

华能灌云海上风电场 100MW 扩建工程  
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

2022 年 5 月

# 目录

<b>1 概述</b>	<b>1</b>
1.1 项目背景	1
1.2 建设项目特点	1
1.3 环境影响评价工作过程	2
1.4 分析判定相关情况	3
1.5 建设项目关注的主要环境问题	5
1.6 报告书主要结论	6
<b>2 总则</b>	<b>7</b>
2.1 编制依据	7
2.2 评价工作等级、评价范围	10
2.3 环境保护目标	15
2.4 环境评价标准	17
2.5 评价方法和时段	22
2.6 评价工作重点	22
2.7 评价工作程序	23
<b>3 工程概况</b>	<b>24</b>
3.1 工程名称、性质	24
3.2 工程地理位置	24
3.3 一期工程回顾	25
3.4 工程建设方案概述	30
3.5 施工组织设计	36
3.6 工程建设用海及用地	46
3.7 风电场运行管理	47
3.8 总投资	48



<b>4 前期工程环境影响回顾分析</b> .....	<b>49</b>
4.1 水文动力影响回顾评价 .....	49
4.2 冲淤变化影响回顾评价 .....	50
4.3 海洋水质及沉积物回顾评价 .....	51
4.4 海洋生态环境回顾评价 .....	54
4.5 鸟类影响回顾评价 .....	58
4.6 水下、水上噪声影响回顾评价 .....	59
4.7 集控中心厂界噪声、电磁环境影响回顾评价 .....	60
4.8 环境风险回顾评价 .....	61
<b>5 工程分析</b> .....	<b>62</b>
5.1 生产工艺与产污分析 .....	62
5.2 工程各阶段污染物及源强分析 .....	62
5.3 环境影响因子识别与评价因子分析 .....	73
5.4 工程各阶段主要评价内容 .....	74
<b>6 区域自然环境和社会环境概况</b> .....	<b>76</b>
6.1 区域气候气象概况 .....	76
6.2 社会环境概况 .....	83
6.3 海域开发利用现状 .....	84
6.4 环境质量现状 .....	92
6.5 珍稀保护对象和经济鱼类三场一通的现状及分布概况 .....	93
<b>7 环境现状调查与评价</b> .....	<b>105</b>
7.1 水文动力环境现状调查分析 .....	105
7.2 地形地貌与冲淤现状调查分析 .....	115
7.3 海洋水质现状监测与评价 .....	118
7.4 海洋沉积物现状调查与评价 .....	131
7.5 海洋生态和生物资源现状调查与评价 .....	133

7.6	鸟类现状调查与评价 .....	147
7.7	声环境现状监测与评价 .....	161
<b>8</b>	<b>环境影响预测与评价 .....</b>	<b>171</b>
8.1	水文动力环境影响预测与评价 .....	171
8.2	地形地貌与冲淤环境影响预测与评价 .....	198
8.3	海水水质影响预测与评价 .....	207
8.4	海洋沉积物环境影响预测分析 .....	213
8.5	海洋生态环境和渔业资源影响预测与评价 .....	215
8.6	对鸟类及其生境影响预测与评价 .....	224
8.7	水下噪声和电磁场对鱼类的影响分析 .....	235
8.8	对环境敏感目标影响预测与评价 .....	248
8.9	其他环境影响预测分析 .....	257
<b>9</b>	<b>环境事故风险分析与评价 .....</b>	<b>261</b>
9.1	评价目的 .....	261
9.2	风险调查 .....	261
9.3	环境风险识别 .....	268
9.4	风险事故情形分析 .....	271
9.5	环境风险预测与评价 .....	273
9.6	防范事故风险的对策措施 .....	291
9.7	环境风险综合评价 .....	302
<b>10</b>	<b>清洁生产 .....</b>	<b>304</b>
10.1	清洁能源的利用 .....	304
10.2	设备先进性分析 .....	305
10.3	施工工艺先进性分析 .....	305
10.4	污染物排放控制水平 .....	306

10.5	节能减排贡献	306
<b>11</b>	<b>环境保护对策措施</b>	<b>308</b>
11.1	海域污染防治措施	308
11.2	陆域污染防治措施	311
11.3	海洋生态保护措施	315
11.4	鸟类保护措施	318
<b>12</b>	<b>环境保护的技术经济合理性</b>	<b>322</b>
12.1	环保投资	322
12.2	经济效益	323
12.3	环境损益	323
12.4	环境经济损益综合分析	324
<b>13</b>	<b>工程环境可行性分析</b>	<b>325</b>
13.1	政策规划相符性分析	325
13.2	环境合理性分析	347
13.3	环境影响可接受性分析	353
<b>14</b>	<b>环境管理与监测计划</b>	<b>355</b>
14.1	环境管理计划	355
14.2	环保验收清单	356
14.3	环境监测计划	358
<b>15</b>	<b>工程生态用海方案分析</b>	<b>363</b>
15.1	用海布局优化	363
15.2	岸线利用与保护	364
15.3	污染排放与控制	364
15.4	生态修复与补偿	364
15.5	跟踪监测及监测能力建设	365
<b>16</b>	<b>结论和建议</b>	<b>366</b>

16.1 项目概况 .....	366
16.2 政策、规划的相容性分析 .....	366
16.3 环境现状评价结论 .....	367
16.4 环境影响预测与评价结论 .....	370
16.5 污染防治措施的有效性和可达性 .....	373
16.6 环境事故风险评价结论 .....	378
16.7 环境影响评价综合结论 .....	378
16.8 建议 .....	378



# 1 概述

## 1.1 项目背景

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。2021 年全国两会期间，政府工作报告首次中提到了“2030 年 碳达峰”“2060 碳中和”，并将其列入到 2021 年 3 月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，进一步推动了我国可再生能源行业的发展。

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。

根据《江苏省海上风电场工程规划报告（2012-2020 年）》（修编），江苏全省海上风电场规划海域总面积为 2642km<sup>2</sup>，规划总装机容量 1480 万 kW。连云港总容量 40 万 kW，盐城总容量为 832 万 kW，南通总容量 608 万 kW。本工程为连云港规划中的华能灌云海上风电场 100MW 扩建工程。

## 1.2 建设项目特点

华能灌云海上风电场新增 100MW 工程场址位于江苏省连云港市灌云县灌河口海域。场址紧邻华能灌云 300MW 海上风电场，位于其东北侧未利用场址范围内，南北宽约 7.5km，东西长约 9.4km，中心距离岸线约 16km，场址东侧距离燕尾港出港航道约 2.5km，整个场址面积约为 14.5km<sup>2</sup>，规划装机 10 万 kW，场址距离连云港港约 30km，距离灌云燕尾港约 14km。风电场拟安装单机容量 6.0MW 风力发电机组 11 台、8.5MW 风力发电机组 4 台，总装机容量 100MW，与华能灌云 300MW 共用 1 座 220kV 海上升压站，4 回 35kV 海底电缆线路接入华能灌

云海上风电场 300MW 工程已建成投运的 220kV 海上升压变电站。

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、固体废弃物影响。

(4) 周边环境特点：本工程环境影响评价范围涉及连云港海域农渔业区内养殖区、江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛海蚀地貌保护区、麻菜珩特别保护海岛、燕尾港一级渔港等环境敏感区。

### 1.3 环境影响评价工作过程

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》等的规定，凡新建、改建、扩建对环境有影响的项目必须进行环境影响评价，以阐明项目所在地环境质量现状及项目施工期和运行期的环境影响。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本工程应编制环境影响报告书。为此，2022年4月工程建设单位华能灌云清洁能源发电有限责任公司委托上海勘测设计研究院有限公司（以下简称我院）承担本工程环境影响评价工作（环评委托书见附件1）。本评价包括工程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评价文件。

我院在接受委托后即成立项目组，项目组根据相关法律法规、政策及导则要求开展环评工作，并与工程方案设计工作紧密结合，将环境保护要求充分融入到工程方案设计中，对可研报告中提出的装机容量、平面布置和施工方案等从环境合理性、可行性角度进行了分析比较，优化了工程设计。同时项目组收集了2020年和2021年春秋季节海水水质、沉积物、生物质量、海洋生态和渔业资源调查资料；2020年5月、2020年8月、2020年11月、2021年1月和2021年5月鸟类调查资料。



根据建设单位提供的工程技术资料，我院开展了工程分析、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内容编制工作，于2022年5月编制完成《华能灌云海上风电场100MW扩建工程》（征求意见稿）。

## 1.4 分析判定相关情况

### 1.1.1 与相关规划的符合性

本工程为海上风电场建设工程，属《产业结构调整指导目录（2019年本）》鼓励类产业，与国家产业政策符合。本工程的建设充分利用海区的海上风能，与《可再生能源中长期发展规划》中大力发展风电相协调，符合《可再生能源中长期发展规划》（2007-2020年）。工程建设符合《江苏省海洋功能区划（2011-2020）》，《全国海洋主体功能区规划》和《江苏省海洋主体功能区规划》。

### 1.1.2 与“三线一单”相符性

“三线一单”是以改善环境质量为核心，将生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线落实到不同的环境管控单元，并建立环境准入负面清单的环境分区管控体系。

#### （1）与生态保护红线的符合性

本工程海上风电场场址位于江苏省连云港市灌云县灌河口海域，对照《江苏省生态空间管控区域规划》，本工程附近生态空间管控区域有江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区。本工程不占用江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区，风电场场址区位于该保护区东北侧，与其最近距离约16km，符合《江苏省生态空间管控区域规划》相关要求。

对照《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020年）》和《江苏省国家级生态保护红线规划》，本工程附近的生态红线区有开山岛海蚀地貌保护区、开山岛旅游休闲娱乐区、江苏省海州湾海洋牧场、响水四腮鲈鱼种质资源保护区、海州湾国家级海洋公园、江苏省海州湾海洋牧场，本工程不占用上述生态红线区。本工程位于灌口河海域，不在划定的海洋生态红线区范围内，且工程施工悬浮物仅对风机附近海域产生影响，对上述红线区不会产生明显不利影响。

综上所述，本工程建设与《江苏省生态空间管控区域规划》、《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》和《江苏省国家级生态保护红线规划》均是符合的。

### （2）与环境质量底线的符合性

海上升压站柴油发电机仅在供电中断时启动，产生废气量很少，且采用轻柴油作燃料，严禁使用重油、渣油为燃料，不会对周围环境空气质量产生明显影响。

本工程不涉及饮用水水源保护区，施工期设置2个施工基地，施工期生产废水经隔油沉淀后回用于施工机械、车辆冲洗以及绿地浇灌等，不外排，对周围水环境无影响。运行期集控中心管理人员生活污水经化粪池处理后达标回用，不外排，对周边水环境无影响，不会导致周边水环境质量下降。

由于海上风电机组离岸较远，海上风声和海浪声较大，运行噪声对海上声环境影响仅限于风机附近，对周围声环境影响较小。

综上所述，本工程排放的各污染物在采取相应的污染防治措施后，能够保证周边环境不因本工程污染物排放而超出相应的环境功能区规定的环境质量要求。因此，本工程污染物的排放在区域环境容量范围内，工程建设符合环境质量底线要求。

### （3）与资源利用上线的符合性

本工程为海上风电开发项目，属于可再生能源利用。工程建设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。工程建设过程中的施工基地部分为租用，部分为临时占地，施工结束后及时恢复，不占用土地资源，不会达到土地资源利用上线。本工程用水取自当地自来水，且用水量较小，不会达到资源利用上线。

### （4）与环境准入负面清单的符合性

对照国家、地方产业政策和《市场准入负面清单草案》、《长江经济带发展负面清单指南》江苏省实施细则（试行）进行说明。

#### 1) 与《产业结构调整指导目录（2019年本）》符合性分析

本工程属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中鼓励类新能源行业中的第12条“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”。因此本工程建设符合国家产



业政策的要求。

2) 与《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录》符合性分析

本工程属于《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录》（2012年本）（修订）中鼓励类“二电力”中第12项“光伏、风力发电安全并网接入及智能化控制系统及装备”，不属于禁止和限制类项目。因此本工程符合《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录》（2012年本）（修订）要求。

3) 与《限制用地项目目录（2012年本）》和《江苏省限制用地项目目录（2013年本）》等符合性分析

本工程不在国家《限制用地项目目录（2012年本）》、《禁止用地项目目录（2012年本）》和《江苏省限制用地项目目录（2013年本）》、《江苏省禁止用地项目目录（2013年本）》中。

4) 与《长江经济带发展负面清单指南》江苏省实施细则（试行）符合性分析

对照《长江经济带发展负面清单指南》江苏省实施细则（试行），本工程不在实施细则所禁止的项目中。

5) 与《市场准入负面清单草案》相符性分析

经查《市场准入负面清单草案》（试点版），本工程不在其禁止准入类和限制准入类中。

因此，本工程不在环境准入负面清单内。

综上所述，本工程建设符合“三线一单”要求。

## 1.5 建设项目关注的主要环境问题

关注的主要环境问题包括：风机和升压站、高抗站桩基础建设和海底电缆施工对周边海域水文动力、地形冲淤环境和海域水质、沉积物、海洋生态和渔业资源的影响；风机基础打桩和风机运转产生的水下噪声对海洋动物的影响；工程建设对鸟类及其生境、对周边保护区和农渔业区等环境敏感区的影响；施工船舶可能产生的溢油事故环境风险等。

## 1.6 报告书主要结论

本工程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等相关规划，符合《江苏省海洋功能区划（2011-2020年）》、《江苏省生态空间管控区域规划》等相关区划。工程建设可能对工程海域自然、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，并存在溢油事故环境风险，但可通过采取污染防治措施、生态修复补偿措施和风险防范措施等环境保护措施予以减轻。在建设单位获得生态准入许可，并切实落实本报告提出的各项污染防治、生态保护与补偿措施和风险防范措施，加强监督管理、监测观测的前提下，不存在制约本工程建设的环境因素，从环境保护角度考量，本工程建设可行。

## 2 总则

### 2.1 编制依据

#### 2.1.1 国家法律法规

- 《中华人民共和国环境保护法》，2015.1.1(修订)；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017.11.5(修正)；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018.12.29(修正)；
- 《中华人民共和国水污染防治法》，2018.1.1(修正)；
- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2018.12.29(修正)；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018.10.26(修正)；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020.9.1(修订)；
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012.7.1(修正)；
- 《中华人民共和国渔业法》，2013.12.28(修正)；
- 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021.9.1（修订）；
- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018.3.19(修订)；
- 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018.3.19(修订)；
- 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》，2017.3.1(修订)；
- 《防治船舶污染海洋环境管理条例》，2018.3.19(修正)；
- 《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》，1990.8.1；
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2021.1.1 实施；
- 关于印发《海洋工程环境影响评价管理规定》的通知，国海规范〔2017〕7号，2017.4.27 施行；
- 《国务院关于进一步加强海洋管理工作若干问题的通知》，国发〔2004〕24号，2004.9.19；
- 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》，交通运输部令 2021 年第 24 号，2021.9.1 实施；
- 《海岸线保护与利用管理办法》，2017.3.31 施行；
- 《中华人民共和国海洋倾废管理条例实施办法》，2017.12.27(修正)；



关于印发《海上风电开发建设管理办法》的通知，国能新能[2016]394 号，2016.12.29 实施；

关于印发《风电场工程建设用地和环境保护管理暂行办法》的通知，发改能源[2005]1511 号，2005.8.9 实施；

《海底电缆管道保护规定》，国土资源部令第 24 号，2004.3.1 施行；

《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，国家海洋局令第 3 号，1992.8.26 施行；

关于印发《海上风电开发建设管理暂行办法》的通知，国能新能〔2010〕29 号，2010.1.22 施行；

关于印发《海上风电开发建设管理暂行办法实施细则》的通知，国能新能〔2011〕210 号 2011.7.6 施行；

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，2016.10.31 施行；

《风电场工程建设用地和环境保护管理暂行办法》，发改能源[2005]1511 号，2005.8.9 施行。

### 2.1.2 地方法规

《江苏省海洋环境保护条例》，2016.3.30(修改)；

《江苏省渔业管理条例》（2019 年 3 月修正），2019 年 5 月实施；

《江苏省环境噪声污染防治条例》（2018 年 3 月修正），2018 年 5 月实施；

《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年 3 月修正），2018 年 5 月实施；

《江苏省固体废物污染环境防治条例》（2018 年 3 月修正），2018 年 5 月实施；

《江苏省国有渔业水域占用补偿暂行办法》，苏政办发[2009]174 号，2010 年 1 月施行；

《江苏省水产种质资源保护区管理暂行办法实施细则（试行）》，江苏省海洋与渔业局，2017 年 8 月；

《江苏省海洋生态红线监督管理办法》，苏海环[2017]11 号，2017 年 11 月；



《江苏省政府办公厅关于加强危险废物污染防治工作的意见》，苏政办发[2018]91号。

### 2.1.3 相关规划、区划

《全国海洋主体功能区规划》，2015年8月；  
《江苏省海洋主体功能区规划》，2018年7月；  
《江苏省海洋功能区划（2011-2020年）》，2012年10月；  
《江苏省国家级生态保护红线规划》，2018年6月；  
《江苏省海洋生态红线保护规划(2016-2020年)》，2017年3月；  
《江苏省生态空间管控区域规划》，2020年1月；  
《江苏省沿海地区发展规划》，2009年6月；  
《灌云县海洋功能区划》（2013-2020）；  
《灌云县城市总体规划（2010~2030）》。

### 2.1.4 国际公约

《国际防止废物和其它物质倾倒入海公约》，1979年3月11日修正案生效；

《经1978年议定书修订的1973年国际防止船舶造成污染公约(MARPOL 73/78)》，2013年1月修正案（附则V）生效；

《中华人民共和国政府和日本政府保护候鸟及其栖息环境的协定》，1981年3月3日签订；

《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》，1988年9月1日生效；

《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》，1982.12.3议定书修订；

《生物多样性公约》，1992.6.5，签订于里约热内卢；

《拉姆萨尔公约国际重要湿地名录》。

### 2.1.5 技术导则、规程规范

《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年；

《环境影响评价技术导则 总纲》，HT2.1-2016；  
《环境影响评价技术导则 地表水环境》，HJ2.3-2018；  
《环境影响评价技术导则 生态影响》，HJ19-2022；  
《环境影响评价技术导则 大气环境》，HJ2.2-2018；  
《环境影响评价技术导则 声环境》，HJ2.4-2021；  
《建设项目环境风险评价技术导则》，HJ/T169-2018；  
《海洋监测规范》，GB 17378.1~7-2007；  
《海洋调查规范》，GB/T 12763-2007；  
《生物多样性观测技术导则 鸟类》，HJ 710.4-2014；  
《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002.4；  
《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（海洋出版社），1986.03.01；  
《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）；  
《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》（试行），江苏省海洋与渔业局，2016.10。

### 2.1.6 工程技术文件

(1) 《华能灌云海上风电场 100MW 扩建工程可行性研究报告》，上海勘测设计研究院有限公司，2021 年 3 月；  
(2) 《华能灌云海上风电场 300MW 工程海洋环境影响跟踪监测报告》，江苏中信优佳检测技术有限公司，2021 年 6 月；  
(3) 《华能灌云扩建 100MW 海上风电项目水文调查报告》，交通运输部天津水运工程科学研究所，2022 年 4 月；  
(4) 《华能灌云海上风电场 300MW 工程施工期鸟类资源调查报告》，生态环境部南京环境科学研究所，2021 年 9 月。

## 2.2 评价工作等级、评价范围

### 2.2.1 工作等级

#### 2.2.1.1 海洋环境影响评价

本工程总装机容量 100MW，35kV 海底电缆总长度约 33.15km，用海面积 66 万 m<sup>2</sup>。建设主要包括海上风电机组及其基础、海底电缆等，属海洋能源开



发利用工程，规模为大型工程。工程所在海域涉及海水养殖区等，生态环境较为敏感，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）和《海上风电工程环境影响评价技术规范》中评价等级判定标准，确定本工程水文动力环境、水质环境、生态环境和地形地貌与冲淤环境的综合评价等级均为 1 级，沉积物环境评价等级为 2 级。

**表 2.2-1 海洋水文动力、水质、沉积物和生态环境影响评价等级判据**

工程类型	工程规模	工程所在海域和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
			水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
海洋风力发电工程	大型 (≥100MW)	生态环境敏感区	1	1	2	1
		其他海域	2	2	2	2
海上和海底电(光)缆等工程	长度 100km~20km	生态环境敏感区	2	1	2	1
		其他海域	3	2	3	2

**表 2.2-2 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据**

评价等级	工程类型
1	海上风电项目所有工程类型总占海面积超过 50×10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> 以上的或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目。

### 2.2.1.2 环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），本工程在施工过程中会动用众多大型施工船舶，存在由于施工船舶操作不当引发船舶碰撞溢油事故的风险；运行期在台风、风暴潮等极端气候条件下，存在升压站、高抗站倾倒引发的变压器油等油类物质溢油风险，涉及的危险物质为油类物质， $Q < 1$ ，环境风险潜势为 I，可开展简单分析。

参照《建设项目环境风险评价技术导则》，本工程施工期及运行期均存在溢油风险，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，因此对本工程溢油风险进行定量预测评价。

### 2.2.1.3 陆域环境评价

#### (1) 声环境

本工程施工区域声环境执行 2 类标准。本工程仅施工期产生噪声影响，工程建设前后噪声等级不会发生变化，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009），确定评价等级为二级。

## (2) 水环境

本工程施工生产废水和生活污水拟处理后回用，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018），确定评价等级为三级 B。

## (3) 环境空气

本工程施工基地大气环境影响源主要为施工过程中的扬尘及机械设备燃油废气，运行期不涉及大气污染物排放，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），确定评价等级为三级。

## (4) 生态环境

本工程大丰港施工基地的施工临建设施区面积约 24600m<sup>2</sup>。陆域施工区不涉及自然保护区等生态敏感区，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），确定评价等级为三级。

## 2.2.2 评价范围

### (1) 海域

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》，各单项环境要素的调查与评价范围见表 2.2-3。结合本工程特点以及工程所在海域环境特征，确定本工程海域重点评价范围为：向陆以海岸线为界，西北至省徐圩盐场中部，东南至省灌东盐场中部，向海侧距离海堤约 24km，评价范围面积约为 1000km<sup>2</sup>，评价范围四至经纬度坐标见表 2.2-4，评价范围图见图 2.2-1。

表 2.2-3 各单项环境要素调查与评价范围

序号	环境要素	评价范围	备注
1	水文动力环境	纵向：工程两侧（西北、东南方向）各 18km； 垂向：向海侧距最外侧风机 10km。	潮流主流向一个潮周期内水质点可能达到的最大距离为 18km
2	地形地貌与冲淤环境	同上	同上
3	海水水质环境	纵向：工程两侧东西各 18km； 垂向：向海侧距最外侧风机 10km。	覆盖施工泥沙扩散影响范围
4	沉积物环境	同上	同上
5	生态环境	同上	

表 2.2-4 本工程边界及海洋环境影响评价范围经纬度坐标



区域	坐标编号	经度	纬度
评价范围	1	119°31'32.33"	34°37'06.14"
	2	119°38'08.23"	34°47'05.84"
	3	120°05'05.97"	34°37'35.56"
	4	119°58'03.48"	34°25'58.94"
风电场	A	119°46'09"	34°38'23"
	B	119°46'22"	34°38'44"
	C	119°52'18"	34°37'26"
	D	119°49'38"	34°34'00"
	E	119°49'09"	34°34'08"
	F	119°50'19"	34°35'33"
	G	119°50'57"	34°37'05"

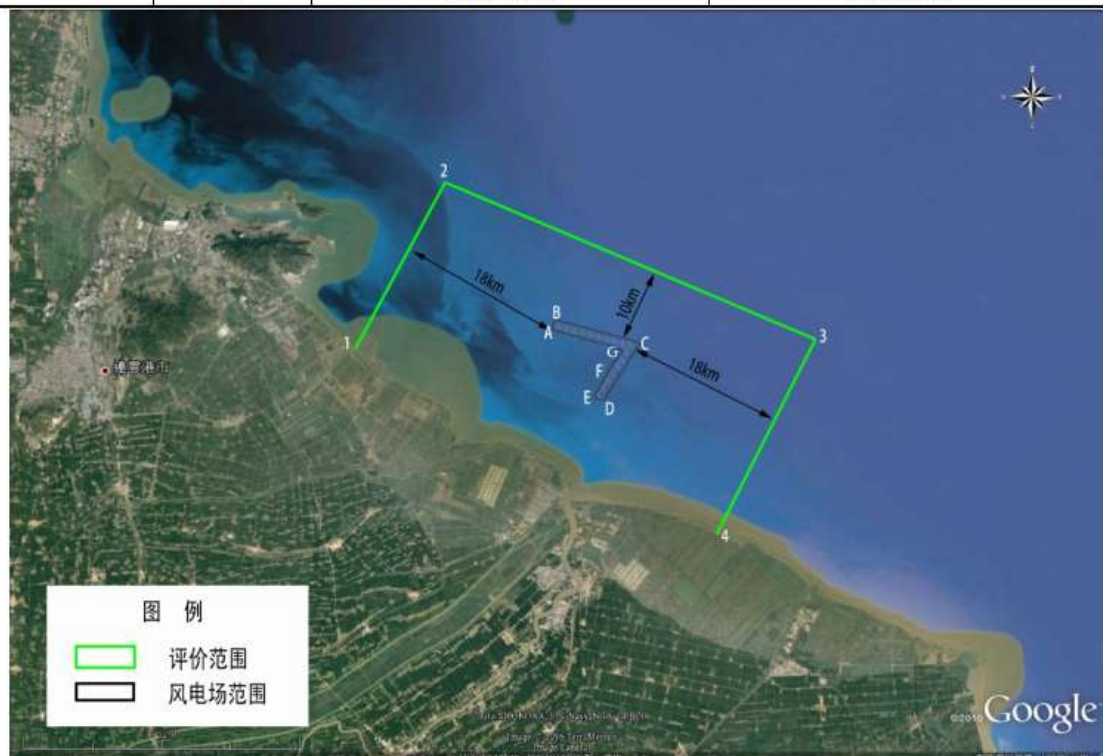


图 2.2-1 本工程海洋环境影响评价范围图

## (2) 陆域

### 1) 声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)，本工程施工期噪声评价范围为施工基地外扩 200m 范围。

### (2) 大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)，评价等级为三级评价，不设评价范围。

### (3) 地表水水环境

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018)，本工程施

工基地废水拟经处理后纳管，不外排，故不设评价范围，进行污水处理后纳管可行性分析。

#### (4) 生态环境

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），陆域施工基地位于大丰港和燕尾港，施工道路均依托现有道路，故评价范围为施工基地外扩 200m 范围。

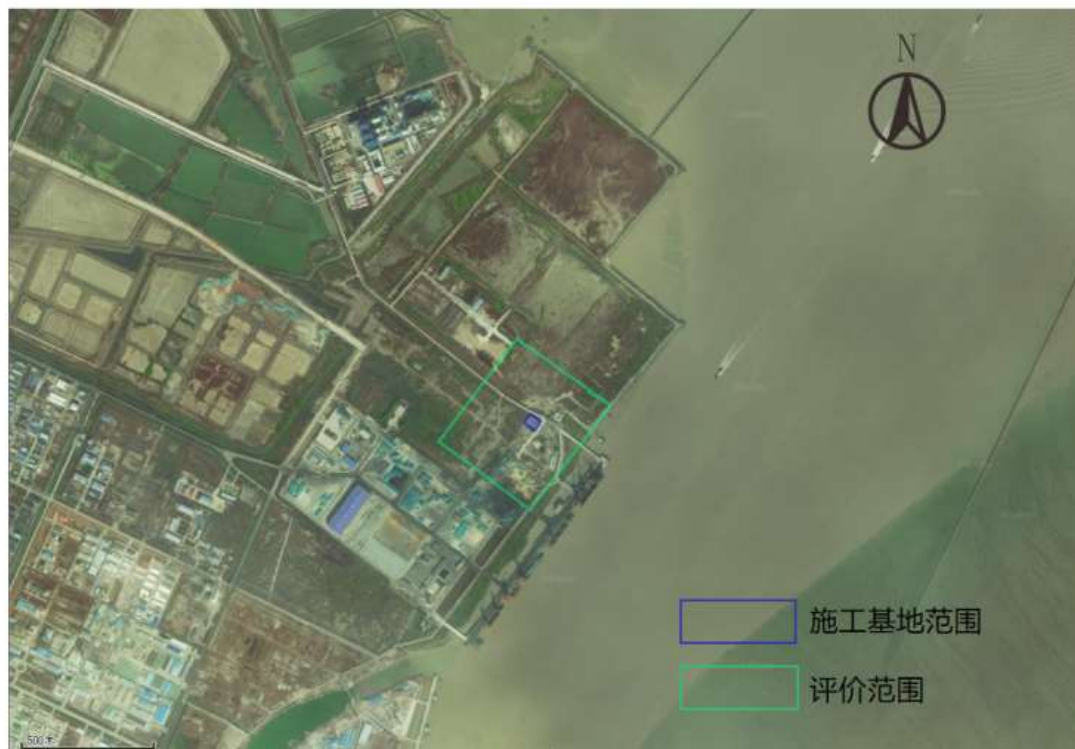


图 2.2-2 燕尾港陆域评价范围示意图





图 2.2-3 大丰港陆域评价范围示意图

## 2.3 环境保护目标

根据海洋功能区划及现场查勘，本工程陆域施工基地评价范围内无敏感目标，海域评价范围内涉及的海洋环境敏感保护目标主要有农渔业区、港区、航道、海洋保护区、旅游休闲娱乐区养殖区等见下表及附图 3。

表 2.3-1 本工程涉及的海洋环境敏感保护目标

序号	类型	保护目标名称	位置关系	概况	环境敏感要素
1	农渔业区	连云港海域农渔业区	位于其中	重要渔业海域	海水水质、沉积物、生态环境、渔业资源、渔业生产
2		埭子口农渔业区	风电场西南 12.1km	重要渔业海域	海水水质、沉积物、生态环境、渔业资源、渔业生产
3		响水农渔业区	风电场东侧 5km	重要渔业海域	海水水质、沉积物、生态环境、渔业资源、渔业生产

4	港区、 航道	灌河口港口、航道	风电场东南侧 2km	航道和锚地用海，可适度安排养殖，港口区可适当围填海	水文动力、 地形冲淤
5		徐圩港港口航运区	风电场西南 11.2km		
6		连云港及徐圩港口 航运区	风电场西北 21.8km		
7		连云港-射阳航线	风电场东北 6.1km		
8		徐圩港区进港航道	风电场西北 18.2km		
9		连云港港进港航道	风电场西北 21km		
10		灌河 1#锚地	风电场东侧 13.2km		
11		灌河 2#锚地	风电场东北 9.3km		
12		危险品船舶锚地	风电场西北 17.3km		
13	旅游休 闲娱乐 区	开山岛旅游休闲娱 乐区	风电场东南 4.4km	海洋旅游休闲娱乐用海	海水水质、 沉积物、生 态环境
14		灌河口旅游休闲娱 乐区	风电场南侧 7km	海洋旅游休闲娱乐用海	海水水质、 沉积物、生 态环境
15		连岛旅游休闲娱乐 区	风电场西北侧 28km	海洋旅游休闲娱乐用海	海水水质、 沉积物、生 态环境
16	保护区	开山岛海蚀地貌保 护区	风电场东南 4.5km	保护海蚀地貌用海，兼容科研教学和 适度旅游活动	水文动力、 地形冲淤
17		盐城湿地珍禽国家 级自然保护区实验 区 1	风电场东南 15km	科研、教学、参观、旅游或驯化、 繁育珍稀、濒危野生动植物	鸟类
18		响水四腮鲈鱼种质 资源保护区	风电场东侧 22km	鲈鱼种质资源保护	鱼类
19	渔港	燕尾港一级渔港	风电场南侧 12km	渔港用海	水文动力、 地形冲淤
20	海洋牧 场	江苏省海州湾海洋 牧场	风电场东北侧 3.9km	四至一： 119°29'18.65"E--119°34'46.29"E； 34°51'58.28"N--34°56'59.87"N。四 至二：119°51'29.27"E--119° 55'30.44"E；34°43'18.76"N-- 34°46'51.00"N	海洋生态系 统
21	海洋公 园	海州湾国家级海洋 公园	风电场西北侧 30km	四至：119°11'50.07"E--119° 29'18.78"E；34°45'52.18"N-- 34°57'8.57"N	珍稀濒危生 物种群、典 型海洋自然 景观和历史 文化古迹
22	养殖区	项目周边养殖区	紧邻	养殖区	海水水质、 海洋生态

## 2.4 环境评价标准

### 2.4.1 环境质量标准

#### (1) 海洋水质

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020年）》，本工程海域位于连云港海域农渔业区中划定的兼容海上风能的区域，同时根据《江苏省近岸海域环境功能区划》，本工程海域位于二类环境功能区，因此海洋水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中第二类标准和《渔业水质标准》。

表 2.4-1 《海水水质标准》（GB3097-1997）

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
2	SS (人为增加量) ≤	10		100	150
3	溶解氧 >	6	5	4	3
4	化学需氧量 ≤ (COD)	2	3	4	5
5	无机氮 ≤ (以 N 计)	0.20	0.30	0.40	0.50
6	活性磷酸盐 ≤ (以 P 计)	0.015	0.030		0.045
7	汞 ≤	0.00005	0.0002		0.0005
8	镉 ≤	0.001	0.005	0.010	
9	铅 ≤	0.001	0.005	0.010	0.050
10	铬 ≤	0.05	0.10	0.20	0.50
11	砷 ≤	0.020	0.030	0.050	
12	铜 ≤	0.005	0.010	0.050	
13	锌 ≤	0.020	0.050	0.10	0.50
14	石油类 ≤	0.05		0.30	0.50

表 2.4-2 渔业水质标准

项目	标准值
pH 值	海水 7.0~8.5
DO	连续 24h 中，16h 以上必须大于 5，其余任何时候不得低于 3
BOD <sub>5</sub>	≤5，冰封期 ≤3
汞	≤0.0005
镉	≤0.005
铜	≤0.01
锌	≤0.1
铅	≤0.05
铬	≤0.1
砷	≤0.05
石油类	≤0.05
硫化物	≤0.2



### (2) 海洋沉积物

海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668—2002）中第一类标准。

表 2.4-2 《海洋沉积物质量》（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	铜 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	35.0	100.0	200.0
3	铅 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	60	130	250
4	镉 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	0.50	1.50	5.00
5	锌 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	150.0	350.0	600.0
6	砷 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	20.0	65.0	93.0
7	铬 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	80.0	150.0	270.0
8	有机碳 ( $\times 10^{-2}$ ) $\leq$	2.0	3.0	4.0
9	硫化物 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	300.0	500.0	600.0
10	石油类 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	500.0	1000.0	1500.0

### (3) 生物质量

双壳类海洋生物质量执行《海洋生物质量》第一类标准，甲壳类、鱼类海洋生物质量（除砷、铬和石油烃外）执行《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中的海洋生物质量评价标准，甲壳类、鱼类体内污染物砷、铬和石油烃执行《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的海洋生物质量评价标准。

表 2.4-3 海洋生物质量标准（双壳类）

工程	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
粪大肠菌群数(个/kg)	3000	5000	-

表 2.4-4 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	砷、铬和石油烃执行《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的评价标准, 其余执行《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中的评价标准
鱼类	0.3	20	2	0.6	40	5.0	1.5	20	

(4) 环境空气

环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准。

表 2.4-5 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 <sub>2</sub>	年平均	20	60
		24 小时平均	50	150
		1 小时平均	150	500
2	NO <sub>2</sub>	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 <sub>10</sub>	年平均	40	70
		24 小时平均	50	150
5	PM <sub>2.5</sub>	年平均	15	35
		24 小时平均	35	75

(5) 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大丰港码头后方陆域, 承担风机设备全部物资的临时堆存、码头操作区风机设备组拼装工艺、水运物资对外运输到岸码头、基础物资海上运输临时待泊码头、水运物资场内运输起岸码头等功能, 执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 3 类标准。

表 2.4-6 声环境质量标准 单位: 等效声级 Leq[dB(A)]

类别	昼间	夜间
1	55	45
2	60	50
3	65	55

4	70	55
---	----	----

(6) 电磁环境

以《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中工频电场强度 4000V/m 和工频磁感应强度 100 μT 的公众曝露控制限值为电磁环境评价标准。

### 2.4.2 污染物排放标准

(1) 污废水

污废水收集处理后回用标准执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)表 1 中相应用途的标准限值。

表 2.4-7 城市污水再生利用城市杂用水水质

执行标准	用途	污染物指标	单位	标准限值
《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)	冲厕、车辆冲洗	pH	/	6~9
		色度	铂钴色度	15
		嗅	/	无不快感
		浊度	NTU	5
		BOD <sub>5</sub>	mg/L	10
		氨氮	mg/L	5
		LAS	mg/L	0.5
	溶解性总固体	mg/L	1000	
	城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工	pH	/	6~9
		色度	铂钴色度	30
		嗅	/	无不快感
		浊度	NTU	10
		BOD <sub>5</sub>	mg/L	10
		氨氮	mg/L	8
LAS		mg/L	0.5	
溶解性总固体	mg/L	1000		

(2) 船舶污废水和固体废弃物

本工程施工期施工船舶产生的含油污水、生活污水和船舶垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的要求。船舶油污水收集上岸后委托有资质单位处理；船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理，不在工程海域排放。

表 2.4-8 船舶水污染物排放控制标准

项目	适用海域	标准要求	标准来源
船舶污水	机器处所油污水	沿海	石油类限值 15mg/L
	生活污水	距陆地 3 海里	(1) 在 2012 年 1 月 1 日以前安装 (含更换)



水		以内	生活污水处理装置的船舶：五日生化需氧量 (mg/L)：不大于 50；悬浮物 (mg/L)：不大于 150；大肠菌群 (mg/L)：不大于 2500 个/L。 (2) 在 2012 年 1 月 1 日以后安装 (含更换) 生活污水处理装置的船舶：五日生化需氧量 (mg/L)：不大于 25；悬浮物 (mg/L)：不大于 35；大肠菌群 (个/L)：不大于 1000；化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> ) (mg/L)：125；PH 值：6~8.5；总氯 (总余氯) (mg/L)：<0.5。	准》(GB 3552-2018)
		距最近陆地 3-12 海里海域	使用设备打碎固形物和消毒后排放；船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
		距最近陆地 12 海里以外海域	排放速率；船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
船舶垃圾	塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物	任何海域	禁止投入水域	
	食品废弃物	距陆地 3 海里以内	禁止排放	
		距陆地 3-12 海里	经过粉碎处理后，颗粒直径小于 25mm 时，可允许在距最近陆地 3 海里之外投弃入海。	
	12 海里以外	可以排放		

(3) 噪声

施工期施工场界环境噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。

表 2.4-9 建筑施工场界环境噪声限值 (Leq) 单位：dB (A)

噪声排放限值	昼间	70
	夜间	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)。20~200Hz 的 A 计权声压级参照台湾《噪声管制标准》。

表 2.4-10 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 2.4-11 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) 电磁场

执行《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中工频电场强度 4000V/m 和工频磁感应强度 100  $\mu$ T 的公众曝露控制限值。

## 2.5 评价方法和时段

### 2.5.1 评价方法

- (1) 海域水质、沉积物现状采用单因子标准指数法进行评价；
- (2) 海域生态现状采用多样性指数法进行评价；
- (3) 海域流场计算、污染物扩散采用数学模型预测法。

### 2.5.2 评价时段

本工程环境影响评价包括施工期、运行期 2 个时段。

服务期满的拆除工程环境影响在拆除施工前另行编制环境影响评价文件。

## 2.6 评价工作重点

结合本工程特性和环境特征以及工程环境影响因子识别和筛选，确定本环评工作重点为：

- (1) 与生态保护红线、相关规划、区划符合性分析。
- (2) 华能灌云海上风电场 300MW 工程回顾分析。
- (3) 施工期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。
- (4) 运行期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场对鱼类的影响。
- (5) 施工及运行期船舶碰撞溢油事故对海洋水质、海洋生态环境的风险影响评价。

(6) 工程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。

## 2.7 评价工作程序

本工程环境影响评价工作程序见图 2.7-1。

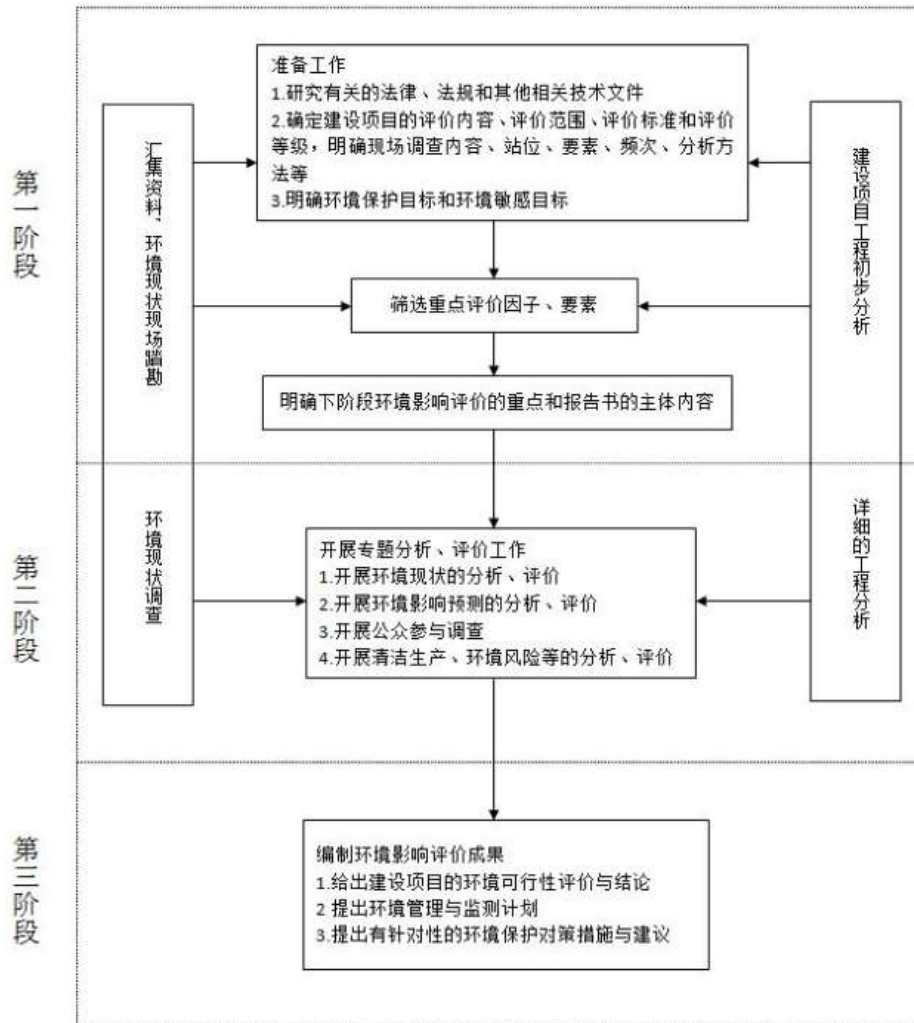


图 2.7-1 本工程环境影响评价工作程序框图



### 3 工程概况

#### 3.1 工程名称、性质

- (1) 工程名称：华能灌云海上风电场 100MW 扩建工程
- (2) 工程性质：扩建
- (3) 建设单位：华能灌云清洁能源发电有限责任公司

#### 3.2 工程地理位置

本工程场址位于江苏省连云港市灌云县灌河口海域，考虑岸线、周边港口发展等因素，避开周边航道、港区等相关规划。场址紧邻华能灌云 300MW 海上风电场，位于其东北侧未利用场址范围内，南北宽约 7.5km，东西长约 9.4km，中心距离岸线约 16km，场址东侧距离燕尾港出港航道约 2.5km，整个场址面积约为 14.5km<sup>2</sup>，规划装机 10 万 kW，场址距离连云港港约 30km，距离灌云燕尾港约 14km，交通运输十分方便，有利于以后海上的施工建设。

本工程地理位置示意及场址拐点坐标见图 3.2-1 和表 3.2-1。

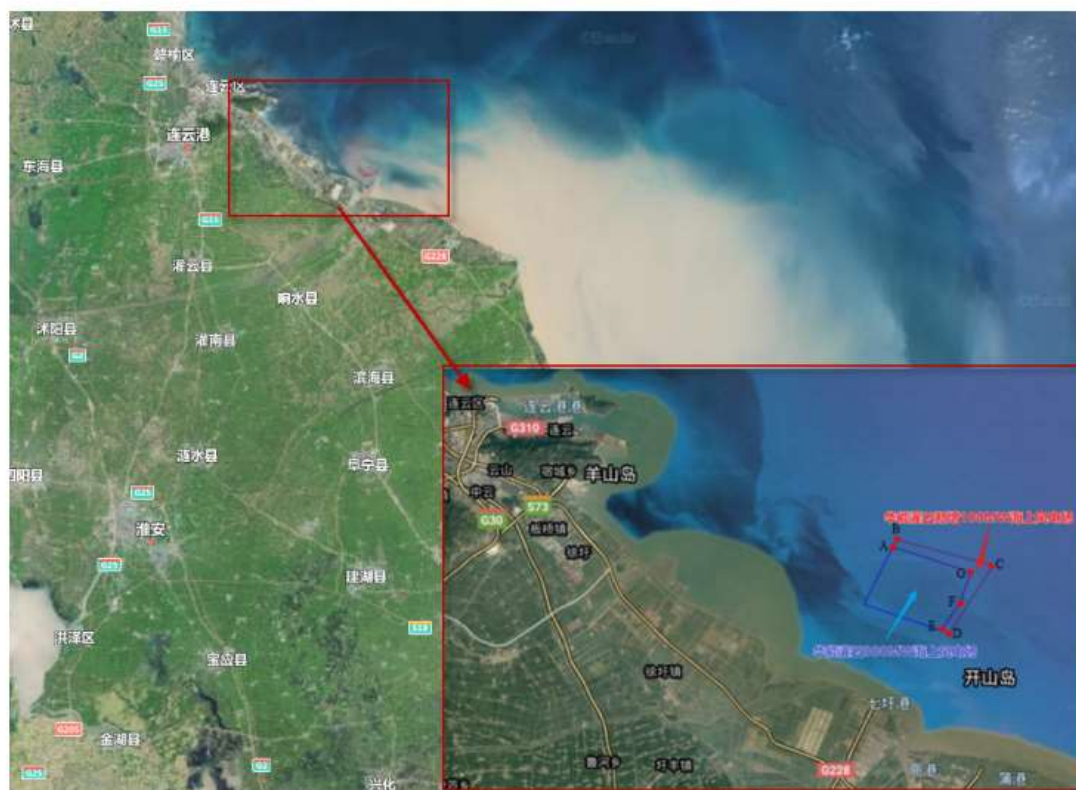


图 3.2-1 本工程地理位置及场址拐点坐标示意图

表 3.2-1 本工程主要控制点经纬度坐标表 (CGCS2000 坐标系)

场址	拐点	经度	纬度
华能灌云 新增 100MW	A	119°46'09"	34°38'23"
	B	119°46'22"	34°38'44"
	C	119°52'18"	34°37'26"
	D	119°49'38"	34°34'00"
	E	119°49'09"	34°34'08"
	F	119°50'19"	34°35'33"
	G	119°50'57"	34°37'05"

### 3.3 一期工程回顾

#### 3.3.1 一期工程概况

(1) 工程名称：华能灌云海上风电场 300MW 工程；

(2) 工程概况：装机容量为 300MW，安装 15 台金风 GW171-6.45MW，轮毂高度 105.5m；31 台 GW184-6.45MW，轮毂高度 112m；2 台 GW140-3.3MW 机型，轮毂高度 92m；一期工程海底电缆包括 35kV 场内海底电缆和 220kV 送出海底电缆，其中 35kV 海底电缆采用 HYJQF41 型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，共 10 回单元将风机接至海上升压站，总长度为 71.21km；220kV 海底电缆为 2 回 HYJQF41-127/220-3×500 的海底电缆（单回长度约 13km），总长 26km。

风电场位于江苏省连云港市灌云县沿海灌河口北部，场区中心离岸距离 14 公里，海域东西长约 8 公里，南北宽约 6.4 公里，用海面积约 48 平方公里。一期工程于 2021 年 7 月 30 日并网发电。

(3) 陆上开关站：

陆上开关站位于灌云县临港产业区海滨大道南侧的海堤内，距离北侧的海滨大道中心线约 80m，距离东侧的灌云县临港产业区管委会约 1.2km。场内布置综合控制楼、生活楼、辅房、GIS 楼、无功补偿楼、门卫等建（构）筑物。

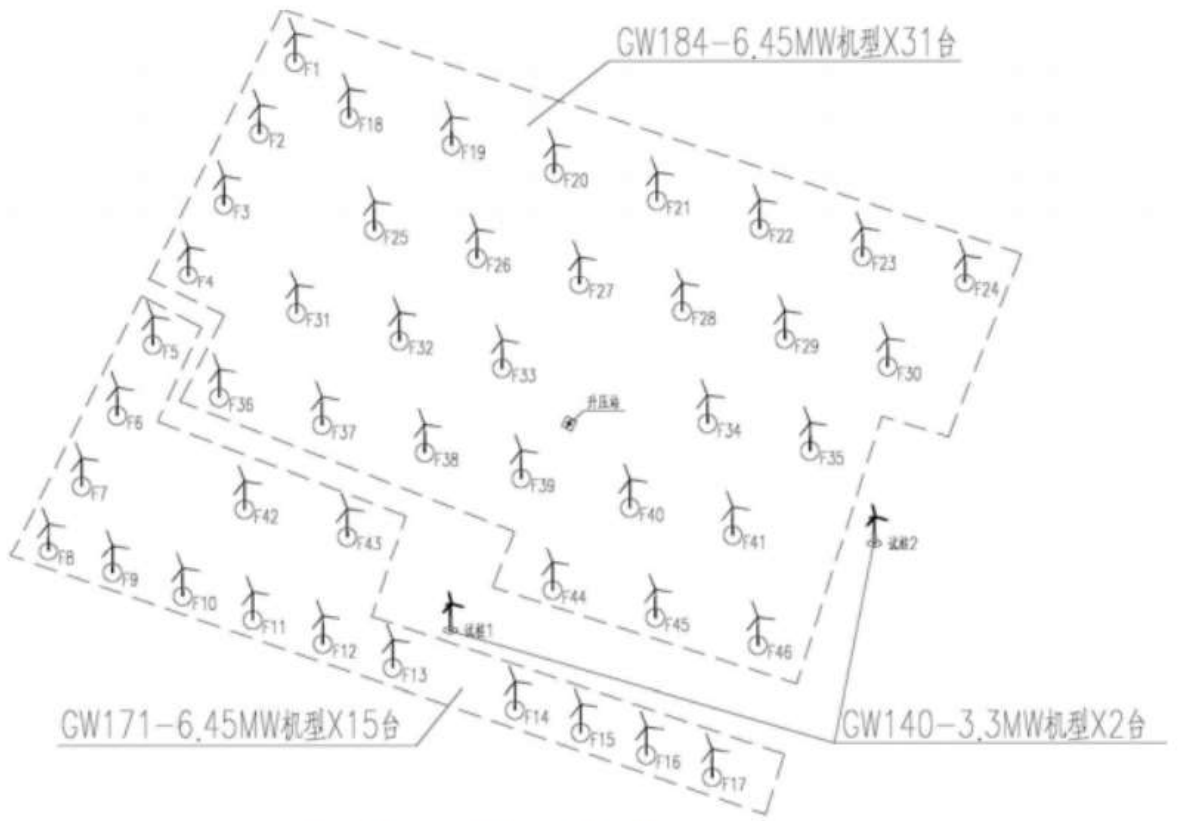


图 3.2-1 一期平面布置图



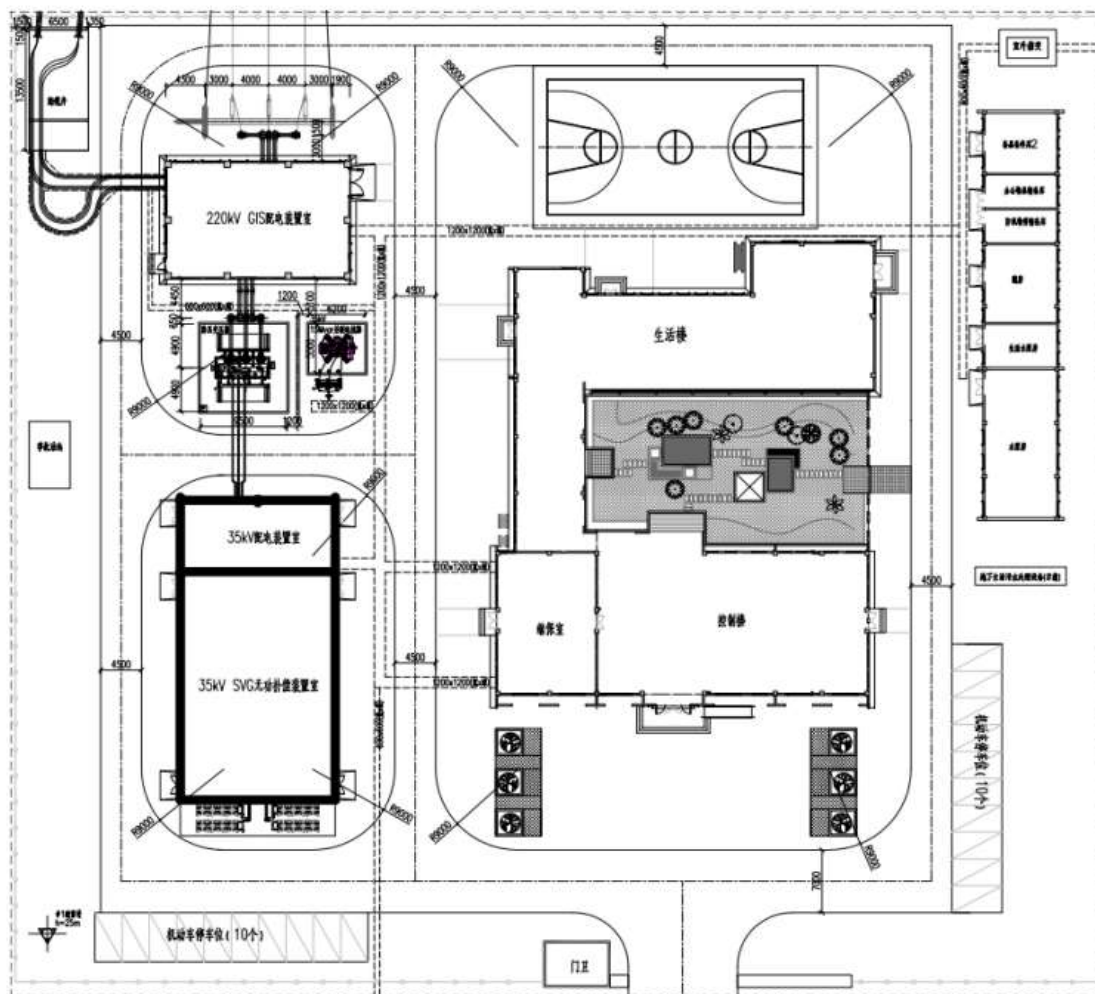


图 3.2-2 一期陆上开关站平面布置图

### 3.3.2 现有工程建设及运行情况

一期工程于 2019 年 7 月开工建设。海上风机 2021 年 6 月 29 日完成全部风机吊装。海上升压站 2019 年 4 月 22 日开工,2020 年 1 月 1 日吊装就位。220kV 海底电缆 2020 年 3 月 25 日完成敷设;35kV 海底电缆 2021 年 7 月 4 日全部敷设完成。2021 年 7 月底,工程完工,全部 48 台风机并网发电,进入调试阶段。目前主体工程运行稳定,环保工程运行正常。

### 3.3.3 环保手续履行情况

一期工程环境影响评价于 2017 年 3 月 11 日获得江苏省海洋与渔业局出具的核准意见(苏海环函(2017)9 号文),批复意见见附件 3。现阶段正在开展环保竣工验收工作。

### 3.3.4 环保措施落实情况

表 3.2-1 一期工程环评批复意见落实情况

序号	批复意见	落实情况	已采取的措施
1	合理安排施工进度，严格施工管理。风机基础打桩应避免 4-9 月鱼类特别是石首科鱼类产卵徊游期，电缆敷设应避免 4-7 月鱼类、贝类的产卵高峰期并尽量缩短施工时间，水下打桩应采用“软启动”方式，以驱赶海洋鱼类游离作业区，减缓水下噪声对鱼类的影响。220KV 海底电缆应合理制定施工方案，安排施工进度，充分注意珍稀鸟类的保护，尽量避开春、秋鸟类大规模迁徙期（春季 3 月 20 至 5 月 30 日、秋季 8 月 1 日至 10 月 30 日），减少由于施工活动对珍稀鸟类造成的干扰。电缆沟槽开挖应尽量选择在海滩和低潮期间施工，电缆沟槽开挖产生的沙土应在电缆入沟槽后及时回填夯实，防止沙土随潮流入海。海缆施工前应扫清海障打捞产生的固体废弃物，应统一收集并运回陆上统一处理。	已落实	施工尽量避开鱼类产卵期、鸟类迁徙期；打桩采用软启动方式；电缆沟槽开挖选择在露滩和低潮期间施工，电缆沟槽开挖产生的沙土在电缆入沟槽后及时回填夯实；海上施工产生的固废委托连云港市信海清污有限公司处理。
2	做好施工垃圾及污水处理。施工基地应设置污水收集和处理系统，机械油污水处理后交具有资质的专业单位回收处理，施工人员生活污水经一体化生活污水处理设备处理后回用于场地、道路冲洗，绿化浇灌。施工现场设置废料回收桶，收集风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头等各类垃圾并定期运至陆上与施工基地生活垃圾一并交由当地环卫部门统一处置。	已落实	机械油污水处理后交具有资质的专业单位回收处理，施工人员生活污水经一体化生活污水处理设备处理后回用于场地、道路冲洗，绿化浇灌。海上施工产生的固废委托连云港市信海清污有限公司处理。
3	加强施工船舶管理。施工船舶在水域内定点作业、船舶停泊应严格执行国家《船舶污染物排放标准》和《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》。施工期间施工船舶上作业人员产生的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。船舶含油废水交由有资质的单位接收处置。	已落实	船舶停泊严格执行国家《船舶污染物排放标准》和《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》；海上施工产生的生活污水、含油废水委托连云港市信海清污有限公司处理。
4	加强船舶安全管理。加强施工和运输船舶人员的安全培训，严格遵守《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》，保障施工正常进行和过往船只的航行安全，并提前通过发布航海通告，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让该风电场。加强风险防范管理，认真落实施工船舶防污染措施，制定船舶污染事故应急预案和其他海上事故应急预案，配备足够的应急器材并报相关主管部门备案。	已落实	船舶安全管理严格按照《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》执行；制定了船舶污染事故应急预案和其他海上事故应急预案，配备足够的应急器材并报相关主管部门备案。



5	加强鸟类保护。海底电缆穿保护区段施工时应严格控制并压缩施工作业带范围，施工中应缩短日施工时间，禁止夜间施工，以减少对鸟类栖息、觅食等的影响。应在鸟类非迁徙季节竖立和组装风机。风机叶片应采用橙红与白色相间的警戒色，安装鸟类警示趋避器等措施，降低鸟类撞击风险，同时加强区域鸟类及其栖息地的观测和保育工作。	已落实	严格控制施工作业带范围，缩短日施工时间，夜间不施工；在鸟类非迁徙季节竖立和组装风机；风机叶片采用橙红与白色相间的警戒色，
6	做好工频电磁场防治措施。保证升压站内电器设备接地，在产生电磁场的设备（如主变压器等）外设置防护罩等以减少电磁场对周围环境的影响。加强对工作人员有关电磁场知识的培训。	已落实	升压站内电器设备接地良好，定期对工作人员进行有关电磁场知识的培训。
7	加强集控中心管理。集控中心生活污水经生活污水处理系统，处理达标后用于绿化。集控中心内设小型垃圾箱，生活垃圾分类收集后由当地环卫部门集中清运处置，生活污水处理系统产生的沉淀污泥和隔油油脂等应单独清运处置。	已落实	集控中心生活污水经生活污水处理系统，处理达标后用于绿化；集控中心内设小型垃圾箱，生活垃圾分类收集后由当地环卫部门集中清运处置
8	本工程的监督管理工作由灌云县海洋与渔业局负责。你公司应在连云港市和灌云县海洋与渔业局的指导下，组织做好各项跟踪监测和生态补偿工作。委托有海洋监测资质的部门开展海洋环境跟踪监测，对本工程附近水文、冲淤变化、海水水质、海洋沉积物环境、噪声等进行监测和评价，对工程海域鸟情及栖息地、鸟类与风机发生撞击情况进行观测研究，并将工程进展情况和监测结果及时通报灌云县海洋与渔业局。风电场建成运行 3 至 5 年内，应开展环境影响后评价工作。本工程生态补偿费用为 919 万元。	已落实	已开展海洋环境跟踪监测，包括水文、冲淤变化、海水水质、海洋沉积物环境、水上水下噪声等，对鸟类进行了观测；已与连云港生态环境局签订海洋生态补偿协议书（附件5）。

### 3.3.5 现有污染物产生及排放量

现有污染物产生及排放量见表 3.2-6。

表 3.2-1 现有项目污染物产生及排放量

类型	污染物	单位	产生量	消减量	排放量	治理措施
废水	废水量	m <sup>3</sup> /a	1314	1314	0	地埋式一体化生活污水处理设施处理后回用于绿化
	COD <sub>Cr</sub>	kg/a	328.5	328.5	0	
	BOD <sub>5</sub>	kg/a				
	SS	kg/a	262.8	262.8	0	
	氨氮	kg/a	39.42	39.42	0	
	动植物油	kg/a				
废气	油烟废气	/				油烟净化器
固体废物	生活垃圾	kg/a	14.6t/a	14.6t/a	0	环卫部门清运
	废旧蓄电池		/	/		暂未签订危废处理协议
	废油、油	kg/a	1314	1314	0	地埋式一体化生活污



	渣、油垢等 危险废物					水处理设施处理后回 用于绿化
--	---------------	--	--	--	--	-------------------

### 3.3.6 环保相关情况

根据调查，一期工程施工及运行期间，落实了相关环保措施和环评批复意见，未有被周边居民等投诉和被生态环境部门处罚情况。

## 3.4 工程建设方案概述

### 3.4.1 风电机组选型、布置及发电量估算

#### 3.4.1.1 风电机组选型

本风机采用具有代表性的水平轴、上风向式、三叶片、变速变桨风力机型，须具备较强的抗台风、抗潮湿、防盐雾腐蚀等性能。

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。

经综合考虑风机设备生产厂家各机型的实际情况、相关技术及江苏省海域建设条件的复杂性等因素，本着集约用海，充分利用风能资源，本次报告选择单机容量 6MW 及以上的大叶片风电机组进行单机容量方案比选。确定参与本工程风机选型单机容量方案比选的机型包括单机容量为 6MW、7MW、8MW、8.35MW 和 8.5MW 共 5 种机型。根据项目设计文件，本工程选用 11 台单机容量 6MW 风力发电机组与 4 台 8.5MW 风电机组混合排布。

大容量海上风电机组是海上风机的发展方向，我国目前正朝着研制大功率海上风机方向迈进。本次选择国内外大容量机型基本属于刚起步阶段，暂按各风机所推荐的轮毂高度考虑。

根据推荐的代表性风电机组，WTG1 机型推荐轮毂高度为 113m，WTG5 机型推荐轮毂高度为 130.5m。

#### 3.4.1.2 风电机组布置

根据工程设计文件，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。

在电价补贴退坡加速的背景下，选用单一主机的方案很难满足风电场建设的时间要求。为保障工程建设进度，尽早实现风电场并网发电，本报告推荐选用混排方案。通过机型比选分析可知，WTG1 和 WTG5 对本工程而言经济性相对较优，并且两款机型同属于同一家海上风电主机供应商，有利于风电场建设管理和运维。在与建设单位和主机供应商充分沟通的基础上，本阶段推荐采用 11 台单机容量 6MW 风力发电机组与 4 台 8.5MW 风电机组混合排布。

二期扩建项目风电场布置 11 台单机容量为 6.0MW 和 4 台单机容量为 8.5MW 的风电机组，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 N 和 SE），并充分考虑场址走向、工程施工船舶进场、抛锚、掉头等对场地的要求，分别考虑列距（垂直于主风向）700~800m；行距（平行于主风向）800~1000m。

风电场一期工程已配套规划 1 座 220kV 海上升压变电站，海上升压站按 400MW 容量设计。根据本风场风机布置情况结合项目地质及水深条件，尽可能降低海上升压变电站的项目造价及工期，初步位置定在二期工程的东北侧位置。

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，两期共 63 台风机共分为 14 组，14 组 35kV 海底电缆汇入 220kV 海上升压站，升压后经过 2 回三芯 220kV 海底电缆线路接入陆上配电与汇流中心，再由一回 220kV 线路接入系统。



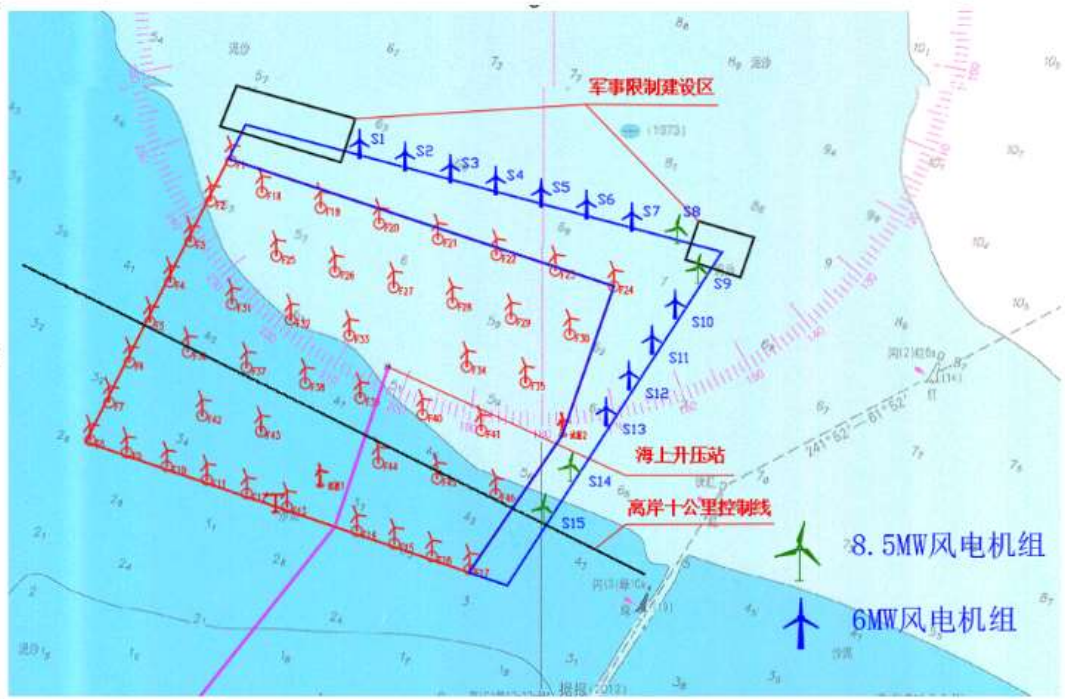


图 3.4-1 混排风电机组布置图

### 3.4.1.3 风电场年上网电量计算

风电场的年上网电量为 30744.6 万 kWh，平均单机年发电量为 2049.6 万 kWh，风电场年等效负荷小时数为 3074.5h，容量系数为 0.351。

## 3.4.2 电气

### 3.4.2.1 接入电力系统方式

本工程装机规模为 100MW，拟安装 11 台单机容量为 6MW 和 4 台单机容量为 8.5MW 的海上风力发电机组，本工程附近有已投运的一期工程，其海上升压变电站建设规模为 400MW，预留有 100MW 容量，可以供本工程接入。

本工程 100MW 风电场以 4 回 35kV 海底电缆线路接入一期已建成投运的 220kV 海上升压变电站 35kV 预留母线间隔，经变压器升压后与一期工程共同经 2 回 220kV 海底电缆线路登陆后接入陆上开关站，再通过 1 回 220kV 架空线路接入系统灌西变电站。

### 3.4.2.2 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。根据风电场场内风机布置，15 台风机共分为 4 组，每组 3~4 台风机，场内集电线路每回输送容量最大为 26.5MW，接入一期工程海上升压变电站。

由于风电场位于海上，集电线路电缆全部采用 35kV 海底电缆，型式为铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套粗钢丝铠装光纤复合海底电缆。

### (2) 无功补偿

本风场内的无功损耗主要由风机箱变、场内 35kV 电缆集电线路无功损耗组成。由于已建设的一期工程陆上集控中心安装了 2 套 30MVar 的 SVG 和一套 15Mvar 低压并联电抗器，综合考虑 400MW 海上风电场无功损耗，已安装无功补偿装置满足要求，本工程无需新增补偿装置。

### 3.4.3 消防

本风电场的消防设计遵循《中华人民共和国消防法》及国家有关的方针政策，贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针，针对工程具体情况，积极采用行之有效的先进的防火技术，做到保障安全，使用方便，经济合理。本风电场的消防设计立足“预防为主，外援为辅”的原则。

海上升压站在一期工程已建成并投运，消防设置已配置完毕，满足项目需求。

陆上集控中心在一期工程已建成并投运，消防设置已配置完毕满足项目需求。

本报告只对于海上风电机组、海陆交通等设施消防对象，采取不同的防火技术措施，阻止电气火灾事故的发生。

### 3.4.4 项目等别及建筑物级别及设计安全标准

#### (1) 项目等别及建筑物级别

本工程共安装 11 台单机容量为 6.0MW 和 4 台单机容量为 8.5MW 的风电机组，其中 6.0MW 风机轮毂高度 113m，叶轮直径 191m；8.5MW 风机轮毂高度 130.5m，叶轮直径 230m。一、二期工程共用一套 220KV 海上升压变电站和陆上配电与汇流中心。按照《风电场项目等级划分及设计安全标准》（NB/T 10101-2018）：确定本工程规模为中型；其主要建筑物设计使用年限为 25 年，设计基准期为 50 年；风电机组地基基础设计等级为甲级，结构安全等级为一

级，其潮水设计标准为重现期 50 年。

根据《风电场项目等级划分及设计安全标准》（NB/T 10101-2018）：确定风电场风机基础结构的抗震设防类别为丙类。根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2011）（2016 年版）、《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），项目场地设计基本地震加速度值为 0.05g，抗震设防烈度为 6 度，设计地震分组为第三组。

## （2）设计安全标准

### 1) 单桩抗压、抗拔承载力

桩基竖向承载力计算参考《海上风电场项目风电机组基础设计规范》

（NB/T 10105）。

### 2) 基础结构应力设计标准

基础钢结构设计按《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法荷载系数抗力法》（SY/T 10009）标准执行，荷载效应采用设计值，结构应力安全系数 UC 值≤1.0，钢结构管节点处抗冲切安全系数 UC 值≤1.0。

### 3) 基础变形设计标准

根据《海上风电场项目风电机组基础设计规范》（NB/T 10105）中对基础变形要求：单桩基础计入施工误差后，泥面处整个运行期内循环累积总倾角不应超过 0.50°；其余基础计入施工误差后，基础顶位置整个运行期内循环累积总倾角不应超过 0.50°。

### 4) 基础疲劳设计标准

海上风机基础结构在 25 年的使用期内将受到大约 107 次到 108 次的往复载荷，疲劳分析所采用的 S-N 曲线根据《Support structures for wind turbines》（DNVGL-ST-0126）取用如下：

$$\log_{10} N = \log_{10} a - m \log_{10} \left( \Delta \sigma \left( \frac{t}{t_{ref}} \right)^k \right)$$

### 5) 防撞靠泊设计标准

风电场运行期间的运行维护服务船舶按 200~500 吨（DWT）设计，风电场所有风机基础按能满足 500 吨运行维护服务船舶以 0.45m/s 速度靠泊的要求设计。



#### 6) 结构防腐蚀设计年限

依据《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》(NB/T31006-2011)和《水运项目结构防腐蚀施工规范》(JTS/T209-2020)中相关要求结合结构特点分区设置防腐蚀系统,本工程风机基础结构设计使用寿命为25年,工程建设期1年,防腐蚀设计按26年考虑。

### 3.4.5 风机基础

经技术经济、施工等多方面综合比较,本阶段选择单桩基础方案作为推荐方案。

6.0MW 机型单桩基础方案采用一根直径为 D7000~7600mm (壁厚 65mm~85mm)、桩长约 73m 的钢管桩打入海底基床深处,桩尖高程约-62.0m,桩顶高程为 11.00m。高程范围 11.0~5.0m 桩身壁厚为 80mm,桩径 7.0m;高程范围 5.0~-4.0m 桩身壁厚为 80mm,桩径 7.0~7.6m;高程范围-4.0m~-13.0m,桩身壁厚 80mm,桩径 7.6m;高程范围-13.0m~-19.0m,桩身壁厚 85mm,桩径 7.6m;高程范围-19.0m~-28.0m,桩身壁厚 80mm,桩径 7.6m;高程范围-28.0m~-34.0m,桩身壁厚 75mm,桩径 7.6m;高程范围-34.0m~-40.0m,桩身壁厚 70mm,桩径 7.6m;高程范围-40.0m~桩底以上 2m,桩身壁厚 65mm,桩径 7.6m;桩底 2m 范围内壁厚 75mm,桩外径 7.6m。

8.5MW 机型单桩基础方案采用一根直径为 D7500~8300mm (壁厚 70mm~85mm)、桩长约 76m 的钢管桩打入海底基床深处,桩尖高程约-65.0m,桩顶高程为 11.00m。高程范围 11.0~8.0m 桩身壁厚为 80mm,桩径 7.5m;高程范围 8.0~5.0m 桩身壁厚为 85mm,桩径 7.5m;高程范围 5.0~-7.0m 桩身壁厚为 85mm,桩径 7.5~8.3m;高程范围-7.0m~-19.0m,桩身壁厚 85mm,桩径 8.3m;高程范围-19.0m~-28.0m,桩身壁厚 80mm,桩径 8.3m;高程范围-28.0m~-34.0m,桩身壁厚 75mm,桩径 8.3m;高程范围-34.0m~桩底以上 2m,桩身壁厚 70mm,桩径 8.3m;桩底 2m 范围内壁厚 75mm,桩外径 8.3m。

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。



### 3.4.6 防腐蚀设计

本工程钢结构拟采用外加电流阴极保护，利用外部直流电源对被保护体提供阴极极化，实现对被保护体的保护的方法。外部电源的负极与被保护体相连，正极接辅助阳极，辅助阳极的作用是为了构成阴极保护完整的电回路。

### 3.4.7 防冲刷设计

因单桩基础刚度小，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 5m 的泥面冲刷深度。基础防冲刷措施采用一期工程中的袋装砂+砂被的方式，如下图所示，即在单桩桩周外铺填 0.4m 厚的 4m 宽环形砂被，再用袋装砂进行填平，最后在桩周两侧各铺填 0.4m 厚的 30x20m 的矩形砂被（含加筋、隔仓等，编织布采用 500g/m<sup>2</sup> 的针刺复合土工布），两块砂被搭接长度 10m，砂被及砂袋充填料采用渗透系数不小于 10<sup>-3</sup>cm/s 的中粗砂。

### 3.4.8 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，靠船构件间设钢爬梯。

### 3.4.9 监测设计

单桩监测项目主要有：不均匀沉降监测、倾斜监测、振动监测与应力监测，除不均匀沉降监测外均实现远程自动化监测。

## 3.5 施工组织设计

### 3.5.1 施工条件

本工程所需物资材料主要为钢材、油料。

钢材：本工程风电机组基础、塔筒等均为大型钢结构，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，运输至钢结构加工厂进行加工。

油料：工程所需的各类油料等在灌云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。

灌云县隶属于连云港市，位于连云港市区的南部，东部濒临黄海，西部与东海县及宿迁市沭阳县为邻，南部隔新沂河与灌南县相邻，北部与海州、新浦两区接壤。公路、铁路、水运各种运输方式较完善。

本工程风电场场址周边区域的大型港口主要为连云港，附近区域可供水陆转运的海港码头岸线从南向北还有大丰港、射阳港、滨海港和燕尾港等。灌河河口内航道沿线尚有诸如陈家港作业区、响水作业等众多公用货运码头，以及中交三航局灌河工程处等企业自备码头，港口转运条件极为便利。

### **3.5.2 风电机组基础施工**

#### **3.5.3 单桩基础施工**

##### **3.5.3.1 基础结构形式**

本工程风电机组基础类型均为单桩基础，其中 6.0MW 风机基础钢管桩直径 7.0~7.6m，桩长 73m，材质 DH36，壁厚 65~85mm，单根钢管桩重约 1113.15t；8.5MW 风机基础钢管桩直径 7.5~8.3m，桩长 76m，材质 DH36，壁厚 70~85mm，单根钢管桩重约 1304.00t。单桩基础如下图所示。

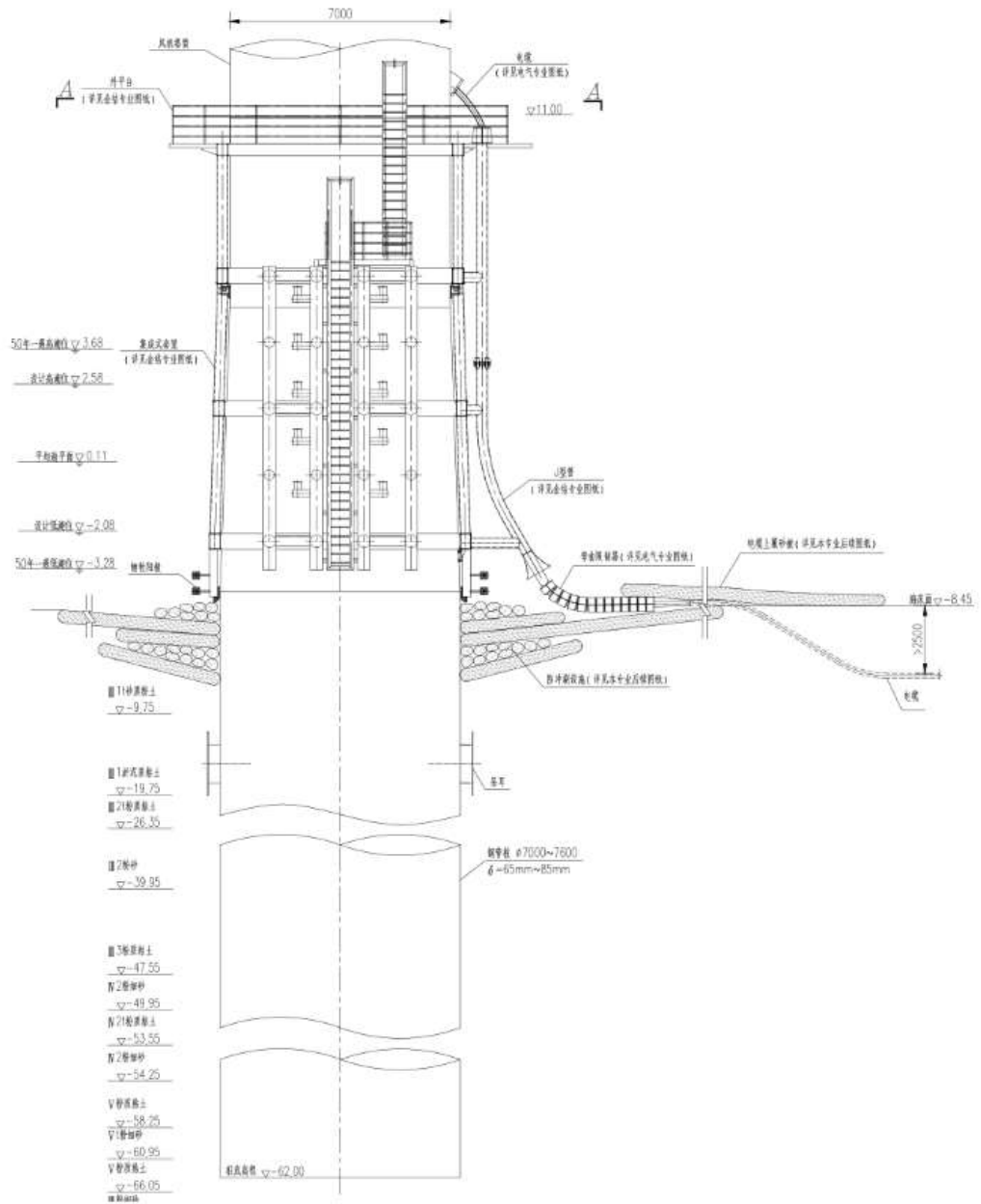


图 3.5-1 6.0MW 单桩基础



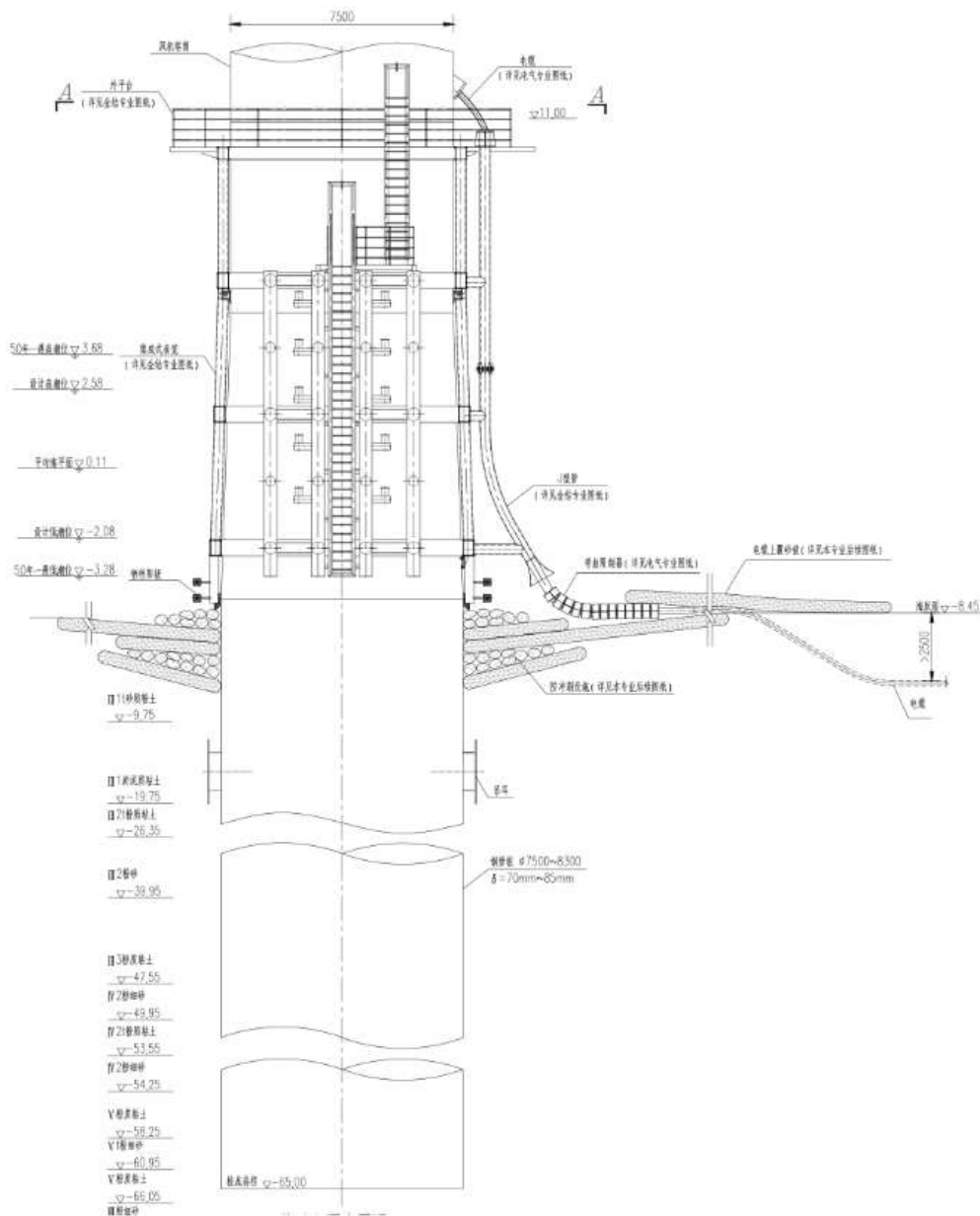


图 3.5-2 8.5MW 单桩基础

### 3.5.3.1 钢管桩沉桩

起重船+辅助工艺定位导向架设施，其中以浮式起重船配套导向架为主流船机设备配置，目前已在江苏、大连等海域海上风电场项目上得到成功实施，船机设备、技术经验相对成熟。本工程场区水深条件类似，此方案也可在本工程中应用。

除以浮式起重船作为主要施工船舶外，目前还有施工企业发展了半潜式起重船+辅助工艺定位导向架的工艺，其中以“顺一 1600”深潜式坐底风电安装船为典型。该船具有半潜作业和坐底作业两种方式，可依靠自身起吊设备完成单

桩的吊立、翻桩、植桩等，其坐底施工时属于方案一的特殊应用。

本工程采用风电机组基础钢管桩直径 7.0~8.3m，桩长 73~76m，单根钢管桩重约 1113.15~1304.00t，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。

钢管桩海上沉桩系统包括打桩船、运桩船、附属沉桩设施与辅助工作船等，其中以打桩船为主要施工设备，也是确定沉桩方案的主要因素和先期因素。

#### 1) 钢管桩起吊、立桩等前期工作施工设计与船机设备配套规划

大型起重船在本工程基础沉桩施工中将承担大量的工作，前期管桩的起吊、立桩等内容全部由其完成，因此起重船的选型以满足单管桩起吊、立桩要求为标准。按照单管桩最大的结构特征（长度为 76m，桩重为 1304t）并考虑一定的安全操作要求，主起重船应具有弦外吊距 20m 以上的条件下，吊高 93m 以上，起重量在 2000t 级及以上的船舶起重性能要求。目前此种大型的起重船只主要以浮式起重船为主，因此对于拟选用的 2000t 级及以上起重船为单桩沉桩的起吊设备。

由于起吊作业有一定危险性，要求施工需在 3 级及以下海况条件下作业，施工前需做好相关预案。

#### 2) 沉桩施工精度控制措施与相应配套构件

工程单桩基础沉桩精度控制为 3‰，根据国内单桩基础施工方案中关于沉桩精度控制措施的汇总分析，目前国内关于此沉桩精度控制措施的设计研究成果归结为如下：

① 原有吊打沉桩的施工方式，多依靠船只自身的稳定性以保证沉桩施工精度，但控制性差，难以满足本工程单管桩沉桩施工 3‰的精度控制要求，需要采用额外辅助措施以满足沉桩精度控制要求。

② 采用龙口设施作为沉桩额外辅助措施可控制管桩垂直精度，浮式起重船在完成管桩的吊立与空中翻身后，送入沉桩用龙口设施进行后续的沉桩施工作业，因此稳定的龙口设施是沉桩施工精度控制的关键。龙口设施应在复杂海洋环境条件下仍然可维持稳定的操作平台，避免对沉桩施工最为影响的浪、流等海洋环境的冲击影响，宜采取自升式平台船或管桩类固定式基础作为龙口设施的支撑。按照本工程单桩基础沉桩 3‰的精度控制，对龙口设施的细微调整



与打桩过程中的稳定性提出了很高的要求。

沉桩精度控制设施是整个沉桩施工中，技术难点最多、实施工艺最为复杂的设施，也是保证沉桩施工精度控制的关键内容。

目前国际上通行的沉桩精度控制设施(包括龙口设施)为自升式平台船只。自升式海上移动平台目前主要作为海上施工作业操作平台进行自然条件恶劣的外海工程，其船体通过升降系统将桩腿伸入海底，当桩腿到达海底时，能将船身升高水面一定距离以承载船体重量，船只依靠桩腿与土体之间的相互作用而稳定，可抵抗风浪等海洋环境对船只的冲击而不动，为海上作业提供一个类似陆域环境的平稳工作平台，基本不受风、浪、潮流的影响，通过调节支腿的下放长度可在高低不平的海床上保持平衡稳定，在船只的船艏或中部船舷位置设置液压抱桩器等设施，形成以大型船只为载体的稳定龙口设施平台，在国外众多的单桩基础沉桩施工中，此种以自升式船只基础的稳定龙口设施平台得到了广泛使用，可实现单桩基础沉桩 3‰的精度控制要求。

国内其余沉桩精度控制设施主要为辅助工艺定位导向架设施，主要有代表性的是以入土一定深度的多管桩为基础，上部为两层或三层空间桁架结构的液压抱桩器，综合形成导管架基础形式的工艺定位导向架设施。

对于上述沉桩施工精度控制措施，因为辅助工艺定位导向架已有成功实践检验，且所需成本也是最小，因此推荐辅助工艺定位导向架作为本工程的沉桩精度控制配套构件。根据施工进度安排，本阶段配置 1 套钢结构定位导向架进行进行风电机组基础钢管桩沉桩施工，循环使用。导向架按开口式设计，导向架安拆采用 600t 浮式起重船完成。

### 3) 锤击沉桩系统的选择

锤击沉桩系统指对钢管桩施加冲击力，将钢管桩打入土层的锤击设备组合。锤击沉桩系统主要设备为能量供应体系—打桩锤。

在锤击沉桩施工中，目前常规使用的打桩锤主要有筒式打桩锤与液压锤两种，其各自能量提供的大小也有多种型号可供选择，两种锤型比较如下：

柴油锤：通过冲入筒体的雾状燃料爆发，使锤芯形成“跳高”，锤芯以自由落体方式提供冲击能量打击桩体，属于冲击式桩锤。

液压锤：液压锤也是属于冲击式桩锤，按照结构和工作原理可以分为单作



用和双作用式两种。所谓单作用式是锤芯（冲击块）通过液压装置提升到预定高度后快速释放，锤芯以自由落体方式打击桩体；双作用式是锤芯（冲击块）通过液压装置提升到预定高度后，从液压系统中获得加速度能量来提供高冲击时速度而打击桩体。因此，同等锤芯重量的桩锤，双作用式冲击能量要比单作用的大。

液压锤在施工效率、环境保护等方面均优于柴油锤，因此现阶段打桩锤锤型的选择考虑液压冲击式打桩锤。

根据本工程地质条件及钢管桩施打尺寸等因素，结合周边项目沉桩情况，本阶段推荐采用推荐选择有效能量 3500kJ 的液压打桩锤作为首选锤型。

3500kJ 型液压打桩锤均属于大当量打击能力的打桩锤，目前龙源振华、中海油、中交三航局、中铁大桥局等海上施工单位具有此种大型液压打桩锤可供选择，可以满足本工程建设进度的要求，在本工程主体工程施工时可供选择的大型液压打桩锤施工设备的来源较为广泛。

#### 4) 沉桩

本工程场区水深可满足 2000t 级以上起重船作业的吃水要求。

打桩的船机设备就位后，采用起吊能力 2000t、起吊高度 93m 以上的的浮吊起吊钢管桩，600t 浮吊配合吊立、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，由起吊能力 2000t 的浮吊吊放打桩锤进行压锤，直至钢管桩不再下沉。沉桩初期应注意查看并复核垂直度是否符合要求。

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。沉桩过程中，溜桩事故危害极大，应积极防御。针对本工程实际情况，提出以下

防溜桩应对预案：

①沉桩初期应探明地质情况，对可能发生溜桩的机位，可选择采用振动锤稳桩，利用桩体自重及压锤使其下沉入泥，桩体不再下沉后启动振动锤打桩，此时宜采用低频振动。当桩体下沉速度大幅减少后，可换用液压锤进行沉桩。

②沉桩过程控制吊钩下降速度，始终保持液压锤吊竖向夹角小于 45°，防止溜桩时液压锤跟桩加剧事故危害性。

③通过抱桩器液压滚轮对桩身施加压力，增大桩侧摩阻力，防止下沉过快。

### (3) 单桩基础防护施工

为防止单桩基础桩周冲刷影响桩基稳定，护底结构底层为袋装砂一层，在其上铺设 2 层砂被，单层厚砂被 0.4m。600t 级起重船作为主施工船。由 600t 浮式起重船吊放，采用专用吊架，保证砂被平展开来吊放沉底，贴合风电机组基础体型及海底地形，不发生折叠。

### (4) 附属构件安装

由于沉桩时液压锤的冲击力度很大，且部分附属设施如爬梯、电缆管等又延伸至外平台以上，故这部分附属设施应在沉桩结束后再安装，安装时须注意不损伤防腐涂层，如有损伤应立即修补。

## 3.5.4 风电机组安装

本工程风电机组设备推荐采用分体安装，安装设备采用自升降式支腿平台船，配置有 1000t 以上起重能力的全回转起重机。

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

6.0MW 风电机组吊装顺序是：下段塔筒→中段塔筒→上段塔筒→机舱+轮毂→叶片。

8.5MW 风电机组吊装顺序是：下段塔筒→中 1 段塔筒→中 2 段塔筒→上段塔筒→机舱+轮毂→叶片。

## 3.5.5 电缆施工

本工程 35kV 海底电缆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。

### 3.5.6 施工总布置

本工程共设置 2 个陆上综合施工基地，1#陆上施工基地布置于燕尾港附近的码头，主要为临时生活办公区；2#陆上施工基地布置于大丰港附近的码头，布置风电机组设备堆放、预拼装场地、电缆及工器具专用仓库、设备检修加工厂、临时生活办公区等。



(a) 1#陆上施工基地





(b) 2#陆上施工基地

图 3.5-3 陆上施工基地布置

### 3.5.7 施工总进度

本工程主关键线路项目：承包人进点→施工前期准备→风电机组基础施工→风电机组安装→风电机组调试、投产发电→项目竣工。本工程首批机发电工期为 3.5 个月，总工期 9 个月。

### 3.5.8 施工资源供应

本工程劳动力资源供应根据高峰与平时时段的施工强度，并参照类似工程实际的劳动力资源供应情况制定。根据工程不同的施工时段，高峰时段月投入劳动力 200 人，平均时段月投入劳动力 140 人。下表给出了施工主要机械设备。

表 3.6-1 施工主要机械设备表

部位	序号	设备名称	单位	型号规格	数量	用途
单桩基础主要施工	1	起重船	艘	吊高 93m 以上，2000t 级及以上	1	基础桩基施工
	2	起重船	艘	600t 级及以上	1	辅助沉桩、防冲刷施工、定位架施工
	3	自航甲板驳船	艘	5000t 级	2	定位导向架及其他附属结构运输、钢管桩运输
	4	振动锤	套	150t	1	辅助桩植桩、打桩
	5	打桩锤	套	3500kJ	1	

	6	拖轮	艘	2000HP 及以上	2	拖运、移位船只
	7	交通艇	艘		2	接送人员
	8	抛锚艇	艘		4	甲板驳等起抛锚
	9	补给船	艘		2	淡水与生活物资补给
海上分体吊装主要施工	1	自升降式支腿平台船	艘	1000t 级	1	水面以上最大安装高度 145m 及以上的要求
	2	自航甲板驳	艘	5000t	2	风电机组部件运输
	3	拖轮	艘	2000HP	1	
	4	交通艇	艘		1	
	5	抛锚艇	艘		2	
	6	150kw 柴油发电机	台		5	海上吊装
	7	750t 履带吊	台		1	风电机组部件过驳和预拼装、设备过驳
	8	350t 轮胎吊配合	台		1	基地内风电机组组件预拼装
海底电缆施工主要船机配置	1	敷缆船	艘		1	35kV 海底电缆敷设
	2	抛锚艇	艘		2	
	3	拖轮	艘	2000HP	2	
	4	卷扬机	台		3	电缆牵引
	5	交通艇	艘		2	

### 3.6 工程建设用海及用地

#### 3.6.1 工程用海

根据海域使用论证报告，35kV 海底电缆海域所占用的海域属于海底项目用海范畴，现阶段 35kV 海底电缆按照《海籍调查规范》中“35kV 海缆用海按敷设路径两侧各 10m 计征”，海底电缆使用海域面积为 52.31 万 m<sup>2</sup>（已扣除与风机基础、升压站重合部分面积）。

表 3.6-1 灌云海上风场用海面积

项目	单位	面积
单桩基础（含外围 50m）	万 m <sup>2</sup>	13.69
35kV 海底电缆（已扣除与基础重合部分）	万 m <sup>2</sup>	52.31

#### 3.6.2 工程用地

施工临时占地为施工基地用于临时布置生产生活设施的场地，主要为临时占地，生活办公设施、综合加工厂、风机设备堆场、组装场、电缆及工器具专



用仓库、电气设备专用仓库等临时占地面积根据工程规模、单机容量、装机台数及风机设备参数等进行拟定。

**表 3.6-2 工程占地面积及费用表（燕尾港）**

工程用地	单位	面积
一、临时用地		
临时生活办公用房	m <sup>2</sup>	2000
合计	m <sup>2</sup>	2000

**表 3.6-3 工程占地面积及费用表（大丰港）**

工程用地	单位	面积
一、临时用地		
风机设备临时堆场、拼装区	m <sup>2</sup>	20000
临时生活办公用房	m <sup>2</sup>	2000
电缆及工器具专用仓库	m <sup>2</sup>	2000
综合仓库	m <sup>2</sup>	600
合计	m <sup>2</sup>	24600

### 3.7 风电场运行管理

#### 3.7.1 管理机构的组成和编制

管理机构的设置根据生产需要，本着精干、统一、高效的原则，体现现代化风电场运行特点。本工程依托一期工程升压站按“无人值班，无人值守”的原则进行设计，当风电场的电气设备和机械设备进入稳定运行状态后，本风电场可按无人值班方式管理。由于目前尚未颁布风电场运行人员编制规程，结合本风电场的特点和一期工程建设情况进行机构设置和人员编制。本工程集控中心拟不新增工作人员，风电场运行纳入一期工程人员管理。工作人员直接在办公楼通过人机对话对风电场的风力发电机组进行远方监视、控制。风电机组大修可外委有能力有资质单位进行，以减少风电场的定员。

#### 3.7.2 运行管理

工程运行期，生产区、生活区以及主要管理设施全部纳入一期工程 220kV 升压站内布置的生产综合楼、动态无功补偿装置室、生产辅助楼、生产和生活电源及备用电源、升压站给水设施以及升压站绿化等。

升压站站内通信为在中控室内设行调合一数字式程控调度交换机一套，作



为风电场内生产调度、行政通信之用。升压站内行政和调度交换机具有数字中继和各类模拟中继接口，可与电力系统、邮电公网及升压站等系统之间实现通信联网，满足电网运行调度和管理的通信需要。

风力发电场的运行工作主要包括两个部分，即风力发电机组和升压站及相关输变电设施的运行管理，项目公司将按照相关的法规和标准做好运行工作。

风电场的维护管理范围主要包括风力发电机组、升压站、海底电缆等。

### **3.7.3 风电场到期弃置与拆除**

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、风电机组基础的拆除、海底电缆拆除以及环境恢复等，需另行编制报告书。

## **3.8 总投资**

本工程由华能灌云清洁能源发电有限责任公司投资建设，工程总投资 104963.92 万元，其中环保投资？万元。

## 4 前期工程环境影响回顾分析

### 4.1 水文动力影响回顾评价

为了较全面地了解一期的实施对工程附近海域水文动力的影响，根据 2016 年 7 月（工程前）、2022 年 2 月（工程后）一期涉及海域的现场水文环境监测数据，对工程附近海域的水文动力条件进行回顾性分析。

