

建设项目环境影响报告表

(生态影响类)

项目名称: 陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目

建设单位(盖章): 中海石油(中国)有限公司北京新能源分公司

编制日期: 2024年9月

打印编号: 1728519036000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	176hcj		
建设项目名称	陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目		
建设项目类别	54—150海洋矿产资源勘探开发及其附属工程		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中海石油（中国）有限公司北京新能源分公司		
统一社会信用代码	91110114MA7KFG839G		
法定代表人（签章）	肖茂林	肖茂林	
主要负责人（签字）	张传涛	张传涛	
直接负责的主管人员（签字）	邱泽阳	邱泽阳	
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中海油研究总院有限责任公司		
统一社会信用代码	911100007109260782		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
郭良波	06351243506120250	BH023449	郭良波
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
郭良波	生态环境影响分析、环境风险分析与评价专题	BH023449	郭良波
郭静	生态环境现状、保护目标及评价标准	BH023440	郭静
熊乐航	建设项目基本情况、建设内容、主要生态环境保护措施、生态环境保护措施监督检查清单、结论	BH008519	熊乐航

一、建设项目基本情况

建设项目名称	陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目		
项目代码			
建设单位联系人	邱泽阳	联系方式	15911099239
建设地点	中国南海北部海域		
地理坐标	LF14-4FOWT 风机平台:([REDACTED])		
建设项目行业类别	海洋矿产资源勘探开发及其附属工程	用地(用海)面积(m ²)/长度(km)	[REDACTED]
建设性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建(迁建) <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造	建设项目申报情形	<input checked="" type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 重大变动重新报批项目
项目审批(核准/备案)部门(选填)	国家能源局	项目审批(核准/备案)文号(选填)	2409-000000-60-01-773999
总投资(万元)	[REDACTED]	环保投资(万元)	[REDACTED]
环保投资占比(%)	[REDACTED]	施工工期	12个月
是否开工建设	<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是: _____		
专项评价设置情况	环境风险分析与评价专题		
规划情况	无		
规划环境影响评价情况	无		
规划及规划环境影响评价符合性分析	无		

其他符合性分析	<p style="text-align: center;">（一）项目由来</p> <p>习近平总书记在 2020 年 9 月 22 日第七十五届联合国大会上提到“中国碳排放力争在 2030 年达峰，努力在 2060 年实现碳中和。”中国海洋石油集团有限公司明确了大力推进海上绿电低碳战略，2021 年 1 月 15 日，中国海洋石油集团有限公司正式宣布启动碳中和规划，全面推动公司绿色低碳转型，积极推进清洁能源与传统油气业务的协同发展。</p> <p>在海洋油气增储上产的背景下，依托海上自然资源。为挖掘深远海风能存量，开发清洁绿色电力、节省燃料气消耗，降低碳排放量、实现油气低碳高效开发。受建设单位中海石油（中国）有限公司北京新能源分公司委托，中海油研究总院有限责任公司承担了本项目的环境影响评价工作。本项目拟新建海上风机一座、铺设一条长约 3.8km（其中挖沟铺设长度 3.45km）的海底电缆，本项目风电机组建成后，将通过海底电缆将风机产生的电力接入陆丰油田群，为陆丰油田群提供清洁绿色电力。本项目属于海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，海底电缆挖沟长度不超过 20km，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）相关规定，编制了本报告表。</p> <p style="text-align: center;">（二）相关规划符合性分析</p> <p style="text-align: center;">（1）与产业政策的符合性分析</p> <p>本项目属于国家《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”的“七、石油与天然气”中的“3、油气勘探开发技术与应用：油气与新能源融合发展项目及技术开发与应用”，属于国家产业结构调整指导目录中鼓励类项目。因此，本项目符合国家产业政策。</p> <p style="text-align: center;">（2）《全国海洋主体功能区规划》符合性分析</p> <p>根据《全国海洋主体功能区规划》，本项目位于海洋工程和</p>
---------	---

	<p>资源开发区，属于重点开发区域。该区域“是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。”本项目属于海洋矿产资源开发及其附属工程，新建海上风力发电机组为陆丰油田提供绿色电力。因此本项目符合全国海洋主体功能区规划要求。</p> <p>(3) 《广东省国土空间规划（2020-2035年）》符合性分析</p> <p>本项目位于广东省国土空间规划之外（见附图1），项目设施距离最近的海洋生态保护红线约98.3km，因此本项目与《广东省国土空间规划（2020-2035年）》相协调。</p> <p>(4) 《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性分析</p> <p>根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于广东省“三线一单”管控区域之外（见附图2）。因此本项目与广东省“三线一单”相协调。</p> <p>(5) 广东省“三区三线”符合性分析</p> <p>根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号），广东省完成了“三区三线”划定工作，划定成果符合质检要求，自2022年10月14日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。</p> <p>本项目位于“三区三线”的海洋生态保护红线划定范围外（见附图3），因此本项目与“三区三线”的海洋生态保护红线的管理要求相协调。</p>
--	--

二、建设内容

地 理 位 置	<p>陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目位于南海北部断坳区陆丰 14-4 油田区域附近,本项目计划新建一座 16MW 浮式平台风电机组 LF14-4FOWT、一条连接 LF14-4DPP 平台与浮式风机的海底电缆。项目设施距离广东省汕尾市约 [REDACTED], 所处海域水深约 136m。周边有陆丰 8-1 油田、陆丰 13-1、13-2 油田、陆丰 14-4 等油田,项目新建浮式风机距 LF14-4DPP 平台最近距离约 3.6km。本项目地理位置见图 2-1。</p>
------------------	---

图 2-1 项目地理位置

（一）现有工程概况

陆丰油田区域现有设施主要包括：平台 7 座、HYSY121 FSO 1 座、水下生产系统 1 套、海底管道 8 条、海底电缆 3 条。其中已建 LF14-4 DPP 平台为一座 8 腿 12 裙桩导管架结构钻采平台，共设有三层甲板，平台上设有原油电站、原油处理、外输设施、生产水处理、注水设施及公用系统、100 人生活楼及直升机甲板。其电力系统已与陆丰油田的 LF 15-1DPP 平台和 LF 8-1DPP 平台实现电力组网，本项目新建风力发电机通过海缆接入 LF14-4 DPP 平台实现电力系统联网。

图 2-2 现有工程示意图

陆丰区域中远期开发规划油田/井区合计 18 个。其中 LF 14-4DPP 平台、LF 15-1DPP 平台和 LF 8-1DPP 平台已实现电力组网，组网平台电站总容量为 42.8MW。根据各年总负荷情况，陆丰油田在 2025 年组网后总负荷 21.253MW。本项目建成后，将通过 1 根 3.3km, 35kV, 3×185mm² 的动静态海缆接入 LF 14-4DPP 平台 35kV 系统，接入陆丰油田群电网，与现有电网电站组网，共同为陆丰油田群油气设施提供清洁绿色电力，节省燃料气消耗，降低碳排放量、实现油气低碳高效开发的目的。

表 2-1 现有工程电力系统概况

设施	主发电机数（台）	主发电机总功率（MW）	电网电压（kV）	是否组网
LF 13-1DPP	6	14.6MW	4.16	否
LF 13-2WHP	3	16.5MW	4.16	否
LF 7-2DPP	4	16.42MW	6.3	否
LF 14-4DPP	4	32.8MW（3 台 7.6MW 和 1 台 10MW）	35/10.5	是
LF 15-1DPP	0	0	35/10.5	是
LF 8-1DPP	2	10MW（两台 5MW）	35/10.5	是
合计	19	90.32MW（其中组网 42.8MW）		

（二）项目概况

项目名称：陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目。

项目性质：海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，新建。

工程组成：新建一座 16MW 浮式平台风电机组 LF14-4FOWT，通过一条 3.8km 海缆接入 LF 14-4DPP 平台，风机所发电力全部进入陆丰油田群进行消纳。项目总投资约 4.3157 亿元，年发电量约 5.201 万 MWh，年均减少碳排放约 3.342 万吨。

本项目建设内容主要包括：

- 新建一座浮式平台风电机组 LF14-4FOWT；
- 新建一条约 3.8km 海缆，连接 LF14-4DPP 平台与 LF14-4FOWT；
- 对 LF14-4DPP 平台适应性改造。

本项目工程特性表见表 2-2，本项目涉及的主要工程内容具体可见表 2-3。

表 2-2 本项目工程特性表

名称		单位(或型号)	数量	备注	
项目 场址	经度(东经)		■		
	纬度(北纬)		■		
	平均海平面高程	m	0.95	相对于海图基准面	
	水深	m	■		
	设计高潮位	m	■		
	设计低潮位	m	■	相对于海图基准面	
	50 年一遇极值高潮潮位	m	■	相对于海图基准面	
	离岸最近距离	km	136		
	历史最高气温	°C	36.0		
	历史最低气温	°C	11.5		
	年平均风速	m/s	9.23		
	空气密度	kg/m ³	1.166		
	年平均风功率密度（轮毂高度）	W/m ²	842.46		
	50 年一遇最大风速（轮毂高度）	m/s	59.9		
盛行风向		NE			
主要 设备	机组	台数	台	1	
		额定功率	kW	16000	
		叶片数	片	3	
		风轮直径	m	260	
		轮毂高度	m	155	
		切入风速	m/s	3	
		额定风速	m/s	15	标准空气密度
		切出风速	m/s	28	10 分钟平均值
		设计极大风速	m/s	79.8	3 秒最大值
		发电机功率因数		100%	
		额定电压	V	1380	

	变压器	台数	台	1	
		容量	kVA	18000	
		额定电压	kV	35	
浮式平台	风电机组基础	数量	座	1	
		型式		张力腿式	
施工	基础钢材		t	4199	
	风电机组重量		t	2163	塔筒+RNA
	海底电缆敷设		km	3.8	
	施工期		月	12	基础建造至并网发电

表 2-3 本项目主要工程内容

新建设施	
1 座浮式平台	张力腿（TLP）浮式平台，9 个压载舱，总舱容为 4261.9 立方米；共设置空舱 17 个，总舱容为 9743.1 立方米。配置一体化海洋环境监测系统（IMMS）、不间断供电系统（UPS）、千斤顶、吊机等设备
1 台浮式风电机组	额定功率：16MW；额定电压：1380V；叶片数：3；风轮直径：260m
1 条海底电缆	LF14-4FOWT 风机平台到 LF14-4 DPP 平台海底电缆（3.8km，35kV，3×185mm ² ）
改造设施	
LF14-4DPP 平台	中层甲板外扩，布置新增升压变流一体机；下甲板外扩，布置储能事故水罐，储能电池预制舱，储能系统，消防水槽及水泵等；新增高压开关、新增 5 面控制屏柜；中控室内布置 1 台 IMMS 操作站；增设火气探头及手报站

(一) 总体开发方案

本项目主要工程内容为新建一座 16MW 的浮式平台风电机组，通过一条 3.8km 海底电缆将电力接入至 LF14-4 DPP 平台，实现与陆丰油田当前电力系统联网，风机所发电力全部由陆丰油田群进行消纳。本项目总体开发方案示意图 2-3。

图 2-3 总体开发方案示意图

(二) 浮式平台风电机组及海底电缆布置

本项目新建风机基础为张力腿型浮式平台，浮式平台结构包括 3 个立柱；立柱底部通过中心浮筒和水平撑按正三角形连接压载舱；浮式平台共设置 9 个压载舱，总舱容为 4261.9 立方米；共设置空舱 17 个，总舱容为 9743.1 立方米。立柱顶部为中心立柱顶平台，浮式平台的主要设备布置在该层。同时还设有斜撑，顶部通过斜撑与压载舱相连。

浮式风机塔筒设计在立柱顶平台上方安装，塔筒门外需设置平台和斜梯至顶甲板，顶甲板预留空间、采用遥控栈桥登乘。IMMS 系统（一体化海洋环境监测系统，用于监测、记录和显示海洋环境参数）、UPS（不间断供电系统）等布于风机塔筒；电池箱、救生衣箱等布置在风机塔筒门外空间。新建浮式平台示意图见图 2-4。

a.侧视图

b.俯视图

c.结构示意图

图 2-4 浮式平台示意图

本项目系泊系统采用垂直张力腿。张力腿系泊采用 3×3 垂直系泊系统，组间夹角为 120°，缆间间距为 3.5m，单根缆绳预张力为 666.7t，总预张力为 6000t。系泊缆构型由 3m 钢缆索接头+105m 钢缆+5m 系泊连接臂，顶部钢缆锁止器与平台连接；锁止器双轴转动、带张力监测功能；底部万向节与桩基础连接。系泊缆构型如图 2-5 所示。

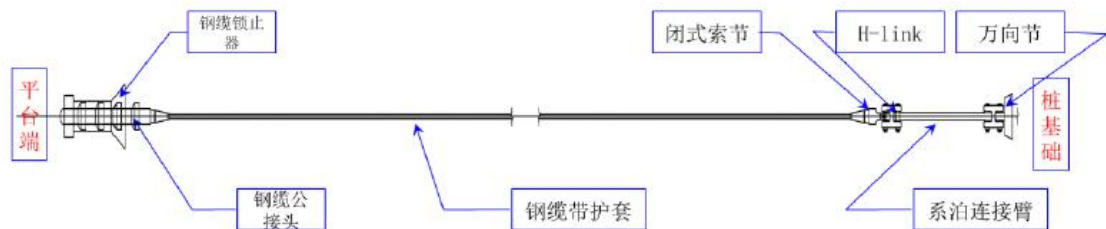


图 2-5 系泊缆构型示意

本项目拟采用风电机组型号为 WTG16-260A。该机组机型主要参数见表 2.4。

表 2-4 机组主要技术参数

项 目	单 位	参 数
机组型号	/	WTG16-260A
额定功率	kW	16000
设计等级	/	IEC S
发电机类型	/	半直驱
轮毂高度	m	155
叶轮直径	m	260
风速范围	m/s	3~28
设计寿命	年	25

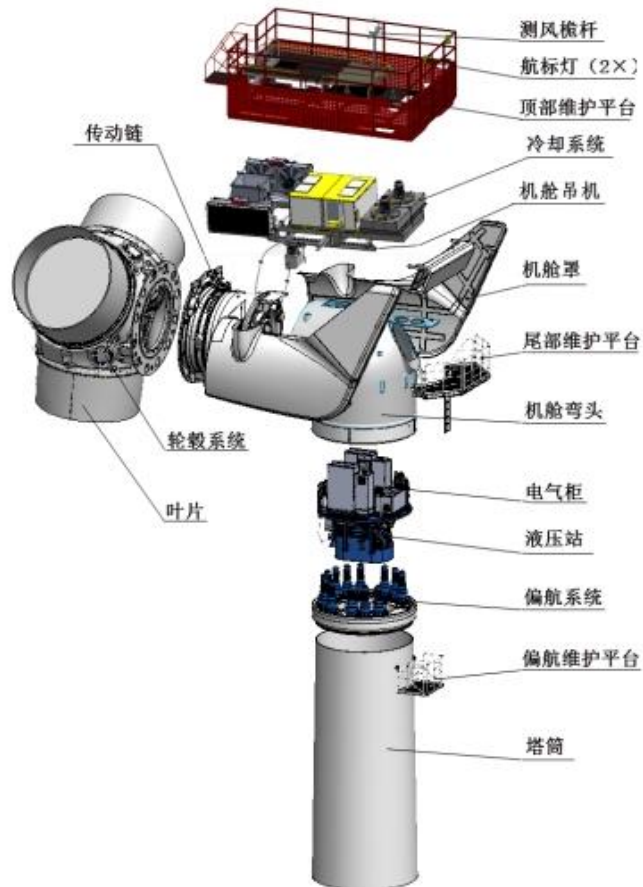


图 2-6 风电机组示意图

海缆采用动态段+静态段设计，全长约 3.8km（埋设段 3.45km+动态段 0.35km），连接浮式风电平台和 LF14-4 DPP 平台。为降低海缆被破坏的风险，海缆进行挖沟埋设保护，埋深 1.5m，与已有管缆跨越处采用覆盖压块、设置防磨保护垫的施工工艺。动态海缆构

