

4.2.7 渔业资源

霞浦县海域面积 29592.6km²，其中滩涂面积 6.96 万 hm²。水产生物资源丰富，以海洋生物资源为主，有浮游生物、底栖生物、潮间带生物和游泳生物等，生物种类共 700 余种。据闽东渔场调查资料，作为捕捞对象的主要经济鱼虾类有大黄鱼、小黄鱼、带鱼、鲳鱼、石斑鱼、鳗鱼、鳓鱼、毛虾、梭子蟹、墨鱼等 500 多种。浅海滩涂初步调查，主要有海带、紫菜、牡蛎、蛭、蛤、蚶、江瑶、鲍、海蚌、笋锥螺、东方螺等 200 多种生物。

4.2.8 项目周边海域利用现状

本项目工程区附近海域的海洋开发活动最主要有渔业用海、工业用海（电力工业用海）等。项目周边海域开发利用现状见表 4.2-11，本项目用海与周边海域开发活动位置关系见图 4.2-16。项目登陆点附近海域的开发活动主要为渔业用海（开放式养殖、围海养殖）、特殊用海（海岸防护工程用海），项目登陆点附近海域开发活动位置关系见图 4.2-17。

4.2.8.1 渔业用海

（1）开放式养殖

本项目海底电缆近岸段东冲半岛东侧海域分布有大量开放式养殖，其中，已经确权的有霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）（24 区块-30 区块位于项目附近），海域使用权人为霞浦县溪南半岛建设开发有限公司，该项目 24 区块与本项目海缆用海范围重叠；霞浦县海岛乡浮鹰岛恒顺渔业有限公司网箱养殖项目，位于项目主海缆东侧 4.2km，海域使用权人为霞浦县恒顺渔业有限公司，用海面积 5.7727 公顷；霞浦县海岛乡浮鹰岛武澳项目位于项目主海缆南侧 2.9 km，海域使用权人为宁德市弘金海水产科技有限公司，用海面积 7.1736 公顷；毗邻霞浦县海岛乡烟台村筏式养殖项目位于项目主海缆南侧 5.5km，海域使用权人为福建溢源海洋食品有限公司，用海面积 7.5 公顷；正在进行海域确权的为霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（12 区块-16 区块位于项目附近），由霞浦县海域海岛收储中心组织海域使用权招拍挂前期工作，其中 16 区块距离本项目最近，位于本项目主海缆西北侧 0.6 km；其余未确权开放式养殖主要为长春镇外城村、加竹村、赤沙村养殖户，养殖品种主要为海带。与本项目近岸段主海缆用海范围存在重叠。

表 4.2-11 项目区附近海域开发利用现状一览表

序号	名称	使用人	使用面积 (hm ²)	用海方式	与项目位置、最近距离
1	东冲半岛东侧海域开放式养殖	其中霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）已确权，海域使用权人为霞浦县溪南半岛建设开发有限公司；霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（二期）正在由霞浦县海域海岛收储中心组织确权前期工作；其余未确权养殖主要为长春镇个体养殖户。	/	开放式养殖用海	部分养殖与本项目交越，0km
2	霞浦县海岛乡浮鹰岛恒顺渔业有限公司网箱养殖项目	霞浦县恒顺渔业有限公司	5.7727	开放式养殖用海	主海缆南侧，2.9 km
3	霞浦县海岛乡浮鹰岛武澳项目	宁德市弘金海水产科技有限公司	7.1736	开放式养殖用海	项目主海缆南侧 5.5 km
4	毗邻霞浦县海岛乡烟台村筏式养殖项目	福建溢源海洋食品有限公司	7.5	福建溢源海洋食品有限公司	项目主海缆西南侧，7.5 km
5	黄光利围海养殖	黄光利	3.5491	围海养殖	项目主海缆北侧，0.5 km
6	黄位利围海养殖	黄位利	4.8111	围海养殖	项目主海缆北侧，0.3 km
7	黄位勇围海养殖	黄位勇	37.6276	围海养殖	项目主海缆东侧，0.4km
8	福建省霞浦县人工鱼礁二期工程	霞浦县水产技术推广站	16	人工鱼礁用海	主海缆东北侧，7.3km
9	霞浦县下浒金蟹三级渔港	霞浦县时代渔港建设有限公司	0.6594	渔业基础设施用海	项目主海缆西侧，4.8km
10	霞浦县长春-浮鹰岛风	霞浦县浮鹰岛风电有限公司	10.0672	电缆管道用海	项目主海缆交越，0k m

	电 110kV 海底电缆项目				
11	霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程	国网福建霞浦县供电有限公司	53.78	电缆管道用海	项目主海缆交越, 0k m
12	东冲半岛至小西洋岛至西洋岛 10Kv 海底电缆项目	国网福建霞浦县供电有限公司	23.396	电缆管道用海	项目主海缆西南侧, 11.8km
13	宁德霞浦海上风电场测风塔项目	福建闽东电力股份有限公司	0.4323	电力工业用海	项目风场东南侧, 1.0km
14	霞浦县下浒金蟹三级渔港	霞浦县时代渔港建设有限公司	0.6594	渔业基础设施用海	项目主海缆西侧, 4.8km
15	海堤	主管部门: 霞浦县水利局	/	海岸防护工程	项目主海缆交越, 0km
16	霞浦西洋岛(乌屿岛至西洋岛)渔业专用通道项目	霞浦县水产技术推广站	172.6263	航道用海	项目主海缆西南侧, 11.6km
17	内航路 1 (北关岛至闽江口)	主管部门: 宁德海事局	/	航道用海	项目风场西北侧, 距航道中心 11.7km; 与项目主海缆交越, 0km。
18	内航路 2 (西台山至闽江口)	主管部门: 宁德海事局	/	航道用海	项目风场西北侧, 距航道中心 3.1km; 与项目主海缆交越, 0km。
19	罗源湾进港航路(沿外航路南下)	主管部门: 宁德海事局	/	航道用海	项目风场东南侧, 距航道中心 3.5km; 项目主海缆东南侧, 2.7km。

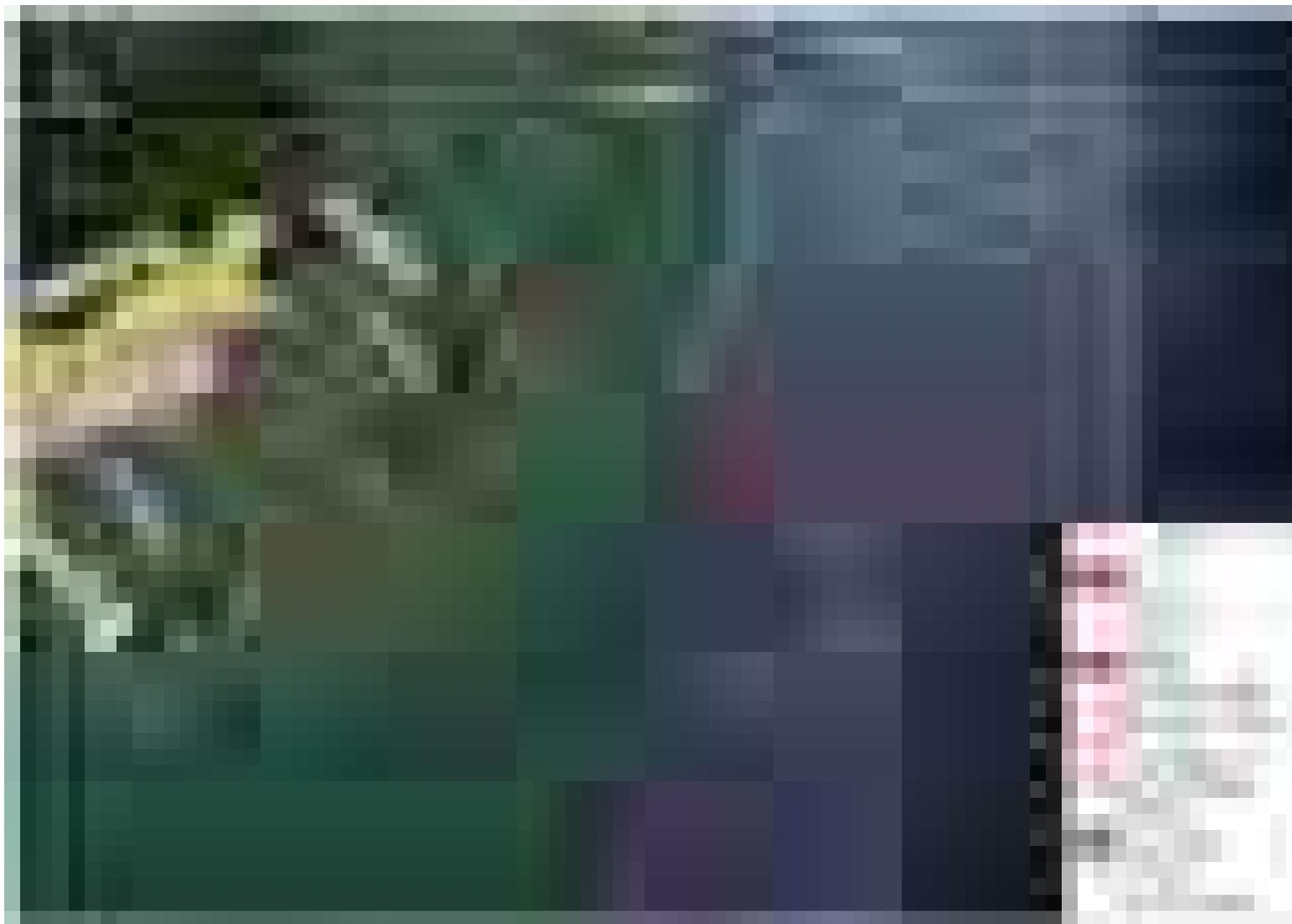


图 4.2-16 项目周边海域开发利用现状图



图 4.2-17 海域开发现状图 2（登陆点附近海域）

(2) 围海养殖

本项目近岸段周边分布有围海养殖，主要有黄光利围海养殖、黄位利围海养殖等，均未取得有效期内海域使用权证书。其中，黄光利围海养殖位于项目主海缆北侧 0.5km，养殖品种为虾；黄位利围海养殖位于项目主海缆北侧 0.3km，养殖品种为虾；黄位勇围海养殖位于项目主海缆东侧 0.4km，养殖品种为虾。

(3) 渔业基础设施用海

霞浦县下浒金蟹三级渔港位于项目主海缆西侧 4.8km，用海主体为霞浦县时代渔港建设有限公司，用海面积 0.6594 公顷。

(4) 人工鱼礁用海

福建省霞浦县人工鱼礁二期工程位于项目主海缆东北侧 7.3km，用海主体为霞浦县水产技术推广站，用海面积 16 公顷。

4.2.8.2 交通

1、港口现状

工程附近水域的港口主要为福州港的罗源湾港区和三都澳港区。其中，罗源湾港区是福建省沿海港口重点规划建设的“两集两散”深水港区之一，港区水深条件较好，可全天候通航 30 万吨级船舶，是国家临时口岸开放海港，由淡头、碧里、牛坑湾、将军帽和可门等五个作业区组成。

三都澳港区福州港重要的工业港区，主要服务环三都澳区域临港工业和闽北、赣东、浙南等地区发展，以铁矿石、石油化工等大宗散货运输为主，兼顾城市物资运输和船舶修造服务，包括城澳、漳湾、溪南、湾坞、下白石、坪岗等六个作业区。

2、航道现状

福建沿海航路是中国沿海整体航路一部分，目前福建沿海主要是船舶习惯航路，包括外航路、中航路、内航路、海峡两岸间航路。本项目周边海域航道主要为内航路 1（北关岛至闽江口）、内航路 2（西台山至闽江口）和罗源湾进港航路（沿外航路南下）。

罗源湾港区深水航道主要可以分为：主航道航段、可门 4#、5# 泊位 30 万吨级进港航段、南航道航段、北航道航段。

三沙湾港区航道：三沙湾形状似伸展的右手掌，湾内有三都、青山、长腰、斗帽、

东安等岛屿，形成了许多纵横交错的水道，包括 5 个叉港，由一澳（三都澳）、三港（卢门港、白马港、盐田港）和三洋（东吾洋、官井洋、覆鼎洋），船帕沿三都澳口门可进入主要港区航道。主要港区航道介绍如下：

(1) 白马港区(下辖湾坞、下白石、坪岗和赛岐四个作业区)

①三沙湾 5 万吨级航道为船舶进出三都澳港区、白马港港区主要水上通道，

主要分为：福建大唐宁德电厂五万吨级航道、白马支航道

②白马作业区 14# 泊位段至 1# 泊位航段

③交溪航道(白马作业区 1# 泊位至赛岐作业区)

(2) 三都澳港区(城澳、漳湾、溪南三个作业区)

三沙湾万吨级航道由城澳作业区万吨级进港航道、漳湾作业区进港航道组成。此外溪南作业区正在规划建设中。

3、锚地现状

工程附近的锚地主要分布在罗源湾和三沙湾水域，其中，罗源湾附近的锚地主要有可门口北锚地和可门口南锚地，三沙湾附近的锚地主要有三沙湾引航检疫锚地、三沙湾待泊锚地、三沙湾灶屿过驳锚地和三沙湾官井洋锚地等。

可门口北锚地：以 $26^{\circ}27'22.9''N$ ， $119^{\circ}51'11.7''E$ 为圆心，以 560 米为半径的圆形水域范围内，设计底标高-18m，底质为沙，并限 100000 吨级及以下船舶候泊使用。

可门口南锚地：以 $26^{\circ}25'49.89''N$ ， $119^{\circ}51'32.37''E$ 为圆心，以 700 米为半径的圆形水域范围内,设计底标高-30m，底质为沙，限 300000 吨级及以下船舶候泊使用。

三沙湾引航检疫锚地：以 $26^{\circ}28'41''N$ ， $119^{\circ}49'58''E$ 为中心，半径 926 米，底质为泥沙，是大型船舶引航、检疫锚地。

三沙湾灶屿过驳锚地：以 $26^{\circ}41'30''N$ ， $119^{\circ}45'00''E$ 为中心，半径 550 米，底质为泥沙，是过驳专用锚地。

三沙湾待泊锚地：A 点($26^{\circ}36'01.9''N$ ， $119^{\circ}46'35.3''E$)，B 点($26^{\circ}35'45.2''N$ ， $119^{\circ}47'14.5''E$)，C 点($26^{\circ}36'02.8''N$ ， $119^{\circ}47'23.5''E$)，D 点($26^{\circ}36'19.6''N$ ， $119^{\circ}46'44.4''E$)连线水域范围内，底质为泥沙，待泊锚地。三沙湾官井洋锚地：A 点($26^{\circ}39'37.35''N$ ， $119^{\circ}47'56.06''E$)，B 点($26^{\circ}39'37.43''N$ ， $119^{\circ}48'53.92''E$)，C 点($26^{\circ}38'56.82''N$ ， $119^{\circ}48'53.98''E$)，D 点($26^{\circ}38'56.74''N$ ， $119^{\circ}47'56.13''E$)连线水域范围内，底质为泥沙，

防台避风锚地。

鸡公山锚地：以 26°34'45.76"N，119°48'01.61"E 为中心，半径 560 米，水深 15~50m，底质为泥沙，是待泊检疫备用锚地。

宁德三都澳港区深水航道一期规划中，为了符合三都澳港区的现有通航需要和为了发展需求，锚地规划建设有 15 万吨级联检候潮锚地、30 万吨级散货船锚地、30 万吨级油船和 LNG LNG 锚地。

本项目距离现有锚地、规划锚地均较远，其最近距离在 28km 左右，因此本项目与锚地之间不存在相互影响。

4.2.8.3 海底工程用海

项目附近分布有电缆管道用海，其中，霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程与本项目主海缆交越，用海主体是霞浦县浮鹰岛风电有限公司；霞浦县长春-浮鹰岛风电 110kV 110kV 海底电缆项目与本项目主海缆交越，用海主体是国网福建霞浦县供电有限公司；东冲半岛至小西洋岛至西洋岛 10kV 海底电缆项目位于项目主海缆西南侧 11.8 11.8 km，用海主体是国网福建霞浦县供电有限公司。

4.3 海洋水动力现状调查与评价

为了解评价海域的水文特征，厦门中集信检测技术有限公司于 2018 年 6 月 5 日、6 月 15 日和 6 月 23 日在福建四礂列岛邻近海域实施了中、大、小潮期的海流、潮汐和悬沙观测，并分析了该海域的海流、潮流、余流、潮汐和泥沙基本特征。观测站位见图 4.3-1，站位坐标见表 4.3-1。

5 环境影响预测与评价

5.1 海洋水动力与冲淤环境影响预测与评价

5.1.1 数学模型概况

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维正压潮流数值模型 MIKE 21，用以分析本项目风机的建设对周边海域潮流场、施工期悬沙扩散和泥沙冲淤环境的影响。所采用的模型采用非结构三角网格剖分计算域，能够较好的拟合陆地边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密，该软件具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点，已在全球 70 多个国家得到应用，有上百例成功算例，计算结果可靠，为国际所公认。MIKE 21 FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

(1) 基本方程

模型基于二维平面不可压缩雷诺 (Reynolds) 平均纳维埃-斯托克斯 (Navier-Stokes) 浅水方程建立，在该方程中采用了 Boussinesq 假设和静水压力假设，从而能够更加准确地对潮面曲线及潮流通量进行模拟计算。对水平动量方程和连续方程在 范围内进行积分后可得到下列二维深度平均浅水方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s s$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s s$$

其中：

t ：时间；

x, y ：卡迪森 (Cartesian) 平面坐标；

η ：潮面高程；

d ：静水深度；

$h = \eta + d$: 总水深;

\bar{u}, \bar{v} : 深度平均流速 x, y 方向的分量, \bar{u}, \bar{v} 可按下列式计算:

$$h\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz$$

$$h\bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$

f : 科氏力系数, $f = 2\Omega \sin \phi$, Ω 为地球自转角速度, ϕ 为地理纬度;

g : 重力加速度;

ρ : 水密度;

ρ_0 : 基准水密度;

$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$: 辐射应力张量分量;

T_{ij} : 水质点侧向应力, 包括粘滞摩擦力、紊流摩擦力、对流力等, 在该模型中采用一个涡旋粘滞系数, 根据垂直平均流速梯度场对上述几种力进行总和估计, 可按下列式计算:

$$T_{xx} = 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = 2A \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right), \quad T_{yy} = 2A \frac{\partial \bar{v}}{\partial y}$$

其中 A 为水平涡动粘滞力系数, 可按下列各式计算:

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (i, j=1, 2), \quad \text{在该模型中通过输入 } c_s \text{ 来确定 A 值, } S_{ij} \text{ 由系}$$

统自动计算捕获。

τ_{sx}, τ_{sy} : 海面风摩阻 x, y 方向分量;

τ_{bx}, τ_{by} : 海底摩阻 x, y 方向分量, 可按下列各式确定:

$$\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \bar{u}_b |\bar{u}_b|$$

$$c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$$

$M = \frac{25.4}{k_s^{1/6}}$, 在该模型中通过输入曼宁数 M 值来实现对海底摩阻的模拟。

u_s, v_s : 奇点 (源) 排水量的 x, y 向分量;

(2) 初始条件

$$\begin{cases} h(x, y, 0) = H \\ U_x(x, y, 0) = 0 \\ U_y(x, y, 0) = 0 \end{cases}$$

其中, H 为计算开始时刻各个边界潮位的平均值。

(3) 边界条件

对于半封闭海域, 侧边界条件很简单。在固体侧边界, 必须满足物质、动量、热量和湍流等通量为零。但是, 在开边界, 模式计算域外部分的影响必须以某一种形式给定。因为外部情况通常并不知道, 所以开边界条件是最难给定的。如果在开边界有足够的观测数据或那里的情况可以从包括外部区域的另一个模式中得到, 那么描述这个开边界将不成问题。然而这些情况很少被满足, 需要给出最接近真实的各种近似。通常, 模式结果受给定的侧边界条件影响, 所以为了能获取有意义的结果, 必须特别注意侧边界条件的给定。

在开边界, 质量和动量条件的描述更为困难, 因为它实际上是与模拟域以外未知区域相互作用的函数。尽管如此, 入流和出流仍须给定为时间的函数。最重要的是要满足质量守恒条件。因此开边界条件必须被给定成在给定的时间周期区域内没有净质量通量。

对于潮 (或斜压) 计算, 在边界上的自由面升高 $\eta(t)$ 可以被给定。通常还可以使用 Sommerfeld 辐射边界条件

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \gamma \frac{\partial \phi}{\partial n} = 0$$

其中 ϕ 是 η, u_1, \dots 等量中的任何一个, γ 是源自计算域内部的近边界处扰动的位相速度。

在本次研究中的海域的开边界上, 通过给定开边界水位驱动模式运行。在进行本次数值模拟时, 由《渤海黄海东海海洋图集: 水文》(海洋图集编委会, 1993) 给定本次数模的边界的调和常数, 利用潮汐预报的方法算出进行水文观测的时间段的潮位和潮流, 并通过实测资料对数值计算结果进行验证。

$$\eta = \sum_{i=1}^m R_i \cos(\sigma_i t + \theta_{i0} - \theta_i) \tag{9}$$

其中 η ——海面相对未扰动海平面的起伏，即水位；

m ——分潮总数；

R_i —— i 分潮的振幅；

σ_i —— i 分潮的角速度；

θ_{i0} —— i 分潮的初相；

θ_i —— i 分潮的相位滞后。

(4) 干湿边界的处理

模型中对干湿边界的处理采用的是动边界技术，在计算过程中，系统会监视每一个单元的水深变化值，根据对干边界（dry），漫水区（flood）和湿水区（wet）预先所设定的不同水深值，实时判断出计算单元的水深类型，从而采取相应的处理方法。简单地说，如果监测到单元的水深值小于干边界值，则系统将把该单元从计算中移除，输入该单元的动量通量为 0。

5.1.2 模型计算区域及相关参数

(1) 计算域设置

模型计算域选取北至宁德霞浦县三沙镇，南至三都澳湾口北侧之间的岸线及其与开边界围成的海域，模型网格分布图和开边界位置见图 5.1-1。模型中的岸线由 908 专项岸线修测成果结合卫星遥感图和开发利用现状确定，水深根据航保部海图确定，风电场区附近海域水深参考实测地形数据修正。模型计算坐标系采用北京 1954 坐标系，中央经线为 120° ，高斯克吕格投影。模型采取的是无结构化三角形网格系统，在风电场区域进行了网格加密。经统计，整个模拟区域内由 11894 个三角形和个 6666 节点组成，在开边界处网格步长为 2000 m，在风电场区域进行局部加密。对风机桩基的处理，应用水动力模块中的 Structure 模块（模拟构筑物的模块），根据风机桩基设计尺度，将风机桩基基础概化为圆柱形管桩，以便提高计算速度的同时，兼顾反映出风机桩基对潮流场的影响。

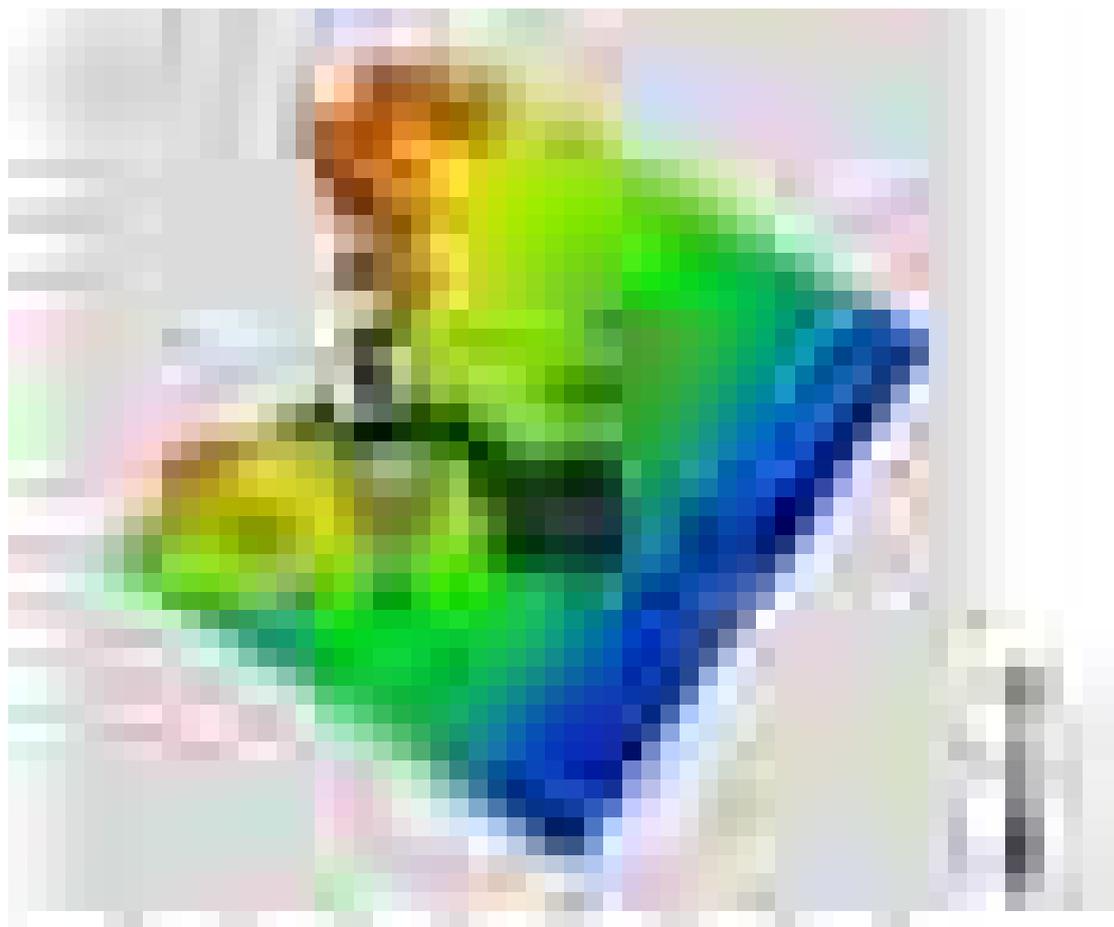


图 5.1-1 模型网格分布及水深图



图 5.1-2 风电场区附近海域网格及水深图

(2) 计算时间步长和底床糙率

a. 水深地形

本次模型试验中水深主要根据工程所在海域海图及工程区实测水深来确定；岸线根据海图数字化得到。

b. 时间步长

在模型计算中，时间步长分为总时间步长和内部计算时间步长，其中总时间步长决定了结果输出的形式，同时在每个总时间步长点都对应着一个内部时间步长点，为满足计算稳定的要求，在总时间步长之间还会动态插入内部时间步长。

在该模型中最小时间步长取 0.2s，最大时间步长取 300s。

c. 干湿边界值

陆地值：0.01m；

漫水区：0.05m；

湿水区：0.1m。

d. 涡粘系数

采用 Smagorinsky 常系数，取 $C_s=0.28$ 。

e. 海底摩阻

海底摩阻根据曼宁数确定，曼宁数取常系数 $M=0.025$ 。

f. 海面风摩阻

在该模型中不考虑风的影响。

5.1.3 模型验证

应用 2018 年国家海洋局第一海洋研究所在工程区的实测水文资料进行模型率定和验证。测量时间在 2017 年 12 月 22-23 日，共布设流速垂线 6 条，分别记为 01，02，03，04，05，06，同步潮位站为 02 站，应用测验成果对模型进行率定。以上潮位和潮流验证结果表明，相应验证点上潮位和潮流模拟结果与实测潮位和潮流资料基本吻合，能够较好地反映用海区周边海域潮流状况。



图 5.1-3 潮位验证图



图 5.1-4 01 测站流速流向验证图

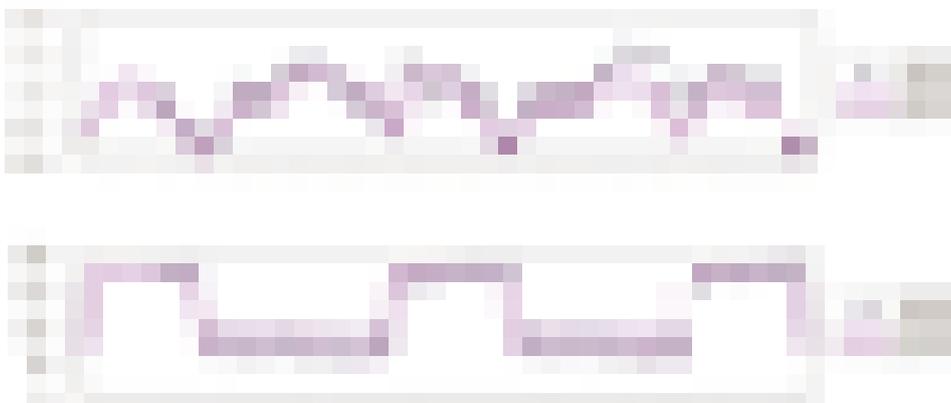


图 5.1-5 02 测站流速流向验证图



图5.1-6 03测站流速流向验证图





图5.1-7 04测站流速流向验证图



图5.1-8 05测站流速流向验证图

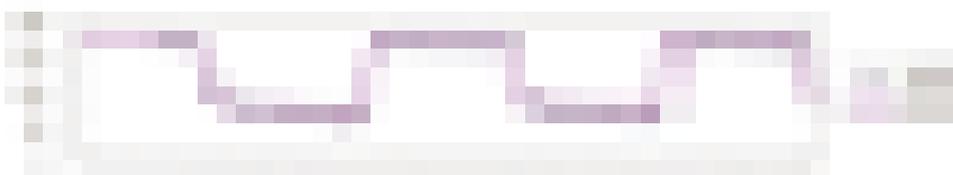
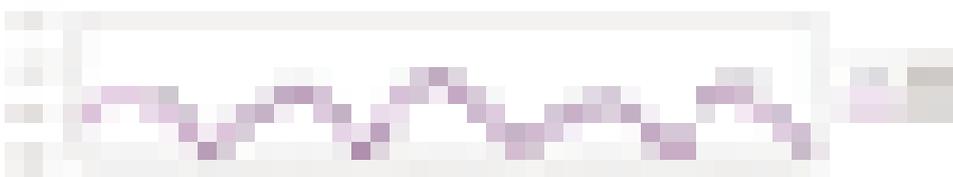


图5.1-9 06测站流速流向验证图

5.1.4 潮流场分析

(1) 工程前的潮流场

图5.1-10~5.1-13为计算海域风机建设前大潮期低潮、涨急、高潮和落急时刻潮流场分布图。由图可见，对于计算海域，外海潮流运动形式接近逆时针方向的旋转流，项目附近以及项目以西的沿岸海域则基本为E-W向的往复流。

具体而言，涨潮时，外海潮流由E方向流向项目区及近岸，大致以本项目区为界，项目区以北海域流向略向NW偏转，以南海域则流向基本不变，仅浮鹰岛以西与岸线之间的海峡内潮流向SW偏转；落潮时流向基本相反，项目以北海域由NW方向流至项目附

近后向E继续流向外海，以南海域沿E方向流至项目区后继续流向外海。

涨潮与落潮时，计算海域流速最大区均位于南部海域，这是因为该海域距离三都澳湾口较近，涨潮最大流速1.2~1.3m/s，落潮最大流速1.3~1.5m/s。经统计，风电场附近海域内涨潮平均流速与落潮平均流速基本一致，约为0.85m/s，涨潮最大流速约0.96m/s，落潮最大流速约0.91m/s。

(2) 工程后潮流场

图 5.1-14~图 5.1-15 为风机建设后风电场附近海域大潮期涨急和落急时刻潮流场分布图。由图可以看出，风机建设后风电场附近海域的涨、落急流场形态与工程前趋于一致，风机桩基的建设对风电场附近的流场特征影响不大。

为充分评价风电场风机建设对周边海域潮流场的影响，本节选择大潮期风机建设前后的潮流场进行对比分析，图 5.1-16~图 5.1-17 分别为风机建设前后大潮期涨急和落急时刻流矢叠加图（图中黑色流矢代表工程前，红色流矢代表工程后）。由图可以看出，风机的建设对大范围潮流场的形态影响很小，但风机的建设对风机桩基局部流态的变化和流速大小存在一定影响，即风机的建设仅仅影响风机桩基周边局部的潮流场。