表 4.1-1 工程建设前周边水域水文监测成果对比（单位 m/s）

监测时间	潮况	涨潮		落潮	
		垂线最大流速	平均流速	垂线最大流速	平均流速
2016 年 7 月	大潮	0.51~1.54	0.41~0.67	0.72~1.41	0.32~0.73
	中潮	0.62~0.98	0.32~0.45	0.65~0.91	0.28~0.47
	小潮	0.55~0.81	0.28~0.37	0.48~0.99	0.24~0.53
2022 年 2 月	大潮	0.28~0.43	0.24~0.38	0.21~0.57	0.15~0.29
	中潮	0.3~0.44	0.23~0.35	0.23~0.46	0.16~0.24
	小潮	0.24~0.32	0.15~0.25	0.15~0.41	0.09~0.27

根据 2016 年和 2022 年的潮流性质调查结果，均显示工程海区属于正规半日潮流海区。2016 年 7 月工程前和 2022 年 2 月工程后，均呈现旋转流特征，且潮流旋转方向均为逆时针的左旋。监测点位冬季的潮流流速要略小于夏季。根据两期相近站点大潮最大流速流向和平均流速流向对比来看，工程前后由于调查时间不一致，流速和流向略有差别，但是量级基本一致，可认为风电场建设未对大范围流场造成影响。

因此，总得来说一期工程对海域水文动力条件影响较小。





图 4.2-1 2016 年实测潮流矢图

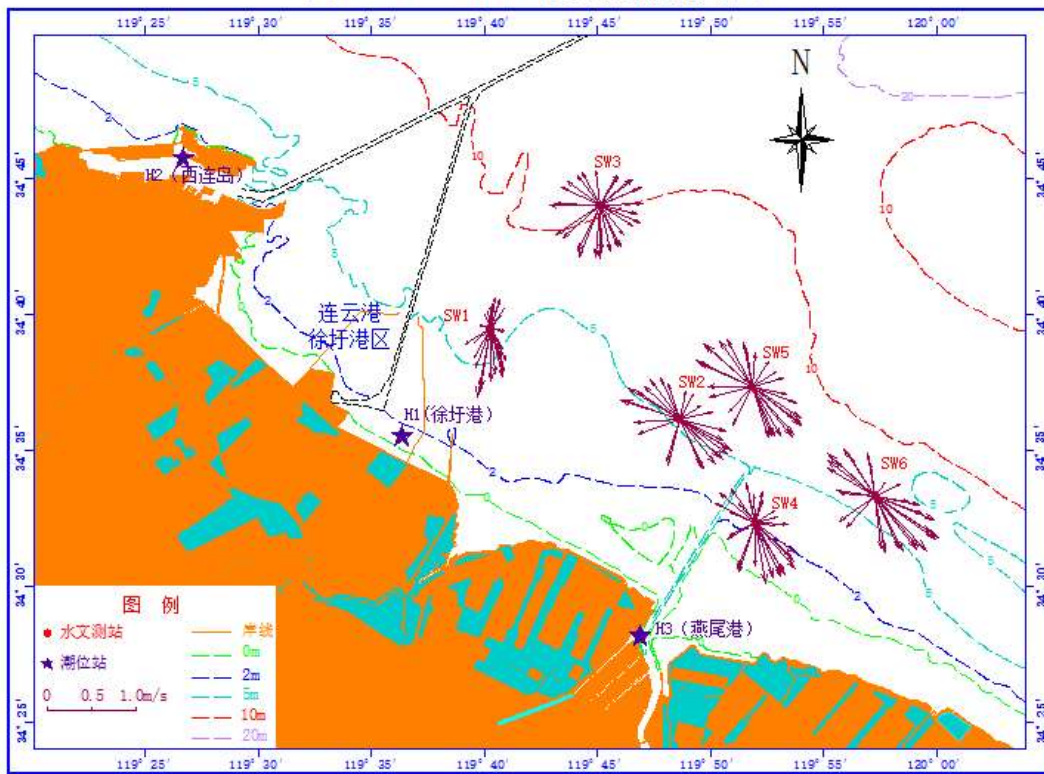


图 4.2-2 2022 年实测潮流矢图

## 4.2 冲淤变化影响回顾评价

为了较全面地了解一期的实施对附近海域冲淤变化的影响，通过对风电场场址区的风机基础和升压站进行多波束扫测对一期工程场址范围内的海域的冲淤变化进行回顾性分析。

根据 2020 年 9 月和 2021 年 3 月对风机以及若干条电缆沟进行扫测。

对 48 台风机基础扫测结果表明，绝大部分风机桩基基础下存在淤积相对较高的方形平台，平台边长尺寸约在 20~25m 范围内，淤积约 0.1~0.3m；风机基础冲刷不明显，部分区域存在一些浅坑，冲刷幅度约 0.4~1m。

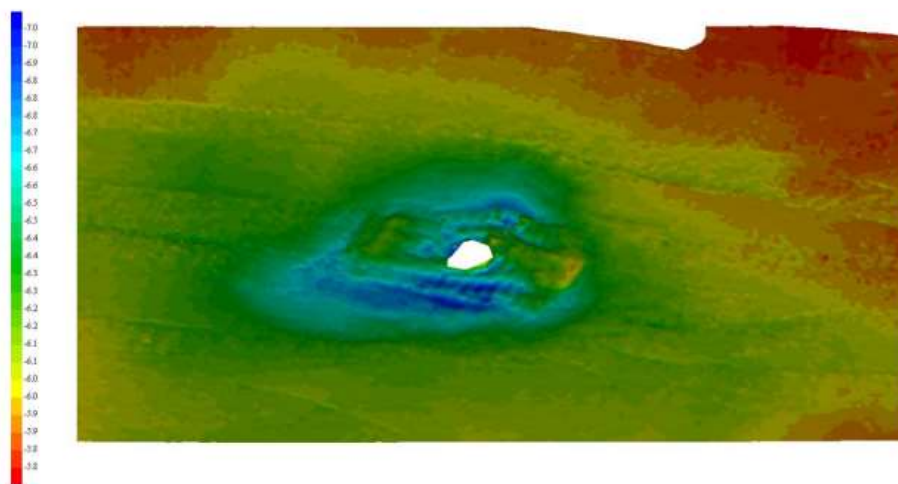


图 4.2-3 风机扫测三维图

冲刷坑的形成主要是水下桩基构筑物对水流泥沙运动的作用影响。工程实施后，在水流、泥沙动力学作用下，桩基周边形成冲刷坑，但不同位置桩基周边的冲刷坑形态及冲刷幅度也有所不同。对部分电缆沟扫测结果表明，未发现明显电缆沟，电缆沟已在海流作用下填平。

综上所述，一期对冲淤变化的影响主要表现为桩基础周边的局部冲淤，对大范围海域的海床冲淤影响较小。

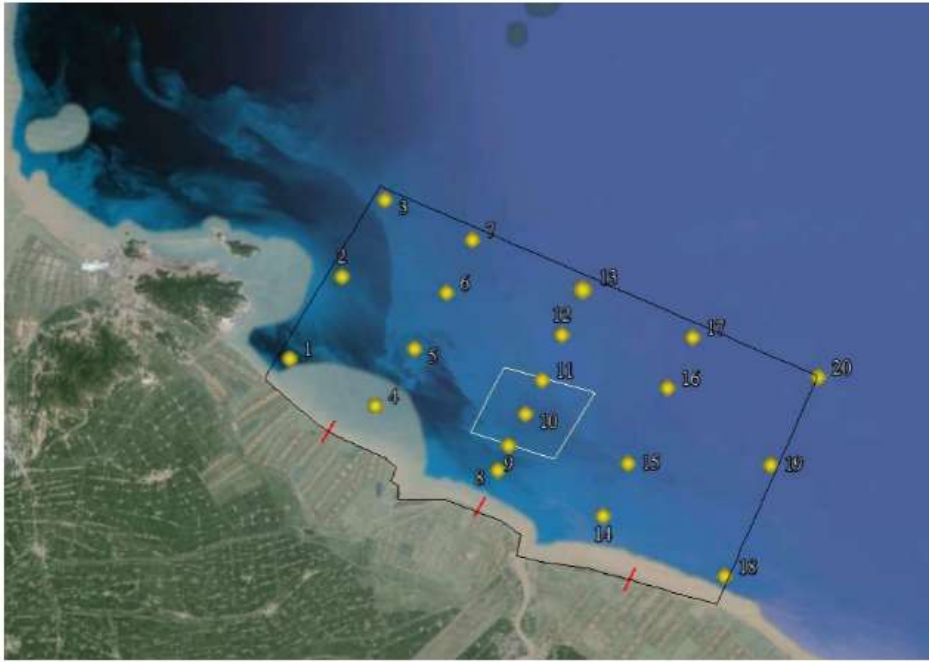
## 4.3 海洋水质及沉积物回顾评价

### 4.3.1 海水水质

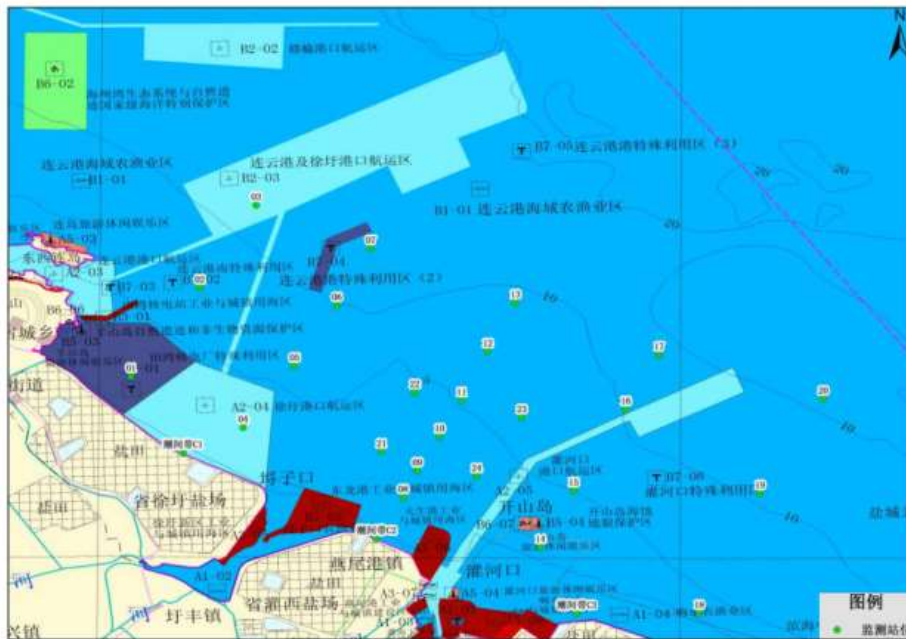
为较全面地了解一期的实施对附近海域水质的影响，根据江苏省海洋环境监测预报中心 2016 年、江苏中信优佳检测技术有限公司 2020 年、2021 年对一期周边海域水质监测数据，对附近海域的水质进行回顾性分析评价。

2016 年 5 月数据反映一期建设前工程海域水质情况，2020 年 4 月数据反映工程施工期海域水质情况，2021 年 4 月数据反映工程后海域水质情况。





2016年5月



2020年4月、2021年4月  
图 4.2-3 监测点位图

表 4.2-2 工程周边区域水质现状监测数据

项目	单位	2016 年 5 月			2020 年 4 月			2021 年 4 月		
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
pH	/	8.09	8.65	8.44	7.8	8	7.9	7.85	8.04	7.96
COD	mg/L	1.06	3.33	1.61	0.5	1.7	1.3	0.86	1.9	1.3
DO	mg/L	6.83	10.50	9.41	8.6	9.1	8.8	8.4	9.1	8.7
无机氮	mg/L	0.09	1.65	0.47	0.22	0.84	0.53	0.18	0.62	0.37
磷酸盐	mg/L	<0.001	0.18	0.05	0.004	0.015	0.008	0.009	0.026	0.017
石油类	μg/L	0.00	0.13	0.03	11.4	23.9	17.3	12.4	35.3	21
Cu	μg/L	1.70	12.00	3.59	1.3	3.1	2.0	1.2	2.1	1.7
Pb	μg/L	0.10	2.30	0.39	0.08	0.75	0.42	0.23	0.82	0.48
Zn	μg/L	5.50	29.00	8.18	10.0	21.0	15.7	11	19	15.3
Cd	μg/L	0.07	0.15	0.10	0.08	0.29	0.15	0.07	0.37	0.18
Cr	μg/L	0.38	15.40	1.22	<0.4	0.7	0.4	<0.4	0.4	0.4
Hg	μg/L	0.04	0.08	0.06	0.011	0.028	0.018	0.01	0.028	0.02
As	μg/L	3.80	4.70	4.32	0.7	1.3	0.93	0.8	1.4	1
硫化物	μg/L	<0.005	<0.005	<0.005	1.6	3.1	2.5	0.7	2.9	1.7

通过水质现状监测数据分析发现，2016 年 5 月、2020 年 4 月、2021 年 4 月多数指标均达到功能区相应海水水质标准要求。2016 年 5 月工程实施前工程海域超标因子主要为无机氮、磷酸盐、油类。2020 年 4 月和 2021 年 4 月工程实施后超标因子主要为无机氮。工程施工期及施工后工程海域石油类略有升高，但仍满足海水水质要求，其余指标在工程前后的变化较小。工程的实施对该海域海水水质影响较小，工程实施后无机氮仍超出海水水质标准要求，可能是受陆源污染及高涂养殖影响。



### 4.3.2 沉积物

为了较全面地了解一期的实施对附近海域沉积物的影响，根据 2016 年、2021 年工程海域沉积物监测数据，对附近海域的沉积物进行回顾性分析评价。周边区域沉积物状况详见表 4.2-3。

表 4.2-3 工程范围内沉积物现状监测数据

项目	单位	2016 年 5 月	2020 年 4 月	2021 年 4 月
有机碳	%	0.12~0.41	0.11~0.62	0.19~0.46
硫化物	( $10^{-6}$ )	4.7~74	1.1~2.6	1.8~2.6
汞	( $10^{-6}$ )	0.018~0.06	0.028~0.065	0.032~0.073
砷	( $10^{-6}$ )	5.83~16.3	4.79~9.14	6.23~9.74
石油类	( $10^{-6}$ )	3~35.6	3.3~13.6	11.6~17.5
铜	( $10^{-6}$ )	5.4~20	5.4~20.7	4.9~12.3
铅	( $10^{-6}$ )	4.2~23.8	1.9~15.6	5.1~13.9
锌	( $10^{-6}$ )	28.1~59	33.9~78.6	18.8~35.1
镉	( $10^{-6}$ )	0.043~0.101	0.04~0.49	0.04~0.12
铬	( $10^{-6}$ )	15.4~48.5	18.4~51.9	14.0~27.8

通过沉积物现状监测数据分析发现，所有监测指标均达到功能区的沉积物要求。进一步对各因子进行分析发现，各因子在工程前后的变化呈现波动趋势，但总体上能够符合一类沉积物的标准要求。因此，评价认为一期运行对工程海域沉积物质量未造成明显不利影响。

## 4.4 海洋生态环境回顾评价

本工程引用江苏省海洋环境监测预报中心 2016 年 5 月（一期工程前）、江苏中信优佳检测技术有限公司 2020 年 4 月、2021 年 4 月（一期工程施工期）、在工程海域开展的海洋生态和生物资源现状调查数据，对工程海域海洋生态环境情况进行回顾评价。

### 4.4.1 浮游植物

2016 年 5 月鉴定出浮游植物 5 门 31 属 47 种，密度范围为  $0.318 \times 10^4 \sim 10.750 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ，平均值为  $2.303 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。优势种类共 7 种，分别为新月菱形藻、派格棍形藻、舟形藻、中肋骨条藻、短楔形藻、具槽直链藻和星脐圆筛藻。多样性指数均值为 3.107，均匀度均值为 0.776，丰富度均值为 1.123。

2020 年 4 月共鉴定出浮游植物 6 门 34 属 59 种。密度范围为

$5.015 \times 10^3 \sim 8.5502 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ，平均值为  $2.4976 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。优势种类有 6 种，分别为长菱形藻、琼氏圆筛藻、扭曲小环藻、新月拟菱形藻、具边线形圆筛藻和具槽直链藻。多样性指数均值为 3.37，均匀度指数均值为 0.95，丰富度指数均值为 0.77。

2021 年 4 月共鉴定出浮游植物 3 门 32 属 64 种。密度范围为  $27525 \text{ ind./m}^3 \sim 150573 \text{ ind./m}^3$ ，平均值为  $73248 \text{ ind./m}^3$ 。优势种类有 10 种，分别为奇异菱形藻、日本星杆藻、长菱形藻、新月菱形藻、刚毛根管藻、虹彩圆筛藻、布氏双尾藻、短楔形藻、尖刺菱形藻和小型舟形藻。多样性指数均值为 3.79，均匀度指数均值为 0.90，丰富度指数均值为 1.13。

对比三次调查，浮游植物生物种类以硅藻门为优势种类，种类数增加，密度增加。多样性指数有所提高，均匀度指数先上升后下降，丰富度指数 2020 年 4 月略有下降。

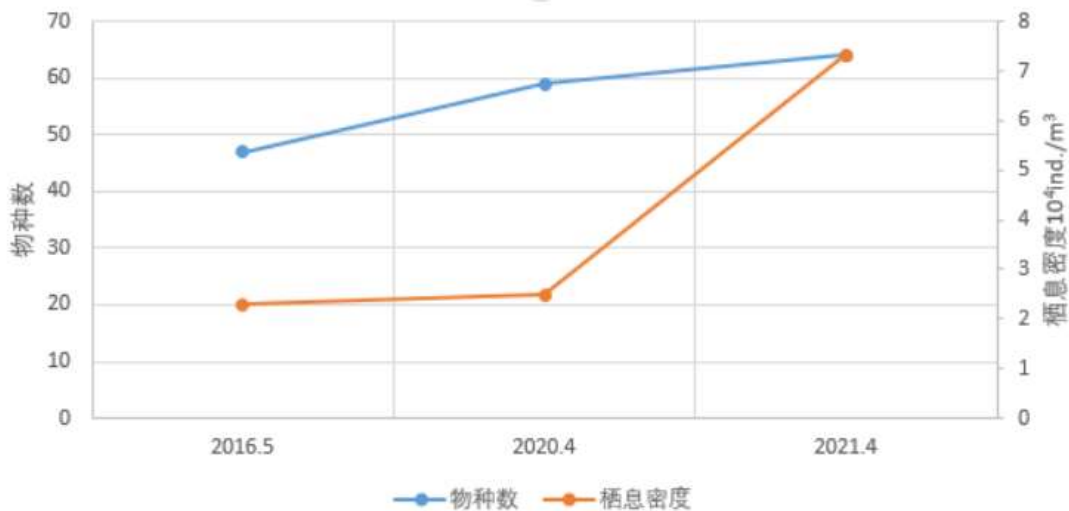


图 4.2-4 浮游植物物种数和栖息密度折线图

#### 4.4.2 浮游动物

2016 年 5 月共鉴定浮游动物 7 大类 23 种，平均密度为  $1255 \text{ ind./m}^3$ 。优势种类共 9 种，分别为中华哲水蚤、大同长腹剑水蚤、克氏纺锤水蚤、小拟哲水蚤、墨氏胸刺水蚤、桡足幼体、太平洋纺锤水蚤、无节幼体和糠虾幼体，多样性指数均值为 2.355，均匀度均值为 0.675，丰富度均值为 1.067。

2020 年 4 月共鉴定到浮游动物 6 大类 16 种，生物量均值为  $22.7 \text{ mg/m}^3$ ，密度均值为  $98.5 \text{ ind./m}^3$ 。优势种有 3 种，分别为无节幼体、克氏纺锤水蚤和桡



足幼体。多样性指数均值为 1.49，丰富度指数均值为 0.54，均匀度指数均值为 0.82。

2021 年 4 月共鉴定到浮游动物 7 大类 21 种，生物量均值为  $12.2 \text{ mg/m}^3$ ，密度均值为  $65.8 \text{ ind./m}^3$ 。优势种有 4 种，分别为无节幼体、短角长腹剑水蚤、桡足幼体和克氏纺锤水蚤。多样性指数均值为 1.49，均匀度指数均值为 0.75，丰富度指数均值为 0.68。

三次调查浮游动物生物种类上以桡足类为优势种类，相较 2016 年调查，浮游动物栖息密度明显降低，原因是 2016 年调查出现了大量的小拟哲水蚤、真刺唇角水蚤、背针胸刺水蚤、糠虾幼体和异体住囊虫。浮游动物多样性指数和丰富度指数略有降低，浮游动物生态环境可能受到了一定程度的扰动。

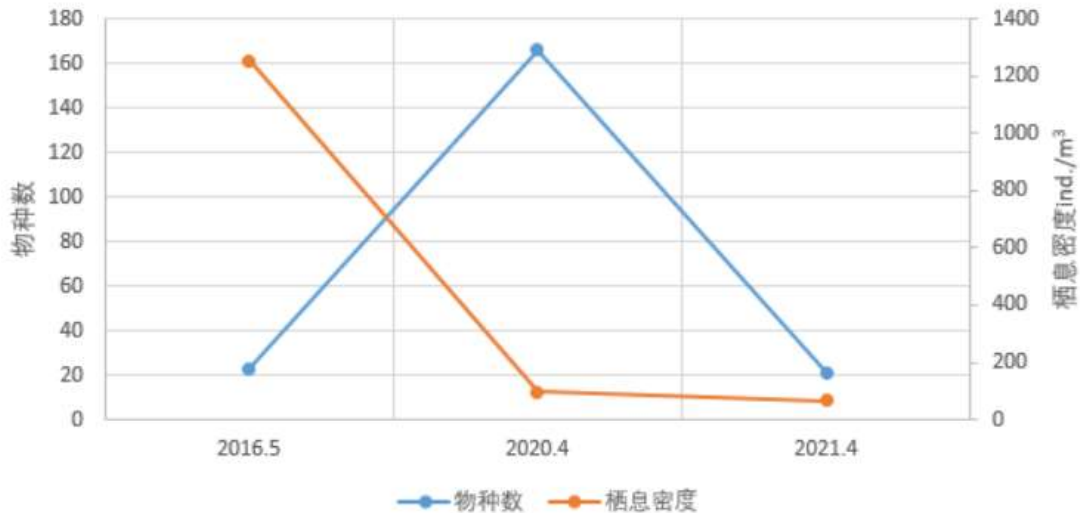


图 4.2-4 浮游动物物种数和栖息密度折线图底栖生物

#### 4.4.3 底栖生物

2016 年 5 月共鉴定 7 大类 41 种（定性和定量），底栖生物栖息密度均值为  $60.83 \text{ ind./m}^2$ ，生物量均值为  $84.245 \text{ g/m}^2$ ，优势种有 2 种，分别为中国蛤蜊、砂海星，多样性指数均值为 0.972，均匀度均值为 0.666，丰富度均值为 0.245。

2021 年 4 月共鉴定出底栖生物 17 种（定性和定量），底栖生物栖息密度均值为  $21 \text{ ind./m}^2$ 。生物量均值为  $18.257 \text{ g/m}^2$ 。优势种有 4 种，分别为沙蚕、伶鼬榧螺、梳鳃虫和毛蚶。多样性指数均值为 0.66，丰富度指数均值为 0.19，均匀度指数均值为 0.44。

两个航次底栖动物调查对比表明，调查海域大型底栖动物物种数、栖息密度和生物量面明显降低，优势种由软体动物、棘皮动物向软体动物、多毛类演替，底栖动物多样性指数略有降低，群落生态环境受到了扰动。

#### 4.4.4 鱼卵、仔稚鱼

2016年5月调查海域共检出鲱科鱼卵1种，仔稚鱼共1科1种。鱼卵密度范围在0~1.3ind./m<sup>3</sup>之间，平均值为0.11ind./m<sup>3</sup>，仔稚鱼密度范围在0~13.3ind./m<sup>3</sup>之间，平均值为1.83ind./m<sup>3</sup>。

2020年4月调查海域监测共检出鱼卵1种，仔稚鱼1科1种。鱼卵密度均值为0.27ind./m<sup>3</sup>，仔稚鱼密度均值为0.13ind./m<sup>3</sup>。

2021年4月调查海域监测仔稚鱼2科2种。仔稚鱼密度均值为0.34ind./m<sup>3</sup>。

三个航次对比表明，调查海域鱼卵、仔稚鱼栖息密度相对较低，呈现波动变化。

#### 4.4.5 游泳动物

2016年5月共鉴定游泳动物3大类33种，其中鱼类18种，甲壳动物12种，头足类3种。优势种共有8种，为变态螳、口虾蛄、六丝钝尾虾虎鱼、日本鼓虾、细巧仿对虾、鲜明鼓虾、鹰爪虾和疣背宽额虾。数量优势种是细巧仿对虾，重量优势种是口虾蛄、细巧仿对虾、变态螳。平均重量资源量为421.422kg/km<sup>2</sup>，范围为242.141kg/km<sup>2</sup>~841.872kg/km<sup>2</sup>。平均密度资源量为283001尾/km<sup>2</sup>，范围为49772尾/km<sup>2</sup>~1143317尾/km<sup>2</sup>。多样性指数平均为2.124，丰富度指数平均为1.525，均匀度指数平均为0.502。

2020年4月共鉴定游泳动物2大类25种，其中鱼类16种，甲壳动物9种。数量优势种共有4种，为三疣梭子蟹、斑尾刺鰕虎鱼、棘头梅童鱼和葛氏长臂虾；重量优势种共有5种，为三疣梭子蟹、斑尾刺鰕虎鱼、中国花鲈、棘头梅童鱼和鲛鱼。平均重量资源量为236.4kg/km<sup>2</sup>，范围为159.1kg/km<sup>2</sup>~422.0kg/km<sup>2</sup>。平均密度资源量为8757尾/km<sup>2</sup>，范围为6749尾/km<sup>2</sup>~10904尾/km<sup>2</sup>。多样性指数均值为2.32，均匀度指数均值为0.71，丰富度指数均值为0.68。

2021年4月共鉴定游泳动物4大类35种，其中鱼类23种，甲壳动物11种，软体动物1种。数量优势种共有9种，为三疣梭子蟹、凤鲚、拉氏狼牙虾虎、葛氏长臂虾、黑鳃梅童鱼、黄鲫、刺头梅童鱼、刀鲚和脊尾白虾；重量优



优势种共有 8 种，为三疣梭子蟹、鲢鱼、凤鲚、黄鲫、中国花鲈、拉氏狼牙虾虎鱼、黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼。平均重量资源量为  $382.5\text{kg}/\text{km}^2$ ，范围为  $179.9\text{kg}/\text{km}^2\sim 602.7\text{kg}/\text{km}^2$ 。平均密度资源量为  $14393$  尾/ $\text{km}^2$ ，范围为  $10524$  尾/ $\text{km}^2\sim 23098$  尾/ $\text{km}^2$ 。多样性指数均值为 3.37，均匀度指数均值为 0.86，丰富度指数均值为 1.03。

综合分析三次调查相近月份的游泳动物调查结果，游泳动物重量密度和尾数密度均呈现波动变化，部分优势种发生了一定的变化。由于月份不同，会导致鱼卵仔鱼及渔获物密度、优势种等发生一定的变化。其次海域开发利用强度的增加、通航强度的增加和海洋生态保护及增殖放流等的加强，也增加了一些波动因素。风电场工程本身对海洋生态和渔业资源的影响不明显。

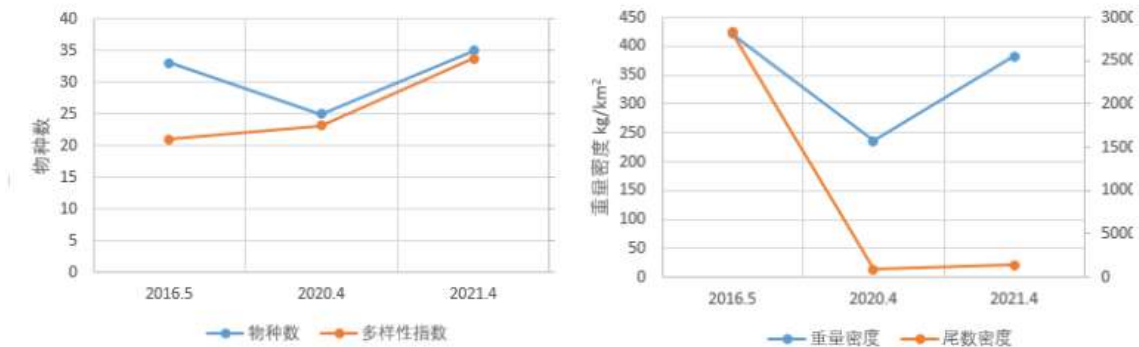


图 4.2-7 游泳动物物种数、多样性、尾数密度和重量密度折线图

#### 4.5 鸟类影响回顾评价

根据《华能灌云海上风电场 300MW 工程海洋环境影响报告书》，华东师范大学于 2016 年在一期工程海域开展了四期调查，将观测区域分成 3 片，包括连云港市海州区（A）、连云港市灌云县（B）和盐城市响水县（C）的海岸区域。在三个区域共记录鸟类 63 种，分属 11 目 27 科；其中 B 区记录到 39 种。无论是物种数还是个体数，在各季节均是鸻形目鸟类占优势。水鸟主要在堤外潮间带湿地栖息，但是在高潮位滩涂淹没后，这些鸟会聚集在靠近大堤高程较高的裸地或是飞入堤内荒地内休憩。由于鸟类调查范围仅 B 区位于灌云县，未列出海域鸟类调查数据，并且也未列出各物种具体记录到的种群数量，与现状调查监测结果无较强的可比性，因此未进行定量分析。

根据 2016 年调查数据，工程建设前种群数量记录最多的物种是红嘴鸥、红颈滨鹬、斑尾塍鹬、黑尾塍鹬。2020-2021 年施工期调查共记录到鸟类 7487 只，隶属于 12 目 30 科 81 种，红嘴鸥、普通燕鸥、白翅浮鸥、西伯利亚银鸥等鸥类是海上风电场区及其附近海域的优势鸟种；红嘴鸥、反嘴鹬、黑尾塍鹬、黑腹滨鹬等鸻行目鸟类是陆上集控中心周边的优势鸟种。现状调查记录到的物种数和个体数均显著高于工程前的记录，但优势物种相差不大。

工程建设前后数据差异的原因虽然有工程施工期的影响，但除此以外还受空间尺度、调查频次、调查时间等因素的影响。样线调查中的偶然因素也会导致鸟类物种数量的巨大差异，例如调查中恰逢候鸟大规模迁徙，会显著增加当次调查的鸟类物种数量。因此，工程区域内的鸟类群落动态变化仍要依据长期监测结果判断。

通过对施工期风电场的鸟类多样性调查观测工作，并未发现风机海域存在鸟类尸体，未直接观测记录到鸟类碰撞风机死亡事件，缺乏鸟撞的直接证据。

#### 4.6 水下、水上噪声影响回顾评价

为较全面地了解一期工程实施对附近海域水下噪声的影响，根据中国海洋大学开展一期工程施工期（2020 年 8 月）、试运行期（2021 年 1 月）周边海域水上、水下噪声监测，对附近海域的水上、水下噪声进行回顾性分析评价。

##### （1）水上噪声

一期工程施工期海上风电场水上噪声监测结果表明：工程海域水上环境噪声等效连续 A 计权噪声级主要分布在 43.2~46.1dB (A) 之间，平均为 45.1dB (A)。在 20Hz~20kHz 频率范围内，各频带噪声级主要分布在 6.0~39.9dB (A) 之间，各站位噪声频率范围包含两个集中区，分别是 40Hz~160Hz 和 400Hz~2.5kHz 之间，随着监测站位距离风电场越来越远，40Hz~160Hz 频率范围内的噪声成分占比略有增大。

一期工程试运行期海上风电场水上噪声监测结果表明：工程海域水上环境噪声等效连续 A 计权噪声级主要分布在 47.1~48.7 dB (A) 之间，平均为 48.0dB (A)。在 20Hz~20kHz 频率范围内，各频带噪声级主要分布在 5.3~44.2dB (A) 之间，各站位噪声频率范围包含两个集中区，分别是 50Hz~100Hz 和



315Hz~3.15kHz 之间，随着监测站位距离风电场越来越远，315Hz~3.15kHz 频率范围内的噪声成分占比略有增大。

对比分析表明，风机噪声而引起工程海域的水上噪声强度变化不大，相较施工期水上环境噪声等效连续 A 计权噪声级增长了 2.9dB (A)，各频带噪声级分布区间变大，噪声频率范围更为集中。

#### (2) 水下噪声

一期工程施工期海上风电场水下噪声监测结果表明：工程海域不同水深处水下海洋环境噪声全频段累积声压级在 105.1dB~118.1dB(20Hz~20kHz)之间，峰值声压级在 162.4dB~182.7dB 之间，各水深全频段累积声压值的平均值约为 113.2dB。

一期工程试运行期海上风电场水下噪声监测结果表明：工程海域不同水深处水下海洋环境噪声全频段累积声压级在 106.9dB~120.9dB(20Hz~20kHz)之间，峰值声压级在 153.4dB~177.1dB 之间，各水深全频段累积声压值的平均值约为 114.9dB。

对比分析表明，工程海域不同水深处水下噪声全频段累积声压级略有升高，峰值声压级略有降低，各水深全频段累积声压平均值略有升高。

### 4.7 集控中心厂界噪声、电磁环境影响回顾评价

本工程引用江苏国恒检测有限公司 2019 年 12 月（施工期）、江苏中信优佳检测技术有限公司 2022 年 1 月（运行期）集控中心噪声检测数据对本工程声环境影响进行评价，引用浙江建安监测研究院有限公司 2022 年 2 月集控中心工频电场、工频磁场检测数据对本工程电磁环境影响进行评价。

#### (1) 声环境

施工期集控中心场址处昼、夜间噪声监测值在 52.9~54.3dB(A)和 48.0~49.8dB(A)之间，运行期集控中心场址处昼、夜间噪声监测值在 42.0~50.0dB(A)和 48.0~50.0dB(A)之间。施工期厂界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》噪声排放限值要求，运行期厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类声环境功能区噪声排放限值要求。

#### (2) 电磁环境

运行期集控中心场址各测点处工频电场强度为 3.58V/m~75.40V/m, 工频磁感应强度为 0.03  $\mu$ T~0.14  $\mu$ T, 均远小于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中规定的工频电场强度 4000V/m 和工频磁感应强度 100  $\mu$ T 的公众曝露控制限值。

#### 4.8 环境风险回顾评价

工程施工单位中交三航局有限公司编制了《华能灌云海上风电项目项目环境污染应急准备与响应预案》。工程施工单位天津港航工程有限公司与连云港市信海清污有限公司签署了《华能灌云海上风电项目施工期防治溢油污染海洋环境应急防备应急处置和油污水、生活污水、生活垃圾接收服务协议》，连云港市信海清污有限公司负责开展溢油应急污染控制和清除行动。

环境污染应急准备与响应预案在事故防范的组织 and 措施、应急响应机构和人员、应急设施、交通、通讯、信息、后勤、污染报告程序、应急响应程序等各方面均规定了详细的实施途径和方法。预案中明确了各部门的具体职责和责任以及事故发生后事故上报程序等。一期工程施工及试运行期均未发生溢油、火灾、泄漏等污染环境事故。



## 5 工程分析

### 5.1 生产工艺与产污分析

#### 5.1.1 施工期

##### 5.1.1.1 风机机组施工工序与产污分析

本工程风机基础采用单桩基础方案。风机机组施工工序和产污环节见下图。

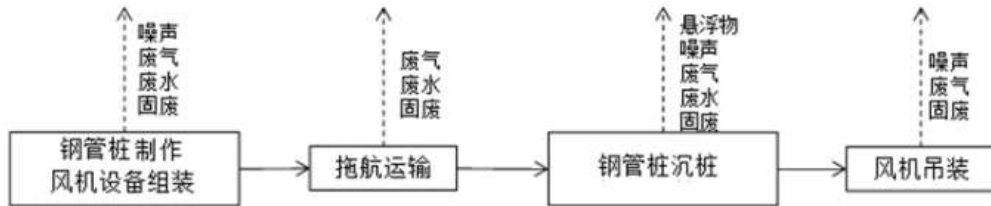


图 5.1-1 风机基础施工主要工序及产污环节

##### 5.1.1.2 电缆施工工序与产污分析

电缆施工工序和产污环节见下图。

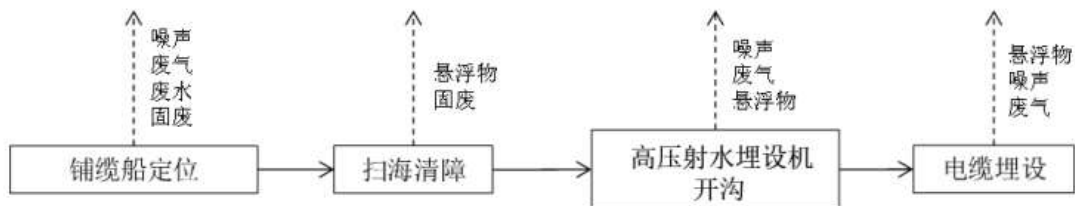


图 5.1-2 电缆主要施工工序及产污环节

#### 5.1.2 运行期

风电场主要运行工序及产污环节见下图。

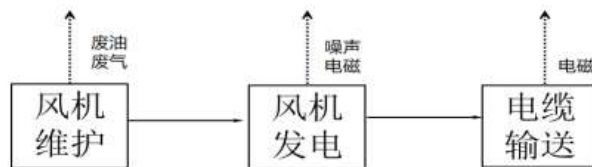


图 5.1-3 风电场主要运行工序及产污环节

### 5.2 工程各阶段污染物及源强分析

## 5.2.1 施工期

根据本工程特点，施工期污染源主要包括：海域施工产生的悬浮泥沙、施工船舶的含油污水、生活污水以及施工噪声等。

### 5.2.1.1 对水环境和沉积物环境影响

#### (1) 打桩作业

本工程风机钢管桩基采用 3500kJ 液压打桩锤施打沉桩，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。根据东海大桥海上风电实际施工经验，开挖和打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加 (>10mg/L) 范围一般在半径在 100m 内。

风机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。

本工程风电机组基础钢管桩泥下直径 7.6~8.3m，桩长 73~76m，每根桩基础壁厚为 80~85mm，入土深度约为 52~57m。工程钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量采取如下公式进行计算：

$$M=\pi\times(0.25\times D^2-(0.5\times D-d)^2)\times h\times\rho\times n$$

其中，M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：钢管桩直径，根据施工方案本工程钢管桩直径最大为 8.3m；

d：钢管桩厚度，根据施工方案取最大厚度为 0.085m；

h：桩基深度取最大值约为 57m；

$\rho$ ：覆盖层泥沙浓度，根据有关资料，取值为 957.24kg/m<sup>3</sup>；

n：泄漏量，按照垢工量的 5%估算。

根据施工设计和施工进度安排，每个桩打桩施工时间约半天，按每天工作 8 小时计。根据上述计算公式，钢管桩打桩施工产生的悬浮物源强为 0.42kg/s，计算过程如下：

$$3.14\times(0.25\times 8.3^2-(0.5\times 8.3-0.085)^2)\times 57\times 957.24\times 5\%/4/3600=0.42\text{kg/s.}$$

#### (2) 电缆敷设

##### ①扫海清障



在海底电缆敷设前，对废弃缆线、插网、渔网等障碍物进行扫海清除，采用声呐仪器扫海，发现障碍物时才进行回收，因此悬浮泥沙污染仅在打捞点发生，打捞的障碍物主要是缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，悬浮泥沙源强小于 1kg/s，影响时间为打捞的瞬间。总体来看，扫海清障作业悬浮物影响很小，相比电缆敷设作业产生的悬沙源强，扫海源强基本可以忽略。

### ②电缆敷设

电缆敷设悬沙源强计算方法（王时悦.海岸工程中悬浮泥沙源强选取研究概述[J].科技资讯,2016, 14(6):74-76.）：

$$Q=L \times H \times W \times \gamma_s \times P$$

Q (kg/s) 为海底悬浮泥沙强度，L 为开挖进度， $\gamma_s$  为泥沙干容重，H 为开挖深度，W 为开挖横截面宽度，P 为悬浮泥沙所占挖沙量比例。其中悬浮泥沙所占挖沙量比例 P 一般是结合同类工程经验或现场监测数据进行推算。根据有关文献，海底管道敷设中悬浮泥沙占所挖泥沙量的比例一般取 10%~30%。本工程采用射水挖沟犁高压射水挖沟，起沙率取 20%。泥沙干容重按照公式  $\gamma_s' = 1750D_{50}^{0.183}$  计算， $D_{50}$  为泥沙中值粒径，根据江苏华勘海洋地质调查有限公司于 2016 年 7 月在工程附近海域进行的表层沉积物采样调查，工程海域表层沉积物类型主要为砂质粉砂，砂质粉砂中值粒径为 4.03~6.91 $\phi$ ，平均值为 4.75 $\phi$ ，约 0.037mm，为粉砂淤泥质泥沙，计算得到泥沙干容重为 957.24kg/m<sup>3</sup>。

根据工程电缆施工方案，电缆沟剖面为倒梯形，电缆埋深按 2.5m 计，开挖沟横截面积约为 1.5m<sup>2</sup>，电缆敷设速度为 1m/min，则电缆沟开挖施工土方量为 1.5m<sup>3</sup>/min，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20% 计。本工程海域的泥沙干容重取 957.24kg/m<sup>3</sup>，由此计算得到电缆施工的悬浮物源强为 4.79 kg/s。

## （3）施工污废水

### ①船舶污废水

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废水、船上人员生活污水及船舶油污水，若随意排放将对海水水质和生态环境产生一定的影响。

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 5.2-1，船舶油污水的含油浓度为

2000mg/L~3000mg/L 不等，按平均值计算，根据施工组织计划，本工程船舶油污水产生量为 6.62t/d，油类污染物产生量为 13.24kg/d。

表 5.2-1 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	10	0.14	1.4
500~1000	2	0.27	0.54
1000~3000	1	0.54	0.54
3000~7000	3	1.38	4.14
合计			6.62

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。

根据施工总进度安排，工程施工人员高峰人数为 200 人。高峰期施工船舶数量为 14 艘，船上施工人员不大于 200 人，参考类似项目有关资料，人均生活污水排放量 85L/人·d 计，船员生活污水量约为 17m<sup>3</sup>/d。船舶生活污水中 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub> 和 SS 浓度分别以 300mg/L、150mg/L 和 200mg/L 计，则产生量分别为 5.1kg/d、2.6kg/d、3.4kg/d。本工程船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集处理装置，并设有垃圾粉碎与贮存装置，经统一收集贮存后定期交相关单位接收后统一处理。

## ②陆上施工废水

陆上施工废水主要包括各类机械维护冲洗废水、混凝土拌合废水等，主要集中在施工基地等。由于本工程施工活动主要在海上，陆上施工机械、车辆较少，故施工生产废水产生量较少，约为 5m<sup>3</sup>/d。施工废水多偏碱性，主要含有悬浮物、石油类等污染物。本工程施工高峰期陆上施工人数约 40 人，参考类似项目有关资料，人均生活污水排放量 100L/人·d，产生的生活污水为 3.6m<sup>3</sup>/d。

施工基地废水经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》（GB/T 18920-2020）后回用，不外排。

### 5.2.1.2 对海洋生态和渔业资源影响

本工程施工期对生态环境的影响主要体现在海底电缆埋设过程中海水悬浮



物浓度升高导致海洋初级生产力下降、浮游生物损失、渔业资源损失以及电缆埋设、防冲刷砂被会对潮下带底栖生境的破坏。

#### (1) 潮下带临时压占

本工程风机之间采用 35kV 海底电缆，总长 27.758km，全部位于潮下带区域，电缆埋设采用射水式挖沟犁施工，开沟宽度为 0.5m，考虑到挖沟犁在作业过程中会扰动底泥造成泥沙悬浮，悬浮泥沙在重力作用下回落覆盖原有潮下带底栖生物生境，因此工程施工将 3m 作为开沟作业对潮下带区域的影响宽度，则电缆沟槽占用面积为  $27.758 \times 1000 \times 3 = 83274 \text{m}^2$ 。本工程风机桩基基础防冲刷措施采用袋装砂+砂被的方式，砂被会造成底栖生境的永久占用。根据可研报告，桩周两侧各铺填 0.4m 厚的  $30 \times 20 \text{m}$  的矩形砂被，两块砂被搭接长度 10m，电缆进线、出线覆盖 0.4m 厚  $18 \times 4 \text{m}$  的矩形砂被，本工程 6.0MW 风机砂被占压面积为  $11 \times 30 \times 30 - 11 \times 3.14 \times 3.8^2 = 9401.24 \text{m}^2$ ，8.5MW 风机砂被占压面积为  $11 \times 30 \times 30 - 11 \times 3.14 \times 4.15^2 = 9305.13 \text{m}^2$ ，电缆上覆砂被占压面积为  $(15 \times 2 - 4) \times (18 - 10) \times 4 = 832 \text{m}^2$ 。

#### (2) 悬浮物扩散影响

海底电缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成电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，根据上海勘测设计研究院有限公司于大丰海上风电场和广东阳江海上风电场项目打桩施工悬浮泥沙浓度实测结果，距离打桩点下游方向 20m 处悬浮物浓度增量约为 0.012mg/L，基本与背景值一致，因此打桩引起的悬浮泥沙影响较小。

#### (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。根据上海海洋大学在工程周边海域开展水下噪声和电磁场研究，本工程风机采用单桩，其最大直径为 8.3m，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。

#### (5) 对鸟类影响

工程施工期间，由于人类活动、交通运输工具、施工机械的机械运动产生的噪声、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，造成该区域的鸟类在种类、数量及群落结构上发生一定变化。

### 5.2.1.3 对声环境影响

#### (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和施工船舶传播至水下产生的噪声，其中打桩噪声为主要噪声。桩基施打的水下噪声源强主要取决于桩柱管径。根据上海海洋大学在工程周边海域开展水下噪声研究，本工程风机采用单桩，其最大直径为 8.3m，属于大型桩，在打桩作业时产生的噪声声压级约为 240dB<sub>re 1μPa-m</sub>。

#### (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，运输车辆噪声源强一般为 80dB（距声源 10m 处）。

### 5.2.1.4 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。施工场地施工机械和车辆运行会产生一定量废气和运输扬尘，主要污染物质包括 NO<sub>x</sub>、CO、SO<sub>2</sub> 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。

#### 5.2.1.5 固体废物影响

##### (1) 海上施工固废

根据施工组织设计，海底电缆埋设属于敷埋同步，自动回淤保护的施工工艺，不存在弃渣，不对环境构成影响。此外，风机塔基与塔架焊接过程会产生少量的废弃焊头和废弃材料设备包装物。

##### (2) 生活垃圾

施工期间陆上施工人员约 40 人，生活垃圾产生量按平均每人每天产生 1kg 计算，则产生量约 0.04t/d，船舶作业人员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 0.14t/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基地集中收集，收集后均由环卫部门定时清运。

##### (3) 扫海清障

海底电缆敷设前需进行扫海清障，采用声呐仪器扫海，发现障碍物时才进行回收，打捞的障碍物主要是缆线、绳索、插网、渔网等小型障碍物，拟回收后上岸由环卫部门处理。

#### 5.2.1.6 对通航环境的影响

本工程东南侧与灌河口港口航运区距离较近，为 2km，在施工期间及营运维护期间存在一定的相互干扰，施工船只的涌入增大了工程海域的船舶流量，存在一定的安全隐患。同时本工程的建设所产生的电磁场对该水域的通航环境也有一定的干扰影响。

#### 5.2.1.7 环境风险

本工程在风机布置阶段已经避开了灌河口港口航运区、连云港港口航运区、徐圩港口航运区，但由于施工期各类船舶数量较多，对航道的通航环境势必会造成一定影响，存在船舶由于碰撞而产生的溢油事故的风险。本工程施工船舶中载油量最大的为 5000t 级自航甲板驳船，总载油量为 255t，共四个油舱，单舱载油

量 63.75t，本报告取 63.75t 作为泄漏事故预测的源强。

### 5.2.1.8 施工期污染物排放汇总

施工期污染物排放量汇总见表 5.2-2。

表 5.2-2 施工期主要污染物排放汇总

种类	污染源	污染物	源强	排放量	削减量	排放方式
悬浮泥沙	电缆铺设	SS	4.79kg/s	4.79kg/s	0	随潮流扩散
	扫海清障	SS	<1kg/s	<1kg/s	0	
	风机打桩	SS	0.42kg/s	0.42kg/s	0	
污水	船舶生活污水	BOD <sub>5</sub> 、SS、石油类	17m <sup>3</sup> /d	0	17m <sup>3</sup> /d	船舶自备污水收集处理装置，定期交接收船后统一处理
	船舶含油污水	油类	6.62t/d	0	6.62t/d	
	陆域污水	COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、石油类等	8.6m <sup>3</sup> /d	0	8.6m <sup>3</sup> /d	一体式污水处理设施收集处理后回用于绿地浇灌等
固体废弃物	船舶	生活垃圾	0.1t/d	0	0.1t/d	设有垃圾粉碎与贮存装置，定期交接收船后统一处理
	陆域	生活垃圾	0.04t/d	0	0.04t/d	收集后集中存放，由环卫部门清运处理
施工噪声	施工机械和船舶	水上噪声	80dB(A)			-
		水下噪声	228dBre1μPa-m			-

## 5.2.2 运行期

### 5.2.2.1 对海域水文动力影响

本工程建成后，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。

### 5.2.2.2 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。



### 5.2.2.3 对水环境影响

运行期污废水主要有工作人员的生活污水。本工程运行期无新增工作人员，全部依托一期工程人员管理。生活污水排入集控中心污水处理站，采用“化粪池+一体式生活污水处理装置”处理。由于生活污水排放量较少，处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中相应用途的回用标准后用于绿地浇灌，不外排。

### 5.2.2.4 对海洋生态和渔业资源影响

本工程为离岸式海上风电场，运行期对海洋生态和渔业资源的影响主要体现在以下三方面：

#### (1) 风机基础压占影响

运行期对生态环境的影响主要表现为风机基础对底栖生境的永久占用。根据可研报告，本工程15台风机桩基础采用单桩基础，6.0MW风机11台，钢管桩直径最大为7.6m，8.5MW风机4台，钢管桩直径最大为8.3m，则15台风机占用底栖生境面积 $11 \times 3.14 \times 3.8^2 + 4 \times 3.14 \times 4.15^2 = 725.62\text{m}^2$ 。

#### (2) 水下噪声及电磁环境影响

运行期风电场对海洋生态及渔业资源的影响还可能来自风机运转产生的水下噪声、水下输电线路产生的工频电磁场。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工频电磁场也可能对海洋生物生存产生一定潜在影响。

#### (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和养殖面积缩小，在一定程度上降低渔业捕捞量和养殖产量，从而引起经济收入下降，对渔民的生活产生一定影响。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大大增加，对渔船和风机都存在一定的安全隐患。

#### (4) 对鸟类的影响

本工程建成后，风机运行噪声（包括低频噪声）可能对鸟类栖息、觅食造成干扰，同时风机叶片的光反射也可能对鸟类视觉造成影响，造成鸟类迷途甚

至改变鸟类的迁徙方向。

此外本工程虽位于鸟类迁飞集中区域之外，但不排除鸟类迁徙过境时与风机叶片碰撞的可能，进而可能造成鸟类资源的损失。

#### 5.2.2.5 对声环境的影响

运行期噪声主要为风机运转噪声。

##### (1) 风机噪声

本工程风机额定风速为 10.8m/s，当风速达到额定风速时，风机噪声源强亦达到最高。根据浙江省环境监测中心、华东勘测设计院对近年来浙江、江苏等区域沿海或内陆不同风电场、不同单机容量的风力发电机组噪声水平所进行的多次实测结果表明：监测值的平均值范围为 38.7~65.8dB，经过点声源衰减模型反推，国产风力发电机组轮毂处的最大声功率级一般在 95~106dB/re 20 $\mu$ Pa 之间。本工程风机轮毂高度为 113m 和 130.5m，风机噪声源取 110dB(A)。

##### (2) 水下噪声

运行期的水下噪声主要由风机运转而产生，尤其是低频噪声通过结构振动经塔筒、风机桩基等不同路径传入水中而产生了水下噪声。

根据厦门大学实测东海大桥海上风电场等多个项目风机水下噪声，风机运行中水下噪声的频谱级基本上都相似，海上风电场在运行期总体的水下噪声强度比较低，即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1  $\mu$ Pa，总体噪声谱级都在 120dB/1  $\mu$ Pa 以下。

#### 5.2.2.6 固体废物影响

##### (1) 生产固废

运行期风机的运行维护由风机厂商负责。风机运行维护过程中还会产生的少量废设备零部件、制动片、废蓄电池、维修废油、含油锯末等，根据同类工程类比情况，维护产生的废物量约为 15kg/a，产生的危废暂存于一期工程集控中心危废暂存间，定期均交具备资质的专业单位处置，废蓄电池由生产厂商回收。

##### (2) 含油废水



风电机组等设备每年检修一次，需定期更换润滑油机油等，部分油类属WHC1级，预计含油废水量约为2m<sup>3</sup>/a。主要污染物浓度约为：COD200mg/L，SS300mg/L，石油类100mg/L，经统一收集后运至陆上交有资质单位外运处置。

### (3) 生活垃圾

本工程风电场运行期不单独设置管理人员，由一期运维人员统一运行管理。管理人员产生的生活垃圾收集后由环卫部门清运，对周边环境不会造成污染影响。

#### 5.2.2.7 电磁环境影响

本风电场海底电缆埋设于泥面2m以下，电缆采用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，有良好的屏蔽效果，对电缆沿线电磁环境影响范围一般在1m以内，电磁环境影响很小。

#### 5.2.2.8 对通航环境的影响

本工程海域与东南侧的灌河口港口航运区距离较近，为2km；对于进出航道的各类船只应加强监督管理，使其遵守水上交通安全管理规定，尤其在捕鱼及养殖旺季，在风电场附近水域的渔船活动，容易诱发水上交通事故。

因此，本工程运行期，应在本工程水域设置安全警戒区。

#### 5.2.2.9 运行期污染物排放汇总

运行期污染物排放量见下表。

表 5.2-3 运行期主要污染物排放汇总

种类	污染源	污染物	产生量	排放量	削减量	排放方式
废水	油类污染物	润滑油、机油等	2m <sup>3</sup> /a	0	2m <sup>3</sup> /a	交有资质的单位进行处置
固体废物	生产固废	废旧蓄电池、维修废油、含油锯末等	15kg/a	0	15kg/a	定点集中收集后由专业资质单位处置
噪声	风机运转	水上噪声	110dB(A)	110dB(A)	-	-
		水下噪声	120dB/1μPa	120dB/1μPa		
电磁场	海底电缆	工频电磁场	-	-	-	对电缆沿线电磁环境影响范围一般在1m以内

### 5.3 环境影响因子识别与评价因子分析

根据以上分析，工程施工期和运行期环境影响因素及影响因子见下表。

表 5.3-1 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	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
	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	施工船舶碰撞事故溢油环境风险	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 <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、CO、SO <sub>2</sub>	-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	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：表示环境要素受影响程度为较小或轻微，进行影响简要分析；
- 2：表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行影响预测分析；
- 3：环境要素受影响程度为较大或较为敏感，进行重点预测与评价。



表 5.3-2 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	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	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	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	风机区域	Leq (A)	-1
	电磁环境	海底电缆及电气设备运行将产生电磁场	较小	输电线路沿线	工频电、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	灌云市	可持续能源利用	+1
	航运	风电场对航运交通影响	较小	风电场及海底电缆附近	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	-2

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。

## 5.4 工程各阶段主要评价内容

本工程主要是对工程海域的水文动力（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）、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）、溢油事故环境风险（运行期）等产生影响，主要评价内容详见下表5.4-1。

表 5.4-1 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）、溢油事故环境风险（运行期）
1	环境空气、声环境、电磁环境、社会经济、通航环境

由上表分析可知，本工程环境影响评价重点为：

- (1) 与生态保护红线、相关规划、区划符合性分析。
- (2) 一期回顾分析

(3) 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。

(4) 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场对鱼类的影响。

(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。



## 6 区域自然环境和社会环境概况

### 6.1 区域气候气象概况

#### 6.1.1 气候气象

##### 6.1.1.1 区域统计资料

灌云县地处江苏省东北部，位于连云港和宿迁之间，东部濒临黄海，属暖温带南缘湿润性季风型气候，其主要特点：四季分明，冬季受西伯利亚变性冷气团控制，以寒冷干燥天气为主；夏季受来自海洋的东南季风控制，天气炎热多雨，高温期同多雨期一致，春秋两季处于南北季风交替时期形成四季分明，差异明显，干、湿、冷、暖天气多变；日照充足，无霜期较长，光、热、水等气候资源比较丰富。

根据燕尾港气象站资料统计，多年平均气温为14.4℃，极端最高气温为38.3℃，极端最低气温为-10.6℃；平均水汽压14.5hPa，平均相对湿度为74%；年平均降水量900.7mm，年平均蒸发量1552.8mm，年平均日照时数2389h；多年平均雷暴日数22.8d，平均暴雨日数3.8d，平均大风日数24d，平均冰雹日数0.1d，最大积雪10mm，平均龙卷日数0d，低于-30.0℃时数0。

##### 6.1.1.2 风能资源概况

###### (1) 年平均风速变化

根据燕尾港气象站1981年~2013年的气象资料统计（见表6.1-1和图6.1-1），该站近30年年平均风速为4.09m/s，时段内风速呈逐渐减小的趋势。

表 6.1-1 气象站实测历年年平均风速 （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	年平均
1981	4.6	4.7	5.1	4.4	5.1	5.1	5.1	4.3	5.1	4.9	4.6	4.1	4.76
1982	4.3	3.8	5.1	4.9	5.4	4.7	5	4.7	4	3.9	4.7	4.4	4.58
1983	3.9	4.6	5.2	5.7	5.1	4.9	4.5	4.3	4.3	4.2	4.1	3.9	4.56
1984	4	4	5.7	5.4	4.6	5.3	4.6	5.8	4.2	4	4.5	4.8	4.74
1985	4.5	4.7	4.1	5.2	4.7	4.6	4.2	4.7	4.1	3.6	3.9	4	4.36
1986	4.2	3.8	4.3	4.6	4.2	4.2	4.3	4	3.7	4.1	4	4.4	4.15
1987	4.3	4.8	5.1	4.7	4.5	4.5	4.1	3.7	4.6	4.6	4.8	3.9	4.47
1988	4.1	4.3	4.2	4.3	4.7	4.5	4.6	3.9	4.4	3.2	4.2	3.5	4.16
1989	3.5	3.4	4.4	3.9	4	4	3.8	4	4	3.6	3.8	3.4	3.82
1990	4.1	4.2	4.1	5.5	5.2	4.8	4.4	4.7	4.7	3.6	4.3	4	4.47
1991	4.1	4.3	4.7	4.8	4.8	4	3.7	3.7	4	4	3.9	4.5	4.21
1992	3.5	4	5	5	4.2	4.8	4.1	4.5	4.6	3.9	4.3	3.7	4.30
1993	4.2	4.6	4.7	4.9	4.6	4.3	4.4	3.7	3.2	4.2	5.2	4.6	4.38

1994	4.2	4.5	4.9	4.9	5.2	4.5	4.6	6	4.1	4.5	4.4	4.6	4.70
1995	3.9	4	5.4	5.1	5.5	4.7	4.6	4.2	3.5	3.9	4.2	3.5	4.38
1996	3.9	4.7	4.8	4.6	3.7	4	4.3	4.3	3.7	4	4.1	3.4	4.13
1997	3.5	3.7	4.2	4.2	4.2	4.3	3.5	4.2	4	3.6	4	4	3.95
1998	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	4.8	4	3.2	3.5	3.3	3.9	3.6	4.05
1999	3.8	4	4.6	5	5	4.7	4	3.7	5.2	3.7	3.9	3.9	4.29
2000	4.8	3.7	4.5	5.1	4.7	4	4.3	4.7	4.5	3.9	4.1	3.8	4.34
2001	4.7	4.2	4.6	4.9	4	4.1	3.9	3.9	4.3	3.5	3.6	4.2	4.16
2002	3.5	3.5	4.1	5	4.1	5	4.1	4	4.2	4.5	4	4.4	4.20
2003	3.6	3.7	4.5	4.6	4.5	4.3	4	4.1	3.9	3.9	4.5	3.5	4.09
2004	3.5	3.9	4.2	4.6	4.2	3.9	3.3	4.1	3.7	3.2	3.5	4.2	3.86
2005	3.2	4.6	4.4	4.4	4.8	3.9	3.9	4.4	3.8	2.8	2.6	2.9	3.81
2006	2.2	2.4	2.8	4	4.6	3.7	3.7	3.8	2.8	3.2	3.9	3	3.34
2007	3.3	3.7	4.1	4	4.2	4	3.4	4.3	3.4	3	3	3.4	3.65
2008	4.1	3.2	3.9	4.3	3.8	3.9	3.5	3.2	3.5	2.6	3.1	3.9	3.58
2009	3.3	3.5	4	3.6	3	3.5	3.3	3.9	3	2.9	4.2	3	3.43
2010	3.7	4.2	4.8	4.5	4.1	3.6	3.4	3.7	3.4	3.3	3.5	4.1	3.86
2011	3.3	3.5	3.8	4	3.9	3.6	2.9	3.2	3.8	2.6	3.6	3.1	3.44
2012	2.8	3.6	3.9	4	3.2	3.8	3.4	4.4	2.9	2.6	3.4	3.7	3.48
2013	2.9	3.5	4.4	4.2	3.6	3.4	3.3	3.6	2.6	3.4	3.3	3.1	3.44
总计	3.8	4.0	4.5	4.6	4.4	4.3	4.0	4.1	3.9	3.6	4.0	3.8	4.09

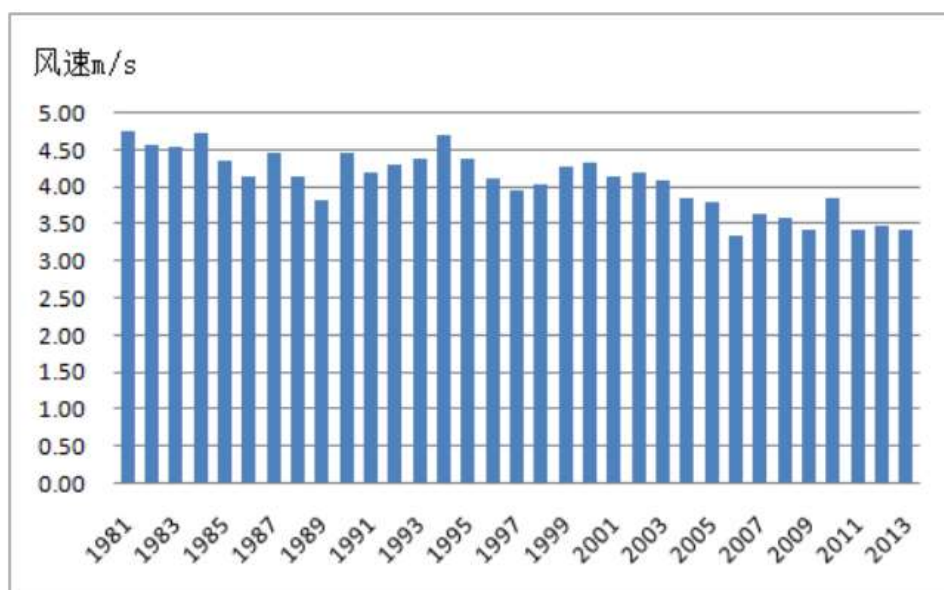


图 6.1-1 气象站多年平均风速年际变化直方图

## (2) 月平均风速变化

燕尾港气象站多年月平均风速见表6.1-1，平均风速变化见图6.1-1。由图表可见，气象站多年平均风速为4.09m/s，春季风速较大，秋季风速较小。全年大风月为4月（4.63m/s），小风月为10月（3.64m/s）。

气象站2013年1月~2013年12月各月平均风速见表6.1-2，平均风速变化见图6.1-2。由图表可见，其风速分布规律与多年情况基本相一致，测风年平均风速为3.44m/s，春季风速较大，秋季风速较小。全年大风月为3月（4.4m/s），小风月



为9月 (2.6m/s)。

表 6.1-2 气象站多年月平均风速 (m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均风速
长系列	3.82	3.99	4.48	4.63	4.42	4.28	4.01	4.15	3.9	3.64	3.97	3.83	4.09
测风年	2.9	3.5	4.4	4.2	3.6	3.4	3.3	3.6	2.6	3.4	3.3	3.1	3.44

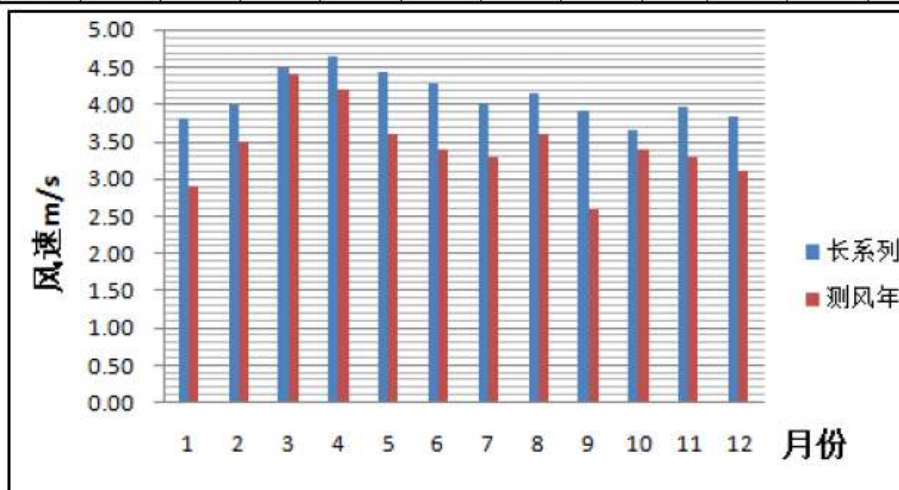


图 6.1-2 气象站多年逐月平均风速年变化柱状图

(3) 风向频率

气象站多年平均风向频率、风向风能玫瑰图见表6.1-3和图6.1-3，气象站多年平均和测风年主导风向均为NNE、ENE方向。

表 6.1-3 气象站长系列风向频率表 (统计时段 1981-2013)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
累年	7%	10%	6%	9%	7%	7%	7%	8%
测风年	6%	8%	4%	8%	8%	5%	6%	7%
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
累年	6%	6%	5%	6%	4%	3%	2%	6%
测风年	6%	7%	9%	3%	5%	3%	2%	4%

注：多年静风占 3%，测风年静风占 6%。

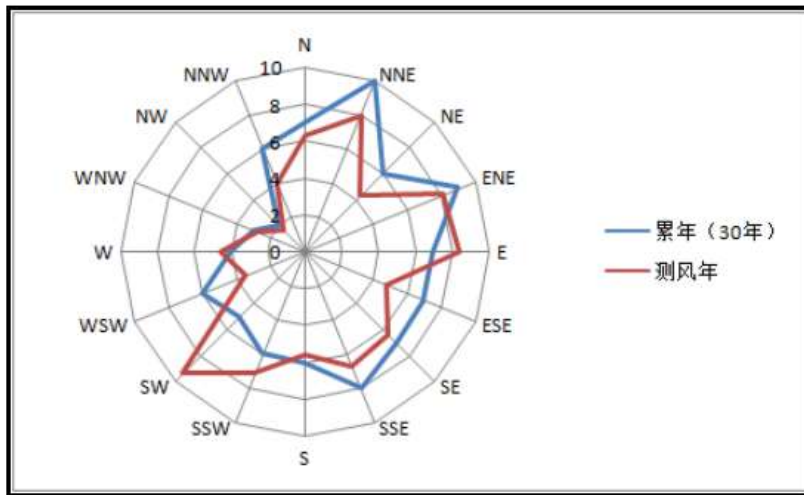


图 6.1-3 气象站多年平均风向频率玫瑰图

## 6.1.2 海洋水文特征

### 6.1.2.1 潮汐

#### (1) 基面高程关系

依据本工程2016~2017年实测潮位资料，采用国家标准《海道测量规范》（GB12327-1998）所规定的十三分潮方法，即用已有一年实测潮位资料进行调和分析求得其主要13个分潮的调和常数，用此13个分潮的调和常数计算出理论最低潮面。风电场海域基准面高程关系见图6.1-4。由图可见，风电场区理论深度基准面在平均海面以下2.75m，年平均海平面取值为0.11m（相对于1985高程基准）。

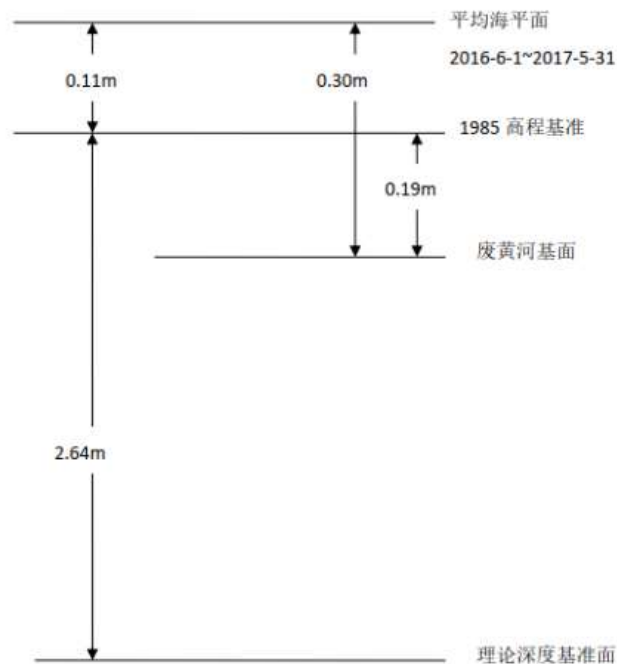


图 6.1-4 测站基面关系图



## (2) 潮汐特征值

项目海域属于正规半日潮海区，观测期间平均海面为0.11m，最高潮位为3.53m，最低潮位为-3.01m，平均高潮位为1.89m，平均低潮位为-1.51m。最大潮差为5.02m，最小潮差为1.17m，年平均潮差5.10m。平均涨潮历时为5小时35分，平均落潮历时为6小时49分，平均涨、落潮历时差1小时14分钟。

根据对现场潮位观测站及附近长期测站资料的统计分析，场区设计高水位2.58m，设计低水位-2.08m；极端高水位3.68m，极端低水位为-3.28m。

### 6.1.2.2 波浪

根据工程海域长期波浪站全年波浪实测资料，风电场海域全年 $H_{1/3}$ 均值为0.47m，最大值为3.19m；均值为0.80m，最大值为5.01m。 $T_{mea}$ 均值为4.4s，最大值为12.1s。

全年强浪向为ENE-E-ESE-SE向，春季强浪向为ENE-E-ESE向，夏季强浪向为ESE-S向和SSW-SW向，秋季强浪向为NE-ENE-E-ESE-SE-SSE向，冬季强浪向为NE-ENE-E-ESE-SE向。全年常浪向介于ENE-E-ESE-SE向，春季常浪向介于ENE-E-ESE-SE-SSE向，夏季常浪向介于ENE-E-ESE-SE向，秋季常浪向介于ENE-E-ESE-SE向，冬季常浪向介于NE-ENE-E-ESE-SE-SSE向。

波浪测站全年以小浪为主，其次为轻浪，亦有大浪出现。方向分布上，小浪和轻浪均主要分布于ENE-E-ESE-SE向，出现频率合计分别为55.98%和15.58%，大浪主要分布于NE-ENE-E-ESE向，出现频率总计0.42%。四季中，均以小浪为主。方向分布上，各级浪方向分布接近，以ENE-E-ESE-SE方向为主，总体上更偏向于E-ESE向。

全年和夏季、秋季、冬季 $T_{mea}$ 均以4~5s为主，也有12~13s的 $T_{mea}$ 出现。方向分布上，4~5s的 $T_{mea}$ 主要分布于ENE-E-ESE-SE向，3~4s的 $T_{mea}$ 主要分布于E-ESE-SE-SSE向，12~13s的 $H_{1/3}$ 出现在ENE向。波高和周期的联合分布， $H_{1/3} \leq 0.5m$ 时， $T_{mea}$ 4~5s时出现频率最高，为28.52%。

夏秋季的台风影响过程产生的波浪最大， $H_{1/3}$ 最大为2.13m， $H_{max}$ 最大为3.34m， $T_{mea}$ 最大为6.5s。秋冬季的冷空气影响过程产生的波浪亦较大， $H_{1/3}$ 最大值为2.22m， $T_{mea}$ 最大值为5.3s， $H_{max}$ 最大为5.18m，波向由偏SE向转为E向。

### 6.1.2.3 潮流

#### (1) 海流类型

根据  $0.5 < (W_{O_1} + W_{K_1}) / W_{M_2} \leq 2.0$ ，判断属不规则半日潮海流。

#### (2) 平均流速

根据实测资料流速统计结果，风电场区夏季航次期间潮流流速大于冬季航次期间，大潮汛期间流速大于中、小潮汛；离岸测站流速大于近岸测站；水体上层流速大于中、底层流速。近岸实测最大涨潮流速为1.68m/s（296°），最大落潮流速为1.44m/s（74°）。

各垂线涨落潮期观测结果，从大潮到小潮的测验期，随着涨、落潮动力的减弱，各测线的涨、落潮平均流速值也逐渐减少，各垂线大、中潮期的涨、落潮平均流速值均明显大于小潮期。测验期间涨潮潮平均最大流速为1.19m/s，落潮潮平均流速最大值为0.97m/s。

#### (3) 最大流速

工程区域测点表层潮流可能最大流速1.79m/s，可能最大流速2.23m/s，出现在0.2H处。

## 6.1.3 地形地貌

风电场区属废黄河水下三角洲地貌单元。废黄河水下三角洲自1855年黄河北迁后，地貌形态发生了较大演变，主要表现为水下三角洲的大面积冲蚀和三角洲海岸的蚀平，形成了10m以深的平坦海底、0m~10m的水下缓坡、0m以浅的潮滩三个次一级地貌单元。10m以深的平坦海底目前仍受侵蚀，但是侵蚀强度由废黄河河口向灌河口逐渐减弱。在强潮流冲刷作用下，水下三角洲顶部平原被切割成多个走向与岸线平行的顶部水深小于5m的水下沙脊，组成物质以细砂为主。水下缓坡则随着往复性潮流长轴与缓坡走向逐渐趋于一致，潮流侧向侵蚀弱化。当前岸段一般都有人工护岸工程，防止了岸线的侵蚀后退，但潮滩在潮流和波浪作用下仍有下切现象发生。

## 6.1.4 泥沙

风电场区的泥沙来源主要是波浪对海岸及水下岸坡的侵蚀产物。泥沙运移分为向岸-离岸输沙和顺岸输沙，向岸-离岸输沙对于短期的岸滩变化影响较大，顺岸输沙对海岸的演变和发育起主导作用。



### 6.1.5 水温与盐度

我国沿海地区，在黄海、渤海地区可出现海冰冰情，本工程区域未出现海冰冰情。

本工程海域年内最高水温29.8℃，出现在8月份；最低水温3.8℃，出现在1月份；平均水温16.2℃。最高盐度32.45‰，出现在6月份，最低盐度25.47‰，出现在8月份，平均盐度29.69‰。

### 6.1.6 区域构造稳定性

根据《海上风力发电场勘测标准》（GB 51395-2019）附录F，本工程场地50年超越概率10%的一般（中硬）场地地表地震动峰值加速度分区归档为0.05g区，相应地震基本烈度为VI度，25km以内无活断层且工程近场区，无 $M \geq 4.7$ 级的地震活动，综合判定拟建场址区域构造稳定性好。

### 6.1.7 自然灾害

#### （1）风暴潮

风暴潮是由强烈的大气扰动所引起的海面异常升高现象。伴随着天文潮、短周期的海浪而来，常常会使潮位暴涨，甚至海水漫溢，酿成大灾。

在江苏沿海，大风增水和天文大潮汛耦合形成风暴潮的概率较大。据1951~1981年资料分析，出现较强台风与天文大潮汛耦合的次数有18次，占总次数（34次）的52.9%；较强台风中心穿过海岸登陆，同时又耦合天文大潮汛的有7次，占总次数的20.6%。可见江苏沿海出现异常高潮位，除极个别极端天文条件下的大潮汛外，主要因台风过境引起，其次是强寒潮南下造成的。

近50年的统计资料表明，江苏沿海代表站连云港站和吕泗站仅出现三次超过当地警戒潮位的高潮位。包括（8114号台风风暴潮、9711号台风风暴潮及0012号台风风暴潮）过程。最高潮位超过当地警戒潮位不高于40cm。2010年以来，江苏省出现多次风暴潮灾害，包括台风风暴潮灾害和温带风暴潮灾害。其成因主要有三个，一是由于台风风力作用，使堤前增水；另一个是天文大潮，如果台风大潮和天文大潮耦合，形成特大风暴潮，江苏沿海出现是异常高潮位，除个别极优条件下的天文大潮外，主要是台风增水配合夏季朔望大潮引起的。第三个原因是地形地势。江苏海岸平直，且沿海陆地低平，潮间带宽缓，有利于风暴潮灾害的发生。连云港台风最大增水185cm（5116台风），温带最大增

水 183cm；历史上最高潮位为黄色。

## (2) 其他灾害性天气

根据燕尾港气象站统计资料，平均雷暴日数22.8d，平均暴雨日数3.8d，形成暴雨的天气系统主要是梅汛期暴雨和台风带来的暴雨；平均大风日数24d，形成大风的主要天气系统有台风、江淮气旋和寒潮；平均冰雹日数0.1d，最大积雪10mm。

## 6.2 社会环境概况

### 6.2.1 社会经济概况

灌云县位于江苏省东北部，地处北纬34°12′~34°39′，东经109°03′~119°53′，东临黄海，西接沭阳、东海两县，南以新沂河与灌南县交界，北与连云港市区毗邻。全县总面积1538km<sup>2</sup>，人口约102.6万，辖12个镇和1个街道办事处，302个村、27个社区，以及2个省市属农盐场。

2021年全县实现地区生产总值424.02亿元，增长10.3%，分产业看，第一产业增加值82.1亿元，增长4.5%；第二产业增加值152.5亿元，增长14.7%；第三产业（服务业）增加值189.42亿元，增长9.5%。人均地区生产总值58700元，增长11.3%。三次产业结构由上年的20.9:34.6:44.5调整为19.3:36.0:44.7。

灌云县基础完备、承载能力强。现有纺织服装、机械电子、化工造纸、食品酿造、高新技术等特色支柱产业，拥有国家、部、省级优质产品40多个，现有出口产品10大类60多个品种，远销30多个国家和地区。

### 6.2.2 海洋经济概况

连云港市海域海岸带空间资源丰富，管辖海域面积6677km<sup>2</sup>，拥有灌河、临洪河等入海河流17条，浅海滩涂160万亩，可开发浅海水域400万亩，大陆岸线211.6km，其中40 km深水基岩海岸为江苏省独有。海洋生物资源十分丰富，全国八大渔场之一的海州湾渔场盛产黄鱼、梭子蟹、东方对虾、贝类等30多种海产品，拥有全省最大的条斑紫菜养殖加工基地和对虾养殖基地，为全市发展特色渔业、加快渔业内部结构调整提供了广阔的发展空间。

2021年灌云县水产品总产量为61700t，全省水产品总产量495.5万吨，比上年增长1.1%。其中海洋捕捞41.5万吨，减少0.6%；海水养殖87.3万吨，减少5.4%；



淡水捕捞17.7万吨，减少31.7%；淡水养殖348.9万吨，增长6.0%。

### 6.3 海域开发利用现状

据现场调研、收集相关资料，查明工程所在海域及附近开发利用现状，工程及附近海域的海洋开发活动主要有港口、航道、锚地、养殖区等，开发利用现状图见图 6.3-1。





### 6.3.1 港口

连云港港是由连云港区、北翼的赣榆、前三岛港区和南翼的徐圩、灌河港区组成，连云港港共有万吨级及以上经营性生产性泊位 67 个。风电场区附近港区主要为徐圩港区和灌河港区。

#### (1) 徐圩港区

徐圩港区位于连云港市南部小丁港至灌河口之间，规划徐圩港区定位于为腹地经济发展和后方临港工业服务的综合性港区，以服务于后方临港工业园区为主，兼顾为腹地物资中转运输服务。港区划分为液体散货作业区、干散货作业区、通用作业区、集装箱作业区和预留内河转运区五个作业区，其中：液体散货作业区包括口门东侧六港池、四港池北侧及东侧岸线，建设 4 个大型原油泊位及约 25 个各类液体散货泊位；干散货作业区包括口门西侧五港池和三港池北侧、西侧岸线，建设约 24 个大中型干散货泊位；通用码头作业区为三港池南侧、一港池，二港池东侧、北侧及四港池南侧岸线，可建设约 50 个大中型通用泊位；集装箱作业区规划于一、二港池之间东侧岸线规划，可建设约 8 个各类多用途及集装箱泊位。目前埭子口南复堆河口建设内河港池条件尚不成熟，拟将埭子口内河转运区做为预留内河转运区。

徐圩港区位于本工程西北侧，与风场区相距最近约 17.4km。

#### (2) 灌河港区

灌河港区主要位于连云港市南部灌河的北岸，包括燕尾港、堆沟、九队、五队、田楼和长茂等作业区，规划灌河港区近期以发展中小型的散杂货泊位、小规模化工品运输及修造船为主，为地方经济和临港产业发展服务。其中：燕尾港作业区规划布置码头泊位 30 个，其中五灌河河口布置千吨级及一下泊位 12 个，灌河口规划布 3~5 万吨级码头泊位 18 个；堆沟作业区规划港口岸线 9.9km，建设 5 千~2 万吨级泊位；九队作业区规划港口岸线 6.8km，规划 5 千吨级通用码头泊位 6 个，2 万吨级通用型码头泊位 6 个；五队作业区规划港口岸线 2.5km，规划布置 500 吨级通用码头泊位 5 个、3000 吨级通用泊位 4 个；田楼作业区位于田楼闸上下游两侧，规划港口岸线 1500m，规划布置 5000 吨级通用码头泊位 10 个；长茂作业区位于老长茂码头下游，规划港口岸线 1500m，规划布置 3000 吨级通用泊位 11 个。

燕尾港作业区距工程区较近，最近距离约 10km。

### 6.3.2 航道

本工程附近规划的航道及航路主要为连云港港进港航道、徐圩港区航道、灌河口航道及连云港-射阳沿岸习惯航路，距离分别约为 21km、17.4km、2.4km 和 6.1km，如图 6.3-2 和 6.3-3 所示。

#### (1) 连云港港进港航道

航道呈“人”字形布置，由连云港区航道、徐圩港区航道组成，其中连云港区航道由内向外分别为 5~10 万吨级航道、15 万吨级航道和 25 万吨级航道。2012 年 6 月连云港区 25 万吨级航道实现首航，成为我国乃至世界上在开敞海域淤泥质浅滩建设的等级最高的人工深水航道，徐圩港区 10 万吨级航道已于 2013 年 9 月交工验收并于 2013 年 12 月 20 日零时开通使用，航道现状参数见表 6.3-1。

表 6.3-1 航道设计尺度汇总表

航道段	有效宽度 (m)	通航水深 (m)	设计水深 (m)	底标高 (m)	长度 (km)	轴线走向
外航道外段 (Y-E)	270	22.8	23.2	-20.3	35.6	243°~063°
徐圩港内航道 (N-M-S)	210	16.5	16.9	-13.3	4.8	280°~100° 196°~016°
徐圩航道 (S-Y)					20.1	196°~016°

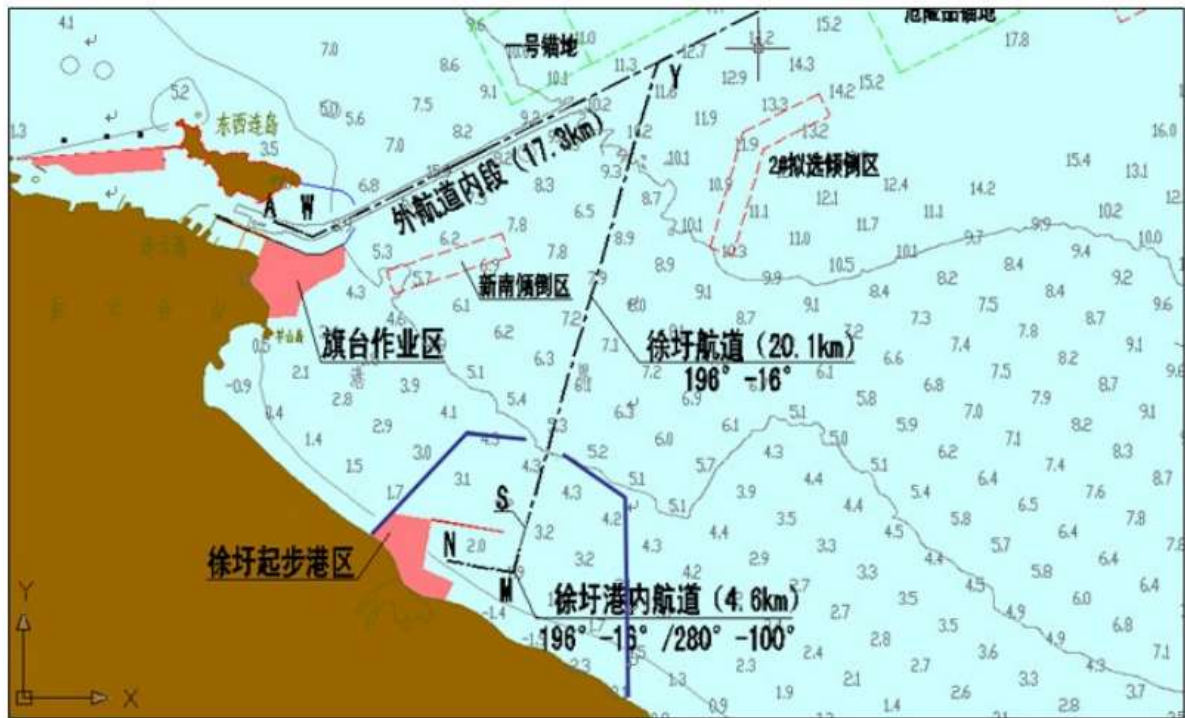


图 6.3-2 徐圩港区进港航道图

#### (2) 灌河口航道



目前灌河口一期航道工程已竣工，灌河口 5 万吨航道整治工程已试挖结束。一期航道工程为 2 万吨级单向航道，总长约 28km，设计有效宽度 140m，底宽 134m，设计底标高-10.03m，设计横向边坡 1:7。一期航道工程将东导堤布置于东侧滩地，基本垂直岸线，外部平行航道，外部导堤距中心线为 650m，东导堤总长 10.112km；西导堤外部与航道平行，距航道中心线为 550m，西导堤总长 8.412km。其平面布置情况如图 6.3-3 所示。

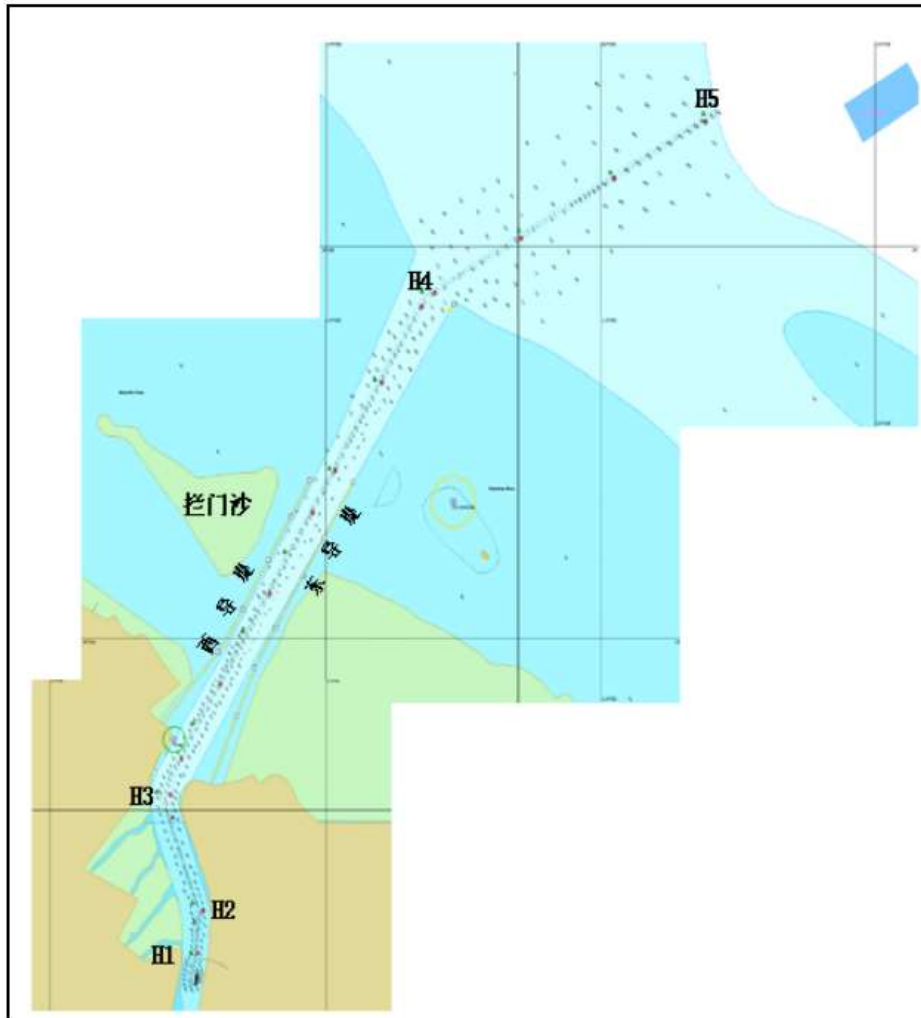


图 6.3-3 灌河口航道示意图

### (3) 连云港-射阳沿岸习惯航路

连云港-射阳沿岸习惯航路，主要为大丰港、射阳港、滨海港、连云港、赣榆港区之间的沿岸航路，航路宽度 2 海里，其中连云港主体港至灌河口航路为：出港船舶从连云港主航道 36 号灯浮转向出航道，取向 105°，航程约 22.5 海里，直至灌河航道口门安全水域标(34°38'16.11"N/119°59'31.19"E)，即可顺航道驶入灌河，该段航路水深 8~9m。灌河至连云港主体港航法用上述逆航路即可。

### 6.3.3 锚地

本工程区域内无锚地，工程周边主要锚地有连云港港锚地、灌河口锚地等。

#### (1) 连云港港现有锚地

连云港港口现有 7 个锚地，分布于连云港区航道南北两侧，北侧 4 个，南侧 3 个，具体尺度及船型见表 6.3-2，位置示意图如图 6.3-4。

表 6.3-2 连云港港口锚地现状一览表

序号	名称	形状	尺度	适用船舶
1	一号锚地	矩形	10×4km	1 万吨级以下船舶
2	二号锚地	矩形	6×4km	1-2 万吨级船舶
3	三号锚地	矩形	6×4km	3-5 万吨级船舶
4	四号锚地	矩形	5×4km	7-10 万吨级船舶
5	五号锚地	梯形	上底 5.7km 下底 6.3km	10-12 万吨级船舶
6	危险品船舶锚地	矩形	5.5×3.5km	危险品船舶
7	6 号锚地	梯形		15-25 万吨级船舶



图 6.3-4 连云港港锚地位置示意图

#### (2) 灌河口锚地

根据连云港港的规划要求，在灌河航道进口南侧约 2km 处规划布置有一处锚地，设计水深 12.0m，设 2 个锚泊位，总面积为 2km<sup>2</sup>，如图 6.3-5 所示。



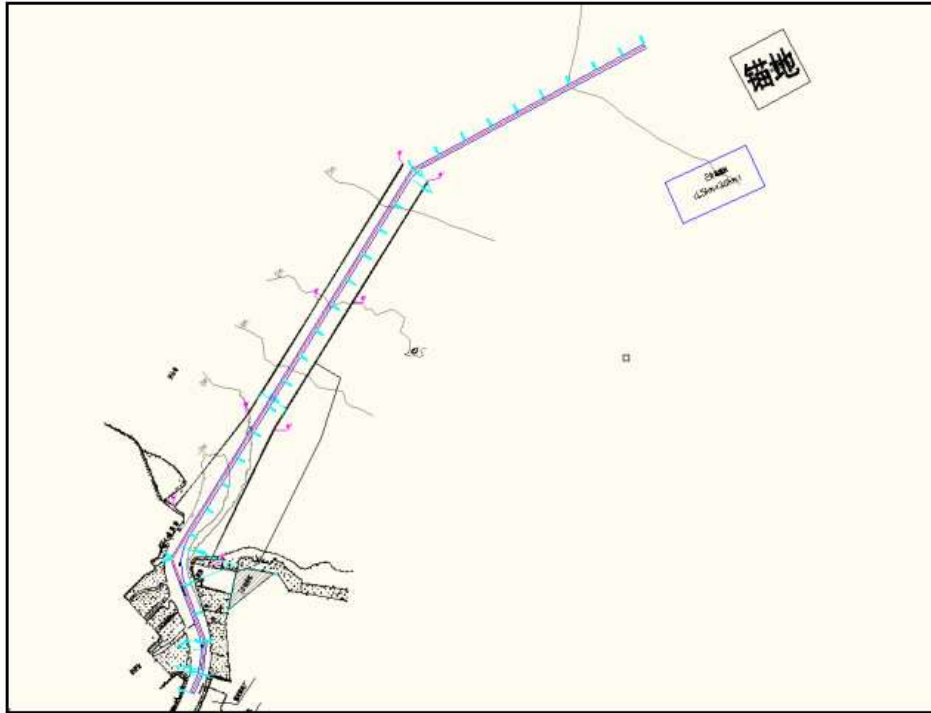


图 6.3-5 锚地位置示意图

本工程与连云港港锚地及灌河口规划锚地的位置关系如图 6.3-6 所示。本工程与灌河口规划锚地最近距离约为 10km，距离较远。



图 6.3-6 拟建风电场工程与锚地的位置关系图

### 6.3.4 养殖

连云港市境内的海州湾渔场是我国八大渔场之一，全市现有规划用于水产养殖的水域滩涂 600 余万亩，目前已开发 102 万亩，共有水产苗种场 224 家，其中海水育苗场 171 家。海水苗种主要有梭子蟹、中国对虾、南美白对虾、日本斑节对虾等。连云港市渔业生产布局按照“一村一品，一特一龙头”的方针，积极发展两鱼（漠斑牙鲆和半滑舌鳎）、两蟹（中华绒螯蟹和三疣梭子蟹）、三菜（紫菜、江篱、海带）、三贝（贻贝、杂色蛤和蛎子）工程。目前，逐步形成了赣榆县工厂化养殖、东海县水库网箱养殖、灌云县河道网箱养殖、连云区海珍品养殖、市郊休闲渔业等特色渔业生产方式。

据现场走访和资料收集，本工程风电场区及海底电缆路由区所在海域有较多养殖用海，工程周边养殖分布情况见图 6.3-1。据现场走访和资料收集，本工程风电场区周边养殖分布情况见表 6.3-3，养殖区距离本工程 270m。

表 6.3-3 工程周边养殖区概况

编号	工程名称	使用权人	权属证号	用海面积hm <sup>2</sup>
1	灌云县云丰渔业开发有限公司增殖护养2	灌云县云丰渔业开发有限公司	2015D32072306254	399.7

### 6.3.5 渔港

燕尾港位于被誉为“苏北黄浦江”的灌河入海口凹岸深水段，现有 3000 吨级、5000 吨级渔业码头各一座（见图 6.3-7）。渔汛期来临时，该港有 400 艘渔船和周边及外县大批渔船来渔港停靠，为了进一步完善渔港功能，燕尾港国家一级渔港建设工程于 2008 年动工，2009 年初竣工，燕尾港一级渔港建设工程总投资为 1979.20 万元，燕尾港一级渔港是灌云县实施沿海开发战略的一项重要工程，拥有码头泊位 8 个，总长 360m，宽 12m。主要用于停靠渔船，满足当地渔民、渔船的生产避风需要。

燕尾渔港位于灌河口内，距本工程最近约 10km。





图 6.3-7 燕尾渔港现状

## 6.4 环境质量现状

### 6.4.1 环境空气

根据《2020 年灌云县环境状况公报》，2020 年灌云县环境空气二氧化硫年日均浓度为  $0.008\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化氮为  $0.031\text{mg}/\text{m}^3$ ，可吸入颗粒物为  $0.062\text{mg}/\text{m}^3$ ，细颗粒物为  $0.041\text{mg}/\text{m}^3$ ，一氧化碳年均浓度值为  $0.807\text{mg}/\text{m}^3$ ，臭氧年均浓度值为  $0.950\text{mg}/\text{m}^3$ 。可吸入颗粒物、二氧化硫、二氧化氮年均浓度达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准；细颗粒物年均浓度未达到国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，降尘年均浓度值为 3.1 吨/平方·月，符合国家推荐的北方城市标准。

从 2020 年空气监测结果可以看出，灌云县空气中主要污染物是臭氧及细颗粒物。与 2019 年相比，二氧化硫、二氧化氮年均浓度值略微有所升高，可吸入颗粒物、细颗粒物、一氧化碳、臭氧浓度有所降低。

### 6.4.2 水环境

2020 年灌云县化学耗氧量排放量为 15748t，比 2019 年排放量 16258t 减少 510t；氨氮排放量为 1330t，比 2019 年排放量 1375t 下降 45t；总氮排放量为 5091t，比 2019 年排放量 5218t 下降 127t；总磷排放量为 490t，比 2019 年排放量 498t 下降 8t。

饮用水以集中式供水为主，叮当河作为重要饮用水源地，承担县城区和乡镇区

域供水，得到很好保护，水质达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准。新沂河、盐河、东门河五图河、车轴河、善后河等主要河流也能达到相应环境功能区水质要求，国省考断面年平均值达标；但受沿途乡镇农村生活源、农业面源、航道船舶等影响以及生态补水量不足，出现部分月份有断面超标现象。

### 6.4.3 声环境

灌云县道路交通噪声平均等效声级昼间为平均等效声级昼间为 62.8dB(A)；区域环境噪声平均等效声级昼间为 56.5dB(A)，102 个网格测点中无点位超过相应的功能区标准，达标率 100%；各个功能区昼、夜间年平均等效声级均符合相应功能区标准要求，声环境质量均能达到国家标准。从声源的构成来看，影响灌云县声环境质量的主要声源是交通噪声和社会生活噪声。

### 6.4.4 生态环境

#### (1) 全省生态环境状况

根据《2021 年度江苏省生态环境状况公报》，2021 年全省生态环境状况指数为 66.6，各设区市生态环境状况指数处于 61.4~70.7 之间，生态环境状况均处于良好状态。与 2020 年相比，全省生态环境状况指数上升 1.4，生态环境状况略微变好。

#### (2) 苏北浅滩生态监控区

2021 年，对苏北浅滩生态监控区实施了环境质量状况和生物多样性监测。监测结果表明，苏北浅滩生态监控区海域水质符合一类、二类水质标准的站位分别占 74.1%和 25.9%，与 2020 年相比，海水水质明显好转。浮游植物多样性级别为“较丰富”，大型浮游动物、中小型浮游动物多样性级别为“一般”，底栖生物多样性级别为“贫乏”。

## 6.5 珍稀保护对象和经济鱼类三场一通的现状及分布概况

### 6.5.1 江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区

本工程区域无自然保护区，与工程区距离较近的保护区为江苏盐城国家级珍禽自然保护区，风电场区距离该保护区最北侧的实验区约 15km，工程与自然保护区相对位置见图 6.5-1。

