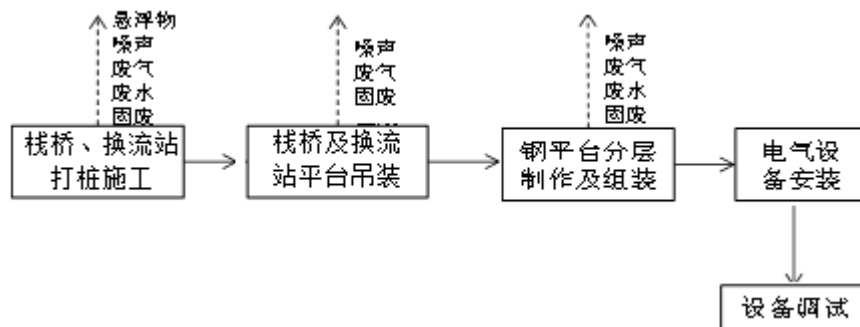


图 4.1-4 陆上换流站主要施工工序及产污环节

4.1.2 运行期

风电场运行工序和产污环节见图4.1-5。运行期仅是风电向电能的转化过程，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机组运行噪声、海缆输送产生的电磁辐射等。升压站则有主变噪声、工频电磁场等。另外，风机运行维护船舶将产生少量的船舶废气和噪声，以及风机维护维修的少量

废油。

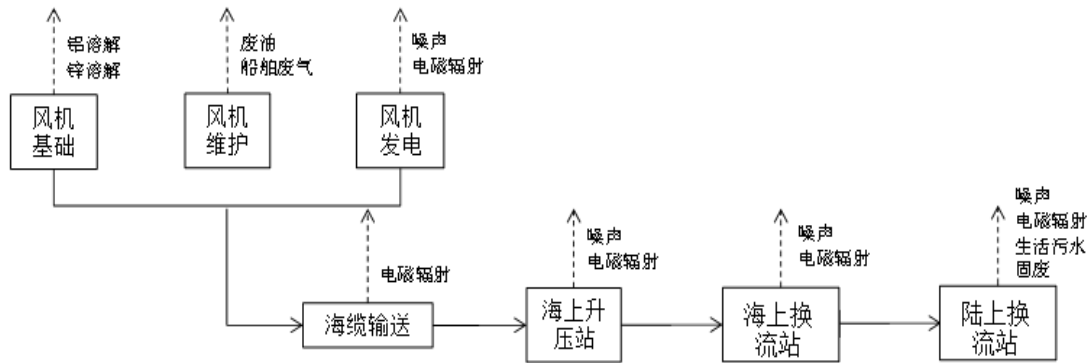


图 4.1-5 风电场主要运行工序及产污环节

4.2 工程各阶段环境影响分析

4.2.1 施工期环境影响分析

4.2.1.1 对海域水质和沉积物影响

（1）风机基础和升压站、换流站基础沉桩

本工程风机、升压站和换流站桩基沉桩施工振动会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，并可能影响局部沉积物环境。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加（ $>10\text{mg/L}$ ）范围一般半径在 100m 内。

风机基础和升压站、换流站基础周围采用砂被防冲刷护底，施工作业可能会对作业面内的海底底质产生扰动，并引起泥沙再悬浮造成水体浑浊，污染局部海水水质和沉积物环境。

（2）海底电缆敷设

本工程位于江苏沿海辐射沙洲海域，海缆沿线有较长的浅水、滩涂区域，根据电缆敷设区域海洋环境的不同，电缆敷设分为浅水与滩涂区域、近海深水区域两个区域进行。

1) 浅水与滩涂区域

根据工程可行性研究报告，2 根电缆共用一条海缆沟，预挖电缆沟剖面为倒梯形，横截面积约为 4.5m^2 ，为减小海缆沟开挖产生的悬浮物扩散影响面积，降低海缆敷设施工对海水水质和海洋生态的影响，工程施工组织设计中施工方案进

行优化,降低施工强度,开沟速度为1m/min计,则电缆沟开挖正常施工土方量为270m³。电缆沟开,悬浮物源强以施工土方量的10%计,则为27m³则为强。本工程海域的泥沙干容重约850kg/m³泥,由此计算得到浅水与滩涂区域电缆施工的悬浮物源强为6.375kg/s。

2) 近海深水区域

近海深水区域采用开沟犁高压水冲埋的施工方式。开沟犁开槽会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊,污染局部海水水质,影响局部沉积物环境。

近海深水区域海底电缆埋深按2.5m控制,根据工程可行性研究报告,海缆沟剖面为倒梯形,横截面积约为2.5m²,施工方案优化后正常敷缆速度为1m/min,则海底电缆铺设正常施工土方量为150m³电缆铺,单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的15%计,则为22.5m³施工的。本工程海域的泥沙干容重约850kg/m³泥,由此计算得电缆施工的悬浮物源强为5.31kg/s。

(3) 钢管桩、导管架灌浆连接

海上升压站和海上换流站桩基础与导管架间需进行灌浆连接,所灌注混凝土砂浆可能发生泄漏、溢出,进而可能对桩基附近水质和沉积物环境造成污染。

(4) 施工污水

①船舶污水

风电场海上施工需动用较大量的海上施工船舶进行作业,施工过程中各类施工船舶将产生一定的船舶污水、船上人员生活污水及船舶油污水。

根据《港口工程环境保护设计规范》(JTS149-1-2007)船舶舱底油污水水量表,计算船舶油污水产生量见表 4.2-1,船舶油污水的含油浓度为 2000mg/L~3000mg/L 不等,按平均值计算,根据施工组织设计,本工程船舶油污水产生量为 47.53t/d,油类污染物产生量为 118.8kg/d。

此外,施工期船舶作业人员生活污水产生量按高峰期海上作业人员 200 人,人均生活污水产生量 85L/人 d 计,则船舶作业人员生活污水产生量为 17m³/d,生活污水主要污染物浓度见表 4.2-2,则 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮和 SS 的产生量分别为 5.1kg/d、2.55kg/d、0.425 kg/d 和 2.55kg/d。船舶生活污水禁止排海,经收集后统一运至陆上施工基地和陆上施工生活污水一并处理,处理达标后用于场区道路洒水。

表 4.2-1 船舶油污水产生量

船舶吨级 (t)	船舶数量 (艘)	舱底油污水产生量 (t/d·艘)	油污水产生总量 (t/d)
500	29	0.14	4.06
500~1000	4	0.21	0.84
1000~3000	18	0.54	9.72
3000~7000	13	1.39	18.07
7000~15000	3	3.08	9.24
15000~25000	1	5.60	5.6
合计			47.53

表 4.2-2 生活污水主要污染物浓度

污染物名称	SS	COD _{cr}	BOD ₅	氨氮	动植物油
浓度 (mg/L)	150	300	150	25	30

根据施工期污染防治措施设计,大型船舶安装油水分离器,废水经处理后含油量小于10ppm,与其他船舶含油废水均运至施工港口码头由具有相应资质的企业进行统一回收处理。在落实上述措施后,船舶油污水对海域环境影响有限。

②陆上施工废水

陆上施工废水主要为陆上换流站附近和大丰港码头后方陆域施工基地内的各类机械冲洗废水和陆上施工人员的生活污水。机械冲洗废水主要含有悬浮物、石油类等污染物,每处施工基地机械冲洗废水量约 1 m³/d。参考有关资料,冲洗废水的 pH 值在 10 左右,SS 约 1000~6000mg/L,石油类约 15mg/L。冲洗废水采取隔油沉淀处理,隔除的浮油送至有资质单位处理,出水用于各施工场区和道路洒水,对陆域地表水环境基本不产生影响。

本项目施工高峰期陆上施工人数约 100 人,产生的生活污水按 100L/人·d 计,则陆上施工人员生活污水为 10m³/d,生活污水主要污染物浓度见表 4.2-3。施工生活污水经生活污水处理设施处理达标后用于场区道路洒水。对陆域地表水环境基本不产生影响。

表 4.2-3 陆上施工人员生活污水主要污染物产生量

污染物名称	SS	COD _{cr}	BOD ₅	氨氮	动植物油
产生量 (kg/d)	1.5	3.0	1.5	0.25	0.3

4.2.1.2 对海洋生态和渔业资源影响

本工程施工期对海洋生态和渔业的影响主要来自于以下三方面。

(1) 底栖及潮间带生境破坏

风机基础施工和海底电缆敷设施工均会对作业范围内的底栖及潮间带生境造成直接破坏，进而引起底栖生物和潮间带生物量的损失。

风电场共布置48台风机，48台风机基础均压占潮下带底栖生境。施工期风机打桩造成桩基周边一定范围内（约在1倍于桩基半径的区域）底栖生物的直接死亡。防冲刷沙被设置于轴线外10m，沙被防冲刷施工的临时影响范围一般按施工边界外扩3m考虑，因此综合考虑打桩和沙被防冲刷作业的影响，位于潮间带的48台风机基础总计临时影响范围约 $48 \times 3.14 \times ((3.5+10+3)^2 - (3.5+10)^2) = 1.36\text{hm}^2$ （扣除与永久影响重合范围）。

海上升压站平台桩基础采用直径2.6m的钢管桩，整个平台共布置4根钢管桩，防冲刷沙被设置于轴线外10m，基础及防冲刷沙被永久占用海域面积 0.16hm^2 ；沙被防冲刷施工的临时影响范围一般按施工边界外扩3m考虑，因此综合考虑打桩和沙被防冲刷作业的影响，位于潮下带的海上升压站总计临时影响范围约 $4 \times 3.14 \times ((1.3+10+3)^2 - (1.3+10)^2) = 0.096\text{hm}^2$ （扣除与永久影响重合范围）。

海上换流站桩基础采用直径2.8m的钢管桩，整个平台共布置12根基础桩，根据海上换流站防冲刷设计，基础及防冲刷沙被永久占用海域面积为 0.35hm^2 ；防冲刷施工的临时影响范围一般按施工边界外扩3m考虑，因此综合考虑打桩和沙被防冲刷作业的影响，位于潮下带的海上换流站总计临时影响范围约 0.132hm^2 （扣除与永久影响重合范围）。

320kV海缆均为临时用海，总长124.5km，其中约16km位于潮间带，其余约108km电缆均位于潮下带。

220kV海缆均为临时用海，总长2.3km，均位于潮下带。

35kV海缆总长70.45km，均位于潮下带。

因此，本工程海底电缆总长约197.25km，其中潮间带电缆长度约16km，潮下带电缆长度约181.25km。潮间带电缆沟槽开挖顶宽约3m，潮下带电缆沟槽开挖顶宽约1.5m，考虑单根电缆开挖过程中的悬浮物再沉降的边际效应，悬浮的泥沙在重力作用下回落覆盖原有潮下带底栖生物生境，对于部分活动能力较弱的底栖生物可能造成损害，报告中将一倍于海缆沟总开挖宽度作为施工影响宽度。则海缆施工造成的潮间带生境破坏面积约 $16000 \times 6/10000 = 9.6\text{hm}^2$ ，潮下带生境破坏面积约 $181250 \times 3/10000 = 54.4\text{hm}^2$ 。

本工程海缆施工造成的潮间带、潮下带生境破坏面积汇总见表4.2-4，施工期在该范围内的底栖和潮间带生物将受到损害。

表 4.2-4 工程施工底栖（潮间带）生境影响范围

项目	潮下带底栖生境破坏面积 (hm ²)	潮间带生境破坏面积 (hm ²)
风机基础施工	1.36	-
海上升压站施工	0.096	
海上换流站施工	0.132	-
海缆敷设	54.4	9.6
合计	56	9.6

（2）悬浮泥沙扩散影响

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆路由沿线较大范围海域的含沙量暂时上升，进而降低海洋中浮游植物生产力，对海洋生态系统带来影响；同时悬浮泥沙的扩散影响会对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，进而对鱼卵仔鱼资源量造成影响。

钢管柱打桩产生悬浮泥沙对海洋生物将产生一定的影响，根据分析，在钢管柱施打会引起周围100m半径范围内悬浮泥沙增加（>10mg/L），则单台风机悬浮泥沙扩散影响范围约为3.14hm²，48台风机将造成累计约151hm²的悬浮扩散影响。

（3）水下噪声影响

钢管柱打桩及各类施工船舶航行会产生一定的水下噪声源强，水下噪声对海洋生物存在一定影响。根据《三峡新能源江苏大丰H8-2#海上风电场项目水下噪声和电磁辐射对鱼类影响专题报告》，本项目风机采用单桩，其直径为7m，属于大型桩，在打桩作业时产生的噪声声压级约为240dB，不同鱼类在不同声压级条件下会产生逃离、昏迷、死亡等的反映。

（4）海域临时占用影响

施工期间，为保证施工作业及渔业生产船舶的安全将禁止渔船进入施工海域捕捞生产，由此导致作业渔场范围减少，同时受施工扰动影响，施工附近海域渔获率将有所降低，从而影响工程及周围海域捕捞产量。

4.2.1.3 对鸟类及陆生动植物资源影响

工程施工期间，施工临时用地会侵占陆域鸟类栖息地，同时人类活动、交通运输工具、施工机械产生的噪声、灯光等可能对施工区域及周边的陆生植被及鸟

类和其他陆生动物的栖息、觅食产生一定影响，使施工区域及周边区域植被等生物量损失并造成该区域中分布的鸟类迁移，导致数量减少、多样性降低。

4.2.1.4 对声环境的影响

本工程对施工噪声会对陆上及海上声环境产生影响，其中海上施工分别对水面声环境和水下声环境造成影响。

(1) 海上施工噪声源强

①水面噪声

海上施工噪声污染源主要包括风机桩基施打、施工船舶行驶和电气接线埋设等。相对于其他噪声源，风机桩基施打产生的噪声污染最为明显。本工程桩基打桩时在离桩基10m处的噪声级约为85dB。

②水下噪声源强

施工水下噪声污染主要来自桩基施打。桩基施打的水下噪声源强主要取决于桩柱管径。本项目桩柱施打时水下噪声源强预计可达240dB re 1 μ Pa-m。

(2) 陆上施工噪声源强

陆上施工噪声主要来源于施工材料的运输、风机设备的组装等施工活动，车辆噪声源强一般为80dB（距声源10m处）。

4.2.1.5 固体废弃物影响

根据可研设计，本工程风机钢管桩无需吸泥，工程施工期间固体废弃物主要为施工人员生活垃圾及陆域施工建筑垃圾。

陆上施工高峰期施工人员100人，按人均生活垃圾产生量1.5kg/d计，则陆上施工人员垃圾产生量约0.15t/d；海上施工高峰期施工人员200人，生活垃圾产生量按平均每人每天产生0.5kg计算，产生量为0.1t/d，则施工期施工人员生活垃圾总产生量为0.25t/d。船舶生活垃圾靠岸后定点集中收集，陆上施工人员生活垃圾在施工区集中收集，收集后均由环卫部门定时清运。陆域海缆登陆点及陆上换流站建筑施工产生的建筑垃圾量共计约5t。

4.2.1.6 对环境空气影响

本工程施工期大气污染源主要为施工基地及施工区各类施工船舶、车辆、机

械设备及施工供电柴油发电机等，各类机械设备均以柴油或汽油为燃料。施工机械和车辆运行会产生一定量废气，主要污染物质包括NO_x、CO、SO₂等。

此外在海域施工区，施工船舶和机械在运行中也会排放一定量的废气，影响海上大气环境质量。

4.2.1.7 对通航环境的影响

根据《三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW海上风电场通航安全影响论证》，虽然本工程与周围航线、航路距离较远，但船舶场外与场内运输线路将经过长江航道、大丰深水航道一期、大丰港区-南北航路、青岛-南北航路等。因此，施工期间，运输船舶会增加大丰港航道及附近习惯航路交通流量，与过往船舶航行存在一定的影响。

4.2.1.8 施工期污染物排放三本账

施工期污染物排放量汇总见表4.2-5。

表 4.2-5 施工期主要污染物排放“三本账”

种类	污染源	污染物	产生量	消减量	排放量	备注
悬浮泥沙	浅水与滩涂区域电缆铺设	SS kg/s	6.375	0	6.375	随潮流扩散
	近海深水区域电缆铺设		5.31	0	5.31	
污水	船舶生活污水	COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、动植物油等	17m ³ /d	17m ³ /d	0	经收集后统一运至陆上施工基地和陆上施工生活污水一并处理，达标后回用
	船舶含油污水	石油类	118.8kg/d	118.8kg/d	0	由具有相应资质的企业统一回收处理
	施工基地机械冲洗废水	SS、石油类	1m ³ /d	1m ³ /d	0	浮油送交有资质单位处理，其余污水处理达标后回用
	陆域生活污水	COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、动植物油等	10m ³ /d	10m ³ /d	0	

固体废物	船舶	生活垃圾	0.1t/d	0.1t/d	0	靠岸后定点集中收集，由环卫部门定时清运。
	陆域	生活垃圾	0.15 t/d	0.15 t/d	0	集中收集后均由环卫部门定时清运
		建筑垃圾	5t	5t	0	
施工噪声	海域	水上噪声	85dB(A)			/
		水下噪声	240dBre1 μPa-m			
	陆域	陆上噪声	80dB(A)			

4.2.2 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：

4.2.2.1 对海域水文动力影响

本项目建成后，风机墩柱在一定程度上改变了局部海底地形，因此可能对工程海域附近潮流场尤其是风机墩柱周围的流场产生一定影响，表现为海域局部流速、流向及潮位的变化。

4.2.2.2 对区域海域地形地貌与冲淤影响

本风电场在区域海域内呈斑点状分布。由于底流在钢管桩周围产生涡流，将海底泥沙搅动悬浮带走，因此将在一定程度上改变局部海床自然性状，使该区域的冲淤情况发生一定改变。

4.2.2.3 对区域海域水质影响

(1) 油类污染物

项目运行无生产污水排放，但风机设备日常运行需定期更换润滑油机油等，风机维修也会产生废弃油类污染物，部分油类属WHC1级，若处置不当可能造成水质污染。油类污染物收集后送交有资质的单位进行处置，不会对周边环境造成污染。

(2) 生产废水

升压站、换流站正常工况下，变压器无漏油及油污水产生，仅当变压器检修

或发生事故时产生少量的油污水，主要污染物为石油类。针对变压器可能因事故或检修发生的油污水排放，工程设计上已考虑设置事故油罐，油污水收集后送交有资质的单位进行处置，不会污染环境。

（3）生活污水

根据工程可行性研究报告，陆上换流站日常工作人员定员为40人，生活用水量按200L/人/d计，则生活用水量为8m³/d，生活污水产生量约6.8m³/d，主要为粪便污水和少量洗涤废水，主要污染因子为COD、BOD₅、氨氮和SS等。

4.2.2.4 对沉积物环境影响

由于本工程风机、海上升压站及海上换流站基础电化学防腐现阶段采用外加电流阴极保护防腐，工程运行期对沉积物环境基本没有影响。

4.2.2.5 对海洋生态和渔业资源影响

本工程运行期对海洋生态和渔业的影响主要来自于以下两方面。

（1）基础占压影响

运行期，本工程风机基础及防冲刷砂被会永久压占部分潮间带及潮下带底栖生境，48台风机及防冲刷砂被共永久压占潮下带底栖生境面积约2.75hm²，海上换流站基础及防冲刷砂被永久占用海域面积0.35hm²，海上升压站基础及防冲刷砂被永久占用海域面积0.16hm²。在风机和升压站、换流站桩基础占海部分范围内的原有泥质型的底栖生物类群不可恢复。

（2）水下噪声及电磁场影响

运行期风电场对海洋生态及渔业资源的影响主要来自风机运转产生的水下噪声和海上升压站/换流站、水下输电线路产生的电磁场。水下声环境敏感目标主要为水中的鱼类和海洋哺乳动物。风机运行水下噪声可能干扰鱼类及海洋哺乳动物捕食、躲避掠食动物或躲开障碍物，进而影响其生存。此外水下输电线路产生的电磁场也可能对海洋生物产生一定的影响。

（3）对渔业生产的影响

风电场建成运行后，为保护海底电缆和风机的安全运行，该海域禁止底拖网、抛锚，同时由于风机桩的分隔造成渔业捕捞面积缩小，在一定程度上降低渔业捕捞量，从而引起经济收入下降，对渔民的生产活动产生一定影响。同时，由于风

机桩的存在，特别是在迷雾天气，渔船与风机桩相撞的概率增加，对渔船和风机都存在一定的安全隐患。

4.2.2.6 对鸟类的影响

本项目运行期对鸟类的影响主要集中在风机运行对鸟类的影响。根据鸟类栖停迁飞特征的不同，主要分为以下两种情况，一是对邻近区域栖息、觅食鸟类的影响，二是对迁徙过境鸟类的影响。

本项目风电场区距离邻近陆域岸线约 72km，风机运行对邻近陆域栖息、觅食鸟类的直接干扰影响较小。同时，由于候鸟迁徙基本沿大陆海岸线进行，因此迁徙期候鸟基本不会穿越本风电场区而造成鸟机相撞的风险。

4.2.2.7 对声环境影响

根据风机厂家资料，本工程风力发电机组噪声值在110dB左右。

升压站的噪声主要来自室内的主变压器、电抗器和屋外配电装置等电气设备。变电所的噪声以中低频为主，正常情况下，主变压器噪声值为70dB，当断路器在动作时，瞬时噪声值最高可达100dB，但除设备调试安装时有数次动作发生，正常运行时一般极少发生；电抗器声级值一般为65dB。

海上换流站采用2台460MVA主变压器，噪声值参考相关文献约为105dB(A)左右。陆上换流站采用3台310MVA主变压器，噪声值参考相关文献约为85dB(A)左右。

4.2.2.8 电磁环境影响

类比布置条件相似的220kV变电站的环境电磁监测结果，海上升压站站界的工频电场强度在9.36V/m~460.28V/m之间，磁感应强度在31.35nT~361.5nT 之间，均低于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中公众暴露限值（工频电场强度 $\leq 4\text{kV/m}$ ，工频磁感应强度 $\leq 0.1\text{mT}$ ）。

类比相似的220kV海底电缆线路，海缆工频电场强度在 1.932V/m~1.949 V/m 之间，由于受屏蔽影响，电缆对沿线电磁环境基本无影响，远小于4kV/m的限值要求；工频磁感应强度在0.0568 μT ~0.2851 μT 之间，远小于0.1m T的限值要求。

类比布置条件相似的±320kV换流站竣工环境保护验收调查结果，换流站站界外的合成电场强度最大值约为(0.17~0.35)kV/m，80%值为(0.14~0.34)kV/m，满足标准规定的最大值25kV/m和80%测量值不超过15kV/m的标准限值要求。换流站站界外工频电场强度最大值为34.4V/m，工频磁感应强度为(0.032~2.12) μT，均满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)规定的工频电场强度4kV/m、工频磁感应强度0.1mT的标准限值要求。

类比相似的±320kV直流海缆，海缆衰减断面处合成电场强度最大值为(0.32~0.35)kV/m，满足30kV/m和居民区评价标准(25kV/m)的标准限值要求。

4.2.2.9 固体废弃物影响

(1) 生产固废

运行期风机、海上升压站、换流站日常维护产生少量废旧蓄电池、废油、含油锯末或棉纱等。产生的危废均由具备资质的专业处置单位拉至岸上处理。变电设备运行产生的废旧蓄电池由生产厂商负责回收。

(2) 生活垃圾

本工程固体废弃物主要为管理人员的生活垃圾，本工程运行期管理人员为40人，按每人每天生活垃圾产生量1kg/d计算，生活垃圾排放量约为40kg/d，收集后由环卫部门清运处置。

4.2.2.10 运行期污染物排放三本账

运行期污染物排放汇总情况见表 4.2-6。

表 4.2-6 运行期主要污染物排放三本账

种类	污染源	污染物	产生量	消减量	排放量	备注
废水	风机日常运行及维修	石油类	少量	少量	0	收集后送交有资质的单位进行处置
	生产废水	石油类	少量	少量	0	
	生活污水	COD、BOD ₅ 、SS、氨氮、动植物油等	6.8m ³ /d	6.8m ³ /d	0	统一收集外运
固体废物	生产固废	废旧蓄电池、废油、含油锯末或棉纱等	少量	少量	0	定点集中收集后由专业处置单位处理

物	运行维护	生活垃圾	40kg/d	40kg/d	0	集中收集后均由环卫部门定时清运
噪声	风机运转水上噪声	噪声 dB(A)	110	0	110	/
	海上升压站主变噪声		70	0	70	
	海上上换流站主变		105	0	105	
	陆上换流站主变		85	0	85	

4.3 环境影响要素识别及评价因子

根据以上分析，项目施工期和运行期环境影响因素及影响因子列表4.3-1和表4.3-2。

表 4.3-1 施工期环境影响评价因子一览表

环境要素		影响原因	影响性质	影响范围	评价因子	评价程度
自然环境	海洋水质	施工悬浮物、施工污水等排放影响工程海域环境	可逆，较小	风机及海底电缆沿线周边海域、升压站、换流站	悬浮物、COD、石油类	-3
	沉积物环境	施工污水排放及废弃物丢弃	可逆，较小		废弃物及其他、大肠菌群、病原体和石油类	-2
	海洋生态	悬浮物浓度增加，破坏浮游动植物、及底栖生物生境	部分不可逆，较大		浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源	-3
	陆生植被	工程施工可能对陆域植被产生一些影响	部分不可逆，较小	陆上换流站及海缆登陆段沿线	植被面积、生物量、生物多样性	-1
	鸟类	施工活动干扰鸟类栖息地、及其觅食活动	较小	施工区及邻近鸟类栖息地	鸟类数量、多样性	-1
	海洋水质、海洋生态	施工船舶碰撞溢油风险	中等	风电场附近海域	油类	-3
	环境空气	施工机械和施工车辆排放的尾气等	可逆，较小	陆上、海上工程施工区域	TSP、PM ₁₀ 、NO ₂ 、CO、SO ₂	-1
	声环境	施工机械和运输车辆运行时将产生噪声	可逆，较小		Leq (A)	-1
社会环境	航运	海上施工影响航运交通	可逆，较小	海上施工海域及设备运输航线	通行船只数量，航行安全	-1
	渔业生产	渔业资源受施工影响损失、渔业生产面积减小	部分不可逆，较大	风机及海底电缆沿线周边海域、升压站、换流站	渔业生产面积、捕捞生产	-2
	环境卫生	施工人员生活垃圾	可逆，较小	陆上、海上工程施工区域	-	-1
	人群健康	施工人员进驻	可逆，较小		-	-1

注：+有利影响；-不利影响；/无影响；

1：表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要的影响分析与预测；

2：表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行影响分析；

3：环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点评价。

表 4.3-2 运行期环境影响评价因子一览表

环境要素		影响原因	影响性质	影响范围	评价因子	评价程度
自然环境	海洋水文动力	对区域海洋水文动力环境造成一定影响	不可逆，较小	升压站、换流站、风机附近海域	潮汐、潮流	-3
	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情况	不可逆，较小	升压站、换流站、风机附近海域	冲淤深度	-2
	海洋生态	风机桩基压占底栖生物生境	部分不可逆，较小	升压站、换流站、风机桩基周围	底栖生物量	-1
	鸟类	风机运转对鸟类产生一定影响	中等	鸟类迁徙路线	鸟类数量、多样性	-2
	声环境	风机运转产生噪声	较小	升压站和风机区域	Leq（A）	-1
	电磁环境	海缆输电及电器设备运行将产生电磁场	较小	升压站及输电线路沿线	电、磁场强度	-1
社会环境	社会经济	促进地区社会经济发展	较小	大丰区	可持续能源利用	+1
	航运	风电场对航运交通影响	较小	风电场及海缆附近	通航安全	-1
	渔业生产	风电场影响渔业捕捞	中等	风电场征用海域	渔业生产面积、捕捞生产	-3
	环境卫生	管理人员生活垃圾和生活污水	较小	陆上集控中心	-	-1

注：+有利影响；-不利影响；/无影响；

- 1：表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要的影响分析与预测；
- 2：表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行影响分析；
- 3：环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点评价。

4.4 工程各阶段主要评价内容

表 4.4-1 主要评价内容一览表

评价深度	环境要素
3	水文动力（运行期）、海洋水质（施工期）、海洋生态及渔业资源（施工期、运行期）
2	海洋地形地貌与冲淤环境（运行期）、沉积物环境（施工期）、鸟类（运行期）、渔业生产（施工期、运行期）、溢油事故风险（施工期）
1	陆生植被、环境空气、声环境、电磁环境、社会经济、通航环境

注：1：表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要的影响分析与预测；

2：表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行影响分析；

3：环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点评价。

由上表分析可知，本工程环境影响评价重点为：

（1）工程分析：项目方案环境比选及环境合理性分析

（2）施工期环境影响评价：风机及海底电缆施工对海域水质、生态环境、渔业资源的影响评价。

（3）运行期环境影响评价：风机运行对海域水文动力、地形冲淤、生态环境、渔业生产和鸟类迁徙、栖息及其生境的影响评价

（4）环境风险评价：施工及运行期船舶碰撞溢油对海洋水质、海洋生态的风险影响评价。

（5）环保对策措施：项目风机布置及施工方案优化，海洋水质、沉积物、生态环境（渔业资源）保护及修复补偿措施拟定。

5 海域和陆域自然与社会环境现状

5.1 自然环境概况

5.1.1 地形地貌、地质

5.1.1.1 地形地貌

三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW海上风电场工程场址位于大丰区毛竹沙北侧海域，场址中心离岸距离72km，水深3~15m（海图水深）。场址西侧为陈家坞槽，东侧为草米树洋。场区东侧为一南北向砂脊，地势相对较高，滩面高程-3.4~0.1m，宽约2km，南北延伸长；砂脊西侧相对较低，地势变化较小，滩面高程-15.2~-6.9m。拟建风电场勘探期间测得各勘探孔位水深5.0~14.5m，其中场区中间勘探孔位水深为5.0~7.3m，大丰东沙沙洲属滨海相沉积地貌单元，表层以砂土、粉土为主。

5.1.1.2 区域地质

本工程场区位于江苏大丰东沙北侧、亮月沙东侧的海域，在构造单元划分上隶属扬子准地台苏北拗陷区中的大丰凹陷、南部拗陷。区内断裂构造发育，断裂走向可分为北东向、北西向和近东西向3组。近场区区域断裂描述如下（见图5.1-1）：

苏北滨海断裂（⑨）：苏北滨海断裂地处南黄海海域向苏北陆地过渡的滨海地区，走向北西，右旋走滑。它是苏北与南黄海新构造运动和现代构造运动的重要分界线，不仅控制了苏北海岸线的发育形态，断裂两侧构造线方向也有明显差异。依据江苏省地震工程研究院完成的《南黄海地震区划研究报告》（2001年），苏北滨海断裂由三段组成，北段位于废黄河口外至射阳河口外约15km的海域，长约55km；中段位于海丰农场海岸外30-40km的暗沙一庄家沙一带，长约64km；南段位于吕四镇东约19km处的海域。沿苏北滨海断裂多处分布喜山期玄武岩，并错断多条北东东向断裂。沿断裂多处分布喜山期玄武岩，并错断多条北东东向断裂。断裂附近历史上发生过十次以上破坏性地震，其中中段活动性最强，曾发生过2次6%和3次5~5%级破坏性地震。其中1984年发生的6.2级地震，上海及江苏、浙江部分地区震感强烈。综合分析，推断区内苏北滨海断裂是一条隐伏的晚第四纪

活动断裂。该断裂距离场区约17km。

陈家堡一小海断裂 (⑤): 陈家堡一小海断裂最早是由石油部门推断的, 在古近纪时江都隆起强烈上升, 而其北侧的高邮凹陷在断陷过程中接受了巨厚的阜宁群 (E1.2fn) 沉积。江都隆起和高邮凹陷之间存在一条巨大的断阶带, 通常被概括为陈家堡一小海断裂。该断裂系由多条断裂组成的一个隐伏断阶带, 其中主要断裂有2条, 走向北50°东, 倾向北西。陈家堡一小海断裂断距较大, 如在江都隆起上的扬州附近, 浦口组 (K2P) 埋深约120m, 而在高邮凹陷内的真武附近, 新近系底界埋深就达6400m之多。陈家堡一小海断裂明显控制了第四系沉积, 如在高邮凹陷南缘, 第四系等厚线方向与该断裂走向大体一致。沿陈家堡一小海断裂形成了4个串珠状第四系拗陷中心, 其厚度从120m至320m不等。沿该断裂带小地震活动较多, 且表现出北东向条带状分布图象。综合分析, 推断陈家堡一小海断裂是一条隐伏的早第四纪断裂。该断裂带位于场区西南侧, 距场区约25km。

南部拗陷南缘断裂 (⑧): 位于南黄海南部拗陷与勿南沙隆起之间, 走向呈NWW向舒缓波状延伸, 长97km, 断层面倾向NNE向, 为正断层性质。断层形成于晚白垩世末, 古近纪时强烈活动, 控制了南五凹陷的沉积, 使该凹陷呈NWW向。该断裂在H1265-2剖面中显示清晰, 断面北倾, 为正断层性质, 第四系底部已受断裂影响发生扰动。该断裂为早第四纪断裂。根据区域地质资料, 距拟建场址区约40km。

泰州断裂 (⑥): 泰州断裂位于泰州—溱潼一线, 溱潼凹陷南侧, 为小海凸起与海安凹陷之间的分界断裂, 走向N60°E, 倾向NW, 倾角45°。该断裂亦为数条近于平行的断裂组成的断阶带, 为同生断层, 具边断边沉积的活动特征。该断裂为早第四纪断裂。根据区域地质资料, 该断裂距拟建场址区约55km。

盐城—南洋岸断裂带 (④): 盐城—南洋岸断裂为第四系所覆盖, 据人工地震资料分析, 它位于盐城凹陷南侧, 总体走向北东。盐城凹陷内新生界沉积厚度达4000m以上。该断裂形成于晚白垩世, 主要活动期在始新世末, 具边断边沉积特点, 表现为古近系断距达1000m以上, 而新近系盐城组底部的断距为200—300m。据江苏省地震工程研究院完成的《南黄海地震区划研究报告》(2001年) 中的人工地震资料, 断层断至第四系底部地层。历史上在盐城、大丰一带曾多次发生4%级地震。据现代仪器记录, 沿断裂也多次发生过3.5级至5.1级地震。综合分析,

推断盐城一南洋岸断裂是一条隐伏的早第四纪断裂。距该场区约55km。

拼茶河断裂 (⑧): 拼茶河断裂呈近EW向分布于海安县城以东, 倾N向。拼茶河断裂是一条隐伏的具多期活动的断裂。该断裂是一条隐伏的晚第四纪活动断裂。根据区域地质资料, 该断裂距拟建场址区约100km。

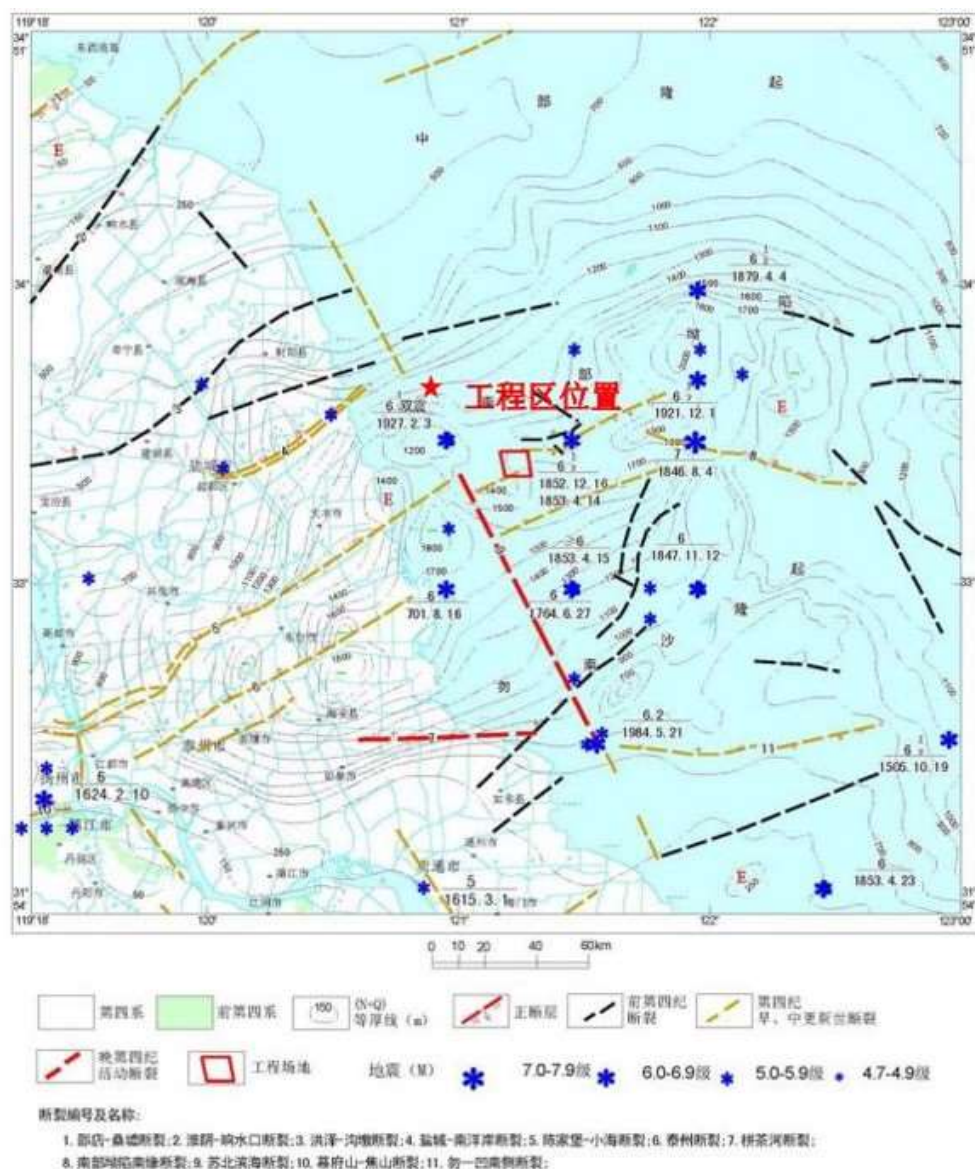


图 5.1-1 工程附近海域地质构造示意图

5.1.1.3 地震

场区位于华北地震区东南部的长江下游—黄海地震带上。该地震带为中强地震活动带, 其西侧为郯庐地震带, 南侧与华南地震区的长江中游地震带相接。地震活动的空间分布不均匀, 总体呈海强陆弱的分区特点, 以及成团成片分布的丛

集性特征，且具有较好的重复性。中强震较集中地分布在南黄海海域，其中6级以上地震就达10次之多。

重复性地震除主要分布在南黄海海域外，苏北沿海地区也有分布。经统计，可视为同一构造部位或原地重复发生的地震所占比例约54.5%。

5.1.1.4 不良地质现象

本场地位于南黄海内陆架海域，在地貌上属于南黄海辐射沙脊群南翼，海底滩面较平缓，未发现滑坡、地面沉陷等不良地质作用。由于工程场区位于近海海域，海水涨潮时，风机位置易受海浪冲刷，基础设计时需进行防潮水冲刷设计。

苏北滨海断裂位于场区南侧，距场区约17km，该断裂是一条隐伏的晚第四纪活动断裂，对现代海岸线的形成、发展有明显影响，建议场区海缆敷设采取相关措施减少区域断裂对其影响，初步建议对断裂带附近海缆采取S形敷设，敷设时该段海缆预留的长度不得低于5%。

5.1.2 气候气象

江苏省沿海属温带和亚热带湿润气候区，又属于东亚季风区，区内具有南北气候及海洋、大陆性气候双重影响的气候特征。受大气环流、海陆分布和地理条件等因素的共同影响，该地区季风气候占主导地位，风向季节性变化强，夏季盛行东南风，冬季盛行东北风。大丰区风能资源及其分布规律与江苏省沿海地区相同。

根据大丰气象观测站多年观测资料统计，多年平均气温为14.1℃，极端最高气温为38.4℃，极端最低气温为-11.7℃。多年平均降水量为1042.3mm，多年平均大气压为1016.5hPa，多年平均水汽压为15.4hPa，多年平均雷暴天数为31.7d，多年平均大雾天数59.2d。主要气象要素特征值见表5.1-1。

表 5.1-1 大丰气象站多年气象要素统计表

项目		单位	指标
气温	多年平均	℃	14.1
	多年极端最高	℃	38.4
	多年极端最低	℃	-11.7
降水量	多年平均降水量	mm	1042.3
	多年一日最大	mm	168.1
多年平均大气压		hPa	1016.5

多年平均水汽压		hPa	15.4
风速	多年最大	m/s	25
风向	多年主导		ESE
特殊 性天 气	平均雷暴天数	d	31.7
	最大冻土深度	cm	13
	平均大雾天数	d	59.2

5.1.3 风资源

(1) 区域风况

根据大丰气象站多年长期观测资料统计，1975～2014年多年平均风速为3.16m/s，其中1975～2004年人工站多年平均风速为3.39m/s，改为自动站测风后2004～2017年平均风速为2.44m/s。受周围环境变化的影响，该站自建站以来数次调整风速观测高度。虽然气象站观测高度从9m陆续调高到18.5m，但历年平均风速反而呈下降趋势，可见下垫面变化对风速观测影响较大。历年平均风速直方图见图5.1-2，历年平均风速年内变化直方图见图5.1-3，大丰气象站风向玫瑰图见图5.1-4。从气象站的年内变化看，3月、4月为大风月，9月、10月为小风月。统计多年平均各风向频率，主导风向为ESE，占 9%。

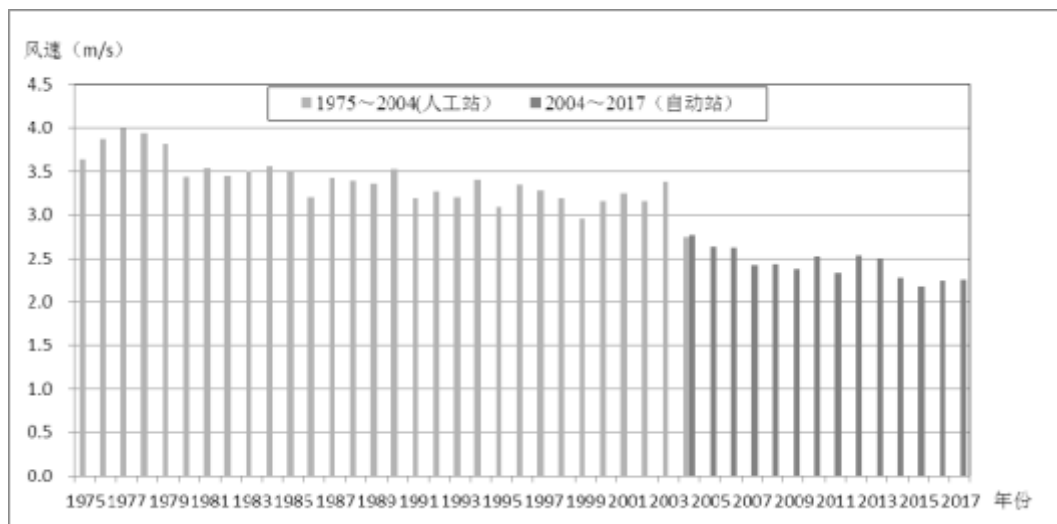


图 5.1-2 历年平均风速直方图

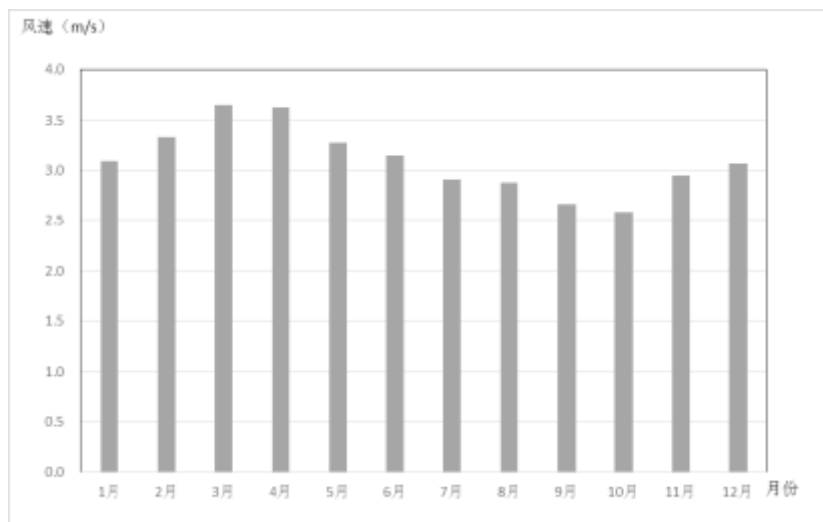


图 5.1-3 历年平均风速年内变化直方图

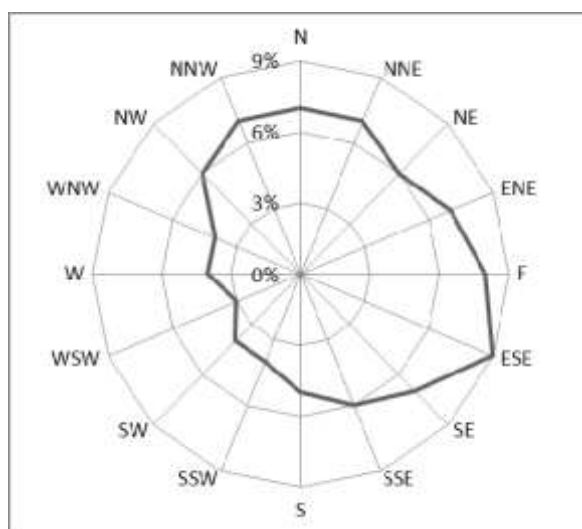


图 5.1-4 大丰气象站多年风向玫瑰图

(2) 场址区风能资源状况

本项目场区内设立有1座测风塔，即8588#测风塔，塔高100m（以海平面为基准），测风塔位于场址区西北方向，距离场址中心约31 km，离岸距离约45km。测风塔安装有两套设备，一套为美国NRG 设备，安装朝向为SE，另一套为德国AMM设备，安装朝向为NE，两套设备均在在100m、90m、80m、70m、50m、25m高度安装有风速计，在100m、70m、25m高度安装有风向仪。20m高度安装有温度、湿度和气压传感器。

风电场场址范围及气象站、现场测风塔地理位置示意图见图5.1-5。现场测风塔信息及测风设备配置表见表5.1-2。

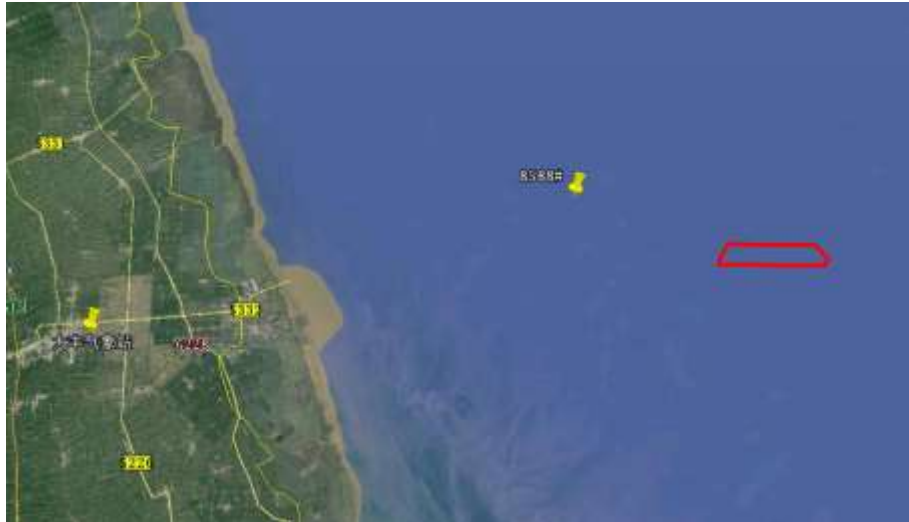


图 5.1-5 风电场场址范围及气象站、现场测风塔位置示意图

表 5.1-2 现场测风塔信息及测风设备配置表

塔号	塔高 (m)	经纬度	风速层	风向层	测风时段
8588#	100	N033°23'46.02" E121°15'20.28"	100、90、80、 70、50、25	100、 70、25	2014.12.10~2015.12.24

1) 风速、风功率密度评价

风电场110m、100m、90m、80m、70m、50m和20m高度年平均风速分别为7.70m/s、7.47m/s、7.58m/s、7.39m/s、7.44m/s、7.11m/s、和6.6m/s，对应的年平均风功率密度分别为537.6W/m²、489.6W/m²、512.8W/m²、465.7W/m²、471.2W/m²、409.6W/m²和334.2W/m²。风功率密度等级为4级。应用于并网风力发电好，说明位于风电场场址区风能资源较为丰富，具有经济可开发价值。

2) 风向和风能频率分布

风电场110m高度主风向为ESE方向（占9.6%）和SE方向（占9.5%），主风能出现在SSE方向（占12.7%）和SE方向（占10%）。风电场主风与主风能方向一致，且风电场主风能比较集中，对风机的布置较为有利，能减少风机间尾流影响引起的电量损失。

3) 场址区50年一遇最大风速

参考《三峡新能源江苏大丰300MW海上风电项目可行性研究报告》，考虑95%保证率时，大丰海上测风塔90m高度50年一遇最大风速为37.3m/s。

(3) 年平均风速

本阶段未收到大丰气象站与测风塔同期的实测数据，通过3Tier下载场址区域

100m高度1981~2017年MERRA再分析数据对区域风能资源进行分析。场址区域100m高度1981~2017年各月平均风速变化如表5.1-3。

表 5.1-3 场址区域 100m 高度各月平均风速统计表单位：m/s

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
1981	7.43	7.20	7.52	7.48	7.65	7.03	7.42	5.48	6.75	7.21	7.71	7.10	7.16
1982	6.99	6.11	7.58	7.03	9.02	5.59	6.52	7.30	5.26	5.24	7.24	7.16	6.76
1983	6.05	6.82	7.11	8.75	7.50	6.96	7.65	5.91	6.26	5.91	6.23	6.94	6.84
1984	6.82	6.48	7.38	7.16	7.03	7.29	6.77	8.48	4.91	5.82	6.48	7.47	6.85
1985	7.28	7.54	6.56	7.41	7.27	6.60	7.42	7.05	6.09	6.99	7.22	7.19	7.05
1986	6.96	6.46	6.65	6.70	6.54	6.53	7.13	6.83	5.43	5.99	6.25	7.27	6.57
1987	7.44	8.46	7.62	7.60	7.27	6.54	7.59	6.10	6.42	6.81	7.61	6.56	7.16
1988	6.70	7.29	7.15	7.40	7.32	6.34	7.88	4.74	6.96	5.82	7.75	7.17	6.87
1989	6.69	7.02	7.97	7.14	5.80	6.66	7.20	6.46	6.14	6.23	6.88	6.01	6.68
1990	6.83	7.22	6.51	8.26	7.55	7.52	7.65	5.63	7.09	5.12	7.17	6.70	6.93
1991	6.86	7.02	7.07	6.61	6.80	6.09	7.48	5.70	6.54	5.75	6.12	6.58	6.55
1992	6.23	6.25	7.01	6.93	6.17	6.03	6.37	6.33	7.93	6.80	6.78	6.39	6.60
1993	7.11	7.24	6.56	7.24	6.53	6.82	6.19	5.45	4.26	6.17	7.35	7.61	6.54
1994	6.66	7.06	6.84	7.21	8.32	6.12	6.51	8.86	5.87	7.30	6.36	7.21	7.03
1995	6.48	6.16	7.42	6.59	8.12	5.72	7.57	6.99	5.93	5.31	6.64	6.12	6.60
1996	6.22	7.60	7.40	7.21	5.88	7.11	7.90	5.75	5.55	6.63	7.82	6.38	6.78
1997	6.49	6.46	6.71	6.51	7.32	5.66	5.96	6.95	6.41	5.94	6.77	7.17	6.53
1998	7.81	7.89	7.24	7.89	6.57	6.36	7.07	5.84	6.23	5.39	6.23	6.16	6.71
1999	6.29	6.60	7.84	7.21	7.19	6.33	5.79	5.62	7.61	6.15	6.61	6.49	6.64
2000	8.42	5.91	6.67	7.87	7.46	5.99	6.56	6.87	7.26	6.60	7.10	6.55	6.94
2001	8.01	6.85	7.65	7.09	6.43	6.59	7.58	5.98	6.78	6.34	5.95	7.82	6.93
2002	7.03	5.38	6.67	7.58	6.22	6.69	6.35	6.61	5.93	7.39	7.27	7.94	6.77
2003	6.99	6.79	7.37	7.29	6.75	6.42	7.02	7.04	6.04	6.73	7.52	6.96	6.91
2004	6.30	7.49	7.29	8.36	7.14	6.01	7.29	6.44	6.69	6.05	6.24	7.51	6.90
2005	6.22	7.61	7.25	7.56	7.27	7.02	6.59	7.51	7.40	6.16	6.38	8.19	7.09
2006	7.07	7.67	7.49	8.41	7.94	6.51	7.50	5.66	5.66	4.84	7.65	5.88	6.85
2007	6.18	6.83	8.28	6.77	8.00	6.32	5.62	6.98	6.34	6.17	5.75	7.00	6.69
2008	7.64	6.12	6.83	6.97	7.53	7.29	8.14	5.37	6.45	4.89	6.10	7.69	6.76
2009	6.59	7.01	7.23	7.15	6.07	6.79	6.43	6.87	5.67	5.59	7.88	6.86	6.67
2010	7.42	7.90	8.97	7.34	7.36	5.24	6.79	5.75	5.93	6.83	5.72	8.66	6.99
2011	6.70	6.52	6.38	7.28	7.59	6.91	7.24	6.73	7.12	5.73	7.31	6.44	6.83
2012	6.41	7.15	7.07	8.44	5.72	6.38	7.30	7.87	6.65	5.67	7.43	7.79	6.99
2013	6.17	6.62	8.15	8.20	7.32	6.20	8.02	7.14	5.68	7.02	6.95	6.54	7.01
2014	6.44	7.93	7.15	6.56	7.63	5.46	6.65	5.49	6.16	6.54	6.42	7.38	6.64
2015	6.87	6.10	6.22	7.31	6.51	6.41	5.98	5.97	5.31	5.14	6.91	6.42	6.26
2016	7.41	7.22	6.95	7.12	6.90	6.12	7.00	5.74	5.83	7.45	6.79	6.86	6.78
2017	6.74	7.33	6.19	7.33	7.08	5.45	6.82	6.00	6.30	7.92	6.45	6.29	6.66

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
近 30 年平均													6.77
近 20 年平均													6.80
近 10 年平均													6.76

(4) 月平均风速

场址区域100m高度近30年月平均风速变化如表5.1-4所示。

表 5.1-4 场址区域 100m 高度近 30 年及 2015 年风速统计表

单位：m/s

时间	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
多年	6.83	6.94	7.18	7.36	7.02	6.35	6.95	6.34	6.32	6.19	6.81	6.96	6.77
2015 年	6.87	6.10	6.22	7.31	6.51	6.41	5.98	5.97	5.31	5.14	6.91	6.42	6.26

(5) 平均风向

场址区域100m高度风向玫瑰图如图5.1-6所示。由图可见，场址区域多年主导风向为N和SSE方向。

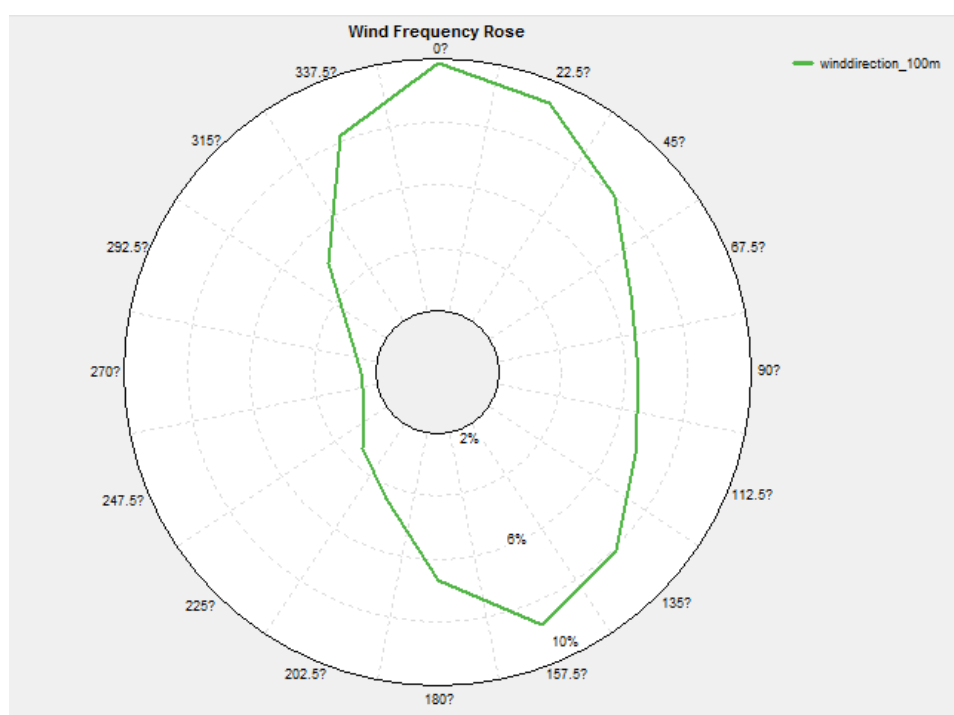


图 5.1-6 场址区域 100m 高度风向玫瑰图

(6) 风向频率

风电场110m高度风向及风能频率见表5.1-5，风向玫瑰图见图5.1-7，风能玫瑰图见图5.1-8。

表 5.1-5 风电场 110m 高度风向、风能频率表

风向\频率	110m		风向\频率	110m	
	风向频率 (%)	风能频率 (%)		风向频率 (%)	风能频率 (%)
N	7.8	7.4	S	4.5	4.8
NNE	7.5	6.6	SSW	4.1	1.7
NE	7.1	6.6	SW	3.1	1.3
ENE	6.6	4.9	WSW	3.2	3.6
E	8.2	6.6	W	2.8	2.4
ESE	9.6	6.6	WNW	5.3	8.1
SE	9.5	10.0	NW	5.8	8.1
SSE	8.3	12.7	NWW	6.4	8.3



图 5.1-7 场址区域 100m 高度风向玫瑰图



图 5.1-8 风电场 100m 高度全年风能玫瑰图

5.1.4 潮汐

工程海区潮汐类型为规则半日潮，理论深度基准面位于平均海平面以下 2.49m，工程海域设计水位和不同重现期水位见表 5.1-6。

表 5.1-6 设计水位和极端水位成果表

项目	1985 国家高程 (m)
设计高水位	2.35m
设计低水位	-1.90m
极端高水位 (50 年一遇)	3.64m
极端低水位 (50 年一遇)	-3.36m
100 年一遇高水位	3.79m
100 年一遇低水位	-3.49m

5.1.5 潮流

工程海域潮流性质属规则半日潮流区。工程场区潮流呈现出较强的旋转流特性，总体平均流速超过 0.5m/s，实测最大流速约 2.33m/s。各测站各层潮流的可能最大流速介于 0.94m/s~2.53m/s 之间。

5.1.6 波浪

工程海域全年有效波高 (H_s) 平均值为 0.52m，最大波高 (H_{max}) 最大值为 2.75m，周期 (T_a) 平均值为 2.85s，最大值为 5.69s。从有效波高 (H_s) 平均值看，总体较小，在 0.42~0.67m 之间。从最大波高 (H_{max}) 的最大值看，9 月份出现全年最大值 3.70m。全年常浪向为 NNE~E~SE，出现频率共占 90.83%，其中 NNE~NE、ENE~E、ESE~SE 向分别占 41.67%、28.98%、20.17%；全年最大波高 (H_{max}) 出现在 NE 向，为 3.70m，次强浪向为 NNE、ENE 和 E 向，最大波高 (H_{max}) 也均在 3.0m 左右。

采用丹麦水利研究所 (EHI) 的 MIKE 软件搭建涵盖整个辐射沙洲海域的平面二维风浪数值计算模型 (MIKE21 SW)，50 年一遇极端高水位下 $H1\%$ 为 5.12~5.54m。

5.1.7 泥沙

冬季调查期间测区平均含沙量为 0.531kg/m³，夏季调查期间测区平均含沙量为 0.258kg/m³。测区悬沙的主要粒级为 0.002~0.032mm，核心粒级为

0.004~0.016mm。悬沙组成以粉砂为主体，其次是粘土。调查采样区表层沉积物较粗，中值粒径在 $15.32\mu\text{m}$ ~ $198.96\mu\text{m}$ 之间，其平均值为 $88.13\mu\text{m}$ 。调查区域底质的粗细变化特征为：深槽部位底质颗粒较细，浅滩部位较粗。中值粒径较大的均分布在浅滩区域，中值粒径较小的均分布在深槽区域。冲淤以东沙、高泥间大腰门为界分为南北两种显著不同的类型。南部区域冲淤变化较为复杂，有较强烈的侵蚀或堆积过程，地形变化较大，整体有自北向南迁移特征；北部地区变化规律性明显，以脊槽相间的模式，沙脊基本保持其原有走向整体由西向东迁移。

5.1.8 风暴潮

风暴潮常常是伴随台风或寒潮而来，尤其是当风暴潮发生的时间与天文潮高潮时间相重，易造成特大增水。

台风风暴潮，多见于夏秋季节。其特点是，来势猛、速度快、强度大、破坏力强。中国东南沿海是这类风暴潮的多发地段。我国东海沿岸23个验潮站1950~1997年的观测资料表明，从江苏吕四到福建东山，这一岸段的最大增水值在130cm~502cm之间，变幅较大，地区差异明显，而江苏沿海最大增水可达300cm。1951年8月21日，连云港发生台风增水达185cm；1977年9月11日，吕四台风增水值达246cm。“9711”号台风增水，致使江苏沿岸测站和内陆江河测站几乎全部超过警戒水位，本次台风过程，洋口港西太阳沙潮位站观测到的最高潮位为4.94m（8月18日23:00），天文潮位3.66m，台风增水达1.28m，台风最大波高为6.90m。

温带气旋风暴潮多发生在春、秋季节，对于我国东海地区来说，此类型的风暴潮增水幅度比台风增水小，成灾机会也小。

5.2 社会环境概况

5.2.1 行政区划及人口

本工程所在地大丰区是江苏省盐城市市辖区，地处江苏省东部、黄海之滨，东临黄海，西连兴化市，南与东台市接壤，北与盐城市亭湖区交界，拥有112公里km长的海岸线，总面积3059km²，总人口71.45万人（2017年末）。辖2个街道、11个镇、两个省级开发区，境内有江苏省属农场和沪属农场各3个。

5.2.2 社会经济

2016 年大丰区全区完成地区生产总值579.09亿元，同比增长9.5%。其中，第一产业增加值77.69亿元，增长1.3%；第二产业增加值223.77亿元，增长10.5%；第三产业增加值277.61亿元，增长10.8%。三次产业增加值比例调整为13.4:38.7:47.9，其中第三产业占比较上年提高2.1个百分点。全年人均地区生产总值82412元。全年全区居民人均可支配收入25444.8元，同比增长9.3%，城镇常住居民人均可支配收入31104.4元，增长8.2%；农村常住居民人均可支配收入19480.3元，增长8.7%。

5.2.3 海洋经济

大丰区海洋经济产业主要包括海洋渔业、港口工业、海洋生物医药、风电产业等。

2016年大丰区实现渔业总产值36.73亿元，全年水产品总产量17.70万吨，其中海水产品7.53万吨。大丰区的港口工业主要集中于大丰港经济区，大丰港经济区辖区面积500km²，已形成新能源、石化与新材料、新型医药、冶金及机械制造、木材及农产品加工5大特色产业，并逐渐建成石化产业园、生物医药产业园、海洋生物产业园、木材产业园、风电产业园、不锈钢产业园、石材产业园、海港新城和海洋科教城等园区。大丰风电场规划容量1000万kW，其中陆上(沿海潮间带)风电场规划100万kW，海上(潮间带)风电场规划900万kW，风电场规划容量占江苏总量的三分之一，是江苏千万千瓦级海上风电基地建设的重要组成部分，目前大丰区风电上网电量已突破12.2亿kWh。

5.2.4 交通

(1) 公路

盐城地处长江中下游平原里下河地区，境内腹地广阔，东临黄海，南下通泰，西连淮扬，北接连云港，是“京沪东线”的重要节点，已融入长三角2 小时都市圈。境内基本形成以宁靖盐、沿海、盐徐 3 条高速公路为主骨架，204 国道、331 省道等“六纵十二横”干线公路为支撑的公路运输网络，陆运条件良好。

(2) 铁路

盐城市主要铁路为新长铁路，贯穿南北，盐城站开通全国客货运，连盐铁路

开始建设。风电场工程位于江苏省滨海县近海，距工程所在区域最近的火车站为盐城站。

(3) 民航

距离风电场场址最近的机场是盐城南洋国际机场，其位于江苏省盐城市亭湖区南洋镇境内，距市中心直线距离约 8.3km，并和宁盐、连盐、淮盐、盐通等高速公路连接。

目前已开通盐城至韩国首尔，中国台北、北京、哈尔滨、武汉、昆明、沈阳、长沙、厦门、广州、香港等 11 条国际国内航班。

(4) 港口

本工程区附近港口众多，其中大型港口为大丰港，其位于江苏省海岸中部，“西洋深槽”西岸，为国家一类开放口岸。大丰港10万t级系列泊位、二期工程10万t级散杂货码头于2009年11月建成通航，石化码头已经完成工可等报告编制，岸线使用国家交通部即将批准，桩基工程正在抓紧组织推进。三期工程 4 个集装箱泊位和10万t级航道正在开展前期工作。

大丰港集疏运体系完善。与沿海高速、新长铁路、通榆运河相连，经苏通长江大桥到上海市区仅2小时车程，毗邻盐城机场。目前，大丰港四级疏港航道、徐大高速大丰港段、新长铁路大丰港支线正抓紧建设，海陆空、现代化立体交通网络初步形成，成为江苏新型的海河联运口岸。

(5) 航道

目前大丰港进出港航道为西洋水道，其为江苏沿海辐射沙洲群中最北面且距岸最近的一条深水潮汐水道，介于潮滩与东沙之间向 NNW 开口，又以小阴沙、瓢儿沙为界，分为东西槽，西槽基本与岸线平行，-12m深槽直通外海，其尾部伸向东台海滩，大丰港航道位于西洋中段，主槽水深 10~20m，其中20m深槽东西宽约2.5km，南北长约10km。3h乘潮累积频率为90%的水深可以满足5万t级船舶的进出港要求，2万t级船舶可以全天候进出。

5.2.5 电网现状

盐城电网位于苏中电网的东部，至2013年底，全市累计用电275.16亿千瓦时，同比增长22.12%，其中工业累计用电204.19亿千瓦时，同比增长24.14%。全市最高负荷为 477.3万千瓦，比上年的364.2万千瓦增长31%；沿海工业的快速增长，

拉动全市用电量的高速增长，全年响水用电增长60.02%。

至2013年底盐城市全市有500kV变电所2座，主变4台，容量3500MVA，500kV线路7条，总长度415.29km；220kV变电站 31 座，主变51台，变电容量8340MVA，220kV线路103条，长度2933.74km；110kV变电站105座，主变160台，变电容量8820MVA，110kV线路201条，长度2833.31km。

本工程为风力发电，将为当地电网提供优质清洁电力，区域电网建设也为工程的电力接入提供便利条件。

5.3 海洋资源概况

5.3.1 港口航道资源

大丰港区位优势显著。它位于江苏沿海 954km 海岸线的中心位置，距离韩国釜山港 420 海里、日本长崎港 430 海里、俄罗斯海参崴 1368 海里、上海港 250 海里，北侧紧邻射阳港，是国家首批对台直航的 63 个港口之一，是我国中西部地区重要的出海大通道。

大丰港建港条件优越。它有一条平行于海岸-15m 等深线、宽 3~4km、长 55km 的“西洋深槽”，与外海贯通，可进出 10 万吨级巨轮。“西洋深槽”东侧有一小阴沙形成天然屏障，为港口防风避浪。

大丰港集疏运体系完善。与沿海高速、新长铁路、通榆运河相连，经苏通长江大桥到上海市区仅 2 小时车程，毗邻盐城机场。目前，大丰港四级疏港航道、徐大高速大丰港段、新长铁路大丰港支线正抓紧建设，海陆空、现代化立体交通网络初步形成，成为江苏新型的海河联运口岸。

目前大丰港进出港航道为西洋水道，其为江苏沿海辐射沙洲群中最北面且距岸最近的一条深水潮汐水道，介于潮滩与东沙之间向 NNW 开口，又以小阴沙、瓢儿沙为界，分为东西槽，西槽基本与岸线平行，-12m 深槽直通外海，其尾部伸向东台海滩，大丰港航道位于西洋中段，主槽水深 10~20m，其中 20m 深槽东西宽约 2.5km，南北长约 10km。3h 乘潮累积频率为 90%的水深可以满足 5 万 t 级船舶的进出港要求，2 万吨级船舶可以全天候进出。进出大丰港的海上航线包括南北航线、沿岸航路及大丰港进港航道。

5.3.2 岸线、滩涂资源

大丰区标准岸线长约 204km。其中“台丰线”至川东港，主要用于湿地生态保护及麋鹿野生放养；川东港北侧至七中沟，主要用于风力发电及养殖业，由中电风电公司投资的 20 万 kW 风力发电项目已开工，现建风电塔基 81 个，装机容量达到 6 万 kW；七中沟至王港南侧，主要用于养殖业及种植业；王港至三卯西河口，主要用于港口、码头、临港工业及旅游业，港口一期工程建有码头一座，5000t 泊位两个；三卯西河口北侧至四卯西河口，主要用于养殖业；四卯西河口北侧至斗龙港口，主要用于养殖业；斗龙港口北侧至“射丰线”，主要用于丹顶鹤及湿地生态保护。

大丰区海岸线占全省海岸线的 11%，滩涂面积 116 万亩，占全省滩涂面积的 12%，每年还以 2 万公顷的速度在继续淤长。因此，大丰区沿海滩涂作为地处海陆交接带并不断演变的特殊生态系统，给大丰提供了大量的新生陆地，是重要的后备土地资源，是促进沿海经济持续、快速、健康发展的重要渠道。大丰沿海滩涂生物种类繁多，潮带分布有各类植物 400 余种及 100 余种颈椎动物。

5.3.3 渔业资源

工程区及附近海域位于吕四渔场的西南部，渔业资源丰富。吕四渔场位于南通市和盐城市的东部，北纬 32°~34°，东经 122° 30′ 以西水域，其南面是长江口渔场、北面是海州湾渔场及连青石渔场，东面是大沙渔场。渔场总面积约为 31080km²，是江苏南部沿岸的主要渔场。渔场内有近百处大小沙洲。渔场水深一般在 10~30m 之间。吕四渔场处于赤道暖流的支流—黄海暖流、长江径流和苏北沿岸水团等三个不同水系的交汇处，水体营养物质丰富，各种浮游生物种类繁多、数量巨大，是各种鱼虾蟹摄食的好场所，成为中国最著名的渔场之一。吕四渔场还是多种名贵水产品的繁殖和摄饵的优良渔场。历史上是著名的大黄鱼产卵渔场，大黄鱼年产量曾经高达 8 万多吨，目前还是小黄鱼、银鲳、灰鲳、带鱼、鱿鱼、章鱼、梭子蟹、海鳗、海蜇、安康鱼、各种虾类、文蛤、西施舌、毛蚶、海螺等的重要渔场。目前吕四渔场捕捞的主要形式是帆张网、虾拖网、流刺网、定置刺网和其它小型作业。紫菜、文蛤等海水养殖也全部在吕四渔场内进行。

吕四渔场鱼、虾、蟹、贝各类水产资源丰富，渔汛以春夏汛为主。4~6 月，渔场水温上升到 12~20℃，雨量逐渐增多，潮汐增大，沿岸水道及沙槽水流加

快,尤其是在大潮汛涨、落时,水流湍急,此时水质肥沃,水温适宜,许多洄游性鱼、虾、蟹类从外海越冬场洄游来渔场产卵繁殖,形成渔汛。

5.4 重要渔业生物生境

本评价区域的主要经济渔业生物有黑鲷、刀鲚、凤鲚、棘头梅童鱼、半滑舌鲷、大银鱼、鳙、斑鲈、海鳗、小黄鱼、鲮、带鱼、短吻舌鲷、焦氏舌鲷等。

(1) 鱼类

本区域鱼类按栖息水层可分为中上层鱼类、中下层鱼类和底层鱼类。中上层鱼类有斑鲈、鳙、大银鱼、康氏侧带小公鱼、赤鼻棱鲷、中颌棱鲷;中下层鱼类有刀鲚、龙头鱼、银鲳、带鱼、小带鱼;底层鱼类有黑鲷、焦氏舌鲷、白姑鱼、香鲷、孔虾虎鱼、矛尾虾虎鱼、小眼绿鳍鱼、凤鲚、棘头梅童鱼、星康吉鳗、长丝虾虎鱼、小头栉孔虾虎鱼、短吻舌鲷、半滑舌鲷、多疣鮟、皮氏叫姑鱼、小黄鱼、细纹狮子鱼、鮟、海鳗、拉氏狼牙虾虎鱼、日本须鲷、鲮、黄鲫、多鳞鱖、。

按分布区域和范围划分,本区域鱼类基本属于两个生态类型,即地方性鱼类和洄游性鱼类。

地方性鱼类: 栖息在河口、岛礁和较浅水域,随着环境的变化,作深浅水季节性移动。属于这一类型的种类多为近海暖温性地方性种群。如黑鲷、棘头梅童鱼、半滑舌鲷、拉氏狼牙虾虎鱼、香鲷、孔虾虎鱼等。

洄游性鱼类: 多为暖温性及暖水性种类,分布范围较大,有明显的洄游路线,部分种类作较长距离的洄游。如小眼绿鳍鱼、斑鲈、刀鲚、鳙、**小黄鱼**、**镰鲳**、大银鱼、暗纹东方鲀、带鱼、**银鲳**、黄鲫、凤鲚等。

(2) 虾蟹类

葛氏长臂虾: 暖温性种,是我国和朝鲜近海的特有种,分布于东海北部及以北海域,江苏、浙江近海都有分布,北纬 29°N 以北海域数量较多,分布区域性明显。春夏季葛氏长臂虾从外侧海区进入沿岸浅水海域产卵,在长江口海域、江苏沿海、浙江北部岛屿周围海域分布密集,7 月~8 月当年生幼虾在浅水海域索饵成长,秋冬季移向外侧深水区域索饵和越冬,在北纬 30° 30' N 以北,东经 127°以西的广大海域均有分布。

口虾蛄: 口虾蛄是沿海近岸性物种,喜栖于浅水泥沙或礁石裂缝内,我国南

北沿海均有分布。口虾蛄在黄渤海湾产量较多。口虾蛄一周年可达性成熟，其繁殖期一般为 4 月份至 9 月份，而繁殖盛期是 5 月份至 7 月份，南北各地略有差异。

日本蟳：生活在低潮线附近，栖息于有水草或泥沙的水底或潜伏石下。广泛分布于我国渤海、黄海、东海、南海沿岸岛礁区及浅海水域，为我国最普遍的常见蟹类，属广温广盐性种类。在东海，主要分布在长江口以北的 20 m~40 m 水深海域及东海沿岸 10 m~30 m 水深岛礁附近海域，在长江口以北，主要为拖虾网、蟹笼所利用。

三疣梭子蟹：栖居于水深 10~30 m，常隐伏沙下或海底物体边。4~7 月为产卵季节，抱卵亲蟹聚集于河口附近。为重要经济蟹类。梭子蟹分布在底层水温 12℃ 以上海区越冬，春季随着天气转暖，水温回升，性成熟个体自南向北，从越冬海区向近岸浅海、河口、港湾作产卵洄游，3~4 月在福建沿岸海区 10~20 m 水深海域，4~5 月在浙江中南部沿岸海域，5~6 月在舟山、长江口 30 m 以浅海域形成梭子蟹的产卵场和产卵期。产卵场底质以沙质和泥沙质为主，水色混浊，透明度较低，底层水温一般在 14~21.3℃，盐度 15.8~30.1。产卵后的群体，分布在长江口、舟山渔场索饵。6~8 月孵出的幼蟹分布在沿岸浅海区肥育、成长，秋季个体逐渐长大并向深水海区移动。8~9 月近海水温继续上升，外海高盐水向北推进，产卵后的索饵群体和当年成长的群体一起，北移至长江口、吕四、大沙渔场，中心渔场底层水温 20~25℃，盐度 30~33。10 月份以后，随着北方冷空气南下，沿海水温逐渐下降，索饵群体自北向南，自浅水区向深水区作越冬洄游。

5.4.1 旅游资源

大丰是南北海洋生态资源汇集的节点，长江、黄河大量的泥沙在南北海洋流的作用下，在大丰海边沉积，形成了独特的滩涂风光，提供了辽阔廉价的旅游发展用地，江苏仅有的国家级自然保护区大丰麋鹿国家级自然保护区及盐城国家级珍禽自然保护区知名度高，大大提高了大丰旅游地位，以大丰为中心的江苏沿海滩涂风光带与长江三角洲区域内的江苏沿长江历史文化风光、环太湖江南风光、上海大都市风光首尾衔接、各具特色、相互呼应。

5.4.2 风能资源

江苏省作为国家的千万千瓦级风电基地之一，是海上风电发展最为迅速的省份。根据《江苏省海上风电场工程规划》确定的发展目标：2020 年建成 700 万 kW 海上风电场，将建设条件较好，航运、军事等制约因素相对较少的风电场，作为海上风电示范项目，先行开发建设。江苏省沿海属温带和亚热带湿润气候区，又属于东亚季风区，区内具有南北气候及海洋、大陆性气候双重影响的气候特征。受大气环流、海陆分布和地理条件等因素的共同影响，该地区季风气候占主导地位，风向季节性变化强，夏季盛行东南风，冬季盛行东北风。大丰区风能资源及其分布规律与江苏省沿海地区相同。

5.5 环境敏感区、环境敏感目标和主要保护对象的现状及分布

本工程区域涉及的主要环境敏感区为江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区、麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区。工程与各个环境敏感区的相对位置关系见附图 4。

5.5.1 江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区

5.5.1.1 保护区物种丰富度特征

根据《江苏省海岸带和海涂资源综合调查报告》、《江苏植物志》和《江苏省盐城国家级珍禽自然保护区综合科学考察报告》等相关文献资料记录，汇总整理获得的保护区主要动植物类群物种丰富度特征如表 5.5-1 所示。

表 5.5-1 盐城国家级珍禽自然保护区物种丰富度特征

脊椎动物种数			维管束植物种数		
分 类	调查报告*	科考报告***	分 类	植物志**	科考报告***
两栖类	9 种	8 种	蕨类植物	134 种	20 种
爬行类	18 种	26 种	裸子植物	300 种	19 种
鸟类	104 种	394 种	被子植物	2000 种	520 种
兽类	15 种	31 种	-	-	-
鱼类	150 种	285 种	-	-	-
合计	296 种	744 种	合计	2434 种	559 种

注：*《江苏省海岸带和海涂资源综合调查报告》(江苏省海岸带和海涂资源综合考察队，1985)；

**《江苏植物志》(江苏省植物所编. 南京: 江苏人民出版社, 1976);

***《江苏省盐城国家级珍禽自然保护区综合科学考察报告》(南京师范大学等, 2005 年)。

此外, 保护区内有记录的生物类群还有: 昆虫 508 种, 近海底栖和潮间带动物(含保护区内水体中的底栖动物)共有 325 种, 浮游动物 98 种, 固着性海藻 83 种, 浮游植物 190 种。

5.5.1.2 保护区鸟类及其特点

依据《自然保护区类型与级别划分原则》(GB/T 14529-93), 盐城国家级珍禽自然保护区类型为野生生物类别中的野生动物类型。保护区的主要保护对象为湿地珍禽及淤长型海涂湿地生态系统, 包括丹顶鹤、白头鹤、白枕鹤、灰鹤、白鹳、黑鹳、黑脸琵鹭等珍禽以及哺乳动物獐等, 同时保护候鸟的迁徙通道, 以及北亚热带边缘的典型淤泥质平原海岸景观。

根据《江苏盐城沿海湿地珍禽国家级自然保护区综合科学考察报告》以及相关资料记载, 盐城国家级珍禽自然保护区有记录的鸟类有 394 种, 隶属 19 目 52 科, 其中物种数在 10 种以上的目有: 雀形目 (Passeriformes)、鸻形目 (Charadriiformes)、雁形目 (Anseriformes)、隼形目 (Falconiformes)、鸥形目 (Lariformes)、鹳形目 (Ciconiiformes) 和鹤形目 (Gruiformes)。从居留型来看, 其中留鸟 30 种, 占 7.61%; 夏候鸟 56 种, 占 14.21%; 冬候鸟 119 种, 占 30.02%; 过境迁徙鸟 (旅鸟) 204 种, 占 51.78%。作为东亚-澳大利亚候鸟迁徙路线上的重要驿站, 过境迁徙鸟在区域鸟类群落组成中占据有至关重要的位置, 每年有 300 多万只候鸟在春秋季节迁徙期经过盐城国家级珍禽自然保护区, 其中绝大部分为鸻鹬类。

在保护区内有记录的国家一级重点保护鸟类有丹顶鹤 (*Grus japonensis*)、白头鹤 (*Grus monacha*)、白鹤 (*Grus leucogeranus*)、白尾海雕 (*Haliaeetus albicilla*)、东方白鹳 (*Ciconia boyciana*) 等 10 种, 国家二级重点保护鸟类有黑脸琵鹭 (*Platalea minor*)、大天鹅 (*Cygnus cygnus*)、鸳鸯 (*Aix galericulata*)、白枕鹤 (*Grus viopio*)、灰鹤 (*Grus grus*)、大鵟 (*Buteo hemilasius*)、红隼 (*Falco tinnunculus*) 等 65 种; 列入《中国濒危物种红皮书》的稀有种有 15 种, 濒危种有 7 种, 易危种 11 种; 列入《中日候鸟保护协定》的鸟类有 190 种, 占该协定保护鸟类种数的 83.70%; 列入《中澳候鸟保护协定》的鸟类有 58 种, 占该协定保护鸟类种数

的 71.60%。保护动物有丹顶鹤、白头鹤等 15 种，二级保护动物有大天鹅、小天鹅等 74 种，中日候鸟协定中规定的 227 种中鸟类的 160 种（占 70%）。

5.5.1.3 重要鸟类类群的数量与分布

（1）丹顶鹤

丹顶鹤为鹤形目鹤科的大型涉禽，IUCN 濒危物种红皮书中的易危种类，国家一级重点保护野生动物，为盐城国家级自然保护区重要的旗舰种。每年的 10 月中旬从北方繁殖地迁来盐城国家级珍禽自然保护区越冬，在保护区停留时间约为 150 多天，如表 5.5-2 所示。丹顶鹤活动区域主要为潮间带光滩；潮间带和潮上带交界处的盐蒿滩及水塘，盐田扬水滩及堤埂，堤内盐蒿滩及围养殖塘浅水区。主要以鱼、螺、虾、蟹、昆虫、贝类、麦和稻种子以及麦芽为食，一般以家族为单位 2~4 只集群觅食。

表 5.5-2 盐城地区丹顶鹤居留时间表

地点	始见日	飞入高峰	飞离时间
射阳中路港	10 月 28 日	11 月中旬	2 月 28 日
大丰、东台	11 月中旬	12 月中旬	2 月 28 日之前
滨海扁担港	11 月中旬	12 月中旬	3 月 6 日
响水洪港	11 月中旬	12 月中旬	3 月 9 日

1991 年以来，来盐城保护区越冬的丹顶鹤种群存在一定的数量波动。1991-1999 年，数量基本维持在 600-900 只，最多时超过 1000 只；2000 年以后基本维持在 600-800 只。近年来的种群数量基本维持在 500 只左右。目前，盐城保护区仍然是我国现知丹顶鹤数量最多的越冬栖息地。

据多年监测，2004 年以前在此越冬的丹顶鹤共有 8 个小种群，分别栖息于灌东盐场、射阳盐场及滩涂、核心区及射阳芦苇基地（芦苇公司）、四卯酉和王港滩涂、竹川垦区、东川垦区、笆斗垦区，以及六灶滩涂，如图 5.5-1 所示。其中以栖息在核心区的小种群规模最大，约占全区越冬总数的一半以上。近几年在保护区越冬的丹顶鹤减少至 4 个主要小种群，分别栖息于灌东盐场、射阳盐场及滩涂、核心区及射阳芦苇基地、四卯酉。

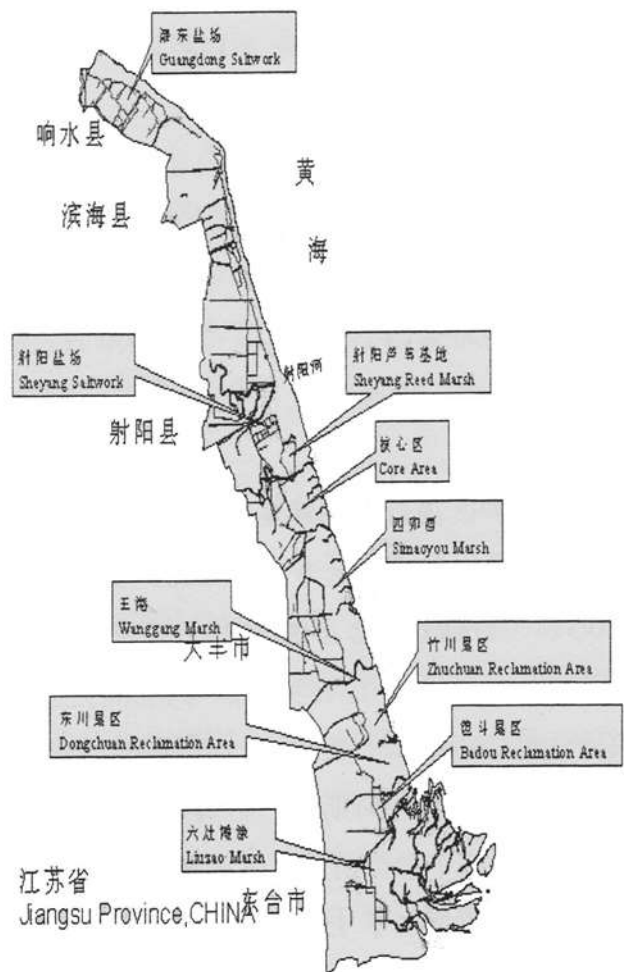


图 5.5-1 盐城珍禽国家级自然保护区丹顶鹤越冬种群分布区示意图

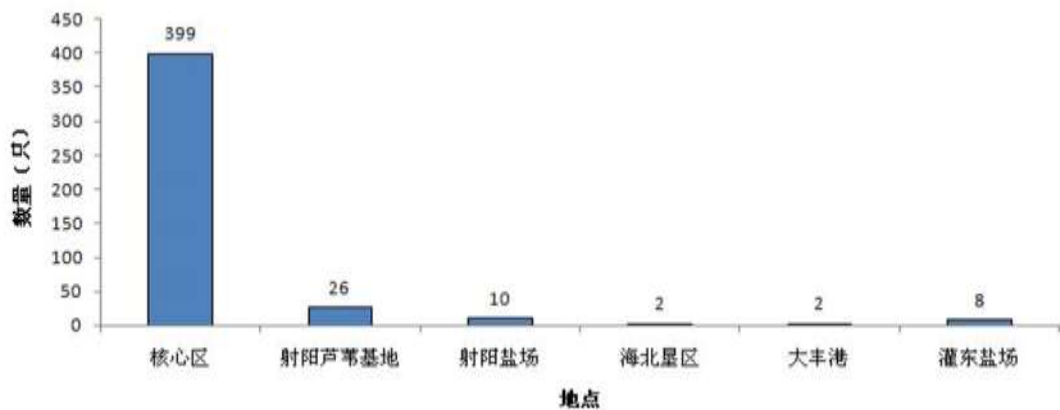


图 5.5-2 2010 年 1 月盐城珍禽国家级自然保护区丹顶鹤数量分布

2010 年 1 月越冬丹顶鹤调查结果如图 5.5-2。结果显示保护区内丹顶鹤有向核心区与射阳芦苇基地集中分布的趋势。

（2）黑嘴鸥

黑嘴鸥为世界濒危鸟类之一，中国鸟类红皮书中将其定为易危物种。主要在我国东部的辽宁、河北、山东、江苏等沿海地区繁殖，越冬地主要分布在我国江苏省以南，直到海南岛。国内繁殖种群数量在 4000-5000 只左右。

盐城国家级珍禽自然保护区是黑嘴鸥繁殖分布的最南界，是世界第二大黑嘴鸥繁殖地。保护区内黑嘴鸥活动较多的区域有保护区核心区、射阳盐场水库和海堤外区域等；有部分但数量较少的区域有射阳河口、西卯酉-大丰港、东川-城门及竹川港内等区域。近 10 多年来，区域黑嘴鸥种群数量基本维持在 1000 只左右。黑嘴鸥是依赖碱蓬滩涂繁殖的水鸟，碱蓬植被盖度是其繁殖栖息地选择的重要因子。但是近年来在自然和人为双重干扰下，保护区核心区碱蓬面积不断缩小，亟需采取有效措施予以控制和恢复。

（3）东方白鹳

东方白鹳为国家一级保护物种，被列入世界自然保护联盟（IUCN）濒危物种红色名录《IUCN Red List of Threatened Species, Version 2016》中的濒危（EN）物种。2017-2018 调查记录到的区域主要堤外滩涂区域。根据相关资料和历史数据，江苏沿海地区应该为东方白鹳的越冬地区。但也有学者认为在本区域记录到的东方白鹳应为旅鸟，并非越冬个体，其实际过境数量应该比调查到的多。

（4）鸕鹚类

鸕鹚类是迁徙鸟类的主要类群，在盐城国家级珍禽鸟类自然保护区中，主要分布区包括灌东盐场盐田和三圩港北滩涂、死生港北滩涂、射阳盐场盐田、东沙港外滩涂、核心区滩涂、大丰四卯酉滩涂、竹港河口滩涂、梁垛河口滩涂以及条子泥滩涂等。在区域停栖的鸕鹚类，一般低潮时在潮间带光滩觅食，高潮时在迁飞至高程较高的区域，包括已围垦但具有适宜生境的区域停歇，躲避潮水。

每年春秋季节迁徙期在盐城保护区迁徙过境的鸕鹚类超过百万只。绝大部分种类记录的数量均超过同期全球观测记录的 1%，黑腹滨鹚和红颈滨鹚均超过 25%，可见盐城珍禽自然保护区做为迁徙驿站对鸕鹚类的重要性。

5.5.1.4 功能区划

根据《关于发布河北大海陀等 28 处国家级自然保护区面积、范围及功能区划的通知》（环函[2013]161 号），调整后江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区总

面积 247260 hm^2 ，其中核心区面积 22596 hm^2 ，缓冲区面积 56742 hm^2 ，实验区面积 167922 hm^2 。保护区位于江苏省盐城市境内，范围在东经 $119^{\circ} 53' 45'' \sim 121^{\circ} 18' 12''$ ，北纬 $32^{\circ} 48' 47'' \sim 34^{\circ} 29' 28''$ 之间。保护区由五块区域组成：

最北块区域东界以海水-3m 等深线为界；南界从裕华闸起至海域；西界从新海堤起，经三角滩水库、灌东盐场海堤工区运盐河南侧道路至距离临海高等级公路 3.2km 处，折向 8-1 水库沿水库西侧道路经水库排水小闸沿送水道折向 9-1 水库东南，经新中河西北侧水泥路距离临海高等级公路 2km 处，沿路至八圩闸，沿 70 年代海堤至中山河新闻，沿新建闸下游 500m 处，经中山河向东南延伸 2.2 km，向南至距离宋公堤 2km 的平行线，沿新滩盐场南侧水泥路向东至新生闸，沿海堤至裕华闸；北界从响水县浦港出海河与新海堤交界起，以浦港出海河南岸延长线至海水-3m 等深线。

北块区域东界以海水-3m 等深线为界；西界从废黄河出海口起，沿新海堤公路向南至苏北灌溉总渠，沿临海高等级公路东侧至双洋河，向东至新海堤公路，沿公路向南至双洋河闸，沿老海堤至运粮河南 2km 处；南界以运粮河南 2km 的老海堤起同纬度向东至海域；北界从废黄河出海口起，同纬度向东至海域。

中块区域从双灯氧化塘东侧 1km 南北向小路与射阳盐场北界围堤交叉点起，沿黄沙港出海河和双灯芦苇基地之间小路至黄沙港出海河南岸河堤，沿射阳河出海河口南 1.5km 平行线向东至海域，沿盐场北界围堤向西至海堤公路，沿公路向南至新洋港河，沿海堤公路至 331 省道，沿西潮河至方强农场场部里道河，沿里道河向东南至一排河，向东至斗龙港出海河北岸与大丰干河出海河东堤延长线交点，向南经斗龙港河至新海堤公路，向南沿海堤公路经临海高等级公路东边线至四卯酉河，沿临海高等级公路东边线至三卯酉河，向东至新海堤公路，沿海堤公路向北至四卯酉河东延长线以南 3km 的平行线，向东至海域；东界以海水-3m 等深线为界。

南块区域从竹港闸中心起，沿其出海口延长线向东至海域，向南沿 50 年代老海堤至川东港河，沿老海堤向东南经 13 个拐点 ($120^{\circ} 48' 07.1'' \text{ E}$, $33^{\circ} 00' 02.4'' \text{ N}$; $120^{\circ} 51' 10'' \text{ E}$, $33^{\circ} 01' 51.2'' \text{ N}$; $120^{\circ} 49' 39.3'' \text{ E}$, $33^{\circ} 02' 32.5'' \text{ N}$; $120^{\circ} 49' 06.2'' \text{ E}$, $33^{\circ} 02' 31.9'' \text{ N}$; $120^{\circ} 48' 48.6'' \text{ E}$, $33^{\circ} 02' 48'' \text{ N}$;

120° 50' 16.7" E, 33° 03' 27.6" N; 120° 50' 51.3" E, 33° 03' 04.7" N;
 120° 53' 21.8" E, 33° 01' 25.1" N; 120° 53' 26.6" E, 33° 00' 51.4" N;
 120° 52' 49.62" E, 33° 00' 39" N; 120° 52' 43.64" E, 33° 01' 19.53" N;
 120° 51' 40.3" E, 33° 01' 38.7" N; 120° 49' 02.5" E, 32° 59' 46.1" N) 连线至东台河闸南 900m 处, 沿临海高等级公路东 500 m 边线至梁垛河闸中心同纬度线, 向东至规划的条子泥垦区东北界交点, 沿规划的条子泥垦区圩堤中心至海域; 东界以海水-3 m 等深线为界。

东块区域在东沙设一实验区。调整后保护区仍设一处核心区, 东界以海水-3 m 等深线为界; 南界以斗龙港出海河北岸为界; 西界从 1 号闸与海堤平行线交新洋港出海河南岸起, 向南 1943 m 折向海堤中心线东 405 m 处, 沿海堤平行线向南至大丰县界, 向西至海堤脚东 100 m 处, 向南沿海堤脚外侧 100 m 至斗龙港北岸; 北界以新洋港出海河南岸为界。

5.5.1.5 工程与保护区位置关系

江苏盐城国家级珍禽自然保护区位于江苏省盐城市境内的沿海地带, 始建于 1984 年, 于 1992 年晋升为国家级。2006 年国务院批准进行调整, 根据《江苏盐城沿海湿地珍禽国家级自然保护区总体规划 (2008-2020 年)》, 调整后的保护区范围为东经 119° 51' 25" —121° 5' 47", 北纬 32° 36' 51" —34° 28' 32" 之间, 总面积为 2841.79km²。其中, 核心区 218.89km², 缓冲区 556.82km², 实验区 2066.08km², 如图 5.5-3 所示。

盐城珍禽自然保护区分为核心区、缓冲区、实验区三大功能区, 各功能分区特点如下:

核心区位于保护区中部, 北起小新河中部河堤的新洋港出海河南岸, 南至斗龙港出海河北岸, 西起沿海公路的海堤脚外 100 米, 东至海水负 3 米, 核心区内全部保持自然景观, 可以见到沿海岸线带状分布的白茅群落、米草群落、碱蓬群落, 以及泥质海滩构成的潮间带景观。核心区分属射阳县和大丰市行政地域内, 面积为 218.89km²。占保护区总面积的 7.7%。

缓冲区是核心区的缓冲地带, 也是核心区向四周的延伸, 缓冲区由两块组成,

在核心区南北各有一块缓冲区，第一块：西至海堤公路，南从新洋港出海河与射阳盐场北堤及延伸线之间；第二块：北起盐海公路与方强农场场部里道河交界处，沿里道河向南、向东南直至斗龙港河北一排河折向东至海堤河，折向南跨斗龙港河至新海堤公路西海堤复河。向南至市稻麦良种场，沿新海堤公路至四卯酉河，斗龙港出海河与四卯酉河之间、核心区以西以南的滩涂。缓冲区是为保护核心区而设立的，在缓冲区内可以进行各种科研活动。该区内有居民居住，人口密度约 $100\sim 200$ 人 / km^2 ，主要经营农、林、盐、渔业。缓冲区仍保留有相当面积的自然景观，如芦苇群落、白茅群落等。面积共为 556.82 km^2 ，占保护区总面积的 19.59%。

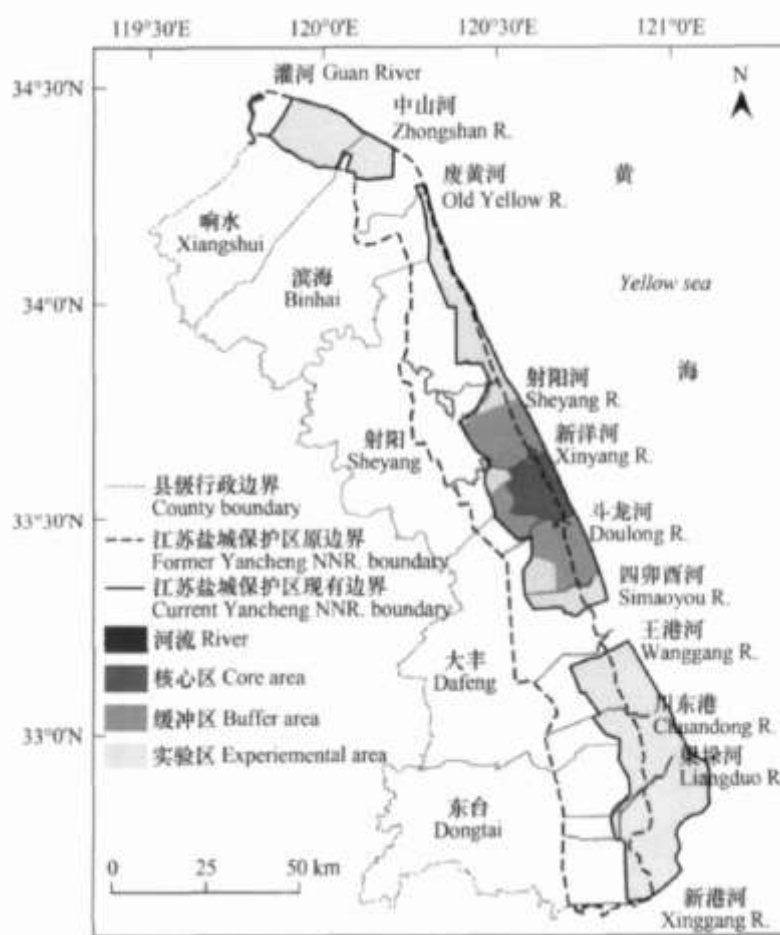


图 5.5-3 盐城国家级珍禽自然保护区范围示意图

实验区位于缓冲区外围地带，实验区共有 5 块，面积共为 2066.08 km^2 ，占保护区总面积的 72.7%。第一块：以响水县省灌东盐场浦港工区内试验场大桥至浦

港闸的浦港盐河为界，向东沿浦港闸入海河延伸至海域，向内陆方向至陈李线公路，再沿陈李线向东南至头罾。沿新海堤公路向北至新建头罾闸下游 500 米处，跨中山河向东南延伸 2.2 公里，折向南至劳改河，沿河向东 2.5 公里，再折向南至新海堤公路。沿公路至省新滩盐场高水库养殖场与二洪养殖场之间折向北，直至海域；第二块：以翻身河闸南侧海岸基准点起，向东至海域，向南沿新海堤公路跨淮河入海水道，沿淮海农场外分场和副食品基地西侧海堤河，跨八丈河沿河堤向东约 2 公里向南，沿丫头港农场、水产养殖总公司西侧海堤河至临海农场一分场二大队南，再沿支沟折向东至新海堤公路。沿公路向南跨射阳河口，至黄沙港闸下游 2 公里处跨河，沿南侧河堤向东 3.5 公里，折向南至射阳盐场北堤；第三块：从新洋港闸沿公路向西向南至西潮河，沿西潮河至沿海公路，东至核心区，南至盐海公路；第四块：东北界沿新海堤公路至缓冲区边界的四卯酉河，北起沿西南方向的海丰农场场部东侧海堤复河，西沿三卯酉向东至新海堤公路，沿公路至 5 号井折向东，在同一纬度至海域；第五块：以新海堤公路与七中沟交汇点起，向东沿七中沟延长线至海域，向西至 50 年代海堤复河。沿王港垦区、竹川垦区西海堤向南，跨川东港河，向西至老海堤复河，沿老海堤折向东南，沿老海堤复河，从原东台河闸跨东台河沿金东台农场西老海堤河向南。沿老海堤向南跨三仓河至新海堤公路，沿新海堤公路至南通市界，沿市界向东进入海域。

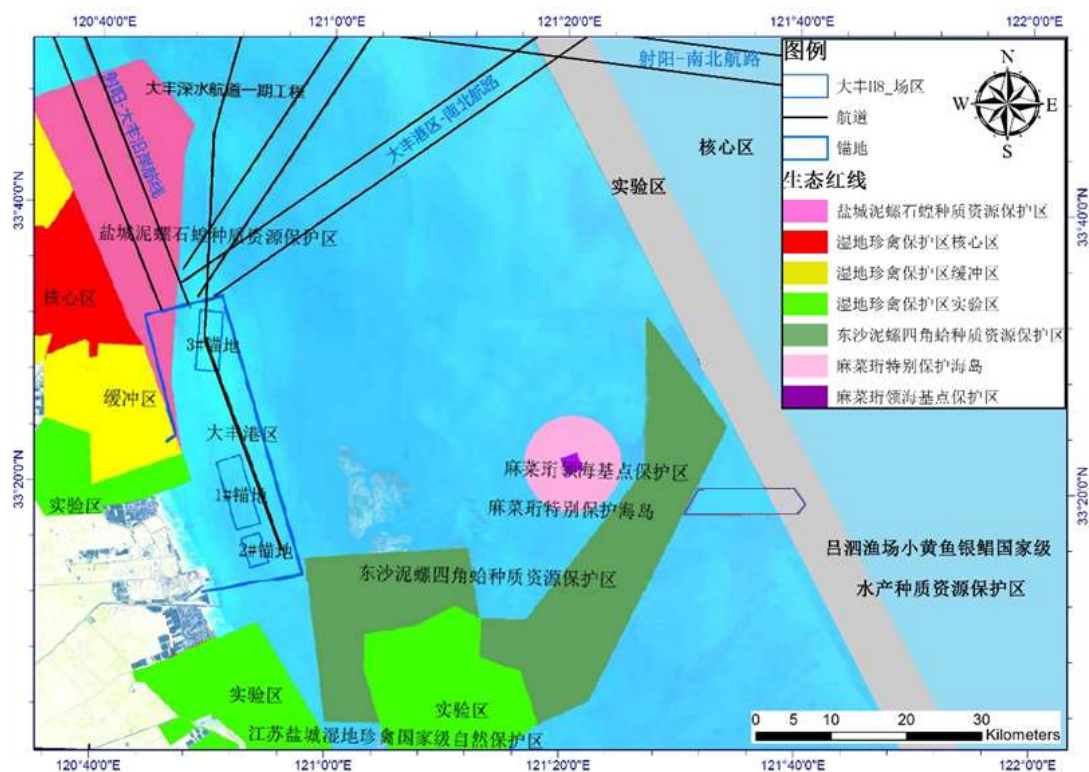


图 5.5-4 工程建设区与保护区相对位置示意图

实验区内生境类型较多，以滩地、养殖塘、农田和盐田等为主，也有少量的建筑用地。由于人类活动的影响，最近十多年发现丹顶鹤在此区活动逐年减少，只在几个区域有少量分布，但仍有很大数量的雁鸭类、鸕鹚类、鹭类等在此区觅食。实验区内人口密度较大，开发活动强度也较大。实验区主要用于科研、环境教育、生态旅游以及不影响主要保护对象与生物多样性的农业生产活动。

本工程不涉及盐城湿地珍禽国家级自然保护区，工程位于保护区东侧，距离保护区北部实验区边界约 70km，距离保护区核心区边界超过 90km。海底电缆与该自然保护区最近距离约 400m。工程建设区与保护区相对位置如图 5.5-4 所示。

5.5.2 东沙泥螺四角蛤种质资源保护区

5.5.2.1 保护区概况

根据《江苏省海洋生态红线保护规划》(2016年-2020年)，东沙泥螺四角蛤种质资源保护区划定海域面积814.56km²，保护区属重要渔业海域，红线区生态保护目标为泥螺四角蛤等水产种质资源。

5.5.2.2 保护对象

(1) 泥螺

泥螺 (*Bullacta exarata*) 隶属软体动物门、腹足纲、后鳃亚纲，为西北太平洋沿岸海产习见贝类，广泛分布于我国沿海潮间带——潮下带的浅水区。江苏沿海特殊的泥砂质潮间带底质类型、水温、盐度等，都非常适合于泥螺的繁殖与生长。同时，由于苏北潮间带滩涂面积广阔、地势平坦，江苏的泥螺资源量与青蛤、文蛤、四角蛤蜊并列于海产贝类的首位，是江苏沿海重要的经济贝类。

泥螺是典型的潮间带生物，能够在潮间带这种温度、盐度、湿度、潮汐等剧烈变化的环境条件下生存，在长期的进化过程中，也就选择了适应潮间带生活的方式。

泥螺广泛分布于朝鲜、日本和我国厦门以北沿海，一般栖息于中、低潮带泥质或泥沙质的滩涂中；冬季分布潮区比春、夏季分布潮区要低。退潮后，泥螺在滩涂表面匍匐爬行、摄食。泥螺的生存温度为 $1.5 \sim 33$ °C，最适生长温度为 $20 \sim 30$ °C；生存盐度为 $3.87 \sim 41.50$ ，最适盐度为 $20.00 \sim 28.80$ 。生存的 pH 范围为 $4.97 \sim 9.57$ ，最适 pH 为 $7.13 \sim 8.10$ 。

泥螺为雌雄同体、异体受精的种类，沿海繁殖季节为 (3~11) 月。

(2) 四角蛤

四角蛤隶属于瓣鳃纲，异齿亚纲，帘蛤目，蛤蜊科贝类。四角蛤资源丰富，营养价值较高，其软体部不仅蛋白质含量高，而且氨基酸种类多，含量高，是重要的养殖贝类之一。

四角蛤俗称白蚬子，贝壳薄，略呈四角形，两壳极膨胀。具壳皮。顶部白色，近腹缘为黄褐色，腹面边缘常有 1 很窄的黑色边。生长线明显，形成凹凸不平的同心环纹。左壳有 1 分叉的主齿，右壳具 2 枚主齿，两壳前后侧齿发达。外韧带小，韧带大，陷于主齿后的韧带槽中。外套痕清楚，外套囊不深。生活于潮间带中下区及浅海的泥沙滩中。

江苏弶港近海海域位于南黄海，这里的海面既是长江与大海的交汇处，又是南北两股洋流的相交点，丰富的微生物，为四角蛤提供了赖以生存的丰富食粮。弶港的四角蛤主要有黄口蛤和黑口蛤两种

5.5.2.3 管理要求

东沙泥螺四角蛤种质资源保护区为限制类红线区，其管控措施主要是：维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工及其他可能会影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动。禁止破坏性捕捞方式，合理有序开展捕捞作业；严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法规定。开放式养殖用海应注意控制养殖密度和养殖方式，减少养殖污染，推广生态养殖。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。

5.5.2.4 工程与保护区位置关系

风电场工程位于东沙泥螺四角蛤种质资源保护区东侧，该保护区距离风电场最近的风机约960m，距离320kV海缆最近距离120m。

5.5.3 吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区

5.5.3.1 保护区概况

吕泗渔场盛产小黄鱼、银鲳等重要经济鱼类，因近年环境污染、生态破坏和过度捕捞等原因，该鱼类种质资源处于衰退之中，捕获野生鱼类低龄化、小型化严重。农业部东海区渔政局于2008年向农业部提出设立保护区申请，2009年获批。农业部已批复同意在南通站、沈家门站加挂保护区牌子，具体负责实施保护区监督管理工作。

吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区总面积为166.08万公顷，其中核心区面积为87.34万公顷，实验区面积为78.74万公顷。特别保护期为每年的5月1日至7月1日。保护区位于黄海南部吕泗渔场，地理范围为北纬 $32^{\circ}12'$ — $34^{\circ}00'$ ，东经 $122^{\circ}40'$ 向西至机轮拖网禁渔区线内推10分止，是由四个拐点连线围成的区域，拐点坐标分别为（ $121^{\circ}12' E, 34^{\circ}00' N$ ； $122^{\circ}40' E, 34^{\circ}00' N$ ； $122^{\circ}20' E, 32^{\circ}12' N$ ； $122^{\circ}40' E, 32^{\circ}12' N$ ）。核心区是由五个拐点连线围成的区域，拐点坐标分别为（ $121^{\circ}17' E, 34^{\circ}00' N$ ； $121^{\circ}52' E, 34^{\circ}00' N$ ； $122^{\circ}30' E, 33^{\circ}00' N$ ； $122^{\circ}25' E, 32^{\circ}12' N$ ； $122^{\circ}30' E, 32^{\circ}12' N$ ）。保护区内除核心区外的其他水域为实验区。主要保护对象为小黄鱼、银鲳产卵亲体及其幼体；其他保护对象还有大黄鱼、带鱼、灰鲳、蓝点马鲛、哈

氏仿对虾、葛氏长臂虾等重要经济鱼类。

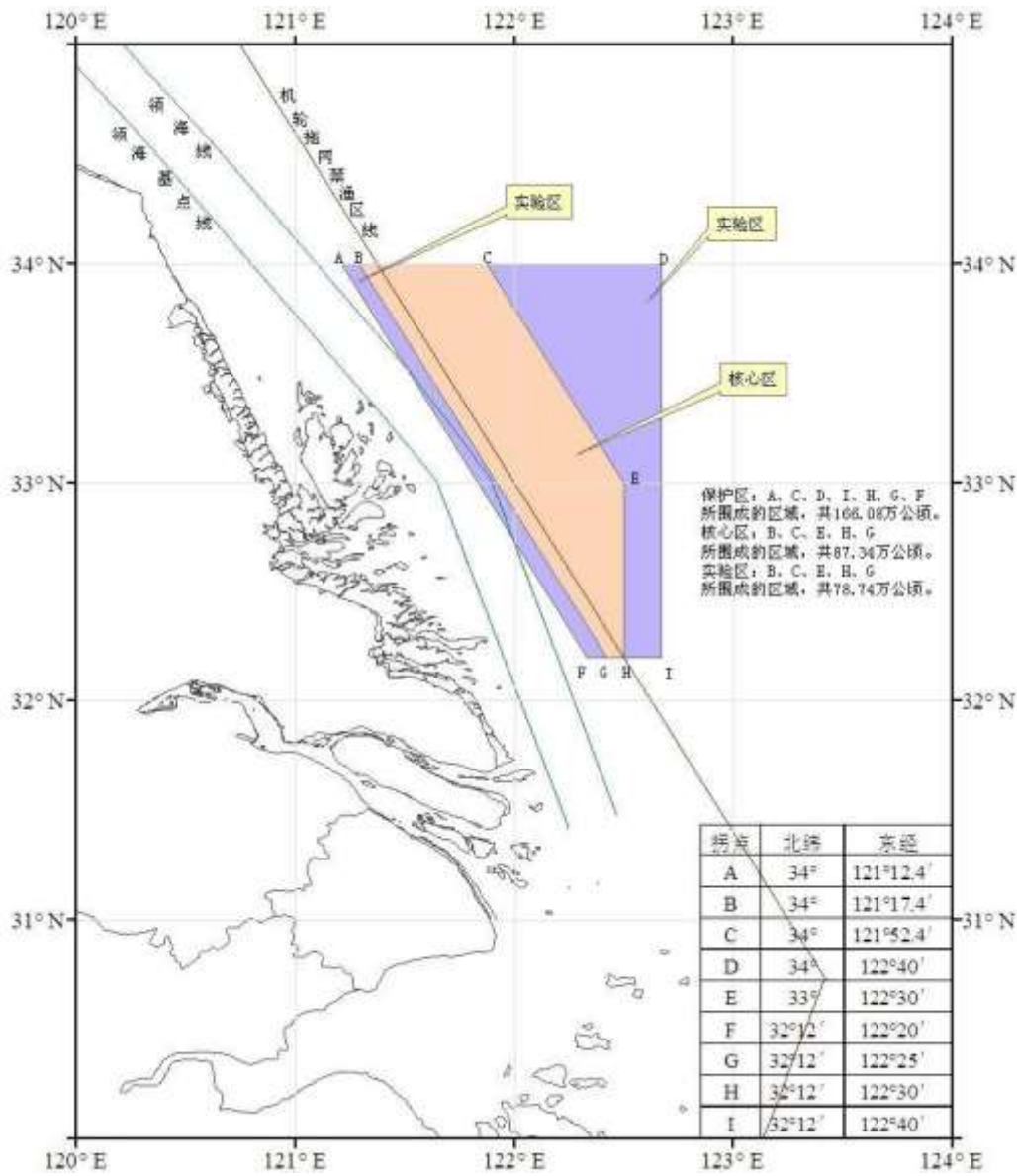


图 5.5-5 吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区

根据《水产种质资源保护区管理暂行办法》（农业部令2011年第1号），保护区设特别保护期。吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的核心区特别保护期是每年5月1日至7月1日。特别保护期内不得从事捕捞、爆破作业以及其他可能对保护区内生物资源和生态资源造成损害的活动。其他时间从事捕捞活动的，应该遵守《渔业法》及有关法律法规的规定。

5.5.3.2 保护对象

吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区主要保护对象为小黄鱼和

银鲳（图5.5-6）。

（1）小黄鱼

小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)又名小黄花鱼，脊椎动物，硬骨鱼纲，石首鱼科，又名：小鲜、大眼、花色、小黄瓜、古鱼、黄鳞鱼、小春色、金龙、厚鳞仔，也叫“黄花鱼”、“小黄花”。冬季在深海越冬，春季向沿岸洄游，3—6月间产卵后，分散在近海索饵，主要以糠虾、毛虾以及小型鱼类为食物，秋末返回深海。

小黄鱼具有浮游底栖与游泳动物食性，对食物选择性小，主要摄食浮游动物、鱼虾等，其中浮游动物以桡足类为主，鱼类主要为鰕虎鱼，虾类则有毛虾、糠虾、脊尾白虾和鼓虾等。在黄海南部、东海北部海域，小黄鱼主要摄食游泳动物，但在不同的生活时期（越冬期、产卵期和索饵期）摄食强度不同，其中越冬期（1~3月）摄食强度最弱，产卵期（4~5月）居中，索饵期（6~12月）最为旺盛。为近海底层结群性洄游鱼类，栖息于泥质或泥沙底质的海区。产卵场在沿岸海区水深10~25米，越冬场一般为40~80米，鱼群有明显的垂直移动现象，黄昏时上升，黎明下降，白昼栖息于底层或近底层。冬季在深海越冬，春季向沿岸洄游，3-6月间产卵，主要以糠虾、毛虾及小型鱼类为食，秋末返回深。

（2）银鲳

银鲳，*Pampus argenteus*，亦称“镜鱼”，属鱼产形目，鲳亚目鲳科鱼类。

体形侧偏，呈卵圆形，银灰色，头小，吻圆，头胸相连明显，口、眼都很小，两颌各有一行细牙，食道侧囊内具有乳头状突起，嘴舌不能伸缩；头后侧感觉管从不延长，呈尖形，脊椎骨40~41。背鳍与臀鳍同形，稍长，呈镰状，成鱼腹鳍消失，鳍刺很短，尾鳍叉形，下叶长于上叶；体披细小的圆鳞，颜色银白，故称银鲳。

为海洋洄游鱼类，生活于5~110米海域，幼鱼喜躲藏在漂浮物下面，成鱼则常与金线鱼、鳐鱼或对虾等混游。肉食性，以水母及浮游动物为主。繁殖期由冬天到翌年夏天，成群於沿岸的中水层产下浮性卵，在秋天往外海移动，孵化後的幼鱼成长至3厘米即往外海游去。

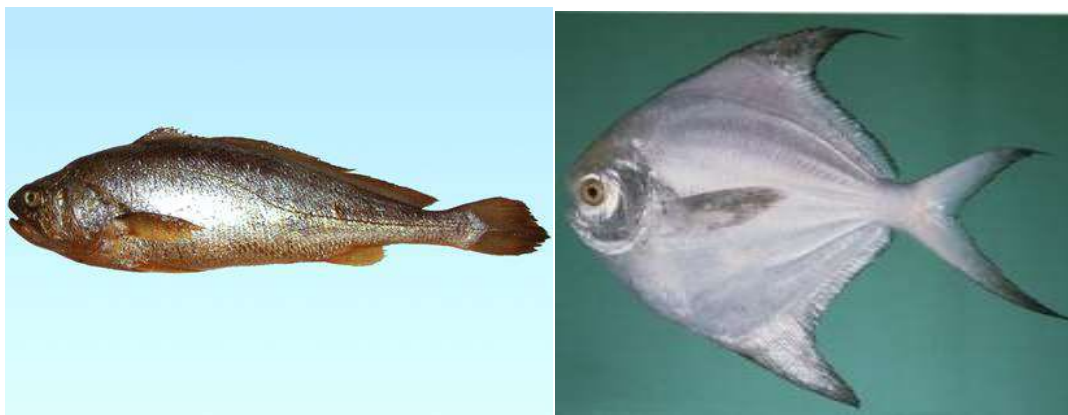


图 5.5-6 主要保护对象小黄鱼（左）和银鲳（右）

5.5.3.3 管理要求

根据《水产种质资源保护区管理暂行办法》(农业部令2011年第1号),保护区设特别保护期。吕泗保护区的核心区特别保护期是每年5月1日至7月1日。特别保护期内不得从事捕捞、爆破作业以及其他可能对保护区内生物资源和生态资源造成损害的活动。其他时间从事捕捞活动的,应该遵守《渔业法》及有关法律法规的规定。

5.5.3.4 工程与保护区位置关系

本工程风电场区东侧部分风机位于吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的实验区。三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW海上风电场区东侧13台风机基础、16.46km长的320kV送出海缆和10.63km长的35kV海缆位于吕泗渔场黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的实验区(图5.5-4)。

5.5.4 麻菜珩特别保护海岛

5.5.4.1 海岛概况

根据《江苏省海洋生态红线保护规划》(2016年-2020年),麻菜珩特别保护海岛划定海域面积125.96km²,生态保护目标为海岛生态系统及自然地形、地貌、景观。

5.5.4.2 管理要求

麻菜珩特别保护海岛为限制类红线区,其管控措施主要是:维护主权权益,

严格保护海岛自然地形、地貌。禁止围填海、炸岩炸礁、填海连岛、实体坝连岛、沙滩建造永久建筑物、采挖海砂及其他可能造成海岛生态系统破坏及自然地形、地貌改变的行为，加强对受损海岛生态系统的整治与修复。根据海岛自然资源、自然景观以及历史、人文遗迹保护的需要，对具有特殊保护价值的海岛及其周边海域，依法批准设立海洋自然保护区或者海洋特别保护区强化保护。合理确定用岛规模，工程建设与生态保护措施同步进行，岛上固体废弃物和污水集中收集送至岸上处理或就地处理达标排放，确保零排放、零污染。适度发展海珍品养殖；支持开展科研、教育、监测等活动。

5.5.4.3 工程与海岛位置关系

本工程不涉及麻菜珩特别保护海岛，麻菜珩特别保护海岛位于风电场西侧，风电场及海底电缆与麻菜珩特别保护海岛最近距离约10.22km。

5.5.5 麻菜珩领海基点保护区

5.5.6 保护区概况

根据《江苏省海洋生态红线保护规划》(2016年-2020年)，麻菜珩领海基点保护区划定海域面积5.74km²。保护区属海洋特别保护区，红线区生态保护目标为海岛生态系统及自然地形、地貌、景观。

5.5.6.1 管理要求

为禁止类红线区，其管控措施主要是：禁止实施各种与保护无关的工程建设活动。具体执行《海洋特别保护区管理办法》的相关制度。

5.5.6.2 工程与领海基本保护区位置关系

本工程不位于麻菜珩领海基点特别保护区，位于领海基点保护区东侧，风电场及海底电缆与麻菜珩领海基点保护区最近距离约15.2km。

5.6 海域开发利用现状

三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程场址位于大丰区毛竹沙北侧海域。场址呈东西向的不规则多边形，场址西侧为陈家坞槽，东侧为草米树

洋。根据现场调查和收集资料，工程周边海域主要开发利用方式有渔业用海（开放式养殖用海）、电力工业用海、港口用海、保护区用海、保护海岛等。工程周边相邻用海共确权 77 宗用海；其中养殖用海 59 宗，电力工业用海 12 宗，建设用海 5 宗，其他用海 1 宗。工程周边的保护区包括吕四渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区保护区、江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、麻菜珩领海基点特别保护区和用海以及麻菜珩特别保护海岛。工程周边海域用海现状情况见图 5.6-1。周边相邻用海的确权情况一览表见表 5.6-1。

（1）养殖用海现状

项目周边海域养殖用海主要为集中于亮月沙、东沙上的开放式养殖（图 5.6-1 中 1-57 号），主要养殖品种为贝类和紫菜，养殖面积约 16026 公顷。

（2）风电场用海现状

已建龙源大丰 200MW 海上风电项目（图 5.6-1 中 62 号）位于大丰市外侧的东沙沙洲的北部海域。该项目场址呈四边形型，东西向长约 16.1km，南北向长约 6.3km，其西侧边线离海岸线直线最短距离约 24km，风电场范围内原始海床面高程为-18.0m 至+1.0m（85 高程）。项目用海总面积约 388.2585 公顷。该工程于 2016 年 10 月开工，现已建成发电。

在建中电投大丰海上风电示范项目（图 5.6-1 中 58 号）位于大丰区亮月沙北侧的海域，场址中心距离岸线约 43km，项目考虑在工程场区内新建 220kV 海上升压站，并以 1 回(3 根) 220kV 绝缘海底电缆送出，220kV 海缆路径长度约 57km，在陆上集控中心登陆后改为 220kV 架空线送出，最终接入规划的大丰 220kV 汇流站。陆上集控中心设置在竹港闸北侧、220kV 海缆登陆点附近。风电场布置风机 75 台。风电场用海总面积为 672.6481 公顷，其中风电机组桩基透水构筑物用海面积为 67.1850 公顷，海上升压站透水构筑物面积为 2.8224 公顷，海底电缆管道用海面积为 207.8683 公顷，陆上集控中心填海造地用海面积为 1.2690 公顷。该项目于 2017 年 12 月开工，目前正在建设中。

在建龙源江苏大丰（H7）200MW 海上风电项目（图 5.6-1 中 59 号）位于大丰区东部海域，风电场布置风机 80 台，整个风电场装机容量为 200MW。风电场用海总面积为 324.7396 公顷，其中风电机组桩基透水构筑物用海面积为 100.8633

公顷，海上升压站透水构筑物面积为 1.69 公顷，海底电缆管道用海面积为 222.1863 公顷。该项目于 2018 年 6 月开工，目前正在建设中。

在建三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目（图 5.6-1 中 60 号）位于大丰市东沙北侧、亮月沙东侧的海域。风电场规划总装机容量为 300MW，拟安装 100 台 3.0MW 的风电机组。风电场用海总面积 431.6310 公顷，其中风机和升压站透水用海构筑物总面积为 113.3473 公顷，海底电缆的用海面积为 316.9326 公顷，集控中心和道路填海造地用海面积 1.3511 公顷。该项目于 2017 年 12 月开工，目前正在建设中。

拟建龙源江苏大丰 H4#海上风电场（图 5.6-1 中 61 号）位于大丰港水域港界外，太平沙北侧，辐射沙洲北端，场区中心离岸距离约 55km。该拟安装 48 台单机容量 6.3MW 的风电机组，总装机容量为 302.4MW。用海总面积 681.8295 公顷，其中风机、升压站和生活平台透水构筑物用海面积 62.6127 公顷，海底电缆用海面积为 619.2168 公顷。该项目于 2018 年 8 月 9 日通过了江苏省海洋经济协会组织的专家评审，正在开展前期工作。

拟建龙源江苏大丰 H6#300MW 海上风电项目（图 5.6-1 中 63 号）位于大丰港水域港界外，陈家坞槽和大北槽两大辐射沙洲深槽之间，大丰 H4#风电场东南侧，场区中心离岸距离约为 64km。申请总用海面积 285.0635 公顷，其中透水构筑物用海面积 62.4480 公顷，海底电缆管道用海面积 222.6155 公顷。该项目于 2018 年 8 月 29 日通过了江苏省海洋经济协会组织的专家评审，正在开展前期工作。

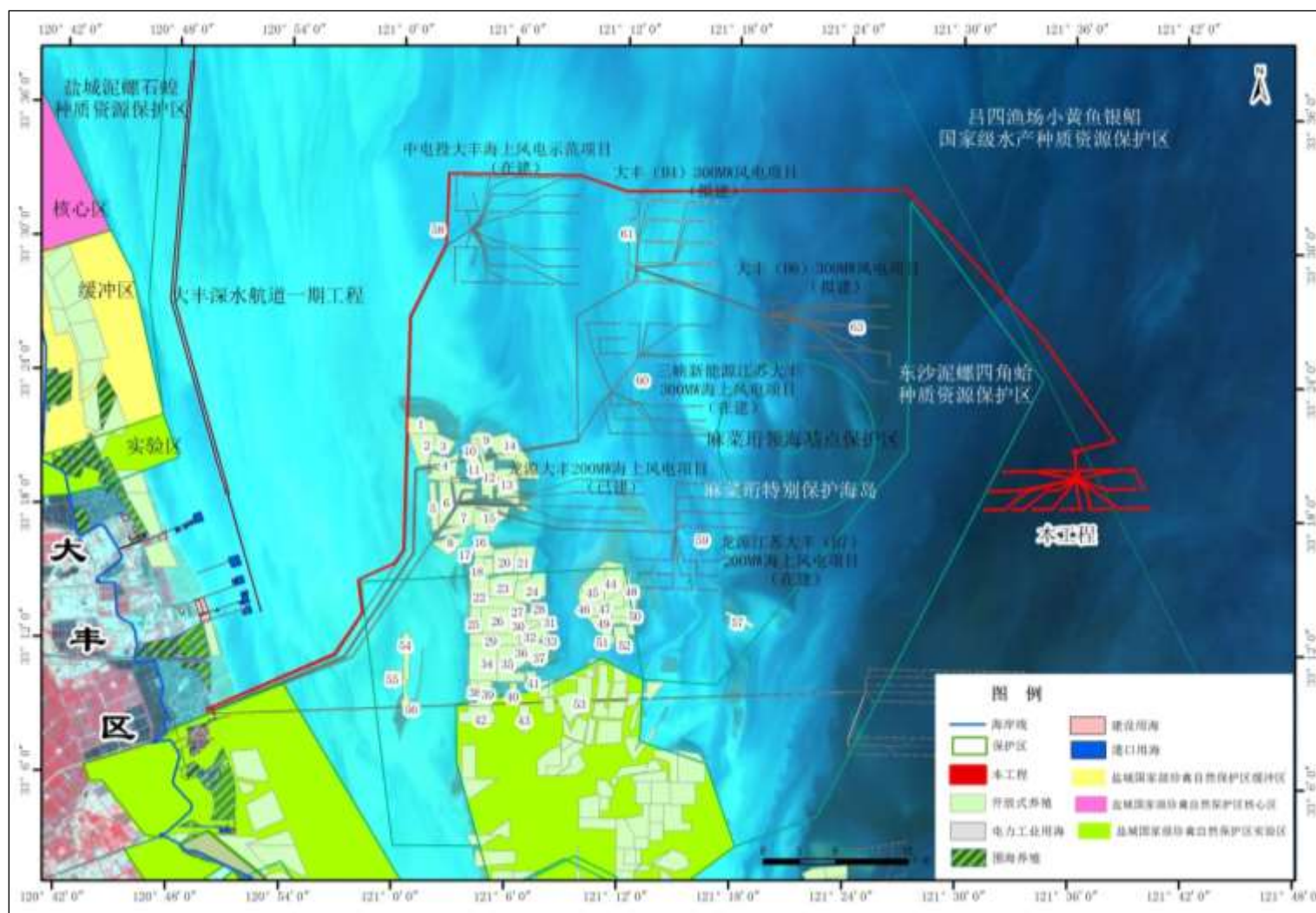


图 5.6-1 工程海域开发利用现状图

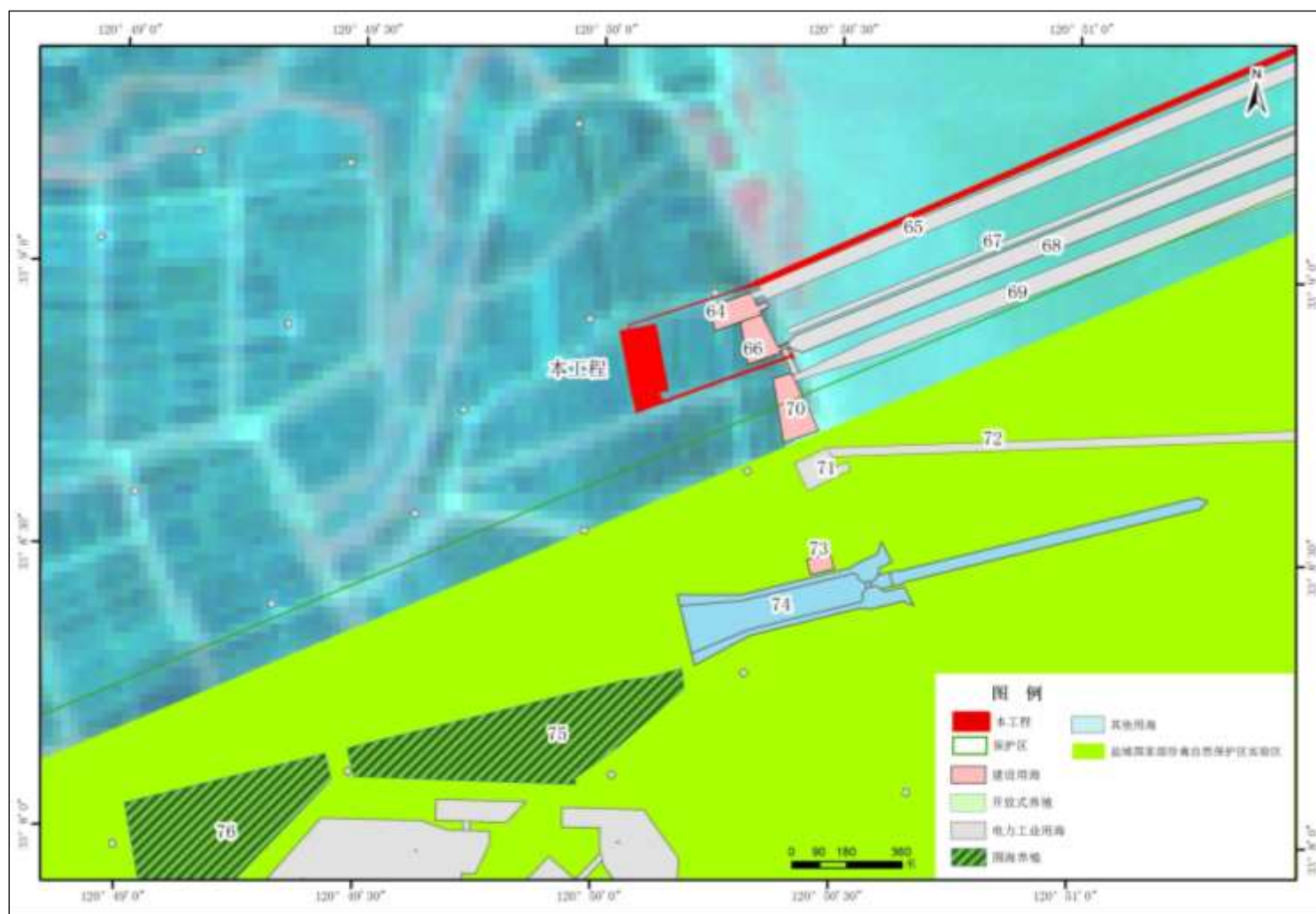


图 5.6-2 工程海域开发利用现状图（局部放大图）

表 5.6-1 项目周边海域使用现状一览表

图上 序号	项目名称	用海人	用海类型	面积 (公顷)	是否 确权	与工程方 位及距离 (km)
1	紫菜养殖	大丰市海洋捕捞有限责任公司	开放式养殖用海	304.338	到期	东/0
2	紫菜养殖	大丰市海洋捕捞有限责任公司	开放式养殖用海	391.264	到期	东/0.02
3	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司开放式紫菜养殖项目	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司	开放式养殖用海	217.8	到期	东/2.34
4	江苏渔禾岛紫菜养殖有限公司紫菜养殖一	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司	开放式养殖用海	441.25	是	东/1.89
5	紫菜养殖	江苏大川食品有限公司	开放式养殖用海	216.677	到期	东/1.80
6	陈柱贝类养殖项目	陈柱	开放式养殖用海	340.0579	到期	东/2.83
7	苏必军贝类养殖项目	苏必军	开放式养殖用海	305.3371	到期	东/3.25
8	紫菜养殖	盐城东沙海洋食品有限公司	开放式养殖用海	347.86	到期	东/2.50
9	紫菜养殖	江苏瑞达海洋食品有限公司	开放式养殖用海	145.099	到期	东/5.09
10	紫菜养殖	江苏瑞达海洋食品有限公司	开放式养殖用海	97.668	到期	东/4.87
11	紫菜养殖	江苏瑞达海洋食品有限公司	开放式养殖用海	142.991	到期	东/5.08
12	江苏瑞达海洋食品有限公司开放式紫菜养殖项目	江苏瑞达海洋食品有限公司	开放式养殖用海	378.9	是	东/5.41
13	江苏瑞达海洋食品有限公司开放式紫菜养殖项目	江苏瑞达海洋食品有限公司	开放式养殖用海	613.05	是	东/7.61
14	陈柱贝类护养项目	陈柱	开放式养殖用海	620.576	到期	东/7.63
15	盐城瑞源水产品有限公司紫菜养殖项目	盐城瑞源水产品有限公司	开放式养殖用海	459.196	到期	东/6.86
16	紫菜养殖	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	46.549	到期	东/5.42
17	紫菜养殖	盐城海嘉水产品有限公司	开放式养殖用海	143.59	到期	东/5.87
18	陈柱贝类养殖项目	陈柱	开放式养殖用海	148.3095	到期	东/5.96
19	紫菜养殖	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	125.661	到期	东/5.94
20	紫菜养殖	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	371.829	到期	东/7.72
21	紫菜养殖	大丰华兰水产有限公司	开放式养殖用海	399.305	到期	东/9.34
22	大丰海源水产食品有限公司贝类护养项目	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	623	到期	东/6.41
23	紫菜养殖	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司	开放式养殖用海	420.46	是	东/7.60
24	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司紫菜养殖三	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司	开放式养殖用海	478.28	是	东/9.63
25	大丰海源水产食品有限公司紫菜养殖项目	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	209.516	到期	东/9.07