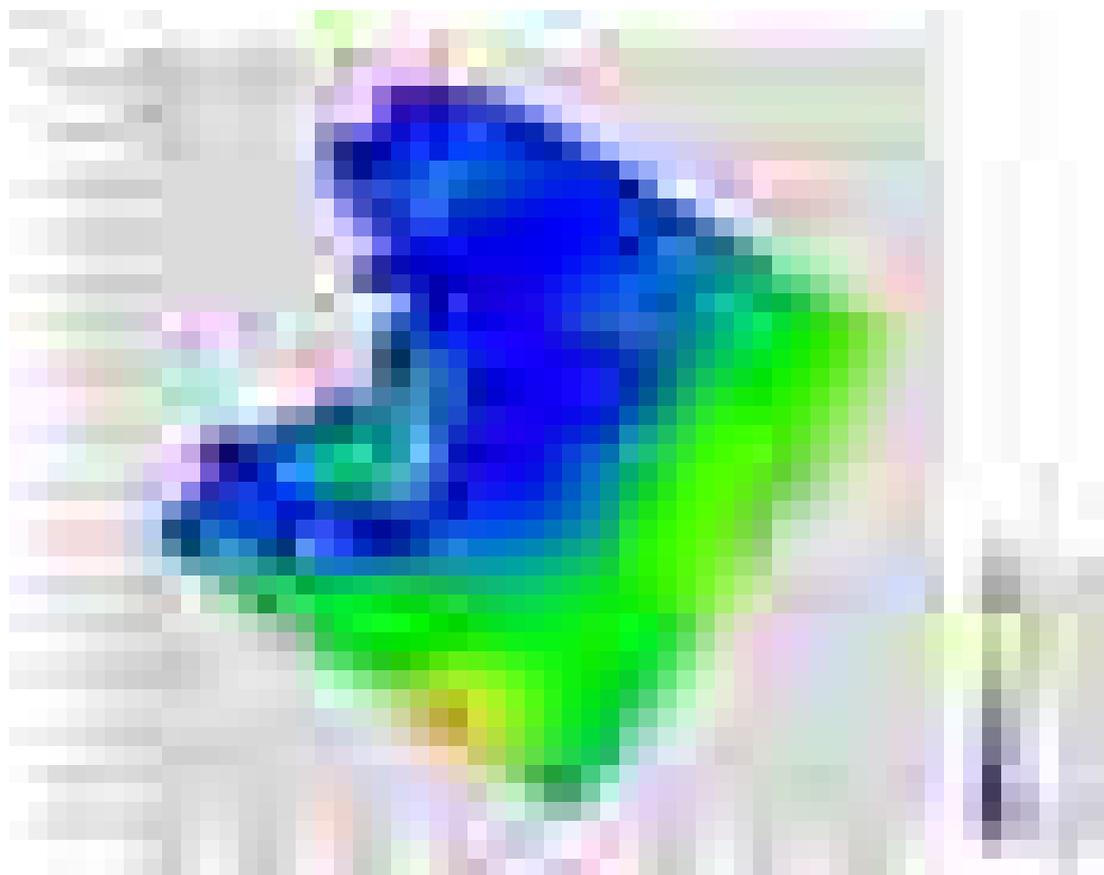


图 5.1-10 大潮期计算海域低潮时刻潮流场（工程前）



图 5.1-11 大潮期计算海域涨急时刻潮流场（工程前）

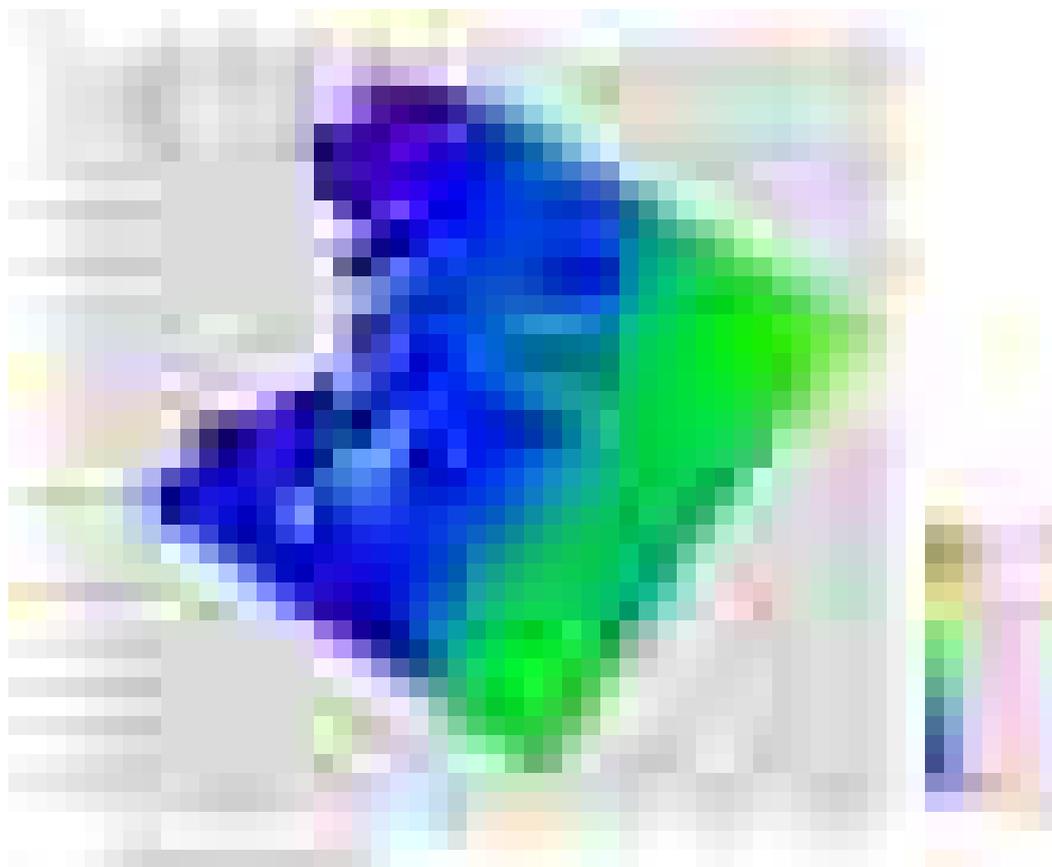


图 5.1-12 大潮期计算海域高潮时刻潮流场（工程前）

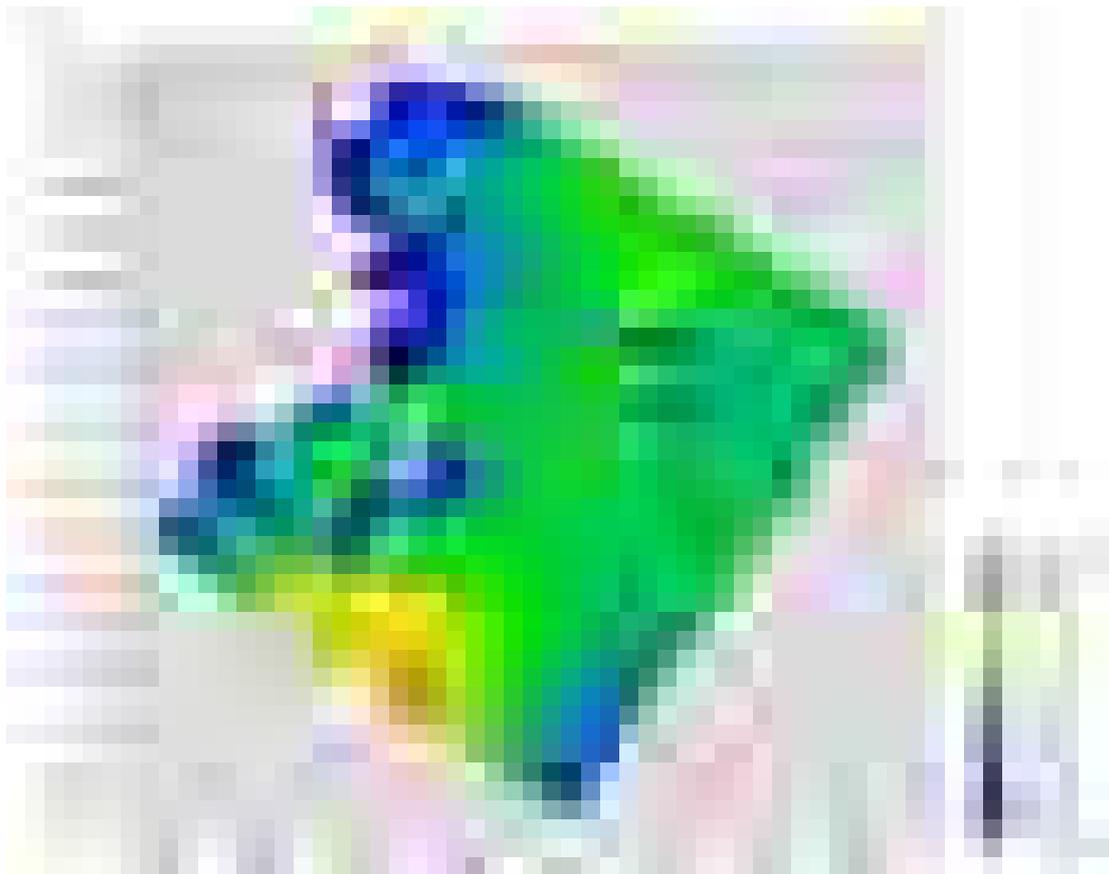


图 5.1-13 大潮期计算海域落急时刻潮流场（工程前）

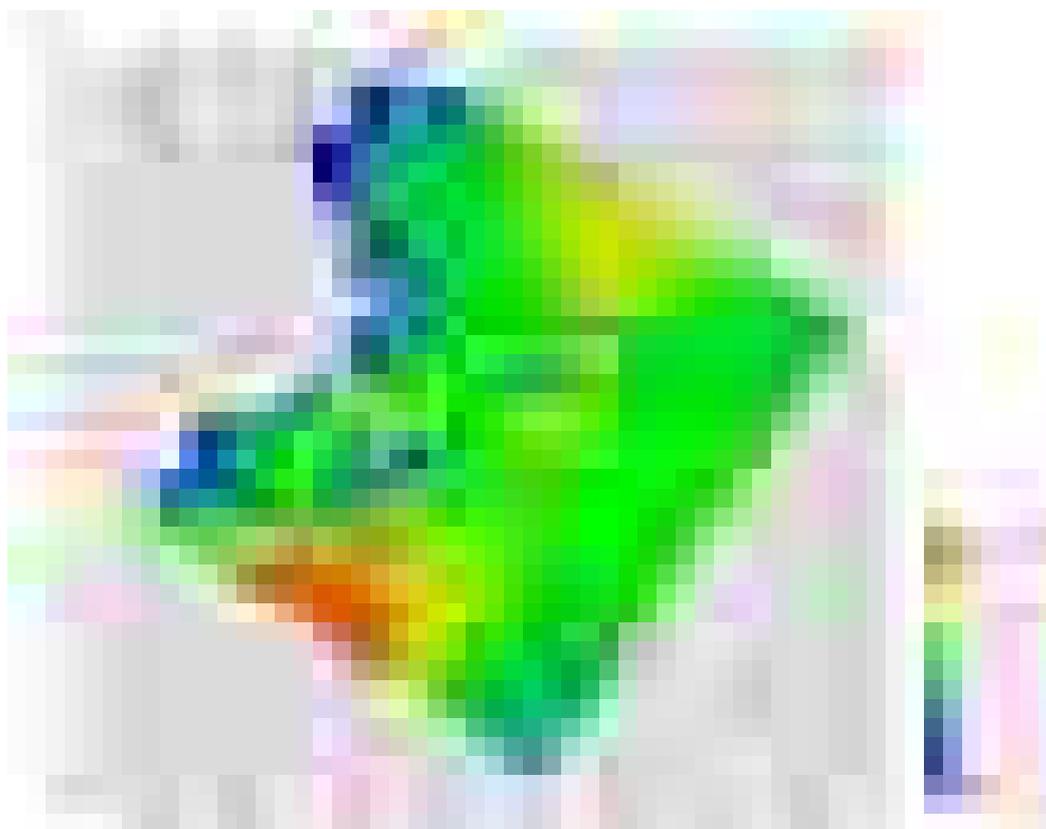


图 5.1-14 大潮期工程附近海域涨急时刻潮流场（工程后）



图 5.1-15 大潮期工程附近海域落急时刻潮流场（工程后）



图 5.1-16 大潮期风电场附近海域涨急时刻潮流场变化图
(黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后)

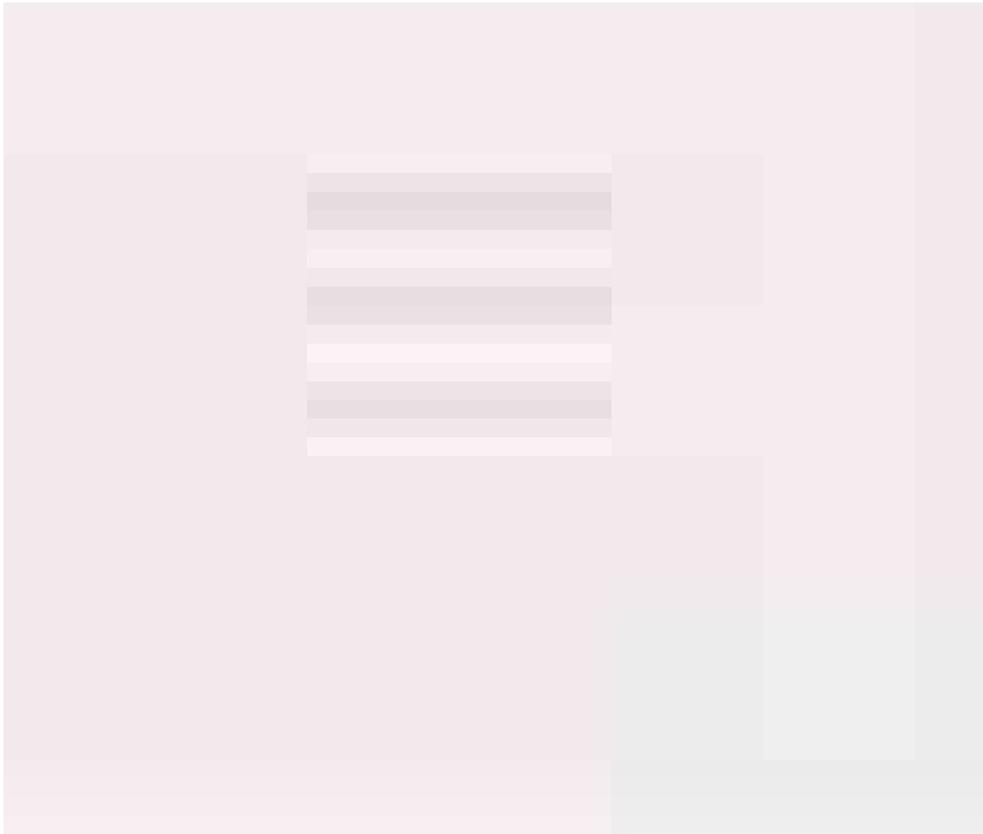


图 5.1-17 大潮期风电场附近海域落急时刻潮流场变化图
(黑色流矢：工程前；红色流矢：工程后)

(4) 工程建设对流场的影响

为进一步反映风机的建设对周边海域潮流场的影响，绘制了风机建设前后大、小潮期涨急和落急时刻流速变化等值线图。图 5.1-18~图 5.1-19 分别是风机建设前后大潮期涨急时刻和落急时刻流速变化图。

根据数模结果，由下图可见，风电场建成后，风机桩基对于流速的改变集中于风电场区附近海域。大潮期涨急时刻，由于风机建设较密集，且风机排列方向和涨潮流向基本一致，导致风机区及其西侧海域流速有所减小，减小幅度约为 0.03~0.06m/s，最大不超过 0.1m/s；每排相邻风机之间以及风机区以南和以北海域的流速则略有增加，增加幅度约为 0.01~0.03m/s。大潮落急时刻，风机附近潮流场变化则基本相近，主要减小区域为成排的风机区，减小幅度约为 0.04~0.06m/s，每排相邻风机之间以及风电场区南北两侧局部海域的流速均有所增加，增加幅度最大约为 0.03m/s。因此，流速场的改变主要集中于风机桩基附近，且每排相邻风机之间涨落潮流速均有所增加。

总体上，工程前后涨、落潮流场变化较小，流速变化范围主要在风电场内风机附近。

为进一步分析风电场建设对工程区附近流场的影响，模型在风电场内、外附近选取 17 个特征点，位置见图 5.1-20。表 5.1-1 给出了工程实施前后特征点流速变化。由表可

知，所选取的特征点处大、小潮期平均流速增减幅度约介于小于 0.01m/s，最大减小程度 0.06m/s，这与上文分析一致。因此，工程区附近大部分区域大、小潮期平均流速变化很小。



图 5.1-18 工程前后大潮涨急流速变化（单位：m/s）



图 5.1-19 工程前后大潮落急流速变化（单位：m/s）



图 5.1-20 工程前后流速变化分析特征点位置

表 5.1-1 大潮期工程前后特征点流速变化（单位：m/s）

工况	工程建设前				工程建设后				改变量			
	涨急		落急		涨急		落急		涨急		落急	
点号	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	0.797	288.35	0.782	110.71	0.797	287.54	0.779	110.38	0.000	-0.81	-0.004	-0.33
C2	0.926	287.99	0.966	116.24	0.938	288.07	0.973	115.70	0.012	0.08	0.007	-0.54
C3	0.846	264.18	0.835	85.29	0.844	264.44	0.838	85.59	-0.003	0.25	0.003	0.30
C4	0.823	267.30	0.878	86.54	0.819	267.52	0.870	86.99	-0.004	0.22	-0.007	0.45
C5	0.836	272.97	0.883	96.18	0.826	273.87	0.854	97.34	-0.010	0.90	-0.029	1.17
C6	0.891	279.11	0.882	104.93	0.810	280.48	0.858	103.99	-0.081	1.36	-0.024	-0.94
C7	0.842	281.69	0.823	104.75	0.798	280.50	0.809	104.22	-0.044	-1.19	-0.013	-0.52
C8	0.728	285.42	0.683	108.33	0.719	285.02	0.677	108.29	-0.010	-0.40	-0.006	-0.04
C9	0.737	278.29	0.714	97.82	0.727	278.26	0.706	98.01	-0.010	-0.02	-0.007	0.19
C10	0.850	276.73	0.845	99.89	0.840	276.15	0.831	99.94	-0.010	-0.58	-0.014	0.05
C11	0.841	273.96	0.840	98.01	0.860	273.76	0.855	98.22	0.019	-0.20	0.015	0.21
C12	0.806	270.26	0.833	92.05	0.797	270.24	0.824	91.57	-0.009	-0.02	-0.009	-0.48
C13	0.777	266.73	0.818	85.18	0.773	266.82	0.810	85.08	-0.004	0.10	-0.008	-0.10
C14	0.762	264.73	0.798	83.00	0.758	264.73	0.792	82.66	-0.004	0.00	-0.006	-0.34
C15	0.793	267.05	0.819	87.12	0.786	266.80	0.804	85.86	-0.007	-0.25	-0.015	-1.26
C16	0.822	270.28	0.832	93.29	0.731	269.88	0.738	94.25	-0.091	-0.40	-0.094	0.96
C17	0.853	275.26	0.865	97.52	0.811	276.23	0.851	98.22	-0.043	0.98	-0.014	0.70
C18	0.766	271.02	0.767	89.11	0.757	271.27	0.760	89.45	-0.010	0.25	-0.007	0.33
C19	0.863	268.68	0.887	86.75	0.854	269.38	0.882	87.20	-0.009	0.69	-0.005	0.45
C20	0.871	270.21	0.883	92.37	0.791	270.45	0.849	92.80	-0.080	0.25	-0.035	0.43
C21	0.828	268.87	0.845	91.48	0.821	269.00	0.788	93.45	-0.007	0.14	-0.057	1.96
C22	0.806	266.92	0.828	87.96	0.808	266.04	0.843	87.25	0.001	-0.89	0.015	-0.71
C23	0.768	264.17	0.795	83.33	0.765	263.89	0.798	82.23	-0.003	-0.28	0.004	-1.10
C24	0.733	262.95	0.750	82.03	0.732	262.80	0.752	81.68	-0.001	-0.15	0.002	-0.35
C25	0.766	264.77	0.796	86.21	0.767	264.51	0.804	85.86	0.002	-0.27	0.008	-0.35
C26	0.833	266.96	0.887	89.05	0.839	266.82	0.897	89.33	0.006	-0.14	0.011	0.28

C27	0.899	267.91	0.975	89.49	0.905	268.23	0.978	90.02	0.006	0.32	0.003	0.53
C28	0.931	269.24	1.019	88.53	0.933	269.68	1.018	88.89	0.001	0.44	-0.001	0.36

5.1.5 地形地貌与冲淤环境影响分析

5.1.5.1 简介

泥沙输运模型是在 Mike 21 HD 潮流模型中加入泥沙模块，用以模拟码头建设前后周边海域冲淤环境的变化。

泥沙的水动力模型采用前面进行潮动力模拟的模型。泥沙输运方程：

$$\frac{\partial DS}{\partial t} + \frac{\partial uDS}{\partial x} + \frac{\partial vDS}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}(DK_x \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(DK_y \frac{\partial S}{\partial y}) + \alpha\omega(\beta S_* - S)$$

式中的 S 为含沙量，D=H+η，ω 为悬沙沉速，S* 为水流挟沙力，β 为线性比例系数，α 为沉降机率，K_x、K_y 分别为 X、Y 水平方向的扩散系数。

泥沙起动流速参照窦国仁公式：

$$\frac{V_c^2}{gD} = \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma} (A_1 + A_2 \frac{h}{h_a}) + (A_3 + A_4 \frac{h}{h_a}) \frac{h_a \delta}{D^2}$$

h_a ≈ 10.3(m) 是用水柱高度表示的大气压力，δ = 3×10⁻⁸ (cm) 是水分子厚度。

挟沙力公式：

$$S_* = 0.023 \frac{\rho_w \rho_s}{\rho_s - \rho_w} \left[\frac{n^2 (u^2 + v^2)^{3/2}}{H^{4/3} w_s} + 0.0004 \frac{H_w^2}{HTw_s} \right]$$

式中 H_w 为平均波高，T 为波浪平均周期，w_s 为泥沙沉降速度，n 为海底粗糙率系数。

计算时沉速 w_s 采用刘家驹(水利水运科学研究，1988 年)提出、并经罗肇森应用检验的公式：

$$w_s = w_0 FD$$

$$w_0 = \frac{g}{18\mu} \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) d^2$$

$$F = 0.00177 d_{50}^{-1.82}$$

$$D = (1 + 0.12 \lg \frac{0.03}{d_{50}}) \exp(1.1 \times 10^5 \times d_{50}^2 - 99) S$$

式中 d 为泥沙粒径, d_{50} 为泥沙中值粒径, w_0 为单个泥沙颗粒沉降速度, F 为絮凝因子, D 是衰减系数, S 盐度(‰)。 μ 为分子粘滞系数, ρ_s 为泥沙干容重, ρ_w 为海水密度, g 为重力加速度, 在本次计算中:

w_s —单位为 mm/s; ρ_s —取 2.70g/cm³; ρ_w —取 1.023g/cm³; g —取 980cm/s²; μ —取 1.01mm²/s。

一些文献指出, 絮凝体的沉降速度为 0.1-0.6mm/s, 一般采用 $w_s=0.4\sim 0.5$ mm/s, 经计算, $w_s=0.4$ mm/s。

底床变形方程为:

$$\gamma_s \frac{\partial \eta}{\partial t} = -\alpha \omega (\beta S_* - S)$$

式中 γ_s 为泥沙容重, η 为底床冲淤厚度。

5.1.5.2 冲淤环境变化影响分析

根据数值模拟结果结果, 风电场建成后, 由于风机主要呈东西向排列形式, 且排列方向与涨落潮流向基本一致, 因此风机周边海域内主要在风机所在的局部海域沿涨落潮流方向发生淤积现象, 而冲刷发生区域则主要为每排风机之间的区域, 根据流速变化的分析, 由于风机建设造成的风机周边海域流速变化并不大, 所以附近海域的冲淤环境影响也较为有限, 主要的冲刷影响范围为风机桩基周围 500m 范围内, 淤积强度增加程度最大约 0.06m/a; 每排风机之间的区域则呈现冲刷强度增加的现象, 但增加幅度小于 0.05m/a, 冲刷量变化很小。随着冲淤过程的深入和场区地形向适应工程后水动力环境方向的调整, 冲淤强度将逐年较小。

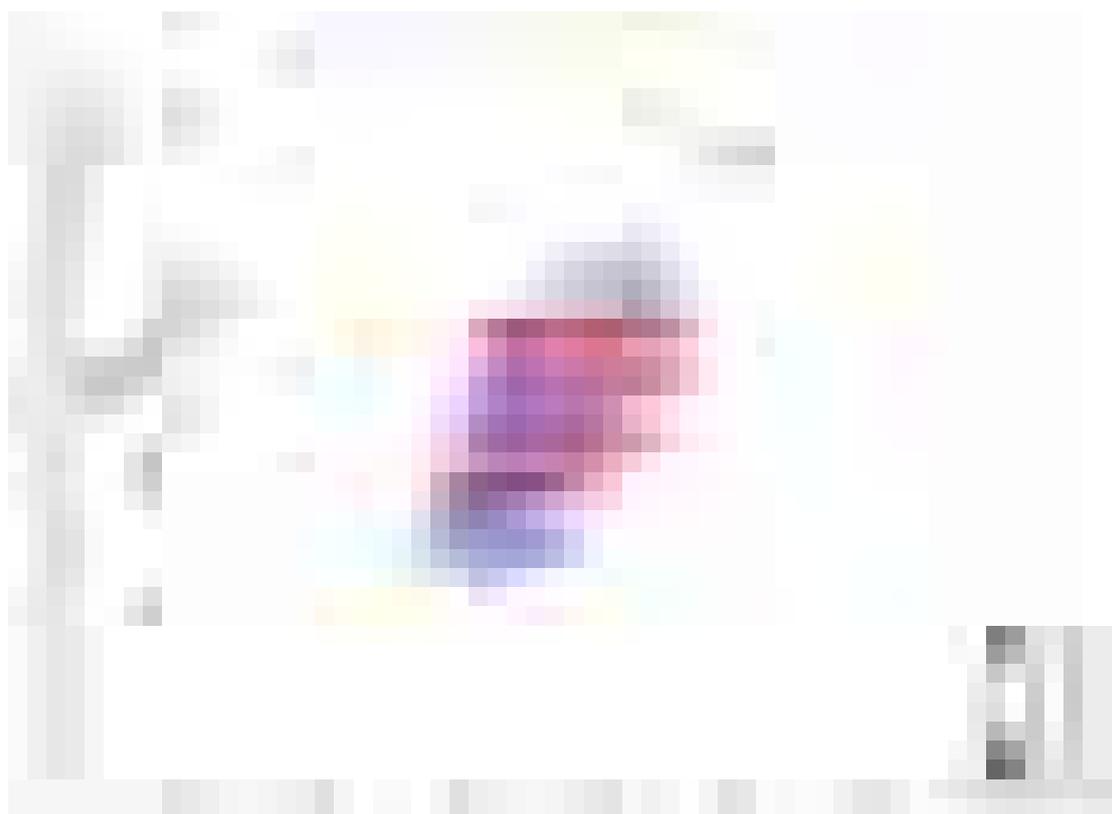


图 5.1-21 风电场建成后年冲淤变化图（单位：m/a）
（负值代表冲刷，正值代表淤积）

5.2 海水水质环境影响预测与分析

5.2.1 施工期泥沙入海对海水水质的影响

(1) 悬浮泥沙影响预测模型

1) 控制方程

鉴于工程海区水深较浅的特点，泥沙运动采用二维扩散方程：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) = S_c$$

其中源项： $S_c = \alpha W (\beta S_* - rc)$ 。

式中： W ——泥沙颗粒沉速，可用 stocks 公式求得；

C ——含沙量；

S_* ——水流挟沙能力，采用下式计算：

$$S_* = 0.0273 \frac{\rho_s v^3}{gH} ;$$

v ——潮流速度；

ρ_s ——泥沙比重；

采用不规则三角形网格对施工过程中悬浮物浓度增量进行预测。。

2) 边界条件

在闭边界上没有物质通量，即 $\frac{\partial S}{\partial n} = 0$ ；

在开边界上满足 $\frac{\partial P}{\partial t} + V_n \frac{\partial P}{\partial n} = 0$ ， P 为压强， n 为边界法线方向；

流入边界清洁水满足 $S(x, y, k, t) = 0$ 。

(2) 悬浮泥沙源强

1) 近岸段

悬浮沙的产生速率如下：产生速率=搅动沉积物的横截面积×管线埋铺设的速度×沉积物密度×起沙率×超挖系数，根据以上公式计算可得，近岸段电缆埋设施工悬浮物释放强度为 16.67kg/s。

2) 离岸段

悬浮沙的产生速率如下：产生速率=搅动沉积物的横截面积×管线埋铺设的速度×沉积物密度×起沙率×超挖系数，根据以上公式计算可得，离岸段电缆埋设施工悬浮物释放强度为 15.0kg/s。

本项目设置悬浮泥沙扩散典型点共计 31 个。



图 5.2-1 悬浮泥沙发生位置示意图

(2) 悬浮泥沙扩散预测结果

图 5.2-2 各典型点相同浓度的扩散线连接形成工程最大悬沙发生包络线。悬浮泥沙增量浓度叠加之后各分区的扩散面积见表 5.2-1。

如图 5.2-2 所示，悬浮泥沙增量浓度为 10mg/L 等值线的包络面积为 26.02km²，增量浓度为 20mg/L 等值线的包络面积为 20.05km²，增量浓度为 50mg/L 等值线的包络面积为 14.44km²，增量浓度为 100mg/L 等值线的包络面积为 7.88km²。悬浮泥沙在潮流场的作用下沿着路由向四周扩散，最远扩散距离为 0.146km。



图 5.2-2 悬浮泥沙增量浓度最大影响范围包络线图

表 5.2-1 悬浮泥沙增量浓度各分区的扩散面积

悬浮泥沙增量浓度 (mg/L)	10~20	20~50	50~100	>100
扩散面积 (km ²)	5.97	5.61	6.56	7.88

5.2.2 施工期污水排放对海域水环境的影响

在项目施工高峰期，同时施工船只最多有 24 艘，每艘船每天的含油废水产生量取 0.5m³/d，则施工高峰期施工船舶含油污水产生量为 12.0m³/d。施工船舶生活污水产生量为 43.2m³/d。，施工船舶含油污水禁止直接外排，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，施工船舶生活污水经收集后，污水由有资质的单位进行接收处理。

项目施工高峰期施工营车辆冲洗废水产生量总计为 44.0m³/d，机修废水产生量为

27.5m³/d，以上废水收集后利用施工营地隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 48.0m³，主要污染物为 COD、NH₃-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置，对海域水环境基本无影响。

总体而言，施工生产和生活污水排放量不大，各污染物排放量较小，对项目海域水质影响不大。通过加强施工过程的环境管理，认真实施污染控制措施，避免生产和生活污水直接排入施工海域，则能够将施工期废水排放对海洋水质环境的影响降低到最低程度。

5.2.3 运营期水环境影响

(1) 油污水

本项目运营期生活污水的主要来源于陆上集控中心运维人员，根据本项目可研，日生活污水产生量约 1.3m³/d，收集后统一排入埋地式生活污水处理装置处理，污水经处理达到《城市污水再生利用杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准后回用于站区内绿化或道路喷洒，不外排。对周围水环境无影响。

(2) 牺牲阳极锌释放

根据工程分析，本工程阳极种类为铝-锌-铟-钛，总重量为 372t，设计使用年限为 25 年。依据《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB4948-2002)，锌成份含量再 2.2%~7.0%之间，本次计算按平均含量 4.6%计算，假设锌在 25 年内以离子态形式全部析出，锌离子析出的速率相同并向周围水体均匀扩散，则每年进入海水中的锌为 0.68t/a，单个风机每年进入海水中的锌为 12.88kg/a。由于风电场区地处开阔海域，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散，对项目海域海水水质影响有限，不会对区域海水水质造成显著影响。

5.2.4 退役期水环境影响

风电场运行达到设计年限后，将对风电场进行拆除施工，拆除工艺与建设工艺相反过程，风机吊装上岸拆解，拆除完成后局部恢复，整个过程将会扰动海底造成局部海水悬浮物浓度升高，总体来说扰动范围较小，对周边海水水质影响较小。

5.3 沉积物环境影响分析

5.3.1 施工入海泥沙对海洋沉积物环境的影响分析

施工期的悬浮泥沙主要是由于风电场施工引起的，它们的环境背景值与工程区海域沉积物背景值相近或相同，施工过程只是将沉积物的分布进行了重新调整。因此，施工期悬浮物对工程海域沉积物质量的影响很小，工程施工后，经沉淀后沉积物的性质基本不变，不会明显改变工程海域沉积物的质量，海域沉积物环境基本可以维持现有水平。

5.3.2 施工期废水对海洋沉积物环境影响分析

污染物排入海，污染物质在上覆水相、沉积物相和间隙水相三相中迁移转化，可能引起沉积物环境的变化，特别是悬浮物质可能通过吸附水体营养物质以及有毒、有害物质，并最终沉降到沉积物表层，从而对沉积物环境造成影响。

本项目施工污水主要为施工生产废水。施工废水量较少，污染排放量较小，对海域水质的影响不大，对沉积物环境基本上没有影响。此外，施工中只要加强管理，并将施工生活垃圾和施工废弃物一同清运至垃圾处理厂处理，避免直接排入海域，对工程海域沉积物的质量影响很小。

5.3.3 运营期海洋沉积物环境影响分析

运行期，本工程对沉积物环境的不利影响主要来自风机基础防腐措施中用到的牺牲阳极装置中的重金属污染物释放。本工程采用高效铝合金牺牲阳极，其主要成分为 Al、Zn、In，溶解后将随海水扩散进入大范围的海水中，部分沉积于桩基附近沉积物中。牺牲阳极的锌溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，锌也是海水中的最常见的物质之一，其不易形成稳定物质而持续累积，因此工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

5.3.4 退役期海洋沉积物环境影响分析

风电场运行达到设计年限后，将对风电场进行拆除施工，拆除工艺与建设工艺相反过程，风机吊装上岸拆解，拆除完成后局部恢复，整个过程将会扰动海底会使海域内悬浮泥沙含量增大，工程搅动海底沉积物在 2 天内沉积海底，除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，不会影响海底沉积物质量。

5.4 海洋生态环境影响预测与评价

5.4.1 施工期海洋生态环境影响分析

5.4.1.1 对浮游生物的影响

风机及海缆施工对浮游生物最主要的影响是水体中增加的悬浮泥沙影响了水体的透光性，悬浮泥沙对浮游生物的影响主要反映在对生长率的影响，对摄食率的影响以及对丰度、生产量及群落结构的影响。

类比长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物的毒性效应的试验结果，当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。

1990 年，Kirk 研究了悬浮物对轮虫和枝角类生长率及种群增长率的影响。结果发现悬浮粘土对枝角类的丰度、存活率及繁殖率等有显著影响，这种影响与悬浮粘土的浓度、粒径及浮游动物的饵料生物—浮游植物的浓度有关。对网纹蚤（*Ceriodaphnia*）的繁殖实验表明：当悬浮粘土浓度为 10mg/L 时，繁殖出了第二代，且无个体死亡；当浓度为 50mg/L 时，则第一代个体仅存活了 5d，且无第二代产生。

另外，Kirk 还研究了水中的无机颗粒对浮游动物摄食率的影响作用。结果表明，悬浮于水中的粗粘土大大降低了枝角类的摄食率， $C=50\text{mg/L}$ 时，摄食率下降 13%~83%，对轮虫则无影响。

Kirt 的研究结果显示，悬浮物的存在可以改变浮游动物的群落结构，当水中无悬浮物时，枝角类为优势种，当水中悬浮物浓度升高时，优势种则为轮虫。

总体来说，由于施工造成海域 SPM 浓度增大，从而对海域浮游生物造成的这种影响是不可避免的，但是该影响暂时的和有限的，一般情况下，施工停止 3~4 个小时后，悬浮泥沙绝大部分沉降于海底，海水水质就可恢复到原来状态。根据鲍建国等的研究，浮游生物群落的重新建立所需时间较短，一般只需要几天到几周的时间，因此随着项目工程结束后，浮游生物很快就建立起新的群落，而悬浮泥沙对浮游生物造成的影响也随之消失。

5.4.1.2 对底栖生物的影响

本工程海底电缆铺设过程中，海缆的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。除所占海域内的底栖生物完全被覆盖外，其外围周边海域的底栖生物也将受入海泥沙的影响。如果大量悬浮物的沉积将掩埋工程区两侧的底栖生物，可能引起底栖生物，特别是蛤、螺等双壳类动物水管受到堵塞致死，这种影响主要集中于工程

区外围悬浮泥砂含量较高的局部区域内。

本工程 220kV 海缆长度约为 2 回 50.139km，场区 66kV 总长度约为 55.939km，考虑到海缆沟槽在开挖过程中堆向两侧的淤泥将会覆盖底栖生物生境，因此开沟作业对底栖生物的影响宽度取 4.5m，则临时影响底栖生物面积为 477351m²，工程周边海域底栖生物量按平均 10.405g/m²，工程电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。

根据工程分析，由于风机桩基永久占用海域，项目施工将导致桩基所在区域底栖生物的损失。桩基占地面积为 1934.5m²，潮下带平均生物量为 10.405g/m²，桩基施工导致的底栖生物损失量=1934.5m²×10.405g/m²=20.1kg。

5.4.1.3 渔业资源影响

施工期间由于悬浮泥沙入海会在一定程度上对施工区附近海域的渔业资源环境产生影响。由于海洋生物的“避害”反应，施工区外围海域自然生长的游泳动物将变少。泥沙悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。首先，悬浮微粒对鱼类的机械作用，水体中含有大小不同的，从几十微粒到十余微米的矿质颗粒，在悬浮微粒过多时将导致海水的混浊度增大，透明度降低，不利于天然饵料的繁殖生长。其次，水中大量存在的悬浮物也会使鱼类造成呼吸困难和窒息现象，因为这些微粒随鱼的呼吸动作进入鳃部，将沉积在鳃瓣、鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且将隔断了气体交换的进行，甚至严重时导致窒息。不同鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量水平为 8×10⁴mg/L 时，鱼类最多只能存活一天；含量水平为 6000mg/L 时，最多能存活一周；若每天做短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物浓度达到 2300mg/L，则鱼类能存活 3-4 周。通常认为，悬浮物质的含量达到 200mg/L 以下及影响期较短时，不会导致鱼类直接死亡。并且，由于本工程施工水域相对较开阔，鱼类的规避空间大，因此泥沙入海对其的影响更多表现为驱散效应，鱼类受此影响较小。而虾蟹类因其本身的生活习性，大多对悬浮泥沙有较强的抗性，总的来说，施工产生的悬浮泥沙对游泳生物的影响较小。

