

建设项目生态环境影响报告表

(生态影响类)

项目名称：海上风电场固定式测风塔

建设单位(盖章)：中节能风力发电股份有限公司

编制日期：2026 年 10 月

中华人民共和国生态环境部制

一、建设项目基本情况

建设项目名称	海上风电场固定式测风塔		
项目代码	/		
建设单位联系人	曹※※	联系方式	※※
建设地点	江苏省南通市以东专属经济区海域		
地理坐标	1#测风塔（东经※度※分※秒，北纬※度※分※秒） 3#测风塔（东经※度※分※秒，北纬※度※分※秒）		
建设项目 行业类别	五十四、海洋工程 160 其他海洋工程	用海面积（m ² ）	25736
建设性质	☒ 新建（迁建） ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 技术改造	建设项目 申报情形	☒ 首次申报项目 ☐ 不予批准后再次申报项目 ☐ 超五年重新审核项目 ☐ 重大变动重新报批项目
项目审批（核准/ 备案）部门（选填）		项目审批（核准/ 备案）文号（选填）	
总投资（万元）	3609.5	环保投资（万元）	147
环保投资占比（%）	4	施工工期	52 天
是否开工建设	☒ 否 ☐ 是：_____		
专项评价设置情况	无		
规划情况	无		
规划环境影响 评价情况	无		
规划及规划环境影响 评价符合性分析	无		

其他符合性分析	1、产业政策符合性分析 本项目为海上风电场建设的前期测风工程，对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目不属于其中的鼓励类、限制类和淘汰类，为允许类项目。所以本项目符合国家产业政策要求。 2、生态环境分区管控 本项目位于江苏省南通市以东专属经济区海域，目前项目所在海域尚未公布生态环境分区管控实施方案。登陆“江苏省生态环境分区管控综合服务平台”（网址：http://ywxt.sthjt.jiangsu.gov.cn:8089/sxyd0uter/#/Login），对照江苏省生态环境分区管控动态更新成果分析可知，本项目不涉及江苏省生态环境分区管控范围。详见附图1和附图2。 3、“三线一单”符合性分析 （1）生态保护红线 本项目位于南通海域外的专属经济区，对照《江苏省海岸带及海洋空间规划》（2035年）和《南通市国土空间总体规划》（2021-2035年）分析可知，本项目不涉及生态保护红线，测风塔与江苏省生态保护红线范围最近距离约为15.7km（详见附图3）。 依据《生态环境分区管控技术指南 总纲》（HJ1430-2025）要求，生态保护红线是指生态功能极重要、生态极脆弱，以及具有潜在重要生态价值，必须强制性严格保护的区域。目前，除已划定的江苏省生态保护红线区域外，本项目周边海域还分布有两处生态功能较为敏感、需强制性保护的区域，分别为“带鱼幼鱼保护区”和“吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区”，本项目与其边界最近距离分别为16.1km和5.7km。 由上分析可知，本项目不涉及生态保护红线区域，也不涉及可能划定为生态保护红线的区域。 （2）环境质量底线 本项目位于江苏省南通市以东专属经济区海域，由《2025年江苏省生态环境状况公报》可知，2025年江苏省环境空气监测因子除
---------	---

	PM_{2.5}和O₃外,其余各项均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2026)表1中过渡阶段的二级标准浓度限值要求。 由《启东海域海洋环境现状调查检测报告》(BG260130)可知,调查海域无机氮和活性磷酸盐两项指标检测值相对较高,在布设的18个调查站位中,39%的站位水质符合第一类海水水质标准,44%的站位水质符合第二类海水水质标准,17%的站位水质符合第三类海水水质标准;所有站位的海洋沉积物质量均符合《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)第一类标准限值要求;受检海洋生物质量满足《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ1409-2025)附录C标准要求,铬指标值符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)中第一类标准要求。 项目实施期间,产生的废水和固废均委托有资质的单位接收处置,不向海域排放,废气和噪声均可做到达标排放,符合区域环境质量底线的管控要求。 (3) 资源利用上线 测风塔日常运行所需电源为自备光伏发电系统,项目用海范围严格按照《海域使用论证技术导则》(GB/T42361-2023)要求划定,不会突破海域资源利用上线。 (4) 生态环境准入清单 项目所在区域尚未发布生态环境准入清单。 综上,本项目建设符合“三线一单”管控原则要求。 4、《全国国土空间规划纲要(2021-2035年)》符合性分析 2022年10月,中共中央、国务院以中发[2022]27号文印发了《全国国土空间规划纲要(2021-2035年)》,纲要指出要合理保障交通运输、海洋油气、可再生能源、沿海核电、海洋工程装备、海洋旅游、海洋捕捞、渔港建设等产业用海需求,推动海上风电项目向深永远岸布局。保障军事功能用海,统筹配置科研用海。合理布局倾倒地,增加远海倾倒地布设。科学规划海底管廊,集约划定路由区域,统筹设置集中登陆点。预留后备海域空间,推动海域立体利用。
--	--

	本项目为江苏南通以东专属经济区海域风电资源开发的前期测风工程，项目的建设有助于推动海上风电项目向深水远岸布局，符合《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》的要求。 5、《美丽中国建设“十五五”规划》符合性分析 2026年6月21日，国务院以国发[2026]20号文印发了《美丽中国建设“十五五”规划》，规划要求深化海洋生态环境保护，健全陆海统筹、近远海协调联动的海洋生态环境保护格局，划定国家生态环境治理重点海域及其控制区域、省级重点海域范围，实施综合治理攻坚。深化陆源污染治理与管控，加强海洋垃圾清理和资源化利用，基本完成重点海域入海排污口排查整治。强化海水养殖环境整治与监管，提升海水浴场等亲海区域环境品质。加强海上风电、油气等开发建设活动监管。有序推进海洋生态环境综合调查，开展典型海洋生态系统保护修复及成效评估，加强重要海洋物种及其栖息地保护与监管。推进潮白河-渤海湾、九龙江-厦门湾等从山顶到海洋保护治理机制创新。 评价针对项目全生命周期的产排污环节提出了相应的生态环境保护对策措施，确保项目建设符合海洋生态环境保护管理要求。项目实施为后期专属经济区海域风电资源合理开发、优化布局提供技术支撑，有助于管理部门对海上风电开发建设活动的监管，符合《美丽中国建设“十五五”规划》的要求。 6、《“十五五”碳达峰行动方案》符合性分析 2026年7月5日，国务院以国发[2026]22号文印发了《“十五五”碳达峰行动方案》，方案要求加快能源结构调整优化，大力推进非化石能源开发。坚持风光水核等多能并举，更大力度发展新能源，统筹开发布局和消纳利用，扩大非化石能源有效供给。建设“三北”风电光伏、西南水风光一体化、沿海核电、海上风电等清洁能源基地，积极发展分布式光伏、分散式风电，推动光热发电、海洋能发电规模化发展，因地制宜利用生物质能、地热能，布局建设风光氢氨醇一体化基地。加快推进新增用电量由新增清洁能源电量覆盖。
--	---

	到2030年，风电和太阳能发电总装机容量达到28亿千瓦以上，常规水电装机容量达到4.1亿千瓦左右，核电运行装机容量达到1.1亿千瓦左右。 本项目为我国东部海域专属经济区风电资源开发的前期测风工程，项目的建设有助于我国东部深远海风电能源基地的开发建设，与《“十五五”碳达峰行动方案》要求相契合。 7、《可再生能源发展“十五五”规划》符合性分析 2026年7月6日，国家发展改革委和国家能源局以发改能源[2026]1067号文联合印发了《可再生能源发展“十五五”规划》。规划明确到2030年，可再生能源发电总装机达到35亿千瓦左右，年发电量达到6万亿千瓦时左右。风电和太阳能发电总装机达到28亿千瓦以上、装机占比超过50%，年发电量4万亿千瓦时以上，发电量占比达到30%。 规划要求积极扩大可再生能源电力供给，推动海上风电规范有序建设。“十五五”期间，全国海上风电新增开工规模1亿千瓦左右，2030年累计装机规模达到1亿千瓦以上。持续加快近海海上风电建设，大力推进深远海海上风电基地布局建设。建立深远海海上风电基地项目库，做好用海等要素协同，分批推动基地项目规范有序建设。统筹推进源网工程规划建设，推动海底输电廊道和登陆点集约共享。 本项目为海上风电资源开发的前期工程，项目的实施旨在摸清海域风况等基础数据，为后续专属经济区海上风电建设提供科学支撑，与《可再生能源发展“十五五”规划》要求的“持续加快近海海上风电建设，大力推进深远海海上风电基地布局建设。”目标相契合。
--	--

二、建设内容

地理位置	本项目包含两座海上固定式测风塔，分别是 1#测风塔和 3#测风塔，两座测风塔均位于江苏省南通市以东专属经济区海域，离岸距离约为 52km。1#测风塔中心点坐标为东经※度※分※秒，北纬※度※分※秒；3#测风塔中心点坐标东经※度※分※秒，北纬※度※分※秒。项目地理位置详见附图 4 和 5。
项目组成及规模	1、项目由来 为开发江苏省南通市东部专属经济区海域风能资源，中节能风力发电股份有限公司拟在该海域投资建设两座固定式测风塔，用以监测该海域风能资源。根据《中华人民共和国生态环境法典》（2026.8.15 施行）第三条和第八十三条之规定，在中华人民共和国领域和管辖的其他海域内建设对生态环境有影响的项目，应当依法进行生态环境影响评价，所以本项目建设前需开展生态环境影响评价工作。 本项目建设内容为两座固定式测风塔。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于名录中“五十四、海洋工程-160 其他海洋工程-其他”，应编制生态环境影响报告表。 中节能风力发电股份有限公司于 2026 年 9 月委托上海东海海洋工程勘察设计院有限公司开展本项目的生态环境影响评价工作。项目组在资料收集、现场踏勘、数据分析等工作的基础上，按照环评相关技术导则和编制指南的要求编制完成了本项目生态环境影响报告表。 2、项目建设内容 本项目建设内容为两座测风塔，测风塔主要由钢管桩、钢桁架、塔架三部分构成。塔架上安装有气象测量和通讯等配套设备，塔体设内爬梯至塔顶，塔内钢材均采用热镀锌防腐。测风塔设计风速 40m/s，抗震烈度 8 度。测风塔设计图详见附图 6~7。

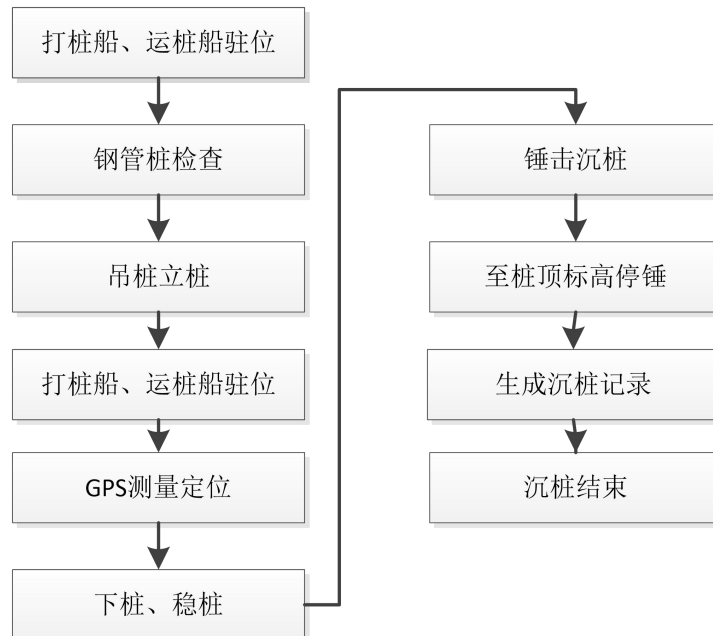
表 2.1 项目建设内容一览表

类别	项目	内容			
主体工程	1#测风塔	测风塔由三部分组成，分别为钢管桩、钢桁架、塔架，基础为三柱钢桁架式。钢管桩直径 2000mm，桩长 71.7m（埋入海床下 45m，海床上 26.7m），桩顶中心距 12.56m；钢桁架主钢管柱直径 1420mm，辅钢管直径 600mm，基础高 17.5m；塔架高 143.5m。			
	3#测风塔	测风塔由三部分组成，分别为钢管桩、钢桁架、塔架，基础为三柱钢桁架式。钢管桩直径 1600mm，桩长 54.0m（埋入海床下 28.65m，海床上 25.35m），桩顶中心距 14.15m；钢桁架主钢管柱直径 1200mm，辅钢管直径 600mm，基础高 18.0m；塔架高 142m。			
配套工程	名称	型号	数量	单位	安装高度
	风速计	Thies Clima First class 4.3352.10.000	14×2	个	160m/150m/120m/100m/80m/50m/30
	风向标	Thies Clima First Class TMR 4.3151.00.901	10×2	个	160m/150m/100m/80m/30
	温/湿度计	Galltec KPC S52100 温湿度	2×2	个	160m/30m
	气压计	Thies 气压计	2×2	个	160m/30m
	线缆	传感器 7C 线缆	2×2	套	
	采集器	AMMONIT #42L	2×2	个	
	无线传输	天通卫星	1×2	个	
	供电系统	12V 直流供电系统	2×2	套	每套为 1 块 75W/18V 光伏板+2 块 38Ah 免维护铅酸电池
依托工程	测风塔桩基钢管、钢桁架及铁塔等钢结构加工、防腐处理，全部由南通润邦海洋工程装备有限公司加工完成，然后由船舶运至现场安装组建。				
临时工程	项目临时施工场地在打桩船、自航驳等船舶甲板上布置，人员食宿及水电均由船舶供应。污废水、固体废物暂存于船舶上的污水仓、垃圾桶、固废贮存仓/场，然后委托有资质的单位处置。				
环保工程	废气	船舶燃油须符合 MARPOL1973/1978 对硫含量 0.5% _{m/m} 的要求。制浆系统全封闭，采用引风机+覆膜滤料袋式除尘器。			
	废水	施工期灌浆设备冲洗废水经沉淀后回用于制浆系统物料拌合。人员生活污水和船舶含油废水交由有相应资质的单位接收处理。			
	噪声	①选择高性能、低噪声的先进机械设备。 ②对产噪设备加装隔声、减振、吸声等防护措施。 ③优化施工工艺，合理安排施工进度，尽量缩短现场施工时间。			
	固废	①一般固体废物参照《建筑垃圾资源化利用产品应用及质量控制指南》（苏建城管[2026]12 号）和《江苏省建筑垃圾电子转移联单管理办法》（苏建规字[2026]16 号）相关要求，分类委托处置。 ②船舶生活垃圾收集后交由陆域环卫部门处置。 ③危险废物分类收集于高密度聚乙烯容器后交由有相应资质的危废单位处置。			
	生态	①优化施工时序，严格管控作业范围，采用先进工艺和设备。 ②禁止船舶油污水和固废排入海。 ③加强环保培训，制订、实施海洋生态环境监测计划。			

总平面及现场布置	1、工程用海 由本项目海域使用论证报告可知，测风塔用海范围为测风塔中心点外扩 64m 的范围，两座测风塔用海面积均为 1.2868hm²，总计用海面积为 2.5736hm²。项目宗海界址图见附图 8~9。 2、施工现场布置 本项目人员及小型物资通过蒿枝港码头登船，经海运抵达测风塔项目场址；钢结构构件、大宗物料由润邦海洋钢结构加工厂统一转运至项目现场，施工作业场地设在船舶甲板上，施工人员食宿均依托船舶。总图布置见附图 10~11。
施工方案	两座测风塔同时施工，同时运行，同时拆除，作业方案相同，配套的施工人员、船舶、设备等数量/型号也基本相同。所有钢管及构件均委托南通润邦海洋工程装备有限公司（以下简称工厂）焊接拼装完成，并做防腐处理。 一、施工期 1、施工测量 本工程相对码头岸边较远，施工期拟采用 GPS-RTK 测量技术建立施工平面控制网；采用海上远距离 GPS 打桩定位系统放样，使用 GPS-RTX 控制高程。 2、钢管桩运输和沉桩 2.1 运输 1#和 3#测风塔的单根钢管桩重约 90t 和 60t，每座塔 3 根钢管桩由 1 艘 6000t 自航驳从工厂自备码头一次性装船运至施工现场。考虑到驳船运输的平稳性，装船时按打桩顺序对称布置。装船时将桩起吊平稳放于稳桩支架上，固定在驳船甲板上，驳船将钢管桩运至现场后按要求下锚驻位。自航驳船长 110m，船宽 20m，型深 6.6m，满载吃水 5.0m。 The diagram illustrates the arrangement of three steel pipe piles (labeled 1, 2, and 3) on a barge. The barge has a width of 20000 units. The piles are supported by a '稳桩支架' (pile support bracket). The diagram is titled '钢管桩装船布置图' (Steel pipe pile loading layout diagram). 钢管桩装船布置图

2.2 沉桩

沉桩采用大型打桩船“雄程 3”进行施工，打桩船船长 102m，船宽 36m，型深 7.8m，满载吃水 6.0m，桩架高度 130m，吊重能力 600 吨。沉桩施工流程如下所示。



沉桩前，打桩船由锚艇拖运至施工点附近，采用八字形式抛锚驻位。运桩自航驳设 4 根锚缆，按照打桩船的站位及起吊要求调节驻位。

驻位完成后，打桩船通过收紧缆绳移向运桩船，令两船紧紧相靠且使其中心线保持互相垂直；将打桩船龙门艇前倾，下放吊钩连接钢管桩上吊点；主副吊钩同步上升，使钢管桩水平脱离运桩驳船，并至一定高度；打桩船通过收紧缆绳到施工位置，准备立桩。吊点位置允许偏差 $\pm 200\text{mm}$ 。主吊钩上升，副吊钩下降，逐个解去副吊钩，使钢管桩由水平姿态逐渐转成竖直姿态；龙门艇后倾，使钢管桩与龙门艇滑道保持平行；桩入龙门艇卡背板，抱桩器启动，合拢抱桩并锁定。

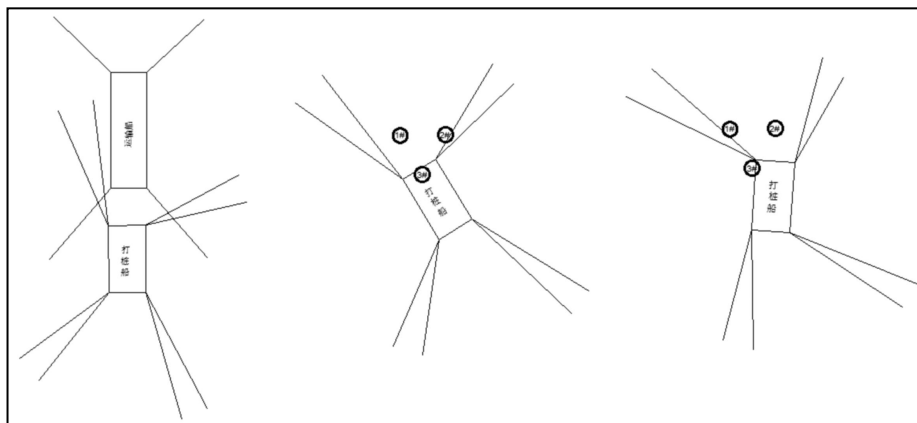
依据打桩船“海上打桩 GPS 定位系统”显示打桩船的姿态及管桩空间位置的图形和数据，通过锚机精确调整船位、利用打桩架液压系统调整桩架的向前或向后的倾角，使桩到达设计位置。

慢慢放开上吊点主吊钩，打开抱桩器，使管桩在重力的作用下自动插桩，复测桩位，若桩位误差过大，起吊桩，重新定位。解除上吊点，桩锤沿桩架下

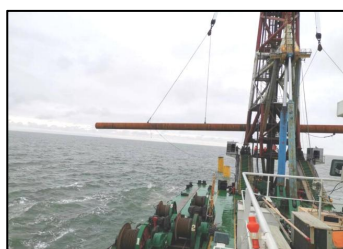
滑，压锤稳桩，打开离合器，启动起落架，锤击沉桩。

沉桩全过程采用重锤轻打的原则。沉桩至设计标高达达到允许偏差范围内停锤，若误差较大时，桩顶采用钢板抄垫处理。

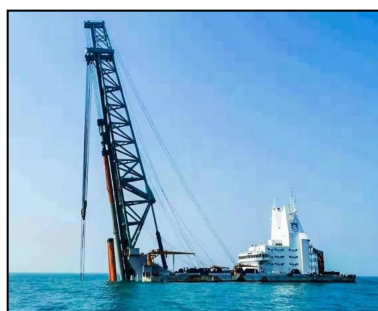
打桩船移位。通过调节打桩船 8 根锚绳，使打桩船远离已打好的钢管桩。同时起锚自航驳，靠近打桩船准备下一根桩的起桩。



船舶驻位及沉桩示意图



桩管起吊示意图



立桩示意图



沉桩结束示意图

3、钢桁架运输和安装

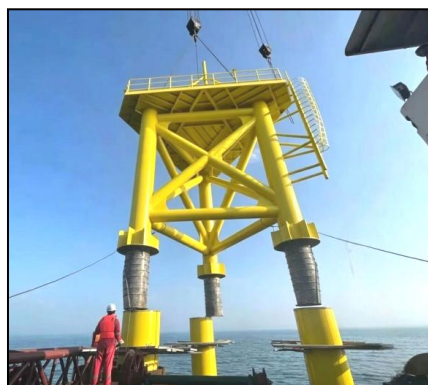
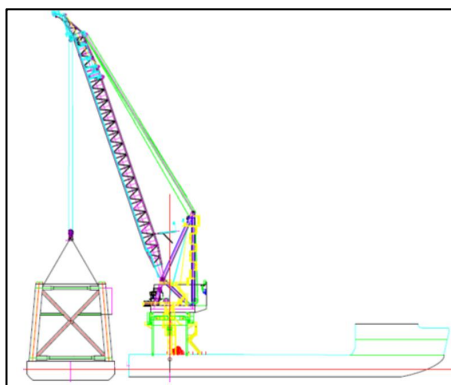
3.1 运输