26	盐城瑞源水产品有限公司贝类护养项目	盐城瑞源水产品有限公司	开放式养殖用海	618.8	到期	东/8.33
27	紫菜养殖	盐城海瑞食品有限公司	开放式养殖用海	74.706	到期	东/10.27
28	紫菜养殖	大丰市瑞鑫海洋食品有限公司	开放式养殖用海	139.045	到期	东/13.59
29	陈德虎贝类护养项目	陈德虎	开放式养殖用海	415.1	到期	东/9.05
30	紫菜养殖	大丰市瑞鑫海洋食品有限公司	开放式养殖用海	22.107	到期	东/10.75
31	紫菜养殖	大丰市瑞鑫海洋食品有限公司	开放式养殖用海	121.163	到期	东/11.92
32	紫菜养殖	大丰市瑞鑫海洋食品有限公司	开放式养殖用海	204.694	到期	东/11.90
33	紫菜养殖	大丰市瑞鑫海洋食品有限公司	开放式养殖用海	59.762	到期	东/12.86
34	陈柱贝类养殖项目	陈柱	开放式养殖用海	699.2017	到期	东/9.28
35	顾志刚贝类养殖项目	顾志刚	开放式养殖用海	583.0466	到期	东/11.53
36	紫菜养殖	大丰市华洋海产食品有限公司	开放式养殖用海	85.556	到期	东/12.69
37	紫菜养殖	大丰市华洋海产食品有限公司	开放式养殖用海	319.963	到期	东/14.16
38	紫菜养殖	大丰市常华海产品有限公司	开放式养殖用海	90.471	到期	东/10.60
39	大丰市东沙综合开发试验场开放式贝类护养用海项目	大丰市东沙综合开发试验场	开放式养殖用海	306.33	到期	东/11.04
40	紫菜养殖	大丰市瑞鑫海洋食品有限公司	开放式养殖用海	92.119	到期	东/13.57
41	紫菜养殖	大丰市华洋海产食品有限公司	开放式养殖用海	101.807	到期	东/14.34
42	紫菜养殖	大丰市常华海产品有限公司	开放式养殖用海	367.343	到期	东/11.21
43	紫菜养殖	大丰市祥瑞水产品有限公司	开放式养殖用海	197.1	到期	东/15.24
44	顾志刚贝类养殖项目	顾志刚	开放式养殖用海	430.4784	到期	东/16.85
45	大丰海源水产食品有限公司贝类护养	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	417.8593	到期	东/14.77
46	紫菜养殖	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	162.593	到期	东/14.88
47	紫菜养殖	盐城海嘉水产品有限公司	开放式养殖用海	300.707	到期	东/15.77
48	紫菜养殖	盐城海嘉水产品有限公司	开放式养殖用海	155.896	到期	东/18.42
49	如东县洋口镇斜港村村民委员会开放式紫菜养殖项目二	如东县洋口镇斜港村村民委员会	开放式养殖用海	242.018	到期	东/16.07
50	紫菜养殖	大丰海源水产食品有限公司	开放式养殖用海	295.744	到期	东/17.76
51	如东县洋口镇斜港村村民委员会开放式紫菜养殖项目三	如东县洋口镇斜港村村民委员会	开放式养殖用海	110.931	到期	东/17.72

52	如东县洋口镇斜港村村民委员会开放式紫菜养殖项目一	如东县洋口镇斜港村村民委员会	开放式养殖用海	159.962	到期	东/18.36
53	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司紫菜养殖二	江苏渔禾岛紫菜种植有限公司	开放式养殖用海	697	是	东/17.42
54	如东县洋口镇斜港村开放式贝类护养项目	如东县洋口镇斜港村村民委员会	开放式养殖用海	178.601	到期	东/4.27
55	南通市通州区东沙荣胜养殖场	南通市通州区十总镇双东村	开放式养殖用海	191.105	到期	东/3.99
56	如东县洋口镇斜港村开放式紫菜养殖用海项目四	如东县洋口镇斜港村村民委员会	开放式养殖用海	109.371	到期	东/6.45
57	盐城海瑞食品有限公司开放式贝类护养用海项目二	盐城海瑞食品有限公司	开放式养殖用海	87.104	到期	东/27.03
58	中电投大丰海上风电示范项目	上海电力大丰海上风电有限公司	电力工业用海	672.6481	是	南/0.24
59	龙源江苏大丰（H7）200MW 海上风电项目	龙源大丰海上风力发电有限公司	电力工业用海	324.7396	是	西/20.38
60	三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目	三峡新能源盐城大丰有限公司	电力工业用海	357.2922	是	南/10.23
61	龙源江苏大丰 H4#海上风电场	龙源盐城新能源发展有限公司	电力工业用海	507.8331	否	南/0.73
62	龙源大丰 200MW 海上风电项目	龙源大丰海上风力发电有限公司	电力工业用海	388.2585	是	南/23.28
63	大丰（H6）300MW 风电项目	龙源盐城新能源发展有限公司	电力工业用海	285.0635	否	西南/8.07
64	中电投大丰 H3#300MW 海上风电项目	上海电力大丰海上风电有限公司	建设用海	1.269	是	南/0.03
65	中电投大丰 H3#300MW 海上风电项目	上海电力大丰海上风电有限公司	电力工业用海	521.8795	是	南/0.0006
66	三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目	三峡新能源盐城大丰有限公司	电力工业用海	1.3511	是	南/0.12
67	三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目	三峡新能源盐城大丰有限公司	电力工业用海	357.2922	是	东北/0.05
68	龙源江苏大丰 H4#海上风电场	龙源盐城新能源发展有限公司	电力工业用海	507.8331	否	东/0.03
69	龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目	龙源大丰海上风力发电有限公司	电力工业用海	388.2585	是	南/0.04
70	龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目	龙源大丰海上风力发电有限公司	建设用海	1.9171	是	南/0.05
71	华能江苏大丰 300MW 海上风电示范工程	华能国际电力股份有限公司江苏风电分公司	电力工业用海	1.3048	是	南/0.30

72	华能江苏大丰 300MW 海上风电示范工程	华能国际电力股份有限公司江苏风电分公司	电力工业用海	691.6673	是	南/0.30
73	大丰市竹港闸下移工程---闸管所	大丰市水利局	建设用海	0.40	是	南/0.65
74	大丰市竹港闸下移工程---闸主体堤坝上引河下护坡下港道	大丰市水利局	其他用海	14.9672	是	南/0.71
75	大丰市沿海滩涂投资发展有限公司高涂围海养殖项目五	大丰市沿海滩涂投资发展有限公司	围海养殖用海	20.895	是	南/0.85
76	大丰市沿海滩涂投资发展有限公司高涂围海养殖项目四	大丰市沿海滩涂投资发展有限公司	围海养殖用海	23.283	是	西南/1.51
77	中电投大丰 20MW 光伏发电项目	中电投大丰光伏发电有限公司	电力工业用海	115.4415	是	西南/1.32
	吕四渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区					占用/0
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区					西/0.21
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区					南/0.25
	麻菜珩领海基点特别保护区					西/15.66
	麻菜珩特别保护海岛					西/10.22

注：表中距离为项目与周边用海最近距离

5.7 环境质量概况

5.7.1 环境空气

根据《盐城市 2016 年度环境质量公报》，2016 年盐城市环境空气质量二氧化硫、二氧化氮年平均浓度符合空气质量二级标准，一氧化碳无超标现象，PM10 和 PM2.5 平均浓度分别超出二级标准 0.09 倍和 0.23 倍，臭氧也有一定程度的超标。与 2015 年相比，主要污染物二氧化硫、PM10 和 PM2.5 平均浓度分别下降了 15.8%、10.6%和 12.2%；二氧化氮平均浓度上升了 13%。空气质量综合指数 4.53，全省最好；优良天数比例 77.9%，全省最高，其中优的天数大幅上升，达 101 天，全省第一；PM2.5 年均浓度 43 微克/立方米，全省最低；重度污染天数 2 天，大幅减少，比 2015 年减少 10 天。

5.7.2 声环境

2016 年，盐城市声环境质量基本保持稳定，各类声源声强及分布情况无明显变化，生活噪声和道路交通噪声仍是影响全市声环境质量的主要因素。

（1）区域环境噪声

2016 年，全市昼间平均等效声级为 52.9 分贝，根据《环境噪声监测技术规范 城市声环境常规监测》（HJ640-2012）评价，总体水平为二级，区域声环境质量较好，与 2015 年相比总体保持稳定。影响城市区域声环境质量的主要声源仍为生活噪声，占比为 67.7%；其余依次为交通噪声、工业噪声和施工噪声，所占比例分别为 20.5%、7.9%和 1.5%。

（2）道路交通环境噪声

城市道路交通噪声平均等效声级（路长加权）为 67.4 分贝，城市道路交通噪声强度为一级，声环境质量为好。与 2015 年相比，全市道路交通声环境质量保持稳定。

（3）功能区噪声

全市各类功能区声环境质量昼间平均达标率为 92.2%，夜间平均达标率为 85.9%。与 2015 年相比，全市功能区声环境质量平均等效声级略有下降，昼、夜达标率分别下降了 4.5 个和 2.4 个百分点。

6 环境现状评价

6.1 水文动力环境现状调查与评价

上海勘测设计研究院有限公司委托国家海洋局第二海洋研究所杭州国海海洋工程勘测设计研究院于 2018 年 9 月（夏季）开展了工程场区及其周边水域的海洋水文夏季测验，并引用国家海洋局第二海洋研究所杭州国海海洋工程勘测设计研究院编制的《三峡新能源江苏大丰 H8-2#海上风电项目夏季海洋水文测验报告》。

另外收集了国家海洋局第二海洋研究所杭州国海海洋工程勘测设计研究院在本工程附近海域 2013 年冬季实测水文动力资料，深入分析本工程海域潮汐、潮流、波浪、泥沙等各要素的时空分布特征和泥沙运动规律，为后续各项工作的开展提供海域水文特性基本资料及相关的分析成果。

6.1.1 水文测验

三峡新能源江苏大丰 H8-2 海上风电场工程场址位于大丰区毛竹沙北侧海域。场址呈东西向的不规则多边形，场址西侧为陈家坞槽，东侧为草米树洋。场址中心离岸距离 72km，水深 3~15m（海图水深）。

（1）本工程收集 2013 年冬季（小潮 2013 年 12 月 24 日 22:00–12 月 26 日 1:00；中潮 2014 年 1 月 5 日 18:00–1 月 6 日 21:00；大潮 2014 年 1 月 2 日 17:00–1.3 日 20:00）工程海域附近已有的冬季水文测验资料，包括冬季 1#~9#测站大、中、小潮全潮水文测验及 T1 潮位站潮位资料，每次连续观测 27 小时。测验项目为潮位、流速、流向、水体含沙量、底质及水深等。上述相关资料及相关测站的相对位置见表 6.1-1 和图 6.1-1。

本工程收集的 2013 年冬季水文测站资料为三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目所测资料，该项目距离本工程最近距离约 21km，但测点均位于本评价范围内，数据在有效期内，基本能反映工程所在海域水文动力特征，总体满足海洋水文动力环境现状评价的数据要求。

(2) 2018 年 9 月在测区布设 6 个定点潮流测站, 编号为 C1~C6 号测站。C2、C3、C5 测站位于规划风电场区内, 其中 C2 测站位于场区西部浅滩, C2 测站位于场区中部深槽, C3 测站位于场区东部浅滩。C1、C4、C6 测站位于风电场区以外附近海域, C1 测站位于规划风电场区以西陈家坞槽边缘 10m 等深线附近, C4 测站位于场区以南深槽, C6 测站位于场区东北草米树洋深槽边缘 10m 等深线附近。各站点位置见表 6.1-2 和图 6.1-2。

定点潮流观测在 2018 年夏季进行大、中、小潮三个航次观测, 每潮连续测流时间 27 小时。潮流观测采样间隔为十分钟, 测量层次采用六点法 (即表层、0.2H、0.4H、0.6H、0.8H 和底层, H 为水深)。本次观测中表层为表面以下 0.5~1m, 底层为海底以上 0.5~1m。

(3) 2018 年夏季同步水文测验器在测区水域设置了 1 个临时潮位观测站 (L1), 潮位站位置见表 6.1-3 和图 6.1-3 所示。

表 6.1-1 资料收集水文测站位置一览表

工作内容		类型	测站名称	经度	纬度
潮位测站	2013年12月24-31日	专用潮位站:	T1	121° 14.5'	33° 26.8'
综合水文测站	2013年12月-2014年1月	全潮水文站	1#	33° 32.019'	120° 57.576'
		全潮水文站	2#	33° 32.150'	121° 11.832'
		全潮水文站	3#	33° 30.469'	121° 24.558'
		全潮水文站	4#	33° 26.390'	121° 07.219'
		全潮水文站	5#	33° 26.842'	121° 11.247'
		全潮水文站	6#	33° 23.316'	121° 15.500'
		全潮水文站	7#	33° 25.153'	121° 18.788'
		全潮水文站	8#	33° 19.850'	121° 10.910'
		全潮水文站	9#	33° 18.695'	121° 15.608'

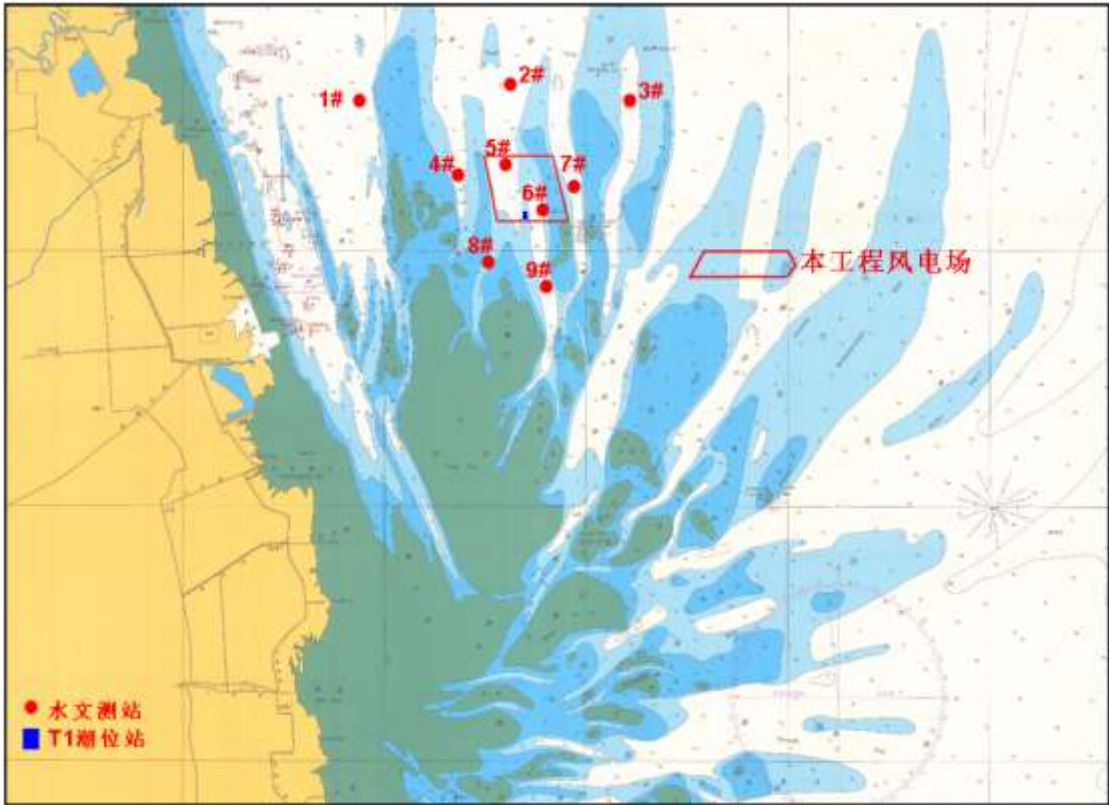


图 6.1-1 2013 年冬季测站与场址相对位置图

表 6.1-2 2018 年夏季各观测站的位置一览表

类型	站名	纬度	经度	低潮水深
潮位站	L1	33° 20' 20.8"	121° 36' 21.5"	11 m
全潮水文站	C1	33° 18' 41.1"	121° 27' 37.9"	12m
全潮水文站	C2	33° 19' 11.8"	121° 31' 52.9"	7m
全潮水文站	C3	33° 20' 10.8"	121° 35' 33.3"	11m
全潮水文站	C4	33° 16' 45.8"	121° 36' 53.8"	13m
全潮水文站	C5	33° 19' 27.1"	121° 40' 26.2"	6m
全潮水文站	C6	33° 21' 21.5"	121° 41' 53.1"	9m

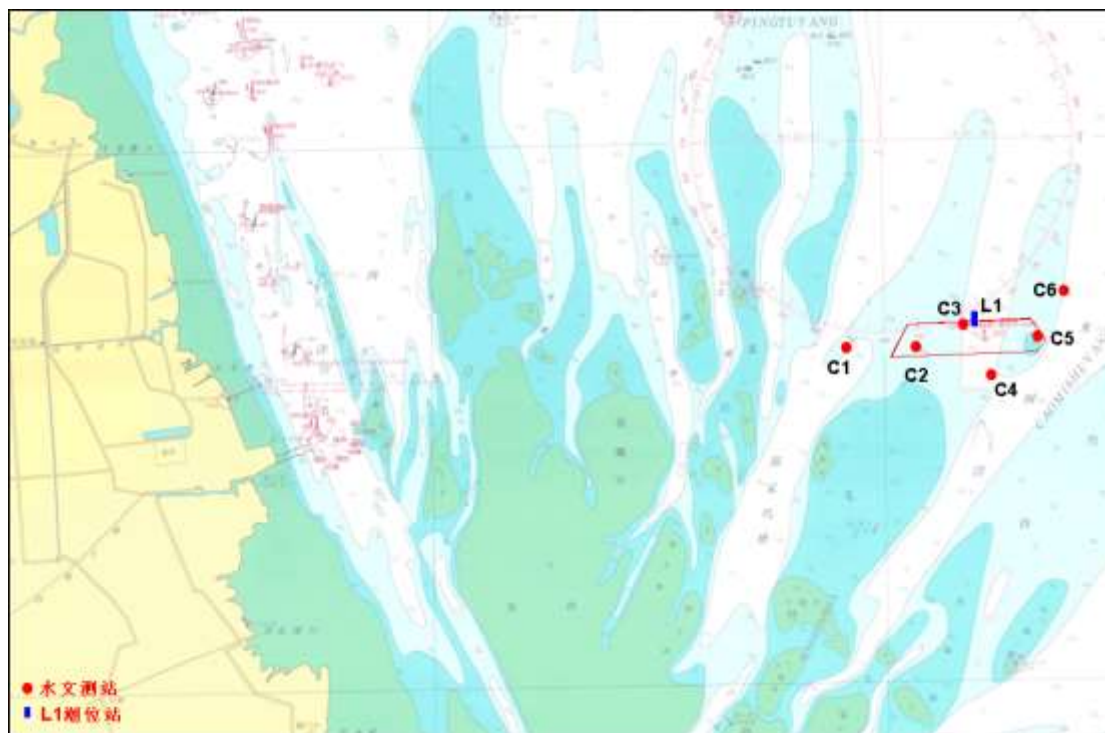


图 6.1-2 2018 年夏季测站位置图

6.1.2 潮汐

6.1.2.1 潮波系统及潮汐类型

江苏沿海主要受两个潮波系统的影响，一是来自太平洋通过东海的前进波，自南向北进入黄海，影响江苏南部海域；另一是东海前进潮波受山东半岛的阻挡，形成南黄海半日潮无潮点为中心的逆时针旋转潮波，在苏北沿海自北向南推进，影响江苏北部海域，这两股运动方向相反的潮波大致在弶港至庄家沙一带海域辐合。受此控制，江苏沿海其余海域基本属规则半日潮，而南黄海半日潮无潮点附近会出现小范围不规则半日潮。本风电场区位于辐射沙洲海域，是两个潮波系统的辐合之处，潮差较大。

对测验海区两个测站潮位资料进行调和分析，得到主要分潮之比见表 6.1-3。

测区两测站潮汐类型指标值（ $\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ ）均小于 0.50，属规则半日潮类型。风

电场内的两测站浅水分潮不十分显著， $\frac{H_{M4}}{H_{M2}}$ 在 0.04 左右。

表 6.1-3 各站的潮汐特性一览表

类型判据 站名	潮港类型 $\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$	主要浅海与 主要半日分在潮振幅比 $\frac{H_{M4}}{H_{M2}}$	主要浅海分潮振幅和 $H_{m4} + H_{ms4} + H_{M6}$ (cm)
T1 潮位站	0.27	0.04	12.8
L1 潮位站	0.19	0.05	14

6.1.2.2 基面关系

根据本次计算，L1 潮位站所在海域理论深度基准面在平均海面下-2.50m；观测期间平均海平面高度为+0.34m(85 高程)，即理论基准面在 85 高程基准下-2.16m。目前周年测站尚未设置，已获取资料时长较短，无法计算场区的长周期天文分潮参数，本次基面关系的计算结果仅供参考，待周年潮位观测结束后将更能准确的计算风电区潮位基准面。

因此，本报告另外引用收集到的工程场区内 T1 潮位站 2013 年 12 月 24 日至 2014 年 12 月 31 日历时一年的实测潮位资料，采用国家标准所规定的十三分潮方法，进行调和分析，求得其主要 11 个分潮和长周期分潮 Sa、Ssa 的调和常数，然后用此 13 个分潮的调和常数计算出理论最低潮面，其结果见图 6.1-3。

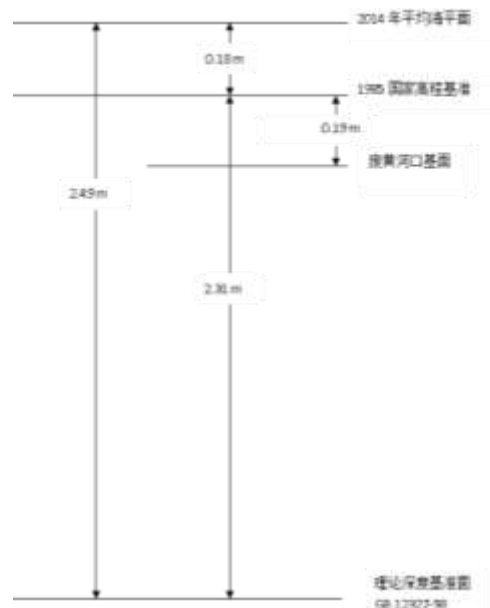


图 6.1-3 T1 潮位站基面关系换算示意图

由图可知：本工程场区海域 T1 潮位站的年平均海平面为 0.18m (85 高程)，理论深度基准面为平均海平面以下 2.49m，即相对于 85 高程为-2.31m。

6.1.2.3 潮位特征值

为了准确地进行各站实测特征潮位的对比分析，我们将潮位特征值统一归化至“1985 国家高程基准”，L1 潮位站潮位特征值列于表 6.1-4。

(1) 潮差

T1 潮位站 2014 年平均潮差为 3.20m，潮差的全年变化规律为夏秋季潮差较大、冬春季潮差较小。年最大潮差为 5.14m (八月份)，年最小潮差为 1.10 m (十二月份)。

2018 年 9 月夏季观测期间工程区 L1 测站平均潮差均为 3.53m，最大潮差为 5.07m。

(2) 潮位

T1 潮位站 2014 年各月平均海平面在-0.10~0.35m 之间，变幅 0.45m，年平均值为 0.18m。年平均高、低潮位分别为 1.71m 和-1.49m；年最高潮位为 3.05m (十月份)，最低潮位为-2.40m (十二月份)。

2018 年 9 月夏季观测期间工程区 L1 站平均高、低潮位分别为 2.21m 和-1.32m，观测期间 L1 站最高潮位为 3.00m，最低潮位为-2.07m。

(3) 平均涨、落潮历时

T1 潮位站的观测结果显示，测区内落潮历时略长于涨潮，平均涨、落潮历时差在 20 分钟左右。

L1 站的观测结果显示，2018 年 9 月夏季观测期间测区内涨潮历时略长于落潮，平均涨、落潮历时差在 10 分钟左右。

表 6.1-4 观测期间潮汐特征值统计（85 高程，单位：m）

测站 项目		T1 潮位站	L1 短期潮位站
潮 位	最高潮位	2.37	L1 潮位站
	最低潮位	-2.19	3.00
	平均高潮位	1.40	-2.07
	平均低潮位	-1.46	2.21
	平均海面	0.02	-1.32
潮 差	最大潮差	4.34	0.34
	最小潮差	1.66	5.07
	平均潮差	2.86	1.93
历时	平均涨潮历时	6 h 03 min	3.53
	平均落潮历时	6 h 22 min	6 h 18 min
资料时段		2013-12-24~2014-1-23	2018-9-3~2018-9-12

6.1.2.4 设计水位

对 T1 潮位站的周年潮位资料，按《港口与航道水文规范》（JTS145-2015）中的规定进行逐时潮位累积频率统计，设计高、低水位分别取逐时潮位累积频率中的 1%和 98%潮位值，由此得该站设计高、低水位分别为 2.35m 和-1.90m。

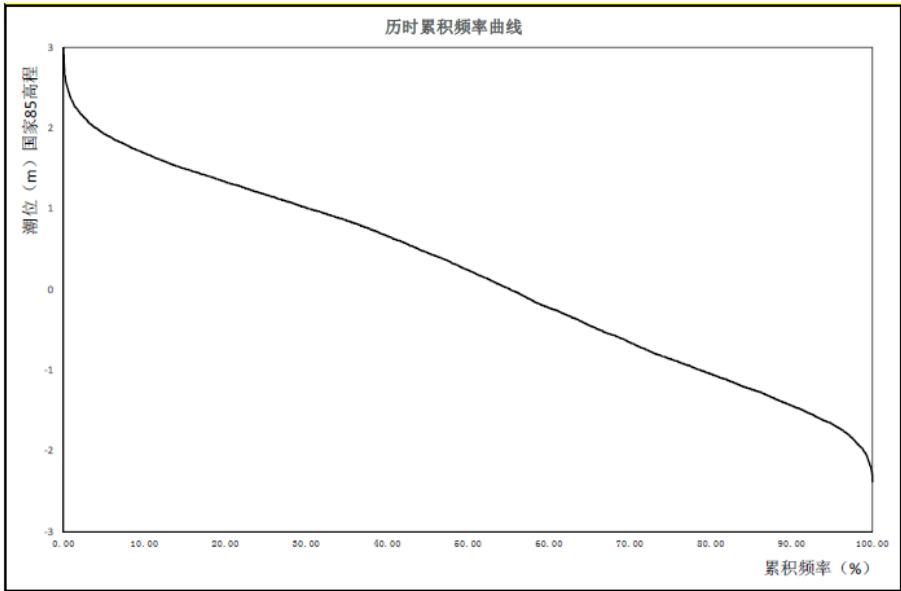


图 6.1-4 T1 潮位站逐时潮位累积频率

6.1.2.5 极端水位

按照《港口与航道水文规范》(JTS145-2015)附录 H 极端水位的近似计算方法,根据表 H.0.4 查取江苏沿海燕尾港的 K 值,极端高水位(相当于 50 年一遇高水位)K 值为 1.1m,极端低水位(相当于 50 年一遇低水位)K 值为-1.2m。

工程海域西北方向连云港海洋站,具有 1959 年至今潮位资料,利用其中 1979~2009 年共 31 年的年极值高、低潮位资料,采用极值 I 型分布推算,得到连云港海洋站 50 年一遇 100 年一遇高低水位分别为 3.77m、3.92m 和-3.71m、-3.84m,曲线分别见图 3.2-3 和图 3.2-4。利用 2008 年连云港海洋站逐时潮位资料,按照《港口与航道水文规范》(JTS145-2015)历时累积频率曲线方法计算设计高、低水位,得到该站设计高、低水位分别为 2.48m 和-2.25m。反推得到连云港海洋站 50 年一遇、100 年一遇高水位 K 值分别为 1.29m、1.44m,低水位 K 值为-1.46m、-1.59m。

利用连云港海洋站 50 年一遇和 100 年一遇高、低水位的 K 值计算 T1 潮位站的极端高、低水位,则 50 年一遇高低水位为 3.64m 和-3.36m,百年一遇极端高低水位为 3.79m 和-3.49m,见表 6.1-5。

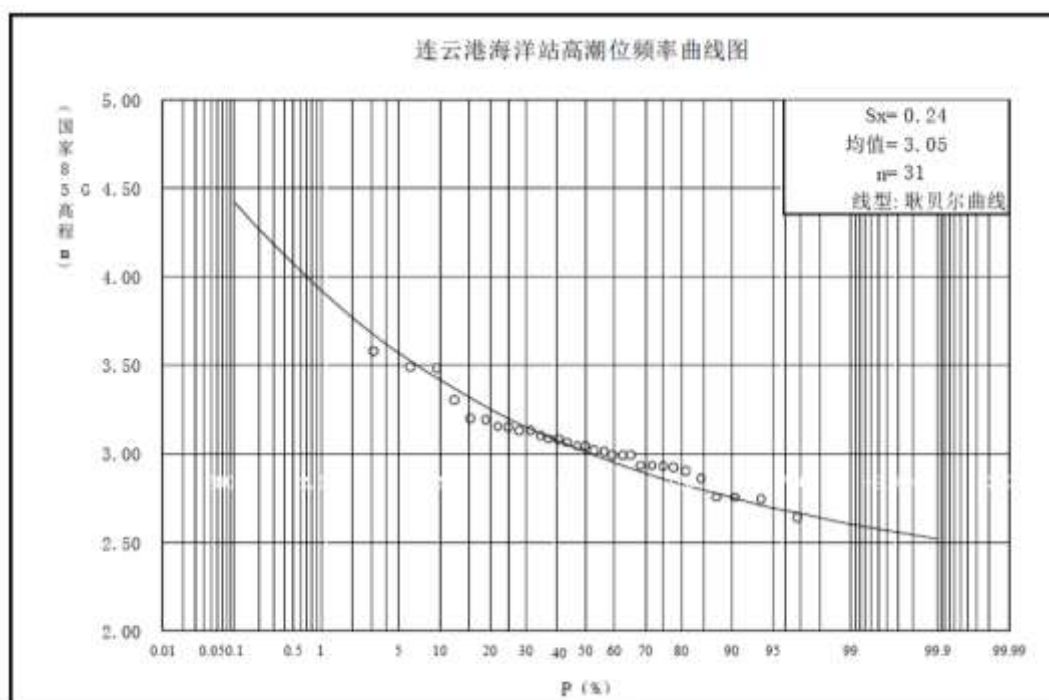


图 6.1-5 连云港海洋站高潮位频率曲线图

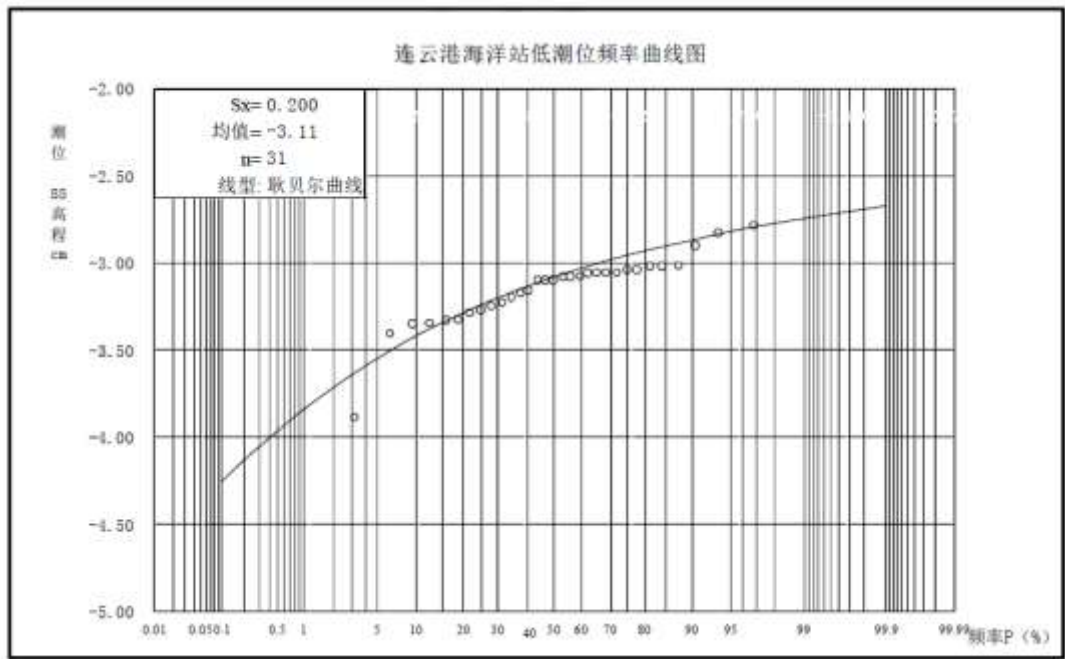


图 6.1-6 连云港海洋站低潮位频率曲线图

表 6.1-5 工程水位成果表

序号	项目	水位（85 高程，m）
1	百年一遇高潮位	3.79
2	极端高水位（50 年一遇高潮位）	3.64
3	设计高水位（累积频率 1%潮位）	2.35
4	设计低水位（累积频率 98%潮位）	-1.90
5	极端低水位（50 年一遇低潮位）	-3.36
6	百年一遇低潮位	-3.49

6.1.2.6 乘潮水位

乘潮水位是施工船舶在航行、作业时所规定的具有一定保证率的最低通航水位。为了给项目施工组织设计提供基础数据，根据工程场区专用潮位站为期 1 年的逐时潮位资 料进行统计分析，求得满足不同乘潮延时（1~4h）各保证率的乘潮水位计算结果，见表 6.1-6。

表 6.1-6 乘潮水位成果表 单位：1985 国家高程，m

保证率 延时	70%	75%	80%	85%	90%	95%
1 h	1.43	1.36	1.3	1.23	1.13	0.99
2 h	1.33	1.26	1.19	1.13	1.03	0.9
3 h	1.15	1.09	1.04	0.96	0.86	0.74
4 h	0.89	0.84	0.79	0.73	0.63	0.56

6.1.3 潮流

6.1.3.1 潮流类型

调查区位于与南黄海辐射沙洲内，南黄海旋转潮波系统与东海前进潮波系统在此辐合，辐合潮波系统塑造了水下浅滩，使浅滩成为辐射状沙洲及水下沙脊。本海区的潮流特征与地形密切相关，基本特征是以弶港为中心的各条潮汐通道内的辐聚—辐射，潮流流速较大，属强潮流区。潮流类型为半日潮流，在近岸及沙脊水道中，潮流日不等现象比较明显。涨、落急一般出现在半潮面附近，憩流一般出现在高、低潮附近。辐射沙洲内部潮流往复流特征明显，沙洲外缘略显旋转流特性。

根据 2013 年冬季调查及 2018 年夏季各测站各层 $(W_{K1}+W_{O1})/W_{M2}$ 比值均在 0.5 以内（表 6.1-7），测区潮流属性应属规则半日潮；各站表征浅水效应强弱的 W_{M4}/W_{M2} 在 0.09~0.17 之间（表 6.1-8），浅水效应不可忽视，且涨落潮流历时也有一定差异，综合来看测区潮流类型为浅海半日潮。

表 6.1-7 2013 年冬季 W_{M4}/W_{M2} 统计

站号 \ 层次	表层	0.6H	底层	垂向平均
1#	0.10	0.12	0.17	0.12
2#	0.11	0.10	0.13	0.11
3#	0.14	0.14	0.15	0.14
4#	0.07	0.08	0.08	0.07
5#	0.11	0.12	0.12	0.11
6#	0.09	0.10	0.11	0.10
7#	0.15	0.10	0.07	0.11
8#	0.13	0.13	0.16	0.14
9#	0.18	0.18	0.16	0.17

表 6.1-8 2018 年夏季 W_{M4}/W_{M2} 统计

站号 \ 层次	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂向平均
C1	0.26	0.24	0.23	0.22	0.23	0.24	0.23
C2	0.41	0.40	0.41	0.39	0.38	0.35	0.39
C3	0.36	0.37	0.37	0.36	0.35	0.37	0.36
C4	0.36	0.32	0.30	0.30	0.30	0.34	0.31
C5	0.44	0.43	0.40	0.41	0.41	0.39	0.41
C6	0.32	0.31	0.30	0.30	0.31	0.32	0.31

6.1.3.2 实测潮流特征分析

(1) 平均流速

根据收集到的资料,2013 年冬季调查期间 1#~9#测站各层平均流速的情况结果分别列于表 6.1-9。冬季测验期间测区表层平均流速约为垂向平均流速的 1.14 倍,0.2H 层流速约为垂向平均流速的 1.16 倍,0.6H 层流速约为垂向平均流速的 1.0 倍,底层流速约为垂向平均流速的 0.72,表、底层平均流之比约为 100: 63。

表 6.1-9 2013 年冬季各测站平均流速统计表 (m/s)

潮 汛	站 号	潮 流	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	平均
1#	小潮	涨潮流	0.66	0.70	0.69	0.64	0.59	0.44	0.62
		落潮流	0.55	0.57	0.54	0.49	0.44	0.32	0.50
	中潮	涨潮流	0.89	0.82	0.76	0.73	0.66	0.53	0.73
		落潮流	0.98	1.00	0.91	0.81	0.72	0.55	0.84
		涨潮流	0.81	0.78	0.74	0.71	0.62	0.50	0.68

潮 汛	站 号	潮 流	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	平均
	大潮	落潮流	0.99	0.97	0.91	0.81	0.75	0.58	0.86
2#	小潮	涨潮流	0.49	0.54	0.50	0.46	0.42	0.33	0.45
		落潮流	0.44	0.45	0.43	0.39	0.34	0.26	0.39
	中潮	涨潮流	0.74	0.71	0.68	0.61	0.53	0.42	0.62
		落潮流	0.78	0.80	0.72	0.67	0.59	0.49	0.68
	大潮	涨潮流	0.78	0.77	0.72	0.67	0.59	0.49	0.68
		落潮流	0.82	0.82	0.75	0.68	0.59	0.47	0.69
3#	小潮	涨潮流	0.42	0.41	0.40	0.37	0.32	0.26	0.36
		落潮流	0.45	0.43	0.39	0.35	0.31	0.24	0.36
	中潮	涨潮流	0.64	0.61	0.57	0.52	0.47	0.41	0.54
		落潮流	0.74	0.77	0.72	0.66	0.61	0.52	0.67
	大潮	涨潮流	0.70	0.71	0.64	0.59	0.55	0.47	0.61
		落潮流	0.89	0.85	0.80	0.75	0.68	0.60	0.77
4#	小潮	涨潮流	0.51	0.56	0.52	0.48	0.43	0.32	0.47
		落潮流	0.43	0.49	0.46	0.42	0.37	0.26	0.41
	中潮	涨潮流	0.78	0.81	0.75	0.70	0.59	0.49	0.70
		落潮流	0.72	0.77	0.72	0.67	0.57	0.45	0.63
	大潮	涨潮流	0.80	0.83	0.77	0.72	0.62	0.52	0.72
		落潮流	0.74	0.77	0.73	0.69	0.59	0.46	0.65
5#	小潮	涨潮流	0.54	0.55	0.53	0.51	0.44	0.37	0.49
		落潮流	0.42	0.43	0.42	0.40	0.37	0.30	0.39
	中潮	涨潮流	0.76	0.84	0.81	0.75	0.68	0.60	0.74
		落潮流	0.73	0.67	0.63	0.58	0.52	0.45	0.59
	大潮	涨潮流	0.75	0.81	0.79	0.73	0.66	0.55	0.73
		落潮流	0.70	0.71	0.66	0.61	0.56	0.46	0.62
6#	小潮	涨潮流	0.36	0.36	0.37	0.35	0.31	0.27	0.34
		落潮流	0.38	0.43	0.40	0.35	0.31	0.27	0.35
	中潮	涨潮流	0.40	0.43	0.39	0.37	0.32	0.29	0.37
		落潮流	0.52	0.53	0.51	0.47	0.41	0.36	0.47
	大潮	涨潮流	0.42	0.43	0.43	0.39	0.35	0.31	0.39
		落潮流	0.55	0.56	0.51	0.48	0.44	0.40	0.49
7#	小潮	涨潮流	0.43	0.46	0.42	0.41	0.38	0.32	0.40
		落潮流	0.36	0.37	0.37	0.34	0.31	0.25	0.33
	中潮	涨潮流	0.68	0.67	0.63	0.59	0.52	0.45	0.60
		落潮流	0.81	0.81	0.74	0.68	0.61	0.50	0.69
	大潮	涨潮流	0.81	0.78	0.72	0.67	0.58	0.47	0.67
		落潮流	0.87	0.89	0.83	0.75	0.68	0.54	0.77
8#	小潮	涨潮流	0.44	0.47	0.46	0.43	0.38	0.33	0.43
		落潮流	0.37	0.36	0.35	0.33	0.31	0.27	0.33
	中潮	涨潮流	0.68	0.64	0.62	0.56	0.49	0.43	0.58
		落潮流	0.54	0.56	0.51	0.47	0.41	0.35	0.48
	大潮	涨潮流	0.62	0.60	0.58	0.54	0.44	0.39	0.54
		落潮流	0.76	0.74	0.69	0.62	0.55	0.43	0.63
9#	小潮	涨潮流	0.52	0.49	0.46	0.44	0.37	0.29	0.43
		落潮流	0.29	0.35	0.34	0.31	0.28	0.21	0.30
	中潮	涨潮流	0.75	0.74	0.68	0.63	0.53	0.42	0.63
		落潮流	0.70	0.67	0.62	0.57	0.50	0.40	0.58
	大潮	涨潮流	0.88	0.90	0.80	0.73	0.62	0.50	0.74
		落潮流	0.79	0.78	0.76	0.69	0.61	0.50	0.69

2018 年 9 月（夏季）测验期间平均流速见表 6.1-10，从各测站流速对比来看，陈家坞槽（C1 测站）流速较大，风电场区中部深槽（C3 测站）流速也较大，其余测站流速相对较小。风电场区中部深槽（C3 测站）大潮观测期间平均流速为 0.93m/s，实测最大流速 1.66m/s；风电场区西部（C2）、东部（C5）两个测站

流速相对较小，大潮平均流速分别为 0.76m/s、0.82m/s，实测最大流速分别为 1.48m/s、1.57m/s。风电场区外侧的 C1、C4、C6 测站大潮平均流速为 0.93、0.79m/s、0.86m/s，实测最大流速分别为 2.10m/s、1.54m/s、1.51m/s。

2018 年夏季观测期间测区表层平均流速约为垂向平均流速的 1.06 倍，0.2H 层流速约为垂向平均流速的 1.13 倍，0.6H 层流速与垂向平均流速相当，底层流速约为垂向平均流速的 0.75 倍，表、底层平均流速之比约为 100: 70。

表 6.1-10 2018 年 9 月（夏季）测验期间平均流速（m/s）统计

潮 汛	站 号	潮 流	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	平均
C1	小潮	涨潮流	0.42	0.45	0.44	0.42	0.39	0.32	0.41
		落潮流	0.43	0.48	0.46	0.44	0.39	0.29	0.41
	中潮	涨潮流	0.73	0.74	0.68	0.65	0.57	0.47	0.65
		落潮流	1.00	1.03	0.96	0.86	0.74	0.60	0.87
	大潮	涨潮流	0.82	0.84	0.80	0.75	0.65	0.52	0.73
		落潮流	1.19	1.25	1.17	1.05	0.91	0.74	1.07
C2	小潮	涨潮流	0.37	0.38	0.37	0.34	0.32	0.28	0.34
		落潮流	0.40	0.42	0.40	0.38	0.33	0.29	0.38
	中潮	涨潮流	0.62	0.63	0.61	0.58	0.52	0.46	0.58
		落潮流	0.80	0.84	0.78	0.72	0.64	0.54	0.73
	大潮	涨潮流	0.72	0.73	0.71	0.66	0.59	0.50	0.66
		落潮流	0.91	1.00	0.96	0.88	0.77	0.66	0.88
C3	小潮	涨潮流	0.35	0.38	0.38	0.37	0.36	0.32	0.36
		落潮流	0.39	0.47	0.43	0.41	0.38	0.34	0.40
	中潮	涨潮流	0.65	0.87	0.82	0.76	0.71	0.62	0.75
		落潮流	0.62	0.81	0.77	0.71	0.63	0.55	0.70
	大潮	涨潮流	0.96	1.09	1.03	0.95	0.84	0.71	0.95
		落潮流	0.94	1.04	0.97	0.91	0.83	0.72	0.91
C4	小潮	涨潮流	0.33	0.34	0.30	0.31	0.29	0.23	0.30
		落潮流	0.35	0.39	0.38	0.35	0.33	0.28	0.35
	中潮	涨潮流	0.77	0.80	0.78	0.72	0.65	0.57	0.72
		落潮流	0.89	0.89	0.84	0.78	0.69	0.57	0.78
	大潮	涨潮流	0.71	0.81	0.79	0.73	0.66	0.57	0.73
		落潮流	1.01	0.98	0.92	0.86	0.76	0.63	0.86
C5	小潮	涨潮流	0.29	0.29	0.31	0.29	0.27	0.23	0.28
		落潮流	0.42	0.41	0.38	0.38	0.34	0.26	0.37
	中潮	涨潮流	0.58	0.59	0.58	0.54	0.48	0.40	0.54
		落潮流	0.88	0.92	0.87	0.80	0.70	0.58	0.80
	大潮	涨潮流	0.74	0.75	0.74	0.68	0.61	0.50	0.68
		落潮流	1.02	1.09	1.06	0.99	0.87	0.76	0.98
C6	小潮	涨潮流	0.31	0.35	0.34	0.32	0.30	0.25	0.31
		落潮流	0.32	0.38	0.36	0.34	0.30	0.24	0.33
	中潮	涨潮流	0.74	0.78	0.76	0.69	0.62	0.51	0.69

潮 汛	站 号	潮 流	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	平均
	大潮	落潮流	0.77	0.78	0.73	0.66	0.57	0.48	0.67
		涨潮流	0.90	0.95	0.91	0.85	0.76	0.64	0.84
		落潮流	0.96	0.99	0.94	0.87	0.78	0.67	0.88

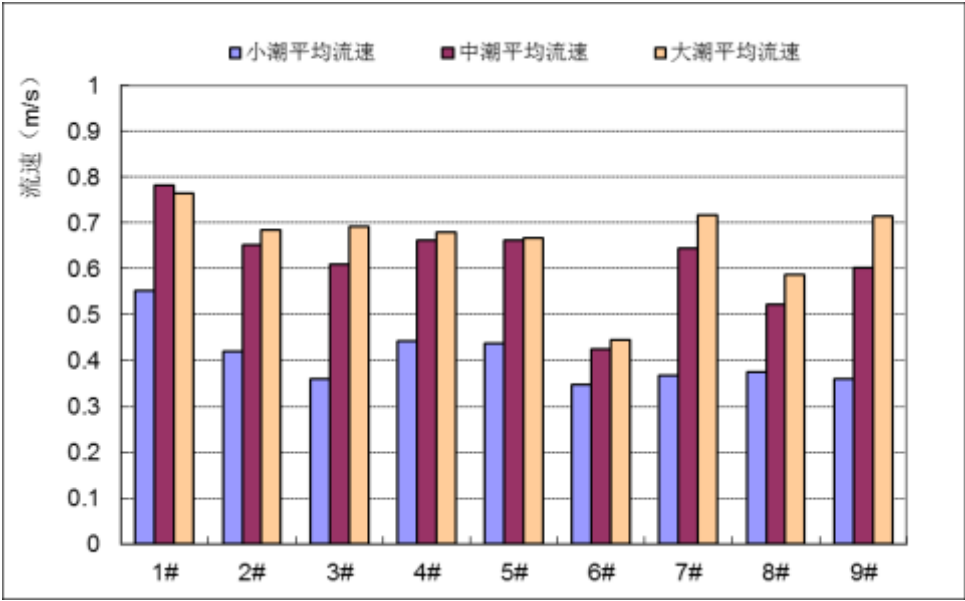


图 6.1-7 2013 年冬季测验期间各测站流速对比

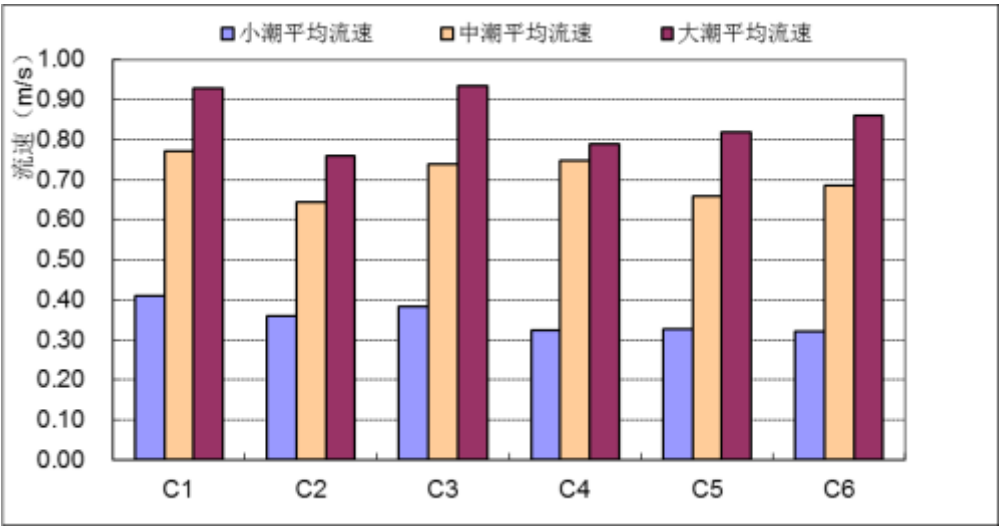


图 6.1-8 2018 年 9 月（夏季）测验期间各测站流速对比

(2) 最大流速

2013 年冬季测验期间实测最大流速出现在沙洲内部的 9#测站。1#~9#测站最大落潮流速及其对应的流向分别为 1.53m/s(8°)、1.44m/s(351°)、1.52m/s(9°)、1.61m/s(5°)、1.47m/s(357°)、1.46m/s(16°)、1.59m/s(341°)、1.74 m/s(29°)、1.94m/s(349°)；1#~9#测站观测期间最大涨潮流速及其对应的流向分

别为 1.70m/s (194°)、1.44m/s (200°)、1.21m/s (190°)、1.51m/s (186°)、1.57m/s (168°)、0.90m/s (174°)、1.52 m/s (181°)、1.26m/s (179°)、1.67m/s (172°)。2013 年冬季季测验期间实测最大流速见表 6.1-11。

2018 年夏季季测验期间实测最大流速出现在风电场东侧陈家坞槽内 C1 测站。C1~C6 测站最大落潮流速及其对应的流向分别为 2.10m/s (33°)、1.48m/s (24°)、1.63m/s (15°)、1.54m/s (19°)、1.57m/s (40°)、1.27m/s (57°)；C1~C6 测站测站观测期间最大涨潮流速及其对应的流向分别为 1.45m/s(221°)、1.12m/s (224°)、1.66m/s (204°)、1.20m/s (213°)、0.99m/s (235°)、1.51m/s (217°)。2018 年夏季季测验期间实测最大流速见表 6.1-12。

表 6.1-11 2013 年冬季测验期间实测最大流速 (m/s)、流向 (°) 统计

站号	潮汛	潮流	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂向	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	小潮	涨潮流	1.24	189	1.25	193	1.20	193	1.05	188	0.96	185	0.82	180	1.07	187
		落潮流	0.94	13	0.99	7	0.98	7	0.83	192	0.72	4	0.63	2	0.81	11
	中潮	涨潮流	1.70	194	1.61	191	1.50	187	1.42	192	1.25	183	1.15	186	1.42	190
		落潮流	1.52	10	1.44	13	1.30	5	1.21	8	1.08	6	0.93	10	1.21	10
	大潮	涨潮流	1.69	191	1.60	191	1.53	186	1.43	187	1.26	183	1.09	185	1.42	188
		落潮流	1.53	8	1.40	4	1.34	7	1.27	4	1.17	3	0.98	6	1.27	6
2#	小潮	涨潮流	0.95	210	0.95	205	0.87	207	0.82	202	0.77	200	0.67	192	0.84	204
		落潮流	0.75	358	0.74	354	0.68	0	0.60	4	0.54	1	0.46	345	0.60	357
	中潮	涨潮流	1.28	203	1.27	200	1.17	202	1.09	199	0.99	200	0.86	201	1.08	198
		落潮流	1.29	355	1.27	353	1.21	352	1.09	353	0.98	354	0.76	355	1.07	352
	大潮	涨潮流	1.44	200	1.42	196	1.31	197	1.17	198	1.09	194	0.88	196	1.18	197
		落潮流	1.44	351	1.44	350	1.30	347	1.21	350	1.03	352	0.86	346	1.21	352
3#	小潮	涨潮流	0.82	202	0.74	203	0.70	190	0.65	186	0.59	194	0.49	208	0.63	195
		落潮流	0.77	204	0.69	32	0.65	30	0.63	12	0.55	27	0.43	102	0.55	36
	中潮	涨潮流	1.09	203	1.02	190	0.97	195	0.95	196	0.87	189	0.77	196	0.94	198
		落潮流	1.25	28	1.26	27	1.16	28	1.05	29	0.96	14	0.83	30	1.05	26

站号	潮汛	潮流	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂向	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
3#	大潮	涨潮流	1.16	192	1.21	190	1.08	191	1.03	191	0.95	176	0.84	191	1.03	189
		落潮流	1.52	9	1.49	10	1.42	11	1.31	9	1.22	10	1.07	10	1.34	10
4#	小潮	涨潮流	0.97	181	1.04	160	0.98	164	0.88	174	0.79	175	0.63	178	0.85	173
		落潮流	0.67	24	0.80	348	0.70	5	0.65	3	0.57	2	0.44	0	0.61	6
	中潮	涨潮流	1.48	183	1.51	186	1.37	189	1.22	184	1.07	188	0.91	184	1.26	186
		落潮流	1.23	12	1.30	12	1.23	11	1.18	3	0.96	11	0.78	20	1.11	10
	大潮	涨潮流	1.38	175	1.40	176	1.49	195	1.22	175	1.10	176	0.93	174	1.20	175
		落潮流	1.54	358	1.61	5	1.54	6	1.47	5	1.20	10	0.94	3	1.39	7
5#	小潮	涨潮流	1.06	173	1.08	173	1.00	170	0.93	170	0.79	178	0.67	169	0.91	171
		落潮流	0.77	16	0.77	11	0.75	16	0.64	7	0.58	3	0.51	7	0.65	6
	中潮	涨潮流	1.46	172	1.48	175	1.45	172	1.33	172	1.24	172	1.05	170	1.34	173
		落潮流	1.27	351	1.24	348	1.15	356	1.07	358	0.96	349	0.88	350	1.07	355
	大潮	涨潮流	1.46	170	1.57	168	1.38	167	1.35	166	1.21	168	1.05	167	1.35	168
		落潮流	1.41	357	1.47	357	1.41	357	1.33	356	1.22	359	1.05	353	1.32	356
6#	小潮	涨潮流	0.70	180	0.68	181	0.67	178	0.58	186	0.55	176	0.46	176	0.60	178
		落潮流	0.70	17	0.67	11	0.62	15	0.57	12	0.51	358	0.43	3	0.55	5
	中潮	涨潮流	0.79	175	0.84	177	0.78	179	0.73	171	0.63	183	0.54	182	0.70	175
		落潮流	1.29	15	1.26	16	1.05	14	0.95	14	0.79	8	0.60	30	0.99	14
	大潮	涨潮流	0.85	177	0.90	174	0.84	177	0.75	171	0.69	177	0.59	176	0.76	176
		落潮流	1.46	16	1.37	17	1.39	17	1.23	16	1.02	17	0.82	15	1.23	17
7#	小潮	涨潮流	1.04	184	0.99	181	0.91	176	0.86	175	0.88	163	0.72	131	0.88	172
		落潮流	0.67	357	0.73	350	0.60	356	0.54	353	0.48	357	0.46	338	0.54	352
	中潮	涨潮流	1.41	182	1.31	177	1.24	179	1.13	179	1.06	175	0.85	170	1.17	177

	大潮	落潮流	1.53	338	1.51	339	1.43	335	1.32	339	1.18	338	1.01	335	1.33	337
		涨潮流	1.52	181	1.44	181	1.35	181	1.24	176	1.08	177	0.87	173	1.24	179
		落潮流	1.55	338	1.59	341	1.49	347	1.44	328	1.28	337	1.11	337	1.39	341
8#	小潮	涨潮流	0.81	179	0.79	171	0.73	169	0.70	177	0.63	180	0.56	175	0.69	178
		落潮流	0.62	10	0.61	3	0.58	167	0.52	185	0.54	360	0.44	357	0.53	1
	中潮	涨潮流	1.18	175	1.10	174	1.08	175	1.02	174	0.87	173	0.73	178	0.99	174
		落潮流	0.98	4	1.00	3	0.93	2	0.87	1	0.77	6	0.63	186	0.83	0
	大潮	涨潮流	1.26	179	1.16	174	1.10	178	0.99	176	0.86	177	0.70	178	1.00	175
		落潮流	1.74	29	1.71	22	1.56	23	1.49	25	1.32	19	1.09	24	1.45	22
9#	小潮	涨潮流	1.04	173	1.09	172	0.97	166	0.88	168	0.80	163	0.62	170	0.88	169
		落潮流	0.64	354	0.65	352	0.59	357	0.52	3	0.45	186	0.39	344	0.50	354
	中潮	涨潮流	1.60	173	1.50	173	1.47	173	1.29	168	1.12	168	0.98	164	1.32	170
		落潮流	1.44	349	1.35	348	1.26	346	1.18	348	1.03	344	0.79	346	1.16	347
	大潮	涨潮流	1.64	174	1.67	172	1.52	172	1.44	169	1.20	170	0.98	167	1.41	171
		落潮流	1.87	351	1.94	349	1.80	346	1.70	346	1.52	347	1.33	345	1.71	347

表 6.1-12 2018 年夏季测验期间实测最大流速 (m/s)、流向 (°) 统计

站号	潮汛	潮流	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂向	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	小潮	涨潮流	0.76	215	0.86	210	0.81	206	0.83	213	0.66	192	0.52	193	0.71	206
		落潮流	0.89	18	0.93	16	0.87	10	0.76	13	0.69	14	0.54	7	0.75	15
	中潮	涨潮流	1.39	217	1.36	212	1.32	214	1.15	213	0.97	209	0.80	205	1.17	213
		落潮流	1.73	28	1.78	24	1.68	28	1.57	25	1.38	23	1.18	24	1.57	24
	大潮	涨潮流	1.45	221	1.42	219	1.31	216	1.22	207	1.01	216	0.87	216	1.19	218
		落潮流	2.09	29	2.10	33	2.02	32	1.85	32	1.72	34	1.53	32	1.87	33
C2	小潮	涨潮流	0.62	191	0.62	197	0.57	188	0.51	275	0.46	256	0.43	205	0.50	195
		落潮流	0.74	9	0.76	10	0.74	10	0.72	16	0.68	9	0.55	19	0.68	16
	中潮	涨潮流	0.83	213	0.84	209	0.79	209	0.81	211	0.72	202	0.68	205	0.75	193
		落潮流	1.10	343	1.11	359	1.12	1	1.02	357	0.93	1	0.85	358	1.01	359
	大潮	涨潮流	1.12	224	1.07	223	1.05	223	1.00	224	0.83	213	0.72	223	0.97	224
		落潮流	1.38	23	1.48	24	1.39	21	1.28	18	1.12	18	0.99	23	1.27	21
C3	小潮	涨潮流	0.64	198	0.65	197	0.65	196	0.62	192	0.58	188	0.50	188	0.58	195
		落潮流	0.82	15	0.91	17	0.90	14	0.81	13	0.74	12	0.65	15	0.80	15
	中潮	涨潮流	1.06	201	1.46	198	1.42	199	1.36	198	1.30	197	1.19	195	1.31	198
		落潮流	1.12	17	1.63	12	1.46	15	1.36	15	1.26	14	1.13	15	1.35	14
	大潮	涨潮流	1.43	204	1.66	204	1.60	204	1.51	202	1.42	195	1.35	192	1.48	203
		落潮流	1.44	14	1.63	15	1.56	15	1.45	16	1.34	199	1.27	24	1.45	15
C4	小潮	涨潮流	0.54	202	0.55	206	0.51	215	0.50	213	0.46	199	0.43	215	0.44	210
		落潮流	0.75	13	0.82	11	0.78	10	0.73	13	0.63	11	0.64	14	0.70	13
	中潮	涨潮流	1.46	201	1.42	199	1.36	201	1.25	198	1.14	199	1.01	200	1.28	200

	大潮	落潮流	1.50	16	1.45	21	1.34	25	1.32	22	1.13	23	0.99	23	1.27	24
		涨潮流	1.06	218	1.20	213	1.19	211	1.09	212	0.99	214	0.85	212	1.05	212
		落潮流	1.54	19	1.51	25	1.40	32	1.34	19	1.21	18	1.05	23	1.33	24
C5	小潮	涨潮流	0.48	205	0.49	247	0.52	235	0.46	210	0.47	248	0.40	215	0.44	236
		落潮流	0.74	32	0.70	33	0.70	28	0.66	33	0.60	29	0.48	36	0.61	27
	中潮	涨潮流	0.87	242	0.88	240	0.88	235	0.79	244	0.72	227	0.62	242	0.80	240
		落潮流	1.34	44	1.40	29	1.37	39	1.31	41	1.10	40	1.02	49	1.25	39
	大潮	涨潮流	0.98	235	0.99	235	0.96	235	0.89	227	0.89	227	0.71	224	0.89	227
		落潮流	1.46	31	1.57	40	1.50	31	1.43	40	1.37	39	1.19	36	1.43	35
C6	小潮	涨潮流	0.59	211	0.68	207	0.60	209	0.57	251	0.50	204	0.45	230	0.52	208
		落潮流	0.61	23	0.67	30	0.69	34	0.59	26	0.52	10	0.49	16	0.59	30
	中潮	涨潮流	1.36	211	1.48	210	1.43	213	1.37	211	1.23	209	1.11	211	1.34	210
		落潮流	1.07	22	1.09	15	1.03	46	0.95	2	0.88	359	0.73	30	0.94	20
	大潮	涨潮流	1.44	222	1.51	217	1.42	213	1.29	220	1.21	222	1.10	217	1.31	219
		落潮流	1.27	57	1.25	4	1.27	14	1.16	44	1.07	19	0.94	31	1.14	19

(3) 实测流向特征

2013 年冬季测区各站垂向平均的流矢图（大、中、小潮）见图 6.1-9～图 6.1-11，由图可见：工程区水域涨、落潮流主流向大致呈南—北向，但涨、落潮流主流向并不完全对称，其中涨潮时流向较为集中，落潮时流向相对分散。

冬季调查期间，1#测站的涨、落潮流主流向为 185° — 5° ，2#测站主流向为 205° ~ 345° ，3#测站主流向大致为 205° ~ 15° ，4#测站主流向大致为 180° ~ 360° ，5#测站主流向大致为 160° ~ 360° 走向，6#涨潮流主流向大致为 180° ，落潮流向较为分散，落潮流矢方向在 330° 至 30° 之间。7#测站主流向大致为 180° ~ 320° ，8#测站主流向大致为 180° ~ 360° ，9#测站主流向大致为 170° ~ 350° 。

2018 年夏季测区各站垂向平均的流矢图（大、中、小潮）见图 6.1-12～图 6.1-14，由图可见：工程区水域涨、落潮流主流向大致呈西南—东北向，深槽中的 C1、C3、C4 测站流向较为集中，浅滩区域的 C2、C5、C6 测站流向相对分散。

夏季调查期间，C1 测站的涨、落潮流主流向为 220° ~ 30° ，C2 测站主流向为 220° ~ 20° ，C3 测站主流向大致为 200° ~ 20° ，C4 测站主流向大致为 210° ~ 20° ，C5 测站主流向大致为 230° — 30° 走向，C6 主流向大致为 220° ~ 40° 走向。

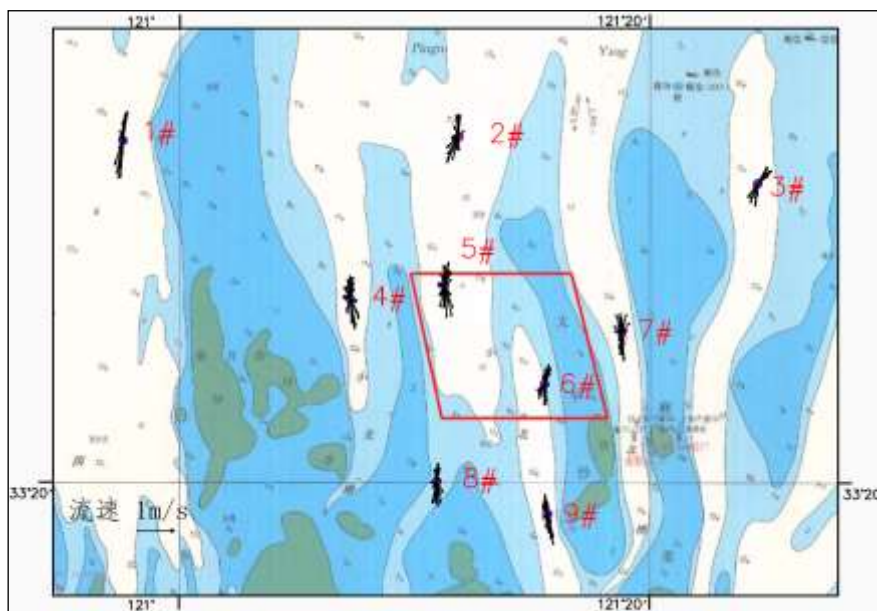


图 6.1-9 2013 年冬季小潮流矢图（垂向平均）

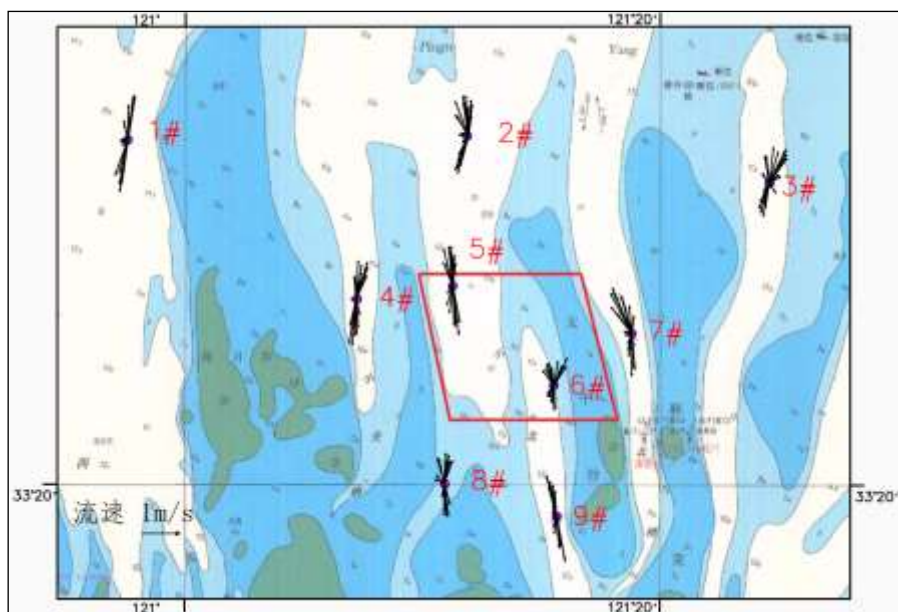


图 6.1-10 2013 年冬季中潮流矢图（垂向平均）

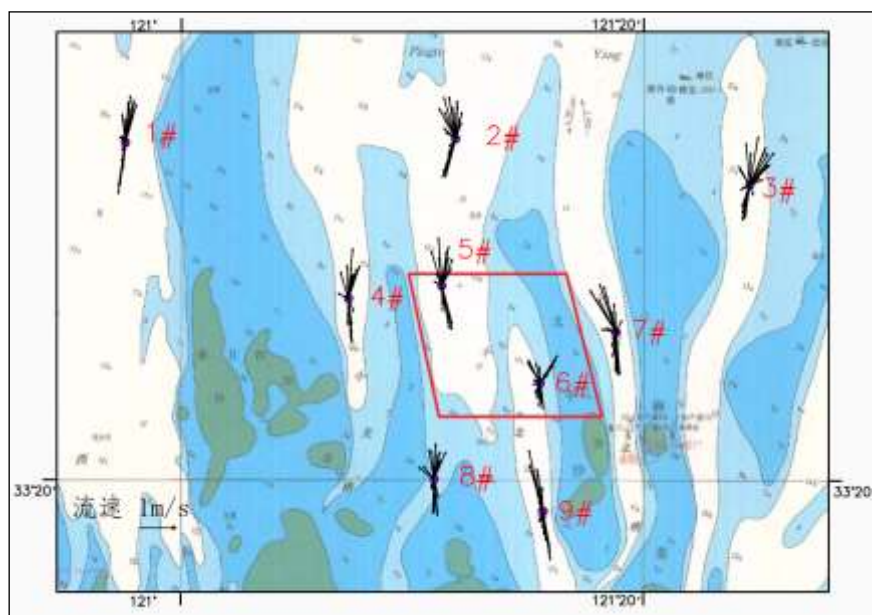


图 6.1-11 2013 年冬季大潮流矢图（垂向平均）

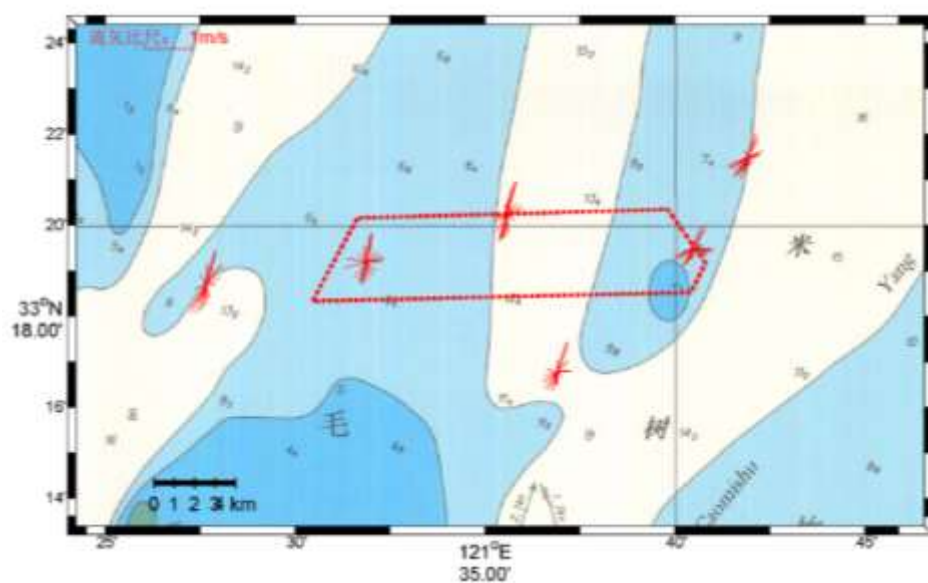


图 6.1-12 2018 年 9 月（夏季）小潮流矢图（垂向平均）

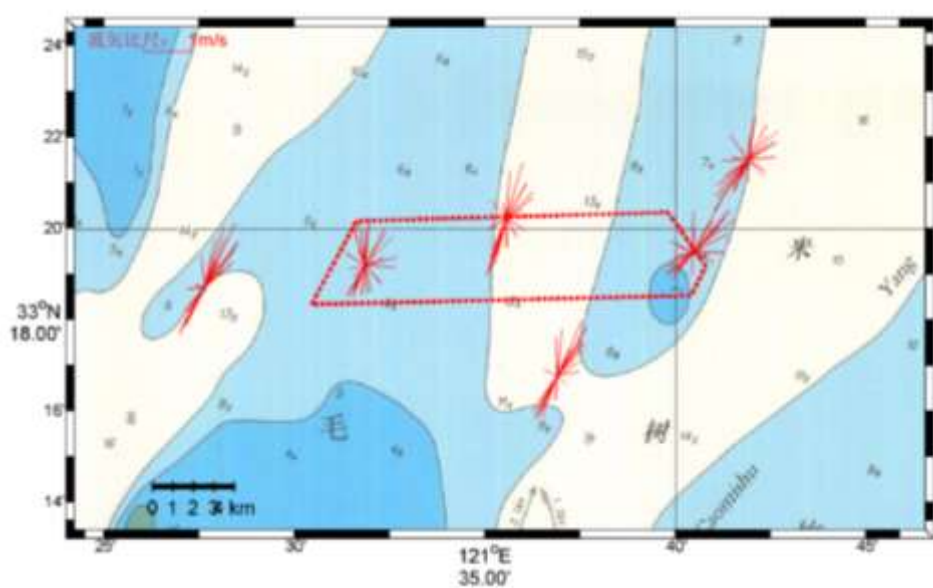


图 6.1-13 2018 年 9 月（夏季）中潮流矢图（垂向平均）

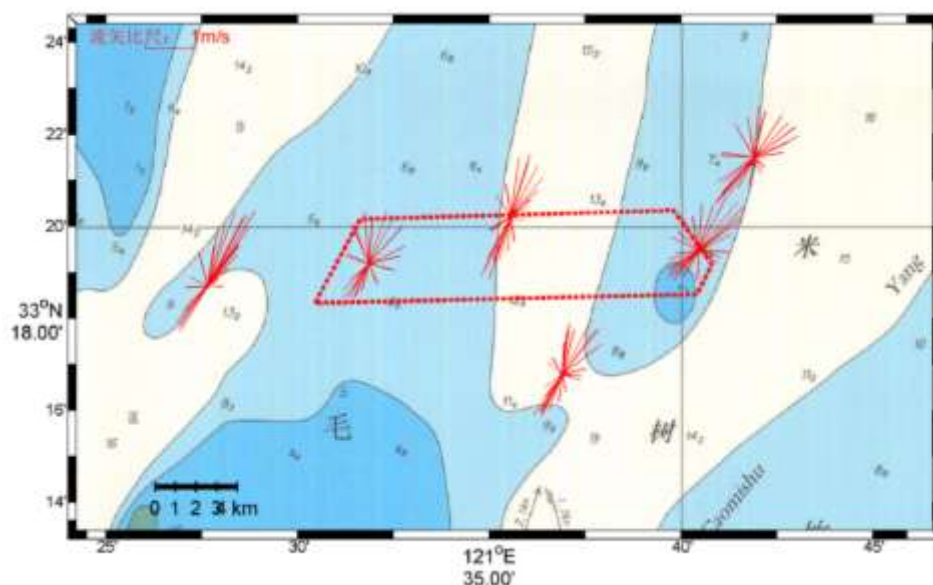


图 6.1-14 2018 年 9 月（夏季）大潮流矢图（垂向平均）

（4）平均涨落潮历时

2013 年冬季调查期间测区总体上落潮历时长于涨潮，1#测站中、大潮期间涨潮流历时长于落潮历时，其他测站多为落潮历时长于涨潮历时，历时差从 5 分钟到约一个半小时不等。夏季调查中，小潮期间各站多为涨潮流历时长于落潮，中、大潮期间多为落潮历时长于涨潮，涨、落潮历时差比冬季略有增大。

夏季调查期间，C1 测站落潮流历时长于涨潮流，C3、C6 涨潮流长于落潮流，C2、C4、C5 测站小潮期间涨潮流历时长于落潮，中、大潮期间多为落潮历时长于涨潮流，历时差从 20 分钟到四小时不等。

6.1.3.3 运动形式

潮流运动形式可依主要分潮流 M2 的椭圆率 $|K|$ 予以判定。 $|K|$ 值越小，往复流形式显著；反之，旋转流特征强烈。并规定当 K 值为正时，潮流呈逆时针的旋转； K 为负时，潮流呈顺时针向旋转。如表 6.1-13 和表 6.1-14 所示，2013 年冬季测区 K 值较小，水域潮流运动形式以往复流为主。分析表明，从表层到底层 K 值有增大趋势，例如 1#、2#、4#、5#、6#、9#测站表层为顺时针旋转，底层为逆时针旋转。2018 年夏季实测潮流资料中，位于深槽的 C1、C3、C4 测站 $|K|$ 值较小，潮流运动形式以往复流为主，C2、C5、C6 测站 $|K|$ 值相对较大，略显旋转流

性质。分析表明，从表层到底层 K 值有增大趋势，测区各站表层的 K 平均值为-0.26，底层为-0.13。

表 6.1-13 2013 年冬季 M2 分潮流的 K 值统计

站号 \ 层次	表层	0.6H	底层	垂向平均
1#	-0.02	0.05	0.09	0.03
2#	-0.08	0.02	0.05	-0.02
3#	-0.11	-0.06	-0.01	-0.07
4#	-0.04	0.06	0.08	0.02
5#	-0.05	0.09	0.17	0.05
6#	-0.01	0.06	0.06	0.03
7#	0.01	0.07	0.10	0.06
8#	-0.08	-0.03	-0.07	-0.05
9#	-0.01	0.10	0.08	0.06

表 6.1-14 2018 年夏季 M2 分潮流的 K 值统计

站号 \ 层次	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂向平均
C1	-0.13	-0.12	-0.09	-0.04	-0.01	0.00	-0.07
C2	-0.27	-0.27	-0.27	-0.26	-0.24	-0.20	-0.26
C3	-0.19	-0.16	-0.13	-0.11	-0.10	-0.07	-0.13
C4	-0.18	-0.18	-0.18	-0.16	-0.13	-0.12	-0.16
C5	-0.32	-0.33	-0.32	-0.30	-0.30	-0.30	-0.31
C6	-0.31	-0.30	-0.29	-0.29	-0.28	-0.26	-0.29

6.1.3.4 潮流最大可能流速

根据《海港水文规范》(JTS 145-2-2013)，规则半日潮流的可能最大流速按下式计算

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M2} + 1.245\vec{W}_{S2} + \vec{W}_{O1} + \vec{W}_{K1} + \vec{W}_{M4} + \vec{W}_{MS4}$$

其中， $\vec{V}_{\max}$ 表示潮流的可能最大流速（流速，m/s；流向，°）； $\vec{W}_{M2}$ 、 $\vec{W}_{S2}$ 、 $\vec{W}_{O1}$ 、 $\vec{W}_{K1}$ 、 $\vec{W}_{M4}$ 和 $\vec{W}_{MS4}$ 分别为各分潮流速的最大值。

各分潮最大流速和流向分别按下式计算，

$$W_i = \sqrt{U_i^2 \cos^2(\sigma_i \tau_i - \xi_i) + V_i^2 \cos^2(\sigma_i \tau_i - \eta_i)}, \quad \theta_i = \arctan \frac{V_i \cos(\sigma_i \tau_i - \eta_i)}{U_i \cos(\sigma_i \tau_i - \xi_i)}$$

其中, U_i 和 V_i 分别为北分量和东分量。

根据收集到的资料, 2013 年冬季测点潮流可能最大流速计算统计结果见表 6.1-14。由表可见, 测区潮流可能最大流速最大的为 9#测站, 表层可能最大流速达到 2.5m/s, 其次为 9#测站, 最大流速为 2.15m/s, 风电场工程区内的 5#测站可能最大流速也达到 2.15m/s。各潮流可能最大流速的流向与各个测站实测主流向基本一致。

表 6.1-15 2013 年冬季潮流可能最大流速 (m/s) 及流向 (°) 统计

站号	表层		0.6H		底层		垂向平均	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	2.15	9	1.98	8	1.31	10	1.94	8
2#	2.06	11	1.65	359	1.03	355	1.63	5
3#	1.89	21	1.46	22	1.05	26	1.47	21
4#	2.11	358	1.73	357	0.98	360	1.72	358
5#	2.15	352	1.86	351	1.09	354	1.84	351
6#	1.54	5	1.33	3	0.94	360	1.34	3
7#	2.14	357	1.89	357	1.36	360	1.89	357
8#	1.98	1	1.56	1	1.05	3	1.59	1
9#	2.50	353	2.12	350	1.46	357	2.14	351

表 6.1-16 2013 年冬季各测站潮流可能最大流速表

(流速 m/s 流向 °)

站号	表层		0.6H		底层		垂向平均	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	2.03	198	1.87	197	1.07	202	1.8	197
2#	2.53	196	2.31	198	1.43	197	2.13	197
3#	1.89	21	1.46	22	1.05	26	1.47	21
4#	2.14	357	1.89	357	1.36	360	1.89	357
5#	1.54	5	1.33	3	0.94	360	1.34	3
6#	2.5	353	2.12	350	1.46	357	2.14	351

2018 年夏季实测潮流可能最大流速计算统计结果见表 6.1-16。

由表可见, 测区潮流可能最大流速最大的为 C1 测站, 该站分层潮流可能最大流速达到 1.97m/s, 垂向平均可能最大流速为 1.72m/s。风电场区中部 C3 测站

分层潮流可能最大流速为 1.95m/s，垂向平均可能最大流速为 1.71m/s。风电场区西部 C2 测站分层潮流可能最大流速为 1.36m/s，垂向平均可能最大流速为 1.21m/s。风电场区东部 C5 测站分层潮流可能最大流速为 1.62m/s，垂向平均可能最大流速为 1.48m/s。

表 6.1-17 潮流可能最大流速 (m/s) 及流向 (°) 统计

	潮次	表 层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底 层		垂向平均	
		流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向
夏季	C1	1.89	28	1.97	27	1.87	28	1.71	27	1.51	27	1.24	36	1.72	27
	C2	1.26	3	1.36	3	1.33	3	1.23	3	1.07	4	0.91	3	1.21	3
	C3	1.59	18	1.95	17	1.86	18	1.72	17	1.57	16	1.36	13	1.71	17
	C4	1.55	28	1.58	27	1.54	22	1.43	22	1.29	22	1.12	22	1.44	22
	C5	1.56	39	1.62	40	1.60	42	1.49	43	1.33	43	1.14	46	1.48	42
	C6	1.49	32	1.57	31	1.51	36	1.42	32	1.25	31	1.09	31	1.41	31

6.1.3.5 余流

2013 年冬季调查期间各测站表层平均余流在 0.03~0.25m/s 之间，0.6H 层在 0.01~0.18m/s 之间，底层在 0.01~0.13m/s 之间，从表层至底层呈现递减的趋势。观测期间垂向平均余流介于 0.01~0.18m/s 之间，测区平均值为 0.07m/s。观测期间余流最大的是 2#站，最小的为 8#站。1#、2#测站平均余流的方向向大致为西北向，3#测站余流向大致为东北向，6#测站大致为偏北向，7#测站大致为偏西向，其它测站平均余流较小（表 6.1-17）。

2018 年 9 月（夏季）调查期间各测站表层平均余流在 0.02~0.42m/s 之间，0.6H 层在 0.01~0.34m/s 之间，底层在 0.01~0.25m/s 之间，呈现从表层至底层递减的趋势。小潮期间各站的垂向平均余流介于 0.01~0.07m/s 之间，测区平均值为 0.04m/s；中潮期间各站的垂向平均余流介于 0.03~0.26m/s 之间，测区平均值为 0.13m/s；大潮期间各站的垂向平均余流介于 0.05~0.36m/s 之间，测区平均值为 0.15m/s（表 6.1-18）。中潮期间余流大于小潮、大潮又大于中潮。调查期间余流较大的有 C1、C3、C5、C6 三个测站；其中 C1、C5 测站平均余流的方向大致为东北偏北向，C3、C6 测站平均余流的方向大致为西南偏南至西南向。

表 6.1-18 2013 年冬季各测站余流统计表

(流速 m/s 流向 °)

	站号	潮次	表 层		0.6 H		底 层		垂向平均	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
冬季	1#	小潮	0.03	113	0.06	241	0.02	219	0.04	233
		中潮	0.15	304	0.05	326	0.04	15	0.07	322
		大潮	0.15	354	0.09	356	0.08	9	0.10	353
	2#	小潮	0.07	277	0.09	282	0.06	268	0.10	281
		中潮	0.25	291	0.18	296	0.12	297	0.18	296
		大潮	0.21	289	0.18	294	0.13	293	0.18	294
	3#	小潮	0.11	121	0.05	118	0.04	144	0.06	121
		中潮	0.09	7	0.09	23	0.07	20	0.09	22
		大潮	0.11	29	0.11	24	0.09	21	0.11	27
	4#	小潮	0.08	103	0.03	77	0.03	106	0.04	83
		中潮	0.05	67	0.05	57	0.03	82	0.04	80
		大潮	0.07	43	0.09	36	0.06	57	0.08	53
	5#	小潮	0.08	131	0.03	97	0.02	105	0.03	128
		中潮	0.03	243	0.04	259	0.05	262	0.04	249
		大潮	0.12	108	0.07	102	0.05	115	0.08	105
	6#	小潮	0.03	110	0.00	279	0.01	190	0.00	323
		中潮	0.10	348	0.09	6	0.07	15	0.09	1
		大潮	0.10	356	0.07	12	0.06	25	0.08	7
	7#	小潮	0.05	179	0.03	212	0.03	162	0.04	203
		中潮	0.16	274	0.15	292	0.12	284	0.14	288
		大潮	0.17	246	0.15	269	0.12	266	0.15	264
	8#	小潮	0.05	125	0.03	160	0.02	170	0.03	149
		中潮	0.02	188	0.01	105	0.01	130	0.01	107
		大潮	0.04	50	0.03	21	0.01	349	0.03	31
	9#	小潮	0.10	169	0.04	192	0.03	189	0.05	187
		中潮	0.07	319	0.06	298	0.04	280	0.05	297
		大潮	0.08	344	0.11	325	0.08	319	0.10	329

表 6.1-19 2018 年 9 月（夏季）各测站余流统计表

(流速 m/s 流向 °)

	站号	潮次	表 层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底 层		垂向平均	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
夏季	C1	小	0.04	60	0.02	52	0.02	38	0.02	16	0.01	325	0.01	293	0.01	30
		中	0.23	12	0.27	13	0.25	15	0.23	15	0.20	13	0.16	10	0.23	13
		大	0.42	9	0.43	13	0.39	13	0.34	14	0.31	15	0.25	14	0.36	13
	C2	小	0.03	114	0.02	91	0.02	100	0.01	64	0.01	1	0.01	297	0.01	79
		中	0.03	116	0.04	74	0.03	70	0.03	75	0.02	89	0.02	100	0.03	82

	大	0.07	342	0.07	7	0.07	12	0.05	11	0.04	17	0.03	34	0.05	9
C3	小	0.05	159	0.04	169	0.03	163	0.02	175	0.02	166	0.02	137	0.03	164
	中	0.21	190	0.28	185	0.28	186	0.26	184	0.24	184	0.22	182	0.26	185
	大	0.18	208	0.20	192	0.20	197	0.18	199	0.15	198	0.11	194	0.17	197
C4	小	0.02	109	0.02	13	0.04	359	0.04	341	0.06	332	0.04	325	0.03	346
	中	0.02	109	0.03	90	0.02	101	0.03	114	0.04	121	0.04	118	0.03	109
	大	0.14	10	0.06	28	0.05	31	0.04	35	0.03	37	0.02	66	0.05	27
C5	小	0.09	96	0.06	95	0.06	115	0.05	108	0.05	109	0.03	136	0.06	106
	中	0.14	12	0.16	10	0.14	14	0.13	14	0.11	19	0.09	25	0.13	14
	大	0.18	345	0.19	355	0.17	359	0.16	1	0.14	2	0.12	9	0.16	358
C6	小	0.07	177	0.08	190	0.07	192	0.07	198	0.06	193	0.06	205	0.07	193
	中	0.14	197	0.14	200	0.14	198	0.13	199	0.13	203	0.11	200	0.13	200
	大	0.10	249	0.11	233	0.11	235	0.11	239	0.11	245	0.09	255	0.11	240

6.1.4 泥沙

悬沙资料引用《三峡新能源江苏大丰 H8-2#海上风电项目夏季海洋水文测验报告》。在测区设站 6 个，站点设置于 2018 年夏季潮流观测站点一致，见表 6.1-2 和图 6.1-2。水样采集与潮流观测同步进行。水样按六点法（表层、0.2H、0.4H、0.6H、0.8H、底层）分层采样，采样时间在正点前后 10 钟内完成，取样时间间隔为 1 小时。悬沙采样用 2000ml 横式采水器采集，样品由泥沙分析实验室分析。水样采用直径 60mm、孔径 0.45 μm 的微孔滤膜过滤，过滤后的样品在红外灯下烘干，再经 40-45℃烘箱烘 6~8 小时，使泥沙样品达到恒重。最后用高精度电子分析天平称重，并经对比膜进行失重校正，最终计算出海水中的含沙量。

6.1.4.1 悬沙特征

（1）含沙量特征

水体挟沙能力受到众多条件影响，风浪、潮流、底质状况等因素共同决定了水体含沙量的高低，不同时段以及不同位置上的水体含沙量变化很大。为更好的分析测区含沙量的分布状况，将 2018 年 9 月（夏季）实测含沙量的特征数值列于表 6.1-19。需要说明的是，表中所列涨潮、落潮时段的含沙量是以潮流流向为判断依据划分的。

夏季调查期间各站的周日垂向平均含沙量在 0.053~0.351kg/m³ 之间，测区平均含沙量为 0.153kg/m³，风电场区内（C2、C3、C5）平均含沙量为 0.158kg/m³。测区小、中、大潮期间平均含沙量分别为 0.067kg/m³、0.159kg/m³ 和 0.235kg/m³。

夏季实测最大含沙量为 1.268kg/m^3 ，出现在 C1 测站底层，对应于大潮的落潮急流时段；风电场工程区内（C2、C3、C5）实测最大含沙量为 0.752kg/m^3 ，出现在 C2 测站底层，对应时间为大潮的落潮急流后。

（2）含沙量的时间变化

当风浪不大时，含沙量半月周期变化主要反映在大、中、小潮的周期循环，一般受潮流强弱影响。夏季调查期间含沙量基本符合大、中、小潮强弱变化的特征。

小潮平均含沙量为 0.067kg/m^3 ，各站垂线平均含沙量日均值在 $0.053\sim 0.086\text{kg/m}^3$ 之间；中潮平均含沙量为 0.159kg/m^3 ，各站垂线平均含沙量日均值在 $0.093\sim 0.229\text{kg/m}^3$ 之间；大潮平均含沙量为 0.235kg/m^3 ，各站垂线平均含沙量日均值在 $0.140\sim 0.351\text{kg/m}^3$ 之间。

小潮期间各站的涨、落潮含沙量均较为接近，相差不超过 0.01kg/m^3 。中潮期间，C1 测站落潮含沙量大于涨潮含沙量，C4 测站涨、落潮含沙量较为接近，其他测站均为涨潮含沙量大于落潮。大潮期间，C1、C2、C4 测站落潮含沙量大于涨潮含沙量，C3、C5、C6 测站涨潮含沙量大于落潮含沙量。

（3）含沙量的空间变化

夏季观测期间，C1、C2 测站含沙量高于其他测站，六个测站中 C4 测站的含沙量最小。测区含沙量垂向分布表现为自上而下渐增的特征，表、底层含沙量差别较大。夏季小潮期间测区表、中、底层平均含沙量分别 0.054kg/m^3 、 0.064kg/m^3 、 0.112g/m^3 ；中潮期间表、中、底层平均含沙量分别 0.114kg/m^3 、 0.166kg/m^3 、 0.236kg/m^3 ；大潮期间表、中、底层平均含沙量分别 0.157kg/m^3 、 0.234kg/m^3 、 0.372kg/m^3 。测区夏季观测期间表、中、底层平均含沙量之比约为 1: 1.4: 2.2。

表 6.1-20 夏季各测站平均含沙量 (kg/m^3) 特征值

潮汛	站号	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	涨潮 垂线平均	落潮 垂线平均	周日垂线 平均
小潮	C1	0.070	0.070	0.074	0.083	0.100	0.138	0.089	0.082	0.086
	C2	0.064	0.064	0.065	0.074	0.085	0.133	0.079	0.075	0.077
	C3	0.047	0.055	0.053	0.062	0.076	0.131	0.067	0.067	0.067
	C4	0.048	0.045	0.049	0.050	0.060	0.110	0.059	0.053	0.057
	C5	0.045	0.049	0.049	0.054	0.058	0.069	0.055	0.051	0.053

潮汛	站号	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	涨潮 垂线平均	落潮 垂线平均	周日垂线 平均
	C6	0.049	0.052	0.052	0.058	0.070	0.089	0.061	0.058	0.060
	测区平均	0.054	0.056	0.057	0.064	0.075	0.112	0.068	0.064	0.067
中潮	C1	0.120	0.127	0.189	0.240	0.314	0.432	0.182	0.277	0.229
	C2	0.167	0.159	0.167	0.198	0.219	0.254	0.198	0.182	0.191
	C3	0.129	0.132	0.149	0.175	0.188	0.218	0.188	0.112	0.164
	C4	0.067	0.069	0.082	0.097	0.112	0.140	0.091	0.095	0.093
	C5	0.094	0.124	0.134	0.147	0.139	0.169	0.151	0.114	0.135
	C6	0.108	0.113	0.119	0.139	0.169	0.200	0.145	0.127	0.139
	测区平均	0.114	0.121	0.140	0.166	0.190	0.236	0.159	0.151	0.159
大潮	C1	0.198	0.189	0.259	0.329	0.458	0.683	0.289	0.370	0.335
	C2	0.232	0.240	0.328	0.320	0.499	0.505	0.332	0.376	0.351
	C3	0.122	0.145	0.170	0.208	0.244	0.293	0.215	0.165	0.195
	C4	0.101	0.105	0.128	0.143	0.172	0.208	0.133	0.148	0.140
	C5	0.147	0.155	0.175	0.196	0.210	0.243	0.191	0.181	0.186
	C6	0.139	0.158	0.173	0.206	0.243	0.302	0.216	0.172	0.200
	测区平均	0.157	0.165	0.206	0.234	0.304	0.372	0.229	0.235	0.235

(2) 悬沙粒度

2018 年 9 月（夏季）工程水域悬沙粒度结果显示：

(1) 悬浮体组成以粉砂为主体，其次是粘土。悬沙类型可分为四类：粘土质粉砂、砂质粉砂、粉砂、砂-粉砂-粘土。小潮悬浮体砂、粉砂、粘土含量平均值分别为 12.70%、69.81%、17.48%；中潮悬浮体砂、粉砂、粘土含量平均值分别为 10.67%、68.75%、20.58%；；大潮悬浮体砂、粉砂、粘土含量平均值分别为 9.65%、70.70%、19.65%。

(2) 小潮悬浮体中值粒径为 7.33~32.23 μm ，平均值为 14.92 μm ；中潮中值粒径为 6.27~35.92 μm ，平均值为 13.74 μm ；大潮中值粒径为 8.90~21.35 μm ，平均值为 13.80 μm 。小潮悬沙粒径略大于中潮和大潮。C1~C6 各站悬沙平均值分别为：13.86 μm 、14.11 μm 、12.80 μm 、11.86 μm 、17.56 μm 、14.73 μm 。由于测区地形、来沙、水流等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中悬浮体粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。

(3) 平均粒径

悬浮体平均粒径为 5.04~7.11 ϕ ，平均值为 6.25 ϕ 。小潮平均粒径为 5.04~7.11 ϕ ，均值为 6.14 ϕ ；中潮平均粒径为 5.36~6.90 ϕ ，均值为 6.29 ϕ ；大潮平均粒径为

5.65~6.92 ϕ ，均值为 6.31 ϕ 。

(4) 分选系数

悬浮体分选系数在 1.59~3.39 ϕ 之间，平均值为 1.96 ϕ ，大部分样品分选差(50/72)小部分为分选很差(22/72)。小潮分选系数为 1.61~2.65 ϕ ，平均值为 1.94 ϕ ；中潮分选系数为 1.59~3.39 ϕ ，平均值为 2.01 ϕ ；大潮分选系数为 1.61~2.64 ϕ ，平均值为 1.94 ϕ 。

6.1.4.2 底质特征

调查区大范围底质取样在 2018 年 9 月进行，本次调查使用船用手摇绞车和采泥器取样，采用 GPS 导航、定位。根据设定 40 个采样点进行取样，具体站位见图 6.1-12。

根据采样记录以及激光粒度分析结果，各水文测站表层沉积物由粗到细可分为三类：砂、粉砂质砂、砂质粉砂。沉积物组成件图 6.1-13。

C2 测站小潮和 C3 测站中潮以及 C5、C6 为砂。属于砂的样品中砂含量很高，粘土、粉砂含量较小，其砂含量变化范围为 77.56~95.17%，平均为 90.65%；粉砂含量变化范围为 3.50~16.78%，平均为 6.98%。C1 测站大潮、中潮为砂质粉砂，砂、粉砂、粘土含量平均值分别为 29.28%、58.45%、12.27%。C1 测站小潮、C2 测站大潮和中潮、C3 测站大潮和小潮、C4 测站大中小潮粉砂质砂，砂、粉砂、粘土含量平均值分别为 57.72%、34.08%、8.21%。

各测站表层沉积物中值粒径变化范围为 30.75~185.82 μm ，平均为 107.44 μm 。表层沉积物中值粒径分布图见图 6.1-9。各水文测站表层沉积物平均粒径(M_z, ϕ)的变化范围为 5.48~2.45 ϕ ，平均值为 3.68 ϕ 。分选系数变化范围为 0.59~2.28 ϕ ，平均值为 1.53 ϕ 。的偏态值变化范围为 0.13~0.59，平均值为 0.38。峰态值变化范围为 0.93~2.56，平均值为 1.44。

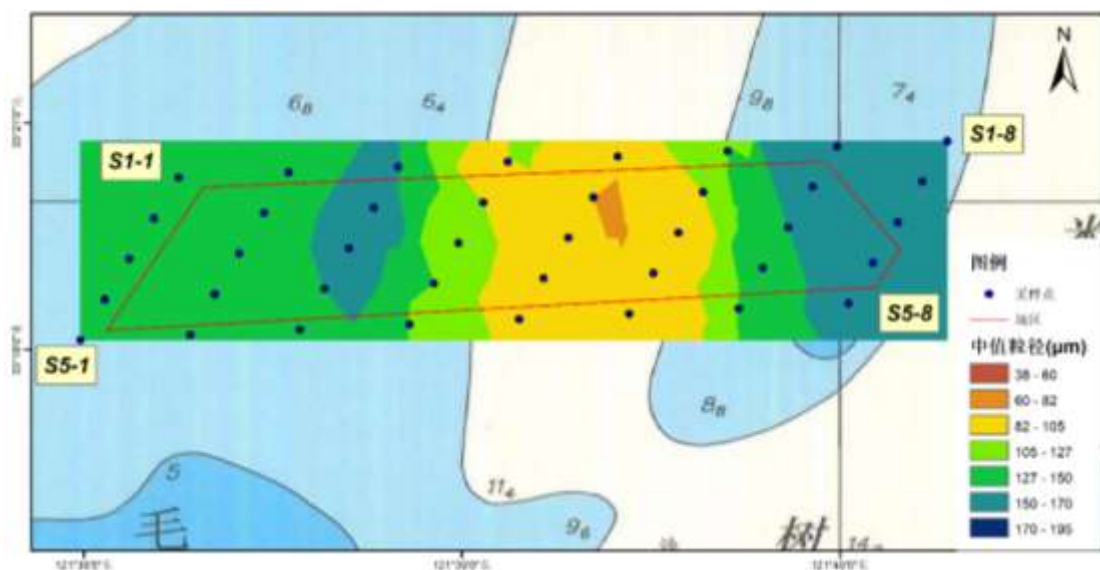


图 6.1-15 表层沉积物取样点位及中值粒径分布示意图

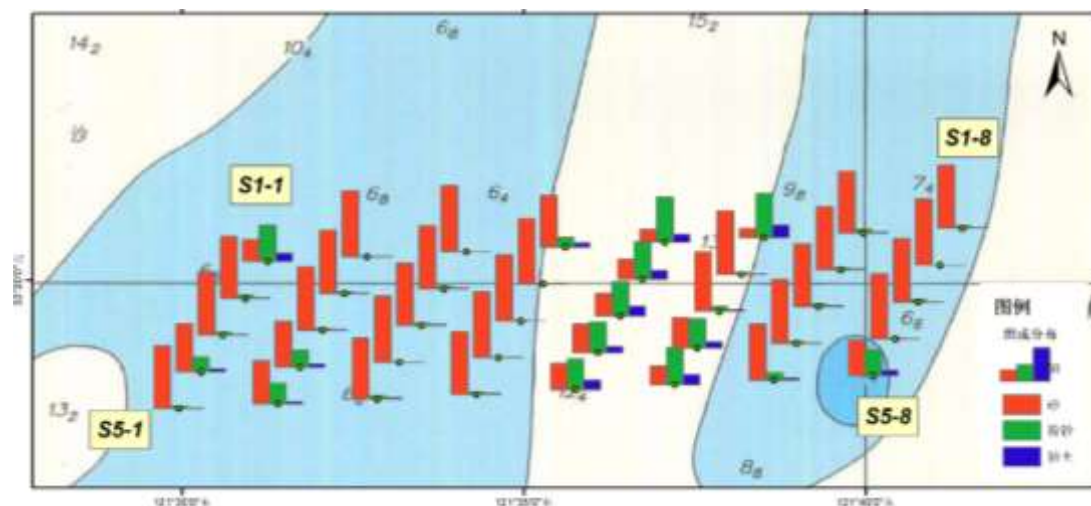


图 6.1-16 沉积物组成分布图

6.1.5 其他现场条件

6.1.5.1 海水温度

2018 年夏季观测期间 C1 测站水温稍高于 C6 测站，小、中、大潮观测当日 C1 站的平均水温分别为 28.48℃、27.24℃、26.15℃，C6 站的平均水温分别为 28.20℃、27.27℃、26.28℃。C1 最高水温为 28.80℃，最低水温为 25.92℃；C6 站的最高水温为 28.36℃，最低水温为 26.19℃。

由于水深较浅，潮流强劲，测区表底层的水温相差不大。从观测期间各层的

平均水温来看，表层稍高于底层 0~0.05 °C。

夏季测验期间水温随潮周期变化的规律性不明显，日变化主要受气温和太阳辐照的影响。C1 测站小、中、大潮观测当日的水温日变幅分别为 0.59°C、0.98°C、0.37°C，C6 测站小、中、大潮观测当日的水温日变幅分别为 0.32°C、0.69°C、0.46°C。

6.1.5.2 海水盐度

夏季观测期间 C6 测站盐度稍高于 C1 测站。小、中、大潮观测当日 C1 站的平均盐度分别为 29.95、29.96、30.04，C6 站的平均盐度分别为 30.24、30.30、30.30。C1 站最高盐度为 30.25，最低盐度为 29.61；C6 站的最高盐度为 30.63，最低盐度为 29.64。

测区水深不大，垂向掺混作用使得表底层盐度差异很小，夏季观测期间各潮次表、底层平均盐度差在-0.02~0.03 之间。

测验期间盐度日变化十分规律，一般高潮时盐度最高，低潮时盐度最低，一个潮周期盐度呈现两高两低的变化特征。C1 测站小、中、大潮观测当日的垂向平均盐度日变幅分别为 0.45、0.65、0.39，C6 测站小、中、大潮观测当日的盐度日变幅分别为 0.22、0.62、0.58。

6.1.5.3 风暴潮

风暴潮常常是伴随台风或寒潮而来，尤其是当风暴潮发生的时间与天文潮高潮时间相重，易造成特大增水。

台风风暴潮，多见于夏秋季节。其特点是，来势猛、速度快、强度大、破坏力强。中国东南沿海是这类风暴潮的多发地段。我国东海沿岸 23 个验潮站 1950~1997 年的观测资料表明，从江苏吕四到福建东山，这一岸段的最大增水值在 130cm~502cm 之间，变幅较大，地区差异明显，而江苏沿海最大增水可达 300cm。1951 年 8 月 21 日，连云港发生台风增水达 185cm；1977 年 9 月 11 日，吕四台风增水值达 246cm。“9711”号台风增水，致使江苏沿岸测站和内陆江河测站几乎全部超过警戒水位，本次台风过程，洋口港西太阳沙潮位站观测到的最高潮位为 4.94m（8 月 18 日 23:00），天文潮位 3.66m，台风增水达 1.28m，台风最大波高为 6.90m。

温带气旋风暴潮多发生在春、秋季节，对于我国东海地区来说，此类型的风暴潮增水幅度比台风增水小，成灾机会也小。

6.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

6.2.1 项目及周边海底地貌类型

6.2.1.1 辐射沙洲

工程海域位于江苏辐射沙洲毛竹沙沙洲北侧海域，左侧为陈家坞槽，右侧为草米树洋海域。岸外发育的辐射沙洲是现代江苏海岸的显著特征，辐射沙洲中的“沙洲—水道”系统形势如图 6.2-1 所示。岸外辐射沙洲是当地物质、海洋动力和海洋环境在特定条件下相互作用的产物。辐射沙洲的形成及演变过程表明，东海前进波和南黄海旋转驻波两大潮波系统辐合形成的辐射状潮流场，是辐射沙洲动力环境的决定因素，也是维持深水通道的主要动力。

根据《江苏沿海辐射沙洲风电场工程海域海床演变及局部冲刷专题研究报告》（2012 年 8 月），1977 年 4 月 20 日到 2009 年 5 月 13 日 32 年间辐射沙脊群冲淤总特征为：冲淤以东沙、高泥间大腰门为界分为南北两种显著不同的类型。南部区域冲淤变化较为复杂，有较强烈的侵蚀或堆积过程，地形变化较大，整体有自北向南迁移特征；北部地区变化规律性明显，以脊槽相间的模式，沙脊基本保持其原有走向整体由西向东迁移。主体出露沙洲东沙左侧为蚀退型，北侧蚀退 2.33km，南侧蚀退 3.85km；高泥、竹根沙属于淤涨型，高泥整体堆积作用强烈，面积不断增长，北侧向东南淤涨 4.30km，南侧向东南淤涨 4.15km；竹根沙自北向南淤涨；条子泥南北均表现为蚀退，北侧蚀退强烈，南侧有轻微蚀退现象，局部有零星堆积现象。



图 6.2-1 江苏沿海辐射沙洲“沙洲—水道”系统形势图

6.2.1.2 水道情况

工程海域附近水道演变情况复杂。选取辐射沙脊范围 1973 年 11 月 16 日至 2011 年 4 月 11 日约 40 年间的 10 幅典型遥感影像，研究工程场区附近海域潮沟摆动情况。由 1973-2011 年辐射沙洲整个潮汐水道演变图（图 6.2-2）可知，陈家坞槽运动复杂，1973-1984 年间由东向西摆动，1984-1992 年间由西向东摆动，1992-2011 年间北段由东向西摆动。毛竹沙南槽深槽线 1973-1984 年间由西向东摆动，1984-1992 年间由东向西摆动，1992-2011 年间略向西移动。工程海域水道演变情况复杂。

参考邻近工程，1979 年至 2011 年间，陈家坞槽深泓东移，陈家坞槽水道近三十多年来的逐渐萎缩，深泓东移使深水靠近毛竹沙沙体。毛竹沙中部沙体高程整体下降约 3m，下蚀速率约 10cm/a。在辐射沙脊外缘区整体冲刷的宏观背景下，毛竹沙沙体仍存在进一步下蚀的可能，但随着水深的增大，沙体下降速率应不高于上一阶段。

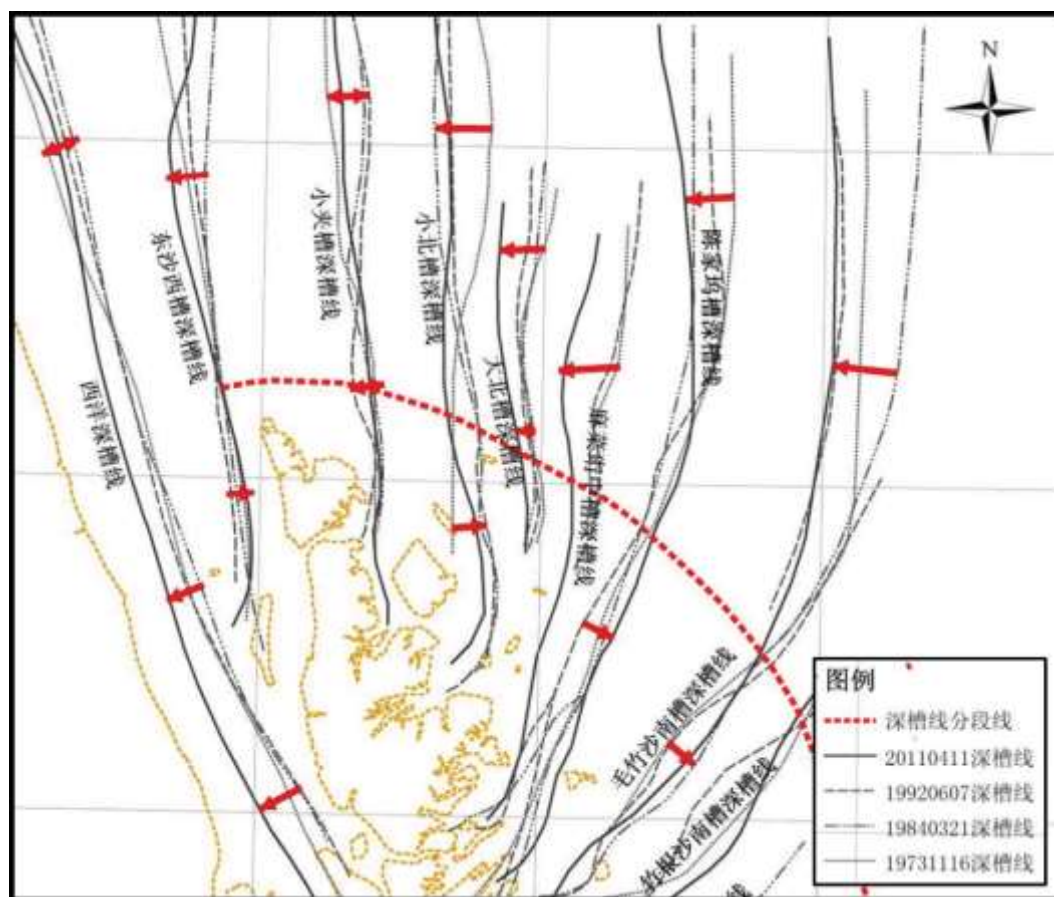


图 6.2-2 1973-2011 年辐射沙洲整个潮汐水道演变图

6.2.2 工程海域海床演变特征

经过调查研究，工程海域实测地形资料非常匮乏，目前只收集到以下资料：

(1) 包含工程海域的海图，工程场址内的地形均为 1797 年测量，此次分析采用的海图信息为海图：2307，射阳港至吕四港，比例尺 1:300000，中国人民解放军海军海道测量局，2012 年 10 月出版，工程海域地形为 1979 年测量，理论最低潮面基准；(2) 工程海域实测地形图，比例尺 1:10000，中国长江三峡集团上海勘测设计研究院有限公司，2018 年 8 月测量，1985 国家高程基准。

将海图地形转换为 CGCS2000 坐标系并进行误差校正，然后进行数字化，并将数字化后的矢量数据转换为 1985 国家高程基准并提取点、线高程数据。在 AutoCAD 中提取 CAD 图水深数据并检查异常点。

(1) 特征点冲淤变化分析

由于海图上场区有水深的数据的点太少，为了提高分析结果精度，只能选取其中有代表性的 40 个特征点（位置见图 6.2-3）进行 1979-2018 年间冲淤变化分

析。

特征点水深变化见表 6.2-1，根据结果，场区西侧 1 号点位附近区域海床冲刷深度约 0.3m，冲淤变化较小；2~11 号点位附近区域整体呈淤积态势，淤积厚度 0.4~4.2m；12 号点位附近区域呈冲刷态势，冲刷深度约 1.4m；13~22 号点位附近区域整体呈冲刷态势，冲刷深度约 3.6~4.2m；23~40 点位附近区域整体呈冲刷态势，冲刷深度约 3.6~5.6m。综上所述，场区西部大部分区域较为平坦，冲淤变化幅度较小；场区中部存在一处宽约 4.4km 的海槽，其西边界区域整体淤积，东边界整体冲刷，海槽有东移动的趋势；场区东部区域则以冲刷为主。

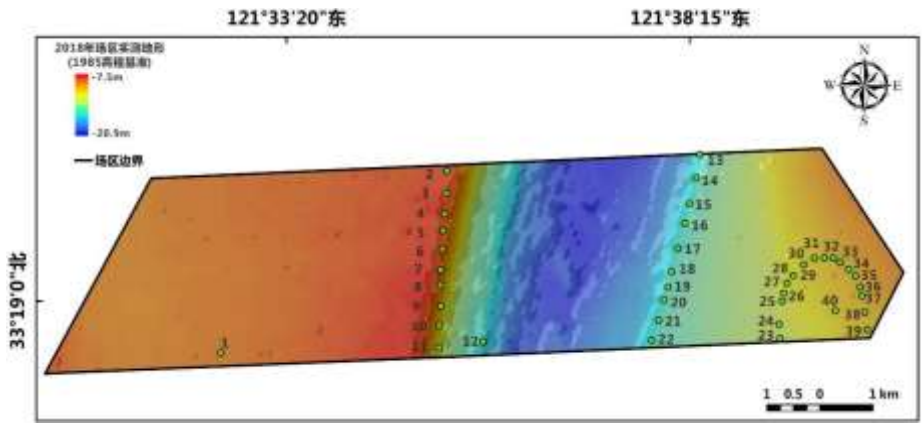


图 6.2-3 特征点位置图

表 6.2-1 特征水深点变化（1985 高程基准）

点号	1979 年 实测水深 (m)	2018 年 实测水深 (m)	冲淤变化 (m)	点号	1979 年 实测水深 (m)	2018 年 实测水深 (m)	冲淤变化 (m)
1	-8.91	-9.2	-0.29	21	-12.31	-16.22	-3.91
2	-12.31	-8.09	4.22	22	-12.31	-16.25	-3.94
3	-12.31	-8.11	4.2	23	-7.31	-12.93	-5.62
4	-12.31	-8.27	4.04	24	-7.31	-12.74	-5.43
5	-12.31	-8.32	3.99	25	-7.31	-12.39	-5.08
6	-12.31	-8.54	3.77	26	-7.31	-12.31	-5
7	-12.31	-8.75	3.56	27	-7.31	-12.14	-4.83
8	-12.31	-9.61	2.7	28	-7.31	-11.91	-4.6
9	-12.31	-10.87	1.44	29	-7.31	-11.59	-4.28
10	-12.31	-11.15	1.16	30	-7.31	-11.27	-3.96
11	-12.31	-11.96	0.35	31	-7.31	-10.99	-3.68
12	-14.71	-16.06	-1.35	32	-7.31	-10.81	-3.5
13	-12.31	-16.54	-4.23	33	-7.31	-10.54	-3.23
14	-12.31	-16.21	-3.9	34	-7.31	-10.63	-3.32
15	-12.31	-16.16	-3.85	35	-7.31	-10.37	-3.06

16	-12.31	-15.96	-3.65	36	-7.31	-10.49	-3.18
17	-12.31	-16.23	-3.92	37	-7.31	-10.69	-3.38
18	-12.31	-16.01	-3.7	38	-7.31	-10.78	-3.47
19	-12.31	-15.95	-3.64	39	-7.31	-10.9	-3.59
20	-12.31	-16.04	-3.73	40	-6.41	-11.4	-4.99

(2) 等深线对比分析

利用 ArcGIS 平台将水深数据分别建立数字高程模型，得到 1979 和 2018 年海图 10m 等深线数据并叠加，分析其平面变化特征。

场区内各等深线整体呈 N-S 走向，场区自西向东地形分布呈高-低-高的特点，中部区域存在一宽约 4.4km 的槽沟，槽沟两侧区域等深线较为密集，海床坡度较陡，其他区域海床整体较为平缓。由图 6.2-4 可知，1979 年场区 12m 等深线位于槽沟东西两侧，基本呈直线分布，2018 年，场区槽沟西侧 12m 等深线由南向北逐渐东移，最大移动幅度约 640m，平均移动幅度约为 300m，平均移动速度约为 7.7m/a；东侧等深线东移幅度大，1979~2018 年期间等深线整体向东方向移动，场区南侧东移幅度大于北侧，最大移动幅度约 3000m，平均移动幅度约为 1900m，移动速度约为 50m/a。

总体而言，场区槽沟有向东移动的趋势，且槽沟东侧移动速度大于西侧，为工程安全考虑，应避免在靠近槽沟两侧布置风机，同时，在工程建设期间以及工程建设后加强对场区地形的监测。在进行风机基础设计时应考虑工程海域的自然演变情况，预留一定的防冲刷深度，确保风机基础安全。

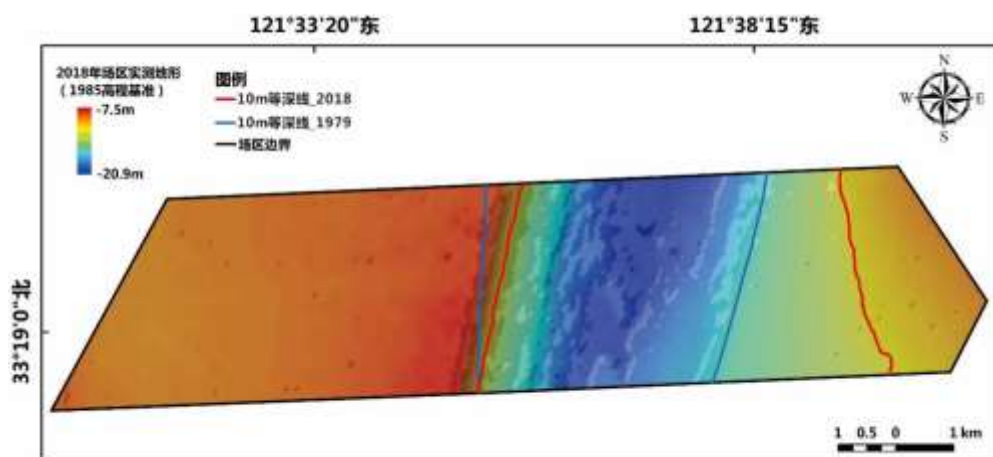


图 6.2-4 工程海域 10m 等深线变化情况

6.2.3 工程地质

本阶段地质资料参考三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目工程相

关地质成果。

6.2.3.1 区域地质

三峡新能源江苏大丰 300MW 海上风电项目工程位于江苏大丰东沙北侧、亮月沙东侧的海域，在构造单元划分上隶属扬子准地台苏北拗陷区中的大丰凹陷、南部拗陷。区内断裂构造发育，断裂走向可分为北东向、北西向和近东西向 3 组。近场区区域断裂描述如下（见图 6.2-5）：

苏北滨海断裂（⑨）：苏北滨海断裂地处南黄海海域向苏北陆地过渡的滨海地区，走向北西，右旋走滑。它是苏北与南黄海新构造运动和现代构造运动的重要分界线，不仅控制了苏北海岸线的发育形态，断裂两侧构造线方向也有明显差异。依据江苏省地震工程研究院完成的《南黄海地震区划研究报告》（2001 年），苏北滨海断裂由三段组成，北段位于废黄河口外至射阳河口外约 15km 的海域，长约 55km；中段位于海丰农场海岸外 30-40km 的暗沙一庄家沙一带，长约 64km；南段位于吕四镇东约 19km 处的海域。沿苏北滨海断裂多处分布喜山期玄武岩，并错断多条北东东向断裂。沿断裂多处分布喜山期玄武岩，并错断多条北东东向断裂。断裂附近历史上发生过十次以上破坏性地震，其中中段活动性最强，曾发生过 2 次 6%和 3 次 5~5%级破坏性地震。其中 1984 年发生的 6.2 级地震，上海及江苏、浙江部分地区震感强烈。综合分析，推断区内苏北滨海断裂是一条隐伏的晚第四纪活动断裂。该断裂距离场区约 17km。

陈家堡一小海断裂（⑤）：陈家堡一小海断裂最早是由石油部门推断的，在古近纪时江都隆起强烈上升，而其北侧的高邮凹陷在断陷过程中接受了巨厚的阜宁群（E1.2fn）沉积。江都隆起和高邮凹陷之间存在一条巨大的断阶带，通常被概括为陈家堡一小海断裂。该断裂系由多条断裂组成的一个隐伏断阶带，其中主要断裂有 2 条，走向北 50°东，倾向北西。陈家堡一小海断裂断距较大，如在江都隆起上的扬州附近，浦口组（K2P）埋深约 120m，而在高邮凹陷内的真武附近，新近系底界埋深就达 6400m 之多。陈家堡一小海断裂明显控制了第四系沉积，如在高邮凹陷南缘，第四系等厚线方向与该断裂走向大体一致。沿陈家堡一小海断裂形成了 4 个串珠状第四系拗陷中心，其厚度从 120m 至 320m 不等。沿该断裂带小地震活动较多，且表现出北东向条带状分布图象。综合分析，推断陈家堡一小海断裂是一条隐伏的早第四纪断裂。该断裂带位于场区西南侧，距场区约

25km。

南部坳陷南缘断裂 (⑧): 位于南黄海南部坳陷与勿南沙隆起之间, 走向呈 NWW 向舒缓波状延伸, 长 97km, 断层面倾向 NNE 向, 为正断层性质。断层形成于晚白垩世末, 古近纪时强烈活动, 控制了南五凹陷的沉积, 使该凹陷呈 NWW 向。该断裂在 H1265-2 剖面中显示清晰, 断面北倾, 为正断层性质, 第四系底部已受断裂影响发生扰动。该断裂为早第四纪断裂。根据区域地质资料, 距拟建场址区约 40km。

泰州断裂 (⑥): 泰州断裂位于泰州—溱潼一线, 溱潼凹陷南侧, 为小海凸起与海安凹陷之间的分界断裂, 走向 N60°E, 倾向 NW, 倾角 45°。该断裂亦为数条近于平行的断裂组成的断阶带, 为同生断层, 具边断边沉积的活动特征。该断裂为早第四纪断裂。根据区域地质资料, 该断裂距拟建场址区约 55km。

盐城—南洋岸断裂带 (④): 盐城—南洋岸断裂为第四系所覆盖, 据人工地震资料分析, 它位于盐城凹陷南侧, 总体走向北东。盐城凹陷内新生界沉积厚度达 4000m 以上。该断裂形成于晚白垩世, 主要活动期在始新世末, 具边断边沉积特点, 表现为古近系断距达 1000m 以上, 而新近系盐城组底部的断距为 200—300m。据江苏省地震工程研究院完成的《南黄海地震区划研究报告》(2001 年) 中的人工地震资料, 断层断至第四系底部地层。历史上在盐城、大丰一带曾多次发生 4% 级地震。据现代仪器记录, 沿断裂也多次发生过 3.5 级至 5.1 级地震。综合分析, 推断盐城—南洋岸断裂是一条隐伏的早第四纪断裂。距该场区约 55km。

拼茶河断裂 (⑧): 拼茶河断裂呈近 EW 向分布于海安县城以东, 倾 N 向。拼茶河断裂是一条隐伏的具多期活动的断裂。该断裂是一条隐伏的晚第四纪活动断裂。根据区域地质资料, 该断裂距拟建场址区约 100km。

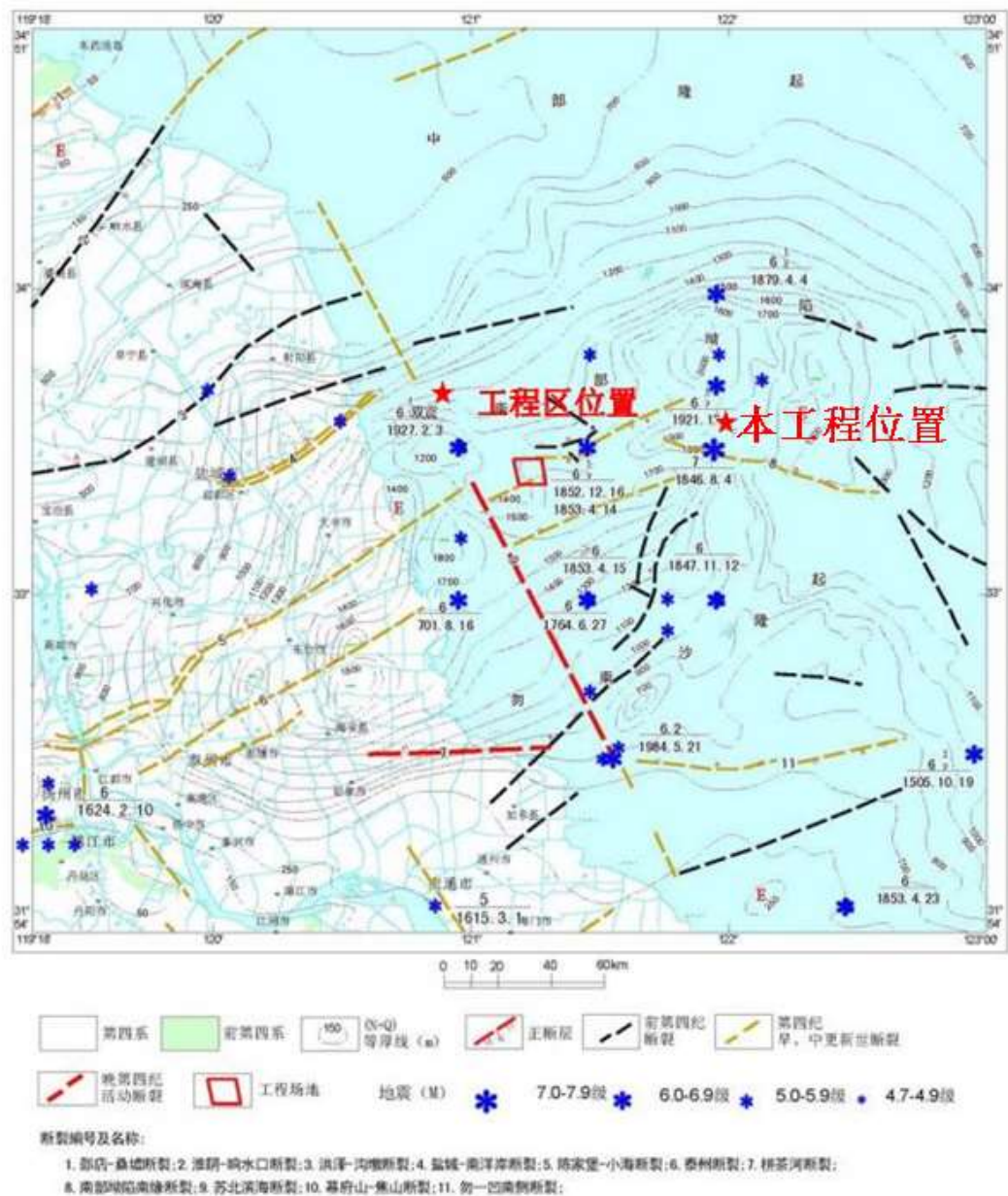


图 6.2-5 区域构造示意图

6.2.3.2 地震

场区位于华北地震区东南部的长江下游—黄海地震带上。该地震带为中强地震活动带，其西侧为郯庐地震带，南侧与华南地震区的长江中游地震带相接。地震活动的空间分布不均匀，总体呈海强陆弱的分区特点，以及成团成片分布的丛集性特征，且具有较好的重复性。中强震较集中地分布在南黄海海域，其中 6 级以上地震就达 10 次之多。

重复性地震除主要分布在南黄海海域外，苏北沿海地区也有分布。经统

计，可视为同一构造部位或原地重复发生的地震所占比例约 54.5%。

6.3 海水水质与沉积物环境现状调查与评价

6.3.1 监测范围

为了掌握工程区域海洋海水水质、沉积物环境、海洋生态及渔业资源现状情况，我院委托江苏中信优佳检测技术有限公司于 2018 年 9 月 9 日至 2018 年 9 月 11 日大潮期，对本工程及周边海域环境现状进行了现场调查，同时收集了工程海域 2018 年春季相关监测站位资料。

