Rainfine 江苏润环
专业·高效·诚信·创新

华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）

海域使用论证报告书

（公示稿）

江苏润环环境科技有限公司

（统一社会信用代码：913201130579629805）

二〇二五年十一月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	**3209212025002694**		
论证报告所属项目名称	**华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）**		
一、编制单位基本情况			
单位名称	江苏润环环境科技有限公司		
统一社会信用代码	913201130579629805		
法定代表人	朱忠湛		
联系人	王琴		
联系人手机	13913016943		
二、编制人员有关情况			
姓名	**信用编号**	**本项论证职责**	**签字**
王鹏腾	BH004683	论证项目负责人	王鹏腾
王鹏腾	BH004683	1. 概述 2. 项目用海基本情况 4. 资源生态影响分析 5. 海域开发利用协调分析	王鹏腾
苏莹莹	BH000448	6. 国土空间规划符合性分析 7. 项目用海合理性分析	苏莹莹
周浍锐	BH000452	3. 项目所在海域概况 8. 生态用海对策措施	周浍锐
丁超	BH005013	9. 结论 10. 报告其他内容	丁超

本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。**愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。**

承诺主体(公章)：江苏润环环境科技有限公司 3201130903881

年　　月　　日

项目基本情况表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="4">华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）</td></tr>
<tr><td>项目地址</td><td colspan="4">江苏省盐城市响水县近岸海域</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="2">公益性（）</td><td colspan="2">经营性（√）</td></tr>
<tr><td>用海面积</td><td colspan="2">259.5489 公顷</td><td>投资金额</td><td>275238 万元</td></tr>
<tr><td>用海期限</td><td colspan="2">26 年</td><td>预计就业人数</td><td>40 人</td></tr>
<tr><td rowspan="4">占用岸线</td><td>总长度</td><td>20.17m</td><td>邻近土地平均价格</td><td>—</td></tr>
<tr><td>自然岸线</td><td>0m</td><td>预计拉动区域经济产值</td><td>873360 万元</td></tr>
<tr><td>人工岸线</td><td>20.17m</td><td rowspan="2">填海成本</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>其他岸线</td><td>0m</td></tr>
<tr><td>海域使用类型</td><td colspan="2">工业用海</td><td>新增岸线</td><td>0m</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>用海方式</td><td>面积</td><td>具体用途</td></tr>
<tr><td>透水构筑物</td><td>141.6661 公顷</td><td>风电机组、桩基式光伏、220kV 海上升压站</td></tr>
<tr><td>海底电缆管道</td><td>117.8828 公顷</td><td>66kV 集电线、220kV 送出海缆</td></tr>
<tr><td colspan="3">注：临近土地平均价格是指用海项目周边土地价格的平均值。</td></tr>
</table>

目录

摘要

1、项目用海基本情况

（1）用海单位：华润悦海（江苏）新能源有限公司

（2）用海位置：江苏省盐城市响水县近岸海域。

（3）用海情况：本项目用海类型为工业用海中的电力工业用海，用海方式为透水构筑物和海底电缆管道，本项目申请用海总面积 259.5489 公顷。

（4）用海期限：本项目申请用海期限为 26 年。

（5）建设内容：本项目共安装 28 台单机容量 11MW 的风电机组，总装机容量 308MW；1.38MW 桩基式光伏；配套 1 座 220kV 海上升压站、4 回 66kV 场内集电线共 35.5km、1 回 220kV 送出海缆 37.2km、1 回陆缆 1.6km 和 1 座 220kV 陆上集控中心。其中涉海建设内容包括 28 台单机容量 11MW 的风电机组、1.38MW 桩基式光伏、1 座 220kV 海上升压站、4 回 66kV 场内集电线和 1 回 220kV 送出海缆。

（6）投资总额：本项目投资总额 275238 万元，其中涉海工程投资额为 226518 万元。

2、项目立项情况

2025 年 1 月 27 日，江苏省发展和改革委员会发布了《省发展改革委关于印发江苏省新一轮海上风电项目配置结果的通知》（苏发改能源发〔2025〕99 号），华润电力江苏中选了响水 H3-2#30 万千瓦海上风电场项目。

3、用海必要性

当前，能源发展正处于深刻变革和重大调整的关键时期。面对全球气候变化和生态环境恶化的双重挑战，大力发展清洁可再生能源已成为能源发展的必然趋势。我国已将可再生能源的开发利用作为能源战略的重要组成部分。风能是清洁的可再生能源，被认为是实现“双碳”目标的主力军。江苏省作为能源消费大省，牢牢把握能源低碳转型的大方向，推动新能源产业高质量发展，海上风电是其中重要一环。本次拟建华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW），属于《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》中规划明确的海上风电场，建成后将进一步提高盐城市新能源占比，助力实现“双碳”目标。本项目 28 台风电机组、1.38MW 桩基式光伏、1 座 220kV 海上升压站、66kV 场内集电线和 220kV 送出海缆均位

于海域管理岸线外侧海域，其建设需要占用一定的海域，因此项目占用海域空间是必要的。

4、规划符合性

根据《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》，本项目风电场区位于工矿通信用海区，220kV 送出海缆位于工矿通信用海区、渔业用海区和游憩用海区，220kV 送出海缆登陆点位于优化利用岸线，本项目用海不占用生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界。项目在设计和施工过程中严格执行各项环保措施，施工期及营运期各类污废妥善处置，禁止排入海域，对国土空间规划分区影响较小。同时，项目用海也符合《江苏省国土空间生态保护和修复规划（2021-2035 年）》和江苏省“三区三线”划定成果及国家产业政策等要求。

5、占用岸线情况

本项目 220kV 送出海缆在灌河入海口东南侧约 8km 处的海堤登陆，海缆登陆点占用江苏省最新修测大陆海岸线 20.17m，为人工岸线，距离自然岸线较远约 3km，海缆通过定向钻的方式过堤，其用海对占用岸线的影响较小，海缆登陆段与已建江苏响水近海风电场项目海缆集中布置，已尽可能集约利用海域和岸线资源。

6、利益相关者协调情况

本项目用海的利益相关者为响水县迎海水产养殖有限公司、响水县聚立水产养殖有限公司、响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、李燕红、卢廷明和响水长江风力发电有限公司；需要协调的管理部门为海堤管理部门（响水县水务局）、海事部门（连云港海事局）、四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门（盐城市农业农村局）和响水港区主管部门（响水县交通运输局（响水县港口管理局））。项目用海与周边利益相关者及协调部门存在妥善协调的途径，项目建设单位应依据协调方案要求，妥善处理好与利益相关者的关系。

7、资源生态影响及生态保护修复措施

本项目风电桩基对海域的潮流影响主要集中在场区的西北-东南向 2km 范围

内，对领海基点、四鳃鲈鱼种质资源保护区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛、连云港海域农渔业区、开放式养殖区和江苏响水近海风电场潮流基本无影响；其余对周边流速影响仅局限在本项目近区海域，流速影响以减小为趋势，大部分水域流速减小幅度在 0.02～0.08m/s 之间。

本项目风电桩基对海域海床冲淤的影响主要集中在工程附近 1500m 左右的范围内，不会改变区域大范围的冲淤格局，对周边领海基点、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛、连云港海域农渔业区、开放式养殖区和江苏响水近海风电场的海床冲淤基本没有影响，仅对四鳃鲈鱼种质资源保护区边缘有 0.01～0.02m/a 淤积影响。各排桩基东西两侧附近顺水流方向 1000～1500m 范围内海床呈淤积趋势，年淤积幅度在 0.01～0.45m 之间，冲淤强度介于 0.1～0.3m/a；各排桩基南北两侧之间的水域整体呈现冲刷趋势，年冲刷幅度较小，约 0.01～0.05m，工程海域海床变化微弱，影响相对较小。

本项目施工期主要环境影响为海上风机、升压站桩基施工和电缆铺设施工产生的悬浮物影响。根据数模预测，施工期产生悬浮泥沙浓度增量大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散最大可能影响的范围分别为 3.33km^2、6.62km^2、16.36km^2、80.22km^2、172.02km^2，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后数小时内，人为增加的悬浮物浓度迅速衰减至 10mg/L 以下。施工期和运营期各项污染物均可以得到妥善处置，各类影响可得到有效防治，对海洋水环境和沉积物环境影响较小。海上风机和升压站水下冲击式打桩对周围海域的海洋渔业资源具有一定影响，建议采用“软启动”进行驱离，打桩尽可能避开渔业敏感时段。运营期因风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域背景噪声相近；工程产生的电磁场对底栖贝类和鱼类、虾蟹类影响较小。

本项目风机、桩基式光伏、海上升压站基础及防护设施占用海域，海缆铺设扰动海床，造成潮间带生物、大型底栖生物损失；打桩、电缆铺设等产生悬浮泥沙扩散影响，造成鱼卵和仔稚鱼、鱼类、甲壳类和头足类、浮游动物等损失。建议尽量避开春末夏初渔业资源集中繁殖的产卵期，或者在此期间降低施工强度，减小悬沙扩散影响。本项目生态建设经费为 1501.4 万元，本项目拟采取岸线及湿地生态修复、生物资源恢复、生态补偿措施效果评估等。

8、项目用海合理性

（1）用海选址合理性

本项目选址位于《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》中的响水 H3-2#风电场场址，风电场离岸距离为 31km，海图所示水深在 9.6～12.0m 之间，项目所在海域现有连陆滩涂宽度未超过 30km，场址选择符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）。项目用海所在区位和社会条件满足项目用海要求，拟选海域具备开发建设风电场的风能、空间资源条件，具备项目建设的地质、地貌条件，项目用海与自然资源和海洋生态相适宜，与周边其他用海活动相协调，有利于海洋产业协调发展。本项目用海选址是合理的。

（2）用海平面布置合理性

本项目风机选取机型技术上比较成熟、经济性较好、尾流影响较小、适宜项目所在海域风能条件。本项目风电场风机布置通过生态评估、方案比选确定，该方案对海洋生态环境影响小，年等效满负荷小时数大，年发电量大。220kV 送出海缆路由在避让生态保护红线和已建风电场区的前提下，海缆登陆段与已建江苏响水近海风电场送出海缆集中布置，已尽可能节约利用海域和岸线资源。本项目用海平面布置方案与周边用海活动能够协调。本项目用海平面布置是合理的。

（3）用海方式合理性

本项目风机、桩基式光伏、海上升压站用海方式为透水构筑物，采用的桩基基础适应海域地质条件，对海床自然属性的改变较小；66kV 场内集电线和 220kV 送出海缆用海方式为海底电缆管道，电缆铺设在海床面以下，电缆铺设完成后受损的海床生境可自然恢复。本项目用海方式有利于保持海域自然属性，有利于维护所在功能区基本功能，尽可能地减小了对海洋生态环境的影响。本项目用海方式是合理的。

（4）占用岸线合理性

本项目 220kV 送出海缆登陆点占用江苏省最新修测大陆海岸线 20.17m，为人工岸线，距离自然岸线较远约 3km，实施投用期间不会对周边自然岸线产生不利影响，本项目不新增岸线，不会影响江苏省自然岸线保有率目标的实现。海缆通过定向钻的方式过堤，其用海对占用岸线的影响较小，海缆登陆段与已建江苏响水近海风电场海缆集中布置，已尽可能集约利用海域和岸线资源。本项目用海

占用岸线是合理的。

（5）用海面积合理性

本项目单位装机容量风电场面积 5.78 公顷/兆瓦、海域利用率 10.41%、投资强度 1060 万元/公顷，均符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）相关指标要求。本项目申请用海面积满足项目用海需求，符合相关行业设计标准和规范，确保结构安全并满足安全性、抗灾害性等要求，申请的用海面积能满足项目建设的实际用海需求且已无再缩减的可能性。本项目桩基式光伏用海空间层为水面，用海高程范围为平均海平面高程 0.0m 至光伏板设计上缘高程 19.0m；本项目 220kV 送出海缆用海与响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目和响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目用海重叠，本项目 220kV 海缆用海空间层为底土，上述养殖项目用海占用立体空间为水体，故本项目 220kV 海缆用海采用立体分层确权，避免权属争议和便于行政管理，220kV 海缆用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-21.5～-1.8m 至电缆管道设计上缘高程-21.2～-1.5m；本项目 66kV 集电线用海空间层为底土，66kV 集电线用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-19.2～-18.2m 至电缆管道设计上缘高程-19.0～-18.0m；本项目通过立体设权可避免与现状用海出现权属冲突也可为后续与其用海可兼容项目确权提供便利，实现一海多用，切实提高海域资源利用效率。用海范围界定与面积量算方法符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）、《海籍调查规范》（HY/T124-2009）、《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》《海域使用权立体分层设权技术规范》（DB32/T5184-2025）等要求，最终确定本项目申请用海总面积为 259.5489 公顷。本项目用海面积是合理的。

（6）用海期限合理性

本项目属于工业用海中的电力工业用海，设计使用年限 25 年，施工期为 12 个月。本项目申请用海期限 26 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定中港口、修造船厂等建设工程用海海域使用权最高年限为五十年的要求。本项目用海期限是合理的。

1 概述

1.1 论证工作由来

能源是国民经济发展的重要基础，是人类生产和生活必需的基本物质保障。当前，能源发展正处于深刻变革和重大调整的关键时期。面对全球气候变化和生态环境恶化的双重挑战，大力发展清洁可再生能源已成为能源发展的必然趋势。我国已将可再生能源的开发利用作为能源战略的重要组成部分。

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《中华人民共和国可再生能源法》指导可再生能源的发展。2021 年 2 月 19 日，江苏省人民政府印发《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》，文件中指出：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。截至 2022 年底，全国及江苏省风电累计装机容量分别达到 3.7 亿 kW 和 2254.42 万 kW。

《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》明确了江苏海上风电的发展目标。在“十四五”期间，规划新增项目全部开工，力争新增并网 350 万千瓦，结合 2021 年我省已实施竞争性配置的 265 万千瓦海上风电项目，计划至 2025 年底，全省海上风电累计并网容量达到 1800 万千瓦。另外，根据深远海海上风电发展形势，适时实施国管区海上风电项目。根据《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》，江苏省新增规划 23 个海上风电场，规划装机容量 809 万 kW。

江苏省沿海属温带和亚热带湿润气候区，又属于东亚季风区，区内具有南北气候及海洋、大陆性气候双重影响的气候特征。受大气环流、海陆分布和地理条件等因素的共同影响，该地区季风气候占主导地位，风向季节性变化强，夏季盛行东南风，冬季盛行东北风。响水县风能资源及其分布规律与江苏省沿海地区基本一致，受冬夏季风影响，风能资源较丰富，风速分布从海洋向内陆衰减。

2025 年 1 月 27 日，江苏省发展和改革委员会发布了《省发展改革委关于印发江苏省新一轮海上风电项目配置结果的通知》（苏发改能源发〔2025〕99 号），华润中选了盐城响水 H3-2#30 万千瓦海上风电项目。华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）位于江苏响水近岸海域。根据距离风电场较近的滨海气象站数据，并结合数值气象模型初步分析，响水 H3-2#场区 141m 高度年平均风速为 7.17m/s，

年平均风功率密度为 399W/m^2，风功率密度等级为 2 级，具有较好的经济开发价值。

本项目风电场离岸距离约 31km，场址呈不规则多边形，东西长约 10.3km，南北宽约 5.0km，规划场区面积约 20.1km^2，风电场区实测海底高程在-16.27～-13.84m 之间，拟安装 28 台单机容量 11MW 的风电机组，总装机容量为 308MW；本项目配套设置 1 座 220kV 海上升压站和 1 座 220kV 陆上集控中心。风电场内部采用 66kV 集电线连接风电机组与海上升压站，经海上升压站升压后通过 1 回 220kV 海缆登陆接入陆上集控中心。

本项目用海建设内容包括 28 台单机容量为 11MW 风电机组、1 座 220kV 海上升压站、风电场区 66kV 集电线、1 回 220kV 送出海缆。本项目 220kV 送出海缆登陆点位于江苏省最新修测大陆海岸线处，登陆后的陆缆和陆上集控中心均位于管理岸线向陆侧，不作为海域管理，不在本次论证范围内。根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目用海类型为工业用海中的电力工业用海，用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道；根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目用海一级类为工矿通信用海，二级类为可再生能源用海和海底电缆管道用海。根据《中华人民共和国海域使用管理法》等相关要求，应对该项目用海进行海域使用论证，为自然资源行政主管部门审批海域提供科学依据。为此，受华润悦海（江苏）新能源有限公司委托，江苏润环环境科技有限公司按照《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023），组织人员现场踏勘，认真研究核实项目有关资料，编制了《华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）海域使用论证报告书》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规及文件

（1）《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月 1 日起实施；

（2）《中华人民共和国环境保护法》，2014 年 4 月 24 日修订；

（3）《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023 年 10 月 24 日修订；

（4）《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日修正；

（5）《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 4 月 29 日修订；

（6）《中华人民共和国港口法》，2018 年 12 月 29 日修正；

（7）《中华人民共和国可再生能源法》，2009 年 12 月 26 日修正；

（8）《铺设海底电缆管道管理规定》，1989 年 3 月 1 日起实施；

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

（10）《防治船舶污染海洋环境管理条例》，2018 年 3 月 19 日修订；

（11）《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》，交通运输部令 2017 年第 15 号，2017 年 5 月 23 日修改；

（12）《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》，自然资规〔2021〕1 号，2021 年 1 月 8 日；

（13）《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资办函〔2022〕2207 号，2022 年 10 月 14 日；

（14）《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》，自然资发〔2023〕89 号，2023 年 6 月 13 日；

（15）《自然资源部 国家林业和草原局关于进一步做好自然资源要素保障工作的通知》，自然资发〔2025〕79 号，2025 年 4 月 16 日；

（16）《自然资源部关于严格规范海底电缆管道审批管理的通知》，自然资发〔2025〕75 号；

（17）《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》，自然资办函〔2021〕2073 号，2021 年 11 月 10 日；

（18）《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资办函〔2022〕640 号，2022 年 4 月 15 日；

（19）《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，自然资源部，2024 年 12 月 30 日；

（20）《自然资源部办公厅关于进一步做好用地用海用岛国土空间规划符合性审查的通知》，自然资办发〔2024〕21 号，2024 年 5 月 26 日；

（21）《自然资源部关于优化海底电缆管道路由调查勘测、铺设施工和海域使用审批的公告》，自然资源部，2025 年 7 月 16 日；

（22）《江苏省海域使用管理条例》，江苏省第十三届人民代表大会常务委员

会第二次会议，2020 年 11 月 27 日修正；

（23）《江苏省海洋环境保护条例》，江苏省第十二届人民代表大会常务委员会第二十二次会议，2016 年 3 月 30 日修正；

（24）《江苏省渔业管理条例》，江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第十七次会议，2020 年 7 月 31 日修正。

1.2.2 标准规范

（1）《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）；

（2）《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；

（3）《海域使用分类》（HY/T123-2009）；

（4）《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）；

（5）《海域使用面积测量规范》（HY/T070-2022）；

（6）《海水水质标准》（GB3097-1997）；

（7）《海洋生物质量》（GB18421-2001）；

（8）《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；

（9）《海水、海洋沉积物和海洋生物质量评价技术规范》（HJ1300-2023）；

（10）《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；

（11）《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

（12）《海洋观测规范》（GB/T14914-2021）；

（13）《海上风力发电场设计标准》（GBT51308-2019）；

（14）《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T10103-2018）；

（15）《海上风电场交流海底电缆选型敷设技术导则》（NB/T31117-2017）；

（16）《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）；

（17）《海底电缆管道路由勘察规范》（GB/T17502-2009）；

（18）《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）；

（19）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002 年 4 月）；

（20）《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号）；

（21）《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T4423-2022）；

（22）《建设项目用海面积控制指标（试行）》（国家海洋局办公室，2017 年 5 月）；

（23）《江苏省建设项目用海控制指标》（苏自然资发〔2021〕45 号）；

（24）《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资办函〔2023〕2234 号）；

（25）《海域使用权立体分层设权技术规范》（DB32/T5184-2025）。

1.2.3 相关规划

（1）《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》（国务院，国函〔2023〕69 号，2023 年 7 月 25 日）；

（2）《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（江苏省人民政府，苏政复〔2023〕23 号，2023 年 8 月 25 日）；

（3）《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》（江苏省人民政府，苏政复〔2023〕40 号，2023 年 11 月 13 日）；

（4）《江苏省国土空间生态保护和修复规划（2021-2035 年）》（江苏省人民政府，苏政复〔2023〕48 号，2023 年 12 月 1 日）；

（5）《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》（省政府办公厅，苏政办发〔2025〕9 号，2025 年 2 月 15 日）。

（6）《江苏省“十四五”海上风电规划》（江苏省发展和改革委员会，2020 年 10 月）；

（7）《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》（江苏省发展和改革委员会，2024 年 2 月）。

1.2.4 项目技术资料

（1）《华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）可行性研究报告》（华东勘测设计研究院有限公司，2025 年 9 月）；

（2）《华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）海底电缆预选路由选择依据说明材料》（自然资源部第二海洋研究所、天津百世特海洋科技有限公司，2025 年 7 月）；

（3）《江苏响水 H3-2#海上风电场工程海洋生态环境与渔业资源调查报告》（华东勘测设计研究院有限公司工程试验中心，2025 年 9 月）；

（4）《响水 H3-2#海上风电项目水下噪声及电磁环境影响专题报告》（江苏泰洁检测技术股份有限公司，2025 年 10 月）；

（5）《盐城响水 H3-2#海上风电项目鸟类现状调查与影响评价专题报告》（上海师范大学，2025 年 9 月）；

（6）《华润盐城响水 H3-2#海上风电项目海床演变专题报告》（南京浦硕科技有限公司，2025 年 8 月）；

（7）《华润响水 H3-2#海上风电场对响水四鳃鲈鱼种质资源保护区影响专题论证报告》（上海鉴海环境检测技术有限公司，2025 年 7 月）；

（8）《华润响水 H3-2#海上风电场项目数值模拟专题研究报告》（南京水利科学研究院，2025 年 8 月）；

（9）《华润响水 H3-2#海上风电场项目（30 万 kW）海底电缆路由调查勘测报告》（杭州国海海洋工程勘测设计研究院有限公司、天津百世特海洋科技有限公司，2025 年 10 月）；

（10）《华润盐城响水 H3-2#海上风电项目通航安全技术报告》（江苏远东船舶工程技术有限公司，2025 年 6 月）；

（11）《华润盐城响水 H3-2#海上风电项目海底电缆路由工程通航安全技术报告》（江苏中信安全环境科技有限公司，2025 年 9 月）；

（12）《华润盐城响水 H3-2#海上风电项目生态修复实施方案》（江苏华东地质环境工程有限公司，2025 年 9 月）；

（13）建设单位提供的其他相关资料。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023），海域使用论证等级按照项目的用海方式、用海规模和所在海域特征，划分为一级、二级和三级（见表 1-1）。

本项目新增用海内容包括 28 台风机、1 座 220kV 海上升压站、电缆（66kV 场内集电线、220kV 送出海缆），属于“工业用海”中的“电力工业用海”。风机和海上升压站的用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”；电缆的用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”。本项目风机用海面积为 139.9853 公顷、桩基式光伏用海面积为 1.3398 公顷、海上升压站用海面积为 0.3410 公顷，本项目

透水构筑物用海总面积为 141.6661 公顷，大于 30 公顷，论证等级为一级。海底电缆管道中海底电（光）缆所有规模其他海域论证等级均为三级，本项目电缆不在敏感海域，论证等级为三级。

根据《海域使用论证技术导则》，同一项目用海按不同用海方式、用海规模和海域特征判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级。故判定本项目海域使用论证等级为一级。

表 1-1 海域使用论证等级判据（摘录）

<table>
<tr><th>一级用海方式</th><th colspan="2">二级用海方式</th><th>用海规模</th><th>所在海域特征</th><th>论证等级</th></tr>
<tr><td rowspan="4">构筑物</td><td colspan="2" rowspan="4">透水构筑物</td><td>构筑物总长度大于（含）2000m 或用海总面积大于（含）30ha</td><td>所有海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td rowspan="2">构筑物总长度（400～2000）m 或用海总面积（10～30）ha</td><td>敏感海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>构筑物总长度小于（含）400m 或用海总面积小于（含）10ha</td><td>所有海域</td><td>三</td></tr>
<tr><td rowspan="8">其他方式</td><td rowspan="8">海底电缆管道</td><td rowspan="3">海底输水管道、无毒无害物质输送管道等</td><td rowspan="2">长度大于（含）10km</td><td>敏感海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>长度小于 10km</td><td>所有海域</td><td>三</td></tr>
<tr><td rowspan="3">海底石油天然气等输送管道、有毒有害及危险品物质输送管道、海洋排污管道等</td><td rowspan="2">长度大于（含）5km</td><td>敏感海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>长度小于 5km</td><td>所有海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td rowspan="2">海底电（光）缆</td><td rowspan="2">所有规模</td><td>敏感海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>三</td></tr>
<tr><td colspan="6">注 1：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾，红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。
注 2：构筑物总长度按照构筑物中心线长度界定，并行铺设的海底电缆、海底管道等的长度，按最长的管线长度计。</td></tr>
</table>

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023），论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点划定，一级论

证向外扩展 15km；跨海桥梁、海底管线、航道等线性工程项目用海的论证范围划定，一级论证每侧向外扩展 5km。

本项目论证等级为一级，海上风电场呈片状分布，送出电缆为线性布置。结合项目布置方案，根据导则要求，论证范围距海上风电场区各侧 15km、送出电缆两侧 5km，向陆侧以海岸线为界，论证范围面积约为 1523.63km^2，论证范围见图 1-1 所示，论证范围坐标点及面积详见表 1-2。

表 1-2 论证范围表（CGCS2000 坐标系）

编号	经度	纬度	面积（km^2）
1	119°49′28.688″	34°27′34.235″	1523.63
2	119°53′20.251″	34°31′30.511″	
3	120°01′44.630″	34°36′57.781″	
4	119°56′53.423″	34°42′24.703″	
5	120°16′09.276″	34°53′22.792″	
6	120°29′58.528″	34°37′20.416″	
7	120°10′42.461″	34°26′13.451″	
8	120°05′16.201″	34°32′33.206″	
9	119°56′51.016″	34°26′24.887″	

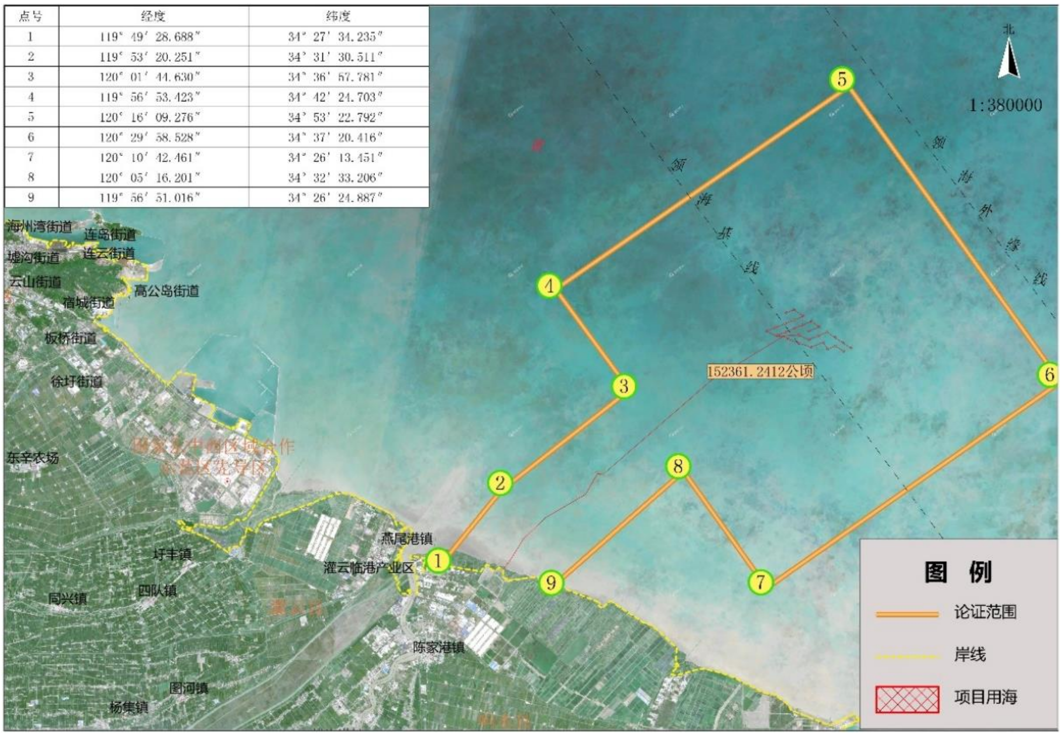


图 1-1 论证范围示意图

1.4 论证重点

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）附录 C，结合本项目用

海类型和用海方式、所在海域特征和对资源生态影响等因素，确定论证重点为：

（1）项目用海必要性；

（2）项目用海选址（线）、平面布置、用海方式、用海面积合理性；

（3）项目用海海域开发利用协调分析；

（4）项目用海资源生态影响；

（5）项目生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

（1）项目名称：华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）。

（2）项目性质：新建。

（3）投资主体：华润悦海（江苏）新能源有限公司。

（4）地理位置：本项目位于响水县近岸海域，风电场呈不规则多边形，经纬度范围为 E120°10′29.6719″～E120°17′12.6440″，N34°38′47.4979″～N34°41′30.9428″，风电场离岸距离约 31km，风电场区实测海底高程-16.27m～-13.84m，海底地形变化较为平缓。本项目位置见图 2-1。

（5）建设内容及规模：本项目共安装 28 台单机容量 11MW 的风电机组，总装机容量 308MW；1.38MW 桩基式光伏；配套 1 座 220kV 海上升压站、4 回 66kV 场内集电线共 35.5km、1 回 220kV 送出海缆 37.2km、1 回陆缆 1.6km 和 1 座 220kV 陆上集控中心。其中涉海建设内容包括 28 台单机容量 11MW 的风电机组、1.38MW 桩基式光伏、1 座 220kV 海上升压站、4 回 66kV 场内集电线和 1 回 220kV 送出海缆。

（6）投资总额：本项目投资总额 275238 万元，其中涉海工程投资额为 226518 万元。

（7）施工时间：本项目施工期为 12 个月。

表 2-1 工程特性表

略


北
1:500000
黄
领海基线
领海外缘线
海
高公岛街道
燕尾港镇
圩丰镇
灌云临港产业区
四队镇
陈家港镇
堆沟港镇
南河镇
滨海港经济区
图 例
2019年新修测岸线
项目用海

图 2-1 项目位置图

2.2 平面布置和主要结构、尺寸

2.2.1 平面布置

本项目风电场总规模 308MW，涉海建设内容包括 28 台单机容量为 11MW 风电机组、1 座海上升压站、4 回 66kV 场内集电线、1 回 220kV 送出海缆。详见图 2-13。

2.2.1.1 风电场区平面布置

华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）位于响水近岸海域，风电场离岸距离约 31km，规划风场呈不规则多边形，面积约 20.1km^2，场区实测海底高程在-16.27～-13.84m，共布置 28 台单机容量为 11MW 风电机组，风机轮毂高度 141m，叶轮直径 252m。风电机组垂直 SSE 主风向成排布置，共布置了 8 排，风电机组排间距约 782～954m（3.1D～3.8D），排内间距 770～1276m（3.1D～5.1D），风电机组间最小间距为 770m（3.1D）。

本项目风电场区南侧为灌河口至长江口航路（含深水航路），北侧为连云港港至长江口航路，西侧为灌河口至成山角航路，风电场区与上述航路边线最近距离分别为 1.3 海里、1.3 海里和 4.0 海里，间距均符合《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行)》(海通航函〔2021〕1608 号）相关要求。本项目风电场区西侧还分布有四鳃鲈鱼种质资源保护区，最近距离为 688m。

表 2-2 各风机点位间距一览表

略

略

图 2-2 风电场区总平面布置图

2.2.1.2 桩基式光伏平面布置

考虑到场区的水深和送出条件，本项目拟建桩基式光伏位于 T13 号风机东侧，距离 T13 号风机约 300m，不单独新建升压站，光伏发电经 T13 号风机与风电一起送出。发电系统采用 620Wp 高效海上光伏组件，共 2688 块组件，直流侧桩基容量为 1.77MWp，交流侧容量为 1.38MW。本项目光伏场区设置 1 个发电单元，设置 1 座箱变，太阳能电池组件所发的电能经过升压至 66kV 后接入 T13 号风机共同送至升压站。拟采用固定式钢平台的方式，固定式钢平台设置 3 座，自带倾角 10°。

本项目光伏平台尺寸为 33.097m×73.772m，共 3 个光伏平台，光伏平台的吊装间距为 1.5m。1.6MW 箱变平台尺寸为 15m×5m，共 1 个箱变平台，位于光伏平台西北侧，同时考虑到箱变的安全防护距离，箱变平台距离光伏平台的距离取 2m。

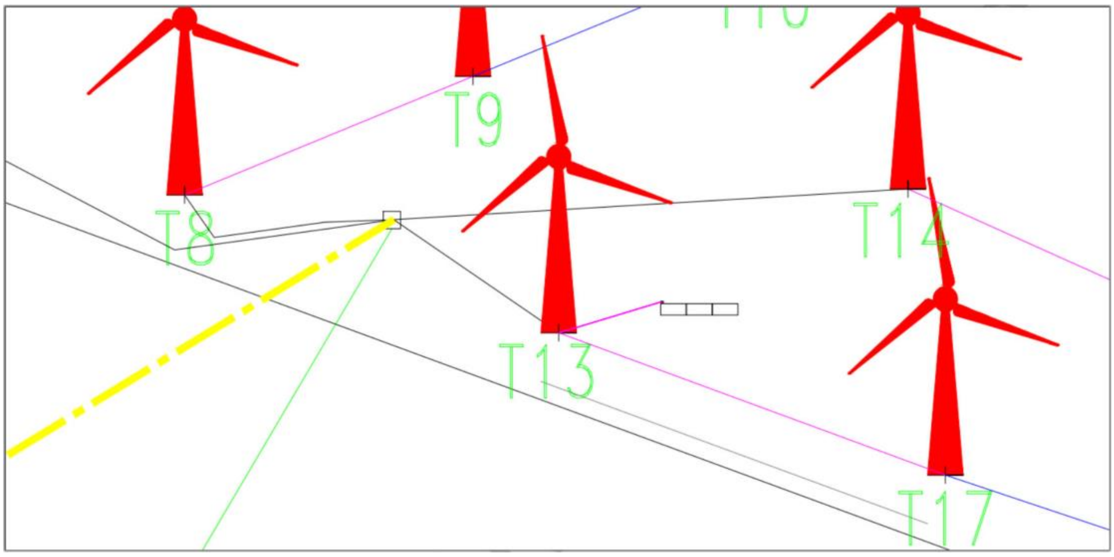


图 2-3 光伏平台在本项目风电场区内的位置示意图

略

图 2-4 光伏场区总平面布置图

2.2.1.3 海上升压站平面布置

本项目建设 1 座 220kV 海上升压站，位于风电场 T13 风电机组西北侧 530m 处。最外缘投影平面尺寸约为 42m×35m，底层甲板顶高程 13.00m，屋顶高程 29.00m。

220kV 海上升压站采用包括上部组块和下部结构的布置模式。下部结构为导管架型式，上部组块完成建造与安装调试后，整体运输至海上完成安装工作。

根据电气设备工艺要求，本项目 220kV 海上升压站采用三层布置（含甲板层）。一层（甲板层）布置有事故油池、临时休息室（9m×4m）、水泵房（10m×12.5m）、油罐室（9m×5.2m）及楼梯间等，并兼为电缆层，同时一层有 220kV 和 66kV 电缆穿越。靠近甲板边缘处布置有救生设备，同时一层也作为电缆层。综上，一层平面尺寸为 33.0m×31.2m，层高为 6.0m。

二层布置主变，主变下布置事故油坑，主变散热器布置在主变室一侧平台上；高抗室布置在主变的另一侧，高抗下布置事故油坑，高抗散热器布置在高抗室一侧平台上；主变与高抗一侧布置 220kV GIS 室（11.5m×9m）、站用变室（9m×9m）、备品备件间（4m×9m）；主变与高抗另一侧布置 66kV GIS 室、电阻柜室（3.55m×9m）、低压配电室（4.55m×9m）、暖通机房（9m×9m）等。综上，二层平面尺寸为 42.0m×34.5m，层高为 5.0m。

三层主要为主变与高抗上空区域、220kV GIS 室上空区域、通信继保室（18.5m×9m）、蓄电池室（9m×4.5m）、柴油机房（9m×6.5m）、楼梯间等。综上，三层平面尺寸为 42.0m×34.5m，层高为 5.0m。

220kV 海上升压站屋顶层设置空调室外机、气象观测站、避雷针、通讯天线及检修孔等，布置额定吊重为 5t 的悬臂吊。

略

图 2-5　220kV 海上升压站一层布置图

略

图 2-6　220kV 海上升压站二层布置图

略

图 2-7　220kV 海上升压站三层布置图

略

图 2-8 220kV 海上升压站屋顶布置图

2.2.1.4 风电场内部 66kV 电缆平面布置

桩基式光伏与风机之间连接、风机与风机之间连接以及每一回风机组至海上升压站之间连接的海缆全部采用 66kV 海底电缆，选用铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套钢丝铠装光纤复合海底电缆。本项目 220kV 海上升压站位于 T13 风电机组西北侧 530m 处。场区风机经 66kV 海缆连接后接入 220kV 海上升压站。从每回集电线路输送容量考虑，本项目风电场区共设置 4 回集电线路。同时避免集电线路与 220kV 送出海缆发生交越。风电场内集电电缆与风机阵列平行布置，每 7 个风电机组组成一回风机组。

66kV 海底电缆选用 3×95～630 48/66kV XLPE 绝缘电缆。每 7 个风电机组组成一回风机组，其中连接 1～2 台风机的海缆采用 3×95 48/66kV，连接 3 台风机的海缆采用 3×120 48/66kV，连接 4 台风机的海缆采用 3×185 48/66kV，连接 5 台风机的海缆采用 3×300 48/66kV，连接 6 台风机的海缆采用 3×500 48/66kV，连接 7 台风机的海缆采用 3×630 48/66kV。桩基式光伏采用 3×9548/66kV 截面海缆接入 T13 号风电机组。

略

图 2-9 66kV 集电线布置示意图

2.2.1.5 风电场 220kV 送出电缆平面布置

本项目新建 1 座陆上集控中心，位于响水县海堤线靠陆侧、灌河入海口东南侧约 8km 处，风电场电能经 220kV 海上升压站升压后通过 1 回 220kV 海缆穿越海堤送至集控中心。220kV 送出海缆在灌河入海口东南侧约 8km 的海堤登陆后由陆缆接入陆上集控中心。登陆后的陆缆和陆上集控中心均位于管理岸线向陆侧，不作为海域管理，不在本次论证范围内。

本项目海上升压站位于场区西侧，220kV 送出海缆自海上升压站向西南出线至拐点 AC1-10，继续向西南方向沿着四鳃鲈鱼种质资源保护区东南边界到达拐点 AC1-9（与保护区间距约 500m），往西绕开江苏响水近海风电场风机到达拐点 AC1-4（该段海缆路由与三峡 1 回送出海缆交越后位于其东侧），之后沿江苏响水近海风电场送出海缆向西南平行布设至拐点 AC1-3（间距约 19～55m），继续

沿开山岛（2）生态保护红线东南边界（间距约 100m）向西南延伸至拐点 AC1-2 后继续沿江苏响水近海风电场送出海缆（间距约 13～68m）向西南平行布设，最终在响水东北已建海堤登陆。220kV 海缆路由采用 1 回三芯（3×1000mm^2）方案，海缆路由长度约 37.192km。

表 2-3　220kV 送出海缆拐点设置一览表

略

表 2-4　220kV 送出海缆路由拐点坐标表

略

根据《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）3.2.9 条目，平行铺设的海底电缆应避免交叉重叠，电缆间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍，登陆段间距可适当缩小，但应满足电缆载流量和保护的要求。

根据《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》（GB/T51191-2016）5.4.2 条目，考虑后期海底电缆修复时所需空间，建议海底电缆铺设间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍。海底电缆引至岸边时，相互间距可适当缩小。另外，依据海缆厂家计算结果分析，海缆间距达到 5m 时，海缆间距对电缆载流量的影响才会基本消除；同时，为满足施工保护要求，降低各回海缆之间的施工影响，海缆间距应不小于 5m。

在满足上述施工铺设条件的前提下，海缆间距可取《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）、《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》（GB/T51191-2016）要求的最小值，即相应位置最大水深的 1.2 倍。H3-2#设计送出海缆路由与已建江苏响水近海风电场海缆并行段（KP0.0～KP13.7）沿线水深最深处约 9.8m，均值约 4.9m，根据规范要求 H3-2#设计海缆路由与现状海缆的铺设间距不宜小于 6m。

本项目送出海缆 AC1-6-登陆点段与江苏响水近海风电场已建送出海缆和部分场内集电线相邻，为避免海缆发生交越，本项目 1 回送出海缆与江苏响水近海风电场海缆需保持一定安全距离。根据本项目路由调查勘测结果，本项目设计送出海缆 AC1-6-AC1-4 段与已建江苏响水近海风电场场内集电线之间的间距在 76～175m 之间，该段水深在 8.1～9.8m 之间，平均水深 8.5m；送出海缆 AC1-5-

AC1-4 段与已建江苏响水近海风电场送出海缆存在 1 处交越，采用上交越方式，在交越范围段采取保护措施后可以确保已建海缆安全；送出海缆 AC1-4-AC1-3 段与已建江苏响水近海风电场送出海缆之间的间距在 19～55m 之间，该段水深在 5.0～9.4m 之间，平均水深 6.4m；送出海缆 AC1-3-AC1-2 段与已建江苏响水近海风电场送出海缆之间的间距在 30～388m 之间，该段水深在 2.9～5.1m 之间，平均水深 4.0m；送出海缆 AC1-2-登陆点段与已建江苏响水近海风电场送出海缆之间的间距在 13～68m 之间，该段水深在 0.0～3.1m 之间，平均水深 1.4m；本项目设计送出海缆除交越段外其他段与已建江苏响水近海风电场海缆之间的间距均超过其所在海域水深的 1.2 倍，均满足设计要求，施工均相对安全。

略

图 2-10　220kV 送出海缆总平面布置图

2.2.1.6 过堤点平面布置

根据本项目风电场总体布局，220kV 送出海缆过堤点位于响水县灌河入海口东南侧约 8km 海堤线位置，与已建三峡响水近海风电场 220kV 送出海缆集中登陆，登陆后转为电缆沟形式沿着海堤线向东南方向接入本项目新建陆上集控中心，登陆点距离陆上集控中心约 1.3km。本项目送出海缆拟采用定向钻过堤，不对堤身进行破坏，海缆过堤后，沿路边采用电缆沟铺设，最终进入陆上集控中心。

略

图 2-11 过堤点平面位置示意图

略

图 2-12 项目平面布置图（1）

略

图 2-13 项目平面布置图（2）

2.2.2 主要结构、尺寸

2.2.2.1 工程等别与标准

根据风电场极大风速及湍流强度分析结果和《风力发电机组设计要求》（GB18451.1）的有关规定，本工程属 IEC IIIC 类风场。参照《风电场工程等级划分及设计安全标准》（NB/T10101-2018）和《海上风力发电设计标准》（GB/T51308-2019）规定，本工程装机容量 308MW，按装机容量划分，其工程

等别为I等，工程规模为大型。

根据《风电场工程等级划分及设计安全标准》（NB/T10101-2018）和《海上风电工程风电机组基础设计规范》（NB/T10105-2018），海上风电机组基础设计使用年限为 25 年，海况设计标准（包括潮位）按重现期 50 年考虑；海上升压站设计使用年限为 50 年，海况设计标准（包括潮位）的重现期按照 100 年考虑。本项目海底电缆管道设计使用年限为 25 年。

本项目场址上部分布厚度较大的淤泥质软土，且受潮汐、波浪影响，根据《风电场工程等级划分及设计安全标准》（NB/T10101-2018），以单机容量、轮毂高度及地基复杂程度划分，本项目风机地基基础设计级别为甲级，风电机组基础结构安全等级为一级。按照升压变电站建筑物结构破坏可能产生后果的严重性，本项目海上升压站设计等级为 1 级，结构安全等级为一级。

根据《光伏发电站设计标准（修订稿）》（GB50797-2012）中第 3.0.4 条的规定，本项目额定容量小于 6MWp，为小型光伏发电站。因此，本项目按照小型光伏发电站进行设计。根据《光伏发电站设计标准（修订稿）》（GB50797-2012）规定，本工程光伏支架设计使用年限为 25 年，结构安全等级为三级。

参考《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），本工程邻近陆域II类场地基本地震加速度值为 0.05g，对应的地震基本烈度均为VI度，设计地震分组为第三组。

2.2.2.2 风电机组

（1）机组选型

根据海上风电场的特点，海上风电机组塔架高、转轮直径大、机舱重量大，大都采用变桨、变速、双馈等技术特点。选择适合本风电场的风电机组有利于降低项目施工难度，提高项目经济效益，有效地控制项目的投资风险。本项目微观选址过程中充分考虑国家电网公司、国家能源局对风电场接入电网的技术要求、气象条件、运输与安装条件、工程进度保证、运行可靠性等方面因素，并适合本风电场的特点，选择 WTG252-11MW 风电机组，机型技术参数见表 2-5。

表 2-5 风电机组主要参数表

略

（2）机组布置及发电量估算

本项目所在海域主要风能方向为 SE、SSE，根据风资源分布情况以及规划场址形状，风电机组垂直 SSE 主风向成行布置，共布置了 8 排，风电机组排间距约 782～954m，排内间距 770～1276m，风电机组间最小间距为 770m。本风电场共布置 28 台单机容量 11MW 的风电机组，风电场总装机容量 308MW。经计算，风电场年理论发电量为 133423 万 kW·h，年设计发电量 114452 万 kW·h，年上网电量 85839 万 kW·h，年等效满负荷小时数为 2787h，平均尾流影响系数为 14.22%。

略

图 2-14　WTG252-11MW 风电机组轮毂和叶轮结构示意图

略

图 2-15 风机布置示意图

（3）风机基础设计

本项目拟定单桩基础结构型式为：单桩直径为 8.0m 钢管桩，平均桩长约 75m，壁厚 65mm～95mm，入土深度约 48m。桩顶高程为 11.5m，桩顶通过法兰系统连接上部塔筒。

对于单桩基础，由于其自身刚度较小，若出现一定深度的冲刷对基础自身刚度影响较大。为防止桩周冲刷，沿单桩基础一定范围内采用砂被冲刷防护方案，确保单桩基础的稳定性。

靠船构件、钢爬梯及外平台等附属构件均集成于套笼结构上，集成式附属构件在陆上工厂进行加工制作，在沉桩及防冲刷措施施工完成之后，在海上整体吊装安装。

本项目风电机组基础位于近岸海域，基础顶高程的确定应避免塔架底部受潮水、波浪的影响，确保风电机组塔筒内电气设备不浸水，参考《海上风电场工程风电机组基础设计规范》（NB/T10105），基础顶高程的计算公式如下：

$$T = H + \frac{2}{3}H_b + \Delta$$

式中：

T——风电机组基础顶高程（m）；

H——极端高水位（取 3.02m，1985 国家高程基准，下同）；

H_b——极端高水位的最大波高（取 Hmax 波高，11.11m）；

△——空气气隙高度，取 0.5～1.5m。

根据上述公式计算得基础顶高程为 10.92～11.92m。同时考虑到单桩基础后续设置外平台，外平台上可能会根据风机厂家接口需求设置塔架外平台或者其他设备，确定单桩基础顶高程为 12.0m。后期需与风机厂家配合，复核基础顶高程，并优化外平台设置高度。

表 2-6 单桩基础主要工程量表

略

略

图 2-16 单桩基础结构图

2.2.2.3 桩基式光伏

桩基式光伏平台支架采用大跨度正放抽空四角锥形式，平台大小为 67.85m×35.88m，上部布置 15 行×59 列光伏组件。网架高度为 2.5m，电池方阵的固定倾角为 10°，上部组件采用圆管截面，材质为 Q355C，最小壁厚 3.5mm。杆件截面主要有 60×4，48×3.5，60×3.5，75.5×3.75，88.5×4，114×4，140×4，140×8，159×6 等。上部檩条采用 C 型冷弯薄壁型钢，材质为 Q355C，用于固定光伏板。

桩基式光伏平台下部基础采用钢管桩基础形式，布置 4 根钢管桩，共 12 根钢管桩，桩基础东西间距约为 41.3m，南北向桩间距约为 21.745m。桩采用变截面桩设计，上段截面为 700×12～18mm，下段截面为 2000×14～18mm，平均桩长约为 50m，材质为 Q355C，同时考虑冲刷引起的泥面沉降，预留冲刷深度（1.5m）。本项目单个光伏平台采用 4 根钢管桩，共 3 个光伏平台，合计 12 根钢管桩。

本项目建设箱变平台 1 座，采用钢平台结构形式，平台梁采用热轧 H 型钢，基础采用 4 根 φ700～φ1700 的变径钢管桩，壁厚 10～18mm，材质为 Q355C。

光伏场区内部主要采用平台和栈桥进行走线，平台内部主要采用吊支架型式。平台至箱变间连接线路采用栈桥型式，共 1 座栈桥，布置 2 根钢管桩。栈桥桩采用 φ700～φ1700 的变径钢管桩，壁厚 10～18mm，材质为 Q355C。太阳能电池组件所发电能经箱变升压后通过海缆汇集至海上升压站。

海上光伏钢平台高程确定采用 50 年一遇高水位及 50 年一遇最大波高进行

钢平台最低点高程计算。

海上光伏平台设计高程参考海上风电升压站的底层甲板的计算方式进行确定，参照《风电场工程 110kV~220kV 海上升压变电站设计规范》（NB/T31115），光伏平台最低点高程按下式确定：

$$T = H + \frac{2}{3}H_b + \Delta$$

式中：T——光伏组件最低点高程（m）；

H 为 50 年一遇极端高水位，取值为 3.02m；

H_b 为 50 年一遇极端高水位下的 Hmax 最大波高，取值为 10.33m；

△为安全气隙高度 0.5m；

考虑到海平面上升、基础沉降，同时考虑到潮位、波浪、施工因素，海上光伏平台的最低点进行适当加高，计算得到光伏平台最低点高程为 10.50m，对应最顶部高度约为 18.953m。

略

图 2-17 桩基式光伏钢管桩结构图

略

图 2-18 桩基式光伏网架结构图

略

图 2-19 桩基式光伏平台结构立面图

略

图 2-20 箱变平台结构图

2.2.2.4 海上升压站

海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用导管架型式，并设置了 4 根钢管桩。上部结构拟整体安装，即整个升压站包括其内部的电气设备在陆上建造、组装后整体运输和安装。

（1）海上升压站高程确定

根据海洋水文资料，海上升压站 100 年一遇高水位所处位置极端高水位为 3.13m；场区 100 年一遇的最大波高为 10.40m。

根据《风电场工程 110kV～220kV 海上升压站变电站设计规范》（NB/T31115-

2017），海上升压站底层甲板上表面高程应符合：

$$T = H + \frac{2}{3} H_b + \Delta + H_1$$

式中：

T——海上升压站平台底层甲板上表面高程（m）；

H——极端高水位（m）；

H_b——极端高水位的最大波高（m）；

△——空气气隙高度，取 1.5m；

H_l——底层甲板包括梁在内的结构高度，取 1.0m。

根据上述公式计算得海上升压站平台底层甲板上表面高程为 12.56m，综合考虑潮位、波浪、基础沉降、施工等因素，海上升压站底层甲板面上表面高程定为 13.00m。

（2）上部组块布置

220kV 海上升压站采用包括上部组块和下部结构的布置模式。下部结构为导管架型式，上部组块完成建造与安装调试后，整体运输至海上完成安装工作。220kV 海上升压站共三层（含甲板层）。

一层（甲板层）布置有事故油池、临时休息室、水泵房、油罐室等，并兼为电缆层，同时一层有 220kV 和 66kV 电缆穿越，一层平面尺寸为 33.0m×31.2m。靠近甲板边缘处布置有救生设备，取层高为 6.0m。

二层布置主变，主变下布置事故油坑，主变散热器布置在主变室一侧平台上；主变一侧布置 220kV GIS 室，另一侧布置 66kV GIS 室，主变室对侧布置开关柜室、应急配电室、低压配电室、二次设备间、通风机房及备品间等；二层平面尺寸为 42.0m×34.5m，二层层高取 5.0m。

三层主要为主变、GIS 室上空区域，以及通信继保室、蓄电池室、柴油机房等，三层平面尺寸为 42.0m×34.5m，三层层高 5.0m。

220kV 海上升压站屋顶层设置空调室外机、气象观测站、避雷针、通讯天线及检修孔等，布置额定吊重为 5t 的悬臂吊。

220kV 海上升压站甲板层设有两个通道通向登船平台，可以通过救生艇等逃

生，各层均设有两部室外疏散楼梯和一部室内楼梯，室内楼梯直接从海上升压站顶层一直通到甲板层，宽度为 1.00m，满足疏散通道要求；GIS 室、通信继保室等主要防火区域均设有两个以上出口，防火门均采用和墙相同的防火等级，所有防火门均向疏散方向开启。

海上升压站上部组块平面尺寸为 42.0m×35.0m×16m（钢平台最外侧边缘尺寸）。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1000、H800，次梁采用热轧 H 型钢 HN600、HN500、HN400、HN300 等。立柱采用 φ1400、φ1000、φ406、φ356 钢管，两层主甲板间斜撑采用 φ406 和 φ356 钢管，甲板之上满铺 8mm/6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用钢材 DH36-Z35 加强，上部组块上限（NTE）总重约 1950t。上部组块舾装设计参考海上石油平台舾装，依据《海上固定平台安全规则》（国家经贸委 2000）等规范设计，舾装所有材料都应提供 SOLAS 防火等级证书，同时具有 CCS 的认可证书。上部结构在陆上工厂制作，完成焊接、涂装、电气设备安装调试等工序后运输至现场安装。整个上部结构在结构、建筑、暖通、电气设备安装等施工完成并调试结束后整体吊装到升压站基础上。上部组块与导管架基础连接采用焊接方式。基础桩与导管架套筒采用灌浆连接方式。

上部组块重量见表 2-7。

表 2-7 海上升压站上部组块重量汇总表

略

（3）下部基础布置

220kV 海上升压站基础采用导管架型式。

导管架拟采用 4 桩导管架型式，导管架 4 个面的斜度约为 10:1，主导管采用 φ2240 钢管，呈梯形分布，同时设水平拉筋 φ1200 钢管及斜拉筋 φ1200 钢管，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35 加强。导管架上设靠船构件、登船平台等附属构件。导管架上限（NTE）重量约 740t，导管架主体结构重量约 530t，其他附属结构重量约 210t。

钢管桩拟采用 φ2000 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为 36～50mm，桩长约为 75m。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。单根桩重约 174t，4 根桩重约 700t。

在海上升压站周边沿导管架分别布置φ402mm 的 66kV 海缆保护 J 型套管和φ508mm 的 220kV 海缆保护 J 型套管。66kV 海缆和 220kV 海缆沿 J 型套管登入、登出海上升压站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处以上 1m。

略

图 2-21　220kV 海上升压站立面图

2.2.2.5 防腐设计

（1）风机和海上升压站防腐设计

由于本项目风机单桩基础、海上升压站的钢管桩直接处于海水环境中，其浪溅区和水位变动区、全浸区腐蚀问题严重，考虑到本项目基础结构的重要性，根据邻近海域港口及近海工程的防腐蚀设计经验，参考《海上风电场工程防腐蚀设计规范》（NB/T10626）、《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》（JTS153-3）等相关规范留有腐蚀余量的同时，采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，即采用外加电流阴极保护方式，在浪溅区、水位变动区、全浸区辅以长寿命重防腐涂料双层改性环氧涂层（1000μm）进行防腐，泥下区采用外加电流阴极保护方式进行防腐。

根据国内外海洋工程、港口工程防腐蚀设计经验，结合本项目风电场场址区域水环境特点，本项目采用的风机基础结构防腐蚀方案具体见表 2-8；海上升压站基础防腐蚀方案具体见表 2-9。

表 2-8 风机基础防腐蚀方案

略

表 2-9 海上升压站防腐蚀方案

略

（2）桩基式光伏防腐设计

本项目光伏场区位于海洋环境中，如不采取有效的防腐措施，会对钢结构产生较大的腐蚀，从而影响结构的安全性。本项目钢结构构件采用金属保护层的防腐方式。

1）钢网架杆件防腐蚀设计

网架结构杆件均采用热浸镀锌涂层，热浸镀锌须满足《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及实验方法》（GB/T13912）和《海上风电场工程防腐蚀设计规范》（NB/T10626）的相关要求，外表面喷涂 60μm 富锌底漆+环氧重防腐涂层 160μm+脂肪族聚氨酯面漆 100μm 进行物理防护。防腐前需对钢结构除锈处理，除锈等级应达到 Sa2.5 的质量要求。檩条防腐蚀方案与杆件相同，檩条和杆件连接处的螺栓拟采用达克罗方式进行防腐处理。

2）钢管桩防腐蚀设计

根据国内外海洋工程、港口工程防腐蚀设计经验，结合本工程场址区域水环境特点，本工程采用的结构防腐蚀方案具体见表 2-10。

表 2-10 海上光伏支架桩基础防腐蚀方案

略

2.2.2.6 防冲刷设计

由于单桩基础自身刚度较小，对海床冲刷较为敏感，需要采用防冲刷保护措施。目前海上风电领域，比较常见的风机基础结构防冲保护措施有：水下抛石、砂被砂袋以及固化土等方案。抛石护体和防冲刷砂被均具有一定的柔性，能够适应局部地形的变化，起到较好的防冲刷作用。根据其他风电场建设经验，采用砂被防护的防冲刷处理措施能有效防止单桩基础冲刷坑的形成，且经济性较高，故推荐采用砂被防护的防冲刷处理措施。

根据国内外冲刷防护的相关设计和实施经验，冲刷防护在被防护结构的寿命期内，须按照一定的周期进行检查/监测，并根据检查/监测的情况进行必要的维护。与此同时，根据已建或在建海上风电场工程经验，单桩基础施工完成后，桩周附近的局部冲刷坑随之形成。因此，本项目在结构设计时考虑预留 2m 的冲刷深度，即确保单桩基础在冲刷 2m 的条件下，基础结构的稳定、强度和变形仍可满足规范规定及风电机组正常运行的要求。此外在风电场建成后，应加强巡视与测量，了解风机基础周边冲刷情况，若发生基础冲刷程度超过预期保护不足的情况应及时采取措施进行加强保护。

2.2.2.7 靠船防撞设计

本项目风电场区已避开海上主要航道航线，且对养殖区影响较小。同时，在

风电场建设完成后，可在风电场外围设置警示标志禁止除风电场维护及运行管理以外的船舶进入风电场区域。海上风机基础主要针对运维船只进行防撞设计，包括运维船只的正常操作靠泊和事故碰撞。

根据目前国内风电场运行情况，日常运行维护船舶多采用小型船舶，船舶出海一般要求在波高 1.5～2.0m 以下，靠泊作业一般要求流速小于 0.5～1.0m。根据以往设计经验，一般采用靠船钢管即可满足设计要求，即直接利用风机基础设置防撞构件设置防撞钢管并在外侧设置橡胶护舷的防撞系统方式，进一步确保船舶的安全停靠，降低船舶撞击力。

根据海上风电场在风机设备调试、运行和检修工作的需要，参照附近已建风电场的设计经验，本工程选择日常工作船按 50～500t 计。参考《港口工程荷载规范》(JTS144-1)，工程场区按无掩护海域考虑，参照本项目附近已有风场建设，系缆设施系缆力标准值按 50kN 考虑，靠泊系统设施按 500t 级工作船舶法向靠泊速度 0.45m/s，根据《海上风电场工程风电机组基础设计规范》（NB/T10105）中相关规定，当风电机组基础承受船只或排筏撞击时，船舶撞击力为 474kN，故本项目考虑船舶撞击力为 500kN。

根据计算，维护船舶撞击下防撞钢管应力在 195MPa 范围内，本项目设置的靠船构件系统满足正常维护船只的靠泊要求。

2.2.2.8 海底电缆

（1）66kV 电缆

桩基式光伏与风机之间连接、风机与风机之间连接以及每一回风机组至海上升压站之间连接的海缆全部采用 66kV 海底电缆，选用铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套钢丝铠装光纤复合海底电缆。

66kV 海底电缆推荐选用 3×95～630 38/66kV XLPE 绝缘海缆。每 7 个风电机组组成一回风机组，其中连接 1～2 台风机的海缆采用 3×95 48/66kV，连接 3 台风机的海缆采用 3×120 48/66kV，连接 4 台风机的海缆采用 3×185 48/66kV，连接 5 台风机的海缆采用 3×300 48/66kV，连接 6 台风机的海缆采用 3×500 48/66kV，连接 7 台风机的海缆采用 3×630 48/66kV。桩基式光伏采用 3×95 48/66kV 截面海缆接入 T13 号风电机组。

（2）220kV 电缆

本项目新建 1 座陆上集控中心，位于响水县灌河入海口东南侧约 9km 处，风电场电能经 220kV 海上升压站升压后通过 1 回 220kV 海缆跨越海堤送至集控中心。220kV 送出海缆在登陆点以定向钻形式穿越海堤，过堤后以电缆沟形式接入集控中心。220kV 海缆采用 3×1000mm^2 XLPE 绝缘三芯海底电缆。

略

图 2-22　66kV/220kV 3 芯海底电缆结构断面示意图

2.2.2.9 电缆穿堤设计

本项目 220kV 送出海缆过堤点位于响水县灌河入海口东南侧约 8km 海堤线位置，采用定向钻穿堤，不对堤身进行破坏。海缆通过定向钻穿堤后，沿海堤线向东南侧采用电缆沟铺设，最终进入陆上集控中心。定向钻入土点（位于海域）距离海堤 200.00m，出土点（位于陆域）距离海堤 48.28m。

海缆穿堤施工采用定向钻孔的方式，成孔施工设备布置与操作均在海岸线向海侧的施工场地内进行，通过定向钻导首先在海堤底部从海域向陆域侧沿设计路径进行先导孔的施工，在海堤临陆侧陆域内先导孔出地面后通过反向扩孔并附带电缆保护管形成设计断面，完成海缆穿堤施工。定向钻孔穿堤方式已广泛用于海底光缆、电缆、石油管线登陆，国内多个海上风电场的电缆登陆也采取了这种施工方式。

略

图 2-23 海缆定向钻平面布置图

略

图 2-24 海缆定向钻详图

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 施工交通运输条件

2.3.1.1 场外交通运输

本项目施工期内的外来物资虽然种类相对较少，运输量与运输强度较小，但运输的物资中，绝大部分属于风机设备等超大、重件，需考虑特殊运输方式，因此对场外运输方案与路线的选择提出了较高的要求，运输难度较大，其中有代表

性的大件运输物资为风机机组设备、导管架、钢管桩等大型钢结构体。

（1）常规物资的场外运输

水泥、钢材（筋）、油料等常规物资的来向考虑从盐城及其周边区域的建材市场进行购买，物资来向相对单一，依托物资来向区域发达的公路网络，可以选择公路运输的对外交通运输方式至风电场工程施工现场。

常规物资对外运输方案规划如下：

表 2-11 常规物资对外运输方案列表

种类	物资来向	运输方案
钢材	盐城及其周边区域建材市场	公路运输
油料	盐城及其周边区域油料市场	公路运输
生活、办公物资	盐城及其周边区域市场	公路运输

（2）风机组件场外运输

根据调查，风电机组的主要部件中的轮毂、机舱等上部风机设备由江苏江阴基地提供，风电机组的主要部件中的叶片由江苏射阳基地提供，塔筒由江苏地区合适的生产厂家提供。根据风机塔筒尺寸，可以满足该尺寸塔筒制造要求的钢结构生产厂家多位于江苏启东地区，如蓝岛，润邦等。启东地区位于江苏省南通市长江口北岸，不仅陆路交通网发达，同时水运位置优越，各厂家均有配套码头可供塔筒出运。

1）叶片、轮毂、机舱等风电机组部件场外运输

根据风电机组上部组件的生产基地位置，叶片通过叶片专用车辆将叶片倒运至装船码头，每台车载装一支叶片。陆上运输线路为：厂家—江苏基地配套码头，途中无限高障碍影响车辆行驶，转弯处可满足叶片、机舱、轮毂大件设备运输要求，具备运输条件。海上运输路线为：江苏基地配套码头—盐城港滨海港区；现阶段盐城港滨海港区可以满足装载风机设备的船只的靠泊要求。

2）塔筒场外运输

由于选择的风机型号的塔筒直径较大，超出了公路运输限高的要求，无法采用公路运输方案，因此塔筒运输可选择采取海上运输的方式，塔筒厂家的临岸码头作为起岸码头。海上运输线路为：临岸码头—滨海港区。

（3）风机和海上升压站基础构件场外运输

本项目风机基础采用单桩基础结构型式，海上升压站基础采用导管架基础结构型式。

根据本工程风机及海上升压站基础各组件的运输尺寸特点，需重点考虑运输方式的物资为钢管桩、导管架等钢构件。考虑在工程周边区域大型的制造类企业加工风机及海上升压站基础的钢结构件，海运至工程施工现场。

（4）海上升压站上部组块场外运输

根据类似工程实际的操作模式，为尽量减少现场的安装次数，避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时减少海上设备安装调试时间，海上升压站上部平台采用陆上总装的方式，将各层结构分层预制拼装，在相应安装层完成后进行其层面上电气设备的安装工作，最终形成可整体出运的上部组块（包括电气设备）组合体。后续需通过招标方式确定本工程海上升压站上部平台钢结构制作施工基地。海上升压站上部平台钢结构运输采用直接从大型钢结构加工厂的自有码头海运至工程施工现场的方案。

表 2-12 外来物资对外运输方案表

<table>
<tr><th colspan="2">种类</th><th>物资来向</th><th>运输方案</th></tr>
<tr><td colspan="2">常规物资运输</td><td>盐城及其周边区域建筑市场</td><td>公路运输</td></tr>
<tr><td colspan="2">风机基础、海上升压站钢结构（钢管桩、导管架、钢平台等）</td><td>江苏地区钢结构加工企业</td><td>海路运输</td></tr>
<tr><td rowspan="2">风机设备</td><td>机舱、轮毂、桨叶</td><td>江苏地区</td><td>海路运输</td></tr>
<tr><td>塔筒</td><td>江苏地区</td><td>海路运输</td></tr>
</table>

2.3.1.2 场内交通运输

场内交通运输是指施工材料、构件、风机设备等从临时施工基地运送至风场内各个施工点，以及船舶在各施工点之间的移船方案。

本项目主体建筑物位于海上，施工物资与设备在到达工程现场后需要进行运输方式的转换与调整，以满足物资场内海上运输的要求，因此必须在工程现场附近选择合适的港口码头作为物资运输场内运输的起点，承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能。

根据目前所掌握的工程场区水文地质资料、盐城港滨海港区航道等资料，场

内水深、盐城港滨海港区与工程场区之间的水深均满足大型船只吃水要求，故选择盐城港滨海港区作为施工基地，场内交通运输均考虑船舶水运方案。

略

图 2-25 本项目场内外交通运输线路示意图

2.3.2 施工布置

项目施工选择滨海港区作为本工程的施工基地，作为物资水路运输的到岸码头，同时承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能，称为 1#施工生产区，位于陆域，不涉及施工用海。

（1）机械保养场及综合加工厂

1#施工生产区主要为风机设备临时堆存区域，没有生产加工功能需求，因此仅布置机械保养设施，机械保养场主要承担施工机械小修、保养及临时停放，占地面积 2000m^2。

（2）仓库布置

1#施工生产区内的仓库主要为综合仓库及风电机组电气设备专用仓库。综合仓库仅包括临时的生产、生活用品仓库等，占地面积 1000m^2，电气设备专用仓库主要堆存电缆及电气设备等，以堆存 5 台风机相关的设备物资为标准，占地面积 4000m^2，仓库占地面积共计 5000m^2。

（3）风机设备堆存与拼接场

风机设备临时堆场根据风机基础施工进度情况同时参考其余工程风机设备供货情况进行布设，本阶段风机供货的台数暂按每次 7 台考虑，临时堆存场地面积为 30000m^2。

（4）临时生活、办公区设置

施工临时生活办公区布置在施工基地所在港口区域，考虑海上作业人员轮流到陆地上倒休调整，以及陆上生产区内的工作人员，经初步计算，1#施工临时办公生活区建筑面积约 1500m^2，占地面积约 3000m^2；海上施工人员通过驳船自带的生活、办公设施解决。