本项目采用三桩钢桁架式基础，单座钢桁架重约 138t。钢桁架在工厂加工

完成后,经其自备码头落驳装船,通过 6000t 的自航驳运送至测风塔施工现场。

3.2 安装

为使钢桁架牛腿能够在钢管桩上插入固定,钢桁架安装前需先对 3 根钢管桩进行封桩顶处理。钢管桩经处理后,其顶端为开口状,管内深度适宜钢桁架牛腿插入。安装起吊时雄程 3 先将钢桁架吊至安装位置上方 50~60cm 左右,缓缓下降,人工辅助控制钢桁架位置,以便钢桁架牛腿对准钢管桩顶开口处插入。钢桁架就位后,调整钢桁架的平整度。



钢桁架起吊安装示意图

3.3 连接段灌浆

钢桁架牛腿插入钢管桩段需进行灌浆连接,灌浆采用水泥基灌浆材料,单座测风塔用量约 20m³,浆液须满足《水泥基灌浆材料》(CJ/T 986-2018)要求。

(1) 灌浆准备

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。用高压淡水冲洗环形空间,去除其表面原有的或者沉桩过程附着的污泥和其他附着物,然后将环形空间内的水排尽。

(2) 制浆

制浆设备系统布置在自航驳甲板上,按照配比设定参数,打开供料系统和供水系统,开启搅拌机,采用低速缓慢搅拌的方式,确保浆料搅拌均匀。浆料搅拌可通过两个搅拌机同时进行操作。一个搅拌机将已经搅拌均匀的浆料不断注入灌浆泵,同时另一个搅拌机进行搅拌。当一批混合好的材料完全倒入泵后,开始另一批材料的搅拌。

(3) 泵送

在嵌入式支腿内部偏下位置处设置一套灌浆管线,管线上部接到导管架水面以上,灌浆时将软管通过快速接头与预制的管线相连,然后进行顶升灌浆作

业。在灌浆施工过程中，密切关注浆料的温度、流动度、含气量、表观密度的变化，同时观察灌浆泵出口处灌浆施工压力，并在施工过程中留样制作抗压强度试块。

正式泵送前，再次确认管路上所有的阀门均处于打开状态，经确认后进行泵送；在开始阶段采用较大流量持续泵送，直到浆液开始从灌浆环形空间顶端溢出。

(4) 屏浆

溢浆完成后，静置并使浆料中的气泡充分溢出。待静置结束后，进行压力屏浆。灌浆结束后，停止泵送，拆除管线并将其移到下一个已经清洗完成的环形空间灌浆口，重复上述工序，直至完成三个环形空间的灌浆。灌浆工艺流程图如下所示。

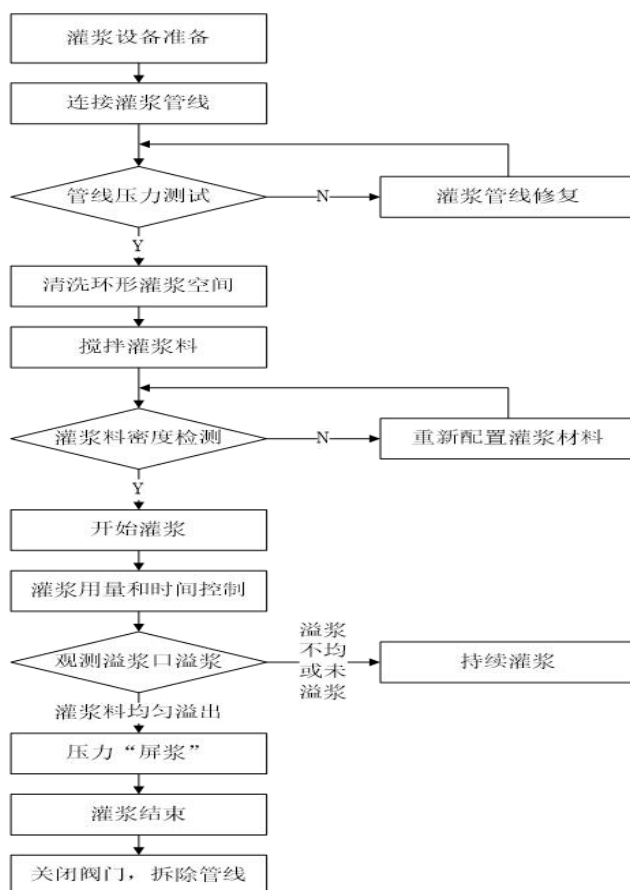
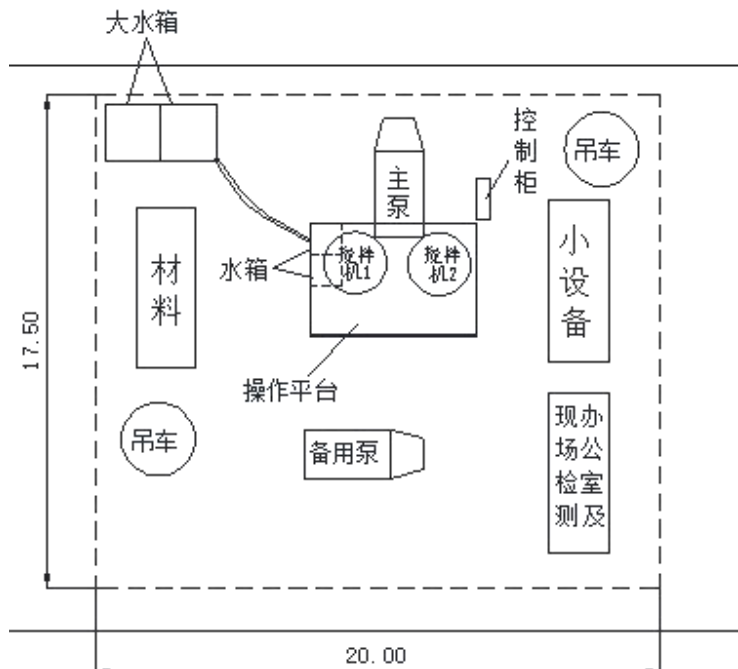


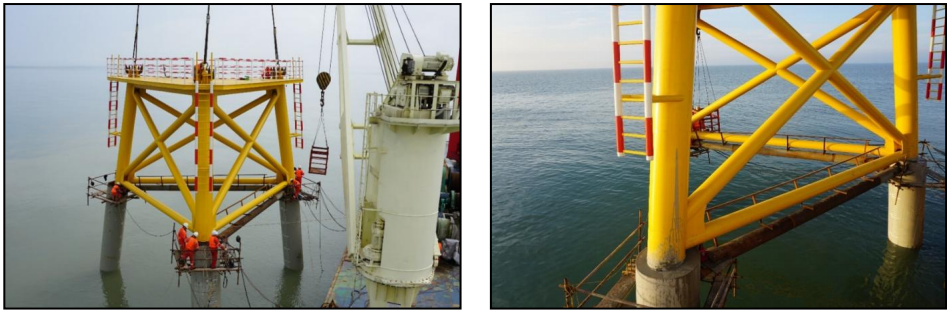
表 2.2 制浆系统设备一览表

序号	项目	规格数量	功能
1	搅拌机	2 台	拌浆料
2	灌浆泵	2 台	灌浆供压
3	灌浆软管	内径 2.5 英寸，每段 10m 长，通过快速接头连接	灌浆料输送

4	设备仓储箱	1 个	存放小型设备及灌浆软管
5	物料仓	3 个	预装水泥、砂等配料
6	检测箱	1 个	用于现场质量控制的相关检测
7	皮带机	2 台	输送粉料
8	淡水箱	4 个	搅拌、灌浆清洗设备用水
9	废水槽	1 个	废水的收集沉淀处理



灌浆作业平面布置示意图



灌浆操作示意图

4、塔架运输和安装

4.1 运输

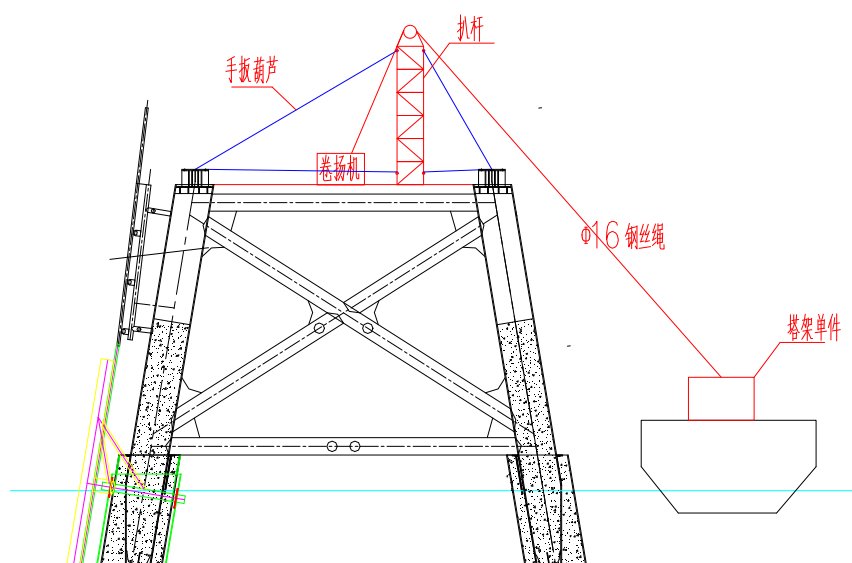
塔架单件在工厂加工完成后，经其自备码头落驳装船，通过 6000t 的自航驳运送至施工现场。同时装船的材料还有扒杆、卷扬机等。

4.2 安装

(1) 扒杆及卷扬设备安装

本工程使用扒杆运输物料,扒杆单节 3m,宽度为 40cm,单节重量约 200kg。工序拟使用扒杆 4 节,共 12m,扒杆顶端设置高强滑轮,扒杆单节采用高强螺栓连接。单节扒杆使用人力搬运至桁架平台顶拼装成型,连接方式为使用 8 根手扳葫芦连接至桁架四角法兰。采用扒杆起吊卷扬机将塔架单件吊至桁架平台。卷扬机采用 $\Phi 16$ 钢丝绳,总长度约为 250m,满足塔架安装需要。

本工程塔架单件最大吊重为第一层基础柱 $\Phi 630 \times 5\text{m}$,重量约为 800kg,扒杆顶部滑轮为 2t,满足最大吊重需求。



扒杆安装示意图



塔架安装示意图

（2）1-5 层塔架组装

测风塔架由于第五层以下单件重量较重，采用单件运输的方式组装。安装人员分别布置于平台三角，使用扒杆提升塔架单件至预定安装位置，安装时将螺栓初步上紧，在完成垂直度测量调整后将螺栓上紧，需拧紧两次。

第一层安装完成后，安装人员分别将扒杆底部连接法兰位置的手扳葫芦拆下，连接至第一层顶部法兰附近连接点，连接完成后调整手扳葫芦松紧度，使扒杆完成爬升，扒杆顶端爬升超出至第一层顶端位置，进行第二层塔架安装。依次类推直至第五层塔架。

（3）6 层以上塔架组装

六层以上因塔架单件重量减少，拟采用单片组装方式进行安装。提升扒杆并固定，依次逐节安装，直至塔架安装完毕。

塔架全部安装完成后，安装塔架爬梯，安装完成后拆除扒杆。采用扒杆定滑轮连接塔架，分节拆除扒杆。

5、测风设备安装调试

塔架组装完毕后，由上至下依次安装测风设备。在测风塔 160m、150m、140m、120m、100m、80m、50m、30m 高度处安装风速计，每层 2 个；在 160m、150m、100m、80m、30m 高度处安装风向标，每层 1 个；风向标根据当地真北方向安装。在 160m、30m 高度处安装气温计、气压计，可与塔架立柱经绝缘后通过支架牢固连接在一起；在 30m 高度安装湿度计。数据传输方式采用 GSM 网传输，数据采集器安装在离海平面以上 10m 处的安装盒内。设备安装完成后，逐一进行调试，检查设备功能是否正常，数据采集是否稳定。

6、安全警示设施安装调试

主要包含避雷针、防雷接地系统、AIS 信号、航空障碍灯、爆闪灯、警示标牌等设施。障碍灯按标高分层布设、接线防水密封牢固，爆闪灯朝向航道方向，所有标识安装平整牢固、醒目耐久，完工后逐项调试检测，确保满足航空、海事通航安全警示要求。

二、运营期

本项目运营期主要是测风塔的日常或应急巡检维护，常规工况下，每月开展 1 次海上登塔巡检，检查塔体结构、监测设备及附属设施的稳定性和可靠性。

塔体结构维护：重点检查测风塔塔身钢结构垂直度、杆件完整性、螺栓紧固状态，对松动螺栓及时紧固，破损拉索及时更换张拉，保证塔体受力均匀、结构稳定。

监测设备维护：定期检查风速仪、风向仪、温湿度传感器、气压传感器等各类测风设备的安装牢固度、外观完好性。检查数据采集器、传输模块、供电电池、线缆线路运行状态，排查线路老化、破损、进水、接触不良等问题，保障数据实时、连续、精准传输。对失效、精度超差的传感器及时校准或更换。

附属设施维护：定期检查航空警示灯、AIS 系统、反光标识、海上警示标牌等设施，确保灯光正常亮起、标识清晰完好、无破损脱落，满足民航及海上通航安全要求。检查爬梯、防护栏杆、作业平台等安全设施，确保牢固可靠，无松动、变形，为登塔作业提供安全保障。

三、运营期满拆除

本项目测风塔运营期一年，期满按照施工顺序倒序拆除，依次为塔架拆除、钢桁架拆除、钢管桩拆除。拆除后的设施设备及钢构件等按序由自航驳运回陆域处置。

1、塔架拆除

（1）附属设施拆除

首先拆除测风塔全部附属设施，包括测风仪器、传感器、警示标识等，拆除的小型构件统一收纳、分类存放于自航驳。拆除过程采用人工配合小型机具作业，保护塔架主体结构完整。

（2）塔架分段拆除

采用自上而下、分层分段对称拆除的原则施工，根据塔架结构，将测风塔按约 35m 高度分四段拆除。首先对塔架各段间连接螺栓、法兰节点进行除锈、松动处理，逐段解除结构连接。起重船下钩将吊装塔架用的 5 根钢丝绳吊起挂在主、副钩上。操作员按顺序先将主钩上的钢丝绳与塔架钢管进行捆绑连接，再将底部钢丝绳与塔架外侧钢管进行捆绑连接，钢丝绳缓缓升起，微微受力，平稳吊离至驳船甲板上，达到摆放要求后，将吊钩下放至钢丝绳不再受力为止，起重人员对被吊物进行解钩操作，解钩后对拆除构件进行甲板绑扎和固定。

2、钢桁架拆除

塔架拆除后，将起重船再次移位至钢桁架平台吊耳处，检查吊耳腐蚀程度，在确认吊耳安全后，放下主钩钢丝绳与平台吊耳连接好，启动起重船主钩卷扬机使吊点钢丝绳缓缓受力，停止卷扬机操作，将钢管桩顶部与平台结构连接处采用水刀切割机进行分离切割，将切割好的平台吊放至驳船甲板上固定。

3、钢管桩拆除

起重船定位后下吊钩连接钢管桩上吊点，钢丝绳缓缓升起，微微受力后停止起吊，然后开始水下桩基预处理作业。由持证潜水员配合水下高压冲刷清淤设备，对海床面桩管附着淤泥及生物进行清理，清理出一个施工断面空间。清理完成后，潜水员将起重船下放的水下切桩机定位于桩管切割断面，进行水下钢管桩压力切割。切割完成后吊离海底，然后利用绞锚的方式把起重船吊着的钢管桩移至平板驳处，作业工人配合牵引、稳住钢管桩底部，缓慢落钩将钢管桩放倒至自航驳甲板上，在桩底接触甲板的位置提前摆放废旧橡胶轮胎。最后将平放在平板驳上的钢管桩进行固定，如此进行下一根钢管桩拆除。

4、清理撤场

所有塔架、钢桁架、钢管桩构件拆除完成后，全面打捞海上漂浮杂物、水下残留构件等，确保无遗留建筑垃圾和施工杂物后撤离现场。

四、作业工期、人员及船舶设备安排

本项目两座测风塔同时施工，作业人员及船舶设备安排均一致。计划于2027年1月开工，2027年2月底建成。测风塔施工期52天，运营期1年，拆除期32天。施工和拆除期高峰时段单座测风塔作业人员52人，运营期无人值守，仅定期派人巡检维护。

表 2.3 测风塔实施工期计划表（有效工期）

工 序			施工期安排	施工时长
施工期	1	测 量	首月	1 天
	2	钢管桩运输及沉桩	首月	5 天
	3	钢桁架运输及安装	首月	10 天
	4	测风塔运输及安装调试	首月至次月	36 天
	小计			52 天
运营期	巡检维护		每月 1 次	
运营期满 拆除	1	测风塔拆除及运输	首月	7 天
	2	钢桁架拆除及运输	首月	5 天
	3	钢管桩拆除及运输	首月至次月	20 天
	小计			32 天

表 2.4 单座测风塔实施人员一览表

项目阶段	工 序	人员数量/人		
		船员	工程作业人员	小计
施工期	测量	3	3	6
	钢管桩运输及沉桩	32	20	52
	钢桁架运输及安装	32	20	52
	测风塔运输及安装调试	17	10	27
运营期	巡检维护	3	4	7
运营期满拆除	测风塔拆除及运输	32	20	52
	钢桁架拆除及运输	32	20	52
	钢管桩拆除及运输	32	20	52

表 2.5 单座测风塔实施期主要船舶及设备表

工 序			船舶及设备	型号	数量	备注
施工期	1	测量	交通船	400HP	1 艘	
	2	钢管桩运输及沉桩	雄程 3	总重 11000t, 含吊重 600t	1 艘	锚艇拖拽, 无自航能力。
				配备 IHC-S900 液压桩锤	1 套	
			自航驳	6000t/4300HP	1 艘	
			锚艇	6000HP	1 艘	
			交通船	400HP	1 艘	
			巡逻艇	400HP	1 艘	
	3	钢桁架运输及安装	雄程 3			同“2”
			自航驳			同“2”
			锚艇			同“2”
			交通船			同“2”
			巡逻艇			同“2”
			制浆系统装置设在自航驳甲板上			
	4	测风塔运输及安装调试	自航驳			同“2”
			锚艇			同“2”
			交通船			同“2”
			巡逻艇			同“2”
			抱杆	/	1	
			卷扬机	/	1	
			柴油发电机	100kW	1 用 1 备	
运营期	应急检修维护		交通船	400HP	1 艘	拆换配件及构件紧固
运营期满拆除	1	测风塔拆除及运输	起重船	总重 6800t, 含吊重 700t	1 艘	锚艇拖拽, 无自航能力。
			自航驳	6000t/4300HP	1 艘	
			锚艇	1600HP	1 艘	
			交通船	400HP	1 艘	
			巡逻艇	400HP	1 艘	
	2	钢桁架拆除及运输	起重船			同“1”
			自航驳			同“1”
			锚艇			同“1”
		交通船			同“1”	

			巡逻艇			同“1”
			水刀切割机	GYB-7	1 套	水压 40MPa
	3	钢管 桩拆 除及 运输	起重船			同“1”
			自航驳			同“1”
			锚艇			同“1”
			交通船			同“1”
			巡逻艇			同“1”
			水下切桩机	by-pb700dws	1 套	压力 700kN
其他	无					

三、生态环境现状、保护目标及评价标准

生态环境现状	1、功能区划情况 本项目位于江苏省南通市外海，专属经济区内，属国管海域，该区域无海洋空间使用功能要求，也无海域环境功能要求，与《江苏省海岸带及海洋空间规划（2021-2035）》空间关系见附图12，与《江苏省近岸海域环境功能区划》空间关系见附图13。 2、海域开发利用情况 经调查，本项目周边无海底电缆管道，无军事区、国防军事设施等其他敏感区。区域主要的开发活动为渔业、航道和锚地，距离最近的风电场为江苏启东 H2 海上风电场。区域开发活动分布见附图 14。 （1）渔业活动 本项目位于吕泗渔场，南侧为长江口渔场，吕泗渔场东侧为大沙渔场。吕泗渔场水产品资源丰富，资源量大，是大小黄鱼、银鲳、梭子蟹、带鱼、海蜇、脊尾白虾等繁殖、摄食、生长、育肥的场所。该区渔业生产作业方式主要为流刺网类、拖网类、围网类、张网类、钓具类、笼壶类。 （2）航道、锚地 《中国沿海航行指南（东海海区）》显示，距离本项目最近的航线为长江口-连云港引航站航线，航线与测风塔最近距离约为 6.2km。 由《江苏海事局 上海海事局关于公布南通沿海公共航路和锚地的通告》（2024 年 2 月 4 日）可知，项目所在海域靠近南北航路进出洋山港进港南航道航路，公共航路与测风塔最近距离约为 10.9km。 项目周边分布有 3 块规划锚地，分别是 4#（20 万吨级船舶锚地）、5#（10 万吨级船舶锚地）、6#（5~10 万吨级船舶锚地），规划锚地与测风塔最近距离约为 3.8km。 （3）海上风电场 江苏启东 H2 海上风电场位于江苏省启东市近海海域，风电场中心离岸距离约 40km，与测风塔最近距离约为 7.7km。场区形状呈梯形，南北宽约 2.5km，东西长约 12km，总面积约 31.5km²，风电场安装 42 台风机，总装机容量为 252.25MW。
--------	--

3、海洋生态环境现状

为了解测风塔周边海域的水质、沉积物、生物质量及生态环境质量现状，本次评价收集了自然资源部南通海洋中心于 2026 年 5 月对启东海域海洋环境现状调查资料，该调查共布设了 18 个站位，调查内容均包括海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态（含生物质量、渔业资源）等要素，与测风塔相距较近的站位 XC11 距离 1#测风塔约 10.6km、XC15 距离 3#测风塔约 14.5km。详见表 3.1 和图 3.1 所示。

表 3.1 海洋生态环境调查站位表

站位	经度	纬度
XC01		
XC02		
XC03		
XC04		
XC05		
XC06		
XC07		
XC08		
XC09		
XC10		
XC11		
XC12		
XC13		
XC14		
XC15		
XC16		
XC17		
XC18		