根据渔业水质标准要求，人为地增加悬浮物浓度大于 10mg/L，对鱼类生长将会造成影响。依据渔业资源调查结果，鱼卵、仔鱼和游泳动物生物量分别取工程周边海域春秋两季调查的平均值，依次为 0.035ind./m³、0.016ind./m³ 和 251.02kg/km²，平均水深以 30m 计，根据 5.2 一节海水中悬浮泥沙扩散的预测结果以及《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）中污染对各类生物的损失率，估算悬浮泥沙扩散造成的渔业资源的损失量，具体见表 5.4-1。

表 5.4-1 悬浮泥沙扩散造成的渔业资源生物一次损失量

生物类型	平均生物量	悬浮泥沙浓度范围	影响面积 (km ²)	损失率	损失量	合计
鱼卵	0.035ind/m ³	10~50mg/L	11.58	35%	4.26×10 ⁶	12.66×10 ⁶ 粒
		50~100mg/L	6.56	50%	3.44×10 ⁶	
		>100mg/L	7.88	60%	4.96×10 ⁶	
仔鱼	0.016ind/m ³	10~50mg/L	11.58	35%	1.95×10 ⁶	5.79×10 ⁶ 尾
		50~100mg/L	6.56	50%	1.57×10 ⁶	
		>100mg/L	7.88	60%	2.27×10 ⁶	
游泳动物	251.02kg/km ²	10~50mg/L	11.58	15%	436.02	1358.77kg
		50~100mg/L	6.56	20%	329.34	
		>100mg/L	7.88	30%	593.41	

5.4.1.4 对区域生态环境的影响分析

根据上述预测分析，本项目的实施，由于风机桩基及海底电缆的施工造成悬浮泥沙入海，将对项目所在海区的浮游动植物、底栖生物、渔业资源等造成一定的影响；同时，工程将造成所占用海域范围内的浮游动植物、底栖生物和渔业资源的直接损失。

从整体而言，风机桩基及海底电缆施工产生的影响将随着施工结束，其功能均将迅速恢复，生物生境也将随之改善，对于整个评价海域而言，其生物种类、群落结构、生物多样性和生态系统服务功能的影响和变化很小，不会导致当地海洋生态结构和功能发生明显改变；此外，项目调查区未发现珍稀濒危野生动物，项目施工直接影响区不涉及海洋自然保护区、濒危海洋生物保护区、海洋生物苗种场等生态敏感区，因此，本项目的施工对区域海域生态群落结构的影响较小，对生态系统的功能和稳定性不会产生重大影响。

5.4.1.5 项目实施生态资源算还赔偿和补偿计算

(1) 生态补偿金额

本项目风机与海上升压站桩基施工导致底栖生物损失量为 20.1kg，电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。悬浮泥沙作用导致一次性的鱼卵损失量为 12.66×10⁶粒，仔鱼损失 5.79×10⁶尾，游泳动物损失 1358.77kg。

◆鱼卵、仔稚鱼经济价值的计算

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。计算公式如下：

$$M = W \times P \times E$$

式中：M—鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元（元）；

W—鱼卵和仔稚鱼损失量，单位为个（个）、尾（尾）；

P—鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；

E—鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，单位为元每尾（元/尾）。按照目前平均为 1.0 元/尾。

经计算，入海悬浮泥沙造成鱼卵损失的经济价值为 12.6 万元，仔鱼损失 28.9 万元，损失总额为 41.5 万元。

◆潮下带底栖生物的经济价值的换算

底栖生物经济损失按下列公式计算：

$$M = W \times E$$

式中：M—经济损失额，单位为元（元）；

W—生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E—生物资源的价格，按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算（如当年统计资料尚未发布，可按上年度统计资料计算），单位为元每千克（元/kg）。按照目前贝类的平均价格为 10 元/kg。

根据计算，项目占海造成的潮下带底栖生物损失的经济价值为 0.02 万元，项目海缆敷设造成的潮下带底栖生物损失的经济价值为 5.0 万元。

◆成体生物资源经济价值的计算

成体生物资源经济价值按下列公式计算：

$$M_i = W_i \times E_i$$

式中：M_i——第 i 种类生物成体生物资源的经济损失额，单位为元（元）；

W_i——第 i 种类生物成体生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E_i——第 i 种类生物成体生物资源的价格，成鱼价格按 20 元/kg 计。

经计算，入海悬浮泥沙造成游泳动物损失的经济价值为 2.7 万元。

则项目占海总计生物资源损失为 0.02 万元，海缆敷设生物资源损失为 5.0 万元，入海悬浮泥沙总计生物资源损失为 44.2 万元。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），对于持续性生物资源损害实际影响低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年的损失额补偿，因此，本评价建议进行 20 倍赔偿用于生态修复。即入海泥沙补偿 3 倍，项目占海补偿 20 倍。根据计算，生态补偿总金额为 148 万元。

（2）生态补偿方案

本工程主要采取增殖放流进行生态补偿，根据福建省海洋渔业厅印发的《福建省水生生物增殖放流工作规范》，对增殖放流提出以下建议：

①增殖放流工作建议在当地海洋与渔业主管部门的指导下进行。

②放流实施：根据不同苗种市场供应情况选择适当时机实施放流活动，在主管部门指导下实施。实施提前 15 个工作日向当地县级以上（含县级）海洋与渔业行政主管部门报告增殖放流的种类、数量、规格、时间和地点等事项，并接受监督检查，当地海洋与渔业行政主管部门应将其纳入当地、当年的增殖放流计划指标。增殖放流实施前 7 日，各级海洋与渔业执法机构根据当地海洋与渔业行政主管部门发布的禁渔通告，对放流水域实施执法检查，清除对放流苗种具有危害的施工船只、网具等物体。

③放流位置：根据潮时、水流、水温和气象等条件，选择适宜放流物种有较高存活率的位置进行放流。

④放流品种：放流品种应满足适宜当地海域生长、不造成生态危害、具有较高的经济价值等条件。必须经有资质的检验单位检测合格。增殖放流前，技术专家组应派出人员核查苗种供应单位的苗种检疫报告，并对放流苗种的亲本选择、种质鉴定、检验检疫及培育过程情况进行监督、检查，确保健康、优质、无特异性病原、无药物残留的苗种或亲体用于增殖放流，避免对放流水域生态造成不良影响。

⑤放流时间：放流时间为每年 5~6 月份。

5.4.2 运营期海洋生态环境影响预测与分析

海上风电场项目建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在造成部分生态系统服务功能的破坏或丧失。海洋生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。项目建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、养殖生产、污染净化等 3 个方面的主导功能。

①物种栖息地

项目建设所在海域是部分水生动物栖息、繁殖场所。风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，对成体造成回避。但在运行期基本不受影响。

②养殖生产和捕捞作业

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。项目海域主要提供养殖和捕捞海产品。风机基础实际占用海域面积较小，且占用区域养殖较少，对养殖生产功能影响不大。

③污染物净化

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

5.5 项目建设对周边主要保护目标和开发活动的影响分析

5.5.1 对生态红线区的影响

本项目海底电缆施工不会产生有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，根据预测可知施工引起的悬浮泥沙不会扩散至周边海上生态保护红线区，对周边生态红线区无影响。

5.5.2 对养殖区的影响

长春镇加竹村、外城村、赤沙村海带养殖（无海域使用权证）位于项目申请用海范围内的和海底电缆保护范围（项目申请用海范围）内的养殖活动面积约为 12.7272 公顷，需退出该区域，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用，并且建设单位应和养殖活动使用者进行协商，给予其相应的拆迁补偿，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用；建设单位应做好本项目海底电缆登陆点附近居民的宣传工作，在海底电缆保护范围内设置一个显眼的警示标志，确保海底电缆的安全。目前本项目建设已取得长春镇人民政府的初步认可。

霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）区块 24，位于项目申请用海范围内的养殖活动面积约为 5.8522 公顷，本项目在该区域采用定向钻施工并采取相应保护措施与所在已确权养殖可共存，本部分拟通过立体确权方式予以协调。目前本项目建设已取得该项目建设单位初步认可。

本项目施工期造成的悬浮泥沙将会对包括上述养殖及上述养殖周边 77.9169 公顷区域养殖活动造成影响（其中长春镇加竹村、外城村、赤沙村开放式养殖影响面积为 56.8282 公顷，霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）区块 24 影响面积为 21.0887 公顷）。在项目施工前，施工期悬浮泥沙影响的养殖活动应暂时退出养殖海域，项目建设单位应做好协调补偿工作。

5.5.3 对海底电缆管道的影响

本项目主海缆将与霞浦县长春-浮鹰岛风电 110kV 海底电缆项目（霞浦县浮鹰岛风电有限公司）、霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程（国网福建霞浦县供电有限公司）交越。目前海缆交越技术已相对成熟、在国内也已有较多案例，本项目在经过交越海缆时采用“预制混凝土压块”防冲刷方案进行敷设，该措施科确保施工过程及运营过程均不会对现有海缆造成破坏。因此，建设单位应采取相应工程措施，保障施工和运营过程对现有海底电缆不会造成破坏。

5.5.4 对闽东诸河流域水土保持生态功能区的影响

本项目陆缆周边分布闽东诸河流域水土保持生态功能区，本项目施工区域不涉及上述生态功能区，与其最近距离为 130m，陆缆施工过程中要严格控制施工范围，禁止对闽东诸河流域水土保持生态功能区造成破坏。

5.5.5 对基本农田的影响

由工可及项目选址意见书可知，本项目建设不占用基本农田，但本项目设计范围紧邻周边几处的基本农田，因此，施工过程中要严格划定施工作业区域，严禁在项目周边基本农田保护区范围内设置各类临时工程，施工废水及施工固废严禁向周边基本农田保护区范围内排放，保护项目周边基本农田的完整性。

5.5.6 对湿地的影响

通过开沟犁与开挖的施工方式将海底电缆埋设于海底泥面以下 2-3m，施工区域底质的特性未发生改变，同时施工时间较短，施工带来的影响是暂时，随着施工结束而消失，因此对湿地生态系统基本功能影响很小，项目不改变海域自然属性，根据数模预测，风电场施工和运营对周边海域水文动力、地形冲淤、海水水质、海洋沉积物、生物生态、噪声环境、电磁辐射等影响很小，对湿地生态系统及其生物多样性水平影响较小，且用海方式未改变湿地性质。因此，本项目对湿地影响较小。

5.6. 大气环境影响预测与分析

5.6.1 施工期大气环境影响分析

工程施工期产生的大气污染物主要包括施工场地扬尘、机械和船舶尾气等。

(1) 施工尾气影响分析

施工过程需要运输车辆、施工船舶等，这些车船设备基本以柴油为燃料，所排放的发动机尾气中主要含有 NO₂、SO₂ 等空气污染物，由于施工机车相对较为分散，加之地

面开阔,在车辆及机械设备排气口加装废气过滤器,则废气污染的影响基本上可以接受。

(2) 施工扬尘影响分析

施工扬尘主要来自于装载车行驶时产生的路面二次扬尘以及陆域集控中心进行场地平整时产生的扬尘以及陆域输电线路的敷设。

根据施工的类比调查,扬尘量与土壤湿度、粒径、气候条件、施工方法、施工管理和产尘控制措施有关,一般在风速大于 3m/s 时容易产生起尘,施工扬尘源高度一般来说较低,颗粒度也较大,为瞬时源,污染扩散距离不会很远,一般可控制在施工场所 100m 范围之内,且危害时间短,主要对施工人员和施工区域一定距离内的敏感目标影响较大。

施工单位在塔基开挖时,对临时堆砌的土方进行合理遮盖,减少大风天气引起的二次扬尘,施工完毕后及时进行回填压实。对施工道路和施工现场定时洒水、喷淋,避免尘土飞扬。施工运输车辆采用密封、遮盖等。综上,项目施工对周边大气环境的影响较小。

5.6.2 运营期大气环境影响分析

本项目废气为职工食堂油烟废气,备用柴油发电机废气。项目食堂厨房炉灶以液化石油气为燃料,液化石油气是一种洁净、污染物含量很少的能源,在使用和消耗能源的过程中污染物的产生甚少,产生的烟气烟色透明,外排对周围环境空气不会产生明显的影响。

5.7 声环境影响分析

5.7.1 施工期声环境影响分析

(1) 海上噪声影响分析

施工期产生的水下噪声,类似于其他涉海活动,例如航道疏浚、港口、海底隧道、跨海桥梁建设等,近些年国内有自然资源部第三海洋研究所、厦门大学、上海海洋大学等单位进行了研究,并积累了一些数据。本报告基于本单位自身积累的相关监测数据并结合国内外相关研究成果,进行本工程施工期噪声研究分析。本工程施工产生的水下噪声源分为三大类:施工机械、施工船、桩基打桩,其中施工机械、施工船只产生的水下噪声强度较低,对海洋生物几乎没有影响,因此重点分析桩基打桩产生的水下噪声,本工程打桩涉及到风机基础的钢管桩施工。

水下打桩可分为冲击打桩和振动打桩两类,冲击打桩使用液压锤对桩施加冲击力将桩沉入地下,振动打桩使用旋转偏心块对桩施加交变力,通过振动将桩沉入地下。冲击

打桩是海上风电场施工期的典型噪声来源，其特点为高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，而对于一根桩柱需要多次冲击才能完成作业，因此表现为连续多个脉冲的脉冲串。桩芯材料与直径直接影响水下打桩单次冲击噪声声级。

水下打桩产生的水下噪声传播路径如图 5.7-1 所示。图中第 1 径为海面反射路径，撞锤冲击桩体产生的噪声经过海面反射后传至噪声接收端。第 2 径为水下直达路径，桩体产生的噪声通过该路径直接传至接收端。图中第 3 径为海底反射路径，噪声经过海底反射后传至接收端。第 4 径为海底传播路径，撞锤冲击桩体对海底施加冲击力产生压缩波和切变波在海底传播，其中部分噪声能量将传入水中。水下振动打桩的噪声传播路径与冲击打桩类似。



图 5.7-1 水下打桩噪声传播路径

根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南（HY/T 0341-2022）》，鱼类依据听力分组分为无鱼鳔的鱼、有鱼鳔但鱼鳔与听力无关的鱼、有鱼鳔但鱼鳔与听力相关（与内耳物理隔离）的鱼、有鱼鳔但鱼鳔与听力相关（与内耳物理连接）的鱼、卵和幼体。鱼类听力分组及代表类群见表 5.7-2。

表 5.7-2 鱼类听力分组及代表类群

听力分组	代表类群
无鱼鳔	鳐、魟、鲨鱼、鳐目、魟目、鲨目、鳐目、魟目、鲨目
有鱼鳔但鱼鳔与听力无关	鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫
有鱼鳔但鱼鳔与听力相关（与内耳物理隔离）	鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫
有鱼鳔但鱼鳔与听力相关（与内耳物理连接）	鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫
卵和幼体	鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫、鳊、鲢、鲤、鲫

海洋生物在不同的噪声环境下会产生行为响应、声掩蔽、暂时阈值漂移、永久阈值漂移和物理损伤甚至死亡等现象。《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南（HY/T 0341-2022）》将人为水下噪声对鱼类的影响阈值进行归纳分组，见表 5.7-3。

根据工程区的“三场一通道”及渔业资源现状调查成果，工程区及附近海域存在的声敏感鱼类主要为石首鱼科。根据 HY/T 0341-2022 分类，石首鱼科属于有鱼鳔，鱼鳔与听力相关。本节以表 5.7-3 中有鱼鳔，鱼鳔与听力相关的鱼类听力分组为研究对象，预测评价工程打桩施工时产生的噪声的影响范围。

表 5.7-3 人为水下噪声对鱼类影响阈值

根据厦门大学对港珠澳大桥直径 2.0m 钢管桩在类似浅海水下施工中的噪声监测结果，打桩噪声的声源级约为 230 dB re 1 μ Pa-m；在厦门五缘湾浅海域中小型桩(钢管桩管径 70cm)声源级约 198dB re 1 μ Pa-m。原工程所选桩柱管径为 2.2~2.3m，同时综合类比厦门大学许肖梅课题组水下噪声监测结果,结合本风电场区位于福建省霞浦外海，打桩噪声源强取 235dB。

②本工程桩基施工水下噪声影响预测水下噪声预测采用的声衰减计算公式为：

$$TL=F\log(D/R)$$

式中: TL 为传播损失，为声源级减去目标声级值(即保护阈值)的差，单位为 dB；

D 为目标声级值所在的位置与声源的距离，单位为 m；

R 为计算传播损失时的参考距离，根据声源级计算点与声源本身的距离而定。

F 是衰减因子，其值会随着海况(如水深、底质状况、海面宽阔程度)和打桩的工程参量(如桩的类型材质、以及桩机功率)而变化。一般的数值在 10-30 之间。

由公式可算出算出在均方根声压保护阈值取 190dB（对食肉目，如斑海豹，听力保护范围）、180dB（对鲸目，如江豚，听力保护范围）和 160dB（对海洋哺乳动物行为干扰）时，大直径单桩基在打桩施工时所对应的的影响距离分别为 110.6m、236.6m、

1106.8m。由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。

(2) 陆域施工噪声

工程施工期间的主要噪声为各种施工机械设备，为点声源，其噪声影响随距离增加而逐渐衰减，噪声衰减公式如下：

$$L(r) = L_0(r_0) - 20 \lg(r/r_0)$$

式中：L(r) ——点声源在预测点产生的声压级；

L₀(r₀) ——参考位置的的声压级；

r——预测点距声源的距离；

r₀——参考位置距声源的距离。

陆域施工噪声评价选取施工过程中的强点源进行噪声影响预测，利用上述模式计算，预测结果见表 5.7-2。

表 5.7-2 施工期噪声在不同距离的影响预测(单位: dB)

主要噪声源	距声源距离					
	5	10	20	40	80	160
推土机	90	82	76	70	64	58
挖掘机	86	80	74	68	62	57
装载机	83	77	71	65	59	83
打桩机	108	102	96	90	84	78

根据《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011)，施工设备昼间噪声限值 70dB(A)，夜间噪声限值为 55dB(A)，从表 5.7-2 中可以看出，各个施工阶段施工设备噪声达标距离不同，基础施工昼间施工设备噪声达标距离较大，在 40m 以外。土石方、基础、结构夜间施工设备噪声达标距离均在 200m 以外。由以上可知，施工期主要噪声源是运输车队、施工机械(推土机、搅拌机、打桩机、吊车等)。其声源声功率级最高可达 110dB(A)，经自然衰减，施工场地 240m 以外，其噪声夜间值即可衰减至 55dB(A)以下，可满足《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011)标准。

陆域电缆施工区域距加竹村最近距离约 35m，因此，在塔基及电缆施工过程中对加竹村存在一定影响，施工过程中应做好降噪工作。选用噪声低或者安装消声、隔声的机械设备；加强施工，严禁夜间施工，尽量避免强噪声机械在同一区域内无序施工；车辆在行驶过程中，应缓行和禁鸣喇叭。

5.7.2 运营期声环境影响分析

(1) 风机噪声影响分析

本工程运行期主要噪声为风机运行噪声。

海上风电场噪声属于户外噪声。辐射声波在传播过程中，其波阵面会随距离的增加而增大，声能量扩散，声压或声强随距离的增加而衰减。除此之外，空气吸收、地面吸收、阻挡物的反射或屏障等因素的影响，也会使噪声产生衰减。海上风电场部分声波在由空气传播到海水中，由于传播媒质的改变，使其产生一定的折射和散射，会使部分声能改变传播方向。

根据实测结果与点声源衰减模式预测结果的拟合，在距风力发电机组较近情况下，声源为一面源，同时受机械噪声等高频噪声的影响，其噪声不符合点声源的衰减规律；在风力发电机组较远情况下，计算点大于风力发电机组几何体 1 倍距离后，其噪声衰减规律与点声源模式的衰减规律基本一致。甚至在距离风力发电机组水平 50m 以外，噪声计算值与实测值衰减趋势就基本一致。

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

即假定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 $L_p(r)$ 计算公式为：

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

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 $L_{p, total}(r)$ 计算公式为：

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

经预测单台风力发电机组衰减趋势及噪声衰减距离见表 5.7-3，采用最大声功率 100dB 计算，可知在距风力发电机组直线距离在 250m 处，噪声已衰减至低于 45dB，即国家规定的《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 1 类标准限值。

表 5.7-3 风电噪声衰减距离表

与轮毂直线 距离(m)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000
噪声 dB(A)	52.0	48.5	46.0	44.1	42.5	41.1	40.0	39.0	38.0	36.5	35.1	34.0	32.0

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减小风机之间的

尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，因此风力发电机组间噪声叠加影响非常小，多台风机间仅是影响范围的扩大，基本不增加影响程度。

本项目风电场附近最近的居民区距离为 11km，因此本项目运营期风机运行噪声不会对海岛居民产生影响。

(2) 水下噪声影响分析

厦门大学对国内多个海上风电项目开展水下噪声类比监测，并对国外海上风电项目水下噪声进行了类比分析。研究结果如下：

风机在运营期中所产生的水下噪声级总体比较低，即使是在靠近运转风机测点上也只有少数特定频段(120Hz~1.5kHz)水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1 μ Pa，总体噪声谱级都在 120dB/1 μ Pa 以下。在这些特定频段上(120Hz~1.5kHz) 的噪声级提高并没有比因自然状况变化所带来的噪声级提高更多，如下雨噪声、动物自身的移动、船运噪声。

不同风速下，风机在水下产生的噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速(风速分别为 6m/s 和 13m/s)的风机在水下辐射的噪声强度不同，高风速(13m/s)时在低频段(63Hz 以下)风机噪声与海洋环境背景噪声相当(淹没在背景噪声中)，高风速(13m/s)时在 125Hz 频点上比低风速(6m/s)的风机辐射水下噪声谱级高 10dB/1 μ Pa 左右，但总体都不高。

②运行期水下噪声对鱼卵仔鱼影响

水下噪声对鱼卵、仔鱼的影响目前数据较少。目前噪声对鱼类产生影响的认识，仅限于成年鱼类，而噪声对于鱼卵和幼体的影响认识甚少。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。

挪威学者研究了使用空气枪和水枪作为地震声源，进行海洋三维地质调查中产生的水下强噪声对鳕鱼鱼卵和仔鱼的影响。他们把鳕鱼的鱼卵和仔鱼(鱼卵为在受精后 2, 5, 10 天；鱼幼体为在孵化后的 1, 5, 37, 38, 40, 41, 56, 69, 110 天)暴露于水下空气枪所产生的噪声场中，得出了在使用小强度的空气枪(声源级 222dB)声源级所产生的水下噪声对鳕鱼鱼卵的影响不明显的结论(JohnDalen, 1986)。

欧洲鳎分布在北海、地中海，向南到塞内加尔直至佛得角，栖息水深范围是 0~150m，在海底的底泥或沙子中埋栖生活。荷兰学者研究了海上风电场噪声对鳎鱼幼体(sole larvae)的影响。他们利用实际录到的打桩现场噪声(直径 4m 钢桩，水深 20m，

峰值声压级最大值为 211dB) 刺激鳓鱼幼体, 根据鳓鱼幼体的身体发育程度, 把鳓鱼幼体分为 4 个阶段的鳓鱼幼体, 观测每个阶段鳓鱼的死亡率。结论是: 在两个实验阶段中, 不管何种噪声刺激何种发育阶段的鳓鱼幼体, 与对照组相比 (即未进行噪声刺激), 鳓鱼幼体的存活率没有明显的差别, 这表明这些鳓鱼幼体能够忍受峰值声压级高达 211dB 打桩噪声的刺激 (Loes J.bolleet,al, 2012)。同时, 他们分析指出鱼鳔是一种对声压敏感的器官, 有鱼鳔的鱼比没有鱼鳔的鱼更容易受到噪声的影响。鳓鱼幼体发育期间只有部分阶段有一个鱼鳔。这可能是在第 1 阶段和第 2 阶段中, 噪声对幼体无明显影响的原因。然而, 对大菱鲆仔鱼的卵黄囊观察研究中发现, 噪声对其的显著影响, 且这时幼体并没有鱼鳔 (Loes J.bolle et,al, 2012)。

③对其它海洋生物的影响

运营期水下噪声对虾蟹及贝壳等其它海洋生物的初步的实验结果分析, 运营期水下噪声对其他的甲壳类、贝类等海洋生物的影响不明显。

综上, 预测本项目运营期水下噪声对海洋动物的影响较小。

(3) 集控中心噪声影响

集控中心运行噪声源主要来自于主变压器、电抗器等大型声源设备, 一般情况下变电站运行期的主要噪声源来自主变压器。本项目采用低噪声变压器, 变压器满负荷运行且散热器全开时, 噪声级不超过 65dB(A)。宁德霞浦海上风电场 B 区陆上集控中心项目新建主变 3 台。

①变电站运行时厂界噪声预测模式

根据 HJ2.4-2021《环境影响评价技术导则 声环境》, 集控中心项目噪声预测计算的基本公式为:

$$LA(r)=LA(r0)-(A_{div}+A_{atm} +A_{ba}r +A_{gr}+A_{misc})$$

上式中:

LA(r)——距声源 r 处的 A 声级, dB;

LA (r0)——参考位置 r0 处的 A 声级, dB;

A_{div}——声源几何发散引起的 A 声级衰减量, dB;

A_{atm}——大气吸收引起的 A 声级衰减量, dB;

A_{ba}r——屏障屏蔽引起的 A 声级衰减量, dB;

A_{gr}——地面效应引起的 A 声级衰减量, dB;

A_{exc}——其它的附加衰减量, dB。

点声源的几何发散衰减的基本公式为：

$$L(r)=L(r_0)-20lg(r/r_0)$$

式中：L(r)——r 处的声级；

L(r₀)——r₀ 处的声级。

对某一受声点受多个声源影响时，有：

$$L_p = 10 \lg \left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10} \right)$$

上式中：L_p 为几个声源在受声点的噪声叠加，dB。

②变电站运行期噪声预测计算结果及分析

按照《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)的要求，其投运后的厂界噪声贡献值的贡献值由预测模式计算，预测结果见表 5.7-4。

表 5.7-4 项目运营期厂界噪声预测结果(L_{eq}(dB(A)))

测点位置	时间	现状环境背景	本期主变贡献	厂界环境噪声预测	评价	超标
站址北侧 (现状监测点 6)	昼	48	34.5	48.2	60	/
	夜	46		46.3	50	/
站址西侧 (现状监测点 5)	昼	49	33.2	49.1	60	/
	夜	47		47.2	50	/
站址南侧 (现状监测点 3)	昼	46	35.9	46.4	60	/
	夜	44		44.6	50	/

根据预测结果可知，陆上集控中心的主变投运时，主变对厂界环境噪声的贡献值在 33.2~35.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2 类标准要求。与现状环境背景噪声叠加后，昼间在 53.3~56.2dB(A)，夜间在 44.2~44.9dB(A)，均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)2 类标准的要求。

5.8 电磁环境影响分析

5.8.1 海域电磁辐射类比监测分析

根据《宁德霞浦海上风电项目 B 区预可行性研究报告》，B 区项目海上风电场电磁辐射来源主要有两个部分：一座海上升压站以及海底电缆。

5.8.1.1 海上升压站电磁环境影响分析

根据《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ24-2020)，电磁环境影响采用类比评价的方法。

(1) 类比对象选择的原则

升压站电磁环境影响包括运行时产生的工频电场及工频磁场对周围环境的影响。预测方法：利用已经运行、规模相同变电站的电磁环境现状监测资料，类比评价本工程升压站建成后运行产生的电磁环境影响。

(2) 类比对象

选定的 220kV 菊城变电站，已经建成运行，全站主变容量为 3×240MVA。变电站规模及环境条件详见表 5.8-1。

表 5.8-1 本工程海上升压站与类比工程规模比较表

项目名称	海上升压站建设规模	220kV 菊城变电站（类比站）
电压等级	220kV	220kV
变压器规模	2×180MVA	3×240MVA
变压器形式	三相有载调压变压器	三相有载调压变压器
主变布置	户内布置	户内布置
总平面布置	矩形	矩型
地形	海上	陆域

由表 5.8-1 可以看出，220kV 菊城变电站情况均与本工程升压站较为相似，主变均为户内布置，变压器形式相同，电压等级相同，根据变电站工频电场强度产生的原理，其强度与电压等级有关，主变容量对工频电场强度基本无影响；工频磁感应强度与主变容量有关，本项目拟建升压站和 220kV 菊城变电站电压等级相。因此，选择 220kV 菊城变电站作为类比对象是可行的。

(3) 电磁环境类比测试结果分析

工频电场、磁场测量结果见表5.8-2。

表5.8-2 菊城变工频电磁场监测结果一览表

序号	监测点位	电场强度 (V/m)	磁感应场强度 (nT)	备注	
D1	南侧围墙外	5m	50.38	287.09	
D2		10m	33.88	269.16	
D3		15m	25.18	237.49	
D4		20m	26.32	217.69	
D5		25m	31.30	196.71	
D6		30m	36.96	182.91	
D7		35m	45.11	166.48	
D8		40m	51.77	161.21	
D9		45m	56.62	154.36	
D10		50m	58.80	153.04	
D11		55m	57.44	146.25	测点上方有220V 线路
D12		60m	40.72	150.08	
D13	南侧围墙外5m	181.45	283.35	靠近220kV 配电装置区	
D14	南侧围墙外5m	460.28	361.50		
D15	西侧围墙外5m	33.60	62.77		

D16	西侧围墙外5m	25.84	54.56	
D17	北侧围墙外5m	11.35	31.35	
D18	北侧围墙外5m	10.77	35.70	
D19	东侧围墙外5m	9.36	57.07	
D20	东侧围墙外5m	11.45	58.63	受上方低压线路影响

由表可以看出，菊城变电站四周厂界的工频电场强度在 9.36~460.28V/m 之间，其中南侧围墙外 5m 处(220kV 配电装置区侧)电场强度值最高，达到 460.28V/m；磁感应强度在 31.35~361.5nT 之间，均低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）控制限值(工频电场强度≤4kV/m，工频磁感应强度≤0.1mT)。由于受 220kV 出线影响，菊城变围墙工频电场强度随着距离的增加呈先减少后增大再减少的趋势，工频磁感应强度随着围墙距离的增加总体呈衰减趋势。

(4) 变电站电磁环境影响评价

通过对已运行的菊城变电站的类比监测结果，可以预测本项目 220kV 升压站投运后产生的工频电场、工频磁场能够满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）表 1 中频率为 50Hz 所对应的公众曝露限值，即电场强度限值：4000V/m；磁感应强度限值：100 μ T。

(5) 对海洋生物的影响

根据厦门大学在厦门大学生态场水池中开展了工频电磁环境对海洋生物短期影响的研究结果，即“强度在 0.3 mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48 h 后，其体内的碱性磷酸酶，酸性磷酸酶以及超氧化物歧化酶的比活力变化不显著”。因此，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等海洋生物的影响在可以接受范围。

5.8.1.2 送出海缆（220kV）电磁环境影响分析

工程送电线路均采用海底缆形式进行力输，由于经过外层遮蔽后工程送电线路均采用海底缆形式进行力输，由于经过外层遮蔽后产生的工频电磁场强度水平较小，本项目产生的工频电磁场强度水平较小，本项目 220kV 海缆通过类比监测已运行的国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目的 220kV 海底电缆线路进行分析。

(1) 可比性分析

本风电场运行后，220kV 海底电缆磁场影响预测采用类比分析方法，对象为国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目的 220kV 海底电缆线路。可比性分析见表 5.8-3。

表 5.8-3 本工程海底电缆可比性分析表

项目名称	本工程220kV海底电缆	国家电投山东半岛南海上风电基
------	--------------	----------------

		地V 场址500MW (类比电缆)
电压等级	220kV	220kV
电缆结构	铜导体3芯交联聚乙烯绝缘分相铅包粗钢丝铠装复合海底电缆	HYJQF41-127/220-3*630-F 2*36 芯光纤
电缆截面	3×500mm ²	3×630mm ²
敷设深度	泥面以下3.0m	泥面以下约2.0m
外围环境	海底	海底

国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目的 220kV 海底电缆线路在压等级、电缆截面与本项目一致。本工程 220kV 海底电缆埋深较深，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目埋深较浅，本工程电缆产生的工频电磁场相对于国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆更小。因此，选用国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆进行类比是合适的。

(2) 监测时间及环境

监测单位：天津市生态环境监测中心

监测时间：2023 年 3 月 16 日

监测时，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆线路正常运行。

(3) 监测点位

海底电缆正上方、距海底电缆正上方东侧 10m、20m、30m、40m、50m 处进行监测。

(4) 监测结果分析

监测结果表表 5.8-4。

表 5.8-4 220kV 海底电缆工频电磁场类比监测结果

监测点位	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
海底电缆正上方	10.24	0.3266
距海底电缆正上方东侧	10m	0.2506
	20m	0.1812
	30m	0.1614
	40m	0.1422
	50m	0.1012

由表 5.8-4 可以看出，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆正常运行的情况下，监测断面各点工频电场强度在 5.354 V/m～10.24V/m 之间，远小于 4kV/m 的限值要求；工频磁感应强度在 0.1012 μT～0.0.3266 之间，远小于 100 μT 的限值要求。

总体而言，海上风电场 220 kV 电缆由于外保护层的遮蔽，产生磁场强度非常小，远低于标准限值(居民区工频电磁强度 4kV/m ，工频磁感应强度 0.1mT)。

(5) 本工程海底电缆影响分析

由类比分析可知，220kV 电缆线路由于外层遮蔽产生的磁场强度非常小，基本与背景值一致。本工程 220kV 海底电缆与国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目海底电缆电压等级及电缆截面一致，本工程 220kV 海底电缆埋深较深，国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目埋深较浅，本工程电缆产生的工频电磁场相对于国家电投山东半岛南海上风电基地 V 场址 500MW 项目 220kV 海底电缆更小。因此，可以预测工程 220 kV 海缆建成后工频电场强度和工频磁感应强度均能满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

5.8.1.4 电磁场对海洋生物的影响

目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋生物产生的影响还未有科学的定论，电磁环境对海洋生物的影响目前还在研究中。

俄罗斯研究已证实 (Poddubny etc.1979)，河流中的鱼类从电线下方通过时会有反应，他们猜测这是磁力的影响。Westerberg 和 Begout-Anras (2000) 进行了一项遥测研究，对欧洲银鳎在穿越南波罗的海海底电缆时的洄游形式进行了监测。其结果与假设一致，即鳎鱼追随着一个持续磁性罗盘航向，而并非一个强度相同的直线方向，此直线磁场方向推测是由电缆产生的地磁异常。由于这次跟踪的空间分辨率太低，因而无法得出一个关于磁场影响的肯定结论。实验还发现，环境水深和水流因素也应加以考虑。

Westerberg (1994) 还从研究的角度直接考虑近岸风力发电场电磁辐射情况，测试了南波罗的海一座风力发电机附近的欧洲鳎鱼的洄游形式。遥测跟踪监测并未显示洄游形式发生任何改变，至少在不超风力发电机周围 500 m 处。

在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中，对 60 尾正在洄游的银鳎进行超声波标记，并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132 kV 交流电缆 (AC) 的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4 km 的间隔进行检测。电缆从间隔中间横穿。通过校正水流引起的水平对流，可以发现鳎鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响，但这种影响是很小的，从这些间隔通过引起了平均约 30 min 的延迟，根据调查结论，电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

