

东方 13-3 区开发项目 环境影响报告书

建设单位：中海石油（中国）有限公司海南分公司



中海油研究总院有限责任公司
北京

二〇二四年五月

编制单位和编制人员情况表

项目编号	ecu23m		
建设项目名称	东方13-3区开发项目		
建设项目类别	54—150海洋矿产资源勘探开发及其附属工程		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中海石油（中国）有限公司海南分公司		
统一社会信用代码	91460100MA5T3DJJ0F		
法定代表人（签章）	周心怀		
主要负责人（签字）	刘小刚		
直接负责的主管人员（签字）	汪金明		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中海油研究总院有限责任公司		
统一社会信用代码	911100007109260782		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
齐莎莎	201805035120000005	BH008674	齐莎莎
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴迪	工程区域环境概况	BH023436	吴迪
王俊勤	工程区域环境概况	BH024952	王俊勤
张国华	清洁生产分析与总量控制、环境管理与监测计划	BH005228	张国华
崔艺潇	环境质量现状调查与评价、环境影响回顾性分析	BH018747	崔艺潇

熊乐航	环境影响预测与评价、环境经济损益分析	BH008519	熊乐航
齐莎莎	概述、总论、环境影响评价结论及建议	BH008674	齐莎莎
马知遥	环境风险分析与评价	BH036766	马知遥
蔡明君	工程概况与工程分析、环境保护对策措施及其合理性分析	BH051360	蔡明君





目 录

1. 概述	1
1.1 项目概述	1
1.2 环境影响评价工作过程	1
1.3 关注的主要环境问题	2
1.4 主要评价结论	2
2. 总论	4
2.1 评价依据	4
2.2 评价标准	6
2.3 环境敏感目标与环境保护目标	9
2.4 评价内容	9
2.5 评价重点	10
2.6 评价工作等级	10
2.7 评价范围	11
3. 工程概况与工程分析	13
3.1 建设项目基本情况	13
3.2 工程开发方案概述	15
3.3 新建工程项目组成	17
3.4 生产工艺流程	20
3.5 依托设施改造与校核	22
3.6 施工和建设方案	27
3.7 产污环节分析	30
3.8 污染源强核算	32
3.9 环境影响评价因子筛选	42
4. 工程区域环境概况	44
4.1 工程区域自然环境概况	44
4.2 环境功能区划及相关规划符合性	48
4.3 环境敏感目标筛选	55
5. 环境质量现状调查与评价	56
5.1 海洋环境现状调查概况	56
5.2 海水水质现状调查与评价	63
5.3 海洋沉积物质量现状调查与评价	68
5.4 海洋生态环境现状调查与评价	71
5.5 海洋生物质量现状调查与评价	82



5.6 海洋渔业资源现状调查与评价	85
6. 环境影响回顾性分析	96
6.1 依托设施概况	96
6.2 依托设施环评批复情况	98
6.3 污染物排放情况及污染防治措施运行情况	101
6.4 环境风险事故回顾	103
6.5 工程海域环境质量情况回顾	103
6.6 环境影响回顾性分析结论	111
7. 环境影响预测与评价	113
7.1 海洋环境影响预测	113
7.2 海水水质环境影响评价	124
7.3 海洋沉积物环境影响评价	125
7.4 海洋生态环境影响评价	126
7.5 海洋生物资源损失评估	128
7.6 环境敏感目标影响分析	133
7.7 通航安全影响分析	133
7.8 工程对水文动力的影响分析	135
7.9 工程对冲淤环境的影响分析	135
8. 环境风险分析与评价	136
8.1 风险评价概述	136
8.2 风险调查	137
8.3 风险识别	141
8.4 风险事故情形分析	144
8.5 地质性溢油风险分析及防范措施	149
8.6 浅层气风险分析及防范措施	151
8.7 溢油风险后果分析	154
8.8 环境风险防范措施及应急处置措施	159
8.9 评价结论与建议	174
9. 清洁生产分析与总量控制	176
9.1 清洁生产分析	176
9.2 污染物排放总量控制	184
10. 环境保护对策措施及其合理性分析	187
10.1 建设阶段环境保护对策措施	187
10.2 生产阶段环境保护对策措施	191
10.3 海洋生态保护对策	195



10.4 环境保护对策措施一览表	198
10.5 环保设施“三同时”竣工验收建议	198
11. 环境经济损益分析	202
11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算	202
11.2 环境保护的经济损益分析	202
12. 环境管理与监测计划	205
12.1 环境管理	205
12.2 环境监测计划	209
13. 环境影响评价结论与建议	212
13.1 工程分析结论	212
13.2 环境现状分析与评价结论	213
13.3 环境影响回顾性分析	217
13.4 环境影响预测与评价结论	218
13.5 环境风险分析与评价结论	220
13.6 清洁生产与总量控制	221
13.7 环境保护对策措施的合理性、可行性结论	222
13.8 区域规划和政策符合性结论	223
13.9 建设项目环境可行性结论	223
附件 1 环评委托书	225
附件 2 相关工程环评批复	225
附件 2-1 《关于海洋天然气化肥基地项目环境影响报告书审批意见的复函》(环环发(1997)470 号)	225
附件 2-2 《国家海洋局关于东方 1-1 气田一期调整项目环境影响报告书核准意见的批复》(国海环字〔2013〕727 号)	225
附件 2-3 《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)	225
附件 2-4 《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)	225
附件 3 相关工程环保设施竣工验收批复	225
附件 3-1 《国家海洋局关于东方 1-1 海上气田环保设施竣工验收的复函》(国海环字〔2004〕306 号)	225
附件 3-2 《国家海洋局关于东方 1-1 气田一期调整项目环境保护设施竣工验收的复函》(国海环字〔2016〕5 号)	225
附件 3-3 《关于恩平 23-1 油田群总体开发工程等 7 个项目环境保护设施竣工验收合格的函》(环验〔2021〕3 号)	225



附件 4 固体废物委托处理处置合同和资质	226
附件 4-1 ***公司处理处置合同和资质	226
附件 4-2***公司处理处置合同和资质	226
附件 5 溢油应急计划备案登记表	226
附件 6 《东方 13-3 区开发项目通航安全影响专题研究报告》专家咨询意见	226
附件 7 关于东方 13-2 气田群开发工程项目生产水聚结撬处理量的说明	226
附表 环境质量现状调查与评价结果	227
附表 1 调查海域海水水质调查分析记录统计表（春季）	227
附表 2 调查海域海水水质调查分析记录统计表（秋季）	233
附表 3 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-表层）	239
附表 4 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-10M 层）	241
附表 5 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-50M 层）	242
附表 6 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-底层）	244
附表 7 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-加密站位）	246
附表 8 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-表层）	246
附表 9 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-10M 层）	248
附表 10 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-50M 层）	249
附表 11 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-底层）	251
附表 12 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-加密站位）	253
附表 13 浮游植物种名录	254
附表 14 浮游动物种名录	258
附表 15 底栖生物种名录	263
附表 16 鱼类种类目录	266
附表 17 头足类种类目录	271
附表 18 甲壳类种类目录	271
附表 19 鱼卵、仔稚鱼名录	272



1. 概述

1.1 项目概述

为加快海上油气田开发需要，实现增储上产，中海石油（中国）有限公司海南分公司拟对东方 13-3 区进行开发建设。

东方 13-3 区位于中国南海北部莺歌海海域，距海南省东方市最近约 104km，东南距东方 1-1 气田约 13km，所在海域水深约 58.5m~64.6m。项目计划于 2025 年 6 月投产，高峰年产气量约***m³，高峰年产油量约***m³，工程投资约***元人民币。

东方 13-3 区开发项目依托东方气田群进行开发，拟新建 1 座 4 腿无人井口平台（DF13-3WHPG 平台），共设 12 个井槽，初期钻 6 口生产井，预留 6 口井槽，新铺设 2 条海底混输管道（10" 6.3km 新建 DF13-3WHPG 平台至已建 DF1-1WHPF 平台海底混输管道、14" 15.0km 已建 DF1-1WHPF 平台至已建 DF13-2CEPB 平台海底混输管道）和 1 条海底电缆（6.3km 已建 DF1-1WHPF 平台至新建 DF13-3WHPG 平台海底电缆），对依托 DF1-1WHPF 平台和 DF13-2CEPB 平台进行改造，不涉及终端改造。DF13-3WHPG 平台所产物流经新建海底混输管道输送至 DF1-1WHPF 平台，越站经新建海底管道输送至 DF13-2CEPB 平台，在 DF13-2CEPB 平台处理成合格干气和凝析油，合格干气通过已建海底管道经已建 DF22-1CEP 平台越站输往东方终端；合格凝析油通过已建海底管道输送至已建 DF1-1PRP 平台，经已建 DF1-1 CEPD 平台（与 DF1-1PRP 平台栈桥相连）至东方终端海底管道越站输往东方终端。

1.2 环境影响评价工作过程

受建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司的委托，中海油研究总院有限责任公司承担东方 13-3 区开发项目的环境影响评价工作。

环评单位接到本项目的环评任务委托 7 个工作日内，通过“海南省生态环境厅网站”网络媒体进行了信息公开。同时，开展了资料收集，以及相关法规和标准等与本项目有关文件的研究工作，收集的资料主要包括工程资料、相关法规和标准文件、已批复依托设施的相关环评文件和验收文件等。

通过对东方 13-3 区开发项目设计文件分析、环境敏感目标和环境保护目标筛选等工作确定了本项目环境影响评价的评价内容、评价重点、评价工作等级和评价范围，并对项目功能区划及相关规划符合性进行了分析。



本项目委托***于 2022 年 4 月和 9 月围绕东方 13-3 区及周边海域开展了海洋环境质量现状调查与评价工作，委托***于 2022 年 4 月和 10 月开展了渔业资源及渔业生产现状调查与评价工作，并根据工程分析和环境现状调查与评价结果，开展了环境影响预测与评价工作。

结合工程分析以及环境影响预测与评价结果，开展了清洁生产分析、环境保护对策措施及其合理性分析、环境风险分析与评价、环境管理与环境监测以及环境经济损益分析等专题研究。根据各专题研究结果，完成《东方 13-3 区开发项目环境影响报告书》的编制。建设单位组织国内海洋工程类相关领域专家对本报告书开展了预审工作，评价单位根据专家预审意见对报告书进行修改完善，形成了《东方 13-3 区开发项目环境影响报告书》的征求意见稿，开展了第二次公示。建设单位向生态环境主管部门送审《东方 13-3 区开发项目环境影响报告书》前开展了第三次公示，公示内容包括《东方 13-3 区开发项目环境影响报告书》全文和“东方 13-3 区开发项目环境影响评价公众参与说明”。

1.3 关注的主要环境问题

本项目新建设施位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 72km，距“三区三线”中海洋生态红线的其他红线区最近约 81km，距其他敏感目标均超过 100km。

项目在正常作业情况下，关注的主要环境问题是钻井期间排放的钻井液、钻屑和船舶污染物（船舶生活污水、船舶垃圾、船舶含油污水等）及生产阶段排放的生产水对上述敏感目标及周围海域的海水水质、底质和海洋生态环境的影响范围及程度。在风险事故情况下，关注的主要环境问题是油气泄漏事故对工程设施周围海域的环境敏感目标、海洋生态环境、渔业资源以及渔业生产的潜在影响。

1.4 主要评价结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类“七、石油、天然气，1、石油天然气开采，2、油气管网建设”项目，符合国家产业政策；符合《全国海洋主体功能区规划》，与《海南省国土空间规划（2021-2035）》、海南省“三区三线”划定成果中海洋生态红线和《关于海南省“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》要求相协调。



本项目从设计和施工方案上采取了一系列污染防治和环境保护措施，采用的生产工艺流程及设备、污染防治措施等均符合清洁生产的要求。建设阶段产生的主要污染物为钻屑、钻井液、海底电缆挖沟产生悬浮物及船舶污染物（船舶生活污水、船舶垃圾、船舶含油污水等），对环境的影响属于短期、可恢复的。生产阶段产生的主要污染物为生产水，依托 DF13-2CEPB 平台处理达标后排放，其影响仅局限于排放口 50m 范围内。其它污染物排放量较小，拟采取的清洁生产和污染防治措施得当，污染物排放后对周围环境的影响范围和程度较小。

本项目的建设和生产对海洋生态环境和渔业资源会产生一定影响和损害，需采取有效的保护措施。项目存在一定的溢油风险，需采取确实可行的溢油应急防范对策措施。

评价认为，在建设单位切实落实了各项污染防治对策措施、生态保护对策措施，切实落实风险事故应急对策措施和应急预案的前提下，从环境保护角度考虑，本项目建设可行。



2. 总论

2.1 评价依据

本环境影响报告书主要根据项目设计文件，在各项专题研究的基础上，按照中华人民共和国有关环保法规的要求而编制，具体编制依据如下。

2.1.1 法律依据

- 《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，2023.10.24 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 修正）
- 《中华人民共和国渔业法》（全国人大常委会，2013.12.28 修正）
- 《中华人民共和国水污染防治法》（全国人大常委会，2017.6.27 修正）
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（全国人大常委会，2018.10.26 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，2020.4.29 修订）
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》（全国人大常委会，2012.2.29 修正）
- 《中华人民共和国海上交通安全法》（全国人大常委会，2021.4.29 修订）
- 《中华人民共和国节约能源法》（全国人大常委会，2018.10.26 修正）
- 《中华人民共和国石油天然气管道保护法》（全国人大常委会，2010.10.1 施行）

2.1.2 行政法规与部门规章

- 《建设项目环境保护管理条例》（国务院，2017.7.16 修订）
- 《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）
- 《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》（国务院，2018.3.19 修订）
- 《中国水生生物资源养护行动纲要》（国务院，2006.2.14）
- 《中华人民共和国自然保护区条例》（国务院，2017.10.7 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）
- 《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》（国土资源部，2016.1.5 修正）



- 《铺设海底电缆管道管理规定》（国务院，1989.2.11）
- 《海底电缆管道保护规定》（国土资源部，2004.1.9 颁布）
- 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（国家海洋局，1992.8.26）
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（生态环境部，2021.1.1 施行）
- 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部，2018.7.16）
- 《国家危险废物名录（2021 年版）》（生态环境部，2021.1.1 施行）
- 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（发展改革委，2024.2.1 施行）
- 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环境保护部，2012.7.3）
- 《海洋石油勘探开发溢油污染环境事件应急预案》（生态环境部，2022.5.10）
- 《海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定》（国家海洋局，2015.11.23 修改）
- 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》（交通运输部，2017.5.23 施行）
- 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交通运输部，2018.11.30）
- 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（交通运输部，2021.9.1 起施行）
- 《关于进一步加强石油天然气行业环境影响评价管理的通知》（生态环境部，2019.12.13）
- 《自然资源部关于积极做好用地用海要素保障的通知》（自然资源部，2022.08.20）
- 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资源部，2022.08.16）
- 《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资源部，2022.10.14）

2.1.3 技术导则及规范

- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）
- 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）



- 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）
- 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）
- 《海洋监测规范》（GB17378-2007）
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）
- 《国内航行海船法定检验技术规则》（2020 年）
- 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017）*
- 《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T 877-2013）*

*注：由于行业适用性，部分采用

2.1.4 其他依据

- 《全国海洋主体功能区规划》（2015.8）
- 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》
- 《“十四五”海洋生态环境保护规划》
- 《“十四五”现代能源体系规划》
- 《海南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》
- 《海南省“十四五”海洋生态环境保护规划》
- 《海南省油气产业发展“十四五”规划》
- 《关于海南省“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》
- 《海南省国土空间规划（2021-2035）》
- 《海南省海洋经济发展“十四五”规划》（2021-2025 年）

2.1.5 基础资料

- 东方 13-3 区开发项目环境影响评价任务委托书
- 东方 13-3 区开发项目可行性研究报告（2023.12）
- 《东方 13-2 气田群开发工程环境影响报告书》及其批复和竣工验收文件
- 《东方 1-1 气田一期调整项目环境影响报告书》及其批复和竣工验收文件

2.2 评价标准

2.2.1 环境质量标准

参考原《海南省海洋功能区划》，本项目位于莺歌海盆地矿产与能源区，位于功能区划内的站位执行所在功能区划的相应标准，位于功能区外的站位按



照维持现状进行评价，见表 2.2-1。

表 2.2-1 本项目采用的环境质量标准

项目	采用标准	标准等级	适用对象
海水水质	海水水质标准 (GB 3097-1997)	执行所在功能区划的相应标准	海水水质评价
沉积物	海洋沉积物质量 (GB 18668-2002)		海洋沉积物质量评价
	海洋生物质量 (GB 18421-2001)		海洋生物质量评价 (贝类)
海洋生物	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》	—	海洋生物质量评价 (软体类、甲壳类和鱼类的重金属生物质量评价, 砷和铬除外)
	《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》 (第二分册)	—	海洋生物质量评价 (软体类和鱼类的石油烃生物质量评价)

注：甲壳类、软体类和鱼类的重金属生物质量评价 (As 和 Cr 除外) 参考《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；软体类和鱼类的石油烃生物质量评价参考《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》 (第二分册)。

2.2.2 污染物排放标准

本项目位于中国南海北部莺歌海盆地，根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》 (GB4914-2008)，工程所在海域属于三级海域；根据《海洋石油勘探开发污染物生物毒性第 1 部分：分级》 (GB18420.1-2009)，工程所在海区属于二级海区。本项目在建设和生产过程中所产生相关污染物的处理与排放标准见表 2.2-2。

表 2.2-2 本项目采用的污染物排放标准

污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
生产水	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB4914-2008)	三级	石油类 $\leq 45\text{mg/L}$ (月平均值) 石油类 $\leq 65\text{mg/L}$ (一次容许值)	生产阶段排放的生产水
	海洋石油勘探开发污染物生物毒性第 1 部分：分级 (GB18420.1-2009)	二级	生物毒性容许值 $\geq 50000\text{mg/L}$	
钻井液和钻屑	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB4914-2008)	三级	不得排放含油量 $>8\%$ 的含油钻屑和钻井液，重晶石中最大值：Hg $\leq 1\text{mg/kg}$ ，Cd $\leq 3\text{mg/kg}$	建设阶段钻井作业排放的钻井液和钻屑
	海洋石油勘探开发污染物生物毒性第 1 部分：分级 (GB18420.1-2009)	二级	生物毒性容许值 $\geq 20000\text{mg/L}$	
生活污水	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB 4914-2008)	三级	COD $\leq 500\text{mg/L}$	钻井平台和依托 DF13-2 CEPB 平台排放的生活



污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
				污水
生产垃圾	海洋石油勘探开发 污染物排放浓度限值 (GB4914-2008)	三级	禁止排放或弃置入海	建设/生产阶段产生的生 产垃圾
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	食品废弃物经处理至颗粒直径<25mm 时， 可排放或弃置入海， 其他生活垃圾禁止排放或弃置入海	钻井平台和 依托 DF13-2 CEPB 平台 产生的生活 垃圾
船舶 含油污水	船舶水污染物排放 控制标准 (GB3552-2018)	/	石油类≤15mg/L 排放，应在船舶航行中进行	作业船舶 排放的 含油污水
船舶生活 污水		/	采用下列方式之一进行处理，不得直接排海： a) 利用船载收集装置，排入接收设施； b) 利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放：（1）在 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，BOD ₅ ≤50mg/L，SS≤150mg/L，耐热大肠菌群≤2500 个/L；（2）在 2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，BOD ₅ ≤25mg/L，SS≤35mg/L，耐热大肠菌群≤1000 个/L，COD _{Cr} ≤125mg/L，pH: 6-8.5，总氯（总余氯）<0.5mg/L。 污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口。	距最近陆地 3 海里以内 （含）的海 域产生的船 舶生活污水
			同时满足下列条件： （1）使用设备打碎固形物和消毒后排放； （2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	3 海里<与最近陆地间距≤12 海里的海域
			船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	与最近陆地 间距离>12 海里的海域
船舶垃圾		/	禁止排海，收集并排入接收设施	塑料、废弃 食用油、生 活废弃物等
			在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集运回陆地处理；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎至直径不大于 25mm 后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可排放。	食品废弃物
船舶 大气 污染物	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》	/	排放控制区范围内使用硫含量不大于 0.5% _{m/m} 的船用燃油 2022 年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区海	作业船舶 产生的 大气污染物



污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
			南水域应使用硫含量不大于 0.1% m/m 的船用燃油	

2.3 环境敏感目标与环境保护目标

2.3.1 环境敏感目标

本项目位于中国南海北部莺歌海盆地，评价范围内的敏感目标为气田所在海域附近的鱼类产卵场。

项目新建设施位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 72km，距“三区三线”中海洋生态红线的其他红线区最近约 81km，距离其他敏感目标均在 100km 以上。正常开发生产作业仅对产卵场产生一定影响，不会对其他敏感目标造成不利影响，但需作为溢油风险评价关注对象。

工程海域附近主要环境敏感目标具体描述详见报告书“第四篇 工程区域环境概况”。

2.3.2 环境保护目标

本项目在正常建设、生产情况下环境保护目标为环境影响评价范围内的海水水质、沉积物质量、海洋生物质量及经济鱼类产卵场等。

溢油情况下的环境保护目标为工程周围海域海水水质、海洋渔业资源、海洋生态环境等环境敏感目标。潜在事故性溢油对周围环境敏感目标的影响范围和程度详见报告书“第八篇 环境风险分析与评价”。

2.4 评价内容

根据环境影响识别和有关技术规范的要求，确定本次环境影响评价的评价内容主要为：建设阶段和生产阶段产生的各类污染物（主要是钻井液、钻屑、海底电缆挖沟产生的悬浮物和含油生产水等）对海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境影响评价，以及潜在的溢油事故对海水水质、海洋生态和渔业资源的影响评价。

本次评价的工程内容主要包括：

- 新建 DF13-3WHPG 平台；
- 新铺设 1 条***新建 DF13-3WHPG 平台至已建 DF1-1WHPF 平台海底混输管道；
- 新铺设 1 条***已建 DF1-1WHPF 平台至已建 DF13-2CEPB 平台海底混输



管道；

- 新铺设 1 条**已建 DF1-1WHPF 平台至新建 DF13-3WHPG 平台海底电缆；
- 对依托 DF1-1WHPF 平台和 DF13-2CEPB 平台改造。

2.5 评价重点

根据本项目的特点，在对评价项目进行筛选的基础上，确定本次环境影响评价的评价重点包括：

- 钻井作业期间排放的钻井液、钻屑，海底电缆挖沟产生悬浮物对工程周围海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境的影响范围及程度；
- 生产期间排放的生产水对工程周围海水水质、海洋生态和渔业资源的影响范围及程度；
- 环境保护对策措施及合理性分析；
- 油气泄漏事故对工程设施周围海域的海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境、渔业资源以及环境敏感目标的潜在影响；
- 溢油事故风险分析、防范对策及应急措施可行性分析。

2.6 评价工作等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），海洋工程建设项目的环评评价内容，依照建设项目的具体类型及其对海洋环境可能产生的影响确定，见表 2.6-1。

表 2.6-1 海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容

建设项目类型和内容	环境影响评价内容						
	海水水质环境	海洋沉积物环境	海洋生态和生物资源环境	海洋地形地貌与冲淤环境	海洋水文动力环境	环境风险	其他评价内容
海洋油（气）开发及其附属工程	★	★	★	☆	☆	★	☆

备注：★为必选环境影响评价内容；☆为依据建设项目具体情况可选环境影响评价内容。

由表 2.6-1 可见，海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境的影响评价内容不是海洋油（气）开发及其附属工程的必选评价内容。鉴于本项目新建平台为导管架结构，导管架桩腿间距较大，透水性良好，对水文动力、地形地貌与冲淤环境影响轻微；新铺设海底管道直接置于海床，不挖沟，不改变海床的自然性状，不会对工程所在海域产生冲刷、淤积的情况，且对水文动力和地形地貌与冲淤环境影响甚微；新铺海底电缆挖沟铺设，对管缆处底层流速和流向、



地形地貌会有轻微影响，但影响范围很小，不会对管缆区域的水文动力造成影响。因此，本次评价将对水文动力环境和地形地貌与冲淤环境影响进行简要分析。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），海洋油（气）开发及其附属工程建设项目的环境影响评价等级主要根据污水每天排放量或年产油量以及所处海域的生态敏感性来确定。

本项目位于中国南海北部莺歌海盆地，与周边海洋保护区距离较远，新建工程设施位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，属于导则中规定的“生态环境敏感区”。项目投产后，最大年产油当量***t/a（天然气折原油系数为***t/Sm³，原油密度按***t/m³计算），最大生产水产生量为 85.27m³/d，生产水依托 DF13-2 CEPB 平台生产水处理设施处理达标后排海。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）对各单项海洋环境影响评价等级进行定级，确定本项目水质环境评价等级为 2 级，沉积物环境评价等级为 3 级，生态和生物资源环境评价等级为 1 级，见表 2.6-2。

表 2.6-2 海洋工程环境影响评价等级

工程类型	工程规模	工程所在海域和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级		
			水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
海洋油（气）开发及其附属工程等工程	污水每天排放（5000~1000）m ³ /d 或年产油量（50~20）万 t	生态环境敏感区	2	3	1
		其他海域	3	3	2

鉴于项目在建设、生产过程中存在潜在的溢油事故环境风险，参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），确定项目的风险评价等级为二级，风险评价等级的确定详见报告书“第八篇 环境风险分析与评价”。

2.7 评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）的要求，评价范围需根据工程特点、所在海域环境特征及周边海洋环境敏感目标分布等确定，覆盖工程建设可能影响到的全部海域。

根据本项目各环境要素评价等级，并结合工程排污情况以及新建设施所在位置，确定以新建和依托设施周围 36km×50km 的矩形区域为项目的环境影响评



价范围，评价范围以项目新建设施和依托设施外扩约 15km，评价面积约为 1800km²。

本项目环境影响评价范围示意图 2.7-1，评价范围四至坐标见表 2.7-1。

保密内容，已删除。

图 2.7-1 评价范围示意图

表 2.7-1 评价范围四至坐标

拐点	经度 (E)	纬度 (N)
A	***	***
B	***	***
C	***	***
D	***	***



3. 工程概况与工程分析

3.1 建设项目基本情况

3.1.1 项目名称与建设性质

建设项目名称为东方 13-3 区开发项目，建设单位为中海石油（中国）有限公司海南分公司。本项目计划新建 1 座无人井口平台、2 条海底混输管道和 1 条海底电缆，对依托 DF1-1WHPF 平台和 DF13-2CEPB 平台进行改造。项目属于新建海洋油（气）开发工程。

3.1.2 地理位置

东方 13-3 区位于中国南海北部莺歌海盆地，距海南省东方市最近约 104km，东南距东方 1-1 气田约 13km，所在海域水深约 58.5m~64.6m。本项目地理位置见图 3.1-1。

保密内容，已删除。

图 3.1-1 本项目地理位置图

表 3.1-1 新建和依托设施坐标

设施名称		东经 (E)	北纬 (N)
新建设施	DF13-3WHPG 平台	***	***
依托设施	DF1-1WHPF 平台	***	***
	DF13-2CEPB 平台	***	***

3.1.3 建设内容及规模

本项目新建 1 座平台，新铺设 2 条海底混输管道和 1 条海底电缆。包括：

- 1 座无人井口平台（DF13-3 WHPG）；
- 新铺设 DF13-3WHPG 平台至 DF1-1WHPF 平台海底混输管道（***）；
- 新铺设 DF1-1WHPF 平台至 DF13-2CEPB 平台海底混输管道（***）；
- 新铺设 DF1-1WHPF 平台至 DF13-3WHPG 平台海底电缆（***）；
- 对依托 DF1-1WHPF 平台和 DF13-2CEPB 平台进行改造。

本项目投产后预计最大年产气量为***m³（2026 年），最大年产油量为***m³（2026 年），最大年产水量 3.20×10⁴m³（2037 年）。本项目工程投资约***元人民币，基础数据见表 3.1-2。



表 3.1-2 本项目基础数据

项目		东方 13-3 区开发项目
产量	最大年产油量	***m ³ (2026 年)
	最大年产气量	***m ³ (2026 年)
	最大年产水量	3.20×10 ⁴ m ³ (2037 年)
开发方式		天然能量衰竭式开发
开采方式		自喷
井数		设 12 井槽, 先期 6 口生产井, 预留 6 个井槽
设施设计年限		平台和 DF13-3WHPG 平台至 DF1-1WHPF 平台海底混输管道为***年, DF1-1WHPF 平台至 DF13-2CEPB 平台海底混输管道为***年。
工程投资		***元
预计投产时间		2025 年 6 月

3.1.4 生产物流特性

本项目天然气组分见表 3.1-3, 凝析油物性见表 3.1-3。

表 3.1-3 天然气组分 (mol%)

组分	摩尔组成
C ₁	***
C ₂	***
C ₃	***
iC ₄	***
nC ₄	***
iC ₅	***
nC ₅	***
C ₆ ⁺	***
N ₂	***
CO ₂	***

表 3.1-4 东方 13-3 区凝析油油品物性

	东方 13-3 区
密度 (t/m ³)	***
地面粘度 (MPa·s)	***
含硫 (%)	***
含蜡 (%)	***
胶质 (%)	***
沥青质 (%)	***
凝固点 (°C)	***

3.1.5 生产预测数据

东方 13-3 区开发项目生产预测数据见表 3.1-5。



表 3.1-5 东方 13-3 区生产预测

年份	日产量			年产量		
	气	凝析油	水	气	凝析油	水
	10 ⁴ m ³	m ³	m ³	10 ⁸ m ³	10 ⁴ m ³	10 ⁴ m ³
2025	***	***	***	***	***	***
2026	***	***	***	***	***	***
2027	***	***	***	***	***	***
2028	***	***	***	***	***	***
2029	***	***	***	***	***	***
2030	***	***	***	***	***	***
2031	***	***	***	***	***	***
2032	***	***	***	***	***	***
2033	***	***	***	***	***	***
2034	***	***	***	***	***	***
2035	***	***	***	***	***	***
2036	***	***	***	***	***	***
2037	***	***	***	***	***	***
2038	***	***	***	***	***	***
2039	***	***	***	***	***	***

3.2 工程开发方案概述

本项目依托东方气田群现有设施进行开发，计划新建 1 座无人井口平台 DF13-3WHPG 平台开发东方 13-3 区，先期钻 6 口生产井，预留 6 个井槽；新铺设 2 条海底混输管道和 1 条海底电缆。

新建 DF13-3WHPG 平台所产物流经新建海底混输管道输送至 DF1-1WHPF 平台，越站经新建海底管道输送至 DF13-2CEPB 平台，在 DF13-2CEPB 平台处理成合格干气和凝析油，合格干气通过已建海底管道经已建 LD22-1CEP 平台越站输往东方终端；合格凝析油通过已建海底管道输送至已建 DF1-1PRP 平台，经已建 DF1-1CEPD 平台（与 DF1-1PRP 平台栈桥相连）至东方终端海底管道越站输往东方终端。

本项目总体开发方案示意图见图 3.2-1，物流走向见图 3.2-2。



保密内容，已删除。

图 3.2-1 本项目总体开发方案示意图

保密内容，已删除。

图 3.2-2 本项目物流走向示意图

3.3 新建工程项目组成

本项目新建 1 座无人井口平台，新铺设 2 条海底管道和 1 条海底电缆。项目新建工程组成情况见表 3.3-1。

表 3.3-1 本项目新建工程组成

工程组成	设施及规模			
平台	DF13-3 WHPG 平台是一座 4 腿导管架无人井口平台，平台上设 12 个井槽，先期钻 6 口生产井，预留 6 个井槽。平台设有油气计量设施、开闭排系统以及电气房间等。			
	名称	数量	管径(″)	管长(km)
海底管道	DF13-3 WHPG 平台至 DF1-1 WHPF 平台海底混输管道	1	***	***
	DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道	1	***	***
海底电缆	名称	数量	长度(km)	
	DF1-1 WHPF 平台至 DF13-3 WHPG 平台海底电缆	1	***	

3.3.1 DF13-3 WHPG 平台

DF13-3 WHPG 平台是一座 4 腿导管架无人井口平台。导管架工作点间距为 12m×12m。平台设有 12 个井槽，井槽排列为 4（行）×3（列），井槽间距为 2.286m×2.286m，采用自升式钻井平台西侧进行钻完井及修井作业。平台立面结构见图 3.3-1。

DF13-3 WHPG 平台分为上层甲板和下层甲板，其上主要布置了油气计量设施、开/闭排系统、电气房间、直升机甲板等。

保密内容，已删除。

图 3.3-1 DF13-3 WHPG 平台立面结构图

3.3.1.1 上层甲板

上层甲板尺寸为 40.3m×21m，标高 EL.(+)24.8m。

井口区布置于 1/2 轴、A/B 轴之间。1 轴西侧预留了钢丝绳作业区，布置了甲醇罐、甲醇注入泵、环保打包厕所等设备。上层甲板井口区东侧兼做直升机甲板。

在平台西北侧甲板边缘处布置了一台箱式电动吊机，吊重能力为 10t@15m/5t@20m。

平台设有冷放空臂，布置在上层甲板南侧 1 轴西侧。



上层甲板平面布置见图 3.3-2。

3.3.1.2 下层甲板

下层甲板尺寸为 34.5m×21m，标高 EL.(+)19m。

在 2 轴处布置了 H60 防爆墙，将危险区和非危险区分隔开，防爆墙西侧为危险区，布置了清管球发球器、生产管汇、压力平衡管汇、单井多相流量计、井口控制盘、海缆接线箱、闭排系统、开排系统等设备。防爆墙东侧布置了工作间、中控设备间、主开关间、电池间、FM200 间以及直升机甲板消防系统。

下层甲板平面布置见图 3.3-3。

3.3.1.3 平台防腐

平台划分为 3 个腐蚀区域，即大气区、飞溅区和全浸区。新建 DF13-3 WHPG 平台大气区钢结构采用高性能防腐蚀涂料；飞溅区采用高性能防腐蚀涂料；全浸区采用牺牲阳极+外加电流阴极保护措施，并设置一套阴极保护监测系统。牺牲阳极采用长条状铝基牺牲阳极，牺牲阳极的设计年限不少于 3 年，阳极块净重为 57.1kg，阳极块数量为 526 块。



保密内容，已删除。

图 3.3-2 DF13-3 WHPG 平台上层甲板平面布置示意图

保密内容，已删除。

图 3.3-3 DF13-3 WHPG 平台下层甲板平面布置示意图

3.3.2 海底管道

本项目计划铺设 2 条海底混输管道，长度和管径等参数见表 3.3-2。单层钢管和复合钢管管道截面见图 3.3-4。新建 DF13-3 WHPG 至 DF1-1 WHPF 海底混输管道内防腐方案为碳钢+5mm 内腐蚀裕量。新建 DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 海底混输管道内防腐方案选为碳钢内衬 316L 方案，该海管为 DF1-1 气田群和 DF13-2 气田群联通线，综合考虑气田群混合气质复杂性和后期规划，设计寿命为***年。外防腐采取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。

表 3.3-2 海管设计参数

海底管道	管长 (km)	管径 (in)	设计温度 (°C)	设计压力 (MPaA)	设计寿命 (a)	管道型式
DF13-3 WHPG 至 DF1-1 WHPF 海底混输管道	***	***	***	***	***	单层钢管
DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 海底混输管道	***	***	***	***	***	复合钢管

保密内容，已删除。

图 3.3-4 新建海底混输管道截面示意图

3.3.3 海底电缆

本项目计划铺设 1 条 DF1-1 WHPF 平台到 DF13-3 WHPG 平台的海底电缆，用于为新建 DF13-3 WHPG 平台供电。海底电缆截面示意图见图 3.3-5。

保密内容，已删除。

图 3.3-5 新建海底电缆截面示意图

3.4 生产工艺流程

3.4.1 新建 DF13-3 WHPG 平台

新建 DF13-3 WHPG 平台不设油气处理设施，具有计量和集输功能，井流全液输送至 DF1-1 WHPF 平台越站输送至 DF13-2CEPB 平台处理，见图 3.4-1。

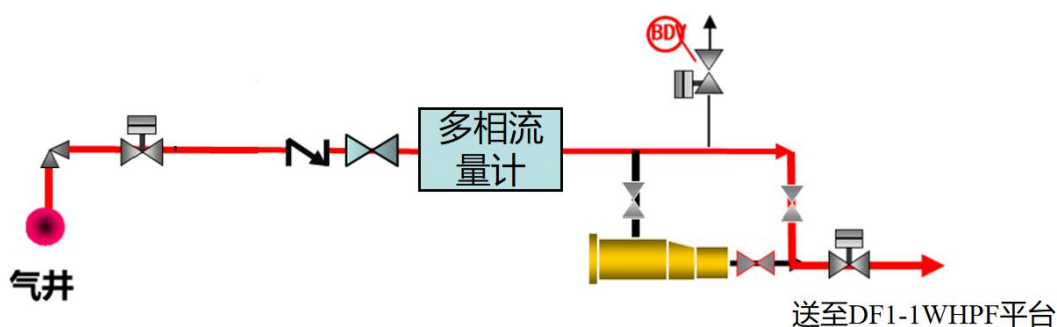


图 3.4-1 DF13-3 WHPG 平台生产工艺流程图

3.4.2 依托设施 DF13-2 CEPB 工艺流程

3.4.2.1 DF13-2 CEPB 平台工艺处理流程

本项目投产后，DF13-2 CEPB 平台主要接收并处理本平台和来自 DF13-3 WHPG、DF29-1 WHPA、DF13-2 WHPA 平台的物流，项目相关的工艺处理流程如下：

DF13-2 CEPB 平台的生产井流体进入生产分离器进行油、气、水三相分离，来自 DF13-2 WHPA、DF29-1 WHPA 和 DF13-3 WHPG 平台的井流经段塞流捕集器气液分离后，气相与生产分离器分出的气体一同经湿气压缩机增压（压力不足时需要接入湿气预增压压缩机）进入三甘醇脱水系统，处理后的干气进入烃露点控制系统，经节流降压降温后，烃露点合格的干气进入干气压缩机增压外输，通过已建海底管道越站输往东方终端。

段塞流捕集器分离出的液体进入生产分离器进行油、气、水三相分离，脱除游离水的凝析油进入聚结分离器深度脱水后，与烃露点控制系统回收的凝析油及来自三甘醇脱水系统的液烃汇合进入凝析油闪蒸罐，闪蒸出的气相作为燃料气去燃料气系统用于透平发电，处理合格的凝析油通过已建海底管道越站输往东方终端，分离出的生产水去生产水处理系统。

油气处理工艺流程见图 3.4-2。

保密内容，已删除。

图 3.4-2 DF13-2 CEPB 平台油气工艺流程示意图

3.4.2.2 DF13-2 CEPB 平台生产水处理流程

DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统采用“生产水缓冲罐+聚结过滤器”的处

理流程，处理后达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级海域排放要求（石油类月平均值 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后排海。生产水处理流程见图 3.4-3。

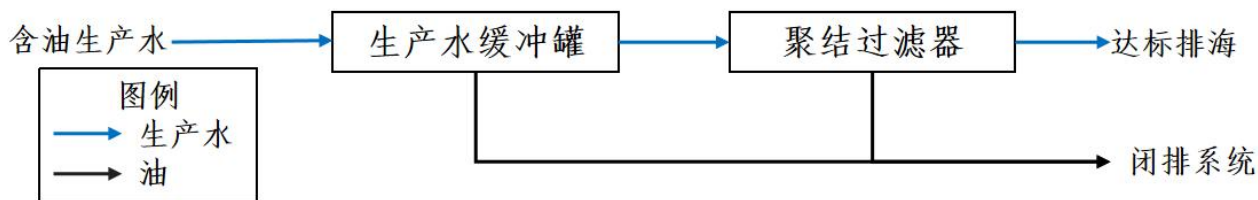


图 3.4-3 DF13-2 CEPB 平台生产水处理工艺流程图

3.5 依托设施改造与校核

3.5.1 依托设施概况

本项目依托东方气田群进行开发。

东方 1-1 气田群现有工程设施以 DF1-1 CEPD、DF1-1 PRP 为处理中心，同时包括 DF1-1 WHPA、DF1-1 WHPB、DF1-1 WHPE、DF1-1 WHPF 四座井口平台、DF1-1SE SPS 水下生产系统和气田群内部的海底管道和电缆；东方 13-2 气田群现有工程设施以 DF13-2 CEPB 平台为处理中心，同时包括 DF13-2 WHPA 平台、在建 DF29-1 WHPA 平台和气田群内部的海底管道和电缆。

本项目新建 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道，将东方 1-1 气田群和东方 13-2 气田群进行联通，鉴于新建平台生产物流经 DF1-1 WHPF 平台越站输送至 DF13-2 CEPB 平台进行处理，主要对依托 DF13-2 CEPB 平台和东方终端进行校核，以及对依托 DF13-2 CEPB 至 YC13-1 水下三通海底输气管道、YC13-1 水下三通至 YC13-1 AWA 海底输气管道、YC13-1 AWA 水下三通至 LD22-1 CEP 海底输气管道、LD22-1 CEP 至东方终端海底混输管道、DF13-2 CEPB 至 DF1-1 PRP 海底输油管道、DF1-1 CEPD 至东方终端海底混输管道进行校核。

保密内容，已删除。

图 3.5-1 现有设施物流走向图

3.5.2 依托设施改造

为了适应本项目的接入，将对依托 DF13-2 CEPB 平台和 DF1-1 WHPF 平台



进行改造。主要工程量见表 3.5-1。

表 3.5-1 改造工程概况

名称	改造内容
依托 DF13-2CEPB 平台	下层甲板南侧 2 轴至 3 轴之间甲板外扩 20m×7.5m 布置新增的段塞流捕集器和凝析油增压泵，1 轴西侧空余位置布置新的清管球接收器。 生产水处理系统改造：聚结过滤器的滤芯更换为双层聚结滤芯。
依托 DF1-1WHPF 平台	下层甲板 1 轴西侧外扩甲板 30m×4.2m 布置新增的清管球发送器、清管球接收器。在 2B 轴处内侧新增电缆护管和海缆接线箱。

3.5.2.1 依托 DF13-2 CEPB 平台改造

下层甲板南侧 2 轴至 3 轴之间甲板外扩 20m×7.5m 布置新增的段塞流捕集器和凝析油增压泵，1 轴西侧空余位置布置新的清管球接收器，见图 3.5-2。

现有生产水处理系统处理能力为**/m³/d，本次改造聚结过滤器的滤芯由单层聚结滤芯更换为双层聚结滤芯，提高聚结效率，增大生产水处理量，根据鹏旭流体技术有限公司的核算结果，改造后生产水处理系统处理能力达到***m³/d。