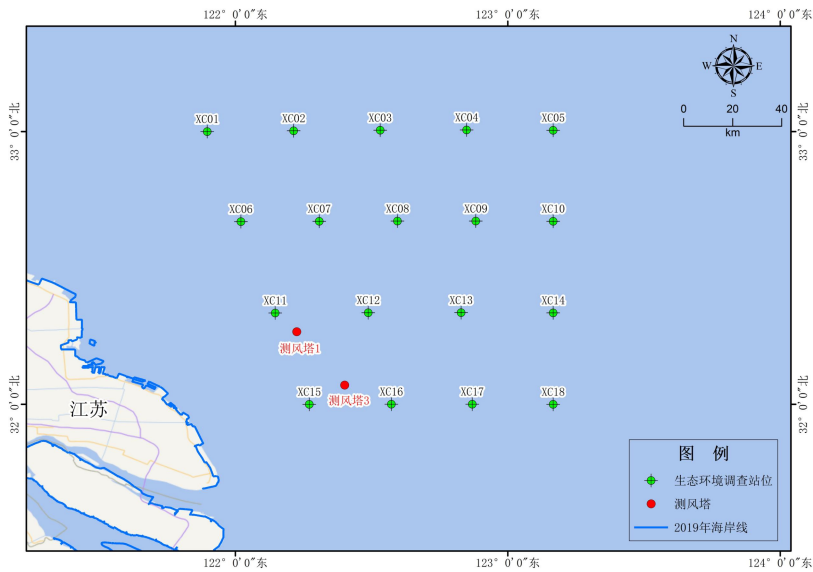


图3.1 海洋生态环境调查站位图

3.1 海水水质

(1) 监测指标及采样方法

监测指标：pH 值、水温、盐度、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、石油类、硫化物、挥发性酚、重金属（铜、铅、镉、汞、锌、总铬、砷），共计 18 项。

采样方法：现场样品采集、贮存与运输等要求按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）等相关要求进行。

①根据各调查要素分析所需水样量和对采水器的要求，选择合适容积和材质的采水器（本次调查采用有机玻璃材质的采水器采样），并洗净。水样采上船甲板后，先填好水样登记表，并核对瓶号，然后按顺序分装水样。

②溶解氧、化学需氧量样品的采集：应用碘量法测定水中溶解氧，水样需直接采集到样品瓶中，采样时应注意不使水样爆气或残存气体；使用采水器时，应防止搅动水体，溶解氧样品需最先采集。采集步骤如下：乳胶管的一端接上玻璃管，另一端套在采水器的出水口，放出少量水样淌洗水样瓶两次；将玻璃管插到分样瓶底部，慢慢注入水样，并使玻璃管口始终处于水面下，待水样装满并溢出约为瓶子体积的二分之一时，玻璃管慢慢抽出，瓶内不可有气泡，每一水样装取 2 瓶；立即用加液器（管尖在紧靠液面下）依次注入氯化锰溶液和碱性碘化钾溶液；塞紧瓶塞并用手按住瓶塞和瓶底，将瓶缓慢地上下翻转 20 次，使样品与固定液充分混匀。样品瓶内沉淀物降至三分之二以下时方可进行分析。

③pH 样品的采集：用少量水样淌洗水样瓶（聚乙烯瓶）两次，再慢慢将瓶充满，立即盖紧瓶塞，存于阴暗处，待测。

④悬浮物样品的采集：水样采集后，应尽快从采集器中放出样品；在水样装瓶的同时摇动采水器，防止悬浮物在采样器内沉降；除去杂质如树叶、柱状物等。

⑤重金属样品的采集：水样采集后，应尽快从采集器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装；立即用 0.45 μ m 滤膜处理（汞的水样除外），过滤水样

用酸酸化至 pH 值小于 2，塞紧塞子存放在洁净环境中。

⑥油类样品的采集：水质油样品的采集均只采表层样，采样深度 0.1~1m，采用抛浮式采油器采集。

⑦营养盐样品的采集：采集时先放掉少量水样，混匀后再分装样品；在采集时，应立即分装样；在灌装样品时，样品瓶和盖至少洗两次；灌装水样量应是瓶容量的四分之三，采样时应防止船上排污水的污染、船体的挠动；要防止空气污染，特别是防止船烟和吸烟者的污染；应用 0.45μm 滤膜过滤水样，以除去颗粒物。

（2）样品的预处理和保存

根据《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》（GB17378.4-2007）现场采集的水样样品预处理和保存方法见表 3.2。

用玻璃或塑料滤器过滤样品，所用 0.45m 混合纤维素滤膜，预先用 1‰（v/v）的盐酸溶液浸泡 24h，并用纯水洗至中性。

样品过滤和分装等操作过程采取防污染措施。现场不能分析的水样分装、预处理后部分冷冻（营养盐、重金属），剩余部分加固定剂密封好，加套塑料袋后，置暗处保存。

需要在实验室测量的样品，待每航次外业结束后，由专人将样品运回实验室分析。

表 3.2 水质样品预处理和保存方法

项目	预处理	贮存容器	保存时间	分析地点
水温	直接测量	-		原位测量
盐度	—	P	90	室内实验室
pH 值	pH 计法	P	24h 内分析	现场实验室
溶解氧	氯化锰和碱性碘化钾溶液固定	G	24h 内分析	现场实验室
NO ₃ ⁻ -N	过滤	P	冷冻	室内实验室
NO ₂ ⁻ -N	过滤	P	冷冻	室内实验室
NH ₄ ⁺ -N	过滤	P	冷冻	室内实验室
PO ₄ ³⁻ -P	过滤	P	冷冻	室内实验室
石油类	现场实验室萃取	G	10d	室内实验室
铜、铅、锌、镉、砷、总铬	洁净台内过滤，酸化保存	P	20d	洁净实验室
汞	不过滤，酸化保存	G	7d	室内实验室
悬浮物	现场过滤，冷藏并暗处保存	P、G		室内实验室
硫化物	不过滤，加 2ml 50g/L 醋酸锌和 2ml 40g/LNaOH	G	7d	室内实验室

注：1. P—聚乙烯塑料瓶；G—玻璃瓶。2. 过滤是指用 0.45μm 的混合纤维素滤膜抽滤。

(3) 实验室分析

水质要素的分析检测参照国家标准《近岸海域环境监测技术规范》(HJ442-2020)和《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)、《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋监测技术规程》HY/T147-2013。水质样品分析方法详见表 3.3。

表 3.3 水质样品分析方法

序号	监测指标	分析方法	引用标准
1	pH	pH 计法	GB17378.4-2007
2	水温	CTD	GB17378.4-2007
3	盐度	盐度计法	GB17378.4-2007
4	悬浮物	重量法	GB17378.4-2007
5	化学需氧量	碱性高锰酸钾法	GB17378.4-2007
6	溶解氧	碘量法	GB17378.4-2007
7	亚硝酸盐氮	流动分析法	HY147.1—2013
8	硝酸盐氮	流动分析法	HY147.1—2013
9	氨氮	流动分析法	HY147.1—2013
10	活性磷酸盐	流动分析法	HY147.1—2013
11	石油类	紫外分光光度法	GB17378.4-2007
12	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	GB17378.4-2007
13	挥发性酚	氨基安替比林分光光度法	GB17378.4-2007
14	铜	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.4-2007
15	铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.4-2007
16	镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.4-2007
17	汞	原子荧光法	GB17378.4-2007
18	锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.4-2007
19	总铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.4-2007
20	砷	原子荧光法	GB17378.4-2007

(4) 评价方法

①一般性水质因子（随着浓度增加而水质变差的水质因子）按下式进行评价： $S_{ij}=C_{ij}/C_{si}$

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

C_{ij} —评价因子 i 在第 j 点的实测统计代表值，mg/L；

C_{si} —评价因子 i 的水质评价标准限值，mg/L。

②pH 按下式进行评价：

$$S_{pHj} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{sd}) \quad (pH_j \leq 7.0)$$

$$S_{pHj} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0) \quad (pH_j > 7.0)$$

式中： S_{pHj} ——pH 的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j ——pH 值实测统计代表值；

pH_{sd} ——评价标准中 pH 的下限值；

pH_{su} ——评价标准中 pH 的上限值。

③溶解氧（DO）按下式进行评价：

$$S_{DO_j} = DO_s / DO_j \quad (DO_j \leq DO_f)$$

$$S_{DO_j} = (DO_j - DO_f) / (DO_f - DO_s) \quad (DO_j > DO_f)$$

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

DO_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L；

近岸海域， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$

S——实用盐度符号，量纲为 1；

T——水温，℃。

(5) 评价标准

依据《海水水质标准》（GB3097-1997）对各监测因子进行评价。

(6) 调查结果

表 3.4 海水水质调查结果统计表

站位	水深 m	层次	水温 ℃	盐度	pH	悬浮 物 mg/L	DO mg/L	COD mg/L	石油 类 mg/L	铵盐 μg/L	亚硝 酸盐 μg/L	硝酸 盐 μg/L
XC01	17.00	表										
		底										
		均值										
XC02	23.80	表										
		底										
		均值										
XC03	29.00	表										
		中										
		底										
XC04	33.50	均值										
		表										
		中										
XC05	37.50	底										
		均值										
		表										

			中										
			底										
			均值										
	XC06	18.50	表										
			底										
			均值										
	XC07	24.00	表										
			底										
			均值										
	XC08	31.00	表										
			中										
			底										
			均值										
	XC09	37.00	表										
			中										
			底										
			均值										
	XC10	37.50	表										
			中										
			底										
			均值										
	XC11	22.00	表										
			底										
			均值										
	XC12	28.60	表										
			中										
			底										
			均值										
	XC13	33.50	表										
			中										
			底										
			均值										
	XC14	35.50	表										
			中										
			底										
			均值										
	XC15	18.50	表										
			底										
			均值										
	XC16	28.70	表										

		中											
		底											
		均值											
	XC17	表											
		中											
		底											
		均值											
	XC18	表											
		中											
		底											
		均值											

续表 3.4 海水水质调查结果统计表

站位	水深 m	层次	活性 磷酸 盐 μg/L	铜 μg/L	铅 μg/L	锌 μg/L	镉 μg/L	汞 μg/L	砷 μg/L	总铬 μg/L	硫化物 μg/L	挥发 性酚 μg/L
XC01	17.00	表										
		底										
		均值										
XC02	23.80	表										
		底										
		均值										
XC03	29.00	表										
		中										
		底										
		均值										
XC04	33.50	表										
		中										
		底										
		均值										
XC05	37.50	表										
		中										
		底										
		均值										
XC06	18.50	表										
		底										
		均值										
XC07	24.00	表										
		底										
		均值										
XC08	31.00	表										
		中										
		底										
		均值										
XC09	37.00	表										

			中										
			底										
			均值										
	XC10	37.50	表										
			中										
			底										
			均值										
			表										
	XC11	22.00	底										
			均值										
			表										
			中										
	XC12	28.60	底										
			均值										
			表										
			中										
	XC13	33.50	底										
			均值										
			表										
			中										
	XC14	35.50	底										
			均值										
			表										
			中										
	XC15	18.50	底										
			均值										
			表										
			中										
	XC16	28.70	底										
			均值										
			表										
			中										
	XC17	35.50	底										
			均值										
			表										
			中										
	XC18	38.50	底										
			均值										

(7) 评价结果

经统计分析，调查海域无机氮和活性磷酸盐两项指标检测值较高，其中 XC08~12、XC14、XC17~18 站位的无机氮和 XC15 站位的活性磷酸盐满足第二类海水水质标准，XC13、XC15~16 的无机氮满足第三类海水水质标准，其余站位的各项指标均满足第一类海水水质标准。

调查海域的 18 个站位中，39%的站位水质符合第一类海水水质标准，

44%的站位水质符合第二类海水水质标准，17%的站位水质符合第三类海水水质标准。各监测站位水质评价结果见下表。

表 3.5 海水水质综合评价结果一览表

站位	pH	水温	盐度	COD	DO	无机氮	活性磷酸盐	石油类	硫化物
XC01									
XC02									
XC03									
XC04									
XC05									
XC06									
XC07									
XC08									
XC09									
XC10									
XC11									
XC12									
XC13									
XC14									
XC15									
XC16									
XC17									
XC18									

续表 3.5 海水水质综合评价结果一览表

站位	挥发性酚	铜	铅	锌	镉	汞	砷	总铬	水质类别
XC01									
XC02									
XC03									
XC04									
XC05									
XC06									
XC07									
XC08									
XC09									
XC10									
XC11									
XC12									
XC13									
XC14									
XC15									
XC16									
XC17									
XC18									

3.2 海洋沉积物

(1) 监测指标及采样方法

监测指标：硫化物、石油类、有机碳、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷共 10 项。

采样方法：现场采样方法具体按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）相关技术规程进行。

①沉积物样品采用抓斗式采泥器采集到甲板后，先排放上覆水。用氧化还原探头测定其 Eh 值。采集深度不小于 5cm。

②用塑料刀或勺从采泥器中取上部 0~1cm 和 1~2cm 表层沉积物样品，如遇砂砾层，可在 0~3cm 层内混合取样；

③通常取 3~4 份分析样品；

④取约 20~30g 新鲜湿样，盛于 125mL 磨口广口瓶中，充氮气后塞紧磨口塞，用于测定硫化物用；

⑤取 500~600g 湿样，放入已洗净聚乙烯袋中，扎紧袋口，供测定铜、锌、铅、镉、砷用；

⑥取 500~600g 湿样，盛于 500mL 磨口广口瓶中，密封瓶口，供测定石油类、有机碳、总汞用。

(2) 样品的运输和保存

现场采集的沉积物样品预处理和保存方法见表 3.6。

根据《海洋监测规范》（GB17378.3-2007），放置在阴冷处，最好采用低温冷藏。需要在实验室测量的样品，待每航次外业结束后，由专人将样品运回实验室分析。

表 3.6 沉积物样品保存方法

项目	预处理	分析地点
沉积物 Eh、pH	排放掉沉积物上覆水	甲板测定
硫化物	5ml 乙酸锌固定，玻璃瓶装	室内实验室
其他重金属	密封冷藏	室内实验室
总汞、石油类、有机碳	玻璃瓶装、密封冷冻	室内实验室

(3) 实验室分析

供测定重金属（铜、铅、镉、锌、铬、砷）的分析样品置于 80-100℃烘箱内，研磨后过 160 目筛。供测定油类、有机碳的分析样品置室内阴凉通风

处风干，研磨后过 80 目筛。化学测试方法按照《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）中规定的相关方法进行。

表 3.7 沉积物各因子分析方法

序号	监测指标	分析方法	引用标准
1	有机碳	氧化-还原容量法	GB17378.5-2007
2	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	GB17378.5-2007
3	石油类	紫外分光光度法	GB17378.5-2007
4	铜	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
5	锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
6	铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
7	镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
8	铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
9	汞	原子荧光法	GB17378.5-2007
10	砷	原子荧光法	GB17378.5-2007

(4) 评价方法

评价方法采用单因子标准指数法，即第 i 项标准指数 $S_i = C_i / C$ ，式中 C_i 为第 i 项调查值，C 为沉积物标准值。

(5) 评价标准

依据《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）标准进行评价。

(6) 调查结果

各站位沉积物调查结果如下表所示。

表 3.8 沉积物调查结果

站号	硫化物 10 ⁻⁶	油 10 ⁻⁶	TOC %	汞 10 ⁻⁶	铜 10 ⁻⁶	铅 10 ⁻⁶	镉 10 ⁻⁶	锌 10 ⁻⁶	铬 10 ⁻⁶	砷 10 ⁻⁶
XC01										
XC02										
XC03										
XC04										
XC05										
XC06										
XC07										
XC08										
XC09										
XC10										
XC11										
XC12										
XC13										
XC14										
XC15										
XC16										
XC17										
XC18										

(7) 评价结果

分析可知，各站位海洋沉积物质量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）第一类标准，各因子评价结果指数见下表。

表 3.9 沉积物质量各因子评价指数值

站号	硫化物	油	有机碳	汞	铜	铅	镉	锌	铬	砷
XC01										
XC02										
XC03										
XC04										
XC05										
XC06										
XC07										
XC08										
XC09										
XC10										
XC11										
XC12										
XC13										
XC14										
XC15										
XC16										
XC17										
XC18										

3.3 海洋生物质量

(1) 监测指标及采样方法

监测指标：汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃，共 8 项。

采样方法：

1) 准备工作

采样前做好相关器具的准备工作，清洗冷冻箱、高密度聚乙烯袋、塑料板及尺、大号金属刀、刮刀，再用蒸馏水漂洗干净。

2) 样品采集

① 虾与中小型鱼样采集

按要求选取足够数量（约 1.5kg）的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止刺破袋子。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，低温冷藏。本次调查贮存期不长（热天不超过 48h），采用冰箱、冷冻箱存放样品。

② 大型鱼样采集

用清洁的金属刀切下至少 100g 肌肉组织，厚度至少 5cm，样品处理时，切除沾污和内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出袋内空气，并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，低温冷藏。本次调查贮存期不长（热天不超过 48h），采用冰箱、冷冻箱存放样品。

③贝类样品的采集

用清洁刮刀从其附着物上采集贝类样品。选取足够数量的完好贝类样品存于冷冻箱中。若需长途运输(炎热天超过 2h)，应把贝类样品盛于塑料桶中，将现场采集的清洁海水淋洒在贝类样品上，样品保持润湿状但不能浸入水中。

（2）样品的运输和保存

若样品处理须在采样 24h 后进行，可将贝类样品存于高密度塑料袋中，压出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入聚乙烯袋中并封口，存于低温冰箱中。

样品采集后，需长途运输，把样品放入样品箱（或塑料桶）中，对不需要封装的样品将现场清洁海水淋洒在样品上，保持样品润湿状态（不得浸入水中）；若样品处理在采样 24h 后进行，可将样品放在聚乙烯袋中，压出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中并封口，冷冻保存。

（3）实验室分析

干燥后的样品经研磨后过 80~100 目。生物质量分析项目及方法按照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB17378.6-2007）。

表 3.10 生物质量监测项目分析方法

序号	监测指标	分析方法	引用标准
1	石油烃	荧光分光光度法	GB17378.6-2007
2	铜	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007
3	锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007
4	铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007
5	镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007
6	铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6-2007
7	汞	原子荧光法	GB17378.6-2007
8	砷	原子荧光法	GB17378.6-2007

（4）评价方法

采用单因子标准指数法，即第 i 项标准指数 $S_i = C_i / C$ 。式中， C_i 为第 i

项调查值，C 为生物体标准值。

(5) 评价标准

依据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 标准进行评价，其中铬参考《海洋生物质量》（GB18421-2001）标准。

(6) 调查结果

调查共采集到生物 5 种，分别为焦氏舌鳎、鹰爪虾、日本蟳、口虾蛄、三疣梭子蟹，结果如下表所示。

表 3.11 海洋生物质量调查结果

站位-种类	汞	砷	铜	铅	锌	镉	石油烃	铬
	10 ⁻⁶							
XC01-三疣梭子蟹								
XC02-焦氏舌鳎								
XC03-口虾蛄								
XC04-焦氏舌鳎								
XC05-日本蟳								
XC06-三疣梭子蟹								
XC07-口虾蛄								
XC08-鹰爪虾								
XC09-口虾蛄								
XC10-口虾蛄								
XC11-三疣梭子蟹								
XC12-口虾蛄								
XC13-鹰爪虾								
XC14-三疣梭子蟹								
XC15-三疣梭子蟹								
XC16-口虾蛄								
XC17-口虾蛄								
XC18-鹰爪虾								

注：“*”表示未检出，汞检出限为 0.02（10⁻⁶）、铬检出限为 0.04（10⁻⁶）。

(7) 评价结果

分析可知，海洋生物质量符合《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 标准，铬符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）中第一类标准，各因子评价结果指数见下表。

表 3.12 生物质量评价结果

站位-种类	汞	砷	铜	铅	锌	镉	石油烃	铬
XC01-三疣梭子蟹								
XC02-焦氏舌鳎								
XC03-口虾蛄								
XC04-焦氏舌鳎								
XC05-日本蟳								
XC06-三疣梭子蟹								
XC07-口虾蛄								
XC08-鹰爪虾								

XC09-口虾蛄								
XC10-口虾蛄								
XC11-三疣梭子蟹								
XC12-口虾蛄								
XC13-鹰爪虾								
XC14-三疣梭子蟹								
XC15-三疣梭子蟹								
XC16-口虾蛄								
XC17-口虾蛄								
XC18-鹰爪虾								

3.4 生物生态

(1) 监测指标及采样方法

监测指标：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、鱼卵与仔稚鱼、大型底栖生物共 5 项。

采样方法：现场采样按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、海洋调查规范（GB/T12763-2007）的要求进行。本次调查中生态站位生态样品的采集均采用网采、水采两种方式。

①叶绿素 a：用采水器采样，样品用 2.5L 聚乙烯桶装。

②浮游植物（水采）：用采水器采样，采样层次同水质。

③浮游植物（网样）：采用浅水Ⅲ型浮游生物网自底至表进行垂直拖网，落网为 0.5m/s，起网为 0.5~0.8m/s；

④浮游动物（网样）：采用浅Ⅰ型和Ⅱ型浮游生物网从底至表层垂直拖网获取，落网为 0.5m/s，起网为 0.5~0.8m/s；

⑤底栖生物：用采泥器（0.01m²）进行采集，每站采集不少于 2 次，取平均值为该站的生物量和栖息密度。底栖动物样品在船上用 5%福尔马林溶液固定保存后带回实验室称重（软体动物带壳称重）、分析，计数，鉴定到种，并换算成单位面积的生物量(mg/m²)和栖息密度(个/m²)。依据《全国海岸带和海涂资源调查简明规程》，用网口宽度为 1.5 米的阿氏拖网(Agassistrawl)进行拖曳，拖速为 1.00nmil/h，拖网时间为 10 分钟，采集底栖生物定性样品。

(2) 样品的运输和保存

浮游植物：拖网样品采集后装入标本瓶（500mL），加入 6~8mL 饱和碘液固定；水样样品采集后每升水样加入 6~8mL 饱和碘液固定，带回实验室鉴定分析。

浮游动物：样品采集后装入标本瓶（500mL），加入甲醛溶液（加入量为样品容量的 5%），上岸后静置一昼夜后，浓缩至 100mL 的标本瓶中，带回实验室鉴定分析。

底栖生物：样品用 5%甲醛固定保存，带回实验室鉴定分析。

叶绿素 a：无需固定。

（3）实验室分析

参照《海洋监测规范第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB17378.7-2007）中规定的方法对叶绿素 a、浮游植物、浮游动物和底栖生物进行分析。