江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于江苏省盐城市境内，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)，江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区总面积 247260hm<sup>2</sup>，其中核心区面积 225961hm<sup>2</sup>，缓冲区面积 56742hm<sup>2</sup>，实验区面积 167922hm<sup>2</sup>。保护区位于江苏省盐城市境内，范围在东经 119°53'45"~121°18'12"，北纬 32°48'47"~34°29'28"之间。

江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区保护对象为湿地珍禽以及海涂湿地生态系统，包括丹顶鹤、白头鹤、白枕鹤、灰鹤、白鹳、黑鹳、黑脸琵鹭和獐等，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湿地。

根据《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区纳入国家级生态保护红线，主导生态功能为生物多样性保护，实行严格的空间管控措施。其管控措施为：严禁不符合主体功能定位的各类开发活动。其中，核心区内禁止任何单位和个人进入。缓冲区内只准进入从事科学研究观测活动，严禁开展旅游和生产经营活动。实验区内禁止砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、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、旅游工程；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。未做总体规划或未进行功能分区的，依照有关核心区、缓冲区管理要求进行管理。



图 6.5-1 工程与自然保护区相对位置

### 6.5.2 重要经济鱼类“三场一通道”

#### (1) 黄渤海中上层、底层鱼类

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）渤海区渔业水域图，黄渤海区渔业水域及工程所在海域“三场一通”情况如下。

黄渤海中上层鱼类近海代表性种类有太平洋鲱鱼、鲹鱼、青鳞、黄鲫、斑鲈、小斑鲷、颞针鱼、赤鼻稜鲛等。外海性代表种类有鲅鱼、鳓鱼、鲈鱼、鲳鱼、竹筴鱼、远东拟沙丁鱼、燕鲛和鲱鳅等。近海性种类越冬场的范围为北纬 32°00′~36°00′；东经 123°00′~126°00′。外海性种类主要越冬场、在黄海南部外海至济州岛外海的对马渔场,水深 80~100m；另外在东海中南部和东海南部至南海北部、也有两处越冬场产卵场包括：海州湾，水深 5~20m 处；石岛至青岛近岸、水深 10~20m 处；烟威沿岸、莱州湾、渤海湾和辽东湾；滦河口、大清河及戴河口一带水域；鸭绿江至大洋河口水域及黄海北部中西部水域。

黄渤海底层鱼类代表性种类有小黄鱼、带鱼、东方鲀类、鲈鱼，以及黄姑鱼、叫姑鱼、白姑鱼、梅童鱼、真鲷、鳕类、鳎类、鲆鲽类等。产卵场分布于长江口北侧的吕泗渔场、海州湾、青岛沿海、乳山湾、烟威沿海、莱州湾、渤海湾、辽东湾、



鸭绿江等海区。近海性鱼类产卵期一般为5~6月，沿岸性鱼类产卵期相差较大，近海性鱼类越冬场位于北纬32°00′~36°00′，东经123°45′~126°00′。水深60m左右的黄海中、南部深水区。沿岸性鱼类越冬场位于黄海北纬35°以北，石岛东南到成山头以东水域、以及渤海中部及海峡一带深水区。越冬期1~3月。

本工程所在海域距离黄渤海中上层鱼类产卵场约10km，与底层鱼类产卵场距离约15km。

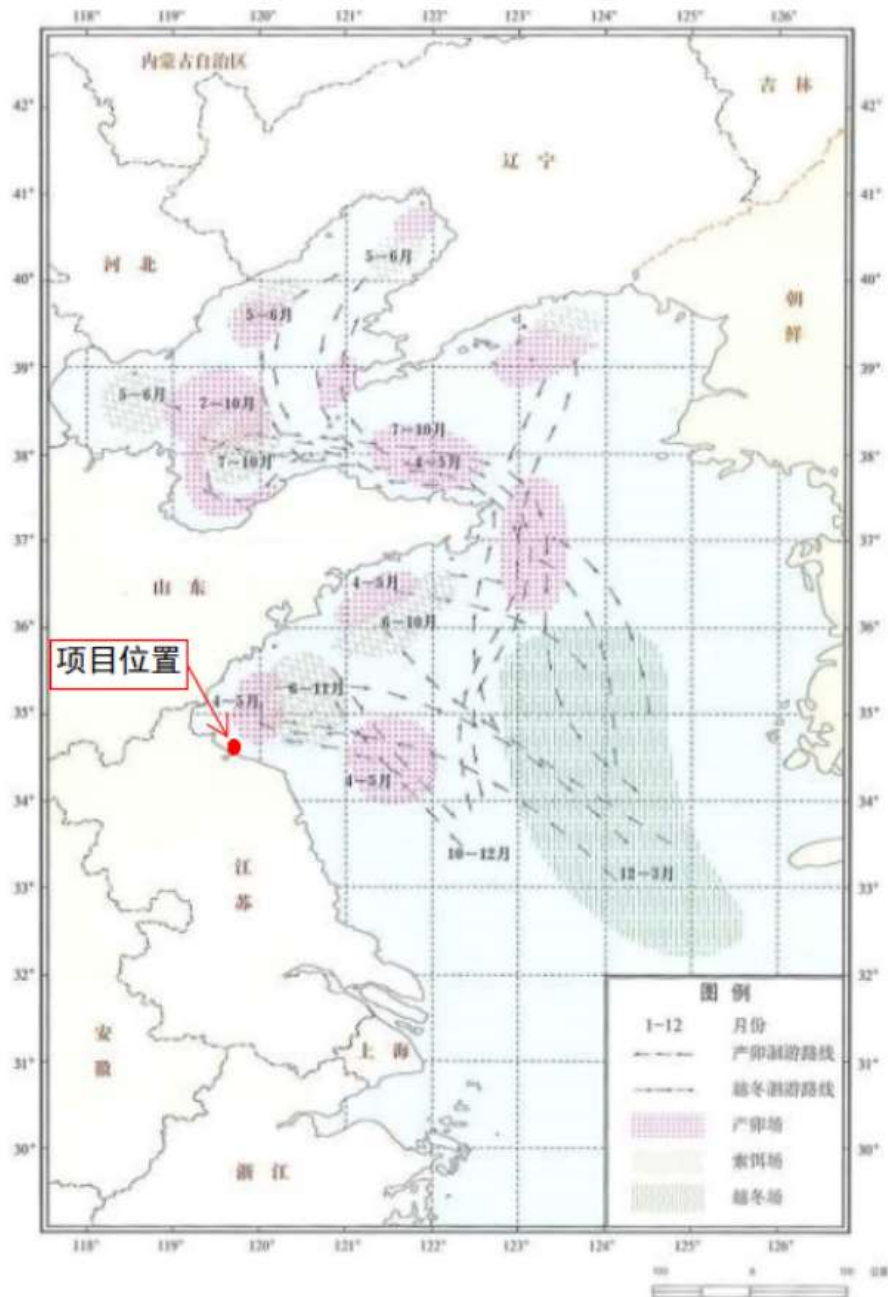


图 6.5-2 本工程与黄渤海中上层鱼类三场一通位置关系图

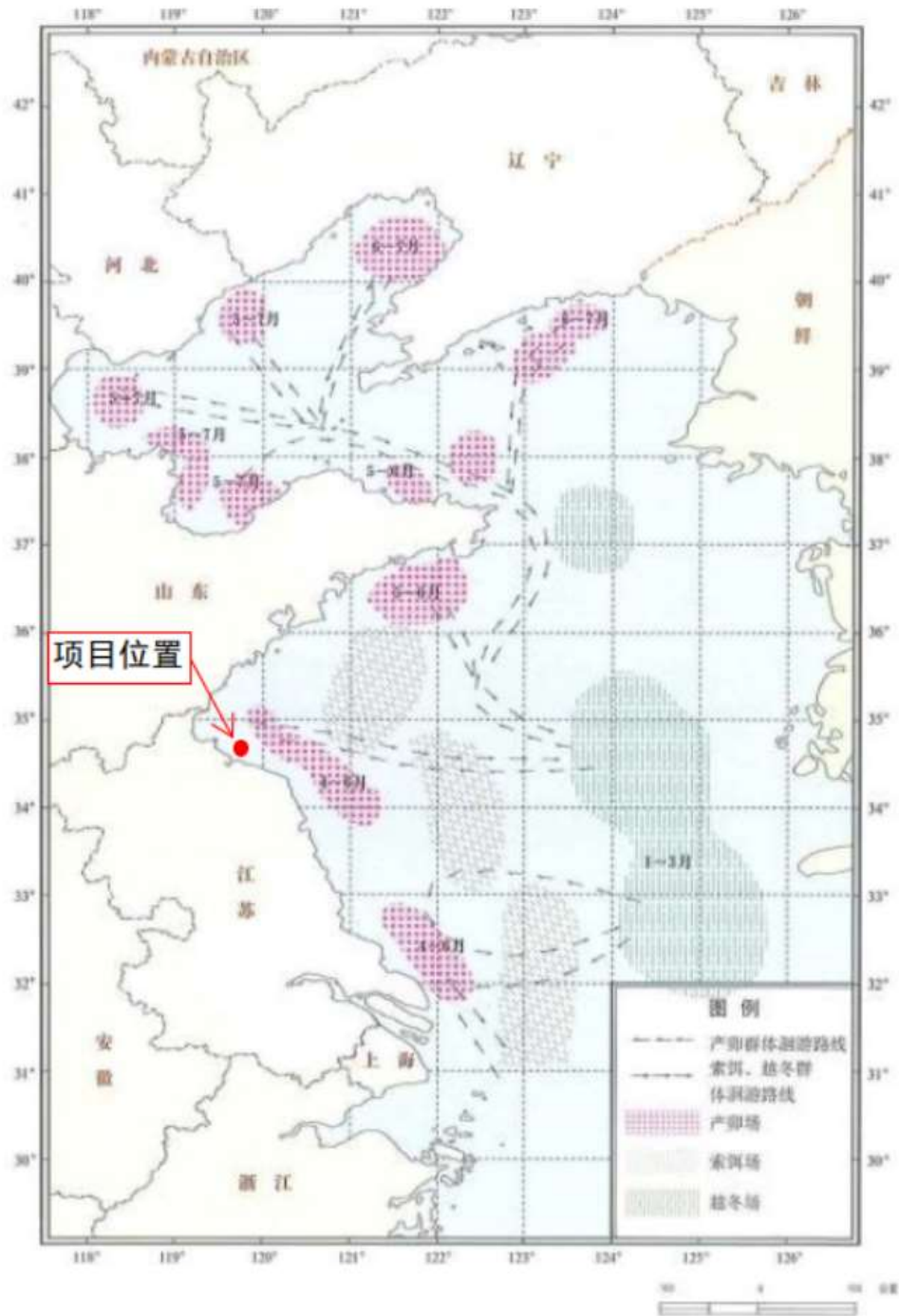


图 6.5-3 本工程与黄渤海底层鱼类三场一通位置关系图  
(2) 黄鲫 (*Setipinna taty*)

黄鲫属近海暖水性中下层鱼类。广泛分布于缅甸、马来西亚、印度尼西亚、印度、朝鲜、韩国、日本及中国沿岸泥沙底质海区。我国黄鲫产卵海区一般位于河口附近水深 20m 以浅水域，越冬场在黄海南部和东海 60~100m 水深海区，有明显的季节性洄游现象。冬季，黄鲫群体开始移动到黄海南部至东海海域越冬。黄鲫主要有南、北两个越冬场，南部越冬场位于浙闽近海，北部越冬场位于黄海中部至济州岛西南海域。3 月中旬，向近岸作生殖洄游，产卵场主要位于南北麂列岛附近海域、三



门门湾口、象山港口、六横岛及其附近海域、杭州湾口以及江苏近海一带，产卵期 5~7 月，5~6 月为盛期。自 7 月开始，亲鱼及幼鱼分布在各产卵场外侧或近岸进行索饵，索饵场相对集中在黄海东南部，11~12 月开始越冬洄游。

本工程距离西侧黄鲫产卵场约 30km，本工程与黄鲫“三场一通道”位置关系见图 6.5-4。

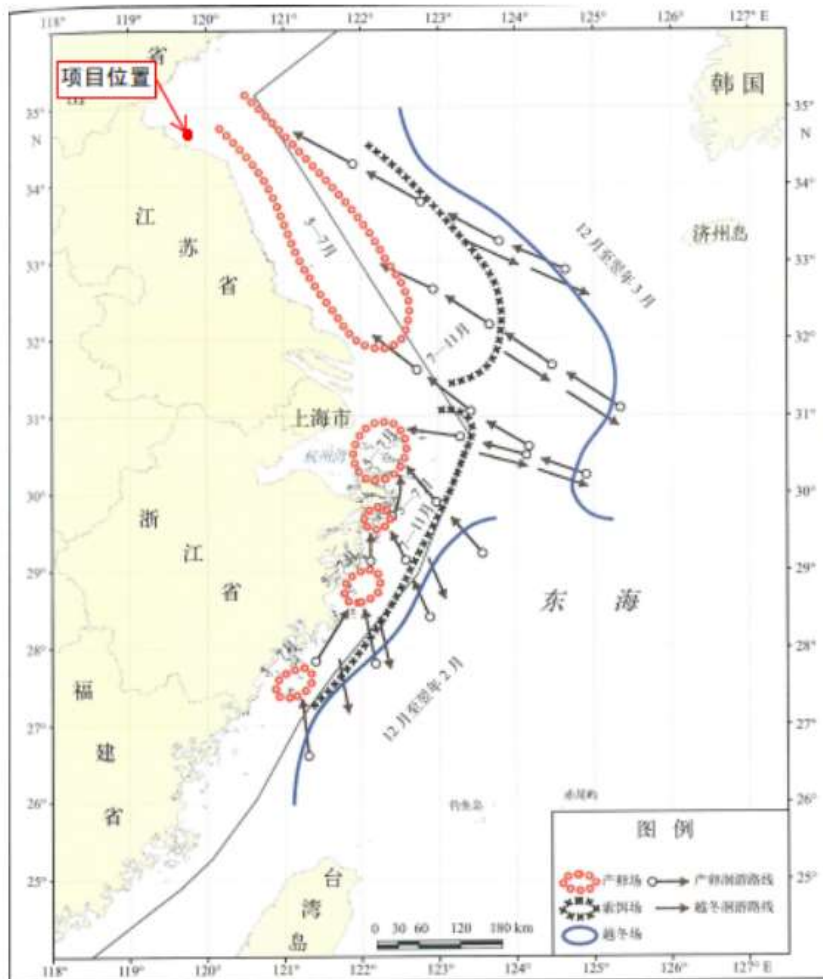


图 6.5-4 本工程与黄鲫“三场一通道”位置关系图

(3) 蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*)

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

黄渤海种群越冬场主要位于沙外渔场和江外渔场。4 月下旬，鱼群从越冬场向西经大沙渔场抵达吕泗渔场和长江口渔场，一部分鱼群向西北，进入海州湾和山东半岛南岸各产卵场，产卵期为 4~6 月，高峰期在 5~6 月。主群则沿 122° 30'E 北上，进入黄海北部及渤海产卵。9 月中旬，黄海索饵场群体主要集中在烟威、海洋岛及连青石渔场。10 月上中旬，主群向东南移动经海州湾外围海域，汇同海州湾内索饵鱼

群在 11 月上旬迅速向东南洄游，经大沙渔场的西北部返回沙外和江外渔场越冬。

本工程位于蓝点马鲛产卵场内，本工程与蓝点马鲛“三场一通道”位置关系见图 6.5-5。

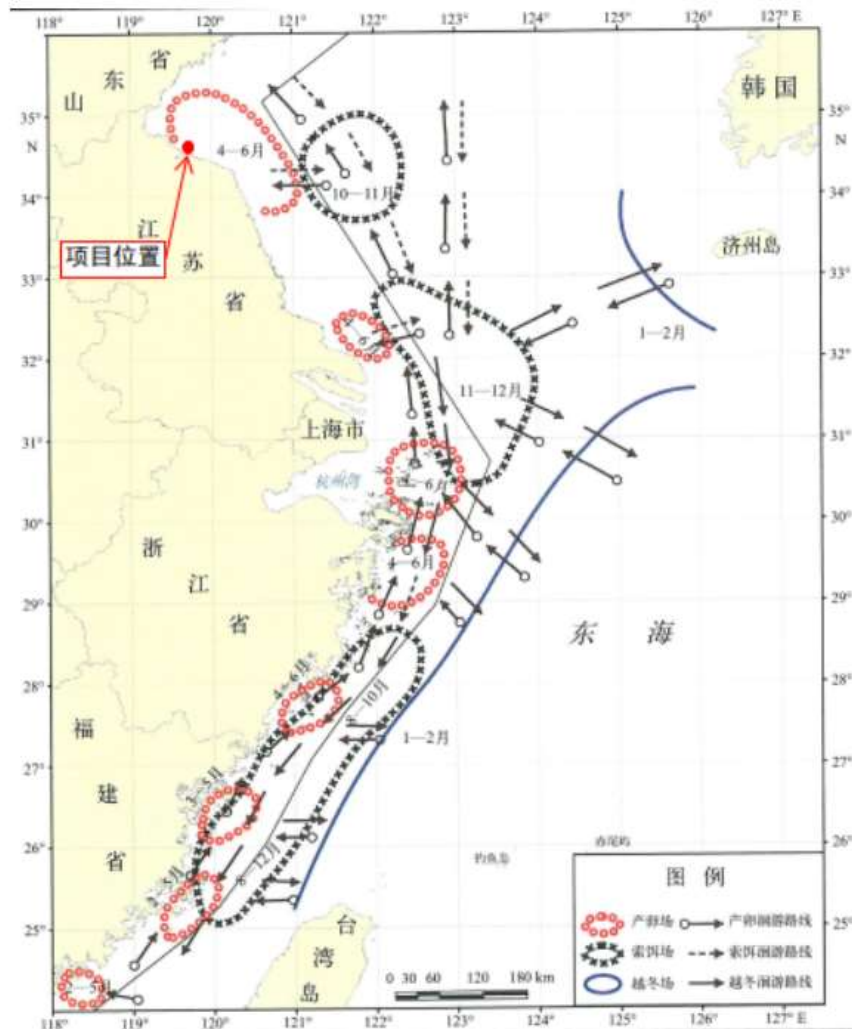


图 6.5-5 本工程与蓝点马鲛“三场一通道”位置关系图

#### (4) 鳊 (*Ilisha elongata*)

鳊俗称曹白鱼、扁鱼、白力鱼、长鳊、白力、力鱼、白鳞鱼、火鳞鱼等，为东海重要的经济鱼类之一，也是东海区资源衰退种之一。鳊属暖水性中上层鱼类，分布于印度洋和太平洋西部。我国沿岸均有分布，其中以东海最多。东海区鳊的产卵场多分布于沿岸河口和港湾水域，产卵期为 4~7 月，主要产卵期在 5~6 月。一般分为 3 个产卵鱼群，分别为福建种群、浙江种群和江苏种群。

##### ①福建种群

福建产卵群体自 5 月中旬开始在福建近海产卵，约 6 月上旬产卵群体经马祖、



西引、西洋抵达嵛山水深 20~35m 一带产卵。6 月下旬，鱼群北上索饵，进入浙南近海，秋后(9~10 月)陆续从浙江沿海南下。

### ②浙江种群

浙江近海产卵群体于 5 月初前后自南向北在温州沿岸、大陈至渔山近海产卵，5 月下旬至 7 月到达猫头洋、大目洋、灰鳖洋及舟山以北至长江口以南海区产卵。产卵后，鱼群向外海索饵，并有向北移动趋势。入冬以后，鱼群逐渐向深水移动，返回越冬场。

### ③江苏种群

江苏近海产卵群体于 5~7 月在吕泗渔场与海州湾渔场产卵，鱼群产卵后分别向江苏近海南北两个索饵场移动，入冬以后鱼群开始作越冬洄游，12 月至翌年 1 月，到达沙外渔场、江外渔场和舟外渔场越冬。

本工程距离东侧鳎产卵场约 30km，本工程与鳎“三场一通道”位置关系见图 6.5-6。

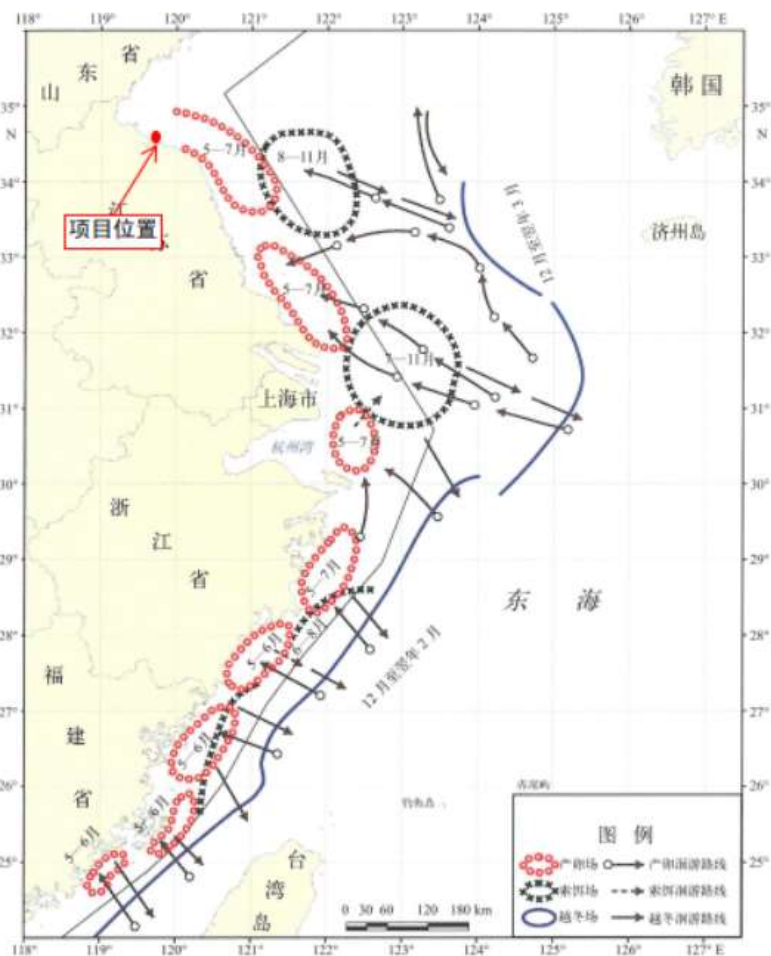


图 6.5-6 本工程与鳎“三场一通道”位置关系图

(5) 日本鲭 (*Scomber japonicus*)

日本鲭属暖水性中上层鱼类，广泛分布于西北太平洋沿岸海域，中国沿岸及日

本、朝鲜等海域均有分布。据有关文献，对于东海、黄海的日本鲭种群，一般将其分为东海西部种群、闽南—粤东近海地方种群与五岛西部种群 3 个种群。其中，东海西部种群主要洄游分布于闽东至黄海北部一带海域，其个体较大，洄游距离较长；闽南—粤东近海地方种群主要洄游分布在闽南、粤东近海-台湾浅滩，其个体较小，洄游距离较短。产卵期 3~6 月，产卵盛期 4~5 月。

五岛西部种群越冬场主要位于五岛西部至对马周围海域，主要的越冬期为 1~3 月。4~5 月，随着对马暖流的增强，日本鲭鱼群朝两个不同方向进行产卵和索饵洄游，一部分随对马暖流北上到日本海产卵和索饵，10 月前后则随着对马暖流的水温下降而南下，回到越冬场；另一部分鱼群经济州岛西部进入黄海，5~7 月主要在黄海中部海区产卵，有的甚至到黄海北部产卵，秋末鱼群南下返回越冬场。

本工程距离日本鲭产卵场约 25km，本工程与日本鲭“三场一通道”位置关系见图 6.5-7。

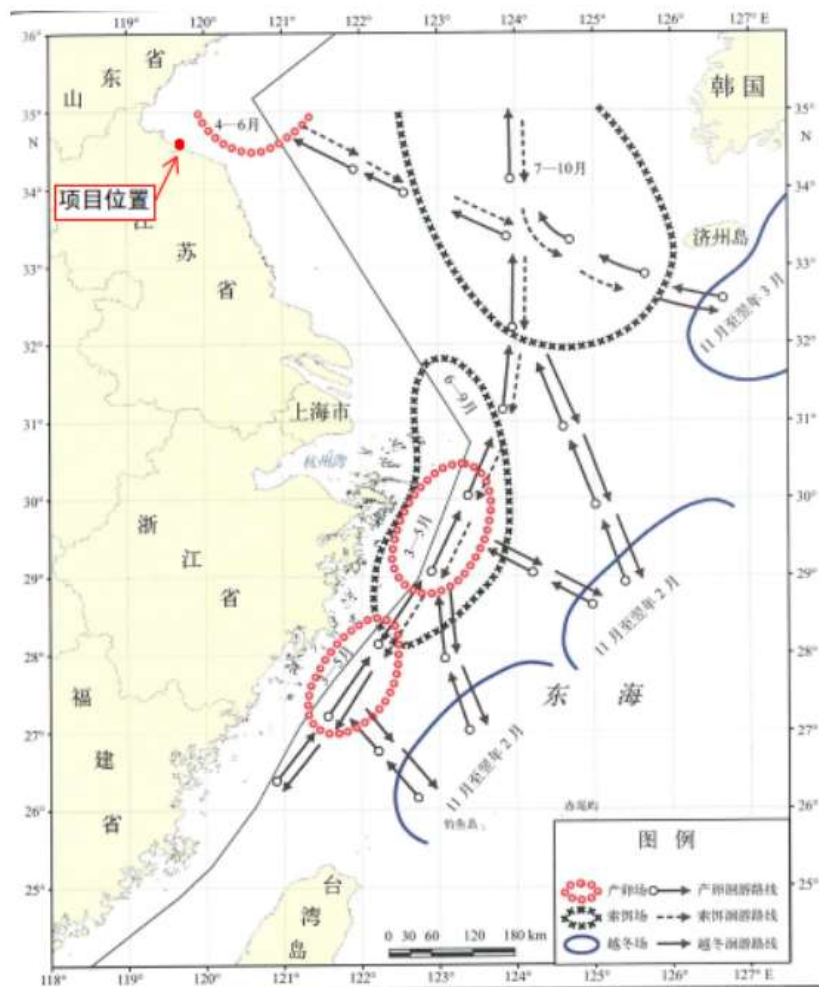


图 6.5-8 本工程与日本鲭“三场一通道”位置关系图

(6) 鲹 (*Engraulis japonicus*)



鳀属集群性小型中上层鱼类，广泛分布于我国的渤海、黄海和东海。其越冬场主要分布在东海、黄海南部水深 60~80m 海域。产卵场广泛分布在东黄海沿岸的河口、海湾水域。浙江沿岸和近海的鳀产卵期主要在 3~5 月，江苏与山东南部沿岸和近海的鳀产卵期主要在 6~8 月。

从 11 月中下旬开始，鳀进行越冬洄游，越冬场主要在黄海西南部、东海北部及舟山外海、浙江中南部及福建外海 70~80m 等深线附近海域。春季，随着水温的回升，福建外海及浙江中南部的鳀相继进入沿岸岛礁区附近产卵，并逐渐北移；舟山外海的鳀向西进入舟山群岛产卵，东海北部、黄海南部的鳀向西北洄游，相继进入江苏、山东沿岸各海湾产卵。7~8 月，分布在浙江和福建沿岸的鳀在 40m 等深线以浅海域索饵，9~10 月，分布在江苏沿岸的鳀在黄海沿岸 40m 等深线以浅海域索饵，11 月开始南下进行越冬洄游。

本工程距离鳀产卵场约 25km，本工程与鳀“三场一通道”位置关系见图 6.5-8。

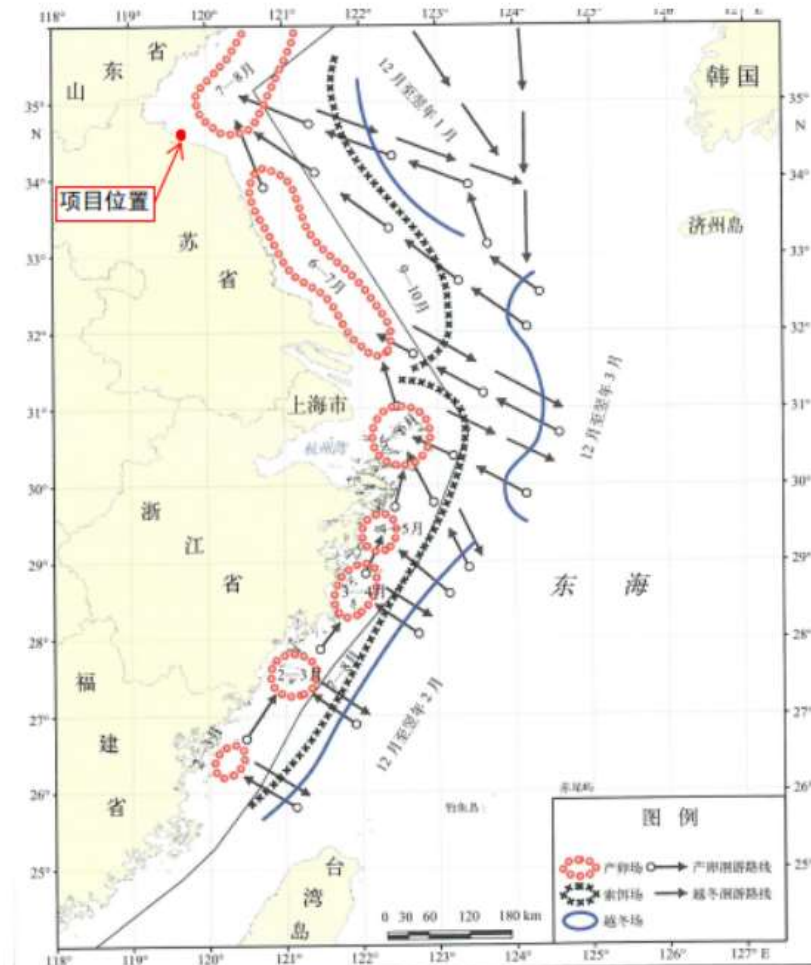


图 6.5-8 本工程与鳀“三场一通道”位置关系图

(7) 小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*)

小黄鱼属近海底层结群性洄游鱼类，为暖温种，在东海、黄海、渤海广泛分布。根据历史调查资料和相关研究，小黄鱼分为黄渤海种群（北部）、南黄海种群（中部）和东海种群（南部）3个不同的地理种群， $26^{\circ}00' \sim 40^{\circ}30'N$ 、 $126^{\circ}00'E$  以西海区均有分布。主要分布区集中于  $27^{\circ}00'N$  以北、 $125^{\circ}30'E$  以西水深不超过 100 m 的海区，以长江径流影响较大的黄海南部和东海北部（ $28^{\circ}00' \sim 35^{\circ}00'N$ ， $123^{\circ}00' \sim 125^{\circ}30'E$ ）水深 40~80m 的海区分布密度最大。这 3 个种群移动的基本特征是在越冬场和产卵场之间作周年的往复移动。

黄渤海种群越冬场位于  $33^{\circ}30' \sim 35^{\circ}30'N$ ， $123^{\circ}00' \sim 125^{\circ}00'E$ ，产卵场在海州湾、青岛沿岸、渤海的莱州湾、辽东湾及黄海北部沿海海域。每年 3 月越冬鱼群从越冬场沿 50m 等深线向西北洄游到各产卵场，5 月进入黄海北部沿岸、海州湾和渤海各海湾产卵。洄游距离 400~500 n mile，产卵后分散索饵。秋季，基本上沿春季北上洄游路线返回越冬场。栖息在渤海的小黄鱼 9~11 月在渤海中部索饵，11 月后绕过成山头向越冬场洄游。

南黄海种群越冬场位于  $32^{\circ}00' \sim 33^{\circ}30'N$ 、 $123^{\circ}00' \sim 126^{\circ}00'E$ ，产卵场在长江口以北海域，主要产卵场在吕泗渔场、海州湾渔场。该种群的洄游主要是由越冬场向西到产卵场，再由产卵场往复移动于产卵越冬场之间，洄游距离不超过 300 n mile，该种群部分南部群体与东海种群同时在春夏季进入东海北部，不易明显区分。

东海种群越冬场位于浙江外海海域，产卵场在浙江近海洞头洋至舟山群岛附近海域。其洄游的基本趋向是由越冬场东西向沿 50~60 m 等深线往返于产卵场和越冬场之间。受暖流影响，每年 12 月至翌年 2 月在济州岛西南、东海中南部海域越冬。3 月，外海小黄鱼经由长江口外侧以南水域向近海作产卵洄游，3 月下旬进入舟山渔场，在舟山渔场，这部分鱼群与从东海中南部近海北上的产卵群体汇合，部分就地产卵，部分于 4 月北上与从黄海中部越冬场而来的种群汇合在吕泗渔场产卵；5~6 月，产卵后的小黄鱼成鱼和稚幼鱼群体集中在舟山渔场、长江口渔场和吕泗渔场禁渔线外侧索饵；7~9 月进入大沙渔场索饵；10 月以后，索饵场的小黄鱼大部分游向外海的越冬场，小部分南下回到东海中南部近海的越冬场。

本工程距离小黄鱼产卵场较远，本工程与小黄鱼“三场一通道”位置关系见图 6.5-9。



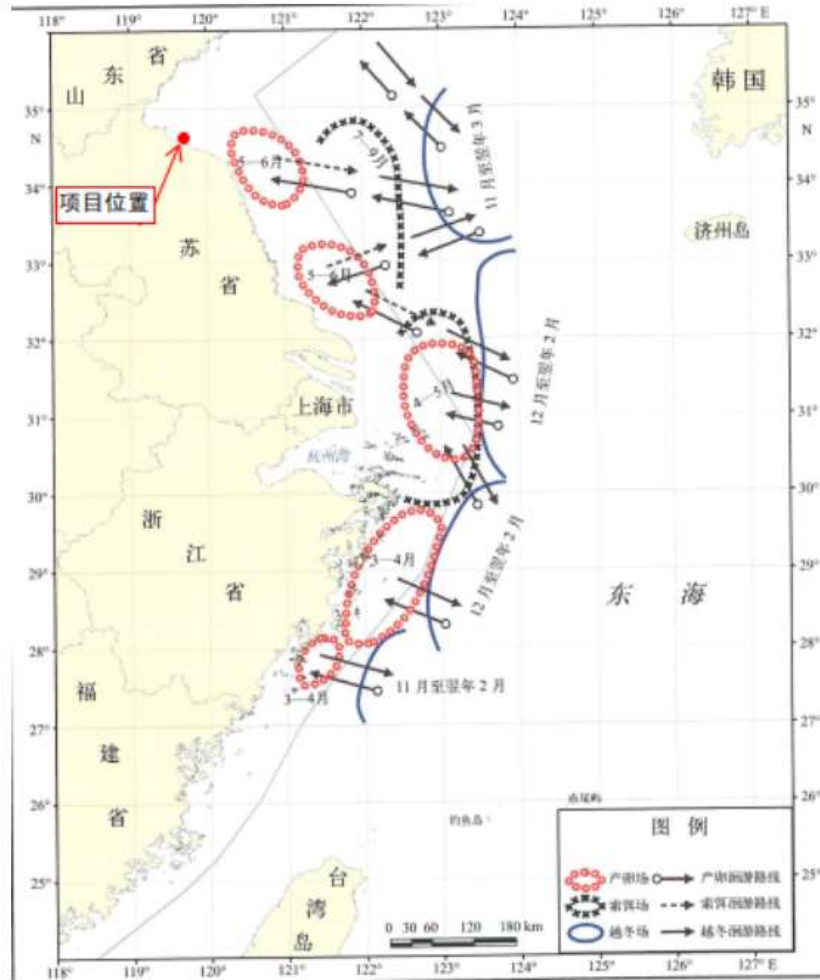


图 6.5-9 本工程与小黄鱼“三场一通道”位置关系图

## 7 环境现状调查与评价

### 7.1 水文动力环境现状调查分析

#### 7.1.1 水文测验

为掌握本工程海域的水文动力环境特征，于2022年2月20日~2022年2月26日在工程海域进行冬季了大、中、小潮流速流向观测，其中大潮期为2022年02月20日07:00~2022年02月21日10:00（农历正月二十~正月廿一）；中潮期为2022年02月22日09:00~2022年02月23日11:00（农历正月廿二~正月廿三）；小潮期为2022年02月25日12:00~2022年02月26日15:00（农历正月廿五~正月廿六）。潮位观测设3个临时潮位站，站名为H1~H3站，观测时间与测流时间同步。测点分布见图7.1-1，位置坐标见表7.1-1。

于2018年4月~5月进行了春季海洋水文观测，共布设 6 个水文测验点，进行了大潮期、小潮期水文观测。观测站位图见图7.1-2。

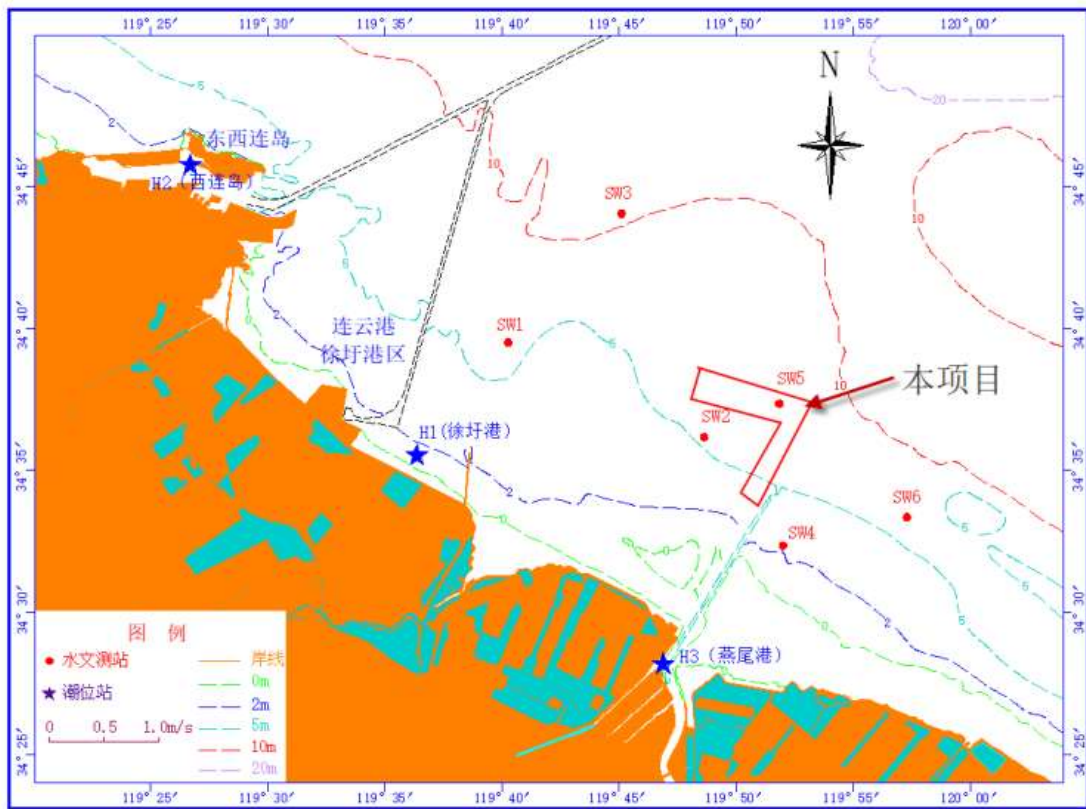


图 7.1-1 测站位置分布示意图



表 7.1-1 水文全潮测验潮位站坐标表

站位	计划坐标		实际坐标		备注
	北纬	东经	北纬	东经	
H1	34°35.330'	119°36.348'	34°35.433'	119°36.300'	徐圩港
H2	34°45.518'	119°26.870'	34°45.567'	119°26.518'	西连岛
H3	34°28.177'	119°46.903'	34°28.169'	119°46.905'	燕尾港
SW1	34°39.393'	119°40.286'	34°39.401'	119°40.210'	大潮
SW2	34°36.136'	119°48.703'	34°36.105'	119°48.621'	
SW3	34°43.934'	119°45.048'	34°43.929'	119°45.056'	
SW4	34°29.810'	119°50.965'	34°32.300'	119°52.019'	
SW5	34°37.278'	119°51.828'	34°37.283'	119°51.842'	
SW6	34°33.421'	119°57.372'	34°33.309'	119°57.318'	
SW1	34°39.393'	119°40.286'	34°39.410'	119°40.248'	中潮
SW2	34°36.136'	119°48.703'	34°36.178'	119°48.671'	
SW3	34°43.934'	119°45.048'	34°43.913'	119°45.042'	
SW4	34°29.810'	119°50.965'	34°32.308'	119°52.022'	
SW5	34°37.278'	119°51.828'	34°37.296'	119°51.848'	
SW6	34°33.421'	119°57.372'	34°33.279'	119°57.322'	
SW1	34°39.393'	119°40.286'	34°39.427'	119°40.237'	小潮
SW2	34°36.136'	119°48.703'	34°36.068'	119°48.654'	
SW3	34°43.934'	119°45.048'	34°43.905'	119°44.993'	
SW4	34°29.810'	119°50.965'	34°32.314'	119°52.006'	
SW5	34°37.278'	119°51.828'	34°37.288'	119°51.881'	
SW6	34°33.421'	119°57.372'	34°33.298'	119°57.334'	



图 7.1-2 测站位置分布示意图 (2018 年春季)

表 7.1-2 水文全潮测验站坐标表 (2018 年春季)

站位	北纬	东经
A	34°37'34"	119°55'20"
B	34°34'51"	119°58'40"
C	34°33'44"	119°51'35"
D	34°41'26"	119°39'56"
E	34°49'59"	119°55'22"
F	34°33' 0"	120°12'46"

## 7.1.2 潮汐

### 7.1.2.1 潮汐类型和基准面关系

经潮汐调和计算，观测海域的潮汐属正规半日潮。从实测潮位过程线图来看，本工程施测海域的潮汐强度较强，潮汐日潮不等现象不显著，一个太阴日内有两次高（低）潮，且高（低）潮的潮位不等现象不显著，涨潮历时与落潮历时差大约为一个半时间左右。

在 H1（徐圩港站）潮位站附近设置主要水准点和工作水准点，主要水准点为四等水准点，由徐圩新区测绘部门协助提供（控制点“G3”），按四等水准测量将主要水准点高程引测至工作水准点。水准联测的各项技术指标及成果精度指标满足《国家三、四等水准测量规范》中的有关要求。H1~H3 站潮汐性质一致，H1 站距离 H2、H3 站不大于 25km，依据《水运项目测量规范》中 5.5.6，采用同步期平均海平面法传递高程，利用各站同步观测的潮位数据，以 H1 工作水准点高程为基准推算 H2、H3 工作水准点高程，进行潮位基准面改正。其中 H3 站采用国家海洋局南通海洋环境检测中心站设立的灌云县沿海警戒潮位预警标识，利用其上的 1985 年国家高程基准标识线，高程为 4.924m，对 H3 站工作水准点高程进行了校核，其差值不大于 10mm，满足相关规范要求。

最后对实测潮位绘制过程线进行检查，保证潮位的合理性和完整性。潮位基准面统一采用 1985 国家高程基准。

### 7.1.2.2 潮位

根据施测海域（H1~H3）站 2022 年 2 月 20 日~2022 年 3 月 09 日的资料统计，分析冬季（2022.2.20~2022.2.28）和春季（2022.3.1~2022.3.10）潮汐特征值见下表 7.1-3 和表 7.1-4（1985 国家高程基准）。

表 7.1-3 冬季各验潮站潮位特征值（单位：cm）



潮位特征值	验潮站	H1 (徐圩港)	H2 (西连岛)	H3 (燕尾港)
最高潮位		231	232	209
最低潮位		-267	-266	-240
平均高潮位		176	176	155
平均低潮位		-188	-186	-176
最大潮差		458	460	404
最小潮差		245	245	221
平均潮差		365	364	329
9 日平均海平面		-15	-13	-16
平均涨潮历时 (h:min)		5:34	5:38	5:27
平均落潮历时 (h:min)		6:55	6:51	7:05
统计时间		2022-02-20 06:00~2022-02-28 23:00		
潮位基准面		1985 国家高程基准		

表 7.1-4 春季各验潮站潮位特征值 (单位: cm)

潮位特征值	验潮站	H1 (徐圩港)	H2 (西连岛)	H3 (燕尾港)
最高潮位		272	264	246
最低潮位		-282	-279	-250
平均高潮位		214	210	191
平均低潮位		-197	-200	-171
最大潮差		540	538	480
最小潮差		218	217	198
平均潮差		412	410	364
10 日平均海平面		2	0	-1
平均涨潮历时 (h:min)		5:22	5:26	5:13
平均落潮历时 (h:min)		6:54	6:52	7:06
统计时间		2022-03-01 00:00~2022-03-10 23:00		
潮位基准面		1985 国家高程基准		

### 7.1.3 潮流

#### 7.1.3.1 冬季潮流特征

##### (1) 潮流历时

受月赤纬变化和海湾地形等因素的影响,不同水域的涨、落潮历时有所差异。

**表 7.1-5 施测海域涨、落潮潮流历时汇总表（单位：h:min）**

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
SW1	6:03	5:40	5:59	5:54	6:29	6:17	6:30	6:25
SW2	6:01	5:29	6:01	5:50	6:28	6:28	6:27	6:27
SW3	6:03	5:33	6:02	5:52	6:27	6:27	6:27	6:27
SW4	6:03	5:30	5:56	5:50	6:28	6:28	6:33	6:29
SW5	6:03	5:31	5:58	5:51	6:28	6:27	6:30	6:28
SW6	6:00	5:30	6:02	5:51	6:31	6:27	6:26	6:28
平均值	6:02	5:32	6:00	5:51	6:28	6:25	6:29	6:27

各测站涨、落潮流历时根据各测站水深涨落变化来划分，其中施测海域大潮涨、落潮流平均历时分别为 6 小时 02 分和 6 小时 28 分；中潮涨、落潮流平均历时分别为 5 小时 32 分和 6 小时 25 分；小潮涨、落潮流平均历时分别为 6 小时 00 分和 6 小时 29 分。涨、落潮流平均历时差别由大潮→小潮→中潮依次增加，施测海域涨、落潮流平均历时分别为 5 小时 51 分和 6 小时 27 分，涨潮流历时小于落潮流历时，平均历时差 36 分。

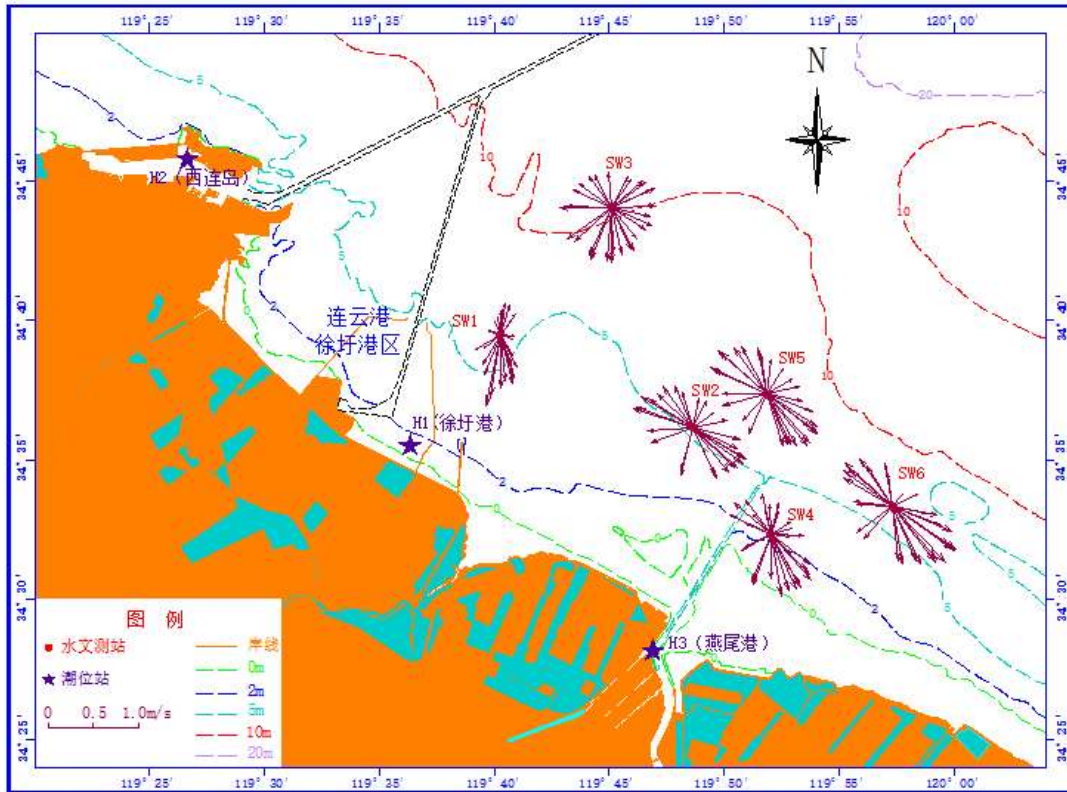
(2) 实测流向

表 7.1-6 给出了施测海域涨落潮平均流向统计，图 7.1-3 为施测海域各测站垂线平均流速矢量图。根据实测资料统计和施测海域垂线平均流速矢量图可以看出，各测站其方向频率具有一定的不对称性，表现为较为分散的分布，呈现旋转流性质。

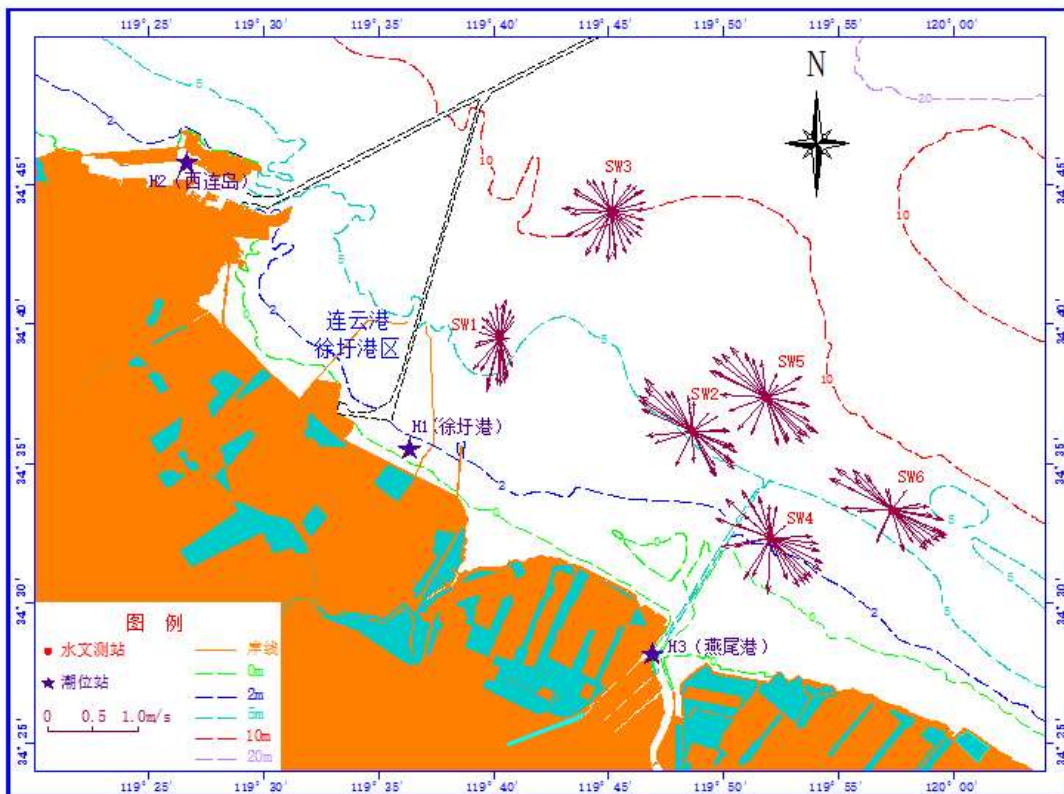
**表 7.1-6 施测海域涨、落潮段平均流向统计表（单位：磁北°）**

站名	涨潮段				落潮段			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
SW1	191	207	195	198	33	13	49	32
SW2	225	252	253	243	58	35	56	49
SW3	219	230	229	226	57	52	65	58
SW4	210	239	217	222	65	45	64	58
SW5	238	254	268	253	60	61	72	64
SW6	240	256	281	259	92	68	96	86

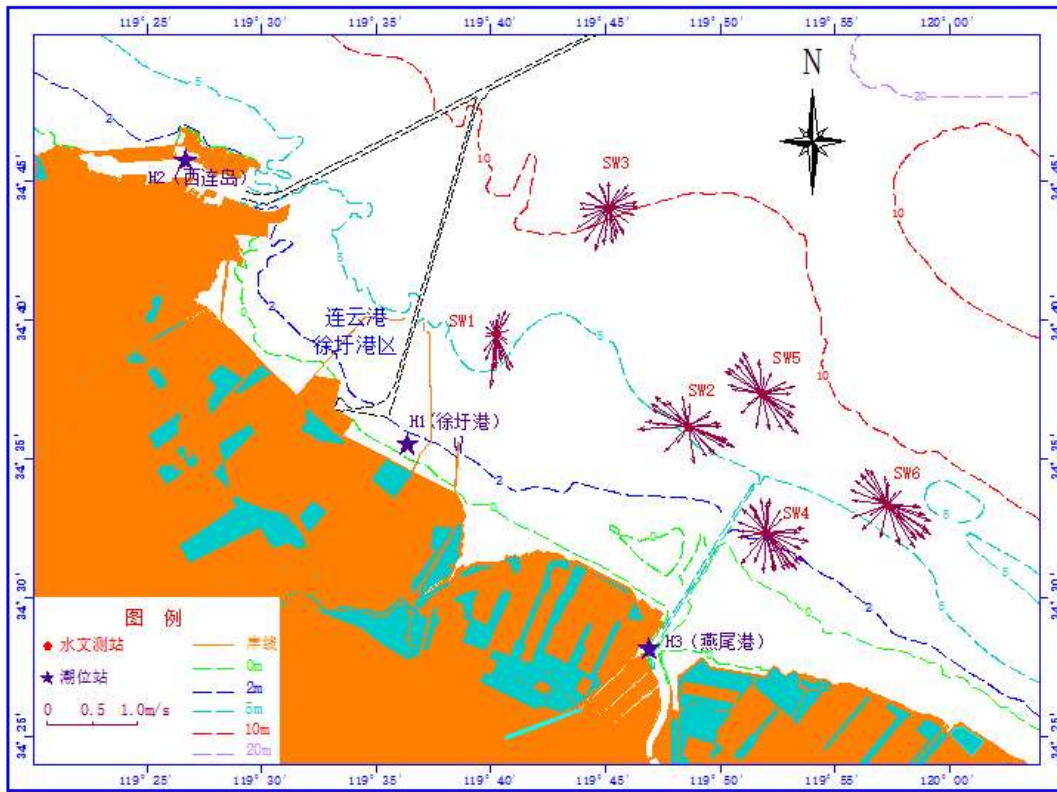




(a) 大潮



(b) 中潮



(c) 小潮

图 7.1-3 施测海域大潮各测站垂线平均流速矢量图

(3) 实测流速

通过对本次观测期间各个测站的垂线平均流速进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其矢量平均值得到各测站潮段平均流速统计表。可以看出，各测站涨、落潮段平均流速分别为 0.26m/s 和 0.21m/s，其中各测站涨潮段平均流速在 0.15 m/s~0.38 m/s 之间变化，落潮段平均流速在 0.09m/s~0.29m/s 之间变化。各测站大、中、小潮平均流速分别为 0.26m/s、0.25m/s、0.20m/s。

表 7.1-7 各测站潮段平均流速统计表（单位：m/s）

站名	涨潮段				落潮段			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
SW1	0.38	0.33	0.25	0.32	0.15	0.16	0.09	0.13
SW2	0.25	0.23	0.19	0.22	0.21	0.21	0.19	0.20
SW3	0.37	0.35	0.24	0.32	0.29	0.24	0.20	0.25
SW4	0.27	0.31	0.19	0.26	0.17	0.22	0.21	0.20
SW5	0.24	0.28	0.15	0.22	0.23	0.23	0.18	0.22
SW6	0.24	0.27	0.22	0.25	0.28	0.21	0.27	0.25
平均值	0.29	0.29	0.21	0.26	0.22	0.21	0.19	0.21



### 7.1.3.2 春季潮流特征

#### (1) 平均流速、流向

涨、落潮流平均流速及流向：大潮期，A~F 测站中，B 站涨潮平均流速最大，D 站涨潮平均流速最小。F 站落潮流速最大，E 站落潮流速最小。小潮期，测站中，F 站涨潮平均流速最大，D 站涨潮平均流速最小；C 站落潮流速最大，B 站落潮流速最小。大潮期，测站中，除 D、F 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速外，其余各站落潮流平均流速均小于涨潮流平均流速。小潮期，测站中，A、C、D、E 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速外，其余各站落潮流平均流速均小于涨潮流平均流速。大潮期，落潮流平均流速最大为 134cm/s，流向为 290°，出现在 F 站，涨潮流平均流速最大为 103cm/s，流向为 133°，出现在 B 站；小潮期，落潮流平均流速最大为 63m/s，流向为 335°，出现在 C 站，涨潮流平均流速最大为 90cm/s，流向为 146°，出现在 F 站。两次观测中，总的看大潮期各站涨落潮平均流速大于小潮期。

#### (2) 最大流速、流向

最大涨、落潮流流速及流向：各站各层涨、落潮流最大流速分布及变化趋势，大潮期，涨潮流最大流速为 118cm/s，流向为 127°，出现在 F 站表层，落潮流最大流速为 151cm/s，流向为 332°，出现在 F 站表层。小潮期，涨潮流最大流速为 97cm/s，流向为 8°，出现在 F 站表层，落潮流最大流速为 111cm/s，流向为 4°，出现在 F 站表层。海流在垂向上的分布：大、小潮期观测中，海流流速大部分站的最大值出现在表层或 0.4H 层，流速基本上均自表至底逐渐减小，流向在垂直线上的分布比较一致。

## 7.1.4 余流

#### (1) 冬季余流特征

余流的变化主要受风场以及地形的支配，从计算结果来看：

1) 垂线平均余流，大潮在 7.1cm/s~14.7cm/s 之间，中潮在 1.5cm/s~10.0cm/s 之间，小潮在 4.1cm/s~11.0cm/s 之间。各测站垂线平均余流最大值出现在大潮期间 SW1 测站，达 14.7cm/s，方向为 172°；最小值出现在中潮期间 SW2 测站，为 1.5cm/s，方向为 44°。

2) 各层余流，大潮在 3.0 cm/s~19.4cm/s 之间，中潮在 1.2 cm/s~12.8cm/s 之间，

小潮在 1.2~14.1cm/s 之间。各测站余流最大值出现在大潮期间 SW6 测站的表层，为 19.4cm/s，方向为 134°；最小值出现在小潮期间 SW6 测站的底层，为 1.2cm/s，方向为 203°。

3) 总体来看，施测海域各测站余流分布特征表现为，中潮期间余流小于大、小潮期间；在空间平面上，各测站余流随等深线的增大而减小。余流流向，大潮期间，SW1 测站为 S，SW2、SW5~SW6 测站为 SE，SW3~SW4 测站为 SSE；中潮期间，SW1~SW6 测站分别为 SSW、NE、S、SSE、SE、ESE；小潮期间，SW1 测站为 S，SW2 测站为 E、SW3 测站为 SSE、SW4~SW6 测站为 SE、SW5 测站为 ESE。

### (2) 春季余流特征

余流流速：本次观测海域余流流速，大潮期各站各层余流流速在 3.9~29.9cm/s 之间，最大余流流速出现在 A 站表层，流向为 157°；小潮期各站各层余流流速在 3.4~44.0cm/s 之间，最大余流流速出现在 A 站的表层，流向为 103°。余流流向：大潮期 B、D 站余流流向偏 S 向，A 站为偏 SSE 向，C 站为偏 E 向，E 站为偏 W 向，E 站为偏 ENE 向；小潮期，A 站为偏 ESE 向，C 站为偏 NE 向，其余各站余流流向与大潮期基本一致。垂向上各层余流流速由表至底逐渐减小，流向基本一致。

## 7.1.5 泥沙

### 7.1.5.1 水体含沙量

通过对各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按各测站水深的涨落变化来划分涨潮段、落潮段，并分别求其算术平均值得到各测站潮段平均含沙量，得到：

1) 本次水文全潮测验期间，施测海域实测涨、落潮平均含沙量分别为 0.226 kg/m<sup>3</sup> 和 0.145kg/ kg/m<sup>3</sup>，涨潮大于落潮。其中涨落潮平均含沙量，大、中、小潮分别为 0.227kg/m<sup>3</sup>、0.221 kg/m<sup>3</sup>、0.108 kg/m<sup>3</sup>，水体含沙量浓度与潮汐动力有明显关系，即随着潮型的变化，而逐渐减小。

2) 涨潮段平均含沙量，大潮介于 0.019 kg/m<sup>3</sup>~0.494 kg/m<sup>3</sup> 之间，中潮介于 0.017 kg/m<sup>3</sup>~0.548 kg/m<sup>3</sup> 之间，小潮介于 0.009 kg/m<sup>3</sup>~0.279 kg/m<sup>3</sup> 之间；落潮段平均含沙量，大潮介于 0.012 kg/m<sup>3</sup>~0.340 kg/m<sup>3</sup> 之间，中潮介于 0.010 kg/m<sup>3</sup>~0.294 kg/m<sup>3</sup> 之间，小潮介于 0.007 kg/m<sup>3</sup>~0.175kg/m<sup>3</sup> 之间。各测站平均含沙量涨潮段大于落潮段。

3) 本次水文全潮观测期间，大潮期间因潮水动力增强而含沙量较高，垂线平均



含沙量在  $0.007\text{kg/m}^3 \sim 0.877\text{kg/m}^3$  之间，中潮次之，垂线平均含沙量在  $0.006\text{kg/m}^3 \sim 0.848\text{kg/m}^3$  之间，小潮期间则随潮动力的减弱而含沙量减小，小潮垂线平均含沙量仅在  $0.003\text{kg/m}^3 \sim 0.539\text{kg/m}^3$  之间，故含沙量随月相的变化存在良好的规律。

4) 水体含沙浓度平面分布，呈现出 SW2 测站含沙量最大，其次是 SW5 测站，SW1 和 SW3 测站含沙量显著较低。

通过对施测海域各测站的各层实测的含沙量资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别统计得到各测站的涨、落潮段平均含沙量垂向分布。

统计结果表明：SW1、SW3 站潮段平均含沙量垂线变化不明显，其余各测站呈表层到底层逐渐增大的分布状态，且大、中、小潮涨潮段的垂向梯度小于落潮段。

#### 7.1.5.2 悬沙颗粒

施测海域各测站所取悬沙的物质基本为粘土质粉砂。大潮悬沙中值粒径在  $0.0059 \sim 0.0148\text{mm}$  之间变化，平均为  $0.0085\text{mm}$ ；中潮悬沙中值粒径在  $0.0041 \sim 0.0160\text{mm}$  之间变化，平均为  $0.0085\text{mm}$ 。小潮悬沙中值粒径在  $0.0054 \sim 0.0152\text{mm}$  之间变化，平均为  $0.0087\text{mm}$ ；各测站悬沙的分选程度介于分选中等与分选差范围，偏态近于正态。

## 7.2 地形地貌与冲淤现状调查分析

### 7.2.1 海底地貌类型

工程风电场区属废黄河水下三角洲地貌单元（图7.2-1）。废黄河水下三角洲自1855年黄河北迁后，地貌形态发生了较大演变，主要表现为水下三角洲的大面积冲蚀和三角洲海岸的蚀平，形成了10m以深的平坦海底、0m~10m 的水下缓坡、0m 以浅的潮滩三个次一级地貌单元。10m以深的平坦海底目前仍受侵蚀，但是侵蚀强度由废黄河口向灌河口逐渐减弱。在强潮流冲刷作用下，水下三角洲顶部平原被切割成多个走向与岸线平行的顶部水深小于5m 的水下沙脊，组成物质以细砂为主。水下缓坡则随着往复性潮流长轴与缓坡走向逐渐趋于一致，潮流侧向侵蚀弱化。当前岸段一般都有人工护岸工程，防止了岸线的侵蚀后退，但潮滩在潮流和波浪作用下仍有下切现象发生。



图 7.2-1 工程及附近海域地貌类型

### 7.2.2 海底地形特征

工程所在海域海底地形较平坦，由岸向海缓缓倾斜，等深线基本平行岸线。0m等深线离岸距离自西向东逐渐增大，5m等深线离岸距离自西向东逐渐减小。0~10m等深线之间为水下岸坡的缓坡区，地形向北缓倾。5m等深线与10m等深线之间发育水下沙脊，地形局部起伏，海底坡度一般小于1°。



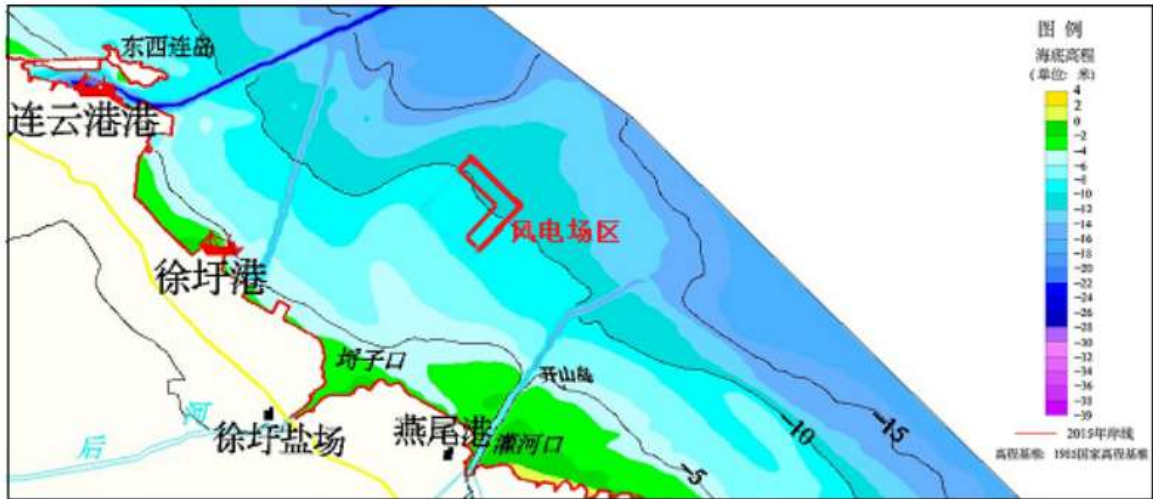


图 7.2-2 工程场区及附近海域地形特征

### 7.2.3 海床演变

工程风电场场区位于灌河口西北部海域，其泥沙来源主要是波浪对海岸及水下岸坡的侵蚀产物。泥沙运移分为向岸-离岸输沙和顺岸输沙，向岸-离岸输沙对于短期的岸滩变化影响较大，顺岸输沙对海岸的演变和发育起主导作用。

工程场区紧邻灌河口西北侧，该岸段浅滩发育，近岸侵蚀较弱，水下岸坡侵蚀动态复杂，为缓蚀岸段。根据1960年~2006年的海图等深线对比可知，2006年的0m等深线相较于1980年、1960年进一步向岸蚀退，风电场区域-5m等深线变化复杂，其两侧-5m线位置则保持基本稳定。风电场北部海域-10m等深线向海淤涨。

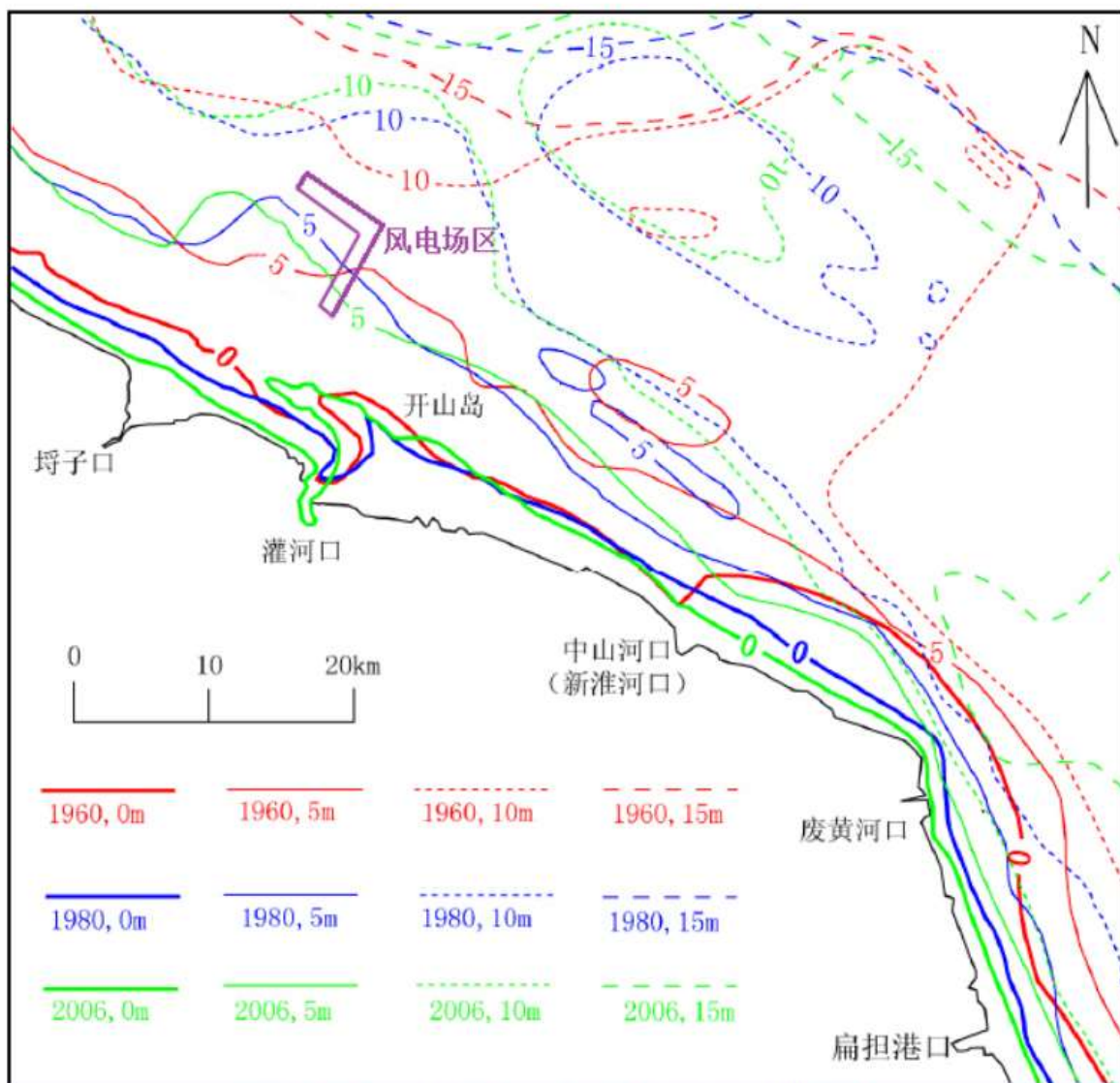


图 7.2-3 工程海域 1960~2006 年水下地形变化  
(基准：理论最低潮面，单位 m，据王艳红，2006)



## 7.3 海洋水质现状监测与评价

### 7.3.1 调查站位及时间

本报告春季（2021 年 4 月）调查资料引用《华能灌云海上风电场 300MW 工程海洋环境影响跟踪监测报告（2021 年春季）》（江苏中信优佳检测技术有限公司，2021 年 6 月），秋季（2020 年 11 月）调查资料引用《华能灌云海上风电场 300MW 工程海洋环境影响跟踪监测报告（2020 年秋季）》（江苏中信优佳检测技术有限公司，2021 年 2 月）。

#### （1）站位布设和调查时间

春季、秋季调查海域均布设水质调查站位 24 个，海洋生态与渔业资源调查站位 15 个，潮间带生物调查断面 3 条；春季沉积物站位 12 个。调查站位图和站位表见图 7.3-1、表 7.3-1。

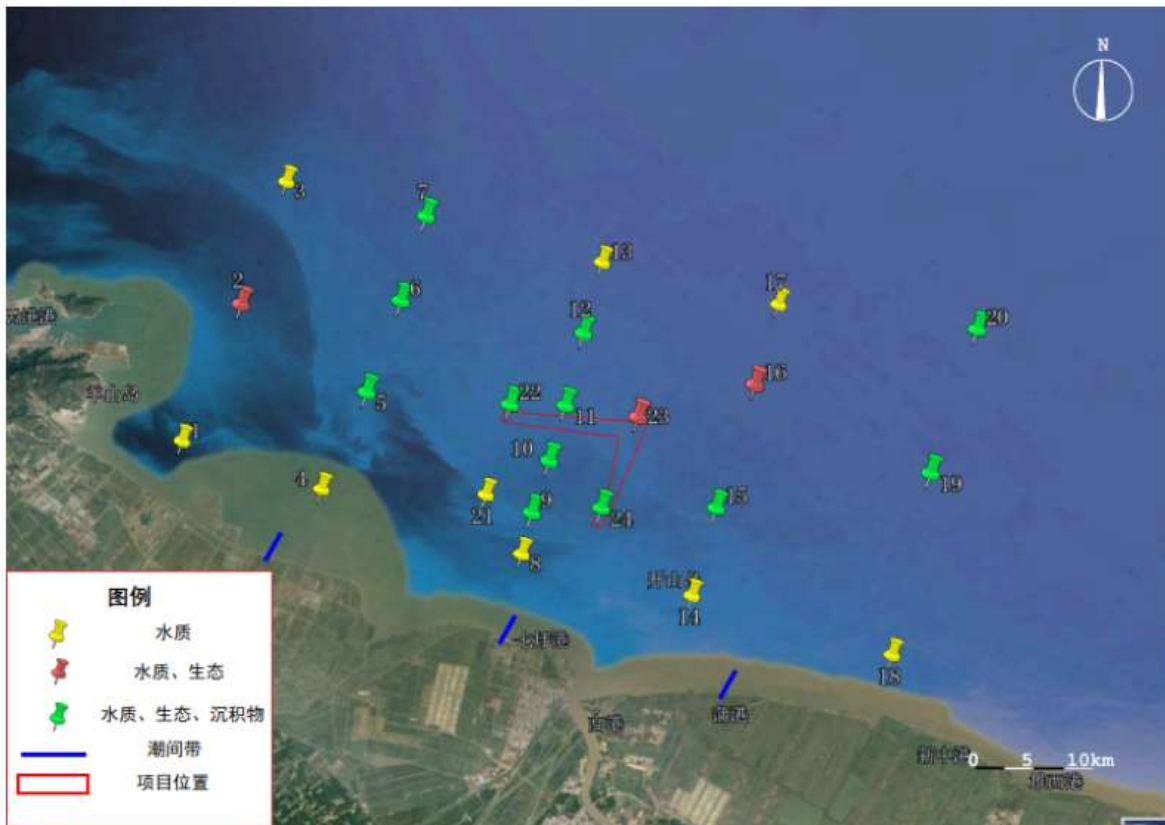


图 7.3-1 春、秋季海洋环境监测站位示意图

表 7.3-1 春、秋季海洋环境监测站位表

站号	经度 E	纬度 N	监测内容
01	119°31'38.73"	34°39'20.93"	水质

站号	经度 E	纬度 N	监测内容
02	119°35'11.38"	34°43'54.78"	水质、生态、渔业资源
03	119°38'6.37"	34°48'11.00"	水质
04	119°37'25.94"	34°36'42.89"	水质
05	119°40'5.31"	34°39'53.26"	水质、沉积物、生态、渔业资源
06	119°42'16.26"	34°43'0.46"	水质、沉积物、生态、渔业资源
07	119°44'1.64"	34°45'56.70"	水质、沉积物、生态、渔业资源
08	119°45'41.96"	34°33'6.13"	水质
09	119°46'25.64"	34°34'28.80"	水质、沉积物、生态、渔业资源
10	119°47'34.83"	34°36'13.94"	水质、沉积物、生态、渔业资源
11	119°48'42.92"	34°38'6.82"	水质、沉积物、生态、渔业资源
12	119°50'3.84"	34°40'37.86"	水质、沉积物、生态、渔业资源
13	119°51'29.50"	34°43'8.62"	水质
14	119°52'47.05"	34°30'31.66"	水质
15	119°54'29.74"	34°33'27.18"	水质、沉积物、生态、渔业资源
16	119°57'12.00"	34°37'38.67"	水质、生态、渔业资源
17	119°58'55.20"	34°40'27.13"	水质
18	120° 0'58.69"	34°27'8.04"	水质
19	120° 4'7.89"	34°33'19.00"	水质、沉积物、生态、渔业资源
20	120° 7'23.58"	34°38'11.41"	水质、沉积物、生态、渔业资源
21	119°44'35.19"	34°35'27.55"	水质
22	119°46'17.53"	34°38'31.05"	水质、沉积物、生态、渔业资源
23	119°51'49.00"	34°37'13.53"	水质、生态、渔业资源
24	119°49'29.51"	34°34'11.56"	水质、沉积物、生态、渔业资源
潮间带 C1	119°34'20.07"	34°35'24.25"	潮间带生物
潮间带 C2	119°44'18.90"	34°30'58.73"	潮间带生物
潮间带 C3	119°54'39.78"	34°27'7.59"	潮间带生物

### 7.3.2 调查项目与分析评价方法

#### (1) 调查项目



pH、水温、盐度、悬浮物、油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、硫化物、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷共计 17 项指标。

(2) 调查与分析方法

采样和分析方法按《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007) 进行。

(3) 现状评价方法

水质评价采用《海水水质标准》(GB3097-1997) 进行评价。根据海洋功能区划中海洋环境保护要求进行项目对附近敏感区及保护目标的影响分析。

①一般性水质因子:

$$S_{ij} = C_{ij} / C_{si}$$

式中:  $S_{ij}$ —评价因子  $i$  的水质指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

$C_{ij}$ —评价因子  $i$  在  $j$  点的实测统计代表值, mg/L;

$C_{si}$ —评价因子  $i$  的水质评价标准限值, mg/L。

②pH 值的指数计算公式:

$$S_{pH,j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH_j > 7.0$$

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH_j \leq 7.0$$

式中:  $S_{pH,j}$ —pH 值得指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

$pH_j$ —pH 值实测统计代表值;

$pH_{su}$ —评价标准中 pH 值的上限值;

$pH_{sd}$ —评价标准中 pH 值的下限值。

③溶解氧 (DO) 的标准指数计算公式:

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

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

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

$DO_s$ —溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

$DO_j$ —溶解氧在  $j$  点的实测统计代表值，mg/L；

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

$S$ —实用盐度符号，量纲为 1；

$T$ —水温， $^{\circ}C$ 。

凡是单因子污染指数 $\leq 1$ 者，认为该调查站位水体没有遭受该因子的污染， $>1$ 者为水体遭受污染，数值越大污染越重。

超标率：超标率=超标样品个数/总监测样品个数 $\times 100\%$ 。

### 7.3.3 海水水质现状调查与评价结果

海水水质调查实测数据见附录 1。

#### 7.3.3.1 春季海水水质评价结果

##### (1) 海水水质现状调查结果

表层水温范围为  $8.3^{\circ}C\sim 14.6^{\circ}C$ ，最小值出现在 13 号站位，最大值出现在 16 号站位。底层水温范围为  $9.0^{\circ}C\sim 14.5^{\circ}C$ ，最小值出现在 20 号站位，最大值出现在 16 号站位。

表层 pH 范围为  $7.85\sim 8.04$ ，底层 pH 范围为  $7.83\sim 8.03$ ，最小值均出现在 20 号站位，最大值均出现在 02 号站位。

表层盐度范围为  $25.29\sim 29.71$ ，最小值出现在 24 号站位，最大值出现在 22 号站位。底层盐度范围为  $26.88\sim 28.75$ ，最小值出现在 16 号站位，最大值出现在 20 号站位。

表层悬浮物范围为  $67mg/L\sim 137mg/L$ ，最小值出现在 13 号站位，最大值出现在 09 号站位。

表层溶解氧范围为  $8.4mg/L\sim 9.1mg/L$ ，最小值出现在 15 号站位，最大值出现在 09 号站位。底层溶解氧范围为  $8.2mg/L\sim 8.8mg/L$ ，最小值出现在 01、04 号站位，最大值出现在 06 号站位。

表层化学需氧量范围为  $0.86mg/L\sim 1.9mg/L$ ，最小值出现在 19 号站位，最大值出现在 09 号站位。底层化学需氧量范围为  $0.94mg/L\sim 1.6mg/L$ ，最小值出现在 20 号站



位，最大值出现在 01 号站位。

表层活性磷酸盐范围为 0.0086mg/L~0.026mg/L，最小值出现在 01 号站位，最大值出现在 05 号站位。底层活性磷酸盐范围为 0.0064mg/L~0.019mg/L，最小值出现在 07 号站位，最大值出现在 16 号站位。

表层无机氮范围为 0.1778mg/L~0.6148mg/L，最小值出现在 02 号站位，最大值出现在 23 号站位。底层无机氮范围 0.1640mg/L~0.4410mg/L，最小值出现在 02 号站位，最大值出现在 16 号站位。

表层油类范围为 0.0124mg/L~0.0353mg/L，最小值出现在 06 号站位，最大值出现在 19、21 号站位。

表层硫化物范围为 0.7 $\mu$ g/L~2.9 $\mu$ g/L，最小值出现在 15 号站位，最大值出现在 20 号站位。底层硫化物范围为 1.2 $\mu$ g/L~2.9 $\mu$ g/L，最小值出现在 03 号站位，最大值出现在 16 号站位。

表层铜范围为 1.2 $\mu$ g/L~2.1 $\mu$ g/L，最小值出现在 22 号站位，最大值出现在 15 号站位。底层铜范围为 1.3 $\mu$ g/L~2.4 $\mu$ g/L，最小值出现在 03 号站位，最大值出现在 19 号站位。

表层铅范围为 0.23 $\mu$ g/L~0.82 $\mu$ g/L，最小值出现在 22 号站位，最大值出现在 20 号站位。底层铅范围为 0.20 $\mu$ g/L~0.57 $\mu$ g/L，最小值出现在 07 号站位，最大值出现在 04 号站位。

表层锌范围为 11.0 $\mu$ g/L~19.0 $\mu$ g/L，最小值出现在 07 号站位，最大值出现在 04 号和 14 号站位。底层锌范围为 9.0 $\mu$ g/L~14.0 $\mu$ g/L，最小值出现在 03、07 和 20 号站位，最大值出现在 04 号站位。

表层镉范围为 0.07 $\mu$ g/L~0.37 $\mu$ g/L，最小值出现在 15 号站位，最大值出现在 13 号站位。底层镉范围为 0.09 $\mu$ g/L~0.27 $\mu$ g/L，最小值出现在 03 号站位，最大值出现在 20 号站位。

表层总铬范围为<0.4~0.4 $\mu$ g/L，除 07 号站位外，其余站位铬均低于 0.4 $\mu$ g/L，低于方法检出限，最大值出现在 07 号站位。底层所有站位总铬均低于 0.4 $\mu$ g/L，低于方法检出限。

表层汞范围为 0.010 $\mu$ g/L~ 0.028 $\mu$ g/L，最小值出现在 15 号站位，最大值出现在 12 号站位。底层汞范围为 0.013 $\mu$ g/L~ 0.028 $\mu$ g/L，最小值出现在 04 和 19 号站位，最

大值出现在 05 号站位。

表层砷范围为 0.8 $\mu\text{g/L}$ ~1.4 $\mu\text{g/L}$ ，最小值出现在 06、07、14、16 号站位，最大值出现在 24 号站位。底层砷范围为 0.8 $\mu\text{g/L}$ ~1.4 $\mu\text{g/L}$ ，最小值出现在 01 和 05 号站位，最大值出现在 03 号站位。

## (2) 海水水质现状评价

春季水质各评价因子的标准指数计算结果列于表 7.3-2。

调查海域 pH、溶解氧、化学需氧量、油类、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷和硫化物均符合海水水质标准中第一类标准；活性磷酸盐符合海水水质标准第一类、第二（三）类的比例分别为 48.57%、51.43%；无机氮符合海水水质标准第一类、第二类、第三类、第四类和劣四类的比例分别为 17.14%、25.71%、31.43%、5.71%和 20.00%。

根据《江苏省近岸海域环境功能区》、《江苏省海洋功能区划（2011~2020 年）》，调查站位水质均执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）第二类标准。24 个站位的 35 个样品，所有站位的溶解氧、pH、活性磷酸盐、化学需氧量、油类、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷和硫化物均符合相应功能区的海水水质标准要求；无机氮仅 01、02、03、04、05、11、12、13、22 号站位符合相应功能区的海水水质标准要求。调查海域无机氮普遍偏高，可能受陆源污染的影响（伊华斌，2020）。

### 7.3.3.2 秋季海水水质评价结果

#### (1) 海水水质现状调查结果

水温范围为 16.5 $^{\circ}\text{C}$ ~17.7 $^{\circ}\text{C}$ ，最小值出现在 12 号站位，最大值出现在 17 号站位。pH 范围为 7.88~7.99，最小值出现在 18 号站位，最大值出现在 06、20、21 号站位。

盐度范围为 26.21~27.98，最小值出现在 10 号站位，最大值出现在 13 号站位。

悬浮物范围为 43 $\text{mg/L}$ ~111 $\text{mg/L}$ ，最小值出现在 24 号站位，最大值出现在 18 号站位。

溶解氧范围为 6.4 $\text{mg/L}$ ~7.9 $\text{mg/L}$ ，最小值出现在 19 号站位，最大值出现在 06、13 号站位。

化学需氧量范围为 0.55 $\text{mg/L}$ ~2.0 $\text{mg/L}$ ，最小值出现在 20 号站位，最大值出现在 21 号站位。



活性磷酸盐范围为 0.0055mg/L~0.026mg/L，最小值出现在 19 号站位，最大值出现在 10 号站位。

无机氮范围为 0.2676mg/L~0.9800mg/L，最小值出现在 20 号站位，最大值出现在 10 号站位。

油类范围为 0.0082mg/L~0.0349mg/L，最小值出现在 21 号站位，最大值出现在 17 号站位。

硫化物范围为 1.1 $\mu$ g/L~3.0 $\mu$ g/L，最小值出现在 17 号站位，最大值出现在 08 号站位。

铜范围为 1.1 $\mu$ g/L~2.7 $\mu$ g/L，最小值出现在 01、02 号站位，最大值出现在 13 号站位。

铅范围为 0.14 $\mu$ g/L~0.97 $\mu$ g/L，最小值出现在 10 号站位，最大值出现在 15 号站位。

锌范围为 11.0 $\mu$ g/L~20.0 $\mu$ g/L，最小值出现在 07 号站位，最大值出现在 01 号站位。

镉范围为 0.03 $\mu$ g/L~0.39 $\mu$ g/L，最小值出现在 03 号站位，最大值出现在 23 号站位。

总铬范围为未检出~0.7 $\mu$ g/L，最大值出现在 01 和 08 号站位。

汞范围为 0.013 $\mu$ g/L~0.025 $\mu$ g/L，最小值出现在 17 号站位，最大值出现在 03、12、14 号站位。

砷范围为 1.0 $\mu$ g/L~1.3 $\mu$ g/L，最小值出现在 19 号站位，最大值出现在 08、10、13、16、21 和 24 号站位。

## (2) 海水水质现状评价

秋季水质各评价因子的标准指数计算结果列于表 7.3-3。

调查海域溶解氧、pH、化学需氧量、油类、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷和硫化物均符合海水水质标准中第一类标准；活性磷酸盐符合海水水质标准第一类、第二（三）类的比例分别为 66.67%、33.33%；无机氮符合海水水质标准第二类、第三类、第四类和劣四类的比例分别为 4.17%、4.17%、20.83%、和 70.83%。

根据《江苏省近岸海域环境功能区》、《江苏省海洋功能区划（2011~2020年）》，调查站位水质均执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）第二类标准。所有站位的溶解氧、pH、化学需氧量、油类、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷、活性磷酸盐和硫化物均符合相应功能区的海水水质标准要求；无机氮仅 20 号站位符合相应功能区的海水水质标准要求。调查海域无机氮普遍偏高，可能受陆源污染的影响（伊华斌，2020）。



表 7.3-2 2021 年春季水质评价指数表

站号	层次	pH	COD	溶解氧	石油类	硫化物	无机氮				磷酸盐		铜	铅	锌	铬	镉	汞	砷
							一类	二类	三类	四类	一类	二、三类							
01	表	0.34	0.65	0.39	0.31	0.09	1.32	0.88	/	/	0.57	/	0.36	0.80	0.90	ND	0.20	0.48	0.05
	底	0.40	0.80	0.50	/	0.08	0.95	/	/	/	0.50	/	0.32	0.45	0.60	ND	0.20	0.50	0.04
02	表	0.31	0.85	0.41	0.29	0.11	0.89	/	/	0.93	/	0.38	0.72	0.70	ND	0.10	0.44	0.05	
	底	0.34	0.65	0.49	/	0.12	0.82	/	/	0.80	/	0.32	0.33	0.55	ND	0.11	0.46	0.05	
03	表	0.43	0.65	0.45	0.33	0.07	0.96	/	/	1.40	0.70	0.28	0.36	0.60	ND	0.28	0.40	0.05	
	底	0.43	0.70	0.49	/	0.06	0.82	/	/	1.00	/	0.26	0.32	0.45	ND	0.09	0.42	0.07	
04	表	0.40	0.65	0.45	0.30	0.12	1.51	1.01	0.76	0.65	/	0.34	0.33	0.95	ND	0.18	0.50	0.06	
	底	0.43	0.65	0.53	/	0.10	1.14	0.76	/	0.50	/	0.28	0.57	0.70	ND	0.10	0.26	0.05	
05	表	0.63	0.65	0.36	0.28	0.07	1.33	0.89	/	1.60	0.80	0.40	0.53	0.80	ND	0.10	0.52	0.05	
	底	0.46	0.60	0.43	/	0.13	1.06	0.70	/	0.65	/	0.34	0.44	0.60	ND	0.11	0.56	0.04	
06	表	0.43	0.65	0.43	0.25	0.05	1.85	1.23	0.93	1.27	0.63	0.28	0.33	0.70	ND	0.23	0.32	0.04	
	底	0.46	0.60	0.47	/	0.09	1.74	1.16	0.87	1.07	0.53	0.36	0.30	0.55	ND	0.19	0.34	0.05	
07	表	0.37	0.75	0.52	0.34	0.09	1.75	1.17	0.87	1.07	0.53	0.30	0.37	0.55	0.01	0.26	0.26	0.04	
	底	0.46	0.65	0.56	/	0.07	1.60	1.07	0.80	0.43	/	0.40	0.20	0.45	ND	0.10	0.30	0.05	

站号	层次	pH	COD	溶解氧	石油类	硫化物	无机氮			磷酸盐		铜	铅	锌	铬	镉	汞	砷	
							一类	二类	三类	四类	一类								二、三类
08	表	0.63	0.85	0.53	0.43	0.06	2.80	1.87	1.40	1.12	1.20	0.60	0.36	0.44	0.90	ND	0.09	0.40	0.05
09	表	0.60	0.95	0.42	0.49	0.07	2.56	1.71	1.28	1.02	0.73	/	0.34	0.33	0.70	ND	0.11	0.30	0.07
10	表	0.57	0.80	0.41	0.39	0.09	2.45	1.63	1.23	0.98	1.20	0.60	0.32	0.54	0.80	ND	0.21	0.32	0.05
11	表	0.51	0.80	0.46	0.51	0.05	1.32	0.88	/	/	1.33	0.67	0.36	0.49	0.70	ND	0.21	0.28	0.06
12	表	0.51	0.50	0.50	0.38	0.12	1.15	0.76	/	/	1.20	0.60	0.32	0.71	0.70	ND	0.24	0.56	0.05
13	表	0.40	0.55	0.53	0.40	0.12	0.94	/	/	/	1.47	0.73	0.32	0.26	0.60	ND	0.37	0.52	0.05
14	表	0.71	0.55	0.45	0.53	0.11	2.94	1.96	1.47	1.18	1.40	0.70	0.36	0.54	0.95	ND	0.08	0.24	0.04
15	表	0.63	0.55	0.53	0.40	0.04	3.06	2.04	1.53	1.22	1.53	0.77	0.42	0.49	0.80	ND	0.07	0.20	0.06
16	表	0.63	0.55	0.39	0.31	0.08	3.01	2.01	1.50	1.20	1.47	0.73	0.36	0.44	0.70	ND	0.24	0.30	0.04
	底	0.66	0.55	0.45	/	0.15	2.21	1.47	1.10	0.88	1.27	0.63	0.42	0.38	0.55	ND	0.22	0.38	0.05
17	表	0.49	0.45	0.39	0.46	0.10	1.71	1.14	0.86	/	1.27	0.63	0.34	0.44	0.70	ND	0.27	0.42	0.05
	底	0.71	0.55	0.46	/	0.10	1.16	0.77	/	/	0.67	/	0.26	0.25	0.55	ND	0.20	0.48	0.05
18	表	0.83	0.45	0.47	0.67	0.07	1.77	1.18	0.88	/	0.87	/	0.38	0.42	0.90	ND	0.14	0.48	0.05
19	表	0.57	0.43	0.49	0.71	0.06	1.60	1.07	0.80	/	0.83	/	0.40	0.47	0.70	ND	0.27	0.48	0.05
	底	0.69	0.48	0.51	/	0.08	1.36	0.91	/	/	0.73	/	0.48	0.29	0.55	ND	0.10	0.26	0.05



站号	层次	pH	COD	溶解氧	石油类	硫化物	无机氮			磷酸盐		铜	铅	锌	铬	镉	汞	砷	
							一类	二类	三类	四类	一类								二、三类
20	表	0.86	0.44	0.53	0.56	0.15	1.90	1.27	0.95	/	1.40	0.70	0.38	0.82	0.55	ND	0.26	0.38	0.05
	底	0.91	0.47	0.57	/	0.11	1.56	1.04	0.78	/	0.60	/	0.38	0.35	0.45	ND	0.27	0.42	0.05
21	表	0.49	0.70	0.50	0.71	0.11	2.00	1.33	1.00	/	1.07	0.53	0.32	0.56	0.90	ND	0.10	0.30	0.05
22	表	0.49	0.70	0.45	0.29	0.13	1.11	0.74	/	/	0.93	/	0.24	0.23	0.80	ND	0.20	0.32	0.06
23	表	0.60	0.85	0.36	0.33	0.05	3.07	2.05	1.54	1.23	0.73	/	0.38	0.66	0.90	ND	0.11	0.50	0.06
24	表	0.71	0.90	0.41	0.40	0.09	3.04	2.03	1.52	1.22	1.20	0.60	0.36	0.53	0.70	ND	0.09	0.34	0.07

注：1.“ND”表示未检出，总铬检出限为0.4μg/L；2.“/”表示不作统计。

表 7.3-3 2020 年秋季水质调查结果评价指数表

站号	层次	pH	COD	溶解氧	石油类	硫化物	无机氮			磷酸盐		铜	铅	锌	铬	镉	汞	砷
							一类	二类	三类	四类	一类							
01	表	0.63	0.75	0.52	0.25	0.14	2.75	1.83	1.37	1.10	1.07	0.53	1.00	0.27	0.01	0.04	0.44	0.06
02	表	0.66	0.60	0.57	0.17	0.09	3.13	2.09	1.57	1.25	0.93	/	0.85	0.62	N.D.	0.08	0.42	0.06
03	表	0.66	0.48	0.57	0.22	0.14	3.34	2.23	1.67	1.34	0.80	/	0.65	0.34	0.01	0.03	0.50	0.06
04	表	0.63	0.48	0.50	0.22	0.14	4.49	2.99	2.24	1.79	1.07	0.53	0.95	0.42	N.D.	0.14	0.32	0.06
05	表	0.60	0.70	0.50	0.17	0.10	2.57	1.71	1.29	1.03	0.93	/	0.80	0.25	N.D.	0.05	0.48	0.06
06	表	0.46	0.60	0.47	0.53	0.15	2.08	1.38	1.04	0.83	0.67	/	0.70	0.66	N.D.	0.36	0.28	0.06
07	表	0.49	0.85	0.55	0.20	0.10	3.58	2.38	1.79	1.43	0.73	/	0.55	0.34	N.D.	0.24	0.34	0.06
08	表	0.51	0.70	0.53	0.35	0.15	3.87	2.58	1.93	1.55	0.87	/	0.95	0.28	0.01	0.30	0.38	0.07
09	表	0.54	0.70	0.51	0.21	0.14	2.80	1.86	1.40	1.12	1.27	0.63	0.95	0.50	N.D.	0.06	0.42	0.06
10	表	0.57	0.65	0.57	0.29	0.08	4.90	3.27	2.45	1.96	1.73	0.87	0.85	0.14	0.01	0.18	0.38	0.07
11	表	0.51	0.75	0.51	0.39	0.14	2.49	1.66	1.25	1.00	1.00	/	0.73	0.26	N.D.	0.19	0.28	0.06
12	表	0.69	0.60	0.52	0.27	0.12	2.95	1.97	1.48	1.18	0.93	/	0.60	0.29	0.01	0.33	0.50	0.06
13	表	0.69	0.40	0.49	0.30	0.06	2.80	1.86	1.40	1.12	0.87	/	0.60	0.28	0.01	0.11	0.48	0.07
14	表	0.51	0.47	0.72	0.56	0.11	2.21	1.47	1.10	0.88	1.27	0.63	0.95	0.47	N.D.	0.06	0.50	0.06
15	表	0.57	0.65	0.61	0.41	0.10	2.93	1.95	1.47	1.17	1.40	0.70	0.80	0.97	0.01	0.06	0.28	0.06
16	表	0.60	0.50	0.57	0.39	0.09	3.38	2.26	1.69	1.35	1.00	/	0.75	0.48	N.D.	0.21	0.46	0.07



站号	层次	pH	COD	溶解氧	石油类	硫化物	无机氮			磷酸盐		铜	铅	锌	铬	镉	汞	砷	
							一类	二类	三类	四类	一类								二、三类
17	表	0.60	0.50	0.63	0.70	0.06	2.29	1.53	1.15	0.92	1.47	/	0.30	0.65	0.25	N.D.	0.05	0.26	0.06
18	表	0.77	0.46	0.56	0.62	0.10	3.63	2.42	1.82	1.45	0.93	/	0.32	0.85	0.29	N.D.	0.04	0.48	0.06
19	表	0.57	0.50	0.89	0.54	0.08	1.86	1.24	0.93	/	0.37	/	0.44	0.78	0.30	N.D.	0.04	0.30	0.05
20	表	0.46	0.28	0.75	0.66	0.09	1.34	0.89	/	/	0.63	/	0.36	0.70	0.39	0.01	0.18	0.42	0.06
21	表	0.46	1.00	0.51	0.16	0.13	2.46	1.64	1.23	0.98	1.13	0.57	0.24	0.95	0.25	0.01	0.14	0.40	0.07
22	表	0.51	0.80	0.50	0.36	0.11	2.53	1.69	1.27	1.01	0.80	/	0.26	0.85	0.56	0.01	0.24	0.40	0.06
23	表	0.57	0.95	0.62	0.28	0.09	2.62	1.75	1.31	1.05	0.55	/	0.38	0.85	0.52	N.D.	0.39	0.48	0.06
24	表	0.60	0.95	0.55	0.40	0.11	3.05	2.03	1.53	1.22	0.73	/	0.40	0.80	0.75	0.01	0.34	0.30	0.07