各施工临时设施建筑、占地面积详见表 2-13。

表 2-13 施工临时设施建筑、占地面积一览表

略

略

图 2-26 施工总布置示意图

2.3.3 施工方案

2.3.3.1 风机基础施工

本项目单桩基础共布置 28 根。单桩基础钢管桩平均桩径 8m，平均桩长 75m，壁厚 65～95mm，平均桩重 1199.415t，入土深度约 48m，桩底高程-63.5m，桩顶高程 11.5m。拟主要施工流程考虑为：钢管桩制作→钢管桩运输→钢管桩沉桩施工→基础保护施工→附属构件安装。

（1）钢管桩制作

本项目共 28 台风机，需超长大直径钢管桩 28 根，考虑到钢管桩属于大型钢构件，若选择在工程现场进行加工，其加工质量难以满足要求，因此钢管桩考虑在工程场区附近的大型钢结构制造企业进行卷制、焊接，此类钢结构制造类企业为适应大型设备部件的长途运输工作，一般均自备有物资出运码头，可充分发挥港口航运的优势，通过海运至工程现场。

图 2-27 钢管桩加工实景

图 2-28 钢管桩拼装示意图

（2）钢管桩运输

本项目单桩基础钢管桩桩径约 8.0m，平均桩长约 75m，重约 1199.4t。根据对钢管桩运输要素的分析，管桩运输长度是船只选型的控制要素，按照管桩运输尺寸要求，拟配套选择 10000t 级及以上可自航式甲板驳船。在存储、运输、装卸和沉桩施工过程中，应避免碰撞、摩擦等造成涂层的破损、管端变形和损伤。夏季施工时，由于现场堆放及海上运输等日照强烈，成品钢管桩在存储和运输过程中应遮盖防晒帆布。

图 2-29 钢管桩运输

（3）钢管桩沉桩施工

本项目单根钢管桩沉桩直径约为 8.0m，平均长度为 75m，桩重约为 1199.4t，为保证管桩的加工与施工质量，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、抛锚艇、拖轮与交通艇等船舶组合，其中以打桩船为主要施工设备。打桩船主要由以下几个部分组成：船体系统（包括船体、锚位系统、动力系统）、吊装系统、锤击沉桩系统（包括打桩锤、替打）、海上沉桩 GPS 测量定位系统。

船体系统为整个海上沉桩系统的载体，为其提供操作空间与动力，主要包括船体（含密封舱、储水仓、储油仓、生活仓与救生设备等）、锚泊系统、动力系统。船体系统推荐选择常规浮式起重船舶进行单桩基础的沉桩施工。

吊桩系统是整个吊打沉桩方式的重要组成部分，起重机械应满足管桩植桩吊重、吊高的要求，现阶段设计钢管桩的平均桩长约为 75m，重量约 1199.4t，属于特长、特重管桩的范围，根据单桩基础管桩的设计参数，吊重考虑吊具及锁具重量约 50t，并按照起重机 85%起重保证率的设备性能要求，吊高考虑桩顶以上索具长度约 8m，钢管桩底部与泥面安全距离约 2m，本项目风电场区水深 12～15m，起重机械应具有吊高 90m 工况下起重 1300t 及以上吨位的起重能力，因此推荐 2000t 级及以上（起重能力）的船载起重机（吊高在 95m 工况下）。本项目单桩基础施工配置的大型浮式起重船宜以全回转浮式起重船为主推方案，固定扒杆式起重船为备选方案。由于本项目推荐采用浮式起重船吊装基础施工，因此选择辅助工艺定位导向架设施配合施工，并且辅助工艺定位导向架设施已在江苏、广东等多个海上风电场中成功应用实践，其沉桩施工进度控制能完全满足进度和精度的需要，且施工成本较低，推荐其作为本项目的沉桩精度控制措施。

图 2-30 单桩定位架示意图

锤击沉桩系统，考虑到选用桩锤的桩帽尺寸与桩径匹配性，尽可能减少送桩器的变径范围及送桩器长度，同时考虑到送桩器上锤击能量的消散，采用 3000kJ 液压打桩锤进行本项目单桩基础的打桩施工，建议施工单位配置 3500kJ 液压打桩锤备选，确保工程沉桩顺利实施。

（4）基础保护施工

单桩基础周围采用砂被进行基础外部裸露表面的保护工作。基础保护所需砂被通过驳船运输至风机基础区域，利用吊机辅助以人工进行铺设施工。单桩基础施工完成后需要在尽可能短的时间内进行砂被铺设工作。

图 2-31 砂被铺设

（5）附属构件施工

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

图 2-32 集成式附属构件海上整体吊装施工图

（6）溜桩控制措施

溜桩作为常见的钢管桩沉桩问题，在钢管桩沉桩时需要严格关注，为应对可能发生的溜桩风险，将采取相应的措施，保障沉桩的施工质量及安全：

①采用“一桩一议”的方法，根据风电场钻孔柱状图，对每个机位的地质进行分析，充分认识每层土质的性能指标，分析可能溜桩的区段。

②针对地质差的桩位，钢管桩自重入泥时，尽量在入泥深度的前 5m 停下来调整垂直度，然后一次性使钢管桩自沉结束，便于冲破软土层中夹杂的硬土层，尽可能地靠自重入泥深一些。

③钢桩自重入泥后，根据入泥深度对比钻孔柱状图，对溜桩发生的可能性以及溜桩的距离有一个大致的分析。

④若自重入泥深度未穿透软土层，发生溜桩可能性很大，此时应采用带底座压锤的方式，使钢管桩尽量下沉。

⑤若压锤后都未能穿透软土层，且软土层不是很厚，根据厚度情况选择较长

的钢丝绳吊液压锤沉桩，预留较长的溜桩距离。若还存在很厚的软土层，需考虑液压锤脱钩沉桩。压锤结束后，将吊锤钢丝绳与吊钩脱离，再开始沉桩。

⑥在液压锤及钢管桩上做开孔处理，采取脱钩下沉的方式。

⑦锤击沉桩时，以最小能量开锤，并在开始击锤后，在开始阶段，多振少击，锤击过程中，观察贯入度是否过大，贯入度超过 20mm 时，发生溜桩的可能性较大，应停锤等待一定时间，再开始锤击。

（7）风机基础施工主要施工设备

表 2-14 风机基础施工主要施工设备配置表

略

2.3.3.2 风机安装工程施工

海上风电场风电机组的安装采用分体安装方案，选用自升式平台船作为施工设备进行风机海上安装。

（1）风机设备预组装与运输

根据场外交通运输条件分析，拟推荐滨海港区码头为本项目的风电机组设备堆存及底段塔筒预组装基地及风机设备零散部件转运码头，在码头上完成机舱与轮毂、下节塔筒与内部电气设备的预组装工作。为提高自升式船舶的适用工效，增加运输驳船的抗浪等级，考虑采用 5000t 级可自航驳船将风机零散设备部件（机舱+轮毂、叶片和塔筒）运输至拟安装风机机位。

（2）风机设备海上安装

自升式起重平台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，进行风机各零散设备的组装工作，风机吊装顺序是第一段塔筒 第二段塔筒 第三段塔筒 第四段塔筒 风机机舱+轮毂 叶片，机组安装由风机机舱+轮毂的吊装工况控制，11MW 机组吊重≤620t，吊装高度 141m（未计吊具吊绳等高度）。根据此吊装要求，选择额定起吊重量为 1000t 级及以上，吊高为 155m 以上自升式起重平台。

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

①吊装准备作业完成后，即开始进行吊装作业。风机吊装顺序是：第一段塔

筒　第二段塔筒　第三段塔筒　第四段塔筒　机舱+轮毂　叶片。

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

在塔筒设备安装方面，应掌握安装期间工程区气象条件，以确保安装作业安全。安装时，先利用吊车提升下塔筒，慢慢将塔筒竖立，使塔筒的下端准确坐落在基础的法兰钢管上，按设计要求连接法兰盘，做到牢固可靠。中塔筒、上塔筒的安装方法与下塔筒相同。

在风力发电机组安装方面，风速是影响风力发电机组安装的主要因素之一，当风速超过 12～14m/s 时，不允许安装风力发电机。在与当地气象部门密切联系的同时，现场设置风力观测站，以便现场施工人员做出可靠判断，确保风力发电机组安装顺利进行。

机舱或叶轮组合体安装时，施工人员站在塔架平台上，利用吊机提升机舱或叶轮组合体，提起至安装高度后，再慢慢下落，机舱应完全坐落在塔筒的法兰盘上，按设计要求连结法兰盘。所有安装作业完成并经验收合格后，移去施工设施，进行风力发电机组调试工作。

（3）风机安装主要施工设备

表 2-15 风机分体吊装方案主要施工设备配置表

略

2.3.3.3 220kV 海上升压站施工

220kV 海上升压站的施工内容包括钢结构制作、基础施工、上部组块安装三大部分。主要施工工艺流程为：钢结构加工与制作→电气设备安装、调试→导管架沉放→钢管桩沉桩施工→上部平台整体安装→电气设备联动调试。

略

图 2-33 海上升压站施工工艺流程图

（1）钢管桩与钢结构平台的制作及运输

管桩采用直径 2.2m 的钢管桩，桩长 85m，共布置 4 根，总用钢量 740t。钢管桩通过组合钢桁架结构与上部的钢平台进行连接，上部钢结构平台采用型钢组合拼装。钢结构平台与下部的组合钢桁架结构虽然属于大尺寸钢结构体，但结构

形式简单，制作难度一般，因此为保证结构体的加工质量，可选择风机基础钢结构加工的企业进行生产。

钢管桩、导管架等基础物资生产完成后，即装船运输，直接运抵工程场区施工。钢管桩及导管架的运输采用 10000t 可自航式甲板运输驳船。

（2）电气设备安装

为方便现场的安装作业，拟将钢平台及平台内的主要电气设备在加工场地一起组装，整体运输。钢平台按照结构布置分块制作、分层拼接，主要电气设备在制作过程中同步安装。

①电缆线路安装技术要求

电缆管的加工铺设，电缆铺设及电缆终端头的制作等均应符合《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（GB50168）的有关规定和施工图纸要求。

②220kV 主变压器安装技术要求和注意事项

A.主变压器到达现场后，除进行外观和数量检查外，还应检验冲撞记录器上的加速度记录不得超过制造厂的规定。

B.主变压器到达现场后，应进行器身检验。

C.变压器本体及附件的安装应遵守制造厂在安装装配图、安装使用说明书中的规定。

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

E.变压器安装完毕后，应用高于附件最高点的油柱压力进行整体密封试验，其压力为油箱底部达到 50kPa 压力，试验持续时间为 36h，应无渗漏。

③220kVGIS 安装技术要求

220kVGIS 全套设备的安装、调试，应在厂家指派工程师及安装说明书指导下，并应符合 GB50147《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》的有关规定和施工图纸要求。

（3）导管架结构沉放

①机位扫海

测量人员在正式施工前进行扫海工作，扫海面积以升压站中心为圆心，半径

40m 范围内进行详细测量，并复测升压站实际高程，绘制机位等深线。出现以下几种情况时应采用不同措施：

A.当等深线偏差在 30cm 以内，且出现导管架四根立柱高低不平时：则可在吊装时通过导管架自重加振动锤沉桩的方式将导管架进行调平至设计规定范围内。

B.当等深线偏差在 30cm 或超过 30cm 时，则需要挖泥船进行相关的海底找平工作，然后进行导管架的吊装工作。

②导管架沉放

在导管架运输至升压站位置后，首先开始进行导管架的沉放工序。

导管架结构安装方案选择浮式起重船进行吊装，其主钩起吊能力为 2000t 以上，满足导管架结构吊重 740t 的安装要求。

图 2-34 海上升压站导管架沉放

导管架结构安装尽量选择风浪环境相对较好的时间进行安装，降低外界环境对导管架安装的影响。由于浪、流作用及船体自身晃动等影响，导管架入水时很可能并非垂直，而是有一定斜度，因此安排 1～2 艘工作船辅助吊放。工作船上设有绞车等，一旦导管架倾斜，工作船开动绞车，通过牵拉缆绳调整方向，确保导管架垂直安放。

（4）钢管桩沉桩施工、灌浆作业

考虑到本升压站工程基础结构的特征，采取先放导管架后沉桩施工的方式。

对于钢管桩沉桩施工，由于本项目单根钢管桩重约为 175t，同时考虑到重约 740t 的导管架的吊装需求，因此钢管桩沉桩可采用具有 2000t 级及以上起重能力的起重船进行吊打施工，经过对本项目管桩沉桩施工要求的初步分析，选择 1200kJ 型液压打桩锤作为首选锤型，1800kJ 型液压打桩锤作为备选。

沉桩完毕后即进行灌浆施工，本项目导管架主导管与钢管桩连接灌浆施工采用高强化学灌浆材料。灌浆用水采用淡水（一般为饮用自来水），出海前将饮用自来水存储在灌浆施工用船的水舱内备用。

导管架调平完成后，套筒与钢管桩间的环形空间内通过高强灌浆材料连接，压力灌浆工艺采用工作船上的灌浆泵进行施工。在沉桩、调平后进行环形空间灌浆将钢管桩与主导管固结联系，本导管架外套至桩顶牛腿后，止水橡胶受到挤压进而阻止外部海水进入主导管和桩基形成的封闭空间内，在抽干管内水后，形成干燥的灌浆环境。由于调平装置的阻隔，需在导管架上预留灌浆管，出浆管口预留设置在桩上。灌浆设备均放置在多功能驳上，施工时将多功能驳上的灌浆泵通过胶管与已安装在导管架上的管道连接。

施工前对整个灌浆系统的设备、管线、压力表等进行检查，确保设备运转正常、管线连接完好。灌浆作业前，应进行原材料和配合比设计，并进行相关的试验工作。注浆前通过注浆管压注清水冲洗管腔。套筒与钢管桩相连接部位之间的灌浆，由高压泵泵送。为保证灌浆的均匀性和可靠性，灌浆作业采取由下至上的方向进行灌浆。连接注浆管后，高强灌浆材料向腔体底部注浆，浆液液面自下而上上升，当灌浆材料充满，钢管桩顶部溢出原浆，灌浆工作随即完成。完成灌浆工序后，拆除临时调平装置，进入下一道工序。

图 2-35 灌浆作业实例图

（5）升压站上部平台装船与运输

根据对国内主要海工结构大件物资的调研分析，对于重量相对较轻，尺寸面积相对有限，可采用大型的起重类船只进行陆一水浮式起重吊装的模式。目前大尺寸、超重量的海洋工程结构组块，因体形庞大，重量较大，宜采用滑道滑移装船或 SPMT 模块车装船的方式。

滑道滑移装船过程中，需要不断对驳船进行调载，使驳船顶面与滑道处于同一高度上。此种装船运输方式多与结构组装调试方案所选用的场地设施能力、组块预估生产周期、施工能力等条件相关联。

SPMT 模块车装船过程中，在码头区域将各组车辆拼接好，在车板上放置运输工装，通过遥控将车辆驶入上部组块下方，按照要求进行车辆定位且过程中保证车辆整体水平度，将上部组块顶起并起升至一定高度后，行驶至指定位置并滚装上船。

随着升压站上部组块重量和体积的不断增大，目前 SPMT 模块车装船工艺在上部组块装船中应用广泛。本项目推荐采取 SPMT 模块车装船模式进行升压站上部组块的装船工序。

海上升压站上部钢平台与电气设备组合形成的组块整体运输与吊装外轮廓尺寸约为 47.0m×37.0m×20.0m，整体吊重约 1950t。运输用船舶应尽量保证升

压站上部组块的整体边界在船舶型宽范围内，尤其应保证底部四根主柱位置在船舶型宽有效范围内，推荐选用载重量10000t级以上可自航式甲板驳船进行运输。

（6）升压站上部平台安装

在钢管桩施工完成后，进行钢结构平台及内部电气设备的安装工作。为尽量减少现场的安装次数、避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时降低海上吊装的难度，海上升压站上部平台采用陆上总装的方式，将各层结构分层、分片预制拼装，在相应安装层完成后进行其层面上电气设备的安装工作，最终形成可整体出运的上部组块（包括电气设备）组合体。

根据平台组合体的运输尺寸与重量的要求，组块拟定起吊点宽度为 29m，吊高考虑吊架与吊具的要求应在 30m 以内，并按照起重机 85%起重保证率的设备性能要求，起重船的起重设备应具备 29m 以上吊幅、30m 以上吊高参数且 4000t 级及以上的起重能力，按照此种对起重船的参数需求，目前不经改造就可应用于本项目的有“新振浮 7”（5000t）、中海油的“蓝鲸”号（7500t）、华西村的“华西 5000”（5000t）等。本项目考虑选用 10000t 级可自航式甲板驳船进行上部组块的运输，5000t 级及以上浮式起重船进行组合体的整体安装工作。

图 2-36 上部平台整体吊装图

（7）海上升压站主要施工设备

表 2-16 海上升压站主要施工设备配置表

略

2.3.3.4 电缆铺设施工

本项目电缆主要连接风机与风机之间、风机与海上升压站之间、海上升压站与陆上集控中心之间。项目场址海域海床表层为淤泥或淤泥质粘土，根据锚重与投入地表层深度的关系，灌河口至滨海港航路段和灌河口至长江口航路段埋深为 4.5m，其他段电缆铺设深度在泥面以下 3～4.0m，铺缆正常海况条件为六级以下风力，施工船舶受横流小于 2.5 节，海上正常作业条件下的铺设速度为 3m/min，在生态环境敏感区附近铺设速度降至 1m/min。

（1）电缆铺设分区

根据电缆铺设区域海洋环境的不同，结合本项目总平面布置，可将电缆铺设区分为以下 4 个主要区域进行：

①始端登陆段 220kV 海缆定向钻施工区；

②近岸浅水段 220kV 海缆两栖挖掘机施工区；

③深水段 220kV 海缆和场区 66kV 海缆铺缆船施工区；

④220kV 海缆交越段施工区。

（2）电缆铺设准备

①铺设前，进行电缆铺设路由调查并根据相关部门意见确定最终铺设路由。

②施工方案报送相关部门审批并取得作业许可证。

③尽可能采用铺缆船直接装缆运输的方式，铺设前对电缆质量进行必要的检查。

④铺设施工前，对施工设备及各种仪器仪表进行检查，完成相关的准备工作，落实安全措施，确保其能满足施工要求。

⑤在施工前，应对预定海域电缆路由进行扫海作业。

⑥始端登陆和终端登陆准备。

（3）电缆铺设施工

1）电缆装船

①铺缆船开始动员，在码头将出海所需的一切设备、机具、材料都一起装船。设备和机具在装船前都已经进行了调试，上船后做好加固，装船结束后，进行清

点，按计划拖航至电缆厂码头或指定电缆交接地点。

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

2）始端登陆段 220kV 海缆铺设

220kV 海缆路由近岸区部分穿越浅水区域，铺设船需乘潮进入，在拖轮及锚艇辅助下抛设“八”字定位锚锚泊，收绞定位锚缆，使船舶尽量向岸边靠近。

①电缆始端登陆前，在高潮位时将施工船锚泊就位在靠近登陆点附近，以减小登陆距离，并利用 DGPS 测量系统定位于路由轴线上，抛“八”字开锚锚泊固定。

②在始端登陆点处设置 1 台 3 吨卷扬机。登陆时，电缆头从缆盘内通过退扭架拉出，从船头通过入水槽入海，水面段在电缆下方每隔 2m 垫以充气内胎进行助浮，充气内胎与电缆利用白棕绳绑扎固定；利用预先设置在始端登陆点处的卷扬机牵引电缆浮运登陆。在电缆牵引至滩涂处，人工解除助浮充气内胎，将电缆搁置在预先设置在电缆登陆路由的滚轮上方滚动或滑动，减少电缆牵引的阻力。

③完成电缆始端登陆施工后，小艇沿登陆段电缆逐个拆除浮运电缆的轮胎，将电缆沉放至海床上。

④定向钻孔施工

登陆点穿堤考虑定向钻穿越，穿越后通过电缆沟至陆上集控中心。

定向钻孔施工方案：成孔施工设备布置与操作均在海域侧的施工场地内进行，通过定向钻导首先在海堤底部从海域向陆域侧沿设计路径进行先导孔的钻设施工，在海堤临陆侧陆域内先导孔出地面后通过反向扩孔并附带电缆保护管形成设计断面，完成海缆穿堤施工。定向钻孔穿堤方式已广泛用于海底光缆、电缆、石油管线登陆，国内多个海上风电场的电缆登陆也采取了这种施工方式。

3）近岸浅水段 220kV 海缆铺设

对于出露的滩涂区和浅水区域，由于水深条件有限，铺缆船无法正常施工，应利用高潮位时机尽量将铺缆船靠近岸边；浅水区、滩涂区采用两栖挖掘机预先

完成挖沟作业，铺缆船航行至电缆登陆点外海一定水深海域抛锚，电缆采用浮漂牵引登陆，岸上登陆点施工人员操作卷扬机，牵引电缆通过浮漂、顶管、导轮至终端杆位置，牵引过程中牵引绳必须保持一定的张力和牵引速度的均匀，并对牵引张力进行监测；始端登陆完毕后，电缆沉入沟中进行回填保护。

略

图 2-37 浅水区开挖断面示意图

4）深水段 220kV 海缆和场区 66kV 海缆铺设

离开登陆点后，海底电缆风机之间海域与电缆登陆方向深水区域的水深条件相对较好，满足铺缆船正常航行所需要的水深条件，同时也满足射水挖沟犁高压射水挖沟所需要的水压条件，铺缆船进入海底电缆正常铺设状态。穿越航路段海缆埋深 4.5m，海底易冲刷段海缆埋深 4.0m，其他段海缆埋深 3.0m，正常作业条件下的铺设速度为 3m/min，在生态环境敏感区附近铺设速度降至 0.5m/min。

穿越航路电缆铺设时将沿设计路由和设计埋深进行敷埋作业。铺缆时，铺缆船在征海范围内尽量走大“S”形，留出足够的海缆余量，以备将来临时搬迁海缆所需。

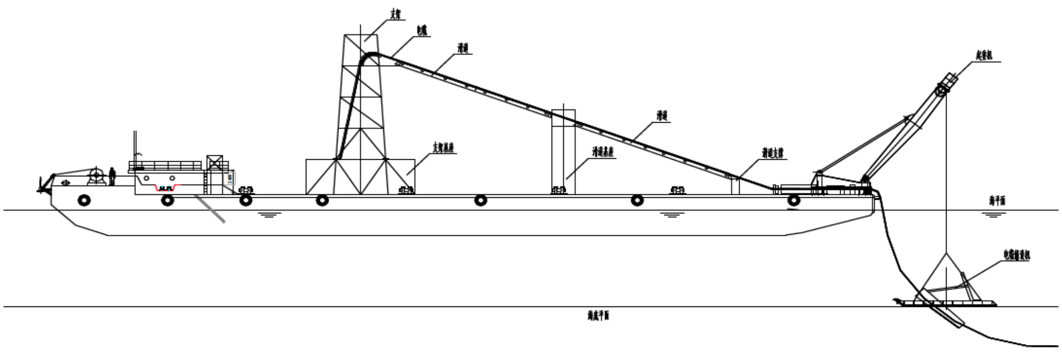


图 2-38 电缆正常铺设施工示意图

略

图 2-39　220kV 和 66kV 海缆射水挖沟犁铺缆断面示意图

5）海底电缆结束端上升压站平台/风机铺设

①当海底复合缆被铺设到终点平台（或风机）附近后，将电缆挖沟犁吊放到甲板上，铺缆船调整前行方向，用船上吊机抽放海底电缆，当到达设定的电缆截止点后，用电砂轮将海底电缆截断，并将海底电缆头做好绝缘和水密，绑扎好海

底电缆拖网（CableStoper），再用吊机将电缆头吊放到电缆护管底部（同时在海底电缆吊放过程中，在海底电缆上绑扎适当的浮袋）。

②在终点平台（或风机）J 型护管上端出口正上方安装一个导向滑轮，潜水员在 J 型护管下端喇叭口检查方向，另外需要检查是否有海洋生物阻塞喇叭口。

③在电缆护管上部喇叭口处，将备好的电缆拖拉钢缆与铁球/其它重物相联接，然后将铁球/其它重物放入电缆护管内，靠铁球/其它重物的重力将电缆拖拉钢缆带到电缆护管底部，同时潜水员下水，到电缆护管底部将已到电缆护管底部的铁球/其它重物与电缆拖缆解掉，然后把由电缆拖拉钢缆与弃到海底的电缆拖拉网头联接。

④通过电缆护管上部的导向滑轮将拖拉缆绳引回铺缆船上，通过船上锚机，并在潜水员水下指挥下，慢慢拖拉海底电缆穿过电缆护管登上终点平台（或风机）。

6）海缆交越段铺设

本项目 220kV 送出海缆与已建江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆存在 1 处交越。本项目海缆采用上交越式施工方案。

①在施工前，要对交越海缆进行实际位置测量，获得海缆的精确坐标，同时获得电缆的埋设深度与走向，为海底电缆安全交越提供可靠的依据。

②在施工时，在海缆交越前和交越回后 50m 处设置浮漂，以明确交越位置。交越作业采取跨越式交越法，在正常铺设至被交越海缆前方 50m 处，缓慢提升埋设犁，待接近被交越海缆前方 40m 处，埋设深度由 4m 过渡至 0m，待过交越点 40m 之后，再由潜水员确认水下情况安全，之后重新投放埋设机进行后续的敷埋作业。

③考虑在已铺设海缆处海床上预先放置宽 20m 的混凝土软体排，然后进行海底电缆铺设，铺设前，可将需要进行交越的海底电缆预先安装保护套管，然后在铺设好的混凝土连排上部明敷该海底电缆，最后沿海底电缆路径方向上覆宽 10m 的混凝土软体排进行保护，有保护套管的海底电缆铺设在两层混凝土软体连排中间。根据《海上风电场交流海底电缆选型铺设技术导则》（NBT31117）5.5.7 条款“海底电缆与已有管线的交越施工，宜采用上交越的施工工艺，交越范围为已有水下管线交越点两侧 50m～100m 的区域，在交越范围段应采取保护措施”，

海缆铺设的精度及相关实际实施经验，考虑混凝土排保护长度范围为交越点侧各50m 的区域。

略

图 2-40 上交越方案示意图 1

略

图 2-41 上交越方案示意图 2

略

图 2-42 海缆分段施工示意图

（4）电缆测试与保护

1）电缆测试

施工过程中，电缆供应商和施工单位应对电缆进行绝缘测试和光纤的跟踪测试工作。电缆铺设安装完成后，从电缆终端进行最终测试，确认电缆施工顺利完成。

2）电缆的保护

本项目选用加强铠装的海缆，以提高海缆的机械强度，并通过海缆深埋的方式，避免海缆受到损坏。在海缆线路跨越潮沟附近，以及可能出现海床演变、局部冲刷较严重的机位，应预留足够的海缆长度，采用 S 形铺设的方式，以保证潮沟横向摆动引起海缆冲刷初露时能够依靠缆线自重垂落至泥面而不致悬空。

海底电缆铺设竣工后业主单位应及时将海底电缆的路线图、位置表等注册登记资料报备，由海洋行政主管部门发布海底电缆管道公告，划定海底电缆管道保护区，禁止在海底电缆保护区内从事挖沙、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底电缆安全的海上作业。为避免渔网、船锚等对海底电缆可能造成的危害，对海底电缆保护区和海底电缆线路等设置航标（警示）灯、禁渔、禁锚标志等设施，对海底电缆采取定期复查、监视等其他保护措施。

业主应建立与海事、海洋、渔业等部门的海缆保护联动机制，采取海缆路由监控系统等综合保护方案，提高海底电缆综合保护水平。

（5）电缆铺设施工设备

电缆铺设主要施工设备配置见表 2-17。

表 2-17 电缆铺设主要设备配置表

略

2.3.4 土石方平衡

本项目风机采用单桩基础，外购沙被用于基础冲刷防护，每台风机周边防护沙被约 2940m^3，28 台风机防护沙被共 82320m^3。工程开挖量主要来自海缆近岸浅水段，海缆浅水段产生少量土石方全部用于回填，海缆浅水段施工开挖量为 25700m^3，全部回填。海缆定向钻施工外购膨润土约 350m^3，钻屑及废弃泥浆量约 350m^3，弃方为定向钻施工环节，产生的废弃泥浆，经沉淀后上层清水回用于场地洒水，底层残余的钻屑和泥浆在泥浆池内晾晒干化后，委托环卫部门及时清运填埋。

表 2-18 土石方平衡表　　单位：m^3

略

2.3.5 施工计划

工程控制性施工进度见表 2-19 和表 2-20。

表 2-19 工程控制性施工进度表

略

表 2-20 施工进度安排一览表

略

2.4 项目用海需求

2.4.1 用海需求

本项目是海上风电场建设项目，对于降低江苏省的煤炭消耗、缓解环境污染和优化能源结构等具有非常积极的意义，是落实国家“双碳”战略的重要举措，是发展循环经济、建设节约型社会的具体体现，是江苏省能源发展战略的重要组成部分。本项目 28 台风电机组、1 座 220kV 海上升压站、66kV 场内集电线及 220kV 送出海缆均位于江苏省最新修测大陆海岸线外侧海域。因此，本项目建设需要占用一定的海域。

2.4.2 申请用海情况

2.4.2.1 用海类型与用海方式

根据《海域使用分类》(HY/T123-2009)，本项目海域使用类型为“工业用海”（一级类）中的“电力工业用海”（二级类）；根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目用海类型为“工矿通信用海”（一级类）中的“可再生能源用海”（二级类）。

根据《海域使用分类》(HY/T123-2009)，本项目风机和海上升压站用海方式为“构筑物”(一级类)中的“透水构筑物”(二级类)；66kV 场内集电线和 220kV 送出海缆用海方式为“其他方式”（一级类）中的“海底电缆管道”（二级类）。

综上，本项目用海类型为“工业用海”中的“电力工业用海”，风机和海上升压站用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”，66kV 场内集电线和 220kV 送出海缆用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”。

2.4.2.2 申请用海面积

根据本项目建设内容及所用海域确权情况，本项目申请用海总面积为 259.5489 公顷。其中风机、桩基式光伏和海上升压站用海方式为透水构筑物，用海面积分别为 139.9853 公顷、1.3398 公顷和 0.3410 公顷；66kV 场内集电线和 220kV 送出海缆用海方式为海底电缆管道，用海面积分别为 43.6597 公顷和 74.2231 公顷。

（1）风机（用海方式为透水构筑物）

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》(2024 年 12 月 30 日)，“海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界”。本项目风机基础设计形式为单桩基础，风机塔架圆心至风机叶片投影最外缘点距离为 126.15m，确定 28 台风机的用海面积为 139.9853 公顷。

（2）桩基式光伏（用海方式为透水构筑物）

桩基式光伏为透水构筑物，按照《海籍调查规范》，占用海域以构筑物外边缘的界线外扩 10m 为准，本项目新建桩基式光伏外边缘外扩界址线的交点形成

桩基式光伏用海范围的界址点，由此确定桩基式光伏用海面积为 1.3398 公顷。

本项目桩基式光伏用海进行立体分层设权，用海空间层为水面，用海高程范围为平均海平面高程 0.0m 至光伏板设计上缘高程 19.0m。

（2）220kV 海上升压站（用海方式为透水构筑物）

220kV 海上升压站为透水构筑物，按照《海籍调查规范》，占用海域以构筑物外边缘的界线外扩 10m 为准，本项目新建海上升压站平台投影外缘线基本为 42m×35m，各侧外扩 10m，四侧外扩界址线的四个交点形成升压站用海范围的界址点，由此确定海上升压站用海面积为 0.3410 公顷。

（3）66kV 场内集电线和 220kV 送出海缆（用海方式为海底电缆管道）

本项目海底电缆用海与风机、桩基式光伏、海上升压站用海存在部分重叠。根据《海籍调查规范》，“当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围”。根据现行的海域使用金征收标准，响水县海域等别为六等，风机和海上升压站的用海方式为透水构筑物，透水构筑物用海海域使用金征收标准为 1.16 万元/公顷，电缆的用海方式为海底电缆管道，海底电缆管道用海海域使用金征收标准为 0.70 万元/公顷，海底电缆管道与透水构筑物用海重叠部分应归入透水构筑物用海范围。因此，本项目海底电缆与风机和海上升压站用海重叠部分归入风机和海上升压站的申请用海面积。

根据《海籍调查规范》，海底电缆用海面积按电缆外缘向两侧各外扩 10m 宽为界计算，并扣除海缆始端及终端连接风机与升压站外扩范围的重叠部分；本项目 220kV 海缆外扩 10m 范围与已确权江苏响水近海风电场项目 220kV 海缆用海存在重叠区域，用海空间层均为底土，因此重叠区域本次不再重复申请用海，经计算本项目海底电缆用海面积为 117.8828 公顷，其中 66kV 集电线用海面积 43.6597 公顷，220kV 送出海缆用海面积为 74.2231 公顷。

本项目 220kV 海缆外扩 10m 范围与响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目用海和响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目用海存在重叠部分，海缆用海空间层为底土，养殖用海空间层为水体，因此，本项目 220kV 用海进行立体分层设权，用海空间层为底土，用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-

21.5～-1.8m 至电缆管道设计上缘高程-21.2～-1.5m。

本项目 66kV 集电线用海进行立体分层设权，用海空间层为底土，用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-19.2～-18.2m 至电缆管道设计上缘高程-19.0～-18.0m。

表 2-21 本项目各类用海面积

<table>
<tr><th colspan="2">工程名称</th><th>用海类型</th><th>用海方式</th><th>面积（公顷）</th></tr>
<tr><td colspan="2">风机</td><td>电力工业用海</td><td>透水构筑物</td><td>139.9853</td></tr>
<tr><td colspan="2">桩基式光伏</td><td>电力工业用海</td><td>透水构筑物</td><td>1.3398</td></tr>
<tr><td colspan="2">220kV 海上升压站</td><td>电力工业用海</td><td>透水构筑物</td><td>0.3410</td></tr>
<tr><td rowspan="2">海底电缆</td><td>66kV 集电线</td><td>电力工业用海</td><td>海底电缆管道</td><td>43.6597</td></tr>
<tr><td>220kV 海缆</td><td>电力工业用海</td><td>海底电缆管道</td><td>74.2231</td></tr>
<tr><td colspan="2">用海总面积</td><td>电力工业用海</td><td></td><td>259.5489</td></tr>
</table>

略

图 2-43 宗海位置图

略

图 2-44 宗海平面布置图

略

图 2-45 宗海界址图（风机、升压站）

略

图 2-46 宗海界址图（桩基式光伏）

略

图 2-47 宗海界址图（66kV 集电线）

略

图 2-48 宗海界址图（220kV 海缆）

略

图 2-49 宗海界址图（包络线）

略

图 2-50 宗海立体空间范围示意图（桩基式光伏）

略

图 2-51 宗海立体空间范围示意图（66kV 集电线）

略

图 2-52 宗海立体空间范围示意图（220kV 海缆）

2.4.2.3 占用岸线情况

根据江苏省最新修测大陆海岸线成果，本项目用海范围占用岸线 20.17m，为人工岸线。本项目距离自然岸线较远约 3km，施工期和运行期均不会对周边自然岸线产生不利影响，本项目不新增岸线，不会影响江苏省自然岸线保有率目标的实现。

2.4.2.4 申请用海期限

本项目设计使用年限 25 年，施工期为 12 个月。根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定：港口、修造船厂等建设工程用海海域使用权最高年限为五十年。本项目申请用海期限为 26 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，能满足项目实际用海需求。海域使用期满后，可以根据项目的实际需要，依据《中华人民共和国海域使用管理法》申请续期。因此，本项目申请用海期限为 26 年。

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

2.5.1.1 落实风电建设政策及规划的具体举措

当前，能源发展正处于深刻变革和重大调整的关键时期。面对全球气候变化和生态环境恶化的双重挑战，大力发展清洁可再生能源已成为能源发展的必然趋势。我国已将可再生能源的开发利用作为能源战略的重要组成部分。

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《中华人民共和国可再生能源法》《“十四五”可再生能源发展规划》《2025 年能源工作指导意见》等文件指导可再生能源的发展。截至 2024 年底，全国及江苏省风电累计装机容量分别达到 5.21 亿 kW 和 2321.46 万 kW。

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（草案）》中提到“十四五”期间，加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，有序发展海上风电，加快西南水电基地建设，安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到 20%左右。

2021 年 2 月 19 日，江苏省人民政府印发《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》，文件中指出：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。

《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》明确了江苏海上风电的发展目标。在“十四五”期间，规划新增项目全部开工，力争新增并网 350 万千瓦，结合 2021 年我省已实施竞争性配置的 265 万千瓦海上风电项目，计划至 2025 年底，全省海上风电累计并网容量达到 1800 万千瓦。另外，根据深远海海上风电发展形势，适时实施国管区海上风电项目。根据《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》，江苏省新增规划 23 个海上风电场，规划装机容量 809 万 kW。

江苏省海上风能资源丰富，开发建设条件优越，电力市场消纳条件较好。本项目位于盐城市响水县海域，风能资源具有一定的开发价值，在该地区开发建设风电场不仅符合国家可再生能源“十四五”发展规划的要求，也符合江苏省风电发展规划的要求。

2.5.1.2 践行“风电+”综合开发利用模式

《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）提出鼓励新增海上风电项目用海采用“风电+”的综合开发利用模式实现“一海多用”，通过统一设计、统一论证，建设一定比例的网箱养殖、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施，切实提高海上风电场区海域资源利用效率。

根据距离风电场较近的滨海气象站数据分析，响水 H3-2#风电场区 141m 高度年平均风速约为 7.17m/s，年平均风功率密度约为 399W/m2；场区主导风向为 SE、SSE，频率分别为 11.49%、10.57%；主要风能方向为 SSE、SE，频率分别为 13.95%、13.55%。根据《风电场工程风能资源测量与评估技术规范》（NB/T311472018），按风功率密度等级，风功率密度等级为 2 级，具有较好的经济开发价值。项目区域年平均太阳总辐射量在 1435.4kWh/m²，属于太阳能资源很丰富区域，稳定度 Rw=0.419，太阳能资源稳定；直射比 0.443，属于散射辐射

较多区域，根据《太阳能资源等级总辐射》（GB/T31155-2014），项目区域太阳能资源具有一定的开发价值。考虑到项目场区风能资源和太阳能资源均有一定的开发价值，具备风光同场建设的资源条件，按照自然资源部鼓励的“风电+”综合开发利用模式，本项目在风电场内建设 1.38MW 桩基式光伏设施，实现“一海多用”，切实提高海上风电场区海域资源利用效率。

2.5.1.3 地区能源结构优化的要求

江苏电网基本以火电为主。目前网内主要为燃煤电厂，发电用煤需求量大，由于本省产煤能力有限，每年的发电用煤大部分依靠区外供给。随着经济的发展，远景需用电负荷、电量将持续增长，发电用煤需求量将更大。另一方面，燃煤电厂在消耗煤炭资源的同时，还产生了大量的 SO_2、CO_2、CO、NO_X、烟尘等污染环境和造成温室效应的有害气体，对环境和生态造成不利的影响。

积极调整优化能源结构、开发利用江苏省较丰富的风能资源，对于降低全省的煤炭消耗、缓解环境污染、改善电源结构等具有积极的意义，是发展循环经济、建设节约型社会的具体体现，是江苏省能源发展战略的重要组成部分。本风电场建成后，可向当地电网输送更多的可再生能源电量，有力地加强了电网末端的电力供应，改善了当地的电源结构。

2.5.1.4 本项目建设优势和作用

风力资源是最具商业化和规模化开发条件的可再生能源，国内外都已经拥有非常先进的技术和很大的市场规模。我国海上风能资源丰富，与陆地风电相比，海上风电具有发电利用小时数高、不占用土地资源、靠近负荷中心等优点。随着我国海上风电装机规模不断扩大，设备及安装成本降低以及配套产业日渐成熟，海上风电产业持续稳步发展。

本项目具有开发建设的有利条件和资源优势：

（1）场区风能资源较丰富，具备开发建设风电场的资源条件。场区 141m 高度年平均风速约为 7.17m/s，年平均风功率密度约为 399W/m²，风功率密度等级为 2 级，风能资源具有较好的开发价值。

（2）风电场建设可以带动相关产业的发展，提供就业机会，同时，还可以增加当地财政收入，推动当地经济发展。

（3）风电场的建设周期短，投入发电运行快，自动化程度高，运行维护方便。

（4）风电作为清洁的可再生能源，不向大气中排放任何有害气体，没有废水、废渣的产生，更有利于保护环境。

（5）风电场建成后，可向电网输送清洁可再生能源，有力地加强电网末端的电力供应，改善当地的电源结构。

综上所述，本项目的开发建设能有效地促进地方经济，带动风电产业链的发展，具有良好的社会效益和环境效益，对于改善当地电网的电源结构，推动江苏省风电事业的发展，开发可再生能源有着积极的意义。所以，积极开发本项目是必要的。

2.5.1.5 本项目与各类规划及政策相符性分析

（1）与《江苏沿海地区发展规划（2021-2025 年）》的相符性分析

《江苏沿海地区发展规划（2021-2025 年）》提出，着力推动江苏沿海地区经济高质量发展，着力塑造滨海城乡特色风貌，着力夯实绿色发展生态本底，着力完善现代基础设施体系，着力培育双向开放新优势，不断提高区域综合实力、竞争力和带动力，积极融入共建“一带一路”和长江经济带发展，在长三角一体化进程中拓展新空间、展现新作为。

规划的总体布局：壮大“三纵”发展轴（区域主发展轴、临海新兴发展轴、近海海洋经济发展轴）；完善“三横”通道（北部通道、中部通道、南部通道）；打造“三大”片区（陆海联动区、河海联动区、江海联动区）。

规划要求强化能源安全高效绿色供给。加强沿海电源及电力、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。

本项目风电场装机容量 308MW，风电场区离岸距离约 31km。项目建设将大力推进风力风电产业发展，符合规划提出的“统筹建设海上风电”的有关政策。

因此，项目建设符合《江苏沿海地区发展规划（2021-2025 年）》

（2）与江苏省海上风电规划的相符性分析

2012 年国家能源局以国能新能〔2012〕438 号对江苏省海上风电场工程规划进行了批复。江苏省规划海上风电场装机容量为 1255 万 kW，从北至南规划 3 个百万千瓦基地，分别为连云港及盐城北部百万基地总容量 257 万 kW；盐城南部百万基地总容量为 540 万 kW；南通百万基地总容量 458 万 kW。此后该规划又进行了调整，2018 年 10 月 31 日，江苏海上风电规划修编获得国家能源局正式批复（国能函新能〔2018〕132 号）。

《江苏省“十四五”海上风电规划》规划场址 28 个，规模 909 万 kW，规划总面积为 1444km^2。根据江苏省发展和改革委员会、江苏省自然资源厅 2020 年 10 月公布的《江苏省“十四五”海上风电规划》，响水区域规划了响水 H3-2#风电场，规划装机容量为 300MW，本项目实际设计装机容量为 308MW。因此，本项目建设符合江苏省海上风电规划。

略

图 2-53 本项目与江苏省海上风电场规划关系图

（3）与《盐城港总体规划修订》的相符性分析

根据《盐城港总体规划修订》，盐城港是江苏沿海地区性重要港口，是区域综合交通运输体系的重要枢纽，是苏北地区及淮河流域经济社会发展和对外开放的重要口岸，是盐城市临港产业发展的重要依托。盐城港将以大宗散货、石油化工和杂货运输为主，兼顾集装箱运输，逐步提升区域物资转运功能，发展成为特色鲜明的新型产业港、功能齐备的现代物流港、服务高效的区域枢纽港。

盐城港将在规划期内加快推进“一港四区”即大丰港区、射阳港区、滨海港区和响水港区“统筹协调、功能完善、港产联动、错位发展”，形成功能有效、开发有序、近远结合的总体格局。其中响水港区以散货、杂货、钢材、海工产品运输为主，加快港口资源整合和海河联运物流体系构建，结合灌河口开发和两岸统筹协调布局，发展成为灌河流域重要口岸和盐城港重要港区。

本项目风电场区距离响水港区规划水域港界约 8.06km，距离陆域港界约 39.62km，风电场区距离响水港区较远，对港区基本没有影响。本项目 220kV 送出海缆 KP0.0-KP9.6 段穿越规划水域港界，KP1.0 处穿越预留港口岸线，项目建设可能会对响水港区未来开发建设产生一定影响，但海缆路由在响水港区东侧

10km 预留岸线的末端穿越，与小蟒牛作业区、灌河口 5 万吨级航道、响水 1#锚地、响水 2#锚地等距离均超过 4.5km，且与已建江苏响水近海风电场项目送出海缆共廊道平行布设、集中登陆，已尽可能节约利用海域和岸线资源。目前响水港区规划范围内开发主要集中于灌河口岸段，尚未开发完全，预留港口岸线近期不具备开发需求和条件。项目海缆路由方案已于 2025 年 7 月通过了建设单位组织的评审会，参加会议的有自然资源部东海局机关事务中心、自然资源部南通海洋中心、连云港海事局、盐城市自然资源和规划局、盐城市农业农村局、盐城市生态环境局、盐城市交通运输局、盐城市水利局、响水县自然资源和规划局、响水县水利局等部门和相关专家，海缆路由是避让了生态红线与现有港口功能区后的优化布置，海缆埋设于海床 3m 以下，与响水港区规划能够相容。本项目已开展通航安全影响论证专题，后续将按程序报送海事主管部门审查。

综上所述，本项目建设符合《盐城港总体规划修订》。

略

图 2-54 盐城港岸线利用规划图

略

图 2-55 盐城港水域规划布局图

（4）与《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》的相符性分析

2024 年 12 月 30 日，自然资源部发布了《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，提出了 4 项海上风电项目用海节约集约控制指标，分别为离岸距离和水深、单位装机容量风电场面积、海域利用率、投资强度。

离岸距离和水深：属于新增海上风电项目的，应在离岸 30 千米以外或水深大于 30 米的海域布局；近岸区域水深超过 30 米的，风电场离岸距离还需不少于 10 千米；滩涂宽度超过 30 千米的，风电场内水深还需不少于 10 米。离岸距离按照海上风电场外包络线与大陆（含海南岛本岛和县级及以上人民政府驻地的海岛）海岸线最近距离计算，水深以最新海图所示风电场内的最浅水深为准。本项目风电场离岸距离为 31km，最新海图所示水深为 9.6～12.0m（见图 2-56），项目登陆点附近滩涂宽度为 3.4km，未超过 30km。因此，本项目符合离岸距离和水深指标（离岸 30 千米，或水深大于 30 米）要求。

单位装机容量风电场面积：本项目单机容量为 11MW，总装机容量为 308MW，风电场区外包络线面积为 1779.5946 公顷，则单位装机容量风电场面积为 5.78 公顷/兆瓦。因此，本项目符合单位装机容量风电场面积指标（≤14 公顷/兆瓦）要求。

海域利用率：本项目风电场外包络线内项目用海确权面积为 185.2881 公顷，其中风电场外包络线内风机、桩基式光伏、海上升压站、66kV 集电线和 220kV 海缆用海面积分别为 139.9853 公顷、1.3398 公顷、0.3410 公顷、43.0167 公顷和 0.6053 公顷，风电场外包络线面积为 1779.5946 公顷，则海域利用率为 10.41%。因此，本项目符合海域利用率指标（≥7%）要求。

投资强度：本项目总投资为 275237.88 万元，项目用海确权面积为 259.5489 公顷，则投资强度为 1060 万元/公顷。因此，本项目符合投资强度指标（≥700 万元/公顷）要求。

表 2-22 海上风电项目用海节约集约控制指标

略

表 2-23 风电场外包络线拐点坐标和面积

略

略

图 2-56 风电场区离岸距离示意图

（4）国家产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目为海上风电场建设项目，属于“第一类鼓励类”“五、新能源”“1.风力发电技术与应用”中的“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”。本项目建设 308MW 海上风电，属于鼓励类项目，符合国家产业政策的要求。

2.5.2 项目用海必要性

与陆上风电场相比，海上风电场以其风资源优越、环保、节约土地、规模大等优势，越来越受到重视。

江苏省作为能源消费大省，牢牢把握能源低碳转型的大方向，推动新能源产业高质量发展，海上风电是其中重要一环。本次拟建华润响水 H3-2#海上风电项

目（30 万 kW），属于《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》中规划明确的海上风电场，也被列入《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》重点建设项目安排表中，属于近期重点能源建设项目。本项目 28 台风电机组、1 座 220kV 海上升压站、66kV 场内集电线及 220kV 送出海缆均位于海域管理岸线外侧海域，风机基础采用钢管桩结构，海上升压站基础采用 4 桩导管架结构，均属于“透水构筑物”，需占用一定的海域；海底电缆埋入海床，属于“海底电缆管道”，也需占用一定的海域，因此项目用海是必要的。本项目建成后，可向当地电网输送更多的可再生能源电量，有力地加强了电网末端的电力供应，优化能源结构。因此项目占用海域空间是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 海岸线资源

本次论证范围内海岸线总长度 13.45km，其中，人工岸线长 11.00km，自然岸线 2.45km，距离最近的自然岸线约 3km。本项目 220kV 送出海缆穿越人工岸线，占用人工岸线 20.17m。

表 3-1 论证范围内海岸线资源分布情况

略

略

图 3-1 项目论证范围内海岸线资源

3.1.2 港口资源

（1）港口

本项目周边港区主要为盐城港响水港区，响水港区规划功能以散货、杂货、钢材、海工产品运输为主，加快港口资源整合和海河联运物流体系构建，结合灌河口开发和两岸统筹协调布局，发展成为灌河流域重要口岸和盐城港重要港区。

响水港区规划分为大桥作业区、双港作业区、大湾作业区、陈家港作业区和小蟒牛作业区，本项目登陆点距离小蟒牛作业区约 8.5km。

1）大桥作业区

大桥作业区位于亘河闸下游，规划岸线下游端点距离沿海高速大桥 370m，可形成港口岸线 1km，规划可布置 3000 吨级件杂货泊位 7 个，可形成吞吐能力约 350 万吨，陆域纵深控制为 500m，陆域面积约 50 万平方米，主要服务于后方响水县城及响水经济技术开发区，同时承担国道 204 灌河大桥下游老码头整治转移的运输需求。

2）双港作业区

双港作业区规划位于姚湾闸和新开城闸之间，可形成港口岸线 1.6km，可规划布置 5000 吨级件杂货泊位 11 个，形成吞吐能力约 500 万吨，陆域纵深控制为 1200m 左右，陆域面积约 170 万平方米，主要服务于响水县城、经济技术开发区

以及周边地区大宗货种运输，同时承担上游老码头调整转移的部分运输需求。

3）大湾作业区

大湾作业区规划位于红星闸至下游安潮河闸之间，规划岸线 13.6km。其中承担公共服务功能的码头作业区分为大湾作业区（西区）、大湾作业区（中区）和大湾作业区（东区）三个片区，可形成公用码头岸线 6.6km，港口作业区陆域面积约 647 万平方米，主要服务于后方临港产业、城镇建设等发展运输需求。

4）陈家港作业区

陈家港作业区规划位于陈家港作业区老码头下游，规划形成港口岸线 1.8km，可布置 2 万吨级件杂货、通用泊位 9 个，可形成吞吐能力约 1000 万吨，陆域纵深控制 1000m 左右，陆域面积约 193 万平方米，主要服务于后方陈家港沿海经济区的建设和发展。

5）小蟒牛作业区

小蟒牛作业区规划位于国华电厂下游，规划港口岸线 3.5km，从上游至下游依次可规划布置 2 万～5 万吨级通用、散货、件杂货泊位共 17 个，可形成吞吐能力 2000 万吨以上，陆域纵深控制 1000m 左右，陆域面积约 414 万平方米。结合灌河 5 万吨级航道整治工程和船厂岸线资源整合，提高岸线资源使用效率，主要服务于后方陈家港沿海经济区产业发展，并积极拓展海河联运功能。

（2）航道

2025 年 1 月 15 日，连云港海事局发布《连云港海事局关于发布江苏沿海公共航路（连云港、盐城段）的公告》，自 2025 年 3 月 1 起施行，有效期 5 年。本项目附近规划的航道及航路主要为灌河口 5 万吨级航道、灌河口进入北方和南方航路、赣榆港-连云港港-灌河口-滨海港-射阳港-大丰港区沿岸航路，灌河口-连云港-青岛港航线，连云港港至南方浅水航路等。

本项目距离灌河口 5 万吨级航道约 9km，距离灌河口-连云港-青岛港航线约 13.5km，距离灌河口进入北方航路约 10.6km，距离连云港港至南方浅水航路约 2.5km，与赣榆港-连云港港-灌河口-滨海港-射阳港-大丰港区沿岸航路交越，与灌河口进入南方航路交越。如图 3-2 所示。

1）灌河口 5 万吨级航道

灌河口 5 万吨级航道工程为 5 万吨级散货船乘潮单向航道，乘潮历时 3 小时 90%保证率，航道总长 29.15 千米，其中已建成航道 H3-H6 段总长为 27.01 千米，航道通航有效宽度为 170～230 米，其中导堤口门内航道通航宽度为 170 米，口门附近 190 米，至导堤口门外转弯控制点渐变为 230 米，设计底标高-11.15 米，航道边坡为 1:7。新设侧面灯浮标 3 座，新设 AIS 航标 1 座。于 2024 年 6 月 13 日零时起正式开通使用。

2）灌河口-南北航线

灌河口-南北航线航路宽度 2 海里。

从灌河口进入南方的航路：从灌河航道口门安全水域标驶出（34°38′16.1″N/119°59′31.2″E），取向 97°航行至 34°34′00″N/120°41′00″E。

从灌河口进入北方的航路：从灌河航道口门安全水域标驶出（34°38′16.1″N/119°59′31.2″E），取向 48°航行至 35°1'35"N/120°28′40″E。

3）赣榆港-连云港港-灌河口-滨海港-射阳港-大丰港区沿岸航路

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，航道宽度 2 海里，船舶从赣榆港区航道口门灯浮（34°57′03″N/119°37′30″E）驶出，取向 90°，航行至 34°57′03″N/119°41′42″E，转向至航向 153°，至连云港主航道（34°51′24″N/119°45′15″E）。航程约 9.8 海里。

4）灌河口-连云港港-青岛港航路

灌河口至连云港主港区航路：船舶从灌河口 5 万吨级航道 17 号灯浮（34°35′00″N/119°52′00″）向北转向，取向 5°，至连云港主航道（34°54′24″N/119°54′30″E）。航程约 19.2 海里。连云港主港区至青岛港航路：船舶从连云港主航道（34°54′24″N/119°54′30″E）向北转向，取向 340°，至 35°1′30″N/119°51′24″E，转向至航向 000°，至日照 1 号航路（35°13′30″N/119°52′30″E），由此接入日照港-成山角（青岛港外）航路、日照港-青岛港内航路。航程约 19.5 海里。预选路由距离该航线西侧边界线最近距离为 3.8km，但本项目光伏方阵距离该航线西侧边界线的最小距离仅为 1.4km，项目建成后对航线的运行没有影响，但在工程建设期，项目施工可能会对该海域的航路交通有一定影响的影响。

5）连云港港至南方浅水航路

从连云港港至南方的浅水航路，从连云港 5 号锚地驶出（34°53′00″N/119°58′00″E），取向 126°，航行至 34°30′00″N/120°39′00″E。

略

图 3-2 本项目附近港区、航线、锚地分布示意图

（3）锚地

本项目 220kV 送出海缆西北侧海域分布有响水 1#和响水 2#锚地（图 3-2），距离响水 1#锚地最近约 6.1km，距离响水 2#锚地最近约 4.6km。

响水 1＃锚地，为普通船舶锚地，锚地水深 11～15m，面积约 8km^2。响水 2＃锚地，为化工品船舶专用锚地，锚地水深 11～15m，面积约 5km^2。

表 3-2 响水港区锚地一览表

略

3.1.3 滩涂资源

响水县大陆标准岸线长 43.1442km，西起灌河中心线，东迄中山河入海口，岸线走向 NW～SE 向，岸线总体上较为顺直，属侵蚀性粉沙淤泥质平原海岸，全县海岸带总面积为 1599km^2。平均高潮线向上至内海堤为潮上带计 277km^2（合 41.55 万亩），平均高潮线向下至 0m 线为潮间带计 90277km^2（合 13.5 万亩）；0m 线向下至-15m 等深线为潮下带计 1232km^2（合 184.8 万亩）。响水县 240 万亩沿海滩涂，气候温湿，沼泽密布，水草丰茂，生物多样，盛产海盐、对虾、文蛤、泥螺、缢蛏等。潮上带现已建成 2 万亩海珍品生产基地、万亩原盐生产基地，潮间带、潮下带开发潜力巨大，是发展海水养殖、滩涂农业等涉海产业的理想之所。

3.1.4 渔业资源

响水港区近岸海域渔业资源种类繁多，资源较为丰富。海洋渔业生物资源主要有鱼类、甲壳类（虾蟹）、头足类、贝类、棘皮动物等。其中鱼类有 200 多种，中上层鱼类主要有银鲳、蓝点马鲛、鲐鱼、黄鲫、青鳞鱼、刀鲚鱼、凤鲚、太平洋鲱鱼、远东拟沙丁鱼、鳓鱼、燕鳐、日本鳀、赤鼻棱鳀、玉筋鱼等，其次为底层鱼类，主要有带鱼、大黄鱼、小黄鱼、黄姑鱼、白姑鱼、叫姑鱼、棘头梅童鱼、鲈鱼、梭鱼、黑鲷、绿鳍马面鲀、短吻舌鳎、团扇鳐等。响水海域甲壳类和投足

动物种类也较多，经济价值较高的物种有：中国对虾、鹰爪虾、毛虾、日本蟳、日本枪乌贼、金乌贼等近 20 种。贝壳常见种类有 40 余种，具有较高经济价值的主要物种有：毛蚶、褶牡蛎、近江牡蛎等 10 余种，一些小型贝类如蓝蛤、黑荞麦蛤等，是鱼虾类极为重要的天然饵料。

3.1.5 旅游资源

开山岛位于灌河口主航道南侧海中，地形险要，由黑褐色岩石构成，岛上怪石嶙峋，陡峭险峻，曲径通幽，大有“波浪看山倒，蓬莱望若林”之诗境，是旅游休闲的好去处，加上惊险刺激的军事坑道设施和众多美丽的传说，形成了“游海岛、看日出、观海景、钓海鱼、吃海鲜”的旅游特色。《西游记》中二郎神的故乡就在灌河口，“东海龙宫”“二郎神庙”均是以开山岛上的景观作为原型加以虚构的。龙王庙、团港渔村等景点也具有可供开发的旅游资源潜力。

3.1.6 风能资源

响水县位于江苏省东北部沿海，隶属盐城市，属黄淮冲积平原，东濒黄海；南抵中山河，与滨海县隔河相望，西连灌南县、涟水县；北枕灌河，与灌南县、灌云县隔河相望。该地区属大陆性季风气候区，四季分明，温和湿润，响水县风能资源较丰富，风速分布从内陆向海洋逐渐加大。根据距离风电场较近的滨海气象站数据分析，响水 H3-2#风电场区 141m 高度年平均风速约 7.17m/s，年平均风功率密度约 399W/m^2；场区主导风向为 SE、SSE，频率分别为 11.49%、10.57%；主要风能方向为 SSE、SE，频率分别为 13.95%、13.55%。根据《风电场工程风能资源测量与评估技术规范》（NB/T311472018），按风功率密度等级，风功率密度等级为 2 级，具有较好的经济开发价值。

3.1.7 太阳能资源

项目区域年平均太阳总辐射量在 1435.4kWh/m²，属于太阳能资源很丰富区域，稳定度 Rw=0.419，太阳能资源稳定；直射比 0.443，属于散射辐射较多区域，根据《太阳能资源等级总辐射》（GB/T31155-2014），项目区域太阳能资源具有一定的开发价值。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气候气象

响水县介于东经 119°29′51″～120°05′21″，北纬 33°56′51″～34°32′43″之间，位于江苏省东北部沿海，属黄淮冲积平原，地处江苏省盐城市北端，东濒黄海；南抵中山河，与滨海县隔河相望，西连灌南县、涟水县；北枕灌河，与灌南县、灌云县隔河相望。

本项目风电场区位于响水县海域，离岸距离约 31km，风电场 220kV 送出海缆登陆点位于响水县灌河入海口东南侧约 8km 海堤线位置。滨海气象站距离本项目风电场较近，滨海气象站位于场区西南侧（北纬 34°01′，东经 119°48′），距离场区约 82km。滨海气象站为一般气象站，观测场海拔 4.1m，观测高度为 10.2m，气象站设立于 1959 年，于 2012 年 1 月 1 日向西南搬迁约 2.4km 至现址。根据滨海气象观测站多年观测资料统计，项目所在地气象要素特征如下。

（1）气温

多年平均气温为 14.1℃，极端最高气温为 38.5℃，极端最低气温为-15.0℃。

（2）降水

多年平均降水量为 949.5mm，多年平均蒸发量为 1463.1mm；多年平均雷暴天数为 25.8d，多年平均大雾天数 24.5d，最大积雪深度 14.0cm（1989 年）。

（3）风况

多年平均风速为 2.49m/s，多年最大风速 20.7m/s（1979 年），相应风向 NNE。从多年风向玫瑰图来看，本地区风向分布较分散，主要出现在 N～SSE 方向。滨海气象站风玫瑰图见图 3-3。

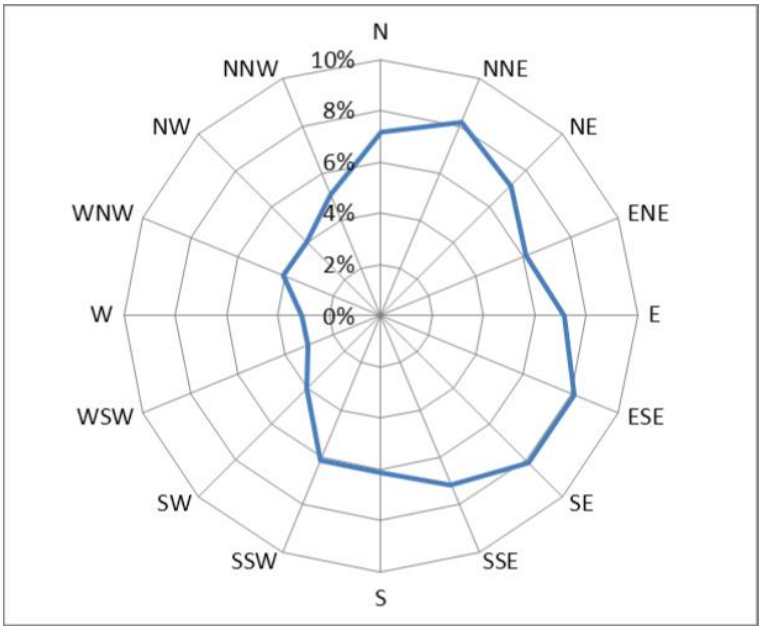


图 3-3 滨海气象站多年风向玫瑰图

（4）湿度

多年平均相对湿度为 76%。

（5）气压

多年平均大气压为 1016.9hPa，多年平均水汽压为 14.5hPa。

3.2.2 海洋水文

略。

3.2.3 地形地貌与岸滩演变

3.2.3.1 地形地貌特征

本项目位于江苏省盐城市响水县东部沿海，工程海域近岸段地貌类型属水下堆积台地（CL11），离岸约 18km 至风电场区属于废弃水下三角洲（CL10），如图 3-4 所示，又称滨海废黄河三角洲。

滨海废黄河三角洲是 1855 年黄河北归山东渤海后留下的废弃三角洲，其主体形成于 1128 年～1855 年黄河从淮入海期间，陆上范围北及灌河口以北的连云港地区，南达射阳河口，岸线长达 100 多公里，同时形成的水下三角洲范围亦十分广阔，其外界达-20m 水深（122°E）附近，总面积 7000 余平方公里。1855 年，黄河改道后，三角洲被废弃而转为强烈的侵蚀，主要表现为水下三角洲大面积的冲蚀和三角洲岸线的夷平过程，至今仍未停止。近年来，水下三角洲前缘斜坡带

潮流强烈的侧向侵蚀作用，造成了北起灌河口，经中山河口、废黄河口、扁担港口，至射阳河口之间海岸均表现为侵蚀型海岸，称废黄河三角洲侵蚀海岸。

废黄河口南部水下堆积台地（CL11）的形成原因主要为黄河夺淮入海期间携带的巨量泥沙在废黄河口外堆积形成水下三角洲主体，黄河改道后残留沉积物在潮流和波浪再搬运作用下持续堆积，叠加苏北断陷盆地东北部稳定的基底构造及弱水动力环境共同促成。其分布范围集中于滨海港区东部至射阳河口间的浅海区域，水深 5～20m，向海延伸至古黄河水下三角洲前缘，北界受灌河口侵蚀影响，南界与射阳河口现代沉积区过渡，地形平坦，局部发育沙脊或泥质浅滩。沉积物类型以粉砂和黏土质粉砂为主，垂向结构分为现代再搬运的粉砂质黏土表层。

略

图 3-4 工程海域附近海底地貌图（吴自银等，2019 年）

3.2.3.2 废黄河三角洲的冲淤演变特征

1128～1496 年黄河夺淮前，海岸线较为稳定；1496 年至 1855 年泥沙淤积使河口延伸 74km。黄河北归后，苏北海岸转为侵蚀，水下三角洲-10m 等深线从距岸 120km 缩至 1994 年距岸 5km 处，年均内移 240m；岸线 1855～1971 年后退近 20km，侵蚀速率由初期 300～400m/a 逐步减缓至 70m/a。1971 年后防护工程虽遏制部分岸线后退，但水下侵蚀持续，未防护区仍以 10～20m/a 后退，三角洲形态逐渐夷平。

根据收集周边海域项目的历史资料，响水县在 1128 年黄河夺淮入海以前，没有大量的泥沙来源，岸线长期变化不大。在 1496 年黄河全面夺淮入海后，下游流路趋于稳定，河口淤长逐渐加速，陆上及水下三角洲发育迅速，至 1855 年，河口共向海延伸了 74km。公元 1855 年铜瓦厢决口，黄河改由山东利津入渤海，苏北海岸大量泥沙来源断绝，其动力、泥沙平衡发生根本性改变，海岸演变由河流作用为主的堆积过程转变为海洋动力作用下的岸滩侵蚀改造，致使水下三角洲大面积冲蚀，三角洲岸线急剧后退。

废黄河水下三角洲的侵蚀主要表现为以-10m 水深为代表的三角洲前缘的侵蚀内移和高程的冲刷降低。1904 年英版海图（图 3-5）显示：经近五十年的侵蚀后，废黄河三角洲虽仍保持着完整的水下三角洲形态，-10m 等深线距岸还有

120km 左右，-10m 以浅的三角洲前缘仍保留着五条沙，但五条沙的位置已较清雍正陈伦炯《沿海全图》及清道光陶澍《海运图》所示明显内移，且上述两图中原五条沙外侧的大沙也不复存在，却在其南侧出现新的一片大沙。表明黄河北归后，水下三角洲侵蚀下来的泥沙向南辗转搬运，沉积在南侧的浅水区形成大沙。可见，黄河北归后的前半个世纪，水下三角洲遭受了强烈的侵蚀，虽仍保持着三角洲形态，但范围已大大缩小，侵蚀的泥沙很大一部分向南侧浅水区运移堆积。

在 20 世纪三十年代英版海图及 1937 年日版海图中，1904 年的五条沙区域已成为-12m～-14m 较平坦的水下岸坡，五条沙已基本夷平，河口区的水下三角洲被大面积冲刷，-10m 等深线距岸仅 20km 左右。表明二十世纪初的三十余年间，水下三角洲遭受强烈侵蚀，其南侧已基本被夷平。

至 20 世纪六十年代，1960～1965 年海图显示，除新淮河口与燕尾港之间仍残留着水下三角洲北部部分外，其余部分已侵蚀殆尽，-10m 等深线延伸方向已趋顺直，距岸平均 12km 左右，最近处约 7.5km。表明水下三角洲经过二十世纪初的强烈侵蚀后，已不具备水下三角洲形态。1937～1965 年间，-10m 等深线仅向岸移动约 8km，平均每年内移 285m 左右，水下三角洲的侵蚀强度开始趋缓。根据 1994 年 1 月水下地形测量，除新淮河口以北-10m 线离岸约 8km 处仍保留大片浅滩外，其余岸段-10m 基本顺直，距岸 5km 左右，最近处仅 2.25km，即 1965～1994 年间-10m 线内移 7km 左右，平均每年内移约 240m。说明经过一个多世纪的侵蚀，水下三角洲前缘基本被夷平后，-10m 等深线内移的速度也相应趋缓。