2018 年春季海洋环境跟踪监测共收集水质站位 36 个、沉积物站位 20 个、生态站位 22 个、渔业资源站位 23 个、生物质量站位 6 个及潮间带断面 3 条。其中海洋水质、沉积物、生物质量和生态监测项目中 1 号站位~23 号站位调查时间为 3 月底 4 月初，24 号站位~36 号站位调查时间为 5 月中旬；渔业资源 Y1~Y14 号站位调查时间为 4 月初，Y15~Y23 号站位调查时间为 4 月下旬；3 条潮间带调查时间为 4 月初，监测频次均为一个频次。2018 年春季，水质、沉积物和生态具体站位布置及监测项目情况见表 6.3-1，渔业资源与生物质量站位布设见表 6.3-2，图 6.3-1 为海洋环境监测站位图，图 6.3-2 为海洋渔业资源、生物质量监测站位图。

2018 年秋季调查海域共布设 22 个水质调查监测站位，11 个沉积物调查站位，14 个生态调查站位，3 个潮间带调查站位，不少于 6 个生物质量调查站位。2018 年秋季，项目工程海域水质、沉积物和生态监测站位布置及监测项目情况见表 6.3-3，具体监测站位见图 6.3-3；渔业资源与生物质量站位布设见表 6.3-3，具体监测站位见图 6.3-4。其中 14 个渔业资源拖网调查（均采集鱼卵仔鱼，进行水平和垂直拖网）。

2018 年春、秋季海洋环境及生态调查站位与评价范围位置关系如图 6.3-5，调查站位覆盖整个评价范围，调查站位在满足随机均匀布设原则下，重点照顾环境敏感区，总体能够满足导则要求的代表性、完整性要求。

表 6.3-1 2018 年春季海洋水质、沉积物和生态监测站位表

站位	经度	纬度	监测项目	监测时间
1	120°52'40.80" E	33°34'41.46"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
2	121° 2'28.38"E	33°38'1.94"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
3	121°11'32.41" E	33°41'6.68"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
4	121°21'34.42" E	33°44'29.29"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
5	120°56'17.16" E	33°27'26.40"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
6	121° 6'3.87"E	33°30'50.40"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
7	121°15'12.17" E	33°34'1.96"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
8	121°25'2.69"E	33°37'24.42"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
9	121° 6'3.70"E	33°25'34.47"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
10	121°13'10.53" E	33°29'3.53"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
11	121°22'8.23"E	33°31'5.51"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
12	120°53'5.88"E	33°17'10.53"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
13	120°59'37.32" E	33°20'29.94"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
14	121° 8'51.73"E	33°21'59.03"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
15	121°20'11.25" E	33°26'9.10"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
16	121°28'25.05" E	33°30'42.12"N	水质、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
17	120°54'43.95" E	33°10'11.94"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
18	120°59'12.53" E	33°13'48.68"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
19	121° 4'51.95"E	33°12'29.29"N	水质、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
20	121°13'10.87" E	33°16'34.98"N	水质	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
21	121°22'23.98" E	33°19'42.54"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
22	121°32'12.46" E	33°23'2.71"N	水质、沉积物、生态	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
23	120°58'44.59" E	33° 5'6.69"N	水质、沉积物、生	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日

站位	经度	纬度	监测项目	监测时间
			态	日
24	121°32'47.12"E	33°16'8.75"N	水质	2018 年 5 月 15 日
25	121°34'43.77"E	33°11'3.32"N	水质	2018 年 5 月 15 日
26	121°28'34.71"E	33°20'23.84"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
27	121°24'42.08"E	33°15'44.77"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
28	121°20'5.72"E	33°20'9.12"N	水质	2018 年 5 月 15 日
29	121°16'6.57"E	33°15'45.11"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
30	121°18'8.52"E	33°10'36.42"N	水质	2018 年 5 月 15 日
31	121°13'10.02"E	33°9'2.02"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
32	121°40'32.28"E	33°11'7.04"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
33	121°39'19.75"E	33°16'38.46"N	水质	2018 年 5 月 15 日
34	121°26'14.27"E	33°9'52.25"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
35	121°29'53.78"E	33°10'6.87"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
36	121°1'16.12"E	33°9'57.27"N	水质、沉积物、生态	2018 年 5 月 15 日
T1	120°50'28.36"E	33°9'9.66"N	潮间带	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
T2	120°50'2.12"E	33°11'50.15"N	潮间带	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日
T3	120°51'19.89"E	33°6'35.71"N	潮间带	2018 年 3 月 31 日-4 月 1 日

表 6.3-2 2018 年春季海洋渔业资源、生物质量监测站位表

站位	经度	纬度	监测项目	监测时间
Y1	120°53'19.68"E	33°22'55.12"N	渔业资源、生物质量	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y2	121°20'28.18"E	33°43'41.43"N	渔业资源、生物质量	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y3	121°9'2.76"E	33°32'40.42"N	渔业资源、生物质量	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y4	121°12'37.23"E	33°31'9.40"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日

站 位	经度	纬度	监测项目	监测时间
Y5	121°16'51.87" E	33°31'10.87"N	渔业资源、生物质量	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y6	121°23'25.05" E	33°34'10.15"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y7	121° 7'47.76"E	33°18'20.62"N	渔业资源、生物质量	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y8	121°18'29.63" E	33°28'18.02"N	渔业资源、生物质量	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y9	121°16'46.72" E	33°26'50.28"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y10	120°56'38.49" E	33°13'41.84"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y11	121° 3'43.44"E	33°12'30.78"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y12	121°23'2.37"E	33°17'21.68"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y13	121°31'6.25"E	33°24'54.13"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y14	121° 2'56.22"E	33° 6'52.20"N	渔业资源	2018 年 4 月 2 日-3 日
Y15	121°13'36.71" E	33°14'40.65"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y16	121°26'16.63" E	33°14'39.92"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y17	121°38'45.78" E	33°14'36.99"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y18	121°13'40.23" E	33° 7'5.72"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y19	121°20'3.90"E	33° 8'48.83"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y20	121°38'44.69" E	33° 8'33.42"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y21	121°15'29.19" E	33° 2'30.13"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y22	121°24'22.19" E	33° 4'56.40"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日
Y23	121°27'56.73" E	33° 5'11.48"N	渔业资源	2018 年 4 月 20 日-26 日

表 6.3-3 2018 年秋季监测站位和内容

站 位	经度 E	纬度 N	监测内容
1	121°34'2.76"	33°19'15.09"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量

2	121°38'12.28"	33°19'22.77"	水质、生态、生物质量、渔业资源
3	121°48'26.99"	33°10'46.78"	水质、沉积物、生态、渔业资源
4	121°47'5.48"	33°15'3.34"	水质
5	121°47'8.48"	33°20'21.84"	水质
6	121°49'43.22"	33°27'6.29"	水质、沉积物、生态、渔业资源
7	121°36'55.91"	33°23'54.09"	水质
8	121°37'7.48"	33°35'7.79"	水质
9	121°37'18.27"	33°10'36.28"	水质
10	121°26'58.19"	33°40'49.53"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
11	121°26'57.29"	33°29'32.76"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
12	121°26'45.99"	33°22'47.34"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
13	121°24'45.48"	33°15'11.89"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
14	121°23'15.41"	33°10'22.39"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
15	121°17'14.63"	33° 6'33.25"	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
16	121°15'42.77"	33°18'51.44"	水质、生态、渔业资源
17	121° 8'44.24"	33°32'48.34"	水质
18	121° 2'12.22"	33°42'15.53"	水质
19	120°38'6.68"	33°39'46.88"	水质、沉积物、生态、渔业资源
20	120°43'56.68"	33°27'59.36"	水质、生态、渔业资源
21	120°54'3.13"	33°14'30.49"	水质
22	121° 5'7.49"	33° 9'15.61"	水质、沉积物、生态、渔业资源
CJ1	120°49'29.43"	33°10'33.24"	潮间带
CJ2	120°50'22.16"	33° 9'1.96"	潮间带、生物质量
CJ3	120°51'12.50"	33° 7'24.77"	潮间带

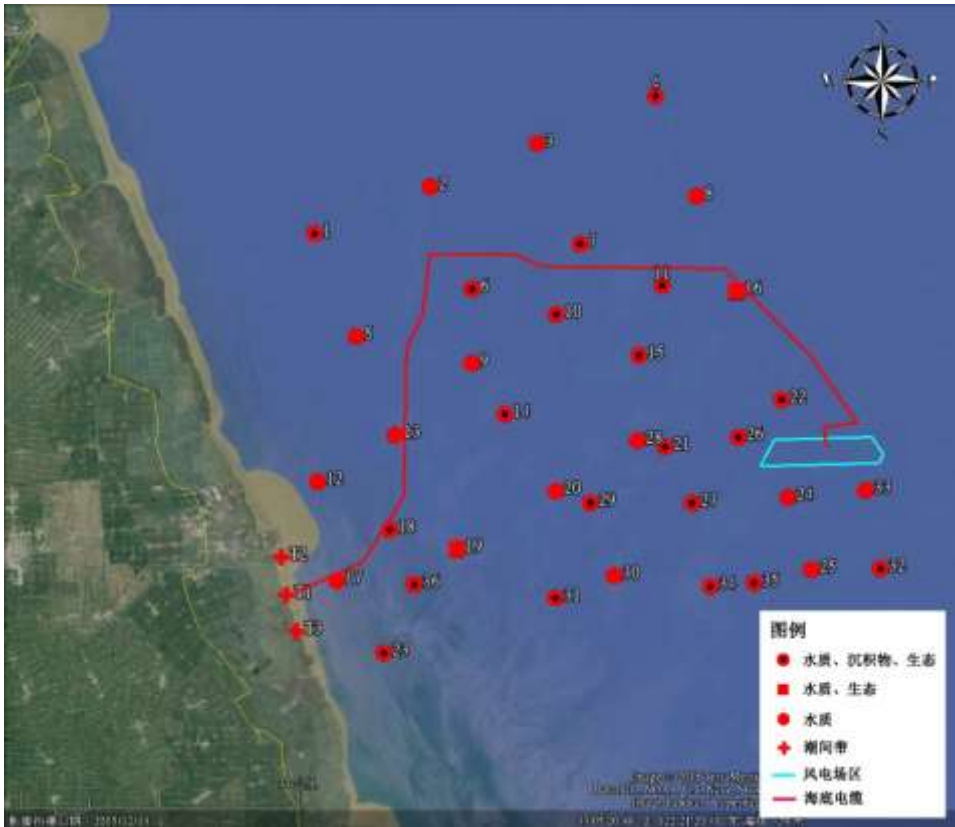


图 6.3-1 2018 年春季海洋水质、沉积物和生态监测站位图

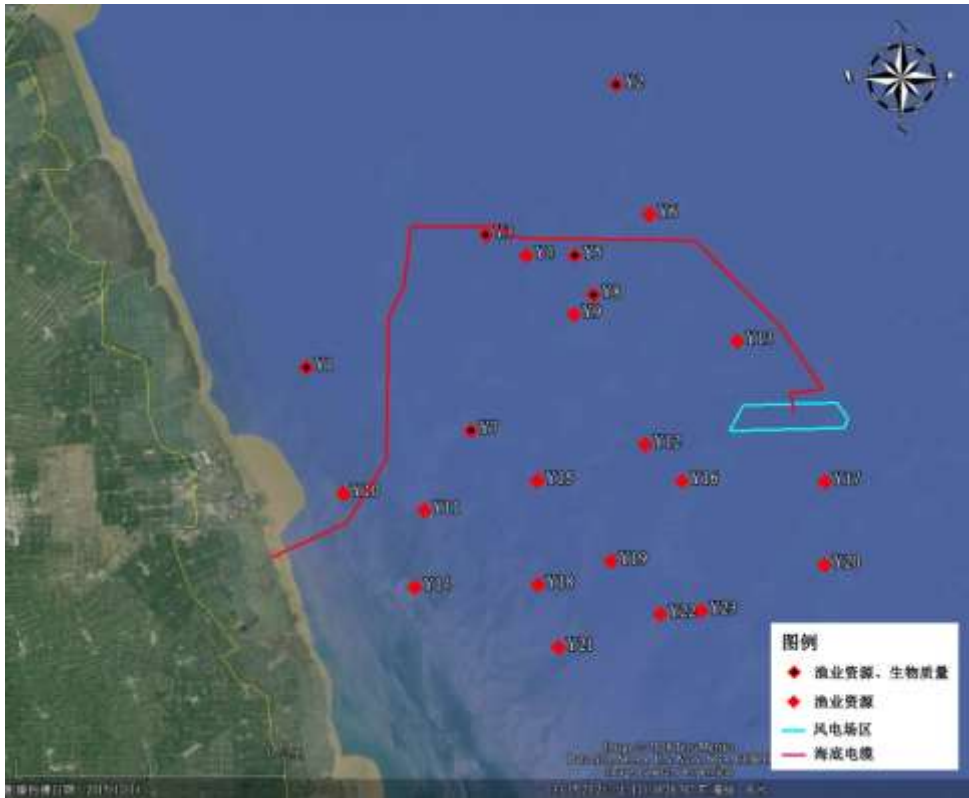


图 6.3-2 2018 年春季海洋渔业资源、生物质量监测站位图

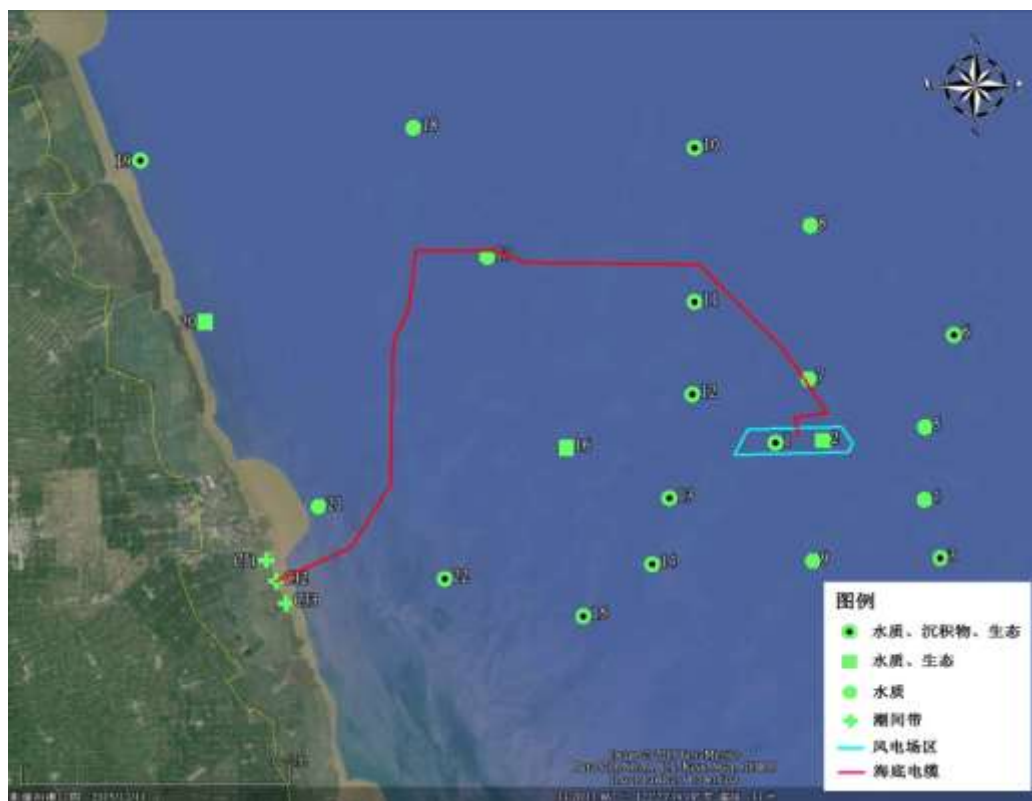


图 6.3-3 2018 年秋季海洋水质、沉积物和生态监测站位图

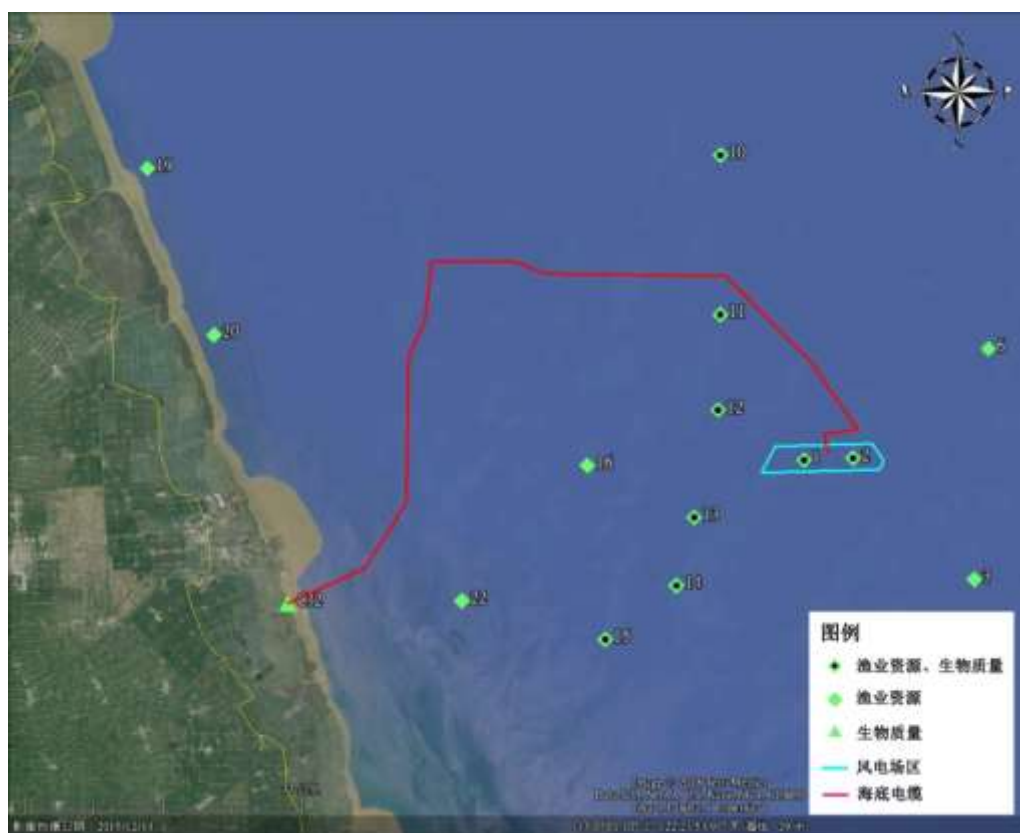


图 6.3-4 2018 年秋季海洋渔业资源、生物质量监测站位图

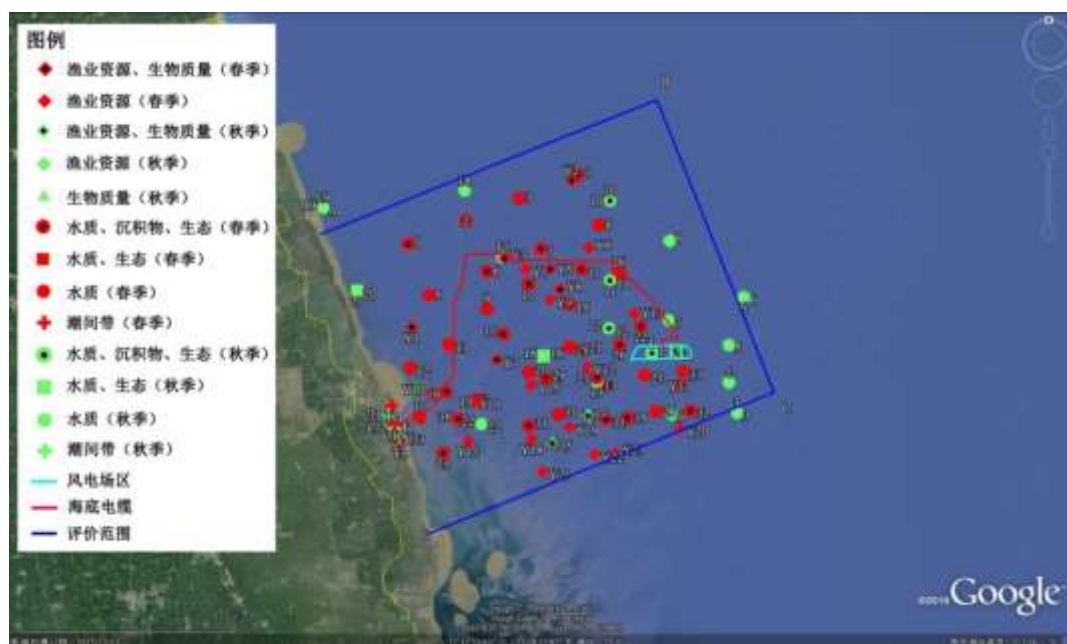


图 6.3-5 监测站位与评价范围位置关系图

6.3.2 调查内容及方法

调查内容及方法均按照《海洋调查规范》(GB12763—2007)、《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋工程环境影响评价技术导则 (GB/T 19485—2004)》和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)等相关技术标准的要求实施。

6.3.2.1 春季调查项目

(1) 水质项目：水温、水色、透明度、悬浮物、pH、盐度、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷。

(2) 沉积物项目：有机碳、硫化物、石油类、砷、总汞、铬、镉、铜、铅、锌。

6.3.2.2 秋季调查项目

(1) 海水水质：pH、水温、盐度、化学需氧量、溶解氧、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、氰化

物、硫化物、挥发酚、悬浮泥沙、石油类。

(2) 沉积物：有机碳、石油类、总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、硫化物。

6.3.2.3 采样及分析方法

(1) 海水水质：现场调查采样按《海洋监测规范》(GB 17378-2007)、《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 相关技术规程进行样品的采集、保存和实验室分析测试。

(2) 沉积物：现场采样方法具体按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 相关技术规程进行。

用标准的 0.1 m² 抓斗式采泥器采集沉积物测站的表层(0~10cm)沉积物样品。

6.3.3 评价方法与标准

6.3.3.1 水质

(1) 评价标准：海水水质评价标准采用海水水质标准 (GB3097-1997) 进行评价。

(2) 评价方法：水质评价采用单因子标准指数法。

6.3.3.2 沉积物质量

(1) 评价标准：海洋沉积物质量按《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 标准执行。

(2) 评价方法：评价方法采用单项污染指数法，即第 i 项污染指数 $S_i = C_i / C$ 。式中 C_i 为第 i 项调查值， C 为沉积物标准值。

根据《江苏省海洋功能区划 (2011~2020)》，调查海域涉及农渔业区、港口航运区和保护区等功能区，具体见图 6.3-6。根据各站位所属的海洋功能区确定相应的评价等级，其中 11、12、13、14、15 和 22 号站位于东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，执行不劣于一类海水水质标准、一类海洋沉积物质量标准和海洋生物质量标准；领海外缘线以外未涉及到海洋功能区划的站位选取一类海水水质、沉积物、生物质量标准，位于吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的站位执行不劣于一类一类海水水质、沉积物、生物质量标准。具体见表 6.3-4。



图 6.3-6 监测站位所属功能区划图

表 6.3-4 调查海域各站位评价标准等级一览表

站位	功能区	水质标准	沉积物标准	生物质量标准
1	农渔业区（捕捞区）	一类	一类	一类
2	农渔业区（捕捞区）	一类	一类	一类
3	海洋功能区划外	执行不劣于现状海水水质标准、海洋沉积物质量标准和海洋生物质量标准		
4	海洋功能区划外			
5	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区	一类	一类	一类
6	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区	一类	一类	一类
7	海洋功能区划外	执行不劣于现状海水水质标准、海洋沉积物质量标准和海洋生物质量标准		
8	海洋功能区划外			
9	保护区	一类	一类	一类
10	海洋功能区划外	执行不劣于现状海水水质标准、海洋沉积物质量标准和海洋生物质量标准		
11	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区			
12	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	一类	一类	一类
13	东沙泥螺四角蛤种质	一类	一类	一类

站位	功能区	水质标准	沉积物标准	生物质量标准
	资源保护区			
14	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	一类	一类	一类
15	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	一类	一类	一类
16	农渔业区（捕捞区）	一类	一类	一类
17	农渔业区（捕捞区）	一类	一类	一类
18	农渔业区（捕捞区）	一类	一类	一类
19	农渔业区（养殖区）	二类	一类	一类
20	农渔业区（捕捞区）	一类	一类	一类
21	港口航运区（锚地区）	执行不劣于现状海水水质标准、海洋沉积物质量标准和海洋生物质量标准		
22	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	一类	一类	一类

注：22 号站位于东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，19 号站和 21 号站靠近农渔业区，仍采用一类的评价标准。

6.3.3.3 生物质量

（1）评价标准：海洋生物质量评价采用标准指数法。双壳贝类评价标准采用《海洋生物质量》。海洋鱼类和甲壳类生物质量评价，目前国家尚未颁布统一的评价标准，铜、锌、铅、镉、汞评价，本报告采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规范》中的“海洋生物质量评价标准”进行评价，砷、铬和石油烃采用《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的评价标准进行评价。

（2）评价方法：评价方法采用单项污染指数法，即第 i 项污染指数 $Si=Ci/C$ 。式中 Ci 为第 i 项调查值， C 为生物体标准值。

6.3.3.4 海洋生态和渔业资源数据处理和评价

（1）叶绿素和初级生产力计算方法

叶绿素 a 含量采用 Jeffrey-Humphrey (1975) 的改进公式计算：

$$Chla=11.85 \times (E_{664}-E_{750})-1.54 \times (E_{647}-E_{750})-0.08 \times (E_{630}-E_{750})v/VL$$

其中， $Chla$ 为叶绿素 a 浓度， $\mu g/L$ ； v 为样品提取液体积， mL ； V 为海水样品实际用量， L ； L 为测定池光程， cm ； E_{750} 、 E_{664} 、 E_{647} 、 E_{630} 分别为 750 nm，664 nm，647 nm，630 nm 波长处的吸光值。

初级生产力采用叶绿素法,按照 Cadee 和 Hegeman (1974)提出的简化的计算真光层初级生产力公式估算: $P = PED/2$ 。

式中, P 为每日现场的初级生产力 ($\text{mgC}/\text{m}\cdot\text{d}$); E 为真光层深度 (m), 取透明度的 3 倍 (Yukuya, 1980); D 为白昼时间 (h), 即日出到日落的时间长度; P 为表层水浮游植物的潜在生产力 ($\text{mgC}/\text{m}\cdot\text{h}$)。

(2) 渔业资源密度 (重量、尾数) 估算方法

拖网资源密度的估算采用扫海面积法 (唐启升, 2006)。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(C/T 9110-2007), 本报告设定拖网网具鱼类、虾蟹类和头足类尾数、重量逃逸率逃逸率均为 0.5。渔业资源密度以各站拖网渔获量 (重量、尾数) 和拖网扫海面积来估算, 计算式为:

$$\rho_i = C_i / a_i q$$

式中: ρ_i ——第 i 站的资源密度 (重量: kg/km^2 ; 尾数: $10^3 \text{ ind.}/\text{km}^2$);

C_i ——第 i 站的每小时拖网渔获量 (重量: kg/h ; 尾数: $\text{ind.}/\text{h}$);

a_i ——第 i 站的网具每小时扫海面积 (km^2/h) (网口水平扩张宽度 (km) $\times$ 拖曳距离 (km)), 拖曳距离为拖网速度 (km/h) 和实际拖网时间 (h) 的乘积;

q ——网具捕获率 (可捕系数, $=1 - \text{逃逸率}$), 其中: q 均取 0.5。

(3) 优势度 (Y) 及计算

优势种的概念有两个方面, 即一方面占有广泛的生态环境, 可以利用较高的资源, 有着广泛的适应性, 在空间分布上表现为空间出现频率 (f_i) 较高, 另一方面, 表现为个体数量 (n_i) 庞大, 丰度 n_i/N 较高。

设: f_i ——第 i 个种在各样方中的出现频率;

n_i ——群落中第 i 个物种在空间中的丰度;

N ——群落中所有物种的总丰度;

综合优势种概念的两个方面, 得出优势种优势度 (Y) 的计算公式:

$$Y = n_i / N \times f_i$$

本报告优势度 $Y \geq 0.02$ 时为优势种。

(4) 相对重要性指数 IRI 及计算

用 Pinkas (1971) 的相对重要性指数 IRI 来研究鱼类优势种的优势度, 计算公式如下:

$$IRI = (N\% + W\%) \times F\%,$$

上式中，N%为某一物种尾数占总尾数的百分比；W%为该物种重量占总重量的百分比；F%为某一物种出现的站数占调查总站数的百分比。

本报告中各类群的优势种以总渔获物的 IRI 指数前五位为主要优势种。

(5) 生物生态评价方法及其指数计算

本次调查的海洋生物生态群落评价包括群落多样性、群落均匀度、物种丰富度和群落单纯度四个方面。

香农威纳 (Shannon—Wiener) 物种多样性指数，计算公式如下：

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

式中，H' ——为物种多样性指数值；

S——为样品中的总种数；

Pi——为第 i 种的个体丰度 (ni) 与总丰度 (N) 的比值 (ni/N)。

一般认为，正常环境，该指数值高；环境受污，该指数值降低。

Pielou 均匀度指数，计算公式如下：

$$J' = H' / \log_2 S$$

式中，J' ——表示均匀度指数值；

H' ——表示物种多样性指数值；

S——表示样品中总种数。

J' 值范围为 0~1 之间，J' 值大时，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欠均。由于污染环境的种间个体分布差别大，表现为 J' 值低，群落结构往往不稳定。

Margalef 丰富度指数，计算公式如下：

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

式中，d——表示丰富度指数值；

S——表示样品中的总种数；

N——表示群落中所有物种的总丰度。

单纯度指数，计算公式如下：

$$C = \sum (ni/N)^2$$

式中，C——表示单纯度指数；

N——表示群落中所有物种丰度或生物量；

n_i ——表示第 i 个物种的丰度或生物量。

一般而言，健康的生态环境，种类丰富度高；污染环境，种类丰富度较低，单纯度指数较高。

6.3.4 海水质量监测结果与评价

6.3.4.1 监测结果

2018 年春季对相关海域进行调查，调查期间天气晴，海况 2-3 级，测得表层水温范围为 16.0℃-18.3℃，平均表层水温 16.8℃，测得底层水温范围为 16.0℃-17.6℃，平均底层水温 16.8℃。

2018 年秋季对调查区域的海水水质进行调查分析，调查期间海上天气晴，海况 3 级，间有白浪。调查结果表明，2、12、15、20、21、22 站位水深小于 10m，未采底层水样；透明度为 6.5cm~19.5 cm；水色为 15 色~21 色。

2018 年春季监测海域表、底层水体中各因子统计结果如表 6.3-5 所示。2018 年秋季水质监测因子各个项目调查结果如表 6.3-6 所示。

表 6.3-5 2018 年春季水质因子监测统计结果

监测项目		平均值	最大值	最小值
温度 (℃)	表层	12.90	18.30	8.64
	底层	12.00	17.60	8.92
PH	表层	8.01	8.25	7.80
	底层	8.03	8.19	7.81
溶解氧 (mg/L)	表层	9.21	10.62	7.49
	底层	9.50	10.65	7.95
盐度	表层	27.632	31.842	24.376
	底层	27.338	31.547	25.110
COD (mg/L)	表层	1.03	1.85	0.139
	底层	1.10	2.74	0.318
悬浮物 (mg/L)	表层	206	635	48
	底层	338	710	96.5
石油类 (mg/L)	/	0.028	0.078	0.008
活性磷酸盐 (mg/L)	表层	0.024	0.047	0.001
	底层	0.025	0.047	0.004

监测项目		平均值	最大值	最小值
挥发酚 (mg/L)	表层	/	<0.0003	<0.0003
	底层	/	<0.0003	<0.0003
无机氮 (mg/L)	表层	0.438	0.624	0.151
	底层	0.405	0.592	0.194
铜 (mg/L)	表层	0.00240	0.00575	0.00085
	底层	0.00211	0.00688	0.00091
锌 (mg/L)	表层	0.0141	0.020	0.007
	底层	0.0144	0.018	0.010
铅 (mg/L)	表层	0.00065	0.00106	0.00022
	底层	0.00057	0.00101	0.00024
铬 (mg/L)	表层	0.000127	0.000504	<0.0004
	底层	0.000021	0.00041	<0.0004
镉 (mg/L)	表层	0.000091	0.00015	0.000037
	底层	0.000077	0.00012	0.000034
汞 (mg/L)	表层	0.000011	0.000048	<0.000007
	底层	0.000016	0.000040	<0.000007
砷 (mg/L)	表层	0.00112	0.00182	0.00068
	底层	0.00108	0.00141	0.00064
硫化物 (μg/L)	表层	3.33	5.45	1.27
	底层	3.18	4.64	2.33

注：1.“<”表示小于检出限，作平均值统计时按其检出限的1/2 计算；2.“/”表示不作统计；3.挥发酚项目仅1号至23号站位测定，硫化物项目仅24号至36号站位测定。

表 6.3-6 2018 年秋季水质监测因子各个项目调查结果

监测项目		平均值	最大值	最小值
温度 (°C)	表层	21.82	26.39	18.05
	底层	21.75	26.65	18.12
透明度 (cm)	/	12.3	19.5	6.5
水深 (m)	/	12.5	17.3	8.3
PH	表层	8.02	8.12	7.89
	底层	8.01	8.11	7.89
水色 (色)	/	18	21	15
溶解氧 (mg/L)	表层	8.12	8.56	7.83
	底层	8.12	8.53	7.75
盐度	表层	29.709	30.856	28.632
	底层	29.930	30.863	28.542
COD (mg/L)	表层	1.52	2.00	1.20
	底层	1.35	1.96	0.96
悬浮物 (mg/L)	表层	97	115	75

监测项目		平均值	最大值	最小值
	底层	97	116	77
石油类 (mg/L)	/	0.022	0.060	0.007
活性磷酸盐 (mg/L)	表层	0.011	0.029	0.005
	底层	0.007	0.019	0.001
挥发酚 (mg/L)	表层	0.0041	0.0049	0.0029
	底层	0.0030	0.0045	0.0010
无机氮 (mg/L)	表层	0.443	0.770	0.227
	底层	0.403	0.779	0.245
硫化物 (mg/L)	表层	0.00036	0.00061	0.00018
	底层	0.00031	0.00050	0.00013
氰化物 (mg/L)	表层	/	<0.004	<0.004
	底层	/	<0.004	<0.004
铜 (mg/L)	表层	0.00215	0.00267	0.00152
	底层	0.00168	0.00232	0.00123
锌 (mg/L)	表层	0.0131	0.0190	0.0070
	底层	0.0110	0.0180	0.0050
铅 (mg/L)	表层	0.000459	0.000762	0.000138
	底层	0.000200	0.000317	0.000107
铬 (mg/L)	表层	0.000220	0.000424	<0.0004
	底层	0.000200	<0.0004	<0.0004
镉 (mg/L)	表层	0.000194	0.000350	0.000110
	底层	0.000119	0.000162	0.000075
汞 (mg/L)	表层	0.00002	0.000036	0.000012
	底层	0.00003	0.000037	0.000010
砷 (mg/L)	表层	0.000904	0.001270	0.000752
	底层	0.000894	0.001080	0.000708

注：1.“<”表示小于检出限，作平均值统计时按其检出限的1/2 计算；2.“/”表示不作统计。

(1) 水温

2018年春季调查海域的表层温度范围为(8.64~18.30)℃,平均值为12.90℃,最大值出现在29站位,最小值出现在1站位;底层温度范围为(8.92~17.60)℃,平均值为12.00℃,最大值出现在26站位,最小值出现在1站位。

2018年秋季调查海域的表层温度范围为(18.05~26.39)℃,平均值为21.82℃;底层温度范围为(18.12~26.65)℃,平均值为21.75℃。表、底层水温未呈现出明显规律。

(2) pH

2018年春季调查海域 pH 表层范围为7.80~8.25,平均值为8.01,最大值出

现在 9 站位，最小值出现在 16 站位；底层范围为 7.81~8.19，平均值为 8.03，最大值出现在 19 站位，最小值出现在 23 站位。

2018 年秋季调查海域 pH 表层范围为 7.89~8.12，平均值为 8.02，最大值出现在 8、10 站位，最小值出现在 5 站位；pH 底层范围为 7.89~8.11，平均值为 8.01，最大值出现在 6、10、16 站位，最小值出现在 7、19 站位。表、底层 pH 未呈现出明显规律。**均满足各功能区对应的水质标准要求。**

(3) 溶解氧

2018 年春季调查海域溶解氧表层范围为 (7.49~10.62) mg/L，平均值为 9.21mg/L，最大值出现在 9 站位，最小值出现在 28 站位；底层范围为 (7.95~10.65) mg/L，平均值为 9.50mg/L，最大值出现在 11 站位，最小值出现在 27 站位。

2018 年秋季调查海域溶解氧表层范围为 (7.83~8.56) mg/L，平均值为 8.12mg/L，最大值出现在 6、17 站位，最小值出现在 11 站位；底层范围为 (7.75~8.53) mg/L，平均值为 8.12mg/L，最大值出现在 6 站位，最小值出现在 14 站位。调查海域表、底层溶解氧均无明显分布规律。**均满足各功能区对应的水质标准要求。**

(4) 盐度

2018 年春季调查海域表层盐度范围为 24.376~31.842，平均值为 27.632，最大值出现在 34 站位，最小值出现在 12 站位；底层盐度范围为 25.110~31.547，平均值为 27.338，最大值出现在 32 站位，最小值出现在 13 站位。

2018 年秋季调查海域表层盐度范围为 28.632~30.856，平均值为 29.709，最大值出现在 6 站位，最小值出现在 19 站位；底层盐度范围为 28.542~30.863，平均值为 29.930，最大值出现在 8 站位，最小值出现在 19 站位。表、底层盐度均呈现近岸向外海逐渐升高的趋势。

(5) 化学需氧量

2018 年春季调查海域化学需氧量表层范围为 (0.139~1.85) mg/L，平均值为 1.03 mg/L，最大值出现在 8 站位，最小值出现在 20 站位；底层范围为 (0.318~2.74) mg/L，平均值为 1.10 mg/L，最大值出现在 13 站位，最小值出现在 9 站位。

2018 年秋季调查海域化学需氧量表层范围为 (1.20~2.00) mg/L，平均值为 1.52 mg/L，最大值出现在 13 站位，最小值出现在 1、3、15、22 站位；底层范围为 (0.96~1.96) mg/L，平均值为 1.35 mg/L，最大值出现在 13 站位，最小值出现

在 3、7 站位。调查海域表、底层化学需氧量均无明显分布规律。均满足各功能区对应的水质标准要求。

(6) 悬浮物

2018 年春季调查海域表层悬浮物范围为(48~635)mg/L, 平均值为 206 mg/L, 最大值出现在 16 站位, 最小值出现在 9 站位; 底层范围为 (96.5~710) mg/L, 平均值为 338 mg/L, 最大值出现在 2 站位, 最小值出现在 9 站位。

2018 年秋季调查海域表层悬浮物范围为(75~115)mg/L, 平均值为 97 mg/L, 最大值出现在 2 站位, 最小值出现在 3 站位; 底层范围为 (77~116) mg/L, 平均值为 97 mg/L, 最大值出现在 13 站位, 最小值出现在 7 站位。调查海域表、底层悬浮物无明显分布规律。

(7) 石油类

2018 年春季调查海域石油类表层范围为 (0.008~0.078) mg/L, 平均值为 0.028mg/L, 最大值出现在 14 站位, 最小值出现在 31 站位。

2018 年秋季调查海域石油类范围为(0.007~0.060)mg/L, 平均值为 0.022mg/L, 最大值出现在 17 站位, 最小值出现在 9 站位。1 号站位略高于周边站位, 其余站位呈现由近岸向外海逐渐降低的趋势。均满足各功能区对应的水质标准要求。

(8) 活性磷酸盐

2018 年春季调查海域活性磷酸盐表层范围为 (0.001~0.047) mg/L, 平均值为 0.024mg/L, 最大值出现在 21 站位, 最小值出现在 6 站位; 底层范围为 (0.004~0.047) mg/L, 平均值为 0.025mg/L, 最大值出现在 18 站位, 最小值出现在 27 站位。

2018 年秋季调查海域活性磷酸盐表层范围为 (0.005~0.029) mg/L, 平均值为 0.011mg/L, 最大值出现在 17 站位, 最小值出现在 10、11 站位; 底层范围为 (0.001~0.019) mg/L, 平均值为 0.007mg/L, 最大值出现在 1 站位, 最小值出现在 11 站位。调查海域活性磷酸盐无明显分布规律。其中 1 和 17 站位表层 (占 9.09%), 1 站位的底层 (占 6.25%) 活性磷酸盐含量不满足《江苏省海洋功能区划》对应功能区的水质标准要求, 其他均满足各功能区的水质标准要求。

(9) 挥发酚

2018 年春季调查海域仅 1 号至 23 号站位测定挥发酚, 表、底层挥发酚均为

未检出。

2018 年秋季调查海域挥发酚表层范围为 (0.0029~0.0049) mg/L, 平均值为 0.0041mg/L, 最大值出现在 5、15 站位, 最小值出现在 1、2 站位; 底层范围为 (0.0010~0.0045) mg/L, 平均值为 0.0030mg/L, 最大值出现在 9 站位, 最小值出现在 1、2 站位。调查海域挥发酚表层大于底层, 其余无明显分布规律。**均满足各功能区对应的水质标准要求。**

(10) 无机氮

2018 年春季调查海域无机氮表层范围为(0.151~0.624)mg/L, 平均值为 0.438 mg/L, 最大值出现在 23 站位, 最小值出现在 32 站位; 底层范围为(0.194~0.592) mg/L, 平均值为 0.405 mg/L, 最大值出现在 5 站位, 最小值出现在 33 站位。

2018 年秋季调查海域无机氮表层范围为 (0.227~0.770) mg/L, 平均值为 0.443mg/L, 最大值出现在 18 站位, 最小值出现在 3 站位; 底层范围为(0.245~0.779) mg/L, 平均值为 0.403 mg/L, 最大值出现在 19 站位, 最小值出现在 3 站位。调查海域表、底层无机氮均呈现由近岸向外海逐渐降低的趋势, 1 号站位略高于周边海域。所有站位表层和底层的无机氮含量均不满足《江苏省海洋功能区划》对应功能区的水质标准要求。

(11) 铜

2018 年春季调查海域铜表层范围为 (0.00085~0.00575) mg/L, 平均值为 0.00240mg/L, 最大值出现在 35 站位, 最小值出现在 8 站位; 底层范围为 (0.00091~0.00688) mg/L, 平均值为 0.00211mg/L, 最大值出现在 32 站位, 最小值出现在 4 站位。

2018 年秋季调查海域铜表层范围为 (0.00152~0.00267) mg/L, 平均值为 0.00215mg/L, 最大值出现在 19 站位, 最小值出现在 4 站位; 底层范围为 (0.00123~0.00232) mg/L, 平均值为 0.00168mg/L, 最大值出现在 19 站位, 最小值出现在 6 站位。调查海域表、底层铜均呈现由近岸向外海逐渐降低的趋势。**均满足各功能区对应的水质标准要求。**

(12) 锌

2018 年春季调查海域锌表层范围为 (0.007~0.020) mg/L, 平均值为 0.0141mg/L, 最大值出现在 12 站位, 最小值出现在 16 站位; 底层范围为

(0.010~0.018) mg/L, 平均值为 0.0144mg/L, 最大值出现在 1 站位, 最小值出现在 2、4、22 站位。

2018 年秋季调查海域锌表层范围为 (0.0070~0.0190) mg/L, 平均值为 0.0131mg/L, 最大值出现在 19 站位, 最小值出现在 3 站位; 底层范围为 (0.0050~0.0180) mg/L, 平均值为 0.0110mg/L 最大值出现在 19 站位, 最小值出现在 3 站位。调查海域表、底层锌近岸数值均大于外海数值。**均满足各功能区对应的水质标准要求。**

(13) 铅

2018 年春季调查海域铅表层范围为 (0.00022~0.00106) mg/L, 平均值为 0.00065mg/L, 最大值出现在 36 站位, 最小值出现在 8 站位; 底层范围为 (0.00024~0.00101) mg/L, 平均值为 0.00057mg/L, 最大值出现在 32 站位, 最小值出现在 4 站位。

2018 年秋季调查海域铅表层范围为 (0.000138~0.000762) mg/L, 平均值为 0.000459mg/L, 最大值出现在 21 站位, 最小值出现在 9 站位; 底层范围为 (0.000107~0.000317) mg/L, 平均值为 0.000200mg/L, 最大值出现在 17 站位, 最小值出现在 10 站位。表、底层铅均在近岸和中部出现一个相对高值区。**均满足各功能区对应的水质标准要求。**

(14) 铬

2018 年春季调查海域铬的表层含量范围为未检出~0.000504mg/L, 平均值 0.000127mg/L, 最大值出现在 35 站位, 除 12、17、23、25 和 35 站位外均未检出; 底层范围为未检出~0.00041mg/L, 平均含量 0.000021mg/L, 除 17 号站位以外, 其余点位均未检出。

2018 年秋季调查海域铬的表层含量范围为未检出~0.000424mg/L, 平均含量 0.000220mg/L, 除了近岸点位 19、20 站位以外, 其余站位均为未检出; 铬的底层含量在全部站位均为未检出。**均满足各功能区对应的水质标准要求。**

(15) 镉

2018 年春季调查海域镉表层范围为 (0.000037~0.00015) mg/L, 平均值为 0.000091mg/L, 最大值出现在 12 站位, 最小值出现在 8 站位; 底层范围为 (0.000034~0.00012) mg/L, 平均值为 0.000077mg/L, 最大值出现在 17 站位,

最小值出现在 7 站位。

2018 年秋季调查海域镉表层范围为 (0.000110~0.000350) mg/L, 平均值为 0.000194mg/L, 最大值出现在 21 站位, 最小值出现在 12 站位; 底层范围为 (0.000075~0.000162) mg/L, 平均值为 0.000119mg/L, 最大值出现在 1 站位, 最小值出现在 3 站位。调查海域表层镉在近岸出现相对高值、底层镉在东北部出现相对高值。均满足各功能区对应的水质标准要求。

(16) 砷

2018 年春季调查海域砷表层范围为 (0.00068~0.00182) mg/L, 平均值为 0.00112mg/L, 最大值出现在 36 站位, 最小值出现在 4 站位; 底层范围为 (0.00064~0.00141) mg/L, 平均值为 0.00108mg/L, 最大值出现在 1 站位, 最小值出现在 22 站位。

2018 年秋季调查海域砷表层范围为 (0.000752~0.001270) mg/L, 平均值为 0.000904mg/L, 最大值出现在 19 站位, 最小值出现在 16 站位; 底层范围为 (0.000708~0.001080) mg/L, 平均值为 0.000894mg/L, 最大值出现在 19 站位, 最小值出现在 3 站位。调查海域砷无明显分布规律。均满足各功能区对应的水质标准要求。

(17) 汞

2018 年春季调查海域汞表层范围为未检出~0.000048mg/L, 平均值为 0.000011mg/L, 最大值出现在 12 站位, 24 号至 36 号站位未检出; 底层范围为未检出~0.000040mg/L, 平均值为 0.000016mg/L, 最大值出现在 5 站位, 26、27、32 和 33 号站位未检出。

2018 年秋季调查海域汞表层范围为 (0.000012~0.000036) mg/L, 平均值为 0.00002mg/L, 最大值出现在 21 站位, 最小值出现在 4 站位; 底层范围为 (0.000010~0.000037) mg/L, 平均值为 0.00003mg/L, 最大值出现在 14 站位, 最小值出现在 4 站位。表、底层汞均在调查海域近岸和 1 号站位出现相对高值区。均满足各功能区对应的水质标准要求。

(18) 硫化物

2018 年春季调查海域仅 24 号至 36 号站位测定硫化物, 表层范围为 (1.27~5.45) ug/L, 平均值为 3.33ug/L, 最大值出现在 29 站位, 最小值出现在

33 号站。监测海域水质底层硫化物范围为(2.33~4.64) $\mu\text{g/L}$, 平均值为 3.18 $\mu\text{g/L}$, 最大值出现在 33 站位, 最小值出现在 32 号站。

2018 年秋季调查海域硫化物表层范围为(0.00018~0.00061) mg/L , 平均值为 0.00036 mg/L , 最大值出现在 2 站位, 最小值出现在 4、6、7 站位; 底层范围为(0.00013~0.00050) mg/L , 平均值为 0.00031 mg/L , 最大值出现在 1 站位, 最小值出现在 7 站位。调查海域表、底层硫化物在近岸、中部和 1 号站位出现相对高值。均满足各功能区对应的水质标准要求。

6.3.4.2 现状评价

海水水质评价标准采用海水水质标准(GB3097-1997)进行评价, 各个因子的评价标准如表 6.3-7 所示。

表 6.3-7 海水水质各因子标准 单位 mg/L

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	悬浮物质	人为增加的量 ≤ 10		人为增加的量 ≤ 100	人为增加的量 ≤ 150
2	pH	7.8-8.5		6.8-8.8	
3	溶解氧 $>$	6	5	4	3
4	化学需氧量 $\leq$	2	3	4	5
5	生化需氧量(BOD ₅) $\leq$	1	3	4	5
6	无机氮 $\leq$ (以N计)	0.20	0.30	0.40	0.50
7	活性磷酸盐 $\leq$ (以P计)	0.015	0.030		0.045
8	汞 $\leq$	0.00005	0.0002		0.0005
9	镉 $\leq$	0.001	0.005	0.010	
10	铅 $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.050
11	铬 $\leq$	0.05	0.10	0.20	0.50
12	砷 $\leq$	0.020	0.030	0.050	
13	铜 $\leq$	0.005	0.010	0.050	
14	锌 $\leq$	0.020	0.050	0.10	0.50
15	石油类 $\leq$	0.05		0.30	0.50
16	挥发酚 $\leq$	0.005		0.010	0.050
17	硫化物 $\leq$ (以S计)	0.02	0.05	0.10	0.25

6.3.4.3 评价结果

2018 年春季调查海域中 pH、溶解氧、锌、镉、铬、汞、砷、硫化物均符合第一类海水水质标准。

化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮和石油类均有超第一类海水的站位。表层化学需氧量均符合第一类海水水质标准，底层化学需氧量符合第一类和第二类海水水质的比例分别为 90.00%、10.00%；全部站位表、底层挥发酚均为未检出，符合第一（二）类；石油类符合第一（二）类、第三类海水水质的比例为 97.22%、2.78%；表层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类和第四类海水水质的比例分别为 22.22%、41.67%和 36.11%，底层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类和第四类海水水质的比例分别为 20.00%、45.00%和 35.00%；表层无机氮符合第一类、第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 2.78%、8.33%、22.22%、33.33%和 33.33%，底层无机氮符合第一类、第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 5.00%、15.00%、25.00%、30.00%和 25.00%；表层铜符合一类、二类海水水质的比例分别为 94.44%、5.56%，底层铜符合一类、二类海水水质的比例分别为 90.00%、10.00%；表层铅符合一类、二类海水水质的比例分别为 94.44%、5.56%，底层铅符合一类、二类海水水质的比例分别为 95.00%、5.00%。

2018 年秋季调查海域中 pH、溶解氧、化学需氧量、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷均符合第一类海水水质标准；全部站位表、底层挥发酚和石油类均符合第一（二）类，氰化物均为未检出。活性磷酸盐、无机氮均有超第一类海水的站位。

表层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类海水水质的比例分别为 90.91%和 9.09%，仅在 1 号、17 号站位出现第二（三）类海水；底层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类海水水质的比例分别为 93.75%和 6.25%，仅在 1 号站位出现第二（三）类海水。

表层无机氮均超第一类海水水质标准，符合第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 13.64%、45.45%、13.64%和 27.27%，底层无机氮均超第一类海水水质标准，符合第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 25%、50%、6.25%和 18.75%，其中 19 号站表、底层无机氮均超四类。调

查海域各站位水质要素评价结果如表 6.3-8 所示、各站位水质要素评价指数统计见表 6.3-9。

表 6.3-8 2018 年春季调查海域各站位水质要素评价结果统计表

站号	层次	PH	溶解氧	化学需氧量	挥发酚	石油类	活性磷酸盐	无机氮	铜	锌	铅	铬	镉	汞	砷	硫化物	评价等级
1	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
	底	一类	一类	二类	一（二）类	/	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
2	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
3	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	三类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	三类
4	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	四类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
5	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
6	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
7	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
8	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类

站号	层次	PH	溶解氧	化学需氧量	挥发酚	石油类	活性磷酸盐	无机氮	铜	锌	铅	铬	镉	汞	砷	硫化物	评价等级
9	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
10	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	四类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
11	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	三类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	三类
12	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
13	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
	底	一类	一类	二类	一（二）类	/	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
14	表	一类	一类	一类	一（二）类	三类	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
15	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
16	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	三类
17	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
18	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类

站号	层次	PH	溶解氧	化学需氧量	挥发酚	石油类	活性磷酸盐	无机氮	铜	锌	铅	铬	镉	汞	砷	硫化物	评价等级
19	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
20	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
21	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
22	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	三类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	三类
23	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	四类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	劣四类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	四类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	/	四类
24	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	二（三）类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	三类
25	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类
26	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	二（三）类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类
	底	一类	一类	一类	/	/	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类
27	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	一类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	三类
	底	一类	一类	一类	/	/	一类	二类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类
28	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	四类
29	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	一类	四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	四类

站号	层次	PH	溶解氧	化学需氧量	挥发酚	石油类	活性磷酸盐	无机氮	铜	锌	铅	铬	镉	汞	砷	硫化物	评价等级
30	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	二（三）类	劣四类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	劣四类
31	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	二（三）类	劣四类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	劣四类
32	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	/	/	二（三）类	二类	二类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	二类
33	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	二（三）类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	二类
	底	一类	一类	一类	/	/	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
34	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	一类	三类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	三类
35	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	二（三）类	四类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	四类
36	表	一类	一类	一类	/	一（二）类	二（三）类	劣四类	二类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	劣四类

表 6.3-9 2018 年春季调查海域各站位水质要素评价指数统计表

站号	层次	PH	溶解氧	化学需氧量		挥发酚	悬浮物			石油类		活性磷酸盐			无机氮				铜		锌	铅		铬	镉	汞	砷	硫化物
		一类	一类	二类	一类	一、二类	四类	三类	一、二类	三类	一、二类	四类	二、三类	一类	四类	三类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类
1	表	0.80	0.31	/	0.58	N.D.	0.73	1.10	11.00	/	0.34	0.91	1.37	2.73	0.91	1.14	1.52	2.28	0.46	/	0.90	0.79	/	N.D.	0.12	0.40	0.06	/
	底	0.63	0.33	0.81	1.21	N.D.	1.10	1.65	16.50	/	/	/	0.83	1.67	1.11	1.39	1.85	2.77	0.39	/	0.90	0.52	/	N.D.	0.11	0.54	0.07	/
2	表	0.37	0.25	/	0.44	N.D.		0.89	8.90	/	0.32	0.69	1.03	2.07	0.95	1.18	1.58	2.37	0.36	/	0.70	0.57	/	N.D.	0.09	0.56	0.05	/
	底	0.17	0.26	/	0.94	N.D.	4.73	7.10	71.00	/	/	/	0.90	1.80	1.03	1.29	1.71	2.57	0.28	/	0.50	0.35	/	N.D.	0.06	0.46	0.07	/
3	表	0.17	0.31	/	0.46	N.D.	1.47	2.21	22.10	/	0.40	/	0.97	1.93	/	0.99	1.32	1.98	0.25	/	0.70	0.38	/	N.D.	0.08	0.40	0.06	/
	底	0.00	0.48	/	0.46	N.D.	1.80	2.70	27.00	/	/	/	0.80	1.60	/	0.90	1.20	1.81	0.24	/	0.60	0.32	/	N.D.	0.09	0.30	0.06	/
4	表	0.20	0.25	/	0.62	N.D.	1.56	2.34	23.40	/	0.28	0.82	1.23	2.47	/	0.91	1.21	1.82	0.20	/	0.50	0.27	/	N.D.	0.06	0.22	0.03	/
	底	0.09	0.31	/	0.72	N.D.	3.15	4.73	47.30	/		0.80	1.20	2.40	/	0.88	1.17	1.75	0.18	/	0.50	0.24	/	N.D.	0.05	0.26	0.05	/
5	表	0.11	0.27	/	0.66	N.D.	/	0.65	6.50	/	0.44	/	0.97	1.93	1.05	1.31	1.75	2.63	0.26	/	0.70	0.85	/	N.D.	0.11	0.50	0.06	/
	底	0.17	0.31	/	0.22	N.D.	1.87	2.80	28.00	/	/	/	0.97	1.93	1.18	1.48	1.97	2.96	0.28	/	0.75	0.85	/	N.D.	0.09	0.80	0.06	/
6	表	0.14	0.22	/	0.20	N.D.	0.69	1.04	10.40	/	0.28	/	/	0.07	0.98	1.23	1.64	2.46	0.35	/	0.70	0.49	/	N.D.	0.09	0.32	0.05	/
	底	0.49	0.27	/	0.18	N.D.	2.14	3.21	32.10	/	/	/	/	0.53	0.88	1.10	1.47	2.21	0.38	/	0.75	0.47	/	N.D.	0.06	0.56	0.05	/
7	表	0.31	0.29	/	0.84	N.D.	2.10	3.16	31.55	/	0.30	0.82	1.23	2.47	0.84	1.05	1.40	2.11	0.33	/	0.70	0.38	/	N.D.	0.08	0.40	0.05	/
	底	0.40	0.25	/	0.70	N.D.	3.87	5.80	58.00	/	/	0.78	1.17	2.33	0.83	1.03	1.38	2.07	0.22	/	0.85	0.36	/	N.D.	0.03	0.58	0.05	/
8	表	0.34	0.24	/	0.93	N.D.	1.07	1.61	16.10	/	0.42	0.98	1.47	2.93	0.80	1.00	1.34	2.01	0.17	/	0.60	0.22	/	N.D.	0.04	0.24	0.04	/

站号	层次	PH	溶解氧	化学需氧量		挥发酚	悬浮物			石油类		活性磷酸盐			无机氮				铜		锌	铅		铬	镉	汞	砷	硫化物
		一类	一类	二类	一类	一、二类	四类	三类	一、二类	三类	一、二类	四类	二、三类	一类	四类	三类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类
9	表	0.29	0.03	/	0.16	N.D.	/	0.48	4.80	/	0.96	0.71	1.07	2.13	1.08	1.35	1.80	2.71	0.45	/	0.75	0.57	/	N.D.	0.09	0.26	0.06	/
	底	0.03	0.10	/	0.16	N.D.	/	0.97	9.65	/	/	0.87	1.30	2.60	0.99	1.24	1.66	2.49	0.34	/	0.85	0.38	/	N.D.	0.08	0.44	0.06	/
10	表	0.17	0.09	/	0.66	N.D.	/	0.73	7.30	/	0.38	0.87	1.30	2.60	0.87	1.09	1.46	2.19	0.30	/	0.75	0.51	/	N.D.	0.06	0.10	0.07	/
	底	0.09	0.07	/	0.20	N.D.	2.36	3.54	35.40	/	/	0.71	1.07	2.13	/	0.99	1.32	1.98	0.31	/	0.70	0.65	/	N.D.	0.05	0.44	0.05	/
11	表	0.66	0.24	/	0.66	N.D.	2.47	3.71	37.10	/	0.38	/	0.63	1.27	/	0.99	1.32	1.99	0.32	/	0.70	0.65	/	N.D.	0.05	0.28	0.04	/
	底	0.31	0.13	/	0.84	N.D.	2.69	4.03	40.30	/	/	/	0.67	1.33	/	0.80	1.06	1.60	0.20	/	0.75	0.57	/	N.D.	0.04	0.20	0.05	/
12	表	0.66	0.29	/	0.70	N.D.	0.78	1.18	11.75	/	0.64	0.87	1.30	2.60	1.07	1.34	1.79	2.68	0.83	/	1.00	0.93	/	0.01	0.15	0.96	0.09	/
13	表	0.43	0.27	/	0.76	N.D.	1.12	1.68	16.80	/	0.38	0.80	1.20	2.40	1.13	1.42	1.89	2.83	0.29	/	0.75	0.88	/	N.D.	0.12	0.44	0.06	/
	底	0.57	0.29	0.91	1.37	N.D.	2.49	3.73	37.30	/	/	0.73	1.10	2.20	0.87	1.09	1.45	2.17	0.26	/	0.85	0.61	/	N.D.	0.11	0.40	0.06	/
14	表	0.31	0.23	/	0.88	N.D.	0.68	1.02	10.20	0.26	1.56	/	0.53	1.07	1.06	1.33	1.77	2.66	0.27	/	0.45	0.66	/	N.D.	0.08	0.32	0.05	/
15	表	0.69	0.18	/	0.38	N.D.	1.36	2.04	20.40	/	0.74	/	0.83	1.67	0.81	1.02	1.36	2.04	0.23	/	0.50	0.26	/	N.D.	0.08	0.06	0.04	/
16	表	1.00	0.24	/	0.64	N.D.	4.23	6.35	63.50	/	0.44	/	0.90	1.80	/	0.97	1.29	1.93	0.19	/	0.35	0.27	/	N.D.	0.05	0.08	0.04	/
17	表	0.51	0.28	/	0.36	N.D.		0.71	7.10	/	0.46	0.71	1.07	2.13	1.23	1.54	2.06	3.09	0.46	/	0.90	0.88	/	0.01	0.14	0.52	0.06	/
	底	0.83	0.24	/	0.36	N.D.	2.43	3.64	36.40	/	/	/	0.87	1.73	1.07	1.33	1.78	2.67	0.39	/	0.85	0.85	/	0.01	0.13	0.48	0.06	/
18	表	0.83	0.26	/	0.74	N.D.	1.89	2.84	28.40	/	0.60	0.91	1.37	2.73	1.16	1.45	1.93	2.90	0.30	/	0.85	0.54	/	N.D.	0.14	0.40	0.05	/

站号	层次	PH	溶解氧	化学需氧量		挥发酚	悬浮物			石油类		活性磷酸盐			无机氮				铜		锌	铅		铬	镉	汞	砷	硫化物
		一类	一类	二类	一类	一、二类	四类	三类	一、二类	三类	一、二类	四类	二、三类	一类	四类	三类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类
		底	0.54	0.28	/	0.80	N.D.	1.91	2.86	28.60	/	/	1.04	1.57	3.13	1.00	1.25	1.66	2.50	0.28	/	0.75	0.48	/	N.D.	0.11	0.46	0.05
19	表	0.23	0.17	/	0.78	N.D.	0.98	1.47	14.70	/	0.68	/	0.63	1.27	1.14	1.43	1.91	2.86	0.27	/	0.60	0.38	/	N.D.	0.10	0.46	0.05	/
	底	0.11	0.21	/	0.26	N.D.	1.12	1.68	16.80	/	/	/	0.60	1.20	1.03	1.29	1.72	2.59	0.22	/	0.60	0.51	/	N.D.	0.08	0.16	0.05	/
20	表	0.40	0.23	/	0.07	N.D.	2.35	3.52	35.20	/	0.54	/	0.67	1.33	0.98	1.23	1.64	2.46	0.26	/	0.70	0.58	/	N.D.	0.05	0.34	0.05	/
21	表	0.83	0.21	/	0.20	N.D.	1.47	2.20	22.00	/	0.72	1.04	1.57	3.13	0.85	1.07	1.42	2.13	0.22	/	0.75	0.48	/	N.D.	0.08	0.26	0.05	/
22	表	0.20	0.19	/	0.34	N.D.		0.75	7.50	/	0.88	/	/	0.80	/	0.79	1.05	1.58	0.22	/	0.50	0.27	/	N.D.	0.05	0.16	0.03	/
	底	0.31	0.22	/	0.36	N.D.	1.08	1.62	16.20	/	/	/	0.57	1.13	/	0.75	1.00	1.51	0.20	/	0.50	0.25	/	N.D.	0.04	0.08	0.03	/
23	表	0.60	0.22	/	0.52	N.D.	2.29	3.43	34.30	/	0.26	0.71	1.07	2.13	1.25	1.56	2.08	3.12	0.82	/	0.85	0.90	/	0.01	0.14	0.28	0.05	/
	底	0.97	0.18	/	0.36	N.D.	4.04	6.06	60.60	/	/	0.71	1.07	2.13	0.91	1.13	1.51	2.27	0.51	/	0.85	0.85	/	N.D.	0.12	0.38	0.06	/
24	表	0.60	0.38	/	0.29	/	0.80	1.20	12.00	/	0.77	/	0.63	1.27	/	0.87	1.16	1.74	0.41	/	0.62	0.50	/	/	0.08	/	0.06	0.21
25	表	0.26	0.37	/	0.30	/	0.71	1.06	10.60	/	0.56	/	/	0.33	/	/	0.73	1.09	0.67	/	0.49	0.51	/	0.01	0.07	/	0.06	0.27
26	表	0.34	0.41	/	0.48	/	2.51	3.77	37.70	/	0.40	/	0.60	1.21	/	/	0.86	1.29	0.57	/	0.44	0.86	/	/	0.11	/	0.06	0.22
	底	0.37	0.42	/	0.48	/	3.11	4.66	46.60	/	/	/	/	0.81	/	/	0.84	1.26	0.77	/	0.51	0.86	/	/	0.08	/	0.06	0.17
27	表	0.34	0.53	/	0.46	/	0.99	1.49	14.90	/	0.39	/	/	0.50	/	0.76	1.01	1.52	0.46	/	0.57	0.98	/	/	0.08	/	0.05	0.20
	底	0.40	0.49	/	0.57	/	2.35	3.53	35.30	/	/	/	/	0.28	/	/	0.79	1.18	1.02	0.51	0.59	0.70	/	/	0.09	/	0.04	0.12
28	表	0.40	0.61	/	0.46	/	2.31	3.47	34.70	/	0.41	/	/	0.50	0.92	1.15	1.53	2.30	0.92	/	0.87	0.94	/	/	0.07	/	0.04	0.16
29	表	0.49	0.33	/	0.37	/	1.28	1.92	19.20	/	0.75	/	/	0.93	0.84	1.05	1.40	2.10	0.79	/	0.88	0.97	/	/	0.11	/	0.08	0.27
30	表	0.34	0.54	/	0.57	/	1.37	2.06	20.60	/	0.44	/	0.54	1.09	1.07	1.33	1.78	2.67	0.55	/	0.73	1.04	0.21	/	0.07	/	0.07	0.15

站号	层 次	PH	溶解氧	化学需氧量		挥发酚	悬浮物			石油类		活性磷酸盐			无机氮				铜		锌	铅		铬	镉	汞	砷	硫化物
		一类	一类	二类	一类	一、二类	四类	三类	一、二类	三类	一、二类	四类	二、三类	一类	四类	三类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类
31	表	0.34	0.55	/	0.55	/	1.79	2.68	26.80	/	0.16	/	0.64	1.28	1.07	1.34	1.79	2.68	0.92	/	0.88	0.87	/	/	0.15	/	0.08	0.23
32	表	0.20	0.36	/	0.30	/	0.60	0.90	9.00	/	0.74	/	/	0.52	/	/	/	0.75	0.93	/	0.81	0.65	/	/	0.11	/	0.05	0.10
	底	0.11	0.35	/	0.37	/	0.99	1.48	14.80	/	/	/	0.98	1.96	/	/	0.80	1.20	1.38	0.69	0.89	1.01	0.20	/	0.08	/	0.06	0.12
33	表	0.29	0.31	/	0.39	/	1.09	1.64	16.40	/	0.70	/	0.57	1.15	/	/	0.87	1.31	0.40	/	0.66	0.90	/	/	0.10	/	0.06	0.06
	底	0.29	0.31	/	0.51	/	1.32	1.98	19.80	/	/	/	/	0.52	/	/	/	0.95	0.62	/	0.90	0.59	/	/	0.07	/	0.06	0.23
34	表	0.40	0.51	/	0.75	/	1.54	2.31	23.10	/	0.96	/	/	0.29	/	0.89	1.18	1.77	0.70	/	0.88	0.79	/	/	0.12	/	0.05	0.08
35	表	0.34	0.47	/	0.46	/	0.96	1.44	14.40	/	0.80	/	0.88	1.75	0.84	1.06	1.41	2.11	1.15	0.58	0.82	0.79	/	0.01	0.12	/	0.05	0.09
36	表	0.63	0.46	/	0.70	/	3.56	5.34	53.40	/	0.69	/	0.65	1.30	1.12	1.40	1.87	2.81	1.01	0.50	0.84	1.06	0.21	/	0.06	0.34	0.09	0.13

注：1.“N.D.”表示小于检出限，其中挥发酚检出限为0.0003mg/L、铬检出限为0.0004 mg/L、汞检出限为0.007μg/L；2.“/”表示不作统计

表 6.3-10 2018 年秋季调查海域各站位水质要素评价结果统计表

站号	层次	PH	溶解氧	COD	挥发酚	石油类	活性磷酸盐	无机氮	硫化物	氰化物	铜	锌	铅	铬	镉	汞	砷
1	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	二（三）类	四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
2	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
3	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	二类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	二类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
4	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	二类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
5	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
6	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	二类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
7	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	二类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
8	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	二类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
9	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类

	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
10	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
11	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	二类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
12	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
13	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
14	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
15	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
16	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
17	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	二（三）类	三类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
18	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
19	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
	底	一类	一类	一类	一（二）类	/	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类

20	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
21	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
22	表	一类	一类	一类	一（二）类	一（二）类	一类	劣四类	一类	一（二）类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类

表 6.3-11 2018 年秋季调查海域各站位水质要素评价指数统计表

站号	层次	PH	溶解氧	COD	挥发酚	石油类	活性磷酸盐		无机氮				硫化物	氰化物	铜	锌	铅	铬	镉	汞	砷
		一类	一类	一类	一、二类	一、二类	二、三类	一类	四类	三类	二类	一类	一类	一、二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
1	表	0.29	0.37	0.60	0.58	0.60	0.80	1.60	0.88	1.10	1.46	2.20	0.02	N.D.	0.38	0.50	0.47	N.D.	0.31	0.52	0.04
	底	0.37	0.42	0.56	0.20		0.63	1.27	0.86	1.07	1.43	2.14	0.02	N.D.	0.30	0.65	0.27	N.D.	0.16	0.52	0.04
2	表	0.63	0.39	0.64	0.58	0.86	/	0.53	/	0.93	1.24	1.86	0.03	N.D.	0.41	0.50	0.51	N.D.	0.25	0.46	0.04
3	表	0.29	0.29	0.60	0.90	0.24	/	0.40	/	/	0.76	1.14	0.01	N.D.	0.31	0.35	0.21	N.D.	0.12	0.40	0.04
	底	0.14	0.25	0.48	0.20		/	0.13	/	/	0.82	1.23	0.01	N.D.	0.25	0.25	0.13	N.D.	0.08	0.48	0.04
4	表	0.49	0.20	0.92	0.90	0.40	/	0.73	/	0.86	1.15	1.73	0.01	N.D.	0.30	0.50	0.34	N.D.	0.15	0.24	0.04
	底	0.40	0.17	0.68	0.54		/	0.47	/	/	0.96	1.45	0.01	N.D.	0.26	0.40	0.13	N.D.	0.10	0.20	0.05
5	表	0.74	0.27	0.64	0.98	0.36	/	0.60	/	0.93	1.23	1.85	0.02	N.D.	0.35	0.50	0.29	N.D.	0.14	0.26	0.05
	底	0.49	0.24	0.64	0.80		/	0.33	/	0.85	1.14	1.71	0.02	N.D.	0.33	0.35	0.14	N.D.	0.10	0.38	0.05
6	表	0.29	0.20	0.68	0.84	0.30	/	0.93	/	/	0.87	1.31	0.01	N.D.	0.31	0.50	0.29	N.D.	0.13	0.32	0.04
	底	0.11	0.20	0.50	0.66		/	0.33	/	0.88	1.18	1.77	0.01	N.D.	0.25	0.40	0.15	N.D.	0.10	0.46	0.04
7	表	0.57	0.36	0.68	0.94	0.30	/	0.60	/	/	0.99	1.48	0.01	N.D.	0.39	0.53	0.50	N.D.	0.21	0.56	0.04
	底	0.74	0.32	0.48	0.84		/	0.60	/	0.87	1.16	1.74	0.01	N.D.	0.34	0.40	0.31	N.D.	0.15	0.52	0.04
8	表	0.09	0.35	0.64	0.84	0.36	/	0.53	/	0.89	1.18	1.78	0.01	N.D.	0.38	0.65	0.35	N.D.	0.16	0.38	0.05
	底	0.40	0.41	0.62	0.76		/	0.53	/	/	0.98	1.47	0.01	N.D.	0.36	0.55	0.14	N.D.	0.14	0.68	0.05
9	表	0.63	0.30	0.80	0.90	0.14	/	0.47	/	0.77	1.02	1.53	0.02	N.D.	0.42	0.75	0.14	N.D.	0.22	0.50	0.04
	底	0.69	0.35	0.68	0.90		/	0.20	/	0.76	1.02	1.53	0.02	N.D.	0.34	0.55	0.13	N.D.	0.15	0.72	0.04
10	表	0.09	0.02	0.72	0.66	0.32	/	0.33	0.98	1.23	1.64	2.46	0.01	N.D.	0.45	0.75	0.27	N.D.	0.13	0.46	0.05
	底	0.11	0.07	0.60	0.48		/	0.27	/	0.86	1.15	1.73	0.01	N.D.	0.39	0.65	0.11	N.D.	0.10	0.70	0.05
11	表	0.49	0.12	0.78	0.84	0.38	/	0.33	/	0.78	1.04	1.56	0.01	N.D.	0.46	0.50	0.29	N.D.	0.18	0.42	0.05
	底	0.37	0.07	0.72	0.58		/	0.07	/	/	0.91	1.36	0.01	N.D.	0.37	0.65	0.14	N.D.	0.10	0.46	0.04

12	表	0.29	0.17	0.88	0.94	0.32	/	0.53	/	0.94	1.25	1.87	0.02	N.D.	0.42	0.65	0.37	N.D.	0.11	0.62	0.04
13	表	0.51	0.15	1.00	0.66	0.26	/	0.60	0.87	1.09	1.45	2.18	0.02	N.D.	0.50	0.65	0.50	N.D.	0.15	0.50	0.05
	底	0.40	0.16	0.98	0.30		/	0.53	/	0.98	1.30	1.95	0.02	N.D.	0.35	0.50	0.28	N.D.	0.13	0.56	0.05
14	表	0.14	0.16	0.88	0.72	0.44	/	0.47	/	0.82	1.09	1.64	0.02	N.D.	0.51	0.55	0.43	N.D.	0.28	0.40	0.04
	底	0.37	0.20	0.68	0.62		/	0.40	/	0.89	1.18	1.78	0.02	N.D.	0.33	0.50	0.12	N.D.	0.10	0.74	0.04
15	表	0.34	0.05	0.60	0.98	0.36	/	0.67	1.26	1.57	2.09	3.14	0.02	N.D.	0.47	0.65	0.59	N.D.	0.12	0.48	0.04
16	表	0.29	0.12	0.88	0.84	0.36	/	0.67	/	0.97	0.00	0.00	0.01	N.D.	0.45	0.75	0.53	N.D.	0.20	0.26	0.04
	底	0.11	0.13	0.88	0.76		/	0.60	/	1.00	1.33	2.00	0.02	N.D.	0.31	0.65	0.26	N.D.	0.12	0.52	0.04
17	表	0.57	0.03	0.96	0.94	1.20	0.97	1.93	/	0.93	1.23	1.85	0.02	N.D.	0.48	0.80	0.64	N.D.	0.16	0.62	0.04
	底	0.49	0.10	0.88	0.84		/	0.33	1.17	1.46	1.94	2.92	0.02	N.D.	0.36	0.75	0.32	N.D.	0.12	0.60	0.05
18	表	0.14	0.38	0.92	0.76	0.40	/	0.93	1.54	1.93	2.57	3.85	0.02	N.D.	0.47	0.80	0.53	N.D.	0.19	0.52	0.05
	底	0.31	0.25	0.88	0.48		/	0.53	1.44	1.80	2.39	3.59	0.02	N.D.	0.35	0.65	0.28	N.D.	0.16	0.62	0.05
19	表	0.54	0.26	0.72	0.66	0.34	0.40	0.80	1.32	1.65	2.20	/	0.03	N.D.	0.53	0.95	0.68	0.01	0.22	0.62	0.06
	底	0.74	0.28	0.52	0.58		0.60	0.60	1.56	1.95	2.60	/	0.02	N.D.	0.46	0.90	0.32	N.D.	0.11	0.72	0.05
20	表	0.34	0.33	0.80	0.76	0.90	/	0.60	1.40	1.75	2.33	3.50	0.02	N.D.	0.53	0.90	0.74	0.01	0.33	0.56	0.05
21	表	0.14	0.22	0.76	0.94	0.46	/	0.53	1.22	1.53	2.04	3.06	0.02	N.D.	0.52	0.80	0.76	N.D.	0.35	0.72	0.05
22	表	0.49	0.21	0.60	0.84	0.58	/	0.67				3.49	0.02	N.D.	0.41	0.90	0.68	N.D.	0.28	0.64	0.05

注：1.“N.D.”表示小于检出限，其中氰化物检出限为0.004mg/L、铬检出限为0.0004 mg/L；2.“/”表示不作统计。

6.3.5 沉积物监测结果与评价

6.3.5.1 沉积物监测结果

2018 年秋季调查海域海洋环境沉积物调查要素结果统计见表 6.3-12。

表 6.3-12 2018 年秋季沉积物调查结果

站号	水深	有机碳	硫化物	石油类	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷
	m	%	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$
1	10.3	0.372	1.13	10.6	4.37	34.8	5.67	0.096	22.2	0.063	6.59
3	14	0.321	1.30	10.4	2.37	35.7	5.51	0.055	18.5	0.060	5.79
6	14.8	0.379	1.11	10.8	2.98	35.9	4.48	0.064	25.3	0.059	5.40
10	15.6	0.273	1.32	12.1	2.41	35.2	5.31	0.050	23.3	0.062	5.89
11	10.2	0.372	1.29	10.2	3.40	34.2	5.29	0.062	19.7	0.051	4.10
12	8.6	0.295	1.23	11.9	3.35	34.5	4.69	0.084	23.0	0.054	4.43
13	17.3	0.323	1.34	12.0	3.81	35.6	4.97	0.075	27.3	0.066	5.08
14	12.8	0.239	1.15	11.0	4.28	39.1	5.64	0.085	23.7	0.057	5.87
15	8.9	0.315	1.15	12.5	3.46	34.6	5.24	0.072	26.5	0.100	4.38
19	10.2	0.300	0.892	10.8	4.17	34.1	5.65	0.127	17.1	0.052	4.96
22	9.7	0.366	0.986	10.5	4.09	36.6	7.40	0.056	35.0	0.052	5.40
平均值	12.0	0.323	1.173	11.2	3.52	35.5	5.44	0.075	23.8	0.061	5.26

(1) 有机碳

调查海域有机碳含量范围为 0.239%~0.379%，平均值为 0.323%，其中有机碳含量最高的站位是 6 号站位，含量最低的站位为 14 号站位。

(2) 硫化物

2018 年秋季调查海域硫化物含量范围为 0.892×10^{-6} ~ 1.340×10^{-6} ，平均值为 1.173×10^{-6} ，其中硫化物含量最高的站位为 13 号，含量最低的站位为 19 号站位。

(3) 石油类

2018 年秋季调查海域石油类含量范围为 10.2×10^{-6} ~ 12.5×10^{-6} ，平均值为 11.2×10^{-6} ，其中石油类含量最高的站位是 15 号，含量最低的站位为 11 号。

(4) 铜

2018 年秋季调查海域铜含量范围为 2.37×10^{-6} ~ 4.37×10^{-6} ，平均值为 3.52×10^{-6} ，其中铜含量最高的站位是 1 号，含量最低的站位为 3 号。

(5) 锌

2018 年秋季调查海域锌含量范围为 $34.1 \times 10^{-6} \sim 39.1 \times 10^{-6}$ ，平均值为 35.5×10^{-6} ，其中锌含量最高的站位是 14 号，含量最低的站位为 19 号。

(6) 铅

2018 年秋季调查海域铅含量范围为 $4.48 \times 10^{-6} \sim 7.40 \times 10^{-6}$ ，平均值为 5.44×10^{-6} ，其中铅含量最高的站位是 22 号，含量最低的站位为 6 号。

(7) 铬

2018 年秋季调查海域铬含量范围为 $17.1 \times 10^{-6} \sim 35.0 \times 10^{-6}$ ，平均值为 23.8×10^{-6} ，其中铬含量最高的站位是 22 号，含量最低的站位为 19 号。

(8) 镉

2018 年秋季调查海域镉含量范围为 $0.050 \times 10^{-6} \sim 0.127 \times 10^{-6}$ ，平均值为 0.075×10^{-6} ，其中镉含量最高的站位是 19 号，含量最低的站位为 10 号。

(9) 汞

2018 年秋季调查海域汞含量范围为 $0.051 \times 10^{-6} \sim 0.100 \times 10^{-6}$ ，平均值为 0.061×10^{-6} ，其中汞含量最高的站位是 15 号，含量最低的站位为 11 号。

(10) 砷

2018 年秋季调查海域砷含量范围为 $4.10 \times 10^{-6} \sim 6.59 \times 10^{-6}$ ，平均值为 5.26×10^{-6} ，其中汞含量最高的站位是 1 号，含量最低的站位为 11 号。

6.3.5.2 沉积物质量评价

采用《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 标准进行评价，各类别标准值见表 6.3-13。选取油类、有机碳、硫化物、重金属铜、锌、铅、汞、镉、铬、砷共 10 项指标作为评价因子。

表 6.3-13 沉积物质量标准 (GB18668-2002)

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	汞 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.20	0.50	1.00
2	铅 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	60.0	130.0	250.0
3	镉 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	0.50	1.50	5.00
4	锌 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	150.0	350.0	600.0
5	砷 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	20.0	65.0	93.0
6	铜 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	35.0	100.0	200.0
7	铬 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	80.0	150.0	270.0

序号	项目	第一类	第二类	第三类
8	石油类 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	500.0	1000.0	1500.0
9	硫化物 ($\times 10^{-6}$) $\leq$	300.0	500.0	600.0
10	有机碳 ($\times 10^{-2}$) $\leq$	2.0	3.0	4.0

评价结果显示：2018 年秋季未出现超标，评价指数见表 6.3-14。

表 6.3-14 2018 年秋季沉积物质量评价指数

站 位	有机碳	硫化物	石油类	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷
	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
1	0.186	0.004	0.021	0.125	0.232	0.095	0.192	0.278	0.315	0.330
3	0.161	0.004	0.021	0.068	0.238	0.092	0.110	0.231	0.300	0.290
6	0.190	0.004	0.022	0.085	0.239	0.075	0.128	0.316	0.295	0.270
10	0.137	0.004	0.024	0.069	0.235	0.089	0.100	0.291	0.310	0.295
11	0.186	0.004	0.020	0.097	0.228	0.088	0.124	0.246	0.255	0.205
12	0.148	0.004	0.024	0.096	0.230	0.078	0.168	0.288	0.270	0.222
13	0.162	0.004	0.024	0.109	0.237	0.083	0.150	0.341	0.330	0.254
14	0.120	0.004	0.022	0.122	0.261	0.094	0.170	0.296	0.285	0.294
15	0.158	0.004	0.025	0.099	0.231	0.087	0.144	0.331	0.500	0.219
19	0.150	0.003	0.022	0.119	0.227	0.094	0.254	0.214	0.260	0.248
22	0.183	0.003	0.021	0.117	0.244	0.123	0.112	0.438	0.260	0.270

6.4 海洋生态环境现状调查与评价

6.4.1 调查内容及方法

(1) 调查内容

1) 春季

①生态项目：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

②生物质量选取 6 个站位生物（选择渔业站位，均需取得有效数据），选择常见的定居性双壳贝类、甲壳类、鱼类（分别不少于 1 种），每个站位生物数 1~2 种的铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃。

2) 秋季

①生物生态：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物定性定量调查。

②潮间带生物：潮间带生物定性定量调查（种类组成、个体数量、优势种、生物量和密度、物种多样性等）。

③生物质量：在生态、渔业资源站位中选取不少于 6 个取得有效数据的站位进行数据分析，优先风电场和东沙泥螺四角蛤种质资源保护区内，潮间带选取一个站位做生物质量调查，选取调查区域内具有代表性的生物（如甲壳类、头足类、鱼类等），测定其体内的石油类、总汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷。

（2）采样方法

①叶绿素 a

采样方法是按《海洋监测规范》GB 17378.7-2007 中有关叶绿素 a 调查的规定进行采集表底层样，使用紫外分光光度计测定叶绿素 a 的含量。初级生产力则根据叶绿素 a 的数值进行推算。

②浮游植物

采样方法是按《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中的有关浮游生物调查的规定进行。采用浅水 III 型浮游生物网从底至表层垂直拖网获取和采水器采集表、底层水样 500ml（水深>10m 时，采表层和底层；水深≤10m 时，只采表层样），现场用碘液固定，在实验室进行种类鉴定及按个体计数法进行计数、统计和分析，浮游植物丰度，网样单位：ind./m³，水样单位：ind./L。

③底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763.1-2007）中有关底栖生物的规定执行，采泥器（0.1m²）进行采集，每站采集 1 次，为该站的生物量和栖息密度，采样总面积 0.10m²。底栖动物样品在船上用 5%福尔马林溶液固定保存后带回实验室称重（软体动物带壳称重）、分析，计数，鉴定到种，并换算成单位面积的生物量(g/m²)和栖息密度(ind./m²)。

④潮间带生物

先用 GPS 进行定位，在高、中、低潮带分别采集潮间带生物（定量和定性）样品，采集的样品均加甲醛溶液固定。以上各项参数的具体采样方法详见海洋监测规范第 7 部分（GB 17378.7-2007）和海洋调查规范第 6 部分（GB/T 12763.6-2007）。

⑤生物质量

在生态、渔业资源站位中选取不少于 6 个取得有效数据的站位进行数据分

析，优先风电场和东沙泥螺四角蛤种质资源保护区内，潮间带选取一个站位做生物质量调查，选取调查区域内具有代表性的生物（如甲壳类、头足类、鱼类等）。按照 GB 17378.6-2007 中的质量调查的规定进行。

6.4.2 生物质量调查和评价

6.4.2.1 调查结果

2018 年春季在调查海域选取 6 个渔业资源站位生物，选择常见的甲壳类、鱼类进行生物质量监测。

调查海域采集到生物质量样品 6 份，种类有花鲈、三疣梭子蟹、睛尾蝌蚪鰕虎鱼和矛尾鰕虎鱼，生物质量监测结果见表 6.4-1。

2018 年秋季在调查海域选取 8 个渔业资源站位生物，选择常见的甲壳类、头足类、鱼类等进行生物质量监测。调查海域采集到生物质量样品 8 份，种类有三疣梭子蟹、鳎鱼、中国花鲈、棱鲛和四角蛤蜊，生物质量监测结果见表 6.4-2。

表 6.4-1 2018 年春季调查海域各站位生物质量监测结果

（单位：mg/kg）

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
Y1	花鲈	3.38	31.3	0.04	0.356	0.509	0.031	N.D.	42.8
	三疣梭子蟹	3.36	23.1	0.116	0.288	0.876	0.016	0.223	29.7
Y2	三疣梭子蟹	N.D.	6.66	0.041	0.012	0.202	0.012	N.D.	35.1
	睛尾蝌蚪鰕虎鱼	3.75	31.2	0.044	0.339	0.508	0.027	N.D.	13.5
Y3	花鲈	N.D.	5.96	0.192	0.016	0.351	0.023	N.D.	51.2
	三疣梭子蟹	3.24	26.6	0.064	0.220	0.358	0.020	N.D.	23.1
Y5	三疣梭子蟹	2.59	24.1	0.041	0.311	0.360	0.011	0.229	27.7
	矛尾鰕虎鱼	N.D.	6.54	0.223	N.D.	0.354	0.021	N.D.	14.7
Y7	三疣梭子蟹	3.89	25.5	0.052	0.225	0.250	0.013	N.D.	31.2
	睛尾蝌蚪鰕虎鱼	N.D.	6.04	0.202	0.006	0.354	0.023	N.D.	11.2
Y8	三疣梭子蟹	2.83	22.6	0.154	0.211	0.833	0.011	N.D.	19.8
	矛尾鰕虎鱼	N.D.	6.13	0.211	0.007	0.353	0.026	N.D.	9.89
检出限		0.4	0.4	0.04	0.005	0.04	0.002	0.2	0.2

注：“N.D.”为未检出，其中铜检出限为0.4 mg/kg、镉检出限为0.005 mg/kg、砷检出限为0.2mg/kg。

表 6.4-2 2018 年秋季调查海域各站位生物质量监测结果

(单位: mg/kg)

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
1	三疣梭子蟹	5.79	15.4	0.101	0.063	0.262	0.017	N.D.	1.71
10	鳎鱼	0.846	6.52	0.114	0.030	0.170	0.019	N.D.	2.29
11	中国花鲈	2.04	7.33	0.106	0.062	0.467	0.029	N.D.	1.2
12	三疣梭子蟹	1.27	8.78	0.131	0.129	0.113	0.020	N.D.	1.34
15	鳎鱼	1.68	10.3	0.086	0.031	0.210	0.024	N.D.	1.8
16	中国花鲈	1.44	6.06	0.100	0.033	0.219	0.022	N.D.	2.21
22	棱鲛	9.38	6.46	0.117	0.053	0.989	0.026	N.D.	2.32
24	四角蛤蜊	0.857	10.5	0.119	0.045	0.450	0.015	N.D.	1.9

注: “N.D.”为未检出, 其中砷检出限为0.2mg/kg。

6.4.2.2 评价结果

2018年春季通过调查结果显示所测6个站位4个生物种类质量中的铜、锌、铅、镉、总汞、砷均符合相应的生物质量标准; Y2号和Y7号站位的睛尾蝌蚪鰕虎鱼、Y5号和Y8号站位的矛尾鰕虎鱼以及Y8号站位的三疣梭子蟹的石油烃符合相应的生物质量标准; 其余站位的花鲈、三疣梭子蟹体内的石油烃均超标, 具体评价结果见表6.4-3, 评价指数结果见表6.4-4。

2018年秋季通过调查结果显示所测8个站位3个生物种类质量中的铜、锌、铅、镉、铬、总汞、砷、石油类均符合相应的生物质量标准, 具体评价结果见表6.4-5, 评价指数结果见表6.4-6。

表 6.4-3 2018 年春季调查海域各站位生物质量评价结果

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
Y1	花鲈	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	超标
	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	超标
Y2	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	超标
	睛尾蝌蚪鰕虎鱼	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
Y3	花鲈	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	超标
	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	超标
Y5	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	超标
	矛尾鰕虎鱼	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
Y7	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	超标
	睛尾蝌蚪鰕虎鱼	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
Y8	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
	矛尾鰕虎鱼	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合

表 6.4-4 2018 年春季生物质量评价指数结果

站号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
Y1	花鲈	0.17	0.78	0.02	0.59	0.34	0.10	N.D.	2.14
	三疣梭子蟹	0.03	0.15	0.06	0.14	0.58	0.08	0.03	1.49
Y2	三疣梭子蟹	N.D.	0.04	0.02	0.01	0.13	0.06	N.D.	1.76
	睛尾蝌蚪鰕虎鱼	0.19	0.78	0.02	0.57	0.34	0.09	N.D.	0.68
Y3	花鲈	N.D.	0.15	0.10	0.03	0.23	0.08	N.D.	2.56
	三疣梭子蟹	0.03	0.18	0.03	0.11	0.24	0.10	N.D.	1.16
Y5	三疣梭子蟹	0.03	0.16	0.02	0.16	0.24	0.06	0.03	1.39
	矛尾鰕虎鱼	N.D.	0.16	0.11	N.D.	0.24	0.07	N.D.	0.74
Y7	三疣梭子蟹	0.04	0.17	0.03	0.11	0.17	0.07	N.D.	1.56
	睛尾蝌蚪鰕虎鱼	N.D.	0.15	0.10	0.01	0.24	0.08	N.D.	0.56
Y8	三疣梭子蟹	0.03	0.15	0.08	0.11	0.56	0.06	N.D.	0.99
	矛尾鰕虎鱼	N.D.	0.15	0.11	0.01	0.24	0.09	N.D.	0.49

注：“N.D.”为未检出，其中铜检出限为0.4 mg/kg、镉检出限为0.005 mg/kg、砷检出限为0.2mg/kg。

表 6.4-5 2018 年秋季调查海域各站位生物质量评价结果

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
1	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
10	鲷鱼	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
11	中国花鲈	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
12	三疣梭子蟹	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
15	鲷鱼	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
16	中国花鲈	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
22	棱鲛	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
24	四角蛤蜊	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合

表 6.4-6 2018 年秋季调查海域各站位生物质量评价结果

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
1	三疣梭子蟹	0.06	0.10	0.05	0.03	0.17	0.09	N.D.	0.09
10	鲷鱼	0.04	0.16	0.06	0.05	0.11	0.06	N.D.	0.11
11	中国花鲈	0.10	0.18	0.05	0.10	0.31	0.10	N.D.	0.06
12	三疣梭子蟹	0.01	0.06	0.07	0.06	0.08	0.10	N.D.	0.07

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油类
15	鲙鱼	0.08	0.26	0.04	0.05	0.14	0.08	N.D.	0.09
16	中国花鲈	0.07	0.15	0.05	0.06	0.15	0.07	N.D.	0.11
22	棱鲛	0.47	0.16	0.06	0.09	0.66	0.09	N.D.	0.12
24	四角蛤蜊	0.09	0.53	0.60	0.23	0.90	0.30	N.D.	0.13

注：“N.D.”为未检出，其中砷检出限为0.2mg/kg。

6.4.3 叶绿素-a

2018 年春季调查海域叶绿素 a 表层范围为 (0.248~4.75) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.86 $\mu\text{g/L}$ ；底层范围为 (0.270~4.75) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.53 $\mu\text{g/L}$ 。最小值出现在 18 号站位表层和 21 号底层，最大值出现在 26 号站位表层和 32 号站位底层。

2018 年秋季调查海域叶绿素 a 表层范围为 (0.395~1.16) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.72 $\mu\text{g/L}$ ；底层范围为 (0.296~1.26) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.682 $\mu\text{g/L}$ 。表、底层叶绿素 a 在调查海域中部靠南出现一个相对高值区。

6.4.4 浮游植物

6.4.4.1 种类组成和生态类型

2018 年春季调查海域 22 个站位共鉴定出浮游植物 4 门 38 属 75 种，其中，硅藻门 32 属 69 种，占属数的 84.21%，占总种数的 92.00%；甲藻门 3 属 3 种，占属数的 7.89%，占总种数的 4.00%；裸藻门 2 属 2 种，占属数的 5.26%，占总种数的 2.67%；金藻门 1 属 1 种，占属数的 2.63%，占总种数的 1.33%，硅藻在浮游植物种类组成和群落结构中具有重要地位。调查海域浮游植物生态类型主要以近岸低盐性类群为主，外海高盐性类群也有出现，调查海域浮游植物各门类属数、种数及百分比见表 6.4-7，调查海域浮游植物种类名录见表 6.4-7。

2018 年秋季调查期间调查海域共鉴定出浮游植物 8 门 56 属 111 种，调查海域浮游植物种类组成见图 6.4-1。其中，硅藻门 35 属 86 种，占 77.48%，硅藻在浮游植物种类组成和群落结构中具有重要地位；甲藻门 5 属 8 种；蓝藻门 7 属 8 种；黄藻门 2 属 2 种；绿藻门 4 属 4 种；金藻门 1 属 1 种；裸藻门 1 属 1 种；隐藻门 1 属 1 种，见图 6.4-1，调查海域浮游植物种类名录见附录 2。调查海域各站位浮游植物种类结构较丰富，网样 12 号站位浮游植物种类最多达 34 种，15 号站位最少种类有 21 种。

表 6.4-7 2018 年春季调查海域浮游植物各门类属数、种数及百分比

类群	属数	百分比	种数	百分比
硅藻门 <i>Bacillariophyta</i>	32	84.21%	69	92.00%
甲藻门 <i>Pyrrophyta</i>	3	7.89%	3	4.00%
裸藻门 <i>Euglenophyta</i>	2	5.26%	2	2.67%
金藻门 <i>Chrysophyta</i>	1	2.63%	1	1.33%
合计	38	100.00%	75	100.00%

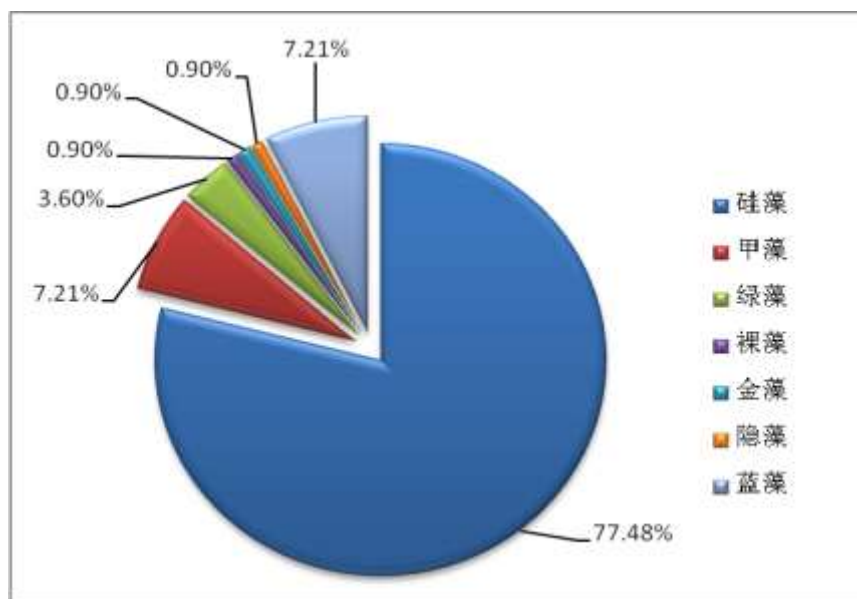


图 6.4-1 2018 年秋季调查海域浮游植物种类组成

6.4.4.2 细胞密度和分布

2018 年春季调查海域浮游植物的密度范围为 $5.647 \times 10^2 \sim 4.212 \times 10^5 \text{ ind./m}^3$ ，平均值为 $1.008 \times 10^5 \text{ ind./m}^3$ 。水样密度高值区分布在 11 号、15 号、27 号、29 号、31 号、32 号和 36 号站位，中值区主要位于 4 号、10 号、14 号、16 号、19 号、21 号、22 号、23 号、26 号、34 号和 35 号站位，其他都是低值区，浮游植物密度区域分布差异极大，图 6.4-2。调查海域浮游植物种类丰富度一般，31 号站位种类最多，监测到 20 种藻类，除 1 号站位、6 号站位、18 号站位不足 10 种外；其它站位都在 10 种到 20 种之间，各站位平均出现 12 种，站位间种数差异较大，调查海域浮游植物群落特征、浮游植物密度和各站位浮游植物种数分别见表 6.4-8。

2018 年秋季调查海域浮游植物水样的密度范围为 $0.919 \times 10^4 \sim 1.589 \times 10^5 \text{ ind/L}$ ，平均值为 $5.144 \times 10^4 \text{ ind/L}$ ，14 号站位密度最大，10 号站位密度最小，水样的密度各站位差异略大。

调查海域浮游植物 III 网采水样的密度范围为 $1.978 \times 10^4 \sim 6.308 \times 10^5 \text{ ind/m}^3$ ，平均值为 $1.486 \times 10^5 \text{ ind/m}^3$ ，15 号站位密度最大，6 号站位密度最小，各站位差异略大，见表 6.4-9、图 6.4-2 和图 6.4-3。

表 6.4-8 2018 年春季调查海域浮游植物群落特征

站号	密度 ind./m ³	种数	均匀度指数 J	丰富度指数 d	多样性指数 H'
1	5.647×10^2	4	0.959	0.328	1.918
4	4.868×10^4	12	0.694	0.706	2.488
6	1.569×10^4	6	0.699	0.359	1.807
7	1.792×10^4	13	0.813	0.849	3.007
10	8.362×10^4	11	0.399	0.612	1.381
11	1.920×10^5	10	0.266	0.513	0.885
14	2.356×10^4	10	0.660	0.620	2.191
15	1.295×10^5	10	0.364	0.530	1.208
16	5.220×10^4	11	0.635	0.638	2.195
18	1.262×10^4	7	0.637	0.440	1.788
19	3.196×10^4	18	0.593	1.136	2.474
21	6.280×10^4	11	0.577	0.627	1.995
22	3.644×10^4	16	0.564	0.990	2.254
23	2.126×10^4	13	0.620	0.835	2.296
26	8.740×10^4	14	0.840	1.140	3.200
27	1.618×10^5	16	0.700	1.170	2.750
29	1.463×10^5	16	0.850	1.260	3.390
31	4.212×10^5	20	0.750	1.470	3.260
32	1.424×10^5	12	0.570	0.930	2.060
34	7.226×10^4	12	0.570	0.980	2.040
35	4.760×10^4	12	0.920	1.020	3.310
36	2.880×10^5	16	0.560	1.190	2.260
平均值	1.008×10^5	12	0.647	0.834	2.280

表 6.4-9 2018 年秋季调查海域浮游植物密度分布

站位	2018 年 9 月	
	网样密度 (ind/m ³)	水样密度 (ind/L)
1	63976	23284
2	210563	25951
3	41058	20930
6	19777	16364
10	91412	9187
11	187683	47510
12	269455	88224
13	138889	157804
14	185796	158905
15	630782	38621
16	100000	39524
19	63220	29524
20	45408	31644
22	33662	32700
最小值	19777	9187
最大值	630782	158905
平均值	148600	51441

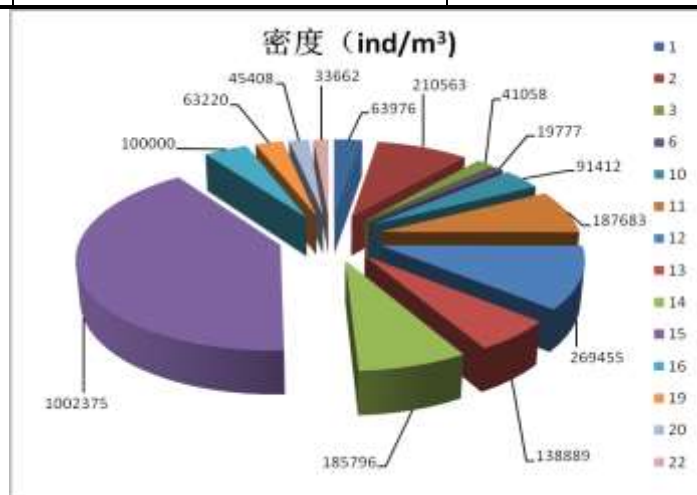


图 6.4-2 2018 年秋季调查海域浮游植物网样密度分布

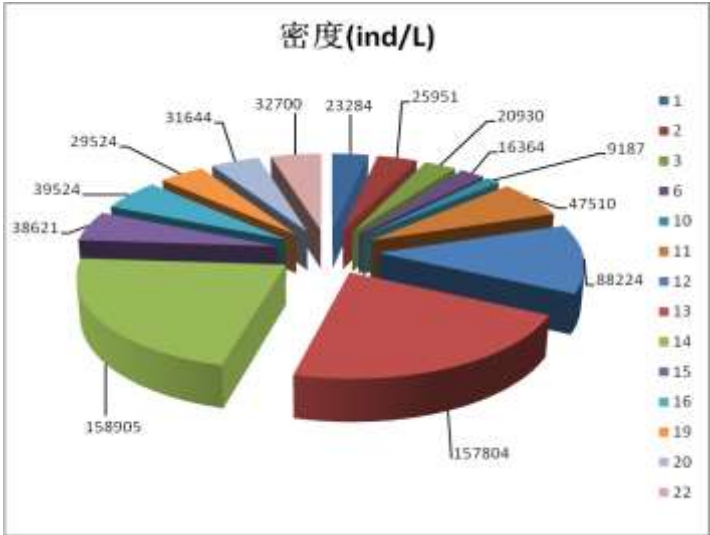


图 6.4-3 2018 年秋季调查海域浮游植物水样密度分布

6.4.4.3 生物多样性分析

2018 年春季整个调查海域浮游植物的多样性指数均值为 1.737，均匀度均值为 0.552，丰富度均值为 0.627。31 号站位的多样性指数最低，在 1 以下；7 号的多样性指数最高，为 3.007；丰富度指数最高的是 19 号站位，指数达到 1.136，表 6.4-10 为调查海域浮游植物多样性分析结果统计表、图 6.4-4 为调查海域浮游植物多样性特征。

2018 年秋季整个调查海域浮游植物瓶采水样的多样性指数均值为 3.54，均匀度均值为 0.80，丰富度均值为 1.37，各站位数值见表 6.4-11。

表 6.4-10 2018 年春季调查海域浮游植物多样性分析结果统计表

丰富度指数 (<i>d</i>)		多样性指数 (<i>H'</i>)		均匀度指数 (<i>J'</i>)	
范围	均值	范围	均值	范围	均值
0.328~1.190	0.834	0.600~3.390	2.280	0.260~0.959	0.647

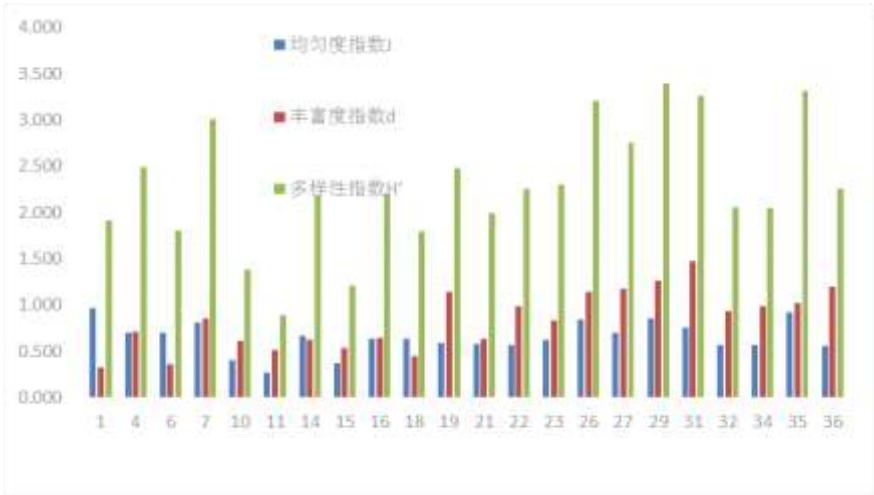


图 6.4-4 2018 年春季调查海域浮游植物多样性特征

表 6.4-11 2018 年秋季调查海域浮游植物水样丰富度、均匀度、多样性指数

站位	种类	2018 年 9 月		
		丰富度 (D)	均匀度 (J)	多样性指数 (H')
1	17	1.06	0.78	3.18
2	25	1.63	0.92	4.26
3	22	1.45	0.93	4.13
6	16	1.07	0.90	3.60
10	18	1.30	0.95	3.95
11	21	1.28	0.77	3.40
12	20	1.16	0.67	2.88
13	21	1.15	0.39	1.73
14	23	1.28	0.47	2.14
15	25	1.60	0.93	4.33
16	23	1.43	0.87	3.92
19	21	1.35	0.86	3.80
20	29	1.86	0.89	4.34
22	24	1.54	0.86	3.95
最小值	16	1.06	0.39	1.73
最大值	29	1.86	0.95	4.34
平均值	22	1.37	0.80	3.54

2018年秋季整个调查海域浮游植物III网采水样的多样性指数均值为3.77，均匀度均值为0.74，丰富度均值为1.59，各站位数值见表6.4-12。各站位的多样性指数均大于2.7，表明各站位浮游植物种类丰富，调查海域水质较好。

表 6.4-12 2018 年秋季调查海域浮游植物网样丰富度、均匀度、多样性指数

站位	种类	2018 年 9 月		
		丰富度 (D)	均匀度 (J)	多样性指数 (H')
1	28	1.72	0.87	4.20
2	31	1.79	0.90	4.47
3	25	1.54	0.84	3.92
6	22	1.44	0.84	3.74
10	26	1.48	0.76	3.56
11	31	1.74	0.65	3.20
12	34	1.89	0.68	3.47
13	29	1.58	0.73	3.53
14	26	1.42	0.59	2.75
15	21	1.07	0.75	3.30
16	31	1.80	0.89	4.41
19	25	1.53	0.84	3.91
20	26	1.67	0.88	4.14
22	24	1.57	0.91	4.15
最小值	21	1.07	0.59	2.75
最大值	34	1.89	0.91	4.47
平均值	27	1.59	0.74	3.77

6.4.4.4 优势种类

2018年春季整个调查海域网采浮游植物优势种（优势度 $Y \geq 0.02$ ）共3种。主要优势种（优势度 $Y \geq 0.1$ ）有1种，优势度指数由高到低分别为布氏双尾藻、格氏圆筛藻、虹彩圆筛藻，优势度分别达0.302、0.081、0.020。

2018年秋季该海域瓶采水样浮游植物优势种有8种，按优势度大小依次为：

长角盒形藻、舟形鞍链藻、格氏圆筛藻、活动盒形藻、优美旭氏藻矮小变种、佛恩海毛藻、具边线形圆筛藻、琼氏圆筛藻。浮游植物优势种的出现频率、优势度及密度均值等指标见表6.4-13。

表 6.4-13 2018 年秋季调查海域水样浮游植物优势种的优势度和密度

优势种	2018 年 9 月		
	出现率 (%)	优势度	密度均值 (ind/L)
长角盒形藻	35.7	0.126	258365
舟形鞍链藻	85.7	0.105	89704
格氏圆筛藻	85.7	0.073	62466
活动盒形藻	78.6	0.032	29907
优美旭氏藻矮小变种	78.6	0.026	24622
佛恩海毛藻	85.7	0.026	22311
具边线形圆筛藻	92.9	0.024	18846
琼氏圆筛藻	85.7	0.022	18379

2018年秋季该海域网采水样浮游植物优势种有8种，按优势度大小依次为：格氏圆筛藻、琼氏圆筛藻、螺旋链鞘藻、柔弱根管藻、中华盒形藻、小形舟形藻、优美旭氏藻矮小变种、活动盒形藻。浮游植物优势种的出现频率、优势度及密度均值等指标见表6.4-14。

表 6.4-14 2018 年秋季调查海域网样浮游植物优势种的优势度和密度

优势种	2018 年 9 月		
	出现率 (%)	优势度	密度均值 (ind/m ³)
格氏圆筛藻	100	0.228	462218
琼氏圆筛藻	92.9	0.129	282135
螺旋链鞘藻	57.1	0.044	154891
柔弱根管藻	92.9	0.036	78523
中华盒形藻	71.4	0.033	92498
小形舟形藻	92.9	0.031	66762

优势种	2018 年 9 月		
	出现率 (%)	优势度	密度均值 (ind/m ³)
优美旭氏藻矮小变种	100	0.027	55109
活动盒形藻	92.9	0.025	53594

6.4.5 浮游动物

6.4.5.1 种类组成和生态类型

(1) I型网采浮游动物

2018年春季调查期间调查海域共鉴定I型网浮游动物9大类33种。其中桡足类最多，共有14种，占总种数的42.42%，其次是浮游动物幼虫，有9种，占总种数的27.27%，毛颚类1种，端足类1种，脊索动物门1种，涟虫类1种，磷虾类1种，各占3.03%，腔肠动物3种，占总种数的9.09%，糠虾类2种，占总种数的6.06%。调查海域I型网采浮游动物各类群种数见图6.4-5。调查结果可知：调查海域的大型浮游动物种类组成中的桡足类和幼体类占最大优势，在数量上也占了绝对优势。

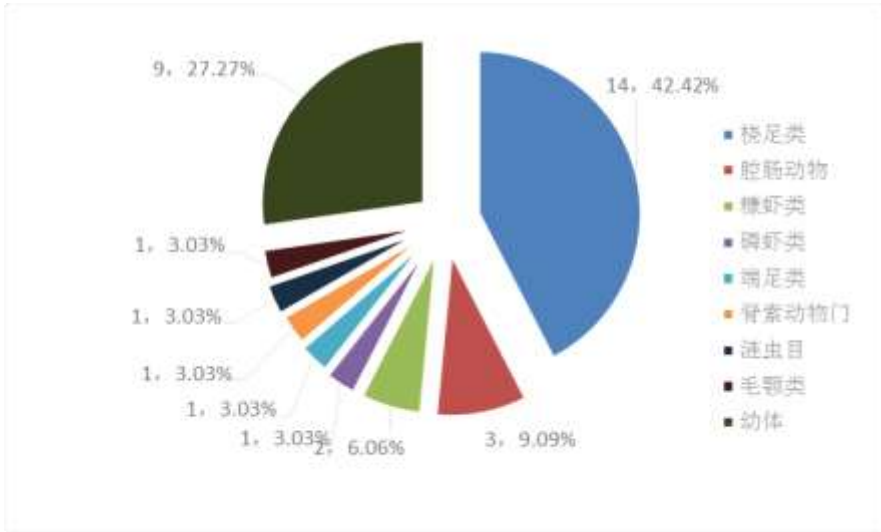


图 6.4-5 2018 年春季调查海域 I 型网采浮游动物各类群种数

春季调查显示本海区I型网采浮游动物种类主要由低盐近岸生态类群组成，辅以少量的半咸水河口生态类群和广温广盐生态类群，种类不够丰富，春季动物大都处于繁殖期，故而幼体种类较多。各站位I型网采浮游动物密度差异极大，密度最小的为0.368ind./m³，出现在18号站位；密度最大的达到3.393×10²ind./m³，出现在16号站位，各站位平均密度为1.114×10²ind./m³。15号站位、16号站位、26号

站位、27号站位、31号站位、32号站位和34密度号站位都较大，超过 150ind./m^3 ，因出现了真刺唇角水蚤，调查海域I型网采各站位浮游动物密度见图6.4-6。各站位出现的种数差异较大，在18站位只检测到1种浮游动物；最多的有10种，见图6.4-7。

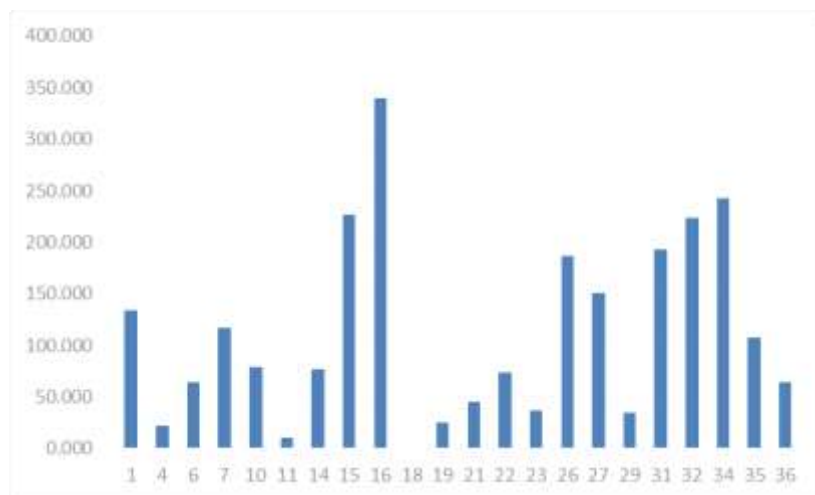


图 6.4-6 2018 年春季调查海域 I 型网采各站位浮游动物密度
(ind./m^3)



图 6.4-7 2018 年春季调查海域 I 型网采各站位浮游动物种数

春季各站位I型网采浮游动物密度差异极大，重量密度最小的为 0.001g/m^3 ，出现在18号站位；重量密度最大的达到 0.283g/m^3 ，出现在31号站位，各站位平均重量密度为 0.082g/m^3 。数量密度最小的为 0.368ind./m^3 ，出现在18号站位；数量密度最大的达到 339.3ind./m^3 ，出现在16号站位，各站位平均数量密度为 111.4ind./m^3 。详见表6.4-15。

表 6.4-15 2018 年春季调查海域各站位 I 型网采浮游动物群落特征值

站位号	数量密度 ind./m ³	种数	重量密度 g/m ³	均匀度指数	丰富度指数	多样性指数
1	1.338×10 ²	9	0.017	0.507	1.132	1.606
4	21.500	7	0.033	0.860	1.356	2.415
6	63.846	7	0.034	0.652	1.001	1.829
7	1.173×10 ²	10	0.052	0.741	1.309	2.460
10	78.636	10	0.043	0.677	1.429	2.250
11	10.000	4	0.037	0.901	0.903	1.802
14	76.563	8	0.056	0.773	1.118	2.318
15	2.262×10 ²	8	0.180	0.241	0.895	0.722
16	3.393×10 ²	8	0.150	0.361	0.833	1.083
18	0.368	1	0.001	0.000	0.000	0.000
19	25.500	7	0.030	0.551	1.284	1.547
21	44.615	5	0.068	0.528	0.730	1.227
22	73.158	6	0.033	0.576	0.807	1.490
23	36.250	7	0.030	0.446	1.158	1.251
26	1.869×10 ²	10	0.184	0.540	1.720	1.250
27	1.508×10 ²	8	0.105	0.710	1.400	1.470
29	34.900	5	0.012	0.560	1.130	0.900
31	1.932×10 ²	7	0.283	0.570	1.140	1.100
32	2.237×10 ²	6	0.172	0.400	0.920	0.710
34	2.427×10 ²	9	0.211	0.570	1.460	1.250
35	1.070×10 ²	9	0.050	0.740	1.710	1.630
36	63.600	10	0.032	0.820	2.170	1.890
平均值	1.114×10 ²	7	0.082	0.578	1.164	1.464

(2) II 型网采浮游动物

2018 年春季 II 型网采浮游动物 7 大类 24 种，附录 3。其中桡足类和幼体类最多，桡足类 11 种，桡足类占总种数的 45.83%；其次是幼体 8 种，占总种数的 33.33%；毛颚类 1 种，涟虫类 1 种，糠虾类 1 种，磷虾类 1 种，脊索动物门 1 种，各占总种数的 4.17%。由调查结果可知：调查海域的浮游动物种类组成中的桡足类和浮游动物幼体类占绝对优势，桡足类和幼体在数量上也占绝对优势，调查海域 II 型网采浮游动物各类群种类见图 6.4-8。

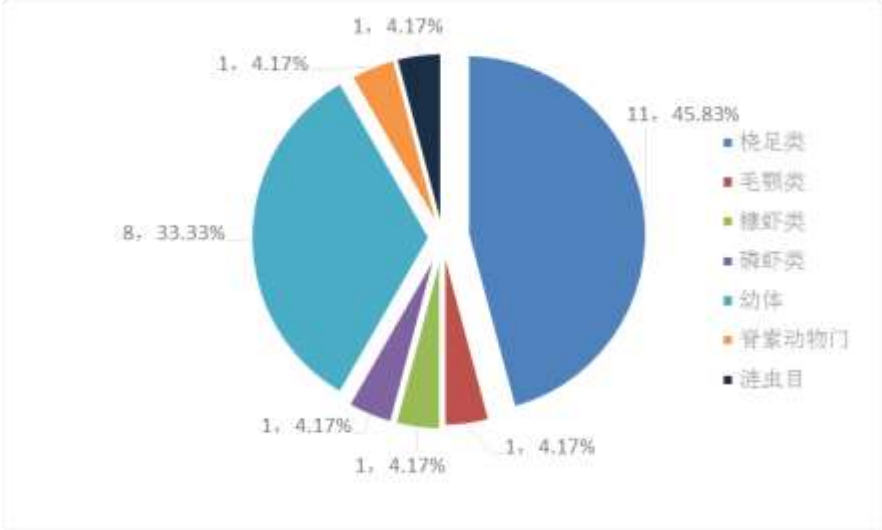


图 6.4-8 2018 年春季调查海域 II 型网采浮游动物各类群种类数

春季调查显示本海区各站位 II 型网采浮游动物数量密度差异极大，密度最小的为 23.077ind./m^3 ，出现在 6 号站位；密度最大的达到 $1.066 \times 10^4\text{ind./m}^3$ ，出现在 31 号站位，本站位检测到大量的小拟哲水蚤和克氏纺锤水蚤，平均数量密度为 $2.575 \times 10^3\text{ind./m}^3$ ，详见图 6.4-9。各站位出现的种类数差异较大，1 号站位只检测到 4 种浮游动物；最多的有 11 种，出现在 23 号站位，各站位平均出现 8 种，详见图 6.4-10。

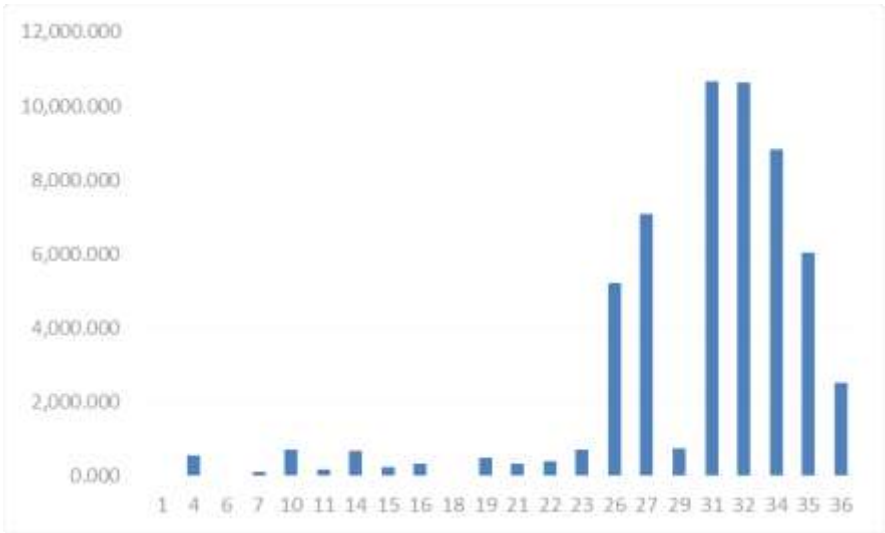


图 6.4-9 2018 年春季调查海域各站位 II 型网采浮游动物密度
(ind./m³)

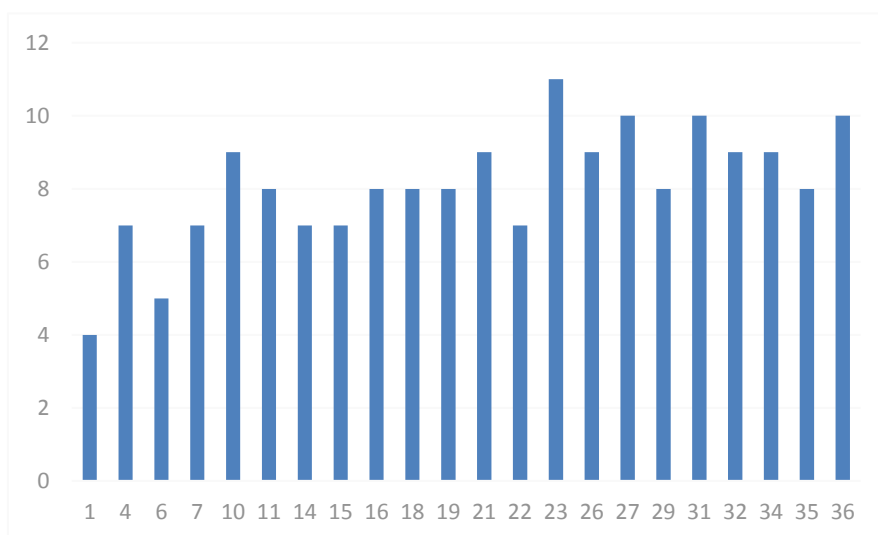


图 6.4-10 2018 年春季调查海域各站位 II 型网采浮游动物种类数

春季 II 型网采浮游动物各站位重量密度差异也极大，重量密度最小的为 0.052g/m^3 ，出现在 1 号站位；重量密度最大的达到 0.716g/m^3 ，出现在 10 号站位，各站位平均重量密度为 0.217g/m^3 ，调查海域各站位 II 型网采浮游动物群落特征见表 6.4-16。

表 6.4-16 2018 年春季调查海域各站位 II 型网采浮游动物群落特征

站号	数量密度 ind./m^3	种数	重量密度 g/m^3	均匀度指数	丰富度指数	多样性指数
1	27.206	4	0.052	0.810	0.629	1.620
4	5.750×10^2	7	0.093	0.634	0.654	1.780
6	23.077	5	0.095	0.905	0.883	2.102
7	1.045×10^2	7	0.089	0.615	0.894	1.727
10	7.182×10^2	9	0.716	0.584	0.843	1.852
11	1.688×10^2	8	0.211	0.786	0.946	2.357
14	6.934×10^2	7	0.355	0.624	0.636	1.753
15	2.469×10^2	7	0.123	0.720	0.755	2.022
16	3.304×10^2	8	0.106	0.616	0.837	1.848
18	34.926	8	0.142	0.658	1.366	1.974
19	5.038×10^2	8	0.254	0.611	0.780	1.832
21	3.462×10^2	9	0.148	0.572	0.948	1.812
22	3.908×10^2	7	0.174	0.721	0.697	2.025
23	7.312×10^2	11	0.440	0.514	1.051	1.779
26	5.224×10^3	9	0.173	0.530	0.930	1.160
27	7.093×10^3	10	0.161	0.530	1.020	1.220
29	7.626×10^2	8	0.077	0.490	1.060	1.030

站号	数量密度 ind./m ³	种数	重量密度 g/m ³	均匀度指数	丰富度指数	多样性指数
31	1.066×10 ⁴	10	0.205	0.550	0.970	1.270
32	1.063×10 ⁴	9	0.478	0.620	0.860	1.370
34	8.843×10 ³	9	0.446	0.380	0.880	0.840
35	6.040×10 ³	8	0.154	0.680	0.800	1.420
36	2.509×10 ³	10	0.100	0.420	1.150	0.960
平均值	2.575×10 ³	8	0.217	0.617	0.890	1.625

2018年秋季调查海域共鉴定到浮游动物25种，共包括4个类群，其中节肢动物种类数最多，为13种，占总种类数的52.00%；毛颚类1种，占总种类数的4.00%；浮游幼虫7种，占总种类数的28.00%，腔肠动物4种，占总种类数的16.00%，如图6.4-11。

在生态类型方面，浮游动物种类组成中，近岸低盐生态类群种类和丰度均占居第一位，其次为广温广盐和半咸水河口生态类群。

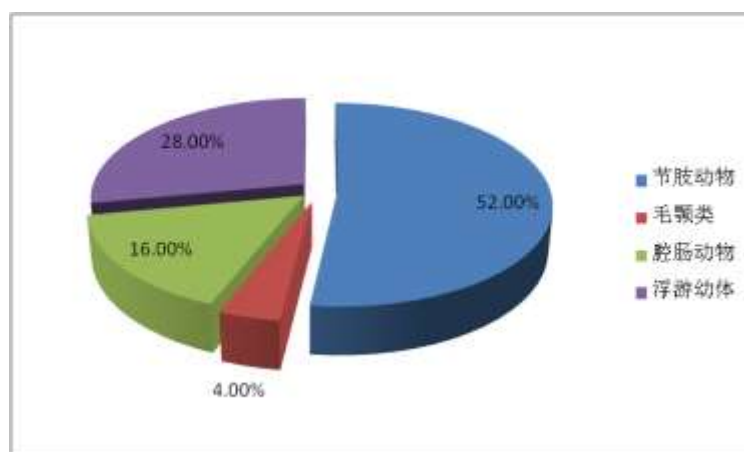


图 6.4-11 2018 年秋季调查海域浮游动物种类组成

6.4.5.2 物种多样性、均匀度和丰富度

(1) I 型网采浮游动物

2018 年春季整个调查海域 I 型网采浮游动物的多样性指数均值为 1.464，均匀度均值为 0.578，丰富度均值为 1.164，调查海域 I 型网采浮游动物多样性分析结果统计见表 6.4-17。多样性指数大于 2 而小于 3 的站位有 4，7，10，14 共 4 个站位；多样性指数大于 1 而小于 2 的站位有 1、6、11、16、19，21，22，23，26，27，31，34，35，36 共 14 个站位；多样性指数小于 1 的站位有 4 个，分别是 15、18、29、32 站位，调查海域 I 型网采浮游动物群落特征见图

6.4-12。

表 6.4-17 2018 年春季调查海域 I 型网采浮游动物多样性分析结果

统计表

丰富度指数 (d)		多样性指数 (H')		均匀度指数 (J')	
范围	均值	范围	均值	范围	均值
0.000~1.720	1.164	0.000~2.460	1.464	0.000~0.901	0.578

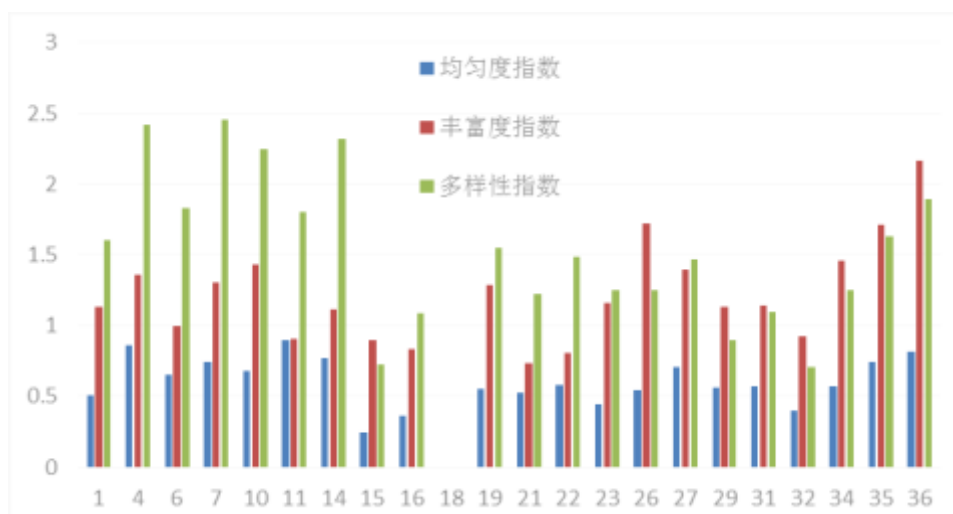


图 6.4-12 2018 年春季调查海域 I 型网采浮游动物群落特征

2018 年秋季该海域浮游动物 I 型网生物量范围在 $0.00\text{mg}/\text{m}^3 \sim 67.7\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $15.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。22 号站位生物量最低，2 号站位生物量最高，各监测站位生物量分布差异不大。海域浮游动物密度范围在 $0 \sim 24.7\text{ind}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $5.3\text{ind}/\text{m}^3$ ，22 号站位密度较低，3 号站位密度较高，如表 6.4-18、图 6.4-13 和图 6.4-14。

表 6.4-18 2018 年秋季调查海域 I 型网采浮游动物分布情况

站位	2018 年 9 月	
	密度 (ind/m^3)	生物量 (mg/m^3)
1	13.2	51.5
2	14.1	67.7
3	24.7	9.2
6	2.4	23.0

站位	2018 年 9 月	
	密度 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
10	2.6	5.9
11	3.0	1.7
12	3.1	16.4
13	0.6	4.9
14	2.0	8.6
15	2.8	13.0
16	3.9	12.1
19	1.8	5.2
20	0.7	2.3
22	0.0	0.0
最小值	0.0	0.0
最大值	24.7	67.7
平均值	5.3	15.8

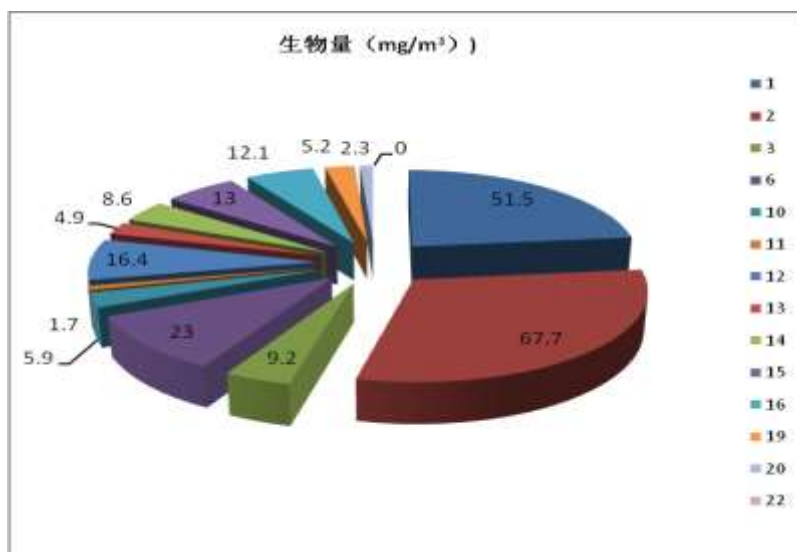


图 6.4-13 2018 年秋季 I 型网浮游动物生物量分布

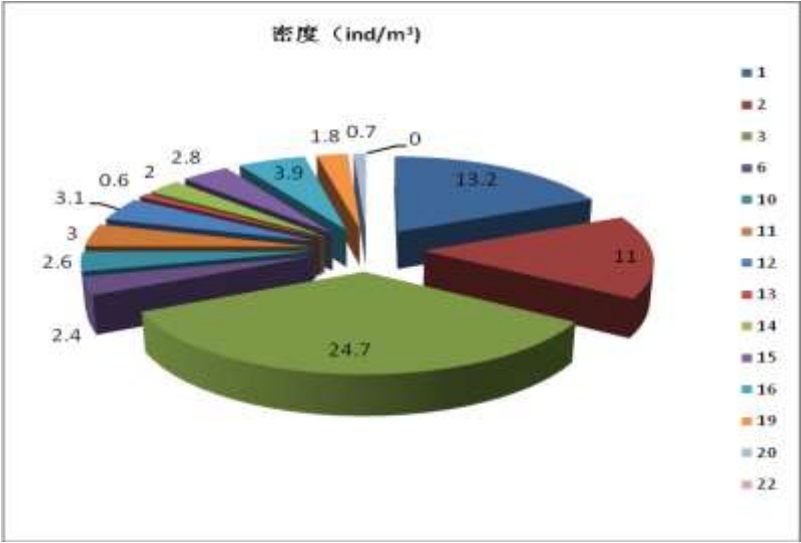


图 6.4-14 2018 年秋季 I 型网浮游动物个体密度分布

2018 年秋季浮游动物所处的水体环境决定了其种群和群落结构特征。相反的，浮游动物的种群和群落结构变化也可以反映水体环境的变化规律。表 6.4-19 中列出了 I 型网各站位的浮游动物多样性分析结果。

由表 6.4-19 可看出，2018 年秋季 I 型网生物多样性指数的分布范围为 0.00~2.29，平均值为 1.35；丰富度指数为 0.00~1.55，平均值为 0.85，表明监测海域浮游动物丰富度一般；均匀度整体较好，指数值为 0.00~1.00，平均值为 0.68。

表 6.4-19 2018 年秋季 I 型网浮游动物丰富度、均匀度、多样性指数

站位	种类	2018 年 9 月		
		丰富度 (D)	均匀度 (J)	多样性指数 (H')
1	5	0.90	0.98	2.29
2	5	0.93	0.93	2.16
3	4	0.51	0.60	1.20
6	5	1.55	0.78	1.82
10	3	0.71	0.92	1.46
11	1	0.00	0.00	0.00
12	3	1.00	0.96	1.52

站位	种类	2018 年 9 月		
		丰富度 (D)	均匀度 (J)	多样性指数 (H')
13	2	1.00	1.00	1.00
14	4	1.50	1.00	2.00
15	4	1.50	1.00	2.00
16	4	1.00	0.96	1.92
19	3	1.26	1.00	1.58
20	1	0.00	0.00	0.00
22	0	0.00	0.00	0.00
最小值	0	0.00	0.00	0.00
最大值	5	1.55	1.00	2.29
平均值	3	0.85	0.68	1.35

(2) II 型网采浮游动物

2018 年春季整个调查海域 II 型网采浮游动物的多样性指数均值为 1.625, 均匀度均值为 0.617, 丰富度均值为 0.890。多样性指数在 1 和 2 之间的站位有 1 号、4 号、7 号、10 号、14 号、16 号、18 号、19 号、21 号、23 号、26 号、27 号、29 号、31 号、32 号、35 号 16 个站位, 6 号、11 号、15 号和 22 号站位的多样性指数在 2 和 3 之间, 其余的站位在 1 以下。调查海域 II 型网采浮游动物多样性分析结果统计见表 6.4-20, 群落特征见图 6.4-15。、

表 6.4-20 2018 年春季调查海域 II 型网采浮游动物多样性分析结果统计表

丰富度 (d)		多样性指数 (H')		均匀度 (J')	
范围	均值	范围	均值	范围	均值
0.629~1.366	0.890	0.840~2.357	1.625	0.380~0.905	0.617

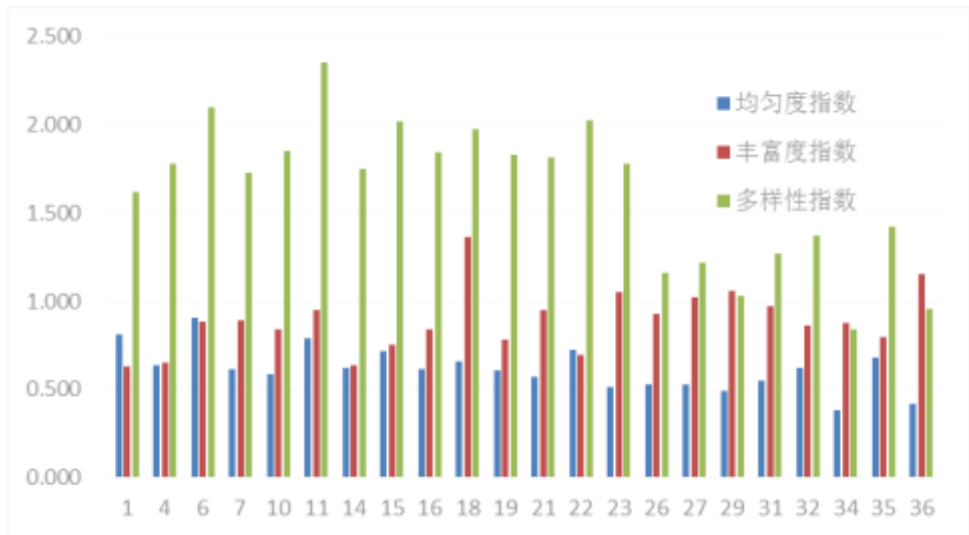


图 6.4-15 2018 年春季调查海域 II 型网采浮游动物群落特征

2018 年秋季该海域浮游动物 II 型网生物量范围在 $5.9\text{mg}/\text{m}^3 \sim 56.6\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $30.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。6 号站位生物量最低，1 号站位生物量最高，各监测站位生物量分布差异不大。该海域浮游动物密度范围在 $2.9 \sim 134.5\text{ind}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $26.0\text{ind}/\text{m}^3$ ，6 号站位密度较低，12 号站位密度较高，见表 6.4-21、图 6.4-16 和图 6.4-17。

表 6.4-21 2018 年秋季 II 型网浮游动物分布情况

站位	2018 年 9 月	
	密度 (ind/m^3)	生物量 (mg/m^3)
1	9.0	56.6
2	10.6	51.1
3	5.2	29.6
6	2.9	5.9
10	27.6	48.5
11	4.6	28.7
12	134.5	31.1
13	10.6	8.7
14	39.4	52.8
15	27.2	31.0
16	28.6	24.4
19	16.8	20.9

站位	2018 年 9 月	
	密度 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
20	7.0	30.1
22	9.7	12.3
最小值	2.9	5.9
最大值	134.5	56.6
平均值	26.0	30.9

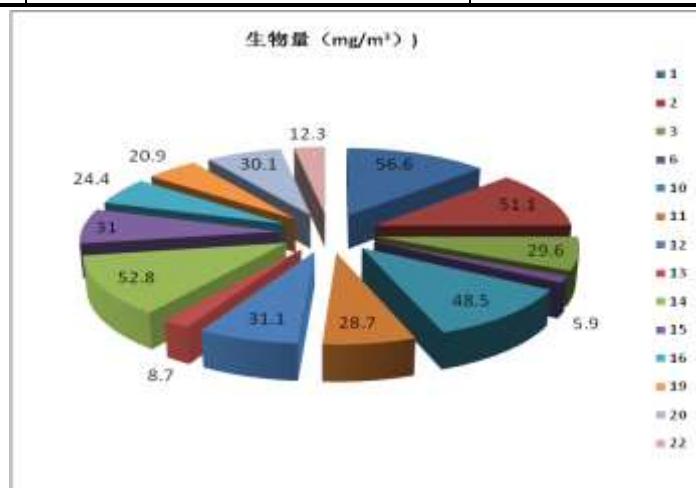


图 6.4-16 2018 年秋季 II 型网浮游动物生物量分布

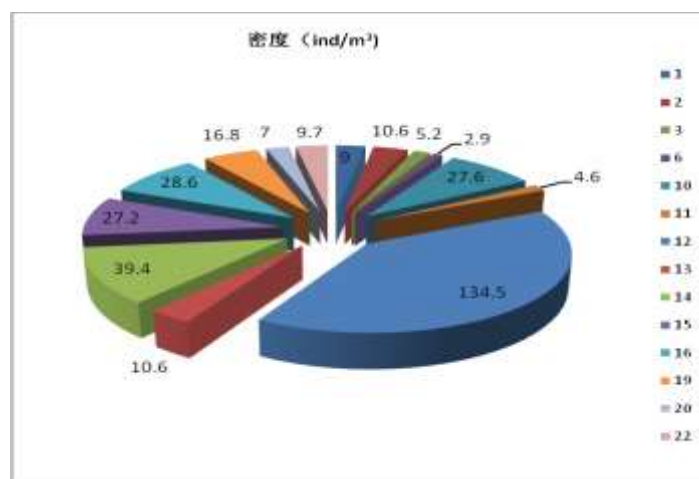


图 6.4-17 2018 年秋季 II 型网浮游动物个体密度分布

表 6.4-22 中列出了 2018 年秋季 II 型网各站位的浮游动物多样性分析结果。从表 6.4-22 可看出，II 型网生物多样性指数的分布范围为 0.28~2.93，平均值为 1.51；丰富度指数范围 0.41~2.16，平均值为 0.98，表明监测海域浮游动物丰富度一般；均匀度整体较好，指数值为 0.18~0.95，平均值为 0.69。

表 6.4-22 2018 年秋季 II 型网浮游动物丰富度、均匀度、多样性指数

站位	种类	2018 年 9 月		
		丰富度 (D)	均匀度 (J)	多样性指数 (H')
1	4	1.16	0.86	1.71
2	4	1.16	0.78	1.55
3	4	1.72	0.80	1.86
6	2	0.63	0.92	0.92
10	3	0.41	0.18	0.28
11	4	0.66	0.53	1.05
12	6	0.81	0.69	1.79
13	3	0.54	0.62	0.98
14	12	2.16	0.82	2.93
15	4	0.77	0.73	1.47
16	6	1.09	0.82	2.12
19	4	0.87	0.74	1.48
20	3	1.00	0.95	1.51
22	3	0.77	0.92	1.45
最小值	2	0.41	0.18	0.28
最大值	12	2.16	0.95	2.93
平均值	4.4	0.98	0.69	1.51

6.4.5.3 优势种

2018 年春季整个调查海域 II 型网采浮游动物优势种类（优势度 $Y \geq 0.02$ ）共 4 种，主要优势种为真刺唇角水蚤（ $Y=0.02$ ）、纺锤水蚤（ $Y=0.16$ ）、小拟哲水蚤（ $Y=0.13$ ）、拟长腹剑水蚤（ $Y=0.03$ ）。

（1）I 型网采浮游动物

2018 年秋季该海域 I 型网优势种有 4 种，按优势度大小依次为：桡足幼体、小拟哲水蚤、短角长腹剑水蚤、中华哲水蚤。浮游动物优势种的出现频率、优势度及密度均值等指标见表 6.4-23，其中桡足幼体的优势度最高，达 0.135。

表 6.4-23 2018 年秋季浮游动物优势种的优势度和密度

优势种	2017 年		
	出现率 (%)	优势度	密度均值 (ind/m ³)
桡足幼体	57.1	0.135	17
小拟哲水蚤	50.0	0.035	9.4
短角长腹剑水蚤	50.0	0.038	5.4
中华哲水蚤	35.7	0.022	4.5

(2) II 型网采浮游动物

2018 年秋季 II 型网优势种有 4 种, 按优势度大小依次为: 小拟哲水蚤、短角长腹剑水蚤、舌贝幼虫、桡足幼体。浮游动物优势种的出现频率、优势度及密度均值等指标见表 6.4-24, 其中小拟哲水蚤的优势度最高, 达 0.411。

表 6.4-24 2018 年秋季浮游动物优势种的优势度和密度

优势种	2017 年		
	出现率 (%)	优势度	密度均值 (ind/m ³)
小拟哲水蚤	85.7	0.411	174.7
短角长腹剑水蚤	71.4	0.132	67.4
舌贝幼虫	71.4	0.109	55.6
桡足幼体	50.0	0.026	19.2

6.4.6 底栖生物

6.4.6.1 种类组成及分布

2018 年春季调查海域定性和定量共鉴定 6 大类 21 种底栖生物, 其中棘皮动物和环节动物各 2 种, 分别占总种数的 9.52%; 半索动物 1 种, 占总种数的 4.76%; 软体动物 3 种, 占总种数的 14.29%; 甲壳动物 9 种, 占总种数的 42.86%; 鱼类 4 种, 占总种数的 19.05%。调查海域底栖动物各类群种数及百分比见图 6.4-18。种名录见附录 5。

(1) 采泥器采集 (定量)

2018 年秋季调查海域定量采集只鉴定底栖生物 5 种, 其中软体动物 3 种, 星虫动物 1 种, 纽形动物 1 种, 见表 6.4-25。

(2) 阿氏网采集（定性）

2018 年秋季调查海域定性采集两个站位，未采集到任何生物。

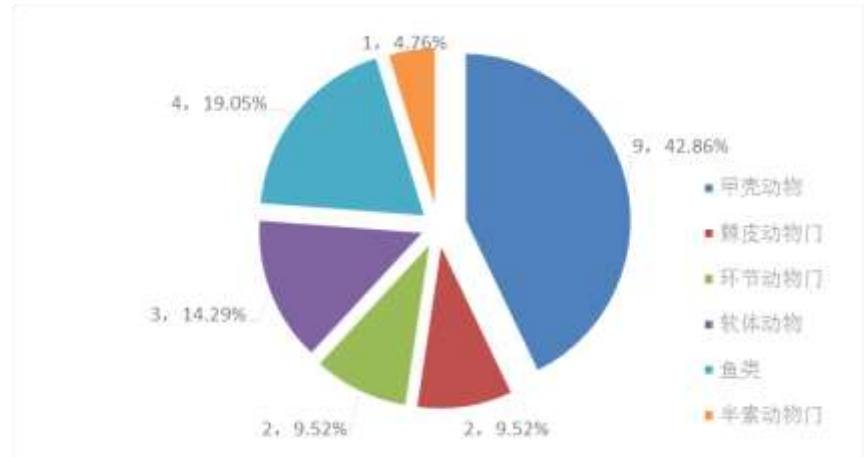


图 6.4-18 2018 年春季调查海域底栖动物各类群种数及百分比

表 6.4-25 2018 年秋季底栖动物种类汇总

序号	门 <i>Phylum</i>	属 <i>genus</i>	中文名称 <i>species</i>	拉丁文种名 <i>species</i>
1	软体动物门 <i>Mollusca</i>	织纹螺 <i>Nassarius</i>	西格织纹螺	<i>Nassarius siquijorensis</i>
2		榧螺属 <i>Oliva</i>	伶鼬榧螺	<i>Oliva mustelina</i>
3		刀蛭属 <i>Cultellus</i>	小刀蛭	<i>Cultellus attenuatus</i>
4	星虫动物门 <i>Sipuncula</i>	星虫属 <i>Sipunculus</i>	方格星虫	<i>Sipunculus nudus</i>
5	纽形动物门 <i>Nemertea</i>	纽虫属 <i>Pelagonemertes</i>	纽虫	<i>Pelagonemertes</i> sp.