型采用缓波型设计，靠近风机平台处在海底设置锚点限位结构，实现动态段和静态段转换。电缆在两侧平台登陆示意图 2-8。

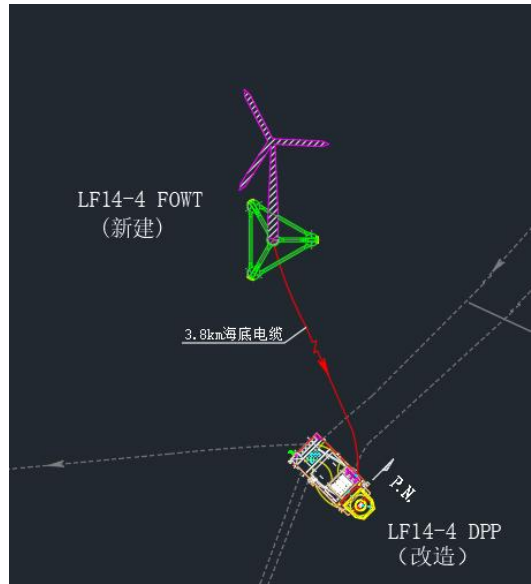


图 2-7 海底电缆路由示意图

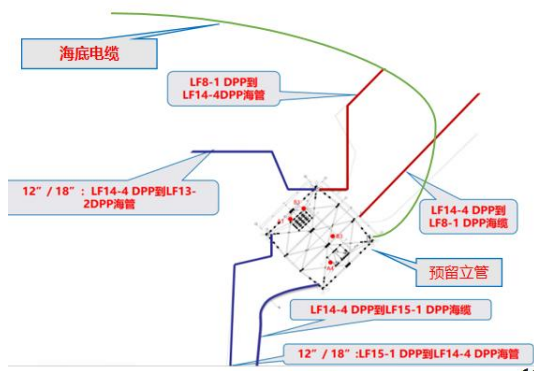


图 2-8a 电缆登 LF14-4DPP 平台方案

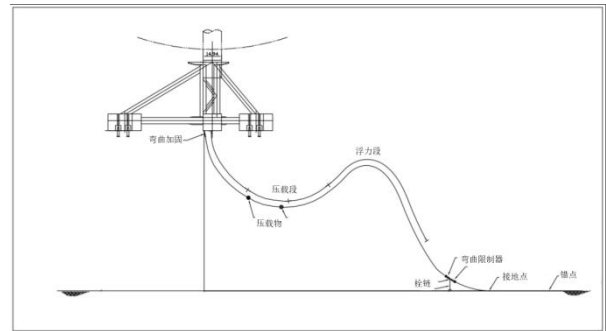


图 2-8b 动态电缆接入风机平台示意

(三) 平台改造

风力发电机通过海缆接入 LF14-4DPP 平台电网，LF14-4DPP 平台需要进行适应性改造。具体改造包括：中层甲板外扩甲板，布置新增升压变流一体机；下甲板外扩甲板，布置储能事故水罐、储能电池预制舱、储能系统、消防水槽及水泵等，电气房间新增、改造高压开关，新增 5 面控制屏柜，并对能量管理系统（EMS）进行相关改造，新增电缆接线箱，海底电缆通过 LF14-4 DPP 平台预留电缆护管爬升至平台；于 LF14-4DPP 平台中控室设置 1 台 IMMS 操作站、1 台数据服务器。平台改造示意图 2-9。

中层甲板

下层甲板

图 2-9 LF14-4DPP 平台改造示意图

本项目海上施工方案包括张力腿平台的安装和调试、海底电缆铺设以及 LF14-4DPP 平台的适应性改造等。张力腿浮式风电平台主要由系泊系统（张力腿+锚固基础）、风机基础（浮体）、风机和塔筒组成，其海上施工主要包括系泊系统锚固基础打桩、张力腿系泊缆预铺、浮体安装/限位、张力腿回接等工序。本项目施工阶段主要作业内容、参加作业船舶和作业人员等情况具体可见表 2-5。

表 2-5 海上建设阶段作业船舶、人员及工期

作业内容		作业船舶	规格/型号	数量	作业人数	作业时长 (d)
风机安装 调试	打桩	安装船	蓝鲸 7500	1	250	10
		拖轮	12000 匹大马力拖轮	1	35	10
	系泊缆预铺	安装船	250 吨补偿吊机、2 套工作级 ROV、DP2	1	70	27
		内波流监测船	12000 匹大马力拖轮	1	35	26
	限位	主拖轮	20000 匹大马力拖轮，系柱拖力 250 吨以上	1	48	26
		辅拖轮	15000 匹大马力拖轮，系柱拖力 200 吨以上	1	35	
		辅拖轮	12000 匹大马力拖轮，系柱拖力 200 吨以上	1	35	
	张力腿回接	安装船	250 吨补偿吊机、2 套工作级 ROV、DP2	1	80	27
		内波流监测船	12000 匹大马力拖轮	1	35	28
		运输驳船	5000 吨级运输驳船	1	35	11
		空潜支持船	DP2 级空潜支撑船	1	60	14
	海底电缆铺设/回接	铺缆船	DP2、2 台工作级 ROV、补偿吊、软铺系统	1	145	15
		辅助船	DP2、1 台工作级 ROV、后挖沟设备	1	42	7
	平台适应性改造	支持船	/	1	20	60

施工方案

其他

无

三、生态环境现状、保护目标及评价标准

(一) 水质、沉积物、海洋生物生态及生物质量调查资料来源

本项目海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态和生物质量现状资料来自国家海洋局南海环境监测中心编制的《陆丰 13-8/13-9 油田开发工程春季环境质量现状调查与评价》，调查时间为 2022 年 5 月。

调查共设置 5 个断面，断面间距 18km，以垂直于横断面设 7 个纵断面，断面间距 20km；横纵断面交点为站点所在位置，共计 35 个站位（P1~P35）。其中水质站位 35 个，沉积物站位及生物生态（浮游植物、浮游动物、鱼卵仔稚鱼、底栖生物等）站位 22 个。调查站位布置详见图 3-1、表 3-1。

图 3-1 环境质量现状调查站位布设

表 3-1 调查站位及调查内容

站位	经度	纬度	调查项目
P1			水质、沉积物、生物生态
P2			水质
P3			水质、沉积物、生物生态
P4			水质
P5			水质、沉积物、生物生态
P6			水质
P7			水质、沉积物、生物生态
P8			水质、沉积物、生物生态
P9			水质
P10			水质、沉积物、生物生态
P11			水质
P12			水质、沉积物、生物生态
P13			水质
P14			水质、沉积物、生物生态
P15			水质
P16			水质、沉积物、生物生态
P17			水质、沉积物、生物生态
P18			水质、沉积物、生物生态
P19			水质、沉积物、生物生态
P20			水质、沉积物、生物生态
P21			水质

生态环境现状

P22	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P23	████████	████████	水质
P24	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P25	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P26	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P27	████████	████████	水质
P28	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P29	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P30	████████	████████	水质
P31	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P32	████████	████████	水质
P33	████████	████████	水质、沉积物、生物生态
P34	████████	████████	水质
P35	████████	████████	水质、沉积物、生物生态

(二) 海水水质现状评价

(1) 水质调查结果

调查海域海水水质调查项目分析结果详见附录 1。具体结果如下：

A. pH

调查海区表层海水 pH 变化范围为 8.17~8.19，平均为 8.18。

B. 溶解氧 (DO)

调查海区表层海水溶解氧变化范围为 (6.48~6.93) mg/L，平均为 6.64 mg/L。

C. 化学需氧量 (COD)

调查海区化学需氧量变化范围为 (0.15~0.55) mg/L，平均为 0.34 mg/L。

D. 石油类

调查海区表层海水石油类变化范围为 (未检出~0.010) mg/L，平均为 0.004 mg/L。

E. 无机氮 (DIN)

调查海区无机氮变化范围为 (9.0~2.78×10²) μg/L，平均为 62.1μg/L。

F. 活性磷酸盐 (PO₄³⁻-P)

调查海区活性磷酸盐变化范围为 (0.9~35.2) μg/L，平均为 6.6μg/L。

G. 汞

调查海区汞变化范围为 (未检出~0.026) μg/L，平均为 0.010 μg/L。

H. 砷

调查海区砷变化范围为（1.04~4.30） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 2.91 $\mu\text{g/L}$ 。

I. 锌

调查海区锌变化范围为（0.34~14.46） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.68 $\mu\text{g/L}$ 。

J. 镉

调查海区镉变化范围为（未检出~0.06） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.01 $\mu\text{g/L}$ 。

K. 铅

调查海区铅变化范围为（未检出~0.95） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.24 $\mu\text{g/L}$ 。

L. 铜

调查海区铜变化范围为（0.40~4.36） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.98 $\mu\text{g/L}$ 。

M. 总铬

调查海区铬变化范围为（0.15~5.54） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.56 $\mu\text{g/L}$ 。

N. 硫化物

调查海区硫化物变化范围为（未检出~0.20） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.13 $\mu\text{g/L}$ 。

O. 挥发性酚

调查海区挥发性酚变化范围为（ Δ ~2.2） $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.5 $\mu\text{g/L}$ 。

（2）水质评价因子、评价标准和评价方法

水质现状评价选用的评价因子有：pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、石油类、无机氮（DIN）、活性磷酸盐（ $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ）、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物和挥发性酚共 15 项。

由于本次调查站位均位于原《广东省海洋功能区划（2011-2020）》范围之外，调查站位海水水质按现状进行评价。本节采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中第一类海水水质标准进行评价，评价因子超出第一类海水水质标准时，进一步采用第二类至第四类标准进行评价并用文字说明评价结果。各评价因子的评价标准值列于表 3-2。

表 3-2 水质评价标准值

评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2 pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位	
溶解氧(DO)	>6 mg/L	>5 mg/L	>4mg/L	>3 mg/L
化学需氧量(COD)	\leq 2 mg/L	\leq 3 mg/L	\leq 4 mg/L	\leq 5 mg/L
石油类	\leq 0.05 mg/L		\leq 0.30 mg/L	\leq 0.50 mg/L

无机氮(DIN)	≤0.20 mg/L	≤0.30 mg/L	≤0.40 mg/L	≤0.50 mg/L
活性磷酸盐(PO ₄ ³⁻⁻ -P)	≤0.015 mg/L	≤0.030 mg/L		≤0.045 mg/L
汞	≤0.00005 mg/L	≤0.0002 mg/L		≤0.0005 mg/L
砷	≤0.020 mg/L	≤0.030 mg/L		≤0.050 mg/L
锌	≤0.020 mg/L	≤0.050 mg/L	≤0.10 mg/L	≤0.50 mg/L
镉	≤0.001 mg/L	≤0.005 mg/L		≤0.010 mg/L
铅	≤0.001 mg/L	≤0.005 mg/L	≤0.010 mg/L	≤0.050 mg/L
铜	≤0.005 mg/L	≤0.010 mg/L		≤0.050 mg/L
总铬	≤0.05 mg/L	≤0.10 mg/L	≤0.20 mg/L	≤0.50 mg/L
硫化物	≤0.02 mg/L	≤0.05 mg/L	≤0.10 mg/L	≤0.25 mg/L
挥发性酚	≤0.005 mg/L		≤0.010 mg/L	≤0.050 mg/L

采用单项分指数法及平均分指数法对调查海区进行环境质量现状评价。

单项分指数法

计算公式（参考《近岸海域环境监测规范》 HJ 442-2008）为：

$$PI_{ij} = \frac{C_i}{S_{0i}}$$

式中： PI_{ij} —第 j 监测站位污染物 i 的标准指数；

C_i —某监测站位污染物 i 的实测浓度；

S_{0i} —污染物 i 的评价标准。

对于水中溶解氧采用：

$$PI_{DO} = \begin{cases} |DO_f - DO| / (DO_f - DO_s), DO \geq DO_s \\ 10 - 9DO / DO_s, DO < DO_s \end{cases}$$

式中： PI_{DO} —溶解氧的标准指数；

DO —溶解氧的实测浓度；

DO_s —溶解氧的评价标准；

DO_f —为饱和溶解氧。

对于水中 pH 采用：

$$PI_{pH} = |pH - pH_{SM}| / D_s$$

其中， $pH_{SM} = \frac{1}{2}(pH_{su} + pH_{sd})$ ； $D_s = \frac{1}{2}(pH_{su} - pH_{sd})$

式中： PI_{pH} —pH 的标准指数；

pH —pH 的实测值；

pH_{su} —海水 pH 标准的上限值；

pH_{sd} —海水 pH 标准的下限值。

平均分指数法

计算公式为：

$$PI_{ie} = \frac{\sum_{j=1}^N PI_{ij}}{N}$$

式中： PI_{ie} —评价海区评价因子 i 的平均标准指数；

PI_{ij} —评价海区评价因子 i 在第 j 站的标准指数

N—参加评价的总站位数。

(3) 水质评价结果

本次调查获取的所有水质样品的 pH、化学需氧量、油类、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物和挥发性酚共 12 项符合第一类海水水质标准。

溶解氧、无机氮和活性磷酸盐分别有 69.1%、93.8%和 86.4%的样品符合第一类海水水质标准；分别有 24.1%、6.2%和 10.5%的样品符合二类海水水质标准；溶解氧有 6.8%的样品符合三类海水水质标准、活性磷酸盐有 3.1%的样品（三）四类海水水质标准。本次调查符合二类及以下标准的水质站位、层次及水质类别评价结果列于表 3-3。

表 3-3 调查海区海水水质标准的评价因子统计结果

评价因子	水质等级评价		层次及站位		
	水质类别	占比%	层次	个数	站位号
溶解氧	二类	24.1	100 m 层	16	████████████████████
			底层	23	████████████████████
	三类	6.8	底层	11	████████████████████
无机氮	二类	6.2	底层	10	████████████████████
活性磷酸盐	二类	10.5	100 m 层	3	████████████████
			底层	14	████████████████████
	(三) 四类	3.1	底层	5	████████████████

(三) 沉积物现状评价

(1) 评价因子及标准

本次沉积物评价因子：有机碳、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油类共 10

项。沉积物质量评价执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中规定的第一类海洋沉积物质量标准，详见表 3-4。

表 3-4 海洋沉积物质量标准

评价因子	第一类	第二类	引用标准
有机碳	$\leq 2.0 \times 10^{-2}$	$\leq 3.0 \times 10^{-2}$	《海洋沉积物质量》 (GB18668-2002)
硫化物	$\leq 300.0 \times 10^{-6}$	$\leq 500.0 \times 10^{-6}$	
石油类	$\leq 500.0 \times 10^{-6}$	$\leq 1000.0 \times 10^{-6}$	
汞	$\leq 0.20 \times 10^{-6}$	$\leq 0.50 \times 10^{-6}$	
铜	$\leq 35 \times 10^{-6}$	$\leq 100 \times 10^{-6}$	
铅	$\leq 60.0 \times 10^{-6}$	$\leq 130.0 \times 10^{-6}$	
锌	$\leq 150.0 \times 10^{-6}$	$\leq 350.0 \times 10^{-6}$	
镉	$\leq 0.50 \times 10^{-6}$	$\leq 1.50 \times 10^{-6}$	
铬	$\leq 80.0 \times 10^{-6}$	$\leq 150.0 \times 10^{-6}$	
砷	$\leq 20.0 \times 10^{-6}$	$\leq 65.0 \times 10^{-6}$	