表 3.13 海洋生物要素分析方法

序号	分析项目	分析方法	规范性引用文件
1	叶绿素 a	分光光度法	GB17378.7-2007
2	浮游植物	计数法	GB17378.7-2007
3	浮游动物	湿重、计数法	GB17378.7-2007
4	鱼卵与仔稚鱼	湿重、计数法	GB17378.7-2007
5	大型底栖生物	湿重、计数法	GB17378.7-2007

（4）评价方法

1) 叶绿素 a

叶绿素 a 的计算公式如下：

$$\text{Chla} = 11.85 \times (\text{E664} - \text{E750}) - 1.54 \times (\text{E647} - \text{E750}) - 0.08 \times (\text{E630} - \text{E750}) \text{ v/VL}$$

式中：Chla——叶绿素 a 浓度，单位为 $\mu\text{g/L}$ ；v——样品提取液体积，单位为 mL；V——海水样品实际用量，单位为 L；L——测定池光程，单位为 cm；E750、E664、E647、E630——分别为 750nm，664nm，647nm，630nm 波长处的吸光值。

2) 优势度 (Y) 及计算

优势度 (Y) 的计算公式：

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

式中： f_i ——第 i 个种在各样方中的出现频率； n_i ——群落中第 i 个物种在空间中的丰度；N——群落中所有物种的总丰度；

本报告优势度 $Y \geq 0.02$ 时为优势种。

3) 生物多样性分析

生物多样性包括物种多样性、均匀度、丰富度和单纯度四个方面。计算

公式分别如下：

①香农—威纳（Shannon—Weaner）多样性指数：

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

式中：H'——种类多样性指数；P_i——第 i 种的个体数占该调查站位个体数之比（n_i/N）。

②Pielou 均匀度指数，计算公式如下：

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

式中：J'——均匀度指数值；H'——物种多样性指数值；S——样品总种数。

③Margalef 丰富度指数，计算公式如下：

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

式中：d——丰富度指数值；S——调查站位所有的物种数目；N——调查站位中所有个体数量。

④单纯度指数，计算公式如下：

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

式中：C——单纯度指数；N——群落中所有物种丰度或生物量；n_i——第 i 个物种的丰度或生物量。

一般而言，健康的环境，物种均匀度和丰富度指数值高，单纯度指数值低；污染环境，物种均匀度和丰富度指数值低，单纯度指数值高。

（5）调查与评价结果

1）叶绿素 a

2026 年 5 月份调查海域表层叶绿素 a 范围为 0.442μg/L~7.40μg/L，最大值出现在 XC03 号站位，最小值出现在 XC09 号站。调查海域中层叶绿素 a 范围为 0.442μg/L~6.83μg/L，最大值出现在 XC03 号站位，最小值出现在 XC10 号站。调查海域底层叶绿素 a 范围为 0.560μg/L~6.49μg/L，最大值出现在 XC04 号站位，最小值出现在 XC09 号站。

2）浮游植物

①种类组成

调查期间调查海域共鉴定出浮游植物 4 门 48 属 88 种，其中硅藻门 30

属 55 种，甲藻门 16 属 31 种，金藻门 1 属 1 种，裸藻门 1 属 1 种。

②细胞密度和分布

调查海域浮游植物水样密度范围为 $0.0452 \times 10^4 \sim 162 \times 10^4$ 个/L，平均值为 7.03×10^4 个/L。其中，表层水样密度范围为 $0.0703 \times 10^4 \sim 8.89 \times 10^4$ 个/L，平均值为 2.55×10^4 个/L；中层水样密度范围为 $0.0452 \times 10^4 \sim 34.2 \times 10^4$ 个/L，平均值为 4.08×10^4 个/L；底层水样密度范围为 $0.0885 \times 10^4 \sim 162 \times 10^4$ 个/L，平均值为 13.5×10^4 个/L。浮游植物 III 网样密度范围为 $1.85 \times 10^4 \sim 77.1 \times 10^4$ 个/m³，平均值为 10.8×10^4 个/m³。

③生物多样性

整个调查海域浮游植物 III 网样多样性指数均值为 2.20，均匀度均值为 0.61，丰富度均值为 0.69。浮游植物水样多样性指数均值为 1.89，均匀度均值为 0.65，丰富度均值为 0.61。

表 3.14 调查海域浮游植物网样群落多样性

站位	多样性指数	均匀度	丰富度
	H'	J	D
XC01	3.35	0.86	0.90
XC02	1.92	0.61	0.49
XC03	2.67	0.67	0.93
XC04	2.17	0.72	0.43
XC05	1.93	0.58	0.49
XC06	2.85	0.82	0.67
XC07	3.44	0.86	0.95
XC08	2.15	0.62	0.62
XC09	2.43	0.81	0.37
XC10	1.83	0.53	0.51
XC11	1.42	0.45	0.45
XC12	1.15	0.31	0.68
XC13	2.37	0.54	1.07
XC14	3.18	0.79	0.90
XC15	1.44	0.40	0.67
XC16	1.93	0.58	0.54
XC17	1.50	0.35	0.89
XC18	1.94	0.48	0.82
最大值	3.44	0.86	1.07
最小值	1.15	0.31	0.37
平均值	2.20	0.61	0.69

表 3.15 调查海域浮游植物水样群落多样性

站位	多样性指数	均匀度	丰富度
	H'	J	D
XC01-表	2.36	0.57	1.06

		XC01-底	0.41	0.10	0.83
		XC02-表	2.15	0.62	0.62
		XC02-底	1.34	0.35	0.82
		XC03-表	1.88	0.67	0.50
		XC03-中	2.22	0.79	0.50
		XC03-底	2.89	0.84	0.80
		XC04-表	2.00	1.00	0.31
		XC04-中	1.96	0.84	0.36
		XC04-底	2.00	1.00	0.31
		XC05-表	1.58	1.00	0.22
		XC05-中	1.00	1.00	0.12
		XC05-底	1.50	0.95	0.21
		XC06-表	1.58	0.53	0.49
		XC06-底	1.70	0.45	0.76
		XC07-表	1.88	0.57	0.66
		XC07-底	1.29	0.41	0.51
		XC08-表	2.16	0.77	0.49
		XC08-中	2.45	0.71	0.79
		XC08-底	2.16	0.93	0.38
		XC09-表	2.24	0.96	0.38
		XC09-中	1.50	0.95	0.21
		XC09-底	2.00	1.00	0.31
		XC10-表	3.36	0.88	1.00
		XC10-中	3.21	0.82	1.08
		XC10-底	2.61	0.87	0.59
		XC11-表	1.04	0.37	0.40
		XC11-底	1.27	0.40	0.50
		XC12-表	1.04	0.37	0.39
		XC12-中	1.41	0.45	0.51
		XC12-底	1.42	0.41	0.64
		XC13-表	1.93	0.61	0.58
		XC13-中	1.38	0.53	0.40
		XC13-底	1.49	0.94	0.18
		XC14-表	2.90	0.87	0.72
		XC14-中	3.11	0.87	0.89
		XC14-底	3.02	0.84	0.88
		XC15-表	1.57	0.47	0.60
		XC15-底	1.09	0.36	0.44
		XC16-表	1.77	0.59	0.50
		XC16-中	0.23	0.08	0.33
		XC16-底	0.46	0.13	0.58
		XC17-表	2.78	0.60	1.57
		XC17-中	2.80	0.78	0.75
		XC17-底	3.39	0.76	1.40
		XC18-表	2.97	0.71	1.18
		XC18-中	1.31	0.38	0.68
		XC18-底	0.99	0.26	0.79

最大值	3.39	1.00	1.57
最小值	0.23	0.08	0.12
平均值	1.89	0.65	0.61

④优势种类

整个调查海域网采浮游植物优势种有 7 种，为辐射圆筛藻（ $Y=0.097$ ）、三角角藻（ $Y=0.097$ ）、中肋骨条藻（ $Y=0.089$ ）、夜光藻（ $Y=0.073$ ）、具槽直链藻（ $Y=0.063$ ）、旋链角毛藻（ $Y=0.050$ ）、虹彩圆筛藻（ $Y=0.027$ ）；水采浮游植物优势种有 3 种，为中肋骨条藻（ $Y=0.104$ ）、脆杆藻（ $Y=0.077$ ）、具槽直链藻（ $Y=0.067$ ）。

3) 浮游动物

①种类组成和生态类型

2026 年 5 月调查期间调查海域共鉴定浮游动物 11 大类 37 种。桡足类 12 种，浮游幼体 7 种，端足类 1 种，腔肠类 8 种，毛颚类 1 种，糠虾类 1 种，磷虾类 1 种，涟虫类 1 种，被囊类 2 种，十足类 2 种，枝角类 1 种。

大型浮游动物（浅水 I 型网样品）共鉴定浮游动物 11 大类 34 种。桡足类 10 种，浮游幼体 6 种，端足类 1 种，腔肠类 8 种，毛颚类 1 种，糠虾类 1 种，磷虾类 1 种，涟虫类 1 种，被囊类 2 种，十足类 2 种，枝角类 1 种。

中小型浮游动物（浅水 II 型网样品）共鉴定浮游动物 8 大类 25 种。桡足类 7 种，浮游幼体 7 种，糠虾类 1 种，磷虾类 1 种，毛颚类 1 种，腔肠类 6 种，被囊类 1 种，端足类 1 种。

②密度与生物量平面分布

调查海域大型浮游动物密度范围为 $1.2\sim 511.8$ 个/ m^3 ，均值为 88.7 个/ m^3 ；中小型浮游动物密度范围为 $771.9\sim 14372.0$ 个/ m^3 ，均值为 5430.6 个/ m^3 。

③物种多样性、均匀度和丰富度

整个调查海域的大型浮游动物多样性指数、丰富度和均匀度指数平均值分别为 1.57、2.88 和 0.53；中小浮游动物多样性指数、丰富度和均匀度指数平均值分别为 1.53、1.16 和 0.46。

表 3.16 调查海域大型浮游动物多样性统计表

站位	2026 年 5 月		
	H'	D	J'
XC01	2.76	3.84	0.80
XC02	1.41	2.54	0.50

XC03	1.03	1.84	0.32
XC04	1.75	15.59	0.88
XC05	1.34	2.24	0.58
XC06	2.19	2.92	0.56
XC07	1.04	1.94	0.40
XC08	0.98	1.92	0.27
XC09	1.50	2.33	0.58
XC10	0.52	1.14	0.26
XC11	2.23	2.49	0.59
XC12	1.42	2.27	0.50
XC13	1.97	1.70	0.62
XC14	2.55	2.13	0.69
XC15	0.68	1.44	0.26
XC16	1.42	2.41	0.38
XC17	1.62	1.29	0.81
XC18	1.85	1.83	0.62

表 3.17 调查海域中小型浮游动物多样性统计表

站位	2026 年 5 月		
	H'	D	J'
XC01	1.26	0.97	0.38
XC02	1.20	1.12	0.36
XC03	1.40	1.16	0.39
XC04	1.75	1.03	0.58
XC05	1.50	1.01	0.45
XC06	1.55	1.46	0.41
XC07	1.67	1.19	0.48
XC08	0.91	0.95	0.27
XC09	1.44	1.07	0.45
XC10	1.63	0.83	0.58
XC11	1.50	1.25	0.40
XC12	2.11	1.63	0.54
XC13	1.49	0.75	0.57
XC14	1.54	0.99	0.51
XC15	1.97	1.79	0.52
XC16	1.69	1.34	0.46
XC17	1.57	1.26	0.47
XC18	1.37	1.16	0.41

④优势种类

本调查海域大型浮游动物优势种共 3 种，分别为中华哲水蚤（ $Y=0.63$ ）、强壮箭虫（ $Y=0.07$ ）、五角水母（ $Y=0.03$ ）。

中小型浮游动物优势种共 4 种，分别为小拟哲水蚤（ $Y=0.69$ ）、近缘大眼剑水蚤（ $Y=0.04$ ）、拟长腹剑水蚤（ $Y=0.15$ ）、纺锤水蚤（ $Y=0.06$ ）。

4) 底栖生物

①种类组成及分布

调查海域共鉴定底栖生物 33 种, 其中节肢动物 16 种, 软体动物 6 种, 环节动物 5 种, 脊索动物 3 种, 棘皮动物 2 种, 纽形动物 1 种。

②生物量和栖息密度

调查海域底栖生物栖息密度范围为 0~70 个/m², 平均值为 13.33 个/m²。生物量范围为 0.00~17.95g/m², 平均值为 2.65g/m²。

③优势种

该调查海域优势度 ≥ 0.02 种类共有 2 种, 为裸盲蟹、曲强真节虫。

④多样性指数、均匀度及丰度

调查海域生物多样性指数 0.22, 丰富度指数 0.07, 均匀度指数 0.22。

表 3.18 监测海域底栖生物多样性统计表

站位	2026 年 5 月		
	H'	D	J'
XC01	0.00	/	/
XC02	1.00	0.33	1.00
XC03	0.00	0.00	/
XC04	1.00	0.33	1.00
XC05	0.00	0.00	/
XC06	0.00	/	/
XC07	0.00	/	/
XC08	0.99	0.24	0.99
XC09	0.00	0.00	/
XC10	0.00	0.00	/
XC11	0.00	0.00	/
XC12	0.00	0.00	/
XC13	0.00	0.00	/
XC14	0.00	/	/
XC15	0.00	0.00	/
XC16	1.00	0.33	1.00
XC17	0.00	0.00	/
XC18	0.00	0.00	/
均值	0.22	0.07	0.22

5) 初级生产力

初级生产力=1/2*叶绿素 a*同化系数*透明度*t*3(t 为当日日出到日落时间)

2026 年 5 月份调查海域表层初级生产力范围为 15.9mgC/(m²•d)~874mgC/(m²•d), 最大值出现在 XC03 号站位, 最小值出现在 XC15 号站。

3.5 渔业资源

(1) 采样方法

鱼卵、仔稚鱼、游泳动物现场采样按照 GB12763.6-2007《海洋调查规范-海洋生物调查》的有关要求进行。

鱼卵、仔稚鱼采用浅水 I 型浮游动物网。垂直拖网每站自底层到表层垂直拖网 1 次（定量），水平拖网采用大型浮游生物网每站拖曳 10min（定性）。样品经 5%福尔马林固定，带回实验室后进行分类、鉴定和计数。

游泳动物拖网调查使用适合当地的单拖渔船，单拖网囊网目应取选择性低的网目（网囊部 2a 小于 20mm），此次采样网口面积 15m。每站拖曳 1h 左右（视具体海上作业条件而定），拖网速度控制在 3kn 为宜。每网调查的渔获物进行分物种渔获重量和尾数统计。记录网产量，进行主要物种生物学测定。渔业资源密度计算采用面积法。渔业资源密度计算执行中华人民共和国水产行业标准（SC/T9110-2007），各调查站资源密度（重量和尾数）的计算式为：

$$D=C/q \times a$$

式中：D 为渔业资源密度，单位为，尾/km² 或 kg/km²；

C 为平均每小时拖网渔获量，单位为，尾/网.h 或 kg/网.h；

a 为每小时网具取样面积，单位为 km²/网.h；

q 为网具捕获率。

海监 201 船拖网规格：有翼单囊底拖网，囊网网目尺寸 10mm×10mm，网口规格为 12m×1m（宽×高）。

(2) 分析方法

表 3.19 渔业资源分析方法

序号	分析项目	分析方法
1	鱼类浮游生物	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T12763.6-2007/9 鱼类浮游生物调查
2	游泳动物	《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》GB/T12763.6-2007/14 游泳动物调查

(3) 评价方法

参照《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T215-2017）等相关标准规范进行评价。

①优势种

采用相对重要性指数，计算方法见下式：

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

式中：

N%—某一种类占捕获总量的数量百分比；

W%—某一种类占捕获总量的生物量百分比；

F%—某一种类出现的站位数占总调查站位数的百分比；

IRI—相对重要性指数，IRI>1000 为优势种。

②渔业资源密度

采用面积法，估算方法根据水产标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行，计算方法见下式：

$$D=C/aq$$

式中：

D—渔业资源密度，单位为尾/平方千米(ind/km²)或千克/平方千米(kg/km²)；

C—平均每小时拖网渔获量，单位为尾/小时(ind/h)或千克/小时(kg/h)；

a—每小时网具扫海面积，单位为平方千米/小时(km²/h)；

q—捕获率，根据对底拖网渔业资源调查的逃逸率研究结果，一般选择底拖网的逃逸率为 0.5。按捕获率=1-逃逸率，得出 q 值为 0.5。

(4) 调查与评价结果

1) 鱼卵、仔稚鱼调查结果

①鱼卵

2026 年 5 月调查期间共发现鱼卵 2 目 2 科 3 种，鲱形目 1 种，鲈形目 2 种。18 个站位定量调查中，共 8 个站位出现鱼卵。出现鱼卵的站位中，生物密度平均为 4.0ind./m³，范围为 0ind./m³~30.6ind./m³。鱼卵优势种为日本鳀。

表 3.20 调查海域鱼卵种类组成

序号	目	科	种名	拉丁文	定量	定性
1	鲱形目	鳀科	日本鳀	<i>Engraulis japonicus</i>	+	+
2	鲈形目	石首科	石首科	<i>Sciaenidae</i> sp.	+	+
3			小黄鱼	<i>Larimichthys polyactis</i>		+

表 3.21 调查海域垂直网鱼卵生物密度

站位	密度 (ind./m ³)
XC01	
XC02	
XC03	
XC04	
XC05	
XC06	
XC07	
XC08	
XC09	
XC10	
XC11	
XC12	
XC13	
XC14	
XC15	
XC16	
XC17	
XC18	

②仔稚鱼

仔稚鱼共调查发现 1 目 1 科 2 种, 鲱形目 2 种。18 个站位定量调查中, 6 个站位出现仔稚鱼, 其余站位均未发现。出现仔稚鱼的站位中, 仔稚鱼生物密度平均为 0.1ind./m³, 范围为 0ind./m³~1.0ind./m³。仔稚鱼优势种为日本鳀。

表 3.22 调查海域仔稚鱼种类组成

序号	目	科	种名	拉丁文	定量	定性
1	鲱形目	鳀科	日本鳀	Engraulis japonicus	+	+
2			鳀科	Engraulidae sp.		+

表 3.23 调查海域垂直网仔稚鱼生物密度

站位	密度 (ind./m ³)
XC01	
XC02	
XC03	
XC04	
XC05	
XC06	
XC07	
XC08	
XC09	
XC10	
XC11	
XC12	
XC13	
XC14	
XC15	

XC16	
XC17	
XC18	

2) 游泳动物

①种类及其组成

2026 年春季调查水域拖网调查共鉴定各类渔业资源生物 63 种，其中鱼类 25 种，占总资源生物种类数的 39.68%；虾类 13 种，占总资源生物种类数的 20.63%；蟹类 9 种，占总资源生物种类数的 14.29%；其它类 11 种，占总资源生物种类数的 17.46%；头足类 5 种，占总资源生物种类数的 7.94%。

调查海域各站位中 XC17 号站位出现渔业资源种类最少，共出现 10 种；XC05 号站位出现种类最多为 34 种。各站位出现的渔业资源种类数及百分比组成见下表。

总渔获重量中，鱼类占 16.97%，虾类占 17.67%，蟹类占 62.75%，其它类占 1.07%，头足类占 1.55%；总渔获数量中，鱼类占 9.32%，虾类占 19.63%，蟹类占 68.12%，其它类占 1.38%，头足类占 1.55%。

表 3.24 调查海域各站位渔业资源各类群种类数

类群	站位								
	XC01	XC02	XC03	XC04	XC05	XC06	XC07	XC08	XC09
其它类	5		2	2	4	2	1	1	1
头足类	3	2	1	3	5	1	3	2	2
虾类	4	5	4	6	7	5	3	3	4
蟹类	5	2	3	4	3	3	4	4	4
鱼类	9	9	9	12	15	9	9	7	6
总计	26	18	19	27	34	20	20	17	17
类群	站位								
	XC10	XC11	XC12	XC13	XC14	XC15	XC16	XC17	XC18
其它类	1	5	4	3	1	1	1	3	4
头足类	2	1	1	3	2	4	1		1
虾类	3	6	4	6	4	4	5	2	7
蟹类	4	6	5	4	3	5	6	2	7
鱼类	7	12	10	14	10	13	9	3	12
总计	17	30	24	30	20	27	22	10	31

表 3.25 调查海域总渔获物分类别百分比组成

类别	重量百分比	数量百分比
其它类	1.07%	1.38%
头足类	1.55%	1.55%
虾类	17.67%	19.63%
蟹类	62.75%	68.12%
鱼类	16.97%	9.32%

表 3.26 调查海域各站位渔业资源名录

序号	类群	种名	拉丁名	XC0 1	XC0 2	XC0 3	XC0 4	XC0 5	XC0 6	XC0 7	XC0 8	XC0 9
1	其它类	侧鳃海牛	Pleurobranchidae sp.	+			+	+				
2	其它类	杰氏裁判螺	Inquisitor jeffieysii					+				
3	其它类	海兔	Aplysia sp	+			+	+				
4	其它类	伶鼬榧螺	Oliva mustelina	+								
5	其它类	脉红螺	Rapana venosa			+		+	+			+
6	其它类	西施舌	Coelomactra antiquata	+								
7	其它类	爪哇拟塔螺	Platyrhina spinosus	+					+	+	+	
8	头足类	火枪乌贼	Loligo beka	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	头足类	曼氏无针乌贼	Sepiella maindroni	+			+	+		+		+
10	头足类	长蛸	Turricula javana	+	+	+	+	+		+	+	
11	头足类	剑尖枪乌贼	Uroteuthis edulis					+				
12	头足类	双喙耳乌贼	Sepiola birostrat				+	+				
13	鱼类	带纹条鳎	Zebrias zebra					+				
14	鱼类	短吻舌鳎	Cynoglossus abbreviatus	+	+	+	+	+	+	+	+	
15	鱼类	多鳞鱧	Sillago sihama	+								
16	鱼类	凤鲚	Coilia mystus	+								
17	鱼类	褐牙鲆	Paralichthys olivaceus				+	+		+	+	+
18	鱼类	横带银口天竺鲷	Largefin cardinalfish				+	+				
19	鱼类	黄鲛鰺	Lophius litulon		+	+	+	+	+	+	+	+
20	鱼	棘头	Couichthys		+	+		+	+			