略

图 3-5　20 世纪初苏北海岸略图（据 1904 年英版海图）

在水下三角洲大面积侵蚀缩小的同时，三角洲岸线也因泥沙来源断绝而侵蚀后退，其中废黄河河口段岸线的蚀退尤为急剧。据历史记载和考证，1855 年河口在望海墩外 18km 处，到同治初年（1862 年），望海墩仅距海 10 余里，由此可见，河口沙嘴最初几年大约以每年 1km 左右的速度后退。在经历初期的剧烈冲刷后退之后，侵蚀后退速度开始趋缓。据江苏省海岸带调查资料，1855 年～1890 年间，河口段岸线平均每年后退 300～400m。其中北侧岸线冲刷后退了约 10km，

平均每年后退约 300m；南侧岸线后退了 14km 左右，平均每年后退约 400m；扁担河口侵蚀强度相对较弱，35 年间共后退不足 8km，平均每年后退约 200m。同时，受河口区侵蚀的泥沙输移的影响，射阳河口段 35 年间淤长了 10km，平均每年淤长 300m。1890～1921 年间，海岸侵蚀后退速率进一步减小，河口段平均每年后退 200～250m，其中河口北侧每年后退约 250m，南侧为 200m。河口北侧至新淮河口间海岸年后退率约为 140m/a，河口南侧至扁担河口间海岸后退率为 135m/a。在三角洲岸线侵蚀内移、侵蚀强度减小的同时，侵蚀区范围不断扩大，射阳河口段海岸已由淤涨转为侵蚀，平均每年后退约 100m。1921～1958 年河口段海岸侵蚀强度减弱，年后退率 75～80m/a。1958～1971 年间河口段海岸的侵蚀强度进一步趋弱，海岸年平均后退近 70m。

可见，自 1855 年黄河北归以来，河口附近海岸一直处于侵蚀状态，年平均后退率从初期的 1km 左右逐步减缓，河口附近岸线年侵蚀后退速度在 1855～1890 年间为 300～400m，1890～1921 年间为 200～250m，1921～1958 年间为 75～80m，1958～1971 年间为近 70m。由此推算，从 1855～1971 年，废黄河口海岸共侵蚀后退了近 20km。虽然岸线侵蚀后退速度在逐年减缓，但随着水下三角洲的夷平和岸线后退，海岸侵蚀的区域也在逐渐扩大。

与水下三角洲不同的是，尽管废黄河三角洲岸线经历了近 150 年的侵蚀后退，但仍保留着弧形向海凸出的古河口三角洲的岸线形态。1971 年后，废黄河口部分岸段由于建造了防护工程，控制了岸线后退，这些岸段的侵蚀主要表现为水下岸坡的下蚀和等深线的后退；而未有效防护岸段的岸线蚀退仍在继续，其中三角洲弧形岸线的拐角段，岸线还在以每年 10～20m 的速度侵蚀后退。

3.2.3.3 海床侵蚀动态演变特征

废黄河三角洲历经百年侵蚀，强度显著趋缓。-10m 等深线内移速率由 1937～1965 年的 285m/a 降至 2004～2007 年的 27m/a，-15m 以浅岸坡仍持续侵蚀，最大强度位于-2～-12m（年退 40～50m）。-15m 以深地形稳定，等深线趋直，水下三角洲形态消失，防护工程遏制部分岸线后退，但侵蚀陡坎持续内移。

根据收集周边海域的历史资料，滨海废黄河三角洲海岸经过一个多世纪的侵蚀后退，目前的侵蚀强度已明显趋缓，并将逐步趋于稳定。根据 1989～2007 年

的实测等深线数据及 3 条固定断面监测（图 3-6）可得出海岸近期侵蚀动态的认识。

略

图 3-6 废黄河口固定断面位置示意图

经过一百多年来的海岸侵蚀过程，废黄河水下三角洲已基本冲刷殆尽，1993 年的资料显示该海域-15m 等深线距岸最近处仅 4.7km。-15m 以深为一平缓的海底平原，海床基本稳定，而-15m 以浅的海床仍处于侵蚀过程。据 1989 年 11 月、1993 年 5 月、1994 年 1 月及 2004 年 5 月的测量资料（图 3-7），岸坡侵蚀强度最大的部位在-2～-10m 范围内，等深线内移速度从几十米到上百米不等。-2.0m 以浅的海滩侵蚀仍在继续，其中 1994 年 12 月至 1997 年 9 月，六合庄南段 0m 线平均每年后退约 40～50m，-1.0m 线平均每年后退约 25m。水下岸坡由于侵蚀内移，坡度变陡，形成了侵蚀陡坎。据各断面水下地形资料分析，陡坡段侵蚀下切较快，年侵蚀速率为 0.25～0.56m，而缓坡段相对较慢，年侵蚀速率在 0.15m 左右。

1994 年 1 月至 2004 年 5 月的十年间，废黄河三角洲海域水下等深线进一步内移（图 3-7）。2004 年时，-5m、-10m、-15m 等深线距岸最近处分别约 1.25km、2.0km 和 4.3km，均较 1994 年内移 375m、500m 和 990m。结合-10m 等深线变化过程看，1937～1965 年间的内移速率为 285m/a，1965～1994 年为 240m/a，1994～2004 年为 50m/a。反映上世纪九十年代以后的侵蚀速度已明显趋缓。

略

图 3-7 1989-2004 年间工程区附近海域等深线变化

由废黄河三角洲 3 条固定断面监测资料分析（图 3-8～图 3-10），2004 年 5 月至 2007 年 6 月的三年间，该海域水下等深线仍进一步内移，目前-5m、-10m、-15m 等深线距岸最近处已达 0.95km、1.92km、3.95km，但此三年间，-10m 等深线内移速率已减小为 27m/a，显示近期的侵蚀速率在进一步趋缓。

废黄河三角洲海域-15m 以深地形平缓，海床基本稳定，-15m 以浅的水下岸坡处于侵蚀过程，各断面水下岸坡侵蚀形态均为下凹形，侵蚀强度最大的部位在-2～-12m，侵蚀过程中水下岸坡的坡度逐渐变陡。

尽管目前废黄河三角洲拐角岸段仍维持着岸线向海凸出的古河口三角洲的岸线形态，但经一个多世纪的侵蚀，至上世纪九十年代初，此海域已不具备完整的水下三角洲形态，-5m、-10m 等深线均基本顺直，近期水下岸坡侵蚀表现为岸坡侵蚀陡坡的整体内移。

略

图 3-8　1989～2007 年间工程区北侧附近海域等深线变化（I）

略

图 3-9　1989～2007 年间黄河口北侧附近海域等深线变化（II）

略

图 3-10　1989～2007 年间工程区南侧附近海域等深线变化（III）

3.2.3.4 近期海床演变特征

工程海域近期海床变化分析主要基于 1963～1980 年、1978～1996 年与 2006～2022 年测量的海图资料，包括岸线变化、特征等高线与整体冲淤分析。

（1）岸线变化分析

基于 1963～1980 年、1978～1996 年与 2006～2022 年测量海图资料，各时间段岸线如图 3-11 所示。工程海域岸线轮廓变化主要受人为活动影响向海推进，且呈现较为规则、曲折度较低的特点。

岸线轮廓变化较为明显的区域包括连云港港区、板桥东南海岸、古泊善后河、灌河河口西北侧岸线（燕尾港镇政府）与东南侧岸线（团港村及一工区六组）。

1）连云港港区东侧受东西连岛限制，岸线变化不大，南侧与北侧主要受人为活动影响，岸线平均向港池推进约 0.4km，导致港池面积缩小，至 2022 年，港池减小约 9000m^2。

2）板桥河东南海岸主要为围垦区，受围垦活动影响，至 2022 年，岸线平均向海推进约 1.0km。

3）古泊善后河受围垦活动影响，河口两侧岸线向海推进约 800m，由网状型河口变成主河槽型河口；河口滩地范围显著减小，至 2022 年，滩地面积减小约 14580 亩；另外，河口南侧的沼泽区呈现退化趋势，至 2022 年，退化约 2500 亩。

4）灌河河口西北侧岸线（燕尾港镇政府）平均向海推进约 380m，东南侧岸线（团岗村）向海推进约 550m。另外，河口东南侧岸线（一工区六组）沼泽区

呈现退化趋势，至 2022 年，退化约 15000 亩。

略

图 3-11 工程海域近期岸线变化

（2）特征等深线分析

根据所获得的海图范围覆盖情况，特征等深线开展分区讨论，以 120.065°E 为界。其中，I 区图号 12500、图号 12570 与图号 C1412570 的海图资料分别分析 0m、-5m、-10m、-20m 等深线；II 区采用图号 12500 与图号 CN341001 的海图资料分别分析 0m、-5m、-10m、-20m 等深线。

1）0m 等深线变化

以滩涂轮廓作为 0m 等深线变化的分析依据具有代表性。滩涂与海床演变的水动力作用一致性：滩涂的发育受波浪、潮流、河流输沙等水动力因素控制，这些因素同样主导着 0 米等深线的形态。例如，强浪区滩涂侵蚀后退往往伴随等深线向陆推移，而沉积物丰富的河口滩涂扩张则对应等深线向海延伸。滩涂可表征沉积与侵蚀平衡，滩涂的淤积或侵蚀速率可直接反映水下地形的稳定性。通过监测滩涂轮廓变化，可推断近岸海底沉积物分布及 0m 等深线迁移趋势。

各时间段滩涂范围如图 3-12 所示。滩涂变化与岸线变化具有一致性，随着岸线向海推进，滩涂表现为向海推进。同样，滩涂推进较为明显的区域在板桥东南海岸、古泊善后河、灌河河口西北侧岸线（燕尾港镇政府）与东南侧岸线（团港村及一工区六组）。具体而言，至 2022 年，板桥东南海岸滩涂向海平均推进约 1.2km；古泊善后河河口滩涂平均推进约 1.05km；灌河河口西北侧滩涂（燕尾港镇政府）平均向海推进约 280m，东南侧滩涂（团岗村与一工区六组）平均向海推进约 630m。

略

图 3-12　0m 等深线（滩涂范围）

2）-5m 等深线变化

I、II 区范围内-5m 等深线如图 3-13 所示，-5m 等深线变化基本集中于以（119.5°E，34.75°N）～（120.23°E，34.40°N）为中线、宽度约为 5.8km 的范围内。受冲刷明显的区域集中在（119.67°E～119.83°E、34.66°N～34.75°N）、 （119.92°E～120.065°E、34.58°N～34.72°N）2 个范围内，至 2022 年，这 2 个区域的-5m 等深线已不再出现。

本项目海缆路由附近区域表现为淤积，与 1963～1980 年、1978～1996 年测量海图相比，至 2022 年，-5m 等深线分别向海推进约 1.54km 与 1.92km。

略

图 3-13　工程附近海域-5m 等深线对比（理基）

3）-10m 等深线变化

I、II 区范围内-10m 等深线如图 3-14 所示，在以（119.76°E，34.75°N）～（120.065°E，34.58°N）为中线的两侧海域，各阶段-10m 等深线交错分布，未见明显的冲淤变化趋势。受冲刷较为明显的区域分布于连云港港池出口门区域、（119.60°E～119.63°E、34.63°N～34.71°N）范围以及 120.3°E 以东海域。至 2022 年，连云港港池出口门区域开始出现水深＞10m 的区域；120.3°E 以东区域，水深＞10m 的区域向西移动，表明该区域水深增大。

本项目海缆路由附近区域表现为淤积，与 1963～1980 年、1978～1996 年测量海图相比，至 2022 年，-10m 等深线向海推进约 1.0km；风电场区开始出现-10m 水深线，表明原水深＞10m，受淤积影响后水深减小。

略

图 3-14　工程附近海域-10m 等深线对比（理基）

4）-20m 等深线变化

I、II 区范围内-20m 等深线如图 3-15 所示，-20m 等深线变化主要出现在 120.3°E 以东的冲刷区域，该等深线向北迁移约 3.2km。

本项目海缆路由及风电场区域水深均在 20m 范围内，所在范围内无变化。

略

图 3-15　工程附近海域-20m 等深线对比（理基）

（3）整体冲淤分析

I 区采用图号 12500（1980 年测量）与图号 C1412570（2012 年测量）海图资料、II 区采用图号 12500（1980 年测量）与图号 CN341001（2012 年测量）海图资料分别开展冲淤分析。I 区、II 区各冲淤参数分析见表 3-3，整体冲淤情况如

图 3-16 所示。

表 3-3　I 区、II 区各冲淤参数分析

略

I 区海域覆盖面积约为 1404.84km^2，净冲刷量约为 7.27×10^{8}m^3，平均冲刷幅度为 0.55m；在统计的 42 年间，年均冲刷幅度约为 1.72cm。海缆路由所在区域既有冲刷，又有淤积，冲淤幅度均在 0～5m 范围内。

II 区海域覆盖面积 1211.00 km^2，净冲刷量约为 13.5×10^{8}m^3，平均冲刷幅度为 1.11m；在统计的 42 年间，年均冲刷幅度约为 3.47cm。海缆路由所在区域冲淤幅度均在 0～5m 范围内；风电场所在区域以淤积为主，淤积幅度在 0～5m 范围内。

略

图 3-16　工程海域总体冲淤分析

3.2.3.5 风电场区的冲淤演变特征

由于收集资料的年份、范围等存在差异，因此对工程海域海床稳定性采用不同历史资料开展分析，风电场区海底地形特征、海床冲淤与典型断面冲淤分析采用图号 12500、图号 CN341001 海图资料，以及设计单位测量资料，见表 3-4。

表 3-4 工程海域地形资料来源

略

（1）风电场区地形特征

1）风电场区海底地形变化

如图 3-17 所示，1980 年风电场区水深介于 10.0～12.5m 之间，且从西向东水深逐渐增大。

如图 3-18 所示，2012 年风电场区水深介于 9.5～11.5m 之间，且从西向东水深逐渐增大。

如图 3-19 所示，2025 年总体水深介于 11.0～13.0m 之间，且从西向东方向水深逐渐增大。

略

图 3-17　1980 年风电场区海底地形

略

图 3-18　2012 年风电场区海底地形

略

图 3-19　2025 年风电场区海底地形

2）11m、12m 等深线变化

①1980 年与 2025 年 11m、12m 等深线变化

如图 3-20 所示，1980 年与 2025 年相比，11m 等深线向西移动，至 2025 年，风电场区内不再出现 11m 等深线；12m 等深线向西移动约 1.8km。

略

图 3-20　1980 年与 2025 年 11m、12m 等深线变化

②2012 年与 2025 年 11m、12m 等深线变化

如图 3-21 所示，2012 年与 2025 年相比，11m 等深线向西移动，至 2025 年，风电场区内不再出现 11m 等深线；2012 年风电场区内无 12m 等深线，2025 年风电场区内出现 12m 等深线。

略

图 3-21　2012 年与 2025 年 11m、12m 等深线变化

（2）1980～2012 年冲淤分析

1）整体冲淤分析

1980～2012 年风电场区冲淤分析如图 3-22 所示，风电场所在海域总体表现为淤积，淤积幅度在 0～4m 之间，南侧角局部表现为冲刷。场地南侧角附近存在小面积冲刷，冲刷幅度在 0～0.2m，覆盖面积约为 6.0 万 m^2。

略

注：冲淤范围中，正数为冲刷，负数为淤积。（下同）

图 3-22　1980～2012 年风电场内冲淤分析（理基）

风电场区冲淤参数分析见表 3-5。电场内呈现明显的淤积趋势，净淤积量约为 3880.5 万 m^3，平均淤积幅度为 1.89m；在统计的 32 年间，年均淤积幅度约为 5.92cm。

表 3-5 风电场区冲淤参数分析（1980～2012 年）

略

2）典型断面冲淤分析

沿着风电场西北侧边界与东北侧边界布置 5 个典型断面，分别标注为 1#～5#，如图 3-23 所示。各典型断面冲淤情况，如图 3-24～图 3-28 所示。

①1#剖面

如图 3-24 所示，该剖面沿线均表现为淤积，淤积幅度在 0.35～3.30m 之间，其中在 120.190°E 附近形成陡坎，其淤积幅度由 0.35m 增大至 2.60m；120.190°E 以东，淤积幅度变化较为平缓，总体在 2.60～3.30m 之间。

②2#剖面

如图 3-25 所示，该剖面沿线均表现为淤积，淤积幅度在 0.65～3.1m 之间，其中在 120.220°E 附近形成陡坎，其淤积幅度由 0.65m 增大至 3.10m；120.220°E 以东，淤积幅度呈逐渐减小趋势，由 3.10 减小至 1.80m。

③3#剖面

如图 3-26 所示，该剖面沿线总体表现为淤积，但在 120.240°E 附近出现幅度 0～0.2m 的冲刷区。紧邻该冲刷区的即为淤积陡坎，形成在 120.242°E 附近区域，由冲刷 0.2m 变为淤积 2.40m；120.242°E 以东，淤积幅度变化较为平缓，总体在 2.00～2.60m 之间。

④4#剖面

如图 3-27 所示，该剖面沿线均表现为淤积，淤积幅度在 0.30～3.20m 之间，其中在 120.265°E 附近形成跌坎，其淤积幅度由 3.20m 降低至 0.30m；120.265°E 以东，淤积幅度均较小，变化在 0.30～3.50m 之间。

⑤5#剖面

如图 3-28 所示，淤积幅度在 0.30～1.00m 之间。

略

图 3-23　典型断面布置图

略

图 3-24　1#剖面冲淤图

略

图 3-25　2#剖面冲淤图

略

图 3-26　3#剖面冲淤图

略

图 3-27　4#剖面冲淤图

略

图 3-28　5#剖面冲淤图

（3）2012～2025 年冲淤分析

1）整体冲淤分析

2012～2025 年风电场区冲淤分析如图 3-29 所示。风电场所在海域整体表现为冲刷，冲刷幅度在 0.7～2.2m 之间。

略

图 3-29　2012～2025 年风电场内冲淤分析（理基）

风电场区冲淤参数分析见表 3-6。风电场内呈现明显的冲刷趋势，净冲刷量约为 2741.05 万 m^3，平均冲刷幅度为 1.34m；在统计的 13 年间，年均冲刷幅度约为 10.296cm。

表 3-6 风电场区冲淤参数分析（2012～2025 年）

略

2）典型断面冲淤分析

沿着风电场西北侧边界与东北侧边界布置 5 个典型断面，分别标注为 1#-5#，如图 3-30 所示。各典型断面冲淤情况，如图 3-31～图 3-35 所示。

①1#剖面

如图 3-31 所示，该剖面沿线均表现为冲刷，冲刷幅度在 1.10～2.05m 之间，其中在 120.190°E 附近冲刷幅度最大；沿剖面冲刷幅度总体变化平缓。

②2#剖面

如图 3-32 所示，该剖面沿线均表现为冲刷，冲刷幅度在 1.06～1.51m 之间，其中在 120.210°E 附近冲刷幅度最大；沿剖面冲刷幅度总体变化平缓。

③3#剖面

如图 3-33 所示，该剖面沿线均表现为冲刷，冲刷幅度在 0.85～1.98m 之间，其中在 120.246°E 附近冲刷幅度最大；沿剖面冲刷幅度总体变化平缓。

④4#剖面

如图 3-34 所示，该剖面沿线均表现为冲刷，冲刷幅度在 1.39～1.47m 之间，其中在 120.240°E 附近冲刷幅度最大；沿剖面冲刷幅度总体变化平缓。

⑤5#剖面

如图 3-35 所示，该剖面沿线均表现为冲刷，冲刷幅度在 1.34～1.87m 之间，其中在 120.211°E 附近冲刷幅度最大；沿剖面冲刷幅度总体变化平缓。

略

图 3-30　典型断面布置图

略

图 3-31　1#剖面冲淤图

略

图 3-32　2#剖面冲淤图

略

图 3-33　3#剖面冲淤图

略

图 3-34　4#剖面冲淤图

略

图 3-35　5#剖面冲淤图

（4）1980～2025 年冲淤分析

1）整体冲淤分析

1980～2025 年风电场区冲淤分析如图 3-22 所示。风电场所在海域整体表现为淤积，淤积幅度在 0～3.0m 之间，淤积面积大约为 13.68km^2；在风电场的西侧有局部区域表现为冲刷，冲刷幅度大约为 0～1.8m 之间，冲刷面积大约为 6.82km^2。

略

图 3-36　1980～2025 年风电场内冲淤分析（理基）

风电场区冲淤参数分析见表 3-7。风电场内呈现东淤西冲的态势，淤积范围大于冲刷范围，净淤积量约为 1139.46 万 m^3，场区平均淤积幅度为 0.56m；在统计的 45 年间，年均淤积幅度约为 1.24cm。

表 3-7 风电场区冲淤参数分析（1980～2025 年）

略

2）典型断面冲淤分析

沿着风电场西北侧边界与东北侧边界布置 5 个典型断面，分别标注为 1#-5#，如图 3-37 所示。各典型断面冲淤情况，如图 3-38～图 3-42 所示。

①1#剖面

如图 3-38 所示，该剖面以 120.191°E 为界，120.191°E 以西区域表现为冲刷，冲刷幅度在 0～1.64m 之间；120.191°E 以东区域表现为淤积，淤积幅度在 0～3.0m 之间。

②2#剖面

如图 3-39 所示，该剖面以 120.217°E 为界，120.217°E 以西区域表现为冲刷，冲刷幅度在 0～0.96m 之间；120.217°E 以东区域表现为淤积，淤积幅度在 0～2.0m 之间。

③3#剖面

如图 3-40 所示，该剖面以 120.242°E 为界，120.242°E 以西区域表现为冲刷，冲刷幅度在 0～1.42m 之间；120.242°E 以东区域表现为淤积，淤积幅度在 0～2.0m 之间。

④4#剖面

如图 3-41 所示，该剖面以 120.265°E 为界，120.265°E 以西区域表现为淤积，淤积幅度在 0～0.86m 之间；120. 265°E 以东区域表现为冲刷，冲刷幅度在 0～2.5m 之间。

⑤5#剖面

如图 3-42 所示，该剖面以 120.218°E 为界，120.218°E 以西区域表现为淤积，冲刷幅度在 0～0.86m 之间；120.218°E 以东区域表现为冲刷，冲刷幅度在 0～2.5m 之间。

略

图 3-37　典型断面布置图

略

图 3-38　1#剖面冲淤图

略

图 3-39　2#剖面冲淤图

略

图 3-40　3#剖面冲淤图

略

图 3-41　4#剖面冲淤图

略

图 3-42　5#剖面冲淤图

（5）小结

风电场区 1980～2012 年净淤积量 3880.5 万 m^3，年均淤积 3.44cm；2012～2025 年转为净冲刷，冲刷量 2741.1 万 m^3，年均冲刷 10.29cm；1980～2025 年整体仍为净淤积，累计淤积量 1139.46 万 m^3，年均淤积 1.24cm。表明近期冲刷趋势增强，需重视桩基稳定性。

3.2.3.6 送出海缆沿程海域的冲淤演变特征

由于收集资料的年份、范围等存在差异，因此对工程海域海床稳定性采用不同历史资料开展分析，海缆路由区海床冲淤与典型断面冲淤分析采用图号 12500、图号 125700、图号 C1412570 与图号 CN341001 海图资料，见表 3-8。

表 3-8 工程海域地形资料来源

略

（1）整体冲淤分析

海缆路由起于（119.896°E，34.452°N），终于（120.198°E，34.665°N），平面总长约为 37.2km，将海缆路由与附近区域冲淤图叠加后如图 3-43 所示。总体而言，由起点至终点，海缆路由沿程海域冲淤交错分布，其中，（119.900°E-120.050°E）区域冲刷幅度＞2m，最大冲刷幅度超过 4m；淤积幅度均在 0～2m 之间。海缆路由沿程冲淤范围及长度见表 3-9。

表 3-9 海缆路由沿程冲淤范围及长度

略

略

图 3-43　海缆路由附近冲淤分析（理基）（I 区-1963～2022 年，II 区-1963～2018 年）

（2）典型断面冲淤分析

根据风电场海缆路由走向布设 3 个剖面，如图 3-44 所示。结合冲淤图，提取各剖面冲淤幅度，如图 3-45～图 3-47 所示。图中，冲淤幅度与平面等值线图

表示一致，0m 线以上为冲刷区，0m 线以下为淤积区。

1）1#剖面

该剖面（图 3-45）总体上呈淤积趋势。冲刷幅度介于 0～1.5m 之间，最大冲刷幅度约 1.5m，位于 120.044°E 区域，与海缆路由距离较远。淤积幅度介于 0～4m 之间，最大淤积幅度约 4.0m，位于风电场区东北角。另外，断面所在风电场区内均为淤积状态。

2）2#剖面

该剖面（图 3-46）总体上冲刷与淤积较为平衡。冲刷幅度介于 0～5m 之间，最大冲刷幅度达 5.0m，位于 120.0°E 附近，且在海缆路由经过的线路上；淤积幅度介于 0～3.9m 之间，最大淤积幅度位于风电场东北边界。另外，断面所在风电场区内均为淤积状态。

3）3#剖面

该剖面（图 3-47）总体上冲刷与淤积较为平衡。冲刷幅度介于 0～3m 之间，最大冲刷幅度 2.9m，位于 120.063°E 附近，与海缆路由距离较远；淤积幅度介于 0～3.7m 之间，最大淤积幅度位于风电场东侧边界。另外，断面所在风电场区内均为淤积状态。

略

图 3-44　风电场区剖面布设图

略

图 3-45　送出海缆沿程 1#剖面冲淤图

略

图 3-46　送出海缆沿程 2#剖面冲淤图

略

图 3-47　送出海缆沿程 3#剖面冲淤图

3.2.3.7 沉积物粒度调查

浙江华东测绘与工程安全技术有限公司于 2021 年 3 月（春季）进行了风电场区大范围底质取样，与春季水文测验同期开展，调查区底质主要为粉砂、砂质粉砂、粘土质粉砂。

调查区北部底质相对较粗，南部底质相对较细。中值粒径最大的出现在 X1-

4 采样点（118.20μm），最小的出现在 X5-2 采样点（7.31μm）。调查区底质的中值粒径平均值为 49.15μm。

略

图 3-48 底质粒径分布图（单位：μm）

2025 年春季对项目海域底质粒度进行了补充调查。根据《江苏响水 H3-2#海上风电场工程海洋生态环境现状调查及评价报告（2025 年春季）》（华东勘测设计研究院有限公司工程试验中心，2025 年 5 月），华东勘测设计研究院有限公司工程试验中心在项目海域于 2025 年 4 月 5 日～6 日进行了海洋环境调查，共布设沉积物站位 12 个，对底质粒度进行了调查。

表 3-10　2025 年春季调查站位表

略

略

图 3-49　2025 年春季沉积物调查站位图

2025 年春季调查结果显示，海域调查区整体底质均较细，调查海域平均粒径 Mz（d）范围在 4.27～8.00um 之间，均值为 6.97um；中值粒径 Md（d）范围在 4.11～7.91um 之间，均值为 6.85um。调查区采样点以粉砂样品居多。

表 3-11　2025 年春季项目海域沉积物粒度调查结果

略

3.2.3.8 场区地形特征

本项目于 2025 年 4 月在项目所在海域开展了水下地形测量，其中场区测量比例尺为 1:2000，场区外 0～2km 测量比例尺为 1:5000，场区外 2～15km 测量比例尺为 1:10000。

响水 H3-2#海上风电项目位于响水东侧海域，风电场离岸约 31km，海底地形变化较为平缓，场区海底高程为-16.27m～-13.84m（1985 国家高程基准），风电场区 15km 范围海底高程为-28.20～-10.10m，整体呈西南高东北低。

略

图 3-50 本项目风电场区地形图（2025 年 4 月实测，国家 85 高程，CGCS2000 坐标系）

略

图 3-51 本项目所在海域地形图（2025 年 4 月实测，国家 85 高程，CGCS2000 坐标系）

略

图 3-52 本项目海域地形等深线（2025 年 4 实测，国家 85 高程，CGCS2000 坐标系）

3.2.4 工程地质

3.2.4.1 区域地质构造

华润响水 H3-2#海上风电项目位于江苏响水东侧海域，在构造单元划分上隶属扬子准地台苏北拗陷区中的盐阜凹陷，为深厚覆盖层区，区内断裂构造发育，断裂走向可分为北东向、北西向和近东西向 3 组。近场区主要断裂有 7 条：淮阴—响水口大断裂（①）、古河－渔业断裂（②）、盐城—南洋岸断裂（③）、串场河断裂（④）、苏北滨海断裂（⑤）、陈家堡—小海断裂（⑥）和邵店－桑墟断裂（⑧），其中对场地稳定性影响较大的主要活动断裂有苏北滨海断裂和古河－渔业断裂，其中苏北滨海断裂距场区最近。详见 9.3.1 章节。

3.2.4.2 地震

本项目位于华北地震区的东南部的长江下游—黄海地震带上，该地震带为一中强地震活动带，其西侧为郯庐地震带，南侧与华南地震区的长江中游地震带相接。

据资料统计，自公元 288 年以来，该带共记载到 Ms6～6.9 级地震 14 次，7 级地震 1 次，即 1846 年南黄海 7 级地震。地震活动的空间分布不均匀，总体呈海强陆弱的分布特点，且具有较好的重复性。中强震较集中地分布在南黄海海域，其中 6 级以上地震就达 10 次之多。重复性地震除主要分布在南黄海海域外，苏北沿海地区也有分布，经统计，可视为同一构造部位或原地重复发生的地震所占比例约 54.5%。

参考《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），本工程邻近陆域II类场地基本地震加速度值为 0.05g，对应的地震基本烈度均为VI度，设计地震分组为第三组。

本场区 20m 深度范围内液化土层主要为②-2 层粉土，综合考虑本场地土地基的液化等级为中等，抗震设计时，可针对上述液化土层按照国标《建筑抗震设计标准》（GB/T50011-2010）（2024 年版）相关条款对桩侧摩阻力和水平抗力进

行相应折减，并进行桩基承载力验算。

3.2.4.3 地层

本项目 H3-2#响水风电场区地质钻孔成果 5 站位，收集三峡响水 H3-1#风电场地质钻孔成果 6 站。根据钻孔揭露的地层结构、岩性特征、埋藏条件及物理力学性质，结合室内土工试验成果和区域地质资料，勘探深度内（最大勘探深度 103.20m，对应高程-113.10m）均为第四系沉积物，共分为 8 个大层和 18 个亚层和 1 个夹层，其中上部①～③层为第四系全新统（Q_4）冲海相粉土、粉砂，下部为晚更新世（Q_3^2）陆相、滨海相沉积物。

现自上而下分述如下：

①-1 层粉土：浅灰黄色，很湿，稍密，夹薄层粘土和少量粉砂，含少量贝壳碎屑及腐殖质。静探锥尖阻力 qc=5.64MPa，静探侧摩阻力 fs=72.7kPa。该层大部分分布，层顶标高-15.40～-14.10m，层厚 0.60～2.60m。

①-2 层淤泥质粉质粘土夹粉土：浅灰黄色，流塑，夹少量粉砂，含少量贝壳碎屑。静探锥尖阻力 qc=1.02～1.12MPa，平均值 1.07MPa；静探侧摩阻力 fs=10.4～36.0kPa，平均值 23.2kPa。该层全场分布，层顶埋深 0.00～2.60m，层顶标高-17.50～-15.30m，层厚 1.40～10.00m。

①-3 层粉土夹粉砂：浅灰黄、灰色，很湿，稍密，夹少量薄层粘土，局部粘土含量较高，含云母及少量贝壳碎屑，局部含结核，砾径 0.5～4cm。静探锥尖阻力 qc=3.18～7.76MPa，平均值 5.47MPa；静探侧摩阻力 fs=33.4～91.2kPa，平均值 62.3kPa。标贯实测锤击数 N=9～14 击/30cm，平均值 10.5 击/30cm。该层全场分布，层顶埋深 2.80～10.00m，层顶标高-25.30～-16.90m，层厚 2.10～6.30m。

①-4 层粉质粘土：灰黄色，可塑，夹粉土，局部含结核，砾径 0.5～1cm，局部达 5cm。静探锥尖阻力 qc=3.27MPa，静探侧摩阻力 fs=79.3kPa。标贯实测锤击数 N=8～16 击/30cm，平均值 10.1 击/30cm。该层部分分布，层顶埋深 5.00～13.50m，层顶标高-28.80～-19.10m，层厚 1.00～4.70m。

②-1 层粉砂夹粉土：灰、灰黄色，饱和，稍密～中密，局部以粉土为主，夹少量薄层粘土，含云母，局部含结核，砾径 0.5～1cm。静探锥尖阻力 qc=8.17～13.85MPa，平均值 11.01MPa；静探侧摩阻力 fs=88.9～128.2kPa，平均值 108.5kPa。

标贯实测锤击数 N=13～21 击/30cm，平均值 18.0 击/30cm。该层全场分布，层顶埋深 9.70～15.20m，层顶标高-30.60～-23.80m，层厚 1.90～9.60m。

②-2 层粉质粘土：浅灰色，软塑为主，局部流塑，夹薄层粉土，局部夹粉砂，含腐殖质、有机质。静探锥尖阻力 qc=2.42MPa，静探侧摩阻力 fs=52.0kPa。标贯实测锤击数 N=2～6 击/30cm，平均值 3.7 击/30cm。该层大部分分布，层顶埋深 17.00～20.20m，层顶标高-35.30～-32.30m，层厚 1.00～14.30m。

②-夹层粉砂：灰色，饱和，密实，含云母。静探锥尖阻力 qc=19.00MPa，静探侧摩阻力 fs=142.8kPa。该层局部分布，层顶埋深 18.60～19.00m，层顶标高-34.30～-33.90m，层厚 1.00～1.20m。

③-1 层粉砂：灰色，饱和，中密为主，局部密实，局部夹少量薄层粘性土，含云母。静探锥尖阻力 qc=31.07MPa，静探侧摩阻力 fs=275.3kPa。标贯实测锤击数 N=19 击/30cm。该层局部分布，层顶埋深 12.00～31.00m，层顶标高-45.10～-26.20m，层厚 3.20～17.60m。

3.2.4.4 水文地质

本项目位于江苏盐城市响水县外侧的近岸海域，受河水及不规则半日潮影响，海水为微混浊的微咸水、咸水。

根据地下水的赋存条件与水理、水力特征，场区地下水类型有第四纪松散土层内孔隙潜水和孔隙承压水。

场区浅层地下水属孔隙性潜水，主要分布于②-2 层粉土，水位受潮汐涨落控制明显，动态变化大。④-2 层粉土夹粉质粘土、⑦-2 层粉砂中地下水属孔隙承压水，含水量较丰富，根据工程经验，孔隙承压水对本工程桩基施工影响较小。

3.2.4.5 不良地质作用

本场地位于南黄海内陆架海域，在地貌上属于滨海废黄河三角洲，不存在发生滑坡、泥石流的地形地质条件，亦未发现岩溶、地面沉陷等不良地质作用，未发现海底障碍物。但风机位于近海海域，海水涨退潮时，风机位置易受海浪冲刷，基础设计时需进行防潮水冲刷设计。

3.2.4.6 场地稳定性与适宜性评价

本场地不良地质作用不发育。场区位于中强地震带上，周边区域性断裂较发

育，场区内无活动性区域断裂通过。场区存在软弱土层，且工程场地 20m 深度范围内存在液化土层，属对建筑抗震不利地段。工程场区位于近海海域，基础易受海浪冲刷。故本工程场地稳定性差，适宜性差，但采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。

3.2.5 海洋环境现状

略。

3.2.6 声环境现状

略。

3.2.7 电磁环境现状

略。

3.2.8 鸟类现状调查

略。

3.2.9 海洋自然灾害

根据《2021 年江苏省海洋自然灾害公报》《2022 年江苏省海洋自然灾害公报》《2023 年江苏省海洋自然灾害公报》，主要海洋自然灾害如下：

2021 年江苏省发生风暴潮过程 2 次，造成风暴潮灾害 1 次直接经济损失 8859.97 万元；发生海浪过程 10 次，造成海浪灾害 3 次，直接经济损失 1592.00 万元，死亡失踪共 15 人；沿海三市（连云港、盐城、南通）发生海冰灾害，直接经济损失 49811.66 万元；全年未发生海啸、赤潮灾害。

2022 年，江苏省海洋灾害以风暴潮和海浪灾害为主，3 次灾害过程共造成直接经济损失 10661.10 万元，死亡失踪 3 人。其中，风暴潮灾害发生 1 次，造成直接经济损失 10116.10 万元；海浪灾害发生 2 次，造成直接经济损失 545.00 万元，死亡失踪 3 人；沿海三市未发生海冰、海啸和赤潮灾害。

2023 年，江苏省海洋灾害以风暴潮和海浪灾害为主，4 次灾害过程共造成直接经济损失 1700.00 万元，无人员因海洋灾害死亡失踪。其中，风暴潮灾害发生 1 次，造成直接经济损失 1080.00 万元；海浪灾害发生 3 次，造成直接经济损失 620.00 万元；江苏管辖海域发现赤潮 1 次，覆盖面积 4 平方千米；江苏管辖海域

及其外侧 5～8 月发现绿潮，最大覆盖面积 908 平方千米；沿海海平面较常年偏高 67 毫米；海岸侵蚀长度 269.2 千米；全年未发生海冰和海啸灾害。

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

4.1.1 资源生态敏感目标

4.1.1.1 敏感目标分布

本项目位于江苏省盐城市响水县近岸海域，登陆点位于响水县灌河入海口东南侧约 8km 的海堤。根据项目用海特征和所在海域的资源生态基本情况，项目用海周边的生态敏感目标主要有生态保护红线和现状海水养殖区。资源生态敏感目标见表 4-1 和图 4-1。

表 4-1 项目周边资源生态敏感目标一览表

略

略

图 4-1 项目周边海洋敏感目标分布图

4.1.1.2 敏感目标保护管理要求

（1）生态保护红线

根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的十大类有限人为活动。

本项目不占用生态保护红线，风电场区与生态保护红线中的“四鳃鲈鱼种质资源保护区”的最近距离约 688m，与生态保护红线中的“连云港海域农渔业区”的最近距离为 6.7km，与生态保护红线中的“开山岛”的最近距离为 24.2km；220k 送出海缆与生态保护红线中的“四鳃鲈鱼种质资源保护区”和“开山岛”的最近距离约 100m，与生态保护红线中的“连云港海域农渔业区”的最近距离为 8.9km。

（2）生态空间管控区域

根据《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域监督管理办法的通知》

（苏政办发〔2021〕20 号），生态空间管控区域以生态保护为重点，原则上不得开展有损主导生态功能的开发建设活动，不得随意占用和调整。

本项目不占用生态空间管控区域，风电场区与盐城湿地珍禽国家级自然保护区的最近距离约 26.4km；220k 送出海缆与盐城湿地珍禽国家级自然保护区的最近距离约 454m。

（3）现状海水养殖区

海水养殖是可持续利用海洋资源的重要方式，不仅满足了人民群众对优质海产品的需求，而且对沿海地区经济社会发展和群众生计具有重要意义。海水养殖区水质应满足《海水水质标准》（GB3097-1997）和《渔业水质标准》（GB11607-89）中的相关要求。项目建设应尽量减少对养殖活动的影响，对因项目建设造成的损失应与养殖用海主体积极协商赔偿，避免出现重大利益冲突。

本项目 220kV 海缆穿越 2 宗现状养殖用海区域，此外还有 2 宗现状养殖用海邻近 220kV 海缆，现状海水养殖区与风电场区最近距离约 15.3km。

4.1.1.3 重点和关键预测因子

本项目为海上风电项目，主要建设内容为风机、桩基式光伏、海上升压站、场内集电线和送出海缆，根据项目用海特征以及周边敏感目标分布情况，根据同类型海上风电项目桩基对水动力、地形地貌与冲淤环境的影响基本局限在风电场附近，不同布置方案对水动力、地形地貌与冲淤环境的影响差异不大，考虑到本项目风电场区与四鳃鲈鱼种质资源保护区较近，施工悬浮泥沙对四鳃鲈鱼种质资源保护区可能产生一定影响，因此，确定本项目的重点和关键预测因子为水环境：悬浮泥沙扩散范围。

4.1.2 用海方案工况设计

本项目位于响水线近岸海域，风电场区离岸距离约 31km，场区实测水深 13.89～16.30m，装机容量 308MW。项目用海方案比选工况设定为方案一和方案二。

方案一：机型单机容量为 11MW，转轮直径为 252m。在风电场内共布置 28 台风电机组，总装机容量为 308MW。风电机组垂直 SSE 主风向成行布置，共布置了 8 排，风电机组排间距约 782～954m，排内间距约 770～1276m，风电机组

间最小间距为 770m。每 7 个风电机组组成 1 回风机组，共设置 4 回集电线路，场区采用 66kV 集电线，不交叉不重叠。

方案二：机型单机容量为 11MW，转轮直径为 270m。在风电场内共布置 28 台风电机组，总装机容量为 308MW。风电机组沿西北边界成行布置，共 8 行，风电机组行间距约 763～1334m 之间，列间距约 958～1046m，风电机组间最小间距为 763m。每 7 个风电机组组成 1 回风机组，共设置 4 回集电线路，场区采用 66kV 集电线，不交叉不重叠。

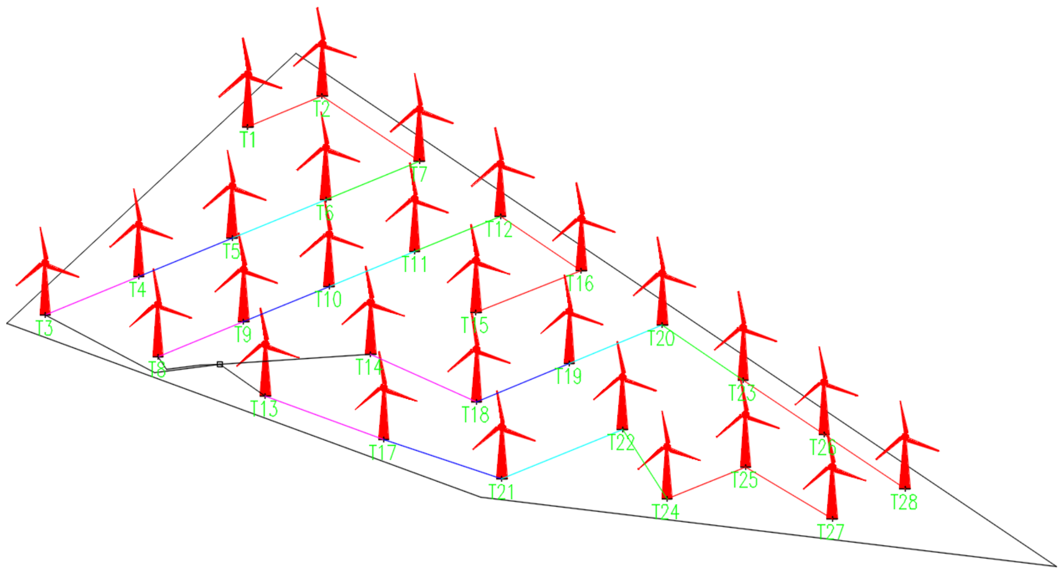


图 4-2 方案一总平面布置示意图

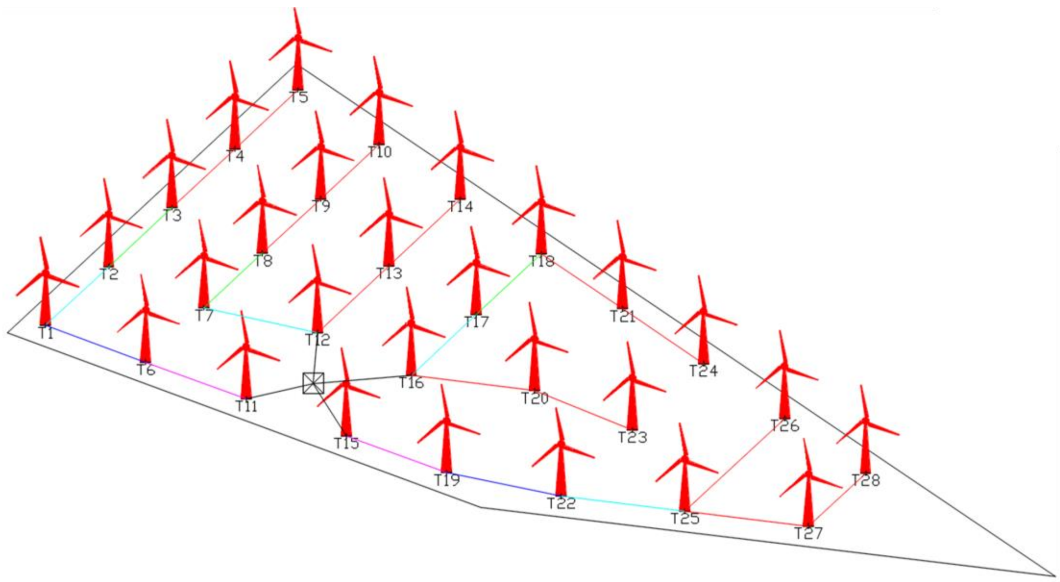


图 4-3 方案二总平面布置示意图

4.1.3 水环境影响预测对比分析

本项目海底电缆铺设、风机以及光伏桩基施工时会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质。

4.1.3.1 预测方法

泥沙在海水中的沉降、迁移、扩散过程，由平面二维对流、扩散方程表示，详见 4.3.1 章节控制方程。

边界条件处理如下：

①闭边界上法向物质通量为 0，即 $\frac{\partial S}{\partial n}=0$；

②开边界考虑悬浮浓度为 0，即 $S(x,y.t)=0$。

4.1.3.2 计算条件

（1）源强计算

根据项目施工组织设计，采用专业海底电缆铺设船配备射水挖沟犁进行铺埋施工，悬浮物发生源强按以下公式计算：

$$\sigma=A\cdot v\cdot \rho\cdot f$$

其中 σ 为悬浮物源强，kg/s；

A 为海缆开挖横截面积，m^2；

v 为海缆施工速度，m/s；

ρ 为底质沉积物干密度，kg/m^3；

f 为起沙率，无量纲。

底质沉积物干密度取值：根据《港口与航道水文规范》（JTS145-2015）（2022 版）附录 U 中 U.0.9 条，底质沉积物干密度计算公式为 $\rho=1750d_{50}^{0.183}$，d_{50} 为底质中值粒径，送出海缆所在海域中值粒径平均值为 7.55μm，经计算，底质沉积物干密度为 716kg/m^3；风电场所在海域中值粒径平均值为 49.15μm，经计算，底质沉积物干密度为 1008kg/m^3。

送出海缆登陆点 KP0-KP0.031 段：电缆埋深 3.0m，采用定向钻施工，定向钻入土点在陆域、出土点在两栖挖掘机施工范围内，出土点悬沙源强远小于两栖挖掘机施工源强，出入土点之间不产生悬沙。因此，本次不单独计算源强。

送出海缆 KP0.031-KP3.2 段：电缆埋深 3.0m，采用两栖挖掘机施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 8.13m^2；铺设速度 0.35m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段海缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 5.09kg/s。

送出海缆 KP3.2-KP8.9 段：电缆埋深 3m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 3.25m^2；本段位于盐城湿地珍禽国家级自然保护区和开山岛附近，铺设速度降至 1m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 5.82kg/s。

送出海缆 KP8.9-KP11.0 段：电缆埋深 3m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 3.25m^2；铺设速度 3m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 17.45kg/s。

送出海缆 KP11.0-KP12.1 段：电缆埋深 4m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 4.25m^2；铺设速度 3m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 22.82kg/s。

送出海缆 KP12.1-KP14.0 段：电缆埋深 4m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 4.25m^2；本段位于四鳃鲈鱼种质资源保护区附近，铺设速度降至 1m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 7.61kg/s。

送出海缆 KP14.0-KP19.7 段：电缆埋深 3m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 3.25m^2；本段位于四鳃鲈鱼种质资源保护区附近，铺设速度降至 1m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 5.82kg/s。

送出海缆 KP19.7-KP23.4 段：电缆埋深 4.5m，采用射水挖沟犁施工，开挖

沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 4.75m^2；本段位于四鳃鲈鱼种质资源保护区附近，铺设速度降至 1m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 8.50kg/s。

送出海缆 KP23.4-KP26.2 段：电缆埋深 3.0m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 3.25m^2；本段位于四鳃鲈鱼种质资源保护区附近，铺设速度降至 1m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 5.82kg/s。

送出海缆 KP26.2-KP31.7 段：电缆埋深 4.5m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 4.75m^2；本段位于四鳃鲈鱼种质资源保护区附近，铺设速度降至 1m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 8.50kg/s。

送出海缆 KP31.7-KP34.5 段：电缆埋深 4.0m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 4.25m^2；铺设速度 3m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 22.82kg/s。

送出海缆 KP34.5-KP37.2（升压站）段：电缆埋深 3.0m，采用埋设犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 3.25m^2；铺设速度 3m/min；工程海域底质沉积物干密度为 716 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 17.45kg/s。

风电场区集电线路 II-KP2.2-KP2.8 和 III-KP3.6-3.9 段：电缆埋深 4.0m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 4.15m^2；铺设速度 3m/min；工程海域底质沉积物干密度为 1008 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 31.37kg/s。

风电场区集电线路 I-KP0.6-KP7.7 段：电缆埋深 3.0m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 3.15m^2；本段位于四鳃鲈鱼种质

资源保护区附近，铺设速度降至 1m/min；工程海域底质沉积物干密度为 1008 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 7.94kg/s。

风电场区其他集电线路段：电缆埋深 3.0m，采用射水挖沟犁施工，开挖沟剖面为倒梯形，本次计算横截面积取 $3.15m^2$；铺设速度 3m/min；工程海域底质沉积物干密度为 1008 kg/m^3；根据同类项目类比，起沙率取保守值 15%。本段电缆铺设悬浮泥沙的产生速率约为 23.81kg/s。

由于打桩施工和海缆铺设存在范围重叠的情况，且由于打桩产生的悬浮泥沙源强远小于海底电缆铺设产生的源强，打桩产生的悬沙影响范围小于海缆铺设产生的悬沙影响，因此风机桩基和升压站桩基施工悬浮物影响范围包含在海缆铺设影响范围内。

海缆铺设施工过程的悬沙迁移模拟将设置计算代表点位 97 个，各点位分布图见图 4-4～图 4-5。

略

图 4-4　SS 源强点布置点位图（送出海缆）

略

图 4-5　SS 源强点布置点位图（场内集电线）

（2）潮型选择

计算潮型考虑典型大、小潮工况，计算至 SS 扩散范围稳定。

4.1.3.3 悬浮泥沙计算结果分析

本节分别计算代表点大潮、小潮悬浮物扩散范围，并采用各个点的图形叠置方法，绘制了施工期悬浮物影响最大外包络线。

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的规定，悬浮物质人为增量≤10mg/L 为第一类和第二类水质，人为增量≤100mg/L 为第三类水质，人为增量≤150mg/L 为第四类水质。本项目所在海域执行第一类和第二类海水水质标准，将模拟区域每个点位悬浮物浓度值等于或超过 10mg/L 定义为对该点有影响，将每个点位出现的最大浓度定义为该点的最大浓度。

（1）方案一悬浮泥沙计算结果

图 4-6～图 4-8 为海缆铺设施工过程引起的悬浮泥沙影响范围包络图，可见

施工导致的悬浮泥沙影响高浓度区主要集中在海缆周边，低浓度区会扩散至海缆东南、西北方向。整个海缆铺设施工期产生悬浮泥沙浓度大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散包络范围为 3.33km^2、6.62km^2、16.36km^2、80.22km^2、172.02km^2（表 4-3、图 4-8）。

海缆铺设施工期悬浮泥沙大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物影响最大距离约为 0.24km、0.40km、0.93km、3.99km、8.31km。

表 4-2　海缆铺设施工期悬浮物包络范围（km^2）

略

工程海域周边的敏感目标有四鳃鲈鱼种质资源保护区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛、连云港海域农渔业区和养殖区等环境敏感目标，对海洋水质较为敏感，根据模型计算，工程海缆施工期间在敏感目标区悬浮泥沙扩散范围见表 4-3。

表 4-3　全潮海缆铺设施工期悬浮物侵入敏感目标面积（km^2）

略

略

图 4-6　海缆铺设施工期悬浮泥沙扩散范围（大潮）

略

图 4-7　海缆铺设施工期悬浮泥沙扩散范围（小潮）

略

图 4-8　海缆铺设施工期悬浮泥沙扩散范围（全潮）

（2）方案二悬浮泥沙计算结果

图 4-9～图 4-11 分别为海缆铺设施工过程引起的悬浮泥沙影响范围包络图，可见施工导致的悬浮泥沙影高浓度区主要集中在电缆沟周边，低浓度区会扩散至厂址东南、西北方向。整个缆线铺设施工期产生悬浮泥沙浓度大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散包络范围为 3.76km^2、7.25km^2、19.67km^2、79.21km^2、156.31km^2（表 4-4、图 4-11）。

缆线铺设施工期悬浮泥沙大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物影响最大距离约为 0.25km、0.44km、1.27km、4.21km、8.77km。

表 4-4　缆线铺设施工期悬浮物包络范围（km^2）

略

工程海域周边的敏感目标有四鳃鲈鱼种质资源保护区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛、连云港海域农渔业区和养殖区等环境敏感目标，对海洋水质较为敏感，根据模型计算，工程海缆施工期间在敏感目标区悬浮泥沙扩散范围见表 4-5。

表 4-5　全潮缆线铺设施工期悬浮物侵入敏感目标面积（km^2）

略

略

图 4-9　海缆铺设施工期悬浮泥沙扩散范围（大潮）

略

图 4-10　海缆铺设施工期悬浮泥沙扩散范围（小潮）

略

图 4-11　海缆铺设施工期悬浮泥沙扩散范围（全潮）

（3）不同方案悬浮泥沙影响对比分析

从表 4-6 可以看出，≥10mg/L 全潮包络线面积和侵入四鳃鲈鱼种质资源保护区面积方案一大于方案二，但≥50mg/L 全潮包络线面积和≥20mg/L 侵入四鳃鲈鱼种质资源保护区面积方案一均小于方案二，悬浮物扩散影响最大距离方案一也均小于方案二。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），悬浮物质浓度人为增量超过《渔业水质标准》（GB11607）或《海水水质标准》（GB3097）中 II 类标准值（≤10mg/L）对海洋生物资源损害程度将明显增加，浓度增量越大造成的海洋生物资源损失率越高，方案二悬浮物高浓度扩散范围大于方案一，方案二对四鳃鲈鱼种质资源保护区和风电场周边海域海洋生物资源的影响将略高于方案一。

表 4-6　不同方案全潮缆线铺设施工期悬浮物扩散面积（km^2）及扩散距离（km）

略

4.1.4 用海方案推选

根据上述水环境关键预测因子的预测对比分析，各用海方案对资源生态影响的比选见表 4-7。方案二对风电场周边海域和四鳃鲈鱼种质资源保护区的生物资源的影响略大于方案一。

综上所述，方案一对资源生态影响较小，因此推荐用海方案为方案一。

表 4-7 用海方案对资源生态影响比选

略

4.2 资源影响分析

4.2.1 项目用海对海岸线资源的影响

本项目 220kV 海缆在灌河入海口东南侧约 8km 的海堤登陆，通过定向钻过堤，不对堤身进行破坏，占用人工岸线 20.17m，不新增岸线，距离最近的自然岸线约 3km，实施投用期间不会对周边自然岸线产生不利影响，不会影响江苏省自然岸线保有率目标的实现。

4.2.2 项目用海对海洋空间资源的影响

本项目风机、桩基式光伏、海上升压站、海缆将直接占用海域空间资源，占用海域面积约 259.5489ha。风机布设造成 17.80km^2 范围的海域遭切割而破碎，不利于渔业捕捞生产安全。但风电场风机所在海域目前并没有其他海洋开发活动，对其他开发活动没有造成大的影响。

4.2.3 项目用海对港口资源的影响

（1）对港口的影响

本项目风电场区位于响水县近岸海域，附近主要的港口为盐城港响水港区，风电场区与其距离较远。根据数值模拟计算结果，风电场建设对周边海域流畅的影响不大，项目建设不会对港口开发和运营产生影响。

（2）对航道的影响

连云港港至南方浅水航路轴线距离风电场最小距离为 4.8km，在场区北侧；灌河口进入南方航路轴线距离风电场最小距离为 5.5km，在场区南侧；灌河口进入北方航路轴线距离风电场最小距离为 10.8km，在场区西侧；赣榆港-连云港港-灌河口-滨海港-射阳港-大丰港区沿岸航路轴线距离风电场最小距离为 14.7km，在场区南侧；灌河口-连云港港-青岛港航路轴线距离风电场最小距离为 26.0km，在场区西侧；灌河口 5 万吨级航道轴线距离风电场最小距离为 28.8km，在场区西南侧；上述航路和航道距离本项目风电场区均较远，均不在项目建设后流场和

地形冲淤影响范围内，项目建设对上述航路和航道附近的水流和地形冲淤环境没有直接影响。本项目 220kV 送出海缆穿越赣榆港-连云港港-灌河口-滨海港-射阳港-大丰港区沿岸航路和灌河口进入南方航路，采用铺缆船埋设施工，电缆埋设深度需要根据航路和航道的要求进行铺设，避免影响航路和航道的疏浚及升级。

4.2.4 项目用海对海洋生物资源的影响

4.2.4.1 项目建设对海洋生态的影响

本项目为海上风电场，项目建设的生态影响主要发生在施工期，施工期生态影响包括直接影响和间接影响两个方面。直接影响主要是风机、桩基式光伏、海上升压站等构筑物建设，以及开挖海床铺设电缆，将直接占用、破坏底栖生物生境，掩埋底栖生物栖息地；间接影响则是由于打桩、开挖等致使施工作业点局部水域悬浮物增加造成影响。施工活动直接、间接生态影响判定表见表 4-8。

表 4-8 施工期直接、间接影响判定表

略

（1）对底栖生物影响分析

本项目的建设对底栖生物最主要的影响是桩基（含防护设施）占用、电缆沟开挖等行为毁坏了底栖生物的栖息地，使底栖生物栖息空间受到了影响，并且可直接导致底栖生物死亡。

底栖生物受到影响按照影响地点的不同可分为以下几种类型：

第 I 类型：桩基占用的影响

风电机组桩基（含砂被防护范围）、海上升压站桩基等水工构筑物建设占用部分海域，建成后，占用海域丧失原有生境，造成底栖生物丧失；工程附近海域将逐渐恢复原有或形成新的底栖生物群落。

第 II 类型：电缆沟开挖的影响

本项目电缆铺设在海床以下 3m 以深，电缆铺设开挖海床造成沿程海床上底栖生物几乎全部损失。当底栖生物的影响区域较小，并且受影响的时间为非产卵期时，其恢复通常较快，恢复后其主要结构参数（种数、丰富度及多样性指数等）将与开挖前或邻近的未开挖海域基本一样，但物种组成仍有显著的差异，要彻底恢复，则需要更长的时间。这是由于底栖生物的幼虫为浮游生物，只要有足够的

繁殖产量，这些幼虫随海流作用还会来到工程海域生长。然而，如果受影响区域较大，影响的时间恰为繁殖期或影响的持续时间较长，则其恢复通常较慢。

第 III 类型：悬浮物扩散区的影响

本项目打桩、开挖施工引起局部海域悬浮物浓度增加，降低海水透明度引起的，透明度降低会使海洋生物正常的生理过程受到影响，一些敏感种会受损，甚至消失，但施工停止后，可以恢复到接近正常水平。

（2）对浮游植物影响分析

本项目建设对浮游植物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质影响了水体的透光性，水体透光性减弱，光强减少，将对浮游植物的光合作用起阻碍作用。

一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10～50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。因此，本项目开发建设过程中要注意悬浮物浓度的控制，尽量减少海洋生态损失。

（3）对浮游动物的影响分析

本项目施工过程中，对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质，增加了水体的浑浊度。悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。具体影响反应在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物的相似。

（4）对渔业资源的影响

施工过程对渔业资源影响主要集中在施工作业产生悬浮物扩散对渔业资源的影响，以及打桩产生的水下噪声对石首科鱼类的影响。悬浮物对鱼类的影响分为三类，即致死效应、亚致死效应和行为影响。这些影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的丰度；降低其捕食效率等。

悬浮物对鱼类的影响，国外学者曾做过大量实验，其中 Biosson 等人研究了鱼类在混浊水域表现出的回避反应，研究结果表明当水体悬浮物浓度达到 70mg/L 时，鱼类在 5min 内迅速表现出回避反应。实验表明，成鱼在混浊水域内

会做出回避反应，迅速逃离施工地带。

不同种类的水生生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般来说，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成体低很多。以长江口疏浚泥悬沙对中华绒毛蟹早期发育的试验结果为例，类比分析悬浮泥沙对鱼类的影响。当悬沙浓度为 8g/L 时，中华绒毛蟹胚胎发育在原肠期以前，胚胎成活率几乎为 100%，但当胚胎发育至色素形成期产生一定程度的影响，试验三组数据最大死亡率为 60%～70%，最小为 5%～10%，平均 30%。不同的悬沙浓度不影响中华绒毛蟹蚤状幼体的成活率，但当悬沙浓度达到 16g/L 时，对蚤状幼体的变态影响极为显著。高浓度悬沙可推迟蚤的变态；当悬沙浓度达到 32g/L 以上时，可降低蚤状幼体对轮虫的摄食和吸收。

此外，悬浮泥沙对渔业的影响主要还体现在对浮游动物与浮游植物食物供应所受到的影响上。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力，海中悬浮液、悬沙会对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，严重时甚至会导致死亡。从食物链的角度不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定影响。

4.2.4.2 项目建设造成海洋生态损失分析

本项目建设海上风电场，风机、桩基式光伏、海上升压站建设占用海域造成海洋生物永久丧失；电缆沟开挖扰动底床，造成底栖生物损失，需要较长时间恢复；施工产生的悬浮物扩散造成渔业资源损失。

《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T4423-2022）给出了江苏沿海不同岸段海域的各类生物量，具体见下表。本项目位于连云港海域和废黄河三角洲海域交界处，本项目生物量损失按照基础生物量较高的连云港海域进行计算。

表 4-9 江苏省管辖海域各生物类群基础生物量

海域	基础生物量						
	鱼类	甲壳类和头足类	鱼卵	仔稚鱼	浮游动物	大型底栖生物	潮间带底栖生物
	kg/hm^2	kg/hm^2	$ind./m^3$	$ind./m^3$	mg/m^3	kg/hm^2	kg/hm^2
连云港海域	5.64	2.37	0.25	0.34	453.61	159.71	3166.17
废黄河三角洲海域	1.86	1.72	0.31	0.31	160.95	140.71	211.69
辐射沙脊群海域	2.82	3.03	0.21	0.19	298.51	111.85	670.46

<table>
<tr><th rowspan="3">海域</th><th colspan="7">基础生物量</th></tr>
<tr><th>鱼类</th><th>甲壳类和头足类</th><th>鱼卵</th><th>仔稚鱼</th><th>浮游动物</th><th>大型底栖生物</th><th>潮间带底栖生物</th></tr>
<tr><th>kg/hm²</th><th>kg/hm²</th><th>ind./m³</th><th>ind./m³</th><th>mg/m³</th><th>kg/hm²</th><th>kg/hm²</th></tr>
<tr><td>长江口北部海域</td><td>4.26</td><td>4.07</td><td>1.06</td><td>0.20</td><td>439.45</td><td>152.64</td><td>1042.17</td></tr>
</table>

本次生物资源损害的补偿年限依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），并按照《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T4423-2022）给出的基础生物量计算本项目造成的生态损失。

根据《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T4423-2022），游泳动物、大型底栖生物、潮间带底栖生物、浮游动物、鱼卵和仔稚鱼的损失价值计算公式如下。

①游泳动物（鱼类、甲壳类和头足类）、大型底栖生物、潮间带底栖动物

$$Y=D\times S\times F\times N$$

式中：Y—损失价值，单位为人民币元（CNY）；

D—基础生物量，单位为千克每公顷（kg/hm^2）；

S—占用或影响海域的面积，单位为公顷（hm^2）；

F—当地平均价格，单位为人民币元每千克（CNY/kg）；

N—影响年限。

②浮游动物

$$Y=D\times S\times H\times F\times N\div 1000$$

式中：Y—浮游动物损失价值，单位为人民币元（CNY）；

D—浮游动物基础生物量，单位为毫克每立方（mg/m^3）；

S—占用或影响海域的面积，单位为公顷（hm^2）；

H—占用或影响海域的平均水深，单位为米（m）；

F—当地浮游动物平均价格，单位为人民币元每千克（CNY/kg）；

N—影响年限。

③鱼卵、仔稚鱼

$$W=D\times S\times H\times 10000$$

式中：W—鱼卵、仔稚鱼损失量，单位为个（ind.）；

D—鱼卵、仔稚鱼基础生物量，单位为个每立方米（$ind./m^3$）；

S—占用或影响海域的面积，单位为公顷（hm^2）；

H—占用或影响海域的平均水深，单位为米（m）。

鱼卵、仔稚鱼损失价值计算公式如下：

$$Y=W_1\times P_1\times E\times N+W_2\times P_2\times E\times N$$

式中：Y—鱼卵、仔稚鱼损失价值，单位为人民币元（CNY）；

W_1—鱼卵损失量，单位为个（ind.）；

P_1—鱼卵折算为商品鱼苗的成活率，%，按 1%成活率计算；

E—当地鱼苗平均单价，单位为人民币每个（CNY/ind.）；

N—影响年限；

W_2—仔稚鱼损失量，单位为个（ind.）；

P_2—仔稚鱼折算为商品鱼苗的成活率，%，按 5%成活率计算。

根据市场调研价格，当地生物平均价格按照鱼类 20 元/kg，甲壳类和头足类 40 元/kg，潮间带底栖生物、大型底栖动物、浮游动物 10 元/kg，商品鱼苗 1 元/ind.。

（1）项目占用海域造成的海洋生物损害分析

本项目构筑物占用海域的大型底栖生物将永久丧失，开挖造成的潮间带生物、底栖生物影响可以恢复，参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），构筑物占用海域和海缆开挖占用海域分别以 20 倍和 3 倍计算损失补偿。本次以 6m 等深线划分潮间带与浅海海域。

按照连云港海域，潮间带生物量 3166.17kg/hm^2，大型底栖生物量 159.71kg/hm^2。

1）风机占用海域对底栖生物影响

本项目风电场布置 28 台风机，均布置在-6m 以深海域。风电机组桩基直径均为 8.0m，并在桩基周围采用砂被防护，防护范围为桩基外 18m 以内范围。因此，本项目风电机组桩基及其固化土防护设施占用浅海海域面积 4.2575hm^2。

本项目风机占用浅海海域造成的大型底栖生物损失为 4.2575×159.71=679.96kg；永久占用按照 20 倍补偿损失，按照 10 元/kg 计算，造成浅海

海域大型底栖生物损失的补偿金额为 13.60 万元。

2）桩基式光伏占用海域对底栖生物影响

本项目桩基式光伏布置在-6m 以深海域。光伏平台桩基直径为 0.7～2.0m，其中入土段直径均为 2.0m，共 12 根桩基；箱变和电缆栈桥桩基直径均为 0.7～1.7m，其中入土段直径为 1.7m，共 6 根。因此，本项目桩基式光伏桩基占用浅海海域面积 0.0051hm^2。

本项目风机占用浅海海域造成的大型底栖生物损失为 0.0051×152.64=0.85kg；永久占用按照 20 倍补偿损失，按照 10 元/kg 计算，造成浅海海域大型底栖生物损失的补偿金额为 0.02 万元。

2）海上升压站占用海域对底栖生物影响

本项目新建的海上升压站位于-6m 以深的浅海海域。海上升压站基础采用 4 腿导管架型式，导管架 4 个面的斜度约为 10:1。主导管采用 φ2240 钢管。考虑斜桩，升压站基础占用海域面积为 0.0016hm^2。

本项目升压站占用浅海海域造成的大型底栖生物损失为 0.0016×159.71=0.25kg。永久占用按照 20 倍补偿损失，按照 10 元/kg 计算，造成浅海海域大型底栖生物损失的补偿金额为 0.01 万元。

3）电缆占用海域对潮间带生物、底栖生物影响

本项目海缆埋设在海床以下，开挖区域涉及潮间带、浅海海域，以电缆沟开挖及影响的断面宽度核算沿程影响的海域面积，估算造成的损失。

本项目 220kV 海缆长 37.2km，66kV 集电线长 35.5km，其中约有 8.8km 220kV 海缆位于潮间带，其他 28.4km 220kV 海缆和 35.5km 66kV 集电线均位于-6m 以深浅海海域，合计-6m 以深浅海海域海缆为 63.9km。

潮间带海缆施工临时影响范围：220kV 海缆在 KP0～KP0.031 段采用定向钻施工，定向钻入土点位于海岸线靠陆侧，出土点位于两栖挖掘机施工范围，因此不再单独计算定向钻出入土点占用面积；海缆在 KP0.031～KP3.2 段采用两栖挖掘机开挖铺设，开挖沟槽上口宽 4m，开挖使用的设备宽度约 3m，开挖土方堆于沟槽旁，压占宽度为 5m，因此，该段海缆沟槽开挖施工影响宽度取 12m，临时施工造成潮间带生境改变面积约 3.8028hm^2；海缆在 KP3.2～KP8.8 段采用铺缆