6.4.6.2 生物量和栖息密度

2018 年春季调查，抓斗式采泥器定量调查显示底栖生物栖息密度范围为 0.000~40.0 ind./m²，平均值为 5.1 ind./m²；从表 6.4-26 可以看出底栖动物密度各站位差异较大，只有 1 号站位、6 号站位、10 号站位、26 号站位、35 号站位和 36 号站位采集到底栖生物，密度最大的是 26 号站位，达到 40.0 ind./m²，其次是 6 号站位，密度达到 22.2ind./m²；密度贡献最大的底栖动物是棘皮动物和软体动物，种类主要有长吻沙蚕、滩栖阳遂足、棘刺锚参、伶鼬榧螺、白带笋螺。从表 6.4-26 看出质量密度范围为 0.000~2.946 g/m²，平均值为 0.320g/m²，生物量最大的站位主要是 26 号站位，其次是 35 号站位和 36 号站位。重量贡献

最大的是长吻沙蚕。

表 6.4-26 2018 年春季底栖动物栖息密度、生物量

监测站位	密度 ind./m ²	生物量 g/m ²
1	14.8	0.215
4	0.0	0.000
6	22.2	0.696
7	0.0	0.000
10	14.8	0.593
11	0.0	0.000
14	0.0	0.000
15	0.0	0.000
16	0.0	0.000
18	0.0	0.000
19	0.0	0.000
21	0.0	0.000
22	0.0	0.000
23	0.0	0.000
26	40.0	2.946
27	0.0	0.000
29	0.0	0.000
31	0.0	0.000
32	0.0	0.000
34	0.0	0.000
35	10.0	1.764
36	10.0	0.822
平均值	5.1	0.320

2018 年秋季调查海域底栖生物栖息密度范围为 0~30ind/m²，平均值为 19ind/m²；生物量范围为 0~12.111g/m²，平均值为 1.829g/m²。14 个站位有 3 个站位未采集到底栖生物，分别为 14 号、15 号和 22 号站位。有 5 个站位只采集到一种底栖生物，分别为 1 号、11 号、12 号、19 号和 20 号站位。其余站位均采集到两种及两种以上底栖生物。

6.4.6.3 生物多样性分析与优势种

2018 年春季该监测底栖动物海域优势度 $Y \geq 0.02$ 种类共有 2 种，为：长吻沙蚕（ $Y=0.05$ ）、白带笋螺（ $Y=0.08$ ）。

2018 年秋季整个调查海域抓斗式采泥器采样，底栖动物数量特征的多样性

指数在 0.000~1.500 之间，均值为 0.460，均匀度在 0.000~1.000 之间，均值为 0.381，丰富度在 0.000~0.409 之间，均值为 0.134，调查站位底栖生物群落特征详见表 6.4-27 和图 6.4-28。

表 6.4-27 2018 年秋季调查站位底栖生物群落特征

站位	均匀度指数 J	丰富度指数 d	多样性指数 H'
1	0.000	0.000	0.000
2	0.946	0.409	1.500
3	0.811	0.205	0.811
6	0.918	0.224	0.918
10	1.000	0.257	0.999
11	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000
13	0.946	0.409	1.500
14	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000
16	0.721	0.384	0.721
19	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000
平均值	0.381	0.134	0.460

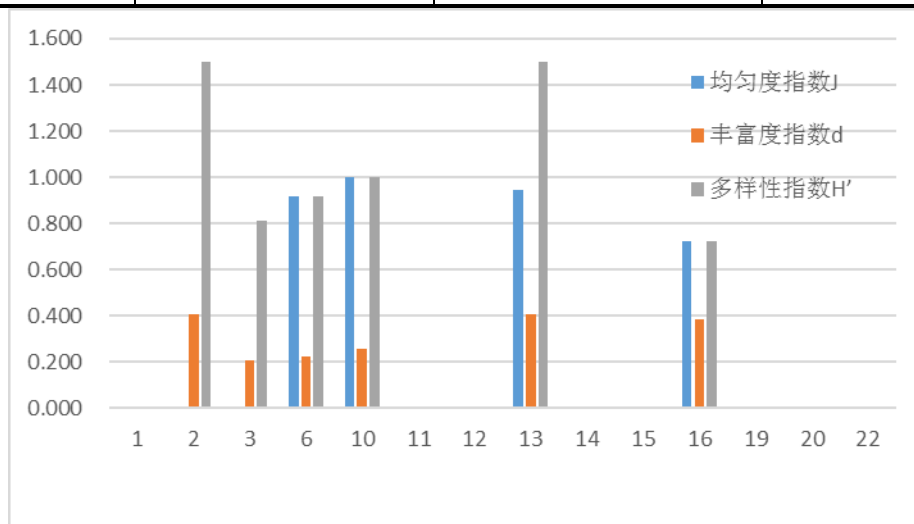


图 6.4-19 2018 年秋季调查海域底栖生物群落特征

6.4.7 潮间带生物

2018 年 3 月 31 日至 4 月 1 日对 3 条潮间带的高中低潮进行了一个频次的调查。

2018 年 9 月 9 日至 2018 年 9 月 11 日大潮期，对工程周边海域环境现状进行了一个航次的现场调查及样品采集。

6.4.7.1 种类组成

2018 年春季调查海域 3 条断面定性与定量样品共鉴定潮间带生物 3 门类 10 属 10 种，其中软体动物最多，有 8 属 8 种，占总种数的 80.00%；腕足类 1 属 1 种，占总种数的 10.00%；甲壳类 1 属 1 种，占总种数的 10.00%。种名录见附录 7。

2018 年秋季调查海域 3 个断面共鉴定潮间带生物 3 门 12 属 13 种，其中环节动物 2 种，软体动物 9 种，甲壳动物 2 种，见表 6.4-27、图 6.4-20。调查结果显示，三个调查断面种类组成基本类同，数量上 CJ1 >CJ3>CJ2，质量上 CJ1 >CJ3>CJ2。

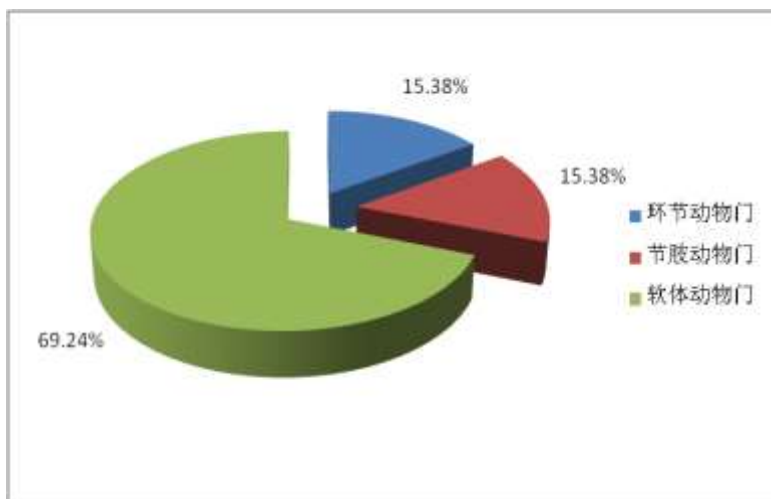


图 6.4-20 2018 年秋季调查海域潮间带生物种数与百分比

6.4.7.2 栖息密度、生物量组成与分布

2018 年春季，由表 6.4-27、表 6.4-28 可知，断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 93.8ind./m² 和 71.42g/m²，其中 T1 断面潮间带底栖生物平

均栖息密度和生物量分别为 $1.48 \times 10^2 \text{ ind./m}^2$ 和 85.86 g/m^2 ；T2 断面分别为 1.3 ind./m^2 和 17.48 g/m^2 ；T3 断面分别为 $1.320 \times 10^2 \text{ ind./m}^2$ 和 $1.109 \times 10^2 \text{ g/m}^2$ 。栖息密度是 T1 断面>T3 断面>T2 断面，生物量是 T3 断面>T1 断面>T2 断面。

T1 断面的密度主要由托氏蛳螺、泥螺、伶仃榧螺、焦河蓝蛤贡献，生物量主要由铲形海豆芽、托氏蛳螺、四角蛤蜊贡献；T2 断面的密度主要由四角蛤蜊贡献，生物量主要由四角蛤蜊贡献；T3 断面的密度主要由泥螺、托氏蛳螺和彩虹明樱蛤贡献，生物量主要由四角蛤蜊、青蛤和托氏蛳螺贡献。总体来说，调查海域潮间带各潮区底栖生物中软体动物的优势较大。

2018 年秋季，由表 6.4-29 和表 6.4-30 可见，3 个断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 25 ind./m^2 和 19.8 g/m^2 。潮间带生物数量密度主要由红带织纹螺、中间似滨螺、焦河兰蛤、宽身大眼蟹所贡献，质量密度主要由宽身大眼蟹、豆形拳蟹、焦河兰蛤、红带织纹螺所贡献。总体来说，调查海域潮间带各潮区底栖生物中软体动物的优势均较大。

表 6.4-28 2018 年春季调查区潮间带生物栖息密度(ind./m^2)及百分比组成统计表

断面	潮区	软体动物		甲壳类		腕足类		合计	
		密度	百分比	密度	百分比	密度	百分比	密度	百分比
T1	高	16.0	80.00%	0.0	0.00%	4.0	20.00%	20.0	100.00%
	中	44.0	100.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	44.0	100.00%
	低	3.80×10^2	100.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	3.80×10^2	100.00%
平均值		1.47×10^2	93.33%	0.0	0.00%	1.3	6.67%	1.48×10^2	100.00%
T2	高	0.0	0.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%
	中	4.0	100.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	4.0	100.00%
	低	0.0	0.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%
平均值		1.3	33.33%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	1.3	33.33%
T3	高	28.0	100.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	28.0	100.00%
	中	2.88×10^2	100.00%	0.0	0.00%	0.0	0.00%	2.88×10^2	100.00%

断面	潮区	软体动物		甲壳类		腕足类		合计	
		密度	百分比	密度	百分比	密度	百分比	密度	百分比
	低	72.0	90.00%	0.0	0.00%	8.0	10.00%	80.0	100.00%
平均值		1.29×10^2	96.67%	0.0	0.00%	2.7	3.33%	1.32×10^2	100.00%
三断面平均值		92.4	74.44%	0.0	0.00%	1.3	3.33%	93.8	77.78%

表 6.4-29 2018 年春季调查区潮间带生物生物量(g/m²)及百分比组成

统计表

断面	潮区	软体动物		甲壳类		腕足类		合计	
		生物量	百分比	生物量	百分比	生物量	百分比	生物量	百分比
T1	高	19.19	67.27%	0.00	0.00%	9.34	32.73%	28.53	100.00%
	中	112.86	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	112.86	100.00%
	低	116.19	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	116.19	100.00%
平均值		82.75	89.09%	0.00	0.00%	3.11	10.91%	85.86	100.00%
T2	高	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
	中	52.44	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	52.44	100.00%
	低	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
平均值		17.48	33.33%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	17.48	33.33%
T3	高	90.94	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	90.94	100.00%
	中	120.89	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	120.89	100.00%
	低	114.86	94.99%	6.05	5.01%	0.00	0.00%	120.91	100.00%
平均值		108.90	98.33%	2.02	1.67%	0.00	0.00%	110.91	100.00%
三断面平均值		69.71	73.59%	0.67	0.56%	1.04	3.64%	71.42	77.78%

表 6.4-30 2018 年秋季调查区潮间带生物栖息密度及百分比组成统计表

断面	潮区	甲壳动物		软体动物		环节动物		其它		合计
		密度	%	密度	%	密度	%	密度	%	密度
CJ1	高	24	75	8	25	0	0	0	0	32
	中	0	0	37	100	0	0	0	0	37
	低	0	0	32	100	0	0	0	0	32
	平均	8	25	26	75	0	0	0	0	34
CJ2	高	0	0	0	0	8	100	0	0	8
	中	5	14	21	86	0	0	0	0	26
	低	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均	2	5	7	29	3	33	0	0	11
CJ3	高	8	20	32	80	0	0	0	0	40
	中	0	0	16	100	0	0	0	0	16
	低	0	0	24	75	8	25	0	0	32
	平均	3	7	24	85	3	8	0	0	29
三断面		4	12	19	63	2	14	0	0	25

表 6.4-31 2018 年秋季调查区潮间带生物重量及百分比组成统计表

断面	潮区	甲壳动物		软体动物		环节动物		其它动物		合计
		生物量	%	生物量	%	生物量	%	生物量	%	生物量
A	高	116.90	99.19	0.96	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	117.86
	中	0.00	0.00	4.30	100	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30
	低	0.00	0.00	2.19	100	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19
	平均	38.97	33.06	2.48	66.94	0.00	0.00	0.00	0.00	41.45
B	高	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	100	0.00	0.00	2.08
	中	0.23	9.27	2.25	90.73	0.00	0.00	0.00	0.00	2.48
	低	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	平均	0.08	3.09	0.75	30.24	0.69	33.33	0.00	0.00	1.52
C	高	28.87	68.48	13.29	31.52	0.00	0.00	0.00	0.00	42.16
	中	0.00	0.00	1.32	100	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32
	低	0.00	0.00	3.30	61.00	2.11	39.00	0.00	0.00	5.41
	平均	9.62	22.83	5.97	64.17	0.70	13.00	0.00	0.00	16.30
三断面		16.22	19.66	3.07	53.78	0.47	15.44	0.00	0.00	19.76

6.4.7.3 优势种

2018 年秋季潮间带优势生物有 4 种，按优势度大小依次为：红带织纹螺、

中间似滨螺、焦河兰蛤、宽身大眼蟹。潮间带生物物优势种的出现频率、优势度及密度均值等指标见表 6.4-31，其中红带织纹螺的优势度最高，达 0.096。

表 6.4-32 2018 年秋季潮间带生物优势种的优势度和密度

优势种	2018 年 9 月		
	出现率 (%)	优势度	密度均值 (ind/m ³)
红带织纹螺	33.3	0.096	64
中间似滨螺	22.2	0.053	53
焦河兰蛤	22.2	0.040	40
宽身大眼蟹	22.2	0.029	29

6.5 海洋渔业资源现状调查与评价

6.5.1 调查内容及方法

(1) 调查内容

渔业资源：鱼卵、仔稚鱼、游泳动物。

(2) 采样方法

渔业资源 14 个拖网调查（均采集鱼卵仔鱼，进行水平和垂直拖网调查方法采用底拖网方法进行采样，按照《海洋调查规范-海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)、《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9404-2012) 及《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》规范操作，采用底拖网在选定调查站位进行拖网作业。

其中鱼卵、仔稚鱼采用浅水 I 型浮游动物网。垂直拖网每站自底层到表层垂直拖网 1 次（定量），水平拖网每站拖曳 10min（定性）。样品经 5%福尔马林固定，带回实验室后进行分类、鉴定和计数。

收集站点坐标、作业时间、记录全部渔获物总质量，并对渔获物样品进行种类鉴定和定量分析，记录各种类的名称、质量、尾数、样品最小、最大体长 (mm) 和最小、最大体重 (g)。根据网口宽度（作业时）、拖时和拖速等参数计算扫海面积，以各站次、各种类的渔获数据为基础，计算各站次、各种类的渔获组成、渔获率和渔业资源密度等相关参数。

6.5.2 鱼卵

1、水平网定性

(1) 种类组成和数量

2018 年春季两次调查采集到水平鱼卵 280 粒，种类 4 种，隶属于 4 科 4 种，分别为鲱科的斑鲚（9 粒）、鲱科的鲛（4 粒）、鲷科（229 粒）和石首鱼科的小黄鱼（38 粒）。

2018 年秋季水平定性、垂直定量采样所有站位未采到鱼卵。

(2) 数量分布

2018 年春季水平鱼卵的数量分布情况如表 6.5-1 所示，站位 Y16 的数量最多，为 190 粒，站点 Y1-Y14、Y22 没有鱼卵分布。斑鲚分布于站点 Y15 和站点 Y19，数量分别为 6 粒和 3 粒；鲛分布于站点 Y16、Y21，数量分别为 2 粒、2 粒；鲷科 sp. 分布于站点 Y15-Y20，数量分别为 2 粒、165 粒、16 粒、32 粒、10 粒和 4 粒；小黄鱼分布于 Y15、Y16、Y17、Y19 和 Y23，数量分别为 2 粒、23 粒、2 粒、9 粒和 2 粒。

表 6.5-1 2018 年春季水平鱼卵的数量分布

站位	种类	数量/粒	合计/粒
Y15	小黄鱼	2	-
	斑鲚	6	-
	鲷科 sp.	2	10
Y16	小黄鱼	23	-
	鲛	2	-
	鲷科 sp.	165	190
Y17	小黄鱼	2	-
	鲷科 sp.	16	18
Y18	鲷科 sp.	32	32
Y19	鲷科 sp.	10	-
	斑鲚	3	-
	小黄鱼	9	22
Y20	鲷科 sp.	4	4
Y21	鲛	2	2
Y23	小黄鱼	2	2
总计		280	

注：“-”表示未发现。

(3) 优势种

2018 年春季调查，定优势度 > 0.02 的种类为优势种，则水平鱼卵的优势种为鲷科 sp. 和小黄鱼，最优势种为鲷科 sp.，表 6.5-2。

表 6.5-2 2018 年春季水平鱼卵的优势种

种类	出现频率/%	数量百分比/%	优势度/ $\times 10^{-4}$
鲷科 sp.	26.08	81.78	2133
小黄鱼	21.74	13.57	295

2、垂直网定量

垂直鱼卵仅有小黄鱼鱼卵 1 粒，分布于站点 Y20。站点密度为 0.45 ind./m^3 ，垂直鱼卵的站点密度范围是 $0-0.45 \text{ ind./m}^3$ ，垂直鱼卵的平均密度为 0.02 ind./m^3 。

6.5.3 仔稚鱼

6.5.3.1 2018 年春季调查

1、水平网定性

(1) 种类组成和数量

2018 年春季两次调查采集到水平仔稚鱼 119 尾，种类 4 种，隶属于 4 科 4 种，分别为鲷科的鲈（2 尾）、鲈科的中国花鲈（10 尾）、锦鲷科的方氏锦鲷（106 尾）和玉筋鱼科的玉筋鱼（1 尾）。

(2) 数量分布

2018 年春季水平仔稚鱼的数量分布情况如表 6.5-3 所示，站位 Y22 的数量最多，为 65 尾，站点 Y1-Y7、Y10-Y12、Y16 和 Y18 没有仔稚鱼分布。鲈分布于站点 Y19 和 Y22，数量均为 1 尾；中国花鲈分布于站点 Y19、Y22 和 Y23，数量分别为 2 尾、4 尾和 4 尾；方氏锦鲷分布于站点 Y8、Y9、Y13、Y14、Y15、Y17、Y20、Y21、Y22 和 Y23，数量分别为 3 尾、14 尾、11 尾、1 尾、2 尾、1 尾、5 尾、6 尾、60 尾和 3 尾；玉筋鱼 1 尾，分布于站点 Y17。

表 6.5-3 2018 年春季水平仔稚鱼的数量分布

站位	种类	数量/尾	合计
Y8	方氏锦鲷	3	3
Y9	方氏锦鲷	14	14

Y13	方氏锦鳊	11	11
Y14	方氏锦鳊	1	1
Y15	方氏锦鳊	2	2
Y17	玉筋鱼	1	-
	方氏锦鳊	1	2
Y19	鲛	1	-
	中国花鲈	2	3
Y20	方氏锦鳊	1	-
	方氏锦鳊	4	5
Y21	方氏锦鳊	6	6
Y22	方氏锦鳊	60	-
	鲛	1	-
	中国花鲈	4	65
Y23	方氏锦鳊	3	-
	中国花鲈	4	7
总计		119	

注：“-”表示无。

(3) 优势种

2018 年春季优势度 >0.02 的种类为优势种，则水平仔稚鱼的优势种为方氏锦鳊，表 6.5-4。

表 6.5-4 2018 年春季水平仔稚鱼的优势种

种类	出现频率/%	数量百分比/%	优势度/ $\times 10^{-4}$
方氏锦鳊	47.82	89.07	4259

2、垂直网定量

2018 年春季垂直仔稚鱼仅有方氏锦鳊 1 种，分布于站点 Y14（2 尾）、Y23（1 尾）。站点 Y23 的站点密度为 0.94 ind./m^3 ，Y14 号站点密度为 1.563 ind./m^3 。垂直仔稚鱼的站点密度范围是 $0\sim 1.563 \text{ ind./m}^3$ ，平均密度为 0.108 ind./m^3 。

6.5.3.2 2018 年秋季调查

(1) 种类组成

2018 年秋季调查海域水平采样未采集到仔鱼，垂直采样采集到仔鱼 2 种，分别为银鱼和风鲚。

(2) 栖息密度、生物量及平面分布

2018 年秋季调查海域进行定量采集时 14 个站位共发现鱼类 2 种 3 尾，为银

鱼和凤鲚仔鱼，其重量为 6.4mg。折算其生物量密度为 0.2ind/m³，生物量为 0.3 mg/m³。

(3) 生物多样性分析

2018 年秋季调查海域在定量采集所有 14 站位仅有 2 个站位发现仔鱼 2 种共 3 尾，其中 12 个站位的采样数为 0，故其丰富度均值和多样性指数均值无法统计。

6.5.4 游泳动物

(1) 种类及其组成

2018 年春季调查海域两次共捕获游泳动物 3 大类 62 种，渔业资源种类见表附录 9，其中鱼类最多，有 37 种，占总种数的 59.68%；甲壳类次之，有 22 种，占总种数的 35.48%；头足类 3 种，占总种数的 4.84%。调查范围内未监测到珍稀濒危保护生物物种及特别保护的海洋生物物种，也未监测到海洋哺乳动物。

调查海域各站位游泳动物种类在 9~23 种之间，Y5 号站位出现游泳动物种类最多，共计 23 种，包括鱼类 14 种，甲壳类 8 种和头足类 1 种；Y23 号站位出现游泳动物种类最少，仅出现 8 种；其它站位在 13~22 种，总体来说，各站位出现的游泳动物种数有一定的差别。

2018 年秋季调查海域共采集游泳动物 3 大类 30 种，其中软体动物 1 种，节肢动物 8 种，鱼类 21 种。调查范围内未监测到珍稀濒危保护生物物种及特别保护的海洋生物物种，也未监测到海洋哺乳动物。游泳生物种类名录见附录 10 和图 6.5-1。

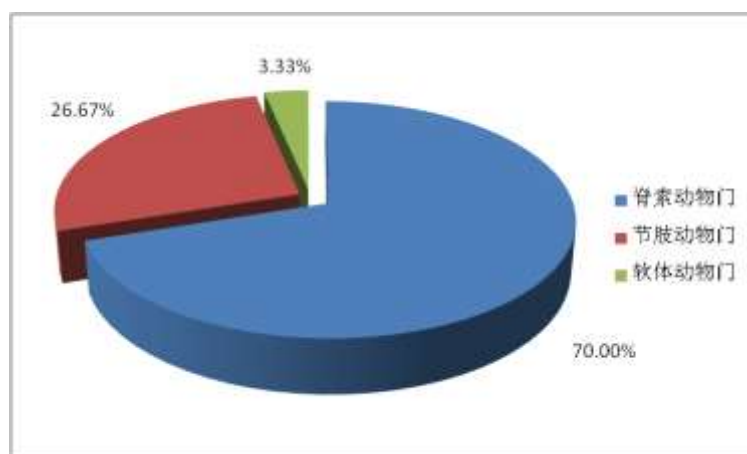


图 6.5-1 2018 年秋季调查海域游泳动物种类百分比组成

(2) 栖息密度、生物量及平面分布

2018 年春季调查海域渔业资源密度范围为 $2.720 \times 10^2 \sim 1.910 \times 10^3 \text{ ind./网.h}$ ，平均值为 $7.700 \times 10^2 \text{ ind./网.h}$ ，Y21 号站位最少，Y15 号站位最多；生物量范围为 $2.609 \times 10^3 \sim 3.049 \times 10^4 \text{ g/(网.h)}$ ，平均值为 $7.600 \times 10^3 \text{ g/(网.h)}$ ，Y21 号站位生物量最高，Y6 号站位最少。渔业资源数量密度贡献较大的是三疣梭子蟹、细巧仿对虾、葛氏长臂虾和日本鼓虾；重量密度贡献较大的是三疣梭子蟹、睛尾蝌蚪鰕虎鱼、葛氏长臂虾、鲛鱼和棘头梅童鱼。表 6.5-5 为变水层网各站位的生物量与数量分布。

2018 年春季各类群中平均生物量甲壳类高于鱼类，鱼类高于头足类，分别 $4.940 \times 10^3 \text{ g/网.h}$ 、 $2.637 \times 10^3 \text{ g/网.h}$ 和 23.2 g/网.h ，平均生物密度同样是甲壳类高于鱼类，鱼类高于头足类，分别为 $6.980 \times 10^2 \text{ ind./网.h}$ 、 77.6 ind./网.h 和 1 ind./网.h ，详见表 6.5-6。

2018 年秋季调查海域 14 个站位游泳动物数量密度范围为 $62 \sim 1634 \text{ ind./网.h}$ ，平均值为 672 ind./网.h ，6 号站位数量密度最高，14 号站位数量密度最小；生物量范围为 $3378.4 \sim 12927.2 \text{ g/(网.h)}$ ，平均值为 7480.4 g/(网.h) ，15 号站位生物量最高，14 号站位生物量最小。渔业资源数量密度贡献较大是：棘头梅童鱼、凤鲚、三疣梭子蟹、红线黎明蟹、龙头鱼、口虾蛄、黄鲫、脊尾白虾、葛氏长臂虾；质量密度贡献较大的是：梭鱼、三疣梭子蟹、鲈鱼、棘头梅童鱼、鲈鱼、红线透明蟹、凤鲚、蓝点马鲛鱼、小黄鱼。变水层网各站位的生物量与数量分布见表 6.5-7。

2018 年秋季调查海域 14 个站位游泳动物底层网采集种类数范围为 5-17 种，平均为 11 种；种类最少的出现在 14 号站位；种类数最多的是 22 号站位。渔业资源各站位生物质量与数量分布见表 6.5-8。

各类群中平均生物量鱼类>甲壳类>头足类，分别 4297.3 g/网/h、2962.0 g/网/h 和 3.7g/网/h，平均生物密度同样是鱼类>甲壳类>头足类，分别为 230 ind./网/h、225 ind./网/h 和 1 ind./网/h，详见表 6.5-9。

表 6.5-5 2018 年春季变水层网各站位的生物量与数量分布

站位	网型	密度	生物量
		尾(只)/网/h	克/网/h
Y1	变水层网	1.840×10^3	4.173×10^3
Y2	变水层网	1.008×10^3	3.890×10^3
Y3	变水层网	3.210×10^2	3.966×10^3
Y4	变水层网	3.380×10^2	2.752×10^3
Y5	变水层网	8.930×10^2	3.712×10^3
Y6	变水层网	8.340×10^2	2.609×10^3
Y7	变水层网	4.010×10^2	2.836×10^3
Y8	变水层网	7.100×10^2	3.510×10^3
Y9	变水层网	1.157×10^3	3.738×10^3
Y10	变水层网	8.550×10^2	4.314×10^3
Y11	变水层网	2.930×10^2	2.918×10^3
Y12	变水层网	6.520×10^2	3.500×10^3
Y13	变水层网	9.170×10^2	3.156×10^3
Y14	变水层网	2.810×10^2	2.820×10^3
Y15	变水层网	1.910×10^3	1.689×10^4
Y16	变水层网	7.170×10^2	8.117×10^3
Y17	变水层网	3.780×10^2	7.720×10^3
Y18	变水层网	8.680×10^2	1.423×10^4
Y19	变水层网	4.980×10^2	1.118×10^4
Y20	变水层网	9.080×10^2	9.575×10^3
Y21	变水层网	2.720×10^2	3.049×10^4
Y22	变水层网	3.930×10^2	1.333×10^4
Y23	变水层网	1.260×10^3	1.537×10^4
平均值		7.700×10^2	7.600×10^3

表 6.5-6 2018 年春季调查海域各站位游泳生物各类群生物量

站位	类别	密度	生物量
		尾(只)/网/h	g/网/h
Y1	甲壳类	1.673×10^3	3.219×10^3
Y2	甲壳类	9.180×10^2	2.710×10^3
Y3	甲壳类	2.610×10^2	2.578×10^3
Y4	甲壳类	2.400×10^2	1.682×10^3
Y5	甲壳类	8.340×10^2	2.903×10^3
Y6	甲壳类	7.770×10^2	1.652×10^3
Y7	甲壳类	3.500×10^2	2.194×10^3
Y8	甲壳类	6.400×10^2	2.525×10^3
Y9	甲壳类	1.018×10^3	2.403×10^3
Y10	甲壳类	7.680×10^2	3.069×10^3
Y11	甲壳类	2.410×10^2	2.205×10^3
Y12	甲壳类	5.900×10^2	2.658×10^3
Y13	甲壳类	8.570×10^2	2.408×10^3
Y14	甲壳类	2.730×10^2	2.662×10^3
Y15	甲壳类	1.847×10^3	1.419×10^4
Y16	甲壳类	6.840×10^2	7.803×10^3
Y17	甲壳类	3.240×10^2	7.201×10^3
Y18	甲壳类	7.760×10^2	8.263×10^3
Y19	甲壳类	3.750×10^2	5.387×10^3
Y20	甲壳类	8.910×10^2	9.394×10^3
Y21	甲壳类	1.520×10^2	9.047×10^3
Y22	甲壳类	3.300×10^2	2.228×10^3
Y23	甲壳类	1.234×10^3	1.524×10^4
平均值		6.980×10^2	4.940×10^3
Y1	鱼类	1.67×10^2	9.539×10^2
Y2	鱼类	84	1.000×10^3
Y3	鱼类	60	1.388×10^3
Y4	鱼类	98	1.070×10^3
Y5	鱼类	58	8.085×10^2
Y6	鱼类	56	9.018×10^2
Y7	鱼类	51	6.425×10^2
Y8	鱼类	70	9.850×10^2
Y9	鱼类	1.38×10^2	1.333×10^3
Y10	鱼类	86	1.183×10^3
Y11	鱼类	51	6.730×10^2
Y12	鱼类	62	8.420×10^2
Y13	鱼类	59	7.213×10^2
Y14	鱼类	8	1.580×10^2

站位	类别	密度	生物量
		尾(只)/网/h	g/网/h
Y15	鱼类	66	2.701×10^3
Y16	鱼类	27	2.268×10^2
Y17	鱼类	50	4.386×10^2
Y18	鱼类	92	5.970×10^3
Y19	鱼类	1.23×10^2	5.792×10^3
Y20	鱼类	1.65×10^2	1.808×10^2
Y21	鱼类	1.20×10^2	2.144×10^4
Y22	鱼类	63	1.111×10^4
Y23	鱼类	30	1.318×10^2
平均值		77.6	2.637×10^3
Y1	头足类	0	0.0
Y2	头足类	6	1.803×10^2
Y3	头足类	0	0.0
Y4	头足类	0	0.0
Y5	头足类	1	0.4
Y6	头足类	1	56.1
Y7	头足类	0	0.0
Y8	头足类	0	0.0
Y9	头足类	1	1.3
Y10	头足类	1	61.0
Y11	头足类	1	40.0
Y12	头足类	0	0.0
Y13	头足类	1	27.0
Y14	头足类	0	0.0
Y15	头足类	0	0.0
Y16	头足类	6	87.3
Y17	头足类	4	80.4
Y18	头足类	0	0.0
Y19	头足类	0	0.0
Y20	头足类	0	0.0
Y21	头足类	0	0.0
Y22	头足类	0	0.0
Y23	头足类	0	0.0
平均值		1	23.2

表 6.5-7 2018 年秋季变水层网各站位的生物量与数量分布

站位	网型	密度	生物量
		尾(只)/网/h	克/网/h
1	变水层网	782	12791.0

2	变水层网	292	6410.4
3	变水层网	104	7189.4
6	变水层网	1634	7477.3
10	变水层网	812	7421.4
11	变水层网	1266	8755.8
12	变水层网	160	8457.4
13	变水层网	998	4010.4
14	变水层网	62	3378.4
15	变水层网	358	12927.2
16	变水层网	658	9219.8
19	变水层网	64	3778.4
20	变水层网	1224	5763.4
22	变水层网	1002	7150.4
平均值		672	7480.8

表 6.5-8 2018 年秋季渔业资源各站位生物质量与数量分布

站位	质量 (g)	质量百分比 (%)	数量	数量百分比 (%)	种类数	种类百分比 (%)
1	12791.0	12.21	782	8.30	11	36.67
2	6410.4	6.12	292	3.10	13	43.33
3	7189.4	6.86	104	1.10	9	30.00
6	7477.3	7.14	1634	17.35	14	46.67
10	7421.4	7.09	812	8.62	11	36.67
11	8755.8	8.36	1266	13.44	14	46.67
12	8457.4	8.08	160	1.70	6	20.00
13	4010.4	3.83	998	10.60	16	53.33
14	3378.4	3.22	62	0.66	5	16.67
15	12927.2	12.34	358	3.80	8	26.67
16	9219.8	8.80	658	7.00	10	33.33
19	3778.4	3.61	64	0.68	5	16.67
20	5763.4	5.50	1224	13.00	16	53.33
22	7150.4	6.82	1002	10.64	17	56.67
合计	104730.7	100.00	9416	100.00	30	100.00

表 6.5-9 2018 年秋季调查海域各站位游泳生物各类群生物量

站位	类别	密度	生物量
		尾(只)/网/h	g/网/h
1	甲壳类	238	6313.6
2	甲壳类	188	2224.5
3	甲壳类	44	2389.0

站位	类别	密度	生物量
		尾(只)/网/h	g/网/h
6	甲壳类	362	3326.3
10	甲壳类	104	2249.8
11	甲壳类	260	1920.8
12	甲壳类	124	6609.4
13	甲壳类	570	2685.6
14	甲壳类	46	1780.4
15	甲壳类	204	4589.2
16	甲壳类	94	1051.0
19	甲壳类	44	2324.8
20	甲壳类	300	2778.2
22	甲壳类	570	2685.6
平均值		225	2962.0
1	鱼类	542	6472.0
2	鱼类	104	4185.9
3	鱼类	60	4800.4
6	鱼类	1272	4151.0
10	鱼类	708	5171.6
11	鱼类	1006	6835.0
12	鱼类	36	1848.0
13	鱼类	426	1304.4
14	鱼类	16	1598.0
15	鱼类	154	8338.0
16	鱼类	564	8168.8
19	鱼类	20	1453.6
20	鱼类	922	2979.8
22	鱼类	430	4444.4
平均值		230	4297.3
1	头足类	2	5.4
2	头足类	0	0.0
3	头足类	0	0.0
6	头足类	0	0.0
10	头足类	0	0.0
11	头足类	0	0.0
12	头足类	0	0.0
13	头足类	2	20.4
14	头足类	0	0.0
15	头足类	0	0.0
16	头足类	0	0.0
19	头足类	0	0.0

站位	类别	密度	生物量
		尾(只)/网/h	g/网/h
20	头足类	2	5.4
22	头足类	2	20.4
平均值		1	3.7

(3) 优势种

2018 年春季两次调查游泳动物总重约为 203kg, 1.8×10^4 尾, 调查海域游泳动物优势种共有 5 种, 为葛氏长臂虾、日本鼓虾、三疣梭子蟹、细巧仿对虾和中国花鲈。重要的数量优势种是葛氏长臂虾、日本鼓虾、三疣梭子蟹、细巧仿对虾, 约占总数量的 87%。重要的重量优势种是葛氏长臂虾、三疣梭子蟹和中国花鲈, 调查海域游泳动物优势种详见表 6.5-10 和表 6.5-11。

其中都是重要经济种类, 可见该海域游泳生物优势种都是经济渔业资源种类, 需要采取有效措施保持其良好生态环境。

2018 年秋季调查该海域渔业资源优势种有 4 种, 按优势度大小依次为: 棘头梅童鱼、凤鲚、三疣梭子蟹、红线黎明蟹。渔业资源优势种的出现频率、优势度及密度均值等指标见表 6.5-12, 其中棘头梅童鱼的优势度最高, 达 0.638。

表 6.5-10 2018 年春季调查海域游泳动物数量优势种

	种名	出现次数	出现率	渔获数量 ind.	百分比%	优势度指数
甲壳类	葛氏长臂虾	22	0.956	5.603×10^3	30.75	29.40%
甲壳类	日本鼓虾	12	0.522	9.37×10^2	5.14	2.68%
甲壳类	三疣梭子蟹	23	1.000	6.045×10^3	33.17	33.17%
甲壳类	细巧仿对虾	13	0.565	3.284×10^3	18.02	10.18%

表 6.5-11 2018 年春季调查海域游泳动物重量优势种

类群	种名	出现次数	出现频率	重量密度 (g/h)	百分比%	优势度指数
甲壳类	葛氏长臂虾	23	1	1.393×10^4	6.85	6.85%
甲壳类	三疣梭子蟹	23	1.000	7.827×10^4	38.50	38.5%
鱼类	中国花鲈	5	0.217	2.450×10^4	12.05	2.61%

表 6.5-12 2018 年秋季浮游动物优势种的优势度和密度

优势种	2018 年 9 月		
	出现率 (%)	优势度	密度均值 (ind/m ³)

棘头梅童鱼	100	0.638	73697
凤鲚	100	0.143	16575
三疣梭子蟹	100	0.076	8734
红线透明蟹	100	0.063	7297

(4) 资源量、资源密度

1) 重量、尾数资源量评估结果

根据所有调查站位的扫海面积，每个鱼类品种的捕获系数、渔获量、渔获尾数，确定各个鱼类品种重量资源量和资源尾数，累加作为鱼类总的资源量。虾类、蟹类、头足类也是如此，分别根据各个品种的捕捞系数、渔获量和渔获尾数确定各个品种的资源量和资源尾数。

经计算 2018 年春季调查海域渔业资源平均资源生物量为 $183.31\text{kg}/\text{km}^2$ ，范围为 $79.38\text{kg}/\text{km}^2 \sim 831.73\text{kg}/\text{km}^2$ 。资源密度平均为 1.96×10^4 尾/ km^2 ，范围为 6596.89 尾/ $\text{km}^2 \sim 56753$ 尾/ km^2 ，Y21 号站位资源数量密度最小，Y1 号站位资源数量密度最大；Y21 号站位重量资源量最大，Y6 号站位重量资源量最小，详见表 6.5-13。

经计算 2018 年秋季调查海域 14 个站位渔业资源平均资源生物量为 $99.09\text{kg}/\text{km}^2$ ，范围为 $41.47\text{kg}/\text{km}^2 \sim 177.20\text{kg}/\text{km}^2$ 。资源密度平均为 9183 尾/ km^2 ，范围为 650 尾/ $\text{km}^2 \sim 24215$ 尾/ km^2 ，14 号站位资源数量密度最小，6 号站位资源数量密度最大；15 号站位重量资源量最大，14 号站位重量资源量最小，详见表 6.5-14。

表 6.5-13 2018 年春季调查海域各站位游泳生物资源量

站号	密度资源量 ind./ km^2	重量资源量 kg/km^2
Y1	5.68×10^4	128.59
Y2	3.10×10^4	117.49
Y3	9.87×10^3	120.36
Y4	1.04×10^4	84.83
Y5	2.75×10^4	114.56
Y6	2.57×10^4	79.38
Y7	1.24×10^4	87.35
Y8	2.18×10^4	107.53
Y9	3.56×10^4	114.13
Y10	2.63×10^4	131.44
Y11	9.01×10^3	88.56

站号	密度资源量 ind./km ²	重量资源量 kg/km ²
Y12	2.01×10 ⁴	107.90
Y13	2.83×10 ⁴	97.08
Y14	8.67×10 ³	87.04
Y15	3.07×10 ⁴	290.88
Y16	1.15×10 ⁴	127.88
Y17	8.33×10 ³	152.23
Y18	1.46×10 ⁴	274.67
Y19	1.04×10 ⁴	188.44
Y20	1.58×10 ⁴	166.87
Y21	6.60×10 ³	831.73
Y22	8.95×10 ³	483.65
Y23	1.96×10 ⁴	233.60
平均值	1.96×10 ⁴	183.31

表 6.5-14 2018 年秋季调查海域各站位游泳生物资源量

站号	密度资源量 ind./km ²	重量资源量 kg/km ²
1	1.10×10 ⁴	160.51
2	3.30×10 ³	88.30
3	1.37×10 ³	99.91
6	2.42×10 ⁴	96.89
10	1.27×10 ⁴	104.93
11	1.89×10 ⁴	129.91
12	1.63×10 ³	85.87
13	1.19×10 ⁴	44.29
14	0.65×10 ³	41.47
15	2.20×10 ³	177.20
16	1.02×10 ⁴	144.89
19	0.70×10 ³	43.60
20	1.79×10 ⁴	72.85
22	1.19×10 ⁴	96.62
平均值	9.18×10 ³	99.09

(5) 渔业资源群落特征

2018 年春季调查海域数量多样性指数平均为 1.956, 范围为 0.630~2.573, 丰富度指数平均为 2.153, 范围为 0.983~3.250, 均匀度指数平均为 0.471, 范围为 0.100~0.659; 数量多样性指数在 Y9 号最高, Y20 号站位最低。调查海域游泳动物群落特征见表 6.5-15。

2018 年秋季整个调查海域游泳动物的多样性指数均值为 2.20, 范围为

0.84~4.39；均匀度均值为 0.66，范围为 0.24~1.19；丰富度均值为 1.26，范围为 0.80~1.67。多样性指数在 10 号站位最低，在 2 号站位最高。各站位数值见 6.5-16。

表 6.5-15 2018 年春季调查海域游泳动物群落特征

站位	均匀度指数	丰富度指数	多样性指数
Y1	0.551	1.936	2.456
Y2	0.574	2.105	2.560
Y3	0.659	1.561	2.508
Y4	0.456	2.143	1.936
Y5	0.534	2.244	2.414
Y6	0.530	1.752	2.210
Y7	0.627	1.850	2.564
Y8	0.607	1.795	2.532
Y9	0.586	1.965	2.573
Y10	0.577	2.156	2.572
Y11	0.541	1.464	2.001
Y12	0.603	1.818	2.515
Y13	0.552	1.931	2.388
Y14	0.212	0.983	0.673
Y15	0.510	2.470	2.000
Y16	0.390	2.470	1.460
Y17	0.270	3.180	1.110
Y18	0.550	3.030	2.300
Y19	0.490	3.250	2.060
Y20	0.160	2.540	0.630
Y21	0.340	2.530	1.420
Y22	0.420	3.070	1.800
Y23	0.100	1.280	0.310
平均值	0.471	2.153	1.956

表 6.5-16 2018 年秋季调查海域游泳动物群落特征

站位	种类	2018 年 9 月		
		丰富度 (D)	均匀度 (J)	多样性指数 (H')
1	11	1.16	0.61	2.11
2	13	1.67	1.19	4.39
3	9	1.40	0.87	2.75
6	14	1.34	0.44	1.68
10	11	1.15	0.24	0.84

站位	种类	2018 年 9 月		
		丰富度 (D)	均匀度 (J)	多样性指数 (H')
11	14	1.40	0.49	1.88
12	6	0.97	0.79	2.05
13	16	1.67	0.74	2.96
14	5	0.81	0.80	1.86
15	8	1.02	0.61	1.83
16	10	1.08	0.46	1.51
19	5	0.80	0.82	1.89
20	16	1.62	0.50	2.00
22	17	1.58	0.73	2.99
最小值	5	0.80	0.24	0.84
最大值	17	1.67	1.19	4.39
平均值	11	1.26	0.66	2.20

6.5.5 主要经济鱼类的洄游和“三场一通道”

6.5.5.1 小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*)

依据徐兆礼等对小黄鱼的产卵场，索饵场和洄游通道的研究，3 月东海外海越冬的小黄鱼首先经由 32°00'N，123°30'~124°30'E 的水域进入舟山渔场。在舟山渔场。与南部近海越冬后北上的产卵群体汇合，部分在长江口和舟山渔场产卵，部分在 4 月继续北上进入吕四渔场。

小黄鱼吕泗渔场产卵场位置大约在从启东嘴到北纬 34 线以南的苏北浅滩上，这里特有潮沟系统所带来流速较高的潮流刺激引起小黄鱼产生产卵行为。4 月和 5 月是产卵盛期。6 月产卵后的幼鱼在外侧索饵，7 月和 8 月随着个体长大，索饵鱼群向禁渔线外侧洄游，逐渐远离规划海域（图 6.5-2）。

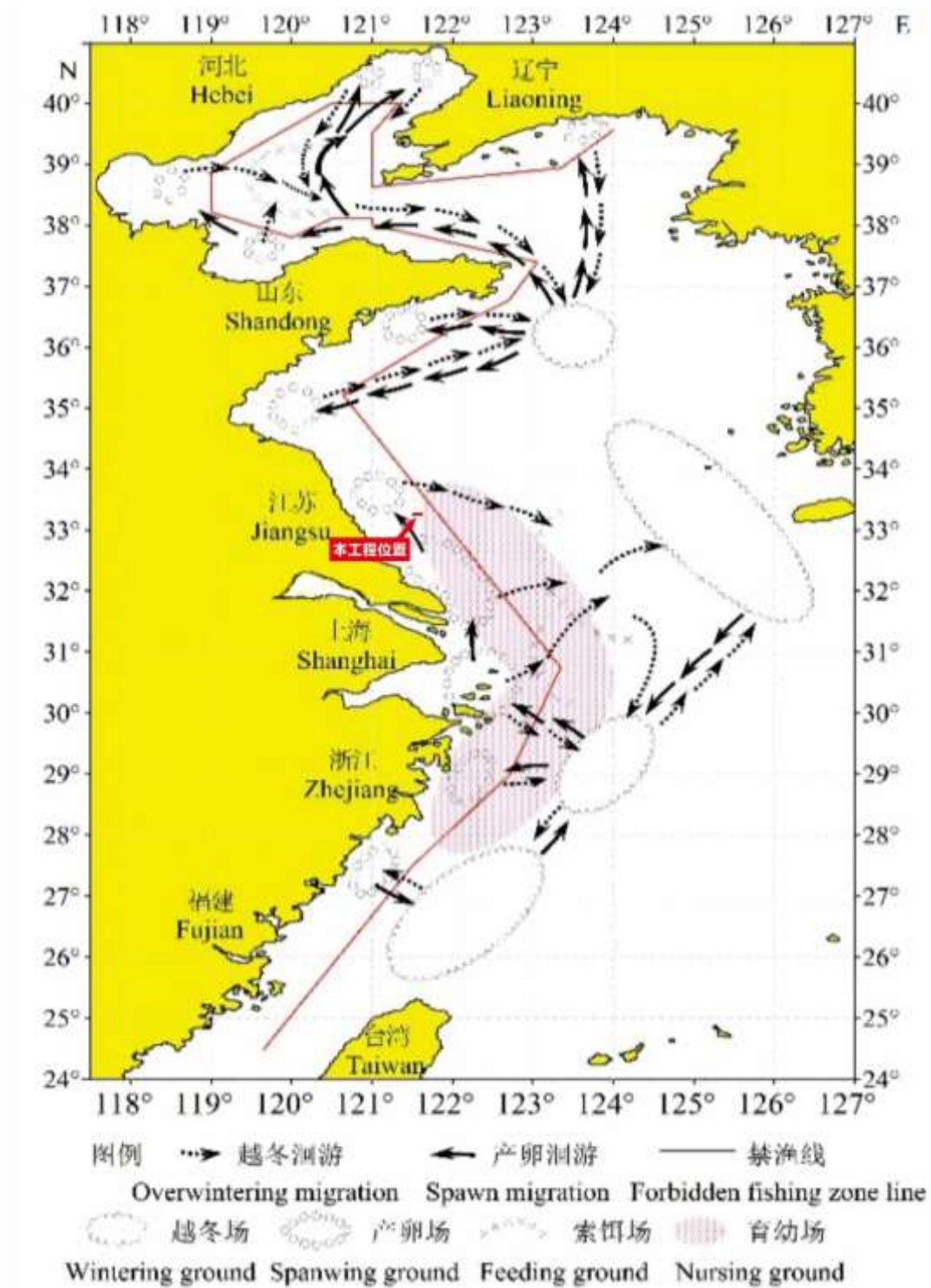


图 6.5-2 本工程与小黄鱼“三场一通道”位置关系图

6.5.5.2 银鲳 (*Pampus argenteus*)

银鲳东海种群每年低温期过后，水温回升之际，各越冬场的鱼群按各自的洄游路线向近海做产卵洄游。济州岛邻近水域的越冬鱼群，从 4 月份开始游向大沙

渔场，其中有的继续北上，游向渤海和黄海北部诸产卵场；有的向西北移动，5月中旬前后，主群分批进入海州湾南部近岸产卵，其中少数折向西南进入吕泗渔场北部海区产卵。东海北部外海的越冬群体，一般自4月开始，随暖势力的增强向西-西北方向移动；4月上中旬，舟山渔产和长江口渔场的鱼群明显增多，此后鱼群迅速向近岸靠拢进入江苏近岸产卵。温台外海的越冬鱼群，洄游于浙闽近海的诸产卵场产卵，其产卵洄游的北界一般不超过长江口。

银鲳的索饵鱼群比较分散，深水区和潜水区均有分布，其中以水深 40 m 以内的沿岸流较强区为主要索饵场。7~11 月为主要索饵期，随水温下降，逐渐向越冬场洄游。

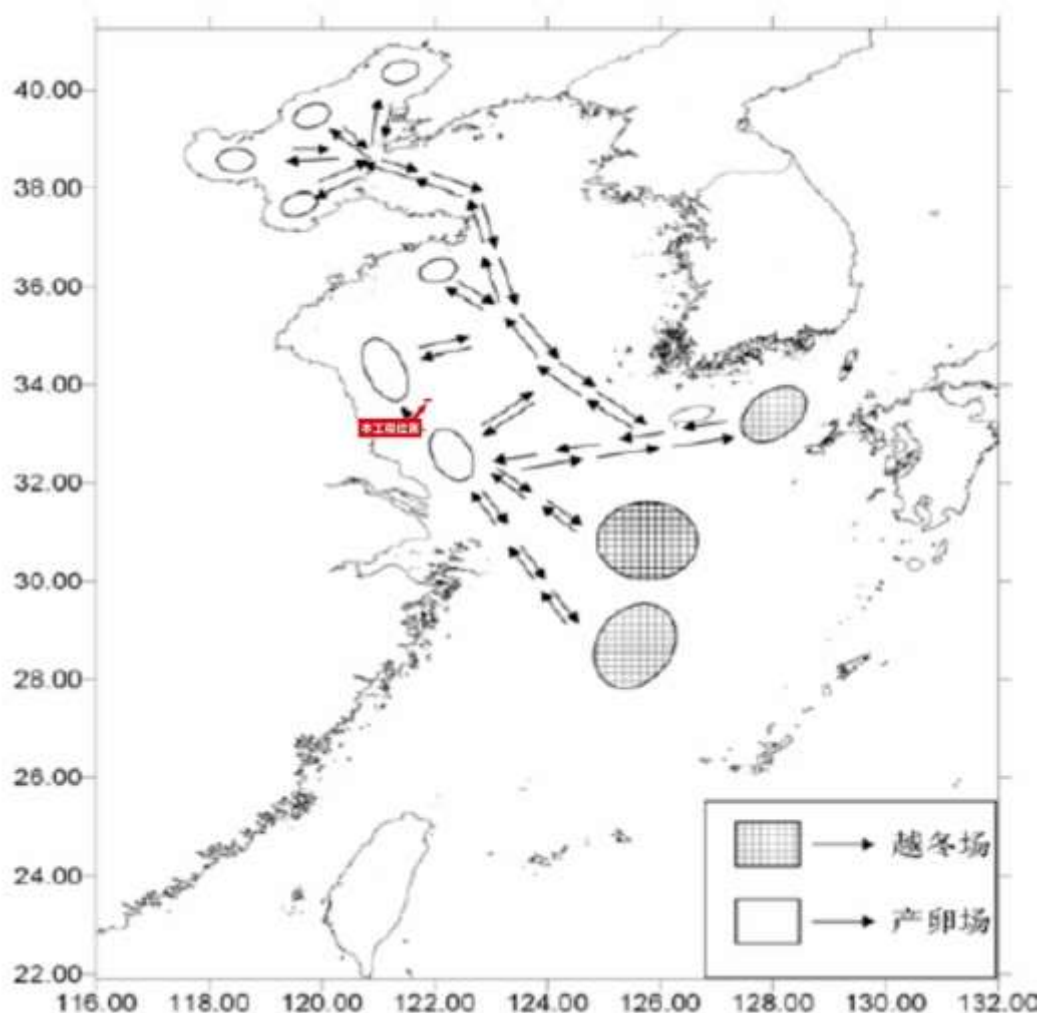


图 6.5-3 本工程与银鲳“三场一通道”位置关系图

6.6 吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区

本报告吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区生态环境及渔业资源现状调查引用中国水产科学研究院东海水产研究所编制的《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》（2018 年 10 月）。

6.6.1 调查站位

本报告中引用的 2017~2018 年吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区底栖生物、鱼卵仔稚鱼、游泳动物调查数据主要来源于江苏省海洋水产研究所在该保护区周围进行的调查资料（见《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告送审稿》（2018 年 10 月））。调查站位及范围见表 6.6-1 和图 6.6-1。

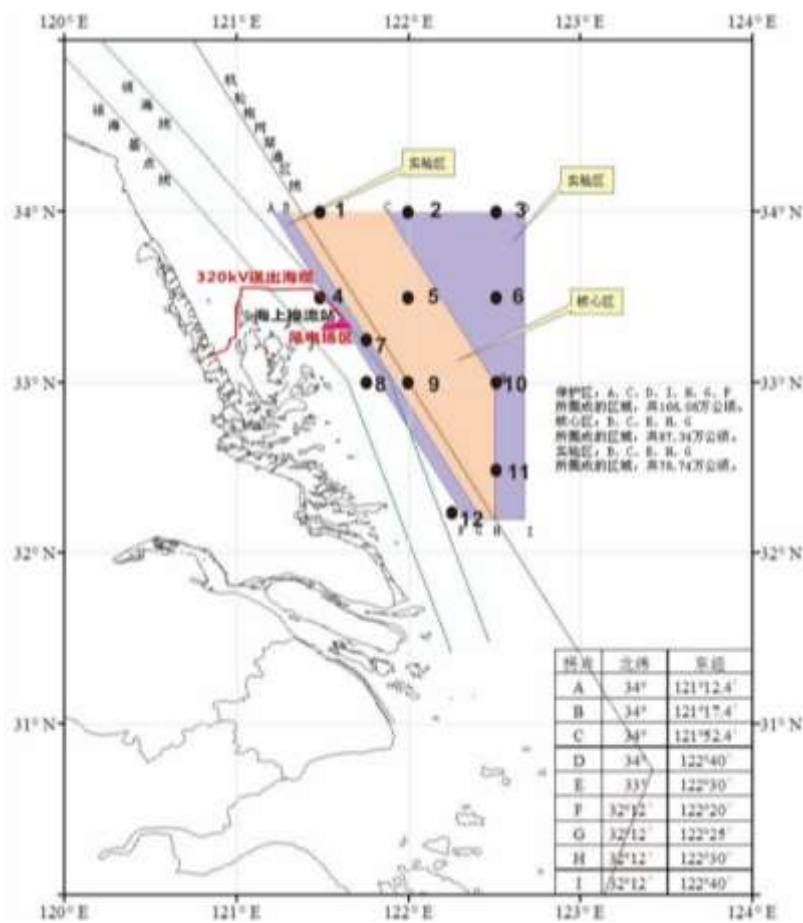


图 6.6-1 2017~2018 保护区海洋生态和渔业资源现状调查站位图

表 6.6-1 2017~2018 保护区海洋生态和渔业资源现状调查站位坐标

站位	经度 (E)	纬度 (N)	监测项目
1	121° 30′	34° 0′	底栖生物、鱼卵仔稚 鱼、游泳动物
2	122° 0′	34° 0′	
3	122° 30′	34° 0′	
4	121° 30′	33° 30′	
5	122° 0′	33° 30′	
6	122° 30′	33° 30′	
7	121° 45′	33° 15′	
8	121° 45′	33° 0′	
9	122° 0′	33° 0′	
10	122° 30′	33° 0′	
11	122° 30′	32° 30′	
12	122° 15′	32° 15′	

调查时间依次为 2017 年 5 月 19 日~6 月 14 日、8 月 15 日~9 月 5 日、11 月 6 日~12 月 10 日, 以及 2018 年 1 月 13 日~28 日, 共 4 个航次。

6.6.2 保护区海域生态环境及渔业资源现状

6.6.2.1 底栖生物

保护区调查海域 4 个航次共鉴定底栖生物 44 种, 隶属于 6 大类。其中环节动物 29 种, 甲壳动物 3 种, 软体动物 5 种, 棘皮动物 4 种, 纽形动物和星虫动物各 1 种。底栖生物名录见表 6.6-2。

表 6.6-2 保护区底栖生物种名录

类别	种名	拉丁名
环节动物	裂虫	<i>Syllidae</i> sp.
	沙蚕	<i>Nereis</i> sp.
	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>
	扁蛭虫	<i>Loimia</i> sp.
	长锥虫	<i>Haploscoloplos elongatus</i>
	短脊虫	<i>Asychis</i> sp.
	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
	尖锥虫	<i>Scoloplosarmiger</i>
	角海蛭	<i>Ophelia acuminata</i>
	矛毛虫	<i>Phylo felix</i>
	拟节虫	<i>Praxil 如 lla praetermissa</i>

	神须虫	<i>Eteone (Mysta) ornata</i>
	树蜚虫	<i>Pista</i> sp.
	索沙蚕	<i>Lumbrineridae</i>
	异蚓虫	<i>Heromastus filiformis</i>
	杂毛虫	<i>Poecilochaetus</i> sp.
	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
	拟单指虫	<i>Cossurella</i> sp.
	软背鳞虫	<i>Lepidonotus helotypus</i>
	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
	纵沟纽虫	<i>Lineus</i> sp.
	叉毛矛毛虫	<i>Phylo ornatus</i>
	福威背蚓虫	<i>Notomastus fauvel</i>
	欧氏真节虫	<i>Euclymene oerstedii</i>
	奇异稚齿虫	<i>Paraprionospio pinnata</i>
	中华异稚虫	<i>Heterospio sinica</i>
	孟加拉海扇虫	<i>Pherusa cf. bengalensis</i>
	双形拟单指虫	<i>Cossurella dimorpha</i>
棘皮动物	真蛇尾	<i>Ophiuroidea</i>
	道格拉蛇尾	<i>Dougaloplus echinatus</i>
	萨氏真蛇尾	<i>Ophiura sarsii</i>
	司氏盖蛇尾	<i>Stegophiura sladeni</i>
甲壳动物	细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
	隆线强蟹	<i>Eucrate crenata</i>
	豆形短眼蟹	<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>
纽形动物	两用孔纽虫	<i>Amphiporus angulatus</i>
软体动物	尖角蛾螺	<i>Buccinium undatumplectrum</i>
	伶鼬榧螺	<i>Oliva mustelina</i>
	薄片镜蛤	<i>Dosinia (Lamellidosinia) laminata</i>
	彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens</i>
	密纹小囊蛤	<i>Saccula gordonis</i>
	圆筒原盒螺	<i>Eocylichna cylindrella</i>
星虫动物	革囊星虫	<i>Phascolosoma</i> sp.

保护区调查海域 4 个航次底栖生物平均栖息密度为 102 ind./m²，平均生物量为 16.39 g/m²（表 6.6-3）。

表 6.6-3 保护区调查海域底栖平均生物栖息密度和平均生物量

调查航次	平均栖息密度 (ind./m ²)	平均生物量 (g/m ²)
2017 年 5 月	8	0.125
2017 年 8 月	11	0.783
2017 年 11 月	11	293.65
2018 年 1 月	14	2.135
平均值	11	74.17

6.6.2.2 渔业资源现状

(1) 鱼卵

保护区调查海域 4 个航次鱼卵平均密度为 6.30 ind./m³ (表 6.6-4)。

表 6.6-4 保护区调查海域鱼卵平均密度

时间	鱼卵 (ind./m ³)
2017 年 5 月	25.00
2017 年 8 月	0.19
2017 年 11 月	0.00
2018 年 1 月	0.00
平均值	6.30

(2) 仔稚鱼

保护区调查海域 4 个航次仔稚鱼平均密度为 0.19 ind./m³ (表 6.6-5)。

表 6.6-5 保护区调查海域鱼卵平均密度

时间	仔稚鱼 (ind./m ³)
2017 年 5 月	2.81×10^{-2}
2017 年 8 月	0.71
2017 年 11 月	1.50×10^{-2}
2018 年 1 月	0.00
平均值	0.19

(3) 鱼类资源

2017 年 5 月保护区调查海域 4 个航次共捕获鱼类 91 种, 2017 年 5 月共捕获鱼类 39 种, 2017 年 8 月共捕获鱼类 60 种, 2017 年 11 月共捕获鱼类 54 种, 2018 年 1 月共捕获鱼类 36 种。在 4 个航次调查中, 保护物种小黄鱼和银鲳均有捕获。鱼类名录及出现时间见表 6.6-6。

表 6.6-6 保护区调查海区捕获鱼类种名录

种名	拉丁名	2017 年 5 月	2017 年 8 月	2017 年 11 月	2018 年 1 月
白姑鱼	<i>Argyrosomus argentatus</i>		√		
斑鲆	<i>Konosirus punctatus</i>	√		√	√
斑鳍光鳃鱼	<i>Chromis notatus</i>	√			
斑尾刺虾虎鱼	<i>Acanthogobius ommaturus</i>		√		√
半滑舌鳎	<i>Cynoglossus semilaevis</i>		√		√
赤鼻棱鲷	<i>Thrissa kammalensis</i>		√	√	√
赤鲱	<i>Doederleinia berycoides</i>			√	
刺鲳	<i>Psenopsis anomala</i>		√	√	
大黄鱼	<i>Larimichthys crocea</i>			√	
大银鱼	<i>Protosalanx hyalocranius</i>	√			√
带鱼	<i>Trichiurus lepturus</i>	√	√	√	√
单指虎鲂	<i>Minous monodactylus</i>		√	√	
刀鲚	<i>Coilia macrognathos</i>	√	√	√	√
杜氏棱鲷	<i>Thryssa dussumieri</i>	√			
短鳄齿鲳	<i>Champsodon snyderi</i>		√		
短吻舌鳎	<i>Cynoglossus joyneri</i>		√	√	
多鳞鳢	<i>Sillago sihama</i>		√		
发光鲷	<i>Acropoma japonicum</i>			√	
方氏云鳎	<i>Enedras fangi</i>	√			√
魴鮄	<i>Daicocus peterseni</i>		√		
凤鲚	<i>Coilia mystus</i>	√	√	√	√
沟鲈	<i>Atropus atropus</i>			√	
海鳗	<i>Muraenesox cinereus</i>		√	√	
褐菖鲈	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	√			
黑鲷	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>				√
黑鳃梅童鱼	<i>Collichthys niveatu</i>		√	√	√
黑体拟灯鱼	<i>Pseudoscopelus scriptus</i>	√			
横带髯鲷	<i>Hapaloyenys mucronatus</i>				√
红狼牙虾虎鱼	<i>Odontamblyopus rubicundus</i>			√	
后鳍鱼	<i>Opisthopecterus tardoore</i>		√	√	
黄鲛鲷	<i>Lophius litulon</i>	√	√	√	√
黄姑鱼	<i>Nibea albiflora</i>		√		
黄鲫	<i>Setipinna taty</i>	√	√	√	√

种名	拉丁名	2017 年 5 月	2017 年 8 月	2017 年 11 月	2018 年 1 月
黄鳍东方鲀	<i>Takifugu xanthopterus</i>	√	√	√	
黄吻棱鲷	<i>Thryssa vitrirostris</i>		√	√	
灰鲳	<i>Pampus nozawae</i>		√		
吉氏绵鲷	<i>Zoarcetes gillii</i>		√		
棘头梅童鱼	<i>Collichthys lucidus</i>	√	√	√	√
尖海龙	<i>Syngnathus acus</i>			√	√
尖尾蛇鲻	<i>Ophichthus triserialis</i>		√		
间下鱚	<i>Hyporhamphus intermedius</i>			√	
焦氏舌鲷	<i>Cynoglossus joyneri</i>		√	√	√
康氏侧带小公鱼	<i>Stolephorus commersonii</i>		√		
孔虾虎鱼	<i>Trypauchen vagina</i>	√	√	√	
拉氏狼牙虾虎鱼	<i>Odontamblyopus rubicundus</i>	√	√	√	√
蓝点马鲛	<i>Scomberomorus niphonius</i>		√	√	
蓝圆鲈	<i>Decapterus maruadsi</i>	√	√	√	
鲷	<i>Ilisha elongata</i>		√	√	
六丝钝尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthys hexanema</i>	√			√
龙头鱼	<i>Harpodon nehereus</i>	√	√	√	√
鹿斑鲷	<i>Secutor ruconius</i>	√			
裸胸鲉	<i>Scorpaena izensis</i>		√	√	
绿鳍马面鲀	<i>Thamnaconus modestus</i>		√	√	
矛尾虾虎鱼	<i>Chaemrichthys stigmatias</i>	√	√	√	√
虹鲆	<i>Erispex potti</i>	√	√	√	√
鲻	<i>Miichthys miiuy</i>	√	√	√	√
木叶鲈	<i>Pleuronichthys cornutus</i>			√	
皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belangerii</i>		√	√	
朴蝴蝶鱼	<i>Chaetodon modestus</i>		√	√	
七星底灯鱼	<i>Benthoosema pterotum</i>		√		
铅点东方鲀	<i>Takifugu alboplumbeus</i>				√
青鳞鱼	<i>Harengula zunasi</i>		√	√	
日本海鲂	<i>Zeus japonicus</i>	√			
日本鲭	<i>Scomber japonicus</i>	√	√		
日本须鲷	<i>Paraplagusia japonica</i>		√		
日本鲚	<i>Hyporhamphus sajori</i>	√			
三线舌鲷	<i>Cynoglossus trigrammus</i>		√		
太平洋褶柔鱼	<i>Todarodes pacificus</i>	√	√		

种名	拉丁名	2017 年 5 月	2017 年 8 月	2017 年 11 月	2018 年 1 月
鳀	<i>Engraulis ja ponicus</i>	√	√	√	√
条鳎	<i>Leiognathus rivulatus</i>				√
条石鲷	<i>Oplegnathus fasciatus</i>			√	
带纹条鳎	<i>Zebrias zebra</i>			√	
细纹狮子鱼	<i>Liparis tanakae</i>	√	√		√
细纹天竺鲷	<i>Apogon lineatus</i>		√	√	
香鲷	<i>Callionymus olidus</i>			√	
小带鱼	<i>Euplerogrammus muticus</i>	√	√	√	√
小黄鱼	<i>Larmichthys polyactis</i>	√	√	√	√
小头栉孔虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen microcephalu</i>		√		√
小眼黄鳍带鱼	SP		√		
小眼绿鳍鱼	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	√	√	√	√
星康吉鳗	<i>Conger myriaster</i>				√
许氏平鲉	<i>Sebastes schlegelii</i>	√			
银鲳	<i>Pampus argenteus</i>	√	√	√	√
鲳	<i>Platycephalus indicus</i>			√	
油鲳	<i>Sphyraena pinguis</i>	√		√	
窄体舌鳎	<i>Cynoglossus gracilis</i>		√		
长蛇鲻	<i>Saurida elongata</i>	√		√	√
长丝虾虎鱼	<i>Cryptocentrus filifer</i>			√	
真鲷	<i>Pagrosomus major</i>		√		
中颌棱鳀	<i>Thrissa mystax</i>	√	√	√	√
竹荚鱼	<i>Trachurus japonicus</i>	√	√		

鱼类成体资源密度全年平均值为 281.9kg/km²，幼鱼为 99.7×10³ind./km²。保护对象银鲳在四季中均为该海域的优势种，小黄鱼则在春、夏两季中为该海域的优势种。

6.7 鸟类及其生境现状调查与评价

为评价本工程及其周边海域鸟类及其生境现状，我院委托华东师范大学编制了《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程鸟类影响评价专题》，本章内容引用该专题成果。

6.7.1 资料收集及调查内容

本工程收集了江苏盐城国家级珍禽自然保护区、工程邻近的海上风电场观测资料，该资料在 2017 年 6 月-2018 年 5 月每个季节有两次不同月份的调查资料（调查时间见表 6.7-1），调查样线和样点见图 6.7-1；

同时 2018 年 10 月 6-8 日（秋）对工程区及邻近区域的鸟类进行了补充调研，并记录了主要生境特征，陆域观测控制点及其坐标如图 6.7-2 和表 6.7-2 所示，海域观测控制点及其坐标如图 6.7-3 和表 6.7-3 所示，调查时以控制点为参照，根据实际道路、航线，向外延伸 2km，形成观测样线。

表 6.7-1 2017 年 6 月-2018 年 5 月调查时间

调查时间	说明
2017 年 6 月 3 日~6 月 10 日	夏季第一次调查，包括海上调查
2017 年 8 月 17 日~8 月 23 日	夏季第二次调查
2017 年 9 月 23 日~9 月 30 日	秋季第一次调查，包括海上调查
2017 年 11 月 4 日~11 月 10 日	秋季第二次调查
2017 年 12 月 3 日~12 月 10 日	冬季第一次调查，包括海上调查
2018 年 1 月 28 日~2 月 3 日	冬季第二次调查
2018 年 3 月 23 日~3 月 30 日	春季第一次调查，包括海上调查
2018 年 5 月 23 日~5 月 29 日	春季第二次调查



图 6.7-1 2017 年 6 月-2018 年 5 月调查样线和样点

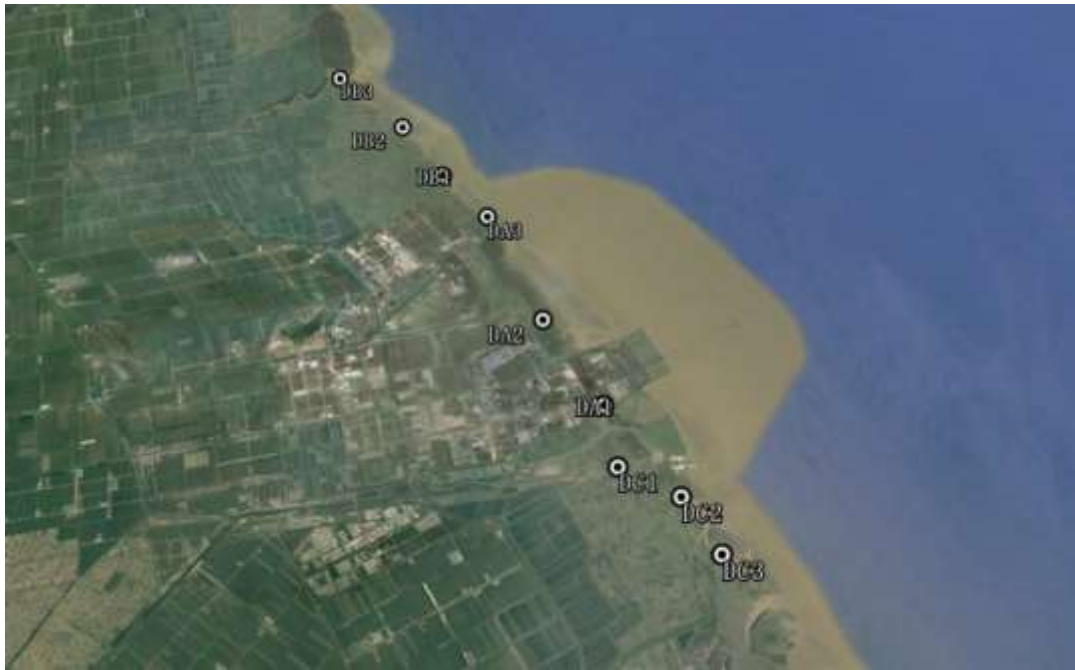


图 6.7-2 陆域主要观测区控制点位置

表 6.7-2 陆域主要控制点坐标

分区及编号		坐 标	
		纬度 (N)	经度 (E)
A 区	DA1	33°12'12.70"	120°48'33.11"
	DA2	33°14'10.00"	120°47'35.43"
	DA3	33°16'42.22"	120°46'44.41"
B 区	DB1	33°17'51.59"	120°45'50.60"
	DB2	33°19'14.90"	120°45'2.04"
	DB3	33°20'47.52"	120°43'37.20"
C 区	DC1	33°10'58.35"	120°48'34.39"
	DC2	33°10'15.70"	120°49'43.80"
	DC3	33°09'7.98"	120°50'16.23"



图 6.7-3 海域主要观测区控制点位置

表 6.7-3 海域主要控制点坐标

分区及编号		坐 标	
		纬度（N）	经度（E）
E 区	E1	33° 7'34.30"	120°57'39.50"
	E2	33°11'43.40"	120°59'19.90"
	E3	33°15'20.70"	121° 2'21.30"
	E4	33°17'2.90"	121° 3'45.20"
	E5	33°20'8.00"	121°9'3.00"
	E6	33°23'40.50"	121°14'13.50"
	E7	33°24'11.90"	121°22'13.10"
	E8	33°22'39.00"	121°28'26.30"
	E9	33°14'41.95"	120°56'27.50"
	E10	33°19'51.83"	120°51'14.22"
F 区	DF1	33°20'09.6"	121°31'38.3"
	DF2	33°20'21.1"	121°39'48.2"
	DF3	33°18'20.5"	121°30'27.4"
	DF4	33°18'32.0"	121°40'24.6"
	DF5	33°19'10.9"	121°40'48.0"
	DF6	33°17'52.9"	121°36'3.7"

6.7.2 调查方法

鸟类调查参照“国际鸟类保护协会（IBPA）”推荐的鸟类调查标准技术（Bird Census Techniques, RSPB, 1992）和《生物多样性观测技术导则 鸟类》（HJ 710.4-2014），采用定点观测与路线调查相结合的方法进行。每条观测路线长度为 2km。现场记录鸟类的种类、数量及生境情况。每次调查时，每样线重复观测 3~5 次。

以记录的最大一次鸟类数量，作为该次调查对应鸟种的数量。

6.7.3 邻近陆域生境现状

根据补充调研结果，在项目邻近海岸区域，在 A 区域为大丰港，包括石化码头，沿岸基本为水泥驳岸，只在部分区域（DA2）有自然滩涂分布，主要植被类型为互花米草（*Spartina alterniflora*）群落。在 B 和 C 区域，堤外滩涂基本被圈围成为养殖鱼塘，部分区域分布有自然植被，分布的高等植物种类有互花米草（*Spartina alterniflora*）、芦苇（*Phragmites australis*）、盐地碱蓬（*Suaeda salsa*）、灰绿碱蓬（*Suaeda glauca*）、獐茅（*Aeluropus littoralis* var. *sinensis*）、糙叶苔草（*Carex scabrifolia*）、拂子茅（*Calamagrostis epigeios*）、白茅（*Imperata cylindrica*）、罗布麻（*Apocynum venetum*）、扁秆镰草（*Scirpus planiculm*）等。沿高潮滩的海堤防护林主要为洋槐（*Robinia pseudoacacia*），林下为自然分布的草本植物，包括狗尾草（*Setaria viridis*）、葎草（*Humulus scandens*）等。

6.7.4 工程区及周边地区鸟类

根据 2017 年 6 月-2018 年 5 月资料，大丰海上风电场沿岸陆域于 2017 年 6 月至 2018 年 5 月累计共记录鸟类 141 种，分属 15 目 39 科。具体的种数和个体数分目组成分别如图 6.7-4、图 6.7-5 所示。其中，雀形目（*Passeriformes*）鸟类种类最多；数量上则以鸻形目、鸥形目、雀形目和鹬形目的鸟类占优，如黑嘴鸥、白鹭、白翅浮鸥、须浮鸥、家燕、苍鹭、环颈鸻、牛背鹭、黑腹滨鹬、红颈滨鹬、树麻雀、反嘴鹬等，此外，斑嘴鸭也是该区域较为常见的鸟种。

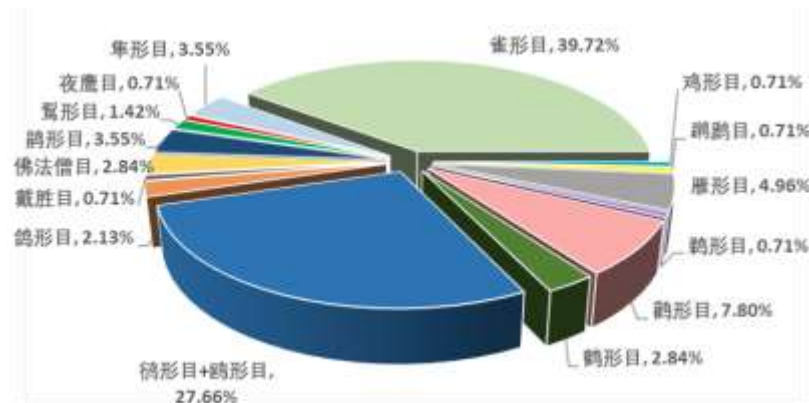


图 6.7-4 陆域鸟类分目种类组成

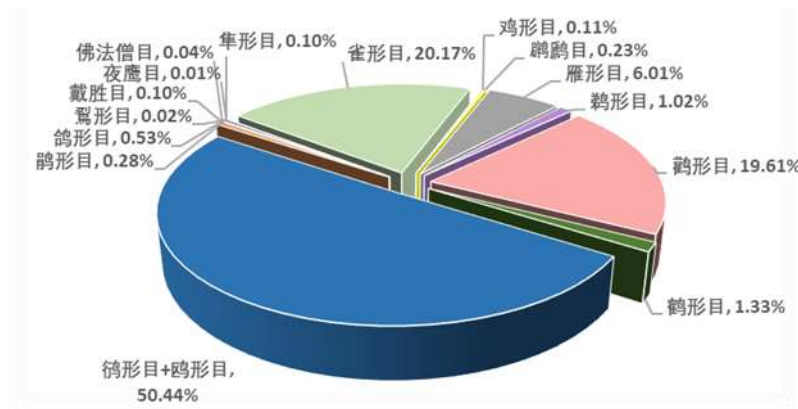


图 6.7-5 陆域鸟类分目数量组成

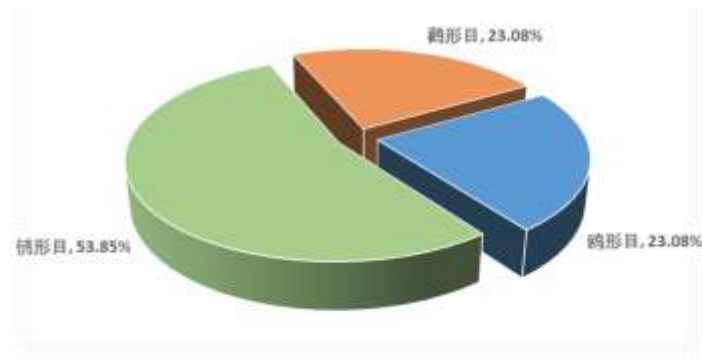
根据收集的资料，2017 年 6 月至 2018 年 5 月间工程周边海域的四个季度共记录到鸟类 17 种，具体种类和数量特征如表 6.7-4 所示。

表 6.7-4 海域鸟类种类组成及各季数量特征

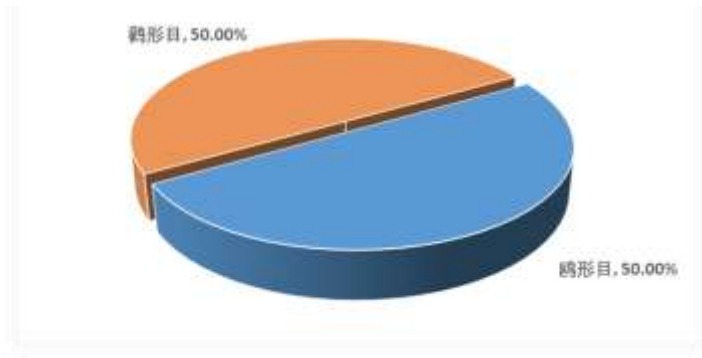
中文名	拉丁名	春	夏	秋	冬
1. 须浮鸥	<i>Chlidonias hybrida</i>	**	**	**	-
2. 白翅浮鸥	<i>Chlidonias leucopterus</i>	**	**	**	-
3. 白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	**	**	**	**
4. 织女银鸥	<i>Larus vegae</i>	-	-	*	**
5. 环颈鸻	<i>Charadrius alexandrinus</i>	**	-	**	-
6. 黑嘴鸥	<i>Chroicocephalus saundersi</i>	*	**	**	*
7. 蒙古银鸥	<i>Larus mongolicus</i>	-	-	*	**
8. 灰林银鸥	<i>Larus heuglini</i>	-	-	-	**
9. 斑尾塍鹬	<i>Limosa lapponica</i>	*	-	**	-
10. 黑尾塍鹬	<i>Limosa limosa</i>	*	-	**	-
11. 白腰杓鹬	<i>Numenius arquata</i>	*	-	*	**
12. 红颈滨鹬	<i>Calidris ruficollis</i>	**	-	*	-
13. 黑腹滨鹬	<i>Calidris alpina</i>	**	-	-	-
14. 斑嘴鸭	<i>Anas zonorhyncha</i>	-	-	-	**
15. 中杓鹬	<i>Numenius phaeopus</i>	*	-	**	-
16. 苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>	*	*	*	*
17. 大白鹭	<i>Ardea alba</i>	*	*	*	-

注：*表示 0~10；**表示 10~100；-表示未记录

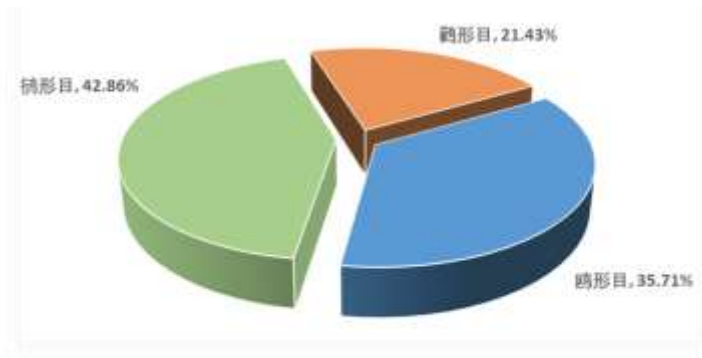
工程周边海域鸟类的种数、个体数总体分目组成情况如图 6.7-6 所示。鸟类种数以鸻形目、鸥形目居多；鸟类个体数量则以鸥形目为主。而在不同季节，记录到的鸟类组成也有所差异。



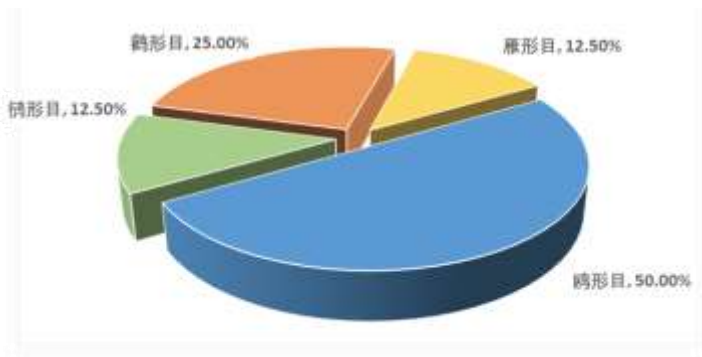
(a) 春季



(b) 夏季



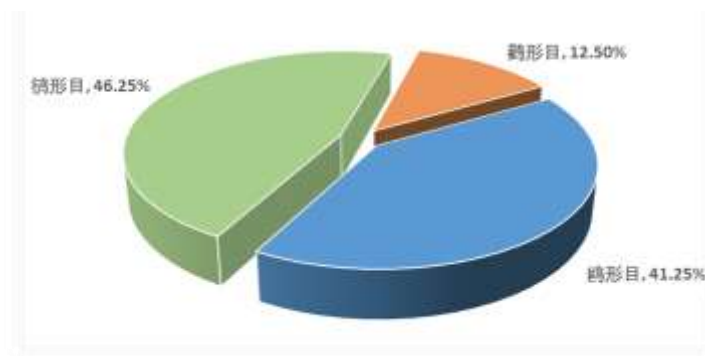
(c) 秋季



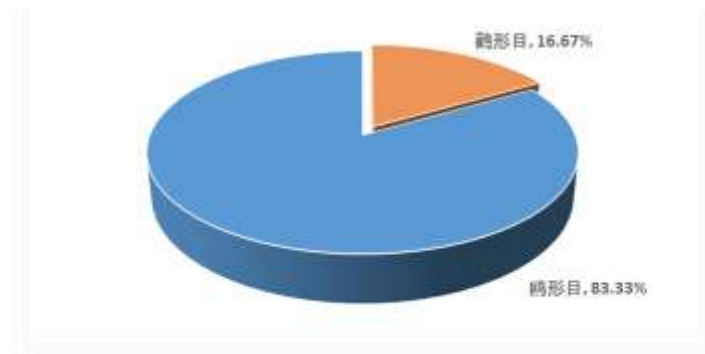
(d) 冬季

图 6.7-6 不同季节海域鸟类种数分目组成

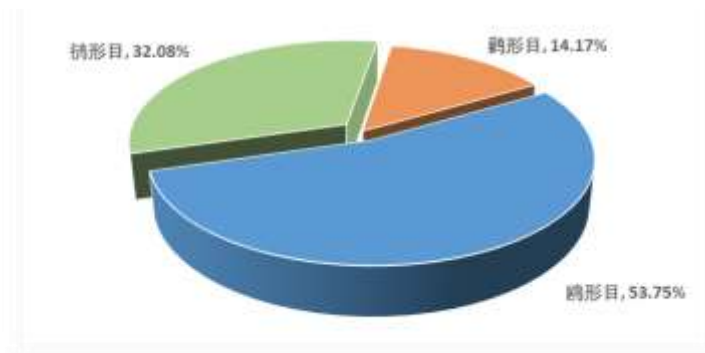
风电场周边海域的鸟类在数量上,除春季外其他三季都以鸥形目的鸟类为主。主要优势种在不同季节有一定差异,春季主要为白翅浮鸥、须浮鸥和环颈鸬;夏季和秋季主要为须浮鸥和白翅浮鸥;而冬季则主要为织女银鸥、蒙古银鸥和灰林银鸥。区域春夏秋冬四季的鸟类数量比例接近 2:1:3:2。未记录到保护鸟类。



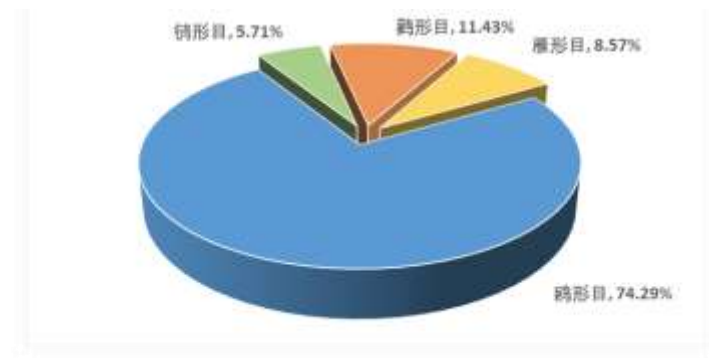
(a) 春季



(b) 夏季



(c) 秋季



(d) 冬季

图 6.7-7 不同季节海域鸟类数量分目组成

根据 2017 年 6 月-2018 年 5 月调查资料，陆域调查中记录有国家一级保护动物 3 种 54 只，即丹顶鹤（*Grus japonensis*）、东方白鹳（*Ciconia boyciana*）、白头鹤（*Grus monacha*）；国家二级保护动物 9 种 495 只，即黑脸琵鹭（*Platalea minor*）、小青脚鹬（*Tringa guttifer*）、白琵鹭（*Platalea leucorodia*）、灰鹤（*Grus grus*）、鸢（*Pandion haliaetus*）、苍鹰（*Accipiter gentilis*）、灰脸鵟鹰（*Butastur indicus*）、普通鵟（*Buteo japonicus*）、小鸦鹃（*Centropus bengalensis*），而在海域调查中未记录到国家重点保护鸟类。

2018 年 10 月现场补充调查，共记录鸟类 25 种，如表 6.7-5 所示，均为已有资料中有记录的鸟类，未发现国家重点保护鸟类。主要优势种为鸻形目鹭科鸟类。其中，陆域记录鸟类 22 种，风电场周边海域记录鸟类 4 种，而风电场区域只记录海鸥 1 种。从数量对比来看，陆域：周边海域：风电场区域接近 100：5：1，随着离岸距离的增加鸟类种类、数量均明显减少。陆上换流站建设区靠近 DA1 站点，邻近石化码头，鸟类分布数量较少，只记录有个别白鹭分布。

表 6.7-5 区域现状补充调查记录鸟类情况（2018 年 10 月）

种 类		陆域	海 域	
			周边海域	风电场
1. 小鸕鷀	<i>Podiceps ruficollis</i>	**	—	—
2. 苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>	***	—	—
3. 大白鹭	<i>Egretta alba</i>	*	—	—
4. 白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	**	—	—
5. 夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	**	—	—
6. 海鸥	<i>Larus canus</i>	*	**	*

7. 织女银鸥	<i>Larus vegae</i>	—	*	—
8. 黑嘴鸥	<i>Larus saundersi</i>	—	*	—
9. 须浮鸥	<i>Chlidonias hybridus</i>	**	—	—
10. 绿翅鸭	<i>Anas crecca</i>	—	*	—
11. 青脚鹬	<i>Tringa nebularia</i>	*	—	—
12. 黑腹滨鹬	<i>Calidris alpina</i>	*	—	—
13. 环颈鸻	<i>Charadrius alexandrinus</i>	**	—	—
14. 戴胜	<i>Upupa epops</i>	*	—	—
15. 环颈雉	<i>Phasianus colchicus</i>	*	—	—
16. 棕背伯劳	<i>Lanius schach</i>	*	—	—
17. 喜鹊	<i>Pica pica</i>	**	—	—
18. 灰喜鹊	<i>Cyanopica cyana</i>	*	—	—
19. 北红尾鸲	<i>Phoenicurus aureus</i>	*	—	—
20. 家燕	<i>Hirundo rustica</i>	*	—	—
21. 白头鹎	<i>Pyononotus sinensis</i>	*	—	—
22. 灰椋鸟	<i>Sturnus cineraceus</i>	**	—	—
23. 灰头鹀	<i>Emberiza spodocephala</i>	*	—	—
24. 远东树莺	<i>Horornis borealis</i>	*	—	—
25. 珠颈斑鸠	<i>Streptopelia chimensis</i>	**	—	—

注：*表示 0~10；**表示 10~100；***表示 100~1000；-表示未记录

6.8 声环境现状监测与评价

6.8.1 工程海域风电场声环境现状监测与评价

本工程风电场区域水上及水下声环境现状引用《三峡新能源大丰 H8-2#300MW 水下噪声及电磁对海洋生物的影响评价专题》成果，调查结果来自中国船舶重工集团公司第七〇二研究所对三峡新能源江苏大丰 H8-2#海洋声环境海上风电场工程海区进行的水下及水上声环境检测结果。

6.8.1.1 监测方法和测点

1) 测试地点及环境条件

表 6.8-1 测试仪器及设备

序号	名 称	型 号	机 号	检定有效期
1	水听器	8104	3166836	2019-09-28
2	水听器	8104	3166837	2019-09-28

3	水听器	8104	3166838	2019-09-28
4	电荷放大器	2692	3007146	2019-01-08
5	数据采集仪	BK3660D	100372	2019-05-30
6	声级计	B&K2250	3007987	2019-07-19

表 6.8-2 测试点位置坐标

序号	测点	就位点		测试点	
		经度 E	纬度 N	经度 E	纬度 N
1	1#	121°30'	33°18'	121°30'	33°18'
2	2#	121°31'	33°18'	121°31'	33°18'
3	3#	121°31'	33°19'	121°31'	33°19'

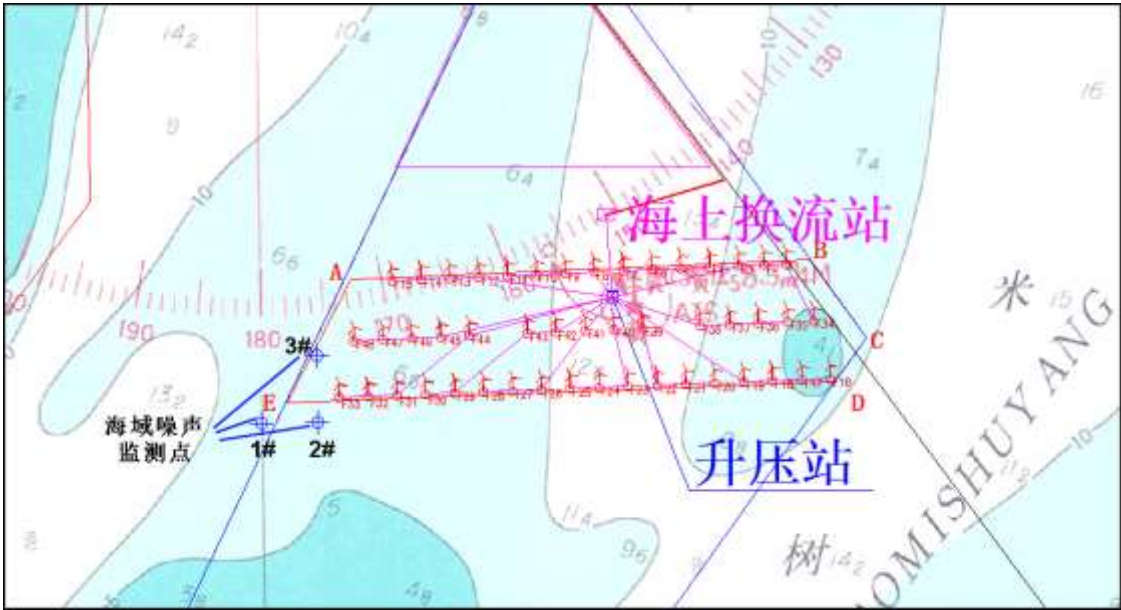


图 6.8-1 工程海域声环境测试点位置示意图

2) 测试环境条件

测量用船为苏大渔养 08098 号船，测试时停止船上一切机械设备，禁止一切与测量无关的操作工作，测量采用蓄电池供电，测试区域天气晴，水深 11m~12.5m，海况 2 级，流速 2.2kn~2.3kn，风速 1~1.7m/s，各点测试情况见表 6.8-3。

表 6.8-3 测试海区环境条件

序号	测点	即时风速 (m/s)	平均风速 (m/s)	风向	流速 (kn)	海况 (级)	波高 (m)	天气	水深 (m)	测试时间
1	1#	1.5	1.0	东	2.2	2	0.5	晴	11.0	12:00
2	2#	1.5	1.0	东	2.2	2	0.5	晴	12.5	12:16

3	3#	3.0	1.7	东	2.3	2	0.5	晴	11.0	12:35

3) 测量方案

(1) 测试方案

水下噪声测试采用浮标布放水听器方式，测量采用 3 个水听器，具体深度根据水深决定，测试系统布置见图 6.8-1。

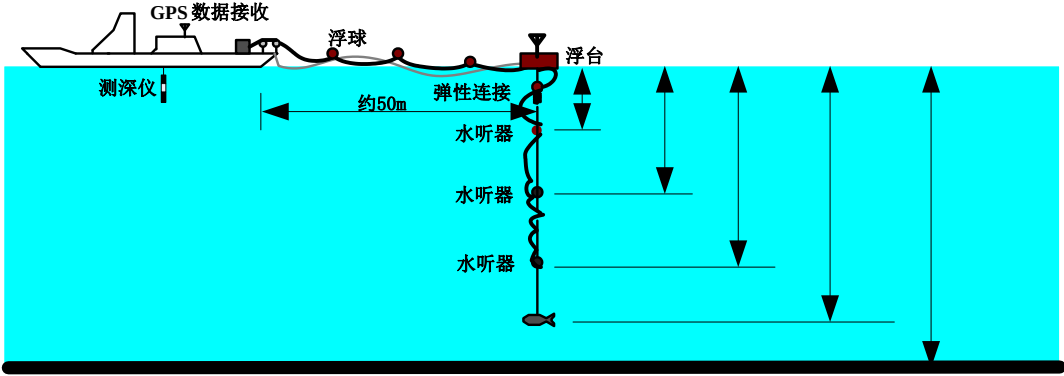


图 6.8-2 测试方案示意图

(2) 测试系统

测试系统主要有水听器、电荷放大器、数据采集分析仪、声级计及直流电源等组成，图 6.8-2 为测试系统仪器仪表框图。

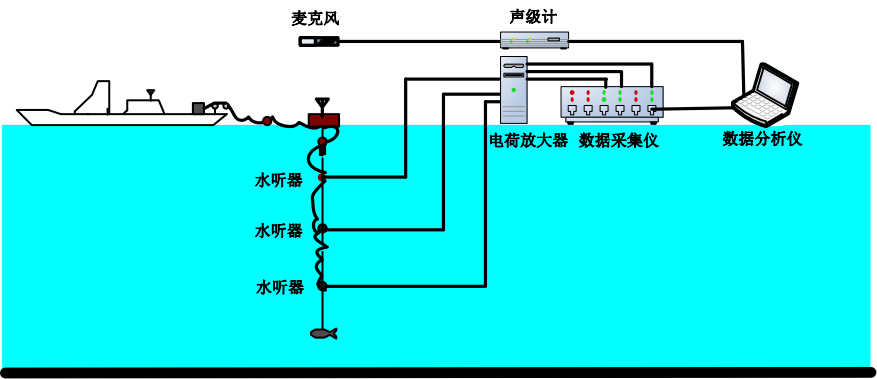


图 6.8-3 测试主要仪器仪表框图

4) 测量工况

(1) 水上声环境监测

水上声环境监测内容包括：①等效连续 A 声级 L_{eq} ；②累计百分声级： L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 。共监测 3 个点，每个监测点连续监测时间为 10min 以上。

(2) 水下声环境监测

调查内容为频带声压级、声压谱级以及各测点的峰值声压级。

本工程所进行的海洋背景噪声测量用船载方式进行，测量中船位抛锚并关闭发动机和辅机，水下没有其他的干扰声源存在，因此干扰噪声修正值 $K=0$ 。

本工程共调查 3 个站点。根据各测点具体的海域深度，每个站点在不同水层深度进行测量，每点测量记录时间均为 2min 以上

6.8.1.2 水上声环境现状监测与评价

工程海域海上空气噪声监测测试见表 6.8-4 及图 6.8-3，为不同测点海上空气噪声 1/3oct，海面上环境噪声等效连续 A 声级主要分布在 50dB~57.7dB 之间，最大等效连续声级约为 57.7dB。

表 6.8-4 工程海域水上声环境监测结果（A 计权）

测点编号	噪声源	等效连续声级 (dB/20μPa)	累积百分声级 L10(dB/20μPa)	累积百分声级 L50(dB/20μPa)	累积百分声级 L90(dB/20μPa)
1#	海上声环境	55.6	56.6	47.3	41.3
2#	海上声环境	50.0	49.6	40.9	34.5
3#	海上声环境	57.7	58.6	47.1	38.6

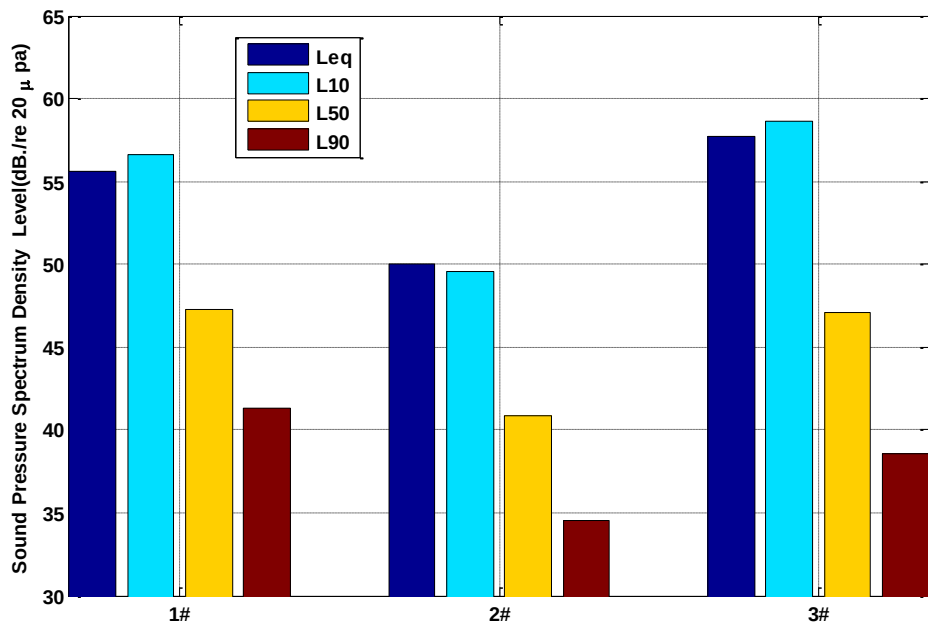


图 6.8-4 不同测点水上环境噪声比较

6.8.1.3 水下声环境现状监测与评价

本节只列出位于工程区内的水下声环境现状监测结果，即 3#测点监测结果。测试海域 3#测点水下声环境声压谱级及频带声压级见表 6.8-5～表 6.8-9，图 6.8-5～图 6.8-10 为 3#测点窄带声压谱级及 1/3oct.声压谱级，测试海域海洋环境噪声总声级在 110.9dB~134.5dB（20Hz~20kHz）之间，最大谱级在 84.4dB~116.9dB 之间，峰值声压在 140.8dB~158.4dB 之间。

表 6.8-5 工程海域水下声环境监测结果-声压谱级(L_{ps}) 单位: dB/1 μ Pa

测点编号	测点深度	1/3oct.声压谱级															
		20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz
3#	1m	95.7	98.1	87.4	77.4	78.7	84.3	90.2	89.5	83.4	79.1	79.9	72.2	64.3	65.9	66.9	63.8
	3m	95.8	98.2	86	77.6	81.7	85.1	92.1	93.6	91.4	88.9	90.4	84.1	75.3	74	71.3	68.6
	5m	102.5	98.1	96.8	97.9	94.4	98	102	99.3	99.6	101.4	101.6	96.1	92.6	88	84.9	79.5
	7m	115.3	112.9	111.4	113.4	111.4	107.1	98.6	96.7	90	84	82.3	77	72.6	72.2	68.4	66.8
	9m	116.5	118.1	116.1	116.7	113.2	108.7	104.9	103.9	97.4	93.1	90.7	82	74.2	70.5	66.1	65.8
	10m	116.9	119.7	117.5	116.8	115.8	111.9	110.6	107.3	99.1	97.4	102.8	99.3	86.6	84.4	80.2	72.8

表 6.8-6 工程海域水下声环境监测结果-声压谱级(L_{ps}) 单位: dB/1 μ Pa

测点编号	测点深度	1/3oct.声压谱级															
		800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	12.5kHz	16kHz	20kHz	
3#	1m	63.6	60	59.5	55.9	54.7	52.2	51.6	50.5	50.4	50.2	50	49.7	49.7	49.7	49.4	
	3m	67.7	64.1	62.7	58.4	55.9	53.4	52.1	50.8	50.5	50.3	50.6	50.2	49.9	49.9	49.6	
	5m	72.4	68.5	64.3	60.7	57.9	54.6	53.3	51.3	50.9	50.2	50	49.9	49.8	49.9	49.6	
	7m	65.5	65.2	63.3	60.8	56.4	54.7	53.1	51.7	52.1	50.3	49.9	49.7	49.7	49.5	49.4	
	9m	65.1	65.2	62.4	59.5	55.3	53.3	52	50.8	51	49.9	49.8	49.8	49.7	49.6	49.5	
	10m	69.5	67.1	61	58.1	55	53.2	52.1	51.6	52	50.6	50.2	51	50.2	49.7	50.3	

表 6.8-7 工程海域水下声环境监测结果-频带声压级(L_{pf}) 单位: dB/1 μ Pa

测点编号	测点深度	1/3oct.声压谱级															
		20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz
3#	1m	102.4	105.8	96.1	87.1	89.3	96	102.9	103.2	98	94.8	96.6	89.8	82.9	85.6	87.6	85.4
	3m	102.4	105.8	94.6	87.3	92.4	96.8	104.8	107.2	106.1	104.6	107	101.7	94	93.7	92	90.2
	5m	109.1	105.7	105.5	107.6	105.1	109.7	114.7	112.9	114.3	117.1	118.2	113.7	111.2	107.6	105.5	101.1
	7m	121.9	120.6	120	123	122	118.8	111.3	110.3	104.6	99.7	99	94.6	91.3	91.9	89	88.4
	9m	123.2	125.7	124.7	126.4	123.9	120.3	117.5	117.6	112	108.8	107.3	99.6	92.9	90.2	86.8	87.5
	10m	123.6	127.4	126.2	126.4	126.5	123.6	123.3	121	113.8	113	119.5	117	105.2	104.1	100.9	94.4

表 6.8-8 工程海域水下声环境监测结果-频带声压级(L_{pf}) 单位: dB/1 μ Pa

测点编号	测点深度	1/3oct.声压谱级															
		800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	12.5kHz	16kHz	20kHz	
3#	1m	86.3	83.7	84.1	81.6	81.4	79.9	80.2	80.2	81.1	81.8	82.7	83.3	84.3	85.4	86.1	
	3m	90.4	87.7	87.3	84.1	82.6	81	80.8	80.5	81.2	81.9	83.3	83.8	84.5	85.6	86.3	
	5m	95.1	92.2	89	86.4	84.5	82.2	82	81	81.5	81.8	82.7	83.6	84.4	85.6	86.3	
	7m	88.1	88.8	87.9	86.5	83.1	82.3	81.7	81.3	82.7	81.9	82.5	83.3	84.3	85.2	86.1	
	9m	87.7	88.9	87	85.2	81.9	80.9	80.6	80.5	81.6	81.6	82.5	83.5	84.3	85.2	86.1	
	10m	92.2	90.7	85.6	83.8	81.6	80.8	80.7	81.3	82.6	82.3	82.9	84.6	84.8	85.4	87	

表 6.8-9 工程海域水下噪声峰值声压

测点编号	测点水深	总声级（20Hz-20kHz）(dB/1μPa)	峰值声压 Lpeak(dB/1μPa)
3#	1m	110.9	140.8
	3m	114.7	144.1
	5m	124.4	156.3
	7m	129.2	153.9
	9m	132.6	156.4
	10m	134.5	158.4

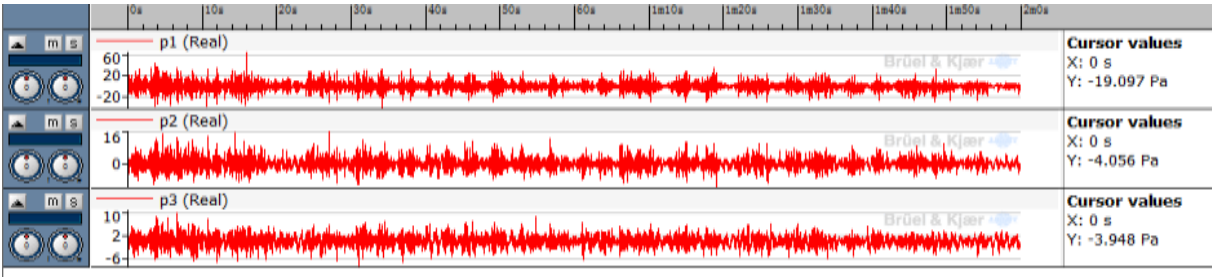


图 6.8-5 3#测点时域数据截图（1m~5m）

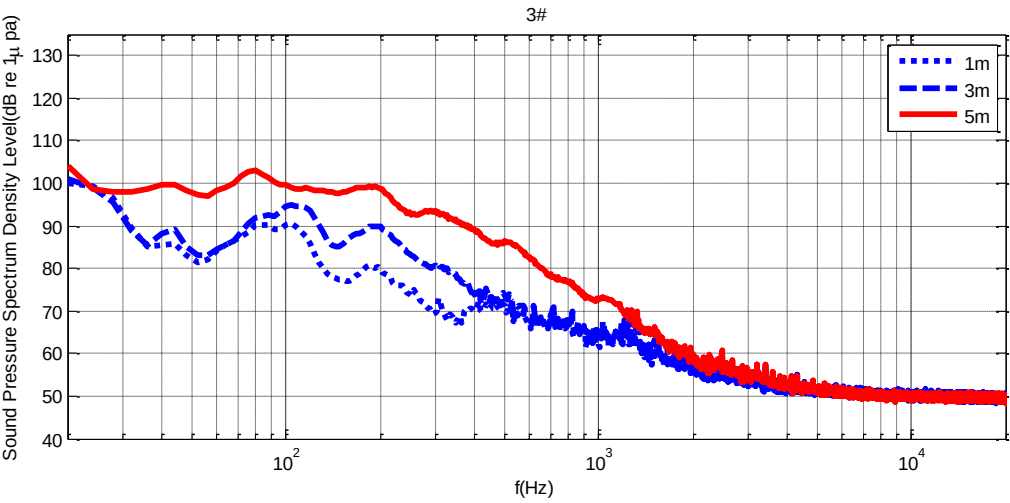


图 6.8-6 3#测点不同水深声压功率密度谱比较（窄带频率谱）

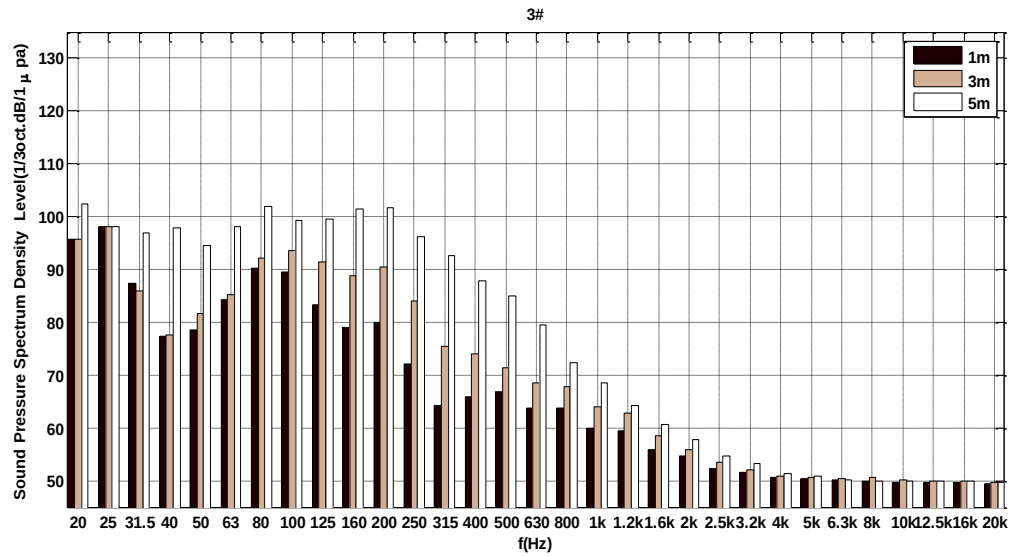


图 6.8-7 3#测点不同水深声压功率密度谱比较（1/3oct. 声压谱级）

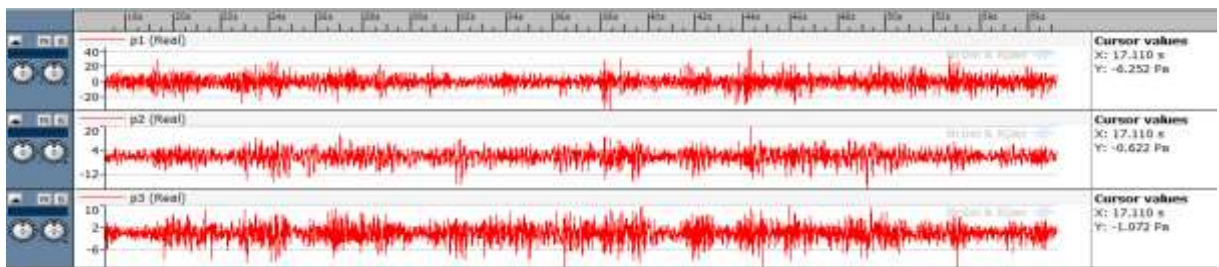


图 6.8-8 3#测点时域数据截图（7m~10m）

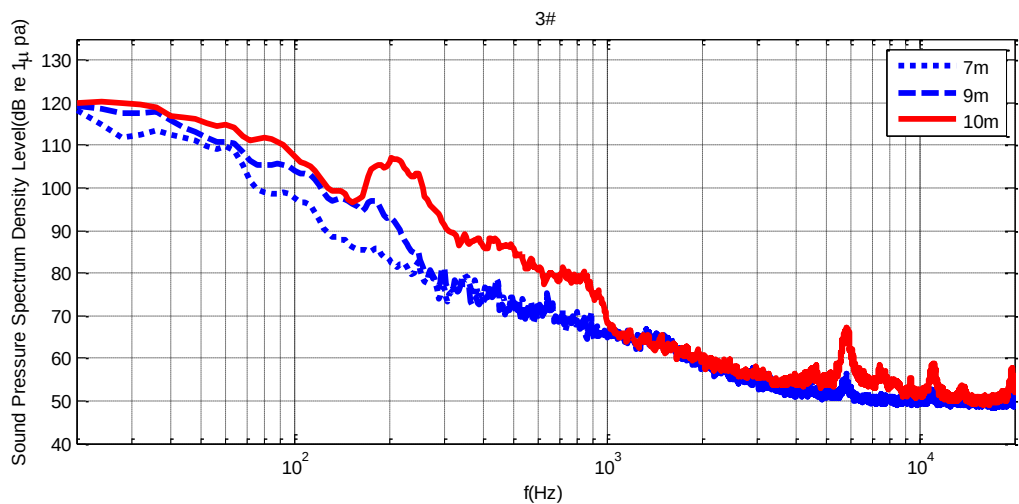


图 6.8-9 3#测点不同水深声压功率密度谱比较（窄带频率谱）

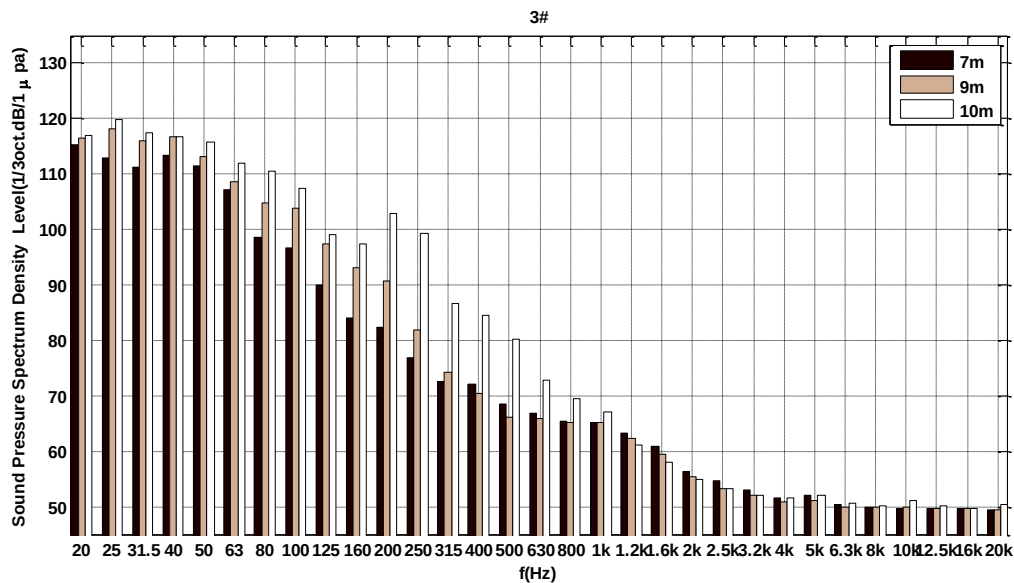


图 6.8-10 3#测点不同水深声压功率密度谱比较（1/3oct. 声压谱级）

6.8.2 陆域声环境现状监测与评价

为了解陆上换流站区域声环境现状,我院工程检测中心于 2018 年 10 月 22、23 日对陆上换流站所在区域的声环境进行了现场监测。

（1）监测站位

本工程陆上换流站布置在大丰 H11 集控中心西侧约 250m。

在换流站布设 1 个监测点监测换流站附近环境噪声，换流站场地环境噪声连续监测 2 天，每天昼夜各监测 1 次。监测点位布置见图 6.8-11。

表 6.8-10 噪声检测点位

序号	测点编号	测点名称	测点位置经纬度	检测项目
1	N1	拟建换流站站址	(33°8'60.00"N, 120°50'20.40"E)	环境噪声

（2）监测项目

噪声：测定离地面 1.2m 处昼间等效连续 A 声级 L_{eq} ，同时记录环境温度、相对湿度、风速等气象条件。



图 6.8-11 监测点位图

(3) 监测仪器

主要监测仪器详见表 6.8-11。

表 6.8-11 主要检测仪器一览表

检测项目	仪器名称及型号	仪器编号	检定/校准机构	检定/校准有效期
噪声	AWA6228 型多功能声级计	B-32	上海市计量测试技术研究院	2019.5.13