3.5.2.2 依托 DF1-1 WHPF 平台改造

下层甲板 1 轴西侧外扩甲板 30m×4.2m 布置新增的清管球发送器、清管球接收器。在 2B 轴处内侧新增电缆护管和海缆接线箱。见图 3.5-3。



保密内容，已删除。

图 3.5-2 DF13-2CEPB 平台下层甲板改造布置图

保密内容，已删除。

图 3.5-3 DF1-1WHPF 平台下层甲板改造布置图



3.5.3 依托设施校核

3.5.3.1 依托 DF13-2 CEPB 平台校核

本项目投产后，DF13-2 CEPB 平台主要接收并处理本平台和来自 DF13-3 WHPG、DF29-1 WHPA、DF13-2 WHPA 平台的物流。项目投产后 DF13-2 CEPB 物流接收、处理及外输情况见表 3.5-2。

早期东方 13-2 气田产能预测认为其水体不活跃，日产水量较低，而根据投产以来生产动态分析，东方 13-2 气田主要气组的 1 口生产井日产水达到 $70\text{m}^3/\text{d}$ ，鉴于东方 13-2 气田主要气组整体为边水气藏，考虑后续气水过渡带生产井见水风险增加。基于目前生产动态分析，对东方 13-2 气田产能重新预测，预测后 DF13-2 CEPB 平台接收处理最大生产水量为 $771.4\text{m}^3/\text{d}$ （2029 年），超过《东方 29-1 气田开发项目环境影响报告书》预测最大生产水量 $492.9\text{m}^3/\text{d}$ （2029 年）。

经校核，本项目投产后 DF13-2 CEPB 平台湿气预增压压缩机、三甘醇脱水、干气压缩机、湿气压缩机、油处理系统的最大处理量均小于设计能力，依托可行。

DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统的最大处理量小于改造后的设计能力，改造后生产水处理系统可以满足项目投产需求。

表 3.5-2 本项目投产后 DF13-2 CEPB 平台物流平衡表¹

年份	接收量						DF13-2 处理量/消耗量				湿气预增压 压缩机 ³	湿气 压缩机	三甘醇 脱水系统	干气压缩机
	已建设施 ²			DF13-3 WHPG			气	油	水	自耗 气量	10^4m^3	10^4m^3	10^4m^3	10^4m^3
	气	油	水	气	油	水								
	10^4m^3	m^3	m^3	10^4m^3	m^3	m^3								
2025	***	***	237.1	***	***	50.1	***	***	288	40	***	***	***	***
2026	***	***	306.8	***	***	50.4	***	***	357	40	***	***	***	***
2027	***	***	463.2	***	***	43.7	***	***	507	40	***	***	***	***
2028	***	***	702.9	***	***	36.7	***	***	740	40	***	***	***	***
2029	***	***	771.4	***	***	32	***	***	803	40	***	***	***	***
2030	***	***	673.4	***	***	28.4	***	***	701	40	***	***	***	***
2031	***	***	675.9	***	***	26.1	***	***	702	40	***	***	***	***
2032	***	***	598.5	***	***	24	***	***	622	40	***	***	***	***
2033	***	***	491.2	***	***	25.5	***	***	517	40	***	***	***	***
2034	***	***	251.7	***	***	26.2	***	***	277	40	***	***	***	***
2035	***	***	84.9	***	***	37.3	***	***	122	40	***	***	***	***
2036	***	***	47.8	***	***	54.5	***	***	102	40	***	***	***	***
2037	***	***	45	***	***	85.3	***	***	131	40	***	***	***	***
2038	***	***	45.4	***	***	72.8	***	***	117	40	***	***	***	***



年份	接收量						DF13-2 处理量/消耗量				湿气预增压 压缩机 ³	湿气 压缩机	三甘醇 脱水系统	干气压缩机
	已建设施 ²			DF13-3 WHPG			气	油	水	自耗 气量	10 ⁴ m ³	10 ⁴ m ³	10 ⁴ m ³	10 ⁴ m ³
	气	油	水	气	油	水								
	10 ⁴ m ³	m ³	m ³	10 ⁴ m ³	m ³	m ³								
2039	***	***	44.9	***	***	49.7	***	***	95	40	***	***	***	***

注：[1] 本表给出的为日产量或日处理量；

[2] 已建设施包括 DF29-1 WHPA 平台、DF13-2 WHPA 平台和 DF13-2 CEPB 平台，其中气量已减掉 DF29-1 WHPA 平台透平发电消耗气量；

[3] 湿气预增压压缩机 2027 年投入使用；DF13-2 WHPA 平台和 DF13-2 CEPB 平台物流经段塞流捕集器分离出的气相 2025~2026 年直接进三甘醇脱水系统，2027 年及以后进湿气预增压压缩机；DF29-1 WHPA 平台段塞流捕集器分离出的气相 2025~2029 年进湿气压缩机，2030 年及以后进湿气预增压压缩机；DF13-3 WHPG 平台段塞流捕集器分离出的气相 2025~2034 年进湿气压缩机，2035 年及以后进湿气预增压压缩机。

表 3.5-3 DF13-2 CEPB 处理能力校核

处理系统	设计处理能力	最大处理量
三甘醇脱水系统 (10 ⁴ m ³ /d)	***	*** (2025 年)
干气压缩机 (10 ⁴ m ³ /d)	***	*** (2025 年)
湿气压缩机 (10 ⁴ m ³ /d)	***	*** (2027 年)
湿气预增压压缩机 (10 ⁴ m ³ /d)	***	*** (2027 年)
油 (m ³ /d)	***	*** (2025、2026 年)
水 (m ³ /d)	840 (改造后)	803 (2029 年)

3.5.3.2 依托海管校核

本项目依托海底管道基本情况及校核情况见表 3.5-4。根据校核结果，本项目投产后依托海底管道的最高操作压力和最高操作温度均未超过设计压力和设计温度，可以满足物流输送要求。在已有管道达到设计寿命前需进行检测评估，以保证管道的使用安全。

表 3.5-4 本项目依托海底管道校核

海管	投产 时间	设计 年限 (年)	管径 (")	管长 (km)	设计 压力 (kPaA)	最高 操作压力 (kPaA)	设计温度 (°C)	最高 操作温度 (°C)	校核 结果
DF13-2 CEPB 至 YC13-1 水下三通海底输气管道	2019	***	***	***	***	***	***	***	满足
YC13-1 水下三通至 YC13-1 AWA 海底输气管道	2019	***	***	***	***	***	***	***	满足
YC13-1 AWA 水下三通至 LD22-1 CEP 海底输气管道	2019	***	***	***	***	***	***	***	满足
LD22-1 CEP 至 东方终端海底混输管道	2009	***	***	***	***	***	***	***	满足
DF13-2 CEPB 至 DF1-1 PRP 海底输油管道	2019	***	***	***	***	***	***	***	满足



海管	投产时间	设计年限(年)	管径(″)	管长(km)	设计压力(kPaA)	最高操作压力(kPaA)	设计温度(℃)	最高操作温度(℃)	校核结果
DF1-1 CEPD 至 东方终端海底混输管道	2003	***	***	***	***	***	***	***	满足

3.5.3.3 东方终端校核

本项目所产物流经依托设施 DF13-2 CEPB 平台处理后,凝析油经 DF1-1 PRP 平台,通过已建 DF1-1 CEPD 平台(与 DF1-1 PRP 平台栈桥相连)至东方终端海底管道输送至东方终端。经校核,本项目投产后东方终端接收的最大凝析油量为***m³/d(2027 年),小于凝析油稳定装置处理规模***m³/d,终端现有生产装置能够满足本项目接入要求,无需改造。

项目合格干气经已建 DF13-2 CEPB 至 YC13-1 AWA 水下三通至 LD22-1 CEP 海底管道输送至东方终端。经校核,本项目投产后东方终端进站天然气量最大为***m³/d(2025 年),小于天然气处理规模***m³/d,终端现有生产装置能够满足本项目接入要求,无需改造。

3.6 施工和建设方案

3.6.1 钻完井方案

DF13-3 WHPG 平台设 12 个井槽,先期 6 口生产井,预留 6 个井槽,按照 4(行)×3(列)排列,井槽间距为 2.286m×2.286m,采用自升式钻井平台进行钻完井及修井作业。DF13-3 WHPG 平台井槽布置见图 3.6-1。

保密内容,已删除。

图 3.6-1 DF13-3 WHPG 平台井槽布置图

先期共钻 6 口生产井,预留 6 口井。先期钻井总进尺***m,最大井深***m,平均井深***m,采用自升式钻井平台进行钻完井及修井作业。预留井井身结构参考 G6H,总进尺约***m,井深约***m。

3.6.1.1 井身结构

本项目各新钻井井身结构及套管程序见表 3.6-1,典型井井身结构示意图见图 3.6-2,预留 6 个井槽,井身结构参考 G6H 井,实际井身结构可能会根据现场实际钻井情况进行调整。



表 3.6-1 DF13-3 WHPG 平台井身结构及套管程序

井名	钻头尺寸(in)×井深(m)	套管尺寸(in)×下深(m)
G1H	***	
	***	***
	***	***
	***	***
	***	***
G2H	***	
	***	***
	***	***
	***	***
	***	***
G3H	***	
	***	***
	***	***
	***	***
	***	***
G4H	***	
	***	***
	***	***
	***	***
	***	***
G5H	***	
	***	***
	***	***
	***	***
	***	***
G6H、预留 6口井	***	
	***	***
	***	***
	***	***
	***	***

保密内容，已删除。

图 3.6-2 井身结构示意图

3.6.1.2 钻井液体系

钻井阶段将根据地层岩性、井底温度和压力确定各井段钻井液体系，以达到防塌、防漏、防水化膨胀、防卡及安全、快速钻进和保护好油气层、保护好环境的要求。



本项目各井段优先采用水基钻井液体系，仅 8-1/2" 井段使用合成基钻井液，钻井液体系见表 3.6-2。

表 3.6-2 钻井液体系

井段	钻井液
26"	***
16"	***
12-1/4"	***
8-1/2"	***

3.6.2 施工方案

本项目建设阶段主要包括钻完井作业、平台就位及安装、海底管道/电缆铺设、平台连接调试等工作，作业计划见表 3.6-3。

钻完井作业：本项目 DF13-3 WHPG 平台计划采用钻井平台西侧就位进行钻完井及修井作业以及后期调整井作业。

平台就位及安装：本项目新建平台导管架和上部组块均计划在陆地场地建造。平台导管架滑移装船，使用驳船运输，浮吊船吊装就位并打入钢桩；甲板组块滑移装船，使用浮吊船吊装就位。

海底管道铺设：本项目新建海底管道计划采用铺管船铺设，直接铺设于海底，不挖沟。新建海管与已建管缆不存在跨越。

电缆铺设：海底电缆拟采用“HYSY691”或同等能力船舶后挖沟埋设，自然回填，埋深 1.5m；海缆近平台无法挖沟埋设的区域，拟采用“HYSY691”或同等能力船舶用混凝土压块进行覆盖保护。新建电缆与已建管缆不存在跨越。

DF13-3 WHPG 平台连接调试：主要在新建平台上部进行，不需使用大型施工船舶。

依托设施改造：DF1-1 WHPF 平台和 DF13-2 CEPB 平台改造主要利用浮吊船。DF13-2 CEPB 平台部分改造在平台上进行，施工人数 100 人，施工天数 90 天。

本项目施工总时长 675 天，日最大施工人数 350 人。

表 3.6-3 本项目海上施工作业内容和作业船舶及人员

施工内容		施工船舶 功能类型	数量 (艘)	施工天数 (d)	施工人数 (人)
DF13-3 WHPG	导管架海上运输、安装	浮吊	1	13	100
		驳船	1		



施工内容		施工船舶 功能类型	数量 (艘)	施工天数 (d)	施工人数 (人)
	组块海上运输、安装	浮吊	1	4	100
		驳船	1		
	新建平台连接调试	生活支持船	1	30	50
		拖轮	1		
	钻完井	拖轮	1	206	20
		钻井平台	1		120
	钻完井（预留井）	拖轮	1	344	20
		钻井平台	1		120
DF13-2 CEPB 平台改造		浮吊	1	3	80
DF1-1 WHPF 平台改造		浮吊	1	2	80
海底管道铺设		铺管船	1	18	340
		驳船	1		
		多功能工程船	1	62	60
		拖轮	1		
海底电缆铺设		铺缆船	1	4	120
		多功能工程船	1	24	60
		拖轮	1		

3.7 产污环节分析

3.7.1 建设阶段

本项目建设阶段主要施工作业包括钻完井作业、平台就位及安装、海管/海缆铺设、平台连接调试、依托设施改造等工作。

钻完井过程中将产生钻井液、钻屑，此外参加作业的船舶还将产生一定量的船舶含油污水、生活污水、生活垃圾及生产垃圾。

平台就位安装及连接调试过程中，将有浮吊船、驳船、拖轮等施工船舶参加作业，这些船舶将产生一定量的船舶污染物。

海底管道直接放置于海底，不挖沟埋设，采用淡水试压，产生的试压水试压后排放。海底电缆挖沟埋设，产生悬浮物。另有铺管船、驳船等施工船舶参加作业，这些船舶将产生少量的船舶污染物。

依托设施 DF13-2CEPB 平台和 DF1-1WHPF 改造过程中，将有浮吊船参加作业，产生一定量的船舶污染物，DF13-2CEPB 平台施工人员产生生活污水、生活垃圾等污染物。

海上建设阶段的产污环节及污染物种类见图 3.7-1。

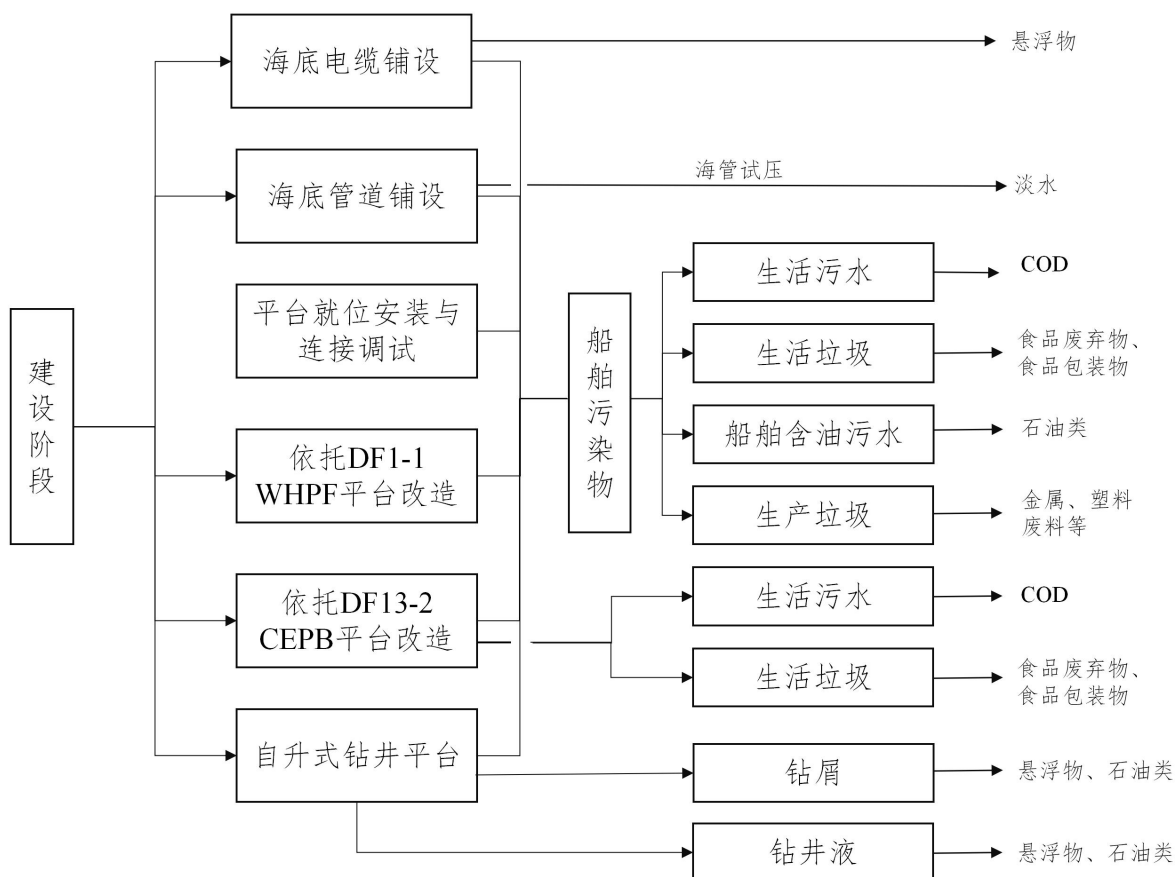


图 3.7-1 建设阶段主要产污环节和污染物种类

3.7.2 生产阶段

在生产阶段，本项目的产污环节主要是新建平台的生产作业区以及依托设施的生产作业区等，产生的污染物主要包括含油生产水、其它含油污水、生产垃圾、生活垃圾、生活污水和海管牺牲阳极锌释放等。

海上生产阶段产污环节及污染物种类见图 3.7-2。

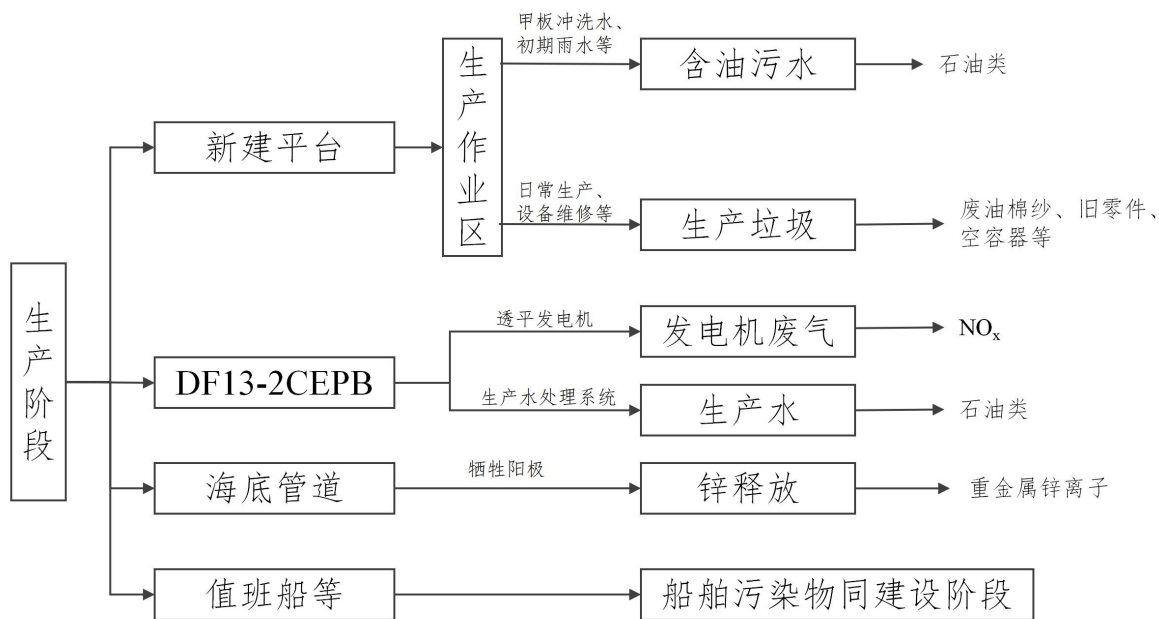


图 3.7-2 生产阶段主要产污环节和污染物种类

3.8 污染源强核算

3.8.1 建设阶段

本项目建设阶段产生的污染物主要包括钻完井产生的钻屑、钻井液，海底电缆挖沟产生的悬浮物，以及参加施工的船舶和人员所产生的船舶含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等船舶污染物。

3.8.1.1 钻屑

钻屑产生量主要取决于井数和井身结构，钻屑产生量根据井眼半径、各井段长度计算所得，计算公式如下：

$$V = \pi R^2 \times h \times 1.6$$

式中：V 为钻屑体积（m³）；R 为井眼半径；h 为各井径井段长度；1.6 为松散系数。

本次东方 13-3 区开发项目先期计划钻井 6 口，预留 6 口井，预留井钻屑量按照 G6H 井单钻进行计算。当钻至气层时，会有少量气层钻屑产生；根据钻遇气层厚度及井径，可估算气层钻屑产生量。本项目钻屑量计算结果统计见表 3.8-1。

本项目初期钻 6 口井，分为两个批次钻井，第一批钻 3 口井，产生的钻屑总量约 3759m³（堆体积），其中非钻井气层水基钻井液钻屑量约 3483m³（堆体积），合成基钻井液钻屑量约 276m³（堆体积）；第二批钻 3 口井，产生的钻屑总量约 3389 m³（堆体积），其中非钻井气层水基钻井液钻屑量约 3028m³（堆体积），合



成基钻井液钻屑量约 361 m^3 (堆体积)。先期钻 6 口井产生总钻屑量为 7148 m^3 (堆体积)，非钻井气层水基钻井液钻屑量为 6511 (堆体积)，合成基钻井液钻屑量为 637 m^3 (堆体积)。

预留井槽钻屑量按照单井钻屑最大量进行计算，经估算，包含预留井槽产生的钻屑总量约为 15335 m^3 (堆体积)，其中非钻井气层水基钻井液钻屑量约 14187 m^3 (堆体积)，合成基钻井液钻屑量约 1148 m^3 (堆体积)。经核算，本项目钻屑最大排放速率为 $186.6 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

表 3.8-1 钻屑量计算结果 (堆体积)

类别	井数(口)	总钻屑量 (m^3)	非钻井气层 水基钻井液钻屑量(m^3)	合成基钻井液 钻屑量(m^3)	钻屑排放速率 (m^3/d)
初期钻井	6	7148	6511	637	186.6 (最大)
预留井槽	6	8187	7676	511	
合计	12	15335	14187	1148	

注：钻屑堆体积=钻屑实际体积 $\times 1.6$ ；预留井槽钻屑量按照单井钻屑最大量进行计算，具体钻井作业产生的钻屑量可能根据实际钻井情况有所调整。

本项目非钻井气层水基钻井液钻屑符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》(GB 18420.1-2009)要求后排放。合成基钻井液钻屑经甩干后检测达标(含油量 $\leq 8\%$)直接排放，若不达标进行现场热脱附处理，处理后的钻屑在符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》(GB 18420.1-2009)的要求后排海。热脱附技术装置位于自升式钻井平台，装置为封闭系统，通过螺旋输送泵或柱塞泵将合成基钻井液钻屑输送至减压热解釜装置内，在高温真空状态下，合成基钻井液钻屑在容器内发生热解反应，基础油和水以气体馏分的形式分离出来，经冷凝装置冷却液化成油和水加以回收，剩余处理后的钻屑自动排出，处理后的含油钻屑经检测达标后排海，若仍不达标，则运回陆地交由有资质单位处理；回收的原油用于钻井液配置。工艺流程见图 3.8-1。

保密内容，已删除。

图 3.8-1 合成基钻井液钻屑热脱附处理工艺

3.8.1.2 钻井液

本项目钻井作业优先采用水基钻井液体系，在部分井段使用合成基钻井液，钻井液原则上要求循环使用，其排放环节主要有四个：外排钻屑粘附、固井置



换、提钻携带以及钻井结束后的一次性排放。钻井液产生量计算公式如下：

$$V=V_1+V_2+V_3+V_4$$

式中：V—钻井液体积（m³）；

V₁—钻屑黏附量（m³）， $V_1=V_{\text{钻屑量}} \times 10\%$ （m³）；

V₂—起钻携带量（m³）， $V_2=\text{起钻次数} \times 10\text{m}^3/\text{次}$ ；

V₃—固井置换量（m³）， $V_3=\text{固井次数} \times 15\text{m}^3/\text{次}$ ；

V₄—一次性排放量（m³）， $V_4=\text{套管内泥浆量} + V_{\text{泥浆池}} \times 90\%$ （m³）。

本项目先期钻井采用批钻方式，预留井按照 G6H 井单钻保守考虑，钻井液量计算结果统计见表 3.8-2。经核算，本项目先期钻 6 口井产生的钻井液总量约 6293m³，其中，非钻井气层水基钻井液产生量约 4953m³，合成基钻井液产生量约 1340m³。

预留井钻井液产生量采用非批钻单井钻井液最大量进行计算，经估算，包含预留井槽钻井液总量约 18737m³，其中非钻井气层水基钻井液产生量约 15597m³，合成基钻井液产生量约 3140m³。

符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）要求的钻井液排放，不达标的钻井液将全部运回陆地处理。钻井液最高排放速率出现在批钻结束后一次性排放过程中，根据井身结构和批钻情况计算，钻井液一次性最大排放量约为 758m³，排放速率约为 35m³/h。

表 3.8-2 钻井液计算结果（单位：m³）

类别	井数(口)	钻井液总量	非钻井气层水基钻井液量	合成基钻井液量
先期钻井	6	6293	4953	1340
预留井槽	6	12444	10644	1800
合计	12	18737	15597	3140

注：预留井钻井液产生量采用非批钻单井钻井液最大量进行计算；具体钻井作业产生的钻井液量可能根据实际钻井情况有所调整。

3.8.1.3 试压水

本项目海底管道建成后需要试压，试压水产生量约 1808.9m³。试压水采用淡水，试压完成后排放。

3.8.1.4 悬浮物

本项目 DF1-1WHPF 平台至 DF13-3WHPG 平台海底电缆全段采用后挖沟的方式铺设，长度约 6.3km，截面近似为梯形，上底宽 3.0m，下底宽 1.5m，埋深

1.5m, 核算挖沟扰动海底沉积物量为 21262.5m^3 , 所搅动的海底沉积物将有部分形成悬浮物, 短时间内随海流扩散, 工程区沉积物以粉砂质砂和砂质粉砂为主, 粒径较粗, 较容易沉降, 以起沙率 10% 计算, 悬浮物量约为 2126.3m^3 。本项目后挖沟截面示意图见图 3.8-2。

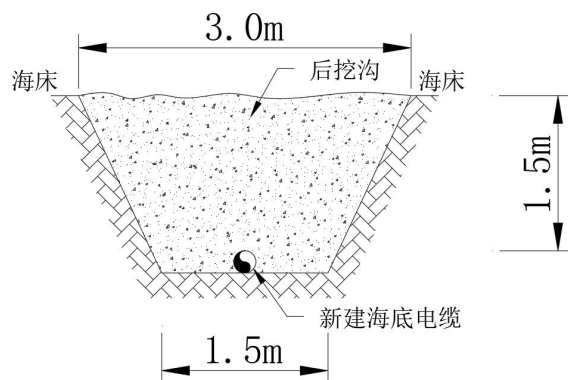


图 3.8-2 海底电缆后挖沟示意图

海底电缆挖沟悬浮物的产生速率和产生量计算公式如下:

产生量 = 搅动沉积物的横截面积 \times 扰动悬浮物的长度 \times 起沙率

产生速率 = 搅动沉积物的横截面积 \times 设备移动的速度 \times 沉积物密度 \times 起沙率
/86400(s)

后挖沟采用喷射式挖沟机, 平均挖沟速度为 3000m/d , 海底泥沙湿容重约为 1.7g/cm^3 , 则海底电缆挖沟悬浮物源强为 19.92kg/s 。

3.8.1.5 船舶污染物

海上施工过程中作业船舶和作业人员将产生船舶含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等污染物。其中船舶含油污水和生活污水经处理达标后排海, 生活垃圾中食品废弃物按照排放标准要求处理达标后排海, 食品包装物等其他生活垃圾和生产垃圾全部运回陆地处理。

根据参加作业船舶类型和数量、作业天数及作业人数, 对项目海上建设阶段船舶污染物进行估算。

(1) 船舶含油污水

根据开发工程中参加作业船舶类型和数量、作业天数及作业人数, 参照《水运工程环境保护设计规范》(JT/S149-2018) 中要求“船舶舱底油污水水量宜按实测资料确定”, 本项目根据中国海洋石油有限公司石油开发工程的多年统计资料核算船舶含油污水产生量。其中大型施工船舶含油污水产生量按 (0.3~0.5)



$\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{日})$), 本次钻井平台、铺管船、铺缆船、驳船等船舶计算取 $0.5\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{日})$; 一般工作船舶含油污水产生量按 $(3\sim5)\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{月})$, 本次拖轮、支持船、供应船等计算取 $5\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{月})$ 。据此估算出项目建设阶段船舶含油污水产生量约 191.17m^3 。

(2) 生活污水

在海上建设阶段产生的生活污水主要包括施工作业船舶厨房和洗浴污水、厕所和医务室的污水等。根据中国海洋石油有限公司石油开发工程的最新统计资料, 生活污水平均每人每天按 0.35m^3 计算, 估算项目建设阶段产生的生活污水总计约为 9226m^3 , 处理达标后间断排放。

(3) 生活垃圾

建设阶段产生的生活垃圾主要是食品废弃物和食品包装物等。根据中国海洋石油有限公司石油开发工程的多年统计资料, 生活垃圾按 $1.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 计算, 其中食品废弃物按 $1\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 计算, 其它生活垃圾按 $0.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 计算。同时参考《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018), 沿海船舶生活固体废物单位发生量为 $1.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$, 与中国海洋石油有限公司的统计数据相同。由此估算出本项目建设阶段共产生生活垃圾约 39.54t , 其中食品废弃物 26.36t 。生活垃圾中食品废弃物在距最近陆地 3 海里以内(含)的海域, 应收集并排入接收设施; 在距最近陆地 3 海里至 12 海里(含)的海域, 粉碎或磨碎至直径小于 25 毫米后方可排放; 在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。其他生活垃圾运回陆地处理。

(4) 生产垃圾

建设阶段产生的生产垃圾主要包括废弃的零件、边角料、油棉纱和包装材料等。根据中国海洋石油有限公司石油开发工程的多年统计资料, 浮吊船、铺管船、铺缆船等大型施工船舶按 $5\text{t}/\text{年}$ 计算, 拖轮和支持船等小型船舶按 $0.5\text{t}/\text{年}$ 计算。由此估算出项目建设阶段生产垃圾产生量总计约为 3.53t 。建设阶段船舶污染物估算结果见表 3.8-3。



表 3.8-3 本项目建设阶段船舶污染物核算结果

作业内容	作业期 (d)	作业人 数	作业船舶(艘)	船舶 含油污水 (m ³)	生活污水 (m ³)	生活垃圾 (t)	生产垃圾 (t)
钻完井	206	20	拖轮 1 艘	34.33	1442	6.18	0.28
钻完井 (预留井)	344	20	拖轮 1 艘	57.33	2408	10.32	0.47
导管架 安装	13	100	浮吊船 1 艘、 驳船 1 艘	8.67	455	1.95	0.36
上部组块运输、 安装	4	100	浮吊船 1 艘、 驳船 1 艘	2.67	140	0.6	0.06
平台连接调试	30	50	生活支持船 1 艘、 拖轮 1 艘	10.00	525	2.25	0.45
海底管道铺设	80	400	铺缆船 1 艘、 驳船 1 艘、 多功能工程船 1 艘、 拖轮 1 艘	59.33	3444	14.76	1.43
海底电缆铺设	28	180	铺缆船 1 艘、 多功能工程船 1 艘、 拖轮 1 艘	18.00	672	2.88	0.42
DF13-2 CEPB 平台改造	3	80	浮吊船 1 艘	0.50	84	0.36	0.04
DF1-1 WHPF 平台改造	2	80	浮吊船 1 艘	0.33	56	0.24	0.03
总计				191.17	9226	39.54	3.53

3.8.1.6 钻井平台和依托 DF13-2CEPB 平台污染物

项目新建平台采用自升式钻井平台进行钻完井作业，在作业期间产生船舶含油污水、生产垃圾、生活垃圾和生活污水等。根据作业天数及作业人数，及中国海洋石油有限公司石油开发工程的多年统计资料，钻井平台船舶含油污水产生量按 $0.5\text{m}^3/(\text{船}\cdot\text{日})$ 计算，钻井平台产生船舶含油污水量为 275.00m^3 ；生产垃圾按 $25\text{t}/\text{月}$ 计算，钻井平台生产垃圾产生量为 458.33t ；生活污水平均每人每天按 0.35m^3 计算，估算钻井平台生活污水产生量约为 24304m^3 ；生活垃圾按 $1.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 计算，其中食品废弃物按 $1\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ，估算钻井平台产生生活垃圾约 104.16t （其中食品废弃物为 69.44t ）。

依托 DF13-2CEPB 平台部分改造在平台上进行，施工人数 100 人，施工天数 90 天，生活污水产生量为 $35\text{m}^3/\text{d}$ ，产生总量为 3150m^3 ；生活垃圾产生量为



0.15t/d（其中食品废弃物为 0.10t/d），产生总量为 13.50t/d（9.00t/d）。改造期间 DF13-2CEPB 平台将临时增加电解法生活污水处理装置用于处理施工人员生活污水，处理能力为 50.4m³/d，可以满足施工人员生活污水处理需求。

表 3.8-3 本项目建设阶段钻井平台和依托 DF13-2CEPB 平台污染物核算结果

作业内容	作业期(d)	作业人数	船舶含油污水(m ³)	生活污水(m ³)	生活垃圾(t)	生产垃圾(t)
钻完井 (钻井平台 1 艘)	206	120	103.00	8652	37.08	171.67
钻完井(预留井) (钻井平台 1 艘)	344	130	172.00	15652	67.08	286.67
DF13-2 CEPB 平台改造	90	100	/	3150	13.50	/
总计			275.00	27454	117.66	458.34

3.8.1.7 建设阶段污染物汇总

建设阶段污染物种类及数量汇总于表 3.8-4。

表 3.8-4 建设阶段污染物汇总

污染物		产生量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
钻屑 15335 m ³ (含预留井槽)	非钻井气层 水基钻井液钻屑量 (m ³)	14187	186.6m ³ /d (最大)	悬浮物	符合排放标准的钻屑和钻井液，水下 25m 排放；不达标的钻井液/钻屑全部运回陆地处理
	合成基钻井液钻屑量 (m ³)	1148		悬浮物、石油类	
钻井液 18737 m ³ (含预留井槽)	非钻井气层 水基钻井液量 (m ³)	15597	35m ³ /h (最大)	悬浮物	
	合成基钻井液量 (m ³)	3140		悬浮物、石油类	
悬浮物 (m ³)		2126.3	19.92kg/s	悬浮物	自然回填
试压水 (m ³)		1808.9	—	—	试压后排放
船舶污染物	船舶含油污水 (m ³)	191.17	—	石油类	执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)
	船舶生活污水 (m ³)	9226	—	COD 等	
	船舶生活垃圾 (t)	39.54	—	食品废弃物、食品包装等	
	船舶生产垃圾 (t)	3.53	—	废旧器件、油棉纱等	运回陆地处理
钻井平台和依托 DF13-2 CEPB 平台污染物	船舶含油污水 (m ³)	275.00	—	石油类	石油类≤15mg/L 排放
	生活污水 (m ³)	27454	—	COD 等	处理达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008) 中 COD≤500mg/L 后



污染物	产生量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
				排放
生活垃圾 (t)	117.66	—	食品废弃物、食品包装等	食品废弃物处理至颗粒直径<25mm时,可排放或弃置入海,其他运回陆地处理
生产垃圾 (t)	458.33	—	废旧器件、油棉纱等	运回陆地处理

3.8.2 生产阶段

生产阶段产生的污染物主要是生产水、生产垃圾、少量生活污水和生活垃圾等污染物。

3.8.2.1 生产水

本项目新增生产水最大为 $85.27\text{m}^3/\text{d}$ (2037 年), 依托 DF13-2 CEPB 平台的生产水处理系统进行处理。由表 3.5-2 可知, 项目投产后, DF13-2 CEPB 平台生产水最大处理量为 $***\text{m}^3/\text{d}$ (2029 年), 超过已批复的《东方 29-1 气田开发项目环境影响报告书》(环审〔2023〕116 号) 中 DF13-2 CEPB 平台最大日处理水量为 $***\text{m}^3/\text{d}$ 。项目投产后 DF13-2 CEPB 平台含油生产水经处理达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008) 三级标准(石油类月平均值 $\leq 45\text{mg/L}$) 后经开排沉箱排海, 排放口深度为水下 57m。

3.8.2.2 其他含油污水

本项目新建 DF13-3 WHPG 平台上设有开式排放系统和闭式排放系统, 用于收集溢出液、甲板初期雨水/冲洗水等其它含油污水以及带压容器、管线等排放出的带压流体等。根据统计数据, 本项目新建平台其它含油污水产生量约 $60\text{m}^3/\text{a}$ 。

3.8.2.3 生活污水

DF13-3 WHPG 平台为无人井口平台, 工作人员登平台巡检期间产生的少量生活污水收集后运回陆地处理。

DF13-2 CEPB 平台现有定员 80 人, 生活楼人数 120 人, 生活污水设计处理能力为 $75.6\text{m}^3/\text{d}$ 。

本项目投产后, DF13-2 CEPB 平台新增定编 4 人, 总定员为 84 人, 生活污水平均每人每天按 0.35m^3 计算, 新增定员生活污水产生量为 $1.4\text{m}^3/\text{d}$ ($511\text{m}^3/\text{a}$), COD 产生量为 0.15t/a ; DF13-2 CEPB 平台生活污水的产生总量为 $29.4\text{m}^3/\text{d}$ ($10731\text{m}^3/\text{a}$), COD 产生总量为 5.37t/a 。根据已批复的《东方 13-2 气田群开发工程环



境影响报告书》（国海环字〔2016〕489 号），“DF13-2 CEPB 平台生活污水排放量为 $***\text{m}^3/\text{a}$ （ $***\text{m}^3/\text{d}$ ），其中 COD 为 $***\text{t}/\text{a}$ ”，本项目投产后 DF13-2 CEPB 平台，生活污水处理能力满足要求，且生活污水排放量和 COD 排放量未超过原环评核算量。

3.8.2.4 生活垃圾

本项目新建的 DF13-3 WHPG 平台为无人井口平台，本项目投产后，DF13-2 CEPB 平台新增定编 4 人，总定员为 84 人。生活垃圾按 $1.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 计算，新增定员生活垃圾产生量为 $2.19\text{t}/\text{a}$ ，DF13-2 CEPB 平台生活垃圾的产生总量为 $45.99\text{t}/\text{a}$ 。根据已批复的《东方 13-2 气田群开发工程环境影响报告书》（国海环字〔2016〕489 号），“DF13-2 CEPB 平台生活垃圾最大量为 $60.25\text{t}/\text{a}$ ”，本项目投产后 DF13-2 CEPB 平台生活垃圾产生量未超过原环评核算量。

3.8.2.5 生产垃圾

生产阶段产生的生产垃圾主要是废弃的零件、边角料、油棉纱、包装材料等。根据中国海洋石油有限公司石油开发工程的多年统计资料，海上平台生产垃圾产生量按 $***\text{t}/\text{年}\cdot\text{万吨油当量}$ 计算。本项目投产后最大年产油当量约 $***\text{t}/\text{a}$ ，据此估算生产垃圾产生量约 $67.96\text{t}/\text{a}$ 。生产垃圾全部运回陆地交由有资质单位进行处理。

3.8.2.6 温排水

本项目投产后，新建 DF13-3 WHPG 平台不设处理设施，井流全液输送至 DF13-2 CEPB 平台进行处理。DF13-2 CEPB 平台现有压缩机等可以满足项目投产需要，温排水排放量不增加。

3.8.2.7 发电机废气

本项目新建 DF13-3 WHPG 平台不设电站，通过一条海底电缆依托已建 DF1-1 WHPF 平台供电，DF1-1 WHPF 平台电源来自 DF13-2 CEPB 平台燃气透平发电机组发电，根据所产天然气性质，燃气透平发电机产生的主要污染物为氮氧化物。

项目投产后，DF13-2 CEPB 平台燃料气最大耗气量约 $***\text{m}^3/\text{d}$ ，新增燃料气耗量为 $***\text{m}^3/\text{d}$ ，参考《工业污染源产排污系数手册》中相关系数（天然气发电氮氧化物产污系数： $9.82\text{g}/\text{m}^3$ 原料），则发电机组新增负荷产生的 NO_x 最大量约为 $0.196\text{t}/\text{d}$ （ $71.5\text{t}/\text{a}$ ）。



3.8.2.8 船舶污染物

本项目生产阶段不新增守护船，将与东方 13-2 气田群共用守护船。守护船产生的船舶污染物已核算，本项目不另行核算。

3.8.2.9 牺牲阳极中锌的释放量

新建 DF13-3 WHPG 平台导管架阴极保护采用牺牲阳极与外加电流联合保护方案，牺牲阳极主要用于初期导管架下水及后期停电工况下对导管架进行补充保护，考虑***年的设计年限。其中锌的质量含量为 2.5%~5.75%（保守考虑取 5.75%），阳极块净重为 57.1kg，阳极块数量为 526 块，释放到海水中的锌为 0.576t/a，锌释放源强为 0.018g/s。

新建海底管道采用手镯型铝基牺牲阳极保护方案，其中锌的质量含量为 4.5%~5.75%（保守考虑取 5.75%），阳极块间隔为 122m，单块阳极块锌释放源强分别为 2.9×10^{-6} g/s 和 3.4×10^{-6} g/s。

本项目新建平台和海底管道使用情况及每年释放到海水中的锌情况见表 3.8-5。

表 3.8-5 牺牲阳极用量及释放到海水中的锌含量

平台和管道名称	牺牲阳极设计寿命(年)	单块净重(kg)	数量(块)	锌含量(%)	单块阳极锌含量(kg)	释放锌总量(t)	每年释放到海水中的锌(t/a)
DF13-3 WHPG 平台	***	***	***	***	***	***	0.576
DF13-3WHPG 至 DF1-1WHPF 海底混输管道	***	***	***	***	***	***	0.005
DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 海底混输管道	***	***	***	***	***	***	0.011

3.8.2.10 生产阶段污染物汇总

本项目生产阶段各种污染物的产生量汇总见表 3.8-6。

表 3.8-6 生产阶段污染物汇总

污染源位置	污染物	产生量	主要污染因子	排放/处理方式
依托设施 DF13-2 CPEB	生产水	803m ³ /d (2029 年, 最大)	石油类	处理达标后(月均含油浓度≤45mg/L, 一次容许值≤65mg/L)水下 57m 排海
	发电机废气	0.196t/d(新增最大)	NO _x	通过排烟管排放
	生活污水	本项目新增 总排放量 511m ³ /a 27594m ³ /a	COD 等	处理达标后(COD 浓度≤500mg/L)排海



污染源位置	污染物	产生量	主要污染因子	排放/处理方式
	生活垃圾	本项目新增	食品废弃物、食品包装等	食品废弃物处理至颗粒直径<25mm时,可排放或弃置入海,其他运回陆地处理
		总产生量		
新建设施 DF13-3 WHPG	生产垃圾	67.96t/a (最大)	固体废物	分类收集,运回陆地处理
	其它含油污水	60m ³ /a	石油类	经开、闭排收集后,进入生产流程