		类	梅童 鱼	lucidus									
21	鱼类	焦氏 舌鳎	Arelicus joyneri	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22	鱼类	拉氏 狼牙 虾虎 鱼	Odomtambly opus lacepedii		+	+			+				
23	鱼类	蛇鲻	Erisphex pottii		+	+	+	+	+	+	+	+	
24	鱼类	鲾	Miichthys miuuy	+									
25	鱼类	木叶 鲷	pleuronichth ys cornutus				+	+					
26	鱼类	中国 团扇 鳐	Metapenaeus joyneri				+	+					
27	鱼类	细纹 狮子 鱼	Liparis tanakae	+	+	+	+	+			+	+	+
28	鱼类	小带 鱼	Larimichthys polyactis	+									
29	鱼类	小黄 鱼	Ctenotrypauc hen microcephalu s	+					+		+		
30	鱼类	小眼 绿鳍 鱼	Conger myriaster		+	+	+	+	+				
31	鱼类	星康 吉鳗	Pampus argenteus				+	+	+	+			+
32	鱼类	皮氏 叫姑 鱼	Johnius belengeri	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
33	虾类	鹰爪 虾	Platycephalu s indicus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
34	虾类	鞭腕 虾	Lysmata vittata				+	+					
35	虾类	葛氏 长臂 虾	Leander gravieri	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
36	虾类	哈氏 仿对 虾	Parapenaeops is hardwickii						+				
37	虾类	细巧 仿对 虾	Parapenaeops is tenella	+				+					
38	虾类	鲜明 鼓虾	Alpheus distinguendu s		+	+			+				+
39	虾类	脊腹 褐虾	Crangon affinis		+		+	+					
40	虾类	口虾 蛄	Oratosquilla oratoria	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
41	虾类	日本 鼓虾	Alpheus japonicus				+	+					

42	蟹类	隆线强蟹	Eucrate crenata				+	+	+	+	+	+
43	蟹类	寄居蟹	Paguroidea sp.	+								
44	蟹类	日本关公蟹	Heikea japonica	+								
45	蟹类	日本蟳	Charybdis japonica	+	+	+	+	+	+	+	+	+
46	蟹类	三疣梭子蟹	Portunus trituberculatus	+	+	+	+	+	+	+	+	+
47	蟹类	双斑蟳	Charybdis bimaculata	+		+				+	+	+

表 3.27 调查海域各站位渔业资源名录

序号	类群	种名	拉丁名	XC10	XC11	XC12	XC13	XC14	XC15	XC16	XC17	XC18
1	其它类	海地瓜	Acaudina molpadioides						+	+	+	
2	其它类	海葵	Actiniaria									+
3	其它类	海鲜人掌	Cavernularia obesa						+	+	+	
4	其它类	杰氏裁判螺	Inquisitor jeffieysii							+	+	
5	其它类	伶鼬榧螺	Oliva mustelina									+
6	其它类	脉红螺	Rapana venosa		+							
7	其它类	毛蚶	Scapharca subcrenata		+	+	+	+		+		+
8	其它类	爪哇拟塔螺	Platyrhina spinosus	+	+				+	+	+	+
9	头足类	火枪乌贼	Loligo beka	+	+	+	+	+		+	+	+
10	头足类	剑尖枪乌贼	Uroteuthis edulis		+		+					
11	头足类	曼氏无针乌贼	Sepiella maindroni	+	+	+	+					
12	头足类	双喙耳乌贼	Sepiola birostrat				+					
13	虾类	葛氏长臂	Leander gravieri	+	+	+	+	+		+	+	+

		虾											
14	虾类	哈氏仿对虾	Parapenaeopsis hardwickii		+	+	+	+					+
15	虾类	脊腹褐虾	Crangon affinis					+					+
16	虾类	口虾蛄	Oratosquilla oratoria	+	+	+	+	+		+	+	+	
17	虾类	日本鼓虾	Alpheus japonicus		+				+				
18	虾类	无刺小口虾蛄	Oratosquillina iurata										+
19	虾类	细螯虾	Leptochela gracilis						+	+	+		
20	虾类	细巧仿对虾	Parapenaeopsis tenella							+			
21	虾类	鲜明鼓虾	Alpheus distinguendus		+					+	+		
22	虾类	鹰爪虾	Platycephalus indicus	+	+	+	+	+					+
23	虾类	疣背宽额虾	Ammodytes personatus										+
24	虾类	周氏新对虾								+			
25	蟹类	红线黎明蟹	Matuta planipes Fabricius										+
26	蟹类	寄居蟹	Paguroidea sp.				+	+		+	+	+	
27	蟹类	锯缘青蟹	Scylla serrata							+			
28	蟹类	隆线强蟹	Eucrate crenata	+	+			+		+	+	+	
29	蟹类	日本关公蟹	Heikea japonica										
30	蟹类	日本蟳	Charybdis japonica	+	+		+	+	+	+	+	+	+
31	蟹类	三疣梭子蟹	Portunus trituberculatus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32	蟹类	双斑蟳	Charybdis bimaculata		+	+	+	+		+	+	+	
33	蟹类	细点圆趾蟹	Ovalipes punctatus	+		+	+	+					+
34	鱼类	带纹条鳎	Zebrias zebra		+					+			
35	鱼类	短吻舌鳎	Cynoglossus abbreviatus		+	+	+	+		+	+	+	

36	鱼类	多鳞鱖	Sillago sihama			+	+					+
37	鱼类	凤鲚	Coilia mystus					+		+	+	+
38	鱼类	海鳗	Muraenesox cinereus		+							
39	鱼类	褐牙鲆	Paralichthys olivaceus	+								
40	鱼类	黄鲛鰈	Lophius litulon	+	+	+	+	+		+	+	+
41	鱼类	棘头梅童鱼	Couichthys lucidus		+				+	+	+	+
42	鱼类	焦氏舌鳎	Arelicus joyneri	+	+	+	+		+	+	+	+
43	鱼类	拉氏狼牙虾虎鱼	Odomtamblyopus lacepedii		+			+	+	+	+	+
44	鱼类	龙头鱼	Harpodon nehereus							+	+	
45	鱼类	虹鲃	Erisphex pottii	+	+	+	+	+				+
46	鱼类	鲢	Miichthys miiuy		+		+			+	+	
47	鱼类	皮氏叫姑鱼	Johnius belengeri	+	+	+	+	+		+	+	+
48	鱼类	细纹狮子鱼	Liparis tanakae	+		+	+	+				+
49	鱼类	小黄鱼	Ctenotrypauchen microcephalus		+	+	+	+		+	+	+
50	鱼类	小头栉孔虾虎鱼	Chelidonichthys spinosus		+							
51	鱼类	小眼绿鳍鱼	Conger myriaster		+	+	+	+				+
52	鱼类	星康吉鳗	Pampus argenteus	+	+							
53	鱼类	银鲳	Trachypenaeus curvirostris							+		
54	鱼类	鲷	Latreutes planirostris				+					
55	鱼类	玉筋鱼	Octopus variabilis			+	+					
56	鱼类	中国团扇鳐	Metapenaeus joyneri				+					
②重量、数量渔业资源密度												

调查海域渔业资源平均重量密度为 47.09kg/h，范围为 2.91kg/h ~276.00kg/h，其中 XC13 号站重量密度最高；渔业资源平均数量密度为 1760ind./h，范围为 142ind./h ~7398ind./h，其中 XC13 站数量密度最高。

表 3.28 调查海域重量、数量密度指数

站位	重量密度 (kg/h)	数量密度 (ind./h)
XC01	62.16	3938
XC02	4.97	214
XC03	14.08	485
XC04	28.26	1096
XC05	68.82	1984
XC06	11.58	592
XC07	77.98	4197
XC08	20.38	940
XC09	28.76	1374
XC10	22.81	830
XC11	113.29	2524
XC12	73.63	1780
XC13	276.00	7398
XC14	7.23	1318
XC15	2.91	142
XC16	16.43	712
XC17	9.99	542
XC18	8.37	1611
均值	47.09	1760

③优势种

调查海域渔业资源重量优势种（优势度 ≥ 0.02 ）为黄鮟鱇、口虾蛄、三疣梭子蟹。数量优势种（优势度 ≥ 0.02 ）为葛氏长臂虾、口虾蛄、三疣梭子蟹。

表 3.29 渔业资源重量优势种

类群	种名	出现	出现	重量密度	重量密度百分比	优势度
		次数	频率	kg/h		
鱼类	黄鮟鱇	16	88.90%	57.864	6.83%	0.06
虾类	口虾蛄	18	100.00%	141.950	16.75%	0.16
蟹类	三疣梭子蟹	18	100.00%	511.276	60.33%	0.60

表 3.30 渔业资源数量优势种

类群	种名	出现	出现	数量密度	重量密度百分比	优势度
		次数	频率	kg/h		
虾类	葛氏长臂虾	17	94.40%	1293	4.08%	0.04
虾类	口虾蛄	18	100.00%	3933	12.42%	0.12
蟹类	三疣梭子蟹	18	100.00%	18278	57.70%	0.58

④资源量、资源密度

调查海域渔业资源各类群资源量总计为 1281.637kg/km²，鱼类为 226.970kg/km²，虾类为 229.469kg/km²，蟹类为 791.427kg/km²，其它类为 13.281kg/km²，头足类为 20.490kg/km²。资源密度总计为 49520ind./km²，鱼类为 4573ind./km²，虾类为 9894ind./km²，蟹类为 33666ind./km²，其它类为 652ind./km²，头足类为 735ind./km²。

表 3.31 调查海域各类群渔业资源资源量和资源密度

类群	资源量 kg/km ²	资源密度 ind./km ²
其它类	13.281	652
头足类	20.490	735
虾类	229.469	9894
蟹类	791.427	33666
鱼类	226.970	4573
总计	1281.637	49520

⑤生物多样性

调查海域游泳动物生物多样性指数平均为 2.49，范围为 1.06~4.05；丰富度指数平均为 2.13，范围为 1.26~3.06；均匀度指数平均为 0.75，范围为 0.56~0.88。

3.6 海洋哺乳动物

由《启东海域海洋环境现状调查报告》（南通海洋中心 2026.6）可知，南通海洋中心委托海南大学于 2026 年 5 月 21~25 日开展了“启东外海环境 DNA 调查”工作。

(1) 调查方法

调查方法参考自然资源部 2025 年 12 月 14 日发布的《中华人民共和国海洋行业标准<海洋生物多样性监测规范 环境 DNA 宏条形码法>》（征求意见稿）。

水样采用定深采水器，每个站位获得表层和底层混合水样，单站采集水样 10L；采集后的水样在船上使用真空过滤泵及含 0.22μm 孔径滤膜的一次性过滤器进行过滤；过滤完毕后，将滤膜使用锡箔纸包好并做好标记后放入液氮罐中保存；回到实验室后用 DNeasy Blood and Tissue Kit（Qiagen）试剂盒（裂解液部分 ATL 溶液和蛋白酶 K 比例改为 9:1）进行 DNA 提取；然后按照标准宏条形码文库构建流程分别针对 Cytb 和 12S 片段利用带标签序列

的引物进行文库构建工作；构建好的文库经定量后使用 Illumina 平台进行高通量测序。

(2) 调查结果

调查海域检出鲸目哺乳动物 2 科 2 属 2 种，分别为鼠海豚科的印太江豚（*Neophocaena phocaenoides*）与海豚科的伪虎鲸（*Pseudorca crassidens*）。两类海洋哺乳动物的测序总读数分别为 2119 条和 627 条；其中印太江豚检出率达 50%，在 XC1、XC2、XC7、XC8、XC11、XC12、XC15、XC16、XC17 共 9 个站位均有检出，XC16 站位读数最高为 1242 条，是调查海域分布较广的鲸类；伪虎鲸检出率仅 11.11%，仅在 XC9 和 XC10 两个站位检出，XC9 站位读数 618 条，为其主要分布站位。

调查表明，印太江豚为该近海海域优势鲸类物种，空间分布范围更广，而伪虎鲸仅零星出现在少数站位，局部分布特征显著。

表 3.32 各站位鲸目哺乳动物的总读数分布

站位	印太江豚	伪虎鲸
	<i>Neophocaena phocaenoides</i>	<i>Pseudorca crassidens</i>
XC1		
XC2		
XC3		
XC4		
XC5		
XC6		
XC7		
XC8		
XC9		
XC10		
XC11		
XC12		
XC13		
XC14		
XC15		
XC16		
XC17		
XC18		
总计		

4、环境空气

本项目位于江苏省南通市以东海域，由《2025年江苏省生态环境状况公

报》可知，2025年江苏省环境空气中PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃和CO平均浓度分别为31.3μg/m³、51μg/m³、7μg/m³、24μg/m³、164μg/m³和0.9mg/m³，除PM_{2.5}和O₃外其余各项指标均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）表1中过渡阶段的二级标准浓度限值要求。

5、工程地质

由测风塔岩土工程勘察报告知，测风塔所在海域表层底质均为淤泥质粉质黏土夹砂，其特征为饱和，流塑，含黑色有机质、混砂性土，局部夹薄层粉砂，土质不均。测风塔钻孔揭露土层情况见附图15~16。

（1）1#测风塔

根据钻探揭露，在 90.45m 的勘察深度范围内所揭露的土层主要由淤泥质土、黏性土、粉性土、砂性土组成。根据地基土的成因、成分、结构，共分为 5 个主要工程地质层；其中③、④层分 2 个亚层。各土层特性分述如下：

①淤泥质粉质黏土夹砂

灰褐色，饱和，流塑，切面较光滑，土质不均匀，成分以黏粒为主，含 35%左右砂粒，局部夹1~2cm薄层粉砂；该层层厚约为5.90m，测试干密度 1.2~1.4g/cm³，平均为1.3g/cm³，层顶标高-21.42m。

②₁粉砂

灰色，饱和，稍密~中密，砂质较纯，颗粒较均匀，成分以石英、长石为主，含云母碎屑，含15%左右粉粒，10%左右黏粒；其中6.9m以上呈松散状态，局部夹8cm左右淤泥质土；该层层厚约为5.30m，层顶标高-27.32m。

③₁粉质黏土

褐黄色，饱和，可塑，切面较光滑，土质不均匀，成分以黏性土为主，含大量粉粒，干强度中等，韧性中等，无摇振反应，含铁锰质氧化物，夹薄层粉土。该层层厚约为4.30m，层顶标高-32.62m。

③₂黏质粉土

褐黄色，很湿，中密，切面粗糙，土质不均匀，成分以粉粒为主，含30%左右砂粒、云母及铁锰质氧化物，干强度低，韧性低，摇振反应中等；该层层厚约为3.60m，层顶标高-36.92m。

④₁粉砂

	灰黄色，饱和，密实，砂质较纯，颗粒较均匀，成分以石英、长石为主，含云母，局部夹薄层粉土；该层层厚约为12.90m，层顶标高-40.52m。 ④₂粉砂 灰色，饱和，密实，砂质较纯，颗粒较均匀，成分以石英、长石为主，含云母，含铁锰质氧化物、少量碎贝壳和薄层腐木碎屑，局部夹0.5~1.5cm薄层粉土；其中69.9~70.3m处夹硬塑状粉质黏土；该层层厚约为44.10m，层顶标高-53.42m。 ⑤粉质黏土 灰色，饱和，可塑，切面粗糙，土质不均匀，成分以黏粒为主，含云母，偶见腐殖质及钙质结核，干强度中等，韧性中等，无摇振反应，局部夹薄层粉土；其中86.6~87m夹粉细砂。该层揭露层厚约为14.35m，层顶标高-97.52m。 (2) 3#测风塔 根据钻探揭露，在 90.35m 的勘察深度范围内所揭露的土层主要由淤泥质土、黏性土、粉性土、砂性土组成。根据地基土的成因、成分、结构，共分为 6 个主要工程地质层；其中②、③层分 2 个亚层。各土层特性分述如下： ①淤泥质粉质黏土夹砂 灰褐色，饱和，流塑，切面较粗糙，土质不均匀，成分以黏粒为主，含 30%~40%砂粒，手摸有滑腻感，有腥臭味，夹大量粉砂团块，局部含有机质及碎贝壳；该层层厚约为5.00m，测试干密度1.2~1.4g/cm³，平均为1.3g/cm³，层顶标高-22.36m。 ②₁粉砂 灰褐色，饱和，中密，砂质较纯，颗粒较均匀，成分以石英、长石为主，含云母碎屑，含15%左右粉粒，10%左右黏粒；该层层厚约为6.70m，层顶标高-27.36m。 ②₂粉砂 灰褐色，饱和，密实，砂质较纯，颗粒较均匀，成分以石英、长石为主，含云母碎屑，含15%左右粉粒，10%左右黏粒，局部夹粉土；该层层厚约为12.30m，层顶标高-34.06m。 ③₂黏质粉土
--	--

	灰褐色，很湿，中密~密实，切面粗糙，土质不均匀，成分以粉粒为主，含30%左右砂粒、云母及铁锰质氧化物，干强度低，韧性低，摇振反应中等；其中42.1~42.4m夹粉质黏土；该层层厚约为22.70m，层顶标高-46.36m。 ④粉砂 灰色，饱和，密实，砂质较纯，颗粒较均匀，成分以石英、长石为主，含云母，含铁锰质氧化物、少量碎贝壳和薄层腐木碎屑，局部夹0.5~1.5cm薄层粉土；该层层厚约为25.40m，层顶标高-69.06m。 ⑤粉质黏土 灰色，饱和，可塑，切面粗糙，土质不均匀，成分以黏粒为主，含云母，偶见腐殖质及钙质结核，干强度中等，韧性中等，无摇振反应，夹薄层粉土，局部夹20cm砂土团块；该层层厚约为16.70m，层顶标高-94.46m。 ⑥粉砂 灰色，饱和，密实，砂质较纯，颗粒较均匀，成分以石英、长石为主，含云母，含15%左右砂粒，8%左右黏粒；该层未揭穿，揭露厚度1.55m，层顶标高-111.16m。
与项目有关的原有环境污染和生态破坏问题	无
生态环境保护目标	据收集的海洋环境DNA调查资料显示，本项目所在海域检出两种鲸目哺乳动物，分别为印太江豚和伪虎鲸，查阅《国家重点保护野生动物名录》（国家林业和草原局、农业农村部2021年第3号公告），这两种动物均属国家二级保护野生动物。结合调查结果、物种活动特性和项目影响评价范围（主要是打桩水下噪声，影响最远距离为4230m），确定印太江豚和伪虎鲸为本项目的生态环境保护目标，而南通海域的161、162海区梭子蟹省级水产种质资源保护区（生态保护红线），以及南通外海专属经济区的带鱼幼鱼保护区和吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区为本项目的生态环境敏感目标（详见附图17）。

表 3.33 生态环境保护/敏感目标一览表

序号	保护目标	相对位置	保护级别	保护要求
1	印太江豚	项目周边海域	国家二级保护 野生动物	禁止捕杀
2	伪虎鲸	项目周边海域	国家二级保护 野生动物	禁止捕杀
序号	敏感目标	相对位置	保护对象	保护要求
1	161、162 海区梭子蟹省级水产种质资源保护区	东北距 1#测风塔约 21.2 km 东北距 3#测风塔约 15.7 km	三疣梭子蟹	保护区海水水质及底质环境质量不降低, 保护物种及生态系统不受影响。
2	带鱼幼鱼保护区	西距 1#测风塔约 20.5 km 西距 3#测风塔约 16.1 km	带鱼幼体	
3	吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区	西距 1#测风塔约 5.7 km 南距 3#测风塔约 14.3 km	小黄鱼、银鲳产卵亲体及幼体等鱼类	

(1) 带鱼幼鱼保护区

国务院于 1981 年 4 月 22 日在黄海设立了带鱼幼鱼保护区, 要求每年 8~10 月禁止机动底拖网渔船进入生产。保护区总面积约 1.3 万 km², 拐点范围如下表。

表 3.34 带鱼幼鱼保护区拐点坐标表

拐点	经度	纬度
1	121°23'E	34°N
2	121°53'E	34°N
3	123°27'E	31°30'N
4	122°57'E	31°30'N

(2) 吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区

农业部于 2009 年 12 月发布了第 1308 号公告, 批准设立吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区。2011 年 11 月农业部发文对保护区面积范围和功能分区进行了调整。调整后保护区总面积为 16608km², 其中核心区面积为 8734km², 实验区面积为 7874km²。特别保护期为每年的 5~7 月, 保护区主要保护对象为小黄鱼、银鲳产卵亲体及其幼体。

表 3.35 吕泗渔场国家级水产种质资源保护区拐点坐标表

保护区(实验区+核心区)			核心区		
拐点	经度	纬度	拐点	经度	纬度
1	121°12'E	34°00'N	1	121°17'E	34°00'N
2	122°40'E	34°00'N	2	121°52'E	34°00'N
3	122°20'E	32°12'N	3	122°30'E	33°00'N
4	122°40'E	32°12'N	4	122°25'E	32°12'N
			5	122°30'E	32°12'N