(4) 监测条件

表 6.8-12 监测期间气象条件情况

日期	气象条件	温度 (°C)		湿度 (%RH)		风速 (m/s)	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
2018 年 10 月 22 日	阴	22.7	18.1	51.2	57.3	2.6	3.4
2018 年 10 月 23 日	阴	23.3	18.8	53.1	59.5	2.2	3.0

(5) 监测结果

声环境监测结果见表 6.8-13。

表 6.8-13 噪声检测成果一览表

检测项目		环境噪声								
测点编号	测点名称	检测时间		L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}	备注
		时 分		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	
N1	拟建换流站站址	10 月 22 日	14:12~14:32	41.2	43.7	39.6	38.5	50.7	37.5	附近约 600m 处 风机夜间运转
			22:16~22:36	43.9	45.4	43.9	41.1	54.8	38.8	
		10 月 23 日	10:07~10:27	45.4	46.4	45.2	44.1	61.6	42.3	附近约 600m 处 风机运转
			22:31~22:51	45.3	46.3	45.1	44.2	54.0	42.8	

监测结果显示，拟建 220kV 换流站站址处两天昼、夜间噪声监测值在 41.2~45.4dB(A)和 43.9~45.3dB(A)之间，除一天由于附近风机运转导致噪声略有超标外（超标 0.3dB(A)），站址处现状环境噪声均可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类声环境功能区标准限值要求。

7 环境影响预测与评价

7.1 水文动力环境影响预测与评价

运用二维水动力模型预测风电场工程对附近海域水文动力环境的影响。二维水动力模型采用 MIKE21 模型系统, MIKE21 系统是目前国际上功能齐全、应用范围广的水环境模拟软件之一, 主要用于模拟海洋、河口、湖泊、河流、水库等水体的水流、水质、富营养化预测、水生生态、泥沙输运等问题。MIKE21 完全按照软件系统工程的思想设计的, 由波浪模型、水动力模型、对流扩散模型、常规水质模型和富营养化模型等组成, 可模拟各种水文、气象条件下水体的流场分布, 流速大小和方向, 污染物迁移转化规律和水生生态演变规律等。

MIKE21 模型采用有限体积法求解控制方程, 计算网格为任意三角形单元, 能够有效准确地模拟岸线和建筑物的外形轮廓。而且, 根据研究需要, 可对计算网格进行任意地加密, 以便能够在大范围模型中实现局部精细模拟, 从而得到合理的数值模拟结果。

7.1.1 数学模型

7.1.1.1 基本方程

考虑 Bousinesque 近似和浅水假定, 以及风应力的影响, 则垂向积分的二维水动力学方程组为:

连续方程:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = S$$

动量方程:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} \\ & - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] + \Omega p - f V V_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0$$

式中： h ——水深(m)；

ζ ——水位(m)；

p 、 q —— x 、 y 向的单宽流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)；

$C = \frac{1}{n} H^{1/6}$ ——谢才系数，其中 n 为曼宁系数；

f ——风阻力系数；

V 、 V_x 、 V_y ——风速及其在 x 、 y 方向上的分量(m/s)；

Ω ——Coriolis 参数；

p_a ——大气压 ($\text{kg}/\text{m}/\text{s}^2$)；

ρ_w ——水的密度 (kg/m^3)；

τ_{xx} 、 τ_{xy} 、 τ_{yy} ——剪切应力分量。

采用 ADI 格式对上述方程进行求解。

7.1.1.2 计算范围及网格设置

采用大、小网格嵌套的模式来进行水动力模拟计算。大模型为江苏苏北沿海大范围海域潮流数学模型，海域东边界为东经 $123^\circ 16'$ ，南边界至北纬 $31^\circ 57'$ ，北边界至北纬 $35^\circ 26'$ ，模型东西长约 339km，南北长约 388km。小模型为风电场工程区附近海域，东西长约 125km，南北长约 175km。大模型为小模型提供边界条件。为满足工程计算的精度，采用网格局部加密的方法，大模型从外海至近岸区域网格尺寸逐渐减小，其中外海网格尺度为 2.5km，近岸网格尺寸为 400m，共 330885 个单元，166480 个节点；小模型为了更好的模拟风机基础周围的潮流流态，以阻水面积基本相当为原则，将每个风机基础概化成边长 7m×7m 的矩形

不透水单元，海上升压站基础概化成边长 5m×5m 的矩形不透水单元，海上换流站概化成边长 10m×10m 的矩形不透水单元，风机周围网格尺寸为 10m 左右，风电场外围海域和路由沿线网格尺寸约为 100m，其他海域网格尺寸 500m~1.5km，共 77918 个单元，39229 个节点。网格图见图 7.1-1~图 7.1-3。

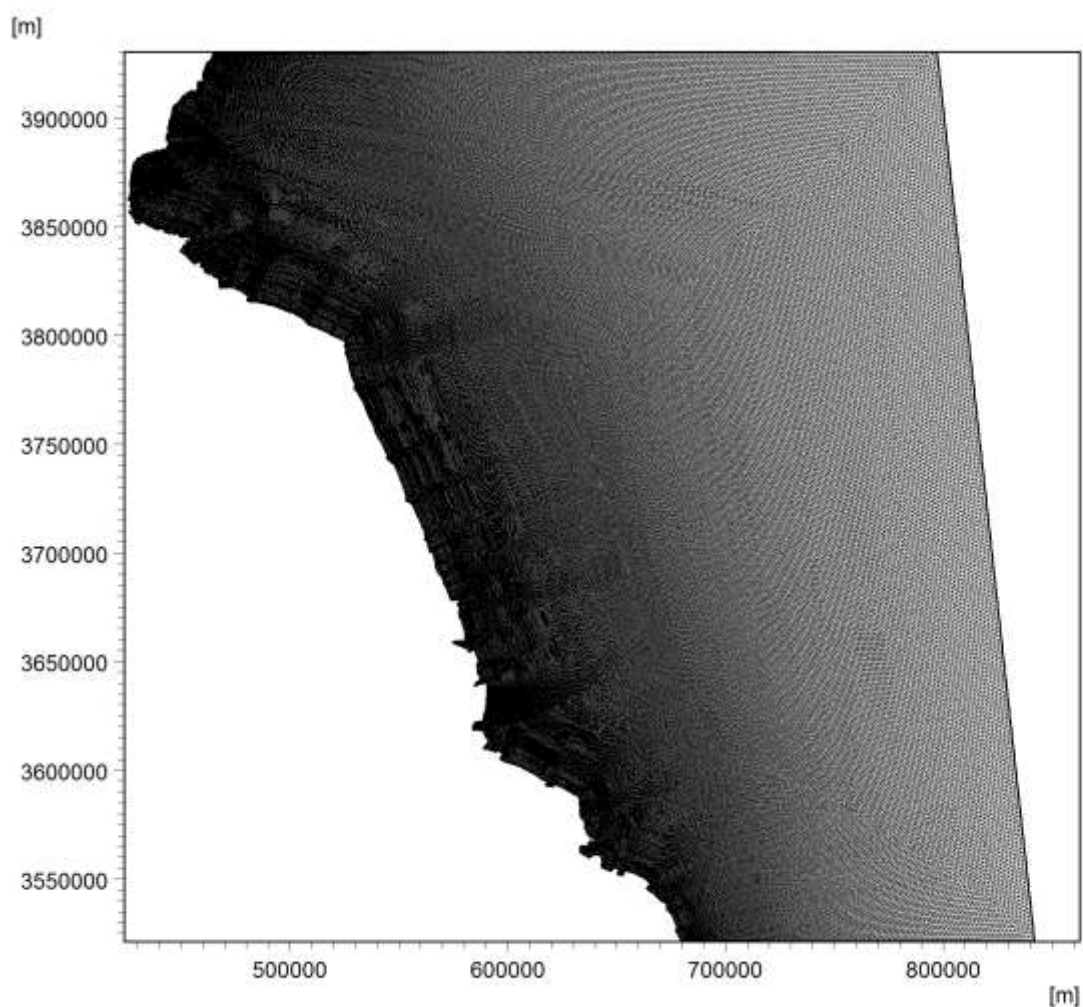


图 7.1-1 江苏苏北沿海大范围模型网格图

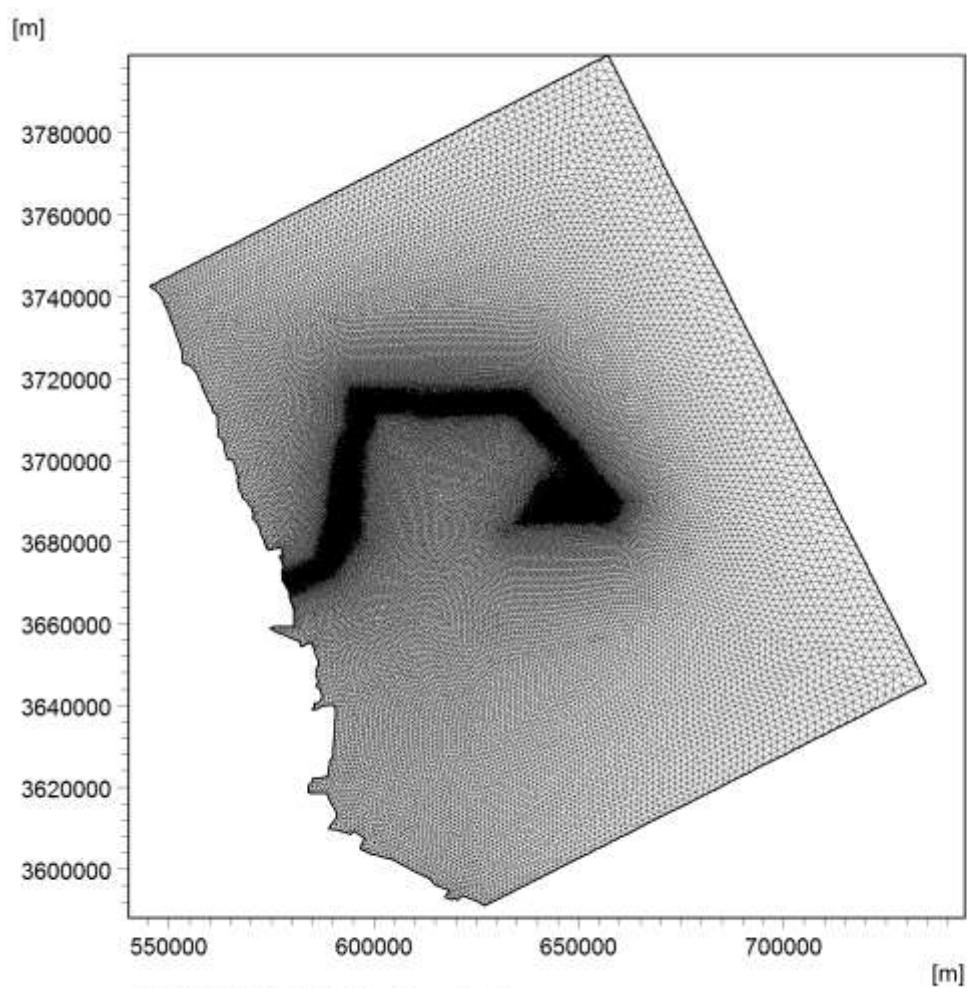


图 7.1-2 工程区域小模型网格图

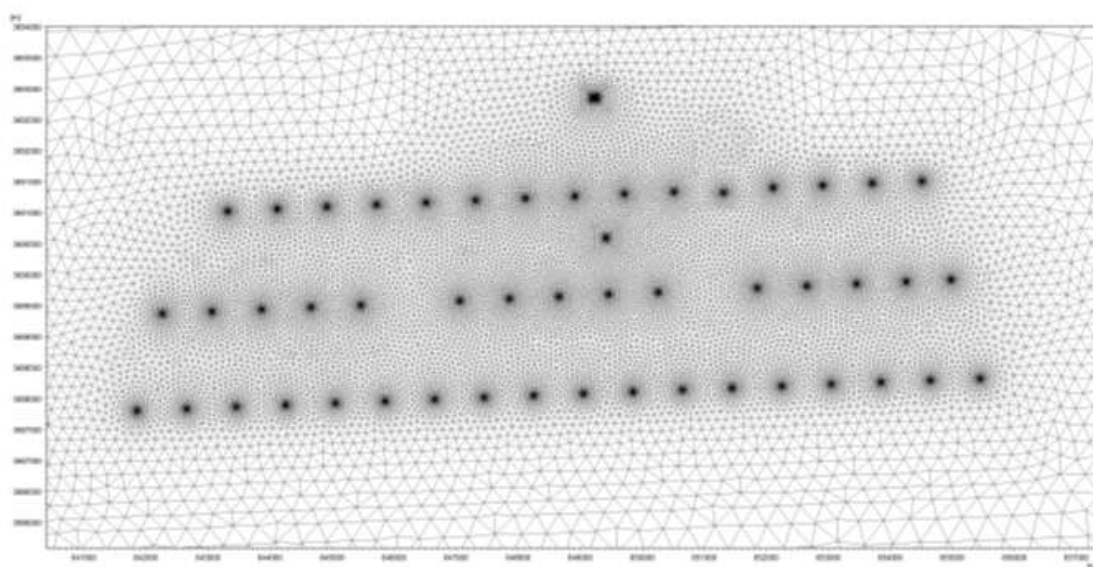


图 7.1-3 风机附近局部网格图

7.1.1.3 地形处理

进行数学模型计算时，依据海军航海保证部出版的相关海图和其它相关水下量测地形确定水深，并将水深统一换算至 85 国家基面。其中风电场工程海域采用 2018 年实测的 1:10000 水下地形资料。采用三角插值的方法将高程散点插值到各网格节点。

7.1.1.4 边界条件

大模型共设 3 个外海潮位开边界。3 个开边界采用全球潮汐模型计算提供的潮位边界。小模型共设 3 个潮位开边界，由大模型计算结果提供。

7.1.1.5 参数取值

(1) 糙率

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与水深、床面形态、植被条件等因素有关，经调试，根据各海域的不同特点，糙率 n 取值为 0.009~0.02。

(2) 涡粘系数

涡粘系数采用 Smagorinsky 公式。

$$E_s = C_s^2 l^2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]$$

式中： u, v 分别为 x, y 方向的流速分量(m/s); l 为网格间距; C_s 为 Smagorinsky 常数，计算时通过输入 C_s 的值来计算涡粘系数， C_s 可以取 0.25 到 1.0 之间的数，本报告取软件默认参数为 0.28。

(3) 模型计算时间步长

模型采用的时间步长 $\Delta t = 30s$ 。

7.1.1.6 数学模型率定

为使建立的工程海域潮流模型能较好的模拟预测风电场工程区的潮流场，需对模型进行参数率定和验证。采用 2018 年 9 月在风电场区域开展的 6 个站点

的大潮潮流实测数据（流速和流向）、L1 站潮位资料及收集的 2014 年 9 月 9 个站点的大潮潮流实测数据（流速和流向）、T1 站潮位资料对模型进行率定验证。2018 年 9 月实测站位详见图 7.1-2，2014 年 9 月实测站位见图 7.1-1。潮位和流速、流向率定验证结果见附件。由验证结果图可见：大潮期间，实测潮位与模拟计算的潮位拟合的较好，最高、最低潮位的模拟误差在 10cm 以内，涨、落潮的主峰都拟合的较好，个别点的流速、流向与实测值有一定偏差，这可能和岸线概化、地形等因素有关。两个潮周期平均的涨、落急流速的误差绝对值均在 0.1m/s 左右，除个别点个别时刻外，其它各验证整点流速相对误差均控制在 10%以内，流向验证误差在 10° 以内。总体上说，模型模拟结果基本反映了的工程周边海域的潮流流态及潮汐特征，可用于工程水文动力影响的预测。风电场工程地处江苏沿海辐射沙洲区域，近岸及辐射沙洲各潮流通道以往复流为主，外海以旋转流为主。风电场区域水深深浅不一且缺乏规律性，水动力特性较为复杂。从模型率定结果来看，潮位及流速、流向计算结果与实际情况吻合较好，个别点的流速、流向与实测值有较大偏差，这可能和地形概化等因素有关。总体上说，模型模拟结果基本反映了辐射沙洲及风电场工程区域的潮流流态及潮汐特征，可用于工程水文动力影响的预测。

7.1.2 现状潮流场分析

本工程所在海域的潮流特征与地形密切相关，基本特征是以弶港为中心的各条潮汐通道内的辐聚-辐射的往复流，潮流流速较大，属强潮流区。根据工程建设前工程区海域的潮流场数值模拟结果，绘出了工程海域大、小潮期间涨急、落急时刻流场图，见图7.1-4和图7.1-7。

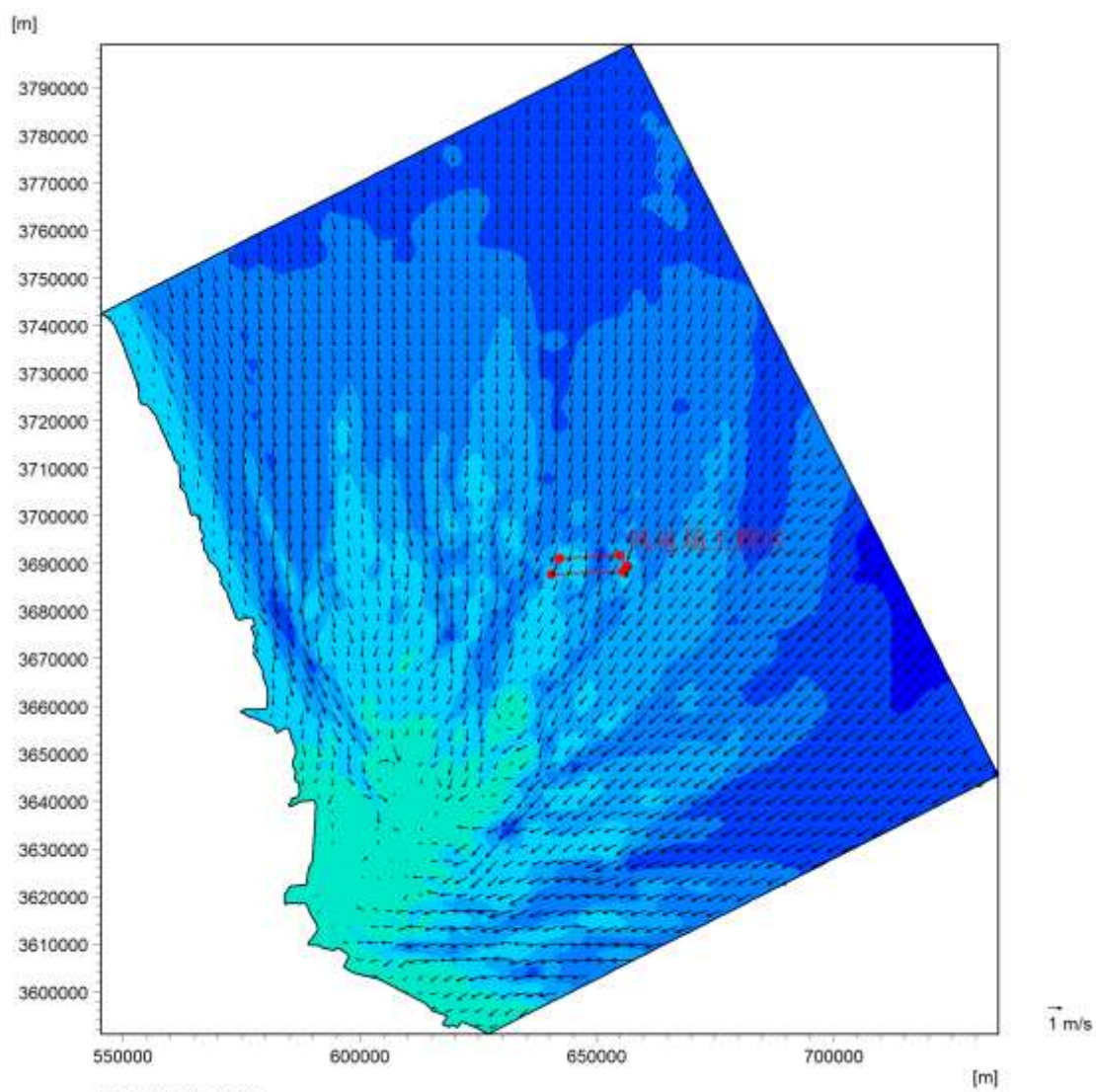


图 7.1-4 工程建设前风电场海域大潮涨急流场图

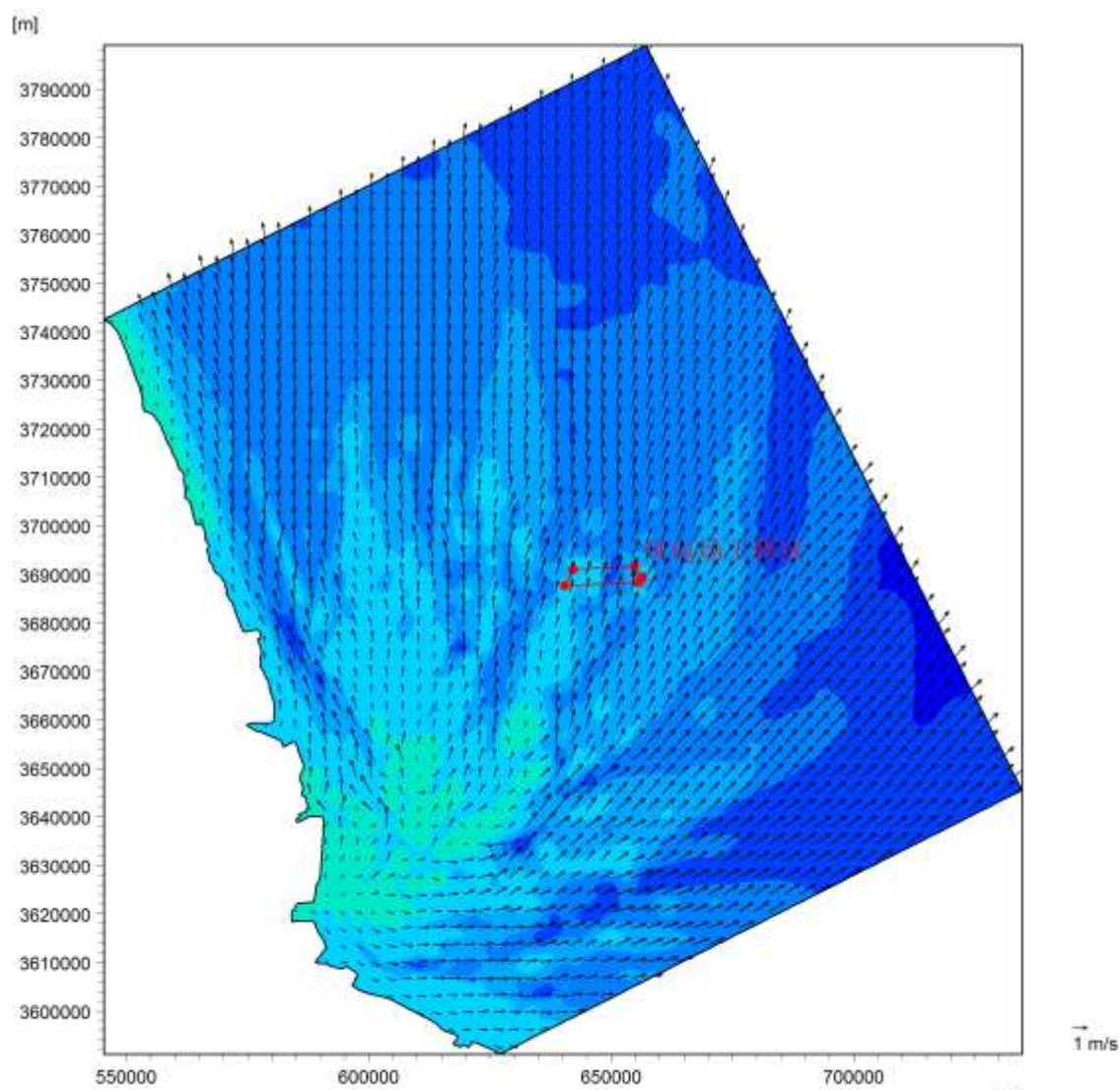


图 7.1-5 工程建设前风电场海域大潮落急流场图

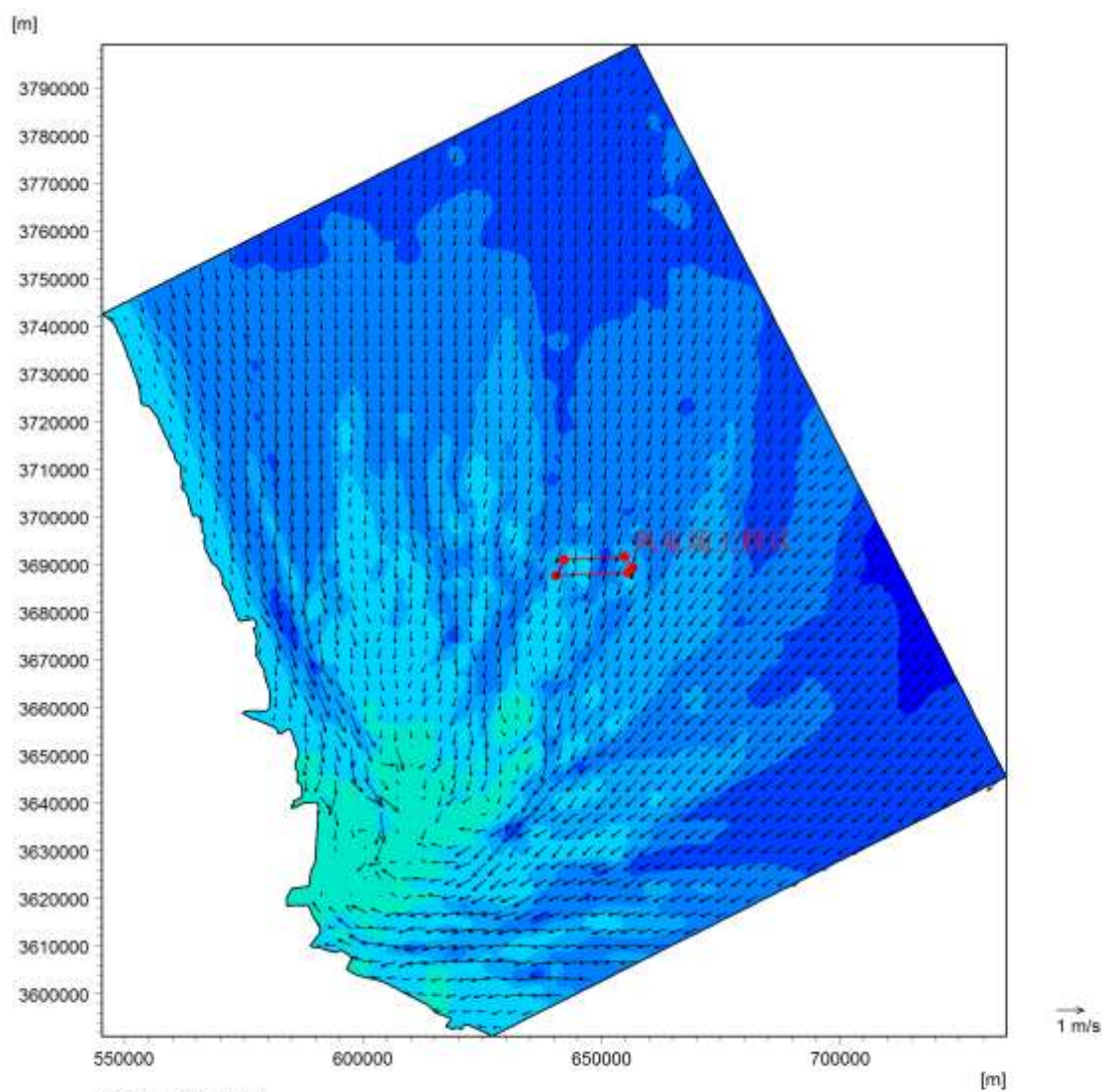


图 7.1-6 工程建设前风电场海域小潮涨急流场图

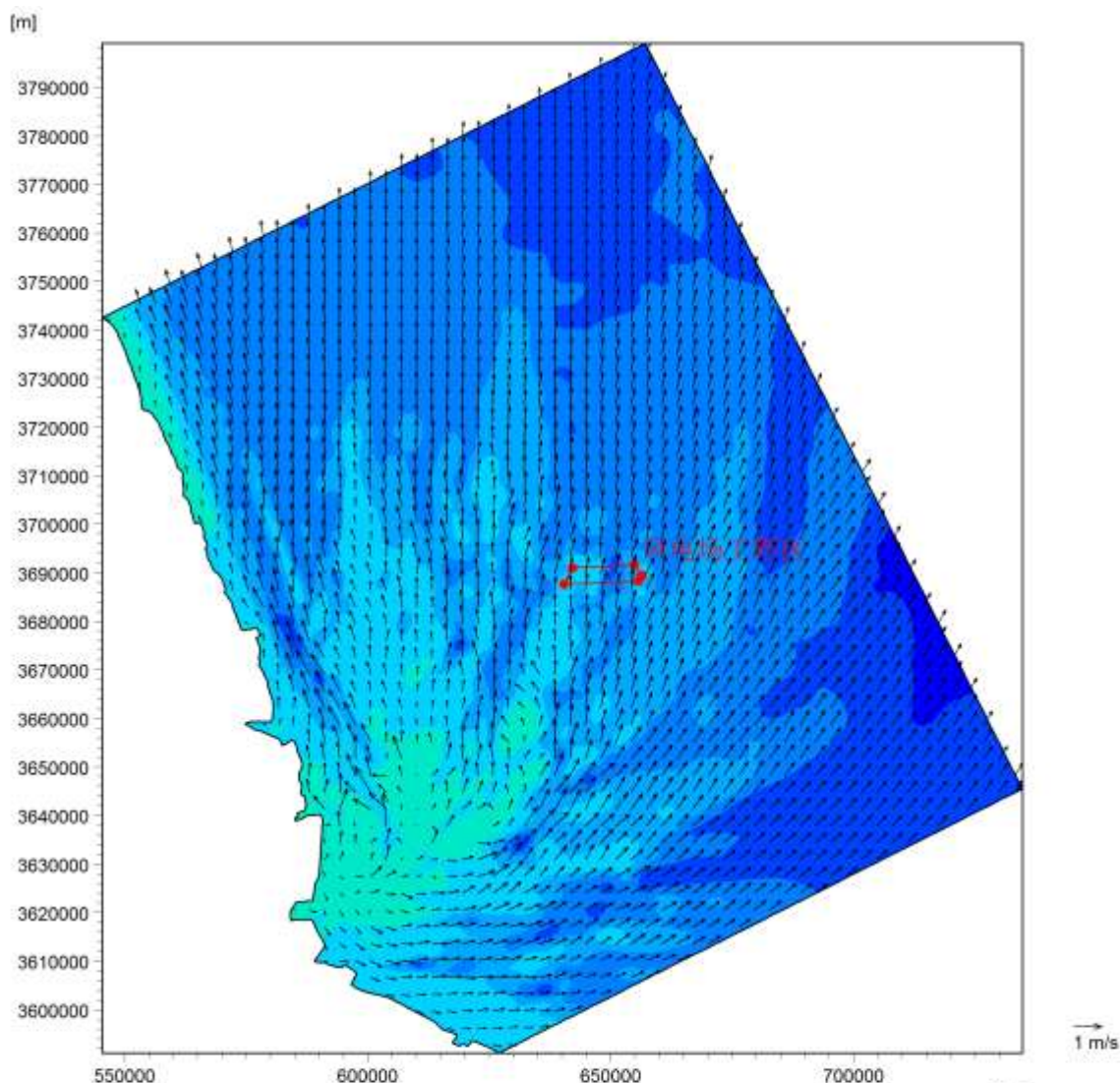


图 7.1-7 工程建设前风电场海域小潮落急流场图

由上述图件可以看出：风电场工程位于辐射沙洲的毛竹沙北侧海域。受南黄海旋转潮波系统以及东海前进潮波系统的共同作用，涨潮时，潮流自外海向弶港聚集；落潮时，潮流以弶港为中心向外海辐射。受辐射沙洲滩槽相间的地形特点影响，工程海域潮流基本表现为往复流形态，涨潮流向基本在 $180^{\circ}\sim 220^{\circ}$ 之间，落潮流向基本在 $30^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 之间。工程海域潮流流速总体不大，大潮涨潮平均流速在 $0.76\text{m/s}\sim 1.26\text{m/s}$ 左右，落潮平均流速在 $0.80\text{m/s}\sim 1.20\text{m/s}$ 左右；小潮涨潮平均流速在 $0.36\text{m/s}\sim 0.49\text{m/s}$ 左右，落潮平均流速在 $0.37\text{m/s}\sim 0.48\text{m/s}$ 左右。

7.1.3 工程后潮流场分析

7.1.3.1 工程实施后潮流场分析

为有效模拟风机桩基础周围的细部流态,更真实的反映由于桩基础对水流的阻挡作用而引起的工程海域潮流场的变化,在对风机桩基础进行概化时,根据阻水效应相同的原理,在保证阻水效果基本相似的情况下,将风机桩基础概化成边长7m×7m的不透水矩形单元。

根据工程建设后工程区海域的潮流场数值模拟结果,绘出了工程海域大、小潮期间涨急、落急时刻流场图,见图7.1-8~图7.1-11。

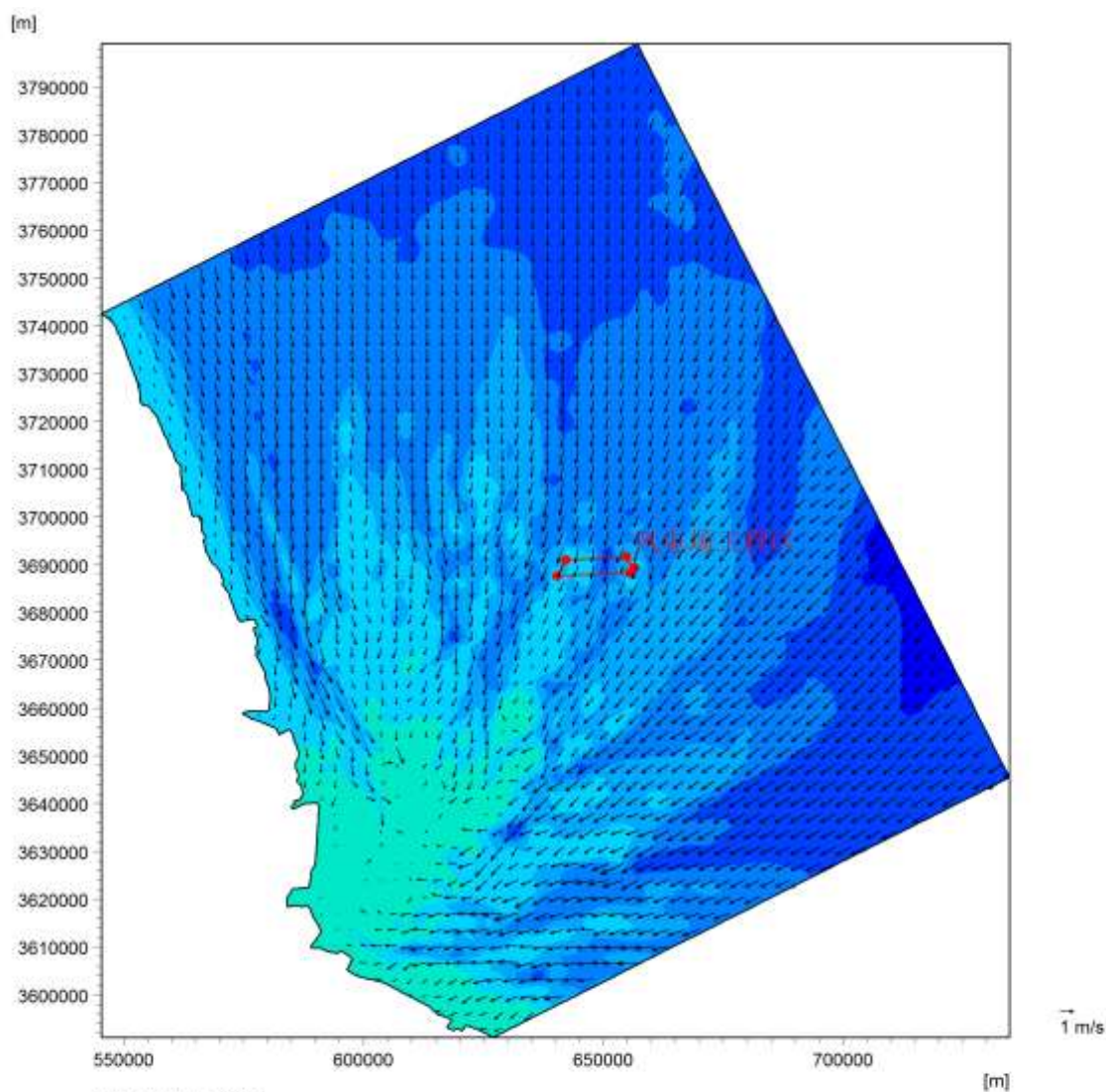


图 7.1-8 工程建设后风电场海域大潮涨急流场图

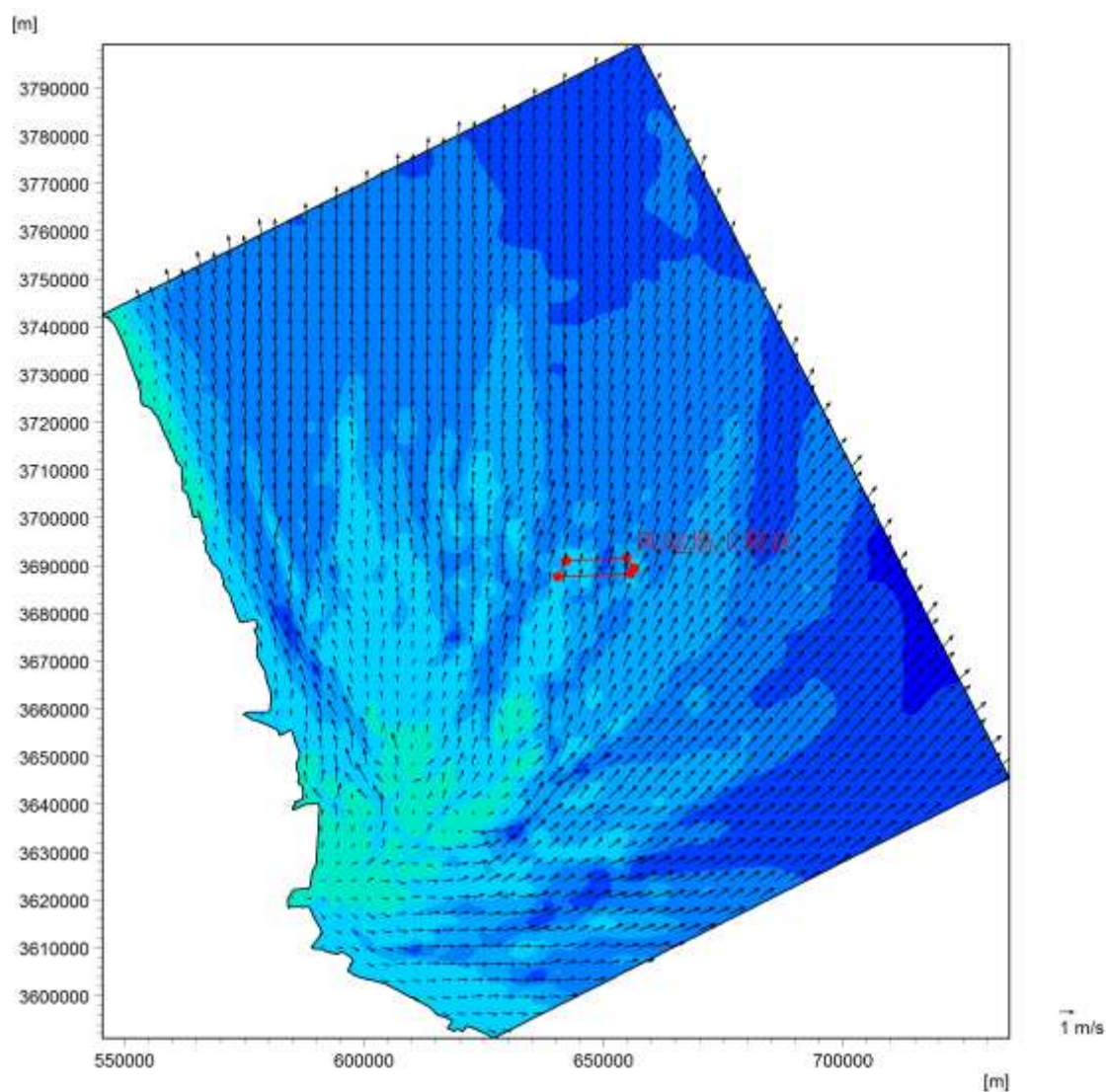


图 7.1-9 工程建设后风电场海域大潮落急流场图

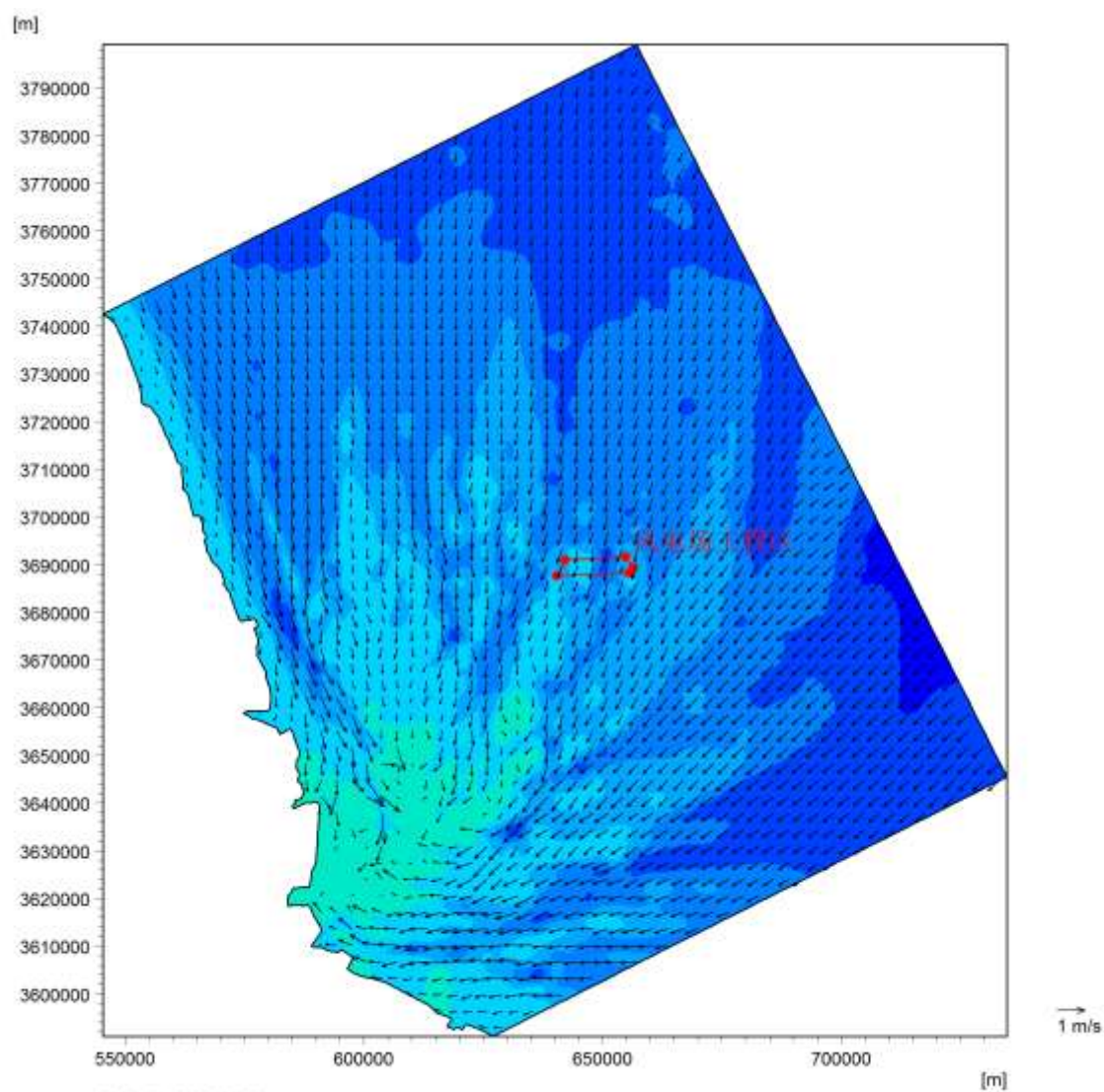


图 7.1-10 工程建设后风电场海域小潮涨急流场图

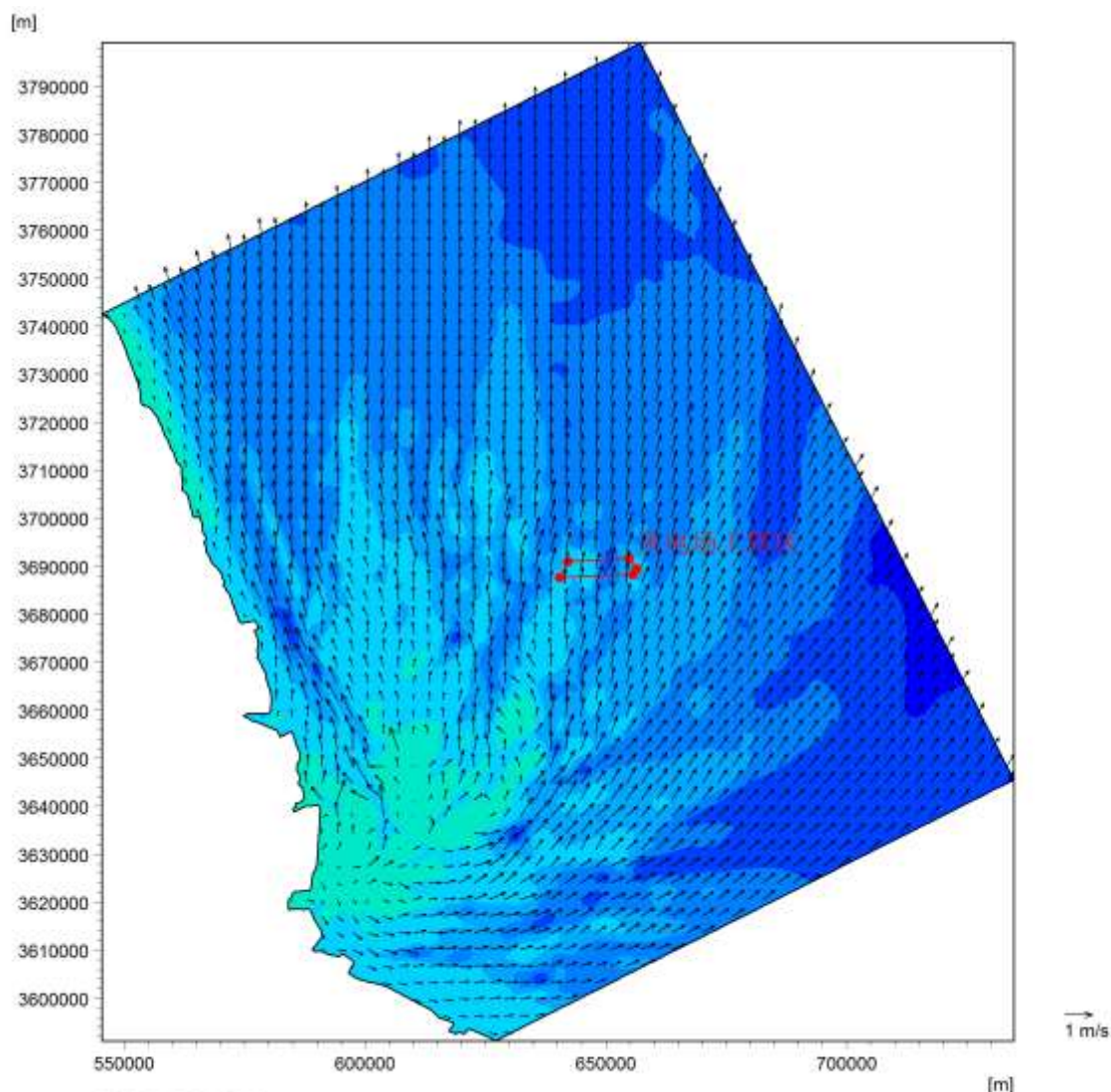


图 7.1-11 工程建设后风电场海域小潮落急流场图

从潮流场图可以看出，风电场建成前后工程海域的涨、落潮流流态没有明显变化，风电场建设对工程海域的潮流场不会产生显著影响。

7.1.4 工程建设对海域潮流动力的影响

为分析风电场工程前后对附近海域潮流场的影响，在风电场周围布置了一系列典型代表点，见图7.1-12和图7.1-13，以分析工程前后的流速变化情况，其中，G1~G25号点主要用于分析风电场工程海域潮流流态的影响，D1~D18号点主要用于分析风电场周边大范围海域潮流流态的影响。

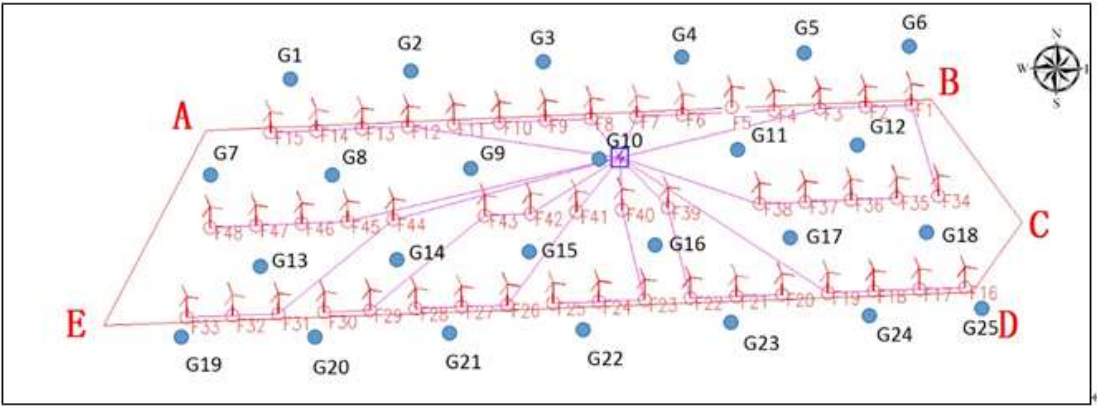


图 7.1-12 工程区潮流流速比较测点

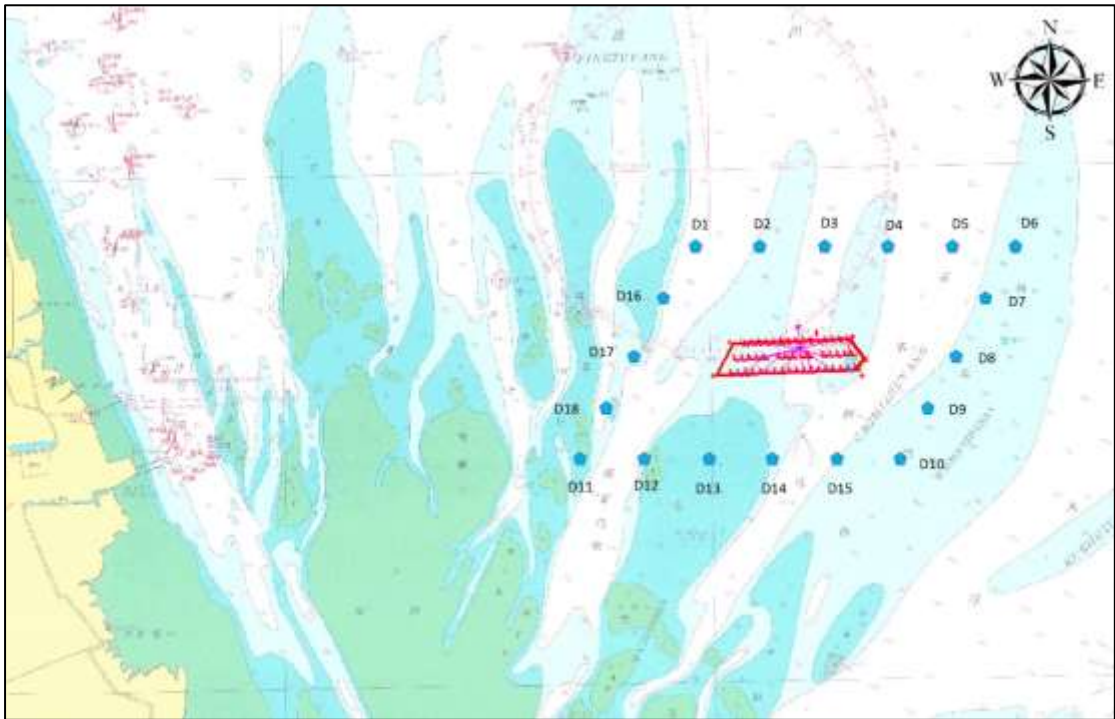


图 7.1-13 工程前后大范围海域潮流流速比较测点

7.1.4.1 对海域潮汐特征的影响

根据模型统计结果，工程前后各典型分析点位的潮位对比详见表7.1-1。

表 7.1-1 工程前后工程区附近及周边海域大潮高、低潮位比较

点号	高潮位 (m)			低潮位(m)			潮差(m)		
	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值
D1	2.620	2.619	0.000	-1.760	-1.759	0.001	4.380	4.379	-0.001
D2	2.597	2.596	0.000	-1.731	-1.730	0.001	4.328	4.327	-0.001
D3	2.581	2.581	0.000	-1.720	-1.719	0.001	4.301	4.299	-0.001
D4	2.561	2.561	0.000	-1.696	-1.696	0.000	4.257	4.256	0.000
D5	2.542	2.542	0.000	-1.672	-1.672	0.000	4.215	4.215	0.000
D6	2.517	2.517	0.000	-1.648	-1.648	0.000	4.165	4.165	0.000
D7	2.603	2.603	0.000	-1.753	-1.753	0.000	4.355	4.355	0.000
D8	2.688	2.688	0.000	-1.861	-1.861	0.000	4.549	4.549	0.000
D9	2.775	2.775	0.000	-1.970	-1.970	0.000	4.745	4.745	0.000
D10	2.865	2.866	0.000	-2.092	-2.092	0.000	4.958	4.958	0.000
D11	2.898	2.898	0.000	-1.995	-1.995	0.000	4.893	4.893	0.000
D12	2.914	2.914	0.000	-2.094	-2.093	0.001	5.007	5.007	-0.001
D13	2.918	2.918	0.000	-2.131	-2.131	0.000	5.049	5.049	0.000
D14	2.898	2.899	0.000	-2.110	-2.109	0.000	5.008	5.008	0.000
D15	2.865	2.866	0.000	-2.092	-2.092	0.000	4.958	4.958	0.000
D16	2.705	2.704	0.000	-1.843	-1.842	0.001	4.547	4.547	-0.001
D17	2.781	2.781	0.000	-1.916	-1.916	0.000	4.697	4.697	-0.001
D18	2.851	2.851	0.000	-1.974	-1.974	0.000	4.825	4.825	-0.001
G1	2.726	2.725	0.000	-1.867	-1.866	0.001	4.593	4.592	-0.002
G2	2.719	2.719	0.000	-1.870	-1.868	0.002	4.589	4.587	-0.002
G3	2.715	2.715	0.000	-1.885	-1.883	0.002	4.600	4.597	-0.003
G4	2.710	2.710	0.000	-1.877	-1.875	0.002	4.587	4.585	-0.002
G5	2.701	2.700	0.000	-1.867	-1.866	0.001	4.568	4.566	-0.002
G6	2.688	2.688	0.000	-1.852	-1.851	0.001	4.540	4.539	-0.001
G7	2.754	2.753	-0.001	-1.898	-1.897	0.001	4.651	4.650	-0.002
G8	2.753	2.752	0.000	-1.907	-1.906	0.001	4.660	4.658	-0.001
G9	2.746	2.746	0.000	-1.919	-1.917	0.001	4.665	4.663	-0.002
G10	2.741	2.741	0.000	-1.914	-1.913	0.001	4.655	4.654	-0.001
G11	2.729	2.728	0.000	-1.903	-1.902	0.001	4.632	4.630	-0.001
G12	2.719	2.720	0.000	-1.891	-1.890	0.001	4.610	4.610	0.000
G13	2.778	2.777	0.000	-1.938	-1.937	0.001	4.716	4.715	-0.001
G14	2.774	2.774	0.000	-1.947	-1.946	0.001	4.721	4.720	-0.001
G15	2.769	2.769	0.000	-1.951	-1.951	0.000	4.720	4.720	-0.001
G16	2.759	2.759	0.000	-1.941	-1.941	0.000	4.699	4.699	0.000
G17	2.746	2.747	0.000	-1.927	-1.927	0.000	4.674	4.674	0.000
G18	2.738	2.739	0.001	-1.915	-1.915	0.000	4.653	4.653	0.000
G19	2.795	2.794	0.000	-1.960	-1.959	0.001	4.755	4.753	-0.001
G20	2.797	2.797	0.000	-1.975	-1.975	0.000	4.772	4.772	0.000
G21	2.792	2.792	0.000	-1.987	-1.987	0.000	4.779	4.779	0.000
G22	2.785	2.785	0.000	-1.970	-1.970	0.000	4.755	4.756	0.000
G23	2.771	2.772	0.001	-1.959	-1.959	0.000	4.730	4.731	0.001
G24	2.763	2.764	0.001	-1.946	-1.945	0.000	4.709	4.709	0.001
G25	2.753	2.753	0.001	-1.935	-1.935	0.000	4.688	4.689	0.001

由上表可以看出：风电场工程实施后，工程区附近及周边海域高低潮位变化幅度均不超过1mm，工程附近海域大潮涨落潮潮差变化幅度不超过3mm，可认为风电场工程对工程附近海域及周边海域潮位、潮差影响很小。

7.1.4.2 工程建设对海域潮流动力的影响

为了更直观的反映风电场建设对工程海域潮流动力的影响，图7.1-14～图7.1-17给出了工程建设前后流速差值图，表7.1-2～表7.1-9比较了各分析点工程建设前后的大潮涨落潮平均流速的变化，其中，流速变率被定义为：

$$\text{变率} = \frac{(\text{工程后流速} - \text{工程前流速})}{\text{工程前流速}} \times 100\%$$

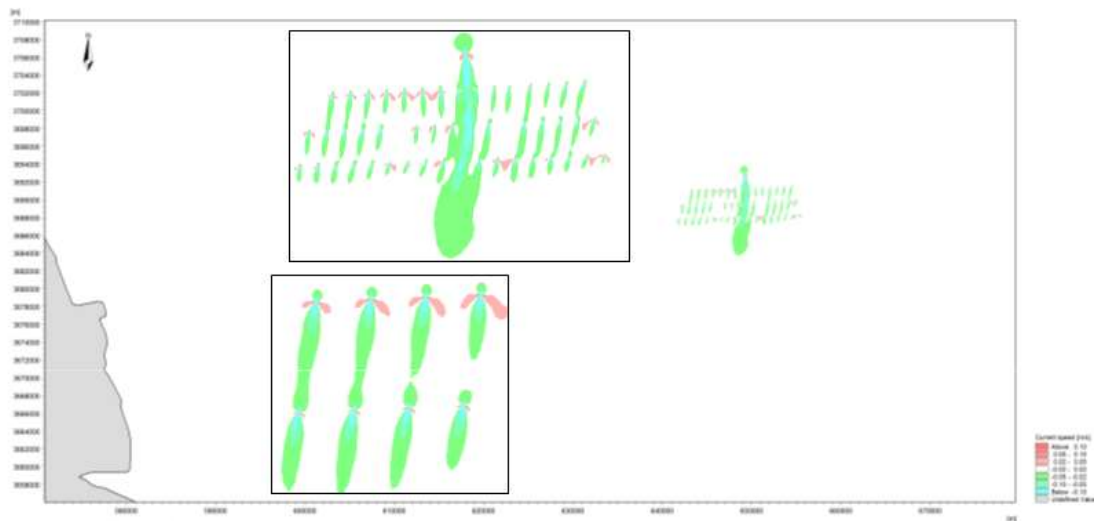


图 7.1-14 风电场建设前后工程海域大潮涨潮平均流速差值图

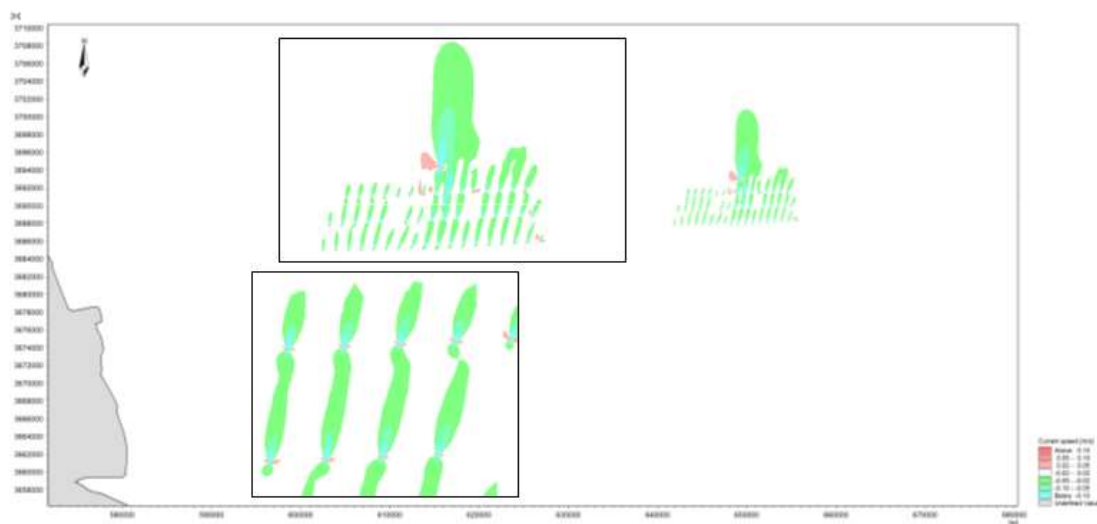


图 7.1-15 风电场建设前后工程海域大潮落潮平均流速差值图

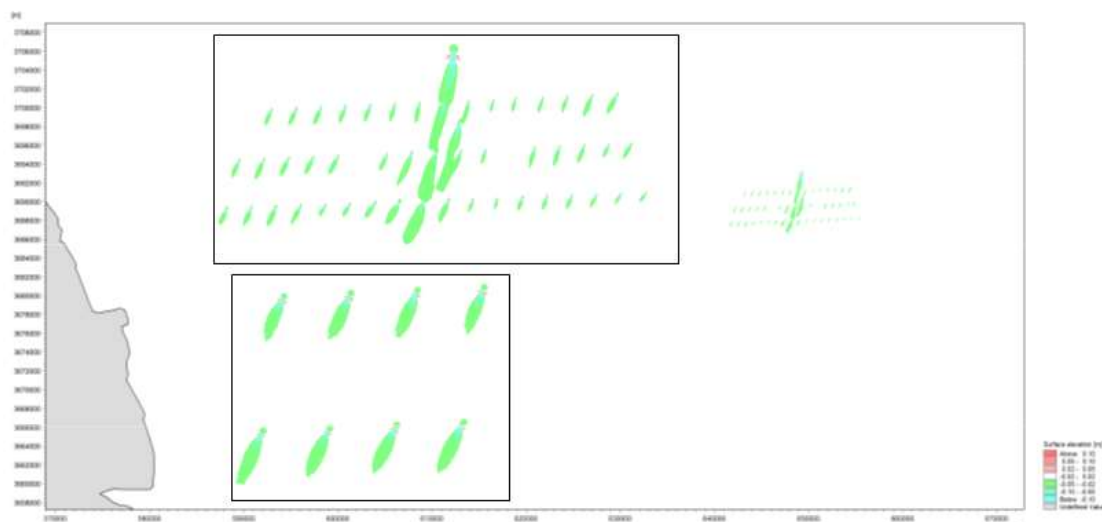


图 7.1-16 风电场建设前后工程海域小潮涨潮平均流速差值图

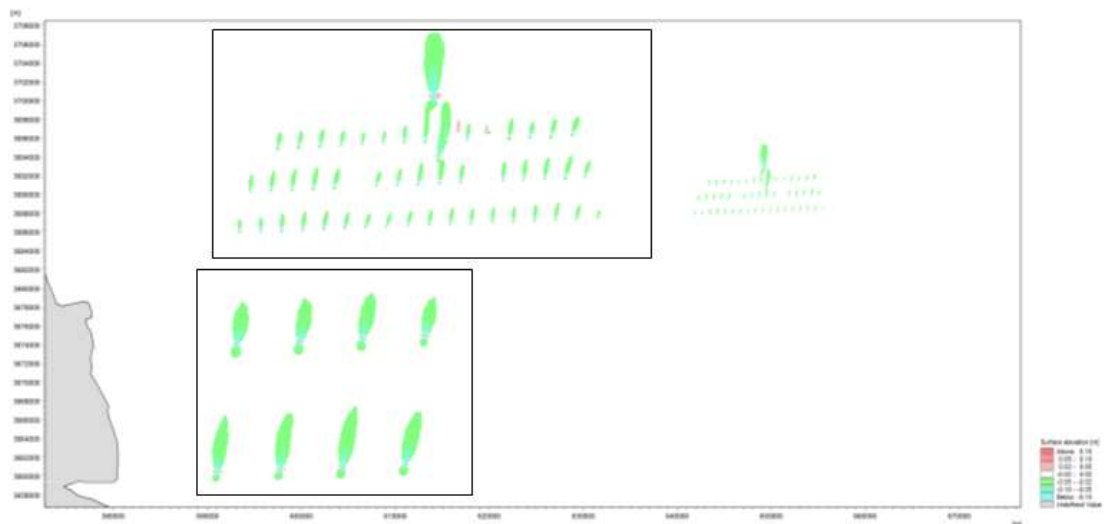


图 7.1-17 风电场建设前后工程海域小潮落潮平均流速差值图

表 7.1-2 工程前后大范围海域大潮涨潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
D1	1.081	196.7	1.081	196.8	-0.02	0.1
D2	0.947	194.3	0.945	194.4	-0.23	0.0
D3	0.969	195.7	0.967	195.6	-0.21	-0.1
D4	0.855	206.1	0.854	206.0	-0.09	-0.1
D5	0.918	209.0	0.918	209.0	-0.07	-0.1
D6	0.903	219.8	0.902	219.7	-0.06	0.0
D7	0.900	220.0	0.899	219.9	-0.05	-0.1
D8	0.918	214.9	0.918	214.8	0.04	-0.1
D9	1.028	209.5	1.030	209.4	0.27	-0.1
D10	0.982	214.1	0.985	214.2	0.29	0.1
D11	0.832	199.0	0.832	198.9	0.00	-0.1
D12	0.665	207.0	0.663	206.7	-0.34	-0.3
D13	1.074	199.8	1.067	200.1	-0.72	0.3
D14	0.943	211.0	0.944	211.3	0.15	0.3
D15	0.982	214.1	0.985	214.2	0.29	0.1
D16	0.986	199.7	0.988	199.7	0.16	0.1
D17	0.697	208.3	0.698	208.3	0.19	0.0
D18	0.995	192.9	0.996	192.8	0.08	-0.1

表 7.1-3 工程前后大范围海域大潮落潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
D1	1.025	24.9	1.027	25.0	0.21	0.0
D2	1.026	28.3	1.028	28.5	0.23	0.2
D3	1.046	25.2	1.037	25.6	-0.78	0.4
D4	0.945	37.1	0.943	37.1	-0.24	0.0
D5	1.059	35.3	1.059	35.2	-0.01	-0.1
D6	1.003	51.5	1.003	51.4	-0.03	0.0
D7	1.039	46.7	1.039	46.6	0.05	-0.1
D8	1.062	39.7	1.064	39.6	0.17	0.0
D9	1.082	39.1	1.084	39.2	0.19	0.1
D10	1.026	44.9	1.027	45.0	0.10	0.1
D11	1.079	28.4	1.078	28.3	-0.10	0.0
D12	0.749	87.0	0.748	87.0	-0.13	-0.1
D13	0.949	35.2	0.948	35.3	-0.15	0.0
D14	1.094	33.4	1.092	33.5	-0.11	0.1
D15	1.026	44.9	1.027	45.0	0.10	0.1
D16	0.931	30.6	0.933	30.5	0.23	-0.1
D17	0.877	111.1	0.878	111.0	0.06	-0.1
D18	0.977	23.1	0.977	23.1	0.05	-0.1

表 7.1-4 工程前后大范围海域小潮涨潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
D1	0.499	197.8	0.499	197.9	-0.04	0.0
D2	0.471	198.2	0.471	198.2	-0.01	0.0
D3	0.439	198.7	0.439	198.7	-0.01	0.0
D4	0.397	207.9	0.397	207.9	-0.04	0.0
D5	0.417	208.8	0.417	208.8	-0.02	0.0
D6	0.414	219.3	0.414	219.3	-0.02	0.0
D7	0.421	218.0	0.421	218.0	-0.02	0.0
D8	0.422	213.1	0.422	213.1	0.00	0.0
D9	0.454	209.8	0.454	209.7	0.07	0.0
D10	0.447	214.6	0.447	214.6	0.09	0.0
D11	0.497	205.4	0.497	205.3	-0.02	0.0
D12	0.379	202.3	0.378	202.2	-0.11	-0.1
D13	0.458	201.0	0.457	201.1	-0.20	0.1

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
D14	0.433	209.4	0.433	209.5	0.01	0.1
D15	0.447	214.6	0.447	214.6	0.09	0.0
D16	0.506	196.8	0.506	196.9	0.03	0.0
D17	0.380	201.4	0.381	201.4	0.08	0.0
D18	0.526	191.9	0.526	191.9	0.01	0.0

表 7.1-5 工程前后大范围海域小潮落潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
D1	0.472	22.5	0.472	22.5	0.02	0.0
D2	0.436	26.7	0.436	26.7	0.04	0.0
D3	0.404	28.0	0.404	28.0	-0.06	0.0
D4	0.387	35.0	0.387	35.0	-0.03	0.0
D5	0.414	34.7	0.414	34.7	-0.01	0.0
D6	0.420	42.1	0.420	42.1	0.00	0.0
D7	0.433	41.6	0.433	41.6	0.00	0.0
D8	0.423	40.4	0.423	40.4	0.02	0.0
D9	0.422	39.8	0.422	39.8	0.00	0.0
D10	0.415	44.3	0.415	44.3	-0.05	0.0
D11	0.431	29.8	0.431	29.8	-0.04	0.0
D12	0.374	76.7	0.374	76.8	-0.02	0.0
D13	0.417	32.8	0.418	32.7	0.06	-0.1
D14	0.401	40.0	0.400	39.9	-0.08	-0.1
D15	0.415	44.3	0.415	44.3	-0.05	0.0
D16	0.470	24.2	0.470	24.2	0.04	0.0
D17	0.421	27.0	0.421	27.0	0.01	0.0
D18	0.502	21.4	0.502	21.4	0.00	0.0

表 7.1-6 工程前后风电场区附近海域大潮涨潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
G1	0.917	198.0	0.915	198.6	-0.22	0.6
G2	0.942	194.9	0.938	195.4	-0.37	0.5
G3	0.998	182.8	0.995	183.3	-0.28	0.5
G4	1.092	191.6	1.090	191.4	-0.17	-0.2
G5	1.128	204.1	1.123	203.9	-0.45	-0.2

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
G6	1.058	207.4	1.053	207.1	-0.45	-0.3
G7	0.842	199.8	0.847	200.3	0.56	0.4
G8	0.847	199.6	0.846	199.9	-0.10	0.3
G9	0.811	194.0	0.815	194.3	0.58	0.3
G10	1.188	190.2	1.151	190.9	-3.08	0.7
G11	1.136	196.0	1.142	195.7	0.56	-0.3
G12	0.942	204.8	0.925	204.4	-1.82	-0.4
G13	0.794	199.9	0.787	200.1	-0.87	0.1
G14	0.761	202.3	0.758	202.5	-0.35	0.2
G15	0.966	195.6	0.952	195.8	-1.46	0.2
G16	1.263	194.6	1.232	194.4	-2.45	-0.1
G17	1.034	198.4	1.021	197.8	-1.28	-0.6
G18	0.821	210.6	0.803	210.0	-2.07	-0.6
G19	0.752	198.1	0.724	198.2	-3.77	0.1
G20	0.782	202.4	0.741	202.4	-5.26	0.0
G21	0.713	207.4	0.692	206.9	-2.92	-0.6
G22	1.253	198.4	1.176	197.9	-6.17	-0.5
G23	1.155	196.1	1.105	196.0	-4.30	-0.1
G24	0.871	206.4	0.848	205.9	-2.61	-0.5
G25	0.751	214.5	0.761	213.8	1.34	-0.7

表 7.1-7 工程前后风电场区附近海域大潮落潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
G1	0.960	29.4	0.951	29.0	-0.93	-0.4
G2	0.900	34.2	0.893	33.6	-0.82	-0.5
G3	0.752	39.4	0.751	38.3	-0.20	-1.1
G4	1.166	16.8	1.152	16.7	-1.22	-0.1
G5	1.314	25.1	1.297	25.1	-1.27	0.0
G6	1.209	29.6	1.190	29.9	-1.60	0.2
G7	0.936	30.0	0.930	29.5	-0.61	-0.5
G8	0.920	32.4	0.911	32.0	-1.01	-0.4
G9	0.827	41.6	0.824	41.0	-0.31	-0.6
G10	0.991	29.8	0.973	28.5	-1.88	-1.2
G11	1.223	18.0	1.222	17.9	-0.08	-0.1
G12	1.146	23.1	1.127	23.4	-1.67	0.2
G13	0.900	76.4	0.894	76.0	-0.59	-0.3

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
G14	0.888	36.8	0.880	36.6	-0.87	-0.2
G15	0.857	42.2	0.850	41.9	-0.76	-0.3
G16	1.174	21.6	1.152	21.6	-1.87	0.0
G17	1.172	19.0	1.154	19.1	-1.58	0.1
G18	1.072	30.9	1.067	31.5	-0.51	0.6
G19	0.847	78.0	0.841	77.7	-0.69	-0.3
G20	0.918	77.2	0.912	77.0	-0.70	-0.2
G21	0.923	43.4	0.917	43.3	-0.69	0.0
G22	1.091	29.4	1.082	29.5	-0.85	0.1
G23	1.150	19.8	1.140	20.1	-0.82	0.3
G24	1.130	23.5	1.124	24.1	-0.55	0.6
G25	0.885	38.9	0.896	39.6	1.26	0.8

表 7.1-8 工程前后风电场区附近海域小潮涨潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
G1	0.506	199.8	0.506	200.3	0.03	0.5
G2	0.483	197.6	0.484	198.0	0.14	0.3
G3	0.451	191.5	0.455	191.2	0.89	-0.3
G4	0.461	196.2	0.465	196.0	0.75	-0.2
G5	0.519	205.6	0.518	205.7	-0.07	0.1
G6	0.524	209.1	0.521	209.1	-0.59	0.0
G7	0.469	201.7	0.472	201.9	0.66	0.3
G8	0.466	200.7	0.465	200.6	-0.21	0.0
G9	0.413	198.9	0.417	198.7	0.97	-0.2
G10	0.523	195.3	0.516	195.5	-1.29	0.2
G11	0.484	198.5	0.491	198.1	1.41	-0.4
G12	0.461	204.6	0.454	204.5	-1.48	-0.1
G13	0.442	200.0	0.439	199.8	-0.59	-0.2
G14	0.414	202.9	0.415	202.7	0.22	-0.1
G15	0.503	199.3	0.502	198.9	-0.10	-0.4
G16	0.512	198.0	0.505	197.6	-1.22	-0.4
G17	0.478	199.0	0.469	198.1	-1.82	-0.9
G18	0.417	209.9	0.408	209.6	-2.29	-0.3
G19	0.422	197.7	0.402	197.4	-4.74	-0.3
G20	0.437	201.3	0.415	200.9	-5.03	-0.4
G21	0.394	208.0	0.387	206.9	-1.92	-1.1

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
G22	0.540	200.4	0.519	199.7	-3.82	-0.7
G23	0.487	198.5	0.470	198.0	-3.54	-0.5
G24	0.445	203.9	0.433	203.4	-2.76	-0.6
G25	0.379	214.0	0.383	213.3	0.99	-0.8

表 7.1-9 工程前后风电场区附近海域小潮落潮平均流速变化

点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差值
	大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
G1	0.465	26.8	0.460	26.6	-0.93	-0.2
G2	0.448	29.3	0.444	28.8	-0.97	-0.5
G3	0.377	26.0	0.377	25.0	-0.23	-1.0
G4	0.439	22.9	0.440	22.2	0.28	-0.6
G5	0.473	31.1	0.473	30.8	0.17	-0.2
G6	0.479	34.6	0.477	34.6	-0.45	0.0
G7	0.444	26.8	0.440	26.6	-0.82	-0.2
G8	0.451	28.4	0.448	28.1	-0.68	-0.3
G9	0.402	34.3	0.401	33.7	-0.29	-0.6
G10	0.477	22.2	0.470	21.3	-1.57	-0.9
G11	0.431	26.1	0.438	25.8	1.60	-0.3
G12	0.441	29.7	0.435	29.6	-1.22	-0.1
G13	0.441	27.0	0.439	26.9	-0.46	-0.1
G14	0.437	32.7	0.435	32.6	-0.56	-0.1
G15	0.430	33.1	0.424	33.1	-1.45	0.0
G16	0.451	26.3	0.451	25.2	-0.04	-1.0
G17	0.432	29.4	0.428	29.0	-0.77	-0.4
G18	0.438	34.6	0.437	34.7	-0.18	0.1
G19	0.408	73.5	0.404	73.5	-0.88	0.1
G20	0.459	27.9	0.456	28.0	-0.77	0.1
G21	0.442	38.9	0.440	39.3	-0.39	0.3
G22	0.468	27.1	0.471	27.5	0.56	0.4
G23	0.426	29.4	0.427	29.5	0.35	0.1
G24	0.447	32.0	0.447	32.0	0.05	0.0
G25	0.384	39.8	0.387	40.2	0.80	0.4

由以上图表分析可知：

(1) 从流速差值等值线图可以看出，风电场建设对工程海域的潮流影响以流速减小为主，其中风机桩基附近的流速减小幅度基本在10 cm/s左右，而风电场

周边海域流速变化幅度基本在2cm/s以下。

(2) 风电场建设对海域的潮流影响主要集中在工程区附近，离风电场工程区越远，潮流影响越小。工程区内流速变化以减小为主，风机桩群对大潮的影响程度总体大于小潮，对涨潮流的影响程度总体大于落潮流。风电场内大潮涨潮时流速变率较大点为邻近风机桩基础的G22，变率为6.17%，其余流速变率均小于5%；风电场内小潮涨潮时流速变率较大点为邻近风机桩基础的G20，变率为5.03%，其余流速变率均小于5%；风电场内落潮时邻近风机桩基础的流速测点的流速变率均小于2%；工程区内流向变化幅度基本在1°以下。

(3) 风电场建设对周边海域的潮流影响很小。根据统计结果，风电场建成后，工程区周边约10km范围的D1~D18点涨、落潮流速变率最大为0.78%，基本在0.5%以下，流向几乎不变。

(4) 总体上，风电场工程的建设对当地的潮流特性影响甚小，工程前后风电场内部的流速有所变化，并以流速减小为主，大潮涨落潮平均流速变率为1.34%；风电场周边海域工程前后的潮流流速流向几乎不变。

7.1.4.3 工程建设对海域周边敏感目标的影响

由7.1.5.2节分析可以得出，风电场工程建设对大范围海域的潮流影响很小，本节主要分析工程建设对风电场周边分布的敏感目标水文动力情况的影响，工程海域周边的敏感目标有盐城湿地珍禽国家级自然保护区、吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区、麻菜珩领海基点保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区、大丰港深水航道一期工程以及大丰H5、大丰H6、大丰H7风电场场区。各敏感目标水文动力分析点见图7.1-18。根据模型计算，工程前后各敏感目标区域大小潮涨落潮平均流速变化情况见表7.1-10~表7.1-13。

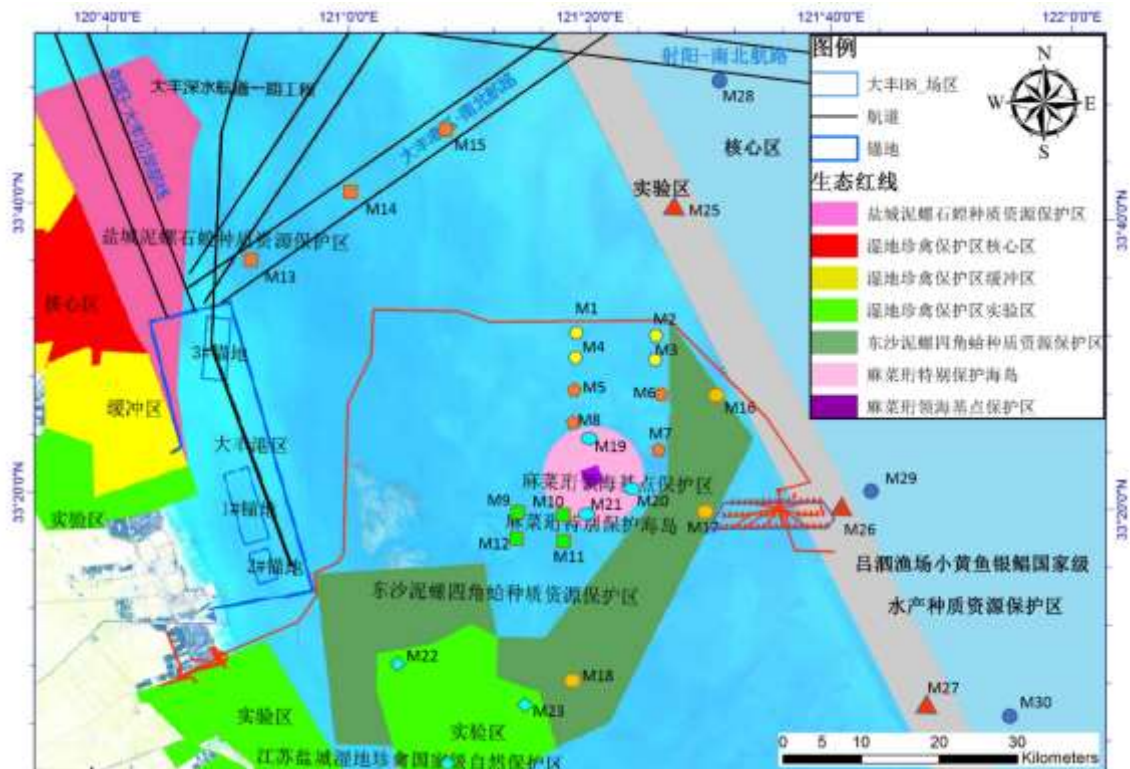


图 7.1-18 各敏感目标区域潮流分析点示意图

表 7.1-10 工程前后敏感目标区域大潮涨潮平均流速变化

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
大丰 H5 风电场	M1	0.890	189.0	0.890	189.0	0.00	0.0
	M2	0.804	190.9	0.803	190.9	-0.03	0.0
	M3	0.787	190.9	0.787	191.0	-0.02	0.0
	M4	0.735	188.5	0.735	188.5	0.00	0.0
大丰 H6 风电场	M5	0.803	182.7	0.803	182.7	0.00	0.0
	M6	0.844	198.0	0.844	198.1	0.00	0.1
	M7	0.776	195.2	0.777	195.3	0.10	0.1
	M8	0.773	177.8	0.773	177.9	0.01	0.0
大丰 H7 风电场	M9	0.996	172.2	0.996	172.2	0.02	0.0
	M10	0.738	175.5	0.738	175.5	0.08	0.0
	M11	1.078	184.4	1.079	184.4	0.07	0.0
	M12	1.139	181.6	1.139	181.6	0.03	0.0
大丰港深水航 道一期工程	M13	0.980	172.3	0.980	172.3	-0.01	0.0
	M14	0.866	175.1	0.866	175.1	-0.01	0.0
	M15	0.871	176.3	0.871	176.3	-0.01	0.0
	M16	1.045	189.3	1.044	189.3	-0.09	0.0

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
东沙泥螺四角 蛤种质资源保 护区	M17	0.803	200.8	0.808	201.0	0.59	0.2
	M18	0.832	190.4	0.831	190.4	-0.04	0.0
麻菜珩领海基 点保护区	M19	0.633	191.6	0.634	191.6	0.06	0.1
	M20	0.586	205.9	0.587	205.9	0.20	0.0
	M21	0.650	180.6	0.650	180.6	0.08	0.0
盐城湿地珍禽 国家级自然保 护区	M22	0.585	171.7	0.586	171.7	0.01	0.0
	M23	0.615	203.8	0.615	203.7	-0.03	0.0
	M24	0.282	183.7	0.282	183.7	-0.02	0.0
吕泗渔场小黄 鱼银鲳国家级 水产种质资源 保护区	M25	0.937	186.8	0.937	186.8	-0.03	0.0
	M26	0.992	208.3	0.992	207.8	0.01	-0.5
	M27	1.138	228.0	1.139	228.0	0.08	0.0
	M28	0.879	184.7	0.879	184.7	-0.02	0.0
	M29	0.932	198.7	0.933	198.5	0.12	-0.2
	M30	1.136	227.1	1.136	227.1	0.03	0.0

表 7.1-11 工程前后敏感目标区域大潮落潮平均流速变化

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
大丰 H5 风电场	M1	0.845	23.4	0.845	23.4	0.05	0.0
	M2	0.856	65.0	0.856	65.0	0.02	0.0
	M3	0.878	22.3	0.879	22.3	0.05	0.0
	M4	0.690	58.0	0.690	58.1	0.05	0.0
大丰 H6 风电场	M5	0.980	222.2	0.981	222.2	0.05	0.0
	M6	0.949	28.5	0.950	28.6	0.10	0.0
	M7	0.728	35.4	0.729	35.3	0.11	0.0
	M8	0.921	137.2	0.922	137.2	0.07	0.0
大丰 H7 风电场	M9	1.031	136.1	1.032	136.1	0.05	0.0
	M10	0.772	140.2	0.773	140.1	0.06	0.0
	M11	1.099	56.0	1.099	56.0	0.03	0.0
	M12	1.124	138.2	1.124	138.2	0.04	0.0
大丰港深水航 道一期工程	M13	1.074	355.4	1.074	355.4	0.00	0.0
	M14	0.871	94.9	0.871	94.9	0.00	0.0
	M15	0.899	94.0	0.899	94.0	-0.01	0.0
东沙泥螺四角 蛤种质资源保 护区	M16	1.089	19.3	1.090	19.4	0.12	0.1
	M17	0.924	74.8	0.925	74.4	0.15	-0.5
	M18	0.928	15.1	0.928	15.1	-0.03	0.0

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
麻菜珩领海基点保护区	M19	0.809	102.4	0.810	102.4	0.07	0.0
	M20	0.859	61.4	0.860	61.3	0.12	-0.1
	M21	0.703	102.3	0.703	102.2	0.03	-0.1
盐城湿地珍禽国家级自然保护区	M22	0.680	352.5	0.680	352.5	0.01	0.0
	M23	0.669	31.3	0.669	31.3	-0.03	0.0
	M24	0.384	16.3	0.384	16.3	-0.01	0.0
吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区	M25	0.858	25.1	0.858	25.1	-0.03	0.0
	M26	1.045	40.6	1.045	40.8	0.04	0.1
	M27	1.173	51.4	1.174	51.4	0.03	0.0
	M28	0.892	14.1	0.892	14.1	-0.03	0.0
	M29	0.910	36.5	0.913	36.4	0.27	-0.1
	M30	1.145	55.9	1.146	55.9	0.03	0.0

表 7.1-12 工程前后敏感目标区域小潮涨潮平均流速变化

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
大丰 H5 风电场	M1	0.489	192.7	0.489	192.7	0.01	0.0
	M2	0.416	190.5	0.416	190.5	0.00	0.0
	M3	0.414	189.9	0.414	189.9	0.01	0.0
	M4	0.405	189.2	0.405	189.2	0.01	0.0
大丰 H6 风电场	M5	0.461	178.1	0.461	178.1	0.01	0.0
	M6	0.444	196.4	0.444	196.4	0.01	0.0
	M7	0.438	193.0	0.438	193.0	0.04	0.0
	M8	0.452	176.6	0.453	176.6	0.02	0.0
大丰 H7 风电场	M9	0.502	175.3	0.502	175.3	0.01	0.0
	M10	0.435	177.7	0.435	177.7	0.03	0.0
	M11	0.615	185.3	0.615	185.3	0.02	0.0
	M12	0.579	182.4	0.579	182.3	0.01	0.0
大丰港深水航道一期工程	M13	0.527	172.8	0.527	172.8	0.00	0.0
	M14	0.459	178.4	0.459	178.4	0.00	0.0
	M15	0.443	180.0	0.443	180.0	0.00	0.0
东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	M16	0.477	191.5	0.476	191.5	-0.05	0.0
	M17	0.446	203.5	0.449	203.5	0.65	0.1
	M18	0.445	191.2	0.445	191.2	-0.01	0.0
麻菜珩领海基点保护区	M19	0.391	185.2	0.392	185.2	0.03	0.0
	M20	0.341	195.7	0.341	195.7	0.11	0.0
	M21	0.389	182.1	0.389	182.1	0.04	0.0

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
盐城湿地珍禽 国家级自然保 护区	M22	0.404	168.8	0.404	168.8	0.01	0.0
	M23	0.369	191.6	0.369	191.6	-0.01	0.0
	M24	0.206	173.1	0.206	173.1	0.00	0.0
吕泗渔场小黄 鱼银鲳国家级 水产种质资源 保护区	M25	0.450	190.3	0.450	190.3	0.00	0.0
	M26	0.498	210.5	0.497	210.2	-0.25	-0.3
	M27	0.447	227.2	0.447	227.2	0.02	0.0
	M28	0.418	188.8	0.418	188.8	-0.01	0.0
	M29	0.414	202.6	0.414	202.6	-0.02	0.0
	M30	0.445	229.2	0.445	229.2	0.01	0.0

表 7.1-13 工程前后敏感目标区域小潮落潮平均流速变化

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
大丰 H5 风电场	M1	0.422	60.8	0.422	60.8	0.01	0.0
	M2	0.411	61.5	0.411	61.5	0.01	0.0
	M3	0.411	63.1	0.411	63.1	0.01	0.0
	M4	0.370	97.2	0.370	97.2	0.01	0.0
大丰 H6 风电场	M5	0.490	179.8	0.490	179.8	0.01	0.0
	M6	0.443	22.4	0.443	22.4	0.02	0.0
	M7	0.380	22.2	0.380	22.2	0.05	0.0
	M8	0.449	140.5	0.449	140.5	0.01	0.0
大丰 H7 风电场	M9	0.494	186.8	0.494	186.9	0.00	0.0
	M10	0.385	145.9	0.385	145.9	0.01	0.0
	M11	0.529	57.1	0.529	57.1	0.00	0.0
	M12	0.548	96.3	0.548	96.3	0.00	0.0
大丰港深水航 道一期工程	M13	0.491	309.8	0.491	309.8	0.00	0.0
	M14	0.422	181.7	0.422	181.7	0.00	0.0
	M15	0.420	138.2	0.420	138.2	0.00	0.0
东沙泥螺四角 蛤种质资源保 护区	M16	0.442	20.1	0.442	20.1	0.02	0.0
	M17	0.418	29.3	0.418	29.1	0.08	-0.2
	M18	0.461	15.3	0.461	15.3	-0.01	0.0
麻菜珩领海基 点保护区	M19	0.408	103.2	0.408	103.2	0.01	0.0
	M20	0.426	66.0	0.426	65.9	0.01	0.0
	M21	0.360	104.9	0.360	104.9	0.01	0.0
盐城湿地珍禽 国家级自然保 护区	M22	0.395	307.8	0.395	307.8	0.00	0.0
	M23	0.350	20.0	0.350	20.0	-0.01	0.0
	M24	0.198	180.9	0.198	180.9	0.00	0.0

敏感目标	点号	工程前		工程后		流速变率 (%)	流向差 值 (°)
		大小(m/s)	角度 (°)	大小(m/s)	角度 (°)		
吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区	M25	0.415	16.8	0.415	16.8	0.00	0.0
	M26	0.457	39.2	0.458	39.1	0.11	-0.1
	M27	0.413	53.1	0.413	53.1	-0.01	0.0
	M28	0.391	56.0	0.391	56.0	-0.01	0.0
	M29	0.384	33.2	0.384	33.2	0.11	0.0
	M30	0.400	53.6	0.400	53.5	0.00	0.0

由模型计算结果显示：工程对周边敏感目标区域的潮流动力的影响甚微，以吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区和东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的影响比其余敏感目标略大，但涨落潮流速变幅基本不超过 1%，总体上看，工程实施对周边敏感目标的水文动力影响较小。

7.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

7.2.1 工程海域的冲淤变化影响分析

从潮流模型计算结果分析可知，本工程实施对流态的影响主要在工程风电场桩基内部区域以及风电场前沿的海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小。对于海底电缆段，由于工程建设不改变其水文动力条件，工程建设对海缆沿线及登陆点附近的冲淤环境基本不会造成影响。因此，可初步分析认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，距工程区较远处冲淤影响则较小。为进一步确定本工程对周围海域冲淤变化的影响，采用基于潮流数值模拟结果的半经验半理论泥沙回淤计算公式进行冲淤估算。该模式根据流场变化情况得出冲淤变化情况，对大范围内的冲淤变化情况计算较为合理，但对桩基础局部冲刷的情况不能完全反映，有一定的局限性。因此为进一步了解工程建设对风机桩基础附近局部地形的冲刷影响，本报告在下一小节中采用桥墩局部冲刷的计算公式进行补充预测分析。

7.2.1.1 冲淤计算公式

本评价采用曹祖德等人研究的淤泥质海岸淤积计算模式进行冲淤估算。该模式利用二维潮流数值计算模型得到工程前后流场分布变化，再应用淤泥质海岸淤积预报模型公式，计算得到各计算区域的淤积强度。模型公式如下：

$$P = \frac{\alpha \omega S t}{\gamma_c} \left(1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \right)$$

式中, ω 为泥沙沉速。根据《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015), 分散体的中值粒径小于等于 0.03mm 时, 絮凝沉降速度 ω 取 0.04~0.05cm/s, 分散体的中值粒径大于 0.03mm 时, 可按有关的泥沙沉降速度公式计算。风电场工程区悬沙的核心粒级为 0.004~0.016mm, 小于 0.03mm, 悬沙以絮凝沉降为主, 因此絮凝沉降速度 ω 可取为 0.05cm/s。 α 为沉降几率, 取 0.6。 S 为水体平均含沙量, t 为淤积历时, γ_d 为泥沙干容重, V_1 、 V_2 分别为工程实施前后计算流速。

$$P = 0.5 \left[(H_1 + \beta t) - \sqrt{(H_1 - \beta t)^2 + 4\beta t H_1 K} \right]$$

经推导, 可得

$$\beta = \frac{\alpha \omega S}{\gamma_c}, \quad K = \frac{V_2}{V_1}$$

式中,

γ_d 按照公式 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 计算, D_{50} 为泥沙中值粒径。

S 选择《海港水文规范推荐的》刘家驹挟沙力公式:

$$S_{*1} = 0.0273 \rho_s V^2 / (gh)$$

式中, ρ_s 为泥沙颗粒密度。采用 7.1 节水动力模型计算出的工程前后潮平均流速的变化对淤积进行估算。潮平均流速的计算采用算术平均法, 即分别对大潮时段内的涨潮过程流速和落潮过程流速进行算术平均, 得出涨潮平均流速和落潮平均流速, 再取平均值得出潮平均流速。忽略工程前后含沙量的变化。

7.2.1.2 计算结果

1、本工程实施后工程区域附近海域冲淤变化

根据 7.2.1.1 小节冲淤计算公式, 采用全潮平均流速的变化对工程实施后的冲淤变化进行估算。计算得出风电场区域达到冲淤平衡的工程区附近海域海床冲淤变化平面分布情况见图 7.2-1。

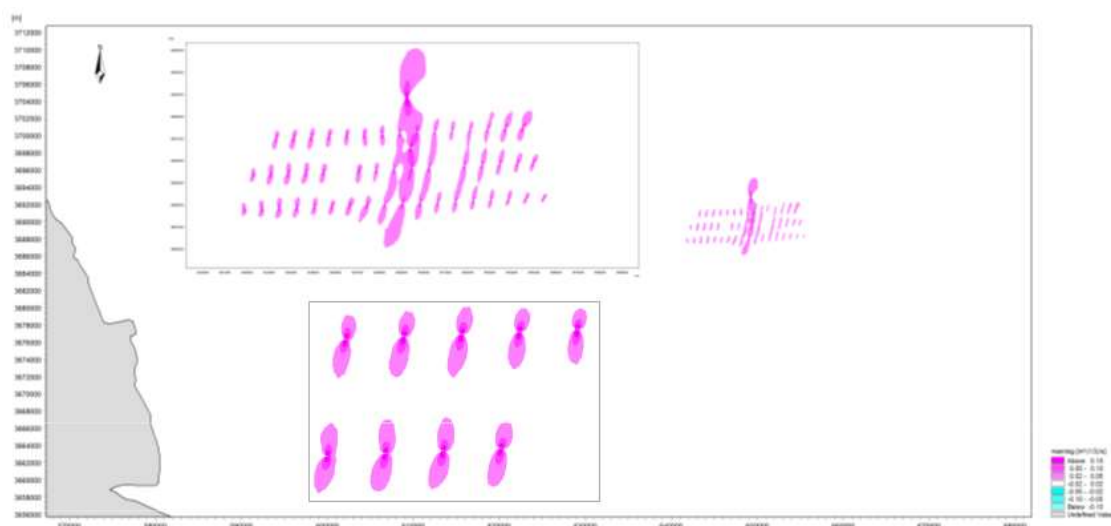


图 7.2-1 工程区附近第一年海床冲淤变化平面分布图

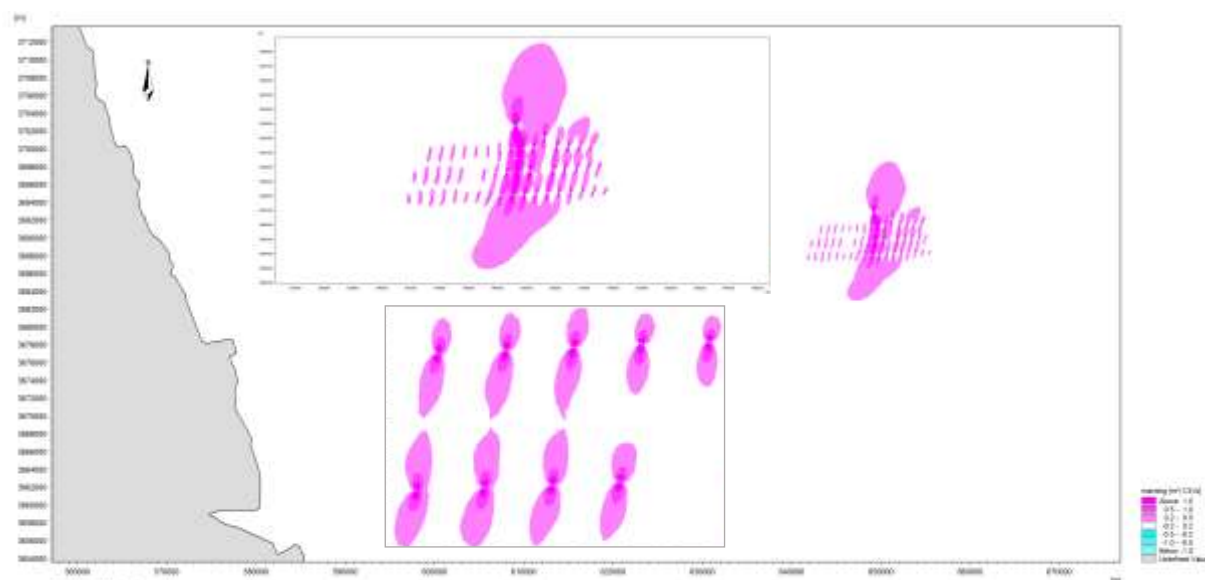


图 7.2-2 工程区附近海床冲淤平衡时床面变化分布图

由图 7.2-1 和图 7.2-2 可见，工程实施后风电场区及周边海域有冲有淤，以淤积为主。冲淤变化主要发生在工程区附近，距离风机越远，海床冲淤变化幅度越小，工程实施对风电场外大范围海域冲淤影响较小。风电场工程建成后第一年，风电场区的淤积幅度基本在 10cm 以下，达到冲淤平衡时，风电场区的淤积幅度大部分在 0.2m~1m 范围，紧邻风机的潮流背向侧海床淤积幅度可超过 1m。

为进一步分析项目海域的冲淤趋势，模型在计算中选取了不同特征分析点（同潮流分析点）。计算得出的不同特征点的泥沙冲淤幅度见表 7.2-1~7.2-3 所示。

表 7.2-1 工程前后工程区海域海床冲淤变化

点号	冲淤变化幅度	
	第一年	冲淤平衡状态
G1	0.007	0.086
G2	0.007	0.078
G3	0.004	0.061
G4	0.009	0.352
G5	0.011	0.198
G6	0.015	0.175
G7	0.002	0.032
G8	0.009	0.106
G9	0.001	0.014
G10	0.023	0.673
G11	0.002	0.074
G12	0.020	0.401
G13	0.011	0.149
G14	0.009	0.112
G15	0.011	0.232
G16	0.023	0.774
G17	0.016	0.376
G18	0.013	0.239
G19	0.015	0.202
G20	0.027	0.331
G21	0.021	0.222
G22	0.036	1.026
G23	0.028	0.766
G24	0.017	0.368
G25	-0.008	-0.167

注：-为冲刷，+为淤积

表 7.2-2 工程前后大范围海域海床冲淤变化

点号	冲淤变化幅度	
	第一年	冲淤平衡状态
D1	-0.001	-0.019
D2	0.000	-0.003
D3	0.002	0.086
D4	0.001	0.017
D5	0.001	0.020

点号	冲淤变化幅度	
	第一年	冲淤平衡状态
D6	0.001	0.013
D7	0.000	0.008
D8	-0.001	-0.012
D9	-0.002	-0.042
D10	-0.002	-0.034
D11	0.001	0.019
D12	0.002	0.023
D13	0.003	0.047
D14	-0.001	-0.018
D15	-0.002	-0.034
D16	-0.001	-0.040
D17	0.000	-0.012
D18	0.000	-0.008

注：-为冲刷，+为淤积

表 7.2-3 工程前后敏感目标海床冲淤变化

敏感目标	点号	冲淤变化幅度	
		第一年	冲淤平衡状态
大丰 H5 风电场	M1	0.000	-0.003
	M2	0.000	0.001
	M3	0.000	-0.001
	M4	0.000	-0.001
大丰 H6 风电场	M5	0.000	-0.001
	M6	0.000	-0.007
	M7	-0.001	-0.012
	M8	0.000	-0.006
大丰 H7 风电场	M9	0.000	-0.008
	M10	0.000	-0.011
	M11	-0.001	-0.007
	M12	0.000	-0.008
大丰港深水航道一期工程	M13	0.000	0.000
	M14	0.000	0.001
	M15	0.000	0.004
东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	M16	0.000	-0.008
	M17	-0.003	-0.047
	M18	0.000	0.006
麻菜珩领海基点保护区	M19	0.000	-0.003
	M20	-0.001	-0.016

	M21	0.000	-0.003
盐城湿地珍禽国家级自然保护区	M22	0.000	-0.002
	M23	0.000	0.002
	M24	0.000	0.001
	M25	0.000	0.005
吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区	M26	-0.002	-0.018
	M27	-0.001	-0.019
	M28	0.000	0.008
	M29	-0.002	-0.077
	M30	0.000	-0.010

注：-为冲刷，+为淤积

由以上表格分析可知：

（1）风电场工程区水域冲淤变化

风电场工程区淤积最大的为 G22 号点，第一年淤积厚度和冲淤平衡时淤积厚度分别为 0.036m 和 1.026m，风电场建成后各代表点年淤积厚度均值和平衡淤积厚度均值分别为 0.013m 和 0.275m。工程区个别桩基前沿特征点出现轻微冲刷，如 G25 号点，年冲刷深度为 0.008m，平衡冲刷深度为 0.167m。

（2）工程周边水域冲淤变化

从工程周边水域 D1~D18 点冲淤变化看，风电场工程可能引起的平衡冲淤变化幅度均在 10cm 以内，风电场工程对周边水域地形冲淤影响很小。

（3）工程周边敏感点水域冲淤变化

从工程周边各敏感目标区代表点冲淤变化看，冲淤变化幅度最大的是吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的 M29 号特征点，平衡冲刷深度为 0.077m；其余敏感目标区平衡冲淤幅度均在 0.05m 以下。总体上看，工程建设对周边敏感目标的冲淤变化影响较小。

7.2.2 风机墩柱的局部冲刷初步分析

7.2.2.1 局部冲刷公式

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，来流在墩柱周围形成马蹄形漩涡区，不断地进行横向、竖向和前后摆动，剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。

《公路工程水文勘测设计规范》中推荐的桥墩局部冲刷形式简单，结构合

理，经过简单修改，该公式在河口、海湾桥墩局部冲刷计算中也取得了较好计算结果。本风电场工程区底质为粘土质粉沙，对于粘性土，采用《公路工程水文勘测设计规范》中推荐的公式：

$$\text{当 } \frac{h_p}{B_1} \geq 2.5 \text{ 时, } h_b = 0.83K_{\xi}B_1^{0.6}I_L^{1.25}V$$

$$\text{当 } \frac{h_p}{B_1} < 2.5 \text{ 时, } h_b = 0.55K_{\xi}B_1^{0.6}h_p^{0.1}I_L^{1.0}V$$

式中：

hb—桥墩局部冲刷深度（m）；

K_{ξ} —墩形系数；

B1—桥墩计算宽度（m）；

Hp—一般冲刷后的最大水深（m）；

V—一般冲刷后墩前行近流速（m/s）；

IL—冲刷坑范围内粘性土液性指数，适用范围为 0.16～1.48。

引用的计算公式是针对恒定流的，由于潮流的反相输沙作用，将使冲刷坑有所减小，在计算时需考虑潮流作用校正系数 KT，根据国内外研究成果，取 KT=0.8。

7.2.2.2 参数选取

选取风电场内不同水深 3 个代表点进行桩基局部冲刷预测，同时对海上升压站、海上换流站进行桩基局部冲刷预测。计算参数见表 7.2-4。

表 7.2-4 桩基局部冲刷预测计算参数

环境参数	代表位置				
	I #	II #	III#	IV#海上升压站	V #海上换流站
水深(m)设计高水位下	7.7	19.5	13.5	17.8	17.1
场区潮流最大流速（m/s）	1.0	1.3	1.1	1.4	1.2
桩径（m）	7	7	7	2.6（单桩） *4	2.8（单桩） *12

7.2.2.3 预测结果分析

计算结果见表 7.2-5。

表 7.2-5 风机基础局部冲刷计算结果（单位：m）

组 别	国家规范桥墩冲刷公式	
I #	深度	2.17
	直径	13.02
II #	深度	3.47
	直径	20.82
III#	深度	2.52
	直径	15.12
IV#海上升压站	深度	3.58
	直径	21.48
V #海上换流站	深度	5.25
	直径	31.5

由上表可见，风电场区风机基础最大冲刷深度为2.17~3.47m，冲刷坑最大半径为13.02~20.82m；海上升压站基础最大冲刷深度为3.58m，冲刷坑最大半径为21.48m；海上换流站基础最大冲刷深度为5.25m，冲刷坑最大半径为31.5m。因此，风机和海上升压站、海上换流站基础结构设计时须预留一定的防冲刷深度并做好基础结构的防冲刷保护措施。同时在工程建成后加强对场区及周边 seabed 运移的监测，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。

由于局部冲刷计算尚无成熟、完善的数学模型，上述计算结果仅供设计参考。建议对我国东部沿海已建风电场类似风机基础的桥墩、桩基等的局部冲刷进行实测，积累资料，用于进一步比照分析本工程风机的局部冲刷情况。

7.3 海水水质影响预测与评价

7.3.1 海缆施工悬浮物扩散影响预测与评价

海底输电电缆敷设时，开沟犁开槽会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。

本工程所在的海域水深基本在 3~15m 左右，大部分风机和海缆所处海域水

深在 10m 以下，不考虑风的瞬时效应时，上、下水层的流速虽有差异，但分层现象并不明显。悬浮物扬起进入受纳水体后，水体中悬浮物浓度将产生一个梯度，在风、浪及海水涡动的垂向搅拌作用下，迅速与周围水体充分掺混稀释，使垂向污染物浓度梯度迅速减小，乃至可以忽略其垂向浓度梯度的存在。因此将海水视为单一水体，在潮流计算模型的基础上，采用沿水深平均的平面二维非恒定流和物质扩散数学模型来描述悬浮物的运动形态。

本次悬浮物扩散影响计算仍采用 MIKE21 模拟软件，与前述水文动力模型进行耦合计算，预测工程施工产生的悬浮物随流扩散对周围海域水质的影响。

7.3.1.1 基本方程

悬浮物扩散方程：

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + \frac{\partial(uhC)}{\partial x} + \frac{\partial(vhC)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + hF_s - kC$$

其中：

x、y—空间水平坐标轴；

u、v—x、y 轴向流速；

t—时间变量；

h—水深；

D_x 、 D_y —沿 x、y 方向的紊动扩散系数；

c—沿水深平均的人为升高悬浮物浓度；

F_s —污染物源项， $F_s = \sigma / (A \cdot h)$ ， σ 为悬浮物源强 (g/s)，A 为源强所在计算节点的控制面积；

$k = \alpha \omega$ ， α —沉降机率， ω —为沉降速度 (m/s)。

7.3.1.2 浓度场定解条件

(1) 边界条件

数学模型通常使用开边界（水边）和闭边界（岸边）两种边界条件。对于开

边界，流入计算域时：

$$h \left(\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} \right) = 0$$

考虑到模型的范围足够大，取流入计算域的浓度值为零。

(2) 初始条件

$$C(x, y, 0) = C_0$$

式中 C_0 为计算初始时刻水域中各点的浓度值，计算中取为零。

7.3.1.3 计算参数

(1) 糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

(2) 模型计算时间步长

模型采用的时间步长 $\Delta t = 0.5h$ 。

(3) 涡动分散系数

沿水流方向 D_x 和垂直水流方向 D_y 的水流涡动分散系数分别采用以下公式拟定：

$$D_x = 5.93\sqrt{g|u|h/c}, \quad D_y = 5.93\sqrt{g|v|h/c}$$

(4) 泥沙沉降速度

工程所在的海域各处悬沙平均中值粒径相差不大，基本上在 $0.01mm$ 左右，为细颗粒泥沙。在近海条件下，当含盐度大于 $10 \sim 12\text{‰}$ 时，泥沙絮凝沉速趋近于常值，其平均极限沉速均在 $0.015 \sim 0.06cm/s$ 范围内，计算时悬沙平均沉降速度可取为 $0.0005m/s$ 。

7.3.1.4 施工方式及源强

本工程位于江苏沿海辐射沙洲海域，海缆沿线有较长的浅水和滩涂区域，根据电缆敷设区域海洋环境的不同，电缆敷设分为近岸浅水与滩涂区域、近海深水区域两个区域进行。

根据3.4.1.1节工程分析，近岸浅水与滩涂区域采用两栖挖掘机进行电缆沟开挖敷设海缆，电缆沟施工的悬浮物源强为6.375kg/s。

近海深水海域采用开沟犁高压水冲埋的施工方式，海缆敷设施工的悬浮物源强为5.31kg/s。

7.3.1.5 预测结果与分析

考虑到风电场电缆的布设和施工方式造成的悬泥特点，以及当地水动力条件，在海缆路由沿线选取若干典型排放点进行悬浮物扩散计算，典型排放点包括了海缆路由的所有转折点，并根据海缆长短适当加密排放点数量，悬浮物排放点位置示意图见图 7.3-1。

分别预测大潮、小潮两种潮型电缆敷设施工产生悬浮物的扩散范围和浓度，统计分析悬浮物的最大影响范围。海缆施工期悬浮物扩散大潮、小潮、全潮影响范围及全潮最大影响面积包络线图见图 7.3-2～图 7.3-5，表 7.3-1 给出了施工期悬浮物增量值最大可能影响总包络面积。

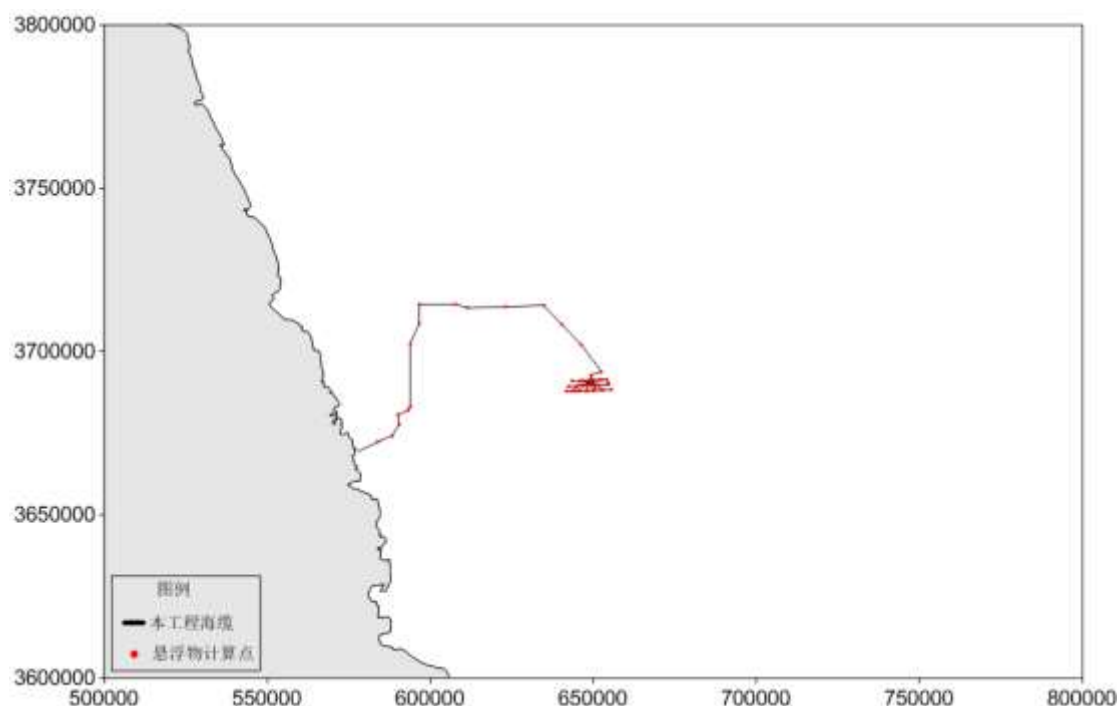


图 7.3-1 电缆敷设典型源强点位置

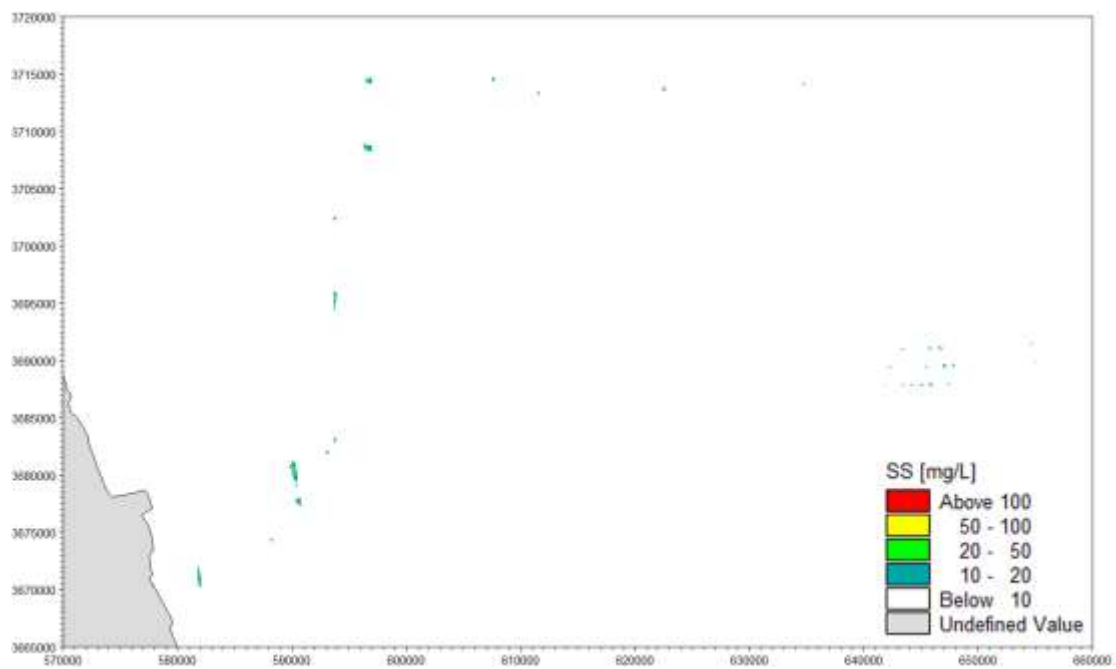


图 7.3-2 电缆敷设典型源强点悬浮物大潮最大影响范围

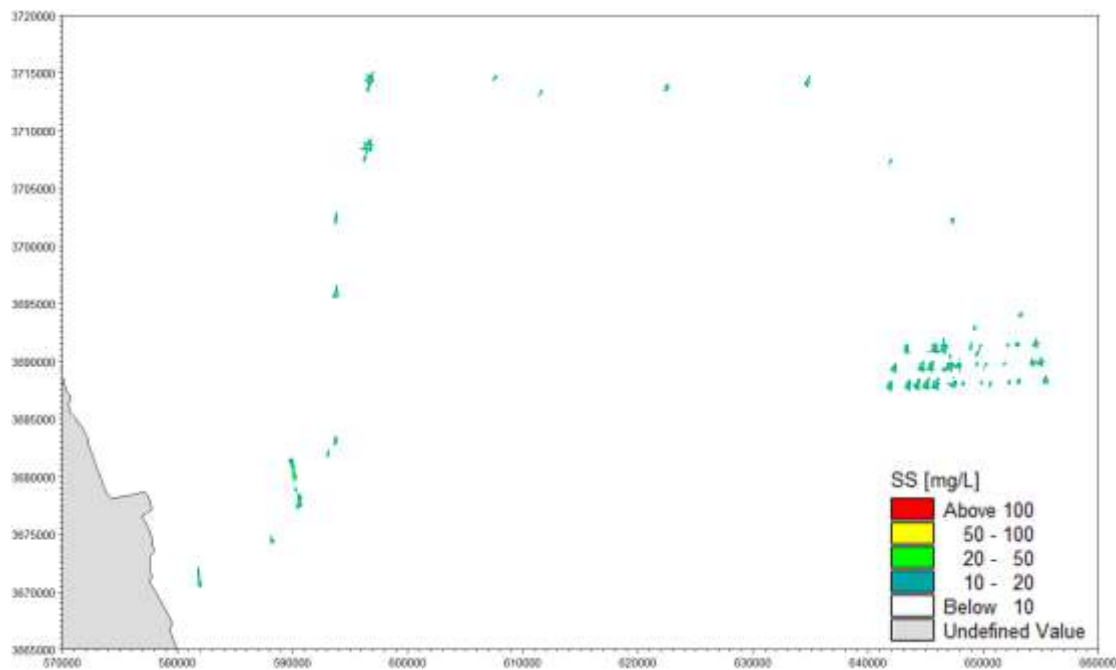


图 7.3-3 电缆敷设典型源强点悬浮物小潮最大影响范围

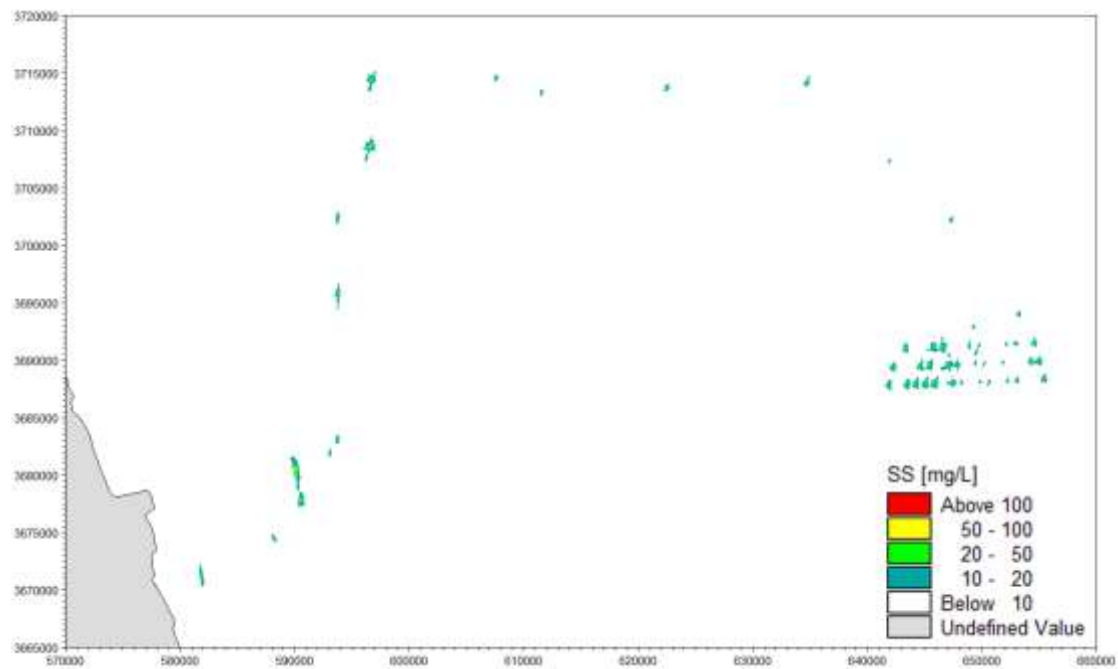


图 7.3-4 电缆敷设典型源强点悬浮物全潮最大影响范围

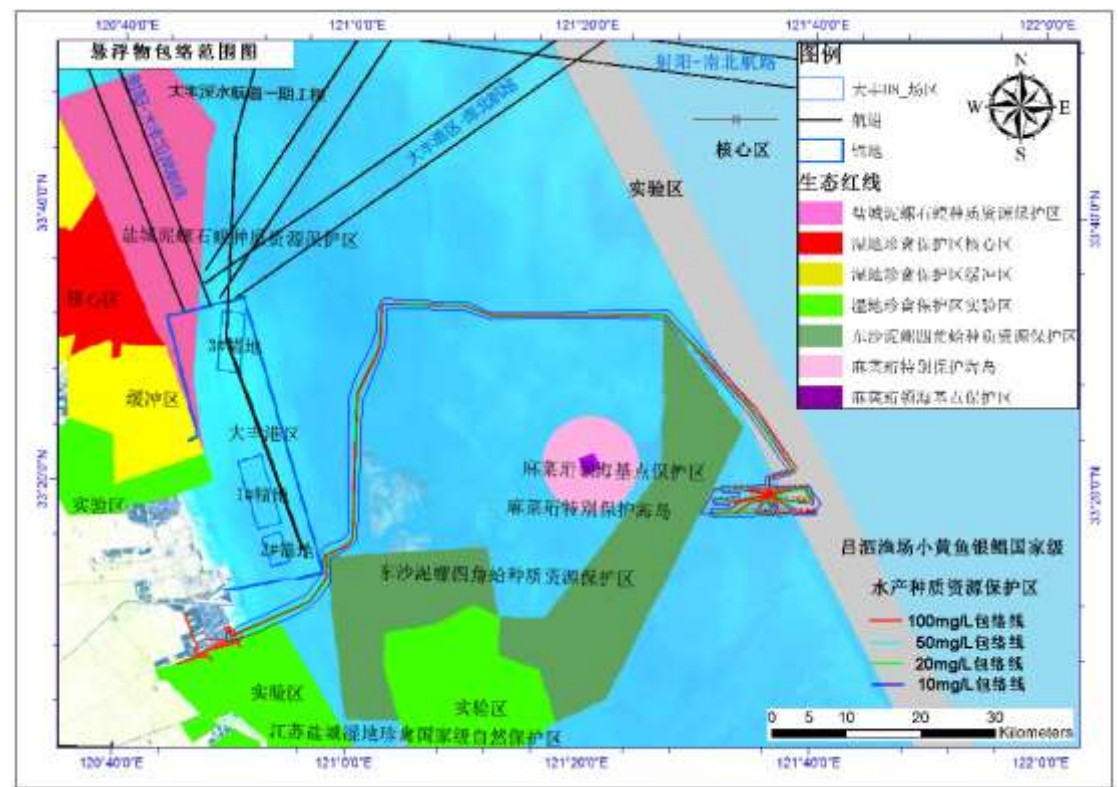


图 7.3-5 电缆敷设悬浮物最大影响包络范围（全潮）

表 7.3-1 全潮期悬浮物增量值最大可能影响总面积 (km²)

悬浮物增量值	100mg/L	50mg/L	20mg/L	10mg/L
影响总面积	16.92	42.53	100.79	200.16

从以上图表中可以看出：

(1) 施工点周围悬浮泥沙在逐渐沉降的过程中颗粒逐级细化，细颗粒泥沙可随海流输移至更远的海域。人为增加悬浮物高浓度面积较小，而低浓度区的面积相对较大。

(2) 全潮期电缆沟槽施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 16.92km²，大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 42.53km²，大于 20mg/L 的最大可能影响面积为 100.79km²，大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 200.16km²。

实际上，悬浮物排放点附近的物质扩散具有明显的三维特性，若采用沿水深平均的二维模式计算，得到排放点远区的扩散范围等结果才具有参考意义。而且，根据电缆的施工方式，采用典型排放点的概化计算模式，得到的悬浮物扩散范围是保守的，偏于安全。本次悬浮物扩散的影响范围以最不利情况，即 48 台风机海缆施工影响的最大范围考虑。

7.3.1.6 施工悬浮物对海域周边敏感目标的影响

工程海域周边的敏感目标有盐城湿地珍禽国家级自然保护区、吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区、麻菜珩领海基点保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区等。根据模型计算，工程海缆施工期间在敏感目标区产生的最大悬浮物浓度增量见表 7.3-2。

模型计算结果显示：海缆施工对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区最北角和西北角产生的最大悬浮物浓度增量分别为 43.0mg/L 和 74.23mg/L；对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区实验区产生的最大悬浮物浓度增量为 132.3mg/L；对盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区产生的最大悬浮物浓度增量为 7.8mg/L；对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区核心区和麻菜珩领海基点保护区几乎不产生悬浮物增量。工程海缆建设引起东沙泥螺四角蛤种质资源保护区、吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区实验区悬浮物浓

度增量大于 10mg/L 的最大面积分别为 1.25km² 和 26.35km²。可见，工程海缆施工将引起周边敏感目标悬浮物浓度的增高，但这一影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减至 10mg/L 以下。

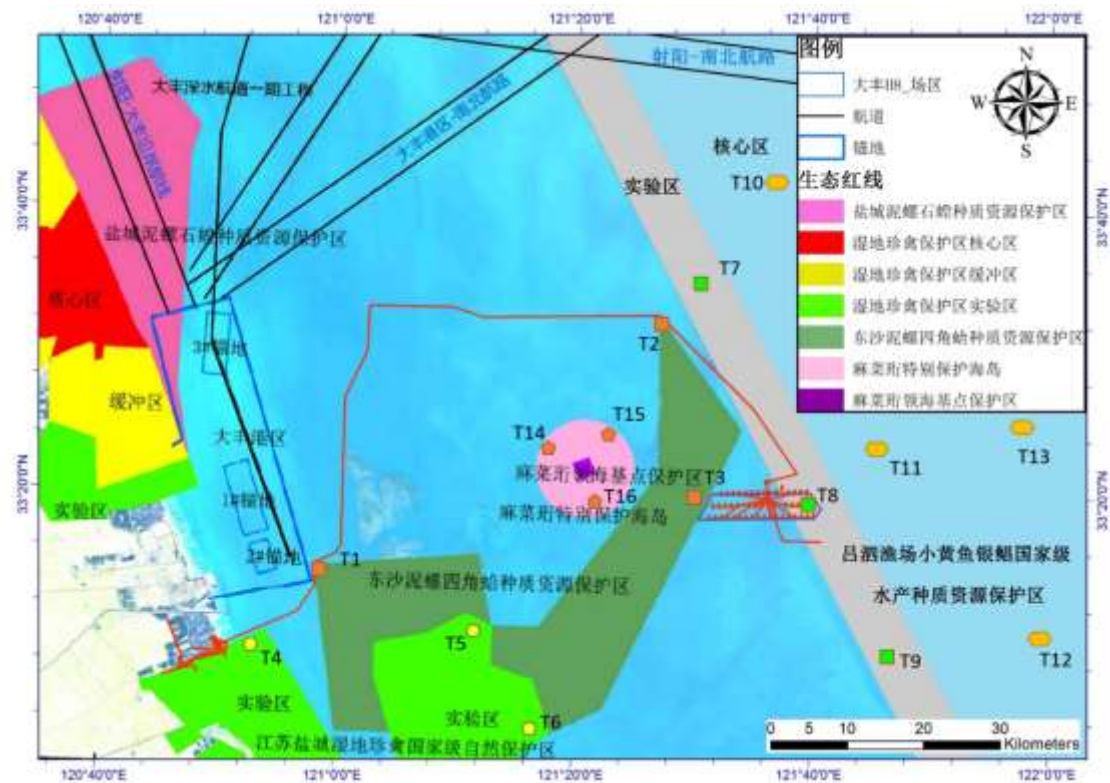


图 7.3-6 悬浮物扩散敏感目标分析点位示意图

表 7.3-2 海缆施工在敏感目标处的悬浮物浓度增量 单位：mg/L

敏感目标	点号	大潮	小潮
东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	T1	62.13	74.23
	T2	10.5	43.0
	T3	0.61	0.27
盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区	T4	7.8	4.9
	T5	<0.001	<0.001
	T6	<0.001	<0.001
吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区实验区	T7	0.038	0.001
	T8	68.9	132.3
	T9	<0.001	<0.001
	T10	<0.001	<0.001

吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区核心区	T11	0.1	<0.001
	T12	<0.001	<0.001
	T13	<0.001	<0.001
麻菜珩领海基点保护区	T14	0.007	<0.001
	T15	0.003	<0.001
	T16	<0.001	<0.001

