



编号：COES-030-HP-2019

东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海管更换
项目

环境影响报告表

建设单位：中海石油（中国）有限公司湛江分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

编制时间：2019 年 12 月

1 前言

东方 13-2 气田于 2018 年完工并投产，该气田位于南海北部大陆架西区的莺歌海盆地内，处于莺歌海盆地中央泥底辟背斜构造带的西南部，距离东侧的东方 1-1 气田 CEPD 平台约 21.5km，距离现有东方终端约 132km。

东方 13-2 气田群开发工程项目共有 5 条海底管道已经于 2018 年 2 月完成直管段铺设，2018 年 4 月对东方 13-2CEPB 导管架安装预调查时发现，东方 13-2CEPB 导管架就位区域周围的海管管头位置偏离现有海管铺设轨迹。其中 18 寸海底管道管端偏离距离约 27 米，偏离长度约 70 米，偏离方向为现有海管铺设航迹西南侧。

经调查，疑似被大马力渔船底拖渔网拉偏，导致海管受损，发现海管存在不同程度点腐蚀。经相关单位（中海油研究总院、中国船级社、海油工程股份有限公司海管设计研究所、中海油（天津）管道工程技术有限公司、中海石油技术检测有限公司、北京科技大学、中国石油天然气集团公司管材研究所）研究评估，认为此海管腐蚀剩余寿命约 1-5 年。鉴于目前情况，为保障气田安全生产建设单位中海石油（中国）有限公司湛江分公司计划对东方 13-2WHPA 平台至东方 13-2CEPB 平台 18 寸海管更换。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》以及《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》的规定，以及《海洋油气勘探开发工程环境影响评价技术规范》，中海石油（中国）有限公司湛江分公司委托中海石油环保服务（天津）有限公司进行东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海管更换项目的环境影响评价，编制海洋环境影响报告表，报国家环境保护行政主管部门审查。

1.1 主要编制依据

1.1.1 法律法规

- 《中华人民共和国环境保护法》（全国人大常委会，2014.4.24 修订）
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（全国人大常委会，2017.11.4 修订）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（全国人大常委会，2018.12.29 修订）
- 《中华人民共和国渔业法》（全国人大常委会，2013 年 12 月 28 日修订）
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修订）
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修订）

- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（全国人大常委会，2016.11.7 修正）
- 《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》（原国家海洋局，2012.4.25）
- 《全国海洋主体功能区规划》（国务院，2015.8.1）
- 《全国海洋生态环境保护规划（2017 年-2020 年）》（原国家海洋局，2018 年 2 月）
- 《建设项目环境保护管理条例》（国务院，2017.7.16 修改）
- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院，2018.3.19 修订）
- 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》（国务院，1983.12.29）
- 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（国务院，2018.3.19 修订）
- 《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令第 24 号，2004 年 1 月）
- 《铺设海底电缆管道管理规定》（国务院第 27 号令，1989 年 3 月）
- 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（原国家海洋局令第 3 号，1992 年 8 月）
- 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交通运输部，2018.11）
- 《海南省海洋功能区划（2011-2020）》
- 《海南省海洋环境保护规划（2011-2020 年）》
- 《海南省生态保护红线（2016 年 9 月）》
- 《海南省海洋环境保护规划（2011-2020 年）》

1.1.2 技术规范

- 《海洋油气勘探开发工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月）
- 《建设项目环境风险评价导则》（HJ/T169-2018）
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）
- 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）
- 《海洋监测规范》（GB17378-2007）
- 《海洋生物质量监测技术规程》（原国家海洋局，2002 年 4 月）

1.1.3 项目资料

- 委托书
- 《东方 13-2 气田群开发工程环境影响评价报告书》（2016）
- 《东方 13-2 气田群开发工程变更环境影响专题评估报告》（2017）

1.2 执行标准

1.2.1 环境质量标准

根据《海水水质标准》(GB3097-1997)，对照《海南省海洋功能区划》(2011-2020)中工程临近功能区海洋环境保护要求中的水质要求，确定各调查水质站位评价执行标准；根据《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)，对照《海南省海洋功能区划》(2011-2020)中工程临近功能区海洋环境保护要求中的沉积物要求，确定各调查沉积物站位评价执行标准。

本工程环境影响评价所采用的环境质量标准，详见表 1.2 - 1。

表 1.2 - 1 环境质量标准

类别	采用标准		等级
海水水质	《海水水质标准》(GB3097-1997)		调查站位所在功能区海洋环境保护要求中的水质要求等级
海洋沉积物	《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)		调查站位所在功能区海洋环境保护要求中的沉积物要求等级
海洋生物生态	贝类(双壳)	《海洋生物质量》(GB18421-2001)	一类
	软体动物、鱼类、甲壳类(重金属)	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》	
	软体动物、鱼类、甲壳类(石油烃)	《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)	

1.2.2 污染物排放标准

根据《海洋石油勘探开发污染物的排放浓度限值》(GB4914-2008)，海洋石油勘探开发污染物的排放要求/浓度限值按污染物排放海域的不同分为三级：

一级：适用于渤海、北部湾，国家划定的其他海洋保护区域和其他距最近陆地 4n mile (7.408km) 以内的海域。

二级：除渤海、北部湾，国家划定的其他海洋保护区域外，其他距最近陆地大于 4n mile (7.408km) 且小于 12n mile (22.224km) 的海域。

三级：适用于一级和二级海区以外的其他海域。

东方 13-2 气田位于海南省东方市西南方 130km 海域，不属于渤海、北部湾和国家划定的其他海洋保护区域内，且距岸最近距离约 110km (大于 22.224km)，属于一级和二级海区以外的其他海域，因此，海洋石油勘探开发污染物的排放要求/浓度限值为三级。

本工程环境影响评价所采用的污染物排放标准，详见表 1.2 - 2。

表 1.2 - 2 污染物排放标准

污染物	采用标准	等	污染因子	标准值	适用对象
-----	------	---	------	-----	------

		级		
船舶机舱含油水	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)	处理达标排海(油类≤15mg/L)		本工程施工期海上施工、生产作业船舶污染物的排放
船舶生活污水	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)	处理达标后排海		施工过程中生活污水的排放
生产及生活垃圾	《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)	三级	生产垃圾和其他生活垃圾(食品废弃物除外)禁止排放或弃置入海 食品废弃物颗粒直径小于25mm可排放或弃置入海	海上平台生产垃圾、生活垃圾的处置
生活污水	《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)	三级	COD	500mg/L 粪便经消毒和粉碎等处理 平台生活污水排放

1.3 海洋油气开发工程基本情况表

工程名称	东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海管更换项目	建设单位	中海石油（中国）有限公司 湛江分公司
法人代表(签字)	徐可强	建设地点	南海北部莺歌海海域
通讯地址	广东省湛江市坡头区 22 号信箱	联系人	王信才
邮政编码	524057	联系电话	0759-3912769
电子信箱	wangxc1@cnooc.com.cn	传真	0759-3901918
项目设立部门		文号	/
项目性质	新建改扩建技术改造√	工程总投资	■万元
其中环保投资	■万元	所占比例	0.04%
报告表编制单位	中海石油环保服务（天津）有限公司		
建设规模			
总工程量	东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台 5.9km 海管	陆域挖方量	0m ³
海域挖方量	0m ³	海域填方量	0m ³
海域使用面积	0m ²	水下疏浚量	0m ³
滩涂使用面积	0m ²	占用岸线长度	0m
年污水排海量	0m ³	年用水量	无工程用水
年废弃物倾倒量	0m ³	建设总面积	0m ²
钻井液排海总量	0m ³	钻屑排海总量	0m ³

2 工程概况与工程分析

2.1 项目由来

东方 13-2 气田群开发工程项目所有 5 条海底管道已经于 2018 年 2 月 5 完成直管段铺设。在 2018 年 4 月 5 东方 13-2CEPB 导管架安装预调查时发现，东方 13-2CEPB 导管架就位区域周围的海管管头位置偏离现有海管铺设轨迹。其中 18 寸海底管道管端偏离距离约 27 米，偏离长度约 70 米，偏离方向为现有海管铺设航迹西南侧。

经调查，疑似被大马力渔船底拖渔网拉偏，导致海管受损，发现海管存在不同程度点腐蚀。经相关单位研究评估，认为此海管腐蚀剩余寿命约 1-5 年。鉴于目前情况，中海石油（中国）有限公司湛江分公司计划对此 18 寸为单层双金属复合管海管更换工作。

2.2 工程概况

2.2.1 地理位置

东方 13-2 气田群开发工程的气田主要包括东方 13-2 气田和东方 1-1 气田，气田群海域水深约 60~70m。其中东方 1-1 气田位于南海北部莺歌海海域，海南省东方市莺歌海镇正西方约 100km 处，距东方市约 113km；东方 13-2 气田位于南海北部大陆架西区的莺歌海盆地内，距离东方 1-1 气田已建 DF1-1CEPD 平台约 21.5km，距离东方终端约 132km。

本工程更换的东方 13-2WHPA 平台至东方 13-2CEPB 平台混输管道为东方 13-2 气田的一部分。管道设计为单层双金属复合管，长 5.9km、外径 18 英寸、壁厚 18.9mm。现有混输管道地理位置坐标见下表。

表 2.2 - 1 本次工程及依托设施地理位置

序号	起止点	经度	纬度
1	DF13-2WHPA 平台	████████	████████
2	DF13-2CEPB 平台	████████	████████

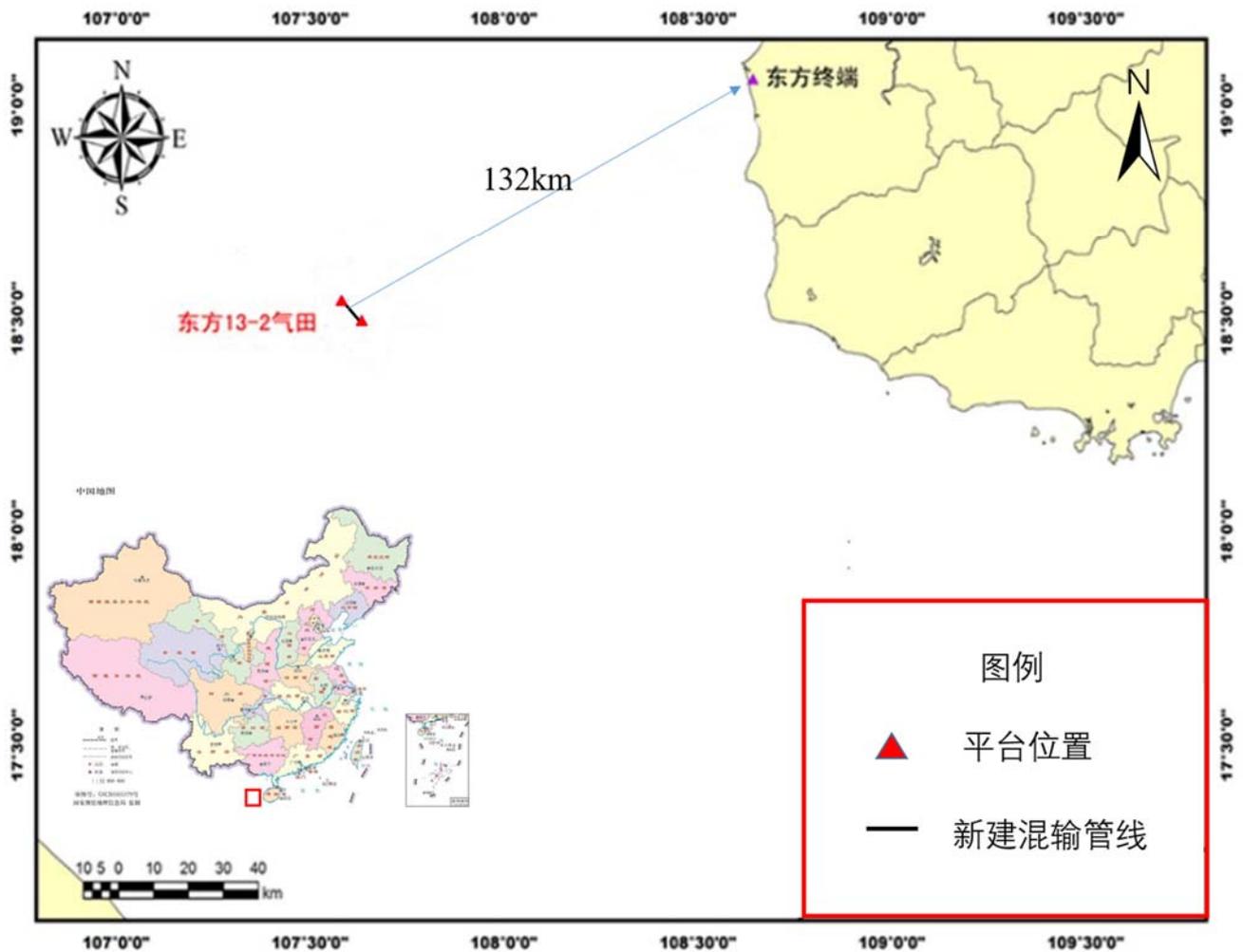


图 2.2 - 1 工程地理位置图

2.2.2 现有工程组成

东方 13-2 气田群开发工程包括东方 13-2 气田和东方 1-1 气田等。其中，东方 13-2 气田主要工程设施包括：DF13-2CEPB 中心处理平台、DF13-2WHPA 井口平台；东方 1-1 气田主要工程设施包括：DF1-1WHPA/B/E/F 井口平台、DF1-1CEPD 中心处理平台、DF1-1PRP 生产处理平台。另外有配套的海底管道和电缆。

气田设施总体布局图见下图。

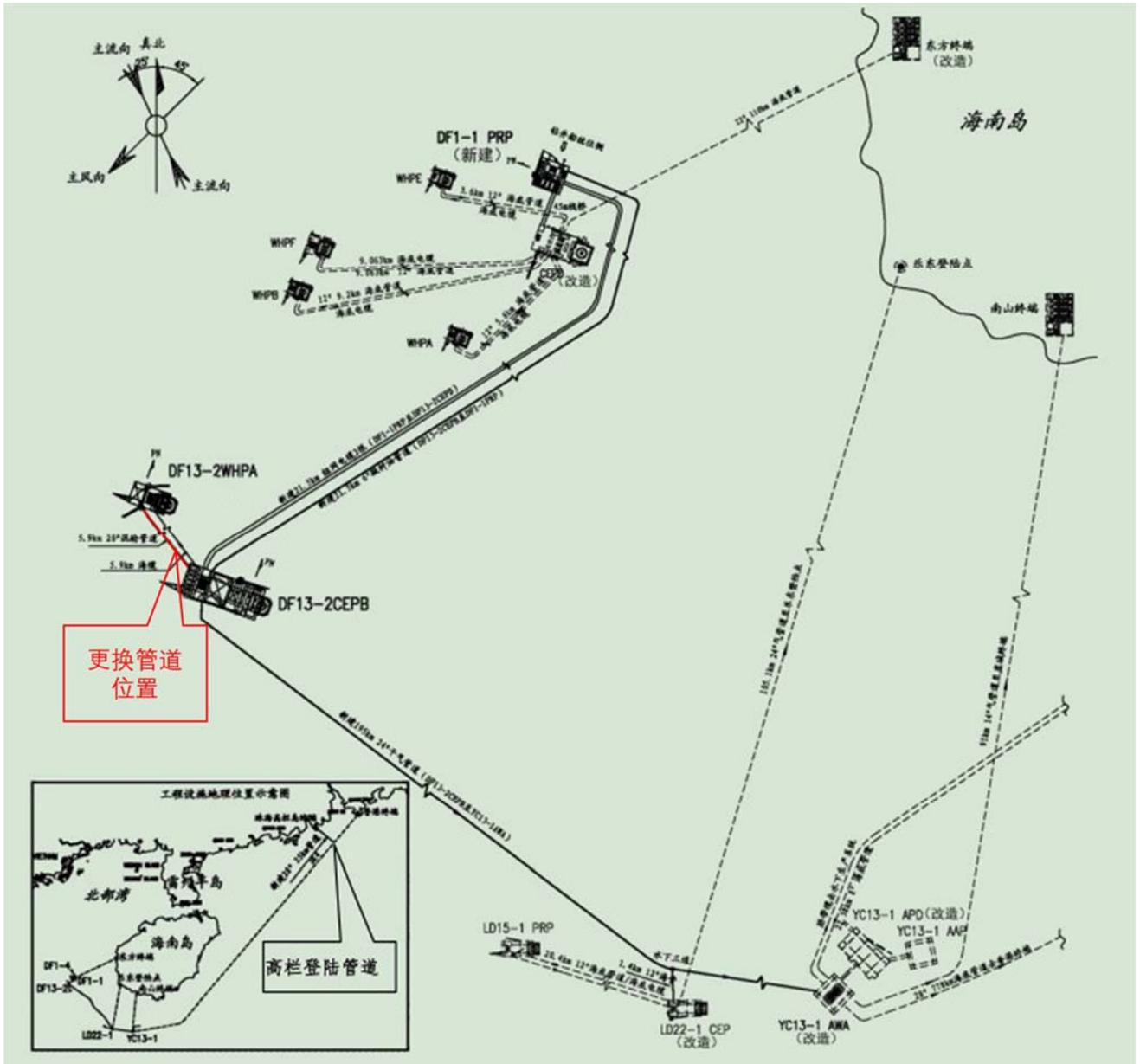


图 2.2 - 2 气田设施总体布局图

2.2.2.1 与本工程相关生产平台现状

本工程对 DF13-2WHPA 平台至 DF13-2CEPB 平台海底混输管道进行更换，与本次管道相关的工程设施如下：

(1) 生产平台主要设施

表 2.2 - 2 本工程主要生产设施

编号	工程内容	平台结构/管线起止点	定员	主要设施/长度
1	DF13-2CEPB	8 腿导管架中心平台	120	DF13-2CEPB 平台是一座集生产及生活为一体的 8 腿导管架中心平台，共设 24 个井槽，本工程计划钻 19 口生产气井，预留井槽 5 个。平台上设有模块钻机、燃气

				透平发电机组、120 人生活楼、天然气生产处理、增压设施及公用系统等。天然气设计处理能力 $1000 \times 10^4 \text{Sm}^3/\text{d}$ ，凝析油设计处理能力 $768 \text{m}^3/\text{d}$ ，生产水设计处理能力 $500 \text{m}^3/\text{d}$ 。
2	DF13-2WHPA	4 腿导管架钻井平台	100	DF13-2WHPA 平台是一座 4 腿导管架无人井口平台，共设 12 个井槽，本工程计划钻 8 口生产气井，预留井槽 4 个。生产计量设施、闭排系统等公用系统等，产出物流全部输往 DF13-2CEPB 平台进行处理。
3	混输管线	DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输管道 油气水混输	--	5.9km

其中本工程需要更换的海管为 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输管道，其长度约为 5.9km，建造日期为 2018 年；DF13-2WHPA 平台和 DF13-2CEPB 平台各新增 1 条立管，更换新增立管至平台 SDV 阀处工艺管线。

表 2.2 - 3 现有管道信息

管道名称		DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 混输管道
管长	km	5.9
输气量	$10^4 \text{Sm}^3/\text{d}$	■
输油量	m^3/d	■
输水量	m^3/d	■
管径	in	18
入口压力	kPaA	1690
出口压力	kPaA	1450
入口温度	°C	94.4
出口温度	°C	28.0
出口气速	m/s	12.28
出口液速	m/s	1.37
滞液量	m^3	18.7
冲蚀速度比	/	0.36

(2) 平台配套公用设施及环保设施

公用工程主要包括供电系统、给排水系统等及其他公用设施。

供电系统：DF13-2CEPB 中心平台上设一座独立的主电站，主电站除满足 DF13-2CEPB 中心平台正常的生产、生活负荷外，同时为井口平台（包含 DF13-2WHPA 平台及 DF1-1PRP）供电。

给水系统：气田生产生活用水由海上供应船供给。

排水系统：平台上产生的生活污水经生活污水装置处理达标后排放，生产水经处理合格后，全部达标排放。其它含油污水通过平台上设置的开/闭排系统收集后进入平台上含油生产水处理系统，经过处理后达标排放。

现有主要公用设施和环保设施详见下表。

表 2.2 - 4 主要环保设施和公用设施一览表

平台	环保设施	公用设施
DF13-2CEPB	生产水处理系统 开式排放系统 闭式排放系统 生活污水处理系统	海水系统 淡水系统 柴油系统 生活设施 消防系统 燃料气系统 发电机系统 钻修机
DF13-2WHPA	开式排放系统 闭式排放系统	消防系统 应急配电系统

2.2.3 工艺流程

2.2.3.1 东方 13-2 气田群开发工程物流走向

东方 13-2 气田群开发工程包括东方 13-2 气田和东方 1-1 气田等。东方 1-1 气田区域所产天然气通过现有 DF1-1CEPD 平台至东方终端的海底管道输送至东方终端进行处理及外输；DF13-2WHPA 平台和 DF13-2CEPB 平台所产的天然气处理合格后一起通过现有海底管道输送至 LD22-1CEP 平台和 YC13-1AWA 平台，通过 LD22-1CEP 平台至东方终端的现有海底管道输送至东方终端进行处理及外输。在海上形成一个联接东方 1-1 气田、东方 13-2 气田、乐东气田、崖城气田以及东方终端、南山终端、香港终端、高栏终端的天然气输送海上管网。东方 1-1 气田和东方 13-2 气田所产全部凝析油均输送至 DF1-1CEPD 平台，通过现有海底管道输送至东方终端进行稳定处理及外销。

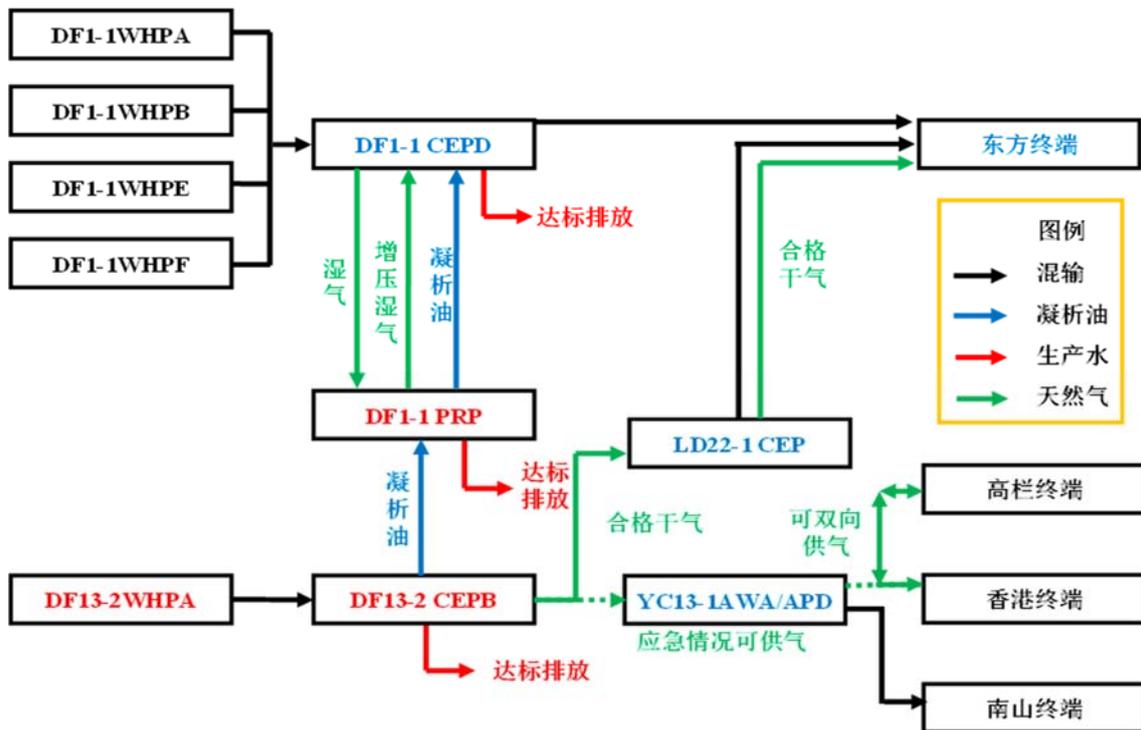


图 2.2 - 3 东方 13-2 气田群开发工程物流走向示意图

2.2.4 气田开发工程回顾

2.2.4.1 与本工程相关的环境影响报告书结论及批复情况

(1)《东方 13-2 气田群开发工程环境影响评价报告书》于 2016 年编制完成，其主要结论为“综上所述，气田开发工程的开发、实施，符合国家的能源开发产业政策，具有良好的经济效益和社会效益，坚持经济效益和社会效益并重，同时兼顾了环境和生态效益，使海洋环境和生物生态环境影响降低到合理、可接受程度。”

项目于 2016 年获得原国家海洋局备案（国海环字[2016]489 号，见附件 4）。

(2)《东方 13-2 气田群开发工程变更环境影响专题评估报告》于 2017 年编制完成，其主要结论为“该工程改变后，减少了生产井数量，对原开发工程部分设施进行了优化，建设阶段和生产阶段污染物的产生量相应减小，工程改变情况总体上未加大对海洋环境的影响。”

项目于 2018 年取得原国家海洋局办公室复函“原则同意该工程发生的改变情况”（海办环字[2018]35 号，见附件 3）。

现有工程不涉及“未批先建”，相关环评报告审批意见落实情况详见下表。

表 2.2 - 5 相关报告书/表批复要求及落实情况

序号	批复要求	落实情况
《国家海洋局关于东方 13-2 气田群开发工程环境影响报告书的批复》国海环字[2016]489 号		
1	污染物的处理和排放应当符合国家有关规定和标准。含油量>8%的钻屑、钻井液不得排海，应运回陆地交由有资质单位的单位处理；非含油及含油量<8%的钻屑和钻井液、含油生产水、生活污水经处理达标后方可排海；初级雨水等其他含油污水汇入原油处理系统，不得排海；含油污泥、生活垃圾、生产垃圾应分类收集运回陆地处理。	污染物的处理和排放符合国家有关规定和标准。含油量>8%的钻屑、钻井液运回陆地交由有资质单位的单位处理；非含油及含油量<8%的钻屑和钻井液、含油生产水、生活污水经处理达标排海；初级雨水等其他含油污水汇入生产水处理系统处理；含油污泥、生活垃圾、生产垃圾分类收集运回陆地处理。
2	严格落实陆域终端环保对策措施，氮氧化物等大气污染物达标排放，且不得超过已批复总量；生活污水、含油废液、固体废弃物等污染物分类收集处理，不得排海；选用低噪设备，减少噪声影响。	严格落实了陆域终端环保对策措施，氮氧化物等大气污染物达标排放，在批复的总量范围内；生活污水、含油废液、固体废弃物等污染物分类收集处理，选用了低噪设备。
3	加强钻完井工程管理，防治井喷和火灾爆炸事故发生。严格实施钻井作业规程，配备安全有效的井控设备和充足的压井材料，建立健全井控管理系统，采取有效井眼防碰措施，加强随钻监测，及时控制可能遇到的溢流和井涌。	落实了钻完井工程安全管理，未发生井喷和火灾爆炸事故发生。严格执行钻井作业规程，钻完井作业配备安全有效的井控设备和充足的压井材料，未发生溢流和井涌。
4	切实落实生态保护措施，施工期尽量避开鱼类产卵盛期（平台区 4-8 月、登陆管道区 3-6 月），减轻对海洋生态环境和渔业资源的影响。	按照批复要求施工期尽量避开了鱼类产卵盛期（平台区 4-8 月、登陆管道区 3-6 月）
5	加强工程的环境监控管理，落实报告书中的监测计划，并将工程进展情况和检测结果及时通报国家海洋局南海分局。严格执行“三同时”制度，环境保护设施未经验收合格，工程不得投入运转。	按照批复要求落实了报告书中的监测计划，并将工程进展情况和检测结果及时通报国家海洋局南海分局。严格执行“三同时”制度（备案文号 QHSE-2019-0134），环境保护设施均经验收合格后投入试运营。
《国家海洋局办公室关于东方 13-2 气田群开发工程变更问题的复函》（海办环字[2018]35 号）		
1	该工程改变后，减少了生产井数量，对原开发工程部分设施进行了优化，建设阶段和生产阶段污染物的产生量相应减小，工程改变情况总体上未加大对海洋环境的影响。原则同意该工程发生的改变情况	--

2.2.4.2 风险事故回顾

东方 13-2 气田及依托工程在生产过程中，严格执行中海石油（中国）有限公司湛江分公司各项安全环保制度。自投产至今，未发生过溢油事故。海管运行至今，未发生过破裂泄漏事故。

2.2.4.3 溢油应急计划及相关批复

《东方 13-2 气田溢油应急计划（2018）》已于 2018 年 9 月获得了原国家海洋局南海分局的备案（见附件 4），本次拟更换的管道和平台已纳入到《东方 13-2 气田溢油应急计划（2018）》中。

2.2.4.4 环保设施运营情况

本次工程拟更换 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 平台的混输管道，与本次更换工程相关的环保工程是 DF13-2CEPB 平台上的含油生产水处理设施和生活污水处理装置等环保工程，该环保工程的运行情况如下：

(1) 含油生产水

DF13-2CEPB 平台接收并处理本平台和来自 DF13-2WHPA 平台的井口物流。分离出的生产水进入 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统处理达标后排海。未出现生产水非正常工况排海的情况。

根据 DF13-2CEPB 平台的例行环境监测报表中的监测数据（见表 2.2 - 6）可知：油水分离装置（负责生产水处理）处理效果良好，出水石油类含量 24mg/L~35mg/L，符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中的石油类 ≤ 45 mg/L 的标准要求，说明油水分离装置运行情况良好。

(2) 生活污水

生活污水处理装置：DF13-2CEPB 平台的生活污水经本平台生活污水处理装置处理后 COD 达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中的三级标准后排海。平台生活污水处理装置运转良好。

根据 DF13-2CEPB 平台生活污水的环境监测报表中的监测数据（见表 2.2 - 7）可知：生活污水经处理后 COD 含量 71mg/L~169mg/L，符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中的三级标准生活污水经 COD 含量 ≤ 500 mg/L，生活污水处理设施运行正常。

表 2.2 - 6DF13-2CEPB 平台生产水监测结果（平台 2019 年 5 月投产）

月份	2019 年	
	排水量 (m ³)	含油浓度 (mg/L)
5 月	201	24
6 月	782	23
7 月	1424	24
8 月	660	23
9 月	1025	35
10 月	1593	33

表 2.2 - 7DF13-2CEPB 平台生活污水监测结果

月份	2019 年	
	排水量 (m ³)	COD 浓度 (mg/L)
5 月	258	5 月份投产未化验生活污水
6 月	695	81
7 月	1071	71
8 月	1624	169

9月	1908	96
10月	2232	136

备注：DF13-2WHPA 平台为无人井口平台，无排污口；东方 13-2 气田于 2019 年 5 月份投产，5 月份未化验生活污水。

2.2.5 现有混输管道现状

2.2.5.1 基本参数

现有 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管长 5.9km，海管设计为单层双金属复合管（非保温、有配重层）、外径 18 英寸、壁厚 18.9mm、采用 3LPP 防腐、40mm 厚混凝土配重。将 DF13-2WHPA 平台产出的物流输送至 DF13-2CEPB 平台。管道基本参数见下表，管道走向见图 2.2 - 4。

表 2.2 - 8 现有 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管基本设计参数

管道名称		DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 混输管道
管长	km	5.9
输气量	10 ⁴ Sm ³ /d	■
输油量	m ³ /d	■
输水量	m ³ /d	■
管径	in	18
入口压力	kPaA	1690
出口压力	kPaA	1450
入口温度	℃	94.4
出口温度	℃	28.0
出口气速	m/s	12.28
出口液速	m/s	1.37
滞液量	m ³	18.7
冲蚀速度比	/	0.36

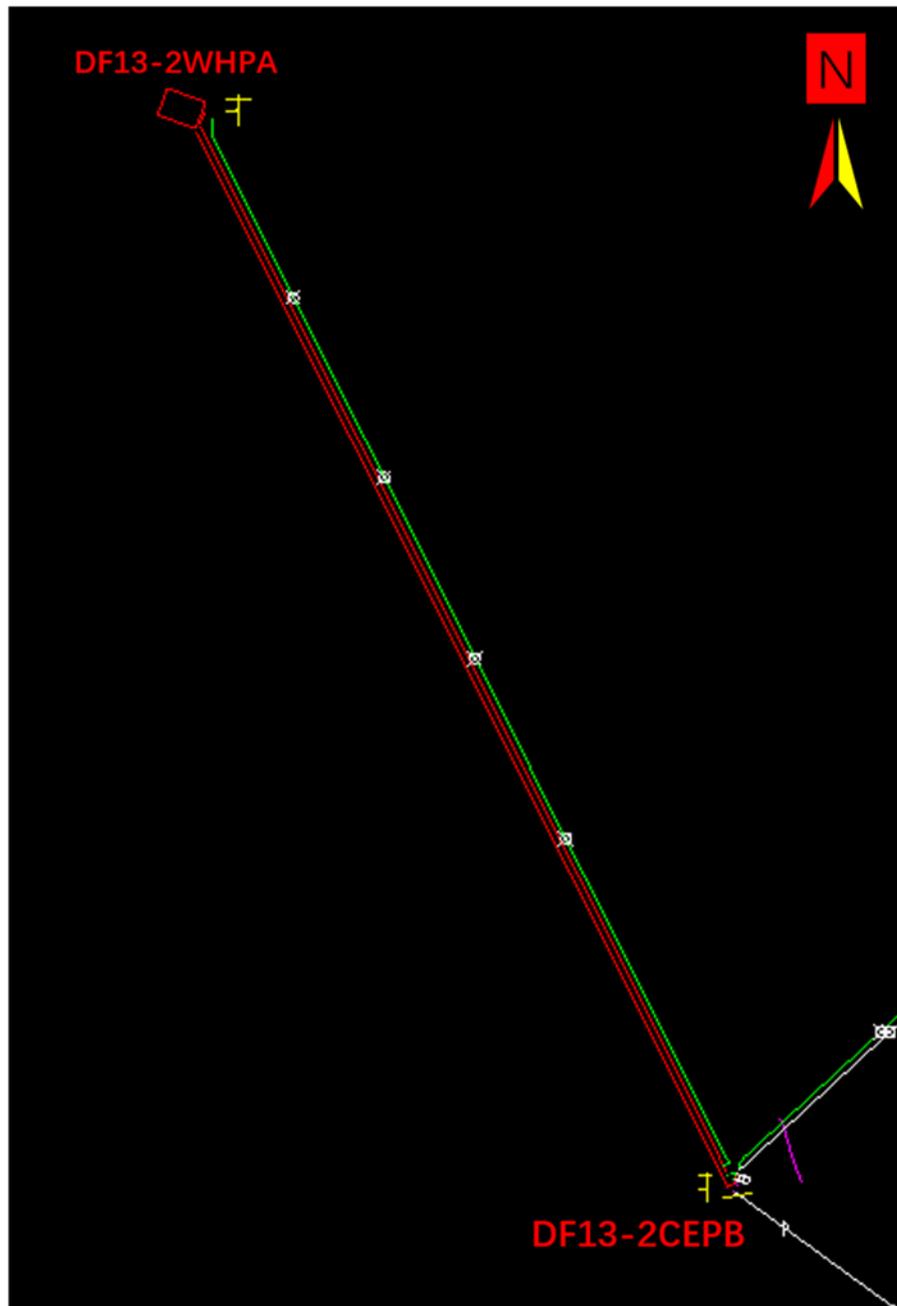


图 2.2 - 4 混输管道走向图

2.2.5.2 现有管道输送物流性质

现有 DF13-2WHPA 平台至 DF13-2CEPB 平台海底混输管线，所输送的天然气及凝析油组分见下表。

表 2.2 - 9 天然气组分表(气体摩尔组成%)

	DF13-2WHPA	DF13-2CEPB
C ₁		
C ₂		
C ₃		
IC ₄		
NC ₄		

IC ₅				
NC ₅				
C ₆₊				
N ₂				
CO ₂				

表 2.2 - 10 凝析油组分表

项目		东方 13-2 气田
密度, kg/m ³	20℃	
密度, kg/m ³	50℃	
运动粘度, mm ² /s	20℃	
运动粘度, mm ² /s	50℃	
含硫, %		
蜡含量, %		
胶质, %		
沥青质, %		
含盐, mg/LNaCl		

2.2.5.3 现有管道输送流量和输送边界条件

现有 DF13-2WHPA 平台至 DF13-2CEPB 平台海底混输管道输送流量和输送边界条件见下表。

表 2.2 - 11 现有管道输送流量和输送边界条件

年份	输气量	输油量	输水量	DF13-2WHPA 井口压力范围
	10 ⁴ Sm ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	MPaA
2018				
2019				
2020				
2021				
2022				
2023				
2024				
2025				
2026				
2027				
2028				
2029				
2030				
2031				
2032				
2033				
2034				
2035				
2036				
2037				
2038				
2039				
2040				

2.2.6 本工程建设规模及内容

2.2.6.1 混输管道更换的必要性

在 2018 年 4 月东方 13-2CEPB 导管架安装预调查时发现，东方 13-2CEPB 导管架就位区域周围的海管管头位置偏离原有海管铺设轨迹。其中 18 寸海底管道管端偏离距离约 27 米，偏离长度约 70 米，偏离方向为现有海管铺设航迹西南侧。经调查，疑似被大马力渔船底拖渔网拉偏，导致海管受损，发现海管存在不同程度点腐蚀。经相关单位研究评估，认为此海管腐蚀剩余寿命约 1-5 年。鉴于目前情况，为了保障气田的安全生产，需新建一条管道进行替换。中海石油（中国）有限公司湛江分公司计划将旧海管清洗后现有地临时封存，并沿现有海管路由平行重新铺设 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 平台海管。

2.2.6.2 建设内容

本次更换工作范围为：沿现有海管路由，平行重新铺设 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 平台海管，在 DF13-2WHPA 平和 DF13-2CEPB 平台各新增一根立管，更换新增立管至平台 SDV 阀（紧急关断阀）处工艺管线。

新建海底混输管线示意图见图 2.2 - 5~图 2.2 - 7

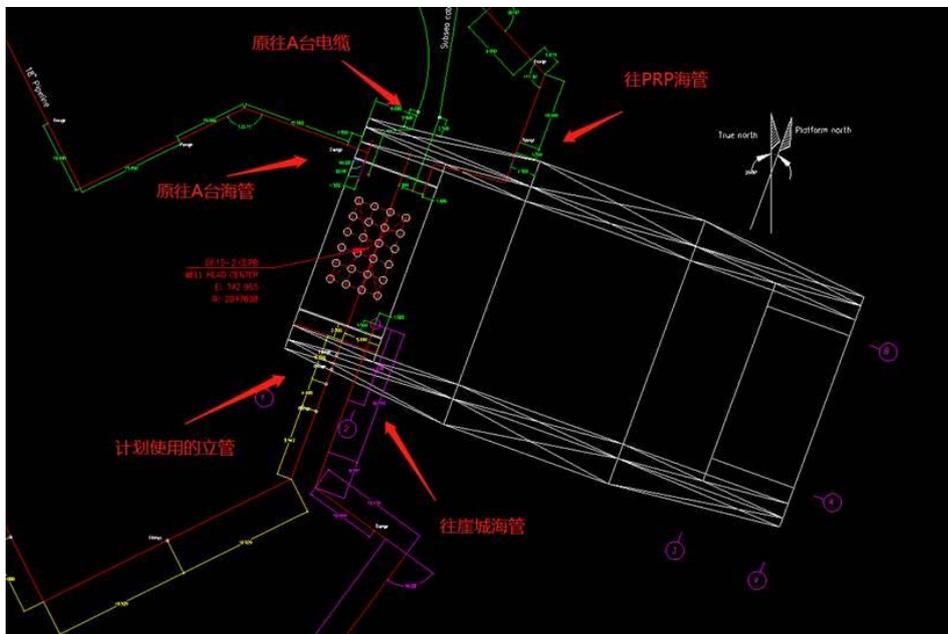


图 2.2 - 5DF13-2CEPB 路由示意图

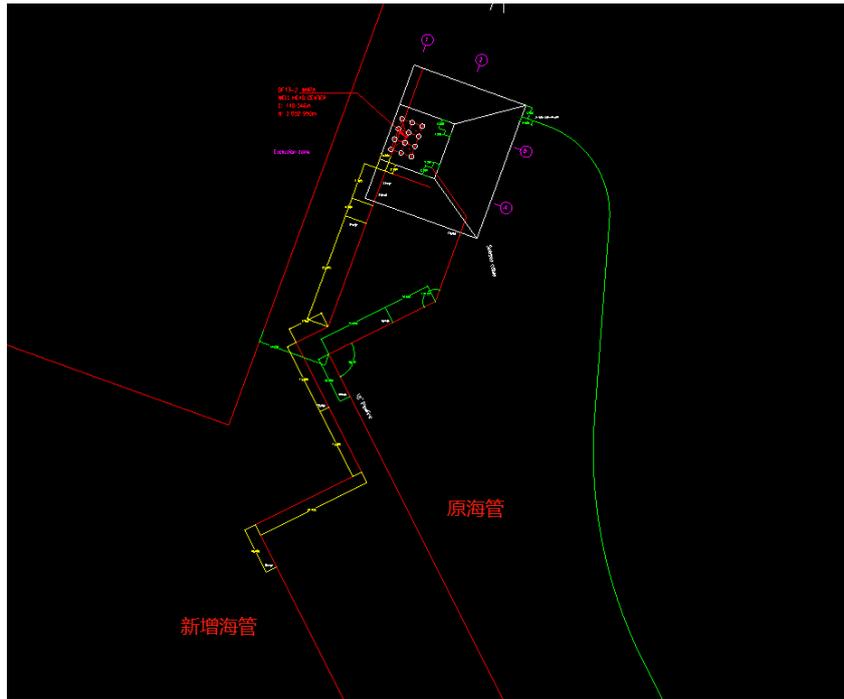


图 2.2 - 6DF13-2WHPA 路由示意图

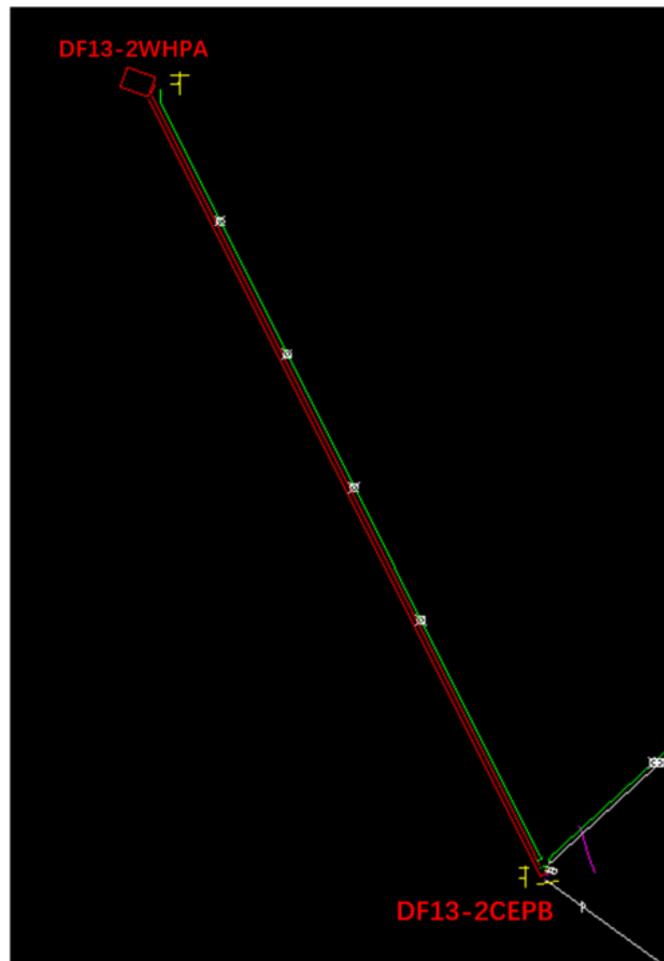


图 2.7 - 新建混输管线路由示意图

新建海底混输管线重新铺设后需利用东方 13-2WHPA 导管架、东方 13-2CEPB 导管架预留

立管支撑新增 2 根立管。更换新增立管至平台 SDV 阀处工艺管线。工艺管线更换示意图见下图。

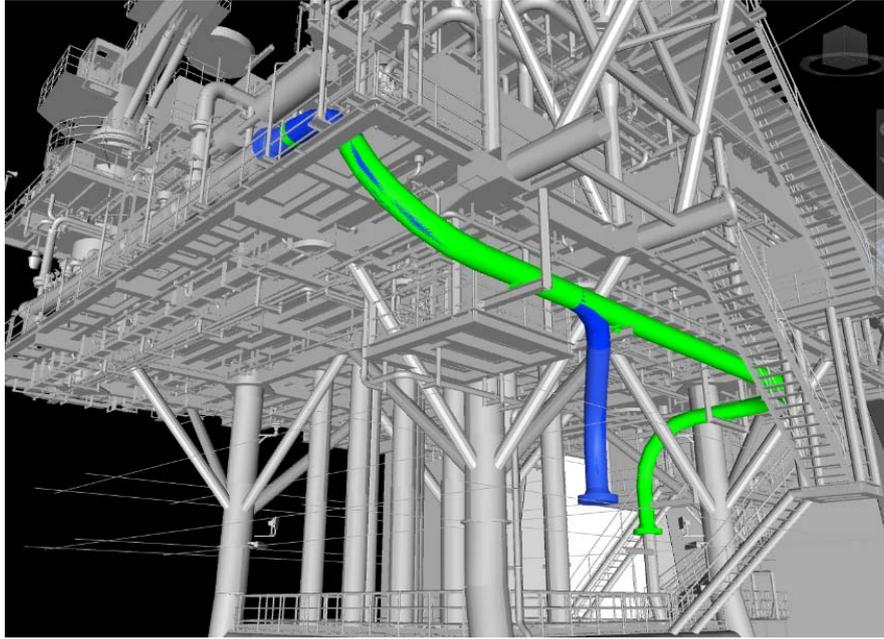


图 2.2 - 8DF13-2WHPA 工艺管线更换示意图

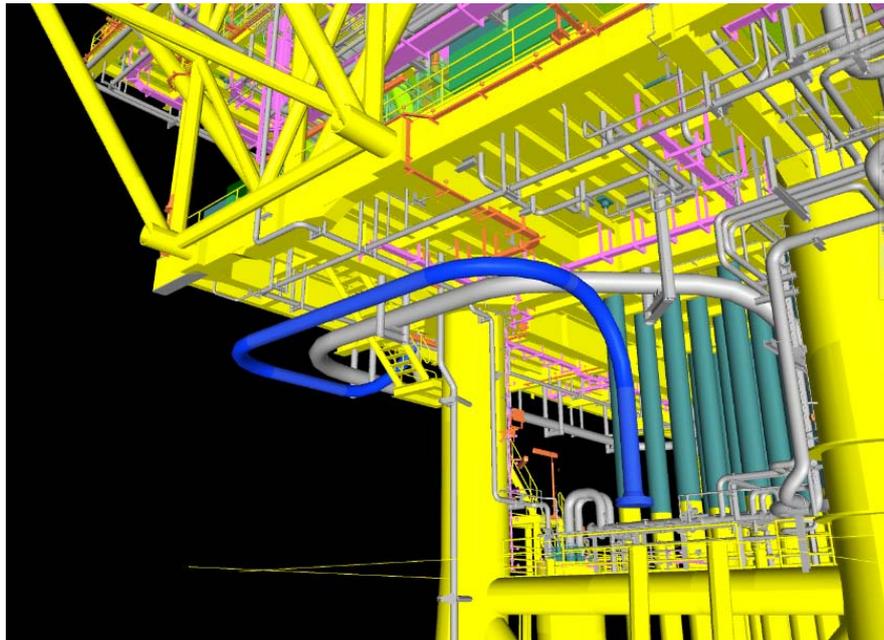


图 2.2 - 9DF13-2CEPB 工艺管线更换示意图

2.2.6.3 混输管线参数设计

海管设计为为单层双金属复合管（非保温、有配重层），外径 18 英寸，壁厚 18.9mm，采用 3LPP 防腐，40mm 厚混凝土配重。新海管防腐措施与现有海管相同，阳极数量 69 块。变更后该管道长度、设计输送量、设计温度、设计压力、输送介质均保持不变。