同时为了进一步分析海上风电场电磁环境对海洋生物的影响，引用厦门大学在厦门

大学生态场水池中开展了工频电磁环境对海洋生物短期影响的研究。

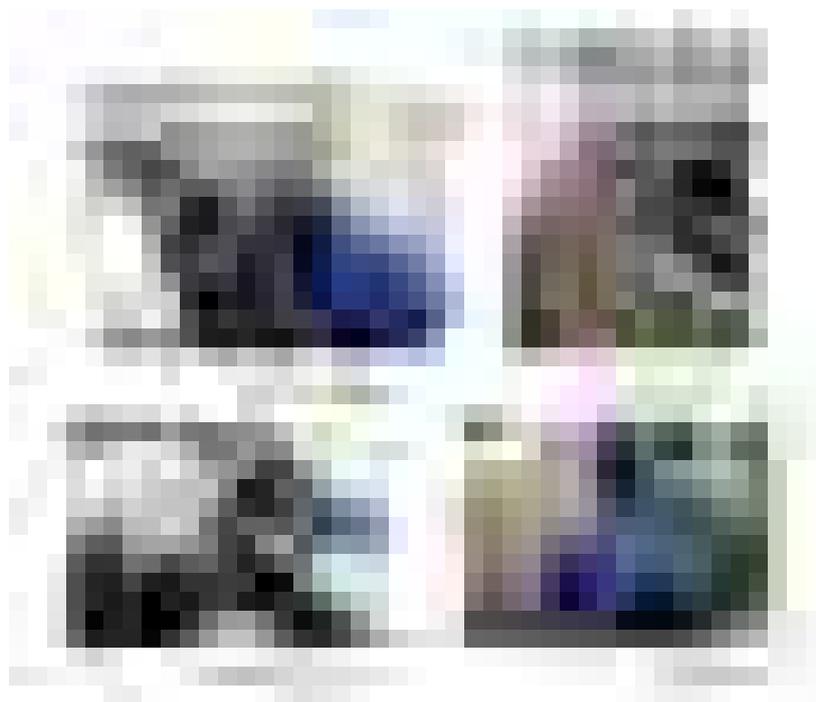


图 5.8-1 构建电磁实验

(1) 材料与方法

生物材料：

大黄鱼：40 尾，购自漳州浯屿养殖渔排，为人工养殖群体，体重 320—380g，暂养在 12 m³ 的水泥池中 2 天，选取体型完整，潜于水底的个体 25 尾进行实验；

矛尾鰕虎鱼：40 尾，收集自厦门近海系渔民捕获的野生个体。重 127-207 g。与大黄鱼暂养在同一池中选取健康的个体。与大黄鱼暂养在同一池中选取健康的个体 25 尾

半滑舌鳎：40 尾，购买自东山某海水鱼苗种场，系人工育苗的稚鱼，体重 3.0-6.5 g，暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 尾进行实验；

口虾蛄：70 尾，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海捕获的野生个体。体重 18.7-22.5 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 尾进行实验；

日本对虾：60 尾，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海捕获的野生个体。体重 10.5-20.3 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 尾进行实验；

菲律宾蛤仔：100 个，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海采集的放养个体。体重 9.6-11.3 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 个进行实验；

缙蛭：60 尾，购自厦门水产品批发市场，系厦门近海养殖的成体。体重 8.3- 17.6 g。暂养于 200 L 的桶中。选取健康个体 25 个进行实验。

(2) 实验装置

实验在临海的厦门大学海洋与地球学院生态养殖场进行。实验动物置于 200L 的长方形聚乙烯 (PE) 塑料桶中, 实验桶的规格为: 750×600 mm, 桶与桶之间的间距约 500 mm。实验桶置于木头架子之上, 通过弹性填充材料使线圈紧贴在塑料桶下方线圈不直接接触养殖水体。养殖桶内加经过沙滤、沉淀的新鲜海水, 盐度 23, 温度 $18-20^{\circ}\text{C}$ 。不间断充气。桶上覆盖遮阳网, 避免外界干扰。每天吸底、更换海水 2 次, 换水量为总量的一半。考虑到实验动物更换养殖条件时一般数天不进食, 而且实验周期较短, 为了保证水质, 实验过程未投饵。

(3) 交流电磁场构建

选用 0.8 mm 的铜质漆包线, 缠绕在外框为 200 mm \times 400 mm 的长方形框架上。三个实验组的缠绕匝数分别为 200 匝, 400 匝, 600 匝。线圈的中部均匀的放置硅钢片, 硅钢片的叠放厚度达 60 mm。实验组的三个线圈串联介入调压变压器两端, 调节变压器的电压, 使电流稳定在 0.38 A。采用特拉斯计 (上海亨通, HT208) 测量交变磁场强度。

(4) 死亡率

象不明显。鱼类未出现死亡。

对虾的死亡率分别为: 对照组: 0.36; 强磁场 (1.2 mT): 0.2; 弱磁场 (0.3mT): 0.23; 其他生物未出现死亡。

(5) 生化指标测量

生化指标测定选用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒。由于采用酶标仪对 96 孔板进行 OD 值的测量, 所有的试剂用量都按比例缩减。

(6) 实验结果

大黄鱼、半滑舌鳎、矛尾鰕虎鱼、口虾姑、日本对虾、菲律宾蛤仔、缢蛏等 7 种海洋生物在强度分别为 0.3 mT, 0.6 mT, 1.2 mT 交流电磁场的持续作用下 48 小时, 测量获得生物肌肉、肝脏、血液的碱性磷酸酶 (AKP), 酸性磷酸酶 (ACP), 超氧化物歧化酶 (SOD) 的活性, 通过总结 SPSS 软件的单因素方差分析的结果可以得出以下结论:

①在以上提到的条件下, 工频电磁场能够不同程度的提高大黄鱼、半滑舌鳎、矛尾鰕虎鱼、口虾姑、日本对虾、菲律宾蛤仔、缢蛏等的酸性磷酸酶 (ACP) 的活性水平, 对甲壳动物 (口虾姑, 日本对虾) 肌肉的影响明显强于对鱼类肌肉的影响, 对鱼类肝脏的影响明显大于对鱼类肌肉的影响;

②在以上提到的条件下，工频电磁场对于 7 种海洋生物的碱性磷酸酶（AKP）的活性的影响都不及酸性磷酸酶的影响显著。甲壳类的碱性磷酸酶水平均无显著性变化，鱼类肌肉中该酶的活性亦有部分显著升高；

③在以上提到的条件下，工频电磁场对于 7 种海洋生物的超氧化物歧化酶（SOD）的活性的影响可以认为绝大部分都不显著。

通过实验结果可以判断：

①海洋生物能够感知强度为 1.0 mT 以上交流电磁场的存在，并做出不同生理反应，这种生理反应的持久性未进行进一步评估。

②强度在 0.3 mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48 h 后，其体内的碱性磷酸酶，酸性磷酸酶以及超氧化物歧化酶的比活力变化不显著。

③磷酸水解酶活力的激活或抑制仅能表明有机体能够感知环境的变化，并不能断定环境条件的变化对生物体是有利还有害。若要进行利或害的判断，必须进行长期（几个月甚至是几个世代）、多因素（成活率，生长速度，抗逆性，繁殖力等）的综合考虑。

由于本项目 66 kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1 m 外，磁感应强度已降在 1 μ T 以下。220kV 海底电缆，在距离电缆线 5 m 外，磁感应强度已降在 10 μ T 以下。本项目电磁的影响范围和影响程度有限，因此本项目建设不会对海洋生物产生较大影响。

5.8.2 陆域电磁辐射类比监测分析

本次环评主要采用类比分析以及理论计算的方法预测本工程陆域集控中心以及线路产生的电磁环境影响。

5.8.2.1 陆域集控中心电磁环境影响分析

(1) 类比变电站的选择

在选择类比变电站时，主要考虑主变容量和平面布置方式两方面的因素，本次选用浙江省主变容量为 3×180MVA 的 220kV 凤凰变电站(户外变)作为类比对象。220kV 凤凰变电站位于杭州市萧山区新街镇，三台主变分别于 2003 年 12 月、2004 年 3 月、2007 年 6 月建成投产，目前，3 台主变均运行良好。220kV 凤凰变电站平面布置详见图 5.8-2，具体类比分析情况见表 5.8-5。

表 5.8-5 本项目与 220kV 凤凰变电站类比分析表

名称	本项目	凤凰变电站
布置方式	主变装置户外布置	主变装置户外布置

主变规模	本工程：3×80MVA	目前：3×180MVA
110KV 进线	本期：2 回	目前：3 回
110kV 配电装置	户外式	户外式
周边情况	南侧山地，北侧集控中心，东侧农田，西侧农田。	站址地形平坦，南北西三侧为农田和菜地，西北和东北侧为村庄



图 5.8-2 凤凰变电站总平面布置及监测点位图

(2) 类比监测数据

本次评价类比监测数据采用 2008 年 4 月 28 日对 220kV 凤凰变的竣工环境保护验收监测资料。监测点位置见图 5.8-2，监测时 3 台主变正常运行，监测结果见表 5.8-6。

表 5.8-6 凤凰变电磁场监测结果一览表

测点	点位描述	工频电场强度 <i>E</i> (V/m)	工频磁感应强度 <i>B</i> (nT)	备注
1	西墙外 5m 北边	0.1074	0.00057	
2	北墙外 5m 西边	0.0992	0.000505	110kV 配电装置区侧
3	北墙外 5m 东边	0.431	0.000788	
4	东墙外 5m 北边	0.0062	0.001426	
5	东墙外 5m 南边	0.0046	0.001981	

6	南墙外 5m 东边		0.1642	0.003928	220kV 配电装置区侧
7	南墙外 5m 西边		0.0197	0.003237	
8	西墙外 5m 南边		0.3652	0.00039	
9	新塘头村	38 号	0.0083	0.000041	所西北 150m
		39 号	0.0084	0.000039	
10	八大村西沙路 5 号		0.0049	0.000174	所东北 50m

由表 5.8-6 可以看出，凤凰变电站站址周围的工频电磁场在 220kV 及 110kV 配电装置区总体较高。凤凰变电站围墙外及周围敏感点处的工频电场强度在 0.0046kV/m~0.431kV/m 之间，其中北面围墙外 5m 处(110kV 配电装置区侧)电场强度值最高，达到 0.431kV/m；凤凰变电站围墙外及周围敏感点处的磁感应强度在 0.00039mT~0.003928 mT 之间，其中最大值出现在靠近 220kV 配电装置区的南侧围墙外 5m 处，为 0.003928mT。

可见，凤凰变四侧围墙外的电磁场强度均低于导则推荐的居民区评价标准(电场强度 4kV/m、磁感应强度 0.1mT)。

(3) 电磁环境影响预测

结合凤凰变电站围墙监测结果，预测上集控中心建成后，四周厂界外工频电场强度和工频磁感应强度值将基本维持在现有水平，均满足导则推荐的 4kV/m 和 0.1mT 的评价标准要求。

陆上集控中心工频电磁场评价范围外的小京村位于变电站东北侧，最近住户距离变电站西侧围墙约 370 米。据凤凰变电站监测结果，位于变电站西北侧 150m 处的新塘头村其高频电场强度在 $8.3 \times 10^{-3} \sim 8.4 \times 10^{-3}$ kV/m 之间，工频磁感应强度在 $3.9 \times 10^{-5} \sim 4.1 \times 10^{-5}$ mT 之间。因此，小京村居民点的工频电场强度和工频磁感应强度将基本维持在现有水平，能够满足导则推荐的 4kV/m 和 0.1mT 的评价标准要求。

5.8.2.2 陆域电缆电磁环境影响分析

新建架空线路电磁环境影响预测采用《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）的模型计算分析的方法。

(1) 理论计算

本工程 220KV 架空输电线路的工频电场、工频磁场影响预测将参照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）附录 C、D 推荐的计算模式进行。

① 高压交流架空输电线路下空间工频电场强度的计算

a. 单位长度导线上等效电荷的计算

高压输电线上的等效电荷是线电荷，由于高压输电线半径 r 远远小于架设高度 h ，所以等效电荷的位置可以是在输电导线的几何中心。

设输电线路为无限长并且平行于地面，地面可视为良导体，利用镜像法计算送电线上的等效电荷

多导线线路中导线上的等效电荷由下列矩阵方程计算：

$$[U] = [\lambda] [Q]$$

式中： U ——各导线对地电压的单列矩阵；

Q ——各导线上等效电荷的单列矩阵；

λ ——各导线的电位系数组成的 m 阶方阵（ m 为导线数目）。

$[U]$ 矩阵可由输电线的电压和相位确定，从环境保护考虑以额定电压的 1.05 倍作为计算电压。

$[\lambda]$ 矩阵由镜像原理求得。

b. 计算由等效电荷产生的电场

为计算地面电场强度的最大值，通常取设计值最大弧垂时导线的最小对地高度。

当各导线单位长度的等效电荷量求出后，空间任意一点的电场强度可根据叠加原理计算得出，在 (x, y) 点的电场强度分量 E_x 和 E_y 可表示为：

$$E_x = \sum_{i=1}^m \frac{q_i}{r_i^2} \frac{x - x_i}{r_i} - \sum_{i=1}^m \frac{q_i}{r_i'^2} \frac{x - x_i}{r_i'}$$

$$E_y = \sum_{i=1}^m \frac{q_i}{r_i^2} \frac{y - y_i}{r_i} + \sum_{i=1}^m \frac{q_i}{r_i'^2} \frac{y - y_i}{r_i'}$$

式中： x_i, y_i ——导线 i 的坐标 ($i=1, 2, \dots, m$)；

m ——导线数目；

L_i, L_i' ——分别为导线 i 及镜像至计算点的距离， m 。

由于接地架空线对于地面附近场强的影响很小，对 220kV 线路排列的几种情况计算表明，没有架空地线时较有架空地线时的场强增加约 1%~2%，所以常不计架空地线影响而使计算简化。

②高压交流架空输电线路下空间工频磁场强度的计算

由于工频情况下电磁性能具有静态特性，线路的磁场仅由电流产生。应用安培定律，将计算结果按矢量叠加，可得出导线周围的磁场强度。和电场强度计算不同的是关于镜像导线的考虑，与导线所处高度相比这些导线位于地下很深的距离 d:

$$d = 660\sqrt{\frac{\rho}{f}}(\text{m})$$

式中：ρ—大地电阻率，Ω.m;

f—频率，Hz。

在很多情况下，只考虑处于空间的实际导线，忽略它的镜像进行计算，其结果已足够符合实际，如图 3.2-1，不考虑导线 i 的镜像时，可计算在 A 点其产生的磁场强度：

$$H = \frac{I}{2\pi\sqrt{h^2 + L^2}}(\text{A/m})$$

式中：I——导线 i 中的电流值，A;

H——导线与预测点的高差,m;

L——导线与预测点水平距离，m。

对于三相线路，由相位不同形成的磁场强度水平和垂直分量都应分别考虑电流间的相角，按相位矢量来合成，合成的旋转矢量在空间的轨迹是一个椭圆。



图 5.8-3 磁场向量图

本工程为三相线路，水平和垂直场强分别为：

$$H_x = H_{1x} + H_{2x} + H_{3x}$$

$$H_y = H_{1y} + H_{2y} + H_{3y}$$

H_{1x}、H_{2x}、H_{3x} 为各相导线的场强的水平分量；

H_{1y}、H_{2y}、H_{3y} 为各相导线的场强的垂直分量；

H_x、H_y 为计算点合成后水平分量和垂直分量（A/m）。

为了与环境标准相对应，需要将磁场强度转换为磁感应强度（mT）（一般也简称磁场强度），转换公式的单位为亨利，换算为特斯拉用下列公式：

$$B = \mu_0 H$$

式中： B——磁感应强度（T）；

H——磁场强度（H）；

μ_0 ——常数，真空中相对磁导率（ $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}H/m$ ）

(2) 计算参数

预测杆塔型式的选取主要根据杆塔的代表性及数量、对敏感点的影响等方面考虑。本工程新建架空线路采用双回路架设。从环境不利条件考虑，选取水平相间距较小、垂直相间距较小的塔型（工频电磁场相对较大）作为本次预测塔型，本次双回塔 2E8-SJC4。导线参数见表 5.8-7；本工程杆塔（见图 5.8-4）计算参数见表 5.8-8。

表 5.8-7 线路导线计算参数一览表

参数	工程	220KV 海缆登陆点至陆上 220kv 变电站 220kv 输电线路
导线型号		JL/G1A-400/35-4817 钢芯铝绞线
线路电压		220kV
架设方式		双回，垂直排列
外径		26.8mm
导线截面积		452.24mm ²
底相导线对地最小距离（m）		25
线路计算电流（裸导线）		418A

注：线路计算电流选取裸导线的安全载流量（持续容许负荷 A）进行保守预测

表 5.8-8 塔杆计算参数一览表

导线排列方式	相序排列及相对坐标（以塔杆中心）（m）						备注
	左回路			右回路			
		x	y		x	y	
垂直	A	-6	48.5	A	4.5	48.5	导线对地最低高度 25m
	B	-7.9	42.1	B	6.2	42.1	
	C	-6.7	36	C	5	36	

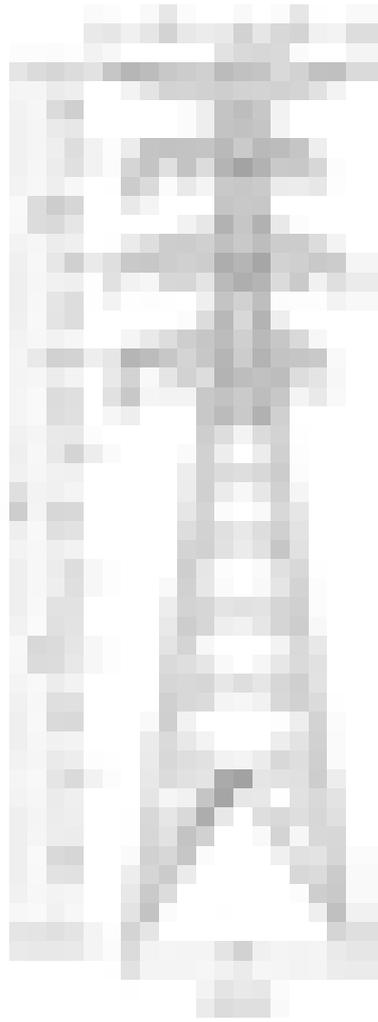


图 5.8-4 本预测选取典型杆塔图

(3) 预测点设置

本次评价预测以输电线路走廊中心对应导线弧垂最大处的地面投影为起点，沿垂直于线路方向布设预测点。预测导线最大弧垂对地高度 25m 时，地面 1.5m 高处的电场强度、磁感应强度，同时预测线路沿线各环境敏感目标的电场强度及磁感应强度。

表 5.8-9 导线的对地距离情况一览表

序号	线路经过地区	最小距离 (m)	备注
1	导线对非居民区地面	25	最大弧垂 6m
2	导线对居民区地面	25	

(4) 预测结果

根据项目 220kV 架空输电线路电场强度、磁感应强度随距离变化预测结果见 5.8-10。

表 5.8-10 项目 220KV 架空输电线路电场强度和磁感应强度预测结果

中心线距离 (m)	磁场强度 (μT)	电场强度 (V/m)	中心线距离 (m)	磁场强度 (μT)	电场强度 (V/m)
0	1.90	987.39	14	1.59	600.68
1	1.89	982.51	15	1.55	559.79

2	1.89	972.65	20	1.35	370.80
3	1.88	957.82	25	1.16	221.05
4	1.86	939.98	30	0.99	117.26
5	1.85	917.14	35	0.84	58.94
6	1.83	891.27	40	0.71	49.93
7	1.81	862.36	45	0.61	62.46
8	1.78	830.41	50	0.52	72.56
9	1.76	795.45	60	0.40	80.11
10	1.73	759.46	70	0.31	77.17
11	1.69	720.50	80	0.24	71.79
12	1.66	681.53	90	0.20	64.87
13	1.63	640.60	100	0.16	58.14



图 5.8-5 线路电场强度变化趋势图



图 5.8-6 线路磁场强度变化趋势图

根据上文预测，当导线对地最低高度为 25m 时，地面 1.5m 高度处，项目 220kV 架空输电线路边导线附近工频电场强度最大值为 987.39V/m，磁感应强度最大值为 1.9 μT，线路产生的电磁环境影响能满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中规定的限值要求（工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100 μT）。

(5) 敏感目标电磁环境影响分析

根据本工程资料和现场踏勘，本工程沿线敏感点出环境影响分析结论及预测结果见表 5.8-11。

表 5.8-11 表敏感目标处环境影响分析结论及预测结果

序号	敏感点	距边线中心最近水平距离	建筑情况	预测点高度	对地最低线高	对屋顶最低线高	预测结果		评价结论
							工频电场强度 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)	
1	居民楼	10	2 层平顶，楼高约 7m	1.5m	25m	18m	0.758	2.71	满足标准

根据上文预测结果分析可知，本工程导线最近的环境保护目标电磁环境小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的规定频次 50Hz 的公众曝露控制限值（工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100 μT），满足要求。

5.9 固体废弃物环境影响分析

5.9.1 施工期产生的固体废弃物环境影响分析

按每人每天产生量为 1.0kg 计，则施工人员生活垃圾产生量为 760kg/d。海上生活垃

圾通过船舶清运至陆上，陆上生活垃圾通过垃圾桶收集，由当地环卫部门定时清运，对周围环境影响很小。

工程弃渣中符合回填要求的弃渣用于项目回填，不符合回填要求的弃渣下一阶段应落实弃渣回填，将弃渣堆放于弃渣场，施工结束后采取植被恢复等水土保持措施，对环境影响较小。

5.9.2 运营期产生的固体废弃物环境影响分析

(1) 一般固废

因本工程运营期仅有少量运维工作人员，会产生少量生活垃圾，产生量约为 7.5kg/d，在集控中心统一收集后交由当地环卫部门及时处理，不会对环境产生不利影响。

(2) 危险废物

工程运行期间产生的固体废物主要为风机机舱和轮毂中更换的润滑油，润滑油约每 3~5 年更换一次，每台风机内部润滑油约 1.4t。按每 3 年更换一次，则风电场运行 25 年润滑油总产生量约 560t。风电场风机更换的润滑油收集后交由有资质单位处理、处置。

运营期变压器事故排油、油渣、废旧变压器和擦油破布属于危险固废，废物代码 900-220-08、HW08（变压器维护、更换和拆解过程中产生的废变压器油）。

事故排油经事故贮油池处理后由专业厂家回收处置；废旧变压器由专业厂家回收利用。

5.10 工程建设对鸟类的影响

5.10.1 施工期对鸟类的影响

本项目施工期对鸟类主要影响因素有：风力发电机组基础施工、风力发电机组安装、船舶运输、海上电缆铺设等施工活动。各种施工机械如施工和运输船舶、风机高桩承台施工、海上分体组装与吊装、海上电缆铺设时两栖挖掘机挖沟和挖泥抛石船等施工活动所产生噪声、干扰，会对风电场施工区及周边的水鸟产生一定的影响。

(1) 施工期对鸟类栖息和觅食影响

根据调查，项目评价区主要分布有鸥类、鸕鹚类、鹭类、普通鸕鹚等一些水鸟和鸕鹚类、雀形目鸟类。风电场及周边主要为海域和浅海水域、岩石海岸，风电场及周边分布有白额燕鸥、黑尾鸥等鸥类，其他鸟类较少。

根据鸟类生物学和生态学特性，结合对鸟类行为学研究实践，针对施工期对栖息和觅食的具体影响分析如下：

①游禽类：包括普通鸬鹚、白额燕鸥和黑尾鸥等游禽类，喜集群或单独活动，重度受人为活动干扰，黑尾鸥和普通鸬鹚在福建省沿海广泛分布，数量较大。在施工期，距离其 150-200m，就会对其活动产生影响，在距离 200m 以上，影响会明显减弱。项目评价区鸟类主要分布在北礮岛和南礮岛之间靠西一侧的无人小岛和附近海域，其中过门岛、猴礮岛、棺材礮岛、红礮岛和土河岛等岛屿这些鸟类数量较大。由于风机布置离鸟类分布区较远，离最近东礮岛 2km 以上，施工期对风电场施工区及周边觅食活动的白额燕鸥和黑尾鸥等鸥类产生影响较小，施工期活动虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但受影响程度为轻微影响，影响有限，项目区周边可以容纳其继续生存、觅食，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。

风力发电机组基础施工、机组安装及海底电缆铺设会破坏项目区的海洋底栖生物和鱼类的生境，使项目区的底栖生物和鱼类的种类和生物量减少，进而影响鸥类觅食。但由于施工作业属短期行为，施工结束后，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风机周边，施工活动对水域的扰动影响有限，仅局部影响周围水域内水生生物的种类和数量，而且在风电场施工区的鸥类活动较少，因此项目建设对鸥类和普通鸬鹚产生较小影响。

②鸬鹚类：包括金眶鸬、环颈鸬、黑腹滨鸬等鸬鹚类，为冬候鸟，通常单独或者成群活动，中度或重度受人为活动干扰，在福建省沿海广泛分布，种群数量大。在施工期，距离其 100m 左右，就会对其活动产生影响。主要分布于北礮岛周边沿岸的沙石海滩和岩石海岸，由于项目评价区缺乏高潮位时停歇地，鸬鹚类等鸟类在项目评价区分布较少，为少量零星分布。距离风机超过 4km，施工活动对鸬鹚类基本无影响。

③鹭类：包括苍鹭、大白鹭、牛背鹭、池鹭、白鹭等鹭类，在福建省广泛分布，数量大，主要分布在项目评价区沿岸及水产养殖场，通常集群栖息，分散活动觅食，项目评价区只是少量零星分布，轻度或中度受人为活动干扰。在施工期，距离其 20-50m，才会对其活动产生影响。鹭类分布区域离风电场施工区 4km 以上，在风电场施工区无鹭类分布，风电场施工对鹭类影响很小。

④伴人居和农田鸟类：主要有八哥、家燕、白鹡鸰、云雀、麻雀、等，通常单独活动或者集群，在农田或者村庄附近活动，中度或轻度受人为活动干扰。伴人居和农田鸟类对人的适应性强，对人类干扰不敏感，而且分布范围广，普遍分布。在项目评价区主要分布在东礮岛、南礮岛、西礮岛、北礮岛等 4 个大的岛屿和周边的棺材礮岛，离风机施工区距离远 4km 以上，施工活动对伴人居和农田鸟类的栖息环境基本不影响，施工期

基本不会对伴人居和农田鸟类造成影响。

综上所述，由于风电场施工区为海域，鸟类主要为鸥类，除了鸥类数量有 3000 多只外，其它鸟类的种类和数量较少，属于广泛分布的种类，为常见物种，且多数属于轻微或者中度受干扰的种类。施工期虽然对鸥类的觅食、活动将产生一定的负面影响，减少了一些觅食、活动地域，但项目建设区距鸥类停歇的部分岛屿较远，受项目建设影响的物种及其数量也有限，项目区周边可以容纳其继续生存，能有效缓解这些负面影响，其影响是可以接受的。

但鉴于风电场施工期会对鸥类产生一定影响，为尽量减轻施工对风电场施工区周边鸥类的影响，建议项目施工时还应合理安排施工时间，离鸥类分布较近的风机施工尽量避开夏季鸥类栖息期施工，避免施工对鸥类的影响，同时合理布置施工船舶运输路线，减小施工期对鸥类的影响。通过施工期监测，若有白额燕鸥等燕鸥类在项目评价区繁殖，则应加强对燕鸥类繁殖活动的影响监测，及时采取相应保护措施。

（2）施工期对鸟类迁徙影响

由于项目区域缺乏适合鸕鹚类、鹭类等涉禽类栖息的潮间带滩涂。施工区不涉及鸟类鸕鹚类、鹭类等涉禽类栖息地，同时项目评价区不是水鸟主要迁徙路线，因此施工时对鸕鹚类、鹭类等涉禽类迁徙基本上无影响。

项目评价区域迁徙鸟类主要为鸥类等游禽类，在评价区分布的种类和数量较少，属于广泛分布的种类。施工时仅涉及少量的涉禽类活动区域，而且在此区域活动鸥类等游禽类数量较少，同时项目建设区距离福宁湾和三都湾鸟类迁徙主要越冬地和迁徙路线 30km 以上项目评价区不是迁徙鸟类主要迁徙路线，对偶尔在上空迁徙路过的鸟类影响很小。因此，施工期对鸥类等游禽类迁徙影响较小。

综上所述，项目建设区距离福宁湾和三都湾鸟类迁徙主要越冬地和迁徙路线 30km 以上，而项目评价区不是迁徙鸟类主要迁徙路线，项目建设施工期对迁徙鸟类影响较小。

（3）施工期对鸟类繁殖影响

截至目前实地调查情况看，未发现项目评价区有白额燕鸥等鸥类集中繁殖的区域，在北礮岛、南礮岛、西礮岛、红礮岛、猴礮岛和观音礮岛等岛陆生境上的鸟类主要是鸥类和一些伴人居和农田鸟类，主要有黑尾鸥、白额燕鸥、普通燕鸥、八哥、家燕、麻雀、池鹭、白鹭等，通常单独活动或者集群，在农田或者村庄附近活动，中度或轻度受人为活动干扰。伴人居和农田鸟类对人的适应性强，对人类干扰不敏感，而且分布范围广，普遍分布。在项目评价区北礮岛、西礮岛、南礮岛等岛屿以及周边小岛屿沿岸，离风机

施工区超过 4km 施工期不会对繁殖鸟类造成影响。但应加强监测，及时关注对燕鸥类活动的影响，并制定相应保护措施。

(4) 陆上集控中心和升压变电站施工对鸟类影响

施工期陆上集控中心基础土石方开挖的运输车辆、推土机、混凝土搅拌机、振捣棒等施工机械产生较强的噪声，虽然这些施工机械属非连续性间歇排放，但由于噪声源相对集中，且多为裸露声源，故其辐射范围和影响程度较大，对陆上集控中心及周边的鸟类产生一定的影响。

陆上集控中心项目区周边鸟类是以伴人居和农田鸟类为主，主要有八哥、家燕等伴人居和农田鸟类，通常单独活动或者集群，中度或轻度受人为活动干扰。在施工期，距离其 10-40m，会对其活动产生影响，少量会受影响的鸟类会远离项目区活动，到附近其他区域活动，使该区域鸟的种类减少、种群数量降低，待施工结束后，其影响可以消除。这些鸟类在福建省普遍分布，数量多。因此，施工期对陆上集控中心分布的鸟类影响较小。

海上升压变电站未发现鸟类分布，施工对海上升压变电站周边鸟类基本不产生影响。

5.10.2 运营期对鸟类的影响

(1) 陆上集控中心和升压变电站对鸟类影响分析与评价

运营期陆上集控中心、升压变电站对鸟类的影响主要是陆上集控中心项目区及周边陆鸟的影响。主要影响因素是运营时噪声、人为活动、电磁辐射以及灯光等项目区的鸟类产生影响，促使一部份鸟类如云雀等不能在项目区活动，远离项目区，到周边类似生境区域活动。但是如麻雀、鹊鸂、白头鹎和八哥等鸟类，还能在项目区栖息、觅食等活动。

随着陆上集控中心、升压变电站建设完成后，项目区内的生境等消失，项目区的陆鸟数量和种类减少。但由于周边的生境适合这些鸟消失，项目区的陆鸟数量和种类减少。但由于周边的生境适合这些鸟类生存，不会导致这些鸟类死亡或灭绝，而且陆上集控中心、升压变类生存，不会导致这些鸟类死亡或灭绝，而且陆上集控中心、升压变电站项目区没有珍稀鸟类分布，未发现国家重点保护鸟类。因此，运电站项目区没有珍稀鸟类分布，未发现国家重点保护鸟类。因此，运营期陆上集控中心、升压变电站对鸟类影响小。营期陆上集控中心、升压变电站对鸟类影响小。

(2) 运营期对鸟类觅食的影响分析与评价

①对冬候鸟觅食的影响分析与评价

根据调查，项目评价区冬候鸟有普通鸬鹚、白鹭、苍鹭、大白鹭、环颈鸪、黑腹滨鹬、西伯利亚银鸥等，是项目评价区主要的迁徙越冬候鸟，但这些冬候鸟种类数量均较少，仅有约 9 种 50 只左右，且是常见、广泛分布的物种，这类鸟类主要是在北礮岛和南礮岛之间靠西一侧的无人小岛沿岸的岩石海岸和附近海域觅食或停歇。风电场距离鸬鹚类和鹭类觅食地超过 2km，运营期对其觅食没有影响由于在项目评价区分布冬候鸟游禽水鸟的数量较少，离风机距离大于 3km 运营期对鸥类和普通鸬鹚会产生较小影响。

由于风电机在运转过程中会产生叶片扫风噪声和机械运转噪声，多数风机轮毂处的噪声可达 100dBA) 以上。由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，与风机近距离的接触将使鸟类难以适应，在该噪声环境条件下，风机转动存在对鸟类驱赶作用，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围，使水鸟放弃风电场区域作为觅食地。风电场分布水鸟主要是鸥类、普通鸬鹚，偶尔在此飞翔和觅食。另外，候鸟在迁移途中觅食时，飞行高度一般低于 200m，而风机叶片旋转高度约为 22-198m。因此，风机运行将直接对风电场内的鸟类觅食产生影响，直接影响部分鸟类在风电场范围内的觅食飞行，所以风电场范围将不适宜作为鸟类的栖息觅食场所。鸟类对栖息地大都有记忆，一旦生境破坏或改变，鸟类将避开原觅食地，这种影响将是长期的、不可逆的。

项目评价区海上风电场建成后将使风电场区域鸟类觅食的范围基本不影响，在风电场邻近海域能够满足水鸟觅食需求，不会导致风电场附近海域水鸟种群密度降低，同时由于风机的转动噪音将影响海域中鱼类的活动规律和分布，但是对水鸟的食物量影响有限。

但是，鸟类对噪声具有较大的忍耐力，对于稳定的噪声很快就会适应。德国曾在 1994 年~1999 年在 30 台风力发电机附近，研究风机噪声对鸟类的影响，结果发现，距离鸟类的栖息地 250m 以上，风力发电机组噪声对鸟类正常的栖息、觅食的影响较小。

虽然风电场理论占用水鸟可能的觅食地，但是由于项目评价区海上风电场周围海域分布的水鸟种类少，在此活动的水鸟数量也少，风电场及周边海域不是候鸟迁徙途中的主要觅食地。而且被风机占用区域周边海域水生生物分布受到影响小，原有底栖生物的生境没有改变，不会使冬候鸟的觅食环境受到大的影响。因此，风电场对冬候鸟觅食地食物量影响小，对冬候鸟觅食造成影响很小。

而且本项目为海上风电场，不占用沿岸滩涂、水产养殖场等冬候鸟的觅食地，项目评价区岛上和沿岸滩涂等水鸟的主要觅食地未受影响。鸬鹚类和鹭类主要分布在项目评

价区岛上和沿岸滩涂，风机不会对鸕鹚类和鹭类等涉禽的觅食造成影响。因此，风电场对项目评价区鸕鹚类和鹭类等越冬水鸟的觅食影响很小。综上所述，风电场运营期主要是风电场对水鸟觅食范围和食物量产生较小的影响，对冬候鸟觅食的影响程度较小。

②对留鸟觅食活动的影响分析与评价

项目评价区留鸟有白头鹎、八哥、鹊鸂、麻雀等留鸟，这些留鸟主要是分布于项目评价区岛上以及陆上集控中心，陆上集控中心及周边有分布，陆上集控中心占用留鸟的活动场所及觅食资源。由于陆上集控中心人为干扰以及环境改变、食物匮乏，这些留鸟大多数鸟类会选择回避，减少进入该区域活动，甚至可能放弃这里作为觅食地，使得陆上集控中心区域适宜鸟类停歇、觅食的范围减小，从而影响陆上集控中心鸟类觅食，使鸟类在邻近区域重新选择觅食地。