表 7.3-3 敏感目标悬浮扩散影响面积统计 (km²)

序号	敏感目标	大于 10mg/L	大于 20mg/L	大于 50mg/L	大于 100mg/L	最大浓度 (mg/L)
1	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	1.25	0.40	0.004	/	74.23
2	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区实验区	26.35	13.86	6.31	2.45	32.3

7.3.2 桩基础施工水质影响分析

机基础沉桩产生悬浮泥沙对海洋生物将产生一定的影响, 根据分析, 在沉桩施打会引起周围 100m 半径范围内悬浮泥沙增加 (>10mg/L), 则单台风机悬浮泥沙扩散影响范围约为 3.14 万 m², 48 台风机将造成累计约 1.5072km² 的悬浮扩散影响。

本工程海上升压站和海上换流站桩基础施工时钢管桩和导管架需灌浆连接, 灌浆作业利用钢套箱进行水泥砂浆浇注作业。为保证浇筑质量, 钢套箱为半封闭结构, 一般情况下不会发生水泥砂浆泄漏。但由于钢套箱需反复利用, 可能发生因结构安装造成钢套箱的局部破损从而发生泄漏的情况。

本工程灌注的水泥砂浆, 主要由胶凝材料 (水泥)、拌和水和细骨料 (细砂石) 组成。水泥砂浆泄漏入海后与经海水稀释扩散会逐渐水化形成凝胶体, 并不断把周围散粒的或块状的材料胶结成一个整体最终由原先的液态或半固定状态硬化为砣。一般水泥吸水饱和 45 min 后, 水泥浆逐渐失去塑性, 出现凝结现象, 而凝结后的砣颗粒较大, 且水泥浆密度较高一般在 1800~2000kg/m³, 因此在发生水泥砂浆泄漏的情况下, 砂浆及其固化形成的砣会快速沉入海底, 其对海洋水质的影响将集中在泄漏口位置, 而其对海洋水质的污染则主要表现为局部水体透明度下降, 悬浮物浓度升高, 但随着砂浆硬化沉降, 对水质的影响会迅速减小。砂浆沉入海底后可能进一步与沉积物扩展凝结形成高强度的砣, 由于水泥砂浆中不含重金属、营养盐等物质, 因此砂浆沉降也不会对沉积物环境造成不利影响。

因此只要在发现砂浆泄漏后及时停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵，水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。

7.3.3 污废水影响分析

7.3.3.1 施工期污废水影响分析

本工程海上施工期间生活污水产生量约为 $17\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水中含有较高浓度的 N、P 等物质，若未经处理直接排放，则会在一定程度上加重海域的富营养化程度，恶化工程附近海域的水环境；海上船舶生活污水经统一收集运至岸上处理，避免直接排海，不会对海洋环境造成影响。陆域施工期生活污水产生量为 $10\text{m}^3/\text{d}$ ，经施工污废水收集和处理系统处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》后回用，不会对陆域环境造成影响。

本工程施工船舶含油污水的产生总量约为 $47\text{m}^3/\text{d}$ 。若上述含油污水未经处理直接排放，将直接污染区域海水水质。根据 2007 年 5 月 1 日实施的交通部《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，禁止向沿海海域排放油类污染物，船舶所产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施。除机舱通岸接头管系外，船舶油污水系统的排放阀以及能够替代该系统工作的其它系统与油污水管路直接相连的阀门应予以铅封，以保证船舶污水不排放入海。本工程施工船舶在执行上述铅封规定，船舶含油污水定期排至岸上交由有资质单位处理后，船舶含油污水不会对工程海域造成影响。

7.3.3.2 运行期污废水影响分析

（1）生产废水

海上升压站正常运行时不产生生产废水，当主变压器发生突发事故或机组检修时，可能会有少量的漏油和油污水，主要污染物为石油类。油污水经事故油管排至事故油池，收集后送交有资质单位进行处置，不会污染环境。

（2）生活污水

陆上换流站日常工作人员为 40 人，生活污水日均排放量约 $6.8\text{m}^3/\text{d}$ ，主要为粪便污水和少量洗涤废水，主要污染因子为 COD 和 SS 等。运行期工作人员的生活污水经收集后外运处置，不外排。

7.4 沉积物环境影响分析评价

由于本工程风机、海上升压站及海上换流站基础电化学防腐现阶段采用外加电流阴极保护防腐，因此本工程对沉积物环境影响主要来自于施工期影响。

施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中废弃物及其他、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。因此必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作，保护沉积物环境。

7.5 生态环境影响预测与评价

7.5.1 施工期海洋生态和渔业的影响

工程风机和升压站、换流站桩基沉桩施工，以及海缆铺设，都将扰动水体引起悬浮物增加，对周边海洋生态环境造成一定影响。当海水中的悬浮物增加时，海水透明度相应降低，海洋浮游植物及藻类的光合作用因此受影响，初级生产力下降，影响正常食物链的传递，导致海洋动物的摄食活动也会受到影响，从而影响海洋饵料生物和经济生物的生长繁殖。

（1）风机和海上升压站、海上换流站基础施工的影响

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

此外，钢管柱打桩产生的噪声对海洋生物存在一定影响，根据《水下噪声和电磁辐射对鱼类的影响专题报告》，本项目桩柱施打时水下噪声源强可达 240 dB re 1μPa@1m，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）电缆铺设影响

本工程海底电缆主要连接风机与风机之间、风机与海上升压站之间、海上

升压站与换流站之间、海上换流站与陆上换流站之间，电缆深度选择为泥面 2.0m 以下，风电场海底电缆敷设影响主要为电缆沟开挖对底栖生物和潮间带生物的伤害，以及电缆沟开挖使海底的泥沙再悬浮，间接对海洋生物的影响。

本次悬浮物扩散的影响范围以最不利情况，即 48 台风机海缆施工影响的最大范围考虑。根据悬浮物扩散模拟计算结果：电缆沟槽施工期悬浮物增量值大于 20mg/L 的最大可能影响面积为 100.79km²，大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 200.16km²。但这一影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减至 10mg/L 以下。因此，电缆敷设实际影响范围远小于预测范围。

7.5.1.1 对海洋生态的影响

根据施工组织设计，在风电场建设过程中，海缆沟开挖、风机和升压站桩基基础施工是影响海洋生态的主要施工环节。风机和升压站基础的建设占用一定面积的海床，生活栖息在该区域的底栖生物将不可避免地遭受毁坏而损失掉，由于施工是逐步进行的，因此，当生物的栖息环境遭受外来影响时，一些活动能力较弱的贝类等生物将会在施工过程中而损失掉，其他活动能力较强的贝类将会迁徙他处。

（1）桩基施工、电缆沟开挖对浮游生物的影响

水体中的叶绿素 a 含量、浮游植物的组成和数量是衡量和反映水体初级生产力的基础。大量的实验及调查研究表明，水体透明度对叶绿素 a 和浮游植物数量分布和变化是一个至关重要的制约因素。

工程风机桩基基础、海上升压站基础施工，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。一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量

在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。因此，本项目施工过程中要注意悬浮物浓度的控制，避免造成大量水生生态损失，由于工程施工是短期性的，对浮游植物和水体透明度造成的影响是暂时的、局部的、可逆的，随着工程施工的结束，影响随即消除。

根据长江口疏浚泥浸出液和悬浮液对小球藻(*C.saccharophila*)和大型蚤(*D.magna*)的生长试验和急性毒性试验结果，疏浚泥浸出液和悬浮液对小球藻的 96h-EC50 值分别为 87%和 99.5%，对大型蚤的 96h-LC50 值分别为 87.5%和 50.1%。表明长江口疏浚泥浸出液和悬浮液对浮游植物和浮游动物生长有一定影响，其中悬浮液的毒性要大于浸出液，悬浮液对浮游动物的影响大于对浮游植物的影响，而浸出液对浮游植物和浮游动物影响不大。

根据以上试验结果，对照本工程的施工组织设计，可预测工程施工产生的悬浮泥沙可能会对周围水域的水生生物产生一定不利影响。

(2) 桩基施工、电缆沟开挖对潮间带和潮下带底栖生物的影响

工程风机和升压站基础液压式冲击锤进行沉桩施工，海缆埋设过程中的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。风机桩基、升压站等永久设施占地周围区的底栖生物的生境遭到永久的破坏。

根据 3.4.1.2 小节，风机基础施工对潮间带的临时影响范围约 1.36hm²（扣除与永久影响重合范围）。海上升压站平台桩基础施工对潮下带的临时影响范围约 0.096hm²（去掉与永久影响重合范围），海上换流站对潮下带的总计临时影响范围约 0.132hm²（扣除与永久影响重合范围）。海缆施工造成的潮间带生境破坏面积约 9.6hm²，潮下带生境破坏面积约 54.4hm²。施工临时影响的潮下带面积为 56hm²，施工临时影响的潮间带面积为 9.6hm²。

根据《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》，对辐射沙洲海域生物量进行生物损失估算，则施工造成潮下带底栖生物损失量为 3.627t，造成潮间带生物损失量 9.128t。根据施工进度安排，总施工期为 42 个月，因此临时影响年限取 3 年。底栖生物资源价值按 1.0 万元/t 计算，则造成的经济损失约为 38.3 万元。

表 7.5-1 施工期潮下带底栖生物损失估算

破坏性质	项目	影响面积(hm ²)	生物量(kg/hm ²)	生物损失量(t)	经济损失(万元)	影响年限(a)	累计经济损失(万元)
临时影响	风机桩基(48 台)	1.36	64.78	0.088	0.088	3.0	0.264
	海上升压站	0.096		0.0062	0.0062		0.019
	海上换流站	0.132		0.0086	0.0086		0.026
	海缆	54.4		3.524	3.524		10.572
合计		56.146		3.627	3.627		10.881

表 7.5-2 施工期潮间带生物损失估算

破坏性质	项目	影响面积(hm ²)	底栖生物量(kg/hm ²)	生物损失量(t)	经济损失(万元)	影响年限(a)	累计经济损失(万元)
临时影响	海缆	9.6	950.83	9.128	9.128	3	27.384
合计		9.6		9.128	9.128		27.384

7.5.1.2 对渔业资源的影响

根据本工程的施工特点，施工期间对渔业资源的影响主要为悬浮物扩散。根据施工组织设计，工程风机桩基和升压站桩基沉桩施工，以及海缆铺设，都将扰动水体引起悬浮物增加。施工期悬浮物影响范围详见 7.3.1 节。

在工程风机桩基和升压站桩基沉桩施工，以及电缆管沟开挖过程中，悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，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%。但本工程悬浮物浓度, 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。

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 , 可能对鱼类生长造成影响。在悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的水域范围内, 成鱼可以回避, 幼体由于缺乏足够的游泳能力将出现部分死亡, 鱼卵、仔鱼将因高浓度的含沙量而发生死亡。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》, 污染物对各类生物损失率见表 7.5-3。因此, 悬浮物增量在 $10\text{mg/L}\sim 50\text{mg/L}$ 的区域, 鱼卵和仔稚鱼的损失率为 5%, 幼鱼、幼虾和幼蟹的损失率为 5%; 悬浮物增量在 $50\text{mg/L}\sim 100\text{mg/L}$ 的区域, 鱼卵和仔稚鱼的损失率为 30%, 幼鱼、幼虾和幼蟹的损失率为 20%; 悬浮物增量大于 100mg/L 的区域, 鱼卵和仔稚鱼的损失率为 50%, 幼鱼、幼虾和幼蟹的损失率为 30%。

表 7.5-3 工程施工对渔业资源损失评估

污染物 i 的超标倍数 (Bi)	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$Bi \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < Bi \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < Bi \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$Bi \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50
注:				
1. 污染物 i 的超标倍数 (Bi), 指超出《渔业水质标准》或超 II 类《海水水质标准》的倍数, 对标准中未列的污染物, 参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定; 当多种污染物同时存在, 以超标倍数最大的污染物为评价依据;				
2. 损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡, 以及生物质量下降等影响因素的综合系数;				
3. 本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类, 毒性试验数据作相应调整。				
4. 本表对 pH、溶解氧参数不适用。				

根据 7.3.1 节悬浮物扩散预测结果,施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 16.92km²,大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 42.53km²,大于 20mg/L 的最大可能影响面积为 100.79km²,大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 200.16km²。

依据《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》,鱼卵、仔稚鱼和幼体游泳动物的密度和损失率可以得出鱼卵总损失 7.17×10^8 尾,仔稚鱼总损失 5.28×10^8 尾。根据《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》和《海洋工程环境影响评价中渔业资源价值损失的估算》,幼鱼损失 0.84t,幼虾幼蟹损失 3.52t,头足类损失 1.76t。

依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》,鱼卵折成鱼苗按 1%成活率计,仔鱼折成鱼苗按 5%成活率计,从幼体长成鱼虾蟹的成熟的个体均按 50%成活率计;幼体损失均按商品鱼苗价格计算,经济损失按 3 年计算,则本项目施工期悬浮物扩散对渔业资源直接经济损失总计为 $934.01 \times 3 = 2802.03$ 万元。具体见表 7.5-4。

但上述渔业资源生物量损失随着施工的结束,慢慢可以得到恢复,因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

表 7.5-4 项目施工对渔业资源损失评估

悬浮物扩散范围 (km ²)	渔业资源	资源密度	损失率	损失量(尾)	鱼苗存活率	鱼苗和成体(尾)	单价	经济损失(万元)
157.63 (10~50mg/L)	鱼卵 (粒/1000m ²)	3260.00	5%	128468450	1%	1284685	0.5 元/尾	64.23
	仔鱼 (尾/1000m ²)	2400.00	5%	94578000	5%	4728900	0.5 元/尾	236.45
	幼鱼 (kg/km ²)	322.00	5%	2538	50%	1269	1.0 万元/t	1.27
	幼虾 (kg/km ²)	537.00	5%	4232	50%	2116	1.0 万元/t	2.12
	幼蟹 (kg/km ²)	537.00	5%	4232	50%	2116	1.0 万元/t	2.12
	头足类 (kg/km ²)	537.00	5%	4232	50%	2116	1.0 万元/t	2.12
	小计							308.30
25.61 (50~100mg/L)	鱼卵 (粒/1000m ²)	3260.00	30%	125232900	1%	1252329	0.5 元/尾	62.62
	仔鱼 (尾/1000m ²)	2400.00	30%	92196000	5%	4609800	0.5 元/尾	230.49
	幼鱼 (10 ³ ind./km ²)	322.00	20%	1649	50%	825	1.0 万元/t	0.82
	幼虾 (10 ³ ind./km ²)	537.00	20%	2751	50%	1375	1.0 万元/t	1.38
	幼鱼 (kg/km ²)	537.00	20%	2751	50%	1375	1.0 万元/t	1.38
	头足类 (kg/km ²)	537.00	20%	2751	50%	1375	1.0 万元/t	1.38
	小计							298.06
16.92 (>100mg/L)	鱼卵 (粒/1000m ²)	3260.00	50%	137898000	1%	1378980	0.5 元/尾	68.95
	仔鱼 (尾/1000m ²)	2400.00	50%	101520000	5%	5076000	0.5 元/尾	253.80
	幼鱼 (kg/km ²)	322.00	30%	1634	50%	817	1.0 万元/t	0.82
	幼虾 (kg/km ²)	537.00	30%	2726	50%	1363	1.0 万元/t	1.36

	幼蟹 (kg/km ²)	537.00	30%	2726	50%	1363	1.0 万元/t	1.36
	头足类 (kg/km ²)	537.00	30%	2726	50%	1363	1.0 万元/t	1.36
小计								327.65
一年总计								934.01
三年总计								2802.03

7.5.1.3 渔业生产的影响

由于工程整体位于吕四渔场农渔业区，本项目施工会直接占用部分滩涂增养殖区域和海水养殖区域，造成滩涂养殖和海水养殖面积的减小和产值的降低，同时施工扰动等的影响，施工区域周围的养殖作业会受到一定限制，产量会有所降低。

工程开工前，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，对受影响的渔业生产从业者进行合理必要的补偿，以减轻项目实施对渔业生产的影响。

陆上换流站施工会直接占用部分滩涂增养殖区域和海水养殖区域，造成滩涂养殖和海水养殖面积的减小和产值的降低，同时施工扰动等的影响，施工区域周围的养殖作业会受到一定限制，产量会有所降低。

7.5.2 运行期对海洋生态和渔业的影响预测与评价

7.5.2.1 对海洋生态的影响

根据水文动力和泥沙冲淤影响评价结论，项目建成后除风机墩柱周围的局部区域外，评价海域的水文动力和泥沙冲淤环境基本不改变，且项目建成运行后无造成海域水质和沉积物环境变化的影响因素，因此，评价海域的潮间带生境条件较项目实施前无明显变化，项目建成后，评价海域的潮间带生物类型、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。但风机基础和升压站的压占会造成少量潮间带生境的永久丧失，将对评价海域的生态环境和贝类生境造成一定的影响。

风电场建成后，该海域原有的平稳流态受到局部扰动，形成有快、有慢以及产生滞留带，该海域流场的变动必然与鱼群移动和栖息有着相互的关联性。风机基础建成后，在迎流面将产生一定程度的上升流，在背流面产生涡流。上升流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，上升流不断将底层、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。基础后部的涡流区，其影响作用是多方面的，在基础后面的涡流区，海底的泥沙、悬浮物等都会在此形成涡旋运动。塔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。运行期底栖生物及潮间带

生物损失量见表 7.5-5。

表 7.5-5 永久压占潮下带底栖生物损失汇总

破坏性质	项目名称	破坏面积 (hm ²)	底栖生物量 (kg/hm ²)	底栖生物直接损失量 (t)	经济损失 (万元)	影响年限	累计经济损失 (万元)
永久压占	风机基础 (48 台)	2.75	64.78	0.178	0.178	20	3.563
	升压站基础	0.16		0.010	0.010		0.207
	换流站基础	0.35		0.023	0.032		0.435
合计		3.26		0.211	0.211	20	4.224

工程施工及运行期对海洋生态和渔业资源影响损失见表 7.5-6。

表 7.5-6 工程对海洋生态和渔业资源影响损失汇总

性质	影响对象	影响面积 (hm ²)	生物量损失 (t/a)	年经济损失 (万元)	年限	累计经济损失 (万元)
永久影响	底栖生物	3.26	0.211	0.211	20	4.224
临时影响	底栖生物	56	3.627	3.627	3	10.881
	潮间带	9.6	9.128	9.128		27.384
	渔业生物资源	352.4	-	934.01		2802.03
合计		421.26	-	946.976		2844.519

7.5.2.2 对渔业生产的影响

根据国家海洋局发布的《海底电缆管道保护管理规定》(2004 年)，宽阔海域的海底电缆管道两侧各 500m 为海底电缆管道工程附近海域的范围，禁止在海底电缆管道工程附近海域内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业。本工程风电机组列距 900m~1800m，行距 1650m，在海底电缆管道工程附近海域外的区域仍可进行养殖作业。

因此，本项目虽然涉海面积较大，但项目实施对周边的渔业生产并非完全排他性；项目实施对工程用海范围内和海底电缆保护范围内的渔业捕捞、海水养殖和贝藻增养殖

活动产生较大的影响，建设单位应就实际占用海域和影响海域给有关渔民及养殖户带来的损失进行补偿；同时建设单位应与涉海范围内的其他海域养殖户和渔民做好充分的沟通协调工作，在确保风机和海缆安全的前提下尽可能地与渔业生产活动兼容，减少对渔业生产的影响，保障渔民和养殖户的利益，并做好渔业资源的增殖放流。

7.5.2.3 对重要经济物种“三场一通道”的影响

本工程风机基础位于小黄鱼育幼场西侧（图 5.5-2），风机基础建设时所产生的悬浮物可能会对其周边海洋生态环境造成影响。

根据小黄鱼的生物学特性，小黄鱼吕泗渔场产卵场位置大约在从启东嘴到北纬 34 线以南的苏北浅滩上。4 月和 5 月是产卵盛期，6 月产卵后的幼鱼在外侧索饵，7 月和 8 月随着个体长大，索饵鱼群向禁渔线外侧洄游，逐渐远离规划海域（图 5.5-2）。本工程风机基础位于小黄鱼育幼场西侧，施工期对产卵场、索饵场和洄游通道可能产生负面影响，主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，每年 4~6 月是主要季节。工程中作业顺序应安排得当，电缆铺设和风机打桩尽可能的避开渔业敏感季节，使施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。因此，应避免在 4~6 月的产卵期和幼鱼索饵期进行工程建设

建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，到达一定距离外的安全海域。

根据东海银鲳种群的生物学特性，济州岛邻近水域的越冬鱼群5月中旬前后主群分批进入海州湾南部近岸产卵，其中少数进入吕泗渔场北部海区产卵；东海北部外海的越冬鱼群洄游于浙闽近海的诸产卵场产卵，其洄游路线的北界一般不超过长江口。从工程位置上来看（图5.5-3），本工程不涉及银鲳产卵场和越冬场，因此建设过程中不会对银鲳的产卵和越冬产生不利影响。

风机基础打桩及海缆敷设施工期间所产生的废水、油污水、固废经收集后统一送至岸上处理，不排海，且所产生的悬浮泥沙来源于海床表层沉积物，施工不会造成沉积物化学性质的改变。因此，施工期不会造成小黄鱼和银鲳生物质量的改变。营运期间，海

缆已位于泥面以下，除电磁场影响外，无其它污染物排放，也不会对小黄鱼和银鲳生物质量的造成影响。但若因施工船舶管理不善而发生船舶含油污水、生活污水等废水直接排海，或发生溢油事故，将直接污染海水水质，进而影响区域沉积物质量，造成石油类等指标超标，从而使小黄鱼和银鲳生物质量下降。因此，施工期应加强管理，防止意外排泄、泄露等事故的发生，并针对性地制定应急预案。

7.6 水下噪声和电磁场对鱼类的影响分析

海上风电场在施工期及营运期所产生的水下噪声和电磁场对工程海域海洋生物特别是鱼类将带来一定的影响，施工期的主要噪声为水下打桩等所产生的水下冲击波噪声；营运期主要为风机运转产生的水下噪声和海底电缆电磁场等对鱼类的影响。为详细分析本风电场工程建设产生的水下噪声和电磁场对鱼类的影响，我院委托上海海洋大学在工程海域开展水下噪声和电磁辐射专题研究，并编制了《三峡新能源江苏大丰 H8-2#海上风电场项目水下噪声和电磁辐射对鱼类的影响专题报告》。本环评报告书中有关水下噪声及电磁辐射对鱼类的影响分析引用该专题报告内容。

7.6.1 水下噪声对鱼类的影响

7.6.1.1 施工期水下噪声对鱼类的影响

(1) 打桩噪声的预测

Nedwell曾提出一个计算打桩噪声峰值声压的经验公式为 $SPL=24.3D+179$ ，其中D为基桩的直径。但需要说明的是利用Nedwell的公式进行预测时，只适用于直径较小的单桩型基桩，同时需要根据实际情况进行修正，并不能适用所有情况。如上述直径3m的钢管桩在打桩时产生的噪声，根据公式预测在1m处的声压级为 $170+24.3\times 3=251\text{dB}$ ，而30m处测的声压级188dB，根据 $20\log(r)$ 推算其1m处的声压级为217dB，据 $30\log(r)$ 推算为231。本项目风机采用单桩打桩，其直径为7-8m，属于大型桩，则不适宜再根据Nedwell的经验公式 $SPL=24.3D+179$ 进行预测。

本工程风机基础类型均为单桩基础，钢管桩直径7.0~8.0m，桩长76~87m，材质DH36，壁厚65~80mm，单根钢管桩重约953.7~1075.6t，属于大型桩软质底打桩类型。根据国

外工程经验，小型桩施打时1m处的水下声压可达190~200dB，而大型桩施打时噪声源强可达240dB以上。由表5-1，直径4m的大型桩在硬质底（岩石）打桩产生的噪声最高实测值为242 dB，虽然明显低于经验公式的预测值。虽然考虑到本工程海域其底质类型主要是较软的海沙底，由于软质地的声音吸收，其声压级要低于硬质底。但由于本次工程项目采用的钢管桩直径达7-8m。因此在，我们将以240 dB作为本项目打桩噪声的最高评估标准。

打桩噪声的衰减模型都是基本实测数据进行的函数拟合，但都基本上是基于 $N \cdot \lg(r)$ 的扩散模型进行的计算，有的计算是还考虑了海水对声音的吸收，其吸收率随着声音频率增加而增加，对于 1000Hz 以下的声音，其吸收系数一般很小，在许多报告和文献中均采用忽略不计的处理方式。在声音在水中传播的理论衰减模型中，通常采用柱面（ $10 \cdot \log(r)$ ）和球面（ $20 \cdot \log(r)$ ）衰减两个模型来简化复杂的声音传播问题。然而，由于打桩噪声为脉冲瞬时信号，其衰减程度相对于连续信号较高，再加上浅海海域传播和海底地貌的复杂性，其衰减具有非线性的特性。声源级（SL）用来描述距声源 1m 处的声音强度。当传输损失已知时，距离声源 r m 处的待测声级（RL）可通过如下方程得到： $RL(r) = SL(1m) - TL(r)$ 。对于深水域，Baily 等人通过实测数据给出 40m 水深的打桩噪声衰减满足 $20 \cdot \log(r)$ ，Nedwell 对于深水域打桩噪声的衰减也给了衰减系数为 17-21 的推算。但对于水深较浅时，由于浅海海域传播和海底地貌的复杂性，衰减系数要大于深水域。Norro 等人通过实测数据给出了 $27.4 \cdot \log(r)$ 的衰减模型（水深小于 10 m），汪启铭等根据对我国某海域的打桩噪声的实测数据则给出了 $31.4 \cdot \log(r)$ 的衰减模型，其监测海域为软质沙底，水深 7m。因此综上考虑，我们选 $30 \log(r)$ 作为本项目海域打桩噪声的衰减模型，实际的衰减还应根据实测数据进行推算，有待进一步研究分析。

（2）打桩噪声对海洋生物的影响分析

1）打桩噪声对哺乳动物的影响分析

表 7.6-1 为哺乳动物 TTS 的噪声阈值，本项目海域可能出现在的哺乳动物为江豚（渔业资源调查没有发现），因此采用低频鲸豚类的保护阈值为 179dB 进行打桩噪声影响评估。本项目打桩噪声预测为 240dB，基于 $30 \log(R)$ 的衰减模型，可算出对应的影响距离是 107m。而根据 NOAA 导则，对海洋哺乳动物造成行为干扰的阈值是 160dB，对应的的影响距离是 464m，造成永久性伤害的 PTS 为 219dB，对应的距离是 5m。工程海域

桩基的施工为一次一个桩，不考虑几根桩同时施打的重叠影响)。因此，施工中应确立在距离桩基至少 464m 范围内为警告区域。

表 7.6-1 为哺乳动物 TTS 和 PTS 的噪声阈值

Table 3: Summary of auditory weighting and exposure function parameters.

Hearing Group	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>f</i> ₁ (kHz)	<i>f</i> ₂ (kHz)	<i>C</i> (dB)	<i>K</i> (dB)	Weighted TTS onset threshold* (SEL _{cum})
Low-frequency (LF) cetaceans	1.0	2	0.2	19	0.13	179	179 dB
Mid-frequency (MF) cetaceans	1.6	2	8.8	110	1.20	177	178 dB
High-frequency (HF) cetaceans	1.8	2	12	140	1.36	152	153 dB
Phocid pinnipeds (PW) (underwater)	1.0	2	1.9	30	0.75	180	181 dB
Otariid pinnipeds (OW) (underwater)	2.0	2	0.94	25	0.64	198	199 dB

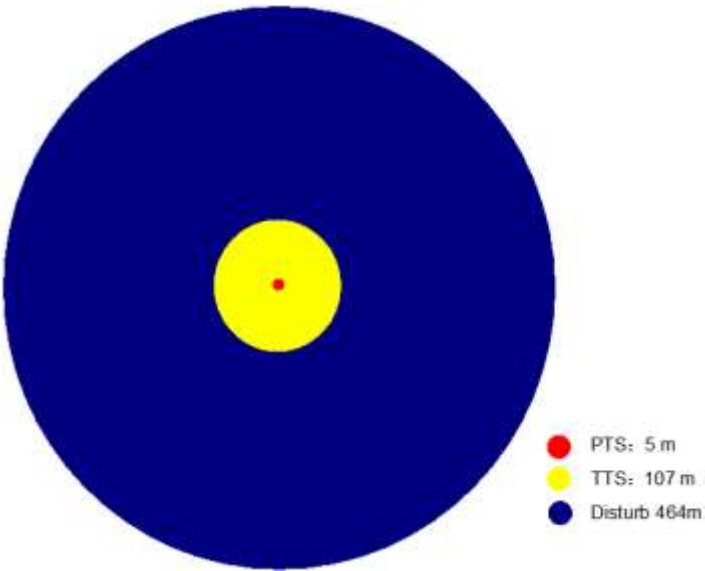


图 7.6-1 打桩噪声对哺乳动物的影响距离图

2) 打桩噪声对鱼类的影响分析

①黄姑鱼的听觉阈值的实验研究

本课题组于 2018 年对黄姑鱼的听觉阈值进行实验室研究。黄姑鱼的听觉阈值采用微创的脑干诱发电位法（AEP）进行确定。如图 7.6-2 为黄姑鱼在 500Hz 的 AEP 波形，其特征为一系列三至五个负向峰叠加在一个缓慢的正向偏转的负向峰上的波形。随着刺激强度的递减，其 ABR 幅值也慢慢降低，直至较低的声音强度不能引起其听觉脑干诱

发电位，实验共设置了 200Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz 四个频率，分别按 5dB 梯度衰减。图 7.6-3 为黄姑鱼在单频音刺激下的听觉阈值曲线，由图可知，黄姑鱼的听觉最敏感频率为 200-500Hz 左右，其平均听觉阈值为 95dB。500Hz 以上的听觉阈值达 110-120dB。

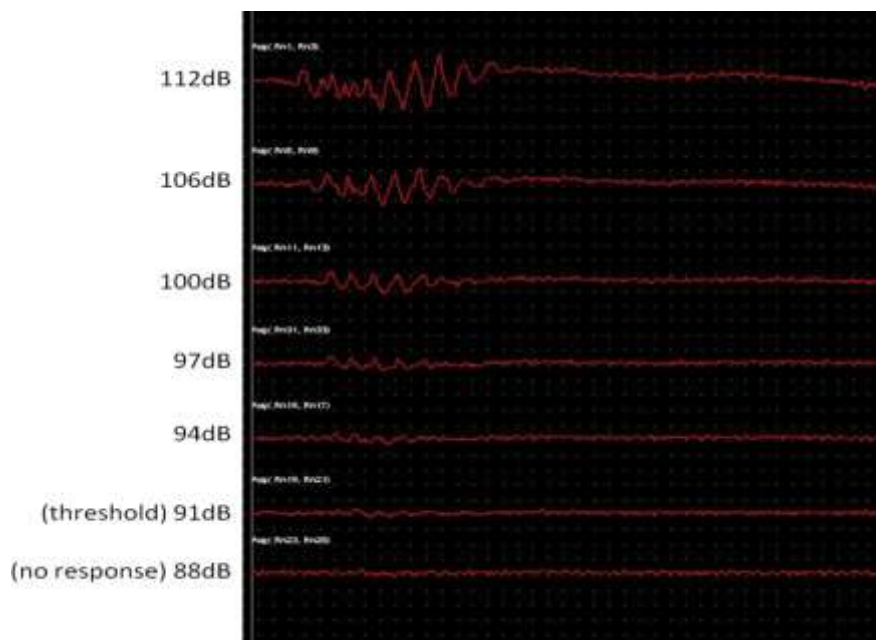


图 7.6-2 500Hz 刺激下黄姑鱼的 AEP 波形

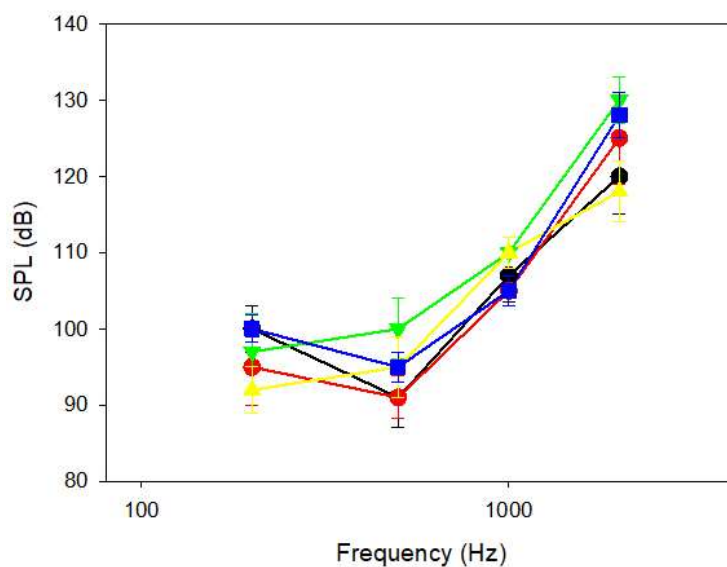


图 7.6-3 黄姑鱼的听觉阈值曲线

②大黄鱼的发声谱级

课题组对实验室暂养的黄姑鱼和小黄鱼进行发声实验时发现，实验室内的黄姑鱼和小黄鱼并没有发出声。但刘贞文等（2010）曾对大黄鱼的发声进行过研究，结果表明，

在大黄鱼在自由状态下，其发声最高声压谱级（656Hz）为 148 dB。但小黄鱼和黄姑鱼的数据尚未见报道，因此，认为水下噪声超过 148dB 则可能对石首鱼的声讯交流造成遮蔽。

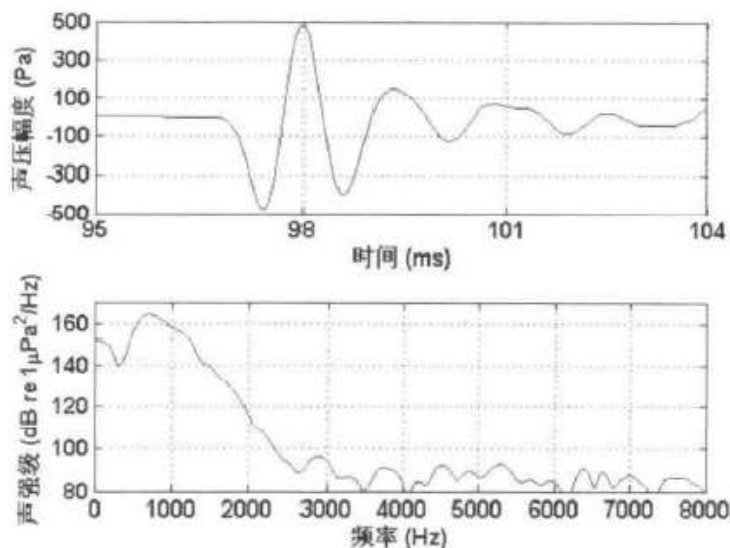


图 7.6-4 大黄鱼的发声谱级

③噪声暴露对黄姑鱼听觉阈值的影响实验研究

课题组对黄姑鱼进行了 100-200dB 的 200Hz 的单频音暴露实验。结果发现声压级在 150dB 前，实验鱼没有明显的行为变化，但到 160dB 时，实验鱼开始有跳出水面的行为。黄姑鱼在噪声达到 200dB 的短暂暴露下，实验鱼的惊鄂反应更加明显，对暴露后的实验鱼进行听觉阈值实验，发现其听觉阈值增加近 20dB。噪声暴露后的几天内暂养水槽开始有死鱼出现。

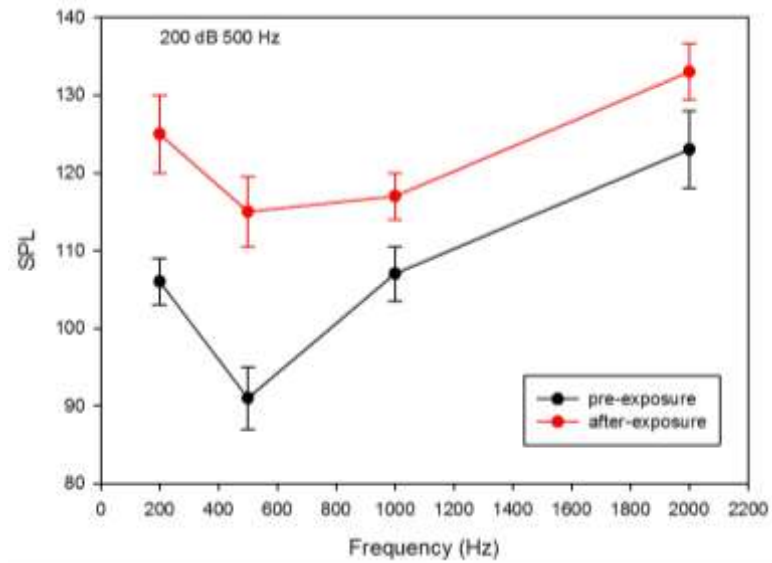


图 7.6-5 声暴露对黄姑鱼听觉阈值的影响

基于黄姑鱼的听觉阈值研究，打桩噪声可被黄姑鱼感知，其听觉阈值为 95dB，但海洋的水下背景噪声峰值实测可达 120dB，因此，打桩噪声衰减至环境噪声水平时的距离可作为鱼类的安全距离。本项目打桩噪声预测为 240dB，基于 $30\log(R)$ 的衰减模型，鱼类感知的安全距离为 10 公里，基于大黄鱼发声的文献资料（发声声谱级为 148dB），而引起鱼类声讯交流遮避的距离为 1.165 公里。引起黄姑鱼逃避反应的声压级为 160dB，对应的距离 464m，对黄姑鱼造成伤害的声压级为 200 dB，对应的距离为 21m。综上所述，应当在离桩基 10 公里的范围内注意石首鱼鱼类的分布。

图 7.6-6 为打桩噪声对鱼类影响距离示意图。需要指出的是，上述数据是基于实验室有限空间的数据，在实际施工时水下噪声对鱼类的影响主要表现为鱼类暂时性的远离施工区域，在打桩作业中采取软启动的方式，使强度缓慢增强的方式，能驱使附近鱼类离开施工水域，以减少大范围的鱼类伤害。

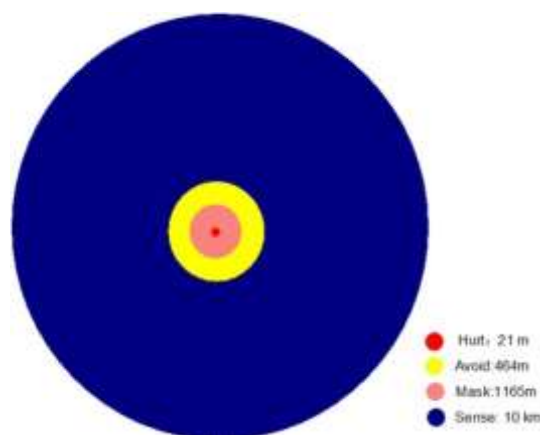


图 7.6-6 为打桩噪声对鱼类影响距离示意图。

(3) 打桩噪声对产卵场和仔鱼的安全距离

工程海域的主要产卵场为吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区，主要保护对象为小黄鱼、银鲳产卵亲体及其幼体。本风电场部分风机和海缆在实验区内，因此需要进行打桩噪声对其产卵亲体、鱼卵及仔鱼的影响评估。

鱼类的听觉是基于毛细胞发育的感觉系统，随着鱼类的发育，其毛细胞数量增加，其听觉敏感性也增强。因此，一般来说鱼类幼年期的听觉较成年期不敏感，如图 7.6-7，为鲶鱼不同发育阶段的听觉阈值。由图可知，体长 20-30mm（XXS 组）的鱼的听觉阈值比体长 110-160mm（XL）组的听觉阈值高 25dB。本实验采用的黄姑鱼为 10cm 左右，接近成年个体的大小。由于实验时间和经费限制，不同发育阶段的黄姑鱼的听觉没有进行实验。本实验中采用的黄姑鱼的听觉最敏感频率为 200-500Hz 左右，其平均听觉阈值为 95dB。但根据已有的实验，可预测黄姑鱼幼体的听觉阈值高 20dB 以上，约为 115dB。

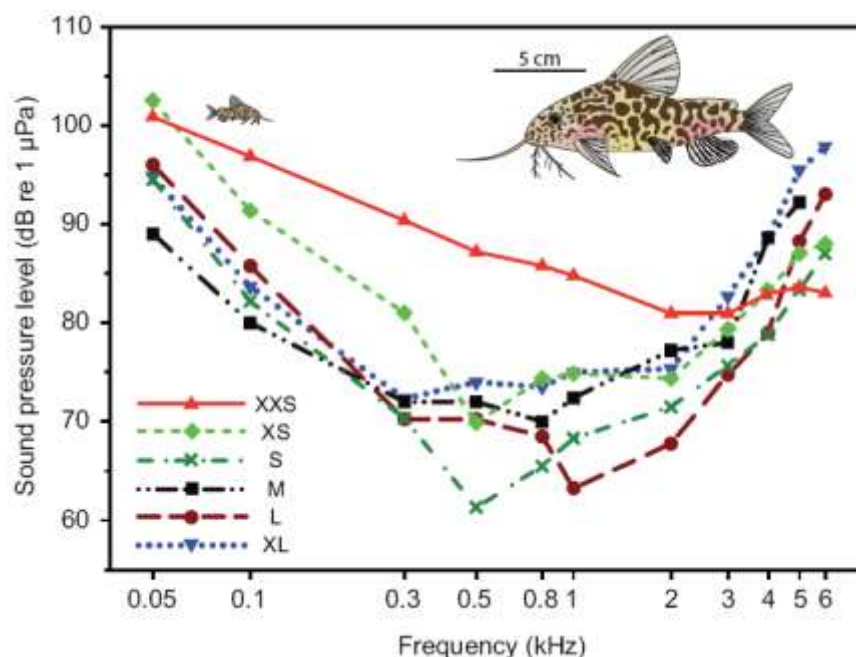


图 7.6-7 不同体长鱼类的听觉阈值，体长范围 20mm-160mm

基于黄姑鱼的听觉阈值研究，打桩噪声可被黄姑幼鱼感知，其听觉阈值为 115dB，但海洋的水下背景噪声峰值实测可达 120dB，因此，打桩噪声衰减至环境噪声水平时的距离可作为鱼类的安全距离。本项目打桩噪声预测为 240dB，基于 $30\log(R)$ 的衰减模型，鱼类感知的安全距离为 10km。由于目前研究表明，石首鱼发声均为生殖交流目的为主。因此，噪声对幼鱼的声讯交流影响相对较小。但对打桩噪声对幼鱼的行为反应必需考虑。根据大黄鱼的噪声暴露研究，声强达到 140dB 时，引起小黄鱼的跳跃行为，达 150dB 时则有翻肚或死亡。对应的安全距离为 2154m，即 2km。综上所述，应当在离桩基 10km 的范围内注意石首鱼幼鱼的分布，而 2km 内的打桩噪声可能引起幼鱼的惊鄂反应，应当特别进行驱赶，因此，需要设置 2km 的打桩警戒线。

鱼类在生殖季节由于性激素的调控，其听觉敏感性会相应的提高，以适应生殖声讯交流的敏感度。有研究表明，发声鱼类的听觉敏感性在生殖季节提高 10dB 以上（图 7.6-8）。因此，基于本实验的研究，生殖季节的黄姑鱼的听觉阈值可降至 85dB，如果在海况较好的情况下，打桩噪声被生殖期黄姑鱼感知的距离约为 146km。但海洋的水下背景噪声峰值实测可达 120dB，因此，打桩噪声衰减至环境噪声水平时的距离可作为鱼类的安全距离，为 10km。基于大黄鱼发声的文献资料（发声声谱级为 148dB），而引起鱼类声讯交流遮避的距离为 1.165km。引起黄姑鱼逃避反应的声压级为 160dB，

对应的距离 464m，对黄姑鱼造成伤害的声压级为 200 dB，对应的距离为 21m。综上所述，应当在离桩基 10km 的范围内注意石首鱼鱼类的分布。由于风电场有部分风机位于保护区的实验场内，因此，需要特别注意，尤其在 5-7 月份。

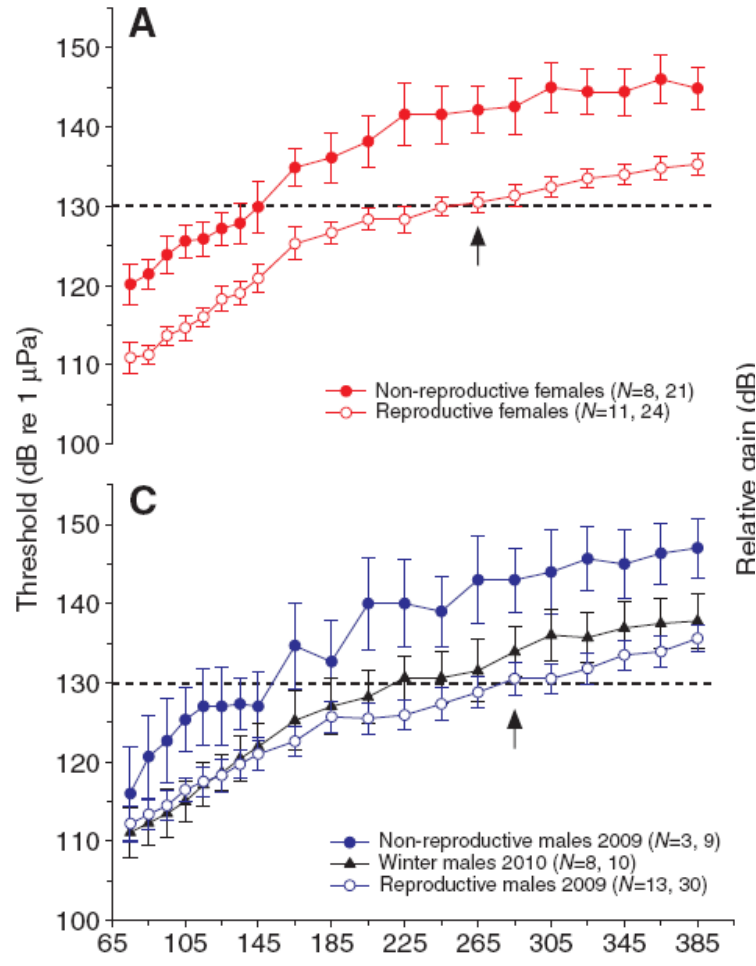


图 7.6-8 不同生殖季节发声鱼类的听觉阈值变化 (toadfish)

7.6.1.2 营运期水下噪声对鱼类的影响

(1) 营运期海域哺乳动物及鱼类的安全距离分析

基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运营期的水下噪声主要为低频信号（100-200 Hz），其声谱级预测为 100dB，与海域背景水下噪声声谱级相当。因此，认为运营期风电场水下噪声对哺乳动物不会造成影响。

基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运营期的水下噪声主要为低频信号（100-200 Hz），其声谱级预测为 100dB。黄姑鱼的听觉阈值为 95dB，根据 $30\log(r)$ 的衰减模型，其感知距离为 1.5m。石首鱼鱼类的发声声谱级为 148dB，因此认为运营期

期风电场水下噪声对鱼类不会造成影响。

然而，需要指出的是，风电场的水下信号中存在大量的低频振动信号，而鱼类可以利用侧线感觉器官来感知振动信号，因此，风电场的低频振动信号对鱼类的长期影响还有待研究。

（2）水下噪声对工程海域鱼类的影响的实验研究

对黄姑鱼和小黄鱼的摄食行为实验表明，运营期的水下噪声对鱼类的摄食没产生影响。然而，需要指出的是，实验鱼来自人工养殖基地，人工养殖基地本身存在一定的噪声水平，实验鱼对人为的噪声环境有一定的适应性。运营期水下噪声对野生群体的行为研究还有待进一步研究。

由于不同海洋种群间个体差异较大，特别是石首科。由于时间关系，实验研究并没有对不同发育的鱼类进行研究，风电运营中的水下噪声的长期暴露是否对幼鱼或其它不同发育阶段的通讯产生影响还有待研究。

（3）运营期水下噪声对产卵场和仔鱼的安全距离

鱼类的听觉是基于毛细胞发育的感觉系统，随着鱼类的发育，其毛细胞数量增加，其听觉敏感性也增强。因此，一般来说鱼类幼年期的听觉较成年期不敏感。根据已有的实验，可预测黄姑鱼幼体的听觉阈值约为 115dB。

基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运营期的水下噪声主要为低频信号（100-200 Hz），其声谱级预测为100dB。黄姑鱼的听觉阈值为115dB，推测石首鱼幼鱼可能听不到运营期的风电机噪声，因此认为运营期风电场水下噪声对鱼类不会造成影响。然而，这方面的数据仍需要进一步进行不同发育阶段鱼类的实验室实验为支撑。

7.6.2 电磁场对海洋鱼类的影响分析

7.6.2.1 海底交流电缆和直流电缆磁感应强度预测

320kV 海底电缆的在水中的磁场强度感应强度的预测。可根据 400kV~500kV 进行类比预算，400kV~500kV 范围内的最大磁感应强度为 160 μ T。因此，本项目风电场 320kV 直流海底电缆在埋深 2-3m 情况下，其最大磁感应强度可小于 160 μ T。

尽管海底电缆的辐射磁感应强度预测值均低于公众暴露限值，即工频电场强度 $\leq$

4kV/m，工频磁感应强度 $\leq 0.1\text{mT}$ 。但当海洋生物进入海底电缆产生的磁场区就会产生感应电场，水中的弱电流可能被鱼类感知，并产生行为模式的改变。

7.6.2.2 海底交流电缆和直流电缆感应电场预测

当海流经过海底电缆辐射的磁场时，就会对应的产生感应电场，当海水静止的情况下，鱼类以平均巡航速度（2.57m/s）经过磁场区或海流为 5 节流速（对应 2.57m/s）时，埋深于海床 1m 下的海底直流电缆向四周辐射产生的感应电场强度见表 7.6-1，由表可知最大值 $1.94 \times 10^{-4}\text{V/m}$ ，即 $194\mu\text{V/m}$ 。感应电场的强度随着鱼的游泳速度下降而减弱。同时，随着埋深深度增加时，产生的电场强度也减弱。

表 7.6-2 海底电缆辐射的感应电场强度

Distance (m) Above Seabed	Field Strength (V/m)		
	Horizontal Distance (m) from Cable		
	0	4	10
0	1.94E-04	3.15E-05	7.85E-05
5	1.75E-05	1.62E-05	1.39E-05
10	8.80E-06	8.52E-06	7.13E-06

7.6.2.3 电磁环境影响

（1）本项目采用了 35kV、220kV 的交流海底电缆和 320kV 的直流海底电缆，类比国外资料和模拟计算，220kV 产生的电磁辐射的磁感应强度不高于 $22\mu\text{T}$ ，而 320kV 产生的电磁辐射的磁感应强度不高于 $160\mu\text{T}$ ，深埋于海床下 2m 时，感应电场强度预测为 $80\mu\text{V/m}$ 。

（2）电感受鱼类西伯利亚鲟的电感受阈值为 $20\mu\text{V/cm}$ ，即 2000V/m ，小于海底电缆产生的感应电场。然而，西伯利亚鲟为淡水电感受鱼类，海洋中的电感受鱼类的感受阈值更低，如鲨鱼的电感受阈值是低至 $0.1\mu\text{V/cm}$ ，即 10V/m 。项目海域历史曾有中华鲟的活动范围，中华鲟在海中生长发育，达到性成熟后由海进入长江进行生殖，性成熟期的电感受器数量达最大，此时的电感受敏感性也最强，。如果海上风电场位置刚好处于其洄游线路上，那么较强的电磁感应电场可能影响其行为模式。目前，成年中华鲟的电感受数据尚未见报道。

（3）西伯利亚鲟幼鱼最小平均避让阈值为 $30 \pm 2.5\mu\text{V/cm}$ ，随着鲟鱼的个体发育，其电感受器数量增加，其对外界弱电场的反应灵敏度也增加。同样，该结论不能直接应

用至中华鲟。基于目前的结果，水下电缆的电场辐射可能对鲟鱼的影响不大，但也可能存在低估的风险，因为非生物电场信号对鲟鱼的生理行为的影响尚不清楚

(4) 实验数据表明弱电场环境并没有影响小黄鱼的行为，其游泳路线不受弱电场的影响。

(5) 从现有资料分析，35kV、220 kV、320kV 海底电缆在埋设海底下 2m 深时，其在海底面上所辐射的磁感应强度为 $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{T}$ 数量级，远小于国家规定的 0.1mT 的门限值。综合类比实验分析也表对该海域中主要的海洋生物资源的影响不明显。

(6) 根据陆地上 500kV 变电站的类比数据分析，本项目海上升压站和换流站产生的磁感应强度低于评价标准 0.1mT (GB8702-2014)，但 220kV 升压站的工频电场在 50 处接近背景值，320kV 的换流站的工频电场预测在 100m 处达到评价标准的 4V/m。

(7) 由于实验的时间、规模、经费等均有限，海洋生物对磁场的这种生理反应的持久性尚需要进一步评估。建议相关单位进一步开展此方向的研究，并在项目营运期进行海底电缆等电磁辐射的跟踪监测。

7.6.2.4 电磁辐射对产卵场和幼鱼的影响

工程海域内的主要产卵场为吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区，主要保护对象为小黄鱼、银鲳产卵亲体及其幼体。

基于本实验黄姑鱼的实验，弱电场信号对非电感受鱼类的影响非常小，甚至没有影响。因此，基于本实验的结果，本项目的水下电磁辐射对非电感受鱼类不存在影响，但运营期风电场通常存在数十年，对于这种长期的慢性影响，仍需开展对应的实验研究。

本项目的实验室实验采用的电感受鱼类为西伯利亚鲟鱼幼体，体长约为 20cm 左右，其电感受阈值为 $20 \mu\text{V/cm}$ ，即 $2000 \mu\text{V/m}$ ，远大于预测的海底电缆的感应电场最大值为 $80 \mu\text{V/m}$ 。因此认为，正常情况下的海底电缆产生的电磁辐射对鲟鱼的影响较小，但需要进行长期监测，也确定一定的埋深。

7.7 对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区的影响评价

江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于风电场西侧，320kV 海底电缆与该自然

保护区实验区最近距离约为 400m，不直接占用该保护区。

(1) 施工悬浮物对保护区的影响

本工程施工期对保护区的影响主要为海缆施工产生的悬浮泥沙对保护区及附近海域海水水质的影响。本工程海缆登陆段距离保护区实验区 6 的最近距离为 400m。根据悬浮物扩散影响预测结果，海缆施工引起的悬浮物扩散对盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区产生的最大悬浮物浓度增量为 7.8mg/L。

可见，220kV 海缆施工产生的悬浮物将对珍禽保护区海水水质产生一定的影响，但施工期较短，且这一影响是暂时的。

在进行电缆敷设时，应尽量避免大范围对海底的扰动，在水深较浅处或潮间带进行电缆敷设时，应选在低潮露滩时开挖作业，减少悬浮物的扬起和对周围海水水质的影响。

(2) 施工期各类污水的影响

施工期的污水主要为船舶生活污水和机械油污水，施工期船舶生活污水统一收集后运至陆上与陆上施工基地的生活污水一并经生活污水处理设施处理达标后回用，不会对海水水质产生影响；施工机械油污水统一收集后交由南通亿洋船务工程有限公司处置，不会对海水水质产生影响。

(3) 对鸟类的影响

在盐城保护区及其周边地区，最主要的保护鸟类是丹顶鹤。从实际观测的结果来看，丹顶鹤在区域中出现的概率非常低，而且近年来其种群分布范围有向核心区迁移的趋势，工程建设对其影响较小。

而对于黑嘴鸥，从其在保护区的整体分布特征来看，主要集中在核心区等有较大面积的碱蓬分布的区域，在工程建设区邻近陆域营巢繁殖的数量较少，工程建设对其影响相对较小。因此，从目前区域鸟类组成、分布及其栖息地特征来看，工程建设对盐城国家级珍禽自然保护区鸟类的影响相对较小。

除了丹顶鹤、黑嘴鸥以外，保护区其他的保护鸟类主要为鹤形目、鸕形目、雁形目、鴈形目等湿地鸟类，以及部分隼形目的猛禽。由于工程邻近陆域及近岸区域缺乏保护鸟类适宜的栖息地，在工程邻近的近岸区域中停歇的保护鸟类相对较少；且鸟类即使在近岸区域出现，根据现有的观测结果，它们的活动范围主要集中在岸线两侧 5km 的范围内，而本工程所在区域距岸线的距离将近 70km，保护鸟类进入风电场区域、风电场对

其产生影响的可能性极小。

因此，从目前区域鸟类组成、分布、栖息地特征以及风电场位置来看，工程建设对盐城国家级珍禽自然保护区鸟类的影响相对较小。

（4）环境风险影响

工程主要环境风险主要为施工期施工船舶碰撞溢油事故。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。

综上，本工程风电场、陆上换流站及海缆均不占用该保护区，且风电场距离保护区较远，不会造成保护区内物种栖息地破坏。工程除海缆登陆段施工期间的悬浮物对珍禽保护区海水水质产生一定的影响及人为活动和噪声对部分湿地鸟类会产生一定的不利影响外，风电场施工期间及运行期间对保护区鸟类、湿地生态系统等主要保护对象均不会产生明显不利的影响。因此，工程建设对保护区功能的影响不大。

7.8 对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的影响

东沙泥螺四角蛤种质资源保护区位于风电场区西侧，紧邻风电场区，本工程风机距离该种质资源保护区最近约 960m，送出海缆与该种质资源保护区最近距离约为 120m。

（1）施工期悬浮物影响

工程风电场不占用东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，但与保护区距离较近。根据数模预测结果，海缆施工对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区最北角和西北角产生的最大悬浮物浓度增量分别为 43.0mg/L 和 74.23mg/L，工程海缆建设引起东沙泥螺四角蛤种质资源保护区悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大面积为 1.25km²，悬浮物将对周围海水产生一定的影响，由于施工时间较短，施工结束后，悬浮物可在较短时间内沉降，总体上，电缆敷设施工对保护区海水水质影响有限。

（2）对保护区生物多样性影响

海缆敷设施工区内海洋生物种类组成与周边海域种类基本相同，海底电缆区域，对海洋生物的影响主要为施工引起的悬浮物浓度增加、施工噪声等干扰等，均为暂时和局部影响，对保护区生物多样性影响小。

（3）施工期各类污水的影响

施工期的污水主要为船舶生活污水和船舶油污水，船舶生活污水收集后运至岸上处理，不直接排海，对海水水质和海洋生态环境影响较小。船舶含油污水交由有资质单位处理，船舶含油污水不会对工程海域造成影响。东沙泥螺四角蛤种质资源保护区主要保护对象为泥螺、四角蛤蜊，由于贝类感觉器官主要有触角、眼、平衡囊、嗅检器等，无听觉系统。本工程施工期海缆敷设、船舶运输噪声对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区影响较小。

（4）环境风险影响

工程主要环境风险主要为施工期施工船舶碰撞溢油事故。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。

综上分析，本工程不占用东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，仅在海缆施工期对其悬浮物产生一定影响，但影响是短暂的，对其生态系统结构及服务功能、保护对象及功能的影响不显著；在落实相关保护和生态修复对策措施的基础上，320kV 海缆工程建设对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的影响是可以接受的。

7.9 对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的影响

本报告吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区生态环境及渔业资源现状调查引用中国水产科学研究院东海水产研究所编制的《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告送审稿》（2018 年 10 月）。

7.9.1 对保护区水文动力、冲淤的影响

由模型计算结果显示：工程对周边敏感目标区域的潮流动力的影响甚微，吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区涨落潮流速变幅不超过 1%，总体上看，工程实施对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的水文动力影响较小。

吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区最大平衡冲刷深度为 0.077m，总体上看，工程建设对其的冲淤变化影响较小。

7.9.2 对保护区沉积环境的影响

保护区海缆铺设施工时，开沟机作业会引起工程区附近海域沉积物环境的扰动。海缆开挖会造成沉积物底枝裸露，但仍属海域既有的沉积物；另外，海缆开挖出的表层淤泥在潮流作用下仍有部分覆盖回开挖沟内。因此，海缆铺设仅会使海缆附近海域沉积物造成一定的扰动，对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区海域整体沉积物质量和沉积物环境不会产生恶化影响。

保护区施工悬浮物泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮物泥沙会直接沉降在工程区附近海域，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮物泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉积在工程区周围的海底，将原有表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境的变化。由于施工期间产生悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，一般情况下对工程周围沉积物的改变大多是物理性质的改变，对沉积物的化学性质改变不大，对工程区既有的沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉积物环境质量的变化。

施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水和污染严重的压舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染保护区海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物理化性质改变，大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。工程施工船舶污废水及固废均经收集至岸上后统一处理，不排放至海域，对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区海域海洋沉积物影响很小。

7.9.3 对保护区生态环境的影响

本工程风机基础占用吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区海域面积为 0.0653hm^2 ；320kV 送出海缆穿越保护区长度为 16.46km，保护区内 35kV 海缆长度为 10.63km，在施工作业宽度为 3m，海缆敷设占用面积为 8.1270hm^2 。

7.9.3.1 对海洋生物多样性影响

海缆敷设范围为近海海域，场区内生物种类组成与场区周边海域种类基本相同。施工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，对保护区生物多样性影响小。

7.9.3.2 对浮游生物影响

海缆铺设施工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。但施工过程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。因此施工产生的悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期不利影响。

7.9.3.3 对底栖生物影响

风机基础建设、320kV 送出海缆及场区 35kV 海缆敷设过程中的开挖、填埋作业将对保护区底栖生物环境造成破坏，使底栖生物丧失。海缆敷设及风机基础桩基所占用海域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。

7.9.3.4 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，工程施工对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区实验区产生的最大悬浮物浓度增量为 132.3mg/L，实验区悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大面积为 26.35km²。悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。

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，可能对鱼类生长造成影响。在工程施工悬浮物影响范围内，鱼卵、仔稚鱼因高浓度的含沙量而发生部分死亡。另外，大部分成鱼可以回避，但幼体由于运动能力较弱无法及时有效躲避高浓度悬浮物水体，会出现一定比例的死亡。

上述渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的。

7.9.4 对保护区主要功能的影响

根据该专题报告分析结论：吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区主要保护对象为小黄鱼和银鲳。东海区小黄鱼主要食物为浮游甲壳类，银鲳的料也以虾及生物为主。根据施工艺，风机基础打桩和海底电缆的敷设造成局部域悬浮物含量增加会对浮

游动物造成损害，从而对小黄鱼和银鲳的饵料产生不利影响。然而，这种影响是临时的，将随着施工结束消失。因此，本工程建设对小黄鱼和银鲳摄食的影响较有限。

根据小黄鱼的生物学特性，小黄鱼吕泗渔场产卵位置大约在从启东嘴到北纬 34 线以南的苏北浅滩上。4 月和 5 月是产卵盛期，6 月产卵后的幼鱼在外侧索饵 7 月和 8 月随着个体长大，索饵鱼群向禁渔线外侧洄游。从工程位置上来看，本工程风机基础位于小黄鱼育幼场西侧，打桩时所产生的悬浮物可能会对其周边海洋生态环境造成影响。因此，应避免在 4~6 月的产卵期和幼鱼索饵进行工程建设。

根据东海银鲳种群的生物学特性，济州岛邻近水域的越冬鱼群 5 月中旬前后主群分批进入海州湾南部近岸产卵，其中少数进入吕泗渔场北区；东北部外海的越冬鱼群洄游于浙闽近诸产卵场，其洄游路线的北界一般不超过长江口。从工程位置上来看（图 3.3-3），本工程不涉及银鲳产卵场和越冬场，因此建设过程不会对银鲳的产卵和越冬产生不利影响。

风机基础打桩及海缆敷设施工期间所产生的废水、油污经收集后统一送至岸上处理，不排海，且所产生的悬浮泥沙来源于床表层沉积物，施工不会造成沉积物化学性质的改变。因此，施工期不会造成小黄鱼和银鲳生物质量的改变。营运期间，海缆已位于泥面以下，除电磁场影响外无其它污染物排放，也不会对小黄鱼和银鲳生物质量造成影响。但若因施工船舶管理不善而发生船舶含油污水、生活等废直接排海，或发生溢油事故，将直接污染海水水质，进而影响区域沉积物质量，造成石油类等指标超，从而使小黄鱼和银鲳生物质量下降。因此，施工期应加强管理，防止意外排泄、泄露等事故的发生，并针对性地制定应急预案。

综上所述，本工程不会对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的主要功能产生影响。

7.10 鸟类及生境影响预测评价

区域鸟类组成中优势种种类、对人为干扰较敏感的种类及受保护的鸟类为主要评估对象。施工期与运行期由于影响作用途径不同，主要生态影响及其强度也有一定的差异。

7.10.1 施工期影响

工程陆域施工期间，由于人类活动、交通运输工具与施工机械的机械运动，相应施工过程中产生的噪声、灯光、车辆尾气和扬尘等以及人为的诱杀、捕杀鸟类等活动会对在施工区及邻近地区栖息和觅食的鸟类及其栖息地产生一定的影响，使区域中分布的鸟类数量减少、多样性降低。但是这种影响是短期的，可逆的，当工程建设完成后，其影响基本可以消除。

陆域工程主要为海缆登陆点和陆上换流站建设，但由于占地面积较小，施工区域靠近现有的码头建成区，陆上永久性占地导致的对鸟类栖息地的侵占及干扰影响较小。工程施工过程中的临时占地，包括风机设备陆上临时堆放场地占地、钢管桩等钢结构临时堆放场占地、钢结构加工场地以及工程施工临时办公、生产、生活设施占地、陆缆排管占地等，可能会对鸟类及其栖息地产生影响。

此外，由于风机的施工建设，基本依靠船舶进行，可能存在船舶燃油泄漏、生活污水排放等对海域水环境的产生影响。但是由于区域径流、潮汐作用较强，具有较高的稀释、净化能力，且离岸较远，对鸟类的生态风险相对较小。

7.10.2 运行期影响

运行期间，随着临时占地的复垦（合理利用），陆域占地与工程运行基本上不会对鸟类产生影响。工程运行影响主要集中在海域风机运行对鸟类的作用。根据鸟类栖停迁飞特征的不同，其影响作用也有一定差异，主要分为以下两种情况，一是对邻近区域栖息、觅食鸟类的影响，二是对迁徙过境鸟类的影响。

（1）风机对邻近区域栖息、觅食鸟类的影响

风机对邻近区域栖息、觅食鸟类的可能影响主要包括两个方面。一方面是风机运行，包括叶片运动、噪音等对鸟类的干扰影响；另一方面是风机与鸟类可能发生碰撞。

根据已有研究，风机运行对鸟类的干扰影响范围一般是 800m（繁殖鸟是 300m）（Percival, 2003），而三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场建设区距离邻近陆域岸线超过 70km，同时在风电场区域出现的鸟类数量非常少，因此风机运行的直接干扰影响较小。

根据相关研究及鸟类学特性，在风机邻近区域栖息、觅食的鸟类，其活动时间基本都在白天。而一般鸟类都具有良好的视力，它们很容易发现并躲避障碍物，在天气晴好的情况下，即使在鸟类数量非常多的海岸带区域，鸟类与风机撞击的机率基本为零（Crockford, 1992; Winkelman, 1985）。本工程建设区邻近区域停栖的鸟类，大部分其觅食地和栖息地基本都在大陆岸线邻近区域，包括堤外光滩区域和堤内的鱼塘、水洼等，其向东迁飞穿越风电场的可能性较小。2012-2013 年对东海大桥海上风电场区域鸟类连续观测结果也证明这一点（东海大桥海上风电场距大陆岸线约 8km）。而从盐城保护区丹顶鹤、黑嘴鸥等重要保护鸟类的分布情况来看，主要集中在核心区，距离风电场超过 90km，其在北部区域出现的频度较小。因此，从目前情况来看，三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场运行对邻近区域栖息、觅食的鸟类影响相对较小。但是将来，如果区域进行滩涂圈围，大陆岸线向东推移，风电场与邻近鸟类栖息地的距离会缩短，其对鸟类的影响可能会增强。

（2）风机与直接迁徙过境鸟类的影响

由于候鸟迁徙基本沿大陆海岸线进行，三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场距离岸线超过 70km。根据目前的情况看，迁徙期候鸟基本不会穿越该风电场而造成鸟机相撞的风险。在东海大桥海上风电场（距离岸线 8km）连续视频监测，也未记录到有鸟类在迁徙期穿越风场，在一定程度上也支持这一结论。

但是，将来随着区域大陆岸线向东推移，风电场距离候鸟迁徙的中心线路的距离会缩短，风电场对候鸟迁徙路线的阻断影响会增加。由于大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的夜晚，而且大部分鸟类飞行高度较高，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，而避免与风机发生撞击（Able, 1999; Dillon Consulting Limited, 2000）。但在飞行条件较差的时候，如下雨或者起雾时，则有可能发生鸟类与风机的撞击（Winkelman, 1995）。鸟类与风机发生撞击而造成死亡通常与风机的转速呈一定的相关关系（Orloff and Flannery, 1995），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（Winkelman, 1992）。特别是在离岸区域建设风电场，它的撞击概率就更小。如在 Utgrunden 的海上风电场，观察到有 500000 只海鸭穿过风电场，但没有发生一起撞击事件（Petersson and Stalin, 2003）。

2012 年 12 月-2013 年 6 月，2013 年 9 月至 2014 年 4 月，在东海大桥一期风电场建

设区，利用风机安装的监控系统，开展了风电场鸟类的视频监控。在主要观测时段，基本没有记录到鸟类在风电场区域活动的情况。这与风电场距离南汇东滩陆域岸线较远（约为 8km）有关。相对而言三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场距离岸线更远，在区域中活动的鸟类数量会更少。

2014 年 3 月下旬在鸟类迁徙期对龙源海上风电场鸟类进行了观测调研。调查期间共记录鸟类 47 种，其中国家重点保护鸟类有 3 种，分别为黑脸琵鹭、红隼和鸳鸯。在这三种保护鸟类中，除了鸳鸯外，其余 2 种都只在风电场区域有记录。观测期区域鸟类主要优势种为鸬鹚类的黑腹滨鹬、环颈鹳和灰斑鹳。观测期风电场区域记录鸟类种类最多为 31 种；其次为南部对照区，记录有 29 种；北部对照区记录鸟类物种数最少，只有 22 种。从记录的鸟类数量来看，风电场区域记录到鸟类 5320 羽，与南部对照区（5411 羽）基本持平，但明显高于北部对照区（1855 羽）。从定点观测情况来看，鸟类在海上风电场区域的活动主要分为迁飞、觅食和停栖三种类型。定点观测时，观测记录数量最多的为大杓鹬和黑嘴鸥。其中，大杓鹬记录有 839 只次，黑嘴鸥记录有 534 只次。观测期间，大杓鹬和黑嘴鸥在风电场区域的行为特征如图 7.9-1 和图 7.9-2 所示。由此可见，海上风电场建设区域，仍然是大杓鹬、黑嘴鸥等鸟类适宜的觅食、栖息场所。

从鸟类在风电场区域迁飞的特点来看，基本上所有的鸟类，在风电场区域的迁飞活动，都集中在风机之间 800~1000m 的空档内，基本不会穿越风机叶轮扫过的区域。相当一部分鸟类，特别是鸬鹚类，在风电场内迁飞时往往降低高度、贴近水面（滩面），从而大大降低了鸟类与风机撞击的风险。观测期内未记录到任何的鸟击症候。由此可见，在保证一定的风机布设间距、建设高度的情况下，鸟类与风机的相撞概率非常低，风机对鸟类的影响也相对较小。

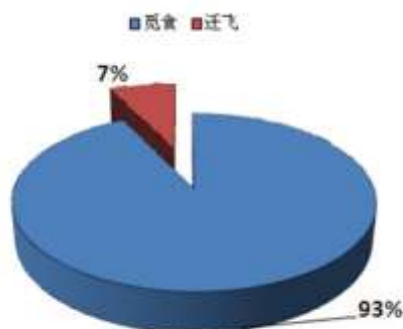


图 7.9-1 大杓鹬在海上风电场区域的行为特征

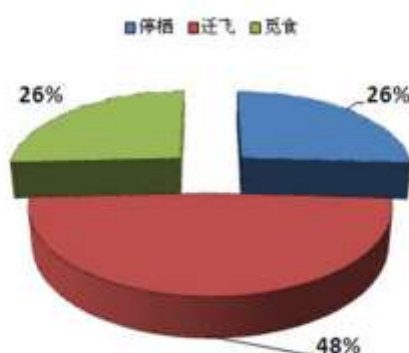


图 7.9-2 黑嘴鸥在海上风电场区域的行为特征

从鸟类飞行高度与风机相关参数的比较来看，三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 风轮高度范围与中小型鸻鹬类、鸥类以及部分雀形目鸟类有一定的重叠。当大陆岸线与风电场距离缩短、鸟类穿越风电场的可能性增加时，鸟类与风电场撞击的概率也会增加。在未来邻近陆域工程建设，特别是滩涂匡围工程建设时，需要考虑与风电场对鸟类的叠加影响。

7.11 其他环境影响预测与评价

7.11.1 声环境影响评价

7.11.1.1 施工期声环境影响评价

（1）施工期

施工各类机械噪声可近似视为点声源，根据《环境影响评价技术导则声环境》

(HJ/T2.4-2009) 推荐的点声源噪声衰减模式, 估算距声源不同距离处的噪声值, 预测模式如下:

$$L_2 = L_1 - 20 \lg\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

式中: r_1 、 r_2 : 距声源的距离 (m);

L_1 、 L_2 : 距离处的声强级, dB (A);

本工程陆上施工活动主要包括风机拼装、材料设备堆存和机械保养等, 施工噪声主要为运输车辆的车辆噪声; 海上施工噪声主要来源于风机桩基施打及各类施工机械噪声。根据类似工程, 按点声源衰减公式预测各主要施工机械的噪声值及影响距离, 见表 7.11-1。

表 7.11-1 施工机械噪声级及影响距离单位: dB(A)

噪声级 设备名称	不同距离处的噪声 dB (A)									
	10m	30m	50m	70m	100m	200m	300m	400m	500m	600m
打桩锤	90	80.5	76.0	73.1	70.0	64.0	62.0	60.5	58.6	56.0
液压振动锤	85	75.5	71.0	68.1	65.0	59.0	57.0	55.5	53.6	51.0
两栖挖掘机	82	72.5	68.0	65.1	62.0	56.0	54.0	52.5	50.6	48.0
水泵	70	60.5	56.0	53.1	50.0	44.0	42.0	40.5	38.6	36.0
卷扬机	80	70.5	66.0	63.1	60.0	54.0	52.0	50.5	48.6	46.0
运输汽车	80	70.5	66.0	63.1	60.0	54.0	50.5	48.0	46.1	44.5
装载机	78	68.5	64.0	61.1	58.0	52.0	48.5	46.0	44.1	42.5

由表 7.11-1 可见, 根据建筑施工场界噪声控制要求, 昼间距离施工设备 100m 外的平均 A 声级均能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011); 夜间要求施工机械距离施工场界 400m 外, 噪声值才能符合噪声限值要求 (不进行打桩施工)。

本工程主体施工位于海上, 风机和海上升压站周边无声环境敏感目标分布, 因此上述区域施工噪声对周围环境影响基本无影响。

7.11.1.2 运行期声环境影响评价

(1) 风电场水上噪声

本项目采用的风机工作风速在 3.5~25m/s, 额定风速为 12m, 当风速达到或超过额定风速时, 叶片转速达到最高约 18rpm (叶尖处线速度为 188.4m/s), 而风机噪声源强 (主要为空气动力噪声) 亦达到最高。当环境风速进一步升高时风机噪声不会进一步增强, 而周围自然风和树木等的背景噪声会进一步提高, 因此风电机组在额定转速条件下

的噪声影响最为明显。按 3.2.2.7 节给出的风机噪声源强，表 7.11-2 为风机噪声随距离衰减关系。



图 7.11-1 风机噪声源强分布

①预测方法

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

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

即假定噪声从一个点无衰减传播，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 (7.11-1)：

$$L_p(r) = L_w(r_0) - 10 \lg(2\pi r^2) \quad (7.11-1)$$

式中： $L_p(r)$ —单台风机声源 r 处预测点 A 声级，dB(A)

$L_w(r_0)$ —单台风机声源 r_0 处 A 声级，dB(A)

N 台风轮机距离声音源 r 处的噪音水平总效应 $L_{p, total}(r)$ 计算为式 (7.11-2)：

$$L_{p, total} = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{L_{pi}/10}) \quad (7.11-2)$$

②预测结果

经预测单台风力发电机组衰减趋势见图 7.11-2，采用最大声功率 110(A)计算，可知在距风力发电机组直线距离 150m 处，噪声已衰减至低于 58.5A)。

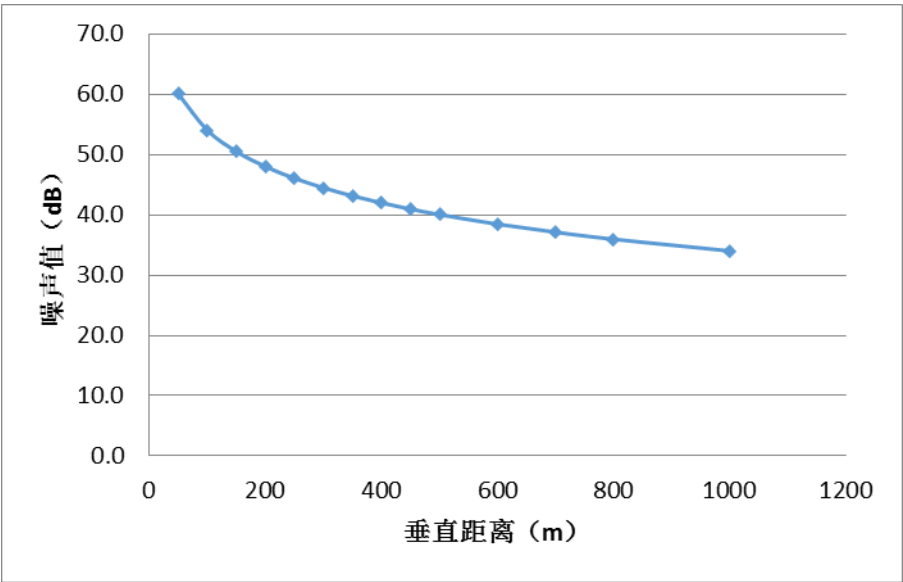


图 7.11-2 风力发电机组噪声贡献值衰减模拟计算结果

表 7.11-2 风电噪声衰减距离表

与轮毂直线距离 (m)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000
噪声贡献值 dB(A)	54.0	50.5	48.0	46.1	44.5	43.1	42.0	41.0	40.0	38.5	37.1	36.0	34.0
噪声预测值 dB(A)	59.2	58.5	58.1	58.0	57.9	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.7	57.7	57.7

根据预测，距本工程单台风机 500m（受声点位于海平面上 2m）处，噪声贡献值可衰减至 40dB(A)，相对于整个风电场区来说影响范围较小。根据 5.8.1 章中风电场区域的海上噪声背景值监测，场区的背景值在 55.6~57.7dB(A)之间，考虑最大噪声背景值

水平，在 100m 处，叠加风电场运行噪声后为 59.2dB(A)。700m 的距离衰减后，基本与海面上的环境噪声背景值保持一致。

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减小风机之间的尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，因此风力发电机组间噪声叠加影响非常小，且海上风电场区域风机行内间距为 787~885m，行间距为 1574~1774m，多台风机间仅是影响范围的扩大，影响程度不大。预测风机机群的噪声情况见图 7.11-3。

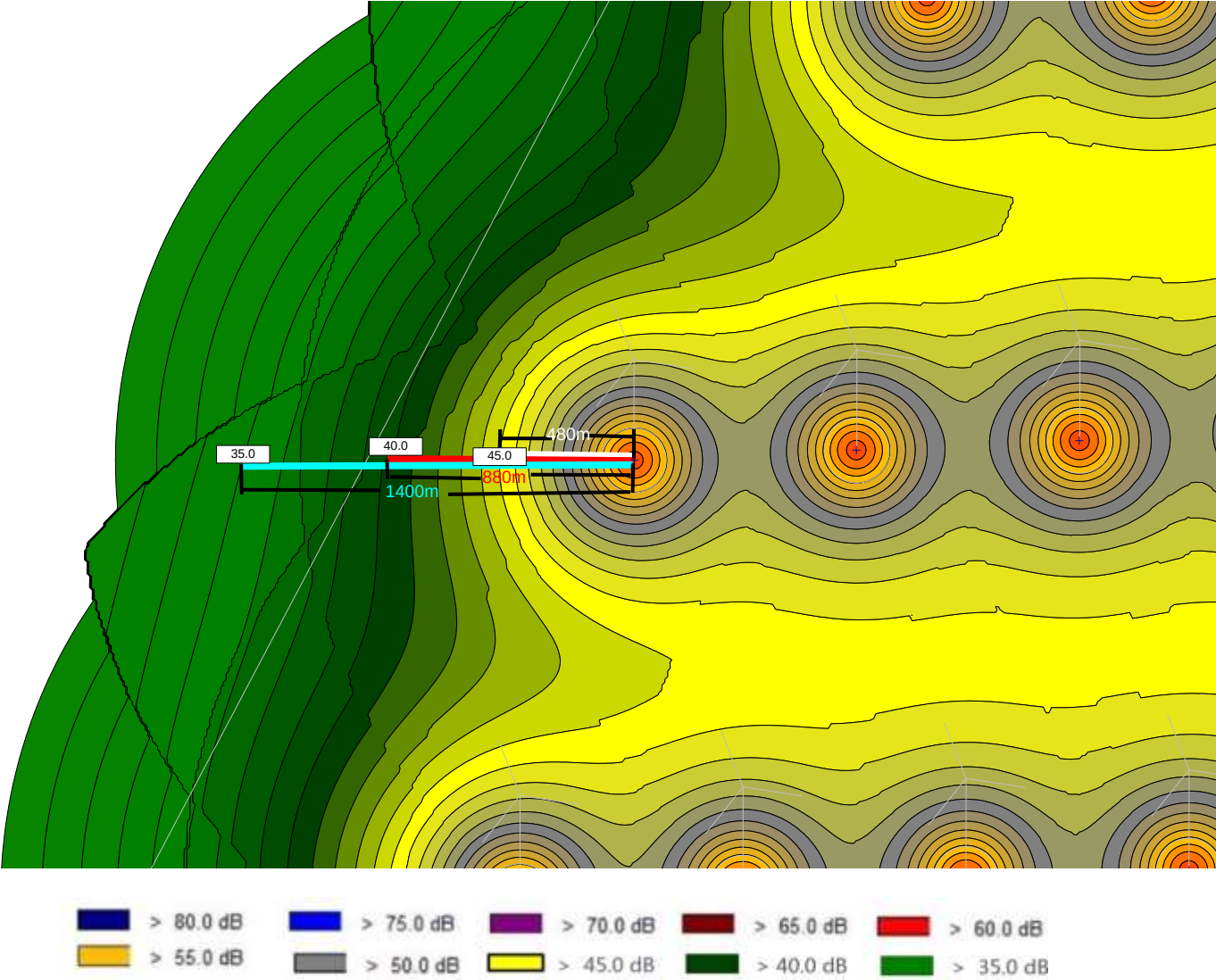


图 7.11-3 风电场区部分风机噪声影响叠加预测图（受声点为 2m）

本工程风机采用单桩基础结构型，单根直径 7.0~8.0m，钢管桩定位于海底，承受波浪、海流荷载及风机塔架传递的风荷载，钢管桩桩长 77~88m，入土深度约 50m，入土深度比较深，风机叶片转动引起的机械噪声和结构噪声较小。同时根据 5.8.1 章节类比监测，在相同深度不同水平距离监测点在相同水深处的噪声谱级变化不大，由此可见海上风电场运行噪声主要受海风、海浪声影响较大，受风机转动影响较小。

因此营运期水下噪声对海洋动物的影响较小，是可以接受的。

(2) 海上换流站以及海上升压站的噪声预测

运行期海上换流站以及噪声源主要来自于换流变压器、站用变压器、桥臂电抗器等。设备主要布置于换流站的三和四层（高度约 22~27m），因此采用不同高度的点源对换流站噪声进行预测。海上升压站的设备主要布置于升压站的一层（高度 19m）。

①预测噪声源强

设备噪声源强取值见第 3.2.7 章节。海上换流站外围钢结构隔声量取值 20dB(A)，海上换流站采用 2 台 750MVA 主变压器，噪声在 105dB(A)左右。6 台桥臂电抗器的噪声约为 90dB(A)。

升压站的噪声主要来自室内的主变压器、电抗器和屋外配电装置等电气设备。正常情况下，2 台 180MVA 主变压器噪声值为 70dB(A)。

②预测模式

本次采用声场仿真软件 Cadna/A，该软件由德国 DataKustik 公司编制，其主要依据为 ISO9613、RLS-90、Schall03 等标准，并采用专业领域认可的方法进行修正，计算精度经德国环保局认证，在德国主要应用于公路、铁路运输等部门，并获好评；在我国亦受到环境保护部环境工程评估中心推荐。

换流站一般为 24h 连续运行，噪声源稳定，昼、夜间对周围环境的贡献值基本一致。

③预测结果

经软件预测，工程海上换流站及海上升压站噪声贡献值等声级曲线图分别见图 7.11-4 和 7.11-5。

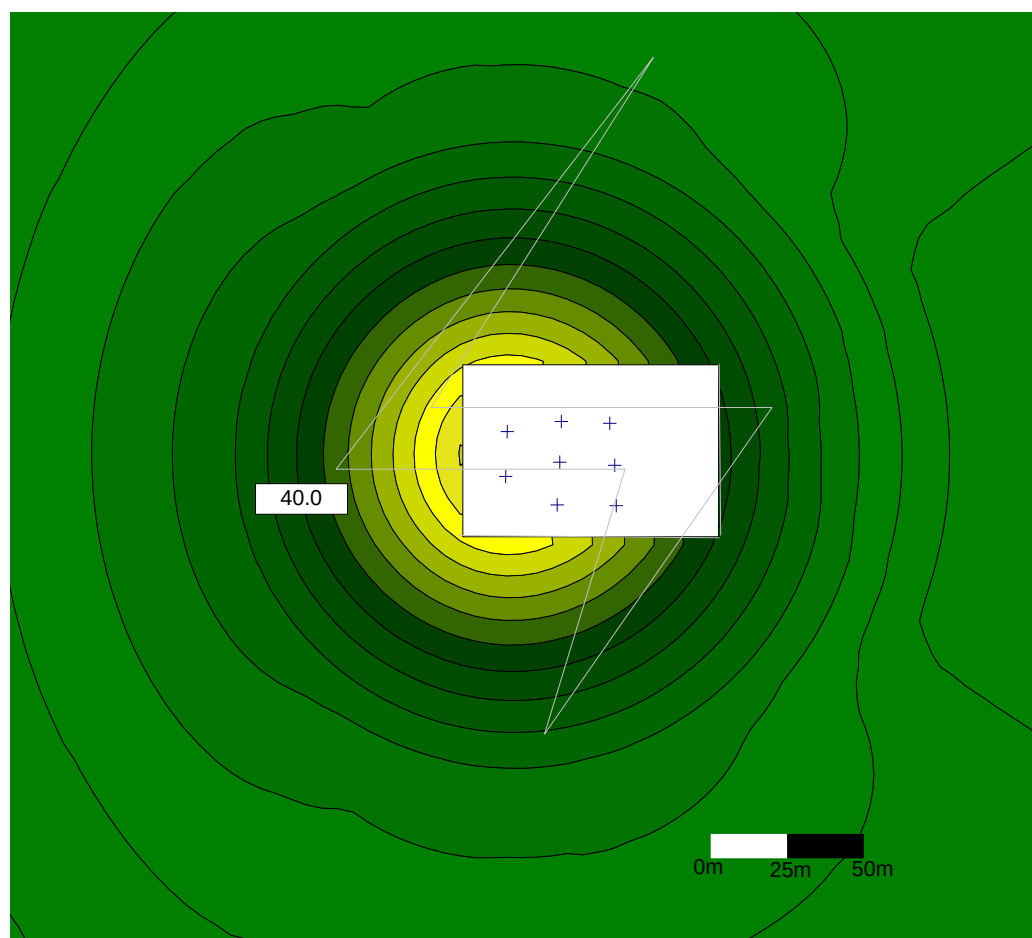
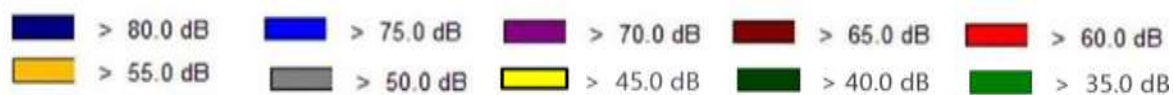


图 7.11-4 海上换流站噪声预测结果 (H=2)



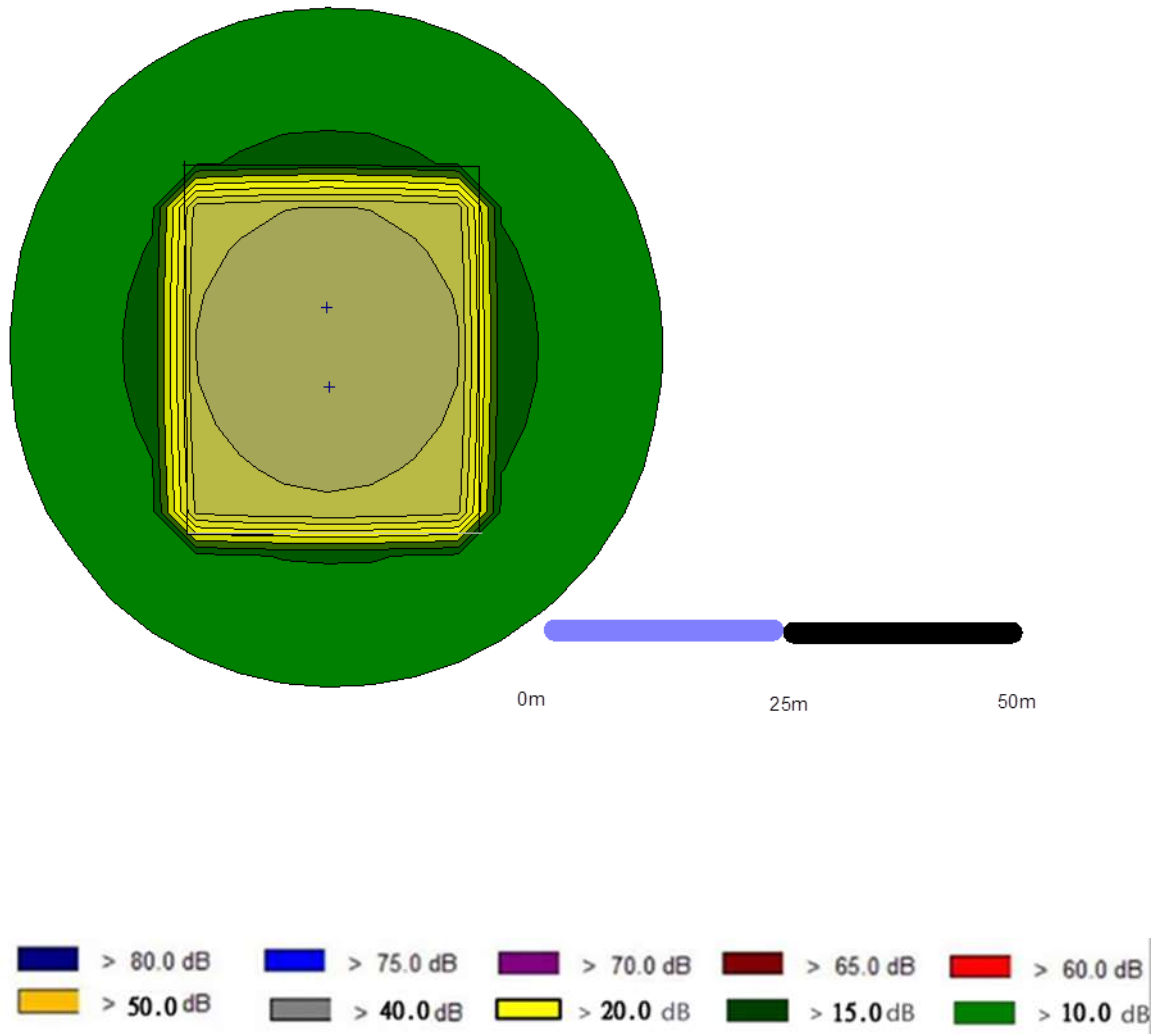


图 7.11-5 海上升压站噪声预测结果 (H=2)

根据图可知,距海上换流站 54m(受声点位于海平面上 2m)处噪声贡献值为 40dB(A)。海上升压站外围(受声点位于海平面上 2m)处噪声贡献值为 15dB(A)。根据 5.8.1 章中风电场区域的海上噪声背景值监测,场区的背景值在 55.6~57.7dB(A)之间,由此可知,海上换流站噪声经用海范围内(外扩 50m)的距离衰减,低于海面上的环境噪声背景值。因此海上升压站及海上换流站噪声对周边海域的声环境影响较小。

(3) 陆上换流站噪声预测分析

运行期陆上换流站噪声源主要来自于换流变压器、站用变压器等。

① 预测噪声源强

陆上换流站建筑物隔声量约 20dB(A)。正常情况下,变压器噪声值为 85dB(A)。

②预测模式

本次采用声场仿真软件 Cadna/A。陆上换流站一般为 24h 连续运行，噪声源稳定，昼、夜间对周围环境的贡献值基本一致。

③预测结果

经软件预测，工程陆上换流站噪声贡献值等声级曲线图见图 7.11-6。

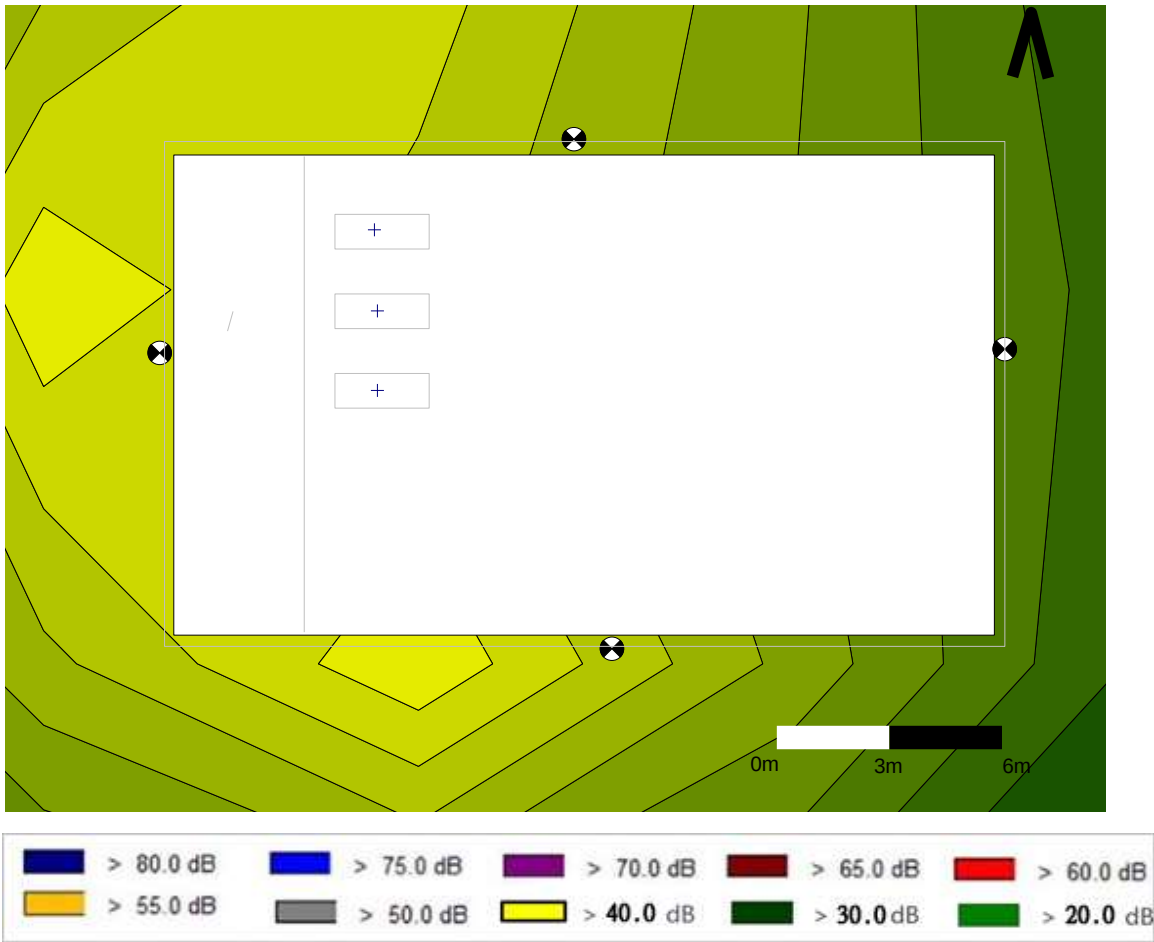


图 7.11-6 陆上换流站噪声预测结果

表 7.11-3 陆上换流站四侧厂界的噪声预测值

位置	噪声预测值
厂界东侧	34.3
厂界南侧	38.3
厂界西侧	43.2
厂界北侧	42.2

根据预测结果可知，陆上换流站四侧厂界的噪声昼夜间均达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类声环境功能区对应的环境噪声排放限值。距厂界 4m 处，陆上换流站四侧厂界的噪声昼夜间均可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类声环境功能区对应的环境噪声排放限值。因此陆上换流站噪声对周边海域的声环境影响较小。

7.11.2 电磁环境影响分析

7.11.2.1 换流站电磁环境影响类比分析

本次类比对象选用运行厦门柔性直流输电科技示范工程的±320kV 湖边换流站来类比本工程换流站投运后的电磁环境状况。根据《厦门柔性直流输电科技示范工程竣工环境保护验收调查表》，类比监测等内容介绍如下：

（1）类比监测介绍

①监测点位

监测布点位置见图 7.11-4 和图 7.11-7 和图 7.11-8。

表 7.11-4 换流站验收监测点位一览表

监测点	监测因子	监测内容及点位布设
换流站厂界	合成电场 工频电场 工频磁场	根据站址四周环境和地形特点，在四周围墙外共设置 8 个测点，各测点距离围墙距离为 5m，测量合成电场强度、工频电场强度及工频磁感应强度
衰减断面	合成电场 工频电场 工频磁场	根据站址四周环境和地形特点，在湖边换流站西北侧围墙外，垂直于围墙方向并以距离围墙 5m 处为起点进行衰减断面监测，测点间距为距围墙 5m，依次测至距围墙外 50m 处或地形不能到达处

图 7.11-7 湖边换流站厂界及敏感点合成电场监测点位示意图

图 7.11-8 湖边换流站厂界工频电磁场监测点位示意图

电磁兼容和电磁环境研究与监测中心于 2011 年 3 月获得国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书，证书编号：2011002039D。工频电磁场由福建省辐射环境监督站监测。

③监测方法

具体监测方法按国家有关监测方法要求进行，主要为：

- a、GB/T7349-2002《高压架空输电线、变电站无线电干扰测量方法》；
- b、DL/T1089-2008《直流换流站与线路合成场强、离子流密度测试方法》；
- c、DL/T1088-2008《±800kV 特高压直流线路电磁环境参数限值》；
- d、CEMDCH001-2010《高压直流架空送电线路、换流站直流磁场测量方法》。

④监测仪器

表 7.11-5 监测设备表

序号	仪器设备	仪器编号	校准/检定有效期	校准/检定单位
1	TFMS01 直流合成场强计	F01~F10	2015.05.13~2016.05.12	中国计量科学研究院
2	FVM-400 矢量磁通门磁力仪	6320	2015.10.27~2016.10.26	国防科技工业弱磁一级计量站
3	微微安培计	6485	2015.10.26~2016.10.25	湖北省计量测试技术研究院中南国家计量测试中心
4	EFA-300 工频电磁场分析系统	主机： D-0011 电场 探头：D-0001	2016.02.15~2017.02.14	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
5	PMM9010 干扰接收机	000WE50312	2016.02.15~2017.02.14	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

⑤运用工况

表 7.11-6 现场监测期间运行工况一览表

	运行工况			
	电压 (kV)	电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率
±320kV 湖边换流站极 I 场	227.43	265.35	100.06	24.71
±320kV 湖边换流站极 II 场	227.45	264.56	99.95	24.87

(2) 类比监测结果

表 7.11-7 湖边换流站厂界合成场强监测结果

测点编号	合成强度(kV/m)	
	80%值	最大值
东北侧围墙中央 1#测点	0.2	0.24
北侧围墙角 2#测点	0.23	0.25
西北侧围墙中央 3#测点	0.33	0.35
西侧围墙角 4#测点	0.32	0.35
西南侧围墙中央 5#测点	0.28	0.3
南侧围墙角 6#测点	0.29	0.33
东南侧围墙中央 7#测点	0.24	0.28
东侧围墙角 8#测点	0.14	0.17
衰减 1 号测点（距围墙 5.0m）	0.34	0.35
衰减 2 号测点（距围墙 10.0m）	0.33	0.34
衰减 3 号测点（距围墙 15.0m）	0.31	0.34
衰减 4 号测点（距围墙 20.0m）	0.3	0.33
衰减 5 号测点（距围墙 25.0m）	0.32	0.33
标准	15kV/m	25kV/m

表 7.11-8 湖边换流站厂界工频电场强度、工频磁感应强度监测结果

测点位置	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
北侧围墙角外 5m	0.76	0.428
西北侧中央围墙外 5m	0.19	0.593
西侧围墙角外 5m	<0.14	0.131
西南侧中央围墙外 5m（后坑垃圾压缩站内）	<0.14	0.255
南侧围墙角外 5m	1.78	0.032
东南侧中央围墙外 5m（东侧 11m 为低压线）	12.9	0.075
东侧围墙角外 5m（低压线正下方）	34.4	0.141
东北侧中央围墙外 5m	0.84	0.151
	5m	0.71
	10m	0.7
	15m	0.73
	20m	0.55
	25m	0.36

从表 7.11-8 可以看出,湖边换流站围墙外合成电场强度最大值为(0.17~0.35) kV/m, 80%值为 (0.14~0.34) kV/m, 合成电场强度监测结果均满足标准规定的最大值 25kV/m 的标准限值要求,同时也满足 80%测量值不超过 15kV/m 的标准限值要求。

湖边换流站围墙外工频电场强度最小值小于监测仪器的有效测量范围(即 $<0.14\text{V/m}$),最大值为 34.4V/m ,工频磁感应强度为 $(0.032\sim2.12)\mu\text{T}$,监测点位的工频电场强度、工频磁感应强度满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)规定的工频电场强度 4kV/m 、工频磁感应强度 0.1mT 的标准限值要求。

(3) 本工程换流站的电磁影响分析

通过以上类比过程,我们可以用对类比工程监测结果的分析来认识换流站工程的工频电场强度、工频磁感应强度、合成电场强度及其总体分布规律。从表 7.11-6~7 可以看出,换流站厂界外工频电磁场强度均随着离围墙距离的增加而逐渐减小。站外合成场强在换流站电磁影响较大区域内随着离围墙距离(50m 以内)的增加基本未变或略有下降。

本工程换流站电压等级为 $\pm 300\text{kV}$,电压等级略低于类比对象,且本工程新建的换流站为户内布置,因此理论上本工程的电磁环境各项评价物理量指标应略低于或与类比对象的监测值较接近。而类比对象换流站厂界工频电场强度、工频磁感应强度、合成电场强度均小于标准限值。本工程换流站电磁环境的影响评价范围为站界外 50m 内,因此经过距离的衰减和建筑的隔绝,换流站中电气设备产生的合成场强、工频电场、工频磁场对海域中生物的影响有限。

7.11.2.2 220kV 升压站电磁环境影响分析

海上升压站运行后,电磁场影响类比分析采用相似的 220kV 菊城变电站的电磁环境监测进行类比分析。表 7.11-9 为变电站可比性分析表。

(1) 可比性分析

变电站产生的电磁场大小与电压等级、设备性能、平面布置、地形条件等均密切相关。从表 7.11-8 可见,菊城变电站主变容量、总平面布置、地形等方面均与海上升压站较为相似。根据变电站工频电场强度产生的原理,其强度仅与电压等级有关,主变容量对工频电场强度基本无影响;工频磁感应强度与主变容量有

关，其强度与主变电流大小成正比，可通过外推法进行类比预测。因此，可选用 220kV 菊城变电站作为类比对象（见图 7.11-9）。

表 7.11-9 变电站可比性分析

变电站		220kV 菊城变电站（类比变电站）	本项目海上升压站
电压等级		220kV	220kV
主变压器	容量	本期 2×240MVA 终期 3×240MVA	2×180MVA
	形式	三相有载调压变压器	三相有载调压变压器
电气布置形式	220kV 电气布置	户内 GIS 布置	户内 GIS 布置
站区地形		东、南侧为池塘；西、北侧为农田，地形开阔	海面，开阔

（2）电磁环境类比监测结果

监测点布放在 220kV 菊城变电站四周厂界，以及在靠近最高电压等级配电装置一侧垂直与围墙外 5m、10m、15m、20m …，依次测至 60m 处止。工频电磁场监测布点见图 7.11-9。



图 7.11-9 220kV 菊城变电站电磁环境监测点位布置图

类比监测结果表明：菊城变电站四周厂界的工频电场强度在 9.36V/m～460.28V/m 之间，其中南侧围墙外 5m 处（220kV 配电装置区侧）电场强度值最高，达到 460.28V/m；磁感应强度在 31.35nT～361.5nT 之间，均低于导则推荐的居民区评价标准（工频电场强度 $\leq 4\text{kV/m}$ ，工频磁感应强度 $\leq 0.1\text{mT}$ ）。由于受

220kV 出线影响，菊城变围墙工频电场强度随着距离的增加呈先减少后增大再减少的趋势，工频磁感应强度随着围墙距离的增加总体呈衰减趋势。

影响预测分析：根据类比分析，菊城变的站外电场强度最大值 460.28V/m。因此，可以预测，本工程 220kV 海上升压站主变 $2 \times 180\text{MVA}$ 所产生的电场强度与菊城变电站类比监测结果相类似，能满足评价标准的要求。

工频磁感应强度大小与变电站的电流有关，220kV 海上升压站主变容量（ $2 \times 180\text{MVA}$ ）小于菊城变现有规模（ $2 \times 240\text{MVA}$ ），可以预测 220kV 海上升压站运行后产生的磁感应强度要小于菊城变电站。类比分析表明，菊城变电站围墙外的磁感应强度最大为 361.5nT，220kV 海上升压站最大磁感应强度将远小于评价标准（0.1mT）要求。

7.11.2.3 海底电缆电磁环境影响分析

（1）320kV 直流海缆电磁环境影响类比分析

本次评价选用已投运的厦门柔性直流输电科技示范工程的 $\pm 320\text{kV}$ 输电线路作为类比对象。根据《厦门柔性直流输电科技示范工程竣工环境保护验收调查表》，类比监测等内容介绍如下：

①可比性分析

表 7.11-10 320kV 直流输电海底电缆可比性分析

项目	类比对象（厦门柔性直流输电科技示范工程）	本工程
额定输送容量	1000MW	1000MW
额定电压	320kV	320kV
额定电流	1600A	1563 A

厦门柔性直流输电科技示范工程 320kV 直流输电海底电缆线路在电压等级、电缆额定电流、额定输送容量等方面与本工程海底电缆较为相似。因此，选用厦门柔性直流输电科技示范工程 320kV 直流输电海底电缆进行类比是合适的。

②类比监测介绍

监测设备和单位见 7.11.2.1 节。

a. 监测点位

表 7.11-11 直流电缆验收监测点位一览表

序号	监测因子	监测内容及点位布设
1	合成电场直流磁场离子 流工频电场工频磁场	在厦门电力进岛第四通道 24#~25#电缆井之间，以地下电缆 线 路中心正上方的地面为起点，沿垂直于线路方向进行，监测

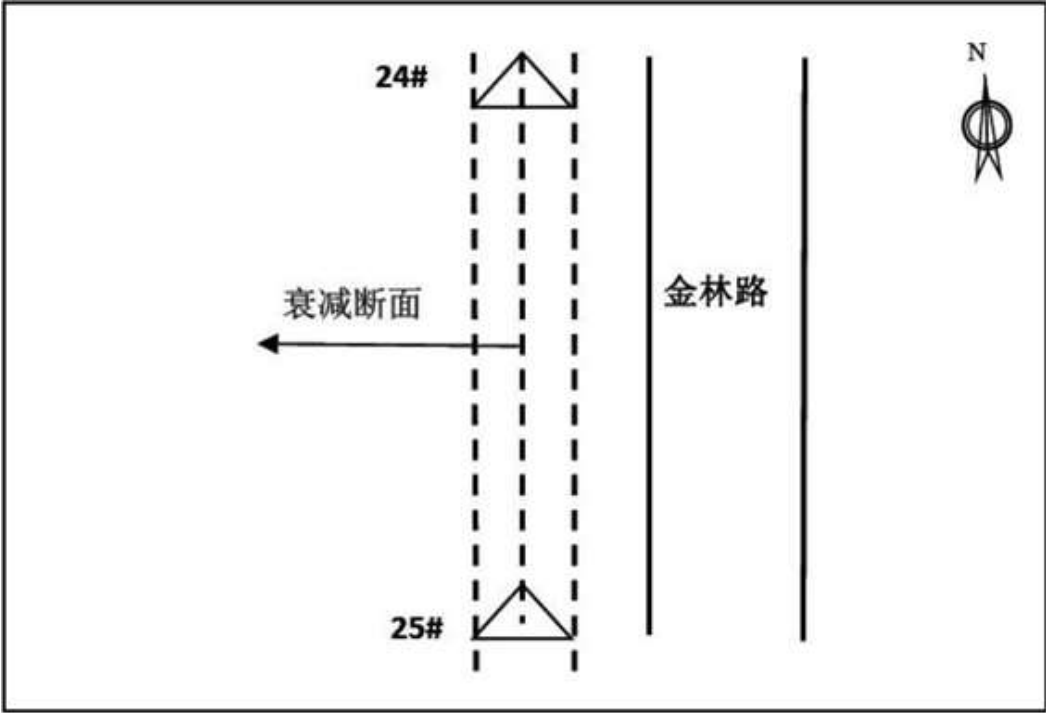


图 7.11-10 电磁环境监测点位布置图

b. 监测工况

表 7.11-12 现场监测期间运行工况一览表

	运行工况			
	电压 (kV)	电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率
±320kV 直流极 I 线	319.4	310.2	100	25
±320kV 直流极 II 线	318.9	309.4	100	25.1

③类比监测结果

表 7.11-13 直流输电线路合成电场强度监测结果

		合成强度(kV/m)	
		80%值	最大值
1	与正极导线的距离距离 0m	0.32	0.35
2	与正极导线的距离距离 1.0m	0.33	0.35
3	与正极导线的距离距离 2.0m	0.3	0.34
4	与正极导线的距离距离 3.0m	0.29	0.33
5	与正极导线的距离距离 4.0m	0.31	0.33
6	与正极导线的距离距离 5.0m	0.3	0.32

监测结果显示,直流输电线路衰减断面处合成电场强度最大值为(0.32~0.35) kV/m, 监测结果均满足 30kV/m 和居民区评价标准 (25kV/m) 的标准限值要求。

④本工程 320kV 直流海缆电磁环境分析

通过以上类比过程,我们可以用类比工程监测结果的分析来认识此类线路工程的工频电场强度、工频磁感应强度、直流合成电场强度及其总体分布规律。

本工程直流线路电压等级为 $\pm 320\text{kV}$,与本次类比对象的电压等级一致,理论上本工程的电磁环境各项评价物理量指标应与类比对象的监测值接近。因此本工程线路建成后工频电场强度、工频磁感应强度、合成电场强度将小于标准限值。

(2) 220kV 海底电缆电磁环境影响类比分析

本风电场运行后,220kV 海底电缆电磁场影响预测采用类比分析方法,类比对象为龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目的 220kV 海底电缆线路。可比性分析见表 7.11-14。

表 7.11-14 220kV 海底电缆可比性分析

海底电缆	龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 海底电缆(类比电缆)	本工程 220kV 海底电缆
电压等级	220kV	220kV
电缆结构	单芯 1×1200 127/220kV XLPE 绝缘电缆	3 芯 YJQF41-127/220-3×1000+OFC 绝缘海缆
电缆截面	1×1200mm ²	3×1000mm ²
电缆额定电流	999A	1090A
敷设深度	泥面以下约 2.0m	泥面以下 2.0m~3.0m
外围环境	海底,地形较为平坦	海底,地形较为平坦

龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆线路在电压等级、电

缆截面、电缆额定电流、敷设深度、外围环境方面与本工程海底电缆较为相似。本工程 220kV 海底电缆采用 3 芯电缆，龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆采用单芯电缆，本工程海底电缆产生工频电磁相对于龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆更小。

因此，选用龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆进行类比是合适的。

①监测时间及环境

监测单位：上海纺织节能环保中心。

监测时间：2018 年 3 月 23 日

监测气象条件：天气晴，气温 15.1~17.2℃，环境湿度 56%~60%。

监测时，龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆线路正常运行。

②监测点位

电缆正上方、距地面 1m、2m、3m、4m、5m 处进行断面监测，监测点位高度距离地面 1.5m，具体监测点位见图 7.11-11。

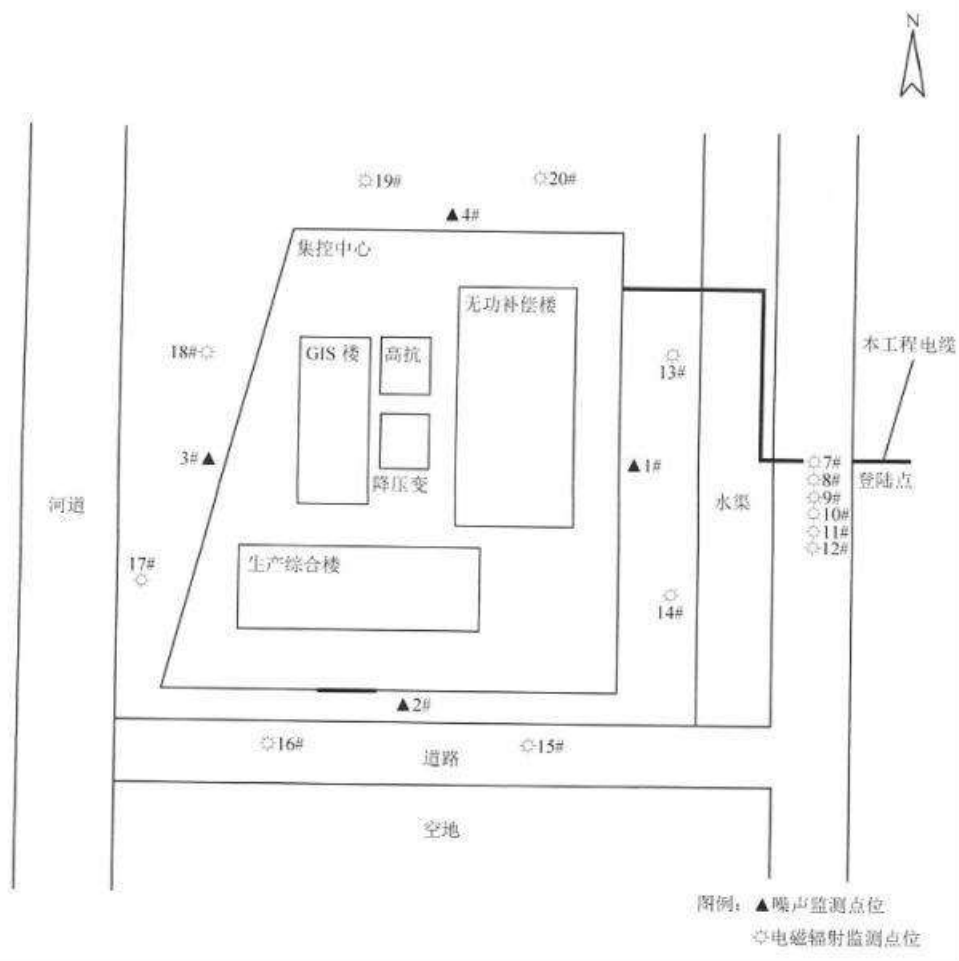


图 7.11-11 龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆
电磁环境监测点位示意图

表 7.11-15 龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆工
频电磁场类比监测结果

序号	监测点位		工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 ($\times\mu\text{T}$)
E1	线路中心线正上方		1.940	0.2851
E2	线路中心线外	1m	1.936	0.2352
E3		2m	1.921	0.1714
E4		3m	1.931	0.1215
E5		4m	1.949	0.0763
E6		5m	1.932	0.0568

由表 7.11-15 可以看出，龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电
缆正常运行的情况下，监测断面各点工频电场强度在 1.932V/m~1.949 V/m 之

间, 由于受屏蔽影响, 潮间带电缆对地面基本无影响, 远小于 4kV/m 的限值要求; 工频磁感应强度在 $0.0568\ \mu\text{T}\sim 0.2851\ \mu\text{T}$ 之间, 远小于 $100\ \mu\text{T}$ 的限值要求。总体而言, 海上风电场 220kV 电缆由于电缆外保护层的遮蔽, 产生的电磁场强度非常小, 远低于标准限值(居民区工频电磁强度 4kV/m , 工频磁感应强度 0.1mT)。

③本工程 220kV 海缆电磁影响分析

由类比分析可知, 220kV 电缆线路由于电缆外层遮蔽产生的电磁场强度非常小, 基本与背景值一致。由于工频电场影响与电压等级大小、电缆结构、埋设深度等有关。本工程 220kV 海底电缆与龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目海底电缆电压等级一致, 但本工程 220kV 海底电缆采用 3 芯电缆, 龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆采用单芯电缆, 本工程海底电缆产生工频电磁相对于龙源江苏大丰 200MW 海上风电项目 220kV 海底电缆更小。根据类比监测结果, 电缆管廊一侧边缘外延 0m 处工频电场、磁场强度最大, 工频电场强度为 $1.94\times 10^{-3}\text{kV/m}$, 工频磁场为 $0.2851\ \mu\text{T}$, 均远低于《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中控制限值(工频电场强度 $\leq 4\text{kV/m}$, 工频磁感应强度 $\leq 100\ \mu\text{T}$)要求, 且工频电场、磁场强度随着距离的增加基本呈衰减趋势。因此, 可以预测本工程 220kV 海缆工频电场强度和工频磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求

7.11.3 固体废弃物影响分析

7.11.3.1 施工期固体废物影响

本工程施工期固体废弃物主要来自于陆上施工人员产生的生活垃圾和船舶生活垃圾, 陆上施工人员垃圾产生量约 0.15t/d , 船舶作业人员生活垃圾产生量为 0.1t/d , 则施工期生活垃圾总产生量为 0.25t/d 。船舶生活垃圾靠岸后定点集中收集, 陆上施工人员生活垃圾在施工区集中收集, 收集后均由环卫部门定时清运, 对周围环境影响不大。

7.11.3.2 运行期固体废物影响

本工程营运期间变电站主变压器出于绝缘和冷却的需要, 其外壳内装有变

压器油，正常运行时不产生危险废弃物，一旦发生突发性事故或检修时，可能产生少量油渣（HW08）、油垢（HW08）、废油（HW08）等危险废弃物，约为 50kg/a，对于上述危废，委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理，不外排，不会造成环境污染。

此外，升压站运行期需配备一定数量的蓄电池，在电池寿命期满后，对于更换下来的电池，委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理，不外排，不会造成环境污染。

7.11.4 海洋腐蚀环境影响分析

根据国内外海洋工程、港口工程防腐蚀设计经验，结合本工程风电场场址区域水环境特点，本工程风机、海上升压站及海上换流站基础电化学防腐现阶段采用外加电流阴极保护防腐。

本工程风机基础结构设计年限按 50 年标准设计，但因风电场运营周期为 25 年，同时考虑建设期 3 年，故本次防腐蚀设计按 28 年考虑。在风电场运行期，其防腐蚀设计措施能起到很好的防腐作用，可确保风机受海洋腐蚀影响不大。

7.11.5 退役期环境影响

本工程设计运行期 25 年，风电场运行达到设计周期后，将对风电场进行拆除工作，风电机组基础钢结构在泥面以下进行切割，上部吊装上岸拆解，拆除完成后局部恢复，整个过程将会使沉积物有局部扰动，短时期内造成局部海水悬浮物浓度升高，总体来说扰动范围小、扰动程度低，对周边海洋生态环境影响很小。本退役期环境影响应在拆除施工方案明确后另行编制环境影响报告。

8 环境风险分析与评价

8.1 环境事故识别

本项目为海上风电场，由海上风电机组、电气接线和海上升压站、海上换流站等部分组成。回顾国外海上风电项目建造、运行经验，并参考国内外相关资料，上述项目组成部分在建设期和运行期均存在发生突发环境事故的可能，主要包括项目海域内通航环境风险，船舶碰撞溢油风险，雷电、台风等自然灾害风险、严重灾害时升压站（换流站）倾倒溢油风险、长时期冲刷造成电缆和海床之间形成淘空的风险和海底线缆突发事故风险。

8.2 通航环境风险评价

8.2.1 项目海域通航环境

本工程东北侧依次有连云港至上海经济航线、连云港至上海常用航线、连云港至广州航线和连云港至上海雾季航线；而距离本工程较近的航线为连云港至上海经济航线，约 28km。本工程西侧有大丰港进出港航道，距离较远，约 57km，本工程与周围航线及航道的相对位置如图 8.2-1 所示。

本工程附近的习惯航路主要为水域北侧的射阳—南北航路、大丰港区—南北航路及连云港—南北航路，东侧的青岛—南北航路和西侧的连云港—滨海—射阳—大丰沿岸航路，本工程与大丰港区—南北航路、连云港—滨海—射阳—大丰沿岸航路以及大丰深水航道一期工程距离相对较远，相互之间影响较小。如图 8.2-1 所示为本工程与周围习惯航路的相对位置图。

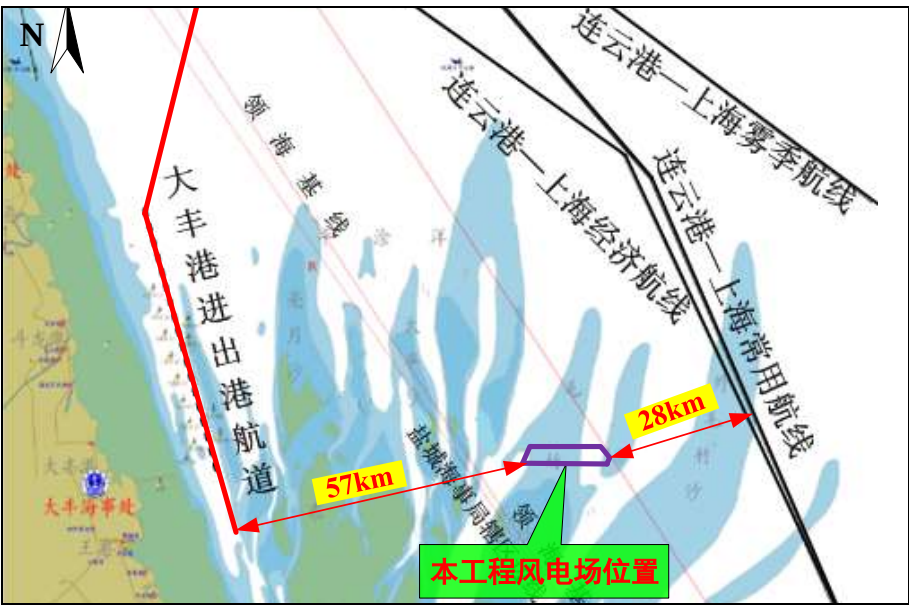


图 8.2-1 本工程与附近航道位置示意图

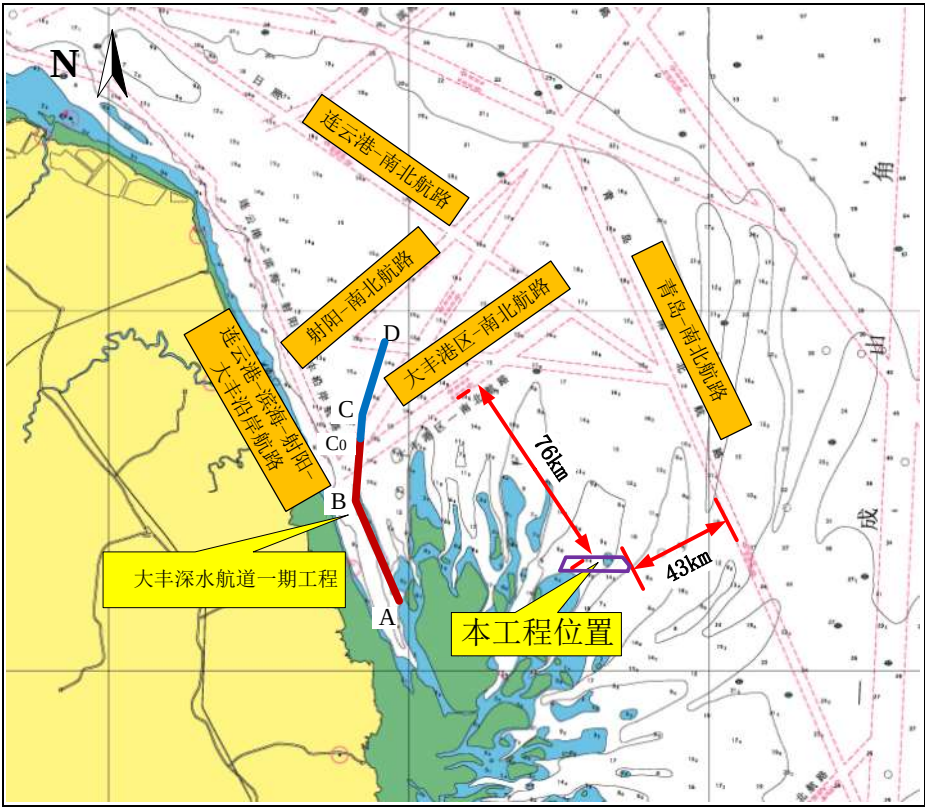


图 8.2-2 本工程与周围习惯航路位置关系示意图

大丰港区现有 5 处锚地，锚地均位于大丰港区深水航道与小阴沙、瓢儿沙之间海域。如图 8.2-3 所示，距离本工程风电场最近的锚地为大丰 1#锚地，约为 60km，距离较远。但本工程海缆登陆段距离 4#锚地较近，

约为 6km。

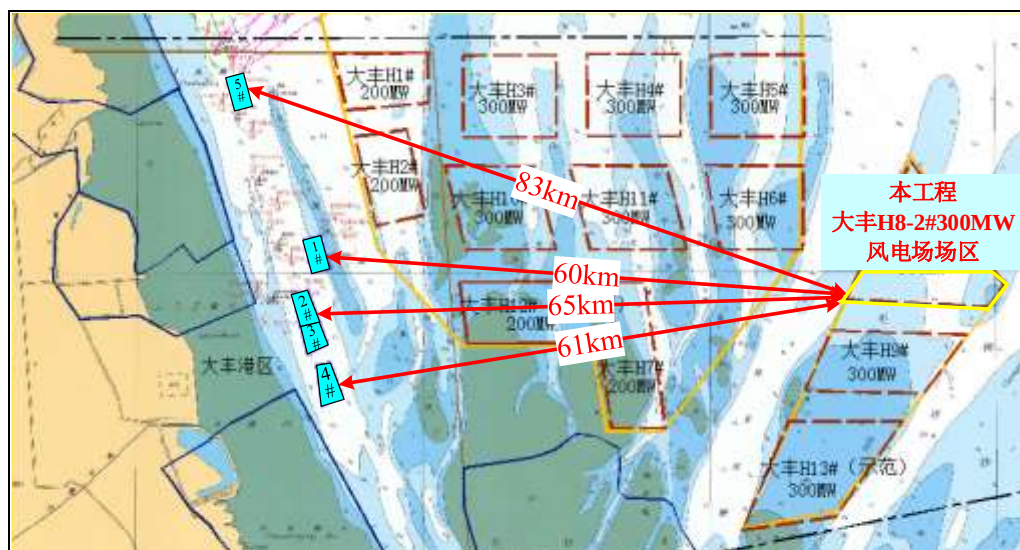


图 8.2-3 本工程与附近锚地位置示意图

本工程紧邻大丰 H8-1#风电场，与其他风电场距离均较远。本工程与附近风电场工程相对位置见图 8.2-4。

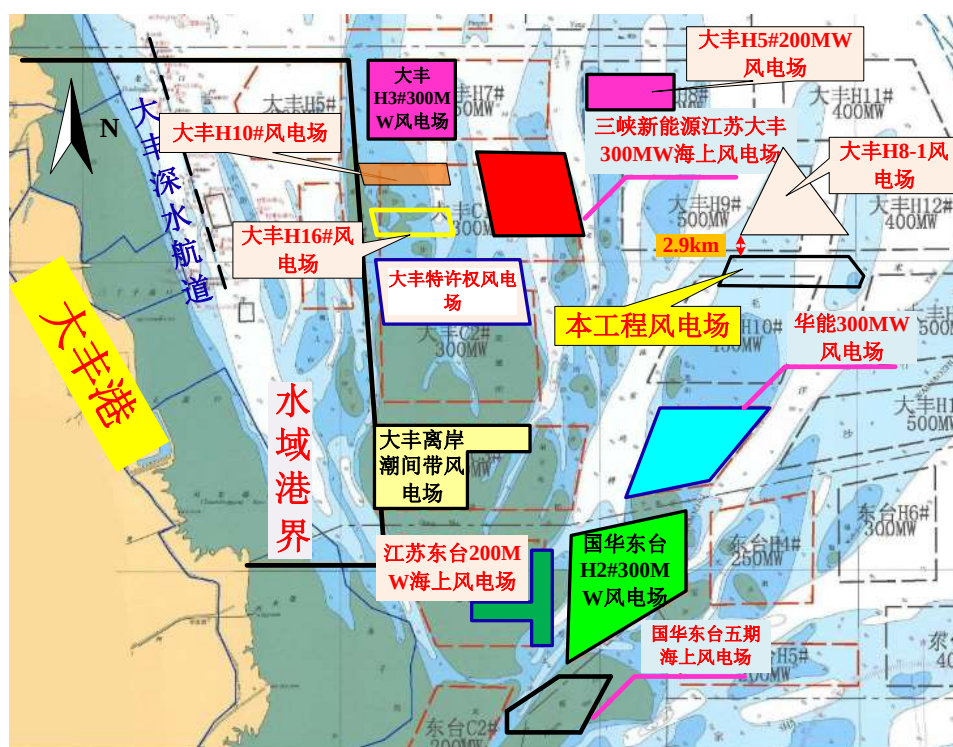


图 8.2-4 本工程与附近风电场的位置关系图

本工程位于潮间带地区，水深有限，根据通航安全论证报告分析，AIS 轨迹显示大中型船舶航行时避开风电场水域，仅有少量渔船经过本工程水域，为风电

场的建设及后期营运提供较好的条件。但需注意，AIS 轨迹仅能显示出配备 AIS 设备的船舶的轨迹，有些未配备 AIS 设备的渔船可能会航经风电场水域，因此，本工程建设、营运期，应在工程水域设置警戒区。