(2) 评价方法及结果

与水质现状评价的方法相同，沉积物质量现状的评价亦采用标准指数法（单项分指数法和平均分指数法）。沉积物各评价因子的标准指数和超标率统计可见表 3-5，由表可知，调查海区沉积物中有机碳、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和油类的含量均符合第一类海洋沉积物质量标准限值要求。各评价因子的平均标准指数均小于 0.5。评价结果表明，调查海区表层沉积物质量良好。

表 3-5 沉积物各评价因子的标准指数和超标率

(四) 海洋生物生态现状评价

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

各站叶绿素 a 平均含量变化于(0.03~0.12)mg/ m³，平均值为 0.07mg/m³，调查期间，海区属于贫营养水平；各站海洋初级生产力差异较大，范围为(49.53~187.38) mg·C/(m²·d)，最大值出现在 P12 站，最小值出现在 P22 站，平均为 113.64 mg·C/(m²·d)，初级生产力总体上处于低水平。详见表 3-6。

表 3-6 叶绿素 a 和初级生产力含量统计

注：“--”表示无该水层。

(2) 浮游植物

A.种类组成

本次调查共采集到浮游植物 4 门 41 属 142 种(含变种、变型), 详见附录 2。其中, 硅藻种类数 32 属 88 种, 占总种数的 62.0%; 甲藻 7 属 49 种, 占总种数的 34.5%; 金藻 1 属 2 种; 蓝藻 1 属 3 种。其中, 赤潮生物有 4 门 14 属 35 种, 占总种数的 24.6%。

B.数量分布及优势种

调查海区各站位浮游植物个体数量总体上差异不大, 个体数量范围为 $(0.14\sim 2.45)\times 10^4$ 个/ m^3 , 平均为 0.66×10^4 个/ m^3 。硅藻的个体数量范围为 $(0.05\sim 2.03)\times 10^4$ 个/ m^3 , 平均为 0.38×10^4 个/ m^3 , 占浮游植物平均数量的 57.6%。赤潮生物平均个体数量为 0.37×10^4 个/ m^3 , 占总个体数量的 56.1%, 详见表 3-7。

表 3-7 各站硅藻、甲藻和蓝藻个体数量 ($\times 10^4$ 个/ m^3)

根据区域优势种的定义, 调查海区浮游植物出现 8 种优势种, 有铁氏束毛藻、菱形海线藻、三叉角藻、二齿双管藻、汉氏束毛藻、紧挤角毛藻、笔尖形根管藻和长海毛藻, 优势度分别为 0.180、0.056、0.047、0.037、0.032、0.027、0.022 和 0.022。调查海区出现的优势种类数相对较多, 优势种优势度差异不大, 海区未有数量占绝对优势的种类。

C.多样性、均匀度和丰富度、优势度

海区各站多样性指数、均匀度和丰富度总体上均处于较高水平, 优势度相对较低, 其中多样性指数均值为 4.36, 站优势度均值仅为 32.0%。多样性指数分布显示海区东南部较低, 特别是 P28、P16 号站最低 (站第一、第二优势种优势度分别为 79.0%、66.9%), 斑块化分布显著, 与浮游植物丰度负相关。总的来说, 浮游植物群落多样性水平较高。

表 3-8 浮游植物的多样性、均匀度、丰富度和优势度

(3) 浮游动物

A.种类组成

本次调查期间共鉴定出终生浮游动物 16 类 279 种和 17 类阶段性浮游幼体 (详见附录 3)。其中, 桡足类种数最多, 有 114 种, 占总种类数 (含阶段性浮游幼体) 的 38.5%; 其次为刺胞动物, 共 49 种, 占总种类数 16.6%; 端足类 41 种, 占 13.9%; 介形类 19 种, 占 6.4%; 阶段性浮游幼体 17 类, 占 5.7%; 被囊类 13 种, 占 4.4%; 其他类群的种类数较少, 介于 1~8 种之间, 按种类数由多到少依次为磷虾类、毛颚类、翼足类、多毛类、十足类、异足类、原生动物、糠虾类、栉板动物和等足类。

B.生物量及生物密度

调查海区各站点间浮游动物个体密度的变化差异较大，变化范围在（17.79~90.49） ind/m^3 之间，平均为 39.37 ind/m^3 。各浮游动物类群中，个体密度最多的类群为桡足类，平均个体密度为 26.02 ind/m^3 ，占总个体数的 66.1%，其次为毛颚类，平均个体密度为 4.73 ind/m^3 ，占 12.0%，阶段性浮游幼体数量也较多，平均个体密度为 3.89 ind/m^3 ，占总个体数的 9.9%；其余类群的平均个体密度合计为 4.73 ind/m^3 。各站位浮游动物的平均生物量为 23.47 mg/m^3 ，变化范围为（8.98~75.24） mg/m^3 。详见表 3-9。

表 3-9 浮游动物的个体密度和生物量

C. 优势种、多样性、均匀度和丰富度、优势度

本次调查该海域合计发现优势种 6 种，以桡足类为主，按优势度从大到小依次为狭额次真哲水蚤、达氏宇哲水蚤、肥胖软箭虫、窄缝真刺水蚤、小哲水蚤和丹氏厚壳水蚤。

调查海区浮游动物多样性指数在 4.06~5.42 之间，平均 4.81；丰富度在 10.55~23.54 之间，平均 17.45；均匀度平在 0.64~0.80 之间，平均 0.74。各调查站点间的群落多样性指数差异均不大，均维持在较高水平，表明调查海区浮游动物群落具有很高的生物多样性水平，群落间的种类分布也很均匀，浮游动物群落结构稳定，海区生态环境处于健康状态。

表 3-10 调查海区浮游动物的多样性指数、均匀度和丰富度

(4) 底栖生物

A. 种类组成

调查区底栖生物样品经鉴定共有 7 大门类 195 种（详见附录 4），其中节肢动物种类最多，有 66 种，约占总种数的 33.8%；脊索动物次之，有 50 种，占总种数的 25.6%；软体动物有 35 种，占总种数的 17.9%；环节动物有 22 种，占总种数的 11.3%；棘皮动物有 15 种，占总种数的 7.7%；刺胞动物有 6 种，占总种数的 3.1%，其它种类比例较低，底栖生物种类组成以暖水性大洋广布种类为主。

B. 生物量及生物密度

调查区的底栖生物门类较为丰富，栖息密度绝对值较高，底栖生物的平均栖息密度 29.1 ind/m^2 ，平均生物量为 2.46 g/m^2 。主要集中分布在节肢动物和环节动物 2 个门类。密度最高的门类为节肢动物，其栖息密度为 18.0 ind/m^2 ，占栖息密度组成的 61.7%；环节动物的比重也较大，占栖息密度的 25.0%。按栖息密度组成大小排列依次为：节肢动物>环节动物>棘皮动物>纽形动物>刺胞动物>脊索动物>软体动物。本次调查各站位底栖生物栖息密度和生物量分布见表 3-11。

表 3-11 底栖生物栖息密度和生物量的分布

C.优势种、多样性、均匀度和丰富度、优势度

调查区优势种的数量共有 6 种，其中节肢动物 3 种，脊索动物 3 种。第一优势种是定性样品中脊索动物的羊舌鲆，调查区生物多样性指数、丰富度和均匀度都较高，显示底栖生物群落结构比较稳定，底栖生物的种类丰富度高，详见表 3-12。

表 3-12 底栖生物种类多样性指数、丰富度及均匀度

(5) 生物质量

调查共测定底栖生物的生物质量样品 24 份，包括鱼类 14 种 23 份和甲壳类 1 种 1 份。在各调查站拖网获得的只有极少量的甲壳类和贝类，因此无足够重量的甲壳类和贝类用于检测分析。检测分析的污染物质有：汞(Hg)、砷(As)、铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、锌(Zn)、总铬(Cr)和石油烃，目前已发布的国家标准《海洋生物质量》(GB18421-2001)是以贝类（双壳类）为监测生物，对于甲壳类和鱼类等目前尚未有国标/行标的生物，本报告参考的是全国性海洋调查中引用的评价标准，其中重金属的评价标准参考《中国海岸带和海涂资源综合调查专业报告集—环境质量调查报告》(1980~1987)中规定的生物质量标准；石油烃的评价标准参考《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的生物质量标准。（具体可见表 3-13）统计结果表明鱼类和甲壳类（矛形拟对虾）的生物质量状况优良，全部评价因子的单项标准指数值均小于 1，满足相应生物质量评价标准的要求。平均标准指数分析结果表明，鱼类的各项评价因子的平均标准指数值小于 1，满足生物质量评价标准的要求。总体上来说，春季调查海区底栖生物样品中鱼类和甲壳类生物质量状况优良，各项评价因子均未超标。

表 3-13 生物体污染物评价标准 (单位：×10⁻⁶湿重)

	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
贝类(第一类)	0.05	1.0	10	0.1	0.2	20	0.5	15
甲壳类	0.20	--	100	2.0	2.0	150	--	--
鱼类	0.30	--	20	2.0	0.6	40	--	20

注：“--”表示该指标无相应评价标准。

表 3-14 底栖生物样品各评价因子的标准指数和超标率统计结果

注：“--”表示暂无该项的评价标准；调查区的甲壳类在执行评价标准的调查站只有一份样品，无法统计其平均值。

（五）渔业资源现状评价

（1）资料来源

本项目渔业资源现状资料来自广东海洋大学编制的《陆丰 13-8/13-9 油田开发工程春季渔业资源现状调查与评价春季调查报告》，调查时间为 2022 年 4 月。

调查范围为珠江口以东海域（粤东海域），具体调查范围为 [REDACTED] [REDACTED]。调查共设拖网调查站位 10 个、灯光罩网调查站点 2 个（376、377 站位）。具体可见图 3-2、表 3-15。

图 3-2 渔业资源调查站位布设

表 3-15 渔业资源调查站位表

站号	经度/E	纬度/N	站号	经度/E	纬度/N
327	[REDACTED]	[REDACTED]	349	[REDACTED]	[REDACTED]
328	[REDACTED]	[REDACTED]	350	[REDACTED]	[REDACTED]
329	[REDACTED]	[REDACTED]	374	[REDACTED]	[REDACTED]
330	[REDACTED]	[REDACTED]	375	[REDACTED]	[REDACTED]
347	[REDACTED]	[REDACTED]	376	[REDACTED]	[REDACTED]
348	[REDACTED]	[REDACTED]	377	[REDACTED]	[REDACTED]

（2）调查评价方法

A. 游泳动物

游泳动物拖网调查按 GB12763.6《海洋调查规范第 6 部分海洋生物调查》、《海洋渔业资源调查规范》（SC/T9403-2012）、《海洋水产资源调查手册》和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的相关规定执行。渔业资源拖网船为“桂北渔 31888”底拖网渔船，总吨位 198t，净吨位 69t，主机功率 368kw，底拖网具上纲约 44m，每站拖网 1h，拖网速度平均为 3.0nmile/h，每站平均扫海面积 0.122km²。灯光罩网船为“桂北渔 27021”，主机功率 735kw，灯光功率 432kw，每个站位引诱 2 小时。渔获物在船上鉴定种类，并按种类记录重量、尾数等数据，样本冰冻保存运回实验室详细测定生物学数据。

拖网资源密度的估算采用扫海面积法。渔业资源密度以各站拖网渔获量（重量、尾数）和拖网扫海面积来估算，计算式为：

$$D = \frac{C}{qa}$$

式中：D—渔业资源密度，单位为尾/km²或 kg/km²；

C—平均每小时拖网渔获量，单位为尾/网/h 或 kg/网/h；

a—每小时网具取样面积，单位为 km²/网/h；

q—网具捕获率，取值范围为 0~1，本报告中取 0.5。

B. 鱼卵、仔稚鱼

鱼卵、仔稚鱼调查根据 GB12763.6《海洋调查规范第 6 部分：海洋生物调查》的有关要求执行。定量样品采集使用大型浮游生物网（规格，口径 80cm）自海底至表层垂直取样，定性样本采集使用大型浮游生物网（规格口径 80cm）表层水平拖网 15min，拖网标准速度 1.5nmile/h。采集的样本经 4% 中性甲醛海水溶液固定保存后，置于鱼舱-20℃冷冻保存，运回实验室后挑拣并进行 DNA 测序、分类鉴定和计数。

鱼卵仔稚鱼密度的计算公式：

$$G=N/V$$

式中：G—单位体积海水中的鱼卵或仔稚鱼个数，单位为粒/立方米（粒/m³）或尾/立方米（尾/m³）；

N—全网采集到的鱼卵或仔稚鱼个体数，单位为粒或尾；

V—滤水量，单位为立方米（m³）。

C. 相对重要性指数

从各种类在数量、重量中所占比例和出现频率 3 个方面进行优势度的综合评价，判断其在群落中的重要程度，即：

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

式中，IRI 为相对重要性指数；N 为在数量中所占的百分比；W 为在重量中所占的百分比；F 为出现频率百分比。

(3) 鱼类资源

春季调查共出现鱼类为 128 种，鱼类种类名录可见附录 5。其中经济价值较高的种类有 37 种，占鱼类种类数的 28.90%；经济价值一般的种类有 47 种，占鱼类种类数的 36.72%；经济价值较低的种类有 44 种，占鱼类种类数的 34.38%。根据相对重要性指数 IRI 计算，春季拖网渔获中优势种为条尾绯鲤、长鳎。

春季调查海域幼鱼资源量在（0.63~311.17）kg/km²，平均值为 170.63kg/km²；资源密度在（138~70822）尾/km²，平均值在 18366 尾/km²。成鱼资源量在（0.64~318.98）kg/km²，平均值为 174.91kg/km²；资源密度在（141~72600）尾/km²，平均值在 18827 尾/km²，具体

可见表 3-16。

表 3-16 春季调查各站位鱼类资源密度

(4) 鱼卵、仔稚鱼

本次鱼卵、仔稚鱼样品，在运回实验室后，经拍照，去甲醛处理，提取 DNA，然后测序获得样品的 CO1 正反向碱基序列。将 CO1 序列正反向拼接后，经本项目组南海鱼类 DNA 基因库与网络鱼类基因库 (<http://www.barcodinglife.org>) 双重比对，然后结合《日本产稚鱼图鉴》进行形态鉴定与校准，春季鉴定出鱼卵、仔稚鱼 83 种（详见附录 5）。

春季鱼卵、仔稚鱼垂直拖曳调查中，从底层至表面，每站位共调查了 2 网。鱼卵垂直密度最大站为 377 站，达 244.70 粒/hm³；其次为 375 站，为 153.19 粒/hm³，鱼卵密度变化范围为 1.99~244.70 粒/hm³，平均密度为 68.28 粒/hm³；仔稚鱼垂直密度最大站为 347 站，为 128.97 尾/hm³，其次为 375 站，为 89.52 尾/hm³，仔稚鱼密度变化范围为 4.99~128.97 尾/hm³，平均密度为 43.49 尾/hm³（详见表 3-17）。

表 3-17 春季调查鱼卵、仔稚鱼垂直分布

(5) 头足类

春季调查出现头足类 17 种（详见表 3-18）。春季调查头足类按经济价值高低区分，其中经济价值较高的种类有 8 种，占头足类种类数的 47.06%；经济价值一般的种类有 5 种，占头足类种类数的 29.41%；经济价值较低的种类有 4 种，占头足类种类数的 23.53%。根据相对重要性指数 IRI 计算，春季渔获中优势种为中国枪乌贼、柏氏四盘耳乌贼。