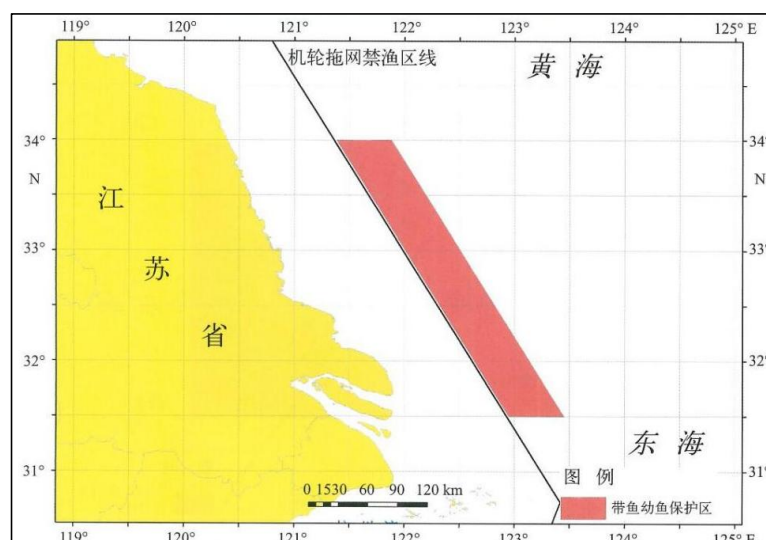


图 3.2 带鱼幼鱼保护区划分图

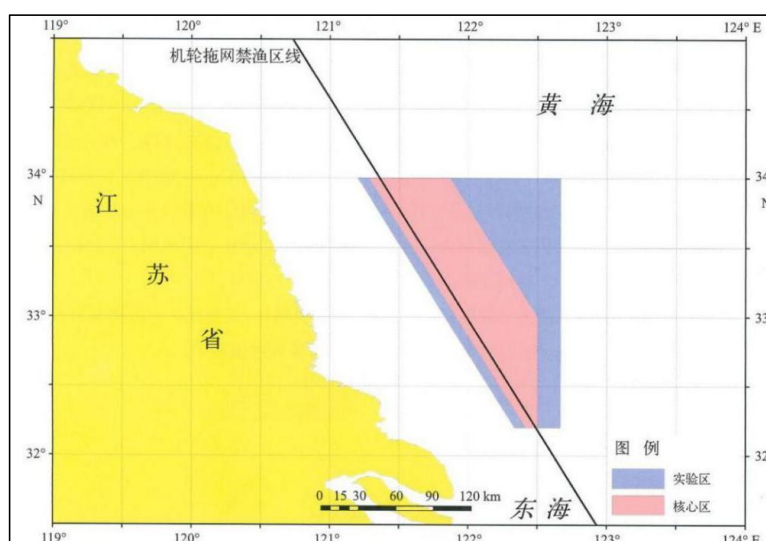


图3.3 吕泗渔场国家级水产种质资源保护区划分图

评价标准	1、环境质量标准									
	(1) 海洋环境质量标准									
	本项目所在海域水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）标准；海洋沉积物执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）标准；海洋生物质量执行《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 C 标准，铬参考执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）标准。									
	表 3.36 《海水水质标准》（GB3097-1997） 单位：mg/L									
	项 目		第一类		第二类		第三类		第四类	
	1	pH	7.8~8.5			6.8~8.8				
	2	溶解氧>	6	5	4	3				
	3	悬浮物质	人为增加的量≤10			人为增加的量≤100		人为增加的量≤150		
	4	化学需氧量≤	2	3	4	5				
	5	无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50				
	6	活性磷酸盐≤	0.015	0.030			0.045			
	7	硫化物≤	0.02	0.05	0.10	0.25				
	8	石油类≤	0.05			0.30	0.50			
	9	挥发性酚≤	0.005			0.010	0.050			
	10	生化需氧量≤	2	3	4	5				
	11	铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050				
	12	铜≤	0.005	0.010	0.050					
	13	锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50				
	14	汞≤	0.00005	0.0002			0.0005			
	15	砷≤	0.020	0.030	0.050					
16	镉≤	0.001	0.005	0.010						
17	总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50					
表 3.37 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）										
项目		标准值								
		第一类		第二类		第三类				
汞（×10 ⁻⁶ ）≤		0.20		0.50		1.00				
镉（×10 ⁻⁶ ）≤		0.50		1.50		5.00				
铅（×10 ⁻⁶ ）≤		60.0		130.0		250.0				
铜（×10 ⁻⁶ ）≤		35.0		100.0		200.0				
锌（×10 ⁻⁶ ）≤		150.0		350.0		600.0				
铬（×10 ⁻⁶ ）≤		80.0		150.0		270.0				
砷（×10 ⁻⁶ ）≤		20.0		65.0		93.0				
硫化物（×10 ⁻⁶ ）≤		300.0		500.0		600.0				
石油类（×10 ⁻⁶ ）≤		500.0		1000.0		1500.0				
有机碳（×10 ⁻² ）≤		2.0		3.0		4.0				
表 3.38 海洋生物质量评价标准（鲜重）（HJ1409-2025 附录 C）										
生物类别		总汞	铜	铅	镉	锌	砷	铬	石油烃	
甲壳类		0.2	100	2	2	150	1	/	20	
鱼类		0.3	20	2	0.6	40	1	/	20	

软体动物 (非双壳贝类)	0.3	100	10	5.5	250	1	/	20
-----------------	-----	-----	----	-----	-----	---	---	----

表 3.39 《海洋生物质量》（GB18421-2001） 单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
铅≤	0.1	2.0	6.0
锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
镉≤	0.2	2.0	5.0
铬≤	0.5	2.0	6.0
总汞≤	0.05	0.10	0.30
砷≤	1.0	5.0	8.0
石油烃	15	50	80

（2）环境空气质量标准

参考《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中环境空气功能区分类要求，本项目所在区域应属二类区，执行其表 1 中过渡阶段的二级标准浓度限值。

表 3.40 环境空气质量标准

污染物项目	平均时间	过渡阶段二级浓度限值	单 位
SO ₂	年平均	60	μg/m ³
	日平均	150	
	1 小时平均	500	
NO ₂	年平均	40	
	日平均	80	
	1 小时平均	200	
CO	日平均	4	mg/m ³
	1 小时平均	10	
O ₃	日最大 8 小时平均	160	μg/m ³
	1 小时平均	200	
PM ₁₀	年平均	60	
	日平均	120	
PM _{2.5}	年平均	30	
	日平均	60	

（3）声环境质量标准

参考《声环境质量标准》（GB3096-2008）中声环境功能区分类要求，本项目所在区域执行其 2 类区噪声限值。

表 3.41 声环境质量标准 单位：dB（A）

项 目	类别	昼间	夜间
声环境质量标准	2	60	50

2、污染物排放标准**(1) 废气****1) 施工船舶**

依据《国际防止船舶造成污染公约》和交海发[2018]168号文的相关规定。本项目船舶燃油中含硫量不得大于0.5% m/m ，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过130千瓦的，氮氧化物排放应满足第二阶段要求，即：

- ①当发动机额定转速 $n < 130 \text{ rpm}$ 时， NO_x 排放极限值为 14.4 g/kWh ；
- ②当 $130 \text{ rpm} \leq n < 2000 \text{ rpm}$ 时， NO_x 排放极限值为 $44 \cdot n^{(-0.23)} \text{ g/kWh}$ ；
- ③当 $n \geq 2000 \text{ rpm}$ 时， NO_x 排放极限值为 7.7 g/kWh 。

2) 施工机械

施工机械执行《〈非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三、四阶段）〉（GB20891-2014）修改单》中排放限值要求，施工机械废气执行《非道路移动柴油机械排气烟度限值及测量方法 GB36886-2018》中 II 类限制要求。

表 3.42 施工机械柴油机排气污染物排放限值

阶段	额定净功 (Pmax) (kW)	CO (g/kW·h)	HC (g/kW·h)	NOx (g/kW·h)	HC+NOx (g/kW·h)	PM (g/kW·h)	NH ₃ (ppm)	PN (#/kW·h)
第三阶段	Pmax>560	3.5	—	—	6.4	0.20	—	—
	130≤Pmax≤560	3.5	—	—	4.0	0.20	—	—
	75≤Pmax<130	5.0	—	—	4.0	0.30	—	—
	37≤Pmax<75	5.0	—	—	4.7	0.40	—	—
	Pmax<37	5.5	—	—	7.5	0.60	—	—
第四阶段	Pmax>560	3.5	0.40	3.5, 0.67a	—	0.10	25b	—
	130≤Pmax≤560	3.5	0.19	2.0	—	0.025		5×10 ¹²
	56≤Pmax<130	5.0	0.19	3.3	—	0.025		
	37≤Pmax<56	5.0	—	—	4.7	0.025		
	Pmax<37	5.5	—	—	7.5	0.60		
a 适用于可移动式发电机组用 Pmax>900kW 的柴油机，b 适用于使用反应剂的柴油机。								

表 3.43 施工机械柴油机排气烟度限值

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

3) 粉尘

施工期制浆系统粉尘排放参照执行《水泥工业大气污染物排放标准》(GB4915-2013)及修改单的限值要求。

(2) 废水

本项目仅涉及施工船舶生活污水和含油污水,分类收集后交由有资质的单位处置。施工期船舶排污执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)。

表 3.44 船舶水污染物排放控制标准

污染物	排放海域	船舶类型		排放控制要求
船舶含油废水	沿海	400 总吨及以上船舶		石油类≤15mg/L(油污水处理装置出水口)或收集并排放接收设施
		400 总吨及以下船舶	非渔业船舶	石油类≤15mg/L(油污水处理装置出水口)或收集并排放接收设施
			渔业船舶	自 2018 年 7 月 1 日起至 2020 年 12 月 31 日止,石油类≤15mg/L(油污水处理装置出水口) 2021 年 1 月 1 日起,石油类≤15mg/L(油污水处理装置出水口)或收集并排放接收设施
船舶生活污水	自 2018 年 7 月 1 日起, 400 总吨及以上船舶, 以及 400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶, 在不同水域船舶生活污水的排放控制按以下要求执行。			
	距最近陆地 3 海里以内(含)的海域可采用(1)或(2)的方式进行处理	(1) 利用船载收集装置收集, 排入接收设施; (2) 利用船载生活污水处理装置处理在航行中排放, 达到以下要求后在航行中排放: ①在 2012 年 1 月 1 日以前安装(含更换)生活污水处理装置的船舶, 染污物排放标准 BOD ₅ ≤50 mg/L、SS≤150mg/L、耐热大肠菌群数≤2500(个/L)。 ②在 2012 年 1 月 1 日及以后安装(含更换)生活污水处理装置的船舶, 染污物排放标准 BOD ₅ ≤25 mg/L、SS≤35mg/L、耐热大肠菌群数≤1000(个/L)、COD _{Cr} ≤125mg/L、pH 值 6~8.5、总氯(总余氯)≤0.5mg/L。		
	与最近陆地间距离大于 3 且小于等于 12 海里的海域,需同时满足(1)和(2)	(1) 使用设备打碎固形物和消毒后排放; (2) 船速不低于 4 节, 且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。		
	与最近陆地间距离大于 12 海里的海域	船速不低于 4 节, 且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。		
船舶垃圾	海域	(1) 在任何海域应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾收集并排入接收设施。 (2) 对于食品废弃物, 在距最近陆地 3 海里以内(含)的海域, 应收集并排入接收设施;在距最近陆地 3 海里至 12 海里(含)的海域, 粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放;在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。 (3) 对于货物残留物, 在距最近陆地 12 海里以内(含)的海域, 应收集并排入接收设施; 在距最近陆地 12 海里以外的海域, 不含危害海洋环境物质的货物残留物方可排放。 (4) 对于动物尸体, 在距最近陆地 12 海里以内(含)的海域, 应收集并排入接收设施; 在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。		

		(5) 在任何海域，对于货舱、甲板和外表面清洗水，其含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境物质的方可排放；其他操作废弃物应收集并排入接收设施。 (6) 在任何海域，对于不同类别船舶垃圾的混合垃圾的排放控制，应同时满足所含每一类船舶垃圾的排放控制要求。						
	(3) 噪声 施工噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）的限值要求。 表 3.45 建筑施工场界噪声排放限值 单位：dB（A） <table><tr><td>昼间</td><td>夜间</td><td>备 注</td></tr><tr><td>70</td><td>55</td><td>夜间场界噪声最大声级超标幅度不得高于标准限值 15 dB（A）</td></tr></table>		昼间	夜间	备 注	70	55	夜间场界噪声最大声级超标幅度不得高于标准限值 15 dB（A）
昼间	夜间	备 注						
70	55	夜间场界噪声最大声级超标幅度不得高于标准限值 15 dB（A）						
	(4) 固体废物 一般工业固体废物应执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中的要求，危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求，危险废物转运执行《危险废物转移管理办法》（生态环境部、公安部、交通部令第23号）和生态环境部第39号令《关于修改和废止部分规章的决定》的相关要求。							
其他	无							

四、生态环境影响分析

施工期
生态环境
影响分析

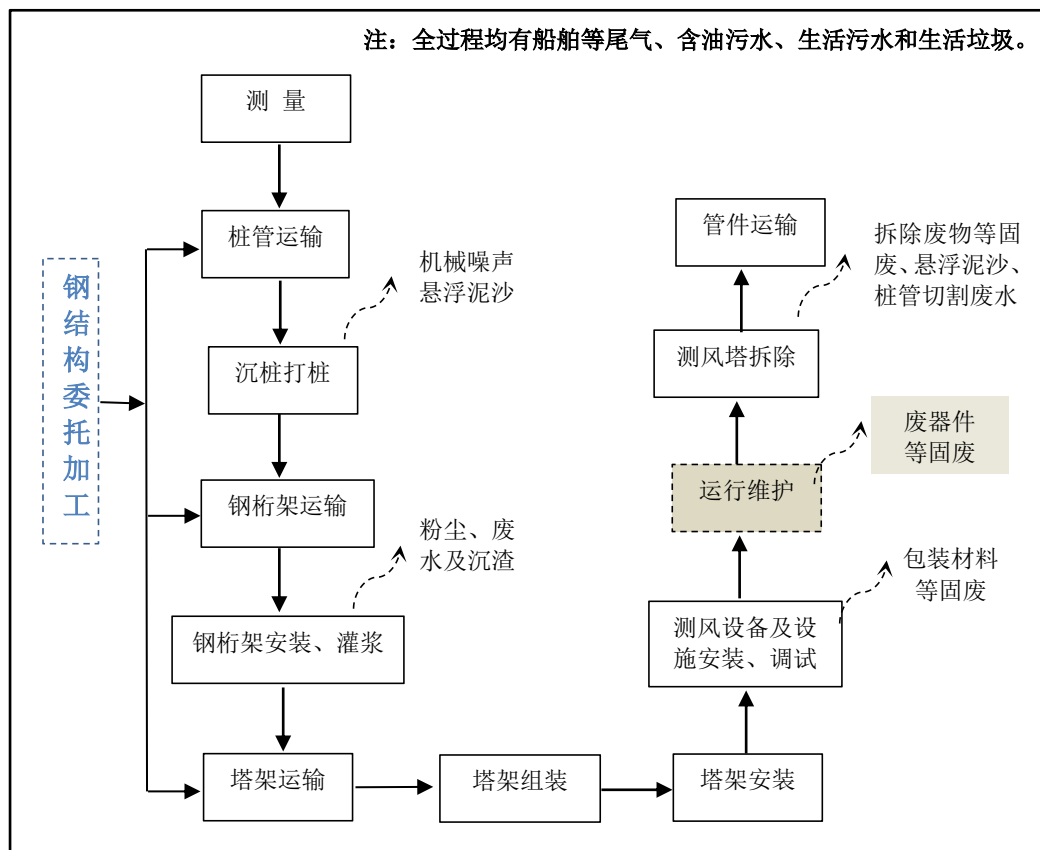
本次针对测风塔全生命周期进行评价，包括施工期、运营期、运营期满。根据施工组织设计，项目建设预计需 52 天，拆除预计需 32 天，总计工期约 84 天。

1、产排污分析

施工期污染物主要是打桩、吊装等施工机械噪声，灌浆管路冲洗废水、船舶含油污水、生活污水等废水，施工人员生活垃圾、设备包装材料、冲洗废水沉渣等固废，以及船舶和柴油发电机排放的尾气。

运营期主要是巡检船舶的含油污水、生活污水、生活垃圾，以及拆换的废器件。运营期满拆除阶段产生的污染物主要是金属管构件、防撞橡胶轮胎、废弃设备等一般固废，铅酸蓄电池、废润滑剂及沾染物等危险废物，船舶含油污水、生活污水、桩管切割等废水，以及船舶和柴油发电机排放的尾气。

此外，打桩和桩基拆除时会对海床扰动产生少量悬浮泥沙，进而对海洋生态环境造成短暂影响，同时存在船舶碰撞事故性燃油泄漏的海洋生态环境污染风险。



2、污染源强分析

2.1 废水

(1) 船舶生活污水

船舶生活污水主要来自作业人员日常生活用水，平均用水量参考《江苏省工业、建筑业、服务业、生活和农业用水定额（2025年修订）》中城镇居民生活用水定额 150L/人·d，生活污水产率取 80%。

经计算，单座测风塔船舶生活污水产生量施工期约为 210.96m³，运营期满拆除阶段约为 199.68m³，两座测风塔船舶生活污水产生量施工期约为 422m³/d，运营期满拆除阶段约为 400m³。

表 4.1 单座测风塔船舶作业人员生活污水产生量统计表

项目阶段	工序	人员小计 (人)	作业天数 (d)	产生量 (m ³)
建设	测量	6	1	0.72
	钢管桩运输及沉桩	52	5	31.2
	钢桁架运输及安装	52	10	62.4
	测风塔运输及安装调试	27	36	116.64
	合 计			210.96
拆除	测风塔拆除及运输	52	7	43.68
	钢桁架拆除及运输	52	5	31.2
	钢管桩拆除及运输	52	20	124.8
	合 计			199.68

(2) 船舶含油污水

参考《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018）表 4.2.4（不同代表船型舱底油污水产生量），折算的各类船舶含油污水产生量见表 4.2，单座测风塔船舶含油污水产生量建设期为 187.61m³，拆除期为 128m³，两座测风塔合计含油污水产生量建设期约为 375m³，拆除期为 256m³。

表 4.2 单座测风塔作业船舶含油污水产生量统计表

项目阶段	船舶类型	吨位	数量 (艘)	作业时长 (d)	产生系数 (m ³ /艘·d)	产生量 (m ³)
建设	雄程 3	11000t	1	15	3.08	46.2
	自航驳	6000t	1	51	1.68	85.68
	锚艇	500t	1	51	0.81	41.31
	交通船	500t	1	52	0.14	7.28
	巡逻艇	500t	1	51	0.14	7.14
	合计					187.61
拆除	起重船	6800t	1	32	1.9	60.8
	自航驳	6000t	1	32	1.68	53.76
	锚艇	500t	1	32	0.14	4.48

	交通船	500t	1	32	0.14	4.48
	巡逻艇	500t	1	32	0.14	4.48
	合计	—	5	—	—	128

(3) 灌浆作业废水

灌浆作业会产生管路和设备冲洗废水，产生量较少，单座测风塔约为 10m³，两座测风塔合计约 20m³，主要污染因子为 SS。

(4) 拆除切割废水

因钢桁架与钢管桩为浇筑连接，拆除时需进行切割分离，采用 GYB-7 型高压水刀切割机，设备压力为 400bar，流量为 300L/min，每座测风塔切割时间约 3h，产生的切割废水量为 54m³，两座测风塔切割废水量合计为 108m³，切割机高压水由淡水和添加剂配比而成，添加剂主要是金刚砂类磨料，所以切割废水中主要污染因子为 SS。

2.2 废气

(1) 船舶燃油尾气

本项目船舶主要以柴油为燃料，运行会产生一定量燃油尾气，污染物主要为 SO₂、NO_x、CO 等，1HP 船用柴油发动机平均油耗按 170g/h 计，参考《国际防止船舶造成污染公约》MARPOL1973/1978、《船用柴油机氮氧化物排放试验及检验指南》（GD14-2020）、《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）相关要求估算的船舶污染物产生量见表 4.3。

1) SO₂

计算公式：G_S=2×Bo×So×（1-η）

式中：G_{SO₂}为 SO₂排放量；g/h；Bo 为燃油量，g/h；So 为燃油含硫率，%；η为 SO₂脱除效率，%。

$$G_{SO_2}=2 \times 170 \times 0.5\% \times (1-0) = 1.7 \text{g/h} \cdot \text{HP}$$

2) NO_x

计算公式：G_{NO_x}=P×EF×10⁻³

式中：G_{NO_x}为 NO_x 排放源强；P 为发动机功率；EF 为 NO_x 排放因子（取 GD14-2020 中第二阶段转速≥2000r/min 时 NO_x 排放限值 7.7g/kW·h）。

$$G_{NO_x}=0.735 \text{kW/HP} \times 7.7 \text{g/kW} \cdot \text{h} \times 10^{-3} = 5.66 \text{g/h} \cdot \text{HP}$$

3) CO

计算公式: $G_{CO}=P \times EF \times 10^{-3}$

式中: G_{CO} 为 CO 排放源强; P 为发动机功率 (0.735kW/HP); EF 为 CO 排放因子 (参照 GB15097-2016 第二阶段限值要求, 排放因子取 5.0g/kW·h)。

$$G_{CO}=0.735\text{kW/HP} \times 5.0\text{g/kW} \cdot \text{h} \times 10^{-3}=3.675\text{g/h} \cdot \text{HP}$$

表 4.3 本项目施工船舶污染物产生量

施工船舶	功率/HP	耗油量 (kg/h)	SO ₂ 源强 (kg/h)	NO _x 源强 (kg/h)	CO 源强 (kg/h)
自航驳	4300	731	7.3	24.3	15.8
建设阶段锚艇	6000	1020	10.2	34.0	22.1
拆除阶段锚艇	1600	272	2.72	9.2	4.8
交通船	400	68	0.68	2.3	1.5
巡逻艇	400	68	0.68	2.3	1.5

(2) 非道路移动机械

本项目非道路移动机械主要是 100kW 的柴油发电机, 参考《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法 (中国第三、四阶段)》(GB20891-2014) 修改单第四阶段的排放要求, 其排放量为 CO500g/h、HC19g/h、NO_x330g/h 和 PM2.5g/h。

(3) 制浆粉尘

单座测风塔灌浆施工所需浆料约 20m³, 依据《3021 水泥制品制造 (含 3022 砼结构构件制造、3029 其他水泥类似制品制造) 行业系数手册》, 其中混凝土制品的物料输送储存和物料混合搅拌, 单位产品的颗粒物产污系数分别为 0.12kg/t 和 0.13kg/t, 浆料密度按 2.3t/m³ 计, 袋式除尘效率按 99.7%, 据此核算每座测风塔制浆时颗粒物产生量为: $G_{\text{颗粒物}}=20 \times 2.3 \times (0.12+0.13) \times (1-99.7\%)=0.0345\text{kg}$, 两座测风塔施工阶段颗粒物产生量合计约为 0.069kg。

2.3 噪声

海上测风塔工程施工作业将会产生水上噪声和水下噪声, 水上噪声主要是施工船舶和施工机械产生的噪声, 水下噪声主要是桩基打桩产生的冲击噪声。

(1) 水上噪声

施工设备噪声源强参考《环境噪声与振动控制工程技术导则》(HJ2034-2013) 附录 A 和《建筑卷扬机》(GB/T1955-2019), 船舶噪声排放需符合《船舶环境噪声》(GB/T43943-2024) 标准限值要求。