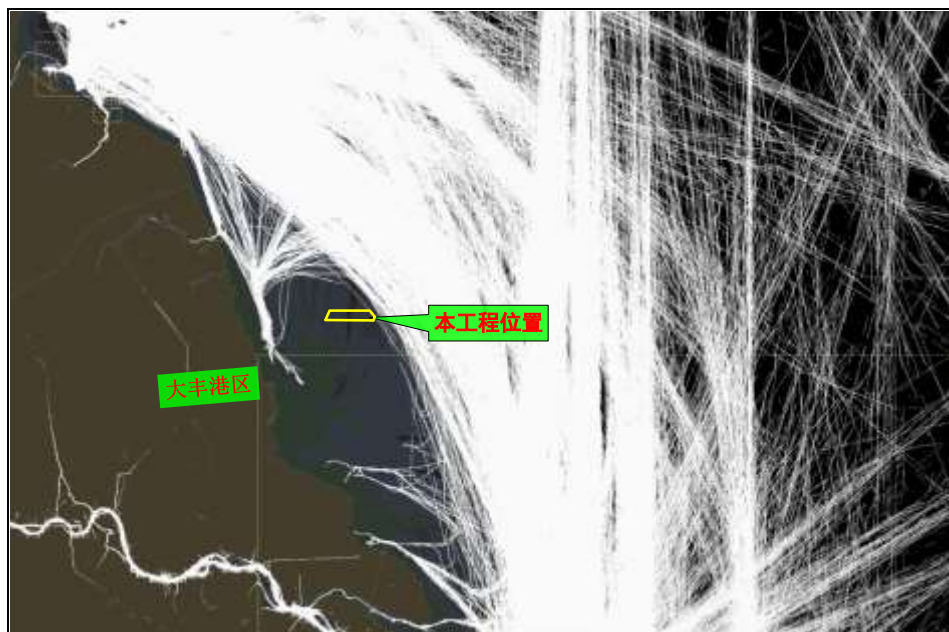


图 8.2-5 本工程水域 2014 年度 AIS 航迹图

8.2.2 通航环境风险评价及风险防范措施

8.2.2.1 对交通组织的影响分析

1、本工程与大丰深水航道的相互影响

如图 8.2-1 所示，本工程风电场区距离大丰深水航道边线最近距离约为 57km，距离较远，场区施工船舶活动对深水航道航行船舶影响较小。但本工程将在大丰港设有施工基地作为材料运输的中转站，因此，施工期间会增加大丰港船舶流量和交通密度。

(1) 施工期，运输船舶进出场，营运期维护船舶进出场，可能会对进出大丰港区船舶造成临时性影响。本工程运输船舶为小吃水驳船，为减小运输船舶对航道内正常航行船舶的影响，建议运输船舶在不危及自身航行安全的前提下，妥善避让其他正常航行船舶，航行过程中需加强瞭望，谨慎驾驶，密切关注周边船舶动态。营运期的影响主要表现为从大丰港出发的设施维护船舶，该类船舶吃水较小，维护船前往工程水域时应避免行驶在大丰港进出港航道。运维船舶穿越航

道时,应注意与顺航道行驶船舶加强联系,协调避让,横越船尽可能大角度穿越,减小穿越时间,同时从他船船尾驶过,避免抢头航行。

(2) 本工程海缆路由登陆段距离大丰港深水航道较近,后期对大丰港区深水航道进行疏浚作业时,对本工程登陆段海缆存在一定风险,因此,施工期间应注意与大丰港区深水航道管理单位相互协调,并建立联系机构。本工程海缆在航道附近水域埋设时,应确保具有足够的埋深及保护层,避免疏浚作业损伤海缆,疏浚施工时合理安排该段施工工艺,此外,在深水航道附近段海缆埋深应保证承受 15 万吨级船舶应急抛锚时的冲击力。

(3) 本工程海缆敷设施工时,在深水航道及两侧 50m 范围内作业时对大丰深水航道内航行船舶影响较大,届时施工船舶应注意悬挂相应的信号,供进出港船舶识别与避让,同时,根据施工进度及占用航道水域实施船舶交通管制和交通组织,将施工作业与进出港船舶间的相互影响降至最低。

2、本工程与周围航线之间的相互影响分析

如图 8.2-2 所示。虽然本工程与周围航线、航路距离较远,但考虑到在实际航行中,部分船舶并未按照习惯航线、航路来航行,且从图 8.2-5AIS 航迹图可以看出,本工程水域附近仍有较多船舶航行,同时本工程海缆铺设施工时与在周围航线航行船舶存在一定影响。因此,本工程在施工期和营运期均需考虑与周围航线船舶的影响,并采取相应的安全保障措施。

(1) 施工期间,施工船舶应设置安全作业区,并显示相应的警示标志,提醒过往船舶注意,由于沿岸航路水深条件良好,进出港船舶航行时,应注意与施工作业区保持安全间距,同时注意施工作业进度,与作业船舶确保避让行动协调。夜间施工时,应注意对灯光的妥善遮蔽,避免影响过往船舶的瞭望。

(2) 施工期间,运输船舶会增加大丰港航道及附近习惯航路交通流量,与过往船舶航行存在一定的影响。运输船应注意与过往船舶的避让,尤其是需拖带进出场区的船舶,应注意悬挂相应的号灯号型,出运过程中选择良好的天气进行。此外,由于本工程材料运输船舶均为小吃水驳船,为避免/减小运输船舶对航道内正常航行船舶的影响,建议运输船舶在不危及自身航行安全的前提下,沿航道边线行驶。

(3) 电缆铺设的过程中,由于电缆距离较长,应设置施工警戒区,警戒区

范围建议为海底电缆管道两侧各 300m 以内水域，防止周围船舶误闯施工区域。

(4) 营运期，为确保风电场区安全，避免过往船舶因操作不当或受风流影响而误入风电场区，风电场区单个风机应注意涂显著的标志，便于识别；风电场区外围风机应设置 AIS 应答器，形成外围警戒区，提醒过往船舶提前识别与避让。

3、本工程与附近锚地的相互影响分析

大丰港区现有 5 处锚地，锚地均位于大丰港区深水航道与小阴沙、瓢儿沙之间海域。如图 8.2-3 所示，距离本工程风电场最近的锚地为大丰 1#锚地，约为 60km，距离较远。但本工程海缆登陆段距离 4#锚地较近，约为 6km。

(1) 本工程施工时，在航施工运输船舶有可能误闯锚泊区，与在锚地锚泊或航行的船舶存在碰撞以及会遇风险。在航施工船舶应密切注意锚地锚泊船的动态，与锚泊船舶保持足够的安全距离，以免碰撞事故发生；还应密切注意与进出锚地的船舶之间的避让，以避免船舶之间发生碰撞。

(2) 本工程登陆段海缆与 4#锚地距离较近，施工船舶进出及作业应密切关注进出 4#锚地及在锚地锚泊船舶的动态，注意与进出锚地的船舶之间的避让，施工时应划定安全作业区域，施工船舶应严格在施工区域作业。

(3) 在本工程竣工后，定期有维护船对风电设备进行维护作业，维护船在锚地水域附近航行时，应密切注意锚地边界范围，准确预配风流压差角，并校正船位，与锚地边界保持足够的安全距离，以免船舶偏离航线误入锚地，还应密切注意锚地锚泊船的动态，与进出锚地的航行船舶加强沟通，合理避让，以免碰撞事故发生。

4、本工程运输路线与交通环境的影响

本工程施工期间，风机基础物资、海上升压平台及基础物资由南通地区大型钢结构加工企业出运码头运输至工程场区，经过长江航道至青岛-南北航路再至本工程风电场区，运输距离约 450km；风机设备由厂家出运码头先运输至大丰港基地，再经过大丰深水航道一期至大丰港区

-南北航路至青岛-南北航路再运至工程场区，场内海上运输约 80km。本工程运输时间较长，运距较远，且所需材料较多，运输频率较高。因此，运输船舶对工程水域附近交通环境存在一定的影响。

(1) 运输船一定程度上增加了附近航道航路船舶交通流量，且运输船在航道内航行时，与附近航道内船舶存在交叉会遇的可能，因此运输船航行时，应注意与附近船舶保持联系，协调避让。运输船应选择天气海况良好时进行运输作业，避免在恶劣海况、天气时冒险进行出港航行。

(2) 本工程水域周围有渔船活动，由于渔船航行航线较随意，可能会与本工程运输船产生交叉会遇局面，对船舶航行安全造成一定影响。因此本工程运输船航行时，需加强瞭望，密切关注周围渔船动态，合理避让，避免危险事故的发生。

(3) 本工程附近规划风电场较多，后期规划风电场将会陆续建设和定期维护，需投入大量施工船舶和一定维修船。因此本工程运输船可能与其他风电场施工船舶和运维船产生会遇局面。运输船在航行时，应密切注意附近风电场施工船舶和维修船的航行动态，注意与其他风电场施工区及施工船舶保持足够的安全距离，避免误入风电场施工场地，以免碰撞事故发生。

(4) 本工程场区范围较大，运维船维护作业在场区内进行，在风机阵列中，应设置有运维船航行通道，航行通道应在不同风机间实现连接，确保运维船航行安全，因此施工单位在竣工后应对施工期遗留的桩基及其他碍航设施进行清理，并对水深浅点进行浚深。此外，本工程涉及的运维船和施工船航行路线均需向海事主管部门报批经获得批准后才能够使用。



图 8.2-6 场外运输路线示意图



图 8.2-7 场内运输路线示意图

8.2.2.2 对海上通讯信号影响分析

(1) 对海上 VHF 通信的影响

船用 VHF 无线电话的工作频率范围是 156~174MHz，正常通信距离约 25 海里之内。

当 VHF 无线电话定点在距离塔身 1 海里左右的距离使用时, 单个风机对其形成的阴影区的弧度约为 0.15 度, 但在加上超短波平滑球面绕射作用及风机之间的反射作用后, 风机对 VHF 通信信号的影响可以忽略不计。但在使用无线电测向仪时, 若小船离风机太近 (20m 以内), 会造成一定干扰。

(2) 对雷达的影响

风机结构对雷达观测造成一定干扰, 会形成二次反射假回波, 尤其以近距离干扰现象明显, 但通过调节雷达增益, 可以明显减少甚至消除这种干扰。需要注意的是, 减少增益可能造成小目标船和浮标在雷达图像上的丢失; 在不良天气条件下, 雨雪干扰会进一步增大发现小物标的难度。

风机设备将会对附近航行船舶的船载雷达的形成一定阴影区, 该现象导致停泊在风机附近的小船不易被发现。当船舶与风机的距离大于 1km, 扇形阴影区的影响较小。船舶在该工程附近水域航行时, 驾驶员应该注意风机对雷达的影响。

8.3 溢油事故风险评价

8.3.1 风险因子及危险性识别

8.3.1.1 风险因子识别

根据 8.2 节分析, 本工程所在海域通航船舶众多, 施工期大量施工船舶往来于码头与作业海域势必穿越周边航道, 从而带来施工船舶与固有通航船舶碰撞的风险, 一旦发生船舶碰撞事故, 可能造成船舶燃料油泄漏的可能。此外, 运行期, 周围通航船舶也存在与风机碰撞而发生溢油事故的可能。

8.3.1.2 危险性识别

(1) 燃料油性质

燃料油是由烃类组成的一种复杂液态混合物, 同时还含有少量的氧、氮、硫等其他化合物。

主要特征如下:

①易燃性: 大多数产品闪点低, 且闪点与燃点相接近。

②易爆性: 石油化工产品, 特别是轻质石油产品, 需点燃的温度和能量较低, 在一定的混合气体爆炸浓度范围内, 很容易发生爆炸。

③易积聚静电荷：石油化工产品电导率一般都较低，即电阻率较高，为静电非导体，很容易积聚电荷，而且不易消散。

④易蒸发、易扩散、易流消性：主要成分烃类分子很容易蒸发、扩散；油气易沿地面流散，液体易沿地面或水面流消。

⑤易沸溢性：重质或含有水分的石油产品着火燃烧时，可能发生沸腾突溢，向容器外溅。

⑥易受热膨胀性：石油产品受热后，温度升高体积膨胀，易造成容器和管件损坏；温度降低，体积收缩，容器内出现负压，会引起容器变形损坏。

⑦毒性：石油及其产品的毒性是溶解芳烃的函数。燃料油中的 C10~C17 芳烃比原油高很多，所以燃料油的毒性比原油大。

(2) 溢油在水体中的变化过程

油料溢入水体后，由于受到各种环境参数（如温度、盐度、光照、风、波浪、悬浮物、地理位置和油本身化学组成）的影响，会发生复杂的物理、化学和生物变化过程，如扩散、漂移、蒸发、分散、乳化、光化学氧化分解、沉积以及生物降解等。

①溢油扩散

油的扩散是在重力、粘度和表面张力联合作用下产生水平扩散。最初是重力起主要作用；当油膜厚度大大减少后，表面张力作用将超过重力作用，成为导致溢油扩散的主要因素；当溢油扩散在水面上形成薄膜后，进一步的扩散主要是靠海面的紊流作用。

②溢油漂移

由风和水流引起的油膜运动称为漂移。水流可以通过数学模型进行模拟，溢油现场风的数据难以随时获得，会给数值模拟带来一定困难。

③溢油蒸发

溢油中易挥发组分的蒸发能够导致溢油特性的变化。蒸发后留在水面上的油的密度和粘度都会增大。蒸发使水面溢油量的减少，还影响扩散和乳化作用。影响蒸发的因素主要有：油的组分、油膜厚度、环境温度、风速及海况等。

④溢油溶解

溶解是石油中的低分子烃向水体中分散的一个自然混合过程。溶解速率取决

于油分子构成、扩散程度、水温、紊流以及分散程度。重燃料油的溶解能力较差。

⑤溢油乳化

许多油类易于吸收水而形成油包水乳化液，体积会增加 3—4 倍。这种乳状液通常很粘，不容易消散。油的乳化程度依赖于沥青质的含量，沥青质含量大于 0.5% 崩油，易形成稳定的乳状液；沥青质含量小于此值的油易于分散。油的乳化液在海洋环境中很难自然消失，如任其漂流，碰到固体物质或海滩就会粘附在上面，对环境的污染很难消除。

⑥溢油的生物降解

生物降解是海洋环境中的油得以净化的最根本途径。影响生物降解的因素主要有温度、含氧量及营养物质氮和磷的含量。生物降解速率相对较低，对于短期内消除水面溢油来说并不能起到大的作用，但对于被污染的海洋环境而言，即使需要几个月甚至几年能使其得以恢复，也是非常有意义的。

⑦氧化作用

石油的烃分子与氧作用不是分解为可溶性物质就是结合为持久性焦油。但是油的氧化速率相对较慢，特别是高粘度、厚层油或油包水乳化液的氧化很慢，相对于其它各种变化过程，油的氧化量是微不足道的。

⑧沉积

溢油在水体中经过蒸发、乳化等变化，其密度增加，在微咸水或淡水中下沉。浅水区和江河口处经常夹杂着大量的悬浮颗粒，会促使溢油沉降。

8.3.2 溢油风险类型识别

本工程涉及的溢油风险类型为风电场施工期间发生的施工船舶与航行船舶的碰撞事故以及风电场运营期间航行船舶碰撞风机事故。

8.3.3 源项分析

8.3.3.1 事故调查与分析

根据《中国海上搜救中心水上险情应急反应程序》对《船舶污染海洋环境风险评价技术规范（试行）》和船舶污染事故应急预案对溢油事故等级的划分，溢油风险事故等级见表 8.3-1。

表 8.3-1 溢油风险事故等级

事故风险等级	较大	一般	较小
事故性质	溢油量>50t, 或造成的直接经济损失超过 500 万元, 或对环境造成较大影响	溢油量在 10~50t 之间, 或造成的直接经济损失不足 500 万元, 或对环境造成一般影响	溢油量<10t, 或造成的直接经济损失不足 250 万元, 或对环境造成影响不大

(1) 国内事故统计资料

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 8.3-2。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 8.3-2 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 $\geq 50t$), 71 起, 其中我国

海域发生较大船舶溢油污染事故 36 起,发生频率为 1.71 次/a,所占比例 50.7%;发生重大船舶溢油事故 9 起,发生频率为 0.43 次/a,所占比例为 12.7%;发生特别重大船舶溢油污染事故 4 起,发生频率为 0.19 次/a,所占比例为 5.6%。根据分析结果可知,发生较大船舶溢油污染事故的频率较高,应引起重视。

船舶溢油事故按事故原因可分为操作性事故和海损性事故。操作性事故一般指在装/卸货油、加燃油、其他作业期间发生的事故,包括违章故意排放。海损性事故一般指由于碰撞、触礁/搁浅、船体损坏、火灾爆炸等引起的船舶事故。根据《我国沿海港口船舶溢油事故分析及对策研究 [J]》,对于溢油量在 1t 以下的船舶溢油事故,其原因主要是操作性事故。对于溢油量在 7t 以上的船舶溢油事故,原因则主要是海损性事故。从图 1.4-1 对船舶溢油事故原因分析可以看出,7 种事故原因所引起的船舶溢油事故次数和溢油总量的变化规律基本一致。即碰撞是船舶溢油事故的最主要原因,共发生溢油事件 42 起,其发生次数占总溢油次数的 59.15%,其导致的溢油总量也最高,占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。

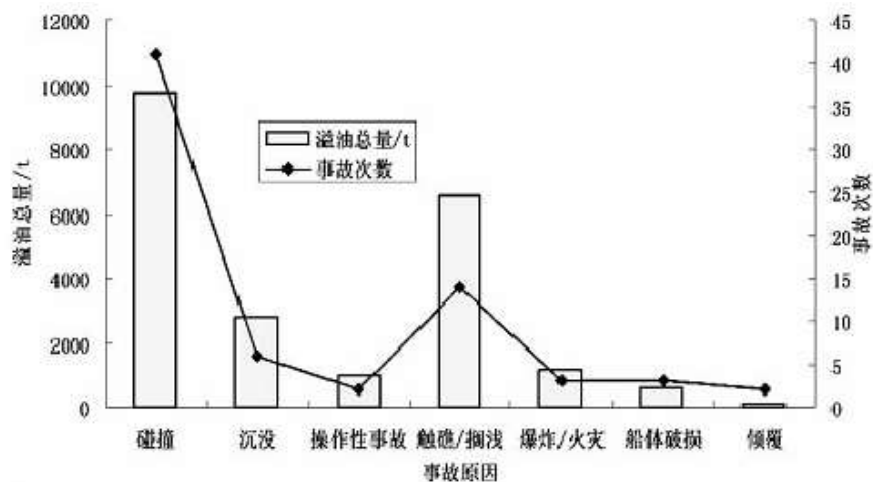


图 8.3-1 我国船舶溢油事故原因分析

(2)水上交通事故统计

盐城港海事局辖区 2012 年~2017 年（1~11）月的事故统计情况见表 8.3-3 所示。盐城海事局辖区内 2012~2017 年 11 月发生的水上交通事故主要是碰撞事故、搁浅事故、触损事故和其他事故，占总数的 75.9%；其次为失控事故和风灾事故，二者约占 16.7%；自沉、火灾、人员落水等事故则较少发生。

表 8.3-3 盐城海事局辖区 2012-2017 年水上交通事故统计表
(起)

年份 \ 类型	自沉	碰撞	失控	搁浅	触损	风灾	火灾	人员落水	其他
2012	0	1	3	3	1	2	1	1	2
2013	1	1	0	2	1	0	0	1	4
2014	0	2	0	2	3	0	0	0	0
2015	0	2	0	1	0	0	0	0	2
2016	1	5	0	2	0	1	0	0	2
2017 (1~11)	1	4	0	0	0	0	1	0	1
合计	3	15	3	10	5	3	2	2	11

(3) 船舶碰撞溢油事故概率

参考国际油气生产商协会（OGP）编制的《风险评估数据指南》（2010 年 3 月版），船舶发生重大事故的的概率为 1.1×10^{-6} 次/年，根据本工程施工组织设计，本工程施工船舶按 35 艘计，则本工程发生船舶碰撞事故的的概率为 3.85×10^{-5} 次/年。发生碰撞事故后，再发生溢油事故的的概率按 50% 计算，则本工程发生船舶碰撞溢油风险的的概率为 1.93×10^{-5} 次/年。

8.3.3.2 最大可信事故

最大可信事故指在所有预测的概率不为 0 的事故中，对环境（或健康）危害最严重的重大事故。本项目最主要的环境风险类型主要包括：海上施工船舶碰撞引起的燃料油泄漏，以及海上升压站和海上换流站变压器油泄漏。

根据施工组织设计提供的资料，本项目施工期采用的最大吨位施工船舶（20000t）的单舱最大载油量为 100t，保守考虑，溢油量按照单舱完全泄漏 100t 计算。

海上升压站及海上换流站变压器油泄漏概率较低，且即使发生泄漏其漏油量相对较小，并会进入事故油罐中，因此海上升压站及换流站溢油事故发生概率较

小。此外海上升压站及换流站倒塌也可能导致溢油事故，但倒塌事故概率较小。

由于工程周边通航船舶均为大型船只，按固定航线行驶，本工程海域不具备大型船舶通航的条件，同时根据通航安全论证报告分析，周边通航船舶与风机碰撞概率较低。因此，本工程船舶溢油风险主要为施工期施工船舶碰撞引起的溢油事故。本工程施工期最大吨位船舶为海上换流站施工所需的 20000t 级驳船，其单舱最大载油量为 100t，一旦发生溢油事故，对周边海域造成的环境影响也相对较大。因此本环评考虑最大可信事故为施工期施工船舶碰撞导致油舱破损而发生的溢油事故。溢油量取 100t，溢油点选择在海上换流站处，详见图 8.3-2。



图 8.3-2 计算溢油点位置示意图

8.3.4 溢油事故影响预测

8.3.4.1 溢油事故模型建立

本次计算采用丹麦水利研究所 DHI 开发的 MIKE2012FMSA 模块，进行溢油的数值模拟，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，过程示意图见图 8.3-3。

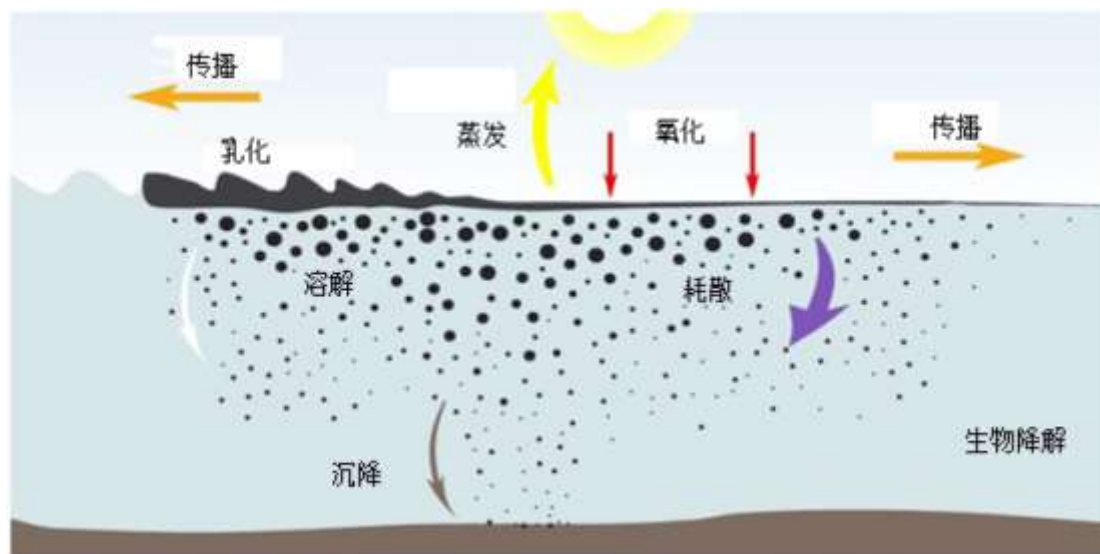


图 8.3-3 溢油风化过程示意图

(1) 随机游动与扩散过程

在流场计算的基础上，将溢油分成有限个质点，每个质点的漂移位置按下式计算：

$$X=X_0+(U+\alpha W_{10}\cos A+\gamma\cos B)\Delta t \quad (1.4-1)$$

$$Y=Y_0+(V+\alpha W_{10}\sin A+\gamma\sin B)\Delta t \quad (1.4-2)$$

式中：

X_0 、 Y_0 ——某质点的初始坐标；

U 、 V —— X 、 Y 方向的流速分量；

W_{10} ——海面 10m 高处风速；

A ——风向；

α ——修正系数；

γ ——随机扩散系数， $\gamma=R\cdot E$ ， R 为 0~1 之间的随机数， E 为扩散系数；

B ——随机扩散方向， $B=2\pi R$ 。

(2) 延展过程

延展过程决定了表面浮油的面积扩展，从而进一步影响水面油膜的蒸发、溶

解、扩散和光氧化作用。延展是湍流扩散以及重力、惯性、黏性和表面张力平衡的联合作用结果。由于厚油膜延展而造成的浮油面积的变化速率 $\frac{dA_k}{dt}$ (m^2/s) 的计算式如下:

$$\frac{dA_k}{dt} = K_1 A_k^{1/3} \left(\frac{V_m}{A_k} \right)^{4/3} \quad (1)$$

式中:

A_k ——浮油表面积, m^2 ;

K_1 ——延展速率常数, $1/\text{s}$;

V_m ——浮油体积, m^3 ;

t ——时间, s 。

(3) 蒸发过程

蒸发过程可导致 20~40% 的浮油从水面进入大气, 具体百分比取决于油种。

油品蒸发率 F_v 计算式如下:

$$F_v = \ln[1 + B(T_G/T)\theta \exp(A - BT_0/T)][T/(BT_G)] \quad (2)$$

式中:

T_0 ——修正的蒸馏曲线的初沸点, K ;

T_G ——修正的蒸馏曲线的梯度;

T ——环境温度, K ;

A, B ——无量纲常数;

t ——时间, s ;

——蒸发能力。

(4) 水体携带过程

水面浮油暴露在风和浪中, 浮油会被携带或扩散进入水体。水体携带是一种物理过程, 在破碎浪的作用下, 油滴从水面迁移到水体中。水体携带速率 Q_d ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) 和油粒子

大小之间的关系见下式:

$$Q_d = C^* D_d^{0.57} S F d^{0.7} \Delta d \quad (3)$$

式中：

C^* ——与油种和风化状态相关的水体携带速率经验常数；

D_d ——单位表面积耗散的破碎波能量，J/m²；

S ——浮油覆盖的水面面积分数；

F ——受破碎浪侵袭的水面面积分数；

(5) 乳化过程

水-油乳化物，或称为乳胶状物的形成取决于油的组分和水环境条件。乳化油可能有 80% 是以连续相油存在的微米级油粒子。一般乳化油的黏度要高于形成乳化油之前的油品黏度。由于水的混入，油/水混和物的体积明显加大。水混入油相的速率 $F_{WC}^{\square}$ 计算方法见下式：

$$F_{WC}^{\square} = \frac{dF_{WC}}{dt} = C_1 U_w^2 \left(1 - \frac{F_{WC}}{C_2}\right)$$

式中：

U_w ——风速，m/s；

C_1 ——经验常数；

C_2 ——常数(用于控制水分的最大比例)；

F_{WC} ——水在油相中的最大比例(油品特性参数)。

8.3.4.2 溢油源强及位置

由于溢油时间、地点、数量等众多不确定的随机因素，因此计算不可能将所有情况一一描述清楚。考虑到施工期风电场周边海域施工船舶进出频繁，且本工程电缆通过换流站，因此在换流站附近海域发生船舶碰撞事故的概率较大，在换流站设置一个溢油点（详见图 8.3-2），溢油源强根据最大可信事故分析结果取为 100t。

8.3.4.3 溢油计算工况

(1) 流场参数

结合本工程实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续 1h 溢

油的情况,以大潮水动力场作为计算流场。溢油发生时刻分涨憩和落憩两种时刻。

(2) 气象参数

根据工程区域中尺度 1981 年至 2017 年气象资料以及工程区域测风塔数据分析,场区季风性气候显著,风向随季节变化明显:冬季场区主导风向为 N,平均风速约为 6.9m/s;夏季大陆为热低压盘踞,风从海上吹向大陆,盛行风向为 SE,平均风速约为 7.4m/s。针对主要环境敏感目标的不利工况(工况 5、6、7),其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。溢油计算条件组合见表 8.3-4。

表 8.3-4 溢油计算条件组合

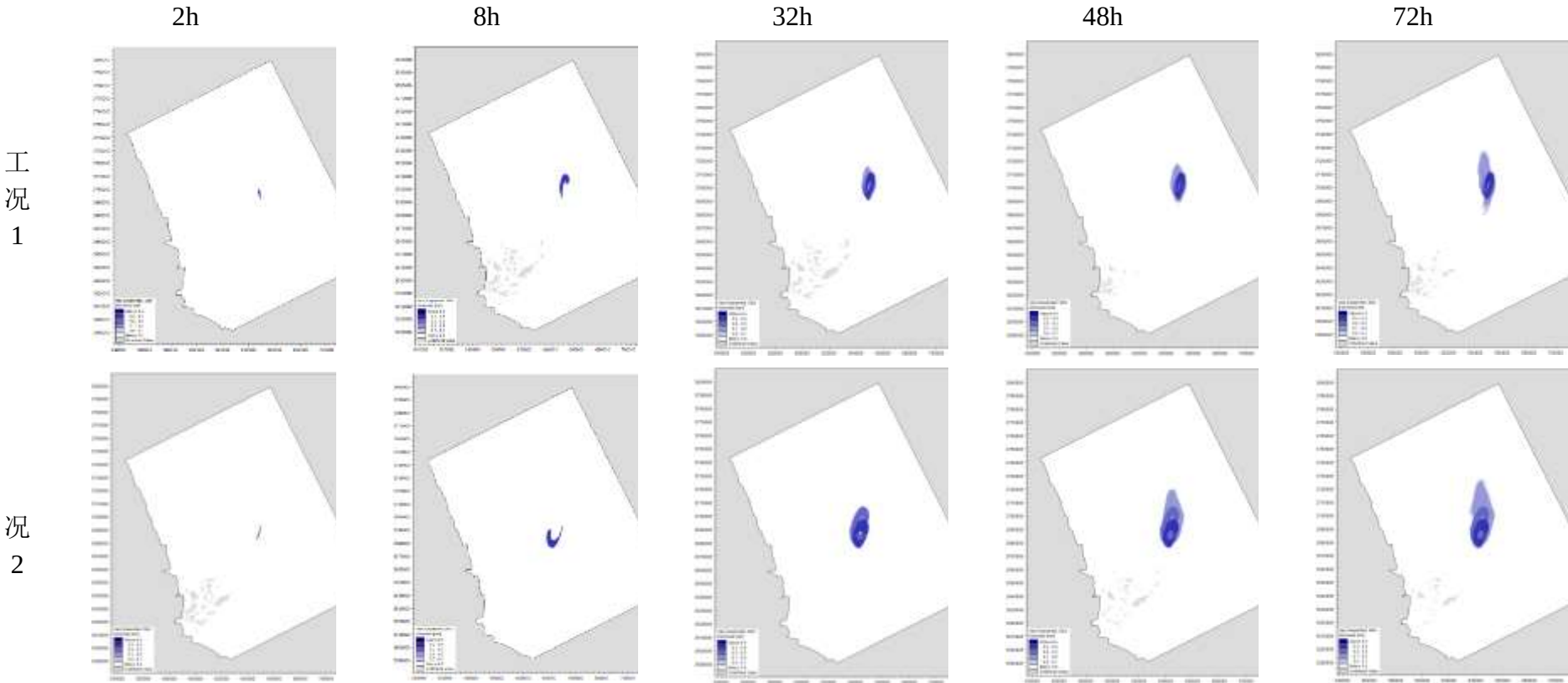
工况	风向, 风速	溢油发生时刻	备注
工况 1	SE, 7.4m/s	涨憩	常规工况
工况 2		落憩	
工况 3	N, 6.9m/s	涨憩	
工况 4		落憩	
工况 5	NE, 13.8m/s	落憩	针对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、江苏大丰麋鹿国家级自然保护区
工况 6	E, 13.8m/s	落憩	针对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区
工况 7	SW, 13.8m/s	涨憩	针对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区、麻菜珩特别保护海岛、麻菜珩领海基点保护区

8.3.4.4 溢油计算结果

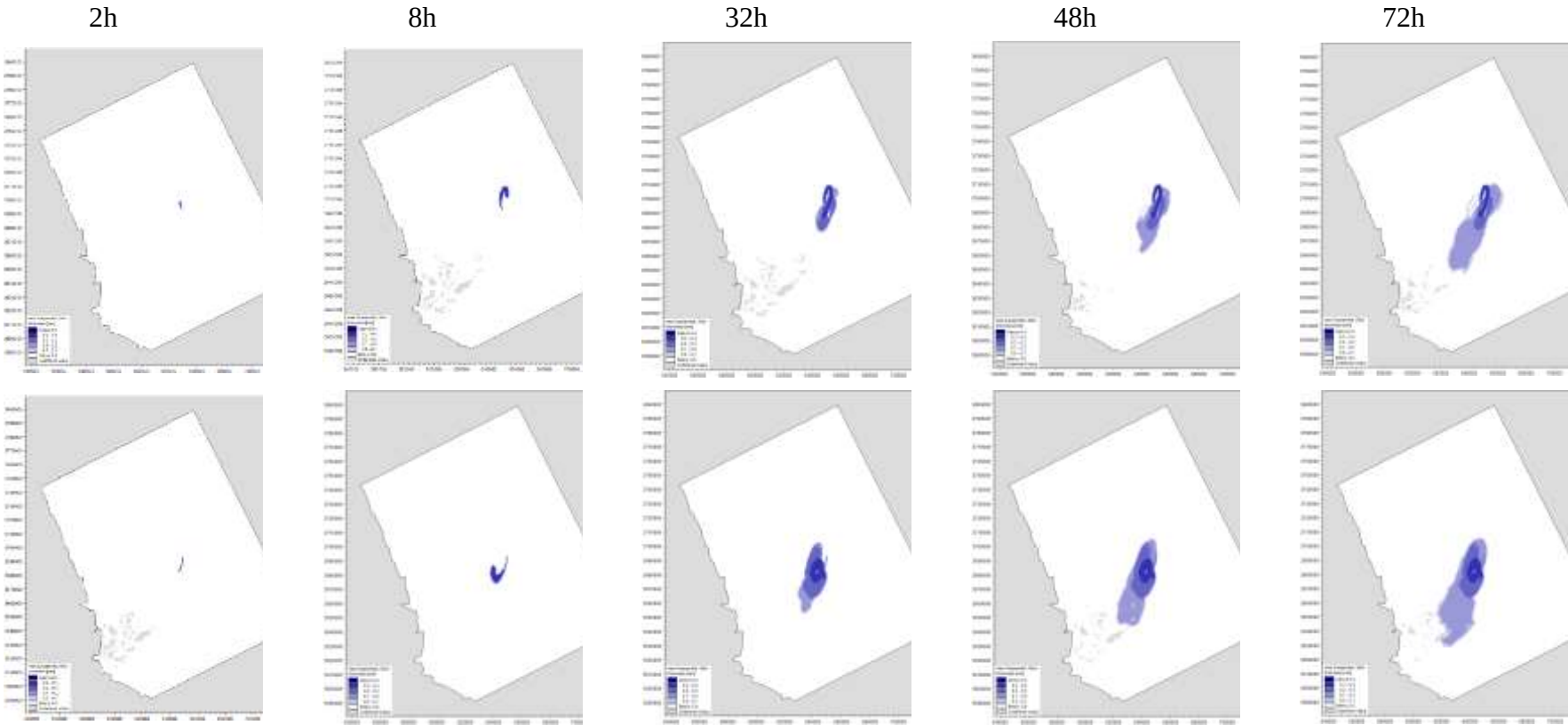
根据各种工况计算的结果,表 8.3-5 给出了各种工况下溢油发生后 72h 油膜总扫海面积,图 8.3-4 给出了各工况下典型时刻油膜扫海范围,图 8.3-5 给出了各工况下油膜及油粒子 72h 的运动轨迹图。

表 8.3-5 油膜扫海面积随时间变化 单位: km²

工况时间/h	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7
72h 总扫海面积	352.31	637.85	975.92	1321.54	1143.06	993.75	712.84

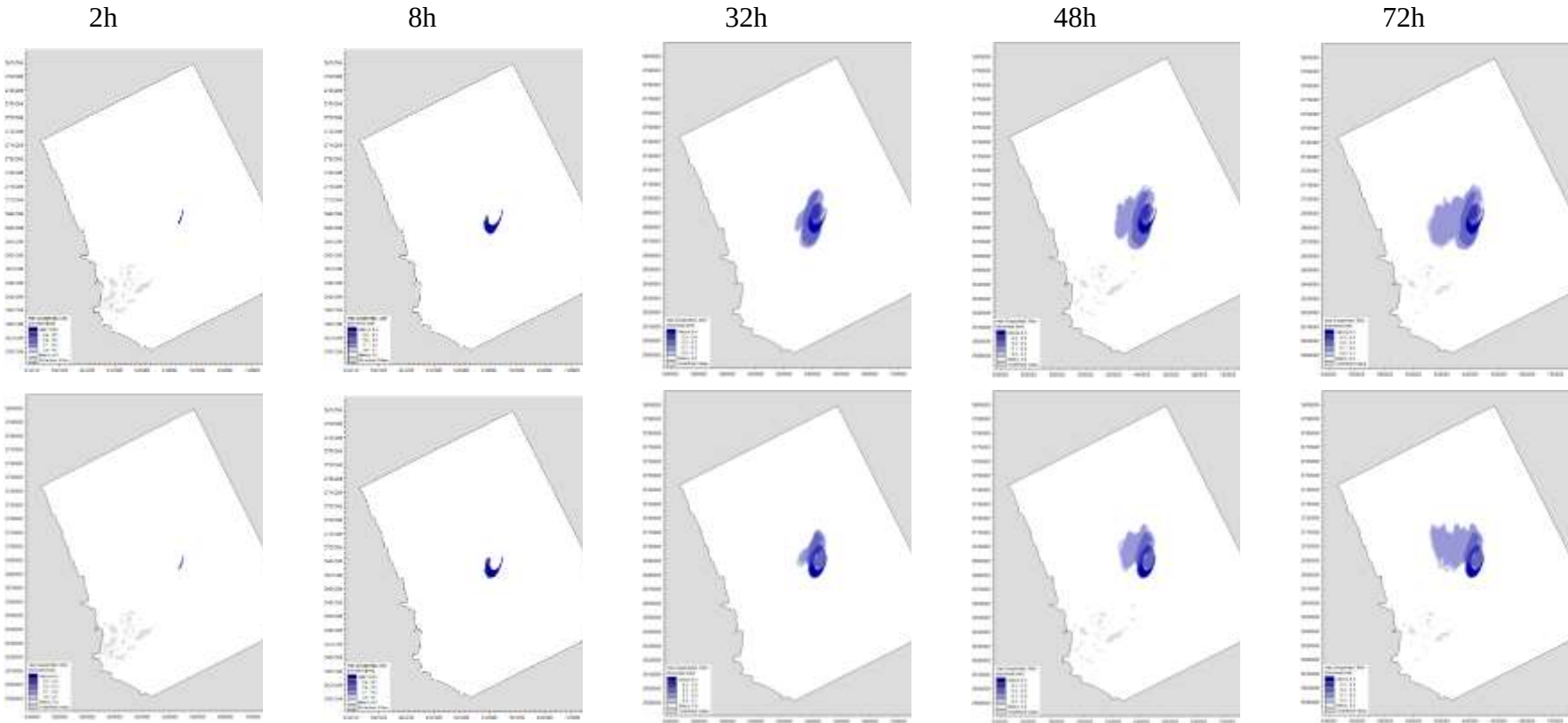


况
3



况
4

况
5



况
6

况
7

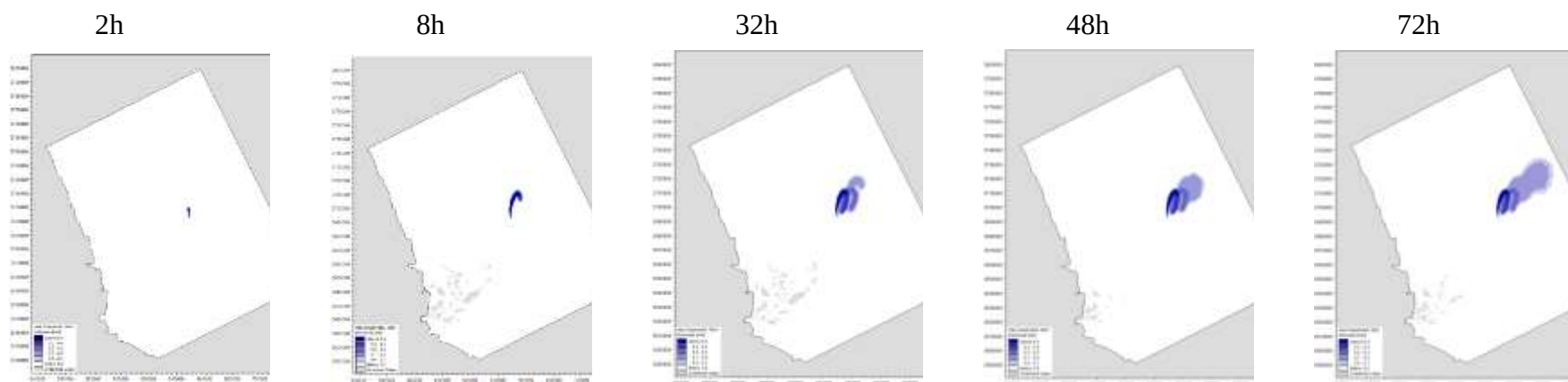
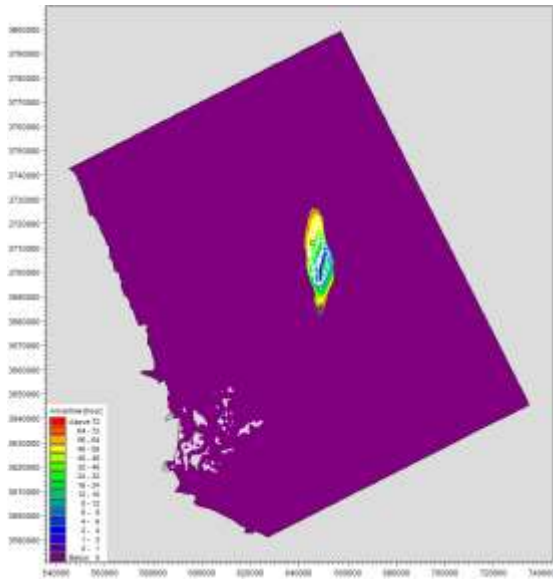
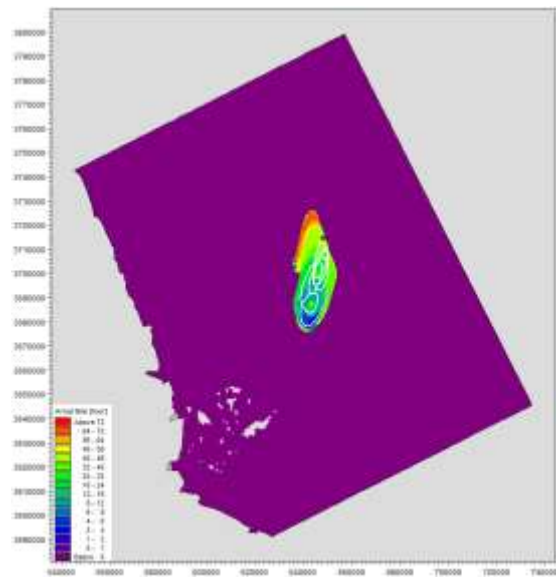


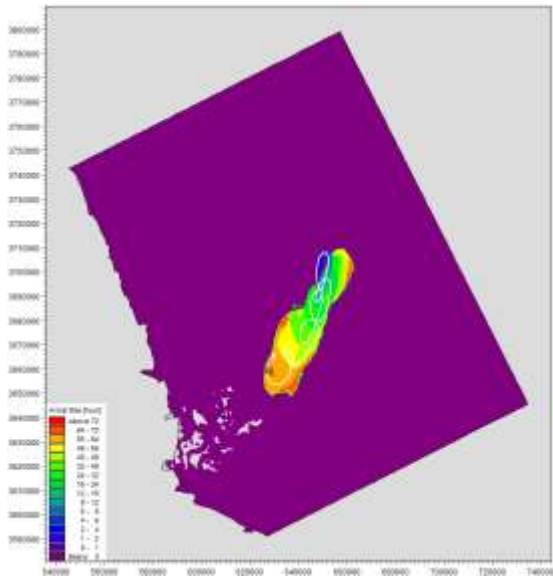
图 8.3-4 各种工况下典型时刻油膜瞬时运动分布图



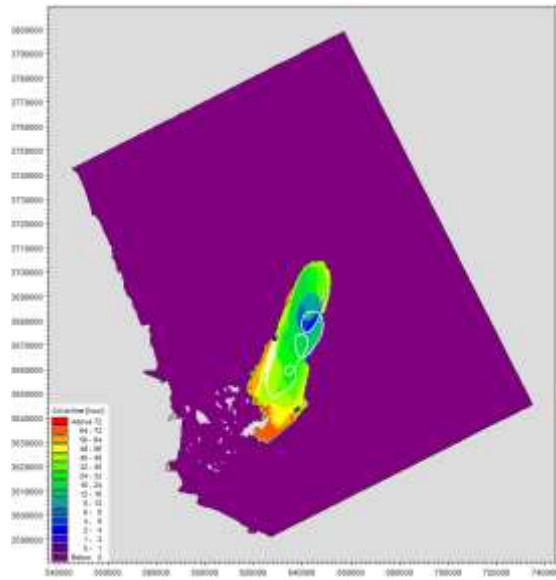
工况 1



工况 2



工况 3



工况 4

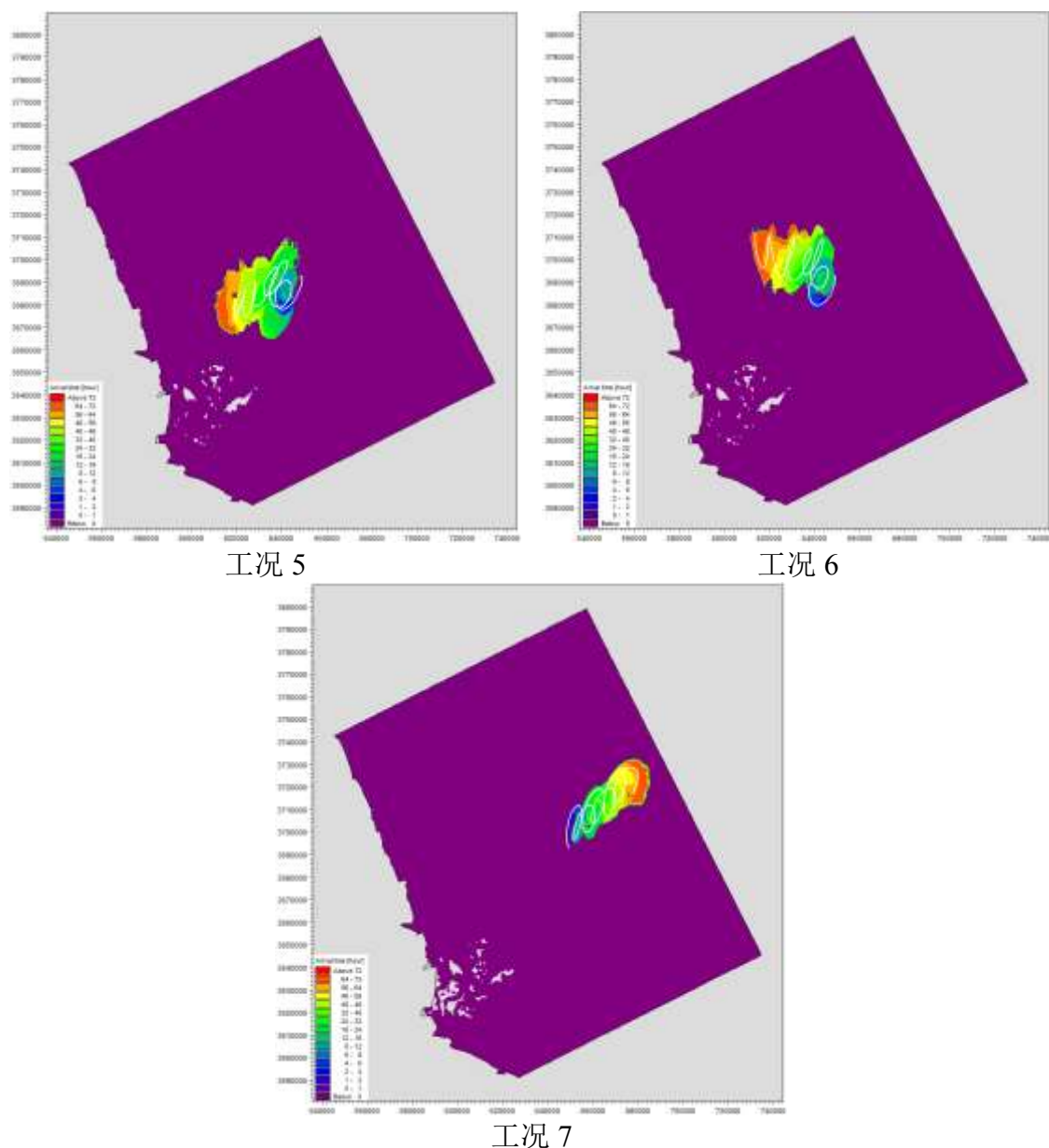


图 8.3-5 各工况条件下 72h 油膜及油粒子轨迹图

(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。

常规工况条件下，风速相对较小。溢油发生后，在夏季主导风向东南风（工况1、2）作用下，油膜受潮流动力和风的双重影响下，呈螺旋状向西北方向漂移，其中工况1在落潮流条件下，向西北偏北方向漂移，工况2在涨潮流条件下先向西南再往西北向漂移；在冬季主导风向北风（工况3、4）作用下，油膜受风和潮流动力影响，在海域中呈螺旋状向南漂移，其中工况3在落潮流条件下先向北再向

南漂移，工况4在涨潮流条件下向南偏西方向漂移。

不利工况条件下，风速较大，达到13.8m/s。其中在东北风13.8m/s（工况5）以及涨潮流的作用下，油膜快速向西南偏西方向漂移。在东风13.8m/s（工况6）以及涨潮流的作用下，油膜快速向东偏北方向漂移。在西南风13.8m/s（工况7）以及落潮流的作用下，油膜向东北方向漂移，迅速影响到吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的实验区，扩散距离及面积较大。

（2）溢油对各敏感区影响分析

本工程海域周边的敏感目标有国家级自然保护区、种质资源保护区等敏感目标，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时间，具体见表 8.3-6。

表 8.3-6 溢油对敏感目标的影响

溢油工况	敏感目标名称	到达敏感目标时间
工况 1	麻菜珩特别保护海岛	/
	麻菜珩领海基点保护区	/
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	26h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）	5h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）	1h
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（核心区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（缓冲区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）	/
	盐城泥螺石蝗种质资源保护区	/
	蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区	/
	江苏大丰麋鹿国家级自然保护区	/
工况 2	麻菜珩特别保护海岛	/
	麻菜珩领海基点保护区	/
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	8h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）	36h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）	12h
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（核心区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（缓冲区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）	/
	盐城泥螺石蝗种质资源保护区	/
	蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区	/
	江苏大丰麋鹿国家级自然保护区	/
工况 3	麻菜珩特别保护海岛	/

	麻菜珩领海基点保护区	/
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	65h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）	5h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）	2h
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（核心区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（缓冲区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）	/
	盐城泥螺石蝗种质资源保护区	/
	蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区	/
	江苏大丰麋鹿国家级自然保护区	/
工况 4	麻菜珩特别保护海岛	/
	麻菜珩领海基点保护区	/
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	7h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）	/
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）	23h
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（核心区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（缓冲区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）	66h
	盐城泥螺石蝗种质资源保护区	/
	蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区	54h
工况 5	江苏大丰麋鹿国家级自然保护区	/
	麻菜珩特别保护海岛	33h
	麻菜珩领海基点保护区	45h
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	6h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）	/
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）	23h
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（核心区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（缓冲区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）	/
	盐城泥螺石蝗种质资源保护区	/
工况 6	蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区	/
	江苏大丰麋鹿国家级自然保护区	/
	麻菜珩特别保护海岛	33h
	麻菜珩领海基点保护区	44h
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	6h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）	/
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）	12h
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（核心区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（缓冲区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）	/
	盐城泥螺石蝗种质资源保护区	/

工况 7	蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区	/
	江苏大丰麋鹿国家级自然保护区	/
	麻菜珩特别保护海岛	/
	麻菜珩领海基点保护区	/
	东沙泥螺四角蛤种质资源保护区	/
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）	4h
	吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）	45min
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（核心区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（缓冲区）	/
	江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）	/
	盐城泥螺石蝗种质资源保护区	/
	蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区	/
	江苏大丰麋鹿国家级自然保护区	/

由上述图表可以看出：在不利风况（工况 5、6、7）及潮型条件下，溢油事故发生后，油膜到达吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）的最短时间约 45min，到达吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（核心区）的最短时间约为 4h，到达东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的最短时间约 6h，到达蒋家沙竹根沙泥螺文蛤国家级水产种质资源保护区和江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（实验区）的时间约为 54h 和 66h，到达麻菜珩领海基点保护区和麻菜珩特别保护海岛的最短时间分别为 44h 和 33h。由于本工程部分位于吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区（实验区）内，且临近东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，一旦发生溢油事故，将对这两个敏感目标发生较大影响，且风电场评价范围内敏感目标较多，施工期间在工程海域发生溢油事故后，油膜在较短的时间内可到达周边敏感目标，溢油事故的应急处置工作难度较大。因此，应严格加强施工期施工船舶的安全管理，杜绝事故的发生。同时要加强突发事件的风险防范和应急处置能力建设，一旦发生溢油事故，应尽快采取阻拦措施，并组织人员进行油品的回收工作，尽量减小污染。

8.3.5 溢油事故生态环境影响分析

船舶溢油事故发生后，将对海洋生物和渔业资源造成很大影响。

（1）对浮游生物的影响

溢油事件发生后，油膜会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍他们的光合作用。破坏程度取决于油类物质的类型，浓度及浮游植物的

种类。根据国内外毒性实验结果，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各种油类的耐受能力都很低。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 $0.1\sim 10\text{mg/L}$ ，一般为 1mg/L 。对于更敏感的种类，油浓度低于 0.1mg/L 时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。

（2）对浮游动物的影响

浮游动物石油急性中毒致死浓度范围一般为 $0.1\sim 15\text{mg/L}$ ，Mironov 等曾将黑海某些桡足类、和枝角类暴露于 0.1ppm 的石油海水中，当天浮游动物全部死亡。当石油含量降至 0.05ppm ，小型拟哲水蚤 *Paracalanus sp.* 的半致死时间为 4 天，而胸刺镖蚤 *CentroPages*、鸟缘尖头蚤和长腹剑水蚤 *Oithona* 的半致死天数依次为 3 天、2 天和 1 天。另外，Mironov 对不同浓度对桡足类幼体的影响实验表明，永久性（终生性）浮游动物幼体的敏感性大于阶段性（临时性）的底栖生物幼体，而它们各自的幼体的敏感性又大于成体。

（3）对底栖生物的影响

底栖生物随种类的不同而产生对石油浓度适应的差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 $2.0\sim 15\text{mg/L}$ ，其幼体的致死浓度范围更小些。软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油，如： 0.01ppm 的石油则可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制并进而死亡。象海胆、寄居蟹、海盘车等底栖生物的耐油污性很差，即使海水中石油含量只有 0.01ppm ，也可使其死亡。而千分之一浓度的乳化油即可使海胆在 1 小时内死亡。某些底栖甲壳类动物幼体（无节幼虫）当海水中石油浓度在 $0.1\sim 0.01\text{ppm}$ 时，对藤壶幼体和蟹幼体有明显的毒效。据吴彰宽报导，胜利原油对对虾 *Penaeus orientalis* 各发育阶段影响的最低浓度分别是受精卵 56mg/L ，无节幼体 3.2mg/L 、蚤状幼体 0.1mg/L ，糠虾幼体 1.8mg/L ，仔虾 5.6mg/L ，其中蚤状幼体为最敏感的阶段。胜利原油对对虾的幼体的 96h-LC50 为 11.1mg/L 。

（4）石油污染对鱼类的影响

国内外许多的研究均表明高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡，低浓度的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖，具毒性随石油组分的不同而有差异。根据东海水产研究所近年来对几种不同油类对鲷鱼仔鱼

Mugilcaphalus 的毒性试验结果表明,阿拉伯也门麦端波原油、镇海炼油厂的混合废油、胜利原油和东海平湖原油对鲱鱼的 96h—LC50 值分别为 15.8mg/L, 1.64mg/L、6.5mg/L 和 2.88mg/L。陈民山等报导,胜利原油对真鲷仔鱼 *Pagrassonius major* 和牙鲆仔鱼 *Paralichthy olovaceus* 的 96h—LC50 值分别为 1.0mg/L 和 1.6mg/L。20 号燃料油对黑鲷 *Spares macrocephaius* 的 96h-LC50 值为 2.34mg/L,而对黑鲷的 20 天生长试验结果,其最低影响浓度 (LOEC) 和无影响浓度分别为 0.096mg/L 和 0.032mg/L。

(5) 石油对水产动、植物的油臭影响

海洋中一旦发生油污染,扩散的油分子会迅速随风及水的流动而扩散,水产动、植物一旦与其接触,即会在短时间内发生油臭,从而影响食用价值。以 20 号燃料油为例,当油浓度为 0.004mg/L 时,5 天就能对对虾产生油味,14 天和 21 天分别使文蛤和葛氏长臂虾产生异味。

(6) 鸟类等影响分析

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。

综上所述,溢油事故一旦发生将对海洋生态系统造成极大的影响。回顾离本工程相对较近的长江口杭州湾海域溢油事故典型案例:3 月 19 日 2 时 15 分,英国籍集装箱船“达飞佛罗里达”轮与巴拿马籍散货船“舟山”轮在长江口灯船东北约 124 海里处公海发生碰撞,“达飞佛罗里达”轮第四、第五两舱破损进水,造成大面积油污泄漏,形成了一条长约 2 海里,宽约 300 m 的油污带。当时,该船的破损油舱中共装有 645 吨燃油。事发后,上海水上搜救中心调集了五艘清污船到现场进行处置,减少溢油对海洋环境的影响。2006 年 4 月 22 日,英国籍“现代独立”轮于舟山马峙锚地永跃船厂进坞过程中与船坞发生触碰,造成左舷破损,并导致第三燃油舱 477 吨燃油(重油)外溢。事故发生后,海事部门立即采取清除措施,共组织回收了油污水 407.75 吨。事故造成周围海域严重污染,经济损失

数千万元。可见溢油事故对海洋生态系统、渔业资源的影响是显著的、长期的。

8.3.6 通航、溢油事故风险防范措施

8.3.6.1 施工期航行、溢油风险事故防范措施

综上所述，本项目施工期间各类运输船、施工船进场，工程周边海域船舶数量增多，具有一定的通航环境风险，从而存在一定油料泄漏的风险。为保证工程施工安全，防止油污染事故发生，施工单位必须有水上施工经验，施工过程中需科学合理安排施工工序，周密考虑工程施工期间的安全措施，应主要包括：

（1）工程施工期间需制订切实有效的安全管理措施和一旦发生突发性事故的应急预案。

（2）要加强对施工作业船舶的安全管理。参加施工作业的船舶必须经过相关的安全检查，有关人员必须经过水上作业的相关安全培训和教育，并认真落实施工作业的安全措施和发生突发情况的应急措施。

（3）要加强工程施工期间施工区附近水域的通航环境的安全管理。需根据工程施工方案，分析工程施工对船舶通航环境的影响，提出加强施工期间水上通航秩序安全管理的对策和措施，确保工程施工和船舶通航的安全。

（4）施工作业开工前按规定向海事局有关部门申请办妥水上水下施工作业手续，申请发布有关施工作业航行通告和航行警告。

（5）施工船进行打桩作业时，应于明易显见处，显示港口规定信号（白天显示旗号、夜间显示灯号）。

（6）施工作业期间作业船舶应配置有效的通讯工具，指派专人守听，密切注视周围船舶动态。

（7）施工作业船应派专人值班了望，当发现来船动向不明或危及施工船舶安全时，应立即通过扩音喇叭向来船发出警告。必要时停止施工，立即松缆避免事故的发生。

（8）严格执行施工停工标准，在大风大浪灾害天气应采取停工避让的方式躲避恶劣天气，防止船舶事故的发生。

（9）施工作业附近，应安排一艘拖轮停泊待命，以便随时出动进行应急抢救等救助工作。

(10) 由于工程施工时所占用的可通航水域面积很大, 因此在施工作业期, 施工建设单位需向海事主管机关申请划定施工作业区, 设置航行警戒标, 配置现场警戒船。

(11) 认真落实施工船舶防污染措施, 做好船舶垃圾、残油、含油污水等污染特、废弃物的接收和处置工作。施工船舶一旦发生污染水域事故, 应尽力采取控制和消除污染的措施, 同时向海事主管机关报告, 接受调查处理。

8.3.6.2 运行期航行、溢油风险事故防范措施

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。

(1) 应设立专门机构负责警戒, 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, 以在发生突发事件能及时获得海事主管机的应急救援。

(2) 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。

(3) 加强风险防范, 完善应急措施, 建设单位应编制环境事故应急预案, 报海洋主管部门备案。

8.3.7 溢油事故的应急措施

根据国家环保局(90)环管字 057 号 8 文要求, 通过对污染事故的风险评价, 制定防止重大环境污染事故发生的工作计划, 消除事故隐患的措施及突发性事故应急处理办法等, 一旦出现重大事故, 能有效的组织救援, 及时控制污染、减少污染损失。

风险事故发生后, 能否迅速而有效地作出应急反应, 对于控制污染, 减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为使本工程施工和运行期对于一旦发生的溢油事故能快速作出反应, 最大限度地减少事故污染对工程海域的灾害性损失。建立应付突发性事故的抢险指挥系统, 组织制定一份可操作的风险应急行动计划, 定期进行演习是非常必要的。此外, 建设单位应委托有资质的单位编制应急预案。

8.3.7.1 应急计划区

本工程应急计划区主要为风电场区、海上升压站、海上换流站、电缆敷设线路附近。应急事件包括船舶碰撞、倾翻、海上升压站（换流站）油品泄漏等突发性海上溢油事故。

8.3.7.2 应急指挥组织

项目公司成立船舶污染预防及事故应急指挥部（以下简称应急指挥部），指挥长由项目公司总经理担任，副指挥长由项目公司副总经理或安保部负责人担任，指挥部成员由现场指挥和各应急处置小组负责人组成。应急指挥部负责船舶污染事故上报、应急反应、支持保障和善后处理等工作。根据本工程地理位置特点，应急指挥部应服从盐城海事局和大丰区海洋与渔业局和江苏省海洋与渔业搜救分中心的统一指挥和调度。

应急指挥部按各自职责设立溢油应急处置小组：通信组、工艺组、溢油清理组、现场救护组、警戒组、后勤保障组、防火组、油污处理组。各小组主要职责包括：

通信组：负责应急指挥与事故现场的通信联络，确保应急救援指令的下达和现场各种信息的反馈及通信的畅通。

工艺组：及时关闭相关阀门，控制溢油源，防止事故进一步扩大。

溢油清理组：做好溢油堵截围控工作，回收泄漏油品，对溢油现场进行清理。

现场救护组：做好伤病员的接受和医疗，提供现场进行救护等。

警戒组：保持交通畅通，注意现场警戒，实行隔离，注意溢油漂移动向，并及时向指挥部报告。

后勤保障组：提供应急所需的器材、材料及生活用品，保障应急电力供给，负责应急设备的维修。

防火组：防止火灾发生，一旦发生火灾立即实施灭火应急计划。

油污处理组：负责处置油污物的工作，防止二次污染。

8.3.7.3 预案分级响应条件

根据溢油事故可能对公共安全、社会秩序和生态环境可能造成的危害程度和需要采取的应急反应行动的规模，并参考《中国海上船舶溢油应急计划》的分级条件，本工程溢油事故应急响应等级分为三级：一般事故（III级响应）、较大事故（II级响应）、重大事故（I级响应），响应等级划分标准见表 8.3-7。

表 8.3-7 事故及响应等级划分

事故（响应）等级	划分依据
一般等级（III级响应）	船舶溢油量 $\leq 10\text{t}$
较大等级（II级响应）	$10\text{t} < \text{船舶溢油量} \leq 50\text{t}$
重大等级（I级响应）	$50\text{t} < \text{船舶溢油量}$

一旦发生事故溢油，立即启动溢油应急预案，制止溢油蔓延，最大限度地减小海洋环境和资源的污染损失。

III级应急由盐城海事局和大丰区海洋与渔业局决定响应等级，由海事处处长/分管副处长组织实施应急处置，I、II级响应由盐城海事局和大丰区海洋与渔业局并联合江苏省海洋与渔业搜救分中心根据《应急预案》调动应急力量现场应急处置、组织协调。应急指挥部应在上级应急指挥机构的统一指挥下，负责应急处置现场管理工作。

8.3.7.4 应急救援保障

A. 应急防治队伍：原则上由工程全体工作人员组成，一旦发生溢油事故，指挥部可根据情况的需要，动员、调配储备的人力资源投入行动。

B. 应急防治设备：溢油清理设备和其它应急设施应配备齐全，按规定维护。主要包括：消防设备、收油设备以及工作船等。消防设备包括消油剂及喷洒装置。收油设备包括撇油器、吸油毡、接油盘吸油机、充气式围油栏、浮筒、锚、锚绳等附属设备。工作船主要进行围油栏敷设，消油、收油作业，该船上同时配消油剂喷洒装置及油污水泵等。同时在施工和运行期间，施工船舶本身及海上升压站内也需配备应急防治设备，一旦有事故发生，可及时开展应急救援工作。施工船

船应备有围油栏、吸油棉体等，海上升压站、海上换流站应常备一定数量的围油栏、撇油器、活性炭、吸油棉体等。

本工程建设单位与南通亿洋船务工程有限公司签订了工程防治船舶溢油污染海洋环境应急防备和应急处置委托协议（见附件），由南通亿洋船务工程有限公司按照国家防治污染海洋的要求做好溢油事故的应急处置工作。南通亿洋船务工程有限公司可从事海上污染物清除、残油及污水、垃圾接收、压舱水处理等相关工作，该公司溢油污染应急防治清除设备设施配备情况见表 8.3-9，拥有足够的能力处理本工程可能导致的船舶溢油风险。另考虑到南通亿洋船务工程有限公司应急设备设施均存放在洋口港，在事故发生后无法第一时间抵达现场进行应急处置，为了使事故污染及时得到控制，防止事故油膜向周边海域继续漂移扩散，建议建设单位在依托现有应急处置能力的基础上，进一步配备围油栏、吸油毡等防污器材和设备，提高溢油风险防范能力，建议配备围油栏长度不少于 2 km。

表 8.3-8 本工程依托的溢油污染应急防治清除设备设施一览表

序号	产品名称	产品型号	单位	数量	存放位置	备注
1	固体浮子 PVC 围油栏	WGV1500D	m	2000	洋口港储备库	20m/条
2	固体浮子 PVC 围油栏	WGV900D	m	3000		20m/条
3	岸滩式围油栏	WGV600T	m	4000		20m/条
4	橡胶浮子式围油栏	TXW1000	m	1000		20m/条
5	充气机	CQ	台	2		
6	充水机	CH	台	2		
7	防火围油栏	WGJ900H	m	400		20m/条
8	储存架	WGJ900HCJ	个	40		
9	动态斜面收油机	DXS250	台	1		
10	转盘式收油机	ZS100	台	1		
11	船上固定式喷洒装置	PSB140	台	4		
12	便携式喷洒装置	PSC40	台	8		
13	热水清洗机	BCH0717A	台	4		
14	冷水清洗机	QX18	台	2		
15	吸油拖栏	XTL200	m	4000		3m/条
16	吸油毡	PP-2	t	14		
17	侧挂式高粘度收油机	DSX300	台	1		
18	卸载泵（进口）	XZB300	套	1		
19	环保型消油剂		t	20		
20	轻便储油罐	QG5	只	2		
21	化学吸收剂		t	3		
22	化学吸附剂		t	2		
23	叉 车	3t	辆	1		
24	汽车吊	8t	辆	1		

8.3.7.5 报警、通信联络方式

(1) 报警

项目公司生产运行管理部门应通过监视系统及时收集掌握在风电场海域发生的船舶污染事故信息，发现或接报污染事故后立即向应急指挥部报告，其他部门及岗位人员发现海上溢油污染事故也应立即向应急指挥部报告。接到报告后，应急指挥部成员到达事故现场，总指挥根据现场情况预测可能造成的后果和污染危害程度、紧急程度、发展事态，判断环境污染事件危险性，将预警信息向盐城海事局、大丰区海洋与渔业局上报，由海事、海洋部门确定应急响应等级。

同时，应急指挥部配合海事部门向公众发布事故预警信息，包括事故的类别、起始时间、可能影响范围、警示事项、应采取的措施和发布机关。预警信息的发布、调整和接触可通过广播、电视、报刊、通信、信息网络、警报器、宣传车或组织人员逐户通知等方式进行，对老幼病残孕等特殊人群以及学校等特殊场所和警报盲区应当采取有针对性的公告方式。

(2) 通信联络方式

应急指挥部与现场指挥通过对讲机、电话进行联系；现场指挥与应急救援人员通过对讲机进行联系；应急过程中对讲机均使用同一频道(溢油应急频道)；如无线通讯中断，应急指挥部和现场指挥可组织人员进行人工联络。

8.3.7.6 应急监测、救援及控制措施

应急环境监测队伍到达现场，对事故原因、性质进行初步分析、取样、送样、并做好样品快速检测工作，及时提供监测数据、污染物种类、性质、控制方法及防护、处理意见，并发布应急监测简报，对事故出现后周围的安全防护距离、应急人员进出现场的要求等提供科学依据。

应急救援队伍由项目公司联合盐城海事局、大丰区海洋与渔业局、江苏省海洋与渔业搜救分中心、南通亿洋船务工程有限公司共同建立，由应急领导机构统一指挥。应急救援队伍接到指令后，迅速进入事故现场，布设围油栏将溢入海面的油围住防止扩散，同时用油泵、撇油器或吸油材料等回收溢油，回收的油污、类油物质和沾油废弃物由南通亿洋船务工程有限公司负责处理。

8.3.7.7 事故应急救援关闭程序与恢复措施

整个应急处置和救援工作完成后，即溢油现场得到控制，事件条件已经消除；油品的泄漏或释放已降至规定限值以内；事件所造成的危害已被彻底消除，无续发可能；事件现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要；采取了必要的防护措施已能保证公众免受再次危害，并使事件可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。经现场指挥提议、领导小组批准，由现场指挥宣布解除应急状态，并发布有关信息。

8.3.7.8 应急培训计划

对员工进行应急救援和应急响应培训，同时对社区或周边人员进行应急响应知识的宣传。

定期进行应急演练，一旦遇到突发风险事故，可迅速展开应急抢险，及时控制事态发展和蔓延，降低风险损失。

8.3.7.9 公众教育和信息

对可能发生事故的附近区域居民进行宣传教育，并发布相关信息。

8.4 自然灾害风险分析

风电场易受的自然灾害风险来自雷击和台风袭击。

8.4.1 雷击风险

8.4.1.1 雷击风险影响识别

空中的尘埃、冰晶等物质在大气运动中剧烈摩擦生电以及云块切割磁力线，在云层上下层分别形成了带正负电荷的带电中心，运动过程中当异性带电中心之间的空气被其强大的电场击穿时，就形成放电。对风电场运行带来危害的主要是云地放电，带负电荷的云层向下靠近地面时，地面的凸出物、金属等会被感应出正电荷，随着电场的逐步增强，雷云向下形成下行先导，地面的物体形成向上闪流，云和大地之间的电位差达到一定程度时，即发生猛烈对地放电。

雷电一般具有：冲击电流大；持续时间短；雷电流变化梯度大和冲击电压高等特点。通常雷击有三种形式，直击雷、感应雷、球形雷。

风机设备遭受雷击受损通常有下列 4 种情况：

（1）风机直接遭受雷击而损坏，主要指叶片件遭感应雷和球形雷破坏叶尖甚至整个叶片；

（2）雷电脉冲沿与设备相连的信号线、电源线或其他金属管线侵入使设备受损；

（3）设备接地体在雷击时产生瞬间高电位形成地电位“反击”而损坏；

（4）设备安装的方法或安装位置不当，受雷电在空间分布的电场、磁场影响而损坏。

8.4.1.2 防雷措施

针对雷电对设备的破坏特性，建议在叶片上翼面复合材料中加入具有良好导电性能和比重轻的碳纤维，并在叶尖部位装一个接闪器，通过电缆与叶片法兰连接，再由轮毂通过塔架内的接地线接入地网形成雷电通道。当雷电击中叶片时，强大的雷电流通过雷电通道泻入大地，达到避雷效果，而不致使对叶片及其他设备造成损坏。

对于雷电脉冲的危害，每台升压变压器高压侧均装设一组氧化锌避雷器，避雷器能把因雷电感应而窜入电力电缆线、信号传输线的高电压限制在一定范围内，保证设备不被击穿而达到防雷效果。

通过风电场的合理布置并采取上述防雷击措施，风机及电气接线和升压设备能有效抵御雷击造成的损害。

8.4.2 台风风险

8.4.2.1 台风风险识别

台风是强烈的热带气旋，是发生在热带海洋上的中心附近最大风力达到 12 级以上的暖性低压强烈天气系统。台风蕴涵的巨大自然能量将给风电机组造成破坏，其破坏机理主要是对设备结构施加静载荷和动载荷叠加效应。

台风对风电场的可能造成的损害包括：

(1) 台风夹带的细小沙砾造成破坏叶片表面，轻则影响叶片气动性能，产生噪音，严重的将破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度。

(2) 台风带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。

(3) 台风破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，设备不能降低受风面积，超过设计载荷极限，使设备遭到破坏。

(4) 台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，导致引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

8.4.2.2 台风破坏预防措施

为减少台风给风电场带来的损失，根据台风的破坏机理本报告提出下列防范措施：

(1) 装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

(2) 推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

(3) 加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。

8.5 海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险分析

海上风电机组基础建设后，潮流和波浪引起的水体运动会受到显著的影响。在风机基础的前方会形成一个马蹄涡，在风机基础的背流处会形成涡流，风机基础的两侧流线会收缩，这种局部流态的改变，会增加水流对底床的剪切应力，从而导致水流挟沙能力的提高。如果底床是易受侵蚀的，那么在风机基础局部会形成冲刷坑，这种冲刷坑会影响基础的稳定性。根据风机基础的局部冲刷预测结果，风电场区风机基础最大冲刷深度为 2.17~3.47m，冲刷坑最大半径为 13.02~20.82m；海上升压站基础最大冲刷深度为 3.58m，冲刷坑最大半径为 21.48m；海上换流站

基础最大冲刷深度为 5.25m，冲刷坑最大半径为 31.5m。因此，在潮流的作用下，风机基础附近存在局部冲刷的可能，而风机海缆如埋设在局部冲刷坑范围内则可能出现海缆出露甚至泥沙冲刷掏空的可能。在对桩基预留一定冲刷深度的基础上，需对风机墩柱局部冲刷区进行防护处理。

此外，根据工程海域海床演变特征可知，场区西部大部分区域较为平坦，冲淤变化幅度较小；场区中部存在一处宽约 4.4km 的海槽，其西边界区域整体淤积，东边界整体冲刷，海槽有东移动的趋势；场区东部区域则以冲刷为主。

综合上述两种因素，在工程海域近期泥沙冲淤变化强烈、风机基础局部长期受到泥沙冲刷影响的情况下，在风电场海底电缆和海床之间、风机基础周围有形成淘空的可能，在遭遇台风、风暴潮等极端气候或潮沟摆动剧烈的不利情况下，强劲的潮流冲刷作用将威胁风机基础稳定和海缆安全，甚至发生风机倒塌事故，风机变压器油泄漏入海破坏海洋生态环境，威胁海洋生物和渔业资源的生存。

为避免海缆和风机基础掏空风险的发生，在工程施工和运营阶段还需加强如下风险防范措施：

（1）在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，以防止海区内较为强劲的潮流和风能作用造成局部冲刷现象。

（2）遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业时，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。

（3）电缆敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作业。

（4）项目建成运行后应开展定期的滩面监测，密切关注主要潮沟的动向，发现可能威胁风机基础和海缆安全的潮沟活动，需及时采取措施加以防治。在海缆路由、风机、升压站、换流站基础附近海域定期开展巡视与冲淤测量，及时掌握基础周边冲刷情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

8.6 其它环境风险事故及其影响分析

8.6.1 风机倒塌风险分析

(1) 风机基础缺陷

单个风机的位置的地质情况存在差别，有的甚至可能和岩土勘察报告的结论相去甚远，若未对单个风机选址进行详勘，未针对选址点采取有针对性的措施，可能造成风机基础腐蚀、塌陷，风机倾覆等事故。

(2) 风机塔架缺陷

风力发电机组选型未按照风场发电机组最大风速及湍强等选型，塔架地基基础地质勘测不清楚，塔架的荷载条件设计不合理，塔架制造和装配存在材料和质量缺陷，均可能导致风机塔架坍塌事故。

(3) 外力影响

受船舶撞击或者风暴潮袭击、潮沟摆动导致风机倒塌。由于风机倒塌引起的海上升压站、风机机舱、风机塔筒落入海中，本身形成障碍物，将对船舶通航产生障碍。其本身电机机械表面带有的少量润滑油落入海中对海水水质造成影响。

8.6.2 电气设备风险分析

风力发电机组：风机故障、风机叶片损坏、风机火灾、齿轮箱损坏、偏航机构损坏、风机飞车、液压系统缺陷等。风机维护、维修时产生的润滑油的跑冒滴漏落入海中对海水水质造成影响。

海缆如果布线不合理，机械强度不够，埋深不够，施工质量差，海缆敷设线路未设置标志，未向海洋管理部门申报，有可能造成海缆损坏。

8.6.3 对策措施

8.6.3.1 风机倒塌应急措施

(1) 风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

(2) 风电场运行期制定严格的运行维护措施，一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

(3) 如果发生风机倒塌事故, 将及时上报盐城海事局和大丰区海洋与渔业局, 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打捞, 转运至陆上处理, 现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

(4) 如果发生少量风机机组润滑油落入海中, 立即上报盐城海事局和大丰区海洋与渔业局, 调配周边的溢油处置设备对落入海洋的油污进行处理。

8.6.3.2 电气设备应急对策措施

应加强风电场值班、运行等相关人员的安全教育, 各种操作需按照规章执行。风机维修时产生的润滑油的跑冒滴漏应及时采用棉纱吸净, 并对废油和废弃物进行妥善收集和保管, 避免因人为因素引起海洋环境污染。

海缆敷设线路未设置标志, 并向海洋管理部门申报, 有可能造成海缆损坏。若工程海域有其他海洋工程建设, 应与有关部门协调做好海底电缆的保护工作。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作业。

9 清洁生产

根据《中华人民共和国清洁生产促进法》(2003 年 1 月 1 日实施),清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放,以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。

本项目为风力发电项目,营运过程中无“三废”产生,具备清洁生产特征。同时,针对施工期和运行期产生的一些环境影响,采取了清洁生产和环境保护措施。

9.1 清洁能源的利用

清洁能源,也称非碳能源,它在生产时不生成 CO₂ 等对全球环境有潜在危害的物质。清洁能源的具体特征主要包括:资源量丰富、环境友好、技术经济可行等。狭义上的清洁能源主要指可再生能源,包括水能、太阳能、风能、地热能、潮汐能等。将自然能源转换成清洁的能源载体,作为燃料和动力,是实现清洁能源的重要途径。

风能是清洁的可再生能源,近年来风能在我国得到了前所未有得利用。风力发电对国家调整能源结构、缓解环境污染等方面均有积极的推动作用。表 9.1-1 对目前常见的几种发电能源的环境影响进行了比较。

表 9.1-1 电力工业环境影响

能源类别 评价内容		风能	水能	地热	生物 质	石油	核能	煤炭	备注
土地 占用	原始能源	0	5	2	4	3	5	5	对环境影响等级 0-极小或无影响 1-很小潜在影响 2-较少潜在影响 3-中等潜在影响 4-较多潜在影响 5-很大潜在影响
	加工运输	0	0	0	3	4	4	4	
	发电厂	3	3	3	3	3	3	4	
	废物处理	0	0	1	3	1	4	5	
水质	设备使用	0	0	1	3	3	3	3	
	泄漏及事故	0	0	3	0	4	1	5	
	现场外影响	0	0	0	1	3	4	4	
气体 排	二氧化碳	0	0	1	4	4	4	0	
	酸性烟气	0	0	1	3	4	4	0	
	颗粒金属	0	0	1	3	2	4	0	

放	放射物	0	0	1	0	1	2	5	
	非甲烷烃类	0	0	0	2	4	4	0	
	生物影响	2	5	1	3	2	4	4	
	废物发生	0	0	1	3	2	5	4	

从表 9.1-1 可见，比较传统的化石燃料如石油、煤炭等为原料的火电技术及水电和核电技术，风电具有污染物排放量少，生态环境影响小，环境风险低等优点。同时风电技术无需其他能源开采、钻探、加工和运输的经济成本和运行成本，有利于保护环境和推动可持续发展。

9.2 设备先进性分析

本风电场工程通过对 5.0MW、6MW、6.3MW、7.0MW 四种机型的技术经济比选，推荐采用采用 6.3MW 大容量风机布置方案，海域占用范围较小，可大大减少风机台数，节约海域资源。本风电场项目总装机容量 302MW，从目前国内外建设运行的风电场风机设备情况来看，本项目总装机处于国际上较大规模，充分代表了海上风电场大型化、集中化的发展方向。

本工程设计采用的变速变桨能主动以全顺桨方式来减少转轮所承受的风压力，具有结构轻巧和良好的高风速性能等优点，风能利用系数较传统定桨距失速风机高，且适宜本工程海域风功率密度较高的特点。从国际上兆瓦级风机技术发展趋势分析，变桨距调节方式将逐渐取代失速调节方式。因此本工程设备选型符合海上风电机组技术发展方向。

9.3 资源、能源的节约

风力发电是一种清洁的可再生能源，没有大气、水污染问题和废渣堆放问题。风力发电场的运行期主要能源消耗为集电线路、电气设备的损耗和生产、生活用电的消耗，施工期主要能源消耗为施工设备用电、用油、用水的消耗，通过施工期和运行期的各种节能措施，本项目各项节能指标均能满足国家有关规定的要求，并将建设成为一个环保、低耗能、节约型的风力发电项目。本项目总装机 300MW，年上网电量约 87890.4 万 kWh。根据国家电网公司公布的中国电力工业主要技术指标，与同等发电量的火电相比，本项目运行每年可节约标准煤消耗

约 27.42 万 t/a（中国 2016 年发电煤耗 312gce/kWh 计）。此外，海上升压站采用四桩导管架型式，对海域的占用较小。

风电在生产过程中不排放任何有害气体和固体废弃物，环境效益明显，本工程的建设具有良好的社会效益和综合经济效益，体现了资源节约的清洁生产要求。

9.4 施工工艺先进性分析

本工程风机和海上升压站基础均采用钢管桩基础，适用于各种地质条件、水深，重量较轻，建造和施工方便，无需做任何海床准备。导管架与钢管桩通过灌浆工艺连接，采用传统的混凝土砂浆，其成分简单，理化性质明确，在不慎发生灌注套泄漏的情况下对海水水质影响较小。灌浆作业完成后无需吸泥，减少了施工固体废弃物的排放。

浅水和滩涂段海底电缆采用两栖挖掘机乘退潮露滩时机挖沟，电缆敷设船敷设，近海段海底电缆采用射水挖沟犁高压射水挖沟埋设，所需施工作业面和悬浮泥沙产生量较小，对海水水质和海洋生态环境影响较小。

9.5 污染物排放控制水平

本工程施工期施工污水经收集处理达标后回用于场地洒水降尘等，基本不会对地表水环境产生影响；营运期风机运转过程中不产生废气、废水和固体废弃物，升压站及海上换流站正常运行时不产生生产废水，当电气设备发生突发事故或检修时可能会有少量的漏油和油污水，主要污染物为石油类，收集后送交有资质的单位进行处置，不会污染环境；风电场运行期生活污水主要产生于陆上换流站内，日产生活污水量约 6.8m³/d。陆上换流站内生活污水均统一收集后外运处理，不外排，对环境无污染影响。升压站及换流站通过选用低噪声设备，贴阻尼材料降噪，加强设备的维护和保养等措施保证场界噪声不超标。

9.6 减排效益

风电作为一种清洁能源，相比火电工业在运行过程中不会产生包含 SO_2 、 NO_x 和烟尘在内的有害气体；根据国家统计局、中国环境科学研究院统计和国家发改委能源研究所，目前国内燃煤发电主要大气污染物排放水平见表 9.6-1。

风电作为一种清洁能源，相比火电工业在运行过程中不会产生包含 SO_2 、 NO_x 和烟尘在内的有害气体；根据国家统计局、中国环境科学研究院统计和国家发改委能源研究所，目前国内燃煤发电主要大气污染物排放水平见表 9.6-1。

表 9.6-1 中国化石燃料燃烧大气污染物排放系数

大气污染物排放系数 (t/tce)	SO_2	0.0165
	NO_x	0.0156
	烟尘	0.0096
CO_2 排放系数	国家发改委能源研究所 推荐值	0.67 (t-C/tce)
		2.4567 (t- CO_2 /tce)

根据上述数据，在考虑火电行业 90%脱硫率，50%脱硝率和 99%除尘效率后，相比火力发电，本项目运行每年可减少排放二氧化硫 (SO_2) 452.46t/a，氮氧化物 (NO_x) 2138.90t/a，烟尘 26.32t/a，减少排放温室效应气体二氧化碳 (CO_2) 67.37 万 t/a。

综上所述，本项目利用风能这一清洁能源进行发电，比较传统的火电技术，本项目具有节约能源，降低污染物排放等明显的优点。符合《中华人民共和国清洁生产促进法》中“使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、从源头削减污染、减少或避免污染物的产生和排放、减轻或消除对人类健康和环境的危害”的清洁生产要求。

10 总量控制

本工程属海上风力发电项目，运行期海上主要污染物为风机设备维护产生的废油等。主要污染物见表 10.1-1。

表 10.1-1 运行期污染物汇总

编号	运行期污染物	排放去向
1	升压站废蓄电池	由厂家回收处理
2	检修废油、油品搬运滴漏	收集后统一委托处置
3	风机维护废油	运回陆上，委托处置

由上表可见，工程运行期产生的污染物主要为设备检修产生的废油、废蓄电池等，产生量均较小，且运行期建设、运行单位将委托相关有资质单位统一收集外运处置，不会增加海域污染负荷。因此项目建设可满足《国家海洋局关于进一步加强海洋工程建设项目和区域建设用海规划环境保护有关工作的通知》中项目零污染、增产不增污的要求。

11 环境保护对策措施

11.1 海域污染防治措施

11.1.1 施工期污染防治对策措施

11.1.1.1 海上污水处理与防治措施

(1) 对于本项目所采用的各类施工船舶，在水上作业时应遵照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》以及交通部发布的《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》中对海上施工船舶的要求管理，即限制船舶油类污染物排放专项铅封行动要求，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水、丢弃生活垃圾。

(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。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；本工程船舶含油废水由南通亿洋船务工程有限公司接收处置。

(3) 海域施工期间，各类供给船、铺缆船和起重作业船等施工船舶上作业人员产生的生活污水约 $17\text{m}^3/\text{d}$ ，经收集后统一运至陆上施工基地和陆上施工生活污水一并处理，处理达标后用于场区绿化和道路洒水。

(4) 甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向盐城海事局和大丰区海洋与渔业局报告。

(5) 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。

(6) 进一步优化现有浅水滩涂段海缆敷设施工方式，电缆沟槽开挖应尽量选择露滩和低潮期间施工，采用两栖式作业设备，避免敷缆船驻足停靠沟槽的开挖，电缆沟槽开挖时两台设备同时作业，一边开挖敷缆一边回填土方，避免悬

浮物扩散。

11.1.1.2 海上固体废物污染防治措施

(1) 对于施工期船舶施工人员产生的生活垃圾，应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门统一处置。

(2) 对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

(3) 风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业点配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上统一处置。

(4) 施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物，同时应尽量避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废弃物应统一收集运至陆上妥善处置。

11.1.1.3 其他环境保护措施

(1) 《MARPOL 73/78 附则 VI --防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 7 月 1 日生效，本项目施工船舶大气污染物应按该附则规定实施。

(2) 施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，在机舱路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构和机舱室结构，达到理想的消声量和隔声量，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。

(3) 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。

11.1.2 运行期污染防治对策措施

11.1.2.1 风机减震降噪措施

风机噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声以及通风设备噪声。

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力、周期力和摩擦力，使齿轮和轴承保持良好的润滑条件。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

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，引起机舱振动并辐射产生噪声。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

11.1.2.2 含油废弃物收集措施

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。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴；废油储应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。建设单位应与具有工业固体废物（含废液）、危险化学品及危险废物处理资质的单位签订含油废弃物委托处置协议，将含油废物等一并送交处置。

11.1.2.3 电磁场防护措施

随着海上升压站变电设备运行时间的加长，高压设备、配件等也会逐渐老化、损坏和受到环境污染，都会使升压站的电磁场增强。为尽量减小海上升压站的磁场对环境的影响，提出以下防护措施：

(1) 220kV 升压站内所有高压设备、建筑物保证钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均应连接紧密，以减小因接触不良而产生的火花放电。在产生电磁辐射量较大的设备（如主变压器等）外设置电磁辐射防护罩等以减少电磁辐射对周围环境的影响。主变设备、主变压器外壳以及主变室内墙体敷设的铝合金吸音板采取良好的接地措施。

(2) 做好升压站的维护保养工作，保证带电设备具有良好的接地，减少电力设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止和避免间歇性放电。

11.1.2.4 升压站及换流站事故油污水处理

升压站、换流站正常工况下，变压器无漏油及油污水产生，仅当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。针对变压器可能因事故或检修发生的油污排放，工程上已考虑设置事故油池，事故排油可以回收再利用，不会对周围环境造成油污染。

升压站单台变压器油重约 60t，事故油池容积约 100m³，换流站单台换流变压器油重约 150t，事故油池容积约 300m³。事故油污水可 1 年左右清运一次。事故油污水交由有资质的单位定期接收处置。

11.1.2.5 环境空气保护措施

(1) 加强电气设备及线路维修、维护，降低备用柴油发电机运行次数，减少燃油废气排放量；柴油发电机需选用轻质柴油作燃料以降低大气污染物排放浓度。

(2) 备用柴油发电机燃油废气需经发电机配套的水喷淋净化处理器处理后达到《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准后通过预留排烟管引至升压站顶层高空排放，排气筒高度要求不低于 8m。

11.2 陆域污染防治措施

11.2.1 施工期环保措施

11.2.1.1 废水控制措施

(1) 施工废水控制措施

本工程陆上施工基地选择在陆上换流站和大丰港码头后方陆域，施工废水先进行预处理满足纳管要求后纳入大丰港污水处理系统。结合施工场地布置，分别设置一个污废水收集和处理系统，处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》后回用于场地洒水降尘等。

① 处理工艺

根据本工程各施工区施工废水特点，各施工区废水处理均可采用具有基础

投资少，运行成本低的常规混凝沉降处理；对于含油生产废水，应先经隔油池处理，再与经预沉淀的含泥沙生产废水一并进行混凝沉淀处理。沉淀池产生的污泥定期清理外运。施工废水处理工艺流程见图 11.2-1。

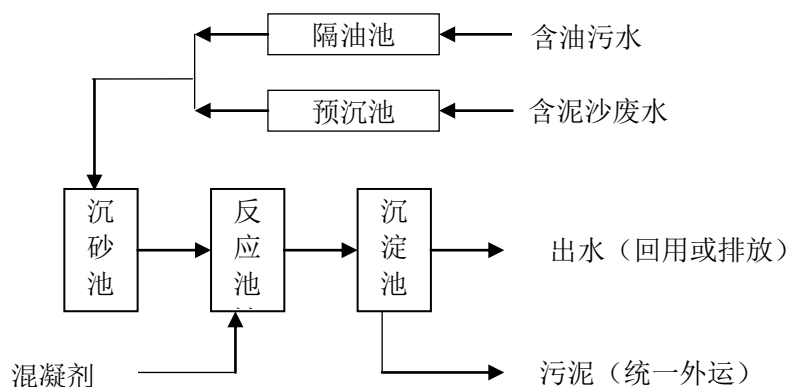


图 11.2-1 施工废水处理流程图

②回用措施

除了在工程施工期间对施工废水进行必要的处理外，还应采取施工废水经处理后就近进行重复利用，可用于道路冲洗、出入工区的车辆轮胎冲洗等。

（2）生活污水

本项目施工高峰期陆上施工人员生活污水约为 10m³/d，设置一套成套生活污水处理设备，生活污水处理后达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准后回用于场地、道路冲洗，绿化浇灌等。

污水处理装置可采用目前较为成熟的 A²/O 处理技术，设备型号选用 WS-AO 型一体化处理装置，处理能力 1m³/h，出水可以达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）中城市绿化杂用水标准要求。生活污水处理设备工艺流程见图 10.2-2。

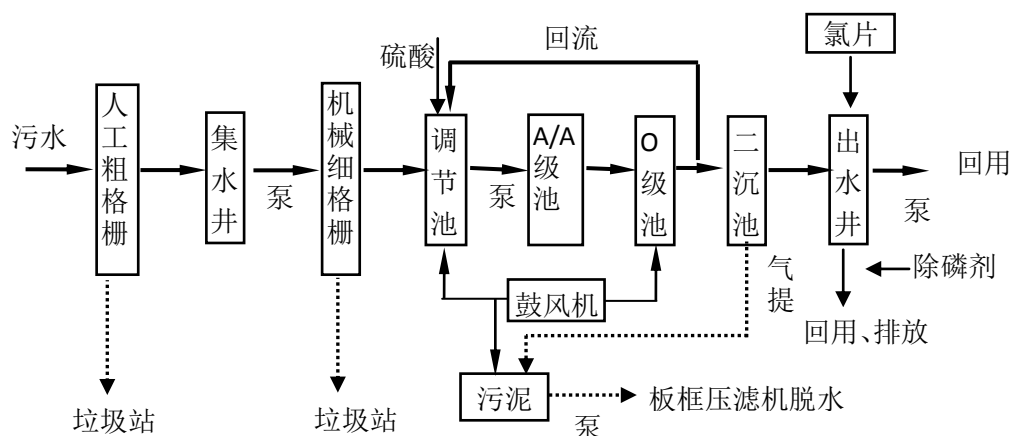


图 11.2-2 污水处理设备工艺流程图

污废水处理系统产生的沉淀污泥和隔油油脂应集中收集并单独外运处理。

码头办公人员少量生活污水可利用码头现有处理设施处置。

(3) 管理措施

①各施工区应建有排水明沟，施工泥浆废水通过专门修建的沉淀池沉淀后达标排放或进行重复利用，可用于道路冲洗、出入工区的车辆轮胎冲洗等。工区内的清洗水、雨水等也应排入排水明沟，统一处理后排放。

②为防止工区临时堆放的散料被雨水冲刷造成流失，散料堆场四周可用砖块砌出高 50cm 的挡墙。

③施工产生的泥浆或其他施工废水，未经沉淀不得排放，务必理顺排放通道，不能直接外排。

④加强对污水处理系统的管理，加强对沉淀污泥和隔油油脂的外运处理，不得随意丢弃。

⑤注意场地清洁，及时维护和修理施工机械，避免施工机械机油的跑冒滴漏，若出现滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。

⑥加强对施工人员的教育，贯彻文明施工的原则，严格按施工操作规范执行，避免和减少污染事故发生。

11.2.1.2 废气、扬尘控制措施

(1) 施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料的堆场应定点定位，并采取适当的防尘措施。

(2) 施工场地定期洒水, 防止土方表面浮尘产生, 在大风日加大洒水量及洒水次数。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。

(3) 加强施工管理, 合理安排施工车辆行驶路线, 应尽量避免居民集中区, 控制施工车辆行驶速度, 路经居民区集中区域应尽量减缓行驶车速。加强运输管理, 坚持文明装卸。运输车辆卸完货后应清洗车厢, 工作车辆及运输车辆在离开施工区时冲洗轮胎, 检查装车质量。

(4) 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。

(5) 粉尘、扬尘、燃油产生的污染物对人体健康有害, 对受影响的施工人员应做好劳动保护, 如佩戴防尘口罩、面罩。

(6) 加强对施工人员的环保教育, 提高全体施工人员的环保意识, 坚持文明施工、科学施工, 减少施工期的大气污染。

11.2.1.3 声环境保护措施

(1) 避免在同一地点安排大量动力机械设备, 以避免局部声级过高。

(2) 合理安排施工计划, 除混凝土连续浇注、抢修外, 严格禁止在夜间进行产生噪声污染的建筑施工作业, 夜间 22:00~6:00 需施工, 应向有关环保部门申报, 获批准后方可进行。

(3) 施工单位应选用噪声低的施工机械, 严格按照《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-90) 中的有关规定执行; 选用符合《机动车辆允许噪声》(GB1495-79) 标准的施工车辆, 禁止不符合国家噪声排放标准的机械设备和运输车辆进入工区。

(4) 加强施工设备的维护保养, 发生故障应及时维修, 保持润滑, 紧固各部件, 减少运行震动噪声; 改进施工机械, 整体设备应安放稳固, 并与地面保持良好接触, 有条件的应使用减振机座。加强施工管理、文明施工, 杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声。

(5) 应合理安排施工车辆进出场地的行驶线路和时间, 对工程车辆加强管

理，禁止鸣号、注意限速行驶，文明驾驶以减小地区交通噪声。尽量减少 18:00～次日 6:00 运输量，应制定合理的行驶计划，并加强与附近居民的协商与沟通，避免施工期噪声扰民。

(6) 加强对施工人员的个人防护，对高噪声设备附近工作的施工人员，可采取配备、使用耳塞、耳机、防声头盔等防噪用具。

11.2.1.4 固废影响防治措施

(1) 施工废弃物应由施工单位负责及时清理处置，对能利用的施工废弃材料应回收利用。施工结束撤离时，必须做好现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面遗留固体废弃物。施工污废水处理系统产生的污泥也应及时外运处理。

(2) 加强施工工区生活垃圾的管理，分片、分类设置垃圾箱，定期予以清运。

(3) 各施工单位加强对临时居住人员的教育和管理，保证粪便和生活垃圾能集中处置。

11.2.2 运行期环保措施

(1) 陆上换流站日常工作人员定员为 40 人，生活用水量为 8m³/d，生活污水集中收集后外运处置，不外排。

(2) 运行期工作人员日产生活垃圾量约 40kg/d，生活垃圾分类收集后，由当地环卫部门集中清运处置。

11.3 海洋生态保护措施

11.3.1 施工期生态保护措施

(1) 为减轻工程施工建设对小黄鱼银鲳国家级种质资源保护区和东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的影响，建议：

①4 月和 5 月是小黄鱼的产卵盛期，6 月产卵后的幼鱼在外侧索饵，7 月和 8 月随着个体长大，索饵鱼群向禁渔线外侧洄游。本工程风机基础位于小黄鱼育幼场西侧，打桩时所产生的悬浮物可能会对其周边海洋生态环境造成影响。因此，

应避免在 4~6 月的产卵期和幼鱼索饵期进行工程建设。

②5 月~6 月、9 月~10 月为泥螺繁殖的高峰期，4 月~6 月、8 月~9 月为四角蛤繁殖的高峰期。为减缓对生物资源的影响，邻近东沙泥螺四角蛤种质资源保护区段的电缆铺设应避开 4 月 1 日~6 月 30 日、8 月 1 日~10 月 30 日泥螺、四角蛤繁殖敏感期的时段。

③在设计、工程施工时，严格遵守有关设计和相关规定，完善环保设施，采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性涉海污染事故，应及时报告保护区管理部门，并采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小。

④在邻近种质资源保护区段的海缆施工应控制施工速度，以减轻悬浮物扩散的影响。

⑤本工程实施不可避免地海洋生态和渔业资源造成损害，同时对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的海洋渔业资源生物造成一定的损害。建设单位应支付给种质资源保护区主管部门一定的生态补偿费用，用于增殖放流、渔业资源养护与管理等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。根据吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响专题，生态补偿费用暂定为 835 万元，建设单位应根据实际影响情况与吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区签订修复补偿协议，尽快落实相关补偿费用和修复措施。

(2) 为减轻工程施工建设对海域底栖生物的影响，建议：

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缩短水下作业时间。

②严格限制施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，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施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

(3) 为减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，建议：

①风机基础打桩应避开鱼类特别是石首科鱼类产卵、索饵和洄游期（每年 5-7 月）。

②施工中的水下冲击式打桩将对周围海域的海洋生物、特别是大、小黄鱼、江豚等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。

③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。本项目基础打桩所对应的鱼类保护距离为 1km，打桩时采用软启动方式。在该范围内对鱼类、江豚活动进行可能的驱赶、搬移等工作。

④由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，到达一定距离外的安全海域。

⑤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。

⑥施工期对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。

⑦施工期对在该海域从事渔业捕捞生产和渔业养殖的渔民造成生产净收入减少。因此，为减缓本工程实施对渔民的影响，建议建设单位与当地渔业主管部门协商，落实对捕捞渔民和养殖户的补偿。

（4）为减轻工程施工建设对盐城珍禽国家级自然保护区实验区及鸟类的影响，建议：

①施工单位在制定施工方案、安排进度时，应充分注意到珍稀鸟类的保护。合理安排实施施工计划，陆上施工尽量避开春秋季节鸟类迁徙、集群的高峰期，特别是在 3-5 月、9-11 月，应避免过强的人类活动，包括工程施工造成的机械、噪音等方面的干扰影响。严格禁止在区域活动人员，包括施工人员诱杀、捕杀在区域停栖的鸟类。

②风电场施工场地设置在陆上换流站附近和大丰港码头后方陆域，禁止在保护区内设置施工场地、施工营地等临时设施。施工机械按照电缆划定施工作业范围，避免任意扩大施工范围，禁止进入保护区等敏感区域。

③陆上临时用地应该尽量选择对鸟类栖息适宜性较差的区域，如完全的裸地、杂草分布区域等。

④在盐城湿地珍禽国家级自然保护区附近海域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，尽可能减轻施工悬浮物对保护区的影响。在靠近盐城湿地珍禽国家级自然保护区附近的潮间带海缆应选择在落潮露滩时期施工，涨潮时期不施工，以避免施工悬浮物对保护区环境和生物的影响。

(5)风机袋装砂被铺设前应对袋装砂进行填充物质成分检测，确保满足《围填海工程填充物质成分限值》(GB30736-2014)第一类限值后方可进行铺设。

11.3.2 运行期生态保护措施

11.3.2.1 增殖放流措施

国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施。通过增殖放流，可以迅速弥补本项目施工和营运等因素对海洋渔业资源造成的损失。

为保护当地渔业生态环境和增殖渔业资源，建设单位应在小黄鱼银鲳种质资源保护区和东沙四角蛤种质资源保护区管理机构和当地渔业主管部门指导下，开展本地鱼类、贝类、甲壳类等经济物种的增殖放流生态补偿，建议在种质资源保护区内分次完成。在放流之前，应委托有相关资质的单位制定具体的增殖放流和生态修复等实施方案。

11.3.2.2 加强渔业资源和生态保护宣传

在进行海洋生物增殖放流和人工鱼礁建设时，举行仪式，以保护海域生态环境为主题，一方面加强社会环境保护教育，另一方面树立项目建设单位的环保形象。

11.3.2.3 加强渔业资源和生态监测

在施工期间和运营期间，应根据实际情况安排开展项目邻近海域渔业资源和生态环境监测工作，评估工程在施工期和营运期周围海域渔业资源和生态环境

的变动情况，评估生态补偿措施的实施效果，为更好地恢复和保护海域渔业资源和生态环境提供科学依据。

11.3.2.4 鸟类保护措施

(1) 采用在风机上适当的位置安设闪烁灯光、以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，或将叶片部分涂成红色，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。

(2) 采用生态工程措施，在工程完成以后，对临时占地进行有效的恢复和生态建设。

(3) 加强区域鸟类及其栖息地的观测，合理调整运行及防范措施。观测周期包括施工期以及建成以后的运营期。观测范围包括工程区周边以及邻近的保护区域。运营期要求至少观测 2 年以上，以确定其对鸟类及其栖息地的影响。

(4) 根据鸟类及其栖息地观测结果，开展鸟类及其栖息地的保育工作以及鸟与风机碰撞的防范工作。工程主要环保措施见表 11.3-1~11.3-2。

表 11.3-1 环境保护对策措施一览表

项目	环境保护对策措施	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
污水处理	生产废水处理	生产废水处理设施	设置隔油池，预沉池各 1 座，加药及混凝沉淀设备 1 套	处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准后回用	陆上施工基地，与施工基地同步建设	施工单位建设、使用和管理
	施工人员生活污水	生活污水收集处理装置	WS-AO 型一体化处理装置 1 座，处理能力 1.5m³/h	处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准后用于场区绿化和道路洒水	陆上施工基地，与施工基地同步建设	
	升压站、换流站油污水	事故油池	分别设置容量为 100 m³ 和 300 m³ 的事故油池 1 座，集中收集统一外运	外运处置	海上升压站及换流站内，与升压站、换流站同步建成	建设单位使用和管理，可委托专业单位
	陆上换流站人员生活污水	生活污水收集	6.8 m³/d，外运	外运处置	陆上换流站内	建设单位管理
固体废弃物处置	生活垃圾处置	垃圾桶	根据需要在施工基地和陆上换流站设置生活垃圾筒	统一收集后委托环卫部门清运处理，纳入大丰港垃圾处理系统	陆上换流站和陆上施工基地，与其建设同步	施工单位、建设单位建设、使用和管理
	风机维护垃圾	垃圾桶	风机维护废弃物垃圾箱 1 个，50kg/a	外送具有相应资质的单位进行处置		建设单位建设、使用和管理
大气污染物处置	燃油废气处理装置	柴油发电机尾气水喷淋处置	烟气处理量 2.0m³/s、1 套	尾气处理达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准	海上升压站、换流站柴油备用发电机出口，与升压站、换流站建设同步	建设单位建设、使用和管理

表 11.3-2 生态保护对策措施一览表

项目	环境保护对策措施	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
海洋生态保护	小黄鱼银鲳种质资源保护区生态修复补偿	渔业资源修复补偿、增殖放流		按照种质资源保护区主管部门的要求，实施生态修复补偿	种质资源保护区受影响区域，施工完成后的 2 年内完成	种质资源保护区主管部门，建设单位
	邻近盐城湿地珍禽自然保护区滩涂段海缆施工环境保护措施	严格控制施工作业带，落潮露滩时施工，涨潮不施工，加强环境保护管理和监督		降低海缆施工对保护区的环境影响至可接受水平	邻近保护区滩涂段海缆的施工区域及施工时段	江苏盐城国家级珍禽自然保护区管理部门，建设单位
	渔业资源补偿	采用增殖放流方法补偿		按照相关主管部门的要求，按时完成增殖放流的品种、数量	风电场影响海域，施工完成后的 2 年内完成	建设单位落实，可委托专业单位
	鸟类及其生境	当地物种恢复	恢复鸟类生境破坏面积	按照相关主管部门的要求，按时完成当地物种的栽种	风电场破坏范围，项目完成后的 2 年内	建设单位落实，可委托专业单位
		叶片涂装采用非反光材料	48 台风机叶片	采用非反光材料，降低叶片反射率，减少对鸟类视线影响	风电场风机，风机组装时	建设单位、风机生产厂商
海底线缆保护	海缆施工保护措施	施工期设置昼夜醒目标志	按照施工作业区需要设置	预防海底线缆突发事故	位于海底线缆区域的施工区	建设单位落实
	本项目海缆保护	海缆埋深		防止船舶锚泊威胁海底电缆安全	海底线缆区域	建设单位、施工单位

11.4 环保验收清单

根据本项目建设与运行的环境影响及污染物排放特征，该风电场工程竣工后，环保验收的主要内容列于表 11.4-1，供海洋环保部门竣工验收时参考。

表 11.4-1 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	1.海洋水质	施工期施工营地设置临时厕所；生活污水经收集后统一运至陆上施工基地和陆上施工生活污水一并处理，处理达标后用于场区绿化和道路洒水。	施工期施工废水处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）建筑施工标准后回用。
	2.海洋生态保护	落实本报告中的各项海洋生态环境保护措施；落实种质资源保护区生态修复补偿；落实海洋生态及渔业资源、渔业生产补偿；	
	3. 鸟类	落实本报告中的各项鸟类影响对策措施；	
	4.风电场降噪	采用先进发电机组，机舱内表面贴附阻尼材料	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准
	5.通航安全措施	按通航报告要求落实风机基础设置防撞设施等	通航安全报告
海上升压站（换流站）	1.电磁场防护	选用带有金属罩壳的电气设备；各电压等级的配电装置 GIS 设备采用封闭式母线，对裸露电气设备采取设置安全遮拦或金属栅网等屏蔽措施	满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中的相关限值要求
	2.声环境保护	选用低噪声变压器，噪声小于 70dB；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	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）1 类标准
陆上换流站	海洋水质	营运期生活污水集中收集后外运处置，不外排	
环境风险事故预防	1.应急预案	将本工程应急体系纳入大丰市船舶污染事故应急体系中	
	2.事故应急设施	设置不小于 100m ³ 的升压站事故油池和 300m ³ 的换流站事故油池。	确保升压站、换流站事故含油污水不外排
	3.事故处理	有利于环境污染的恢复，将环境影响降低到最小	
环境管理	1.环境管理情况	设专职人员对风电场环境保护工作统一管理	
	2.环境监测计划执行情况	实施报告制定的海洋生态和环境监测计划	

12 环境保护的技术经济合理性

12.1 环保投资

环保专项投资主要包括环境保护、环境监测、固废处理、生态保护措施等，合计**6278.219**万元，具体详见表12.1-1。

表 12.1-1 工程环境保护投资估算表

序号	项目	费用	备注
一	环境保护措施	4494.519	
1	渔业生产补偿	计入项目征地费用	
2	海洋生物资源修复补偿	2844.519	暂列，待相关专题核准后确定
3	鸟类栖息地修复（含宣传费用）	100	
4	风机叶片警示色	50	
5	相关保护区补偿修复费用	1500	
(1)	风场相关保护区补偿修复费用	1150	
(2)	海缆相关保护区补偿修复费用	350	
二	环境监测措施	740	
1	施工期	250	
(1)	施工期噪声监测费	10	
(2)	渔业资源调查	60	
(3)	海洋水质、沉积物、生态环境监测	120	
(4)	鸟情及其栖息地观测研究	60	
2	运行期	490	
(1)	鸟情及其栖息地观测研究	100	
(2)	水下噪声监测及生态影响跟踪评价	100	
(3)	海洋水质、沉积物、生态环境监测	150	
(4)	渔业资源调查	100	
(5)	冲淤观测费	40	
三	环境保护设备	160	
1	运行期生活污水收集和处理装置	40	
2	运行期生产废水收集和处理装置	20	
3	溢油风险防范设施配备	100	
四	环境保护临时措施	113.9	
1	施工生产、生活污水收集和处理	40	
2	空气影响减免措施	25	

3	噪声影响减免措施	15	
4	固体废弃物处理	20	
6	其他临时工程	13.9	按一~二项 1%计
五	独立费用	769.8	
1	工程环境管理费	90	
2	工程环境监理费	80	
3	科研勘察设计咨询费	99.8	按一~四项的 6%计
4	环境影响评价、监测及相关费用	500	
六	基本预备费	292	按一~五项的 12%计
合计		6278.219	

12.2 经济效益

风能资源是国家规定的可再生能源，风力发电是新能源中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。本工程装机容量 300MW，设计年平均上网发电量约 87890.4 万 kWh。项目的经济效益主要为风力发电收入。风力发电收入计算方法如下：

$$\text{发电收入} = \text{上网电量} \times \text{上网电价}$$

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。目前，本项目预可研时海上风电场上网电价为 0.85 元/kWh，因此预计项目生产期内年均产生经济效益约 74706.84 万元/a。

12.3 环境损益

12.3.1 环境收益

目前世界上的太阳能、风能、海洋能等作为可再生能源正处于飞速发展时期，但我国电力能源结构以火电为主，水电、核电、风电、太阳能发电所占比重较少。为此，本报告对比燃煤发电技术评价本项目实施所具有的环境、社会效益。

12.3.1.1 节能效益

本项目总装机 300MW，年上网电量约 87890.4 万 kWh。根据 8.3 节计算，本项目运行期可节约火电燃煤资源消耗 27.42 万 t(标煤)/a，折合原煤约为 38.35

万 t/a。按照 2017 年至今五大电力集团签署中长期煤炭合同，电煤出矿价 535 元/t，本项目节能可产生效益约 2.05 亿元/a。

12.3.1.2 污染物减排效益

根据本报告 8.6 节中的分析，风力发电作为一种清洁能源，相比火力发电，本项目运行每年可减少排放二氧化硫（SO₂）452.46t/a，氮氧化物（NO_x）2138.90t/a，烟尘 26.32t/a，减少排放温室效应气体二氧化碳（CO₂）67.37 万 t/a。此外本项目实施不会消耗冷却水和排放含油废水、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。可见风电场具有明显的环境效益。

12.3.2 环境损失

本项目实施造成的环境损失主要包括施工造成的底栖生物损失和渔业资源损失、渔业生产海域减少引起的经济损失以及鸟类栖息地减少和鸟类撞击风机造成的损失。根据本报告 7.5 节评价结论，本项目环境损失的经济评价见表 12.3-1。

表 12.3-1 环境损失汇总 单位：万元

时段	环境损失	影响因素	金额（万元）
施工期	底栖生物	风机基础临时压占、海缆敷设破坏	10.881
	潮间带生物	电缆登陆段开挖破坏	27.384
	渔业资源	桩基础及电缆沟开挖悬浮物扩散影响	2802.03
小计			2840.295
运行期	底栖生物	桩基压占	4.22
小计			4.22
总合计			2844.515

12.4 环境经济损益综合分析

根据上述计算，本项目具有明显的环境效益，体现在减少污染物和温室气体排放量，节约能源原材料消耗等，同时能促进风力发电这一清洁能源在我国的发展，具有一定社会效益。本项目在建设和运行过程中会造成生态渔业资源方面的环境损失，但其主要发生在施工期，且可通过补偿措施进行恢复。

13 海洋工程的环境可行性

13.1 与海洋主体功能区规划的符合性

13.1.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

《全国海洋主体功能区规划》中提到“海洋工程和资源开发区，是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。”

根据《全国海洋主体功能区规划》，规划风电场均位于苏北海域，属于优化开发区域。该区域的发展方向和开发原则是“优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染整治和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能”。苏北海域的发展方向为“有序推进连云港港口建设，提升沿海港口服务功能。统筹规划海上风电建设。以海州湾、苏北浅滩为重点，扩大海洋牧场规模，发展工厂化、集约化生态养殖。加快建设滨海湿地海洋特别保护区，建成我国东部沿海重要的湿地生态旅游目的地”。

本工程为海上风电项目，海上风能属于可再生能源，工程除施工期产生悬浮物影响外，运行期无污染物排放；风电场范围内无典型海洋生态系统，不破坏自然岸线，对区域海洋生态服务功能影响有限。因此，本工程建设符合苏北海域的发展方向，与《全国海洋主体功能区规划》是符合的。

13.1.2 与江苏省海洋主体功能区规划的符合性

根据《江苏省海洋主体功能区规划》，本工程位于江苏省海洋主体功能区规

划中的优化开发区域。该区域的发展方向和开发原则是“优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染整治和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态环境服务功能”。工程与江苏省海洋主体功能区规划位置关系见图 13.1-1。本工程属于可再生能源项目，不涉及围填海工程，工程除施工期产生悬浮物影响外，运行期无污染物排放；风电场范围内无典型海洋生态系统，不破坏自然岸线，对区域海洋生态服务功能影响有限。因此，本工程建设符合江苏省海洋主体功能区规划中的优化开发区域的发展方向和开发原则，与《江苏省海洋主体功能区规划》是符合的。

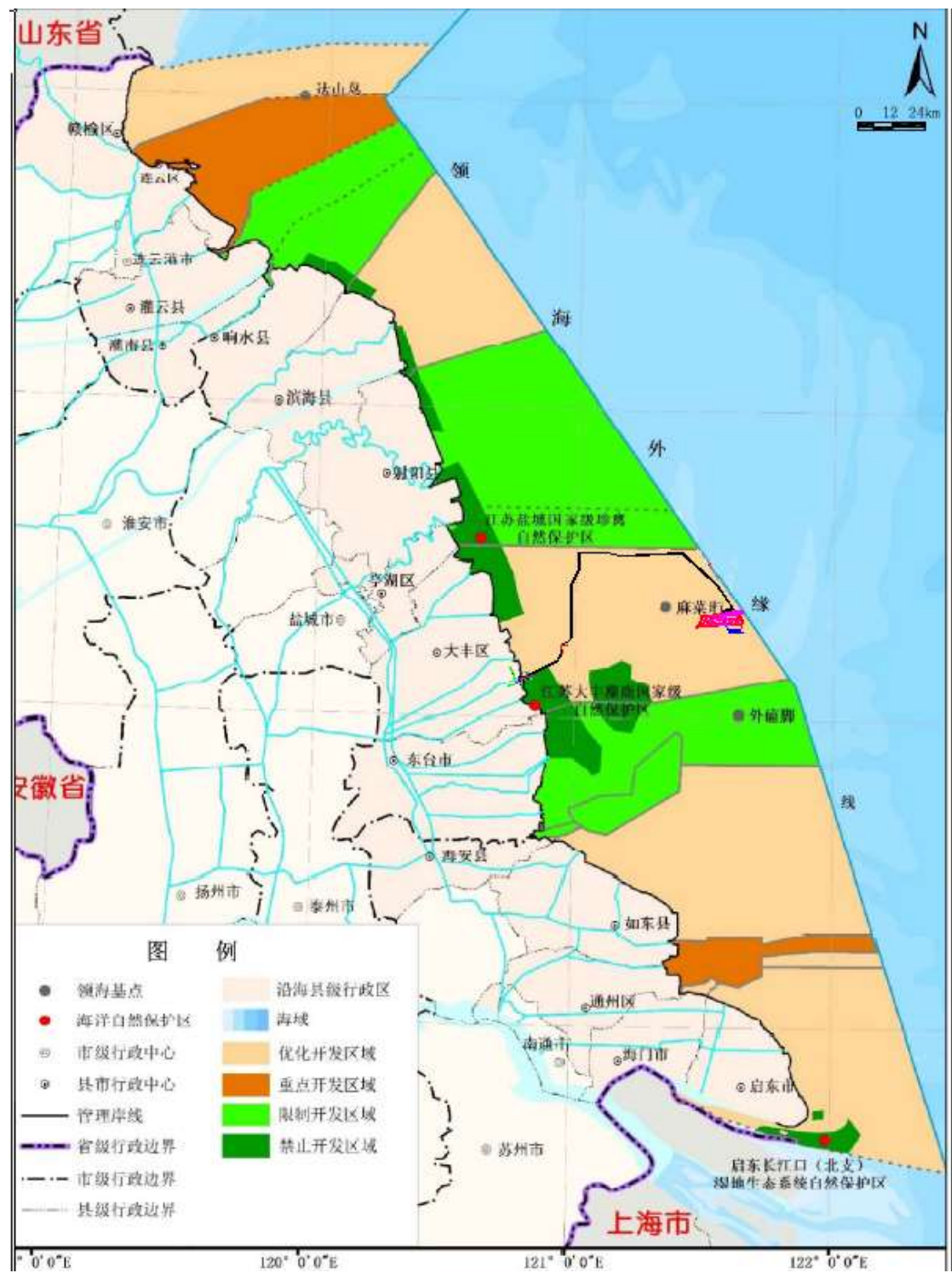


图 13.1-1 本工程与江苏省海洋主体功能区规划位置关系

13.2 与海洋功能区划的符合性

本工程与江苏省海洋功能区划位置关系见附图 3。根据《江苏省海洋功能区

划（2011-2020）》，本工程风机、海上升压站及海上换流站位于吕四渔场农渔业区（B1-03）。根据吕四渔场农渔业区（B1-03）的海域使用管理要求，在特定海域兼容海上风电，在射阳至启东海域布局 11 个海域兼容海上风能，包括射阳南、大丰北外侧海域、大丰外侧海域、东台市外侧海域、如东县外侧海域、启东市外侧海域及蒋家沙、竹根沙条件适宜海域。本项目风机、海上升压站和海上换流站布置在“吕四渔场农渔业区（B1-03）”内的兼容海上风能的区域（射阳南、大丰北外侧海域）。吕四渔场农渔业区主要布局养殖生产，其他用海方式要求不改变海洋自然属性。根据吕四渔港农渔业区的海洋环境保护要求，养殖区海水水质标准不劣于二类水，捕捞区海水水质标准不劣于一类水。

本项目在射阳南、大丰北外侧海域农渔业区中的海上风能兼容区建设海上风电项目，风电场风机和海上升压站基础用海方式为透水构筑物用海，海缆敷设利用所在海域的海床部分，因此，风电场用海不会改变海洋的自然属性。风电场施工期风机、海上升压站桩基作业和电缆铺设在短期内将引起局部悬浮物浓度增加，影响局部海水水质，但本工程海底电缆铺设施工时间较短，海底电缆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，且海底海缆占用的海域面积较小，悬浮泥沙影响的范围仅在海底电缆周边局部海域；海缆将占用海床，其拖缆、挖泥作业会破坏沉积物环境，造成底栖生物死亡；海缆敷设也将导致功能区内的悬浮物含量增加，短期内水质较为浑浊，水体透明度下降，影响动植物的生存和生长；但施工期的影响是暂时的，随着施工的结束，功能区的水质、生态环境将逐渐恢复到原有水平。因此，工程位于吕四渔场农渔业区兼容风能的海域，符合海洋功能区划的海域使用管理要求和海洋环境保护要求。

本项目陆上换流站位于大丰港工业与城镇用海区（A3-13），海底电缆穿越“吕四渔场农渔业区（B1-03）”和“大丰港工业与城镇用海区（A3-13）”。大丰港工业与城镇用海区（A3-13）的海域使用管理要求指出：新规划的功能未实施前，原有功能继续发挥作用，或发展生态旅游业。本项目采取架空式结构建设陆上换流站，并在陆上换流站北侧敷设海底电缆，在工业与城镇功能实施前，可充分发挥风电功能，有利于海域空间资源的合理利用。此外，海上风电项目为清洁能源，陆上换流站和海底电缆敷设对海水水质、沉积物、渔业资源的影响有限，符合大

丰港工业与城镇用海区（A3-13）“执行环保各项法律法规，推进生态保护项目建设，切实保护好基本功能区的生态环境”的海洋环境保护要求。

综上分析可见，海底电缆的施工建设对海水水质、沉积物、渔业资源的影响有限，不会改变海域的自然属性及农渔业区的基本功能，海底电缆符合吕四渔场农渔业区、大丰港工业与城镇用海区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求。因此，与《江苏省海洋功能区划（2011-2020）》是相符合的。

表 13.2-1 工程区及周边海域海洋功能区划表（根据江苏省海洋功能区划(2011-2020)）

序号	代码	名称	地区	地理位置	功能区类型	面积 (hm ²)/岸线 长度(m)	管理要求		与工程位置 关系
							海域使用管理	海洋环境保护	
1	B1-03	吕四渔场农渔业区	盐城市、南通市	双洋河口至蒿枝港外侧海域。	农渔业区	1289600	1.按照海域使用权证书批准的范围、方式从事养殖生产；注意与周边功能区关系的协调；用海方式要求不改变海洋自然属性。 2.严格执行增殖措施，现资源恢复和增殖效益的最大化。 3.加强渔政管理；除已核准的航道、锚地区、排污区以及倾倒区外不得布置其他用海；认真控制渔具和捕捞方式，严格执行休渔制度，禁捕期内停止一切捕捞活动；加强渔政的监督检查工作。 4.加强种质资源保护。 5.兼容海上风能： （1）33° 35′ 05″ N120° 53′ 00″ E （2）33° 40′ 01″ N121° 01′ 57″ E	1.提高 海域环境整治和资源的保护意识，加强整治力度；养殖区 海水水质标准不劣于二类水；海洋环境不达标的水域，要采取有效治理措施予以逐步解决；逐步实现养殖品种和养殖方式的多样性，提高生态系统健康水平。 2.加强渔政管理；除风电兼容区和已核准的航道锚地区、排污区 以及倾倒区外不得布置其他用海；认真控制渔具和捕捞方式，严格执行休渔制度，禁捕期内停止一切捕捞活动； 加强渔政的监督检查工作；履行捕捞许可制度,禁止渔船非法捕捞活动；保护区	风电场区东侧部分位于该农渔业区内

						(3) 33° 43′ 24″ N121° 20′ 00″ E (4) 33° 35′ 06″ N121° 26′ 59″ E (5) 33° 21′ 24″ N121° 27′ 00″ E (6) 33° 10′ 36″ N121° 17′ 06″ E (7) 33° 10′ 36″ N121° 13′ 06″ E (8) 33° 15′ 42″ N121° 12′ 00″ E (9) 33° 15′ 41″ N121° 03′ 00″ E (10) 33° 21′ 23″ N120° 57′ 00″ E (射阳南、大丰北外侧海域)	内的重要渔种，处理好捕捞区与种质资源保护区的关系；加强海上船舶的排污监督，定期检测海洋环境；捕捞区海水水质标准不劣于一类水。	

2	A3-13	大丰港工业与城镇用海区	大丰市	(一) 1、120° 42′ 09″ E, 33° 19′ 14″ N; 2、120° 44′ 36″ E, 33° 18′ 57″ N; 3、120° 50′ 17″ E, 33° 12′ 39″ N; 4、120° 46′ 07″ E, 33° 11′ 28″ N; 5、120° 44′ 00″ E, 33° 14′ 42″ N; 6、120° 45′ 14″ E, 33° 15′ 32″ N; 7、120° 44′ 03″ E, 33° 17′ 00″ N; 8、120° 43′ 04″ E, 33° 16′ 29″ N。 (二) 1、120° 48′ 00″ E, 33° 11′ 52″ N; 2、120° 52′ 10″ E, 33° 12′ 59″ N; 3、120° 56′ 13″ E, 33° 04′ 25″ N; 4、120° 51′ 30″ E, 33° 03′ 36″ N。	工业与城镇用海区	31200/21000	1.严格申请审批制度，用海必须依法取得海域使用权；工程建设必须科学规划论证；必须严格按照规划实施围填海；开发建设与环境协调进行；产业布局符合可持续发展规划。 2.新规划的功能未实施前，原有功能继续发挥作用，或发展生态旅游业。	1.执行环保各项法律法规，推进生态保护项目建设，切实保护好基本功能区的生态环境；落实保护措施，保护海域环境和资源，减少污染损坏事故。要严格环境影响评价，要定期加强环境检测，发现问题及时处理。 2.施工建设必须加强污染防治工作，杜绝污染损害事故的发生，避免对海域生态环境产。	海缆穿越

13.3 与区域和行业规划的符合性

13.3.1 与《江苏省海洋生态红线保护规划》的符合性

根据《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》，本工程风电场及附近海域红线区主要有江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区、麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区。本工程与江苏省海洋生态红线保护规划位置关系见图 13.3-1。

（1）与麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区的符合性

麻菜珩特别保护海岛属限制类特别保护海岛红线区，麻菜珩领海基点保护区属禁止类海洋特别保护区红线区。麻菜珩领海基点保护区位于风电场西北侧，风电场及海底电缆与麻菜珩领海基点保护区最近距离约为 15.2km，不直接占用红线区。

麻菜珩特别保护海岛的管控措施是：维护主权权益，严格保护海岛自然地形、地貌。禁止围填海、炸岩炸礁、填海连岛、实体坝连岛、沙滩建造永久建筑物、采挖海砂及其他可能造成海岛生态系统破坏及自然地形、地貌改变的行为，加强对受损海岛生态系统的整治与修复。根据海岛自然资源、自然景观以及历史、人文遗迹保护的需要，对具有特殊保护价值的海岛及其周边海域，依法批准设立海洋自然保护区或者海洋特别保护区强化保护。合理确定用岛规模，工程建设与生态保护措施同步进行，岛上固体废弃物和污水集中收集送至岸上处理或就地处理达标排放，确保零排放、零污染。适度发展海珍品养殖；支持开展科研、教育、监测等活动。

麻菜珩领海基点保护区的管控措施是：按照《海洋特别保护区管理办法》进行管理。适度利用区内，在确保海洋生态系统安全的前提下，允许适度利用海洋资源，鼓励实施与保护区保护目标相一致的生态型资源利用活动，发展生态旅游、生态养殖等海洋生态产业；生态与资源恢复区内，可以采取适当的人工生态整治与修复措施，恢复海洋生态、资源与关键生境。

本工程风电场和海缆均不占用麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区，不在保护区内建设围填海、炸岩炸礁、填海连岛等活动。根据数模结果，工

程建成后对这两个红线区的水动力及冲淤环境影响均很小，工程海缆敷设引起保护区的悬浮物增量最大仅为 0.007mg/L，对麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区海洋生态系统基本无影响。工程建成后也将采取增殖放流措施，恢复海域海洋渔业资源。因此，工程建设与麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区的管控要求是相符合的。

（2）与江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区的符合性

江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区属禁止类自然保护区红线区，位于风电场区西侧，海底电缆与该保护区最近距离约 400m，不直接占用该保护区。江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区的管控措施是：按照《中华人民共和国自然保护区条例》和《海洋自然保护区管理办法》相关制度进行管理。在实验区内，在保护区管理机构统一规划和指导下，可有计划地进行适度开发活动。禁止围填海、采石、挖沙、开采矿藏，不得新增入海陆源工业直排口。注重保护自然景观，维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性。可以采取适当的人工生态整治与修复措施，恢复海洋生态、资源与关键生境。

本工程风电机组、海上升压站、海上换流站、送出海缆及陆上换流站均不占用江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区，无围填海、采石、挖沙等活动。送出海缆施工产生的悬浮物部分扩散至江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区，但悬浮物扩散影响范围有限且影响为短时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会很快衰减至本底值，不会长期影响该海域的生态结构和功能稳定，也不会长期影响江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区的主导生态功能。因此，工程建设与江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区的管控要求是相符的。

（3）与东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的符合性

东沙泥螺四角蛤种质资源保护区属限制类重要渔业海域红线区，位于风电场区西侧，紧邻风电场区。本工程风机距离该种质资源保护区最近约 960m，送出海缆与该种质资源保护区最近距离约为 120m。

东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的管控措施是：维持海域自然属性，保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工及其他可能会影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动。禁止破坏性捕捞方式，合理有序开展捕捞作业；严格执行禁渔期、禁渔区制度以及渔具渔法

规定。开放式养殖用海应注意控制养殖密度和养殖方式，减少养殖污染，推广生态养殖。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。

针对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的管控措施，工程与其符合性分析如下：

①工程风电场不占用该保护区，推荐路由避开了该保护区，因此，工程建设用海不会改变保护区海域自然属性。

②送出海缆施工期间会产生悬浮物影响，但悬浮物的扩散影响范围有限且影响是临时的，随着施工结束而消失，对东沙泥螺四角蛤种质资源保护区内泥螺、四角蛤蜊以及渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道不会产生明显不利影响。

③本工程不在该保护区进行围填海，保护区内海缆敷设于泥面以下，不会截断洄游通道，不采用水下爆破施工方式；工程施工悬浮物对渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道不会产生明显不利影响，工程运行后对渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道无影响。