注：1.“ND”表示未检出，总铅检出限为0.4μg/L；2.“/”表示不作统计。

## 7.4 海洋沉积物现状调查与评价

### 7.4.1 调查站位及时间

江苏中信优佳检测技术有限公司于 2021 年 4 月（春季）在工程海域进行了海洋沉积物环境质量现状调查，共布设沉积物站位 12 个，调查站位设置详见表 7.3-2 和图 7.3-2。

### 7.4.2 调查项目与分析评价方法

#### （1）调查项目

调查内容包括：pH、油类、硫化物、含水率、铜、镉、铬、锌、铅、汞、砷、有机碳。共计 12 项。在 12 个海洋沉积物调查站中，每个站采集表层样 1 个，共 12 个。

#### （2）调查与分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范》（GB 17378.5-2007）进行，超出的项目参照其他行业标准。

#### （3）沉积物质量评价方法

沉积物质量评价采用《海洋沉积物质量》（GB18668—2002），进行单因子评价。计算模式为：

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中： $P_i$ —第  $i$  项污染因子的标准数值；

$C_i$ —第  $i$  项污染因子的实测浓度；

$S_i$ —第  $i$  项污染因子的评价标准值。

超标率：超标率=超标样品个数/总监测样品个数×100%。

### 7.4.3 海洋沉积物现状调查评价结果

#### （1）监测结果

2021年4月，12个站位的沉积物监测结果如下。



有机碳含量范围为0.19%~0.46%，平均值为0.31%，含量最高的站位是22号站位，含量最低的站位为07、11和24号站位。

硫化物含量范围为 $1.8 \times 10^{-6}$ ~ $2.6 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $2.3 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位为07和11号站位，含量最低的站位为19号站位。

石油类含量范围为 $11.6 \times 10^{-6}$ ~ $17.5 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $15.1 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位是06号站位，含量最低的站位为09和20号站位。

铜含量范围为 $4.9 \times 10^{-6}$ ~ $12.3 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $9.4 \times 10^{-6}$ ，最高的站位是15号站位，含量最低的站位为05号站位。

锌含量范围为 $18.8 \times 10^{-6}$ ~ $35.1 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $26.2 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位是06号站位，含量最低的站位为24号站位。

铅含量范围为 $5.1 \times 10^{-6}$ ~ $13.9 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $8.7 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位是19号站位，含量最低的站位为15号站位。

镉含量范围为 $0.04 \times 10^{-6}$ ~ $0.12 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $0.09 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位是06、09、19和20号站位，含量最低的站位为15号站位。

铬含量范围为 $14.0 \times 10^{-6}$ ~ $27.8 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $20.7 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位是22号站位，含量最低的站位为24号站位。

汞含量范围为 $0.032 \times 10^{-6}$ ~ $0.073 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $0.052 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位是11号站位，含量最低的站位为10号站位。

砷含量范围为 $6.23 \times 10^{-6}$ ~ $9.74 \times 10^{-6}$ ，平均值为 $7.48 \times 10^{-6}$ ，含量最高的站位是07号站位，含量最低的站位为06号站位。

## (2) 评价结果

各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 7.4-1。

根据海洋功能区划，本次调查所有站位执行海洋沉积物一类标准，调查海域沉积物质量中有机碳、硫化物、石油类、铜、锌、铅、镉、铬、总汞、砷均符合海洋沉积物质量第一类标准，表明调查海域沉积物质量状况良好。

**表 7.4-1 2021 年 4 月份沉积物监测站位各要素标准指数**

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
5	0.17	0.01	0.03	0.35	0.13	0.16	0.14	0.22	0.23	0.41

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
6	0.21	0.01	0.04	0.33	0.23	0.12	0.24	0.33	0.29	0.31
7	0.10	0.01	0.03	0.18	0.22	0.11	0.20	0.30	0.29	0.49
9	0.12	0.01	0.02	0.27	0.13	0.12	0.24	0.25	0.17	0.32
10	0.16	0.01	0.03	0.29	0.15	0.15	0.20	0.20	0.16	0.34
11	0.10	0.01	0.03	0.32	0.14	0.16	0.16	0.19	0.37	0.31
12	0.13	0.01	0.03	0.18	0.23	0.10	0.12	0.31	0.19	0.37
15	0.15	0.01	0.03	0.14	0.21	0.09	0.08	0.31	0.29	0.34
19	0.19	0.01	0.03	0.27	0.20	0.23	0.24	0.30	0.35	0.42
20	0.23	0.01	0.02	0.32	0.16	0.22	0.24	0.18	0.34	0.46
22	0.23	0.01	0.03	0.32	0.17	0.12	0.14	0.35	0.30	0.40
24	0.10	0.01	0.03	0.26	0.13	0.17	0.18	0.18	0.17	0.33

## 7.5 海洋生态和生物资源现状调查与评价

### 7.5.1 调查站位及时间

本报告根据江苏中信优佳检测技术有限公司于 2021 年春季（4 月）、2020 年秋季（11 月）在工程海域内开展的海洋生态调查，获得工程海域春、秋两季浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、渔业资源和生物质量现状资料。海洋生物调查与海水水质调查同步进行。调查站位图和站位表见图 7.3-1、表 7.3-1。

### 7.5.2 调查项目与分析评价方法

#### (1) 调查项目

生物生态：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

渔业资源：鱼卵、仔鱼种类组成，数量分布；渔获物种类组成；优势种分布；渔获量分布和相对资源密度。

生物质量：铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、汞（Hg）、砷（As）、铬（Cr）和石油烃（TPHs），共 8 项。

#### (2) 调查与分析方法

##### ①浮游动植物

采样方法是按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范-海洋



生物调查》(GB/T12763.6-2007)中的有关浮游生物调查的规定进行。浮游植物网样采用浅水Ⅲ型网由底至表垂直拖网,浮游动物网样采用浅水Ⅱ型网由底至表垂直拖网。

#### ②底栖生物

调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763.1-2007)中有关底栖生物的规定执行。采用采泥器(0.05m<sup>2</sup>)进行采集,每站采集3次;底栖动物样品在船上用5%福尔马林溶液固定保存后,分析计数鉴定到种。

#### ③鱼卵、仔稚鱼

调查按照 GB/T 12763.6-2007 的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样网具使用浅水I型,并配置沉锤等设备,由海底至海面垂直拖网。落网速度为0.5m/s,起网速度为0.5m/s~0.8m/s。

#### ④游泳动物

春季采用船只为阜宁渔 30003、苏东台渔 11518,秋季采样船只苏东台渔 11518、苏东台渔 01808。拖网调查均按《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》操作进行。春季调查网型 125.32m×59.1m (36.0m),网口宽度 12m,网口周目数 482 目、网目尺寸 260mm,浮纲长 36.0m,网盖长 3.9m,网囊长 6.1m,网目尺寸 20mm,全长 59.0m。秋季调查网型 169.63m×80m (40m),网口宽度 40m,网口周目数 642 目,网目尺寸 200mm,浮纲长 40.0m,网盖长 4m,网囊长 7m,网目尺寸 30mm,全长 80.0m。两季调查每站拖网时间为 1 小时,拖网速度控制在 2~3 节。

#### ⑥潮间带生物

调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763.1-2007)中有关潮间带底栖生物的规定执行。每一断面的高、中、低3个潮区分别布设取样点,每一取样点随机取样 25cm×25cm×30cm,高、中、低3个潮区分别采集2、3、2个样方,并在各取样点周围采集定性标本,样品用5%福尔马林溶液固定保存后,分析计数鉴定到种。

#### ⑦生物质量

生物体质量的调查站位采用 6 个渔业资源站位和 1 条潮间带（C2，海底电缆登陆点附近）的生物进行海洋生物质量监测，样品覆盖常见贝类、甲壳类、鱼类和软体类，分别选取不少于 1 种具有代表性的样品用于生物体质量分析。

### （3）现状评价方法

#### 1) 海洋生物生态

生物的多样性指数  $H'$ 、均匀度  $J$ 、丰富度  $d$ 、优势度指数  $Y$ ，是反映评价区内浮游植物群落结构特点的重要参考指标，同时它们也可反映出调查海域生态环境状况的优劣程度。

#### ①优势种优势度( $Y$ ):

式中： $f_i$ —第  $i$  个种在各样方中出现频率；

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

$n_i$ —群落中第  $i$  个种在空间中的个体数量；

$N$ —群落中所有种的个体数总和。

#### ②香农—威那（Shannon—wiener）多样性指数:

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

式中， $H'$ ——为种类多样性指数；

$S$ ——为样品中的总种数；

$P_i$ ——为第  $i$  种的个体数 ( $n_i$ ) 与总个体数 ( $N$ ) 的比值 ( $n_i/N$ )。一般认为，正常环境，该指数值高；环境受污，该指数降低。

#### ③均匀度指数:

$$J = H'/H_{max}$$

式中， $J$ ——表示均匀度；

$H'$ ——表示种类多样性指数值；

$H_{max}$ ——为  $\log_2 S$ ，表示多样性指数的最大值， $S$  表示样品中总种数。

$J$  值范围为 0~1 之间， $J$  大时，体现种间个体数分布较均匀；反之， $J$  值小反映种间个体数分布欠均。

#### ④丰富度指数:



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

式中， $d$ ——表示丰度指数；

$S$ ——表示样品中的总种数；

$N$ ——表示样品中的生物总个数。

一般而言，健康的环境，种类丰度高；污染环境，种类丰度较低。

### ⑤渔业资源密度（重量、尾数）估算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），调查水域各测站拖网资源密度的估算采用扫海面积法，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：

$$\rho_i = \frac{C_i}{a_i \times q}$$

式中： $\rho_i$ ——第  $i$  站的资源密度（重量： $\text{kg}/\text{km}^2$ ；尾数：尾/ $\text{km}^2$ ）；

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

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

$q$ ——网具捕获率（可捕系数， $=1-$ 逃逸率），其中

①鳀鱼、棱鳀： $q=0.2\sim 0.3$ ；

②其它中上层鱼类： $q=0.3\sim 0.5$ ；

③鲹、鲆鲽类、其它无脊椎动物： $q=0.5\sim 0.8$ ；

④其它底层鱼类、头足类、对虾类、长臂虾科： $q=0.5\sim 0.7$ 。

### ⑥渔业资源优势种计算方法

游泳生物种类的优势度（ $Y$ ）用以下公式计算：

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

式中： $n_i$ 为第  $i$  种的个体数； $f_i$ 是该种在各站位中出现的频率； $N$ 为所有站位每个种出现的总个体数。

## 2) 生物质量

鱼类和甲壳类重金属评价标准依据《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，石油烃评价标准依据《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分

册)，对湿样中各要素的含量（鲜重）进行分析评价。湿样样品含量=干样样品含量×（1-含水率）。

生物质量调查要素采用单因子评价方法，计算模式为：

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中： $P_i$ —第  $i$  项污染因子的标准数值；

$C_i$ —第  $i$  项污染因子的实测浓度；

$S_i$ —第  $i$  项污染因子的评价标准值。

超标率：超标率=超标样品个数/总监测样品个数×100%。

### 7.5.3 海洋生态环境现状调查结果

#### 7.5.3.1 叶绿素 a

春季调查表层叶绿素 a 范围是 1.3 $\mu\text{g/L}$ ~3.0 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.9 $\mu\text{g/L}$ ，最小值在 23 号站位，最大值在 07 号站位；底层叶绿素 a 范围是 0.90 $\mu\text{g/L}$ ~2.0 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.5 $\mu\text{g/L}$ ，最小值在 23 号站位，最大值在 12 号站位。

秋季调查表层叶绿素 a 范围是 1.1 $\mu\text{g/L}$ ~2.3 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.43 $\mu\text{g/L}$ ，最小值在 15 号站位，最大值在 06 号站位；底层叶绿素 a 范围是 0.76 $\mu\text{g/L}$ ~1.4 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.12 $\mu\text{g/L}$ ，最小值在 15 号站位，最大值在 06、09 和 24 号站位。

#### 7.5.3.2 浮游植物

##### (1) 种类组成

春季调查海域共鉴定浮游植物 3 门 32 属 64 种，其中，硅藻门 25 属 55 种，占属数的 78.13%，占总种数的 85.94%；甲藻门 6 属 8 种，占属数的 18.75%，占总种数的 12.50%；蓝藻门 1 属 1 种，占属数的 3.12%，占总种数的 1.56%。硅藻在浮游植物种类组成和群落结构中具有重要地位。

秋季调查海域共鉴定 7 门 30 属 59 种，其中，硅藻门 21 属 49 种，占属数的 70.00%，占总种数的 83.05%；蓝藻门 4 属 5 种，占属数的 13.33%，占总种数的 8.48%；甲藻门、裸藻门、红藻门、金藻门和黄藻门均 1 属 1 种，分别占属数的 3.33%，占总种数的 1.69%。硅藻在浮游植物种类组成和群落结构中具有重要地位。



## (2) 细胞密度及平面分布

春季调查海域浮游植物细胞密度均值为  $73248 \text{ ind./m}^3$ ，变化范围为  $27525 \text{ ind./m}^3 \sim 150573 \text{ ind./m}^3$  最高值出现在 24 号站位，最小值出现在 2 号站位。

秋季调查海域浮游植物细胞密度均值为  $83823 \text{ ind./m}^3$ ，变化范围为  $18861 \text{ ind./m}^3 \sim 267186 \text{ ind./m}^3$ ，最高值出现在 20 号站位，最小值出现在 15 号站位。

## (3) 优势种

春季调查海域网样浮游植物优势种 ( $Y \geq 0.02$ ) 共 10 种，分别为奇异菱形藻、日本星杆藻、长菱形藻、新月菱形藻、刚毛根管藻、虹彩圆筛藻、布氏双尾藻、短楔形藻、尖刺菱形藻和小型舟形藻，优势度分别为 0.102、0.101、0.084、0.061、0.046、0.040、0.034、0.034、0.028 和 0.020。

秋季浮游植物优势种 ( $Y \geq 0.02$ ) 共 5 种，分别为长菱形藻、小形舟形藻、具边线形圆筛藻、扭曲小环藻和中肋骨条藻，优势度分别为 0.360、0.071、0.061、0.033 和 0.023。

## (4) 多样性指数

春季调查海域浮游植物多样性指数分布范围在 3.38~4.22 之间，平均为 3.79，最高出现在 19 站位，最低则出现在 15 站位；均匀度指数变化范围在 0.81~0.94 之间，平均值为 0.90，最高值出现在 12 站位，最低则出现在 19 站位；丰富度指数变化范围在 0.82~2.10 之间，平均值为 1.13；最高值出现在 19 站位，最低则出现在 10 站位。

秋季调查海域浮游植物多样性指数分布范围在 1.16~3.59 之间，平均为 2.74，最高出现在 11 站位，最低则出现在 20 站位；均匀度指数变化范围在 0.31~0.96 之间，平均值为 0.77，最高值出现在 22 站位，最低则出现在 20 站位；丰富度指数变化范围在 0.55~1.03 之间，平均值为 0.70；最高值出现在 24 站位，最低则出现在 09 站位。

### 7.5.3.3 浮游动物

#### (1) 种类组成

春季调查海域共鉴定浮游动物 7 个类群 21 种。其中桡足类为 9 种，占总种类数的 42.86%；浮游幼虫 4 种，占总种类数的 19.05%；原生动物 3 种，占总种

类数的 14.29%；轮虫动物 2 种，占总种数的 9.52%；腔肠动物 1 种，占总种类数的 4.76%；毛颚动物 1 种，占总种数的 4.76%；被囊动物 1 种，占总种数的 4.76%。

秋季调查海域共鉴定浮游动物 8 个类群 35 种。其中桡足类为 17 种，占总种类数的 48.57%；浮游幼体 7 种，占总种类数的 20.00%；原生动物 5 种，占总种类数的 14.28%；腔肠动物 2 种，占总种类数的 5.71%；毛颚动物、被囊动物和轮虫动物各 1 种，分别占总种数的 2.86%。

### (2) 密度、生物量分布

春季调查海域浮游动物平均密度为 65.8ind./m<sup>3</sup>，范围为 9.4ind./m<sup>3</sup>~633.3ind./m<sup>3</sup>。平均生物量 12.2mg/m<sup>3</sup>，范围为 2.7mg/m<sup>3</sup>~83.3mg/m<sup>3</sup>。密度最高值出现在 10 站位，最低值出现在 15 站位；生物量最高值 10 站位，最低值出现在 12 站位。

秋季调查海域浮游动物平均密度为 215.3ind./m<sup>3</sup>，范围为 28.1ind./m<sup>3</sup>~996.2ind./m<sup>3</sup>。平均生物量 33.4mg/m<sup>3</sup>，范围为 3.3mg/m<sup>3</sup>~106.6mg/m<sup>3</sup>。密度最高值出现在 5 站位，最低值出现在 16 站位；生物量最高值 12 站位，最低值出现在 16 站位。

### (3) 优势种

春季调查海域浮游动物群落共出现 5 种优势种 ( $Y \geq 0.02$ )，为无节幼体、克氏纺锤水蚤、真刺唇角水蚤、桡足幼体和短角长腹剑水蚤。优势度分别为 0.207、0.108、0.081、0.035 和 0.022。

秋季调查海域浮游动物群落共出现 3 种优势种 ( $Y \geq 0.02$ )，为背针胸刺水蚤、真刺唇角水蚤和强壮箭虫。优势度指数分别为 0.380、0.243 和 0.033。

### (4) 多样性指数

春季调查海域浮游动物群落多样性指数均值为 1.49，范围为 0.59~2.69，多样性指数最高出现在 10 站位，最低值为 9 站位；均匀度指数均值为 0.75，范围为 0.46~0.94，最高值出现在 6 站位，最低值为 24 站位；丰富度指数均值为 0.68，范围为 0.19~1.19，最高值出现在 5 站位，最低值为 9 站位。

秋季调查海域浮游动物群落多样性指数均值为 1.47，范围为 0.85~2.19，多样性指数最高出现在 10 站位，最低值为 19 站位；均匀度指数均值为 0.57，范围为 0.42~0.78，最高值出现在 9 站位，最低值为 23 站位；丰富度指数均值为 0.75，



范围为 0.32~1.05，最高值出现在 15 站位，最低值为 19 站位。

#### 7.5.3.4 底栖生物

##### (1) 种类组成

春季调查海域共采集到底栖生物 6 门 17 属 17 种，其中环节动物 5 种，占总种类数的 29.41%；软体动物 4 种，占总种类数的 23.53%；节肢动物 4 种，占总种类数的 23.53%；脊索动物 2 种，占总种类数的 11.77%；棘皮动物 1 种，占总种数的 5.88%；纽形动物 1 种，占总种数的 5.88%。

秋季调查海域共采集到底栖生物 3 门 13 属 13 种，其中节肢动物 7 种，占总种数的 53.85%；脊索动物 4 种，占总种数的 30.77%；软体动物 2 种，占总种数的 15.38%。

##### (2) 密度、生物量分布

春季调查海域底栖生物平均密度为 21.0ind./m<sup>2</sup>，范围为 0ind./m<sup>2</sup>~74.0ind./m<sup>2</sup>，最高出现在 23 站位；平均生物量为 18.26g/m<sup>2</sup>，范围为 0g/m<sup>2</sup>~98.23g/m<sup>2</sup>，最高出现在 24 站位。

秋季调查海域底栖生物平均密度为 1ind./m<sup>2</sup>，平均生物量为 1.225g/m<sup>2</sup>。

##### (3) 优势种

春季调查海域底栖动物群落共出现 4 种优势种 ( $Y \geq 0.02$ )，为沙蚕一种、伶仃榼螺、梳鳃虫和毛蚶，优势度指数分别为 0.080、0.043、0.032 和 0.022。

秋季调查海域底栖动物群落共出现 1 种优势种 ( $Y \geq 0.02$ )，为中国毛虾，优势度指数为 0.818。

##### (4) 多样性指数

春季底栖群落多样性指数均值为 0.66，范围为 0~2.22，多样性指数最高出现在 23 站位；均匀度指数均值为 0.44，范围为 0~1.02，最高值出现在 15 站位；丰富度指数均值为 0.19，范围为 0~0.81，最高值出现在 23 站位。

#### 7.5.3.5 鱼卵仔稚鱼

春季共鉴定仔稚鱼 2 科 2 种。其中定量样品中只有 1 种仔稚鱼，为锦鯽仔稚鱼，未鉴定出鱼卵。定性样品中共鉴定出 2 种仔稚鱼，分别为尖海龙仔稚鱼和锦鯽仔稚鱼。调查海域仔稚鱼平均密度为 0.34 个/m<sup>3</sup>。

秋季共鉴定仔稚鱼 2 属 2 种，为尖海龙和黄鲫，未调查到鱼卵。调查海域仔稚鱼栖息密度均值为 1.7ind./m<sup>3</sup>。

### 7.5.3.6 游泳动物

#### (1) 种类组成

春季游泳生物拖网采样，共捕获渔业资源游泳生物种类 3 大类 35 种，其中鱼类 23 种，占总种数的 65.71%；甲壳类有 11 种，占总种数的 31.42%；软体动物头足类有 1 种，占总种数的 2.86%。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。

秋季游泳生物拖网采样，共捕获渔业资源游泳生物种类 3 类 41 种，其中鱼类 31 种，占总种数的 75.61%；甲壳类 8 种，占总种数的 19.51%；软体动物头足类 2 种，占总种数的 4.88%。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。

#### (2) 渔获率

春季调查游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 373ind./h 和 9.156kg/h。甲壳类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 188ind./h 和 3.281kg/h；头足类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 1ind./h 和 0.007kg/h；鱼类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 184ind./h 和 5.868kg/h。

表 7.5-1 春季各站位的重量渔获率 (g/h) 和个体渔获率 (ind./h)

调查 站位	甲壳类		头足类		鱼类		总计	
	个体渔 获率	重量渔 获率	个体渔 获率	重量渔 获率	个体渔 获率	重量渔 获率	个体渔 获率	重量渔 获率
2	149	2465.2	0	0	136	9828.9	285	12294.1
5	171	2645.7	0	0	152	2274.8	323	4920.5
6	182	2870.4	0	0	188	8481.0	370	11351.4
7	156	3510.6	3	74.2	134	4681.9	293	8266.7
9	139	3231.7	0	0	152	2657.3	291	5889.0
10	325	4671.0	0	0	176	6710.4	501	11381.4
11	142	3930.4	0	0	219	6311.2	361	10241.6
12	207	4352.2	0	0	151	4027.9	358	8380.1
15	191	3445.8	2	30.8	271	2953.2	464	6430.0
16	232	5611.9	0	0	166	3757.6	398	9369.5
19	234	3118.4	0	0	188	5167.8	422	8286.2
20	219	3805.4	0	0	247	6477.7	466	10283.1
22	147	2217.0	0	0	248	2508.8	395	4725.8
23	182	1526.6	0	0	159	11291.1	341	12817.7



24	147	1811.8	0	0	188	10896.6	335	12708.4
平均值	188	3280.9	1	7.0	184	5868.4	374	9156

秋季调查游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 927ind./h 和 28.90kg/h。甲壳类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 595ind./h 和 12.244kg/h；头足类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 6ind./h 和 0.125kg/h；鱼类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 326ind./h 和 16.532kg/h。

表 7.5-2 秋季各站位的重量渔获率 (g/h) 和个体渔获率 (ind./h)

调查站 位	甲壳类		头足类		鱼类		总计	
	个体渔 获率	重量渔 获率	个体渔 获率	重量渔获 率	个体渔 获率	重量渔 获率	个体渔 获率	重量渔 获率
2	625	12778.0	23	381.9	145	22445.6	793	35615.5
5	681	14701.1	23	914.8	381	11963.2	1085	27579.1
6	547	9811.6	0	0.0	166	32742.9	713	42554.5
7	385	9904.6	0	0.0	194	7418.8	579	17323.4
9	492	11871.5	15	79.3	391	22230.9	898	34181.7
10	817	15513.5	0	0.0	217	9175.6	1034	24689.1
11	624	8019.9	8	38.5	430	19986.5	1062	28044.9
12	455	11328.4	15	264.9	293	20054.9	763	31648.2
15	670	14020.4	0	0.0	331	11273.3	1001	25293.7
16	510	12583.8	0	0.0	541	17860.6	1051	30443.9
19	758	18272.1	0	0.0	271	9842.1	1029	28114.2
20	821	10663.0	0	0.0	544	15257.1	1365	25920.1
22	547	11847.0	8	43.9	239	7815.8	794	19706.7
23	370	9040.9	0	0.0	286	23098.5	656	32139.4
24	621	13301.5	8	157.9	462	16806.4	1083	30265.8
平均值	595	12243.8	6	125.4	326	16531.5	927	28901.3

(3) 渔获物 (重量、尾数) 密度分布

春季游泳生物调查总平均重量资源密度为 382.5kg/km<sup>2</sup>，总平均资源尾数密度为 14393ind/km<sup>2</sup>。5 号站位重量资源密度最小，23 号站位重量资源密度最大；2 号站位密度资源密度最小，10 号站位密度资源密度最大。

表 7.5-3 春季各站位的个体密度 (ind/km<sup>2</sup>) 和重量密度 (kg/km<sup>2</sup>)

站号	个体密度	重量密度
2	10524	553.0
5	11874	179.9
6	13949	495.8
7	10712	324.6
9	11074	213.6
10	23098	550.7

11	14499	413.8
12	12724	310.2
15	18624	239.0
16	14099	328.2
19	15249	336.3
20	17824	419.0
22	16074	180.9
23	12499	602.7
24	13074	590.1
最小值	10524	179.9
最大值	23098	602.7
平均值	14393	382.5

秋季游泳生物调查总平均重量资源密度为 340.6kg/km<sup>2</sup>，总平均资源尾数密度为 9380ind/km<sup>2</sup>。7 号站位重量资源密度最小，6 号站位重量资源密度最大；7 号站位密度资源密度最小，20 号站位密度资源密度最大。

**表 7.5-4 秋季各站位的个体密度 (ind./km<sup>2</sup>) 和重量密度 (kg/km<sup>2</sup>)**

站号	个体密度	重量密度
2	7069	436.0
5	11029	297.9
6	6241	564.7
7	5797	185.6
9	9689	423.2
10	9382	254.0
11	11141	356.5
12	7942	388.1
15	9989	274.2
16	11939	362.3
19	9749	284.6
20	14316	308.8
22	7759	206.5
23	7064	414.3
24	11599	352.3
最小值	5797	185.2
最大值	14316	564.7
平均值	9380	340.6

(4) 优势种



春季海域游泳动物数量优势种共有 9 种,按优势度大小依次为:三疣梭子蟹、凤鲚、拉氏狼牙鰕虎鱼、葛氏长臂虾、黑鳃梅童鱼、黄鲫、刺头梅童鱼、刀鲚和脊尾白虾,优势度分别为 0.314、0.096、0.076、0.056、0.041、0.039、0.033、0.027 和 0.024;重量优势种共有 8 种,按优势度大小依次为三疣梭子蟹、鲢鱼、凤鲚、黄鲫、中国花鲈、拉氏狼牙鰕虎鱼、黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼,优势度分别为 0.313、0.109、0.035、0.032、0.027、0.026、0.023 和 0.022。

秋季海域游泳动物数量优势种共有 5 种,按优势度大小依次为:三疣梭子蟹、斑鲮、棘头梅童鱼、口虾蛄、鲢鱼和葛氏长臂虾,优势度分别为 0.418、0.112、0.067、0.053 和 0.026;重量优势种共有 5 种,按优势度大小依次为三疣梭子蟹、斑鲮、鲢鱼、棘头梅童鱼和焦氏舌鳎,优势度分别为 0.340、0.127、0.070、0.037 和 0.029。

#### (5) 多样性

春季调查站位游泳动物多样性指数均值为 3.37,范围为 2.96~3.71;均匀度指数均值为 0.86,范围为 0.76~0.91;丰富度指数均值为 1.03,范围为 0.82~1.27。

秋季调查站位游泳动物多样性指数均值为 2.85,范围为 2.31~3.40;均匀度指数均值为 0.79,范围为 0.70~0.85;丰富度指数均值为 0.88,范围为 0.53~1.28。

### 7.5.3.7 潮间带生物

#### (1) 种类组成

春季调查海域定性与定量样品共采集到潮间带生物 4 门 15 属 16 种。其中软体动物 8 种,占总种类数的 50.00%;节肢动物 4 种,占总种类数的 25.00%;脊索动物 2 种,占总种数 12.50%;环节动物 2 种,占总种数 12.50%。

秋季调查定性与定量样品共采集到潮间带生物 4 门 16 属 16 种,其中软体动物最多,有 9 属 9 种,占总种数的 56.25%;节肢动物 3 属 3 种,占总种数的 18.75%;环节动物 3 属 3 种,占总种数的 18.75%;脊索动物 1 属 1 种,占总种数的 6.25%。

#### (2) 密度、生物量分布

春季调查海三个断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 25ind./m<sup>2</sup> 和 363.513g/m<sup>2</sup>,其中 C1 断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 25ind./m<sup>2</sup> 和 321.068g/m<sup>2</sup>; C2 断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物

量分别为 30ind./m<sup>2</sup> 和 311.373g/m<sup>2</sup>; C3 断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 20ind./m<sup>2</sup> 和 458.099g/m<sup>2</sup>。栖息密度是 C2 断面>C1 断面>C3 断面, 生物量是 C3 断面>C1 断面>C2 断面。

秋季调查三个断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 146ind./m<sup>2</sup> 和 166.196g/m<sup>2</sup>, 其中 C1 断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 126 ind./m<sup>2</sup> 和 95.209g/m<sup>2</sup>; C2 断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 148 ind./m<sup>2</sup> 和 141.942g/m<sup>2</sup>; C3 断面潮间带底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 165 ind./m<sup>2</sup> 和 261.436 g/m<sup>2</sup>。栖息密度是 C3 断面>C2 断面>C1 断面, 生物量是 C3 断面>C2 断面>C1 断面。

### (3) 优势种

春季调查潮间带底栖动物共出现 4 种优势种 ( $Y \geq 0.02$ ), 为四角蛤蜊、毛蚶、双齿围沙蚕和疣荔枝螺, 优势度指数分别为 0.263、0.236、0.020 和 0.020。

秋季调查潮间带底栖动物共出现 2 种优势种 ( $Y \geq 0.02$ ), 为条纹隔贻贝和四角蛤蜊, 优势度指数分别为 0.772、0.057。

## 7.5.3.8 生物质量

### (1) 海洋生物体污染物检测结果

春季调查 7 份生物质量样品中, 种类有鮫鱼、鳎鱼、中国花鲈、三疣梭子蟹、菲律宾帘蛤。

秋季调查 7 份生物质量样品中, 种类有中华虎头蟹、鳎鱼、中国花鲈、三疣梭子蟹和菲律宾帘蛤。

调查结果见附录 2。

### (2) 生物体质量评价

春季调查, 在 7 个站位所采集的 7 份海洋生物体中, 所有站位的鱼类、甲壳类和软体类生物中的各项指标均达到《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)和《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。

秋季调查, 在 7 个站位所采集的 7 份海洋生物体中, 所有站位的鱼类、甲壳类和软体类生物中的各项指标均达到《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)和《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,



双壳类满足生物中的各项指标均达到《海洋生物质量标准》中规定的生物质量标准。

**表 7.5-5 春季生物质量标准指数**

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油烃
2	鳎鱼	0.07	0.24	0.03	0.24	-	0.02	-	0.46
6	中国花鲈	0.08	0.10	0.05	0.14	-	0.04	-	0.51
10	鲛鱼	0.06	0.22	0.03	0.13	-	0.02	-	0.46
12	三疣梭子蟹	0.03	0.03	0.05	0.03	-	0.05	-	0.29
16	三疣梭子蟹	0.03	0.04	0.06	0.04	-	0.04	-	0.40
23	鳎鱼	0.04	0.25	0.02	0.24	-	0.03	-	0.41
C2	菲律宾帘蛤	0.26	0.31	0.90	0.30	0.14	0.16	/	0.30

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用“/”表示。

**表 7.5-6 秋季生物质量标准指数**

站位号	种名	铜	锌	铅	镉	铬	总汞	砷	石油烃
2	中华虎头蟹	0.04	0.07	0.02	0.16	-	0.07	-	0.36
6	中国花鲈	0.10	0.06	0.04	0.43	-	0.04	-	0.39
10	三疣梭子蟹	0.04	0.04	N.D.	0.03	-	0.04	-	0.30
12	三疣梭子蟹	0.06	0.07	0.04	0.19	-	0.04	-	0.40
16	三疣梭子蟹	0.06	0.08	0.02	0.14	-	0.05	-	0.32
23	鳎鱼	0.23	0.04	0.04	0.33	-	0.03	-	0.38
C2	菲律宾帘蛤	0.11	0.44	0.40	0.20	0.30	0.12	/	0.47

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用“/”表示。

## 7.6 鸟类现状调查与评价

根据《华能灌云海上风电场 300MW 工程海洋环境跟踪监测鸟类专题》（生态环境部南京环境科学研究所、江苏中信优佳检测技术有限公司，2021 年 9 月）编制本章节。

### 7.6.1 鸟类现状调查与评价

#### 7.6.1.1 调查内容及方法

##### （1）调查内容

生态环境部南京环境科学研究所和江苏中信优佳检测技术有限公司于 2020 年 5 月、2020 年 8 月、2020 年 11 月、2021 年 1 月和 2021 年 5 月对工程区及邻近区域的鸟类进行了调研，并记录了主要生境特征。调查监测内容包括鸟类种类、数量、分布，掌握风电场内鸟类的种群组成、空间分布特征和风电场内鸟类生存现状等。

##### （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）。集控中心及周边陆上区域，采用样线法步行调查区域内鸟类的种类和数量；样线单侧宽度定为 50~100m，长度为 1~2km，步行速度为每小时 1~2km。风电场及航道等海上区域，采用样线法乘船调查区域内鸟类的种类和数量；样线单侧宽度定为 400 m，长度为 3~8 km，航行速度为 7~16 节。现场记录鸟类的种类、数量及生境情况。

##### （3）调查样线的布设

调查区域包括工程及周边的海域、陆域及周围主要鸟类栖息地，即海上风电场区、陆上集控中心、施工船和交通船航道等工程场区周边向外扩展 5km 区域。





图 7.3-1 鸟类调查样线布设图

（备注：紫色框线为海上风电场区，红色五角星为陆上集控中心；蓝色线段为调查样线，共 10 条，包括 3 条陆域和 7 条海域调查监测样线，其中 1、2、3 号样线位于集控中心周边区域，6、7、8、9、10 号样线位于海上风电场区内。）

#### 7.6.1.2 工程区及周边地区鸟类现状

##### (1) 群落组成及季节分布

于 2020-2021 年春、夏、秋、冬在灌云海上风电场附近海域及陆上集控中心周边开展了 5 次鸟类多样性调查，共记录到鸟类 7487 只，隶属于 12 目 30 科 81 种。

从个体种群规模分析，红嘴鸥、普通燕鸥、白翅浮鸥、西伯利亚银鸥等鸥类是海上风电场区及其附近海域的优势鸟种；红嘴鸥、反嘴鹬、黑尾塍鹬、黑腹滨鹬等鸻行目鸟类是陆上集控中心周边的优势鸟种。绿头鸭在海上监测单次记录的种群数量为 90 只，种群数量较大，记录时为集群飞行状态。

从分类情况分析，此次记录到的 12 目 30 科 81 种鸟类中，鸻形目鸟类种数最多，有 6 科 33 种，占总物种数的 40.74%；雀形目鸟类科数最多，种数次之，有 14 科 21 种，占总科数的 46.67%，占总物种数的 25.93%。

表 7.6-1 鸟类群落总体组成

目	科数	占总科数比例	物种数	占总物种数比例	个体数/只	占总个体数比例
鸡形目	1	3.33%	1	1.23%	9	0.12%
雁形目	1	3.33%	10	12.35%	1196	15.97%
鸬鹚目	1	3.33%	2	2.47%	94	1.26%
鸽形目	1	3.33%	1	1.23%	5	0.07%
鹤形目	1	3.33%	2	2.47%	823	10.99%
鸻形目	6	20.00%	33	40.74%	4935	65.91%
鹬形目	1	3.33%	5	6.17%	117	1.56%
鹰形目	1	3.33%	1	1.23%	1	0.01%
犀鸟目	1	3.33%	1	1.23%	2	0.03%
佛法僧目	1	3.33%	1	1.23%	2	0.03%
隼形目	1	3.33%	3	3.70%	5	0.07%
雀形目	14	46.67%	21	25.93%	298	3.98%
总计	30	-	81	-	7487	-

(2) 居留型和区系组成

按居留型组成可分为留鸟、冬候鸟、夏候鸟和旅鸟。在种类上，其中冬候鸟 28 种，占调查区域鸟类种类的 34.57%；旅鸟 25 种，占调查区域鸟类种类的 30.86%；留鸟 17 种，占调查区域鸟类种类的 20.99%；夏候鸟 11 种，占调查区域鸟类种类的 13.58%。

表 7.6-2 居留型总体分析

居留型	种数	占总物种数的比例/%
留鸟	17	20.99%
夏候鸟	11	13.58%
冬候鸟	28	34.57%
旅鸟	25	30.86%

根据动物地理区系划分，共记录古北界鸟类 45 种，占调查区域鸟类种类的 55.56%；广布种鸟类 29 种，占调查区域鸟类种类的 35.80%；东洋界鸟类 7 种，占调查区域鸟类种类的 8.64%。由此可见，居留型组成方面，调查区域鸟类组成以冬候鸟为主，但留鸟的种数与其相当；区系组成方面，以古北种为主。

表 7.6-3 区系组成总体分析



区系组成	种数	占总物种数的比例/%
古北种	45	55.56%
东洋种	7	8.64%
广布种	29	35.80%

### (3) 鸟类群落组成时空变化

从记录的物种数而言，在 4 次调查监测结果的总记录中，春季记录的物种数最多，冬季物种数次之。每次的调查监测结果均显示为海域物种数远低于陆域，冬季尤为明显。

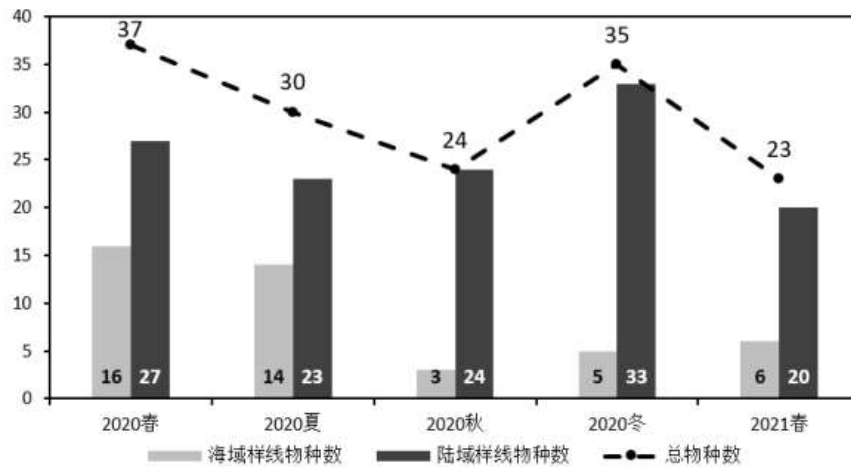


图 7.6-2 鸟类物种数的季节变化

从记录的个体数量来看，秋季记录的个体数量最多，冬季稍次之，春季个体数量记录最少。陆域样线记录的个体数季节变化均与总体数量变化相同，而海域样线记录的个体数季节变化则有别于总体变化趋势；海域样线在夏季记录的个体数量最多，秋季次之。

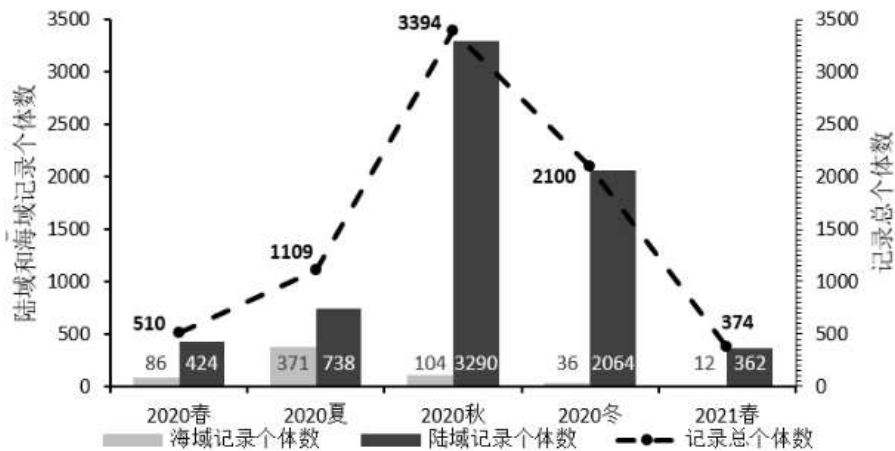


图 7.6-3 鸟类记录个体数的季节变化

鸟类群落多样性水平在不同季节间也存在一定的季节差异。整体上，鸟类多样性水平在四个季节皆处于较高水平。其中，2020年春季鸟类多样性水平最高，Shannon-Wiener 多样性指数为 2.888，Simpson 指数为 0.9214；夏季和冬季鸟类多样性虽然均低于春季，但二者差距较小；秋季虽然记录的鸟类个体数量最大，但鸟类多样性水平最低，Shannon-Wiener 多样性指数为 1.341，Simpson 指数为 0.6057。

基于均匀度指数，鸟类群落在春季的群落结构更加的均衡，优势种的权重较低，各鸟种的种群数量差距不大。秋季、夏季和冬季鸟类群落的 Pielou 均匀度指数均显著低于春季，其中秋季均匀度最低，表明优势种规模较高，所占权重远大于其他鸟类，种群间的规模存在较大差异。

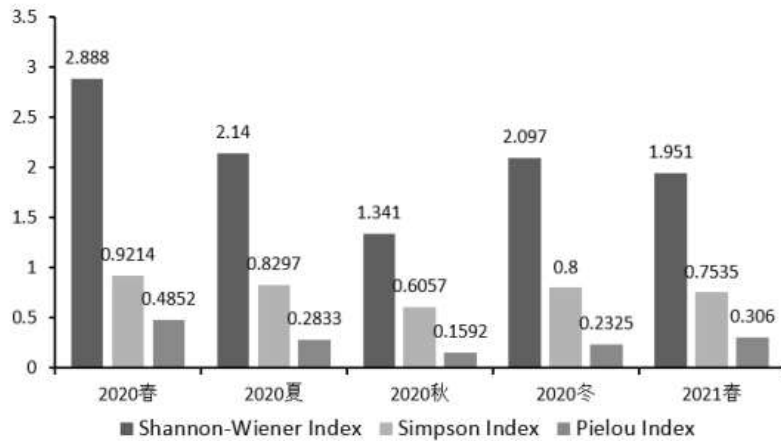


图 7.6-4 鸟类多样性指数和均匀度指数季节变化

#### (4) 风电场内外鸟类群落比较

近海海域由于特殊的生境特征对鸟类的组成和活动具有选择作用。通过对风电场及附近海域开展为期 4 个季度的鸟类多样性调查，调查数量最多的为红嘴鸥，为 2522 只，其余鸟类均少于 1000 只。调查到国家二级重点保护鸟类 3 种，为凤头蜂鹰、燕隼、红脚隼。中国红色名录中近危（NT）物种 2 种，为凤头蜂鹰、红脚隼。

灌云陆域生境的物种丰富度远高于近海海域，因此鸟类多样性也显著高于海域，并且由于集控中心周边不仅人类活动强度较高、人为干扰较强，而且有大面积鱼塘分布，故群落组成不仅有耐受性较高的伴人物种，还有大量水鸟在此集中分布。根据本次对陆上集控中心及附近区域开展的鸟类多样性调查结果，记录数量最多的为红嘴鸥，总数为 2256 只。调查到国家二级重点保护鸟类 6 种，为



燕隼、红隼、大杓鹬、白腰杓鹬、翻石鹬、震旦鸦雀。IUCN 红色名录中濒危 (EN) 物种记录 1 种, 即大杓鹬, 易危 (VU) 物种记录 1 种, 即红头潜鸭, 近危 (NT) 物种记录 7 种, 为红腹滨鹬、红颈滨鹬、黑尾塍鹬、斑尾塍鹬、白腰杓鹬、震旦鸦雀、红颈苇鹀; 中国红色名录中易危 (VU) 物种记录 2 种, 为红腹滨鹬、大杓鹬; 近危 (NT) 物种记录 5 种, 为长嘴剑鸻、斑尾塍鹬、白腰杓鹬、震旦鸦雀、红颈苇鹀。

比较风电场内外海域鸟类群落, 结果显示:

(1) 风电场外的物种数各季度均相差不大, 群落组成类似; 但是记录的个体数相差较大。

(2) 即使风电场外布设的样线数仅 2 条, 风电场内布设样线 5 条, 但风电场外记录的个体数还是显著高于风电场内。

(3) 仅 2021 年春季风电场内记录的鸟类个体数多于风电场外, 分析其主要原因与天气有关。由于风电场内的样线数和持续的时间远高于风电场外, 并且调查时恰为大风天气, 总体记录的鸟类个体数较少, 因此持续时长和调查抽样密度对调查结果的影响更为显著。

(4) 由于调查期间为施工高峰期, 多艘船只共同作业, 风电场内遇见到较多的雀形目鸟类随船活动, 其中不仅有常见的伴人物种, 并且部分迁徙物种在船上停歇觅食。

表 7.6-4 海上风电场内外鸟类群落比较

季节	物种数		个体数	
	风电场内	风电场外	风电场内	风电场外
2020 年春季	9	8	25	61
2020 年夏季	7	10	24	347
2020 年秋季	1	3	5	99
2020 年冬季	4	4	8	28
2021 年春季	5	2	9	3
平均值	5.2	5.4	14.2	107.6

考虑到风电场外调查海域大于风电场海域, 调查范围、样线数量均存在区别, 此因素也对记录结果具有较大影响, 风电场内外鸟类群落的比较并不能完全代表

风电场对鸟类的影响以及鸟类存在的规避倾向。但风电场与周边海域生境和栖息状况无显著差别，对鸟类的影响有待在正式运营后进一步监测，建议在有条件的基础上，加强对风电场及周边区域的监测频次，提高影响评估的精确性。

## 7.6.2 珍稀濒危保护物种情况

### 7.6.2.1 珍稀濒危保护物种组成分析

风电场区海域和集控中心周边区域的珍稀濒危鸟类物种较少。调查共记录国家二级重点保护野生动物 8 种，包括凤头蜂鹰、燕隼、红隼、红脚隼、大杓鹬、白腰杓鹬、翻石鹬、震旦鸦雀；《IUCN 濒危物种红色名录》（2015）收录受威胁物种 9 种，其中濒危（EN）级别 1 种，即大杓鹬，易危（VU）级别 1 种，即红头潜鸭，近危（NT）级别 7 种，包括红腹滨鹬、红颈滨鹬、黑尾塍鹬、斑尾塍鹬、白腰杓鹬、震旦鸦雀、红颈苇鹀；《中国生物多样性红色名录》收录受威胁物种 9 种，其中易危（VU）级别 2 种，即红腹滨鹬和大杓鹬，近危（NT）级别 7 种，包括长嘴剑鸻、斑尾塍鹬、白腰杓鹬、凤头蜂鹰、红脚隼、震旦鸦雀、红颈苇鹀；江苏省重点保护陆生野生动物共 54 种；国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物共 74 种。本次监测调查的鸟类组成中，凤头蜂鹰、燕隼、红隼、红脚隼 4 个物种被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录II；《中华人民共和国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》收录的候鸟共 25 种；《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》收录的候鸟共 44 种。

表 7.6-4 主要珍稀濒危物种及数量

序号	物种	春季数量	夏季数量	秋季数量	冬季数量	珍稀濒危等级 <sup>a</sup>
1	大杓鹬	2	1			国II、EN(IUCN)、VU(生多)
2	白腰杓鹬	8			4	国II、NT(IUCN)、NT(生多)
3	震旦鸦雀		1			国II、NT(IUCN)、NT(生多)
4	凤头蜂鹰	1				国II、NT(生多)、附录II
5	红脚隼	2				国II、NT(生多)、附录II
6	燕隼	2				国II、附录II
7	红隼	1				国II、附录II



8	翻石鹬					国II
9	红腹滨鹬	7				NT(IUCN)、VU(生多)
10	斑尾塍鹬	27				NT(IUCN)、NT(生多)
11	红颈苇鹀				1	NT(IUCN)、NT(生多)
12	红头潜鸭			22		VU(IUCN)
13	红颈滨鹬	62				NT(IUCN)
14	黑尾塍鹬		300			NT(IUCN)
15	长嘴剑鸻	12				NT(生多)

备注:

\*国II: 国家二级重点保护野生动物;

附录II: 《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录II;

EN(IUCN)、VU(IUCN)、NT(IUCN): 《IUCN 濒危物种红色名录》(2015) 濒危级别(EN)、易危级别(VU)、近危级别(NT);

VU(生多)、NT(生多): 《中国生物多样性红色名录》易危级别(VU)、近危级别(NT)。

### 7.6.2.2 主要珍稀濒危物种

#### (1) 大杓鹬

大杓鹬(*Numenius madagascariensis*), 鸻形目, 鸻科, 体型硕大, 体长 63cm。大杓鹬上体黑褐色, 羽缘白色和棕白色, 使上体呈黑白而沾棕的花斑状。颈部白色羽缘较宽, 使黑褐色变为更细的纵纹, 因而使颈部显得较白。

栖息于低山丘陵和平原地带的河流。湖泊、芦苇沼泽、水塘, 以及附近的湿草地和水稻田边, 有时也出现于林中小溪边及附近开阔湿地。迁徙季节和冬季也常出现于沿海沼泽、海滨、河口沙洲和附近的湖边草地及农田地带。冬季则主要在海滨沙滩、泥地、河口沙洲活动。食物主要为甲壳类、软体动物、蠕形动物、昆虫和幼虫。有时也吃鱼类、爬行类和无尾两栖类等脊椎动物。

#### (2) 震旦鸦雀

震旦鸦雀(*Paradoxornis heudei*), 雀形目, 莺鹛科。雌雄羽色相似, 体长 20cm, 体重 18~48g。前额、头顶、枕和后颈蓝灰色或灰色沾赭色。头侧、耳羽灰白色, 有一长而阔的黑色眉纹自眼上方经头侧, 耳羽上方一直到后颈两侧, 极为醒目。

震旦鸦雀的集群大小呈现明显的季节性变化, 繁殖季节以单只和较小集群为主, 而非繁殖季节以较大集群为主。人类接近时, 不同季节和不同集群大小中哨兵行为和警戒鸣叫的出现与否呈现极显著的差异, 方差分量估计表明警戒行为表现的差异主要由集群大小引起。震旦鸦雀主要栖息于河流、江边、湖泊沼泽芦丛

和河口沙洲及沿海滩涂芦苇丛中，冬季由于芦苇被大量收割，有的游荡到附近沟边草丛活动和觅食。

### (3) 凤头蜂鹰

凤头蜂鹰 (*Pernis ptilorhynchus*)，鹰形目，鹰科，体长为 50~62cm，体重 800-1200g。尤喜食蜂类，主要以黄蜂、胡蜂、蜜蜂和其他蜂类为食，也吃其他昆虫和昆虫幼虫，通常栖息于密林中，一般筑巢于大而多叶的树上，繁殖期为 4~6 月。每窝产卵约 2 枚。

凤头蜂鹰有一部分为留鸟，一部分为候鸟，但均较为罕见。分布于中国境内的除了海南岛外均为夏候鸟，春季于 4 月初至 4 月末迁来，秋季于 9 月末至 10 月末迁走。平时常单独活动，冬季也偶尔集成小群。飞行灵敏具特色，多为鼓翅飞翔。栖息于不同海拔高度的阔叶林、针叶林和混交林中，尤以疏林和林缘地带较为常见，有时也到林外村庄、农田和果园等小林内活动。

### (4) 红脚隼

红脚隼 (*Falco amurensis*)，隼形目，隼科，体长 26~30cm，体重 124~190g。雄鸟、雌鸟及幼鸟体色有差异。雄鸟上体大都为石板黑色；颞、喉、颈、侧、胸、腹部淡石板灰色，胸具橈细的黑褐色羽干纹；肛周、尾下覆羽、覆腿羽棕红色。雌鸟上体大致为石板灰色，具黑褐色羽干纹，下背、肩具黑褐色横斑；颞、喉、颈侧乳白色，其余下体淡黄白色或棕白色，胸部具黑褐色纵纹，腹中部具点状或矢状斑，腹两侧和两胁具黑色横斑。

红脚隼是小型猛禽，主要栖息于低山疏林、林缘、山脚平原、丘陵地区的沼泽、草地、河流、山谷和农田耕地等开阔地区，尤其喜欢具有稀疏树木的平原、低山和丘陵地区。多白天单独活动，飞翔时两翅快速煽动，间或进行一阵滑翔，也能通过两翅的快速煽动在空中作短暂的停留。主要以蝗虫、蚱蜢、蝼蛄、螽斯、金龟子、蟋蟀、叩头虫等昆虫为食，有时也捕食小型鸟类、蜥蜴、石龙子、蛙、鼠类等小型脊椎动物，其中害虫占其食物的 90% 以上，在消灭害虫方面功绩卓著。

### (5) 红颈苇鹀

红颈苇鹀 (*Emberiza yessoensis*)，雀形目，鹀科，属小型鸣禽。体重 12-21g，体长 126-150mm。雄鸟整个头、颞、喉黑色，后颈、腰和尾上覆羽栗色或棕红色。背、肩黑色而具长的栗色纵纹，小翅覆羽褐灰色，中覆羽、大覆羽黑褐色具



宽的锈色羽缘。两翅飞羽和尾羽黑褐色，最外侧两对尾羽具楔状白斑。下体白色，两肋有棕色纵纹。雌鸟和雄鸟相似，但黑色的头变为褐黑色，下体污白色，胸和两肋微沾褐色。虹膜褐色；嘴黑褐色，雌鸟的上嘴角褐，下嘴肉黄色；脚赤褐色。

栖于芦苇地及有矮丛的沼泽地以及高地的湿润草甸。尤喜溪流、河谷、湖泊、海岸附近的灌丛、草地和芦苇沼泽，越冬在沿海沼泽地带。东北亚种栖息于中国松嫩平原的松花江和嫩江沿岸地带，多生活在长着各种柳丛、小灌丛和水草的沼泽地和附近生长着各种各样草丛的地方，也见活动于洮儿河北岸长有水蒿、小叶蒿和苔草的月亮泡草甸中。

成对或单独活动，迁徙期间和冬季亦见成 6-7 只或 10 余只小群，活动在草丛与灌木丛中，性极机警，遇人立即飞出或隐藏于灌丛中，一般不做长距离飞翔，即使受到干扰亦不远飞，飞行 20-30m 又落入草丛或灌丛。繁殖期间雄鸟站在柳条或蒿草尖上鸣叫，以早晨鸣唱最烈。鸣声尖锐，单调而重复，在百米之内均能听到。主要以禾本科植物草子和谷粒为食，包括一些豆科植物的种子，繁殖期间也吃大量的鳞翅目昆虫幼虫、鞘翅目昆虫及淡水螺等。

### 7.6.3 盐城国家级珍禽自然保护区

#### 7.6.3.1 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《江苏省盐城珍禽国家级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 7.6-5 所示。

表 7.6-5 江苏盐城湿地珍禽国家级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)；

\*\*\*《江苏省盐城珍禽国家级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。

#### 7.6.3.2 保护区鸟类及其特点

根据江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区《2015 丹顶鹤季刊第二期》, 截止 2015 年 3 月底, 江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区共记录到鸟类 405 种, 隶属于 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)、鸨形目 (Ciconiiformes) 和鹤形目 (Gruiformes)。从居留型来看, 其中留鸟 30 种, 夏候鸟 57 种, 冬候鸟 117 种, 过境迁徙鸟 (旅鸟) 201 种。在保护区内繁殖的鸟类有 67 种。

在盐城自然保护区内鸣禽类较多, 约占保护区鸟类总数的 37%左右; 其次是涉禽类, 约占保护区鸟类总数的 25%左右; 游禽种类次之, 约占保护区鸟类总数的 19%左右; 猛禽类在保护区内也有一定的数量, 约占保护区鸟类总数的 11%左右; 其他类型的鸟类相对较少, 约占保护区鸟类总数的 8%左右。

保护区内有丹顶鹤 (*Grus japonensis*)、白头鹤 (*Grus monacha*)、白鹤 (*Grus leucogeranus*)、白尾海雕 (*Haliaeetus albicilla*)、东方白鹳 (*Ciconia boyciana*) 等 11 种国家一级重点保护鸟类; 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*) 等国家二级重点保护鸟类 69 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, 不确定种 3 种; 在 Birds to Watch 名录中, 保护区内有易危种 22 种, 濒危种 5 种, 极危种 1 种, 接近受危种 15 种。此外, 保护区内有列入《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 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%)。



### 7.6.3.3 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江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区越冬，在保护区停留时间约为 150 多天。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 7.6-6 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。据 2006~2008 年监测记录，2006 年丹顶鹤数量为 801 只，2007 年为 640 只，2008 年为 502 只，呈逐年下降趋势。而 2014 年冬季东部调查数量为 658 只，2015 年为 682 只，说明丹顶鹤种群得到回复，数量比往年增加。从丹顶鹤的分布来看，2015 年调查的丹顶鹤几乎分布在核心区和北缓冲区的麦地里，分别占 48.53%、39.44%，其中核心区主要分布在碱蓬、茅草、收割的芦苇滩中。

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。

#### (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。

江苏盐城湿地珍禽国家级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) 灰鹤

灰鹤是盐城自然保护区越冬鹤类数量最多的鹤，2014~2015 年调查数量为 4084 只，主要分布在缓冲区麦地和核心区的芦苇滩上，数量上北缓冲区多于南缓冲区。

### (4) 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。2014~2015 年调查越冬调查中，调查到东方白鹳 40 只，主要分布在防水的千顷湖人工湿地中，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，使出了雁鸭类以外数量最多的鸟类，在 2014~2015 冬季同步调查中调查得到鸕鹚类有 10 种共 39558 只，以灰斑鸕、环颈鸕、红颈滨鸕最多。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%，黑腹滨鸕和红颈滨鸕均超过 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) 雁鸭类

根据江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区 2015 年 1 月 17 日和 2 月 2 日组织的两次越冬期鸟类同步调查,2015 年越冬调查共观测记录到豆雁总数为 8203 只,主要分布于核心区,共 7449 只,其中 7000 只豆雁在放水千顷人工湿地中休息觅食,其余 449 只在芦苇滩中觅食或休息,在缓冲区和实验区也有分布,主要在浅水池塘或麦田中。此外,野鸭的数量及种类较多,近 3 万只主要有绿头鸭、斑嘴鸭、普通秋沙鸭、红头潜鸭、翘鼻麻鸭等,大多分布在核心区和实验区的鱼塘、浅水池塘及大面积水库中。

## 7.7 声环境现状监测与评价

### 7.7.1 水上噪声现场调查

工程海域噪声监测引用中国海洋大学编制的《华能灌云海上风电场 300MW 工程评价区声环境调查报告》。

#### 7.7.1.1 监测站位

中国海洋大学于 2020 年 8 月 15 日对工程海域的声环境质量进行了现场调查，在工程海域共设置 5 个水上、水下噪声调查点位，监测站位详见表 7.7-1，监测点位图详见图 7.7-1。

表 7.7-1 水上噪声、水下噪声监测点位

点位编号	测点位置	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
Z1	海上升压站附近	119°48'30.18"	34°36'36.06"	水上噪声、水下噪声
Z2	距一期工程边界风机 250m	119°49'50.88"	34°37'31.44"	
Z3	距一期工程边界风机 500m	119°49'44.70"	34°37'24.72"	
Z4	距一期工程边界外 2km	119°50'29.10"	34°38'36.24"	
Z5	距一期工程边界外 4km	119°51'14.10"	34°39'35.64"	



图 7.7-1 工程海域水上噪声各调查点位示意图



### 7.7.1.2 监测时间及海况

监测期间天气阴，气温 35°C，风速 2.6~5.5m/s，海况 1~2 级。测量用船为灌云渔 61601 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。

### 7.7.1.3 监测结果与评价

工程海域水上噪声调查结果（A 计权）见表 7.7-2。

**表 7.7-2 工程海域水上噪声调查结果（A 计权）单位：dB(A)/20uPa**

站位	峰值声压级	等效声压级	百分声级 L10	百分声级 L50	百分声级 L90	全频段累积声压级
Z1	73.2	45.5	46.2	41.2	39	46.0
Z2	72.9	45.7	47.2	43.2	41	45.5
Z3	69.3	45.1	46.4	43	40.6	45.0
Z4	74.0	46.1	47.2	43.2	40.8	45.3
Z5	74.7	43.2	43.0	40.2	38.6	42.1

**表 7.7-3 水上噪声 1/3 倍频程声压级（20Hz-200Hz）单位：dB(A)/20uPa**

站位	1/3 倍频程中心频率										
	20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
Z1	7.4	12.2	17.5	21.5	25.9	27.7	32.6	34.0	35.2	32.7	30.5
Z2	6.9	13.6	22.2	30.0	32.0	35.3	36.9	34.9	33.2	29.0	29.4
Z3	9.5	13.6	18.2	25.6	29.3	35.7	36.1	31.8	31.7	31.4	30.2
Z4	12.1	17.1	19.6	22.0	29.5	30.2	39.9	30.8	29.3	28.3	26.2
Z5	17.2	20.9	23.8	26.0	29.3	31	32.2	30.4	27.6	27.7	25.0

**表 7.7-4 水上噪声 1/3 倍频程声压级 (250Hz-2500Hz) 单位: dB(A)/20uPa**

站 位 序 号	1/3 倍频程中心频率										
	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1.0kHz	1.25kHz	1.6kHz	2.0kHz	2.5kHz
Z1	30.2	31.3	33.5	33.9	33.2	33.8	34.5	33.9	33.1	31.8	29.7
Z2	27.9	28.6	28.7	30.2	32.1	31.6	31.1	31.5	31.7	30.0	29.0
Z3	32.8	35.4	33.3	35.0	35.1	34.3	34.2	31.7	31.0	30.6	29.0
Z4	27.5	28.8	31.6	33.0	32.5	33.8	33.6	31.8	32.4	31.2	29.9
Z5	26.0	26.3	29.2	29.5	28.9	30.5	30.5	29.4	28.4	28.2	27.2

**表 7.7-5 水上噪声 1/3 倍频程声压级 (3150Hz-20kHz) 单位: dB(A)/20uPa**

站 位 序 号	1/3 倍频程中心频率								
	3.15kHz	4.0kHz	5.0kHz	6.3kHz	8.0kHz	10.0kHz	12.5kHz	16.0kHz	20.0kHz
Z1	28.3	28.2	25.2	22.3	19.2	16.3	11.9	8.3	7.8
Z2	28.3	27.3	25.0	22.8	20.2	16.1	12.2	7.9	6.0
Z3	28.3	25.5	23.2	20.6	17.4	14.2	11.2	7.5	7.2
Z4	28.4	26.5	24.3	21.8	19.1	15.1	11.6	7.7	7.6
Z5	25.3	24.0	21.5	19.4	16.6	13.2	10.5	6.7	8.9

由监测结果可见, 工程海域水上噪声等效连续 A 计权噪声级主要分布在 43.2~46.1dB (A) 之间, 平均为 45.1dB (A)。在 20Hz~20kHz 频率范围内, 各频带噪声级主要分布在 6.0~39.9dB (A) 之间, 各站位噪声频率范围包含两个集中区, 分别是 40Hz~160Hz 和 400Hz~2.5kHz 之间, 随着监测站位距离风电场越来越远, 40Hz~160Hz 频率范围内的噪声成分占比略有增大。

### 7.7.2 水下噪声环境现场调查

根据《GB/T5265 声学 水下噪声测量》的要求, 测声换能器系统采用船载方式, 使用船载方式进行测量, 在噪声测量期间不能启动主机和辅机, 禁止船上进行能产生撞击声传入水中的人为活动, 并避开测量点附近可能存在的各种干扰



噪声源（如船舶航行、施工），特别注意对噪声有异常情况的记录。同时记录监测点位深度、测点深度，涨落潮情况，气象条件等。

### 7.7.2.1 监测站位

与水下环境噪声测量位置相同（见图 7.7-1），共调查 5 个站点。

### 7.7.2.2 监测内容

调查内容为全频带累积声压级、全频带累积百分声级（L10、L50、L90）、峰值声压级、1/3 倍频程声压级和 1/3 倍频程声压谱级等五项水下噪声声学特性指标。共监测 5 个站位，每个站位在 4 个水层深度测量，测量时间为 2 min 以上。

### 7.7.2.3 监测结果与评价

#### (1) 峰值声压级

表 7.7-6 各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级

站 位 序 号	测 量 深 度	峰 值 声 压 级	全 频 带 累 积 百 分 声 级 L10	全 频 带 累 积 百 分 声 级 L50	全 频 带 累 积 百 分 声 级 L90	全频带累积声压级	
						不 同 深 度	各 站 位 深 度 上 的 平 均 值
Z1	1m	171.9	140.8	137.8	75.9	108.2	110.6
	3m	172.7	137.5	134.7	70.2	110.0	
	5m	177.2	135.5	131.4	79.7	112.4	
	7m	178.4	133.3	129.8	75.8	110.9	
Z2	1m	168.2	142.0	138.6	72.3	106.4	108.5
	3m	172.5	135.7	132.2	77.9	110.4	
	5m	169.0	138.3	133.6	75.8	109.5	
	7m	169.7	139.9	135.7	65.1	106.2	
Z3	1m	171.6	141.4	138.4	71.2	105.1	113.8
	3m	173.2	136.7	133.2	78.1	111.8	
	5m	177.8	136.8	132.6	80.5	114.7	

	7m	182.7	137.0	133.3	77.0	116.7	
Z4	1m	162.4	141.3	138.1	65.6	105.8	114.8
	3m	172.4	139.6	136.2	76.6	112.0	
	5m	178.1	140.2	135.0	86.9	115.7	
	7m	181.8	140.3	135.2	80.6	118.1	
Z5	1m	173.4	143.5	139.5	71.6	112.9	115.7
	3m	178.9	140.2	136.8	83.9	117.0	
	5m	178.7	138.3	133.9	83.9	115.2	
	7m	179.7	138.4	133.7	75.2	116.8	

(2) 工程海域频带声压级和声压谱级

调查结果见表 7.7-7~7.7-10。



表 7.7-7 工程海域水下噪声调查结果—声压谱级 (1) 单位: dB (re 1 $\mu$ Pa/ $\sqrt{\text{Hz}}$ )

站 位 号	深 度	1/3 倍频程中心频率																	
		20Hz	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1.0kHz
Z1	1m	108.6	107.3	105.1	104	103.6	103.6	104	104.9	105.6	106.7	107.7	108.7	109.7	110.8	112	113.2	114.5	116.2
	3m	107	105.8	105.2	106	106.3	106.8	107.4	108.2	109.1	110.1	111.1	112.1	113.1	114.2	115.4	116.6	117.9	119.5
	5m	105.6	105.7	106.3	107.1	108	109	110.1	111.1	112.2	113.3	114.2	115.2	116.2	117.3	118.6	119.8	121.1	122.7
	7m	103.4	104.1	105	105.9	106.8	107.7	108.7	109.8	110.8	112	113	113.9	115.2	116.3	117.5	118.9	120.4	122
Z2	1m	106.9	105	103.3	101.6	101.3	101.6	102.3	103.2	104	105	106	107	108	109.1	110.2	111.4	112.8	114.4
	3m	103.7	103.5	104.4	105.5	106.3	107.2	108.2	109.2	110.2	111.3	112.2	113.2	114.4	115.5	116.6	117.9	119.1	120.8
	5m	105.6	104.5	103.6	104.2	104.8	105.5	106.4	107.4	108.5	109.6	110.6	111.6	112.6	113.9	115	116.3	117.8	119.4
	7m	102.5	101.4	101.4	101.7	101.4	102.1	103	103.9	104.8	105.8	106.9	107.9	109	110.2	111.4	112.6	114	115.8
Z3	1m	106.5	104.6	102.9	101.7	100.4	100.5	100.3	100.7	101.2	102	103	104.1	105.2	106.4	107.5	108.8	110.1	111.8
	3m	107.2	106.3	106.4	107.2	107.5	108.3	109.3	110.2	111.2	112.3	113.2	114.2	115.4	116.4	117.6	118.7	120.2	121.9
	5m	108.4	108	108.4	109.2	110.1	111.2	112.2	113.1	114.1	115.2	116.2	117.2	118.2	119.4	120.6	121.7	123.1	124.6
	7m	111.3	110.8	110.1	112.3	112.8	113.4	114.5	115.4	116.3	117.4	118.4	119.5	120.6	121.8	122.9	124.2	125.6	127.2
Z4	1m	109	106.3	104.3	101.1	99.8	98.5	99.3	98.9	99.7	100.2	101.3	102.3	103.6	104.5	105.5	106.5	107.7	109.2
	3m	106.5	105.5	106.5	107.9	107.9	108.4	109.5	110.4	111.4	112.4	113.4	114.5	115.5	116.7	117.9	119.2	120.4	122.2
	5m	108.6	108.4	109	110.1	111	112	113	113.9	114.9	116.1	117.1	118.2	119.2	120.4	121.7	122.9	124.4	126.1
	7m	112.3	112	111.6	113.6	114.2	114.9	116.1	117	118	119	120.1	121.1	122.1	123.3	124.4	125.7	127.2	128.6
Z5	1m	114.3	112.6	110.4	108.7	107.7	107.1	107.7	108.5	109.3	110.3	111.3	112.4	113.5	114.6	115.8	117	118.3	119.9
	3m	112.3	111.8	112.1	113.7	113.9	114.1	114.7	115.3	115.9	117.1	118.1	119	120.2	121.4	122.6	123.9	125.3	127.1
	5m	109.3	109.3	109.3	110	110.8	111.8	112.8	113.7	114.9	115.9	116.9	117.8	118.9	120.1	121.2	122.4	123.8	125.4
	7m	112.2	111	110.5	111.8	112.3	113.3	114.6	115.4	116.3	117.2	118.1	119	120.1	121.3	122.6	124.1	125.5	127.2

表 7.7-8 工程海域水下噪声调查结果—声压谱级 (2) 单位: dB (re 1μPa/√Hz)

站 位 号	深 度	1/3 倍频程中心频率																	
		1.25 kHz	1.6 kHz	2.0 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4.0 kHz	5.0 kHz	6.3 kHz	8.0 kHz	10.0 kHz	12.5 kHz	16.0 kHz	20.0 kHz	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	
Z1	1m	119.8	122.8	121.8	120.2	116.7	112.5	110.7	106.8	110.4	105.4	97.3	103.3	102.5	102	99.6	96.5	94.4	93
	3m	123.3	125.5	125	123.3	120.9	116.8	114.9	110.9	115.9	111	103.5	107.2	107.3	100.4	98.1	96.6	96.4	95.7
	5m	126.3	129.3	128.2	126.7	123.3	118.6	116.2	112	120	114.4	105.8	110.1	110.9	99	98.1	97.7	97.4	97.3
	7m	124.9	126.8	126.7	123.2	120.1	115	112.3	108.8	119.6	113.2	104.2	109.1	109.5	96.7	96.5	96.3	96.2	96.1
Z2	1m	118	120.9	120	118.8	115.5	111.6	110.3	106	109.9	105.1	97.1	102.2	101.7	100.2	97.4	94.7	91.9	90.7
	3m	124.5	126.5	126	124.1	121.2	116.3	113.2	108.5	113	108.8	103	105.7	106.8	97.1	95.8	95.8	95.8	95.7
	5m	123.1	126.1	125.6	124.3	120.8	116.6	114.4	109.9	113.5	109.3	104.2	108.9	111.5	99	96.9	95	94.6	94.2
	7m	118.9	121.7	123.6	121.3	118.9	114	111	106.9	113	107.4	102.7	109.3	109	95.8	93.8	92.8	92.1	90.7
Z3	1m	115.4	118.4	117.5	116.3	113	109	107.5	103.3	107.7	102.9	95.3	100.2	99.7	99.8	97	94.2	92	89.8
	3m	125.6	128	127.8	125.9	122.9	118.5	116	111.6	116.7	111.6	105.2	108.6	109.8	100.6	98.6	97.8	97.5	96.9
	5m	128.3	131.6	130.9	129.3	126.2	122.5	121.2	116.9	121.5	118.4	111.2	117	117.5	101.8	100.4	99.8	99.5	99.5
	7m	130.2	132.3	132.8	130.1	128	124.3	123.3	121	127.8	123.5	116.6	116.6	116.3	104.7	103.2	101.5	102.6	102.2
Z4	1m	112.8	115.7	114.9	113.4	110	106.2	104.6	100.1	104.6	99.8	93.9	98.6	98.4	102.3	98.6	95.6	91.4	89.2
	3m	126	128.1	127.9	125.9	122.8	118.2	115.8	111.6	116.9	112	106.1	108.2	110.1	99.9	97.9	97.9	98.3	97.2
	5m	130	133.2	131.9	129.8	126.4	122.5	120.9	115.8	122.8	119.8	113.2	118.2	117.3	102	100.8	100.4	100.4	100.4
	7m	131.4	133.3	134	131.3	129.5	125.5	124	122	129.3	124.5	117.8	118	117.1	105.7	104.4	102.9	103.9	103.6
Z5	1m	123.5	126.5	125.5	124.1	120.5	116.1	114.1	109.3	112.6	107.7	106.9	107.2	108.8	107.6	104.9	101.8	99.1	97
	3m	131	133.1	132.3	129.8	126.9	122.3	119.7	115.5	122.6	116.4	112.7	112.4	113.9	105.7	104.2	103.5	104	103.2
	5m	129	131.7	130.3	129.4	126.5	122.9	121.4	119	121.8	116.4	116.3	116	116.7	102.6	101.7	100.7	100.3	100.1
	7m	130	132.3	133.4	131.1	128.4	123.5	121.8	119.9	124	117.4	115.2	114.4	117.8	105.5	103.4	101.9	102.1	101.7



表 7.7-9 工程海域水下噪声调查结果—声压谱级 (3) 单位: dB (re 1μPa/√Hz)

站 位 号	深 度	1/3 倍频程中心频率																		
		63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1.0kHz	1.25kHz	1.6kHz	2.0kHz	2.5kHz	3.15kHz	
Z1	1m	92	91.4	91.3	91	91	91	91	91.1	91.2	91.3	91.5	91.8	92.5	95.2	97.1	95.1	92.6	88.1	
	3m	95.2	94.7	94.6	94.4	94.4	94.5	94.5	94.5	94.6	94.7	95	95.2	95.9	98.7	99.8	98.3	95.7	92.3	
	5m	97.4	97.4	97.5	97.6	97.6	97.6	97.6	97.6	97.5	97.7	97.9	98.1	98.4	99.1	101.7	103.6	101.5	99.1	94.7
	7m	96	96.1	96.1	96.2	96.3	96.3	96.3	96.3	96.5	96.6	96.9	97.2	97.7	98.4	100.3	101.2	100	95.6	91.5
Z2	1m	90	89.6	89.5	89.4	89.3	89.3	89.3	89.4	89.5	89.6	89.8	90.1	90.8	93.4	95.2	93.4	91.2	86.9	
	3m	95.5	95.5	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6	95.8	95.8	96	96.2	96.5	97.1	99.9	100.8	99.4	96.4	92.5	
	5m	93.8	93.7	93.8	93.8	93.9	93.9	94	94	94.2	94.4	94.7	95.1	95.8	98.5	100.4	98.9	96.7	92.1	
	7m	90.5	90.3	90.3	90.1	90.1	90.2	90.3	90.4	90.6	90.7	90.9	91.4	92.2	94.3	96	97	93.6	90.2	
Z3	1m	88.8	87.7	87.1	86.6	86.3	86.4	86.5	86.6	86.7	86.9	87.2	87.5	88.2	90.8	92.7	90.8	88.6	84.4	
	3m	96.7	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.8	96.8	96.9	97.1	97.5	98.3	101	102.3	101.1	98.3	94.3	
	5m	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.7	99.9	100	100.4	100.9	103.7	106	104.2	101.7	97.5	
	7m	101.7	101.8	101.8	101.7	101.7	101.7	101.9	101.9	102.1	102.3	102.6	102.9	103.5	105.5	106.6	106.2	102.4	99.4	
Z4	1m	86.8	86.6	85.3	85.1	84.5	84.6	84.7	85	84.8	84.8	84.9	85	85.5	88.2	90.1	88.2	85.8	81.4	
	3m	96.8	96.8	96.8	96.8	96.7	96.7	96.8	96.9	97	97.3	97.5	97.8	98.5	101.4	102.4	101.2	98.3	94.2	
	5m	100.3	100.3	100.3	100.3	100.4	100.4	100.6	100.6	100.7	101.1	101.3	101.7	102.4	105.3	107.5	105.3	102.2	97.7	
	7m	103.2	103.4	103.4	103.3	103.3	103.4	103.5	103.5	103.6	103.8	104.1	104.5	105	106.7	107.6	107.3	103.7	100.8	
Z5	1m	95.5	95	94.8	94.7	94.6	94.7	94.7	94.8	95	95.1	95.3	95.7	96.3	98.9	100.8	98.9	96.5	91.9	
	3m	102.4	102	101.6	101.3	101.4	101.4	101.4	101.4	101.7	101.9	102.3	102.7	103.5	106.4	107.4	105.6	102.2	98.2	
	5m	100.1	100.1	100.1	100.3	100.2	100.2	100.2	100.3	100.4	100.6	100.8	101.1	101.8	104.4	106	103.7	101.7	97.9	
	7m	101.6	102	101.8	101.7	101.5	101.5	101.4	101.5	101.7	102	102.4	102.8	103.5	105.3	106.6	106.7	103.5	99.7	

表 7.7-10 工程海域水下噪声调查结果—声压谱级 (4) 单位: dB (re 1μPa/√Hz)

站位号	深度	1/3 倍频程中心频率									
		4.0kHz	5.0kHz	6.3kHz	8.0kHz	10.0kHz	12.5kHz	16.0kHz	20.0kHz		
Z1	1m	82.9	80	75.2	77.7	71.7	62.7	67.6	65.9		
	3m	87.1	84.3	79.3	83.2	77.3	68.9	71.5	70.6		
	5m	88.9	85.5	80.3	87.3	80.7	71.2	74.4	74.3		
	7m	85.3	81.7	77.1	86.9	79.6	69.6	73.5	72.8		
Z2	1m	81.9	79.6	74.3	77.3	71.4	62.5	66.5	65.1		
	3m	86.7	82.6	76.9	80.3	75.1	68.4	70	70.2		
	5m	86.9	83.8	78.3	80.8	75.7	69.6	73.2	74.9		
	7m	84.3	80.4	75.3	80.3	73.7	68.1	73.6	72.4		
Z3	1m	79.4	76.9	71.7	75	69.2	60.7	64.5	63		
	3m	88.8	85.4	80	84	78	70.6	72.9	73.1		
	5m	92.9	90.6	85.3	88.9	84.8	76.6	81.4	80.8		
	7m	94.7	92.7	89.4	95.1	89.9	82	80.9	79.6		
Z4	1m	76.5	74	68.5	72	66.1	59.3	62.9	61.8		
	3m	88.6	85.2	80	84.2	78.3	71.5	72.6	73.4		
	5m	92.9	90.2	84.1	90.1	86.2	78.6	82.5	80.6		
	7m	95.8	93.4	90.4	96.6	90.8	83.2	82.3	80.5		
Z5	1m	86.5	83.5	77.7	79.9	74.1	72.3	71.6	72.1		
	3m	92.7	89.1	83.9	89.9	82.8	78.1	76.8	77.2		
	5m	93.2	90.8	87.4	89.1	82.8	81.7	80.4	80		
	7m	93.9	91.2	88.3	91.3	83.8	80.6	78.7	81.1		



### (3) 调查结果

由调查结果可见，工程海域不同水深处水下噪声全频段累积声压级在 105.1dB~118.1dB(20Hz~20kHz)之间，峰值声压级在 162.4dB~182.7dB 之间，各水深全频段累积声压值的平均值约为 113.2dB。靠近海上升压站的站位 Z1 不同水深处水下噪声全频段累积声压级在 108.2dB~110.9dB(20Hz~20kHz)之间，峰值声压级在 171.9dB~178.4dB 之间，各水深全频段累积声压值的平均值约为 122.4dB。

工程海域水下噪声声压级随着频率的增高呈下降趋势，在频率 20Hz~20kHz 范围内 1/3 倍频程各频段水下噪声声压级变化范围在 93.9dB~132.8dB 之间，声压谱级变化范围在 59.3dB~107.5dB 之间，其中 Z4 站位变化较大，声压级变化范围达 39.3dB。各站点不同水深处，100Hz 声压谱级在 85.3dB~103.4dB 之间，变化范围为 18.1dB；500Hz 声压谱级在 84.8dB~103.8dB 之间，变化范围为 19.0dB；1kHz 声压谱级在 85.5dB~105.0dB 之间，变化范围为 19.5dB；2kHz 声压谱级在 88.2dB~107.3dB 之间，变化范围为 19.1dB；5kHz 声压谱级在 74.0dB~93.4dB 之间，变化范围为 19.4dB。可见各站点不同水深处各频率成分的声压谱级变化范围较为一致，约为 19dB。

## 8 环境影响预测与评价

### 8.1 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。

#### 8.1.1 数学模型

##### 8.1.1.1 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：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = S \quad (8.1-1)$$

动量方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} \\ - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (8.1-2)$$



$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] + \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \quad (8.1-3)$$

式中： $h$ 为水深(m)； $\zeta$ 为水位(m)； $p$ 、 $q$ 分别为 $x$ 、 $y$ 向的单宽流量 ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ )； $C=H^{1/6}/n$ 为谢才系数，其中 $n$ 为曼宁系数； $f$ 为风阻力系数； $V$ 、 $V_x$ 、 $V_y$ 分别为风速及其在 $x$ 、 $y$ 方向上的分量(m/s)； $\Omega$ 为 Coriolis 参数； $p_a$ 为大气压 ( $\text{Kg}/\text{m}/\text{s}^2$ )； $\rho_w$ 为水的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )； $\tau_{xx}$ 、 $\tau_{yy}$ 、 $\tau_{xy}$ 为剪切应力分量。采用 ADI 格式对上述方程进行求解。

### 8.1.1.2 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。大模型包括江苏沿海和海州湾海域，东边界为东经  $124^\circ$ ，南边界至北纬  $32^\circ$ ，北边界至北纬  $36^\circ$ ，模型东西长约  $440\text{km}$ ，南北长约  $455\text{km}$ 。小模型为连云港及海州湾海域，包括风电场工程区附近海域，东西长约  $125\text{km}$ ，南北长约  $112\text{km}$ 。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  $5\text{km}$ ，近岸最小网格尺寸为  $500$ ，共  $104577$  个单元， $52908$  个节点。

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，将本工程每个风机基础概化成矩形不透水单元，由于本工程西南侧有已建一期工程，共  $48$  台风机和  $1$  个海上升压站，本工程与之共用一个海上升压站，根据一期工程海上风电风机及海上升压站基础型式作相应网格概化，其中海上升压站概化成  $4\text{m} \times 4\text{m}$  的矩形不透水单元， $15$  台 GW171-6.45MW 机型平均桩径  $7.3\text{m}$ ，概化成  $6.5 \times 6.5\text{m}$  矩形， $31$  台 GW184-6.45MW 机型平均桩径  $7.7\text{m}$ ，概化成  $6.8 \times 6.8\text{m}$  矩形， $2$  台 GW140-3.3MW 机型平均桩径  $5.8\text{m}$ ，概化成  $5.2 \times 5.2\text{m}$  矩形。本工程共  $15$  台风机，其中  $11$  台  $6.0\text{MW}$ ， $4$  台  $8.5\text{MW}$  风机，均采用单桩基础型式， $6.0\text{mw}$  单桩基础平均桩径  $7.3\text{m}$ ，概化成  $6.5 \times 6.5\text{m}$  矩形， $8.5\text{mw}$  单桩基础平均桩径  $7.9\text{m}$ ，概化成  $7 \times 7\text{m}$  矩形。

风机基础往外网格尺寸逐渐变为 4~30m 左右，风电场外围海域网格尺寸为 300~500m，其他海域网格尺寸 1km~5km，共 254204 个单元，129293 个节点。网格图见图 8.1-1~图 8.1-2。

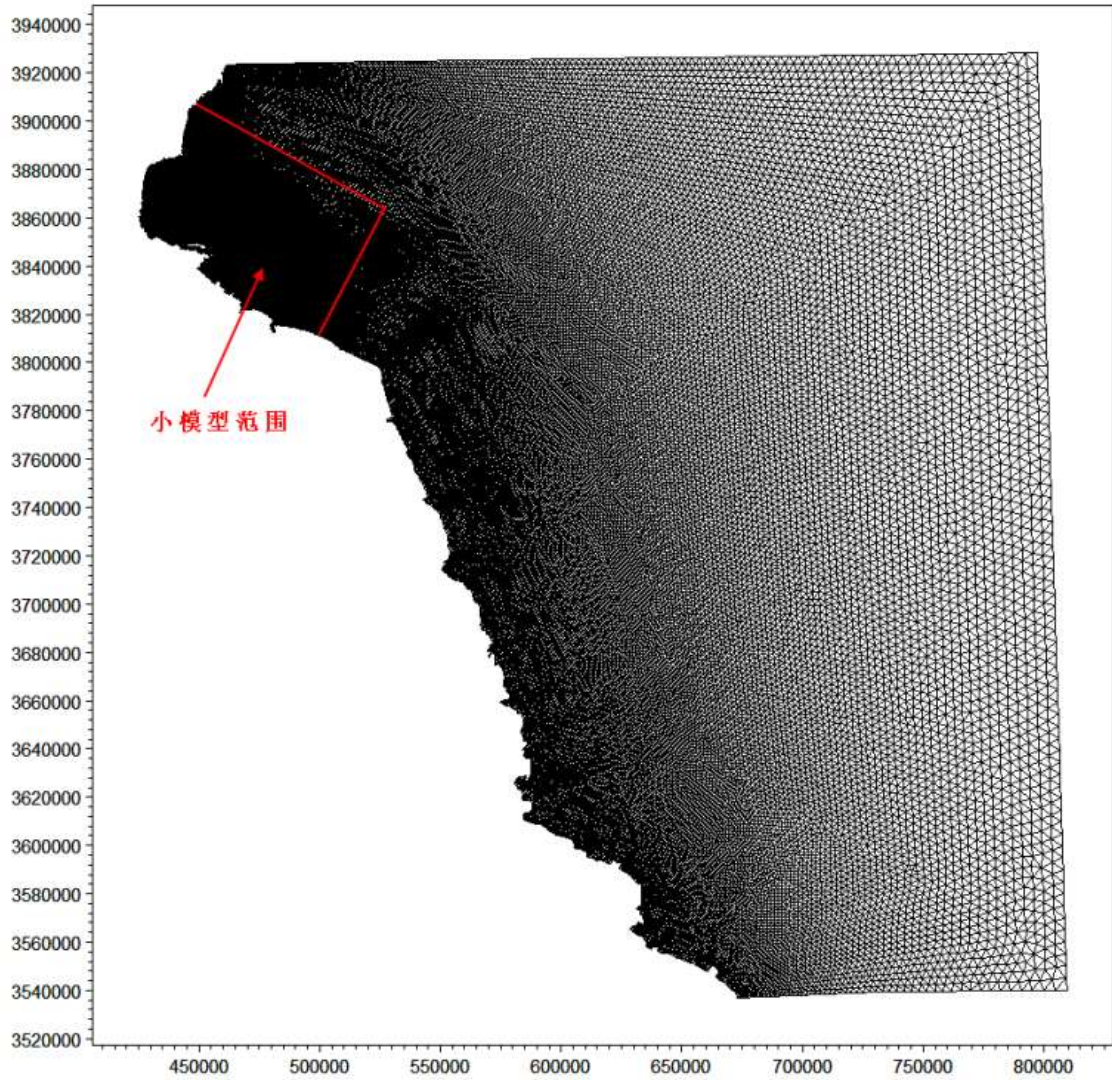


图 8.1-1 大模型范围图



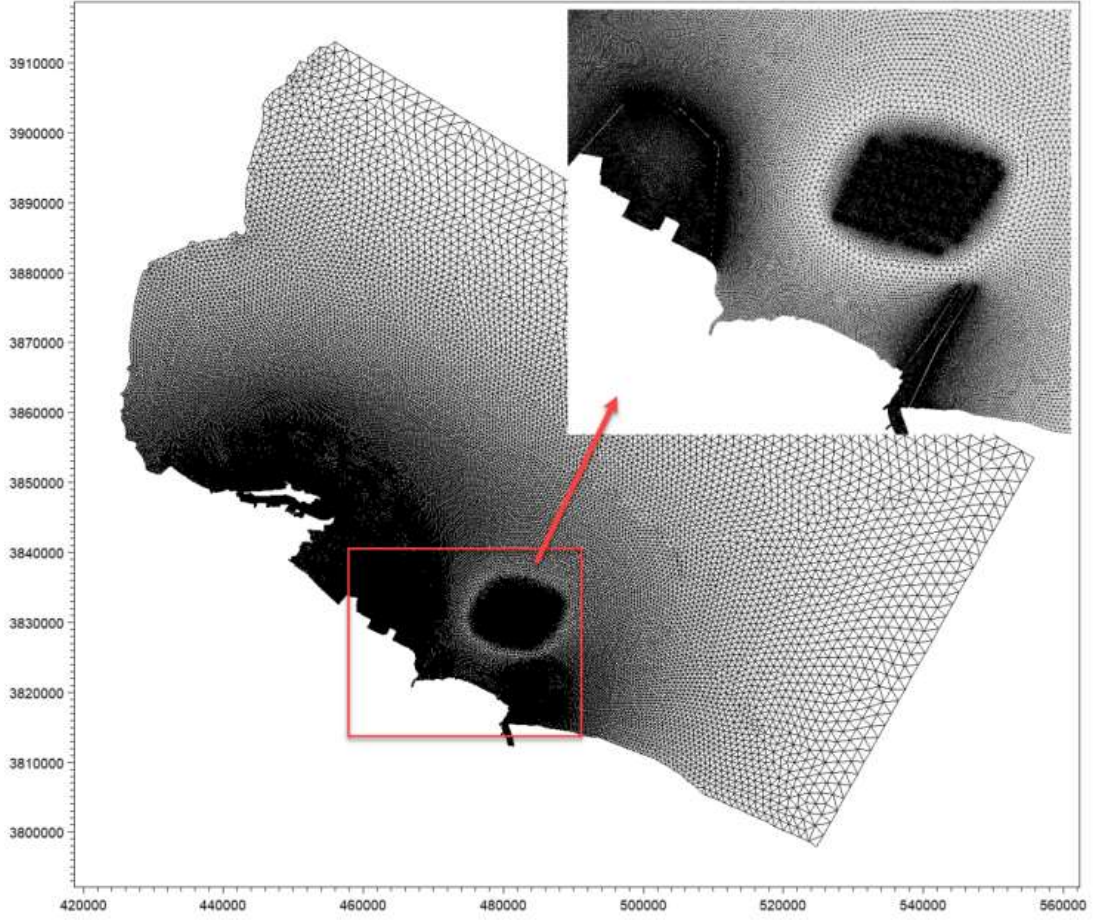


图 8.1-2a 小模型范围图

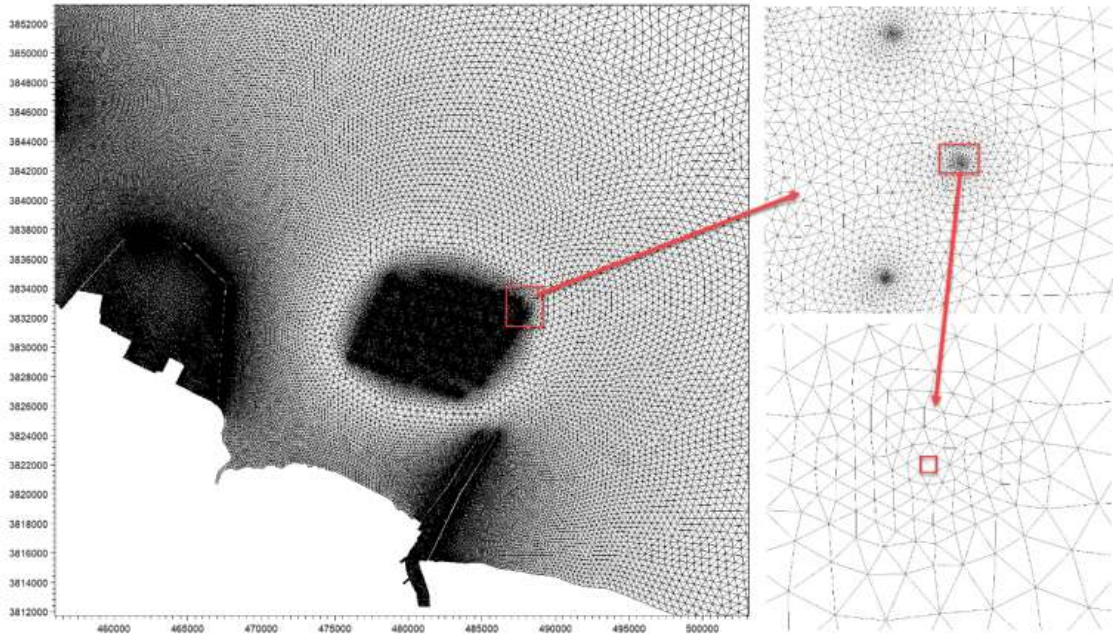


图 8.1-2b 小模型范围图

### 8.1.1.3 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，风电场工程海域采用 2018 年实测的水下地形资料，并将水深统一换算至平均海平面。采用三角插值的方法将高程散点插值到各网格节点。

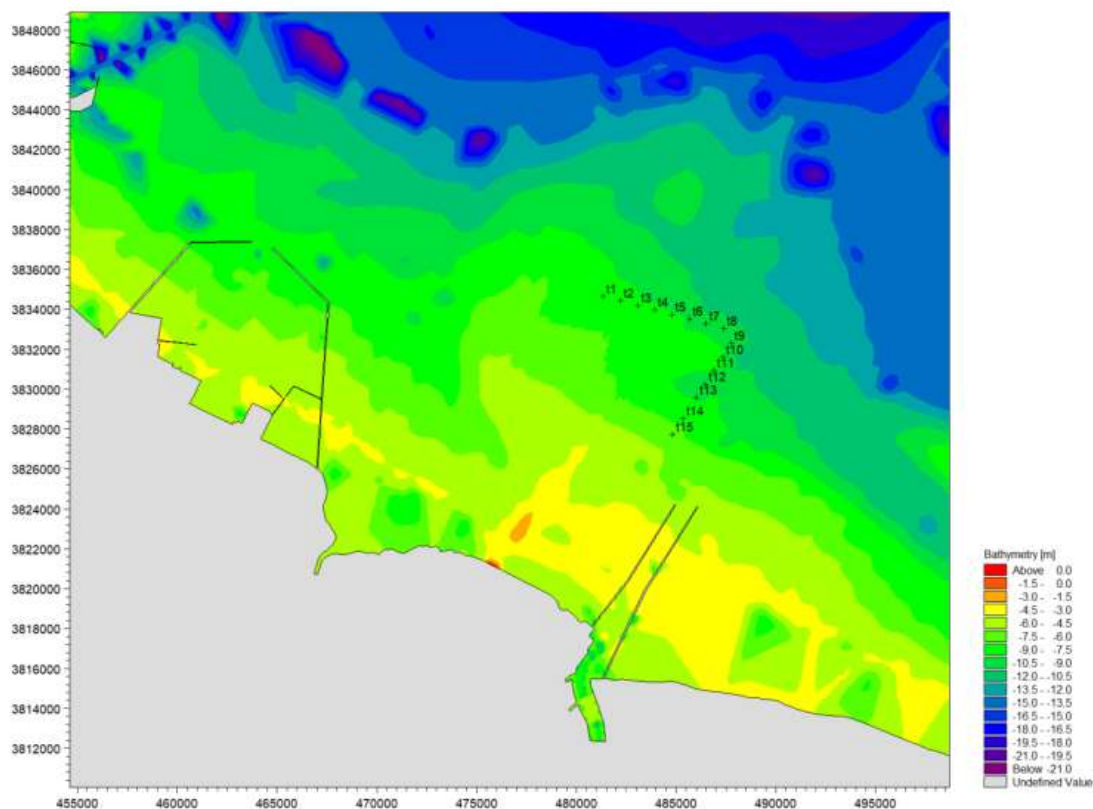


图 8.1-3 风电场场区水下地形图

### 8.1.1.4 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 2 个潮位开边界，1 个流量开边界，潮位开边界由大模型计算结果提供，流量边界给灌河口年平均径流量。

## 8.1.2 数学模型率定

为使建立的潮流模型能较好的模拟预测风电场区的潮流场，需对模型进行参数率定。采用 2022 年 2 月在风电场附近区域开展的水文测验的潮流实测数据和实测潮位对模型进行率定验证。水文测验站位示意图见图 8.1-4，潮位和流速、流向率定验证结果见附件 4。



江苏北部连云港海域以旋转流为主。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连云港海域及风电场区潮流流态及潮汐特征，可用于工程水文动力影响的预测。

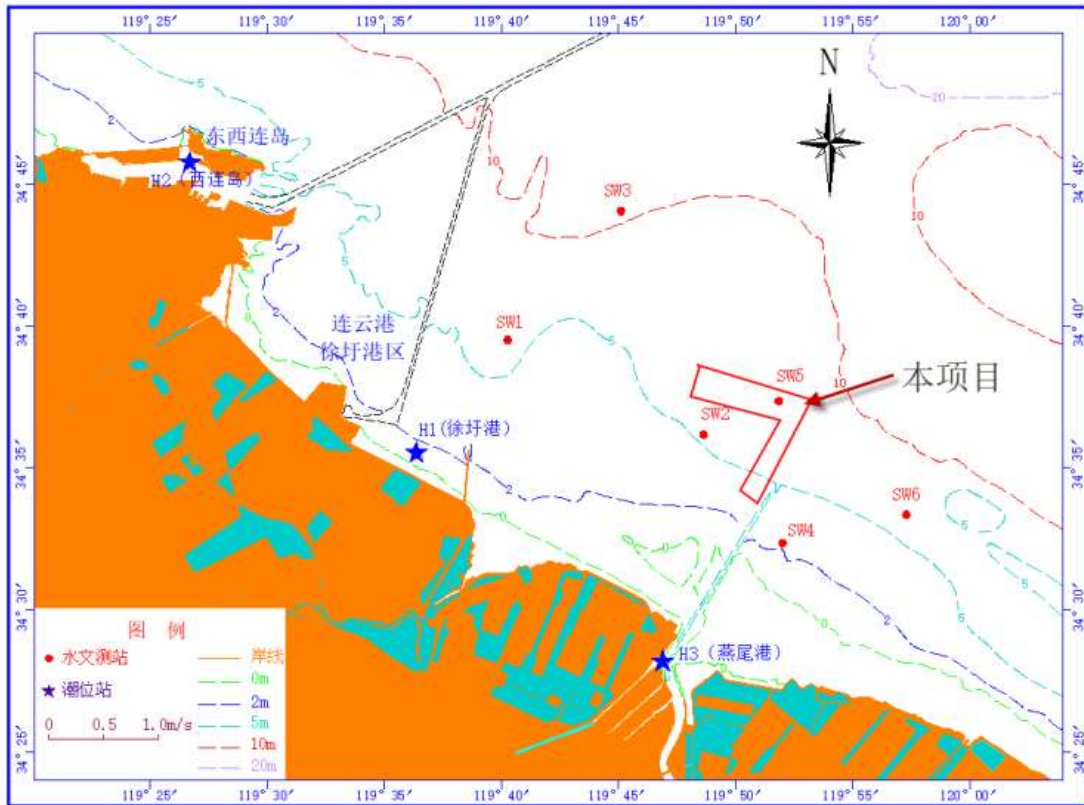


图 8.1-4 水文测验站位置示意图

### 8.1.3 现状潮流场分析

本工程在一期工程后建设，将一期工程建设后作为工程前工况。采用小模型大潮工况分别计算本工程建设前的海域潮流场，模型计算边界由大模型提供，并绘出了小模型大潮涨、落急流场图，见图 8.1-5 和图 8.1-6，风电场区域局部放大大潮涨、落急流场图，见图 8.1-7 和图 8.1-10。根据实测潮流和潮位数据，场区最大流速基本出现在高低平潮前后，而转流时刻则大致在半潮面附近，此时流速最小，因此风电场区潮波性质为前进波。根据计算得到的大潮涨落急流场图可看出，模型计算结果与该结论一致，涨落急时刻发生在高低平潮前后。