虽然陆上集控中心对这些鸟类的栖息、觅食产生一定的不利影响，但是由于这些留鸟为福建省广泛分布的鸟类，觅食范围广泛，周围也是其觅食地，陆上集控中心对这些留鸟觅食影响较小。在短暂的活动范围调整之后，这些留鸟很快就会适应周边新的环境。海上风电场建设区域在海上，不是项目评价区留鸟栖息地，风电场海上建设对留鸟没有影响。

③对夏候鸟觅食的影响分析与评价

根据调查，调查评价范围夏候鸟有鸥类（黑尾鸥、白额燕鸥、褐翅燕鸥、黑枕燕鸥）、鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）、白腰雨燕、黑卷尾、家燕等 11 种。项目评价区夏候鸟鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕等，主要分布在岛屿的沿岸滩涂和附近海域附近，项目评价区的白鹭、牛背鹭等鹭类觅食主要是在沿岸潮间带随着潮水的涨退而进行迁移，觅食地距离风电场 4km 以上，觅食地距离风电场较远，风电场对家燕和鹭类等夏候鸟觅食基本无影响。

根据观察鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕几乎不会进入风电场区域觅食，不会到风机周围活动，风电场区域夏候鸟觅食基本不受影响，而且整个项目评价区周边范围大，附近其他区域也是其觅食地，完全能够满足池鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕觅食需求。因此，风电场风机的运转对鹭类（白鹭、牛背鹭、黄嘴白鹭、池鹭）和家燕等夏候鸟觅食的影响很小。

项目评价区是夏候鸟游禽鸥类（黑尾鸥、白额燕鸥、褐翅燕鸥）繁殖区，但未发现有鸥类在评价区内集群繁殖，且不是其主要觅食区。

综上所述，宁德霞浦 B 区海上风电场工程仅占用少量鸟类的觅食地，而且风电场距

离项目评价区鸟类主要觅食地较远，风电场对冬候鸟、留鸟和夏候鸟觅食影响小。

(3) 运营期对鸟类迁徙的影响分析与评价

① 风机高度对迁徙鸟类的影响

宁德霞浦 B 区海上风电场虽然处于东亚—澳大利西亚候鸟迁徙大的通道上，但是经调查项目评价区并非是迁徙鸟类所经过迁徙路线。鸕鹚类、鸥类和普通鸕鹚水鸟为项目评价区鸟类的优势种，也是主要的迁徙鸟类。鸕鹚类、鸥类和普通鸕鹚类的迁飞主要在高空中依靠气流来带动飞行，鸕鹚类、鸥类和普通鸕鹚迁徙大多是高空迁飞，这些候鸟迁飞高度超过 300m 项目评价区海上风电场的风机轮毂中心高度 110m，叶片直径 175m，总高度 198m，本项目风机叶片旋转的范围在离地面 22-198m 之间，鸟类迁飞的高度远超过风机的轮毂和叶片的高度。因此，风电场风机对水鸟迁徙影响很小。

但是在鸟类迁徙遇到逆风不能着陆时，飞得很低，几乎是近地面或近水面飞行，特别在夜间或有雾、烟、密云和透视度低的天气，发生误撞而死亡的几率会提高。但在项目评价区秋季迁徙期一般很少发生有雾、烟和密云的天气，台风等不利天气主要是发生在夏季，非鸟类的迁徙季节。因此，不利天气因素造成对项目评价区鸟类迁徙造成不利影响小。

据美国审计署统计，雀形目鸟类是与风机撞击更多的鸟类，占撞击死亡鸟类的 80% 左右。小型鸣禽如往返于休息地与觅食地、饮水地等的迁徙活动中，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。但是同撞飞机、汽车、建筑物、通讯塔、架空电线等鸟类死亡的数量相比，死于风电场风机下的鸟数量是很少的，海上风电场对于鸟类撞击死亡的影响比较小。风机主要对少数飞行高度较低的小型鸣禽迁徙构成威胁，但是这些鸣禽迁徙路线在陆地上，没有经过海面，本项目海上风电场不存在风机对小型鸣禽迁徙的影响。

② 风机转动速度对迁徙鸟类的影响

根据目前的研究监测资料，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呈一定的相关关系，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。

项目评价区海上风电场风机的转速较慢，而鸟类视觉极为敏锐，反应机警，能够发现并躲避障碍物，在飞行途中遇到障碍物都会在大约 100-200m 的距离下避开。因此，在天气晴好的情况下，鸟类误撞风电机的几率极小。根据我们对周边已建的风电场观察，并未发现有鸟类撞风机死亡的现象。但是，为了更好地解决项目评价区风能资源开发和候鸟资源保护之间的矛盾，建议长时期对鸟类进行连续观测，并在风电场周围建立鸟类观测站，加强对风电场区域鸟类生活习性（栖息、觅食、迁飞）的观察。

③风电场对迁徙鸟类的影响

风力发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。根据建设单位提供的资料，间距：风机基座之间的距离保持在约 680m，扣除叶片长度风机叶片转圈之间的距离保持在约 500m；行距：风机基座之间的距离保持 2100m，风机叶片转圈之间的距离保持在约 1900m，风机与风机之间有一定的廊道供鸟类栖息飞行通过。而且鸟类的视觉极为敏锐、反应机警，加之本项目风机周围鸟类分布很少。因此，发生鸟类碰撞风机致死现象的可能性很小。

据丹麦科学家对通过雷达对 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测发现，鸟类的视力很好，白天鸟类在 3000m 外，夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向，水鸟在距离风力发电场 100-3000m 的地方就对风力发电场有所避让，鸟类对风力发电场这类障碍物有一定的避让能力。但是这种避让行为无疑会增加迁飞的能量消耗，风电场的存在影响水鸟飞行路线和分布。据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数量较多，高度多在 40m 以下的低风险区，而在 40-120m 的高风险区数量很少，而且飞行通过的种类以小型鸬鹚为主。在丹麦的 Nysted 和 HornsRev 风力发电场鸭类能 480m 排间距的风机之间穿越飞行。

从以上分析来看，项目评价区迁徙候鸟有一定避让风电场的能力，风电场对迁徙鸟类影响较小。

综上所述，鸟类在迁徙过程中与海上风电场风机相撞机率低，风电场建成后不会对候鸟迁飞构成威胁，对鸟类迁飞影响较小。

（4）对鸟类繁殖的影响分析与评价

陆上集控中心附近夏候鸟和留鸟主要是家燕、白头鹎、棕背伯劳、八哥、鹊鸂和麻雀等鸟类，分布数量较少，在项目评价区范围内发现黑尾鸥在红礁岛和棺材礁岛集群繁殖，访问到历史有白额燕鸥、普通燕鸥和褐翅燕鸥等燕鸥类在长鸟岛及周边岛屿集群繁殖，但 2023 年未发现燕鸥类在此区域集群繁殖。

海上风力发电场风机运转时发出的噪音以及风力发电场的工作人员的活动对风电场和周围的繁殖鸟类也会造成一定的干扰，使这些鸟类远离风电场活动。而且在繁殖期育雏期间，飞行频繁而且风机的叶片运转所产生的噪音和气流干扰可能会改变觅食地区鱼类等水生生物的活动格局，会对繁殖鸟类的觅食和繁殖生态造成影响，导致繁殖鸟类繁殖成功率下降。但是，项目评价区海上风电场风机离项目评价区东礮岛岸边最近距离大于 4km，风电场不是黑尾鸥和燕鸥类的主要觅食地，因此，风电场基本不会对繁殖鸟类繁殖造成影响，基本不会因为干扰繁殖鸟类的活动而造成繁殖鸟类的营巢成功率下降，对繁殖鸟类繁殖期的觅食和繁殖基本不会影响。

鸟类的繁殖是其生活史的重要阶段，晚成鸟育雏期亲鸟频繁往返于巢与觅食地之间，而且飞行高度通常在鸟撞风机的高风险区，亲鸟一旦发生意外，当年繁殖失败。繁殖鸟类孵卵期间进出觅食地和繁殖地之间活动，在育雏期间更是密集进出觅食地和繁殖地捕捉食物来喂雏鸟，所以在繁殖期间通过风机间的繁殖鸟类，伤害通常发生在它们在觅食地和繁殖地间的来回飞行中，有可能亲鸟发生意外，降低了雏鸟的存活率，但概率很低。

综上所述，项目评价区海上风电场的建设对项目评价区繁殖鸟类的繁殖基本不影响。

5.11 陆域生态环境影响分析

5.11.1 施工期生态影响分析

(1) 土地占用

本项目工程占地分为永久占地和临时占地。

输电线路塔基及陆域集控中心永久占地将改变其现有性质，根据建设单位提供资料，集控中心占地面积 2.2959hm²，其中耕地 1.8504hm²；塔基永久占地面积约为 0.122hm²，其中永久占用林地面积约为 0.034848hm²，临时占用林地，塔基永久占地主要为林地。仅需考虑部分塔基与现有道路连接临时施工便道，施工便道总长度 400m，便道临时用地面积共 2400m²。本工程另需布设一个牵引场及一个张力场，牵引场临时用地面积 875m²，张力场临时用地面积 1500m²。

临时占地：施工道路就近选择现有乡道及村道，施工场地和牵张场应选择现有空地，合理安排在征地范围内，采用钢板铺设牵张场，施工结束后及时拆除，重新疏松土地，可恢复原有土地功能。通过严格控制施工占地，合理安排施工工序和施工场地，及时清

理并恢复临时占地原貌及原有使用功能，施工期临时占地影响较小。

(2) 对植被的影响

集控中心用地类别为旱地与耕地，不占用基本农田，变电站的建设将改变土地使用功能，为不可逆影响，对农业生产有一定影响。集控中心的建设将改变土地使用功能，为不可逆影响，对农业生产有一定影响。但由于占地面积小，工程建设对当地局部生态环境影响较小。施工过程中的临时占地，在施工结束后将进行植被恢复。不会对环境产生较大影响。

线路塔基开挖、平整、土石料临时堆放等将造成植被面积的减少。但由于输电线路塔基开挖面积相对较小，直接造成土石方开挖量和植被破坏面积小，施工结束后及时对塔基及周边进行绿化，恢复植被种类选择原有物种。工程永久占地对其影响只是植被面积和覆盖度的减少且覆盖面积较少（约为 0.034848hm^2 ），不会对植物物种多样性产生影响。

为保护自然环境，减少植被受损和水土流失，本工程所有塔型均设计了全方位长短腿，塔腿级差设计为 1.5 或 1.0m。各塔四条腿可根据实际地形自由调节组合，并配合高低基础使用以适应塔位原地形，这样基本上不需降低基础的施工基面，改善了以往工程中根据根开大小平整一块场地而造成大量土石方开挖和水土严重流失的情况，使送电线路铁塔施工对塔位附近植被的损坏程度降到最低。

线路跨越集中林区，尽量利用现有道路，施工材料由人力、畜力运至塔位处，以减少修建临时施工便道等临时占地。由于临时施工占地面积小、干扰程度较轻、干扰时间短，施工结束后对临时施工占地扰动区域及时进行恢复，可以有效降低施工对生态系统功能的损害。

线路跨越集中林区应根据地形合理选择铁塔，采用增高铁塔直接跨越方式，不砍伐线路通道，跨越高度按林木自然生长高度确定，对部分危害线路运行安全的植被进行去顶及修枝。在选择塔位时，应根据现场实际情况，合理布置铁塔位置，将塔基布置在林木较少地区，以减少塔基处的林木砍伐，工程施工后，输电线路塔基处土方开挖和植被的清除，永久性改变了土地利用方式，在一定程度上降低了生态环境的生态效能。但由于输电线路塔基开挖面积相对较小，直接造成土石方开挖量和植被破坏面积小，施工结束后及时对塔基及周边进行绿化，植被恢复选用灌草结合的方式进行，植被种类选择原有物种，本工程对其影响只是植被面积和覆盖度的减少，不会对植物物种多样性产生影响。因此，工程建设使用的永久占地对区域生物多样性的影响可以接受。

树木砍伐后在林内形成林窗，使塔基周围处的微环境如光辐射、温度、湿度、风等因素发生变化，但由于项目砍伐造成的林窗数量少，因此不会对原有林地造成系统性破坏，不会促使演替的逆向发展，同时少量林窗的形成有利于实生苗的更新，促进林下喜光植物的定居、生长，一定程度上可能会增加物种多样性。因此本工程跨越林区的线路建设不会造成大幅度的森林面积和生物量的减少，不会造成原有植被逆向演替。

综上，项目建设对植被影响较小。

(3) 对动物的影响

本线路建设施工期对野生动物的影响主要表现为施工人员活动、施工机械、车辆的噪声对野生动物的短暂惊吓和干扰，影响动物的正常活动。受施工影响，这些野生动物会产生规避反应，远离施工区域，待施工结束后会陆续返回至附近，不会造成区域动物种类和数量的减少。沿线动物主要为鸟类、蛇类及鼠类等常见物种，线路评价范围内未发现珍稀及受保护的野生动物。施工活动对野生动物的影响是有限、短时的。因此，项目施工期对动物多样性和数量的影响很小，随着施工期结束，影响将小时。工程施工过程中应尽量避免伤及野生动物，如无意中伤及，应及时向有关部门报告，并在允许的情况下采取紧急救援措施。

(4) 水土流失

集控中心与输电线路施工期对水土流失的影响主要是基面、基坑开挖破坏地表植被所造成。本工程不存在大开挖，设计时采用掏挖式基础，可减少基础土方量的开挖，基础开挖土待基础施工完成后都可作为回填土，无弃土产生。工程施工结束后及时对塔基周围进行植被恢复，也可有效降低水土流失发生的可能性。施工材料堆放场地等临时占地应选择现有空地，减少对植被的破坏。

施工便道恢复。施工临时进场公路在施工结束后无使用要求，应恢复原有植被；山地施工人抬便道在施工结束后尽快恢复自然植被，保持原有生态环境

5.11.2 运营期陆域生态环境影响分析

本项目各项污染物均能达标排放，且周边无珍稀濒危物种，本项目的建设不会对周边动植物的生产影响，对周边生态系统的结构与功能影响很小。

6 环境事故风险分析与评价

6.1 环境风险识别

根据建设项目的性质、施工作业流程、施工方式、运营过程等，结合项目所在地区的自然环境特征，对本项目的环境风险进行识别如下：

- (1) 施工期大量船舶在海上进行施工作业，由于不良天气、海况及人工误操作等原因，可能发生船舶碰撞的事故，造成溢油事故的发生；
- (2) 工程施工期间和投产后存在通航安全风险；
- (3) 施工期间遭到雷击、台风、地震等气象灾害时的风险；
- (4) 海上升压站运行存在安全风险。

6.2 船舶溢油事故环境风险分析

6.2.1 溢油事故环境风险预测

6.2.1.1 预测模型

溢油在海洋水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流和湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩散过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散，这两种过程总是同时存在，通常称为“平流—扩散”问题。本报告主要采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的时空行为。这种方法采用随机方法模拟扩散过程，用确定性方法模拟平流过程。

(1) 动力学过程

在环境动力模型提供的环境动力参数的基础上，采用欧拉--拉格朗日追踪方法，进行油膜中心轨迹的预测。油膜中心漂移速度，取决于海面风速与表层流，是空间和时间的函数，其值用油膜中心点所在网格点上的速度内插而得。空间每个网格节点上的 x 、 y 方向上的速度在某时刻为：

$$\begin{cases} V_x = V_{rx} + \alpha V_{wind} \sin(180 + \theta_0 + \theta) \\ V_y = V_{ry} + \alpha V_{wind} \cos(180 + \theta_0 + \theta) \end{cases}$$

其中 V_{rx} 、 V_{ry} 为网格点上表层流速的 x 、 y 方向分量，皆由环境动力学模型求出。 V_{wind} 为网格点上的风速， α 为风因子，计算时取 0.03； θ_0 为风向， θ 为油粒子受风影响的漂移偏

角。 θ 的取值与风速的大小有关，公式为：

$$\theta = \begin{cases} 40 - 8\sqrt{V_{wind}} & 0 \leq V_{wind} \leq 25m/s \\ 0 & V_{wind} \geq 25m/s \end{cases}$$

油粒子漂移轨迹计算公式为：
$$\bar{S} = \bar{S}_0 + \int_t^{t+\Delta t} V_l(x(t), y(t), t) dt$$
；

其中： S_0 为初始时刻， S 为油膜中心点所在位置， $V_l(x(t), y(t), t)$ 为拉格朗日追踪速度， $V_l = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ 。

由于空间和时间不同，流况不同，有时风速、风向也不同，所以在不同地点、不同时刻发生溢油后所追踪到的油膜中心运移轨迹就不同。

剪流和湍流引起的扩散过程属于随机运动，可用随机走动法实现模拟。由于每个粒子的随机运动而导致整个粒子云团在水体中的扩散过程。对于水体表面随机扩散过程可用下式描述：

$$ra' = R(6k\alpha\Delta t)^{1/2}$$

其中： ra' 为 $\alpha=(x, y, z)$ 方向上的湍动扩散距离； R 为 $[-1, 1]$ 间均匀分布随机数。 $k\alpha$ 为 α 方向上的湍流扩散系数， Δt 为时间步长。

溢油的漂移是平流过程，扩散过程，风共同作用的结果。第 i 个粒子在 Δt 时段内的位移可表示为：

$$xi = ui\Delta t + rx'$$

$$yi = vi\Delta t + ry'$$

其中： $ui = u$ 流 + u 风 + u 环； $vi = v$ 流 + v 风 + v 环； rx', ry' 为在 x, y 方向上的随机移动距离； u 流、 u 风、 u 环、 v 流、 v 风、 v 环皆由环境动力学模型求出。

由于每个粒子代表一定的油量，根据标识粒子所在的位置和所代表的油量可计算溢油的扩展面积和油膜厚度。

(2) 非动力学过程

蒸发：蒸发率随着溢油区域的厚度变化。

对于溢油厚的部分：

$$F = (1/C) [\ln P_0 + \ln(K_m A v t C / RTV + 1/P_0)] \tag{2}$$

F ：蒸发部分； V ：溢出体积(m^3)； R ：空气常数

C ：常数； A ：溢油面积(厚部分)(m^2)； T ：海表温度($^{\circ}K$)； v ：摩尔体积； t ：时间；

Km: 质量输运系数, 与 $U^{0.78}$ 成比例, U 为风速; $P_0 = C_r \exp(1 - T_0/T)$; C_r 为常数 T_0 为油的沸点($^{\circ}\text{K}$)。

$$\text{薄的部分: } R_{eva} = C_{eva} (t/t_{max}^c)$$

R_{eva} : 蒸发率; C_{eva} : 系数

t_{max}^c 蒸发的最大时间, 决定于溢油的组份。

乳化作用:

计算乳化物含水量的公式 (Mackay 等 1980) 为:

$$Y_w = \frac{1}{K_B} (1 - e^{-K_A K_B (1 + U_w)^2 t}) \quad (3)$$

其中, Y_w 为乳化物的含水量 (%), $K_A = 4.4 \times 10^{-6}$, U_w 为风速,

$$K_B = \frac{1}{Y_w^F} \approx 1.25, \quad Y_w^F \text{ 是最终含水量, } t \text{ 为时间。}$$

密度变化:

油的密度表达为:

$$\rho = (1 - Y_w)[(0.6\rho_0 - 0.34)F + \rho_0] + Y_w \rho_w \quad (4)$$

粘性变化:

用 Hossain and Mackay 提出的方程在实际温度和水含量下计算油面粘性。

$$\eta = \eta^{oil} \exp \frac{2.5y_w}{1 - 0.654y_w}$$

其中, η 乳化后油的运动粘性系数, η^{oil} 乳化前油的运动粘性系数, y_w 乳化物含水量。

蒸发也可以引起粘性的增加, 计算公式为:

$$\eta^{oil} = \eta_0^{oil} \exp(C_4 F_e) \quad (5)$$

C_4 = 油中无量纲量 [wt%]

F_e = 油蒸发的部分

乳化和蒸发两种影响结合起来运算如下, 它是两种影响不同形式的总和:

$$\frac{d\eta^{oil}}{dt} = C_4\eta_0^{oil} \frac{1}{V_{oil}^0} \frac{dV_e}{dt} + \frac{2.5\eta^{oil}}{(1-y_w^{max}y_w)^2} \frac{dy_w}{dt} \quad (6)$$

6.2.1.2 溢油预测条件

本项目溢油事故风险主要为施工船、渔船舶碰撞或者施工船、渔船燃油意外泄露。

(1) 溢油地点

风电场区内设置一个溢油点。

(2) 油种和溢油量

本项目以溢油 50 吨作为最大可信事故的预测源强，对工程溢油环境影响进行预测。

油品为柴油。柴油又称油渣，是石油提炼后的一种油质的产物。它由不同的碳氢化合物混合组成。它的主要成分是含 10 到 22 个碳原子的链烷、环烷或芳烃。它的化学和物理特性位于汽油和重油之间，沸点在 170°C 至 390°C 间，比重为 0.82~0.845kg/l。

假设工程船舶施工期或运行期发生碰撞或倾翻事故，按最大溢油量计，考虑在 1 个小时内泄漏入海。

(3) 风况

由于风场和气温场对溢油的挥发影响较大。对风速的取值，主要考虑静风情况，夏季 SSW 风向、8.4m/s；冬季 NNE 风向、9.1m/s；不利风向 SE、8.6m/s；。

(4) 潮时段

选择低潮、高潮、涨急、落急 4 个特征时刻作为溢油初始时间。

对事故时的预测风向和潮时进行组合，共多种预测方案。

表 6.2-1 预测溢油漂移扩散计算方案

油种	溢油量	风况	初始潮时
柴油	50t/次，1h 泄漏完	静风	低潮/高潮
		SSW, 8.4m/s	低潮/高潮
		NNE, 9.1m/s	低潮/高潮
		SE, 8.6m/s	低潮/高潮

6.2.1.3 溢油模拟结果

海上溢油的运动及变化受其物理、化学和生物等过程的影响，而这些过程又与油品的性质、海洋水动力环境及海洋气象环境等密切相关。这些过程包括：水平对流、湍流扩散、表面扩展、蒸发、溶解、乳化、沉降以及浮油和海岸线的相互作用。

溢油发生后对周边海域的水质环境会造成较大的影响，其中以路由区 NNE 风作用下的高潮时和低潮时溢油影响面积最大(72h 内)，低潮时溢油最大影响面积可达 92.7km²，

周边海岛的水质环境会受到很大影响。对不同风况，在风电场区和路由区的溢油扫海面积估算，如表 6.2-2 所示。

表 6.2-2 溢油扫海面积

72h		场区内溢油扫海面积 (km ²)
静风	高潮	32.9
	低潮	50.6
NNE	高潮	73.4
	低潮	92.7
SE	高潮	32.8
	低潮	34.6
SSW	高潮	38.4
	低潮	35.1



图 6.2-1 静风低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图 (单位: 油膜厚度 m)

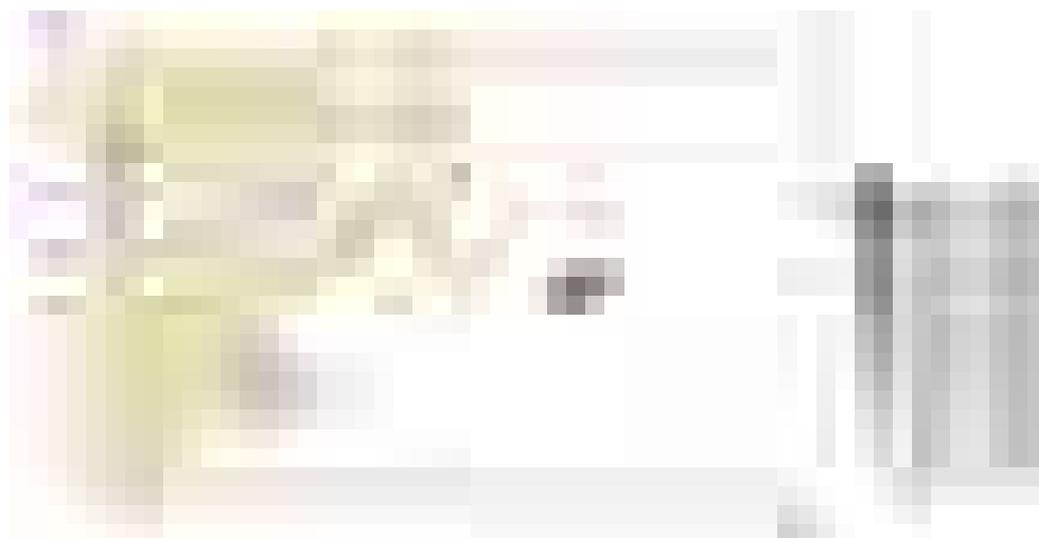


图 6.2-2 静风高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）



图 6.2-3 NNE 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）



图 6.2-4 NNE 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）



图 6.2-5 SE 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

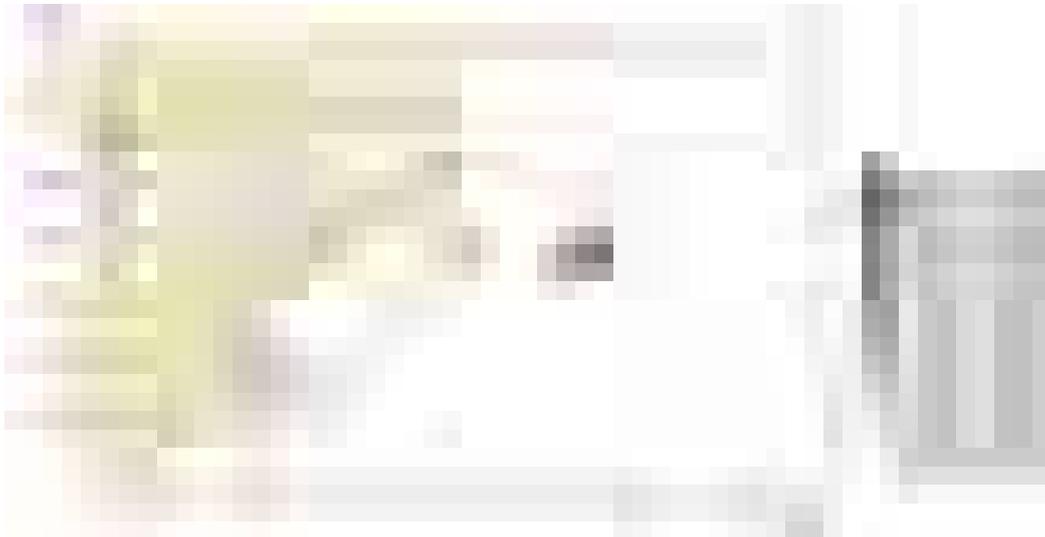


图 6.2-6 SE 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）



图 6.2-7 SSW 低潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）



图 6.2-8 SSW 高潮时溢油发生 72h 内最大影响范围图（单位：油膜厚度 m）

6.2.1.4 溢油风险对海洋环境影响分析

(1) 对浮游生物的影响

浮游植物是海洋生物的初级生产者，最容易受到油污染的影响。0.1mg/L 的油浓度就会影响其正常生长，对于以其为食的浮游动物也随之而受到影响。完全性浮游动物、动物幼体、卵、一些动物的某一个生长期等对油污染更为敏感。表 6.2-3 和表 6.2-4 列举了油污染对一些海洋生物的影响情况。

表 6.2-3 石油产品对海洋生物的致死浓度(1)

生物种类	2 号燃料油或煤油	废油(ppm)
海洋植物	<100 μ L/L	10
鲭鱼	50 μ L/L	1700
幼体和卵	0.1 μ L/L	1.25
浮游甲壳动物	5~50PPm	15~20
底栖甲壳动物	0.56mg/L	

表 6.2-4 石油产品对海洋生物的致死浓度(2)表

种类	石油产品种类	浓度(ppm)	亚致死反应
普通小球藻	精制萘	1	抑制生长
硅藻、双鞭毛藻	油	0.1~0.0001	抑制或减缓细胞分裂
日本星杆藻	煤油	3~38	降低生长速度
海胆幼体	船用燃油的萃取物	0.1~1	影响受精卵发育
大西洋鳕鱼幼体	BP1002	0~10	破坏捕食行为
大 虾	原油、煤油	10	影响化学感受捕食行为
贻贝	原油	1	加快呼吸、减少捕食
滨螺	BP1002	30	明显抑制生长

(2) 对游泳生物的影响

鱼类是海洋中主要的游泳生物，它们对油污染的抵抗能力比其他生物较强，但是，1mg/L 的油浓度也会引起鱼类的中毒反应，而对于幼小的鱼苗，它们的敏感程度比成熟的鱼高 100 倍，而且它们不能象成体那样避开被油污染的水域。

(3) 对其它海洋生物的影响

对于哺乳动物类、鸟类等这样大型的海洋脊椎动物，它们虽能逃离污染区，但是如果是在生殖季节，油类污染了正在栖息生殖的海滩，他们将极易受到伤害，它们的幼体有被窒息的危险，溢油还会污染它们的皮毛，甚至眼睛、鼻孔和嘴，造成不同程度的伤害，威胁其生命。此外，油类中的石油烃在某些不敏感的有机物的同化作用下，能以各种不同方式富集于它们的食物链中，尤其在鱼类、软体类动物体内的富集，使这些动物受到污染。渔业生产也会受到油污染的影响。一方面可能降低渔业产量，另一方面因造成肉质带有油味而降低其商业价值，因而造成较大的经济损失。

综上所述，一旦发生大规模溢油事故，受污染区域内的海洋生物环境将会受到较严重的破坏。因此，杜绝溢油事故发生，或者是当发生溢油事故后，及时采取应急抢险措施，最大限度降低溢油事故对生态环境的影响。

6.2.2 风险防范及对策措施

本工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，加之项目工程位于近海农渔业区，如一旦发生施工船舶碰撞、倾翻等突发性事件容易诱发海上溢油事故，将对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

6.2.2.1 施工期船舶事故防范措施

施工期的事故风险主要发生于施工船舶与施工船舶、过往渔船以及货运船舶之间事故碰撞而产生的燃油外溢及油舱破裂而造成油渗漏。所以施工期的风险防范措施要从海上施工的各个环节加以控制。施工船舶要严格遵守《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》（2010年3月）的有关规定，加强管理和监督，积极采取预防措施：

(1) 施工通告及对外界运输条件的要求：施工前应通过海事局发布施工航行通告；施工期间应注意与过往船只的相互避让，防止船舶碰撞；船舶进出应实施引航员制度和锚泊制度，以防船只拖锚、碰撞、挤压、搁浅、触礁等事故发生；施工船舶应实施值班、了望制度；在大雾、大风等不利气象条件下应按要求停止作业。

(2) 为保障项目涉海建设的顺利进行，施工时应加强对施工船只人员的安全教育

和管理，在条件允许的情况下，建立统一的通讯系统，统一指挥。同时还要强化施工人员的环境保护意识。

(3) 施工单位应根据海事部门划定的桩基、电缆铺设水域界限、施工作业区域、通航区域进行施工。保证施工期间主航道内船舶能安全通行。严格遵守施工区域与车渡航线之间的关系，以最大可能地降低船舶碰撞风险发生的可能性。施工期间做好施工作业区防护措施，可通过设置隔离带严禁捕鱼船只靠近施工作业区。

(4) 施工船舶的要求：施工船舶进行水上水下施工等作业活动的，应当遵守相关操作规程，并采取必要的安全和防治污染的措施；施工人员应当具备相关安全和防治污染的专业知识和技能。根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交海发[2007]165号），施工船舶污水不得向沿海海域排放油类污染物，船舶产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施。

(5) 对船舶驾驶员的业务技术要求：对所用船舶驾驶员及其他船上工作人员应进行严格培训，制定严格的操作规程，提高溢油危害的认识和安全运输的责任感，明确所应承担的防止船舶溢油的责任和义务，切实落实《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》规定的防治污染有关措施。

6.2.2.2 施工期船舶溢油事故应急生态保护措施

(1) 施工船舶事故的溢油应急处理应纳入溢油应急体系；

(2) 船舶发生溢油等造成海域污染事故时，应立即作出溢油应急处理的响应，及时上报所在海域溢油应急指挥中心，尽快启动应急预案；

(3) 船舶在发生油污事故或违章排油后，不得擅自使用化学消油剂。如必需使用时，应事先用电话或书面方式向港务监督申请，说明消油剂的牌号、计划用量和使用地点，经批准后，方可使用。

(4) 积极配合相关行政主管部门做好相关应急工作。施工营地应配备有海面溢油和油污回收器材，包括围油栏、撇油器、吸油材料、消油剂及喷洒消油剂的设备等。

6.2.3 溢油事故应急预案

船舶发生溢油等造成海域污染事故时，应立即做出溢油应急处理的响应，及时上报所在海域溢油应急指挥中心，尽快启动应急预案。根据《中国海上船舶溢油应急计划》和《国家突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，本报告书提出以下溢油事故应急预案。

(1) 应急预案主要内容

本工程应急计划区主要为风电场区和电缆路由铺设附近海域。应急事件包括船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故。

(2) 应急组织机构、人员

应急总领导机构由海事主管部门承担，统一领导突发公共事件的应急处置工作，其他各相关部分负责协助工作。

现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。具体见图 6.2-9。

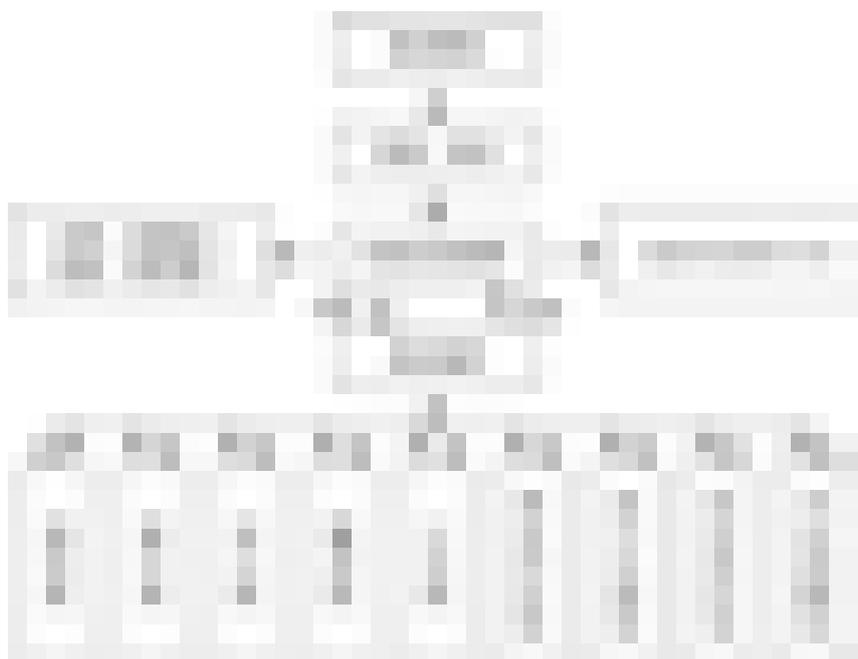


图 6.2-9 溢油事故应急指挥组织机构

(3) 应急对策措施

本项目溢油应急反应行动图见图 6.2-10。



图 6.2-10 溢油应急响应行动图

1) 启动分级应急响应程序

本项目施工（或维护）船舶溢油发现溢油事故后，应立即通知相关操作人员，并

采取一切办法切断事故源，并做出判断，启动分级应急响应程序发出警报。现场抢险组等各组在组长指挥下立即按各自的职责实施事故救援，各专业救援队伍迅速赶往事故现场。

同时，立即通知利益相关单位的管理部门，做好对溢油漂移的应急防范，避免或减缓不利影响。船舶在发生油污事故后，不得擅自使用化学消油剂。如必需使用时，应事先通过电话或书面向港务监督申请，说明消油剂的牌号、计划用量和使用地点，经批准后，方可使用。