3.9 环境影响评价因子筛选

3.9.1 非污染影响因子分析

本项目非污染影响因子主要是项目活动对周围海域的航运交通、捕捞作业和海域混合区功能的使用等造成一定影响。本项目不同工程活动的非污染影响因子筛选及影响程度分析见表 3.9-1。

表 3.9-1 本项目非污染影响因子筛选及影响程度分析

时段	工程活动	影响要素	环境影响表征	影响程度
建设阶段	平台安装、海管/海缆铺设	海洋生态	占用海域,影响局部使用功能	D
		水文动力	水下结构物对局部潮流的影响	D
	施工船舶活动	通航环境	影响航运交通	D
		海洋生态	影响渔业捕捞作业	D
生产阶段	平台及海管/缆占用海域	通航环境	影响航运交通	C
		海洋生态	影响渔业捕捞作业	D

注:环境影响相对程度由高至低依次为 A(高)、B(中)、C(低)、D(微),下表同。

3.9.2 环境污染影响因子分析

本项目各阶段各种污染物的种类及其处理或排放方式汇总于表 3.9-2。根据对项目各阶段污染源、污染物种类及其处理/处置方式的分析,凭借类似开发项目的评价经验和专业知识,通过综合判断可识别出各污染因子的环境影响程度,并由此确定本次环境影响评价的重点评价因子为:钻完井阶段的钻井液和钻屑、海底电缆挖沟、生产阶段的生产水,以及潜在的事故性溢油。

表 3.9-2 本项目污染影响评价因子筛选及影响程度分析

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度
建设阶段	水环境	悬浮物	钻井液、钻屑、海底电缆挖沟埋设及船舶污染物等排放	B
	底质环境	悬浮物		C
	生物生态	鱼卵/仔稚鱼		B
		底栖生物		B



评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度
		渔业资源		C
生产阶段	水环境	石油类	生产水等处理达标后排放	C
事故风险	水环境	石油类	事故性溢油对海洋生态的影响	A
	底质环境	石油类		B
	海洋生态	海洋生物		A



4. 工程区域环境概况

4.1 工程区域自然环境概况

4.1.1 气象条件

东方 13-3 区海域处于季风特征显著的气候区，盛行风向主要受季风制约。冬季以偏北风为主，夏季以偏南风为主，台风活动频繁。风浪具有明显的季节变化特征，冬季盛行偏南向浪，夏季盛行偏北向浪。

热带气旋是夏秋季影响研究区域较大的主要灾害性天气系统，台风到达北部湾海区时能产生较强烈的海况，统计表明，约 70% 发生在 7、8、9 三个月，1、2、3 月无热带气旋影响。影响东方 13-3 区海域的热带气旋主要来自于菲律宾以东的西北太平洋和南中国海北部海域。

海面风以 1、2 月份东北风占优（NNE，NE，ENE），3 月的主风向为 ENE。4、5 月间，为季风转变季节，主导风向不是很明显。6~8 盛行偏南风，以 SE、SSE 向为主。全年中 NNE 向风出现频率最高。风玫瑰图见图 4.1-1，多年平均风向频率统计表见表 4.1-1。

保密内容，已删除。

图 4.1-1 工程海域风玫瑰

表 4.1-1 工程海域风向频率、风速统计表（年）

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率（%）	***	***	***	***	***	***	***	***
平均风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***
极值风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***
方向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率（%）	***	***	***	***	***	***	***	***
平均风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***
极值风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***

4.1.2 水文条件

4.1.2.1 波浪

东方 13-3 区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，波浪玫瑰图见图 4.1-2。



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 13-3 区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，波高、频率统计见表 4.1-2。

表 4.1-2 工程海区年统计有效波高-波向联合分布

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	***	***	***	***	***	***	***	***
最大波高 (m)	***	***	***	***	***	***	***	***
平均波高 (m)	***	***	***	***	***	***	***	***
方向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	***	***	***	***	***	***	***	***
最大波高 (m)	***	***	***	***	***	***	***	***
平均波高 (m)	***	***	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 4.1-2 工程海域波浪玫瑰

4.1.2.2 海流

***于 2023 年 7 月 12 日~2023 年 8 月 14 日期间在工程海域开展了 2 个站位（简称 YC1、YC2 测站）的水文动力现状调查。采用潜标观测方式，获得了全剖面海流实测资料和潮位资料。

测站观测要素及站位坐标见表 4.1-3，站位布置与气田位置关系见图 4.1-3。

保密内容，已删除。

图 4.1-3 测站站位图

表 4.1-3 水位和海流测站信息

测站名称	纬度 (N)	经度 (E)	观测时间	有效数据长度
YC1	***	***	***	海流、潮位
YC2	***	***		海流、潮位

根据 YC1、YC2 测站的实测海流数据统计及调和分析，工程海域呈现正规全日潮流特征，观测期间表层主流向为 SSE-NNW，余流以 WSW 向为主。

YC1、YC2 测站站位涨、落潮期间流速统计见表 4.1-4。YC1 观测期间涨潮期表层、中层和底层最大流速为 111.3cm/s、111.1cm/s 和 64.2cm/s，落潮期间表层、中层和底层最大流速为 148.7cm/s、121.5cm/s 和 55.3cm/s。YC2 观测期间涨潮期表层、中层和底层最大流速为 114.5cm/s、98.1cm/s 和 61.2cm/s，落潮期间



表层、中层和底层最大流速为 133cm/s、105.9cm/s 和 48cm/s。

表 4.1-4 涨落潮期间流速统计

测站名称	层次	涨潮			落潮		
		最大流速 (cm/s)	对应流向 (°)	平均流速 (cm/s)	流速 (cm/s)	对应流向 (°)	平均流速 (cm/s)
YC1 测站	表层	***	***	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***	***	***
YC2 测站	表层	***	***	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 4.1-4 测站潮流矢量图

根据实测资料，通过调和和分析得到的各层的潮流性质参数（表 4.1-5）可知，海域表层、中层和底层均为正规全日潮流。

表 4.1-5 潮流性质参数

潮流性质参数 $(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$	站位	表层	中层	底层
	YC1	***	***	***
	YC2	***	***	***

4.1.2.3 潮汐

***于 2023 年 7 月~2023 年 8 月在东方 13-3 区附近海域开展了 YC1、YC2 测站的潮位现场调查，见表 4.1-3 和图 4.1-3。

根据 YC1、YC2 测站潮位观测资料调和和分析，根据潮汐学潮汐类型公式： $E1=(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}$ ，可以得出 E1 分别为 4.32 和 4.11，式中 H 为 K1、O1、M2 分潮调和常数的振幅。因此，工程海区潮汐类型属于正规全日潮。

该测站主要分潮调和常数见表 4.1-6。

表 4.1-6 YC1 测站主要分潮调和常数

测站	分潮	振幅(cm)	迟角(°)	分潮	振幅(cm)	迟角(°)
YC1 测站	M2	***	***	***	***	***
	S2	***	***	***	***	***
	O1	***	***	***	***	***
	K1	***	***	***	***	***
YC2 测站	M2	***	***	***	***	***
	S2	***	***	***	***	***



	O1	***	***	***	***	***
	K1	***	***	***	***	***

观测期间平均海平面为 0.96m，最高水位为 2.21m，最低水位为 0m，最大水位差为 2.21m。

4.1.3 地形地貌与冲淤环境

4.1.3.1 调查概况

***于 2023 年 7 月至 2023 年 11 月在东方 13-3 区工程海域开展了针对新建工程设施的工程勘察作业。

4.1.3.2 新建平台场址地形地貌

根据新建 DF13-3WHPG 平台场址调查资料，调查区域海图水深在 61.0~61.6m，海底平坦，水深变化平缓，没有明显的局部起伏变化。海底地貌资料色度显示基本均匀，表明海底底质变化不大。结合海底表层取样结果，海底底质主要为非常软的褐灰色粘土。

调查区域主要地貌特征为锚痕、拖痕等。除此之外，调查区域内未发现其它对平台就位及安装具有不利影响的地貌特征及障碍物。该调查区域水深分布见图 4.1-5，地貌特征见图 4.1-6。

保密内容，已删除。

图 4.1-5 DF13-3WHPG 平台场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-6 DF13-3WHPG 平台场址地貌图

4.1.3.3 新建路由区地形地貌

a. DF13-3WHPG 至 DF1-1WHPF 平台路由

根据预定 DF13-3WHPG 至 DF1-1WHPF 平台路由调查资料，除已建平台附近，调查区域内海底平坦，水深变化平缓，没有明显的局部起伏变化，全区水深在 58.5~64.5m 之间变化。基本上自西北向东南逐渐加深。海底地貌资料色度显示基本均匀，表明海底底质变化不大。调查区域主要地貌特征为已建平台、已建管缆、桩腿坑区、锚痕、拖痕等，未发现其它对管线铺设具有不利影响的地貌特征及障碍物。新建 DF13-3WHPG 至 DF1-1WHPF 平台路由区水深地形见图 4.1-7。

保密内容，已删除。

图 4.1-7 DF13-3WHPG 至 DF1-1WHPF 平台路由水深地形图

b. DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 平台路由

根据预定 DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 平台路由调查资料，除已建平台附近，调查区域内海底平坦，水深变化平缓，没有明显的局部起伏变化，全区水深在 58.5~64.6m 之间变化。海底地貌资料色度显示基本均匀，表明海底底质变化不大。调查区域主要地貌特征为已建平台、已建管缆、桩腿坑区、钻井活动痕迹、渔业活动痕迹、锚痕、拖痕等，未发现其它对管线铺设具有不利影响的地貌特征及障碍物。新建 DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 平台路由区水深地形见图 4.1-8。

保密内容，已删除。

图 4.1-8 DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 平台路由水深地形图

4.1.3.4 冲淤环境概况

根据对本工程周边已建平台的冲刷调查成果，海底面比较平缓，水深变化较小，未发现明显的冲刷痕迹，说明本工程海域冲淤环境基本稳定。

根据项目水深资料、浅剖资料和地貌资料，工程区内海底地形比较稳定，整体地形平坦，海底坡度变化不大，表层沉积基本一致。根据地质取样资料，工程区域表层沉积物主要为松散的砂质粉砂。综合水深调查资料、水动力环境资料和海底土质性质可以初步判断本项目区域海底发生冲淤的可能性很小。

4.2 环境功能区划及相关规划符合性

4.2.1 国家产业政策符合性分析

东方 13-3 区开发项目为海洋油（气）开发及其附属工程，符合国家《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类鼓励类”的“七、石油、天然气，1、常规石油、天然气勘探与开采，2、原油、天然气、液化天然气、成品油的储运和管道输送设施、网络和液化天然气加注设施建设”。因此，本项目的建设符合国家产业政策的要求。

4.2.2 《海南省国土空间规划（2021-2035）》符合性分析

根据《海南省国土空间规划（2021-2035）》，本项目新建工程设施位于《海南省国土空间规划（2021-2035）》范围外，距离海洋生态空间最近约 83km，见

图 4.2-1。

本项目属于海洋油（气）开发及其附属工程，在建设和正常生产阶段，污染物排放对周围海洋环境造成局部轻微影响，不会影响到 83km 外海洋生态空间的海洋生态环境。

综上所述，本项目与《海南省国土空间规划（2021-2035）》的管理要求相协调。

保密内容，已删除。

图 4.2-1 本项目与《海南省国土空间规划（2021-2035）》位置关系

4.2.3 《全国海洋主体功能区规划》符合性分析

《全国海洋主体功能区规划》（国发〔2015〕42 号）将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”。

东方 13-3 区开发项目属于海洋油（气）开发及其附属工程，符合《全国海洋主体功能区规划》要求。

4.2.4 海洋生态红线符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号），海南省完成了“三区三线”划定工作，划定成果符合质检要求，自 2022 年 10 月 14 日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。本项目位于“三区三线”的海洋生态保护红线划定范围外，见图 4.2-2。本项目新建 DF13-3 WHPG 平台距海洋生态保护红线中的其他红线区最近约 83km。本项目在建设和正常生产阶段，污染物排放对周围海洋环境造成局部轻微影响，不会影响到 83km 外海洋生态保护红线的海洋生态环境。

综上所述，本项目与海南省“三区三线”中的海洋生态保护红线相协调。

保密内容，已删除。

图 4.2-2 本项目与“三区三线”中的海洋生态保护红线位置关系



4.2.5 其它相关规划符合性分析

4.2.5.1 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》符合性分析

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，“实施能源资源安全战略：坚持立足国内、补齐短板、多元保障、强化储备，完善产供储销体系，增强能源持续稳定供应和风险管控能力，实现煤炭供应安全兜底、油气核心需求依靠自保、电力供应稳定可靠。夯实国内产量基础，保持原油和天然气稳产增产，做好煤制油气战略基地规划布局 and 管控。扩大油气储备规模，健全政府储备和企业社会责任储备有机结合、互为补充的油气储备体系。”。

本项目属于海洋油（气）开发及其附属工程，符合《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的要求。

4.2.5.2 《海南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》符合性分析

根据《海南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》第四章第一节“培育以“陆海空”为主的三大未来产业：深海产业—依托三亚深海科技城建设，发展深海科考服务、深远海探测、海洋工程装备、海洋遥感、海洋资源勘探及开发利用、海洋生态保护和利用、海洋生物活性物质及生物制品等产业。建设深远海空间站岸基服务业保障基地、国家南海生物种质资源库等，打造国家深海基地南方中心。”

本项目属于海洋资源勘探及开发利用，符合《海南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的要求。

4.2.5.3 《“十四五”海洋生态环境保护规划》符合性分析

根据《“十四五”海洋生态环境保护规划》，“保护海洋生态系统和生物多样性：完善海洋自然保护地网格、加强海洋生态系统保护、加强海洋生物多样性保护；防范环境风险，有效应对海洋突发环境事件和生态灾害：防范海洋突发环境事件风险、健全海洋突发环境事件和生态灾害应急响应体系；强化海洋工程和海洋倾废环境监管。”

本项目距离周边海洋生态保护红线等在 80km 以上，在建设和正常生产阶段，污染物排放对周围海洋环境造成局部轻微影响，不会影响到 80km 外的海洋生态



保护红线内的海洋环境质量，不会对海洋生物多样性造成影响。本项目制定详细的污染事故应急预案，做到事前防范，形成严格的风险防范体系。对运营期可能发生的污染事故进行预测和防范，针对溢油事故形成系统预警方案，加强运营期的污水排放管控，严格相关的船舶污染监管。因此，本项目建设符合《“十四五”海洋生态环境保护规划》要求。

4.2.5.4 《海南省“十四五”海洋生态环境保护规划》符合性分析

《海南省“十四五”海洋生态环境保护规划》提出，要强化海洋工程环境监管，严格落实海洋工程环评制度，强化海洋工程监管，加强海洋工程污染防治，探索建立跨部门的海洋工程监管联动机制。要加强海洋水产和渔业资源保护，实施海洋生物养护工程，严格执行近海海域伏季休渔制度，加强管辖海域重要海洋生物“三场一通道”及水产种质资源保护区的保护和修复。要健全风险预警防控与监管体系，加强沿海石化、危化品码头，海上船舶，核电等重点领域风险源的事前监管和海上溢油、危险化学品泄漏等重大环境风险防控，加强污染物泄漏预警预报设施建设。

本项目在建设和生产阶段均将采取有效的环境保护措施，海底电缆挖沟作业尽量避开鱼类集中产卵期 5~6 月，尽可能减少对海洋环境的损害，严格执行环评制度，制定严密的溢油防范及应急计划，以达到海洋石油开发与海洋环境保护两者兼顾的目的，项目建设符合《海南省“十四五”海洋生态环境保护规划》的相关要求。

4.2.5.5 《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021-2025 年）》符合性分析

根据《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021-2025 年）》，要加强深海开发与合作，重点开展深海科考、深海探测、深海资源勘探开发、海洋遥感、海洋生态保护等活动；推进深海技术研发和深海工程装备制造，发展深海养殖、深海油气、深海生物活性物质及生物制品、深层海水开发利用等产业。推动海洋油气勘探开发向深远海拓展，坚持“陆海统筹、由浅入深、以近养远、远近结合”的原则，推进油气勘探开发，建设南海近浅海油气开发带，稳步推进深远海油气资源开发。

本项目属于海洋油（气）开发及其附属工程，符合《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021-2025 年）》要求。

4.2.5.6 《“十四五”现代能源体系规划》符合性分析

根据国家能源局发布的《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210 号），到 2025 年，国内能源年综合生产能力达到 46 亿吨标准煤以上，原油年产量回升稳定在 2 亿吨水平，天然气年产量达到 2300 亿立方米以上。本项目为海洋油（气）开发及其附属工程，与《“十四五”现代能源体系规划》的目标相符。

4.2.5.7 海南省“三线一单”符合性分析

根据《海南省“三线一单”环境管控单元及生态环境准入清单（试行）》（2021 年 9 月），本项目位于海南省生态环境分区管控范围外，新建 DF13-3 WHPG 平台距优化保护区最近约 83km，见图 4.2-3。本项目在建设和正常生产阶段，污染物排放对周围海洋环境造成局部轻微影响，不会影响到 83km 外海南省生态环境分区管控的海洋生态环境。

综上所述，本项目与《海南省“三线一单”环境管控单元及生态环境准入清单（试行）》（2021 年 9 月）的管理要求相协调。

保密内容，已删除。

图 4.2-3 本项目与海南省“三线一单”位置关系

4.2.6 工程周围环境敏感目标分布

东方 13-3 区开发项目附近海域主要环境敏感目标包括国家级自然保护区、国家级海洋公园、产卵场等环境敏感目标。

4.2.6.1 国家级自然保护区

本项目新建平台和管缆距海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区最近约 185km，见图 4.2-4。

海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区是 1990 年 9 月经国务院批准建立的国家级海洋类型自然保护区之一，位于海南省三亚市南部近岸及海岛四周海域，地理位置为东经***，北纬***范围内。中接壤鹿回头半岛和大、小东海沿岸海域（包括小洲岛）；西濒东、西瑁岛四周海域。保护区自东向西由亚龙湾片区、鹿回头半岛--榆林角片区和东、西瑁岛片区三部分组成，保护总面积 85km²。各片区分有核心区、缓冲区和实验区。本区地貌中部与东、西部有明显差异，东、西部属典型的海岛地貌；中部岬角、海湾多，属半岛陆域地貌。本保护区主要

保护对象为：造礁珊瑚、非造礁珊瑚、珊瑚礁及其生态系统和生物多样性。造礁珊瑚的建造者为珊瑚虫，珊瑚虫属热带海洋腔肠动物。区内珊瑚种类繁多，目前为止，已查明有 117 种（包括 5 个亚种）造礁珊瑚，分别属于 13 科、33 属和 2 亚属。还有在成礁建造中有积极意义的苍珊瑚、笙珊瑚、多孔螅和多种非造礁珊瑚-软珊瑚、柳珊瑚和与珊瑚礁生态系统共栖和密切依赖的其他丰富多样的海洋生物。

保密内容，已删除。

图 4.2-4 本项目附近国家级自然保护区和国家级海洋公园分布图

4.2.6.2 国家级海洋公园

本项目新建平台距海南昌江棋子湾国家级海洋公园最近约 129km，见图 4.2-4。

海南昌江棋子湾国家级海洋公园位于昌江黎族自治县的西部海岸，海南岛的最西段，属于典型的干湿交替的热带季风气候区，受热带海洋性气候影响较大，热带海洋性季风气候特征明显：全年无冬，雨量丰沛，四季如春，日照充足。该国家级海洋公园为保护海南省昌江黎族自治县棋子湾附近海域生态环境及海洋资源。

4.2.6.3 南海北部幼鱼繁育场保护区

据《中国海洋渔业水域图》（第一批），南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1 月至 12 月。本项目新建 DF13-3 WHPG 平台距离南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 72km，见图 4.2-5。

保密内容，已删除。

图 4.2-5 本项目与南海北部幼鱼繁育场保护区位置关系图

4.2.6.4 产卵场

本项目新建平台及管缆均位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，距离金线鱼北部湾产卵场最近约 52km，均为浮性卵，距离其余产卵场更远，见图 4.2-6。

绯鲤类北部湾产卵场：位于***E，***N，水深 20~100m，产卵期***月。



红笛鲷北部湾产卵场：位于东经***至***，北纬***至***，水深 65m 至 85m 海区，产卵期***月。

长尾大眼鲷北部湾产卵场：位于东经***至***，北纬***至***，产卵期***月。

短尾大眼鲷北部湾产卵场：位于东经***至***，北纬***至***，产卵期***月。

金线鱼北部湾产卵场：位于东经***至***，北纬***至***，水深 40 米至 75 米，产卵期***月。

保密内容，已删除。

图 4.2-6 工程项目附近产卵场分布图

4.2.6.5 通航环境

通航环境依据《东方 13-3 区开发项目通航安全影响专题研究报告》（送审稿）（2024 年 4 月）内容进行编制。

a. 港口

新建平台附近海域主要港口为八所港、乐东港和三亚港。其中，八所港距新建工程设施最近约 113km，见图 4.2-7。

b. 船舶习惯航路

本项目工程设施附近船舶习惯航路主要有 3 条，一是海防至新加坡船舶习惯航路，二是防城港至新加坡船舶习惯航路，三是环海南岛船舶习惯航路，其中，在本项目西侧水域，环海南岛船舶习惯航路与防城港至新加坡船舶习惯航路基本连接成片。新建 DF13-3 WHPG 平台位于海防至新加坡船舶习惯航路与防城港至新加坡船舶习惯航路之间水域，见图 4.2-8。

新建平台与海防至新加坡船舶习惯航路东边线的距离约 7nmile，与海防至新加坡、防城港至新加坡及环海南岛船舶习惯航路的西边线的距离约 10nmile。新建 DF13-3 WHPG 平台建设对附近水域船舶习惯航路造成的影响较小。

保密内容，已删除。

图 4.2-7 新建平台与八所港的相对位置关系

保密内容，已删除。

图 4.2-8 平台附近船舶习惯航路分布图

c. 推荐航线

根据《世界大洋航路》和《中国航路指南（南海海区）》，本项目附近的推荐航线主要为防城港至新加坡推荐航线和环海南岛推荐航线，见图 4.2-9。

新建 DF13-3 WHPG 平台最近的推荐航线是防城至新加坡推荐航线，最近距离为 21nmile（最近点为转向点 OC775）。因此，新建项目建设对附近水域推荐航线船舶通航安全的影响较小。

保密内容，已删除。

图 4.2-9 DF13-3WHPG 平台附近推荐航线分布图

4.3 环境敏感目标筛选

根据以上的调查分析，工程所在海域周围的主要环境敏感目标为鱼类产卵场，新建平台与管缆位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，距离其他敏感目标均较远。周边环境敏感目标见表 4.3-1。

表 4.3-1 本项目主要环境敏感目标分布

类型	名称	与新建平台最近距离及方位	与新建管缆最近距离及方位	产卵期/敏感期
海洋生态保护红线	其他红线区	83km/E	81km/E	/
南海北部幼鱼繁育场保护区		72km/E	70km/E	***
产卵场	绯鲤类北部湾产卵场	位于	穿越	***
	红笛鲷北部湾产卵场	位于	穿越	***
	长尾大眼鲷北部湾产卵场	位于	穿越	***
	短尾大眼鲷北部湾产卵场	位于	穿越	***
	金线鱼北部湾产卵场	52km/N	52km/N	***



5. 环境质量现状调查与评价

5.1 海洋环境现状调查概况

东方 13-3 区开发项目附近海域海洋环境现状调查由***承担。海水水质、生物生态和生物质量现状调查分别于 2022 年 4 月 11 日~2022 年 4 月 17 日（春季）和 2022 年 9 月 23 日~2022 年 11 月 3 日（秋季）进行了两次调查，海洋沉积物于 2022 年 9 月 23 日~2022 年 11 月 3 日（秋季）同步进行了调查。

5.1.1 调查站位布设

调查海域春秋两季环境质量现状调查均采用网格布点的方式。

春季和秋季调查均设 36 个现状调查站位，以东西向为横断面，共设置 6 个断面，断面间距 20km，以南北向设 6 个纵断面，断面间距 15km。此外，在距离已建 DF1-1 CEPD 平台、DF1-1 PRP 平台和 DF13-2 CEPB 平台中心 600m 半径范围各均匀布设各 4 个，共 12 个水质加密点位。春、秋两次环境质量现状调查的站位布设、调查站位坐标和调查项目分别详见图 5.1-1 和表 5.1-1。

保密内容，已删除。

图 5.1-1 春、秋季环境质量现状调查站位布设

表 5.1-1 春、秋季调查站位及调查项目

站位	东经	北纬	项目
P1	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P2	***	***	水质
P3	***	***	水质
P4	***	***	水质
P5	***	***	水质
P6	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P7	***	***	水质
P8	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P9	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P10	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P11	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P12	***	***	水质
P13	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P14	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P15	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P16	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P17	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P18	***	***	水质、沉积物、海洋生物



站位	东经	北纬	项目
P19	***	***	水质
P20	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P21	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P22	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P23	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P24	***	***	水质
P25	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P26	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P27	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P28	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P29	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P30	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P31	***	***	水质
P32	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P33	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P34	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P35	***	***	水质、沉积物、海洋生物
P36	***	***	水质
L1	***	***	水质（COD、石油类）
L2	***	***	水质（COD、石油类）
L3	***	***	水质（COD、石油类）
L4	***	***	水质（COD、石油类）
L5	***	***	水质（COD、石油类）
L6	***	***	水质（COD、石油类）
L7	***	***	水质（COD、石油类）
L8	***	***	水质（COD、石油类）
L9	***	***	水质（COD、石油类）
L10	***	***	水质（COD、石油类）
L11	***	***	水质（COD、石油类）
L12	***	***	水质（COD、石油类）

注：仅秋季开展海洋沉积物调查。

5.1.2 调查项目

海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量的调查项目详见表 5.1-2。

表 5.1-2 海水水质、海洋沉积物和海洋生物生态调查项目

调查对象	调查项目
海水水质	水深、水色、透明度、水温、盐度、pH、COD、DO、活性磷酸盐、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、悬浮物、石油类（只调查表层样品）、挥发性酚、硫化物、砷、汞、铜、铅、镉、锌、总铬
海洋沉积物	有机碳、石油类、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷及沉积物粒度分析
海洋生物生态	叶绿素 a 及初级生产力 浮游植物：种类、个体数量、分布、群落特征



调查对象	调查项目
	浮游动物：种类、生物量、数量、分布、群落特征
	底栖生物：种类、分布、生物量、栖息密度、群落特征
	鱼卵、仔稚鱼：种类、数量、分布、群落特征
	生物质量：石油烃、铬、铅、砷、总汞、铜、镉、锌

5.1.3 调查方法

调查方法依据《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）中的有关规定，具体采样要求如下：

本次调查水质样品（含叶绿素 a）分 4 个层次进行采集：表层（低于表层 0.5m）、10m、50m、底层（高于泥线 2 m）。石油类只调查表层。加密测点（L1~L12）调查海水水质中表层石油类和 COD，石油类只调查表层，COD 调查 3 层（表层、10m、50m）。

海洋沉积物采集海底表层沉积物，使用曙光采泥器采集。

海洋生物生态调查站位依据《海洋监测规范》（GB17378-2007），《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）的技术要求执行，具体的调查与分析方法如下：

5.1.3.1 叶绿素 a

叶绿素 a 样品的采集与水样采集同步进行，依据《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）水质样品采集的原则，按水质样品层次采集水样 250mL，经孔径为 0.8 μ m 的滤膜过滤后，干燥冷藏保存，采用荧光萃取进行分析。

5.1.3.2 浮游植物

浮游植物样品采用深水浮游生物网（网口面积 0.1m²，网口直径 37cm，网长为 280cm）由海底垂直拖曳至海面。每站只采集 1 次，采集到的样品加入约 5%样品体积的中性甲醛溶液，然后带回实验室进行鉴定和计数。

5.1.3.3 浮游动物

浮游动物采用大型浮游生物网（网口面积 0.5m²，网口直径 80cm，网长为 280cm）由海底垂直拖曳至海面。每站只采集 1 次，采集到的样品加入约 5%样品体积的中性甲醛溶液，带回实验室进行湿重生物量称重，用镜检分析法和个体计数法进行鉴定和计算。

5.1.3.4 底栖生物

底栖生物使用阿氏拖网（定性）及挖泥器（定量）采样。定性样品用 1.5m 宽的阿氏网采集，每站慢速（1~2kn）拖曳 15 分钟（约 1500 m），拣出所有生



物；定量样品用 0.1m^2 曙光采泥器采集，每站采泥 2 次，泥样倒入上层孔径为 1.0mm 和下层孔径为 0.5mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有生物，装入含有 5% 甲醛溶液的样品瓶中；所有样品带回实验室进行种类鉴定，多毛纲残体或藻类不记个数。

5.1.3.5 海洋生物质量

生物质量分析从各站底栖生物定性样品中选取足量的鱼类、贝类或软体类优势种若干种，单独分袋、冰冻保存，取可食部分分析。

5.1.4 分析方法

海水水质、海洋沉积物和生物质量调查项目的分析方法分别见表 5.1-3。

海水和沉积物样品的采集、保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB 12763-2007）执行。

生物质量选取调查海域鱼类、贝类和甲壳类等生物样品，测定其体内的石油类和重金属包括铬（Cr）、铅（Pb）、砷（As）、汞（Hg）、铜（Cu）、镉（Cd）和锌（Zn）等的含量。

表 5.1-3 海水水质、海洋沉积物和生物质量调查项目的分析方法

项目	测定项目	分析方法	检出限	引用标准
海水水质	化学需氧量	碱性高锰酸钾法	0.15 mg/L	GB17378.4-2007
	溶解氧	碘量法	0.32 mg/L	
	石油类	紫外分光光度法	3.5 $\mu\text{g/L}$	
	pH	pH 计法	-	
	悬浮物	重量法	-	
	砷	电感耦合等离子体质谱法	0.5 $\mu\text{g/L}$	HY/T147.1-2013
	汞	原子荧光法	7.0 $\times 10^{-3}\mu\text{g/L}$	GB17378.4-2007
	挥发性酚	4-氨基安替比林分光光度法	1.1 $\mu\text{g/L}$	
	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.2 $\mu\text{g/L}$	HY/T147.1-2013
	铵盐	流动分析法	1.08 $\mu\text{g/L}$	
	亚硝酸盐		0.35 $\mu\text{g/L}$	
	硝酸盐		0.60 $\mu\text{g/L}$	
	活性磷酸盐		0.72 $\mu\text{g/L}$	
	铜	电感耦合等离子体-质谱法	0.12 $\mu\text{g/L}$	
	铅		0.07 $\mu\text{g/L}$	
	镉		0.03 $\mu\text{g/L}$	
	总铬		0.05 $\mu\text{g/L}$	
	锌		0.10 $\mu\text{g/L}$	
海洋沉积物	粒度	激光法	-	GB/T 12763.8-2007
	有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	1 $\times 10^{-6}$	GB 17378.5-2007
	石油类	紫外分光光度法	3 $\times 10^{-6}$	



项目	测定项目	分析方法	检出限	引用标准
	硫化物	碘量法	4×10^{-6}	HY/T 147.2-2013
	砷	原子荧光法	0.06×10^{-6}	
	汞	热分解冷原子吸收光度法	0.002×10^{-6}	
	铜	火焰原子吸收分光光度法	0.008×10^{-9}	GB 17378.5-2007
	铅		0.07×10^{-9}	
	镉		0.015×10^{-9}	
	铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.07×10^{-9}	
	锌	火焰原子吸收分光光度法	0.16×10^{-9}	
生物 质量	石油烃	荧光分光光度法	0.2×10^{-6}	GB17378.6-2007
	砷	原子荧光法	0.2×10^{-6}	
	总汞	热分解冷原子吸收光度法	0.002×10^{-6}	HY/T147.3-2013
	镉	火焰原子吸收分光光度法	0.03×10^{-9}	GB17378.6-2007
	锌		1.66×10^{-9}	
	铜		0.08×10^{-9}	
	铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.30×10^{-9}	
	铅		0.03×10^{-9}	

5.1.5 评价因子与评价标准

5.1.5.1 海水水质

两次调查选定的海水水质评价因子均包括 pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、汞、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、挥发性酚、活性磷酸盐、无机氮和硫化物共 15 项。各评价因子的评价标准值列于表 5.1-4。

参考原《海南省海洋功能区划》，位于海南岛外海农渔业区的 6 个站位(P5~P6、P11~P12、P18、P24)按照《海水水质标准》(GB3097-1997)中第一类海水水质标准，采用单项指数法和平均分指数法进行评价，评价因子出现超标时，进一步采用第二类至第四类海水水质标准进行评价。其余位于莺歌海盆地矿产与能源区和位于海洋功能区划外的 30 个站位(P1~P4、P7~P10、P13~P17、P19~P23、P25~P36)按照维持现状进行评价，不参与超标统计。

表 5.1-4 海水水质评价标准值

评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2 pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位	
溶解氧	>6 mg/L	>5 mg/L	>4 mg/L	>3 mg/L
化学需氧量	≤2 mg/L	≤3 mg/L	≤4 mg/L	≤5 mg/L
活性磷酸盐	≤0.015 mg/L	≤0.030 mg/L		≤0.045 mg/L
无机氮	≤0.20 mg/L	≤0.30 mg/L	≤0.40 mg/L	≤0.50 mg/L
砷	≤0.020 mg/L	≤0.030 mg/L	≤0.050 mg/L	



评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类
汞	$\leq 0.00005 \text{ mg/L}$	$\leq 0.0002 \text{ mg/L}$		$\leq 0.0005 \text{ mg/L}$
铜	$\leq 0.005 \text{ mg/L}$	$\leq 0.010 \text{ mg/L}$	$\leq 0.050 \text{ mg/L}$	
铅	$\leq 0.001 \text{ mg/L}$	$\leq 0.005 \text{ mg/L}$	$\leq 0.010 \text{ mg/L}$	$\leq 0.050 \text{ mg/L}$
锌	$\leq 0.020 \text{ mg/L}$	$\leq 0.050 \text{ mg/L}$	$\leq 0.10 \text{ mg/L}$	$\leq 0.50 \text{ mg/L}$
镉	$\leq 0.001 \text{ mg/L}$	$\leq 0.005 \text{ mg/L}$	$\leq 0.010 \text{ mg/L}$	
总铬	$\leq 0.05 \text{ mg/L}$	$\leq 0.10 \text{ mg/L}$	$\leq 0.20 \text{ mg/L}$	$\leq 0.50 \text{ mg/L}$
石油类	$\leq 0.05 \text{ mg/L}$		$\leq 0.30 \text{ mg/L}$	$\leq 0.50 \text{ mg/L}$
挥发性酚	$\leq 0.005 \text{ mg/L}$		$\leq 0.010 \text{ mg/L}$	$\leq 0.25 \text{ mg/L}$
硫化物	$\leq 0.02 \text{ mg/L}$	$\leq 0.05 \text{ mg/L}$	$\leq 0.10 \text{ mg/L}$	$\leq 0.050 \text{ mg/L}$

5.1.5.2 海洋沉积物质量

海洋沉积物评价因子为汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物及有机碳共 10 项。参考原《海南省海洋功能区划》，21 个站位（P1、P8~P10、P13~P17、P20~P23、P26~P30、P33~P35）属于莺歌海盆地矿产与能源区，2 个站位（P25、P32）位于海洋功能区划外，环境保护要求为沉积物质量维持现状；3 个站位（P6、P11、P18）属于海南岛外海农渔业区，环境保护要求为沉积物质量满足第一类海洋沉积物标准。各评价因子标准值见表 5.1-5。

表 5.1-5 海洋沉积物质量标准

项目	标准类别			引用标准
	第一类	第二类	第三类	
汞 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.20	0.50	1.00	《海洋沉积物质量》 (GB18668-2002)
镉 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.50	5.00	
铅 ($\times 10^{-6}$) \leq	60.0	130.0	250.0	
锌 ($\times 10^{-6}$) \leq	150.0	350.0	600.0	
铜 ($\times 10^{-6}$) \leq	35.0	100.0	200.0	
铬 ($\times 10^{-6}$) \leq	80.0	150.0	270.0	
砷 ($\times 10^{-6}$) \leq	20.0	65.0	93.0	
有机碳 ($\times 10^{-2}$) \leq	2.0	3.0	4.0	
硫化物 ($\times 10^{-6}$) \leq	300.0	500.0	600.0	
石油类 ($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0	

5.1.5.3 生物质量

软体类（螺类和头足类）、甲壳类和鱼类的生物体内污染物质（除铬、砷、石油烃外）含量评价标准参考《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，鱼类和软体类体内石油烃含量的评价标准参考《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准进行评价。各评价因子的评价标准值详见表 5.1-6。

表 5.1-6 底栖生物体内各指标评价标准 ($\times 10^{-6}$)

标准系数	Hg	Cu	As	Pb	Cd	Zn	石油烃	Cr
软体类	0.30	100	/	10	5.5	250	20	/
甲壳类	0.20	100	/	2	2	150	/	/
鱼类	0.30	20	/	2	0.6	40	20	/

5.1.6 评价方法

5.1.6.1 海水水质

海水水质采用单项标准指数法对调查海域进行环境质量现状评价。

计算公式：

$$Q_{i,j} = C_{i,j} / C_{oi}$$

式中： $Q_{i,j}$ — 评价因子 i 的标准指数；

$C_{i,j}$ — 评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

C_{oi} — 评价因子 i 的水质评价标准限值，mg/L。

对于水中溶解氧采用：

$$Q_j = |(C_f - C_j) / (C_f - C_o)| \quad \text{当 } C_j > C_o \text{ 时}$$

$$Q_j = 10 - 9C_j / C_o \quad \text{当 } C_j \leq C_o \text{ 时}$$

对于水中 pH 采用：

$$Q_j = |(2C_j - C_{o,upper} - C_{o,lower}) / (C_{o,upper} - C_{o,lower})|$$

式中：

Q_{ij} — 站 j 评价因子 i 的标准指数；

C_{ij} — 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 — 现场水温和盐度条件下溶解氧的饱和量；

$C_{o,upper}$ — pH 的评价标准值上限；

$C_{o,lower}$ — pH 的评价标准值下限。

水质参数的标准指数 > 1 ，表明该水质参数超过了相应的水质标准。

5.1.6.2 海洋沉积物

海洋沉积物质量现状的评价亦采用单项标准指数法。

5.1.6.3 海洋生物生态

a. 初级生产力

初级生产力采用 CADEE (1975) 公式, 依据叶绿素 a、透明度、水深和碳同化系数进行估算。即:

$$P = \frac{Chla \times Q \times D \times E}{2}$$

式中: P — 初级生产力 ($\text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$);

$Chla$ — 真光层平均叶绿素 a 的含量 (mg/m^3);

Q — 不同层次同化指数算术平均值 ($1/\text{d}$), 取 $3.7 (1/\text{d})$;

D — 昼长时间 (h , 根据海区调查季节, 估算为 12h);

E — 真光层深度 (m)。

b. 多样性指数、均匀度、丰富度和优势度的计算

生物群落特征的评价使用 Sharrnon-wiener(1963)的多样性指数计算公式、Pielous(1969)均匀度计算公式, 和 Margalef(1958)丰富度计算公式。浮游植物种类多样性 (H')、均匀度 (J)、丰富度 (d) 和优势度 (D_2) 的计算公式如下:

$$\text{种类多样性 } (H') : H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$\text{均匀度 } (J) : J = H' / \log_2 S$$

$$\text{丰富度 } (d) : d = (S-1) / \log_2 N$$

$$\text{优势度 } (D_2) : D_2 = (N_1 + N_2) / NT$$

式中: H' — 多样性指数; J — 均匀度; $P_i = n_i / N$ (n_i 是第 i 个物种的个体数, N 是全部物种的个数); S — 为种类数; d — 丰富度; D_2 — 优势度; N_1 — 样品中第一优势种的个体数; N_2 — 样品中第二优势种的个体数; NT — 样品中的总个体数。

c. 生物质量

底栖生物质量评价采用单项标准指数法, 评价公式与海水水质相同。

5.2 海水水质现状调查与评价

5.2.1 海水水质调查

调查海域春、秋季两次海水水质调查结果分别见附表 1~附表 2。



5.2.1.1 水温

春季调查海区水温变化于 (19.43~27.30) °C。

秋季调查海区水温变化于 (22.45~30.69) °C。

5.2.1.2 盐度

春季调查海区盐度变化于 33.458~34.333。

秋季调查海区盐度变化于 32.136~34.502。

5.2.1.3 pH

春季调查海区 pH 值变化于 8.13~8.20。

秋季调查海区 pH 值变化于 8.08~8.22。

5.2.1.4 溶解氧 (DO)

春季调查海区海水 DO 含量变化于 (6.38~7.59) mg/L。

秋季调查海区海水 DO 含量变化于 (5.80~6.80) mg/L。

5.2.1.5 化学需氧量 (COD)

春季调查海区海水 COD 变化于 (0.15~0.95) mg/L。

秋季调查海区海水 COD 变化于 (未检出~0.68) mg/L。

5.2.1.6 无机氮 (DIN)

春季调查海区海水 DIN 含量变化于 (4.2~74.1) µg/L。

秋季调查海区海水 DIN 含量变化于 (13.3~102) µg/L。

5.2.1.7 活性磷酸盐

春季调查海区海水活性磷酸盐含量变化于 (7.1~11.6) µg/L。

秋季调查海区海水活性磷酸盐含量变化于 (未检出~8.4) µg/L。

5.2.1.8 汞

春季调查海区海水汞含量变化于 (未检出~0.023) µg/L。

秋季调查海区海水汞含量变化于 (0.007~0.038) µg/L。

5.2.1.9 锌

春季调查海区海水锌含量变化于 (0.45~17.04) µg/L。

秋季调查海区海水锌含量变化于 (0.41~19.46) µg/L。

5.2.1.10 镉

春季调查海区海水镉含量变化于 (未检出~0.05) µg/L。

秋季调查海区海水镉含量变化于 (未检出~0.16) µg/L。

5.2.1.11 铅

春季调查海区海水铅含量变化于 (0.08~1.64) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水铅含量变化于 (未检出~1.65) $\mu\text{g/L}$ 。

5.2.1.12 砷

春季调查海区海水砷含量变化于 (0.71~3.54) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水砷含量变化于 (未检出~2.59) $\mu\text{g/L}$ 。

5.2.1.13 铜

春季调查海区海水铜含量变化于 (0.48~4.10) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水铜含量变化于 (0.48~4.22) $\mu\text{g/L}$ 。

5.2.1.14 总铬

春季调查海区海水总铬含量变化于 (0.20~6.08) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水总铬含量变化于 (0.06~4.01) $\mu\text{g/L}$ 。