船施工，开挖上口宽 1.5m，考虑到挖沟犁在作业过程中会扰动底泥造成泥沙悬浮，悬浮的泥沙在重力作用下回落覆盖原有底栖生物生境，对于部分活动能力较弱的底栖生物可能造成损害，因此将 4m 作为开沟作业对底栖生物的影响宽度，临时影响范围约 2.2400hm^2。综上，潮间带海缆施工临时影响范围约 6.0428hm^2。

浅海海域海缆施工临时影响范围：浅海段铺设海缆总长度 63.9km，均采用铺缆船施工，开挖上口宽 1.5m，考虑到挖沟犁在作业过程中会扰动底泥造成泥沙悬浮，悬浮的泥沙在重力作用下回落覆盖原有底栖生物生境，对于部分活动能力较弱的底栖生物可能造成损害，因此将 4m 作为开沟作业对底栖生物的影响宽度，则临时影响范围约 25.5600hm^2。

本项目海底电缆开挖潮间带海域造成的潮间带生物损失为 6.0428×3166.17=19132.53kg；临时占用按照 3 倍补偿损失，按照 10 元/kg 计算，造成潮间带生物损失的补偿金额为 57.40 万元。

本项目海底电缆开挖浅海海域造成的底栖生物损失为 25.5600×159.71=4082.19kg。临时占用按照 3 倍补偿损失，按照 10 元/kg 计算，造成底栖生物损失的补偿金额为 12.25 万元。

4）小结

本项目风机、桩基式光伏、海上升压站基础及防护设施占用海域，海缆铺设扰动海床，造成潮间带生物、底栖生物损失，永久占用海域按 20 倍补偿，临时占用海域按 3 倍补偿，按照 10 元/kg 计，造成潮间带生物、底栖生物的损失补偿金额为 83.18 万元。

表 4-10 潮间带生物、大型底栖生物损失量一览表

略

（2）项目产生悬沙影响造成的海洋生物损害分析

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），某种污染物浓度增量超过 GB11607 或 GB3097 中 II 类标准值（GB11607 或 GB3097 中未列入的污染物，其标准值按照毒性试验结果类推）对海洋生物资源损害，按公式计算：

$$W_i=\sum_{j=1}^{n}D_{ij}\times S_j\times K_{ij}$$

式中：W_i—第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克（kg）；

D_{ij}—某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/km^2）、个平方千米（个/km^2）、千克平方千米（kg/km^2）；

S_j—某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km^2）；

K_{ij}—某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；生物资源损失率取值参见表 4-11；

n—某一污染物浓度增量分区总数。

表 4-11 污染物对各类生物损失率

污染物 *i* 的超标倍数（B_i）	各类生物损失率（%）			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
B_i≤1 倍	5	＜1	5	5
1＜B_i≤4 倍	5～30	1～10	10～30	10～30
4＜B_i≤9 倍	30～50	10～20	30～50	30～50
B_i≥9 倍	≥50	≥20	≥50	≥50

注：

1.本表列出污染物 i 的超标倍数（B_i），指超《渔业水质标准》或超Ⅱ类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。

2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。

3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据做相应调整。

4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

本项目位于连云港海域，鱼卵和仔稚鱼基础生物量分别为 0.25ind./m^3、0.34ind./m^3、鱼类基础生物量为 5.64kg/hm^2、甲壳类和头足类基础生物量为 2.37kg/hm^2、浮游动物基础生物量为 453.61mg/m^3。

悬浮物浓度的增高将造成鱼卵和仔稚鱼、鱼类、甲壳类和头足类、浮游动物等损失，损失的程度取决于悬浮物污染的程度。根据数模预测结果，整个施工期悬浮泥沙浓度增量大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 的包络面

积分别为 3.33km^2、6.62km^2、16.36km^2、80.22km^2、172.02km^2。根据风电场实测水深和海底电缆所在海域水深资料，根据本项目实测地形数据，悬浮物增量 10-50mg/L、50-100mg/L、大于 100mg/L 影响范围平均水深分别为 13.7m、11.8m 和 9.7m 计算。

参照表 4-11 中污染物对各类生物损失率，本次悬浮泥沙扩散浓度增量为 10～50mg/L、50～100mg/L、>100mg/L 的影响水域中鱼卵仔鱼损失率分别取 5%、30%和 50%，成体损失率分别取 1%、10%和 20%；浮游动物损失率分别取 10%、30%和 50%。

根据《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T4423-2022）、《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），持续性生物资源损害的补偿分为 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年～20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。本项目施工期为 12 个月，低于 3 年，按 3 年补偿。

1）鱼卵和仔稚鱼损失量计算

悬浮物扩散造成鱼卵的损失量为（155.66×5%×13.7+9.74×30%×11.8+6.62*50%×9.7）×0.25×10^6=43303425 尾。

悬浮物扩散造成仔稚鱼的损失量为（155.66×5%×13.7+9.74×30%×11.8+6.62*50%×9.7）×0.34×10^6=58892658 尾。

根据《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T4423-2022），鱼卵和仔稚鱼生长到商品鱼苗分别按 1%、5%成活率计算，则悬浮物扩散造成商品鱼苗的损失量约为（43303425×0.01+58892658×0.05）尾=3377667 尾。商品鱼苗按 1 元/条计算，本项目属于实际影响年限低于 3 年的，因此按 3 年进行补偿，则本项目施工悬浮泥沙造成鱼卵、仔稚鱼损失补偿金额为 1013.30 万元。

2）鱼类损失量计算

悬浮物扩散造成鱼类的损失量为（155.66×1%+9.74×10%+6.62*20%）×5.64×10^2=2173.99kg。鱼类单价按 20 元/kg 计算，本项目属于实际影响年限低于 3 年的，因此按 3 年进行补偿，则本项目施工悬浮泥沙造成的鱼类损失补偿金额为 13.04 万元。

3）甲壳类和头足类损失量计算

悬浮物扩散造成甲壳类和头足类的损失量为（155.66×1%+9.74×10%+6.62*20%）×2.37×10^2=913.54kg。甲壳类和头足类单价按 40 元/kg 计算，本项目属于实际影响年限低于 3 年的，因此按 3 年进行补偿，则本项目施工悬浮泥沙造成的甲壳类和头足类损失补偿金额为 10.96 万元。

4）浮游动物损失量计算

悬浮物扩散造成浮游动物的损失量为（155.66×10%×13.7+9.74×30%×11.8+6.62×50%×9.7）×453.61=126938.59kg。浮游动物单价按 10 元/kg 计算，本项目属于实际影响年限低于 3 年的，因此按 3 年进行补偿，则本项目施工悬浮泥沙造成的浮游动物损失补偿金额为 380.82 万元。

综上，本项目悬浮泥沙造成的生物损失补偿金总计为 1013.30+13.04+10.96+380.82=1418.12 万元。

表 4-12 施工悬浮泥沙造成的渔业资源损失估算表

略

上述渔业资源损失随着施工的结束，自然状态下可缓慢得到恢复，且建设单位后续将采取增殖放流措施，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

4.2.4.3 项目建设造成的海洋生物损害小结

综上，本项目风机、桩基式光伏、海上升压站基础及防护设施占用海域，海缆铺设扰动海床，造成潮间带生物、大型底栖生物损失；打桩、电缆铺设等产生悬浮泥沙扩散影响，造成鱼卵和仔稚鱼、鱼类、甲壳类和头足类、浮游动物等损失。永久占用海域按 20 倍补偿，临时占用海域与悬沙扩散影响按 3 倍补偿，本项目建设造成的海洋生物损失金额合计为 1501.4 万元。

根据《江苏省建设项目用海控制指标》（苏自然资发〔2021〕45 号）中关于电力工业建设项目相关控制指标的要求，生态建设经费按照生态损害程度科学计算，不低于海岸或海洋工程投资额累进计算值：①投资额≤5 亿元，按照 1%计算；②5～20（含 20）亿元部分按照 0.5%计算；③20 亿元以上部分按照 0.2%计算。本项目投资为 275237.88 万元，投资额＞20 亿元，则，按照投资额累进计算得到生态补偿经费=50000*1%+（200000-50000）*0.5%+（275237.88-200000）

*0.2%=1400 万元。

因此，按照“生态建设经费按照生态损害程度科学计算，不低于海岸或海洋工程投资额累进计算值”的要求，本项目生态建设经费为 1501.4 万元。

4.3 生态影响分析

4.3.1 海洋水文动力影响分析

本项目位于响水县近岸海域，项目风机基础、升压站基础等构筑物会对所在海域水动力环境产生一定影响，根据相关导则，结合项目所在区海域水深、潮汐动力等情况，建立项目所在海域二维潮流模型，预测项目对海洋水动力环境的影响。

4.3.1.1 潮流泥沙数学模型的建立

（1）控制方程

在笛卡尔直角坐标系下，根据静压和势流假定，沿垂向平均的二维潮流基本方程可表述为如下形式：

$$\frac{\partial z}{\partial t}+\frac{\partial (Hu)}{\partial x}+\frac{\partial (Hv)}{\partial y}=0 \qquad (4.3.1-1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+g\frac{\partial z}{\partial x}-fv+g\frac{u\sqrt{u^2+v^2}}{C^2h}+\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial P_a}{\partial x}=\frac{\tau_{sx}-\tau_{bx}}{\rho_0}+N_x\frac{\partial^2 u}{\partial^2 x}+N_y\frac{\partial^2 u}{\partial^2 y}-\frac{1}{\rho H}\left(\frac{\partial}{\partial x}\mathrm{Sxx}+\frac{\partial}{\partial y}\mathrm{Sxy}\right) \qquad (4.3.1-2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial z}{\partial y}+fu+g\frac{v\sqrt{u^2+v^2}}{C^2h}+\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial P_a}{\partial y}=\frac{\tau_{sy}-\tau_{by}}{\rho_0}+N_x\frac{\partial^2 v}{\partial^2 x}+N_y\frac{\partial^2 v}{\partial^2 y}-\frac{1}{\rho H}\left(\frac{\partial}{\partial x}\mathrm{Syx}+\frac{\partial}{\partial y}\mathrm{Syy}\right) \qquad (4.3.1-3)$$

$$\frac{\partial SH}{\partial t}+\frac{\partial SuH}{\partial x}+\frac{\partial SvH}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(HK_x\frac{\partial S}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(HK_y\frac{\partial S}{\partial y}\right)+F_s \qquad (4.3.1-4)$$

其中：

z—潮位（m）；*h*—水深（m）；*H*—总水深，*H*=*h*+*z*（m）；*u*、*v*—流速矢量 *V* 沿 *x*、*y* 方向的速度分量（m/s）；*t*—时间（s）；*f*—科氏系数（$f=2w\,sin\,\phi$，*w* 是地球自转的角速度，ϕ 是所在地区的纬度）；*g*—重力加速度（m/s^2）；*C*—谢才系

数（$m^{1/2}/s$）；N_x、N_y—x、y 向水流紊动粘性系数（m^2/s）；Sxx、Sxy、Syx、Syy—不同方向的波浪辐射应力（N/m^2）；P_a—大气压强，P_a；ρ_0—海水密度，kg/m^3；τ_{sx}、τ_{sy}—x、y 向的风切应力，kg/ ($m\cdot s^2$)，τ_{bx}、τ_{by}—x、y 向的底切应力，kg/($m\cdot s^2$)；S—悬沙浓度，mg/L；F_s—泥沙源汇函数。

1）方程离散

将第 i 号控制元记为Ω_i，在Ω_i上对向量式的基本方程组进行积分，并利用 Green 公式将面积分化为线积分，得：

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\Omega_i} U\, d\Omega_i + \oint_{\partial\Omega_i} (E \bullet \overline{n}_i - E^d \bullet \overline{n}_i) dl = \int_{\Omega_i} S\, d\Omega_i \qquad (4.3.1-5)$$

即：

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\Omega_i} U\, d\Omega_i + \oint_{\partial\Omega_i} E \bullet \overline{n}_i\, dl = \int_{\Omega_i} S\, d\Omega_i - \oint_{\partial\Omega_i} E^d \bullet \overline{n}_i\, dl \qquad (4.3.1-6)$$

其中 $d\Omega_i$ 是面积分微元，dl 是线积分微元，$\overline{n_i} = (n_{ix}, n_{iy}) = (\cos\theta, \sin\theta)$，$n_{ix}$，$n_{iy}$ 分别代表第 i 号控制元边界单元单位外法向向量 x、y 方向的分量。方程求解分为四项：第一项为时变项，第二项为水平对流项，第三项为底坡项，第四项为水平扩散项。

2）水平对流项处理

水平对流相界面通量求解是非结构网格有限体积法的核心，也是非结构网格算法的优势所在，它引入了控制体界面两侧变量间断的思想。目前高性能的计算格式有 FVS、Godunov、Roe、Osher、HLL、FCT、MUSCL 等格式，用得最多的是 Roe 格式，也是本文所用的格式，界面处变量数值采用 MUSCL 格式提高到二阶精度。

3）水平扩散项处理

水平扩散项含有二次项，是离散浅水方程的难点之一。本文采用单元交界的平均值计算通过该界面扩散项的数值通量，这样处理算法简单、效率高。

4）源项处理

源项可分解为底坡项和阻力项，$S=S_0+S_f$。

阻力项：$S_f = (0, -gdS_{fx}, -gdS_{fy})^T$，该项可以直接求解。

底坡项：$S_0 = (0, -gdS_{0x}, -gdS_{0y})^T$。

水流有限体积法源自空气动力学，在空气动力学中，空气流动一般为密度流，而水力学中，水流流动主要是重力流，这是二者的差别。若水流浅水方程底坡向不做特别处理，会出现伪流动。

底坡项的处理一般有“平底模型”和“斜底模型”两种方法。“平底模型”，顾名思义，控制单元底高程为常数，这种处理在物理上把水流概化成类似多级跌水形式，在数学上则是用阶梯状平台去逼近实际地形。

斜底模型由于水深布置在三角形网格的节点，能更有效地逼近实际地形，并且算法简单易实现，被广泛应用。本报告使用斜底模型来处理底坡项。

（2）定解条件

边界分为开边界和闭边界。由于本报告采用的是 CC 式有限体积法，水位、流速、含沙量布置在网格中心点，网格边界上没有布置变量，因此不能够通过网格边界处理边界条件，需用到特殊的边界处理方法。

1）开边界

对于边界处的网格，U_L 求，关键是求解 U_R，开边界又分为急流开边界和缓流开边界，因本文所建模型为缓流模型，故只给出缓流开边界的处理方法。

根据相容关系：

$$U_R + 2c_R = U_L + 2c_L \qquad (4.3.1-7)$$

其中：

c_L 和 c_R 表示单元左右静水波传播速度。

水位边界：

$$U_R = U_L + 2\sqrt{gh_L} - 2\sqrt{g(Z_R - Z_d)} \qquad (4.3.1-8)$$

式中：Z_d 为边界上通量积分点处的底高程。

流速边界：

$$h_R = \frac{1}{g}\left(\frac{U_L + 2\sqrt{gh_L} - U_R}{2}\right)^2 \qquad (4.3.1-9)$$

流量边界：由相容关系得

$$\frac{Q_R}{h_R}+2\sqrt{gh_R}=U_L+2\sqrt{gh_L} \qquad (4.3.1-10)$$

上式是关于 h_R 的非线性方程，可用牛顿迭代法求解

$$h_R^{'}=h_R-\frac{f(h_R)}{f^{'}(h_R)} \qquad (4.3.1-11)$$

式中： $f(h_R)=4gh_R+2Q_R\varphi_L/h_R-Q_R^{\ 2}/h_R^{\ 2}-\varphi_L^2$

对于含沙量边界，在模型开边界处根据当地含沙量水平赋予含沙量值。

2）闭边界

采用镜像法处理。在闭边界外侧虚拟一个单元，边界上的两侧的法向流速相反，切向流速相同，即 $D_R=D_L$， $u_{n,R}=-u_{n,L}$， $u_{\tau,R}=-u_{\tau,L}$， u_n 、u_τ 表示单元法向和切向流速。

（3）关键技术问题

1）动边界的处理

考虑到模拟海域浅滩较多，滩地随着潮位变化出露和淹没，计算中要求正确反映浅滩的干湿特征，需采用适当的动边界处理技术。本项研究中采用了冻结法，根据计算单元水深判断是否露滩，当水深小于某一控制水深时，单元潮位“冻结”不变，要进行下一时刻计算前，被冻结的单元水深由周边有效水深进行修正，如果水深大于控制水深则重新参与计算，为避免水量不平衡，动边界控制水深采用 0.05m。

2）糙率处理

糙率是潮流计算的主要计算参数之一，反映了潮流运动过程中的阻力特性，糙率选取正确与否对计算结果有直接影响。糙率是一个综合参数，与床面泥沙特性、水深及地形形态都有一定关系，本报告中根据经验选用了附加糙率公式，考虑水深变化后的糙率响应。

（4）桩基处理

桥墩等桩基形式，一般数学模型中对于码头工程常用的方法有加密网格法、附加糙率法、附加阻力法和码头区不过水法等，本次模拟中，桩基数量较多但桩

基间间距较大，为更好地模拟桩基引起的阻力，采用直接模拟法，真实构建桩体几何，模拟桩基的阻水作用。

（5）模型范围

数学模型北侧边界至山东省岚山港附近，南侧边界至江苏省新洋港出海口，外海边界至深水区-45m 等深线附近，见图 4-12。模型外海边界采用潮位控制，上边界采用径流控制，近岸地区采用我国最新海图水深数据，工程区地形采用最新实测地形进行修正，高程统一到 85 高程。

模型网格总数为 154688 个，模型网格见图 4-12，模型网格逐层加密，工程区外网格尺寸较大，单元格边长约 4595m，工程区网格较密，为了有效模拟风机桩基的阻水效应，模型最小网格边长为 3m，表 4-13 为数学模型计算参数。

略

图 4-12 模型范围及网格布置图

略

图 4-13 工程局部网格加密图

表 4-13 模型计算参数表

略

4.3.1.2 潮流泥沙数学模型的率定和验证

（1）边界输入条件

模型上游采用流量控制，外海采用潮位控制。

1）径流条件

对于上游流量边界，灌河是苏北较大一条入海河流，干流自东三汊以下至口门全长 73km，东三汊以上仍为感潮河段，潮流界可上溯至 90km 处，灌河流域面积 4160km^2，年均径流量为 15 亿 m^3，平均流量 50m^3/s，作为灌河的输入径流条件。

对于外海潮位边界输入，本模型采用天文潮预报模型 Nao99 提取对应时间段的潮位边界条件。

2）潮汐条件

采用 2022～2023 年潮汐表潮位资料统计开山站的特征潮差，经统计，开山站 10%频率的典型大潮潮差约为 3.78m，90%频率的典型小潮潮差约为 1.82m。

数学模型采用 2021 年 3 月观测期间大潮和小潮潮型作为边界输入潮型，开山站大潮平均潮差约为 3.76m，小潮平均潮差约为 1.89m。可以看到本报告所选用的潮型大潮潮差略大于典型大潮，小潮潮差与典型小潮基本接近。

（2）模型率定

数学模型采用 2021 年春季水文资料进行率定，春季大潮观测时间为 2021/3/13 13:00～2021/3/14 15:00，春季小潮观测时间为 2021/3/22 13:00～2021/3/23 15:00，率定内容包括潮位、潮流和含沙量，率定点位置见图 4-14。数学模型潮位验证站 2 个，6 条潮流垂线，分别为 TL3 和 TL5、C4～C7、C11 及 C13。

略

图 4-14 模型率定点和验证点位置图

图 4-15～图 4-19 分别为各点位潮位、流速流向、含沙量计算值与实测值比较结果。可以看出，计算的水位过程与实测资料吻合较好，高低潮位潮时偏差在 0.5 小时以内，潮位值的误差在 10cm 以内，满足规范要求。流速、流向过程的计算值与实测值的比较表明，最大流速和平均流速计算值与实测值的偏差均在 10%以内，满足规范关于模型精度的要求，所建立的数学模型能较好模拟各验证点的流场特征，模型能客观反映工程区海域整体的流态。各测点的计算含沙量和实测值量级和变化趋势基本一致。以上率定结果表明，本次建立的工程区域潮流泥沙数学模型的计算模式及参数取值合理

略

图 4-15　2021 年春季潮位率定图

略

图 4-16　2021 年春季大潮流速流向率定图

略

图 4-17　2021 年春季小潮流速流向率定图

略

图 4-18　2021 年春季大潮含沙量率定图

略

图 4-19　2021 年春季小潮含沙量率定图

（3）模型验证

数学模型采用 2021 年夏季水文资料进行验证，夏季小潮观测时间为 2021/8/1 5:00～2021/8/2 7:00，夏季大潮观测时间为 2021/8/10 1:00～2021/8/11 3:00，验证内容包括潮位、潮流和含沙量，验证点位置见图 3.2-1。数学模型潮位验证站 2 个，6 条潮流垂线，分别为 TL3 和 TL5、C4~C7、C11 及 C13。

图 4-20、图 4-21～图 4-22、图 4-23～图 4-24 分别为各点位潮位、流速流向、含沙量计算值与实测值比较结果。表 4-14～略

表 4-17 为数学模型验证计算误差统计。从图表可以看出，计算的水位过程与实测资料吻合较好，高低潮位潮时偏差在 0.5 小时以内，潮位值的误差在 10cm 以内，满足潮流数学模型验证的相似要求。流速流向过程的计算值与实测值的比较表明，最大流速和平均流速计算值与实测值的偏差均在 10%以内，满足规范中模型精度的要求，模型能客观反映工程区海域整体的流场特征。计算含沙量和实测值的量级和变化趋势基本一致，除个别点外，含沙量偏差大都在 30%之间，表明所建立的数学模型能较好模拟各验证点的含沙量特征。

经过验证的平面二维潮流泥沙数学模型，可以用于模拟分析工程建设对海域水动力、河床冲淤、悬沙扩散的影响。

略

图 4-20　2021 年夏季潮位验证图

略

图 4-21　2021 年夏季大潮流速流向验证图

略

图 4-22　2021 年夏季小潮流速流向验证图

略

图 4-23　2021 年夏季大潮含沙量验证图

略

图 4-24　2021 年夏季小潮含沙量验证图

表 4-14　潮位误差统计（单位：m）

略

表 4-15　涨落潮平均流速误差统计（单位：m/s）（大潮）

略

表 4-16　涨落潮平均流速误差统计（单位：m/s）（小潮）

略

表 4-17　平均含沙量误差统计（单位：kg/m³）

略

4.3.1.3 现状潮流场分析

工程所处海域潮动力主要受控于南黄海旋转潮波系统及东海前进潮波系统。海流表现为逆时针旋转性流动，外海涨潮流向为 SE 向，落潮流向为偏 NW 向。

略

图 4-25 工程周边大范围涨急流矢图

略

图 4-26 工程周边大范围落急流矢图

4.3.1.4 对海域流态的影响

图 4-27～图 4-28 为工程建设前后大潮涨落急流态对比。图 4-29～图 4-30 为工程建设后大潮涨落急时刻桩基周边流态对比，从大范围流场对比看，工程方案的实施对涨急流场影响不大，从风电桩基附近的流场看，由于风电桩基的阻水作用，单桩迎流面局部阻水，两侧产生了明显的绕流，潮流从桩基两侧从西北向东南运动，并在桩基的上下游区域形成缓流区，对水流流态的改变仅限于桩周 15～20m 以内，尤其西北向，流速减弱明显，与落急流速相反。

总体来说，风电桩基群的实施，对周边大范围海域流态影响不大，仅对桩基附近海域流态有一定的影响。

略

图 4-27 工程建设前后周边海域大潮涨急流态对比图

略

图 4-28 工程建设前后周边海域大潮落急流态对比图

略

图 4-29 工程建设前后桩基附近大潮涨急流态对比图

略

图 4-30 工程建设前后桩基附近大潮落急流态对比图

4.3.1.5 对海域潮流动力的影响

图 4-31～图 4-32 为大潮的涨落急流场变化，图 4-33～图 4-34 为大潮的涨落

潮平均流速变化图，工程方案实施后，大潮涨急时，风电桩基西侧及西北侧流速整体呈减小趋势，越靠近桩基，流速减小幅度越大，大部分水域流速减小幅度在0.02～0.08m/s 之间。从平面分布看，由于风电群内围群桩效应，即桩基的叠加影响导致整体影响范围增大，故风电群内部流速减小幅度和范围相对较大，对于单个桩基来说，桩基对水动力的影响主要为迎水面，桩前 0～100m 范围流速减小约 0.1～0.5m/s。背水面桩基周边 0.7～1.3km 范围内流速减小 0.01～0.02m/s；300～700m 流速减小 0.02～0.07m/s；100～300 范围内流速减小 0.07～0.10m/s；50～100m 范围内流速减小 0.10～0.15m/s，0～50m 范围内流速减小 0.15～0.45m/s。小潮时，涨落急流速变化趋势与大潮基本类似，但流速变化程度和范围比大潮有较大范围的减小。

略

图 4-31 工程建设前后大潮涨急流场变化图

略

图 4-32 工程建设前后大潮落急流场变化图

略

图 4-33 工程建设前后大潮涨潮平均流速变化图

略

图 4-34 工程建设前后大潮落潮平均流速变化图

4.3.1.6 对周边保护区影响分析

华润响水 H3-2#海上风电场位于四鳃鲈鱼种质资源保护区东南侧 688m。工程区水流主流向为西北-东南向，由 4.3.1.5 节可见，流速影响的范围主要为场区的西北-东南向 2km 范围内，工程建设对四鳃鲈鱼种质资源保护区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛、连云港海域农渔业区及开放式养殖区水动力没有影响（表 4-18）。

略

图 4-35 华润响水 H3-2#风电场附近海域流速特征点位置

表 4-18　特征点流速变化值（流速：m/s；流向：°）

略

4.3.2 对海洋泥沙冲淤环境影响分析

4.3.2.1 工程区海床冲淤

工程引起的地形冲淤变化主要是受平台桩基产生的局部阻水和绕流作用的影响，桩基迎水面及背水面因阻水作用流速减小导致淤积，桩基垂直于涨落潮流向处因绕流作用流速增大导致局部冲刷。计算结果显示，桩基建设后，在桩基的迎水面（涨、落急方向），存在一定的淤积；在垂直涨落潮方向桩基的两侧，存在小范围局部的冲刷的现象。

由图知，工程方案实施后，风电桩基顺水流方向水域总体呈淤积趋势，垂直水流方向部分区域呈冲刷趋势。从海床淤积平面形态看，风电群东西两侧附近顺水流方向 1000～1500m 范围内海床呈淤积趋势，年淤积幅度在 0.01～0.45m 之间，冲淤强度介于 0.1m/a～0.3m/a；工程建设造成淤积幅度大于 0.1m/a 的范围主要集中于迎水面工程外围 100m 的范围内，幅度大于 0.2m/a 的范围主要集中于工程周边 30m 的范围内，幅度大于 0.3m/a 的范围主要集中于工程周边 10m 的范围内。各排桩基南北两侧之间的水域整体呈现冲刷趋势，年冲刷幅度较小，约 0.01～0.05m，冲刷幅度大于 0.05m/s 的范围主要集中在工程周边 5m 范围内。总体来说，风电群实施后，工程海域海床变化微弱，影响相对较小。

综上所述，工程建成后，工程场区及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，对周围海域流场、悬沙等影响也相应较小。

略

图 4-36 工程建设后年地形冲淤分布图（负为冲刷，正为淤积）

略

图 4-37 工程建设后年地形冲淤分布图（局部放大）

4.3.2.2 桩基局部冲刷

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（卡门涡街）；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，进而影响基础的稳定性。

由于工程海域海洋动力环境参数与韩海骞公式适用范围较为接近，故推荐采用韩海骞公式（式 4.3.2-1），结合本工程区域底质沙样测验成果，估算风机基础局部冲刷情况根据经验公式估算。风电桩基位置如图 4-38 所示。两种阻水宽度情况下风电桩基附近局部冲刷深度如下表所示。

$$\frac{h_b}{h} = 17.4K_1K_2\left(\frac{B}{h}\right)^{0.326}\left(\frac{d_{50}}{h}\right)^{0.167}{F_r}^{0.628} \tag{4.3.2-1}$$

$$F_r = \frac{u}{(gh)^{0.5}} \tag{4.3.2-2}$$

其中：

h_b—潮流作用下桥墩的局部冲刷深度（含一般冲刷和局部冲刷）（m）；

h—全潮最大水深（m）；

k_1—基础桩平面布置系数，条带性 1.0，梅花型 0.862，本报告取值 1.0；

k_2—基础桩垂直布置系数，直桩 1.0，斜桩 1.176；

B—全潮最大水深条件下平均阻水宽度（m）；

$d50$—床面泥沙的平均中值粒径（m）；

F_r—水流弗汝德数，$F_r = u/\sqrt{gh}$；

u—全潮最大流速（m/s）；

g—重力加速度。

韩海骞公式适用于单纯水流条件下的强潮流作用时的局部冲刷计算，而实际海域中存在波流共同作用。可用公式计算波浪水质点平均流速，再将波浪水质点平均流速与潮流流速进行叠加，从而得到波流共同作用下的最大流速，波浪水质点平均流速计算公式为：

$$u = \frac{\pi H}{T\sinh(kh)} \tag{4.3.2-3}$$

式中：u为波浪水质点的平均流速（m/s）；H为有效波高（m）；h为水深（m）；k为波数，T为波周期（s）。

冲刷坑的范围可以用冲刷坑半径表示，其计算公式为

$$r = \frac{D}{2} + \frac{h_b}{\tan\varphi} \tag{4.3.2-4}$$

式中：D 为桩的直径（m）；r为冲刷坑半径（m）；h_b为冲刷坑最大深度（m）；φ为土体内摩擦角（°）。

考虑工程桩基环境参数，采用韩海骞公式计算局部冲刷，并且考虑波浪对泥沙的掀动作用，结合工程区域底质沙样特征，估算平台桩基局部区域的冲刷情况。根据工程区的最大可能流速、底质、水深等条件，计算工程区桩基最大冲刷深度为 5.94m，最大冲刷半径 14.30m。

略

图 4-38 风电场风机桩号示意图

表 4-19　风电场桩基局部冲刷深度

略

由于局部冲刷计算尚无成熟、完善的数学模型，上述经验公式计算结果仅供设计参考。建议在工程建设期间及工程建成后，对风机基础局部冲刷情况加强监测，及时采取防护措施。

4.3.3 对海水水质影响分析

4.3.3.1 施工期悬浮泥沙影响分析

根据推荐用海方案水环境影响预测结果，海缆铺设施工过程引起的悬浮泥沙影响高浓度区主要集中在海缆周边，低浓度区会扩散至厂址东南、西北方向。整个海缆铺设施工期产生悬浮泥沙浓度大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L 、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散包络范围为 3.33km^2、6.62km^2、16.36km^2、80.22km^2、172.02km^2。海缆铺设施工期悬浮泥沙大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物影响最大距离约为 0.24km、0.40km、0.93km、3.99km、8.31km。

本项目距离连云港海域农渔业区较远，海缆施工悬沙基本不会对连云港海域农渔业区悬浮物浓度产生影响。本项目海缆与四鳃鲈鱼种质资源保护区最近距离约 100m，施工期保护区内悬浮泥沙增量大于等于 10mg/L 的范围约 21.58km^2，施工期悬浮泥沙会对保护区种质资源产生一定影响，但施工产生的悬浮物增量影响是暂时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会迅速衰减至背景浓度值，因此，对保护区的影响是暂时的。本项目海缆与盐城湿地珍禽国家级自然保护区最近距离约 454m，施工期保护区内悬浮泥沙增量未超过 10mg/L，盐城湿地珍禽国家级自然保护区的生态保护目标为滩涂生态湿地系统和珍稀濒危鸟类资源，悬浮泥沙浓度增量最大值在 10mg/L 以内，不会影响滩涂生态湿地系统，也不会对保护区

内的珍稀濒危鸟类资源产生不利影响。本项目海缆与开山岛最近距离约 100m，施工期开山岛范围悬浮泥沙增量大于等于 10mg/L 的范围约 2.95km^2，开山岛生态保护目标为海岛自然地形、地貌，施工期悬浮泥沙影响是暂时的，随着施工结束而结束，基本不会对海岛自然地形、地貌产生影响。本项目海缆穿越开放式养殖区 1，与开放式养殖区 2 最近距离约 16m，施工期养殖区范围悬浮泥沙增量大于等于 10mg/L 的范围分别约为 1.74km^2 和 1.40km^2，施工期悬浮泥沙可能会对养殖区水产品的产量和品质产生一定影响，但施工期悬浮泥沙影响是暂时的，随着施工结束而结束。建设单位应与利益相关方做好协调和赔偿工作，避免出现重大利益冲突。

4.3.3.2 污废水影响分析

（1）施工期

本项目污废水主要为海上和陆上两部分，其中海上污废水主要包括海上施工人员生活污水和施工船舶含油废水，陆上污废水主要包括陆上施工区施工人员生活污水和施工机修含油废水。

1）海域污废水

施工期海上生活污水，在施工作业船舶上收集后由有资质的船务公司清运处理。生活污水运输过程中应做好密闭措施，确保不发生跑、冒、滴、漏现象，不会对周边海水产生不利影响。

船舶油污水主要是拖轮、船舶及海缆铺设船等产生的机舱油污水，其主要污染因子为石油类。根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，船舶含油污水禁止排入海域，委托有相应资格的单位接收处理。

建设单位在海上施工单位招标时，应审查其配套船舶油污水接收程序是否健全，并在施工期间监督船舶油污废水的转移，确保施工期间船舶油污废水不外排。

2）陆域污废水

施工期陆上临时施工区、生活办公区将产生污废水，施工生产区设置化粪池，生活污水经化粪池预处理后，委托当地有资质的环卫公司清运处理。

陆上施工生产区均布置机修保养场，主要承担施工机械的小修、保养及临时停放的功能，有少量含油废水产生，采用隔油沉淀处理方案，隔除的浮油以及沉

淀的污泥送至有资质单位处理，出水用于各施工场区和道路浇洒。

因此，施工期陆上各项污废水均收集处理不外排，对周边海域水质无影响。

（2）运行期

运营期风机维护作业产生的生活污水，由运维船舶收集至生活污水舱，委托有资质的船务公司定期清运处理；运营期运维船舶产生的油污水，定期交有资质的船务公司回收处理，不会对周边水环境产生不利影响。

4.3.4 对沉积物环境影响分析

本项目施工期间风机和海上升压站桩基施打、电缆埋设均会扰动海床产生悬浮物，悬浮物随潮流往复运动，大部分较快速地沉降在作业点附近海床，其他逐渐沉降。由于悬浮物主要是来源于原有的海底沉积物且主要在施工作业点附近，发生短时间影响，施工产生的悬浮泥沙与影响范围内的沉积物理化指标基本相同，根据工程海域沉积物质量调查资料，表层沉积物质量总体良好，除铬以外其他各项指标均符合第一类海洋沉积物质量标准，铬符合第二类海洋沉积物质量标准。因此，施工产生的悬浮物再沉降不会对周边海域沉积物环境质量产生明显影响。

本项目风机桩基采用砂被防冲刷保护措施，砂被防冲刷保护措施已在国内海上风电场工程中成功应用，砂被主要材料为土工织物和砂料，不会对沉积物环境质量产生明显影响。

施工期间，施工船舶上各类污废均妥善处置，不排入海域，不影响施工区域海床沉积物质量。营运期间，运维船及海上升压站各类污废不排入海域，对工程海域沉积物质量影响较小。

4.3.5 对海洋生态的影响分析

本项目为海上风电场，项目建设的生态影响主要发生在施工期，施工期生态影响包括直接影响和间接影响两个方面。直接影响主要是风机、桩基式光伏、海上升压站等构筑物建设，以及开挖海床铺设电缆，将直接占用、破坏底栖生物生境，掩埋底栖生物栖息地；间接影响则是由于打桩、开挖等致使施工作业点局部水域悬浮物增加造成影响。详见 4.2.4 章节。

4.3.6 对鱼类重要栖息地及“三场一通道”影响分析

本项目地处海州湾渔场（34°00′～35°30′N，121°30′E 以西），海州湾渔场是全国八大渔场之一，因盛产黄鱼、带鱼、梭子蟹、对虾等多种海产品而久负盛名。渔场水温适中，沿岸 10 多条入海的河流为其带来丰富的营养物质，适宜鱼虾等海洋生物的生长和繁殖。

根据江苏省海洋水产研究所及江苏省淡水水产研究所承担编制的《江苏鱼类志》一书中可知，盐城海域的主要经济物种有刀鲚、凤鲚、棘头梅童鱼、半滑舌鳎、鳓、斑鰶、大黄鱼、小黄鱼、中国花鲈、鲮、鲻、鮸、银鲳、带鱼、葛氏长臂虾、口虾蛄、日本蟳、三疣梭子蟹等。根据 3.2.5.6 可知，本项目风电场区位于银鲳的产卵场范围内，风电场与其他鱼类“三场一通道”距离均较远。

项目建设对产卵场的影响主要体现在风机、桩基式光伏、海上升压站桩基对渔业水域的占用，打桩和海缆铺设产生的增量悬沙，风机打桩和风机运转的噪声。

（1）施工期

在施工期，项目对产卵场影响主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙，打桩形成的噪声。

项目桩基基础施工、海底电缆铺设施工都会引起海底泥沙再悬浮，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降。根据悬浮物预测结果，本次施工造成的悬浮物增加量大于 50mg/L 的范围仅为 16.36km²，浮游植物受到的影响有限，浮游动物受影响程度和范围与浮游植物相似。施工产生的悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期不利影响，随着项目施工结束，泥沙通过沉降作用，水质将逐渐恢复，浮游生物会逐渐恢复正常。

项目施工造成的悬浮物增加对浮游植物、浮游动物影响轻微，同时以浮游植物、浮游动物为食的小型鱼类影响较小，因此对鱼类的食物来源影响不大。另外施工悬浮物具有一定的周期，在施工完成一段时间之后，悬浮物将会逐渐沉降下来，悬浮物对鱼类的影响较小且具有暂时性。

本项目桩基基础打桩作业采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。施工期对鱼类产卵场产

生一定影响，鉴于鱼类产卵主要为每年 4～6 月，只要工程中作业顺序安排得当，打桩尽可能地避开渔业敏感季节，施工对漂流性的石首鱼科等鱼卵及仔鱼影响程度可以得到减缓。由此可见项目建设对大、小黄鱼等主要经济鱼类产卵场的影响较小。

由于风电场打桩时间相对较短，而产卵场、索饵场和洄游通道的功能作用有季节性特征，每年 4～6 月是银鲳等鱼类产卵的主要季节，海缆铺设产生的悬浮物以及风机打桩噪声会对产卵场产生一定的影响，因此建议海缆铺设和打桩施工尽量避开主要经济鱼类的产卵季节。

（2）运行期

运行期主要是风机、桩基式光伏、海上升压站桩基占用海域，但占用比例很小，不足以对所在海域的水文地形产生大的变化，影响主要还是局限在桩基附近，因此对鱼类产卵洄游不会有显著影响；运行期水下噪声与背景值相近，对鱼类产卵和洄游不会有明显影响。另外，风电场内不再适合捕捞，以及桩基局部涡流和群桩结构给鱼类提供了一定的庇护场所，对渔业资源保护可能有正面效应。

总体上，项目在落实相关防治措施基础上，施工期和运行期对底层鱼类产卵场的影响较小。

4.3.7 对项目附近保护区影响分析

4.3.7.1 对四鳃鲈鱼种质资源保护区的影响

项目风电场不占用四鳃鲈鱼种质资源保护区，风电场区与保护区最近距离约 688m，送出海缆与保护区最近距离约 100m。在距离保护区较近的海缆段采用了降低施工速度的措施，极大地降低了悬浮泥沙的源强，根据数模预测结果，施工悬浮物会扩散至四鳃鲈鱼种质资源保护区，施工期保护区内悬浮泥沙增量大于等于 10mg/L 的范围约 21.58km^2，施工期悬浮泥沙会对保护区种质资源产生一定影响，但施工产生的悬浮物增量影响是暂时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会迅速衰减至背景浓度值，对四鳃鲈鱼种质资源保护区生态环境和渔业资源产生的影响较小。

风电场施工中的水下冲击式打桩将对周围海域的海洋渔业资源带来一定影响。打桩噪声将对保护区内的石首科类幼鱼产生伤害，需要采取一定的保护措施。

施工期通过提前驱赶、打桩软启动、避开产卵盛期打桩施工等措施，可减缓不利影响。本项目其他施工过程产生的水上、水下噪声不会对区域声环境产生明显影响。营运期风机噪声引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近，噪声影响较小。运行期海缆铺设于泥面以下，电磁预测结果表明，升压站和海缆运行期工频电场强度、工频磁感应强度均低于标准限值要求，对该水产种质资源保护区影响很小。

本项目运行期对四鳃鲈鱼种质资源保护区基本没有影响；施工期悬浮泥沙和打桩噪声对四鳃鲈鱼保护区产生一定影响，在采取施工期提前驱赶、打桩软启动、避开产卵盛期打桩等措施后，可减缓不利影响。

4.3.7.2 对其他保护区的影响

项目风电场及海缆周边其它环境敏感区有连云港海域农渔业区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛。

连云港海域农渔业区位于风电场区西北侧约 7km 外、送出海缆西北侧 8.9km 外，与本项目距离较远，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对连云港海域农渔业区产生影响。根据数模预测，施工期悬浮泥沙不会扩散至连云港海域农渔业区，不会对连云港海域农渔业区产生影响。风电场打桩时，距离风电场最近的区域水下噪声值为 151.8dB，略高于海洋水下噪声环境背景值，但未超过鱼类保护阈值，且施工噪声是暂时性的，随着施工结束影响随之结束，对连云港海域农渔业区影响较小。

盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于本项目风电场区南侧 26km 外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对盐城湿地珍禽国家级自然保护区产生影响；风电场区打桩噪声影响范围局限在桩基周边 12.6km 范围内，不会对盐城湿地珍禽国家级自然保护区内的海洋生物和鸟类等产生影响。盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于本项目 220kV 送出海缆的东侧，最近距离为 454m，施工期保护区内悬浮泥沙增量未超过 10mg/L，盐城湿地珍禽国家级自然保护区的生态保护目标为滩涂生态湿地系统和珍稀濒危鸟类资源，悬浮泥沙浓度增量最大值在 10mg/L 以内，不会影响滩涂生态湿地系统，也不会对保护区内的珍稀濒危鸟类资源产生不利影响。

开山岛位于本项目风电场区西南侧 24km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对开山岛海域产生影响。开山岛位于本项目 220kV 送出海缆西侧，最近距离为 100m，开山岛主要保护对象为海岛自然地形、地貌，该段送出海缆铺设于海床 3m 以深区域，采用两栖挖掘机和铺缆船施工，最大开挖宽度为 4m，不会对开山岛海域海岛自然地形、地貌产生影响。

4.3.8 对水下噪声环境影响分析

本章节内容根据《响水 H3-2#海上风电项目水下噪声及电磁环境影响专题报告》（江苏泰杰检测技术股份有限公司，2025 年 10 月）编写。

4.3.8.1 施工期水下噪声的影响

（1）水下打桩噪声传播损失预测方法

水下打桩噪声源强和传播损失预测通常有模式计算和类比分析两种方法。由于模式计算方法仅适用于 6.5m 以下小桩径（张然等，2019），因此本报告采用类比分析方法。

声波在水中传播过程中由于波阵面的扩展、介质的吸收及不均匀散射等而产生很大的能量损失，称为传播损失。声传播损失依赖于海况、海底类型、水深、声波频率等参数，主要与传输距离和声波频率有关，并随着距离和频率的增加而增大。在分析水下噪声对海洋动物影响的过程中，传播损失的估算是至关重要环节，通常由扩展损失和吸收损失两部分组成。在理想条件下，传播损失估算公式如下：

$$TL=n\times 101\mathrm{g}r+\alpha r$$

其中，r 为打桩声源与测量点之间的距离，α 是声吸收系数，n 是由传播条件决定的因子。浅海声传播衰减因子 n 一般在 10～30 之间。由于水下打桩噪声分布在 1kHz 低频段，声吸收系数较小，α 可以忽略。

根据《水声学原理》（刘伯胜，1999）浅海声传播的 Marsh 和 Schulkin 的半经验公式，首先定义距离参数 R：

$$R=[\frac{1}{3}(H+L)]^{1/2}$$

其中，H 为水深，单位 m；L 为表层混合层的深度，单位 m；R 为距离参数，单位 km。传播损失的半经验公式为：

$$
\begin{cases}
TL = 20\log10(r) + 60 - k_L & r < R \\
TL = 15\log10(r) + a_T(\dfrac{r}{H} - 1) + 5\log10(H) + 60 - k_L & R \le r \le 8R \\
TL = 10\log10(r) + a_T(\dfrac{r}{H} - 1) + 10\log10(H) + 64.5 - k_L & 8R < r
\end{cases}
$$

其中，r 为水平传播距离，单位 km，k_L 和 a_T 分别为近场传播异常和浅海界面衰减系数，单位 dB，与海况和海底的类型有关。

（2）水下打桩噪声源强和传播损失预测结果

类比相似海上风电工程或其他海洋工程施工桩基水下打桩噪声监测结果，需要桩基直径、打桩锤功率具有一致性外，还要考虑类比对象所处海域的环境要素，比如水深、底质等。根据文献资料和国内已建工程，本工程风机桩基直径 8.0m，类比江苏盐城大丰 H2#海上风电项目；海上升压站桩基直径 2.0m，类比国家宁上高速跨海桥梁工程。可比性分析见表 4-20。表中看出，风机基础类比对象为江苏海域海上风电项目，海洋环境、桩基直径均与本工程相似，具有较强的可比性；海上升压站类比对象，桩基直径比本工程更大，水深更深，打桩产生的水下噪声强度更大，因此作为类比对象是合适。为进一步验证类比的合理性，针对海上升压站基础打桩，增加模式计算加以比对。

表 4-20 水下打桩噪声可比性分析

略

1）风机打桩水下噪声类比结果

自然资源部第三海洋研究所于 2025 年 4 月 17 日～19 日开展了江苏国信大丰 85 万千瓦海上风电项目 H2#场区风机基础施工打桩水下噪声监测，距桩基 406m、738m、1014m、8281m 和 11900m 设置 5 个监测站，数据处理后的结果见表 4-21。基于各个站位的实测值，采用最小二乘法进行拟合计算，得到打桩水下噪声的源强：峰值声源级为 262.6dB，均方根声源级为 245.8dB，声暴露声源级为 232.8dB，对应的声传播衰减系数分别为 24.54、22.81、21.47。

表 4-21 大丰 H2#风机基础打桩水下噪声特征参数值

略

2）海上升压站打桩水下噪声类比结果

自然资源部第三海洋研究所对宁上高速跨海大桥工程冲击打桩作业水下噪声开展了现场测量（谢佳芮等，2022），测量桩基直径为 2.5m。图 4-39 给出了不同距离（90m、1530m、3563m、4573m）水下打桩噪声波形图。

略

图 4-39　国家宁上高速跨海桥梁工程水下打桩噪声波形图

基于各个站位的实测值，利用 matlab 曲线拟合，数据处理后的结果见表 4-22。由于基于 4 个站位的实测值，采用最小二乘法进行拟合计算，得到打桩水下噪声的源强：峰值声源级为 239.1dB（模式计算结果为 233.4dB），均方根声源级为 226.9dB，声暴露声源级为 212.5dB，对应的声传播衰减系数分别为 22.82、23.27、20.99。

表 4-22 国家宁上高速跨海桥梁桩基打桩水下噪声特征参数值

略

国内张然（2019）对国内外公开的所有数据进行拟合，给出了直径 6.5m 内的水下打桩噪声声源级计算公式：

$$SL=228.5*D^{0.0672}$$

通过该公式可推算出，本工程海上升压站 2.0m 桩基冲击打桩产生的水下噪声峰值声压级为 233.4dB。但该公式无法预测水下噪声的声暴露级和均方根声压级。

综合类比分析的结果，可预测本工程 8.0m 直径风机桩基打桩产生的水下噪声峰值声源级强度约为 262.6dB，均方根声源级强度为 245.8dB，声暴露级源强为 232.8dB。由于模式预测值无法给出声暴露级和均方根声压级，本工程 2.0m 直径海上升压站桩基打桩产生的水下噪声值采用类比工程，峰值声源级强度为 239.1dB，均方根声源级强度为 226.9dB，声暴露级源强为 212.5dB。声传播损失系数采用大丰 H2#风机打桩拟合计算值：分别为 24.54、22.81、21.47

（3）水下打桩噪声对海洋动物的影响

水下噪声影响的海洋动物主要为鱼类和海洋哺乳动物。根据“3.2.5.6 渔业资源调查与评价”章节可知，调查海域鱼类优势种为非石首鱼科。但项目海域处于

海州湾渔场，也有小黄鱼、大黄鱼等石首科声敏感物种。根据新闻媒体报道，近些年，江苏近岸海域，观察到长江江豚等珍稀海洋哺乳动物，因此需重点关注水下打桩噪声对石首科和珍稀海洋哺乳动物的影响。

1）对石首鱼科影响分析

大黄鱼为石首鱼科中对声音最敏感的种类，且目前对其声学研究相对较多，因此本报告主要分析对大黄鱼的影响，其他石首科鱼类参考大黄鱼的分析结果。

大黄鱼幼鱼的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB 时，仔稚幼鱼对声波即有明显反应，但停止发射，立即能恢复正常；当声压峰值增至约 152dB 时，有少量幼鱼开始原地打转或翻转肚皮，有直接致死的趋势；当声压级达到 172dB 时，有些仔稚幼鱼直接死亡。大黄鱼小鱼的声敏感频率降低至 600Hz，当声强达到 152dB 以上小鱼有主动避开声源的行为；当声压级达到 187dB，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝；当声压级增至 192dB 时，观察到有少部分小鱼当场死亡。大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声压级达到 160dB 时，少量成鱼快速游离；当发射强度约 170dB 时，鱼群主动避开声源；当声压级达到 180dB 时，观测到鱼群跳出水面，有部分成鱼翻转身子（鱼肚朝上）沿着水池壁来回绕圈，反应十分迟钝；当声压级达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未出现直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡（刘贞文等，2014）。最新研究成果表明（周在明等，2016；牛富强等，2021），除了峰值声压级，还需考虑声暴露级作为评价指标，对于大黄鱼，行为干扰的声暴露级阈值为 150dB；伤害影响阈值采用峰值声压级表示为 207dB。结合预测得到的噪声源强和传播衰减，即可计算出影响距离：对于风机基础打桩，行为干扰的距离最远为 7187m，伤害影响的距离为 184m；对于海上升压站基础打桩，行为干扰的距离为 814m，伤害影响的距离为 20m。其他石首科鱼类的影响分析可参考大黄鱼。

因此，本工程打桩作业时建议采用软启动的施工方式，以减少对石首科鱼类的影响。

2）对非石首鱼科影响分析

根据厦门大学在如东沿海现场实验的结果，在发射不同强度噪声强度（147～

178dB/1μPa）、不同频率（100～900Hz）的脉冲式噪声下，总体上花鲈、鲻、矛尾复鰕虎鱼、鲬鱼等种类没有出现明显的“逃逸”行为，但在脉冲式频率（频率小于 500Hz）水下噪声有效声压级（均方根声压级）为 166dB 时，观测到实验海域鲻鱼、鳙鱼出现明显游动的现象。因此，本报告采用该值作为非石首科鱼类的行为干扰阈值，伤害影响阈值采用峰值声压级表示为 207dB。结合预测得到的噪声源强和传播衰减，即可计算出影响距离：对于风机基础打桩，行为干扰的距离为 3151m，伤害影响的距离为 184m；对于海上升压站基础打桩，行为干扰的距离为 467m，伤害影响的距离为 20m。

3）对产卵场和仔鱼影响分析

文献《船舶噪声声压级对大黄鱼幼鱼游泳摄食行为及免疫生理指标的影响》（林听听，等，2020），给出了大黄鱼幼鱼的受声刺激影响的值，当峰值声压级大于 160dB 时，大黄鱼幼鱼出现激烈的趋避行为，部分个体甚至跳出水面，趋避一瞬间呈无方向性的乱窜，之后迅速向桶壁游去。当峰值声压级大于 200dB 时，大黄鱼幼鱼出现死亡现象。由于该值是实验室得出的，海上野外环境下，大黄鱼幼鱼耐受力更强。

因此，本报告采用 162dB 和 205dB（峰值声压级）分别作为大黄鱼幼鱼的行为影响和伤害阈值，结合预测得到的噪声源强和传播衰减，即可计算出影响距离，对于风机基础打桩，行为影响距离约 12.57km 和伤害影响距离约 222m；对于海上升压站基础打桩，行为影响距离约 1262m 和伤害影响距离约 25m。其他石首科幼鱼的影响可参考大黄鱼幼鱼。非石首科鱼类等对声音敏感程度远小于大黄鱼，因此影响也远小于大黄鱼幼鱼的影响范围。

通过合理安排打桩作业时间，尽可能避开渔业敏感季节或采取水下噪声减缓措施，可以有效缓解打桩施工对漂流性的石首鱼科等鱼卵及仔鱼的影响程度。

4）对海洋哺乳动物影响分析

项目周边海域有江豚等大型海洋哺乳动物，且由于鲸豚动物具有区域活动性，本工程施工期周边海域可能有海洋哺乳动物出现。对于水下打桩冲击信号，海洋哺乳动物行为干扰阈值为 160dB（均方根声压级），江豚（超高频鲸类）TTS 阈值分别为 196dB（峰值声压级），PTS 阈值分别为 202dB（峰值声压级），结合预

测得到的噪声源强和传播衰减，即可计算出影响距离：对于风机基础打桩，行为干扰的距离为 5774m，江豚（超高频鲸类）TTS 影响的距离分别为 517m，PTS 影响的距离分别为 295m；对于海上升压站基础打桩，行为干扰的距离为 857m，江豚（超高频鲸类）TTS 影响的距离分别为 57m，PTS 影响的距离分别为 32m。

以上对海洋动物影响范围的预测是基于相似工程打桩水下噪声的源强类比得到的，但由于施工海域海洋环境、施工工艺等因素的不同，与实际影响范围可能存在差异。因打桩作业产生的水下噪声具有不连续、持续时间短、存在多声源叠加等特点，并且实际海域环境中，海洋哺乳动物和鱼类可以游开远离水下噪声干扰区，因此，实际施工时，对海洋动物的真实影响程度一般小于预测结果。

4.3.8.2 运行期水下噪声的影响

（1）运行期水下噪声源强分析

本项目风机的功率是 11MW，已有数据大多集中在 6MW 以下的风机。本报告对运行期水下噪声分析参考国内外文献及自然资源部第三海洋研究所的实测数据。Holme 等（2023）测量了包含 6.3MW 和 8.3MW 两种风机的海上风电场运行期不同距离的水下噪声，测量距离风机 70～100m，最远站位距风电场外 5km，结果如图 4-40 所示。从图中看出，对于 6.3MW 风机，最近 70m 处的水下噪声声压谱级基本分布在 120dB 以下；对于 8.3MW 风机，最近 63m 处的水下噪声声压谱级分布在 125dB 以下；随着风机功率的增加，水下噪声值增加不明显。

自然资源部第三海洋研究所，于 2025 年 3 月对已经运行的三峡能源福建漳浦六鳌海上风电场二期项目水下噪声进行了类比监测，监测风机为 13MW，与本项目风机功率相似，监测站位距离风机 303m，测量深度 20m。监测结果表明，距离风机 303m 处水下噪声在 20Hz～20kHz 频带内的总声压级约为 127dB，均方根声压级约为 128dB，由于测量海域水深较深，约 50m，近距离传播损失可视为球面扩展，可计算得到风机运行水下噪声源强：总声压级约为 176.6dB@1m，均方根声压级约为 177.6dB@1m。由于本工程风机功率 11MW 小于类比风机功率（13MW）。本工程风机运行水下噪声取值小于类比风机 1dB。

综上分析可知，预测本工程海上风机营运期水下噪声源强最大值约为 176.6dB（均方根声压级），声传播衰减系数 22.81。

略

图 4-40　不同距离不同功率风机噪声谱级图

（2）运行期水下噪声对海洋动物的影响

1）对海洋哺乳动物影响预测分析

根据国外相关研究，对于丹麦 Horns Rev 海上风电场，风电场在开始营运的三年内，风电场的营运并没有对港海豚和港海豹造成数量、分布明显影响，噪声的强度还不足以掩蔽港海豚和港海豹的通信行为，研究认为海上风电场风机营运期水下噪声对海洋哺乳动物的数量变化、发声行为和听力的影响均是很微弱的，基本可以忽略不计。

风机水下噪声属于非脉冲噪声，根据海洋哺乳动物的行为影响阈值为 120dB（均方根声压级），以 177.6dB 作为运行期风机水下噪声的源强，计算可得行为干扰距离为 335m，不会对海洋哺乳动物的听觉造成伤害，因此本工程运行期对海洋哺乳动物影响很小。

2）对鱼类影响预测分析

综合国内对大黄鱼、黄姑鱼等石首科鱼类、非石首科鱼类的听觉及影响阈值的研究成果，本报告取大黄鱼、黄姑鱼等石首科鱼类的行为阈值为 140dB（均方根声压级）、非石首科鱼类的行为阈值为 150dB（均方根声压级），以 177.6dB 作为运行期风机水下噪声的源强，计算可得对石首科鱼类的行为干扰距离仅为 45m，对非石首科鱼类行为干扰距离约为 16m，不会造成鱼类听觉损伤。

水下噪声对鱼卵、仔鱼或幼苗的影响研究目前认知甚少，数据极度匮乏。由于成年鱼类会主动远离噪声源，幼体是浮游生活且随海流而动，没有能力远离噪声源。因此，仔稚鱼与成熟阶段相比，可能会受到更多的水下噪声的影响。根据《中广核嵊泗 5#、6#海上风电场工程海洋环境监测监理报告》，工程前 2018 年 4 月（春季）和 2018 年 10 月（秋季）和施工完成后（第一年）2021 年秋季、2022 年春季的渔业资源监测数据进行比较，主要分析鱼卵、仔稚鱼和游泳动物的种类组成、密度分布变化等。春、秋季鱼卵、仔稚鱼种类数均在一定范围内波动。工程前后秋季渔业调查资料，安氏白虾、三疣梭子蟹、棘头梅童鱼、凤鲚、龙头鱼等种类为该海域共同优势种。不同监测航次和季节，游泳动物资源密度均在一定范围内波动。监测海域游泳动物群落结构较为稳定。

总体来说，通过以上研究分析，本项目风电机组行间距大于 500m，风电场不同风机的水下噪声不会对海洋动物产生叠加影响。但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。

4.3.8.3 水下噪声对环境敏感区影响分析

（1）水下噪声对四鳃鲈鱼种质资源保护区影响分析

根据保护区的概况介绍，保护区受水下噪声影响生物主要为四鳃鲈鱼。

本项目风电场区距离四鳃鲈鱼种质资源保护区最近距离为 688m，220kV 送出海缆位于保护区北侧最近距离约 100m，距离较近。四鳃鲈鱼，又名松江鲈，是我国国家二级水生野生保护动物，为杜父鱼科，属于非石首科。根据水下噪声影响分析，施工期间，风机基础打桩产生的水下噪声，对非石首科鱼类的行为干扰的距离为 3151m，伤害影响的距离为 184m；海上升压站基础打桩，行为干扰的距离为 467m，伤害影响的距离为 20m。运行期，风机转动产生的水下噪声，对非石首科鱼类行为干扰距离约为 16m，不会造成听觉损伤。因此，打桩期间，水下噪声不会对四鳃鲈鱼产生伤害性影响，但会对其产生行为干扰影响，应采取水下打桩降噪措施，以减缓对响水四鳃鲈鱼种质资源保护区的影响，施工噪声是暂时性的，随着施工结束影响随之结束。海域进行电缆铺设及船运通过等所造成的水下噪声谱级相比原来的水下环境背景噪声提高不多。因此，本项目施工期打桩噪声、海底电缆铺设噪声对四鳃鲈鱼种质资源保护区渔业资源育幼、索饵、产卵的影响较小。运行期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，运行期水下噪声对海洋动物的影响较小。

综上所述，项目施工期和营运期水下噪声对四鳃鲈鱼种质资源保护区影响较小。

（2）水下噪声对其他环境敏感区影响分析

项目风电场及海缆周边其它环境敏感区有连云港海域农渔业区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区。连云港海域农渔业区位于风电场区西北侧约 7.1km 处、送出海缆西北侧约 8.9km 处；盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于风电场区西南侧约 26.4km 处，送出海缆东侧约 454m 处；开山岛位于风电场区西南侧约 24.2km

处，送出海缆西侧约 100m 处。风电场与上述环境敏感区距离较远，打桩产生的水下噪声值不会超过上述保护区鱼类保护阈值，且施工噪声是暂时性的，随着施工结束影响随之结束。本项目风电场施工噪声对上述环境敏感区影响较小。运行期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，运行期水下噪声对海洋生物的影响较小。

综上所述，项目施工期和运行期水下噪声对连云港海域农渔业区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区影响较小。

4.3.9 对水上声环境影响分析

4.3.9.1 施工期水上噪声的影响

项目施工期水上噪声对海洋动物的影响源主要为施工期船舶航行产生的水上噪声。船舶航行引起的水上声环境变化预测，根据厦门大学在厦门五缘湾海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的监测。厦门西海域为厦门港的主要航道，监测的船舶渔船经过时的海洋环境噪声变化情况。一艘渔船由远及近，之后又远离时（最近距离 20m）监测到的船舶噪声，其监测结果表明：一般货运船舶噪声的均方根声压级平均值约为 125.5dB，比海洋环境噪声提高了约 10～15dB。部分航速较快、吨位较大、航行中仍在施工或其他增大水下噪声的原因的船舶其峰值声压级可以达到 150dB 以上。

4.3.9.2 运行期水上噪声的影响

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，风力发电机组水上噪声影响预测公式如下：

即假定声音从一个点无衰减传播开来，则距离单台风机声源r处预测点A声级$L_P(r)$计算为式：

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

式中：$L_P(r)$—单台风机声源r处预测点A声级，dB(A)；

$L_W(r_0)$—单台风机声源r_0处A声级，dB(A)。

N台风轮机距离声音源r处的噪音水平总效应$L_{P,total}(r)$计算为式：

$$L_{p,total} = 10\lg\sum_{i=1}^{N}\left(10^{L_{p,i}/10}\right)$$

参考文献（Møller H and Pedersen C S，2011）对大容量风机噪声的预测，11MW风机的水上噪声源等效声级约为112.5dB(A)。本项目风机轮毂高度为141m，根据公式，风机组噪声影响预测见表4-23。表中可知海面上距风机桩基水平距离300m处，噪声已衰减至低于54dB(A)，接近海域水上噪声现状监测的背景值。在900m处已衰减至45dB，低于国家规定的《声环境质量标准》（GB3096-2008）中1类标准限值。

表 4-23 风机水上噪声衰减距离表

略

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减小风机之间的尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，间隔一般大于 500m。多台风机间仅是影响范围的扩大，不会产生叠加效应，基本不增加影响程度。风电场运行噪声对海上声环境影响仅限于风机附近。

由于海上无居民区等声敏感目标，且距海岸线较远，不会对岸上居民产生影响。海面上没有海洋动物等水上敏感目标，不存在水上噪声对海洋动物的影响。且声波从一种介质进入另一种介质时会发生反射和透射，反射系数和透射系数与介质特征阻抗有关。由于空气的特征阻抗远远小于水的，因此，空气声波入水时，会发生全反射，透射入水声波强度可近似为零。因此，风机运行产生的水上噪声传入水体后，不会对海洋动物造成明显影响。

4.3.10 对鸟类及其生境环境影响分析

本章节内容根据《盐城响水 H3-2#海上风电项目鸟类现状调查与影响评价专题报告》（上海师范大学，2025 年 9 月）编写。

海上风电场工程对鸟类的影响机制主要体现在栖息地改变、物理干扰以及生态链扰动三个层面。施工阶段陆上临时施工生产区将直接导致滨海湿地生境破碎化，压缩鸻鹬类、鹭类等依赖潮间带生态系统的鸟类的关键停歇地与觅食空间；运营阶段由风机群形成的空间屏障效应以及风机运行噪声，将对场址区域内鸟类产生直接的物理干扰，风机大面积占据水域后，同样会通过改变局部光照强度和

水体温度等生态参数，引发浮游生物群落结构改变，间接影响食鱼鸟类食物供给。

本项目位于东亚-澳大利西亚候鸟迁飞通道，是迁飞鸟类的重要停歇地和觅食区。施工期可能存在的影响包括对鸟类栖息和觅食的影响、对鸟类繁殖的影响、对鸟类迁徙的影响以及环境事故风险对鸟类的影响；运营期可能存在的影响包括对鸟类栖息地利用的影响、对鸟类迁徙和飞行的影响、鸟类-风机撞击致死风险、风机低频噪声对鸟类的影响等方面。

4.3.10.1 施工期对鸟类的影响

施工期对于鸟类的影响主要体现在栖息地和觅食区的破坏、施工所产生的噪声污染、光照污染与人类活动等方面。施工期间，施工船舶、临时施工生产区会直接侵占潮间带滩涂区域，进而影响到鸻鹬类、鹭科、鸥科等依赖浅滩觅食鸟类的觅食行为；施工机械（如打桩锤、运输船只等）产生的噪声及频繁的人类活动同样会对鸟类的繁殖与觅食产生影响；如夜间进行施工，施工照明设备可能扰乱鸟类的栖息、迁飞行为。

（1）对鸟类栖息和觅食影响分析

本工程海上风电场周边为海域，针对风电场海域现场观测记录到的鸟类数量相对较少，具体如下表所示。

表 4-24 风电场周边海域鸟类调查结果

略

调查发现，项目场址所在海域觅食和栖息的鸟类种类和数量都相对较少。调查海域范围内共记录到鸟类 19 种 533 只，以鸻形目鸥科鸟类为主，主要记录的鸟类为普通燕鸥和黑尾鸥，分别记录 234 只和 166 只。

风电场施工期对于鸟类栖息和觅食的影响主要体现在直接的物理占用，施工船舶及临时施工生产区，会对依赖潮间带进行觅食的鸟类产生直接的影响，对潮间带部分区域的占用会直接压缩其栖息和觅食空间；施工过程中，桩基施工产生的噪声会对周边鸟类会产生驱赶作用；海底电缆铺设会破坏工程建设区域的海洋底栖生物和鱼类的生境，减少工程建设区域底栖生物和鱼类的种类和生物量，进而有可能影响鸟类（主要是水鸟如普通燕鸥、西伯利亚银鸥、黑尾鸥等鸟类）的觅食。

由于施工作业时间较短，随着施工结束，底栖生物和鱼类可在一定时间内得以恢复，同时施工影响范围仅限于工程及周边，施工活动对水域的扰动范围有限，基本只会影响风机周边水域内水生生物的种类和数量，而且工程占用海域面积相对较少，海上风电场区域不是海鸟主要和唯一的栖息和觅食地。在风电场海域觅食和栖息的海鸟种类和数量比较少，鸟类整体分布在陆域沿海岸线，距离风电场区比较远，风电场风机安装施工对沿岸区域以及近岸区域鸟类的栖息和觅食基本不会产生影响，风电场施工对整个鸟类群落的影响有限，对在风电场海域活动或者习惯在该区域活动的鸟类来说，会因为施工干扰产生的驱赶作用而受到一定的影响。

由于项目周边还有大量的未开发海域，还存在替代的觅食地，一般情况下，鸥类会集中分布在船舶后，觅食由于船舶运转或捕捞时翻动而在海面游动的鱼类或其他水生生物，鸻鹬类和鹭类更习惯于在沿海岸线的潮间带湿地栖息和觅食，这些区域能找到更合适的栖息和觅食场所，因而受项目施工的影响有限。

综上所述，风电场在施工期间，对整个评价区域内鸟类的栖息与觅食行为存在一定影响。其中，对于在海上活动的鸥类，会产生一定的驱赶效应；而在浅水及滩涂区域，电缆铺设作业以及陆地施工活动，会在一定程度上影响鸟类的栖息环境，如破坏区域内的栖息植被，产生噪声干扰，并且对鸟类的觅食行为也有所影响。不过，这些影响是短期且可逆的，会随着施工的结束而自然消除。此外，海上和海岸带还存在着更为广阔的可替代觅食区域，所以总体而言，风电场施工期对鸟类的影响是有限的。

（2）对鸟类繁殖影响分析

从现场调查的结果来看，风电场附近海域的沿岸滩涂及河道是鸟类分布的集中区，风电场场区附近海域鸟类种类和数量相对较少，只是偶尔见到少量鸥科鸟类飞过。其中，海域调查记录数量最多的鸟类为普通燕鸥，共记录 234 只，黑尾鸥次之，共记录 166 只，其余鸟类数量均较少。