2) 消除泄漏的措施方法

迅速查明事故发生的源点、泄漏部位和原因。初步判断船舶破损情况，组织堵漏和将残油转移。当肇事船舶作业有困难时，可按以下几点协助进行。作业要求如下：

◆必要时，由船舶清污单位组织救捞人员进行水下探摸。采取各种可能的方法，尽力封堵破损。

◆将残油驳至其他燃油舱或可接收油的油轮、油驳及油囊中。过驳时须严格遵守安全和防污染操作规程，注意不断调整各舱油量，保持船体平稳上升。

◆为保证两船安全并靠，应在两船船舷之间设置足够的碰垫，并准备移动式球形碰垫。过驳时派专人随时调整和加固缆绳，密切监视输油管及油舱状况。

3) 溢油的围控

船舶溢油时，事故现场的海况（波高、流速、风速等）符合围油栏的作业条件许可时，采用围油栏在海上进行定位围控；在现场围油不可能情况下，可用围油栏将溢油诱导至利于进行清除作业且对环境敏感区影响较小的水域，再进行清除作业；当溢油受风和流的影响有可能向环境敏感区漂移时，需在敏感区周围布设围油栏，减少污染损害。

4) 海域海岸溢油清除

溢油被限制在一定的水域之后，应及时对其进行回收、处理，根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速确定围油方向和面积，缩小围圈，用吸油毡最大限度地回收流失的油，然后加分散剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。水面溢油回收后的应急储存也很关键，除了利用当地储油设施和调动油船外，还应使用水上应急储油装置如浮动油囊，以顺利完成水面溢油回收后的处理。

6.3 变压器漏油风险分析

6.3.1 海上升压站变压器油泄漏分析

运营期海上升压站变压器油的泄漏会导致周围海洋环境受到污染，处理不当甚至可能发生火灾等事故。根据国内变电站电气设备运行情况和经验，除非设备年久失修老化，变压器发生事故并产生漏油的概率极小。另外变压器一般情况下 3~5 年左右检修一次，且在进行检修时有专用工具收集并贮存在预先准备好的容器内，在检修工作完毕后，再将油回放至主变压器内，因此基本不会发生矿物油泄漏。

海上升压站设事故油罐 1 个，单油罐设计，布置于升压站一层，事故油池有效容积约 60m³；事故油罐贮油量按最大一台含油设备油量的 100%设计，海上升压站主变含油量约为 48.5t，变压器油密度为 0.895t/m³，按事故油池容量不小于最大单台设备油量的 100%计算，54.2m³的事故油罐即可满足规范要求。本工程已设计容积为 60m³的事故油罐，其容积符合规范要求，能够满足本期工程需求。根据《国家危险废物名录(2021 年版)》，变压器冷却油为矿物油，因其而产生的废弃沉积物、油泥属危险废物。为避免可能发生的变压器因事故漏油或泄油而产生的废弃物污染环境，进入事故油池中的废变压器油、废弃沉积物、油泥等危险废物不得随意处置，须交由有资质的单位处置、利用。

在严格遵循例行维修和事故状态检修废油处理处置操作规程的前提下，海上升压站变压器漏油风险处于可控状态，产生的风险影响较小。

6.3.2 陆域集控中心变压器漏油风险分析

本项目陆域环境风险事故隐患主要为变电站主变压器维修或事故时可能发生的油泄漏，漏油如不安全收集处置会对环境产生影响。陆域集控中心正常运行状态下无油外泄，只有在变压器维修或故障时才会有少量含油废水产生。

站内设事故油池 1 座，布置于集控中心变压器东侧，事故油池有效容积约 50m³；事故油池贮油量应考虑变压器最大一台含油设备油量的 100%设计，集控中心主变含油量约为 32t，变压器油密度为 0.895t/m³，按上述要求，则 35.7m³的事故油池即可满足规范要求。本工程已设计容积为 50m³的事故油池，其容积符合规范要求，能够满足收集本工程陆域集控中心变压器与高压电抗器同时泄露油量的要求。根据《国家危险废物名录(2021 年版)》，变压器冷却油为矿物油，因其而产生的废弃沉积物、油泥属危险废物。为避免可能发生的变压器因事故漏油或泄油而产生的废弃物污染环境，进入事故油池中

的废变压器油、废弃沉积物、油泥等危险废物不得随意处置，须交由有资质的单位处置、利用。

在严格遵循例行维修和事故状态检修废油处理处置操作规程的前提下，陆域集控中心变压器漏油风险处于可控状态，产生的风险影响较小。

6.4 通航风险事故分析与评价

本节内容均引用福建省海事技术协会编制的《宁德霞浦海上风电场工程 B 区项目通航安全分析报告》（送审稿）中相关内容。

6.4.1 主要问题及相关建议

1、本工程风电场 B 区位于福建沿海推荐中航路、内航路之间，并紧挨中航路和外航路进出罗源湾港区的船舶推荐航路。通过交通流量分析得：在工程水域范围内，存在船舶航迹穿过拟建风电场场区，日均流量约 60 艘次，且以 60m 以下的船舶为主，存在一定的通航安全隐患。

2、工程区域属于闽东渔场，且与四礂列岛渔区较近，渔船可能会有在工程区域通航的习惯。捕鱼旺季将会显著增加风电场水域内的船舶交通量，使得通航形势变得复杂。

3、水上导助航标志

（1）由于建设需要设置风机警示标志和必要的水上导助航标志，从而增加了水域的复杂性。

（2）增设一定数量的新的风机警示标志，导致驾驶人员利用物标导航定位的方法和习惯发生变化，会一定程度地影响船舶驾驶人员的了望和定位，这种情况可能在风电场建成营运初期显得较为突出；

（3）夜间航行时，因风机警示标志导致船舶驾驶人员视觉上的错乱，从而增加驾驶人员的心理负担，从而影响航行安全。

（4）另外风机对助航标志的遮挡也会一定程度地影响船舶驾驶人员的了望和定位。

4、小型渔船或其他小型船舶在风电场中穿行容易与风机、海上升电站发生碰撞，造成事故。

5、渔船在海缆铺设区内捕捞或船舶在海缆铺设区域抛锚、沉没，都可能对海底电缆造成破坏。

6、本工程风电场 B 区北部距四礂列岛重要渔业区域，并属于闽东渔场范围内。在捕鱼及养殖旺季，风电场周围的船舶交通量会对拟建工程风机的正常运营构成较大威胁；

大量渔船可能会在工程风电场 B 区区内或附近进行捕捞作业，存在与风机碰撞的危险，影响风电场的安全。

另外，渔船在风电场 B 区附近捕鱼时，渔网可能挂在风电场 B 区机组的承台基础上，造成一定影响。

7、营运期运维船在风电场中航行、维护，易与在风电场中航行的船舶、小型渔船发生碰撞；运维船在遭遇大风大浪时或锚链断裂时，发生漂移，易与风机发生碰撞。

6.4.2 通航环境风险防范对策措施

为保证项目安全和最大程度降低对附近海域航行的不利影响，给出如下建议：

(1) 按照相关管理规定及本工程的特点设置足够的导助航设施。

(2) 风电场风机机柱上应涂有醒目的警示色，夜间需采用灯光照射的办法；或在最外排的风机连线外布置一排黄色航行警示标，以警示航行船只进行有效避让。

(3) 安装海上风机监视系统，随时掌握风电场设施水域周围的船舶航行动态。并配备有效的通讯设备，与海事主管部门联系保持通畅，以在发生突发性事件时能及时获得海事部门的应急援助。

(4) 加大相关风机等抗风、流、浪的能力，并做好相关设施防撞配件的安装和维护，以防止附近船舶由于恶劣天气可能导致撞击风机的事故发生。

(5) 做好对环境的预测，对气象水文资料的收集，便于预测重大的险情，比如台风、海浪等严重威胁风电场及船舶安全的恶劣自然环境。

(6) 风电场建成后应及时发布航行通告，通知相关船舶管理部门，并设置禁航区和导助航设施。

(7) 建议建设单位注意处理好与渔业部门的沟通和协调，积极争取渔业管理部门和渔业生产单位的配合，加大对渔船的宣传力度，确保渔业生产不会对本工程风电场 B 区的建设、运营造成影响。

(8) 风电场营运期建议禁止渔船在风电场水域范围内进行捕捞作业。

(9) 禁止总吨超过 500 吨或水面以上高度超过 26m 的船舶在风电场水域范围内航行，并需与风电场保持一定的安全距离，以保障风机设备和船舶自身的安全。

(10) 建议建设单位在施工前在风电场范围线外围设置助航标志灯，并在风电场场界适当位置设置海上风电场专用警示标志，做好警示工作。

(11) 为减少碰撞危险，建议本工程风电场在建设时，适当考虑在承台台身设置橡

胶护舷等防撞设施，以提升风电场 B 区本身的防撞能力和等级，建议外围风机防撞等级按照 1.5 万吨级货船进行设计。

(12) 建议在风电场 B 区投入运营前期，派遣至少 1 艘警戒船对风电场 B 区附近水域进行警戒和守护，引导过往船舶及时避开风电场 B 区，待过往船舶熟悉通航环境后，逐步减少警戒和守护频次。

(13) 完善并严格遵守各类情况的应急预案，将事故的影响将到最低。

(14) 为保障通航安全，建议在风电场场区内适当位置增设雷达应答器、AIS 航标等。并建议建设单位委托专门机构就本工程风电场 B 区导助航设施配置和维护方案进行专题研究，最终方案应取得航标主管机关的认可。

(15) 风电场营运开始就向相关部门进行报备，在海图上进行标注。

6.5 自然灾害风险分析

6.5.1 雷击风险

的尘埃、冰晶等物质在大气运动中剧烈摩擦生电以及云块刃割磁力线，在云层上下层分别形成了带正负电荷的带电中心，运动过程中当异性带电中心之间的空气被其强大的电场击穿时，就形成放电。对风电场运行带来危害的主要是云地放电，带负电荷的云层向下靠近地面时，地面的凸出物、金属等会被感应出正电荷，随着电场的逐步增强，雷云向下形成下行先导，地面的物体形成向上闪流，云和大地之间的电位差达到一定程度时，即发生猛烈对地放电。雷电一般具有：冲击电流大；持续时间短；雷电流变化梯度大和冲击电压高等特点。通常雷击有三种形式，直击雷、感应雷、球形雷。

风机设备遭受雷击受损通常有下列 4 种情况：

- ① 风机直接遭受雷击而损坏，主要指叶片件遭感应雷和球形雷破坏叶尖甚至整个叶片；
- ② 雷电脉冲沿与设备相连的信号线、电源线或其他金属管线侵入使设备受损；
- ③ 设备接地体在雷击时产生瞬间高电位形成地电位“反击”而损坏；
- ④ 设备安装的方法或安装位置不当，受雷电在空间分布的电场、磁场影响而损坏。

6.5.2 台风风险

本项目位于东南沿海，影响本路由的海洋灾害主要为热带气旋。

福建省沿海热带气旋影响频繁，灾害严重，4~11 月均有台风影响，7~9 月是台风影

响频繁期，约占总数的 72%，其中 8 月最多，1990~2008 年间 8 月份共有 30 个台风登陆或影响福建。台风影响持续时间一般 2~3 天，最长 7 天左右。

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

台风是强烈的热带气旋，是发生在热带海洋上的中心附近最大风力达到 12 级以上的暖性低压强烈天气系统。台风蕴涵的巨大自然能量将给风电机组造成破坏，其破坏机理主要是对设备结构施加静载荷和动载荷叠加效应。

台风、风暴潮对风电场的可能造成的损害包括：

①台风、风暴潮夹带的细小沙砾造成破坏叶片表面，轻则影响叶片气动性能，产生噪音，严重的将破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度。

②台风、风暴潮带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。

③台风、风暴潮破坏测风装置，使风力发电机组不能正确偏航避风，设备不能降低受风面积，超过设计载荷极限，使设备遭到破坏。

④台风、风暴潮施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，导致引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

⑤台风、风暴潮等灾害天气作用下，可能使海上风机倒塌，将导致风机内部油品泄漏，对周围海洋环境造成影响。

6.5.3 地震风险

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为 0.05g，相应的地震基本烈度为Ⅵ度，Ⅱ类场地基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s。拟建场地及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱，主要表现为断块差异升降，地壳运动相对稳定。近代地震活动强度不大，频度不高，区域构造属于相对稳定区。根据本次勘探成果，场址区揭露的地层主要为：海积淤泥或淤泥质土、粉砂、粉质粘土或粘土等。

工程区位于闽东火山断拗带次一级构造单元福鼎~云霄断陷带的东北部，区内构造方向以 NE 向为主。拟建场地未发现较大规模的构造行迹，属构造简单区。勘察结果表明，拟建场地地质构造以构造裂隙及风化裂隙为主。

从区域地质来看，本厂区远离活动断裂，无破坏性地质灾害，区域构造稳定。除存

在海底沉船等地下障碍物，海上礁石、暗礁，及局部海底泥面坡度较陡且分布的软弱土层，未发现其它不良地质作用发育，故本场地适宜风电场的建设。

6.6 其它事故风险分析

6.6.1 风机损坏及倒塌

海上风电不像陆上风电有成熟的装备和施工技术，故也具有一定试验性和不确定性。兆瓦级新型风电机组产品投入规模化生产运行后，质量和运行可靠性还未在海上得到充分检验。同时，从历史气象、海洋水文观测资料看，本项目风电场区海域台风、风暴潮发生几率较为频繁，台风、风暴潮等恶劣天气会对风机产生较大危害，台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，轻则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

6.6.2 海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险分析

受长期泥沙冲刷的影响，风电场海底线缆和海床之间有形成淘空的可能。对比工程建设后风机所在海域的冲淤状态，紧邻风机海域淤积强度有所增加，最大增幅为 0.06m/a，成排风机间海域冲刷强度有所增加，增加幅度小于 0.05m/a，可视作对周边海域的冲淤环境未造成显著影响，海床整体较为稳定，因此项目建成后电缆泥沙淘空风险较小。

此外，考虑工程海域可能遭受风暴潮的影响，风暴潮带来的强劲潮流和风能共同作用也可能造成海缆局部冲刷，威胁基础稳定和海缆安全。在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，减小局部冲刷，同时应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，在接入风机 J 型管时采用预留长度余量，减缓潮流冲刷影响，确保海缆安全。

为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，敷设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。敷设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

6.6.4 鸟类飞行碰撞风机风险分析

根据相关研究，大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的白天，而且大部分鸟类飞行高度较高，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，避免与风机发生撞击。在飞行条件较差的时候，如下雨或者起雾时，则有可能发生鸟类与风机的撞击，目前的研究总体结果表明概率较低。

从国内外对此问题的研究成果和其它已运行风电场对鸟类影响的观测资料看，鸟类能够顺利避开塔柱和旋转的叶片，其数量的增减只与食物的供给量有关，与风电场关系不大，并可合理布置风电机组，为候鸟留出安全飞行带，并在风机上加设灯光，采用色彩搭配等以减少候鸟撞击可能。同时，为减轻施工对周边鸥类的影响，应合理安排施工时间，尽量避开鸟类觅食活动时段，同时合理布置施工船舶运输路线。并且迁徙鸟类数量密度低，碰撞风机的几率不高，总体项目对迁徙鸟类的影响不大。

6.6.5 海缆短路环境事故风险分析

若电缆制造时存在隐患、电缆运行过负荷、过热等原因使电缆老化，绝缘强度降低等原因引起电缆相间或相对地击穿短路；过电压使电缆击穿短路。安装不当、电缆铺设时曲率半径过小，致使绝缘损坏。同时还存在场区来往船只等对电缆施加的外力，则可能发生电缆短路事故。

若发生电缆短路事故，可能会对工程附近的渔业资源造成一定影响，发生死鱼现象。为减少三相短路和单相短路事故产生的强电流危害影响，66kV 海缆线路配置过流保护装置，用于在海缆发生断路时断开本进线断路器，并配置电路保护装置。保护动作时间约 1 至 2s，可将短路产生危害降到最小。

6.6.6 海缆穿越交施工风险

本项目主海缆将与霞浦县长春-浮鹰岛风电 110kV 海底电缆项目（霞浦县浮鹰岛风电有限公司）、霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程（国网福建霞浦县供电有限公司）交越。目前海缆交越技术已相对成熟、在国内也已有较多案例，本项目在经过交越海缆时采用“预制混凝土压块”防冲刷方案进行敷设，该措施科确保施工过程及运营过程均不会对现有海缆造成破坏。在严格执行施工操作流程的情况下，可有效控制交越施工风险，同时选择海况较好的时间施工，进一步降低风险。

7 环境保护措施及其可行性论证

7.1 施工期污染防治措施及可行性分析

7.1.1 水污染防治措施

7.1.1.1 海域水环境保护措施

(1) 施工单位在施工过程中，应充分考虑附近海域环境特征、气象条件等，避免在极端天气情况下进行施工作业，桩基沉桩与导管架灌浆尽量避开涨潮及落潮发生期，控制海缆铺设速率，以减少悬浮物影响范围，确保施工作业对海域环境质量的影响降低到最小程度。

(2) 施工期间，施工船舶生活污水产生量约为 $43.2\text{m}^3/\text{d}$ ，经船舶统一收集，靠岸后统一处置；施工船舶含油污水产生量约为 $12\text{m}^3/\text{d}$ ，船舶所产生的石油类污水禁止向海域排放，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，然后由有资质的单位进行接收处理。

(3) 施工期使用的船舶应严格执行《防治船舶污染海洋环境管理条例》和《船舶污染物排放标准》。大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油。

(4) 加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，施工船舶甲板上机械出现设备漏、冒油时，应立即停机处理，使用吸油棉及时吸取，并迅速堵塞泄水口，防止油污水入海，减少海水受污染的可能性。

(5) 施工船舶甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）用棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。船舶靠泊后，注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向就近的港务监督局报告。

(6) 海底电缆工程施工必须严格制定施工规划，近岸段、登陆段施工避开涨潮及落潮发生期。

(7) 建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向就近的港务监督局报告。

(8) 施工船舶应配备适量的化学消油剂、吸油剂等物资，以防止发生船舶的小范围溢油事故的发生，同时制定事故预防和溢油应急计划。

(9) 风机和升压站桩基打桩过程中, 根据场址区地质情况精确定位桩基位置, 选用高效的桩基施打设备, 确保管桩平稳、快速贯入, 减小对海床的扰动。合理控制工艺桩拔除强度, 防止拔桩时桩体倾斜刮擦海床或拔除力过大造成局部掀沙。

(10) 导管架连接灌浆作业过程中, 工作人员应严格根据灌浆方案确定灌浆量, 通过视频监控或潜水员配合, 精确把控溢浆时间和溢浆量, 灌浆结束后, 灌浆设备和管理系统清洗废水收集在工作船上, 严禁排海造成海水污染。

7.1.1.2 陆域水环境保护措施

(1) 项目施工高峰期施工营地冲洗废水产生量总计约为 44.0m³/d, 冲洗废水收集后利用施工营地现有隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 27.5m³/d, 主要污染物为 COD、NH₃-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中, 产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理, 集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所, 及时委托市政部门抽吸处置。

(2) 施工现场使用带油料的机械器具, 应采取措施防止油料跑、冒、滴、漏, 防止对土壤和水体造成污染

(3) 严格管理检查施工机械设备工作状况, 加强施工设备的管理与养护, 严禁使用出现问题以及排放超标的施工机械设备。

(4) 施工期间禁止向水体排放、倾倒垃圾、弃土、弃渣。

(5) 物料集中堆放并用土工布挡护, 避免雨季受雨水冲刷排入周边水域。

(6) 施工期含油废水主要是由机械修配、汽车保养等产生, 因废水性质相似, 可集中统一处理。废水中主要含有石油类, 修理和保养过程中其浓度可达 10~20mg/L。沉淀和隔除含油废水中的泥沙和浮油。隔除的浮油送至有资质单位处理。

(7) 施工期应避免暴雨期, 并采取临时拦、截、排及护坡措施。

7.1.2 大气污染防治措施

本项目施工期大气污染物主要为施工船舶尾气、施工机械尾气和施工扬尘。具体环保措施如下:

(1) 为减少施工船舶设备排放发动机尾气产生的污染, 施工单位必须严格控制船舶设备的品质, 尽量采用清洁型燃料, 并在机械设备排气口加装废气过滤器。

(2) 加强施工船只管理, 避免施工区域船舶拥堵。加强对施工机械, 运输车辆的维修保养, 始终保持发动机处于良好状况, 降低尾气中有害成分的浓度, 满足尾气排放

标准。禁止不符合国家废气排放标准的机械和车辆进入施工区，禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作，减少烟度和颗粒物排放。

(3) 施工船舶按照《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168号）的相关要求，应使用硫含量不大于0.5% m/m 的船用燃油，降低船舶硫氧化物、氮颗粒和挥发性有机等大气污染物的排放。

(4) 各施工区应设置洗车平台，完善排水设施，防止泥土粘带。施工期间，应在物料、渣土运输车辆的出口内侧设置洗车平台，车辆驶离工地前，应在洗车平台清洗轮胎及车身，不得带泥上路。工地出口处铺装道路上可见粘带泥土的范围不得超过10m，并应及时清扫冲洗。

(5) 施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料堆场等应定点定位，并采取适当的防尘措施。陆域施工场地定期洒水，防止土方表面浮尘产生，在大风日加大洒水水量及洒水次数。施工过程中使用水泥、石灰、沙石、涂料、铺装材料等易产生扬尘的建筑材料，应采取密闭存储、防尘布苫盖或设置围挡或堆砌围墙。

(6) 施工单位在塔基开挖时，应对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。

(7) 施工过程中，建设单位应当对裸露地面进行覆盖；暂时不能开工的建设用地超过三个月的，应当进行绿化、铺装或者遮盖。

(8) 进出工地的物料、渣土、垃圾运输车辆，应按照批准的路线和时间进行物料、渣土、垃圾的运输，应尽可能采用密闭车斗，并保证物料不遗撒外漏，尽可能减少运输扬尘对运输路线居民的影响。各施工区应设置洗车平台，完善排水设施，保证物料、渣土运输车辆不带泥上路。

(9) 加强施工人员的环保培训，提高施工人员环保意识，文明施工。

(10) 合理安排工期，对土层扰动大的作业期避开干燥大风天气，以减轻扬尘源强。

(11) 施工现场禁止将包装物、可燃垃圾等固体废弃物就地焚烧。

7.1.3 噪声污染防治措施

施工期噪声主要来源于各种施工机械设备作业产生的噪声，具体环保措施如下：

(1) 加强对机械设备的维护保养和正确操作，保证在良好的条件下使用，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛鸣放，减少运行噪声。

(2) 尽量采用低噪音机械设备，施工船舶应有效控制主辅机噪声。船舶可在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，机舱布置消声器，限制汽笛等突发性高噪声。日常应注意对船舶、设备的维修保养，使各种机械、装置保持良好的运行状态。

(3) 各施工现场进行合理规划，合理布置施工机械设备，尽量将噪声大的设备布置在对周围环境影响较小的位置，增大噪声源头与周围敏感区域的距离，严格按照《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）中的有关规定执行。

(4) 陆域施工噪声主要来自运输车辆，陆域临时施工应注意物料运输时间，合理安排施工作业时间和施工车辆进出场地的行驶线路，场区内限速行驶，不高音鸣号，避免车辆拥堵而增加周边地区的交通噪声。需加强车辆的维护和保养，保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。

(5) 加强施工管理、文明施工，减少施工期不必要的人为噪声对周围人群的影响。施工人员在强噪声环境工作时，应佩戴耳罩和防声头盔；当噪声超过 90dB（A）无防护措施时，应按有关规定减少接触时间。

(6) 建设单位在施工现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉后应及时处理各种环境纠纷。

(7) 在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区。

(8) 采用低噪声施工机械设备，在登陆点施工区域设置围挡，控制设备噪声源强，减少施工噪声对加竹村的影响。

7.1.4 固体废物污染防治措施

(1) 施工船舶人员生活垃圾禁止随意倾倒入海，应在船舶上设置统一回收的垃圾桶和垃圾箱，将风机安装产生的少量废弃材料、设备包装物等海域产生的固体废弃物统一回收运至陆上统一处置，对散落在水体内的固体废弃物，尤其是短期内不易沉入水底的漂浮物，施工单位应尽力打捞回收。

(2) 施工船舶垃圾不得随意倒入海域，靠岸后生活垃圾倾倒入陆域生活垃圾处理设施，与陆域生活垃圾一并送入垃圾场统一填埋处理；施工船舶机械保养产生的固体废弃物，其中部分可回收使用，其余由于含有高浓度的油污和少量重金属等污染物，需要经收集后委托有资质单位进行统一接收处理。

(3) 陆域施工场地生活垃圾应加强管理，分片、分类设置垃圾收集箱，并委托环

卫部门定期清运。施工中产生的固体废弃物应由施工单位负责及时清理处置。施工结束时，需做好施工现场的清理和固体废弃物的处理处置工作，不得在地面有明显的固体废弃物残留。

(4) 施工过程中产生的各类建筑垃圾尽可能的通过回收加以使用，不得随意丢弃，不可利用的建筑垃圾统也应由施工单位负责及时清理处置。

(5) 对于塔基开挖暂时不能回用的多余土方在塔基施工区附近的空地上集中堆放，开挖的表土和深层土分开堆放，施工后期剥离的表土用于绿化覆土和复耕，其余临时弃土平铺于塔基连梁内，工程结束后及时进行回填并压实。

(6) 项目产生的弃渣严禁随意丢弃，应根据周边地形、地势和植被分布情况合理选择弃渣堆放点，并及时采取植被恢复和水土保持措施。

7.1.5 污染防治措施可行性分析

施工期水、大气、噪声和固体废物的防治措施，均采用从源头防控的方法，先从源头上减少污染物产生，然后考虑末端治理，对风机桩基施工及海底电缆施工时避免在雨天、台风等不利天气情况下施工作业等措施均可有效的减少入海悬浮泥沙的产生。同时，海域施工与陆域电缆施工还应结合施工过程控制的方法，对施工车辆冲洗污水、施工扬尘和噪声等污染源进行严格把控和妥善处置，通过严格管理和落实目标责任制，可有效减缓施工期对周围环境影响，因此，施工期污染防治措施是可行的。

7.2 运营期污染防治措施及可行性分析

7.2.1 水污染防治措施

(1) 本项目运营期间，需要对风机及其相关设备进行维护，在维护过程中要防止润滑油等油类的跑、冒、漏、滴，废油统一收集至废油箱中，靠岸后委托有资质的单位进行处理回用。

(2) 含油废物（抹布、废滤网）也要统一妥善保管，不得随意丢弃，维护结束后，应将废油、含油废物等一并交由有资质的单位处理，避免污染项目海域生态环境。

(3) 对于升压站维修产生的油污水，统一收集至运维船上，待船舶靠岸后交由海事部门指定的有资质的单位进行接收处理，每半年清运一次。

(4) 运行期的生活污水主要来自陆上集控中心管理人员。生活污水经化粪池处理后进入成套污水处理设备（施工期建设）经处理后达到排放标准后用于站区绿化，不外

排。

7.2.2 噪声污染防治措施

(1) 本项目运营期噪声主要来源于机械和结构噪声、空气动力噪声。机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，在定期对风机进行维护，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态，避免或减少撞击和摩擦的情况下，这部分噪声是能够控制的。建议可在机舱内表面贴附阻尼材料，为降低风机结构噪声。

(2) 对于海上升压站噪声，选用低噪声变压器，保证主变噪声小于 70dB。建议升压站主变压器与底座之间衬隔振垫进一步减少噪声产生。

(3) 集控中心运营期的噪声主要来源于设备运行噪声和电磁噪声，主要噪声源有 220kV 变压器、高压电抗器等，在主变压器及高压电抗器设备选型时，提出噪声源强要求。

(4) 加强绿化并设置围墙，以尽量衰减降低运行噪声影响。对导线和金具等要求具有较高的加工工艺，防止由于导线缺陷处或毛刺处的空气电离产生的电晕，降低输电线路运行时产生的可听噪声水平。

(5) 加强变压器与高压电抗器的维护、保养，确保设备的完好性，针对长时间运行导致的设备内外紧固件出现松动的问题，要安排定期检查。

(6) 高压电抗器采用高硬度的主磁路间隙材料，降低其伸缩震动的频率。

(7) 散热片布置建议采用独立的四周散热片布置方式，遮挡声波传播，降低噪声强度。

(8) 在设备订购时，选取导线表面光滑，毛刺较少的设备，以减小线路在运营期时产生的噪声。

7.2.3 固体废物污染防治措施

(1) 一般固体废物

集控中心生活垃圾产生量约为 7.5kg/d，在集控中心统一收集后交由当地环卫部门及时处理。

(2) 危险废物

陆域集控中心附属房设有危险废物暂存间，主要暂存含油废抹布、废变压器油、废机油和柴油。

风电场运行期间润滑油总产生量约 560t。风机维护产生的废润滑油应收集后运回陆地，并应委托有资质的单位统一回收处置、处理。

事故排油经事故油池或事故油罐统一收集后由专业厂家回收处置；废旧变压器由专业厂家回收利用。危险废物贮存基本情况如表 7.2-1。

表 7.2-1 项目危险废物贮存场所（设施）基本情况一览表

贮存场所	名称	类别	代码	位置	贮存方式	贮存周期
危废品暂存间	含油废抹布	HW49	900-041-49	消防泵站内	危废桶盛装	1 个月以上，不超过一年
	废油桶	HW49	900-041-49		直接储存	1 个月以上，不超过一年
	废变压器油	HW08	900-200-08		油桶盛装	1 个月以上，不超过一年
	废润滑油	HW08	900-214-08		不贮存	由有资质的电力运营维护，并负责将废油交由有资质的危险废物处置单位处置。
	废铅蓄电池	HW31	900-052-31		不贮存	由年度内废铅蓄电池中标单位进行妥善回收处置

7.2.4 电磁环境保护措施

(1) 保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。

(2) 变电站内金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等均做到表面光滑，尽量避免毛刺的出现。

(3) 加强运行期的海底电缆冲刷检测监控，保证海底电缆一定的埋深，避免海底电缆外露造成的电磁影响增加。

(4) 安装高压设备时，应减少设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止和避免间隙性放电。

7.2.5 污染防治措施可行性分析

运营期水污染处理方案符合项目实际情况，且可操作性较强。噪声做好相应防范措施

施下也能得到良好的控制，固体废物污染防治措施可信。因此，运营期污染防治措施是可行的。

7.3 风险防范措施及可行性分析

7.3.1 溢油事故风险防范及对策措施

本工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，加之周边海域存在养殖区，如一旦发生施工船舶碰撞、倾翻等突发性事件容易诱发海上溢油事故，将对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。

具体防范措施详见第六章 6.2.3 一节。

7.3.2 自然灾害风险防范对策措施

(1) 防雷措施

风机的防直击雷保护是利用风机叶轮装设风机的防直击雷保护装置。根据《风力发电机组装配和安装规范》（GB/T 19568-2004）要求，风机机组接地电阻要求在任何季节均不大于 3.5Ω 。风机的接地是在塔筒内设置集中接地板供塔筒内设备接地用，集中接地板通过软铜辫与风机基础钢管桩连接后，利用其基础钢管桩作为自然接地体可靠接地。

(2) 防台风措施

为减少台风给风电场带来的损失，根据台风的破坏机理及相关工程研究，本报告提出下列防范措施：

①装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

②推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性，从而提高风机设计荷载。

③加强风机运行的强度监测，优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维，实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度，根据实际情况，及时维修并对其优化合理使用。

7.3.3 其他事故风险防范措施

7.3.3.1 风机损坏风险防范措施

1) 应急措施

①风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生损坏、倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警；

②风电场运行维护期制定了严格的运行维护措施，一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后，风电场运行维护人员将及时进入现场，并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况；

③若风机发生倒塌事故，应及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海监部门，对外发布预警通告，确保不对周边海上作业构成安全影响；风电场业主将及时组织吊装、施工单位，对倒塌风机及基础结构进行吊装、转运至陆地处理，现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

2) 应急预案

为使本项目发生风机损坏事故能快速做出反应，最大限度地减少风机损坏对风机发电和安全的影响，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定风险应急预案，并定期进行演习。

①应急指挥组织

结合本项目特点，项目运行管理机构可联合安全、电网部门组成风险应急指挥部。指挥部对各部门和人员的职责有明确分工，具体到职责、分工、协作关系，做到人人心中有数。经过应急事故处置培训的人员要轮流值班，并建立严格交接班制度。

②信息收集和报告

根据对风机的日常运行与维护状况，一旦发现风机损坏或可能引起风机损坏情况，应及时向风险应急指挥部报告。

③应急响应和行动

发现风机损坏情况，应根据损坏程度和是否引起安全事故，采取相应措施，包括停止风机运行、对风机塔架进行维护等。

④应急培训和演习

对项目管理人员进行应急响应培训，同时对项目周边人员进行应急响应知识的宣传。进行演练准备、组织和训练，一旦遇到突发风险事故，可迅速展开应急抢险，及时控制事态发展和蔓延，降低风险损失。

7.3.3.2 海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险防范措施

受长期泥沙冲刷的影响，在风电场海底电缆和海床之间有形成掏空的可能。本项目部分海底线缆路由埋设于潮间带浅滩，根据数值模拟结果，风电场建成后，风机周边海域内主要在风机迎水面和背水面沿涨落潮流方向发生淤积现象，而冲刷发生区域则主要为风机两侧的区域，根据流速变化的分析，由于风机建设造成的风机周边海域流速变化并不大，所以附近海域的冲淤环境影响也较为有限。随着冲淤过程的深入和场区地形向适应工程后水动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年较小，因此项目建成后桩基和电缆泥沙淘空风险较小。但为避免电缆掏空风险，在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间，以防止海区内较为强劲的潮流和风量作用造成局部冲刷现象；对于基础局部冲刷的保护则应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量，并在运行期开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

此外，为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定，应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《水上水下施工作业通航安全管理规定》的有关规定，铺设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。铺设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告，并根据海底电缆保护规定要求禁止在电缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。鉴于本项目路由穿越内航路，建设单位应加强宣传和管理，避免生产、作业渔船等对电缆产生危害，生产季节渔船数量较多、活动没有规律，建议业主单位申请渔政部门加强对渔船的管理，必要时设置守护船进行现场警戒。

7.3.3.3 鸟类碰撞风机防范措施

为减少鸟撞风机给风电场带来的损失，提出下列防范措施：

①避开鸟类迁飞季节施工。在迁徙强度大的季节，严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在有大雾、小雨或强逆风的夜晚，应该停止施工。在鸟类非迁徙季节竖立和组装风电机。

②风机叶片涂装警示色。风力发电机机组叶片应涂装成橙红与白色相间颜色鲜艳的警示条带，对附近鸟类起到警示的作用，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，防止鸟类撞上风机转动的叶片而死亡。

③建议在风机上适当的位置安设不同色彩的闪烁灯光，并用紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面，以增加鸟类对风电机的可见度，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。

④应在风电场区域建立鸟类观测站，加强风电场区域鸟类活动特征（如觅食地、栖息地选择、迁徙路线、高度等）以及鸟类与风机撞击情况及鸟类在输电线路上的栖息情况的观测，合理调整运行及防范措施。将风电场对鸟类的影响防范工作纳入区域发展规划，协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。