④工程不开展捕捞作业，无破坏性捕捞方式，不开展养殖作业。

⑤工程建成后将采取增殖放流措施，恢复海域海洋渔业资源。

因此，工程建设与东沙泥螺四角蛤种质资源保护区的管控要求是相符合的。

综上，本工程建设与《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》是相符的。

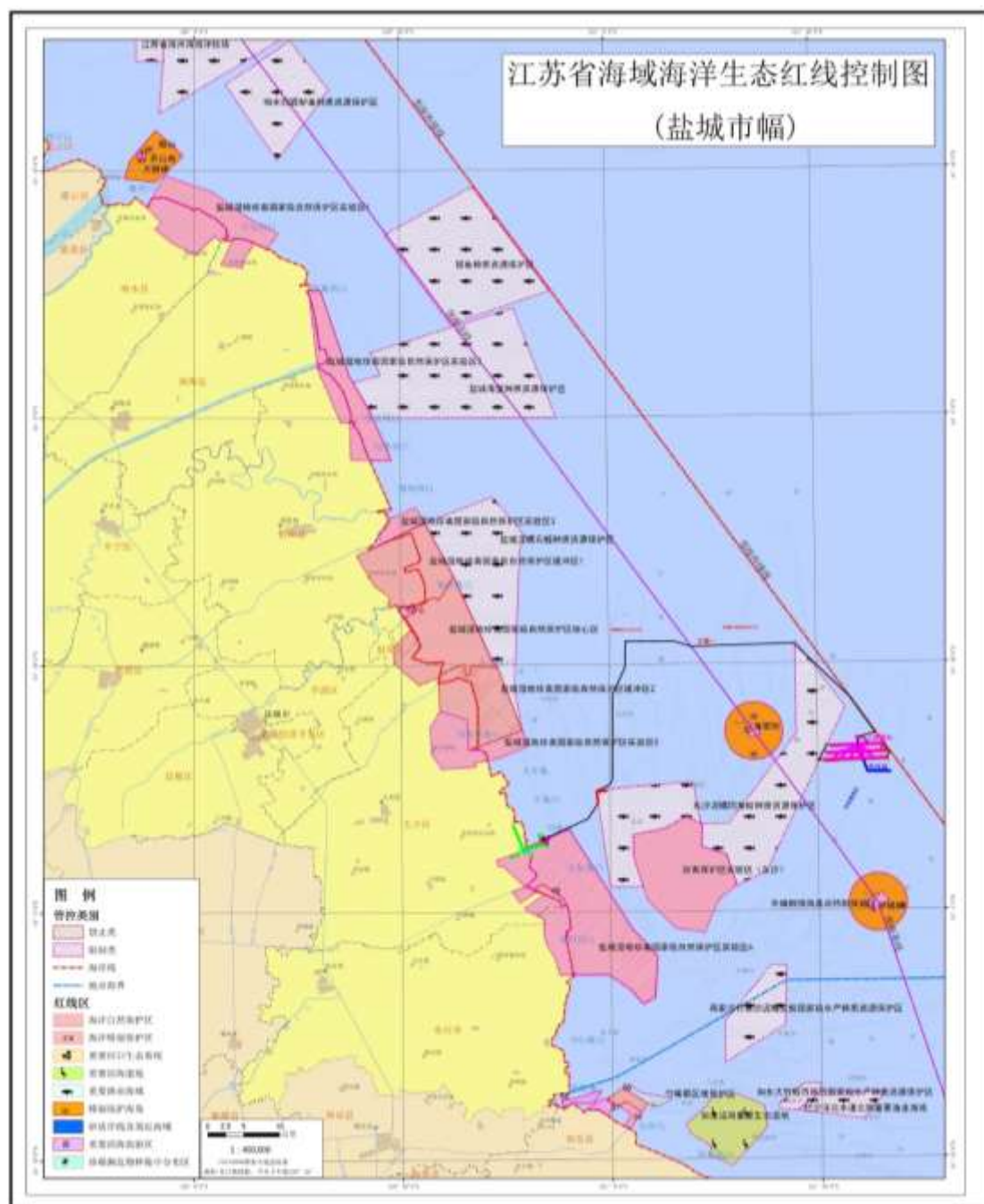


图 13.3-1 本工程与江苏省海洋生态红线保护规划位置关系

13.3.2 与《江苏省国家级生态保护红线规划》的符合性

根据《江苏省国家级生态保护红线规划》，本工程风电场及附近区域生态保护红线区主要有江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区、麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区。本工程与江苏省国家级生态保护红线规划位置关系见图 13.3-2。

工程 320kV 直流海底电缆避开了“东沙泥螺四角蛤种质资源保护区”，距离麻菜珩特别保护海岛、麻菜珩领海基点保护区较远，麻菜珩领海基点保护区距离风电场最近距离约为 15.2km，麻菜珩特别保护海岛距离风电场最近距离约为 25km，推荐路由与“江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区”距离在三个比选路由方案中最远，工程不占用生态保护红线区。工程建设符合江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区、麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区的管控要求，因此，工程建设与江苏省国家级生态保护红线规划是相符合的。

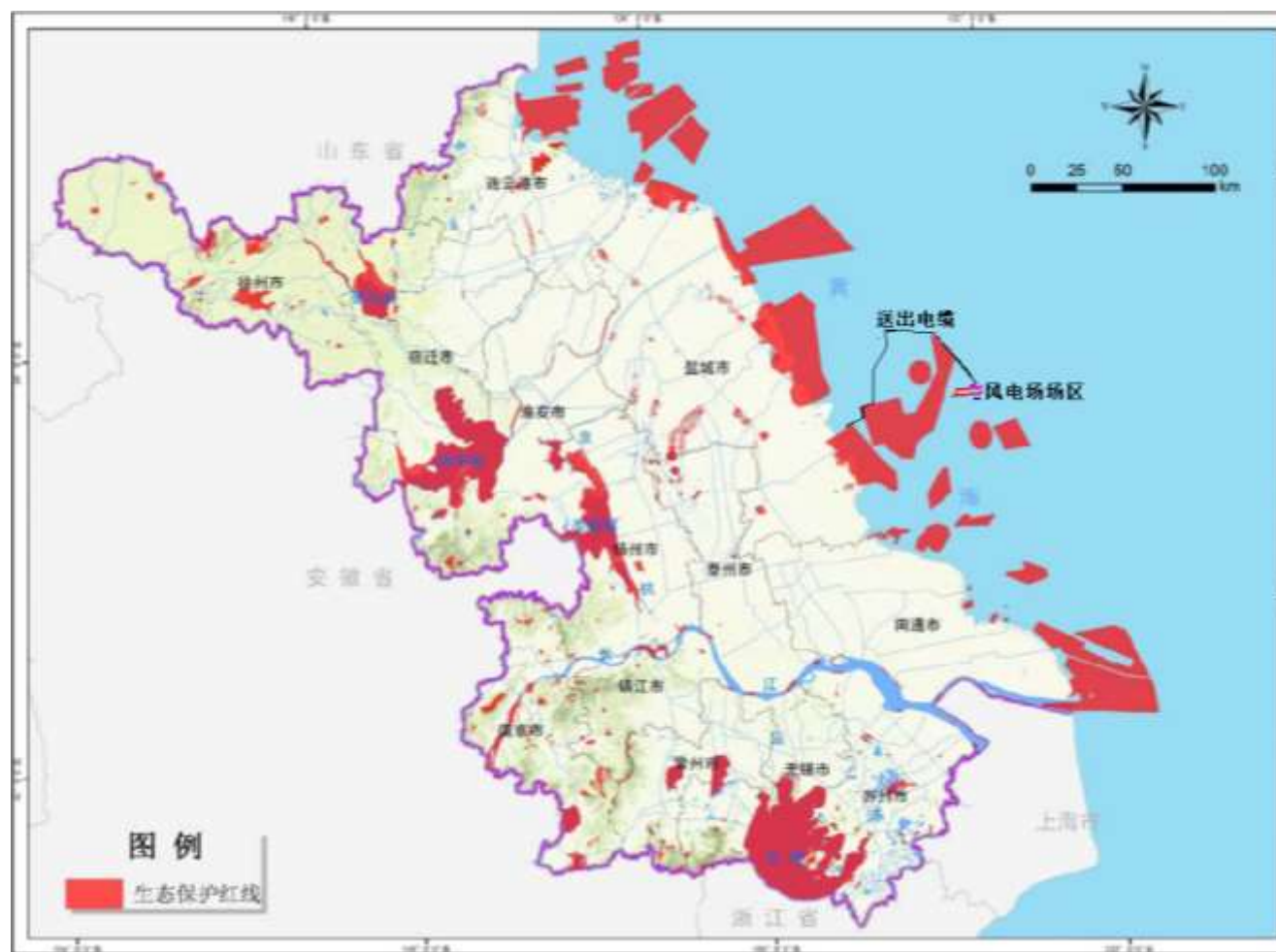


图 13.3-2 本工程与江苏省国家级生态保护红线规划位置关系图

13.3.3 与江苏省和盐城市生态红线区域保护规划的符合性

根据《江苏省生态红线区域保护规划》(2013 年 7 月)和《盐城市生态红线区域保护规划》(2014 年 12 月),工程附近主要有盐城湿地珍禽国家级自然保护区,工程不占用盐城湿地珍禽国家级自然保护区,风电场场区位于该自然保护区东北侧,风电场与保护区一级管控区最近距离约 66km、二级管控区最近距离约 25.7;送出海缆不占用保护区,与保护区二级管控区最近距离约 400m。本工程与江苏省和盐城市生态红线区域保护规划位置关系见图 13.3-3。

盐城湿地珍禽国家级自然保护区核心区和缓冲区为一级管控区,实验区为二级管控区。一级管控区内严禁一切形式的开发建设活动。二级管控区内禁止砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、捞沙等活动(法律、行政法规另有规定的从其规定);严禁开设与自然保护区保护方向不一致的参观、旅游项目;不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施;建设其他项目,其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准;已经建成的设施,其污染物排放超过国家和地方规定的排放标准的,应当限期治理;造成损害的,必须采取补救措施。

本工程不占用盐城湿地珍禽国家级自然保护区一级管控区和二级管控区,与《江苏省生态红线区域保护规划》和《盐城市生态红线区域保护规划》均是符合的。

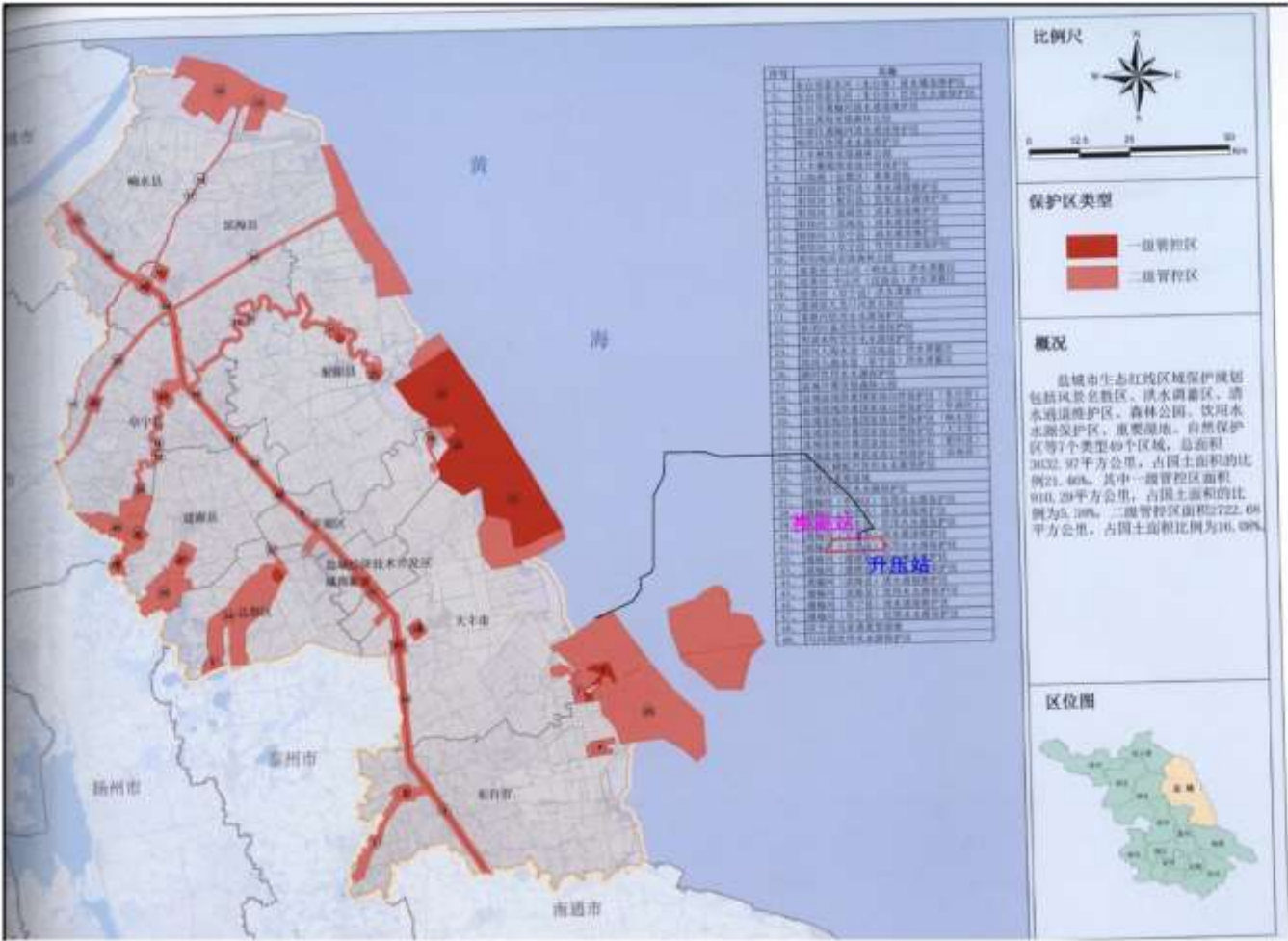


图 13.3-3 本工程与江苏省生态红线区域保护规划位置关系图

13.3.4 与沿海开发和海洋经济发展规划的符合性

《江苏省沿海开发总体规划（苏政发【2007】91号）》中指出新能源和临港产业基地要利用沿海丰富的资源条件，大力发展风电、核电、液化天然气发电和生物质能发电，有序布局火力发电。沿海地区具有较好的自然资源，适宜布局能源工业。重点发展风电、核电、液化天然气发电和生物质能发电等新能源产业。要突出发展风电，充分利用本区风力资源丰富的优势，按照风力发电总装机容量达到 1000 万 kW 以上的规模，在响水、启东、东台、大丰、连云区徐圩等地规划布局建设风力发电场。

根据《江苏省“十三五”海洋经济发展规划》，“优化海上风电开发布局，积极发展离岸风电。支持盐城、南通、连云港海上风电开发，加快建设千万千瓦级风电基地。”

根据《盐城市沿海开发战略规划》，“将盐城市建设成为江苏先进制造业的新型集聚区和清洁能源生产基地……加快转变经济增长方式，不断增强企业的创新能力，发展循环经济，走出一条高效益、低消耗、低污染、资源集约利用的有盐城特色的新型工业化道路。”可见，发展大丰海上风电项目符合江苏省和盐城市沿海开发规划，符合江苏省海洋经济发展规划。

13.3.5 与《江苏省海上风电场工程规划报告(2012-2020 年)(修编)》的符合性

2009 年初，国家发改委和能源局组织召开了“海上风电开发及沿海大型风电基地规划工作会议”，正式启动了江苏沿海千万千瓦级风电基地的规划工作。江苏省政府积极组织编制了《江苏省海上风电场工程规划报告》，该报告于 2012 年 12 月获得国家能源局的批复。2016 年，江苏省发改委启动了新一轮海上风电场工程规划修编工作，2017 年 7 月完成《江苏省海上风电场工程规划修编报告（征求意见稿）》。根据该报告，江苏省海上风电场划分为 3 个风电基地，自北向南分别为连云港及盐城北部、盐城南部和南通基地。本项目为盐城南部基地规划中的大丰 H8-2#海上风电场，符合江苏省海上风电场工程规划的要求。

13.3.6 与全国海洋经济发展“十三五”规划相符性分析

为贯彻落实海洋强国战略、促进海洋经济发展，根据《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》，2017 年 5 月 4 日，国家发展改革委、国家海洋局会同有关方面编制了《全国海洋经济发展“十三五”规划》。

该规划指出因地制宜、合理布局海上风电产业，鼓励在深远海建设离岸式海上风电场，调整风电并网政策，健全海上风电产业技术标准体系和用海标准。本工程海上风电场场址风资源条件较好，本工程开发容量为 302MW，水深在 3~15m（海图水深）之间，距离岸线最近距离约 72km，符合《全国海洋经济发展“十三五”规划》提出的因地制宜发展海上风电，在深远海建设离岸式海上风电场。

13.3.7 与国家能源发展规划相符性分析

2005 年 2 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议上通过了《中华人民共和国可再生能源法》。该法明确了将包括风能在内的可再生能源开发利用列为能源发展的优先领域，通过制定可再生能源开发利用总量目标和采取相应措施，推动可再生能源市场的建立和发展。

风电是具备大规模商业化开发条件的可再生能源之一，《可再生能源法》鼓励风电的开发。国家发改委 2007 年 8 月发布了《可再生能源中长期发展规划》，规划中提出以规模化建设带动可再生能源技术发展的目标，在 2010 年~2020 年期间，建立起完备的可再生能源产业体系。风电建设的重点在东部沿海和“三北”地区。国家能源局于 2009 年 1 月 15 日在北京召开了“海上风电开发及沿海大型风电基地规划工作会议”。2009 年 4 月底，国家能源局印发了《海上风电场工程规划工作大纲》（国能新能[2009]130 号），大纲对海上风电场工程规划的工作内容和深度提出了明确要求。

国务院在 2016 年 12 月印发的《能源发展“十三五”规划》中，按照“十三五”规划纲要总体要求，综合考虑安全、资源、环境、技术、经济等因素给出了 2020 年能源发展主要目标。规划提出“调整优化风电开发布局，逐步由“三北”地区为主转向中东部地区为主，大力发展分散式风电，稳步建设风电基地，积极开发海上风电。加大中东部地区和南方地区资源勘探开发，优先发展分散式风电，实现低压侧并网就近消纳。稳步推进“三北”地区风电基地建设，统筹本地市场

消纳和跨区输送能力，控制开发节奏，将弃风率控制在合理水平。加快完善风电产业服务体系，切实提高产业发展质量和市场竞争力。2020 年风电装机规模达到 2.1 亿千瓦以上，风电与煤电上网电价基本相当。”

本项目为海上风电场项目，装机容量达到 302MW，属于新兴能源产业中的风能产业；工程建设可在一定程度上提高江苏省可再生能源结构比重，推动海上风电的技术进步，对可再生能源中长期发展规划及能源发展“十三五”规划中相关规划目标的实现均具有积极的推动作用。因此项目实施符合我国能源发展规划的要求。

13.4 工程建设的政策符合性

13.4.1 与国家产业政策相符性

国家发展和改革委员会 2013 年发布的《产业结构调整指导目录(2011 年本) (2013 年修正)》中明确将“海上风电场建设与设备制造”列入鼓励类的新能源项目中。

本项目为海上风电场，属于新能源项目，是新兴产业的一个战略方向，发展海上风电场是实现节能减排，推进节能环保的一条行之有效的路径，综合前述相关政策要求，本项目的建设符合国家产业政策的要求。

13.4.2 与可再生能源产业政策的符合性

2005 年通过的《中华人民共和国可再生能源法》明确将包括风能在内的可再生能源开发利用列为能源发展的优先领域，通过制定可再生能源开发利用总量目标和采取相应措施，推动可再生能源市场的建立和发展。

《可再生能源中长期发展规划》(2007-2020 年)中指出随着传统石油等能源的不可逆转的减少，在新世纪里要想获得发展先机，壮大经济实力，必须壮大经济实力，必须要大力发展可再生能源，以便更好地满足经济和社会持续发展的需要。可再生能源包括水能、生物质、风能、太阳能、地热能和海洋能等。从目前可再生能源的资源状况和技术发展水平看，今后发展较快的可再生能源除水能外，主要是生物质能、风能和太阳能。规划提出“到 2020 年，全国风电总装机容量达

到 3000 万 kW。在广东、福建、江苏、山东、河北、内蒙古、辽宁和吉林等具备规模化开发条件的地区，进行集中连片开发条件的地区，进行集中连片开发，建成若干个总装机容量 200 万 kW 以上的风电大省。”

本项目为海上风电场项目，项目位于江苏东部海域，是可再生能源中长期发展规划提出的风电集中开发区域，工程建设对提高可再生能源在能源消费结构中比例起到积极的推动作用，符合可再生能源产业政策要求。

13.4.3 与海上风电管理法规的符合性

根据国家海洋局发布国海规范[2016]6 号文，其中提到：“海上风电项目用海必须符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划，优先选择在海洋功能区划中已明确兼容风电的功能区布置，一般不得占用港口航运区、海洋保护区或保留区等功能区；海洋功能区划中没有明确兼容风电功能的，应当严格科学论证与海洋功能区划的符合性，不得损害所在功能区的基本功能，避免对国防安全和海上交通安全等产生影响。鼓励海上风电深水远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸距离不少于 10km、滩涂宽度超过 10km 时海域水深不得少于 10m 的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”

本工程建设符合全国海洋主体功能区规划和江苏省海洋功能区划，工程风电场属于江苏省海洋功能区划中的海上风电兼容区。风电场离岸约 72km，风电场区水深为 3-15m（海图水深）。工程送出海缆避开东沙泥螺四角蛤种质资源保护区等生态红线区，未占用海洋自然保护区、海洋特别保护区等生态敏感区和生态红线区。因此，工程建设与国海规范[2016]6 号文要求是相符合的。

13.5 工程选址与布置的合理性

13.5.1 风电场选址合理性

本风电场工程场址为《江苏省海上风电场工程规划报告(2012-2020 年)（修编）》中规划的盐城南部基地中的大丰 H8-2#海上风电场，符合海上风电场工程

规划中的选址要求。同时，本工程选址是在江苏省海上风电场工程规划成果基础上的进一步细化。该场址在上层规划中已充分考虑了项目建设对港口航运、渔业生产、国防军事及生态环境等的影响，同时通过调整风机布置对江苏省海洋生态红线区—东沙泥螺四角蛤水产种质资源保护区进行了避让。对于风电场部分场址涉及吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区实验区，工程设计中通过风机选型优化选择大容量风机减少对海域的占用和对种质资源保护区的影响，在规划中得到了地方海洋、海事、部队、农业等部门的认可。此外，根据《风电场场址选择技术规定》，海上风电场在场址选择中应满足以下条件：

- (1) 优先考虑风能资源丰富区和较丰富区场址资源；
- (2) 规划场址具备规模开发的场地条件；
- (3) 兼顾岸线和海域利用、城市规划建设和生态保护要求；
- (4) 不影响机场、航道的正常运行；
- (5) 海上风电场宜选择在近海海域，水域条件为水深约 5m~15m。

1) 工程海域风能资源

本项目风电场场址位于毛竹沙北侧海域，风电场 100m、50m 高度年平均风速分别为 7.47m/s、7.11m/s，平均风功率密度分别为 489.6W/m²、409.6W/m²；风功率密度等级为 4 级，应用于并网风力发电好，说明位于风电场场址区风能资源较为丰富，具有经济可开发价值。

2) 工程海域地形及地质条件

本项目风电场海底高程-15.0~-3m，局部地形起伏较大，属南黄海滨海相沉积地貌单元，场地不良地质作用不发育。风电场场区内无活动性区域断裂通过，场地稳定性差，适宜性差，但采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。

3) 工程建设产生的环境影响

本工程建设过程中，海缆沟开挖、风机基础施工产生的悬浮物以及风机基础永久用海等将不可避免地造成所在海域浮游生物、潮间带生物、底栖生物、渔业资源一定数量的损失，但其影响程度属于可接受的范围内。

根据数模预测结果，工程建设后将对所在海域流场、冲淤环境产生一定的影响，但工程实施对流场的影响有限，影响主要集中在桩基附近水域，距离工程场区较远的地方几乎不受影响；工程建成后，泥沙冲淤的影响范围主要集中在桩基

附近，工程场区及附近海床冲淤强度及影响范围较小。

此外，本风电场距离大陆岸线较远，风电场区不是鸟类的主要分布区，本工程建设对区域鸟类的影响在可接受范围内；对周围海域开发利用活动影响较有限，可通过相关措施予以减缓；风电场与所在海域中上层、底层鱼类“三场一通道”距离在 20km 以上，工程对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、东沙泥螺四角蛤种质资源保护区等环境敏感区影响不显著，在落实相应保护措施后，对环境敏感区的影响在可接受范围内。

4) 与周边海域开发利用协调性

本项目风电场区及海底电缆不占用养殖用海。海缆铺设过程将对周边养殖用海产生一定影响。工程建设后对大丰港区及周边航道、锚地的流场影响很小，也不会产生明显的淤积影响。工程对周边海上风电场的影响较小。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，对受影响的渔业生产从业者进行合理必要的补偿。工程施工期间应加强管理以减缓工程建设对大丰港区的影响。在对各海洋开发活动采取相应减缓、补偿等措施后，工程建设与周边海域开发利用总体上是协调的。

综合上述分析，本风电场场址所在毛竹沙北侧海域具有丰富的风能资源，且具备规模开发条件，场地地质条件基本适宜，场址与海洋功能区划相符，与相关规划及周边其他开发活动用海相容。项目选址避开了海洋生态红线区--东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，通过风机选型优化缩减海域占用面积，降低对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的影响，在采取相应的敏感期避让、增殖放流等生态保护措施后可基本满足保护区的环境管理要求。总体来说本工程选址具有一定的环境合理性。

13.5.2 风机选型合理性

1、单机容量方案拟定

风电场机型选择应考虑适合风电场场址风能资源特征、场址区域海上风电场的自然环境、风电场运输和安装条件等因素，并结合国内外商品化风电机组的制造水平、技术成熟程度和价格的要求。

现阶段，比较成熟的海上风机机型有金风湘电 5.0MW、华锐 5.0MW、

Adwen5.0MW、东汽 5.0MW、明阳 5.0MW、海装 5.0MW、明阳 5.5MW、上海电气 6.0MW、金风 6.3MW、金风 6.45MW 等，考虑到本工程海域建设条件的复杂性，本着集约用海，充分利用风能资源，本次报告选择单机容量 5MW 及以上的风电机组进行单机容量方案比选。各比较方案的机型主要技术参数详见表 13.5-1。各比较方案的机型风机功率曲线、推力曲线（标准空气密度下）见图 13.5-1 和图 13.5-2。

表 13.5-1 各单机容量方案比选机型特征参数表

项目	WTG-1	WTG-2	WTG-3	WTG-4	WTG-5
基本数据					
额定功率	5000	5500	6000	6300	6450
功率调节方式	变速变桨	变速变桨	变速变桨	变速变桨	变速变桨
轮毂高度	105	115	100	110	110
叶轮直径	171	181	154	184	171
安全风速	52.5	52.5	70	40	50
安全等级	IECHIB	IECHIB	IEC I	IEC S	IEC S
切入风速	3.5	3	3	3	3
切出风速	25	20	25	21	25
额定风速	9.6	9.5	12-14	10	10.5
运行温度范围	-10~+40	-10~+40	-10~+40	-20~+40	-20~+40
生存温度范围	-20~+50	-20~+50	-20~+50	-30~+50	-30~+50
叶片与转轮					
叶片材料	玻璃纤维	碳玻混纤	玻璃纤维 增强型	玻璃纤维 增强树脂	碳纤主梁
叶片数	3	3	3	3	3
叶片长度	\	\	75	\	76.6
叶尖线速度	90.64	87	\	67.37~96.24	62.7-95.8
扫风面积	\	25599	18627	26536	22965
发电机					

类型	永磁同步	中速永磁	直驱永磁同步	永磁同步	永磁同步
额定功率	5600	6000	6000	6750	6900
额定电压	690	690	690	720	720
频率	50	50	50	50	50
防护等级	IP54	IP54	IP44	IP54	IP54
绝缘等级	F	H	F	F	F
制动系统					
主制动系统	气动刹车	气动刹车	气动刹车	气动刹车	气动刹车
第二制动系统	机械刹车	机械刹车	机械制动	发电机刹车	发电机刹车
防雷保护					
防雷设计标准	IEC61400-24 class I	IEC61400/24	IEC 62305-1-4	IEC61400-24-2010 IEC 62305-2010	IEC61400-24-2010 IEC 62305-2010
防雷措施	浪涌保护器	浪涌保护器	叶片接闪器	电气防雷、叶片防雷等	电气防雷、叶片防雷等
风机接地电阻	$R \leq 4 \Omega$	$R \leq 4 \Omega$	$R \leq 4 \Omega$	$R \leq 4 \Omega$	$R \leq 4 \Omega$
设备重量					
塔筒		395		448	380
认证与业绩					
机组认证:	北京鉴衡 设计认证	\	\	\	\
机组业绩:	华能如东八仙角 1 台 福建兴化湾 2 台	\	\	\	\

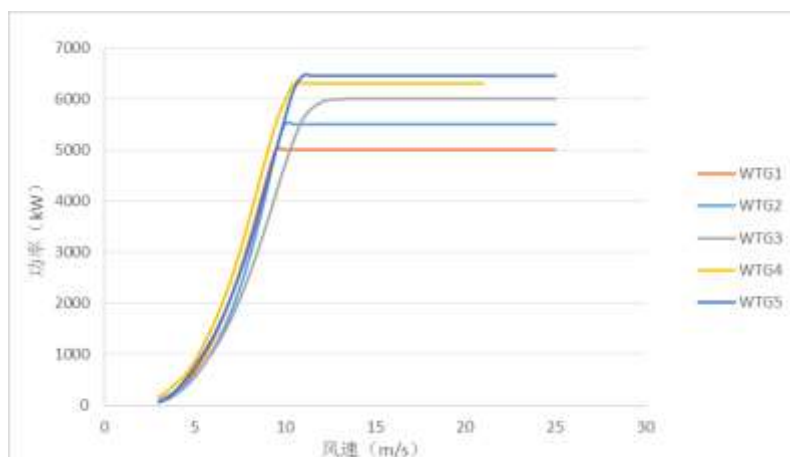


图 13.5-1 不同方案风电机组机型功率曲线

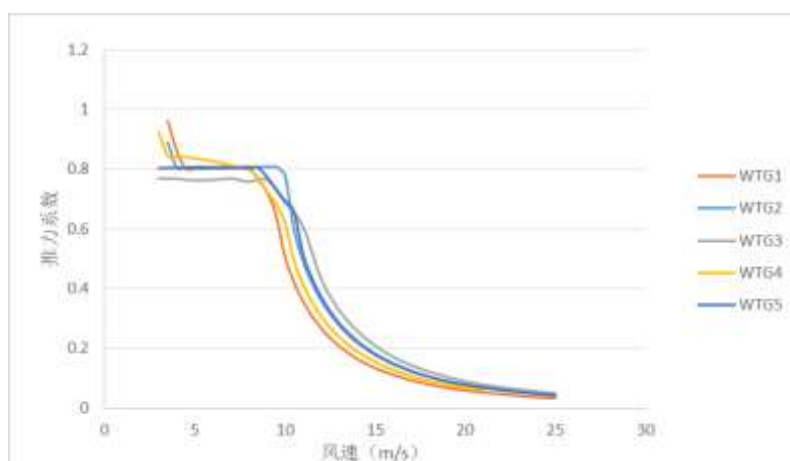


图 13.5-2 不同方案风电机组机型推力系数曲线

2、单机容量方案比较

对各机型方案进行技术经济比较，主要从以下几方面进行考虑：

——海域占用范围比较

由于海上机型单机容量差别较大，安装台数及占用海域的区域有较大差别。本风电场总装机容量 30 万 kW，若采用 5MW 风机布置方案，共布置 60 台风机，涉海面积 62km²；若采用 5.5MW 风机布置方案，共布置 55 台风机，涉海面积 56km²；若采用 6.3MW 风机布置方案，共布置 48 台风机，涉海面积 48km²；若采用 6.45MW 风机布置方案，共布置 47 台风机，涉海面积 48km²。从海域使用范围来看，采用大容量风机布置方案，海域占用范围较小。

——各方案的经济性比较

各方案的经济性比较主要考虑电量及投资的关系。根据各比较方案的风电场

布置方式、各机型的功率曲线和推力曲线、结合风电场场址不同轮毂高度的风资源情况,采用 WAsP 软件计算各机型方案的风机理论发电量和风机间尾流影响情况,见表 13.5-2。

表中各方案年估算上网电量按理论发电量折减计算,其中尾流影响的折减率按照各方案布置情况的 WAsP10.0 计算成果,其他折减综合考虑风机利用率、气候影响、空气密度、功率曲线、风机尾流、风机叶片腐蚀污染、控制和湍流强度、风电场内能量损耗、运行维护不及时等因素的影响。

根据以上各机型比较方案机组参数和风电场布置方式,结合各方案风电场土建、电气、施工组织设计及设备、材料询价情况,进行各机型方案的投资比较,项目投资主要考虑施工辅助工程费用、设备及安装工程费用、建筑工程费用、其他费用和基本预备费。各机型投资估算见表 7.2-2。从表可以看出,单机容量为 5MW 的 WTG-1 方案度电投资最低,其次为单机容量为 6.3MW 的 WTG-4 方案度电投资最低。

——工程进度保证

所选风电机组生产企业应该具备足够的产能,以满足风电场的安装进度要求。另外,风电机组生产企业应具备一定的技术实力,能够配合完成风电机组土建、电气等配套工程的建设,具备指导风电机组吊装、调试的能力,以保证项目的建设进度。

——运行可靠性

风电机组把风能转化为电能,各种类型的风力发电机组其发电原理基本相同,但其能量转化的机理和控制原理各有不同,且各机型的运行经验也有差异。所以选择风电机组时,应该考虑其运行的可靠性,包括其电能质量、对电网的要求、对运行环境适应性及可用率保证等方面。

表 13.5-2 风电场各单机容量方案比选结果统计表

项目	单位	WTG-1	WTG-2	WTG-3	WTG-4	WTG-5
单机容量	MW	5	5.5	6	6.3	6.45
台数	台	60	55	50	48	47
总装机容量	MW	300	302.5	300	302.4	303.15
轮毂高度	m	105	115	100	110	110
叶轮直径	m	171	181	154	184	171
理论发电量	万 kWh	136014.0	126934.5	112835.0	131328.0	122491.4
理论利用小时	h	4534	4196	3761	4343	4041
尾流影响率	%	7.29	8.26	5.85	7.05	6.65
扣除尾流影响后年发电量	万 kWh	126098.6	116449.7	106234.2	122069.4	114345.7
其他折减率	%	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
年上网电量	万 kWh	90791.0	83843.8	76488.6	87890.0	82328.9
年上网电量折合满负荷利用小时	h	3026	2772	2550	2906	2716
容量系数	/	0.345	0.316	0.291	0.332	0.310
机组单价	元/kW	7000	7300	7500	7200	7200
机组价格	万元	210000	220825	225000	217728	218268
塔筒重量	t	350	395	333	448	380
塔筒价格	万元	21000	21725	16650	21504	17860
施工辅助工程	万元	11476	11476	11476	11476	11476
设备及安装工程	万元	308125	321330	330134	316928	316928
建筑工程	万元	130930	130930	130930	130930	130930
其他费用	万元	31630	31630	31630	31630	31630
基本预备费	万元	24108	24768	25208	24548	24548
合计	万元	506269	520134	529378	515512	515512
度电投资	元/kWh	5.58	6.20	6.92	5.87	6.26
涉海面积	km ²	62	56	51	48	48
排序	/	1	3	5	2	4

注：以上概算为比选阶段，实际以最终概算章节为准。

因此，综合以上分析，本阶段暂选经济性较优、技术成熟度较好的单机容量为 6.3MW 的 WTG-4 机型。

13.5.3 风机基础结构合理性

根据本工程可行性研究报告，按单桩、五脚架和复合筒三种基础型式，五种基础方案进行方案设计和比较。

结合国内外海上风电的建设经验、本工程地质条件、海洋水文条件，分析对

比各个基础方案的结构特点、使用条件、施工情况、工期及结构的经济性，汇总对比如表 13.5-3。

从工程量、结构特性、施工工艺、施工难点、施工工期、船机设备需求以及工程造价等多方面进行了对比分析，对比表明：

单桩基础方案结构简单，受力明确，对地质条件要求不高，同时海上施工作业工序少，施工工期短，造价最少，虽然大直径单桩方案对替打有一定要求，但国内的大直径替代也已经研发生产出来，并且在三峡大丰一期项目中 6.45MW 风力发电机组的基础已经完成了大直径单桩的施工，所以本阶段将单桩基础作为推荐方案。

五脚架基础方案整体刚度较大，变形小，稳定性较好。但节点易疲劳，沉桩精度、调平及水下灌浆较难控制，施工难度大，且造价相对较高，因此本阶段作为单桩基础的备选方案。

复合筒基础虽然经济性最好，但是技术还不成熟，地层的适应性较差，可靠性较差，且本工程海域地震烈度较高，地基土存在严重液化，本阶段暂不推荐复合筒基础方案，待下一阶段结合具体详勘资料和土层的分布情况，再考虑是否采用该类型基础方案。

综上所述，综合考虑结构、施工难度、工期、工程量、经济性等因素，采用单桩方案作为本工程风电机组基础的方案是合理的，工程充分考虑了场地的工程地质条件，选取了合理的主体工程结构。

表 13.5-3 风机基础方案特性比较表

对比项	单桩基础	五脚架基础	复合筒
结构特点	结构简单，受力明确，整体刚度偏小。桩身悬挑段较长，且结构刚度偏小，桩身变形较大，桩顶转角偏大。	基桩呈正五边形位布置，固定在海底，主要节点位于浪溅区以下。整体刚度较高，变形小，稳定性较好，结构所受海洋波浪、水动力较小。	复合筒基础实际上是筒型基础和重力式基础的组合，属于浅基础的一种。主要利用筒体结构承受环境载荷，这种宽浅式的基础结构简单，结构刚度大，经济性好。
适用自然条件	适用于浅水及中等水深且地基条件较好的海域。	适用于各种水深，对地质条件要求不高。但由于结构采用比较多的钢结构焊接节点，对抵抗海浪等疲劳破坏方面的要求很高，对防腐的要求也比较高。	适用于浅水及中等水深，特别适用于海床为砂性土或粘土的软土海域，但对严重液化土层较为敏感。
施工方面	单桩基础施工周期短，施工受天气影响小。	主要结构构件可以在陆地制作组装，海上施工工作量相对比较少，受天气影响比较小，施工周期较短。	主要筒体结构在陆上基地完成基础建造，这种基础底部为吸力筒结构，吸力筒沉放于海床面后进行抽水和抽气，靠负压进行安装，海上施工工作量少，施工周期短。
	对于超大直径单桩就位施打必须具备大型沉桩设备，单桩对垂直度要求很高，对钢管桩的制作要求也较高。基础泥面处需做防冲刷处理，防冲刷处理质量要求较高。	导管架对沉桩控制和基础结构调平精度要求较高，水下灌浆连接施工质量控制也具有一定的难度。	该类型基础需要特定的运输船，施工时对吸力桶沉放就位、调平、密封、纠偏等技术要求较高，技术上还尚待时间考验。
经济性（万元）	1700/	1800/	1600/

13.5.4 风机平面布置合理性

风电机组布置遵循以下原则：

(1) 首先应充分考虑风电场所在海域周边限制条件，如：港口、航道、养殖区、生态保护区、鸟类栖息地及迁徙路线、海底光缆、油气管道等，在规划允许的范围内布置风电机组；

(2) 根据场址区风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风力发电机组间距，尽量减少风力发电机组间尾流影响；

(3) 海上风电场布置时，既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。

(4) 考虑场内送变电方案的较佳配置；

(5) 风力发电机组布置方案充分考虑工程施工船舶进场、抛锚、掉头等对风力发电机组间距的要求；

(6) 风电机组布置时应按照节约、集约用海原则，在技术可行的范围内尽量减小风电场涉海面积。

本工程风力发电机组布置方案主要按照当地主风向的方向排布（主风向为 ESE 和 SE），并充分考虑场址走向。为充分利用场址面积，场址最终推荐东西方向布置。初拟定列距 1100m-行距 1000m，初拟风电场风机布置各方案见图 13.5-3~图 13.5-5。各方案计算结果统计见表 13.5-4。

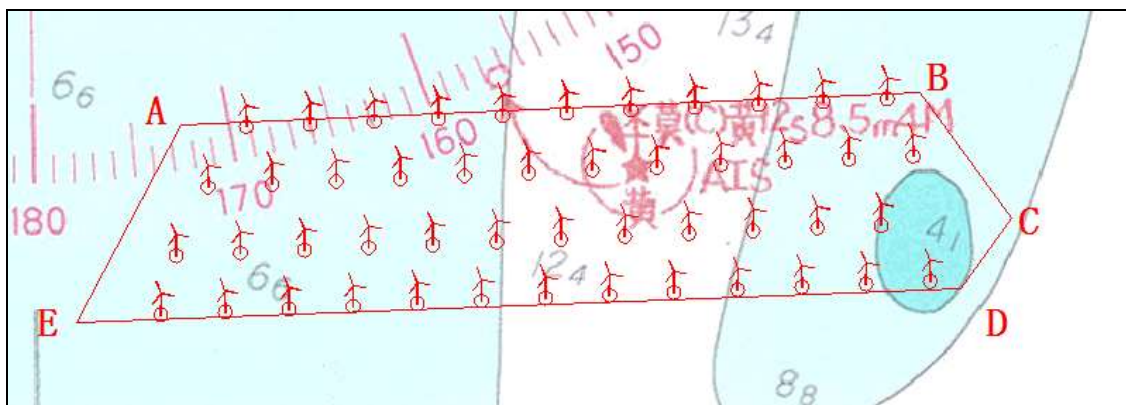


图 13.5-3 方案一风机布置图

表 13.5-4 各方案计算结果统计表

方案	风组间距 (m)		理论年	考虑尾流影响后	等效利用	尾流影响率	单机最大尾流
			发电量	发电量	小时数		
	行距	列距	(万 kWh)	(万 kWh)	(h)	(%)	(%)
方案一	1000	1100	131328	121655	2896.5	7.37	9.55
方案二	1000	1100	131328	121435.4	2891.3	7.53	9.54
方案三	1600	800	131328	121677.5	2897.1	7.35	9.72
最终方案	1600	800~1600	131328	122070	2906.4	7.05	9.54

500

最终风电场发电机组布置图见图 13.5-6，列距 800m~1600m，行距 1600m，理论年发电量为 131328kWh，考虑尾流影响后年发电量为 122070 万 kWh，平均尾流为 7.05。

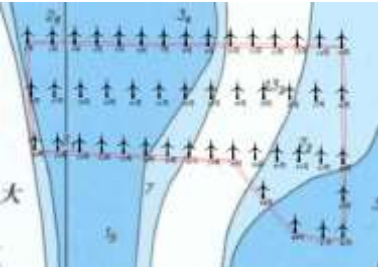
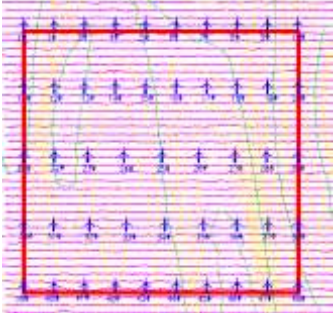


图 13.5-6 江苏大丰 H8-2 海上风电场最终风机布置图

风机在平面布置上需考虑风电机组之间的尾流影响，必须合理选择机组的排列方式，以减少机组之间的相互影响。风力发电机组的排列应以风电场内可获得最大的发电量来考虑，风力发电机组之间的间距若太小，则沿空气流动方向，上游机组对下游机组将产生较大的尾流效应，导致下游风力发电机组发电量减少。同时，由于湍流和尾流的联合作用，还会引起风力发电机组损坏、降低使用寿命。因此，需要根据风能分布、机组特性、风场地形地貌和土地征用等因素对风电场机组布局进行优化，最大程度地利用风能资源和空间资源，实现风电场发电量和效益的最大化。

场区内主要风能方向集中在 SSE、SE，而风机布置主要依据主要风能方向，因此风机南北向的行间距需取较大值，东西向的行内间距取值可相对较小。类比同类型项目（表 13.5-5），比选的风电项目行间距一般在 1574~1850m 之间，行内间距在 600~1000m 之间。本工程最终推荐方案行间距 1600m，行内间距 800~1600m 之间，和同类型项目间距基本一致。因此，根据风能资源确定行间距大于等于行内间距的布置方案是合理性的。

表 13.5-5 同类型风电项目行间距和行内间距统计一览表

项目名称	装机规模 (MW)	主选机型	风机布置方案	布置图
大丰 H6	302.4	GW184-6.3MW	风机行内间距为 717~876m，行间距为 1169~1772m。	
大丰 H4	302.4	GW184-6.3MW	东西向 5 行，风机行内间距为 787~885m，行间距为 1574~1774m。	
射阳南区 H2#	301.5	EN146-4.5MW	东西向 2 行，风电机组行内间距 600~1000m，行间距 1850m。	

如东 H3#	300	H151-5MW（55 台）； H171-5MW（5 台）	东西成 3 行，其中 5 台 H171-5MW 机型布置于场区东南部，行内间距为 622~850 m，行间距为 1600m。	
本项目	302	WTG-4-6.3MW	东西向 3 行，行内间距为 800m~1600m，行间距为 1600m。	

13.5.5 海缆路由布置合理性

海缆路由合理性分析主要结合工程海底电缆预选路由选择依据说明材料进行分析，本工程海缆预选路由已召开行政协调会，会议纪要见附件。

(1) 海缆登陆点的唯一性分析

根据大丰港总体规划，大丰港规划水域与其南部珍禽保护区实验区之间的岸线为大丰港区的预留发展岸线，海缆在此登陆对港区发展可能造成不利影响。根据 2012 年盐城市发改委与大丰港口管理局沟通协调意见，竹港新闻以北 800 m 岸线范围内为大丰海上风电项目的集中登陆点。此外，《江苏海上风电盐城南部基地-大丰整体开发方案》中对大丰各海上风电项目登陆点间的最小安全距离进行了规划，见图 13.5-7。



图 13.5-7 大丰港区南侧海缆集中登陆区各登陆点位置分布示意图

根据大丰市沿岸的自然环境条件，结合沿海海洋开发活动现状调查，为避开盐城湿地珍禽国家级自然保护区，同时尽可能减小对大丰港的影响，本项目 320kV 海底电缆拟选择在大丰港区规划水域南侧、竹港河北侧海堤上与其它海上

风电项目集中登陆。推荐路由登陆点位于中电投大丰 H3 登陆点北侧（图 13.5-7），在已规划集中登陆点所辖范围之内，本项目登陆点具有唯一性。

（2）海缆路由的合理性

本项目预选海底电缆路由应包含风电场内风机与风机间 35kV 海缆（联络电缆）路由、海上升压站至海上换流站 220kV 海缆路由及海上换流站至登陆点（送出电缆）±320kV 海缆路由。为了描述方便，报告中的预选路由区包括风电场海底电缆预选路由区、海上升压站至海上换流站路由区及海上换流站至登陆点（送出电缆）路由区三部分。

1）风电场 35kV 海缆路由方案

根据《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场项目可行性研究报告》，风电场区风机东西向成行，一共 3 行，风电机组，列距 900m~1800m，行距 1650m。按风电机布置及线路走向划分，风电场本期共设置 12 回 35kV 集电线路，各联合单元由 1 回 35kV 集电线路接至 220kV 升压站 35kV 配电装置（图 13.5-8）。35kV 路由总长约为 66.1km。

2）海上升压站至海上换流站 220kV 路由区

本工程海上换流站拟采用整体吊装方式，施工区域海域深度需满足整体吊装的运输船和起重船需求，由于海上换流站重量较重，为满足施工要求，海上换流站选址水深建议 15m 左右水深，且考虑与周边其它风电场共用，因此换流站选址于本风场 F8 风机北侧 H8-1#与 H8-2#风场之间的海域。海上升压站至海上换流站之间 220kV 海缆路由路径较短，海缆路由长约 2.27km，本报告不对其进行比选。

3）本项目 320kV 海缆路由方案

为了更好地反映海洋自然环境和海洋开发活动与海底电缆路由之间的关系，《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场项目海底电缆预选路由选择依据说明材料》针对海上换流站至登陆点的 320kV 海底电缆预选路由选择了三个方案，即方案一、方案二和方案三，以备优化比选。

1）路由方案1

直流送出海缆从换流站东北方向出线到达H8-1#东南角，然后沿着H8-1#场区边界向西北至东沙泥螺四角蛤种质资源保护区最北端外侧拐点AC11，之后向

西沿着大丰整个规划风电场区外缘到达大丰H3#西北角外侧的拐点AC8，之后向南沿着大丰H3#风场送出海缆向南延伸（间距130m），进入大丰风电场送出海缆主通道后，经过瓢儿沙和三丫子沙之间海域以及西洋深槽，至竹港河北侧登陆（图13.5-8）。送出海缆海缆路由长度约124.5km。

2) 路由方案2

直流送出海缆从换流站向西出线穿越东沙泥螺四角蛤种质资源保护区和麻菜珩领海基点保护区后沿着大丰H12#和H7#风电场北侧外缘向西延伸，到达拐点AC4 后进入大丰风电场送出海缆主通道（位于三峡大丰H11#风电和龙源一期风电送出海缆之间），经过瓢儿沙和三丫子沙之间海域以及西洋深槽，至竹港河北侧登陆（图13.5-8）。送出海缆路由长度约85.1km。

3) 路由方案3

直流送出海缆从换流站向西出线穿越东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，然后折向西南经过东沙泥螺四角蛤种质资源保护区和麻菜珩领海基点保护区之间海域后到达大丰H7#风电场东南角拐点AC6，之后沿着大丰H7#风电场南侧边缘向西延伸至拐点AC5，之后向西北经过东沙泥螺四角蛤种质资源保护区和大丰H7#风电场之间通道后到达拐点AC4，之后向西延伸穿越龙源一期风电场（大丰H12#）送出海海缆后进入大丰三峡新能源江苏大丰H8-2#300MW 海上风电场项目海底电缆预选路由选择依据说明材料5风电场送出海缆主通道（位于三峡大丰H11#风电和龙源一期风电送出海缆之间），经过瓢儿沙和三丫子沙之间海域以及西洋深槽，至竹港河北侧登陆（图13.5-8）。送出海缆路由长度约83.9km。

预选路由 1、2、3 示意如下图所示。方案对比见表 13.5-6。

由表可见，预选路由三个方案登陆点均在海堤上，三个方案路由区地形地貌条件相似。经方案比选，方案一320kV 送出电缆避开了所有的红线区，与“东沙泥螺四角蛤种质资源保护区”最近距离约为120m，在登陆段与“江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区6”距离相距约400m。方案二320kV送出电缆部分穿越了“东沙泥螺四角蛤种质资源保护区”，穿越长度8.3km 和5.2km；另外还穿越了“麻菜珩领海基点保护区”，穿越长度约8.8km；在登陆段与“江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区6”最近距离约90m。方案三 320kV送出电缆部分穿越了“东沙泥螺四角蛤种质资源保护区”，穿越长度8.3km和5.2km；在登陆段

与“江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区6”最近距离约90m。从环境保护的角度，方案一避开了所有的生态红线区，方案二穿越了“东沙泥螺四角蛤种质资源保护区”和“麻菜珩领海基点保护区”，方案三穿越了“东沙泥螺四角蛤种质资源保护区”，对环境影响较大，因此，确定方案一作为推荐路由方案。

本项目预选路由方案一位于大丰港区布置规划的水域及陆域范围之外，与大丰港规划水域相距约180m（图13.5-9）。根据规划，大丰港区规划范围的南边界为王港河，因此本项目海缆登陆对港区发展无直接影响。

此外，H8-1#（200MW）、H9#（200MW）、H15#（200MW）与本项目共用海上换流站，所有电能经海上换流站整流后采用2回320kV直流海底电缆（单芯1800mm²）登陆接至陆上换流站。因此，H8-1#（200MW）、H9#（200MW）、H15#（200MW）与本项目共用320kV海底电缆预选路由。本项目预选路由与大丰港规划水域相距约180m，预留了其它风电场项目的路由布局空间，因此方案一预选路由布局方案合理。

可见，项目路由在比选阶段充分重视路由对自然保护区、种质资源保护区、生态红线等环境敏感海域的避让，推荐路由避开了生态红线区，与“江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区试验区”距离在三个路由方案中最远，减小了对自然保护区和种质资源保护区的影响，同时本项目预选路由与大丰港规划水域相距约180m，预留了其它风电场项目的路由布局空间，在三个路由方案中环境合理性最高。

此外，预选路由经过近岸潮滩和西洋深槽，经过瓢儿沙、三丫子、亮月沙、东沙、太平沙、大小北槽、麻菜珩以及毛竹沙之间海域，地形总体上起伏多变。登陆段地形平坦，风电场区水深地形变化较大，海底高程在-17.0~-4.1m之间。细砂是路由区主要底质类型。路由区位于苏北辐射沙脊区，海床冲淤活动较频繁。320kV 海底电缆路由经过的西洋深槽以及大部分潮沟附近区域以冲刷为主，部分潮沟附近区域海底泥沙再分配明显，潮沟位置发生移动。因此，对于海底电缆路由易冲刷区域建议加大管线埋深。同时，本工程风机有部分涉及吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区，因此有部分海底电缆将不可避免在种质资源保护区内，海缆施工期间产生的悬浮物仍不可避免会对保护区海水水质和生物资源造成短期不利影响。为尽量减小对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保

护区的影响，建设单位应与保护区主管部门加强协调，采取相应的敏感期施工避让、增殖放流等生态保护措施以满足保护区的环境管理要求，以进一步提高路由的环境合理性。

综上所述，海底电缆路由方案在地质、地形地貌、气象、海洋水文等方面，均无特殊的不良作用，与海洋开发活动无突出的矛盾，与其他风电场路由布局相协调，从海洋环境保护角度考虑，海底电缆路由方案是合理的。

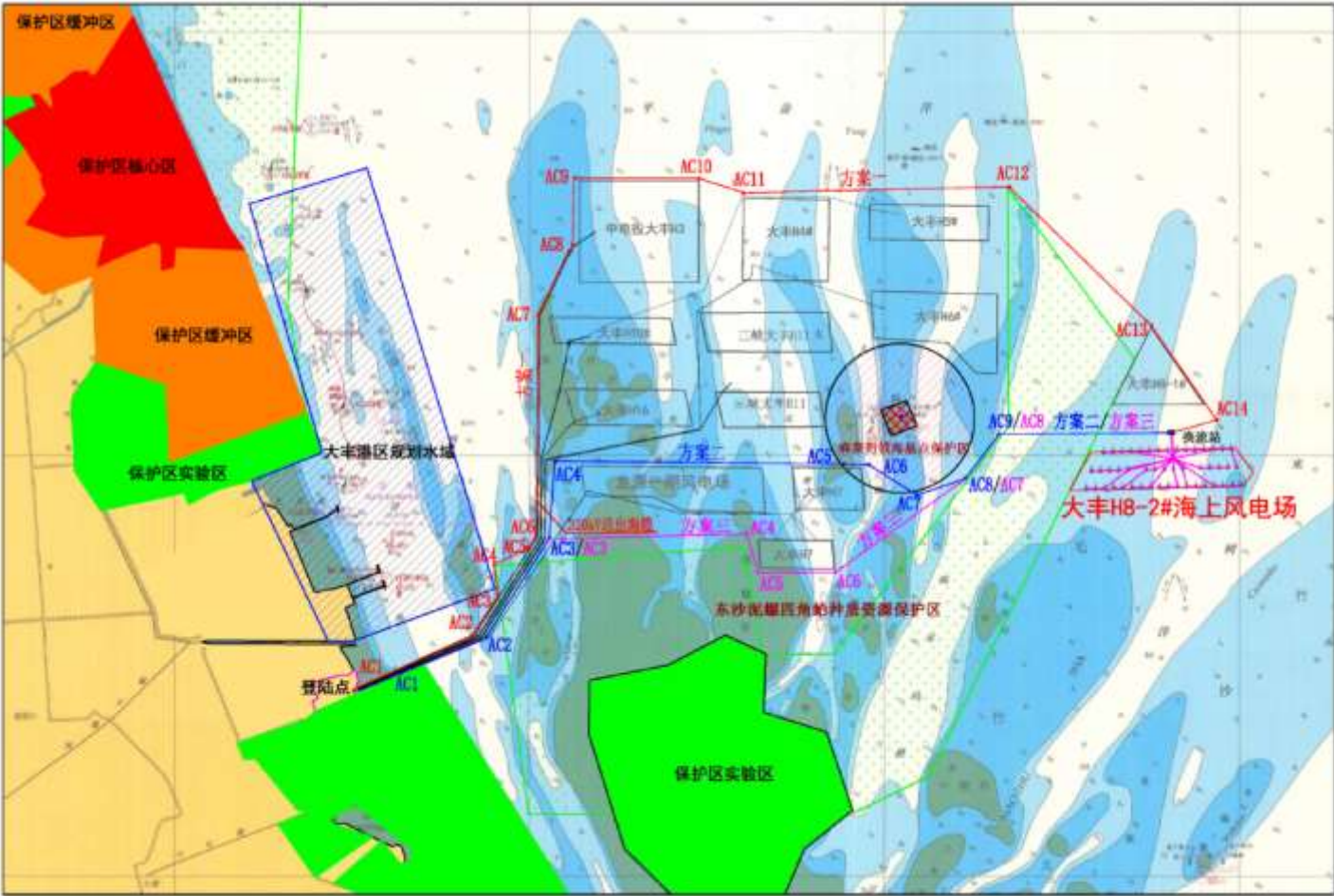


图 13.5-8 预选路由 1、2、3 示意图

表 13.5-6 H8-2# 项目直流海缆预选路由方案对比

项目	方案一	方案二	方案三
登陆点位置	大丰港区规划水域南侧、竹港河北侧海堤	与方案一相同	与方案一相同
直流海缆预选路由长度	124.5km	85.1km	83.9km
地形地貌条件	预选路由经过穿过近岸潮滩和西洋深槽，经过瓢儿沙、三丫子、亮月沙、东沙、太平沙、大小北槽、毛竹沙之间海域，地形总体上起伏多变。	预选路由经过近岸潮滩和西洋深槽，经过瓢儿沙、三丫子、亮月沙、东沙、大小北槽、麻菜珩、陈家坞槽以及毛竹沙之间海域，地形总体上起伏多变。	预选路由经过近岸潮滩和西洋深槽，经过瓢儿沙、三丫子、亮月沙、东沙、小北槽、麻菜珩、陈家坞槽以及毛竹沙之间海域，地形总体上起伏多变。
底质类型	方案一路由底质类型包括粉砂、砂质粉砂、细砂和粉砂质砂，主要以细砂为主。	与方案一相同	与方案一相同
海洋开发活动	1.预选路由方案一位于大丰港区布置规划的水域及陆域范围之外。距离大丰港进港航道很近，最近距离约3km。预选路由方案一位于锚地区以南，相距较远。	预选路由方案二位于大丰港区布置规划的水域及陆域范围之外。距离大丰港进港航道很近，最近距离约3km。预选路由方案二位于锚地区以南，相距较远。	与方案二相同
	2.预选路由方案一避开了盐城湿地珍禽国家级保护区。预选路由区远离麋鹿保护区。	预选路由方案二避开了盐城湿地珍禽国家级保护区。预选路由区远离麋鹿保护区核心区。	与方案二相同
	3.预选路由方案一与未来风电规划布局无交越	与方案一相同	预选路由方案三与龙源一期大丰H12送出海缆交越。
生态红线区	预选路由方案一避开了生态红线区。	预选路由方案二穿越了“东沙泥螺角蛤种质资源保护区”和“麻菜珩领海基点保护区”	预选路由方案三穿越了“东沙泥螺角蛤种质资源保护区”



图 13.5-9 预选路由与大丰港规划水域位置关系示意图

13.5.6 用海方式合理性

本工程包括风机、海底电缆、海上升压站、海上换流站、陆上换流站和引桥。风机、海上升压站、海上换流站、陆上换流站和引桥的用海方式为透水构筑物用海，海底电缆的用海方式是海底电缆管道。

本项目风机、海上升压站、海上换流站、陆上换流站和引桥均采用桩基础结构，通过调整桩长使得桩基达到同一持力层，可保证结构受力均匀，使用期结构沉降变形较小，而且桩基础占海面积较小，整个风电场属于透空性结构，波浪反射小，对潮流影响小，透水构筑物的用海方式可使海水正常通过，减小了对海床原有自然属性的改变，是一种影响较小的用海方式。

工程建设后，由于桩基的存在，会导致局部流态的改变。由于桩基尺度较小，阻水效应有限，与工程建设前相比，工程建设后，大、小潮流态没有发生明显变化，即工程建设对大范围流场影响甚微，对流场的影响仅局限于桩基局部范围内。工程建设前后床面冲淤强度大值主要集中在桩基周围及相邻风机之间区域，其他地方的冲淤强度较小。因此，总体来看，风电场的建设对周边海域水动力和冲淤环境的影响较小。

本项目海底电缆施工时候会引起周边海域悬浮物浓度的增加。根据数模计算结果，全潮期电缆沟槽施工期悬浮物增量值大于 20mg/L 的最大影响面积为 100.79km²，大于 10mg/L 的最大影响面积为 200.16km²。电缆施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后 0.5~2.0h，人为增加的悬浮物浓度将迅速衰减，直至为降低至本底值。因此，施工作业产生的悬浮物对水环境的影响只是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。此外，海底电缆不改变海域自然属性，利用海底电缆输电的方式对海洋资源进行立体开发，充分利用了海底空间资源，其用海方式也是合理的。

综上所述，本项目采取的用海方式对周边海域环境的影响可以接受，因此，本项目用海方式合理。

13.5.7 施工布置合理性

本工程大部分施工活动在海上进行，但施工中配套的设施与辅助工作均需要在陆域平稳的环境下进行，根据海上风电工程的施工经验，需要选择一陆上施工基地作为本工程的施工场地，承担设备物资与风机部件堆放等工作，并具备水陆转运功能。

本工程共设置2个施工临时布置区，其中1#施工基地设置在陆上换流站以西约6.2km处，海岸线内侧，主要为陆上换流站工程的临时设施，包括临时生活办公设施、堆场、综合加工厂等。2#临时生产生活区设置在大丰港码头后方陆域，主要为风机设备临时堆场、拼装区、各类仓库及生活、办公区。2#临时生产生活区选择租用的方式，减少临时征地与施工期投入。钢桩、导管架等金属结构在南通沿海钢结构厂家码头基地加工制作和堆放，可以直接利用焊接加工厂场地，不另增场地。工程材料等尽量在当地商购。陆上施工基地周边无居民区，对环境影响总体较小。

从施工方案角度来说，为减小海底电缆施工对盐城湿地珍禽国家级自然保护区的影响，本工程在浅水滩涂区域的邻近保护区海缆段对施工方案进行了优化，乘落潮露滩时期采用两栖挖掘机进行电缆沟开挖，敷缆后及时回填，涨潮期不施工。通过该施工方式降低了海缆敷设引起的悬浮物扩散对保护区海洋环境和生物资源的影响。综上所述，从减少占地规模、减少对陆域生态环境的影响、减缓对自然保护区的影响等方面评价，本工程施工布置总体较为合理。

13.6 与“三线一单”的符合性分析

2016年7月原环境保护部印发了《“十三五”环境影响评价改革实施方案》，要求以生态保护红线、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”）为手段，强化空间、总量、准入环境管理，划框子、定规则、查落实、强基础。落实“三线一单”根本目的在于协调好发展与底线关系，确保发展不超载、底线不突破。

2016年10月，原环境保护部印发了《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》（环环评[2016]150号），要求切实加强环境影响评价管理，强化“三线一单”约束作用。

《通知》中强调：生态保护红线是生态空间范围内具有特殊重要生态功能必须实行强制性严格保护的区域。相关规划环评应将生态空间管控作为重要内容，规划区域涉及生态保护红线的，在规划环评结论和审查意见中应落实生态保护红线的管理要求，提出相应对策措施。除受自然条件限制、确实无法避让的铁路、公路、航道、防洪、管道、干渠、通讯、输变电等重要基础设施项目外，在生态保护红线范围内，严控各类开发建设活动，依法不予审批新建工业项目和矿产开发项目的环评文件。本工程不占用《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》、《江苏省国家级生态保护红线规划》、《江苏省生态红线区域保护规划》和《盐城市生态红线区域保护规划》中确定的生态保护红线，在生态保护红线范围内无任何开发建设活动，工程建设与生态保护红线的生态空间管控要求是相符的。

环境质量底线是国家和地方设置的大气、水和土壤环境质量目标，也是改善环境质量的基准线。有关规划环评应落实区域环境质量目标管理要求，提出区域或者行业污染物排放总量管控建议以及优化区域或行业发展布局、结构和规模的对策措施。项目环评应对照区域环境质量目标，深入分析预测项目建设对环境的影响，强化污染防治措施和污染物排放控制要求。本工程属清洁能源项目，工程建成投运后无大气污染物排放，生活污水和固体废弃物集中收集外运处置，不外排，风机、海上升压站、海上换流站、陆上换流站检修和事故产生的废弃油污染物收集后统一交由有资质单位接收处置，不会对大气、水和土壤环境造成影响。本工程风机、海上升压站及海上换流站基础电化学防腐现阶段采用外加电流阴极保护防腐，工程运行期不会造成海水水质及海洋沉积物影响。因此，本工程建设与不突破环境质量底线的管控要求是相符的。

资源利用上线是各地区能源、水、土地等资源消耗不得突破的“天花板”。相关规划环评应依据有关资源利用上线，对规划实施以及规划内项目的资源开发利用，区分不同行业，从能源资源开发等量或减量替代、开采方式和规模控制、利用效率和保护措施等方面提出建议，为规划编制和审批决策提供重要依

据。本工程为海上风电开发项目，属于可再生能源利用。工程的规模开发可高效利用风能资源，实现对煤炭等化石能源的减量替代，有效减缓了传统火电对环境的影响。工程在开工建设过程中的施工基地部分为租用，部分为临时占地，待施工结束后及时恢复，不占用土地资源。工程在建设过程中会对鱼类、贝类等海洋生物资源造成一定的资源损失，在落实相应的渔业资源修复补偿和增殖放流等生态保护措施后，影响程度可接受。因此，本工程建设与不突破资源利用上线的管控要求是相符的。

环境准入负面清单是基于生态保护红线、环境质量底线和资源利用上线，以清单方式列出的禁止、限制等差别化环境准入条件和要求。要在规划环评清单式管理试点的基础上，从布局选址、资源利用效率、资源配置方式等方面入手，制定环境准入负面清单，充分发挥负面清单对产业发展和项目准入的指导和约束作用。本工程为海上风电场，属于《产业结构调整指导目录（2013年修正）》中的鼓励类的新能源项目。工程选址避开了生态保护红线，其建设能在一定程度上改善江苏省和盐城市的能源结构。工程建设可能对海域自然、生态环境造成一定影响，对海洋生物资源造成一定损失，但在采取生态修复补偿措施和环境保护措施后影响总体可接受。因此，本工程不属于环境准入负面清单中的禁止、限制类项目。

综合上述分析，本工程与“三线一单”的管理要求是相符的。

13.7 环境可接受性分析

13.7.1 污染影响可接受性分析

（1）施工期

施工期水环境影响主要来源于施工悬浮物、施工人员生活污水、船舶含油废水、机修含油废水和混凝土搅拌车冲洗废水，声环境影响主要为施工机械设备和施工打桩噪声，大气环境影响主要为施工扬尘和施工机械废气，固体废物主要为生活垃圾。施工期悬浮物 $\geq 10\text{mg/L}$ 最大扩散范围为 200.16km^2 ，悬浮物对水环境影响有限，施工结束后，悬浮物影响随之消失。海上施工人员生活污水运至岸上

处理，施工生产区采用生活污水处理系统处理后回用于施工区绿化或道路洒水，均不外排。船舶含油污水交由有资质单位处置。机修含油废水均采用隔油沉淀池处理后回用于道路洒水化。混凝土搅拌车冲洗废水采用二级沉淀池处理工艺进行处理后用于本系统拌和用水，沉淀池产生的污泥定期清理外运。

施工期风电场区周围 500m 内无噪声敏感点，海域施工机械噪声不会对区域水上声环境产生明显影响；施工基地周边 200m 范围内均无噪声敏感点，陆上施工噪声的影响不大。风机打桩通过采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。

海上施工区周围无环境敏感点，各类施工机械、船舶产生的废气对海域大气环境影响不大；陆上运输车辆流量小，产生的扬尘对陆域环境空气影响较小；陆域施工机械废气产生量较少，不会对周围空气环境质量产生明显的影响。海上和陆域生活垃圾经收集后由当地环卫部门定时清运。

（2）运行期

工程运行期的主要污染影响为风电机组检修少量含油废水、生活污水、生活垃圾、风机运行噪声和海底电缆电磁影响。风电机组检修产生少量含油废水，由具备资质的专业处理单位收集回用。海上风电场在营运期总体的噪声强度比较低，对海洋鱼类、甲壳类等海洋生物的行为不会带来明显影响。海底电缆产生的工频电场强度和工频磁感应强度很小，基本与当地背景值一致，均能满足 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求，不会对海洋生物产生明显不利的影响。风机运行维护生活污水收集后运至岸上，与陆上换流站生活污水集中外运，不外排。生活垃圾收集后运至岸上并委托当地环卫部门统一处置，对海洋环境无影响。综合以上分析，施工期和运行期在落实各项环境保护措施后，工程建设对周围环境影响有限。

13.7.2 生态环境影响可接受性分析

本工程风机基础打桩避开 4~6 月小黄鱼产卵期和幼鱼索饵期，邻近东沙泥螺四角蛤种质资源保护区段的电缆铺设避开 4~6 月、8~10 月泥螺、四角蛤繁殖敏感期，同时采取增殖放流等生态修复补偿措施；邻近盐城湿地珍禽国家级自

然保护区的滩涂段海缆施工采用乘落潮露滩期干开挖，涨潮期不施工。通过采取上述施工期对自然保护区、种质资源保护区和特别保护物种的针对性保护措施，可减缓本工程建设对海洋生物资源的损失和海洋生态环境的不利影响。

工程风机基础和电缆施工产生的悬浮物、永久占压都将造成海洋生态和渔业资源的损失，但这种影响程度有限，不会对区域生物多样性带来较大影响，通过增殖放流等措施可以减缓对海洋生态损失的影响。工程建设对周边海域海洋生态不足以构成明显影响，对所在海域鱼类“三场一通道”影响较小。

由于本工程场离岸较远，不是鸟类主要栖息和觅食地，施工期间除海缆登陆段对部分鸟类会产生临时性的不利影响，施工区人类活动、交通运输工具、施工机械作业及施工过程中产生的噪声通过施工管理和环保措施的实施对鸟类影响可控；运行期风电场对鸟类的影响主要为鸟类撞击风机影响，目前的研究总体结果表明撞击概率较低，在一般飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率约 0.01%，不会对区域鸟类的数量种类造成明显影响。

本工程实施后对流场的影响有限，影响主要集中在桩基附近水域，距离工程场区较远的地方，几乎不受影响。工程场区及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，在对周围海域环境影响也相应较小。

工程除海缆登陆段施工期间的人为活动和噪声对部分湿地鸟类会产生一定的不利影响外，海缆施工悬浮物、风电场施工期间及运行期间对保护区鸟类、湿地生态系统等主要保护对象均不会产生明显不利的影响。

工程建设对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区生态系统结构及服务功能、保护对象及功能的影响不显著；在落实相关保护和生态修复对策措施的基础上，工程建设对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的影响是可以接受的。工程建设对麻菜珩特别保护海岛和麻菜珩领海基点保护区均不会产生明显不利的影响。

综合以上分析，工程建设对生态环境的影响可通过采取相应的生态环境保护措施予以减缓，在工程的建设和运行过程中通过加强管理，确保生态保护措施落实后，工程建设对生态的影响范围和影响程度均在可接受范围之内。

13.7.3 环境风险影响可接受性分析

工程施工过程中可能会发生船舶碰撞发生溢油事故，本工程针对溢油事故提出了相应的防范措施和应急预案。施工期严格落实风险防范措施、加强管理与应急培训后，可大大降低溢油事故等风险发生的概率，在风险事故发生后，也可采取应急措施从容应对，最大程度降低风险事故影响。运行期还会产生其它的风险事故，主要为海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险，通过预留电缆长度余量、加强管理等措施将环境风险减小到最小。总的来说，在落实风险防范与应急措施后，工程面临的环境风险影响是可以接受的。

14 环境管理与环境监测

14.1 环境管理计划

14.1.1 施工期环境管理

本项目环境管理工作由建设单位、监理单位和施工单位共同承担。

建设单位具体负责和落实从工程施工开始至结束的一系列环境保护管理工作。对施工期工区内的环境保护工作进行检查、落实，协调各有关部门之间的环保工作，并配合地方环保部门共同作好工区的环境保护监督和检查工作。

环境监理单位承担环境保护监理工作，按照国家对建设项目环境保护管理要求，依据环境影响报告书、环境保护设计文件和合同、标书中的有关内容对施工过程中的环境保护工作进行监理，制定具体监理方案，确保落实各项保护措施、实施进度和质量。工程环境保护监理贯穿于项目施工全过程。

海底线缆和风机桩基在施工期产生一定量的悬浮物、生活污水和含油污水废水和其它施工垃圾等，对环境产生一定程度的不利影响，施工单位应严格按照环境保护有关条例规定开展施工活动。主要包括：

(1) 根据工程设计文件中有关环保内容，落实工程的环保措施和各项经费，合理安排施工时间、方式，确保将工程建设对渔业资源和鸟类的影响减到最小；确保施工期间施工废水和生活污水经处理后回用，不外排；合理安排施工方式、时间，确保施工场界噪声达标；保持场地整洁，保证施工机械和车辆废气排放符合国家有关规定；做好施工人员卫生防疫工作。

(2) 委托有资质单位按照有关监测技术规范进行环境监测，定期提供监测数据和分析报告。

14.1.2 运行期环境管理

运行期间，环境管理职能由本海上风电场运营方承担，安排专职人员对风电场运行期环境保护工作统一管理、并配合地方海洋、环保和海事部门共同做好工程运行期环境管理，包括海洋渔业资源、鸟类栖息地补偿、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。项目生产期结束后，做好项目拆除施工的环境保护工作，对拆除造成的环境影响进行必要的修复措施，确保风机拆除不会对海域利用造成影响。

14.2 环境监测计划

本项目施工期和运营期应委托具有相关资质的单位对工程区域海洋环境、生态环境进行监测并提交有效的跟踪监测计量认证分析测试报告。对海洋生态环境的跟踪监测调查要遵循相应的海洋调查规范（GB 12763）和海洋监测规范（GB 17378）。

14.2.1 海水水质、沉积物环境监测

为了解项目施工期悬浮物的污染状况，桩基施工及电缆沟开挖对海洋水质环境的影响，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，评价施工期水质是否满足海水水质标准，为施工期环境管理提供依据，对项目施工期水环境质量进行跟踪监测。同时，为掌握工程运营期对海水水质和沉积物环境的影响，在工程建成运行后对海域水质和沉积物环境进行跟踪监测。

14.2.1.1 范围及站点布设

海水水质及沉积物环境监测范围及站点布设参考本报告书水质、沉积物调查范围及站点布置确定。共设水质站位和沉积物站位 10 个（#1、#2、#7、#11、#13、#16、#17、#21、#22、#25），具体位置见图 5.3-1。

14.2.1.2 监测内容

水质：pH、悬浮物、油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、锌、铜、铅。

沉积物：pH、锌、铜、油类。

14.2.1.3 监测频率和时间

施工期水环境监测进行 2 期，分别在施工期开始后的一周年内的春、秋季实施。工程营运初期（工程建成后 3 年内）每年在春季和秋季各监测 1 次，营运初期共监测 6 次。

14.2.2 水生生物、渔业环境调查

为了解和掌握工程施工海域水生生态、渔业资源的现状；分析、验证和复核本工程对海域生态、渔业资源影响的评价结果；及时反映工程对周围海域生态、渔业资源状况的影响；预测可能的不良趋势，及时提出合理化建议和对策、措施；最终达到保护工程周围海域生物多样性和渔业资源的目的。对项目施工期生态、渔业进行跟踪监测。对项目施工期和营运期生态、渔业进行跟踪监测。

14.2.2.1 监测站位

水生生物、渔业现状监测范围及站点布设参照环评海洋生态及渔业资源现状监测，设水生生物站位 7 个(#1、#2、#7、#11、#13、#22、#25)，潮间带断面 3 条(T1、T2、T3)，渔业资源站位 7 个(#1、#2、#7、#11、#13、#22、#25)，具体位置见图 5.3-1。

14.2.2.2 监测内容

(1) 水生生物

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物定量调查和（阿氏拖网）定性调查、潮间带生物定量调查和（大面调查）定性调查。

(2) 渔业资源

调查鱼卵、仔鱼种类组成、数量分布；渔获物种类组成；渔获物生物学特征；优势种分布；渔获量分布和现存相对资源密度。监测频率和时间

施工期水生生物、渔业跟踪监测进行 2 次，分别在施工期开始后的一年内的春、秋季实施，与海水水质、沉积物监测同步进行；工程营运初期（工程建成后 3 年内）每年在春季和秋季各监测 1 次，营运初期共监测 6 次。

14.2.3 水下噪声监测

为具体了解本项目风机水下噪声影响，在海上风电场施工期和营运期开展水下噪声监测。

14.2.3.1 监测时间及布点

在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行水下噪声测量。在距离风电场单个风机约 100m 处监测水下辐射噪声。同时应在距离风电场外部界限 3-4km 处进行水下背景噪声和风电噪声的综合测量。

14.2.3.2 监测内容

噪声频带有效声压级 (dB re 1 μ Pa)；噪声声压谱（密度）级；分析水下噪声时-频特性；同时测量风机营运在空气中的辐射噪声。

14.2.3.3 监测频率和时间

水下噪声监测进行 2 次，分别在桩基基础施工期间，风电场运营开始后的一周年内的监测 1 次。桩基基础施工期监测打桩水下噪声，风电场运营后监测风机水下噪声，并进行水下噪声对生态影响跟踪评价。

14.2.4 电磁环境监测

为具体了解本项目海缆及风机运行产生的电磁场对海洋生物的影响，在海上风电场施工期和营运期开展电磁环境监测。

14.2.4.1 监测时间及布点

在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行电磁辐射监测。在陆上换流站、320kV 海缆登陆点附近各设置 1 个点进行监测。

14.2.4.2 监测内容

工频电场强度、工频磁场强度、合成电场强度。

14.2.4.3 监测频率和时间

电磁环境监测进行 2 次，风电场运营开始后的两年内每年监测 1 次。

14.2.5 鸟情及其栖息地观测

为了解工程施工及运营期对区域鸟类种类组成、数量、栖息地生境及鸟类迁徙、觅食、繁殖等行为活动的影响，在工程施工期和运营期开展鸟情及其栖息地观测。

14.2.5.1 观测内容

（1）鸟类群落特征

包括工程建设区及邻近地区鸟类的种类组成、数量、分布以及迁徙、迁飞特征、穿越风电场、与风机发生撞击的情况等。

（2）栖息地生境特征

包括植被、饵料动物的种类、数量以及分布情况的变化；滩涂淤涨情况；鸟类适宜生境面积的变化等。

14.2.5.2 观测方法与频率

鸟类调查采用路线调查和定点观测相结合的方法进行观测。植被和饵料生物调查，主要采用样方法结合随机采样方法进行。滩涂淤涨情况可以采用定标志杆与遥感分析相结合的方法进行。

施工期鸟类及栖息地观测进行 2 次，分别在施工期开始后的一年内的春、秋季实施；在工程运营初期（工程建成运行后 3 年内），加强对区域鸟情、滩涂淤涨变化、鸟类与风机撞击情况的观测研究，每年在春、秋季各观测 1 次，运营初期共观测 6 次。

14.2.6 流场、局部冲刷

为了解和掌握工程建设对局部流场的影响，和风机墩柱局部冲刷情况，并保证风机运行安全，同时为检验本次评价预测的准确程度，要求在工程投运后 5

年内对风电场海域潮流场及海床冲淤状况进行调查监测，监测内容为：工程运行后 5 年内对风机墩柱局部冲刷情况进行调查，调查包括冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数；进行风电场海域的滩面监测，掌握潮沟摆动的动向。在以上调查研究结果的基础上，若有必要，应对风电场海域风机墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加测。

15 工程生态用海方案分析

15.1 用海布局优化

本工程在前期规划、预可行性研究及可行性研究阶段已综合海洋、航运、环境保护、部队军事等要求对风机布置进行了多次优化调整。本工程用海包括风电机组基础建设用海、35kV/220kV 海缆用海、海上换流站与陆上换流站之间直流海缆用海和海上升压平台用海。工程总用海面积 459.4692 公顷。

本工程周边规划有多个风电场。本场区周边同时有 H8-1#（200MW）、H9#（200MW）、H15#（200MW）三个风电场，本项目装机容量为 300MW，风电场选址主要结合江苏省盐城大丰区海域海洋开发现状和规划的具体情况，根据规划选址区域的风能资源、并网条件、交通运输和施工安装条件、装机规模、水文和地质条件、社会经济和环境保护要求等多方面因素进行选址，风电机组基础建设用海主要根据风电场区域风能资源进行布局，充分利用风电场主风向（主风向为 ESE 和 SE）进行布置，合理选择风力发电机组间距，尽量减少风力发电机组间尾流影响，在规划风电场范围内按东西方向成排进行风机布置，拟定多个风电机组布置方案，分析不同间距时风电场发电量的变化趋势，同时将风电场整体尾流影响控制在合理的范围内，最终风电场共布置 48 台 6.3MW 风电机组，列距 900m~1800m，行距 1650m。

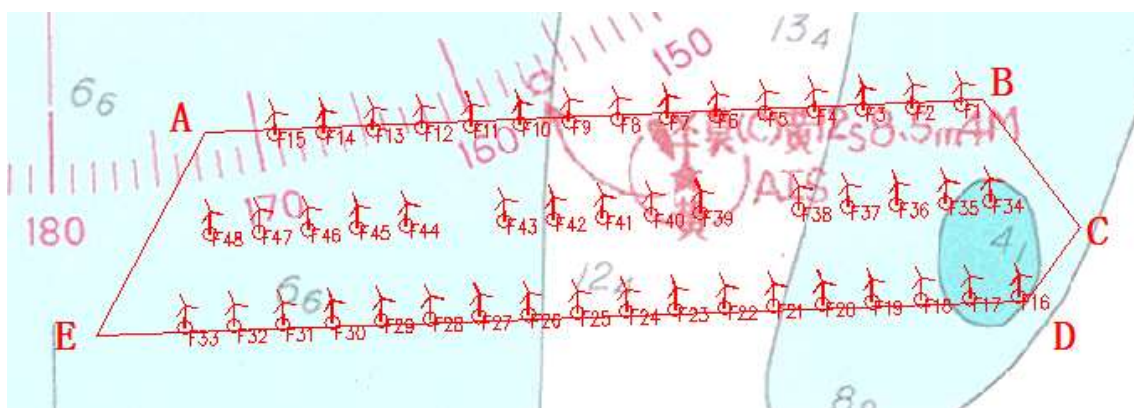


图 15.1-1 基于 WTG-4 的最优风机布置方案示意图

海缆路由布置根据风电场布置进行布局，采用 4 台风电机为一个联合单元接

线方式，共设置 12 回 35kV 集电线路。220kV 海上升压站用海结合风电场布置和海缆布置考虑，设置在 7#、8#、40#、41#风机之间，海上换流站结合海上升压站及风电场布置考虑，设置于海上升压站北侧。

根据《海上风电开发建设管理办法》（国能新能[2016]394 号），海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。本工程风电场属于江苏省海洋功能区划和盐城市海洋功能区划中的海上风电兼容区。风电场离岸超过 10km，所在海域滩涂宽度未超过 10km。工程 220kV 送出海缆虽然穿越东沙泥螺四角蛤种质资源保护区，但风电场并未占用海洋自然保护区、海洋特别保护区等生态敏感区和生态红线区，符合用海要求。

根据《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范[2016]6 号），海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右。本工程风电场总容量 30 万千瓦，场区规划面积 48 km²，符合国家海洋局规定的用海控制要求。

另外项目选址选线时充分考虑了生态环境敏感目标的分布，对周边生态环境影响不大。总体上，项目周边海域不涉及珍稀濒危动植物物种，不影响重要渔业的三场一通道，海域总体生态环境较好，项目选址符合环境和生态保护要求，可减少了对渔业资源、鸟类的影响，具有较高的环境合理性。

15.2 岸线利用与保护

本工程风电场布置于近海海域，风电场建设不占用现有岸线，也不形成新的岸线。工程 320kV 直流海底电缆自海上换流站向西南经过西洋深槽后，在大丰竹港河口以北的海堤上登陆，不对现有人工岸线造成破坏。

15.3 污染排放与控制

风电场施工期生产废水主要包括钢结构加工基地废水等，生产废水经处理达到相应回用水标准后回用，生活污水经处理达标后排放定期清运，均不外排；船舶含油废水交由资质单位处理，船舶生活污水运至岸上处置，施工生产区机修含油废水采用隔油沉淀池处理后回用场地洒水，不外排；混凝土搅拌车冲洗废水采用二级沉淀池处理工艺处理后回用。施工期施工船舶产生的生活垃圾不弃于海中，集中收集后，待船靠码头时送至岸上与岸上生活垃圾一起委托当地环卫部门清理。对周围海域环境影响较小。

工程运行期产生的污染物主要为设备检修产生的废油、废蓄电池以及管理人员生活污水和生活垃圾等，产生量均较小，且运行期建设、运行单位将委托相关有资质单位统一收集外运处置，不会增加海域污染负荷。因此项目建设可满足《国家海洋局关于进一步加强海洋工程建设项目和区域建设用海规划环境保护有关工作的通知》中项目零污染、增产不增污的要求。

15.4 生态修复与补偿

根据工程建设方案，工程将永久占用一定面积的底栖和潮间带生境，且工程建设过程中，产生的悬浮物影响也会减弱浮游植物光合作用能力，在一定程度上影响水域的初级生产能力，并导致海域中浮游动物数量的减少，以及造成渔业资源的损失。

为弥补工程建设所造成的生态损失，减缓对海域的渔业资源造成的影响，建设单位应将本建设项目造成的生态损失补偿经费纳入工程投资预算中。从已有的渔业资源的人工增殖放流的成功经验来看，在本工程海域附近有选择地实施人工增殖的生态恢复措施在技术上还是资金投入上均是可行的。根据《江苏省水生生物资源增殖放流工作规范(试行)》，盐城市海洋与渔业局指导全市渔业资源增殖放流工作，县级渔业主管部门负责本行政区域内渔业资源增殖放流的组织、协调和监督管理。种苗供应单位须具有市级或市级以上水产原(良)种(繁育)场(基地)资

质。本工程建成后，具体放流数量、时间、地点及放流品种等应按照江苏省、盐城市海洋与渔业主管部门的增殖放流计划并结合本工程的建设实际情况，与当地海洋渔业主管部门协商予以确定。在采取生态修复补偿措施后，工程建设对海域生态环境影响不大。

根据《三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场工程对吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告送审稿》，本工程实施不可避免地会对保护区海洋生态和渔业资源造成损害，同时对小黄鱼、银鲳和海洋渔业资源生物造成一定的损害。为了使海上风电开发与渔业生态环境和生物资源养护协调可持续发展，建议施工单位在施工和生产过程中，应积极采取有效措施，尽可能地减少对海洋渔业生态环境和渔业资源的危害程度，以达到企业发展与渔业环境两者兼顾的目的。根据专题中评估的渔业生物资源损失进行经济补偿，该补偿费用纳入环保投资。并依据国家环保总局环发〔2007〕130号《关于开展生态补偿试点工作的指导意见》，对工程建设造成的海洋生物资源损失进行生态补偿，定期开展增殖放流。

同时为保护当地渔业生态环境和增殖渔业资源，建设方应在保护区管理机构和当地渔业主管部门指导下，开展小黄鱼、银鲳等渔业资源增殖放流生态补偿措施，建议在保护区内一次性完成放流。在放流之前，应委托有相关资质的单位制定具体的增殖放流和生态修复等实施方案。

15.5 跟踪监测及监测能力建设

为了解工程建设对工程海域海洋水质、沉积物和海洋生态环境的影响，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，为施工期和今后长期环境监管提供依据，本工程拟对工程施工期及运行期进行跟踪监测，并根据跟踪监测的结果进一步采取相应的保护措施。跟踪监测的内容主要包括水环境质量、海洋生态环境监测、渔业资源调查、冲淤观测、陆域施工环境监测等内容。在工程建设及运行期间，建设单位应委托有相应资质的监测单位，按照本报告相关要求，开展上述跟踪监测工作，并编制跟踪监测报告。

16 结论与建议

16.1 工程分析

16.1.1 工程概况

风电场场址面积总面积 3059km²，风电场拟安装单机容量 6.3MW 的风力发电机组 48 台，规划装机容量 300MW，实际装机总容量 302MW。设一座 220kV 海上交流升压站、一座海上换流站及一座陆上换流站，海上换流站规模按 920MVA 设计，陆上换流站规模按 920MW 设计。所发电能汇集至海上交流升压站 35kV 母线，经主变升压至 220kV，采用 1 回 220kV 交流海底电缆接至场区附近的±320kV 海上直流换流站。所有电能经海上换流站整流后采用 2 根 320kV 直流海底电缆登陆接至陆上换流站，经陆上换流站逆变后采用 2 回 220kV 线路接入系统侧 500kV。本工程 35kV 海缆总长 70.45km，220kV 海缆总长 2.3km，320kV 海缆共两根，单根长度为 124.5km。年上网电量为 87890.4 万 kWh。

16.1.2 各阶段环境影响分析

16.1.2.1 施工期

本项目施工期主要环境影响为风机、升压站和换流站桩基施工和电缆沟开挖施工导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境，并由此可能对工程海域海洋生态环境（底栖生物和浮游动、植物）和渔业资源造成一定损害，海上施工作业也对工程海域渔业生产产生一定影响。同时，施工活动的侵扰会对临近的鸟类栖息地和觅食的鸟类产生一定影响。施工过程中产生的施工污废水、废气、扬尘、施工噪声和固体废弃物可能对工程区域环境质量造成一定污染。

16.1.2.2 运行期

本项目为风力发电项目，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、废水和灰渣等污染排放源，对环境的影响主要表现在：（1）风机墩柱对局部海底地形和潮流场的影响；

(2) 底流在钢管桩周围产生涡流, 将海底泥沙搅动悬浮带走, 对工程区域的冲淤情况的影响; (3) 风机运转存在与邻近区域栖息、觅食鸟类和迁徙飞行鸟类发生碰撞的可能性; (4) 风电场建设造成渔业生产海域面积减小, 降低渔业捕捞量, 对渔民生活的产生一定影响; (5) 风机运行水下噪声影响海域哺乳动物及部分鱼类栖息、觅食; (6) 风机周围海域通航环境的可能产生一定影响影响; (7) 风机及升压站运行噪声及电磁场对周围声环境和电磁场环境产生影响; (8) 风机对所在海域景观环境质量的影响; (9) 风电场管理人员生活污水和生活垃圾排放对陆域环境质量的影响。

16.2 环境现状

16.2.1 水文水动力环境

16.2.1.1 潮汐水流条件

(1) 潮汐类型

工程海域潮流性质属规则半日潮, 在近岸及沙脊水道中, 潮流日不等现象比较明显。海区的潮流特征与地形密切相关, 基本特征是以弶港为中心的各条潮汐通道内的辐聚—辐射的往复流, 潮流流速较大, 属强潮流区。涨、落急一般出现在半潮面附近, 憩流一般出现在高、低潮附近。平均落潮历时比涨潮历时长约半小时。

(2) 实测海流

观测海域水域潮流运动形式以往复流为主。涨、落急一般出现在半潮面附近, 憩流一般出现在高、低潮附近。冬季调查期间测站平均流速为 $0.40\text{m/s} \sim 0.58\text{m/s}$, 夏季调查期间测站平均流速为 $0.34\text{m/s} \sim 0.98\text{cm/s}$ 。

(3) 余流

冬季调查期间各测站垂向平均余流介于 $0.01 \sim 0.15\text{m/s}$ 之间。夏季调查期间的余流大于冬季, 夏季调查期间各测站大潮期间各站的垂向平均余流介于 $0.05 \sim 0.36\text{m/s}$ 之间, 中潮期间余流大于小潮、大潮又大于中潮。同样呈现从表层至底层递减的趋势。

16.2.1.2 悬沙

冬季调查期间测区平均含沙量为 0.531kg/m^3 ，其中小、中、大潮期间平均含沙量分别为 0.435kg/m^3 、 0.579kg/m^3 和 0.579kg/m^3 ，各站垂向平均含沙量日均值在 $0.366\sim 0.666\text{kg/m}^3$ 之间。

夏季调查期间测区平均含沙量为 0.258kg/m^3 ，其中小、中、大潮期间平均含沙量分别为 0.115kg/m^3 、 0.324kg/m^3 和 0.336kg/m^3 ，各站垂向平均含沙量日均值在 $0.073\sim 0.448\text{kg/m}^3$ 之间。测区悬沙的主要粒级为 $0.002\sim 0.032\text{mm}$ ，核心粒级为 $0.004\sim 0.016\text{mm}$ 。悬沙组成以粉砂为主体，其次是粘土。调查采样区表层沉积物较粗，中值粒径在 $15.32\mu\text{m}\sim 198.96\mu\text{m}$ 之间，其平均值为 $88.13\mu\text{m}$ ，深槽部位底质颗粒较细，浅滩部位较粗。

16.2.2 地形地貌与冲淤环境

拟建场址位于江苏辐射沙洲毛竹沙沙洲北侧海域，左侧为陈家坞槽，右侧为草米树洋海域。岸外发育的辐射沙洲是现代江苏海岸的显著特征，竹根沙自北向南淤涨；条子泥南北均表现为蚀退，北侧蚀退强烈，南侧有轻微蚀退现象，局部有零星堆积现象。场区西部大部分区域较为平坦，冲淤变化幅度较小；场区中部存在一处宽约 4.4km 的海槽，其西边界区域整体淤积，东边界整体冲刷，海槽有东移动的趋势；场区东部区域则以冲刷为主。

16.2.3 环境质量

16.2.3.1 海洋水质

2018 年春季调查海域中 pH、溶解氧、锌、镉、铬、汞、砷、硫化物均符合第一类海水水质标准。

化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮和石油类均有超第一类海水的站位。表层化学需氧量均符合第一类海水水质标准，底层化学需氧量符合第一类和第二类海水水质的比例分别为 90.00% 、 10.00% ；全部站位表、底层挥发酚均为未检出，符合第一（二）类；石油类符合第一（二）类、第三类海水水质的比例为 97.22% 、 2.78% ；表层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类和第四类海水水质的比例分

别为 22.22%、41.67%和 36.11%，底层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类和第四类海水水质的比例分别为 20.00%、45.00%和 35.00%；表层无机氮符合第一类、第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 2.78%、8.33%、22.22%、33.33%和 33.33%，底层无机氮符合第一类、第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 5.00%、15.00%、25.00%、30.00%和 25.00%；表层铜符合一类、二类海水水质的比例分别为 94.44%、5.56%，底层铜符合一类、二类海水水质的比例分别为 90.00%、10.00%；表层铅符合一类、二类海水水质的比例分别为 94.44%、5.56%，底层铅符合一类、二类海水水质的比例分别为 95.00%、5.00%。

2018 年秋季调查海域中 pH、溶解氧、化学需氧量、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷均符合第一类海水水质标准；全部站位表、底层挥发酚和石油类均符合第一（二）类，氰化物均为未检出。活性磷酸盐、无机氮均有超第一类海水的站位。

表层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类海水水质的比例分别为 90.91%和 9.09%，仅在 1 号、17 号站位出现第二（三）类海水；底层活性磷酸盐符合第一类、第二（三）类海水水质的比例分别为 93.75%和 6.25%，仅在 1 号站位出现第二（三）类海水。

表层无机氮均超第一类海水水质标准，符合第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 13.64%、45.45%、13.64%和 27.27%，底层无机氮均超第一类海水水质标准，符合第二类、第三类、第四类和劣四类海水水质的比例分别为 25%、50%、6.25%和 18.75%。

16.2.3.2 沉积物质量

2018 年秋季调查海域沉积物质量均符合一类标准。

16.2.3.3 海域生态环境质量

（1）叶绿素 a

2018 年春季调查海域叶绿素 a 表层范围为（0.248~4.75） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.86 $\mu\text{g/L}$ ；底层范围为（0.270~4.75） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.53 $\mu\text{g/L}$ 。最小值出现在 18

号站位表层和 21 号底层，最大值出现在 26 号站位表层和 32 号站位底层。

2018 年秋季调查海域叶绿素 a 表层范围为 (0.395~1.16) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.72 $\mu\text{g/L}$ ；底层范围为 (0.296~1.26) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.682 $\mu\text{g/L}$ 。表、底层叶绿素 a 在调查海域中部靠南出现一个相对高值区。

(2) 浮游植物

2018 年春季调查海域浮游植物的密度范围为 $5.647 \times 10^2 \sim 4.212 \times 10^5 \text{ ind./m}^3$ ，平均值为 $1.008 \times 10^5 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年秋季调查海域浮游植物水样的密度范围为 $0.919 \times 10^4 \sim 1.589 \times 10^5 \text{ ind./L}$ ，平均值为 $5.144 \times 10^4 \text{ ind./L}$ ，14 号站位密度最大，10 号站位密度最小，水样的密度各站位差异略大。

2018 年春季整个调查海域浮游植物的多样性指数均值为 1.737，均匀度均值为 0.552，丰富度均值为 0.627。2018 年秋季整个调查海域浮游植物瓶采水样的多样性指数均值为 3.54，均匀度均值为 0.80，丰富度均值为 1.37。

(3) 浮游动物

2018 年春季调查海域共鉴定 I 型网浮游动物 9 大类 33 种，II 型网采浮游动物 7 大类 24 种。I 型网采浮游动物平均重量密度为 0.082 g/m^3 ，平均数量密度为 111.4 ind./m^3 ，多样性指数均值为 1.464；II 型网采浮游动物平均数量密度为 $2.575 \times 10^3 \text{ ind./m}^3$ ，平均重量密度为 0.217 g/m^3 ，多样性指数均值为 1.625。

2018 年秋季调查海域共鉴定到浮游动物 25 种，共包括 4 个类群。I 型网生物量范围在 0.00 $\text{mg/m}^3 \sim 67.7 \text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 15.8 mg/m^3 ；网生物多样性指数的分布范围为 0.00~2.29，平均值为 1.35；丰富度指数为 0.00~1.55，平均值为 0.85。II 型网采浮游动物的多样性指数均值为 1.625，均匀度均值为 0.617，丰富度均值为 0.890；网生物量范围在 5.9 $\text{mg/m}^3 \sim 56.6 \text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 30.9 mg/m^3 。

(4) 底栖生物

2018 年春季调查海域定性和定量共鉴定 6 大类 21 种底栖生物，底栖生物栖息密度范围为 0.000~40.0 ind./m^2 ，平均值为 5.1 ind./m^2 ；质量密度范围为 0.000~2.946 g/m^2 ，平均值为 0.320 g/m^2 ，生物量最大的站位主要是 26 号站位。

2018 年秋季调查海域定量采集只鉴定底栖生物 5 种，其中软体动物 3 种，

星虫动物 1 种，纽形动物 1 种。底栖生物栖息密度范围为 $0\sim 30\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均值为 $19\text{ind}/\text{m}^2$ ；生物量范围为 $0\sim 12.111\text{g}/\text{m}^2$ ，平均值为 $1.829\text{g}/\text{m}^2$ 。底栖动物数量特征的多样性指数均值为 0.460，均匀度均值为 0.381，丰富度均值为 0.134。

(5) 潮间带生物

2018 年春季调查海域 3 条断面定性与定量样品共鉴定潮间带生物 3 门类 10 属 10 种，其中软体动物最多，有 8 属 8 种，占总种数的 80.00%；腕足类 1 属 1 种，占总种数的 10.00%；甲壳类 1 属 1 种，占总种数的 10.00%。潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 $93.8\text{ind}/\text{m}^2$ 和 $71.42\text{g}/\text{m}^2$ 。

2018 年秋季调查海域 3 个断面共鉴定潮间带生物 3 门 12 属 13 种，其中环节动物 2 种，软体动物 9 种，甲壳动物 2 种。3 个断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 $25\text{ind}/\text{m}^2$ 和 $19.8\text{g}/\text{m}^2$ 。

(6) 生物体质量

2018 年春季通过调查结果显示所测 6 个站位 4 个生物种类质量中的铜、锌、铅、镉、总汞、砷均符合相应的生物质量标准；Y2 号和 Y7 号站位的睛尾蝌蚪鰕虎鱼、Y5 号和 Y8 号站位的矛尾鰕虎鱼以及 Y8 号站位的三疣梭子蟹的石油烃符合相应的生物质量标准；其余站位的花鲈、三疣梭子蟹体内的石油烃均超标。

2018 年秋季通过调查结果显示所测 8 个站位 3 个生物种类质量中的铜、锌、铅、镉、铬、总汞、砷、石油类均符合相应的生物质量标准。

16.2.4 海洋渔业资源

16.2.4.1 鱼卵、仔稚鱼

2018 年春季调查共采集到水平鱼卵 280 粒，种类 4 种，隶属于 4 科 4 种，优势种为鲷科 sp. 和小黄鱼；垂直鱼卵仅有小黄鱼鱼卵 1 粒，垂直鱼卵的平均密度为 $0.02\text{ind}/\text{m}^3$ 。采集到水平仔稚鱼 119 尾，种类 4 种，隶属于 4 科 4 种，优势种为方氏锦鲷，垂直仔稚鱼仅有方氏锦鲷 1 种，垂直仔稚鱼的站点密度均值为 $0.108\text{ind}/\text{m}^3$ 。

2018 年春季两次调查采集到水平仔稚鱼 119 尾，种类 4 种，隶属于 4 科 4 种，分别为鲷科的鲈（2 尾）、鲈科的中国花鲈（10 尾）、锦鲷科的方氏锦鲷（106

尾)和玉筋鱼科的玉筋鱼(1尾)。

2018年秋季调查海域水平采样和垂直共采集到仔鱼2种,分别为银鱼和凤鲚。水平定性采样所有站位未采到鱼卵和仔鱼。2018年秋季调查海域进行定量采集时14个站位共发现鱼类2种3尾,为银鱼和凤鲚仔鱼,其重量为6.4mg。折算其生物量密度为 $0.2\text{ind}/\text{m}^3$,生物量为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。2018年秋季调查海域在定量采集所有14个站位仅有2个站位发现仔鱼2种共3尾,其中12个站位的采样数为0,故其丰富度均值和多样性指数均值无法统计。

16.2.4.2 游泳动物

2018年春季调查海域共捕获游泳动物3大类62种。调查范围内未监测到珍稀濒危保护生物物种及特别保护的海洋生物物种,也未监测到海洋哺乳动物。调查海域渔业资源平均资源生物量为 $183.31\text{kg}/\text{km}^2$,平均资源密度为 1.96×10^4 尾/ km^2 。优势种为葛氏长臂虾、日本鼓虾、三疣梭子蟹、细巧仿对虾和中国花鲈。调查海域数量多样性指数平均为1.956。

2018年秋季调查海域共采集游泳动物3大类30种,其中软体动物1种,节肢动物8种,鱼类21种。调查范围内未监测到珍稀濒危保护生物物种及特别保护的海洋生物物种,也未监测到海洋哺乳动物。

2018年春季调查海域渔业资源密度范围为 $2.720\times 10^2\sim 1.910\times 10^3\text{ind}/(\text{网}\cdot\text{h})$,平均值为 $7.700\times 10^2\text{ind}/(\text{网}\cdot\text{h})$,Y21号站位最少,Y15号站位最多;生物量范围为 $2.609\times 10^3\sim 3.049\times 10^4\text{g}/(\text{网}\cdot\text{h})$,平均值为 $7.600\times 10^3\text{g}/(\text{网}\cdot\text{h})$,Y21号站位生物量最高,Y6号站位最少。

2018年秋季调查海域14个站位游泳动物数量密度范围为 $62\sim 1634\text{ind}/(\text{网}\cdot\text{h})$,平均值为 $672\text{ind}/(\text{网}\cdot\text{h})$,6号站位数量密度最高,14号站位数量密度最小;生物量范围为 $3378.4\sim 12927.2\text{g}/(\text{网}\cdot\text{h})$,平均值为 $7480.4\text{g}/(\text{网}\cdot\text{h})$,15号站位生物量最高,14号站位生物量最小。

16.2.5 鸟类及陆生动物资源

16.2.5.1 邻近陆域生境现状

根据补充调研结果，在项目邻近海岸区域，在 A 区域为大丰港，包括石化码头，沿岸基本为水泥驳岸，只在部分区域（DA2）有自然滩涂分布，主要植被类型为互花米草（*Spartina alterniflora*）群落。在 B 和 C 区域，堤外滩涂基本被圈围成为养殖鱼塘，部分区域分布有自然植被分布的高等植物种类有互花米草（*Spartina alterniflora*）、芦苇（*Phragmites australis*）、盐地碱蓬（*Suaeda salsa*）、灰绿碱蓬（*Suaeda glauca*）、獐茅（*Aeluropus littoralis* var. *sinensis*）、糙叶苔草（*Carex scabrifolia*）、拂子茅（*Calamagrostis epigeios*）、白茅（*Imperata cylindrica*）、罗布麻（*Apocynum venetum*）、扁秆镰草（*Scirpus planiculm*）等。沿高潮滩的海堤防护林主要为洋槐（*Robinia pseudoacacia*），林下为自然分布的草本植物，包括狗尾草（*Setaria viridis*）、葎草（*Humulus scandens*）等。

16.2.5.2 工程区及周边地区鸟类

大丰海上风电场沿岸陆域于 2017 年 6 月至 2018 年 5 月累计共记录鸟类 141 种，分属 15 目 39 科，其中，雀形目（*Passeriformes*）鸟类种类最多；数量上则以鸽形目、鸥形目、雀形目和鸛形目的鸟类占优此外，斑嘴鸭也是该区域较为常见的鸟种。

2017 年 6 月至 2018 年 5 月间工程周边海域的四个季度共记录到鸟类 17 种，工程周边海域鸟类以鸽形目、鸥形目居多；鸟类个体数量则以鸥形目为主。主要优势种春季主要为白翅浮鸥、须浮鸥和环颈鸛；夏季和秋季主要为须浮鸥和白翅浮鸥；而冬季则主要为织女银鸥、蒙古银鸥和灰林银鸥。根据 2017 年 6 月-2018 年 5 月调查资料，陆域调查中记录有国家一级保护动物 3 种 54 只，而在海域调查中未记录到国家重点保护鸟种。

2018 年 10 月现场补充调查，共记录鸟类 25 种，如表 5.8-4 所示，均为已有资料中有记录的鸟类，未发现国家重点保护鸟类。主要优势种为鸛形目鹭科鸟类。其中，陆域记录鸟类 22 种，风电场周边海域记录鸟类 4 种，而风电场区域只记录海鸥 1 种。从数量对比来看，陆域：周边海域：风电场区域接近 100：5：1，

随着离岸距离的增加鸟类种类、数量均明显减少。陆上换流站建设区靠近 DA1 站点，邻近石化码头，鸟类分布数量较少，只记录有个别白鹭分布。

16.2.6 声环境、电磁环境及环境空气

(1) 水下噪声

从调查结果可知，该海域的海洋背景噪声随着频率的上升而了降，在 10-1000Hzr 的动态变化范围可达 40dB 以上，最高声压级出现在 25H，其平均值为 114±2dB 在 100Hz 频率点的声压谱级平均为 103±2.7dB，500Hz 频率点的声压谱级平均为 91±3.1dB，1KHz 频率点的声压谱级平均为 86±3.6dB，2KHz 频率点的声压谱级平均为 83±4dB。

(2) 陆域声环境质量现状

由于本工程陆上施工基地距离龙源江苏大丰(H4)300MW 海上风电项目施工基地较近，引用龙源江苏大丰(H4)300MW 海上风电项目陆上集控中心监测结果，其厂界昼间噪声值在 50.2~53.7dB 之间，夜间噪声值为 48.4dB~52.3dB；登陆点昼间噪声值为 50.5dB，夜间噪声值为 42.4dB；均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)3 类标准

(3) 电磁环境现状

由于本工程陆上施工基地距离龙源江苏大丰(H4)300MW 海上风电项目施工基地较近，引用龙源江苏大丰(H4)300MW 海上风电项目陆上集控中心及登陆点监测结果。数据表明，陆上集控中心所在区域工频电场强度在 $1.364 \times 10 \sim 389.9 \times 10$ (kV/m) 之间，工频磁感应强度在 0.0156~0.1343 μ T 之间，监测结果均满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014) 中规定的电磁环境控制限值工频电场强度 4kV/m 工频磁感应强度 100 μ T 要求。220kV 海缆登陆点工频电场强度为 3.79×10 kV/m，工频磁感应强度在 0.018 μ T 之间，监测结果均满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中规定的电磁环境控制限值工频电场强度 4kV/m 工频磁感应强度 100 μ T 要求。

16.3 主要环境影响预测

16.3.1 水文水动力环境

(1) 从流速差值等值线图可以看出，风电场建设对工程海域的潮流影响以流速减小为主，其中风机桩基附近的流速减小幅度基本在10 cm/s左右，而风电场周边海域流速变化幅度基本在2cm/s以下。

(2) 风电场建设对海域的潮流影响主要集中在工程区附近，离风电场工程区越远，潮流影响越小。工程区内流速变化以减小为主，风机桩群对大潮的影响程度总体大于小潮，对涨潮流的影响程度总体大于落潮流。风电场内大潮涨潮时流速变率较大点为邻近风机桩基础的G22，变率为6.17%，其余流速变率均小于5%；风电场内小潮涨潮时流速变率较大点为邻近风机桩基础的G20，变率为5.03%，其余流速变率均小于5%；风电场内落潮时邻近风机桩基础的流速测点的流速变率均小于2%；工程区内流向变化幅度基本在1°以下。

(3) 风电场建设对周边海域的潮流影响很小。根据统计结果，风电场建成后，工程区周边约10km范围的D1~D18点涨、落潮流速变率最大为0.78%，基本在0.5%以下，流向几乎不变。

(4) 总体上，风电场工程的建设对当地的潮流特性影响甚小，工程前后风电场内部的流速有所变化，并以流速减小为主，大潮涨落潮平均流速变率为1.34%；风电场周边海域工程前后的潮流流速流向几乎不变。

16.3.2 水质环境

(1) 施工点周围悬浮泥沙在逐渐沉降的过程中颗粒逐级细化，细颗粒泥沙可随海流输移至更远的海域。人为增加悬浮物高浓度面积较小，而低浓度区的面积相对较大。

(2) 全潮期电缆沟槽施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 16.92km²，大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 42.53km²，大于 20mg/L 的最大可能影响面积为 100.79km²，大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 200.16km²

实际上，悬浮物排放点附近的物质扩散具有明显的三维特性，若采用沿水深平均的二维模式计算，得到排放点远区的扩散范围等结果才具有参考意义。而且，根据电缆的施工方式，采用典型排放点的概化计算模式，得到的悬浮物扩散范围

是保守的，偏于安全。本次悬浮物扩散的影响范围以最不利情况，即 48 台风机海缆施工影响的最大范围考虑。

16.3.3 地形地貌与冲淤环境

（1）风电场工程区水域冲淤变化

风电场工程区淤积最大的为 G22 号点，第一年淤积厚度和冲淤平衡时淤积厚度分别为 0.036m 和 1.026m，风电场建成后各代表点年淤积厚度均值和平衡淤积厚度均值分别为 0.013m 和 0.275m。工程区个别桩基前沿特征点出现轻微冲刷，如 G25 号点，年冲刷深度为 0.008m，平衡冲刷深度为 0.167m。

（2）工程周边水域冲淤变化

从工程周边水域 D1~D18 点冲淤变化看，风电场工程可能引起的平衡冲淤变化幅度均在 10cm 以内，风电场工程对周边水域地形冲淤影响很小。

（3）工程周边敏感点水域冲淤变化

从工程周边各敏感目标区代表点冲淤变化看，冲淤变化幅度最大的是吕泗渔场小黄鱼银鲳国家级水产种质资源保护区的 M29 号特征点，平衡冲刷深度为 0.077m；其余敏感目标区平衡冲淤幅度均在 0.05m 以下。总体上看，工程建设对周边敏感目标的冲淤变化影响较小。

16.3.4 对海洋生态和渔业资源环境的影响

16.3.4.1 施工期

（1）对浮游生物的影响

桩基施工和电缆沟开挖会引起海底泥沙再悬浮，海底泥沙中有害物质也会再溶出，从而可能对周围水域的浮游生物产生不利影响。

（2）对潮下带和潮间带底栖生物的影响

桩基施工、电缆沟开挖完全改变施工区附近底栖生物的生境。施工造成潮下带底栖生物损失量为 3.627t，造成潮间带生物损失量 9.128t，相应经济价值为 38.3 万元。

（3）对渔业资源的影响

高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。本项目施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 200.16km²。

依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，仔鱼折成鱼苗按 5%成活率计，从幼体长成鱼虾蟹的成熟的个体均按 50%成活率计；幼体损失均按商品鱼苗价格计算，经济损失按 3 年计算，则本项目施工期悬浮物扩散对渔业资源直接经济损失总计为 2802.03 万元。

（5）对渔业生产的影响

由于工程整体位于吕四渔场农渔业区，本项目施工会直接占用部分滩涂增养殖区域和海水养殖区域，造成滩涂养殖和海水养殖面积的减小和产值的降低，同时施工扰动等的影响，施工区域周围的养殖作业会受到一定限制，产量会有所降低。

工程开工前，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，对受影响的渔业生产从业者进行合理必要的补偿，以减轻项目实施对渔业生产的影响。

16.3.4.2 运行期

（1）对海洋生态的影响

运行期，本工程风机基础及防冲刷沙被会永久压占部分潮间带及潮下带底栖生境，48 台风机及防冲刷沙被共永久压占潮下带底栖生境面积约 2.75hm²，海上换流站基础及防冲刷沙被永久占用海域面积 0.35hm²，海上升压站基础及防冲刷沙被永久占用海域面积 0.16hm²。在风机和升压站桩基础占海部分范围内的原有泥质型的底栖生物类群不可恢复，项目占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿，底栖动物经济价值以每吨 1.0 万元计，计算永久占用海域造成经济损失为 4.224 万元。

（2）对渔业生产影响

在风电场营运期时段，这一海域渔业捕捞将受到负面影响，难以进行大规模捕捞作业。风电场运营期的人工鱼礁效应对渔业资源的保护是有利的。

16.3.4.3 对重要经济物种“三场一通道”的影响

本工程风机基础位于小黄鱼育幼场西侧，风机基础建设时所产生的悬浮物可能会对其周边海洋生态环境造成影响。本工程位置不涉及银鲳产卵场和越冬场，因此，建设过程不会对银鲳产卵和越冬产生不利影响。

根据小黄鱼的生物学特性，小黄鱼吕泗渔场产卵场位置大约在从启东嘴到北纬 34 线以南的苏北浅滩上。4 月和 5 月是产卵盛期，6 月产卵后的幼鱼在外侧索饵，7 月和 8 月随着个体长大，索饵鱼群向禁渔线外侧洄游。本工程风机基础位于小黄鱼育幼场西侧，打桩时所产生的悬浮物可能会对其周边海洋生态环境造成影响。因此，应避免在 4~6 月的产卵期和幼鱼索饵期进行工程建设。

16.3.5 水下噪声及电磁场对海洋生态影响

16.3.5.1 水下噪声对海洋生态的影响

(1) 施工期水下噪声影响

①风电场施工中的水下冲击式打桩将对周围海域的海洋渔业资源带来一定影响。本工程 7-8m 单钢管桩直径撞击施工，对于冲击式的非连续性水下噪声，类比国外在水下打桩，本工程水下打桩可能产生 240dB 有效声源级，并以 $30\log(r)$ 进行衰减。

②风机基础打桩作业对渔业资源将产生一定的影响。特别是当这一水域有石首鱼科种类产卵，打桩作业对石首鱼科种类产卵的影响不可避免。因此，在有石首科鱼类存在产卵期应该暂停打桩作业。同时，由于石首科鱼类对声音特别敏感，声强大于 148dB 时将对这些鱼之间的通信行为产生影响，强噪声也将对游动的鱼群达到驱赶的作用。

③施工期程对产卵场、索饵场和洄游通道可能产生负面影响，主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，每年 5-7 月是主要季节。工程中作业顺序应安排得当，电缆铺设和风机打桩尽可能的避开渔业敏感季节，使施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

④水下噪声的累加效应影响：虽然相关测量数据及研究表明撞击式桩基施工

不会对一定距离外的鱼类等海洋生物造成直接的影响，但长时间较高声压水平（160dB 以上）的桩基施工对海洋生物特别是石首科鱼类可能造成慢性影响；长时间暴露于水下噪声对海洋哺乳动物、海洋鱼类等海洋生物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。水下打桩等的弱重复冲击波，可使鱼类等海洋生物的损伤呈现累积效应，其表现在：损伤的发生率升高，阈值降低和程度加重，导致不可逆转性损伤。且随着暴露次数增加，不仅损伤的发生率升高，而且损伤的阈值降低，程度加重，机体的潜在性病变等对致伤更为敏感。

⑤由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，到达一定距离外的安全海域。

（2）营运期水下噪声对鱼类的影响

①海上风电场在营运期的总体的噪声比较低，其噪声频率以 25-1000Hz 的低频信号为主，主峰值是 125Hz，并高于背景噪声 10~20dB，总体噪声谱级都在 100dB 左右。

②海上风电场运营期的水下噪声中频率 5kHz 以上的噪声谱级均在 95dB 以下，对哺乳动物基本不会产生影响，鱼类感知风电场运营期水下噪声的距离为 1.5m（以黄姑鱼为例），但风电场运营期水下噪声基本不会对鱼类的产生影响。

③由于鱼类具有低频振动感觉器官，侧线神经丘，因此，海上风电场在水中产生的低频振动信号对鱼类的长期影响有待进一步研究。

④对黄姑鱼和小黄鱼的摄食行为实验表明，运营期的水下噪声对鱼类的摄食没产生影响。然而，需要指出的是，实验鱼来自人工养殖基地，人工养殖基地本身存在一定的噪声水平，实验鱼对人为的噪声环境有一定的适应性。运营期水下噪声对野生群体的行为研究还有待进一步研究。

⑤由于不同海洋种群间个体差异较大，特别是石首科。由于时间关系，实验研究并没有对不同发育的鱼类进行研究，风电运营中的水下噪声的长期暴露是否

对幼鱼或其它不同发育阶段的通讯产生影响还有待研究。

⑥由于水下噪声对不同鱼类的产卵场、索饵场和洄游通道研究不多，因此营运期水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的影响还有待进一步深入的研究。

16.3.5.2 电磁场对海洋生态的影响

(1) 本项目采用了 35kV、220kV 的交流海底电缆和 320kV 的直流海底电缆，类比国外资料和模拟计算，220kV 产生的电磁辐射的磁感应强度不高于 $22\mu\text{T}$ ，而 320kV 产生的电磁辐射的磁感应强度不高于 $160\mu\text{T}$ ；其感应电场大于 $1800\mu\text{V/m}$ ，即 $18\mu\text{V/cm}$ 。

(2) 电感受鱼类西伯利亚鲟的电感受阈值为 $20\mu\text{V/cm}$ ，与海底电缆产生的感应电场相当。然而，西伯利亚鲟为淡水电感受鱼类，海洋中的电感受鱼类的感受阈值更低，如鲨鱼的电感受阈值是低至 $0.1\mu\text{V/cm}$ ，项目海域历史曾有是中华鲟的活动范围，中华鲟在海中生长发育，达到性成熟后由海进入长江进行生殖，性成熟期的电感受器数量达最大，此时的电感受敏感性也最强。

如果海上风电场位置刚好处于其洄游线路上，那么较强的电磁感应电场可能影响其行为模式。目前，成年中华鲟的电感受数据尚未见报道。

(3) 西伯利亚鲟幼鱼最小平均避让阈值为 $30\pm 2.5\mu\text{V/cm}$ ，随着鲟鱼的个体发育，其电感受器数量增加，其对外界弱电场的反应灵敏度也增加。同样，该结论不能直接应用至中华鲟。基于目前的结果，水下电缆的电场辐射可能对鲟鱼的影响不大，但也可能存在低估的风险，因为非生物电场信号对鲟鱼的生理行为的影响尚不清楚。

(4) 实验数据表明弱电场环境并没有影响小黄鱼的行为，其游泳路线不受弱电场的影响。

(5) 从现有资料分析，35kV、220 kV、320kV 海底电缆在埋设海底下 2m 深时，其在海底面上所辐射的磁感应强度为 $10^{-4}\sim 10^{-5}\text{T}$ 数量级，远小于国家规定的 0.1mT 的门限值。综合类比实验分析也表对该海域中主要的海洋生物资源的影响不明显。

(6) 由于实验的时间、规模、经费等均有限，海洋生物对磁场的这种生理反应的持久性尚需要进一步评估。建议相关单位进一步开展此方向的研究，并在

项目营运期进行海底电缆等电磁辐射的跟踪监测。

16.3.6 鸟类及陆生动植物资源影响

16.3.6.1 施工期影响

施工活动会对在施工区及邻近地区栖息和觅食的鸟类及其栖息地产生一定的影响，使区域中分布的鸟类数量减少、多样性降低。但是这种影响是短期的，当工程建设完成后，其影响基本可以消除。

陆域工程主要为海缆登陆点和陆上换流站建设，但由于占地面积较小，施工区域靠近现有的码头建成区，陆上永久性占地导致的对鸟类栖息地的侵占及干扰影响较小。工程施工过程中的临时占地，包括风机设备陆上临时堆放场地占地、钢管桩等钢结构临时堆放场占地、钢结构加工场地以及工程施工临时办公、生产、生活设施占地、陆缆排管占地等，可能会对鸟类及其栖息地产生影响。其影响视建设区生境条件而定。如果建设区主要为建成区、荒地等不适于鸟类栖息的区域，其对鸟类的影响相对较小；如果是具有水域、裸地等鸟类适宜栖息地的区域，工程建设会对区域鸟类有一定的影响，但随着施工结束、用地性质的恢复，该影响会逐步消失。

此外，由于风机的施工建设，基本依靠船舶进行，可能存在船舶燃油泄漏、生活污水排放等对海域水环境的产生影响。但是由于区域径流、潮汐作用较强，具有较高的稀释、净化能力，且离岸较远，对鸟类的生态风险相对较小。

16.3.6.2 运行期影响

运行期间，随着临时占地的复垦（合理利用），陆域占地与工程运行基本上不会对鸟类产生影响。工程运行影响主要集中在海域风机运行对鸟类的作用。根据鸟类栖停迁飞特征的不同，其影响作用也有一定差异，主要分为以下两种情况，一是对邻近区域栖息、觅食鸟类的影响，二是对迁徙过境鸟类的影响。

（1）风机对邻近区域栖息、觅食鸟类的影响

风机对邻近区域栖息、觅食鸟类的可能影响主要包括两个方面。一方面是风机运行，包括叶片运动、噪音等对鸟类的干扰影响；另一方面是风机与鸟类可能

发生碰撞。

根据已有研究，风机运行对鸟类的干扰影响范围一般是 800m（繁殖鸟是 300m）（Percival, 2003），而三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场建设区距离邻近陆域岸线超过 70km，同时在风电场区域出现的鸟类数量非常少，因此风机运行的直接干扰影响较小。

从盐城保护区丹顶鹤、黑嘴鸥等重要保护鸟类的分布情况来看，主要集中在核心区，距离风电场超过 90km，其在北部区域出现的频度较小。因此，从目前情况来看，三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场运行对邻近区域栖息、觅食的鸟类影响相对较小。但是将来，如果区域进行滩涂圈围，大陆岸线向东推移，风电场与邻近鸟类栖息地的距离会缩短，其对鸟类的影响可能会增强。

（2）风机与直接迁徙过境鸟类的影响

由于候鸟迁徙基本沿大陆海岸线进行，三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 海上风电场距离岸线超过 70km。根据目前的情况看，迁徙期候鸟基本不会穿越该风电场而造成鸟机相撞的风险。

从鸟类在风电场区域迁飞的特点来看，基本上所有的鸟类，在风电场区域的迁飞活动，都集中在风机之间 800~1000m 的空档内，基本不会穿越风机叶轮扫过的区域。相当一部分鸟类，特别是鸕鹚类，在风电场内迁飞时往往降低高度、贴近水面（滩面），从而大大降低了鸟类与风机撞击的风险。观测期内未记录到任何的鸟击症候。由此可见，在保证一定的风机布设间距、建设高度的情况下，鸟类与风机的相撞概率非常低，风机对鸟类的影响也相对较小。

从鸟类飞行高度与风机相关参数的比较来看，三峡新能源江苏大丰 H8-2#300MW 风轮高度范围与中小型鸕鹚类、鸥类以及部分雀形目鸟类有一定的重叠。当大陆岸线与风电场距离缩短、鸟类穿越风电场的可能性增加时，鸟类与风电场撞击的概率也会增加。在未来邻近陆域工程建设，特别是滩涂围垦工程建设时，需要考虑与风电场对鸟类的叠加影响。

16.3.7 沉积物环境

（1）施工期

施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中废弃物及其他、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。因此必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作，保护沉积物环境。

（2）运行期

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。

16.3.8 其他环境影响

16.3.8.1 声环境影响分析

本工程主体施工位于海上，风机和海上升压站周边无声环境敏感目标分布，因此上述区域施工噪声对周围环境影响有限。

本项目采用的风机工作运行时会产生噪声，在距离轮毂 100m 处（距桩基水平距离 44m），风机运行噪声影响为 59dB（A）；而随距离衰减至 300m 处（距桩基水平距离 286m）时，噪声影响为 49.5dB（A）；当衰减至 500m（距桩基水平距离 492m）处时，噪声影响为 45.0dB（A），可满足声环境质量 1 类标准要求；而当衰减至 1000m 处时，噪声影响仅 39dB（A）。风电机组行间距取 920m~1120m，行内间距在 650m~874m，风机间噪声基本不会产生叠加影响。

本工程建设的升压站规模为 220kV，按照 35kV 的阻抗器的衰减规律进行类比，在无任何遮挡情况下，距变电设备 300m 即可到达 2 类标准（夜间）。由此可见，升压站产生的电磁噪声经吸声房、建筑物等阻隔后，对 300m 以外的声环境基本无影响。且本项目升压站位于海域内，周围无环境敏感目标分布，因此升压站运行噪声不会对周边声环境产生明显不利影响。

16.3.8.2 电磁环境影响分析

在电缆电压为 220kV 时，三芯电缆所辐射的电磁感应强度在海床面上很小，

小于 $10\mu\text{T}$ ，单芯分开铺设的电缆在 275kV 时，所辐射的电磁感应强度将明显增大，但一般不超过 5 倍。保守估计本工程 220kV 3 根单芯电缆在分开 20m 铺设时，在埋深 2m 情况下，所辐射的电磁感应强度不会超过 $100\mu\text{T}$ 。

16.3.8.3 固体废弃物影响分析

(1) 施工期

本工程施工期固体废弃物主要来自于陆上施工人员产生的生活垃圾和船舶生活垃圾，陆上施工人员垃圾产生量约 0.15t/d ，船舶作业人员生活垃圾产生量为 0.25t/d ，则施工期生活垃圾总产生量为 0.4t/d 。船舶生活垃圾靠岸后定点集中收集，陆上施工人员生活垃圾在施工区集中收集，收集后均由环卫部门定时清运，对周围环境影响不大。

(2) 运行期

本工程营运期间变电站主变压器出于绝缘和冷却的需要，其外壳内装有变压器油，正常运行时不产生危险废弃物，一旦发生突发性事故或检修时，可能产生少量油渣 (HW08)、油垢 (HW08)、废油 (HW08) 等危险废弃物，约为 50kg/a ，对于上述危废，建设单位应委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理，不外排，不会造成环境污染。

此外，升压站运行期需配备一定数量的蓄电池，在电池寿命期满后，对于更换下来的电池 (HW31)，如不加收集随意弃置可能会对弃置区的环境造成污染，因此建设单位需委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理，不外排，不会造成环境污染。

16.3.8.4 海洋腐蚀环境影响分析

本工程风机基础结构设计年限按 50 年标准设计，但因风电场运营周期为 25 年，同时考虑建设期 3 年，故本次防腐蚀设计按 28 年考虑。若风电场风机正常使用年限到期后风机基础还需运行，需对其更换阳极块，并对重防腐涂层加强维护或补涂新的防腐涂层。但在风电场运行期，其防腐蚀设计措施能起到很好的防腐作用，可确保风机受海洋腐蚀影响不大。

16.3.8.5 退役期环境影响

本工程设计运行期 25 年，风电场运行达到设计周期后，将对风电场进行拆除工作，风电机组基础钢结构在泥面以下进行切割，上部吊装上岸拆解，拆除完成后局部恢复，整个过程将会使沉积物有局部扰动，短时期内造成局部海水悬浮物浓度升高，总体来说扰动范围小、扰动程度低，对周边海洋生态环境影响很小。本退役期环境影响应在拆除施工方案明确后另行编制环境影响报告。

16.4 环境事故风险

本项目主要环境风险包括（1）通航事故风险；（2）船舶风机碰撞溢油风险；（3）项目海域内通航环境风险；（4）风机倒塌风险分析；（5）电气设备风险分析；（6）升压站变压器油泄漏风险分析。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。

16.5 污染对策措施

16.5.1 施工期环保措施

海上施工船舶施工污染物应按照海上施工作业规范及相关法规、规范、标准要求处理达标后排放或运至陆上处置，

针对本项目主要的对渔业生产和鸟类的不利影响，建议落实下列保护措施：

（1）避免在鱼类产卵高峰期和鸟类迁徙、集群的高峰期进行施工；（2）优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间，控制施工范围；（3）施工应该避免恶劣天气，保障施工安全和避免悬浮物剧烈扩散。（4）对在该海域从事渔业捕捞生产的渔民造成的损失，应加强沟通，落实对捕捞渔民的补偿。

16.5.2 运行期环保措施

本项目在正常运行下，为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的影响，实施

以增殖放流为主的生态修复措施。建议通过加强管理、建立长期、系统、实时的鸟类监测计划和方案来降低撞击风险；构建区域鸟类迁徙信息系统，根据积累的区域鸟类迁徙格局来调整风电场风机运转时间，以避免迁徙高峰，减少对迁徙鸟类的影响。

此外对于风机和海上升压站的噪声和电磁场污染，建议通过采取在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构辐射噪声。做好变电站的维护保养工作，保证带电设备具有良好的接地，减少火花放电，避免间歇性放电。

16.6 公众参与

从公众参与调查的情况来看，个人调查问卷发放 120 份，回收 117 份，回收率 97.5%，团体问卷发放 9 份，回收 9 份，回收率 100%，接受调查的个人都认真地回答了提问，100%的被调查个人对工程的建设持肯定态度，被调查的个人对本工程的知晓程度较高，反映了个人对本工程总体上表示关心、理解和支持。

从调查结果可以看出，个人参与程度较高，调查结果对工程具有参考价值。个人对于本工程的意见和建议主要集中在生态环境影响。本报告已明确提出做好工程建设过程中的生态环境保护措施，对各条环境建议予以落实和响应。建设单位表示还会和有关部门协调，对工程建设进行协调，使本工程获取更高的公众支持度。

16.7 综合评价结论与建议

16.7.1 综合评价结论

三峡新能源江苏大丰 H8-2# 300MW 海上风电场项目的建设符合我国可再生能源中长期发展规划和江苏省沿海地区发展规划，符合《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》。其建设能在一定程度上改善了江苏省以及大丰市的能源结构。工程建设可能对海域自然、生态环境和鸟类造成一定影响，对海域渔业资源造成一定损失，对渔业生产造成一定制约，并存在溢油风险，但可通过采取生态修复补偿措施、风险防范措施和各项环境保护措施予以减轻。在落实本报告提出的各项环保措施并实行跟踪监督管理的前提下，不存在制约本工程建设的环境因素。从环境影响的角度评价，工程建设基本可行。

16.7.2 建议

（1）为切实了解工程实施对小黄鱼、银鲳等海洋生物的影响，建议项目施工及运行期应加强与周边保护区相关管理部门的联系，实施动态观测保护。

（2）为进一步明确水下噪声及电磁场对海洋生物资源的影响，建议项目运行期进行电磁场及水下噪声跟踪监测并加强相关研究。