表 3-18 春季拖网调查头足类种类名录

春季调查海域头足类幼体资源量范围在 4.59 ~73.05 kg/km²，平均值为 21.53kg/km²；幼体资源密度范围在 87 ~3859 尾/km²，平均值 1017 尾/km²。成体资源量范围在 9.96~158.40kg/km²，平均值为 46.68 kg/km²；成体资源密度范围在 190 ~8367 尾/km²，平均值 2205 尾/km²。（详见表 3-19）

表 3-19 春季调查各站位头足类资源密度

(5) 甲壳类

春季拖网调查共出现甲壳类 33 种，其中虾类 17 种，蟹类 16 种（详见附录 6）。春季拖网调查虾类按经济价值高低区分，其中经济价值较高的种类有 3 种，占虾类种类数的 17.65%；经济价值一般的种类有 9 种，占虾类种类数的 52.94%；经济价值较低的种类有 5

种，占虾类种类数的 29.41%。蟹类按经济价值高低区分，其中经济价值较高的种类有 2 种，占蟹类种类数的 12.50%；经济价值一般的种类有 6 种，占蟹类种类数的 37.50%；经济价值较低的种类有 8 种，占蟹类种类数的 50.00%。根据相对重要性指数 IRI 计算，春季拖网渔获中虾类优势种为鹰爪虾，蟹优势种为银光梭子蟹、卷折馒头蟹、武士蟳。

春季调查海域幼虾资源量范围在 0~23.89kg /km²，平均值为 6.74kg/km²；资源密度范围在 0~11540 尾/km²，平均值 2195 尾/km²。成虾资源量范围在 0~32.67kg/km²，平均值为 9.21kg/km²；资源密度范围在 0~15781 尾/km²，平均值 3002 尾/km²。幼蟹资源量范围在 0~24.48kg/km²，平均值为 8.41 kg/km²；资源密度范围在 0 ~4991 尾/km²，平均值 792 尾/km²。成蟹资源量范围在 0~141.88kg/km²，平均值为 48.13kg/km²；资源密度范围在 0 ~28549 尾/km²，平均值 4528 尾/km²。详见表 3-20。

表 3-20 春季调查各站位甲壳类资源密度

（六）鸟类现状评价

本项目鸟类生态、电磁及声环境现状资料均来源于国家海洋局南海环境监测中心编制的《粤东深远海示范场址海上风电环境影响分析专题》报告，其调查时间为 2023 年 11 月。

调查单位在 2023 年 11 月于拟建风机平台附近开展了秋季调查，海上调查使用海上样线法，样线围绕项目建设点位附近 8km 以内，共设置 4 条样线，分别为 N1、N2、N3 和 N4（图 3-3）。调查人员乘船沿固定线路航行，船行的速度在 7-16 节，调查人员在船上调查船两侧 1000m 以内飞行和水中的海鸟，完整地记录所能看见的样线两侧鸟类种类、数量和距离，对于不易记录的鸟类或鸟群用快照的方法确定鸟类种类、数量。调查时 2~3 人借助 Kowa 双筒望远镜（8 倍×42mm）和 Ceziss 单筒望远镜（20-60 倍×80mm）进行观察。

图 3-3 鸟类调查样线示意图

调查结果显示，由于调查区域远离近岸和海岛，本次调查海域未发现鸟类情况。为了进一步了解和明确项目附近的鸟类现状，通过历史资料查阅，对本区域其它季节可能出现在该项目附近的鸟类进行简单介绍。根据（图 3-4）可知，本项目建设地点处于东亚—澳大利亚西候鸟迁徙路线附近，本次选择经过此迁徙路线的粤港澳大湾区鸟类数据作为本项目的历史资料。

根据最近（2014~2019 年）对粤港澳大湾区 117 处湿地水鸟的调查可知，在粤港澳大湾区湿地中共观察到水鸟 146 种，隶属 9 目 21 科，本区域常年可见留鸟主要包括褐翅燕

鸥 (*Onychoprion anaethetus*)、中贼鸥 (*Stercorarius pomarinus*)、短尾贼鸥 (*Stercorarius parasiticus*)、大风头燕鸥 (*Thalasseus bergii*)、白额鹱 (*Calonectris leucomelas*)、戈氏金丝燕 (*Aerodramus germani*)；本区域夏候鸟主要种类为黑脚信天翁 (*Phoebastria nigripes*)、褐燕鹱 (*Bulweria bulwerii*)、白斑军舰鸟 (*Fregata ariel*)、粉红燕鸥 (*Sterna dougallii*)、黑枕燕鸥 (*Sterna sumatrana*)、白顶玄燕鸥 (*Anous stolidus*)；本区域冬候鸟主要种类为白额鹱 (*Calonectris leucomelas*)、红喉潜鸟 (*Gavia stellata*)、黑腹军舰鸟 (*Fregata minor*)、红脚鲣鸟 (*Sula sula*)、褐鲣鸟 (*Sula leucogaster*)、黑尾鸥 (*Larus crassirostris*)、海鸥 (*Larus canus*)、灰背鸥 (*Larus schistisagus*)、乌燕鸥 (*Onychoprion fuscata*)。



图 3-4 东亚—澳大利亚西候鸟迁徙通道示意图

(七) 电磁环境现状评价

(1) 调查站位

为了解该项目电磁环境和海域声环境的情况，本次于 2023 年 11 月 9~11 日对该项目的电磁环境和声环境质量进行了现场调查。现场共设置 15 个监测站位，每个站位均有水上噪声、水下噪声和电磁环境监测。（其中横断面间距约 300m，纵断面间距约 600m）在

风机周围不同方向布设 12 个调查站位，同时有 4 个调查站位在海底电缆正上方，此外还在该项目 4km 外的海域设置了一个对照点。水下噪声垂向分层监测，监测层位设在水下 2m 处、0.5 倍水深处、泥面以上 2m 处。水上噪声和电磁监测在船舶上同步进行。各站点分布可见表 3-21、图 3-5。

表 3-21 调查站点及调查期间天气状况

站点编号	经度 E、纬度 N	风速与风向	水深 (m)	海况 (级)	天气	水温 (1m 深)
P1		2.8m/s, 东北	103	2	多云	24.7℃
P2		2.6m/s, 东北	138	2	多云	24.8℃
P3		3.2m/s, 东北	133	2	多云	25.1℃
P4		3.1m/s, 东北	135	2	多云	25.2℃
P5		3.4m/s, 东北	131	2	多云	25.4℃
P6		3.2m/s, 东北	130	2	多云	25.7℃
P7		3.7m/s, 东北	131	2	多云	26.1℃
P8		4.0m/s, 东北	130	2	多云	25.9℃
P9		4.4m/s, 东北	131	2	多云	24.5℃
P10		4.2m/s, 东北	132	2	多云	24.6℃
P11		4.9m/s, 东北	134	2	多云	24.9℃
P12		6.3m/s, 北	133	2	多云	25.5℃
P13		6.4m/s, 北	135	2	多云	25.7℃
P14		7.2m/s, 北	135	2~3	阴	25.3℃
对照点		9.4m/s, 北	126	3	阴	23.5℃

图 3-5 声环境和电磁环境调查站点布设示意图

(2) 监测内容及监测方法

海上电磁环境调查设备选用 FauSer 电磁辐射计，型号为 FM10L，测量计算结果包括工频电场和工频磁场。当观测船只进入预定站位，抛锚并关闭电机进行电磁场强度测量，每个站点连续测量时间均为 2min 以上，监测一次。根据《交流输变电工程磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）的要求进行观测和分析。

(3) 监测结果及分析

工程海域工频电磁环境调查结果见表 3-22，工频电磁环境现状观测数据表明。工程海

域工频电场强度在 $0\sim 0.7\times 10^{-3}\text{kV/m}$ 之间, 平均值为 $0.4\times 10^{-3}\text{kV/m}$; 工频磁感应强度在 $2\times 10^{-3}\sim 12\times 10^{-3}\mu\text{T}$ 之间, 平均值为 $5\times 10^{-3}\mu\text{T}$ 。观测结果满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中规定的电磁环境控制限值工频电场强度 4kV/m 工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 要求。

表 3-22 工程海域电磁环境质量调查结果

(八) 声环境现状评价

(1) 监测内容及方法

本次进行的水上、水下噪声监测站位布设情况如前文所述, 海上噪声调查设备为多功能声级计, 型号为 AWA6292, 测量计算结果包括: 等效连续声级 (L_{eq})、累积百分声级: (L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90}) 和最大声级 (L_{max})。当观测船只进入预定站位, 抛锚并关闭电机进行水上噪声测量。根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ/T2.4-2021) 的要求进行监测和分析, 每个站点连续测量时间均为 10min, 监测一次。

水下噪声监测内容为频带声压级、声压谱[密度]级以及各测点的峰值声压级。水下噪声调查设备为声学记录仪, 型号为 LoPAS-L。当监测船只进入预定站位, 抛锚并关闭电机进行水下噪声测量。根据《声学水下噪声测量 (GB/T 5265-2009)》的要求, 同时记录监测点位深度、测点深度、气象条件等。水下噪声垂向分层观测, 设置 3 个水层深度进行同步测量, 表层设在水下 2m, 中层设在 0.5 倍水深处, 底层设在离底 2m 处, 测量时间均为 10min。

(2) 监测结果分析

①水上噪声

工程海域水上声环境调查结果见 (表 3-23)。由海上声环境现场调查结果可知, 该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在 $49.9\text{dB}\sim 60.4\text{dB}$ 之间, 平均值为 53.9dB ; 最大声级的平均值为 77.9dB 。

表 3-23 工程海域水上声环境质量调查结果 (单位: $\text{dB}/20\mu\text{Pa}$)

②水下噪声

工程海域和对照点海域水下声环境 $1/3\text{oct.}$ 声压谱级及 $1/3\text{oct.}$ 频带声压级见附录 7。工程海域海洋环境背景噪声级总体上随着频率的增高而下降, 但由于工程海域存在海上油气平台、海底管道等, 噪声级在 125Hz 附近存在一个峰值。在 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ 频率范围内, 全

频带累积声压级在 115.1dB~140.5dB 之间，工程海域平均值为 123.8dB，峰值声压在 138.8dB~163.9dB 之间，变化范围为 25.1dB。

对照点海域海洋环境背景噪声级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，全频带累积声压级在 115.1dB~122.4dB 之间，平均值为 118.3dB，峰值声压在 145.9dB~149.5dB 之间，变化范围为 3.6dB。

（一）环保程序执行情况

本项目依托的现有工程设施主要为 LF14-4DPP 平台，该平台的环评批复及竣工验收情况可见表 3-24。

表 3-24 本项目现有工程设施环评批复及竣工验收情况一览表

环评报告	批复情况	工程设施	竣工验收
《陆丰油田群区域开发项目环境影响报告书》	于 2021 年 2 月 21 日获得生态环境部批复（环审〔2021〕13 号）	新建 LF14-4DPP 平台、LF15-1DPP 平台、LF22-1SPS 水下生产系统及配套管道、电缆	《关于陆丰油田群区域开发项目等 3 个项目环境保护设施竣工验收合格的函》（环验〔2024〕1 号）
《陆丰油田群二期开发项目环境影响报告书》	于 2022 年 10 月 12 日获得生态环境部批复（环审〔2022〕169 号）	新建 LF8-1 DPP 平台及配套管缆、LF14-4DPP 平台等适应性改造	未到验收阶段

（二）环保设施运行情况

本项目依托的 LF14-4DPP 平台生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”二级处理流程，生产水经处理合格后（石油类浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ），通过开排沉箱达标排海。生活污水利用平台上设置的生活污水处理系统，经沉降、粉碎、电解、澄清处理达标后排海。LF14-4DPP 平台近年生产水及生活污水排放情况见表 3-25，从表中可见，生产水及生活污水均能实现达标排放，且生产水、生活污水的排放总量、石油类、COD 排放量均未超过其环评批复量（生产水总量控制指标： $329.2 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ ，石油类控制指标： 148.1t/a ，生活污水总量控制指标： $22995\text{m}^3/\text{a}$ ，COD 总量控制指标： 11.5t/a ）。

表 3-25 LF14-4DPP 平台生产水及生活污水排放情况

（三）溢油事故回顾

陆丰 14-4 油田投产以来未发生过溢油事故。

与项目有关的原有环境污染和生态破坏问题

根据调查分析，本项目周围海域主要环境敏感目标包括海洋生态红线、渔业资源产卵场等。

本项目周边海洋生态红线分布情况见图 3-5，渔业资源产卵场和水产种质资源保护区分布情况分别见图 3-6、图 3-7。本项目设施与上述保护目标距离情况可见表 3-26。由图 3-6~图 3-7、表 3-26 可知，本项目主要位于深水金线鱼产卵场中，距离其余环境保护目标距离在 9.8km 以上。

表 3-26 本项目周边敏感目标分布情况

类型	名称	本项目最近方位/距离	主要保护对象/产卵期
海洋生态红线	碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区	西北/98.3km	--
重要渔业水域	深水金线鱼产卵场	位于其中	3-9 月（产卵盛期 5-7 月）
	蓝圆鲹粤东外海区产卵场	北/9.8km	3-7 月
	金线鱼南海北部产卵场	北/21.7km	3-8 月
	绯鲤类珠江口近海产卵场	西北/65.2km	3-6 月
	鲈鱼珠江口近海产卵场	北/49.1km	1-3 月

图 3-6 项目周边生态红线分布

图 3-7 项目周边产卵场分布

（一）环境质量标准

本项目海洋环境现状调查站位均位于原《广东省海洋功能规划（2011~2020 年）》划定范围之外，因此海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准按照保持现状进行评价。本项目采用的环境质量标准详见表 3-24。

表 3-24 环境质量标准

项目	采用标准	等级	适用对象
海水水质	海水水质标准（GB3097-1997）	保持现状评价	环境质量现状评价
海洋沉积物	海洋沉积物质量标准（GB18668—2002）		海洋沉积物质量评价

生态环境
保护目标

评价标准

海洋生物	海洋生物质量 (GB18421-2001)		海洋贝类 (双壳类) 的生物质量评价
	全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程 (参照)	/	甲壳类、软体类和鱼类的重金属生物质量评价 (石油类、砷和镉除外)
	第二次全国海洋污染基线调查技术规程 (参照) (第二分册)	/	软体类和鱼类的石油类生物质量评价
声环境			
电磁环境	《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)	/	

(二) 污染物排放标准

本项目位于南海北部海域，距离广东省汕尾市约 136km。本项目在建设和运营期产生的污染物的处理与排放所执行的标准值见表 3-25。

表 3-25 污染物排放标准

污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
船舶含油污水	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)	/	含油量≤15mg/l 排放应在船舶航行中进行	建设/运营期船舶含油污水排放
船舶生活污水	船舶水污染物排放控制标准 (GB3552-2018)	/	采用下列方式之一进行处理，不得直接排海： a) 利用船载收集装置，排入接收设施； b) 利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放：(1) 在 2012 年 1 月 1 日以前安装 (含更换) 生活污水处理装置的船舶，BOD ₅ ≤50mg/l，SS≤150 mg/l，耐热大肠菌群≤2500 个/l；(2) 在 2012 年 1 月 1 日以后安装 (含更换) 生活污水处理装置的船舶，BOD ₅ ≤25 mg/l，SS≤35mg/l，耐热大肠菌群≤1000 个/l，COD _{Cr} ≤125mg/l，pH：6-8.5，总氯 (总余氯) <0.5mg/l。 污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口。	距最近陆地 3 海里以内 (含) 的海域产生的船舶生活污水
			同时满足下列条件： (1) 使用设备打碎固形物和消毒后排放； (2) 船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	3 海里<与最近陆地间距离≤12 海里的海域
			船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	与最近陆地间距离>12 海里的海域
船舶	《船舶水污染物排	/	禁止排海，收集并排入接收设施	塑料、废弃食