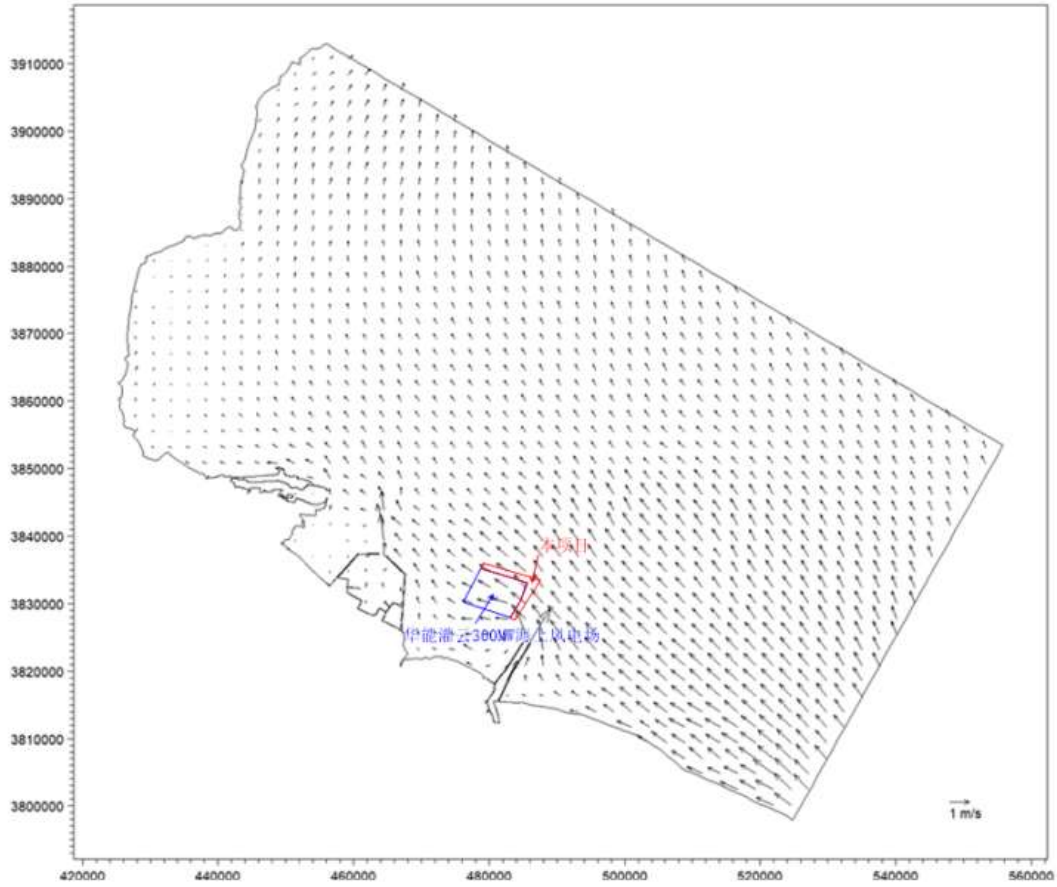


图 8.1-5 小模型大潮涨急流场图





图 8.1-6 小模型大潮落急流场图

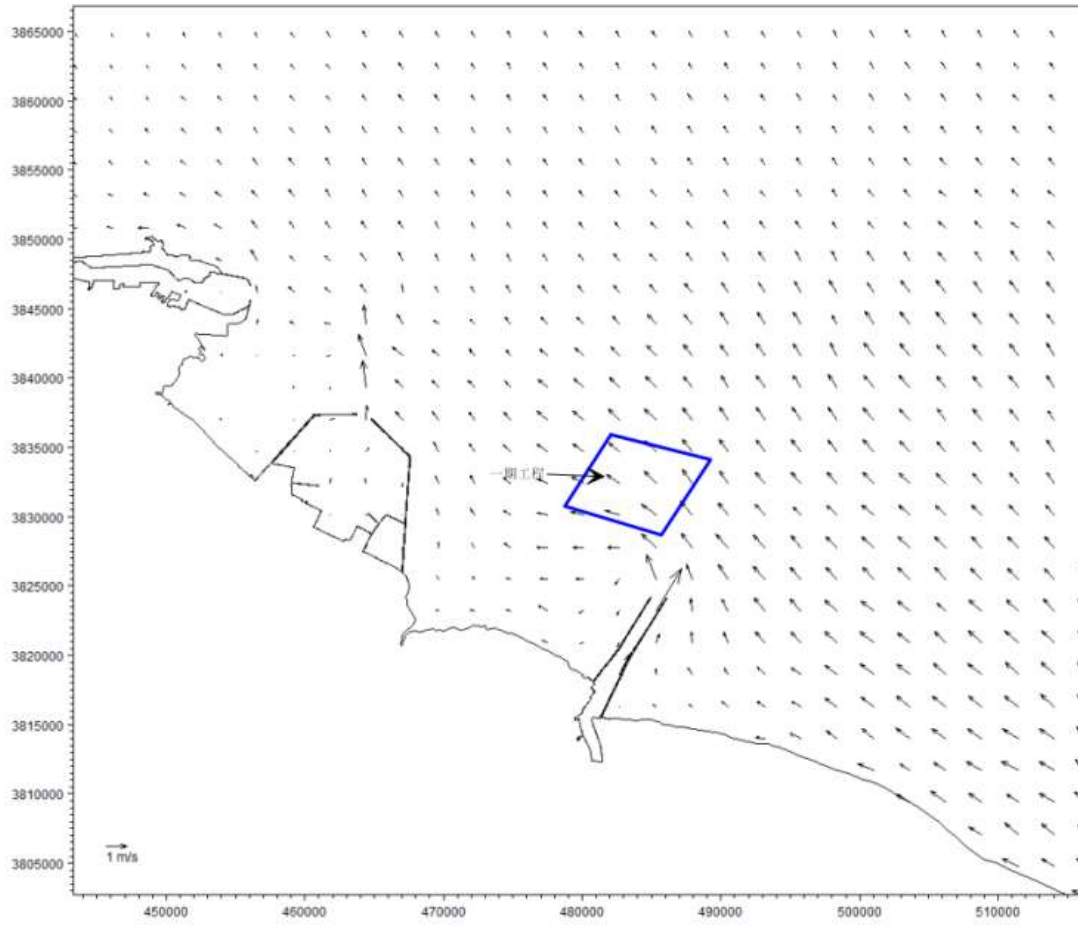


图 8.1-7 风电场海域涨潮流场图（工程前大潮涨急）



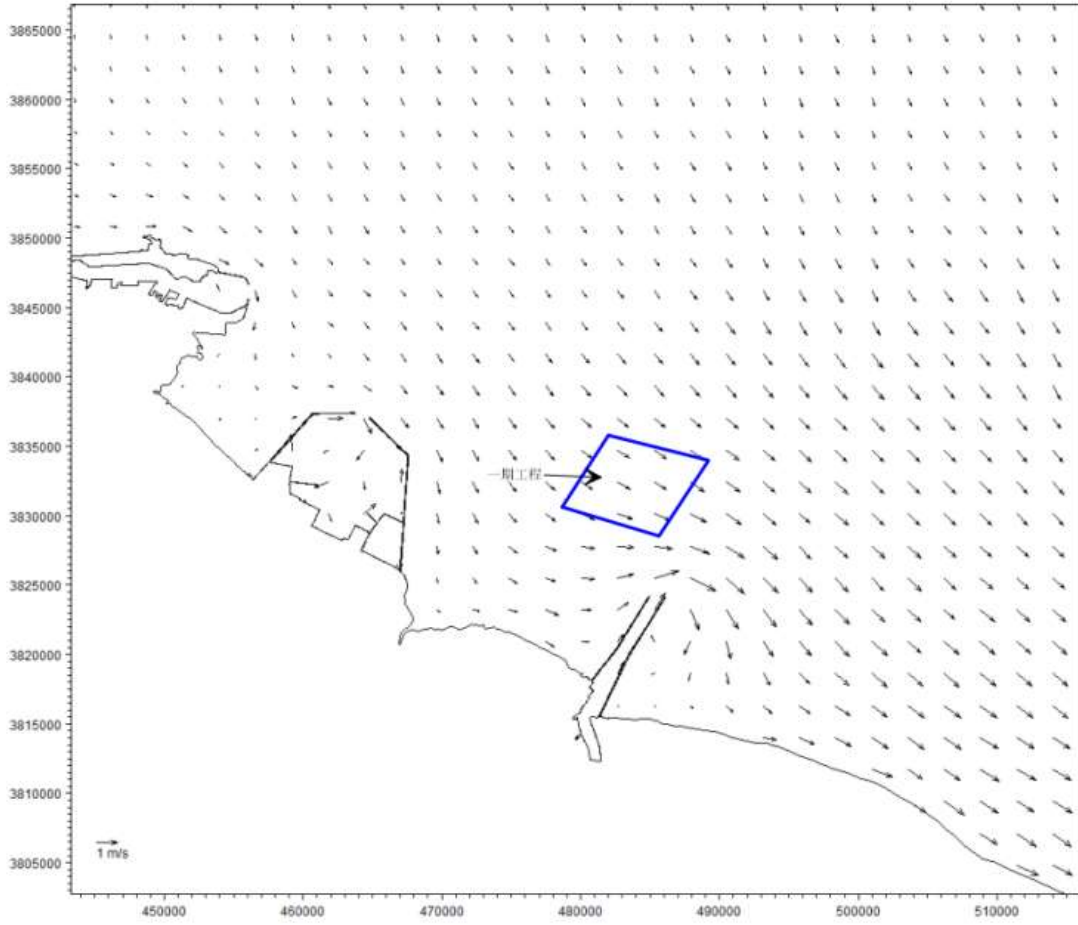


图 8.1-8 风电场海域落潮流场图（工程前大潮落急）

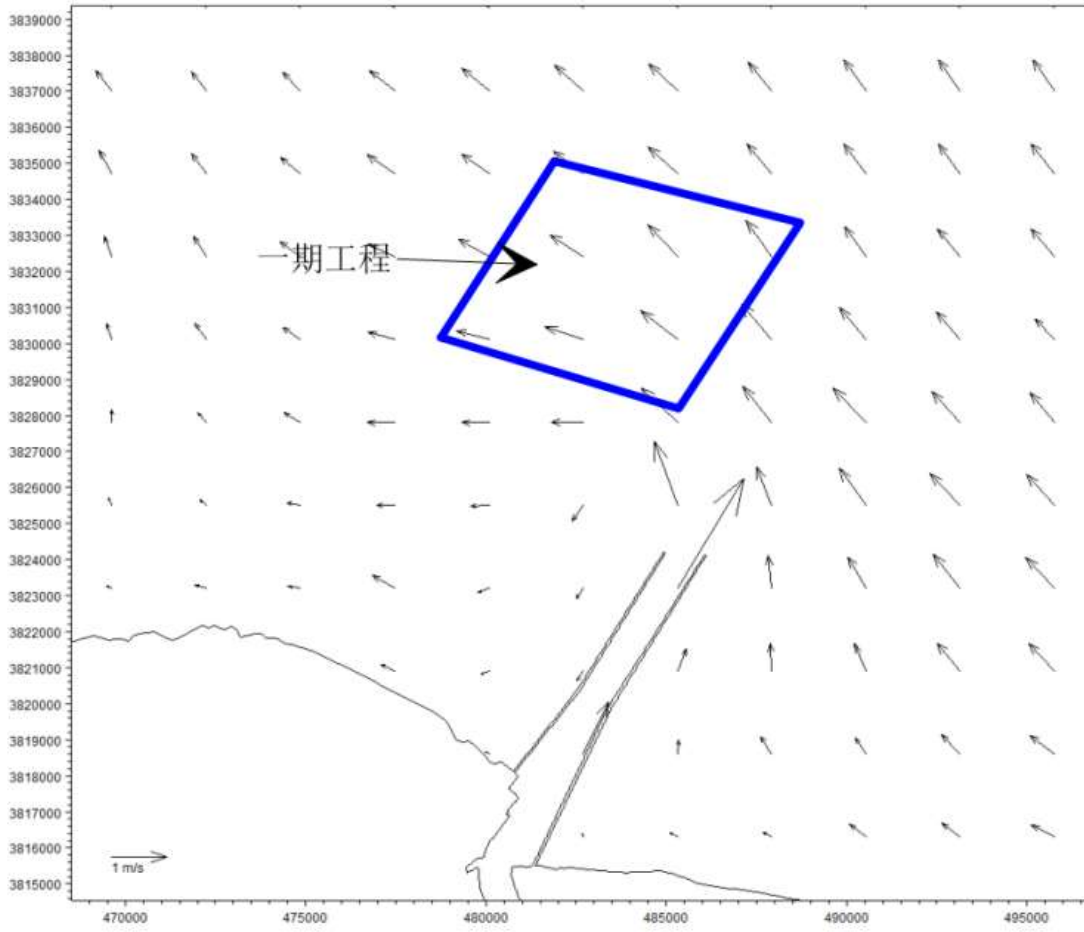


图 8.1-9 风电场海域涨潮流场图（工程前大潮涨急）



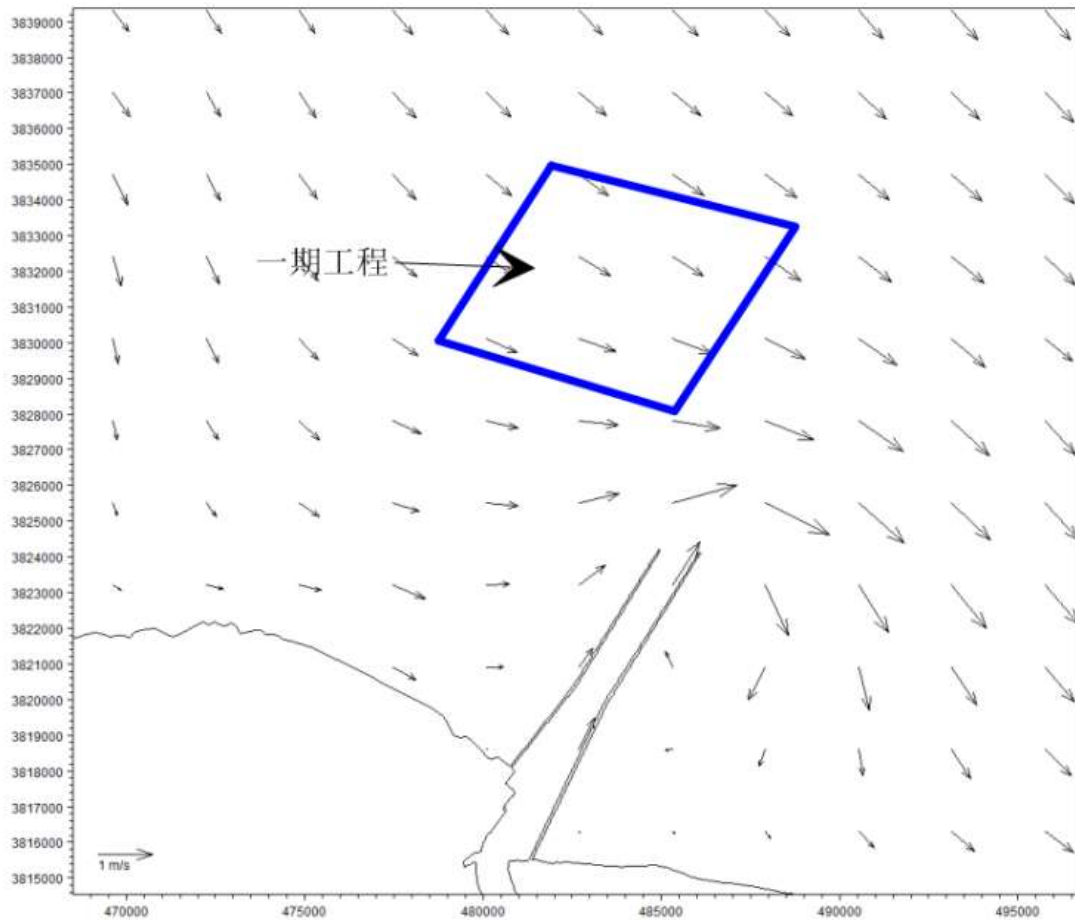


图 8.1-10 风电场海域落潮流场图（工程前大潮落急）

由上述图件可以看出：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，潮流自外海向弼港聚集；落潮时，潮流以弼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旋转流形态，涨急流向基本在 $280^{\circ}\sim 300^{\circ}$ 之间，落急流向基本在 $80^{\circ}\sim 130^{\circ}$ 之间。工程海域潮流流速总体不大，涨落急流速在 $0.6\text{m/s}\sim 1.0\text{m/s}$ 之间。

#### 8.1.4 工程后潮流场分析

采用大潮工况计算了风电场实施后的潮流场，并绘出了大潮涨、落急流场图，详见图8.1-11和图8.1-12，工程前后风电场附近海域大潮涨落急流场对比图见图8.1-13和图8.1-14。

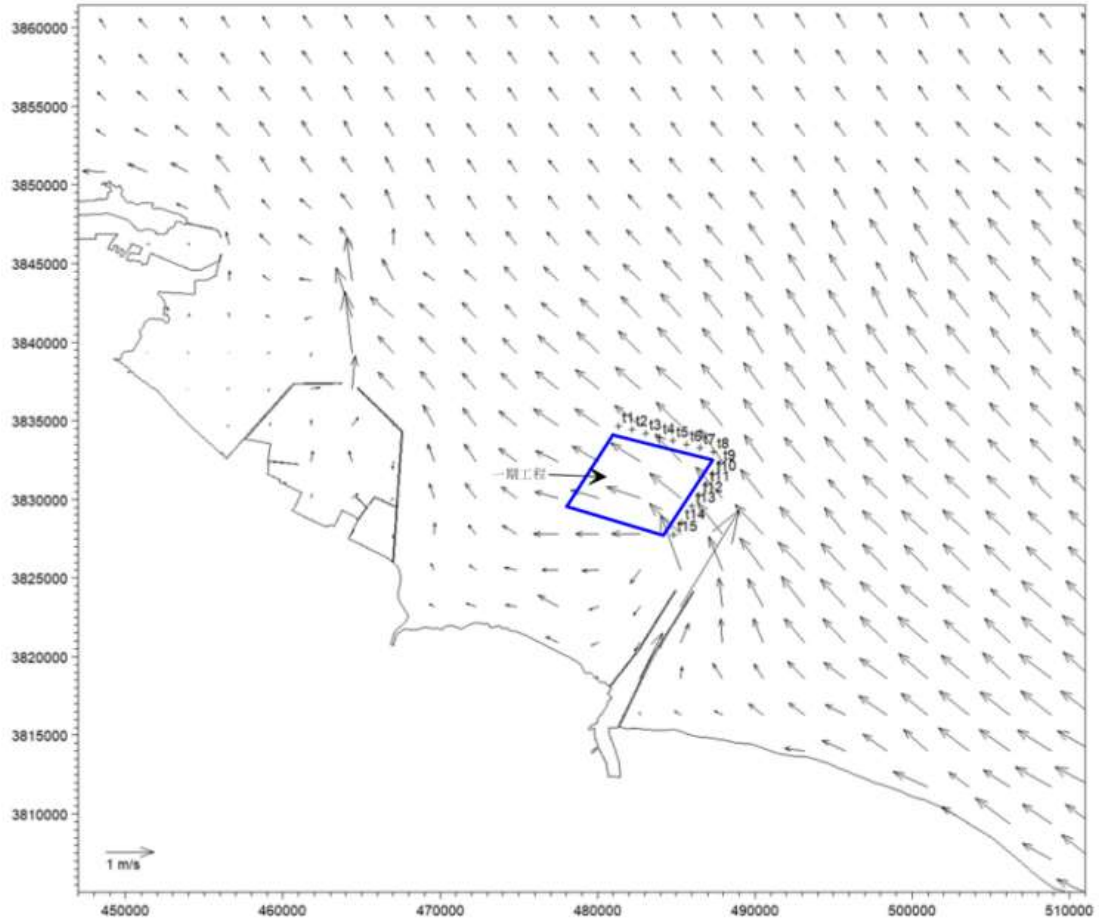


图 8.1-11 风电场海域涨潮流场图（工程后大潮涨急）



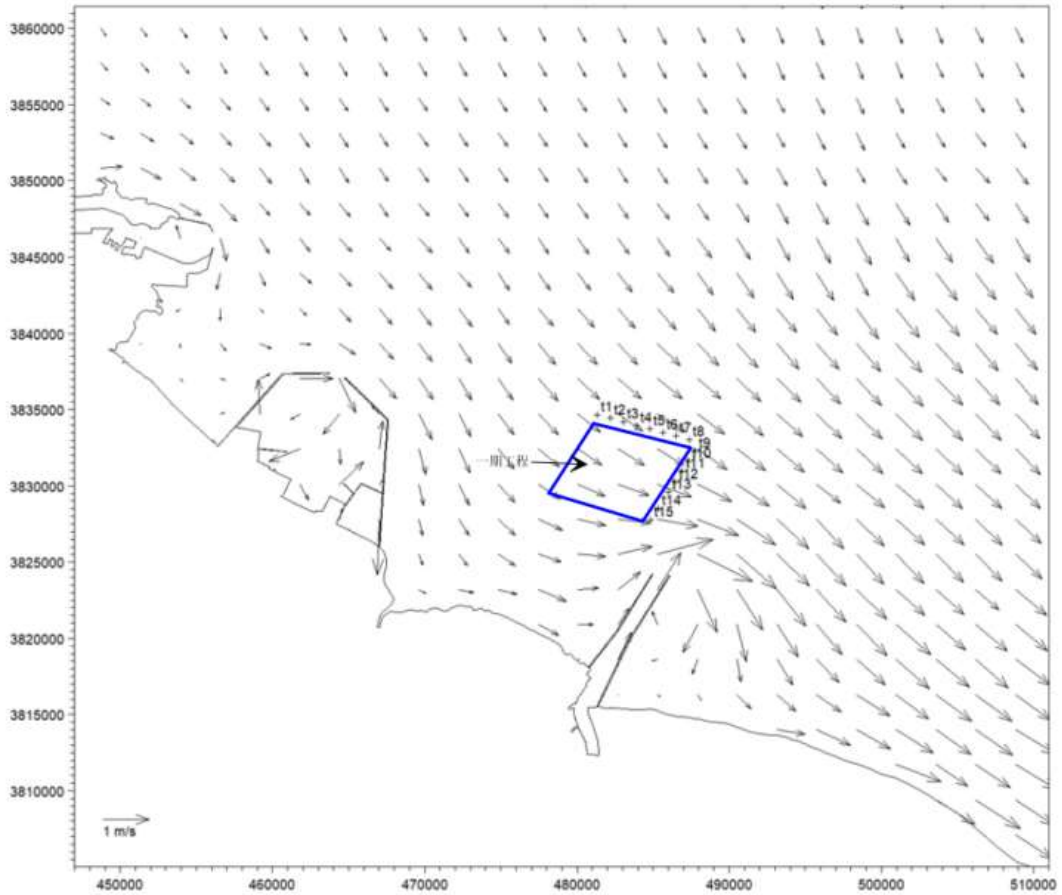


图 8.1-12 风电场海域落潮流场图（工程后大潮落急）

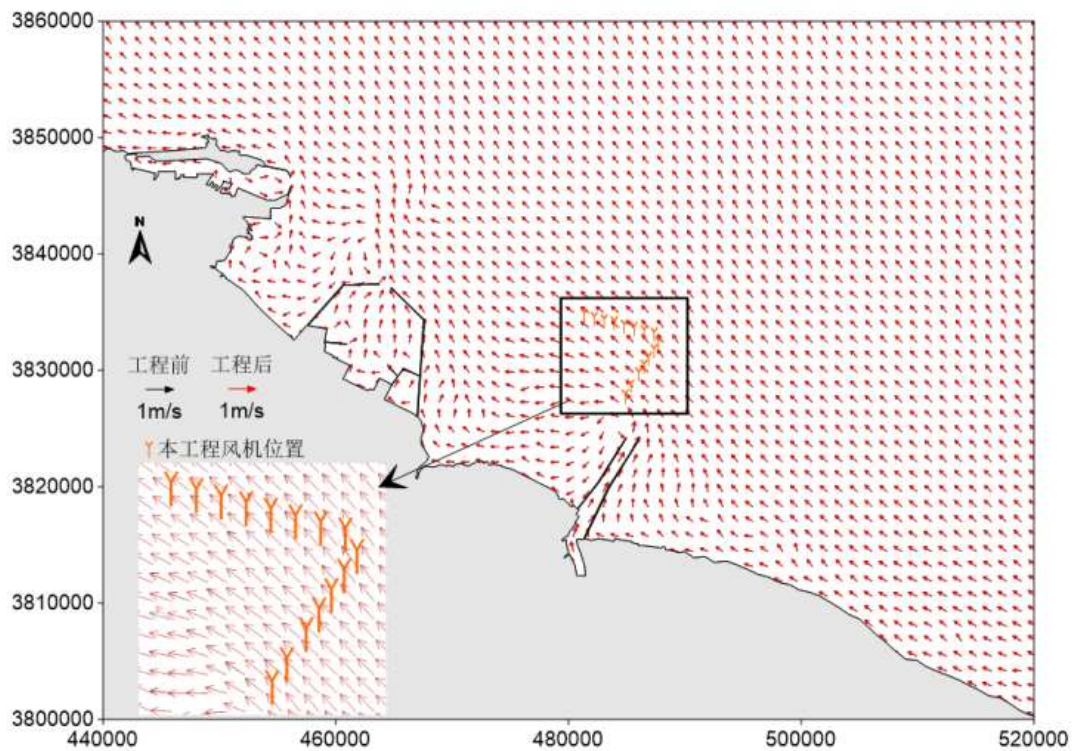


图 8.1-13 工程前后风电场海域大潮涨急流场对比图

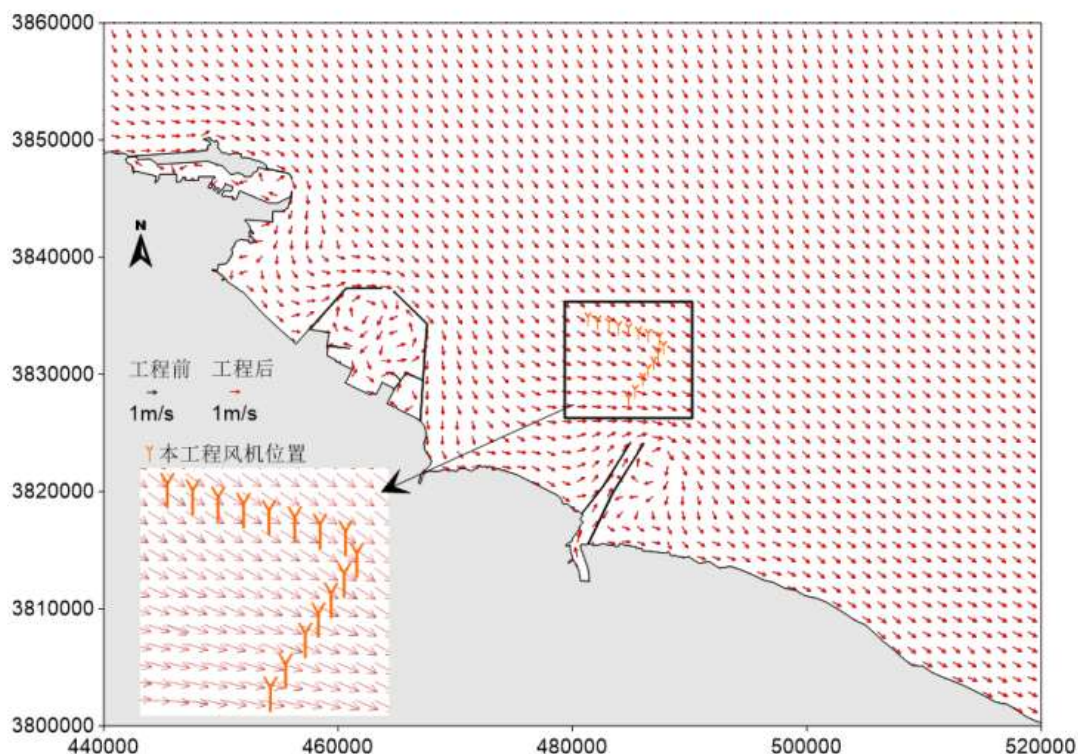


图 8.1-14 工程前后风电场海域大潮落急流场对比图

从潮流场图可以看出，风电场建成后工程海域的涨、落潮流流态和工程前相比没有明显变化，只对工程风机位置附近海域流场略有影响，风电场建设对工程海域的潮流场不会产生显著变化。

### 8.1.5 本工程建设对海域潮流动力的影响

#### 8.1.5.1 对海域潮流动力的影响

工程建设后，由于桩基的存在，会导致局部流态的改变，即受桩基阻水绕流作用的影响，桩基周围的流速会发生一定的变化。

根据数模计算结果，提取工程建设前后大潮期间涨急与落急流速，并用工程后涨、落急流速减去工程前涨、落急流速，得到工程建设前后涨落急流速变化图，分别见图 8.1-15~图 8.1-16。由图可见，由于桩基的阻水作用，桩基来流方向上均出现一定的流速减小区域，且桩基背流面流速减小值大于迎流面流速减小值，而垂直于涨落急方向（风机基础两侧）流速有所增大。

涨急时，流速减幅大于 0.05m/s 的范围，迎水面基本为桩前 0~50m 左右，背水面范围则相对较大，但大部分出现在桩后 0~400m 附近，大潮涨急流速减幅大于 0.01m/s 的范围主要集中在桩迎水面 200m 和背水面 2km 范围内。落急时，



流速减幅大于 0.05m/s 的范围较涨急时小，迎水面基本为桩前 0~40m 左右，背水面范围出现在桩后 0~200m 附近，大潮落急流速减幅大于 0.01m/s 的范围较涨急时大，主要集中在桩背水面 1km 和迎水面 150m 范围内。

涨急时，流速增幅大于 0.05m/s 的范围主要集中在桩基两侧 30m 范围内，涨急流速增幅大于 0.01m/s 的范围主要集中在垂直于风机基础涨落急潮流方向 150m 范围内。落急时，增幅大于 0.05m/s 的范围主要集中在桩基两侧 30m 范围内，落急流速增幅大于 0.01m/s 的范围主要集中在垂直于风机基础涨落急潮流方向 200m 范围内。

本工程 15 台风机中 s1~s8 风机走向基本与涨落急潮流方向相同，在涨急落急时刻，形成群桩阻水效应，桩基之间流速影响范围存在叠加，但是叠加部分仅在流速减幅 0.1m/s 范围以内。涨急时，s1 为迎水面最后一台风机，受 s2~s8 风机的叠加阻水影响，s1 风机背水面流速减幅影响范围增大，减幅大于 0.01m/s 的范围在背水面 3km 以内；落急时，s8 迎水面最后一台风机，减幅大于 0.01m/s 的范围在背水面 3km 以内。s9~s15 风机走向基本与涨落急潮流方向垂直，涨急时，风机桩基础之间流速影响范围无叠加，落急时，由于落急流向与风机走向非完全垂直，存在一定夹角，风机桩基基础之间流速增幅 0.02m/s 以内范围存在叠加。

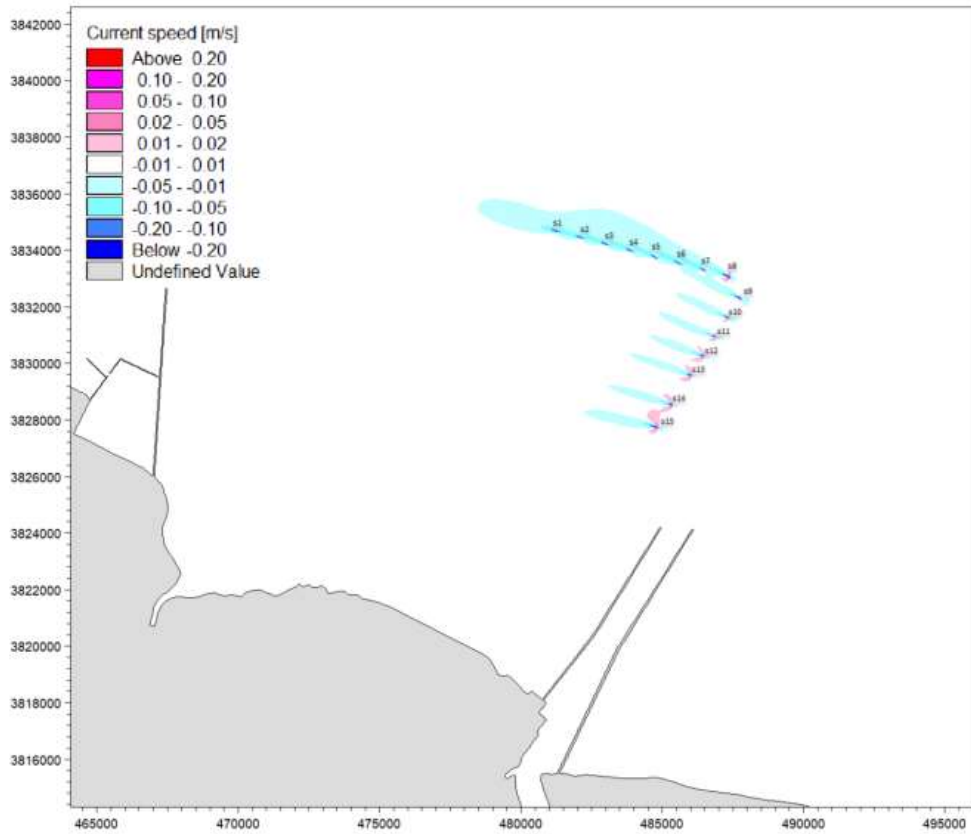


图 8.1-15 风电场建成前后工程海域涨急流速差值图

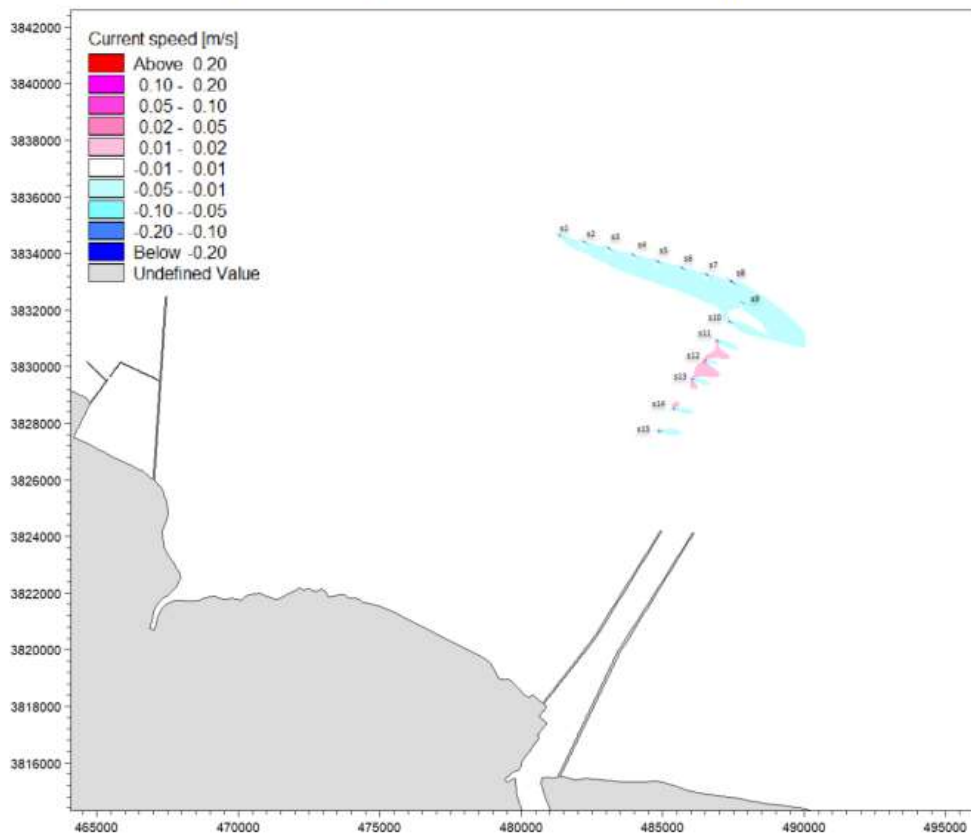


图 8.1-16 风电场建成前后工程海域落急流速差值图



根据前述章节对工程前后潮流变化分析，本风电场工程建设对潮流的影响主要集中在风机基础的迎水面、背水面和垂直于风机基础涨落急潮流方向 200m 范围内，为定量分析风电场工程前后对附近海域潮流场的影响，在风机迎水面、背水面和垂直于风机基础涨落急潮流方向 200m 范围内选取 49 个特征点分析风机基础附近潮流变化，在距离工程较远处选取 11 个特征点以分析大范围海域潮流变化，点位及编号见图 8.1-17，以分析工程前后的潮位和流速变化情况。

表 8.1-1~表 8.1-4 比较了各典型代表点工程前后的大潮涨落急流速的变化，其中，流速变率被定义为：

$$\text{变率} = \frac{(\text{工程后流速} - \text{工程前流速})}{\text{工程前流速}} \times 100\%$$

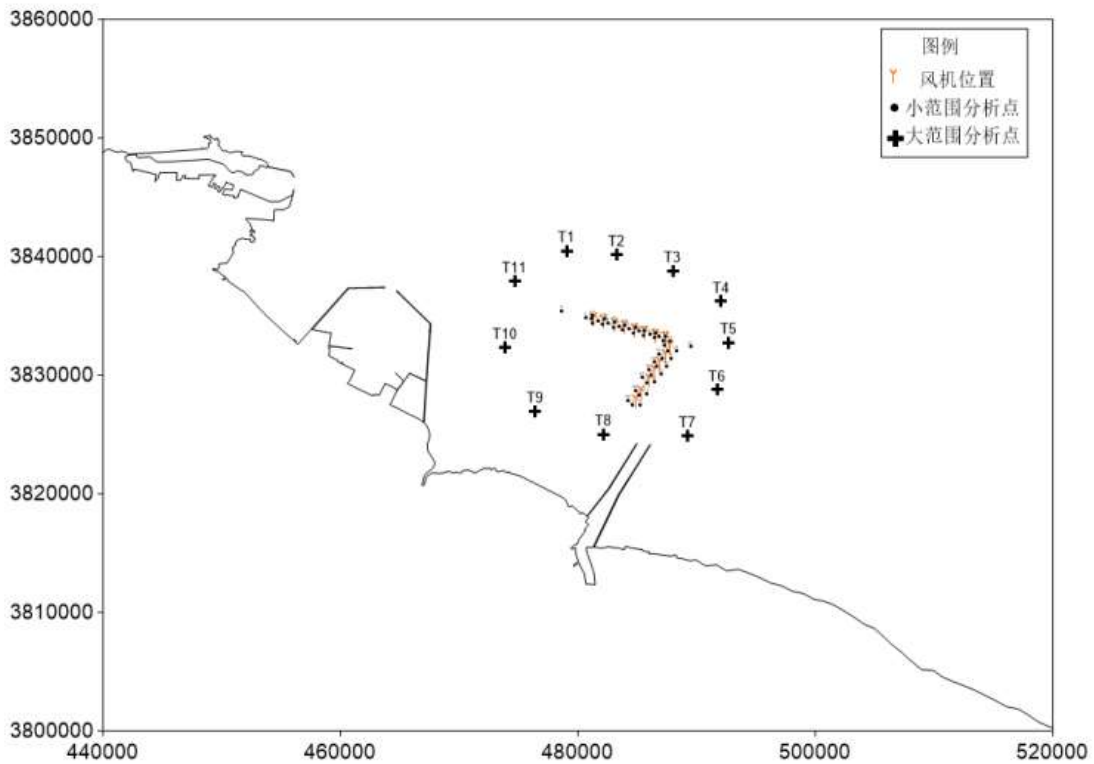


图 8.1-17 工程前后工程附近潮流流速比较分析点（大范围）

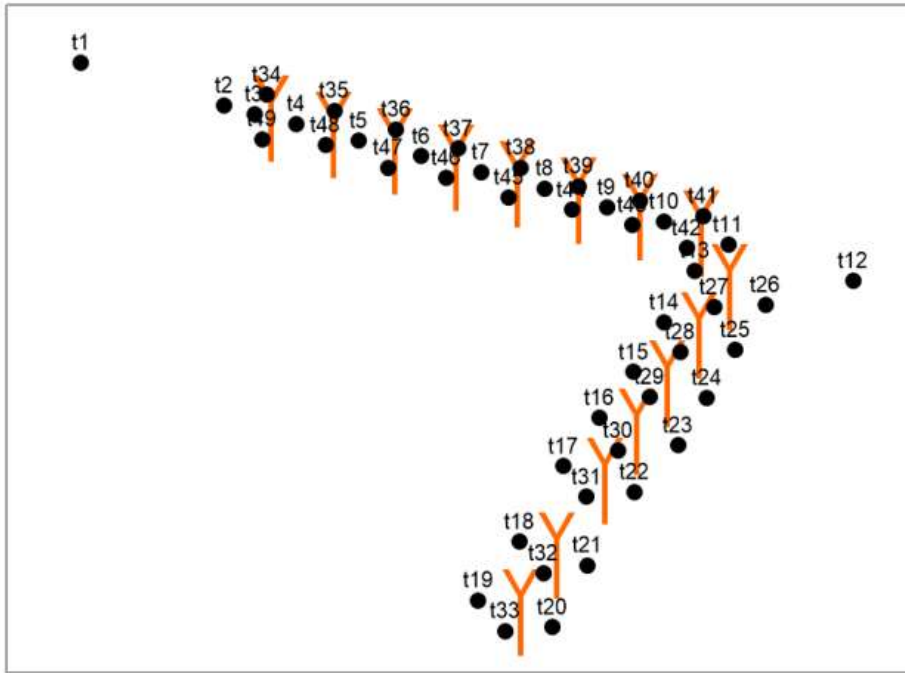


图 8.1-18 工程前后工程附近潮流流速比较分析点（小范围）

表 8.1-1 工程前后工程区附近海域大潮涨急流速变化

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(°)		
t1	0.747	281.7	0.735	281.6	-1.6%	-0.1
t2	0.747	285.1	0.697	285.0	-6.7%	-0.1
t3	0.775	286.2	0.677	286.3	-12.6%	0.1
t4	0.798	288.1	0.731	288.1	-8.4%	0.0
t5	0.839	290.4	0.774	290.7	-7.7%	0.3
t6	0.860	292.6	0.796	293.2	-7.5%	0.6
t7	0.880	293.9	0.832	294.4	-5.5%	0.5
t8	0.918	295.8	0.859	296.2	-6.5%	0.4
t9	0.934	295.9	0.890	296.3	-4.8%	0.4
t10	0.951	297.9	0.926	298.6	-2.6%	0.7
t11	0.967	299.3	0.961	299.7	-0.6%	0.5
t12	0.907	300.2	0.905	300.4	-0.2%	0.2
t13	0.964	298.2	0.916	298.2	-4.9%	-0.1
t14	0.975	295.6	0.932	295.8	-4.4%	0.1
t15	0.982	293.0	0.940	293.3	-4.3%	0.3
t16	0.976	290.6	0.926	290.8	-5.1%	0.2
t17	0.948	289.5	0.912	289.7	-3.8%	0.3
t18	0.921	287.6	0.875	287.9	-5.1%	0.3



t19	0.908	282.2	0.853	282.0	-6.1%	-0.2
t20	0.888	290.3	0.886	290.1	-0.3%	-0.2
t21	0.920	293.0	0.917	293.0	-0.3%	-0.1
t22	0.974	293.0	0.971	292.8	-0.3%	-0.2
t23	0.961	292.4	0.958	292.3	-0.4%	-0.1
t24	0.937	292.8	0.932	292.7	-0.5%	-0.1
t25	0.938	296.0	0.932	296.0	-0.7%	0.0
t26	0.899	299.6	0.892	299.8	-0.8%	0.2
t27	0.993	297.7	0.995	297.8	0.2%	0.0
t28	1.000	294.8	1.006	294.9	0.6%	0.1
t29	0.992	291.8	1.001	291.9	0.9%	0.1
t30	0.963	290.9	0.971	291.0	0.9%	0.1
t31	0.951	290.8	0.962	290.7	1.1%	0.0
t32	0.903	289.9	0.912	289.8	1.1%	-0.1
t33	0.902	286.1	0.910	285.6	0.9%	-0.4
t34	0.789	287.2	0.773	287.0	-2.1%	-0.2
t35	0.840	289.6	0.816	289.6	-2.9%	0.0
t36	0.872	291.4	0.844	291.5	-3.2%	0.1
t37	0.898	294.2	0.864	294.6	-3.8%	0.3
t38	0.913	295.1	0.868	295.5	-5.0%	0.4
t39	0.944	296.2	0.897	296.7	-4.9%	0.5
t40	0.937	297.7	0.900	298.3	-3.9%	0.6
t41	0.939	298.3	0.948	299.0	0.9%	0.8
t42	0.968	298.0	0.972	297.5	0.4%	-0.4
t43	0.944	296.7	0.943	296.4	-0.2%	-0.3
t44	0.922	296.1	0.918	295.6	-0.4%	-0.4
t45	0.899	294.7	0.903	294.4	0.4%	-0.3
t46	0.881	293.4	0.883	293.2	0.2%	-0.2
t47	0.841	291.2	0.842	290.8	0.2%	-0.4
t48	0.813	289.2	0.815	288.9	0.2%	-0.4
t49	0.780	286.5	0.783	286.2	0.4%	-0.3

表 8.1-2 工程前后工程区附近海域大潮落急流速变化

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(°)		
t1	0.647	131.7	0.646	131.7	-0.1%	0.0
t2	0.627	126.9	0.625	127.1	-0.3%	0.2
t3	0.648	126.0	0.643	126.3	-0.7%	0.4
t4	0.659	124.8	0.651	125.1	-1.2%	0.3
t5	0.685	123.3	0.677	123.9	-1.1%	0.6

t6	0.704	122.7	0.701	122.9	-0.4%	0.2
t7	0.729	122.2	0.721	122.7	-1.1%	0.6
t8	0.760	121.6	0.752	122.0	-1.2%	0.3
t9	0.769	120.9	0.755	121.2	-1.9%	0.3
t10	0.793	121.6	0.777	121.8	-2.0%	0.2
t11	0.829	122.5	0.804	122.5	-3.1%	0.0
t12	0.822	124.1	0.824	124.1	0.2%	0.1
t13	0.812	121.2	0.791	121.2	-2.5%	0.0
t14	0.772	118.5	0.765	118.4	-0.9%	-0.1
t15	0.795	114.9	0.792	114.9	-0.3%	0.0
t16	0.808	111.0	0.813	110.9	0.6%	-0.1
t17	0.814	107.0	0.819	107.0	0.7%	0.0
t18	0.817	101.2	0.819	101.0	0.2%	-0.2
t19	0.783	94.5	0.782	94.5	-0.1%	0.0
t20	0.864	92.3	0.867	92.4	0.3%	0.1
t21	0.880	101.7	0.858	101.9	-2.5%	0.1
t22	0.886	107.8	0.863	107.9	-2.6%	0.1
t23	0.852	111.1	0.842	111.1	-1.1%	-0.1
t24	0.796	114.0	0.781	114.1	-1.9%	0.0
t25	0.797	119.0	0.779	119.1	-2.2%	0.1
t26	0.790	121.8	0.758	121.8	-4.0%	-0.1
t27	0.834	120.4	0.824	120.2	-1.2%	-0.2
t28	0.813	117.0	0.811	117.0	-0.2%	0.0
t29	0.792	113.0	0.795	113.1	0.4%	0.1
t30	0.823	109.1	0.833	109.0	1.3%	0.0
t31	0.843	106.1	0.848	106.3	0.7%	0.2
t32	0.826	99.6	0.826	99.7	0.0%	0.1
t33	0.791	91.4	0.791	91.7	0.0%	0.3
t34	0.647	126.2	0.643	126.1	-0.6%	0.0
t35	0.677	124.3	0.674	124.1	-0.4%	-0.2
t36	0.691	123.2	0.689	122.9	-0.3%	-0.2
t37	0.736	123.0	0.734	122.8	-0.3%	-0.2
t38	0.746	121.6	0.744	121.3	-0.2%	-0.3
t39	0.761	121.3	0.759	120.9	-0.3%	-0.4
t40	0.783	122.1	0.780	121.8	-0.3%	-0.3
t41	0.802	122.4	0.801	121.9	-0.1%	-0.5
t42	0.806	121.6	0.779	122.0	-3.3%	0.4
t43	0.779	120.8	0.764	121.7	-2.0%	1.0
t44	0.761	121.1	0.743	122.0	-2.4%	0.9
t45	0.736	121.3	0.715	122.2	-2.8%	0.9
t46	0.719	122.0	0.700	123.0	-2.6%	1.0



t47	0.696	122.5	0.680	123.2	-2.3%	0.7
t48	0.673	123.8	0.661	124.6	-1.7%	0.8
t49	0.645	124.9	0.647	125.3	0.3%	0.4

表 8.1-3 工程前后大范围海域大潮涨急流速变化

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(°)		
T1	0.727	284.4	0.727	284.2	0.1%	-0.2
T2	0.822	295.9	0.824	295.7	0.3%	-0.2
T3	0.872	300.9	0.875	301.0	0.3%	0.0
T4	0.965	304.1	0.965	304.1	0.1%	0.1
T5	0.960	301.2	0.959	301.3	-0.1%	0.1
T6	0.927	301.7	0.926	301.8	-0.1%	0.0
T7	0.633	308.0	0.632	307.9	-0.1%	0.0
T8	0.654	216.6	0.656	216.8	0.3%	0.3
T9	0.426	231.2	0.426	231.3	0.0%	0.1
T10	0.386	244.9	0.386	244.8	-0.1%	0.0
T11	0.502	264.1	0.502	264.0	-0.1%	-0.1

表 8.1-4 工程前后大范围海域大潮落急流速变化

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(°)		
T1	0.581	132.5	0.581	132.5	0.0%	0.0
T2	0.642	134.4	0.642	134.4	0.0%	0.0
T3	0.684	134.0	0.684	134.0	0.0%	-0.1
T4	0.786	131.1	0.787	131.1	0.1%	0.0
T5	0.849	127.4	0.850	127.4	0.1%	0.0
T6	0.947	124.8	0.943	124.7	-0.4%	-0.1
T7	1.208	124.8	1.209	124.7	0.1%	-0.1
T8	0.646	75.5	0.647	75.5	0.1%	0.0
T9	0.453	115.4	0.453	115.4	0.0%	0.0
T10	0.451	143.5	0.450	143.5	0.0%	0.0
T11	0.480	138.5	0.480	138.5	-0.1%	0.0

从表 8.1-1~表 8.1-2 可见，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，风电场内涨急时流速变率较大点为位于邻近风机桩基础的 t2、t3、t4、t5、t6、t7、t8、t16、t19，最大流速减小变率为 12.6%，最大流速增大变率为 1.1%，分别位

于风机基础背水面和风机基础两侧；落急时流速变率较大点为位于邻近风机桩基础的 t11、t26、t42，最大流速减小变率为 4%，最大流速增大变率为 1.3%，分别位于风机基础背水面和风机基础两侧。工程区内流向最大变化幅度为 1°。

从表 8.1-3~表 8.1-4 可见，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，工程区周边的 T1~T11 点涨急流速变率最大为 0.3%，流向变化幅度不超过 0.3°；落急流速变率最大为 0.4%，流向变化幅度不超过 0.1°。

综上，本工程建设对桩基附近水域流速影响较小，工程前后风电场内部以流速减小为主，风机基础附近处流速变幅较大。

### 8.1.5.2 对海域潮汐特征的影响

工程前后各分析点潮位变化见表 8.1-5。

表 8.1-5 工程前后工程区附近及周边海域大潮高、低潮位比较

点 位	高潮位 (m)			低潮位(m)			潮差(m)		
	工程 前	工程 后	差值	工程 前	工程 后	差值	工程 前	工程 后	差值
t1	1.756	1.756	0.000	-1.960	-1.960	0.000	3.717	3.717	0.000
t2	1.747	1.747	0.000	-1.932	-1.932	0.000	3.679	3.679	0.001
t3	1.744	1.744	0.000	-1.928	-1.928	0.000	3.672	3.672	0.001
t4	1.739	1.739	0.000	-1.921	-1.922	0.000	3.661	3.661	0.000
t5	1.732	1.732	0.000	-1.911	-1.911	0.000	3.643	3.643	0.000
t6	1.725	1.726	0.000	-1.900	-1.900	0.000	3.625	3.626	0.000
t7	1.719	1.719	0.000	-1.889	-1.889	0.000	3.608	3.608	0.000
t8	1.710	1.710	0.000	-1.878	-1.878	0.000	3.588	3.588	0.000
t9	1.702	1.702	0.000	-1.867	-1.867	0.000	3.568	3.568	0.000
t10	1.693	1.693	0.000	-1.856	-1.856	0.000	3.549	3.550	0.000
t11	1.683	1.683	0.000	-1.843	-1.843	0.000	3.526	3.526	0.000
t12	1.664	1.664	0.000	-1.815	-1.815	0.000	3.479	3.479	0.000
t13	1.690	1.690	0.000	-1.849	-1.849	0.000	3.538	3.538	0.000
t14	1.698	1.698	0.000	-1.851	-1.851	0.000	3.550	3.550	0.000
t15	1.707	1.707	0.000	-1.854	-1.854	0.000	3.561	3.561	0.000
t16	1.715	1.715	0.000	-1.859	-1.859	0.000	3.575	3.575	0.000
t17	1.725	1.725	0.000	-1.869	-1.869	0.000	3.594	3.594	0.000
t18	1.736	1.736	0.000	-1.887	-1.887	0.000	3.623	3.623	0.000
t19	1.744	1.745	0.000	-1.905	-1.905	0.000	3.650	3.650	0.000
t20	1.735	1.734	0.000	-1.884	-1.883	0.001	3.619	3.617	-0.002
t21	1.726	1.725	-0.001	-1.871	-1.870	0.001	3.597	3.596	-0.002



点 位	高潮位 (m)			低潮位(m)			潮差(m)		
	工程 前	工程 后	差值	工程 前	工程 后	差值	工程 前	工程 后	差值
t22	1.713	1.712	-0.001	-1.855	-1.855	0.001	3.569	3.567	-0.002
t23	1.704	1.703	-0.001	-1.842	-1.841	0.001	3.547	3.545	-0.002
t24	1.698	1.698	-0.001	-1.833	-1.832	0.001	3.531	3.530	-0.001
t25	1.690	1.689	-0.001	-1.832	-1.832	0.001	3.522	3.521	-0.001
t26	1.684	1.683	-0.001	-1.829	-1.829	0.000	3.513	3.512	-0.001
t27	1.688	1.688	0.000	-1.844	-1.844	0.000	3.532	3.532	0.000
t28	1.697	1.696	0.000	-1.847	-1.847	0.000	3.544	3.544	-0.001
t29	1.706	1.705	0.000	-1.849	-1.848	0.000	3.554	3.554	-0.001
t30	1.715	1.715	0.000	-1.855	-1.855	0.000	3.570	3.570	0.000
t31	1.723	1.722	0.000	-1.866	-1.866	0.000	3.589	3.588	-0.001
t32	1.734	1.734	0.000	-1.885	-1.884	0.001	3.618	3.618	0.000
t33	1.743	1.743	0.000	-1.905	-1.904	0.001	3.648	3.647	0.000
t34	1.741	1.742	0.000	-1.927	-1.927	0.000	3.668	3.668	0.001
t35	1.734	1.734	0.000	-1.916	-1.916	0.000	3.650	3.650	0.001
t36	1.727	1.727	0.000	-1.905	-1.905	0.000	3.632	3.632	0.001
t37	1.720	1.720	0.000	-1.895	-1.895	0.000	3.614	3.615	0.001
t38	1.712	1.712	0.000	-1.883	-1.884	0.000	3.595	3.596	0.001
t39	1.704	1.704	0.000	-1.873	-1.873	-0.001	3.577	3.578	0.001
t40	1.696	1.696	0.000	-1.861	-1.862	-0.001	3.557	3.558	0.001
t41	1.687	1.687	0.000	-1.849	-1.849	-0.001	3.535	3.536	0.001
t42	1.690	1.690	0.000	-1.851	-1.851	0.000	3.541	3.541	0.000
t43	1.699	1.698	0.000	-1.861	-1.861	0.000	3.560	3.560	0.000
t44	1.707	1.707	0.000	-1.873	-1.872	0.000	3.580	3.580	-0.001
t45	1.716	1.715	0.000	-1.884	-1.884	0.000	3.600	3.600	0.000
t46	1.723	1.723	0.000	-1.896	-1.896	0.000	3.618	3.618	0.000
t47	1.730	1.730	0.000	-1.905	-1.905	0.000	3.636	3.635	0.000
t48	1.737	1.737	0.000	-1.917	-1.917	0.000	3.653	3.653	0.000
t49	1.744	1.744	0.000	-1.926	-1.927	0.000	3.670	3.671	0.000
T1	1.734	1.734	0.000	-1.956	-1.956	0.000	4.902	4.903	0.000
T2	1.698	1.698	0.000	-1.909	-1.909	0.000	4.959	4.960	0.000
T3	1.653	1.653	0.000	-1.843	-1.843	0.000	4.975	4.975	0.000
T4	1.613	1.613	0.000	-1.790	-1.790	0.000	4.958	4.958	0.000
T5	1.618	1.618	-0.001	-1.775	-1.775	0.000	4.953	4.953	0.000
T6	1.644	1.644	0.000	-1.775	-1.774	0.000	4.852	4.852	0.000
T7	1.657	1.657	0.000	-1.792	-1.792	0.000	4.740	4.740	0.000
T8	1.781	1.781	0.000	-1.961	-1.961	0.001	4.628	4.628	-0.001
T9	1.787	1.787	0.000	-2.017	-2.017	0.000	4.597	4.597	0.000

点 位	高潮位 (m)			低潮位(m)			潮差(m)		
	工程 前	工程 后	差值	工程 前	工程 后	差值	工程 前	工程 后	差值
T10	1.792	1.792	0.000	-2.008	-2.008	0.000	4.649	4.649	0.000
T11	1.781	1.781	0.000	-1.999	-1.999	0.000	4.762	4.763	0.000

由上表可以看出：风电场工程实施后，工程区大范围高低潮位及潮差基本没有变化，风机附近小范围内高低潮位变化幅度不超过 2mm，潮差变化幅度不超过 2mm，说明本工程的建设对工程及周围海域的潮位影响影响很小。

### 8.1.5.3 工程建设对海域周边敏感目标的影响

由 8.1.5.2 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灌河口港口航运区、徐圩港口航运区等，敏感区域与风电场位置示意图见图 8.1-19。根据模型计算，工程前后各敏感目标区域大潮涨落急流速变化情况见表 8.1-6 和表 8.1-7。

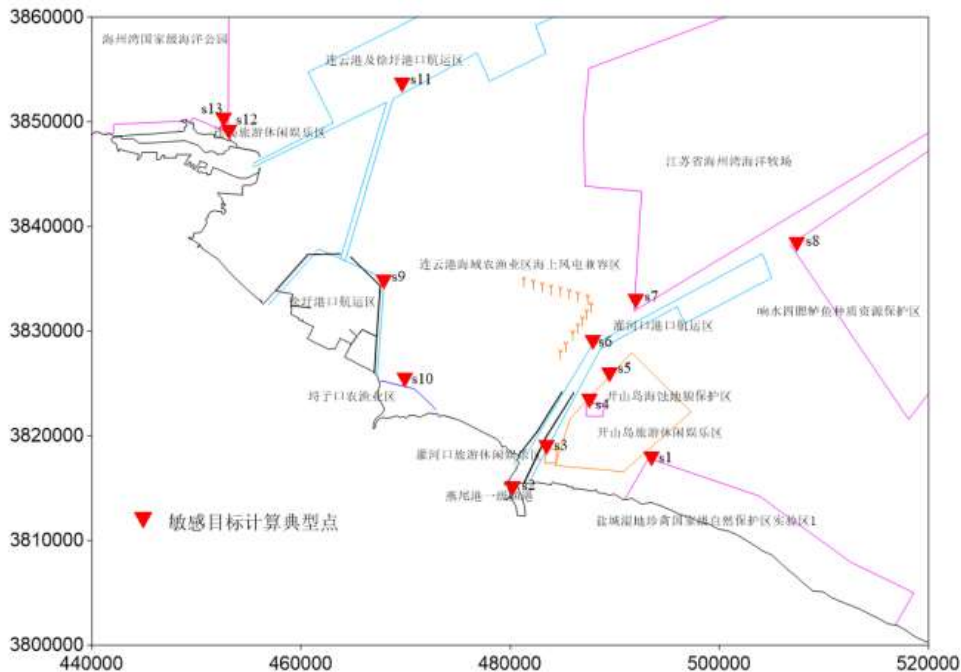


图 8.1-19 敏感目标计算典型点位置



表 8.1-6 工程前后敏感目标区域大潮涨急流速变化

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(°)		
盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1	s1	0.347	274.3	0.347	274.3	0.0%	0.0
燕尾港一级渔港	s2	1.617	344.3	1.617	344.3	0.0%	0.0
灌河口旅游休闲娱乐区	s3	0.045	317.2	0.045	317.1	-0.1%	0.0
开山岛海蚀地貌保护区	s4	0.359	318.7	0.359	318.7	-0.1%	0.0
开山岛旅游休闲娱乐区	s5	0.703	305.3	0.703	305.3	-0.1%	0.0
灌河口港口航运区	s6	0.885	297.4	0.883	297.3	-0.2%	-0.1
江苏省海州湾海洋牧场	s7	0.937	300.2	0.937	300.3	-0.1%	0.1
响水四腮鲈鱼种质资源保护区	s8	0.997	308.4	0.997	308.4	0.0%	0.0
徐圩港口航运区东堤外侧	s9	0.102	324.7	0.102	324.5	-0.0%	-0.2
埭子口农渔业区	s10	0.155	208.8	0.155	208.8	0.0%	0.0
连云港及徐圩港口航运区	s11	0.539	271.6	0.539	271.5	0.0%	0.0
连岛旅游休闲娱乐区	s12	0.295	291.0	0.295	291.0	-0.1%	0.0
海州湾国家级海洋公园	s13	0.436	287.1	0.436	287.1	0.0%	0.0

表 8.1-7 工程前后敏感目标区域大潮落急流速变化

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(°)		
盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1	s1	0.372	148.3	0.372	148.4	-0.1%	0.1
燕尾港一级渔港	s2	1.040	345.5	1.040	345.5	0.0%	0.0
灌河口旅游休闲娱乐区	s3	0.044	277.7	0.044	277.5	0.0%	-0.1
开山岛海蚀地貌保护区	s4	0.378	127.4	0.376	127.2	-0.4%	-0.1
开山岛旅游休闲娱乐区	s5	1.168	122.7	1.170	122.6	0.1%	-0.1
灌河口港口航运区	s6	0.916	110.1	0.917	110.0	0.1%	-0.1
江苏省海州湾海洋牧场	s7	0.855	126.1	0.856	126.2	0.1%	0.1
响水四腮鲈鱼种质资源保护区	s8	0.852	138.4	0.852	138.4	0.0%	0.0
徐圩港口航运区东堤外侧	s9	0.576	165.5	0.576	165.5	-0.1%	0.0
埭子口农渔业区	s10	0.155	144.0	0.155	144.0	-0.1%	0.0
连云港及徐圩港口航运区	s11	0.362	133.0	0.362	133.0	0.0%	0.0
连岛旅游休闲娱乐区	s12	0.440	117.6	0.440	117.6	0.0%	0.0
海州湾国家级海洋公园	s13	0.482	120.2	0.482	120.2	0.0%	0.0

根据模型计算结果，工程附近港口航运区受工程影响较小，其中距离最近的灌河口港口航运区堤坝附近区域涨急流速减幅 0.2%，落急流速增幅 0.1%；开山岛海蚀地貌保护区流速减小，最大变幅为 0.4%。其余敏感目标流速变幅均在 0.1% 以内。因此，工程对周边敏感目标的水文动力影响较小。

### 8.1.6 一期工程与本工程叠加潮流动力影响分析

一期工程已建成，为了更直观反映本工程与一期工程建成后对工程海域潮流动力的叠加影响，本工程与一期工程建成后涨落急流速差值分别见图 8.1-20 和图 8.1-21。

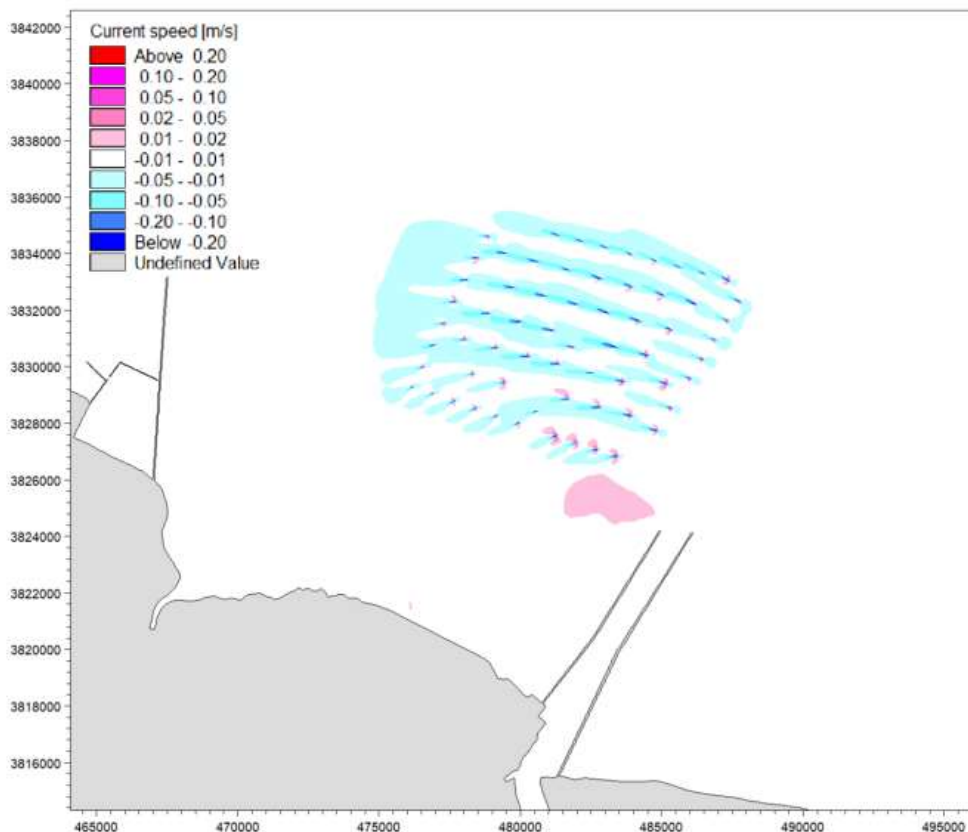


图 8.1-20 本工程与一期工程建成后工程海域涨急流速差



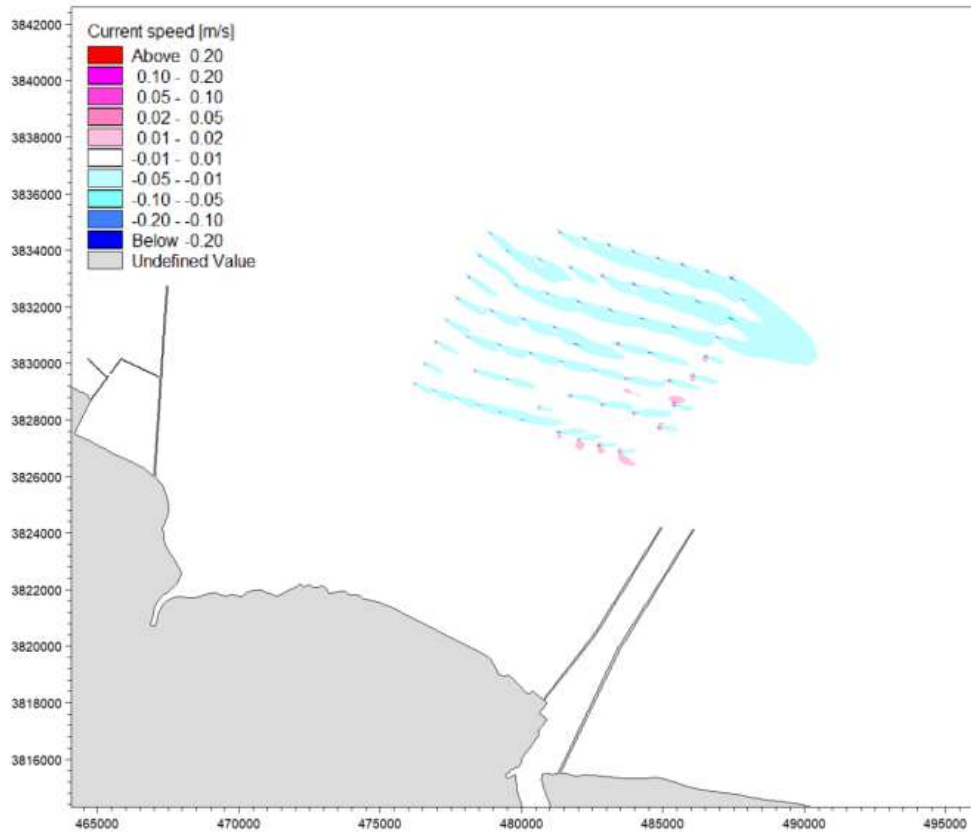


图 8.1-21 本工程与一期工程建成后工程海域落急流速差

由图可见，本工程引起的涨、落急流速变化与一期工程存在部分叠加，叠加区域变幅在-0.02m/s~-0.05m/s 之间。受桩基阻水作用，整个风电场区域基本表现为流速减小，只在垂直于涨落急方向（风机基础两侧）流速有所增大。

## 8.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

### 8.2.1 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邻近的海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小。因此，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，采用近岸海域海洋工程已有广泛应用的半经验半理论的回淤强度公式进行冲淤估算。

#### 8.2.1.1 冲淤计算公式

根据 2022 年 2 月在工程海域进行的站位悬沙粒径调查资料，工程海域大潮时悬浮体中值粒径 0.008mm，为淤泥质泥沙。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，曾在多处类似工程环境影响报告书中应用。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， $\omega$ 为泥沙沉速，根据文献（刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，2012年），对于粒径小于0.03mm的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速0.0004~0.0005m/s沉降。 $\omega$ 取0.0004m/s。

泥沙沉降机率 $\alpha$ 取值根据潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算（窦国仁，1963年）文献中推荐公式：

$$\alpha = 0.5 + \Phi \left( \frac{\omega}{\sigma} \right)$$

其中函数  $\Phi \left( \frac{\omega}{\sigma} \right)$  根据机率积分，可查下表得到； $\omega$ 为泥沙沉速，0.0004m/s；

$\sigma$ 为脉动流速均方根， $\sigma = 1.25 \frac{u \sqrt{g}}{C}$ ，C为谢才系数，工程区域谢才系数平均为74；g为重力加速度；u为断面平均流速，工程区域全潮平均流速平均为0.58m/s，计算得到工程区域沉降机率约为0.54。

表 8.2-1 泥沙沉降机率  $\alpha$  表（窦国仁，1963 年）

$\frac{\omega}{\sigma}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$\Phi \left( \frac{\omega}{\sigma} \right)$	0.04 0	0.08 0	0.12 0	0.15 5	0.19 0	0.22 5	0.26 0	0.29 0	0.31 5	0.34 0

S为水体平均含沙量，t为淤积历时， $\gamma_c$ 为泥沙干容重， $V_1$ 、 $V_2$ 分别为工程实施前后计算流速。

经推导，可得 
$$P = 0.5 \left[ (H_1 + \beta t) - \sqrt{(H_1 - \beta t)^2 + 4\beta t H_1 K} \right]$$

式中， $\beta = \frac{\alpha \omega S}{\gamma_c}$ ， $K = \frac{V_2}{V_1}$



$\gamma_c$  按照公式  $\gamma_c = 1750D_{50}^{0.183}$  计算,  $D_{50}$  为悬浮泥沙中值粒径, 取中值粒径 0.008mm, 计算得到泥沙干容重为 723.28kg/m<sup>3</sup>。

S 选择《海港水文规范推荐的》刘家驹挟沙力公式:

$$S = 0.0273\rho_s V^2 / (gh)$$

式中:  $\rho_s$  为泥沙颗粒密度, 取 2650kg/m<sup>3</sup>。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。

### 8.2.1.2 计算结果

根据 8.2.1.1 小节冲淤计算公式, 采用全潮平均流速的变化对本工程实施后的冲淤变化进行估算。计算得出本工程风电场区域年冲淤变化和达到冲淤平衡的海床冲淤变化平面分布情况, 分别见图 8.2-1 和图 8.2-2。

由图 8.2-1 可见, 本工程实施后风电场场区基本呈现淤积形态, 风机迎水面和背水面(涨落急潮流方向)为主要的淤积区域, 风机迎水面两侧(垂直于涨、落急潮流方向)为主要的冲刷区域。风机基础附近最大淤积幅度在 0.8m/a 左右, 年最大冲刷幅度在 0.2m/a 左右, 最大冲淤变幅发生在靠近桩基基础处。单个风机的淤积变化发生在风机基础迎水面和背水面, 落急流方向的淤积最大影响距离约 2km, 涨急流方向的淤积最大影响距离约 1.2km (均以淤积幅度超过 0.01m/a 计), 冲刷变化发生在风机基础两侧(垂直于涨落急方向)各 100m 范围内(以冲刷幅度超过 0.01m/a 计)。风电场东南-西北方向沿着风机布置形成长约 13km, 宽约 2km 的淤积条。

冲淤平衡后, 风机基础附近最大淤积幅度在 1.3m 左右, 年最大冲刷幅度在 0.8m 左右, 最大冲淤变幅发生在靠近桩基基础处。单个风机的淤积变化发生在风机基础迎水面和背水面, 落急流方向的淤积最大影响距离基本在 400m 内, 涨急流方向的淤积最大影响距离基本在 300m 内, 东北角风机受叠加影响, 落急方向影响距离达 900m (均以淤积幅度超过 0.1m 计), 冲刷变化发生在风机基础两侧(垂直于涨落急方向)各 100m 范围内(以冲刷幅度超过 0.1m 计)。风电场

东南-西北方向沿着风机布置形成长约 7.5km，宽约 0.5km 的淤积条。

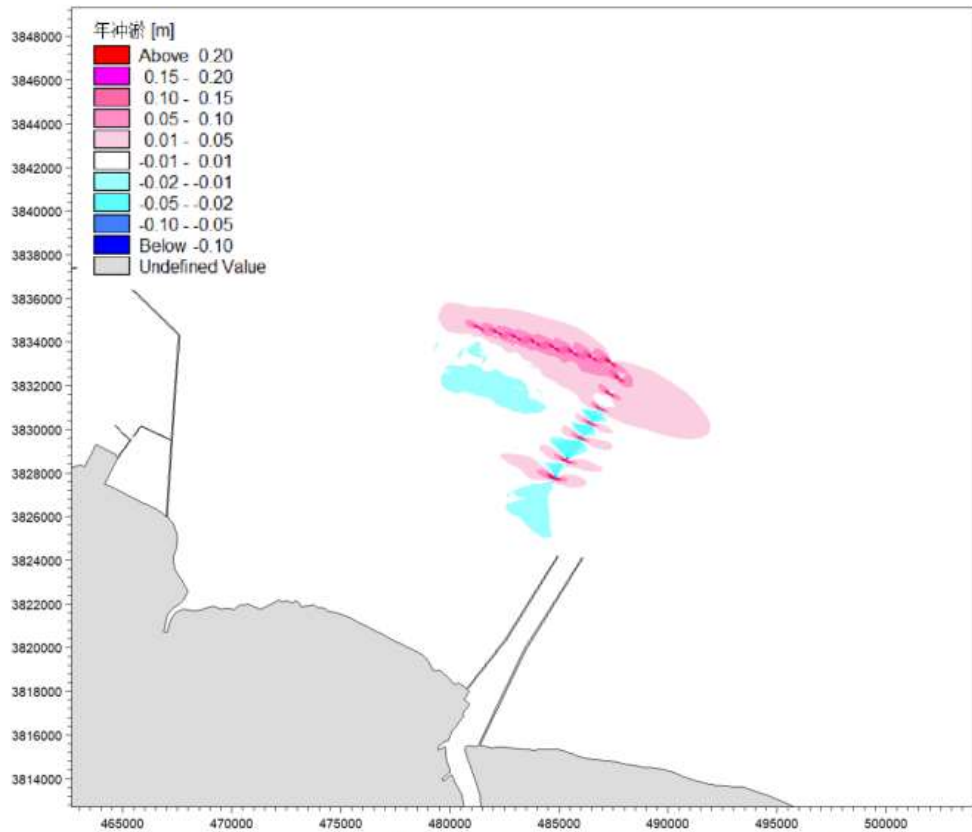
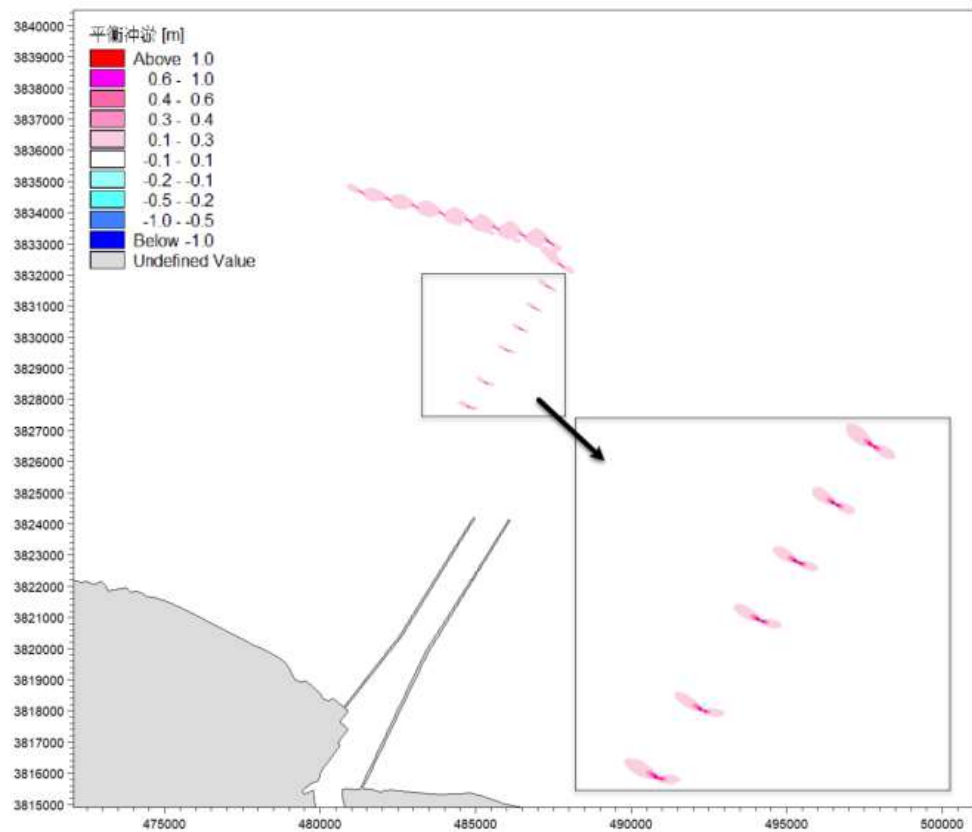


图 8.2-1 工程区附近海床年冲淤变化平面分布图





注：正为淤积，负为冲刷

图 8.2-2 工程区附近海床平衡冲淤变化平面分布图

### 8.2.1.3 本工程建设对敏感目标冲淤的影响

工程海域周围分布有徐圩港口航运区、灌河口港口航运区、开山岛海蚀地貌保护区等敏感目标，根据模型计算，工程前后主要敏感目标区域冲淤变化见表 8.2-2。

根据表 8.2-2 和图 8.2-1-图 8.2-2，距离风电场最近的灌河口港口航运区部分区域呈现淤积，最大年淤积量 0.005m，最大平衡淤积 0.006m；开山岛海蚀地貌保护区最大年淤积量 0.003m，最大平衡淤积 0.004m；灌河口港口航运区部分区域呈现冲刷、部分区域呈现淤积状态，年最大冲刷深度及淤积厚度分别约为 0.004m/a 和 0.024m/a，平衡最大冲刷深度及淤积厚度分别约为 0.038m 和 0.215m。其余敏感目标的冲淤量在 0.002m 以下，整体来看工程运行后冲淤变化对工程海域周边敏感目标的影响较小，不会对敏感目标造成明显影响。

**表 8.2-2 工程实施前后敏感目标区域平衡冲淤变化表**

敏感目标	年冲淤量(m/a)	平衡冲淤量(m)
盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1	0.001	0.002
燕尾港一级渔港	<0.001	-0.002
灌河口旅游休闲娱乐区	<0.001	0.001
开山岛海蚀地貌保护区	0.003	0.004
开山岛旅游休闲娱乐区	<0.001	<0.001
灌河口港口航运区	-0.004~0.024	-0.038~0.215
江苏省海州湾海洋牧场	<0.001	0.001
响水四腮鲈鱼种质资源保护区	<0.001	<0.001
徐圩港口航运区东堤外侧	-0.001	-0.001
埭子口农渔业区	<0.001	-0.002
连云港及徐圩港口航运区	<0.001	-0.001
连岛旅游休闲娱乐区	<0.001	0.001
海州湾国家级海洋公园	<0.001	0.001

### 8.2.2 一期工程与本工程叠加冲淤环境影响分析

为了更直观反映本工程与一期工程建成后对冲淤环境的叠加影响,采用全潮平均流速的变化对工程海域建设风电场前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年冲淤和平衡冲淤变化平面分布情况,分别见图 8.2-3~图 8.2-4。



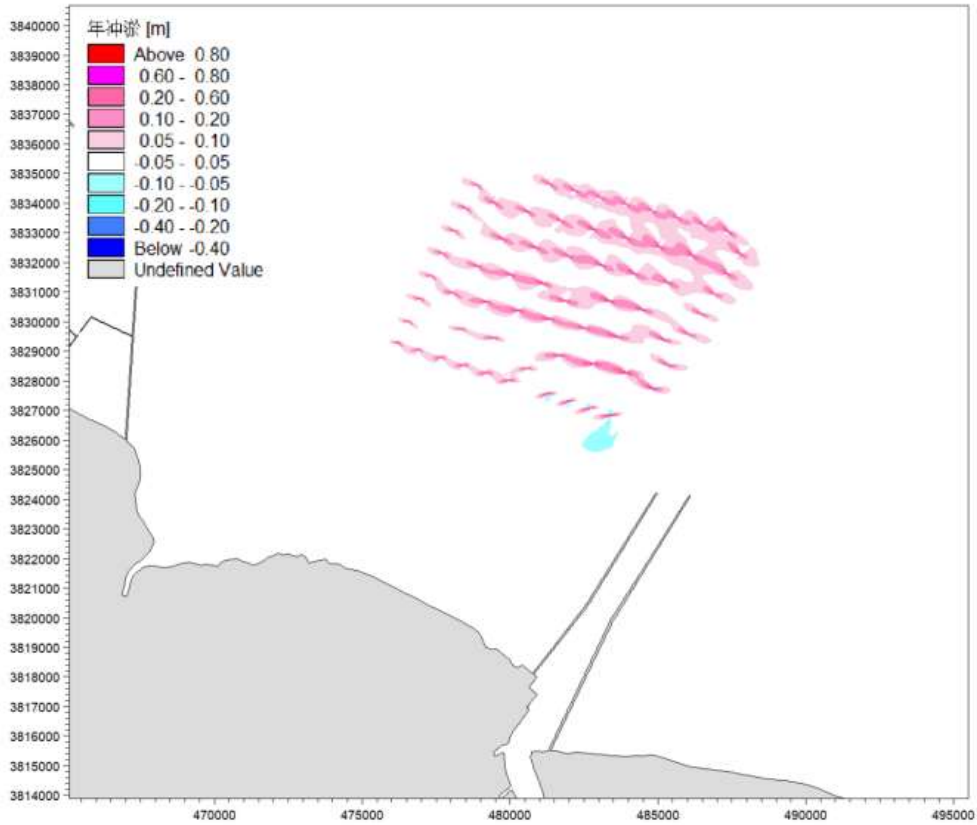


图 8.2-4 工程区附近海床年冲淤变化平面分布图

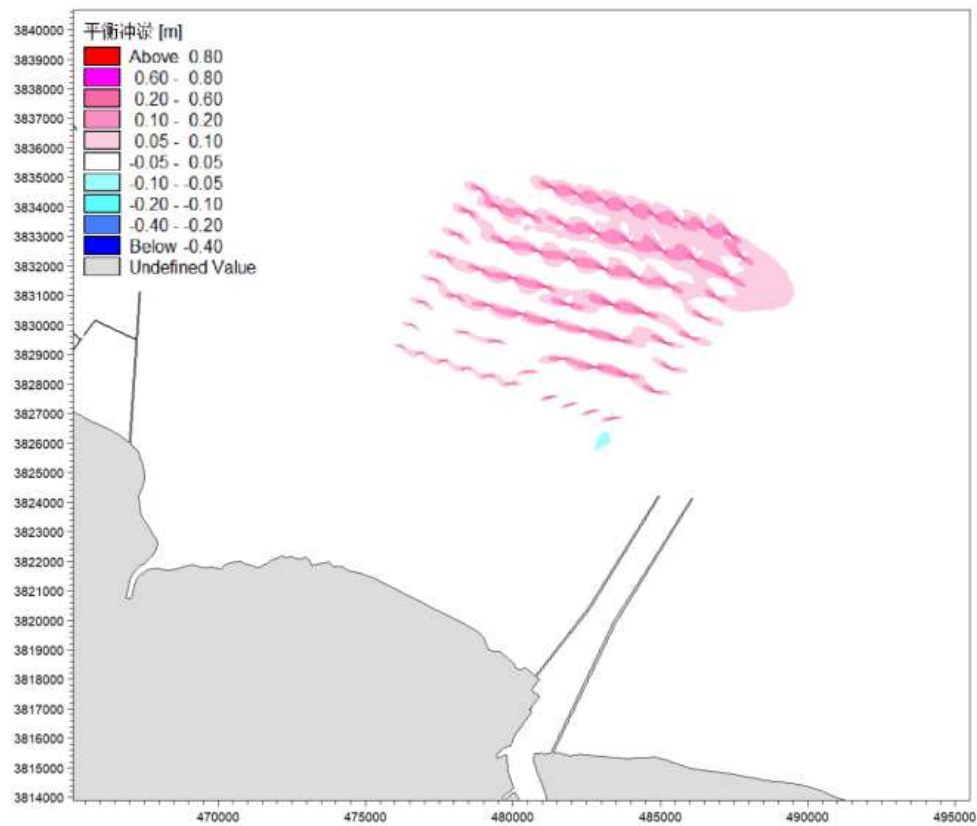


图 8.2-5 工程区附近海床平衡冲淤变化平面分布图

由图可见，风电工程建设后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域。本工程引起的年冲淤和平衡冲淤幅度在 0.05m/a~0.2m/a 之间的部分区域与一期工程存在叠加，0.2m/a 以上的区域不与一期工程存在叠加。

### 8.2.3 桩基础局部冲刷分析

海上风电机组基础建设后，潮流和波浪引起的水体粒子的运动会受到显著的影响。首先，在风机基础的前方会形成一个马蹄涡；其次，在风机基础的背流处会形成涡流；再次，在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。

目前，还很难完全从理论上建立描述风机基础局部冲刷物理现象的模型，因此，国内学者结合现场实测资料、模型试验、因次分析及多变量相关等方法，建立了许多局部冲刷的经验公式。采用国内外使用较多的 DNV 挪威船级社海上风电场设计规范推荐公式、考虑波浪作用的韩海骞的冲刷公式，估算风机基础局部区域的冲刷情况。

$$\frac{d_b}{d} = 17.4k_1k_2\left(\frac{B}{h}\right)^{0.326}\left(\frac{d_{50}}{h}\right)^{0.167}F_r^{0.628}$$

$$F_r = u/(gh)^{0.5}$$

$$C = \frac{gT}{2\pi}th(kd)$$

$$V_2 = 0.2\frac{H}{d}C$$

$$k = \frac{2\pi}{L}$$

$d_b$ ——潮流作用下桥墩最大局部冲刷深度（m）

$d$ ——最大水深（m）

$B$ ——最大水深条件下平均阻水宽度；

$d_{50}$ ——河床泥沙的中值粒径；



Fr——Froude 参数

u——全潮最大流速 (m/s)

$V_2$ ——波浪水质点的平均流速 (m/s)

u——波流混合流速 (m/s)

g——重力加速度 (取  $9.81\text{m/s}^2$ )

k1——基础桩平面布置系数, 条形 1.0, 梅花形 0.862

k2——基础桩垂直布置系数, 直桩 1.0, 斜桩 1.176

L——波长

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{th}\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

T——周期

k——波数 (m-1)

C——波速

H——波高 (m)

本工程场址区域底层最大流速  $1.15\text{m/s}$ , 泥沙的中值粒径  $0.0612\text{mm}$ , 经计算, 如不采用防冲刷措施, 单桩基础  $8.3\text{m}$  直径的钢管桩局部冲刷深度约  $9.5\text{m}$ 。

因单桩基础刚度小, 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  $5\text{m}$  的泥面冲刷深度。基础防冲刷措施采用一期工程中的袋装砂+砂被的方式, 如图 8.2-5 所示, 即在单桩桩周外铺填  $0.4\text{m}$  厚的  $4\text{m}$  宽环形砂被, 再用袋装砂进行填平, 最后在桩周两侧各铺填  $0.4\text{m}$  厚的  $30\text{m}\times 20\text{m}$  的矩形砂被 (含加筋、隔仓等, 编织布采用  $500\text{g/m}^2$  的针刺复合土工布), 两块砂被搭接长度  $10\text{m}$ , 砂被及砂袋充填料采用渗透系数不小于  $10^{-3}\text{cm/s}$  的中粗砂。

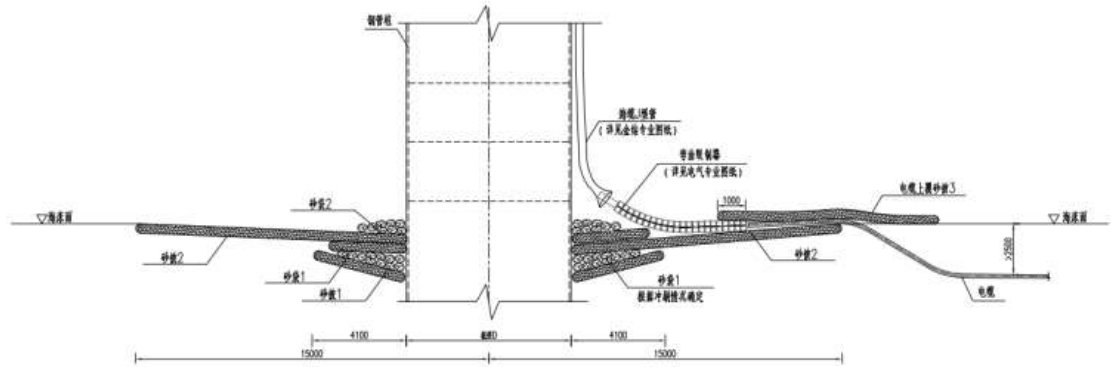


图 8.2-5 单桩基础防冲刷布置示意图

## 8.3 海水水质影响预测与评价

### 8.3.1 海底电缆施工悬浮物扩散影响预测与评价

海底电缆敷设时，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。

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。

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。

#### 8.3.1.1 基本方程

悬浮物扩散方程：

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + \frac{\partial(uhC)}{\partial x} + \frac{\partial(vhC)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + hF_s - kC$$

$x$ 、 $y$ — 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  $x$ 、 $y$  轴向的涡动分散系数；

$c$ — 沿水深平均的人为升高物质浓度；

$F_s$  — 污染物源项， $F_s = \sigma / (A \cdot h)$ ， $\sigma$ 为悬浮物源强（g/s）， $A$ 为源强所在计算节点的控制面积；

$k = \alpha\omega$ ， $\alpha$ —泥沙沉降机率。

$\omega$ —为沉速。

### 8.3.1.2 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。

### 8.3.1.3 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

根据工程海域粒度分析结果，本工程风电场海域悬浮泥沙颗粒较细，属于黏性细颗粒泥沙范畴，根据江苏华勘海洋地质调查有限公司于 2016 年 7 月在工程附近海域进行的表层沉积物采样调查，工程海域表层沉积物类型主要为砂质粉砂，砂质粉砂中值粒径为 4.03~6.91 $\phi$ ，平均值为 4.75 $\phi$ ，约 0.037mm。根据文献（刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，2012 年），对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，其当量粒径取 0.03mm，而对于粒径大于 0.03mm 的泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。因此， $\omega$  计算公式采用下式：

$$\omega = \frac{(\rho_s - \rho)gd^2}{18 \cdot \rho\nu}$$

式中： $\rho_s$  为泥沙颗粒密度，取 2650kg/m<sup>3</sup>； $\rho$  为海水密度，取 1000kg/m<sup>3</sup>； $g$  为重力加速度，取 9.8m/s<sup>2</sup>； $d$  为泥沙粒径（m），取悬沙中值粒径 0.2mm； $\nu$  为海水粘滞系数，取 0.0001m<sup>2</sup>/s。计算得到表层沉积物沉速为 0.00012m/s。

#### 8.3.1.4 施工方式及源强

本工程海底电缆敷设区域主要为近海深水区域，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。

根据 5.2.1.1 节工程分析，近海深水区域电缆采用开沟犁高压水冲埋的施工方式，单条电缆施工的悬浮物源强为 4.79kg/s。

#### 8.3.1.5 悬浮物源强点设置

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，在海底电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底电缆路由的所有转折点，并根据海底电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 8.3-1。





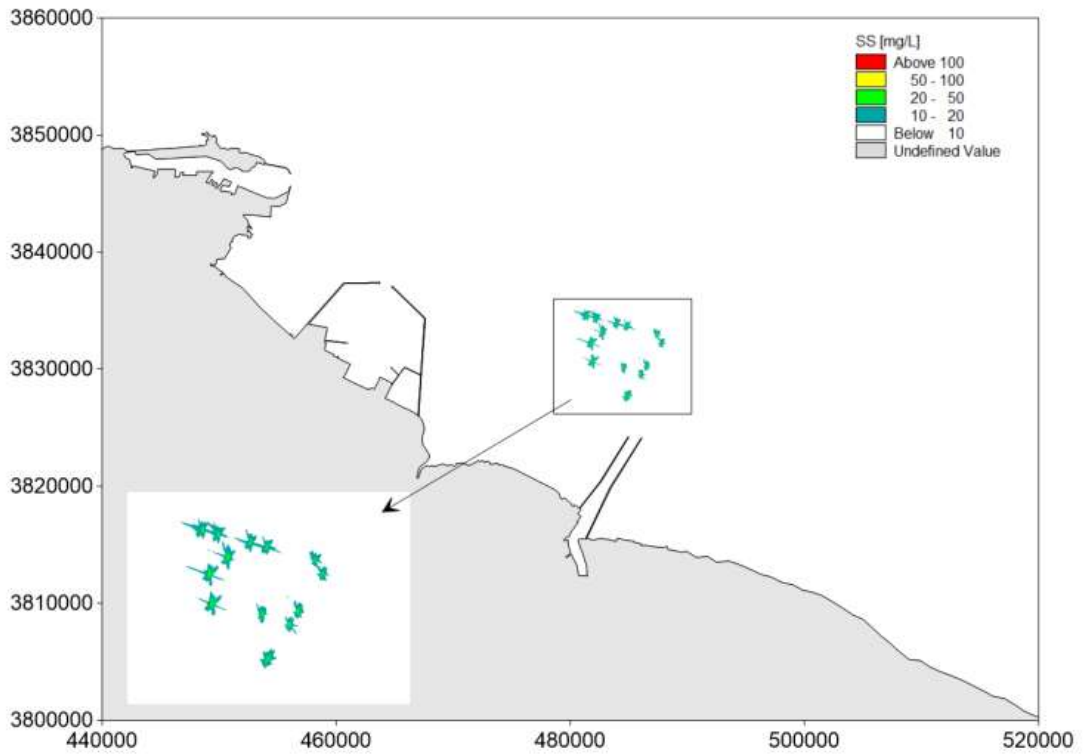


图 8.3-2 电缆敷设典型源强点悬浮物增量最大值平面分布图（全潮）

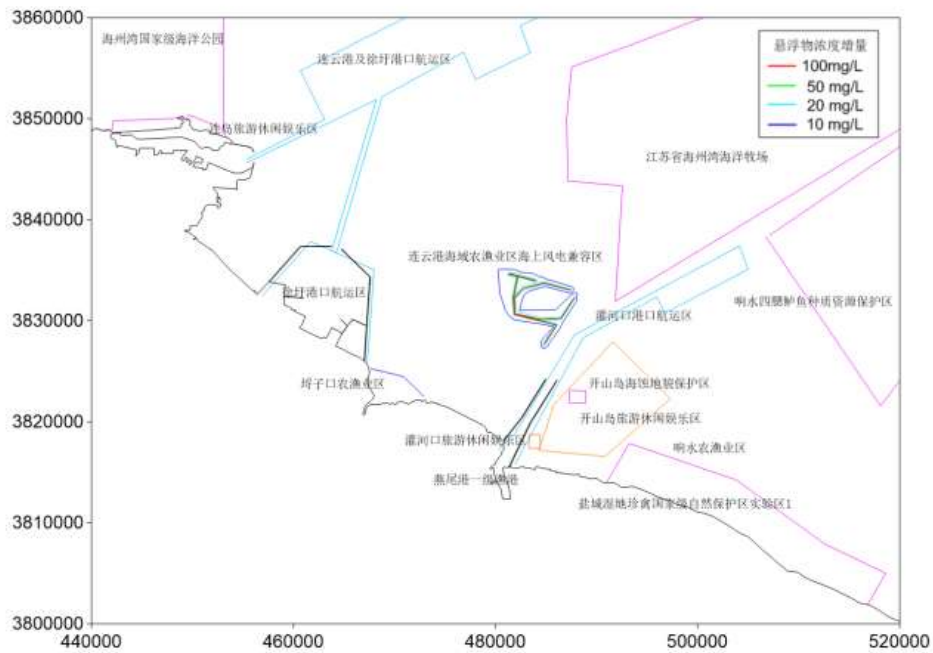


图 8.3-3 最大悬浮物增量包络范围

表 8.3-1 悬浮物增量值最大可能影响范围 (km<sup>2</sup>)