5.2.1.15 石油类

春季调查海区表层海水石油类含量变化于 (未检出~0.014) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区表层海水石油类含量变化于 (未检出~0.016) $\mu\text{g/L}$ 。

5.2.1.16 悬浮物

春季调查海区海水悬浮物的含量变化于 (2.8~34.2) mg/L 。

秋季调查海区海水悬浮物的含量变化于 (未检出~12.0) mg/L 。

5.2.1.17 挥发性酚

春季调查海区海水挥发性酚含量变化于 (未检出~4.3) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水挥发性酚含量变化于 (未检出~2.6) $\mu\text{g/L}$ 。

5.2.1.18 硫化物

春季调查海区海水硫化物含量变化于 (未检出~0.23) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水硫化物含量变化于 (未检出~0.18) $\mu\text{g/L}$ 。

5.2.2 海水水质评价结果

参考原《海南省海洋功能区划》，本次调查有 6 个站位位于海南岛外海农渔业区，按照《海水水质标准》(GB3097-1997) 中第一类海水水质标准进行评价，评价因子出现超标时，进一步采用第二类至第四类海水水质标准进行评价。其余位于莺歌海盆地矿产与能源区和位于海洋功能区划外的站位按照维持现状评价，不参与超标统计。调查海域春、秋季两次调查海水水质各层评价因子的



标准指数分别见附表 3~附表 12。

5.2.2.1 位于农渔业区内站位

a. 春季调查

春季调查海水水质评价结果见附表 3~附表 7。

位于农渔业区内站位中 pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类海水水质标准。

铅表层、50m 层各有 1 个站位超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。

表 5.2-1 春季调查海域海水评价因子超标统计

评价因子	层次	满足第一类水质标准	满足第二类水质标准
铅	表层	P5、P11、P12、P18、P24	P6
	10m	P5、P6、P11、P12、P18、P24	-
	50m 层	P5、P6、P12、P18、P24	P11
	底层	P5、P6、P11、P12、P18、P24	-

b. 秋季调查

秋季调查海水水质评价结果见附表 8~附表 12。

位于农渔业区内站位以第一类海水水质标准评价，评价因子 pH、化学需氧量（COD）、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类海水水质标准。溶解氧（DO）、铅存在少量样品满足二类海水水质现象。

溶解氧表层和 10m 层均符合第一类海水水质标准，50m 层和底层各有 1 个站位超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。

铅表层、10m 层和 50m 层均符合第一类海水水质标准，底层 1 个站位超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。

表 5.2-2 秋季调查海域海水超标评价因子的站位统计

评价因子	层次	满足一类水质标准	满足二类水质标准
DO	表层	P5、P6、P11、P12、P18、P24	-
	10m 层	P5、P6、P11、P12、P18、P24	-
	50m 层	P5、P6、P12、P18、P24	P11
	底层	P5、P6、P12、P18、P24	P11
铅	表层	P5、P6、P11、P12、P18、P24	-
	10m 层	P5、P6、P11、P12、P18、P24	-



评价因子	层次	满足一类水质标准	满足二类水质标准
	50m 层	P5、P6、P11、P12、P18、P24	-
	底层	P5、P6、P11、P12、P24	P18

c. 超标原因分析

调查海域水质超标因子主要是溶解氧和重金属铅，秋季溶解氧超标站位均位于 50m 层和底层，随着水深的增加，光照较少，浮游植物光合作用减弱，溶解氧含量降低，属于溶解氧在海洋中的正常分布情况。

春季调查铅表层、50m 层各有 1 个站位超第一类海水水质标准，秋季调查底层 1 个站位超第一类海水水质标准，在空间分布上不具明显规律性。海洋中铅的重要来源包括河流输入、大气干、湿沉降和海底沉积物再矿化等。北半球径流较多、人口密集，因此从河流和大气接收到外部输入的铅会比南半球多。南海是位于北半球的边缘海，受人类活动影响强烈，许多研究结果均表明其水体本身铅含量背景值较高。该调查海区历史调查中也存在铅含量超出第一类海水水质标准的现象，可能与南海区域铅含量本底较高有关。

5.2.2.2 按照现状评价站位

a. 春季调查

位于矿产与能源区站位和位于功能区划外站位按照现状评价至所属水质等级，春季调查位于矿产与能源区和位于功能区划外的所有站位 pH、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、铅、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》(GB3097-1997) 第一类海水水质标准。

b. 秋季调查

秋季调查评价因子 pH、化学需氧量(COD)、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》(GB3097-1997) 第一类海水水质标准，溶解氧(DO)、铅少量样品满足第二类海水水质标准。

溶解氧表层和 10m 层均符合第一类海水水质标准，50m 层有 3 个站位、底层有 7 个站位符合第二类海水水质标准。

铅表层 2 个站位、10m 层 3 个站位、50m 层 1 个站位和底层 1 个站位符合第二类海水水质标准。

表 5.2-3 秋季调查海域海水评价因子的站位统计



评价因子	层次	满足一类水质标准	满足二类水质标准	满足三类水质标准
DO	表层	P1~P4、P7~P10、P13~P17、P19~P23、P25~P36	-	-
	10m 层	P1~P4、P7~P10、P13~P17、P19~P23、P25~P36	-	-
	50m 层	P1~P4、P9、P13~P17、P19~P23、P25~P36	P7、P8、P10	-
	底层	P2~P4、P13~P17、P20~P23、P25~P35	P1、P7~P10、P19、P36	-
铅	表层	P1~P4、P7~P10、P13~P17、P19~P23、P25~P32、P34、P36	P33、P35	-
	10m 层	P1~P4、P7~P10、P13~P17、P19~P23、P25、P27~P30、P33~P36	P26、P31、P32	-
	50m 层	P1~P4、P7~P10、P13~P17、P19~P23、P26~P36	P25	-
	底层	P1~P4、P7~P10、P13~P17、P19~P23、P26~P36	P25	-

5.2.2.3 加密站位调查结果

加密站位仅调查表层石油类和表层、10 层、50 m 层 COD，本次春、秋季调查所有站位均满足第一类海水水质标准。

5.3 海洋沉积物质量现状调查与评价

5.3.1 海洋沉积物组成及其类型

本次调查海域 26 个沉积物测站的粒度分析表明，该海域沉积物类型有 2 种，以粉砂为主，含量介于（64.9~88.1）%，平均含量为 74.3%，其中以细粉砂和极细粉砂为主，其平均含量分别为 22.2%和 24.0%。各粒级百分含量以及粒度参数详见表 5.3-1。

表 5.3-1 表层沉积物类型及粒度参数

站号	粒 级 含 量 (%)				名称及代号
	砾	砂	粉砂	粘土	
P1	***	***	***	***	***
P6	***	***	***	***	***
P8	***	***	***	***	***
P9	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***



站号	粒 级 含 量 (%)				名称及代号
	砾	砂	粉砂	粘土	
P22	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***
最小值	0.0	4.8	64.9	3.1	----
最大值	2.5	28.1	88.1	17.4	----
平均值	0.1	13.8	74.3	11.8	----

5.3.2 海洋沉积物质量调查结果

调查海域表层沉积物中有机碳、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油类调查分析结果见表 5.3-2。

表 5.3-2 海洋沉积物中各污染物含量状况

站号	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	汞	砷
	(%)	(×10 ⁻⁶)								
P1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P6	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	汞	砷
	(%)	$(\times 10^{-6})$								
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	0.36	5.51	未检出	6.6	14.1	未检出	45.8	33.7	0.011	4.3
最大值	0.62	9.26	118.5	11.9	21.6	0.05	83.7	71.6	0.037	7.06
平均值	0.51	7.25	24.0	8.2	16.0	0.03	59.8	53.8	0.014	5.07

注：当未检出占比不足 1/2，未检出按照其检出限的 1/2 参与计算，占比超过 1/2，则按照其检出限的 1/4 参与计算。

由表 5.3-2 可知，调查海域有机碳含量范围为 (0.36~0.62) %；硫化物（未检出~118.5） $\times 10^{-6}$ ；石油类含量范围为 (5.51~9.26) $\times 10^{-6}$ ；汞含量范围为 (0.011~0.037) $\times 10^{-6}$ ；铜含量范围为 (6.6~11.9) $\times 10^{-6}$ ；铅含量范围为 (14.1~21.6) $\times 10^{-6}$ ；镉含量范围为（未检出~0.05） $\times 10^{-6}$ ；锌含量范围为 (45.8~83.7) $\times 10^{-6}$ ；铬含量范围为 (33.7~71.6) $\times 10^{-6}$ ；砷含量范围为 (4.3~7.06) $\times 10^{-6}$ 。

5.3.3 海洋沉积物质量评价结果

调查海域海洋沉积物中各评价因子的标准指数值见表 5.3-3。

调查区表层沉积物中有机碳、硫化物、汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬和石油类均符合第一类海洋沉积物质量标准限值要求。调查海域的沉积物质量良好。

表 5.3-3 表层海洋沉积物各评价因子的标准指数

站号	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
P1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P6	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	0.18	0.01	0.01	0.05	0.22	0.19	0.24	0.02	0.31	0.42
最大值	0.31	0.40	0.02	0.18	0.35	0.34	0.36	0.10	0.56	0.90
平均值	0.26	0.07	0.01	0.07	0.25	0.23	0.26	0.06	0.40	0.68

注：按第一类海洋沉积物标准评价。

5.4 海洋生态环境现状调查与评价

5.4.1 叶绿素 a 和初级生产力

5.4.1.1 叶绿素 a

春、秋季调查各站叶绿素 a 含量的具体情况见表 5.4-1。

由表 5.4-1 可知,春季调查海域各站叶绿素 a 平均含量变化于(0.02~0.51)mg/m³, 平均值为 0.16mg/m³。秋季调查海域各站叶绿素 a 平均含量变化于(0.02~0.60)mg/m³, 平均值为 0.20mg/m³, 根据生物学参考标准(叶绿素 a 含量低于 5mg/m³ 为贫营养, (10~20) mg/m³ 为中营养, 超过 30mg/m³ 为富营养), 调查海区为贫营养海区。

表 5.4-1 春、秋季各站叶绿素 a 和海洋初级生产力

站号	叶绿素 a (μg/L)							
	表层		10m		50m 层		底层	
	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季
P1	***	***	***	***	***	***	***	***
P2	***	***	***	***	***	***	***	***
P3	***	***	***	***	***	***	***	***
P4	***	***	***	***	***	***	***	***
P5	***	***	***	***	***	***	***	***
P6	***	***	***	***	***	***	***	***
P7	***	***	***	***	***	***	***	***
P8	***	***	***	***	***	***	***	***
P9	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	叶绿素 a ($\mu\text{g/L}$)							
	表层		10m		50m 层		底层	
	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季
P10	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	0.02	0.04	0.02	0.02	0.04	0.12	0.14	0.16
最大值	0.15	0.16	0.33	0.16	0.51	0.51	0.46	0.60
平均值	0.05	0.09	0.05	0.08	0.25	0.30	0.29	0.33

5.4.1.2 初级生产力

春、秋季两次调查各站初级生产力计算结果见表 5.4-2。

春季调查海域各站海洋初级生产力变化较小，范围为（107.71~382.63） $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为 $221.57\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。秋季调查海域各站海洋初级生产力变化明显，范围为（118.55~386.15） $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为 $265.17\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。调查海域初级生产力水平受其真光层叶绿素 a 水平和海域透明度的影响，总体而言，处于正常波动范围。



表 5.4-2 春、秋季各站海洋初级生产力

站号	海洋初级生产力($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)	
	春季	秋季
P1	***	***
P2	***	***
P3	***	***
P4	***	***
P5	***	***
P6*	***	***
P7	***	***
P8	***	***
P9	***	***
P10	***	***
P11	***	***
P12	***	***
P13*	***	***
P14	***	***
P15	***	***
P16	***	***
P17	***	***
P18	***	***
P19	***	***
P20	***	***
P21	***	***
P22*	***	***
P23	***	***
P24	***	***
P25	***	***
P26	***	***
P27	***	***
P28	***	***
P29	***	***
P30	***	***
P31	***	***
P32*	***	***
P33	***	***
P34	***	***
P35	***	***
P36	***	***
最小值	107.71	118.55
最大值	382.63	386.15
平均值	221.57	265.17



5.4.2 浮游植物

5.4.2.1 种类组成

春季调查海域共出现浮游植物 3 门 50 属 171 种，详见附表 13。硅藻种类最多，有 35 属 122 种，占总物种数的 71.3%；甲藻有 13 属 45 种，占总物种数的 26.3%，蓝藻有 2 属 4 种占 2.3%。

秋季调查海域共出现浮游植物 4 门 47 属 176 种，详见附表 13。硅藻种类最多，有 34 属 109 种，占总物种数的 61.9%；甲藻有 10 属 62 种，占总物种数的 35.2%，蓝藻有 2 属 4 种占 2.3%，绿藻有 1 属 1 种占 0.57%。

5.4.2.2 个体数量分布

春季、秋季海域浮游植物个数数量见表 5.4-3。

春季调查海域浮游植物个体数量变化范围为 $(0.28\sim398.30) \times 10^4$ 个/ m^3 ，平均为 85.65×10^4 个/ m^3 。

秋季调查海域浮游植物个体数量变化范围为 $(1.33\sim46.87) \times 10^4$ 个/ m^3 ，平均为 9.10×10^4 个/ m^3 。

表 5.4-3 春、秋季调查各站浮游植物个体数量

站位	春季	秋季
	密度 (10^4 个/ m^3)	
P1	***	***
P6	***	***
P8	***	***
P9	***	***
P10	***	***
P11	***	***
P13	***	***
P14	***	***
P15	***	***
P16	***	***
P17	***	***
P18	***	***
P20	***	***
P21	***	***
P22	***	***
P23	***	***
P25	***	***
P26	***	***
P27	***	***
P28	***	***



站位	春季	秋季
	密度 (10^4 个/ m^3)	
P29	***	***
P30	***	***
P32	***	***
P33	***	***
P34	***	***
P35	***	***
最小值	0.28	1.33
最大值	398.30	46.87
平均值	85.65	9.10

5.4.2.3 优势种

春季调查海区浮游植物优势种类包括柔弱菱形藻、伏氏海毛藻、窄隙角毛藻、中肋骨条藻、日本角毛藻共 5 种, 优势度依次为 0.163、0.088、0.041、0.037、0.021。

秋季调查海区浮游植物优势种为伏氏海毛藻、铁氏束毛藻、拟弯角毛藻、洛氏角毛藻、窄隙角毛藻和锤状中鼓藻共 6 种, 优势度依次为 0.153、0.145、0.083、0.041、0.030 和 0.020。

5.4.2.4 群落特征指数

春、秋季调查浮游植物群落特征指数见表 5.4-4。

春季调查海域中各站位浮游植物多样性指数 (H') 变化范围在 2.342~5.046 之间, 平均值为 4.076; 均匀度 (J') 变化范围在 0.559~0.895 之间, 平均值为 0.744; 丰富度指数 (d) 变化范围在 0.977~4.103 之间, 平均值为 2.656。调查海域浮游植物的多样性指数、均匀度、丰富度均值较高, 表明该海域浮游植物生态环境适合维持较好的群落组成。

秋季调查海域中各站位浮游植物多样性指数 (H') 变化范围在 3.462~4.776 之间, 平均值为 4.263; 均匀度 (J') 变化范围在 0.595~0.846 之间, 平均值为 0.755; 丰富度指数 (d) 变化范围在 1.487~4.218 之间, 平均值为 3.273。浮游植物物种多样性和均匀度均处于高水平, 浮游植物生态环境适合维持较好的群落组成。

表 5.4-4 浮游植物群落特征指数

站位	春季			秋季		
	H'	J'	d	H'	J'	d
P1	***	***	***	***	***	***



站位	春季			秋季		
	H'	J'	d	H'	J'	d
P6	***	***	***	***	***	***
P8	***	***	***	***	***	***
P9	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***
最小值	2.342	0.559	0.977	3.462	0.595	1.487
最大值	5.046	0.895	4.103	4.776	0.846	4.218
平均值	4.076	0.744	2.656	4.263	0.755	3.273

5.4.3 浮游动物

5.4.3.1 种类组成

春季调查该海域共记录到浮游动物 14 类 210 种（详见附表 14）。其中以桡足类种类数最多，共出现 71 种，占春季总种类数的 30.7%；其次为刺胞动物，共 52 种，占 22.5%；阶段性浮游幼体、被囊类和端足类分别出现 21 类、20 种和 18 种，分别占 9.1%、8.7%和 7.8%；其它类群按种类数由多到少依次为毛颚类 12 种、翼足类 10 种、磷虾类 5 种、多毛类 4 种、介形类 4 种、十足类 4 种、原生动物 3 种、异足类 3 种、枝角类 3 种和栉板动物 1 种。

秋季调查该海域共鉴定出浮游动物 15 类 194 种（详见附表 14）。其中以桡足类种类数最多，共出现 82 种，占秋季总种类数的 38.5%；其次为刺胞动物，



共 37 种，占 17.4%；被囊类、端足类、翼足类和阶段性浮游幼体分别出现 16 种、14 种、13 种和 19 类，分别占 7.5%、6.6%、6.1%和 8.9%；其它类群按种类数由多到少依次为毛颚类 8 种、多毛类 4 种、介形类 4 种、磷虾类 4 种、原生动物 3 种、异足类 3 种、十足类 3 种、栉板动物 1 种、枝角类 1 种和涟虫类 1 种。

5.4.3.2 生物量和个体数量分布

春、秋季调查海域各站位浮游动物生物量和个体数量详见表 5.4-5。

春季调查海区浮游动物生物密度变化范围为（6.66~158.41）个/m³之间，平均 70.55 个/m³。浮游动物生物量范围在（6.65~165.84）mg/m³之间，平均 66.42mg/m³。

秋季调查海区浮游动物生物密度变化范围为（3.78~478.32）个/m³之间，平均 107.76 个/m³。浮游动物生物量范围在（11.43~510.62）mg/m³之间，平均 68.53mg/m³。

表 5.4-5 春、秋季调查浮游动物的生物量（mg/m³）和生物密度（个/m³）

站位	春季		秋季	
	生物量	生物密度	生物量	生物密度
P1	***	***	***	***
P6	***	***	***	***
P8	***	***	***	***
P9	***	***	***	***
P10	***	***	***	***
P11	***	***	***	***
P13	***	***	***	***
P14	***	***	***	***
P15	***	***	***	***
P16	***	***	***	***
P17	***	***	***	***
P18	***	***	***	***
P20	***	***	***	***
P21	***	***	***	***
P22	***	***	***	***
P23	***	***	***	***
P25	***	***	***	***
P26	***	***	***	***
P27	***	***	***	***
P28	***	***	***	***
P29	***	***	***	***



站位	春季		秋季	
	生物量	生物密度	生物量	生物密度
P30	***	***	***	***
P32	***	***	***	***
P33	***	***	***	***
P34	***	***	***	***
P35	***	***	***	***
最小值	6.65	6.66	11.43	3.78
最大值	165.84	158.41	510.62	478.32
平均值	66.42	70.55	68.53	107.76

5.4.3.3 优势种

春季调查浮游动物优势种为双尾萨利纽鳃樽、肥胖软箭虫、邦海樽、软拟海樽、韦氏纽鳃樽、大住囊虫、异尾宽水蚤，优势度依次为 0.395、0.110、0.060、0.040、0.025、0.025 和 0.020。

秋季调查浮游动物优势种为肥胖软箭虫、齿形海萤、普通波水蚤、红拟抱球虫、真刺水蚤属-种、黄角光水蚤、精致真刺水蚤、弓角基齿哲水蚤、异尾宽水蚤、达氏筛哲水蚤和奇桨剑水蚤，优势度依次为 0.150、0.071、0.071、0.049、0.045、0.042、0.033、0.031、0.026、0.025 和 0.024。

5.4.3.4 群落特征指数

春、秋季调查浮游动物群落特征指数见表 5.4-6。

春季调查浮游动物的种类多样性指数 (H') 变化范围在 2.32~4.75 之间，平均值为 3.72；均匀度 (J') 变化范围在 0.39~0.79 之间，平均值为 0.63；丰富度 (d) 指数变化范围在 9.03~15.72 之间，平均值为 10.67。

秋季调查浮游动物的种类多样性指数 (H') 变化范围在 2.43~5.10 之间，平均值为 4.21；均匀度 (J') 变化范围在 0.39~0.86 之间，平均值为 0.69；丰富度 (d) 指数变化范围在 8.36~15.61 之间，平均值为 11.35。

从各项群落指数来看，调查海域春秋两季均表现为浮游动物种类丰富，多样性水平普遍较好，群落种间均匀度基本较良好，群落结构稳定性较好。

表 5.4-6 浮游动物群落特征指数

站位	春季			秋季		
	H'	J'	d	H'	J'	d
P1	***	***	***	***	***	***
P6	***	***	***	***	***	***
P8	***	***	***	***	***	***
P9	***	***	***	***	***	***



站位	春季			秋季		
	H'	J'	d	H'	J'	d
P10	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***
最大值	4.75	0.79	15.72	5.10	0.86	15.61
最小值	2.32	0.39	9.03	2.43	0.39	8.36
平均值	3.72	0.63	10.67	4.21	0.69	11.35

5.4.4 底栖生物

5.4.4.1 种类组成

春季调查共鉴定出底栖生物 10 大门类 135 种，种名详见附表 15。其中节肢动物的种类数最多，有 39 种，占总种类数的 28.9%；其次为软体动物，有 32 种，占总种类数的 23.7%；脊索动物（鱼类）有 22 种，占总种类数的 16.3%；环节动物有 19 种，占总种类数的 14.1%；棘皮动物有 12 种，占总种类数的 8.9%；刺胞动物有 7 种，占总种类数的 5.2%；其它类动物（苔藓动物、海绵动物、纽形动物和星虫动物）共有 4 种，占总种类数的 3.0%。

秋季调查经鉴定底栖生物共有 6 大门类 171 种，种名详见附表 15。其中节肢动物的种类数最多，有 55 种，占总种类数的 32.2%；其次为软体动物，有 41 种，占总种类数的 24.0%；脊索动物（鱼类）有 31 种，占总种类数的 18.1%；环节动物有 20 种，占总种类数的 11.7%；棘皮动物有 20 种，占总种类数的 11.7%；



刺胞动物有 4 种，占总种类数的 2.3%。

5.4.4.2 生物量和栖息密度

春、秋季两次调查底栖生物各站生物量和生物密度见表 5.4-7。

春季调查海域底栖生物的栖息密度变化范围为 (5.00~40.00) 个/m²，平均栖息密度为 16.54 个/m²；生物量变化范围为 (0.08~13.21) g/m²，平均生物量为 2.66g/m²。

秋季调查海域底栖生物的栖息密度变化范围为 (5.00~70.00) 个/m²，平均栖息密度为 22.31 个/m²；生物量变化范围为 (0.08~31.23) g/m²，平均生物量为 6.52 g/m²。

表 5.4-7 底栖生物各站的生物密度(个/m²)和生物量(g/m²)

站位	春季		秋季	
	生物密度	生物量	生物密度	生物量
P1	***	***	***	***
P6	***	***	***	***
P8	***	***	***	***
P9	***	***	***	***
P10	***	***	***	***
P11	***	***	***	***
P13	***	***	***	***
P14	***	***	***	***
P15	***	***	***	***
P16	***	***	***	***
P17	***	***	***	***
P18	***	***	***	***
P20	***	***	***	***
P21	***	***	***	***
P22	***	***	***	***
P23	***	***	***	***
P25	***	***	***	***
P26	***	***	***	***
P27	***	***	***	***
P28	***	***	***	***
P29	***	***	***	***
P30	***	***	***	***
P32	***	***	***	***
P33	***	***	***	***
P34	***	***	***	***
P35	***	***	***	***
平均值	16.54	2.66	22.31	6.52



5.4.4.3 群落特征指数

春、秋季调查底栖生物群落特征指数见表 5.4-8。

春季调查底栖生物群落的种类多样性指数 (H') 在 0.23~3.56 之间, 平均值为 1.29; 均匀度 (J) 在 0.06~0.91 之间, 平均值为 0.31; 丰富度 (d) 在 1.27~2.98 之间, 平均值为 2.05。调查海域底栖生物种类多样性指数和丰富度指数的平均值相对较高, 但群落均匀度指数受优势种数量的影响较大, 指数值相对较低。

秋季调查底栖生物群落的种类多样性指数 (H') 变化范围在 0.24~4.13 之间, 平均值为 1.92; 均匀度 (J) 变化范围在 0.06~0.97 之间, 平均值为 0.42; 丰富度指数 (d) 变化范围在 1.40~5.38 之间, 平均值为 2.76。调查海域底栖生物种类多样性指数和丰富度指数的平均值相对较高, 但群落均匀度指数受优势种数量的影响较大, 指数值相对较低。

表 5.4-8 底栖生物群落多样性指数

站位	春季			秋季		
	H'	J	d	H'	J	d
P1	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***
P6	***	***	***	***	***	***
P8	***	***	***	***	***	***



站位	春季			秋季		
	H'	J	d	H'	J	d
P9	***	***	***	***	***	***
最小值	0.23	0.06	1.27	0.24	0.06	1.40
最大值	3.56	0.91	2.98	4.13	0.97	5.38
平均值	1.29	0.31	2.05	1.92	0.42	2.76

5.5 海洋生物质量现状调查与评价

5.5.1 主要污染物质的含量状况

春季调查站位中生物质量调查共鉴定出底栖生物样品 17 个，包括软体类 1 种 1 份，甲壳类 3 种 4 份，鱼类 6 种 12 份。秋季调查站位中生物质量调查共鉴定出底栖生物样品 32 个，包括软体类 2 种 2 份，甲壳类 4 种 13 份，鱼类 10 种 17 份。

根据《海洋监测规范》（GB17378.6-2007）的有关规定，取待测生物样品的可食部分，测定其铜、铅、锌、镉、铬、砷、总汞和石油烃的含量。春、秋两次调查海洋底栖生物体内污染物含量分别见表 5.5-1 和表 5.5-2。

表 5.5-1 春季调查底栖生物体内各指标的含量水平（鲜重： $\times 10^{-6}$ ）

类别	站号	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
鱼类	P1	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P6	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P16	长吻红舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P17	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P20	小头栉孔鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P21	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P28	后臀前肛鳗	***	***	***	***	***	***	***	***
	P29	斑鳍白姑鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P34	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P32	小头栉孔鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P35	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
甲壳类	P9	长足拟对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P13	假长缝拟对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	刀额新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P22	长足拟对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
软体类	P33	真蛸	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值		鱼类	0.037	0.583	0.500	0.010	0.020	3.950	0.112	1.205
		甲壳类	0.035	0.825	7.350	0.010	0.038	13.000	0.118	2.368
		软体类	0.025	0.800	4.100	0.010	0.020	14.400	0.080	1.730

注：“nd”表示未检出，当检出率为 1/2 以上(含 1/2)时，以检出限的 1/2 统计；检出率不足 1/2 时，以检出限的 1/4 统计。下同。

表 5.5-2 秋季调查底栖生物体内各指标的含量水平 (鲜重: $\times 10^{-6}$)

类别	站号	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
鱼类	P6	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P9	大鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P13	孔鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P14	触角沟鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P15	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P16	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P17	大鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P22	尼氏突吻鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P25	尼氏突吻鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P27	短吻红舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P32	黑尾突吻鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P32	少牙斑鲆	***	***	***	***	***	***	***	***
	P33	大鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P35	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P35	尼氏突吻鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
甲壳类	P1	锈斑蟊	***	***	***	***	***	***	***	***
	P8	东方蟊	***	***	***	***	***	***	***	***
	P10	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P11	东方蟊	***	***	***	***	***	***	***	***
	P16	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P21	东方蟊	***	***	***	***	***	***	***	***
	P23	凹管鞭虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P26	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P28	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P29	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P30	东方蟊	***	***	***	***	***	***	***	***
	P34	锈斑蟊	***	***	***	***	***	***	***	***
	P34	凹管鞭虾	***	***	***	***	***	***	***	***
软体类	P16	椭圆乌贼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	浅缝骨螺	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值		鱼类	0.036	1.396	0.500	0.010	0.024	2.712	0.106	1.746
		甲壳类	0.033	2.289	6.667	0.010	0.381	15.707	0.121	1.587
		软体类	0.021	2.250	3.550	0.010	0.260	17.500	0.350	2.240

5.5.2 生物质量评价结果

春、秋季两次调查底栖生物生物质量各评价因子的单项标准指数见表 5.5-3 和表 5.5-4。分析结果显示,春、秋季调查底栖生物样品中,鱼类、软体动物和甲壳类各项评价因子满足生物质量标准的要求。



表 5.5-3 底栖生物的单项标准指数、平均标准指数（春季）

类别	站号	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
鱼类	P1	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P6	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P16	长吻红舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P17	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P20	小头栉孔鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P21	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P28	后臀前肛鳗	***	***	***	***	***	***	***	***
	P29	斑鳍白姑鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P34	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P32	小头栉孔鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P35	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
甲壳类	P9	长足拟对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P13	假长缝拟对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	刀额新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P22	长足拟对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
软体类	P33	真蛸	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值		鱼类	0.124	—	0.025	0.005	0.033	0.099	—	0.060
		甲壳类	0.173	—	0.074	0.005	0.019	0.087	—	0.118
		软体类(唯一值)	0.083	—	0.041	0.001	0.004	0.058	—	0.087

注：“—”表示因没有评价标准，此处不予评价。

表 5.5-4 底栖生物的单项标准指数、平均标准指数（秋季）

类别	站号	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
鱼类	P6	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P9	大鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P13	孔鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P14	触角沟鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P15	短鰈	***	***	***	***	***	***	***	***
	P16	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P17	大鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P22	尼氏突吻鳗	***	***	***	***	***	***	***	***
	P25	尼氏突吻鳗	***	***	***	***	***	***	***	***
	P27	短吻红舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P32	黑尾突吻鳗	***	***	***	***	***	***	***	***
	P32	少牙斑鲆	***	***	***	***	***	***	***	***
	P33	大鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P35	少鳞舌鳎	***	***	***	***	***	***	***	***
	P35	尼氏突吻鳗	***	***	***	***	***	***	***	***
甲壳类	P1	锈斑蟊	***	***	***	***	***	***	***	***
	P8	东方蟊	***	***	***	***	***	***	***	***



类别	站号	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
	P10	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P11	东方蟳	***	***	***	***	***	***	***	***
	P16	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P21	东方蟳	***	***	***	***	***	***	***	***
	P23	凹管鞭虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P26	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P28	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P29	须赤虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	P30	东方蟳	***	***	***	***	***	***	***	***
	P34	锈斑蟳	***	***	***	***	***	***	***	***
	P34	凹管鞭虾	***	***	***	***	***	***	***	***
软体类	P16	椭圆乌贼	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	浅缝骨螺	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值		鱼类	0.121	—	0.025	0.005	0.039	0.068	—	0.087
		甲壳类	0.159	—	0.069	0.005	0.194	0.117	—	0.079
		软体类	0.070	—	0.036	0.001	0.047	0.070	—	0.112

注：“—”表示因没有评价标准，此处不予评价。

5.6 海洋渔业资源现状调查与评价

5.6.1 调查时间

***于 2022 年 4 月 20~30 日（春季）和 2022 年 10 月 10~21 日（秋季）在项目周边海域进行了春、秋季渔业资源现状调查。

5.6.2 调查范围及站位布设

调查范围为项目所在的周边海域，春、秋季均调查了 12 个渔区海域，春季调查设 12 个调查站位，秋季调查设 13 个调查站位。春、秋季渔业资源调查站位见图 5.6-1 和表 5.6-1。

表 5.6-1 春、秋季渔业资源调查站位经纬度

站位	东经 E	北纬 N	调查项目
S1	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S2	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S3	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S4	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S5	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S6	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S7	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S8	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S9	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S10	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S11	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼
S12	***	***	游泳动物，鱼卵仔稚鱼



站位	东经 E	北纬 N	调查项目
S13*	***	***	游泳动物, 鱼卵仔稚鱼

注: *表示仅秋季进行调查。

保密内容, 已删除。

图 5.6-1 春、秋季渔业资源调查站位

5.6.3 调查与评价方法

5.6.3.1 游泳动物

游泳动物现场调查采样和分析参照《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》(GB12763.6—2007)、《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403-2012) 中渔业资源调查的要求进行, 采用底拖网生产渔船现场试捕法。采样网具为 404 型生产网具, 上纲长度 37.7m, 网口周目数 404 目, 网口网目尺寸 200mm, 网衣全长 60.5m, 网囊目尺寸 39mm。每站位渔业资源调查的平均拖速约为 3.16kn/h, 拖网时长约为 1h, 渔获物均换算为单位小时的质量渔获率 (kg/h) 和个体渔获率 (尾/h)。各站的渔获样品在现场完成分类统计, 并按种类记录重量、尾数等数据后, 将样品运回实验室完成详细种类鉴定、生物学测定。

渔获物在现场鉴定种类, 并按种类记录重量、尾数等数据, 样本冰冻保存带回实验室详细测定生物学数据。

游泳动物资源密度和现存资源量采用扫海面积法 (资源密度指数法) 评估。其中, 资源密度的估算公式为:

$$D=Y/(A(1-E))$$

式中: D —资源密度 (kg/km^2);

A —每小时扫海面积 (km^2/h);

Y —平均渔获率 (kg/h)

E —逃逸率 (取 0.5)。

资源量的评估公式为:

$$B=D \cdot S \cdot 10^{-3}$$

式中: B —现存资源量 (t);

D —资源密度 (kg/km^2);

S —调查监测水域面积 (km^2)。

5.6.3.2 鱼卵、仔稚鱼

鱼卵、仔稚鱼调查根据《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》（GB12763.6-2007）中鱼类浮游生物调查相关要求执行。用大型浮游生物网进行水平和垂直采集，每个站采样 2 网。水平采集每站持续拖网 10min，拖速 1.5kn。采集的样品均用 5%甲醛溶液固定后，带回实验室分析。

水平拖网鱼卵仔稚鱼密度计算公式：

$$D=I/(A \times v \times t)$$

式中：D—密度（粒/m³ 或尾/m³）；

I—每网枚数（粒或尾）；

A—网具面积（m²）；

v—拖网速度（kn）；

t—拖网时间（min）。

垂直拖网鱼卵仔鱼密度计算公式：

$$D=I/W$$

式中：D—密度（粒/m³ 或尾/m³）；

I—每网枚数（粒或尾）；

W—滤水量（m³）。

5.6.3.3 相对重要性系数

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

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

式中：IRI—相对重要性指数；

N—单种在数量中所占的比例；

W—单种在重量中所占的比例；

F—出现频率。

IRI 值大于 1000 的为优势种，100~1000 的为重要种，10~100 的为常见种，1~10 之间为一般种，小于 1 的为少见种。

5.6.4 鱼类资源状况

5.6.4.1 种类组成

春、秋两季捕获鱼类种类名录见附表 16。



春季调查共捕获鱼类 137 种，隶属 15 目 66 科。在鉴定的 137 种鱼类中，以鲈形目种数最多，共 70 种；鳗鲡目和鲉形目各为 11 种，鲽形目 10 种。其余目鱼类种类数均较少。

秋季调查共捕获鱼类 127 种，隶属 16 目 57 科。在鉴定的 127 种鱼类中，以鲈形目种数最多，共 63 种；鳗鲡目和鲉形目各为 12 种，鲽形目 11 种。其余目鱼类种类数均较少。

5.6.4.2 优势种

春季调查的优势渔获物共有 3 种，分别为大头白姑鱼、发光鲷和横带长鳍天竺鲷，*IRI* 指数分别为 2794、2230 和 1381。

秋季调查的优势渔获物共有 2 种，分别为发光鲷和短鲽，*IRI* 指数分别为 12939 和 1216。

5.6.4.3 渔获率

春、秋季调查鱼类渔获率见表 5.6-2。

春季调查海域鱼类拖网渔获率重量变化范围为（1.29~115.2）kg/h，平均为 47.68kg/h；拖网渔获率数量变化范围为（29~17254）尾/h，平均为 5962 尾/h。

秋季调查海域鱼类拖网渔获率重量变化范围为（14.37~152.97）kg/h，平均为 67.25kg/h；拖网渔获率数量变化范围为（1205~24374）尾/h，平均为 9420 尾/h。

表 5.6-2 春、秋季调查鱼类渔获率

站位	春季		站位	秋季	
	重量密度（kg/h）	尾数密度（尾/h）		重量密度（kg/h）	尾数密度（尾/h）
S1	***	***	S1	***	***
S2	***	***	S2	***	***
S3	***	***	S3	***	***
S4	***	***	S4	***	***
S5	***	***	S5	***	***
S6	***	***	S6	***	***
S7	***	***	S7	***	***
S8	***	***	S8	***	***
S9	***	***	S9	***	***
S10	***	***	S10	***	***
S11	***	***	S11	***	***
S12	***	***	S12	***	***
			S13	***	***
最小值	1.29	29	最小值	14.37	1205



站位	春季		站位	秋季	
	重量密度 (kg/h)	尾数密度 (尾/h)		重量密度 (kg/h)	尾数密度 (尾/h)
最大值	115.20	17254	最大值	152.97	24374
平均值	47.68	5962	平均值	67.25	9420

5.6.4.4 资源量评估

春、秋季调查鱼类资源量见表 5.6-3。

春季调查海域幼鱼资源量 (94~67940) 尾/km²，平均值为 21309 尾/km²；成鱼资源量 (14.81~975.03) kg/km²，平均值为 447.54kg/km²；总资源量范围 (17.49~1565.58) kg/km²，平均值 648.03kg/km²。

秋季调查海域幼鱼资源量 (4843~104672) 尾/km²，平均值为 48366 尾/km²；成鱼资源量 (109.56~1447.25) kg/km²，平均值为 612.94kg/km²；总资源量范围 (194.05~2065.86) kg/km²，平均值 908.18kg/km²。

表 5.6-3 春、秋季各站位鱼类资源量

站位	春季			站位	秋季		
	幼体资源量 (尾/km ²)	成体资源量 (kg/km ²)	总资源量 (kg/km ²)		幼体资源量 (尾/km ²)	成体资源量 (kg/km ²)	总资源量 (kg/km ²)
S1	***	***	***	S1	***	***	***
S2	***	***	***	S2	***	***	***
S3	***	***	***	S3	***	***	***
S4	***	***	***	S4	***	***	***
S5	***	***	***	S5	***	***	***
S6	***	***	***	S6	***	***	***
S7	***	***	***	S7	***	***	***
S8	***	***	***	S8	***	***	***
S9	***	***	***	S9	***	***	***
S10	***	***	***	S10	***	***	***
S11	***	***	***	S11	***	***	***
S12	***	***	***	S12	***	***	***
				S13	***	***	***
最小值	94	14.81	17.49	最小值	4843	109.56	194.05
最大值	67940	975.03	1565.58	最大值	104672	1447.25	2065.86
平均值	21309	447.54	648.03	平均值	48366	612.94	908.18

5.6.5 头足类资源状况

5.6.5.1 种类组成

春季调查海域共获得头足类 15 种，隶属于 3 目 4 科；秋季调查海域共获得头足类 15 种，隶属于 3 目 4 科，见附表 17。



5.6.5.2 优势种

春季调查头足类的优势渔获物共有 3 种，分别为杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼和中国枪乌贼，*IRI* 指数分别为 6884、5654 和 1794。

秋季调查头足类的优势渔获物共有 3 种，分别为金乌贼、剑尖枪乌贼和中国枪乌贼，*IRI* 指数分别为 7767、3935 和 1753。

5.6.5.3 渔获率

春、秋季调查海域头足类渔获率见表 5.6-4。

春季调查海域头足类渔获率重量变化范围为 (0.18~16.39) kg/h，平均为 3.75kg/h；渔获率数量变化范围为 (9~541) 尾/h，平均为 149 尾/h。

秋季调查海域头足类渔获率重量变化范围为 (0.65~8.86) kg/h，平均为 3.71kg/h；渔获率数量变化范围为 (16~423) 尾/h，平均为 126 尾/h。

表 5.6-4 春、秋季调查头足类渔获率

站位	春季		站位	秋季	
	重量密度 (kg/h)	尾数密度 (尾/h)		重量密度 (kg/h)	尾数密度 (尾/h)
S1	***	***	S1	***	***
S2	***	***	S2	***	***
S3	***	***	S3	***	***
S4	***	***	S4	***	***
S5	***	***	S5	***	***
S6	***	***	S6	***	***
S7	***	***	S7	***	***
S8	***	***	S8	***	***
S9	***	***	S9	***	***
S10	***	***	S10	***	***
S11	***	***	S11	***	***
S12	***	***	S12	***	***
			S13	***	***
最小值	0.18	9	最小值	0.65	16
最大值	16.39	541	最大值	8.86	423
平均值	3.75	149	平均值	3.71	126

5.6.5.4 资源量评估

春、秋季调查头足类资源量见表 5.6-5。

春季调查评价区头足类幼体资源量 (14~3001) 尾/km²，平均值为 791 尾/km²；成体资源量 (2.10~156.17) kg/km²，平均值为 36.03kg/km²；总资源量范围 (2.46~222.77) kg/km²，平均值 50.91kg/km²。



秋季调查评价区头足类幼体资源量(115~2908)尾/km²,平均值为 895 尾/km²;成体资源量 (4.28~57.15) kg/km², 平均值为 22.89kg/km²; 总资源量范围 (8.71~119.64) kg/km², 平均值 50.04kg/km²。

表 5.6-5 春、秋季调查头足类资源量

站位	春季			站位	秋季		
	幼体资源量 (尾/km ²)	成体资源量 (kg/km ²)	总资源量 (kg/km ²)		幼体资源量 (尾/km ²)	成体资源量 (kg/km ²)	总资源量 (kg/km ²)
S1	***	***	***	S1	***	***	***
S2	***	***	***	S2	***	***	***
S3	***	***	***	S3	***	***	***
S4	***	***	***	S4	***	***	***
S5	***	***	***	S5	***	***	***
S6	***	***	***	S6	***	***	***
S7	***	***	***	S7	***	***	***
S8	***	***	***	S8	***	***	***
S9	***	***	***	S9	***	***	***
S10	***	***	***	S10	***	***	***
S11	***	***	***	S11	***	***	***
S12	***	***	***	S12	***	***	***
				S13	***	***	***
最小值	14	2.10	2.46	最小值	115	4.28	8.71
最大值	3001	156.17	222.77	最大值	2908	57.15	119.64
平均值	791	36.03	50.91	平均值	895	22.89	50.04

5.6.6 甲壳类资源状况

5.6.6.1 种类组成

春季调查渔获甲壳类 32 种,分隶 2 目 13 科。其中,虾类有 4 科 11 种(含 2 种为鉴定到种:鼓虾 sp.和虾 sp.);蟹类 7 科 15 种;虾蛄类有 2 科 6 种,种类名录见附表 18。