	垃圾	《放控制标准》 (GB3552-2018)			用油、生活废弃物等
			/	在距最近陆地 3 海里以内 (含) 的海域, 应收集并排入接收设施; 在距最近陆地 3 海里至 12 海里 (含) 的海域, 粉碎或磨碎至直径不大于 25mm 后方可排放; 在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。	食品废弃物
	生产垃圾	《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》 (GB4914-2008)	三级	禁止排放或废弃入海	海上施工阶段及生产阶段生活处置
	平台生活污水	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB 4914-2008)	三级	COD ≤ 500mg/L	建设/生产阶段生产平台排放的生活污水
	生活垃圾	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB 4914-2008)	三级	食品废弃物经处理至颗粒直径 < 25mm 时, 可排放或弃置入海, 其他生活垃圾禁止排放或弃置入海	建设/生产阶段生产平台产生的生活垃圾
其他	无				

四、生态环境影响分析

(一) 船舶污染物

本项目海上建设阶段船舶污染物包括海上安装和调试、海底电缆铺设以及 LF14-4DPP 平台的改造等产生的船舶污染物，现分述如下。

A 船舶含油污水

根据参加作业船舶类型和数量、作业天数及作业人数和中国海油多年统计资料，大型施工船舶机舱污水产生量为 $(0.3\sim 0.5) \text{ m}^3/(\text{船}\cdot\text{日})$ ，一般工作船舶机舱污水产生量为 $(3\sim 5) \text{ m}^3/(\text{船}\cdot\text{月})$ ；本项目大型施工船舶机舱污水产生量按 $0.5 \text{ m}^3/(\text{船}\cdot\text{日})$ ，一般工作船舶机舱污水产生量按 $5 \text{ m}^3/(\text{船}\cdot\text{月})$ ，据此计算本项目建设阶段机舱污水产生量约 185 m^3 。

B 船舶生活污水

根据中国海油统计资料，生活污水平均每人每天按 0.35 m^3 计算，估算本项目建设阶段产生的生活污水总计约为 5578.15 m^3 。

C 船舶生活垃圾

建设阶段产生的生活垃圾主要是食品废弃物和食品包装物等。根据中国海油统计资料多年统计资料，生活垃圾按 $1.5 \text{ kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 计算，其中食品废弃物按 $1 \text{ kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ；其它生活垃圾按 $0.5 \text{ kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 。由此估算本项目建设阶段共产生生活垃圾约 24.77 t 。

D 船舶生产垃圾

建设阶段产生的生产垃圾主要包括废旧零件、边角料、油棉纱和包装材料等。根据中国海油多年统计资料，大型施工船舶按 $5 \text{ t}/\text{年}$ 计算，小型船舶 $0.5 \text{ t}/\text{年}$ 计算。由此估算出本项目建设阶段生产垃圾产生量总计约为 3.76 t 。

(二) 海缆铺设悬浮物

本项目新铺 1 条 LF14-4FOWT 风机平台到 LF14-4 DPP 平台海底长约 3.8 km 的海底电缆，其中挖沟埋设段长约 3.45 km ，近风机平台段 0.35 km 采用动态海缆构型。采用铺缆船挖沟埋设，挖沟断面尺寸按近似倒梯形，顶宽 1.5 m ，底宽 0.5 m ，沟深 1.5 m ，铺设速率约为 $2 \text{ km}/\text{d}$ ，则共挖起海底泥沙约为 4800 m^3 ；本项目海域沉积物密度按 $1700 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，起沙率 10% 进行估算，则铺设海底电缆挖沟悬浮物源强为 $5.9 \text{ kg}/\text{s}$ 。

（三）平台改造

参与 LF14-4 DPP 平台改造约 20 人,作业时间约 60 天,作业人员产生的生活垃圾按 1.5kg/(人·日),作业人员产生的生活污水按 0.35m³/(人·日),则平台改造期间产生生活垃圾 1.8t,生活污水约 420m³。改造产生的生产垃圾估计约为 1t。

（四）建设阶段污染物汇总

综上所述,本项目建设阶段产生的污染物汇总见表 4-1。

表 4-1 本项目建设阶段污染物汇总

污染物	产生量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式	
船舶污染物	船舶含油污水 (m ³)	185	—	石油类	经船用油水分离器处理达标后间断排放
	生产垃圾 (t)	3.76	—	废旧器件、油棉纱等	运回陆地处理
	生活垃圾 (t)	24.77	—	食品废弃物、食品包装物	食品废弃物在距最近陆地 12 海里以外的海域可排放,其他运回陆地处理
	生活污水 (m ³)	5578.15	—	COD 等	处理达标后间断排放
铺设海缆	悬浮物 (m ³)	4800	5.9kg/s	SS	原地沉降自然消散
平台改造	生产垃圾 (t)	1	—	废旧设施、废旧器件	运回陆地处理
	生活垃圾 (t)	1.8	—	食品废弃物、食品包装物	食品废弃物经处理至颗粒直径<25mm 后排放,其他运回陆地处理
	生活污水 (m ³)	420	7m ³ /d	COD 等	处理达标后排放

（五）施工期环境影响分析

本项目施工期产生的主要污染物为铺设海底电缆产生的悬浮物。生活污水、生活垃圾等产生量较少,除少量食品废弃物经处理粉碎后排海外,其余生活垃圾、生产垃圾均运回陆地处理。机舱污水按《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)相关要求处理达标后间断排海。对海水水质环境影响很小。因此本节将着重分析海底电缆挖沟埋设对海水水质产生的影响。

（1）分析方法

本次海底电缆挖沟对海水水质影响分析采用类比的方法。选取《陆丰油田群二期开发项目环境影响报告书》中对 LF8-1DPP 平台至 LF14-4DPP 平台海底电缆挖沟悬浮物预测结果进行类比,类比电缆与本项目电缆所处同一海区,水文动力条件、水深分布基本一致;类比电

缆挖沟作业沟型、埋深等参数与本项目电缆一致；类比电缆计算的悬浮物产生源强与本项目相比更大。具有良好的类比可行性。具体类比条件可见表 4-2。

表 4-2 类比情况对比表

电缆	挖沟长度	施工方式	悬浮物产生源强	所在海域水文动力条件
LF8-1DPP 至 LF14-4DPP 海底电缆（类比对象）	6.3km	后挖沟埋设	14.83kg/s	水深：135~147m，潮汐类型：不正规全日潮，潮流类型：不正规全日潮流
LF14-4FOWT 至 LF14-4DPP 海底电缆（新建电缆）	3.45km	后挖沟埋设	5.9kg/s	水深：135~147m，潮汐类型：不正规全日潮，潮流类型：不正规全日潮流

(2) 类比结果

类比电缆挖沟长度为 6.3km，本项目电缆挖沟长度为 3.45km，因此在影响面积等分析时将采用按照长度比例折算的方法计算本项目电缆的影响情况。本项目新建海底电缆挖沟施工造成的悬浮物扩散影响类比结果见表 4-3、表 4-4。由类比结果可知，海缆施工造成的海水悬浮物浓度超标出现在海底以上 0~10m 和海底以上 10~20m 两层，其他层无污染物超标面积，浓度超标面积有从底层到表层逐渐减小的趋势。浓度超标主要集中在海底以上 0~10m，其超一(二)类最大面积约为 2.565km²，海底以上 10~20m 超一(二)类最大面积合计约为 1.215km²，施工结束后悬浮物覆盖厚度超过 2cm 的面积约为 0.05km²，海缆施工作业停止后 8.5h 海域即可恢复施工前的水质。

表 4-3 新建海底电缆悬浮物类比结果

层位	超一(二)类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一(二)类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积(km ²)
LF8-1DPP 至 LF14-4DPP 海底电缆（类比对象，挖沟长度 6.30km）预测结果						
海底以上 0~10m	5.985	1.071	0.504	0.60	8.5	0.12
海底以上 10~20m	2.835	0.378	/			
LF14-4FOWT 至 LF14-4DPP 海底电缆（新建电缆，挖沟长度 3.2km）类比结果						
海底以上 0~10m	3.278	0.587	0.276	0.60	8.5	0.07
海底以上 10~20m	1.553	0.207	0			

表 4-4 新建海底电缆悬浮物浓度区间面积 (km²)

层位	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9
LF8-1DPP 至 LF14-4DPP 海底电缆（类比对象，挖沟长度 6.30km）预测结果				
海底以上 0~10m	2.270	1.512	1.132	1.071
海底以上 10~20m	1.106	0.784	0.567	0.378

LF14-4FOWT 至 LF14-4 DPP 海底电缆（新建电缆，挖沟长度 3.2km）类比结果

海底以上 0~10m	1.243	0.828	0.62	0.587
海底以上 10~20m	0.606	0.429	0.311	0.207

（3）海水水质影响分析

铺设海底电缆挖沟搅起的悬浮物有部分进入水体，短期内对海水水质造成一定的影响，这种影响是短期的、一次性的、可恢复的，挖沟搅起的悬浮物的影响主要在施工线路两侧。

铺设海缆时超一（二）类海水最大影响距离为 0.60km，海底以上 0~10m 超一（二）类水质包络面积约为 3.278km²，海底以上 10~20m 超一（二）类水质包络面积约为 1.553km²，超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小。铺设作业停止后约 8.5h，悬浮物浓度可恢复至施工前水平。

（4）沉积物影响分析

铺设海底电缆对沉积物环境的影响首先是开挖和覆盖，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下自然回填缆沟，覆盖厚度>2cm 的面积主要位于缆沟两侧附近，因悬浮物均是局地沉积物再沉积，不会引起沉积物环境的变化。本项目新建一条 LF14-4FLOWT 至 LF14-4DPP 海底电缆，根据类比结果，铺设海底电缆悬浮物覆盖 2cm 厚度的覆盖面积为 0.07km²。

（5）海洋生态环境影响分析

A.对浮游植物的影响分析

本项目海缆铺设搅起的小颗粒轻物质悬浮于水中，将使海水浑浊度增加，透明度降低，致使光合作用降低，从而影响浮游植物的繁殖生长，基础生产力将受到影响。但由于底质多以粉砂和砂质粉砂为主，沉积物粒径较粗，水中悬浮物沉降速度快，运移规模也小，沉积物悬浮时间较短，因此挖沟而引起的海水透明度会很快得到恢复。

B.对浮游动物的影响分析

浮游植物生产的产物基本上要通过浮游动物这个环节才能被其他动物所利用，浮游动物通过摄食影响或控制初级生产力，同时其种群动态变化又可能影响许多鱼类和其他动物资源群体的生物量。海底电缆铺设挖起的悬浮物将增加海水的浑浊度，减少了透光层的厚度，使生物合成量减少，同时使整个水层的浮游植物的生产力水平下降，对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。但这种影响是短时期的，完成作业之后，通过一系列的稀释、吸附、沉淀或扩散等海洋环境的物理过程，从而恢复浮游生物的正常生存环境。

C.对底栖生物的影响分析

铺设海缆挖沟所破坏的海底面积及在沟两侧所堆积的挖沟泥沙对底栖生物造成毁灭性破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏施工现场周围海底部分底栖生物并影响沿海缆一带的海底生态环境，对底栖生物的影响主要是对底栖生物的掩埋作用。

堆积在缆沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填于缆沟。但挖沟所破坏的海底海床以及在沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物并影响沿海缆一带的海底生态环境。但随着施工结束以及时间的推移，海缆路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。

(6) 敏感目标影响分析

根据前文分析，本项目距离其他敏感目标均较远，正常建设和运营期可能影响到的只有深水金线鱼产卵场，本项目位于其中，铺设海底电缆悬浮物可能会对其造成一定的影响。

根据预测结果，铺设海底电缆引起的悬浮物影响基本在海底 0~20m 范围内，而深水金线鱼的卵为浮性卵，主要存在于表层海水，因此悬浮物对深水金线鱼产卵场的影响轻微。从悬浮物影响范围来看，超一类海水水质标准的范围离排放点最远距离约 0.60km，且影响范围主要集中在海底以上 0~20m；从悬浮物影响时长来看，在停止铺设施工后 8.5h 即可恢复施工前的水质，其影响是短暂的、一次性的和可恢复的。

综合以上分析，本项目对敏感目标影响较小，在采取了生态补偿措施之后，其对敏感目标的影响是可接受的。

(六) 海洋生物资源损失评估

(1) 悬浮物海洋生物损失计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)，悬浮物超标引起海洋生物的损失中按以下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad (4-1)$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克(kg)；

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米 (kg/km²)；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积, km^2 ;

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率, %;

N ——某一污染物浓度增量分区总数。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007), 各类生物的损失率取值如下。

表 4-5 各类海洋生物损失率

污染物超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)		
	鱼卵、仔稚鱼	游泳动物幼体	游泳动物成体
$B_i \leq 1$ 倍	5	5	1
$1 < B_i \leq 4$ 倍	10	10	5
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30	30	15
$B_i \geq 9$ 倍	50	50	20

(2) 底栖生物损失计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007), 底栖生物损失按以下公式计算:

$$W_i = D_i \times S_i \quad (4-2)$$

式中:

W_i ——第 i 种生物资源受损量, 单位为尾或个或千克 (kg), 这里指底栖生物资源受损量。

D_i ——评估区域内第 i 种生物资源密度, 单位为尾 (个) 每平方千米 [尾 (个) / km^2]、尾 (个) 每立方千米 [尾 (个) / km^3] 或千克每平方千米 (kg/km^2)。在此为底栖生物量。

S_i ——第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积, 单位为平方千米 (km^2) 或立方千米 (km^3)。

(3) 海洋生物计算参数

鱼卵、仔稚鱼、头足类、甲壳类资源、底栖生物均采用工程海域春季调查密度, 海洋生物资源密度及来源详见表 4-6。

表 4-6 海洋生物资源密度及来源

资源类别	资源密度	调查单位	调查时间
鱼卵	████████	广东海洋大学	2022 年 4 月
仔稚鱼	████████		
幼鱼	████████		
幼虾	████████		
幼蟹	████████		
头足类幼体	████████		
成体	████████		

(4) 海洋生物损失计算结果

根据前文类比结果,本项目海底电缆铺设造成的海水水质超标水层集中在海底以上 20m。因此本次损失计算水深取值为 20m;各浓度区间面积取表 4-4 中类比结果超标面积两层平均值;生物损失率见表 4-5,密度见表 4-6。计算本项目造成的海洋生物损失资源如表 4-7。

表 4-7 铺设海缆海洋生物损失

铺设海缆将对底栖生物造成一定的掩埋,并使其中部分底栖生物死亡,按海缆中心线两侧各 5m 范围内底栖生物损失率 100%,泥沙覆盖厚度超过 2cm 面积内(扣除前者面积)底栖生物损失率 50%,根据前述公式估算悬浮物覆盖造成底栖生物损失见表 4-8。

表 4-8 铺设海缆底栖生物损失

(5) 海洋生物资源损失价值**A. 鱼卵和仔稚鱼损失计算方法**

鱼卵和仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵和仔稚鱼经济价值按下式计算:

$$M=W \times P \times E \quad (4-3)$$

式中:

M——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额;

W——鱼卵和仔稚鱼损失量;

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,根据近年来主要鱼类苗种平均价格,商品鱼苗的平均价格按 0.8 元/尾计算。

B. 幼体经济价值计算方法

幼鱼的经济价值折算成成体进行计算,折算成体的经济价值按以下公式计算:

$$M=W \times P \times G \times V \quad (4-4)$$

式中:

M——幼鱼的经济损失额,元;

W——幼鱼的损失资源量,尾;

P——幼鱼折算为成体比例,按 100%;