悬浮物增量值	>100 mg/L	>50mg/L	>20mg/L	>10mg/L
影响总面积	0.7	1.6	6.2	24.9

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) 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 0.7km<sup>2</sup>，大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 1.6km<sup>2</sup>，大于 20mg/L 的最大可能影响面积为 6.2km<sup>2</sup>，大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 24.9km<sup>2</sup>。

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。

### 8.3.1.7 施工悬浮物对海域周边敏感目标的影响

工程海域周围分布有埭子口农渔业区、开山岛旅游休闲娱乐区、开山岛海蚀地貌保护区、江苏省海州湾海洋牧场、响水四腮鲈鱼种质资源保护区等敏感目标，根据模型计算，工程海底电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 8.3-2。

模型计算结果显示：工程海底电缆施工产生的悬浮物对周边敏感目标的影响较小，由于工程位于连云港农渔业区内，其最大悬浮物增量达 133.99mg/L，其余敏感目标点均小于 5mg/L。虽然工程海底电缆施工期间对部分敏感目标产生了不利影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着海底电缆施工的结束，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）降至背景浓度。

**表 8.3-2 海底电缆施工在敏感目标处的最大悬浮物增量 单位：mg/L**

敏感目标	最大悬浮物增量
盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1	<0.01
燕尾港一级渔港	<0.01
灌河口旅游休闲娱乐区	<0.01
开山岛海蚀地貌保护区	0.68
开山岛旅游休闲娱乐区	1.95
灌河口港口航运区	4.62
江苏省海州湾海洋牧场	1.41
响水四腮鲈鱼种质资源保护区	<0.01
徐圩港口航运区东堤外侧	<0.01
埭子口农渔业区	<0.01
连云港及徐圩港口航运区	<0.01
连岛旅游休闲娱乐区	<0.01
海州湾国家级海洋公园	<0.01

连云港农渔业区	133.99
响水农渔业区	<0.01

### 8.3.2 打桩施工悬浮物影响分析

风机桩基通过 3500kJ 液压震动锤振动下沉，施工时导致海底泥沙悬浮引起水体浑浊，影响局部海水水质。根据工程分析分析，本工程风机基础打桩产生的悬浮物源强约 0.72kg/s，根据类似项目，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，单台风机悬浮泥沙扩散影响范围约为 3.14hm<sup>2</sup>，15 台风机将造成累计约 47.1hm<sup>2</sup> 的悬浮扩散影响。远远小于海底电缆施工影响范围，因此不考虑对打桩施工悬浮物扩散进行模拟预测计算。

### 8.3.3 施工污废水排放影响分析

陆域施工生产废水、施工生活污水来自施工临时场地，约 8.6m<sup>3</sup>/d。施工生产废水拟采用隔油预沉-过滤-沉淀的处理方式，处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应用途的回用标准后储存回用。施工人员生活污水处理设施考虑永临结合拟采用地埋式生活污水处理装置处理，处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应用途的回用标准后回用。陆域施工生产废水、施工生活污水处理后均回用于施工机械、车辆冲洗以及绿地浇灌等，其余废水纳入施工基地港区现有污水管网，不外排，对周边环境无污染影响。

本工程施工船舶生活污水和船舶含油污水分别为 17m<sup>3</sup>/d 和 6.62t/d，均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集处理装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，对工程海域水质基本无污染影响。

## 8.4 海洋沉积物环境影响预测分析

### (1) 电缆敷设对沉积物环境的影响

电缆敷设施工，由于开沟犁会引起工程附近海域沉积物环境的扰动，根据沉积物环境现状监测结果，本工程所在海域沉积物环境质量良好，且电缆敷设后，开挖的沉积物回淤电缆沟，因此电缆敷设对沉积物环境影响不大。



### (2) 桩基础沉桩施工及防冲刷施工对沉积物环境的影响

在沉桩施打施工过程中，会引起施工区域附近海域沉积物环境的扰动。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，并最终沉积在工程海域周围的海底，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，一般情况下对沉积物的改变大多是物理性质的改变，对工程海域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。此外，本工程对采取砂被和砂袋的方式保护风机桩基和电缆，上述材料均来自合格供应商提供，不会对海域沉积物造成明显不利影响。

### (3) 施工船舶污废水及固废对沉积物环境的影响

施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生油污水、生活污水和垃圾等。本工程油污水委托有资质单位处理；船舶生活污水禁止排海，经收集后运回陆上，由有资质单位接收处理；船舶生活垃圾靠岸后定点集中收集，由环卫部门清运处置。在采取上述处理措施后，施工船舶污废水及固废对沉积物环境基本无影响。

## 8.5 海洋生态环境和渔业资源影响预测与评价

### 8.5.1 施工期对海洋生态和渔业生产的影响预测分析

#### 8.5.1.1 对海洋生态的影响

##### (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悬浮。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 $10\text{mg/L}$ ，可能对鱼类生长造成影响。本工程施工悬浮物浓度增量大于 $10\text{mg/L}$ 的最大包络线面积为 $24.9\text{km}^2$ ，本工程海底电缆及风电场所在海域平均水深约 $10\text{m}$ ，悬浮泥沙扩散浓度为 $10\sim 20\text{mg/L}$ 、 $20\sim 50\text{mg/L}$ 、 $50\sim 100\text{mg/L}$ 、 $>100\text{mg/L}$ 的最大包络范围分别为 $18.7\text{km}^2$ 、 $4.6\text{km}^2$ 、 $0.9\text{km}^2$ 、 $0.7\text{km}^2$ 。

参照农业部颁布并于2008年3月1日起施行的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)中关于污染物对各类生物损失率的描述，悬浮泥沙扩散浓度为 $10\sim 20\text{mg/L}$ 、 $20\sim 50\text{mg/L}$ 、 $50\sim 100\text{mg/L}$ 、 $>100\text{mg/L}$ 的影响水域中浮游动植物损失率分别取为5%、20%、40%和50%。本工程海底电缆及风电场所在海域平均水深约 $10\text{m}$ 。项目评价范围内春秋两季的浮游植物数量平均为 $78.54\times 10^3$ 个/ $\text{m}^3$ ，则受影响的浮游植物数量 $2.01\times 10^{15}$ 个。本工程位于灌河口海域，根据江苏省海洋与渔业局2016年10月发布的《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》(试行)，本工程海域属于连云港海域，浮游动物生物量取海域均值，为 $545.50\text{mg}/\text{m}^3$ ，受影响的浮游动物生物量为 $13.99\text{t}$ 。浮游动物经济损失换算成鱼产力(10kg浮游动物生产1kg鱼)，成鱼单价以15000元/t计算。同时根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，持续性生物资源损害赔偿按照“实际影响年限低于3年的，按3年补偿”的原则进行补偿额度计算，本工程涉水施工作业时间不满3年，浮游动物的持续性损害赔偿额为 $13.99\text{t}/10\times 1.5\text{万元}\times 3\text{年}=6.29\text{万元}$ 。

风机桩基、海底电缆敷设施工造成的悬浮泥沙增量在施工结束后1d内即可恢复，随着施工的结束，悬浮物浓度逐步降低，其对浮游生物的影响将消失，且由于浮游植物和浮游动物均为短生命周期生物，海底电缆敷设施工结束后，浮游生物由于具有较强的繁殖力，可较快恢复其原有的种群和数量。



(2) 对底栖生物的影响

本工程风机与海上升压站之间的35kV海底电缆总长27.758km，海底电缆采用射水式挖沟犁施工，开沟宽度约0.5m，挖沟犁在作业过程中会扰动底泥造成泥沙悬浮，悬浮泥沙在重力作用下回落覆盖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。因此，挖沟犁开沟作业对潮下带的影响宽度按3m考虑，则电缆沟开挖和泥沙压覆面积为 $27.758 \times 1000 \times 3 = 83274 \text{m}^2$ 。本工程风机桩基基础防冲刷措施采用袋装砂+砂被的方式，砂被会造成底栖生境的临时损失，砂被占压面积为 $19538.37 \text{m}^2$ 。本工程位于灌河河口海域，根据江苏省海洋与渔业局2016年10年发布的《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》（试行），本工程海域属于连云港海域，潮下带底栖动物生物量取海域均值，为 $53.449 \text{g/m}^2$ ，则施工造成潮下带生物损失量为 $(83274 + 19538.37) \times 53.449 / 1000000 = 5.495 \text{t}$ 。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），工程占用年限低于3年的，按3年补偿，底栖生物经济价值按每吨1万元计，则电缆沟开挖导致底栖生物经济损失为16.48万元。具体影响面积、生物量损失及经济损失见表8.5-1。

表 8.5-1 底栖生物的影响损失

施工项目	影响性质	影响年限	影响面积(m <sup>2</sup> )	底栖生物生物量(g/m <sup>2</sup> )	损失量(t)	经济损失(万元)	3年经济损失(万元)
海底电缆开挖	临时压占	3	83274	53.449	4.451	4.451	13.35
砂被占压	临时压占	3	19538.37	53.449	1.044	1.044	3.13
合计							16.48

8.5.1.2 对渔业资源的影响

(1) 施工悬浮物对渔业资源的直接影响

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

悬浮颗粒还会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，大量悬浮物会造成水体严重缺氧而导致生物死亡。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会产生一定程度的影响，试验结果三组数据表明最大死亡率为 60~70%，最小为 5~10%，平均为 30%。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，间接影响蚤状幼体和大眼幼体的摄食率，最终影响其发育和变态。

## (2) 悬浮物对渔业资源造成的损失估算

### ① 施工悬浮物影响面积

施工悬浮泥沙主要产生在海底电缆铺设工序。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 $\leq 10\text{mg/L}$ ，若悬浮物浓度增量大于  $10\text{mg/L}$ ，可能对鱼类生长造成影响。根据数模计算结果，施工引起的悬浮泥沙扩散浓度为  $10\sim 20\text{mg/L}$ 、 $20\sim 50\text{mg/L}$ 、 $50\sim 100\text{mg/L}$ 、 $>100\text{mg/L}$  的叠加包络线面积分别为  $18.7\text{km}^2$ 、 $4.6\text{km}^2$ 、 $0.9\text{km}^2$ 、 $0.7\text{km}^2$ 。受施工悬浮物影响，大部分成鱼可以回避，但幼体由于运动能力较弱无法及时躲避高浓度悬浮物水体会出现一定比例的死亡。

### ② 生物损失率取值

参照农业部颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中关于污染物对各类生物损失率的描述，本工程施工悬浮泥沙扩散浓度为  $10\sim 20\text{mg/L}$ 、 $20\sim 50\text{mg/L}$ 、 $50\sim 100\text{mg/L}$ 、 $>100\text{mg/L}$  的影响水域中鱼卵仔鱼损失率分别取为 5%、15%、40%和 50%，游泳生物的损失率分别取 1%、5%、15%和 20%。

表 8.5-2 污染物对各类生物损失率

污染物 <i>i</i> 的超标倍数 ( $B_i$ )	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$B_i \leq 1$ 倍	5	$<1$	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30



$4 < Bi \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$Bi \geq 9$ 倍	$\geq 50$	$\geq 20$	$\geq 50$	$\geq 50$

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，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标倍数最大的污染物为评价依据；  
 2. 损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数；  
 3. 本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。  
 4. 本表对pH、溶解氧参数不适用。

### ③生物密度取值

本工程灌河河口海域，平均水深约 10m。根据江苏省海洋与渔业局 2016 年 10 月发布的《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》（试行），鱼卵、仔稚鱼平均密度取连云港海域均值，分别为 5.30ind/m<sup>3</sup>、1.39ind/m<sup>3</sup>，鱼类、甲壳类和头足类平均密度分别为 271kg/km<sup>2</sup>、234kg/km<sup>2</sup>。

### ④经济损失估算

依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），鱼卵折成鱼苗按 1%成活率计，仔鱼折成鱼苗按 5%成活率计；游泳生物均按 100%成活率计。施工期经济损失按 3 年计算，则本工程施工期渔业资源经济损失总计为 857.93 万元。

上述渔业资源生物量损失随着施工的开始，可以得到恢复，因此工程对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

表 8.5-2 施工悬浮物扩散对渔业资源损失估算

悬浮物扩散范围	渔业资源	资源密度	损失率	损失量(尾、kg)	折成鱼苗的存活率	折算成鱼苗的损失(尾、kg)	单价	经济损失(万元)
悬浮物扩散浓度为 10~20mg/L (18.7km <sup>2</sup> )	鱼卵	5.30 粒/m <sup>3</sup>	5%	49555000	1%	495550	1 元/粒	49.56
	仔鱼	1.39 尾/m <sup>3</sup>	5%	12949750	5%	647487.5	1 元/尾	64.75
	鱼类	271kg/km <sup>2</sup>	1%	50.68	100%	50.68	15000 元/t	0.08
	甲壳类和十足类	233.5kg/km <sup>2</sup>	1%	43.66	100%	43.66	15000 元/t	0.07
小计								
悬浮物扩散浓度为 20~50mg/L (4.6km <sup>2</sup> )	鱼卵	5.30 粒/m <sup>3</sup>	15%	36570000	1%	365700	1 元/粒	36.57
	仔鱼	1.39 尾/m <sup>3</sup>	15%	9556500	5%	477825	1 元/尾	47.78
	鱼类	271kg/km <sup>2</sup>	5%	62.33	100%	62.33	15000 元/t	0.09
	甲壳类和十足类	233.5kg/km <sup>2</sup>	5%	53.71	100%	53.71	15000 元/t	0.08
小计								
悬浮物扩散浓度为 50~100mg/L (0.9km <sup>2</sup> )	鱼卵	5.30 粒/m <sup>3</sup>	40%	19080000	1%	190800	1 元/粒	19.08
	仔鱼	1.39 尾/m <sup>3</sup>	40%	4986000	5%	249300	1 元/尾	24.93
	鱼类	271kg/km <sup>2</sup>	15%	36.59	100%	36.585	15000 元/t	0.05
	甲壳类和十足类	233.5kg/km <sup>2</sup>	15%	31.52	100%	31.52	15000 元/t	0.05
小计								
悬浮物扩散浓度>100mg/L (0.7km <sup>2</sup> )	鱼卵	5.30 粒/m <sup>3</sup>	50%	18550000	1%	185500	1 元/粒	18.55
	仔鱼	1.39 尾/m <sup>3</sup>	50%	4847500	5%	242375	1 元/尾	24.24
	鱼类	271kg/km <sup>2</sup>	20%	37.94	100%	37.94	15000 元/t	0.06
	甲壳类和十足类	233.5kg/km <sup>2</sup>	20%	32.69	100%	32.69	15000 元/t	0.05
小计								
42.89								



	合计	285.98
总计	3 年	857.93

### (3) 小结

综上所述，本工程施工期共造成海洋生物资源经济损失 880.70 万元，见表 8.5-4。

**表 8.5-4 本工程造成海洋生物资源经济损失汇总表**

项目	悬浮物扩散影响	潮下带临时压占	合计
经济损失(万元)	864.22	16.48	880.70

#### 8.5.1.3 对渔业生产的影响

施工期间将禁止渔船进入施工海域捕捞作业，导致作业渔场范围减少；施工的扰动影响，使渔获率降低，影响捕捞产量，但工程海域捕捞作业有限，主要在风机施工区附近，工程施工对捕捞作业影响有限。如果施工活动安排在秋冬季节等非捕捞旺季，施工作业对渔业生产的影响可明显减缓。

### 8.5.2 运行期对海洋生态和渔业生产的影响预测分析

#### 8.5.2.1 对海洋生态环境的影响分析

##### (1) 对底栖生物的影响

根据前述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局部区域外，工程海域的水文动力和泥沙冲淤环境基本不会改变，且工程建成运行后基本不会影响工程海域水质和沉积物环境，工程建成后海域潮下带生境条件较工程前无明显变化，因此工程所在潮下带生物类型、数量、组成等均不会发生明显变化。工程运行期对海洋生态环境影响影响主要为风机基础对潮下带底栖生物长期占用。根据可研报告，对照本工程施工方案，本工程 15 台风机桩基础采用单桩基础，6.0MW 风机 11 台，钢管桩直径 7.6m，8.5MW 风机 4 台，钢管桩直径 8.3m，则 15 台风机占用底栖生境面积  $11 \times 3.14 \times 3.8^2 + 4 \times 3.14 \times 4.15^2 = 725.62\text{m}^2$ 。本工程位于灌河河口海域，根据江苏省海洋与渔业局 2016 年 10 年发布的《江苏省海洋生物资源损害赔偿和损失补偿评估方法》（试行），本工程海域属于连云港海域，潮下带底栖动物生物量取海域均值，为  $53.449\text{g/m}^2$ ，则施工造成潮下带生物直接生物损失量为 0.039t。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），上述影响为运行期长期占用，影响年限按 20 年补偿，则本工程运行期造成的潮间带生物和底栖生物经济损失 0.78 万元。



## (2) 小结

本工程施工期和运行期造成的海洋生物资源经济损失共计881.48元。

**表 8.5-5 本工程造成海洋生物资源经济损失汇总表**

损失项目	悬浮物扩散影响	潮下带临时占用	潮下带永久占用	合计
价值(万元)	864.22	16.48	0.78	881.48

### 8.5.2.2 对渔业生产的影响分析

由于本工程风机行列间距较大，且风电场海域采用开放式管理，因此运行期除风电场风机基础、海上升压站外的其余海域仍可用于渔业捕捞作业。但考虑到风电场风机和海底电缆的安全，在电缆埋设区将禁止进行水产养殖和底拖网等渔业生产活动。建设单位应加强与渔业生产者的沟通，在保障风电场安全运行的同时，使渔业生产不受大的影响。

### 8.5.3 对海洋生态系统服务功能的影响评价

本工程建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在生态系统服务功能上。海洋生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。工程建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、滩涂养殖生产、污染净化及科学研究等 4 个方面的主导功能。

#### (1) 物种栖息地

工程建设所在海域是多种水生动物栖息、繁殖场所，也邻近候鸟的迁徙区。风电场工程建设施工期会对该栖息地水生动物栖息、繁殖产生较大的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，造成成体回避，但在运行期基本不受影响。且本工程主体工程全部位于海上，离岸约 10km，基本避开了候鸟迁徙通道，对鸟类的迁徙影响较小。

#### (2) 滩涂养殖生产

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。工程海域离岸约 10km，工程施工和运行期对滩涂养殖也无直接影响。

#### (3) 污染物净化

海洋是一个巨大的净化器，对入海污染物具有一定的稀释、扩散、氧化、还原和生化等综合降解能力。在工程施工期使海域悬浮泥沙增加，光合作用减弱，对污染物净化功能会产生一定影响。在项目运行期，工程不明显改变海域的潮流

场特征，同时也不增加海域污染物负荷，因此不会对海域污染物净化功能造成明显影响。

#### （4）科学研究

工程海域作为一种独特的地理单元和生存环境，在科学研究中有着重要的地位。本工程建设后不会改变原有的科学研究功能。



## 8.6 对鸟类及其生境影响预测与评价

### 8.6.1 鸟类栖息地选择与迁飞特征

#### 8.6.1.1 鸟类栖息地选择特征

从区域鸟类现状观测结果来看，区域鸟类主要为鸻形目鸻鹬类。在不同生境中鸻鹬群落的行为频次比例情况不同，如图 8.6-1 所示。在藻类盐渍带（光滩）、蔗草/海三棱蔗草外带、蔗草/海三棱蔗草内带觅食行为发生的比例较高，分别为 87.6%、85.7%、68.6%；而芦苇/互花米草带和堤内人工湿地生境中非觅食行为发生频次高于觅食行为，分别为 82.6%和 62.0%。由此可见，鸻鹬等湿地鸟类的觅食地主要是在藻类盐渍带（光滩）。

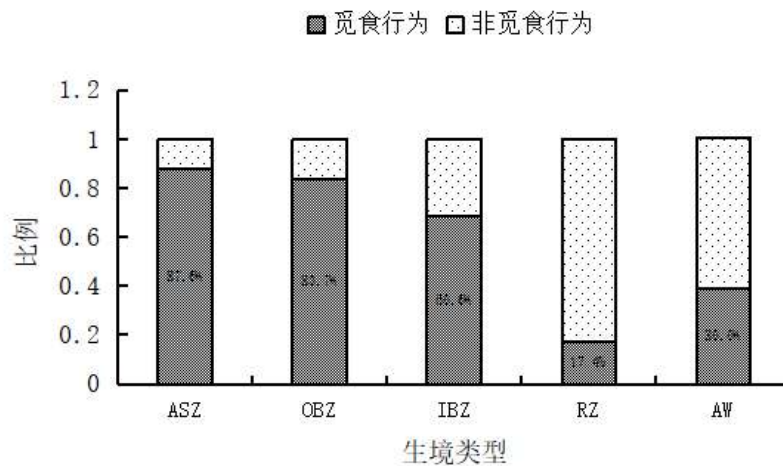
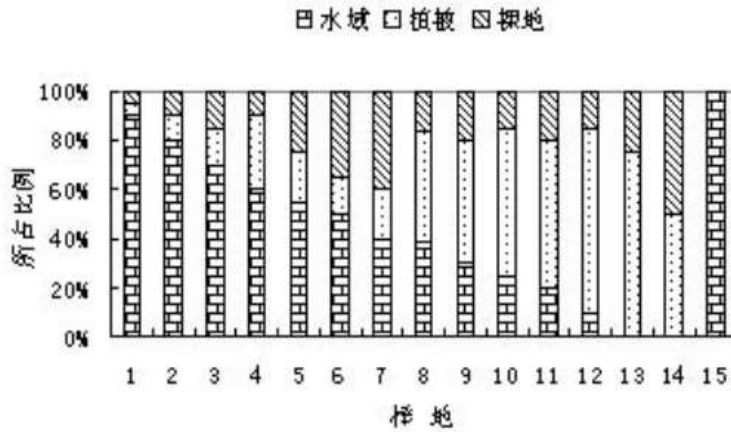


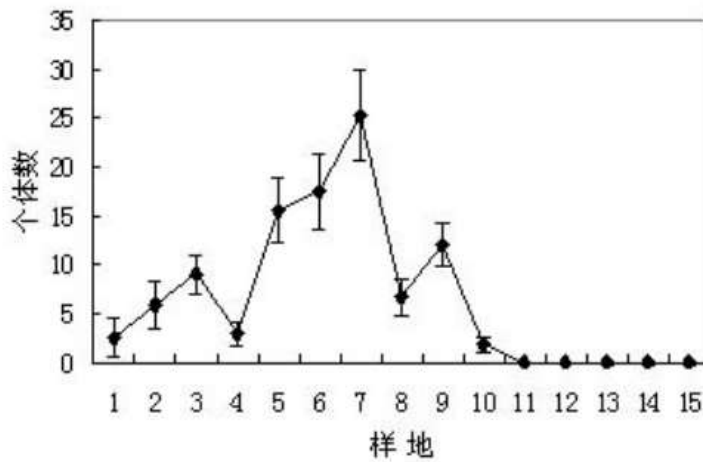
图 8.6-1 不同区域中鸻鹬群落行为组成的差异

ASZ: 藻类盐渍带; OBZ: 蔗草/海三棱蔗草外带; IBZ: 蔗草/海三棱蔗草内带; RZ: 芦苇/互花米草带; AW: 人工湿地

除了觅食地，通常鸟类在区域中休憩需要有一定面积的可躲避潮水的场所。根据相关文献，水域、植被和裸地是湿地鸟类，特别是鸻鹬等涉禽休憩地的基本景观要素。植被、裸地、水域三种景观要素缺少其中一种，鸻鹬数量接近于零；植被覆盖率大于 60%或者水域面积小于 20%，鸻鹬数量接近于零；植被覆盖率为 10~20%，鸻鹬数量最多。这说明，休憩地景观格局会影响甚至制约鸟类对休憩地栖息生境的选择，进而影响候鸟的空间分布。



(A) 栖息地景观格局



(B) 栖息地鸕鹚数量分布

图 8.6-2 栖息地景观格局与候鸟空间分布

根据本工程建设用海以及鸟类对栖息地的需求特征,本工程风电场区位于海域,平均水深 10m,不能作为各种涉禽的栖息地,但是可以成为鸥类、雁鸭类等游禽的栖息地。

### 8.6.1.2 鸟类迁飞特征与飞行高度

鸟类在直接的长距离迁徙飞行过程中,特别是在天气晴好的夜晚,飞行高度通常较高,如表 8.6-1 所示。中小型鸕鹚类和部分雀形目鸟类的飞行高度与风机叶轮的波及高度具有较大范围的重叠。

而在天气恶劣或遇上异常天气条件,许多鸟类会在迁徙过程中寻找适宜栖息地作中途停歇。风电场建设邻近区域,特别是已经圈围但尚未开发的滩涂区域,



可以为此提供便利。

鸟类在迁徙的中途停歇地，其栖息地和觅食地通常在不同的区域，由于觅食的需要，通常会在觅食地和栖息地之间往返迁飞。这种迁飞由于飞行距离一般较短，其飞行高度通常要低于直接的长距离迁飞的高度。

**表 8.6-1 风机叶片和主要迁徙鸟类飞行高度一览表**

考察物	高度 (m)
风机叶片	15.5-245.5
小型鸻鹬类/雀形目鸟类	50-250
中型鸻鹬类	100-300
大型鸻鹬类	150-400
鹭类	150-600
鹤类	350-750
鹤类	300-700
鸭类	150-500
雁类 (包括天鹅)	350-12000

## 8.6.2 风电场对鸟类及其栖息地的作用特征

### 8.6.2.1 风电场对鸟类及其栖息地的干扰影响

风电场运行对鸟类及其栖息地的影响主要包括两个方面。一方面是对风机运行以及相应人类活动对鸟类及其栖息地的干扰影响。由于不同建设区域生境的差异、风电场规模的不同以及区域分布鸟类对风电场敏感性的不同，不同的风电场其干扰影响往往具有明显差异，许多风电场研究结果表明，风机运行对鸟类基本没有影响，如表 8.6-2 所示。相当一部分风电场研究结果表明，风机运行对鸟类的干扰影响范围最大为 800m (繁殖鸟是 300m) (Percival, 2003)。而且风机运行影响距离往往和饵料资源分布有关。相对与陆上风电场，海上风电场通常由于距离岸线较远，其对鸟类及其栖息地的干扰影响相对较小。

**表 8.6-2 风电场运行对鸟类分布的干扰影响**

区域	生境	出现/研究的种类	风机数量	显著受影响种类	影响距离	来源
丹麦, Tjaereborg	海岸草地	水鸟	S	风头麦鸡, 金鸽, 鸥类	最大 800m, 繁殖风头麦鸡为	Pegersen & Poulsen, 1991

区域	生境	出现/研究的种类	风机数量	显著受影响种类	影响距离	来源
					300m	
荷兰， Oosterbierum	海堤上	水鸟	M	涉禽、鸥类、 雁鸭类	最大 500m，对 繁殖涉禽没有 影响	Winkelman, 1992b
荷兰，Urk	海堤上	水鸟	M	大天鹅、潜 鸭、白颊鸭	最大 300m	Winkelman, 1989
丹麦，Vejle	农田	红脚雁	L	红脚雁	1—200m	Larsen&Madsen, 2001
德国， Westermarsch	农田	北极雁	M	北极雁	最大 600m	Kowallik& Borbach-Jaene, 2001
苏格兰，Burgar Hill	海岸沼 地	潜鸟和猛 禽	S	红喉潜鸭	仅在建设初期 有一定人为干 扰影响	Meek et al. 1993; Haworth, 2002
英格兰，Haverigg	海岸草 地	金鸻，鸥 类	S	无		SGS Environment, 1994
英格兰，Blyth	海岸岸 线	鸬鹚、绒 鸭、矶鹬、 鸥类	S	无		Still <i>et al.</i> 1995
威尔士，Bryn Tytli	内陆湿 地	鸢和隼	M	无		Philips, 1994; Green, 1995
威尔士，Cemmaes	内陆湿 地	内陆种类	M	无		Dula, 1995
威尔士，Carno	内陆湿 地	内陆种类	L	无		Williams& Young, 1997; Young, 1999
英格兰西北， Ovenden Moor	内陆湿 地	金鸻和杓 鹬	M	无		Bullen Consultants, 2002
苏格兰西南， Windy Standard	内陆湿 地	内陆种类	M	无		Hawker, 1997
瑞典，Nasudden Gotland	海岸沼 泽和耕 地	水鸟	L	无		Percival 1998;
英国各地	内陆	内陆种类	M	无		Thomas, 1999
丹麦，Tuno Knob	海上	海鸭、黑 海番鸭	M	除了飞行路 线改变，基 本无影响		Guillemette et al. 1998, 1999; Tulp et al. 1999
比利时，Zeebrugge	海岸岸	水鸟	M	大部分水鸟	大约 300m	Everaert et al.



区域	生境	出现/研究的种类	风机数量	显著受影响种类	影响距离	来源
	线					2002
Utgrunden	海上	针尾鸭	S	无		Petterson& Stalin, 2003

注： VL-非常大， >200 台风机； L-大， 50~200 台风机； M-中等， 10~50 台风机； S-小， <10 台风机。

### 8.6.2.2 风电场造成鸟机相撞的风险

风电场运行的另外一个影响为鸟与风机相撞的影响。但是从许多风电场建设的实际经验来看，许多鸟类都会有趋避行为，而不会发生严重的撞击。丹麦 Horns Rev1 海上风电场建成后鸟类跟踪观测结果表明：风机建设以后，主要鸟类对风电场表现出明显的趋避特征。在迁徙季节，大部分鸟类会绕过风电场迁飞，只有少部分穿越风电场。如优势种海番鸭 90%以上在距离风机 200m 以上就转变飞行方向，而不是直接穿越风电场。且风电场建设以后，部分鸟类由于对相应生境的喜好，在风电场区域中的数量会有所增加，如小鸥 (*Larus minutus*)、普通燕鸥 (*Sterna hirundo*) 随着风电场区域船舶数量的增加其分布也有一定的增加。从现场观测结果来看，尽管在风电场周边观测记录了大量的鸟类，但是未发现一起鸟机相撞事件 (Elsam Engineering A/S, 2005)。

鸟类与风机相撞概率也因不同区域、不同生境以及风电场建设规模、运行工况以及分布鸟类的不同而存在明显差异，如表 8.6-3 所示 (Percival, 2003; Everaert, 2003)。一般情况下，根据已有观测结果的统计分析，相应飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率只有 0.1%~0.01% (Percival, 2003)。

表 8.6-3 鸟机撞击概率

区域	生境	出现种类	风电规模	撞击概率 (只/(台·年))	撞击种类	来源
加利福尼亚, Altamont	农场	猛禽	VL	0.05	猛禽	Orloff& Flannery, 1992, 1996
美国各地	各种各样	各种	混合	2.2	各种	Erickson <i>et al.</i> , 2001
美国, Altamont Pass	山地	猛禽以及迁徙鸟类	VL	0.05	猛禽	Smallwood &Thelander, 2004
西班牙, Tarifa	海岸丘陵	猛禽、鸻类和其他迁徙鸟	VL	0.34	猛禽	SEO/BirdLife, 1995
苏格兰, Bugar Hill	海岸湿地	潜鸟和猛禽	S	0.15	鸥类, 隼	Meek <i>et al.</i> , 1993
英格兰, Haverigg	海岸草地	金鸻、鸥类	S	0	无	SGS Environment, 1994
英格兰, Blyth	海岸岸线	鸬鹚、海鸭、矶鹬、鸥类以及迁徙鸟	S	1.34	鸥类、海鸭	Still <i>et al.</i> , 1995
比利时, Zeebrugge	海岸岸线	鸥类、雀形目迁徙鸟	M	11-29	90%以上是鸥类	Everaert <i>et al.</i> , 2002
威尔士, Bryn Tytli	内陆湿地	内陆种类	M	0	无	Tyler, 1995
威尔士, Cemmaes	内陆湿地	内陆种类	M	0.04	鹬类	Dulas, 1995
荷兰, Urk	海堤上	水鸟	M	1.7	鸥类、水涉禽和迁徙鸟	Winkelman, 1989
荷兰, Oosterbierum	海堤上	迁徙鸟, 水鸟	M	1.8	水鸟、鹰、雀形目鸟类	Winkelman, 1992a
荷兰, Kreekrak	海堤上	水鸟	S	3.4	鸥类、涉禽和其他水鸟	Musters <i>et al.</i> , 1996
英格兰, Ovenden Moor	内陆湿地	内陆种类	M	0.04	金鸻、杓鹬	EAS, 1997
丹麦, Tjaereborg	海岸草地	涉禽和鸥类	S	3.0	鸥类、雁鸭类、雷鸟、雀形目鸟类	Pedersen& Poulsen, 1991
Utgrunden	海上	海鸭	S	0	无	Petterson& Stalin, 2003

注: VL-非常大, >200 台风机; L-大, 50~200 台风机; M-中等, 10~50 台风机; S-小, <10 台风机。



### 8.6.3 对鸟类及其生境的影响评价分析

选择区域鸟类组成中优势种、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。施工期和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。

#### 8.6.3.1 施工期对鸟类的影响分析

工程施工期间，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。

本工程主体工程全部位于海上，陆上依托一期工程，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施工临时办公、生产、生活设施占地等，会对鸟类及其栖息地产生影响，但由于燕尾港和大丰港码头施工基地已建设完成，不是鸟类适宜栖息的生境，因此对鸟类影响相对较小。

此外，由于风机施工基本依靠船舶进行，可能存在船舶燃油泄漏、生活污水排放等对海域水环境产生影响。本工程在采取相关污染防治、风险防范措施的前提下，发生风险事故的概率较小，且本工程针对船舶溢油事故制定了相应的应急预案，对鸟类的影响较小。

对于工程施工期间的海上区域，距离海岸较远（10km 以上），因此海上施工作业对鸟类活动较为集中的海岸区域影响很小。

#### 8.6.3.2 运行期对鸟类的影响评价分析

随着施工临时占地的恢复（合理利用），陆域施工占地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影响。根据鸟类栖停迁飞特征的不同，其影响也有一定差异，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，二是对鸟类飞行和迁徙的影响。

##### （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），而本工程风电场区距离岸线超过 10km，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，其大部分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，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 100km，其在北部区域出现的频度较小。因此，从目前情况来看，本工程运行对邻近区域栖息、觅食的鸟类影响相对较小。

## （2）风机运行对鸟类飞行和迁徙的影响

风电场对鸟类最直接的影响是可能造成的鸟在飞行过程中与风机相撞，转动的风机会导致鸟撞击伤亡。但是从许多风电场建设的实际经验来看，许多鸟类都会有趋避行为，而不会发生严重的撞击。鸟类与风机相撞概率也因不同区域、不同生境以及风电场建设规模、运行工况以及分布鸟类的不同而存在明显差异。一般情况下，根据已有观测结果的统计分析，相应飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率只有 0.1%~0.01%。荷兰自然物理研究所曾对风电对鸟类的伤害进行研究，认为鸟类撞击风机而死亡的事件总体来说是稀少的，每公里风电伤害的飞鸟比每公里高压输电线伤害的鸟只少 1.0 倍，与高速公路上汽车对飞鸟的伤害处于同等水平。

鸟类在直接的长距离迁徙飞行过程中，特别是在天气晴好的夜晚，飞行高度通常较高。除了中小型鸻鹬类和部分雀形目鸟类，其他绝大部分鸟类的飞行高度



在 150m 以上；而中小型鸻鹬类和部分雀形目鸟类的飞行高度与风机叶轮的波及高度具有较大范围的重叠。而在天气恶劣或遇上异常天气条件，许多鸟类会在迁徙过程中寻找适宜栖息地作中途停歇。风电场建设邻近区域，可以为此提供便利。鸟类在迁徙的中途停歇地，其栖息地和觅食地通常在不同的区域，由于觅食的需要，通常会在觅食地和栖息地之间往返迁飞。这种迁飞由于飞行距离一般较短，其飞行高度通常要低于长距离迁飞的高度。

对于迁徙水鸟，主要包括鸻鹬类、鸥类、雁鸭类等，其迁徙通道主要在海岸线附近的天空，大多是高空迁飞，相关文献表明迁飞高度超过 300m。对于本工程，其风机轮毂高度 113/130.5m，风轮直径 191/230m，风机叶片旋转的范围在离地面 15.5 至 245.5m 之间。所以水鸟在迁徙通过本工程所在区域时，迁飞的高度远超过风机的轮毂和叶片的高度。

迁徙水鸟除了直接迁飞经过本区域外，还会有比较大的种群选择短暂停留。候鸟在迁徙中途停歇和觅食时，以及遇到不良气象条件时飞行高度一般<100m。由于此时飞行高度较低，旋转着的巨大风电机叶轮将会阻止鸟类在风电场范围内飞行和停留；风机运行时存在鸟碰撞叶片导致伤亡的风险。在其停留期间，主要行为为在堤内鱼塘、抛荒水域等停歇休息、在堤外滩涂觅食。在高潮和低潮转换期间，这些水鸟会出现飞行往来于大堤内外的行为，这期间的飞行高度约在 10 至 20m 左右，目的只是迅速从堤外到达堤内，或者反之。所以在这段区域内，即使有风机，水鸟的这一飞行高度受到风机的影响也不大。总体来说，风电场对水鸟迁徙影响较小，而本工程选址位于远离岸线的海上，距离岸线达 10km，其对于水鸟撞击死亡的影响则更小。而对于迁徙林鸟，主要是小型雀形目鸟类等，其迁徙通道主要在海岸线附近的陆地上，飞行高度相对较低，在 100m 以内，本工程所处的海上风电场对迁徙林鸟的影响有限。

对于迁徙飞行来说，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。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。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，一般变速的风机对鸟类的影响较大。此外，风电场区域的光源是影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，特别在遇上大雾、降雨、强逆风



或无月的夜晚，鸟容易被光源吸引，向着光源飞行，这种趋光性极易造成鸟撞上光源附近的障碍物

对于普通飞行来说，在风机邻近区域栖息和觅食的鸟类，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。

由于不同建设区域生境的差异、风电场规模的不同以及区域分布鸟类对风电场敏感性的不同，不同的风电场其干扰影响往往具有明显差异，许多风电场研究结果甚至表明，风机运行对鸟类基本没有影响。相当一部分风电场研究结果表明，风机运行对鸟类的干扰影响范围最大为 800m（繁殖鸟是 300m）。而且风机运行影响距离往往和饵料资源分布有关。相对与陆上风电场，海上风电场通常由于距离岸线较远，其对鸟类及其栖息地的干扰影响相对较小。

由于候鸟迁徙基本沿大陆海岸线进行，本工程海上风电场距离岸线超过 10km，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。2012~2013 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。相对而言灌云风电场距离岸线更远，在区域中活动的鸟类数量会更少，发生鸟机相撞的风险更低。

通过 2020~2021 年对灌云海上风电场及附近海域开展为期 4 个季度的鸟类多样性调查，调查数量最多的为红嘴鸥，为 2522 只，其余鸟类均少于 1000 只。调查到国家二级重点保护鸟类 3 种，为凤头蜂鹰、燕隼、红脚隼。中国红色名录中近危（NT）物种 2 种，为凤头蜂鹰、红脚隼。由此可见，海上风电场建设区域仍然是红嘴鸥、凤头蜂鹰、燕隼等鸟类适宜的觅食、栖息场所。研究表明在离岸区域建设风电场，鸟类撞击概率较小，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（Pettersson and Stalin, 2003）。

此外，一期工程已建成，本工程仅新增 15 台风机，风电场占据的空间有所增加，发生鸟类撞机事故的概率也有所增加。因此，对于风电场产生的联合叠加效应以及影响区域的扩大还需重视。综上，对于本区域过境的候鸟而言，迁徙基



本沿大陆海岸线进行,大部分鸟类其觅食地和栖息地基本都在大陆岸线邻近区域,包括光滩前缘的部分水域。对于本工程而言,最近光滩区域距风电场也超过 10km,鸟类向东迁飞穿越风电场的可能性较小。根据目前的情况看,迁徙期候鸟基本不会穿越距离海岸线有一定距离的海上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)连续视频监控,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。综上所述本工程建设对鸟类迁徙的影响总体较小。

#### 8.6.4 对盐城国家级珍禽自然保护区鸟类的影响

本工程位于盐城国家级珍禽自然保护区西北侧,距离保护区北部实验区边界约 15km,距离保护区核心区边界约 121km。在盐城保护区及其周边地区,最主要的保护鸟类是丹顶鹤。从实际观测结果来看,丹顶鹤在本工程风电场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。本工程位于海上,没有适合其营巢繁殖的栖息地。因此,从目前区域鸟类组成、分布及其栖息地特征以及本工程所处位置来看,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。

## 8.7 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运行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;运行期主要为风机运转产生的水下噪声和海底电缆电磁场对鱼类的影响。

### 8.7.1 水下噪声对鱼类的影响

#### 8.7.1.1 施工期水下噪声对鱼类的影响

海上风电场在施工期的主要噪声源包括机械噪声、船舶噪声和打桩噪声。其中,机械噪声包括施工现场的各类机械设备,是主要的海上施工噪声源。船舶噪声主要为运输船只频繁行驶经过和施工将对施工海域产生较大干扰噪声,船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声,其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。打桩噪声主要来源于冲击式 (impact-pile-driving) 或振动式 (vibration-pile-driving) 打桩,冲击式打桩使用液压驱动桩锤 (Hammer) 不断下落对桩柱施加冲击力将其打入地下,而振动打桩则是使用旋转偏心锤 (Eccentric Weights),通过振动施加交变力将桩柱沉入地下。在打桩时,声音从空气中通过桩柱传播至水体中,其中一部分声音又会通过海底反射又传至水中。水下冲击打桩是海洋工程的典型主要强噪声来源,打桩过程会产生高强度的噪声,其声压级可以达到200dB,单次冲击表现为脉冲式宽频波形,水下工程施工所产生的噪声及其对海洋生物的影响,近年来已引起国际海洋生态保护领域的关注。

##### (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 $170+24.3\times 3=251$ 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。本工程风机采用单桩打桩,其直径为7~8.3m,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7~8.3m，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。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，但由于本次项目采用的钢管桩直径达7~8.3m，因此以240 dB作为本工程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10m），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。因此综合考虑，我们选 $30 \log(r)$ 作为本工程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）打桩噪声对海洋动物的影响分析

### 1) 打桩噪声对哺乳动物的影响分析

水下打桩噪声会对不同距离处的海洋哺乳动物造成不同程度的影响，在打桩点近距离处，会造成海洋哺乳动物的听觉损伤(TTS或PTS)，甚至因内脏器官破损直接死亡。在打桩点远距离处，会造成海洋哺乳动物行为的变化，包括它们的听觉行为、社交行为、繁殖行为等。目前研究认为，水下打桩噪声会掩蔽海洋哺

乳动物声学信号，进而影响它们觅食、躲避天敌、繁殖等，甚至造成其永久性听觉损失(PTS)。

国外关于海上风电场水下打桩噪声对海洋哺乳动物影响的研究，还体现于水下打桩噪声对海洋哺乳动物数量的影响，海洋哺乳动物数量的变化与否能够反映其对水下打桩噪声躲避与否，数量变化的比重可以反映其对水下打桩噪声反应的强弱。Tougaard 等曾在 1999-2005 年期间对工程海域的海豹数量进行了统计分析，结果表明，在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期没有见到斑海豹；风电场在运行期则没有对斑海豹产生影响。

虽然打桩噪声的频率一般不在海洋哺乳动物的听觉范围内，但打桩噪声的声压级较强，依然可能对海洋哺乳动物造成影响。根据美国 2018 年人为噪声对海洋哺乳动物影响导则（NOAA, 2018, Version 2），表 8.7-1 为哺乳动物 TTS 的噪声阈值，本工程采用低频鲸豚类的保护阈值为 179dB 进行打桩噪声影响评估。本工程打桩噪声预测为 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 8.7-1 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> <sub>1</sub> (kHz)	<i>f</i> <sub>2</sub> (kHz)	<i>C</i> (dB)	<i>K</i> (dB)	Weighted TTS onset threshold* (SEL <sub>cum</sub> )
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



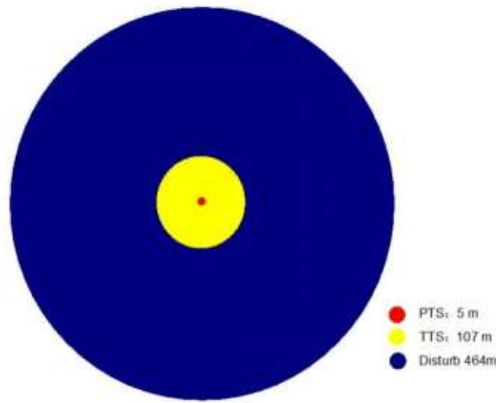


图 8.7-1 打桩噪声对哺乳动物的影响距离图

## 2) 打桩噪声对鱼类的影响分析

暴露于强噪声可能导致鱼类的永久性听阈偏移(PTS)。PTS 是永久性的听力丧失，通常都是感觉毛细细胞的死亡导致。但是，由于鱼类的听觉毛细细胞的再生机制，目前，还没有发现噪声可以导致鱼类听觉永久性丧失。

听力的损伤可导致鱼类对其声境的感知下降，从而影响及捕食效率、躲避敌害的机率、生殖机率等。另一方面，噪声可影响或改变鱼类的行为模式，从而影响其常态的行为，如摄食，生殖行为等。如强噪声会使某些鱼离开一个区域一段时间，渔船及机械产生的低频噪声可能引起鱼躲避船舶。此外，强噪声对鱼类的总体行为将产生影响，如许多鱼使用声波吸引配偶或其它行为，任何噪声对这些声波的掩蔽都可改变鱼的活动行为。因此，打桩所产生的冲击波噪声在多方面可能对鱼类产生影响，这些影响包括改变鱼类行为，对鱼类造成物理性损伤或提高死亡率。影响的严重程度受到多种因素影响，如水下噪声的声强和声频特性、鱼类遭到噪声时与噪声源的相对距离和位置、噪声的作用时间、鱼群的密度和鱼类的体积大小，以及鱼本身的解剖构造等。

需要指出的是，幼鱼和鱼卵由于受自身发育的限制，其游动非常缓慢，鱼卵也可能是固定的，因此在噪声环境中，幼鱼和鱼卵遭到噪声影响则会更严重。目前仅有很少的资料提及噪声对正在孵化的鱼卵或鱼幼体的影响。研究发现当红鲈鱼暴露在比背景噪声高出 15dB 的宽频噪声(100-1000Hz)中时，鱼卵和胚胎的死亡率增加，但是已经孵化的幼鱼暴露在相同的噪声中则没有受到影响。

### ①黄姑鱼的听觉阈值的实验研究

根据上海海洋大学 2018 年对黄姑鱼的听觉阈值进行的实验室研究。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 8.7-2 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。

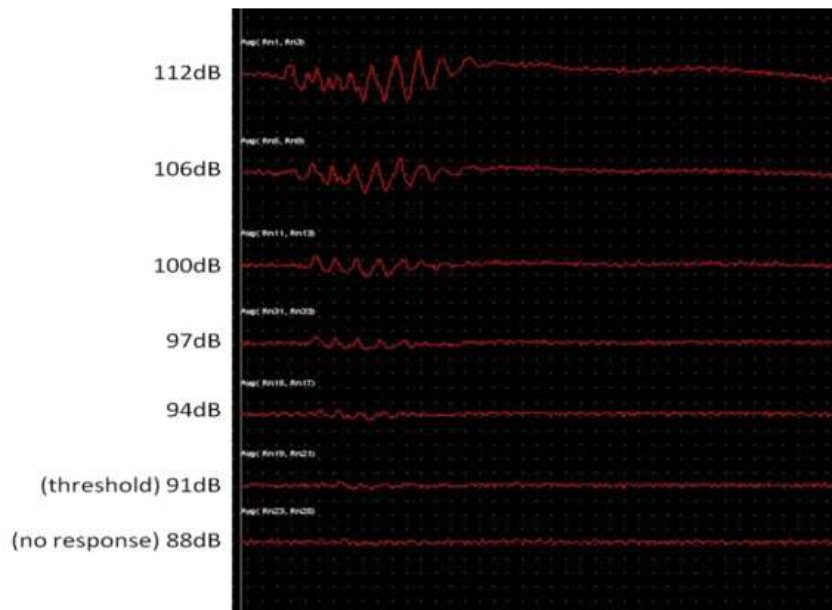


图 8.7-2 500Hz 刺激下黄姑鱼的 AEP 波形

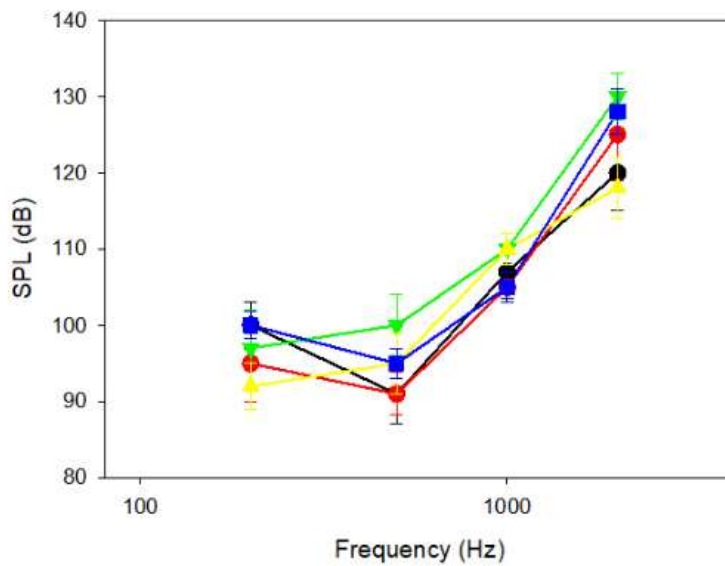


图 8.7-3 黄姑鱼的听觉阈值曲线

②大黄鱼的发声谱级



上海海洋大学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。

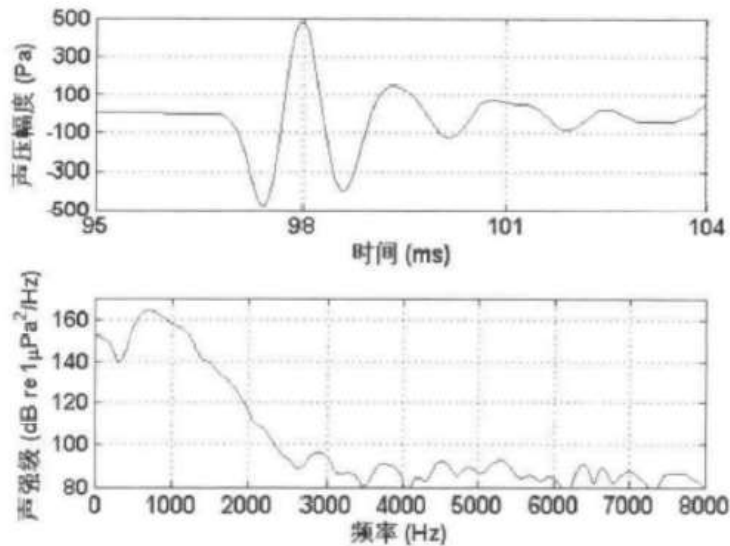


图 8.7-4 黄鱼的发声谱级

### ③噪声暴露对黄姑鱼听觉阈值的影响实验研究

上海海洋大学对黄姑鱼进行了 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。

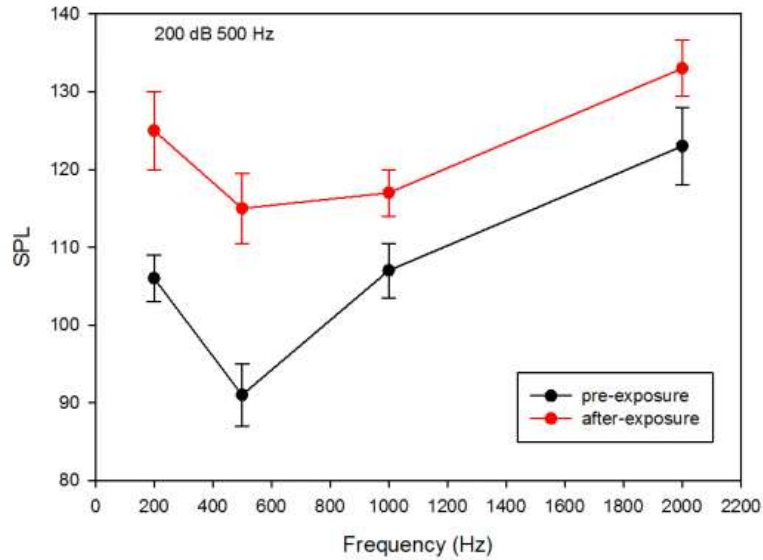


图 8.7-5 暴露对黄姑鱼听觉阈值的影响

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。本工程打桩噪声预测为 240dB，基于  $30\log(R)$  的衰减模型，鱼类感知的安全距离为 10km，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 200dB，对应的距离为 21m。综上所述，应当在离桩基 10km 的范围内注意石首科鱼类的分布。

图 8.7-6 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，驱使附近鱼类离开施工水域，以减少大范围的鱼类伤害。



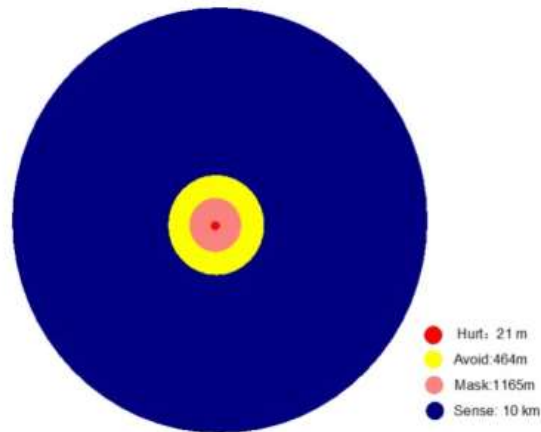


图 8.7-6 为打桩噪声对鱼类影响距离示意图

### (3) 打桩噪声对产卵场和仔鱼的安全距离

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，为鲶鱼不同发育阶段的听觉阈值。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。采用的黄姑鱼为 10cm 左右，接近成年个体的大小。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。

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幼体的安全距离。本工程打桩噪声预测为 240dB，基于  $30\log(R)$  的衰减模型，鱼类幼体感知的安全距离为 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。但打桩噪声对幼鱼的行为反应必须考虑。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，对应的安全距离为 2154m，声强达到 150dB 时则有翻肚或死亡现象。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。

#### 8.7.1.2 运行期水下噪声对海洋动物的影响

风机噪声主要包含风叶转动时扰动气流产生空气动力噪声和顶舱动力设备

运转产生的噪声（以机械振动噪声为主）。风叶转动产生的空气动力噪声几乎可以完全被水面反射，因而很少能传入水中。设备机械振动噪声可由顶舱通过钢塔传至水下基桩，通过基桩将噪声传播至水体和海床而产生水下噪声。由于顶舱内齿轮箱的齿轮一般以恒定的速度互相旋转咬合，因而风机产生的水下噪声频谱较为恒定。

#### （1）国内外运行期风机水下噪声特性分析

国外对海上风电场所引起的水下噪声研究较早。Andersson 在距离风电机（2.3 MW）1m 处进行了噪声测定，噪声主要频率为 24Hz、130Hz，声压级分别为 126dB、142dB。Tougaard 在 2009 年对丹麦海上 2MW 风电机在运行期的水下噪声进行了测量，并将风电机关闭的水下噪声作为背景噪声进行比较研究，结果表明，2MW 风电机在运行期产生的水下噪声主要为中心频率为 125Hz 的频带噪声。Nedwell 等在 2003 年总结了约 500 次单独测量的浅水风电场运行期水下噪声，在频率 10Hz-120kHz 上 North Hoyle 风电场的水下噪声平均值约为 116 dB re 1μPa，变化范围为 90-158dB；而对于 Scroby Sands 风电场所测结果是水下噪声平均值为 120dB，变化范围为 100-135dB，这结果与两个项目在建设前期所测量的海洋背景噪声级相符，同时还注意到，即使是十分靠近一个正在运行的风机，其噪声也没有比背景噪声高出 20dB。总之，虽然测试结果反映出风机营运中在水下产生了些噪声，但是测试结果中风机噪声的特征并不明显，也没有对较远处的背景噪声产生影响。频谱分析结果未显示有机械或电机式的噪声特征成分存在。

上海海洋大学对东海大桥风电场的水下噪声进行了现场测量。结果表明：在距离风电机不同距离处的水下噪声信号在 25-200 Hz 的频带内声压级较高，接近 100 dB，同时其 1/3 倍频程声压值随着水深增而增加，即 10 m 深处的低频声压明显高于 3 m 和 5 m 水深的值。而在离风电机 2000 m 处的测量结果显现了与之相反的趋势，即 10 m 水深处的低频带声压低于 3 m 和 5 m 的值。在距离风电机 2000 m 的水下噪声基本可以近似为背景噪声。风电机产生的水下噪声在水平距离的衰减采用走船式的方法进行记录，结果表明：水下噪声在 300m 处的下降幅度已达 20 dB，450 m 略有上升，基本也与 300m 处接近，表明在 300m 处风电机的噪声可能已经接近背景噪声。根据不同监测距离 15m、60m、150m 处的测量值进行拟合，得出东海大桥海上风电场水下噪声衰减满足  $SPL(r)=118-29.5\log(r)$ ，



可作为海上风电机水下噪声的评价衰减模型。需要指出的是，上述的衰减模型是一个简单、粗略的估计，实际的衰减情况更复杂的，受海况、海底地形等因素限制。

#### (2) 运行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，风电场运行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，运行期风电场水下噪声对哺乳动物不会造成影响。

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，因此运行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。

#### (3) 运行期水下噪声对产卵场和仔鱼的安全距离

基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运行期的水下噪声主要为低频信号（100-200 Hz），其声谱级预测为100dB。根据黄姑鱼听觉阈值实验结果，黄姑鱼幼鱼听觉阈值约为115dB，推测石首鱼幼鱼可能听不到运行期的风电机噪声，因此认为运行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作为支撑。

#### (4) 水下噪声对工程海域鱼类的影响的实验研究

上海海洋大学对黄姑鱼和小黄鱼的摄食行为实验表明，运行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。运行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。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信产生影响还有待进一步研究。

## 8.7.2 电磁场对海洋鱼类的影响分析

### 8.7.2.1 鱼类对电磁场的感知

根据海底电缆电磁场特征，鱼类对电磁场的感知包括两部分，磁场（B）和感应电场（ $iE$ ）。目前，鱼类对磁场的感知的研究数据还非常有限，但至少知道磁场或由其转化的感应电场可以通过生理和生化参数的改变来影响鱼类的行为，包括洄游行为。相比磁场感受，鱼类对电场信号更敏感。在强电场条件，鱼类会出现静止，麻痹，甚至死亡。对于弱电场，一些鱼类进化出了一种特殊的电感受器官来感知水体中的微弱电场信号，包括生物电信号和非生物电信号，并在其摄食、避害和求偶等行为中有重要作用。

### 8.7.2.2 电磁场对海洋生物的影响

#### （1）磁场强度对海洋生物的影响

行为学研究显示鱼类是能够接收磁场强度的。很多鱼类如鲈鱼（*Perca fluviatilis*）、白斑狗鱼（*Esox lucius*）等都趋于选择镶有磁铁的长网袋。洄游鱼类可能会利用磁场进行空间定位。

一般而言，在电缆电压为 220kV 时，三芯电缆所产生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，所产生的电磁感应强度将明显增大，但一般不超过 5 倍。保守估计 220kV 单芯电缆在分开 20m 铺设时，在埋深 2m 情况下，所产生的磁感应强度不会超过  $100\mu\text{T}$ ，低于控制限值。

对于 35kV 风电场场内海底电缆，最密集的布放方式为 5 根 35kV 海底电缆并行排列，所获得的叠加效应最明显。选择 5 根平行排列的海底电缆进行分析。采用 Ansoft Maxwell 2D 软件的交流传导场进行求解。并行排列的 5 根电缆磁感应强度的叠加效应将使衰落呈椭圆分布，但总体强度随着距离的增加而减少，而且衰减越来越严重，在离电缆中心点 1m 外的区域中磁感应强度已经降到  $10^{-6}\text{T}$  以下。

由此可见风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个核内部。对于 35kV 的



集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在  $10^{-6}\text{T}$  以下；对于 220kV 海底电缆，磁感应强度已降在  $10^{-5}\text{T}$  以下。据本工程实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（大黄鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）基本上没有影响。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，并在工程运行期进行海底电缆电磁场的跟踪监测。

## （2）调查强度对海洋生物的影响

为了进一步分析海上风电场感应电流对鱼类行为的影响，上海海洋大学鱼类行为实验室开展了人工模拟电场环境对鱼类行为影响的研究。实验结果如下：

### 1) 人工模拟电场对电感受鱼类（鲟鱼）影响的实验

①西伯利亚鲟的电感受阈值为  $20\text{-}100\mu\text{V}/\text{cm}$ ，即  $2000\text{-}10000\mu\text{V}/\text{m}$ 。潮汐时，水流切割地球磁力线可产生  $8\text{-}25\mu\text{V}/\text{cm}$  的电信号，鲟鱼在洄游中，如果受到的大于该值的干扰信号，则很可能影响其洄游行为。

②幼鲟 2 月龄组的平均避让距离为 3.1m，平均避让阈值为  $457.5\mu\text{V}/\text{m}$ ，3 月龄组的平均避让距离为  $10.8\mu\text{V}/\text{m}$ ，平均避让阈值为  $29.5\mu\text{V}/\text{m}$ ，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。

虽然渔业资源调查并没有发现中华鲟，但中华鲟是该海域可能出现的重要电感受鱼类，也是我国重要的长江保护鱼类。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，有文献认为中华鲟是通过地磁感应电场进行洄游行为。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。根据实验预测其电感受阈值应当不高于  $2000\mu\text{V}/\text{m}$ 。而预测的海底电缆的感应电场最大值为  $80\mu\text{V}/\text{m}$ ，远小于预测的中华鲟的  $2000\mu\text{V}/\text{m}$ 。因此，如果海底电缆在深埋海床下 2m 时，不会海域内的电感受鱼类行为产生明显影响。

### 2) 人工模拟电场对小黄鱼（非电感受鱼类）影响的实验

#### ①电磁环境对非电感受鱼类产卵场和幼鱼的安全距离分析

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，本项目的水下电磁环境对非电感受鱼类不

存在影响，但运行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。

#### ②电磁环境对电感受鱼类产卵场和幼鱼的安全距离分析

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  $20\mu\text{V}/\text{cm}$ ，即  $2000\mu\text{V}/\text{m}$ ，远大于预测的海底电缆的感应电场最大值为  $80\mu\text{V}/\text{m}$ 。因此认为，正常情况下的海底电缆产生的电磁环境对鲟鱼的影响较小，但需要进行长期监测，也确定一定的埋深。

由于鲟鱼在生长发育过程中，电感受器数量达最大，此时的电感受敏感性也最强。但是，性成熟的鲟鱼通常由海水进入淡水进行生殖，比如中华鲟。但目前并没有关于成熟期中华鲟的电感受阈值研究结果。但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。



## 8.8 对环境敏感目标影响预测与评价

### 8.8.1 对“连云港海域农渔业区”的影响分析

本工程位于“连云港海域农渔业区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020年）》，该海洋功能区的管理要求为：“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，实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 下列海域兼容海上风能：（1）34°38'44"N 119°46'22"E（2）34°37'26"N 119°52'18"E（3）34°34'00"N 119°49'38"E（4）34°35'28"N 119°44'23"E（灌云县外侧海域）6、兼容连云港—达山岛海底管线区，长56km，宽40m。

本工程施工期间由于钢管桩沉桩和海底电缆埋设会使局部海域水体悬浮物短时增高，影响浮游动植物生长，同时对渔业资源产生短时影响，此外施工船舶来往，周围海域船舶密度增大，有可能会对进出该渔业区的渔船产生一定影响，届时应注意船舶之间的避让。但由于工程区距离岸线较远，水动力条件较好，施工产生的悬浮物可在较短时间内恢复至本底值，因此上述影响是短暂且可恢复的。工程运行期不改变该功能区的水质及水动力环境，基本不影响该功能区。

### 8.8.2 对“圩子口农渔业区”的影响分析

本工程西南侧约12.1km为“圩子口农渔业区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020年）》，该海洋功能区的管理要求为：“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，实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 以下海域兼容海上风能区：六圩闸至二弯船闸海堤外向海一侧至潮间带。”

由于工程区距离该农渔业区较远，工程施工及运行期间均不改变该功能区

的水质及水动力环境，海底电缆施工造成其悬浮物最大增量小于 0.01mg/L，基本没有影响。但本工程施工期间施工船舶来往，周围海域船舶密度增大，有可能会对进出该渔业区的渔船产生一定影响，届时应注意船舶之间的避让。

### 8.8.3 对“响水农渔业区”的影响分析

本工程东侧约 13km 为“响水农渔业区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“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，实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 以下海域兼容海上风能区：：新滩港至灌河口之间沿岸线状海域。”

由于工程风电场区距离该农渔业区较远，工程施工及运行期间均不改变该功能区的水质及水动力环境，海底电缆施工造成其悬浮物最大增量小于 0.01mg/L，基本没有影响。但本工程施工期间施工船舶来往，周围海域船舶密度增大，有可能会对进出该渔业区的渔船产生一定影响，届时应注意船舶之间的避让。

### 8.8.4 对“开山岛海蚀地貌保护区”的影响分析

本工程场区东南约 4.5km 为“开山岛海蚀地貌保护区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“1 按照海洋环境保护法和海洋功能区划，确定海洋保护区的管理目标和管理措施。2 在不影响实现主要保护目标的前提下，可以开展科研教学和适度的旅游活动。”

本工程施工期对周边海域的影响主要体现在悬浮物对海水水质的影响，根据 8.3.1 节水质影响预测结果，施工期造成保护区悬浮物增量仅为 0.68mg/L；根据报告书 8.2.2 节冲淤环境影响预测，风电场运行期造成开山岛海蚀地貌保护区的年冲刷量为 0.003m，平衡冲刷量为 0.004m，可见风电场运行期产生的冲淤变化对该保护区基本无影响。综上，本工程建设不影响该功能区的基本功能。



### 8.8.5 对“开山岛旅游休闲娱乐区”的影响分析

本工程场区东南测最近距离约 4.4km 有“开山岛旅游休闲娱乐区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“根据海洋功能区划和沿海旅游发展规划，建设海洋旅游休闲娱乐区；保持环境优美，与周围海域使用活动相协调，防止其他活动影响旅游环境；落实防护措施，确保游客安全。”

本工程施工期对周边海域的影响主要体现在悬浮物对海水水质的影响，根据 8.3.1 节水质影响预测结果，施工期造成娱乐区悬浮物增量仅为 1.95mg/L，小于 10mg/L，风电场施工期悬浮物对其影响极小，运行期对该功能区基本无影响。综上，本工程建设不影响该功能区的基本功能。

### 8.8.6 对“灌河口旅游休闲娱乐区”的影响分析

本工程场区南测最近距离约 7km 有“灌河口旅游休闲娱乐区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：

“根据海洋功能区划和沿海旅游发展规划，建设海洋旅游休闲娱乐区；保持环境优美，与周围海域使用活动相协调，防止其他活动影响旅游环境；落实防护措施，确保游客安全。”

本工程施工期对周边海域的影响主要体现在悬浮物对海水水质的影响，根据 8.3.1 节水质影响预测结果，施工期造成娱乐区悬浮物增量小于 0.01mg/L，小于 10mg/L，风电场施工期悬浮物对其影响极小，运行期对该功能区基本无影响。综上，本工程建设不影响该功能区的基本功能。

### 8.8.7 对“连岛旅游休闲娱乐区”的影响分析

本工程场区西北测最近距离约 28km 有“连岛旅游休闲娱乐区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：

“根据海洋功能区划和沿海旅游发展规划，建设海洋旅游休闲娱乐区；保持环境优美，与周围海域使用活动相协调，防止其他活动影响旅游环境；落实防护措施，确保游客安全。”

本工程施工期对周边海域的影响主要体现在悬浮物对海水水质的影响，根据 8.3.1 节水质影响预测结果，施工期造成娱乐区悬浮物增量小于 0.01mg/L，小于 10mg/L，风电场施工期悬浮物对其影响极小，运行期对该功能区基本无影响。综上，本工程建设不影响该功能区的基本功能。

#### 8.8.8 对“徐圩港口航运区”的影响分析

本工程场区西南侧约 11.2km 为“徐圩港口航运区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“1 在不影响港区建设的情况下可以适度安排养殖活动。新建或扩建港口工程，要严格科学论证，做到选址合理，规模适中；在港口区可根据港口需要，适当进行围填海。按照相关法律法规，加强对海域使用的统一管理，禁止乱占滥用和违规占用。2 清除非法占用航道和锚地的设施，不能设置网箱养殖和拖网作业，保证航道和锚地畅通。协调与周围功能区的关系，在航道两侧和锚地周围安全范围之外可适当安排其它不改变海洋属性的用海活动。”

本工程实施对港口航运区的影响主要考虑工程建设和运行期间施工船舶来往及水动力条件变化对港口航运区的影响。根据本工程水动力及冲淤影响预测，本工程运行期造成徐圩港口航运区涨落急流速变率最大为-0.1%，流向基本不受影响；引起徐圩港口航运区最大年冲淤量小于 0.001m，平衡冲刷量约 0.001m，可认为，工程建设基本不改变港口航运区的冲淤环境，不影响港口航运区的基本功能。

在施工期间应注意施工船舶来往对航道的影响；运行期应布设相关标记设施，降低通过此航运区的船舶误闯入风场区的风险。

#### 8.8.9 对“连云港及徐圩港口航运区”的影响分析

本工程西北侧为连云港及徐圩港口航运区，距离本工程最近约 14.6km。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的管理要求为：“1 在不影响港区建设的情况下可以适度安排养殖活动。新建或扩建港口工程，要严格科学论证，做到选址合理，规模适中；在港口区可根据港口需要，适当进行围填海。按照相关法律法规，加强对海域使用的统一管理，禁止乱占滥用和违规占用。2 清除非法占用航道和锚地的设施，不能设置网箱养殖和拖网作业，



保证航道和锚地畅通。协调与周围功能区的关系，在航道两侧和锚地周围安全范围之外可适当安排其它不改变海洋属性的用海活动”。

本工程实施对港口航运区的影响主要考虑工程建设和运行期间施工船舶来往及水动力条件变化对港口航运区的影响。根据本工程水动力及冲淤影响预测，本工程运行期造成连云港及徐圩港口航运区涨落急流速变率最大为 0.05%，流向基本不受影响；引起连云港及徐圩港口航运区最大年冲淤量小于 0.001m，平衡冲刷量约-0.001m，冲刷量较小，基本不影响港口航运区的基本功能。

在施工期间应注意施工船舶来往对航道的影响；运行期应布设相关标记设施，降低通过此航运区的船舶误闯入风场区的风险。

#### 8.8.10 对“灌河口港口航运区”的影响分析

本工程东侧约 2km 为“灌河口港口航运区”。

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，该海洋功能区的 management 要求为：“在不影响港区建设的情况下可以适当安排养殖活动。新建或扩建港口工程，要严格科学论证，做到选址合理，规模适中；在港口区可根据港口需要，适当进行围填海。按照相关法律法规，加强对海域使用的统一管理，禁止乱占滥用和违规占用。2 清除非法占用航道和锚地的设施，不能设置网箱养殖和拖网作业，保证航道和锚地畅通。协调与周围功能区的关系，在航道两侧和锚地周围安全范围之外可适当安排其它不改变海洋属性的用海活动”。

本工程实施对港口航运区的影响主要考虑工程建设和运行期间施工船舶来往及水动力条件变化对港口航运区的影响。在施工期间应注意施工船舶来往对航道的影响；运行期应布设相关标记设施，降低通过此航运区的船舶误闯入风场区的风险。航运区距离风场区较远，依据水动力及泥沙冲淤影响预测，风电场将导致灌河口港口航运区部分区域呈现冲刷、部分区域呈现淤积状态，年最大冲刷深度及淤积厚度分别约为 0.004m/a 和 0.024m/a，平衡最大冲刷深度及淤积厚度分别约为 0.038m 和 0.215m，冲刷量较小，淤积量较大，为避免对通航产生影响，因定期进行冲淤观测和水深维护。本工程建设基本不改变河口及港口航运区的冲淤环境，不影响港口航运区的基本功能，

此外根据本工程通航安全影响论证报告结论，工程的建设对该水域的通航安全与通航环境存在一定的影响。业主单位应充分认识到通航环境和安全生产的



关系，投入必要的物力和配套设施，与当地海事部门进行充分的联系和协调，共同加强对工程水域及其附近水域的安全管理。通过制定相应的安全管理办法，并采取本报告提出的一系列安全保障和维护措施后，在各方的共同努力下，风电场工程在施工期间和建成投产后，不会对通航环境和过往船舶航行安全构成很大的妨碍。通过对通航环境和安全的综合分析，在解决好风电场工程附近水域通航环境的相关条件后，本工程建设对灌河口港口航运区的影响可控。

#### 8.8.11 对“江苏省海州湾海洋牧场”的影响分析

本工程东北侧为“江苏省海州湾海洋牧场”，距离本工程最近距离约 3.9km。

根据《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》，该海洋功能区的管控措施为：“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”。

本工程场区距离“江苏省海州湾海洋牧场”最近约 3.9km。本工程施工期导致该牧场悬浮泥沙最大增量值约 1.41mg/L，10mg/L 扩散范围未影响到该功能区；电缆埋设于海底之下，不改变该海域自然属性，项目用海对保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道基本无影响。

综上，根据《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》，本工程的实施符合江苏省海州湾海洋牧场的管控措施，工程建设不会影响江苏省海州湾海洋牧场基本功能。

#### 8.8.12 对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区的影响分析

本风电场主体工程、海底电缆均不在该保护区核心区、缓冲区和实验区内，与本工程距离较近的实验区为 5 块实验区中最北侧的响水县省灌东盐场区块。本工程风电场区距离保护区该实验区最近距离约 15km，与保护区核心区距离较远，超过 120km。

风机施工阶段产生的环境影响主要集中在海上，建议海底电缆在施工期应尽



量减少施工范围，禁止随意开挖破坏；运行期基本不排放污染物，因此，本工程施工期和运行期均不会对保护区生境条件造成直接影响。

此外，根据《华能灌云海上风电场 100MW 扩建工程海洋环境影响评价鸟类评价专题报告》，本工程运行期间，风电场远离在滩地区域觅食的鸟类，对其觅食范围基本不产生直接干扰；对于迁徙过境的鸟类，由于鸟类本身具有趋避行为且飞行高度一般较高，风机对过境鸟类影响有限。另外，工程不占用保护区，对保护区海涂湿地生态系统无影响。除施工期悬浮物或浮油对保护区有少量影响外，工程建设影响保护区影响有限。

#### 8.8.13 对响水四腮鲈鱼种质资源保护区的影响分析

本工程东侧为“响水四腮鲈鱼种质资源保护区”，距离本工程最近距离约 22km。

根据《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》，该海洋功能区的管控措施为：“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”。

本工程施工期导致该牧场悬浮泥沙最大增量值小于 0.01mg/L，10mg/L 扩散范围未影响到该功能区；电缆埋设于海底之下，不改变该海域自然属性，项目用海对保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道基本无影响。

综上，根据《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》，本工程的实施符合响水四腮鲈鱼种质资源保护区的管控措施，工程建设不会影响响水四腮鲈鱼种质资源保护区基本功能的实施。因此本风电场建设符合江苏省海洋生态红线保护规划要求。

#### 8.8.14 对燕尾港一级渔港的影响分析

燕尾港一级渔港位于连云港市灌云县燕尾港镇灌河北岸，锦豪造船厂东南侧，棉花港东北侧，地理位置为 119°46.2'E~119°47'E，34°30.8'N~34°31.7'N 范围内。

拥有码头泊位 8 个，总长 360m，宽 12m。主要用于停靠渔船，满足当地渔民、渔船的生产避风需要。

根据 8.2.2 节地形冲淤影响预测，运行期本工程对燕尾港一级渔港处的年冲淤量小于 0.001m/a，平衡冲刷量为 0.002m，基本不会对渔港现有的冲淤条件产生明显的影响，因此，本工程建设对燕尾港一级渔港的影响很小。

#### 8.8.15 对鱼类重要栖息地及“三场”和洄游通道的影响分析

本工程所在海域位于蓝点马鲛产卵场内，距离黄渤海中上层鱼类产卵场约 10km，与底层鱼类产卵场距离约 15km，距离西侧黄鲫产卵场约 30km，位于蓝点马鲛产卵场内，距离日本鲭产卵场约 25km，距离鳀产卵场约 25km，距离小黄鱼产卵场较远。施工期对鱼类重要栖息地及“三场一通道”的影响主要为打桩和电缆铺设产生的悬浮物、施工过程中产生的水下噪声影响。运行期鱼类重要栖息地及“三场一通道”的影响主要为风机运行时的水下噪声和电磁场对鱼类的影响。

打桩和电缆敷设将引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，影响水中浮游植物生长，造成初级生产力下降，最终导致水域可利用生物资源量下降。根据数模预测结果，风电场海底电缆施工引起蓝点马鲛产卵场悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大面积为 24.9km<sup>2</sup>，由于施工产生的悬浮物集中在工程海域，且施工结束后人为增加的悬浮物浓度增量很快恢复到背景值，周边其他产卵场距离本工程较远，因此基本不会对其他产卵场产生影响。

根据噪声专题，本工程桩基施打时水下噪声源强约 240dB (re 1μPa)，水下噪声对幼鱼的声讯交流影响较小，风机基础海上打桩施工时，应确立在 464m 范围内为危险区域，在 3.0km 范围内为警告区域。打桩施工中在这些海域范围内应对鱼类活动进行可能的驱赶、搬移等工作。

运行期水下噪声强度总体较低，与海域背景水下噪声声谱级相当，基本上不会对海洋生物产生影响。对于 35kV 的海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降为 10<sup>-6</sup>uT 以下，对海洋生物的影响在可接受范围内。因此，运行期风电场水下噪声和电磁场对周边产卵场基本不会造成影响。



### 8.8.16 对渔业生产的影响分析

本工程主体部分和海底输电电缆路由全部位于连云港农渔业区。工程用海区域存在部分养殖用海，工程范围及施工期悬浮物扩散影响范围对当地养殖户的影响范围见图 8.8-6。

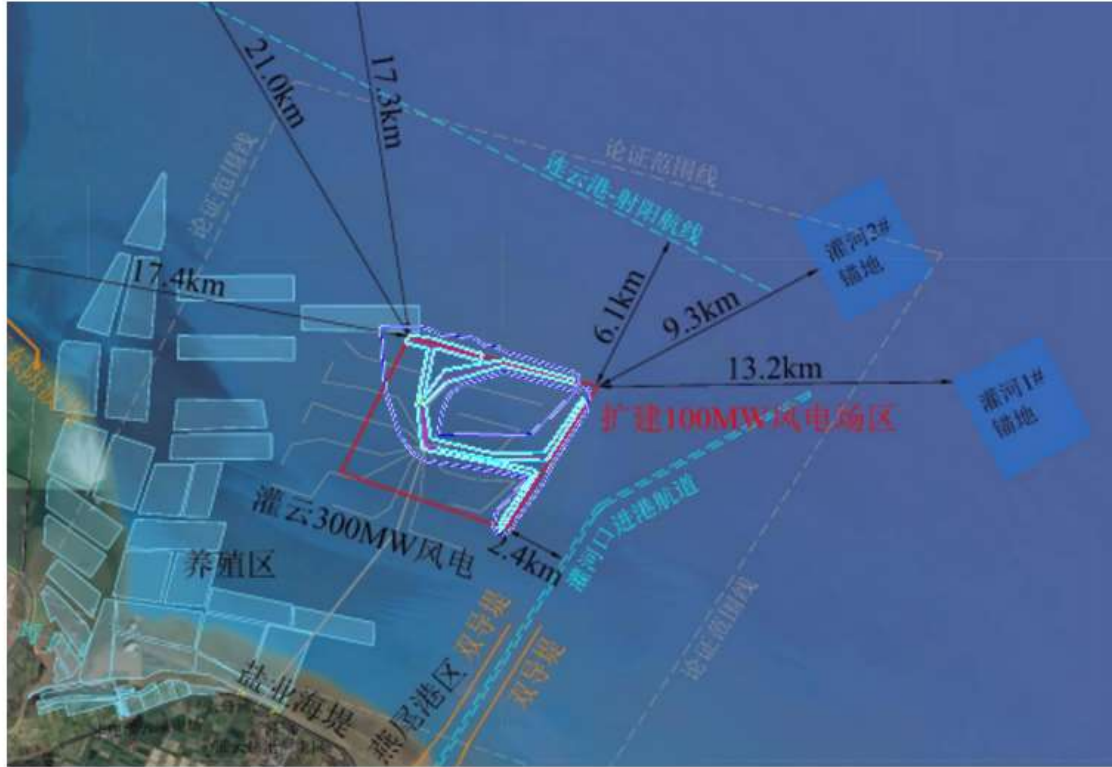


图 8.8-6 施工悬浮物包络线与工程区渔业生产叠加示意图

由图可见，工程及悬浮物扩散对周边养殖户的影响范围较明显，施工对当地养殖户的影响主要发生的桩基础施工、海底电缆开挖过程，但由于实际施工过程中上述施工均呈点状开展，实际影响范围均较为有限，且对于单个作业面，影响持续时间都较短，施工结束后悬浮物影响随即消除。针对工程占用部分养殖用海，将由当地海洋局协调变更养殖权证面积，并配合建设单位落实对受影响养殖户的赔偿工作，目前建设方与灌云县海洋局已就相关补偿事宜达成协议，见附件 5。

## 8.9 其他环境影响预测分析

### 8.9.1 声环境影响分析

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

本工程风机额定风速为 10.8m/s，当风速达到额定风速时，风机噪声源强达到最高。根据浙江省环境监测中心、华东勘测设计院对近年来浙江、江苏等区域沿海或内陆不同风电场、不同单机容量的风力发电机组噪声水平所进行的多次实测结果表明：监测值的平均值范围为 38.7~65.8dB，经过点声源衰减模型反推，国产风力发电机组轮毂处的最大声功率级一般在 95~106dB/re 20μPa 之间。本工程风机轮毂高度为 113m 和 130.5m，风机噪声源取 110dB(A)。

#### (1) 单台风机运行噪声预测

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

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

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

式中：为单台风机声源 r 处预测点 A 声级，单位 dB(A)；

单台风机声源处 A 声级，单位 dB(A)。

本工程风机轮毂高度分别为 138.5m 和 148m，在风机噪声源以 110 dB(A)作为评估分析时，运行期风机噪声影响预测表分别见表 8.9-1。

表 8.9-1 风机噪声随距离衰减表单位：dB(A)

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)	62.0	58.5	56.0	54.1	52.5	51.1	50.0	49.0	48.0	46.5	45.1	44.0	42.0

由计算结果可知，在距离风机轮毂直线距离 300m 处，运行期风机噪声降为 45dB(A)；在离风机直线距离 500m 处，运行期风机运行噪声降为 40dB(A)。

#### (2) 一期工程噪声叠加分析



风电场所有风机噪声叠加效果按下列公式计算。N 台风轮机距离声源 r 处的噪声水平总效应为：

$$L_{P,total}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^N (10^{\frac{L_{P,i}}{10}}) = 10 \lg(10^{\frac{113}{10}} + 4 * 10^{\frac{45}{10}}) \approx 113(dB)$$

本工程中单台风力发电机组噪声采用最大声功率 110dB (A) 计算。运行期临近风机在本台风机处产生的噪声源强以 45dB(A)计算：

可计算出一期工程临近风机在本风机处叠加所产生的数值很小，结果基本上仍等于起主要作用的本台风机原噪声源强。因此预测运行期多台风机之间噪声的

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

叠加仅是影响范围的扩大，基本不增加强度，总体上风机组产生的叠加噪声影响很小。

预测结果可知：叠加影响后在单排风机外 300m 处，风机噪声可衰减至 55.0dB(A)。由于背景值海上风声和海浪声较大，周边风电场运行噪声对海上声环境影响仅限于风机附近。由于风电机组间相距较远，每个风电机组可视为一个点声源，多个噪声在同一点的噪声叠加值比单个噪声值只略有增加，增加值基本可以忽略。

## 8.9.2 对环境空气影响分析

### (1) 施工期大气环境影响

#### ①海上施工对大气环境影响

海上施工对大气环境的影响主要为施工和运输船舶航运排放的废气，主要污染物为 NO<sub>x</sub>、CO、SO<sub>2</sub> 等。由于海域较为宽阔，有利于扩散，因此周边大气环境影响很小。

#### ②陆上施工对大气环境影响

陆上施工基地施工中由于建材堆放和施工车辆的行驶，在作业面及其附近区域将产生粉尘和扬尘，造成局部区域的空气污染。施工粉尘和扬尘总量不大，工程区域周围无居民区、学校等环境敏感目标，且施工区域的地形条件有利于粉尘和扬尘的扩散，故不会对周围空气环境产生明显影响。

### (2) 运行期大气环境影响

本工程运行期风电机组无大气污染物排放，对周边大气环境无影响。

### 8.9.3 固体废弃物影响分析

#### (1) 海上施工固废

根据本工程施工组织设计，海底电缆埋设属于敷埋同步，自动回淤保护的施工工艺，不存在弃渣。

对于海底电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，不对环境构成影响。

施工船舶人员生活垃圾集中收集后上岸处理，风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头、废弃材料设备包装物收集后统一回收运输至陆上处置，不会对周边海域环境造成不利影响。

#### (2) 陆上施工固废

陆上施工基地施工人员生活垃圾集中收集后定期清运，不会对周边陆域、海域环境造成不利影响。

### 8.9.4 对港口、航道、锚地影响分析

本工程东距灌河港区燕尾港作业区 10km，西距徐圩港区 17.4km，距周围连云港港进港航道、徐圩港区航道、灌河口航道及连云港-射阳沿岸习惯航路分别为 21km、17.4km，2.4km 和 6.1km，距连云港港区锚地在 10km 以上，距灌河港区规划锚地约 9.3km。

根据本工程海洋环境影响报告书中有关水动力和冲淤环境的影响预测结果，本工程建设对周边海域水动力、泥沙冲淤等环境的影响主要在风电场区和 35kV 电缆附近海域内，不影响港口、锚地等所在海域的水深地形，距离风电场最近的灌河口港口航运区部分区域呈现淤积，最大年淤积量 0.024m，最大平衡淤积 0.038m，工程建设不改变河口及港口航运区的冲淤环境，不影响港口航运区的基本功能。

此外，根据连云港港总体规划（修订），风电场区、35kV 电缆均不在港区范围内。但风电场区距离连云港-射阳习惯航路和灌河口航道的距离相对较近，分别为 6.1km 和 2.4km。根据本工程的通航安全影响论证报告中有关结论，本工



程建设减少通航水域的宽度，特别是对灌河航道的影响较大，使该水域的船舶通航密度增加，容易导致船舶操纵错误而发生碰撞风险等，风电场的运行期间会在一定程度上改变船舶的航行习惯，但鉴于风电场所在区域外侧水深条件较好（>8m）、航行水域开阔，本工程建设对船舶航行习惯的影响较小。

综上，本工程建设对港口、锚地、航道影响较小，但应注意施工期施工船舶对周边通航船舶的影响。

## 9 环境事故风险分析与评价

### 9.1 评价目的

环境风险评价目的是通过调查,分析事故类型、事故原因及事故发生的概率,对可能发生的事故及其可能所造成的对外界环境影响的程度、范围及后果进行预测与评价,提出合理可行的防范、应急与减缓措施,以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

### 9.2 风险调查

#### 9.2.1 风险源调查

根据调查及设计单位提供资料,对照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录B《重点关注的危险物质及临界量》和《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018),本工程不涉及危化品,不构成重大危险源。本工程涉及的风险物质为柴油。

柴油主要来自于施工期船舶,本工程施工期主要通过船舶进行海上作业,本工程运行期需通过船舶进行风机监测检修,需动用一定数量的各类施工船舶、车辆和机械,其均需携带一定数量的燃料油,根据《建设项目环境风险评价技术导则》中给出的“物质危险性标准”,汽油等燃料油属易燃物质,海上施工过程中各类船舶由于恶劣的自然条件、人为操作失当等发生通航安全事故及进而可能引发的溢油事故。同时本工程海域东侧有灌河口航道,海域有一定数量的船只通航及停泊,涉海施工期间各类施工存在与运输船舶发生碰撞并造成油品泄漏的可能。此外,本工程风电场运行期间存在航行船舶碰撞风机事故引发的油料泄漏事故。

工程海域受潮汐和风浪影响较大,如遇特大风暴潮、雷击等灾害,会对工程运行带来严重损害。此外,水道摆动和风机基础冲刷、海底电缆损坏、风机基础腐蚀风险、风电运行风险、火灾风险、通航安全等环境风险事故也有一定的发生概率。

#### 9.2.2 环境敏感目标调查

根据识别,本工程周边主要的环境风险敏感区包括农渔业区、保护区、海洋生态红线。





年船舶溢油事故的统计结果。

图 9.2-2 (a) 为我国 1990 年至 2001 年泄漏量超过 50t 的溢油事故的分布范围, 图 9.2-2 (b) 为 2002 年至 2016 年之泄漏量超过 10t 的溢油事故的分布范围, 在图中呈现的这两类事故中, 对事故发生地点的经纬度坐标有明确记录的共有 107 起。2002 年至 2016 年船舶事故的统计数据显示以下特征:

(1) 图 9.2-2 中显示, 从 1990 年至 2016 年, **我国船舶泄漏事故的发生地点基本沿我国的海岸线分布, 极少部分位于远海和内河流域。**由于图显示的是泄漏量大于 10t 的溢油事故, 该图显示的事故空间位置分布特征更为明显, 即大部分溢油事故都发生在环渤海、山东半岛、长三角、珠三角以及台湾海峡西侧附近。这些区域是我国经济发达、航线繁忙的区域。

(2) 对 107 起事故做进一步分析, 可发现关于我国泄漏量大于 10t 的溢油事故的更多特点, **在溢油量大于 10t 的事故中, 10-100t 的事故占到一半以上, 达 57.01%。**将 1990 年至 2016 年这段时间内的事故按发生时间的先后顺序排序, 并以五年为一个时间段, 统计溢油事故在各时间段内发生的次数, 为使每一个时间段的长度都为五年, 我国泄漏量大于 10t 的溢油事故在 21 世纪初的前五年达到最多, 共发生 37 起, 之后, 事故量呈逐渐下降的趋势; 在各时间段内, 发生事故最少的时间段是 2010 年至 2015 年, 其次是 1996 年至 2000 年。

(3) 在历次事故中, 泄漏的油料种类各不相同, 其中最为常见的是燃料油, 其次为重油, 原油泄漏事故最少。**由此可见, 各类船舶自身携带的燃油泄漏是船舶事故中危害较为严重的类型。**

4) 就引起溢油的原因而言, 62.62% 的事故都是由于碰撞引起的, 其次为搁浅 (7.48%)。



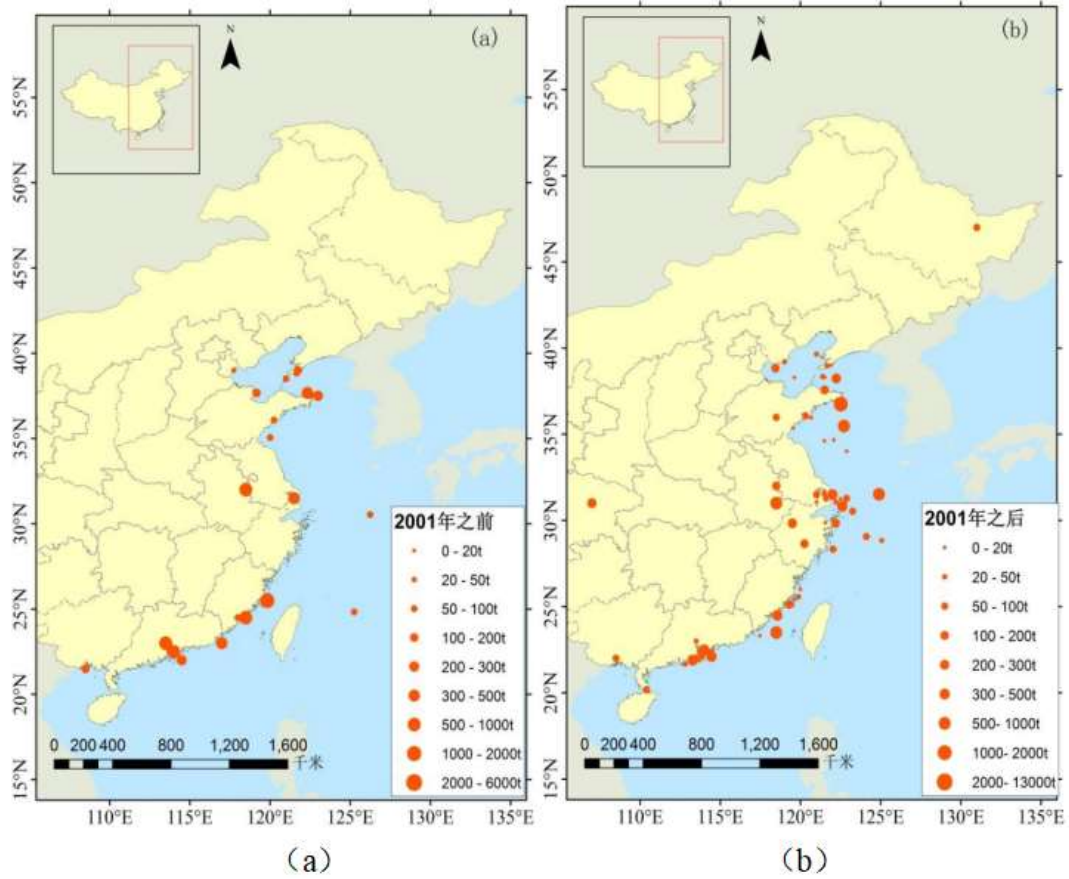
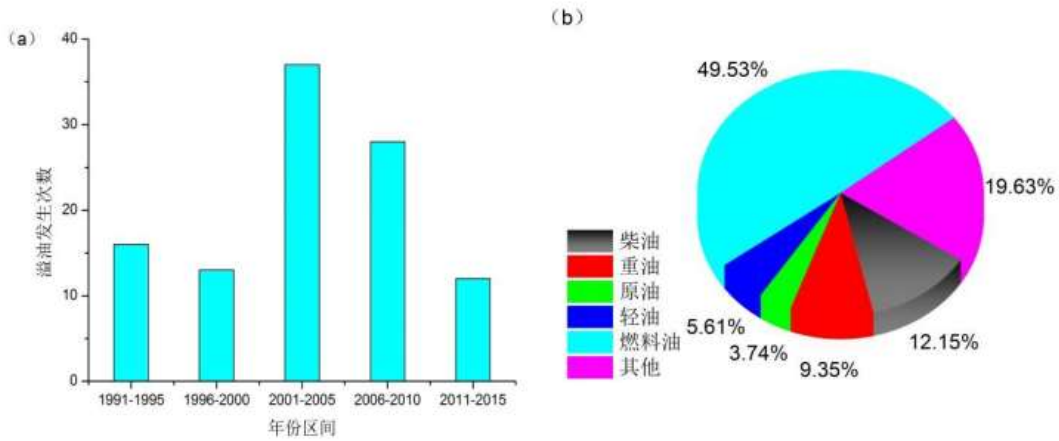


图 9.2-2 我国溢油事故分布图

注：(a) 我国 1990-2001 年泄漏量超过 50t 的事故 (b) 我国 2002-2016 年泄漏量超过 10t 的事故



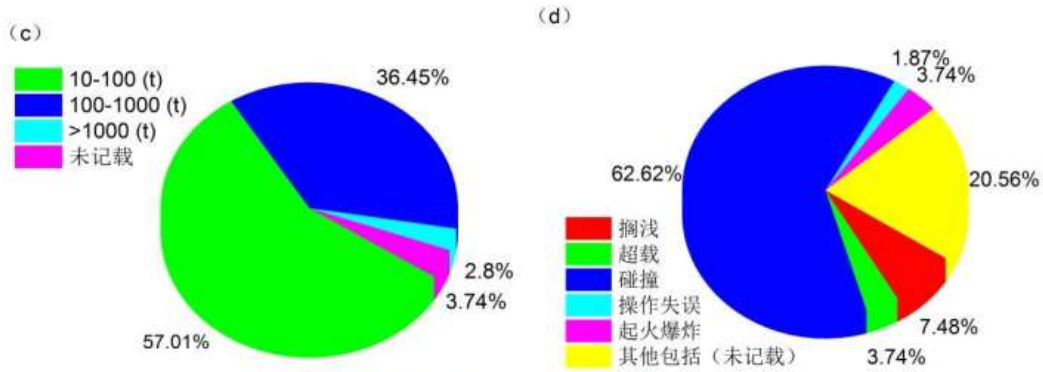


图 9.2-3 我国船舶溢油事故特点

注：(a) 不同时间段内的溢油发生次数 (b) 泄漏的不同油品各自所占比例 (c) 不同溢油量各自所占的比例 (d) 引起溢油的不同原因各自所占的比例。

### 9.2.3.2 连云港水上交通事故统计

根据交通部《水上交通事故统计办法》中对海上交通事故统计的分类，报告对连云港海事局辖区 2008~2012 年水上交通事故进行了分类统计。

表 9.2-2 连云港港 2008-2012 年水上交通事故等级统计表 (单位: 起)

年份	碰撞	搁浅	触碰	火灾	浪损	风灾	其他	合计
2008	4	1	1	2	0	1	5	14
2009	9	3	6	1	0	0	2	21
2010	9	0	4	2	0	0	5	20
2011	21	5	7	2	0	0	7	42
2012	11	6	20	3	0	0	5	45
总计	54	15	38	10	0	1	24	142
比例	38.03%	10.56%	26.76%	7.04%	0%	0.70%	16.90%	/

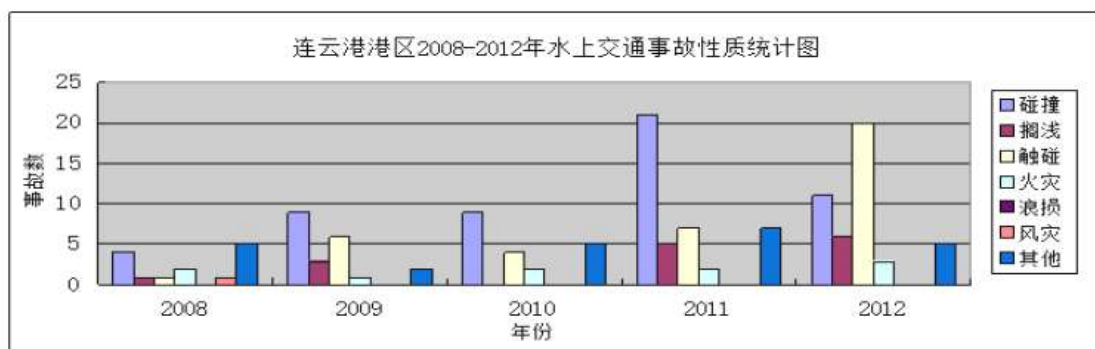


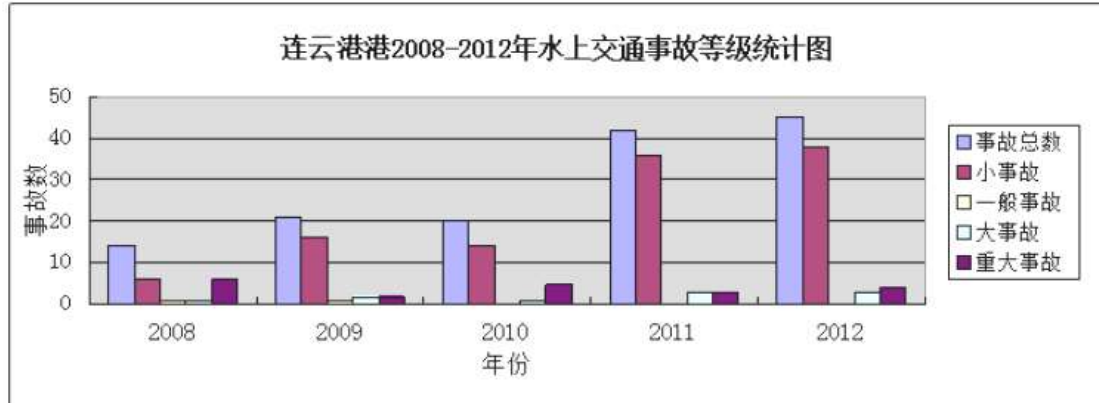
图 9.2-4 2008-2012 年事故种类分布

根据交通部《水上交通事故统计办法》中对海上交通事故等级的分类，报告对连云港海事局辖区 2008~2012 年水上交通事故进行了分等级统计。



**表 9.2-3 连云港港 2008-2012 年水上交通事故等级统计表 (单位: 起)**

年份	事故总数	小事故	一般事故	大事故	重大事故
2008	14	6	1	1	6
2009	21	16	1	2	2
2010	20	14	0	1	5
2011	42	36	0	3	3
2012	45	38	0	3	4
合计	142	110	2	10	20
比例	/	77.46%	0.14%	7.04%	14.08%