7.3.4 环境风险防范措施可行性分析

本项目的风险防范措施均采用成熟的工艺措施，从技术角度上可行，且符合项目经济合理的要求，因此，本项目的环境风险防范措施是可行的。

7.4 生态环境保护与修复对策措施及可行性分析

7.4.1 施工期生态环境保护措施

（1）潮间带生物、滩涂底栖生物保护措施

①在满足施工技术要求的前提下尽可能减少两栖施工设备对滩涂压占范围，划定两栖设备的作业施工行驶带，禁止两栖设备在行驶带外穿行。

②海缆铺设过程中要严格划定施工作业区域，准确按照设计路线铺设海缆，控制作业面宽度，禁止随意扩大施工范围，禁止施工人员越界施工对高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区造成破坏。

③优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间，减少海缆施工对下岐湿地和罗浮土坪湿地的影响时间。

④施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免施工中电缆铺设等产生的悬浮物在不利天气下大量扩散入海。

⑤海底电缆和登陆段的海底电缆应适当深埋，可增加海底电缆的使用安全和有利于生态环境的自我修复。

⑥对海缆施工方案进行合理优化，选择科学合理的施工方法和顺序，减少施工对海洋环境的影响。

⑦施工机械、设备和人员产生的所有污染物禁止在滩涂上随意排放和丢弃，应收集至陆域处理，减少对周边水体环境影响。

⑧在施工现场，设置明显的警示牌，警示施工人员保护岸滩环境及高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区、下岐湿地与罗浮土坪湿地。

⑨对施工人员做好培训，禁止遗弃施工废物和生活废物等在高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区与下岐湿地内；检查施工器械，不得出现润滑油或燃料油跑、冒、滴、漏于登陆段施工区域。

(2) 渔业资源和渔业生产保护措施

①优化施工进度安排，涉及悬浮泥沙产生的海缆铺设、风机基础施工工段尽量错峰施工，控制悬浮泥沙叠加影响的周期。

②对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞、养殖作业活动的范围、时间。同时严格划定施工作业区域，控制施工船舶在鱼类产卵场高峰期进入生态保护红线区的数量，减少对红线区生物的影响。

③施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测调查，及时了解项目施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

④施工期对在项目海域从事养殖和捕捞作业的渔民造成收入下降的，建设单位应与当地渔业主管部门及渔民协商，落实补偿措施。

⑤加强施工期污废水管理，统一收集集中处理，严禁污废水直接排海。

⑥在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区。

⑦施工船舶驻锚泊时，根据施工作业需求和海况条件，由专业人员精准确定锚泊点，避免反复抛锚减少不必要的拖作业，降低对底栖生物损害程度。

⑧在设计、工程施工时，严格遵守有关设计和相关规定，完善环保设施，采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性涉海污染事故，应及时采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小。

⑨优化施工方案，减少桩基整体施工时间，同时，风电场区桩基施工时间要避开大鱼类产卵期，进一步减少施工活动对鱼类的影响，在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区。

⑩加强海缆及风机桩基施工过程监管，严格控制施工范围，重点关注施工高峰期悬浮泥沙对周边养殖及保护区的影响，增加施工高峰期跟踪监测频率。

(3) 鸟类及其生境保护措施

①做好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。应加强对施工人员的环保教育，提高其对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀。

②施工应尽量避免常见动物繁殖季节，采用噪声小的施工机械，合理组织施工行为。

③严格施工管理，减少施工机械设备油类的跑、冒、滴、漏；施工中废油、生活污水、渣土等合理处置，避免污染滩涂生态环境。

④施工期间生活垃圾等固废要求各施工单位负责处理，不得随意抛弃或填埋，以免污染环境，传播疾病，使鸟类误食而致病。建设单位应在施工招标文件中提出相应的处置和处罚条款。

⑤尽量减少森林植被的砍伐，尽量减少施工道路的规模和数量。

(4) 植被保护措施

①林木砍伐要求：线路走廊中的林木原则上不砍伐，为保护自然环境，减少林木砍伐量，减少水土流失，线路设计时应实测树木高度，并增加跨越高度设计。本工程砍树主要集中在杆、塔基位置，只有在个别地形不连续、高差较大等地段，杆塔高度无法满足自然地势的要求砍伐零星树木；

②统筹规划施工布置，减少施工临时占地，尽可能选择植被稀疏处，并禁止施工人员随意砍伐施工场地外的林木。对于临时占地所破坏的植被，施工完毕后采用覆土绿化、植被恢复等措施；在施工过程中尽量减少人员对绿地及耕地的践踏，施工时合理堆放弃石、弃渣，以免土石滚落对植物造成伤害；严格控制塔基周围的材料堆场范围，尽量在塔基征地范围内进行施工活动；

③对输电线路的施工临时占地和塔基未固化的部分，根据原占地类型进行生态恢复，尽量保持与周围环境一致。

④塔基施工时应将塔基开挖时处的上层熟土和下层生土分开堆放、保存，回填时应按照原土层的顺序回填，缩短植被恢复时间和增加恢复效果；

⑤牵张场应选择地势平坦的未利用地或植被覆盖率低的地块进行布置，尽量不占用林地，避免对沿线植被产生破坏，施工结束后，占地区应按照原有土地利用类型进行恢复；

⑥施工便道应尽量利用沿线现有道路，包括乡道、田埂及林间小道等。

⑦植被恢复时，应根据当地土壤和气候条件，选择当地乡土植物进行恢复，杜绝采

用外来物种。

(5) 土地利用保护措施

①施工料场、牵张场尽量选择周边现有空地或地势平缓、交通便利的地方，牵张场地铺垫钢板，施工结束后及时拆除牵张场钢板，重新疏松土地，恢复原有土地功能，禁止在基本农田设置施工料场和牵张场等施工用地，尽量避免在水土保持生态保护红线内设置施工料场及牵张场等施工用地。

②施工人员生活优先采取租住周边民房；施工材料运输应充分利用现有道路等，减小施工场地占地。

③项目施工期临时用地应永临结合，优先利用荒地、劣地。

④施工占用农用地、林地和草地，应做好表土剥离、分类存放和回填利用。

⑤施工结束后，应及时清理施工现场，因地制宜进行土地功能恢复。

⑥优化工程方案，应尽量收缩陆域电缆与集控中心施工范围，远离周边基本农田保护区。

(6) 水土保持措施

①施工期应注意选择适宜的施工季节，尽量避免在雨季施工，并准备一定数量的遮盖物，遇突发雨天、台风天气时遮盖挖填土的作业面。

②土方工程应集中作业，缩短作业时间。松散土要及时清运，或回填压实。雨天前应及时采取碾压等措施，减少作业面松散土量。

③严格按照设计控制开挖量和开挖范围，塔基开挖应采用分层剥离，分层回填的方式；填埋时分层填埋，并将剥离的表土最后填埋，并进行植被恢复，防止水土流失。

④塔基施工结束后，应对塔基区及周围临时用地按照原有土地利用类型进行植被恢复，提高林草植被覆盖率；植被恢复可采用灌、草结合的方式，植被种类选用本地物种，施工临时占地及时采取措施恢复原貌和原有使用功能。

⑤通过加强对施工期的管理，并切实落实以上的措施，施工期及时进行植被恢复可有效的减少水土流失。

7.4.2 运营期生态环境保护措施

(1) 海洋生态和渔业资源生物保护措施

本项目实施不可避免地海洋生态和渔业资源造成直接损害。为减少项目建设对海洋生态和渔业资源的影响，项目建成后应采取以底栖潮间带生物增殖及鱼类放流为主的

生态修复补偿措施，增殖放流品种优先选取当地海域的常见种和优势种或经济价值高的种类。放流品种、规格和数量可根据本工程所在地的环境特征和工程特征执行，具体应在当地渔业主管部门指导下，按照当地海洋功能区划，鱼类产卵场位置确定，并与放流计划同步，便于增殖流的组织和管理。

(2) 陆域生态

运行期应严格控制输电线路下方树木的修剪或砍伐。根据设计规范进行砍伐树木，220kV 输电线路走廊内自然生长高度不超过 2m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离（考虑树木自然生长高度）大于 4.5m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离大于 4.0m 的果树、经济作物不砍伐。这样可以最大程度地保护走廊内植被，不会对区域植物资源造成系统性影响。

7.4.3 生态修复措施

本项目施工产生的悬沙和桩基占用海域不可避免地对海洋生态和渔业资源造成直接损害。为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的综合影响，实施以增殖放流为主的生态修复措施。

(1) 生态修复目标

本项目生态修复目标为：“损害什么，修复什么；损害多少，修复多少”。

(2) 生态修复内容

施工过程造成的鱼卵、仔鱼、游泳生物资源损失以渔业资源增殖放流方式来补偿。开展渔业资源增殖放流，选择适合本地放流的海域进行增殖放流工作，投入金额为 260.85 万元。

(3) 增殖放流原则

根据《中国水生生物资源养护行动纲要》精神及农业部《水生生物增殖放流管理规定》的要求，人工增殖放流应遵循以下工作原则：

①依法规范原则。人工增殖放流工作应按照国家 and 地方有关法律法规的规定及有关政策的要求执行，相关操作须符合相应的工作和技术规范。

②因地制宜原则。人工增殖放流应根据项目区及其周边水域生态环境和生物群落结构特点，使放流工作取得最佳效果。

③科学有序原则。以人工增殖放流为主要手段的水域生态环境修复是一项长期、系统的工作，要科学论证、有序推进，确保放流工作成效。

④突出重点原则。人工增殖放流既要兼顾全局，更要突出重点，选择合适的地点、适宜的种类，按照科学论证的实施方案执行。

(4) 增殖放流方案

放流物种主要依据农业农村部发布《关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发[2022]1号），文件对项目海域的增殖放流推荐物种见表 7.4-1。选择生态修复增殖放流的水生生物物种时，应综合考虑项目区海洋生态调查结果、工程所在海域的生物资源特点与损失的生物资源种类。

表 7.4-1 农业农村部“十四五”增殖放流推荐物种

所属海区	重要放流海域	行政区域	面积 (km ²)	适宜放流物种
福建东部海区	沙埕港海域	福建宁德	87	黄姑鱼、长毛对虾、日本对虾、拟穴青蟹、三疣梭子蟹、大黄鱼、真鲷、黑鲷、黄鳍鲷、花鲈、点带石斑鱼、赤点石斑鱼、青石斑鱼、斜带髯鲷、鲮、曼氏无针乌贼
	三沙湾	福建宁德	727	

7.4.4 生态环境保护与修复对策措施可行性分析

生态环保措施从技术层面来看是切实可行，同时其措施操作简单，只要施工单位切实落实本报告书提出的各项生态环境保护措施，对影响海域进行生态补偿，可以起到较好的生态保护效果，因此，本项目的生态环境保护与修复对策措施是可行的。

8 环境影响经济损益分析

8.1 项目经济社会效益评述

8.1.1 经济效益

风力发电是新能源中技术最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。本工程经济效益主要为风力发电收入。本工程装机容量 288MW，设计年平均上网发电量 923.70GW.h。项目的风力发电收入计算方法如下：

$$\text{发电收入} = \text{上网电量} \times \text{上网电价}$$

上网电量是指在设计电量中扣除各项损耗之后的电量。

根据新出台的《中华人民共和国可再生能源法》，风能发电上网电价由国务院价格主管部门根据不同类型可再生能源发电的特点和不同地区的情况，按照有利于促进可再生能源开发利用和经济合理的原则确定，并根据可再生能源开发利用技术的发展适时调整。项目经营期年均发电利润约 20458.01 万元/a。

8.1.2 社会效益

项目利用福建省霞浦县海域资源，开发宝贵的风能资源具有显著的社会效益。本项目的建设增加了可再生能源在电网中的份额，对缓解电力供需矛盾和改善电源结构有重要的意义。建设该项目是贯彻落实国家的可持续发展战略和大力开发风力资源的政策，对全省风电事业有积极地推动作用。另外，本项目拟采用大容量机组进行示范，通过本项目的建设及运行，可为大容量风电机组的开发利用积累宝贵经验，可带动省内大容量海上风电产业链的快速发展。

8.2 环境损益估算

8.2.1 环境效益

风电的节能效益主要体现在风电场运行时不需要消耗其他常规能源，环境效益主要体现在不排放任何有害气体和不消耗水资源。风电和火电相比，在提供能源的同时，不排放烟尘、二氧化硫、氮氧化物和其他有害物质。二氧化硫和氮氧化物在大气中形成酸性物质，造成酸雨，危害植物和水生生物，破坏生态，二氧化碳是影响全球气候变暖的温室效应气体。

本项目装机规模为 288MW，项目建成后年上网电量为 923.70GW.h。按照《国家能源局 2022 年全国电力工业统计数据》和《中国电力行业年度发展报告 2022》数据，与相同发电量的常规燃煤火电机组相比，每年可节约标煤约 27.8 万 t，相应可减少废气排放量：CO₂76.1 万 t，此外，还可节约淡水、减少相应的废水排放和温排水等。可见风电场建设有十分显著的环境效益。

8.2.2 环境损失

本项目主要环境损失为陆域集控中心与电缆施工造成的水土流失及风机基础施工缆铺设产生的悬浮泥沙对海洋生态产生的影响。

根据海洋生态影响分析可知，本项目风机与海上升压站桩基施工导致底栖生物损失量为 20.1kg，电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。则项目桩基占海生物资源损失为 0.02 万元，海缆敷设生物资源损失为 5.0 万元，入海悬浮泥沙总计生物资源损失为 44.2 万元。经计算，需进行生态补偿总金额为 148 万元。

8.2.3 环保设备与环保投资估算

本项目环境保护投资主要包括水环境保护、固废处理、渔业资源修复和鸟类保护、环境监测及海洋生态补偿等，环保投资总计 783 万元，具体详见表 8.2-1。

表 8.2-1 环保投资概算表

项目	治理内容	费用（万元）	备注
施工期	施工生产、生活污水收集处理	118	包含污水处理设备及委托处理费用
	环境空气保护	25	施工营地定期洒水降尘等
	固体废弃物处理	30	固废收集装置及清运处置费用
	陆域生态修复	55	绿化修复
	海洋生态资源修复	148	生态补偿
	施工期跟踪监测	130	包含噪声、大气、海洋生态、鸟类观测、电磁、冲淤观测等监测
	环境监理	80	/
	竣工环保验收调查	50	/
运营期	运营期跟踪监测	70	
	环境管理	25	
	固废及生活污水处置	52	
合计		783	占工程总投资 661608.47 万元的 0.12%

8.3 环境经济损益综合分析与评价

综上所述，本项目具有明显的环境效益，节约能源原材料消耗等，减少温室气体等污染物的排放；同时还具有一定社会效益，缓解电力供需矛盾和改善电源结构，并促进

国内制造业等的发展。本项目在建设过程中会造成渔业资源和海洋生态等方面的环境损失，但其主要发生在施工期，且可通过补偿措施进行恢复。

从环境经济损益综合分析，本项目环境效益远大于损失，环境、社会、经济效益明显。因此，该项目从环境经济损益的角度来说是可行的。

9 环境管理与监测计划

9.1 环境管理

9.1.1 环境管理计划

工程环境管理分为外部管理和内部管理两部分。

外部管理是指国家及地方海洋环境保护行政主管部门依法对工程建设进行管理。

内部管理是指建设单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的过程和活动按环保要求进行管理。

建设单位应联合施工单位和施工监理单位设立宁德霞浦海上风电场工程 B 区项目的环境管理机构和专职人员，负责施工期环境管理和监督，施工单位应配备环保员，按有关法律法规对工程环境保护工作进行监督、管理环保措施的实施。

9.1.2 环境管理机构设置

为保证环境管理人员的顺利实施，建设范围的法定负责人，是控制环境污染、保护环境法律责任者。此外，建设单位应该设立专门的环保机构和专职负责人，负责本项目的建设期的环境管理工作。管理机构需在各级环境保护主管部门及相关部门的监督管理和指导下负责项目各项环保措施的落实。施工期负责监督检查承包商就施工区环保措施的实施情况及质量，并接受有关部门的监督和管理；运行期负责风电场的环境管理工作，检查运行期环保措施，确保环保设施的正常运行和落实运行期环境监测。

环境管理机构及人员的设置见表 9.1-1。

表 9.1-1 环境管理机构及人员设置

部门	人员设置	职责
建设单位	霞浦闽东海上风电有限公司	总负责
	专职环保专业技术管理人员 2 名	负责全面环境管理
施工单位	环境管理人员 1~2 名	负责所承包工程范围内地施工环境管理工作

9.1.3 环境管理职责

9.1.3.1 施工期

(1) 施工期的资源环境监控措施

本工程在进行风机基础建设、海底电缆铺设等施工过程中。为使施工产生的声波、悬浮物扩散及施工废水和生活污水的排放对周边海洋功能区、养殖活动和保护区的影响减小到最低程度，需采取以下相应的环境监控措施。

1) 海域污水处理与防治措施

根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》及交通部海事局对限制船舶油类污染物排放专项铅封行动要求，需铅封船舶排污管路的阀门，除发生危及船舶、人命和财产安全紧急情况外，未经海事管理机构允许，任何人不得擅自启封。禁止施工船舶直接向海域排放生活污水、船舶的洗舱水、油污水及丢弃生活垃圾等。对含油的机舱水和污染严重的压舱水，离岸施工船应配备油水分离设施，经处理达标后直接排海。船舶在海域施工期间，现场人员的施工营地主要在铺缆船和起重作业船上，每天将产生一定量的生活污水，生活污水处理应按照海上施工作业规范及相关法规、规范、标准要求处理达标后排放。同时，需加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

2) 海域固体废弃物污染处理与防治措施

本项目施工期产生的固体废弃物主要包括临时设施拆除产生的废渣、结构施工废弃材料和施工人员生活垃圾三部分。

本项目包含若干焊接作业，在焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业电配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上，交由有资质的固体废物堆放场统一处置。

对能利用的施工废弃材料由施工单位负责及时清理处置。施工期产生的生活垃圾，应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门规定的垃圾场统一处置。

禁止任意向海洋中抛弃各类固体废弃物，同时应尽量避免各类固体废弃物散落抛入海中。对施工场所的固体废弃物，在施工结束撤离时，必须做好现场的清理和固体废弃物的处置工作，不得在施工场地遗留固体废弃物。

(2) 施工期的海洋生态环境保护措施

项目建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，将海洋生态环境保护纳入工程方案设计过程中，使海上施工作业对海洋生态环境带来的不利影响降到最低程度。

1) 减小水下施工对海域底栖生物影响的措施

优化施工方案，加强科学管理，在确保施工质量的前提下，尽可能缩短水下作业时间。划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶进入施工区，避免任意扩大施工范围，以

尽量减小施工作业对底栖生物的影响范围和影响程度。水下施工应避开恶劣天气，既可保障施工安全，又可减小悬浮物扩散范围。当风机桩基和电缆铺设完成后，应修复水生生物栖息地，以加快生态修复。

2) 减小水下施工对渔业资源和渔业生产影响的措施

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，工程施工应尽量避免海洋鱼类产卵高峰期。施工海域应设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞、养殖作业活动的范围与时间。

3) 减小水下施工对鸟类及其生境影响的措施

合理安排水下施工计划，施工尽量避免鸟类迁徙、集群的高峰期，以减少水下施工对鸟类及其生存环境的影响。

抓好施工组织和现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。施工单位应加强对施工人员的生态环境保护宣传和教育工作，提高施工人员对生态环境保护意识，严禁施工人员捕捉、猎杀鸟类。

4) 减小水下施工对鱼类影响的措施

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，电缆铺设应避开海洋鱼类产卵高峰期。

9.1.3.2 运行期

项目实施不可避免地海洋生态和渔业资源带来一定的影响，为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的综合影响，业主应采取相应的减缓海洋生态影响和修复措施：加强风电场运营管理，保证各项工程设施完好、确保安全生产是海洋生态环境保护最基本的措施。同时，根据海域环境特征，在风电场附近海域设立长期监测点，对海洋生物资源（包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（鱼卵、仔鱼）、游泳生物、潮间带生物、潮下带底栖生物和渔业资源）进行定期监测。并分析叶绿素 a 含量、分布与季节变化；浮游植物的种类组成、丰度、生物量与季节变化；浮游动物（鱼卵、仔鱼）和游泳生物的种类组成、数量、生物量及季节变化、主要优势种和经济种类；潮间带生物的种类组成、栖息密度和生物量及其季节变化和潮下带底栖生物的种类组成、生物量和栖息密度及季节变化、主要优势种和经济种类。

风电场建成后应采取以底栖和潮间带生物增殖及鱼类增殖放流为主的生态修复补偿措施，增殖放流品种优先选取当地海域的常见种和优势种或经济价值高的种类，具体

增殖放流应在当地海洋渔业主管部门指导下，按照当地海洋功能区划，鱼类产卵场位置确定，并与当地放流计划同步，便于增殖放流的组织和管理。

风电场运行期，对风机及相关设备进行维护需用一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴，废油应储存在专设的废油箱中。含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将废油、含油废物等一并送交有资质单位回收处理，尽量减小对海域水质和沉积物环境的影响。

9.1.3.3 拆除期

本工程的主体工程，即风电机组设计正常运行期为 25 年，届时将实施退役，对风电场进行拆除。风电场营运单位在风电场退役前，应按照风电场退役的相关环境保护规定，编制环境影响报告书报环境保护行政主管部门审查。因此，宁德霞浦海上风电机组的退役拆除方案的制订及环境影响评价将在风电机组退役阶段开展。

9.1.4 环境管理的主要内容

(1) 在加强工程建设管理的同时，必须加强环境管理，提高环境保护意识，制定行之有效的环境保护规章制度，并且在工程承包合同中给予明确和体现。

(2) 设立环保管理监测机构，按照国家和地方政府颁布的有关环境保护法令、法规以及所制定的规章制度，在当地海洋行政主管部门的监督下，负责实施有关海洋环境保护措施，落实执行情况。

(3) 严格按照施工工艺和工序，以减少施工过程泥沙入海对海域环境的影响。

(4) 施工单位应根据工程区附近海域的环境和生态现状，合理安排施工机械设备的数量、位置，减少对底泥的扰动强度和范围。

(5) 避免在暴雨、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。

(6) 监督施工机械、船舶的含油废水、施工机械冲洗废水和生活污水要合理处置；固体废物不得外排，需要合理外运处置。

(7) 施工注意使用清洁燃油，尽量降低机械废气对周围大气环境的影响。

(8) 加强施工期的环境监理工作。建设单位应联合施工单位和施工监理单位制定工程施工期海域水质、生态环境监控计划，并组织监测计划的实施。

(9) 做好海域环境状况及污染物排放监测数据的统计与存档，定期向主管部门汇报，发现问题及时处理。

9.2 环境监理

9.2.1 环境监理组织

(1) 施工期环境监理是在项目施工期实施的环境保护措施。施工期由工程监理单位兼做环境监理工作，负责施工期的环境管理与监督。

(2) 环境监理单位应成立环境监察工作小组，实施环境监察审核具体工作。

(3) 环境监理工作小组应根据环评报告中环境监理内容及项目建设实际情况，提出环境监理工作计划，并报送相应环境管理部门和建设单位。

9.2.2 环境监程序

(1) 环境监理范围：为风电工程项目建设区与工程直接影响区域，包括风电主体工程、临时工程的施工场地、临时堆土场等区域。

(2) 环境监理内容：生态保护、水土保持、地质灾害防治、绿化、污染防治以及社会环境等环境保护工作的所有方面。

9.2.3 环境监理组织机构及工作制度

本工程设立环保总监（由总监兼任），主管工程环境监理工作；环监办（由总监办兼）负责组织实施，各环监代表处（由总监代表处兼）和环监驻地办（由驻地办兼）具体承担监理任务。现场环境监理工程师由驻地办的风电场、集控中心工程以及实验专业监理工程师兼任。

工程环境监理的工作制度主要包括：环境监理会议制度、环境监理记录与报告制度、人员培训制度、函件来往制度、环境监理奖惩制度及环境监理资料归档制度。

9.2.4 环境监理文件编制

(1) 环境保护监理计划编制

环境保护监理计划是环境保护监理单位接受业务委托之后，监理单位应根据合同、环评要求、施工计划及工程的实际情况，制定本工程环境保护监理计划，明确环境保护监理工作范围、内容、方式和目标。

(2) 环境保护监理实施细则编制

环境保护监理实施细则是在环境保护监理规划的基础上，由项目环境保护监理机构的专业环境保护监理工程师针对建设工程单项工程编制的操作性文件。本工程应根据工程实际情况及环评要求编制环境保护监理实施细则。

(3) 环境保护监理总结报告编制

环境保护监理工作完成后，项目环境保护监理机构应及时进行监理工作总结，向建设单位提交监理工作总结，主要内容包括：委托监理合同履行情况概述，监理任务或监理目标完成情况评价。

9.3 环境监测计划

施工中的环境影响，主要是桩基施工过程中产生的悬浮物（SS）对海水水质和海域生态的影响及陆域电缆施工过程中产生的固体废物等。环境监测计划包含固体废物监测计划及噪声、固废监测计划。

根据风电场环境特征及工程特征，同时结合《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）制定环境监测计划一览表，见表 9.3-1。

表 9.3-1 环境监测计划一览表

监测期	监测内容	监测项目	监测站位	监测点布设与监测频率	监测实施机构
施工期	海水水质	pH、悬浮物、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、石油类	20 个	风电场区及路由区域布设监测点位；施工期每年春、秋季各监测 1 次。	委托有资质的监测单位
	沉积物	有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉	10 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工前增加一次环境本底值监测，海缆施工高峰期监测 1 次，其他施工时间段每年期监测 1 次	
	生物质量	总汞、铜、铅、镉、锌、石油烃	3 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工期每年春、秋季各监测 1 次。	
	海洋生态	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	12 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工期每年春、秋季各监测 1 次	
	渔业资源	游泳动物	12 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工期每年春、秋季各监测 1 次。	
	鸟类	鸟类种类和数量，迁徙活动情况，栖息觅食情况，鸟类撞机情况等	场区及登陆点周边	春、夏、秋、冬四季观测，每季度一次，每次 3 天。	
	水上、水下噪声	水上噪声：Leq 水下噪声：频带声压级、声压谱[密度]级	9	风电场区布设监测点位；施工期每年春、秋季各监测 1 次	
	陆域噪声	施工场界噪声、加竹村	5	施工期每季度监测一次	
运营期	海水水质	pH、悬浮物、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、石	10 个	风电场区布设监测点位；施工结束后监测 1 次；运营期每年监测 1 次。	委托有资质的监测单位

		油类		
集控中心 生活污水		COD、SS、氨氮等	1 个	污水处理设施回用水收集池
沉积物		有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉	3 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工结束后监测 1 次；运营期每年监测 1 次。
生物质量		总汞、铜、铅、镉、锌、石油烃	1 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工结束后监测 1 次；运营期每年监测 1 次。
海洋生态		叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	6 个	监测点位结合海水水质站位布设；施工结束后监测 1 次；运营期每年监测 1 次。
渔业资源		游泳动物	6 个	监测点位结合海水水质站位布设；验收时监测 1 次；运营期每 2 年监测 1 次。
鸟类		鸟类种类和数量，迁徙活动情况，栖息觅食情况，鸟类撞机情况等	场区及登陆点周边	风电场区及附近海岛；春、夏、秋、冬四季观测，每季度一次，每次 3 天。
水上、水下 噪声、集控 中心噪声		Leq 昼、Leq 夜	选择海上升压站外侧及典型风机外缘，以 50m 为间隔顺序布置监测点，直至达到环境背景噪声；集控中心厂界四周。	验收时监测 1 次，运营期正常工作期间监测 1 次
电磁辐射		工频电场、工频磁场	/	风电场区、海上升压站、陆域集控中心四周及海底电缆设置监测点，验收时监测 1 次；运营期选择典型风机外缘每年 1 次。

9.4 环保竣工验收

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（国环规环评〔2017〕4号，附件1）有关规定，自2020年9月1日由企业自主全面开展建设项目竣工环境保护验收。建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督。本项目竣工环境保护验收的主要内容见表9.4-1。

表 9.4-1 项目竣工环境保护验收一览表

内容	主要环境保护措施	验收要求
验收项目	“三同时”落实情况	按环评报告及设计部门提出的要求验收
施工期	海水水质 (1) 船舶舱底含油污水交由有资质单位进行处理。 (2) 船舶生活污水经船舶统一收集，靠岸后统一处置，不外排。	委托协议，否有污水收集装置
	陆域水环境 (1) 施工机械冲洗油污水收集入隔油——沉淀池处理达标后回用于场地洒水。 (2) 陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置，对海域水环境基本无影响。 (3) 物料集中堆放并用土工布挡护，避免雨季受雨水冲刷排入周边水域。	不外排，验收措施是否落实
	施工废气 (1) 施工单位必须严格控制船舶设备的品质，尽量采用清洁型燃料，并在机械设备排气口加装废气过滤器。 (2) 施工场地定期洒水，防止土方表面浮尘产生，在大风日加大洒水量及洒水次数。 (3) 施工单位在塔基开挖时，应对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。 (4) 各施工区应设置洗车平台，完善排水设施，保证物料、渣土运输车辆不带泥上路。 (5) 施工船舶按照《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168号）的相关要求，应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，降低船舶硫氧化物、氮颗粒和挥发性有机等大气污染物的排放。	执行《大气污染物综合排放标准》 GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值
	噪声污染 (1) 选用低噪声设备。 (2) 定期检查维护保养。 (3) 各施工现场进行合理规划，合理布置施工机械设备，尽量将噪声大的设备布置在对周围环境影响较小的位置，增大噪声源头与周围敏感区域的距离，严格按照《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）中的有关规定执行。	执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》 （GB12523-2011）
	固体废物 (1) 施工船舶垃圾不得随意倒入海域，靠岸后生活垃圾倾倒入陆域生活垃圾处理设施，与陆域生活垃圾一并送入垃圾场统一填埋处理。 (2) 陆域施工场地生活垃圾应加强管理，分片、分类设置垃圾收集箱，并委托环卫部门定期清运。 (3) 施工船舶机械保养产生的固体废弃物，其中部分可回收使用，其余由于含有高浓度的油污和少量重金属等污染物，需要经收集后委托有资质单位进行统一接收处理。	验收是否落实措施

	<p>(4) 对于塔基开挖暂时不能回用的多余土方在塔基施工区附近的空地上集中堆放，开挖的表土和深层土分开堆放，施工后期剥离的表土用于绿化覆土和复耕，其余临时弃土平铺于塔基连梁内，工程结束后及时进行回填并压实。</p> <p>(5) 项目产生的弃渣严禁随意丢弃，应根据周边地形、地势和植被分布情况合理选择弃渣堆放点，并及时采取植被恢复和水土保持措施。</p>	
生态环境	<p>(1) 在满足施工技术要求的前提下尽可能减少两栖施工设备对滩涂压占范围，划定两栖设备的作业施工行驶带，禁止两栖设备在行驶带外穿行。</p> <p>(2) 严格划定施工作业范围，禁止非施工设备和车辆机械进入，避免任意扩大施工范围。</p> <p>(3) 塔基施工时应将塔基开挖时处的上层熟土和下层生土分开堆放、保存，回填时应按照原土层的顺序回填，缩短植被恢复时间和增加恢复效果。</p> <p>(4) 施工便道应尽量利用沿线现有道路，包括乡道、田埂及林间小道等。</p> <p>(5) 植被恢复时，应根据当地土壤和气候条件，选择当地乡土植物进行恢复，杜绝采用外来物种。</p>	验收是否落实措施
水质	<p>(1) 本项目运营期间，需要对风机及其相关设备进行维护，在维护过程中要防止润滑油等油类的跑、冒、漏、滴，废油统一收集至废油箱中，靠岸后委托有资质的单位进行处理回用。</p> <p>(2) 对于升压站维修产生的油污水，统一收集至运维船上，待船舶靠岸后交由海事部门指定的有资质的单位进行接收处理，每半年清运一次。</p> <p>(3) 运行期的生活污水主要来自陆上集控中心管理人员。生活污水经化粪池处理后进入成套污水处理设备（施工期建设）经处理后达到排放标准后用于站区绿化，不外排。</p>	委托协议
运营期 噪声污染	<p>(1) 定期对风机进行维护，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态，避免或减少撞击和摩擦的情况下，这部分噪声是能够控制的。建议可在机舱内表面贴附阻尼材料，为降低风机结构噪声。</p> <p>(2) 加强绿化并设置围墙，以尽量衰减降低运行噪声影响。对导线和金具等要求具有较高加工工艺，防止由于导线缺陷处或毛刺处的空气电离产生的电晕，降低输电线路运行时产生的可听噪声水平。</p> <p>(3) 在设备订购时，选取导线表面光滑，毛刺较少的设备，以减小线路在运营期时产生的噪声。</p>	陆上集控中心厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008 中的2类标准；验收是否落实措施
固体废物	<p>(1) 集控中心生活垃圾在集控中心统一收集后交由当地环卫部门及时处理。</p> <p>(2) 事故排油经事故油池或事故油罐统一收集后由专业厂家回收处置；废旧变压器由专业厂家回收利用。</p>	一般工业固体废物满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中的相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求；生活垃

			圾交由环卫部门处理；危险废物暂存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；危险废物转运执行《危险废物转移管理办法》相关要求。
	生态	(1) 设立海洋生态环境跟踪监测系统，对海域的环境质量等进行定期监测。 (2) 运行期应严格控制输电线下方树木的修剪或砍伐。根据设计规范进行砍伐树木，220kV 输电线走廊内自然生长高度不超过 2m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离（考虑树木自然生长高度）大于 4.5m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离大于 4.0m 的果树、经济作物不砍伐。	验收是否落实措施
	电磁环境	(1) 保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。 (2) 安装高压设备时，应减少设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止和避免间隙性放电。	验收措施是否落实，电磁环境满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）控制限值要求
	鸟类	(1) 在风电场区域建立鸟类观测站，加强风电场区域鸟类活动特征（如觅食地、栖息地选择、迁徙路线、高度等）以及鸟类与风机撞击情况及鸟类在输电线路上栖息情况的观测，合理调整运行及防范措施。 (2) 采用在风机上适当的位置安设闪烁灯光、以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。	验收是否落实措施
	环境风险	编制突发环境事件应急预案与船舶事故溢油风险应急预案，并配置与之配套的事故预防设施。	检查是否落实措施，查阅船舶事故溢油风险应急预案与突发环境事件应急预案
环境管理	环境管理情况	按报告书要求进行管理，设专职人员对风电场环境保护工作统一管理。	验收是否落实措施
	环境监测	水土保持、海洋生态、渔业环境、电磁环境、海水水质及鸟情观测施工期环境监测与监理计划落实情况，并建立营运期环境监测方案。	验收是否落实措施
	其他	环保措施设计，三同时落实情况，	验收是否落实措施

10 评价结论

经过对宁德霞浦海上风电场工程 B 区项目建设过程中的各类环境问题解析,及可能产生的环境影响进行预测与评价后,根据各专题的评价结果,从该项目的工程分析、环境质量现状、环境影响预测、项目污染防治措施、环保投资等方面给出项目在环境保护方面的可行性结论。

10.1 项目工程概况

本项目装机容量 288MW,建设 36 台 8.0MW 海上风力发电机组、2 回 220kV 海缆送出,海底电缆由长春镇加竹村西侧海湾登陆,登陆后转向东北方向,途经蝴蝶丘、楼后接入陆上 220kV 变电站。工程建设总工期为 36 个月。风电场总投资 661608.47 万元。