海底管道相关参数见下表，混输管道采用单层双金属复合管，管道截面示意图见图 2.2 -

10。

表 2.2 - 12 新建混输海底管道相关参数

管道名称		DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 混输管道
管长	km	5.9
输气量	10 ⁴ Sm ³ /d	■
输油量	m ³ /d	■
输水量	m ³ /d	■
管径	in	18 (15.9mm (基管壁厚) + 3mm (CRA 内衬层))
入口压力	kPaA	1690
出口压力	kPaA	1450
入口温度	°C	94.4
出口温度	°C	28.0
出口气速	m/s	12.28
出口液速	m/s	1.37
滞液量	m ³	18.7
冲蚀速度比	/	0.36

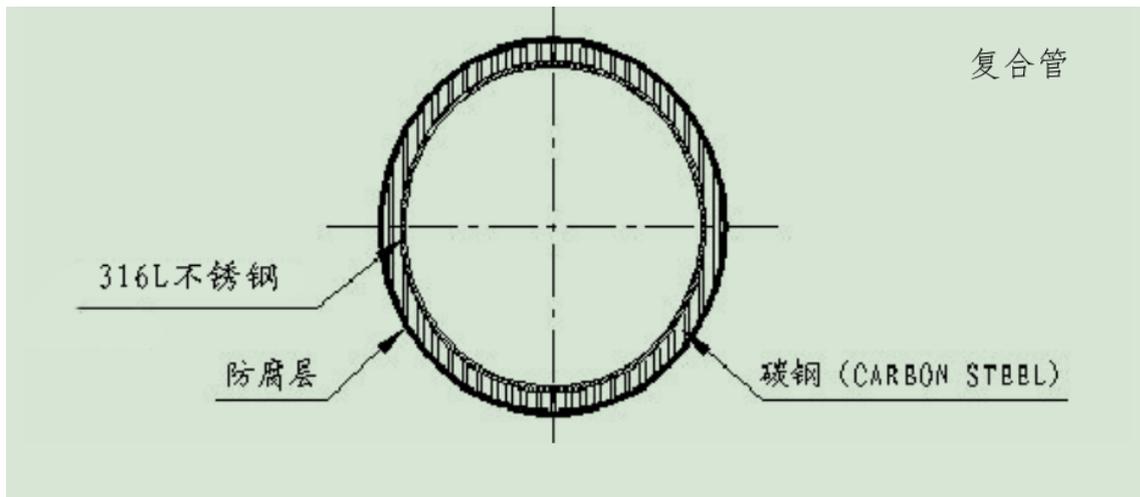


图 2.2 - 10 海管结构型式示意图

2.2.6.4 混输管线防腐

根据本工程海底管线的特点，新建混输海底管道及立管外管的防腐措施为：

海管外防腐措施为“防腐涂层与阴极保护的联合保护方法”。阴极保护采用手镯型铝基牺牲阳极，通常卡箍或焊接在钢管上。本工程海底管道牺牲阳极用量见下表，共采用牺牲阳极 69 块，总重量约为 6500kg。

表 2.2 - 13 本工程海底管道牺牲阳极用量

管道名称	阳极块单重 (kg)	数量 (块)
DF13-2WHPA 平台至 DF13-2CEPB 平台海底混输海管	94.2	69

2.2.6.5 混输管线输送物流量

本项目海管投产前后输送量没有发生改变。输送量见表 2.2 - 11。

2.2.6.6 管道路由

新建海底混输管道路由起点为 DF13-2WHPA 平台，终点为 DF13-2CEPB 平台，沿现有海管路由，平行重新铺设 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 平台海管。

2.2.6.7 其他工程改造情况说明

公用工程、环保工程等利用现有有项目装置，不另行新建或者扩容。

2.2.6.8 管道更换施工方案

(1) 替换管线铺设

混输管线沿现有海管路由平行方位进行铺管作业，铺设拟采用“海洋石油 201”船进行施工，直接将混输管线铺设至海床上，平管段计划由东方 13-2WHPA 平台一侧起铺，铺设至东方 13-2CEPB 平台一侧。后进行两平台新增立管安装。再完成两端膨胀湾连接。

(2) 新管道清洗试压

新管道铺设完成后，开展清管和试压工作。海管清扫工艺为淡水扫线，目的在于冲洗沉积在管道底部的沙土及管道内壁浮锈。

新海管清洗废液扫线时使用淡水，不含石油类，采用直接排海的方式处理。

清管完成后，在新管道上安装试压盲板，开展新管道试压工作，检查管道各连接处有无泄漏。新管使用海水试压，约 814m³，试压合格后试压水直接排海。

(3) 立管、膨胀弯的安装布置

本项目涉及平台均为已建平台，采用立管海上安装方式。立管、膨胀弯海底管道之间采用水下法兰连接。立管、膨胀弯安装将使用“海洋石油 286 船”或同等能力的船舶进行施工。

(4) 现有海管封存方案

管道封存前需要对 DF13-2WHPA 平台停产，对现有 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 平台海底混输管道需要停输、清洗。清洗流程为：

①停产前对整条管道进行通球，验证管道通球效果，配比清洗药剂；

②置换后使用含有清洗药剂的清洗列车对整条管道进行清洗。清洗剂主要包含硅酸钾钠、柠檬酸钠、表面活性剂，不属于危化品。使用直板球分别段塞，使用海水推动，一次性完成海

管清洗。清洗作业执行标准为《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)，清洗指标为石油类最高浓度为 $\leq 45\text{mg/L}$ ，即清洗到清洗废液中石油类浓度为 $\leq 45\text{mg/L}$ 时认为清洗合格。

清洗将产生约 1628m^3 左右的废液，产生的废液为含油废水，输送到 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统，处理合格后排海。

③就地封存

现有海管清管完成后，从平台两侧立管绝缘法兰处安装盲板封存。最后按照东方 13-2 气田开发项目弃置方案与油田整体一起弃置处理。

2.2.6.9 主要施工船舶与施工人员、工期安排

本工程施工船舶包括铺管船（海洋石油 201），立管膨胀弯安装船（海洋石油 286 船）、驳船等；施工天数约为 85 天，施工人数为 30~250 人。主要施工计划见表 2.2 - 14。

表 2.2 - 14 主要施工计划

施工阶段	施工船舶数量（艘）	施工人数（人）	施工天数（天）
新管道铺设	3	250	15
新立管安装	2	40	30
新海管膨胀弯和下水水泥压块安装	2	40	30
新管道清管试压	1	30	10
现有管道清洗	--	--	3

2.2.6.10 更换后管道能力校核

(1) 现有混输管道运行情况

现有 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管长 5.9km，为单层双金属复合管（非保温、有配重层），将 DF13-2WHPA 平台产出的物流输送至 DF13-2CEPB 平台。从表 2.2 - 15 可以看出，经校核，DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管操作压力为 1400~8209kPaA，操作温度为 20.1~99.8℃，未超过管道最大设计压力和最大设计温度，其能够满足目前物流输送的需要。

表 2.2 - 15 工程实施后管线输送可行性分析

依托管线	设计压力 kpa	操作压力 kpa	设计温度 ℃	操作温度 ℃	依托是否 可行
DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管	9001	1400~8209	116	20.1~99.8	可行

(2) 更换后管道输送能力校核

海底混输管道更换完成后，新管道的压力、温度、流量等参数与现有管道保持一致，因此，新建管道投产后，管道最大输送压力、最大输送温度均未超过设计参数，因此，新建海底混输

管道能够满足东方 13-2 气田物流输送的要求。

2.2.7 现有项目和本项目工程变化对比

表 2.2 - 16 本工程实施后 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管工程变化情况对比

管道名称	现有 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管	新 DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 海底混输海管	备注
结构形式	单层双金属复合管（非保温、有配重层）	单层双金属复合管（非保温、有配重层）	不变
管径	457mm	457mm	不变
管体壁厚	15.9mm（基管）+3mm（CRA 内衬层）	15.9mm（基管）+3mm（CRA 内衬层）	不变
外管尺寸	18 寸	18 寸	不变
管长	5.9km	5.9km	不变
设计年限	30 年	30 年	不变
压力参考高度(CEPA)	18.5m（CD）	18.5m（CD）	不变
设计压力	9001kPaA	9001kPaA	不变
水压试验压力	10397kPaA	10397kPaA	不变
设计温度	116℃	116℃	不变
保温层厚度	无	无	不变
保温层材质	无	无	不变
防腐涂层（3LPE）厚度	3.1mm	3.1mm	不变
防腐层密度	890kg/m ³	890kg/m ³	不变
内腐蚀余量	0mm	0mm	不变

2.3 工程分析

2.3.1 施工期污染源及污染防治措施

2.3.1.1 排污节点

本工程排污主要表现在施工期，即海管的铺设阶段，生产阶段本工程生产设施及污染物处理主要依托现有项目的现有设施，工程污染物在现有有项目的基础上不增加，因此以下主要对工程建设期进行污染物源强分析。

施工期污染影响主要来自施工人员的生活污水、生活垃圾，管道铺设作业产生的固体废弃物，作业船只产生的机舱含油污水，海管清洗废液，以及施工船舶及机械产生的噪声、尾气等。

排污节点如下：

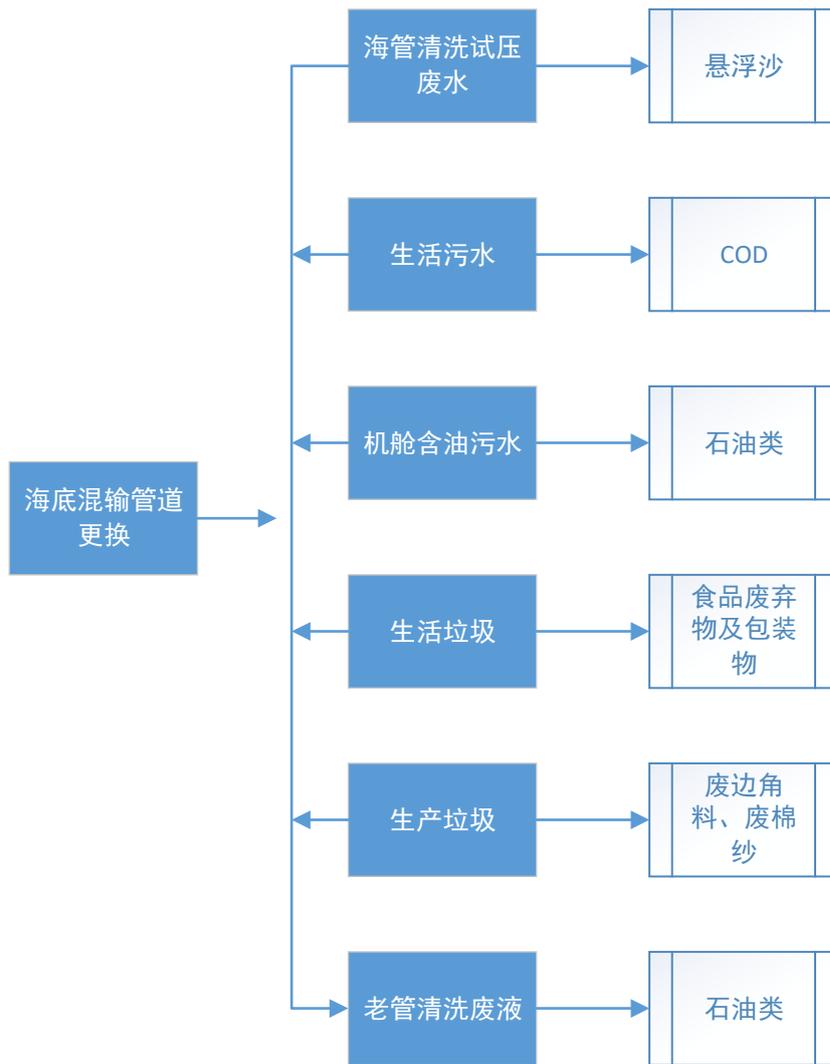


图 2.3 - 1 施工期排污节点图

(1) 废气

废气主要来自于施工船只及机械排放的柴油机尾气，主要污染物为 NO₂、SO₂、CO、非甲烷总烃等，此类废气为间歇排放，随着项目施工结束而结束。

本项目由多艘船舶在不同阶段分别进行施工，对于广阔的海域影响较小。

(2) 机舱污染物

船舶污染物来源于施工阶段的船舶，主要包括船员生活污水、机舱含油污水、生活垃圾等。根据本工程作业阶段参与作业的船舶种类和数量，估算施工期内船舶污染物的源强。

根据相关统计资料，生活污水的产生量按每人 350L/d，生活垃圾按每人 1.5kg/d，机舱含油污水按每船每日 0.5m³，施工阶段船舶污染物产生量详见下表。

表 2.3 - 1 施工阶段船舶污染物汇总

施工阶段	船舶数量	施工人数	施工天数	生活污水 (m ³)	生活垃圾 (t)	机舱含油污水 (m ³)
------	------	------	------	------------------------	----------	--------------------------

1	新管道铺设	3	250	15	1312.5	5.625	22.5
2	新立管安装	2	40	30	420	1.8	30
3	新海管膨胀弯和水下水泥压块安装	2	40	30	420	1.8	30
4	新管道清管试压	1	30	10	105	0.45	5
合计					2257.5	9.675	87.5

施工期，船舶施工人员生活污水经船舶生活污水处理装置处理达标后排海。

船舶生活垃圾（除食品废弃物外）运回陆上处理，运回陆地交由有资质的单位上处理。

船舶机舱含油污水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的标准石油类含量 $\leq 15\text{mg/L}$ ，由油污水处理装置出口达标排放。

（3）生产垃圾

生产垃圾主要为铺设海管过程中产生的废弃零件、边角料、含油抹布、包装材料等，属于含油固体废弃物。根据《国家危险废物管理名录》（环境保护部令第39号），废弃的含油抹布、劳保用品属于危险废物豁免管理清单，可以混入生活垃圾处理，全过程不按危险废物管理。

铺设海管每公里按生产垃圾0.2t计算，本工程铺设海管5.9km，则施工船舶产生的生产垃圾约为1.18t。

生产垃圾分类收集运回陆地交由有资质的单位处理，本项目施工期所产生的固体废弃物均不排海，处理措施满足《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的相关要求进行回收利用或处置。

（4）清洗废水

①新管道清管废水、试压水

新管道铺设完成后，开展清管和试压工作。海管清扫工艺为海水扫线，目的在于冲洗沉积在管道底部的沙土及管道内壁浮锈。新海管清洗废液扫线时使用海水，采用直接排海的方式处理。

清管完成后，开展新管道试压工作，检查管道各连接处有无泄漏。新管使用海水试压，约 814m^3 ，试压合格后试压水直接排海。

②现有管道停输清洗废液

现有管道停输后，开始对现有管道进行清洗作业。清洗将产生约 1628m^3 左右的废液，产生的废液为含油废水，进入生产流程与DF13-2WHPA产液混合，输送到DF13-2CEPB平台生产水处理系统，处理合格后排海。

（5）本工程海上施工阶段主要污染源及处理方式

施工期污染物排放及污染防治措施汇总见下表。

表 2.3 - 2 施工期污染物及污染防治措施汇总表

污染物	污染物产生量	排放量	主要污染因子	排放/处理方式	
生活污水	2257.7m ³	2257.5m ³	COD	处理达标后排放	
生活垃圾	9.675t	/	食品废弃物、食品包装等	分类收集、运回陆上处理（除食品废弃物粉碎排海外）	
机舱含油水	87.5m ³		石油类	船舶机舱含油污水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的标准石油类含量≤15mg/L，由油污水处理装置出口达标排放。	
生产垃圾	1.18t		废弃边角料、油棉纱、包装材料等	分类收集、运回陆上处理	
清管试压水	新海管	814m ³	814m ³	泥沙、铁锈	直接排海
清洗废液	现有海管	1628m ³	/	石油类	输送到 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统，处理合格后排海。

2.3.2 运营期污染源及污染防治措施

本工程为现有海底混输管道更换，海管更换后，依托东方 13-2 气田现有的设备设施及资源，不新增支持船舶及设备设施。建设单位在运营期会由东方 13-2 气田现有值班船对整条海底管道沿途进行巡视，定期进行全面检测，以保证海底管道的安全。

在正常生产情况下，更换后的海底管道运营期间不产生和排放污染物，因此对周围环境基本不产生影响；

混输管道铺设在海底海床上，与海底沉积物直接接触，腐蚀的主要发生区是在全浸区和海底泥土（海底沉积物）区，海水对金属具有强腐蚀性，但本项目管道金属外层采取了防腐措施，在一定程度上减少了海水腐蚀，避免被腐蚀破坏后重金属溶出对海水水质及沉积物的影响。

海管防腐对海洋环境的影响主要来自牺牲阳极中锌的释放，目前尚缺乏有关牺牲阳极金属消耗后污染环境方面的资料。新建管道的防腐工艺与现有管道一致。新建管道长约 5.9km，需设置约 69 块阳极，单点源重量为 94.2kg，阳极总重约 6500kg。阳极中锌含量为 4.5-7.0%，按最大 7%考虑，则可以计算出每个牺牲阳极中锌含量最大 6.594kg。海管设计使用寿命按 30 年计，考虑到阳极使用寿命的裕量，则单个阳极每年释放到环境中的锌最大不超过 0.219kg。

工程所在区域悬浮沙湿密度为 1.80g/cm³(1.80×10³kg/m³)，每个点源影响范围按半径 5m，影响深度 2m 计算，则单个阳极释放到周边 5m 范围内沉积物的含量为 0.775×10⁻⁶，叠加 2017

年 4 月现状调查沉积物的锌最大背景值 60.8×10^{-6} ，则 30 年后海管周围锌含量最大为 61.575×10^{-6} ，小于海洋沉积物质量标准的第一类标准值 150×10^{-6} ，因此海底管道防腐采用的牺牲阳极不会引起沉积物中的锌污染。

2.3.3 项目投产前后污染物产生和排放量对比

本项目为海底混输管道维修更换，施工期污染影响主要来自船舶施工作业人员的生活污水、生活垃圾，管道铺设作业产生的固体废弃物，施工船舶机舱含油污水，海管清洗废液，以及施工船舶、机械产生的噪声、废气等。

运营期除管道防腐阴极保护牺牲阳极析出少量锌离子外，不排放其他污染物。改造前旧管道长 5.9km，改造后新管道长 5.9km，长度一致，所用阴极保护块数量相同，由于现有管道为就地弃置所以沉积物中锌含量有所增加，东方气田群工程海域阳极块周围沉积物中锌增量为 1.05×10^{-6} 。

3 污染与非污染要素分析

3.1 施工期污染与非污染损害要素分析

- (1) 施工期间生活污水排放对海水水质产生影响；
- (2) 施工期间海底管道铺设产生的船舶污染物对开发工程设施周围海水水质、海洋生态、底质以及底栖生物影响；
- (3) 施工期间船舶碰撞溢油对工程附近渔业资源、自然保护区等环境敏感目标的潜在影响。

3.2 运营期污染与非污染损害要素分析

- (1) 运营期不新增污染物，对海洋环境的影响不变；
- (2) 生产过程中非正常（事故）溢油对工程附近内渔业资源、自然保护区等环境敏感目标的潜在影响。

3.3 环境影响因子的筛选与判别

通过对本工程污染与非污染要素的分析，本工程海洋环境影响要素的识别因子的筛选见下表，本次环境影响评价主要影响要素为施工期间船舶污染物、生活污水和溢油事故。

表 3.3 - 1 工程影响环境因素分析

类别	阶段	影响因素	影响因子	排放方式	影响对象	影响程度
污染与非污染环境要素	施工阶段	机舱含油污水	石油类	处理达标后排海	海水	小
		船舶碰撞	溢油	溢油事故	渔业资源、自然保护区	严重
		施工船舶及施工机械尾气	二氧化硫、氮氧化物	间断排放	大气环境	小
		施工船舶及机械噪声	噪声	间断排放	声环境	小
		生活污水	COD	处理达标后排海	海水	小
		生产垃圾	废钢材、棉纱、油污及含油垃圾	运回陆地处理	/	/
		生活垃圾	食品废弃物及包装物	除食品废弃物排海外，其他运回陆地处理	/	/

类别	阶段	影响因素		影响因子	排放方式	影响对象	影响程度
		清管试压水	新海管	沙土、浮锈、焊渣	直接排海	海水、生物	小
		清洗废液	现有海管	石油类	处理后排海	海水、生物	无
	运营阶段	海管防腐牺牲阳极		重金属	自然排放	海水、沉积物	小
		管道输送		石油类	管道破损泄漏	海水、生物	大

4 环境现状分析

4.1 海洋环境

水文气象和地形地貌资料选取已获得原国家海洋局核准的《东方 13-2 气田群开发工程环境影响报告书》(中海油研究总院 2016 年 2 月)中的海洋环境调查资料数据。

4.1.1 气象特征

东方 13-2 气田群海域位于南海西北部,东临海南岛,西靠越南海岸。气田所在海域属热带海洋性气候,冬半年(平均 11 月~3 月)受东北季风影响,有寒潮侵袭,前期较干冷,多晴天,后期多低温阴雨天气。夏半年(平均 5 至 9 月)为南向季风时期,台风影响较大,高温,高湿,多暴雨。春秋为过渡季节。全年最低气温为 13.2℃,出现在 12 月份;最高气温 35.1℃,出现在 8 月份,年平均气温 26.0℃。

气田区域地处低纬,属热带和亚热带气候,主要气候特征包括:

- (1) 季风气候;
- (2) 夏秋季节频繁地受热带风暴袭击;
- (3) 冬春季节受寒潮侵袭;
- (4) 春夏季之交多强对流天气。

在影响该区域的天气过程中,台风造成的灾害性天气最为强烈,其次是强对流天气,寒潮引起的大风降温也有很大影响。东方 13-2 气田群海域风速、频率统计见表 4.1-1;工程海域的风玫瑰图见图 4.1-1。

表 4.1-1 东方 13-2 气田群海域风速、频率统计

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	3.91	15.67	11.34	5.21	4.14	5.98	16.41	15.63
最大风速 (m/s)	35.53	30.41	37.87	38.51	36.59	34.06	30.29	31.12
平均风速 (m/s)	6.97	9.88	7.89	5.34	4.69	5.61	8.03	7.94
方向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	6.47	5.62	3.78	1.56	0.95	0.85	0.99	1.49
最大风速 (m/s)	32.6	29.28	29.04	30.74	31.38	26.54	29.42	29.6
平均风速 (m/s)	6.97	7.88	8.12	6.25	4.92	4.72	4.38	4.68

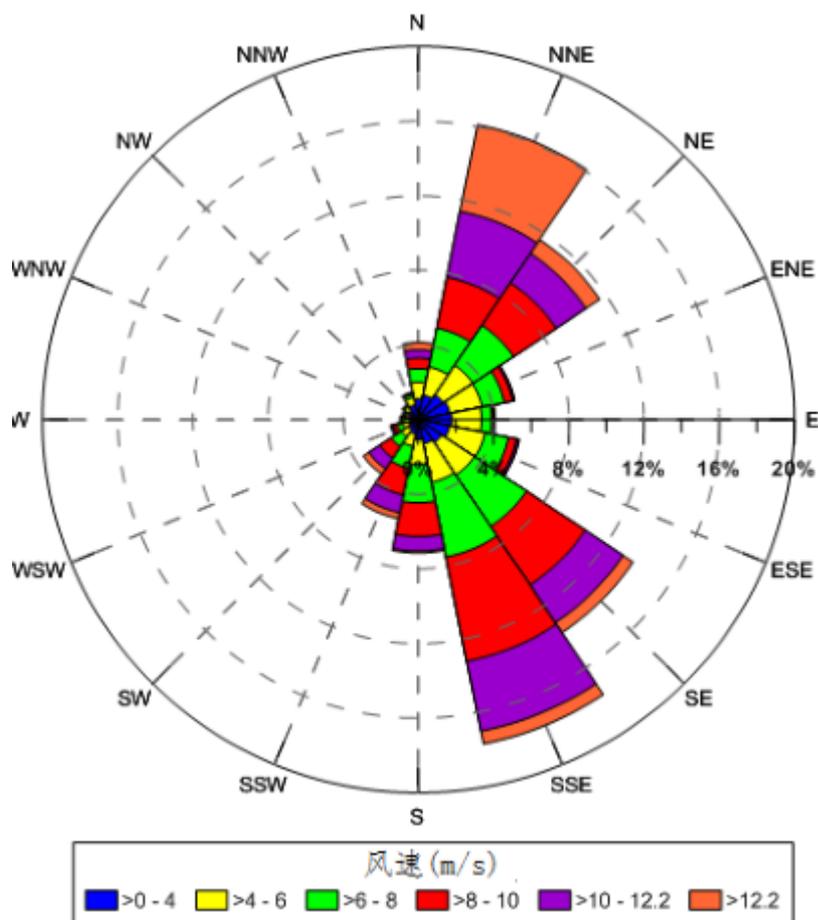


图 4.1 - 1 东方 13-2 气田海域风玫瑰图

4.1.2 水文特征

4.1.2.1 水深

东方气田群海域水深范围约 60m~70m，不同位置水深见下表。

表 4.1 - 2 东方 13-2 气田群海域水深

平台名称	水深 (m)
DF13-2WHPA	62.3
DF13-2CEPB	63.7

4.1.2.2 波浪

东方 13-2 气田群所在海域受海南岛陆岸影响，波浪基本上受制于南海风场，外海大浪不易侵入；由于该海域地处南亚季风气候区域，每年 10 月至翌年 3 月盛行东北季风，因而秋冬季浪向主要是东北向；每年 5 月至 9 月夏季风期间，该海域浪向主要是东南向偏南。东方 13-2 气田群海浪玫瑰图见下图。

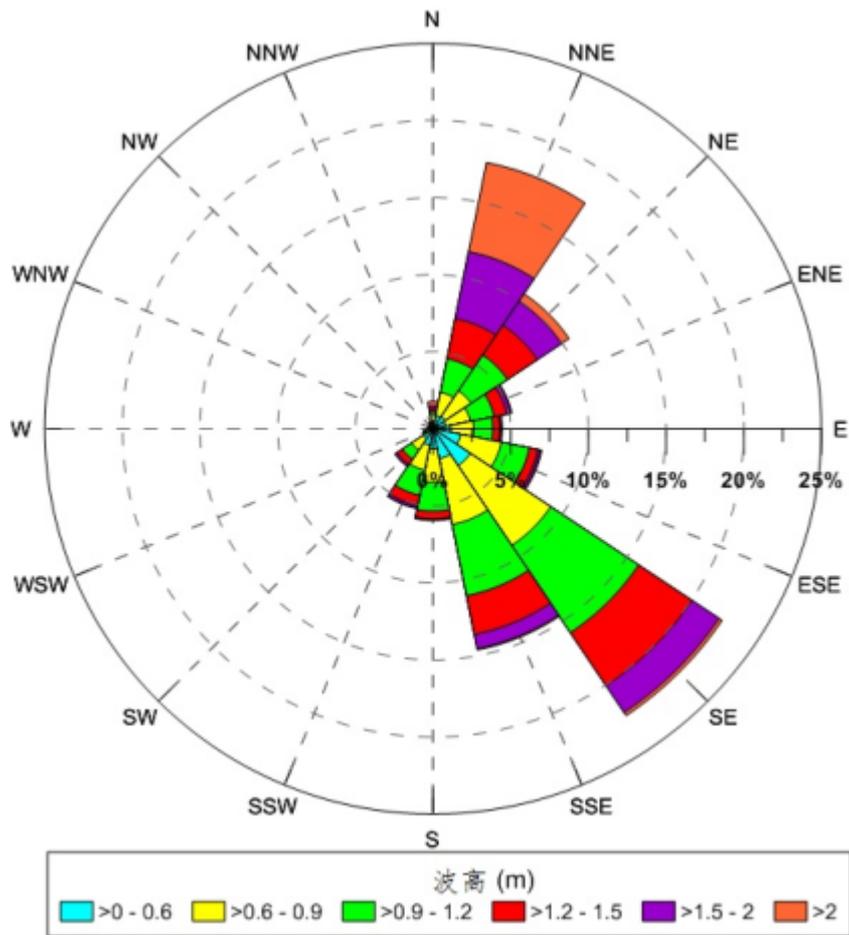


图 4.1 - 2 东方 13-2 气田群海域海浪玫瑰图

沿岸各区浪向变化受地理特点和水深、地形影响，与开阔海域有显著区别；东方 13-2 气田群海域台风浪主要由当地台风、大风引起，影响该区域的台风每年平均 2~3 个，多出现于 8~10 月。

4.1.2.3 潮汐

由于气田海域的自由振动周期接近全日潮波的周期，使全日潮在该海域的潮汐振动中起主导作用，半日潮成份占的比重较小，造成气田海域的潮汐具有全日潮的类型。在 $18^{\circ} 55' N$ 以北海域为正规全日潮， $18^{\circ} 55' N$ 以南海域属不正规全日潮。

4.1.2.4 潮流及余流

东方 13-2 气田群海域潮流较强，全日潮流在该海区占主要成份；潮流以往复流占优势，流向大体与岸线走向一致，在南部湾口为东南-西北向，往北逐渐转为西南东北向。东方 13-2 气田群海域海流玫瑰图见下图。

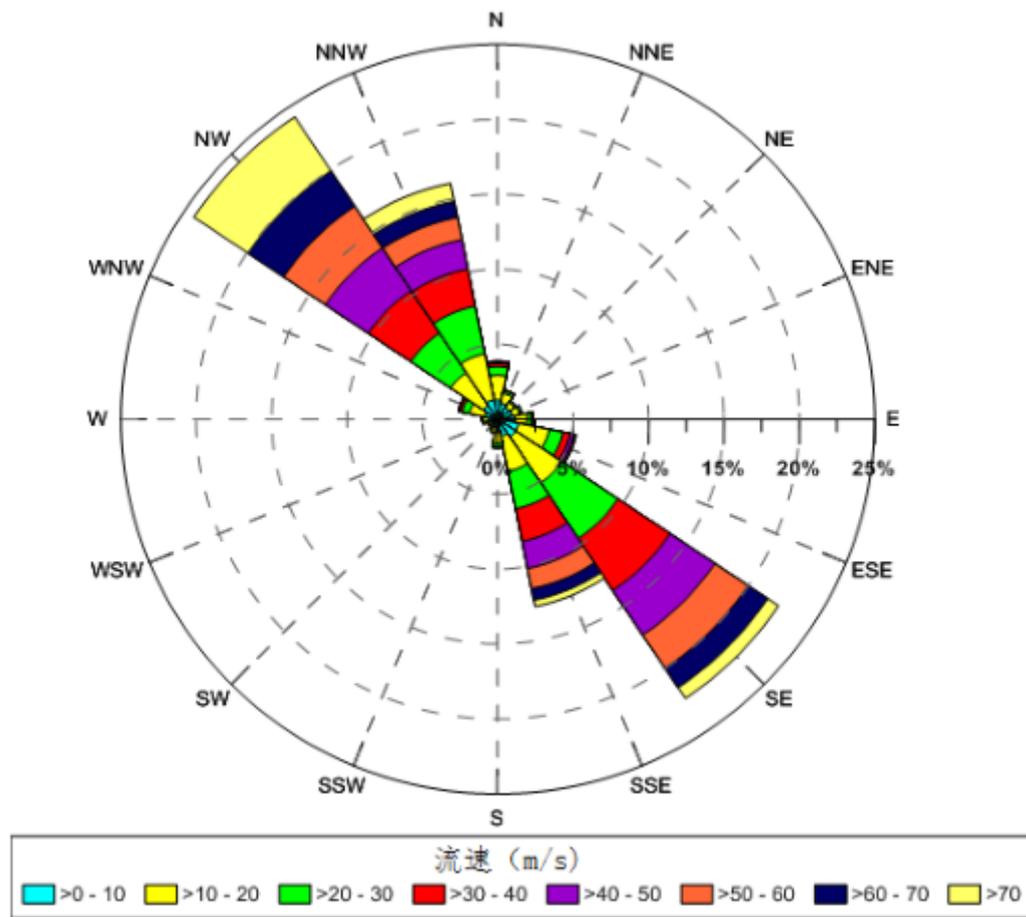


图 4.1 - 3 东方 13-2 气田海域海流玫瑰图

4.1.3 地形、地质特征

DF13-2WHPA 平台场址调查区域内，水深变化较小，在 61.7-62.9m 间变化；海底平均坡度约为 0.28%。该区域主要地貌特征有：局部海底发现少量凹坑，预定平台位置与凹坑边缘距离最近约 608m。根据取样资料可知海底底质主要为非常软的褐灰色粘土，无明显海底底质变化。

在 DF13-2CEPB 平台场址 1500m×1500m 调查区域内，水深由北西向南东逐渐加深，整体上水深变化较平稳，无水深变化剧烈区域存在，整个平台场址区内，水深在 62.6m 至 64.4m 之间变化。DF13-2CEPB 平台位置处的水深为 63.7m，海底平均坡度约为 0.47%。从地貌资料可看到，大部分海底地貌资料色度显示基本均匀，反映无明显海底底质变化，根据取样资料可知海底底质主要为非常软的褐灰色粘土。

4.1.4 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

4.1.4.1 海底地形特征

DF13-2WHPA 至 DF13-2CEPB 平台混输管线路由区管线路由区水深在 61.7~63.9m 之间，平均为 62.6m，海底面较为平缓。

4.1.4.2 地貌

管线路由区海底微地貌形态主要为平滑海底，声纳图像上表现为色阶单一、能量中等的均匀反射。

4.1.4.3 工程所在海域的地形地貌与冲淤环境

工程海域现有有管线的冲淤环境

本工程新铺海底管道采用铺设方式；海底管道铺设后对管道路由区域海底稳定性影响很小，不改变现有海底地貌特征，不会引起明显冲淤环境变化。根据工程地质调查资料，工程区域海底表层土质一般为非常软到软的粉质粘土；根据水深调查资料，结合水动力环境资料和海底土质性质可以初步判断工程区域海底发生冲淤的可能性很小。

4.1.5 海洋环境质量现状

本工程水质、沉积物、海洋生态和生物质量调查数据引用《东方 1-1WHPB 无人井口平台安全隐患治理项目春季环境质量现状调查与评价》，调查单位为国家海洋局南海环境监测中心，调查时间为 2017 年 4 月 24 日~4 月 27 日。调查站位为 5 各断面每个断面 4 个调查站位，站位之间间隔为 20km。调查内容包括水质、沉积物、海洋生态和生物质量调查，调查海域共设水质站位 20 个，沉积物站位和生物生态（浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物、生物质量）调查站 12 个（占水质站位的 60%）。

调查站位坐标选取见表 4.1 - 3 及图 4.1 - 4。

表 4.1 - 3 调查站位表

站号	东经 (E)	北纬 (N)	调查内容
D1			水质、沉积物、海洋生物
D2			水质
D3			水质、沉积物、海洋生物
D4			水质
D5			水质、沉积物、海洋生物
D6			水质
D7			水质、沉积物、海洋生物

*D8				水质、沉积物、海洋生物
D9				水质、沉积物、海洋生物
D10				水质
D11				水质
D12				水质、沉积物、海洋生物
D13				水质、沉积物、海洋生物
D14				水质、沉积物、海洋生物
D15				水质
D16				水质、沉积物、海洋生物
D17				水质
D18				水质、沉积物、海洋生物
*D19				水质
D20				水质、沉积物、海洋生物

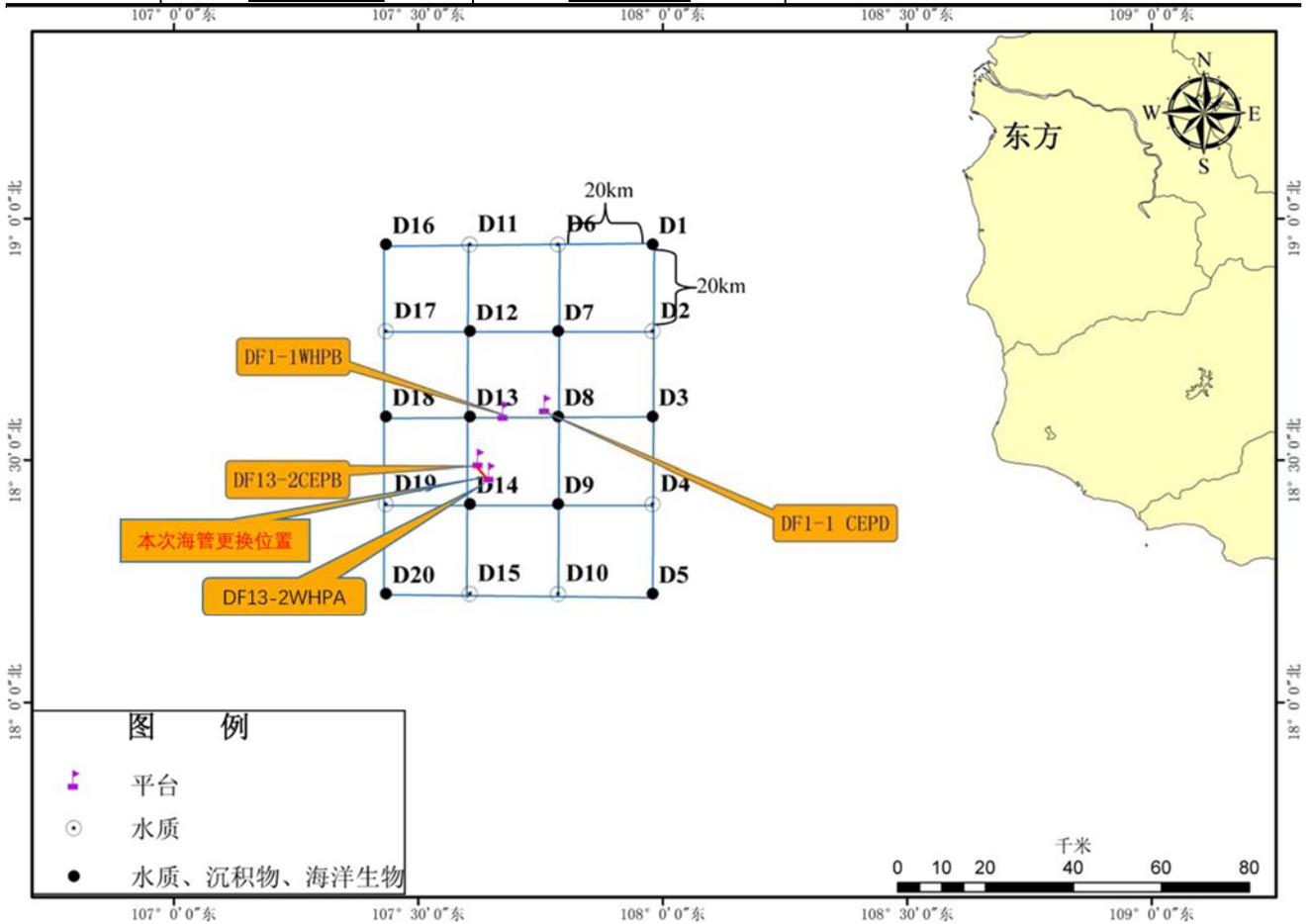


图 4.1 - 4 调查站位布设示意图

4.1.5.1 水环境质量现状与评价

(1) 调查因子

水温、盐度、pH、溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、石油类、无机氮 (为硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮之和)、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物、挥发酚、悬浮物 18 项, 各要素调查水质站位 20 个。

(2) 评价因子

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、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物、挥发酚共 15 项。

(3) 评价标准

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本次现状调查站位部分位于莺歌海盆地矿产与能源区范围内，其环境保护要求为“海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状”；另一部分位于海南岛外海农渔业区范围内，其环境保护要求为“执行一类海水水质标准、一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准”。

根据历次在本海域环境质量现状调查结果显示，本海域各项海水水质调查因子虽偶有尔出现超一类情况，但总体能够满足第一类海水水质标准。因此，本次评价采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类海水水质标准评价工程所在海域的水环境质量现状。

本次评价采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中第一类海水水质标准（适用于海洋渔业水域、海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区）有超标的进一步采用第二类或第三类标准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 4.1 - 4 水质评价标准值

评价因子	第一类标准	第二类标准	第三类标准	第四类标准
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
溶解氧（DO）	>6mg/L	>5mg/L	>4mg/L	>3mg/L
化学需氧量	≤2mg/L	≤3mg/L	≤4mg/L	≤5mg/L
石油类	≤0.05mg/L		≤0.30mg/L	≤0.50mg/L
无机氮	≤200μg/L	≤300μg/L	≤400μg/L	≤500μg/L
活性磷酸盐	≤15μg/L	≤30μg/L		≤45μg/L
总汞	≤0.05μg/L	≤0.2μg/L		≤0.5μg/L
砷	≤20μg/L	≤30μg/L	≤50μg/L	
锌	≤20μg/L	≤50μg/L	≤100μg/L	≤500μg/L
镉	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L	
铅	≤1μg/L	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L
铜	≤5μg/L	≤10μg/L	≤50μg/L	
总铬	≤50μg/L	≤100μg/L	≤200μg/L	≤500μg/L
硫化物	≤20μg/L	≤50μg/L	≤100μg/L	≤250μg/L
挥发性酚	≤5μg/L		≤10μg/L	≤50μg/L