G——幼体长成最小成熟规格的重量,幼鱼、头足类、蟹类幼体成熟规格按 0.1kg/尾,

虾类幼体成熟规格按 0.01kg/尾；

V——生物成体商品价格，鱼类按 15 元/kg，头足类按 20 元/kg，甲壳类按 30 元/kg 计算。

C.生物资源经济损失计算

$$M=W \times E \quad (4-5)$$

式中：

M ——第 i 种类生物成体生物资源的经济损失额；

W ——第 i 种类生物成体生物资源损失的资源量；

E ——生物资源的商品价格，生物资源（包含渔业资源、底栖生物）的价格按近年来海洋捕捞产值与产量均值的比值计算，为 1.5 万元/t。

D.计算结果

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），铺设海缆海洋生物损失为一次性的，按损失量的 3 倍进行补偿，据此计算海洋生物资源补偿见表 4-9。

表 4-9 海洋生物资源补偿

排放物	资源类别	损失量	长成率/折算率	单价	补偿倍数/年限	补偿金额（万元）	
海底电缆施工悬浮物	鱼卵（×10 ⁶ 粒）	■	1%	0.8 元/尾	3 倍	■	
	仔稚鱼（×10 ⁶ 尾）	■	5%	0.8 元/尾		■	
	幼体	鱼类（尾）	■	0.1kg/尾		15 元/kg	■
		头足类（尾）	■	0.1kg/尾		20 元/kg	■
		虾类（尾）	■	0.01kg/尾		30 元/kg	■
		蟹类（尾）	■	0.1kg/尾		30 元/kg	■
	成体（kg）	■	100%	1.5 万元/t		■	
	底栖生物（t）	■	100%	1.5 万元/t		■	
小计						■	

（一）运营期污染物核算

本项目投产之后在运营阶段产生的污染物主要为风机运行产生的噪声，以及日常巡检、维护时产生的生活污水、生活垃圾及固体废物。

（1）噪声

本项目运营期主要噪声源为发电机组运行产生的噪声，类比南海奋进号所建 7.25MW 风机风力发电机最大声功率 106dB（A）和《汕头中澎二海上风电场项目环境影响报告书》中 11.0MW 风力发电机最大声功率 110dB(A)，本工程 16MW 风力发电机最大声功率计算为 115dB(A)。

（2）生活污水

运营期每季度进行一次机组维护，维护船舶每次维护产生的生活污水量约为 6m³，每年产生的生活污水约为 24m³，船舶生活污水排放时船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。

（3）生活垃圾

运营期每个季度一次巡检维护，维护船舶每次维护人员 4~6 人，每次维护产生的生活垃圾约为 50kg，每年维护产生的生活垃圾约为 200kg，除食品废弃物外的船舶生活垃圾收集后运至陆上处理。

（4）固体废物

参考同类项目，单台机组每年更换的润滑油类约 174.5kg，每年产生含油棉纱约 1kg；每年产生废手套约 8kg。以上固体废物均运回陆地交由有资质单位处理。

表 4-3 本项目运营阶段污染物汇总

种类	污染源	污染物	产生量	排放量	拟采取措施
废水	生活污水	SS、COD 等	24m ³ /a	24m ³ /a	船舶生活污水排放时船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率
固废	生活垃圾	固体废弃物	200kg/a	0	除食品废弃物外的船舶生活垃圾收集后运至陆上处理
	废润滑油	石油类	174.5kg/a	0	运回陆地交由有资质单位处理
	含油棉纱	石油类	1kg/a	0	
	废手套	石油类	8kg/a	0	
噪声	机组运转	噪声	115dB(A)	115dB(A)	/

（二）运营期环境影响分析

(1) 水文动力环境影响分析

本项目新建浮式平台为透水式结构，新铺海缆埋设于海底，不会影响项目海域的流场，对本海区的水交换能力没有影响。

(2) 地形地貌与冲淤环境影响分析

在建设过程中铺设海缆会对当地海底底质产生一定的影响，挖起的海底泥沙很快沉降，在海流作用下自然回填缆沟，总体而言对海底的冲淤环境影响很小。

(3) 项目对鸟类的影响分析

风电场如果建立在鸟类保护区内或附近，将直接减少鸟类栖息面积，对鸟类的停歇和觅食造成影响。研究显示，无风力涡轮机或距离其超过 80m 的草地鸟类种群密度会明显高于风电场区域。另外，鸟类对噪声具有极大的忍耐力，很快就会适应噪声，德国曾在 1994-1999 年在 30 台风力发电机附近，对风机噪声对鸟类的影响做了研究，结果发现，只要与鸟类的栖息地保持 250m 的距离，风力发电机组噪声对鸟类正常的栖息、觅食的影响较小。本项目位于离岸距离约 136km 处，不属于鸟类栖息和觅食场所，并且仅建设 1 台 16MW 发电机组。因此，该项目对鸟类栖息和觅食的影响较小或可以忽略。

风机建设将给鸟类迁徙带来许多负面的影响，特别是夜间迁徙的候鸟，主要表现在鸟类与风电场的部分风电机或架空电线相撞而导致伤亡，这是最直接也是最严重的影响方式。不良的气象条件，如大雾、降雨或是强逆风均会导致大气能见度降低，迁徙的鸟类会降低飞行高度和辨识能力，从而增加与风电机相撞的概率。据统计，在许多情况下有 80% 以上的鸟类可以穿过变速的风机而不受丝毫损伤。在迁徙途中，普通鸟类飞翔高度在 400 m 以下，鹤类在 300~500m，鸕、雁等最高飞行高度可达 900 m，均超过风机的高度。因此，一般情况下风电场风机对鸟类迁徙影响不大，主要对少数飞行高度较低的候鸟迁徙构成威胁。本项目仅建设 1 台风力发电机组，因此对候鸟迁徙的影响较小或者忽略不计。

(4) 运营期水上噪声影响分析

工程运行期海域主要为风机运行噪声，本工程为单台风机。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，单台风力发电机影响预测公式如下：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，计算为如下式：

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

式中： $L_p(r)$ ——单台风机声源 r 处预测点 A 声级，dB(A)；

$L_w(r_0)$ ——单台风机声源处 A 声级，dB(A)。

根据前文类比计算出本项目 16MW 风力发电机组噪声功率 115dB(A)计算，经预测单台风力发电机衰减趋势见表 4-4，可知在距风力发电机组直线距离在 400m 处，噪声已衰减至低于 55 dB(A)，即国家规定的《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 3 类标准限值。

表 4-4 本项目运营阶段污染物汇总

与轮毂直线距离(m)	100	150	200	250	300	350	400	500	700	800	1000
噪声级 dB(A)	67.0	63.5	61.0	59.1	57.5	56.1	54.9	53.0	50.1	49.0	47.0

由于本项目距离陆岸较远，风电场区水上声环境影响评价范围内无声环境敏感目标分布，风电场运行期对周围声环境影响较小。

(5) 运营期水下噪声影响分析

本报告收集了已经投入运营的广东粤电湛江外罗海上风电场运营期水下噪声的监测结果，相关结果表明：风电场运营期的水下噪声强度比较低，与原海洋环境背景噪声相当，风电场运营期所带来的轻微的水下噪声增加导致海洋生物对海上风电场运营噪声做出行为响应的可能性不大。本项目仅新建单台风机，规模远小于类比对象（100 台风机），因此本项目运营期产生的水下噪声对海洋生态的影响将更小，其影响可以认为是轻微或者可忽略的。

(6) 电磁环境影响分析

①海底电缆电磁环境类比分析

本项目送电线路均采用海底电缆形式进行电力输送，于电缆线经过电缆外层遮蔽后产生的工频电磁场强度水平较小，通过类比已运行的广东 110kV 双回旗光、旗长电缆和 220kV 双回中宝电缆线路和 220kV 双回景芳电缆线路进行分析（《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》），220kV 双回中宝电缆线路工频电磁场监测结果见表 4-4。

表 4-4 220kv 双回中宝电缆线路工频电磁场监测结果一览表

序号	监测点位		工频电场强度 V/m	工频磁感应强度 $\times 10^{-3} \mu T$
D1	线路中心线正上方		1.87	14785.18
D2	线路中心线外	5m	1.85	5052.17
D3		10m	1.95	1953.18
D4		15m	1.99	958.19
D5		20m	2.03	518.91
D6		25m	1.83	321.00
D7		30m	1.88	221.26
D8		35m	1.84	155.26
D9		40m	1.85	118.08

D10		45m	1.76	85.45
D11		50m	1.66	63.08

从上表中可以看出，220kv 双回中宝电缆输电线路正常运行的情况下，监测断面各点工频电场强度在 1.66~2.03V/m 之间，由于受屏蔽影响，接近背景值，最大值出现在中心线外 20m 处，远小于 4kV/m 的限值要求；工频磁感应强度在 63.08~14785.18nT 之间，最大值出现在中心线外 0m 处为 14.8 μ T。监测断面各点工频电场强度由于受屏蔽影响接近背景值；工频磁感应强度呈现衰减趋势，即随着与线路中心线距离的增加，强度均逐渐趋小。考虑到海水和空气介质的非磁属性，同时也考虑了电磁波在海水中传播的能量衰减速率较空气环境中更大以及本项目新铺设电缆电压等级更小等因素，预测本项目 35kV 海底电缆中心上的磁感应强度为将远小于类比结果的 14.8 μ T。

②电磁环境对海洋生物影响分析

厦门大学课题组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，相关研究成果表明：1) 海洋生物能够感知强度为 1.0mT 以上交流电磁场的存在，并做出不同生理反应；2) 强度在 0.3mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48h 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。通过前文类比分析可知，本项目新建的海底电缆及海上升压站运营期产生的最大磁感应强度均远小于 0.1mT，其电磁环境对该海域中典型的海洋鱼类、底栖生物（大黄鱼、锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）、珍稀保护动物影响轻微或可忽略不计。

选址 选线 环境 合理性 分析	<p>本项目风机选址位于陆丰油田作业区，新建海底电缆以尽量平直为原则铺设。充分利用现有设施资源，降低项目建设成本。整体在陆丰油田安全作业区范围内进行施工建设，不会影响周边的通航安全及渔业生产。综上所述，本项目的选址选线是合理可行的。</p>
-----------------------------	--

五、主要生态环境保护措施

施工期生态环境保护措施	<p style="text-align: center;">（一）污染防治对策措施</p> <p>施工期主要产生的污染物为施工船舶含油污水、施工人员生活污水、生活垃圾、生产垃圾以及海缆挖沟铺设期间产生的悬浮物等。</p> <p>（1）生活污水、生活垃圾</p> <p>平台适应性改造施工人员生活污水经过生活污水处理设施处理达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中的三级标准（COD≤500mg/L）后排海；船舶生活污水和生活垃圾的排放和处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）相关要求，生活垃圾中除食品废弃物外的垃圾运回陆地处理。</p> <p>（2）生产垃圾</p> <p>施工期产生的生产垃圾经收集后全部运回陆地处理，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》规定的要求进行回收利用或处置。</p> <p>（3）船舶含油污水</p> <p>施工船舶含油污水按《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）相关要求，处理达标（石油类浓度<15mg/L）后排海。</p> <p>（4）挖沟悬浮物控制</p> <p>海缆铺设作业采用专用铺海缆船，尽量减少对海底底质的扰动，降低悬浮物产生速率和悬浮物产生量。根据项目海域水文气象条件合理安排铺设海缆时间，尽量安排在风浪相对小等不利于悬沙扩散的时间窗口进行施工。</p> <p>（5）废气</p> <p>施工船舶按照《船舶大气污染物排放控制区实施方案》要求，使用硫含量不大于 0.1%_{m/m} 的船用燃油，妥善保存燃油供受单证以备海事部门检查。施工船舶应按《中华人民共和国海事局关于发布海船应持证书、文书清单的公告》要求，持有《国内航行海船安全与环保证书》等相关证书和文书。</p> <p>（6）噪声</p> <p>施工采用噪声较低的施工设备，对船载振动大的机械设备使用减振机座降低噪声。加强施工船舶的日常保养，确保船舶动力部件性能良好，避免不必要</p>
-------------	---

	<p>的船舶鸣笛。</p> <p>(二) 生态保护对策措施</p> <p>(1) 海洋生态保护措施</p> <p>合理安排施工作业时间，优化施工方案，在保证施工质量的前提下缩短水下作业时间，减小施工作业对海洋生态环境的扰动时间。</p> <p>海缆挖沟施工时避开深水金线鱼产卵盛期（5-7月），优化施工工艺，尽量避免由于操作不当导致的悬浮物增大，同时严格控制作业带宽度减少超挖量，从而降低对海洋生物的影响。</p> <p>(2) 鸟类保护措施</p> <p>严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，尤其是在有大雾或强风的夜晚，应该停止施工，减小施工期对鸟类的影响。</p> <p>施工期间加强船只管理，合理布置施工运输路线，施工船舶应采取有效措施控制噪声排放，减小对鸟类的影响。</p> <p>加强施工人员管理及生态保护教育培训，禁止捕杀鸟类，减小人为活动噪声，确保施工期鸟类保护措施落实到位。</p>
运营期生态环境保护措施	<p>(一) 污染防治对策措施</p> <p>运营期产生的污染主要来源于两方面，一是机组运行维护船舶产生的生活污水、固体废物，二是机组正常运行所产生的噪声。</p> <p>(1) 水污染防治措施</p> <p>水污染防治措施同施工期，详见前文。</p> <p>(2) 噪声污染防治措施</p> <p>提高机组的加工工艺和安装精度，避免由于安装精度或者运营维护的欠缺造成齿轮和轴承的摩擦，进而增加机组运行噪音。</p> <p>风机设计时齿轮箱采取弹性连接替代刚性连接，以减小运转过程产生的振动；发电机散热风扇及变频器散热器等辅助设备处安装消音装置；机舱外壳采用高阻尼材料吸收机组机械部位的振动能，降低振动噪声。</p> <p>定期对机组进行运营维护，使齿轮和轴承保持良好的润滑，确保处于良好</p>

	<p>运行状态，降低机组运行噪声。</p> <p>(3) 固体废物污染防治措施</p> <p>运营期维护工作中产生的废弃物应及时清理，更换的部件应妥善收集，收集后带回陆上进行再利用或处置，严禁在海上燃烧废弃物。</p> <p>机组更换的废油（风电机组主齿轮箱润滑油、偏航和变桨减速器齿轮箱废油、液压系统液压油）和废弃蓄电池（变桨电池、UPS 电池等）分类收集，运回陆地交由有资质单位处理。</p> <p>(二) 生态保护措施</p> <p>(1) 海洋生态保护措施</p> <p>本项目的建设将会造成一定的海洋生物损失，根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行估算，本项目海洋生物资源损害补偿额约为 66.15 万元。</p> <p>建议建设单位在相关主管部门指导下，与本海域其他项目统筹考虑，采取增殖放流的方式进行海洋生物资源补偿。</p> <p>(2) 鸟类保护措施</p> <p>机组的叶片以警示色涂色，使鸟类在飞行中能及时规避，以降低鸟类碰撞的几率；机组上方设闪烁灯光，以降低鸟类在夜间碰撞的几率；机组整机使用非反光涂料，以减少反射阳光对鸟类的影响。</p> <p>对机组的运维人员进行鸟类保护知识的宣传和教育。</p>
其他	<p>本项目投产后，将依托陆丰油田现有跟踪监测计划，定期对工程所在海域的海水水质、沉积物、海洋生物生态等进行跟踪监测，使海洋生物资源和海洋生态环境得到可持续利用发展。</p>