10.2 工程环境影响评价结论

10.2.1 环境空气影响

(1) 环境保护目标

本项目施工期对大气环境影响主要表现为陆域施工机械、车辆及施工船舶的尾气、地面扬尘、施工机械的燃料废气等,主要保护目标为项目施工区周围的大气环境。

(2) 施工期环境空气影响

施工过程需要运输车辆、施工船舶等,这些车船设备基本以柴油为燃料,所排放的发动机尾气中主要含有 NO₂、SO₂ 等空气污染物,由于施工机车相对较为分散,加之地面开阔,在车辆及机械设备排气口加装废气过滤器,则废气污染的影响基本上可以接受。

根据施工的类比调查,扬尘量与土壤湿度、粒径、气候条件、施工方法、施工管理和产尘控制措施有关,一般在风速大于 3m/s 时容易产生起尘,施工扬尘源高度一般来说较低,颗粒度也较大,为瞬时源,污染扩散距离不会很远,一般可控制在施工场所 100m 范围之内,且危害时间短,主要对施工人员和施工区域一定距离内的敏感目标影响较大。

施工单位在塔基开挖时,对临时堆砌的土方进行合理遮盖,减少大风天气引起的二次扬尘,施工完毕后及时进行回填压实。对施工道路和施工现场定时洒水、喷淋,避免尘土飞扬。施工运输车辆采用密封、遮盖等。综上,项目施工对周边大气环境的影响较小。

(3) 运营期

本项目废气为职工食堂油烟废气,备用柴油发电机废气。项目食堂厨房炉灶以液化

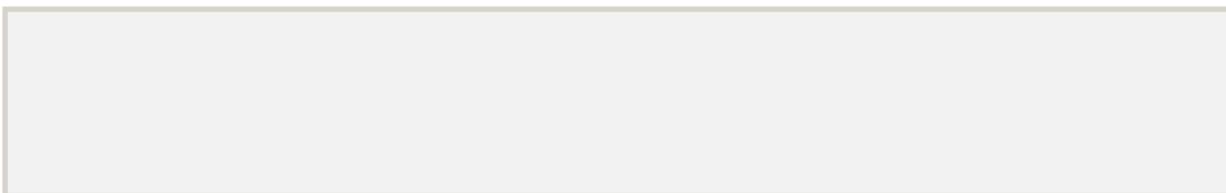
石油气为燃料，液化石油气是一种洁净、污染物含量很少的能源，在使用和消耗能源的过程中污染物的产生甚少，产生的烟气烟色透明，外排对周围环境空气不会产生明显的影响。

10.2.2 声环境影响

(1) 环境保护目标

本项目声环节主要保护目标为项目施工区周边声环境质量。

(2) 声环境质量现状



(3) 施工期声环境影响

根据《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011)，施工设备昼间噪声限值 70dB(A)，夜间噪声限值为 55dB(A)，从表 5.7-2 中可以看出，各个施工阶段施工设备噪声达标距离不同，基础施工昼间施工设备噪声达标距离较大，在 40m 以外。土石方、基础、结构夜间施工设备噪声达标距离均在 200m 以外。由以上可知，施工期主要噪声源是运输车队、施工机械(推土机、搅拌机、打桩机、吊车等)。其声源声功率级最高可达 110dB(A)，经自然衰减，施工场地 240m 以外，其噪声夜间值即可衰减至 55dB(A)以下，可满足《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011)标准。

陆域电缆施工区域距加竹村最近距离约 35m，因此，在塔基及电缆施工过程中对加竹村存在一定影响，施工过程中应做好降噪工作。选用噪声低或者安装消声、隔声的机械设备；加强施工，严禁夜间施工，尽量避免强噪声机械在同一区域内无序施工；车辆在行驶过程中，应缓行和禁鸣喇叭。

由公式可算出在均方根声压保护阈值取 190dB（对食肉目，如斑海豹，听力保护范围）、180dB（对鲸目，如江豚，听力保护范围）和 160dB（对海洋哺乳动物行为干扰）时，大直径单桩基在打桩施工时所对应的的影响距离分别为 110.6m、236.6m、1106.8m。由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。

(4) 运营期声环境影响

① 风机噪声影响分析

经预测单台风力发电机组衰减趋势及噪声衰减距离可知在距风力发电机组直线距离在 250m 处，噪声已衰减至低于 45dB，可满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 1 类标准限值。

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减小风机之间的尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，因此风力发电机组间噪声叠加影响非常小，多台风机间仅是影响范围的扩大，基本不增加影响程度。

②陆域集控中心噪声影响分析

根据预测结果可知，陆上集控中心的主变投运时，主变对厂界环境噪声的贡献值在 33.2~35.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2 类标准要求。与现状环境背景噪声叠加后，昼间在 53.3~56.2dB(A)，夜间在 44.2~44.9dB(A)，均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)2 类标准的要求。

10.2.3 固体废物环境影响

(1) 施工期固体废物环境影响

施工人员生活垃圾的产生量按每人 1kg/d，则本工程施工期生活垃圾日平均产生量为 760kg。海上施工人员产生的生活垃圾统一收集上岸后与集控中心施工生活垃圾一起交由环卫部门及时处理。

(2) 运营期固体废物环境影响

因本工程运营期仅有少量运维工作人员，会产生少量生活垃圾，产生量约为 7.5kg/d，在集控中心统一收集后交由当地环卫部门及时处理，不会对环境产生不利影响。

工程运行期间产生的固体废物主要为风机机舱和轮毂中更换的润滑油，润滑油约每 3~5 年更换一次，每台风机内部润滑油约 1.4t。按每 3 年更换一次，则风电场运行 25 年润滑油总产生量约 560t。风电场风机更换的润滑油收集后交由有资质单位处理、处置。

运营期变压器事故排油、油渣、废旧变压器和擦油破布属于危险固废，废物代码 900-220-08、HW08（变压器维护、更换和拆解过程中产生的废变压器油）。

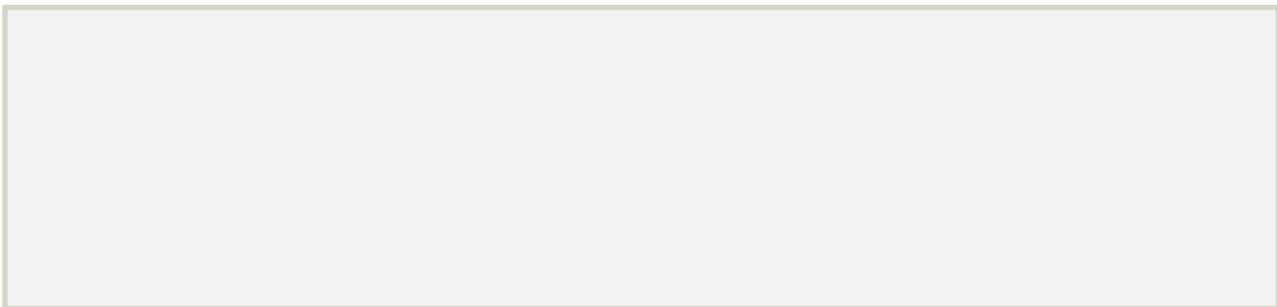
事故排油经事故贮油池处理后由专业厂家回收处置；废旧变压器由专业厂家回收利用。

10.2.4 海洋水文动力与冲淤环境

(1) 敏感目标

工程建设可能引起的海洋水文动力与冲淤环境变化，保护目标为工程区海域。

(2) 水动力与冲淤环境现状



(3) 水动力与冲淤环境影响评价

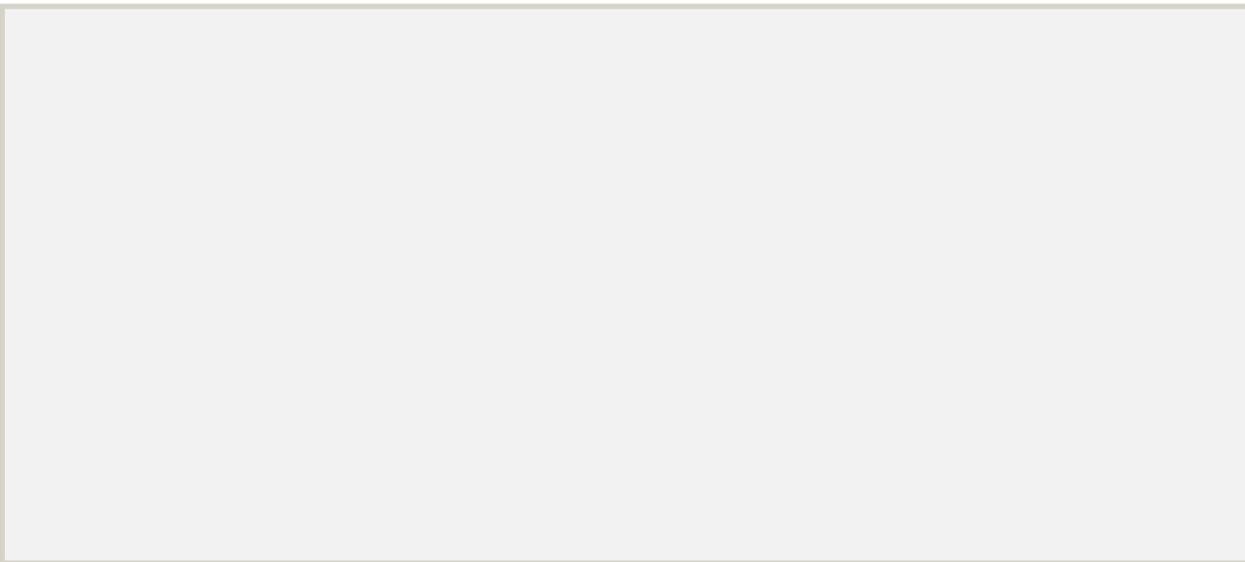
由于风机建设造成的风机周边海域流速变化并不大，所以附近海域的冲淤环境影响也较为有限，主要的冲刷影响范围为风机桩基周围 500m 范围内，淤积强度增加程度最大约 0.06m/a；每排风机之间的区域则呈现冲刷强度增加的现象，但增加幅度小于 0.05m/a，冲刷量变化很小。

10.2.5 海域水质环境影响

(1) 敏感目标

海域水质保护目标为项目区周围一带海水水质。

(2) 海水水质环境质量现状



(3) 水环境影响预测与评价

① 悬浮泥沙入海环境影响分析

悬浮泥沙增量浓度为 10mg/L 等值线的包络面积为 26.02km²，增量浓度为 20mg/L 等值线的包络面积为 20.05km²，增量浓度为 50mg/L 等值线的包络面积为 14.44km²，增量浓度为 100mg/L 等值线的包络面积为 7.88km²。悬浮泥沙在潮流场的作用下沿着路由向四周扩散，最远扩散距离为 0.146km。

②施工期污水排放对海域水环境的影响

在项目施工高峰期，同时施工船只最多有 24 艘，每艘船每天的含油废水产生量取 0.5m³/d，则施工高峰期施工船舶含油污水产生量为 12.0m³/d。施工船舶生活污水产生量为 43.2m³/d。，施工船舶含油污水禁止直接外排，应事先经海事部门对其排污设备实施铅封，施工船舶生活污水经收集后，污水由有资质的单位进行接收处理。

项目施工高峰期施工营车辆冲洗废水产生量总计为 44.0m³/d，机修废水产生量为 27.5m³/d，以上废水收集后利用施工营地隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 48.0m³，主要污染物为 COD、NH₃-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置，对海域水环境基本无影响。

总体而言，施工生产和生活污水排放量不大，各污染物排放量较小，对项目海域水质影响不大。通过加强施工过程的环境管理，认真实施污染控制措施，避免生产和生活污水直接排入施工海域，则能够将施工期废水排放对海洋水质环境的影响降低到最低程度。

③运营期水环境影响

a.生活污水

本项目运营期生活污水的主要来源于陆上集控中心运维人员，根据本项目可研，日生活污水产生量约 1.3m³/d，收集后统一排入地理式生活污水处理装置处理，污水经处理达到《城市污水再生利用杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准后回用于站区内绿化或道路喷洒，不外排。对周围水环境无影响。

b.牺牲阳极锌释放

根据工程设计及工程分析，每年进入海水中的锌为 0.68t/a，单个风机每年进入海水中的锌为 12.88kg/a。由于风电场区地处开阔海域，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散，对项目海域海水水质影响有限，不会对区域海水水质造成显著影响。

10.2.6 海域沉积物环境影响

(1) 敏感目标

保护目标为项目施工区海域沉积物环境。

(2) 沉积物质量现状

(3) 沉积物环境影响分析

①施工入海泥沙对海洋沉积物环境的影响分析

施工期的悬浮泥沙主要是由于风电场施工引起的，它们的环境背景值与工程区海域沉积物背景值相近或相同，施工过程只是将沉积物的分布进行了重新调整。因此，施工期悬浮物对工程海域沉积物质量的影响很小，工程施工后，经沉淀后沉积物的性质基本不变，不会明显改变工程海域沉积物的质量，海域沉积物环境基本可以维持现有水平。

②施工期废水对海洋沉积物环境影响分析

污染物排入海，污染物质在上覆水相、沉积物相和间隙水相三相中迁移转化，可能引起沉积物环境的变化，特别是悬浮物质可能通过吸附水体营养物质以及有毒、有害物质，并最终沉降到沉积物表层，从而对沉积物环境造成影响。

本项目施工污水主要为施工生产废水。施工废水全部回收处置不外排，对海域水质的影响不大，对沉积物环境基本上没有影响。此外，施工中只要加强管理，并将施工生活垃圾和施工废弃物一同清运至垃圾处理厂处理，避免直接排入海域，对工程海域沉积物的质量影响很小。

③运营期海洋沉积物环境影响分析

牺牲阳极的锌溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，锌也是海水中的最常见的物质之一，其不易形成稳定物质而持续累积，因此工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

10.2.7 海域生态环境影响

(1) 敏感目标

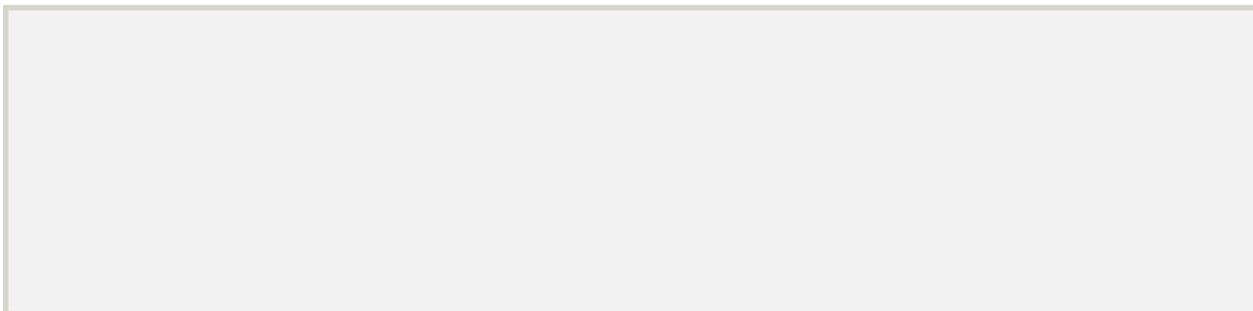
项目区周围海域海洋生物。

(2) 海洋生态环境现状

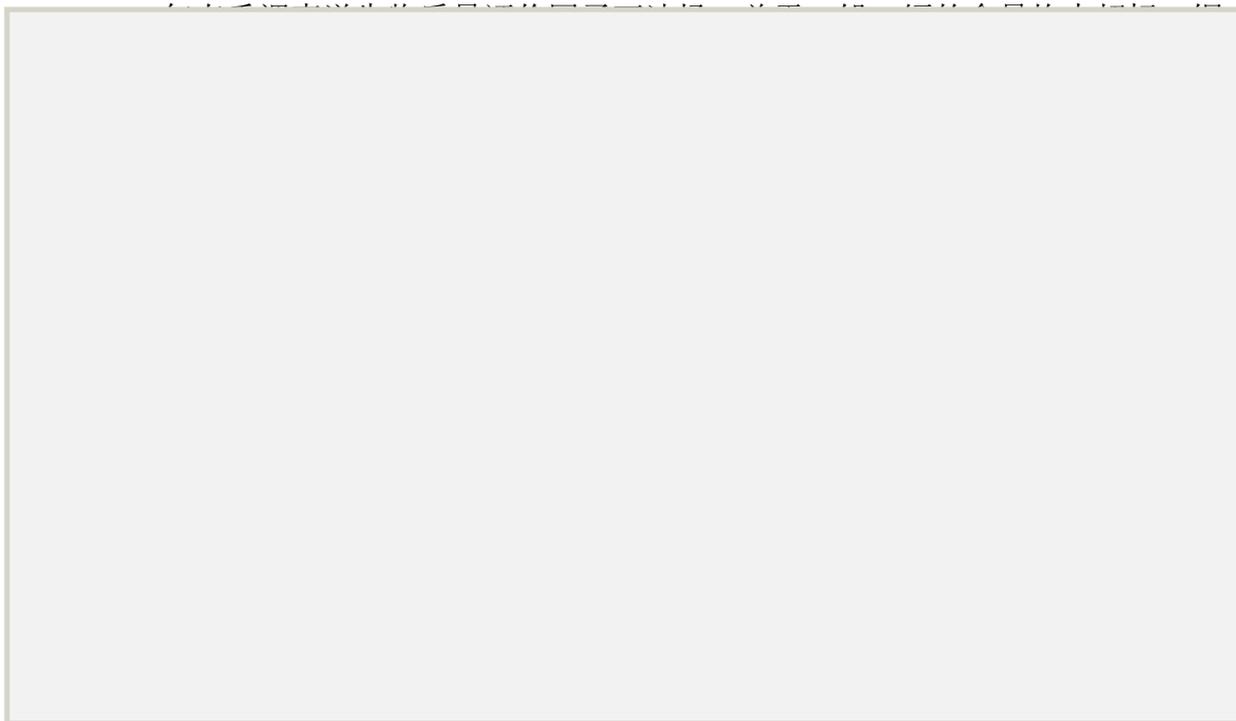
1) 叶绿素 *a* 及初级生产力



7) 游泳动物



8) 海洋生物质量



(3) 施工期海洋生态环境影响预测与分析

1) 对渔业资源的影响

悬浮泥沙作用导致一次性的鱼卵损失量为 12.66×10^6 粒，仔鱼损失 5.79×10^6 尾，游泳动物损失 1358.77kg。上述渔业资源生物量损失随着施工结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

2) 对浮游生物的影响

风机及海缆施工对浮游生物最主要的影响是水体中增加的悬浮泥沙影响了水体的透光性，由于施工造成海域 SPM 浓度增大，从而对海域浮游生物造成的这种影响是不可避免的，但是该影响暂时的和有限的，一般情况下，施工停止 3~4 个小时后，悬浮泥沙绝大部分沉降于海底，海水水质就可恢复到原来状态。根据鲍建国等的研究，浮游生物群落的重新建立所需时间较短，一般只需要几天到几周的时间，因此随着项目工程结束后，浮游生物很快就建立起新的群落，而悬浮泥沙对浮游生物造成的影响也随之消失。

3) 对底栖生物的影响

本工程海底电缆铺设过程中，海缆的开挖、填埋作业都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物丧失。其外围周边海域的底栖生物也将受入海泥沙的影响。如果大量悬浮物的沉积将掩埋工程区两侧的底栖生物，可能引起底栖生物，特别是蛤、螺等双壳类动物水管受到堵塞致死，这种影响主要集中于工程区外围悬浮泥砂含量较高的局部区域内。

本工程 220kV 海缆长度约为 2 回 50.139km，场区 66kV 总长度约为 55.939km，考虑到海缆沟槽在开挖过程中堆向两侧的淤泥将会覆盖底栖生物生境，因此开沟作业对底栖生物的影响宽度取 4.5m，则临时影响底栖生物面积为 477351m²，工程周边海域底栖生物量按平均 10.405g/m²，工程电缆铺设将引起底栖生物的损失量约为 4966.8kg。

根据工程分析，由于风机桩基永久占用海域，项目施工将导致桩基所在区域底栖生物的损失。桩基占地面积为 1934.5m²，潮下带平均生物量为 10.405g/m²，桩基施工导致的底栖生物损失量=1934.5m²×10.405g/m²=20.1kg。

4) 生态补偿金额

项目占海总计生物资源损失为 0.02 万元，海缆敷设生物资源损失为 5.0 万元，入海悬浮泥沙总计生物资源损失为 44.2 万元。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），对于持续性生物资源损害实际影响低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年的损失额补偿，因此，本评价建议进行 20 倍赔偿用于生态修复。即入海泥沙补偿 3 倍，项目占海补偿 20 倍。根据计算，生态补偿总金额为 148 万元。

（4）运营期海洋生态环境影响预测与分析

项目建设所在海域是部分水生动物栖息、繁殖场所。风电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，对成体

造成回避。但在运行期基本不受影响。

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。项目海域主要提共养殖和捕捞海产品。风机基础实际占用海域面积较小，且占用区域养殖较少，对养殖生产功能影响不大。

10.2.8 项目建设对周边主要保护目标和开发活动的影响

(1) 对生态红线区的影响

本项目海底电缆施工不会产生有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，根据预测可知施工引起的悬浮泥沙不会扩散至周边海上生态保护红线区，对周边生态红线区无影响。期，结合余流季节特征控制海缆铺设速度，达到进一步降低悬浮泥沙影响范围的作用。

(2) 对养殖区的影响

长春镇加竹村、外城村、赤沙村海带养殖（无海域使用权证）位于项目申请用海范围内的和海底电缆保护范围（项目申请用海范围）内的养殖活动面积约为 12.7272 公顷，需退出该区域，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用，并且建设单位应和养殖活动使用者进行协商，给予其相应的拆迁补偿，在项目申请用海的期限内不得再布置、使用；建设单位应做好本项目海底电缆登陆点附近居民的宣传工作，在海底电缆保护范围内设置一个显眼的警示标志，确保海底电缆的安全。目前本项目建设已取得长春镇人民政府的初步认可。

霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）区块 24，位于项目申请用海范围内的养殖活动面积约为 5.8522 公顷，本项目在该区域采用定向钻施工并采取相应保护措施与所在已确权养殖可共存，本部分拟通过立体确权方式予以协调。目前本项目建设已取得该项目建设单位初步认可。

本项目施工期造成的悬浮泥沙将会对包括上述养殖及上述养殖周边 77.9169 公顷区域养殖活动造成影响（其中长春镇加竹村、外城村、赤沙村开放式养殖影响面积为 56.8282 公顷，霞浦县三沙湾外开放式养殖挂牌出让项目（一期）区块 24 影响面积为 21.0887 公顷）。在项目施工前，施工期悬浮泥沙影响的养殖活动应暂时退出养殖海域，项目建设单位应做好协调补偿工作。

(3) 对海底电缆管道的影响

本项目主海缆将与霞浦县长春-浮鹰岛风电 110kV 海底电缆项目（霞浦县浮鹰岛风

电有限公司)、霞浦东冲半岛-浮鹰岛 10kV 海缆工程(国网福建霞浦县供电有限公司)交越。目前海缆交越技术已相对成熟、在国内也已有较多案例,本项目在经过交越海缆时采用“预制混凝土压块”防冲刷方案进行敷设,该措施科确保施工过程及运营过程均不会对现有海缆造成破坏。因此,建设单位应采取相应工程措施,保障施工和运营过程对现有海底电缆不会造成破坏。

(4) 对基本农田的影响

由工可及项目选址意见书可知,本项目建设不占用基本农田,但本项目设计范围紧邻周边几处的基本农田,因此,施工过程中要严格划定施工作业区域,严禁在项目周边基本农田保护区范围内设置各类临时工程,施工废水及施工固废严禁向周边基本农田保护区范围内排放,保护项目周边基本农田的完整性。

(5) 对湿地的影响

通过开沟犁与开挖的施工方式将海底电缆埋设于海底泥面以下2-3m,施工区域底质的特性未发生改变,同时施工时间较短,施工带来的影响是暂时,随着施工结束而消失,因此对湿地生态系统基本功能影响很小,项目不改变海域自然属性,根据数模预测,风电场施工和运营对周边海域水文动力、地形冲淤、海水水质、海洋沉积物、生物生态、噪声环境、电磁辐射等影响很小,对湿地生态系统及其生物多样性水平影响较小,且用海方式未改变湿地性质。因此,本项目对湿地影响较小。

10.3 环境风险评价结论

(1) 溢油风险

本项目溢油事故风险主要为施工船、渔船舶碰撞或者施工船、渔船燃油意外泄露。

对海上溢油事故应进行防范及应急处理,实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针,最大程度减轻事故的危害与损失。

(2) 通航风险

由于建设需要设置风机警示标志和必要的水上导助航标志,从而增加了水域的复杂性。增设一定数量的新的风机警示标志,导致驾驶人员利用物标导航定位的方法和习惯发生变化,会一定程度地影响船舶驾驶人员的了望和定位,这种情况可能在风电场建成营运初期显得较为突出。

(3) 台风、风暴潮环境风险

本项目位于东南沿海,是受台风风暴潮威胁较严重的海域,台风增水影响明显,影

响本路由的海洋灾害主要为热带气旋。因此，工程施工应尽量避免台风季节；同时，做好防台风袭击的各项应急预案和措施；加强工程质量管理，确保基础处理、相关防护工程严格按设计方案进行施工，将发生工程质量事故的可能性减少到最低程度等。

（4）地质灾害风险

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.05g，相应的地震基本烈度为 VI 度，II 类场地基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s。拟建场地及其附近未发现活动性断裂通过，新构造运动表现微弱，主要表现为断块差异升降，地壳运动相对稳定。近代地震活动强度不大，频度不高，区域构造属于相对稳定区。根据本次勘探成果，场址区揭露的地层主要为：海积淤泥或淤泥质土、粉砂、粉质粘土或粘土等。

工程区位于闽东火山断拗带次一级构造单元福鼎~云霄断陷带的东北部，区内构造方向以 NE 向为主。拟建场地未发现较大规模的构造行迹，属构造简单区。勘察结果表明，拟建场地地质构造以构造裂隙及风化裂隙为主。

（5）风机损坏、倒塌风险

海上风电不像陆上风电有成熟的装备和施工技术，故也具有一定试验性和不确定性。兆瓦级新型风电机组产品投入规模化生产运行后，质量和运行可靠性还未在海上得到充分检验。同时，从历史气象、海洋水文观测资料看，本项目风电场区海域台风、风暴潮发生几率较为频繁，台风、风暴潮等恶劣天气会对风机产生较大危害，台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷，最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限，轻则引起部件机械磨损，缩短风力发电机组的寿命，严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

（6）海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险

受长期泥沙冲刷的影响，风电场海底线缆和海床之间有形成淘空的可能。对比工程建设后风机所在海域的冲淤状态，紧邻风机海域淤积强度有所增加，最大增幅为 0.06m/a，成排风机间海域冲刷强度有所增加，增加幅度小于 0.05m/a，可视作对周边海域的冲淤环境未造成显著影响，海床整体较为稳定，因此项目建成后电缆泥沙淘空风险较小。

（7）鸟类飞行碰撞风机风险

根据相关研究，大部分鸟类的迁徙是在天气晴好的白天，而且大部分鸟类飞行高度较高，即使飞行高度较低的鸟类，也能够较好的识别障碍物，避免与风机发生撞击。在

飞行条件较差的时候，如下雨或者起雾时，则有可能发生鸟类与风机的撞击，目前的研究总体结果表明概率较低。

10.4 污染防治措施

根据项目施工期和运营期可能产生的环境影响，其主要环保措施和风险防范措施见表 10.4-1。

表 10.4-1 环保措施一览表

时段	环保措施
施工期	<p>①施工单位在施工过程中，应充分考虑附近海域环境特征、气象条件等，避免在极端天气情况下进行施工作业，桩基沉桩与导管架灌浆尽量避开涨潮及落潮发生期，控制海缆铺设速率，以减少悬浮物影响范围，确保施工作业对海域环境质量的影响降低到最小程度。</p> <p>②海底电缆工程施工必须严格制定施工规划，近岸段、登陆段施工避开涨潮及落潮发生期。</p> <p>③项目施工高峰期施工营地冲洗废水产生量总计约为 44.0m³/d，冲洗废水收集后利用施工营地现有隔油-沉淀设施处理后回用于车辆冲洗和场地洒水。施工人员生活污水产生量总计为 27.5m³/d，主要污染物为 COD、NH₃-N。陆域集控中心施工人员将租住于附近村庄中，产生的大部分生活污水利用居民区的化粪池处理，集控中心施工营地少量生活污水采用移动式环保厕所，及时委托市政部门抽吸处置。</p> <p>④施工期含油废水主要是由机械修配、汽车保养等产生，因废水性质相似，可集中统一处理。废水中主要含有石油类，修理和保养过程中其浓度可达 10~20mg/L。沉淀和隔除含油废水中的泥沙和浮油。隔除的浮油送至有资质单位处理。</p> <p>⑤为减少施工船舶设备排放发动机尾气产生的污染，施工单位必须严格控制船舶设备的品质，尽量采用清洁型燃料，并在机械设备排气口加装废气过滤器。</p> <p>⑥施工单位在塔基开挖时，应对临时堆砌的土方进行合理遮盖，减少大风天气引起的二次扬尘，施工完毕后及时进行回填压实。</p> <p>⑦采用低噪声施工机械设备，在登陆点施工区域设置围挡，控制设备噪声源强，减少施工噪声对加竹村的影响。</p> <p>⑧各施工现场进行合理规划，合理布置施工机械设备，尽量将噪声大的设备布置在对周围环境影响较小的位置，增大噪声源头与周围敏感区域的距离，严格按照《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-2011）中的有关规定执行。</p> <p>⑨施工船舶垃圾不得随意倒入海域，靠岸后生活垃圾倾倒入陆域生活垃圾处理设施，与陆域生活垃圾一并送入垃圾场统一填埋处理；施工船舶机械保养产生的固体废弃物，其中部分可回收使用，其余由于含有高浓度的油污和少量重金属等污染物，需要经收集后委托有资质的单位进行统一接收处理。</p>

	<p>⑩对于塔基开挖暂时不能回用的多余土方在塔基施工区附近的空地上集中堆放，开挖的表土和深层土分开堆放，施工后期剥离的表土用于绿化覆土和复耕，其余临时弃土平铺于塔基连梁内，工程结束后及时进行回填并压实。</p> <p>⑪导管架连接灌浆作业过程中，工作人员应严格根据灌浆方案确定灌浆量，通过视频监控或潜水员配合，精确把控溢浆时间和溢浆量，灌浆结束后，灌浆设备和管理系统清洗废水收集在工作船上，严禁排海造成海水污染。</p> <p>⑫施工期间禁止向水体排放、倾倒垃圾、弃土、弃渣。</p> <p>⑬海缆铺设过程中要严格划定施工作业区域，准确按照设计路线铺设海缆，控制作业面宽度，禁止随意扩大施工范围，禁止施工人员越界施工对高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区造成破坏。</p> <p>⑭优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间，减少海缆施工对下岐湿地和罗浮土坪湿地的影响时间。</p> <p>⑮对施工人员做好培训，禁止遗弃施工废物和生活废物等在高罗澳至鸭池塘港海岸防护生态保护红线区与下岐湿地内；检查施工器械，不得出现润滑油或燃料油跑、冒、滴、漏于登陆段施工区域。</p> <p>⑯做好施工组织 and 现场管理，文明施工，最大限度地减少施工期各污染源对周边环境的影响。应加强对施工人员的环保教育，提高其对鸟类尤其是珍稀保护级鸟类的保护意识，严禁捕杀</p> <p>⑰统筹规划施工布置，减少施工临时占地，尽可能选择植被稀疏处，并禁止施工人员随意砍伐施工场地外的林木。</p> <p>⑱塔基施工时应将塔基开挖时处的上层熟土和下层生土分开堆放、保存，回填时应按照原土层的顺序回填，缩短植被恢复时间和增加恢复效果。</p>
运营期	<p>①本项目运营期间，需要对风机及其相关设备进行维护，在维护过程中要防止润滑油等油类的跑、冒、漏、滴，废油统一收集至废油箱中，靠岸后委托有资质的单位进行处理回用。</p> <p>②集控中心生活污水收集后统一排入埋地式生活污水处理装置处理，污水经处理达到《城市污水再生利用杂用水水质标准》（GB18920-2020）的绿化标准后回用于站区内绿化或道路喷洒，不外排。</p> <p>③集控中心运营期的噪声主要来源于设备运行噪声和电磁噪声，主要噪声源有 220kV 变压器、高压电抗器等，在主变压器及高压电抗器设备选型时，提出噪声源强要求。</p> <p>④在设备定购时，选取导线表面光滑，毛刺较少的设备，以减小线路在运营期时产生的噪声。</p> <p>⑤保证变电站内高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均连接</p>

	<p>紧密，对大功率电磁振荡的设备采取必要的屏蔽，将机箱孔、口和连接处密封。</p> <p>⑥运行期应严格控制输电线下方树木的修剪或砍伐。根据设计规范进行砍伐树木，220kV 输电线走廊内自然生长高度不超过 2m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离（考虑树木自然生长高度）大于 4.5m 的树木不砍伐，与导线之间的垂直距离大于 4.0m 的果树、经济作物不砍伐。。</p> <p>⑦加强运行期的海底电缆冲刷检测监控，保证海底电缆一定的埋深，避免海底电缆外露造成的电磁影响增加。</p>
<p>风险防 范措施</p>	<p>①装置性能可靠的测风仪器，建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪，避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。</p> <p>②风电场设置有完整的现场监控系统，一旦发生损坏、倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警。</p> <p>③铺设海底电缆施工作业，在适当的位置设立昼夜醒目的标志，并保证其完好、有效。铺设完毕后，向主管机关报送管线路由等相关资料，并申请发布航行通（警）告，并根据海底电缆保护规定要求禁止在电缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。</p> <p>④建议在风机上适当的位置安设不同色彩的闪烁灯光，并用紫外光固化涂料涂漆在风电机叶轮表面，以增加鸟类对风电机的可见度，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。</p> <p>⑤施工通告及对外界运输条件的要求：施工前应通过海事局发布施工航行通告；施工期间应注意与过往船只的相互避让，防止船舶碰撞；船舶进出应实施引航员制度和锚泊制度，以防船只拖锚、碰撞、挤压、搁浅、触礁等事故发生；施工船舶应实施值班、了望制度；在大雾、大风等不利气象条件下应按要求停止作业。</p>

10.5 环保投资

为有效保护项目所在区域的海洋环境，建设项目需用于污染防治和环境保护方面的投资约 783 万元，占工程总投资的 0.12%。主要包括废水和垃圾的收集处理、生态补偿等，以及对环境质量的跟踪监测。

本项目的生态补偿总费用为 148 万元，一次补偿。增殖放流时间应选择在 5-6 月。放流品种应满足适宜当地海域生长、不造成生态危害、具有较高的经济价值等条件，实施前应向海洋主管部门报备，并在海洋主管部门现场监督下实施。

10.6 评价结论

本项目建设符合国家产业政策，符合《福建省国土空间总体规划（2021-2035 年）》、《宁德市国土空间总体规划(2021 -2035 年)》、《福建省“十四五”海洋生态环境保护

规划》等功能区划要求。建成后基本能满足环境功能要求。项目只要认真落实本报告书提出的各项环境保护措施，可以将环境影响降低到可接受的程度，从环保角度上来看，项目产生的环境影响是可以接受的，项目建设是可行的。

10.7 建议

(1) 建议建设单位委托相关专业单位开展实验室生物行为学研究，对噪声和电磁辐射进行实验室模拟，开展在不同噪声级及电磁辐射强度下海洋生物反应的敏感性测试及阈值测定。