调查区域主要繁殖鸟类为鸻鹬类，其核心繁殖区主要位于内陆沼泽等地，沿海滩涂更多作为其迁徙停歇地，此外其他一些繁殖鸟类包括白鹭、白头鹎、喜鹊、珠颈斑鸠等，主要是在陆域的芦苇丛、养殖塘等区域繁殖，水鸟则主要分散在陆

域周围的滩涂和湿地。风电场施工直接占地及物理干扰对这些鸟类的繁殖行为影响有限。

（3）对鸟类迁徙影响分析

鸟类迁徙通常沿着海岸线或河流进行，这与它们寻找食物和水源的需求密切相关。2025 年鸟类调查期间，风电场附近海域未观测到大量迁徙鸟类，项目场址离岸距离约 31km，在海域记录的 19 种鸟类中，灰椋鸟、黑眉苇莺和普通翠鸟为林鸟，跟随运输船只出现在海域，属偶发情况，其余鸟类均为常见鸟类，且只是在海域上方飞过不停留。

从施工阶段分析，风机安装施工均需要在白天进行，在风机基础施工、升压站施工期间，由于均为近海面作业，施工设备的高度一般在 20m 以下。风机机组叶片尺寸为 123m，鸟类正常迁飞一般不会受影响，只有在云雾、小雨等不利天气情况下，有些鸟类会飞至工程风机总高度甚至以下。在施工期间，由于有施工噪声，施工阶段安装好的风机不运转，也比较大，容易被迁飞鸟类注意到，许多猛禽和水鸟会在数公里外主动避开风电场区域，这种影响虽然不会直接导致鸟类的死亡，但会导致迁飞鸟类的迁徙路线发生变化，鸟类迁徙能量的损耗加剧，降低其越冬存活率，减少繁殖期的能量储备。丹麦 Tjaerebor 等通过雷达对迁徙鸟类的研究发现，不管是在白天或黑夜，在 2MW 叶轮直径 60m 的风力机前 100 至 200m 鸟就发现它的存在，而且提前改变飞行路径，飞行在高于风力机的安全高度。本项目 11MW 的叶轮直径 252m，更容易被鸟类发现，并提前避让；如风机施工作业期间遇到大规模鸟类迁徙飞越项目施工区域，应根据现场情况停止干扰鸟类迁徙的施工作业或者降低施工强度和干扰面，待大规模飞越结束后恢复。综上所述，项目施工期对迁徙鸟类影响较小。

浅水及滩涂区域的电缆铺设会对迁徙期候鸟的迁徙路线、停歇行为以及越冬候鸟的生存环境产生不同程度的影响。施工活动会直接破坏部分鸟类栖息生境，导致施工区域内底栖生物数量减少，候鸟觅食资源相应减少。但电缆铺设占地面积不大，施工周期短，且周边存在可替代生境的生态环境，总体影响不大。

综上所述，工程施工期不会造成不可逆的破坏和影响，对迁徙鸟类影响较小。

（4）环境事故风险对鸟类的影响

风电场施工过程中要大量用到船舶运输装备和材料、用船舶进行打桩和吊装施工等，存在施工船舶溢油风险。如发生溢油事故，将对海洋生物和海洋生态系统产生深远的不利影响。尽管不同油品的影响程度和持续时间不同，但是总体上，漂浮在水面上的油类会直接导致海洋生物的死亡，也会波及海岸带，进入沉积物，尤其是滩涂沉积物中，缓慢释放，形成持久的毒性。鸟类进入含油水面或者油污染的滩涂，身体上会沾上油污，影响其活动，进而影响生存。油类物质会通过食物链或者直接被摄入鸟类体内，毒害鸟类。溢油事故也会产生长期影响，影响溢油区域活动或者觅食的鸟类的繁殖。

溢油事故一旦发生，海域水体首先受到影响，部分滩涂周边也会受到影响，除了直接影响这些区域觅食、活动的鸟类，导致鸟类中毒死亡，也会通过影响这些区域的浮游动植物、底栖生物、潮间带生物进而影响区域作为鸟类栖息地的质量，这种影响也将持续较长的时间。因此，应杜绝溢油事故发生，或者当发生溢油事故后，及时采取应急抢险措施，最大限度降低溢油事故对鸟类的影响。

根据现场鸟类观测来看，可能受溢油影响的鸟类是直接在水面觅食的鸥类、鹱类以及在滩涂区域停歇的鸻鹬类、鸥类和鹭类等。

从鸟类栖息地的角度出发，溢油以后油膜扩散，海域活动鸟类由于存在大量其他替换的海域水体栖息和觅食区域，存在有效避免受到溢油影响的可能性。同时，溢油事故发生的概率相对比较低，而一旦发生则有可能影响到油膜扫过的区域，好在一般油膜扫海的范围和面积相对有限，并不会波及整个海域，也即项目海域各个区域同时受到事故溢油影响的可能性比较小。溢油事故发生后，影响范围之外都存在未受影响的栖息地（海域）作为替补和缓冲，能在一定程度上减缓溢油事故对整个海域鸟类栖息地功能和鸟类群落的影响，不大可能对整个海域鸟类栖息地功能和鸟类群落造成颠覆性影响。

4.3.10.2 运行期对鸟类的影响

海上风电场运营期对于鸟类的影响主要表现在对于鸟类栖息地的直接占用、风电场屏障效应对于迁徙鸟类迁徙路线的影响以及风机—鸟类撞击致死。

（1）对鸟类栖息地和觅食地利用的影响

鸟类栖息地的选择和利用受到食物资源、捕食风险、避敌条件、栖停条件等

因素的影响，鸟类会选择具有庇护条件、邻近食源的区域作为栖息地。湿地鸟类的栖息地一般同时具备植被、裸地、水域三种景观类型，以满足鸟类对栖息地的需求。本风电场场址位于海域，风电场离岸距离约 31km 左右，对于大多数鸟类来说，拟建场址海域不适宜作为鸟类的栖息地。

根据类似风电场周边鸟类调查监测，在距离风电场 400m 以外的区域，水鸟的活动几乎不受影响。海上风电场所在海域 400m 以内的鸟类种类和数量都比较少，大部分为雁形目鸟类和鸻形目鸟类，它们分布的区域与海上捕鱼的渔船的分布有关。风电场建成后，风电场营运期对鸟类栖息地及栖息地利用基本没有影响。

鸟类觅食地的选择与觅食地的安全性、食物资源的丰富程度、距栖息地的距离等因素有关。沿海滩涂湿地鸟类一般选择地势开阔、食物丰富的沿海滩涂湿地作为其觅食地。海上风电场区远离近岸滩涂湿地，除了海域觅食的鸥类和鹱科鸟类，少有鸟类在此区域觅食，而鸥类和鹱类由于其活动范围大，飞行能力强，存在大量替代海域作为觅食区域。海缆埋于地下，对鸟类栖息觅食基本没有影响。

综上所述，风电场营运期对鸟类栖息地和觅食地利用的影响有限。

（2）鸟类-风机撞击致死分析

海上风电场鸟类撞击致死有三种可能途径：鸟类撞上风机塔或者支架、鸟类撞上旋转的叶片或者被叶片旋转形成的旋涡甩到海中。由于海上很难探测或者观测到鸟类与风机及其附属物的撞击（陆域风电场可以通过地面残留的发生撞击的鸟类尸骸来调查和评估鸟类-风机撞击情况），海上风电场鸟撞死亡率相关的信息比较少。探测海上风电场区域鸟类-风机撞击和鸟类飞行躲避行为等，目前常用的技术有雷达、热成像和声学探测等。在丹麦的 Nysted 海上风电场用雷达进行的研究表明白天大部分鸟类在距风电场 3km 以外就开始改变飞行路线，而晚上在 1km 左右改变方向，在风机群周边飞行时表现出明显的躲避行为。绒鸭的躲避行为加上热成像照相的结果表明绒鸭经过风电场时只有很低的撞击死亡率。同样，瑞典的 Kalmar Sound，目视观察绒鸭的移动对两个近岸风机的反应，在一百五十万只迁徙水鸟中，只记录到 1 次撞击事件（Pettersson，2005）。

而在德国北海一个海上研究平台上的研究发现，13037 只迁徙雀形目鸟类中有 442 个个体撞死于该平台，天气原因（大雾和小雨）是导致这些雀形目鸟类撞

上海上研究平台的主要诱因（Huppop et al.，2006）。上述或有或无的撞击死亡率研究记录是否会对鸟类产生种群水平的影响还未可知，因为这些鸟类具有相对较大的全球种群。

海上风电场鸟类撞击死亡也取决于很多因素，比如风电场位置、鸟类物种、季节、气候、灯光、风机排列、地形、风机技术、距离迁徙通道的远近、附近出现的鸟类物种以及鸟类丰度等。同一个物种不同个体年龄、行为、所处繁殖期的不同阶段等也可能会影响到撞击死亡发生的风险（Drewitt and Longston，2006；Kuvlesky et al.，2007；Sovacool，2009）。从已有的陆上风电场鸟击记录来看，单个风机年鸟类撞击率平均在 0.01 到 23 只鸟个体之间，撞击率最大的风电场记录达到了每个风机每年 64.3 次撞击。风电场的位置对鸟类撞击死亡率以及对鸟类种群潜在影响有很大影响，这种差异主要由风电场选址造成：那些选址在远离大量鸟类集中分布区域的风电场，鸟类撞击死亡率非常低（Drewittand Langston，2006）。即使是同一个风电场内，不同位置单个风机对鸟类影响的差异也很大（Everaert and Stienen，2007）。

数量比例上，大部分个体的迁飞高度都在 1000m 以上，表明鸟类在近海岸的海面迁徙时，飞行高度要远高陆域。而这样的飞行高度，大部分鸟类个体迁飞时都要高于风电风机的高度。

鸟类与风机发生撞击而造成死亡与风机的转速也有一定的关系（OrloffandFlannery，1992），一般变速的风机对鸟类的影响较大。但即使如此，在许多情况下仍然有 80%以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤（另外 20%选择绕开风电场或者风机飞行）（Winkelman，1992）。特别是在离岸越远建设风电场，撞击概率就更小。如在 Utgrunden 的海上风电场，观察到有 500000 只海鸭穿过风电场，没有发生一起撞击事件（Petersson and Stalin，2003）。在丹麦西部的 Tjaereborg 通过雷达研究风力机与鸟的关系也表明不管是在白天或黑夜，在 2MW、叶片直径 60m 的风力机前 100 到 200m，鸟类能发现它的存在而提前改变飞行路径，飞行到高于风电机叶片扫过的安全高度。Erickson（2005）根据大量的统计资料指出，风力发电对鸟类造成的伤害远小于城市建筑物、通信设施等对鸟类造成的伤害。

已有针对鸟只撞击风机的研究表明鸟类-风机撞击的概率比较低，为便于进行定量估算，采用 Pereival（2003）关于一般飞行高度下穿越风电场的鸟类撞击风机的概率的统计结果作为估算依据，即以 0.01%预测鸟类撞击风机的次数。总之，虽然海上风电场带来一定的鸟类撞击风机的可能，但发生的概率总的来说较低，不会对区域鸟类的种类和种群数量造成明显影响。

（3）对鸟类迁徙和飞行的影响

1）风机高度对迁徙鸟类的影响

本项目风电场所在区域属于东亚—澳大利西亚候鸟迁飞区，鸥类、鹭类、鸻鹬类为规划区域鸟类的优势类群，也是主要的迁徙鸟类。鸥类和鹭类的迁飞高度一般超过 300m，鸻鹬类在海域迁飞高度也在几百米到上千米。

风机轮毂高度 141m 左右，风机叶片加上风机基础，总高度约 267m，风机叶片旋转的范围最高 267m 左右，本项目风电场场区离岸约 31km，是大型鸟类可能选择的迁徙通道，而中小型鸻鹬类鸟类以近岸湿地区域作为迁飞通道的，项目区域实地观测资料也验证了这一点。大中型鸻鹬类迁飞高度在 100m 到 400m，鹭类一般在 150～600m，鹳类在 350m 到 750m，鹤类在 300m 到 700m，鸭类迁飞高度在 150～500m，加上鸟类的躲避行为，天气状况良好的情况下，迁飞的鸟类基本能躲开风机叶片扫过的区域。但当鸟类迁徙过程中突然遇到逆风或天气不好且不能着陆时，会降低飞行高度，几乎是在近海面飞行，特别在夜间和透视度低的时候，发生误撞而死亡的概率会提高。

略

图 4-41　鸟类迁徙飞行高度示意图

据美国审计署对陆域风电场的统计，雀形目鸟类是与风机撞击比较多的鸟类，占撞击死亡鸟类的 80%左右。小型鸣禽往返于休息地与觅食地、饮水地等飞行活动，都是低空飞行，飞行高度大都低于 100m，尤其在鸟类迁徙密集区域撞机风险更大，碰撞塔架或风机叶片造成伤亡。但是与飞机、汽车、建筑物、通讯塔、架空电线等相撞的鸟类死亡的数量相比，死于风电场风机的鸟类数量很少，而海域本身不是雀形目鸟类常规的栖息和活动场所，只有少数雀形目鸟类飞行经过风电场海域，种类很少，数量密度非常低，本次调查记录海上记录到少量雀形目鸟

类，加上其飞行过程中可绕开风电场区域、躲避海上风电场，因此总体来说海上风电场对鸟类迁徙的影响较小。

2）风机转动速度对迁徙鸟类的影响

根据现有研究和监测资料，鸟撞风机与一系列因素相关，如鸟的种类、数量、行为、地形地貌、天气状况、风力电场的地理位置等。当风电场位于或靠近鸟类候鸟迁飞区、主要迁徙通道或鸟类局部大量集聚的区域时，鸟撞发生的概率会大大增加。鸟类在捕食时要降低飞行高度，更容易与风机相撞。

由于鸟类与风机发生撞击而造成死亡通常与风机的转速成一定的相关关系，一般变速的风机对鸟类的影响较大。据统计有 80%以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤。因此，在天气晴好的情况下，鸟类误撞变速风电机的概率也极小。

3）风电场布置对鸟类的影响

风电场占有鸟类迁徙通道较大的面积，而且巨大的风机横亘在鸟类迁徙路线上，有可能成为鸟类迁徙的障碍。风电场布置上，往往形成行列，有一定间距，风机与风机之间会留出廊道供鸟类栖息飞行通过。而且鸟类的视觉比较敏锐、反应机警，加之本项目风机周围鸟类种类和数量分布很少。因此，发生鸟类碰撞风机致死现象的可能性很小。

据施月英等对台湾彰化风电场鸟类监测发现，冬季在涨退潮期间通过风机的鸟类数量较多，飞行高度多在 40m 以下的低风险区，飞行通过的种类以小型鸻鹬为主，而在 40～120m 的高风险区的鸟类数量很少。在丹麦的 Nysted 和 HornsRev 风力发电场鸭类能在 480m 排间距的风机之间穿越飞行。总之，迁徙候鸟有一定避让风机和风电场的能力，风电场对迁徙鸟类影响较小。

4）低频噪声对鸟类的影响分析

噪声对鸟类等主要依靠声音进行通讯的类群的影响比较大（Slabbekoorn & Ripmeester，2008；Francis et al.，2009）。鸟类尤其是鸣禽主要通过鸣声进行通讯，如吸引配偶、防卫领域、预警、乞食和求救、躲避天敌等。噪声干扰动物寻找觅食适合区和追赶猎物并辨别天敌位置的能力，使动物的捕食效率和生存能力大大下降。

在遗传和环境共同作用下，鸟类鸣声具有种或个体特异性（Xia et al.，2010），在噪声环境中，鸟类可选用特定音节或鸣唱句型传递信息（Robisson et al.，1993；Kennedy et al.，2009），但当环境噪声太大时，声信号被淹没，鸟类的特异性鸣声会失去作用，此时要通过调整声信号来完成通讯（Aubin&Jouventin，2002）。鸟类主要通过 Lombard 效应应对噪声干扰，即当环境噪声水平提高时，声信号发出者改变频率和振幅，增大信噪比，降低噪声对声信号的干扰，这一现象普遍存在于动物的通讯中（Rabin&Greene，2002；Brumm&Slabbekoorn，2005；Warren et al.，2006）。近年的研究还发现，鸟类还会调节鸣唱时间来避开噪声干扰（Erme & Amrhein，2008；Hardouin et al.，2008）。鸟类生活环境中的噪声可分为人为噪声和自然噪声。前者如各种交通噪声，可瞬时爆发、频率低、能量高、持续时间短、作用面积小；后者如晨鸣合唱，进行缓慢、频率多样、延续时间长、作用范围广。城市噪声属于低频高能（Kati&Warren，2004；Slabbekoorn&Ripmeester，2008），频率一般低于 2kHz，最高不超过 5kHz（Patricelli&Blickley，2006）。许多动物的发声频率在这一范围内，包括鸟类（Slabbekoorn&Peet，2003；Brumm，2004），受噪声影响很严重。在长期的适应和演化过程中，动物的声音具有一定可塑性，在声通讯过程中，能根据外界声音环境的声级变化，在一定程度上调整发声频率，避开噪声干扰（Sober&Brainard，2009）。

与其他动物相比，鸟类鸣声可塑性更高（Botero et al.，2009）。鸟类鸣声频率主要分布在 2～9kHz（Rheindt，2003），环境噪声常会影响鸟类鸣声的低频部分。鸟类能通过提高鸣唱最低频率和主频应对噪声频率的干扰（Slabbekoorn Peet，2003；Catchpole Slater，2008；Nemeth Brumm，2009）。

根据已有营运期的海上风电场风机噪声影响分析，风机营运期海上噪声主要集中在风机中心 500m 范围内，项目风电场区与大陆岸线的最近距离在 31km 左右，风机低频噪声不会对陆域区域栖息的鸣禽产生影响，同时海域本身不是鸣禽等鸟类的主要栖息地，整体鸟类种类数较少，数量密度很低，项目风电场区风机噪声对偶尔穿越的鸟类影响较小。

5）光污染对鸟类的影响

日间风机叶片反射光可能会刺伤鸟类的眼睛，使候鸟迷途，改变迁徙方向。

而晚上风电场区域的照明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。北美一个案例的研究结果表明，夜间迁徙的鸟经常死于风电场内的灯下。目前有研究波长较长的光线，如红光和黄光不易吸引候鸟。

因此，在风电场日间风机叶片和晚上风电场的照明系统均会对鸟类的迁徙造成影响。波长较长的光，对迁徙鸟类影响较大，容易使候鸟偏离正常的迁徙方向，或增加撞向风电的风险，在采用短波光照明，或延长航空灯闪烁时间间隔等方式可减轻影响。

6）电磁对鸟类的影响

风电场运行期海缆会产生工频电磁场，风电场内部连接风电机组采用 66kV 集电线，送出电缆采用 220kV 海缆。电缆外层包裹有金属屏蔽层和铠装层，可以有效地屏蔽电缆带电芯线在周围所产生的电场。同时，海水对海底电缆产生的 0.5MHz 磁场的屏蔽作用极强，磁场能量会迅速衰减。

国内外关于极低频电磁场对鸟类迁徙活动影响的研究较少，根据已有的研究表明，没有足够的生物学或生理学的证据表明低频电磁场会对鸟类群落产生影响。许多鸟类在迁徙过程中借助地球磁场定位及导航。研究发现，极弱的电磁场或许会干扰鸟类方向辨别神经系统，造成方向迷失（Wiltschko & Wiltschko，1988）。研究同时发现，虽然开始时较弱的电磁场会对鸟类个体产生一定的方向迷惑，但整个鸟群可以很快地适应电磁场的异常改变，并再次成功地定位。Beaver et al.（1994）利用树燕研究了极低频电磁场对鸟类迁徙的导航能力的影响，结果表明极低频电磁场不会造成显著的变化。Hanowski et al.（1994）根据美国密歇根州北部输电线路架设前后历时 8 年的实测数据，分析了极低频电磁场对鸟类繁殖和迁徙的潜在影响，同样得出结论，鸟类繁殖和迁徙均不受极低频电磁场影响。

鸟类在迁徙过程中，只有非常短的时间暴露在风电场电磁环境中，而项目采用的电缆铺设于海底泥面以下，海缆有加强铠装保护，铺设于海底后有较好的屏蔽作用，根据类比监测情况，海缆产生的工频电磁场远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），因此对海面以上的电磁环境影响基本可以忽略，因此风电场运

行期电缆电磁环境变化不会对鸟类迁徙活动产生影响。

4.3.10.3 对重点保护鸟类的影响

根据 2025 年四个季节的鸟类调查数据，调查区域共记录到国家一级保护动物 2 种；国家二级保护动物 11 种；江苏省省级重点保护物种 49 种。

从重点保护鸟类的空间分布来看，鸻鹬类重点保护鸟类、鹭科重点保护鸟类、猛禽类保护鸟类以及其他重点保护鸟类主要分布在陆域沿海滩涂及内陆河道区域，风电场场区对这些鸟类产生的直接影响有限；风电场场区附近海域主要记录到的保护鸟类为鸥科，分别为黑尾鸥、普通燕鸥、普通海鸥、西伯利亚银鸥与鸥嘴噪鸥，其主要是飞行经过海域。基于上述重点保护鸟类的分布格局，风电场工程主要对进入海域活动的鸟类产生驱赶或者阻碍影响，对这些鸟类在陆域的种群影响较小，由于海域活动个体占比很低，加上可以躲避或者绕行等回避风电场工程的影响，风电场工程对区域整个种群影响有限。

对于红隼等猛禽来说，风电场区域不属于它们的觅食栖息区域，虽然可能在迁飞过程中经过，但猛禽飞行高度一般较高，所以与风机发生撞击的可能性较小，风电场施工期和运营期对猛禽的影响有限；大部分鸻鹬类水鸟和鹭科鸟类，主要分布在沿海滩涂区域，风电场场区及周边海域不是这些鸟类主要的觅食和栖息地，所以风电场施工期和运营期对这些鸟类的觅食和栖息影响有限。但春、秋两季是候鸟迁徙的高峰期，加之项目区域位于东亚-澳大利西亚迁徙路线，项目方需在这两个季节加强监测，防止鸟撞风机事故发生。

4.3.10.4 累积影响分析

当一个项目的环境影响与另一个或多个项目的环境影响以协同的方式进行结合时，累积影响便会产生。

本报告评价的累积影响主要是因为鸟类在时间或者空间上经过多个风电场而造成某些影响的累积。如鸟类觅食的时候反复地在风机阵列之间穿梭飞行，对于鸟类个体来说，和风机发生撞击的可能性会增加，这是风电场影响在时间上的累积。在空间上，鸟类迁徙路线要穿越多个风电场时，则对鸟类个体与风机发生撞击的可能性也会增加。此外，鸟类能躲避风机或者避开风电场区域时会增加飞行的距离，如果迁飞路线上要经过多个风电场区域，则鸟类增加的飞行距离会累

积，降低鸟类迁徙成功的概率。

从上面的分析可以看出，避免或者减缓累积影响，最好的方法就是鸟类不出现在风电场区域，或者说把风电场规划在没有鸟类活动的区域，则累积影响不会出现。本项目风电规划海域位于东亚-澳大利西亚候鸟迁飞区，从前面鸟类分布的分析可以看出，规划海域鸟类种类和数量比较少，主要集中在陆域，海域不是迁徙路线的主要迁徙区域，现场调查中也没有观测大数量集群的鸟类从风电场规划海域飞过，可见因迁徙经过而受规划风电场影响的鸟类种类和数量有限。同样的，由于风电规划海域鸟类种类和数量比较少，有少量鸥类、燕鸥类会在海域觅食，但是整体上分布在近岸区域，风电规划海域不是鸥类、燕鸥类等觅食鸟类的主要觅食场所，鸟类因为觅食而反复进出或经过规划风电场区域的可能性比较小。

规划的实施会形成更多的风机阵列排布在海面上，有可能会增加鸟类与风力发电机组撞击的概率，但是风电规划海域观测记录到的鸟类种类和数量比较少，鸟类和风电机组发生撞击的概率本来就很低，规划海域鸟类种类和数量又比较少，在风电规划海域活动也比较少，风电实施基本不会对区域鸟类的种类和数量造成明显影响，也就不会对鸟类产生撞击致死的累积影响。

随着风电场愈发密集，其他方面的累加影响可能会增强。越来越密集的风电场，会对鸟类的飞行形成网状的阻隔作用，鸟类为了避免与风机相撞而采取更高或更低的飞行模式，穿越风电场区或者绕道时会有额外绕行飞行过程，势必会增加鸟类本不必要的能量损耗，降低其生存概率。这种影响在潮间带区域布设的风机会更加明显，潮间带区域本来就是迁徙水鸟最为重要的觅食场所，潮水涨落过程中，鸟类为了寻找觅食地和停歇地会反复穿越布设在临岸和岸边的风机阵列，群体越大则越有可能有个体与风机发生碰撞。此外，布设在这些区域的风机，也极大地占用了鸟类可以利用的栖息地，破坏了鸟类的自然觅食生境，影响鸟类的正常觅食。

从实际调查情况和历史资料来看，迁徙鸟类大量出现在规划海域及邻近区域时，其觅食和停歇的区域比较集中，密集的停歇点位于规划用海域邻近的陆域岸线区域。相对来说，风电规划位于海上，对这些密集停歇的大量过境鸻鹬类的影响不大。

本项目风电场位于东亚-澳大利西亚候鸟迁飞区上，虽然观测来看，鸟类种类和数量主要集中在海岸线区域，规划海区未观测到大数量集群鸟类经过，但也可能有些迁徙鸟群会在夜间迁徙通过海上风电场区域。在规划风电场布置上应该予以考虑，比如在布置上留出南北向迁徙的通道。

整体来说，本风电场规划实施可能会对鸟类造成一些累积影响，但是从观测到的鸟类种类、数量分布和行为来看，形成累积性撞击致死影响的可能性比较小，迁徙鸟类的飞行距离可能会因为绕道而增加，迁徙行为会受到一定程度影响，在项目实施过程中需要予以关注和重视。

4.3.10.5 小结

基于现有观测数据和资料，本项目处于东亚—澳大利西亚候鸟迁飞区，鸟类迁飞停栖的主要区域为陆域海岸线附近，风电场区离岸距离约 31km，不是迁徙期鸟类迁徙所经过主要路线的中间，也不是迁徙鸟类停歇、觅食的主要区域，项目实施对鸟类迁徙路线存在一定的阻隔影响，但从江苏沿海已建风电场来看，不会产生明显的影响。项目实施对鸻鹬类以及其他水鸟和林鸟的影响较为有限，对海域水面栖息觅食的鸥类、鹱科鸟类存在一定的驱赶影响。项目实施施工过程可能会对海域栖息的鸟类产生一定的影响，受影响的鸟类种类和数量占比很小。

综上所述，本项目对鸟类影响有限，对鸟类群落产生颠覆性影响的可能性很小，但潮间带和陆上施工需谨慎选择施工作业区域，尽量避免和减少对鸟类的影响。

4.3.11 电磁环境影响预测与评价

本章节内容根据《响水 H3-2#海上风电项目水下噪声及电磁环境影响专题报告》（江苏泰杰检测技术股份有限公司，2025 年 10 月）编写。

4.3.11.1 电磁环境影响类比分析

本报告采用类比法分析电磁环境影响，国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目、三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目的海上升压站和送出海底电缆等级与本项目相同，电缆结构相同，海底地形较为接近，海上升压站主变容量与本项目相似，电气布置与本项目相同。综上，本次类比的电磁环境实测结果可反映本项目建成后可能造成的电磁环境影响，具有可行性。

表 4-25 可类比性分析

略

（1）国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目电磁监测情况

中科检测技术服务（广州）股份有限公司于 2024 年 4 月 17 日～4 月 20 日对电磁辐射进行了监测。海上风电场电磁环境监测海上升压站共布设 13 个监测点，监测位置为：海上升压站东南西北外 5m 各测 1 个点，在垂直于升压站东侧的方向向外延伸，监测点间距为 5m，顺序测至升压站外 50m 为止。海上升压站厂界电磁环境监测布点见图 4-42。

略

图 4-42 升压站电磁环境监测布点示意图

在 220kV 海缆正上方及其断面共布设 6 个监测点，监测位置为：以 220kV 送出海缆线路中心正上方为起点，沿垂直于线路方向进行，监测点间距为 1m，顺序测至海底电缆管廊边缘外延 5m 处为止。220kV 海缆电磁环境监测布点见图 4-43。

略

图 4-43 220kV 海缆电磁环境监测布点示意图

监测结果详见表 4-26。

表 4-26 国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目监测结果表

略

（2）三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）电磁监测情况

中科检测技术服务（广州）股份有限公司于 2024 年 1 月 25 日至 2024 年 1 月 27 日对项目海上电磁环境进行了现场监测。升压站东南西北外 5m 测 1 个点，在垂直于升压站的方向向东延伸，监测点间距为 5m，顺序测至升压站外 50m 为止，共 13 个；220kV 海底电缆线路中心正上方为起点，沿垂直于线路方向进行，监测点间距为 1m，顺序测至海底电缆管廊边缘外延 5m 处为止，共 6 个。监测结果详见表 4-27。

表 4-27 三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）监测结果表

略

（3）类比分析

1）海上升压站

根据升压站工频电场强度产生的原理，其强度仅与电压等级有关，主变容量对工频电场强度基本无影响；工频磁场与主变容量有关，其强度与主变电流大小成正比。理论上本项目海上升压站周边工频磁场与国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目、三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）海上升压站周边工频磁场相似。

根据上述监测结果，国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目升压站周边工频磁场在 0.0017μT～0.0040μT 之间，三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）升压站周边工频磁场在 0.0014μT～0.0095μT 之间，远小于 100μT 的限值要求。根据升压站的主变容量比推算，本项目海上升压站的最大工频磁场强度也将远小于评价标准（100μT）要求。

根据上述监测结果，国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目升压站周边工频电场在 0.019V/m～0.050V/m 之间，三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）升压站周边工频电场在 0.039V/m～0.118V/m 之间，远小于 4kV/m 的限值要求，类比分析可知本项目海上升压站的最大工频电场强度也将远小于评价标准（4kV/m）要求。

综上，本项目海上升压站运行过程中的工频电场强度和工频磁场强度远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中的公众曝露控制限制值要求（即电场强度 4kV/m，磁感应强度 100μT），可以满足相应评价标准要求。

2）220kV 海缆

工频电场影响与电压等级大小、电缆结构、埋深等有关，本项目 220kV 海底电缆电压等级、电缆结构与国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目、三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）一致。

根据上述监测结果，国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目海底电缆处工频电场在 0.023V/m～0.037V/m，三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）海底电缆处工频电场在 0.026V/m～0.039V/m，远小于 4kV/m 的限值要求，类比分析可知本项目 220kV 海底电缆的最大工频电场强度

也将远小于评价标准（4kV/m）要求。

根据上述监测结果，国家能源集团国华半岛南 U2 场址海上风电二期项目海底电缆处工频磁场在 0.0010μT～0.0023μT，三峡山东牟平 BDB6#一期（300MW）海上风电项目（海上部分）升压站周边工频磁场在 0.0009μT～0.0015μT，远小于 100μT 的限值要求。类比分析可知本项目 220kV 海底电缆的最大工频磁场强度也将远小于评价标准（100μT）要求。

综上，本项目 220kV 海底电缆运行过程中的工频电场强度和工频磁场强度远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中的公众曝露控制限制值要求（即电场强度 4kV/m，磁感应强度 100μT），可以满足相应评价标准要求。

4.3.11.2 电磁环境对海洋生物的影响分析

本项目产生工频电磁场的设备主要为 220kV 海底电缆和海上升压站，升压站高于海面并且采用室内布置，影响范围较小，海底集输电缆埋设深度大于 3m，对海洋动物存在电磁环境影响的主要为海底电缆运行过程中产生的工频电磁场。

（1）研究成果介绍

目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋动物产生的影响还未有科学的定论，电磁辐射对海洋动物的影响目前还在研究中。袁健美、张虎等选取江苏近海常见 12 种海洋生物（袁健美、张虎、刘培廷等，海上风电磁场对 12 种海洋生物存活率与行为的影响。生态学杂志，2016，35（11）：3051-3056），通过实验方法研究不同磁场强度（试验I：1.0mT；试验II：0mT、（0.045±0.01）mT、（0.2±0.01）mT、（0.9±0.01）mT、（4.05±0.01）mT，对照（自然地磁场）下，风电磁场对鱼、虾、蟹和贝类存活、行为等方面影响。结果表明：

1）风电场对鱼类的影响

1.0mT 强度磁场暴露对黑鲷的存活率和行为有一定影响，撤除磁场后，影响消失。1.0mT 电磁场作用下，黑鲷幼鱼集中分布在水体中上层，有集体浮出水面的意向，动作频率幅度大；少数鱼冲撞鱼缸底玻璃，有别于正常的觅食行为；撤除磁场 10min 后，受试生物行为恢复正常。

随着电磁场强度增强（0～4.05mT），黑鲷、半滑舌鳎的存活率受磁场影响加剧（呈现降低的趋势）；0.2mT（距离海底电缆 1.2m 外）是黑鲷、半滑舌鳎能耐

受的磁场。该范围主要是营底栖游泳生物的生活区域，从实验结果可初步判断黑鲷、半滑舌鳎存活率的磁场耐受范围，并推测栖息在该范围（即距离海底电缆 1.2m 外）的海洋鱼类受风电磁场影响不明显。

2）风电场对海洋底栖贝类的影响

纵肋织纹螺回避行为受磁场影响明显。24h 之内，4.05mT 和 0.9mT 暴露条件下的纵肋织纹螺分别有 8.3%和 3.3%逃离试验缸，剩余个体均分布于试验缸边缘。其余梯度试验缸的生物分布较为均匀，未发生逃离现象。

文蛤对磁场的耐受性较好。试验结果显示其磁场耐受范围为 0.9mT（电缆自身磁场），文蛤存活率仅在梯度Ⅴ（4.05mT）受一定影响，呈现降低趋势，说明事故状态模拟磁场会造成文蛤存活率下降，而风电场在正常运行中海底电缆产生的磁场对文蛤的存活率不存在影响。长期暴露于静电磁场的海洋底栖动物可以在 3.7mT 的静电磁场中生存 28d 以上，而其生殖腺和繁殖期指数和对照无显著差异。

3）风电场对海洋底栖虾蟹类的影响

磁场暴露下黑褐新糠虾的存活率有所降低，梯度Ⅴ（4.05mT）表现尤明显，与对照相比，存活率显著降低（降低 10.53%）。脊尾白虾、口虾蛄、三疣梭子蟹、寄居蟹等其他 4 种虾蟹类存活率未受磁场影响。

由上述研究结果可知，鱼类、底栖贝类、底栖虾蟹类的磁场影响范围主要为 0.2～4.05mT，低于 0.2mT 的电磁场对鱼类、贝类和虾蟹类行为无明显差异，影响较小。因此，电磁场控制在《电磁环境控制限值》公众暴露控制限值 0.1mT 之内，电磁场对鱼类、贝类和虾蟹类的影响较小。

（2）本项目电磁场对海洋生物的影响分析

本项目海底电缆均铺设于海床 3.0m 以下，电缆外层金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有强烈的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。根据类比分析可知，本项目海上升压站及海底电缆的电场强度和磁感应强度均远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中的公众曝露控制限制值要求（即电场强度 4kV/m，工频磁场强度 100μT）。本项目建成后电磁辐射强度较小，基本不会影响周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形

式等，也不会对海洋生物的行为产生明显的影响。综合分析，本项目建成后产生的电磁辐射对所在海域的海洋生物产生的影响较小。

4.3.11.3 电磁环境对敏感区的影响分析

本项目论证范围内的环境敏感区主要有四鳃鲈鱼种质资源保护区、连云港海域农渔业区和盐城湿地珍禽国家级自然保护区。四鳃鲈鱼种质资源保护区位于风电场区西侧约 688m，送出海缆西侧约 100m 处；连云港海域农渔业区位于风电场区西北侧约 7.1km 处、送出海缆西北侧约 8.9km 处；盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于风电场区西南侧约 26.4km 处，送出海缆东侧约 454m 处。

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）和《海上风电工程环境影响评价技术规范》，220kV 海上升压站电磁环境评价范围为站界外 40m，220kV 海底电缆电磁环境评价范围为电缆两侧边缘各外延 40m（水平）。本项目 220kV 升压站及 220kV 海缆距离环境敏感区最近距离约 100m（为海底电缆距敏感区距离），根据类比的电磁监测可知，海底线缆正上方 0m 处工频电场强度为 0.033～0.035V/m，工频磁场为 0.0010～0.0013μT；升压站站界外 5m 处工频电场强度为 0.0024～0.118V/m，工频磁场为 0.0017～0.0075μT，均低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场强度 4kV/m，工频磁感应强度 100μT 要求。因此本项目 220kV 升压站和海底电缆的电磁场对四鳃鲈鱼种质资源保护区、连云港海域农渔业区和盐城湿地珍禽国家级自然保护区影响较小。

4.3.11.4 海底电缆短路工况下电磁影响分析

本项目在营运期，由于地震，洪水，风灾，雷电，盐雾、潮湿，低温，腐蚀，潮汐、海啸等不良自然条件可能导致建构筑物倒塌、设备损坏，从而引起工频短路现象，为此就本项目可能产生的工频短路电磁场环境进行预测分析。

依据巩学海等（变电站工频短路时对电磁环境分析。高电压技术，2009 年，第 35 卷第 4 期）研究变电站工频短路时的电磁环境，结果表明工频短路时，变电站电压等级越高产生的短时工频电场强度越大，而产生的短时工频磁场强度越小。220kV 变电站工频短路时产生的工频电场和工频磁场强度见下表。

表 4-28　变电站短路时工频电场和磁场计算结果

略

以上研究结果表明，220kV 变电站工频短路时产生的工频电场强度达到 22.6kV/m，工频磁场强度根据短路电流大小可达 662A/m（约 0.83mT），均超过《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的工频电场强度 4kV/m、工频磁感应强度 100μT 的限值。但由于事故工况下高强度电场持续时间较短，根据设计电缆发生短路后 0.3～0.5s 即会自动断电，因此本项目在事故工况下对电缆周边海域海洋生物影响仅为瞬间的，时间非常短。事故工况下高强度电场主要集中于电缆附近，因此可能对电缆附近的海洋生物主要是底栖生物产生一定影响。因此应加强管理，杜绝类似事故发生。

4.3.12 固体废弃物环境影响分析

本项目施工期每阶段海上施工船舶工作人员约 100 人，参考《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），港作船的生活垃圾产生量按 1.5kg/人·d 计，船舶施工人员生活垃圾产生量为 150kg/d。生活垃圾产生量较少，海上生活垃圾由施工船舶收集后运至陆域，与陆域生活垃圾一起委托当地环卫部门统一处理。固废得到妥善处置后，不会对海洋环境产生影响。

运行期海域固体废物主要来自海上升压站及风机电气设备运行产生的废旧蓄电池、检修过程中产生的油渣、油垢、废油等固废，以及风机维护产生的生活垃圾。运行期产生的废旧蓄电池、废油、含油锯末或棉纱等均属危险废物，需由具备资质的专业处置单位运至岸上进行妥善处置。运行期每 6 个月进行一次风机维护，维护船舶每次维护产生的生活垃圾约为 200kg，船舶生活垃圾收集后运至岸上，委托当地环卫部门统一收集、妥善处置，不会对海洋环境产生影响。

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 社会经济概况

响水县位于长江三角洲城市群最北部、江苏省东北部沿海、盐城市北部，地处连云港、淮安、盐城三市交界处，东濒黄海，与朝鲜半岛、日本九州岛隔海相望；北枕灌河，与灌南东北二镇相依；西与灌南、涟水交界，南抵中山河，与滨海县相邻，县境全部由黄淮冲积平原构成，地势平坦，起伏较小，属大陆性季风气候区，总面积 1470.18 平方千米，截至 2024 年末，响水县常住人口 45.42 万人，城镇化率 61.5%。

根据《响水县 2024 年国民经济和社会发展统计公报》，2024 年，响水县全年实现地区生产总值 514.88 亿元，比上年增长 3.3%。第一产业增加值 69.85 亿元，增长 3.8%；第二产业增加值 216.51 亿元，增长 1.4%；第三产业增加值 228.52 亿元，增长 5.1%。三次产业结构调整为 13.6:42.0:44.4。全县人均地区生产总值 112999 元，比上年增加 3055 元。

项目投资稳步推进。2024 年，全县新签约、新开工、新竣工亿元以上项目 117 个、52 个、35 个，林源储能、吉利极电等 6 个 10 亿元以上重大产业项目落地开工。压茬推进项目建设，列省重大项目、总投资 50 亿元的乾运高科设备进场调试，总投资 30 亿元的海富纸制品、10 亿元的兰德森碳化硅等项目竣工投产，天能海工装备等一批重大项目加速推进。抢抓国家“两重”“两新”政策机遇，争取超长期特别国债项目 3 个，获批政府专项债券资金 6.7 亿元。全年在库的 500 万元及以上投资项目 236 个，其中 10 亿元及以上项目 16 个、年度新入库项目 126 个，固定资产投资完成额比上年下降 30.9%，其中建安工程投资比上年下降 38.0%，工业投资比上年下降 25.9%，民间投资占比 74.3%，较上年增加 1.5 个百分点。

5.1.1.2 海洋产业结构与布局

围绕海洋经济，响水多元化发展海洋新能源产业，加快推进新型储能、储能

电站等一批项目落地建设，打造 100 亿元产值新能源产业、100 万吨海洋装备产业基地、100 万载重吨海洋船舶产业基地、现代特色产业港、“蓝色”渔港经济区。年内新增国家高新技术企业 30 家、国家级专精特新“小巨人”企业 2 家，省级以上科技型中小企业 100 家以上。重抓绿色赋能，“一企一策”开展企业绿色评价补差工作，今年培育市级以上绿色工厂 18 家。以盐城港响水港区为核心，加快现代物流园和小蟒牛作业区码头二期等重点工程建设，争取在高港河建设海河联运区，全力打造淮河生态经济带东向出海新门户。

5.1.1.3 海上风电行业发展现状

海上风电具有发电利用效率高、不占用土地资源、适宜大规模开发、风机水路运输方便、靠近沿海电力负荷中心等优势。在当前各国纷纷寻求能源转型及碳中和的背景下，多国相继推出海上风电扩大发展计划。2023 年是全球海上风电保持持续增长的一年。根据全球风能理事会（GWEC）统计，2023 年全球海上风电新增容量达 10.8GW，同比增长 24%，是海上风电年新增装机容量的历史第二高年。2019-2023 年，全球海上风电的年复合增长率达到了 14.8%，呈总体向上增长势头。截至 2023 年年底，全球海上风电累计装机容量达到 75.2GW，同比增长约 17.2%，在全球风电累计装机容量的占比约为 7.3%，较 2019 年的 4.4%上涨近三个百分点。2023 年全球海上风电新增装机容量中的近六成由中国市场贡献。在经历了 2022 年新增装机容量大幅下降之后（降幅约 70%），2023 年中国海上风电市场逐渐恢复增长势头，新增并网装机容量 6.3GW，同比增长 25%，维持全球海上风电新增装机容量和累计装机容量第一的地位，占比为 58%。我国海上风电潜力巨大，中国拥有超过 1.8 万公里的海岸线，海上风能资源丰富，可开发容量达到 30 亿千瓦。自“十四五”以来，我国海上风电行业相关国家政策密集出台，除国家财政补贴全面停止以外，《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》《“十四五”可再生能源发展规划》《“十四五”能源领域科技创新规划》等多项政策规划均强调要重点发展深远海、漂浮式海上风电装备等，整体来看，提升技术水平是“十四五”期间我国海上风电行业发展的主要方向。我国风电装机目标确定性强，海风拐点显现周期向上，2023 年起进入新增长周期，未来两年增量空间可观。根据国家能源局数据，2024 年全国海上风电新增装机 5.619GW；海上

风电累计装机并网达到 39.1GW。“十四五”全国风电规划总装机目标 592GW，到 2025 年我国海风累计装机量将达到 60GW。预计 2028 年中国海上风电装机容量将超过 112GW。

5.1.2 海域使用现状

5.1.2.1 周边海域海洋保护情况

（1）海岸线

本次论证范围内海岸线总长度 13.45km，其中，人工岸线长 11.0km，自然岸线 2.45km。本项目 220kV 海缆穿越人工岸线，占用人工岸线 20.17m，距离最近的自然岸线约 3km。

（2）海洋生态红线和其他敏感目标

项目周边的海洋生态保护红线主要有四鳃鲈鱼种质资源保护区、连云港海域农渔业区和开山岛。

生态空间管控区域主要为盐城湿地珍禽国家级自然保护区。

周边渔业分布有围海养殖和开放式养殖等，位于江苏响水近海风电场区南北两侧海域。

项目周边海域无其他人文历史遗迹。

项目周边海洋敏感目标详见图 5-1。

略

图 5-1 项目周边海洋敏感目标分布图

5.1.2.2 周边海域开发利用情况

根据项目周边海域的开发利用情况（图 5-2）可知，周边海域主要开发利用活动类型为：工业用海、渔业用海、其他用海等。

（1）工业用海

项目周边工业用海主要为江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目和江苏响水近海风电场项目。

1）江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目

江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目位于响水县陈港镇沿海滩涂地区，共安装 5 台风电机组，总装机容量 12.5MW，离岸距离 0.5～3.5km，包括五台试

验风机：T1 上海电气 2MW 机组，T2 金风科技 2.5MW 机组，T3 上海电气 2MW 机组，T4 金风科技 3MW 机组，T5 东方汽轮机 3MW 机组，其中，T1 号风机位于响水县灌东盐场附近近海海域，离岸距离约 3.5km，T2～T5 号风机位于三圩盐城外侧潮间带区域。2011 年 1 月、2011 年 3 月、2012 年 6 月和 2013 年 12 月，5 台机组先后实现并网发电。该项目用海总面积为 16.9722 公顷，用海方式包括透水构筑物用海、电缆管道用海和填海造地用海。

2）江苏响水近海风电场项目

江苏响水近海风电场项目位于响水县灌东盐场、三圩盐场外侧海域，风电场离岸距离约 10km，沿海岸线方向长约 13.4km，场区水深 8～12m。风电场共安装 37 台单机容量为 4.0MW 的风电机组和 18 台单机容量为 3.0MW 的风电机组，总装机容量 202MW。工程配套建设一座 220kV 海上升压站、1 回 220kV 送出海缆和一座陆上集控中心。江苏响水近海风电场项目用海总面积为 235.6252 公顷，用海方式包括透水构筑物用海、非透水构筑物用海、电缆管道用海。工程已于 2016 年 12 月实现所有机组并网发电。

本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场送出海缆交越 1 处。

（2）渔业用海

根据现状调查和资料收集，响水海域为侵蚀性海域，近岸潮滩较窄，养殖用海较少。

项目评价范围内分布有 34 宗养殖用海，其中 31 宗开放式养殖用海和 3 宗围海养殖用海。

本项目 220kV 送出海缆穿越 2 宗开放式养殖用海。

（3）其他工业用海

江苏省海洋观测台站--灌河口海洋观测平台位于本项目 220kV 送出海缆西侧约 4.5km 处，用海面积 0.0784ha，用海方式为透水构筑物。响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程用海项目位于本项目 220kV 送出海缆西侧约 114m 处，用海面积 4.5181ha，用海方式为透水构筑物。

略

图 5-2 项目论证范围开发利用现状图

5.1.3 海域使用权属现状

5.1.3.1 项目周边海域使用权属情况

根据项目周边用海权属情况可知，申请用海范围周边海域共确权用海 13 其中，工业用海 3 宗、渔业用海 9、其它用海 1 宗，详见表 5-1、图 5-3 和图 5-4。

略

图 5-3 项目周边海域开发利用现状图（2）

略

图 5-4 项目周边海域开发利用现状图（2）

表 5-1 项目周边用海确权情况一览表

略

5.1.3.2 项目紧邻的已确权登记用海情况

本项目紧邻的已确权登记用海包括江苏响水近海风电场项目、响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目、响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目、李燕红开放式养殖项目等 4 宗用海。

（1）江苏响水近海风电场项目

本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆发生交越 1 处。江苏响水近海风电场项目，建设内容包括风机墩柱、海上升压站和海底电缆等工程，用海人响水长江风力发电有限公司，批准机关江苏省自然资源厅，用海类型为电力工业用海，用海方式为透水构筑物和海底电缆管道，用海面积 235.6252 公顷，用海期限 27 年。

（2）响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目

本项目 220kV 送出海缆穿越响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目。响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目，用海人响水县迎海水产养殖有限公司，批准机关响水县人民政府，用海类型为开放式养殖用海，用海方式为开放式养殖，用海面积 399.2332 公顷，用海期限 6 年。

（3）响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目

本项目 220kV 送出海缆穿越响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目。响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目，用海人响水县聚立水产养殖有限公司，批准机关响水县人民政府，用海类型为开放式养殖用海，用海方式为开放

式养殖，用海面积 398.4548 公顷，用海期限 6 年。

（4）李燕红开放式养殖项目

本项目 220kV 送出海缆紧邻李燕红开放式养殖项目，本项目拟申请用海与李燕红开放式养殖项目已确权用海最近距离约 5m。李燕红开放式养殖项目，用海人李燕红，批准机关响水县人民政府，用海类型为开放式养殖用海，用海方式为开放式养殖，用海面积 399.2490 公顷，用海期限 6.5 年。

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

5.2.1 项目用海与周边海洋开发活动的位置关系

本项目周边海域主要开发利用活动类型为：工业用海、渔业用海、交通运输用海、其他用海等。本项目风电场区距离较近的用海活动主要为其四周的公共航路（距离较近的为灌河口进入南方航路和连云港港至南方浅水航路，相距约 2589m 和 2760m）和四鳃鲈鱼种质资源保护区（最近距离约 688m）和渔业用海（最近距离 984m），与其他用海活动距离均在 7km 以上。本项目 220kV 送出海缆穿越 2 条公共航路、2 处养殖区和响水港区水域港界及其规划预留港口岸线，与江苏响水近海风电场 220kV 送出海缆交越 1 处，此外论证范围内还有四鳃鲈鱼种质资源保护区、开山岛、连云港海域农渔业区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、江苏响水中国三峡 15.5MW 试验风机项目和响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程等用海活动。本项目与周边主要用海开发活动位置关系详见表 5-2 和图 5-5。

表 5-2 本项目与周边主要用海开发活动位置关系

略

略

图 5-5 本项目与周边海洋开发活动位置关系图

略

图 5-6 本项目送出海缆登陆段和近岸段与周边用海活动位置关系图

5.2.2 项目用海对周边海洋开发活动的影响

依据项目所在海域开发利用现状和第四章的资源环境影响分析，分析本项目用海对所在海域开发活动的影响。

5.2.2.1 项目用海对交通运输用海的影响

（1）响水港区

响水港区位于本项目风电场区西南侧，其中水域港界与本项目风电场区最近距离超过 8km，陆域港界与本项目风电场区最近距离超过 39km，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对响水港区港池及进港航道产生影响。响水港区小蟒牛作业区、灌河口 5 万吨级航道、响水 1#锚地、响水 2#锚地均位于本项目 220kV 送出海缆东侧，最近距离为 4.55km，相距较远，海缆埋设于海床以下 3～4.5m，海缆布置及施工对响水港区港池、锚地及进港航道运营均没有影响。但本项目 220kV 送出海缆 KP0.0-KP9.6 段穿越了响水港区水域港界、KP1.0 处穿越预留港口岸线，对响水港区未来开发建设可能会产生一定影响，但海缆路由在响水港区东侧 10km 预留岸线的末端穿越，且与已建江苏响水近海风电场项目送出海缆共廊道平行布设、集中登陆，已尽可能节约利用海域和岸线资源，对响水港区未来发展影响较小。建设单位应与响水港区主管部门响水县交通运输局（响水县港口管理局）做好沟通协调工作，避免出现重大利益冲突

（2）公共航路

本项目风电场区周边主要分布有 3 条公共航路，风电场区（风机）距离其南侧灌河口进入南方航路（含深水航路）北侧边界 2.59km（1.4 海里），距离其北侧连云港港至南方浅水航路南侧边界 2.76km（1.5 海里）；距离其西侧灌河口进入北方航路东侧边界 7.63km（4.1 海里）。根据《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》，本项目风电场距周边航路之间安全距离应为 C=0.3 海里+6L+500 米=556+（5-6）×223+500=2171-2394 米（1.29 海里），本项目风电场区（风机）距离周边航路均超过了 1.3 海里，满足《海上风电场选址通航安全分析技术分析指南（试行）》（海通航函〔2021〕1608 号）中对“海上风电场与航路参考安全距离的估算”的要求。根据《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》中第 14 节“海上风电场与航路距离对应的风险指南”规定，本项目风电场区与灌河口进入南方航路和连云港港至南方浅水航路间距介于“≥参考安全距离且<2 海里”，属于“中等”风险，需采取保障措施。本项目场区的位置对周边公共航

路船舶通航存在一定的影响，工程周边存在渔船及小型船舶的活动，风机和升压站等水中构筑物对可能航经该水域的渔船及小型船舶存在一定的影响，需通过设置导助航标志、示位标等警示标志和主动防碰撞设施（电子围栏）等减小潜在的风险。从对通航环境影响考虑，在场区周边设立相应的警戒标志后，本项目对上述航路航行的船舶和海洋生态环境构成影响较小。

本项目 220kV 海缆路由在 KP19.7-KP23.4 段和 KP26.2-KP31.7 段分别穿越赣榆港-连云港港-灌河口-射阳港-大丰港区沿岸航路和灌河口进入南方航路两条公共航路。根据本项目 220kV 海缆路由附近冲淤分析，穿越沿海公共航路段冲刷幅度 0～2.0m，考虑灌河口 5 万吨级航道已正式开通使用，则选取 5 万吨级散货船作为代表船型，根据相似船舶选用锚型经验及相关资料，5 万吨级散货船锚贯入量最大为 2.37m，因此穿越沿海公共航路段的海缆拟加深埋深至 4.5m。电缆埋设深度考虑了公共航路自然冲刷及锚击深度富裕等，可以满足公共航路管控要求，对公共航路船舶通航影响较小。

施工期，考虑到在实际航行中，部分船舶并未按照习惯航路来航行，在周边水深条件满足的情况下，仍会有船舶驶入海缆铺设施工水域，与施工船舶产生相互影响。海缆铺设施工作业至沿海公共航路水域，考虑施工船舶涉及海缆铺设船、抛锚艇、交通船等，届时施工期间将占用沿海公共航路部分水域，与沿公共航路航行船舶存在较大影响，过往船舶误入施工区域，施工船舶瞭望不及时，避让不当等都将导致船舶碰撞事故。因此，项目在施工至沿海航路时需考虑与周围航行船舶的影响，避开航路交通流高峰期，并采取相应的安全保障措施：海缆铺设至沿海公共航路时，施工单位应提前将施工范围、施工内容、时间节点等报建设单位，申请海事部门发布航行（通）警告，提醒过往船舶注意，主动避让施工水域。在电缆铺设的过程中，由于电缆距离较长，应设置施工警戒区，警戒区范围建议为海底电缆管道两侧各 500m 以内水域，根据电缆铺设进度及时调整施工警戒区，防止周围船舶误闯施工区域。施工船必须正确显示号灯、号型，加强与周围船舶的联系与沟通，避免周围船舶靠近电缆铺设区域。

运营期，沿公共航路航行船舶航行至海缆位置随意抛锚或遇恶劣天气等突发状况等应急抛锚，有可能发生损坏海缆事故，本项目在公共航路段海缆埋深加深

至 4.5m，尽可能避免了船舶抛锚导致的海缆损坏事故。运营期间海底电缆路由需定期开展水下地形监测，工程船航行至沿海公共航路作业时，将占用部分航路水域，船舶瞭望不及时，避让不当等都将导致碰撞沿航路航行船舶事故，因此开展水下地形监测作业前，建设单位应将工程船舶、人员证书报海事部门，申请发布航行（通）警告，并提前制定航行线路及相应保障方案，作业期间尤其是航行至沿海公共航路段时，安排专人加强瞭望，加强与周围船舶的联系与沟通，主动避让。

5.2.2.2 项目用海对工业用海的影响

（1）江苏响水近海风电场项目

江苏响水近海风电场项目位于本项目风电场区西南侧 20km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化以及风机产生的尾流均不会对江苏响水近海风电场项目产生影响。

本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆存在一处交越，根据《海上风电场交流海底电缆选型铺设技术导则》（NBT31117）5.5.7 条款“海底电缆与已有管线的交越施工，宜采用上交越的施工工艺，交越范围为已有水下管线交越点两侧 50m～100m 的区域，在交越范围段应采取保护措施”，根据海缆铺设的精度及相关实际实施经验，本项目采用上交越方式，混凝土排保护长度范围为交越点侧各 50m 的区域，在正常铺设至被交越海缆前方 50m 处，缓慢提升埋设犁，待接近被交越海缆前方 40m 处，埋设深度由 4m 过渡至 0m，待过交越点 40m 之后，再由潜水员确认水下情况安全，之后重新投放埋设机进行后续的敷埋作业，确保现状海缆安全。本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆交越处，本项目不再申请用海，避免出现权属冲突。

本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆交越段以外区域海缆间距在 13～388m 之间，海缆间距设计满足《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T 51190-2016）和《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》（GB/T 51191-2016）的要求，不小于水深的 1.2 倍；但海缆铺设施工过程中，施工船舶及设施存在刮碰已建海缆的可能，铺设施工时需要特别关注。

（2）江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目

江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目位于本项目风电场区西南侧 34km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化以及风机产生的尾流均不会对江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目产生影响。本项目 220kV 送出海缆与三峡 12.5MW 试验风机项目风机和风机道路（海缆）最近距离分别为 150m 和 100m，该段送出海缆采用定向钻和两栖挖掘机施工，最大开挖断面为 4m，不会对风机及风机道路（海缆）结构安全产生影响。

5.2.2.3 项目用海对渔业用海的影响

本项目风电场区东北的响水县兴海新农农业发展有限公司开发式养殖项目、响水港兴产业投资有限公司开放式养殖项目、响水运诺能源发展有限公司开放式养殖项目、响水县振海港口投资发展有限公司开放式养殖项目和响水县振通建设有限公司开放式养殖项目等 5 宗养殖用海距离本项目风电场区较近，最近距离为 984m，风机桩基引起的水动力和地形冲淤变化主要位于桩基西北和东南方向，不会对该 5 宗养殖用海产生影响，但 66kV 场内集电线施期悬浮泥沙大于 10mg/L 浓度影响范围会侵入该 5 宗养殖用海范围，海缆施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质，建设单位应就项目施工期对上述养殖项目的影响做好沟通协调工作，避免出现重大利益冲突。其他海水养殖项目均位于本项目风电场区 10km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，66kV 场内集电线施期悬浮泥沙大于 10mg/L 浓度悬浮物影响最大距离为 8.31km，均不会对海水养殖项目产生影响。

本项目 220kV 送出海缆穿越响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目和响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目，本项目拟申请用海范围与上述 2 宗已确权养殖用海范围存在重叠，需进行立体确权；此外，本项目 220kV 送出海缆与李燕红开放式养殖项目和卢廷明开放式养殖项目距离较近，最近距离分别约为 16m 和 234m，根据施工悬浮泥沙数值模拟分析，海缆施工期悬浮泥沙会侵入上述 4 宗已确权养殖海域，海缆施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质，建设单位应就项目立体确权和施工期对上述养殖项目的影响做好沟通协调工作，避免出现重大利益冲突。本项目 220kV 送出海缆距离其他养殖项目均较

远，根据数模预测，海缆施工引起的悬浮泥沙扩散基本不会对其他海水养殖项目产生影响。

5.2.2.4 项目用海对其他用海的影响

（1）响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程用海项目

响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程用海项目位于本项目风电场区西南侧 35km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对亲海岸线产生影响。响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程用海项目位于本项目 220kV 送出海缆西侧，最近距离为 123m，且由江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目风机道路分隔，该段送出海缆采用定向钻和两栖挖掘机施工，最大开发断面为 4m，海缆施工不会影响亲海岸线结构安全，施工期悬浮泥沙因江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目风机道路分隔也不会扩散至亲海岸线海域。因此，本项目建设不会对响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程用海项目产生影响。

（2）海堤

根据《华润响水 H3-2#海上风电项目 220kV 海缆穿越海堤工程洪水影响评价报告》，华润响水 H3-2#海上风电项目 220kV 海缆穿越海堤工程洪水影响评价得出评价结论：

1）220kV 海缆登陆穿越响水县达标海堤及海堤河，定向钻出入土点位于海堤及海堤河管理范围线以外。经过计算及分析，不会对海堤的防渗及稳定产生影响，不会影响内侧河道的行洪。

2）本工程符合海堤现状条件下的行洪能力以及有关水利规划的总体要求，不影响相关规划的实施。

3）根据工程设计，本项目过堤线路的建设未降低堤防防洪能力，对防洪标准不造成影响，符合水利部门有关管理规定及相关规范要求。

4）本工程对海堤的行洪流场、流态不造成影响，不会影响区域的防洪工程安全。

5）本工程定向钻穿越施工具有不会阻碍交通，不会破坏绿地、植被，解决了传统开挖施工对地面的干扰，对交通、环境的破坏和不良影响。现代化的定向

钻设备的穿越精度高，易于调整敷设方向和埋深，管线弧形敷设距离长，完全可以满足设计要求埋深，并且可以使管线绕过地下的障碍物。采用水平定向钻机穿越施工时，不影响江河通航，不损坏江河两侧堤坝及河床结构，施工不受季节限制，具有施工周期短人员少、成功率高施工安全可靠等特点。海堤内侧河道无新建项目，对所在河道无影响。

6）本工程充分利用已有资源，对现有水工建筑的稳定性不造成不利影响。

7）本工程离周边水利设施距离均较远，不会对周边水利设施造成影响。

8）本工程对防汛道路不造成侵占破坏，故工程实施对防汛抢险无影响。

9）本项目对第三人合法水事权益基本没有影响。

（3）其他用海活动

本项目为海上风电场项目，施工期和营运期各类污废妥善处置，不排入海域，正常运营情况下，对周边其他用海活动影响较小。风机在风力带动下将风能转变为机械能，经齿轮箱和发电机将机械能转变为电能。生产过程无废气、废水和灰渣等污染源，对环境的影响主要有：①风机墩柱影响局部海底地形和潮流场；②底流在钢管桩周围产生涡流，扰动海底泥沙，影响工程区域冲淤情况；③风机运转可能与附近栖息、觅食及迁徙鸟类碰撞；④风电场建设使渔业生产海域减少，降低捕捞量，对渔民生活产生一定影响；⑤风机运行水下噪声影响海域哺乳动物和部分鱼类栖息、觅食；⑥风机周围海域通航环境可能受到影响；⑦风机及升压站运行噪声和电磁辐射影响周围声环境和电磁辐射环境。

5.2.2.5 项目用海对生态保护红线和生态空间管控区的影响

（1）四鳃鲈鱼种质资源保护区

四鳃鲈鱼种质资源保护区位于本项目风电场区西侧，与风机最近距离为688m，风机桩基仅引起保护区边缘区域的流速和地形冲淤环境轻微变化，保护区边缘流速变化最大幅度为-0.02m/s，保护区边缘年冲淤最大幅度为 0.01m/a，风电场建设引起的水动力和地形冲淤变化对保护区影响较小。

四鳃鲈鱼种质资源保护区位于本项目 220kV 送出海缆和 66kV 场内集电线西侧，最近距离分别为 100m 和 688m，在距离保护区较近的海缆段采用了降低施工速度的措施，极大地降低了悬浮泥沙的源强，根据数模预测，海缆铺设施工

导致的悬浮泥沙影高浓度区主要集中在电缆沟周边，低浓度区会扩散至海缆东南、西北方向。整个缆线铺设施工期产生悬浮泥沙浓度大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散包络范围为 3.33km^2、6.62km^2、16.36km^2、80.22km^2、172.02km^2，悬浮物影响最大距离约为 0.24km、0.40km、0.93km、3.99km、8.31km。其中，海缆铺设施工产生的悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 侵入四鳃鲈鱼种质资源保护区面积为 21.58km^2，大于 20mg/L 侵入四鳃鲈鱼种质资源保护区面积为 2.97km^2，大于 50mg/L 侵入四鳃鲈鱼种质资源保护区面积为 0.00km^2。因此，海缆施工产生的悬浮物扩散对四鳃鲈鱼种质资源保护区产生一定影响，但是悬浮物扩散是暂时的，随着工程竣工而结束，悬浮物浓度会在 1 小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减至背景浓度值，对四鳃鲈鱼种质资源保护区生态环境和渔业资源产生的影响较小。

风电场施工中的水下冲击式打桩将对周围海域的海洋渔业资源带来一定影响。打桩噪声将对保护区内的石首科类幼鱼产生伤害，需要采取一定的保护措施。施工期通过提前驱赶、打桩软启动、避开产卵盛期打桩施工等措施，可减缓不利影响。本项目其他施工过程产生的水上、水下噪声不会对区域声环境产生明显影响。营运期风机噪声引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近，噪声影响较小。

本项目运行期对四鳃鲈鱼种质资源保护区基本没有影响；施工期悬浮泥沙和打桩噪声对四鳃鲈鱼保护区产生一定影响，在采取施工期提前驱赶、打桩软启动、避开产卵盛期打桩等措施后，可减缓不利影响。

（2）开山岛

开山岛位于本项目风电场区西南侧 24km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对开山岛海域产生影响。开山岛位于本项目 220kV 送出海缆西侧，最近距离为 100m，开山岛主要保护对象为海岛自然地形、地貌，该段送出海缆铺设于海床 3m 以深区域，采用两栖挖掘机和铺缆船施工，最大开挖宽度为 4m，不会对开山岛海域海岛自然地形、地貌产生影响。

（3）连云港海域农渔业区

连云港海域农渔业区位于本项目风电场区西北侧 7km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对连云港海域农渔业区产生影响。连云港海域农渔业区位于本项目 220kV 送出海缆西北侧 8.9km 以外，根据数模预测，施工期悬浮泥沙不会扩散至连云港海域农渔业区，不会对连云港海域农渔业区产生影响。风电场打桩时，距离风电场最近的区域水下噪声值为 151.8dB，略高于海洋水下噪声环境背景值，但未超过鱼类保护阈值，且施工噪声是暂时性的，随着施工结束影响随之结束，对连云港海域农渔业区影响较小。

（4）盐城湿地珍禽国家级自然保护区

盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于本项目风电场区南侧 26km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对盐城湿地珍禽国家级自然保护区产生影响；风电场区打桩噪声影响范围局限在桩基周边 12.6km 范围内，不会对盐城湿地珍禽国家级自然保护区内的海洋生物和鸟类等产生影响。盐城湿地珍禽国家级自然保护区位于本项目 220kV 送出海缆的东侧，最近距离为 454m，施工期保护区内悬浮泥沙增量未超过 10mg/L，盐城湿地珍禽国家级自然保护区的生态保护目标为滩涂生态湿地系统和珍稀濒危鸟类资源，悬浮泥沙浓度增量最大值在 10mg/L 以内，不会影响滩涂生态湿地系统，也不会对保护区内的珍稀濒危鸟类资源产生不利影响。

略

图 5-7 施工悬浮物扩散对周边项目影响示意图

（4）运营期对周边用海的影响

本项目为海上风电场项目，营运期各类污废妥善处置，不排入海域，正常运营情况下，对周边其他用海活动影响较小。风机在风力带动下将风能转变为机械能，经齿轮箱和发电机将机械能转变为电能。生产过程无废气、废水和灰渣等污染源，对环境的影响主要有：①风机墩柱影响局部海底地形和潮流场；②底流在钢管桩周围产生涡流，扰动海底泥沙，影响工程区域冲淤情况；③风机运转可能与附近栖息、觅食及迁徙鸟类碰撞；④风电场建设使渔业生产海域减少，降低捕捞量，对渔民生活产生一定影响；⑤风机运行水下噪声影响海域哺乳动物和部分

鱼类栖息、觅食；⑥风机周围海域通航环境可能受到影响；⑦风机及升压站运行噪声和电磁辐射影响周围声环境和电磁辐射环境。

5.3 利益相关者界定

（1）利益相关者界定

按照《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023），根据项目用海对海域开发活动的影响分析结果和资源生态环境影响的最大范围，将项目用海占用和资源生态影响范围内有直接利益关系的单位和个人界定为利益相关者。

本项目周边海域的主要海洋开发活动包括工业用海、渔业用海、其他用海等。

根据项目用海与周边权属叠加分析，本项目 220kV 送出海缆穿越响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目和响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目，本项目拟申请用海范围与上述 2 宗已确权养殖用海范围存在重叠，需进行立体确权，同时本项目海缆施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质。因此，响水县迎海水产养殖有限公司和响水县聚立水产养殖有限公司是本项目的利益相关者。