(4) 评价方法

采用单项分指数法对监测海区进行环境质量现状评价。

单项分指数法

计算公式为：

$$Q_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{oi}}$$

对于水中溶解氧采用：

$$Q_j = \left| \frac{C_f - C_j}{C_f - C_o} \right| \quad \text{当 } C_j > C_o \text{ 时}$$
$$Q_j = 10 - 9C_j / C_o \quad \text{当 } C_j \leq C_o \text{ 时}$$

对于水中 pH 采用：

$$Q_j = \left| \frac{2C_j - C_{o,upper} - C_{o,lower}}{C_{o,upper} - C_{o,lower}} \right|$$

式中：

Q_{ij} 一站 j 评价因子 i 的污染指数；

C_{ij} 一站 j 评价因子 i 的实测值；

C_{oi} 评价因子 i 的评价标准值；

C_f 一现场水温和盐度条件下溶解氧的饱和量；

$C_{o,upper}$ 一pH 的评价标准值上限；

$C_{o,lower}$ 一pH 的评价标准值下限。

(5) 评价结果

水温：调查海区表层水温变化于(26.07~26.34)℃，平均为 26.20℃；10m 层变化于(25.7~25.82)℃，平均为 25.76℃；50m 层变化于(23.15~23.30)℃，平均 23.22℃；底层变化于(21.19~23.02)℃，平均为 22.34℃。调查海区各层内水温变化幅度很小，表层和 10m 层的平均水温很接近，50m 层稍低，底层的平均水温最低。表层和底层的平均水温的温差为 3.86℃。

盐度：调查海区表层盐度变化于 33.295~35.196，平均为 34.357；10m 层变化于 33.026~34.973，平均为 34.292；50m 层变化于 33.375~35.475，平均为 34.398；底层变化于 32.811~34.965，平均为 34.294。海区平均盐度各层次之间相差不大。

pH：调查海区表层 pH 值变化于 8.22~8.27，平均为 8.24；10m 层变化于 8.22~8.27，平均为 8.24；50m 层变化于 8.17~8.26，平均为 8.22；底层变化于 8.13~8.25，平均为 8.20。调查海区的 pH 值均在正常变化范围内，符合自然海水弱碱性的特点，表层、10m 层、50m 层和底层 pH 的平均值都非常接近。

溶解氧(DO)：调查海区表层海水中溶解氧的含量变化于(6.31~6.47)mg/L，平均为 6.40mg/L；

10m 层变化于(5.68~6.55)mg/L, 平均为 6.42mg/L; 50m 层变化于(5.55~6.60)mg/L, 平均为 6.10mg/L; 底层变化于(5.28~6.31)mg/L, 平均为 5.91mg/L。

调查海区表层溶解氧含量总体比较丰富, 且变化幅度不大, 所有样品中 DO 的含量均符合第一类海水水质标准 ($\geq 6\text{mg/L}$); 10m 层调查海区西南部的 D20 站溶解氧含量略低, 超出第一类标准; 50m 层和底层超标现象较为普遍, 超标站位主要出现在南部小块区域和北部区域。所有超标样品均符合第二类标准 ($\geq 5\text{mg/L}$)。从垂直分布看, 调查海区海水中溶解氧含量大部分区域表层高于底层。

化学需氧量 (COD): 调查海区表层 COD 变化于 (0.33~0.78) mg/L, 平均为 0.55mg/L; 10m 层变化于 (0.27~0.57) mg/L, 平均为 0.43mg/L; 50m 层变化于 (0.28~0.52) mg/L, 平均为 0.38mg/L; 底层变化于 (0.25~0.42) mg/L, 平均为 0.34mg/L。调查海区各层 COD 含量均较低, 平均含量随水深加深而下降, 所有样品 COD 的含量均低于第一类海水水质标准值 ($\leq 2\text{mg/L}$)。

石油类: 调查海区表层海水中石油类含量变化于 (0.021~0.031) mg/L, 平均为 0.027mg/L, 检出率为 100%。调查海区油类含量总体较低, 所有样品中石油类的含量均符合第一类海水水质标准 ($\leq 0.050\text{mg/L}$)。

无机氮 (DIN): 调查海区表层 DIN 变化于(12.3~43.1) $\mu\text{g/L}$, 平均为 18.7 $\mu\text{g/L}$; 10m 层变化于(13.5~54.4) $\mu\text{g/L}$, 平均为 20.9 $\mu\text{g/L}$; 50m 层变化于(14.3~38.0) $\mu\text{g/L}$, 平均为 21.3 $\mu\text{g/L}$; 底层变化于(19.1~116) $\mu\text{g/L}$, 平均为 35.7 $\mu\text{g/L}$ 。

调查海区海水中 DIN 含量的平面分布表层、10m 层、50m 层 DIN 的含量变化幅度较小, 分布比较均匀; 底层 DIN 含量靠近海区东部的 D6 站附近较高, 大致呈现出以 D6 站为中心向周围降低的规律。所有样品中 DIN 的含量均满足一类海水标准 ($\leq 200\mu\text{g/L}$)。垂直分布上看, 调查海区海水中 DIN 的含量部分区域各层次之间变化不大, 部分区域呈现由表层向底层升高的趋势。

活性磷酸盐 (PO₄-P): 调查海区表层 PO₄-P 的含量变化于(3.2~8.6) $\mu\text{g/L}$, 平均为 4.8 $\mu\text{g/L}$; 10m 层变化于(2.6~10.5) $\mu\text{g/L}$, 平均为 5.2 $\mu\text{g/L}$; 50m 层变化于(3.7~9.3) $\mu\text{g/L}$, 平均为 5.9 $\mu\text{g/L}$; 底层变化于(4.1~13.2) $\mu\text{g/L}$, 平均为 7.3 $\mu\text{g/L}$ 。

调查海区 PO₄-P 的含量很低, 所有样品均符合第一类海水标准 ($\leq 15.0\mu\text{g/L}$)。表层 PO₄-P 含量最低, 且大部分区域分布均匀; 随着层次增加, PO₄-P 含量的变化幅度加大, 平面分布上没有明显的分布规律。垂直分布上大部分区域呈现出由表层向底层升高的趋势。

总汞: 调查海区表层总汞含量变化于(0.015~0.024) $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.021 $\mu\text{g/L}$; 10m 层变化于(0.016~0.023) $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.019 $\mu\text{g/L}$; 50m 层变化于(0.016~0.024) $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.020 $\mu\text{g/L}$; 底

层变化于(0.015~0.024) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.020 $\mu\text{g/L}$ 。海水中总汞含量较低，所有样品的含量均符合第一类海水标准 ($\leq 0.050\mu\text{g/L}$)。

砷: 调查海区表层砷含量变化于(1.6~2.0) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.7 $\mu\text{g/L}$ ；10m 层变化于(1.6~2.0) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.7 $\mu\text{g/L}$ ；50m 层变化于(1.6~2.0) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.8 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于(1.6~2.0) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 1.8 $\mu\text{g/L}$ 。海水中砷含量较低，所有样品的含量均符合第一类海水标准 ($\leq 20.0\mu\text{g/L}$)。

锌: 调查海区表层锌含量变化于(1.3~13.7) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 3.3 $\mu\text{g/L}$ ；10m 层变化于(1.6~11.6) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 3.5 $\mu\text{g/L}$ ；50m 层变化于(1.8~5.3) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 2.9 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于(1.7~5.2) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 3.0 $\mu\text{g/L}$ 。调查海区海水中锌含量较低，所有样品的含量均符合第一类海水标准 ($\leq 20.0\mu\text{g/L}$)。

镉: 调查海区表层镉含量变化于未检出~0.25 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.12 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 75.0%；10m 层变化于未检出~0.25 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.12 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 90.0%；50m 层变化于未检出~0.35 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.14 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 90.0%；底层变化于未检出~0.23 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.13 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 85.0%。调查海区海水镉的含量很低，所有样品的含量均符合第一类海水标准 ($\leq 1.00\mu\text{g/L}$)。

铅: 调查海区表层铅含量变化于未检出~1.3 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.5 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 90.0%；10m 层变化于未检出~1.4 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.6 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 95.0%；50m 层变化于(0.3~1.1) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.5 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于(0.3~1.1) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.5 $\mu\text{g/L}$ 。调查海区海水中铅含量总体不高，但各层都有个别样品铅的含量超出第一类海水标准 ($\leq 1.0\mu\text{g/L}$)。

铜: 调查海区表层铜含量变化于未检出~1.5 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.7 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 65.0%；10m 层变化于未检出~2.6 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.7 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 65.0%；50m 层变化于未检出~1.6 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.8 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 85.0%；底层变化于未检出~2.0 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.8 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 85.0%。所有样品中铜的含量符合一类海水标准 ($\leq 5.0\mu\text{g/L}$)。

总铬: 调查海区表层总铬含量变化于(0.40~0.97) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.73 $\mu\text{g/L}$ ；10m 层变化于(0.40~0.96) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.70 $\mu\text{g/L}$ ；50m 层变化于(0.35~0.97) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.79 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于(0.36~0.99) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.63 $\mu\text{g/L}$ 。调查海区海水中总铬含量很低，所有样品中总铬的含量均远低于第一类海水标准 ($\leq 50.0\mu\text{g/L}$)。

硫化物: 调查海区表层硫化物含量变化于未检出~0.3 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.2 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 80.0%；10m 层变化于未检出~0.3 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.2 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 90.0%；50m 层硫化物含量变化于(0.2~0.3) $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.2 $\mu\text{g/L}$ ；底层所有样品均为 0.2 $\mu\text{g/L}$ 。所有样品的含量均远低于第一类海水标准 ($\leq 20.0\mu\text{g/L}$)。

挥发酚: 调查海区表层挥发酚含量变化于未检出~1.1 $\mu\text{g/L}$ ，平均为 0.8 $\mu\text{g/L}$ ，检出率为 80.0%；

10m 层变化于(0.8~1.4) $\mu\text{g/L}$, 平均为 1.0 $\mu\text{g/L}$; 50m 层变化于(0.9~1.5) $\mu\text{g/L}$, 平均为 1.1 $\mu\text{g/L}$; 底层变化于(0.8~1.2) $\mu\text{g/L}$, 平均为 1.0 $\mu\text{g/L}$ 。调查海区海水中挥发酚的含量均低于第一类海水标准 ($\leq 5.00 \mu\text{g/L}$)。

悬浮物: 调查海区表层海水悬浮物的含量变化于(0.1~17.2) mg/L , 平均为 4.0 mg/L ; 10m 层变化于(0.9~19.1) mg/L , 平均为 5.9 mg/L ; 50m 层变化于(0.3~14.7) mg/L , 平均为 4.6 mg/L ; 底层变化于(1.8~13.5) mg/L , 平均为 5.1 mg/L 。

调查海区海水中悬浮物的含量总体较低, 且大部分区域分布较为均匀。表层、50m 层和底层悬浮物含量平面分布上均表现为北部较高, 南部大部分区域较低。10m 层除北部外, 南部也有小部分区域略高。垂直分布上看悬浮物含量没有明显的变化规律。

表 4.1 - 5 水质要素分析结果统计

■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■

■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■

注：“nd”表示样品测值低于检出限，低于检出限的样品量 $\geq 1/2$ 样品总量时，计算时取其检出限的一半，低于检出限的样品量 $< 1/2$ 样品总量时，计算时取其检出限的 $1/4$ 。检出率指测试结果高于检出限的样品数占总样品数的百分比。

海水质量评价采用单项分指数法和平均分指数法，各评价因子的单项标准指数 Q_{ij} 和平均标准指数 Q_{ic} 的计算结果列于表 4.1 - 7~表 4.1 - 10。

以第一类海水水质标准评价，评价因子 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚的单项标准指数 Q_{ij} 均小于 1，无超标现象。

DO 有 25% 的样品超标，其中，表层没有样品超标，10m 层超标率为 5%，50m 层超标率为 40%，底层超标率为 55%。

铅(Pb)表层、10m 层、50m 层和底层均有 1 个样品超标，超标率均为 5%。

调查海区评价因子超标统计见表 4.1 - 6。

表 4.1 - 6 调查海区评价因子的超标统计

评价因子		超标站位	最大超标倍数（出现站位）	样品超标率（%）
DO	10m 层	D20	0.48	5
	50m 层	D2、D7、D11、D12、D15、D16、D17、D18	0.68 (D15)	40
	底层	D1、D2、D6、D7、D11、D12、D15、D16、D17、D18、D20	1.08 (D15)	55
Pb	表层	D12	0.30	5
	10m 层	D6	0.40	5
	50m 层	D9	0.10	5
	底层	D6	0.10	5

██████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████
██████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████	████
██████████	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

由表 4.1 - 7 至表 4.1 - 10 可见, 评价因子 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚的单项标准指数 Q_{ij} 均小于 1, 所有样品均符合第一类海水水质标准。

调查海区海水中 DO 的单项标准指数变化范围为 0.00~2.08。表层所有样品 DO 的含量均符合第一类标准; 10m 层的 D20 站的含量超过第一类海水标准, 超标倍数为 0.48, 超标率为 5%; 50m 层有 40% 的样品超过第一类海水标准, 最大超标倍数为 0.68, 出现在 D15 站; 底层有 55% 的样品超过第一类海水标准, 最大超标倍数为 1.08, 出现在 D15 站。所有超标样品的含量均符合第二类标准。

调查海区海水中铅的单项标准指数变化范围为 0.15~1.40。表层 D12 站样品的含量超过一类海水标准, 超标倍数为 0.30, 超标率为 5%; 10m 层 D6 站样品的含量超过一类海水标准, 超标倍数为 0.40, 超标率为 5%; 50m 层 D9 站样品的含量超过一类海水标准, 超标倍数为 0.10, 超标率为 5%; 底层 D6 站样品的含量超过一类海水标准, 超标倍数为 0.10, 超标率为 5%。所有超标样品的含量均符合第二类标准。

综上, 调查海区水质超标因子为溶解氧和铅。调查海区表层溶解氧含量相对丰富, 所有样品溶解氧含量均满足一类海水水质标准, 10m 层、50m 层和底层超标率分别为 5%、40% 和 55%, 从表层到底层, 溶解氧含量有递减趋势, 主要原因是由于海水出现垂直分层, 上层和下层水体交换困难, 使底层海水较难获得溶解氧。铅的超标程度较轻, 各层次均只有 1 个样品超标, 超标率为 5%, 超标站位距平台较远, 超标原因可能与该海域的区域性特征有关。

(6) 小结

本次调查中, 调查海区所有样品的 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚的含量均符合第一类海水水质标准。

本次调查海水中溶解氧和铅出现不同程度的超标现象。调查海区溶解氧含量存在明显的分层现象, 表层溶解氧含量相对丰富, 所有样品溶解氧含量均满足一类海水水质标准, 10m 层、50m 层和底层超标率分别为 5%、40% 和 55%, 从表层到底层, 溶解氧含量有递减趋势, 从 10m 层到底层溶解氧超标程度加深, 所有超标样品的含量均符合第二类标准。铅的超标程度较轻, 各层次均只有 1 个样品超标, 超标率为 5%, 所有超标样品的含量均符合第二类标准。

4.1.5.2 沉积物质量现状与评价

(1) 沉积物的组成及其类型

粒度分析大于 0.063mm 粒径采用筛析法，小于 0.063mm 采用激光衍射法。

调查海区表层沉积物的粒度分析结果见表 4.1 - 11。表层沉积物的粒度类型单一，全部为粉砂(T)。粒级组分中粉砂含量最高，介于(77.0~79.3)%，平均 78.6%；砂和粘土含量接近，在 10%左右；基本不含砾。

表 4.1 - 11 表层沉积物类型及粒度参数

站号	层次 (cm)	粒级含量(%)				代号及名称
		砾	砂	粉砂	粘土	
D1	■	■	■	■	■	■
D3	■	■	■	■	■	■
D5	■	■	■	■	■	■
D7	■	■	■	■	■	■
D8	■	■	■	■	■	■
D9	■	■	■	■	■	■
D12	■	■	■	■	■	■
D13	■	■	■	■	■	■
D14	■	■	■	■	■	■
D16	■	■	■	■	■	■
D18	■	■	■	■	■	■
D20	■	■	■	■	■	■
最小值		0.0	9.8	77.0	9.6	/
最大值		0.0	13.2	79.3	11.4	/
平均值		0.0	11.0	78.6		/

(2) 调查结果

调查区表层沉积物各污染物含量分析结果见表 4.1 - 12。

有机碳：调查海区沉积物有机碳的含量较低，介于 $(0.58\sim 0.88)\times 10^{-2}$ ，平均为 0.75×10^{-2} 。调查海区有机碳含量平面分布差异不大，北部略高于南部。

硫化物：调查海区沉积物硫化物的含量较低，介于 $(47\sim 79)\times 10^{-6}$ ，平均为 61×10^{-6} 。调查海区硫化物含量平面分布差异不大，北部略高于南部。

汞：调查海区沉积物汞的含量较低，介于 $(0.014\sim 0.092)\times 10^{-6}$ ，平均为 0.041×10^{-6} 。调查海区中部汞含量略高于南部和北部。

砷：调查海区沉积物砷的含量较低，介于 $(1.79\sim 7.49)\times 10^{-6}$ ，平均为 3.89×10^{-6} 。砷含量由西往东略有降低。

铜：调查海区沉积物铜的含量低，介于 $(11.4\sim 15.6)\times 10^{-6}$ ，平均为 12.8×10^{-6} 。D13 站铜含

量最高，往四周略有降低。

铅：调查海区沉积物铅的含量低，介于 $(0.60\sim 27.6)\times 10^{-6}$ 之间，平均为 7.75×10^{-6} 。D8站铅含量最高，往四周略有降低。

镉：调查海区沉积物镉的含量较低，介于 $(0.076\sim 0.202)\times 10^{-6}$ ，平均为 0.148×10^{-6} 。镉含量平面分布较为均匀。

锌：调查海区沉积物锌的含量低，介于 $(49.6\sim 60.8)\times 10^{-6}$ 之间，平均为 55.9×10^{-6} 。调查海区中部锌含量略高于南部和北部。

铬：调查海区沉积物铬的含量低，介于 $(26.8\sim 60.7)\times 10^{-6}$ 之间，平均为 48.5×10^{-6} 。铬含量由西往东略有降低。

石油类：调查海区沉积物石油类含量低，介于 $(5.36\sim 10.9)\times 10^{-6}$ ，平均为 7.62×10^{-6} 。石油类含量由东北往西南略有降低。

表 4.1 - 12 表层沉积物分析结果

站号	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
	10^{-2}	10^{-6}								
D1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D13	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D14	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D16	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D18	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
最小值	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
最大值	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
平均值	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

(3) 评价因子

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。

(4) 评价标准

采用《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评价；针对超标评价因子，进一步采用第二类标准评价，评价至符合某类标准为止。各因子的评价标准值列于表 4.1 - 13。

表 4.1 - 13 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	$\leq 20.0 \times 10^{-6}$	$\leq 65.0 \times 10^{-6}$	

(5) 评价方法

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）。

(6) 评价结果

根据单项分指数法和平均分指数法计算出的调查海区沉积物各评价因子的标准指数以及超标率的统计结果列于**错误!未找到引用源。**

a 超标统计

由表 3.3-2 可见，调查海区沉积物中有机碳、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油类的含量均符合第一类海洋沉积物质量标准限值要求，无超标样品。

(7) 小结

本次调查结果显示，调查海区表层沉积物粒度类型全部为粉砂（T），各粒级组分含量分布较为一致，全部以粉砂为主，砂和粘土含量接近。表层沉积物中有机碳、硫化物、汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬和石油类含量均较低，全部满足第一类海洋沉积物质量标准，无超标现象。历史对比结果表明，调查海区表层沉积物质量一直处于较好的状态，无明显恶化趋势。

4.1.5.3 海洋生物生态现状与评价

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

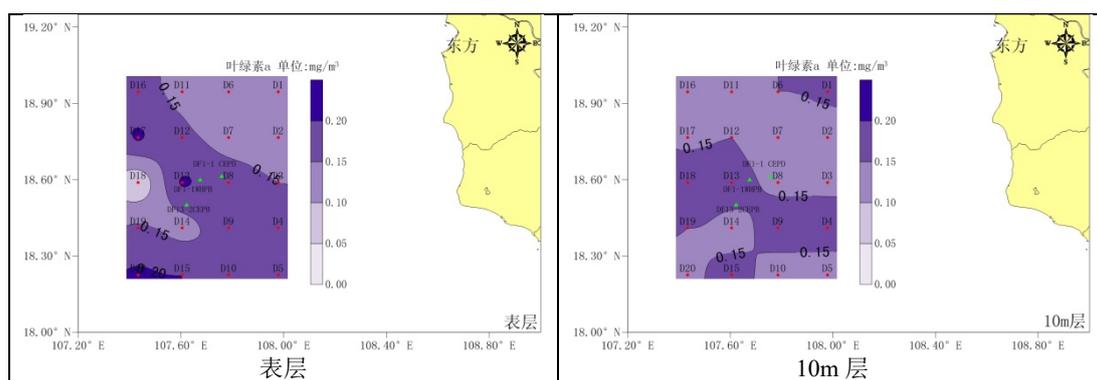
A: 叶绿素 a

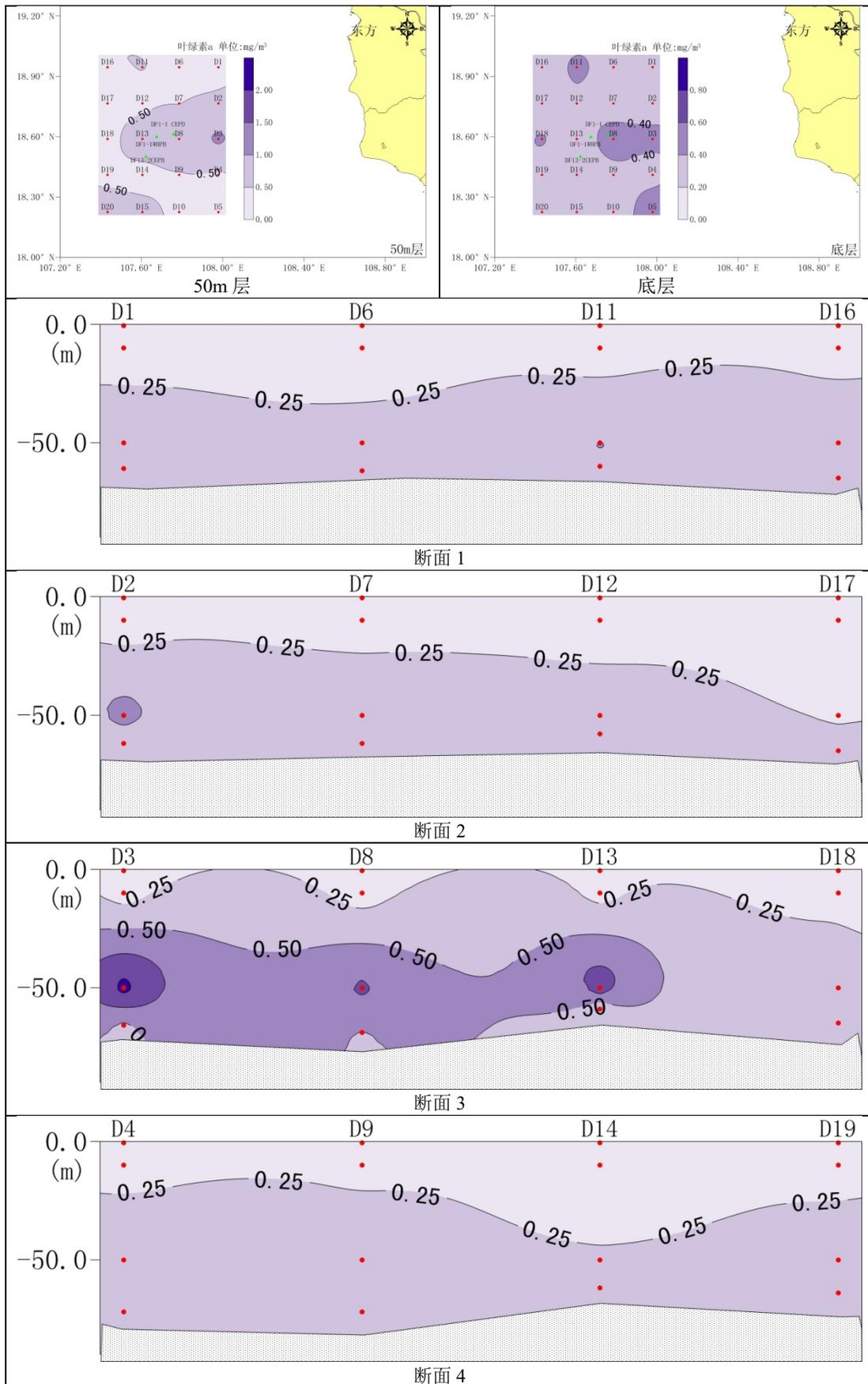
本次调查叶绿素 a 的采样站位及层次与水质的相同。各调查站叶绿素 a 含量的测定值及统计结果见表 4.1 - 14，分布见图 4.1 - 5，各层次叶绿素 a 平面分布没有明显规律，海区中部含量略微高一些。调查海区各站叶绿素平均含量变化于 $(0.21 \sim 0.46) \text{mg/m}^3$ ，平均值为 0.29mg/m^3 。海区 0.5m 层和 10m 层各站叶绿素 a 含量较低；50m 层和底层东部含量相对一些高。垂直分布上 50m 层和底层的含量较高，各断面东部含量高于西部。

参照美国环保局（EPA）关于叶绿素-a 含量的评价标准： $<4\text{mg}/\text{m}^3$ 为贫营养， $4\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ 为中营养， $>10\text{mg}/\text{m}^3$ 为富营养。调查海区叶绿素 a 含量均远低于 $4\text{mg}/\text{m}^3$ ，指示该海区属于贫营养海区。

表 4.1 - 14 叶绿素 a 和初级生产力含量统计

站号	叶绿素 a (mg/m^3)					海洋初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
	表层	10m 层	50m 层	底层	平均值	
D1						
D2						
D3						
D4						
D5						
D6						
D7						
D8						
D9						
D10						
D11						
D12						
D13						
D14						
D15						
D16						
D17						
D18						
D19						
D20						
最小值						
最大值						
平均值						





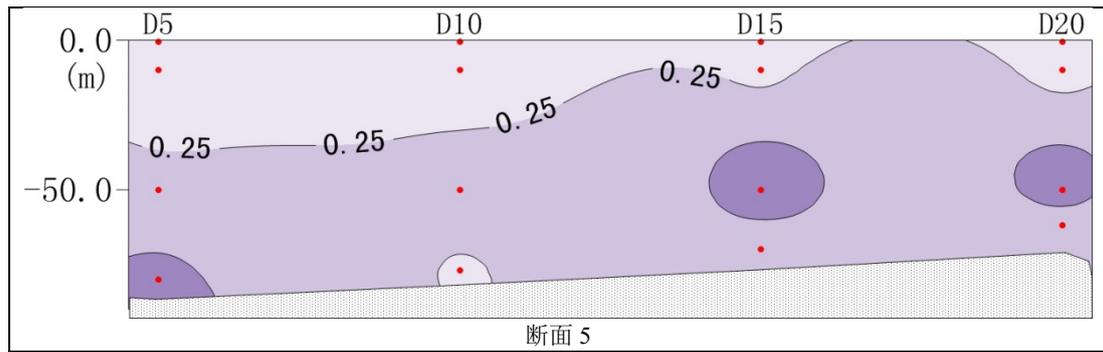


图 4.1 - 5 海区海水叶绿素 a 分布状况 (mg/m³)

B:初级生产力

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，按联合国教科文组织（UNESCO）推荐的公式估算：
式中：

P——现场初级生产力 (mg · C/(m² · d))；

Chl.a——真光层平均叶绿素 a 的含量 (mg/m³)；

Q——不同层次同化指数算术平均值 (1/d)，取 3.7 (1/d)；

D——昼长时间 (h)；

E——真光层深度 (m)。

经估算，各站海洋初级生产力差异较大，范围为(215.3~461.3)mg · C/(m² · d)，最大出现在 D3 站，最小出现在 D14 站，平均为 297.4mg · C/(m² · d)，海区总体初级生产力处于低水平—中低水平。海洋初级生产力平面分布见图 4.1 - 6，由图可见，海洋初级生产力东部含量为中高水平。

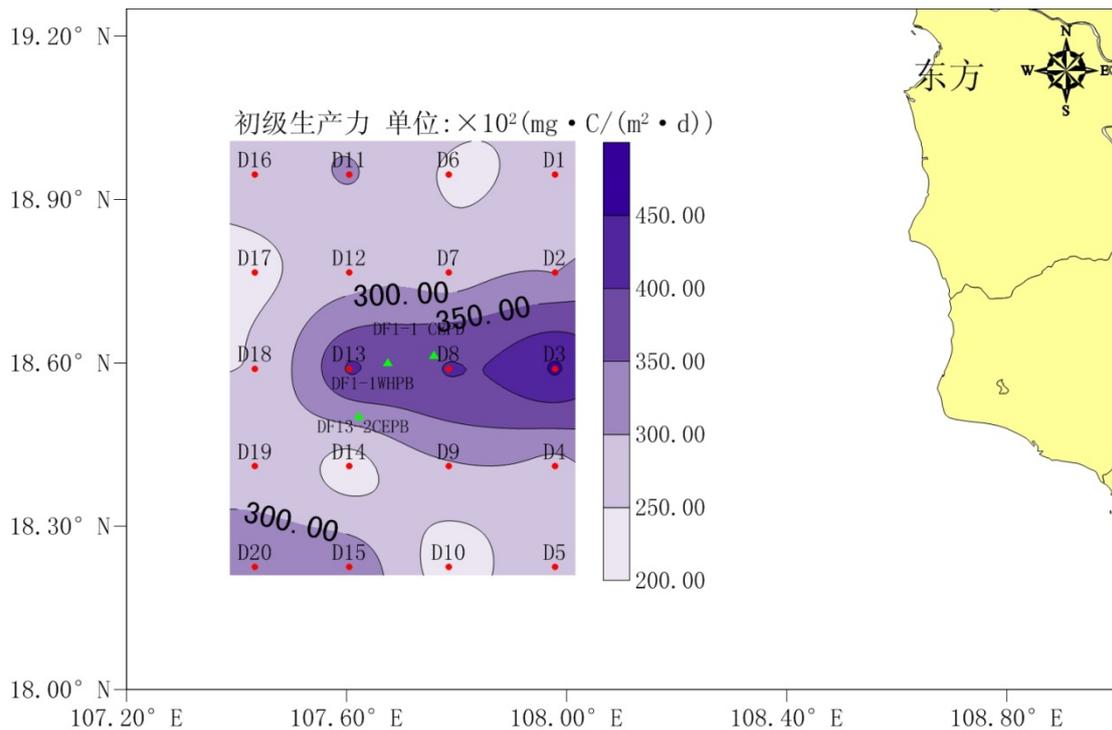


图 4.1 - 6 调查区各站海洋初级生产力水平($\text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)

(2) 浮游植物

① 种类组成

调查区采集样品的鉴定分析结果，调查海域共出现浮游植物 3 门 34 属 90 种，详见附录 I。硅藻种类最多，有 24 属 60 种，占 66.7%；甲藻有 8 属 26 种，占 8.9%，蓝藻 2 属 4 种占 4.4%。赤潮植物共出现 3 门 15 属 34 种，占总种数的 37.8%。发现有毒赤潮生物 5 种，为短角弯角藻、翼根管藻纤细变型、扁平多甲藻、反曲原甲藻、红海束毛藻。

出现种数较多的属依次为角藻属、根管藻属、角毛藻属、圆筛藻属、菱形藻属、半管藻属、多甲藻属、束毛藻属，出现的种数依次为 15 种、13 种、10 种、4 种、4 种、3 种、3 种、3 种，该八属共计 55 种，占总种数的 61%。

硅藻种数在大多数站点占优势，其次为甲藻，蓝藻出现种类较少。（图 4.1 - 7）。

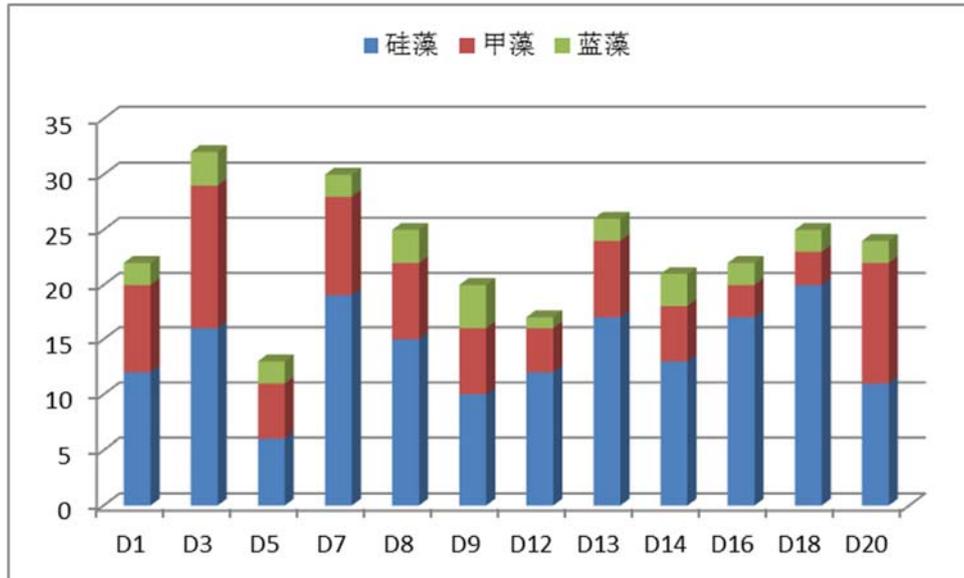


图 4.1 - 7 调查区各站浮游植物种数

②数量分布及优势种

调查海区各站的浮游植物的个体数量见表 4.1 - 15，平面分布见图 4.1 - 8。

根据贾晓平等的《海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨》(中国水产科学, 第 10 卷第 2 期, 2003 年 4 月), 将浮游植物个体数量水平划分为 6 个等级, 见表 4.2-2。

由表 4.1 - 15 和图 4.1 - 8 可见, 调查海区各站的浮游植物个体总数变化不大, 个体数量范围为 $(1.891\sim 10.315)\times 10^4$ 个/ m^3 ; 最大值出现在 D7 站, 最小值出现在 D5 站; 平均为 5.184×10^4 个/ m^3 , 个体数量处于低水平。硅藻的个体数量范围为 $(0.309\sim 4.806)\times 10^4$ 个/ m^3 , 平均为 2.304×10^4 个/ m^3 , 占浮游植物总平均的 44.4%; 蓝藻个体数量范围为 $(1.364\sim 5.359)\times 10^4$ 个/ m^3 , 平均为 2.518×10^4 个/ m^3 , 占浮游植物总平均的 48.6%; 甲藻占 7.0%。硅藻和蓝藻为优势类群, 个体数量及其分布决定了浮游植物总个体数量及其分布。赤潮生物平均个体数量为 3.744×10^4 个/ m^3 , 占总个体数量的 72.2%。由图 4.1 - 8 可见, 海区浮游植物个体数量分布不均匀, 较为随机。

表 4.1 - 15 各站硅藻、甲藻与蓝藻个体数量 ($\times 10^4$ 个/ m^3)

站号	硅藻	甲藻	蓝藻	合计
D1	█	█	█	█
D3	█	█	█	█
D5	█	█	█	█
D7	█	█	█	█
D8	█	█	█	█
D9	█	█	█	█
D12	█	█	█	█
D13	█	█	█	█
D14	█	█	█	█

D16	■	■	■	■
D18	■	■	■	■
D20	■	■	■	■
最小	■	■	■	■
最大	■	■	■	■
均值	■	■	■	■

表 4.1 - 16 浮游植物个体数量水平分级 (单位: $\times 10^4$ 个/ m^3)

项目	等级					
	1	2	3	4	5	6
水平状况	低水平	中低水平	中等水平	中高水平	高水平	超高水平
水平指数	>1.0	1.0~0.8	0.8~0.6	0.6~0.4	0.4~0.2	<0.2
浮游植物	<20	20~50	50~75	75~100	100~200	>200

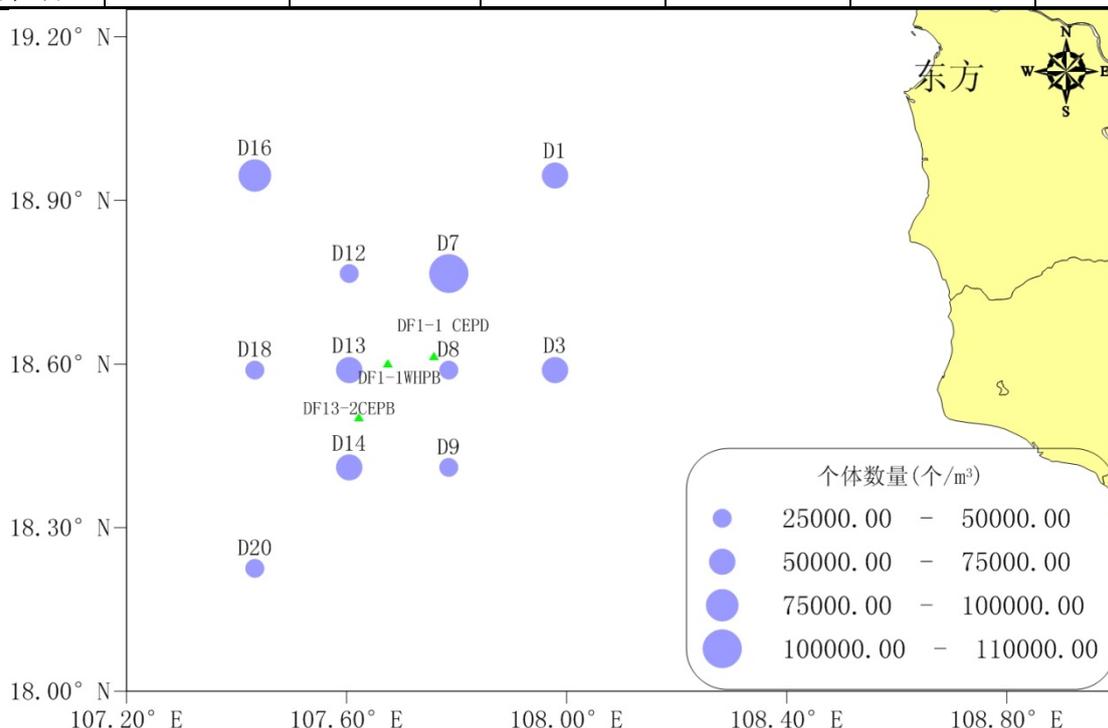


图 4.1 - 8 调查区各站浮游植物个体数量分布(个/ m^3)

优势种的优势度有多种方法表示, 这里用两种计算公式表示一个站上的优势度和整个海区的优势度:

对于某一个站上的优势度可用百分比表示, $D = n_i / N \cdot 100\%$ (式中: D —第 i 种的百分比优势度; n_i ——第 i 种的数量; N ——该站群落中所有种的数量, 本报告用密度表示); 对于某一

区域的优势度, 计算公式为 $Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$ (式中: n_i 为第 i 种的数量; f_i 为该种在各站出现的频率;

N 为群落中所有种的数量)。其中, $Y \geq 0.02$ 的判定为该区域的优势种。

根据区域优势种的定义, 整个调查海区浮游植物共出现优势种 5 种, 有铁氏束毛藻、翼根管藻纤细变型、柔弱菱形藻、红海束毛藻、薄壁半管藻, 优势度分别为 0.442、0.054、0.053、0.036、0.035, 调查海区出现的优势种类较少, 优势种数量优势明显, 见表 4.1 - 17。

铁氏束毛藻 (*Trichodesmiumthiebautii*) 海区第一优势种。蓝藻, 外洋性暖水种类。在海区所有的站点出现, 是 11 个站的第一优势种, 1 个站的第二优势种, 平均个体数量为 2.29×10^4 个/m³, 占总数量的 44.2%。

由表 4.1 - 17 可见, 海区浮游植物各站出现的优势种较多, 除海区优势种外, 出现的站优势种有细弱海链藻、中肋骨条藻、叉角藻、覆瓦根管藻斯鲁变种、大西洋角毛藻骨条变种、伏氏海毛藻、佛郎梯形藻等 7 种。海区各站浮游植物的种类组成相似度较高。

表 4.1 - 17 调查海区各站浮游植物优势种及优势度

站号	第一优势种		第二优势种		第三优势种	
	种类	百分比	种类	百分比	种类	百分比
D1	铁氏束毛藻	████	红海束毛藻	████	细弱海链藻	████
D3	柔弱菱形藻	████	铁氏束毛藻	████	中肋骨条藻	████
D5	铁氏束毛藻	████	翼根管藻纤细变型	████	叉角藻	████
D7	铁氏束毛藻	████	翼根管藻纤细变型	████	薄壁半管藻	████
D8	铁氏束毛藻	████	翼根管藻纤细变型	████	覆瓦根管藻斯鲁变种	████
D9	铁氏束毛藻	████	菱形海线藻	████	覆瓦根管藻斯鲁变种	████
D12	铁氏束毛藻	████	薄壁半管藻	████	大西洋角毛藻骨条变种	████
D13	铁氏束毛藻	████	伏氏海毛藻	████	中肋骨条藻	████
D14	铁氏束毛藻	████	柔弱菱形藻	████	佛郎梯形藻	████
D16	铁氏束毛藻	████	翼根管藻纤细变型	████	薄壁半管藻	████
D18	铁氏束毛藻	████	柔弱菱形藻	████	中肋骨条藻	████
D20	铁氏束毛藻	████	柔弱菱形藻	████	菱形海线藻	████

③生态类型组成

调查海区浮游植物生态类型主要有 3 个, 大洋暖水群落 (32 种, 占 35.6%, 优势种铁氏束毛藻、红海束毛藻属于该群落), 沿岸暖温群落 (18 种, 占 20.0%), 沿岸广温群落 (14 种, 占 15.6%, 优势种翼根管藻纤细变型和柔弱菱形藻属于该群落)。从温度适应性来看, 海区以暖水种最多, 有 50 种, 占 55.6%; 从盐度适应性来看, 大洋种和沿岸种并重, 各有 39 种, 各占 43.3%。

④多样性、均匀度和丰度

种类多样性指数是生物群落结构的一个重要属性的反映, 可作为水质评价的生物指标, 并可用来预测赤潮。现使用 Shannon-Wiener 法的多样性指数计算公式和 Pielous 均匀度计算公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i \quad J' = \frac{H}{\log_2 s}$$

式中 H' 为多样性指数; s 为种类数; $P_i = n_i/N$ (n_i 是第 i 个物种的个体数, N 是全部物种的个

体数)。根据《海洋赤潮调查技术规程》(国家海洋局, 2002年2月)中的赤潮判别与分级指标: H' 值在 3~4 为清洁区域, 2~3 为轻度污染, 1~2 为中度污染, <1 为重污染; 赤潮发生时生物的多样性指数通常在 0~1 之间, 是严重富营养化的表现。

丰度是表示群落中种类丰富程度的指数, 是应当首先了解的群落问题。丰度的计算公式有多种, 现采用马卡列夫(Margalef, 1958)的计算式: $d=(S-1)/\log_2 N$;

其中: d 表示丰度, S 表示样品中的种类总数, N 表示样品中生物的总个体数。一般而言, 健康的环境, 种类丰度高, 污染环境, 种类丰度降低。

经计算, 各站浮游植物多样性指数、均匀度和丰度列于表 4.1 - 18, 多样性分布见图 4.1 - 9。

海区各站多样性指数差异较明显, 海区多样性除海区东南部的 D5 和海区中部的 D8、D9、D12 站以及海区西北、西南的 D16 站和 D20 站多样性小于 3, 显示为轻度污染, 其余海区 50% 调查站多样性均高于 3, 显示为清洁。多数调查站多样性和丰富度较高, 海区出现的浮游植物种类较多, 数量分布较为均匀。各项指标表明调查海区大部浮游植物环境较好, 水环境差异不大且清洁, 出现的生物种类较多, 数量分布较均匀, 优势度不大。