秋季调查渔获甲壳类 36 种,分隶 2 目 15 科。其中,虾类有 6 科 12 种;蟹类 7 科 18 种;虾蛄类有 2 科 6 种,种类名录见附表 18。

5.6.6.2 优势种

春季调查甲壳类的优势渔获物共有 3 种,分别为武士蟳、宽突赤虾和拥剑梭子蟹,IRI 指数分别为 2551、1278 和 1095。

秋季调查甲壳类的优势渔获物共有 3 种,分别为宽突赤虾、假长缝拟对虾和武士蟳,IRI 指数分别为 5864、3224 和 1320。

5.6.6.3 渔获率

春、秋季调查海域甲壳类渔获率见表 5.6-6。

春季调查海域甲壳类渔获率重量变化范围为 (0.01~6.49) kg/h, 平均为 2.73kg/h; 渔获率数量变化范围为 (1~850) 尾/h, 平均为 288 尾/h。

秋季调查海域甲壳类渔获率重量变化范围为 (0.73~13.38) kg/h, 平均为 5.46kg/h; 渔获率数量变化范围为 (153~3109) 尾/h, 平均为 1179 尾/h。

表 5.6-6 春、秋季调查甲壳类渔获率

站位	春季		站位	秋季	
	重量密度 (kg/h)	尾数密度 (尾/h)		重量密度 (kg/h)	尾数密度 (尾/h)
S1	***	***	S1	***	***
S2	***	***	S2	***	***
S3	***	***	S3	***	***
S4	***	***	S4	***	***
S5	***	***	S5	***	***
S6	***	***	S6	***	***
S7	***	***	S7	***	***
S8	***	***	S8	***	***
S9	***	***	S9	***	***
S10	***	***	S10	***	***
S11	***	***	S11	***	***
S12	***	***	S12	***	***
			S13	***	***
最小值	0.01	1	最小值	0.73	153
最大值	6.49	850	最大值	13.38	3109
平均值	2.73	288	平均值	5.46	1179

5.6.6.4 资源量评估

春、秋季调查甲壳类资源量见表 5.6-7 和表 5.6-8。

春季调查海域虾类幼体资源量范围为 (0~3540) 尾/km², 平均值为 1141 尾/km²; 蟹类幼体资源量范围为 (6~1348) 尾/km², 平均值为 312 尾/km²; 虾蛄类幼体资源量范围为 (0~120) 尾/km², 平均值为 41 尾/km²。虾类成体资源量范围为 (0~65.42) kg/km², 平均值为 14.99kg/km², 蟹类成体资源量范围为 (0.04~23.30) kg/km², 平均值为 10.95kg/km², 虾蛄类成体资源量范围为 (0~11.20) kg/km², 平均值为 2.32kg/km²。虾类总资源量范围为 (0~75.22) kg/km², 平均值为 19.12kg/km²; 蟹类总资源量范围为 (0.08~38.43) kg/km², 平均值为 14.96kg/km²; 虾蛄类总资源量范围为 (0~13.06) kg/km², 平均值为 2.97kg/km²。



秋季调查海域虾类幼体资源量范围为 (614~17959) 尾/km², 平均值为 6153 尾/km², 蟹类幼体资源量范围为 (127~1562) 尾/km², 平均值为 791 尾/km², 虾蛄类幼体资源量范围为 (0~1533) 尾/km², 平均值为 423 尾/km²。虾类成体资源量范围为 (1.65~71.38) kg/km², 平均值为 25.68kg/km², 蟹类成体资源量范围为 (2.01~28.69)kg/km², 平均值为 12.48kg/km², 虾蛄类成体资源量范围为 (0~12.00) kg/km², 平均值为 2.69kg/km²。虾类总资源量范围为 (3.24~124.44) kg/km², 平均值为 46.35kg/km²; 蟹类总资源量范围为 (3.77~53.12) kg/km², 平均值为 22.43kg/km²; 虾蛄类总资源量范围为 (0~21.45) kg/km², 平均值为 4.92kg/km²。

表 5.6-7 春季调查甲壳类资源量

站位	幼体尾数资源量 (尾/km ²)			成体重量资源量 (kg/km ²)			总重量资源量 (kg/km ²)		
	虾类	蟹类	虾蛄类	虾类	蟹类	虾蛄类	虾类	蟹类	虾蛄类
S1	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S2	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S3	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S4	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S5	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S6	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S7	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S8	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S9	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S10	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S11	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S12	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	0	6	0	0	0.04	0.00	0	0.08	0.00
最大值	3540	1348	120	65.42	23.30	11.20	75.22	38.43	13.06
平均值	1141	312	41	14.99	10.95	2.32	19.12	14.96	2.97

表 5.6-8 秋季调查甲壳类资源量

站位	幼体尾数资源量 (尾/km ²)			成体重量资源量 (kg/km ²)			总重量资源量 (kg/km ²)		
	虾类	蟹类	虾蛄类	虾类	蟹类	虾蛄类	虾类	蟹类	虾蛄类
S1	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S2	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S3	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S4	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S5	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S6	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S7	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S8	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S9	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站位	幼体尾数资源量 (尾/km ²)			成体重量资源量 (kg/km ²)			总重量资源量 (kg/km ²)		
	虾类	蟹类	虾蛄类	虾类	蟹类	虾蛄类	虾类	蟹类	虾蛄类
S10	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S11	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S12	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S13	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	614	127	0	1.65	2.01	0.00	3.24	3.77	0.00
最大值	17959	1562	1533	71.38	28.69	12.00	124.44	53.12	21.45
平均值	6153	791	423	25.68	12.48	2.69	46.35	22.43	4.92

5.6.7 总资源评估

根据鱼类、头足类和甲壳类渔获物分析结果, 鱼类成体资源量全年平均值为 530.24kg/km², 幼体为 34838 尾/km²; 头足类成体资源量全年平均值为 29.46kg/km², 幼体为 843 尾/km²; 虾类成体资源量全年平均值为 20.34kg/km², 幼体为 3647 尾/km²; 蟹类成体资源量全年平均值为 11.72kg/km², 幼体为 552 尾/km²; 虾蛄类成体资源量全年平均值为 2.51kg/km², 幼体为 232 尾/km²。

综上, 渔业资源两季成体总资源量平均值为 594.27kg/km², 幼体为 40112 尾/km²。

5.6.8 鱼卵、仔稚鱼

5.6.8.1 种类组成

春季调查共鉴定出鱼卵仔稚鱼 36 个种类, 隶属于 20 目 34 科; 秋季调查共鉴定出鱼卵仔稚鱼 42 个种类, 隶属于 20 目 39 科, 种类名录详见附表 19。

5.6.8.2 资源密度

春、秋各站鱼卵和仔稚鱼的数量见表 5.6-9 和表 5.6-10。

春季调查水平拖网共采到鱼卵 328 粒, 仔稚鱼 81 尾。鱼卵平均密度为 118 粒/1000m³, 仔稚鱼为 29 尾/1000m³。垂直拖网共采到鱼卵 26 粒, 仔稚鱼 65 尾。鱼卵平均密度为 117 粒/1000m³, 仔稚鱼为 297 尾/1000m³。

表 5.6-9 春季调查海域鱼卵仔稚鱼数量

站位	水平拖网		垂直拖网	
	鱼卵密度 (粒/1000m ³)	仔稚鱼密度 (尾/1000m ³)	鱼卵密度 (粒/1000m ³)	仔稚鱼密度 (尾/1000m ³)
S1	***	***	***	***
S2	***	***	***	***
S3	***	***	***	***
S4	***	***	***	***
S5	***	***	***	***



站位	水平拖网		垂直拖网	
	鱼卵密度 (粒/1000m ³)	仔稚鱼密度 (尾/1000m ³)	鱼卵密度 (粒/1000m ³)	仔稚鱼密度 (尾/1000m ³)
S6	***	***	***	***
S7	***	***	***	***
S8	***	***	***	***
S9	***	***	***	***
S10	***	***	***	***
S11	***	***	***	***
S12	***	***	***	***
最小值	9	0	0	54
最大值	331	77	268	1124
平均值	118	29	117	297

秋季调查水平拖网共采到鱼卵 344 粒，仔稚鱼 530 尾。鱼卵平均密度为 128 粒/1000m³，仔稚鱼为 165 尾/1000m³。垂直拖网共采到鱼卵 34 粒，仔稚鱼 61 尾。鱼卵平均密度为 168 粒/1000m³，仔稚鱼为 303 尾/1000m³。

表 5.6-10 秋季调查海域鱼卵仔稚鱼数量

站位	水平拖网		垂直拖网	
	鱼卵密度 (粒/1000m ³)	仔稚鱼密度 (尾/1000m ³)	鱼卵密度 (粒/1000m ³)	仔稚鱼密度 (尾/1000m ³)
S1	***	***	***	***
S2	***	***	***	***
S3	***	***	***	***
S4	***	***	***	***
S5	***	***	***	***
S6	***	***	***	***
S7	***	***	***	***
S8	***	***	***	***
S9	***	***	***	***
S10	***	***	***	***
S11	***	***	***	***
S12	***	***	***	***
S13	***	***	***	***
最小值	25	15	0	0
最大值	202	916	590	1178
平均值	128	165	168	303



6. 环境影响回顾性分析

东方 13-3 区开发项目依托东方气田群进行开发，计划新建 1 座无人井口平台（DF13-3WHPG 平台），新铺设 2 条海底混输管道（10" 6.3km 新建 DF13-3WHPG 平台至已建 DF1-1WHPF 平台海底混输管道、14" 15.0km 已建 DF1-1WHPF 平台至已建 DF13-2CEPB 平台海底混输管道）和 1 条海底电缆（6.3km 已建 DF1-1WHPF 平台至新建 DF13-3WHPG 平台海底电缆），对依托 DF1-1WHPF 平台和 DF13-2CEPB 平台进行改造。本项目依托设施概况见表 6-1。

表 6-1 本项目依托设施概况

设施名称	涉及功能	现有处理能力	本项目是否改造
依托 DF13-2CEPB 平台及管线	本项目依托 DF13-2 CEPB 平台的天然气处理系统、凝析油处理系统、生产水处理系统等，处理合格的原油进入已建海管外输。	天然气设计处理能力 ***Sm ³ /d，凝析油设计处理能力 ***m ³ /d，生产水设计处理能力 ***m ³ /d。	改造
依托 DF1-1WHPF 平台及管线	本项目新建 DF13-3WHPG 平台所产物流经新建海底混输管道输送至 DF1-1WHPF 平台，越站经已建海底管道输送至 DF13-2CEPB 平台。	/	适应性改造
东方终端	DF13-3 WHPG 平台所产物流经依托设施 DF13-2 CEPB 平台处理后，凝析油和合格干气经海底管道输送至东方终端。	凝析油稳定装置处理规模 ***m ³ /d，天然气处理规模 ***m ³ /d。	否

为了更加客观地预测评价本项目投产后对周围海域环境可能产生的影响，本篇将主要针对本项目所涉及的相关工程设施和所处海域的环境质量现状进行简要的回顾性分析评价。

6.1 依托设施概况

6.1.1 东方 13-2 气田群

东方 13-2 气田群位于南海北部大陆架西区的莺歌海盆地内，海域水深约 60m~70m。东方 13-2 气田群包括 1 座中心平台（DF13-2 CEPB）和 1 座井口平台（DF13-2 WHPA），及平台间海底混输管道，两座平台于 2019 年建成，2021 年投产。

DF13-2 WHPA 平台是一座 4 腿导管架井口平台，共设 16 个井槽。平台上设有生产计量设施、开闭排系统等，产出物流全部输往 DF13-2 CEPB 平台进行

处理。

DF13-2 CEPB 平台是一座 8 腿导管架中心平台，共设 24 个井槽。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 $***\text{Sm}^3/\text{d}$ ，凝析油设计处理能力 $***\text{m}^3/\text{d}$ ，生产水设计处理能力 $***\text{m}^3/\text{d}$ 。DF13-2 CEPB 平台接收并处理本平台和来自 DF13-2 WHPA 平台的井口物流，处理合格的干气通过已建海底管道输送至东方终端；经处理合格的凝析油通过已建海底管道输送至东方终端；分离出的生产水进入 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统处理达标后排放。

《东方 13-2 气田群开发工程环境影响报告书》于 2016 年 10 月 13 日取得批复，于 2017 年编制了《东方 13-2 气田群开发工程变更环境影响专题评估报告》，并于 2018 年 1 月 24 日取得复函。根据《东方 13-2 气田群开发工程变更环境影响专题评估报告》，DF13-2 WHPA 平台井槽数量调整为 12 个，开发 8 口生产井，取消模块钻机、生活楼及生活污水处理设施；DF13-2 CEPB 平台井槽数量不变，开发 19 口生产井，生产水处理能力为 $***\text{m}^3/\text{d}$ 。

东方 13-2 气田群物流走向见图 6.1-1。

6.1.2 东方 1-1 气田群

东方 1-1 气田群位于海南岛西南部莺歌海海域，位于海南省东方市莺歌海镇正西方约 100km 处，距东方市约 113km，海域平均水深约 60~70m。东方 1-1 气田现有 4 座井口平台（DF1-1WHPA、DF1-1WHPB、DF1-1WHPE 和 DF1-1WHPF），1 座中心平台（DF1-1CEPD）和 1 座生产辅助平台（DF1-1PRP）。

东方 1-1 气田各井口平台生产井物流均通过海底管道输送到 DF1-1CEPD 平台上进行处理；DF1-1CEPD 平台与 DF1-1PRP 平台天然气在 DF1-1PRP 平台进行预压缩处理，经预增压后的天然气进入 DF1-1CEPD 平台经湿气压缩机再次增压后进入脱水系统，处理后的干气与经过凝析油处理系统处理合格的凝析油一起外输至东方终端，分离出的生产水在 DF1-1CEPD 平台生产水处理系统处理达标后排放。

东方 1-1 气田群物流走向见图 6.1-1。

DF1-1WHPA、DF1-1WHPB、DF1-1WHPE 均为 4 腿导管架井口平台，主要设施有主工艺系统、开/闭排系统、化学药剂注入系统、淡水系统、应急发电机等。均定员 6 人，设置电解式生活污水处理装置。DF1-1WHPE 于 2003 年 8 月投产，

DF1-1WHPA、DF1-1WHPB 于 2006 年投产。

DF1-1WHPF 是一座 4 腿导管架井口平台。平台设有 10 人生活楼、生活污水处理装置、生产计量设施、开/闭排系统以及淡水、柴油、海水等公用系统等，于 2015 年 6 月投产。

DF1-1CEPD 是一座 8 腿导管架中心平台。平台设有 80 人生活楼、天然气处理系统、凝析油处理系统、生产水处理系统、生活污水处理系统，以及开/闭排系统、淡水、海水等公用系统，接收东方 1-1 气田各井口平台生产井物流并进行油、气、水处理，于 2003 年 8 月投产。

DF1-1PRP 是一座 4 腿导管架无人生产辅助平台，与 DF1-1CEPD 栈桥连接。平台设有井口生产/计量、气液接收分离、天然气生产处理、增压设施及公用系统，对东方 1-1 气田所产天然气进行预增压处理，于 2018 年 11 月投产。

保密内容，已删除。

图 6.1-1 东方气田群现有设施物流走向示意图

6.2 依托设施环评批复情况

6.2.1 环评批复及竣工验收情况

本项目依托工程均已获得环评批复，并已落实环评报告及其批复中的各项要求，具体情况见表 6.2-1，其环评和验收批复文件见本报告附件。

表 6.2-1 主要依托设施环评、三同时批复及竣工验收情况

平台	设施描述	环评批复	竣工验收
依托 DF13-2 CEPB 平台及管线	DF13-2 CEPB 平台是一座 8 腿导管架中心平台，共设 24 个井槽，有 19 口生产井。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***Sm ³ /d，凝析油设计处理能力***m ³ /d，生产水设计处理能力***m ³ /d。	《东方 13-2 气田群开发工程环境影响报告书》于 2016 年 10 月 13 日获得国家海洋局批复（国海环字〔2016〕489 号）	2021 年 6 月 8 日通过生态环境部竣工验收（环验〔2021〕3 号）
依托 DF1-1 WHPF 平台及管线	DF1-1WHPF 是一座 4 腿导管架井口平台。平台设有 10 人生活楼、生活污水处理装置、生产计量设施、开/闭排系统以及淡水、柴油、海水等公用系统。	《东方 1-1 气田一期调整项目环境影响报告书》于 2013 年 11 月获得国家海洋局核准（国海环字〔2013〕727 号）	2016 年 1 月 5 日通过国家海洋局竣工验收（国海环字〔2016〕5 号）
依托东方终端	东方终端位于海南省东方市东方工业园区内，天然气设计处理规模	《关于海洋天然气化肥基地项目环境影响报告	2004 年 7 月 23 日通过国家海



平台	设施描述	环评批复	竣工验收
	1697×10 ⁴ m ³ /d, 凝析油设计处理规模 900m ³ /d, 主要生产装置有段塞流捕集器、凝析油稳定装置、脱碳装置、脱水装置、天然气压缩外输装置等。	书审批意见的复函》1997 年 7 月获得国家环保局批复 (环发〔1997〕470 号) (该批复包括《东方 1-1 天然气田开发工程环境影响报告书》内容)	洋局竣工验收 (国海环字〔2004〕306 号)

6.2.2 环保措施落实情况

本项目依托工程已落实环评报告批复中的相关要求, 详见表 6.2-2。

表 6.2-2 依托工程环评批复落实情况

批复	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》 (国环海字〔2016〕489 号)	污染物的处理和排放应当符合国家有关规定和标准。含油量超过 8% 的钻屑、钻井液不得排海, 应运回陆地交由有资质的单位处理; 非含油及含油量不超过 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; 初期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、生产垃圾、生活垃圾应分类收集运回陆地处理。	DF13-2 CEPB 平台共产生非钻井气层水基钻井液钻屑量 10779.38m ³ , 非钻井气层水基钻井液量 3757.75m ³ , 合成基钻井液钻屑量 135.21m ³ , 合成基钻井液量 1436.1m ³ 。其中, 非钻井气层水基钻井液/钻屑和合成基钻屑达标排放, 合成基钻井液运回陆地交由有资质单位处理。 生产垃圾和生活垃圾分类收集运回陆地处理。
	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、固体废物等污染物分类收集处理, 不得排海; 选用低噪设备, 减小噪声影响。	氮氧化物等污染物排放未超过批复总量, 生活污水处理达标后排海, 含油废液、固体废物分类收集运回库底交给有资质的单位进行处理处置; 设备噪音未超标。
	加强钻完井工程管理, 防止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。	严格实施钻井作业规程, 配备安全有效的井控设备和良好的压井材料, 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, 未发生井喷和火灾爆炸等发生。
	切实落实生态环保措施, 施工期应尽量避免鱼类产卵盛期 (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。	落实生态保护措施, 海底管道铺设施工作业时间为 2017 年 9 月至 2018 年 2 月, 避开了鱼类产卵盛期, 减轻对海洋生态环境和渔业资源的影响。 钻完井作业: DF13-2 CEPB 平台钻井作业时间为 2019 年 9 月至 2020 年 3 月和 2020 年 9 月至 2021 年 3 月。已尽量避免环评批复要求的鱼类产卵盛期 (平台区 4-8 月)。



批复	批复要求	落实情况
		施工期间,钻井液、钻屑经检测后达标排海。施工期间产生的固体垃圾分类收集、机舱污水全部回收,运回陆地处理。以减轻对海洋生态环境和渔业资源的影响。
	定期对海底管道进行检测与维护,及时发现并消除事故隐患;加强海底管道巡检工作,并采取必要的工程防护措施,避免海上作业活动对海底管道等设施造成损害;防止海底管道因腐蚀或外力破坏等原因造成的油气泄漏。	建立有海底管道完整性管理体系,定期进行海底管道的检测和巡查。避免海上作业活动对海底管道等设施造成损害,防止海底管道因腐蚀或外力破坏等原因造成的油气泄漏,未出现油气泄漏现象。
	严格落实环境风险防范对策措施,制定溢油应急计划报国家海洋局南海分局备案。发生溢油事故时,按照规定立即报告国家海洋局南海分局,通报渔业、海事、军队等有关部门,并及时向社会公开有关信息。	编制了《东方 13-2 气田溢油应急计划》,切实落实环境风险防范对策措施,配备与气田规模相适应的溢油应急设备和物资,定期开展溢油应急演练,未发生溢油。
	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监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,工程不得投入运行。	建设单位在施工期加强了环境监控管理,落实了报告书中的监测计划,严格执行了“三同时”制度。
《国家海洋局关于东方 1-1 气田一期调整项目环境影响报告书核准意见的批复》国海环字〔2013〕727 号	工程污染物的处理和排放应当符合国家关于污染物管理的规定和标准。不含油钻屑和泥浆以及含油量不超过 8%的钻屑和泥浆经海区主管部门批准后方可排海;含油量超过 8%的钻屑和泥浆运回陆地交由有资质的单位处理;含油生产水、生活污水和机舱含油污水等废水经处理达标后方可排海;生产垃圾和除食品废弃物以外的生活垃圾运回陆地处理	工程污染物处理和排放符合国家有关规定和标准要求。非钻井气层水基钻井液/钻屑和合成基钻屑达标排放,合成基钻井液运回陆地交由有资质单位处理。含油生产水、生活污水经处理达标后排海;生产垃圾和除食品废弃物以外的生活垃圾运回陆地处理。
	严格执行钻井作业规程,配备安全有效的防喷设备及良好的压井材料和井控设备,并设置相应的应急关断系统	在钻井过程中严格执行作业规程,配备安全有效的井控设备和良好的压井材料,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,未发生井喷和火灾爆炸。
	切实落实生态保护措施,施工作业应尽量避免鱼类产卵盛期(4 月-8 月),并采取增殖放流等措施对渔业资源进行养护与修复。	已落实生态保护措施,施工作业时间已尽量避免环评批复要求的鱼类产卵盛期(4-8 月)。并采取了增殖放流等措施对渔业资源进行养护与修复。
	定期对海底管道进行检测与维护,及	建设单位制定了海底管道保护和检测



批复	批复要求	落实情况
	时发现并消除事故隐患。采取必要的工程防护措施，避免海上作业活动对海底管道等设施造成损害。	程序，由值班船对海底管道沿途进行巡视，并对海底管道进行不定期局部检测和定期全面检测，避免海上作业活动对海底管道等设施造成损害。
	切实落实风险防范和应急措施，本工程投产前，应对东方 1-1 气田现有应急计划进行修订。发生事故时，应当按照规定立即报告国家海洋局南海分局，并及时通报渔业、海事、军队等有关部门。	对东方 1-1 气田现有应急计划进行了修订，切实落实环境风险防范对策措施，配备与气田规模相适应的溢油应急设备和物资，定期开展溢油应急演练，未发生溢油。
《关于海洋天然气化肥基地项目环境影响报告书审批意见的复函》环发〔1997〕470 号	海底登陆管线（20m 水深以内）的铺设要尽量避开鱼类产卵期（每年 3 月 1 日至 6 月 30 日）。	海底登陆管线（20m 水深以内）的铺设尽量避开了鱼类产卵期（每年 3 月 1 日至 6 月 30 日）。
	陆上输气管线路由应避开诸如学校、居民聚居区等敏感目标。	陆上输气管线路由避开了学校、居民聚居区等敏感目标。
	分输站东侧有国家三级重点保护植物“海南巴豆”，应特别注意保护。	建设单位在施工期加强了环境监控管理，严格控制施工范围，注意对周边敏感目标的保护。

6.3 污染物排放情况及污染防治措施运行情况

6.3.1 依托工程环保设施情况

本工程依托工程的环保设施见表 6.3-1。

表 6.3-1 依托工程环保设施运行情况

平台	环境保护设施	数量	运行情况
DF13-2 CEPB 平台	生活污水处理装置	1	正常
	开式排放系统	1	正常
	闭式排放系统	1	正常
	生产水处理系统	1	正常
	食品废弃物粉碎设备	1	正常

6.3.2 含油生产水处理情况

本项目依托的 DF13-2 CEPB 平台近两年逐月生产水排放情况见表 6.3-2。DF13-2 CEPB 平台 2022 年生产水排放总量未超过批复总量 $15.9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，生产水石油类浓度符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中三级海域排放要求及批复的控制排放浓度要求（石油类含量 $\leq 45 \text{mg/L}$ ），生产水处理设施运行状况良好。



表 6.3-2 DF13-2 CEPB 平台处理后生产水石油类浓度监测结果

时间	月排放量 (m ³)	含油浓度 (mg/L)	时间	月排放量 (m ³)	含油浓度 (mg/L)
2022 年 1 月	3189	26.92	2023 年 1 月	9045	22.90
2022 年 2 月	2971	25.53	2023 年 2 月	9243	18.95
2022 年 3 月	3377	27.68	2023 年 3 月	9741	20.07
2022 年 4 月	2259	29.31	2023 年 4 月	5280	18.83
2022 年 5 月	3010	24.92	2023 年 5 月	3745	19.95
2022 年 6 月	5577	26.60	2023 年 6 月	3964	19.04
2022 年 7 月	6577	28.67	2023 年 7 月	4324	17.20
2022 年 8 月	7443	26.82	2023 年 8 月	4354	20.38
2022 年 9 月	6796	25.08	2023 年 9 月	4289	24.91
2022 年 10 月	6993	25.33	2023 年 10 月	4465	23.72
2022 年 11 月	7159	24.43	2023 年 11 月	4719	23.15
2022 年 12 月	8161	19.13	2023 年 12 月	7252	21.51
年排放量/ 浓度最大值	63512	29.31	年排放量/ 浓度最大值	70421	24.91

6.3.3 生活污水产生和排放情况

本项目依托的 DF13-2 CEPB 平台近两年逐月生活污水排放情况见表 6.3-3。DF13-2 CEPB 平台的生活污水经处理后 COD 含量 $\leq 500\text{mg/L}$ ，满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中的三级海域排放要求（COD $\leq 500\text{mg/L}$ ），生活污水处理系统运行状况良好。

表 6.3-3 DF13-2 CEPB 平台生活污水排放情况

时间	月排放量 (m ³)	COD (mg/L)	时间	月排放量 (m ³)	COD (mg/L)
2022 年 1 月	1176.0	310	2023 年 1 月	1525.6	63
2022 年 2 月	904.6	259	2023 年 2 月	1474.2	166
2022 年 3 月	1234.0	94	2023 年 3 月	1261.1	60
2022 年 4 月	1170.4	28	2023 年 4 月	1259.8	8
2022 年 5 月	785.0	26	2023 年 5 月	854.5	7
2022 年 6 月	1009.1	16	2023 年 6 月	656.48	24
2022 年 7 月	973.0	350	2023 年 7 月	730.88	246
2022 年 8 月	758.2	15	2023 年 8 月	1105.74	58
2022 年 9 月	579.5	159	2023 年 9 月	804.41	55
2022 年 10 月	751.2	350	2023 年 10 月	874.97	208
2022 年 11 月	1145.2	20	2023 年 11 月	911.44	238
2022 年 12 月	1777.5	26	2023 年 12 月	1212.99	126
年排放量/ 浓度最大值	12263.7	350	年排放量/ 浓度最大值	12672.11	246

6.3.4 其他污染物处理/排放情况

6.3.4.1 其他含油污水

主要包括甲板冲洗水、初期雨水以及带压流体或其它含油污水，经开式和闭式排放系统收集后，送到油气处理系统进行处理。

6.3.4.2 安全泄压天然气

来自生产系统和闭式排放系统的气体分别通过不同放空管汇进入火炬分液罐，经过分液后的气体通过火炬臂进入火炬头燃烧排放。

6.3.4.3 固体废弃物

平台上设有固体废弃物收集设备，对生产垃圾和除食品废弃物外的生活垃圾分类进行回收，运回陆地，并按照当地政府实施《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》规定的要求进行回收利用或处置。危险废物陆上处理需按照《危险废物转移管理办法》等规定的要求，交有资质的单位处理处置。本项目建设单位已与***签订了危险废物处理合同，相关资质证书和合同文件见附件 4。

6.4 环境风险事故回顾

东方气田群投产至今未发生溢油事故。

6.5 工程海域环境质量情况回顾

为了对东方气田周边海域环境质量进行较为系统的分析，本节收集了该海域的历史环境质量现状资料，以对该海域进行环境质量回顾分析。

历史海洋环境质量现状资料采用***于 2013 年 5 月、2013 年 11 月、2017 年 4 月、2022 年 4 月及 2022 年 9 月对东方气田海域的调查资料，历次调查站位见图 6.5-1。由图 6.5-1 可见，五次调查均位于东方气田附近，具有可对比性，便于进行同一海域不同时期调查回顾分析。

五次调查均由***按照《海洋监测规范》和《海洋调查规范》的要求进行。历年调查采用的采样分析方法、评价标准及评价内容一致。因此能够通过对比分析较真实地反映东方气田投产以后对周围海域环境的影响程度。

保密内容，已删除。

图 6.5-1 历次调查站位图



6.5.1 海水水质状况回顾

选取各次调查海水水质评价因子中水温、盐度、pH、DO、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物、挥发性酚、悬浮物共 18 项作为本次回顾性分析评价因子，海水水质评价采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类海水水质标准，如出现不满足第一类海水水质标准的情况，则采用第二类海水水质标准进行评价。各次调查数据对比统计结果见表 6.5-1。

从历次调查结果来看，调查海区水温变化幅度较小，整体秋季水温高于春季，同季节水温变化不大。历次调查海区的盐度变化幅度均不大，历次调查海区的 pH 值均在海水正常的变化范围内，为典型大洋海水。

调查海区 DO 含量在 2013 年春季、2017 年春季和 2022 年秋季均有部分站位超第一类海水水质标准，满足二类海水水质标准。2022 年春季调查 DO 含量平均值最高，2022 年秋季平均含量和 2013 年秋季类似。历次调查该海区 COD 含量均符合第一类海水水质标准，从平均值来看，2022 年调查结果比 2013 年略高，比 2017 年有所降低。

作为特征污染物的石油类，2013 年秋季个别站位石油类浓度超第一（二）类海水水质标准，满足第三类海水水质标准，其余各次调查石油类均符合第一（二）类海水水质标准，与历次调查结果相比，2022 年调查中石油类平均浓度显著降低。

历次调查无机氮均符合第一类海水水质标准，2022 年春、秋季调查结果与历年同季节调查结果相比均有所降低。活性磷酸盐的含量变化幅度较大，2013 年春、秋季部分样品超第一类海水水质标准，满足第二（三）类海水水质标准，2017 年春季和 2022 年春、秋季无样品超标，2022 年秋季调查结果处于历史最低值。

历次调查中，调查海区重金属汞、砷、总铬、锌、镉、铜调查结果均符合第一类海水水质标准。其中汞、砷、总铬的含量比较稳定，变化幅度较小；锌、镉含量 2022 年春、秋季调查为历次调查结果最低；铜含量 2022 年秋季调查与 2017 年春季结果相近，处于历史低值，相比 2022 年春季含量降低。铅在 2013 年秋季、2017 年春季、2022 年春季和 2022 年秋季皆存在超第一类海水标准现象，满足二类海水水质标准，2022 年春季平均含量为历次调查结果最低值。硫



化物和挥发性酚在历次调查中含量均维持在低浓度水平，各次调查的结果均符合第一类海水水质标准。

2022 年春季和秋季在距 DF13-2 CEPB 平台和 DF1-1CEPD 平台中心 600m 位置分别布设 4 个加密站位,加密站位调查气田开发特征污染物 COD 和石油类。根据 2022 年春、秋调查结果，加密站位的 COD 和石油类均处于较低水平，满足第一类海水水质标准。



表 6.5-1 东方气田海域历次调查水质要素统计结果对比表

项目		2013 年 5 月	2013 年 11 月	2017 年 4 月	2022 年 4 月	2022 年 9 月
水温(°C)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
盐度	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
pH	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
DO (mg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
COD (mg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
石油类 (mg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
无机氮 (μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
活性磷酸盐 (μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
汞(μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
砷(μg/L)	范围	***	***	***	***	***



项目		2013 年 5 月	2013 年 11 月	2017 年 4 月	2022 年 4 月	2022 年 9 月
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
锌(μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
镉(μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
铅(μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
铜(μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
总铬(μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
硫化物 (μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
挥发性酚 (μg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***
	超一类海水水质标准百分比(%)	***	***	***	***	***
悬浮物 (mg/L)	范围	***	***	***	***	***
	平均值	***	***	***	***	***



6.5.2 沉积物质量状况回顾

沉积物质量评价因子包括石油类、汞、铜、铅、镉、铬、锌、硫化物、砷和有机碳，历次调查数据的对比分析统计结果见表 6.5-2。

五次调查结果显示，各要素之间无明显的变化规律，调查海域表层沉积物各要素均符合《海洋沉积物质量（GB18668-2002）》规定的第一类沉积物质量标准限值要求，无超一类现象，海区沉积环境整体较好，表明气田开发活动未对调查海区沉积物产生显著影响。

表 6.5-2 东方气田海域历年各沉积物要素统计结果对比表

调查项目	2013 年 5 月	2013 年 11 月	2017 年 4 月	2022 年 4 月	2022 年 9 月
有机碳(%)	***	***	***	***	***
石油类($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
硫化物($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
铜($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
铅($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
锌($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
镉($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
铬($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
砷($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***
汞($\times 10^{-6}$)	***	***	***	***	***

注：各要素采用的是平均值进行对比。

6.5.3 海洋生态状况回顾

6.5.3.1 叶绿素 a 和初级生产力

叶绿素 a 及海洋初级生产力比对结果见表 6.5-3。调查海区历次调查叶绿素 a 含量较低，属贫营养海域。海区叶绿素 a 及初级生产力季节变化规律较明显，秋季高于春季。分布上，叶绿素 a 含量除 2013 年秋季外，其余 4 次调查垂直分布上均以底层或 50m 层较高，表层较低。海区初级生产力与叶绿素 a 的规律基本一致，也是秋季高于春季，同一季节年度变化规律不明显。

总体上，调查海区叶绿素 a 含量为贫营养，初级生产力水平为中低水平~中高水平。海区叶绿素 a 受季节影响较大，秋季海区叶绿素 a 含量高于春季；至 2017 年以来海区叶绿素 a 主要分布在海区底层或次底层（50m 层）。

表 6.5-3 历次调查叶绿素 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 $\times 10^2 \text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
		表层	10m	50m	底层	平均值	
2022.09	范围	***	***	***	***	***	***



项目		叶绿素 a (mg/m^3)					初级生产力 $\times 10^2 \text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
		表层	10m	50m	底层	平均值	
2022.04	均值	***	***	***	***	***	***
	范围	***	***	***	***	***	***
	均值	***	***	***	***	***	***
2017.04	范围	***	***	***	***	***	***
	均值	***	***	***	***	***	***
2013.11	范围	***	***	***	***	***	***
	均值	***	***	***	***	***	***
2013.05	范围	***	***	***	***	***	***
	均值	***	***	***	***	***	***

6.5.3.2 浮游植物

浮游植物调查结果比较见表 6.5-4。由历次调查结果可见，2022 年调查种类数在历次调查波动范围内；个体数量除在 2022 年 4 月和 2013 年 11 月出现显著高值外，均处于中等水平，其他 3 次调查差异不大，年际变化亦不大，总体上处于低水平；多样性指数秋季高于同年春季，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、伏氏海毛藻、菱形海线藻和柔弱菱形藻是海区的主要常见优势种。

表 6.5-4 历次调查浮游植物群落主要指标比较

项目		种类数	个体数量 ($10^4 \text{cell}/\text{m}^3$)		多样性		均匀度	
			范围	均值	范围	均值	范围	均值
春季	2022.04	3 门 50 属 171 种	***	***	***	***	***	***
	2017.05	3 门 34 属 90 种	***	***	***	***	***	***
	2013.05	3 门 33 属 87 种	***	***	***	***	***	***
秋季	2022.09	4 门 47 属 176 种	***	***	***	***	***	***
	2013.11	4 门 42 属 156 种	***	***	***	***	***	***

6.5.3.3 浮游动物

浮游动物调查结果比较见表 6.5-5。由表可见，与历史资料相比，2022 年调查浮游动物生物量和个体密度均处于往期调查数据变化范围之内；而群落多样性指数和均匀度也与历史基本持平；种类数与 2013 年两季持平，明显高于 2017 年 4 月的调查结果。

海区的优势种组成方面，依然以暖水种为主，其中肥胖软箭虫、普通波水蚤和精致真刺水蚤为常见的优势种，在历次调查中均有成为海区优势种。

综合历次调查的结果来看，调查海区浮游动物种类组成丰富，个体密度和生物量存在年际波动，群落多样性和均匀度水平整体保持较高水平，优势种组



成存在年际差异，群落结构处于健康较稳定状态。

表 6.5-5 历次调查浮游动物群落主要指标比较

调查时间	2022.09	2022.04	2017.04	2013.11	2013.05
种类数	213	231	97	269	257
生物量 (mg/m ³)	***	***	***	***	***
个体密度 (个/m ³)	***	***	***	***	***
多样性指数	***	***	***	***	***
均匀度	***	***	***	***	***
优势种	***	***	***	***	***

6.5.3.4 底栖生物

底栖生物调查结果比较见表 6.5-6。历次调查结果显示调查海区底栖生物中节肢动物的种类数量最多，底栖生物的种类数量呈上下波动的趋势，底栖群落的种类多样性和均匀度呈逐渐下降的趋势，优势种类多为节肢动物和棘皮动物，各指标的季节演替变化较大。从较长的时间节点看，底栖生物优势种变化较大，群落结构也受到一定程度的影响。

与历年调查结果相比，2022 年调查以定性拖网样品统计的群落多样性指数和均匀度都处于较低水平，以定量样品统计的栖息密度和生物量处于较高水平，种类数处于较高水平。

表 6.5-6 历次调查底栖生物群落主要指标比较

调查时间 (年.月)	种类数 (种)	平均栖息密度 (ind./m ²)	平均生物量 (g/m ²)	多样性指 数	均匀 度	丰富 度
春季	2022.04	135	***	***	***	***
	2017.04	73	***	***	***	***
	2013.05	151	***	***	***	***
秋季	2022.09	171	***	***	***	***
	2013.11	117	***	***	***	***

6.5.3.5 生物质量

生物质量调查数据的对比分析统计结果见表 6.5-7。调查数据表明，甲壳类和鱼类污染物含量总体趋于稳定，总汞和铅在各年份调查数据的变化较小。2022 年调查鱼类与甲壳类的石油烃和重金属污染物铅、锌含量有所下降。海区底栖生物中鱼类、贝类、甲壳类和软体类各项评价因子均未超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《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, 海区特征污染物石油烃在生物体内含量历次调查均处于较低水平。

表 6.5-7 历次调查底栖生物污染物含量分析结果统计

生物类别	调查时间	总汞	砷	铜	铅	铬	锌	镉	石油烃
贝类	2022.09	***	***	***	***	***	***	***	***
	2022.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2017.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.11	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.05	***	***	***	***	***	***	***	***
软体类	2022.09	***	***	***	***	***	***	***	***
	2022.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2017.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.11	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.05	***	***	***	***	***	***	***	***
甲壳类	2022.09	***	***	***	***	***	***	***	***
	2022.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2017.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.11	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.05	***	***	***	***	***	***	***	***
鱼类	2022.09	***	***	***	***	***	***	***	***
	2022.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2017.04	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.11	***	***	***	***	***	***	***	***
	2013.05	***	***	***	***	***	***	***	***

注: “\”表示缺少该项数据。

6.6 环境影响回顾性分析结论

本项目依托的 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统和生活污水处理装置运行正常, 近两年统计的生产水和生活污水均能实现达标排放。

现有东方气田投产以来, 对外排污水采取了有效的处理措施, 排放浓度低于排放标准, 对气田周围的海水水质未造成明显损害。回顾分析结果显示, 调查海区水温和 pH 都处于正常变化范围内, 盐度的变化幅度很小。COD、汞、砷、铜、锌、镉、总铬、硫化物、挥发性酚含量处于较低水平, 全部符合第一类海水水质标准。调查海区 DO 含量较高, 2013 年和 2017 年均出现超第一类海水水质标准现象, 2022 年秋季仅 1 个站位超第一类海水水质标准, 满足第二类海水水质标准。历次调查中, 调查海区石油类仅在 2013 年秋季有个别站位超第一类海水水质标准, 且 2022 年调查中石油类浓度与历次调查结果相比显著降低。无机氮含量符合季节性分布, 秋季高于夏季, 均无超第一类海水水质标准现象。



活性磷酸盐仅 2013 年少量样品超第一类海水水质标准，满足第二（三）类海水水质标准，2022 年调查为历史最低值。铅在 2013 年秋季、2017 年春季和 2022 年秋季皆存在超第一类海水标准现象，满足二类海水水质标准，2022 年春季平均含量为历次调查结果最低值。总体而言，多数水质要素符合一类海水水质标准及海水自然变化规律，调查海区水质状况良好。

海洋沉积物中各评价因子均符合第一类沉积物质量标准，其中特征污染物石油类在表层沉积物中处于较低水平，海区沉积环境整体较好。

历次调查显示海区浮游植物、浮游动物各项指标比较稳定，波动不大，优势种季节性更替，群落多样性和均匀度水平整体保持较高水平，群落结构处于健康较稳定状态。底栖生物种类多样性不高，优势种的数量偏多，从历次调查结果来看，海区特征污染物石油烃在生物体内含量历次调查均处于较低水平，底栖生物的生物质量状况一直保持较好状态。

7. 环境影响预测与评价

根据第三篇工程概况与工程分析, 本项目建设期主要污染物为钻井作业产生的钻井液及钻屑, 海底电缆挖沟搅起的悬浮物; 生产期主要污染物为达标排放的生产水。本篇利用数值模拟方法对上述污染物影响进行预测, 并根据预测结果分析与评价对海洋环境的影响。

7.1 海洋环境影响预测

7.1.1 海域流场模型

7.1.1.1 海流模型

模型建立在基于流体静压假定的三维不可压雷诺平均 N-S 方程的解决方案的基础之上, 其基本方程如下。

连续方程:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

x 向动量方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(N_z \frac{\partial u}{\partial z} \right) + f_v \end{aligned}$$

y 向动量方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(N_z \frac{\partial v}{\partial z} \right) - f_u \end{aligned}$$

z 向动量方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(N_x \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(N_y \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(N_z \frac{\partial w}{\partial z} \right) - g \end{aligned}$$

式中:



t —时间 (s) ;

g —重力加速度 (m/s^2) ;

ρ —海水密度 (kg/m^3) ;

x, y, z —笛卡尔坐标系;

u, v, w — x, y, z 方向上的速度分量 (m/s);

P —水压力 (kg/m^3) ;