根据项目用海与周边权属叠加分析，本项目 66kV 集电线与响水县兴海新农农业发展有限公司开发式养殖项目、响水港兴产业投资有限公司开放式养殖项目、响水运诺能源发展有限公司开放式养殖项目、响水县振海港口投资发展有限公司开放式养殖项目和响水县振通建设有限公司开放式养殖项目距离较近，最近距离为 984m，根据施工悬浮泥沙数值模拟分析，海缆施工期悬浮泥沙会侵入上述 5 宗已确权养殖海域，海缆施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质；本项目 220kV 送出海缆与李燕红开放式养殖项目和卢廷明开放式养殖项目距离较近，最近距离分别约为 16m 和 234m，根据施工悬浮泥沙数值模拟分析，海缆施工期悬浮泥沙会侵入上述 2 宗已确权养殖海域，海缆施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质。因此，响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、李燕红和卢廷明是本项目的利益相关者。

根据项目用海与周边权属叠加分析，本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆存在一处交越，交越部分本项目不再申请用海，

交越段外两个项目送出海缆距离也较近，海缆铺设施工过程中，施工船舶及设施存在刮碰已建海缆的可能，铺设施工时需要特别关注。因此，响水长江风力发电有限公司是本项目的利益相关者。

综上，本项目利益相关者包括：响水县迎海水产养殖有限公司、响水县聚立水产养殖有限公司、响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、李燕红、卢廷明和响水长江风力发电有限公司，项目用海利益相关者一览表见表 5-3，利益相关分布图见图 5-8。

表 5-3 项目用海利益相关者一览表

略

略

图 5-8 利益相关者分布图

（2）需协调部门界定

本项目 220kV 送出海缆在响水县灌河入海口东南侧约 8km 海堤登陆，220 海缆通过定向钻穿越海堤，穿堤施工可能会对海堤产生一定影响。因此，本项目将海堤管理部门（响水县水务局）界定为需协调部门。

本项目 220kV 送出海缆穿越灌河口进入南方航路和赣榆港-连云港-灌河口-射阳港-大丰港区沿岸航路，本项目海缆施工期间将占用沿海公共航路部分水域，与沿公共航路航行船舶存在较大影响，过往船舶误入施工区域，施工船舶瞭望不及时，避让不当等都将导致船舶碰撞事故；运营期间海底电缆路由需定期开展水下地形监测，工程船航行至沿海公共航路作业时，将占用部分航路水域，船舶瞭望不及时，避让不当等都将导致碰撞沿航路航行船舶事故。因此，本项目将海事主管部门（连云港海事局）界定为需协调部门。

本项目施工期悬浮泥沙和打桩噪声对四鳃鲈鱼保护区产生一定影响，在采取施工期提前驱赶、打桩软启动、避开产卵盛期打桩等措施后，可减缓不利影响。因此，本项目将四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门（盐城市农业农村局）界定为需协调部门。

本项目 220kV 送出海缆距离开山岛最近距离为 100m，施工悬浮泥沙影响范

围会侵入开山岛保护区范围，但开山岛主要保护对象为海岛自然地形、地貌，该段送出海缆铺设于海床 3m 以深区域，采用两栖挖掘机和铺缆船施工，最大开挖宽度为 4m，不会对开山岛海域海岛自然地形、地貌产生影响。开山岛位于本项目风电场区西南侧 24km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对开山岛海域产生影响。因此，开山岛主管部门不是本项目需协调部门。

连云港海域农渔业区位于本项目风电场区西北侧 7km 以外，风电场区桩基引起的水动力和地形冲淤变化范围局限在桩基周边 2.0km 和 1.5km 范围内，均不会对连云港海域农渔业区产生影响。连云港海域农渔业区位于本项目 220kV 送出海缆西北侧 8.9km 以外，根据数模预测，施工期悬浮泥沙不会扩散至连云港海域农渔业区，不会对连云港海域农渔业区产生影响。风电场打桩时，距离风电场最近的区域水下噪声值为 151.8dB，略高于海洋水下噪声环境背景值，但未超过鱼类保护阈值，且施工噪声是暂时性的，随着施工结束影响随之结束，对连云港海域农渔业区影响较小。因此，连云港海域农渔业区主管部门不是本项目需协调部门。

本项目 220kV 海缆与现状港区、航道和锚地距离均在 4.5km 以上，海缆布置及施工对响水港区港池、锚地及进港航道运营均没有影响，但 220kV 海缆在 KP0.0-KP9.6 段穿越了响水港区水域港界、KP1.0 处穿越预留港口岸线，对响水港区未来开发建设可能会产生一定影响。因此，本项目将响水港区主管部门（响水县交通运输局（响水县港口管理局））界定为需协调部门。

综上，本项目需协调部门包括海堤管理部门（响水县水务局）、海事部门（连云港海事局）、四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门（盐城市农业农村局）和响水港区主管部门（响水县交通运输局（响水县港口管理局）），项目用海需协调部门一览表见表 5-4。

表 5-4 项目用海需协调部门一览表

略

5.4 相关利益协调分析

（1）与响水县迎海水产养殖有限公司的协调分析

本项目 220kV 海缆穿越响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目，施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质，但随着施工结束，影响也随之消失。本项目 220kV 送出海缆拟申请用海与该养殖项目已确权用海范围存在重叠，本项目 220kV 送出海缆用海占用立体空间为底土，养殖用海占用立体空间为水体，通过立体确权可避免权属争议、方便行政管理。建设单位应将该段设计方案、施工方案、施工安排通报响水县迎海水产养殖有限公司，征得其同意，避免发生重大利益冲突。

本项目建设单位正在与响水县迎海水产养殖有限公司就立体确权和施工期悬浮泥沙对养殖活动的影响进行协商，确定赔偿方案，建议尽快达成一致意见并签订协议。由于悬浮物的影响范围是根据数值模拟计算分析的，因此建设单位在工程实施过程中应加强对悬浮物扩散影响范围的监测，根据实际影响的范围和程度，及时与响水县迎海水产养殖有限公司协调，并落实补偿方案。

（2）与响水县聚立水产养殖有限公司的协调分析

本项目 220kV 海缆穿越响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目，施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质，但随着施工结束，影响也随之消失。本项目 220kV 送出海缆拟申请用海与该养殖项目已确权用海范围存在重叠，本项目 220kV 送出海缆用海占用立体空间为底土，养殖用海占用立体空间为水体，通过立体确权可避免权属争议、方便行政管理。建设单位应将该段设计方案、施工方案、施工安排通报响水县聚立水产养殖有限公司，征得其同意，避免发生重大利益冲突。

本项目建设单位正在与响水县聚立水产养殖有限公司就立体确权和施工期悬浮泥沙对养殖活动的影响进行协商，确定赔偿方案，建议尽快达成一致意见并签订协议。由于悬浮物的影响范围是根据数值模拟计算分析的，因此建设单位在工程实施过程中应加强对悬浮物扩散影响范围的监测，根据实际影响的范围和程度，及时与响水县聚立水产养殖有限公司协调，并落实补偿方案。

（3）与响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、李燕红、卢廷明等养殖户的协调分析

本项目 66kV 集电线与响水县兴海新农农业发展有限公司开发式养殖项目、响水港兴产业投资有限公司开放式养殖项目、响水运诺能源发展有限公司开放式养殖项目、响水县振海港口投资发展有限公司开放式养殖项目和响水县振通建设有限公司开放式养殖项目距离较近，最近距离为 984m，根据施工悬浮泥沙数值模拟分析，海缆施工期悬浮泥沙会侵入上述 5 宗已确权养殖海域，海缆施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质，但随着施工结束，影响也随之消失。本项目 220kV 送出海缆与李燕红开放式养殖项目和卢廷明开放式养殖项目距离较近，最近距离分别约为 16m 和 234m，根据施工悬浮泥沙数值模拟分析，海缆施工期悬浮泥沙会侵入上述 2 宗已确权养殖海域，海缆施工悬浮泥沙可能会影响养殖水产品的产量和品质，但随着施工结束，影响也随之消失。建设单位应将该段设计方案、施工方案、施工安排通报响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、燕红、卢廷明等养殖户，征得其同意，避免发生重大利益冲突。

本项目建设单位正在与响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、李燕红、卢廷明等养殖户就施工期悬浮泥沙对养殖活动的影响进行协商，确定赔偿方案，建议尽快达成一致意见并签订协议。由于悬浮物的影响范围是根据数值模拟计算分析的，因此建设单位在工程实施过程中应加强对悬浮物扩散影响范围的监测，根据实际影响的范围和程度，及时与响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、李燕红、卢廷明等养殖户协调，并落实补偿方案。

（4）与响水长江风力发电有限公司的协调分析

本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆存在一处交越，交越部分本项目不再申请用海，交越段外两个项目送出海缆距离也较近，海缆铺设施工过程中，施工船舶及设施存在刮碰已建海缆的可能，铺设施工时需要特别关注。建议建设单位根据已建设施的情况科学、合理制定布置和施工方案，

避免对已建设施造成损坏和影响现有风电场正常营运。建设单位应将该段设计方案、施工方案、施工安排通报响水长江风力发电有限公司，征得其同意，避免发生重大利益冲突。

本项目建设单位正在与响水长江风力发电有限公司就施工期海缆交越段和临近段对已建设施的影响进行协商，建议尽快达成一致意见并签订协议。

（5）与海堤管理部门（响水县水务局）的协调分析

本项目 220kV 海缆登陆点在响水县灌河入海口东南侧约 8km 处的海堤，220kV 海缆通过定向钻方式穿越海堤，可能会对海堤产生一定影响。建设单位应将该段设计方案、施工方案、施工安排上报海堤管理部门，在征得同意意见后方可进行施工。

本项目建设单位正在与海堤管理部门响水县水务局就本项目海缆穿越海堤方案进行协商，本项目海缆登陆段海堤已布置有江苏响水近海风电场项目和江苏响水中国三峡 12.5MW 试验风机项目送出海缆，本项目海缆通过定向钻方式过堤，不会造成围堤损坏。建设单位应尽快取得响水县水务局同意海缆过堤方案的书面意见。

（6）与海事主管部门（连云港海事局）的协调分析

本项目 220kV 海缆穿越灌河口进入南方航路和赣榆港-连云港-灌河口-射阳港-大丰港区沿岸航路，本项目海缆施工期间将占用沿海公共航路部分水域，与沿公共航路航行船舶存在较大影响，过往船舶误入施工区域，施工船舶瞭望不及时，避让不当等都将导致船舶碰撞事故；运营期间海底电缆路由需定期开展水下地形监测，工程船航行至沿海公共航路作业时，将占用部分航路水域，船舶瞭望不及时，避让不当等都将导致碰撞沿航路航行船舶事故。建设单位应与海事主管部门积极沟通，根据航路要求设计穿越段海缆最小埋深，确保满足航路通航要求，并在电缆铺设的过程中，应设置施工警戒区。本项目已编制了通航安全影响论证专题报告，建议尽快按程序报送海事主管部门审查。

同时，根据《中华人民共和国水上水下施工作业通航安全管理规定》，本项目施工属于影响通航水域交通安全或对通航环境产生影响的水上水下施工，必须报经海事主管机关审核同意，由海事机关发布航行警告、航行通告。施工开始前

必须由海事主管机关核准并发布航行通告。因此，本项目建设期间，建设、施工单位应向海事管理机构申请划定施工安全作业区，设置相应的标志，以提醒过往船舶注意。施工单位应向海事管理机构申请发布航行通告，无关船舶禁止进入安全作业区内，不得在施工及运输船舶航行路线上设置渔网、渔具和进行养殖。施工船舶应关注渔船动态，施工及运输船舶航行时加强瞭望，避开渔网和养殖区，以防发生事故。加强工程配套应急救助力量建设，保障施工作业人员的安全。

（7）与四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门（盐城市农业农村局）的协调分析

本项目海缆与四鳃鲈鱼种质资源保护区最近距离仅为 100m，施工期悬浮泥沙会侵入四鳃鲈鱼种质资源保护区，悬浮泥沙可能对四鳃鲈鱼等保护对象产生一定影响，同时风电场施工中的水下冲击式打桩将对周围海域的海洋渔业资源带来一定影响。建设单位应将项目设计方案、施工方案、施工安排上报四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门，征得其同意，避免对种质资源保护产生重大影响。

本项目建设单位正在与四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门（盐城市农业农村局）就本项目建设对种质资源保护区的影响进行协商，已编制完成水产种质资源保护区影响专题报告并取得专家评审意见，建议尽快报送四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门，取得四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门同意项目建设的书面意见。

（8）与响水港区主管部门（响水县交通运输局（响水县港口管理局））的协调分析

本项目 220kV 海缆与现状港区、航道和锚地距离均在 4.5km 以上，海缆布置及施工对响水港区港池、锚地及进港航道运营均没有影响，但 220kV 海缆在 KP0.0-KP9.6 段穿越了响水港区水域港界、KP1.0 处穿越预留港口岸线，对响水港区未来开发建设可能会产生一定影响，但海缆路由在响水港区东侧 10km 预留岸线的末端穿越，且与已建江苏响水近海风电场项目送出海缆共廊道平行布设、集中登陆，已尽可能节约利用海域和岸线资源，对响水港区未来发展影响较小。建设单位应将该段设计方案、施工方案、施工安排上报响水港区主管部门，在征得同意意见后方可进行施工。

本项目建设单位正在与响水港区主管部门（响水县交通运输局（响水县港口

管理局））就本项目建设对响水港区的影响进行协商，已编制完成通航安全影响论证专题报告，建议尽快报送响水港区主管部门，取得响水港区主管部门同意项目建设的书面意见。

表 5-5 项目用海的利益协调情况一览表

略

5.5 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

5.5.1 对国防安全和军事活动的影响分析

项目拟用海域及附近海域无国防设施，其建设、生产经营不会对国防产生不利影响。但沿海是我国的国防前哨，工程建设单位应充分考虑到任何可能发生的突发事件，必要时需积极配合军事部门，使对国防安全的影响降低到最小程度。

5.5.2 对国家海洋权益的影响分析

本项目风电场区位于我国领海外缘线向陆侧，为我国领海，风电场区距离最近的领海基点为达山岛，相距 44.41km。项目用海不涉及领海基点，不涉及国家机密，不影响国家海洋权益的维护。

本报告应按照《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1 号）要求进行公示。

略

图 5-9 项目用海与领海基点、领海基线、领海外缘线位置关系

6 国土空间规划符合性分析

6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

6.1.1 《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》分区基本情况

2023 年 7 月 25 日，《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》获国务院批复（国函〔2023〕69 号）。根据《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》，在“两心三圈四带”的国土空间总体格局下，强化陆海空间统筹，提升海洋空间综合功能。以资源综合保护利用为导向，结合新时期海洋空间管控要求以及产业用海需求，从保护和利用两类目标出发划定海洋保护空间和海洋发展空间。海洋保护空间以生态保护为重点，原则上不得开展有损主导生态功能的开发利用活动，确保区域内重要生态功能、重要生态系统得到有效保护。海洋发展区划分为渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区、海洋预留区六类功能区，可合理有序布局海洋开发利用活动。

本项目用海范围位于《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》划定的海洋发展空间，不占用海洋生态保护红线，距离项目用海最近的海洋生态保护红线为位于项目 220kV 送出海缆西侧的开山岛（最近距离约 0.10km）和四鳃鲈鱼种质资源保护区（最近距离约 0.10km）。

略

图 6-1《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》海洋空间功能布局图

6.1.2 《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》分区基本情况

2023 年 8 月 25 日，《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》获江苏省人民政府批复（苏政复〔2023〕23 号）。《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》坚持产业为要，积极推进“长三角一体化产业发展基地”和“黄海新区”建设，深入实施“1+3”重点功能区战略，在落实省域国土空间规划主体功能定位的基础上，构建“一核、一极、三带”的国土空间格局，依据陆海生态系统整体性和开发利用关联性识别陆海统筹保护和利用空间，遵循海洋生态区域应保尽保，海洋发展空间提高空间利用效率的原则，将海洋保护空间划分为海洋生态保护红线区、海洋生态控制区两类进行重点生态保护；将海洋发展区划分为渔业用

海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区、海洋预留区等六个分区进行分类管控，合理开发利用。本项目风电场区位于工矿通信用海区，220kV 送出海缆穿越渔业用海区、工矿通信用海区和游憩用海区，均不占用生态保护红线区和生态控制区，距离项目用海最近的海洋生态保护红线为位于项目 220kV 送出海缆西侧的开山岛（最近距离约 0.1km）和四鳃鲈鱼种质资源保护区（最近距离约 0.1km）。

根据《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，工矿通信用海区要求控制用海规模，优先支持重大项目建设，提升资源利用效率和效益。遵循深水远岸原则规划布局海上风电，支持海上浮式风电布局和风电运维母港建设，合理设置海上光伏项目的离岸距离与密度，鼓励“风光渔”等立体化利用模式。科学布设海底通信、电力、输油输气等专用管廊划定专用管廊保护区，保护区内禁锚、禁渔、禁止水下作业、禁止倾倒垃圾废料。经科学论证，可安排临港企业达标尾水、温（冷）排水等排放区域。

根据《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，渔业用海区提倡集约化增养殖和海洋牧场发展，科学确定海水养殖总体规模，优化近海增养殖布局，开辟深远海养殖空间，推进开放式海域立体化增养殖。严格落实海洋休渔政策，实施捕捞限额制度，控制近海捕捞强度。优化渔港经济区等渔业发展空间布局，保障重要渔业基础设施建设。鼓励渔业用海与其他用海融合发展、立体利用，推进海域立体分层设权。鼓励海上风电、滩涂光伏等立体用海方式经科学论证，允许符合规定的航道锚地优化调整。

根据《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，游憩用海区要求有序利用海岸线、滩涂、湿地等重要旅游资源，规划发展集观光、度假、休闲、娱乐、运动、康养为一体的旅游集聚区。严格落实生态环境保护措施，减少旅游活动对海洋生态环境的影响。开展海岸带整治修复，保护公众亲海需求。

略

图 6-2《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》市域海洋功能分区图

6.1.3 《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》分区基本情况

2023 年 11 月 1 日，《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》获江苏省人民政府批复（苏政复〔2023〕40 号）。《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》落实国家、江苏省、盐城市主体功能区战略要求，立足响水县国土资源禀赋和经济社会发展实际，科学规划生态空间、农业空间和城乡空间的总体格局。统筹陆海空间格局，在保护海洋生态环境的基础上，充分利用丰富的海洋资源，发展海洋经济，同时结合资源利用和自然属性，合理划定海洋空间分区。将海洋空间划分为海洋生态保护区、渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区等六个功能分区。本项目风电场区位于工矿通信用海区，220kV 送出海缆穿越渔业用海区、工矿通信用海区、游憩用海区，均不占用生态保护红线区，距离项目用海最近的生态保护红线为位于项目 220kV 送出海缆西侧的开山岛（最近距离约 0.1km）和四鳃鲈鱼种质资源保护区（最近距离约 0.1km）。

根据《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，工矿通信用海区用于开发利用海上资源及能源，用于可再生能源用海。突出节约集约用海原则，合理控制规模，优化空间布局，提高海域空间资源的整体使用效能。支持海洋可再生能源开发利用。风能发展遵循深水远岸布局原则，科学论证与规划海上风电，鼓励海上风电与其他产业兼容用海，促进协调发展。

根据《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，渔业用海区主要用于渔业基础设施建设、养殖增殖、捕捞和水产种质资源保护，是响水县渔业资源、海洋水产品供给的保障区。坚持集约化海水养殖，缩减围海养殖，鼓励拓展远海深水养殖，保持养殖用海面积稳定，发展集约化海水养殖和现代化海洋牧场。保护海洋水产种质资源，严格控制重要水产种质资源产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道内各类用海活动。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。开展增殖放流活动，保护和恢复水产资源。

根据《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，游憩用海区鼓励旅游与保护地、海洋牧场、海上风电等融合发展，形成新的休闲娱乐区，保障公众亲海需求。禁止非公益性设施占用公共旅游资源，限制低水平重复建设旅游项目，减

少旅游活动对海洋生态环境的影响。

略

图 6-3《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》国土空间规划分区图

6.1.4 《江苏省国土空间生态保护和修复规划（2021-2035 年）》

2023 年 12 月 1 日，省人民政府批复了《江苏省国土空间生态保护和修复规划（2021-2035 年）》（苏政办发〔2023〕48 号），《江苏省国土空间生态保护和修复规划（2021-2035 年）》以生态本底、资源状况和“两心三圈四带”国土空间开发保护总体格局为基础，加强陆海空间协同，构建了“五区三带”的国土空间生态保护和修复总体格局，划定了“一江一河一海两湖两山”7 个重点区域，部署 20 个重点生态修复工程。

本项目用海位于“五区三带”中的海洋综合保护修复区，海洋综合保护修复区主要涉及江苏省海岸带及海岸线向海至领海外部界线的区域，包括所辖全部管理海域及 26 个海岛。

6.1.5 《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》分区基本情况

2025 年 2 月 15 日，《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》获江苏省人民政府办公厅批复（苏政办发〔2025〕9 号）。依据陆海统筹、生态优先的原则，从保护和利用两类目标出发，《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》将海洋功能区划分为生态保护区、生态控制区和海洋发展区 3 类一级区。根据海域区位、资源和生态环境，结合新时期海洋空间管控要求和产业发展用海需求，海洋发展区细分为渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区和海洋预留区 6 类二级区。本项目风电场区位于响水工矿通信用海区（3）（代码 630-013），220kV 送出海缆依次穿越响水工矿通信用海区（3）（代码 630-013）、盐城北部海域渔业用海区（代码 610-010）、响水工矿通信用海区（2）（代码 630-012）、响水游憩用海区（代码 640-011），均不占用生态保护红线区和生态控制区，距离项目用海最近的海洋生态保护红线为位于项目 220kV 送出海缆西侧的开山岛（最近距离约 0.1km）和四鳃鲈鱼种质资源保护区（最近距离约 0.1km）。

根据《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》，工矿通信用海区以临海工

业利用、矿产能源开发和海洋工程、海岸工程建设为主导功能。坚持节约集约利用，控制用海规模，优先支持重大项目建设，严格控制布局高耗能、高污染和资源消耗型工业项目。遵循深水远岸原则布局海上风电，支持海上风电运维母港建设，合理布局新增风电路由和登陆点。合理设置海上光伏项目离岸距离与密度，鼓励“风光渔”等立体化利用模式。严格论证用海方式合理性，减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌的影响。严格控制海砂开采。科学布设海底通信、电力、输油输气等专用管廊，划定专用管廊保护区，保护区内禁锚、禁渔、禁止水下作业、禁止倾倒废弃物。

根据《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》，渔业用海区以渔业基础设施建设、渔业养殖和捕捞等渔业开发利用为主导功能，入海河道河口区域根据防灾减灾需要经科学论证可以建设防洪防潮等水利设施。严格落实渔船双控和海洋伏季休渔政策，实施捕捞限额制度和禁用渔具、渔法制度，控制近海捕捞强度。渔业基础设施建设应当符合海域使用管理法律法规规定，涉及入海河道河口区域的，还应当符合入海河口治导线和河道管理有关规定。可与海底电缆管道、透水构筑物形式路桥管廊桥、海洋可再生能源等立体分层设权，允许不改变海域自然属性的亲海旅游和科研活动。加强渔业资源养护，科学开展渔业增殖放流，防范外来物种侵害。禁止破坏鱼类产卵场、索饵场、越冬场和阻断鱼类洄游通道的建设活动，建立和完善水下爆破、勘探、施工等涉海活动对渔业资源损害补偿机制。防治海水养殖污染，严格执行相关水质标准。

根据《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》，游憩用海区以旅游资源、公众亲海空间开发利用为主导功能。有序利用海岸线、海岛、湿地等重要旅游资源，规划发展集观光旅游、运动康养、休闲度假为一体的旅游集聚区，合理控制滨海和海上旅游资源开发利用规模。鼓励旅游与保护地、海洋牧场、海上风电等融合发展。严格落实生态环境保护措施，严禁破坏性开发，禁止非公益性设施占用公共旅游资源，限制低水平重复建设旅游项目，减少旅游活动对海洋生态环境的影响。开展海岸带整治修复，形成新的休闲娱乐区，保障公众亲海需求。

略

图 6-4 本项目与江苏省海洋功能分区规划的相对位置关系图

6.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析

6.2.1 项目用海对所在国土空间规划分区的影响分析

根据《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目风电场区位于工矿通信用海区，220kV 送出海缆穿越工矿通信用海区、渔业用海区和游憩用海区。

工矿通信用海区：本项目风电场区和部分 220kV 送出海缆位于工矿通信用海区，本项目风机和海上升压站基础尺寸较小，工程建设后对海域的潮流影响主要集中在场区的西北-东南向 2km 范围内，流速影响以减小为趋势，大部分水域流速减小幅度在 0.02～0.08m/s 之间；对项目周边海洋潮流影响较小，基本不会改变该海域的水文动力条件。本项目桩基对海域海床冲淤的影响主要集中在工程附近 1500m 左右的范围内，不会改变区域大范围的地形地貌和冲淤环境。海缆铺设于海床以下 3m，不会对该海域水文动力条件以及地形地貌和冲淤环境产生影响。

渔业用海区：本项目桩基和海缆施工造成的悬浮泥沙扩散会对渔业用海区产生一定影响。根据数模预测，施工期产生悬浮泥沙浓度增量大于 150mg/L、100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散最大可能影响的范围分别为 3.33km^2、6.62km^2、16.36km^2、80.22km^2、172.02km^2。项目对银鲳、小黄鱼、大黄鱼等产卵场影响主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙及打桩形成的噪声。项目施工造成的悬浮物增加对浮游植物、浮游动物影响轻微，同时以浮游植物、浮游动物为食的小型鱼类影响较小，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后数小时内（与源强、施工结束的时刻有关），人为增加的悬浮物浓度迅速衰减至 10mg/L 以下，因此对银鲳、小黄鱼、大黄鱼等的食物来源影响不大。本项目桩基打桩作业采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。为尽可能减轻对渔业资源的影响，建议本项目施工单位在制定施工计划、安排进度时，尽量避开春末秋初渔业资源集中繁殖的产卵、索饵期。在采取相关措施的情况下，项目建设对银鲳、小黄鱼、大黄鱼等主要经济鱼类产卵场的影响较小。本项目后续将通过实施增殖放流等措

施补偿造成的渔业资源损失。

游憩用海区：本项目 220k 海缆穿越游憩用海区，因海缆铺设于海床 3m 以下，对其主导功能影响较小，施工期海缆铺设作业海域短时间内会受施工悬浮泥沙影响，在海缆铺设施工结束后影响也随之消失，对游憩用海区的影响较小。

6.2.2 项目用海对周边国土空间规划分区的影响分析

根据《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目周边海洋规划分区主要为生态保护红线区。

本项目风电场区距离生态保护红线区（四鳃鲈鱼种质资源保护区）最近距离为 0.69km，220kV 送出海缆距离生态红线保护区（开山岛和四鳃鲈鱼种质资源保护区）最近距离为 0.1km。项目桩基和海缆施工造成的悬浮泥沙扩散会对生态保护红线区产生一定的影响，根据数模预测，施工期产生悬浮泥沙浓度增量在四鳃鲈鱼种质资源保护区大于 20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散范围分别为 $2.97km^2$、$21.58km^2$，施工期悬浮泥沙会对保护区种质资源产生一定影响，但施工产生的悬浮物增量影响是暂时的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会迅速衰减至背景浓度值，因此，对保护区的影响是暂时的、可逆的；施工期产生悬浮泥沙浓度增量在开山岛大于 100mg/L、50mg/L、20mg/L、10mg/L 浓度悬浮物扩散范围分别为 $0.01km^2$、$0.35km^2$、$1.20km^2$、$2.95km^2$，开山岛生态保护目标为海岛自然地形、地貌，施工期悬浮泥沙影响是暂时的，随着施工结束而结束，基本不会对海岛自然地形、地貌产生影响。

6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

6.3.1 与《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》符合性分析

《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》提出了加快陆海统筹联动，促进形成主体功能明显、优势互补、高质量发展的国土空间开发保护新格局。规划将“海洋强省建设”作为重要方向，明确提出“构建清洁低碳安全高效的能源体系，加快发展非化石能源，推进海上风电、光伏发电等可再生能源”“推动沿海地区建设世界级海洋产业走廊，培育壮大新能源、高端装备等战略新兴产业”等发展方向，这表明将海上风电项目纳入能源结构调整的重点领域。本项目属于海上风电

场项目，该类型项目作为新能源产业的典型代表，与江苏省打造“海洋经济创新示范区”的目标高度契合。

规划要求优化海上风电开发布局，新建海上风电应遵循深水远岸布局、符合军事要求，探索深远海风电技术应用，进一步明确了海上风电项目的空间布局方向；同时，生态保护红线内严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，在适宜的海域合理布局海上风电项目，优先利用已规划的风电场址，促进海域资源节约集约利用。本项目选址位于《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》中的盐城响水 H3-2#风电场场址，场址离岸距离为 31km，送出海缆避让了生态保护红线，从空间布局上符合规划要求。

综上所述，本项目与《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》相符。

6.3.2 与《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出响应“碳达峰、碳中和”目标要求，充分利用盐城市新能源资源优势，建设以风力发电、太阳能发电为主的新能源基地，同时加快发展生物质能，探索发展海洋能、地热能和氢能，减少对化石能源的依赖；加强电力、天然气等能源利用，提高能源利用效率，加快构建清洁、低碳、安全、高效的现代能源体系。本项目属于海上风电项目，项目的实施可以推动能源结构优化，助力“双碳”目标的实现。

本项目的选址合理避让了海洋生态保护红线，位于划定的海洋发展区。本项目风电场区位于工矿通信用海区，220kV 送出海缆穿越工矿通信用海区、渔业用海区和游憩用海区。根据《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，工矿通信用海区遵循“深水远岸”原则规划布局海上风电，支持海上浮式风电布局和风电运维母港建设，合理设置海上光伏项目的离岸距离与密度，鼓励“风光渔”等立体化利用模式；渔业用海区鼓励与其他用海活动融合发展、立体利用，推进海域立体分层设权，鼓励海上风电、滩涂光伏等立体用海方式经科学论证，允许符合规定的航道锚地优化调整；游憩用海区严格落实生态环境保护措施，减少旅游活动对海洋生态环境的影响，开展海岸带整治修复，保障公众亲海需求。本项目为海上风电场工程，场址选择满足工矿通信用海区管控要求，送出海缆铺设在海床 3m 以下，能够与海床以上渔用利用空间在功能上兼容，属于渔业用海区鼓励的立体用海方式，也不会破坏游憩用海区生态环境、不妨碍公众亲海需求。因此，

项目符合工矿通信用海区、渔业用海区、游憩用海区的管控要求。同时，本项目被列入《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》重点建设项目安排表中，属于本轮规划近期重点能源项目。

综上所述，本项目与《盐城市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符。

6.3.1 与《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出打造江苏沿海绿色转型发展示范区、盐城北部宜居宜业美丽城市。本项目是海上风电项目，海上风电作为清洁能源，其发展有助于响水县减少对传统化石能源的依赖，降低碳排放，有助于响水打造江苏沿海绿色转型发展示范区目标的实现；根据规划，响水县意在发展海洋经济，海上风电项目的建设能够带动相关产业发展，为海洋经济注入新动力，与规划中发展海洋产业、提升海洋经济发展质量的方向相符。

项目位于已明确规划的海上风电场，送出海缆的布设避让了生态保护红线，符合规划确定的约束性条件。在海域空间分布上，项目位于规划的海洋发展区，项目风电场区位于海洋发展区中的工矿通信用海区，送出海缆涉及渔业用海区、工矿通信用海区和游憩用海区。风电场区离岸距离约 31km，符合工矿通信用海区应遵循深水远岸原则规划布局海上风电的要求。本项目 220kV 送出海缆铺设在泥面 3.0m 以下，能够与海床以上渔用利用空间在功能上兼容，属于渔业用海区鼓励的立体用海方式；不妨碍游憩用海区公众亲海需求，也与游憩用海区鼓励旅游与保护地、海洋牧场、海上风电等融合发展的要求相符。因此，项目符合工矿通信用海区、渔业用海区、游憩用海区的管控要求。

综上分析，本项目与《响水县国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符。

6.3.2 与《江苏省国土空间生态保护和修复规划（2021-2035 年）》符合性分析

本项目用海位于“五区三带”中的海洋综合保护修复区，海洋综合保护修复区主要涉及江苏省海岸带及海岸线向海至领海外部界限的区域，包括所辖全部管理海域及 26 个海岛。海洋综合保护修复区实施重要滨海湿地等典型生态系统的保护修复，结合碱蓬、芦苇等植被修复和重建、人工鱼礁投放、海洋鱼贝类增殖放流等，改善滨海生态环境，保护和修复沿海典型自然滩涂湿地，维护丹顶鹤、

勺嘴鹬、麋鹿等濒危物种生存繁衍栖息地，提升海洋生物多样性。加强近海渔业资源利用和管理划定渔业资源“三场一通道”恢复的关键区域，推进海洋牧场建设，促进渔业资源恢复与提升。开展生态灾害防治和海洋保护地建设，改善近岸海域生态质量，恢复退化的典型生境。提高抵御海洋灾害能力。完善突发性海洋环境事件应急机制，提高生态环境应急处置能力。推进海岛生态保护修复，对海岛实施自然生态系统保育保全，珍稀濒危物种保育保护，全域岛礁保护，提升海岛生态系统功能。

本项目用海方式为透水构筑物和海底电缆管道，送出海缆登陆点位于优化利用岸线，占用岸线为大陆人工岸线，项目不占用海涂、海湾、岛礁等海洋空间资源，不占用典型生态系统，不会对海洋空间资源以及典型海洋生态系统造成直接影响。项目建设也基本不改变海域自然属性，施工期产生小范围的悬浮泥沙扩散影响是暂时的，随着工程的竣工而结束。施工期和营运期产生的污废水、固体废物运至岸上处置，不排海。

综上所述，本项目与《江苏省国土空间生态保护和修复规划（2021-2035 年）》相符。

6.3.3 与江苏省“三区三线”划定成果符合性分析

2022 年 10 月 14 日，自然资源部办公厅发文同意江苏省正式启用“三区三线”划定成果（自然资办函〔2022〕2207 号），作为建设项目用地用海组卷报批的依据。“三区三线”中的“三区”是指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间；“三线”是指对应“三区”划定的耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。对照江苏省“三区三线”划定情况，本项目不占用“三区三线”的永久基本农田，不在“三区三线”的生态保护红线范围内。

本项目不占用生态保护红线，距离最近的生态保护红线为位于 220kV 送出海缆西侧的开山岛（最近距离约 0.1km）和四鳃鲈鱼种质资源保护区（最近距离约 0.1km）。本项风机和海上升压站桩基用海规模较小，且用海方式为透水构筑物，海缆铺设于海床以下，不改变海域自然属性，仅在施工过程中搅动海底小范围悬浮泥沙，施工结束影响即消失，施工期和运营期各项污染物均可以得到妥善处置，不直排入海，对周边的生态保护红线和生态控制区影响较小。

综上，本项目符合江苏省“三区三线”划定成果相关要求。

略

图 6-5 本项目与《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》耕地和永久基本农田位置关系图

略

图 6-6 本项目与《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》生态保护红线位置关系图

略

图 6-7 本项目与《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》城镇开发边界位置关系图

6.3.4 与《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》相符性分析

本项目风电场区位于响水工矿通信用海区（3）（代码 630-013），220kV 送出海缆依次穿越响水工矿通信用海区（3）（代码 630-013）、盐城北部海域渔业用海区（代码 610-010）、响水工矿通信用海区（2）（代码 630-012）、响水游憩用海区（代码 640-011）（见图 6-8）。

与响水工矿通信用海区（3）（代码 630-013）和响水工矿通信用海区（2）（代码 630-012）管控要求相符性分析：本项目风电场区和部分 220kV 送出海缆位于响水工矿通信用海区（3），部分 220kV 送出海缆穿越响水工矿通信用海区（2），本项目风电场选址位于《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》中响水 H3-2#风电场场址，海缆布置已通过科学比选，对周边其他开发活动影响较小，符合响水工矿通信用海区（3）“根据海洋可再生能源相关规划科学合理布置相应设施。科学布设海底电缆管道，划定管廊保护区；鼓励风光渔游融合发展。”和响水工矿通信用海区（2）“保障可再生能源开发；科学布设海底电缆管道，划定管廊保护区；鼓励风光渔游融合发展。”的空间准入要求。本项目风机、升压站的桩基尺寸较小，对海域自然属性的改变较小；海缆铺设于海床 3m 以下，基本不改变海域自然属性，符合上述用海区“允许适度改变海域自然属性。”的利用方式管控要求。本项目为海上风电项目，不涉及高耗能、高污染和资源消耗性工业，不涉及采砂；本项目正在开展环境影响评价工作，并根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号）附件 2《项目用海生态保护修复实施方案编制指南》中“生态跟踪监测措施”要求定期开展环境监测工作；施工期和运营期各类污废均妥善处置，不排海，对海洋生态环境影响较小；符合上述用海区“严格控制布局高耗能、高污染和资源消耗性工业项目，严格控制海砂开采。严格实行环境影响评价，加强定期环境监测。施工和运营期

间必须加强污染防治工作，采取有效措施保护海洋生态环境。”的保护要求。

与盐城北部海域渔业用海区（代码 610-010）管控要求相符性分析：本项目 220kV 送出海缆穿越该用海区，海缆布置已通过科学比选，且铺设于海床以下，220kV 海缆进行立体确权，用海空间层为底土，用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-21.45～-1.75m 至电缆管道设计上缘高程-21.20～-1.50m，对渔业资源及其开发活动影响较小，符合该区“可与海底电缆管道、透水构筑物形式路桥管廊桥、海洋可再生能源等立体分层设权”的空间准入要求。本项目 220kV 送出海缆铺设于海床 3m 以下，基本不改变海域自然属性，符合该用海区“海底电缆管道、透水构筑物形式路桥管廊桥建设，严格限制改变海域自然属性。”的利用方式管控要求。本项目正在开展环境影响评价工作，并根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号）附件 2《项目用海生态保护修复实施方案编制指南》中“生态跟踪监测措施”要求定期开展环境监测工作；海缆铺设于海床 3m 以下，基本不会对潮间带自然地形地貌造成破坏；施工期和运营期各类污废均妥善处置，不排海，靠近生态保护区段海缆铺设通过降低铺设速度，有效降低悬浮泥沙扩散，对海洋生态环境影响较小；符合该用海区“严格实行环境影响评价，加强定期环境监测。减少对潮间带自然地形地貌的破坏。紧邻生态保护区的海域使用应减少对生态环境的影响。”的保护要求。

与响水游憩用海区（代码 640-011）管控要求相符性分析：本项目 220kV 送出海缆穿越该用海区，建设单位编制了《华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）海底电缆预选路由选择依据说明材料》，并已于 2025 年 7 月 1 日通过专家评审，海缆铺设于海床 3m 以下，不妨碍公众亲海需求，不影响游憩用海区主导功能，符合该用海区“经科学论证，允许建设防洪防潮等水利设施，允许海底电缆管道铺设。”的空间准入要求。本项目 220kV 送出海缆铺设于海床 3m 以下，基本不改变海域自然属性，符合该用海区“严格限制改变海域自然属性。”的利用方式管控要求。本项目 220kV 海缆铺设于海床 3m 以下，不占用公共旅游资源；施工期和运营期各类污废均妥善处置，不排海，对海洋生态环境影响较小；本项目 220kV 海缆登陆段位于优化利用岸线（见图 6-9），不涉及严格保护岸线；海缆铺设于海床 3m 以下，基本不会对潮间带自然地形地貌造成破坏；符合该用海区“严禁破坏性开发，禁止非公益性设施占用公共旅游资源。严格落实生态环

境保护措施，减少旅游活动对海洋生态环境的影响。针对划为严格保护岸段的泥质岸线，按照严格保护岸线的管控要求实施保护。减少对潮间带自然地形地貌的破坏。”本项目 220kV 海缆通过定向钻的方式穿堤，不破坏海堤结构，本项目已取得海堤管理部门响水县水务局支持项目建设的协调意见，符合该用海区“海堤迎水坡堤脚外区域和入海河道河口区域，需符合水利工程和入海口河道管理规定。”的其他管控要求。

综上所述，本项目与《江苏省海岸带及海洋空间规划（2035 年）》相符。

略

图 6-8 本项目与江苏省海洋功能分区规划的相对位置关系图

略

图 6-9 江苏省海岸线分类保护与利用规划图

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

本项目选址位于《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》中的盐城响水 H3-2#风电场场址，位于响水工矿通信用海区（3），风电场离岸距离为 31km，最新海图所示水深为 9.6～12.0m，且项目所在海域现有连陆滩涂未超过 30km，风电场区已避让生态保护红线、世界遗产地、水产种质资源保护区、省级重要湿地、港口航道等，距离四鳃鲈鱼种质资源保护区 0.7km，距离连云港海域农渔业区 7.1km，距离开山岛 24.2km，距离盐城湿地珍禽国家级自然保护区 26.4km，距离灌河口 5 万吨级航道 20.7km，距离最近的公共航路灌河口进入南方航路 2.6km，场址选择符合《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》相关要求。

本项目 220kV 海缆路由在避开所有生态保护红线的情况下，在登陆段和近岸段利用了响水海上风电场已有电缆通道和登陆点，登陆点位于灌河入海口东南侧约 8km 处海堤上，位于已建江苏响水近海风电场登陆点东侧约 14m 处，与《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》提出的“沿海各地要统一规划、集中布置海上送出工程输电电缆通道和登陆点，充分利用已有电缆通道和登陆点布局新建项目”的要求相符。海缆登陆采用定向钻方式穿堤，对海堤本体不造成破坏。登陆点所在海堤属于永久海堤防护，呈东西向延伸，登陆点前方为开阔的潮滩，滩面整体平缓，呈近水平状态，低潮可大面积出露，根据周边已建海缆情况，登陆段自然条件适合本项目海缆登陆。

7.1.1 与区位和社会条件的适宜性分析

《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》明确了江苏海上风电的发展目标。在“十四五”期间，规划新增项目全部开工，力争新增并网 350 万千瓦，结合 2021 年我省已实施竞争性配置的 265 万千瓦海上风电项目，计划至 2025 年底，全省海上风电累计并网容量达到 1800 万千瓦。另外，根据深远海海上风电发展形势，适时实施国管区海上风电项目。根据《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》，江苏省新增规划 23 个海上风电场，规划装机容量 809 万 kW。本项目为《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》中的盐城响水 H3-2#

风电场，属于江苏省海上风电规划的建设项目，符合区域风电发展规划。本项目选址海域具有发展海上风电场建设的产业基础和社会经济发展需求。

江苏响水社会经济发达，制造业已形成规模，同时海上风能具有较好开发价值，海上风机建设条件好，建筑材料供应及施工市场均具有很大规模，为本项目的施工提供了便利的条件。另外，拟建场址周边有较多的港口，滨海港区可作为风电场的施工基地。本项目具有较好的施工建设条件。

7.1.2 与自然资源和海洋生态的适宜性分析

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日），“属于新增海上风电项目的，应在离岸 30 千米以外或水深大于 30 米的海域布局；近岸区域水深超过 30 米的，风电场离岸距离还需不少于 10 千米；滩涂宽度超过 30 千米的，风电场内水深还需不少于 10 米。离岸距离按照海上风电场外包络线与大陆（含海南岛本岛和县级及以上人民政府驻地的海岛）海岸线最近距离计算，水深以最新海图所示风电场内的最浅水深为准。”本项目风电场区离岸距离约 31km，风机布置区域最新海图显示水深在 9.6～12.0m 之间，同时，本项目所在海域现有连陆滩涂宽度未超过 30km。因此，本项目在选址上满足《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）的要求。

江苏省沿海属温带和亚热带湿润气候区，又属于东亚季风区，区内具有南北气候及海洋、大陆性气候双重影响的气候特征。受大气环流、海陆分布和地理条件等因素的共同影响，该地区季风气候占主导地位，风向季节性变化强，夏季盛行东南风，冬季盛行东北风。响水县属大陆性季风气候区，四季分明，温和湿润，响水县风能资源较丰富，风速分布从内陆向海洋逐渐加大。根据距离风电场较近的滨海气象站数据分析，响水 H3-2#风电场区 141m 高度年平均风速约为 7.17m/s，年平均风功率密度约为 399W/m^2；场区主导风向为 SE、SSE，频率分别为 11.49%、10.57%；主要风能方向为 SSE、SE，频率分别为 13.95%、13.55%。根据《风电场工程风能资源测量与评估技术规范》（NB/T311472018），按风功率密度等级，风功率密度等级为 2 级，具有较好的经济开发价值。工程区位于江苏省盐城市响水县东侧海域，属滨海相沉积地貌单元，场区内无活动性区域断裂通过 ，沉积覆盖层深厚，场区水下地形平缓，场地存在软弱土层、液化土层，属抗震不利地

段，表层地基土易受潮流冲刷影响，故属稳定性差场地，场地适宜性分类属适宜性差场地，拟建风电机组采用桩基础穿越软弱土层和液化土层，并采取结构抗震措施，可进行工程建设。本项目选址的自然条件适宜。

7.1.3 与周边其他用海活动的协调性分析

本项目风电场区周边主要分布有四条公共航路：场区距离南部灌河口进入南方航路（含深水航路）北侧边界 1.3 海里；距离北部连云港港至南方浅水航路南侧边界 1.4 海里；距离西部灌河进入北方航路东侧边界 4 海里；本项目海缆路由穿越灌河口进入南方航路及赣榆港-连云港港-灌河口-射阳港-大丰港区沿岸航路两条公共航路。

略

图 7-1 本项目与周边公共航路位置及距离示意图

根据《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》中 6.3.3 节规定：“当某一水域有不同方向的航路，其与海上风电场的航路安全距离按不同航路计算出的最大值取值。对于不同航向混杂航行的水域，按其中不同方向航路确定的安全距离中取最大值计值。例，南北向混杂的航路，其最大值按位于航路的右舷来取值：C=0.3 海里+（5-6）倍船长+500 米”。根据 6.5.2 节规定：“深水航路沿线附近：参考船型 50000 吨级散货船，船舶总长 174-254 米，代表船舶长度按 223 米计”。

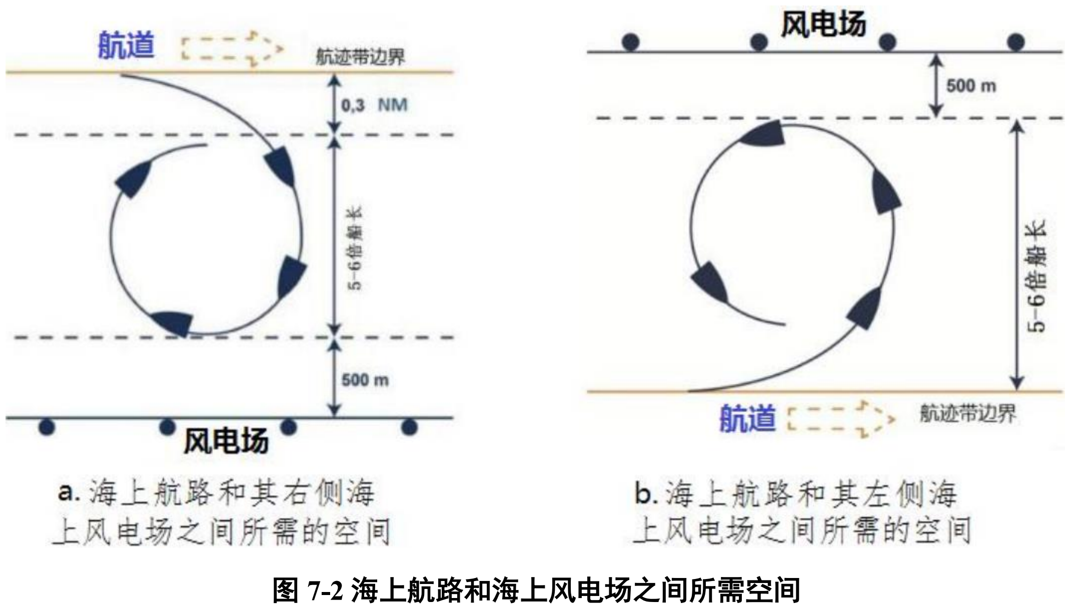


图 7-2 海上航路和海上风电场之间所需空间

将代表船舶长度 223m 代入“C=0.3 海里+（5-6）倍船长+500 米”中可以计算出本项目风电场距周边航路之间安全距离应为 C=0.3 海里+（5-6）倍船长+500 米=556+（5-6）×223+500=2171-2394 米（1.29 海里）。本项目距离最近公共航路约 1.3 海里，满足《海上风电场选址通航安全分析技术分析指南（试行）》（海通航函〔2021〕1608 号）中对“海上风电场与航路参考安全距离的估算”的要求。

根据《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》中第 14 节“海上风电场与航路距离对应的风险指南”规定，本项目场址与周边航路介于“≥参考安全距离且<2 海里”，属于“中等”风险，需采取保障措施。本项目场区的位置对周边公共航路船舶通航存在一定的影响，工程周边存在渔船及小型船舶的活动，风机和升压站等水中构筑物对可能航经该水域的渔船及小型船舶存在一定的影响，需通过设置导助航标志、示位标等警示标志和主动防碰撞设施（电子围栏）等减小潜在的风险。从对通航环境影响考虑，在场区周边设立相应的警戒标志后，本项目对上述航路航行的船舶和海洋生态环境构成影响较小。

本项目风电场区距离灌河口安全水域标约 9 海里，距离滨海北区 H2 风电场约 6.5 海里。海底电缆与海洋倾倒区距离约 1.8 海里。本项目与港区、航道、锚地、倾倒区及周边其他风电场等用海活动距离均较远，且场区位于江苏沿海规划风电区域内，对港区现状及发展规划基本无影响。

略

图 7-3 本项目与周边港口功能区位置及距离示意图

本项目 220kV 送出海缆穿越灌河口进入南方航路及赣榆港-连云港港-灌河口-射阳港-大丰港区沿岸航路两条公共航路，本项目送出海缆穿越航路段结合航路规划科学设计电缆埋深，为避免因冲刷使得海缆裸露，航行船舶抛锚破坏海底电缆，建议穿越沿海公共航路段埋深至 4.5m，从而确保船舶航行安全和海底电缆安全。

本项目 220kV 送出海缆与江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆发生交越 1 处，交越部分本项目不再申请用海权属，施工期需注意保护现有电缆，不影响其正常运行。在近岸段与江苏响水近海风电场 220kV 送出电缆平行布置，与已建海缆间距在 13～388m，均超过其所在海域最大水深的 1.2 倍，保持了安全距离，不会影响已建海缆的安全运行，且符合集约用海原则。

本项目送出海缆穿越 2 宗养殖用海，拟通过立体分层设权，避免权属争议；海缆施工期悬浮泥沙对邻近 4 宗养殖用海养殖活动会产生一定影响，建设单位应与养殖户进行协商，确定赔偿方案，达成一致意见并签订协议。

本项目海缆与四鳃鲈鱼种质资源保护区最近距离仅为 100m，施工期悬浮泥沙会侵入四鳃鲈鱼种质资源保护区，悬浮泥沙可能对四鳃鲈鱼等保护对象产生一定影响，但施工期悬浮泥沙影响是暂时的，随着施工结束影响也随之消失。建设单位需与保护区管理部门做好协调工作，施工期加强悬浮泥沙监测，尽可能减少对保护区的影响。

本项目涉及的利益相关者和需要协调的部门包括响水县迎海水产养殖有限公司、响水县聚立水产养殖有限公司、响水县兴海新农农业发展有限公司、响水港兴产业投资有限公司、响水运诺能源发展有限公司、响水县振海港口投资发展有限公司、响水县振通建设有限公司、李燕红、卢廷明、响水长江风力发电有限公司、海堤管理部门（响水县水务局）、海事主管部门（连云港海事局）、四鳃鲈鱼种质资源保护区管理部门（盐城市农业农村局）和响水港区主管部门（响水县交通运输局（响水县港口管理局））。本项目按照规划实施，且与已建项目集约利用海域空间，通过沟通协调，能够妥善处理涉及的利益相关关系。

综上，本项目与周边海域开发利用活动能够协调一致。

7.1.4 项目用海利于海洋产业协调发展

《江苏省海洋产业发展行动方案》提出，江苏省将加快水产良种选育、健康养殖、智慧渔业等关键技术攻关，支持海洋水产种业、设施渔业、海洋牧场、沿海渔港经济区、渔船更新改造、海洋渔业产业链建设，实施沿海池塘标准化改造，探索发展深水智能网箱、大型养殖工船等深远海养殖和工厂化循环水养殖。因地制宜推进海洋牧场建设，推动海上风电和海洋牧场融合发展。《江苏省海上风电发展规划（2024-2030 年）》提出在“十四五”期间，力争新增并网 350 万千瓦，结合 2021 年我省已实施竞争性配置的 265 万千瓦海上风电项目，计划至 2025 年底，全省海上风电累计并网容量达到 1800 万千瓦。《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》提出江苏省新增规划 23 个海上风电场，规划装机容量 809 万 kW。

本项目为《江苏省海上风电工程规划报告（2024-2030 年）》中的盐城响水 H3-

2#风电场，属于江苏省海上风电规划的建设项目，符合区域风电发展规划和海洋产业发展行动方案，本项目用海选址有利于海洋产业协调发展。

综上所述，从区位和社会条件适宜性、自然资源和海洋生态适宜性、与周边用海活动的协调性及是否有利于海洋产业协调发展等方面综合分析，本项目用海选址合理。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 机型比选

从海上风电场的发展现状看，风电机组走大型化是海上风电发展的趋势。2020 年 5 月，西门子歌美飒发布了基于 14MW 平台“1X”的 SG14.0-222DD 海上风电机组 2020 年 9 月，通用电气宣布将为 Dogger Bank A&B 风电场提供 Haliade-X 13MW 海上风电机组；2021 年 2 月，维斯塔斯发布 V236-15.0MW 海上风电机组；2021 年 3 月，西门子歌美飒 SG14.0-222DD 海上风电机组在丹麦完成首台吊装，成功并网发电；2022 年 12 月，通用电气宣布基于 Haliade-X 的 14.7MW-220 海上风电机组取得型式认证，并将应用于 DoggerBankC 风电场；2023 年 4 月，维斯塔斯 V236-15.0MW 海上风电机组取得型式认证，目前获得订单容量总计已超 13GW；2024 年 6 月，西门子歌美飒 SG14.0-236DD 海上风电机组获得型式认证，并可通过 Power Boost 功能可将功率提升至 15MW；2024 年 12 月，西门子歌美飒 SG 21.5-276DD 海上风电机组获得 DNV 的原型认证，样机即将在丹麦测试中心完成安装。

近年来国内海上机组大型化步伐加快，各风电机组生产企业已逐步推出单机容量 8～20MW 及以上、叶轮直径 200～270m 以上的大型海上风电机组。2020 年 7 月，东方电气 10MW 海上机组在福建兴化湾二期海上风电场成功并网发电；2021 年 8 月，明阳智能推出 MySE16.0-242 海上风电机组；2021 年 9 月，上海电气正式发布 SEW11.0-208 机型；2021 年 10 月，中船海装推出 H256-16MW 海上风电机组；2022 年 11 月，金风科技 16MW 海上机组在福建三峡下线；2022 年 12 月，中船海装 H260-18MW 超大型海上风电机组样机下线；2023 年 2 月，远景能源 14MW 海上机组样机在江苏射阳吊装；2023 年 6 月，金风科技 GWH252-16.0 海上机组在福建平潭成功并网发电；2023 年 7 月，上海电气 16MW 海上机组在广东汕头下线；2023 年 11 月，配套 126m 叶片的东方电气 18MW 海上机组

在福建福清下线；2024 年 8 月，由明阳智能推出的目前全球单机容量最大、风轮直径最大的海上风电机组 MySE18.X-20MW 在海南大型海上风电机组检测试验基地完成吊装；2024 年 10 月，东方电气研制的拥有完全自主知识产权的全球最大的 26MW 级海上风电机组在福建省福清市海上风电产业园下线，该机组为已下线的全球单机容量最大、叶轮直径最大的海上风电机组。

根据当前风电机组市场行情，结合本风电场实际特点，本报告选择满足要求的 8.5MW、11.0MW、12.0MW、12.5MW、12.6MW 和 14.3MW 六种单机容量共九种机型进行比选。各机型技术参数见表 7-1，风电机组功率曲线见图 7-4，推力系数曲线见图 7-5。

表 7-1 比选风电机组技术特性表

略

略

图 7-4 各比选机型功率曲线图

略

图 7-5 比选风电机组推力系数曲线

表 7-2 各比选机型各风速段风能利用系数 Cp 取值表

略

机型比选采用定总装机容量，比较不同机型、不同装机台数下的方案发电量。各比选机型发电量比较见表 7-3。

从发电量上看，WTG1～WTG9 九种机型年等效满负荷小时数分别为 2645h、2745h、2708h、2787h、2830h、2660h、2901h、2886h 和 2784h，WTG7 机型的小时数最高，WTG8 机型次之。

从尾流影响上看，WTG1～WTG9 九种机型全场平均尾流影响系数分别为 18.89%、15.96%、16.54%、14.22%、12.08%、12.93%、13.56%、13.96%和 12.25%，WTG5 机型的尾流影响最小，WTG6 和 WTG9 机型次之。

从投资上看，WTG1～WTG9 九种机型单位千瓦静态投资分别为 9391 元/kW、8653 元/kW、9057 元/kW、8682 元/kW、9044 元/kW、8814 元/kW、9026 元/kW、8972 元/kW、8972 元/kW。单位千瓦静态投资最大的机型为 WTG1，单位千瓦静态投资最小的机型为 WTG2，二者相差 738 元/kW。

从经济性上看，WTG1～WTG9 九种机型项目投资财务内部收益率（税前）

分别为 4.10%、5.74%、4.92%、6.00%、5.57%、5.00%、5.95%、5.97%和 5.73%，项目投资财务内部收益率（税后）分别为 3.47%、4.90%、4.18%、5.14%、4.76%、4.26%、5.10%、5.11%和 4.90%，资本金财务内部收益率（税后）分别为 3.83%、6.73%、5.25%、7.21%、6.42%、5.41%/7.13%、7.16%和 6.71%。WTG4 机型收益率最好，WTG8 机型收益率次之。

从机型成熟度看，认证方面，WTG1～WTG9 九种机型除 WTG7 外均已取得设计认证，除 WTG5、WTG7、WTG9 外其余机型均已取得型式认证；样机方面，各机型均已设立样机；业绩方面，WTG1、WTG2、WTG8 均已有批量安装业绩，WTG3、WTG4、WTG6、WTG7、WYG9 同平台机型有批量订单业绩，WTG5 有订单业绩；批量供货能力方面，各机型均能满足项目建设进度要求。综上，WTG1、WTG2 与 WTG8 机型成熟度相对最高。

综合考虑各比选机型的发电量、尾流影响、投资、经济性及机组成熟度等因素，推荐选择经济性最优的 WTG4 机型。

表 7-3 各比选机型发电量成果统计表

略

7.2.2 风电机组平面布置比选

7.2.2.1 风电机组布置原则

风电场通过每台风电机组把风能转化为电能，风经过风电机组转轮后速度下降并产生紊流，沿着下风向一定距离后才能消除前一台风电机组对风速的影响。因此，在布置风电机组时，应充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，确定各风电机组的间距，把尾流影响控制在合理范围内。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加机组间电缆的长度，增大电量损耗。海上风电场风电机组应主要根据风电场内风能资源特点和海底地形地质条件进行布置，布置原则为：

（1）充分考虑规划使用海域的水深地形条件，合理避让岛礁、暗礁等，确保施工方案可行性与安全性。

（2）根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距。

（3）布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之

间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。

（4）对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。

（5）为了便于施工、运行维护和降低工程投资，同一风电场内的同期工程，尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。

（6）海洋资源十分宝贵，风电机组布置时应按照节约、集约用海原则，在海洋局规定的涉海面积前提下控制涉海面积。

7.2.2.2 风电机组布置限制性因素

本项目在规划阶段已充分考虑所在海域周边限制条件，已避让生态保护红线、港口航道等。

（1）航路

本项目场址北侧、南侧均有船舶航行路线，本次场址避让南部灌河口进入南方航路 2394m，避让北部连云港港至南方浅水航路 2560m。

（2）江苏省海洋生态保护红线

本项目位于江苏省海洋生态保护红线东侧，场址距离保护红线 460m。

略

图 7-6 场址和周边限制性因素位置示意图

（3）风电场场区

本项目周边的已建风电场主要有江苏响水近海风电场（响水 H1#风电场）、滨海北区 H1#风电场、灌云 H1#风电场、滨海北区 H2#风电场，本项目风电场区与上述已建风电场区距离均在 11km 以上；本项目周边规划风电场主要为灌云 H6#风电场，与本项目风电场间距超过 21km。

略

图 7-7 场址周边已建及规划风电场区

7.2.2.3 推荐风电机组布置优化

风电场海域主要风能方向为 SE、SSE，风电机组布置主要依据主要风能方向，因此，风电机组布置时西北到东南向间距应稍大，东北到西南向间距应略小。场区内海底地形起伏较小，考虑到场区主风能方向，同时结合场区形状，风电机组以较规整的行列方式布置较为适宜。

根据以上布置原则及限制性因素，针对推荐机型，对工程进行风电机组布置，拟定若干个布置方案，并结合区域风资源分布、风电机组尾流和发电量水平，对方案进行优化。根据场区形状同时结合主导风向和主要风能方向，重点选取 3 个布置方案进行比选，并计算各方案风电场发电量及尾流影响。不同方案风电机组布置图见图 7-8～图 7-10，各方案发电量计算成果比较见表 7-4。

方案一：垂直 SSE 主风向成行布置，布置行数 8 行。

方案二：沿场区西北边界均匀成行布置，布置行数 8 行。

方案三：沿东西平行成行布置，共 5 行。

方案四：垂直 SSE 主风向成行布置，布置行数 9 行。

从发电量上看，四个方案的年等效满负荷小时数分别为 2787h、2777h、2745h 和 2812h，方案四的发电量最高；从单位千瓦静态投资上看，从尾流影响上看，四个方案的单位千瓦静态投资分别为 8682 万/kW、8732 万/kW、8720 万/kW 和 8747 万/kW，方案一的单位千瓦静态投资最低；四个方案的全场平均尾流影响系数分别为 14.22%、14.52%、15.50%和 13.45%，单台最大尾流影响系数分别为 20.17%、20.34%、21.36%和 17.55%，方案四的平均尾流影响最小；四个方案的项目投资财务内部收益率（税前）分别为 6.00%、5.79%、5.63%和 5.87%，方案一的项目投资财务内部收益率（税前）最高；从海域利用率上看，四个方案海域利用率分别为 10.31%、10.26%、11.36%及 10.25%，方案三的海域利用率最高，方案一和方案二、方案三基本接近。

因此，综合考虑发电量、单位千瓦静态投资、尾流影响、项目投资财务内部收益率和海域利用率等因素，选择方案一为 WTG4 机型的推荐布置方案。

根据《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T10103-2018），海上风电机组行间距（垂直于主风能方向相邻风电机组之间的距离）不宜小于 3 倍风轮直径，列间距（平行于主风能方向相邻风电机组之间的距离）不宜小于 7 倍风轮直径；对于主风能方向不集中的风电场，可调整行间距、列间距。本项目风电场所在海域主要风能方向为 SE、SSE。本项目推荐方案一列间距（平行于主风能方向相邻风电机组之间的距离）最小约 808m，是风轮直径的 3.2 倍；行间距（垂直于主风能方向相邻风电机组之间的距离）最小约 770m，是风轮直径的 3.1 倍。因此，本项目推荐方案风机布置行间距符合《风电场工程微观选址技术规范》

（NB/T10103-2018）的要求；列间距受周边航路避让要求和场址范围限制，同时为了保证项目的规模，在保证风机尾流安全的条件下，列间距进行了适当的压缩

表 7-4　WTG4 机型布置方案比选成果表

略

略

图 7-8　WTG4 机型方案一布置图

略

图 7-9　WTG4 机型方案二布置图

略

图 7-10　WTG4 机型方案三布置图

略

图 7-11　WTG4 机型方案四布置图

7.2.3 桩基式光伏布置比选

本项目桩基式光伏规模为 1.38MW，规模较小，不再单独新建海上升压站，光伏板所发电能考虑同风电项目一起送出。考虑电缆载流量，为减少光伏容量对风机集电线的影响，考虑将光伏接至风电集电线路的最后一台风机处仅影响最后一段集电线，并尽量减少集电线长度，桩基式光伏应布置在 T8、T13、T14 风机附近。同时，为提高海域资源利用效率，桩基式光伏应布置在风电场外包络线范围内，且光伏平台与风机应保持 300m 的安全距离，与海缆保持 100m 的安全距离，并同时避让风机和海上升压站的阴影。考虑到海洋水深影响钢管桩的桩径、桩长、壁厚等设计参数，随着水深的增加投资也会增加，T13 风机附近可布置区域水深较小，且可用空间较大，施工较为方便。故光伏设施布置在 T13 风机附近投资较低。

综合考虑，本项目将桩基式光伏布置在 T13 号风机东侧，距离 T13 号风机约 300m 的位置是合理的。

本发电系统采用 620Wp 高效海上光伏组件，共 2688 块组件，直流侧装机容量为 1.77MWp，交流侧容量 1.38MW。光伏组件拟采用固定式的安装方式。综合项目容量、经济性对比，光伏平台尺寸为 33.097m×73.772m，共 3 个光伏平台，光伏平台的吊装间距为 1.5m。1.6MW 箱变平台尺寸为 15m×5m，共 1 个箱变平台，位于光伏平台西北侧，同时考虑到箱变的安全防护距离，箱变平台距离光伏

平台的距离取 2m。

略

图 7-12 桩基式光伏平面尺寸示意图

7.2.4 场内集电线路布置比选

本项目风电场区 66kV 海缆路由主要考虑两种预选方案，方案一没有考虑同向布置，各 66kV 回路连接至海上升压站路径最短（图 7-13）；方案二风电场内集电电缆同向布置，与风机阵列平行布置，增加了风机间海域空间复合利用可行性（图 7-14）。通过两种方案海缆长度及海域使用经济对比分析表明（表 7-5），方案一海缆长度较方案二少 0.1km，费用减少约 740.8 万，但风电场内集电电缆没有考虑同向布置，没有增加风机间海域空间复合利用性，与《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》不符，因此，本报告推荐方案二作为风电场区 66kV 预选路由，66kV 海缆路由总长约为 35.1km。推荐风电场区总平面布置详见图 7-14。

略

图 7-1366kV 海缆长度最短方案（方案一）

略

图 7-1466kV 海缆路由最集约方案（方案二）

表 7-5 海缆各方案长度统计

略

7.2.5 海上升压站布置比选

从风电场集电线路角度考虑，海上升压站需布置在风电场中央以及靠近陆地地带，这样整个场区集电线路长度最短、线损最小；从海上升压站施工角度考虑，拟采用整体吊装方式，施工区域海域深度需满足整体吊装的运输船和起重船需求，为满足海上升压站施工要求，海上升压站选址水深不应过浅。综合考虑出线方向、220kV 和 66kV 海缆费用，结合地形情况，升压站的位置初拟选择在 T13 风电机组西北侧 543m 处海域，距岸线约 31.7km，该海域水深约为 14m。

根据电气设备工艺要求，本项目海上升压站采用三层布置（含甲板层）。一层（甲板层）布置有事故油池、临时休息室（9m×4m）、水泵房（10m×12.5m）、油罐室（9m×5.2m）及楼梯间等，并兼为电缆层，同时一层有 220kV 和 66kV 电

缆穿越。靠近甲板边缘处布置有救生设备，同时一层也作为电缆层。综上，一层平面尺寸为 33.0m×31.2m，层高为 6.0m。

二层布置主变，主变下布置事故油坑，主变散热器布置在主变室一侧平台上；高抗室布置在主变的另一侧，高抗下布置事故油坑，高抗散热器布置在高抗室一侧平台上；主变与高抗一侧布置 220kV GIS 室（11.5m×9m）、站用变室（9m×9m）、备品备件间（4m×9m）；主变与高抗另一侧布置 66kV GIS 室、电阻柜室（3.55m×9m）、低压配电室（4.55m×9m）、暖通机房（9m×9m）等。综上，二层平面尺寸为 42.0m×34.5m，层高为 5.0m。

三层主要为主变与高抗上空区域、220kV GIS 室上空区域、通信继保室（18.5m×9m）、蓄电池室（9m×4.5m）、柴油机房（9m×6.5m）、楼梯间等。综上，三层平面尺寸为 42.0m×34.5m，层高为 5.0m。