表 4.1 - 18 浮游植物的多样性、均匀度和丰度

站号	种数	多样性指数	均匀度	丰度
D1	■	■	■	■
D3	■	■	■	■
D5	■	■	■	■
D7	■	■	■	■
D8	■	■	■	■
D9	■	■	■	■
D12	■	■	■	■
D13	■	■	■	■
D14	■	■	■	■
D16	■	■	■	■
D18	■	■	■	■
D20	■	■	■	■
范围		1.834~3.423	0.497~0.740	0.845~1.957
平均值		2.920	0.648	1.417

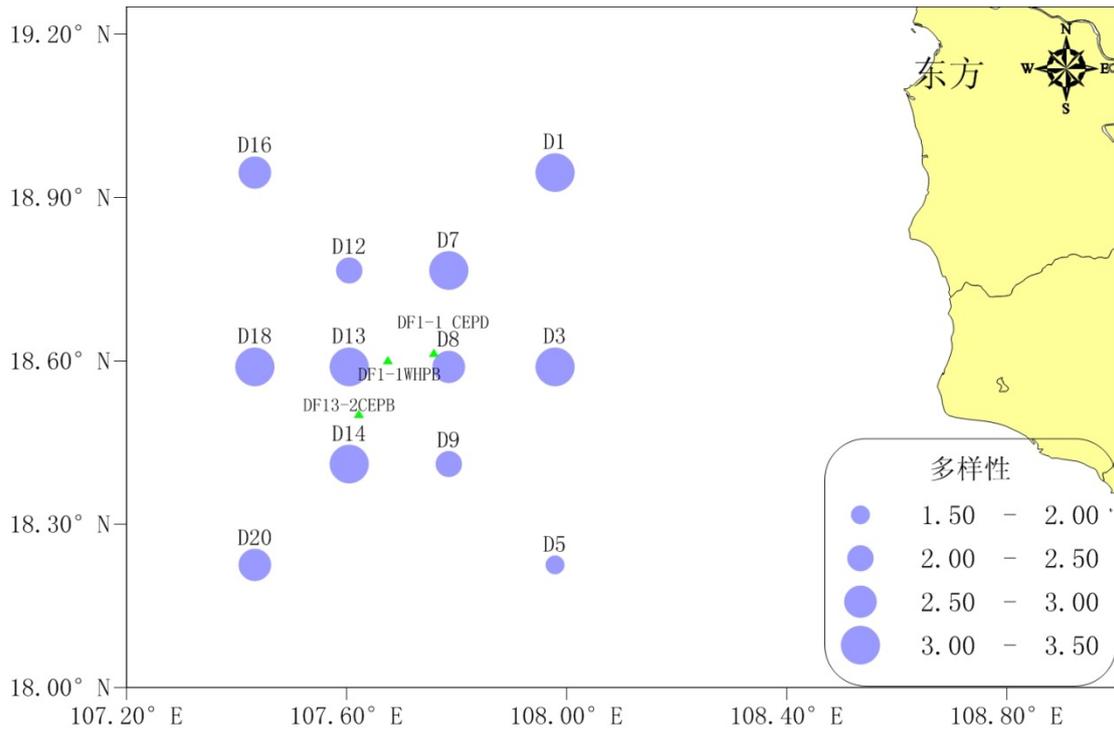


图 4.1 - 9 调查区各站浮游植物多样性分布

(3) 浮游动物

① 种类组成

本次调查共鉴定出终生浮游动物 11 类 83 种(类)和阶段性浮游幼体(包括鱼卵、仔稚鱼)14 类, 各类群浮游动物的种类构成如图 4.1 - 10 所示。其中以桡足类种类数最多, 共计 30 种(类), 占总种类数的 30.9%; 其次为腔肠动物, 共 17 种(类), 占总种类数的 17.4%; 浮游幼体 14 类, 占 14.4%; 毛颚类 10 种, 占 10.3%; 其他类群按种类数由多到少依次为被囊类、翼足类、介形类、端足类、异足类、十足类、糠虾类和磷虾类。

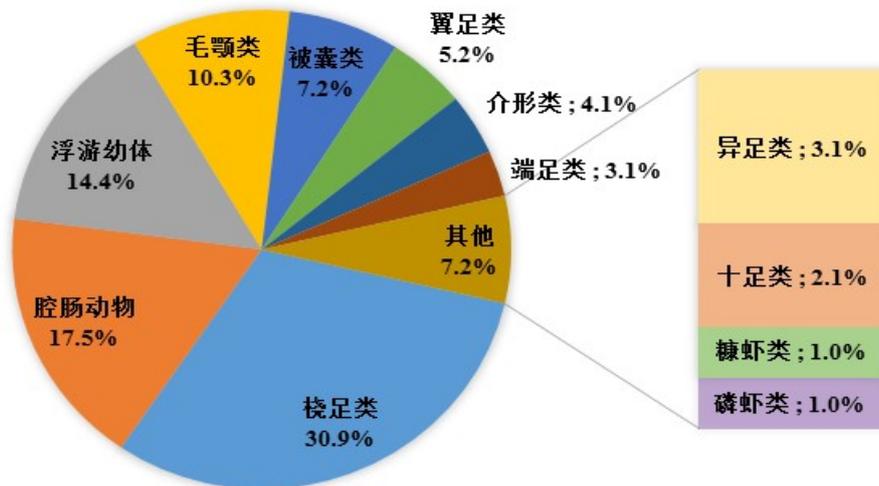


图 4.1 - 10 浮游动物类别构成

表 4.1 - 19 为不同类群浮游动物在调查海区各站点的平面分布情况。从图 4.1 - 11 可以看出，浮游动物在调查海区的种类较多，分布均匀，各调查站点间的种类数差异很小。其中 D1 站点的种类数最多，为 49 种（类）；D3 和 D5 站点的种类数最少，为 39 种（类）。种类分布上，除糠虾类和介形类外，其余类群都为调查海区的常见类群，基本每个调查站点都有分布。

表 4.1 - 19 各站点浮游动物种类组成（表中数值表示种/类数）

站位	腔肠动物	桡足类	端足类	糠虾类	磷虾类	十足类	介形类	翼足类	异足类	毛颚类	被囊类	浮游幼体	总种数
D1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D13	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D14	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D16	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D18	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
全海区	17	30	3	1	1	2	4	5	3	10	7	14	97

注：“△”表示该类群在调查站点没有出现

②生物量

调查海区浮游动物生物量的平面分布见表 4.1-20 和图 4.1 - 11。各站位浮游动物的平均生物量为 74.01mg/m³，变化范围为 20.95~132.90mg/m³，最高值和最低值分别出现在 D18 站点和 D3 站点。调查海区浮游动物的生物量差别较大，以 DF1-1WHPB 平台为中心，生物量高的站点集中于调查海区的中、北部区域，南部调查站点的生物量较低。

表 4.1-20 浮游动物生物量 (mg/m³)

站位	D1	D3	D5	D7	D8	D9	D12	D13
总生物量	■	■	■	■	■	■	■	■
站位	■	■	■	■	■	■	■	■
总生物量	■	■	■	■	■	■	■	■

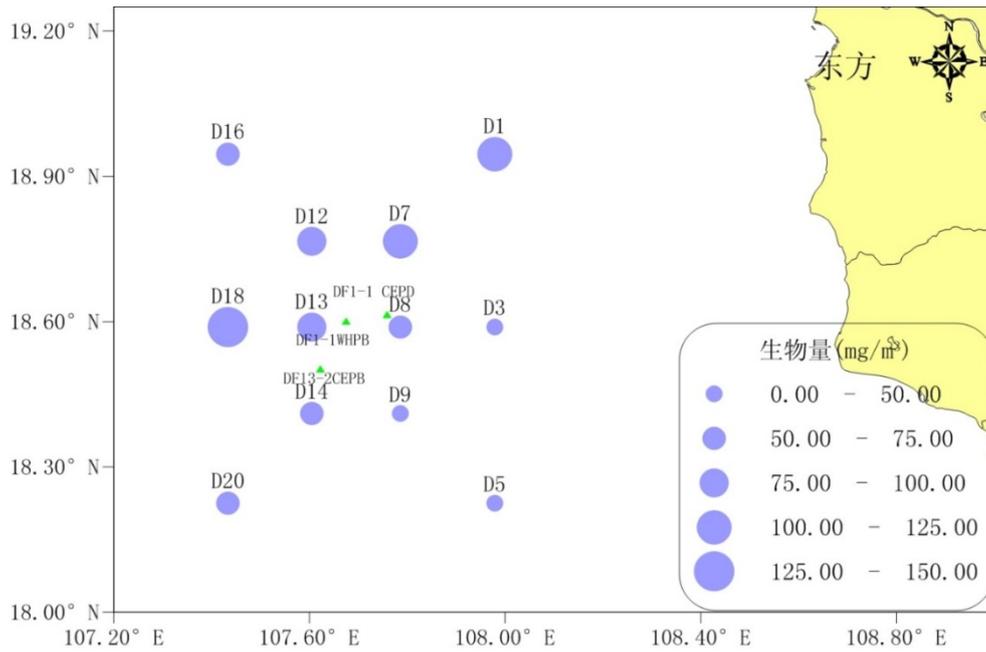


图 4.1 - 11 调查海区浮游动物生物量 (mg/m^3) 平面分布

③数量分布

调查海区浮游动物个体数量的平面分布见表 4.1-21 和图 4.1 - 12。浮游动物丰度值的变化范围为 $23.92\text{ind.}/\text{m}^3 \sim 152.44\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均 $105.35\text{ind.}/\text{m}^3$ ，其中在 D3 站点数量最少，D7 站点数量最多。除南部调查海区的 D3、D5 和 D20 站点丰度值相对其他站位较低外，其余站点的浮游动物丰度差异不大。

由表 4.1-21 可以看出，调查海区浮游动物个体数量最多的类群为桡足类，占海区浮游动物总数的 66.5%；其次为浮游幼体，占总丰度的 11.9%，而浮游幼体数量除桡足类幼体外，主要集中在长尾类幼体、鱼卵、虾蛄类的阿利玛幼体和短尾类幼体等阶段性浮游幼体。此外，调查海区毛颚类和被囊类的个体数量也较多。

表 4.1-21 浮游动物个体数量 ($\text{ind.}/\text{m}^3$)

类群	桡足类	浮游幼体	毛颚类	被囊类	腔肠动物	翼足类	其它六类	总计
D1	████	██	██	██	██	██	██	████
D3	██	██	██	██	██	██	██	████
D5	██	██	██	██	██	██	██	████
D7	████	██	██	██	██	██	██	████
D8	████	██	██	██	██	██	██	████
D9	████	██	██	██	██	██	██	████
D12	████	██	██	██	██	██	██	████
D13	████	██	██	██	██	██	██	████
D14	████	██	██	██	██	██	██	████
D16	████	██	██	██	██	██	██	████

D18	■	■	■	■	■	■	■	■
D20	■	■	■	■	■	■	■	■
百分比 (%)	■	■	■	■	■	■	■	■

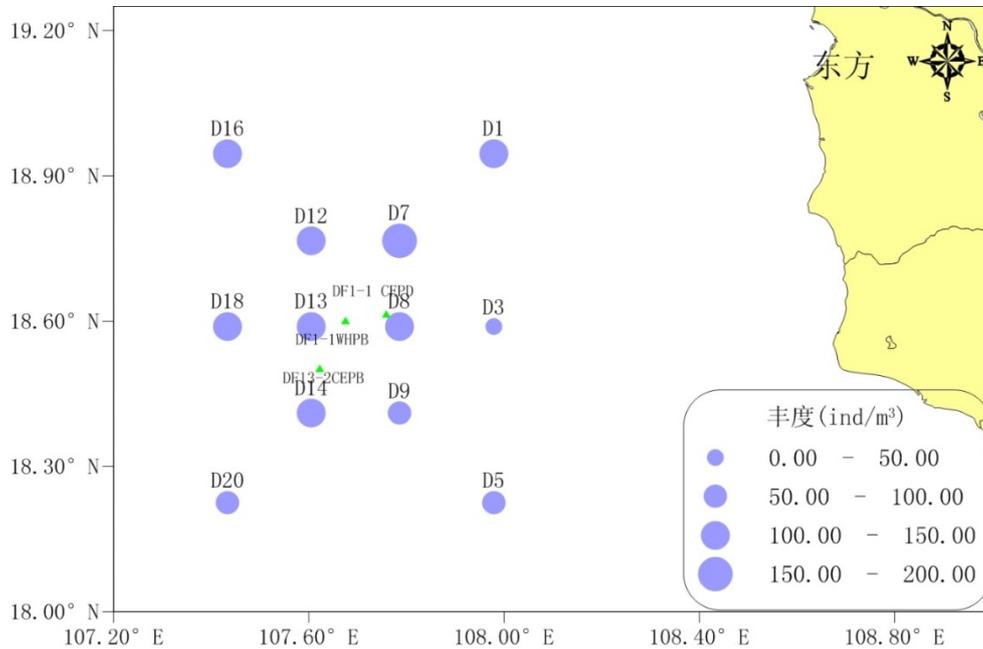


图 4.1 - 12 调查海区浮游动物个体数量平面分布 (个/m³)

④优势种和种群结构分布

优势度计算方法与浮游植物相同，计算各种生物的优势度（幼体类和鱼卵稚仔鱼不计），根据 $Y \geq 0.02$ 确定调查海域的优势种（类）。根据计算结果可知此次调查该海域的优势种为精致真刺水蚤、普通波水蚤、住囊虫、微刺哲水蚤、百陶箭虫、肥胖箭虫和异尾宽水蚤，优势度分别为 0.52、0.09、0.04、0.03、0.03、0.03 和 0.03（表 4.1-22）。由于个体数量小形态特征不明显，调查海区中的住囊虫统归为住囊虫（*Oikopleuraspp.*）进行计数，统计结果显示住囊虫为调查海区的一个优势类群。除异尾宽水蚤在 D7 站点未发现外，其余优势种（类）在整个调查海区均有分布。

表 4.1-22 浮游动物优势种及优势度

优势种	拉丁名	优势度	平均丰度 (ind./m ³)	出现频率 (%)
精致真刺水蚤	<i>Euchaetaconcinna</i>	■	■	■
普通波水蚤	<i>Undinulavulgaris</i>	■	■	■
住囊虫属	<i>Oikopleuraspp.</i>	■	■	■
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanuspauper</i>	■	■	■
百陶箭虫	<i>Sagittabedoti</i>	■	■	■
肥胖箭虫	<i>Sagittaenflata</i>	■	■	■
异尾宽水蚤	<i>Temoradiscaudata</i>	■	■	■

表 4.1 - 23 为主要优势种在各调查站点的数量分布情况，由表可知，精致真刺水蚤是调查

海区的绝对优势种，其优势度高达 0.52，在所有调查站点均有大量分布，占各站点浮游动物总数量的 30%以上。

表 4.1 - 23 主要优势种在各调查站位的分布

站位	精致真刺水蚤		普通波水蚤		住囊虫属		微刺哲水蚤	
	个体数	百分比 (%)	个体数	百分比 (%)	个体数	百分比 (%)	个体数	百分比 (%)
D1	■	■	■	■	■	■	■	■
D3	■	■	■	■	■	■	■	■
D5	■	■	■	■	■	■	■	■
D7	■	■	■	■	■	■	■	■
D8	■	■	■	■	■	■	■	■
D9	■	■	■	■	■	■	■	■
D12	■	■	■	■	■	■	■	■
D13	■	■	■	■	■	■	■	■
D14	■	■	■	■	■	■	■	■
D16	■	■	■	■	■	■	■	■
D18	■	■	■	■	■	■	■	■
D20	■	■	■	■	■	■	■	■

生态类型上，调查海区浮游动物以暖水种为主，出现的暖水种类最多，调查海区优势种主要为沿岸表层暖水种（代表种为精致真刺水蚤和肥胖箭虫）和外海暖流指示种（代表种为普通波水蚤）。

⑤ 种类多样性、均匀度、丰度和优势度

群落多样性指数和均匀度的计算公式与浮游植物相同，其计算结果列于表 4.1 - 24。由表 4.1 - 24 可知，调查海区浮游动物多样性指数和丰富度的均值分别为 3.37 和 6.53，均匀度平均 0.62，变化范围为 0.48~0.74。均匀度的变化趋势与多样性指数基本一致。此次调查中绝大多数站点的多样性指数在 2.5~4.0 之间，没有多样性指数低于 2 的站点。总体来看，调查海区浮游动物群落的生物多样性水平较高，群落间的种类分布也较为均匀，浮游动物群落结构较稳定，海区生态环境处于健康状态。

表 4.1 - 24 调查海区浮游动物的多样性指数、均匀度和丰富度

站位	多样性指数 (H')	丰富度 (d)	均匀度 (J)
D1	■	■	■
D3	■	■	■
D5	■	■	■
D7	■	■	■
D8	■	■	■
D9	■	■	■
D12	■	■	■
D13	■	■	■

站位	多样性指数 (H')	丰富度 (d)	均匀度 (J)
D14	■	■	■
D16	■	■	■
D18	■	■	■
D20	■	■	■
平均值	■	■	■
范围	■■■■	■■■■	■■■■

(4) 鱼卵和仔稚鱼

① 种类组成

本次调查采集的鱼卵和仔稚鱼样品经鉴定共有 41 种（其中 18 种鉴定到种，其余 23 种鉴定到属及以上），其中鱼卵 20 种，仔稚鱼 29 种。

(1) 鱼卵

垂直拖网鱼卵共出现 20 种，数量最多的种类为鲭科 (*Scombridaesp.*) 鱼卵，占垂直拖网鱼卵总数的 34.9%；其次为鲹科 (*Carangidaesp.*) 鱼卵，占 25.1%。水平拖网鱼卵共出现 14 种，数量最多的种类为鲹科鱼卵，占水平拖网鱼卵总数的 62.6%；其次为鲭科鱼卵，占 27.3%。

在调查的站位中，D12 站出现 10 种鱼卵，为出现鱼卵种类最多的站位；其次为 D1 站和 D16 站，各捕获 9 种鱼卵；种数最少的为 D14 站，捕获 3 种鱼卵，其余各站鱼卵种数详见表 4.1 - 25。

(2) 仔稚鱼

垂直拖网仔稚鱼共出现 28 种，数量最多的种类为犀鳕科 (*Bregmacerotidaesp.*) 仔鱼，占垂直拖网仔稚鱼总数的 27.7%；其次为鲹科仔鱼，占 13.4%。水平拖网采集仔稚鱼 3 种，数量最多的为金线鱼 (*Nemipterusvirgatus*)，占水平拖网仔稚鱼总数的 50.0%，其次为条尾绯鲤 (*Upeneusbensasi*) 和鲈 (*Scomberjaponicus*)，各占 25.0%。

在调查的站位中，D1 站和 D7 站出现 7 种仔稚鱼，为出现仔稚鱼种类最多的站位，其次为 D16 站，捕获 6 种仔稚鱼；种数最少的为 D3 站和 D20 站，未捕获到仔稚鱼，其余各站仔稚鱼种数详见表 4.1 - 25。

表 4.1 - 25 各调查站位鱼卵、仔稚鱼种类数

项目 站位	鱼卵			仔稚鱼		
	垂直拖网	水平拖网	合计	垂直拖网	水平拖网	合计
D1	■	■	■	■	■	■
D3	■	■	■	■	■	■
D5	■	■	■	■	■	■

D7						
D8						
D9						
D12						
D13						
D14						
D16						
D18						
D20						
合计						

②数量分布

(1) 鱼卵

本次调查采集到鱼卵 8521 粒，其中垂直拖网捕获 214 粒，水平拖网捕获 8307 粒。

鱼卵平均丰度为 $0.59\text{ind}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $(0.06\sim 1.23)\text{ind}/\text{m}^3$ ，北部区域丰度较高（图 4.1 - 13）。丰度最高为 D12 站（ $1.23\text{ind}/\text{m}^3$ ）；其次为 D13 站和 D16 站，丰度分别为 $1.21\text{ind}/\text{m}^3$ 和 $1.03\text{ind}/\text{m}^3$ ；丰度最低的站位为 D14 站和 D20 站，均为 $0.06\text{ind}/\text{m}^3$ 。

水平拖网采集到的鱼卵数量变化范围为（7~6395）粒，主要分布在 D3 和 D13 站，网获量分别为 6395 粒、944 粒。最低为 D9 站和 D14 站，网获量均为 7 粒。

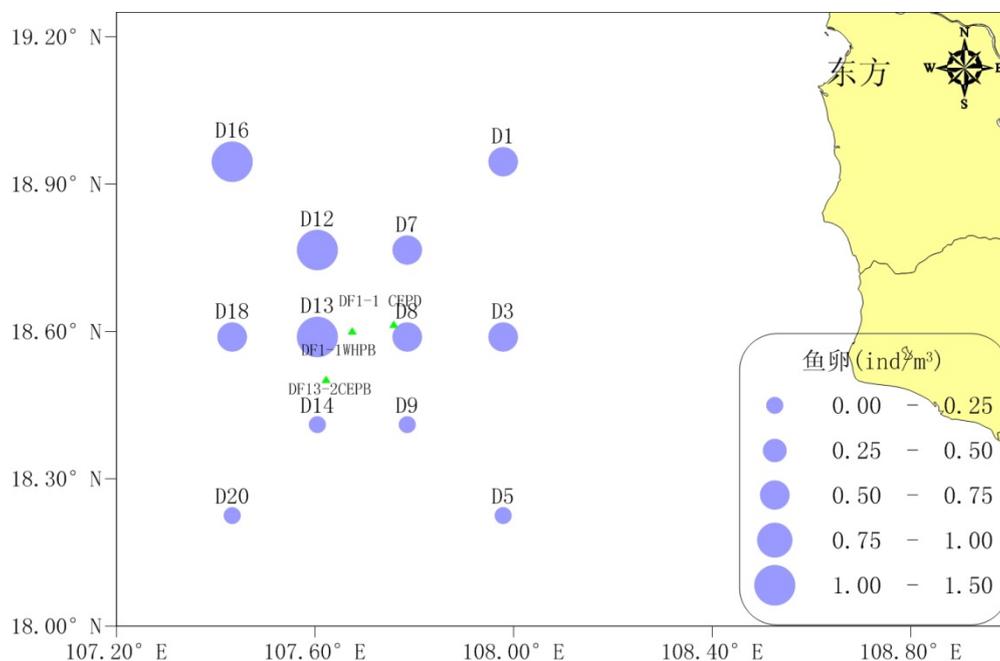


图 4.1 - 13 调查海区鱼卵丰度平面分布图

(2) 仔稚鱼

本次调查共采集到仔稚鱼 66 尾，其中垂直拖网捕获 62 尾，水平拖网捕获 4 尾。

仔稚鱼平均丰度为 $0.20\text{ind}/\text{m}^3$, 变化范围为 $(0.04\sim 0.50)\text{ind}/\text{m}^3$ 。高丰度区域出现在 D3 站, 丰度为 $0.50\text{ind}/\text{m}^3$; 其次为 D1 站和 D16 站, 丰度分别为 $0.43\text{ind}/\text{m}^3$ 、 $0.38\text{ind}/\text{m}^3$; 丰度最低为 D12 站, 丰度值为 $0.04\text{ind}/\text{m}^3$ 。由丰度平面分布图 (图 4.1 - 14) 可以看出, 调查区北端丰度高于南端, 但高值区域不集中, 总体看来, 各站位间差别不大。

水平拖网采集到的仔稚鱼数量变化范围为 (0~2) 尾, 网获量最高的站位为 D18 站, 数量为 2 尾; 其次为 D5 站和 D9 站, 各采集 1 尾仔鱼; 其他站未采集到仔稚鱼。

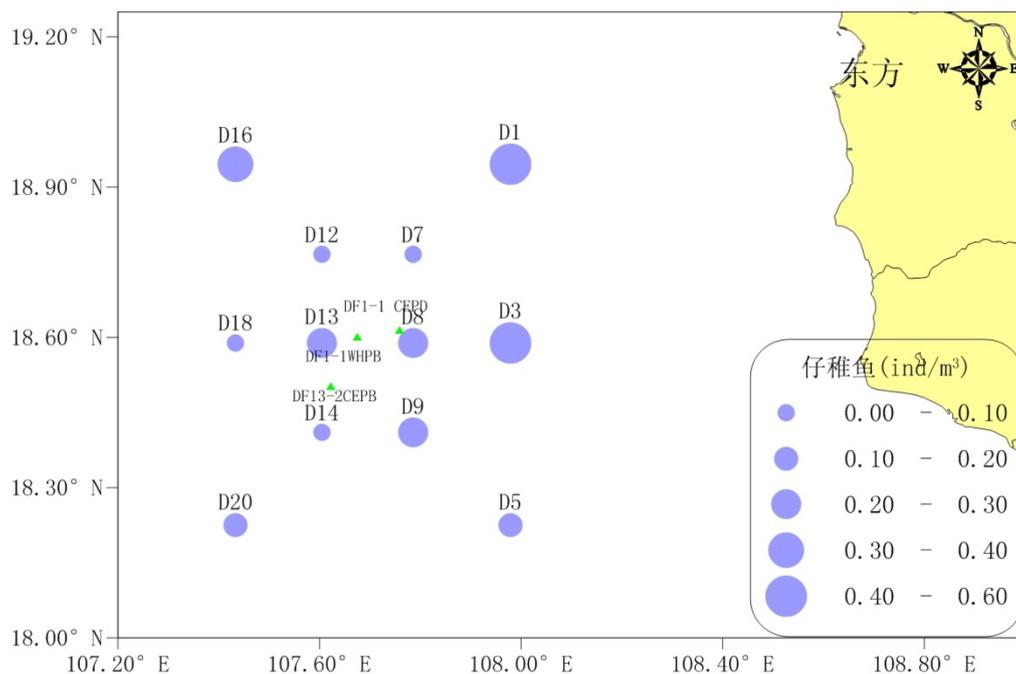


图 4.1 - 14 调查海区仔稚鱼丰度平面分布图

③优势类群的数量分布

本次调查出现数量较多的类群有鲹科、鲭科和犀鲭科鱼类。

(1) 鲹科鱼类

南海的鲹科鱼类有蓝圆鲹 (*Decapterus maruadsi*)、竹荚鱼 (*Trachurus japonicus*)、纺锤鲷 (*Elagatis bipinnulatus*) 等种类, 具有较高的经济价值。本次调查中鲹科鱼类的鱼卵和仔稚鱼均有采集, 其中鱼卵数量所占比例较高。

鲹科鱼卵的采集总量为 5252 粒, 其中垂直拖网采集 54 粒, 水平拖网采集 5198 粒, 12 个调查站位均有分布, 出现频率为 100%。平均丰度为 $0.15\text{ind}/\text{m}^3$, 变化范围为 $(0.00\sim 0.42)\text{ind}/\text{m}^3$, 占海区平均丰度之 25.1%。丰度较高的站位有 D16、D13、D12、D8 站等, 丰度分别为 $0.42\text{ind}/\text{m}^3$ 、 $0.39\text{ind}/\text{m}^3$ 、 $0.25\text{ind}/\text{m}^3$ 、 $0.24\text{ind}/\text{m}^3$ 。水平拖网中鲹科鱼卵的采集量变化范围为 (2~4320) 粒, 数量较高的站位为 D3 站和 D13 站, 分别采集 4320 粒和 558 粒。

鲹科仔稚鱼的采集总量为 8 尾, 包括蓝圆鲹、纺锤鲷、长体圆鲹 (*Decapterus macrosoma*) 和长颌似鲹 (*Scomberoides lysan*) 等鱼类, 均出现于垂直拖网样品中, 分布于 7 个站位, 出现频率为 58.3%。平均丰度为 0.02 ind/m^3 , 变化范围为 $(0.00 \sim 0.11) \text{ ind/m}^3$, 占海区平均丰度之 13.4%。丰度较高的站位有 D13 站和 D8 站, 丰度分别为 0.11 ind/m^3 、 0.06 ind/m^3 。

(2) 鲭科鱼类

南海的鲭科鱼类包括鲐、康氏马鲛 (*Scomberomorus commerson*)、扁舵鲂 (*Auxisthazard*) 等种类, 具有较高的经济价值。本次调查中鲭科鱼类的鱼卵及仔稚鱼均有采获, 其中鱼卵的数量较高。

鲭科鱼卵的采集总量为 2339 粒, 其中垂直拖网采集 72 粒, 水平拖网采集 2267 粒, 共出现于 9 个站位, 出现频率为 75.0%。平均丰度为 0.21 ind/m^3 , 变化范围为 $(0.00 \sim 0.76) \text{ ind/m}^3$, 占海区平均丰度之 34.9%。丰度较高的站位有 D12、D13、D7 站等, 丰度分别为 0.76 ind/m^3 、 0.71 ind/m^3 、 0.31 ind/m^3 。水平拖网中鲭科鱼卵的采获量变化范围为 (0~1935) 粒, 数量较高的站位为 D3 站和 D13 站, 分别采获 1935 粒和 328 粒。

鲭科仔稚鱼的采获数量为 1 尾, 仅出现于水平拖网的 D18 站, 垂直拖网未采获到鲭科仔稚鱼。

(3) 犀鲂科鱼类

南海的犀鲂科鱼类包括银腰犀鲂 (*Bregmaceros nectabanus*)、深水游犀鲂 (*Bregmaceros bathmaster*) 和麦氏犀鲂 (*Bregmaceros maclellandii*) 等种类, 经济价值不高。本次调查中犀鲂科鱼类全部为仔稚鱼, 均出现于垂直拖网样品中。

犀鲂科仔鱼的采集总量为 16 尾, 共出现于 6 个站位, 出现频率为 50.0%。平均丰度为 0.05 ind/m^3 , 变化范围为 $(0.00 \sim 0.17) \text{ ind/m}^3$, 占海区平均丰度之 27.7%, 丰度最高的站位有 D1、D7、D16 站等, 丰度分别为 0.17 ind/m^3 、 0.13 ind/m^3 、 0.13 ind/m^3 。

(5) 底栖生物

① 种类组成及分布

调查区底栖生物样品经鉴定共有 7 大门类 73 种, 其中节肢动物种类最多, 有 25 种, 约占总种数的 34.2%; 软体动物、环节动物和棘皮动物次之, 分别有 12 种, 各占总种数的 16.4%; 脊索动物有 10 种, 占总种数的 13.7%; 其它类群比重较低, 详细的种类组成见图 4.1 - 15, 底栖生物种类组成以近岸广温广盐种类为主。

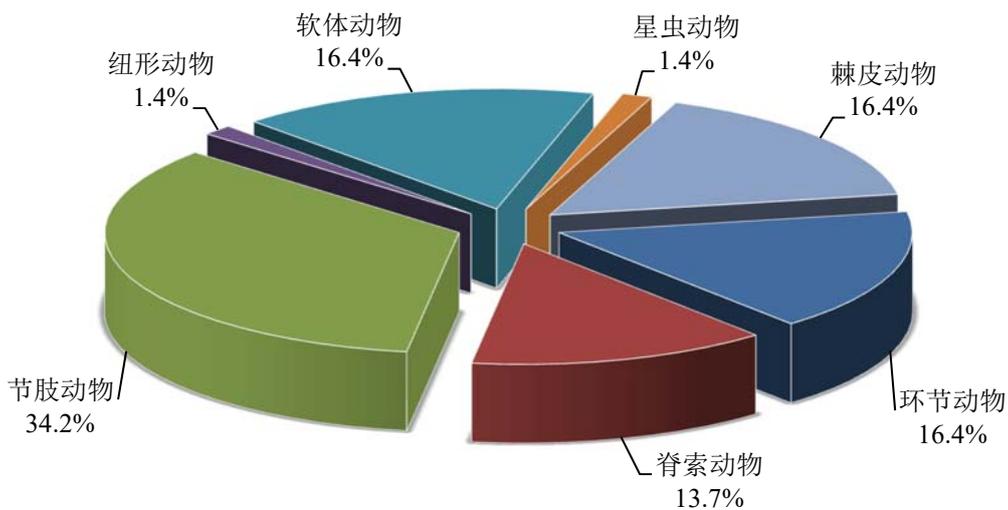


图 4.1 - 15 大型底栖生物种类组成

② 栖息密度和生物量的组成及分布

底栖生物的栖息密度和生物量分析结果来源于定量挖泥样品, 结果见表 4.1 - 26 和表 4.1 - 27。

底栖生物的平均栖息密度为 51.3ind/m², 平均生物量为 5.4g/m²。

由下表可知, 调查区各类群的底栖生物栖息密度差异较大, 由于在部分站位采集到大量的毛头梨体星虫, 星虫动物的比重最大, 栖息密度为 34.2ind/m², 占总栖息密度的 66.7%; 棘皮动物为 7.5ind/m², 占栖息密度组成的 14.6%。按栖息密度组成大小排列依次为: 星虫动物>棘皮动物>环节动物>节肢动物>纽形动物>软体动物。

生物量组成结构差异更大, 棘皮动物占了总生物量的 82.1%的比重, 其生物量为 4.46g/m², 其它类群的比重都很低。按生物量组成大小排列依次为: 棘皮动物>星虫动物>环节动物>纽形动物>节肢动物>软体动物。

表 4.1 - 26 大型底栖生物种类栖息密度和生物量的组成

站号	栖息密度		生物量	
	ind/m ²	百分比(%)	g/m ²	百分比(%)
环节动物	■	■	■	■
棘皮动物	■	■	■	■
节肢动物	■	■	■	■
纽形动物	■	■	■	■
软体动物	■	■	■	■
星虫动物	■	■	■	■

由表 4.1 - 27 及图 4.1 - 16、图 4.1 - 17 可知, 调查区的栖息密度和生物量的站间差异都较大, 而生物量的站间差异大于栖息密度, 显示生物量的分布更为不均。以平台为中心的东部有

一个栖息密度的高值区,调查区北部的栖息密度高于南部;生物量的高值区分布在调查区中部,以平台为中心的断面上。

表 4.1 - 27 底栖生物栖息密度和生物量的分布

站号	栖息密度		生物量	
	ind/m ²	百分比(%)	g/m ²	百分比(%)
D1	■	■	■	■
D3	■	■	■	■
D5	■	■	■	■
D7	■	■	■	■
D8	■	■	■	■
D9	■	■	■	■
D12	■	■	■	■
D13	■	■	■	■
D14	■	■	■	■
D16	■	■	■	■
D18	■	■	■	■
D20	■	■	■	■

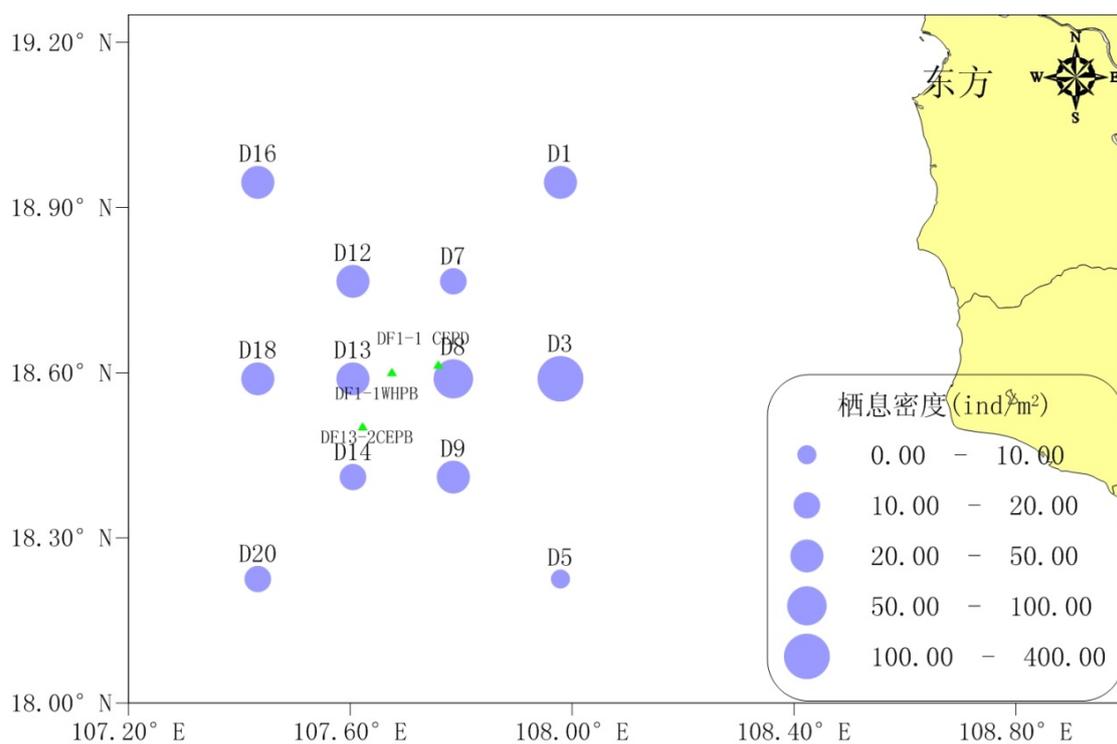


图 4.1 - 16 底栖生物栖息密度分布

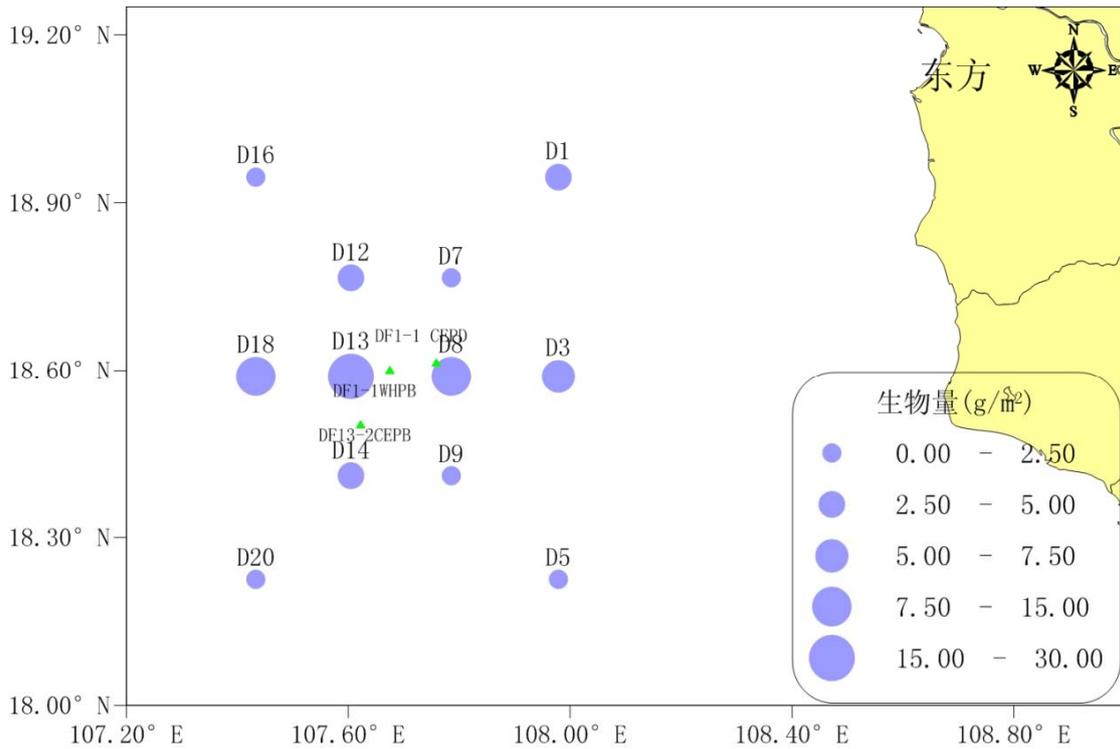


图 4.1 - 17 底栖生物生物量分布

③数量分布及优势种

大型底栖生物种类的个体数量分布情况根据定性拖网采集样品的数据分析得出，统计结果见表 4.1 - 28。

底栖生物定性拖网共获 5 大类生物体共 299 个，平均为 25 个/网。各站拖网获得的样品个体数量差异较大，D13 和 D3 站获得底栖生物个体数量较多，D9 和 D1 站最少。拖网获得底栖生物主要有棘皮动物、节肢动物和脊索动物，棘皮动物和节肢动物在每个站都有采集到，棘皮动物的平均个体数量最多。

表 4.1 - 28 底栖生物种类的数量分布

站点	环节动物	棘皮动物	脊索动物	节肢动物	软体动物	合计
D1	1	1	1	1	1	5
D3	1	2	1	1	1	6
D5	1	1	1	1	1	5
D7	1	1	1	1	1	5
D8	1	2	1	1	1	6
D9	1	1	1	1	1	5
D12	1	2	1	1	1	6
D13	1	2	2	2	1	8
D14	1	2	1	1	1	6
D16	1	1	1	1	1	5
D18	1	2	1	1	1	6
D20	1	1	1	1	1	5

均值	■	■	■	■	■	■
----	---	---	---	---	---	---

根据对底栖生物定性和定量数据的分析，调查区优势种见表 4.1 - 29。

优势种的数量共有 6 种，棘皮动物 3 种，脊索动物 2 种，星虫动物 1 种。第一优势种是定量样品中的毛头梨体星虫，该种类为营底栖生活，杂食小形动物、藻类、泥沙中的有机物等。定性样品中倍棘蛇尾的优势度和覆盖率最高。

表 4.1 - 29 底栖生物优势种及优势度

优势种		优势度	覆盖率
定性	颗粒沼蛇尾	■	■
	倍棘蛇尾	■	■
	麦氏犀鳕	■	■
	大鳞孔鰕虎鱼	■	■
定量	光滑倍棘蛇尾	■	■
	毛头梨体星虫	■	■

④ 种类多样性、均匀度和丰度

利用定性拖网数据计算多样性指数(H')、丰度(d)和均匀度(J)，计算方法与浮游植物相同，结果见表 4.1 - 30。

从表可知，调查区生物多样性指数、丰度的均值中等，均匀度良好，多样性指数和丰度在各站点间数值波动幅度不大。群落指数结果显示底栖生物群落结构较稳定，生物多样性和丰度属于中等水平。群落特征指数最高的是 D16 站，最低是 D3 和 D5 站。

表 4.1 - 30 底栖生物种类多样性指数、丰富度及均匀度

站号	H'	d	J
D1	■	■	■
D3	■	■	■
D5	■	■	■
D7	■	■	■
D8	■	■	■
D9	■	■	■
D12	■	■	■
D13	■	■	■
D14	■	■	■
D16	■	■	■
D18	■	■	■
D20	■	■	■
最大值	■	■	■
最小值	■	■	■
平均值	■	■	■

(6) 生物质量

生物质量检测分析样品来自底栖生物的定性调查，分析的底栖生物种类包括 6 个鱼类样品。生物残毒的分析指标有石油烃、总汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬。

①生物体残毒含量

由表 4.1 - 31 可知, Cu 和 Pb 在鱼类体内富集量和含量差异都大于其它因子, 鱼类体内绝对均值较低的是 Hg 和 Cd, 较高的为 Zn、石油烃和 As。

表 4.1 - 31 生物体内污染物含量

站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)							
		Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
	检出限	■	■	■	■	■	■	■	■
D3	触角尖尾鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
D5	大鳞舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
D14	孔鰕虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
D16	尼氏突吻鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
D18	纹颈鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
D20	大鳞舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■

②生物体质量评价

(1) 评价方法和标准

生物体内污染物质评价方法与水质评价方法相同, 采用单项分指数法。按照调查海域使用功能和环境保护目标, 贝类(双壳类)生物体内污染物质含量的评价标准采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)规定的第一类标准值, 其他类(甲壳类、软体类和鱼类)生物体内污染物质(Hg、Cu、Zn、As、Pb 和 Cd)含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准, 生物体内石油烃类含量的评价标准采用《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。各评价因子的评价标准值见表 4.1 - 32。

表 4.1 - 32 生物体污染物评价标准 ($\times 10^{-6}$ 湿重)

标准	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
贝类	■	■	■	■	■	■	■	■
甲壳类	■	■	■	■	■	■	■	■
鱼类	■	■	■	■	■	■	■	■

(2) 评价结果

生物质量标准指数计算和统计结果列于表 4.1 - 33。

由表可见, 海区整体生物质量状况良好, 鱼类测试样品没有出现超标。

检测的 6 个鱼类样品中都没有出现超标, 显示海区鱼类没有受到重金属等元素的污染, 生物质量良好, 鱼类体内各个因子平均指数值都较低。

表 4.1 - 33 生物质量标准指数

站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)							
		Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
D3	触角尖尾鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
D5	大鳞舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■

D14	孔鰕虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
D16	尼氏突吻鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
D18	纹颈鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
D20	大鳞舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
鱼类	均值	■	■	■	■	■	■	■	■
	超标率	■	■	■	■	■	■	■	■