N_x, N_y, N_z — x, y, z 方向上的紊动粘性系数 (m^2/s) 。

a. 边界条件

关于 u, v 和 w 的表面及底部边界条件为:

在 $z=\eta$ 处:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0$$

$z=-d$ 处:

$$u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 \nu_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

其中, (τ_{bx}, τ_{by}) 为底部摩擦应力在 x 及 y 方向上的分量。

固体侧边界条件:

$$v_n = 0$$

开边界水位边界条件:

$$\zeta = \sum f_c H_c \cos[\omega_c + (V_0 + u)_c - g_c]$$

其中, H 和 g 分别是调和常数的振幅和迟角, 下标 C 为某个分潮, ω 为分潮频率, f 为交点因子, u 为交点订正角, V_0 是天文潮的初位相。模型中边界水位由 DHI 全球潮汐数据库提取, 其由 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 N_2 、 P_1 、 K_2 、 Q_1 、 M_4 、 S_1 等 9 个分潮经调和分析给出, 调和常数分辨率为 $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ 。

b. 初始条件

取零初始条件, 即从静止水位开始起算, 初始时刻水位起伏及各向流速均为 0, 即:

$$\xi(x, y, 0) = 0$$



$$u(x,y,z,0)=0$$

$$v(x,y,z,0)=0$$

$$w(x,y,z,0)=0$$

c. 计算域及网格设置

本项目所建立的海域数学模型计算域范围为南海北部海域，在污染物排放点周围将网格进行加密处理，最小网格边长控制在 50m，以求得准确的污染物浓度分布。本项目新建平台、海底管缆等设施所在海域水深约在 58~65m 间变化，在垂向上将水体均分为 7 层。计算海域及网格设置见图 7.1-1。

保密内容，已删除。

计算域水深地形及网格设置

保密内容，已删除。

加密区及网格设置情况

图 7.1-1 水深地形及网格设置情况

7.1.1.2 模型验证

验证点潮位、潮流资料均来源于***的海洋环境调查结果，验证点位置见表 7.1-1 和图 7.1-2。在这些点分别将数值计算的结果与实测资料进行了验证，验证结果见图 7.1-3。

表 7.1-1 验证点坐标位置

验证点	验证点坐标	资料时间	验证因子
YC1	***	2023.07.18~07.19	潮流、潮位
YC2	***	2023.07.18~07.19	潮流、潮位
YC3	***	2022.12.07~12.08	潮流

保密内容，已删除。

图 7.1-2 验证点地理位置

保密内容，已删除。

图 7.1-3 潮位潮流验证结果

从以上验证结果可以看出，潮位误差基本在 10cm 之内，流速过程线的形态基本一致，平均流速偏差在 10%之内，平均流向误差在 15° 之内，符合有关技

术规范的要求，验证结果表明建立的潮流模型是可行的，适合本海区。

7.1.2 悬浮物预测

7.1.2.1 泥沙输运模块

泥沙输运模块基于水动力模块的流场计算结果，并包括沉降和再悬浮在内的泥沙输运过程。

a. 基本控制方程

悬沙对流扩散方程如下

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) + QC_0 - S$$

式中， C 为海水中悬浮物浓度，单位 kg/m^3 ； w_s 为泥沙沉降速度，单位 m/s ； D_h 、 D_v 分别为水平和垂向泥沙扩散系数，在模型中设定为随水动力模块计算出的湍流粘性系数变化，系数取默认值 1； Q 为泥沙输入源强流量，单位 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^3$ ； C_0 为泥沙输入源强中的含沙量，单位 kg/m^3 ； S 为床沙侵蚀或淤积速率，单位 $\text{kg}/\text{m}^3/\text{s}$ 。

b. 泥沙沉降速度

泥沙沉速采用斯托克斯公式计算：

$$w_s = \begin{cases} \frac{(s-1)gd^2}{18\nu}, d < 100\mu\text{m} \\ \frac{10\nu}{d} \left\{ \left[1 + \frac{0.01(s-1)gd^3}{\nu^2} \right]^{0.5} - 1 \right\}, 100 < d < 1000\mu\text{m} \\ 1.1[(s-1)gd]^{0.5}, d > 1000\mu\text{m} \end{cases}$$

式中， d 为中值粒径，单位 m ； s 为泥沙密度，单位 kg/m^3 ； ν 为运动粘滞系数； g 为重力加速度， m/s^2 。

c. 床面淤积速率

就粘性泥沙而言，床面淤积速率基于 Krone 公式计算：

$$S_D = W_s C_b p_d$$

式中， W_s 为泥沙沉速，单位 m/s ； C_b 为近底含沙量，单位 kg/m^3 ； P_d 为床沙淤积概率，认为与水流有效切应力呈正相关关系，即：

$$p_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, \quad \tau_b \leq \tau_{cd}$$

式中 τ_b 、 τ_{cd} 分别为水流底部切应力和床沙临界淤积切应力，床沙临界淤积切应力取值 0.07N/m^2 。

对于非粘性泥沙而言，床沙淤积速率基于下式表达：

$$S_d = -w_s \left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{h_s} \right), \quad \bar{c}_e < \bar{c}$$

d. 床面侵蚀速率

就粘性泥沙而言，考虑床沙固结程度的床面侵蚀速率基于 Mehta et al 公式估算，对于固结粘性床沙有：

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \quad \tau_b > \tau_{ce}$$

式中， E 为侵蚀系数，单位 $\text{kg/m}^2/\text{s}$ ； τ_{ce} 为床沙临界侵蚀切应力，参数取值 0.2N/m^2 ， n 为经验常数。

对于未固结粘性床沙侵蚀速率有：

$$S_E = E \exp \left[\alpha (\tau_b - \tau_{ce})^{0.5} \right], \quad \tau_b > \tau_{ce}$$

式中， α 为经验系数，单位 $\text{m/N}^{0.5}$ 。

非粘性床沙侵蚀速率由下式给出：

$$S_e = -w_s \left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{h_s} \right), \quad \bar{c}_e > \bar{c}$$

e. 边界条件和初始条件

陆边界：

$$\frac{K_H}{D} \left[\frac{\partial S}{\partial n} \right] = 0$$

开边界：

$$S|_{\Gamma} = 0 \text{ 入流段}$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + V_n \frac{\partial S}{\partial n} = 0 \text{ 出流段}$$

其中 n 为边界的法线方向， Γ 为水边界。

因为悬浮物是计算浓度增量，因此初始条件以零值起算。



7.1.2.2 钻屑浓度场预测

a. 排放方式及源强

据核算，本项目包含预留井槽产生的钻屑总量约为 15335m^3 （堆体积），其中非钻井气层水基钻井液钻屑量 14187m^3 （堆体积），合成基钻井液钻屑量 1148m^3 （堆体积）。本项目钻屑于水下 25m 排放，DF13-3 WHPG 平台钻屑最大排放速率为 $186.6\text{m}^3/\text{d}$ 。详见表 7.1-2。

表 7.1-2 新建平台钻屑排放总量及排放速率

平台	总钻屑产生量 (m^3)	非气层钻屑 (m^3)	合成基钻屑 (m^3)	最大排放速率 (m^3/d)	排放位置
DF13-3 WHPG	15335	14187	1148	186.6	水下 25m

钻屑粒径分布如下，计算时中值粒径取为 $74\mu\text{m}$ 、 $120\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $>150\mu\text{m}$ （按 $230\mu\text{m}$ 计算）共 4 个等级各占百分比为 25%、35%、25%、15%进行计算，按前述公式计算，四组代表粒径下对应的沉降速度分别为 0.005m/s 、 0.010m/s 、 0.015m/s 、 0.029m/s ，然后将计算的增量值叠加，计算总包络面积。

表 7.1-3 钻屑粒径分布

$<74\mu\text{m}$	$74\sim120\mu\text{m}$	$120\sim150\mu\text{m}$	$>150\mu\text{m}$
25	35	25	15

b. 预测方法及预测结果

由于钻屑为水下连续排放，且排放时间较长，故预测结果与开始排放时刻关系不大，本次预测时长包含完整的大、中、小潮期。取浓度最大包络线作为预测结果。本次 DF13-3 WHPG 平台钻屑排放预测结果见表 7.1-4，钻屑排放超标面积及不同浓度区间面积结果见表 7.1-4 和表 7.1-5。由预测和分析结果可以看出，钻屑对水质的影响范围较小。从垂向上来看，钻屑排放造成的水质超标范围集中在排放层及其下一层（即水下约 $17.6\sim35.2\text{m}$ ），其余层无超标现象发生。根据统计，排放层（模型垂向第 3 层）超一（二）类水质海域的最大包络面积为 0.219km^2 ，超三四类面积相对较小，超一类水质离排放点的最大距离为 0.40km ；第 4 层超一（二）类包络面积约为 0.131km^2 ，无超三四类面积；钻屑停止排放后 4h 海水悬浮物浓度即可恢复排放前的水平。钻屑沉降在平台周围，覆盖厚度超过 2cm 的面积约 0.133km^2 。

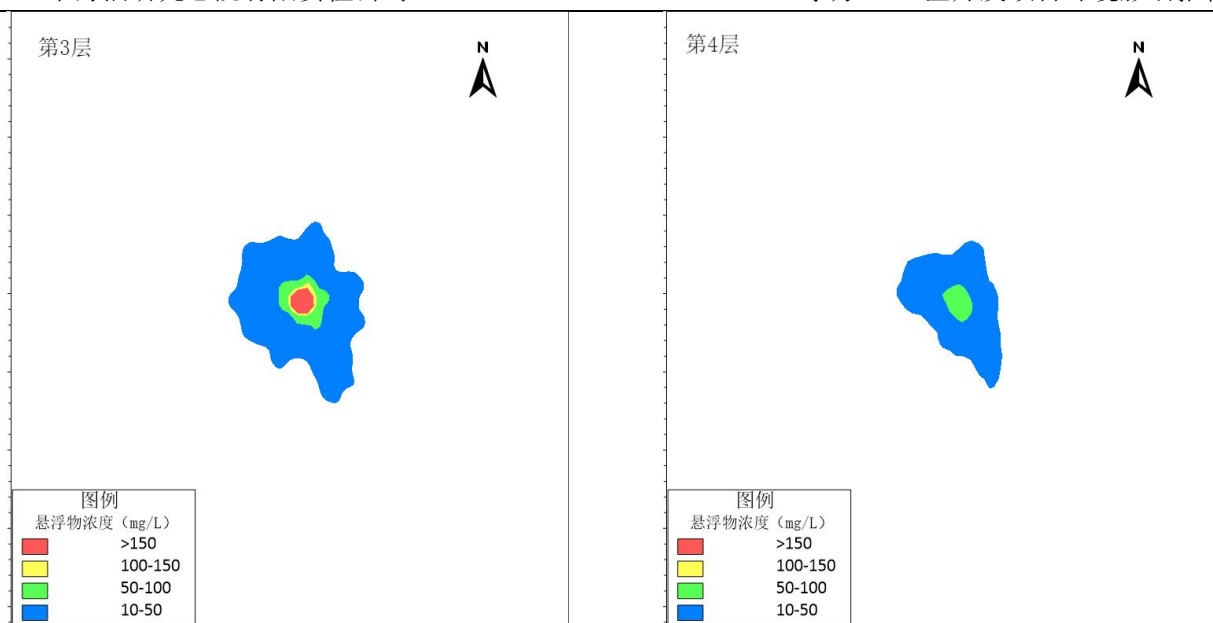


图 7.1-4 DF13-3 WHPG 平台钻屑排放浓度包络线

表 7.1-4 新建平台钻屑排放预测结果

平台/层位		超一（二） 类包络面 积(km ²)	超三类包 络面积 (km ²)	超四类 包络面 积(km ²)	超一（二） 类最大距 离(km)	恢复 时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
DF13-3 WHPG	第 3 层 (17.6~26.4m)	0.219	0.01	0.007	0.40	4	0.133
	第 4 层 (26.4~35.2m)	0.131	0	0			

表 7.1-5 新建平台钻屑排放浓度区间面积 (km²)

平台/层位		Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
DF13-3 WHPG	第 3 层(17.6~26.4m)	0.127	0.065	0.017	0.01
	第 4 层(26.4~35.2m)	0.096	0.024	0.011	0

7.1.2.3 钻井液浓度场预测

a. 排放方式及源强

钻完井作业中，钻井液循环使用，钻井液排放环节主要有 4 个：外排钻屑粘附、固井置换、提钻携带以及钻完井结束后的一次性排放。经核算，本项目包含预留井槽总钻井液产生量约为 18737m³，其中非钻井气层水基钻井液约为 15597m³，合成基钻井液约为 3140m³。根据井筒体积、泥浆池体积以及钻井次数等因素核算，本项目新建平台最大一次性排放钻井液约 758m³；最大排放速率为 35m³/h。本项目钻井液排放情况详见表 7.1-6。



表 7.1-6 新建平台钻井液最大一次性排放总量及排放速率

平台	最大一次性排放量(m ³)	最大排放速率 (m ³ /h)	排放位置
DF13-3WHPG	758	35	水下 25m

b. 预测方法及预测结果

钻井液预测于大、中、小潮期间取涨潮中间时、高潮、落潮中间时、低潮 4 个典型时刻排放，最终结果取前述工况结果最大浓度叠加包络线作为预测结果。DF13-3 WHPG 平台钻井液排放预测结果见图 7.1-5，钻井液排放超标面积及不同浓度区间面积结果见表 7.1-7 和表 7.1-8。由预测和分析结果可以看出，钻井液排放造成的水质超标范围集中在排放层及其下一层（即水下约 17.6~35.2m），其余层无超标现象发生。根据统计，排放层（模型垂向第 3 层）超一（二）类水质海域的最大包络面积为 0.328km²，超三四类面积相对较小，超一类水质离排放点的最大距离为 0.69km；第 4 层超一（二）类包络面积约为 0.136km²，无超三四类面积；钻井液停止排放后 8h 海水悬浮物浓度即可恢复排放前的水平。

表 7.1-7 新建平台钻井液排放预测结果

平台/层位		超一（二）类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一（二）类最大距离(km)	恢复时间 (h)
DF13-3WHPG	第 3 层 (17.6~26.4m)	0.328	0.023	0.011	0.69	8
	第 4 层 (26.4~35.2m)	0.136	0	0		

表 7.1-8 新建平台钻井液排放浓度区间面积 (km²)

平台/层位		Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
DF13-3 WHPG	第 3 层 (17.6~26.4m)	0.17	0.105	0.03	0.023
	第 4 层 (26.4~35.2m)	0.073	0.051	0.012	0

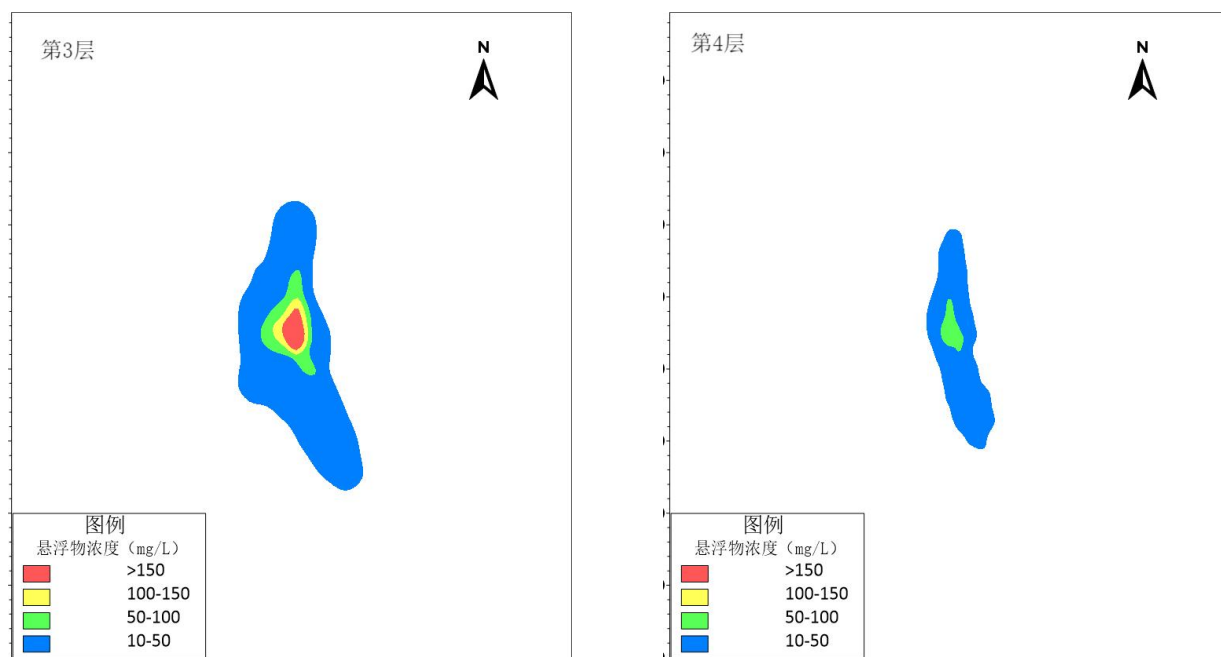


图 7.1-5 DF13-3 WHPG 平台钻井液排放浓度包络线

7.1.2.4 悬浮物浓度场预测

a. 排放方式及源强

本项目 DF1-1WHPF 至 DF13-3WHPG 海底电缆挖沟埋设，挖沟截面近似梯形，根据挖沟尺寸及挖沟速度，估算悬浮物源强。参考本海域历史其他项目挖沟起沙率数据，保守考虑本项目起沙率 10.0%进行核算，项目海缆悬浮物产生速率为 19.92kg/s。海底电缆挖沟悬浮物源强核算结果见表 7.1-9。

表 7.1-9 海底电缆挖沟悬浮物源强核算结果

管缆名称	长度 (km)	管缆深 (m)	挖沟(上宽/ 下宽)(m)	挖沟速度 (km/d)	悬浮物排放 速率 (kg/s)
DF1-1WHPF 至 DF13-3WHPG 海底电缆	***	1.5	3/1.5	3.0	19.92

b. 预测方法及预测结果

本项目新建的海底电缆为连续铺设。因此本次模拟采取移动源的方法来模拟施工造成的悬浮物扩散情况。选取高潮、低潮、涨潮中间时、落潮中间时等四个典型时刻按照上表计算的源强大小、挖沟速度，沿海底电缆路由释放悬浮物源强。统计出模拟期间四个时刻悬浮物超标最大范围并取其最大值作为电缆挖沟悬浮物浓度包络线。此方法能较保守地体现出施工卷起的悬浮物造成的海水水质超标范围扩散的最远距离。本次预测的 DF1-1WHPF 至 DF13-3WHPG 海

底电缆挖沟悬浮物影响面积及距离等见表 7.1-10~表 7.1-11，挖沟造成的悬浮物扩散包络图见图 7.1-6。预测结果可以看出，悬浮物浓度超标出现在底层和次底层（即水下约 45m~海底），其余层无污染物超标面积，浓度超标面积有从底层到表层逐渐减小的趋势。底层超一（二）类最大面积约为 5.942km²，次底层超一（二）类最大面积约为 2.920km²，最大扩散距离约为 0.67km。施工结束后悬浮物覆盖厚度超过 2cm 的总面积约为 0.095km²，施工作业停止后 5.0h 海域即可恢复施工前的水质。

表 7.1-10 海缆挖沟悬浮物预测结果

层位	超一（二）类包络面积（km ² ）	超三类包络面积（km ² ）	超四类包络面积（km ² ）	超一（二）类最大距离（km）	恢复时间（h）	覆盖 2cm 面积（km ² ）
底层（54m~海底）	5.942	1.277	0.633	0.67	5	0.095
次底层（45~54m）	2.920	0	0			

表 7.1-11 海缆挖沟悬浮物不同浓度区间面积（km²）

层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
底层（54m~海底）	2.856	1.306	0.503	1.277
次底层（45~54m）	1.492	1.428	0	0

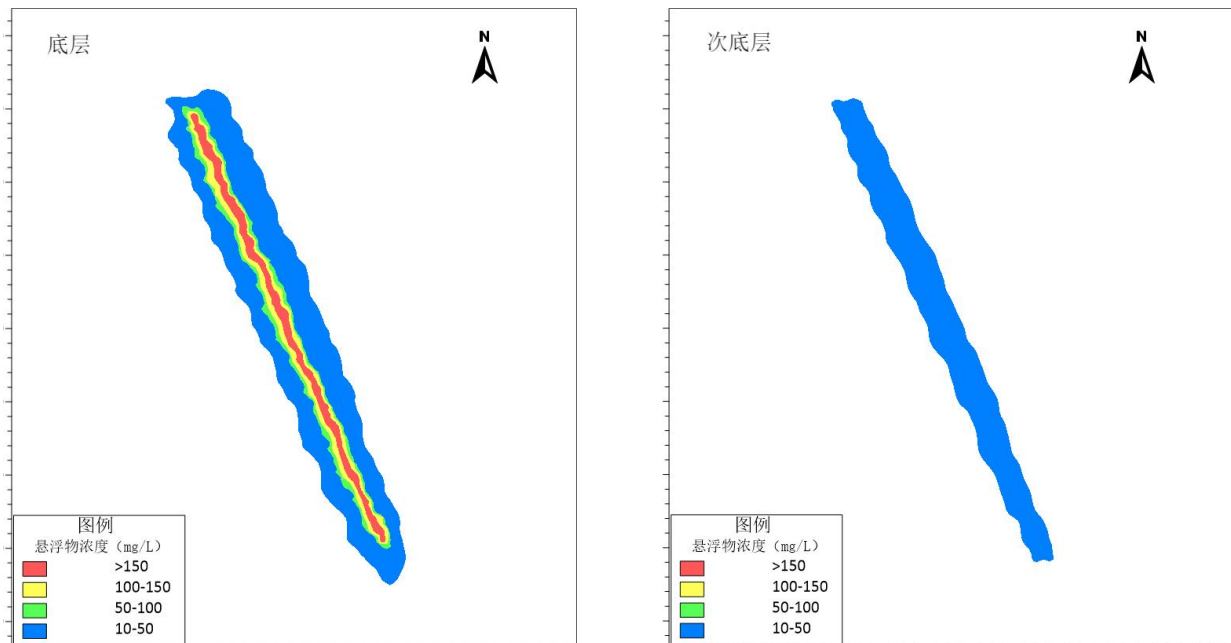


图 7.1-6 DF1-1WHPF 至 DF13-3WHPG 海底电缆悬浮物扩散包络线



7.1.3 生产水影响预测

7.1.3.1 物质输运方程

浓度预测是在三维水动力模型的基础上，利用对流扩散模型计算排放后的浓度场。对流扩散方程如下：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) - K_p C + C_s S$$

式中： C 为污染物浓度（mg/L）； K_p 为污染物降解系数（1/s）； C_s 为污染物排放源浓度（mg/L）； S 为污染物排放源强（L/s）； D_h 、 D_v 分别为污染物水平和垂向扩散系数。

边界条件和初始条件

闭边界（陆地边界）：

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

n 为闭边界的法线方向。即沿闭边界所有变量的通量为 0，物质不能穿越边界。

开边界：在开边界上可指定物质的数量或者梯度。

初始条件：为海域中石油类浓度的背景值，本次预测保守取现状调查中所有站点的最大值，0.016mg/L。

7.1.3.2 生产水石油类浓度预测

a. 排放方式及源强

本项目投产后，新增生产水最大为 85.7m³/d，生产水依托 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统处理达标后排海。经计算本项目投产后 DF13-2CEPB 平台生产水最大排放量为 803m³/d。生产水产生量及排放源强见表 7.1-12。

表 7.1-12 生产水排放量及源强

平台	排放量(m ³ /d)	排放水深	排放浓度(mg/L)
DF13-2CEPB	803	水下 57m	≤45

b. 预测方法及预测结果

生产水为连续排放，且排放时间较长，本次预测排放时段涵盖了大潮和小潮，取浓度最大包络线作为预测结果。初始条件根据海洋环境质量现状调查结果，选取春、秋季调查中较大值，因此选取 2022 年 9 月海洋环境质量现状调查

结果，石油类浓度背景值为 0.016mg/L。

DF13-2CEPB 平台生产水排放石油类浓度包络面积预测结果见图 7.1-7。DF13-2CEPB 平台生产水排放量相对较小，且经处理后排放的生产水中石油类含量较小，由预测结果可知，在预测网格分辨率（50m）下，平台附近海水石油类最大浓度约为 0.054mg/L。由预测结果分析可知，本项目依托的 DF13-2CEPB 平台由于生产水排放量较小，石油类超标范围远小于一个预测网格面积（0.0013km²），对海水水质的影响程度较小。

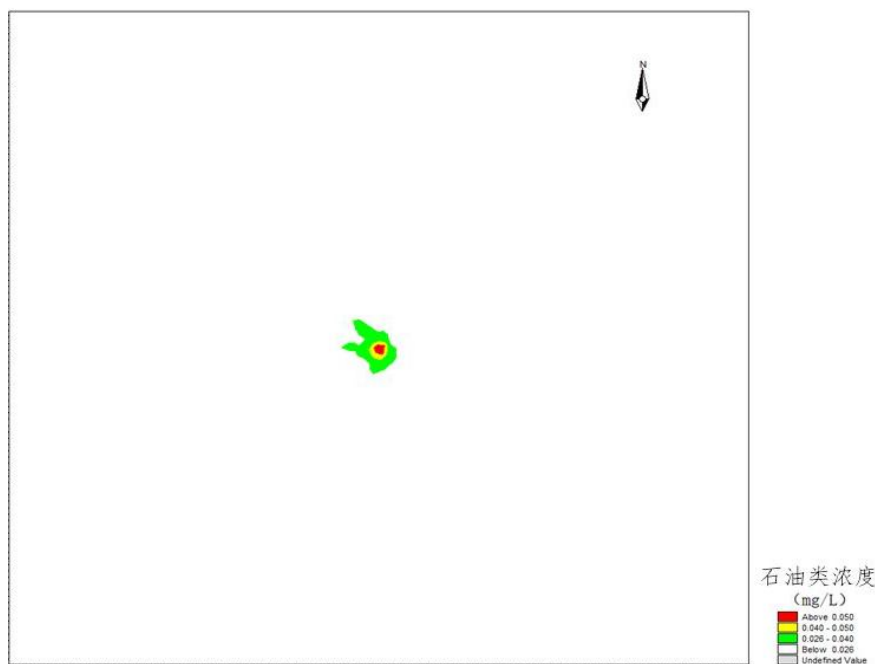


图 7.1-7 DF13-2CEPB 平台生产水排放石油类浓度包络线

7.2 海水水质环境影响评价

7.2.1 钻屑对海水水质的影响

钻屑的成分主要是泥土和岩石碎屑，其粒径远大于钻井液中的粘土类物质，沉降速度快扩散范围较小。根据数值预测结果，钻屑对水质的影响主要在平台周围不远的水域内，DF13-3 WHPG 平台悬浮物超标主要集中在排放层及其下一层（即水下约 17.6~35.2m）。造成的海水超一（二）类最大包络面积为 0.219km²，距排放点的最大距离为 0.40km，停止排放后最大 4h 海水悬浮物浓度即可恢复排放前的水平。

7.2.2 钻井液对海水水质的影响

钻井液中含有少量颗粒态物质，颗粒态物质在随海水运动的同时，将在海



水中发生沉降，并最终淤积于海底，这一特性决定了它的影响范围和影响时间是有限的。根据预测结果，DF13-3 WHPG 平台钻井液排放仅对排放点附近水质有影响，且影响主要在排放层及其下一层（即水下 17.6~35.2m）。超一（二）类包络最大面积约为 0.328km²，超一（二）类水质距排放点的最大距离为 0.69km，停止排放后约 8h 即可恢复到排放前水质。

7.2.3 海底电缆挖沟对海水水质的影响

海底电缆挖沟掀起的悬浮物有部分进入水体，短期内对海水水质造成一定影响，这种影响是短期的、可恢复的，挖沟搅起悬浮物的影响主要在施工电缆两侧。

海底电缆挖沟时主要海水水质超标范围集中在底层及次底层（即水下约 45m~海底）超一（二）类海水最大影响距离为 0.67km，底层水体超一（二）类水质最大包络面积为 5.942km²，次底层水体超一（二）类水质最大包络面积为 2.920km²，其他层无污染物超标面积；超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小。海底电缆挖沟作业停止后约 5.0h，悬浮物浓度可恢复至施工前水平。

7.2.4 生产水对海水水质的影响

本项目投产后，生产水依托 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统处理达标后排海。项目投产后 DF13-2CEPB 平台生产水排放造成平台附近石油类浓度最大为 0.054mg/L，石油类超标范围远小于一个预测网格面积（0.0013km²），对海水水质的影响程度较小。

7.3 海洋沉积物环境影响评价

7.3.1 钻屑排放对沉积物环境的影响

钻屑排海后在海水运动的作用下，会在海底一定范围内沉积。钻屑的沉积及分布范围受排放量、海流、水深等因素的影响。钻屑的排放将覆盖一部分原海底，所覆盖区域的沉积物类型会有所变化，并可能使沉积物中有机质等污染物的含量稍有升高。根据预测结果，DF13-3WHPG 平台钻屑覆盖厚度超过 2cm 的面积约为 0.133km²。

7.3.2 海缆挖沟对沉积物环境的影响

海底电缆挖沟对沉积物环境的影响首先是开挖和覆盖，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下自然回填缆沟，覆盖厚度>2cm 的面积主要位于缆沟两侧附近，



因悬浮物均是局地沉积物再沉积，不会引起沉积物环境变化。本项目新铺 1 条海底电缆。根据预测结果，海底电缆挖沟悬浮物覆盖 2cm 厚度的覆盖面积为 0.095km²。

7.4 海洋生态环境影响评价

7.4.1 对浮游植物的影响分析

本项目在钻完井阶段所产生的钻屑和钻井液，使钻井平台周围海水中悬浮物增大，增加海水浑浊度。一方面影响浮游植物的光合作用，在一定程度上影响水体浮游植物的生长与繁殖，降低海洋初级生产力；另一方面，由于悬浮物快速下沉，有部分浮游植物被携带而随之下沉，使水体中浮游植物遭受一定的损害。由于钻井阶段时间较短，随着施工作业结束，停止钻井液、钻屑的排放，其影响将会逐渐降低以至消失。

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

7.4.2 对浮游动物的影响分析

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

7.4.3 对底栖生物的影响分析

国外的研究结果表明，钻井液和钻屑的排放对鱼、蟹等移动性生物没有明显的不利影响，其主要会通过以下几种方式对底栖生物产生不利影响：（1）直接掩埋和覆盖沉积区内的底上和底内动物；（2）沉积层化学和构造上的改变对某些底栖生物的掘穴与索食产生影响；（3）沉积区内高耗氧量有机物的富集造



成沉积层缺氧从而影响生物的生存；（4）沉积区内或附近底栖动物体的石油类和重金属等有毒物质的含量增加。

基于上述分析并根据预测结果：DF13-3 WHPG 平台钻屑覆盖厚度超过 2cm 的面积约为 0.133km²，距排放点最大距离约 0.22km，可以做出如下预测：（1）在排放点周围约 220m 内底栖生物可能会受到钻屑排放的影响。（2）除活动能力很小的底栖鱼类外，钻屑的排放不会对活动能力较强的中上层鱼类及底层、近底层鱼类造成明显的危害。（3）本项目在钻井阶段排放的钻屑大部分可能沉积于平台周围 220m 范围内，因而其对底栖生物造成影响的覆盖范围是有限的，不会对气田开发区周围的整个底栖生态系统稳定性和生物种类多样性造成明显危害。钻屑停止排放后，沉积区的底栖生态将会逐渐恢复。

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

堆积在缆沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填于缆沟。但挖沟所破坏的海底海床以及在沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物并影响沿海底电缆一带的海底生态环境。但随着施工结束以及时间的推移，海缆路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。根据预测结果，本项目挖沟铺设 1 条海缆，海底电缆挖沟悬浮物覆盖 2cm 厚度的面积范围内底栖生物将难以生存，覆盖面积为 0.095km²。

7.4.4 工程对渔业资源的影响

施工产生的悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成其呼吸困难，严重的可能会引起死亡，对渔业资源会产生一定的影响。悬浮物对渔业资源的影响除可产生直接致死效应外，还存在间接、慢性的影响，例如：①造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降；②造成水体中溶解氧、透光度和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，进而影响水生动物的生长和发育；③混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避致害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力等。



施工对渔业的影响还体现在浮游动物与浮游植物食物供应所受到的影响上。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力，施工过程会对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，严重时甚至会导致死亡。部分鱼类是以浮游植物为食，而且这些种类多为定置性种类，活动能力较弱，工程施工期会对其生长产生不利影响。因此，从食物链的角度考虑，施工不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生抑制作用，对渔业资源带来一定负面影响。

7.5 海洋生物资源损失评估

7.5.1 海洋生物资源损失计算方法

7.5.1.1 悬浮物海洋生物资源损失计算方法

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

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad (7.5-1)$$

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

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

S_j —某一污染物第 j 类浓度增量区面积(km²)；

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

N —某一污染物浓度增量分区总数。

当污染物浓度增量区域存在时间超过 15d 时，应计算生物资源的累计损失量。计算以年为单位的生物资源的累计损失量按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T \quad (7.5-2)$$

式中： M_i —第 i 种类生物资源累计损失量，单位为尾、个或千克(kg)；

W_i —第 i 种类生物资源一次平均损失量，单位为尾、个或千克(kg)；

T —污染物浓度增量影响的持续周期数(以年实际影响天数除以 15)，单位为个。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），各类生物的损失率取值见表 7.5-1。



表 7.5-1 各类海洋生物损失率

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

7.5.1.2 底栖生物损失计算方法

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

$$W_i = D_i \times S_i \quad (7.5-3)$$

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) / km²]、尾 (个) 每立方千米 [尾 (个) / km³] 或千克每平方千米 (kg/km²)，在此为底栖生物生物量；

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 (km²) 或立方千米 (km³)。

7.5.1.3 海洋生物资源损失计算参数

鱼卵、仔稚鱼、头足类、甲壳类资源、底栖生物均采用工程海域春、秋两季调查密度的平均值，海洋生物资源密度及来源详见表 7.5-2。

表 7.5-2 海洋生物资源密度及来源

资源类别		资源密度	资料来源
鱼卵		***粒/m ³	*** (2022 年 4 月、2022 年 10 月调查平均值)
仔稚鱼		***尾/m ³	
幼体	鱼类	***尾/km ²	
	头足类	***尾/km ²	
	虾类 (虾姑类)	***尾/km ²	
	蟹类	***尾/km ²	
成体		***kg/km ²	*** (2022 年 4 月、9 月调查平均值)
底栖生物		***g/m ²	

7.5.2 海洋生物损失估算结果

7.5.2.1 钻屑排海生物损失计算

本项目新建 DF13-3WHPG 平台年均钻井时间为 139d，为持续性损害，按



SC/T 9110-2007 规定 15d 为 1 个周期，排放 9 个周期。

根据预测结果，DF13-3 WHPG 平台钻屑排放造成海水水质超标范围集中在模型垂向第 3、4 两层，平台附近平均水深约 61.5m。因此 DF13-3 WHPG 平台计算损失时各区间超标面积取两层平均值，水深取超标水层总水深 17.6m。各类海洋生物密度见表 7.5-2，海洋生物损失率见表 7.5-1，计算钻屑排放造成海洋生物损失见表 7.5-3。

表 7.5-3 钻屑排海海洋生物损失

资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	小计	年均 9 周期
		0.112	0.045	0.014	0.005		
鱼卵	密度 (粒/m ³)	0.143	0.143	0.143	0.143	0.042	0.378
	损失率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.014	0.011	0.011	0.006		
仔稚鱼	密度 (尾/m ³)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.089	0.801
	损失率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.030	0.024	0.022	0.013		
幼体	鱼类	密度(尾/km ²)	34838	34838	34838	585	5265
		损失率	5%	10%	30%		
		损失量 (尾)	195	157	146		
	头足类	密度(尾/km ²)	843	843	843	15	135
		损失率	5%	10%	30%		
		损失量 (尾)	5	4	4		
	虾类 (虾姑类)	密度(尾/km ²)	3879	3879	3879	65	585
		损失率	5%	10%	30%		
		损失量 (尾)	22	17	16		
	蟹类	密度(尾/km ²)	552	552	552	8	72
		损失率	5%	10%	30%		
		损失量 (尾)	3	2	2		
成体		密度(kg/km ²)	594.27	594.27	594.27	3.845	34.605
		损失率	1%	5%	15%		
		损失量 (kg)	0.666	1.337	1.248		

钻屑排放将对底栖生物造成一定的掩埋，并使其中部分底栖生物死亡，钻屑按平台周围 50m 半径内底栖生物损失率 100%，覆盖厚度超过 2cm 面积内（扣除平台周围 50m 半径内面积）底栖生物损失率 50%，根据前述公式（7.5-3）估算钻屑排放造成底栖生物损失见表 7.5-4。

表 7.5-4 钻屑排海底栖生物损失

面积 (km ²)		密度 (g/m ²)	损失率	损失量 (t)
覆盖 2cm (扣除后者)	0.125	4.59	50%	0.287
周围 50m 以内	0.008	4.59	100%	0.037
合计				0.324



7.5.2.2 钻井液排海生物损失计算

由于钻井液的排放和影响时间不超过 15 天，因此按照一次性损失计算。根据预测结果，DF13-3 WHPG 平台钻井液排放造成海水水质超标范围集中在模型垂向第 3、4 两层，平台附近平均水深约 61.5m。因此 DF13-3 WHPG 平台计算损失时各区间超标面积取两层平均值，水深取超标水层总水深 17.6m。各类海洋生物密度见表 7.5-2，海洋生物损失率见表 7.5-1，计算钻井液排放造成海洋生物损失见表 7.5-5。

表 7.5-5 钻井液排海海洋生物损失

资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	小计
		0.122	0.078	0.021	0.012	
鱼卵	密度 (粒/m ³)	0.143	0.143	0.143	0.143	0.066
	损失率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.015	0.020	0.016	0.015	
仔稚鱼	密度 (尾/m ³)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.138
	损失率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.032	0.041	0.033	0.032	
幼体	鱼类	密度 (尾/km ²)	34838	34838	34838	913
		损失率	5%	10%	30%	
		损失量 (尾)	213	272	219	
	头足类	密度 (尾/km ²)	843	843	843	22
		损失率	5%	10%	30%	
		损失量 (尾)	5	7	5	
	虾类 (虾姑类)	密度 (尾/km ²)	3879	3879	3879	101
		损失率	5%	10%	30%	
		损失量 (尾)	24	30	24	
	蟹类	密度 (尾/km ²)	552	552	552	13
		损失率	5%	10%	30%	
		损失量 (尾)	3	4	3	
成体		密度 (kg/km ²)	594.27	594.27	594.27	6.341
		损失率	1%	5%	15%	
		损失量 (kg)	0.725	2.318	1.872	

7.5.2.3 海底电缆挖沟生物损失计算

根据预测结果，海底电缆施工造成的海水悬浮超标范围集中在底层和次底层，其余层无超标情况。海底电缆路由附近平均水深约 63m，计算时水深取超标水层总水深 18m，超标范围影响面积取两层平均值。各类海洋生物密度见表 7.5-2，海洋生物损失率见表 7.5-1，计算海底电缆挖沟海洋生物损失见表 7.5-6。



表 7.5-6 海底电缆挖沟海洋生物损失

资源		面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	小计
			2.174	1.367	0.252	0.639	
鱼卵	密度 (粒/m ³)		0.143	0.143	0.143	0.143	1.649
	损失率		5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 个)		0.280	0.352	0.195	0.822	
仔稚鱼	密度 (尾/m ³)		0.3	0.3	0.3	0.3	3.458
	损失率		5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 尾)		0.587	0.738	0.408	1.725	
幼体	鱼类	密度(尾/km ²)	34838	34838	34838	34838	22314
		损失率	5%	10%	30%	50%	
		损失量 (尾)	3787	4762	2634	11131	
	头足类	密度(尾/km ²)	843	843	843	843	540
		损失率	5%	10%	30%	50%	
		损失量 (尾)	92	115	64	269	
	虾类 (虾姑类)	密度(尾/km ²)	3879	3879	3879	3879	2484
		损失率	5%	10%	30%	50%	
		损失量 (尾)	422	530	293	1239	
	蟹类	密度(尾/km ²)	552	552	552	552	353
		损失率	5%	10%	30%	50%	
		损失量 (尾)	60	75	42	176	
成体	密度(kg/km ²)		594.27	594.27	594.27	594.27	151.948
	损失率		1%	5%	15%	20%	
	损失量 (kg)		12.919	40.618	22.463	75.948	

海缆挖沟将对底栖生物造成一定的掩埋，并使其中部分底栖生物死亡，按电缆中心线两侧各 5m 范围内底栖生物损失率 100%，泥沙覆盖厚度超过 2cm 面积内（扣除前者面积）底栖生物损失率 50%，根据前述公式（7.5-3）估算悬浮物覆盖造成底栖生物损失见表 7.5-7。

表 7.5-7 海底电缆挖沟底栖生物损失

面积 (km²)		密度 (g/m²)	损失率	损失量 (t)
覆盖 2cm (扣除后者)	0.032	4.59	50%	0.073
两侧各 5m	0.063	4.59	100%	0.289
合计				0.362

7.5.2.4 项目设施占海造成底栖生物资源损失计算

平台建设对底栖生物的影响一般按照平台投影面积进行计算。本项目新建 DF13-3 WHPG 平台投影总面积为 840m²，底栖生物密度为 4.59g/m²，按照损失率 100%计算，则新建设施共造成的底栖生物资源损失量为 3.85kg，即 0.004t。



7.5.2.5 海洋生物资源损失量小结

本项目海洋生物损失为：鱼卵 2.093×10^6 粒，仔稚鱼 4.397×10^6 尾，鱼类幼体 28492 尾，头足类幼体 697 尾，虾类（虾姑类）幼体 3170 尾，蟹类幼体 438 尾，成体 192.894kg，底栖生物 0.69t，见表 7.5-8。

表 7.5-8 海洋生物损失量汇总

生物名称	项目占海	钻屑	钻井液	海底电缆挖沟	合计
鱼卵 (10^6 粒)	--	0.378	0.066	1.649	2.093
仔稚鱼 (10^6 尾)	--	0.801	0.138	3.458	4.397
鱼类幼体 (尾)	--	5265	913	22314	28492
头足类幼体 (尾)	--	135	22	540	697
虾类 (虾姑类) 幼体 (尾)	--	585	101	2484	3170
蟹类幼体 (尾)	--	72	13	353	438
成体 (kg)	--	34.605	6.341	151.948	192.894
底栖生物	0.004	0.324	--	0.362	0.69