**图 9.2-5 连云港海事局辖区 2008-2012 年水上交通事故等级统计图**

根据对连云港海事局辖区 2004 年~2012 年事故的致因分析,大致可以将事故的致因归纳为以下因素:

- (1) 船舶没有保持正规、有效的了望或疏忽了望;
- (2) 没有运用良好船艺及谨慎驾驶;
- (3) 航海图书资料不全、未能及时更新或正确使用;
- (4) 风流的影响;
- (5) 养殖区碍航;
- (6) 能见度不良;
- (7) 未使用安全航速;
- (8) 驾驶员或引航员思想麻痹;
- (9) 设备故障等意外因素;
- (10) 操作不当等人为因素
- (11) 港口拥挤、回淤、航道设置不合理等;
- (12) 船舶通航密度的增加;
- (13) 未按规定施放号灯号型;

- (14) 没有按照主管机关公布的进出港航路航行；
- (15) 船公司对船舶、船员管理不善。

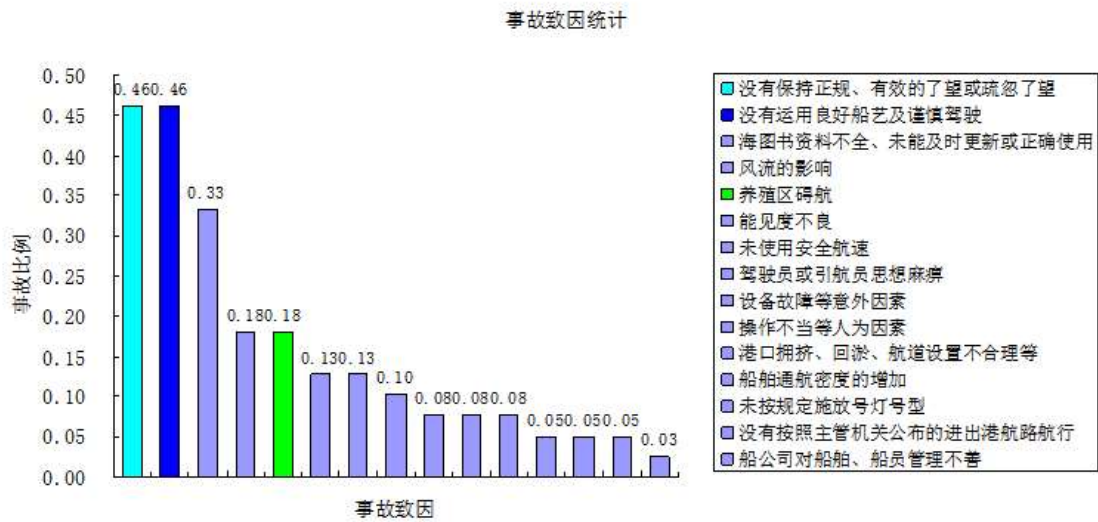


图 9.2-6 连云港海事局辖区 2004 年-2012 年事故致因统计

如图所示，导致事故发生的主要原因是由于事故船舶没有保持正规、有效的了望或疏忽了望（约 46%左右的事与相关），在发生紧迫局面或者事故发生时没有运用良好的船艺及谨慎驾驶（约 46%左右的事与相关），船舶没有按照规定配备足够的航海图书资料或者资料陈旧没有及时更新（约 33%左右的事与相关）。

此外，由于对风、流的影响考虑不足、能见度不良、事故船舶未能使用安全航速等因素也是导致事故发生的另外几个重要因素，15%左右的事与这几个因素有直接或间接的关系。

如图所示，在所有事故中，约 77%以上的事是由于船舶及船员的因素（如船舶不适航、船员在操船过程中未能运用良好船艺、没有保持正规、有效的了望或疏忽了望、未使用安全航速、思想麻痹大意等）导致的。而 50%以上的事是与辖区水域的通航条件（如风流的影响、能见度不良、养殖区碍航、港口拥挤、回淤、通航密度大等）有着直接的关系。



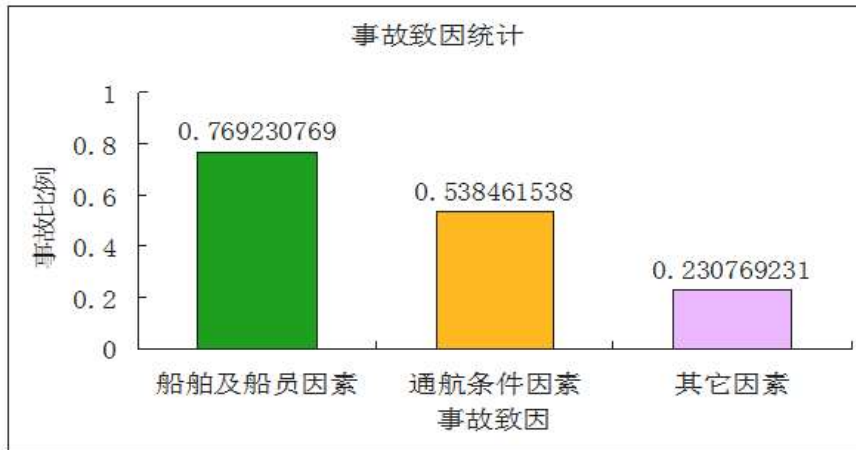


图 9.2-7 连云港海事局辖区 2004 年-2012 年事故致因统计

综合事故的分类统计、时空统计特征以及事故的致因因素，结合连云港辖区通航环境现状，可得出辖区内水上交通事故的主要特征和致因：

(1) 能见度不良、风流条件、交通流密集、碍航物等因素影响而产生的离靠泊（锚泊）困难，导致碰撞、触损等；

(2) 港口进出口水域交通密集，交通环境复杂，航道条件自身不足，在能见度不良、风浪、流、碍航物的自然条件下形成交通形势的复杂，导致船舶碰撞或触礁；

(3) 能见度、风流条件、交通流密集、对航道环境不熟悉等因素影响而导致船舶触礁、搁浅或触损；

(4) 风流影响、锚地环境、锚地附近碍航物，导致船走锚、搁浅、碰撞等事故。

### 9.2.4 本工程事故发生概率

本工程风电场区域地处海上，远离主航道，基本无大型船舶通过工程海域，场区中间虽有进出港航道，但主要为进出港的渔船。由此可见，本工程所在区域尽管存在一定施工船舶与船舶碰撞、船舶与风机撞击的风险，但由于本工程所在区域通行船舶较少，吨位较小，发生碰撞的风险概率相对较低，而发生碰撞后造成溢油事故的概率更低。

## 9.3 环境风险识别

环境风险识别范围包括生产设施风险识别和生产过程所涉及物质风险识

别。

### 9.3.1 物质危险性识别

本工程主要风险物质为矿物油和柴油，其储存及使用情况见下表。

表 9.3-1 风险物质储存使用情况

序号	名称	最大储存量 (t)	重要组分规格、指标	储存方式	使用情况
1	矿物油	37.5	烷烃、环烷族饱和烃、芳香族不饱和烃等，相对密度 0.895	密封于变压器和高抗器内	使用寿命与设备同步
2	柴油	255	复杂烃类（碳原子数约 10~22）混合物	施工船舶油舱	仅在涉海施工时使用

主要风险物质理化性质和危险特性如下。

表 9.3-2 风险物质理化性质及危险特性

名称	理化特性	燃烧爆炸性	毒性及危害特性
矿物油	浅黄色透明液体，相对密度 0.895，凝固点 < -45℃，闪点 ≥ 135℃，自燃点 (℃)：270，不溶于水，溶于有机溶剂。	在通常环境下稳定，温度升高超过物理性质的指标时，会释放出可燃的蒸气和分解产物，吸入蒸气或烟雾（在高温情况下才会产生）会刺激呼吸道	现有研究表明 LD50：口服 > 5000g/kg，急性毒性较低。吸入毒性：无数据，长时间和重复吸入高温下产生的蒸气或雾可能会刺激呼吸道。
柴油	稍有粘性的棕色液体，沸点 (℃)：200~350，闪点 (℃)：45~55，自燃点 (℃)：257，相对密度：0.87~0.9。	易燃，其蒸气在 60℃ 时遇明火会燃烧。易爆，爆炸上限 % (V/V)：4.5，爆炸下限 % (V/V)：1.5	急性中毒：皮肤接触柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮，吸入可引起吸入性肺炎，慢性中毒：柴油废气可引起眼、鼻刺激症状，头痛

### 9.3.2 生产过程危险性识别

本工程依托已建升压站，工程建设及运行期间整个风电场场区的环境风险事故主要体现在施工船舶发生碰撞引发柴油泄漏、运行期风机倒塌引起变压器油泄漏、运行期周边船舶与风机发生碰撞引发船舶柴油或货油泄漏，并可能进一步引起火灾、爆炸事故。

表 9.3-3 各生产过程潜在风险分析

工程运行阶段	生产单元	主要危险部位	主要危险物质	事故类型	原因
运行期	风机机组	变压器	矿物油	火灾、爆炸、泄漏	极端气候条件下风机倾倒导致油类物质泄漏进



					入海水水体
施工期	/	船舶	柴油	泄漏	船舶碰撞导致油类物质泄漏进入海水水体
运行期	/	过往船舶	柴油或货油	火灾、爆炸、泄漏	过往船舶与风机发生碰撞导致油类物质泄漏，进一步引发火灾爆炸事故

### 9.3.3 伴生/次生污染的识别

本工程易燃物质为柴油等油类物质，一旦泄漏发生火灾，或者电气设备故障，主要包括电路短路和电缆着火等引发火灾爆炸事故，主要燃烧产物为烟尘、SO<sub>2</sub>等，可能会造成一定程度的伴生/次生污染。事故应急救援中产生的喷淋稀释水将伴有一定的物料，若直接外排，将对周边海水水质或岸基集控中心周边的地表水产生严重污染。堵漏过程中可能使用大量的拦截、堵漏材料，掺杂一定的物料，若事故排放后随意丢弃、排放，将对环境产生二次污染。

### 9.3.4 风险物质扩散途径的识别

#### (1) 污染大气环境

易燃物质柴油等泄漏发生火灾，或者电气设备故障，包括变压器爆炸着火、电路短路和电缆着火等引发火灾、爆炸事故时，燃烧产生的 CO、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、烟尘等污染物将对空气环境造成影响。

#### (2) 污染海水及地表水环境

施工船舶碰撞造成的船舶燃料油泄漏，或运行期过往船舶与风机发生碰撞造成船舶燃料油泄漏或货油泄漏，将对周边海水水体造成影响。在台风、风暴潮等极端气候情况下风机倾倒引起的变压器油等油类物质泄漏将对周边海水水体造成影响。

#### (3) 固体废物风险识别

根据《国家危险废物名录》（部令第 39 号），变压器等冷却油为矿物油，因其而产生的废弃沉积物、油泥属危险废物。为避免可能发生的因事故漏油或泄油而产生的废弃物污染环境，废变压器油必须交由有资质的单位处理。

### 9.3.5 风险识别结果

本工程环境风险识别汇总如下：

表 9.3-4 建设项目环境风险识别表

序号	风险源	主要风险物质	环境风险类型	环境影响途径	可能受影响的环境敏感目标
1	风机	矿物油	火灾、爆炸、泄漏	直接进入海水水体	周边海水水质及环境空气质量
2	施工船舶、运行期过往	柴油、货油	火灾、爆炸、泄漏	直接进入海水水体	周边海水水质及环境空气质量

## 9.4 风险事故情形分析

### 9.4.1 最大可信事故预测

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。

#### (1) 本工程溢油事故发生概率分析

由于本工程东侧有灌河口港口航运区及航道，西侧有徐圩港口航运区，交通密度较大，考虑到本工程施工过程中需要大量施工船舶参与施工，施工工期长，施工船舶与航运区最近处船舶碰撞事故概率较高。

运行期由于建成后的风电场目标显著，过往船舶能在远处及早发现风机的存在，主动避开风电场，保持安全距离，同时风机施工期及运行期将在风电场近航路侧设置适当导助航警示标志，风电场建成后场址间也有足够的海域空间供过完船舶避开本风电场安全航行通过，因此船舶与风机作业点船舶碰撞或船舶与风机相撞的可能性较小。

此外，本工程运行期生产作业船舶规模较小，即使发生碰撞事故，其溢油量也很少。通过参考连云港水域船舶污染事故概率统计，本工程运行期发生船舶碰撞和操作性泄漏事故的概率为 2 年一次。

#### (2) 最大可信事故位置及溢油风险事故污染量估算

综上所述可知，由于本工程所处区域船流密度较大，且施工期客观上增加了工程施工附近的通航密度，此外，本工程附近海域多小渔船出没，可能会发生施工船舶碰撞事故，因此考虑施工期周围船舶与施工船舶碰撞引起溢油污染事故为最大可信事故，即需要对施工区域进行船舶交通事故的溢油预测。本环评溢油考虑最大可信事故为施工期施工船舶与灌河口港口航运区及航道船舶相撞导致油舱破损而发生溢油事故，溢油点选择在本工程电缆路由与灌河口港口航运区及航



道最近处。详见图 10.2-1。

本工程施工期采用的最大吨位施工船舶为 5000t 级自航甲板驳船，根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》，非油轮船舶燃油最大携带量可使用船舶总吨推算，一般可取船舶总吨的 8%~12%（本评价按照 10%计算）。根据《船舶工业统计报表制度》附录三载重吨与总吨转换系数表和方法，5000t 级驳船的转换系数为 0.51。按满载考虑，5000t 级自航甲板驳船实际载油量约为 255t，按拥有 4 个油舱考虑，单舱最大载油量为 63.75t。溢油风险按 63.75t 考虑。

运行期会有小型渔船活动，若发生渔船与风机相撞事故，渔船载油量一般在 5t 以下。运行期风机主要带油设备为变压器，采用“1 机 1 变”单元接线方式，每台变压器油量约 2.5t，假设发生风机倒塌事故时，风机变压器油全部泄露，油量按 2.5t 计。

综合考虑施工期和运行期的溢油事故工况，本环评溢油源强按保守考虑，采用施工期施工船舶碰撞发生燃料油舱泄漏造成的最大漏油量 63.75t。

## 9.4.2 溢油计算工况

### (1) 流场参数

考虑到大潮期间潮流流速较大，油膜在大潮期扩散范围最大，因此在流场验证良好的基础上，在实测潮型中选择大潮期的水动力场作为计算流场。

### (2) 气象参数

根据工程海域气象资料，选取多年主导风向以及对敏感目标影响较大的不利风向，多年平均风速（4.09m/s）和最大风速（本工程施工停工标准为6级以上大风，故最大风速按6级风的上限值13.8m/s设定）进行溢油计算的风速风向条件。

### (3) 溢油源强

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，且本工程距离灌河口港口航运区较近，在施工船舶作业区与港口航运区附近海域可能发生船舶碰撞事故的概率最大，因此在本工程海底电缆和灌河口港口航运区最近处设置一个溢油点，详见图9.2-5。溢油源强根据最大可信事故分析结果取为63.75t。

### (4) 计算工况

溢油形式主要分为瞬时和连续溢油，一般而言，溢油量的10%为瞬时溢油，

90%为连续溢油。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，以大潮作为主要的潮流形式。溢油发生时刻分涨憩和落憩两种时刻。

溢油计算条件组合见下表。

表 9.4-1 溢油模型工况设计

工况	风速(m/s)	风向	溢油发生时刻	备注
方案 1	4.09	NNE	落憩	常规工况
方案 2			涨憩	
方案 3		ENE	落憩	
方案 4			涨憩	
方案 5	13.8	NE	西南向流	针对埭子口农渔业区、徐圩港口航运区的不利工况
方案 6		SE	西北向流	针对连云港及徐圩港口航运区、连云港农渔业区、连岛旅游休闲娱乐区、海州湾国家级海洋公园的不利工况
方案 7		SW	东北向流	针对江苏省海州湾海洋牧场、响水四腮鲈鱼种质资源保护区的不利工况
方案 8		NW	东南向流	针对灌河口港口航运区、开山岛旅游休闲娱乐区、开山岛海蚀地貌保护区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1、响水农渔业区的不利工况

## 9.5 环境风险预测与评价

### 9.5.1 溢油事故影响预测

#### 9.5.1.1 预测模型

海上溢油的扩散行为受气象条件和潮流特征等环节条件以及溢油本身化学性质的影响，会经历拓展、漂移及风化等复杂过程。溢油刚发生时，油膜主要在海中进行扩展过程，持续时间较短，随后在海中进行漂移和风化过程，持续时间较长。目前对溢油数值模拟研究的方法基本有两种，一种是基于对流扩散方程，将油膜视作一般污染物；另一种是“油粒子”模型，采用拉格朗日随机走动法和粒子云团来描述溢油过程。“油粒子”模型将油膜分散成大量油粒子，油膜视为这些“油粒子”组成的粒子云团，该方法可以较好地反应海上溢油在各种环境因素影响下的行为情况，目前在溢油研究中被广泛使用。

本次计算采用丹麦水利研究所 DHI 开发的 MIKE21/3 OS 模块进行溢油的数



值模拟，其基本原理是基于拉格朗日体系，模拟溢油在海水中的扩展、漂移、风化等过程，并且能全面反应油膜的漂移轨迹、扫海面积以及溢油物理化学属性的改变情况，是国际上应用较广的溢油预测模型模拟系统之一。

在模型中油被分为两部分：轻质挥发部分(分子量小于 160g/mol，沸点小于 300°C)和重质部分(分子量大于 160g/mol，沸点 300°C 以上)，石蜡和沥青作为油中的特殊成分，不参与降解、蒸发和溶解过程。模型中油被离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，每个粒子都在模型被单独计算。溢油发生后，油残留物的化学组分变化是物理和生物过程的结果、这通常称为油的风化过程，在模型中油的风化过程主要包括蒸发、扩散、乳化、溶解、沉降、感光氧化和生物降解等，过程示意图见图 9.5-1。

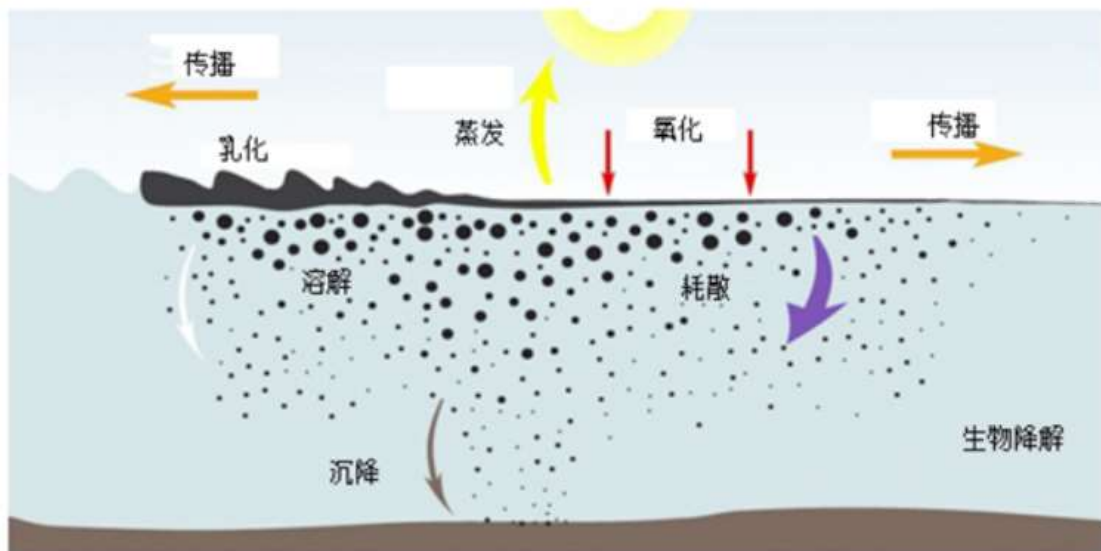


图 9.5-1 溢油风化过程示意图

(1) 扩展过程

溢油的扩展过程主要受重力、粘力和表面张力的影响。模型采用的是修正的 Fay 重力-粘性力公式计算油膜的扩展过程：

$$\frac{dA_0}{dt} = K_a A_0^{1/3} \left( \frac{V_0}{A_0} \right)^{4/3}$$

$$V_0 = R_0^2 \pi h_0$$

式中， $A_0$  为油膜扩展面积， $V_0$  为溢油体积， $K_a$  为系数， $h_0$  为油膜初始厚度，取 10cm， $t$  为时间。

## (2) 漂移过程

“油粒子”模型将漂移过程分为对流和紊动扩散两个主要过程，在每个计算步长内，油粒子的变化都是这两个过程综合作用下的结果。

### 1、对流过程

油粒子在潮流和风力的作用下产生对流位移，可以表示为：

$$U_p = U_s + C_w \cdot U_w \cdot \sin(\theta - \pi + \theta_w) \quad (1)$$

$$V_p = V_s + C_w \cdot U_w \cdot \cos(\theta - \pi + \theta_w) \quad (2)$$

式中， $U_p$ 、 $V_p$ 分别为油粒子在  $x$ 、 $y$  方向的对流移动分速度； $U_s$ 、 $V_s$ 分别是表面流速在  $x$ 、 $y$  方向的分速度； $U_w$ 为海面上 10m 处的风速； $\theta$ 为风向角； $C_w$ 为风漂移系数，一般取值为 0.03~0.04 之间，本模型取值为 0.03； $\theta_w$ 为风偏转角，可表示为：

$$\theta_w = \beta \exp\left(\frac{\alpha |U_w|^3}{g \gamma_w}\right)$$

其中， $\alpha = -0.3 \times 10^{-8}$ ； $\beta = 28.38'$ ； $g$ 为重力加速度； $\gamma_w$ 为运动粘度。本模型取模型默认值， $\theta_w = 28^\circ$ 。

### 2、紊流扩散过程

每个油粒子的空间是由水流的随机脉动所导致的，对于二维的情况，可以将随机走动的距离形式表示为：

$$\Delta S_\alpha = R \cdot \sqrt{6D_\alpha \cdot \Delta t}$$

其中 $\Delta S_\alpha$ 为在 $\alpha$ 方向上的一个时间步长内可能扩散走动的距离， $D_\alpha$ 为 $\alpha$ 方向上的扩散系数， $R$ 为-1到1的随机数。

## (3) 溢油风化过程

溢油的风化包括蒸发、乳化以及溶解等过程。其过程十分复杂，与溢油自身属性、温度、风、阳光等许多因素有关。

### 1、蒸发过程

油类蒸发指液态的石油烃变成气态造成油膜与空气间进行物质交换的过程，油类的蒸发受油品本身及环境因素影响，油品本身性质决定着油类在水中的蒸发率，油膜厚度、风场及温度、水温、风速计太阳辐射等因素也影响着油类的蒸发。



油膜蒸发是风化过程的主要部分，大多数原油的蒸发量可达 40%，蒸发数量一般占总溢油量的 20%~40%。蒸发率由下式表达：

$$N_i^e = K_{ei} \cdot P_i \cdot \frac{M_i}{\rho_i} / (RT) \quad (3)$$

式中： $N_i^e$  为蒸发率， $P$  为蒸汽压， $i$  为不同的油组分， $R$  为气体常数， $K_{ei}$  为物质传输系数， $M$  为分子量， $T$  为温度， $\rho$  为油组分密度， $K_{ei}$  由下式估算：

$$K_{ei} = K \cdot A_0^{0.045} \cdot Sc_i^{-2/3} \cdot U_w^{0.78}$$

其中， $K$  为蒸发系数， $Sc$  为蒸汽 Schmidt 数，模型取 2.7。

## 2、乳化过程

乳化是油与水经过扰动作用后混合在一起，油膜被打碎成油滴不断向水体运动，同时卷吸海水形成黑褐色的乳化物。这种乳化物可以长期漂浮于海上，体积、粘度和比重都比原来大得多，这是由于其吸收了大量海水的原因。溢油的乳化会极大影响到扩散、蒸发等其它过程，严重地妨碍了溢油的清理工作。溢油的乳化受油膜厚度、水流紊动作用以及环境条件等的影响。

油膜的乳化包括形成水包油型及油包水型两个物化过程。在溢油发生最初的时刻，扩散是最主要的运动方式，由于其是一种物理过程，油膜在自身伸展压缩运动及水流和风浪的扰动下破碎，将油膜分散成各种粒径的油滴，油滴进入水中，形成水包油型乳化。从油膜中扩散到水中的油量损失可由下式计算：

### a. 形成水包油乳化物的过程

溢油在海上的扩散过程中，水流的紊动作用将油膜打碎成油滴，油滴分散到水体后进而形成了水包油的乳化物。这些乳化物表面化学性质稳定，可以防止油滴返回油膜。在静风条件下油膜的伸展压缩运动是主要的分散作用力，而在大风的情况下波浪破碎是主要因素。溢油的损失量计算为：

$$D_b = \frac{1}{1 + 50\mu_0 h_s \gamma}$$

$$D_a = \frac{0.11(1 + U_w)^2}{3600}$$

$$D = D_a + D_b$$

式中， $D_a$  为油类进入到水中的分量， $D_b$  为进入水体后没有返回的分量， $\mu_0$  为油的粘度， $\gamma$  为油和水的表面张力。

油粒子返回油膜速率为：

$$\frac{dV_0}{dt} = D_a(1 - D_b)$$

b. 形成油包水乳化物的过程

当水进入油类中，形成油包水型乳化，会增加油类的含水率。油类含水率变化由下式得出：

$$\frac{dY_w}{dt} = R_a - R_b$$

$$R_a = K_a(Y_w^{\max} - Y_w) \frac{(1 + U_w)}{\mu_0}$$

$$R_b = K_b Y_w \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a}$$

其中， $R_a$ 、 $R_b$  分别为水的吸收速率和释放速率， $A_s$  为溢油的沥青含量， $W_a$  为溢油的石蜡含量， $Y_w$  为乳化物含水率， $Y_w^{\max}$  为最大含水率， $K_a$ 、 $K_b$  分别为吸收系数和释放系数。 $Y_w^{\max}$  取值为 0.75。

### 3、溶解

溢油有微弱的溶于水的特性，主要是低碳的轻油组分溶解于水。在整个溢油扩散的过程中其溶解量通常不会超过溢油总量的 1%，可以忽略不计。但考虑到溶解于水中的溢油具有一定的毒性，溢油扩散数值模拟中需要进行溶解量的计算。

溶解率可表示为：

$$\frac{dV_{di}}{dt} = K_{di} \cdot X_i \cdot C_i^s A_0 \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$K_{di} = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i$$

$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \end{cases}$$

其中， $V_{di}$  为溢油溶解量， $K_{di}$  为溶解传质系数， $X_i$  为摩尔分数， $C_i^s$  为溶解度， $M$  为摩尔质量。

#### (4) 溢油物理化学性质的变化

进入水体的溢油的物理化学性质会随着乳化和蒸发等过程的进行而不断地发生变化。在“油粒子”模型中，溢油的浓度和厚度都以粒子的体积以及网格面积表示。本模型考虑了溢油的密度、粘度和热容量的变化。



表 9.5-1 溢油模型参数设置

参数名称	取值		说明
溢油类型	轻质柴油		
源强	63.75t		
轻组分油密度	755kg/m <sup>3</sup>		
重组分油密度	940kg/m <sup>3</sup>		
水的运动粘性系数	1.14e-006m <sup>2</sup> /s		
20°C下油的动力粘度	1.4cP		
风漂移系数 $C_w$	0.035		对流过程
风偏向角 $\theta_w$	28°		对流过程
乳化率	2.1e-006 s/m <sup>2</sup>		乳化过程
油的乳化物最大含水率 $Y_H^{\max}$	0.75		乳化过程
吸收系数 $K_a$	5e-007		乳化过程
释出系数 $K_b$	1.2e-005		乳化过程
传质系数 $K_{di}$	2.36e-006		溶解过程
蒸发系数 $K$	0.06		蒸发过程
蒸汽 Schmidt 数 $S_c$	2.7		蒸发过程
油品组分	轻组分油（重量低于 160 克/摩尔，沸点远低于 300 摄氏度）	50%	
	重组分油（重量超过 160 克/摩尔，沸点高于 300°C）	40%	
	油中的蜡质（保守）	8%	
	油中沥青质含量（保守）	2%	

9.5.1.2 溢油计算结果

根据各种工况计算的结果，下表给出了各种工况下溢油发生后各时刻油膜面积及 72h 油膜总扫海面积，下表给出了各种工况下油膜最大漂移距离，给出了各工况下典型时刻油膜扫海范围，给出了各工况下油膜 72h 的运动轨迹图。

表 9.5-2 油膜扫海面积随时间变化 单位：km<sup>2</sup>

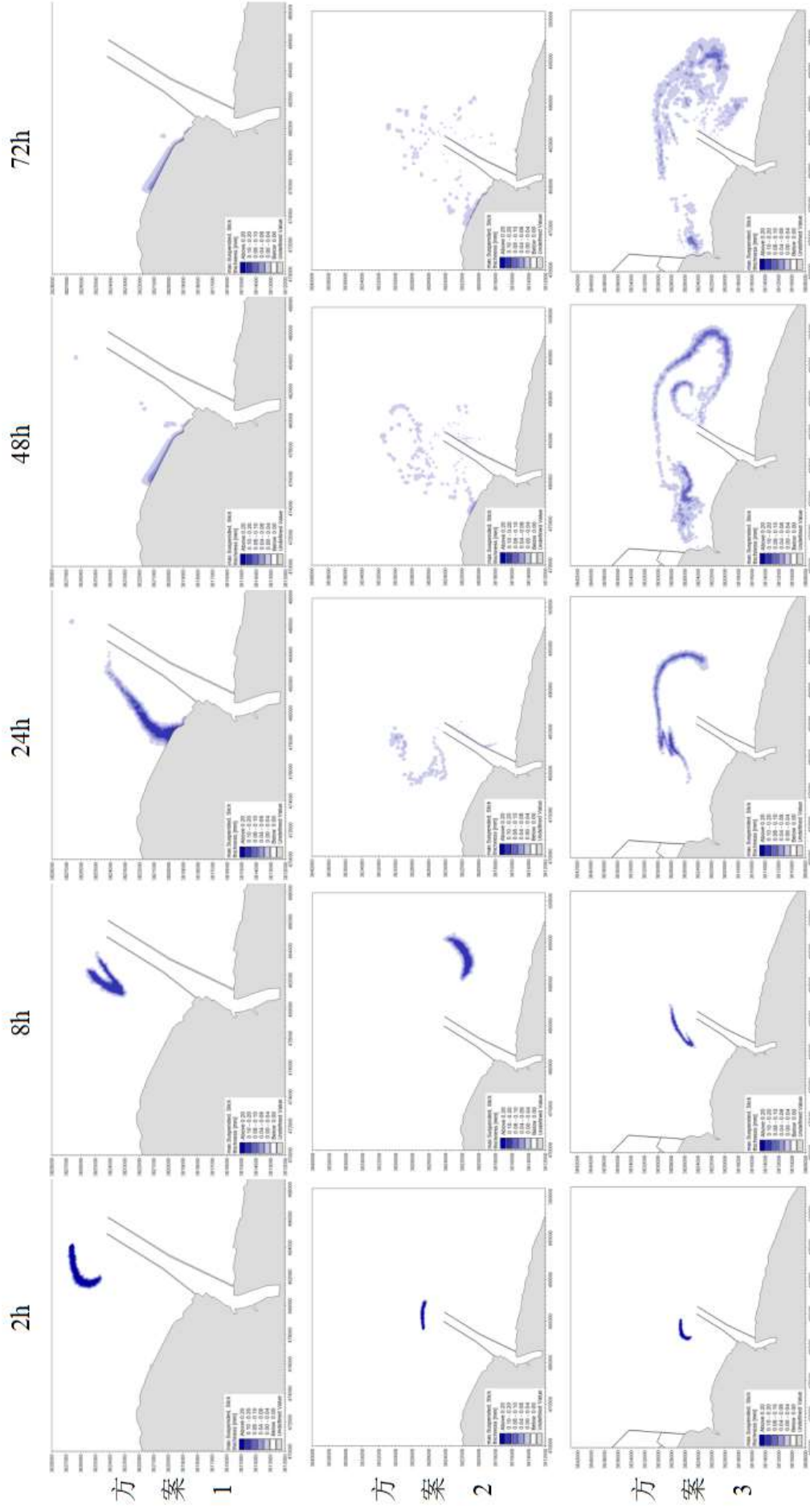
工况时间/h	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8
2	1.363	0.897	1.328	0.8116	1.505	1.522	1.320	0.998
8	2.178	5.251	3.092	5.322	0.795	2.678	6.759	1.252
24	3.879	1.611	14.638	12.927	1.437	9.051	15.940	19.575
48	0.664	1.637	29.218	22.794	1.623	20.841	31.043	53.758
72	0.566	1.486	23.933	23.574	1.328	45.158	57.674	87.287
扫海面积	37.792	177.35 1	333.11 2	260.14 3	18.267	593.71 9	1050.8 44	912.96 3

表 9.5-3 油膜最大漂移距离 单位：km

工况	油膜漂移最大距离
工况 1	8.878
工况 2	13.806
工况 3	17.984
工况 4	17.095
工况 5	17.944

工况	油膜漂移最大距离
工况 6	75.448
工况 7	141.85
工况 8	133.416









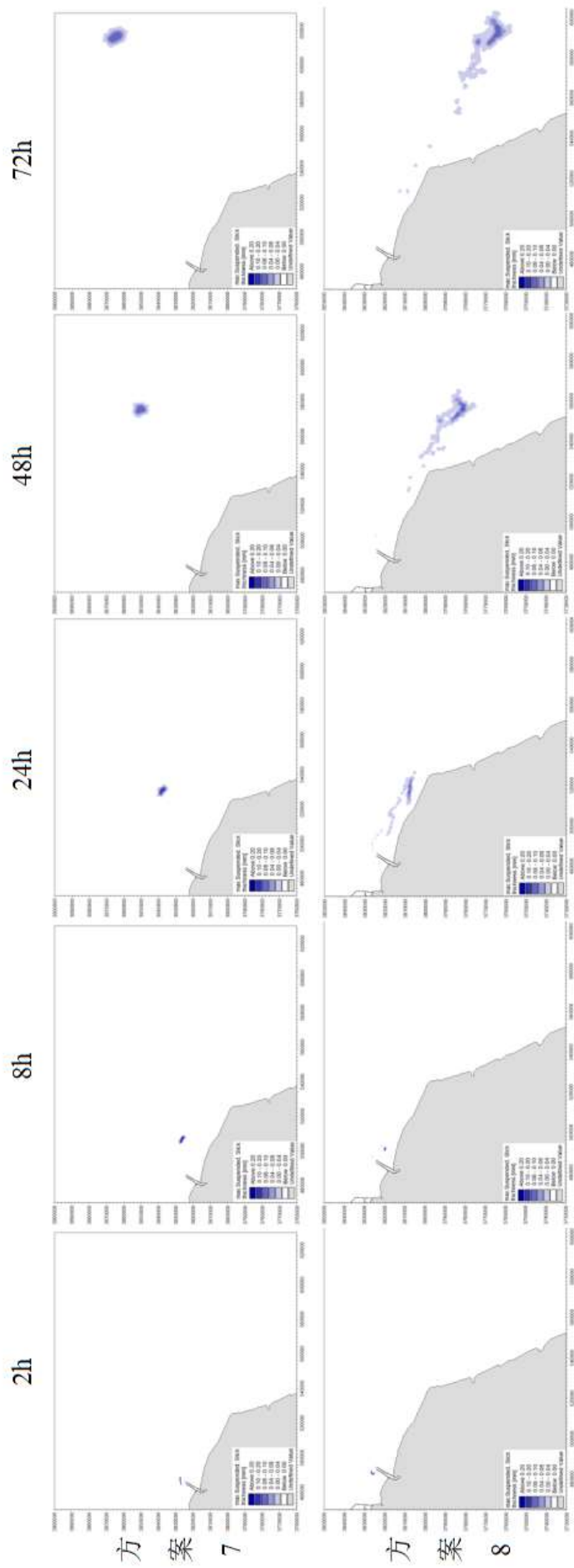
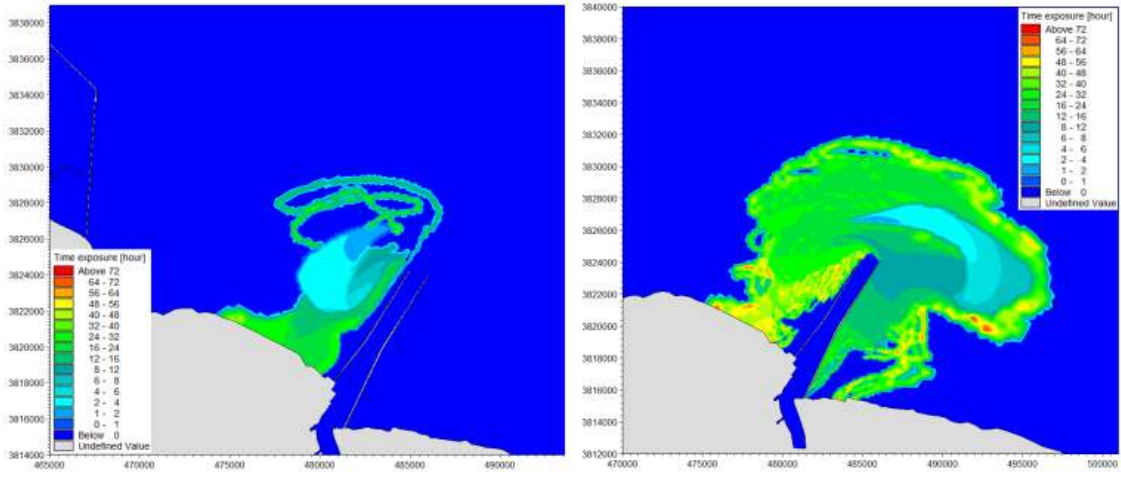
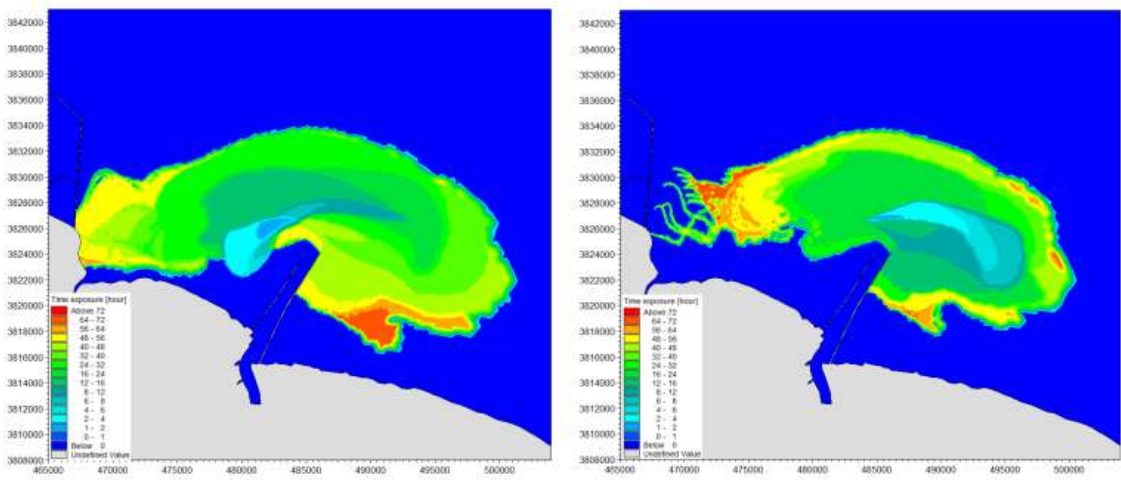


图 9.5-2 各种工况下典型时刻油膜瞬时运动分布图



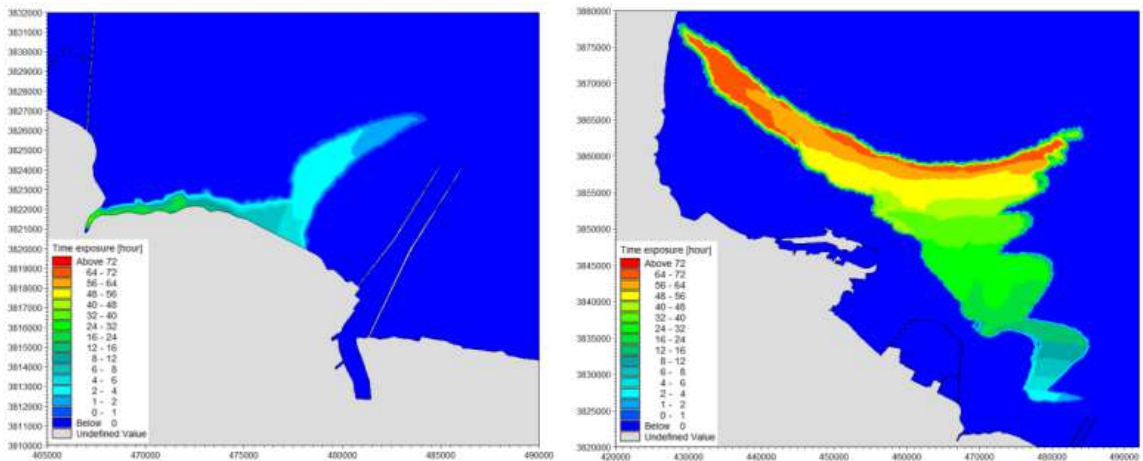
方案 1

方案 2



方案 3

方案 4



方案 5

方案 6



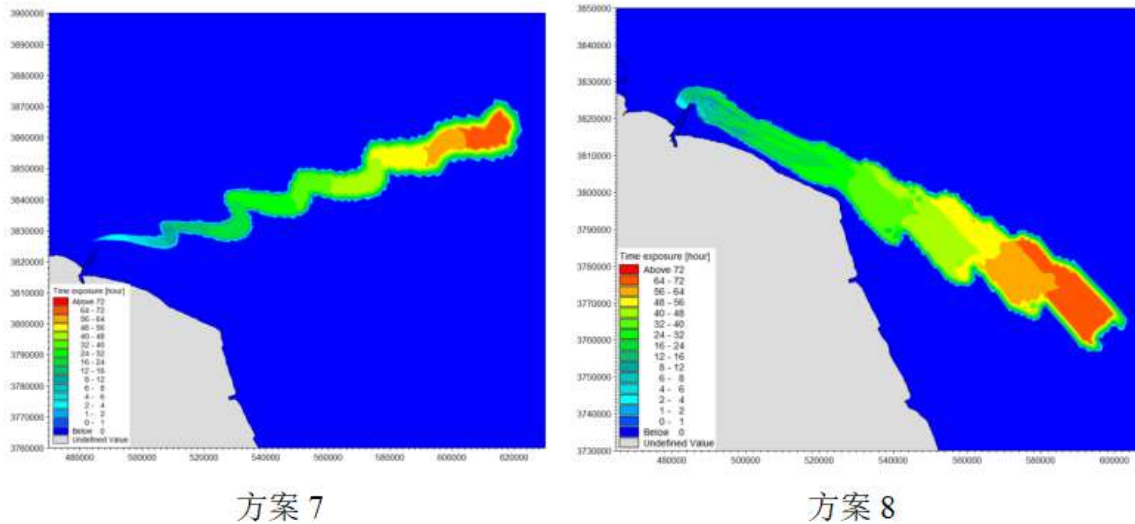


图 9.5-3 72h 油膜运动轨迹图

常规工况条件下，风速相对较小。从各工况油膜运动轨迹图可以看出，潮流对油膜运动轨迹和扩散面积影响十分明显。在东北偏北风作用下，油膜整体向西南岸漂移，在落憩工况下（方案 1），受逆时针旋转潮流影响，落憩溢油后，油膜向逆时针方向漂移，即向西南方向漂移，同时受风影响，油膜较快贴岸；在涨憩工况（方案 2）下，受逆时针落潮流和东北偏北风作用下，油膜首先向外海漂移较多，使得油膜在溢油点东西两侧飘散范围较大；在东北偏东风作用下，油膜整体向西南偏西方向运动，涨落憩溢油的扩散规律与方案 1 和方案 2 类似。

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（方案 5）的作用下，首先油膜在潮流和风的作用下向岸移动。在东南风 13.8m/s（方案 6）的作用下，油膜快速向西北方向漂移，经过徐圩港口航运区后，受风影响整体向西北方向运动。在西南风 13.8m/s（方案 7）的作用下，溢油发生后，油膜受旋转流影响呈螺旋状向外海漂移，同时受风的影响向东北方向运动，在海面上形成螺旋状的油膜带，扩散面积较广。在西北风 13.8m/s（方案 8）的作用下，油膜呈螺旋型往复摆动，快速向东及东南方向漂移扩散，并经过灌河口港口航道区、开山岛旅游休闲娱乐区和开山岛海蚀地貌保护区后，在海面上形成螺旋状的油膜带，扩散面积较广。

### 9.5.2 溢油对各敏感区影响分析

工程海域周围分布有埭子口农渔业区和徐圩港口航运区、连云港及徐圩港口航运区和连云港农渔业区、灌河口港口航运区、江苏省海州湾海洋牧场、响水四

腮鲈鱼种质资源保护区、开山岛旅游休闲娱乐区、开山岛海蚀地貌保护区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1 等敏感目标，一旦发生溢油事故将会对这些区域发生一定影响，通过分析溢油发生在不同工况下的计算结果，给出了溢油发生后油膜到达敏感地区的时间。

由图表中可以看出，在各种工况下，油膜到达灌河口港口航运区的最短时间 1.5h；到达开山岛旅游休闲娱乐区和响水农渔业区最短时间为 2.5h；到达盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1 的最短时间分别约为 8 h；到达开山岛海蚀地貌保护区最短时间约为 11h；到达江苏省海州湾海洋牧场附近的最短时间约 13h；到达灌河口旅游休闲娱乐区和响水四腮鲈鱼种质资源保护区的最短时间约 15h；到达海州湾国家级海洋公园的最短时间为 48h。可见，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。同时要加强对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。

**表 9.5-4 溢油对敏感目标的影响**

敏感目标	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8
埭子口农渔业区	/	/	35	63	15	/	/	/
徐圩港口航运区	/	/	/	/	/	/	/	/
连云港及徐圩港口航运区	/	/	/	/	/	25 h	/	/
连云港农渔业区	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h
江苏省海州湾海洋牧场	/	/	26 h	46	/	/	13h	/
响水四腮鲈鱼种质资源保护区	/	/	/	/	/	/	15	/
灌河口港口航运区	20 h	2h	9h	2h	/	/	1.5 h	1.5h
开山岛旅游休闲娱乐区	/	3h	10 h	3h	/	/	2.5h	2.5h
开山岛海蚀地貌保护区	/	11 h	41 h	13 h	/	/		/
灌河口旅游休闲娱乐区	/	15 h	57 h	/	/	/		/
盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区 1	/	/	62 h	/	/	/		8h
响水农渔业区	/	3h	10 h	3h	/	/	2.5h	2.5h
连岛旅游休闲娱乐区	/	/	/	/	/	/	/	/
海州湾国家级海洋公园	/	/	/	/	/	48h	/	/

### 9.5.3 船舶溢油环境影响分析

根据前述环境风险识别，本工程可能发生施工船舶碰撞引起的溢油环境风险。溢油事故发生后，油品在发生湍流扰动下形成乳化水滴进入水体，可能对海洋生



态和渔业资源造成较大危害，主要体现在以下几个方面的影响：

#### (1) 对鸟类的危害

海面上的溢油对鸟类的危害最大，尤其是潜水摄食的鸟类。这些鸟类接触到油膜后，羽毛会因浸吸油类而失去防水、保温能力，丧失飞行和游泳能力。鸟类还会因摄取溢油而造成内脏的损伤，最终因饥饿或中毒死亡。在溢油事故发生时海鸟所受的危害是相当严重的（张舒，2011；吴传雯，2014）。

#### (2) 对浮游生物的危害

浮游生物是最容易受污染的海洋初级生物，一方面，由于它们对油类的毒性特别敏感，所以即使在很低浓度的溢油情况下它们也会被污染；另一方面，浮游生物与水体连成一体，浮游生物会将大量的海面浮油吸收。此外，海面油膜对阳光的遮蔽作用会影响一些需要进行光合作用浮游生物，无法进行光合作用的浮游生物最终将腐败变质，而变质的浮游生物又会危及以它们为食的其他较高级的海洋生物的生存（张舒，2011）。

#### (3) 对底栖生物的影响

溢油后，相当一部分石油污染衍生物甚至石油颗粒会渐渐的沉入海底，底栖生物上常附着厚厚的一层石油污染物，使其难以生存。被石油污染过的牡蛎有一股浓浓的石油味，这股味道可以存在一个多月之久。附着在岸边岩石上的一些海洋生物对新鲜石油更为敏感，往往是首批牺牲者。棘皮动物对海水中的任何物质都有敏感性，对石油污染更是如此。“达姆毕科·马鲁”油船失事以后，观察结果证实，原来生存着大量海星和海胆的海区，遭受石油污染后的6年以内，没有发现海星、海胆重新活动，表明石油污染对海星和海胆等棘皮动物的潜在威胁是很大的（吴传雯，2014；MOHHHH A, BOHTOB, 1995）。

沈新强等（2008）对2006年4月在舟山沿岸发生的溢油事故对渔业资源的损害评估中指出，油污在潮流作用下，粘附在岛礁、岸滩，使潮间带底栖动物受到严重污染而导致死亡或失去实用价值。

#### (4) 对渔业资源的影响

石油不同组分中，低沸点的芳香烃对一切生物具有毒性，高沸点芳香烃具有长效毒性。陈民山和范贵旗（1991）研究了胜利原油对海洋鱼类胚胎及仔鱼的毒性效应结果表明，原油可抑制胚胎的孵化，导致孵化仔鱼的发育畸形和大量死亡；沈新强等（2008）对2006年4月在舟山沿岸发生的溢油事故对渔业资源的损害评估



中指出,溢油导致在该范围内鱼卵、仔鱼因高浓度的油含量而全部死亡,幼鱼 70% 死亡,大部分成鱼回避,但也有少量成鱼因来不及回避而被污染,导致死亡或失去实用价值。

### 9.5.4 其他风险分析

#### (1) 海洋灾害风险

该地带地势平坦开阔,对本工程直接造成影响的海洋灾害是台风、风暴潮、巨浪等。强台风会对风力发动机组带来毁灭性破坏,给风电场造成严重损害。因此,在风电机组设计中应考虑抵抗强台风、风暴潮、波浪袭击的因素。

对风机场影响较大的风灾主要有:台风、龙卷风、飓风、风暴潮等异常强风。风机场地处潮间带,受较大台风影响平均每年 1.6 次,多集中于每年 7~9 月份,台风风力一般 6~8 级,最大风力 12 级。如果设计、制造时没有充分考虑到当地极端风速、风暴潮、台风等极端气象条件对风电机组的影响,或钢结构焊接、塔架外部表面、塔架内部表面的防护处理有缺陷,遇暴雨、风暴潮、台风等不利气象条件,有可能发生倒塔、折塔、基础松动等事故。若风场风机塔架未充分考虑风荷载,结构设计不满足要求;设备制造使用的材料不满足要求;塔架基础施工质量达不到设计要求、某段连接螺栓松动;风机偏航系统故障、刹车机构失灵、运行人员未按当天的天气预报做出事故预想和对策、巡回检查不及时等,遇有台风、飓风、风暴潮、龙卷风等强风天气,容易发生风机塔架及架空线路和铁塔晃动、倾覆、折断、垮塌事故,风机叶片和架空电缆折断事故台风移向陆地时,由于台风的强风和低气压的作用,使海水向海岸方向强力堆积,潮位猛涨,水浪排山倒海般向海岸压去。风暴潮能使沿海水位上升 5~6m,导致潮水漫溢,海堤溃决,冲毁风电场的房屋和塔筒等设施,造成大量人员伤亡和财产损失。

#### (2) 雷击风险

由于现代科学技术的迅猛发展,风力发电机组的单机容量越来越大,为了吸收更多能量,轮毂高度和叶轮直径随着增高,相对的也增加了被雷击的风险,雷击成了自然界中对风力发电机组安全运行危害最大的一种灾害。雷电释放的巨大能量会造成风力发电机组叶片损坏、发电机绝缘击穿、控制元器件烧毁等。

由于风力发电机组的叶片高度较高,叶片是最易受直接雷击的部件,其他部件遭感应雷和球形雷破坏的风险也相应增加。叶片是风力发电机组最昂贵的部件



之一，大部分雷击事故只损坏叶片的叶尖部分，少量的毁损坏整个叶片。雷击造成叶片损坏主要有两个方面：一方面是雷电击中叶尖后，释放大量能量，强大的雷电流使叶尖结构内部的温度急骤升高，水分受热汽化膨胀，从而产生很大的机械力，造成叶尖结构爆裂破坏，严重时使整个叶片开裂；另一方面雷击造成的巨大声波，对叶片结构造成冲击破坏。还有一点值得关注的是雷击一般是击中叶片上翼面。例如，广东红海湾风电场建成投产至今发生了多次雷击事件，据统计，叶片被击中率达4%，其他通讯电器元件被击中率更高达20%；国际雷电专业研究机构LEC 在一份调查报告中透露：在日本本州地区，仅一个冬季，就至少有55部风力发电机组被雷电击中，损失估计超过550万美元，而为了预防雷电袭击而建设的接地防雷项目等已经支出的费用大约为275万美元。

本工程区域平均雷暴天数33.3d，雷电活动频繁。若场区防雷、避雷措施不合理、接地电阻不符合设计要求；风场运行期间未定期进行防雷设施和接地网等检测等，会使风场遭受雷击，从而造成风力发电机组损坏事故、变电站电气设备损坏事故、输电线路损坏事故、人员触电事故等。

### **(3) 水道摆动和风机基础冲刷**

由于项目靠近掘苴闸的闸下水道，水道在潮间带范围段摆动较为频繁，工程建设后应密切关注闸下水道的局部摆动，确保安全运行。

风电机组基础施工后，由于对表层土的扰动和永久障碍物的存在，流速和流态在基础影响范围内发生变化，使得海床浅、表层局部土可能产生冲刷。本海区潮流动力较强，滩涂上潮流冲刷作用较大。若设计未考虑基础冲刷设计或设计不完善可能造成桩端自由段较长，自由段较长的预应力管桩在沉桩及长期承受疲劳荷载的情况下，容易发生脆性破坏。

风电机组基础长期受到冲刷进而形成冲刷坑，会引起风机基础振动或者不稳定，将极大地威胁它的安全工作，所以风机桩基周围的局部冲刷防护具有很大的必要性。

### **(4) 海底电缆损坏**

项目场址海域海床表层土为新近沉积粉砂土，上陆部分为海涂和浅滩。根据锚重与投入淤泥层深度的关系，电缆敷设深度选择为泥面至少2.0m以下。但考虑到泥沙受潮流冲刷作用较强，加上风电机组基础以及防冲刷结构范围较大，可能会对局部范围涨落潮流造成一定影响，因此，运行期，潮流的反复冲刷可能造成

海底电缆埋深度的变化。如果有船舶抛锚或者养殖打桩作业，可能对海底电缆造成损坏，需要适当加强管理或采取防护措施。

### (5) 风机倒塌风险

#### 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

受船舶撞击或者强台风袭击导致风机倒塌。由于风机倒塌引起的风机机舱、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。

### (6) 火灾风险

本工程布置有大量的动力电缆和控制电缆，使用的电缆多，电压等级多，而且有些地方电缆密集，容易生电火灾。

风力发电机绝缘严重过热、老化、绝缘受潮、受蚀均可引起绝缘强度降低；线圈绝缘质量差（耐磨耐蚀性差）、施工质量差、检修质量低劣等将会引起绝缘松动磨损；在检修或施工过程中，槽中掉进焊渣、铁屑、钢屑或检修工具等易使绝缘严重损伤、强度降低；定子铁芯芯片间材质低劣、绝缘漆受损、绝缘脱落、压紧螺栓的绝缘破坏等将使铁芯涡流增大，从而引起铁芯发热，铁芯烧熔，线圈绝缘破坏时，均会导致线圈短路电弧着火。运行维护不当或误操作引起机端短路时，强大的电流和电动力冲击也常会引起绝缘薄弱部位损坏产生电弧。本风场风机轮毂高度90m，当风机火灾事故发生后因塔筒烟囱效应，火灾容易蔓延且不易扑救。

本工程有大量的电气设备，如风力发电机、变压器、互感器、高压开关、蓄电池等，造成电气设备火灾的原因很多，除设备缺陷、安装不当等设计和施工方面的原因外，电气设备过热和火花或电弧是引发火灾事故的直接原因，如操作维



护不当，均有可能发生火灾事故。

本工程电气设备操作、维护不当，可能引起火灾最终导致爆炸或直接发生爆炸。设备内部故障、设备进水受潮，或近区故障冲击等原因引起的大型变压器损坏和高压互感器的爆炸事故仍时有发生，有的造成严重损坏，有的甚至引起人身伤亡。此外，本工程施工及运行检修存在少量的气瓶等压力容器类，在超温、超压或受到碰撞打击等条件下存在着爆炸的危险。

因此，在风电场应做好消防设计方案，在施工和运行期间应做好火灾预防、应急准备工作。

### (7) 通航安全

本工程位于灌云外侧海域，根据通航安全论证报告，本工程附近规划的航道及航路主要为连云港港进港航道、徐圩港区航道、灌河口航道及连云港-射阳沿岸习惯航路，距离分别约为21km、17.4km，2.4km和6.1km，可见受项目场址影响较大的是灌河口航道。在施工过程中，因施工船舶作业包括拖带、吊装船等特殊作业，作业过程中可能需占用一定的通航水域，因此，可能对经过本工程附近海域的渔船通航带来一定的影响，但由于工程海域较为宽阔，而且通航的一般为小型渔船，通航密度也不大，因此施工对渔船通航环境的影响较小。

另外，本工程占用海域及附近海域有部分海水养殖区，存在小型（养殖）渔船误入施工海域航行或停泊的可能，为保证安全，避免这些船舶与本工程施工船舶、设施发生碰撞、触碰等事故，施工期间应当限制渔船在本工程的施工海域及周边进行作业，航经本工程施工海域的渔船，要求与施工作业区保持足够的安全距离。

在风电场内施工的施工船舶包括拖轮、驳船、打桩船、吊装船等特殊船舶或特殊作业，其操纵性能较差，虽然主要在施工场地内作业，对过往船舶的航行安全影响不大，但其自身的通航安全受施工条件、作业性质以及风、浪、流等气象水文条件影响较大。尤其是浅水段水域的特点决定了登陆段施工时这些船舶只能乘潮进行拖带或航行，在抵达施工位置后再用锚固定座底进行施工作业，施工船舶必须采取相应的安全保障措施。工程海域夏秋季节易受到台风的影响，冬季易受寒潮大风的影响。因此，在有风力较大的台风、寒潮大风等天气影响的情况，对施工船舶的施工作业和航行安全威胁较大，必须提前及早撤离避风，并切实采取防风和抗台措施，保证船舶和设施的安全。



## 9.6 防范事故风险的对策措施

### 9.6.1 自然灾害风险防范对策措施

(1) 项目设计必须充分考虑抗灾、避灾的实际需求，提高工程防灾、抗灾能力。如风轮、塔架、发电机、齿轮箱等设备应根据风场区域的自然条件，具有防强风、防雷、防盐雾等措施。在设计、制造时没有充分考虑到当地极端风速、风暴潮、台风等极端气象条件对风电机组的影响。

(2) 风场应设立气象站，气象数据要定期采集、分析、贮存。风场运行人员每天应按时收听和记录当地天气预报，作好风电场安全运行的事故预防对策。

(3) 风电场运行人员应定期巡视、检查风电机组在运行中是否有异常响声、叶片运行状态、调向系统动作是否正常、电缆有无绞缠情况。发现问题及时处理。并登记在缺陷记录本上。

(4) 当气候异常时应增加巡回检查内容及次数。

(5) 灌云县濒临黄海，每年台风等自然灾害频繁。台风具有突发性和破坏性，危害较大。因此，应通过做好台风的预报工作，当出现 50 英里/小时或大于该速度的大风天气等恶劣的天气时，由于安全的原因，设定风机自动地减速或停止以减小损失。六级以上大风天气应停止高处作业，制定极端大风天气应急预案。

(6) 从设计、防雷设备选型、施工中严格控制质量，运行中加强检查和管理，防雷设施必须经有关主管部门审查和验收。做好防雷接地，确保施工安装质量。测风塔顶部应有避雷装置，接地电阻不应大于  $4\Omega$ 。如无特殊规定，单台风力发电机组的接地电阻值应不大于  $4\Omega$ 。定期对防雷装置进行检查。

(7) 利用新材料防雷电：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。

(8) 利用避雷网防雷电：将风电场内所有建筑项目基础和桩基间利用导电截面足够的金属导体连接为一体形成可靠的具有低电阻接地网。

(9) 在风电机组电力电缆和通讯控制线线路上安装避雷器。

(10) 利用新技术监测雷电：叶片上嵌置光导纤维，加上综合配套的软件，对叶片的载荷、温度、潜在断裂及破坏、雷电打击等进行不间断的全天候监测，并提供适时的预警或维修警告，而无需停机检查，对风电机组实行优化运营与使



用，以提高运行的可靠性和延长叶片寿命。

(11) 在变电所内装设避雷器以限制入侵雷电波的幅值，使电气设备的过电压不致于超过其冲击耐压值；在变电所的进线段上装设保护段以限制流经避雷器的雷电流幅值及入侵雷电波的陡度。

(12) 通过风电场的合理布置并采取有效的防雷击措施，使风机及电气接线和升压设备能有效抵御雷击造成的损害。

(13) 在项目投入运行前需制订“防灾紧急避险预案”，对项目各类设施在各类灾害来临前的一切紧急避险措施做好软、硬件周密部署。

### 9.6.2 防冲刷措施

待风机桩基础外围冲淤稳定后，在冲刷坑内采用大块石头等粗颗粒作冲刷防护、桩基周围采用护圈或沉箱的冲刷防护方法，以及在桩基周围采用护坦减冲防护等方法对桩基进行防护。为进一步了解潮间带风电机组基础周边的局部冲刷情况，作为今后类似工程参考，在风电场建成后，加强巡视与测量，了解基础周边冲刷情况，做好记录，同时若发生基础冲刷程度超过预期的情况应及时进行防护处理。

### 9.6.3 防腐措施

潮间带风机基础为钢结构，其防腐蚀设计应根据设计水位、设计波高，可分为大气区、飞溅区、水位变动区、水下区、泥下区，各区区别对待。

(1) 对于基础中的钢结构，大气区的防腐蚀一般采用涂层保护或喷涂金属层加封闭涂层保护。

(2) 飞溅区和水位变动区的平均潮位以上部位的防腐蚀一般采用重防蚀涂层或喷涂金属层加封闭涂层保护，亦可采用包覆玻璃钢、树脂砂浆以及包覆合金进行保护。

(3) 水位变动区平均潮位以下部位，一般采用涂层与阴极保护联合防腐蚀措施。

(4) 水下区的防腐蚀应采用阴极保护与涂层联合防腐蚀措施或单独采用阴极保护，当单独采用阴极保护时，应考虑施工期的防腐蚀措施。

(5) 泥下区的防腐蚀应采用阴极保护。

(6) 对于混凝土墩体结构，可以采用高性能混凝土加采用表面涂层或硅烷浸

渍的方法；可以采用高性能混凝土加结构钢筋采用涂层钢筋的方法；也可以采用外加电流的方法。对于混凝土桩，可以采用防腐涂料或包覆玻璃钢防腐。

(7) 本工程防腐涂层施工完成后，还应进行定期检查，因物理撞击、应力集中等造成的局部破损应定期进行补涂同种规格的防腐涂层。

#### 9.6.4 火灾风险防范措施

应根据电站设计规范配备好消防设施、疏散通道、配备好消防人员及对电站人员进行消防安全培训，做好火灾预防、应急准备工作。

当风电机组发生火灾时，运行人员应立即停机并切断电源，迅速采取灭火措施，防止火势蔓延；当火灾危及人员和设备安全时，值班人员应立即拉开该机组线路侧的断路器。

#### 9.6.5 通航安全对策措施

##### (1) 工程海域交通控制

①为避免过往船舶与施工船舶发生危险局面，应加强对船舶交通的组织协调和管理，对施工期间的交通进行控制，尤其是应当防止渔船等小型船舶干扰施工船的作业。

②划定施工水域范围，发布航行通告。在施工期，应根据《中华人们共和国海上航行警告和航行通告管理规定》的要求，期间应及时发布航行安全警告和航行通告，详细通告施工水域的范围、施工的内容、施工船舶情况及其它注意事项等。提醒过往船舶、锚泊船舶避免进入风电场水域通航，并应当与风电场区保持足够的安全距离。

③加强对航道及附近水域交通的组织协调。为避免过路船舶与施工船舶发生危险局面，应划定安全作业区，必要时利用巡逻船加强对施工区域的船舶交通组织协调和管理，保证施工船舶和过路船舶的安全。

④优化附近渔港的航道、锚地等设施，设置合适的助航标志，使航行船舶保持与本工程有足够的安全距离；同时，为满足小型渔船的在能见度不良时的识别要求，建议在临近渔船习惯航路的风电机组上增设雷达应答器、声响信号等设备。

##### (2) 施工船舶的准备工作

项目水域的特点决定了施工作业船舶只能乘潮进行拖带或航行，在抵达施工位置后再用锚固定座底进行施工作业，这些施工船舶本身的通航和作业是存在



一定的安全风险。因此，为了保证这些施工船舶本身的安全，这些施工船舶在拖航、航行、作业前，应当充分做好各项准备工作：

①在拖带、航行之前应当查阅当时、当地的潮汐资料，核算当时当地的潮高和潮时，并根据船舶吃水情况，计算船舶开始拖航、航行的时机。

②考虑到工程水域潮流较强，应当尽量避免在急涨、急落时进行拖带和航行；同时还应当避免在外界风、浪、流等因素的影响较强时进行拖航和作业。

③在座滩作业前，应当核实该位置附近的海底底质情况和障碍物情况，以保证船舶在座滩时能够均匀地座在滩上，避免船舶底部局部受力。在用锚固定船舶时，应当注意核算船舶的受力情况。

④施工船舶在进行吊装等作业前，应当注意核算船舶的稳性，防止船舶在吊装作业过程中出现大幅度的横倾甚至倾覆。

### **(3) 防撞措施**

①施工船舶对同一场区临近的已建成风机组承台也构成一定碰撞风险，施工船舶的吨位较大，碰撞对风机组承台会构成一定的损害，因此，在施工过程中，应当采取相应的预防措施，防止此类事故的发生。

②应当建立专门措施和应急设备来防止施工船舶碰撞事故。碰撞事故的发生可能性主要由船员的失误和断缆造成的，船员失误属于人为因素，断缆、脱锚等情况与自然条件有关，因此所采取的缓和措施应包括预防性措施（管理方面的措施）和保护性措施（项目防护方面的措施）用以防止作业船舶在失去动力、断缆、走锚等意外时发生碰撞。

③为防止施工船舶碰撞项目场区西侧的一期工程的风机组承台，实际作业中需要施工场地与运输码头的具体位置关系等情况合理安排施工顺序，以尽可能减小场内施工和运输的冲突，并在施工过程中采取针对性的具体措施来防止施工船舶失控等意外情况引起碰撞已建成风机组承台的事故。所采取的措施应包括预防性措施（管理方面的措施）和保护性措施（项目防护方面的措施、应急拖轮和通信设施等）用以防止作业船舶在失去动力、断缆、走锚等意外时能得到及时有效救助，保证临近机组承台的安全。

④一旦发生了船舶碰撞事故，及时了解发生碰撞船舶的概况，受损情况及救助要求；立即用有效手段向海事局值班室报告；如碰撞船舶受损严重可能沉没，应立即通知拖轮、项目船赶往现场施救，将遇难船舶拖离航道水域到安全水域或

合适地点进行搁滩；受损船舶如沉没，应准确测定船位，必要时按照规定设标，并及时组织力量打捞清障，不得留有妨碍施工作业正常运行的障碍物。对事故现场水域进行监控，疏散附近船舶；告知事故地点附近相关单位和过往船舶；发布航行警告。

#### **(4) 加强安全管理**

①在施工期间，施工作业船舶势必受到天气海况条件影响，另外，施工船舶的操纵能力一般都受到一定程度的限制，并且具有航向、航速变化不定，船上所配助航设施也很有限，这些因素无疑将增加水域内其它船舶航行的难度和复杂度，因此，必须加强对施工作业船舶的安全管理，以减少施工船舶引起水上交通安全事故的发生。

②鉴于燕尾港水域的建设项目量较大，考虑到日后港口的发展造成船舶通航量的增加和风电场的开发建设，有必要加强项目水域的监控，并配备必要的监控设施。

③工程施工以及投产后运行期间，附近船舶航行、锚泊应注意气象、水文和海浪条件，避免在大风、急流和大浪等影响安全的条件下强行操作。

④在工程施工期间，为避免人民生命财产的损失，减少事故对施工进度的影响，应针对项目特点、施工条件和救助设施的局限性等，编制各种可能发生的意外险情或事故应急预案，制定各种应对措施。业主单位应根据海事主管机关针对各种应急预案的要求，制定应急计划，包括被碰撞以及遭遇台风、风暴潮等恶劣气象的应急措施及部署。

### **9.6.6 溢油风险防范措施**

#### **9.6.6.1 施工期溢油风险防范措施**

为保证工程施工安全，防止油污事故发生，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)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) 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有关海事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) 为避免工程施工船所抛所开锚对过往船舶造成危害影响，应白天在艏悬挂经旗，夜间用探照灯向开锚锚位处水面照射。但灯光不能外射，以免影响过往船舶驾驶人员的正常了望。

(9) 当风力达到施工船舶的抗风等级前，施工船应停止施工作业，当气象预报风力超过施工船抗风等级前，应提前撤离施工现场，择地避风。

(10) 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。

(11) 由于工程施工时会短时占用进出燕尾渔港的航道，因此在施工作业期间，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。

(12) 为确保风电场项目顺利进行和航经附近水域船舶的通航安全，施工建设单位应拟定施工期间水上交通安全维护方案，通过印制、发放宣传资料和利用报刊、广播、电视等媒体开展广泛的宣传教育，使有关航运单位、航行船舶及进出渔港的渔民，都了解项目内容、施工范围和工期等，取得社会各方面的理解、支持和配合。

(13) 认真落实施工船舶防污染措施，做好船舶残油、含油污水等污染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。

(14) 施工船舶在供受油过程中应严格按照相关规程规范进行操作，避免人为因素导致溢油事故的发生。码头应配备足够的用于控制和清除油污的设备，一旦发生溢油事故，应用现有设备和人员能够及时采取措施，控制和及时处理，承担应急防治任务。

采取上述措施后，可有效降低本工程施工期碰撞、溢油事故的环境风险。

#### 9.6.6.2 运行期溢油风险防范措施

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以保证船舶航行和风机的安全运行。

(1) 海上风机应涂有醒目的警示色、夜间需采用灯光照射的办法。在风电场场界连线外侧考虑设置航行警示标，以警示船舶有效避让。

(2) 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。

(3) 向海事主管机关申请发布航行通告和航行警告，提出协助进行水上安全维护申请。并在以后出版的有关海图上进行标记。

(4) 运维船舶如碰撞的船舶受损严重可能沉没，立即通知拖轮赶往现场施救，将遇难船舶拖离到安全水域或合适的地点主动搁浅，并应注意避开航道、风机和海底电缆等。一旦发生事故，需对事故现场水域进行监控和实施必要的交通管制，疏散附近船舶。

(5) 受损船舶如沉没，应准确测定船位，必要时按规定设标，并及时组织力量起浮清障。

(6) 运维船舶和设施发生火灾，应立即发出救火警报，并按照船舶“应急部署表”的要求努力进行自救。一般首先抢救遇险人员，将失火部位转向下风，并向上风疏散人员和转移易燃物品。采取正确有效的措施控制火势和进行灭火，例如做好封舱和关闭通风，利用速闭装置关闭应关闭的阀门和天窗，同时利用船上的消防灭火系统和灭火器材灭火。船方要迅速启动消防泵，同时协助和配合消防部门调集灭火设备和采取灭火行动。

(7) 船体因碰撞、搁浅、触礁、爆炸等原因，使水线下船体破损进水后，船



舶应立即发出堵漏应变报警信号，召集船员，如果破损部位已明确，则按应变部署表规定的职责和分工，携带堵漏器材迅速赶赴现场。如破损部位尚需判断，则应按现场指挥的意图行动，查明进水部位。

(8) 如果出现溢油现象，应立即关闭该油舱(柜)在甲板上的所有开口，包括透气阀，并发出油污应急警报。

通过采取上述安全措施后，可保证船舶航行和风机的安全运行。

### 9.6.7 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。

#### 9.6.7.1 应急计划区

本工程应急计划区主要为风电场区、电缆敷设线路附近。应急事件包括船舶碰撞、倾翻油品泄漏等突发性海上溢油事故。

#### 9.6.7.2 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，应急指挥部应服从连云港海事局和连云港市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。

#### 9.6.7.3 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下表。

表 9.6-1 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 $\leq 10t$
较大等级（II级响应）	$10t < \text{船舶溢油量} \leq 50t$
重大等级（I级响应）	$50t < \text{船舶溢油量}$

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级应急由连云港海事局和连云港市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级响应由连云港海事局和连云港市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。



#### 9.6.7.4 应急救援保障

应急防治队伍：原则上由项目全体工作人员组成，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。

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。施工船舶应备有围油栏、吸油棉体等。

本工程海域的救助工作主要由江苏省海洋与渔业搜救分中心承担。项目周边海域防污染应急船舶、设备配备情况见下表。

**表 9.6-2 工程海域及附近防污染应急船舶、设备、物资配备表**

主管部门	物资类别	物资名称	计量单位	数量
大丰市港务局	防污器材	PVC 围油栏	m	500
		吸油毡	m <sup>2</sup>	500
		消油剂	桶	5
洋口港拖轮公司	防污器材	6000 马力全回转拖轮	艘	2
		5000 马力全回转拖轮	艘	2
		带缆艇	艘	2
		消油剂	kg	500

#### 9.6.7.5 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连云港海事局、连云港市海洋与渔业局、江苏省海洋与渔业搜救分中心共同建立，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，回收的污油、类油物质和沾油废弃物交由有资质的单位负责处理。

风险事故应急反应程序如图 11.6-1。

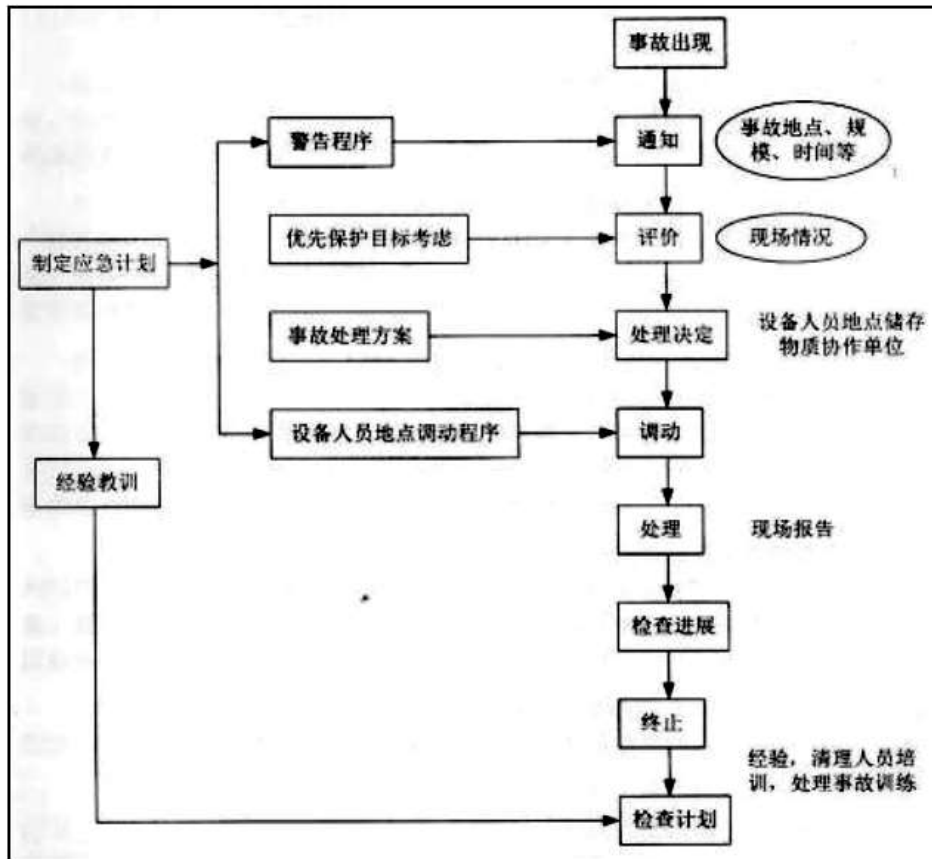


图 9.6-1 风险事故应急响应程序

#### 9.6.7.6 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。

#### 9.6.7.7 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。

#### 9.6.7.8 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。



溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地做出应急反应，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。为使施工期对于一旦发生的溢油事故能快速做出反应，最大限度地减少事故污染对规划海域的灾害性损失，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定风险应急预案，并定期进行演习。

### 9.6.8 风机损坏风险应急预案

为使本工程发生风机损坏事故能快速做出反应，最大限度地减少风机损坏对风机发电和安全的影响，建设单位应建立应付突发性事故的应急指挥系统，组织制定应急预案，并定期进行演习。

#### (1) 应急指挥组织

结合本工程特点，项目运行管理机构可联合安全、电网部门组成的风险应急指挥部。指挥部对各部门和人员的职责有明确分工，具体到职责、分工、协作关系，做到人人心中有数。经过应急事故处置培训的人员要轮流值班，并建立严格交接班制度。

#### (2) 信息收集和报告

根据对风机的日常运行与维护状况，一旦发现风机损坏或可能引起风机损坏情况，及时向风险应急指挥部报告。

#### (3) 应急响应和行动

发现风机损坏情况，应根据损坏程度和是否引起安全事故，采取相应的相应措施。包括停止风机运行、对风机塔架进行维护等。具体程序为：事故出现→通知→评价→处理决定→事故处理→检查→终止。

#### (4) 应急培训和演习

对项目管理人员进行应急响应培训，同时对项目周边人员进行应急响应知识的宣传。进行演练准备、组织和训练，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。

## 9.7 环境风险综合评价

本工程主要的环境风险为施工船舶碰撞而发生溢油事故环境风险。本工程周边分布有环境敏感目标，一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风

和潮流的共同作用下将很快抵达生态敏感区并造成较严重污染影响。但在施工船舶采取提前发布航行通告、加强瞭望、合理安排施工作业面等措施的前提下，本工程施工船舶发生碰撞的事故概率极低，且可能发生的溢油量有限，区域溢油应急防备能力较强，在本工程配备一定应急物资，做好应急防范措施和应急预案的前提下，环境风险可防控。



## 10 清洁生产

### 10.1 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 CO<sub>2</sub> 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的利用。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 10.1-1 对目前常见的几种发电能源的环境影响进行了比较。

表 10.1-1 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	煤炭	核能	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	4	3	
	废物处理	0	0	1	3	1	5	4	
水质	设备使用	0	0	1	3	3	3	3	
	泄漏及事故	0	0	3	0	4	5	1	
	现场外影响	0	0	0	1	3	4	4	
气体 排放	二氧化碳	0	0	1	4	4	0	4	
	酸性烟气	0	0	1	3	4	0	4	
	颗粒金属	0	0	1	3	2	0	4	
	放射物	0	0	1	0	1	5	2	
	非甲烷烃类	0	0	0	2	4	0	4	
生物影响		2	5	1	3	2	4	4	
废物发生		0	0	1	3	2	4	5	

从表 10.1-1 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。

## 10.2 设备先进性分析

本工程通过对 6MW、7MW、8MW、8.35MW、8.5MW 五种机型的技术经济比选，同时结合目前江苏区域海上风电主机供应商供货力调研情况，本阶段推荐单机容量为 6MW、单机容量为 8.5MW 机型的组合方案进行工程设计，该机型单机机型的成熟度、经济性相对较好。

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。此外，风机基础防腐蚀采用外加电流阴极保护，避免牺牲阳极对水质沉积物影响。因此本工程设备选型符合海上风电机组技术发展方向。

## 10.3 施工工艺先进性分析

由于钢管桩、风机部件均在陆上海工基地和相应的厂家制作，不仅可有效减小工程区域的施工作业区的用海面积，还可利用相应基地内成熟的各种配套设施，加快工作进度的同时减小对工程海域的海洋环境影响。

工程施工中采取环境友好的方案，用较为先进的机械设备。风机打桩时，选择使用液压打桩锤，在噪声、烟气、油泄漏等各方面均优于柴油打桩锤，采用该类型打桩锤可提高项目清洁生产水平，防范油污染产生。

海底电缆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，电缆敷设船敷设，并对施工组织计划进行了优化，最大限度减小施工作业面积，可有效减少悬浮泥沙的产生量。所需施工作业面积和悬浮泥沙产生量均较小，因此对海水水质及海洋生态环境影响较小。

因此，本工程的施工工艺符合清洁生产要求。



## 10.4 污染物排放控制水平

建立严格的环境管理制度，落实岗位责任制，加强生产中的现场管理，定期进行设备维护和检修，合理安排施工工期、施工工艺，可以体现科学管理原则，使整个施工建设井然有序，最大限度的降低能耗，降低对生态环境的影响，减少安全隐患，提高施工建设效率。

本工程整个施工方案可操作性强、实施风险低、工序安排紧凑，大大降低对环境的影响程度和时间，施工方案较为合理，符合清洁生产要求。

本工程主要施工工艺虽然在一定范围内使水中悬浮物浓度上升，但影响范围十分有限，避免了对底泥、水体长时间的扰动和影响，且范围有限，施工工艺符合清洁生产要求。

施工期污水主要来源于施工基地的施工设备和车辆冲洗废水、施工人员生活污水等，生产废水经污水收集和集中处理系统，处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应用途的回用标准后储存回用，多余水和生活区水纳入市政污水管网。施工中尽量减少设备和车辆冲洗次数，从源头减少施工用水量和施工废水产生量。生活垃圾收集后委托环卫部门处置。

本工程管理依托一期工程，不新增管理人员，对环境无污染影响。

## 10.5 节能减排贡献

### (1) 节能增电效益

本工程规模为 100MW，年平均上网电量 30744.6 万 kWh，与同等发电量的火电相比，本工程运行每年可节约标准煤消耗约 9.42 万 t/a（火电煤耗按 306.4g/kWh 计），起到了节煤增电的良好经济效益。

### (2) 减排效益

根据中电联发布的《中国电力行业年度发展报告 2021》，2020 年，全国单位火电发电量二氧化硫排放为 0.160g/kWh；单位火电发电量氮氧化物排放为 0.179g/kWh；单位火电发电量烟尘排放为 0.032g/kWh；单位火电发电量二氧化碳排放约 832g/kWh。按此数据计算，本工程运行期间可相应地减少污染物排放

量：二氧化硫(SO<sub>2</sub>)排放量约 49.19t，氮氧化物(以 NO<sub>2</sub> 计) 55.03t，二氧化碳(CO<sub>2</sub>) 255.79 万 t。耗水量按 1250g/kWh 计，本风电场可节约用水 38.43 万 t/a。风电场的建设替代了燃煤电厂的建设，将大大减少对周围环境的污染，还可节约不可再生的化石能源、减少污染及保护生态环境的作用。

开发风能资源，发展风力发电，不但可以节约宝贵的一次能源，还具有较好的环境效益，是实现能源、经济、社会可持续发展的重要途径，因此本工程符合清洁生产要求。



## 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) 对于本工程所采用的各类施工船舶，在水上作业时应遵照交通运输部发布的《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》(交通运输部令 2010 年第 7 号)中对海上施工船舶的要求管理，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水、船舶垃圾、含有毒有害物质污水等。

(2) 严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)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。本工程船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并配备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；对船舶油污水进行统一收集运至岸上，委托有资质的公司接收处置。

(3) 对海域施工期间，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，需统一收集运至岸上处理，并委托有资质的单位接收处置，严禁随意排放至海域和陆域。

(4) 甲板冲洗水可直接排放入海。但甲板上偶尔出现的少量油(通常是润滑油)应使用锯末、棉纱或抹布吸净后冲洗，含油的棉纱和抹布等应收集后运回陆地委托环卫处置，严禁随意丢弃。施工期间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，并向海事局报告。

(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。

### 11.1.1.2 海上固体废物污染防治措施

#### (1) 生活垃圾的处置

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，由当地环卫部门规定的垃圾场统一处置。

#### (2) 扫海清障固体废弃物的处置

对于海底电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) 废弃焊头、废弃包装处置

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，送往陆上统一处置，严禁在陆域随意丢弃。

#### (4) 危险废物

施工期间各施工船舶和施工机械产生的油渣、油垢、废油及机修废油、含油抹布等含油废物均属于国家危废名录中的危险废物，应统一收集存放于符合标准的容器内，待运上岸后，与陆上施工产生的危险废物一同交有资质单位处理。

### 11.1.1.3 其他污染防治措施

(1) 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发[2018]168号）划定了大气污染排放控制区，并对硫氧化物和氮氧化物排放控制做出了具体要求。对于硫氧化物，自2019年1月1日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于0.5% $m/m$ 的船用燃油；自2020年3月1日起，未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的海船进入排放控制区只能装载和使用按照该方案规定应当使用的船用燃油。



(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。

## 11.1.2 运行期污染防治对策措施

### 11.1.2.1 风机减振降噪措施

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 含油废弃物处置措施

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；废油应储存在专设的废油箱中，含油的连通软管和其他含油废物（抹布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将含油废物等一并送交具有工业固体废物（含废液）、危险化学品及危险废物处理资质的环保公司处理。

此外，风机维护产生的少量废设备零部件、维修废油、含油锯末等危险废物

交由资质单位接收处理，废旧蓄电池由厂商负责回收更换。

### 11.1.2.3 海底电缆安全保护措施

为保证本工程海底电缆安全，应对风电场桩基础局部冲刷进行观测，如发现冲刷严重，应采取抛石回填等措施，避免冲刷导致掏空。

## 11.2 陆域污染防治措施

### 11.2.1 施工期污染防治措施

#### 11.2.1.1 废水控制措施

##### (1) 施工废水防治措施

拟在施工基地设置施工污废水收集和集中处理系统，处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应用途的回用标准后储存回用，多余水纳入市政污水管网。

##### 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。在各施工工段废水相对集中地附近设预沉池，沉淀去除易沉降的大颗粒泥沙，如有含油生产废水进入，则先经隔油处理，再与经预沉淀的含泥沙生产废水一并进行混凝沉淀处理。混合废水先进入初沉池，经沉淀后废水中的 SS 去除率可达到 85%左右，再投加混凝剂，如有必要需投加助凝剂，混凝沉淀后去除废水中的较细的泥沙颗粒，SS 去除率可达到 90%以上。各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。



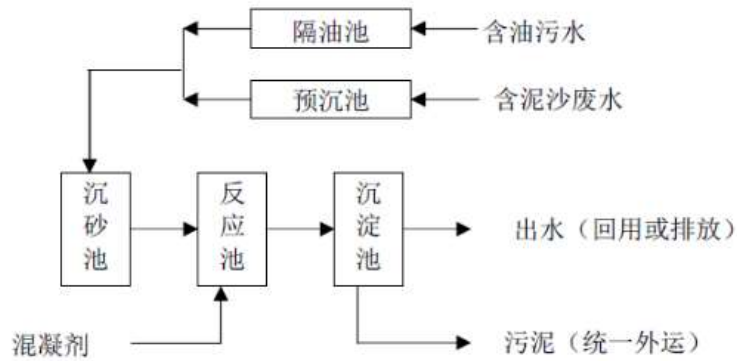


图 11.2-1 施工废水处理流程图

## 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。同时，工区内的清洗水也应排入排水明沟，统一处理后排放。

## (2) 生活污水

本工程施工基地施工人员生活污水纳入周边市政污水管网；食堂的含油废水必须经隔油池处理后与其他洗涤废水一并排至沉淀池，对周围环境影响不大。

## (3) 管理措施

①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。

③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。

④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。

⑤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) 在施工基地周围设立简易隔离围屏,将施工工区与外环境隔离,减少施工废气对外环境的不利影响,围屏高度一般为 2.5~3m,围屏可选用瓦楞或聚丙烯布材料。

(2) 施工单位应加强施工基地的规划管理,建筑材料的堆场应定点定位,并采取适当的防尘措施。

(3) 施工场地定期洒水,防止土方表面浮尘产生,在大风日加大洒水量及洒水次数。对运输车辆行驶路面也应经常洒水和清扫,保持车辆出入的路面清洁、湿润,减少行车时产生大量扬尘。

(4) 加强施工管理,合理安排施工车辆行驶路线,控制施工车辆行驶速度。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。

(5) 加强对施工机械,运输车辆的维修保养。禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入工区,禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作,减少烟度和颗粒物排放。

(6) 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。

(7) 加强对施工人员的环保教育,提高全体施工人员的环保意识,坚持文明施工、科学施工,减少施工期的大气污染。

#### 11.2.1.3 声环境防治措施

施工噪声也是本工程施工期对陆域环境的主要影响因素之一,为减轻和控制



相关不利影响，施工基地应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）对施工阶段的噪声要求。

（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，应向生态环境主管部门申报，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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的有关规定执行；选用符合《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》（GB1495-2002）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，减少振动噪声；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）加强对施工人员的个人防护，对高噪声设备附近工作的的施工人员，可采取配备、使用耳塞、耳机、防声头盔等防噪用具。

#### 11.2.1.4 固废处置措施

（1）对能利用的施工废弃材料由施工单位负责及时清理处置。施工废水处理系统产生的污泥也应及时外运处理。

（2）对施工场所的固体废物，由施工单位负责及时清理处置，尤其在施工结束撤离时，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。

（3）施工过程中应禁止任意向海洋中抛弃各类固体废弃物，同时应尽量避免各类固体废弃物散落进入海中。

(4) 加强施工工区生活垃圾的管理，分片、分类设置垃圾箱，避免生活垃圾混入施工弃土（渣），并定期予以清运，以防生活垃圾经雨水冲刷后，随地表径流带入附近河道。

(5) 施工单位加强对临时居住人员的教育和管理，不随地大小便，不随处随手乱扔垃圾，保证粪便和生活垃圾能集中处置。

(6) 陆上施工机械产生的油渣、油垢、废油及机修废油、含油抹布等含油废物均属于国家危废名录中的危险废物，应统一收集存放于符合标准的容器内，定期交由有资质的单位处理。

## 11.2.2 运行期污染防治措施

### 11.2.2.1 固体废物处置措施

(1) 运行期工作人员在风机检修时产生的船舶生活垃圾应带回陆域处理。

(2) 对于机组检修时所产生的诸如油渣（HW08）、油垢（HW08）、废油（HW08）等污染物质，以及油库内油品搬运过程中产生的跑冒滴漏，应进行收集，暂存于集控中心危废暂存间，委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理，旧蓄电池由厂家回收处置。

(3) 运行期风机维护产生的少量废油（通常是润滑油）应用锯末、抹布或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地，也应委托具有相应资质的单位统一回收处置、处理。

### 11.2.2.2 污废水防治措施

运行期风机检修等每年产生的油污水约 4.5m<sup>3</sup>，应对设备检修时产生的少量漏油和油污水进行准确记录并收集。根据油污水产生量，配备油污水收集桶能满足要求，统一收集的油污水应委托具有资质单位外运处置。

## 11.3 海洋生态保护措施



### 11.3.1 施工期生态保护措施

#### (1) 对海域底栖生物影响的减缓措施

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。

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。

#### (2) 对渔业资源和渔业生产影响的减缓措施

①施工中的大直径单桩水下冲击式打桩将对周围海域的海洋生物，特别是对石首鱼科的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

②注意鱼类在遭到水下噪声影响时所处的生命周期，尽力避免鱼类在繁殖期、产卵期时的施工，建立水中作业时间窗概念。水中作业时间窗表示在该段时间中对某个物种的潜在影响最小，或者在该窗时间内物种本身的生命周期使之不受影响。如每年 4~6 月为该海域鱼类产卵期、洄游期的主要季节，打桩施工高峰期应避开此时段。

③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。

④施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

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。

### (3) 对重要经济鱼类资源“三场一通道”影响的减缓措施

①本工程所在区域位于蓝点马鲛产卵场，距离黄鲫、鳎、日本鲭、鲢等主要经济鱼类的“三场”和洄游通道约在 25km~30km。根据数模预测结果，海底电缆铺设和桩基础施工所产生的悬浮物 $>10\text{mg/L}$  的包络范围为  $24.9\text{km}^2$ ，除蓝点马鲛外，不会对重要经济鱼类的三场一通造成影响。为保护工程海域周边的生物资源，应合理规划施工布局，进行海底电缆敷设和打桩施工时应尽量降低施工强度，以减小悬浮扩散对渔业资源的损失影响，并做好相关渔业资源修复补偿工作。

②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。

③在邻近保护区段的海底电缆施工应控制施工速度，以减轻悬浮物扩散的影响。

④本工程实施不可避免地对海洋生态和渔业资源造成损害，建设单位应支付给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。

## 11.3.2 运行期生态保护措施

### 11.3.2.1 增殖放流措施

为弥补工程建设所造成的生态损失，减缓对海域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，应严格用于



生态恢复，生态恢复主要采取水生生物增殖放流的方式。

建设单位对工程水域的生物资源恢复做出经济补偿，生态补偿款主要用于当地农渔业主管部门人工增殖放流、资源养护与管理以及生态环境跟踪调查及补偿方案的效果评估，由当地农渔业主管部门统一制定和实施生态恢复措施，有目的、有计划地进行修复。拟放流品种根据海洋生态及渔业现状调查结果，并结合该海域往年人工放流品种确定。同时应对增殖放流效果进行跟踪监测，根据放流效果调整放流的种类和规模。

#### 11.3.2.2 加强渔业资源和生态监测

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，另一方面树立工程建设单位的环保形象。

### 11.4 鸟类保护措施

#### 11.4.1 施工期

(1) 施工时应应对风电场施工机械及人员进行严格管理，禁止捕杀鸟类。

(2) 合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过风电场址时应适当降低施工强度，必要时停工等待；同时合理布置施工运输路线，减小工程施工对鸟类的影响。

(3) 施工过程中，严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，尤其是在有大雾或强逆风的夜晚，应该停止施工，减小施工对鸟类的影响。

#### 11.4.2 运行期

(1) 根据研究，鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为减少鸟类碰撞风机叶片的机会，根据日本等地的成功经验，风机的叶片应当用橙红与白色相

间的警示色，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避，以减少鸟类碰撞风机的几率。

(2) 风机上加设红色闪烁灯，以减少在夜间迁徙的鸟类碰撞风机的几率。由于蓝光能吸引鸟类，应避免在风机上使用蓝色灯光；避免或减少在设备设施外层使用蓝色涂装。此外，为减少反射阳光对雀鸟的影响，风力发电机的机件应使用非反光涂料。

(3) 针对风电场建设可能导致工程海域栖息地丧失，本工程通过在其他海域制定鱼类、甲壳类、贝类增殖放流计划，以增加鸟类在其他海域觅食和栖息的几率作为补偿。

(4) 加强运行期风电场对鸟类影响的观测；特别是在候鸟迁徙高峰的时候，及时观测鸟类动向。在候鸟大规模迁徙期间，如遇到大群候鸟停歇风电场内及附近，可以采取驱赶措施，必要时应当停机驱赶。如发现鸟类受伤，应及时救治。鸟类观察救助人员应当接受专业的鸟类知识培训，并将伤亡记录及时向动物保护主管部门汇报。



表 11.4-1 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	5m <sup>3</sup> /d, 设置隔油池, 预沉池各 1 座, 加药及混凝沉淀设备 1 套	施工基地生产经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)标准后回用, 多余水纳入市政污水挂网	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	移动厕所	统一收集	施工基地纳入周边市政污水管网, 海域收集后上岸处理, 由环卫部门定期清运	施工基地, 进场时同步设置	
	风机维修污水	油污水收集桶	收集桶 1 个, 集中收集统一外运	外运, 不在海区排放	开关站内	建设单位使用和管理, 可委托专业单位
固体废物处置	生活垃圾	垃圾桶	根据需要在施工基地设置生活垃圾桶	统一收集后委托环卫部门清运处理	施工场地内, 与其建设同步	施工单位、建设单位建设、使用和管理
	风机维护垃圾	垃圾桶	风机维护废弃物垃圾箱 1 个	外送具有相应资质的单位进行处理	开关站内	建设单位建设、使用和管理
海洋生态保护	渔业资源补偿	建设单位缴纳补偿金	-	按照渔业主管部门的要求, 按时缴纳补偿金, 渔业主管部门开展增殖放流	根据渔业主管部门安排统一开展增殖放流	建设单位缴纳补偿金, 渔业主管部门实施
	海洋动物保护	桩基安全范围驱赶	-	确认施工保护范围有无海洋哺乳动物活动		建设单位、施工单位
		桩基施工软启动	-	降低桩基施工突发水下噪声强度		风电场桩基础施工期间
鸟类及其生境	叶片涂装采用非反光材料	基础施工气泡帷幕保护	1 组	降低桩基础水下噪声强度		建设单位、施工单位
		叶片涂装采用非反光材料	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

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
海底线缆保护	海底线缆保护措施	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件	位于海底线缆区域的施工区	建设单位落实
	本工程海底电缆保护	加强局部冲刷观测	工程运行后 5 年内	防止海底电缆冲刷掏空	风电场区内	建设单位落实



## 12 环境保护的技术经济合理性

### 12.1 环保投资

本工程环保投资总额为 1915 万元，环保投资约占总投资的 0.018%。

表 12.1-1 环保投资总表

序号	项目	费用（万元）
—	<b>环境保护措施</b>	<b>882</b>
1	渔业生产补偿	待与有关部门协商确定
2	海洋资源修复	882
3	鸟类栖息地修复	
二	<b>环境监测措施</b>	<b>475</b>
1	施工期	205
-1	施工期噪声监测费	5
-2	施工期卫生防疫监测费	5
-3	生态渔业环境监测	75
-4	海洋水质、沉积物环境监测	45
-5	风机基础打桩水下噪声监测	25
-6	鸟情及其栖息地观测研究	50
2	运行期	270
-1	鸟情及其栖息地观测研究	150
-2	冲淤观测费	15
-3	生态渔业环境监测	50
-4	海洋水质、沉积物环境监测	30
-5	风机运行水下噪声监测	25
三	<b>环境保护设备</b>	<b>30</b>
1	运行期污废水收集和处理装置	-
2	溢油风险防范设施配备	30
四	<b>环境保护临时措施</b>	<b>89</b>
1	施工生产、生活污水收集和处理	20
2	空气影响减免措施	20
3	噪声影响减免措施	15
4	固体废弃物处理	20
5	其他临时工程	14
五	<b>独立费用</b>	<b>313</b>
1	工程环境管理费	22.5
2	工程环境监理费	22.5
3	科研勘察设计咨询费	268
-1	环境影响评价费	200