注：由于 PAHs 缺少相关的评价标准，表中未列出其标准指数值。

4.1.5.4 渔业资源现状与评价

引自中国水产科学研究院南海水产研究所于 2019 年 10 月编制的《海南东方 13-2 气田渔业资源现状调查与评价报告》，调查时间为 2019 年 10 月 19 日至 21 日进行（秋季）。共设置 12 个调查站位，调查站位见图 4.1 - 18。

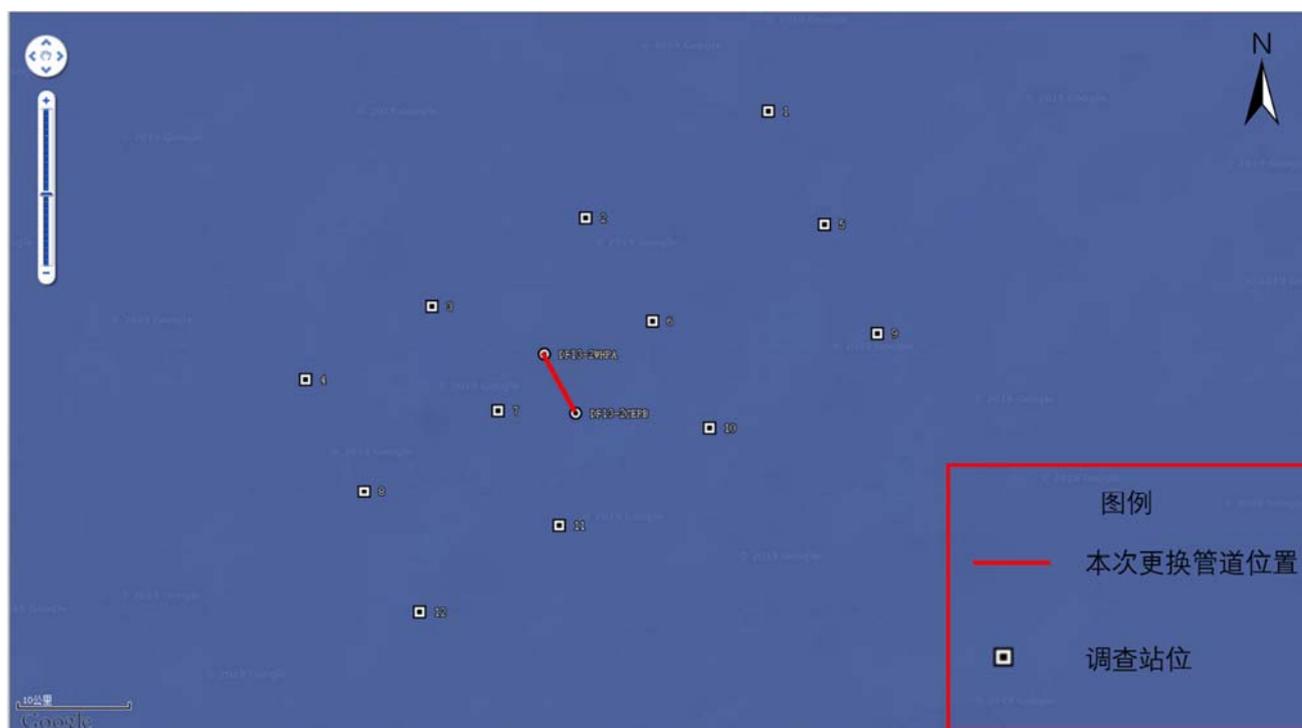


图 4.1 - 18 调查站位示意图

表 4.1 - 34 调查站位经纬度

站位	地理位置		调查项目
	纬度 (N)	经度 (E)	
1	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
2	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
3	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
4	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
5	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
6	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
7	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
8	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源

9	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
10	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
11	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源
12	■	■	鱼卵仔稚鱼、渔业资源

(1) 鱼类资源状况

① 种类组成

本次调查,共捕获游泳生物 137 种,隶属于 19 目 66 科。各站位出现的种类情况见表 4.1 - 35。其中:鱼类 100 种,隶属于 14 目 56 科,占渔获总种数的 72.99%,鱼类中鲈形目 29 科 59 种,占鱼类种类数的 59.00%;头足类 15 种,隶属于 3 目 4 科,占渔获总种数的 10.95%;甲壳类 22 种,隶属于 2 目 6 科,占渔获总种数的 16.06%,甲壳类中虾类 8 种,蟹类 9 种,虾蛄类 5 种。

表 4.1 - 35 各站位出现种类统计结果

站位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
鱼类	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
头足类	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
甲壳类	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
合计	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

② 渔获物组成和渔获量

本次调查各站位的渔获率见表 4.1 - 36。从表 4.1 - 36 可得出,平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 32.220kg/h 和 2785ind/h。其中:鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 27.765kg/h 和 2506ind/h,头足类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 2.723kg/h 和 57ind/h,甲壳类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.732kg/h 和 222ind/h。平均重量渔获率,鱼类最多,其次是头足类,最少是甲壳类;平均个体渔获率,鱼类最多,其次是甲壳类,最少是头足类。

表 4.1 - 36 各站位的重量渔获率 (kg/h) 和个体渔获率 (ind/h)

类群	站位	1	2	3	4	5	6	7
鱼类	重量渔获率	■	■	■	■	■	■	■
	个体渔获率	■	■	■	■	■	■	■
头足类	重量渔获率	■	■	■	■	■	■	■
	个体渔获率	■	■	■	■	■	■	■
甲壳类	重量渔获率	■	■	■	■	■	■	■
	个体渔获率	■	■	■	■	■	■	■
总和	重量渔获率	■	■	■	■	■	■	■
	个体渔获率	■	■	■	■	■	■	■
类群	站位	■	■	■	■	■	■	■
鱼类	重量渔获率	■	■	■	■	■	■	■

头足类	个体渔获率	■	■	■	■	■	■
	重量渔获率	■	■	■	■	■	■
甲壳类	个体渔获率	■	■	■	■	■	■
	重量渔获率	■	■	■	■	■	■
总和	重量渔获率	■	■	■	■	■	■
	个体渔获率	■	■	■	■	■	■

③资源密度评估

本次调查各站位的重量密度及个体密度见表 4.1 - 37。从表 4.1 - 37 可得出，平均重量密度和个体密度分别为 495.69kg/km² 和 42844ind/ km²。其中：鱼类平均重量密度和个体密度分别为 427.15kg/km² 和 38550ind/ km²，占总重量密度和个体密度分别为 86.17%和 89.98%；头足类平均重量密度和个体密度分别为 41.89kg/km² 和 881ind/ km²，占总重量密度和个体密度分别为 8.45%和 2.06%；甲壳类平均重量密度和个体密度分别为 26.65kg/km² 和 3413ind/ km²，占总重量密度和个体密度分别为 5.38%和 7.96%。平均重量密度，鱼类最多，其次是头足类，最少是甲壳类；平均个体密度，鱼类最多，其次是甲壳类，最少是头足类。

表 4.1 - 37 各站位的重量密度 (kg/km²) 和个体密度 (ind/ km²)

类群	站点	■	■	■	■	■	■
鱼类	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■
头足类	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■
甲壳类	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■
总和	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■
类群	站点	■	■	■	■	■	■
鱼类	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■
头足类	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■
甲壳类	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■
总和	重量密度	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■

本次调查不同类群各站点幼体的重量密度及个体密度见表 4.1 - 38。从表 4.1 - 38 得出，幼体的平均重量密度和个体密度分别为 185.15kg/km² 和 29199ind/ km²，占总重量密度和个体密度分别为 37.35%和 68.15%。其中：鱼类幼体的平均重量密度和个体密度分别为 157.58kg/km² 和 26403ind/ km²，占总重量密度和个体密度分别为 36.89%和 68.49%；头足类幼体的平均重量密度和个体密度分别为 16.32kg/km² 和 620ind/ km²，占总重量密度和个体密度分别为 38.96%

和 70.45%；甲壳类幼体的平均重量密度和个体密度分别为 11.25kg/km² 和 2176ind/ km²，占总重量密度和个体密度分别为 42.21%和 63.75%。幼体的平均重量密度，鱼类最多，其次是头足类，最少是甲壳类；幼体的平均个体密度，鱼类最多，其次是甲壳类，最少是头足类。

表 4.1 - 38 各站位幼体的重量密度 (kg/km²) 和个体密度 (ind/ km²)

类群	站位	1	2	3	4	5	6	7
鱼类	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■
头足类	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■
甲壳类	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■
总和	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■
类群	站位	■	■	■	■	■	■	■
鱼类	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■
头足类	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■
甲壳类	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■
总和	重量密度	■	■	■	■	■	■	■
	个体密度	■	■	■	■	■	■	■

(2) 主要经济鱼类的产卵期

评价区主要受沿岸的冲淡水 and 外海不同性质水团的相互影响，海况复杂，饵料生物丰富，是多种鱼类的索饵及产卵的主要场所之一。根据历年调查所掌握的资料，将调查水域主要经济鱼类的产卵期列于表 4.1 - 39。从表 4.1 - 39 中可知，各种鱼类的产卵期延续较长，3—8 个月不等，主要产卵盛期集中在 3—8 月份。

表 4.1 - 39 主要经济鱼类的产卵期

种 名	产卵期 (月份)	种 名	产卵期 (月份)
金色小沙丁鱼	12—翌年 4	真鲷	11—翌年 2, 5—7
多齿蛇鲻	3—8	二长棘鲷	1—3
花斑蛇鲻	4—6, 9—11	金线鱼	3—8
海鳗	3—4	深水金线鱼	3—9
油鲈	6—8	皮氏叫姑鱼	3—7
乌鲳	5—7	白姑鱼	4—8
短尾大眼鲷	5—7	鲷	4—6
长尾大眼鲷	5—8	黄斑蓝子鱼	4—5
蓝圆鲹	12—翌年 4	带鱼	3—11
竹荚鱼	12—翌年 1	刺鲳	1—7

(3) 主要经济鱼类的三场及洄游通道

主要经济鱼类的三场为越冬场、产卵场和索饵场。鱼类的产卵盛期为春季，鱼类的产卵区域一般集中在浅水区域，调查海域位于 70—90m 水深区域，该区域是主要经济鱼类的产卵场，也是幼鱼幼虾的索饵场。冬天主要经济鱼类游向水较深的海域进行越冬，因调查海域介于近岸浅水区域与外海深水区域之间，故调查区域也是主要经济鱼类的越冬场。

本项目位置附近海域位于北部湾区带渔业区东中偏南部，在北部湾的底层鱼类产卵场和海南岛南部的底层鱼类产卵场之间（图 4.1 - 19）。

根据农业部发布《中国海洋渔业水域图（第一批）—南海区渔业水域图》（图 3），南海底层、近底层鱼类产卵场主要包括金线鱼、深水金线鱼、二长棘鲷、绯鲤类和短尾大眼鲷等产卵场，其中金线鱼产卵场包括南海北部产卵场（由海南岛东岸一直延伸到汕尾附近，产卵期 3—8 月）、北部湾产卵场（产卵期 2—8 月）；二长棘鲷产卵场位于北部湾（产卵期 4—7 月）；绯鲤类产卵场为珠江口近海产卵场（产卵期 3—6 月）、海南岛以东近海产卵场（产卵期为 3—6 月）、珠江口-粤西外海产卵场（产卵期 3—6 月）与北部湾产卵场（产卵期 2—8 月）；深水金线鱼产卵场在海南岛东岸（产卵期为 3—9 月）；短尾大眼鲷产卵场在海南岛东部延伸到汕尾外海以及北部湾（产卵期 4—7 月）；长尾大眼鲷产卵场在海陵岛南部和北部湾（产卵期 5—7 月）；中国枪乌贼产卵场在台湾浅滩（产卵期为 5—9 月）。由此可见，每年 3 月到 8 月为南海底层、近底层鱼类产卵高峰期。

由于受地理位置、水文条件和季风变化等自然因素影响，北部湾的鱼类分化形成一个独立的地方生态群系。北部湾大部分鱼类在冬春季节到其东部和北部产卵、繁殖、育幼，秋季洄游到湾中西部，靠近越方一侧海域栖息、育肥，形成高度群聚。

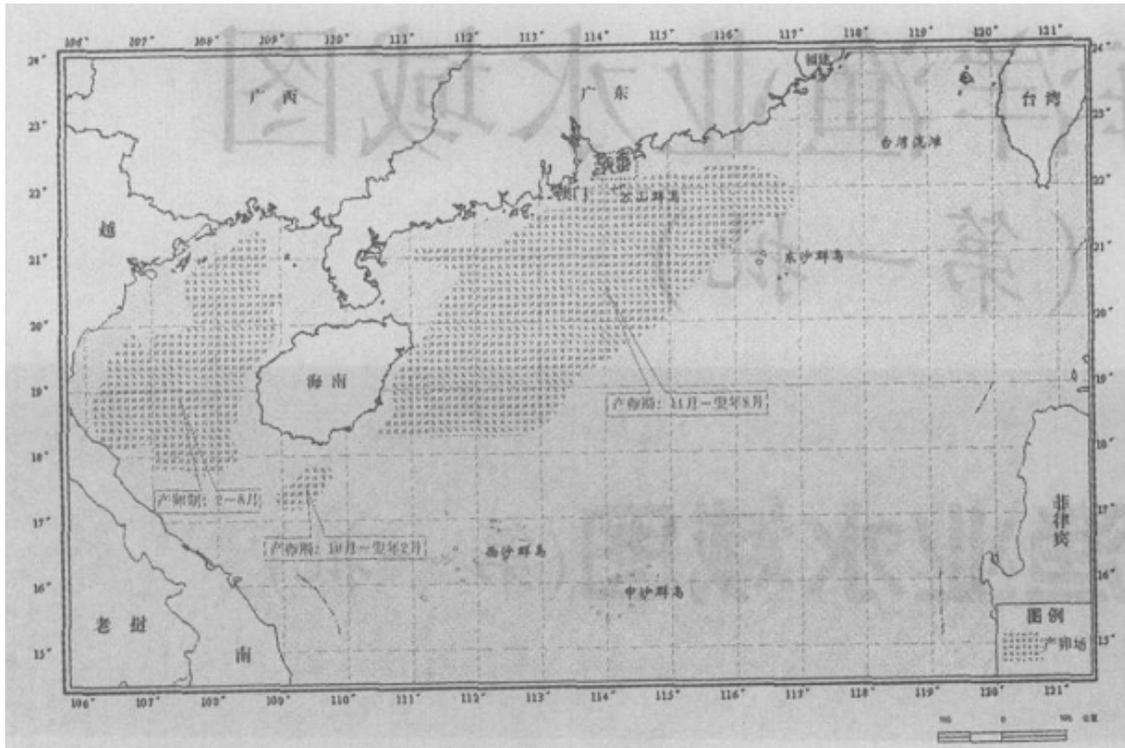


图 4.1 - 19 海南岛周边底层鱼类产卵场分布图

4.2 海洋环境质量现状回顾评价

为了对东方 13-2 气田及附近海域环境质量进行更为系统的分析，收集了该海域的历史环境资料，以进行调查海区的环境质量回顾分析。

历史环境资料采用国家海洋局南海环境监测中心 2017 年 4 月 22 日~5 月 23 日、2013 年 11 月、2013 年 5 月、2011 年 9 月、2011 年 6 月和 1997 年 2 月在东方 13-2 气田海区进行的调查资料，站位对比见图 4.2 - 1。

历次调查内容均包括水质、沉积物、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物和生物质量。对比历次调查各项目分析方法，各项目的分析方法基本一致，评价标准一致，调查结果具有可比性。

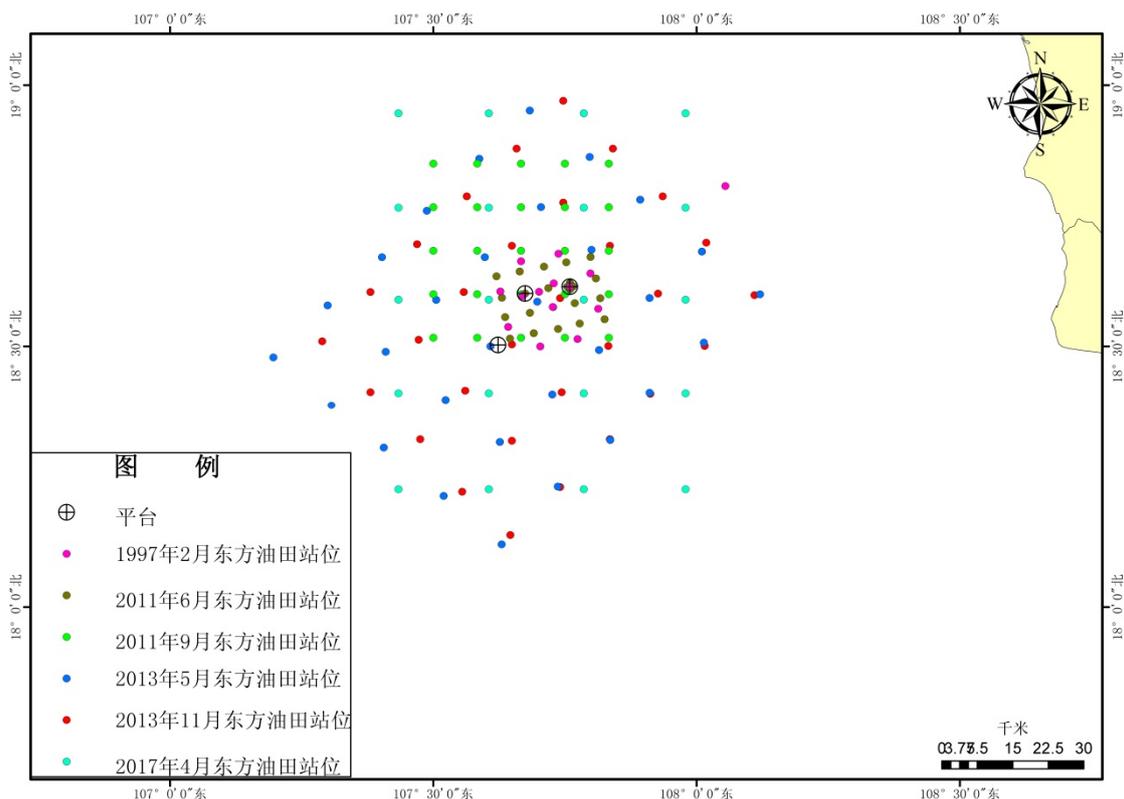


图 4.2 - 1 历史调查站位对比图

4.2.1 水环境质量回顾性评价

六次调查海水水质调查内容均包括溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、石油类、pH 值、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、锌、铬、总汞、砷、硫化物和挥发性酚等 15 个要素。分析结果及超标情况见表 4.2 - 1 分析结果如下：

1、海水溶解氧含量在 2011 年 9 月、2013 年 6 月和 2017 年 4 月三次调查中均有部分超标。从本次调查结果来看，超标测站主要出现在底层。

2、调查海区无机氮含量总体较低，各次监测所有样品均满足一类海水水质要求。活性磷酸盐含量除 2013 年 11 月有 1.4% 的样品出现轻微超标现象外，各次监测所有样品均满足一类海水水质要求。

3、悬浮物含量变化较大，但总体水平不高。2011 年 9 月航次的含量水平要明显高于其它航次。

4、作为特征污染物的石油类，在 2013 年 11 月的调查中有 6.9% 的样品含量超过第一类标准，其余各次调查中未发现样品超标。历次调查显示，海区石油类含量没有逐年增加的趋势，含量波动和平均含量水平基本一致。

5、汞、砷、铜、锌、镉、总铬、COD、挥发酚和硫化物含量较低，历次调查结果均符合一类海水水质标准。铅在本次调查及 2013 年 11 月的调查中有少量样品超标，但超标率和超标

幅度均不大。

综上所述：调查海区海水中溶解氧含量随季节而变化，部分航次底层海水存在缺氧区；活性磷酸盐、石油类和铅在个别航次出现轻微的超标，对水质的整体影响较小。其它要素的含量在历次调查中均比较稳定。

表 4.2 - 1 海水水质评价要素对比

调查时间		1997 年 2 月	2011 年 6 月	2011 年 9 月	2013 年 5 月	2013 年 11 月	2017 年 4 月
盐度	范围	■	■	■	■	■	■
悬浮物 (mg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
pH	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
DO (mg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
COD (mg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
石油类 (mg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
总铬 (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
PO4-P (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
无机氮 (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
汞 (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
砷 (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
铜 (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
铅 (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
锌 (μg/L)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
镉	范围	■	■	■	■	■	■

(μg/L)	超标率%						
挥发酚	范围						
(μg/L)	超标率%						
硫化物	范围						
(μg/L)	超标率%						

注：“Δ”表示样品测值低于检出限，统计时取检出限的一半；“/”表示未进行该项检测。

4.2.2 表层沉积物质量回顾性评价

表层沉积物采用历次调查结果进行对比，统计见表 4.2 - 2。对比调查结果显示：

沉积物中有机碳、硫化物、汞、砷、铜、镉、锌、铬和石油类含量在较小范围内波动，均处于较低水平；铅含量在 2011 年 9 月明显高于其它监测，本次监测处于历年最低水平。

从超标情况来看，各项因子标准指数普遍较低，多在 0.5 以下，只有在 2011 年 9 月监测时铅有 1 个站点含量超过第一类评价标准。而作为衡量整个区域的总体质量状况的平均标准指数也多在 0.5 以下。

特征因子油类含量处于相当低水平，在所有评价因子中，油类的平均标准指数均为最小，除 1997 年 4 月外所有调查评价结果均小于 0.03。

总体而言，调查海区沉积物中各项污染因子含量较为稳定，沉积物质量属优良，维持在正常状态，无恶化趋势。

表 4.2 - 2 历次调查表层沉积物调查结果对比

调查时间		1997 年 2 月	2011 年 6 月	2011 年 9 月	2013 年 5 月	2013 年 11 月	2017 年 4 月
石油类 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
总铬 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
总汞 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
砷 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
铜 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
铅 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
锌 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
镉 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
硫化物 ($\times 10^{-6}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■
有机碳 ($\times 10^{-2}$)	范围	■	■	■	■	■	■
	超标率%	■	■	■	■	■	■

4.2.3 海洋生态环境回顾性分析

4.2.3.1 叶绿素 a 和初级生产力

同海域历次调查结果的叶绿素 a 和生产力比较列于表 4.2 - 3。海区叶绿素 a 含量和初级生产力季节变化较为明显，夏季调查显著高于其他季节，秋冬季略高于春季；年际差异不显著，2013 年 5 月叶绿素 a 含量和初级生产力水平和 2010 年 5 月春季调查相似，但明显比 2011 年 6 月和 2012 年 7 月夏季调查低，差异达近 4 倍；总体上各区域叶绿素 a 含量均不超过 5mg/m³，显示海区叶绿素 a 含量都处于低水平，指示海区属于典型的贫营养海区；垂直分布存在一定的分层但差异不大，50m 层和底层含量相对高一些。

表 4.2 - 3 叶绿素 a 和海洋初级生产力比较

项目		叶绿素 a(mg/m ³)					初级生产力 (10 ² mg·C/(m ² ·d))
		表层	中层		底层	全层均值	
			10m 层	50m 层			
2017.5 春季	范围	██████	██████	██████	██████	██████	██████
	均值	██	██	██	██	██	██
2013.10 秋季	范围	██████	██████	██████	██████	██████	██████
	均值	██	██	██	██	██	██
2013.5 春季	范围	██████	██████	██████	██████	██████	██████
	均值	██	██	██	██	██	██
2011.9 秋季	范围	██████	██████	██████	██████	██████	██████
	均值	██	██	██	██	██	██
2011.6 夏季	范围	██████	██████	██████	██████	██████	██████
	均值	██	██	██	██	██	██
1997.2 冬季	范围	██████	██████		██████	██████	██████
	均值	██	██		██	██	██

4.2.3.2 浮游植物

历次同海域浮游植物调查的主要结果列于表 4.2 - 4。东方气田平台区种类数秋冬季显著高于其他季节；个体数量除在 2011 年 6 月夏季出现显著高值外，处于中等水平，其他季节差异不大，年际变化亦不大，总体上处于较低水平；多样性指数春秋季节高于其他季节，除 2011 年 6 月夏季较低外，总体上该区域的多样性指数处于较高水平；主要优势群落均以角藻属、角毛

藻属和根管藻属为主，铁氏束毛藻和菱形海线藻是平台区的主要常见优势种。

表 4.2 - 4 本次调查与历史调查结果的比较

项目	种类数	个体数量 (10 ⁴ cell/m ³)		多样性		均匀度	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值
2017.5 春季	3 门 34 属 90 种	████████	██	████████	██	████████	██
2013.11 秋季	4 门 42 属 156 种	████████	██	████████	██	████████	██
2013.5 春季	3 门 33 属 87 种	████████	██	████████	██	████████	██
2011.9 秋季	3 门 33 属 125 种	████████	██	████████	██	████████	██
2011.6 夏季	4 门 32 属 93 种	████████	██	████████	██	████████	██
1997.2 冬季	2 门 47 属 133 种	████████	██	████████	██	████████	██

表 4.2 - 5 调查海区浮游植物与历史调查优势种比较

调查时间	主要种属和优势种及其百分比范围
2017.5 春季	种属以角藻属和根管藻属最多，分别占 16.7%和 14.4%；主要优势种为铁氏束毛藻 (0.442)、翼根管藻纤细变型(0.054)、柔弱菱形藻(0.053)、红海束毛藻(0.036)、薄壁半管藻(0.035)
2013.11 秋季	种属以角藻属和角毛藻属最多，分别占 25.6%和 12.8%；主要优势种为旋链角毛藻 (0.206)、洛氏角毛藻 (0.128)、伏氏海毛藻 (0.096)、窄隙角毛藻 (0.093)、短刺角毛藻 (0.067)、柔弱菱形藻 (0.031)、菱形海线藻 (0.026)、笔尖型根管藻(0.023)和霍氏半管藻 (0.021)
2013.5 春季	种属以角藻属种类最多，占 18.4%，其次为根管藻属，占 14.9%；主要优势种为铁氏束毛藻 (16.2%~71.7%)
2011.9 秋季	种属以角藻属种类最多，占 20.0%，其次为角毛藻属，占 18.4%；主要优势种为铁氏束毛藻 (11.1%~34.7%) 和菱形海线藻 (8.4%~42.7%)
2011.6 夏季	种属以角藻属种类最多，占 18.3%，其次为角毛藻，占 10.8%；主要优势种为翼根管藻纤细变型 (68.4%~91.6%) 和翼根管藻 (2.60%~3.90%)

4.2.3.3 浮游动物

表 4.2 - 6 为同一海区历次调查浮游动物群落各主要指标的变化情况。本次 2017 年调查，浮游动物的群落结构和往年相比，种类数明显低于往年，仅为 2011 年 6 月调查结果的 50%，不足其他三次调查结果的 40%。其他统计指标上，多样性指数和均匀度也处于历次调查的最低值，但生物量和个体密度则处于往期调查数据变化范围之内。优势种组成上，历次调查均以沿岸暖水种和暖水广布种为主。历次调查结果有一定重合，但并不完全相同，其中肥胖箭虫、普通波水蚤和异尾宽水蚤是海区出现频率很高的常见优势种。

综合来看，调查海区未出现浮游动物群落稳定性大幅下降的情况，海区生态环境较为健康，

水体环境良好。

表 4.2 - 6 调查海区浮游动物历次调查数据对比

调查时间	2017.04	2013.11	2013.05	2011.09	2011.06
种(类)数	■	■	■	■	■
生物量 (mg/m ³)	■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■
多样性	■	■	■	■	■
均匀度	■	■	■	■	■
个体密度 (个/m ³)	■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■
优势种	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■

4.2.3.4 鱼卵和仔稚鱼

同一海区历次调查的鱼卵和仔稚鱼主要指标数据，见表 4.2 - 7。

在丰度方面，5 次调查鱼卵丰度波动范围为（0.07~0.59）ind/m³。本次调查所获鱼卵数量较多，鱼卵丰度值（0.59ind/m³）为历次调查中的最高值；鱼卵种类数量也较多，为 20 种，仅次于 2013 年 5 月份的调查结果（28 种），在历次调查中位列第 2。

仔稚鱼丰度波动范围为（0.08~0.83）ind/m³。本次调查所获仔稚鱼数量不多，在历次调查中居中低水平（0.20ind/m³），仅高于 2011 年 9 月份调查结果（0.08ind/m³）。仔稚鱼种类数量不高，为历次调查的最低值（29 种），但由于本次调查站位数较少，与同等站位数的 2009 年 6 月份调查相比，两次调查种类数量结果较为接近，未见异常变化。

从主要种类上看，本次调查的主要种类为鲈科、鲭科和犀鳕科鱼类。其中，鲈科鱼类为春夏季调查的共有优势种类，鲭科和犀鳕科鱼类在历次调查中虽然不是主要种类，但其为海区的习见种类。三者的生态类型均符合海区特点，皆为常见种类。

综合上述，本次调查鱼卵数量较高，仔稚鱼数量相对较低，但与以往调查相比，仍处于正常波动范围内。总的看来，调查海区鱼卵和仔稚鱼的种类和数量都处于较为稳定的状况，未见明显异常。

表 4.2 - 7 历次调查东方气田鱼卵和仔稚鱼主要比对数据

调查时间	种类数量			鱼卵丰度	仔稚鱼丰度	主要种类
	鱼卵	仔稚鱼	总种数	(ind/m ³)	(ind/m ³)	
2017.04	■	■	■	■	■	■
2013.11	■	■	■	■	■	■
2013.05	■	■	■	■	■	■
2011.09	■	■	■	■	■	■
2011.06	■	■	■	■	■	■

4.2.3.5 底栖生物

底栖生物回顾数据结果见表 4.2 - 8、表 4.2 - 9。历次调查结果显示调查海区的种类数较高，节肢动物的种类数量最高，底栖群落结构的多样性高，个体丰富度中等，优势种类以节肢动物和棘皮动物为主，优势种类的演替变化较大。对比历年调查，本次调查的种类数、多样性

	█	0.032	1.33	5.7	0.29	0.22	12.5	0.21	5.49
	█	0.030	6.87	10.9	0.17	0.81	17.7	0.23	2.91
	█	0.040	2.40	6.6	0.80	0.06	33.4	0.63	1.92
鱼类	█	0.021	1.50	0.3	0.37	0.09	8.3	0.23	2.16
	█	0.029	0.93	0.4	0.43	0.07	10.7	0.33	4.63
	█	0.030	0.65	0.4	0.31	0.08	6.6	0.25	5.79
	█	0.040	4.51	0.7	0.18	0.04	9.0	0.24	1.33
	█	0.200	0.70	0.3	0.30	0.18	25.7	2.18	1.86

注：“\”表示数据缺省。

5 环境敏感区（点）和环境保护目标分析

5.1 海洋环境功能区划及相关符合性分析

5.1.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析

5.1.1.1 位置关系

根据《全国海洋主体功能区规划》，依据主体功能，将海洋空间划分为以下四类区域：优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域、禁止开发区域。

本工程位于海南岛海域属于《全国海洋主体功能区规划》中第四专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区：我国专属经济区和大陆架及其他管辖海域划分为重点开发区域和限制开发区域，其中重点开发区域包括资源勘探开发区、重点边远岛礁及其周边海域。规划对资源勘探开发区的要求是：“选择油气资源开采前景较好的海域，稳妥开展勘探、开采工作。加快开发研制深海及远程开采储运成套装备。加强天然气水合物等矿产资源调查评价、勘探开发科研工作。”本工程属于在已开发的油田内部更换海底管线，在原有路由的基础上进行铺设，不涉及新增路由和海域使用。与全国海洋主体功能区规划要求不冲突。

5.1.1.2 相关要求符合性分析

本工程与《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》（国发〔2015〕42号）符合性分析见**错误!未找到引用源。**。

经分析，本工程属于在已开发的油田内部更换海底管线，在原有路由的基础上进行铺设，不涉及新增路由和海域使用。本工程海底混输管道位于专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区的重点开发区域中的资源勘探开发区，本工程属于油田勘探开发工程附属工程，符合资源勘探开发区域的功能定位。工程已开展环境影响评价工作，根据分析，工程施工期和运营期产生的污染物均得到有效的处理处置，工程建设对周边海洋生态环境的影响较小；工程在运行过程中对海底管线定期巡检，避免发生事故。报告中提出了在运行过程中采取海洋生态保护措施和溢油应急防范措施，避免发生重大环境事故。

综上，本工程符合《全国海洋主体功能区规划》（国发〔2015〕42号）相关要求。

表 5.1 - 1 本工程与全国海洋主体功能区规划符合性分析

序号	所在区域		本次评价工程	相关要求	符合性分析	是否符合
1	重点开发区域	资源勘探开发区	DF13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海底混输管道	选择油气资源开采前景较好的海域，稳妥开展勘探、开采工作。加快开发研制深海及远程开采储运成套装备。加强天然气水合物等矿产资源调查评价、勘探开发科研工作。	工程海底混输管道位于专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区的重点开发区域中的资源勘探开发区，本工程属于油田勘探开发工程（大型整装气田开发工程）附属工程，符合资源勘探开发区的功能定位。	符合

5.1.2 与《全国海洋功能区划》（2011-2020 年）的符合性分析

5.1.2.1 位置关系

根据《全国海洋功能区划（2011~2020 年）》，本工程位于莺歌海盆地油气资源勘探开发区，区域主要功能为矿产与能源开发、渔业、海洋保护，区域重点加强莺歌海盆地油气资源勘探开发，加强渔业资源利用和养护，加强水产种质资源保护区建设，保护重要海洋生态系统和海域生态环境。油气区海洋环境保护要求为：水质执行不劣于现状海水水质标准；沉积物执行不劣于现状海洋沉积物质量标准；海洋生物质量执行不劣于现状海洋生物质量标准；在生态环境方面，应减少对海洋水动力环境产生影响，防止海岛、岸滩及海底地形地貌发生改变，不对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。严格执行海洋油气勘探、开采中的环境管理要求，防范海上溢油等海洋环境突发污染事件。功能区划要求为“重点保障油气资源勘探开发的用海需求，支持海洋可再生能源开发利用。”

5.1.2.2 符合性分析

本工程的用海方式为矿产与能源开发用海，是在既有气田附属工程更换，与“莺歌海盆地油气资源勘探开发区”的功能定位相符合。项目建成后能够完善本区域的油气开采能力，合理开发海洋资源，有助于所在海域主导功能的发挥。工程施工期和运营期产生的污染物均得到有效处理处置，对周边海洋生态环境的影响较小。工程建成后，建设单位会采取相应生态补偿和修复措施，维持海洋生物资源可持续利用。本工程属于管道更换项目，已纳入东方气田现有跟踪监测计划中。同时，建设单位已按照相关要求编制了溢油应急计划并取得了管理部门的备案。工程生产开发时，应注意与周边海洋功能区的协调性，加强巡检，防止溢油事故发生，重点保护海洋生态环境。

综上分析，项目建设与《全国海洋功能区划》（2011-2020）对工程所在海域的功能定位相符合。

5.1.3 与《全国海洋生态环境保护规划（2017年-2020年）》的符合性分析

5.1.3.1 相关要求

根据《全国海洋生态环境保护规划（2017年-2020年）》，第五节基本原则提到：“

——坚持绿色发展、源头护海。坚持“绿水青山就是金山银山”，处理好发展与保护关系，推动海洋经济绿色发展，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系和绿色技术创新体系，用最小的资源消耗和环境代价换取最大的发展效益，从源头上预防海洋生态破坏和环境污染。

——坚持质量改善、协力净海。以着力解决群众反映强烈的突出环境问题、改善海洋生态环境质量根本，抓好区域一流域一海域的联防联控与系统治理，坚持污染防治和生态修复并举，确保海洋生态环境质量企稳向好，坚决打赢海洋生态环境污染治理的攻坚战。”

5.1.3.2 符合性分析

本工程施工期间产生的船舶机舱含油污水、生产垃圾和生活垃圾（除食品废弃物外）收集后全部运回陆地处理；生活污水经处理达标后排海，混输管道铺设基本无悬浮沙产生，影响时间短暂且可恢复。运营期无污染物产生。工程施工期和运营期产生的污染物均得到合理处置，做到了从源头上预防海洋生态破坏和环境污染。同时，针对施工期和运营带来的生物资源进行了分析，并核算了补偿金额。本工程拟制定生态修复计划，开展增殖放等生态修复措施，做到了坚持污染防治和生态修复并举。因此，与《全国海洋生态环境保护规划（2017年-2020年）》相符合。

5.1.4 与《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》符合性分析

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，本工程位于海南省东方市以西海域，在功能区的矿产与能源区，位于莺歌海盆地矿产与能源区范围内，本工程属于在已开发的油田内部更换海底管线，在原有路由的基础上进行铺设，不涉及新增路由和海域使用。莺歌海盆地矿产与能源区位于海南岛以西、中南半岛以东海域。用途管制要求“主导用海类型为油气开采用海，钻探、测量、钻井作业等用海活动需征求相关部门意见”；用海方式为“允许适度改变海域自然属性，可建设油气平台和输油管道”；海域整治要求为“加强对石油平台和管线的安全检查，防止溢油事故发生，尽量避免对海域生态环境产生影响”；重点保护目标为“合理开发海洋油气资源”；环境保护要求为“海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持

现状”。据海南省海洋功能区划图，本工程位于莺歌海盆地矿产与能源区范围内，距区划里农渔业区、港口航运区、工业与城镇用海区、旅游休闲娱乐区、海洋保护区均较远。与该功能区具有兼容性。

气田群所在区域海洋功能区划符合性分析一览表见表 3.1-4。

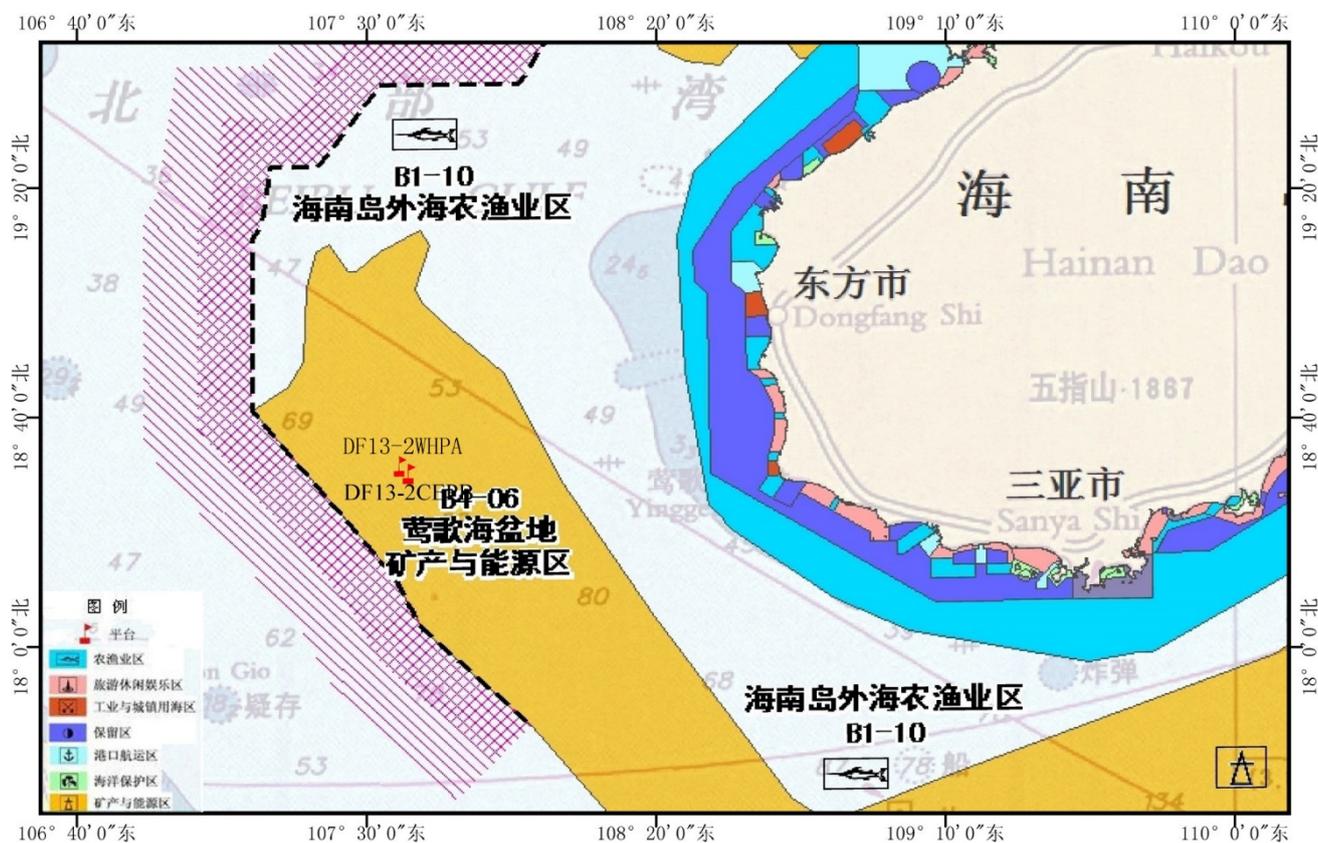


表 5.1 - 2 本工程所在区域海洋功能区划符合性分析一览表

区划类型	功能区	海洋功能管理要求		区划符合性分析	分析结论	
全国海洋功能区划	莺歌海盆地油气资源勘探开发区	重点保障油气资源勘探开发的用海需求，支持海洋可再生能源开发利用。遵循深水远岸布局原则，科学论证与规划海上风电，促进海上风电与其他产业协调发展。禁止在海洋保护区、侵蚀岸段、防护林带毗邻海域开采海砂等固体矿产资源，防止海砂开采破坏重要水产种质资源产卵场、索饵场和越冬场。严格执行海洋油气勘探、开采中的环境管理要求，防范海上溢油等海洋环境突发污染事件。油气区执行不劣于现状海水水质标准，固体矿产区执行不劣于四类海水水质标准，盐田区和可再生能源区执行不劣于二类海水水质标准。		本工程所属东方 13-2 气田群开发工程为区划海域重点保障用海需求的项目；需要执行的环境管理要求已经通过项目环评各个要求具体落实，防范海上溢油等突发污染事件已设风险防范专章进行具体论述；海域海水水质标准为一类标准，根据现状调查结果可知目前海域水体中调查海区所有样品的 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚的含量均符合第一类海水水质标准。铅的超标程度较轻，各层次均只有 1 个样品超标，超标率为 5%。溶解氧超标从表层到底层，溶解氧含量有递减趋势主要出现在底层，与海区海水的自然属性相符；	本工程符合《全国海洋功能区划》的海洋功能区管理要求，其用海需求为重点保障。	
海南省海洋功能区划	莺歌海盆地矿产与能源区	海域使用管理要求	用途管制	主导用海类型为油气开采用海，钻探、测量、钻井作业等用海活动需征求相关部门意见。	本工程所属东方 13-2 气田群开发工程的油气开采用海，根据国家各项政策法规要求征求相关部门意见。	本工程所在位置符合《海南省海洋功能区划》中的莺歌海盆地矿产与能源区海域使用用途和用海方式要求，环境质量现状与海域的环境保护要求相一致。项目开发建设符合莺歌海盆地矿产和能源区管理要求。
			用海方式	允许适度改变海域自然属性，可建设油气平台和输油管道。	本工程所属东方 13-2 气田群开发工程的混输管道的建设属于区划用海方式允许范畴。	
			海域整治	加强对石油平台和管线的安全检查，防止溢油事故发生，尽量避免对海域生态环境产生影响。	本工程所属东方 13-2 气田群开发工程的溢油风险防范是项目建设的重点组成。	
		重点保护	合理开发海洋油气资源。	本工程所属东方 13-2 气田群开发规模经过严格论证。		
	环境保护要求	海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状。	历次调查数据和本次现状数据表明调查海域海水水质质量、海洋沉积物质量、海洋生物质量变化不大，基本符合一类标准。			

5.1.5 与海洋生态红线符合性分析

根据《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》中的要求，工程与海南岛近岸海域生态保护红线功能区的最近距离约 88km。本项目与海南岛近岸海域生态保护红线功能区位置关系见图 5.1 - 2。由图可见，与本项目距离相对最近的是 II 类生态保护红线区内，该区域的管理原则是：禁止工业、矿产资源开发、商品房建设、规模化养殖及其它破坏生态和污染环境的建设项目。确需在 II 类生态保护红线区内进行下列开发建设活动的，应当符合省和市、县、自治县总体规划。

本项目不涉及改变海域自然属性的活动，工程结束后海底环境将较快恢复。施工阶段排放的生活污水对环境的影响属于短期、可恢复的，不会对沿岸生态红线区造成影响。生产阶段排放的含油生产水含油生产水量较小，对海洋环境影响范围仅局限在平台周围。