本项目环保投资主要包括渔业生态补偿费用，环保投资明细详见下表。

表 5-1 环境保护设施投资

环保设备/措施	设备/措施投资（万元）	折合比例	折合环保投资（万元）
海洋生物资源补偿	■	100%	■
合计	/	/	■

环保
投资

六、生态环境保护措施监督检查清单

要素	施工期		运营期	
	环境保护措施	验收要求	环境保护措施	验收要求
陆生生态	/	/	/	/
水生生态	施工船舶含油污水处理达标排放，生活污水排放时船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）	运维船舶含油污水经处理达标排放，生活污水排放时船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）
地表水环境	/	/	/	/
地下水及土壤环境	/	/	/	/
声环境	采用噪声较低的施工设备；对船载振动大的机械设备使用减振机座降低噪声；加强施工船舶的日常保养；船舶避免不必要的鸣笛。	/	提高机组的加工工艺和安装精度；齿轮箱采取弹性连接替代刚性连接；发电机散热风扇及变频器散热器等辅助设备处安装消音装置；机舱外壳采用高阻尼材料吸收振动能；定期对机组进行运营维护。	/
振动	/	/	/	/
大气环境	施工船舶使用符合要求的燃料油	符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发[2018]168号）》要求	/	/
固体废物	船舶垃圾中的塑料、废弃食用油、生活废弃物等禁止排海；食品废弃物在距最近陆地3海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地3海里至12海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）	船舶垃圾中的塑料、废弃食用油、生活废弃物等禁止排海；食品废弃物在距最近陆地3海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地3海里至12海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）

	大于 25mm 后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。		于 25mm 后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。	
电磁环境	/	/	/	/
环境风险	施工时做好通航安全保障措施，一旦发生溢油按照溢油应急计划开展应急工作	《陆丰油田作业区溢油应急计划》	/	/
环境监测	/	/	运营期跟踪监测应纳入油田现有环境跟踪监测计划中	/
其他	严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少漏光量；在有大雾或强风的夜晚停止施工；施工船舶应采取有效措施控制噪声排放；加强施工人员管理及生态保护教育培训。	/	机组的叶片以警示色涂色；机组上方设闪烁灯光；机组整机使用非反光涂料；对机组的运维人员进行鸟类保护知识的宣传和教育。	/

七、结论

（一）产业政策及区划规划符合性

本项目属海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，属于国家《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“鼓励类”，符合国家产业政策；符合《全国海洋主体功能区规划》、《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》相关要求；项目位于广东省海洋生态红线划定范围之外，正常生产建设过程不会影响海洋生态红线区的功能。

（二）环境可行性

本项目所处海域海水水质、沉积物和生物环境现状质量较好，项目距离自然保护区、海洋生态红线区较远，正常施工期和运营期不会对其产生影响。本项目位于深水金线鱼产卵场内，本项目对海洋环境的主要影响为海底电缆挖沟铺设时造成的悬浮物扩散影响。海底电缆挖沟施工造成的悬浮物扩散属于短期、一次性、可恢复的影响，结合施工方采取的避开产卵盛期的环保措施以及后续进行的渔业补偿措施，可以认为本项目挖沟施工对海洋环境造成的影响是可以接受的。项目施工及运营期间产生的其他污染物（生活垃圾、生活污水、生产垃圾、船舶含油污水等）均经过妥善处置后排放或运回陆地处理，对海洋环境影响较小。

陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目符合我国能源发展战略，符合碳达峰、碳中和新发展理念，为陆丰油田群提供清洁能源改善能源结构，项目的社会效益、经济效益和环境效益显著。本项目建设造成的海洋生物损失可通过适当的生态补偿等进行修复，其它不利环境影响可以通过采取相应的环保措施避免或减小。因此，只要在项目的建设和运行过程中加强管理，切实落实本报告表中提出的环保措施，从环境保护角度，本项目建设是可行的。

附录 8 中英文对照表

英文名称	中文释义
FOWT	浮式平台风电机组
DPP	钻井生产平台
WHP	井口平台
HYSY121 FSO	海洋石油 121 号浮式储油轮
IMMS	一体化海洋环境监测系统
UPS	不间断供电系统
EMS	能量管理系统
ROV	无人遥控潜水器
DP2	船舶动力定位系统

附件 1 环评委托书

环评委托书

中海油研究总院有限责任公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》及其他有关法律法规、部门规章及有关标准、规范的要求，特委托贵公司对我陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目开展环境影响评价工作，编制环境影响报告表。

特此委托

中海石油（中国）有限公司北京新能源分公司（盖章）



附件 2 陆丰油田群区域开发项目环评批复

中华人民共和国生态环境部

环审〔2021〕13号

关于陆丰油田群区域开发项目 环境影响报告书的批复

中海石油（中国）有限公司：

你公司《关于申请审批〈陆丰油田群区域开发项目环境影响报告书〉的请示》（中海油安〔2020〕350号）收悉。经研究，批复如下。

一、该项目拟新建1座水下生产系统 LF22-1 SPS（设置4口生产井）、2座各设有100人生活楼的钻采生产平台 LF15-1 DPP平台（设置16个井槽，其中10口生产井、3口注水井、预留3个井槽）和 LF14-4 DPP平台（设置24个井槽，其中12

— 1 —

口生产井、6口注水井、预留6个井槽)；铺设4条海底油气水混输管道(从LF22-1 SPS至LF15-1 DPP, 2条, 长约19公里；从LF15-1 DPP至LF14-4 DPP, 1条, 长约25.88公里；从LF14-4 DPP至LF13-2 DPP, 1条, 长约24公里)；铺设1条海底电缆(从LF14-4 DPP至LF15-1 DPP, 长约25.88公里)和1条海底脐带缆(从LF15-1 DPP至LF22-1 SPS, 长约19公里)；并对依托的LF13-2 DPP进行适应性改造。在全面落实报告书提出的各项生态环境保护措施后, 该项目可以满足国家海洋生态环境保护相关法律法规和标准的要求。我部同意批准该环境影响报告书。

二、项目建设和运营期间, 应严格落实报告书中的污染防治、环境保护和风险防范措施, 并重点做好以下工作。

(一) 污染物的处理和排放应符合国家有关规定和标准。油基钻井液、含油量超过8%的水基钻井液和钻屑应运回陆地交由有资质的单位处理。机舱含油污水按要求排入接收设施或处理达标后排海。含油生产水、生活污水处理达标后方可排海。除符合要求的食品废弃物外, 其他生活垃圾、生产垃圾应分类收集运回陆地处理。

— 2 —

(二) 严格执行作业规程和安全规程，加强随钻监测，配备安全有效的防喷设备和良好的压井材料及井控设备，建立健全井控管理系统。

(三) 加强铺管作业管理，严格按照设计要求施工，采取有效措施避免海底管道悬空。加强海底管道巡检，定期进行全面检测和清管作业，防止管道因腐蚀或外力破坏等原因造成泄漏。

(四) 加强注水作业管理，防范地质性溢油事故发生。严格按照设计注入压力和注入量进行注水作业，在注水过程中加强实时监测，杜绝超注超压。

(五) 切实落实环境风险防范措施。制定本项目溢油应急计划，并报我部珠江流域南海海域生态环境监督管理局（以下简称珠江南海局）备案。发生溢油事故时，应当立即启动溢油应急计划，采取有效措施减轻事故对海洋生态环境特别是敏感目标的影响，按照规定立即报告珠江南海局，并视情况及时通报广东省渔业、海事部门和中国海警局直属第三局。

(六) 切实落实生态环境保护措施。合理安排施工作业时间，严格控制钻井液和钻屑的排放速率，挖沟作业应避让鲈鱼、深水金线鱼产卵盛期（4月、5—7月），钻井液和钻屑排放避让深水

金线鱼产卵盛期（5—7月），最大限度地减少对海洋生态环境和渔业资源的影响。

三、珠江南海局负责项目生态环境保护的监督管理。请你公司自批复之日起30个工作日内将经批准的报告书送珠江南海局。



（此件社会公开）

抄 送：自然资源部、交通运输部、农业农村部，中央军委后勤保障部，中国海警局，珠江流域南海海域生态环境监督管理局，环境工程评估中心。

生态环境部办公厅

2021年2月22日印发

— 4 —



附件 3 陆丰油田群二期开发项目环评批复

中华人民共和国生态环境部

环审〔2022〕169号

关于陆丰油田群二期开发项目 环境影响报告书的批复

中海石油（中国）有限公司：

你公司《关于申请〈陆丰油田群二期开发项目环境影响报告书〉审批的请示》（中海油安〔2022〕274号）收悉。经研究，批复如下。

一、该项目新建1座8腿导管架钻采平台LF8-1DPP，共设24个井槽，先期钻井17口（其中生产井15口、注水井2口）；在LF13-1DPP平台新钻20口调整井（16口老井侧钻、4口利用原有井槽，均为生产井），在LF13-2DPP平台新钻3口调整井（均为老井侧钻，均为生产井）；铺设LF8-1DPP平台至LF14-4DPP平台的海底混输管道和海底电缆各1条，长度均

— 1 —

为 6.3 公里，其中新建海管于路由沙坡段采用挖沟埋设，长度约 1.35 公里，其余直接放置于海床之上，新建海底电缆采用后挖沟方式埋设，埋深 1.5 米；对 LF14-4DPP、LF13-1DPP、LF13-2DPP 和 HYSY121FSO 进行适应性改造，主要包括新增主变压器间、生产水处理系统等。在全面落实报告书提出的各项生态环境保护措施后，该项目可以满足国家海洋生态环境保护相关法律法规和标准的要求。我部同意批准该环境影响报告书。

二、项目建设和运营期间，应严格落实报告书中的污染防治、环境保护和风险防范措施，并重点做好以下工作。

(一) 污染物的处理和排放应符合国家有关规定和标准。油基钻井液、含油量超过 8% 的水基钻井液和钻屑应运回陆地交由有资质的单位处理。含油生产水、生活污水处理达标后方可排海。生活垃圾（符合要求可以排放的食品废弃物除外）及生产垃圾运回陆地处理。

(二) 严格执行作业规程和安全规程，加强随钻监测，配备安全有效的防喷设备和良好的压井材料及井控设备，建立健全井控管理系统。

(三) 加强铺管作业管理，严格按照设计要求施工，采取有效措施避免海底管道悬空。加强海底管道巡检，定期进行全面检测和清管作业，防止管道因腐蚀或外力破坏等原因造成泄漏。

(四) 加强注水作业管理，防范地质性溢油事故发生。严格按照设计注入压力和注入量进行注水作业，在注水过程中加强实

时监测，杜绝超注超压。

(五) 切实落实环境风险防范措施。修改完善陆丰油田溢油应急计划，并报我部珠江流域南海海域生态环境监督管理局（以下简称珠江南海局）备案。发生溢油事故时，应当立即启动溢油应急计划，采取有效措施减轻事故对海洋生态环境特别是敏感目标的影响，立即报告珠江南海局，并按照规定及时通报广东省渔业、海事部门和中国海警局直属第三局。

(六) 切实落实生态环境保护措施。合理安排施工作业时间，管缆挖沟作业避开深水金线鱼产卵盛期（5—7月），最大限度地减少对海洋生态环境和渔业资源的影响。

三、珠江南海局负责项目生态环境保护的监督管理。请你公司自批复之日起30个工作日内将经批准的报告书送珠江南海局。



(此件社会公开)

中华人民共和国生态环境部

环验〔2024〕1号

关于陆丰油田群区域开发项目等 3 个项目 环境保护设施竣工验收合格的函

中海石油（中国）有限公司：

你公司《关于申请对陆丰油田群区域开发项目环境保护设施进行竣工验收的请示》（中海油安〔2023〕624号）、《关于申请对文昌油田群产能释放二期项目等 2 个项目环境保护设施进行竣工验收的请示》（中海油安〔2023〕660号）收悉。生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局对陆丰油田群区域开发项目、文昌油田群产能释放二期项目及文昌油田群联合调整项目的环境保护设施进行了现场检查。经研究，提出验收意见如下：

一、原则同意陆丰油田群区域开发项目、文昌油田群产能释放二期项目及文昌油田群联合调整项目（不包括文昌 19—

— 1 —

1WHPA 平台、文昌 19-1WHPC 平台生产水处理装置扩容改造，文昌 13-6WHPA 平台新增生产水处理装置) 的环境保护设施通过竣工验收。

二、请你公司严格遵守生态环境保护有关规定，加强环境保护管理，并特别注意以下问题：

(一) 按照环评文件及批复要求，切实落实各项污染防治和生态环境保护措施。加强对环保设施的管理与维护，确保环保设施正常稳定运行，实现污染物达标排放。进一步规范含油生产水的自行监测工作，包括化验操作、结果记录等。

(二) 认真落实环境风险防范措施。做好海底管道等设施的巡检和维护，对可能存在的腐蚀、损坏及时进行修复，避免引发环境事故。加强溢油应急设备管理与维护，确保发生溢油事故时能够及时、快速和有效处置。



(此件社会公开)

抄 送：生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局。

生态环境部办公厅

2024年1月16日印发

陆丰油田群清洁能源电力供给改造示范项目环境风 险分析与评价专题

1. 风险评价概述

依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），结合本项目情况，对本项目在建设阶段和生产阶段可能存在的事故风险进行识别。对本项目可能的风险事故进行分析，结合工程的事故防范措施和应急预案，分析应急设施的数量和能力，完善事故风险应急措施，为项目正常生产做好安全防范准备。

2. 风险调查

（一）本项目风险源调查

根据《建设项目环境风险评价导则》（HJ169-2018），存在物质或能量意外释放，并可能产生环境危害的源为风险源。本项目风险源为风机机组中存在的变压器油、润滑油等油类物质，见下表。

表 2-1 环境风险源汇总表

风险源	危险物质名称	最大在线量 q (t)	临界量 Q (t)	q/Q
风机机组	油类物质	2	2500	0.0008

经计算， $Q=0.0008 < 1$ ，环境风险潜势为 I。

（二）评价工作等级

由于本项目新建设施风险物质存在量较小，风险潜势为 I。照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）相关规定，判定本次环境风险评价工作等级为简单分析。

3. 风险识别

通过对本项目工程特点以及存在的风险物质的分析可知。本项目主要环境及事故风险为溢油事故风险。溢油风险又可分为建设阶段施工船舶溢油事故及运营阶段机组损坏溢油事故。

（一）船舶溢油风险事故分析

本项目施工船舶主要包括主拖轮 1 艘、辅拖轮 4 艘、铺缆船 1 艘、安装船 1 艘。施工船舶仅在油田生产区内进行施工，根据《国际油气生产商协会风险评估数据指南》，船舶碰撞的概率见表 3-1。

表 3-1 船舶碰撞事故概率统计

船舶类型	碰撞频率(次/装置·年)	亚洲地区分配系数	严重、重大损伤	碰撞概率
本油田区域船舶	8.8×10^{-4}	0.17	26%	3.9×10^{-5}
航船	2.5×10^{-4}	0.17	26%	1.1×10^{-5}

由上表数据分析可知，本项目船舶碰撞产生严重损伤的概率为 5×10^{-5} 次/年，而发生严重损伤不一定引起溢油事故，因此，引发溢油事故的概率将更小。本项目在不同施工阶段，因停留时间、海域有所不同，且参与施工船舶数量较少，因此施工船舶相互碰撞的可能性非常小。本项目所使用的施工船舶占用水域较小，在项目施工期间会划定安全作业区，本工程的建设基本不会对附近航线上船舶的安全行驶构成影响。本项目施工时间相对较短，作业结束后发生船舶碰撞引发溢油的风险便随即消失，此外发生重大损伤不一定会引起溢油事故。海上施工作业要求在风平浪静的海况条件下进行，船舶大多数都是在停泊的情况下施工，基本不会因为船舶移动而发生碰撞。从 80 年代开始，中海油在施工过程中，未发生过施工船舶碰撞溢油事故，因此，由于施工船舶碰撞发生的溢油事故概率几乎为零。