-2	环境保护勘测设计费	89
六	基本预备费	215
	合计	1915

## 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 100MW，设计年平均上网发电量约 30744.6 万 kWh。工程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：

发电收入 = 上网电量 × 上网电价

本工程全面平价上网，按照江苏省燃煤发电基准价（含税）0.391 元/kWh 计算，预计本工程生产期内产生经济效益约 266805.45 万元。

可见，本工程各项指标均能满足规范要求，国民经济评价指标可行。

## 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工程实施所具有的环境、社会效益。

#### 12.3.1.1 节能效益

本工程总装机 100MW，年上网电量约 30744.6 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，本工程运行每年可节约标准煤消耗约 9.42 万 t/a（火电煤耗按 306.4g/kWh 计），起到了节煤增电的良好经济效益。

#### 12.3.1.2 减排效益

风力发电作为一种清洁能源，与相同发电量的火力发电厂相比可减少大量的污染物排放。根据中电联发布的《中国电力行业年度发展报告 2021》，2020 年，全国单位火电发电量二氧化硫排放为 0.160g/kWh；单位火电发电量氮氧化



物排放为 0.179g/kWh；单位火电发电量烟尘排放为 0.032g/kWh；单位火电发电量二氧化碳排放约 832g/kWh。按此数据计算，本工程运行期间可相应地减少污染物排放量：二氧化硫(SO<sub>2</sub>)排放量约 49.19t，氮氧化物(以 NO<sub>2</sub> 计) 55.03t，二氧化碳(CO<sub>2</sub>) 255.79 万 t。耗水量按 1250g/kWh 计，本风电场可节约用水 38.43 万 t/a。

此外本工程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

本工程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。本工程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	海底电缆敷设破坏、砂被占压	16.48
	浮游动物、渔业资源	海底电缆沟开挖悬浮物扩散影响	864.22
小计			880.70
运行期	底栖生物	桩基压占	0.78
合计			881.48

## 12.4 环境经济损益综合分析

根据上述计算，本工程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。本工程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 工程环境可行性分析

### 13.1 政策规划相符性分析

#### 13.1.1 与国家产业政策相符性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》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。

本工程为海上风电场，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，本工程的建设符合国家产业政策的要求。

由此可见，本工程的建设符合国家产业政策的要求。

#### 13.1.2 与国家发展规划相符性分析

2021 年全国两会期间，政府工作报告首次中提到了“2030 年碳达峰”“2060 碳中和”，并将其列入到 2021 年 3 月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，进一步推动了我国可再生能源行业的发展。

截至 2020 年底，我国可再生能源发电装机达到 9.34 亿千瓦，同比增长约 17.5%；其中，水电装机 3.7 亿千瓦（其中抽水蓄能 3149 万千瓦）、风电装机 2.81 亿千瓦、光伏发电装机 2.53 亿千瓦、生物质发电装机 2952 万千瓦。2020 年，全国可再生能源发电量达 22148 亿千瓦时，同比增长约 8.4%。其中，水电 13552 亿千瓦时，同比增长 4.1%；风电 4665 亿千瓦时，同比增长约 15%；光伏发电 2605 亿千瓦时，同比增长 16.1%；生物质发电 1326 亿千瓦时，同比增长约 19.4%。随着风电、光伏发电的技术日臻成熟和成本持续下降，水电资源的逐步开发殆尽，严控煤电、限制核电的发展思路的进一步落实，未来我国可再生能源将有望替代煤电，成为主导能源。

海上风电作为近年来新兴的电源形式，和陆上风电相比具有离负荷中心近、出力稳定、不占用土地资源等优点，规模化开发海上风电将为我国落实十九大报告精神、践行生态文明思想、深入推进能源结构转型升级、促进大气污染防治注入新的强大活力。

本工程建设内容为海上风力发电场扩建工程，总装机容量为 100MW，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。因此工程建设符合我国能源发展规划的要求。

### 13.1.3 与海上风电管理法规的符合性

依据国家能源局、国家海洋局联合下发的《海上风电开发建设管理暂行办法实施细则》的管理要求：

1) 海上风电场建设原则上应在离岸距离不少于 10 千米、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。不得在海洋自然保护区、海洋特别保护区、重要渔业水域、典型海洋生态系统、河口、海湾、自然历史遗迹保护区等敏感海域布局海上风电场。本工程风电机组布置区离岸 16km，所在海域主要为养殖用海，不在“实施细则”规定的敏感海域，工程海域滩涂宽度未超过 10km，泥面高程为-15.4~-20.5m（1985 国家高程基准）。

2) 2016 年 11 月国家海洋局发布了《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），要求海上风电的规划、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。本工程装机容量为 100MW，南侧距岸线约 10km，东西向延伸 8.5km，南北向延伸 7.3km，规划面积约为 16km<sup>2</sup>，因此本工程占用的海域面积与国家要求相符合，体现集约节约的原则。

一期 48 台风机布局在规划场区后，为了集约用海，充分利用规划场区资源，提高该海域资源利用效率，本工程在先期建设的 300MW 海上风电场外围，安装 11 台单机容量 6.5MW 的风电机组和 4 台单机容量 8.5MW 的风力发电机组，总装机规模为 100MW。从风电规划平面布局来看，本工程周边为已建或规划的海上风电场或者风电兼容区，因此在该区域建设风电场既可以有效利用该海域的空间资源，又可以形成规模效应，集约节约用海，符合该海域的功能区划和实际的用海布局。

因此，本工程风电场与海上风电开发建设管理暂行办法实施细则相符，提高了风电产能，在该海域建设风电场是合理的。

### 13.1.4 与地方规划相符性分析

(1) 《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

根据《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，在“着力增强能源安全保障”方面：“协调推进能源绿色低碳发展：加快能源绿色转型，全面提高非化石能源占一次能源消费比重。有序推进海上风电集中连片、规模化开发和可持续发展，加快建设陆上风电平价项目，打造国家级海上千万千瓦级风电基地。……”。本工程为海上风电建设项目，是华能灌云海上风电场 300MW 工程扩建项目，属于江苏省十四五期间推进发展的新能源产业，符合海上风电集中连片规模化开发的发展要求，因此，本工程的建设符合《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》。

(2) 《连云港市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

根据《连云港市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，在“做大做强新能源产业”方面：“推进新能源综合利用，优化能源消费结构。坚持沿海风电规模化和内陆风电分散化并举，探索建立海上风电试验场，探索开发深远海风电，有序发展陆上风电，建设陆上风电平价示范基地。……”。本工程为海上风电建设，属于连云港“十四五”期间大力推进发展的新能源产业，符合《连云港市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》。

(3) 《江苏沿海地区发展规划（2021-2025 年）》

根据《江苏沿海地区发展规划（2021-2025 年）》，在“建设重要绿色能源基地”方面，“强化能源安全高效绿色供给。加强沿海电源点及电力、油气输送通道规划布局，统筹建设海上风电、沿海 LNG 接收、煤炭中转储运、核电基地。推进深远海风电试点示范和多种能源资源集成的海上“能源岛”建设，支持探索海上风电、光伏发电和海洋牧场融合发展。推进沿海天然气管网建设，合理规划建设沿海电网过江通道和天然气过江通道，打通长江北翼绿色能源和天然气输送通道。规划建设连云港石油储备库。依托沿海港口推进煤炭中转储



备基地建设。在确保绝对安全的前提下有序利用核能，稳妥推进核能供热。”

绿色能源基地建设重点“加快建设近海千万千瓦级海上风电基地，规划研究深远海千万千瓦级海上风电基地。实施丰海、通海 500 千伏输变电工程等重点项目，同步规划千万千瓦级海上风电基地配套调峰电源和南通—苏州过江通道工程。……”

本工程建设将大力推进风力风电产业发展，风能是一种可再生能源，也是清洁能源，因此符合该规划发展强化能源安全高效绿色供给的政策。本工程风电布置灌云燕尾港镇外侧海域，符合在推进海上风电开发的要求。本工程扩建规模 100MW，本项目的建设能够提高新能源发电装机比重，增加了清洁能源在电网中的份额，对改善电源结构有重要的意义。因此，本工程建设符合《江苏沿海地区发展规划（2021-2025）》。

### 13.1.5 与海洋功能规划相符性分析

#### (1) 《江苏省海洋主体功能区规划》

根据《江苏省海洋主体功能区规划》，江苏海洋空间划分为优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类区域。

其中，限制开发区域，（1）区域范围：限制开发区域 7 个，包括连云港灌云县和灌南县，盐城响水县、射阳县、亭湖区和东台市，南通海安县，共 9647.9 平方公里，占全省海域面积的 30.70%。（2）功能定位：重要海洋生态功能维护区、海洋水产品供给的重要保障区、生态养殖示范区、水产品加工生产基地。

（3）发展方向与开发原则：实施分类管理，在海洋水产品保障区，实施禁渔区、禁渔期管制，加强水产种质资源保护，禁止开展对海洋生物繁殖生长有较大影响的开发活动；在重点海洋生态功能区，严格限制不符合保护目标的开发活动，不得擅自改变海岸、海底地形地貌及其他自然生态环境状况；在海岛及其周边海域，禁止以建设实体坝方式连接岛礁，严格限制无居民海岛开发和改变海岛自然岸线的行为，禁止在无居民海岛弃置或者向其周边海域倾倒废水和固体废物。

本工程位于限制开发区的连云港灌云县海域，本工程为海上风电项目，风电场位于风电兼容区内，所发电能通过 220kV 海底电缆方式输出，项目离周边海洋生态功能区、生态养殖示范区等均较远，工程建设不改变改岸、海底地

形地貌及其他自然生态环境状况等，故工程建设符合《江苏省海洋主体功能区规划》。

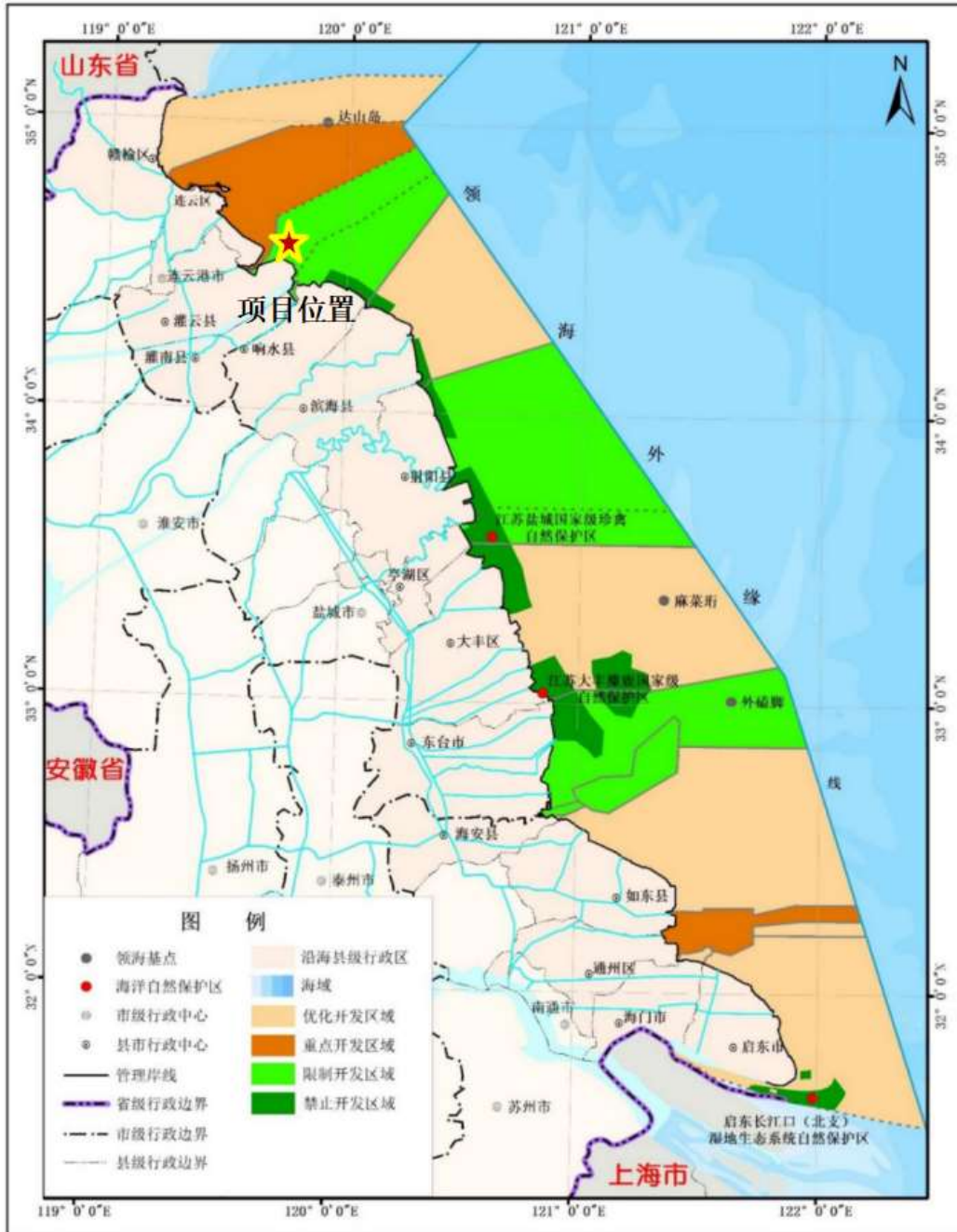


图 13.1-1 工程区及周边海域海洋主体功能区划图



(2) 《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，扩建 15 台风电机组及场内 35kV 海底输电电缆均位于“连云港海域农渔业区”，工程附近海域的海洋功能有埭子口农渔业区、东龙港工业与城镇用海区、徐圩港口航运区、连云港港特殊利用区、灌河口港口航运区、天生港工业与城镇用海区等海洋基本功能区。

本功能区的海域使用管制中明确灌云县外侧海域兼容海上风能，本工程为海上风电，且在兼容海上风能的海域范围之内，符合该功能区的“兼容海上风电”的功能区要求，因此项目用海符合该功能区的用途管制要求。

本工程为风电发电设施建设，鉴于项目特点，对该功能区的环境影响主要为施工期产生的悬浮泥沙对海水水质的影响、桩基基础局部冲刷等，工程施工期悬浮泥沙为短期临时性影响，仅施工点局部海水水质超过第二类水质标准，且在施工结束后较快恢复到海水本底水质环境，不属于海水水质的长期污染。项目运行期不会海域排放废水等污染物，不会造成海水水质、海底沉积物、海洋生态环境质量的降低。因此工程建设符合该功能区的环境保护要求。

因此，本风电场建设符合江苏省海洋功能区划要求。



图 13.1-2 工程区及周边海域海洋功能区划图



表 13.1-1 工程用海周围海洋功能区分区

代码/功能区名称	地理范围	面积 (公顷)	海域使用管理	管理要求	海洋环境保护	符合性分析	
B1-01 连云港海域农渔业区	灌河口以北连云港市外侧海域。	408150	1. 按照海域使用权证批准的范围, 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, 实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、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、下列海域兼容海上风能: (1) 34°38'44"N 119°46'22"E(2)34°37'26"N 119°52'18"E(3) 34°44'00"N 119°49'38"E(4)34°53'28"N 119°44'23"E(灌云县外侧海域) 6、兼容连云港—达山岛海底管线区, 长56km, 宽40m。	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; 海洋环境不达标的海域, 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, 除风由兼容区和其他用海, 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。	1. 港口航运区建设要严格按照环境影响评价, 进行海域使用论证; 要定期加强环境监测, 发现问题及时处理; 港口施工建设要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. 航道的施工运营和抛泥区的选址应经过充分科学论证, 加强对海域使用, 避免对海域生态环境产生不利影响。3. 航道的施工运营和抛泥区的选址应经过充分科学论证, 加强对海域使用, 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。	本工程为海上风电, 且在兼容海上风能的海域范围之内, 符合该功能区的用途管制要求。	本工程对周边港区和航道的动力环境和水深地形影响较小, 基本不会影响本区港口航运主体功能的发挥。根据本工程通航安全影响论证报告的有关结论, “拟建风电场工程东北侧有连云港—射阳习惯航线, 东侧有灌河口航道, 且距灌河口航道较近(1.46 海里), 因此, 本工程的建设及运行期间, 工程将对附近航线航行船舶造成影响”, 因此, 建议建设单位在施工船舶需选择合理的避让锚地进行锚泊, 确保人员、施工船舶安全; 在施工期间应注意施工船舶间应设置响应的警示标志, 施工船舶要正确显示号灯型号, 加强与周围船舶的联系与沟通, 避免周围船舶靠近施工区域。本工程建设符合该区域海洋环境保护要求。
A2-04 徐圩港口航运区	1、119°34'56"E, 34°40'03"N; 2、119°39'02"E, 34°38'33"N; 3、119°38'40"E, 34°34'04"N; 4、119°38'36"E, 34°33'33"N; 5、119°31'18"E, 34°37'19"N;	8326/13400	1 在不影响港区建设的情况下可以适度安排养殖活动。新建或扩建港口工程, 要严格按照科学论证, 做到选址合理, 规模适中; 在港口区可根据港口需要, 适当进行围填海。按照相关法律法规, 加强对海域使用的统一管理, 禁止乱占滥用和违规占用。2. 清除非法占用航道和锚地的设施, 不能设置网箱养殖和拖网作业, 保证航道和锚地的畅通。协调与周围功能区的关系, 在航道两侧和锚地周围安全范围之外可以适当安排其它不改变海洋属性的用海活动。	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; 海洋环境不达标的海域, 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, 除风由兼容区和其他用海, 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。	本工程位于本工程场区西侧约 13.6km, 不占用该海域。	“圩子口农渔业区”位于本工程西南侧约 11.3km, 不占用该海域。	
A1-02 圩子口农渔业区	1、119°32'19"E, 34°29'49"N; 2、119°35'18"E, 34°29'26"N; 3、119°36'00"E, 34°29'53"N; 4、119°36'09"E, 34°29'50"N; 5、119°36'31"E, 34°29'53"N; 6、119°38'43"E, 34°31'47"N; 7、119°38'39"E, 34°32'31"N; 8、119°38'31"E, 34°32'37"N; 9、119°38'40"E, 34°32'48"N; 10、119°38'36"E, 34°33'32"N; 11、119°38'39"E, 34°34'05"N; 12、119°40'58"E, 34°33'35"N; 13、119°39'38"E, 34°31'35"N; 14、119°38'29"E, 34°30'50"N; 15、119°38'41"E, 34°30'43"N; 16、119°43'08"E, 34°31'32"N; 17、119°43'06"E, 34°31'20"N; 18、119°37'21"E, 34°29'29"N; 19、119°36'47"E, 34°27'46"N; 20、119°32'24"E, 34°29'23"N; 21、119°32'11"E, 34°29'44"N。	3642/30000	1 按照海域使用权证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, 实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 以下海域兼容海上风能区, 六圩间至二套岛间海堤外向海一侧至潮间带。	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; 海洋环境不达标的海域, 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, 除风由兼容区和其他用海, 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。	工程区距离该农渔业区较远, 工程施工及运行期间基本不会改变该功能区的水质及水动力环境, 基本不影响该功能区主导功能发挥。此外, 本工程事故溢油发生时, 会影响本区的水质环境, 施工过程中, 会对本区的水质环境产生一定影响, 建设单位要做好船舶安全生产工作, 注意船舶之间的避让, 杜绝安全事故事件发生。本工程建设符合该区域海洋环境保护要求。		

代码/功能区名称	地理范围	面积 (公顷)	管理要求		海洋环境保护	符合性分析	
			海域使用管理	管理要求		海域使用管理	海洋环境保护
A3-06 天生港工业与城镇 用海区	1、119°47'03"E, 34°31'43"N; 2、119°48'09"E, 34°31'11"N; 3、119°47'08"E, 34°28'52"N; 4、 119°46'13"E, 34°30'03"N;	983.2800	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。	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生态环境; 落实保护措施, 保护海域环境和资源, 减少污染破坏事故。要严格环境影响评价, 要定期加强环境监测, 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生不利影响	本工程施工范围未影响到该功能区, 对沉积物环境的影响范围也较小; 电缆埋设于海底之下, 不影响工程建设前的生态旅游, 工程建设对该功能区海域生态环境基本无影响, 符合该功能区海洋环境保护要求。	“天生港工业与城镇用海区”位于本工程南侧约 6.8km, 不占用该海域。	
A2-05 灌河口港口航运区	1、119°46'57"E, 34°23'52"N; 2、119°47'15"E, 34°25'51"N; 3、119°47'33"E, 34°25'52"N; 4、119°47'22"E, 34°27'05"N; 5、119°47'11"E, 34°27'03"N; 6、119°46'51"E, 34°27'58"N; 7、119°46'34"E, 34°27'51"N; 8、119°46'29"E, 34°27'59"N; 9、119°47'40"E, 34°29'40"N; 10、119°47'59"E, 34°29'31"N; 11、119°52'01"E, 34°35'05"N; 12、120°02'42"E, 34°39'51"N; 13、120°03'17"E, 34°38'36"N; 14、119°57'51"E, 34°36'15"N; 15、119°57'21"E, 34°37'07"N; 16、119°52'34"E, 34°34'55"N; 17、119°48'01"E, 34°27'52"N; 18、119°47'40"E, 34°27'55"N; 19、119°47'17"E, 34°24'02"N。	5174.6500	1 在不影响港区建设的情况下可以适度安排养殖活动。新建或扩建港口工程, 要严格按照科学论证, 做到选址合理, 船舶适中, 在港口区根据港口需要, 适当进行围填海, 按照相关法律法规, 加强对海域使用的统一管理, 禁止乱占滥用和违规占用。 2 清除非法占用航道和锚地的设施, 不能设置网箱养殖和拖网作业, 保证航道和锚地畅通, 协调与周围功能区的关系, 在航道两侧和锚地周围安全范围之外可适当地排其它不改变海洋属性的用海活动。	1 港口航运区建设要严格按照环境影响评价, 进行海域使用论证; 要定期加强环境监测, 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 航运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。	“灌河口港口航运区”位于本工程东侧约 2.1km, 不占用该海域。本工程建设后, 对该港区和航道的水动力环境和水深地形影响较小, 基本不会影响本区港口航运主体功能的发挥, 符合要求。		
B3-02 东龙港工业与城镇用海区	1.119°38'28"E, 34°30'49"N; 2.119°39'39"E, 34°31'35"N; 3.119°40'37"E, 34°33'36"N; 4.119°43'34"E, 34°32'42"N; 5.119°43'08"E, 34°31'32"N; 6.119°39'24"E, 34°31'11"N; 7.119°38'39"E, 34°30'44"N。	1763	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; 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。在实施建设性用海前, 可开发利用海水养殖生产。	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, 减少污染破坏事故。要严格环境影响评价, 要定期加强环境监测, 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生不利影响。	工程施工期悬浮泥沙扩散范围未影响到该功能区, 故不会对海域生态环境产生不利影响, 符合要求。	“东龙港工业与城镇用海区”距本工程场区南侧约 10.5km, 不占用该海域。	
B7-04 连云港特殊利用区 (2)	1.119°41'41"E, 36°46'26"N; 2.119°43'43"E, 34°47'17"N; 3.119°44'01"E, 34°46'50"N; 4.119°42'14"E, 34°46'03"N; 5.119°41'25"E, 34°43'42"N; 6.119°40'47"E, 34°43'50"N。	805	1、按照海域管理使用法的要求, 严格进行海洋环境影响评价和海域使用论证; 按照海洋功能区划设定和建设, 不得擅自扩大和改动。2、通过加强管理, 处理好与邻近其它海洋功能区的关系。	采取有效措施保护海洋生态环境。	工程施工期悬浮泥沙扩散范围未影响到该功能区, 故不会对海域生态环境产生不利影响, 符合要求。	“连云港特殊利用区 (2)”位于本工程西北侧约 13.9km, 本工程建设不改变特殊利用区的水文环境及冲淤环境, 不影响特殊利用区的基本功能。	



### (3) 《连云港市海洋功能区划（2013-2020）》

根据《连云港市海洋功能区划（2013-2020）》（图 13.1-3），本工程风电场区和 35kv 电缆均位于“连云港海域养殖区”。该功能区的用途管制要求为“兼容连云港-达山岛海底管线区，长 56km，宽 40m。按照海域使用权证书批准的范围及方式从事养殖生产，在确权时处理好养捕矛盾；合理确定养殖品种和养殖方式，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。确保传统养殖用海稳定，支持集约化海水养殖”，用海方式管理要求为“严格限制改变海洋自然属性。功能区内限制填海造地、非透水构筑物、港池、蓄水、盐田等完全或显著改变海域自然属性的用海方式；限制大规模的透水构筑物、倾倒等部分改变海域自然属性的用海方式”，海洋环境保护要求为“加强海上船舶的排污监督，定期开展海洋环境监测；执行不劣于二类海水水质标准、一类海洋沉积物质量标准和海洋生物质量标准；海洋环境不达标的水域，要采取有效治理措施以逐步解决”。

本工程场区不占用养殖区，但施工期间悬沙扩散影响灌云县云丰渔业开发有限公司部分养殖区，本工程建设单位已经与当地海洋与渔业局达成了框架性赔偿协议。本工程风机用海为透水构筑物，电缆深埋于海底，没有改变用海区的海域自然属性，故符合本区的用海方式管理要求。根据本工程海洋环境影响报告书中相关预测结果，施工期会造成暂时水质环境下降，在正常运行期对区域水质环境的影响较为有限，因此，符合本区的海洋环境管理要求。

因此，本工程用海符合《连云港市海洋功能区划（2013-2020）》相关功能区的管理要求。



图 13.1-3 工程所在海域及连云港市海洋功能区划分布图

### 13.1.6 与生态保护红线相符性分析

(1) 《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》

2017 年 3 月 16 日，江苏省人民政府发布《省政府关于江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）的批复》（苏正发[2017]18 号）。

本工程周边海域海洋生态红线区主要包括开山岛海蚀地貌保护区、开山岛旅游休闲娱乐区、江苏省海州湾海洋牧场、响水四腮鲈鱼种质资源保护区、海州湾国家级海洋公园、江苏省海州湾海洋牧场等。这些海洋生态红线区均为限制类红线区。限制类红线区施工区域限批制度，严格控制开发强度，禁止围填海，禁止采挖海砂，不得新增入海陆源工业直排口，严格控制开发强度，禁止围填海，禁止采挖海砂，不得新增入海陆源工业直排口，严格控制河流入海污染物排放，海洋生态红线区陆源入海直排口污染排放达标率达 100%，控制养殖规模，鼓励生态化养殖，对已遭受破坏的海洋生态红线区，实施可行的整治修复措施，恢复原有生态功能，实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。根据江苏大陆自然岸线和海岛岸线的类型与自然特征，制定不同类型岸线的分类差别化管控措施。本工程位于灌河口海域，不在划定的海洋生态红线区范围内，且工程施工悬浮物仅对风机附近海域产生影响，对上述红线区不会产生明显不利影响。因此，本工



程符合江苏省海洋生态红线保护规划。



图 13.1-4 本工程与江苏省海域海洋生态红线控制图（连云港市）位置关系

(2) 《江苏省国家级生态保护红线规划》

根据《江苏省国家级生态保护红线规划》，其划定的本工程周边区域的生态保护红线与《江苏省海洋生态红线保护规划（2016—2020年）》一致，即本工程涉及国家级生态保护红线主要包括开山岛海蚀地貌保护区、开山岛旅游休闲娱乐区、江苏省海州湾海洋牧场、响水四腮鲈鱼种质资源保护区、海州湾国家级海洋公园、江苏省海州湾海洋牧场。根据 13.1.8 节分析，本工程建设符合《江苏省国家级生态保护红线规划》。

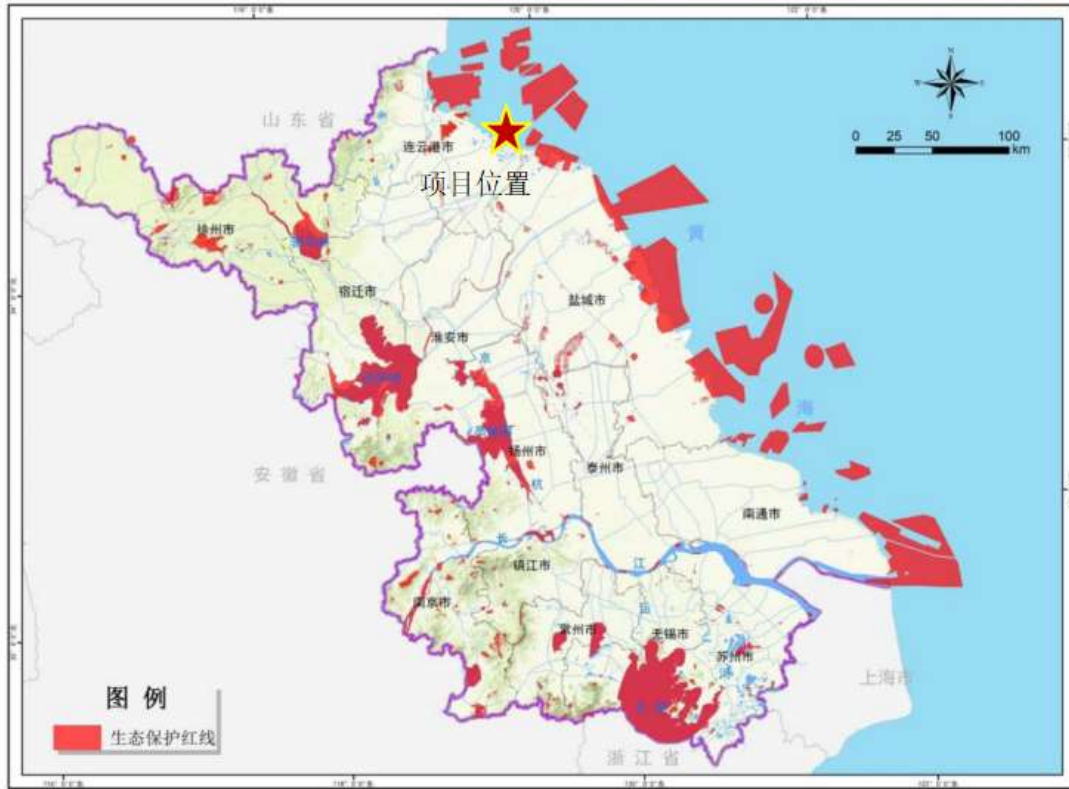


图 13.1-5 本工程与《江苏省国家级生态红线规划》位置关系

### 13.1.7 与“三线一单”相符性分析

#### (1) 与生态保护红线及管控区域规划的符合性

根据《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），工程附近海域生态空间管控区域主要有江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区，项目不占用该生态空间管控区域，风电场场区位于该管控区域西北侧，与其最近距离约 16km。本工程与江苏省生态空间管控区域规划位置关系见下图。

对照《江苏省海洋生态红线保护规划（2016-2020 年）》和《江苏省国家级生态保护红线规划》，本工程附近的生态红线区有开山岛海蚀地貌保护区、开山岛旅游休闲娱乐区、江苏省海州湾海洋牧场、响水四腮鲈鱼种质资源保护区、海州湾国家级海洋公园、江苏省海州湾海洋牧场，本工程不占用上述生态红线区。本工程位于灌口河海域，不在划定的海洋生态红线区范围内，且工程施工悬浮物仅对风机附近海域产生影响，对上述红线区不会产生明显不利影响。

因此，本工程建设符合《江苏省生态空间管控区域规划》。



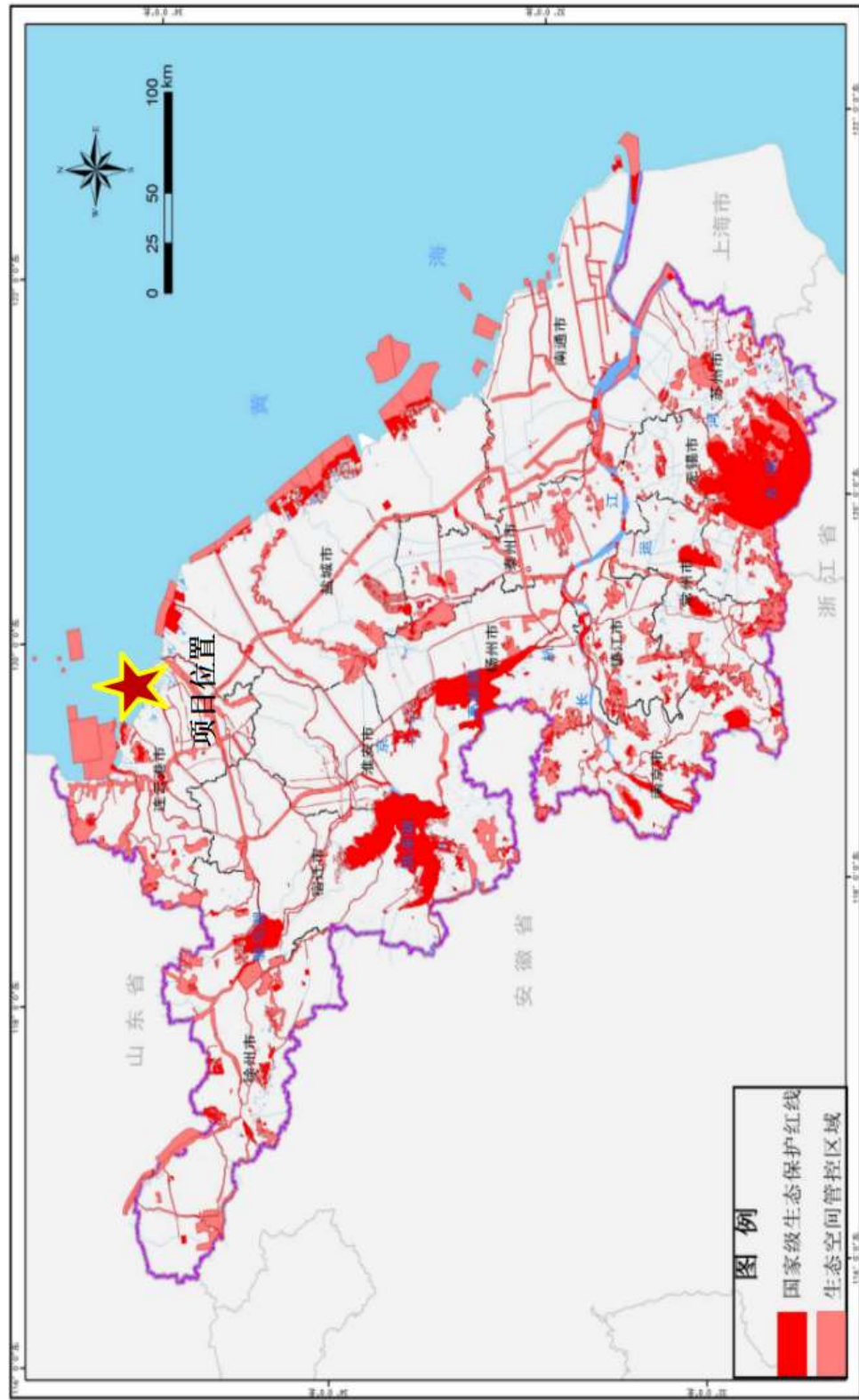


图 13.1-6 本工程与江苏省生态空间管控区域规划位置关系图

## (2) 与环境质量底线的符合性

海上升压站柴油发电机仅在供电中断时启动，产生废气量很少，且采用轻柴油作燃料，严禁使用重油、渣油为燃料，不会对周围环境空气质量产生明显影响。

本工程不涉及饮用水水源保护区，施工期设置2个施工基地，施工期生产废水经隔油沉淀后回用于施工机械、车辆冲洗以及绿地浇灌等，不外排，对周围水环境无影响。运行期集控中心管理人员生活污水经化粪池处理后处达标回用，不外排，对周边水环境无影响，不会导致周边水环境质量下降。

由于海上风电机组离岸较远，海上风声和海浪声较大，运行噪声对海上声环境影响仅限于风机附近，对周围声环境影响较小。

综上所述，本工程排放的各污染物在采取相应的污染防治措施后，能够保证周边环境不因本工程污染物排放而超出相应的环境功能区规定的环境质量要求。因此，本工程污染物的排放在区域环境容量范围内，工程建设符合环境质量底线要求。

## (3) 与资源利用上线的符合性

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。项目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，不会达到土地资源利用上线。本工程用水取自当地自来水，且用水量较小，不会达到资源利用上线。

## (4) 与环境准入负面清单的符合性

对照国家、地方产业政策和《市场准入负面清单草案》、《长江经济带发展负面清单指南》江苏省实施细则（试行）进行说明。

### 1) 与《产业结构调整指导目录（2019年本）》符合性分析

本工程属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中鼓励类新能源行业中的第12条“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”。因此本工程的建设符合国家产业政策的要求。

### 2) 与《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录》符合性分析

本工程属于《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录》（2012年本）（修



订) 中鼓励类“二电力”中第12项“光伏、风力发电安全并网接入及智能化控制系统及装备”，不属于禁止和限制类项目。因此本工程符合《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录》(2012年本)(修订)的要求。

3) 与《限制用地项目目录(2012年本)》和《江苏省限制用地项目目录(2013年本)》等符合性分析

本工程不在国家《限制用地项目目录(2012年本)》、《禁止用地项目目录(2012年本)》和《江苏省限制用地项目目录(2013年本)》、《江苏省禁止用地项目目录(2013年本)》中。

4) 与《长江经济带发展负面清单指南》江苏省实施细则(试行)符合性分析

对照《长江经济带发展负面清单指南》江苏省实施细则(试行)，本工程不在实施细则所禁止的项目中。

5) 与《市场准入负面清单草案》相符性分析

经查《市场准入负面清单草案》(试点版)，本工程不在其禁止准入类和限制准入类中。

因此，本工程不在环境准入负面清单内。

综上所述，本工程建设符合“三线一单”要求。

### 13.1.8 与连云港港总体规划相符性分析

连云港港是由连云港区、北翼的赣榆、前三岛港区和南翼的徐圩、灌河港区组成。工程附近港区主要为徐圩港区和灌河港区。

#### (1) 徐圩港区

徐圩港区位于连云港市南部小丁港至灌河口之间。规划徐圩港区定位于为腹地经济发展和后方临港工业服务的综合性港区，近期以服务于后方临港工业园区为主，远期兼顾为腹地物资中转运输服务。港区划分为液体散货作业区、干散货作业区、通用作业区、集装箱作业区和预留内河转运区五个作业区，其中：液体散货作业区包括口门东侧六港池、四港池北侧及东侧岸线，可建设4个大型原油泊位及约25个各类液体散货泊位；干散货作业区包括口门西侧五港池和三港池北侧、西侧岸线，可建设约24个大中型干散货泊位；通用码头

作业区为三港池南侧、一港池，二港池东侧、北侧及四港池南侧岸线，可建设约 50 个大中型通用泊位。目前埭子口南复堆河口建设内河港池条件尚不成熟，拟将埭子口内河转运区做为预留内河转运区。

### (2) 灌河港区

灌河港区主要位于连云港市南部灌河的北岸，包括燕尾港、堆沟、九队、五队、田楼和长茂等作业区，规划灌河港区近期以发展中小型的散杂货泊位、小规模化工品运输及修造船为主，为地方经济和临港产业发展服务。其中：燕尾港作业区规划布置码头泊位 30 个，其中五灌河河口布置千吨级及以下泊位 12 个，灌河口规划布置 3~5 万吨级码头泊位 18 个；堆沟作业区规划港口岸线 9.9km，建设 5 千~2 万吨级泊位；九队作业区规划港口岸线 6.8km，规划 5 千吨级通用码头泊位 6 个，2 万吨级通用型码头泊位 6 个；五队作业区规划港口岸线 2.5km，规划布置 5000 吨级通用码头泊位 5 个、3000 吨级通用泊位 4 个；田楼作业区位于田楼闸上下游两侧，规划港口岸线 1500m，规划布置 5000 吨级通用码头泊位 10 个；长茂作业区位于老长茂码头下游，规划港口岸线 1500m，规划布置 3000 吨级通用泊位 11 个。

### (3) 航道

徐圩港区航道现状全长 24.9km，设计通航水深-13.3m，通航宽度 210~240m。目前正按 30 万吨级标准扩建主航道，设计通航水深-22.5m，通航宽度 350m。

灌河进港航道：灌河港区燕尾港至灌河大桥，河道全长 44.5km，深水岸线众多，深槽稳定，一般水深 6~8m，最深达 11m 以上，一般河宽 300~600m（85 高程 0m 线），最宽 770m。灌河口东西导堤建设已完成，工程实施后大大改善灌河通航条件，进港航道一期整治工程建设标准为乘潮通航 2 万吨级散货船和 3.5 万吨级肥大型浅吃水散货船。



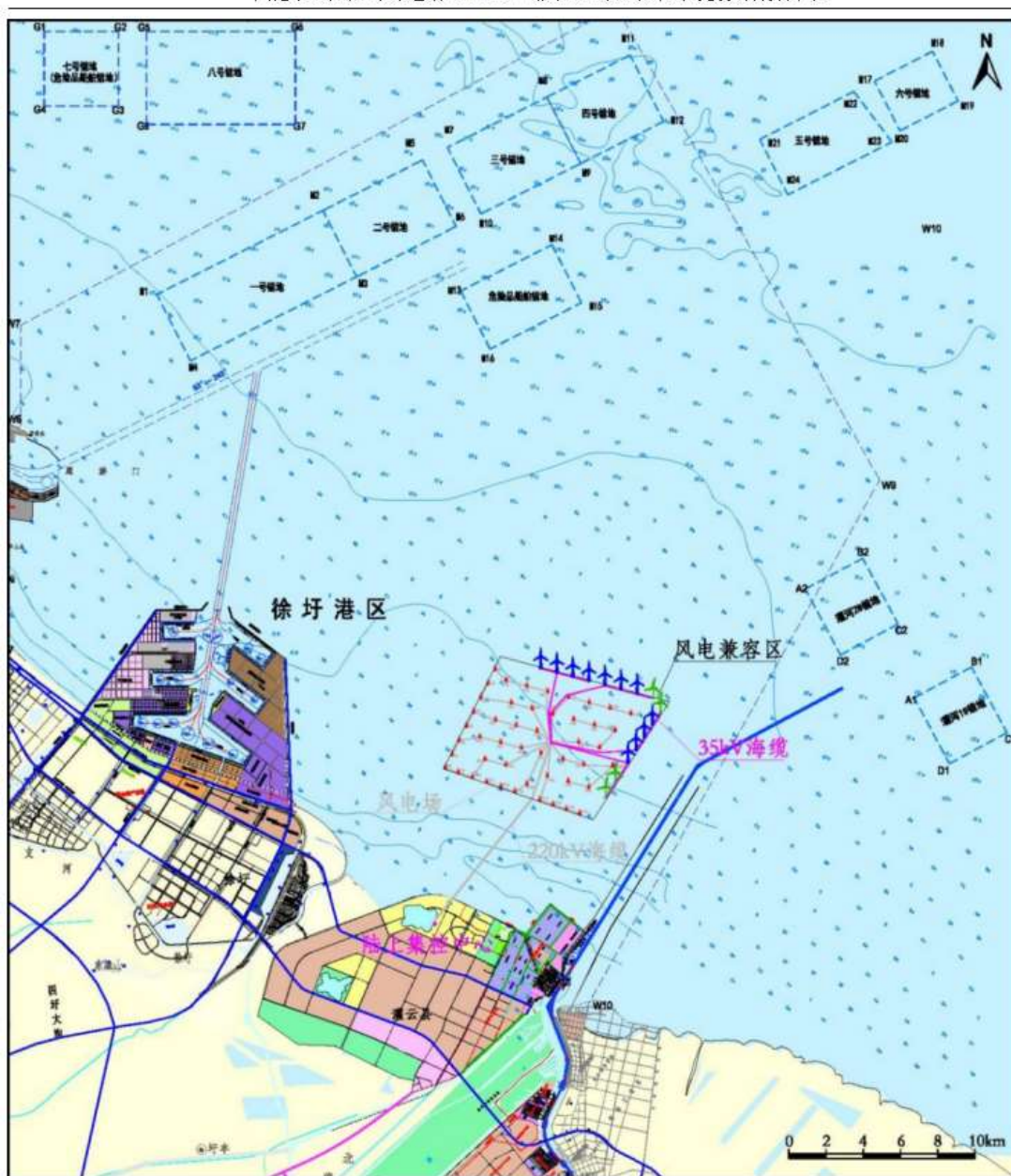


图 13.1-7 本工程与连云港港规划水域位置关系示意图

从图中可以看出，本工程位于连云港港的规划水域范围内，根据《连云港港总体规划》（修订稿），在规划年限 2030 年以内，本风电场用海范围内未见具体规划内容，故本工程建设在港区规划年限内对港口建设没有影响，但由于未来港区发展的不确定性，建议建设单位仍应征求港口规划部门的意见后方可施工建设。

### 13.1.9 与江苏省海上风电场工程规划相符性分析

《江苏省海上风电场工程规划报告》于 2012 年 12 月获得国家能源局的批复。根据《江苏省海上风电场工程规划报告》，江苏省海上风电场规划海域

总面积为 3681km<sup>2</sup>，规划装机容量为 12550MW。江苏省风电场分为 3 个风电基地，自北向南分别为连云港及盐城北部基地、盐城南部基地和南通基地。其中，连云港及盐城北部百万基地总容量 257 万 kW，规划确定的江苏省的风电发展目标为：2020 年建成 1000 万 kW，其中陆上 300 万 kW，海上 700 万 kW。根据该报告中的江苏省海上风电现状及近远期规划，开展前期工作的项目中，连云港市规划装机容量 30 万 kW。

本工程位于江苏省北部的连云港风电基地，符合江苏省海上风电场工程规划的要求。

### 13.1.10 与江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区总体规划相符性分析

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 2841.79km<sup>2</sup>。其中核心区 218.89km<sup>2</sup>，缓冲区 556.82km<sup>2</sup>，实验区 2066.08km<sup>2</sup>。

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堤脚外 100m，东至海水-3m，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 218.89km<sup>2</sup>。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。

实验区位于缓冲区外围地带，实验区共有 5 块，面积共为 2066.08km<sup>2</sup>，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 500m 处，跨中山河向东南延伸 2.2km，折向南至劳改河，沿河向东 2.5km，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 2km 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 2km 处跨河，沿南侧河堤向东 3.5km，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西河，北起沿西南方向的海丰农场场部东侧海堤复河，西沿三卯西向东至新海堤公路，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。

《江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区总体规划》（2008-2020 年）中划分实验区的目的是进行科学研究、教学实习、参观考察、旅游或驯化、繁育珍稀、濒危野生动植物；保护区的建设与社区居民的生存和发展紧密相关，具体体现在对实验区的保护和管理中；经管理机构批准后，可以在实验区内进行科学研究、教学实习、参观考察、生态旅游；不得建设污染环境、破坏资源或者景观的企业或生产设施，禁止捕猎野生动物；加强保护区与当地政府、水利、农业等部门的协调，协助做好社会经济和土地利用规划；倡导发展生态农业，生产高效益的绿色和有机产品；在不影响保护效果的前提下，大力发展地方经

济，增加社区群众收入；着力开展资源的适度开发、合理利用的研究、技术开发和生产试验。

本风电场主体工程 and 海底电缆均不在该保护区核心区、缓冲区和实验区内，与本工程距离较近的实验区为 5 块实验区中最北侧的响水县省灌东盐场区块。保护区位于风现场东南侧 16km。工程施工阶段产生的环境影响主要集中在海上，运行期基本不排放污染物，因此本工程不会对保护区生境条件造成破坏，工程建设符合《江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区总体规划》（2008-2020 年）中对实验区的保护和管理要求，与江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区总体规划相符。



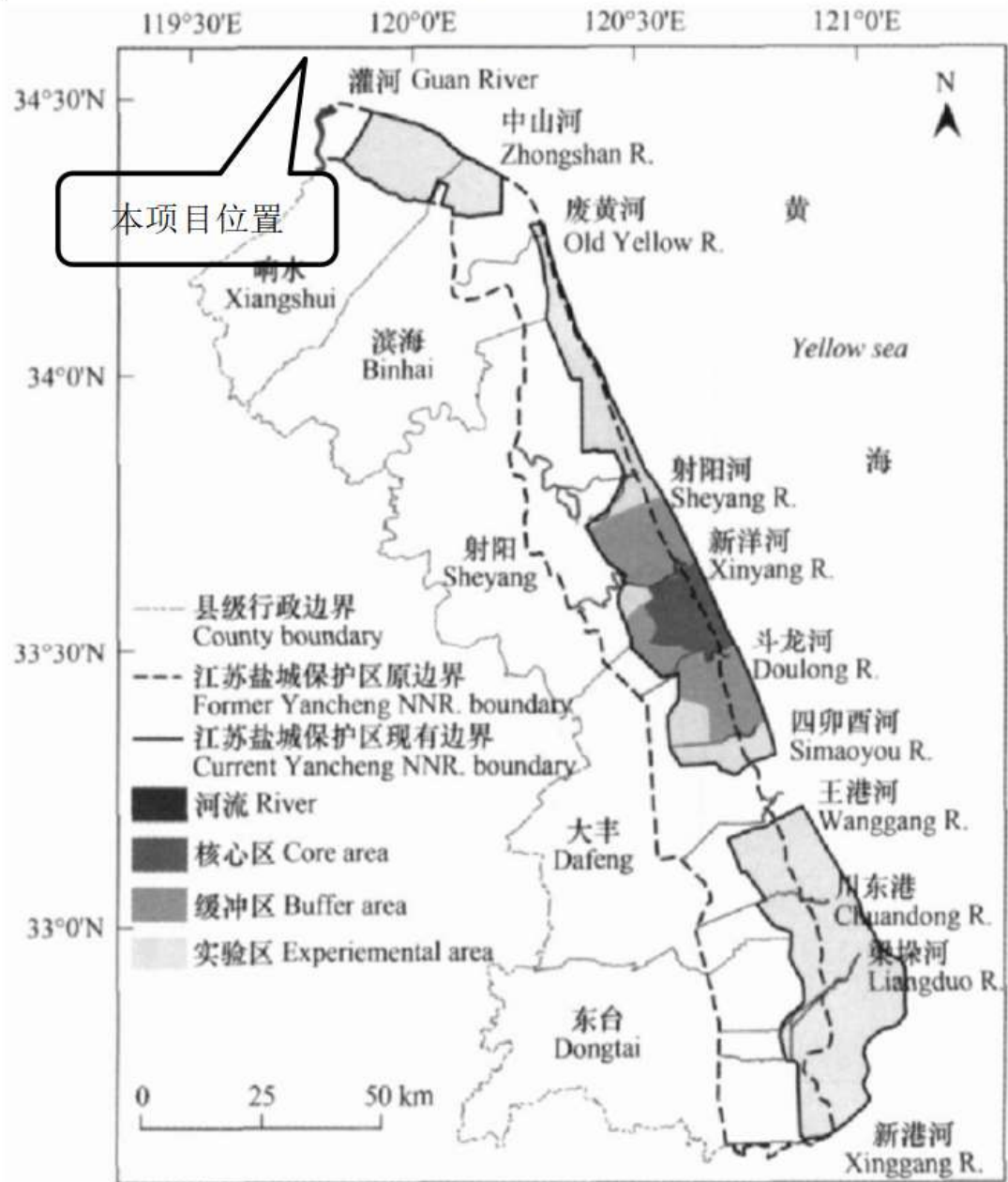


图 13.1-8 盐城国家级珍禽自然保护区范围示意图

## 13.2 环境合理性分析

### 13.2.1 选址环境合理性分析

### 13.2.2 平面布置环境合理性分析

#### 13.2.2.1 风电场选址合理性分析

随着我国海上风电场的建设发展，海上风电项目用海管理日臻规范化和成熟化。2016年11月2日，国家海洋局下发《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)文件，要求海上风电的规划、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10MW控制在16km<sup>2</sup>左右，除因避让航道等情形以外，应当集中布置，不得随意分块。

根据《江苏省海上风电场工程规划报告》，灌云县规划海上风电场工程为连云港市唯一一个规划的海上风电场，海上规划风电兼容区总面积为62km<sup>2</sup>。为充分利用连云港市仅有的62km<sup>2</sup>海上风电兼容区，优化海上风能区的集约利用，提高海域资源利用效率，建设单位将灌云县海上风电场的终期规模提高至400MW，分为一期300MW风电场和扩容100MW风电场（本工程）。

根据国家能源局、国家海洋局印发的《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。本工程本工程风电机组布置区离岸16km，所在海域主要为养殖用海，不在规定的敏感海域，工程海域滩涂宽度未超过10km。因此本工程选址符合《海上风电开发建设管理办法》相关要求。

华能灌云海上风电场100MW扩建工程依托先期建设的300MW工程，与300MW工程共用220kV海底电缆、海上升压站及陆上集控中心。本工程是在在原场址范围内扩建项目，即在先期建设的300MW海上风电场外围，安装总装机规模为100MW的风机。本工程选址具有唯一性。



本工程风电机组布置区位于“连云港海域农渔业区”中兼容风电区，项目中心距离陆域海岸约 16km，总用海面积 66 万 m<sup>2</sup>，风电场选址避开了海洋保护区等敏感区域，因此工程建设符合相关法律、法规及管理规定，工程选址是合理的。

### 13.2.2.2 风机选型合理性分析

场址区域比选的机型单机容量为 6MW、7MW、8MW、8.5MW，各机型风轮直径在 191~230m，主要从以下方面进行考虑：

#### ——项目用海比较

由于海上风电机组机型单机容量相差较大，安装台数及占用海域的区域相差较大。本工程场址范围主要考虑的因素有航道、环境保护区、军事、工程施工要求等，因此在满足风电场容量的要求下，尽量减少风电场的工程用海范围。

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 10 万 kW，若采用 6MW 风机布置方案，共布置 17 台风机；若采用 7MW 风机布置方案，共布置 15 台风机；若采用 8MW 风机布置方案，共布置 13 台风机；若采用 8.5MW 风机布置方案，共布置 12 台风机。从海域使用范围来看，采用大容量风机布置方案，海域占用范围最小。

#### ——风力发电机组的运行经验

考虑到海上风电场风力发电机组建成后的运行维护费用较高，应该考虑其运行的可靠性，包括其电能质量、对电网的要求、对运行环境适应及可用率保证等方面。目前国内厂家海上风力发电机组大多数处于样机阶段或投运时间较短，国外厂家风力发电机组具有一定的装机规模。

#### ——施工条件比较

从风电场施工条件考虑，国内已开发出一些海上施工设备并积累了海上施工的丰富经验。目前国内可满足单机容量 8MW 及以下风电机组安装的风电自升式平台船数量较多。

#### ——供货能力

本工程比选的几种机型中，在专业技术、设备设施、人员组织、业绩经验等方面均具有设计、制造、质量控制、经营管理的相应资格和能力，能够提供先进的机组制造、维护方案等服务方面具有全球市场竞争能力。参与比选的海上风电整机厂商，均属我国较为成熟的风机制造企业，在国内占有一定的市场份额，具有一定的供货能力。

#### ——可靠性

对海上风电项目来说，风机成本一般占 40%左右，如果要降低总投资，更



好的选择就是提高风机的可靠性。高可靠性在投资建设和运行维护中可降低成本,提升发电量,可以获得海上风电更好的收益。

同时结合 2022 年 1~2 月主机调研的情况及与各主机供应商沟通交互的结果,在满足工程海域占用范围尽可能小的要求下,采用一定容量的 6MW 风力发电机组与 8.5MW 风电机组混合排布是合理的。

### 13.2.2.3 风力发电机组布置方案优化推荐

在电价补贴退坡加速的背景下,选用单一主机的方案很难满足风电场建设的时间要求。为保障项目 2022 年 4 月开工建设进度,尽早实现风电场并网发电,推荐选用混排方案。通过机型比选分析可知,WTG1 和 WTG4 对本工程而言经济性相对较优,并且两款机型同属于同一家海上风电主机供应商,有利于风电场建设管理和运维。在与建设单位和主机供应商充分沟通的基础上,推荐采用 11 台单机容量 6MW 风力发电机组与 4 台 8.5MW 风电机组混合排布。

因此,本风电场风力发电机组布置按照选定的机型和台数,结合场址风能资源分布情况和场址建设条件,进行优化布置。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、油气管道、养殖区、生态保护区、鸟类栖息地及迁徙路线、海底光缆等,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) 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。

根据以上风力发电机组布置原则,受本工程场址形状限制,充分考虑场址走向,主风向(N 和 E 方向),工程施工船舶进场、抛锚、掉头等对场地的要求,仅可在场址北侧和东侧各布置一排风电机组。其中北侧一排风电机组间距约为 900m,东侧一排风电机组间距约在 810m~1200m。

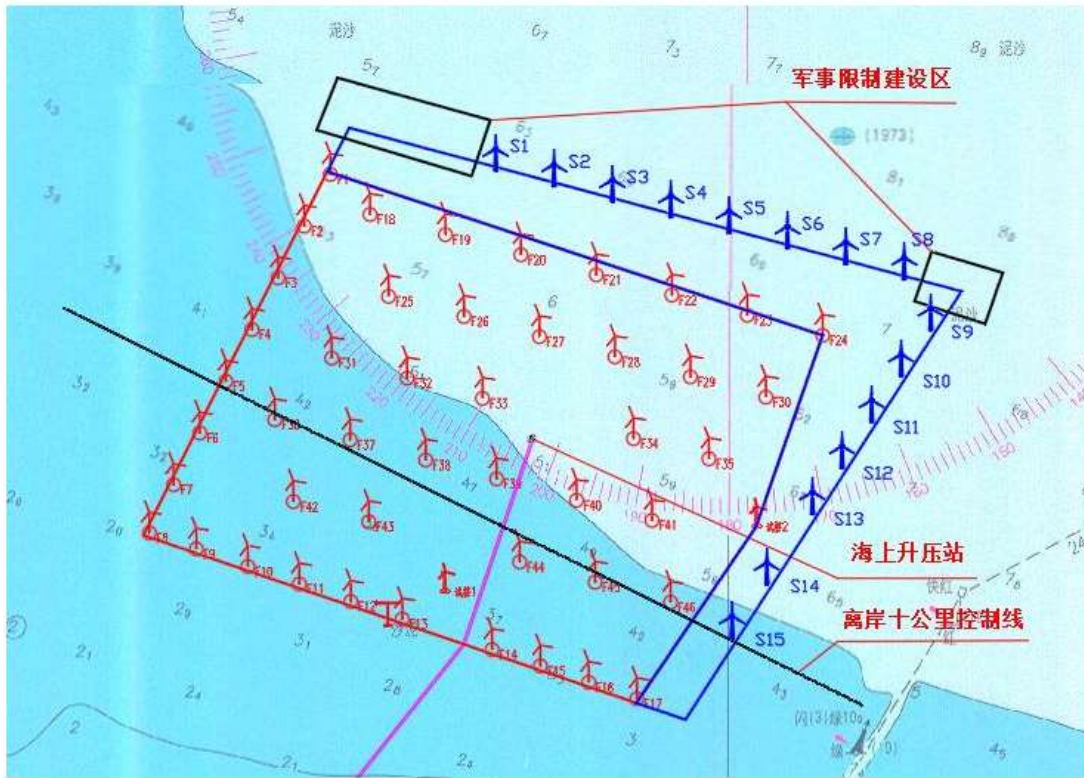


图 13.2-1 15 台风电机组布置方案

采用 WAsP 软件计算各机位点处 6MW 和 8.5MW 风机机组尾流影响和年上网电量，风机编号为 S15、S8、S9 和 S14 由 6MW 替换为 8.5MW 风电机组时年上网电量差值排在第 1~4 名。故本次混合排布优选结果为 S8、S9、S14 和 S15 布置 8.5MW 风电机组，其余风机布置 6MW 风电机组。



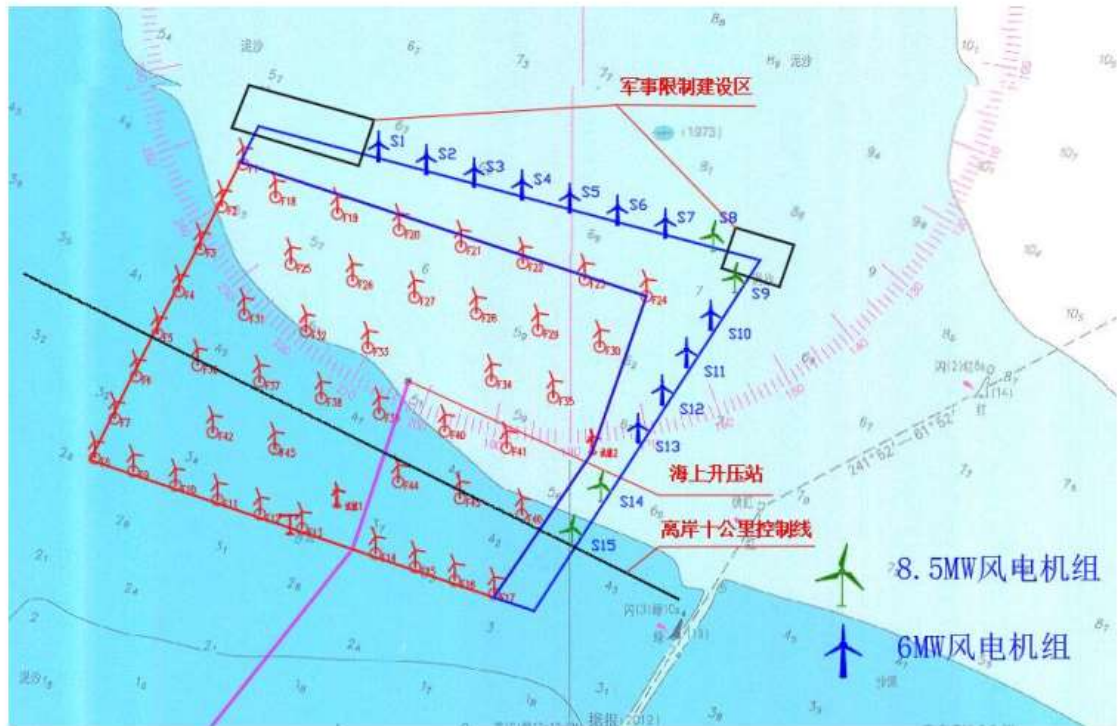


图 13.2-2 最终方案布置图

#### 13.2.2.4 集电线路环境合理性

本工程海上 35kV 输电线路拟采用海底电缆，深埋于海底。海底电缆施工过程中会产生悬浮泥沙，但电缆的铺设为分段施工，故悬沙扩散影响面积较为有限，而且随着施工结束该影响也随之消失。因此，本工程建设不会对周边海洋环境产生重大影响。

利用海底电缆传输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，与架空线的传输方式相比经济性较好，且海底电缆铺设完成后所在海域逐渐恢复原有海洋生态环境特征，除电缆保护区外对所在农渔业区的养殖与捕捞生产不会产生较大影响。

由此可见，本工程电缆通过埋设于海底，不会对周边海域生态环境产生不可逆转的破坏，因此本工程集电线路方案较为合理。

#### 13.2.2.5 施工布置合理性分析

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。

本工程区附近港口众多，条件较好的港口有响水海工基地、连云港、燕尾港、大丰港、灌河口内航道沿线企业自备码头和公用货运码头等，通过可行性及技术经济比较，本阶段初步选定大丰港做为风机部件堆存、拼装的施工场地基地，选用最靠近本工程的燕尾港作业区作为常规物资运输的中转站，海陆转换次码头。

综上所述，从港区基础设施条件、减少占地规模、减少对陆域生态环境的影响等角度评价，本工程施工布置较为合理。

### 13.2.3 施工方案环境合理性分析

本工程风机基础类型均为单桩基础，采用整根长管桩的沉桩施工方式，不需修筑临时施工围堰，也没有土方开挖，对海水水质、海洋生态环境和渔业资源的影响较小。

本工程海底电缆的平面布置采用直线连接埋设方式，可大大减少海底电缆施工临时占海面积，尽可能的减缓了施工悬浮泥沙影响范围和海底电缆铺设对底栖生物等的破坏范围和程度。

根据海底电缆敷设区域海洋环境特征，本工程海底电缆主要位于近海深水区域。本工程拟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。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 $\pm 5\text{m}$ 范围内。

在施工期环境管理方面，严格划定施工作业带，施工高峰期尽量避开鸟类大规模迁徙期、春末夏初鱼虾类等渔业资源集中繁殖的产卵、索饵期以及种质资源保护期，可最大限度减小工程施工对生态环境的干扰。

综上所述，本工程目前的施工方案是适应海洋生态环境特点的、环境影响相对较小的施工方案，具有环境合理性。

## 13.3 环境影响可接受性分析

### 13.3.1 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人员生活污水、船舶含油废水、生活垃圾



等。施工期海上船舶生活污水与陆上施工人员生活污水一起收集后外运处置，不外排，不会对海洋环境造成影响。船舶含油废水收集后交由有资质单位接收处理，固体废弃物由环卫部门清运。

#### (2) 运行期

海上风机正常运行时不产生生产废水，仅当风机中电机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。针对电机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收集装置，统一收集后送交危废处置专业公司进行处置，不会对环境产生不利影响。本工程实施后对流场的影响有限，影响主要集中在桩机附近水域，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，但冲淤强度不明显。

本工程建成运行后，运行期管理人员生活污水、生活垃圾均依托现有集控中心的装置和处理途径，不会对周围环境造成不利影响。

### 13.3.2 生态环境影响可接受性分析

#### (1) 施工期

风机桩基沉桩施工以及海底电缆铺设，都将扰动水体引起悬浮物浓度增加，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。施工活动对海洋生态和渔业资源影响主要集中与风电场区域及电缆两侧，不会对区域生物多样性带来较大影响，通过增殖放流等措施可以减缓对海洋生态损失的影响。

#### (2) 运行期

运行期对海洋生态环境的影响主要为风机运行对鸟类的影响以及水下噪声对海洋动物的影响。运行期对鸟类的影响主要为鸟类撞击风机的影响，目前的研究总体结果表明鸟撞事件概率较低，不会对鸟类的总类和数量造成明显影响。海上风电场在运行期总体的噪声强度比较低，对海洋动物影响较小。

### 13.3.3 环境风险影响可接受性分析

工程施工过程中可能发生船舶碰撞导致溢油事故，工程海上施工允许最大风速较低，发生溢油事故概率较低。同时建设单位在编制防治船舶溢油污染海洋环

境的应急预案的情况下，一旦发生溢油事故能及时响应并处置，环境风险可控。

运行期还会产生一定的风险事故，主要为风机损坏、倒塌以及风机基础泥沙冲刷淘空风险等，通过采取铺设袋装砂+砂被的措施将环境影响风险减少到最小。

因此，在工程的建设和运行过程中通过加强管理，确保环保措施稳定运行实施，本工程建设对环境影响是可以接受的。

## 14 环境管理与监测计划

### 14.1 环境管理计划

环境管理是环境保护的重要组成部分，是以保护区域环境，防治污染，促进经济发展，满足人类物质和文化生活需要为目的，通过采用技术、经济、法律等多种手段，有效的预防和控制生态破坏和环境污染，促进社会、经济和环境有序、健康、持续发展。

根据国家环境保护有关规定和《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》有关要求，本工程强化环境管理和环境监测工作。

#### 14.1.1 施工期环境管理

本工程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。项目环境保护监理贯穿于工程施工全过程。

海底电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及施工垃圾等，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达标后排放；合理安排施工方式、时间；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。

(3) 风机基桩打桩和海底电缆挖槽作业高峰期应避开 4~6 月游泳动物繁殖高峰期进行。

### 14.1.2 运行期环境管理

运行期间，环境管理职能由海上风电场运行方承担，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 环保验收清单

根据本工程建设与运行的环境影响及污染物排放特征，项目竣工环保验收的主要内容列于表 14.2-1。

表 14.2-1 项目竣工环境保护验收主要内容一览表

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	海上施工产生的固废将储存于驳船上，统一运回陆地处理	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 18920-2020）回用标准。
	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）2 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
环境风险 事故预防	1.应急预案	将本工程应急体系纳入海事局应急体系中	
	2.事故处理	有利于环境污染的恢复，将环境影响降低到最小	
	3.溢油事故环境风险防范	溢油事故环境风险防范设施落实到位	
环境管理	1.环境管理情况	依托华能灌云一期工程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	



## 14.3 环境监测计划

建设单位在本工程施工期和运行期应委托具有相关资质的单位对工程海域海洋环境、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。

### 14.3.1 海水水质、沉积物环境监测

为了解工程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，对工程施工期水环境质量进行跟踪监测。

#### 14.3.1.1 范围及站点布设

海水水质环境监测范围及站点布设参考一期工程跟踪监测水质调查范围及站点布置确定。共设水质调查站位 10 个、沉积物调查站位 5 个。

#### 14.3.1.2 监测内容

水质：pH、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、锌、铜、铅、镉、石油类。

沉积物：pH、锌、铜、铅、镉、石油类。

#### 14.3.1.3 监测频率和时间

水质分别在施工期的春季、秋季各开展 1 次，风电场运行后两年内春、秋季各调查 1 次。

沉积物在施工期开始时监测 1 次，运行期监测 1 次。

### 14.3.2 海洋水生生物、渔业资源监测

为了解和掌握工程施工海域水生生物、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；及时反映项目对周围海域生态、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；最终达到保护项目周围海域生物多样性和渔业资源的目的。对工程施工期水生生物、渔业资源进行跟踪监测。

### 14.3.2.1 范围及点位布设

海洋水生生物、渔业现状监测范围及点位布设参照一期工程跟踪监测水质调查范围及站点布置确定，设水生生物站位 5 个，渔业资源站位 5 个。



图 14.3-1 监测点位布设

### 14.3.2.2 监测内容

#### (1) 水生生物

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物和底栖生物。

#### (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。

### 14.3.2.3 监测频率和时间

水生生物、渔业资源跟踪监测分别在施工期的春季、秋季各开展 1 次，风电场运行后两年内春、秋季各调查 1 次。与海洋水质监测同步进行。



### 14.3.3 水下噪声监测

为具体了解本工程施工期打桩产生的水下噪声和运行期风机水下噪声影响，在海上风电场施工期及运行期开展水下噪声监测。

#### 14.3.3.1 监测时间及布点

施工期打桩时，在距离打桩 200m、500m、2000m、4000m 处分别设置噪声监测点。

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。

#### 14.3.3.2 监测内容

噪声频带有效声压级 (dB re 1  $\mu$ Pa)；噪声声压谱（密度）级；分析水下噪声时-频特性；同时测量风机运行在空气中产生的噪声。

### 14.3.4 鸟情及其栖息地观测

施工期施开始后的 1 年内开展至少一个连续完整季节周期（春、夏、秋、冬四季）的鸟类调查，运行初期工程建成后 5 年内开展至少一个连续完整季节周期（春、夏、秋、冬四季）的鸟类调查，同时对鸟情及其栖息地、鸟类与风机发生撞击情况的观测及研究。

#### 14.3.4.1 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。

#### 14.3.4.2 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。

调查监测频次根据季节划分，在鸟类数量较集中的春秋季节迁徙期，可进行强化监测。

### 14.3.5 局部冲刷观测

为了解和掌握工程建设对局部流场的影响、风机墩柱局部冲刷情况，并保证风机运行安全，在观测运行后 5 年内对风电场海域局部冲刷情况进行观测，观测内容包括：

#### (1) 风机墩柱局部冲刷观测

观测运行后 5 年内对风机墩柱局部冲刷情况观测，观测包括冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数。在以上观测研究的基础上，若有必要，应对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。

#### (2) 航道水深监测

观测运行后 5 年内对风电场临近的航道、锚地水深进行监测。在以上监测调查的基础上，若有必要，应对航道水深进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后进行必要的加测。

### 14.3.6 陆上施工区域

#### (1) 施工废水水质监测

监测项目：pH、COD、SS、石油类。

监测点位和频次：监测点位设置在施工废水处理设施排口处，监测频次为每两月一次。

#### (2) 施工噪声监测

监测项目：昼夜等效连续 A 声级， $L_{Aeq}$ 。

监测点位和频次：设置 4 个噪声监测点对施工区域进行监测，拟设置在各场界处。施工期每季监测 1 期，噪声监测时段位昼间（06:00~22:00）和夜间（22:00~06:00）各监测一次，每次连续监测 10min。

#### (3) 施工扬尘监测

监测项目：TSP。同步监测和记录风速、风向、气温、气压、云量等气象条



件。

监测点位和频次：在施工基地场界外下风向设置 1 个监测点，根据施工进度安排，施工期内每季监测 1 期。

## 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和 35kV 海底电缆用海，总用海面积 66 万  $m^2$ 。

本工程是在在原场址范围内扩建项目，即在先期建设的 300MW 海上风电场外围，安装总装机规模为 100MW 的风机。从风电规划平面布局来看，本工程周边为已建或规划的海上风电场或者风电兼容区，因此在该区域建设风电场既可以有效利用该海域的空间资源，又可以形成规模效应，集约节约用海，符合该海域的功能区划和实际的用海布局。

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 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。风电场离岸超过 10km，风电场所处海域平均水深超过 10m。

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 $km^2$  左右。本工程装机容量为 100MW，南侧距岸线约 10km，东西向延伸 8.5km，南北向延伸 7.3km，规划面积约为 16 $km^2$ ，因此本工程占用的海域面积与国家要求相符合，体现集约节约的原则。

总体上，工程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，工程选址符合环境和生态保护要求，可减少渔业资源、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。本工程电能依托一期工程海上升压站 220kV 海底电缆输送，不涉及电缆登陆，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 2#施工基地生产废水，处理工艺处理后回用；海上船舶生活污水统一运至陆上后由有资质的单位进行清运处置。

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、废蓄电池等，由建设单位委托有资质单位统一收集处理，不会增加海域污染负荷；风机维护生活污水与集控中心人员生活污水经处理后由有资质的单位进行清运处置；运行期工作人员产生的活垃圾分类收集后，由当地环卫部门集中清运处置。在采取以上措施后，本工程不会增加海域污染负荷，因此工程建设可满足《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。本工程建成后，由建设单位或委托具备相应能力的社会第三方机构编制渔业资源修复方案，具体实

施放流数量、时间、地点及放流品种等应与当地渔业主管部门协商后予以确定。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。

本工程实施不可避免地保护区海洋生态和渔业资源造成损害。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，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》，根据专题中评估的渔业生物资源损失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。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 结论和建议

### 16.1 项目概况

本工程为海上风电场项目，位于连云港市灌云县灌河口海域，海床面高程主要为-6.2~-9.9m（1985 国家高程基准）。本工程共安装 11 台单机容量 6MW 风力发电机组与 4 台 8.5MW 风电机组，总装机规模为 100MW。风机采用单桩基础型式，采用 3500kJ 液压打桩锤进行沉桩作业。项目需埋设 35kV 海底电缆，采用射水式挖沟犁方式埋设。

### 16.2 政策、规划的相容性分析

#### 16.2.1 与海洋环境功能区划及其它规划的相容性

##### （1）符合海洋功能区划

根据《江苏省海洋功能区划（2011-2020）》，本工程位于连云港海域农渔业区（B1-01）中兼容海上风能的区域，符合功能区划相关管理要求，本工程用海符合《江苏省海洋功能区划（2011-2020）》，《全国海洋主体功能区规划》和《江苏省海洋主体功能区规划》。

##### （2）符合其他相关规划

本工程为海上风电场建设工程，属《产业结构调整指导目录（2019 年本）》鼓励类产业，与国家产业政策符合。本工程的建设充分利用海区的海上风能，与《可再生能源中长期发展规划》中大力发展风电相协调，符合《可再生能源中长期发展规划》（2007-2020 年）。本工程符合《国家能源发展规划》、《江苏省海上风电场项目规划》、《江苏沿海地区发展规划》、《江苏省生态红线区域保护规划》、《江苏省海洋生态红线保护规划》、《连云港港总体规划修订》等相关规划。

#### 16.2.2 清洁生产原则的符合性

开发风能资源，发展风力发电，不但可以节约宝贵的一次能源，还能具有较好的环境效益，是实现能源、经济、社会可持续发展的重要途径。结合现阶段国内风电市场现状、技术水平和机组成熟性，本工程选择较为先进的单机容量为 6MW 和 8.5MW 的风电机组。风力发电生产过程清洁，污染物排放控制水平较高。

因此本工程符合清洁生产要求。

## 16.3 环境现状评价结论

### 16.3.1 水文水动力环境

经潮汐调和计算，观测海域的潮汐属正规半日潮。从实测潮位过程线图来看，本工程施测海域的潮汐强度较强，潮汐日潮不等现象不显著，一个太阴日内有两次高（低）潮，且高（低）潮的潮位不等现象不显著，涨潮历时与落潮历时差大约为一个半时间左右。

冬季潮流，施测海域大潮涨、落潮流平均历时分别为 6 小时 02 分和 6 小时 28 分；中潮涨、落潮流平均历时分别为 5 小时 32 分和 6 小时 25 分；小潮涨、落潮流平均历时分别为 6 小时 00 分和 6 小时 29 分。涨、落潮流平均历时差别由大潮→小潮→中潮依次增加，施测海域涨、落潮流平均历时分别为 5 小时 51 分和 6 小时 27 分，涨潮流历时小于落潮流历时，平均历时差 36 分。各测站其方向频率具有一定的不对称性，表现为较为分散的分布，呈现旋转流性质。各测站涨、落潮段平均流速分别为 0.26m/s 和 0.21m/s，其中各测站涨潮段平均流速在 0.15 m/s~0.38 m/s 之间变化，落潮段平均流速在 0.09m/s~0.29m/s 之间变化。各测站大、中、小潮平均流速分别为 0.26m/s、0.25m/s、0.20m/s。

春季潮流，大潮期，测站中，除 D、F 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速外，其余各站落潮流平均流速均小于涨潮流平均流速。小潮期，测站中，A、C、D、E 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速外，其余各站落潮流平均流速均小于涨潮流平均流速。大潮期，落潮流平均流速最大为 134cm/s，流向为 290°，出现在 F 站，涨潮流平均流速最大为 103cm/s，流向为 133°，出现在 B 站；小潮期，落潮流平均流速最大为 63m/s，流向为 335°，出现在 C 站，涨潮流平均流速最大为 90cm/s，流向为 146°，出现在 F 站。两次观测中，总的看大潮期各站涨落潮平均流速大于小潮期。

### 16.3.2 地形地貌与冲淤环境

工程风电场区属废黄河水下三角洲地貌单元，工程所在海域海底地形较平坦，由岸向海缓缓倾斜，等深线基本平行岸线。0m 等深线离岸距离自西向东逐渐增大，5m 等深线离岸距离自西向东逐渐减小。0~ 10m 等深线之间为水下岸坡的缓坡区，地形向北缓倾。5m 等深线与 10m 等深线之间发育水下沙脊，地形局部起



伏，海底坡度一般小于  $1^\circ$ 。

项目场区紧邻灌河口西北侧，该岸段浅滩发育，近岸侵蚀较弱，水下岸坡侵蚀动态复杂，为缓蚀岸段。根据 1960 年~2006 年的海图等深线对比可知，2006 年的 0m 等深线相较于 1980 年、1960 年进一步向岸蚀退，风电场区域-5m 等深线变化复杂，其两侧-5m 线位置则保持基本稳定。风电场北部海域-10m 等深线向海淤涨。

### 16.3.3 环境质量

#### 16.3.3.1 海洋水质

根据前述章节海水水质监测结果及评价结果可知，春季调查海域 pH、溶解氧、化学需氧量、油类、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷和硫化物均符合海水水质标准中第一类标准；活性磷酸盐符合海水水质标准第一类、第二（三）类的比例分别为 48.57%、51.43%；无机氮符合海水水质标准第一类、第二类、第三类、第四类和劣四类的比例分别为 17.14%、25.71%、31.43%、5.71%和 20.00%。

秋季调查海域溶解氧、pH、化学需氧量、油类、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷和硫化物均符合海水水质标准中第一类标准；活性磷酸盐符合海水水质标准第一类、第二（三）类的比例分别为 66.67%、33.33%；无机氮符合海水水质标准第二类、第三类、第四类和劣四类的比例分别为 4.17%、4.17%、20.83%、和 70.83%。

#### 16.3.3.2 沉积物质量

评价海域沉积物质量调查所测各项指标均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）一类标准，可见工程海域沉积物质量总体良好。

#### 16.3.3.3 海域生态环境质量

##### （1）浮游植物

2020 年 11 月调查期间调查海域共鉴定出浮游植物 7 门 30 属 59 种；密度平均值为  $8.3823 \times 10^4 \text{ind./m}^3$ ，优势种类为长菱形藻、小形舟形藻、具边线形圆筛藻、扭曲小环藻和中肋骨条藻；浮游植物的多样性指数均值为 2.74，均匀度均值为 0.77，丰富度均值为 0.7。

2021 年 4 月调查期间共鉴定出浮游植物 3 门 32 属 64 种；密度均值为

$7.3248 \times 10^4 \text{ind./m}^3$ ；优势种为奇异菱形藻、日本星杆藻、长菱形藻、新月菱形藻、刚毛根管藻、虹彩圆筛藻、布氏双尾藻、短楔形藻、尖刺菱形藻和小型舟形藻；多样性指数均值为 3.79，均匀度均值为 0.90，丰富度均值为 1.13。

#### (2) 浮游动物

2021 年 4 月调查海域共鉴定浮游动物 57 大类 21 种；密度最小的为  $9.4 \text{ind./m}^3$ ，最大的达到  $633.3 \text{ind./m}^3$ ；多样性指数均值为 1.49，均匀度均值为 0.75，丰富度均值为 0.68；优势种类共 5 种，分别为无节幼体、克氏纺锤水蚤、真刺唇角水蚤、桡足幼体和短角长腹剑水蚤。

2020 年 11 月调查海域共鉴定浮游动物 8 大类 35 种；密度最小的为  $28.1 \text{ind./m}^3$ ，最大的达到  $996.2 \text{ind./m}^3$ ；多样性指数均值为 1.47，均匀度均值为 0.57，丰富度均值为 0.75；优势种类共 3 种，分别为背针胸刺水蚤、真刺唇角水蚤和强壮箭虫。

#### (3) 底栖生物

2021 年 4 月共采集到底栖生物 6 门 17 属 17 种，其中环节动物最多，有 5 种，软体动物和节肢动物次之，均分别有 4 种；栖息密度范围为  $0 \text{ind./m}^2 \sim 74.0 \text{ind./m}^2$ ，平均值为  $21.0 \text{ind./m}^2$ ；重量生物量范围为  $0 \text{g/m}^2 \sim 98.23 \text{g/m}^2$ ，平均值为  $18.26 \text{g/m}^2$ ；数量特征的多样性指数均值为 0.66，均匀度均值为 0.44，丰富度均值为 0.19。主要优势种共 4 种，分别为沙蚕一种、伶鼬榧螺、梳鳃虫和毛蚶。

2020 年 11 月共采集到底栖生物 3 门 13 属 13 种，其中节肢动物 7 种，占总种数的 53.85%；脊索动物 4 种，占总种数的 30.77%；软体动物 2 种，占总种数的 15.38%；平均密度为  $1 \text{ind./m}^2$ ，平均生物量为  $1.225 \text{g/m}^2$ 。主要优势种共 1 种，为中国毛虾。

### 16.3.3.4 海洋生物质量

2021 年 4 月海洋生物质量调查结果显示在 7 个站位所采集的 7 份海洋生物体中，所有站位的鱼类、甲壳类和软体类生物中的各项指标均达到《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)和《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。

2020 年 11 月调查的 7 个站位所采集的 7 份海洋生物体中，所有站位的鱼类、



甲壳类和软体类生物中的各项指标均达到《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)和《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,双壳类满足生物中的各项指标均达到《海洋生物质量标准》中规定的生物质量标准。

### 16.3.4 海洋渔业资源

为了解工程海域渔业资源状况,在工程海域开展了 2 期渔业资源现状调查,调查时间是 2021 年 4 月和 2020 年 11 月。

2021 年 4 月共检出仔稚鱼 2 科 2 种。其中定量样品中只有 1 种仔稚鱼,为锦鳎仔稚鱼。定性样品中共鉴定出 2 种仔稚鱼,分别为尖海龙仔稚鱼和锦鳎仔稚鱼。调查海域仔稚鱼平均密度为 0.34 个/m<sup>3</sup>。

2020 年 11 月共鉴定仔稚鱼 2 属 2 种,为尖海龙和黄鲫,未调查到鱼卵。调查海域仔稚鱼栖息密度均值为 1.7ind./m<sup>3</sup>。

### 16.3.5 鸟类

根据生态环境部南京环境科学研究所和江苏中信优佳检测技术有限公司于 2020 年 5 月、2020 年 8 月、2020 年 11 月、2021 年 1 月和 2021 年 5 月对工程区及邻近区域的鸟类进行的 5 次调研结果,共记录到鸟类 7487 只,隶属于 12 目 30 科 81 种。从分类情况分析,此次记录到的 12 目 30 科 81 种鸟类中,鸽形目鸟类种数最多,有 6 科 33 种,占总物种数的 40.74%;雀形目鸟类科数最多,种数次之,有 14 科 21 种,占总科数的 46.67%,占总物种数的 25.93%。从记录的物种数而言春季记录的物种数最多,冬季物种数次之。每次的调查监测结果均显示为海域物种数远低于陆域,冬季尤为明显。从记录的个体数量来看,秋季记录的个体数量最多,冬季稍次之,春季个体数量记录最少。

## 16.4 环境影响预测与评价结论

### 16.4.1 对水文动力和岸滩泥沙冲淤的影响

从风电项目潮流数值模拟结果看出,风电场工程建设对工程及周围海域的潮位和潮流影响较小,风电场建设对海域的潮流影响主要集中在工程海域,离工程风电场区越远,潮流影响越小。工程区内流速变化以减小为主,风电场内流速变率较大的位置位于风机桩基础附近,桩基础处流速最大变率为 12.6%,流向变化

幅度最大为 1°；风电场建设对周边海域的潮流影响很小，流速变率最大不超过 0.4%，流向变化不超过 0.1°。

工程运行后风机迎水面和背水面（涨落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，冲淤分布形态呈旋转辐射状分布，最大平衡淤积幅度在 1.2m 左右，发生在风机桩基基础两侧，最大平衡冲刷幅度在 0.6m 左右。风电场周边区域形成 0.1m~0.3m 的冲刷圈，部分区域发生淤积，淤积幅度在 0.25m 以内，风电场周围 10km 以外冲淤变化幅度均在 0.1m 以下。

### 16.4.2 海洋水质环境影响分析

施工期水环境影响主要来自项目风机桩基础施工、海底电缆沟槽开挖时产生的悬浮物、电缆登陆段开挖产生的废渣、施工期的污废水（主要包括船舶油污水、登陆点施工的泥沙废水和混凝土拌和水以及施工人员生活污水）等，悬浮物源强为 4.79kg/s。

根据对项目海底电缆沟槽开挖时产生的悬浮物计算结果统计得：本工程电缆施工悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大影响面积合计为 0.7km<sup>2</sup>，大于 50mg/L 的最大影响面积合计为 1.6km<sup>2</sup>，大于 20mg/L 的最大影响面积合计为 6.2km<sup>2</sup>，大于 10mg/L 的最大影响面积合计为 24.9km<sup>2</sup>。

由于施工污废水量较小且较为分散，带来的影响是局部的、短期的和可逆的，影响较小，一旦施工结束，影响即可消除。

### 16.4.3 对沉积物环境的影响

工程施工过程会造成沉积物悬浮，工程海域沉积物质量较好，所有评价因子均达到《海洋沉积物质量》一类标准，施工除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，因此不会对工程海域沉积物环境造成不良影响。

施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生油污水、生活污水和垃圾等。本工程油污水委托有资质单位处理；船舶生活污水禁止排海，经收集后运回陆上，由有资质单位接收处理；船舶生活垃圾靠岸后定点集中收集，由环卫部门清运处置。在采取上述处理措施后，施工船舶污废水及固废对沉积物环境基本无影响。。



#### 16.4.4 对海洋生态和渔业资源的影响

工程施工引起的悬浮泥沙降低局部海域的海洋初级生产力，可能造成浮游植物生物量的减少，从而可能引起以浮游植物为饵料的浮游动物生物量、渔业资源量相应减少。由于项目风机基础、电缆沟等建设占用部分海域，造成所占用海域内底栖生物丧失以及捕捞面积减少和产量下降。工程施工结束后可采用人工放流当地生物等措施进行水生生物恢复与补偿，海域生态环境将逐渐恢复。项目运行期对海洋生态环境影响不大。

#### 16.4.5 对鸟类的影响分析

区域鸟类组成中以鸬鹚类种类、数量最为丰富。本工程由于海上风电场距离大陆岸线较远，项目对区域鸟类及其栖息地的影响相对较小。

##### (1) 施工期

由于施工活动的滋扰会对项目邻近区域栖息和觅食的鸟类产生一定的影响，使区域中分布的鸟类数量减少、多样性降低。施工期临时用地也会侵占鸟类栖息地；施工过程中产生的噪声、灯光、车辆尾气和扬尘等可能会对区域中栖息的鸟类以及植被等产生影响。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。可采取有效措施，使工程负面影响降到最低；同时，对侵占或受损的栖息地，可以通过相应的措施进行补偿和修复。

##### (2) 运行期

由于目前风电场建设区域距离大陆岸线较远，运行期风电场对区域栖息、觅食以及迁徙过境的鸟类的影响都相对较小。但是，周边大型项目建设，特别是滩涂圈围项目的建设，使岸线向海推进，会缩短风机与岸线的距离，使的风机对鸟类的作用风险加大。需要加强鸟类监测，并根据监测结果采取有效的对策措施。

#### 16.4.6 其他环境影响分析

基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运行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，运行期风电场水下噪声对哺乳动物不会造成影响。同时由于本工程风电场区离岸较远，周围无声环境敏感目标分布，因此，风机噪声对周围环境影响不大。

在电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个核内部。对于 35kV

的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在  $10^{-6}\text{T}$  以下；对于 220kV 海底电缆，磁感应强度已降在  $10^{-5}\text{T}$  以下。因此，本工程不会对路由海域电磁场环境造成明显不利影响。

运行期无新增工作人员，依托前期 300MW 项目人员管理，集控中心产生少量的生活污水，经生活污水处理装置处理后用于站区绿地浇灌，不外排。生活垃圾量较少，纳入当地垃圾收集系统一收集并处理，对周围环境无污染影响。

## 16.5 污染防治措施的有效性和可达性

对施工和运营过程加强了污染控制和采取了有效的治理措施：

(1) 合理安排施工进度，注意保护环境敏感目标，尽量避开春末夏初鱼虾类等渔业资源集中繁殖的产卵、索饵期以及种质资源保护期。

(2) 优化施工方案，严格控制施工设备及人员作业范围。

(3) 选择符合环保要求的施工船只，并加强对船舶排污的管理，确保机舱含油污水、生活污水和生活垃圾等的排放满足《船舶水污染物排放控制标准》的有关要求，或收集贮存后定期交有关单位接收后统一处理。同时将本工程船舶污染物排放纳入当地海事局船舶监督管理系统。陆域施工生产废水拟采用隔油-预沉-过滤-沉淀的处理方式，处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应用途的回用标准后储存回用；生活污废水处理设施考虑永临结合，拟采用地埋式生活污水处理装置处理后，用于绿地浇灌。生活垃圾定点堆放、定期清运。

(4) 风机在布置时，应根据噪声衰减曲线优化风机位置，以最大限度的减小风机噪声的影响范围。

(5) 风机的叶片应当用橙红与白色相间的警示色，减少鸟类碰撞风机叶片和架空电线的机会。

(6) 为了缓解和减轻项目对所在海域生态环境和水生生物的不利影响，建议采取人工放流当地生物物种的生态恢复和补偿措施。水生生物生态补偿环保投资额应不少于 882 万元。

(7) 在施工点附近设置监测点，监测施工悬浮泥沙的影响范围和程度；运行期定期进行海洋水文动力、地形地貌与冲淤环境、海洋生态和渔业资源的动态跟踪监测。



(8) 环境保护对策措施一览表

本工程环境保护对策措施见表 16.5-1，环境保护管理措施见表 16.5-2。

表 16.5-1 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
船舶 污染物 处理	船舶污水、 垃圾处理	污水收集处理 装置, 垃圾粉碎 和贮存设施	施工船舶均设置船舶生活污水和船舶 含油污水的收集处理装置, 并设有垃圾 粉碎和贮存设施	排放满足《船舶水污染物排放 控制标准》的有关要求, 或收 集贮存后定期交污水、垃圾接 收船舶, 接收后统一处理, 对 工程海域水质影响很小。	工程海域, 进入工程海 域施工时使用	建设单位监 制, 施工单位 使用和管理、 维护
		生产废水处理 设施	施工生产废水利用基地现有生产废水 处理设施采用隔油沉淀-过滤-沉淀的 处理方式	处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应用途的回 用标准后回用, 对周边环境无 污染影响		
污水 处理	施工生产 废水处理	隔油池、化粪 池、埋式污水 处理装置	生活污水利用基地现有生活污水处理 设施采用隔油沉淀处理	统一收集后委托环卫部门清 运处理, 对周边环境无污染影 响	利用基地现有污水处理 设施	施工单位、建 设单位建设、 使用和管理
	施工及运 行期生活 污水处理	垃圾桶	根据需要在升压站和施工临时场地设 置生活垃圾桶			
固体 废弃 物处 置	生活垃圾 处置	垃圾桶	风机维护废弃物垃圾箱 1 个	外送具有相应资质的单位进 行处置, 对周边环境无污染影 响	升压站场地内, 与升压 站建设同步	建设单位建 设、使用和管理
	风机维护 垃圾	垃圾桶	以当地海域常见的经济贝类、鱼、虾类 为主。水生生物生态补偿投资额应不少 于 882 万元。			
海洋 生态 保护	渔业资源 补偿	采用增殖放流 方法补偿	风机的叶片全部涂色;	按照相关主管部门的要求, 按 时完成增殖放流的品种、数 量, 不会对工程海域生物资源 造成明显影响	风电场影响海域, 施工 完成后的 3 年内完成	建设单位落 实, 可委托专 业单位
	鸟类	风机叶片涂色	增加风机叶片可见度, 减少鸟 撞概率			



表 16.5-2 环境保护管理对策措施一览表

环境要素	施工活动或环境影响因子	环境保护管理对策措施
海洋水质	海上施工	<p>优化施工进度安排，应选择海况良好的天气进行风机基础和电缆铺设施工，以减少施工引起的悬浮物扩散范围；</p> <p>施工机械应在划定的施工作业范围内施工，禁止超出施工作业范围；</p> <p>选择符合环保要求的施工船只，并加强对船舶排污的管理，确保含油污水、生活污水和生活垃圾等的排放满足《船舶水污染物排放控制标准》的要求，施工船舶的船舶油污水、船舶生活污水禁止在一、二类环境功能区内存放；加强对施工船舶的管道管理，防止机油溢漏事故的发生；</p> <p>禁止施工设备直接向海域水体排放油污水。</p>
	施工临时场地	<p>注意施工场地的清洁，及时维护和修理施工机械，避免机油的跑冒滴漏；</p> <p>加强对施工废水收集处理系统的清理维护，及时清理排水沟及处理设施污泥沉渣，保证系统的处理效果；</p> <p>为防止工区临时堆放的散料被雨水冲刷造成水土流失，应对施工场地四周进行防护；</p> <p>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。</p>
海洋生态	渔业资源	<p>应选择海况良好的天气施工，减少施工引起的悬浮物扩散范围；</p> <p>合理安排施工作业时间，尽量避让鱼类产卵高峰期施工；设置施工标志告知明确禁止进行养殖活动；对受影响的渔民进行补偿；</p> <p>开展生态环境及渔业资源跟踪监测、开展增殖放流。</p>
	鸟类及其生境	<p>应加强对施工人员的环保教育，提高其对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀；</p> <p>在鸟类迁徙的高峰期降低施工强度，以减少对鸟类栖息、觅食和迁飞等的影响；</p> <p>合理安排施工作业时间，尽量避免鸟类迁徙的高峰期施工；</p> <p>风机叶片涂色，增加鸟类对风电机的可见度；进行当地土著的物种的恢复；开展鸟类跟踪监测。</p>
固体废物	施工固废	<p>强化施工渣土管理，防止沙土随潮流流入海；</p> <p>风机吊装固废及时收集回收；施工场地设置垃圾收集装置。</p>
	集控中心固废	<p>生活垃圾设置垃圾收集装置后委托环卫部门清运处理；危废经收集后交由具有相应资质处理。</p>
声环境	施工噪声	<p>禁止使用不符合国家噪声排放标准的施工机械设备；选择低噪声设备、加强设备维护。</p>
	变压器噪声	<p>选择低噪声设备、加强设备维护。</p>

空气环境	施工机械废气	禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入工区；加强对施工机械，运输车辆维修保养。
	施工扬尘	加强施工洒水、保持施工场地整洁，控制施工扬尘；加强对施工人员的环保教育，坚持文明施工、减少施工期的空气污染。
通航环境	船舶通行	<p>加强对施工作业安全管理，施工设备需进行安全检测，操作人员需经过安全培训，落实施工安全措施和应急措施；</p> <p>施工船舶在水域内定点作业，保证不发生船舶污染物污染水域的事故；</p> <p>施工单位应拟定施工期间水上交通安全维护方案，并告知周边相关设计海上通航单位和个人。</p>

通过分析，上述污染防治措施切实可行且可达到环境保护要求。



## 16.6 环境事故风险评价结论

本工程环境事故风险主要有雷击、台风等自然海洋灾害风险、水道摆动和风机基础冲刷风险、海底电缆损坏、风机基础腐蚀和风机运行风险以及火灾等风险。针对可能发生的环境事故,本报告提出了相应的事故防范措施,采取上述措施后,上述环境事故的发生概率可明显降低,事故发生对环境的影响可明显减小。

## 16.7 环境影响评价综合结论

本工程符合国家产业政策和相关能源发展战略,满足海域海洋功能区划及相关规划要求。工程施工期和运行期的主要环境影响包括对海水水质、海洋生态环境和渔业资源和对鸟类迁飞及其生境的干扰,以及对局部水产养殖的影响,上述影响可通过实施污染防治、生态修复、经济补偿等措施予以缓解。在全面落实本报告提出各项环保对策措施的前提下,工程建设从环境保护角度看是可行的。

## 16.8 建议

(1) 本工程为离岸式海上风电场项目,为验证和复核本报告对海洋环境的影响预测评价结果,及时反映工程建设对海洋环境的实际影响,建议在工程施工期和运行期按照国家海洋局《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》等相关规定,对工程海域海洋环境进行的跟踪监测调查与评估。

(2) 实施工程用海动态监测管理。在本工程建设过程中及建成后加强对该区域环境的动态监测和跟踪管理,因累积效应对环境和生态产生不良影响的,及时采取改进措施。

(3) 本工程部分区域与灌河口航道和渔船习惯航道距离较近,风电场桩基有受到失控船舶及渔船碰撞的可能。风电场应按要求设置符合水域特点的航标外,还应采取切实可行的措施配合有关部门加强对渔船和小型船舶的安全教育和管理工作,保证工程水域的通航安全。