本项目所在海域距离海南岛近岸海域生态保护红线功能区较远，且污染物的处理、排放和处置将严格遵守污染物排放管理的要求，对周围海域海水水质、海洋沉积物及海洋生物质量的影响较小，项目的建设与管理要求相协调。

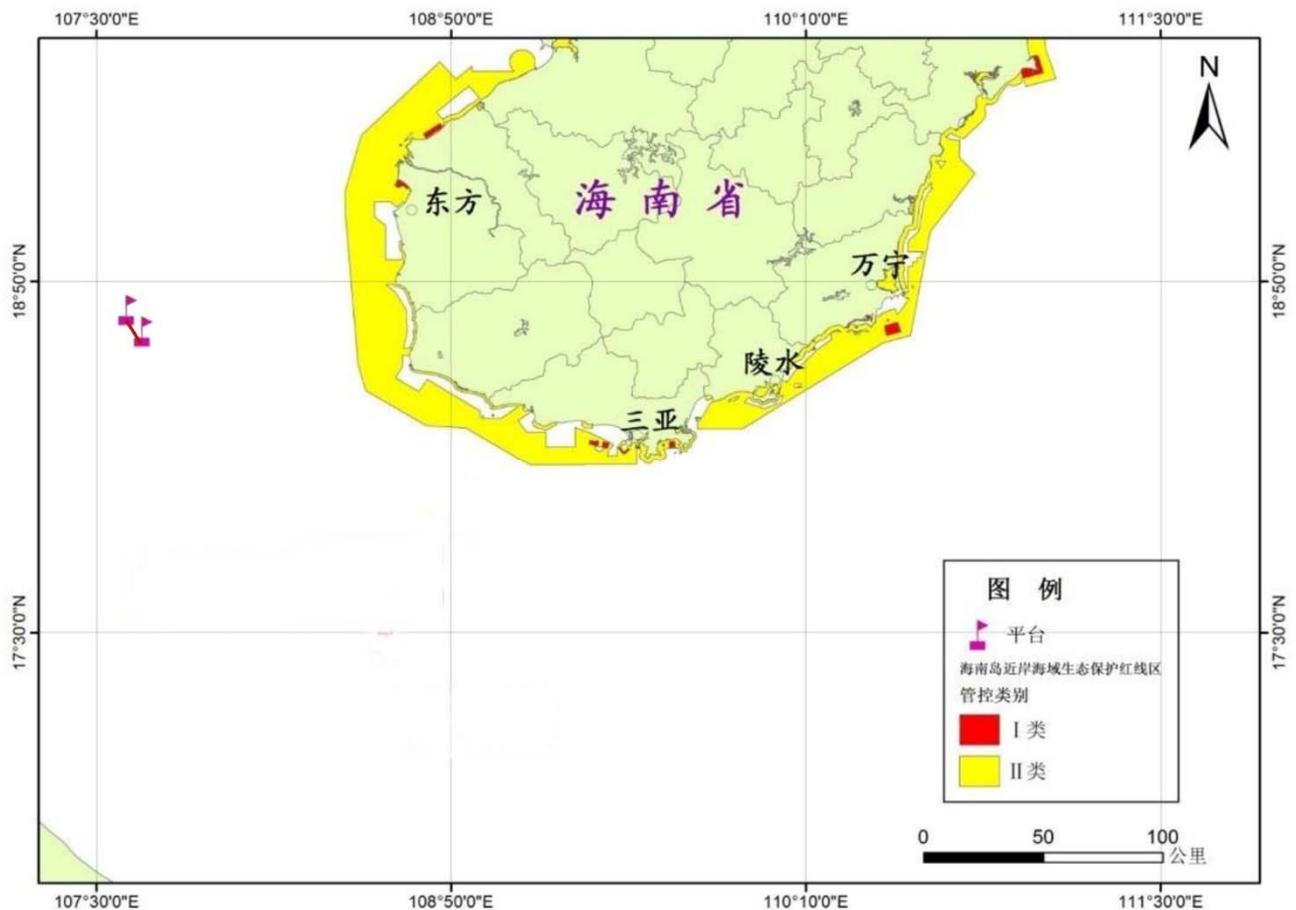


图 5.1 - 2 本项目与海南岛近岸海域生态保护红线功能区的位置关系

5.1.6 产业政策符合性分析

本项目为海洋矿产资源开发及其附属工程，属于《产业结构调整指导目录（2019年）》中鼓励类“常规石油、天然气勘探与开采”项目，因此，本项目符合国家产业政策要求。

5.1.7 相关规划符合性分析

5.1.7.1 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，十三五期间，加强陆上和海上油气勘探开发，有序开放矿业权，积极开发天然气、煤层气、页岩油（气）。推进炼油产业转型升级，开展成品油质量升级行动计划，拓展生物燃料等新的清洁油品来源。本项目属于海上油气勘探开发，符合纲要要求。

5.1.7.2 海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要

根据《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，十三五期间海南省将实施海洋强省战略，发展现代海洋经济，提出了“合理开发海洋资源，优化空间布局，培育发展海洋新兴产业、深海产业、海洋现代服务业、海洋信息产业，加快建设现代化海洋产业开发基地，争创全国海洋经济示范区。”等相关目标。本项目属于海上油气资源开发工程，符合海南省十三五规划纲要的要求。

5.1.7.3 能源发展战略行动计划（2014-2020年）

根据国务院办公厅发布的《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》，到2020年，要基本形成比较完善的能源安全保障体系。国内一次能源生产总量达到42亿吨标准煤，能源自给能力保持在85%左右，石油储采比提高到14-15，能源储备应急体系基本建成。乐东22-1开发与能源发展战略行动计划的目标相符。

5.1.7.4 海南省海洋经济发展规划

根据《海南省海洋经济发展规划》，海南省规划调整产业结构，优化产业布局，提高产业信息化水平，加快发展步伐；突出油气产业的主导地位，进一步增强海洋渔业、海洋旅游、海洋运输等产业的实力，加快发展一批新兴产业，形成协调发展的海洋产业群，实现海洋产业的持续快速发展。在海洋油气业方面，利用国家继续勘探开发南海油气资源的机遇，积极发展油气勘探开发支持产业，提高油气资源储备和加工利用能力，逐步形成油气资源综合利用产业群。东方13-2气田开发和建设符合海洋经济发展需求。

5.2 主要环境敏感目标分布

5.2.1 海洋保护区

本工程附近的海洋保护区主要有东方黑脸琵鹭海洋保护区，该保护区位于东方市四更镇境内，重点保护目标为“保护黑脸琵鹭及其栖息环境；保护小沙丁鱼和蓝圆鲹种质资源；保护海洋生物多样性”。本工程位于该保护区的西南部，最近距离约 130km，相距甚远。

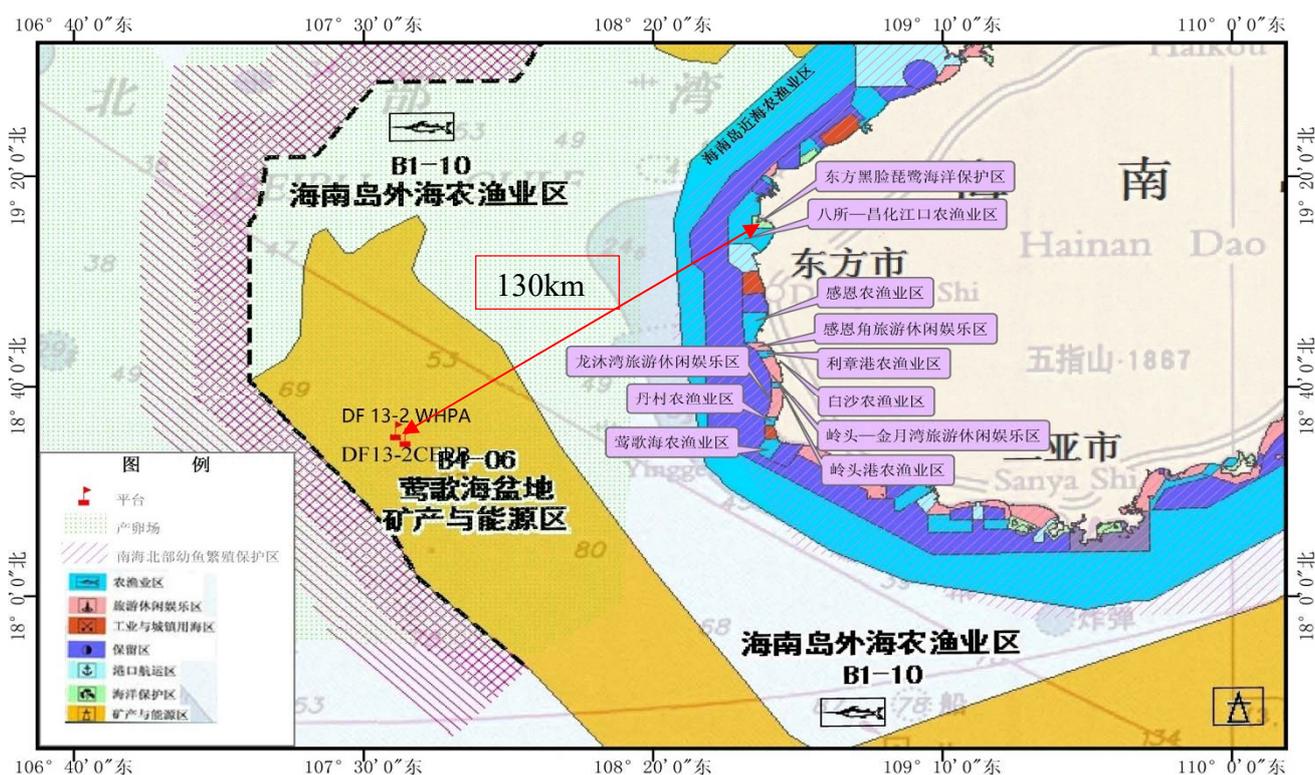


图 5.2 - 1 工程与附近主要环境敏感目标位置关系

5.2.2 渔业资源保护区

南海北部的渔业资源主要是鱼类资源，鱼类资源有两个显著的特点：一是品种繁多，群聚种类组成复杂。多数是中上层鱼类和近底层鱼类，底层鱼类数量较少。近海种类多于外海，更多于大陆斜坡。各海区均有其特有的种类，大多数为地域性鱼类，不作远距离洄游。二是多数种类性成熟早，产卵期长，繁殖力强，生命周期短，因而鱼类种群的更新也快。

本工程新建设施和依托设施周边海域渔业资源保护区分布见图 5.2 - 2 和图 5.2 - 3。由图可见，东方气田平台距渔业水域保护区均较远，距离最近的为南海北部幼鱼繁育场保护区。该保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1 月~12 月。本工程位于该保护区的西部，最近距离约 73km。

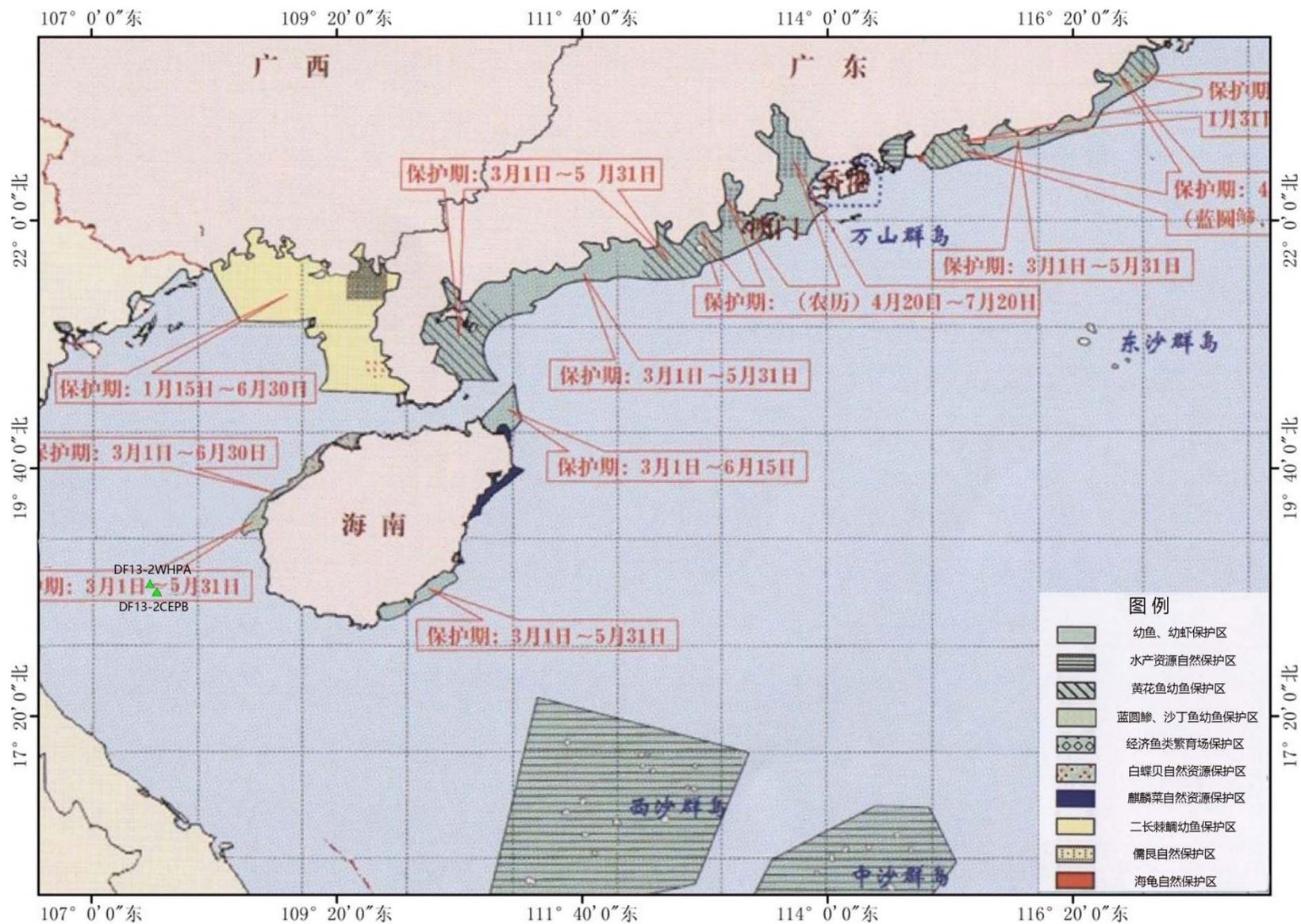


图 5.2 - 2 本工程周边渔业资源保护区分布图

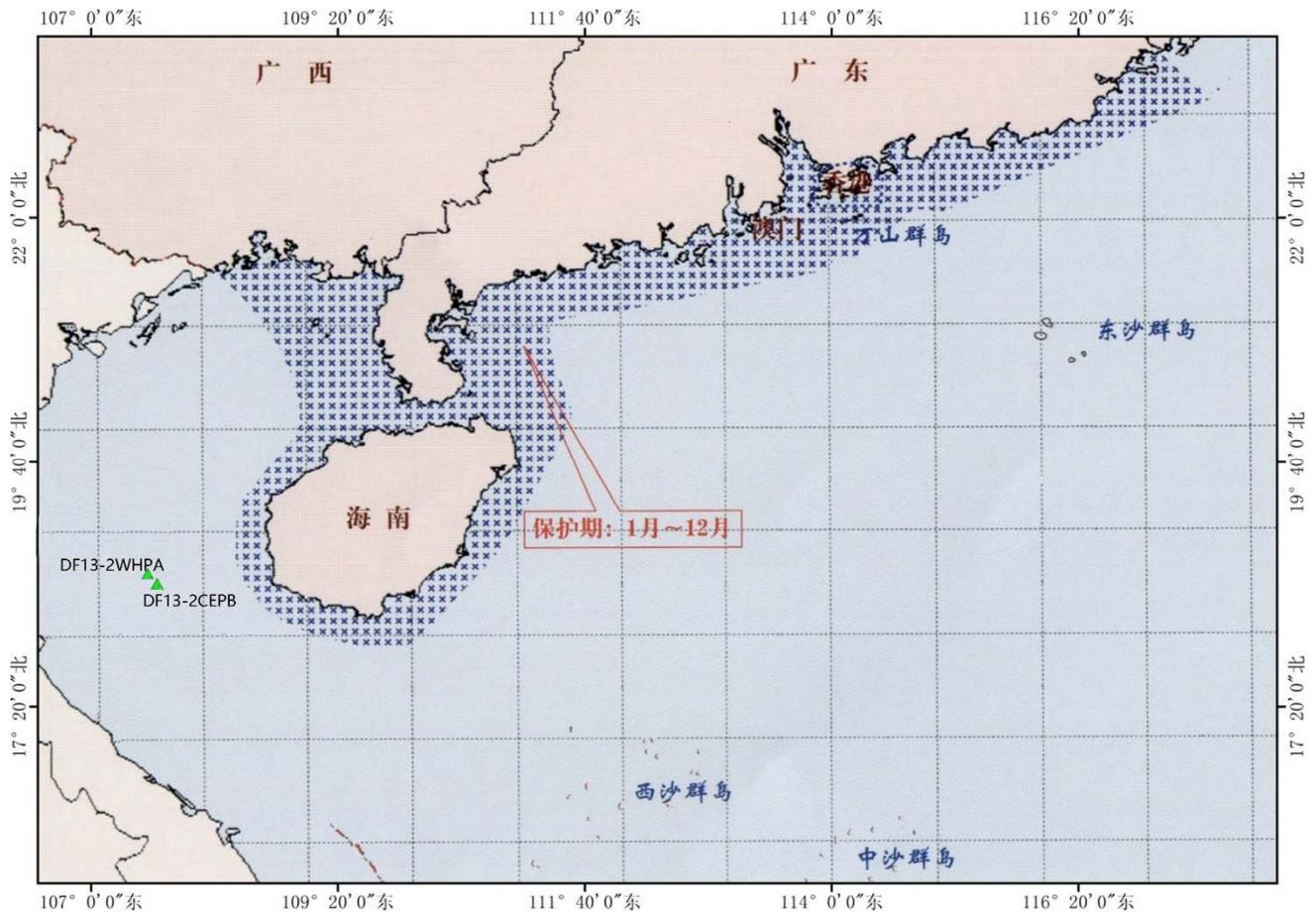


图 5.2 - 3 本工程与南海北部幼鱼繁育场保护区位置关系图

5.2.3 主要经济鱼类产卵场

由于工程海域属亚热带气候，其鱼类种类普遍具有产卵期长、产卵场分布广泛等特点。本工程平台区位于红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场产卵场内部，距离较近的还有金线鱼北部湾产卵场，位于本工程平台区西侧和北侧，距本工程依托工程 DF13-2WHPA 平台西侧最近距离约 30km。本工程附近产卵场分布见图 5.2 - 4。

金线鱼北部湾产卵场：北部湾产卵场有二处，一处为东经 107°15'~108°50'，北纬 19°10'~20°55'，水深 40~75 米，产卵期为 2~6 月。另一处为东经 106°05'~107°20'，北纬 18°15'~19°55'，水深 20~80 米，产卵期为 4~8 月。

二长棘鲷产卵场：位于北部湾东经 107°20'~109°15'，北纬 20°至近岸，水深 60 米以浅海区，产卵期为 1~3 月。

红笛鲷北部湾产卵场：北部湾产卵场有二处，(1) 东经 107°25'~108°43'，北纬 19°12'~20°20'，水深 20~70 米海区。(2) 东经 106°55'~107°56'，北纬 17°45'~19°，水深 65~85 米海区。产卵期为 4~7 月。

鲱鲤类北部湾产卵场：北部湾产卵场位于东经 107°20'~108°15'，北纬 18°15'~21°15'，水

深 20~100 米海域，产卵期为 2~8 月。

长尾大眼鲷产卵场：北部湾产卵场共有三个：(1)位于东经 107°30'~108°50'，北纬 20°15'~21°20'；(2)东经 107°35'~139°05'，北纬 19°35'~20°25'；(3)东经 107°35'~108°25'，北纬 18°25'~19°25'。产卵期为 5~7 月。

东方气田平台区与南海中上层鱼类产卵场则相距甚远，最近距离在 200km 以上，具体位置示意图见图 5.2 - 5。

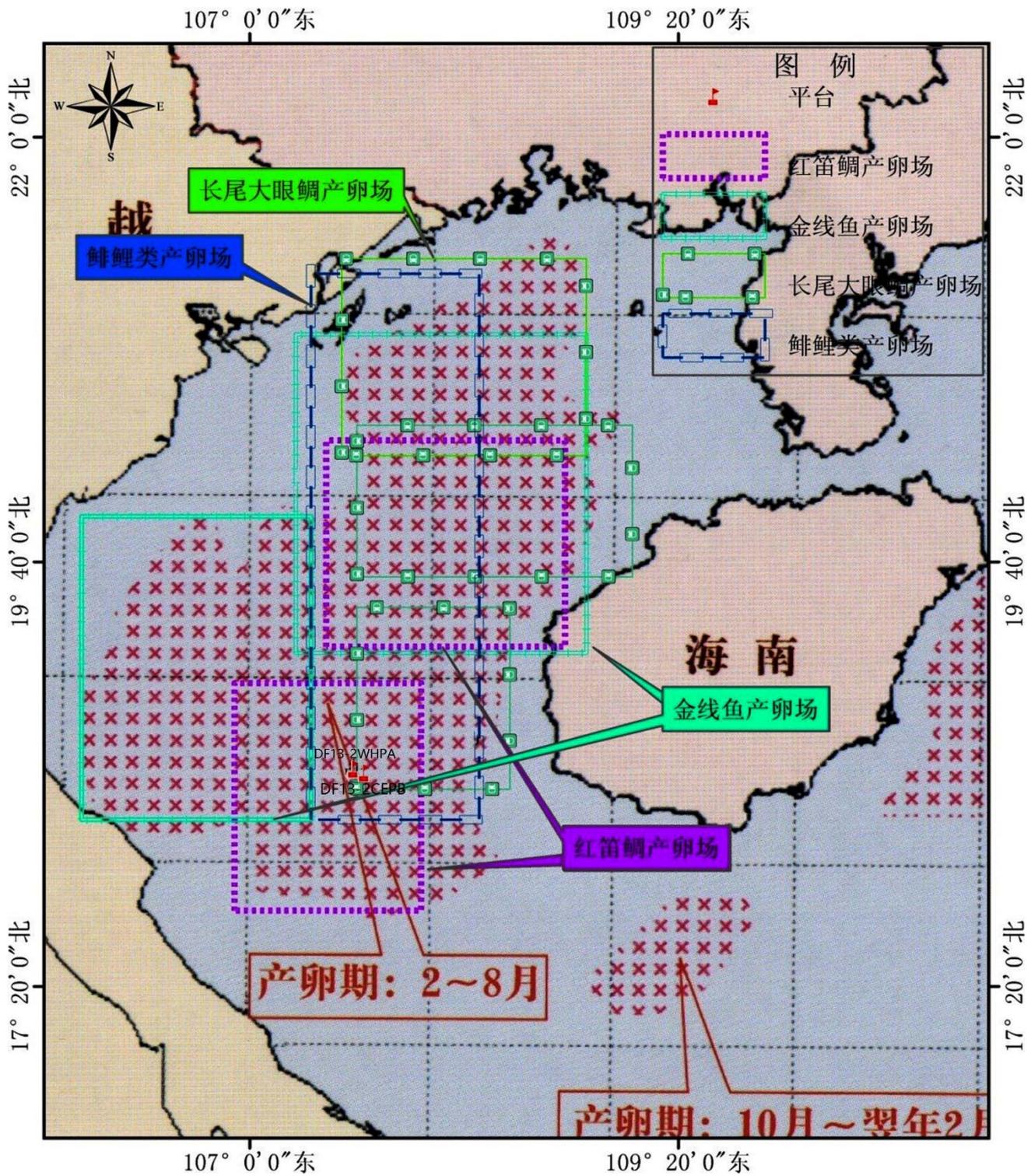


图 5.2 - 4 工程附近主要经济鱼类产卵场（底层、近底层）分布图

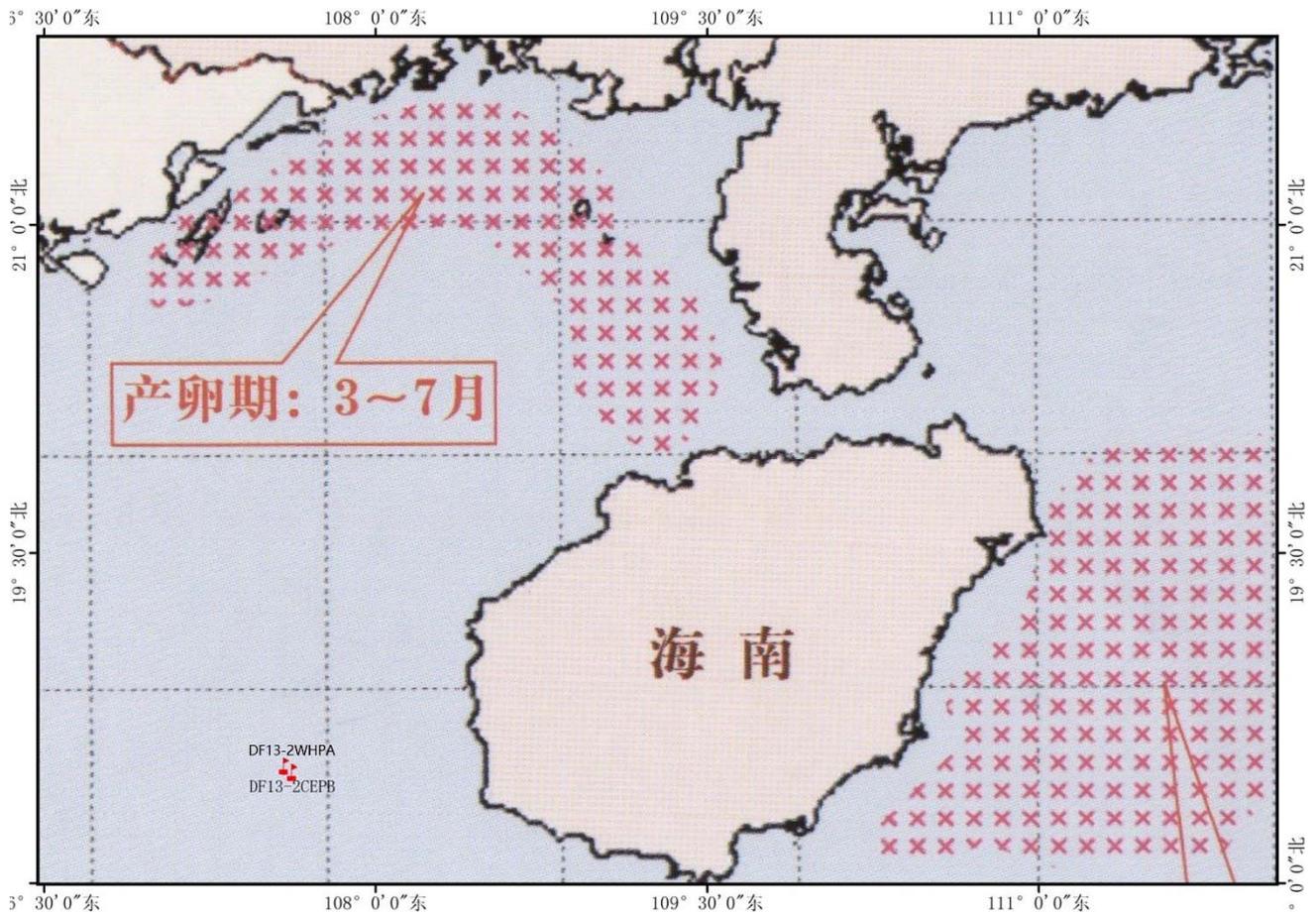


图 5.2 - 5 工程附近主要经济鱼类产卵场（中上层）分布图

5.2.4 本工程周边主要环境敏感目标筛选

根据以上的调查分析，本工程所处海域的位置、规模和特点以及可能产生的环境影响，筛选本次评价的主要环境敏感目标包括气田所在海域附近的经济鱼类产卵场及海南南部沿岸的海洋保护区和海南岛近岸海域生态保护红线功能区。本工程区位于 3 个产卵场内部（红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场），距离较近的还有金线鱼北部湾产卵场，距本工程依托 DF13-2WHPA 平台西侧最近距离约 30km。距海南岛近岸海域生态保护红线功能区最近距离约为 88km。

本工程周边 100km 范围内的环境敏感目标见表 5.2 - 1。

表 5.2 - 1 重要环境敏感目标和保护区

类型	功能区名称	最短距离 (km)	方位	关注时间
产卵场	金线鱼北部湾产卵场	30	西北侧	产卵期 4~8 月
	红笛鲷北部湾产卵场	位于其中		产卵期 4~7 月
	鲱鲤类北部湾产卵场			产卵期 2~8 月
	长尾大眼鲷北部湾产卵场			产卵期 5~7 月
保护区	南海北部幼鱼繁育场保护区	73		东

生态红线区	海南岛近岸海域生态保护红线功能区	88	东	--
-------	------------------	----	---	----

6 环境影响预测分析与评价

根据工程分析，本工程施工期污染物为机舱含油污水、新管清洗试压水、现有海管清洗废液、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等。生活垃圾和生产垃圾（除食品废弃物外）运回陆地处理；生活污水经施工船的生活污水处理装置处理达标后排海、船舶机舱含油污水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的标准石油类含量 $\leq 15\text{mg/L}$ ，由油污水处理装置出口达标排放；现有海管清洗废液输送到 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统，处理合格后排海；新海管清洗试压水直接排海。生产运行期无污染物产生。

因此，施工期机舱含油污水、废水、生活垃圾和生产垃圾等对海洋环境不会产生影响。

6.1 水动力影响分析与评价

本工程铺设 1 条混输管道直接铺设在海床之上，海底管道路由区地形比较平坦，地质和海洋环境相对比较稳定，一般不会发生冲刷和重力作用下的滑移。因此，工程的建设对附近海域的水动力状况（包括潮汐、海流、波浪、余流，纳潮量等）和泥沙输移基本不产生影响。

6.2 地形地貌与冲淤环境影响分析与评价

本工程铺设 1 条混输管道直接平铺在海床之上，本工程在设计阶段已经进行了详细的海底管道稳定性计算，对于不铺设的管道，通过稳定性计算确保其在安装期和运行期都是稳定的，即管道在安装期和运行期都不会发生移动；根据《东方 13-2 气田群开发工程砂脊砂波及路由海床稳定性研究》报告（中国科学院力学研究所-2014 年 12 月），该报告根据海管路由海域地形地貌与冲淤环境条件，对本工程海管稳定性进行了分析评价，根据工程附近海域海底地质、地貌及冲刷现状，海底管道路由区地形比较平坦，地质和海洋环境相对比较稳定，一般不会发生冲刷和重力作用下的滑移。工程不会对邻近海域的海底地形地貌以及冲淤环境造成明显的不良影响。

本工程管道铺设后均定期有外勘来监测移位和悬空情况，如有超过设计允许的悬跨长度，可通过管道下方垫水泥灌浆袋支撑管道以减小悬跨。根据现有管道监测结果，本工程海域发生位移和悬跨的可能性较小。

6.3 水质影响分析与评价

6.3.1 海底混输管道铺设的水质环境影响分析与评价

根据工程分析，本工程拟铺设 DF13-2WHPA 平台至 DF13-2CEPB 平台 5.9km（18 英寸）单层双金属复合管海管一条，施工方式为混输管线沿现有海管路由平行方位进行铺管作业，铺设拟采用“海洋石油 201”船进行施工，直接将混输管线铺设至海床上，平管段计划由东方 13-2WHPA 平台一侧起铺，铺设至东方 13-2CEPB 平台一侧。后进行两平台新增立管及立管保护架安装。再完成两端膨胀湾连接。本工程混输管线铺设施工方式不挖沟因此不会产生悬浮泥沙，本评价不再进行悬浮泥沙的预测分析。

6.3.2 施工期生活污水对水质影响分析

本工程施工期产生的生活污水量为 2257.7m³，经施工船上的生活污水处理设施处理，达标后排海，且污水仅在施工期排放，影响是暂时的，因此，本工程施工期的生活污水对海洋环境影响很小。

6.4 海洋沉积物影响分析与评价

6.4.1 施工期海底管道施工对沉积环境的影响分析

根据工程分析，本工程拟铺设 DF13-2WHPA 平台至 DF13-2CEPB 平台 5.9km（18 英寸）单层双金属复合管海管一条，施工方式为混输管线沿现有海管路由平行方位进行铺管作业，铺设拟采用“海洋石油 201”船进行施工，直接将混输管线铺设至海床上，平管段计划由东方 13-2WHPA 平台一侧起铺，铺设至东方 13-2CEPB 平台一侧。后进行两平台新增立管及立管保护架安装。再完成两端膨胀湾连接。本工程混输管线铺设施工方式不挖沟因此不会产生悬浮泥沙，因此施工期不会对海洋沉积物产生影响。

6.4.2 生产期间海底管道防腐对沉积环境的影响分析

海底管道防腐对海洋环境的污染主要来自牺牲阳极金属中的锌泄漏。

根据工程分析，新建管道的防腐工艺与现有管道一致。新建管道长约 5.9km，需设置约 69 块阳极，单点源重量为 94.2kg，阳极总重约 6500kg。阳极中锌含量为 4.5-7.0%，按最大 7%考虑，则可以计算出每个牺牲阳极中锌含量最大 6.594kg。海管设计使用寿命按 30 年计，考虑到阳极使用寿命的裕量，则单个阳极每年释放到环境中的锌最大不超过 0.219kg。

工程所在区域悬浮沙湿密度为 1.80g/cm^3 ($1.80 \times 10^3\text{kg/m}^3$), 每个点源影响范围按半径 5m , 影响深度 2m 计算, 则单个阳极释放到周边 5m 范围内沉积物的含量为 0.775×10^{-6} , 叠加 2017 年 4 月现状调查沉积物的锌最大背景值 60.8×10^{-6} , 则 30 年后海管周围锌含量最大为 61.575×10^{-6} , 小于海洋沉积物质量标准的第一类标准值 150×10^{-6} , 因此海底管道防腐采用的牺牲阳极不会引起沉积物中的锌污染。

6.5 海洋生态影响分析与评价

本工程对生态环境的影响主要表现为施工结束后混输管道的铺设对海底覆盖占用海底底栖生物生境造成的底栖生物的危害。

(1) 对底栖生物的影响分析

本工程混输管线铺设施工方案为直接将混输管线铺设在海床之上, 铺设完成后会对海底产生一定的覆盖面积因而对底栖生物生境产生永久性损害。本工程管道管径为 18in (45.72cm), 管道长度为 5.9km , 本工程铺设对海底覆盖面积为 2697.48m^2 。在此面积内的底栖生物将受到一定程度的掩埋。

(2) 对浮游生物及鱼卵和仔稚鱼的影响分析与评价

根据本工程的施工作业方式, 施工期主要污染物为船舶生活污水及机舱含油污水排放对其影响, 由于本工程船舶生活污水经船舶生活污水处理设施处理达标后排放, 机舱含油污水经船舶含油污水处理设施处理达标后排放。因此施工期生活污水达标排放对浮游生物及鱼卵和仔稚鱼基本无影响。

(3) 对本区域产卵、索饵、洄游种类的“三场一通道”的影响分析与评价

根据渔业资源调查资料, 本工程区位于 3 个产卵场内部 (红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场), 由于本工程施工期的主要影响为船舶生活污水及机舱含油污水对其影响, 本工程船舶生活污水经船舶生活污水处理设施处理达标后排放, 机舱含油污水经船舶含油污水处理设施处理达标后排放。因此施工期生活污水达标排放对产卵、索饵、洄游种类的“三场一通道”基本无影响。

(4) 小结

针对施工对海洋生态产生的影响, 施工期管道铺设应尽量缩短施工时间。同时, 施工过程中, 应完善环保设施, 采取积极措施, 船舶生活污水及船舶机舱含油污水严格按照达标排放, 尽量减少污染物质对海洋环境的影响。

6.6 工程对海洋生物资源损害评估及补偿

6.6.1 生物资源损失评估方法及参数

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)的规定：“占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿”。

6.6.1.1 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/T9110-2007)，底栖生物损失按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

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)。在此为底栖生物和潮间带生物生物量。

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)。本报告中指管道铺设完成后所占用的海域区域面积。

6.6.2 生物资源损失计算

6.6.2.1 混输管道铺设对底栖生物的损失估算

本工程铺设管道的设计参数为管径为 18in (45.72cm)，长 5.9km。根据计算可得管道铺设后占用海域的面积为 [REDACTED]。由于本工程管道铺设后对海域占用为永久性，设计使用年限为 30 年。按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)的规定赔偿按照 30 年计算。

表 6.6 - 1 混输管道铺设造成底栖生物损失量估算

管线	覆盖		底栖生物密度 (g/m^2)	年限	底栖生物损失量 (t)
	面积(m^2)	损失率%			
DF13-2WHPA-DF13-2CEPB 混输管道	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	30	[REDACTED]

6.6.2.2 底栖生物经济价值计算

底栖生物经济损失按公式计算：

$$M = W \times E$$

式中：

M—经济损失额，单位为元（元）；

W—济损生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E—生物资源的商品价格，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）。底栖生物的价格按 15/kg。

6.6.2.3 渔业资源经济损失

由于本工程的施工方式，本次施工除占用海域引起的底栖生物损失外，对本海域的其它渔业资源（浮游动物鱼卵仔稚鱼等）基本无影响。根据计算本次渔业经济损失为 0.66 万元整。

6.7 对环境敏感目标的影响分析与评价

根据渔业资源调查资料，本工程距离保护区较远位于 3 个产卵场内部（红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场），由于本工程施工期的主要影响为船舶生活污水对其应影响，本工程施工期严格把控船舶生活污水处理达标后排放，尽量缩短管道铺设时长，减小对“三场一通道”的影响。

6.8 环境事故风险分析与评价

6.8.1 风险识别

本工程在施工和生产阶段有可能导致油气泄漏的事故包括海底管道与立管破裂泄露以及施工船舶碰撞溢油事故等。

6.8.1.1 施工阶段风险识别

（1）船舶碰撞溢油

施工期主要使用施工船舶作业，最可能发生的风险事故是船舶碰撞溢油事故。在施工阶段主要有铺管船、立管膨胀弯安装船等，船舶与过往船只、平台及周围设施之间可能因设备故障、人员操作失误等原因发生碰撞，从而可能导致船舶储油设施发生泄漏。

（2）海管与立管破裂溢油事故

海底混输管道可能因穿孔、破裂等事故导致油气泄漏。导致海底管道事故的内部原因有管

道腐蚀、材料缺陷等；外部原因有海面失落重物的撞击、施工船舶误抛锚、人员误操作、自然灾害等。

现有混输管道清管作业时，可能因为清管器后压力过大造成管道破裂，从而导致油气泄漏。在实施清管作业时，应随时掌握推球压差的变化情况，保证将清管器后压力控制在允许最高工作压力以下，以防止压力过大造成管道破裂，从而导则油气泄漏。

6.8.1.2 运营阶段风险识别

(1) 船舶碰撞溢油

平台附近主要有值班船等。此外，在该海域航行的外来航船也有可能和油田设施发生碰撞导致油品泄漏。施工船舶的储油舱一般设置在中部侧舷，值班船靠泊平台时一般采取旁靠方式，发生碰撞的可能性极小。即使由于操作失误而发生碰撞，也是船的首部与平台底部导管架碰撞，不会损坏储油舱。显然，只有当平台或船舶发生严重的火灾和爆炸事故时，才有可能导致大量燃料油泄漏于海。

(2) 海管与立管破裂溢油事故

海底管道与立管可能因穿孔、破裂等事故导致油气泄漏。研究表明，导致海底管道与立管事故的外部原因包括海面失落重物的撞击、渔船拖网或误抛锚、自然灾害等；内部原因有管道腐蚀、材料缺陷等；此外还有人员误操作等原因。

本次由于现有海底混输管道由于疑似被大马力渔船底拖渔网拉偏，导致海管受损，因此，本项目对现有海管进行更换，新管道长度、设计输送量、设计温度、设计压力、输送介质均保持不变，在一定程度上会减少现有海管继续运营的破裂溢油风险。

6.8.2 溢油事故源项分析

6.8.2.1 船舶碰撞事故风险分析

平台附近主要有值班船等。此外，在该海域航行的外来航船也有可能和油田设施发生碰撞。根据《风险评估数据指南》(2010)，船舶与平台等油田设施发生碰撞的概率见表 6.8 - 1。

表 6.8 - 1 船舶碰撞概率

船舶类型	碰撞频率 (世界范围)	亚洲地区分配系数	造成重大损伤	碰撞概率
本油田船舶	8.8×10^{-5}	0.17	26%	3.9×10^{-6}
外来航船	2.5×10^{-5}	0.17	26%	1.1×10^{-6}

本工程施工期最大用船艘次为 3 艘，施工天数为 85 天，发生船舶碰撞并造成产生重大损伤的概率为 $3 \times (3.9 \times 10^{-6} + 1.1 \times 10^{-6}) = 1.5 \times 10^{-5}$ 次/a。鉴于施工船数量较小，天数较短，发生

概率极低。并且发生重大损伤不一定会引起溢油事故，因此，船舶碰撞引发溢油事故的概率将更小。

6.8.2.2 海底管道/立管泄漏事故风险分析

海底管道突发事故风险，主要是指海底管道在生产运营期间，因长期受海流冲刷、海水腐蚀、过往船只误锚、拖锚及地震等环境因素的影响，存在着潜在的被损坏的风险。其中因海水腐蚀造成的海底管道事故的可能性较小。根据本工程特点分析如下：

(1) 施工期

建设单位在实施清管作业时，可控制推球压差的变化情况，保证将清管器后压力控制在允许最高工作压力以下，以防止压力过大造成管道破裂导致油气泄漏。

(2) 运营期

根据莫特麦克唐（MottMcDonald）公司 2003 年出版的报告《PARLOC2001: The update of Loss of containment Date for Offshore Pipeline》，该报告中统计了相关海域 1567 条海管，共 24837km，328858km·a。同时，挪威船级社（Det NorskeVeritas，DNV）的《Riser/PipelineLeakFrequencies，2006》对 PARLOC2001 报告进行了修正。具体见下表。

表 6.8 - 2 不同管径的管道在不同位置的事故率统计

管道	管道运行总量	频率	单位
海底管线（开阔海域）	井流管线，以及输送未处理流体的小管线	5.0×10^{-4}	次/km·a
	输送处理后的油气，钢管管径≤24 英寸	5.1×10^{-5}	次/km·a
	输送处理后的油气，管径>24 英寸	1.4×10^{-5}	次/km·a
立管	钢管—管径≤16 英寸	9.1×10^{-4}	次/a
	钢管—管径>16 英寸	1.2×10^{-4}	次/a
	软管	6.0×10^{-3}	次/a

本项目新建 1 条 5.9km（18in）海底混输管道。根据计算结果，本项目海管发生泄漏事故的概率约为 $5.0 \times 10^{-4} \times 5.9 = 2.95 \times 10^{-3}$ 次/a。新增立管发生泄漏事故的概率为 1.2×10^{-4} 次/a。

6.8.2.3 溢油事故溢油量估算

生产运营阶段溢油量

生产阶段溢油事故的主要排放物质可能是凝析油。本项目海底混输管道输送介质含油率最大为 21.6%，海底混输管道管径 18 英寸，管道长度约为 5.9km，海底管道的容积约为 968.1m³（凝析油量为 209.11m³）。当海底管道发生泄漏事故时，在 30s 内将启动自动关断系统，关断后管道内部分油水混合物会缓慢漏出。同时，综合考虑紧急关断时间、凝析油在管道内凝结、海水压力等特性，以此估算溢油量。

管道泄漏时，选取最不利情形即管道断裂进行评价。通常按美国矿业管理部（MMS）管道油品泄漏量估算导则（MMS2002-033）给出的估算模式计算原油的泄漏量，该模式由两部分组成，一部分是阀门关闭后至压力平衡前的泄漏量，另一部分是关闭阀门前的泄漏量，两项之和即为总泄漏量，计算式为：

$$V_{rel} = 0.1781 \cdot V_{pipe} \cdot f_{rel} \cdot f_{GOR} + V_{pre-s} H_{ut}$$