7.6 环境敏感目标影响分析

本项目新建设施位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场、短尾大眼鲷北部湾产卵场内；距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 72km，距“三区三线”中海洋生态红线的其他红线区最近约 81km，距其他敏感目标均超过 100km。本项目在建设阶段主要污染物是钻井作业产生的钻屑、钻井液，以及海底电缆挖沟埋设产生的悬浮物，其对环境的影响属于短期、局部、可恢复性影响，本项目新建 DF13-3 WHPG 平台钻屑、钻井液于水下 25m 排放，影响主要在水下 17.6m~35.2m 水层；海底电缆挖沟悬浮物主要影响在底层、次底层（水下 45m~海底）。根据相关资料显示，产卵场鱼类生产的鱼卵属于浮性卵，产出后自由漂浮于水体上层，因此建设阶段产生的悬浮物对鱼卵影响较小。生产运行过程中所产生的主要污染物为少量达标排放的生产水，由预测结果可知，由于生产水排放量较小，石油类含量较低，石油类超标范围远小于一个预测网格面积 (0.0013km^2)，对项目所在的产卵场影响较小。拟采取的清洁生产和污染防治措施得当，排放对周围环境的影响范围和程度较小。在采取了适当的生态修复与补偿措施之后，损失的海洋生物会很快得到恢复。因此，本项目的建设和生产对上述环境敏感目标的影响是可接受的。

7.7 通航安全影响分析

为保障本项目投产营运期间航运畅通，防止工程对附近海域通航环境带来



不利影响，保障附近来往船舶航行安全和工程自身的安全，建设单位委托集美大学编制了《东方 13-3 区开发项目通航安全影响专题研究报告》，报告主要结论如下：

（1）对附近推荐航路影响

拟建 DF13-3 WHPG 平台及新建管缆附近的船舶推荐航路主要是防城至新加坡船舶推荐航路和环海南岛船舶习惯航路，拟建 DF13-3 WHPG 平台距推荐航线的最近距离约 21 海里，因此，项目建设对附近船舶推荐航线的影响较小。

（2）项目附近碍航物

根据航保部最新海图资料，拟建项目附近水域较为清爽，除现有钻井平台外，项目附近没有水上水下碍航物。

（3）对船舶习惯航路的影响

拟建项目附近船舶习惯航路主要有 3 条，一是海防港至新加坡船舶习惯航路，二是防城港至新加坡船舶习惯航路，三是环海南岛船舶习惯航路。根据拟建平台及管线附近船舶 AIS 轨迹图分析，拟建平台与海防至新加坡船舶习惯航路东边线的距离约 7 海里，与海防至新加坡、防城至新加坡及环海南岛船舶习惯航路的西边线的距离约 10 海里。因此，拟建 DF13-3 WHPG 平台的建设，对附近水域的船舶习惯航路的影响较小。

（4）对海南规划建设风电场的影响

根据《海南省“十四五”海上风电发展规划》，海南省计划在“十四五”期间计划开发 10 个风电场址。本项目位于海上风电规划场址之外，距离最近的 CZ10 在 36 n mile 以上，在正常施工建设和营运期间不会影响“十四五”期间海上风电场建设。

（5）相关规划的符合性

根据《全国海洋主体功能区规划》、《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》等相关规划，拟建项目建设符合相关规划的要求，建设阶段钻井液/钻屑排放和海底电缆挖沟产生的悬浮物，生产阶段含油生产水不会对海南省近岸海域生态保护红线区产生明显不利影响。

（6）施工作业对通航环境和通航安全的影响

施工作业对通航安全的影响主要表现在施工作业期间施工作业船舶与往来 DF1-1WHPF 平台、DF13-2CEPB 平台的工作船之间，以及与附近渔船的相互影



响。拟建项目水域开阔，水深条件良好，并且项目附近水域船舶交通流较小，可航水域大，施工船舶与工作船、渔船间的相互影响较小。

综上可知，虽然拟建项目在施工及营运期间对附近水域通航环境有一定的影响，但是风险总体可控，从通航安全角度分析，拟建项目可行。

7.8 工程对水文动力的影响分析

本项目主要工程内容为新建 1 座平台、铺设 2 条海底管道和 1 条海底电缆。由于平台为透水式结构，井口平台等对周边的水动力环境影响很小。新建海底电缆埋设于海底以下，挖起的海底泥沙短时间堆积于缆沟两侧，在底层流作用下将逐渐回填于缆沟，挖沟完成后不会影响工程海域水文动力环境。海底管道直接铺设在海底，不挖沟，因此对水文动力环境影响很小。

7.9 工程对冲淤环境的影响分析

平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，平台建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。海底电缆埋在海底，施工期掀起的悬浮泥沙在水流的作用下逐渐沉积在缆沟周围，由于悬浮泥沙的产生量较小，加上潮流长时间的输沙作用，不容易淤积，对海底地貌的影响较小。因此，本工程建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。



8. 环境风险分析与评价

8.1 风险评价概述

8.1.1 评价目的

依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），结合本项目情况，对东方 13-3 区开发项目在建设阶段和生产阶段可能存在的环境事故风险进行识别。通过事故源项分析，确定事故的源强和概率，根据数模预测结果确定可能影响的方向和范围，结合工程的事故防范措施和应急预案，进行应急能力可行性分析，完善事故风险应急措施，为项目正常生产做好安全防范准备。

8.1.2 评价原则

依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），结合本项目情况，对东方 13-3 区开发项目在建设阶段和生产阶段可能存在的环境事故：

- 严格执行国家现行有关法律、法规、标准和规范的要求，对该项目进行科学、客观、公正、独立及有针对性的评估；
- 采用可靠、适用的评估技术和评估方法对项目进行定性、定量评估，遵循针对性、技术可行性、经济合理性、可操作性的原则，提出消除或减弱油气泄漏环境风险的技术和管理措施建议；
- 真实、准确地作出评估结论。

8.1.3 评价范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），环境风险评价范围应根据环境敏感目标分布情况、事故后果预测可能对环境产生危害的范围综合确定。项目周边所在区域，评价范围外存在需要特别关注的环境敏感目标，评价范围需延伸至所关心的目标。鉴于本项目新建 DF13-3 WHPG 平台物流通过新建 DF13-3 WHPG 平台至 DF1-1 WHPF 平台海底混输管道、新建 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道输往已建 DF13-2 CEPB 平台进行处理，考虑到 DF1-1 WHPF 平台相较于新建 DF13-3 WHPG 而言，与敏感目标的相对位置更近，发生溢油事故时风险更高，且新建 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道较长，发生事故概率更大，因此确定本项目海上风险事故状态下以 DF1-1 WHPF 平台为中心，半径 83km（平均风况下油膜 72h 漂移距离）的范围为环境风险重点评价范围。考虑到本项目周边敏感目标分布情况，环境风险评价范围将适当扩大，扩展至沿岸海域。



8.2 风险调查

8.2.1 建设项目风险源调查

依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），结合本项目情况，对东方 13-3 区开发项目在建设阶段和生产阶段可能存在的环境事故风险进行分析。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），本项目存在物质或能量意外释放，并可能产生环境危害的源为风险源。本项目风险源包括新建平台、新建海底管道中的凝析油和天然气，见表 8.2-1 和表 8.2-2。本项目依托的其他四条海底管道在投产后均未超过设计参数，相应的环境风险不增加，故不在本项目风险源调查中列出。

表 8.2-1 环境风险源汇总表（平台）

风险源	环境风险源名称	危险物质名称	最大在线量（t）
新建平台	DF13-3 WHPG	凝析油	***
		天然气	***

表 8.2-2 环境风险源汇总表（管道）

风险源	环境风险源名称	危险物质名称	最大在线量（t）	长度	管径
新建管道	DF13-3 WHPG 平台至 DF1-1 WHPF 平台海底混输管道	凝析油	***	***km	***
		天然气	***		
	DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道	凝析油	***	***km	***
		天然气	***		

8.2.2 环境敏感目标调查

本项目附近海域主要环境敏感目标为其他红线区、南海北部幼鱼繁育场保护区和产卵场。新建平台及 DF1-1 WHPF 平台位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，距其他红线区最近约 81km。附近海域主要环境敏感目标详见表 8.2-3。

表 8.2-3 主要环境敏感目标

类型	主要敏感目标名称	方位	与新建平台及 DF1-1 WHPF 平台最近距离（km）
生态红线区	其他红线区	E	81
	南海北部幼鱼繁育场保护区	E	72
产卵场	绯鲤类北部湾产卵场	/	位于其中
	红笛鲷北部湾产卵场	/	位于其中
	长尾大眼鲷北部湾产卵场	/	位于其中
	短尾大眼鲷北部湾产卵场	/	位于其中



8.2.3 环境风险潜势初判断

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），建设项目风险潜势划分为 I、II、III、IV/IV+级。根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度，结合事故情形下环境影响途径，对建设项目潜在环境危害程度进行概化分析，按照

表 8.2-4 表 8.2-4 确定本项目的环境风险潜势。

表 8.2-4 建设项目环境风险潜势划分

环境敏感程度（E）	危险物质及工艺系统危险性（P）			
	极高危害（P1）	高度危害（P2）	中度危害（P3）	轻度危害（P4）
环境高度敏感区（E1）	IV+	IV	III	III
环境中度敏感区（E2）	IV	III	III	II
环境低度敏感区（E3）	III	III	II	I

8.2.4 危险物质及工艺系统危险性分级确定

8.2.4.1 危险物质数量与临界量比值（Q）

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），计算所涉及的每种危险物质在厂界内的最大存在总量与其对应临界量的比值 Q。在不同厂区的同一种物质，按其在厂界内的最大存在总量计算。

当只涉及一种危险物质时，计算该物质的总量与其临界量比值，即为 Q；

当存在多种危险物质时，则按下式计算物质总量与其临界量比值（Q）：

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \dots + \frac{q_n}{Q_n}$$

式中： q_1, q_2, \dots, q_n —每种危险物质的最大存在总量，t；

Q_1, Q_2, \dots, Q_n —每种危险物质的临界量，t。

当 $Q < 1$ 时，该项目环境风险潜势为 I。

当 $Q \geq 1$ 时，将 Q 值划分为：（1） $1 \leq Q < 10$ ；（2） $10 \leq Q < 100$ ；（3） $Q \geq 100$ 。

表 8.2-5 新建设施危险源识别结果

新建设施	物质	最大在线量（t）	临界量（t）	q_i/Q_i	识别结果
DF13-3WHPG	凝析油	***	2500	***	是
	天然气	***	10	***	
DF13-3WHPG 平台至 DF1-1WHPF 平台海底混输管道	凝析油	***	2500	***	
	天然气	***	10	***	
DF1-1WHPF 平台至 DF13-2CEPB	凝析油	***	2500	***	



新建设施	物质	最大在线量 (t)	临界量 (t)	q_i/Q_i	识别结果
平台海底混输管道	天然气	***	10	***	
合计 $1 \leq Q = 6.003 < 10$					

8.2.4.2 行业及生产工艺 (M)

分析项目所属行业及生产工艺特点,按照表 8.2-6 评估生产工艺情况。具有多套工艺单元项目,对每套生产工艺分别评分并求和。将 M 划分为 (1) $M > 20$; (2) $10 < M \leq 20$; (3) $5 < M \leq 10$; (4) $M = 5$, 分别以 M1、M2、M3 和 M4 表示。东方 13-3 区开发项目风险工艺识别见表 8.2-7。

表 8.2-6 行业及生产工艺

行业	评估依据	分值
石化、化工、医药、轻工、化纤、有色冶炼等	涉及光气及光气化工艺、电解工艺(氯碱)、氯化工艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解(裂化)工艺、氟化工艺、加氢工艺、重氮化工艺、氧化工艺、过氧化工艺、胺基化工艺、磺化工艺、聚合工艺、烷基化工艺、新型煤化工工艺、电石生产工艺、偶氮化工艺	10/套
	无机酸制酸工艺、焦化工艺	5/套
	其他高温或高压,且涉及危险物质的工艺过程 a、危险物质贮存罐区	5/套(罐区)
管道、港口/码头等	涉及危险物质管道运输项目、港口/码头等	10
石油天然气	石油、天然气、页岩气开采(含净化),气库(不含加气站的气库),油库(不含加气站的油库)、油气管线 b(不含城镇燃气管线)	10
其他	涉及危险物质使用、贮存的项目	5

a 高温指工艺温度 $\geq 300^\circ\text{C}$, 高压指压力容器的设计压力 (P) $\geq 10.0\text{ MPa}$;

b 长输管道运输项目应按站场、管线分段进行评价。

表 8.2-7 东方 13-3 区开发项目风险生产工艺识别

行业	生产工艺	行业	M 值	M 划分
石油天然气	石油、天然气开采,油气管线	石油天然气	10	M3

8.2.4.3 危险物质及工艺系统危险性 (P) 分级

根据危险物质数量与临界量 (Q) 和行业及生产工艺 (M),按照表 8.2-8 确定物质及工艺系统危险性等级 (P), 分别以 P1、P2、P3、P4 表示。

表 8.2-8 危险物质及工艺系统危险性等级判断 (P)

危险物质数量与临界量比值 (Q)	行业及生产工艺 (P)			
	M1	M2	M3	M4
$Q \geq 100$	P1	P1	P2	P3
$10 \leq Q < 100$	P1	P2	P3	P4
$1 \leq Q < 10$	P2	P3	P4	P4

本项目危险物质与临界量比值划分为 $1 \leq Q < 10$, 生产工艺识别为 M3, 因此

危险物质及工艺系统危险性等级判断为 P4。

8.2.5 环境敏感程度的分级确定

依据事故情况下危险物质泄漏到水体的排放点受纳地表水体功能敏感性与下游环境敏感目标情况，共分为三种类型，E1 为环境高度敏感区，E2 为环境中度敏感区，E3 为环境低度敏感区，分级原则见表 8.2-9。其中地表水功能敏感性分区和环境敏感目标分级分别见表 8.2-10 和表 8.2-11。

东方 13-3 区开发项目新建平台临近海南省外海农渔业区，地表水功能分区应为 F2，环境敏感目标分级为 S1。根据表 8.2-9 确定本项目位于环境高度敏感区 E1。

表 8.2-9 地表水环境敏感程度分级

地表水环境敏感程度分级 (S)	地表水功能敏感性分区 (F)		
	F1	F2	F3
S1	E1	E1	E2
S2	E1	E2	E2
S3	E1	E2	E3

表 8.2-10 地表水功能敏感性分区

敏感性	评估依据
敏感性 F1	排放点进入地表水水域环境功能为Ⅱ类及以上，或海水水质分类第一类；或以发生事故时，危险物质泄漏到水体的排放点算起，排放进入受纳河流最大流速时，24h 流经范围内涉跨国界的。
敏感性 F2	排放点进入地表水水域环境功能为Ⅲ类，或海水水质分类第二类；或以发生事故时，危险物质泄漏到水体的排放点算起，排放进入受纳河流最大流速时，24 h 流经范围内涉跨省界的。
敏感性 F3	上述地区之外的其他地区。

表 8.2-11 环境敏感目标分级

分级	评估依据
S1	发生事故时，危险物质泄漏到内陆水体的排放点下游（顺水流向）10 km 范围内、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内，有如下一类或多类环境风险受体：集中式地表水饮用水水源保护区（包括一级保护区、二级保护区及准保护区）；农村及分散式饮用水水源保护区；自然保护区；重要湿地；珍稀濒危野生动植物天然集中分布区；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道；世界文化和自然遗产地；红树林、珊瑚礁等滨海湿地生态系统；珍稀、濒危海洋生物的天然集中分布区；海洋特别保护区；海上自然保护区；盐场保护区；海水浴场；海洋自然历史遗迹；风景名胜區；或其他特殊重要保护区域。
S2	发生事故时，危险物质泄漏到内陆水体的排放点下游（顺水流向）10 km 范围内、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内，有如下一类或多类环境风险受体的：水产养殖区；天然渔场；森林公园；地质公园；海滨风景游览区；具有



分级	评估依据
	重要经济价值的海洋生物生存区域。
S3	排放点下游（顺水流向）10km 范围、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内无上述类型 1 和类型 2 包括的敏感保护目标。

8.2.6 本项目环境风险潜势初判

根据表 8.2-4，本项目危险物质及工艺系统危险性等级为 P4，位于环境高度敏感区 E1，环境风险潜势应为 III 级。

8.2.7 评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），环境风险评价级别划分为一级、二级、三级。根据建设项目涉及的物质及工艺系统危险性和所在地的环境敏感性确定环境风险潜势，据此确定环境风险分析评价工作等级。

表 8.2-12 环境风险分析评价工作等级划分

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析

根据上述分析可知，本项目风险潜势为 III，环境风险评价工作等级为二级。

8.3 风险识别

8.3.1 物质风险识别

本项目建设及生产过程中所涉及的危险物质主要为凝析油、天然气和储罐燃料油，其理化性质及危险特性见表 8.3-1~表 8.3-3。

表 8.3-1 凝析油理化及危险性质

标识	中文名：凝析油		英文名：Condensate Oil	
	危规号：32003	UN 编号：1267	CAS 号：8030-30-6	
理化特性	外观与性状：透明、黄色至棕色油状液体		溶解性：不溶于水，溶于多数有机溶剂	
	20℃密度：826kg/m ³			
	沸点（℃）：120-200℃		禁忌物：强氧化剂	
	稳定性：稳定		聚合危害：不聚合	
危险特性	危险性类别：第 3.2 类中闪点易燃液体		引燃温度（℃）：350	
	闪点（℃）：44		燃烧（分解）产物：CO、CO ₂	
	爆炸下限（v%）：1.1		爆炸上限（v %）：8.7	
	危险特性：其蒸汽与空气形成爆炸性混合物，遇明火、高热或极易燃烧爆炸，与氧化剂能发生强烈反应，若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。			
	灭火方法：泡沫、干粉、二氧化碳、砂土			
毒理性质	LD ₅₀ ：500-5000mg/kg（哺乳动物吸入）		毒性判别：低毒类	
健康危害	侵入途径：吸入、食入、皮肤吸收			
	健康危害：其蒸汽可引起眼及上呼吸道刺激症状，如浓度过高，几分钟即可引起呼吸困			



标识	中文名：凝析油		英文名：Condensate Oil	
	危规号：32003	UN 编号：1267		CAS 号：8030-30-6
急救	难、紫绀等缺氧症状。			
	急性中毒：--			
	皮肤接触：脱去污染的衣着，用肥皂水及清水彻底冲洗			
	眼睛接触：立即提起眼睑，用流动清水冲洗			
	吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处，注意保暖，呼吸困难时给输氧。呼吸停止时，立即进行人工呼吸，就医。			
	食入：误服者给充分漱口、饮水，就医			

表 8.3-2 天然气理化及危险性质

标识	中文名：天然气		英文名：Natural Gas	
	危规号：21007	UN 编号：1971	CAS 号：74-82-8	
理化特性	外观与性状：无色无臭易燃易爆气体		溶解性：微溶于水，溶于乙醇、乙醚	
	熔点（℃）：-182		沸点（℃）：-161.49	
	相对密度：（水=1）0.45（液化）		相对密度：（空气=1）0.59	
	饱和蒸气压（kPa）53.32（-168.8℃）		禁忌物：强氧化机、卤素	
	临界压力（MPa）:4.59		临界温度（℃：）-82.3	
	稳定性：稳定		聚合危害：不聚合	
危险特性	危险性类别：第 2.1 类易燃气体		燃烧性：易燃	
	引燃温度（℃）：482~632		闪点（℃）：-188	
	爆炸下限（v%）：5.0		爆炸上限（%）：15.0	
	最小点火能（MJ）：0.28		最大爆炸压力（kPa）：680	
	燃烧热（MJ/mol）:889.5		火灾危险类别：甲 B	
	燃烧（分解）产物：CO、CO ₂ 、水			
	危险特性：与空气混合能形成爆炸性混合物、遇火星、高热有燃烧爆炸危险			
	灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭正在燃烧的气体。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。			
	灭火剂：泡沫、二氧化碳、雾状水、干粉。			
	毒理性质	工作场所最高容许浓度 MAC：300（mg/m ³ ）		
毒性判别：微毒类，多为窒息损害。毒性危害分级 IV 类				
健康危害	侵入途径：吸入			
	健康危害：当空气中浓度过高时，使空气中氧气含量明显降低，使人窒息。皮肤接触液化甲烷可致冻伤。			
	急性中毒：当空气中浓度达到 20~30%时，可引起头痛、头晕、乏力、注意力不集中、呼吸和心跳加快，若不及时逃离，可致窒息死亡。			
急救	吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医。			
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至安全处，并立即隔离，严格限制出入。切断火源，戴自给式呼吸器，穿一般消防防护服。合理通风，禁止泄漏物进入受限制的空间（如下水道），以避免发生爆炸。切断气源，喷洒雾状水稀释，抽排（室内）或强力通风（室外）。如有可能，将残余气或漏出气用排风机送至空旷地方，或装设适当喷头烧掉。也可将漏气的容器移至空旷处，注意通风。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。			
储运	储运于阴凉、通风仓间内。仓温不宜超过 30℃。原理或中、热源。防止阳光直射。应与央企、压缩空气、卤素（氟、氯、溴）等分开存放。切忌混储混运。储存间内的照明、			



标识	中文名：天然气		英文名：Natural Gas	
	危规号：21007	UN 编号：1971	CAS 号：74-82-8	
通风等设施应采用防爆型。开关设在仓外。配备相应品种和数量的消防器材。罐储时要有防火防爆技术措施。露天储罐夏天要有降温措施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。运输按规定路线行驶。勿在居民区和人口稠密区停留。				

表 8.3-3 燃料油理化及危险性质

标识	中文名：燃料油	英文名：Fuel Oil
	UN 编号：1202	CAS 号：68334-30-5
理化特性	外观与性状：稍有粘性的棕色液体	溶解性：难溶于水，易溶于醇和其他有机溶剂
	熔点（℃）：-18	沸点（℃）：180-370
	相对密度：（水=1）0.810-0.855	饱和蒸气压（kPa）37.1（20℃）
	禁忌物：强氧化剂	聚合危害：不聚合
危险特性	危险性类别：可燃液体	燃烧性：易燃
	引燃温度（℃）：257	闪点（℃）：55
	爆炸下限（v%）：0.6	爆炸上限（%）：6.5
	燃烧（分解）产物：氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳等	
	危险特性：遇明火、高热能引起燃烧爆炸，与氧化剂能发生强烈反应。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。其蒸气与空气形成爆炸性混合物。	
	灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭正在燃烧的气体。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。	
	灭火剂：泡沫、二氧化碳、雾状水、干粉、砂土等。	
毒理性质	工作场所最高容许浓度 MAC：300（mg/m ³ ）	
	毒性判别：低毒性	
健康危害	侵入途径：吸入、食入、皮肤吸收	
	健康危害：皮肤接触柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮；吸入可引起吸入性肺炎；柴油废气可引起眼、鼻刺激症状，头晕及头痛。	
	急性中毒：吸入高浓度柴油蒸气，常先有兴奋，后转入抑制，表现为乏力、头痛、酩酊感、神志恍惚、肌肉震颤、共济运动失调；严重者出现定向力障碍、意识模糊等；蒸气可引起眼及呼吸道自己症状，重者出现化学性肺炎。吸入液态柴油可引起吸入性肺炎，严重时可发生肺水肿。摄入引起口腔、咽喉和胃肠道刺激症状，可出现与吸入中毒相同的中枢神经系统症状。	
急救	皮肤接触：立即脱去被污染衣物，用肥皂和流动清水冲洗，如出现刺激症状，就医。	
	眼睛接触：立即用流动水或生理盐水冲洗，就医。	
	吸入：迅速撤离现场至空气清新处，保持呼吸道顺畅，如呼吸困难，给输氧，如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医。	
泄漏处理	食入：误服者可饮牛奶，尽快彻底洗胃，就医。	
	迅速撤离泄漏污染区人员至安全处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。在确保安全情况下堵漏。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏用砂石或其他不燃材料吸附或吸收。也可以在保证安全情况下，就地焚烧。大量泄漏应构筑围堤或挖坑收容，然后收集、转移、回收或无害处理后废弃。	
储运	储存于阴凉、通风仓间内。远离火种、热源。防治阳光直射。保持容器密封。应与氧化剂分开存放。桶装堆垛不可过大，应留墙距、顶距、柱距及必要的防火检查走道。罐储时要有防火防爆技术措施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。充装要控制流速，	



标识	中文名：燃料油	英文名：Fuel Oil
	UN 编号：1202	CAS 号：68334-30-5
	注意防止静电积聚。搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏。	

8.3.2 生产系统风险识别

针对本项目在建设阶段和生产阶段的工艺风险进行分析，包括：钻完井工艺和海底管道储运工艺，见

表 8.3-4。

表 8.3-4 生产工艺风险识别

阶段	生产工艺	环境风险性质
建设阶段	钻完井	油气泄漏
生产阶段	海底管道储运	

8.3.3 危险物质向环境转移的途径识别

危险物质包括凝析油、天然气和燃料油，向环境转移的途径主要通过水体污染（海水污染）。本项目建设阶段存在井喷事故风险，井流中的天然气将直接扩散至大气环境中。本项目在生产阶段存在容器泄漏风险及地质性溢油风险，在发生容器泄漏事故时，天然气将直接扩散至大气环境中；在发生地质性溢油事故时，天然气和凝析油将从地层泄漏至海水中，由于天然气溶解度较低，大部分泄漏的天然气将从海水扩散至大气环境中；在发生船舶碰撞事故时，燃料油有可能泄漏至海水中。具体分析见表 8.3-5。

表 8.3-5 危险物质向环境转移的途径识别

危险物质	危险物质特性	环境风险类型	环境影响的途径和影响方式
凝析油	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体（海水）
天然气	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体（海水）及大气环境
燃料油	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体（海水）

8.4 风险事故情形分析

8.4.1 风险事故情形设定

本项目在建设阶段、生产阶段可能存在的主要环境风险为油气泄漏事故，其中建设阶段的环境风险事故包括井喷、输油软管破裂和船舶碰撞；生产阶段的环境风险事故包括井喷、新建平台容器泄漏、新建平台火灾爆炸、海底混输管道与立管泄漏等。此外，地质性溢油风险和浅层气风险也作为本项目可能的风险事故进行识别。环境风险事故具体情形分析见表 8.4-1。

表 8.4-1 环境风险事故情形分析

阶段	油气泄漏事故原因	油气泄漏事故情形分析
建设阶段	井喷	在钻完井阶段，存在着发生井喷的可能性。当地层压力过高、且钻井泥浆比重失调以及防井喷措施不当时，将会有天然气和凝析油物质喷出，引发井喷，井喷时有大量烃类气体释放，聚集到爆炸浓度后遇明火将发生火灾、爆炸，对周围生态环境产生严重威胁。井喷发生后，一般都是由于井壁坍塌或者是地层压力下降而自然停止喷射。
	输油软管破裂	钻完井阶段，在供应船向受油设施输油时操作失误或输油软管破裂可能造成燃料油泄漏，由于输油作业有严格的操作规定，输油软管定期更换，同时输油软管较短，内部存油量很小，受油作业时供应船与受油设施均有人值班监视，一旦发生事故立即关系停输，因此不会造成大规模泄漏。
	施工期船舶碰撞	在建设阶段不同施工船舶及周围设施之间可能产生碰撞，从而可能导致施工船舶储油舱发生泄漏。
	地质性溢油及浅层气风险	由于气田的复杂性，存在破裂压力不确定的可能性，在现场实施的过程中，可能会钻遇异常压力地层，出现设计的表层套管下深无法满足钻遇高压异常地层的要求，引起钻井作业钻遇油层过程中所使用的钻井液密度或者井身结构可能不能满足钻井作业要求，出现压破上层套管鞋处薄弱地层情况。从而可能发生地质性溢油风险。 经资料分析，本项目海底至海底 500m 地层中未发现浅层气。从安全的角度，本项目提出了钻完井、工程方面的防范措施。地质性溢油及浅层气风险分析详见 8.5 节。
生产阶段	新建平台火灾、爆炸	生产阶段新建 DF13-3 WHPG 平台进行的油气水输送作业可能由于设备或人为误操作等原因引起油气泄漏，当泄漏物浓度聚集达到爆炸极限时遇到诸如静电起火、机械撞击起火或吸烟等明火便酿成火灾和爆炸，从而导致事故升级，可能造成凝析油泄漏入海。
	新建平台容器泄漏	在生产阶段平台储罐类容器由于阀失效、管件失效（三通管、弯头、法兰、螺栓、螺母、垫片等）、腐蚀、材料失效（管子、管件、容器破裂）、操作错误、仪表和控制失效等原因可能引发泄漏，泄漏后处理和收集不当，可能导致泄漏入海。
	海底管道泄漏	海底管道可能因穿孔、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。

8.4.2 风险事故概率分析

本项目事故概率以《国际油气生产商协会 OGP(International Association of Oil & Gas Producers)风险评估数据指南》（以下简称《风险评估数据指南》）为依据进行分析，中海石油（中国）有限公司是国际油气生产商协会的主要成员



之一。该指南整理了挪威科学工业研究基金会、挪威船级社等机构统计的海油工程事故数据。由于掌握的统计数据有限，要对所有的事故概率做定量分析是十分困难的，这里结合本项目特点，对部分事故做定量分析。

多个风险源的事故相互独立，按独立事件概率进行计算。设 A、B 事故发生概率分别为 $p(A) = a$ 、 $p(B) = b$ 且相互独立，当 a 、 b 均小于 1×10^{-2} 时，忽略 a 、 b 同时发生的概率 ab 对事故总发生概率 p 造成的误差小于 1%，此条件下可近似使用两独立事故发生概率之和计算事故总概率。

8.4.2.1 井喷

《风险评估数据指南》统计了美国墨西哥湾外大陆架、英国大陆架、挪威海域等海域发生的井喷事故，其中常规油井的井喷事故概率见表 8.4-2。

表 8.4-2 常规油井发生井喷的概率

作业阶段	事故概率	
	井喷	单位
钻井	4.8×10^{-5}	次/每钻一口井
生产	2.6×10^{-6}	次/(井·年)

本项目新建 DF13-3 WHPG 平台共钻 6 口生产井，预留 6 口井，在钻完井过程中发生井喷事故的概率为 5.8×10^{-4} 次，在生产过程中发生井喷事故的概率为 3.1×10^{-5} 次/年。

8.4.2.2 新建平台容器泄漏

《风险评估数据指南》统计的储罐事故概率和本项目新增储罐泄漏计算结果见表 8.4-3 和表 8.4-4。本项目新建平台储罐泄漏概率为 1.1×10^{-4} 。

表 8.4-3 容器泄漏概率统计

容器类别	事故类型	泄漏概率	单位
常压罐	固定顶罐破裂	3.0×10^{-6}	(次/罐·年)
带压罐	罐破裂	4.7×10^{-5}	

表 8.4-4 本项目新增储罐及泄漏概率统计

平台名称	储罐类别	数量	储罐泄漏概率 (次/a)
新建 DF13-3 WHPG 平台	常压罐	6	1.8×10^{-5}
	带压罐	2	9.4×10^{-5}

8.4.2.3 平台火灾、爆炸

S.Fjeld 和 T.Andersen 等人通过对北海油田的事故分析，给出了海上生产设施各区的火灾事故发生频率：



油气传输区	3×10^{-4} 次/a
油气处理区	4×10^{-3} 次/a
储油区	2×10^{-3} 次/a

本项目新建的 DF13-3 WHPG 平台不设油气处理设施。新建平台发生火灾事故的概率为 2.3×10^{-3} 次/a，由火灾引起溢油事故概率至少比火灾事故概率低一个数量级。

8.4.2.4 海底管道及立管泄漏

根据莫特麦克唐 (Mott McDonald) 公司报告《PARLOC: The update of Loss of containment Data 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 Norske Veritas, DNV) 的《Riser/Pipeline Leak Frequencies》对 PARLOC 报告进行了修正。具体泄漏概率见表 8.4-5。

本项目新建 1 条***的 DF13-3 WHPG 平台至 DF1-1 WHPF 平台海底混输管道和 1 条***的 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道，以平台周围 500m 范围内作为安全区，海管在两端平台侧各有一根钢制立管。由此估算本项目海管发生泄漏事故的概率，计算结果见表 8.4-6。可见，本项目新建海管发生事故的概率为 3.9×10^{-3} 次/a，立管事故引发溢油的概率为 3.6×10^{-3} 次/a。

表 8.4-5 海底管道及立管管道泄漏概率

管道	类别	泄漏概率	单位
海底管道 (开阔海域)	井流管道，以及输送未处理流体的小管道	5.0×10^{-4}	次/km·a
	输送处理后的油气，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
海底管道 (平台周围安全区内)	管径≤16 英寸	7.9×10^{-4}	次/年
	管径>16 英寸	1.9×10^{-4}	次/年
立管	钢管-管径≤16 英寸	9.1×10^{-4}	次/年
	钢管-管径>16 英寸	1.2×10^{-4}	次/年

表 8.4-6 本项目新建海底管道及立管管道泄漏概率

名称	材质	管长 (km)	管径 (in)	输送介质	海管泄漏 概率	立管泄漏 概率
DF13-3 WHPG 平台至 DF1-1 WHPF 平台海底混输管道	钢管	***	***	油、气、水	1.6×10^{-3}	1.8×10^{-3}
DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道	钢管	***	***	油、气、水	2.3×10^{-3}	1.8×10^{-3}



8.4.2.5 船舶碰撞事故

本项目施工期新建平台附近有拖轮、浮吊船、驳船、铺管船、铺缆船、供应船等。此外，在该海域航行的外来航船也有可能与作业船舶及现有平台设施发生碰撞。

本项目船舶碰撞产生严重损伤的概率为 5.0×10^{-6} 次/年；发生严重损伤不一定引起溢油事故，因此，船舶碰撞引发溢油事故的概率将更小。

海上施工作业要求在风平浪静的海况条件下进行，船舶大多数都是在停泊的情况下施工，基本不会因为船舶移动而发生碰撞。从 80 年代开始，海油在施工过程中，未发生过施工船舶碰撞溢油事故，因此，由于施工船舶碰撞发生的溢油事故几乎为零。

表 8.4-7 船舶碰撞事故概率统计

船舶类型	碰撞频率(次/装置·年)	亚洲地区分配系数	严重、重大损伤	碰撞概率
本气田区域船舶	8.8×10^{-5}	0.17	26%	3.9×10^{-6}
航船	2.5×10^{-5}	0.17	26%	1.1×10^{-6}

8.4.3 油气泄漏事故后果分析

8.4.3.1 建设阶段油气泄漏量

海上建设阶段的油气泄漏事故可能溢出的物质主要是井流（凝析油、天然气等）和燃料油。发生井喷事故时，油气的喷放量可能很大，但具体数量难以估计。对于燃料油泄漏事故，根据施工期钻井船的最大单仓储油量，可估算施工阶段的可能最大油气泄漏排放量见表 8.4-8。

表 8.4-8 钻井阶段可能溢油量

事故	排放物质	排放量 (m^3)
井喷	井流	难以估算
钻井平台储油罐破裂	燃料油	40
施工船舶储油舱破裂	燃料油	150
输油软管破裂或误操作	燃料油	5

8.4.3.2 生产阶段事故泄漏量

本项目生产阶段溢油事故的排放物质主要是凝析油。

当新建平台发生泄漏事故时，视事故发生的位置和严重程度，可采取相应级别的应急关断，将事故限制在较小范围内，一般不会导致大量凝析油入海。

当海底混输管道发生泄漏事故时，其应急关断系统将关断相应的输送系统，关断后管道内部分凝析油会缓慢泄出。这里考虑了管道的容积、油气比、应急



关断时间、海水压力和油水不容的特性，本项目考虑长约 15km 的管道，估算 80m^3 作为海管泄漏溢油量。上述的溢油量是本着保守原则在极端前提下给出的，实际上的溢油量的大小受断裂部位、裂口大小及应急反应措施的及时性和有效性的制约。

根据对本项目生产设施的分析，生产阶段可能发生的事故排放量见表 8.4-9。

表 8.4-9 生产阶段最大泄漏量

排放源	排放物	泄漏量
新建平台火灾失控	井流	难以估算
海管/立管破裂	井流	80m^3

8.4.3.3 环境风险与最具代表性事故

根据上述分析，本项目的风险事故类型为井喷事故、储罐泄漏事故、新建平台火灾事故、海底管道溢油事故、施工期船舶碰撞事故，其中海底管道溢油事故概率大于其他事故类型的发生概率。

本项目新建海管发生事故的概率为 3.9×10^{-3} 次/a，立管事故引发溢油的概率为 3.6×10^{-3} 次/a，海管/立管泄漏事故的泄漏量可达 80m^3 。综合上述分析，本项目海管/立管泄漏发生概率较大，且一旦发生造成的环境危害最为严重，因此确定海管/立管泄漏事故为最具代表性事故。

8.5 地质性溢油风险分析及防范措施

8.5.1 储层特征

东方 13-3 区气层主要分布在黄流组一段 II 气组，岩性以粉砂岩、泥质粉砂岩为主，自然伽马曲线表现为齿化钟形，呈现出明显的正韵律特征。 H_1 II 气组顶面在地震剖面上表现为波谷反射特征，平面上砂体呈现为北西-南东走向，沿砂体走向方向同相轴连续性较好。东方 13-3 区黄流组为大规模海侵背景下沉积的一套地层，在 H_1 II 气组沉积时期，东方 13-3 区为北西向物源的海底扇沉积，整体呈北西-南东展布，主要发育北西-南东向延伸的侵蚀-充填水道沉积。根据 DF13-1-14 井和 DF13-3-8 井的常规物性分析资料， H_1 II 气组气层孔隙度在 13.8%~21.9%之间，平均为 16.5%，气层表现为中孔、低渗的物性特征。

8.5.2 断层分析

东方 13-3 区位于东方 1-1 大型底辟背斜构造西北翼部，为单斜构造，受底辟上拱影响而整体呈西北低东南高的特征，工区范围内无断层发育，无通天断

层（图 8.5-1、图 8.5-2）。

保密内容，已删除。

图 8.5-1 H1II 气组顶面时间构造图

保密内容，已删除。

图 8.5-2 H1II 气组顶面深度构造图

过东方 13-3 区 6 口开发井 G1H~G6H 井的地震剖面揭示，各井均未钻遇断层，因此由钻遇断层引发溢油的风险极小。

保密内容，已删除。

图 8.5-3 过设计井地震剖面图

8.5.3 开发方式分析

利用天然能量衰竭式开采，共部署 6 口开发井，均为水平井。由于开采方式为衰竭式降压开发，开采方式为自喷开采，开发过程不涉及注水注气作业，且气田范围内没有直通海底的“通天”断层，评估分析该气田开发过程中发生溢油的风险极小。

8.5.4 地质性溢油风险防范措施

综上，东方 13-3 区开发项目 6 口设计井均未钻遇断层，且在该区探井的钻探过程中，未发生过地质性溢油事件，因此 6 口设计井钻完井过程中发生断层溢油风险较小。但在作业期间，还是应严格执行《海洋钻井井控规范》（Q / HS 2028-2016）的相关规定，做好井控预案，发生复杂情况时，严格按照标准进行施工作业，切实保证钻井安全。钻完井过程中的溢油风险控制措施包括：

- 设计表层套管固井全封至泥线，技术套管水泥浆上返至上层套管鞋内 100m。
- 在钻完井作业过程中备足钻井液材料，以备及时、妥善的处理可能遇到的溢流和井涌。
- 作业期间，严格执行 Q / HS2028-2016《海上钻井作业井控规范》的相关规定，做好井控预案，发生复杂情况时，严格按照标准进行施工作业，切实保证钻井安全。
- 按钻井设计要求对防喷器组、阻流管汇、立管管汇进行压力试验，确保

性能良好，满足作业要求。

- 起下钻作业严禁猛提猛放，防止抽吸和压力激动。
- 钻柱下端接近钻头位置应安装钻具止回阀，应安装钻具内防喷工具、溢流监测仪器仪表、气体监测仪、钻井液处理及灌注装置。
- 如遇溢流，采取硬关井，现场根据实际情况选择合理的压井方法。
- 固井作业要优化套管扶正器以居套管，确保水泥浆的密度和水泥环返高，保证固井质量，必要时进行固井质量检测。
- 做好套管防磨损，保护套管的完整性，以防后期生产泄漏。
- 现场应储备加重和堵漏材料、水泥及添加剂以及处理事故可能用到的封隔器、桥塞，钢丝绞车和油管打孔等工具。

8.5.5 小节

综上所述，通过地质条件、油藏工程、钻完井方案等方面的综合分析，东方 13-3 区开发项目地质条件及断层风险认识清楚、钻完井方案可行，并且该气田为衰竭开发，不需要注水保持地层能量，地质性溢油风险较小。在日常生产开发过程中严格按照设计和操作规范实施，并在实际工作中密切加强监测，本项目在生产过程中地质性溢油风险是可控的。

8.6 浅层气风险分析及防范措施

8.6.1 浅层气分布情况

8.6.1.1 埋深 500m 以浅的浅层气发育情况分析

东方 13-3 区滚动评价钻探了 3 口井，即 DF13-1-14、DF1-1-F8H、DF13-3-8 井（图 8.6-1）。本区海底以下 500m 深度范围内，无录、测井资料，三维地震资料显示，该深度段无振幅异常。

保密内容，已删除。

图 8.6-1 东方 13-3 区探/评价井连井地层对比

保密内容，已删除。

图 8.6-2 东方 13-3 区探/评价井过井地震剖面图（-500m 深度以内）

引用《东方 13-3 区开发工程场地勘察工程物探调查报告书》，根据调查资料的解释分析，调查期间在 DF13-3WHPG（1.0×1.0km）平台调查范围内海底至海底 500m 地层中未发现与浅层气相关的异常反射特征。

保密内容，已删除。

图 8.6-3 中地层剖面

8.6.1.2 埋深 500m 至目的层段的气层发育情况分析

海底 500m~1000m 深度范围，测、录井资料无明显浅气层响应，三维地震资料显示，发现两处局部强振幅异常（图 8.6-4），DF13-3-8 井附近发育振幅异常体（海拔深度-680m，厚度约 25m），DF1-1-F8H 井附近发育振幅异常体（海拔深度-842m，厚度约 25m）。海底以下 1000~1500 米内，DF13-3-8 井海拔深度-1288m 附近，DF13-1-14 井海拔-1315m 附近发育振幅异常，异常体厚度 20~50m 左右（图 8.6-5）。海底以下 1500m~H₁ II 气组（目的层），测、录井资料无明显浅层气响应，地震振幅无明显异常。