(二) 发电机组损坏风险事故分析

台风、风暴潮等恶劣天气会对机组产生较大危害，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浮式平台的设计载荷极限，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、浮式平台倾覆。本项目新建风机机组内部设置变压器，其油品为脂油，油量约为 1t，呈密封状态；同时机舱和轮毂中还存在较多润滑油，油品主要为油脂、液压油等，约 1.25m^3 。

在设计阶段项目组充分考虑了风机机组所在海域的环境条件、底质基础数据，并针对风机基础和风机自身的设计强度、荷载及装配强度进行了充分的考虑。因此发生风机机组倾覆等极端事故的可能性较小，此外，由于风机平台自身油类物质存在量较小，变压器油自身处于密封状态，若发生风机基础倾覆事故，油类物质泄漏入海的量也不大，对周边海洋环境影响相对较小。

4. 溢油风险防范措施

（一）设计阶段风险防范措施

本项目的的设计严格执行国家有关法规、规范和标准以及遵循国际通用规范和标准，实施这些规范和标准可以保证工程设计、建造和安装质量，是确保安全生产的关键。

（二）施工期溢油风险防范措施

（1）施工前需制定切实有效的安全管理措施和风险事故应急预案，并由建设单位负责组织对施工人员进行安全环保培训教育，同时加强设备的维护和管理，提高施工人员的安全防范意识，切实贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，预防溢油事故的发生。

（2）建设单位应根据工程施工水域和现场安全维护的需要，向海事管理机构申请设置施工水域警戒标志；当锚缆外伸较远时，应在锚缆入水处设置相应标志，夜间应有警示灯标，在锚缆伸出方向用灯光照明，以警示过往船舶避开水下锚缆。

（3）施工作业前，建设单位应向海事主管机关申请发布与工程施工有关的航海通（警）告，以便过往船舶识别施工水域，避开航行。

（4）在电缆铺设的过程中，应设置阶段性施工警戒区，随时根据电缆铺设进度及时设置施工警戒区，警戒区范围建议为海底电缆两侧各 500m 以内水域，防止周围船舶误闯施工区域。施工船要正确显示号灯号型，加强与周围船舶的联系与沟通，避免周围船舶靠近电缆铺设区域。必要的时候联系海事主管部门，对电缆铺设给予相应的协助。

（5）施工船舶和相关辅助船舶，应配备雷达、AIS 等助导航设备，并在核定的工程施工水域范围内进行施工作业和停泊，尽量减小对附近航行船舶安全航行的影响。

（6）海域海况差会增加发生船舶碰撞的几率，因此海域风力增加海浪较大时，在达到施工船舶的抗风浪等级前，施工船应停止施工作业撤离施工现场就近避风。

（三）运营期溢油风险防范措施

（1）海上发电机组应涂有醒目的警示色，夜间需采用警示灯，在装置上设置航行警示标，以警示船舶有效避让。

（2）设定专门机构，定期进行巡视，安装监视系统随时掌握机组周围的船舶航行动态。并配置有效的通讯设备，与海事主管机关随时保持通讯联系，以在发生突发事件时能及时获得海事主管机的应急援助。

（3）向海事主管机关申请发布航行通告和航行警告，提出协助进行水上安全维护申请，并在以后出版的有关海图上进行标记。

（4）建设单位应建立安全维护和作业制度，相关制度应包括安全作业条件、作业程序和安全技术要求等。作业人员应满足海上高空作业环境和海上航行环境要求，熟悉安全作业的操作规程，具备基本的海上求生技能和急救技能，避免因操作失误引发的风险事故。

5. 溢油事故应急处置措施

（一）溢油应急预案

本项目建成投产之后将纳入陆丰油田群管理，所属的陆丰油田已经编制了《陆丰油田作业区溢油应急计划》（2023 版）并在主管部门备案。深圳分公司溢油应急事故管理团队组织架构图和深圳分公司溢油应急响应流程图见图 5-1 和图 5-2。

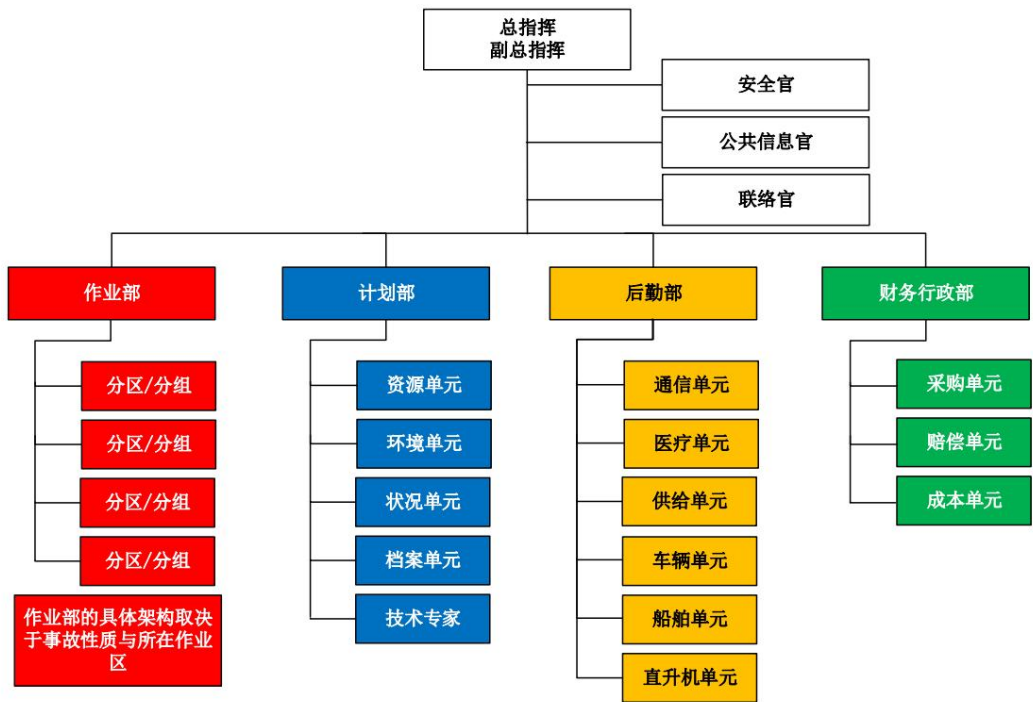


图 5-1 深圳分公司溢油应急事故管理团队组织架构图

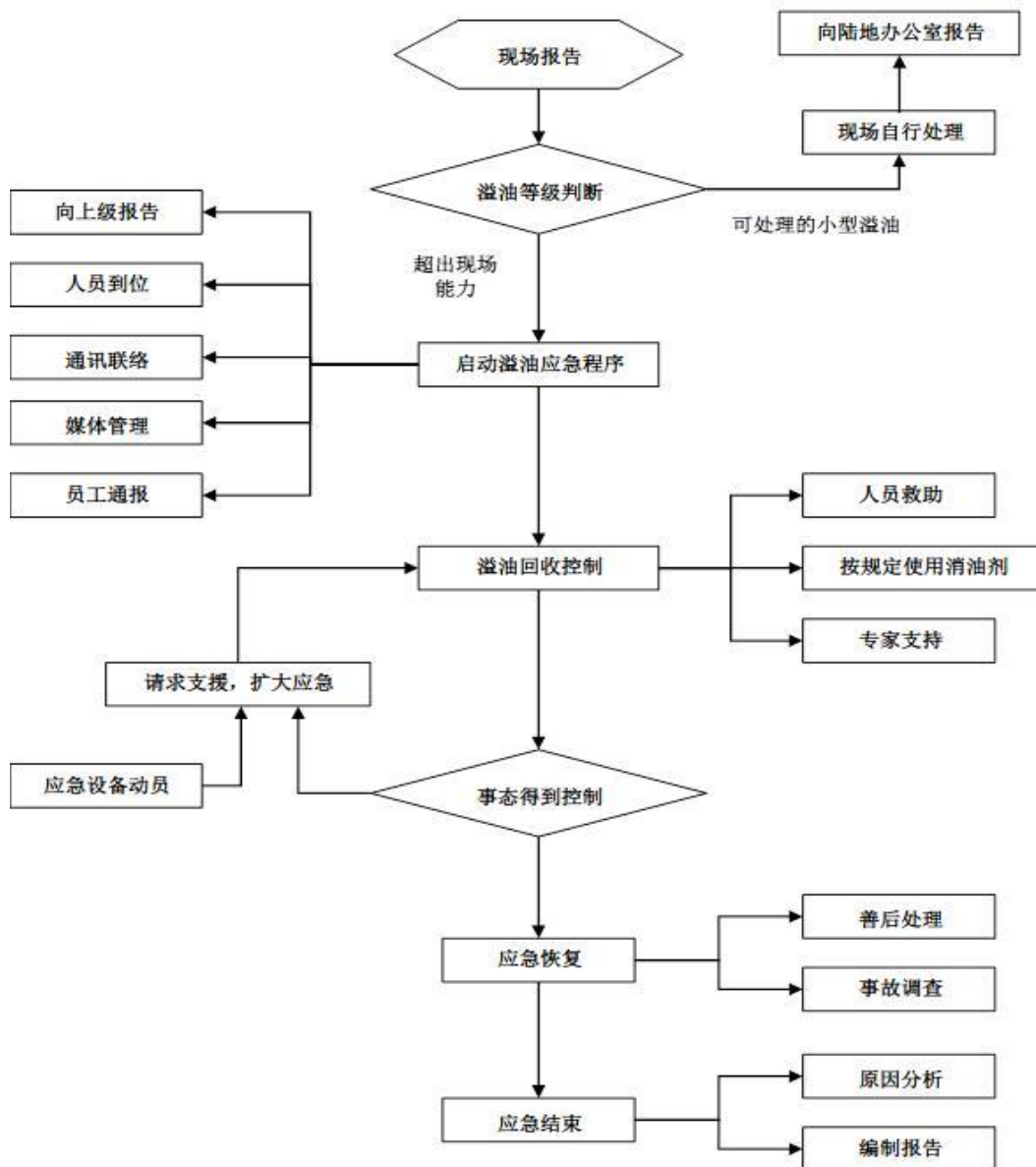


图 5-2 深圳分公司溢油应急响应流程图

发生溢油事故后，无论大小，均必须按照要求尽快向上逐级汇报，并在规定时间内向政府主管部门汇报，在通知建设单位应急办公室之前完成以下应急响应程序：

- 确保事发地人员安全；
- 任何人看到溢油都必须在安全的前提下，马上采取措施切断溢油源，并向上级报告；
- 确保所有人员的安全；判断溢油是否有起火或爆炸的危险。如需要，关闭电源并确保停止所有产生点火源的活动；

- 使用吸附剂和其它现有材料，在区域周围形成一个临时围栏以阻挡溢出的油扩散；

- 尽可能防止溢油入海；

- 报告并按照相应的应急程序中的内容采取恰当的溢油应急行动。

(二) 配置溢油应急资源

当海上发生溢油事故时，根据实际情况和溢油事故现场的需要，按照预先制定的溢油应急预案中的设备动员流程图，选择相应的设备应对溢油事故，保证溢油应急响应的快速高效，最大程度控制和减少溢油污染。正确合理的选择溢油应急资源对妥善处理溢油事故有着十分重要的作用。

①陆丰油田区溢油应急资源

本项目依托现有陆丰油田开发建设，陆丰油田溢油应急资源分布情况可见表 5-1。

表 5-1 陆丰油田作业区溢油应急资源

②深圳分公司配备溢油应急资源

除陆丰油田作业区外，深圳分公司可利用的作业区的应急力量主要包括西江油田、流花油田、恩平油田等作业区的溢油应急设施。具体配置情况如见表 5-2~表 5-4。

表 5-2 西江油田作业区溢油应急资源

表 5-3 流花油田作业区溢油应急资源

表 5-5 恩平油田作业区溢油应急资源

③环保船

“海洋石油 256”和“海洋石油 258”在南海海域主要为深圳分公司服务，当发生溢油事故时，可以调动离溢油现场最近的环保船立即赶赴现场，进行溢油围控和回收作业。“海洋石油 256”和“海洋石油 258”环保船主要性能见表 5-6。

表 5-6 环保船性能表

④珠海基地和惠州基地

中海环保是深圳分公司的主要溢油应急处置能力，也是深圳分公司的溢油应急服务承包商，双方签有溢油应急服务合同，一旦发生溢油，中海环保接收深圳分公司的指挥参加溢油应急服务。中海环保建有多个应急基地，针对陆丰油田所在的海域溢油应急响应事件，主要由珠海基地、惠州基地负责。珠海基地在珠海横琴终端和珠海高栏终端，惠州基地在惠州石化物流码头。珠海基地、惠州基地溢油应急资源见表 5-7 和表 5-8。

表 5-7 中海环保珠海基地应急资源

表 5-7 中海环保惠州基地应急资源

(三) 应急可行性分析

由前文可知，本项目依托陆丰油田开展建设，陆丰油田作业区已经制定了较完备的溢油风险应急预案，油田自身也配备了充足的溢油应急物资。陆丰油田自身配备应急物资的平台距本次新建的 LF14-4FOWT 浮式基础风机在 3.6~27km 之间，一旦接到溢油警报，可以立即启动应急响应，人员动员、装船时间为 1~2h，船舶以平均巡航速度 12 节（22.2km/小时）的速度向溢油点前进，航行时间 0.2 小时到达，应急响应时间在 1.2~2.2h 之间，最快 1.2h 可以抵达溢油现场。此外在事故状态下，本项目可以协调使用深圳分公司其余油田作业区和珠海、惠州基地的溢油应急资源使用，溢油应急物资保障较为到位，具有较强的溢油应急能力。

图 5-3 陆丰油田作业区溢油应急资源分布图

表 5-8 陆丰油田群现有应急资源距本项目新建风机平台距离

序号	平台	距离 (km)	应急响应时间 (h)
1	LF14-4DPP	3.6	1.2~2.2
2	LF13-1 DPP	14.5	1.7~2.7
3	HYSY121 FSO	23.7	2.1~3.1
4	LF13-2 DPP	23.1	2~3
5	LF13-2 WHP	23.1	2~3
6	LF15-1 DPP	25.2	2.1~3.1
7	LF7-2 DPP	27.0	2.2~3.2

图 5-4 深圳分公司溢油应急资源分布图

根据前文对本项目的风险分析可知，本项目可能发生的溢油风险概率较小，风险状态下可能的溢油量也较小，仅陆丰油田自身便配备有围油栏 1000m，在海况允许的状态下可围控油量约为 255m³，因此认为本项目依托的溢油应急资源满足本项目的风险防控需求。

6. 结论

本次评价识别出来可能的环境风险类型包括船舶碰撞泄漏及风机平台倾覆导致的油类泄漏事故。根据前文分析可知，由于本项目施工期使用船舶数量较少，施工时船舶状态多属于靠泊施工，且船舶均在油田作业区内施工，远离主要航道，因此发生船舶碰撞进而导致溢油事故的可能性较低；本项目新建风机平台仅在极端条件下存在倾覆可能，风机平台自身油类物质存在量较小，且变压器油自身储存在密闭环境中，在发生风机平台倾覆的事故下可能入海的油量较小。项目依托陆丰油田群开展建设，陆丰油田作业区自身已有较完备的溢油应急计划，陆丰油田及其所属的深圳分公司其他油田乃至珠海、惠州基地的溢油应急物资较为完备，有能力处理较大规模的溢油事故，能够满足本项目的溢油应急需求。综上所述，本项目施工及运营期发生溢油风险可能性较低，事故可能溢油量较小，项目所属油田作业区溢油应急计划较完善，溢油应急物资满足本项目需求。项目方在建设和运营期间需要严格执行安全作业以及溢油应急计划中相关要求，在项目方严格按照相关要求开展施工、生产作业的前提下，本项目的溢油风险是可防、可控的。