式中：

V_{rel} 为原油泄漏量， bbl（1 桶=0.14t）；

V_{pipe} 为管段体积， ft^3 （ $1ft^3=0.0283m^3$ ）；

f_{rel} 为最大泄漏率，取 0.3；

f_{GOR} 为压力衰减系数，取 0.3；

$V_{pre-s} H_{ut}$ 为截断阀关闭前泄漏量， bbl。

①截断阀关闭前泄漏量

截断阀关闭前泄漏量（ $V_{pre-s} H_{ut}$ ）根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）中推荐的液体泄漏速率公式计算：

$$Q_L = C_d A \rho \sqrt{\frac{2(P - P_0)}{\rho} + 2gh}$$

式中： Q_L —液体泄漏速率， kg/s；

P —容器内介质压力， Pa；管道内物流压力为 9000kPa；

P_0 —环境压力， Pa；取 735kPa；

ρ —泄漏液体密度， kg/m^3 ；本气田混合凝析油密度 $811.3kg/m^3$ ，混输管道物流含凝析油量 21.6%。

g —重力加速度， $9.81m/s^2$ ；

h —裂口之上液位高度， m；取 0m。

C_d —液体泄漏系数， 0.65；

A —裂口面积， m^2 。全管径断裂裂口面积按 $0.164m^2$ ；

考虑到近平台端混输管线处风险事故发生概率比远平台端更高，因此选择更换海管有人值守平台 DF13-2CEPB 平台终点（XXXXXXXXXX）处作为溢油预测点，该处水深约 70m，管道内物流压力 9000kPa，环境压力 735kPa，液体泄漏系数取 0.65。在考虑管道截面 100% 断裂泄漏的前提下，根据公式计算得出管道溢油量为 390.9kg/s，同时，海管泄漏后紧急关断时间为 30s，截断阀关闭前泄漏量为 11.727t。

②应急关断后溢油量

应急关断启动后，管道内压力逐渐下降，当管道内压力下降至与管道外环境压力相同时，原油将不再溢出管道。

③管道泄漏量合计

$$V_{rel} = 0.1781 \cdot V_{pipe} \cdot f_{rel} \cdot f_{GOR} + V_{pre-s} \cdot H_{ut}$$
$$= 0.1781 \times (968.1 \div 0.0283) \times 0.3 \times 0.3 \times 0.14 + 11.727 = 88.49 \text{ (t)}$$

考虑泄露出的物流为油气水混合物，本工程混输海底管道凝析油含油率约为 21.6%，因此管道泄漏凝析油量约为 19.11t（约 23.5m³）。

生产阶段具体可能溢油量见表 6.8 - 3。

表 6.8 - 3 生产阶段可能溢油量

事故类型	排放物	溢油量 (t)	规模
海底管道破裂	凝析油	19.11	较小

6.8.2.4 最大可信事故

溢油事故后果的严重程度与溢油规模密切相关。溢油量越大，其对环境的损害程度也越严重。因此，可以用不同类型溢油事故的溢油量大小来表征溢油事故后果的严重程度。由以上的分析/论述可知，本工程施工和生产阶段的主要溢油事故来自船舶碰撞和海底管道及立管破裂。不同的溢油事故带来的环境风险程度不同。根据各类事故发生概率和可能发生的溢油规模，可将油田开发工程溢油事故的相对环境风险进行归纳，见表 6.8 - 4。

表 6.8 - 4 各类溢油事故环境风险判别

事故类型	溢油规模	事故概率 (次/年)	环境风险
船舶碰撞	中	1.5×10^{-5}	较小
海底管道	小	2.95×10^{-3}	中
立管破裂	小	9.1×10^{-4}	较小

生产阶段的海底管道破裂造成的溢油事故级别较小，环境风险较小，但是由于本项目对现有海管进行更换，没有增加现有油田海底管道溢油的风险。更换后的管道长度、设计输送量、设计温度、设计压力、输送介质均保持不变，且新管道在一定程度上会减少现有海管继续运营的破裂溢油风险。

针对本工程的特点，确定海底混输管道破裂溢油事故为最大可信事故。考虑泄露出的物流为油气水混合物，本工程混输海底管道凝析油含油率约为 21.6%，因此管道泄漏凝析油量约为 19.11t（约 23.5m³）。

6.8.3 事故后果分析与计算

6.8.3.1 溢油漂移扩散预测

(1) 拟采用溢油预测模式

本工程假设包括背景流场和波浪净流在内的表层流已知流速分量为 U_b , V_b , 而不确定方法表示湍流的随机扩散由随机游动速度 U' 和 V' 表示, 则每一个油粒子的漂移速度为:

$$\begin{aligned} U &= U_b + U' \\ V &= V_b + V' \end{aligned} \quad (1)$$

油粒子在嵌套漫游网格内的水平迁移则可表示为:

$$\begin{aligned} x^{n+1} &= x^n + U_b^{n+\frac{1}{2}}\Delta t + \xi\sqrt{6K_H\Delta t} + O(\Delta t^2) \\ y^{n+1} &= y^n + V_b^{n+\frac{1}{2}}\Delta t + \xi\sqrt{6K_H\Delta t} + O(\Delta t^2) \end{aligned} \quad (2)$$

对时间 t 方向上采用中心差分, 能够保证上述差分方程的二阶精度。上式中 ξ 、 K_H 分别代表 $[-1,1]$ 区域上的均匀分布随机数和水平方向上的湍流涡动粘性系数。

波浪净流的量值较小, 因为溢油油膜的覆盖使海面变得较为平坦。它可根据二阶 Stokes 波理论由下式给出:

$$u_{wave} = \frac{K\omega H^2}{8sh^2(Kd)} ch(2Kz_0) \quad (3)$$

式中 K , ω , H , d , z 分别代表波数, 波圆频率、波高、水深和油粒子所处的深度。

波浪的主要作用并不在于波浪净流, 因为它较背景流场要小得多。波浪作用主要在于搅动水面, 及由破碎引起的溢油入水。溢油入水体积可写为:

$$\frac{V_e}{V_0} = 1 - e^{-C_2 t H_s^2 / L} \quad (4)$$

其中, V_0 、 t 、 H_s 、 L 分别为溢油初始体积、时间、有效波高和波长。 C_2 为常数, 取作 $-2.53 \times 10^{-3} / V_0^{0.62}$ 。

溢油入水后化作比油粒子更小的油滴来模拟其垂向运动。油滴的垂向运移仍由确定的背景场垂向流速分量 W_b 、浮力作用下的上浮速度 W_L 和不确定的垂向湍流扩散来计算。垂向运移距离:

$$\Delta z = (W_b + W_L)\Delta t + \xi\sqrt{6K_v\Delta t} \quad (5)$$

依 Johanson-Ichiye 的公式, 垂向涡动扩散系数由下式计算:

$$\frac{V_e}{V_0} = 1 - e^{C_2 t H s^2 / L} \quad (6)$$

H_s 、 T 、 Z 、 K 、 C 分别为有效波高、周期、深度、波数和常数，上浮速度分量依据油滴直径大小分别计算。设浮力作用下，油滴临界直径为 d_e ，则有：

$$d_e = \frac{9.52 v^{2/3}}{g^{1/3} (1 - \rho_o / \rho_w)^{1/3}} \quad (7)$$

对 $d_i < d_e$ ，由 Stokes 定律：

$$W_L = g d_i^2 (1 - \rho_o / \rho_w) / 18 \nu \quad (8)$$

对 $d_i > d_e$ ，则有：

$$W_L = \left[\frac{8}{3} g d_i (1 - \rho_o / \rho_w) \right]^{1/2} \quad (9)$$

式中 g 、 d_i 、 ν 、 ρ_o 、 ρ_w 分别为重力加速度、油滴直径、运动粘性系数、油密度和水密度，油滴垂向运移的中心差分公式：

$$z^{n+1} = z^n + (W_b + W_L)^{n+1/2} \Delta t + \xi \sqrt{6 K_v \Delta t} + o(\Delta t^2) \quad (10)$$

溢油的挥发乳化与油品特性有关。

挥发率可写为：

$$F_v = \ln \left[1 + B' \left(\frac{T_G}{T} \right) \theta' e^{(A' - B' \frac{T_0}{T})} \right] \frac{T}{B' T_G} \quad (11)$$

式中 $A'=6.3$ ， $B'=10.3$ ， T 为油温， T_G 为油的沸点曲线梯度， T_0 为油的初始沸点温度， θ' 为挥发系数由下式确定：

$$\theta' = C W^{0.78} t A / V_o \quad (12)$$

C 为常数， W 风速， t 时间， A 油膜面积， V_o 初始溢油体积。乳化程度由含水率 Y_w 表示，依据 Mackay(1980)有：

$$Y_w = \frac{1}{K_B} [1 - e^{-K_A K_B (1+W)^2 t}] \quad (13)$$

其中 Y_w 为乳化物含水量 (%)， K_A 取 4.5×10^{-6} ， K_B 取 $1/Y_w^F$ ， Y_w^F 为最终含水量，取 1.25。则水面油粒子体积应为：

$$V_i = V_o (1 - F_{V_i}) / (1 - Y_{w_i}) \quad (14)$$

设乳化前油密度为 ρ_o ，水密度为 ρ_w ，则乳化后油密度：

$$\rho_* = (1 - Y_w)\rho_o + Y_w \cdot \rho_w \quad (15)$$

蒸发对油密度的影响为：

$$\rho = (0.6\rho_o - 0.34)F_V + \rho_o \quad (16)$$

综合挥发、乳化影响，油密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_w)[(0.6\rho_o - 0.34)F_V + \rho_o] + Y_w \cdot \rho_w \quad (17)$$

忽略油粘性随温度的变化，即仅考虑乳化、挥发的影响，乳化将增加油的粘性：

$$\nu_* = \nu \cdot \exp[2.5Y_w / (1 - 0.654Y_w)] \quad (18)$$

挥发对油粘性的影响为：

$$\nu = \nu_o \cdot 10^{4F_v} \quad (19)$$

综合挥发、乳化作用，油粘性变化表示为：

$$\nu = \nu_o \cdot 10^{4F_v} \cdot \exp[2.5Y_w / (1 - 0.654Y_w)] \quad (20)$$

其中 ν_o 为初始时油膜的运动粘性系数。

(2) 预测模式中有关参数的设定

预测模式考虑的水动力因子综合考虑了潮汐潮流、环流和海浪等影响水动力因素。潮汐潮流模式是采用自然资源部第一海洋研究所方国洪院士等研制的潮汐潮流预报模式，环流模式是自然资源部第一海洋研究所方国洪院士等基于 Mitgcm 模式建立起来的。海浪模式采用适合我国海域的文圣常院士等发展起来的参数化风浪经验成长关系。油膜运移方式采用国际上流行的“粒子跟踪法”设计的三维模型,可以准确预报溢油的漂移路径和归宿。

①溢油位置

海管破裂泄漏事故发生的概率较高，可能产生的溢油量较大，潜在的环境风险最大，根据工程实际情况与溢油事故概率分析计算。考虑到海管近平台侧风险事故发生概率比海管中间安全区高，因此选择海管近平台处作为溢油预测点。选择 DF13-2CEPB 平台（XXXXXXXXXX）为溢油位置。

②源强

通过风险识别，结合国内外同类项目事故统计资料，针对本工程的特点，本项目最大可信事故确定为海底混输管线破裂事故，考虑泄露出的物流为油气水混合物，本工程混输海底管道凝析油含油率约为 21.6%，经计算管道泄漏凝析油量约为 19.11t（约 23.5m³）。因此，溢油漂移数值预测源强确定为 25m³，凝析油。油膜漂移预测时间为溢油后的 72h。

③溢油扩散出事时间

本次预测假定溢油发生在大潮期高潮时刻（即起落潮）与低潮时刻（起涨潮）两个典型时刻。

④溢油计算的时段

工程海域潮汐类型属于不正规全日潮，本次预测选取 72h 作为溢油预测的时段。

⑤常风与大风风速取值

本次溢油数值模拟主要针对平均风速与极端风速下溢油漂移情况进行模拟，溢油数值模拟预测选取的风向及多年平均风速、最大风速取值来源于东方 13-2 油田所在局部海域多年统计气象资料，根据气象资料，该海域主导风向为 NNE、NE、SE、SSE，由敏感目标分布可知不利风向为 S、W、SW 风向。见表 6.8 - 5。

表 6.8 - 5 溢油数值模拟扩散选取风参数

风向	NNE	NE	SE	SSE	S	W	SW
极值风速 (m/s)	30.41	37.87	30.29	31.12	32.6	31.38	29.04
平均风速 (m/s)	9.88	7.89	8.03	7.94	6.97	4.29	8.12

(3) 溢油数值模拟预测结果及分析

从表 6.8 - 6~表 6.8 - 9 与图 6.8 - 1~图 6.8 - 4、可以看出：溢油事故发生后，油膜在风和潮流往复涨落的共同作用下呈现出蛇形运动，当风向与潮流方向一致时，油膜中心运动速度较大，可以看到油膜中心点间距较大，而当风向与潮流方向相反时，油膜运动方向甚至会与潮流方向相反，在图中可以看到油膜中心点分布比较密集甚至发生重叠。在远海区域，风速和风向引起的浅海风海流对于溢油漂移扩散结果起很重要的作用，体现在模拟结果中就是：不同的风向直接导致溢油漂移方向不同，甚至决定了溢油是否抵岸。

表 6.8 - 6 不同风向、均风情况下溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²) (72 小时) (涨潮)

风向	风速 (m/s)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	油膜面积 (溢油扩散中最大面积) (km ²)	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	9.88	133.3	891.7	5.9	--	--	--	--	16.5
NE	7.89	126.1	833.7	5.8	--	--	--	--	18.7
SE	8.03	107.5	648.2	5.3	--	--	--	--	18.6
SSE	7.94	101.0	531.0	5.1	--	--	--	--	18.7
S	6.97	96.2	381.4	4.8	--	--	--	--	20.1
W	4.29	95.2	275.8	5.0	--	--	--	--	24.8
SW	8.12	104.9	479.4	4.6	--	--	--	--	18.5

表 6.8 - 7 不同风向、均风情况下溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²) (72 小时) (落潮)

风向	风速 (m/s)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	油膜面积 (溢油扩散中最大面积) (km ²)	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	9.88	138.8	857.6	5.0	--	--	--	--	16.5
NE	7.89	131.5	843.9	5.1	--	--	--	--	18.7
SE	8.03	108.5	675.2	5.5	--	--	--	--	18.6
SSE	7.94	103.1	561.6	5.4	--	--	--	--	18.7
S	6.97	102.1	405.4	5.1	--	--	--	--	20.1
W	4.29	98.9	356.0	5.0	--	--	--	--	24.8
SW	8.12	108.8	497.0	4.9	--	--	--	--	18.5

表 6.8 - 8 不同风向、极风情况下溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²) (72 小时) (涨潮)

风向	风速 (m/s)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	油膜面积 (溢油扩散中最大面积) (km ²)	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	30.14	176.2	756.7	8.2	--	--	44.5	11.6	--
NE	37.87	172.5	852.8	9.0	--	--	34	12.9	--
SE	30.29	237.6	982.9	8.2	--	--	63	7.0	--
SSE	31.12	240.5	774.0	7.4	--	--	--	--	5.3
S	32.6	246.9	612.8	6.7	--	--	68.5	5.2	--
W	31.38	204.9	801.4	6.5	34	14.6	47	10.5	--
SW	29.04	209.3	1126.9	6.7	48	10.9	--	--	5.7

表 6.8 - 9 不同风向、极风情况下溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²) (72 小时) (落潮)

风向	风速 (m/s)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	油膜面积 (溢油扩散 中最大面积) (km ²)	首次抵敏感区 所需时间 (h)	首次抵敏感区前 残余油量 (%)	首次抵岸所 需时间 (h)	首次抵岸前残 余油量 (%)	72 小时残存 油量 (%)
NNE	30.14	172.2	692.3	7.4	--	--	41	12.6	--
NE	37.87	169.5	849.1	8.9	--	--	34	12.9	--
SE	30.29	233.5	976.2	8.6	--	--	70	5.7	4.4
SSE	31.12	228.6	706.1	7.7	--	--	--	--	5.0
S	32.6	231.9	635.1	7.0	--	--	--	--	4.6
W	31.38	233.3	853.3	6.4	47.5	10.2	64.5	6.4	4.2
SW	29.04	223.5	1071.5	7.5	42.5	12.5	54	9.5	5.3

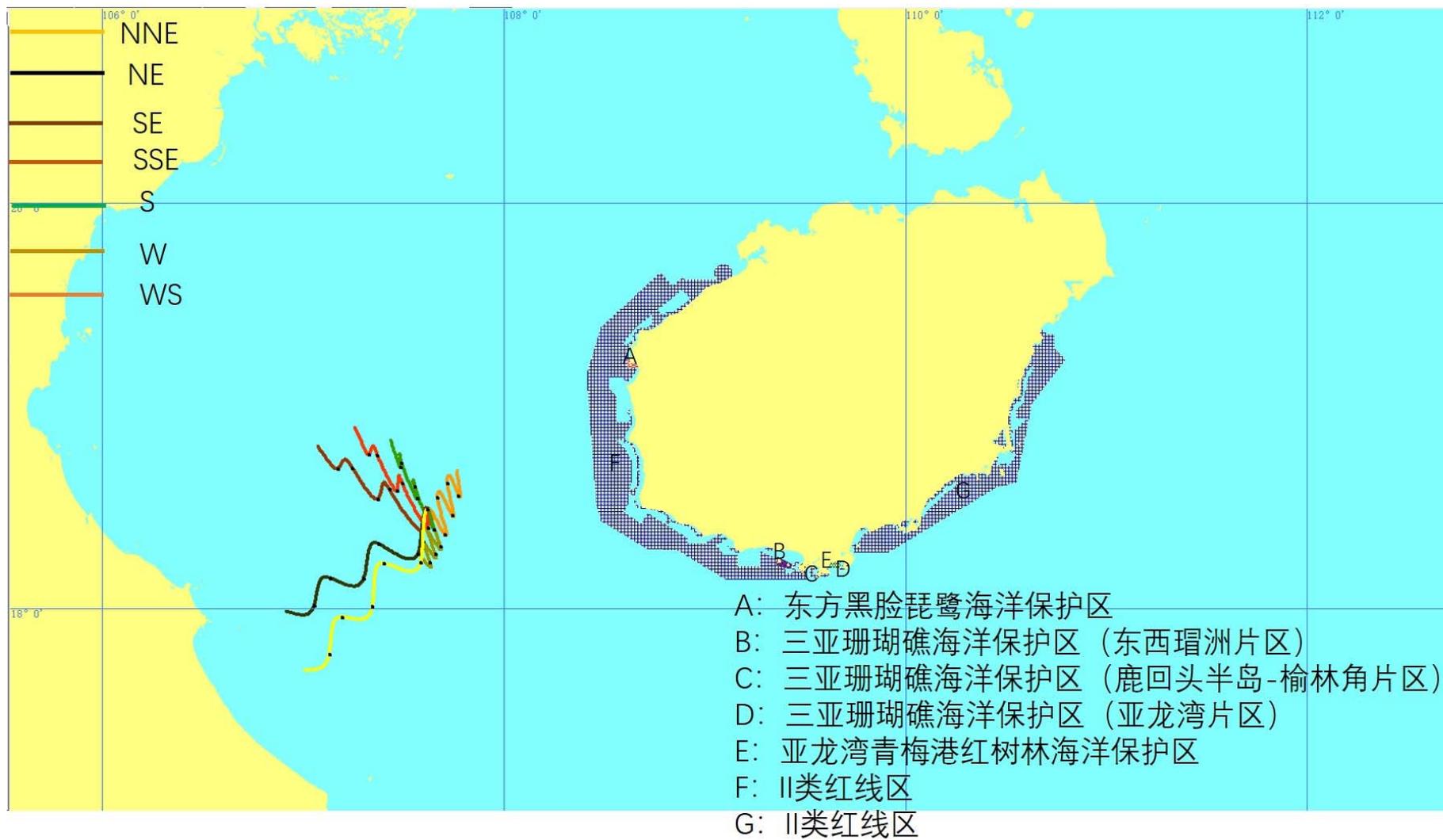


图 6.8 - 1 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散 (落潮)

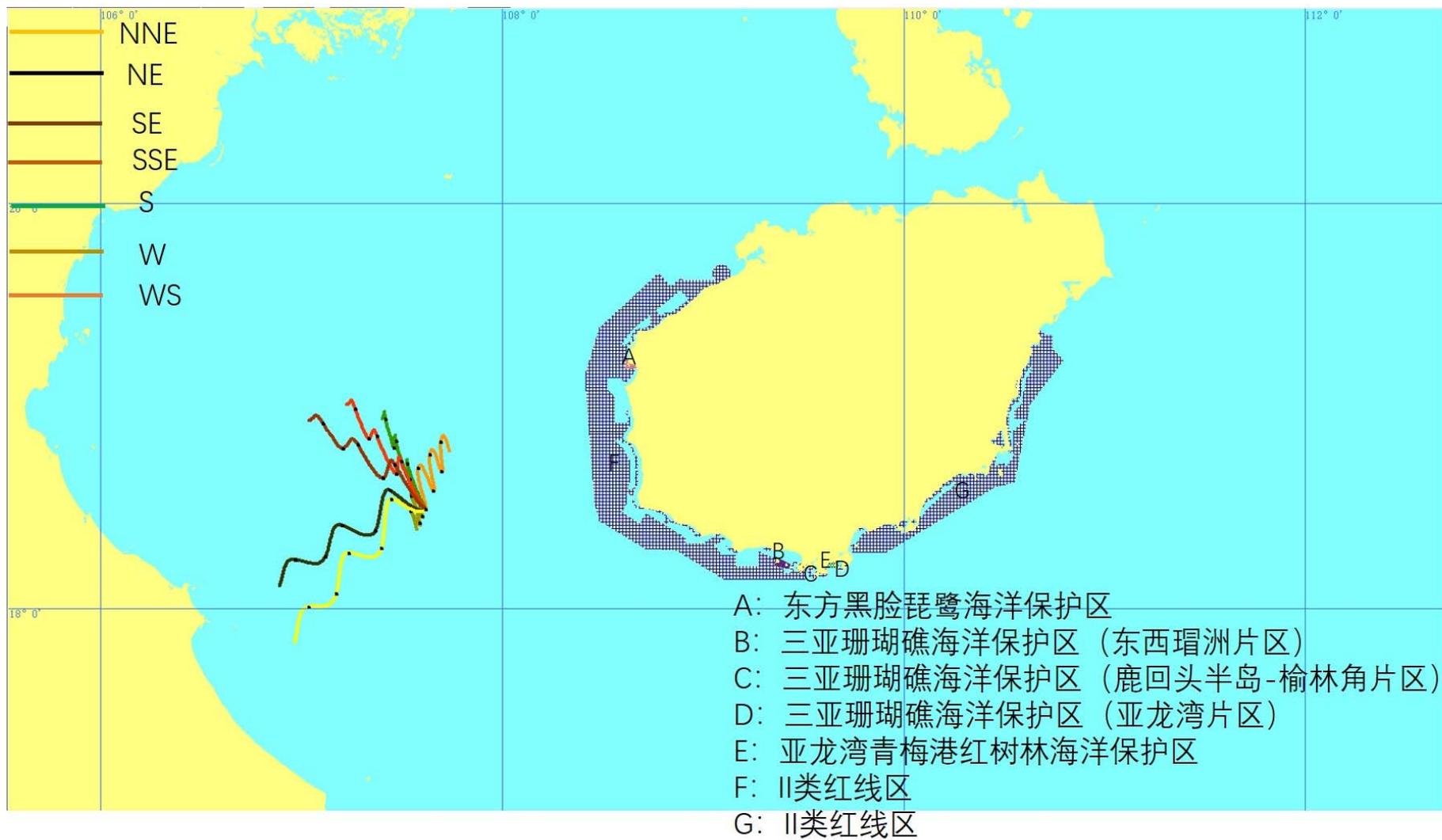


图 6.8 - 2 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散 (涨潮)

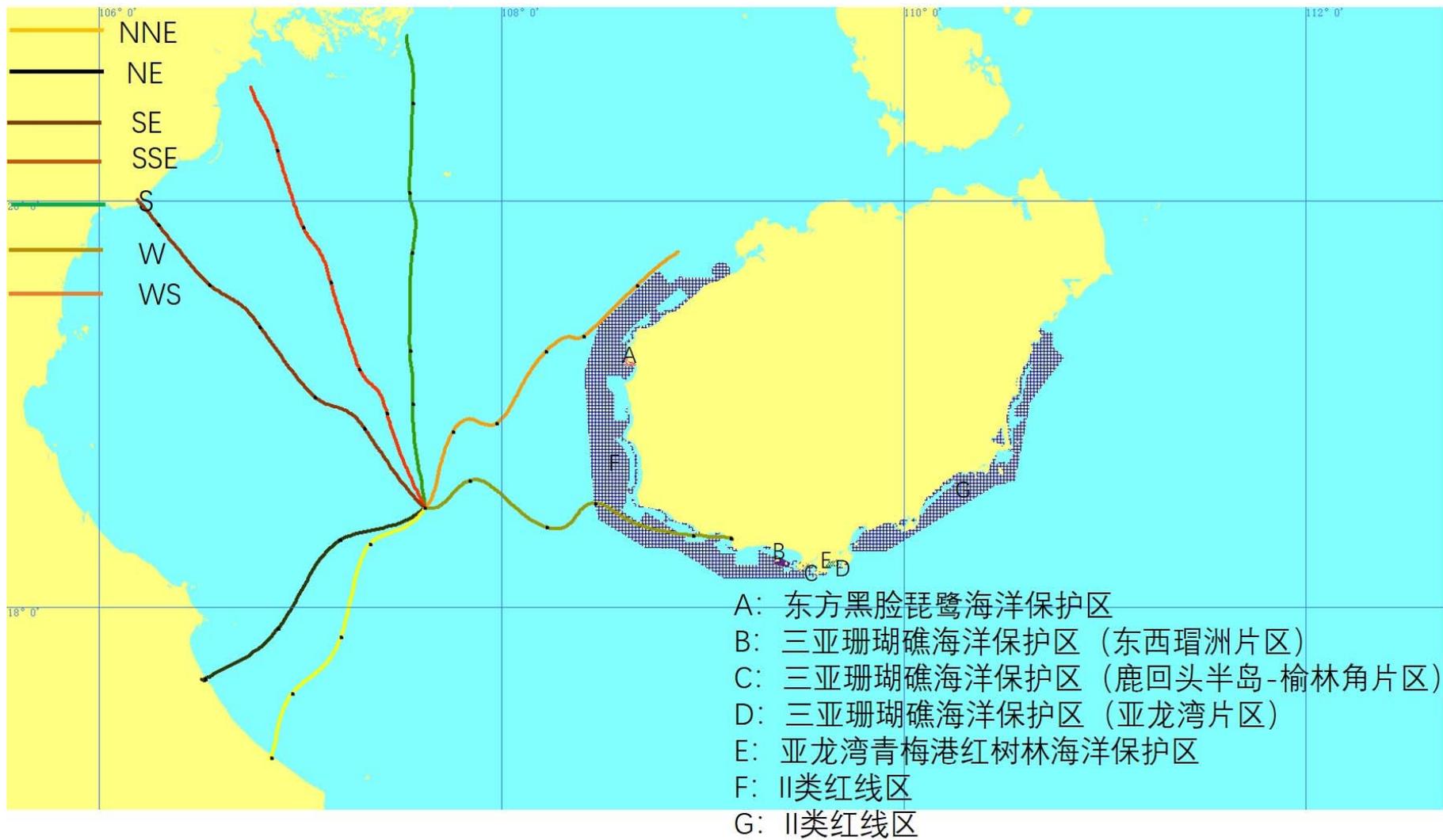


图 6.8 - 3 溢油 72 小时最大风速各向迁移扩散 (涨潮)

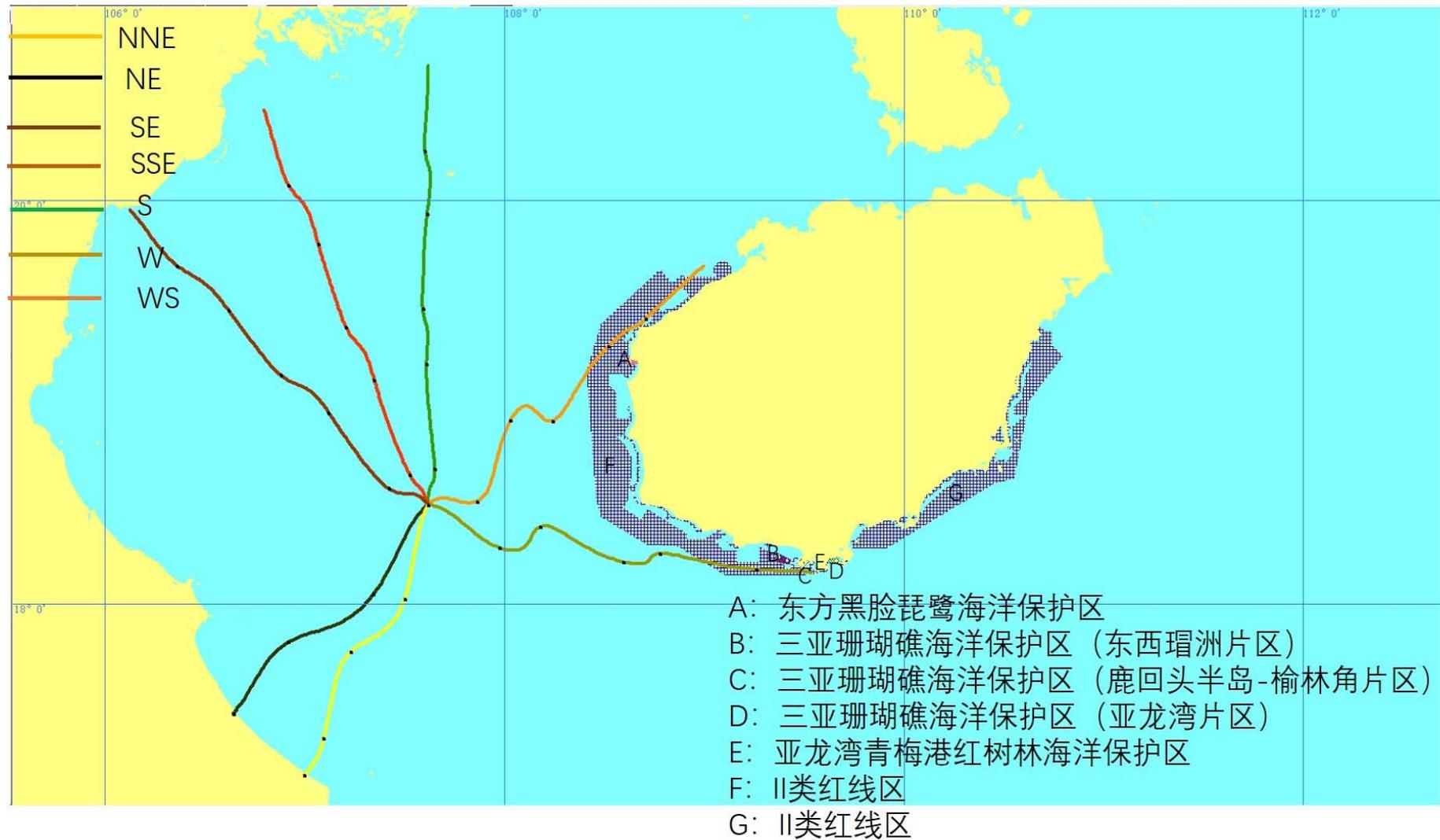


图 6.8 - 4 溢油 72 小时最大风速各向迁移扩散 (落潮)

6.8.3.2 溢油抵达敏感区时间及分析

无论油膜是否抵达岸边，都会对海洋环境以及渔业产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。研究表明，一旦溢油到达敏感区域会对敏感区域造成很大损害，敏感区域生态环境将历经几到十几年才能恢复：湿地生态系统的恢复需要约 15 年时间，砂质海滨生态的恢复需要约 3 年时间。

对于本工程溢油事故而言，环境敏感区主要环境敏感目标包括海洋保护区、产卵场等，一旦发生溢油事故，这些区域首先受到严重污染。溢油发生时在没有任何应对措施的情况下，油膜在风和潮流的共同作用下将会抵达敏感区并造成严重污染，由于工程位于红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场产卵场内，若发生溢油即可抵达。抵达海南岛近岸海域生态保护红线功能（Ⅱ类生态红线）的最短时间为 34h，抵达三亚珊瑚礁海洋保护区最短时间为 61.5h。本项目可能影响到的敏感目标见表 6.8 - 10 所示。

需要项目建设单位予以足够重视，在运行过程中，务必加强管理，杜绝事故的发生。应配备足够的溢油应急反应设施，并保持高效、可用性，使溢油在抵达附近环境敏感区域之前得以有效控制、回收。因此，一旦发生溢油，应及时采取应急控制措施，方可避免溢油对敏感目标海域的危害。

表 6.8 - 10 油膜到达敏感目标的最短时间

敏感目标	不利条件	到达时间 (h)	残余油量 (%)
红笛鲷北部湾产卵场	所有风向	即刻	100
鲱鲤类北部湾产卵场			
长尾大眼鲷北部湾产卵场产卵场			
海南岛近岸海域生态保护红线功能（Ⅱ类生态红线）	极风-涨潮-W	34	14.6
	极风-涨潮-SW	48	10.9
	极风-落潮-W	47.5	10.2
	极风-落潮-SW	42.5	12.5
三亚珊瑚礁海洋保护区	极风-落潮-W	61.5	6.9

6.8.3.3 溢油对敏感目标的影响

对于本工程溢油事故而言，溢油发生时在没有任何应对措施的情况下，72 小时内油膜在风和潮流的共同作用下。抵达海南岛近岸海域生态保护红线功能（Ⅱ类生态红线）的最短时间为 34h，抵达三亚珊瑚礁海洋保护区最短时间为 61.5h 溢油抵达敏感区并造成严重污染，由于本工程位于位于红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场产卵场内部，主要保护对象为重要经济鱼类。因此，一旦在相应月份的产卵期发生溢油事故而又没有

任何应对措施，油膜将直接落在环境敏感区内对重要经济鱼类产生重大影响。因此，本评价针对溢油对渔业资源的“三场一通道”的影响进行分析。

对鱼类的影响

①对鱼卵与幼鱼损害

溢油事故可能对鱼卵及仔稚鱼有影响。因为多数经济鱼类为浮性卵，它们在表层水域与油污接触的可能性更大，油膜对鱼卵的黏着、渗透等直接影响鱼卵的孵化率及孵化质量。仔稚鱼对油污的反应极其敏感，较小的油污浓度对成年鱼影响不大，但可能引起仔、稚鱼的死亡和畸形。油污对海洋鱼类胚胎及仔稚鱼的潜在毒性效应。随着石油在海水中浓度的升高，各实验胚胎孵化率呈下降趋势，孵化幼苗的畸形率和死亡率呈上升趋势。畸形率和死亡率受影响程度和变化幅度都大于孵化率。

②对鱼类行为的影响

溢油事故对成体鱼类的影响较小，因为大部分油漂浮在海水表面，而大多数鱼类是在底层或者中层水中生活；另外多数上层鱼能够逃避表面油类的影响游到干净的海域。许多鱼类都有地域性，在某些情况下，鱼类行为可能因油污而改变，可能损害当地的渔业资源。溢油事故发生后，洄游到某地区的鱼类必须重建摄食区和繁殖区。因此，事故发生地渔业资源的恢复，可能需要一定的时间。依赖于季节性迁徙的渔业资源由于油污会改变鱼类的迁徙路线而可能遭到破坏。

6.8.1 环境风险综合分析评价

本工程海上部分最主要的环境风险类型主要包括：船舶碰撞事故和海管与立管破裂溢油事故。

对于本工程溢油事故而言，环境敏感区主要环境敏感目标包括海洋保护区、产卵场等，一旦发生溢油事故，这些区域首先受到严重污染。溢油发生时在没有任何应对措施的情况下，油膜在风和潮流的共同作用下将会抵达敏感区并造成严重污染，由于工程位于红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场产卵场内部若发生溢油，即可抵达。抵达海南岛近岸海域生态保护红线功能（Ⅱ类生态红线）的最短时间为 34h，抵达三亚珊瑚礁海洋保护区最短时间为 61.5h。

需要项目建设单位予以足够重视，区并造成严重污染，需要项目建设单位予以足够重视并采取必要措施确保在环境安全的前提下进行海上石油开采活动。一旦发生溢油，应及时采取应急控制措施，方可避免溢油对敏感目标海域的危害。因此一旦在相应月份的产卵期发生溢油事

故而又没有任何应对措施，油膜将直接落在环境敏感区内并在风、潮流的作用下迁移扩散至其他附近环境敏感区域，对水产资源保护目标产生重大的影响。

针对可能发生的风险中海石油（中国）有限公司湛江分公司已制定了溢油应急计划并获得原国家海洋局南海分局的备案。原有的溢油应急设备可以满足溢油应急的需要。一旦发生溢油事故，应严格按照《东方 13-2 气田群溢油应急计划（2018）》开展各种准备和响应工作。

7 环境保护对策措施

7.1 施工期环境保护对策措施

本项目施工期污染影响主要来自管道铺设作业产生的船舶施工作业人员的生活污水、生活垃圾，管道铺设作业产生的固体废弃物，施工船只产生的含油污水，海管清洗废液，以及施工船舶、机械产生的噪声、尾气等。

(1) 船舶污染物

海上施工阶段产生的船舶污染源包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、固体废弃物等。

①船舶生活污水及机舱含油污水根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)相应标准，依托施工船生活污水处理装置进行处理，处理达标后排海。

②生活垃圾(除食品废弃物拍海外)在船上分类收集后，全部运回陆地处理，交由有资质单位处理。

③船舶废气

废气主要来自于施工船只及机械排放的柴油机尾气，主要污染物为 NO₂、SO₂、CO、非甲烷总烃等，此类废气为间歇排放，随着项目施工结束而结束。本项目由多艘船舶在不同阶段分别进行施工，对于广阔的海域影响较小。

(2) 固体废弃物处置措施

施工期生产垃圾主要为铺设海管过程中产生的废弃零件、边角料、含油抹布、包装材料等，属于含油固体废弃物。根据《国家危险废物管理名录》(环境保护部令第 39 号)，废弃的含油抹布、劳保用品属于危险废物豁免管理清单，可以混入生活垃圾处理，全过程不按危险废物管理。本工程铺设海管产生的生产垃圾约为 1.18t。

生产垃圾在船上分类收集后，全部运回陆地交由有资质的单位处理，本项目施工期所产生的固体废弃物均不排海，处理措施满足《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的相关要求进行回收利用或处置。

(3) 清洗废水、试压水

现有管清管废液为含油污水，现有管道停输后，开始对现有管道进行清洗作业。清洗将产生约 1628m³ 左右的废液，产生的废液为含油废水，进入生产流程与 DF13-2WHPA 产液混合，输送到 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统，处理合格后排海。

新管清扫工艺为淡水扫线，目的在于冲洗沉积在管道底部的沙土及管道内壁浮锈。不属于含油污水，试压合格后试压水直接排海。

7.2 运营期环境保护对策措施

本工程在正常生产情况下，DF13-2WHPA 平台物流经过本项目海底混输管道输送至 DF13-2CEPB 平台。正常作业期间管道不会对周围环境造成影响，但是一旦发生突发性的海底管道破裂，造成凝析油泄漏，则会对周边海域环境造成一定的危害。

引起海底管道事故发生的外部原因有海面失落重物的撞击、渔船拖网或船舶抛锚以及自然灾害，内部原因有管道腐蚀、材料缺陷，此外还有人员误操作等原因。

建设单位必须具备控制溢油的有效手段和措施。一旦溢油事故发生，应及时向主管部门通报情况，并立即采取一切措施将溢油控制在最小范围内。若需要采用化学消油剂处理溢油，应遵守《海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定》相关要求。

建设单位还制定了相应的管道保护和监测程序，由油田现有值班船对管道沿途进行巡视，对海底管道不定期进行局部检测和定期进行全面检测，以保证海底管道的安全。

在海底管道生产运行期间，确保海管的高低压保护装置运行正常，并实施监测海管进出口端的压力值及变化趋势，对其进行海管状态监测，并建立海管完整性的管理系统。

定期对管道进行清管作业，以减少腐蚀等原因对管道的影响。严格按照设计要求进行施工，并在施工中保证海底管道焊接质量。管道铺设完成，要进行扫线、清管和试压。作为应急措施，在海底管道两端设置应急关断阀，紧急情况下可以进行应急关断保护。

7.3 生态保护对策措施

(1) 合理安排施工时间，完善施工工艺

根据《中国水生生物资源养护行动纲要》：“重点渔业保护，坚持并不断完善禁渔区和禁渔期制度。针对重要渔业资源品种的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等主要栖息繁衍场所及繁殖期和幼鱼生长期等关键生长阶段，设立禁渔区和禁渔期，对其产卵群体和补充群体实行重点保护。继续完善海洋伏季休渔、长江禁渔期等现有禁渔区和禁渔期制度，并在珠江、黑龙江、黄河等主要流域及重要湖泊逐步推行此项制度。”

本项目位于红笛鲷北部湾产卵场、鲱鲤类北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场产卵场内部，距离较近的还有金线鱼北部湾产卵场，位于本工程平台区西侧和北侧，施工作业应合理

选择作业时间，减少对重要经济鱼类的影响。完善施工工艺，严格控制施工作业范围，避免恶劣海况作业。

(2) 渔业资源补偿

鉴于工程施工建设过程中将对周围海域的渔业资源和海洋生态造成不可避免的影响，建设单位需与渔业行政管理部门协商，选择合理的放流时间、品种和规模，通过人工增殖放流等措施进行生态修复和补偿。生态补偿的具体措施由建设单位与当地渔业行政主管部门协商决定，一般采取经济补偿或者建设单位自行增殖放流的方式。

环境保护及污染防治措施汇总表见。

表 7.3 - 1 环境保护及污染防治措施汇总表

阶段	污染源	污染因子	措施	处理效果	
施工期	废水	船舶机舱含油污水	石油类	依托施工船含油污水处理装置处理	船舶机舱含油污水按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的标准石油类含量≤15mg/L, 由油污水处理装置出口达标排放。
		生活污水	COD	依托施工船生活污水处理装置处理	处理达标后排海
		新管清洗试压水	悬浮沙		直接排海
		原管清洗废液	石油类	输送到 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统, 处理合格后排海	
	固废	生产垃圾	废弃边角料、油棉纱、包装材料	运回陆地处理	符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》
		生活垃圾	食品废弃物及包装物等	除食品废弃物排海外, 其它运回陆地处理	
	生态环境	/		缩短施工周期, 合理选择施工时间, 选择适宜的海况条件, 优化管道铺设工艺, 减少对重要经济鱼类的影响。	
运营期	生态环境	石油类	严格防止溢油的发生, 并配有完备的溢油应急方案和措施, 一旦发生溢油, 能够及时有效的将影响范围控制在最小。		

7.4 清洁生产与总量控制

7.4.1 清洁生产

(1) 先进的工艺与设备

本次工程施工选择为直接将管道铺设到海床之上, 不挖沟降低对海水水质的影响; 铺管阶段使用的铺管船是针对海底管道施工不断提高的定位和铺设要求而专门设计的, 船上配备有

GPS 和水深记录仪等通信导航系统、动态定位 DP 系统及定位控制设备等，能够有效提高定位精度，准确、及时地完成管道铺设。

(2) 采用先进的施工方式

施工单位结合工程施工特性、工程海域自然条件等合理划分施工区段、合理安排施工工期，采用科学管理方式，做到降低能耗，减少污染。这些都符合清洁生产的原则，同时又是行之有效的污染防治措施。

(3) 污染物产生及污染防治措施

建设阶段参加海上施工的船舶及其有关人员应严格执行了《海洋环境保护法》、《海上交通安全法》、《防止船舶污染海域管理条例》、《1990 年国际油污防备、反应和合作公约》、《船舶水污染物排放标准》等有关的规定和标准。

施工期生活垃圾（除食品废弃物外）、生产垃圾等均全部运回陆地处理；船舶产生的含油污水、生活污水依托施工船上含油污水处置装置、生活污水处理装置处理达标后排海。各种船舶污染物环境管理措施通过环境管理人员设置、污染物处理记录、及对违规人员的处罚等规定保障其顺利实施。

本项目为海底混输管道更换，运营期间除管道防腐阴极保护牺牲阳极释放少量金属锌外，不排放其他污染物，不会对所在海域水质、沉积物环境造成影响。

(4) 执行严格的日常环境管理制度

对于海管铺设施工作业，制定了严格的安全环保作业规程，并严格遵守执行。

通过对本项目生产工艺与装备、污染物产生以及环境管理等先进性比较分析可知，本项目在生产工艺与装备、施工工艺及环境管理等方面均考虑了清洁生产的要求。通过与其它同类项目施工工艺的对比，铺设海底管道产生的污染物相对较小，污染物的管理也处于国内同类项目领先水平。