220kV 海上升压站屋顶层设置空调室外机、气象观测站、避雷针、通讯天线及检修孔等，布置额定吊重为 5t 的悬臂吊。

综上，本项目海上升压站最外缘投影平面尺寸约为 42m×35m。

7.2.6 220KV 送出海缆布置比选

（1）响水已建海上风电场送出海缆路由通道

2024 年 12 月 30 日，自然资源部发布了《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，提出沿海各地要统一规划、集中布置海上送出工程输电电缆通道和登陆点，充分利用已有电缆通道和登陆点布局新建项目。

响水县近岸海域已建有江苏响水近海风电场项目，江苏响水近海风电场 220kV 送出海缆在灌河入海口东南侧约 8km 处海堤登陆，登陆点处为标准海堤。

（2）本项目送出海缆路由布置比选

为体现集约用海原则，需充分利用响水海域已有电缆通道和登陆点，同时根据响水已建海上风电场送出海缆路由通道，结合响水沿岸的自然环境条件和沿海海洋开发活动现状调查，在对海洋管理部门和用海单位进行调访以及搜集分析沿海国土空间规划、江苏省“三区三线”划定成果和有关自然环境资料的基础上，参考响水海域已有电缆通道和登陆点、生态保护红线区位置以及本项目海上升压站和陆上集控中心位置，本报告对本项目送出海缆预选路由整体上提出两个方案（图 7-15）。

1）方案一 220kV 预选路由

220kV 送出海缆自海上升压站向西南出线至拐点 AC1-10，继续向西南方向沿着四鳃鲈鱼种质资源保护区东南边界到达拐点 AC1-9（与保护区间距约 500m），往西绕开江苏响水近海风电场风机到达拐点 AC1-4（该段海缆路由与江苏响水近海风电场 1 回送出海缆交越后位于其东侧），之后沿江苏响水近海风电场送出海缆向西南平行布设至拐点 AC1-3，继续沿开山岛（2）生态保护区东南边界（间距约 100m）向西南延伸至拐点 AC1-2 后继续沿江苏响水近海风电场送出海缆（间距约 13～68m）向西南平行布设，最终在响水东北已建海堤登陆（图 7-16）。

220kV 海缆路由采用 1 回三芯（$3\times1000mm^2$）方案，长度约 37.192km。

2）方案二 220kV 预选路由

220kV 送出海缆自海上升压站向西南出线至拐点 AC2-7，继续向西南方向沿着四鳃鲈鱼种质资源保护区东南边界到达拐点 AC2-6（与保护区间距约 500m），然后往西绕开江苏响水近海风电场风机到达拐点 AC2-3，之后沿江苏响水近海风电场送出海缆平行布设（位于已建海缆西侧，且部分穿越开山岛（2）生态保护区），最终在响水东北已建海堤登陆（图 7-18）。

220kV 海缆路由采用 1 回三芯（$3\times1000mm^2$）方案，长度约 37.282km。

略

图 7-15 响水 H3-2#220kV 送出海缆预选路由位置图

略

图 7-16 方案一预选路由位置图

略

图 7-17 方案一预选路由位置图（局部放大图）

略

图 7-18 方案二预选路由位置图

略

图 7-19 方案二预选路由位置图（局部放大图）

3）推荐路由方案

由表 7-7 可见，220kV 预选路由两个方案选择两个登陆点，经方案比选，两个方案路由长度相差不大。两个方案均在响水海堤外侧集中廊道内布设，方案一送出海缆路由位于江苏响水近海风电场送出海缆东侧，方案一送出海缆路由与江苏响水近海风电场 1 回送出海缆有 1 处交越，但避开了海洋生态保护红线区；方

案二送出海缆路由位于江苏响水近海风电场送出海缆西侧，与已建海缆无交越，但穿越了海洋生态保护红线区。自然资源部发布了《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，提出沿海各地要统一规划、集中布置海上送出工程输电电缆通道和登陆点，充分利用已有电缆通道和登陆点布局新建项目，方案二利用廊道内海域空间布局风电场送出海缆，但穿越海洋生态保护区，方案一利用廊道内海域空间布局风电场送出海缆，局部偏移避开了海洋生态保护区。虽然方案一与江苏响水近海风电场 1 回送出海缆有 1 处交越，但从避让海洋生态保护红线角度考虑，方案一有利，因此，方案一作为推荐方案。

表 7-6　220kV 送出海缆拐点设置一览表

略

表 7-7 华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）220kV 海缆预选路由方案对比

略

（3）本项目 220kV 海缆间距布置

1）海缆间距设计依据

根据《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）3.2.9 条目，平行铺设的海底电缆应避免交叉重叠，电缆间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍，登陆段间距可适当缩小，但应满足电缆载流量和保护的要求。

根据《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》（GB/T51191-2016）5.4.2 条目，考虑后期海底电缆修复时所需空间，建议海底电缆铺设间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍。海底电缆引至岸边时，相互间距可适当缩小。

另外，依据海缆厂家计算结果分析，海缆间距达到 5m 时，海缆间距对电缆载流量的影响才会基本消除；同时，为满足施工保护要求，降低各回海缆之间的施工影响，海缆间距应不小于 5m。

在满足上述施工铺设条件的前提下，海缆间距可取《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）、《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》（GB/T51191-2016）要求的最小值，即相应位置最大水深的 1.2 倍。

2）本项目设计海缆间距

在满足上述施工铺设条件的前提下，海缆间距可取《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）、《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》

（GB/T51191-2016）要求的最小值，即相应位置最大水深的 1.2 倍。H3-2#设计送出海缆路由与已建江苏响水近海风电场海缆并行段（KP0.0～KP13.7）沿线水深最深处约 9.8m，均值约 4.9m，根据规范要求 H3-2#设计海缆路由与现状海缆的铺设间距不宜小于 6m。

本项目送出海缆 AC1-6-登陆点段与江苏响水近海风电场已建送出海缆和部分场内集电线相邻，为避免海缆发生交越，本项目 1 回送出海缆与江苏响水近海风电场海缆需保持一定安全距离。根据本项目路由调查勘测结果，本项目设计送出海缆 AC1-6-AC1-4 段与已建江苏响水近海风电场场内集电线之间的间距在 76～175m 之间，该段水深在 8.1～9.8m 之间，平均水深 8.5m；送出海缆 AC1-5-AC1-4 段与已建江苏响水近海风电场送出海缆存在 1 处交越，采用上交越方式，在交越范围段采取保护措施后可以确保已建海缆安全；送出海缆 AC1-4-AC1-3 段与已建江苏响水近海风电场送出海缆之间的间距在 19～55m 之间，该段水深在 5.0～9.4m 之间，平均水深 6.4m；送出海缆 AC1-3-AC1-2 段与已建江苏响水近海风电场送出海缆之间的间距在 30～388m 之间，该段水深在 2.9～5.1m 之间，平均水深 4.0m；送出海缆 AC1-2-登陆点段与已建江苏响水近海风电场送出海缆之间的间距在 13～68m 之间，该段水深在 0.0～3.1m 之间，平均水深 1.4m；本项目设计送出海缆除交越段外其他段与已建江苏响水近海风电场海缆之间的间距均超过其所在海域水深的 1.2 倍，均满足设计要求，施工均相对安全。

略

图 7-20　江苏响水近海风电项目已建海缆位置示意图

7.3 用海方式合理性分析

（1）用海方式是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式用海原则

本项目新增申请用海内容包括风机、桩基式光伏、海上升压站、66kV 集电线和 220kV 送出海缆。其中，风机、桩基式光伏、海上升压站用海方式为透水构筑物，66kV 集电线、220kV 送出海缆的用海方式为海底电缆管道。本项目不涉及围填海，不采用非透水构筑物，符合用海方式尽可能采用透水式的用海原则。

（2）是否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能

风电机组为点状布置，风机桩基的建设将占用少量海域，但由于单个桩基实际占用面积较小，风机桩基之间距离较大，不影响水流在风机之间区域流通，为透水构筑物，仅对桩基附近水流动力产生一定的影响，对附近海域自然属性改变较小；海上升压站采用导管架结构，为透水构筑物，能满足工程实际需要，也有利于减小工程建设对水动力的影响；桩基式光伏采用钢管桩基础，单个桩基实际占用面积很小，桩基之间距离较大，不影响水流在桩基之间区域流通，为透水构筑物，仅对桩基附近水流动力产生一定的影响，对附近海域自然属性改变较小；电缆为线状布置，铺设在海床下 3m 以深，为海底电缆管道用海方式，电缆上覆底床在施工结束后可较快地恢复生境。

因此，本项目风机、桩基式光伏、海上升压站均为透水构筑用海方式，电缆为海底电缆管道用海方式，基本不会改变海域自然属性，最大限度地减少了对水文动力、冲淤环境的影响，有利于维护海域基本功能。

（3）用海方式能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响

本项目风机、桩基式光伏、海上升压站均为透水构筑用海方式，电缆为海底电缆管道用海方式，桩基尺寸较小，施工时严格控制施工强度，尽可能减少海洋生物损失，因打桩和海缆铺设造成的局部悬浮泥沙影响随着施工结束其影响也随之消失，电缆上覆底床在施工结束后可较快地恢复生境；施工期和运营期各项污染物均可以得到妥善处置，不直排入海，对所在海域生态系统影响较小。

（4）用海方式能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目风电桩基对海域的潮流影响主要集中在工程区附近 2.0km 左右的范围内，离风电场工程区越远，潮流影响越小。工程区内流速以减小为主，风电场建设对周边海域的潮流影响较小。根据统计结果，风电场建成后，风电场区水域流速减小幅度在 0.02～0.08m/s 之间，对四鳃鲈鱼种质资源保护区、盐城湿地珍禽国家级自然保护区、开山岛、连云港海域农渔业区、开放式养殖区和江苏响水近海风电场项目水动力均无影响。风电桩基建设后，工程场区及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，风电群东西两侧附近顺水流方向 1000～1500m 范围内海床呈淤积趋势，年淤积幅度在 0.01～0.45m 之间，冲淤强度介于 0.1～0.3m/a，对周边保护区和海洋开发活动基本没有影响。本项目总平面布置充分考虑本工程区域的自然条件、水动力条件、海底地形条件，尽量减少

工程建设对周边环境的影响。

综上，本项目用海方式符合尽可能采用透水式的用海原则；最大程度减少对海域自然属性的影响，有利于维护海域基本功能；最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响；最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响。本项目用海方式合理。

7.4 占用岸线合理性分析

本项目 220kV 送出海缆在灌河入海口东南侧约 8km 处的海堤登陆，根据江苏省最新修测大陆海岸线成果，本项目 220kV 送出海缆登陆段用海范围占用岸线 20.17m，为人工岸线。本项目距离自然岸线较远约 3km，实施投用期间不会对周边自然岸线产生不利影响，本项目不新增岸线，不会影响江苏省自然岸线保有率目标的实现。本项目 220kV 送出海缆在避开生态保护红线和已建风电场区的前提下，在登陆段与已建江苏响水近海风电场项目共用海上送出工程输电电缆通道和登陆点。因此，本项目 220kV 送出海缆登陆段已尽可能节约利用海域和岸线资源。

本项目 220kV 送出海缆通过定向钻的方式过堤，不对堤身进行破坏，尽可能减小对堤防防洪安全和正常运行的不利影响。因此，本项目用海对占用岸线的影响较小。

综上所述，本项目 220kV 送出海缆距离自然岸线较远，实施投用期间不会对周边自然岸线产生不利影响，登陆段已尽可能集约利用海域和岸线资源，其用海对占用岸线的影响较小，本项目用海占用岸线是合理的。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 用海面积与用海控制指标的相符性分析

（1）综合指标

根据《建设项目用海面积控制指标（试行）》《江苏省建设项目用海控制指标》（苏自然资发〔2021〕45 号），建设项目用海面积需满足的共同控制指标为：海域利用率、岸线利用率、海洋生态空间面积占比、容积率、行政办公及生活服务设施面积占比、投资强度、开发退让距离及围填海成陆比例；除此之外，《江苏省建设项目用海控制指标》还有 4 项控制指标：建筑系数、绿地率、生态岸线比

例和生态建设经费。上述指标除生态建设经费指标外均与填海或新形成岸线有关。

本项目涉海工程包括风机、桩基式光伏、海上升压站、66kV 集电线和 220kV 送出海缆。风机、桩基式光伏、海上升压站、海底电缆（66kV、220kV 海缆）的用海类型属于“工业用海”中的“电力工业用海”；风机、桩基式光伏、海上升压站用海方式均为“构筑物”中的“透水构筑物”，海底电缆（66kV、220kV 海缆）的用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”。项目建设不涉及填海造地，也不新形成岸线。因此，本项目建设不对照分析《建设项目用海面积控制指标（试行）》《江苏省建设项目用海控制指标》中除生态建设经费指标外的指标。

生态建设经费：根据《江苏省建设项目用海控制指标》中关于电力工业建设项目相关控制指标的要求，生态建设经费按照生态损害程度科学计算，不低于海岸或海洋工程投资额累进计算值：①投资额≤5 亿元，按照 1%计算；②5～20（含 20）亿元部分按照 0.5%计算；③20 亿元以上部分按照 0.2%计算。本项目投资为 275237.88 万元，投资额＞20 亿元，则，按照投资额累进计算得到生态补偿经费=50000*1%+（200000-50000）*0.5%+（275237.88-200000）*0.2%=1400 万元，本项目建设造成的海洋生物损失金额为 1501.4 万元。因此，按照“生态建设经费按照生态损害程度科学计算，不低于海岸或海洋工程投资额累进计算值”的要求，本项目生态损失补偿金额为 1501.4 万元，符合生态建设经费指标控制要求。

（2）行业指标

《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）要求强化规划管控，统筹协调海上风电项目空间布局，严格控制用海规模，并提出离岸距离和水深、单位装机容量风电场面积、海域利用率和投资强度 4 项控制指标。另外，依据《江苏省建设项目用海控制指标》（苏自然资发〔2021〕45 号），可再生能源用海的行业指标包括：离岸距离（或水深）、单位装机容量涉海面积、升压站和管理中心填海造地面积。本项目集控中心位于海岸线向陆侧，升压站位于海域、用海方式为透水构筑物，因此本项目不涉及升压站和管理中心填海造地面积。综上，本报告以《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）提出的 4 项控制指标进行评价。

1）离岸距离和水深

依据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，属于新

增海上风电项目的，应在离岸 30 千米以外或水深大于 30 米的海域布局；近岸区域水深超过 30 米的，风电场离岸距离还需不少于 10 千米；滩涂宽度超过 30 千米的，风电场内水深还需不少于 10 米。

本项目风电场离岸距离约 31km，最新海图所示水深为 9.6～12.0m，项目登陆点附近滩涂宽度为 3.4km，未超过 30km。

因此，本项目用海符合离岸距离和水深指标的控制要求。

2）单位装机容量风电场面积

依据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，单机容量 8-12 兆瓦（本项目单机容量 11 兆瓦）风电场外包络线面积每兆瓦不超过 14 公顷。

本项目风电场单机容量为 11 兆瓦，总装机容量为 308 兆瓦，风电场外包络线面积为 1779.5946 公顷，则单位装机容量风电场面积为 5.78 公顷/兆瓦。

因此，本项目用海符合单位装机容量风电场面积指标的控制要求。

3）海域利用率

依据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，单机容量 8-12 兆瓦（本项目单机容量 11 兆瓦）风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积占风电场外包络线面积不低于 7%。

本项目风电场包络线内风电项目用海确权面积为 185.2881 公顷，风电场外包络线面积为 1779.5946 公顷，则海域利用率为 10.41%。

因此，本项目用海符合海域利用率指标的控制要求。

4）投资强度

依据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，单机容量 8-12 兆瓦（本项目单机容量 11 兆瓦）风电场项目每公顷项目用海确权面积固定资产总投资不低于 700 万元。固定资产总投资包括风电项目及复合利用项目的建筑安装工程、设备工器具购置以及固定资产建造和购置过程中发生的其他费用；项目用海确权面积包括海上风电项目和复合利用设施的用海确权面积

本项目固定资产总投资额为 275237.88 万元，项目用海确权面积为 259.5489 公顷，则投资强度为 1060 万元/公顷。

因此，本项目用海符合投资强度指标的控制要求。

（3）项目用海与相关行业设计标准和规范的符合性

在确定的建设规模下，本项目建设方案及平面布置依据《海上风力发电场设计标准》（GB/T51308-2019）、《风电场工程微观选址技术规范》（NB/T10103-2018）、《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）、《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》（GB/T51191-2016）等规范确定，且本项目平面布置在满足规范的前提下相对紧凑。本项目用海范围依据工程设计方案界定，因此，本项目用海符合相关行业设计标准和规范。

综上所述，本项目用海面积与用海控制指标相符合。

表 7-8 海上风电项目用海节约集约控制指标

<table>
<tr><th rowspan="2">序号</th><th rowspan="2">指标名称</th><th colspan="3">指标值</th><th rowspan="2">本项目指标</th><th rowspan="2">是否达标</th></tr>
<tr><th>单机容量≤8 兆瓦</th><th>单机容量 8-12 兆瓦</th><th>单机容量≥12 兆瓦</th></tr>
<tr><td>1</td><td>离岸距离和水深</td><td colspan="3">离岸 30 千米，或水深大于 30 米。</td><td>31km</td><td>是</td></tr>
<tr><td>2</td><td>单位装机容量风电场面积（公顷/兆瓦）</td><td>≤13</td><td>≤14</td><td>≤15</td><td>5.78</td><td>是</td></tr>
<tr><td>3</td><td>海域利用率</td><td>≥10%</td><td>≥7%</td><td>≥6%</td><td>10.41%</td><td>是</td></tr>
<tr><td>4</td><td>投资强度（万元/公顷）</td><td>≥600</td><td>≥700</td><td>≥800</td><td>1060</td><td>是</td></tr>
<tr><td>备注</td><td colspan="6">1.近岸区域水深超过 30 米的，风电场离岸距离还需不少于 10 千米；滩涂宽度超过 30 千米的，风电场内水深还需不少于 10 米。离岸距离按照海上风电场外包络线与大陆（含海南岛本岛和县级及以上人民政府驻地的海岛）岸线最近距离计算，水深以最新海图所示的风电场内最浅水深为准。
2.单位装机容量风电场面积=风电场外包络线面积（公顷）/风电场装机容量（兆瓦）。
其中，风电场外包络线面积指风电场最外侧风机扇叶投影切线连接形成的区域面积。
3.海域利用率=风电场外包络线内海上风电项目用海确权面积和复合利用的养殖网箱、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施确权面积（公顷）/风电场外包络线面积（公顷）×100%。
4.投资强度=固定资产总投资（万元）/项目用海确权面积（公顷）。
其中，固定资产总投资包括风电项目及复合利用项目的建筑安装工程、设备工器具购置以及固定资产建造和购置过程中发生的其他费用；项目用海确权面积包括海上风电项目和复合利用设施的用海确权面积。
5.海上风电项目含多种单机容量机型混合布置的按照平均单机容量计算。
其中，平均单机容量=风电场总装机容量（兆瓦）/风机总台数。</td></tr>
</table>

	6.离岸距离和水深、单位装机容量风电场面积为约束性指标，不能满足的，需调整项目用海方案；海域利用率、投资强度为鼓励性指标，不能满足的，需在海域使用论证报告中阐明不能满足的原因。

略

图 7-21 风电场区离岸距离示意图

7.5.2 用海面积减少的可能性分析

本项目装机规模是按照江苏省海上风电规划方案进行设计，本项目实施增加区域绿电比重，也可缓解电力缺口，并有助于区域减少碳排放，在资源条件、生态环境等允许的条件下，装机容量不宜减少。

本项目选取的 11MW 的风电机组属于国内主流大型机组，并适应江苏海域风况条件，发电量大、尾流影响小、经济性好和成熟度高，是合理的。从目前风机装备情况、工程区域风力资源条件适宜性和发电量等角度考虑，不存在更换最大型机组进而明显减小风机用海面积的可能性。

另外，结合本报告 7.2 节分析可知，本项目风机、桩基式光伏、海上升压站、66kV 集电线和 220kV 送出海缆的平面布置，在保证安全、满足施工条件、正常运行、兼顾工程经济性的前提下，均已尽可能减少占用海域的面积，均体现了集约节约用海的原则。

若减少上述涉海工程的用海面积，则可能影响本项目功能的发挥，对项目建设、运行造成不利影响，形成安全隐患。

因此，本项目用海面积不宜进一步减少。

7.5.3 立体空间布置合理性分析

根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行)》和《海域使用权立体分层设权技术规范》（DB32/T 5184-2025），按照避免权属争议、节约集约用海、减轻用海相对人负担、便于行政管理的原则，根据本项目用海立体空间特征，本项目桩基式光伏、66kV 集电线和 220kV 送出海缆采用立体分层设权，避免与响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目和响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目用海以及后续可能开展的可兼容用海活动出现权属争议，切实提高节约集约用海水平。

本项目桩基式光伏用海空间层为水面，光伏平台海况设计标准（包括潮位）按重现期 50 年考虑，项目海域 50 年一遇高潮位为 3.02m，50 年一遇最大波高为 10.33m，参照《风电场工程 110kV-220kV 海上升压变电站设计规范》（NB/T31115）中平台最低点高程计算公式，本项目光伏板下缘高程为 10.5m，本项目选用光伏

板安装后高度为 8.453m，则光伏板上缘高程为 18.953m。因此，本项目桩基式光伏用海高程范围为平均海平面高程 0.0m 至光伏板设计上缘高程 19.0m（图 7 22）。

略

图 7-22 桩基式光伏立体分层设权高程范围示意图

本项目 66kV 集电线用海空间层为底土，根据本项目路由勘测成果，66kV 集电线路由所在海床标高在-15.61～-14.01m 之间，66kV 集电线设计埋深在 3～4m 之间，其设计上缘高程为-19.00～-18.00m，66kV 海缆直径为 0.15m，则其设计下缘高程为-19.15～-18.15m。因此，本项目 66kV 集电线用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-19.2～-18.2m 至电缆管道设计上缘高程-19.0～-18.0m。

本项目 220kV 海缆外扩 10m 范围与响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目用海和响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目用海存在重叠部分，海缆用海空间层为底土，养殖用海空间层为水体，为避免权属争议，本项目 220kV 海缆需进行立体分层设权。本项目 220kV 海缆用海空间层为底土，根据本项目路由勘测成果，220kV 海缆路由所在海床标高在-16.79～1.50m 之间，220kV 海缆设计埋深在 3～4.5m 之间，其设计上缘高程为-21.20～-1.50m，220kV 海缆直径为 0.25m，则其设计下缘高程为-20.45～-1.75m。因此，本项目 220kV 海缆用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-21.5～-1.8m 至电缆管道设计上缘高程-21.2～-1.5m。

综上，本项目桩基式光伏用海空间层为水面，用海高程范围为平均海平面高程 0.0m 至光伏板设计上缘高程 19.0m；本项目 66kV 集电线用海空间层为底土，用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-19.2～-18.2m 至电缆管道设计上缘高程-19.0～-18.0m；本项目 220kV 海缆用海空间层为底土，用海高程范围为电缆管道设计下缘高程-21.5～-1.8m 至电缆管道设计上缘高程-21.2～-1.5m；本项目风电场区的桩基式光伏和 66kV 集电线通过立体分层设权，为风电场区后续开展与其用海可兼容的网箱养殖、海洋牧场等“风电+”项目提供便利，实现一海多用，切实提高风电场区海域资源利用效率。本项目 220kV 海缆依次穿越工矿通信用海区、渔业用海区和游憩用海区，220kV 海缆占用立体空间层为底土，可以与上述用海区主导功能兼容，220kV 海缆通过立体确权可避免与现状养殖用海及后续可兼容项目用海出现权属争议，提高节约集约用海水平。因此，本项目立体空间

布置合理。

7.5.4 宗海范围确定的合理性分析

7.5.4.1 用海方式重叠范围的处理

根据《海籍调查规范》5.3.6.3 用海方式重叠范围的处理：当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。根据现行的海域使用金征收标准，响水县海域等别为六等，风机、桩基式光伏、海上升压站的用海方式为透水构筑物，透水构筑物用海海域使用金征收标准为 1.16 万元/公顷，66kV 集电线和 220kV 海缆的用海方式为海底电缆管道，海底电缆管道用海海域使用金征收标准为 0.70 万元/公顷，海底电缆管道与透水构筑物用海重叠部分应归入透水构筑物用海范围。

7.5.4.2 宗海界址点确定方法

（1）风机

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日），海上风电项目风机部分用海方式界定为透水构筑物用海，用海范围包括塔架部分和塔架外扩一定距离的保护范围，具体以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径的圆为界。

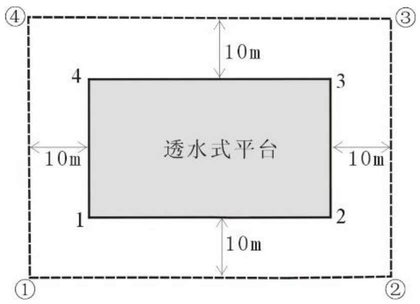
本项目共布置 28 台单机容量 11MW 风电机组，单个风电机组塔架中心点至风机叶片投影最外缘点距离为 126.15m，则单个风电机组宗海界址界定方法为：以塔架中心点（风机系泊点）为圆心，以圆心至风机叶片投影最外缘点为半径（126.15m）的圆为界。因此，单个风电机组用海面积为 4.9995 公顷，风电场风机总用海面积为 139.9853 公顷。

（2）220kV 海上升压站和桩基式光伏等透水构筑物

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日），海上升压站等配套设施的用海范围依据《海籍调查规范》界定。根据《海籍调查规范》5.4.2.5 电力工业用海（4）平台透水构筑物用海的宗海界址界定方法：以透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线外扩 10m 距离为界，参见附录 C.4。

参考附录 C 典型宗海界址界定示例（资料性附录）中 C.4 一般平台。

C.4 一般平台 用海特征：采用透水方式构筑的除码头和石油平台以外的平台。

界址界定图示	说明
	折线①-②-③-④-①围成的区域为本宗海的范围，属透水构筑物用海，用途为平台。折线 1-2-3-4-1 为平台的外缘线；折线①-②-③-④-①为平台外缘线向四周平行外扩 10m 形成的边线。

根据以上界址界定原则，本项目 220kV 海上升压站和桩基式光伏界址点为本项目升压站和桩基式光伏的外缘线向四周平行外扩 10m 形成的边线的拐点，具体选取情况见表 7-9。

表 7-9 界址点选取情况一览表

透水构筑物名称	界址点	选取依据
桩基式光伏	162～167	本项目桩基式光伏的外缘线向四周平行外扩 10m 形成的边线的拐点
220kV 海上升压站	1～4	本项目 220kV 海上升压站的外缘线向四周平行外扩 10m 形成的边线的拐点

略

图 7-23 220kV 海上升压站宗海界址图

略

图 7-24 桩基式光伏宗海界址图

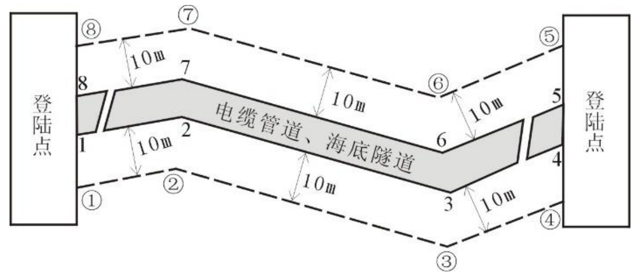
综上，本项目 220kV 海上升压站和桩基式光伏的用海面积分别为 0.3410 公顷和 1.3398 公顷。

（3）66kV 集电线和 220kV 海缆

根据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日），海缆的用海范围依据《海籍调查规范》界定。根据《海籍调查规范》5.4.5.1 电缆管道用海的宗海界址界定方法：以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，参见附录 C.32。

参考附录 C 典型宗海界址界定示例（资料性附录）中 C.32 电缆管道和海底隧道用海。

C.32 电缆管道和海底隧道用海 用海特征：占用海床和底土空间铺设的电缆管道或海底隧道等。	
界址界定图示	说明



折线①-②-③-④-4-5-⑤-⑥-⑦-⑧-8-1-①围成的区域为本宗海的范围。其中电缆管道属海底电缆管道用海，用途为海底电缆管道；海底隧道属跨海桥梁、海底隧道等用海，用途为海底隧道。
折线 1-2-3-4 和 5-6-7-8 为电缆管道或海底隧道及其防护设施的外缘连线；折线①-②-③-④和⑤-⑥-⑦-⑧为电缆管道或海底隧道及其防护设施的外缘连线向两侧平行外扩 10m 的边线。

根据以上界址界定原则，本项目 66kV 集电线界址点可分为本项目电缆管道及其防护设施的外缘连线向两侧平行外扩 10m 的边线的拐点和本项目电缆管道及其防护设施的外缘连线向两侧平行外扩 10m 的边线与 220kV 海上升压站和风机、桩基式光伏用海范围的交点；本项目 220kV 海缆界址点可分为本项目电缆管道及其防护设施的外缘连线向两侧平行外扩 10m 的边线的拐点和本项目电缆管道及其防护设施的外缘连线向两侧平行外扩 10m 的边线与 220kV 海上升压站、江苏响水近海风电场项目 220kV 海缆、响水县迎海水产养殖有限公司开放式养殖项目、响水县聚立水产养殖有限公司开放式养殖项目用海范围和海岸线（含海岸线拐点）的交点（本项目 220kV 海缆外扩 10m 范围与已确权江苏响水近海风电场项目 220kV 海缆用海范围存在重叠区域，重叠区域本次不再重复申请用海）；具体选取情况见表 7-10。

略

图 7-25　220kV 海缆宗海界址局部放大图

表 7-10 界址点选取情况一览表

略

综上，本项目 66kV 集电线和 220kV 海缆的用海面积分别为 43.6597 公顷和 74.2231 公顷。

本项目用海总面积为 259.5489 公顷，其中风机、桩基式光伏和 220kV 海上升压站用海方式为透水构筑物，用海面积分别为 139.9853 公顷、1.3398 公顷和 0.3410 公顷；66kV 集电线和 220kV 海缆用海方式为海底电缆管道，用海面积分别为 43.6597 公顷和 74.2231 公顷。

表 7-11 本项目申请用海情况一览表

略

7.5.4.3 宗海图绘制

以建设单位提供的设计方案为基础，依据《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）、《海籍调查规范》（HY/T124-2009）、《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）、《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》《海域使用权立体分层设权技术规范》（DB32/T5184-2025），完成了本项目宗海图的绘制。本项目宗海位置图见图 7-26，宗海平面图见图 7-27，宗海界址图见图 7-28～图 7-32，宗海立体空间范围示意图见图 7-33～图 7-35。

略

图 7-26 宗海位置图

略

图 7-27 宗海平面布置图

略

图 7-28 宗海界址图（风机、升压站）

略

图 7-29 宗海界址图（桩基式光伏）

略

图 7-30 宗海界址图（66kV 集电线）

略

图 7-31 宗海界址图（220kV 海缆）

略

图 7-32 宗海界址图（包络线）

略

图 7-33 宗海立体空间范围示意图（桩基式光伏）

略

图 7-34 宗海立体空间范围示意图（66kV 集电线）

略

图 7-35 宗海立体空间范围示意图（220kV 海缆）

7.5.5 用海面积测量的合理性分析

7.5.5.1 宗海界址点测量方法

本次宗海图绘制按照《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（2024 年 12 月 30 日）、《海籍调查规范》（HY/T124-2009）、《海域使用面

积测量规范》（HY/T070-2022）及《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）有关规定绘制最终的宗海位置图和宗海界址图。因项目风电场区和大部分海缆位于开阔外海，离岸较远，界址点无法进行实测，项目界址点根据用海单位提供的项目总平面布置图和周边已确权用海范围边界进行确定，推算获得界址点坐标，符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009）中 7.6.1 测量方法要求。同时对海缆登陆点附近用海范围界址点进行了实地测量、复核，符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009）中 7.6.2 测量工作方案要求。

7.5.5.2 宗海面积计算

（1）宗海界址点坐标的计算方法

利用相关测量专业的坐标换算软件，将各界址点的平面坐标换算成以高斯－克吕格投影 120°00′为中央子午线的 CGCS2000 坐标。

（2）宗海面积的计算方法

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009），对于有 n 个界址点的宗海内部单元，根据界址点的平面直角坐标 x_i，y_i（i 为界址点序号），用坐标解析法，通过手工或计算机图形处理系统计算面积 S。计算公式为：

$$S=\frac{1}{2}\left[x_1(y_2-y_n)+x_2(y_3-y_1)+\cdots\cdots+x_{n-1}(y_n-y_{n-2})+x_n(y_1-y_{n-1})\right]$$

或

$$S=\frac{1}{2}\left[y_1(x_2-x_n)+y_2(x_3-x_1)+\cdots\cdots+y_{n-1}(x_n-x_{n-2})+y_n(x_1-x_{n-1})\right]$$

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用各点平面坐标计算面积。宗海界址点坐标经实地测量复核无误后，在项目总平面布置图基础上依据相关规定绘出项目用海界址线，利用计算机辅助软件 AutoCAD 计算项目用海面积。

（3）宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项目用海的实际用海类型，本项目用海总面积为 259.5489 公顷。

7.5.5.3 用海面积量算的合理性分析

根据上述计算，本项目用海总面积为 259.5489 公顷，计算符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009）中关于面积量算的技术要求。

7.6 用海期限合理性分析

本项目用海类型属于工业用海中的电力工业用海，风机、桩基式光伏、220kV 升压站的用海方式为透水构筑物，66kV 集电线和 220kV 海缆的用海方式为海底电缆管道。根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定：港口、修造船厂等建设工程用海海域使用权最高年限为五十年。本项目设计使用年限 25 年，施工期为 12 个月，申请用海期限 26 年，符合海域使用管理法，是合理的。

风电场申请用海年限到期后，如若继续申请用海，则按照相关法律法规依法申请用海；申请用海到期后，若停止续期，业主单位应按有关方案和规范拆除风电场的设施和建筑，并恢复风电场周围的生态环境。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态建设需求分析

本项目位于响水县近岸海域，整体海洋生态环境较好。

项目建设不可避免地造成底栖生物、游泳生物、浮游生物等丧失；项目实施产生的电磁、噪声对海洋生物可能造成影响；项目实施对风场场区的少量鸟类产生一定的影响；项目实施对附近海域的水环境影响较小，不会导致水环境恶化进而产生生态问题。

针对上述问题，本项目用海生态建设拟采取污染防治措施、合理安排施工强度及进度、海洋渔业资源修复措施、长期监测与评估等减少工程施工和营运对海洋环境的不利影响。

8.1.2 生态环境影响减缓措施

（1）设计阶段生态环境减缓措施

本项目设计体现了生态化理念，项目用海不涉及生态敏感目标，本项目风机、桩基式光伏和海上升压站基础尺寸较小，均为透水构筑物，桩基基础对海域潮流和海床冲淤的影响主要集中在工程区附近的局部海域，对生态敏感区基本没有影响。本项目海缆铺设于海床 3m 以下，对海洋生态环境影响较小。因此，本项目对周边海域海洋生态环境及海洋资源影响较小。

（2）施工及运营期污废处理措施

风电场施工期生产废水主要包括施工船舶污废水和岸上施工临时场区污废水，岸上施工临时场区生产废水采用二级沉淀池处理工艺处理后回用，海上船舶污废水统一交由海事部门认可的具有资质的单位接受处置。

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运处置，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风机设施维护产生的废旧零部件等，由建设单位维护人员携带至陆域后委托有资质单位统一收集处理，不丢弃入海；海上风机、升压站维护生活污水产生量小，收集后运至岸上交由有资质的单位处理。

（3）风电场实施和运行过程中的生态影响减缓措施

1）春、夏季（4～6 月）是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，打桩、电缆铺设应尽量避开海洋鱼类产卵高峰期，在无法避开的情况下应尽量降低施工强度，尽可能降低悬沙源强，进而减小悬沙影响范围，同时打桩以“软启动”方法驱赶桩基周围的鱼类，减缓打桩时产生的水下噪声对鱼类的影响。

2）本项目送出海缆靠近四鳃鲈鱼种质资源保护区、开山岛和盐城湿地珍禽国家级自然保护区段降低施工强度，尽可能降低悬浮泥沙扩散范围，尽量避免和减少对敏感目标范围的海洋生态环境造成影响。

3）本项目施工期间，积极宣传爱鸟、护鸟；施工作业点区域如有鸟群聚集，施工作业“软启动”予以驱赶，同时严格要求施工人员，避免对附近区域鸟类造成主动的人为伤害。如施工期遇到大规模鸟类迁徙通过项目施工作业区域，应根据现场情况停止干扰鸟类迁徙的施工作业或者降低施工强度、减小干扰面，待大规模鸟类飞越结束后再恢复施工。

4）本项目 11MW 的叶片直径 252m，风机扇叶涂装警示色，提高辨识度，更容易被鸟类发现，提前避让；同时在风机上设置超声波驱鸟装置，降低鸟类飞行期间撞击风机的可能性。

5）在风机上适当位置安装闪烁灯光以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，促使鸟类产生趋避行为，可以降低撞击风险。

6）在风机上设置鸟类自动观测装置，同时根据施工、营运情况制定鸟类跟踪观测方案，并严格落实。如发现因本项目实施造成的鸟类损害事件，应立即查明原因，予以纠正。

8.1.3 生态跟踪监测

8.1.3.1 生态环境监测概况

根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号）附件 2《项目用海生态保护修复实施方案编制指南》中“生态跟踪监测措施”的要求：监测范围与论证范围一致；跟踪监测站位的数量和位置，原则上与环境生态现状调查数量和位置保持一致；监测时间和频率，每年应开展不少于 1 次。因此，本项目在现状监测的基础上，依据自然资办函〔2022〕640 号）的要求，制定项目海洋生态环境跟踪监测计划。

（1）监测范围及站位布设

本报告采用了 2025 年春季和秋季的两次海洋生态环境调查成果，2025 年初秋两季监测站位布置相同，跟踪监测点位与 2025 年春秋两季调查方案一致，具体见本报告 3.2.5 节**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**。该调查方案共布设海水水质站位 24 个，沉积物站位 12 个，生物生态站位 15 个，渔业资源站位 15 个，生物体质量站位 15 个，以及潮间带断面 3 条。

建设单位在本项目施工期和运营期应委托具有相关资质的单位对工程区域海洋生态环境等进行跟踪监测。海洋环境跟踪监测应委托具备 CMA 计量认证资质的单位进行，技术要求按照有关环境监测规范的规定执行，并提交有效的跟踪监测计量认证（CMA）报告及调查评价报告。

（2）监测项目

水质调查项目：水温、pH 值、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、生化需氧量、无机氮（氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮）、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发性酚、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、镍、硒。

沉积物（含潮间带沉积物）调查项目：pH 值、粒度、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷。

生物体质量调查项目：铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

生物生态调查对象：叶绿素 a、浮游植物（水样、III网）、浮游动物（Ⅰ网、Ⅱ网）、大型底栖生物（定性、定量）、潮间带生物（定性、定量）。

渔业资源调查对象：鱼类浮游生物（定性、定量）、游泳动物。

（3）监测频次

水质：每年春季监测 1 次。监测月份与现状调查保持一致。

沉积物：每年春季监测 1 次。监测月份与现状调查保持一致。

生物生态：每年春季监测 1 次。监测月份与现状调查保持一致。

生物质量：每年春季监测 1 次。监测月份与现状调查保持一致。

渔业资源：每年春季监测 1 次。监测月份与现状调查保持一致。

（4）监测方法

采样、分析参照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）、《海洋监测规范》（GB17378-2007）等相关规范执行。

8.1.3.2 鸟情及其生境监测

为了解项目施工及运行期对区域鸟类种类组成、数量、栖息地生境及鸟类迁徙、觅食、繁殖等行为活动的影响，在项目施工期和运行期开展鸟情及其栖息地观测。

（1）监测样线布设

本报告采用了 2024 年冬季和 2025 年春季、夏季、秋季的鸟类调查成果，根据点位布置代表性，跟踪监测样线与现状调查方案一致，具体见本报告 3.2.8 节**错误!未找到引用源。**。该调查方案将调查区域分成陆域和海域 2 部分，其中陆域设置 8 条样线，分别标示为 LS1～LS8，海域设置 21 个样点，分别标示 HS1～HS21，两样线间距最少 2.5km。

（2）观测内容

①鸟类群落特征

包括项目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；风电场附近及近岸海缆沿程海域滩涂变化情况；鸟类适宜生境面积的变化等。

（3）观测方法与频率

采用样点法和样线法相结合的方法进行鸟类观测。海上风电场建设区域鸟类调研除了建设区域以外，还要包括周边外扩 8～10km 的范围。

施工期开展 1 年 4 个季度的观测；运营期每年选择候鸟迁徙季节开展一次。分析施工期、运行期鸟类的变化情况，开展风电场影响的后评估。

8.1.3.3 风电场区域地形、局部冲淤观测

为了解和掌握项目运行后风机墩柱局部冲刷、海缆所在滩面冲淤和风电场对周边海域的冲淤影响情况，并保证风机运行安全，要求在工程投运后对风电场海域海床冲淤状况进行调查监测。

（1）监测范围与内容

以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例按照 1:5000；2km～15km 的海域，测量比例按照 1:10000。

（2）监测频率和时间

在项目投运后首年监测 1 次，运行后第 5 年监测一次。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱、升压站基础、光伏板基础局部冲刷情况进行必要的加测。

8.1.3.4 水下噪声监测

为具体了解本项目风机水下噪声影响，在海上风电场施工期和运行期开展水下噪声监测。

（1）监测时间及布点

在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行水下噪声测量。监测控制站点 9 个，布设与 2025 年春季监测站位保持一致。

（2）监测项目

水下噪声：频带声压级 L_{pf}、噪声声压谱[密度]级 L_{ps}、声压的瞬时值（峰值声压 L_{peak}）。

（3）监测频率和时间

每年代表性季节监测 1 次。

8.1.3.5 电磁环境监测

为具体了解本项目海缆及风机运行产生的电磁场对海洋生物的影响，在海上风电场运行期开展电磁环境监测。

（1）监测时间及布点

在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行电磁场检测。监测控制站点 9 个，布设与 2025 年春季监测站位保持一致。

（2）监测内容

工频电场强度、工频磁场强度。

（3）监测频率和时间

每年代表性季节监测 1 次。

8.2 生态保护修复措施

本项目用海存在的主要生态问题是工程占用海域和施工悬浮物扩散造成的海洋生物资源损失，因此本项目应采取海洋生物资源恢复的修复措施将对海洋生物受损的影响降到最低。为了缓解和减轻项目建设对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》

（SC/T9110-2007）及《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T4423-2022）的有关规定，对项目附近海域的海洋生物资源进行补偿。本次主要提出海洋生物资源恢复相关措施。

本项目共造成生物资源损失为：潮间带生物和大型底栖生物 23.90 吨、鱼卵（折算成商品鱼苗）43.30 万尾、仔稚鱼（折算成商品鱼苗）294.46 万尾、鱼类 2.17 吨、甲壳类和头足类 0.91 吨、浮游动物 126.940 吨，生物资源损失价值共计 1501.4 万元。根据《江苏省建设项目用海控制指标》（苏自然资发〔2021〕45 号）中“生态建设经费按照生态损害程度科学计算，不低于海岸或海洋工程投资额累进计算值”的要求，本项目按照工程投资额累进计算的生态建设经费为 1400 万元。因此，本项目的生态建设经费为 1501.4 万元。

结合区域生态功能定位与环境特征，充分考虑项目建设造成的生态损害和资源占用等问题，制定有针对性的保护修复措施，提高工程邻近海域海洋生物数量，改善生物群落结构，促进海洋生态环境保护及修复。

本项目生态保护修复的重点为：岸线及湿地生态修复、生物资源恢复、生态补偿措施效果评估等。

9 海底电缆路由调查勘测成果

根据《自然资源部关于优化海底电缆管道路由调查勘测、铺设施工和海域使用审批的公告》（自然资源部，2025 年 7 月 16 日），海底电缆管道路由调查勘测相关结论纳入海域使用论证报告。本专章内容引用《华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）海底电缆路由调查勘测报告》（天津百世特海洋科技有限公司，2025 年 8 月），该报告已通过专家评审。

9.1 路由选址过程

2024 年 12 月 30 日，自然资源部发布了《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，提出沿海各地要统一规划、集中布置海上送出工程输电电缆通道和登陆点，充分利用已有电缆通道和登陆点布局新建项目。因此，本项目送出海缆路由方案和登陆点选择应充分考虑利用响水已建海上风电场送出廊道的可行性。

江苏省 2024 年新竞配海上风电项目公布后，江苏省发改委（能源局）会同多家单位，开展了 2024 年新竞配海上风电项目海陆协同规划专题研究。根据省发改委（能源局）《江苏省 2024 年新竞配海上风电项目海陆协同规划报告》，统一规划了新竞配项目海上送出工程输电电缆通道和登陆点。

2025 年 7 月 1 日，江苏省新能源开发股份有限公司在南京组织召开了《华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）海底电缆预选路由选择依据说明材料》评审会，并形成了专家组评审意见，同意报告推荐的海缆路由方案。

根据《选择依据说明材料》，为体现集约用海原则，需充分利用响水海域已有电缆通道和登陆点，同时，该报告结合响水沿岸的自然环境条件和沿海海洋开发活动现状调查，在对海洋管理部门和用海单位进行调访以及搜集分析沿海国土空间规划、江苏省“三区三线”划定成果和有关自然环境资料的基础上，参考响水海域已有电缆通道和登陆点、生态保护红线区位置以及本项目陆上集控中心站选址位置，该报告提出两个 220kV 预选路由方案（图 9-1～图 9-5）。

经方案比选，220kV 路由两个方案长度相差不大，在工程地质条件、海洋开发活动及区域规划符合性等方面基本一致，与海洋开发活动可协调。两个方案均在响水海堤外侧集中廊道内布设，方案一送出海缆路由位于江苏响水近海风电场送出海缆东侧，方案一送出海缆路由与已建江苏响水近海风电场 1 回送出海缆有

交越，但避开了海洋生态保护红线区；方案二送出海缆路由位于江苏响水近海风电场送出海缆西侧，与已建海缆无交越，但穿越了海洋生态保护红线区。自然资源部发布了《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》，提出沿海各地要统一规划、集中布置海上送出工程输电电缆通道和登陆点，充分利用已有电缆通道和登陆点布局新建项目，方案二利用廊道内海域空间布局风电场送出海缆，但穿越海洋生态保护区，方案一利用廊道内海域空间布局风电场送出海缆，局部偏移避开了海洋生态保护区。虽然方案一与响水已建风电场 1 回送出海缆有交越，但从避让海洋生态保护红线角度考虑，方案一有利，因此，方案一作为推荐方案（图 9-2）。

送出海缆主路由推荐方案：220kV 送出海缆自海上升压站向西南出线至拐点 AC1-10，继续向西南方向沿着四鳃鲈鱼种质资源保护区东南边界到达拐点 AC1-9（与保护区间距约 500m），往西绕开江苏响水近海风电场风机到达拐点 AC1-4（该段海缆路由与三峡 1 回送出海缆交越后位于其东侧），之后沿江苏响水近海风电场送出海缆向西南平行布设至拐点 AC1-3，继续沿开山岛（2）生态保护区东南边界（间距约 100m）向西南延伸至拐点 AC1-2 后继续沿江苏响水近海风电场送出海缆（间距约 60m）向西南平行布设，最终在响水东北已建海堤登陆（图 9-2 和图 9-3）。220kV 海缆路由采用 1 回三芯（$3\times1000mm^2$）方案，长度约 37.192km。

风电场区分支路由方案：本项目风电场区 66kV 海缆路由方案为 4 回 66kV 海缆路由。风电场区 66kV 海缆路由主要考虑两种预选方案，方案一没有考虑同向布置，各 66kV 回路连接至海上升压站路径最短；方案二风电场内集电电缆同向布置，与风机阵列平行布置，增加了风机间海域空间复合利用可行性。报告推荐方案二作为风电场区 66kV 预选路由，66kV 海缆路由总长约为 35.1km（图 9-7）。

略

图 9-1　220kV 送出海缆路由预选方案位置图

略

图 9-2　220kV 送出海缆路由方案（方案一）

略

图 9-3　220kV 送出海缆路由方案（方案一局部放大图）

略

图 9-4　220kV 送出海缆路由方案（方案二）

略

图 9-5　220kV 送出海缆路由方案（方案二局部放大图）

略

图 9-6　66kV 海缆长度最短方案（方案一）

略

图 9-7　66kV 海缆路由最集约方案（方案二）

9.2 调查勘测基本情况

9.2.1 勘察范围和内容

9.2.1.1 勘察范围

根据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB/T17502-2009）要求，本项目勘察范围沿海缆路由两侧各外扩 250m，如图 9-9 所示。本次勘察路由分为登陆段和海上段：

（1）登陆段：登陆段主要指海缆登陆点至陆上集控中心之间区段，测量范围以推荐路由为中心线，勘测走廊宽度为 500m（图 9-8）。向陆一侧自电缆登陆点向陆方向延伸 100m，向海一侧则沿着中心路由至潮间带，与海上测量衔接。

略

图 9-8　本项目海缆路由登陆段勘测范围示意图

（2）海上段：除登陆段外的其他路由区域，220kV 海缆路由勘测范围为以海缆路由为中心向两侧各外扩 250m 形成的廊带，勘测廊带宽约 500m。支路由勘测范围沿推荐支路由中心向两侧各外扩 250m，如为多条分支路由汇集海域，则在涵盖这些分支路由的基础上，最外侧路由往外扩 250m。

略

图 9-9　本项目海缆路由勘测范围示意图

9.2.1.2 勘察内容

本项目路由调查勘测的工作内容主要包括：

（1）路由区水深和海底地形；

（2）海底面状况以及自然的或人为的海底障碍物；

（3）海底浅部地层的结构特征、空间分布及其物理力学性质；

（4）底质取样及分析；

（5）已建海底管缆探测。

9.2.2 工作过程

项目实施过程可分为：前期准备、外业实测、内业整理、报告编写与成果提交四个阶段。

1）测量前的准备时间为 2025 年 6 月 19 日～2025 年 6 月 22 日，工作内容包括项目总体方案设计、调查船准备、人员设备动员。

2）外业实测时间为 2025 年 6 月 23 日～2025 年 7 月 25 日，工作内容包括外业踏勘、仪器安装与试验、野外调查勘测工作。

3）内业整理时间为 2025 年 7 月 26 日～2025 年 9 月 1 日，工作内容包括数据处理和分析、图件绘制。

4）报告编写与成果提交时间为 2025 年 8 月 20 日～2025 年 10 月 20 日，工作内容包括成果报告编写、成果提交和验收。

9.2.3 勘察仪器设备和船舶

9.2.3.1 调查船舶

海上调查租用“久协 999”，该船为钢质结构，船长 34m，宽 6m，吃水 2.1m，配备 10 人救生筏 2 只，救生圈 8 只，救生衣 15 件；配有 GPS、北斗导航、测深仪、AIS，起锚机和 1t 吊机。勘测船船员及现场专业人员具有有效岗位操作证书，船舶作业条件为 7 级风海况，长期在江苏东部沿海从事海上工程工作，适合近岸海域的调查。

略

图 9-10　调查船“久协 999”

略

图 9-11　设备安装示意图

9.2.3.2 调查仪器设备

本项目调查勘测使用的主要仪器设备见表 9-1。

表 9-1 主要设备配置表

略

9.2.4 调查方法及完成工作量

9.2.4.1 调查方法

（1）数学基础

1）坐标系：2000 国家大地坐标系；

2）投影：高斯投影：中央经度：120°E；

3）高程基准：1985 国家高程基准；

4）成图比例尺：路由综合图—水平比例尺 1:5000，220kV 和 66kV 路由区垂直比例尺 1:500（垂直比例尺用于浅地层剖面成图）。

成图格式：所有图件均为 AutoCAD 格式。

（2）导航定位

调查船导航定位采用中国南京创海的 K90 星站差分定位系统，同时具有定向功能。工作前，在已知控制点 GPS 进行了校对。

表 9-2　定位系统主要技术指标

<table>
<tr><td>规格型号</td><td>功能名称</td><td>性能指标</td></tr>
<tr><td>K90</td><td>平面定位精度</td><td>＜10 厘米</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>垂直定位精度</td><td>＜30 厘米</td></tr>
<tr><td>方位精度</td><td>0.02°（rms，5.0m 天线距）</td></tr>
</table>

导航软件为美国 Coastal Oceanography 公司的 HYPACK MAX6.0 版海洋综合测量软件，软件基于 WINDOWS 操作界面，功能丰富，是目前国际上较为完善的海洋测量软件包，具有准备、测量、处理、成果输出等多个模块，可以满足导航定位中的各种需要。在测量过程中，Hypack Max 可实时显示船舶位置坐标、船艏方位、速度、偏航状态及 GPS 接收卫星信号状态等情况，并为调查设备提供需要的注释同步信号，同时记录注释时间、坐标和事件号等信息。

每天作业结束，回放当天的导航数据和航迹线，检查有无漏测和数据质量不好的地方。如果有漏测和数据质量有问题，需要补测时，做出标注，制定补测计划航线，以备及时补测。

9.2.4.2 调查测线站位布设

根据相关规范及项目技术要求，本次路由调查包括登陆点测量、1:5000 水深地形测量、侧扫声呐全覆盖测量、浅地层剖面测量以及底质取样，测线布设方案如图 9-12 所示。

（1）地球物理勘测测线布设

地球物理测线主要包括水深测量、浅地层剖面探测、侧扫声呐扫海等探测方法的预设测量线路。

1）220kV 主路由：地球物理测线主测线布设沿路由轴线向左右两侧依次布设间距 50m、100m、100m 的测线各 3 条，计 7 条主测线，主测线长度约 260.3km。垂直主测线方向，间隔 1000m 布设检测线，共计 37 条，检测线总长约 18.5km。

2）66kV 主路由：地球物理测线主测线布设沿路由轴线向左右两侧依次布设间距 100m、150m 的测线各 2 条，共计 5 条主测线，4 条 66kV 集电海缆路由共计布设主测线 20 条，主测线长度约 136.0km。垂直主测线方向，间隔 1000m 布设检测线，共计 29 条，检测线总长约 17.3km。

3）对于海底管线探测，登陆段滩涂采用雷迪 8100 地下管线探测仪进行地下管线定位探测，海上使用浅地层剖面仪开展探测，测线垂直海底管线方向布设，长度不小于 200m，测线数量 60 条，测线长度约 12.0km。

地球物理测线总长为 444.1km。

（2）底质取样站位布设

沿路由走向每 1000m 布设 1 个站位，共布设 58 个站位。如遇地形地貌及地质条件复杂区，根据现场调查初步判断结果，对上述区域增加站位，进行加密取样调查。

测线布设如图 9-12～图 9-14。

略

图 9-12　地球物理勘测测线及站位布设总图

略

图 9-13　地球物理勘测测线及站位布设示意图（220kV 海缆路由区）

略

图 9-14　地球物理勘测测线及站位布设示意图（66kV 海缆路由区）

9.2.4.3 登陆段测量

由于 220kV 海缆登陆段滩阔水浅，调查船舶无法驶入。本项目使用大疆精灵 4RTK 无人机对潮间带及登陆点西侧陆地开展了航空摄影测量。作业在低潮时间段开展，确保航测数据与船舶测量数据的无缝衔接，其主要技术指标见表 9-3。

表 9-3　无人机测量设备及其主要技术指标

规格	图片	项目	技术指标
		信号模式	CORS

大疆精灵 4RTK 无人机系统		续航时间	55min
		实时 RTK 定位精度	水平 10mm+1ppm 垂直 15mm+1ppm

无人机数据采集与处理作业流程如图 9-15 所示

略

图 9-15　无人机摄影测量作业流程图

登陆段风电输电电缆路由利用雷迪 8100 地下管线探测仪探测电缆位置，雷迪 8100 地下管线探测仪是英国雷迪推出的一款多用途精确定位仪，主要用于定位地下管线的位置、路径，检测并精确定位地下管线绝缘故障，可以采用直连法、夹钳法、感应法等多种作业模式，能自动记录地下管线定位探测数据。具有灵敏度高、抗干扰能力强、操作简便等优点。确认电缆埋设位置后，利用 RTK 测量记录电缆坐标，后处理过程中使用 CASS 成图软件绘制电缆路由，其主要技术指标见表 9-4。

表 9-4　电缆管线测量设备及其主要技术指标

规格	图片	项目	技术指标
雷迪 8100 地下管线探测仪		工作频率	十三个主动频率
		定位精度	±5%
		测深范围	管线≤6 米，探头≤15 米
		测深精度	管线±5%公差（深度 0.1～3 米）

9.2.4.4 水深测量

水深数据是海洋工程设计和施工的基本信息之一，也是分析调查区地形冲刷变化的基础数据。工程采用了单波束测深仪对调查区水深地形进行测量。选用的仪器为 Odom 公司 Echotrac（DF3200MKIII）双频单波束测深仪。

测量时将测深仪输出的数字式水深信息以标准串口形式和数据采集计算机相连。同时船上 DGPS 接收机输出的定位数据也以标准串口形式和数据采集计算机相连。数据采集计算机同步采集水深数据与定位数据，测深仪同步进行模拟

记录，并由数据采集计算机的导航软件在模拟记录上同步进行打标。计算机水深采集记录至 0.1m，测深仪模拟记录读取精度为±0.1m。测深工作开始前，现场进行测深仪的动态试验。

表 9-5　双频回声测深仪技术指标

项目	技术指标	图片
工作频率	CH1:200kHz CH2:30kHz	
分辨率	0.01m	
工作水深	CH1:0.2～200m CH2:0.5～1500m	
测深精度	CH1:0.01m±0.1%×水深 CH2:0.10m±0.1%×水深	

（1）吃水改正

按测量时换能器的实际入水深度，调节测深仪的数字和模拟记录，使其吃水深度与换能器入水深度一致，实现换能器的吃水改正。在换能器安装完毕，正式开始测量工作之前，按正常测量航速走航试验，确定换能器入水深度。

（2）潮位观测及改正

为保证测深数据改正到统一的深度基准面上，同时考虑近岸水浅滩阔，无法保证潮周期内水位高度。为保证潮位观测站对测量范围潮汐特征的有效控制，本次勘测在测量期间布置两个临时潮位观测站，分别位于江苏响水近海风场内风机处及靠近本项目 H3-2#场址附近海底。测量期间，两站位同步开展潮位连续观测。

通过多个验潮站同步观测潮汐数据，将 1#、3#的高程（垂直基准）传递至 2#，以实现跨海域高程基准统一的技术手段。其核心在于利用潮汐现象的时空相关性，消除或削弱海水潮汐对高程测量的影响，确保海洋工程、测绘勘探等领域的垂直基准一致性。

1#高程利用 GPS-RTK 方法测量解析，然后利用同步验潮数据推算 2 号验潮点的 85 高程。

本项目采用 Valeport740 自容式水位计。

Valeport740 自容式水位计主要技术指标：

量程：10m

精度：±0.1%全量程

略

图 9-16　本次调查临时潮位站分布图

略

图 9-17　路由勘测期间 1#、2#潮位记录

（3）水深精度分析

根据《海底电缆管道路由勘察规范（GB/T175025-2009）》中对单波束水深测量结果的要求：

深度测量中误差：水深 20m 以浅不大于 0.2m，20m 以深不大于水深的 1%；

重合点（图上 1mm 以内）深度不符值限差：水深 20m 以浅不大于 0.4m，20m 以深不大于水深的 2%，超限点数不得超过参加比对总点数的 15%。

对本次水深测量结果（相邻距离≤5m）统计分析如下表 9-6。

表 9-6　水深比对分析统计结果

略

9.2.4.5 地貌探测

侧扫声呐技术是 20 世纪 60 年代发明并应用于海底形态测量，是识别海底地形的重要手段，它的工作原理与测深仪相同。传感器拖鱼在测量过程中拖在测量船后，通过电缆与船上记录系统连接。高频声波以狭窄波束、一定周期从拖鱼发射，并在一定角度范围内扫描（见图 9-18）。当声波接触到不同粗糙程度的海底时反射回强度不同的声波，并被传感器接收传输到记录系统，用图解记录下声波强度对时间的关系。随着走航，以灰度表示的声呐图像实际上是声谱图。当海底突起部分朝向传感器的一面表现为暗色，它的背面是声学阴影区，表现为白色（见图 9-18）。

调查仪器采样美国 Klein 公司的 Klein3000 数字式双频侧扫声呐。该仪器具有差频接收/斜距校正、目标图像缩放和目标测定与捕捉等功能。本次调查用 400kHz 高频进行扫测，在保证全面性的同时可大幅提高特殊地形及地物的分辨能力，为资料分析及处理提供了更全面的数据影像。

表 9-7　Klein3000 双频侧扫声呐系统

参数	指标	参数	指标
通道数	每侧 2 个（100kHz，500kHz）	波束角	水平 1°垂直 40°
量程	12.5～1000m 分 15 档	分辨率	优于 0.1m

略

图 9-18　侧扫声呐工作原理示意图

资料采集时可同时记录 JSF 格式和 XTF 格式的文件，其中 JSF 格式文件可用 Discover 软件进行回放和处理，XTF 格式文件为侧扫声呐国际较通用的格式，能被大多数第三方软件读取和处理，如 Triton Imaging 系列软件和 SonarWiz.MAP 软件等。

略

图 9-19　海床地形变化和声学影像图相对位置示意图

9.2.4.6 浅层剖面探测

采用浅地层剖面仪获得路由区地层的声学剖面资料，分析海床面以下地层的微层理的变化，分析地层的变化情况和分布。

海底地层剖面仪是一种利用声波脉冲在水中和水下沉积物内传播和反射的特征来探测海底地层结构的设备。其工作原理和测深仪工作原理相似，不同的地方是利用低频声波脉冲代替高频声波脉冲。低频脉冲在穿透海底沉积物时信号衰减较少，沉积层之间密度变化的界面将部分声波发射回来，形成反射界面，其反射强度取决于界面两边介质声阻抗的差。根据到达时间和反射的强度可以判断地层界面的深度和性质。

浅地层剖面测量根据不同的声波换能器震源，其穿透深度和分辨率不同。声波频率越高，分辨率也高，但是穿透深度就小。反之，声波频率越低，穿透深度越深，但地层的细微特征就很难分辨。

海底浅地层剖面探测采用美国 Benthos 公司的 CAP-6600 ChirpIII 浅地层剖面系统。

表 9-8　CAP-6600 ChirpIII 浅地层剖面系统

参数	指标	参数	指标

工作频率	2kHz～7kHz	工作水深	5～1000m
穿透深度	30～50m	分辨率	优于 0.1m

9.2.4.7 声速剖面测量

声速剖面测量采用中国海鹰公司的 HY1203 声速剖面仪，其主要技术指标见表 9-9。

表 9-9　声速剖面测量设备及其主要技术指标

项目	技术指标
测量范围	1400m-1600m
分辨率	0.01
测量精度	±0.2
深度范围	0-100m

9.2.4.8 潮位观测

潮位观测采用美国的 Valeport740 自容式验潮仪，其主要技术指标见表 9-10。

表 9-10　潮位观测设备及其主要技术指标

项　目	技术指标
最大深度	0-100m
压力精度	0.05%FS
采样间隔	1s～18h

9.2.4.9 底质调查

为了查明路由区海底底质类型，在工程地球物理调查和工程地质钻探的基础上，沿路由按距离间隔进行底质取样，其中 220kV 路由段按 1km 间隔取样，风电场区路由按 1.5km 间隔取样，遇有典型地层特征区域另行增加或调整站位。根据实际作业条件，采用重力柱状取样器或抓斗进行底质取样。

表 9-11　取样器主要技术指标

CR-I 型重力式柱状取样器		蚌式取样器	
样管长度	2.4m	开口面积	0.1m²
衬管长度	60cm	取样深度	0.2m
衬管内径	67mm	取样量	20km
最大重量	250kg	最大重量	10kg
			

本次调查完成了 58 个设计站位的取样工作，现场取样按先柱状样后表层样的原则进行。因路由区浅表层沉积物以砂质沉积为主，且多具有铁板沙的特征，柱状取样器无法贯入海底，经多次尝试柱状取样无果后，改为抓泥斗取样。因此，仅在地质类型为粉质黏土的 48、49、54 三个站位采集了 0.5～0.6m 的短柱状岩芯样品，其余站位均采用蚌式取样器采集了表层沉积物样品。海缆路由区实际取样站位坐标见表 9-12。

表 9-12　海缆路由区底质取样站位表

略

表 9-13　现场取样土工试验记录表

略

9.2.4.10 完成工作量

根据海底电缆路由的调查要求及海缆路由的自然环境条件，制定了路由调查的实施计划，实际调查作业中，受路由登陆段约 1.5km 水深条件限制，船舶无法驶入，潮间带段采用无人机航空摄影方式补充测量。测区内受渔网、风电设施的影响，局部区域测线未能按照设计测线施测，其余区域均按照设计测线完成测量；由于路由区内海底电缆可由浅地层剖面仪清晰揭示，故本次调查未开展磁力探测。实际完成工作量见表 9-14，航迹见图 9-20。

表 9-14 完成工作量一览表

略

略

图 9-20　调查勘测航迹图

9.3 路由区地质条件

9.3.1 区域地质构造

本项目路由区在构造单元划分上隶属扬子准地台苏北拗陷区中的盐阜凹陷，为深厚覆盖层区，区内断裂构造发育，断裂走向可分为北东向、北西向和近东西向 3 组。近场区主要断裂有 7 条：淮阴—响水口大断裂（①）、古河－渔业断裂（②）、盐城—南洋岸断裂（③）、串场河断裂（④）、苏北滨海断裂（⑤）、陈家堡—小海断裂（⑥）和邵店－桑墟断裂（⑧），其中对场地稳定性影响较大的主要活动断裂有苏北滨海断裂和古河－渔业断裂，其中苏北滨海断裂距场区最近。分述如下（图 9-21）。

苏北滨海断裂（⑤）：该断裂亦称“苏东沿海断裂”，位于南黄海海域向苏北陆地过渡的滨海地区，自废黄河口外向南东穿过双洋沙、东沙至毛竹沙西南，全长 170km 以上，沿断裂多处分布喜山期玄武岩，并错断多条北东东向断裂。断裂附近历史上发生过十次以上破坏性地震，其中中段活动性最强，曾发生过 2 次 6½和 3 次 5～5¾级破坏性地震。其中 1984 年发生的 6.2 级地震，上海及江苏、浙

江部分地区震感强烈。因此，该断裂为一条第四系活动断裂。根据区域地质资料，该断裂位于本项目路由区南侧约 10km。

古河—渔业断裂（②）：位于路由区南面约 50km。自阜宁县古河—新沟至滨海县蔡桥—渔业入黄海，长约 106km。走向 N55～60° E，倾向 SE，倾角 50° 。下盘（北西盘）自东北向西南分布着浦口组（K_{2p}）、泰州组（E_{1t}）、阜宁群（$E_{1-2}f_n$）、三垛组（E_{3s}），上盘（南东盘）为三垛组。为一正断层，断距 150～200m，基本上控制着阜宁凹陷下第三系的沉积。

淮阴—响水口大断裂（①）：位于路由区北部约 50km，向西延至皖北紫阳附近，与郯庐断裂斜接，向东由鲍集经龙集、淮阴、响水至燕尾港北侧入黄海，省内长 224km。走向 N35～45°E，倾向 SE，倾角 20～65°。沿断裂为一重力梯度密集带，西北侧广泛发育中元界及以下变质岩系，东南侧，中、新生界地层广泛发育，是苏北拗陷区的北界。

盐城—南洋岸断裂带（③）：位于盐阜凹陷的南侧，长约 60km，由平行发育的龙岗—苇鱼场断裂和张庄—李家杜断裂组成，总体走向 N55°E，倾向 NW，倾角 55°。该凹陷内新生界的沉积厚度达 4000m 以上，断裂形成于晚白垩世，主要活动在始新世末，具有边断边沉积的特点，表现为第三系断距在 3000m 以上，根据《南黄海地震区划》专题研究中的人工地震资料，断层断至第四系。历史上在盐城、大丰一带曾多次发生 4¾级地震，近代仪器记录，沿断裂多次发生过 3.5 级至 5.1 级地震。该断裂推测为第四系活动断裂，距路由区约 60km。

略

图 9-21　区域构造地质背景图

9.3.2 地震活动性

根据《中国海岸带灾害地质特征及评价》，路由区位于华北地震区的东南部的长江下游—黄海地震带上，该地震带为中强地震活动带，其西侧为郯庐地震带，南侧与华南地震区的长江中游地震带相接（见图 9-22）。

据资料统计，自公元 288 年以来，该带共记载 Ms6～6.9 级地震 14 次，7 级地震 1 次，即 1846 年南黄海 7 级地震。地震活动的空间分布不均匀，总体呈海强陆弱的分布特点，且具有较好的重复性。中强地震较集中地分布在南黄海海域，其中 6 级以上地震就达 10 次之多。重复性地震除主要分布在南黄海海域外，苏