表 4.4 施工船舶及设备噪声源强统计表

噪声源	声压级 dB(A)	距离声源
施工船舶	~60（昼间）、~55（夜间）	100m
打桩	100	5m
自动搅拌机	90	5m
浆液泵	90	5m
卷扬机	85	7m
柴油发电机	95	5m

(2) 水下噪声

海洋工程打桩噪声源强与桩基直径、打桩方式、锤击能量、水深和底质等因素有关。本项目采用液压桩锤进行水下冲击打桩，项目海域水深约 18-25m，钻孔揭露底质为淤泥质粉质黏土夹砂。类比国家宁上高速跨海桥梁工程打桩作业水下噪声实测资料可知，桩基直径为 2.5m 时，打桩水下噪声峰值声压级为 239.1dB，均方根声压级为 226.9dB，声暴露级为 212.5dB，对应声传播衰减系数分别为 22.82、23.27 和 20.99。本项目测风塔钢管桩直径为 1.6~2.0m，打桩时水下噪声情况保守估计与上述类比工程一致，即峰值声压级为 239.1dB，均方根声压级为 226.9dB，声暴露级为 212.5dB，对应声传播衰减系数分别为 22.82、23.27 和 20.99。

表 4.5 水下噪声源强类比可行性分析表

参数	本工程	国家宁上高速跨海桥梁	较类比对象
桩基直径(m)	1.6~2.0	2.5	影响小
底质	淤泥质粉质黏土夹砂	淤泥质黏土	条件相近
桩锤	S-900	S-2400	影响小
打桩类型	水下冲击打桩	水下冲击打桩	方式相同

2.4 固体废物

(1) 生活垃圾

根据《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），船舶固体废物产生量以人均 1.5kg/d 计算，人员生活垃圾产生量建设期约为 2.6t，拆除期约为 2.5t。

表 4.6 生活垃圾产生情况一览表

项目阶段	工序	人员数量 (人)	作业时长(d)	产生量 (kg)
建设	测量	6	1	9
	钢管桩运输及沉桩	52	5	390
	钢桁架运输及安装	52	10	780
	测风塔运输及安装调试	27	36	1458
	合计			2637

拆除	测风塔拆除及运输	52	7	546
	钢桁架拆除及运输	52	5	390
	钢管桩拆除及运输	52	20	1560
	合计			2496

(2) 一般固废

建设阶段一般固废主要是测风设备包装材料和浆液管路冲洗废水沉渣，拆除阶段一般固废是金属管构件、防撞橡胶轮胎和废弃设备。一般固废分类依据《固体废物分类与代码目录》（生态环境部 2024 年第 4 号公告）。

表 4.7 固体废物产生情况一览表

项目阶段	种类		废物代码	产生量
建设	包装材料、废水沉渣		900-001-S72	少量
拆除	铁塔、钢桁架、桩管等金属管构件		502-001-S73	700t
	防撞橡胶轮胎		502-099-S73	1t
	废弃设备	供电系统光伏版	900-015-S17	2 块
		测风设备	900-013-S17	100kg

(3) 危险废物

根据《国家危险废物名录》（2025 年版），本项目实施期产生的危险废物主要是测风塔拆除产生的铅酸蓄电池，以及螺栓、法兰节点松动处理产生的废润滑剂及沾染物。

表 4.8 危险废物产生情况一览表

危险废物	废物类别	废物代码	产生量	形态	有害成份	危险特性
铅酸蓄电池	HW31	900-052-31	4 块	固态	铅、酸	T、C
废润滑剂及沾染物	HW08	900-249-08	少量	固态	石油类	T、I

2.5 悬浮泥沙

(1) 打桩工序

打桩挤淤产生的悬浮泥沙源强计算公式如下：

$$Q=\pi (r_{\text{外}}^2-r_{\text{内}}^2) h\rho\phi/t$$

Q 为悬浮泥沙量（kg/s）， r 为单桩半径（m）， h 为单桩入泥深度（m）， ρ 为干容重（根据岩勘报告取均值 1300kg/m³）， ϕ 为悬浮泥沙发生比例=挤淤率×悬浮泥沙粒径比例（挤淤率取 50%；悬浮粒径取<50μm 颗粒，根据岩勘报告为 62%）， t 为单桩施工时间。

1#测风塔钢管桩为 2000×30mm，桩长 71.7m，埋入海床下 45m，单桩累计打桩时长约 3h，悬浮泥沙 $Q=0.31\text{kg/s}$ ；3#测风塔钢管桩为 1600×38mm，桩长

54.0m，埋入海床下 28.65m，单桩累计打桩时长约 2h，悬浮泥沙 $Q=0.30\text{kg/s}$ 。

(2) 拆除切桩工序

桩管拆除采用水下压力切桩机，沿海床面切除。切除前需对桩管切割处进行冲刷清淤，清除附着的淤泥和海洋生物，冲刷时间短暂且产生的悬浮泥沙量较小，本评价不做源强估算。

3、工程建设和拆除的环境影响分析

3.1 水环境影响分析

本项目废水主要是作业船舶含油污水、人员生活污水，以及建设阶段灌浆作业废水和拆除阶段桩管切割废水。

生活污水主要来自作业人员日常生活用水，主要污染因子为 COD、BOD₅、SS、氨氮等，统一由收集后交由有资质的单位接收处理，不向海域排放，不会对海洋水质和生态环境产生影响。

船舶含油污水主要为船舶舱底油污水，污染因子为石油类。经配备的含油污水收集装置收集后交由有资质的单位接收处理，不向海域排放，不会对海洋水质和生态环境产生影响。

灌浆作业废水主要是浆液管路和设备冲洗废水，污染因子为 SS，经沉淀后回用于制浆系统物料拌合，不向海域排放，不会对海洋水质和生态环境产生影响。

测风塔拆除时因使用水刀切割机，会产生少量切割废水。废水中主要含有碳、硅、铝、铁等无毒元素，污染因子为 SS，因工艺而无法收集，直接排放入海，对海水水质和海洋生态环境产生短暂可逆影响，经沉淀后即可恢复。

3.2 大气环境影响分析

本项目施工期大气污染源主要包括作业船舶和机械燃油废气、制浆过程中的少量逸散粉尘。

燃油废气污染物为 SO₂、NO_x、CO 和颗粒物等，海域大气扩散条件较好，在保证施工船舶和机械检验合格、尾气达标的情况下，燃油废气经扩散后不会对海域环境空气产生明显影响。

制浆系统全封闭，采用引风机+覆膜滤料布袋除尘器处理后，颗粒物排放浓度可满足《水泥工业大气污染物排放标准》（GB4915-2013）及修改单要求。

本项目浆料用量较少，制浆过程中溢散的粉尘量极少，不会对海域环境空气产生明显影响。

3.3 声环境影响分析

本项目施工期噪声影响主要包括作业船舶和机械运行产生的水上噪声，以及打桩产生的水下冲击噪声。拆除阶段钢管桩采用水下切桩机进行压力切桩，操作简单短暂，不会对水下声环境产生较大影响。

按《船舶环境噪声》（GB/T43943-2024）要求，施工船舶在距其 100m 处的噪声排放值应低于昼间 60dB（A）（昼间）、夜间 55dB（A）的限值要求，则 100m 处可满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）标准限值昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）的要求。

（1）水上噪声影响分析

施工期的噪声源主要为施工机械和施工船舶等。这些噪声具有无规则、不连续高强度等特点，其影响会随着施工的结束而消失。施工期噪声预测方法和预测模式如下：

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

式中： $L_p(r)$ ——预测点处声压级，dB；

$L_p(r_0)$ ——参考位置 r_0 处的声压级，dB；

r ——预测点距离声源的距离；

r_0 ——参考位置距离声源的距离。

预测结果表明，施工机械昼间在距其 200m 处的噪声值可满足 GB12523-2025 要求的 70dB（A）标准限值，夜间在距其 1000m 处的噪声值可满足 GB12523-2025 要求的 55dB（A）标准限值。

表 4.9 主要施工机械噪声衰减情况表

设备名称	不同距离处的噪声 dB（A）								
	5m	100m	200m	250m	300m	350m	400m	500m	1000m
打桩机	100	74.0	68.0	66.0	64.4	63.1	61.9	60.0	54.0
自动搅拌机	90	64.0	58.0	56.0	54.4	53.1	51.9	50.0	44.0
浆液泵	90	64.0	58.0	56.0	54.4	53.1	51.9	50.0	44.0
卷扬机	85（7m）	61.9	55.9	53.9	52.4	51.0	49.9	47.9	41.9
柴油发电机	95	69.0	63.0	61.0	59.4	58.1	56.9	55.0	49.0

（2）水下噪声影响分析

测风塔桩基施工采用水下冲击式沉桩工艺，沉桩过程会产生较强的脉冲性

水下噪声。水下打桩噪声具有声级高、持续时间短、脉冲特征明显等特点，可通过水体直达、海面反射及海底耦合等多路径传播，对一定范围内的鱼类和海洋哺乳动物产生行为干扰；在近距离范围内，可能对声敏感海洋动物造成暂时性听阈改变等影响。

本项目水下噪声源强类比国家宁上高速跨海桥梁工程水下冲击打桩噪声监测设定。依据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T0341-2022）设定超高频鲸目海洋生物的敏感频率为10kHz；高频鲸目海洋生物的敏感频率为8kHz；鱼类（有鱼鳔，鱼鳔与听力相关）参考《应用海洋学学报》2014年收录的《大黄鱼的声刺激行为研究》（刘贞文等）论文，设定成鱼和小鱼敏感频率为500Hz，卵和幼体敏感频率为800Hz。由HY/T0341-2022指南可知，超高频鲸目行为干扰阈值（TTS）的声暴露级为140dB（SEL），伤害阈值（PTS）的声暴露级为155dB（SEL）；高频鲸目行为干扰阈值（TTS）的声暴露级为170dB（SEL），伤害阈值（PTS）的声暴露级为185dB（SEL）；鱼类（有鱼鳔，鱼鳔与听力相关）行为干扰阈值（TTS）的声暴露级为186dB（SEL），物理损伤阈值的声暴露级为203dB（SEL），致死或潜在致死阈值的声暴露级为207dB（SEL），鱼卵和幼体致死或潜在致死阈值的声暴露级为210dB（SEL）。

参照HY/T0341-2022指南B.6，声能传播损失如下：

$$\begin{cases} TL = 20\lg(r) + \alpha r + 60 - k_L & r < R \\ TL = 15\lg(r) + \alpha r + a_T \left(\frac{r}{H} - 1 \right) + 5\lg(H) + 60 - k_L & R \leq r \leq 8R \\ TL = 10\lg(r) + \alpha r + a_T \left(\frac{r}{H} - 1 \right) + 10\lg(H) + 64.5 - k_L & 8R < r \end{cases} \quad \dots\dots (B.8)$$

式中：

TL —— 传播损失，单位为分贝（dB）；

r —— 距声源的距离，单位为千米（km）；

α —— 海水吸收系数，单位为分贝每千米（dB/km），由公式（B.9）给出；

k_L —— 近场传播异常修正值，单位为分贝（dB），见表 B.1；

R —— 距离参数，单位为千米（km），由公式（B.10）给出；

a_T —— 浅海界面衰减系数，单位为分贝每千米（dB/km），见表 B.2；

H —— 水深，单位为米（m）。

$$\alpha = \frac{0.102f^2}{1+f^2} + \frac{40.7f^2}{4 \times 100 + f^2} + 3.06 \times 10^{-4} f^2 \quad \dots\dots\dots (B.9)$$

式中：

f —— 频率，单位为千赫兹（kHz）。

$$R = \left[\frac{1}{3} (H + L) \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (B.10)$$

式中：

L —— 浅海混合层深度，单位为米（m）。

经计算，在0级海况下，打桩施工对超高频鲸目的行为干扰距离为4230m，伤害影响距离为980m；对高频鲸目行为干扰距离为203m，伤害影响距离为37m；对鱼类（有鱼鳔，鱼鳔与听力相关）行为干扰距离约为41m，物理损伤距离约为6m，致死或潜在致死距离约为4m，对鱼卵和幼体致死或潜在致死距离约为78m。

本项目所在海域经环境DNA测序共检出鲸目哺乳动物两种，分别为鼠海豚科的印太江豚（*Neophocaena phocaenoides*）与海豚科的伪虎鲸（*Pseudorca crassidens*），其印太江豚属超高频鲸目，伪虎鲸属高频鲸目，具体影响范围同上所述。

测风塔沉桩工序的打桩时间较短，单桩累计打桩时长约2~3小时，打桩噪声对海洋生物的影响具有间歇性、可逆性，且游泳动物对强噪声源有规避性。随着施工结束，水下噪声影响也随即消失。评价要求打桩施工前先用大马力船舶驱赶鱼群，留出足够的时间让鱼群游离，起到大范围驱赶作用，避免周边鱼群停留在打桩噪声影响的区域；同时打桩采取“软启动”的方式，逐步增大锤击强度，避免打桩噪声突发性增强，降低水下噪声对海洋生物的影响。

3.4 固体废物环境影响分析

本项目固体废物主要包括生活垃圾、一般固废和危险废物。

作业船舶人员生活垃圾收集后交由陆域环卫部门处置。

一般固废主要是建设期的设备包装材料、浆液管路冲洗废水沉渣，以及拆除期的废金属管构件、废弃设备和防撞橡胶轮胎。其中包装材料、废金属管构件和防撞橡胶轮胎可外售资源回收单位处置，沉渣可送至陆域建筑垃圾消纳场处置，废弃设备交由有相应回收拆解资质的单位处置。

危险废物主要是拆除期废润滑剂及沾染物、废铅酸蓄电池，分类收集于高密度聚乙烯容器后交由有相应资质的危废单位处置。此外施工机械事故性漏油须及时清除，清除废物须用高密度聚乙烯容器收集贮存，交由有相应资质的危废单位处置。

综上，本项目固体废物均可通过分类收集、资源回收、委托处置等方式妥善处理。在落实固体废物全过程收集、暂存、转运和处置措施后，施工期固体废物不会对周边海域环境产生明显不利影响。

3.5 海洋生态环境影响分析

打桩对海床的振动扰动和拆除阶段对海床面桩基切割处的冲刷扰动时间均很短暂,且钢管桩对海床底质的挤土效应较弱,单根桩累计打桩时长一般在 2~3 小时内,扰动产生的悬浮泥沙量和影响范围远小于爆破挤淤和抛石挤淤造成的影响程度,扰动区海水水质的悬浮物浓度增量一般在数小时内即可降至 10mg/L 以下(张琴 2021 海洋工程施工悬浮泥沙源强及扩散规律研究进展,海洋科学),所以在保证评价要求的“桩基施工前主动驱赶鱼群和打桩软启动”情况下,悬沙扩散造成的渔业资源损失量极小,对此本评价不做海洋生物资源损失评估。

本评价仅针对桩基占用海床对底栖生物资源造成的损失进行评估。桩基占用行为对底栖生物的栖息地造成了破坏,直接导致底栖生物死亡。评价参考《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)和《海洋生物资源损失评估规范》(DB32/T4423-2022)的相关要求计算测风塔建设压占海床造成的海洋生物资源损失。

评估计算公式: $W_i = D_i \times S_i$

式中: W_i 为底栖生物资源受损量,单位为 kg; D_i 为评估区域内该种生物资源密度,取值 152.64kg/hm²(参考 DB32/T4423-2022 中表 2 长江口北部海域); S_i 为占用的海域面积,单位为 hm²。

本项目两座测风塔均为三桩结构,桩基分别采用 1.6m 和 2.0m 直径的钢管桩,占用海域面积总计为 15.45m²,该范围内的底栖生态环境全部被破坏,栖息于这一范围内的底栖动物基本丧失,所以本项目建设引起底栖年生物损失量为 0.24kg。

综上,本项目实施造成的海洋生物资源损失较小,不会对区域海洋生态系统产生明显影响。

3.6 环境风险影响分析

本项目涉及的环境风险主要是船舶发生碰撞事故后泄漏燃油对海洋生态环境的污染风险。燃油泄漏后如不能及时收集处置,将在潮流和风的作用下在水面上进行输移和扩散,直接影响海域油膜覆盖区的海水水质和浮游动植物,进而对覆盖区的海洋生态环境产生影响。

浮游生物是海洋生物食物链的基础,是一切水生生物,包括游泳生物、底栖生物等海洋生物赖以生存的基本条件。浮游生物对石油污染极为敏感,许多

浮游生物皆会因受溢油危害而惨遭厄运，特别是由于浮游生物缺乏运动能力，加以身体柔弱，身体多生毛、刺，更易为石油所附着和污染。溢油对海洋浮游生物的影响将对整个海洋食物链造成影响，并进而破坏海洋的生态平衡。溢油对浮游生物的影响程度决定于石油的类型、浓度和浮游生物的种类。作为鱼、虾类饵料的浮游植物，对各类油类的耐受力都很低，石油急性中毒浓度范围为 $0.1\sim 10\text{mg/L}$ ，一般为 1mg/L 。浮游动物通过摄食或直接吸收碳氢化合物而受到影响，其急性中毒浓度在 $0.1\sim 15\text{mg/L}$ 。通常幼体对于石油污染的敏感度大于成体，永久性浮游动物幼体的敏感性大于临时性底栖生物幼体。因此，若发生溢油事故，对油膜所漂过区域的浮游动、植物的损害是十分严重的。一般浮游植物的生命周期仅 $5\sim 7$ 天，在油膜覆盖下，加之其毒性作用，一般不超过 $2\sim 5$ 天即因细胞溶化、分解而死亡。同样，浮游动物也会在毒性作用或缺氧条件下大量死亡。

事故发生后，如果不能及时围堵拦截和吸收处置，燃油将会在风海流作用下，很快在海域中扩散蔓延，危及项目周边渔业资源保护区生态环境。油膜在保护区的停留时长随着风海流作用的加强而减少、减弱而增加，一般情况下可停留数小时或数日。滞留期间油膜覆盖区域的海水水质和浮游动植物会受到污染，浮游生物因规避能力极弱，更易为油膜所附着，所以受污染的浮游动植物将会出现死亡，通过食物链的连锁反应对鱼苗或鱼卵可能产生致死或致畸效应。

随着油膜的扩散和移动，最终会到达岸滩区域，大部分会被岸滩泥沙吸附滞留，如不及时清理，会对滩涂底质、潮间带生物、湿地植被，滩涂养殖、甚至局部生态功能产生影响。受污染致死的生物尸体因腐化而变臭，加之石油类所含硫化物分解释放的恶臭，严重影响海岛和岸线景观，湿地鸟类因活动能力较强，觅食和栖息会主动规避污染区域，海岛岸滩或近岸海域富营养化程度随之升高，区域生态系统逐渐失衡，原有生态功能将会退化。

综上，事故发生后，应第一时间启动应急预案，把泄漏油污控制在小范围内，防止污染扩大。事故处置后，尽快开展环境损害鉴定评估，建设单位应积极与赔偿权利人协商开展赔偿工作，并配合开展海洋生态环境修复工作。

3.7 对生态环境保护目标的影响分析

本项目对生态环境保护目标的影响主要体现在桩基施工时水下噪声的影响，桩基施工噪声对海洋生物的影响具有间歇性和可逆性，且游泳动物对强噪声源有规避性。本项目桩基施工时间较短，单根桩累计打桩时长为 2~3 小时，随着桩基施工的结束，水下噪声影响也随即消失。

由前述可知，水下噪声对印太江豚的影响距离为 4230m，对伪虎鲸的影响距离为 203m，对鱼类的影响距离为 41m，对鱼卵和幼体的影响距离为 78m。评价要求打桩施工前先用大马力船舶驱赶鱼群和鲸目哺乳动物，留出足够的时间让其游离影响区域，起到大范围驱赶作用，避免其受到桩基施工噪声的伤害。同时打桩采取“软启动”的方式，逐步增大锤击强度，避免桩基施工噪声对鲸目哺乳动物和鱼类等产生突发性惊扰。

本项目与周边生态环境敏感目标均相距较远，其中距离梭子蟹省级水产种质资源保护区最近 15.7km，距离带鱼幼鱼保护区最近 16.1km，距离吕泗渔场小黄鱼、银鲳国家级水产种质资源保护区最近 5.7km，均超出本项目水下噪声的影响范围，且本项目施工期较短，计划于 2027 年 1 月开工，避开了敏感目标的保护期（5~10 月）。所以项目实施不会对周边生态环境敏感目标产生明显影响。

3.8 对开发利用活动的影响分析

工程施工作业范围内禁止渔船进入，所以会对在这一带的渔船作业产生一定的影响。测风塔打桩对海床底质的挤土效应较弱，且打桩对海床的振动扰动和拆除阶段对桩管切割处的冲刷扰动时间均很短暂，悬浮泥沙对海域生态环境和渔业资源的影响较小，基本不会影响渔业资源捕捞量。

项目物料运输依托现有航路从港口到达施工作业现场附近，施工作业范围不涉及现有航道和锚地，不会对航道通航条件产生影响。

运营期生态环境影响分析	1、污染影响 测风塔运营期间无人值守，仅进行日常的巡检维护。常规工况下，每月开展1次海上登塔巡检工作，巡检人员乘坐1艘400HP交通船赴现场维护检修。巡检作业人员（7人）的生活污水、生活垃圾，以及船舶油污水和拆除更换的零部件等产生量均较少，经分类收集后交由有资质的单位接收处理，不向海域排放，不会对区域海洋生态环境产生污染影响。 2、生态影响 运营期间本项目的生态影响主要是测风塔桩基阻水产生的冲淤环境影响。类比1#测风塔西南侧7.7km处的江苏启东H2#海上风电场工程冲淤环境影响分析知：大潮时风电场区涨急流速约为0.97m/s之间，落急流速约为0.96m/s；小潮时，风电场区涨急流速约为0.67m/s，落急流速约为0.77m/s。桩基阻水导致顺涨落潮潮流方向桩基前后流速减小，一般桩基背流面流速减小范围较迎流面大，但变化主要集中在桩基附近。整体看来，风电场区平均流速有不同程度的减小，水体挟沙能力有所减弱，风电场区出现-0.03~0.93m的淤积强度。风电场区海床出现一定冲淤变化，但强度与范围较小，对周边环境的影响有限。 本项目测风塔桩管直径分别为1.6m和2.0m，占用海域面积较小，阻水效应有限，桩基直径小于风机桩管直径，且两座测风塔距离较远，不会形成群桩效应，除桩基周围小范围内会出现冲淤外，周边海域的水文动力和地形地貌不会有明显变化，所以，运行期间测风塔不会对海洋生态环境产生明显影响。
选址选线环境合理性分析	本项目位于江苏省南通市以东专属经济区海域，项目选址不涉及海洋生态保护红线、海洋生态资源保护区等生态环境敏感区域，符合“三线一单”管控原则要求，符合国家产业政策要求，与《全国国土空间规划纲要（2021-2035年）》、《美丽中国建设“十五五”规划》、《“十五五”碳达峰行动方案》、《可再生能源发展“十五五”规划》相协调。本项目污染物可做到合规处置，环境风险基本可控，所在海域生态环境基本不会对本项目的实施产生明显制约。 所以，从环保角度看，本项目选址合理可行。