7.4.2 总量控制

本项目不涉及总量控制要求。

7.5 事故防范措施和应急方法与对策分析

溢油防范工作作为工程施工期的工作重点，将溢油的防范内容纳入施工期各个环节。将溢油风险最大限度的减少，并对可能出现的溢油状况制定详尽的应急措施。

7.5.1 施工阶段船舶碰撞风险防范措施

为防止本项目船舶发生溢油风险事故，减少事故发生概率，并减小溢油事故后对环境造成的影响，应重点增加应急值守的要求，此外还应采取以下溢油事故防范措施：

(1) 铺设新海管前，事先向相关海区的海事主管机关申请发布海上航行警告、航行通告。书面申请应当包括下列内容：活动起止日期和每日活动时间；活动内容和活动方式；参加活动的船舶、设施和单位的名称；活动区域；安全措施。

(2) 海上航行警告、航行通告发布后，施工单位必须在国家主管机关核准的时间和区域内进行活动；需要变更活动时间或者改换活动区域的，应当依照航行警告和航行通告管理规定，重新申请发布海上航行警告、航行通告。

(3) 协助相关部门做好作业船舶的调度工作，严格执行有关操作规程，避免船舶的碰撞。制定严格的船舶施工作业制度和操作规程，尽量杜绝事故的发生。

(4) 施工时，严格落实施工方案采取的防护措施，设置护航船舶进行警戒。除在施工安全作业区设置警戒船舶守护外，要求施工船舶在夜间航行中按规定在明显可见处显示相应的信号。

(5) 合理安排施工作业面，严格按照施工组织设计和安排的施工作业区进行施工，每天定时向项目部报告工程进展情况和施工安全情况，通报作业区的施工船舶分布情况，严禁施工船舶随意穿越其他作业区；禁止施工船舶将锚位抛出作业区；禁止施工船舶未按计划施工。严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船舶进入施工作业水域，并提前、定时发布航行公告。施工作业船舶在施工期间加强值班瞭望，施工作业人员应严格按照操作规程进行操作，所有施工船舶须按照国际信号管理规定显示信号。

(6) 一般的风浪条件下，大型的非机动船可在施工海域锚泊抵御，但小型船舶应及时进港避风，遇有大风影响，所有船只均应撤离施工海域。

(7) 为防止新海管铺设作业过程可能出现的溢油风险事故，施工前应设立本项目事故应急机构，建立溢油应急制度，一旦突发事故造成溢油事故，应迅速做出反应，当事船舶立即采取制止和消除污染的有效措施，迅速控制当事船舶的污染源。

(8) 制订必要的施工期事故应急程序，配置相应的应急事故处理设施。一旦溢油事故发生，第一时间开展现场应急对溢油进行清除，将溢油造成的损失降至最低，事故风险程度超出现场应急能力时，根据上级应急中心指示启动中海石油（中国）有限公司湛江分公司相关应急预案。

(9) 为有效减少船舶碰撞事故的发生，有必要对船舶碰撞事故进行预防和综合控制。船

船管理者对安全航行进行计划、组织、指挥、协调和控制等活动，以达到保护人员安全和防止溢油事件发生的目的。具体有以下几方面的管理措施：

- ①认真学习《海上避碰规则》，严格遵守航行法规；
- ②充分利用听觉、雷达以及适合当时环境和情况下的一切有效手段，保持不间断瞭望；
- ③使用安全航速；
- ④配齐必要的助航仪器，如配备 AIS 船舶防撞系统。

7.5.2 生产阶段海底管道事故防范措施

海底管道的设计以国际上认可的规范和标准为依据，其寿命均为 30 年。海底管道外管的防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，还留有一定的腐蚀裕量，在输送流体中加入缓蚀剂、杀菌剂进一步阻止海管内部腐蚀。作为应急措施，设置有应急关断阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。

新铺海底管道与原管道平行铺设，铺设后报海事管理机构划定安全作业区，更新海图并发布航行通告，新铺海底管道纳入油田及海事管理机构的 AIS 管理系统；DF13-2 气田已经投入试运营，根据公司海管完整性管理制度，运营期间气田有守护船职守，并定期对海管进行巡检；平台人员有瞭望观察海管制度，能够及时发现过往船只异常情况；同时 DF13-2CEPB 平台的 AIS 系统能识别气田附近海域船舶动态，对进入安全作业区范围内的船舶提供预警。

在海底管道生产运行期间，重点为巡视要求，确保海管的高低压保护装置运行正常，并实时监测海管进出口端的压力值及变化趋势，定期进行海管状态监测，检查的内容包括管道在位状态、水面以上部分防腐状态、管道两端附件、悬空治理情况、立管保护与固定装置等，并建立海管完整性的管理系统，为海底混输管道监控提供有力保障。

定期对管道进行清管作业，以减少腐蚀等原因对管道的影响。

7.5.3 溢油应急措施

本工程在施工期间采取各种预防措施，在以预防为主的基础上，必须充分利用现有的溢油应急处理能力和措施，以尽最大能力降低海上溢油的环境污染程度。

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》和《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》，建设单位（中海石油（中国）有限公司湛江分公司）编制了《东方 13-2 气田溢油应急计划（2018）》，并于 2018 年 9 月 3 日在原国家海洋局南海分局备案，本次拟更换的管道已纳入到《东方 13-2 气田溢油应急计划（2018）》中。见附件 4

针对本项目油田应该按照已经备案的溢油应急计划做好各种溢油应急准备和响应，尤其是

施工期间落实好各种溢油应急措施。

7.5.3.1 溢油事故等级的划分

根据《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》第 1.5 节的规定，溢油事故分为特别重大、重大、较大和一般四级：

- (1) 特别重大溢油事故，是指溢油 1000 吨以上的海洋石油勘探开发溢油事故；
- (2) 重大溢油事故，是指溢油 500 吨至 1000 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；
- (3) 较大溢油事故，是指溢油 100 吨至 500 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；
- (4) 一般溢油事故，是指溢油 0.1 吨至 100 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故。

7.5.3.2 溢油事故报告程序

发生溢油事故后，无论大小，均必须按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，见图 7.51。

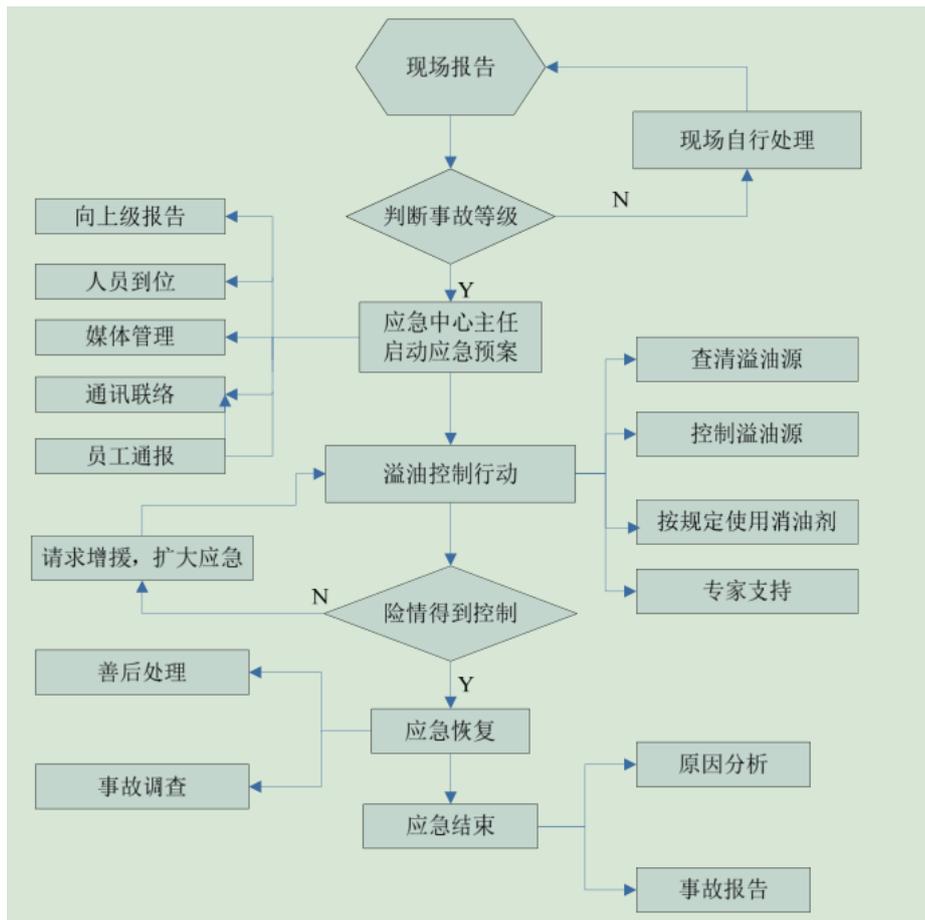


图 7.5 - 1 溢油事故报告程序图

7.5.3.3 溢油应急程序

溢油应急处理要根据不同的溢油类型和对环境影响程度大小而采取相应的应急处理方案。对应《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》中的溢油事故分类，将应急响应设定为 I 级、II 级、III 级和 IV 级四个等级。发生特别重大、重大溢油事故后，由国家主管部门分别启动 I 级、II 级应急响应，由国家主管部门统一指挥。同时，国家主管部门报告国家重大海上溢油应急处置部际联席会议，提请启动国家重大海上溢油应急处置预案。发生较大、一般溢油事故后，国家主管部门分别启动 III 级、IV 级应急响应，负责溢油应急响应工作的组织、指挥、实施及信息发布等工作。考虑本工程船舶碰撞溢油源强最大为 160m^3 ，属于较大溢油事故，不会发生重大溢油事故和特别重大溢油事故，因此，本评价只介绍一般溢油事故和较大溢油事故应急程序。

(1) 一般溢油事故应急程序

当溢油量在 0.1t 以内时，将首先依靠油田自身的溢油应急组织和设备组织实施。一艘守护船、供应船、作业区管理层以及其他人员作为海上现场溢油应急小组的支持。油田总监作为溢油应急总指挥，发生溢油后，油田总监与中海石油（中国）有限公司湛江分公司应急办公室协调处理。中海石油（中国）有限公司湛江分公司应急办公室应保持与海上联系，并在必要时随时准备援助海上现场溢油管理小组。

当溢油量超过 0.1t 时，应急程序由海上应急组织构成，并获得中海石油（中国）有限公司湛江分公司应急办公室支持。此应急反应可能需要包括南海溢油反应组织在内的几处溢油应急资源的支持。溢油回收清理活动可能要超出油田附近海域。事故初期应急负责人仍是油田总监或其替代人员，直到陆地溢油组织指挥人员抵达海上接替他。

(2) 较大溢油事故应急程序

当发生较大类型溢油事故后，需要中海石油（中国）有限公司湛江分公司及政府的溢油应急力量协助处理和控制在。中海石油（中国）有限公司湛江分公司应急办公室将协调各溢油应急组织，专业溢油应急服务公司协助协调区域外资源（溢油清理组织和人员）。

7.5.3.4 溢油应急设备

(1) 东方 13-2 气田群自身溢油应急能力

东方 13-2 气田群作业期间，虽在各阶段采取了各种预防措施，但仍有因难以预料的内部或外部原因导致海上溢油事故发生的可能性。一旦发生溢油事故，首先做好溢油源的控制工作，同时做好溢油源监控，在利用本油田溢油应急资源进行溢油初期处理的同时，并可以通过中海

石油（中国）有限公司湛江分公司应急指挥中心就近调用本海区（周边油田、溢油应急基地）配备的溢油应急设备。

东方 13-2 气田群海上主要应急设施在 DF13-2CEPB、DF13-2WHPA 平台上均有分布，主要包括溢油分散剂和吸油毡等，以应付 10t 以下溢油事故。这些设备包括：

表 7.5 - 1 东方 13-2 气田溢油应急设备一览表

序号	设备名称	规格/性能	存放地点	数量
1	溢油分散剂喷洒装置	型号：PSC40	DF13-2CEPB	1 台
2	手动喷雾器	--	DF13-2WHPA	1 台
3	溢油分散剂	200KG/桶	DF13-2CEPB/WHPA	2 桶
4	吸油棉	型号：PSC100	DF13-2CEPB/WHPA	2 箱
5	抹布	--	DF13-2CEPB/WHPA	2 袋

(2) 油田之外可借用的力量

中海石油（中国）有限公司湛江分公司与中海石油（中国）有限公司其他分公司及中海石油环保服务股份有限公司建立有密切联系，当发生溢油事故时可动用中海石油（中国）有限公司深圳分公司溢油应急资源，并可以通过总公司的统一指挥协调，联系政府主管部门、海事局、国家其它救助机构或国际的溢油应急资源。

表 7.5 - 2 东方 1-1 气田溢油应急设备配置情况

序号	设备名称	规格/性能	存放地点	数量
1	溢油分散剂	200L/桶，常规型	DF1-1CEPD 平台	2 桶
2	溢油分散剂喷洒装置	型号：PSC40		1 台
3	手动喷雾器	--		2 个
4	吸油棉	型号：PSC100		10 箱
5	溢油分散剂	200L/桶，常规型	DF1-1WHP A 平台	2 桶
6	吸油棉	型号：PSC100		2 箱
7	溢油分散剂	200L/桶，常规型	DF1-1WHP B 平台	2 桶
8	吸油棉	型号：PSC100		2 箱
9	溢油分散剂	200L/桶，常规型	DF1-1WHP E 平台	2 桶
10	吸油棉	型号：PSC100		2 箱
11	溢油分散剂	200L/桶，常规型	DF1-1WHP F 平台	2 箱
12	溢油分散剂喷洒装置	型号：PSC40		2 箱
13	吸油棉	型号：PSC100		1 箱
14	吸油棉	型号：PSC50		1 桶
15	吸油毛毡	规格：800×450mm，21 公斤×200 张/箱		1 台

表 7.5 - 3 周围作业区可借用应急资源

序号	溢油应急物资	数量	存放地点
文昌 13-1/13-2 油田	充气式橡胶围油栏及拖头	2 套	南海奋进号 FPSO
	带动力集装箱	1 套	
	动力泵站	1 套	
	转盘式收油机	1 套	
	浮动油囊	1 个	
	油囊泵站	1 台	
	围油栏清洗机	1 台	

	背负式吹风机	1 台	
	溢油分散剂	12 桶	
	工作艇	1 艘	
文昌油田群	充气式橡胶围油栏	600m	海洋石油 116 号 FPSO
	充气式围油栏集装箱	3 套	
	围油栏动力站	1 套	
	船用喷洒装置	1 套	
	围油栏拖头	2 套	
	充吸气机	1 套	
	浮动油囊	2 套	
	高压蒸汽清洗机	1 套	
	手提风机	1 套	
	LAMOR 侧挂式收油机	1 套	
	LAMOR 侧挂式收油机动力站	1 套	
	LAMOR 浮式收油机	1 套	
	LAMOR 浮式收油机动力站	1 套	
	溢油分散剂	20 桶	
	吸油棉	6 箱	
	崖城 13-1 气田	溢油分散剂	
吸油栏		5 件	
吸油栏		3 件	
乐东 22-1/15-1 油田	消油剂	适量	乐东 22-1 平台
	吸油毡	4 箱	

表 7.5 - 4 陆上基地溢油应急资源

基地	名称	数量	备注
涠洲终端	充气式围油栏	400m	HRA2000
	永久布放型橡胶围油栏	400m	WGV1100
	固体浮子式样围油栏	400m	HPFZ/900/25
	圆形吸油拖栏	500m	XTL-Y220
	动力站	1 套	LPP30
	真空撇油器	1 套	ZK30
	高压清洗机	1 台	HDS1000DE
	多功能撇油器	1 套	多功能
	动力站	1 套	HPP50
	消油剂喷洒装置	1 套	PS80
	储油囊	2 套	FN10
	便携式储油罐	2 套	QG5
	液压充气机	2 套	
	充吸气机	1 套	HIS1000
	应急发电机	1 套	KDE6500E
	吸附材料	500kg	SPC
	背负式风力清扫机	1 套	EB-415
	金属储油罐	8 套	7m3
	溢油分散剂	50 桶	富肯-2 号
	南山终端	溢油分散剂	6 桶
吸油粉末		200 袋	56.6 升/袋
吸油垫纸		30 袋	17"×19",200 片/袋

	沾油丝	80 条	12.5 米/条
	吸油栏	250 条	2.9 米/条
	吸油栏	65 条	3MPetroleum
	喷雾器	9	X-PERT/4 加仑
	喷雾器	2	2 加仑
	喷雾器	2	3 加仑
	喷雾器	18	21/4 加仑
	围油栏	420m	6" *12" (30 米/节)
	围油栏	600m	12" *24"
	围油栏	200m	38"
	撇油器	1 台	CRUCIAL
	撇油器	1 台	Skim-Pak
	液压吸油泵	1 台	CRUCIAL
	撇油头	1 台	Skim-Pak
	撇油头	1 台	CRUCIAL
	吸油管	2 条	2"
	柴油机(ManualStart)	1 台	带驱动液压泵
	柴油机(BatteryStart)	1 台	带驱动液压泵
	清刷泵	1 台	CURICAL

表 7.5 - 5 深圳分公司溢油应急资源

	应急设备	数量	存放地点
番禺作业公司	气胀式围油栏及动力设备	400m*1 套	--
	撇油器	40m ³ /h*1 套	--
	储油囊	1 套	--
	消油剂喷洒系统	2 臂/每船	南海 221, 南海 219、海洋石油 623
	“双象牌”消油剂	适量	南海 221, 南海 219、海洋石油 623
	“双象牌”消油剂	适量	海洋石油 111
流花作业区	GM-2 消油剂	适量	南海胜利 FPSO
	吸油毡	包 (100 片) *38	
	围油栏	6 英寸×10 英尺*140	
	吸附剂 C	25 磅/袋*58	
	气动泵	1-1/2 英寸*4	
	空气软管	3/4 英寸×100 英尺*6	
	经化学处理的吸入/排放软管	1-1/2 英寸×25 英尺 *18	
	生物可降解去油污剂	(55 加仑/桶) *4	
	GM-2 消油剂	适量	
	橡皮刮板	2 英尺橡皮边*12	
	吸油砂	12 袋	南海挑战 FPS
	喷射器	1-1/2 英寸*3	
	围油栏	条*10	
	吸油毡	包 (100 片) *12	
	围油栏	6 英寸*10 英尺*10	
	吸附剂 C	25 磅/袋*30	
	双膜片泵	1-1/2 英寸*2	

	空气软管	3/4 英寸*100 英尺*2	
	经化学处理的吸入/排放软管	1-1/2 英寸*25 英尺*10	
	去油污剂（55 加仑/桶）	生物可降解*1	
	GM-2 消油剂	适量	
	喷射器	1-1/2 英寸*3	
	橡皮刮板	12 套	
陆丰作业区	围油栏	427 米*1 套	深圳龙善清洁服务有限公司
	扫油网	SW3 型*1 套	
	消油剂喷洒系统	PetroBoom DSE/B/20D/6*1 套	
	背包式消油剂喷雾器	2 套	南海盛开 FSOU
	消油剂	2 桶	供应船
		适量	南海盛开 FSOU
		适量	LF13-1 平台
		适量	LF13-2DPP 平台
适量桶		LF13-2WHP 平台	
吸油毡	若干	各海上设施长期配备	
捞油网	5 把	南海盛开 FSOU	
西江作业区	充气式围油栏	青岛光明/ WQJ2000*400M	海洋石油 115FPSO
	侧挂式收油机	劳模/LCS-4C*1 套	
	刷式撇油器	劳模/MINIMAX60*1 套	
	喷洒装置	青岛光明/PSB100*1 套	
	溢油分散剂	青岛光明/GM-2*10 桶	
	浮式储油囊	青岛光明/FN10*/2 套	
	吸油毛毡	200kg	
	收油网	青岛华海/ SW-WQJ2000*1 套	
高温高压清洗机	青岛华海/ HDS1000DE*1 套		
珠海终端	喷洒装置	PSB40*1 套	终端仓库
	消油剂	适量	
	撇油器	MINIMAX12*1 套	
	收油机	ZSY5*1 套	
	轻便式储油囊	QG5*1 套	
	浮式储油囊	FN10*1 个	
	充气机	EB-415*1 台	
	吸油毛毡	P125-55*500kg	
	吸油毛毡	PP2*437.5kg	
	吸油拖栏	XPL-Y-220*200m	
	吸油拖栏	XTL-Y250*60m	
	围油拖栏	Φ 20cm*96m	
	吸油毡	86cm×48cm*10 卷	
吸油垫	TM58*10 箱		

赤湾基地	固体浮子式橡胶围油栏	GWJ900*240m	
	固体浮子式橡胶围油栏	GFW1000*460m	
	撇油器	Vikoma*1 套	赤湾 F3 外场
	围油栏	QW2000*2 套	赤湾 F3 外场
	吸油毛毡	4 包 (100kg)	库房
	GM-2 消油剂	适量	库房
		适量	南海 205、华镇号

(3) 环保船

另外环保船对于在海上处理溢油的能力非常强大，中海石油（中国）有限公司湛江分公司租用的“海洋石油 255”号环保船在南海西部海域执行应急值守服务。环保船“海洋石油 255”具有快速、灵活、高效的特点，最大航速 15.2 节（28.2km/h），续航能力 8000 海里，安装有溢油监测雷达，消油剂喷洒装置，内置式溢油回收装置，具有 $2 \times 100\text{m}^3/\text{h}$ 的溢油回收能力。一旦油田发生溢油应急事故，环保船可立即投入溢油应急处置工作。一旦气田发生溢油应急事故，可以调动“海洋石油 255”环保船，支援、协助气田进行溢油应急处置工作。

表 7.5 - 6 “海洋石油 255” 环保船主要性能参数

序号	主要性能	技术参数
1	主尺寸	75×15.2×7m
2	净吨/总吨	705t/2350t
3	主机功率	1520KW×4 / 台
4	最大航速	15.2 节
5	设计排水量/最大排水量	3903.06t/4298.331t
6	甲板载货量/面积	600t/459m ²
7	溢油回收能力	$2 \times 100\text{m}^3 / \text{h}$
8	溢油回收舱/消油剂舱	431m ³ /14.77m ³
9	泥浆舱/淡水舱/燃油舱/泡沫舱	240 m ³ /432.9m ³ /719.9 m ³ /14.77m ³
10	消防能力	1200m ³ /h

(4) 航空

中信海直直升飞机公司、南航珠海直升飞机公司在海南省东方市和三亚市设有飞行基地，中海石油（中国）有限公司湛江分公司租用了两直升飞机公司的飞机，用于气田人员、货物运输和应急，一旦气田发生溢油，可动员两直升飞机基地的飞机，参与溢油应急。直升飞机在三亚市、东方市有基地，溢油应急时，机组人员的动员时间不超过 1 小时，飞机到达溢油事故现场不超过 30 分钟和 1 小时。

7.5.3.5 通讯联络方式

应急反应时间的快慢与通讯系统的完善与否是密切相关的。东方 13-2 气田群内部和外部通讯系统均为现代化通讯设备，能满足应急需要。利用内部通讯网络和广播设备，气田内部各岗位之间可进行高质量通话；与其它油气田及中海石油（中国）有限公司湛江分公司基地之间可以借助卫星与微波通讯设备进行联络，甚至可以通过陆地转接与世界各地进行通讯联络。气田群内部与服务船舶和直升机均可通过配置在气田群内部的专用设施进行通讯联络。

7.5.3.6 溢油应急响应时间

东方 13-2 气田群具备一定的一般类型溢油事故应急能力。在最不利的条件下，即溢油发生在 DF13-2CEPB 平台处，若溢油应急船舶以平均巡航速度 12 节航行，人员动员和设备装船时间需 2h，则当发生溢油后 4h 以内工作船就可赶到浮油所在位置。东方 13-2 气田各平台的溢油分散剂和吸油毡等溢油应急设备数量充足，可以满足东方 13-2 气田群开发工程在合理的时间对一般溢油事故做出适当的反应。

而对较大以上级别的溢油事故，可借助于周边区域其他油气田、陆岸基地的应急设备和外部溢油应急支援力量进行应急处理，借助区域性溢油应急设备做出有效反应的时间见表 7.5 - 7。建设单位与中海石油（中国）有限公司其他分公司及中海石油环保服务股份有限公司建立了密切的联系，当发生大型溢油事故时能及时获得可动用的溢油应急设备。

当发生超出自身控制能力的溢油事故时，还可以通过中海石油（中国）有限公司的统一指挥协调，联系政府主管部门、海事局、国家其它救助机构或国际的资源。因此，借助外部溢油应急力量能够满足突发溢油事故时的应急需要。

表 7.5 - 7 区域性溢油应急设备有效反应的时间

区域溢油应急资源	东方 13-2 气田	
	距离 (km)	有效反应时间 (h)
东方 13-2 气田	0	立刻
“海洋石油 255”号环保船	0-270	0-10
东方 1-1 气田	20	1.5
直升机	120	1.5
“南海奋进号” FPSO	560	29
“海洋石油 116” FPSO	560	29
涠洲终端	325	19
南山终端	160	11
崖城 13-1 气田	182	12
乐东 22-1/15-1 油田	145	11

综上所述，东方 13-2 气田自身溢油应急能力可以在 10t 以下溢油应急事故初级阶段起到较好的拦截回收溢油的作用。尽管发生溢油事故概率很低，但仍然存在不可忽视的溢油事故风

险，在预防为主的基础上，平台上配备了适当的溢油应急设备，守护船舶每天 24 小时在平台附近昼夜值守，一旦发生溢油突发事件，溢油应急小组立即启动应急程序，按照既定的溢油应急方案快速有效地进行部署；同时，通知守护船在第一时间将平台上溢油设备进行装载，展开应急行动；从而在发生溢油事件时做到资源调用便捷、反应迅速，尽可能将溢油的影响降至最低。

7.5.3.7 应急设备有效性分析

(1) 从本工程溢油量角度分析

本次工程溢油事故选取为运营期混输管道破裂，通过风险识别，结合国内外同类项目事故统计资料，针对本工程的特点，本项目最大可信事故确定为海底混输管线破裂事故，考虑泄露出的物流为油气水混合物，本工程混输海底管道凝析油含油率约为 21.6%，经计算管道泄漏凝析油量约为 19.11t（约 23.5m³）。在溢油之初，溢油应急程序即刻启动。溢油初期当溢油量在 10t 以内时，将首先依靠油田自身的溢油应急组织和设备组织实施，平台人员能够在 0.5h 以内做出反应，将配置的溢油应急设备投入使用，能够提供可靠而及时的应急处理手段，及时将溢油在平台附近拦截住，避免溢油向外海域漂移。

(2) 溢油应急响应时间、操控措施

①内部快速启动响应及收油机制

由于初期溢油时，仅有少量原油溢出，首先调用东方 13-2 气田自身的溢油应急设备；最不利情况下，当发生溢油事故时，油田海上人员首先做好溢油源的控制工作，同时做好溢油源监控，本着就近调用应急资源的原则，优先利用油田内部溢油应急资源进行溢油初期处理。

②调用外部溢油响应资源力量

由于初期溢油时，仅有少量油品溢出，混输管道破裂后缓慢释放（小孔喷射），全部溢出时间约为 3~4 个小时，在东方 13-2 气田利用自身配备的设备对溢出的少量凝析油回收的同时，还会继续寻求外部的溢油应急力量的援助，如湛江分公司南海地区其他油田（文昌 13-1/13-2 油田、文昌油田群、崖城 13-1 气田、乐东 22-1/15-1 油田）及中海石油环保服务有限公司涠洲终端、南山终端。此外，海南省东方市和三亚市设有飞行基地，机组人员的动员时间不超过 1h，飞机的应急反应时间约为 0.5h，共计 1.5 小时，飞机到达现场后实施溢油的追踪与搜寻任务。当外部的溢油应急力量陆续抵达时，东方 13-2 气田内部的应急力量将和外部溢油应急力量共同开展溢油回收工作。通过分析（7.5.3.6 应急响应时间），东方 13-2 气田自身配备的溢油应急设备和附近油田及中海石油环保服务有限公司涠洲终端、南山终端等配备的溢油应急设备可以

满足要求。

(2) 油田溢油物资的能力配备分析

东方 13-2 气田自身及外借溢油应急设备的应急能力见表 7.5-8，表 7.5-8 中所列的应急能力为东方 13-2 气田、“海洋石油 255”号环保船配备的溢油应急设备的最大应急能力，实际溢油应急过程中，受气候、天气、水文等因素的影响，相应的溢油应急能力可能有所变化。

从表中可以看出：东方 13-2 气田自身及外借的溢油应急设备可以满足一般、较大溢油事故的应急需要，可以满足本工程运营期混输管线破裂事故最大溢油量（25m³）的应急需要。

表 7.5-8 东方 13-2 气田自身及外借溢油应急设备的应急能力

序号	应急设备	最大应急能力	各类溢油事故	本工程溢油量	溢油应急设备是否有效
1	东方 13-2 气田田配备的溢油应急设备	10t	10t 以下的一般溢油事故	混输管道破裂（25m ³ ）	有效
2	“海洋石油 255”号环保船	200m ³	一般溢油事故、较大溢油事故、重大溢油事故		有效

7.5.3.8 海上溢油的处理措施

根据不同油品特性及不同条件采取相应的溢油处理方法。溢油处理方法很多。针对海上的溢油应急情况可选择一些溢油控制方案，但必须考虑到所需设备、环境因素的影响，因此要注意优先权的选择。通常可选择的措施有围控和机械回收、喷洒化学消油剂等。

1、溢油回收条件

根据溢油应急响应普遍经验，在某些特殊天气条件及情况下，溢油围控和机械回收作业无法进行，或会增加潜在危险，这时不建议采取溢油回收作业。此类限制条件和情况包括：海上现场风速达到或超过 6 级；海上现场海浪高度超过 2 米；其它潜在火灾、爆炸等安全因素。

2、围控和机械回收

油溢到水面后，自身重力和风、流以及其他因素的作用下会迅速扩散和漂移。因此，溢油应急反应的首要任务是尽快采取有效措施，控制溢油，阻止其进一步扩散和漂移，以减少水域污染范围，减轻污染损害程度。这种将溢油控制在较小范围并阻止其进一步扩散和漂移所采取的措施称为溢油围控。

围油栏对溢油的围控、导流和防范作用，要通过适当的布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，主要采用两船拖带和三船拖带方式，具体还要根据实际情况而定。

(1) 双船作业“J”型拖带清油（如图 7.5-2）

工作船处于“J”型排列围油栏的凹形底部，将一收油机或收油网放在围油栏凹形底部收

油。另一拖船拖带导引围油栏，已增大扫油宽度。

工作船：负责围油栏的收放操作，要有足够的甲板空间放置围油栏；配有浮动油囊存储回收油；需有一吊车收放收油机。

拖船：拖带导引围油栏。

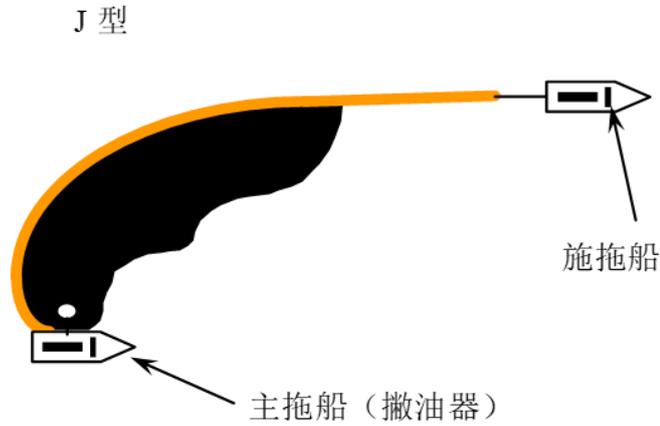


图 7.5 - 2 双船作业“J”型拖带

(2) 三船作业“U”型拖带清油 (如图 7.5 - 3)

两条拖船拖带围油栏成“U”形，一工作船将一收油机放在围油栏凹形底部收油。也可将一收油网放在围油栏凹形底部收油。

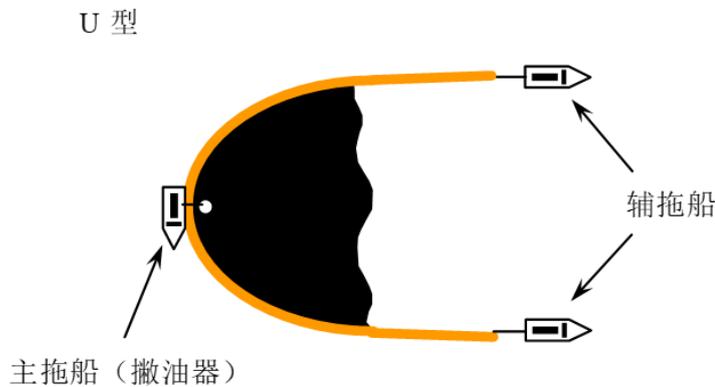


图 7.5 - 3 海上三船作业“U”型拖带

(3) 三船作业“V”型拖带清油

两条拖船拖带围油栏成“V”形，浮油回收船在“V”型底部收油。

海上溢油的处理效果，除溢油应急力量的强弱、能否有效快速调用、天气海况因素决定以外，溢油的性质及其季节变化也是影响海上回收和处理效果的重要因素。因此，当海上发现溢油时，应迅速分析判断溢油的性质组分等，然后根据有关技术要求、操作规程和应急预案快速、恰当地调用合适的应急力量参与应急反应行动。

3、喷洒化学消油剂

随着海洋石油勘探开发的不断蓬勃发展，海上溢油事故也逐年递增，化学消油剂作为一种常用的治理溢油污染技术，应用越来越广泛，使用量日益增加。由于化学消油剂的有效成分是非离子型表面活性剂和溶剂，两者对海洋生物均有一定的毒性。因此，对于控制消油剂的使用要遵照海洋主管部门相应的法规，以尽可能地防止由于使用消油剂所造成的二次污染。

当海上发生溢油后，一小部分油可以通过波浪的混合作用而自然分散，这个过程是非常缓慢的。那么，使用化学消油剂可以极大地提高油的自然分散速度，促进了油类的降解，同时，油膜的乳化分散也降低了着火危险，但消油剂并没有改变石油本身的性质，因此它也必然存在负面的影响。

在海上可以利用现场守护船舶进行喷洒作业。作业时可通过固定在船舷两边的喷洒臂将消油剂以扇形的形状喷出，喷出的消油剂液滴呈水珠状（研究表明：这样可以保证在有风的情况下落点准确和减少挥发损失）。

当现场确实需要使用化学消油剂时，中海石油（中国）有限公司湛江分公司应急指挥中心负责向国家主管部门申请。

使用化学消油剂的原则：根据《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》第二十一条规定，海面溢油首先使用机械回收，消油剂应严格控制使用，并遵守原国家海洋局 1992 年 8 月 20 日制定，2015 年 11 月 16 日重新修改发布的《海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定》，消油剂的各项性能指标必须符合国家规定的标准。

在发生油污事故时，应采取回收措施，对少量确实无法回收的溢油，准许使用消油剂。

各海区消油剂一次性使用量如超过第八条规定的数量，或使用海域水深小于 10 米的，作业者必须将溢油现场的有关情况报告主管部门，经批准后，方可使用。主管部门接到报告后应在 4 小时内予以答复，逾时不答复的，即视为认可。

在海面溢油可能产生爆炸、起火或者严重危及人命和财产安全，又无法使用回收方法处理，而只有使用消油剂可以避免扩大事故后果的紧急情况下，作业者可不受第八条、第九条规定的限制，但须在使用同时报告主管部门。事后必须按《海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》的规定，向主管部门提交详细的报告。

7.6 环保投资

环境保护费用系指环境保护固定设施及其投资费用和维护设施及其他为环保投资的年费用。环境保护投资主要包括一次性环境设施投资及其相关操作费用和辅助费用。本工程的环保

投资主要用于固废处置及生态补偿等措施。根据《海上油(气)田开发工程环境保护设计规范》(SY/T10047-2007),在确定环境保护投资费用时,对环境保护设施及其投资按如下原则划分:

凡属污染治理和环境保护需要的专用设备、装置、监测仪器等,其投资按 100%列入环境保护投资。生产需要同时又为环境保护服务的设备或设施分别按不同情况以 20%~50%比例列入环境保护投资。生态补偿预备费按 100%列入环境保护投资。

根据上述原则,将本工程环保投资设施及其直接投资费用列于表 7.6-1 本项目环保投资。



表 7.6-1 本项目环保投资

项目		总投资额	折合比率	折合环保投资(万元)
施工期	生活垃圾	■	100%	■
	生产垃圾	■	100%	■
	机舱含油污水	■	100%	■
	渔业资源损失补偿费用	■	100%	■
总计				■

8 环境影响评价结论

8.1 工程概况

东方 13-2 气田群开发工程的气田主要包括东方 13-2 气田和东方 1-1 气田，气田群海域水深约 60~70m。东方 13-2 气田群开发工程项目所有 5 条海底管道已经于 2018 年 2 月完成直管段铺设。在 2018 年 4 月东方 13-2CEPB 导管架安装预调查时发现，东方 13-2CEPB 导管架就位区域周围的海管管头位置偏离现有海管铺设轨迹。其中 18 寸海底管道管端偏离距离约 27 米，偏离长度约 70 米，偏离方向为现有海管铺设航迹西南侧。

经调查，疑似被大马力渔船底拖渔网拉偏，导致海管受损，发现海管存在不同程度点腐蚀。经相关单位研究评估，认为此海管腐蚀剩余寿命约 1-5 年。鉴于目前情况，本工程更换的东方 13-2WHPA 平台至东方 13-2CEPB 平台混输管道为东方 13-2 气田的一部分。管道设计为单层双金属复合管（非保温、有配重层），外径 18 英寸，壁厚 15.9mm。同时在 DF13-2WHPA 平和 DF13-2CEPB 平台各新增一根立管。

8.2 工程分析

本项目海上施工阶段产生生活垃圾 9.675t 和生产垃圾 1.18t，运回陆地处理，由专业单位接收处理；新海管清管试压水 814m³，直接排海；现有管道停输后，开始对现有管道进行清洗作业。清洗将产生约 1628m³ 左右的废液，产生的废液为含油废水，输送到 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统，处理合格后排海；机舱含油污水 87.5m³ 经施工船的生活污水处理装置处理达标后排海；生活污水 2257.5m³，经施工船的生活污水处理装置处理达标后排海。

本项目为海底混输管道维修更换，运营期间除管道防腐阴极保护牺牲阳极释放少量金属锌外，不排放其他污染物，不会对所在海域水质、沉积物环境造成影响。

8.3 海洋环境质量现状

8.3.1 海水水质环境现状与评价

本次调查中，调查海区所有样品的 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚的含量均符合第一类海水水质标准。

本次调查海水中溶解氧和铅出现不同程度的超标现象。调查海区溶解氧含量存在明显的分

层现象，表层溶解氧含量相对丰富，所有样品溶解氧含量均满足一类海水水质标准，10m 层、50m 层和底层超标率分别为 5%、40%和 55%，从表层到底层，溶解氧含量有递减趋势，从 10m 层到底层溶解氧超标程度加深，所有超标样品的含量均符合第二类标准。铅的超标程度较轻，各层次均只有 1 个样品超标，超标率为 5%，所有超标样品的含量均符合第二类标准。

8.3.2 海洋沉积物环境现状与评价

本次调查结果显示，调查海区表层沉积物粒度类型全部为粉砂 (T)，各粒级组分含量分布较为一致，全部以粉砂为主，砂和粘土含量接近。表层沉积物中有机碳、硫化物、汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬和石油类含量均较低，全部满足第一类海洋沉积物质量标准，无超标现象。海洋生态环境现状与评价

调查海区各站叶绿素平均含量变化于 $(0.21\sim 0.46)\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $0.29\text{mg}/\text{m}^3$ 。海区 0.5m 层和 10m 层各站叶绿素 a 含量较低；50m 层和底层东部含量相对一些高。垂直分布上 50m 层和底层的含量较高，各断面东部含量高于西部。

经估算，各站海洋初级生产力差异较大，范围为 $(215.3\sim 461.3)\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为 $297.4\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，海区总体初级生产力处于低水平—中低水平。

浮游植物：调查海区各站的浮游植物个体总数变化不大，个体数量范围为 $(1.891\sim 10.315)\times 10^4$ 个/ m^3 ；平均为 5.184×10^4 个/ m^3 ，个体数量处于低水平。

浮游动物：各站位浮游动物的平均生物量为 $74.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $20.95\sim 132.90\text{mg}/\text{m}^3$ 。

底栖生物：底栖生物的平均栖息密度为 $51.3\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $5.4\text{g}/\text{m}^2$ 。

东方 13-2 气田海区整体生物质量状况良好，生物质量样品没有出现超标。

8.3.3 渔业资源现状调查与评价

根据 2019 年 10 月秋季调查的成果其中：鱼类 100 种，隶属于 14 目 56 科，占渔获总种数的 72.99%；头足类 15 种，隶属于 3 目 4 科，占渔获总种数的 10.95%；甲壳类 22 种，隶属于 2 目 6 科，占渔获总种数的 16.06%。

鱼类平均重量密度和个体密度分别为 $427.15\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $38550\text{ind}/\text{km}^2$ ，占总重量密度和个体密度分别为 86.17%和 89.98%；头足类平均重量密度和个体密度分别为 $41.89\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $881\text{ind}/\text{km}^2$ ，占总重量密度和个体密度分别为 8.45%和 2.06%；甲壳类平均重量密度和个体密度分别为 $26.65\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $3413\text{ind}/\text{km}^2$ ，占总重量密度和个体密度分别为 5.38%和 7.96%。

8.4 环境影响分析结论

本工程的主要影响为施工期管道铺设产生的船舶生活污水、机舱含油污水、新管道的清管试压水，由于污染物产生量小且工期较短，施工结束后即可恢复，海洋环境影响较小，且短期可恢复的。

8.5 环境风险分析结论

本工程海上施工期及运营期最主要的环境风险类型主要包括：海底混输管道破裂和海管与立管破裂溢油事故。

针对可能发生的环境风险事故，中海石油（中国）有限公司湛江分公司编制了《东方 13-2 气田溢油应急计划（2018）》，已报原国家海洋局备案。计划的基本内容包括油田作业情况、应急组织体系、溢油风险分析与预防措施、溢油事故的处置、油田应急力量、溢油应急保障及应急善后措施等。根据该计划，本工程可以在 4h 内对一般溢油事故做出有效应对，对于较大溢油事故，可借助于中海石油（中国）有限公司湛江分公司等区域性溢油应急联合组织其他成员的设备进行应急处理，可在 4h-11h 内做出有效应对。

8.6 本工程环境可行性

本工程为海管更换，为油气田附属工程，对海洋环境产生的影响主要是在施工期，但影响是有限的、短期且可恢复的；投入运营后，生产设施不增加，污染物种类及总量不变。因此，在严格落实本报告表提出的防治措施的情况下，本工程建设可行。

9 预审和审查意见

预审意见:	
经办人(签名):	预审单位公章
日	年 月
审查意见:	
经办人(签名):	审查部门公章
	年 月 日

10 审批意见

审批意见:

经办人（签字）：

审批部门公章

年 月 日

11 附件

附件 1

中海石油（中国）有限公司湛江分公司

关于东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海管更换项目 环评委托书

中海石油环保服务（天津）有限公司：

中海石油（中国）有限公司湛江分公司计划实施东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海管更换项目，根据国家环境保护行政主管部门的相关要求，特委托贵公司按照国家有关法律法規、部门规章及有关标准、规范的相关要求，开展东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海管更换项目环境影响评估工作，编制东方 13-2 气田 WHPA 平台至 CEPB 平台海管更换项目环境影响报告表。

特此委托。

中海石油（中国）有限公司
湛江分公司

2019 年 8 月 2 日

（联系人及电话：王信才，0759-3912769/13692438539）

附件 2

附件 3

附件 4

海洋石油勘探开发溢油应急计划备案登记表

报备单位名称	中海石油（中国）有限公司湛江分公司		
报备单位地址	湛江市坡头区 22 号 信箱	邮政编码	524057
联系电话	0759-3912769	传 真	0759-3901908
电子邮箱	Wangxcl@cnooc.com.cn		
备案单位经办人	庄丽芸	联系电话	020-84293227
<p>你单位提交的：</p> <p>《东方 13-2 气田溢油应急计划（2018）》</p> <p>经形式审查符合要求，予以备案。</p> <div style="text-align: right;">  国家海洋局南海分局 2018年9月3日 </div>			