北沿海地区也有分布，经统计，可视为同一构造部位或原地重复发生的地震所占比例约 54.5%。

路由区 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度为 0.05g，相当于地震烈度为VI度。

略

图 9-22　区域地震震中及地震动峰值加速度区划（引自《中国海岸带灾害地质特征及评价》）

9.3.3 登陆点地理位置及周边环境条件

9.3.3.1 登陆点地理位置

《自然资源部关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》提出，要充分利用已有电缆通道和登陆点布局新建项目。本项目 1 回 220kV 海缆路由登陆点 DTLP 位于已建江苏响水近海风电场登陆点东侧约 14m，登陆点坐标位置见表 9-15 和图 9-23。

图 9-23　登陆点地理位置示意图

表 9-15　路由登陆点坐标（CGCS2000 ）

登陆点	北纬	东经	备注
XSLP	34°27′13.277″N	119°53′27.360″E	响水县灌河南侧响水已建海堤，位于已建海缆登陆点东侧相距约 14m

9.3.3.2 登陆点周边环境

响水县主海堤北起陈家港镇一号哨所，南至中山河闸，全长 35.1km。1998 年至今，响水县对境内海堤进行达标建设，防潮标准为 50 年一遇高潮位。本项目 220kV 海缆路由登陆点均位于响水县主海堤上。

登陆点陆上西南侧为江苏响水近海风电场陆上集控中心，距离约 125m。登陆点西北侧为江苏响水中国三峡 12.5MW 实验风机项目 T3、T4、T5 风机，距离分别为 137m，1.2km，1.3km。

登陆点西北侧 T3 和 T4 风机之间海域建设有响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程。该修复工程海域使用权人为江苏响水港集团有限公司，项目性质为公益性。工程整治修复海岸线长 2.0km，主要建设内容为：木栈道面积约 10200m^2，廊架面积约 75m^2，管理用房及卫生间约 100m^2，道路面积约 6500m^2。

登陆点东南侧为养殖用海，主要是围塘养殖用海。本项目 220kV 海缆路由在登陆段处穿越一宗养殖用海，海域使用权人为响水城市资产投资控股集团有限公司（使用权已过期），用海类型为围海养殖用海，用海面积为 3.9579 公顷。

海缆入海后穿越围海养殖池塘，交越长度约 200m。海缆与养殖池塘东北边界交越，交越处围堰顶面高约 3.0m，宽约 5.0m。

养殖池塘外侧为开阔的潮滩，滩面整体平缓，呈近水平状态，低潮可大面积出露，底质类型以粉土为主。需要注意的是，在距离养殖池塘围堰 10～40m 范围内发育不规则冲刷带，冲刷带边界形态破碎，具有冲刷侵蚀的特征。

总体来说，登陆点周边开发活动相对简单，但登陆点处为标准海堤，前沿有当地渔民养殖用海，江苏响水中国三峡 12.5MW 实验风机项目 T3、T4、T5 风机和响水县海岸线整治修复景观化亲海构建工程，1 回 220kV 海缆登陆拟采用定向钻的方式登陆，项目建设需明确施工对周边开发活动的影响程度和施工时间。

略

图 9-24　登陆点位置及现状正射影像

略

图 9-25　登陆点附近地形地貌图

略

图 9-26　登陆点周边环境鸟瞰

9.3.4 海底地形与地貌特征

9.3.4.1 地貌特征

依据地貌成因形态，路由区地貌分为滨海三角洲平原、潮滩和废黄河水下三角洲三个地貌单元。

滨海沿岸向海发育粉砂质潮滩，滩面平坦宽广，由于潮流、波浪的侵蚀作用，区域内高潮滩和中潮滩都被侵蚀消失，仅在人工海岸前沿局部区域残留小面积的高滩或顺岸土堆，而平坦的低潮滩广泛发育，宽度在 1～3km 左右。

本项目路由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。

为查明路由区范围内的微地貌类型及分布，本次海底地貌探测采用 Klein3000 双频侧扫声呐，通过对侧扫声呐图像的处理、分析和解释，并结合水深测量、浅地层剖面探测及底质取样结果，本工程区域海底地貌类型主要有：强反射区、冲刷槽、液化扰动区，海底面状况分布有海底电缆、渔业养殖网桩、人工构筑物等。

略

图 9-27　路由区附近海底地貌图（依据《渤海黄海东海海洋图集－地质地球物理》）

9.3.4.2 路由区实测地形地貌

为便于建设、施工及相关单位清晰、一致地理解报告内容，本报告自本节之后的所有路由位置和里程（KP）描述，将统一基于勘察路由（推荐路由）进行标注，KP 起点为本项目登陆点（KP0.0），终点为升压站（KP37.2）。此里程参照规则贯穿于本报告的所有附图、数据表及文字描述中。

本工程位于江苏省盐城市响水县东侧海域，结合周边区域水深地形条件及本

次测量水深地形特征，220kV 路由长约 37.192km，由陆向海依次穿越岸坡区、潮流通道区、沙脊区。

岸坡区：自 220kV 海缆路由登陆点至 KP16.0 的区域，水深由登陆点附近的 1.0m（不包括海堤、围堰等人工构筑物）向海缓慢加深，至 KP16.0 处，水深增大至 10.0m 左右。该区域地形整体平缓，坡度不足 0.05°，呈近水平状态。其中，在 KP11.0～KP13.0 之间，江苏响水近海风电场场址西北侧三台风机及海上升压站位于本次勘测范围内，风机及升压站周边海床存在局部冲刷导致其周边地形发生局部加深的情形。

潮流通道区：220kV 海缆路由 KP16.0 至 KP28.6 之间的区域，该区域水深介于 10.0m～16.8m 之间。断面形态呈较规则的阔“U”字型，近陆侧边坡坡度略大，约 0.25°，向海侧边坡坡度较小，约 0.06°，通道底部水深整体大于 16.0m，地形平坦，呈水平状态，为本次路由勘测范围内水深最大的区域。

沙脊区：220kV 海缆路由 KP28.6 至场址区之间的区域。该区域水深变化不大，介于 14.0m～15.5m 之间，地形平坦。场址区东部自水深 14.0m 向东，水深缓慢增大，但坡度总体仍小于 0.05°。

66kV 海缆路由所在风电场区整体位于沙脊区东部，属南黄海滨海相沉积地貌单元，实测高程为-16.27m～-13.84m（1985 国家高程基准），海底地形较平坦，风电场西南部略高，东北侧略低。 II、III 路由区范围内自然发育两处侵蚀洼地，建议在此两处区域适当增大海缆埋设深度，降低侵蚀洼地未来进一步发育对海缆运营期的影响。

略

图 9-28　路由区水深地形单元分布示意图

略

图 9-29　KP0.25～KP11.0 区间地形剖面图

略

图 9-30　KP11.0～KP14.0 区间地形剖面图

略

图 9-31　江苏响水近海风电场场址已建风机及升压站导致的冲刷槽平面位置示意图（KP11.0～KP14.0 区间）

略

图 9-32　KP14.0～KP29.0 区间地形剖面图

略

图 9-33　集电海缆 I 路由中心测线地形剖面图（左侧为海上升压站，下同）

略

图 9-34　集电海缆 II 路由中心测线地形剖面图

略

图 9-35　集电海缆 II 路由区内侵蚀洼地平面分布特征示意图

略

图 9-36　集电海缆 III 路由中心测线地形剖面图

略

图 9-37　集电海缆 III 路由区内侵蚀洼地平面分布特征示意图

略

图 9-38　集电海缆 IV 路由中心测线地形剖面图

略

图 9-39　海缆路由勘测范围内地形图（1985 国家高程基准，下同）

略

图 9-40　海缆路由勘测范围内地形透视图

9.3.5 海底底质特征

根据表层采样、侧扫声呐和浅地层剖面探测结果，本工程主干路由区近岸段以粉砂为主；KP9.1 以东以粉土为主；风电场区底质以粉土为主。在部分沟槽或水动力较强的区域以粉质黏土为主，海底底质适合海缆电缆铺设。

（1）粉砂

主要分布于 220kV 路由区 KP1.2～KP9.1 之间水深小于 6.0m 的区域以及第 26 号站位。根据浅地层剖面探测结果，这一区域对应 A1 亚层序，为液化扰动区。

（2）粉土

主要分布于 220kV 路由登陆点～KP1.2 及 KP9.1 以东至场址区的范围内。

（3）粉质黏土

48 号、49 号以及 52～55 号站位为粉质黏土。推测上述站位为海床表层沉积物在波浪、潮流作用下的局部富集所致。

略

图 9-41　底质取样实际站位示意图

略

图 9-42　路由区底质类型分布示意图

9.3.6 工程地质特征

9.3.6.1 地基土的构成与特征

本节内容引用华东勘测设计研究院有限公司《华润响水 H3-2#海上风电场项目（30 万 kW）可行性研究报告》《江苏响水海上风电场一期（近海）工程可行性研究报告》和《江苏响水近海风电场陆上集控中心工程地质勘察报告》。工程地质中本项目 H3-2#响水风电场区地质钻孔成果 5 站位，同时参考了三峡响水 H3-1#风电场地质钻孔资料。

根据钻孔揭露的地层结构、岩性特征、埋藏条件及物理力学性质，结合室内土工试验成果和区域地质资料，勘探深度内（最大勘探深度 103.20m，对应高程 -113.10m）均为第四系沉积物，共分为 8 个大层和 18 个亚层和 1 个夹层，其中上部①～③层为第四系全新统（Q_4）冲海相粉土、粉砂，下部为晚更新世（Q_3^2）陆相、滨海相沉积物。

现自上而下分述如下：

①-1 层粉土：浅灰黄色，很湿，稍密，夹薄层粘土和少量粉砂，含少量贝壳碎屑及腐殖质。静探锥尖阻力 qc=5.64MPa，静探侧摩阻力 fs=72.7kPa。该层大部分分布，层顶标高-15.40～-14.10m，层厚 0.60～2.60m。

①-2 层淤泥质粉质粘土夹粉土：浅灰黄色，流塑，夹少量粉砂，含少量贝壳碎屑。静探锥尖阻力 qc=1.02～1.12MPa，平均值 1.07MPa；静探侧摩阻力 fs=10.4～36.0kPa，平均值 23.2kPa。该层全场分布，层顶埋深 0.00～2.60m，层顶标高-17.50～-15.30m，层厚 1.40～10.00m。

①-3 层粉土夹粉砂：浅灰黄、灰色，很湿，稍密，夹少量薄层粘土，局部粘土含量较高，含云母及少量贝壳碎屑，局部含结核，砾径 0.5～4cm。静探锥尖阻力 qc=3.18～7.76MPa，平均值 5.47MPa；静探侧摩阻力 fs=33.4～91.2kPa，平均值 62.3kPa。标贯实测锤击数 N=9～14 击/30cm，平均值 10.5 击/30cm。该层全场分布，层顶埋深 2.80～10.00m，层顶标高-25.30～-16.90m，层厚 2.10～6.30m。

①-4 层粉质粘土：灰黄色，可塑，夹粉土，局部含结核，砾径 0.5～1cm，局部达 5cm。静探锥尖阻力 qc=3.27MPa，静探侧摩阻力 fs=79.3kPa。标贯实测锤击数 N=8～16 击/30cm，平均值 10.1 击/30cm。该层部分分布，层顶埋深 5.00～13.50m，层顶标高-28.80～-19.10m，层厚 1.00～4.70m。

②-1 层粉砂夹粉土：灰、灰黄色，饱和，稍密～中密，局部以粉土为主，夹少量薄层粘土，含云母，局部含结核，砾径 0.5～1cm。静探锥尖阻力 qc=8.17～13.85MPa，平均值 11.01MPa；静探侧摩阻力 fs=88.9～128.2kPa，平均值 108.5kPa。标贯实测锤击数 N=13～21 击/30cm，平均值 18.0 击/30cm。该层全场分布，层顶埋深 9.70～15.20m，层顶标高-30.60～-23.80m，层厚 1.90～9.60m。

②-2 层粉质粘土：浅灰色，软塑为主，局部流塑，夹薄层粉土，局部夹粉砂，含腐殖质、有机质。静探锥尖阻力 qc=2.42MPa，静探侧摩阻力 fs=52.0kPa。标贯实测锤击数 N=2～6 击/30cm，平均值 3.7 击/30cm。该层大部分分布，层顶埋深 17.00～20.20m，层顶标高-35.30～-32.30m，层厚 1.00～14.30m。

②-夹层粉砂：灰色，饱和，密实，含云母。静探锥尖阻力 qc=19.00MPa，静探侧摩阻力 fs=142.8kPa。该层局部分布，层顶埋深 18.60～19.00m，层顶标高-34.30～-33.90m，层厚 1.00～1.20m。

③-1 层粉砂：灰色，饱和，中密为主，局部密实，局部夹少量薄层粘性土，含云母。静探锥尖阻力 qc=31.07MPa，静探侧摩阻力 fs=275.3kPa。标贯实测锤击数 N=19 击/30cm。该层局部分布，层顶埋深 12.00～31.00m，层顶标高-45.10～-26.20m，层厚 3.20～17.60m。

略

图 9-43　H3-2#风电场区地质钻孔分布图

略

图 9-44　H3-1#风电场区地质钻孔分布图

略

图 9-45　H3-2#风电场区 JT01 和 JT02 地质钻孔柱状图

略

图 9-46　H3-2#风电场区 SZK01 和 ZK01 地质钻孔柱状图

略

图 9-47　H3-2#风电场区 ZK02 和 ZK03 地质钻孔柱状图

略

图 9-48　华润响水 H3-2#海上风电场工程地质剖面图

略

图 9-49　三峡响水 H3-1#海上风电场工程地质剖面图

略

图 9-50　登陆点西侧江苏响水近海风电场陆上集控中心工程地质剖面图

9.3.7 浅地层特征分析

9.3.7.1 220kV 海底电缆路由浅地层剖面特征

根据本次调查所获得的浅地层剖面资料，结合取样结果、附近区域钻孔资料和区域背景资料对比综合分析，以及反射波的振幅、频率、相位、连续性和波组组合关系等，自海底向下依次划分出 3 个清晰的声学反射界面，并分别命名为 R_0、R_1、R_2，其中 R_0 为海底面。依据这些声阻抗界面将海底地层自上而下划分为层序 A、层序 B、层序 C 共 3 个层序，其中，根据声学反射特征及沉积类型层序 A 又细分为层序 A_1、A_2 两个亚层。各层声学特征分析如下：

（1）层序 A 及反射界面 R_0（海底）和 R_1

反射界面 R_0：为一连续的强反射能量界面，与海底面空间分布趋势总体一致。该界面平缓，近岸区域受冲刷槽等地貌单元的控制略有起伏，坡度极小，呈近水平状态。该界面整体表现为近岸浅、离岸逐渐增大的趋势，最深处为路由中部的潮汐通道区，标高为-16.7m。

反射界面 R_{1-1}：为一中等反射强度的界面，空间上界面不连续，但可追踪，该反射界面对下伏地层多侵入下部地层。该界面主要发育于 KP1.5～KP14.8、KP32.2～KP32.9、KP33.8～升压站区间段。垂向上，该界面形态不规则，起伏较大，最大埋深 6.3m，平均埋深 2.3m。

略

图 9-51 反射界面 R_{1-1} 典型记录（KP3.5～KP6.0）

层序 A_1：位于反射界面 R_0 和 R_{1-1} 之间，为路由区内最年轻的地层。根据浅地层剖面特征，该层上部在局部区域呈无层理的声学透明层。该层在勘测范围内发育较广泛。结合区域地质背景条件，推测该层为原始地层在当前波浪、潮流，尤其极端气象条件的作用下地层发生液化，从而导致该亚层序的发育。

反射界面 R_1：为一中等反射强度的界面，界面连续，易追踪。垂向上，该界面平缓，坡度极小，近水平状态，与海底面 R_0 走势基本一致，埋深介于 2.6～9.0m 之间，平均埋深 5.1m。

序层序 A_2：位于反射界面 R_{1-1}、R_0 和 R1 之间，为路由区内最年轻的地层。该层在勘测范围内广泛发育。该层层内反射整体以高频率、类平行层理为主，反射能量强。该层与下伏地层总体呈平行不整合接触，在路由近场址区域（KP32.2～

海上升压站）与下伏地层呈角度不整合接触，具有顶超的特征。

220kV 路由区勘测范围内层序 A 厚度介于 2.6～9.0m 之间，平均厚度 5.1m。在该段路由区内 37 个站位的底质取样结果表明，底质类型以粉砂、粉土为主。粉砂主要分布于登陆点～KP16.2 之间、水深小于 12.0m 的区域，这一区域与 A_1 亚层序发育范围一致。220kV 路由区其他区域底质类型皆为粉土。路由区内表层沉积物力学强度较高，重力取样器无法获取岩芯样品，采用蚌式取样采集了表层样品。

综合浅地层剖面反射特征以及地质取样结果分析，该套地层沉积物以粉土、粉砂等粗粒沉积为主，且具有河口三角洲海域常见的“铁板沙”特征。此类沉积物具有较强的触变性，易于海缆冲沟埋设。同时，根据该层厚度分布特征分析，海缆埋设主要位于该套沉积内，鉴于 A_1 亚层序具有较典型的液化扰动痕迹，建议海缆设计时充分考虑未来浅表层沉积物发生液化对海缆埋藏状态的影响。

（2）层序 B 及反射界面 R_2

反射界面 R_2：为一中等能量的反射界面，连续性较好，可连续追踪，该界面埋深介于 5.6～18.9m，平均埋深 10.8m。该界面在垂向上多有起伏，为一典型的侵蚀不整合面。

序层序 B：位于反射界面 R1、R2 之间的地层。该层序在路由区内分布较广泛。以 KP17.5 为界限，该层内部反射结构存在明显差异，界限以西中等频率的平行层理为主，呈近水平状态，界限以东以低频类平行层理以及斜层理为主，反射能量较弱，斜层理视倾向为 SW 方向，即具有由海向陆加积的特征。该层厚度介于 2.4～10.0m 之间，平均厚度 5.8m。

本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为淤泥质粉质粘土夹粉土层。

（3）层序 C

为位于反射界面 R2 以下的地层。层内呈透明状态，无反射层理。本次浅地层剖面探测未能揭穿该层。

本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为以砂质沉积为主。

略

图 9-52　220kV 海缆路由中心测线浅地层剖面图（KP1.4～KP17.0，登陆点至 KP1.4 区间为潮滩区）

略

图 9-53　220kV 海缆路由中心测线浅地层剖面图（KP17.0～海上升压站）

9.3.7.2 风电场区 66kV 海缆路由浅地层剖面特征

根据本次调查所获得的浅地层剖面资料，结合取样结果、钻孔资料和区域背景资料对比综合分析，以及反射波的振幅、频率、相位、连续性和波组组合关系等，自海底向下依次划分出 3 个清晰的声学反射界面，并分别命名为 R_0、R_1、R_2，其中 R_0 为海底面。依据这些声阻抗界面将海底地层自上而下划分为层序 A、层序 B、层序 C 共 3 个层序。各层声学特征分析如下：

（1）集电线路 I 路由（66kV-1 回路）

1）反射界面 R_0、R_1 及层序 A

反射界面 R_0：为一连续的强反射能量界面，与海底面空间分布趋势一致。该界面平缓，坡度极小，呈近水平状态。标高介于-15.1～-13.9m 之间。

反射界面 R_1：为一中等反射强度的界面，界面连续，易追踪。垂向上，该界面平缓，坡度极小，近水平状态，与海底面 R_0 走势基本一致，埋深介于 3.7m～5.1m 之间，平均埋深 4.2m。

层序 A：位于反射界面 R_{1-1}、R_0 和 R_1 之间，为路由区内最年轻的地层。该层在勘测范围内广泛发育。该层层内反射整体以中等频率、类平行层理为主，反射能量强。该层与下伏地层总体呈平行不整合接触，在路由近场址区域（海上升压站～KP4.5）与下伏地层呈角度不整合接触，具有顶超的特征。

综合浅地层剖面反射特征以及地质取样结果分析，层序 A 地层沉积物以粉土为主，易于海缆冲沟埋设。需要注意的是，此类沉积物具有较强的触变性，在波浪、潮流等动力条件的扰动作用下易于发生液化，这与部分区间段浅地层剖面记录的声学透明层现象较吻合。

2）层序 B 及反射界面 R_2

反射界面 R_2：为一中等能量的反射界面，连续性较好，可连续追踪，该界面埋深介于 7.4～12.0m，平均埋深 9.9m。该界面在垂向上多有起伏，为一典型的侵蚀不整合面。

层序 B：位于反射界面 R_1、R_2 之间的地层。该层序在路由区内分布较广泛。

以 KP4.5 为界限，该层内部反射结构存在明显差异，界限以西以低频类平行层理以及斜层理为主，反射能量较弱，斜层理视倾向为 SW 方向，即具有由海向陆加积的特征，界限以东以中等频率的平行层理为主，呈近水平状态。该层厚度介于 3.6～8.3m 之间，平均厚度 5.6m。

本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为淤泥质粉质粘土夹粉土层。

3）层序 C

为位于反射界面 R_2 以下的地层。层内呈透明状态，无反射层理。本次浅地层剖面探测未能揭穿该层。

层序 C 地层沉积物：本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为以砂质沉积为主。

（2）集电线路 II 路由（66kV-2 回路）

1）反射界面 R_0、R_1 序及层序 A

面反射界面 R_0：为一连续的强反射能量界面，与海底面空间分布趋势一致。该界面平缓，坡度极小，呈近水平状态。标高介于-14.0～-15.4m 之间。

面反射界面 R_1：为一中等反射强度的界面，界面连续，易追踪。垂向上，该界面平缓，坡度极小，近水平状态，与海底面 R_0 走势基本一致，埋深介于 3.5～5.7m 之间，平均埋深 4.4m。

层序 A：位于反射界面 R_0 和 R_1 之间，为路由区内最年轻的地层。该层在勘测范围内广泛发育。该层层内反射整体以中等频率、类平行层理为主，反射能量强。该层与下伏地层总体呈平行不整合接触，在路由近场址区域（海上升压站～KP2.7）与下伏地层呈角度不整合接触，具有顶超的特征。

综合浅地层剖面反射特征以及地质取样结果分析，层序 A 地层沉积物以粉土为主，易于海缆冲沟埋设。需要注意的是，此类沉积物具有较强的触变性，在波浪、潮流等动力条件的扰动作用下易于发生液化，这与部分区间段浅地层剖面记录的声学透明层现象较吻合。

2）层序 B 及反射界面 R_2

面反射界面 R_2：为一中等能量的反射界面，连续性较好，可连续追踪，该界面埋深介于 7.5～12.5m，平均埋深 9.8m。该界面在垂向上多有起伏，为一典型

的侵蚀不整合面。

层序 B：位于反射界面 R_1、R_2 之间的地层。该层序在路由区内分布较广泛。以 KP2.7 为界限，该层内部反射结构存在明显差异，界限以西以低频类平行层理以及斜层理为主，反射能量较弱，斜层理视倾向为 SW 方向，即具有由海向陆加积的特征，界限以东以中等频率的平行层理为主，呈近水平状态。该层厚度介于 3.1～8.0m 之间，平均厚度 5.4m。

本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为淤泥质粉质粘土夹粉土层。

3）层序 C

为位于反射界面 R2 以下的地层。层内呈透明状态，无反射层理。本次浅地层剖面探测未能揭穿该层。

层序 C 地层沉积物：本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为以砂质沉积为主。

（3）集电线路 III 路由（66kV-3 回路）

1）反射界面 R_0、R_1 序及层序 A

反射界面 R_0：为一连续的强反射能量界面，与海底面空间分布趋势一致。该界面平缓，坡度极小，呈近水平状态。标高介于-14.0～-15.5m 之间。

反射界面 R_1：为一中等反射强度的界面，界面连续，易追踪。垂向上，该界面平缓，坡度极小，近水平状态，与海底面 R_0 走势基本一致，埋深介于 3.7～4.8m 之间，平均埋深 4.3m。

层序 A：位于反射界面 R_0 和 R_1 之间，为路由区内最年轻的地层。该层在勘测范围内广泛发育。该层层内反射整体以中等频率、类平行层理为主，反射能量强。该层在路由近场址区域（海上升压站～KP2.7）与下伏地层呈角度不整合接触，具有顶超沉积特征。

综合浅地层剖面反射特征以及地质取样结果分析，层序 A 地层沉积物以粉土为主，易于海缆冲沟埋设。底质取样结果显示，该路由末段 T23 风机位至末端 T28 风机位区间沉积物相变为粉质黏土。

2）层序 B 及反射界面 R_2

反射界面 R_2：为一中等能量的反射界面，连续性较好，可连续追踪，该界面

埋深介于 7.6～12.7m，平均埋深 10.1m。该界面在垂向上多有起伏，为一典型的侵蚀不整合面。

层序 B：位于反射界面 R_1、R_2 之间的地层。该层序在路由区内分布较广泛。该层内部反射结构以低频类平行层理以及斜层理为主，反射能量较弱。在不同的路由段，视倾向有差异，综合判断，区域内斜层理倾向为 SN 方向，即具有由海向陆加积的特征，推测为水下三角洲前缘沉积。该层厚度介于 3.6～8.4m 之间，平均厚度 5.7m。

本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为淤泥质粉质粘土夹粉土层。

3）层序 C

为位于反射界面 R_2 以下的地层。层内呈透明状态，无反射层理。本次浅地层剖面探测未能揭穿该层。

层序 C 地层沉积物：本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为以砂质沉积为主。

（4）集电线路 IV 路由（66kV-4 回路）

1）反射界面 R_0、R_1 序及层序 A

反射界面 R_0：为一连续的强反射能量界面，与海底面空间分布趋势一致。该界面平缓，坡度极小，呈近水平状态。标高介于-14.0～-15.0m 之间。

反射界面 R_1：为一中等反射强度的界面，界面连续，易追踪。垂向上，该界面平缓，坡度极小，近水平状态，与海底面 R_0 走势基本一致，埋深介于 3.7～5.3m 之间，平均埋深 4.4m。

层序 A：位于反射界面 R_0 和 R_1 之间，为路由区内最年轻的地层。该层在勘测范围内广泛发育。该层层内反射整体以中等频率、类平行层理为主，反射能量强。该层与下伏地层总体呈平行不整合接触，具有顶超沉积特征。

综合浅地层剖面反射特征以及地质取样结果分析，层序 A 地层沉积物以粉土为主，易于海缆冲沟埋设。底质取样结果显示，该路由末段 T25 风机位至末端 T27 风机位区间沉积物相变为粉质黏土。

2）层序 B 及反射界面 R_2

面反射界面 R_2：为一中等能量的反射界面，连续性较好，可连续追踪，该

界面埋深介于 7.6～11.6m，平均埋深 10.5m。该界面在垂向上多有起伏，为一典型的侵蚀不整合面。

序层序 B：位于反射界面 R_1、R_2 之间的地层。该层序在路由区内分布较广泛。该层内部反射结构以低频类平行层理以及斜层理为主，反射能量较弱。在不同的路由段，视倾向有差异，综合判断，区域内斜层理倾向为 SN 方向，即具有由海向陆加积的特征，推测为水下三角洲前缘沉积。该层厚度介于 3.9～7.4m 之间，平均厚度 6.1m。

本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为淤泥质粉质粘土夹粉土层。

3）层序 C

为位于反射界面 R_2 以下的地层。层内呈透明状态，无反射层理。本次浅地层剖面探测未能揭穿该层。

层序 C 地层沉积物：本次底质取样未能揭示该层，根据浅地层剖面反射特征及场址区勘察成果，推测该层岩性为以砂质沉积为主。

略

图 9-54　66kV 海缆路由中心测线浅地层剖面图（I 路由）

略

图 9-55　66kV 海缆路由中心测线浅地层剖面图（II 路由）

略

图 9-56　66kV 海缆路由中心测线浅地层剖面图（III 路由）

略

图 9-57　66kV 海缆路由中心测线浅地层剖面图（IV 路由）

9.3.8 已建海底管线探测结果

根据区域内资料收集及侧扫声呐、海缆探测仪、浅地层剖面探测结果，路由区内存在海底电缆主要为江苏响水近海风电项目已建的海底电缆。

侧扫声呐揭示了裸露于海床的海底电缆，主要分布于风机、升压站周边。

略

图 9-58　江苏响水近海风电项目已建海缆位置示意图

9.3.8.1 已建海缆平面分布特征

本次海缆探测结果显示，位于路由区内的电缆主要为江苏响水近海风电项目

220kV 送出海缆以及场址内集电海缆。海缆与本项目路由位置整体距离较近，根据位置关系分段描述如下。

（1）登陆点～KP1.0：已建海缆位于项目路由西北侧，已建海缆与本项目路由并行长约 1km，间距介于 13～20m 之间，水深介于 0～0.9m 之间，平均水深 0.2m。

略

图 9-59　已建海缆与本项目位置关系示意图（登陆点～KP1.0）

（2）KP1.0～KP3.7：已建海缆位于项目路由西北侧，已建海缆与本项目路由整体并行，长约 2.7km，间距介于 20～68m 之间，水深介于 0.7～3.1m 之间，平均水深 1.9m。

略

图 9-60　已建海缆与本项目位置关系示意图（KP1.0～KP3.7）

（3）KP3.7～KP6.8：已建海缆位于项目路由西北侧，长约 3.1km，为避开生态保护红线区，该区间内距离路由较远，间距介于 30～388m 之间，水深介于 2.9～5.1m 之间，平均水深 4.0m。

略

图 9-61　已建海缆与本项目位置关系示意图（KP3.7～KP6.8）

（4）KP6.8～KP11.4：已建海缆位于项目路由西北侧，已建海缆与本项目路由整体并行，长约 4.6km，间距介于 19～55m 之间，水深介于 5.0～9.4m 之间，平均水深 6.4m。

侧扫声呐扫测结果显示，KP10.98～KP11.02 区间存在典型的线状反射，其位置与江苏响水近海风电场 220kV 送出海缆位置高度吻合。整体反射特征具有较典型的沟槽反射特征，KP11.02 处具有较强的线状物反射特征，由此推测，KP11.02 西北侧约 30.0m 处为长约 4.0m 的裸露海缆，其余声呐反射区域为海缆施工产生的挖沟痕迹，且该区间海缆埋深较浅。

略

图 9-62　已建海缆与本项目位置关系示意图（KP6.7～KP11.4）

（5）KP11.4～KP13.7：该区间为本项目路由绕行已建江苏响水近海风电场。已建海缆整体位于项目路由东南侧，已建海缆与本项目路由整体并行，长约

2.3km，该区段为避开风电场已建风机和海上升压站，与已建 220kV 送出海缆在 KP11.5 处存在一处交越，与风电场区已建 35kV 集电线间距较远，间距介于 76m～175m 之间，水深介于 8.1～9.8m 之间，平均水深 8.5m。

需要注意的是，已建海缆与本项目路由在 KP11.5 处交越，交越信息如下表。

表 9-16 路由与已建海缆交越信息

KP 位置	坐标		已建电缆埋深
	X	Y	
KP11.5	3821604.43	498306.76	1.24m

注：受探测精度限制，建议交越保护方案适当扩大范围，以沿路由走向预留不少于±5m 的裕度。

略

图 9-63　已建海缆与本项目位置关系示意图（KP11.4～KP13.7）

（6）本项目海缆设计间距：在满足上述施工铺设条件的前提下，海缆间距可取《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）、《海底电力电缆输电工程施工及验收规范》（GB/T51191-2016）要求的最小值，即相应位置最大水深的 1.2 倍。H3-2#送出海缆路由 KP0.0～KP13.7 段沿线水深最深处约 9.8m，KP0.0～KP13.7 段路由区水深均值约 4.9m，根据规范要求 H3-2#与现状海缆的铺设间距不宜小于 6m。江苏响水近海风电场送出海缆和部分场内集电线与本项目送出海缆相邻，最小间距约 13m，满足规范要求。

9.3.8.2 已建海缆埋藏特征

根据侧扫声呐及浅地层剖面探测结果，已建海缆整体处于埋藏状态，裸露海缆主要分布于风机、升压站周边。

（1）海缆裸露段

裸露海缆主要集中于风机、升压站等风电设施周边，分布范围不大。

江苏响水近海风电场 220kV 海缆在本项目路由 KP11.02 西北侧 30m 处有长约 4.0m 的海缆出露于海底。

略

图 9-64　江苏响水近海风电场风机、升压站周边海缆裸露情况

（2）海缆埋藏段

根据浅地层剖面探测结果，220kV 海缆在浅地层剖面上特征典型，呈清晰的

抛物线形反射，据此可判读海底电缆埋深情况。

探测结果显示，埋藏海缆埋设介于 0.16～1.49m 之间。其中，KP10.98～KP11.28 区间（距离本项目路由约 25.0m）海缆埋设总体偏浅，介于 0.16～0.34m 之间，其余缆段埋深总体介于 0.7～1.4m 之间。

略

图 9-65　海底电缆埋深探测结果示意图（埋深约 0.75m）

略

图 9-66　海底电缆埋深探测结果示意图（埋深约 0.36m）

9.3.9 海底面状况

9.3.9.1 强反射区

本次侧扫声呐扫测结果显示，路由区内强声学反射现象主要有三种类型，即连续的大面积强反射区、面积中等的斑状强反射区和面积较小的孤立的点状强反射。

（1）大面积强反射区

路由区内揭示两处分别位于①KP16.7～KP19.0、②KP32.4～场址区西半幅。

略

图 9-67　　路由区大面积强反射区发育位置示意图

①KP16.7～KP19.0：该区域为平坦光滑海底，海底声信号反射强度较周边明显偏强，尤以向陆侧的 KP16.7 处差异最为典型，向海侧强度逐渐降低。根据水深测量结果，该区域水深介于 14.0～15.5m 之间，位于潮流通道向陆侧岸坡根部，推测为潮流在该区域的局部增强从而导致对潮流通道根部的冲刷加强所致。18#、19#两站位底质取样结果表明，该海域底质为粉土。

略

图 9-68　强反射区①KP16.7～KP19.0 侧扫声呐记录

②KP32.4～场址区西半幅：该区域分布范围大，边界形态不规则。总体而言，该区域主要分布于 34°38′30″N 至 34°40′05″N 的区间内。侧扫声呐探测结果显示，该区域海床反射强度不均一，局部多有差异，但整体仍呈强反射状态。该区域地形平坦，水深约 14.0m，为沙脊顶部，为周边水深最浅的区域，推测为潮流及外海方向波浪对海床的冲刷所致。本地底质取样有 8 站位位于该区域内，底质类型

以粉土为主，个别站位为粉质黏土，这一特征与区域内部反射强度不均一的特点相符合。

略

图 9-69　KP32.4～场址区西半幅强反射区侧扫声呐记录

略

图 9-70　两处大面积强反射区与地形对应示意图

（2）斑状强反射区

该类型反射区主要分布于 220kV 路由近岸段 KP1.7～KP2.3 长约 600m 的区间内。侧扫声呐扫测结果显示，该类反射区以粗糙的浅反射为主，边界杂乱无规则。该区域水深较浅，介于 1.0～2.0m 之间，低潮时大部分可出露。根据其反射特征推测，此类地貌单元具有侵蚀残留的特征，但是不排除为人工抛弃物在潮流、波浪作用下夷平后的残留。

海缆埋设施工经由该区域时，需考虑地层力学性质差异对埋设装备的影响。

略

图 9-71　斑状强反射区侧扫声呐记录（KP1.7～KP2.3）

9.3.9.2 冲刷槽（洼地）

根据水深地形地貌、地质调查结果综合分析，路由区范围内共揭示六处冲刷槽，分别为 KP11.0～KP14.0 区间四处冲刷槽、场址区集电线路路由 II-KP2.5 附近冲刷槽以及 III-KP3.6～KP3.9 冲刷槽。

（1）KP11.0～KP14.0 区间四处冲刷槽

该区间四处冲刷槽皆分布于已建海上风机组、海上升压站周边海底，平面上成雁阵排列。

侧扫声呐探测结果显示，冲刷槽内多有冲刷、残留显示。其中，以海上升压站及中间风机位最为典型，表现为斑状冲刷残留，残留体边界清晰，可见声学阴影及增强，表明具有一定高差。

底质采样结果显示，该区域海底沉积物为粉砂，在潮流、波浪等动力条件下易于发生迁移，从而导致侵蚀现象的发生。

220kV 海缆路由距离上述风电设施介于 100m～200m 之间，且皆位于上述冲刷槽发育范围内。建议海缆在该区间段尤其是穿越冲刷槽适当增大埋设深度，以规避冲刷槽未来进一步发育对海缆安全造成的不利影响。

略

图 9-72　KP11.0～KP14.0 区间冲刷槽侧扫声呐记录（由陆向海依次排列）

（2）场址区集电线路路由 II-KP2.5 附近洼地

水深测量结果显示，在集电线路路由 II 路由区内 KP2.5 附近宽约 500m 的区域水深较周边海底偏深，较周边海底高最大高差约 0.5m。侧扫声呐扫测结果显示，洼地内部海床多见粗糙的强反射区，平面形态不规则，强反射区内部可见类似沙波的杂乱反射，表明该洼地范围内以冲刷为主。外业测量期间，周边未见人工构筑物的存在，推测该区域为原始粉土质海床在波浪、潮流等外部动力作用下发生液化，沉积中的细粒组分被潮流搬运，粗粒组分原地或就近重新堆积，从而导致该垂向规模不大的侵蚀洼地。

结合路由区调查结果分析，此类因海底液化扰动导致局部冲刷侵蚀的现象在潮流沙脊区较为普遍，建议海缆在该区域埋设时适当增加埋设深度，预防海床因自然侵蚀或者风电设施等人为活动诱发的海底侵蚀现象对海缆埋藏状态的不利影响。

略

图 9-73　集电线路路由 II-KP2.5 附近洼地侧扫声呐记录

（3）场址区集电线路路由 III-KP3.6～KP3.9 冲刷槽

水深测量结果显示，在集电线路路由 III、T19 机位东北侧发育一宽约 300m 的侵蚀洼地，底部最大水深 15.5m，边坡坡度较周边地形稍大，约 0.6°。侧扫声呐扫测结果显示，洼地内部海床多见粗糙的强反射区，平面形态不规则，强反射区内部可见类似沙波的杂乱反射，表明该洼地范围内以冲刷为主。

推测成因与电线路路由 II-KP2.5 附近洼地一致，相关建议详见上文。

略

图 9-74　集电线路路由 III-KP3.6～KP3.9 附近洼地侧扫声呐记录

9.3.9.3 沉船

侧扫声呐扫测结果显示，路由区测量范围内发现沉船（疑似）1 条，位于 220kV 海缆路由 KP24.15 西北侧 192m 处。该疑似沉船长约 8.0m，宽约 2.0m，可见明显的声学阴影，约 1.0m。

沉船的位置信息见表 9-17。

表 9-17 沉船位置信息表

略

9.3.9.4 渔业活动

根据路由勘测期间现场观察及现场调访，路由勘测海域多有流网捕捞作业活动。此类活动具有极强的流动性，多零星分布，但是对船舶航行及施工作业等活动的正常开展仍存在一定不利影响。

建议，施工前以及施工过程中，采取发布航行通告、现场加强瞭望等措施，避免无序的流网作业影响海缆施工作业安全。

略

图 9-75 作业期间流网声呐记录（长约 700m）

略

图 9-76 作业期间流网对路由勘测的影响

9.3.9.5 未知属性线状反射

侧扫声呐探测结果显示，两端路由区域内分布大量属性不明的线状反射，其中，开山岛近岸海域东侧分布相对较多。该区域内的线状反射信号强度高，延伸范围普遍较大，规律性较好，推测为废弃的缆绳。

建议海缆施工前进行水下探摸查证并进行清理，避免对海缆铺设施工构成不利影响。

9.3.9.6 人工构筑物

本次路由勘测结果显示，路由区内的大型构筑物主要有风机、海上升压站等风电设施以及测风浮标等设施。此外，调查范围内还发现大量规模不大的小型人工设施，多呈点状强反射。

（1）已建风电设施

本次勘测结果显示，路由区勘测范围内有已建风机 3 座，海上升压站一座，分别为江苏响水近海风电场的 1#、26#、38#风机以及海上升压站。

略

图 9-77 路由区内已建海上风电设施

（2）浮标

本次测量结果及现场记录显示，场址区内集电路由 II-KP5.96 北侧 60m 处布放有一大型浮标。侧扫声呐可清晰揭示其水下锚系，锚系坐标为 34°40′15.2845″N，120°13′43.4392″E。

此外，在锚系周边发育一直径约 50m 的洼地，洼地平面形态较规则，边界清晰。根据洼地及周边海床反射特征推测，浮标布放后锚系对海床扰动，导致区域内海床扰动并产生轻度的差异冲刷。

略

图 9-78　场址区内浮标

9.3.9.7 点状强反射

侧扫声呐探测结果显示，路由勘测范围内分布数量较多的点状强反射，平面尺寸一般数十厘米，未见声学阴影的其他伴生反射特征，推测为海床差异冲刷导致的局部海床力学强度突变或者抛锚作业产生的残留痕迹。此类地貌单元对海缆施工不存在明显不利影响。

略

图 9-79　点状强反射侧扫声呐典型记录

9.3.9.8 海底扰动

侧扫声呐扫测结果显示，勘测范围内海床多见不规则斑状反射，边界反射清晰，两侧海床存在较明显的反射强度差异，且存在一定高差，约 10～20cm，最大可达 50cm。

平面上，此类地貌单元主要分布于 220kV 海缆路由 KP31.5～KP34.1、场区北半幅，尤以场址区北半幅区域发育最为典型。

根据此类单元的反射特征、底质类型，结合老黄河水下三角洲的沉积背景，推测此类地貌单元主要为海床浅表层粉土质沉积物在波浪、潮流等动力条件下产生液化，沉积物组分发生重构分异，最终形成海床不规则斑状形态。

此外，场址区内浮标周边 50m 范围内发育同类型地貌单元，表明此类沉积物具有较高的触变性，在外部动力条件的作用下易于发生液化再塑。

基于以上分析，建议海缆在场址区适当增大埋设深度，降低此类现象演化对海缆埋深状态的影响。

略

图 9-80　220kV 海缆路由区液化扰动典型记录（KP33.0）

略

图 9-81　场区液化扰动典型记录

略

图 9-82　液化扰动区分布范围示意图

9.3.10 海底冲淤和稳定性

本部分内容主要引自南京浦硕科技有限公司编制的《华润盐城响水 H3-2#海上风电项目海床演变专题报告》，2025 年 8 月。工程海域近期海床变化分析主要基于 1963～1980 年、1978～1996 年、2006～2022 年和 2025 年风电场区测量的海图资料，包括岸线变化、特征等高线与整体冲淤分析。

9.3.10.1 岸线变化分析

基于 1963～1980 年、1978～1996 年与 2006～2022 年测量海图资料，各时间段岸线如图 9-83 所示。工程海域岸线轮廓变化主要受人为活动影响向海推进，且呈现较为规则、曲折度较低的特点。

岸线轮廓变化较为明显的区域包括连云港港区、板桥东南海岸、古泊善后河、灌河河口西北侧岸线（燕尾港镇政府）与东南侧岸线（团港村及一工区六组）。

（1）连云港港区东侧受东西连岛限制，岸线变化不大，南侧与北侧主要受人为活动影响，岸线平均向港池推进约 0.4km，导致港池面积缩小，至 2022 年，港池减小约 9000m^2。

（2）板桥河东南海岸主要为围垦区，受围垦活动影响，至 2022 年，岸线平均向海推进约 1.0km。

（3）古泊善后河受围垦活动影响，河口两侧岸线向海推进分别约 800m，由网状型河口变成主河槽型河口；河口滩地范围显著减小，至 2022 年，滩地面积减小约 14580 亩；另外，河口南侧的沼泽区呈现退化趋势，至 2022 年，退化约 2500 亩。

（4）灌河河口西北侧岸线（燕尾港镇政府）平均向海推进约 380m，东南侧岸线（团岗村）向海推进约 550m。另外，河口东南侧岸线（一工区六组）沼泽区呈现退化趋势，至 2022 年，退化约 15000 亩。

略

图 9-83　工程海域近期岸线变化

9.3.10.2 特征等深线分析

根据所获得的海图范围覆盖情况，特征等深线开展分区讨论，以 120.065°E 为界。其中，I 区图号 12500、图号 12640、图号 12570 与图号 C1412570 的海图

资料分别分析 0m、5m、10m、20m 等深线；II 区采用图号 12500 与图号 CN341001 的海图资料分别分析 0m、5m、10m、20m 等深线。

（1）0m 等深线变化

以滩涂轮廓作为 0m 等深线变化的分析依据具有代表性。滩涂与海床演变的水动力作用一致性：滩涂的发育受波浪、潮流、河流输沙等水动力因素控制，这些因素同样主导着 0 米等深线的形态。例如，强浪区滩涂侵蚀后退往往伴随等深线向陆推移，而沉积物丰富的河口滩涂扩张则对应等深线向海延伸。滩涂可表征沉积与侵蚀平衡：滩涂的淤积或侵蚀速率可直接反映水下地形的稳定性。通过监测滩涂轮廓变化，可推断近岸海底沉积物分布及 0m 等深线迁移趋势。

各时间段滩涂范围如图 9-84 所示。滩涂变化与岸线变化具有一致性，随着岸线向海推进，滩涂表现为向海推进。同样，滩涂推进较为明显的区域在板桥东南海岸、古泊善后河、灌河河口西北侧岸线（燕尾港镇政府）与东南侧岸线（团港村及一工区六组）。具体而言，至 2012 年，板桥东南海岸滩涂向海平均推进约 1.2km；古泊善后河河口滩涂平均推进约 1.05km；灌河河口西北侧滩涂（燕尾港镇政府）平均向海推进约 280m，东南侧滩涂（团岗村与一工区六组）分别平均向海推进约 630m。

略

图 9-84　0m 等深线（滩涂范围）

（2）5m 等深线变化

I、II 区范围内-5m 等深线如图 9-85 所示，-5m 等深线变化基本集中于以（119.5°E，34.75°N）～（120.23°E，34.40°N）为中线、宽度约为 5.8km 的范围内。受冲刷明显的区域集中在（119.67°E～119.83°E、34.66°N～34.75°N），（119.92°E～120.065°E、34.58°N～34.72°N）2 个范围内，至 2012 年，这 2 个区域的-5m 等深线已不再出现。

本项目海缆路由附近区域表现为淤积，与 1963～1980 年、1978～1996 年测量海图相比，至 2012 年，5m 等深线分别向海推进约 1.54km 与 1.92km。

略

图 9-85　工程附近海域 5m 等深线对比（理论最低潮面）

（3）10m 等深线变化

I、II 区范围内 10m 等深线如图 9-86 所示，在以（119.76°E，34.75°N）～（120.065°E，34.58°N）为中线的两侧海域，各阶段 10m 等深线交错分布，未见明显的冲淤变化趋势。受冲刷较为明显的区域分布于连云港港池出口门区域、（119.60°E～119.63°E、34.63°N～34.71°N）范围以及 120.3°E 以东海域。至 2012 年，连云港港池出口门区域开始出现水深＞10m 的区域；120.3°E 以东区域，水深＞10m 的区域向西移动，表明该区域水深增大。

本项目海缆路由附近区域表现为淤积，与 1963～1980 年、1978～1996 年测量海图相比，至 2012 年，10m 等深线向海推进约 1.0km；风电场区开始出现 10m 水深线，表明原水深＞10m，受淤积影响后水深减小。

略

图 9-86　工程附近海域 10m 等深线对比（理论最低潮面）

（4）20m 等深线变化

I、II 区范围内 20m 等深线如图 3.6.2-4 所示，20m 等深线变化主要出现在 120.3°E 以东的冲刷区域，该等深线向北迁移约 3.2km。

本项目海缆路由及风电场区域水深均在 20m 范围内，所在范围内无变化。

略

图 9-87　工程附近海域 20m 等深线对比（理论最低潮面）

9.3.10.3 海床冲淤分析

（1）风电场区

风电场区采用图号 12500（1963～1980 年测量）、图号 CN341001（2010～2018 年测量）海图和 2025 年实测资料分别开展冲淤分析，1980～2012 年、2012～2025 年冲淤分布如图 9-88 和图 9-89 所示。1980～2012 年期间风电场所在海域总体表现为淤积，淤积幅度在 0～4m 之间，南侧角局部表现为冲刷。场地南侧角点附近存在小面积冲刷，冲刷幅度在 0～0.2m，覆盖面积约为 6.0 万 m^2。2012～2025 年期间风电场区所在海域整体表现为冲刷，冲刷幅度在 0.7～2.2m 之间。

略

图 9-88　1980～2012 年风电场内冲淤分布（负值代表淤积）

略

图 9-89　2012～2025 年风电场内冲淤分布（正值代表冲刷）

（2）220kV 送出海缆路由区

海缆路由起于（119.896°E，34.452°N），终于（120.198°E，34.665°N），总长约为 37.2km，将海缆路由与附近区域冲淤图叠加后如图 9-90 所示。总体而言，由起点至终点，海缆路由沿程海域冲淤交错分布，其中，（119.900°E～120.050°E）区域冲刷幅度＞2m，最大冲刷幅度超过 4m；淤积幅度均在 0～2m 之间。

略

图 9-90　海缆路由区 1980～2012 年冲淤分布

此外，利用 2014 年和 2025 年响水风电海缆路由调查实测地形资料，对响水外侧海域 220kV 送出海缆路由区海床进行了数字化冲淤计算，两次调查重叠区域：登陆点～KP14.0 路由区。由图 9-91 可见，近 11 年来，受近岸围塘塘养影响，登陆点前沿浅水路由区有所冲刷 0～0.4m；KP2.5～KP6.0 路由区海床相对稳定，局部略有淤积；KP6.0～KP9.5 路由区海床相发生淤积，淤积幅度 0～1.0m；外侧深水区略有冲刷，冲刷幅度在 0m～0.8m；KP9.5～KP12.5 路由区海床发生冲刷，主要受已建响水 H1#海上风电设施的影响，人工设施基础周边发生局部冲刷，冲刷幅度 0～1.6m；KP12.5～KP14.0 路由区海床相发生淤积，淤积幅度 0～1.0m，本项目风电场区西南侧水下沙脊区深槽有所冲刷，冲刷幅度在 0～1.0m。

略

图 9-91　海缆路由区 2014～2025 年冲淤分布

（3）小结

本项目路由区属废黄河水下三角洲地貌单元，但距离废黄河口较远，受黄河口改迁影响小。从近期地形变化对比分析可见，海床冲淤演变主要受人工构筑物修建有关，本项目路由皆由上述四个冲刷槽的北半幅穿越，虽然距离核心冲刷区保持了一定距离，但是未来在台风、寒潮等极端天气的作用下，冲刷槽仍存在进一步演化的可能。建议，本项目海缆在穿越上述冲刷槽时适当增加埋设深度，同时，与已建海缆的交越保护方案需充分考虑冲刷槽进一步发育的可能性。

9.3.11 不良地质及障碍物

（1）海底冲刷

路由区范围内共揭示六处冲刷槽，分别为 KP11.0～KP14.0 区间四处冲刷槽、场址区集电线路路由 II-KP2.5 附近冲刷槽以及 III-KP3.6～KP3.9 冲刷槽。该区域海底沉积物为粉砂，在潮流、波浪等动力条件下易于发生迁移，从而导致侵蚀现

象的发生，长期的冲刷侵蚀可能对海缆安全造成隐患。

（2）沉船

侧扫声呐扫测结果显示，路由区测量范围内发现沉船（疑似）1 条，位于 220kV 海缆路由 KP24.15 西北侧 192m 处。该疑似沉船长约 8.0m，宽约 2.0m，可见明显的声学阴影，约 1.0m；可能对施工船舶起抛锚作业造成安全隐患。

（3）人工障碍物

测区范围内存在已建风机 3 台、升压站 1 座、浮标 1 座，且侧扫声呐扫测结果显示，路由勘测范围内分布数十处规模较小的强反射，多呈强反射状态，且多与线状反射或阴影组合。据此推断，此类反射为海洋捕捞、养殖以及海洋工程施工作业等活动产生的人工遗弃物。各类水面构筑物和水下障碍物对海缆施工存在一定影响。

9.3.12 腐蚀性环境分析

海洋腐蚀环境一般分为海洋大气区、浪花飞溅区、潮差区、海水全浸区和海底泥土（海底沉积物）区 5 个腐蚀区。海缆埋设或放置在海底，腐蚀的主要发生区是在全浸区和海底泥土（海底沉积物）区，并且主要可能发生的是海水腐蚀、海底沉积物腐蚀。

本项目海底电缆选用铜导体 3 芯交联聚乙烯绝缘分相铅护套钢丝铠装光复合海底电缆。中密度聚乙烯可抗常规浓度硫化氢的腐蚀。铠装海缆的外层防腐层金属钢线镀锌和沥青尼龙线，沥青尼龙线可抗常规浓度硫化氢的腐蚀，金属钢线镀锌可避免海缆接头处的金属线被腐蚀。

本项目海底电缆埋设于海底泥面以下 3m 以深，在腐蚀环境分类上属海底泥土区。海底泥土区由于溶解氧含量低，因而化学腐蚀对海缆保护层的腐蚀较弱，腐蚀强弱以生物腐蚀为主。生物腐蚀主要受还原菌影响，海底电缆埋设于海底面以下 3m 以深，而以硫酸盐还原菌为主的还原菌一般富集在海底表层，向下还原菌的含量将快速减少，对海底电缆保护层的腐蚀作用较弱。因此，海底电缆埋设层处腐蚀性较弱。

9.3.13 送出海缆路由区冲淤评价及埋深建议

综上所述，本项目路由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，经过一个多世纪的侵蚀后退，

目前的侵蚀强度已明显趋缓，并将逐步趋于稳定。

根据 ICPC《海底电缆保护指南》，在浅海区域（水深小于 200m），电缆通常埋深 1～3m；砂质海床易受水流冲刷，需更深埋设；航道附近埋深需超过船舶锚链最大入土深度。根据本次调查结果，在潮流、波浪等动力作用较强处易因冲刷而产生裸露或悬空。以下根据主海缆路由 KP 值对路由沿程埋深提出以下建议：

KP0（登陆点）～KP11 路由区：经过潮滩区、水下岸坡区，海底地形平坦略向东倾斜，海床冲淤相对稳定，建议电缆按 2.0～3.0m 埋深控制。

KP11～KP12.5 路由区：存在四处冲刷槽，KP11.02 西北侧约 30.0m 处为长约 4.0m 的裸露海缆，潮流动力较强劲，海床不稳定，以冲刷为主，建议电缆按 3m 以上埋深控制，并增加海缆冗余度。

KP12.5～KP31 路由区：为路由穿越潮流通道区，通道底部地形平坦，水深普遍大于 16.0m，为路由区水深最大的区域，其中，KP19.7～KP31 穿越两处航道，海缆埋深需根据航评专题分析设计埋深，其他路由区建议电缆按 2.0～3.0m 埋深控制。

KP31～KP34.5 路由区：发育由已建风电设施形成的三处冲刷槽，海床不稳定，以冲刷为主，建议电缆按 3m 以上埋深控制。

KP34.5～升压站路由区：海底地形平坦，建议电缆按 2.0～3.0m 埋深控制。

场址区集电线路路由 II-KP2.5 附近以及 III-KP3.6～KP3.9 附近发育冲刷槽，建议电缆按不小于 3m 埋深控制，并适当增加海缆冗余度，场区其它海缆路由区电缆按 2.0～3.0m 埋深控制。

9.4 铺设可行性分析

9.4.1 登陆方案可行性分析

本项目海缆登陆采用水平定向钻施工方式穿过海堤，定向钻孔穿堤方式已广泛用于海底光缆、电缆、石油管线登陆，国内多个海上风电场的电缆登陆也采取了这种施工方式。定向钻施工也减少了大量工程土的开挖、运输和堆放，有利于环境保护；此外，定向钻施工周期短、作业安全迅速、综合成本低，社会效益显著，其极大地降低了地下海缆施工对海堤、交通、环境等造成的影响。

水平定向钻机由钻机系统、动力系统、导向系统、泥浆系统、钻具及辅助机具组成。使用水平定向钻机进行海缆穿越施工，首先按照设计曲线尽可能准确的

钻一个导向孔，然后将导向孔进行来回扩孔，扩孔完成后将待铺海缆沿着导向孔进行拖拉，最终完成海缆穿越工作。定向钻机在施工时，施工人员在地面导向仪器的引导下，垂直方向（深度）和水平位置误差可控制在 1.5%以内。水平定向钻穿越施工需要两个分离的工作场地：钻机设备场地（钻进入土点工作区）和海缆预制场地（钻孔出土点工作区）。每个场地的主要施工工序如下：

钻机设备场地：测量放线→三通一平→钻机设备进场→钻机组装调试→控向系统调试→钻导向孔→预扩孔→回拖→设备退场→恢复地貌。

海缆预制场地：测量放线→三通一平→设备进场→运管布管→组装焊接等→设备退场→恢复地貌。

通过收集资料、现场踏勘及实测资料可知，本项目登陆点位于灌河入海口东侧 8km 海堤处，登陆点处为 50 年一遇的标准海堤，堤顶可通车，交通便利，为海缆登陆后输电线路施工提供了良好的施工条件。登陆点位于已建江苏响水近海风电场登陆点东侧约 14m，周边海域开发活动相对简单，登陆点前沿滩面地形平坦，底质良好，适合电缆登陆。登陆点所在位置地形较为平坦，交通便利，便于后续海缆登陆施工，整体登陆条件良好。

9.4.2 埋设方案可行性分析

9.4.2.1 近岸浅水段

对于近岸水深较浅的区域，采用铺缆船直接铺设海缆难度较大，可利用高潮位时，将铺缆船冲滩尽量靠近登陆点。海缆铺设前，采用两栖挖掘机预先挖沟作业，两栖挖掘机乘低潮沿海缆设计路由开挖形成管沟。铺缆船航行至登陆点外海一定水深海域抛锚，利用铺缆船、两栖挖掘机和卷扬机等设备配合完成电缆铺设。低潮作业船座底时，应密切注意船尾与埋设犁之间海缆的形状，应保证海缆的弯曲半径在允许范围之内。在涨潮时，船起浮过程，应保持海缆松弛状态。海缆登陆铺设主要步骤如下：

（1）铺缆船乘高潮位就位于登陆段已开挖的沟槽附近海域，并用起抛锚艇抛出 4 个工作定位锚。

（2）用船上工作艇将尼龙缆沿预挖缆沟从铺缆船牵向登陆点，并与拖缆绞车上钢缆联接，然后用铺缆船上的绞盘回绞尼龙缆绳，直到拖缆绞车钢缆被牵引至铺缆船尾，然后将钢缆与海缆拖拉网套联接。

（3）用登陆点绞车回卷钢缆，牵引海缆至登陆点设定位置（海缆入水前在上头绑扎泡沫浮筒，控制海缆在水中的重量不大于 5kg/m）。浮筒绑扎位置可使电缆呈往复弧状，以防止复合缆因涨潮浮出电缆沟。

9.4.2.2 深水段

对于深水区域，水深大于 2.5m，满足铺缆船作业的位置，可采用铺缆船配合埋设犁方式完成电缆铺设。

采用牵引式铺埋电缆方法，铺设船上布置有主要铺缆设备，需根据海缆路由进行海缆的铺设施工，海缆埋深按 3.0m 以下埋深控制，对具有通航功能的海域铺设深度适当加深，施工船依靠射水挖沟犁高压射水挖沟后铺设，铺设过程应通过船上监测仪器全程监控，控制铺埋速度，监测海缆张力和埋设深度。

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，一边开沟一边铺设。电缆铺设时采用 GPS 定位系统进行定位，牵引钢缆的铺设精度控制在拟定路由 5m 范围内。

为保证海缆铺设在设计路由上，一般选择天气良好的条件下作业。建议通过绞锚和锚艇顶推相结合的方式，通过锚链的控制防止施工船漂移，从而导致海缆铺设偏离。埋设犁的埋设速度由卷扬机的绞缆线速度来决定，并由连接于卷扬机的变频器来控制与调节；埋设速度一般控制在 3m/min。对施工过程进行实时监控和测量，主要采用海缆埋设监测系统来进行实时监控，并进行数据采集。对采集的数据进行分析，通过变频器对埋设速度进行控制。

本项目送出涉及环境敏感区，在环境敏感区周边海缆铺设施工速度控制为 1m/min，施工期应注意控制好施工时间，避开鸟类迁徙时段，并根据环评报告要求严格落实。

9.4.3 交越方案可行性分析

本项目 220kV 送出海缆与已建江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆存在 1 处交越。本项目海缆采用上交越式施工方案。

①在施工前，要对交越海缆进行实际位置测量，获得海缆的精确坐标，同时获得电缆的埋设深度与走向，为海底电缆安全交越提供可靠的依据。

②在施工时，在海缆交越前和交越回后 50m 处设置浮漂，以明确交越位置。交越作业采取跨越式交越法，在正常铺设至被交越海缆前方 50m 处，缓慢提升

埋设犁，待接近被交越海缆前方 40m 处，埋设深度由 4m 过渡至 0m，待过交越点 40m 之后，再由潜水员确认水下情况安全，之后重新投放埋设机进行后续的敷埋作业。

③考虑在已铺设海缆处海床上预先放置宽 20m 的混凝土软体排，然后进行海底电缆铺设，铺设前，可将需要进行交越的海底电缆预先安装保护套管，然后在铺设好的混凝土连排上部明敷该海底电缆，最后沿海底电缆路径方向上覆宽 10m 的混凝土软体排进行保护，有保护套管的海底电缆铺设在两层混凝土软体连排中间。根据《海上风电场交流海底电缆选型铺设技术导则》（NBT31117）5.5.7 条款“海底电缆与已有管线的交越施工，宜采用上交越的施工工艺，交越范围为已有水下管线交越点两侧 50m～100m 的区域，在交越范围段应采取保护措施”，海缆铺设的精度及相关实际实施经验，考虑混凝土排保护长度范围为交越点侧各 50m 的区域。

9.4.4 保护措施合理性分析

海缆登陆完毕，对海上升压站和风机平台附近无法用埋设犁铺设的海缆，采用水下人工冲埋方式进行保护。首先由潜水员潜入水底，摸清水底的真实情况，然后采用小型高压水枪按照实际的海缆铺设路由将海缆冲至海床以下 1.5m。

按照相关部门的规定，高滩区、拉管和岸上电缆沟部分，在两侧各 50m 范围内设置固定的警告标志，严禁在海缆保护区范围作业，必要时设置栅栏，防止渔船抛锚搁浅。

在工程运行过程中，若因海床整体演变等原因造成海缆外露，需根据外露区域的工程地质条件选择合适的后续保护工程，如抛填级配块石，设置预制水泥盖板，布设钢丝铅笼网兜等设施。

对于穿越航道区的海底电缆可加大电缆的埋深。在航道内施工时，需向海事主管机关申请交通管制，同时尽量避免航道封航。划定海底电缆保护区：海港区内为海底电缆两侧各 50m。电缆防护区周围还应设置禁锚标志，以提醒过往船舶不得在防护区内锚泊。考虑到大型船只紧急抛锚的概率极低，海底电缆可采取全程埋设并采用套管保护、加盖保护件（碎石、混凝土件、沙包等）的保护方式。

9.4.5 综合分析

（1）本项目登陆点所在岸线堤顶可通车，交通便利，为海缆登陆后输电线

路施工提供了良好的施工条件。同时登陆点所在位置地形较为平坦，交通便利，便于后续海缆登陆施工，整体登陆条件良好。

（2）对于近岸浅水段，可利用高潮位时，将铺缆船冲滩尽量靠近登陆点。海缆铺设前，采用两栖挖掘机预先挖沟作业，两栖挖掘机乘低潮沿海缆设计路由开挖形成管沟。铺缆船航行至登陆点外海一定水深海域抛锚，利用铺缆船、两栖挖掘机和卷扬机等设备配合完成电缆铺设。对于深水区域，可采用铺缆船配合埋设犁方式完成电缆铺设。施工船依靠射水挖沟犁高压射水挖沟后铺设，铺设过程应通过船上监测仪器全程监控，控制铺埋速度，监测电缆张力和埋设深度。

（3）本项目 220kV 送出海缆与已建江苏响水近海风电场项目 220kV 送出海缆存在 1 处交越。本项目海缆采用上交越式施工方案，考虑混凝土排保护长度范围为交越点侧各 50m 的区域。

（4）对海上升压站和风机平台附近，利用潜水员潜入水底，摸清情况后，采用小型高压水枪按照实际的海缆铺设路由铺设海缆；高滩区、拉管在其两侧各 50m 范围内设置固定的警告标志，必要时设置栅栏；海缆外露时可采用抛填级配块石，设置预制水泥盖板，布设钢丝铅笼网兜等设施；海港区内为海底电缆两侧各 50m 设置禁锚标志；海底电缆可采取全程埋设并采用套管保护、加盖保护件（碎石、混凝土件、沙包等）的保护方式。

9.5 铺设施工计划

9.5.1 施工单位

海缆铺设涉及水上水下作业，边界条件复杂，技术难度大，对施工单位的技术能力，管理水平以及施工设备要求极高。开展海缆铺设的施工单位需要具备一定的资质要求、业绩要求以及项目组成员的管理能力与经验要求。此外，施工单位还需要科学制定施工方案，确保施工安全和质量，建立完善的安全生产管理体系，落实安全责任，加强施工过程中的风险防控，同时还需配备符合施工要求的船舶、吊装设备、检测仪器等，并确保设备的适用性和安全性。

9.5.2 施工设备

施工船组均采用国产设备，由海缆铺设船、拖轮、锚艇、交通艇等组成。

表 9-18 电缆铺设主要设备配置表

略

9.5.3 施工计划

本工程交由符合资质的施工单位进行施工，并针对本工程的边界条件与技术方案编制专项的施工方案。

9.5.4 工期总工期及要求

本工程总工期 12 个月，海缆铺设施工主要包括 66kV 场内集海缆及 220kV 送出海缆。66kV 集电海缆可根据风机安装进度同时穿插跟进铺设，220kV 海缆一次施工完成。工程控制性施工进度见下表。

表 9-19 工程控制性施工进度表

略

9.6 结论与建议

（1）根据本次海缆路由调查勘测结果分析，《华润响水 H3-2#海上风电场项目（30 万 kW）海底电缆预选路由选择依据说明材料》中推荐路由可以满足海缆铺设条件，将该路由作为海缆最终推荐路由。

（2）登陆点地形位于人工修建的海堤处，海缆登陆需穿越人工围堰及海底护坡，建议海缆设计、施工时对施工工艺进行优化，保证海缆穿堤的可行性。

（3）220kV 路由在 KP11.0～KP14.0 区间段穿越四个冲刷槽，建议海缆在穿越该区域时适当增加埋设深度，并充分考虑冲刷槽进一步发育的可能对海缆交越保护方案的潜在影响。66kV 海缆 II、III 路由区范围内自然发育两处侵蚀洼地，建议在此两处区域适当增大海缆埋设深度，降低侵蚀洼地未来进一步发育对海缆运营期的影响。

（4）路由与江苏响水近海风电场送出海缆交越，建议交越保护方案适当扩大范围，以沿路由走向预留不少于±5m 的裕度；本项目路由 KP10.98～KP11.28 区间西北侧约 25.0m 处已建海缆埋设总体偏浅且距离本项目较近，海缆施工作业时，尤其是扫海作业时注意对其避让。

（5）路由勘测范围内，尤其是场址区北半幅海床液化扰动现象比较发育，建议海缆在场址区适当增大埋设深度，降低此类现象演化对海缆埋深状态的影响。

（6）路由区海域内渔业养殖、捕捞活动较多，建议海缆施工前开展协调清理工作；海缆铺设后在两侧设置警示标志，避免底拖网、渔业活动插桩等行为对

海缆造成损害。

10 结论

华润响水 H3-2#海上风电项目（30 万 kW）位于江苏省盐城市响水县近岸海域，申请用海总面积 259.5489 公顷，申请用海期限 26 年。本项目建设是必要的，工程所在区域的社会条件、自然环境条件满足工程建设要求。本项目积极践行“风电+”综合开发利用模式，在风电场区建设 1.38MW 固定式海上光伏，切实提高了海上风电场区海域资源利用效率。本项目用海符合《江苏省国土空间规划（2021-2035 年）》《盐城市国土空间总体规划（(2021-2035 年)》《响水县国土空间总体规划（(2021-2035 年)》及相关规划。本项目与周边其他用海活动能够协调，涉及的利益相关者及协调部门存在妥善解决的途径。从项目所在海域风能资源、利用规划及现状、项目布置方案、对水动力和冲淤环境的影响、占用海洋空间情况、生态环境影响等方面的综合分析，本项目用海选址、用海平面布置、用海方式、用海面积、用海期限合理。项目建设单位应切实执行国家有关法律法规、落实论证报告提出的海域使用管理对策措施、妥善处理和协调好与周边海域利益相关者的关系。从海域使用角度考虑，本项目用海可行。