五、主要生态环境保护措施

施 工 期 生 态 环 境 保 护 措 施	1、水污染防治措施 (1) 本项目作业人员食宿均依托船舶生活设施，船舶生活污水和含油废水交由有资质的单位处置，其产生、接收、转运、处置须按江苏省交通运输厅等五部门联合印发的《建立健全全省长江经济带船舶和港口污染防治长效机制实施意见》规定执行，落实船舶污染物船岸交接和联单监管制度要求。 (2) 灌浆时在钢桁架和桩管连接段出浆口下方，设置溢浆收集系统，通过接浆围堰、防渗布、导流管，及时将溢出的多余浆液和管路冲洗废水汇排至制浆系统废水槽沉淀处理，澄清水回用于制浆系统物料拌合，禁止向海域排放。 2、固体废物处置措施 (1) 一般固体废物参照《建筑垃圾资源化利用产品应用及质量控制指南》（苏建城管[2026]12号）和《江苏省建筑垃圾电子转移联单管理办法》（苏建规字[2026]16号）相关要求，分类委托处置。其中建设期浆液管路冲洗废水沉渣送陆域建筑垃圾消纳场处置，拆除的废金属管构件和防撞橡胶轮胎可外售有资质的资源回收单位处置，废旧设备交由有相应回收拆解资质的单位处置。 (2) 船舶生活垃圾收集后交由陆域环卫部门处置。 (3) 废润滑剂及沾染物收集于高密度聚乙烯容器后交由有相应资质的危废单位处置。 (4) 施工机械事故性漏油，须及时清除，清除废物须用高密度聚乙烯容器收集贮存，交由有相应资质的危废单位处置。 (5) 危险废物贮存按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求，做好防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐工作。危险废物转运严格执行《危险废物转移管理办法》（生态环境部、公安部、交通部令第23号）和生态环境部第39号令《关于修改和废止部分规章的决定》的相关要求，落实好联单管理制度。 3、大气污染防治措施 (1) 加强管理，禁止使用不符合国家废气排放标准的船舶和施工机械。 (2) 船舶燃油应符合《国际防止船舶造成污染公约》（MARPOL1973/1978）要求的硫含量不大于0.5%m/m的规定。
---	--

(3) 制浆系统全封闭, 采用引风机+覆膜滤料袋式除尘器处理, 颗粒物排放浓度满足《水泥工业大气污染物排放标准》(GB4915-2013) 及修改单要求。

4、噪声污染防治措施

- (1) 选择高性能、低噪声的先进机械设备。
- (2) 对产噪设备加装隔声、减振、吸声等防护措施。
- (3) 优化施工工艺, 合理安排施工进度, 尽量缩短现场施工时间。

5、海洋生态防护措施

(1) 施工前期

①合理制订施工计划, 选择先进的施工工艺和施工设备, 制订完备的施工

方案。

②施工前对所有参与的作业人员进行环保相关知识, 特别是印太江豚和伪虎鲸等海洋哺乳动物保护的相关知识培训, 加大环境保护宣贯力度, 加强施工期环境保护监督管理, 严令禁止捕杀、伤害海洋哺乳动物, 严禁向海域排放船舶油污水和生活垃圾等固体废物。

③严格管控施工活动, 做好设计、施工技术交底工作, 避免偏差导致返工, 降低对海洋生态环境的影响。

④建立应急救护联系机制, 如在施工中发现受伤或被困的海洋哺乳动物, 应立即停止施工, 紧急联系渔政管理部门和救护组织机构, 等待救护处理。

(2) 施工期

①按施工节点划定作业范围, 并采用警戒线、浮标等标识标牌圈定。

②桩基施工前用大马力船舶对桩基周边 1km 范围 (按照最大伤害距离, 即桩基施工噪声对超高频鲸目印太江豚的伤害距离 980m 计) 内海域的哺乳动物进行驱赶, 留出足够的时间让其尽可能游离, 起到大范围驱赶作用, 避免受到打桩噪声的伤害。

③桩基施工时采取“软启动”的方式, 使桩基冲击强度由弱到强、逐渐加大, 避免对鱼类等游泳动物的突发性惊扰, 使其主动游离冲击噪声的影响范围, 从而降低对鱼类等游泳动物的影响程度。

④施工结束后, 及时清理海上漂杂物、水下残留构件等, 确保无遗留施工杂物, 清除警戒浮标等标识标牌后撤离现场。

⑤对项目所处海域开展海洋生态环境跟踪监测调查工作，及时了解工程活动对生态环境的实际影响，为海洋生态环境修复措施提供技术支撑。

（3）运营期满拆除

①按拆除节点划定作业范围，并采用警戒线、浮标等标识标牌圈定。

②钢管桩拆除前先用大马力船舶驱赶鱼类等游泳动物，留出足够的时间让其尽可能游离，起到大范围驱赶作用，避免其受到桩管拆除的扰动影响。

③施工结束后，及时清理海上漂杂物、水下残留构件等，确保无遗留施工杂物，清除警戒浮标等标识标牌后撤离现场。

④开展海洋生态环境跟踪监测调查工作。

6、环境风险防范措施

本项目涉及的环境风险主要是船舶发生碰撞事故后，泄漏燃油对海洋生态环境的污染风险。

（1）管理措施

环境风险管理与施工安全管理相衔接，参考《中节能风力发电股份有限公司海上风电项目海上固定式测风塔通航安全咨询报告》（上海海事大学.2026.7），本项目环境风险管理措施具体如下：

①施工前办好前期的各项审批手续，与海事主管部门建立有效联系机制，接受海事主管部门的相关安全审核和安全监督检查。制定合理的施工方案、管理制度和各种应急预案，精心组织，精细安排、严格遵守、合理调度、有效实施。在施工期间应按照相关主管部门的要求，设置必要的、合理的施工作业区并采取相应的安全警戒措施。施工作业者不得擅自扩大施工作业区的范围，施工设施或施工机具不得超出施工作业区的范围。同时通过航运管理部门、渔业机构或港口公告等渠道提前发布施工信息，确保航道内船舶了解施工时间和范围。此外，安排巡逻船对接近施工区域的小型渔船进行动态引导，防止其误入施工水域。

②工程船舶配备适合强潮地区的高质量锚具，并定期维护检查，重点检查锚爪变形、链环磨损及卸扣紧固情况，杜绝设备“带病”作业；在施工船及周边关键点位部署高精度测速仪及潮位计，或制定相应水文、气象专报，实时采集流速、流向、波浪及潮位数据，提前评估风险；实施“避峰作业”策略，在潮流

流速超过安全作业标准的时段，暂停高风险水上作业，在潮流较强时，可安排拖轮协助固定施工船舶，增强稳定性；制定锚泊失效的应急处置方案，明确指挥架构、通讯频道、撤离路线及救援力量部署，并组织全员进行实战演练，确保人人熟知职责，确保走锚情况下能够快速采取措施。

③施工单位须事先编制通航安全保障方案，方案需通过海事部门组织的专家评审，明确项目材料运输、施工的允许作业条件，重点论证避风路线、锚地选择及应急预案的可行性，经专家评审通过后作为施工期安全保障的主要指导文件；方案中必须明确“一船一策”的恶劣天气应急策略，针对不同类型的船舶制定差异化的撤离计划。

④建设单位应主动对接主管机关，建立有效沟通机制，及早获取权威气象预警和锚地动态信息，并与周边其他在建工程建立有效联系，共享拖轮资源、避风锚地信息及应急物资，避免恶性竞争导致的资源挤兑；组织全体参建单位开展防台防汛实战演练，模拟“船舶失控、溢油事故、拖轮故障”等极端工况，检验应急预案的可操作性和人员的反应速度，确保各环节衔接顺畅。

⑤环境风险应急预案应建立以建设单位为总负责，各施工参与单位按职责分工的应急机构，并明确各方责任，预案内容须包括监控和预警、应急响应、事故处置、应急保障、善后处置、预案管理等。

⑥项目施工人员和船舶的选择应坚持高标准、严要求。施工前加强对作业人员的安全环保培训教育，特别针对施工船舶航线安全进行专业培训，同时加强设备的启动前检查和运维管护，提高施工人员的风险防范意识。

（2）应急处置

①事故发生后，船舶应当立即切断漏油或阻塞漏油口，同时启动应急预案，及时上报工程海域周边的海事管理部门。

②下放围油栏防止溢油范围扩大，控制扩散范围后，投放收油机收集残油，余下少量浮油使用吸油毡或吸油棉等吸附材料吸附处理。

③清理完成后，将收集的油污及沾染物分类收集贮存，并对燃油泄漏区喷洒分散剂，降低油污对海洋生态环境的影响。

④事故处理完毕后，应将事故原因、燃油泄漏量、污染清除过程、污染范围和影响程度，书面报告海事与生态环境管理部门，并协助开展环境损害调查

评估，积极配合完成环境损害赔偿工作。

（3）应急能力建设

本项目施工期最大动力船型为 6000 吨级自航驳，船舶碰撞事故溢油量按照《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）要求设定单个燃油舱燃油全部泄漏，由其附录 C 中表 C.9，船舶燃油携带量单舱为 99m³，燃油比重按 0.86t/m³ 计，船舶碰撞最大溢油量约为 85t，参照《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017），选取溢油量的 10%作为一级防备应急能力配备要求，即 8.5t。

本项目动力船型最大为 6000t 自航驳，型长 110m，型宽 20m，型深 6.6m。自航驳需要配备的应急设施和物资数量依据《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T 877）相关要求计算。

①围油栏

$$L_{\text{总}} = L_{\text{围控所需}} + L_{\text{收油用}} + L_{\text{导流配套}} + L_{\text{防护配套}}$$

式中：

$L_{\text{围控所需}}$ ——溢油源围控所需围油栏数量， $L_{\text{围控所需}} = 3 \times (B+W) \times N_1$ ，B 为最大尺寸船舶长，W 为最大尺寸船舶宽， N_1 为围油栏布放的层数，本次取 2；

$L_{\text{收油用}}$ ——收油用围油栏数量， $L_{\text{收油用}} = D \times 100$ ；D 为“收油系统”数，本次取 3；

$L_{\text{导流配套}}$ ——导流配套的围油栏数量， $L_{\text{导流配套}} = U \times N_2$ ，U 为一组围油栏的长度， N_2 为所需导流的围油栏组数；

$L_{\text{防护配套}}$ ——防护配套围油栏数量， $L_{\text{防护配套}} = (L_{\text{围控所需}} + L_{\text{收油用}} + L_{\text{导流配套}}) \times k$ ，k 的取值区间为 0.2~0.5，环境敏感度越高，取值越大；本次取 0.5。

经计算，应急围油栏 $L_{\text{总}} = [3 \times (B+W) \times N_1 + D \times 100 + U \times N_2] \times (1+k) = 2200\text{m}$ 。

②收油机

$$E = T \times P / (\rho \times \alpha \times Y \times h \times (1 - \varphi_1))$$

式中：

E——收油机回收能力，m³/h；

T——溢油量，溢油应急能力目标 8.5t；

P ——收油机回收量占溢油的比例，本评价取 50%；

ρ ——回收油品的密度，燃料油为 0.86t/m^3 ；

α ——收油机回收效率，本评价取 7%；

Y ——收油作业天数，本评价取 3 天；

h ——每天收油作业时间，本评价取 6h；

ϕ_1 ——富裕量，根据经验，本评价取 20%。

经计算，收油机回收能力为 $4.9\text{m}^3/\text{h}$ 。

③吸收吸附材料

常规的吸附材料为吸油毡，也是目前处理日常作业小型船舶污染事故的常用材料之一，它主要将水面溢油直接渗透到材料内部或吸附于表面，以便于回收溢油，通常有聚氨酯、聚乙烯、聚丙烯、尼龙纤维和尿素甲醛泡沫等材料。我国行业标准规定，其吸油性应达到本身重量 10 倍以上，吸水性为本身重量 10% 以下，持油性保持率 90% 以上。

$$I = \frac{T \times P}{J \times K \times P_1}$$

式中：

I ——吸油毡数量，t；

T ——溢油量，溢油应急能力目标 8.5t；

P ——吸附回收量占总溢油量的比例，取 20%；

J ——实际吸附倍数， ≥ 10 倍；

K ——持油性保持率， $\geq 90\%$ ；

P_1 ——吸收吸附加权系数，取 0.3。

经计算，该项目需要配备 0.63t 吸油毡。

④溢油分散剂

$$G = T \times 10^3 \times P \times R$$

式中：

G ——需喷洒的溢油分散剂数量，kg；

T ——溢油量，溢油应急能力目标 8.5t；

P ——溢油分散剂处理溢油数量占总溢油量的比例（%），取 30%；

R ——溢油分散剂与油的用量配比，常规型分散剂取值为 0.3~1，浓缩

型分散剂取值为 0.1~0.2，本次取 0.3。

经计算，溢油分散剂配备数量为 0.74t。

⑤溢油分散剂喷洒装置

溢油分散剂喷洒装置喷洒速率计算：

$$V = \frac{G}{\rho_1 \times Y \times 60}$$

式中：

V——喷洒速率，L/min；

G——需喷洒的分散剂数量；

ρ_1 ——溢油分散剂密度（1.0kg/L）；

Y——收油作业天数，本评价取 3 天。

经计算，喷洒装置喷洒速度应不低于 0.68L/min。

⑥储存装置

海上溢油的临时储存和转运设备可使用船舶货仓、油舱，油驳等，也可使用浮动油囊和轻便式储油罐，储存能力建议不应小于 12m³（1.2 富裕度）。

表 5.1 溢油环境风险应急设施、物资配置明细表

序号	应急设备	单位	数量	备 注
1	围油栏	m	2200	满足抗风速大于 10m/s，抗波高大于 1.2m，且栏高≥1100mm。
2	吸收吸附材料	t	0.63	吸油性应达到本身重量 10 倍以上，吸水性为本身重量 10%以下，持油性保持率 90%以上。
3	溢油分散剂	t	0.74	
4	溢油分散剂喷洒装置	套	1	消油剂喷洒装置喷洒速度应不低于 0.68L/min
5	收油机	台	2	一用一备，单台收油能力达到 5m ³ /h
6	储存装置	套	2	单套储存能力建议不应小于 6m ³

运营期
生态环
境保护
措施

运营期测风塔处无人值守，日常巡检维护由专业人员乘交通船登塔检修，检查塔体结构、监测设备及附属设施的稳定性和可靠性。

运营期船舶生活污水和含油废水交由有资质的单位处置，人员生活垃圾收集后交由陆域环卫部门处置，更换后的废器件交由有相应回收拆解资质的单位处置。

其他

本项目环境影响主要在施工期和运营期满拆除阶段，营运期无污染物排放，因此监测计划的重点为施工和拆除阶段海洋生态环境监测。按照评价范围全面覆盖、基本均匀、重点代表的原则，结合《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442）提出，样品的采集、分析检测须符合 HJ442、GB/T12763 和 GB17378 标准要求。监测计划见表 5.2 和附图 18。监测工作应委托有相应资质的单位实施。

表 5.2 海洋生态环境监测计划

监测内容		监测频率		监测布点		监测因子	
海水水质		施工期 1 次 拆除期 1 次		全部站位		水深、水温、pH、COD、悬浮物、无机氮、活性磷酸盐、硫化物、石油类	
海洋生态				全部站位		生物生态、生物质量、渔业资源	
海洋沉积物				1#和 4#		有机碳、石油类、硫化物	
监测 站位	经度（°）E	纬度（°）N		监测 站位	经度（°）E	纬度（°）N	
1#				3#			
2#				4#			

环保投资

本项目总投资3609.5万元，环保投资147万元，资源回收收益140万元，环保投资约占总投资的4%。

表5.3 本项目环境保护措施投资一览表

项目 阶段	污 染 类别	污 染 物	处 置 措 施	处 置 去 向	投 资 /万 元	收 益/ 万 元
建设	废水	生活污水 船舶油污水	分类收集，委托处 置	委托有相应资 质的单位接收 处置	2	
		灌浆冲洗废水	溢浆收集装置，冲 洗废水槽沉淀处 理。	沉淀后回用于 搅拌，不外排。	5	
	固废	生活垃圾	委托处置	交环卫部门处 置	1	
		浆液管路冲洗 废水沉渣	委托处置	建筑垃圾消纳 场		
	废气	施工船舶和非 道路移动机械	加强管理	达标排放	-	
		制浆系统粉尘	系统全封闭，采用 引风机+覆膜滤料 袋式除尘器	达标排放	30	
	噪 声	施工船舶和 机械作业噪声	选择低噪机械，对 产噪设施设备尽量 进行隔声、减振、	降低影响	5	

				吸声处置，加强作业管理			
	运营	船舶油污水、生活污水、生活垃圾、废器件		分类收集，委托处置	委托有相应资质的单位接收处置	1	
	拆除	废水	生活污水 船舶油污水	分类收集，委托处置	委托有相应资质的单位接收处置	2	
		固废	生活垃圾	委托处置	交环卫部门处置	1	
			废金属管构件及防撞橡胶轮胎	委托处置	外售资源回收单位处置	-	140
			废弃设备	委托处置	外售有回收拆解资质的单位处置	-	
			废润滑剂及沾染物、铅酸蓄电池	分类收集委托处置	交由有相应危废资质的单位处置	5	
		废气	施工船舶和非道路移动机械	加强管理	达标排放	-	
			噪声	施工船舶和机械作业噪声	租用手续齐全的施工船舶，选择低噪机械，对产噪设施设备尽量进行隔声、减振、吸声处置，加强作业管理	降低影响	5
	环境风险		事故性泄漏燃油	选用合规船舶，制订应急预案，作业船舶按要求配足应急设施和物资，加强管理。	环境风险可控	30	
	海洋生态		水下噪声 悬浮泥沙	优化施工工艺，加强监督管理，制订监测计划，对海水水质、沉积物、生物生态、渔业资源、生物质量等开展环境调查、监测、评估	符合环境监管和验收要求	60	
	合计					147	140
	注：废钢回收价按2000元/吨。						

六、生态环境保护措施监督检查清单

要素 \ 内容	施工期		运营期	
	环境保护措施	验收要求	环境保护措施	验收要求
陆生生态	-	-	-	-
水生生态	加强作业管理,优化施工时序,采用先进工艺及设备,做到施工前主动驱赶,打桩施工时采用软启动方式,减小对海洋哺乳动物和鱼类等的影响。	提交施工监理报告,落实措施要求。	-	-
地表水环境	生活污水、船舶油污水委托有资质的单位接收处置	有委托协议和转移记录等台账	生活污水、船舶油污水委托有资质的单位接收处置	有委托协议和转移记录等台账
	溢浆收集装置,冲洗废水槽,沉淀处理后回用不外排。	落实溢浆收集装置,冲洗废水槽等设施。	-	-
地下水及土壤环境	-	-	-	-
声环境	选择低噪机械设备,对产噪设施设备尽量进行隔声、减振、吸声处置,加强作业管理。	落实措施要求	-	-
振动	-	-	-	-
大气环境	加强管理,制浆系统全封闭,采用引风机+覆膜滤料袋式除尘器。	船舶和非道路移动机械证件齐全有效,制浆系统粉尘物排放满足GB4915-2013及修改单要求	加强管理	船舶和非道路移动机械证件齐全有效
固体废物	分类收集,委托有相应资质的单位处置	接收处置协议和转移记录等台账,处置单位有相应的处置资质。	分类收集,委托有相应资质的单位处置	接收处置协议和转移记录等台账,处置单位有相应的处置资质。
电磁环境	-	-	-	-
环境风险	选用合规船舶,制订应急预案,作业船舶按要求配足应急设施和物资,加强管理。	落实措施要求,避免环境风险。	选用合规船舶,制订应急预案,作业船舶按要求配足应急设施和物资,加强管理。	落实措施要求,避免环境风险。
环境监测	制订并实施海洋生态环境监测计划	按计划落实调查监测工作,提交成果报告	-	-
其他	-	-	-	-

七、结论

本项目的建设符合国家产业政策和“三线一单”管控原则要求，与《全国国土空间规划纲要（2021-2035 年）》、《美丽中国建设“十五五”规划》、《“十五五”碳达峰行动方案》、《可再生能源发展“十五五”规划》等文书相协调。本项目产生的污染物均能做到合规处置，存在的环境风险基本可控，所在海域生态环境现状基本不会对本项目的实施产生明显制约。

综上，从生态环境保护角度分析，本项目的建设是可行的。

附 录

附 图

附图1 1#测风塔与江苏省生态环境分区管控更新成果的对照分析图

附图2 3#测风塔与江苏省生态环境分区管控更新成果的对照分析图

附图3 项目与生态保护红线位置关系图

附图4 1#测风塔位置图

附图5 3#测风塔位置图

附图6 1#测风塔设计图（桩基、钢桁架、铁塔）

附图7 3#测风塔设计图（桩基、钢桁架、铁塔）

附图8 1#测风塔宗海界址图

附图9 3#测风塔宗海界址图

附图10 项目场地分布图

附图11 打桩船甲板施工场地平面布置图

附图12 项目与江苏海洋功能分区关系图

附图13 江苏近岸海域环境功能区划图

附图14 区域开发活动分布图

附图15 1#测风塔钻孔柱状图

附图16 3#测风塔钻孔柱状图

附图17 生态环境敏感目标图

附图18 海洋生态环境监测计划布点图

附 件

附件1 委托书

附件2 《启东海域海洋环境现状调查检测报告》（BG260130）