保密内容，已删除。

图 8.6-4 东方 13-3 区探/评价井过井地震剖面图（-500m~-1000m 深度范围）

保密内容，已删除。

图 8.6-5 东方 13-3 区探/评价井过井地震剖面图（-1000m~-1500m 深度范围）

8.6.2 浅层气风险防范及应对措施

根据地质油藏浅层气风险分析认识，东方 13-3 区开发项目 6 口设计井均未钻遇断层与浅层强振幅异常响应，浅层气风险较小。本项目采用的采气树压力级别为 10000psi，完全满足本气田的开发要求。各井表层钻进期间，按中海石油（中国）有限公司《钻完井健康安全环保管理体系》中“浅层气作业”和《海洋钻井手册》的有关规定执行，具体要求如下：

- 召开安全会，要求平台上的所有人员参加。在会上向平台所有人员阐明：即将进行的作业、作业的潜在风险、所有人员的应急岗位职责等。

- 作业前组织召开技术交底会，要求平台、泥浆、录井等相关人员参加，明确各岗位分工及岗位职责。司钻应明了地震资料中显示浅层气的深度。

- 检验可燃气体探头、警报系统，校准有关仪表及传感器。

- 选择在白天钻可疑浅层气井段。

- 至少有两条守护船值班。在钻疑似浅层气井段以前把不必要的人员预先撤离至其中一条拖轮上；另外一条拖轮要求有空甲板，有能力接纳在现场作业



的全体人员的快速撤离。守护船应安装气体检测器，并在钻井平台上流方向及上风方向 1 海里内巡航待命。

- 值班船应保持高度警觉，不得抛锚，做好应急准备（随时准备好接纳撤离人员），每半小时向平台船长汇报一次。

- 在钻遇砂体时控制机械钻速。

- 若钻遇浅层气，则可能存在非烃组分风险，按照《海洋石油作业硫化氢防护安全要求》做好防硫化氢准备。

- 水密门、窗应保持关闭状态。

- 实时监测海流、天气状况和风向。

- 派专人监视海面，发现异常气现象，立即报告钻井监督组。

- 做好随时弃船的准备、吊车、吊兰、救生衣、拖轮必须到位，救生艇处于准备下放的状态(解掉安全绳)。

- 检验园井甲板及钻台的消防系统。

- 执行动火、电焊许可审批制度。

- 试运转消防泵和应急发电机，确保运转良好。

- 检查钻井绞车、泥浆泵、海水泵、桩脚泵，确保运转良好。

- 全部非关键作业人员应在应急情况下到达自己的救生艇岗位，以应付突发险情。

- 在二开开钻前配制和储备压井重钻井液不少于 60m^3 ，除装有压井钻井液、高粘钻井液的池外，其余空池全部放满海水。

- 开钻前进行弃船、消防应急演练。

- 检查固井泵，随时保证能注水泥塞。

- 报务员不得离开报房，保持与基地应急中心的联系。

- 钻至可疑气层深度前，停止动火、电气焊作业。

- 钻井总监、高级队长、安全监督、值班队长、报务员、海事师、吊车司机、值班船要备好对讲机，统一通话频道，确保联系畅通。

二开作业期间，拖轮在上风上流方向加强巡航，保持通讯畅通；在可能的浅层气井段钻进时机机械钻速控制在 30m/h 以内；甲板加强巡视，园井甲板处、井口处安排专人加强海面监测；钻具组合安装浮阀。

如钻遇浅层气，立即撤离无关人员至拖轮，井筒处理程序：一旦发现钻遇

浅层气，应立即停钻循环观察，必要时注水泥塞封井，安装 21-1/4" 井口并接升高管连接至转喷器，建立闭路循环后再继续作业。

钻遇浅层气处理流程如图 8.6-6 所示。

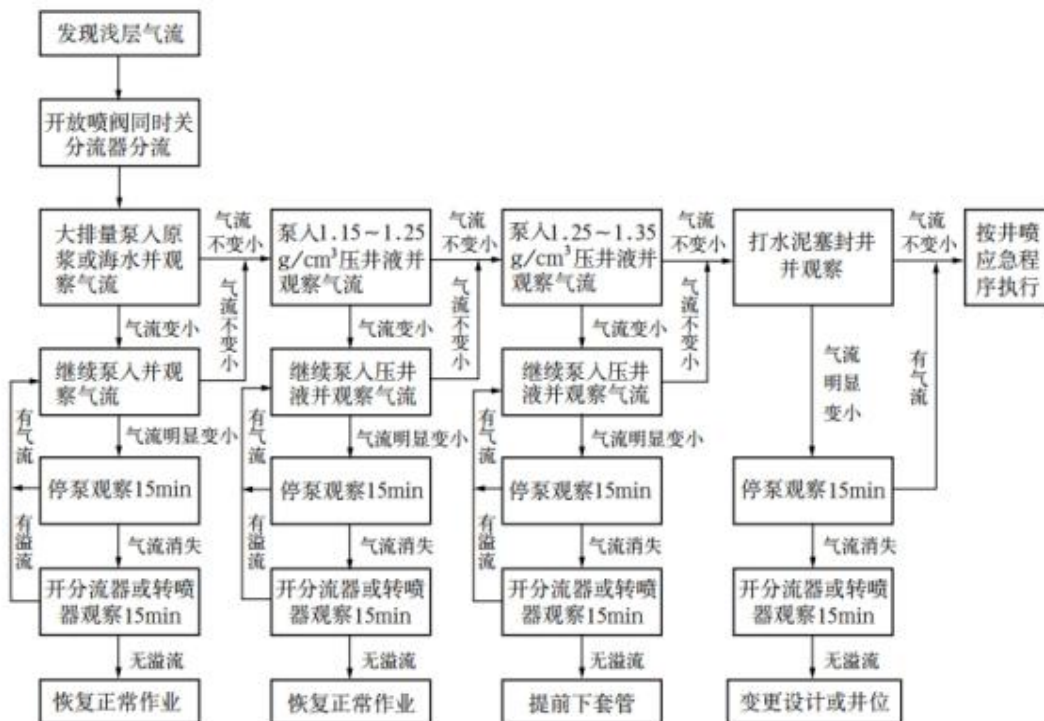


图 8.6-6 钻遇浅层气处理流程

8.6.3 小节

综上所述，在埋深 0-500m 范围内，以新建 DF13-3WHPG 平台为中心，在 $(1.0 \times 1.0 \text{ km})$ 调查范围内海底至海底 500m 地层中未发现与浅层气相关的异常反射特征。东方 13-3 区开发项目地质条件及浅层气分布认识清楚、钻完井方案可行，在日常生产开发过程中严格按照设计和操作规范实施，并在实际工作中密切加强监测，本项目在生产过程中浅层气风险是可控的。

8.7 溢油风险后果分析

海上一旦发生溢油事故，溢出油漂浮在海面，一方面在风和流作用下向一定方向运移，另一方面，油膜同时不断向四周扩展，使油膜面积增大。此外，油膜中的不同组分还将发生蒸发、乳化、溶解和被悬浮物吸附沉降及生物降解等复杂的物理、化学和生物过程。

本次溢油漂移数值预测主要考虑了凝析油在海面上的物理过程（平流、扩散过程）和蒸发、乳化过程，其它过程由于其参数化的复杂性未能计入。

8.7.1 油膜轨迹预测

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

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

其中 V_{rx} 、 V_{ry} 为网格点上表层流速的 x 、 y 方向分量,皆由环境动力学模型求出; V_{wind} 网格点上的风速, α 为风因子,计算时取 0.03; q_0 为风向, q 为油粒子受风影响的漂移偏角, q 的取值与风速的大小有关,公式为:

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

油粒子漂移轨迹计算公式为:

$$\bar{S} = \bar{S}_0 + \int_t^{t+\Delta t} V_l(x(t), y(t), t) dt$$

其中: S_0 为初始时刻, S 为油膜中心点所在位置, $V_l(x(t), y(t), t)$ 为拉格朗日追踪速度。

$$V_l = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

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

8.7.2 油膜扩展输移预测

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

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

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

溢油的漂移是平流过程、扩散过程、风共同作用的结果。

第 i 个粒子在 Δt 时段内的位移可表示为:

$$x_i = u_i \Delta t + r_x'$$

$$y_i = v_i \Delta t + r_y'$$

其中： r_x' 、 r_y' 为在 x 、 y 方向上的随机移动距离； u_i 、 v_i 为第 i 个粒子拉格朗日速度在 x 、 y 方向上的分量。

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

8.7.3 油的挥发与乳化

溢油在其输移和扩展过程中，也同时经历着各种化学和生物过程，这些过程直接导致油膜的理化性质的变化，使得溢油在海上的量不断减少。

8.7.3.1 溢油的挥发

油膜挥发过程受油性质、风及油组分控制。采用 Stiver 和 Mackay 提出的一个暴露模式来计算油的挥发：

$$F_v = \ln(1 + \theta \cdot \frac{VP_a}{RT^2} \cdot BT_G \cdot \exp(B(1 - T_0/T))) T / BT_G$$

式中： B —系数，取 10.3； T_G —挥发曲线梯度；

T —油表面温度，通常与大气温度相近，根据不同月份取不同值；

T_0 —初始时油挥发温度； P_a —大气压； V —油分子体积；

R —大气常数； q —挥发系数，取 $2.5 \times 10^{-3} U_w^{0.78}$ ； U_w —风速。

T_0 、 T_G 的数值常参考如下常数：

$$T_0 = 532.98 - 3.1295 \cdot API$$

$$T_G = 985.62 - 13.597 \cdot API$$

式中： API —15.5°C 时凝析油密度与 4°C 时水的密度的比值。

API 度与相对密度的相关关系式为：

$$API \text{ 度 } (15.5^\circ\text{C}) = (141.5 / \text{相对密度}) - 131.5$$

API 度越大，相对密度越小，密度大小与石油的化学组成、所含杂质数量有关。

8.7.3.2 油膜的乳化

乳化过程受风速、波浪、油的厚度、环境温度、油风化程度等因素的影响，一般用含水率来表示乳化程度（Mackay, 1990）。

$$\frac{dYW_i}{dt} = R_1 - R_2$$

$$R_1 = \frac{K_1}{\eta_0} (1 + U_w)^2 (YW_{\text{sat}} - YW_i)$$

$$R_2 = \frac{K_2}{A_{\text{sph}} \cdot W_{\text{Ax}} \cdot \eta_i} \cdot YW_i$$

式中： YW_i —第 i 个油粒子含水率； U_w —风速；

W_{Ax} —油的含蜡量； A_{sph} —油的沥青质量含量%；

η_0 —油的无水动力粘性系数； YW_{sat} —稳定含水量；

K_1 、 K_2 —常数，分别为 5.0×10^{-7} 和 1.2×10^{-5} ；

η_i —乳化后油的运动粘性系数，其计算式如下：

$$\eta_i = \eta^{\text{oil}} \exp \frac{2.5 y w_i}{1 - 0.654 y w_i}$$

式中： η^{oil} —乳化前油的运动粘性系数。

8.7.4 溢油量及溢出方式

根据第 8.4.3 节分析，本项目海底管道泄漏溢油事故为最具代表性事故。鉴于本项目新建 DF13-3 WHPG 平台物流通过新建 DF13-3 WHPG 平台至 DF1-1 WHPF 平台海底混输管道、新建 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道输往已建 DF13-2 CEPB 平台进行处理，一旦出现海管泄漏事故，对海洋环境产生的影响最严重。考虑到 DF1-1 WHPF 平台相较于新建 DF13-3 WHPG 而言，与敏感目标的相对位置更近，发生溢油事故时风险更高，且新建 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道较长，发生事故概率更大，因此本项目假定新建 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台的海底混输管道在 DF1-1 WHPF 平台（***，***）附近处发生溢油。

新建 DF1-1 WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道长***，管径***，总容积约 1490m^3 。根据本项目配产情况计算，该海底管道内滞液量最大值为 160m^3 ，综合考虑油水比后，凝析油最大在线量约为 80m^3 ，假定在发生溢油事故时该海底管道内物流全部溢出，则溢油量估计为 80m^3 。该海底混输管道输送的凝析油密度约 826kg/m^3 ，属轻质凝析油。同时，综合考虑应急关断及封堵时间，考虑溢油持续时间为 4h。油膜漂移预测时间为溢油后的 72h。

8.7.5 风场

根据第四章 工程区域环境概况风场资料及敏感目标分布情况。选择海域主



导风向和不利风向进行溢油模拟预测，风场数据见表 8.7-1。

表 8.7-1 工程海域风场

方向	NNE	SE	S	SW	WSW	W
	主导风向	不利风向				
平均风速(m/s)	***	***	***	***	***	***
最大风速(m/s)	***	***	***	***	***	***

8.7.6 预测结果

8.7.6.1 油膜漂移轨迹

图 8.7-1 为 DF1-1 WHPF 附近管道发生溢油后，主导风向和不利风向平均风情况下溢油油膜漂移轨迹图；图 8.7-2 为 DF1-1 WHPF 附近管道发生溢油后，主导风向和不利风向极值风情况下溢油油膜漂移轨迹图。

保密内容，已删除。

图 8.7-1 DF1-1 WHPF 附近海管溢油平均风速情况下油膜轨迹

保密内容，已删除。

图 8.7-2 DF1-1 WHPF 附近溢油极值风速情况下油膜轨迹

8.7.6.2 油膜抵岸时间及漂移平均速率

表 8.7-2 和表 8.7-3 分别给出了不同风向平均风速和极值风速作用下的油膜漂移距离、漂移的平均速度、扫海的面积等。

表 8.7-2 DF1-1 WHPF 附近管道溢油平均风条件下油膜漂移预测结果

	NNE	SE	S	SW	WSW	W
风速(m/s)	8.99	6.03	3.68	2.15	2.29	2.78
漂移距离(km)	81.1	61.7	71.0	73.8	75.6	78.2
平均速度(km/h)	1.13	0.86	0.99	1.03	1.05	1.09
扫海面积(km ²)	201.1	150.4	174.6	181.9	186.6	193.3
抵岸时间(h)	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸
首次抵岸前残余油量	--	--	--	--	--	--
残存油量<1%时间(h)	10	14	21	35	33	27

表 8.7-3 DF1-1 WHPF 附近管道溢油极值风条件下油膜漂移预测结果

	NNE	SE	S	SW	WSW	W
风速(m/s)	20.31	13.73	11.55	5.6	7.94	10.00
漂移距离(km)	156.8	99.6	94.6	90.9	110.9	123.1
平均速度(km/h)	2.18	1.38	1.31	1.26	1.54	1.71
扫海面积(km ²)	378.9	229.0	216.0	206.3	258.3	290.1



	NNE	SE	S	SW	WSW	W
抵岸时间(h)	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸
首次抵岸前残余油量	--	--	--	--	--	--
残存油量<1%时间(h)	6	8	9	15	11	9

8.7.6.3 溢油对环境敏感目标的影响

除了溢油抵岸对陆域和沿岸海域造成重大影响外，在溢油漂移的过程中还会对工程海域附近的若干环境敏感目标造成影响。表 8.7-4 给出了溢油点附近环境敏感目标的分布以及溢油抵达环境敏感目标的最短时间等。

DF1-1 WHPF 平台附近海域主要环境敏感目标为生态红线区、南海北部幼鱼繁育场保护区、产卵场等。由表 8.7-4 可以看出，DF1-1 WHPF 附近管道发生溢油事故时，油膜将即刻抵达绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场；在 WSW 风向极值风条件下最短 46h 可到达南海北部幼鱼繁育场保护区，在 WSW 风向极值风条件下最短 53h 可到达其他红线区。由于 DF1-1 WHPF 平台位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，无论何时溢油都会产生不利影响，因此，相关部门需做好防护应急工作，防止溢油事故的发生。

表 8.7-4 各环境敏感目标的分布及溢油抵达各环境敏感目标的时间

类型	主要敏感目标名称	方位	与 DF1-1 WHPF 最近距离 (km)	风向/风速 (m/s)	最短抵达时间 (h)
生态红线区	其他红线区	E	81	WSW/7.94	53
	南海北部幼鱼繁育场保护区	E	72	WSW/7.94	46
产卵场	绯鲤类北部湾产卵场	/	位于其中	/	即刻到达
	红笛鲷北部湾产卵场	/	位于其中	/	即刻到达
	长尾大眼鲷北部湾产卵场	/	位于其中	/	即刻到达
	短尾大眼鲷北部湾产卵场	/	位于其中	/	即刻到达

8.8 环境风险防范措施及应急处置措施

本项目在设计、施工、运营中严格落实法律法规和要求，建设单位制定了严格的各项操作和管理规程，采取了严格的防范措施，确保设施安全正常的运行。

8.8.1 环境风险管理目标

环境风险管理目标是采用最低合理可行原则管控环境风险。采取的环境风险防范措施应与社会经济技术发展水平相适应，运用科学的技术手段和管理方



法，对环境风险进行有效的预防、监控、响应。

防范油气泄漏发生的最有效途径就是从工程设计、施工安装以及生产管理上采取有效的防范措施，从源头上消除事故隐患，尽可能避免油气泄漏事故的发生。

尽管从工程设计、施工安装以及生产管理采取了全过程的油气泄漏防范措施，但是油气泄漏风险作为一种小概率事件仍然是存在的。建设单位将修订现有的《中海石油（中国）有限公司海南分公司东方作业公司所属生产设施溢油应急计划》，并将编制的应急计划于投产前报主管部门备案。总体而言油气泄漏风险概率较低，油气泄漏事故可防可控。

8.8.2 环境风险防范措施

针对本项目可能发生油气泄漏事故，并对附近海域生态红线区、产卵场等环境敏感目标可能造成的影响，本项目从设计阶段、建设阶段、生产阶段均提出了具体的风险事故防范措施。

8.8.2.1 设计阶段风险防范措施

严格按照设计标准进行精心设计，正确应用设计规范和建造安装规范是工程各系统结构强度、稳性和抗疲劳程度的基本保证。为此，本项目的設計将严格执行国家有关法规、规范和标准以及遵循国际通用规范和标准，实施这些规范和标准可以保证工程设计、建造和安装质量，是确保安全生产的关键。

海底管道和立管的设计，将以国际上认可的规范和标准为依据，选用大于设计寿命的环境条件重现期。海底管道和立管的外防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，并留有一定的腐蚀裕量，进一步阻止海管腐蚀。作为应急措施，设置有应急安全阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。

8.8.2.2 建设及生产阶段防范措施

a. 井喷事故防范措施

为防止井喷事故的发生，作业者应在施工阶段采取如下措施：

- 严格实施钻井作业规程；
- 在钻台、钻井液池和钻井液工艺室等场所设置通风系统和烃类气体探测器，自动探测可能聚集的烃类气体；
- 井口控制安全屏蔽由机械或液压控制的监测装置组成，用来控制井喷；
- 选择优质封隔器并及时更换损坏元件；

- 在开钻之前制定周密的钻井计划；
- 配备安全有效的防喷设备和良好的压井材料及井控设备；
- 对关键岗位的操作人员进行专业技术培训，坚持持证上岗，建立健全井控管理系统；
- 加强生产时的观测，及时发现先兆，按正确的关井程序实行有效控制，并及时组织压井作业；
- 整个钻井过程中均采用随钻测井（LWD）工具测井，实时监测井下储层特性和压力的变化；
- 设置二氧化碳灭火系统；关键场所设手提灭火器；
- 制定严密的溢油应急计划，一旦发生井喷便采取相应的应急措施；
- 保证钻井、钻井液处理和压井等设备的良好运转；
- 配备反应灵敏的灭火系统；
- 配置守护船值班。

b. 输油软管破裂事故防范措施

对于钻完井阶段可能发生的供应船向受油设施输油时的输油软管破裂事故，输油作业者需严格按照已有的输油作业操作规定进行输油操作，并定期检测、更换输油软管；同时，在进行输油作业时供应船及受油设施均应设专人值班监视，一旦发生漏油事故立即关泵停输，最大限度防范输油软管破裂事故的发生。

c. 海底管道事故防范措施

作业者将严格按照设计要求进行施工，管道铺设完成，要进行扫线、清管和试压。

- 作业者将制定相应的管道保护和检测程序，由值班船对管道沿途进行巡视，驱散在安全区范围内作业的渔船，对海底管道进行定期全面检测，每五年开展一次内检和外勘，确保海底管道的安全性。
- 定期对海底管道进行清管作业，不定期对海管进行巡线。

d. 新建平台容器泄漏/火灾、爆炸事故防范措施

为确保生产阶段的安全生产，在设计中已针对新建 DF13-3 WHPG 平台生产设施采取了充分的安全防护措施；精心考虑了各部分的合理布置，对危险区采用了防火、防爆设计，并采取了有效的隔离措施来降低危险程度。

新建 DF13-3 WHPG 平台上的主要设备、生产装置和单元均设置了相应的压



力、液位和温度报警系统与安全泄压保护装置及应急关断系统。

在平台容器附近装备了火焰和气体探测器，以监测工艺流程中的火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。

e. 船舶碰撞事故防范措施

本项目在建设阶段所涉及的施工船舶将按《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》的要求提交相应申请报告、安全技术资料及资质证明，办理中华人民共和国水上水下施工作业许可证，并遵守以下规定：

- 按照海事管理机构批准的作业内容、核定的水域范围和使用核准的船舶进行作业，不得妨碍其他船舶的正常航行；
- 及时向海事管理机构通报施工进度及计划，并保持工程水域良好的通航环境；
- 使船舶、浮动设施保持在适于安全航行、停泊或者从事有关活动的状态；
- 实施施工作业或者活动的船舶、设施应当按照有关规定在明显处昼夜显示规定的号灯号型。在现场作业船舶或者警戒船上配备有效的通信设备，施工作业或者活动期间指派专人警戒，并在指定的频道上守听；
- 遵守有关水上交通安全和防治污染的相关规定，不得有超载等违法行为。

在本项目海上施工前，应按照相关要求，申请发布航行警（通）告，提前告知航行路径。船舶在施工和运输作业中，应严格遵守相关的安全作业方案，与往来船只保持安全距离。

本项目建设阶段所涉及的船舶应根据《防治船舶污染海洋环境管理条例》要求，在发生污染事故情况下，应当立即启动相应的应急预案，采取措施控制和消除污染，并就近向有关海事管理机构报告。如发现船舶及其有关作业活动可能对海洋环境造成污染，船舶、码头、装卸站应当立即采取相应的应急处置措施，并就近向有关海事管理机构报告。

作业者将制定相应的保护和监测程序，由值班船对新建平台周围进行巡视，驱散在安全区范围内作业的渔船，确保新建设施的安全性。

按照《海上固定平台安全规则》的要求，本项目新建平台上设置有助航标识灯、障碍灯、雾灯、平台标志牌等。

f. 其它防范措施

在设计、施工、运营中严格落实法律法规和要求，建设单位应制定严格的



操作和管理规程，采取严格的防范措施，确保设施安全正常的运行。

8.8.3 油气泄漏事故应急处置措施

本项目虽在设计、建造、施工、运行期间将采取各种预防措施，但仍有难以预料的内部或外部原因导致海上油气泄漏事故发生的可能性。这种发生概率很低，但却难以预料，仍然存在不可忽视的环境风险。因此必须在以预防为主的基础上，配备适当的应急设备，制定科学的应急计划并建立严格的应急程序，并充分利用现有的应急处理能力和措施，尽最大能力降低海上溢油的环境危害程度。

8.8.3.1 制定溢油应急预案

本项目溢油应急预案依托建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司已编制的《中海石油（中国）有限公司海南分公司东方作业公司所属生产设施溢油应急计划（2022 年版）》，该溢油应急计划已于 2022 年登记备案。本项目投产后将纳入《中海石油（中国）有限公司海南分公司东方作业公司所属生产设施溢油应急计划》统一管理，并将修改后的应急预案于投产前报相关主管部门备案。

已批复的溢油应急计划的主要内容包括：作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等。

海南分公司应急组织机构和溢油应急联络流程见图 8.8-1 和图 8.8-2，以最新备案的应急计划为准。

参加施工作业的施工船舶需参照《防治船舶污染海洋环境管理条例》和质量健康安全环境管理体系的相关要求向海南分公司提供其安全应急预案和溢油应急计划。船舶发生污染事故的应急预案应符合《防治船舶污染海洋环境管理条例》规定的相关要求。

发生溢油事故后，无论大小，均必须按照要求尽快向上逐级汇报，并在规定时间内向政府主管部门汇报，溢油事故报告程序见图 8.8-2。

在通知建设单位应急办公室之前完成以下应急反应程序：

- 确保事发地人员安全；
- 任何人看到溢油都必须在安全的前提下，马上采取措施切断溢油源，并向上级报告；
- 确保所有人员的安全。判断溢油是否有起火或爆炸的危险。如需要，关

闭电源并确保停止所有产生点火源的活动；

- 使用吸附剂和其它现有材料，在区域周围形成一个临时围栏以阻挡溢出的油扩散；
- 尽可能防止溢油入海。

报告并按照相应的应急程序中的内容采取恰当的溢油应急行动。

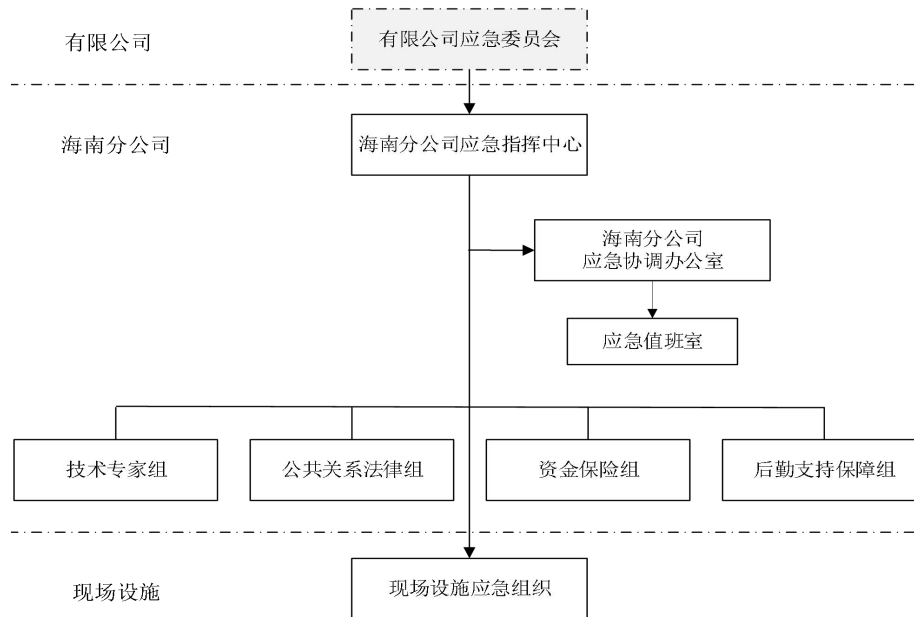


图 8.8-1 建设单位应急组织机构图

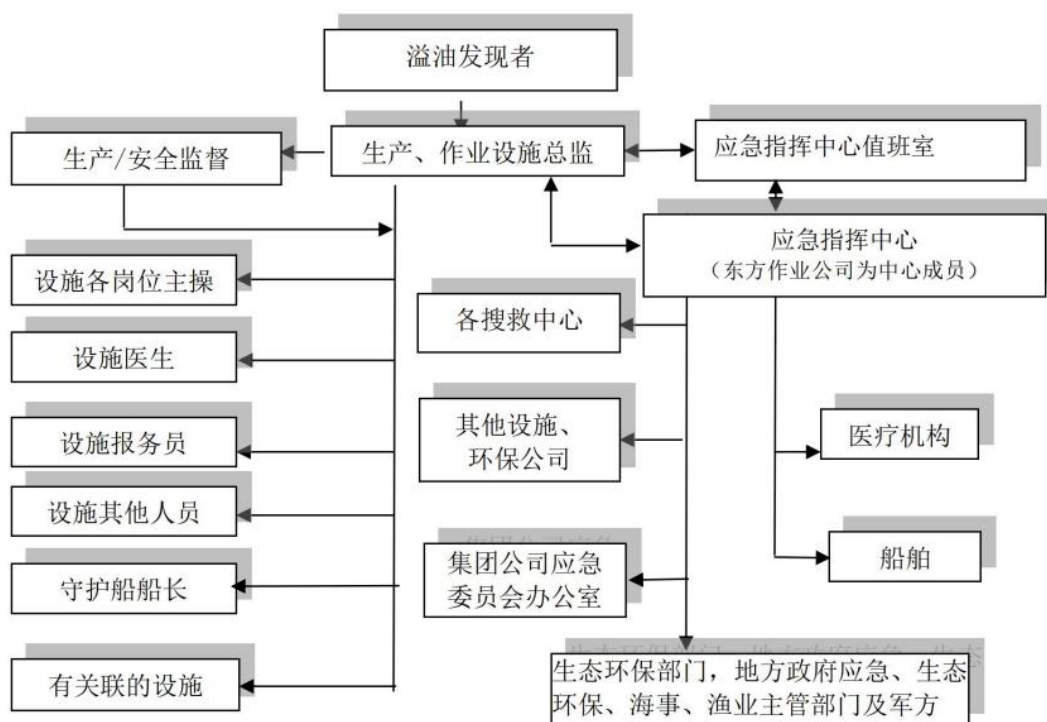


图 8.8-2 建设单位溢油应急联络流程图



8.8.3.2 建立分级响应机制

根据《关于印发海洋石油勘探开发溢油污染环境事件应急预案的通知》（环海洋函〔2022〕27号）的规定，海洋石油勘探开发溢油污染环境事件分为特别重大、重大、较大、一般四级。

（1）特别重大溢油污染环境事件

溢油量 1000 吨以上的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；或者溢油量 500 吨以上且可能污染敏感海域，或者可能造成重大国际影响、社会影响的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；

（2）重大溢油污染环境事件

溢油量 500 吨以上 1000 吨以下，但不会污染敏感海域，不会造成重大国际影响、社会影响的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；

（3）较大溢油污染环境事件

溢油量 100 吨以上 500 吨以下的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；

（4）一般溢油污染环境事件

溢油量 1 吨以上 100 吨以下的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件。

根据溢油事故的严重程度和发展态势，将应急响应设定为 I 级、II 级、III 级和 IV 级四个等级。溢油事故发生在敏感海域时，可适当调整响应级别。应急响应启动后，可根据事态发展调整响应级别，避免响应不足或响应过度。

发生特别重大、重大、较大、一般溢油事故后，将根据相关部委最新职能划分，由生态环境部相关主管部门分别启动 I 级、II 级、III 级、IV 级应急响应。发生溢油事故后，建设单位应及时启动气田溢油应急计划和分公司溢油应急计划，并由分公司应急中心报集团公司及国家相关主管部门，集团公司和国家相关主管部门及地方政府根据情况确定是否启动相应应急计划。

8.8.3.3 事故应急处理措施

a. 井喷事故应急措施

- 现场人员发现井涌险情立即报告生产设施现场负责人；
- 如果已经发生油气泄漏则通过广播报警，熄灭所有火源、禁止使用非防爆设备，停止所有可能产生火源的作业；
- 启动平台应急程序并向油/气田总监报告，操作人员进入应急状态；
- 关闭油气井安全装置（SSV、SSSV 和防喷器），确保所有作业人员安全，

到作业现场评估事故严重性，停止可能产生火源的活动，尽可能减少溢油入海，执行井控程序；

- 启动应急预案，向建设单位应急值班室汇报和作业公司总经理汇报，协调指挥所有应急活动，必要时停止生产活动；
- 守护船随时保持与钻井平台联系，注意观察平台上的情况；判断事故现场风向，赶赴事故现场上风处待命，做好撤离人员的准备工作。

当有迹象表明，井内压力有可能超过井控设备额定压力时或有可能失控时，应立即下令采取以下措施：

- 立即按照指令关闭生产流程；
- 广播通知所有人员事故情况；
- 通知守护船提供协助；
- 报告分公司应急指挥中心已采取行动和效果；
- 如井喷凝析油对海洋造成污染，其处理方案和汇报程序执行溢油应急计划；
- 事态发展到需要先撤离无关人员时，先撤离部分人员以减少不必要的损失；
- 若发生火灾、爆炸，在保证人员安全的前提下组织人员灭火；
- 若井喷失控无法控制，对人员生命造成极大威胁时，油/气田总监下达撤离平台的命令；
- 应急领导小组根据现场情况，在分公司应急协调办公室配合下，调动其他船舶、直升机使现场人员撤离。

b. 海底管道泄漏事故应急措施

- 发现生产流程参数异常变化，立即报告生产设施现场负责人；
- 启动应急预案，通过广播通告事故情况；
- 及时向分公司应急值班室和作业公司总经理汇报事故情况，必要时请求支援；
- 对生产流程进行全面检查，根据情况实施生产关断；
- 根据情况对破损海管进行泄压及海水置换的工艺处置；
- 通知守护船前往管道破损地点，勘察现场溢油情况；
- 启动气田溢油应急计划清理海面凝析油，调用环保船或者周围可依托平



台上的溢油应急设施，第一时间布放吸油拖缆、吸油毛毡等进行吸附回收，或根据溢油情况通知专业溢油处置公司协助清理海面溢油。

c. 新建平台火灾/爆炸事故应急措施

- 发现火灾或爆炸后立即拉响警报，同时用附近合适的消防设备灭火；
- 立即向中控或气田总监报告事件的位置、类型和程度；
- 现场应急消防队穿好消防救生设备，到达事故现场；
- 查清起火位置后，应立即组织全体人员根据不同火种，采取不同的灭火方式进行灭火；
- 如有伤员，抢救伤员到安全地带；
- 防止火灾蔓延，对周围设施设备采取有效地隔离、降温；
- 尽可能先使用水消防炮和泡沫消防炮进行灭火，对着火点周围进行灭火和冷却，以控制火灾；
- 通知守护船立即到现场附近待命或实施救助；
- 向分公司应急值班室汇报所有信息。

d. 船舶碰撞事故应急措施

- 当发生船舶碰撞平台的事故后，发现者应第一时间报告中控室、生产设施现场负责人，并提供碰撞船只/物体的种类、尺寸、形状、构造、位置、漂移速度、方向以及附近区域是否有其它船只等重要信息；
- 启动应急预案；通知守护船赶赴事故现场；通知分公司应急指挥中心，视事故情况决定是否请求外部支援；
- 对海上设施的风险做出评估，根据情况准备实施关断并且准备好消防器材、救生设备，采取行动保护人员、设施和环境；
- 获取碰撞船只的确切位置，利用适当的锚定船只/拖轮帮助失控船只或使其转向以避免海上设施；
- 根据失事船舶需求，组织相关人员参加失事船舶抢险救援工作。

8.8.4 溢油风险应急措施有效性分析

海上发生溢油事故时，根据实际情况和溢油事故现场的需要，按照预先制定的溢油应急计划，选择相应的设备应对溢油事故，保证溢油应急响应的快速高效，最大程度控制和减少溢油污染。正确合理的选择溢油应急资源对妥善处理溢油事故有着十分重要的作用。本项目附近溢油应急资源分布情况详见图



8.8-3。

保密内容，已删除。

图 8.8-3 溢油应急资源分布（与 DF1-1 WHPF 平台距离）

8.8.4.1 配置溢油应急资源

a. 本项目配备溢油应急资源

本项目将在新建 DF13-3 WHPG 平台配备溢油应急资源，见表 8.8-1。

表 8.8-1 DF13-3 WHPG 平台溢油应急资源

设备名称	数量	存放地点
溢油分散剂	2 桶	DF13-3 WHPG 平台
溢油分散剂喷洒装置	1 台	DF13-3 WHPG 平台
吸油毡	100kg	DF13-3 WHPG 平台
干木糠/抹布	50kg	DF13-3 WHPG 平台

b. 附近其他气田溢油应急资源

东方 13-3 区附近的溢油应急设备主要配备在东方 1-1 气田、东方 13-2 气田、东方终端、乐东 15-1 气田、乐东 22-1 气田、陵水 17-2 气田、崖城 13-1 气田和南山终端等处，其它气田现场配备有少量的溢油分散剂、吸油毡等溢油应急物资。附近其它气田配备的主要溢油应急设备清单如下。

表 8.8-2 东方 1-1 气田溢油应急资源

物资名称	型号/规格	数量	存放位置
溢油分散剂喷洒装置	PSC40	2 台	CEP/F 平台各 1 台
手动喷雾器	/	3 台	A/B/E 平台各 1 台
溢油分散剂	富肯 2 号 200kg/桶	10 桶	CEP/A/B/E/F 平台各 2 桶
吸油棉	SPC100 PADS 38cm×48cm 100 片/CAR	10 箱	CEP/A/B/E/F 平台各 2 箱
抹布	/	10 袋	CEP/A/B/E/F 平台各 2 袋

表 8.8-3 东方 13-2 气田溢油应急资源

物资名称	型号/规格	数量	存放位置
溢油分散剂喷洒装置	PSC40	1 台	CEPB 平台
手动喷雾器	/	1 台	A 平台
溢油分散剂	富肯-2 号(200L)	4 桶	CEPB/A 平台各 2 桶
吸油棉	SPC100 PADS 38cm×48cm 100 片/CAR	4 箱	CEPB/A 平台各 2 箱
抹布	/	4 袋	CEPB/A 平台各 2 袋



表 8.8-4 东方终端溢油应急资源

物资名称	型号/规格	数量	存放位置
吸油毡	羿科 YF1830	4 箱	132 消防泵房
吸油棉	羿科 YF1832	3 桶	132 消防泵房
木糠	/	4 桶	132 消防泵房
回收油桶	200L	3 个	132 消防泵房
气动泵及附件	666151-4EB-C	1 套	132 消防泵房
移动式消防炮及附件	T319036-1	1 套	132 消防泵房
塑料桶	/	6 个	132 消防泵房
铜铲	/	4 个	132 消防泵房
扫帚	/	13 把	132 消防泵房
拖把	/	2 把	132 消防泵房

表 8.8-5 乐东 15-1 气田溢油应急资源

物资名称	型号/规格	数量	存放位置
消油剂	富肯-2 号(200L)	4 桶	工作甲板
吸油毡	21 kg/箱	4 箱	工作甲板
抹布	/	100kg	工作甲板
木糠	/	200kg	工作甲板

表 8.8-6 乐东 22-1 气田溢油应急资源

物资名称	型号/规格	数量	存放位置
消油剂	富肯-2 号(200L)	4 桶	工作甲板
吸油毡	21kg/箱	4 箱	工作甲板
抹布	/	100kg	工作甲板
木糠	/	200kg	工作甲板

表 8.8-7 陵水 17-2 气田溢油应急资源

溢油应急物资	数量	存放地点
充气式橡胶围油栏	400 米	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内
防爆动力站	2 套	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内
吸气机	1 套	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内
集装箱	4 个	LS17-2 SEMI 平台主甲板柴油吊机北侧
撇油器	1 套	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内
喷洒装置	1 套	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内
手持喷枪	2 个	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内
储油囊	4 套	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内
吸油毛毡	2 箱	LS17-2 SEMI 平台生产甲板南侧 SCR 立管提升平台
消油剂	5 桶	LS17-2 SEMI 平台生产甲板南侧 SCR 立管提升平台



溢油应急物资	数量	存放地点
气动隔膜泵	2 台	LS17-2 SEMI 平台主甲板溢油装备集装箱内

表 8.8-8 崖城 13-1 气田、南山终端溢油应急资源

名称	型号	数量	存放地点
船载喷洒装置	/	1 套	海洋石油 606
喷雾器	16L	10 个	南山终端安全物料集装箱
围油栏	6"×12"(30 米/节)	420m	南山终端二级堆场/C4 集装箱
围油栏	12"×24"	600m	南山终端二级堆场/C5 集装箱
围油栏	38"	200m	
撇油器	CRUCIAL	1 台	
撇油器	Skim-Pak	1 台	南山终端 C28 防溢油集装箱
液压吸油泵	CRUCIAL	1 台	
撇油头	Skim-Pak	1 台	
撇油头	CRUCIAL	1 台	
吸油管	2"	2 条	
吸油管	2"	1 批	南山终端二级堆场/C1 集装箱
柴油机(Manual Start)	带驱动液压泵	1 台	南山终端配餐大棚
柴油机(Battery Start)	带驱动液压泵	1 台	
清刷泵	CURICAL	1 台	南山终端/C28 防溢油集装箱
布栏机 Boom Roller	BR-75*8HM	3 套	南山终端/配餐大棚/三级堆场
移动式储油箱(帆布式储油池) Fast Tank	Black & White	5 个	南山终端二级堆场, C1&C4 集装箱
吸油粉末	56.6 升/袋	200 袋	南山终端二级堆场, C1 集装箱
吸油垫纸	3M T-151 17"×19" 200 片/袋	30 袋	
沾油丝	12.5 米/条	80 条	南山终端二级堆场, C4 集装箱
吸油栏	2.9 米/条	250 条	
吸油栏	3M Petroleum	65 条	
吸油栏	3M POWERSORB	3 件	生产平台主甲板
溢油分散剂	富肯-2 号(200L)	6 桶	
溢油分散剂	富肯-2 号(200L)	6 桶	南山终端#2 化学品仓库
溢油分散剂	富肯-2 号(200L)	6 桶	海洋石油 606
防火型围油栏	总高度≥900mm, 最大抗波高 1.5 米, 最大抗风速 15m/s, 最大抗流速 2Kn。	200 米	南山终端/二级堆场

c. 船舶

建设单位在正常生产时一般租用 2~3 艘三用工作船进行守护, 租用的船舶具有一定的流动性, 不完全固定于某一气田, 在公司应急中心的调配下可以尽快赶到溢油位置进行支援。工作船具有救生、消防、防污染功能, 均配置了溢油应急工具箱等相关设备。



本项目如发生溢油事故，泄漏物为凝析油，其具有较高挥发性。参考 2018 年 1 月 6 日“桑吉”轮与香港籍散货船“长峰水晶”轮在长江口以东约 160 海里处发生碰撞导致 13.6 万吨凝析油入海及船舶失火事故的应急措施，以及事故后的现场水质监测结果和凝析油残存量调查结果，事故发生后相关主管部门组织清污船“德深号”、“深潜号”、“海巡 169”轮、“东雷 6”轮等开展了清污作业，以尽量减少油污泄漏对海域的污染。2018 年 1 月 28 日下午至 29 日上午，国家海洋局船舶在巴拿马籍“桑吉”号油轮沉没现场监视监测，未发现明显海面油膜。工作人员在沉船点周边海域共采集了 15 个站位的水样。监测结果显示：海水中石油类物质含量均低于 50mg/L，沉船海域海水水质符合国标第一类标准。同时，根据烟台溢油应急技术中心模拟，凝析油泄漏 5 小时后，海面残存油量低于 1%。

本项目如发生溢油事故，建设单位会立即启动溢油应急计划，调度区域内的溢油应急资源进行应急响应。一般情况下，溢油事故应急程序为报告溢油事故后立即切断溢油源→使用船舶或直升机追踪浮油→根据海况条件对油膜进行初步围控→申请使用消油剂并开展机械回收作业→收集储存回收的油污并按要求处理等。同时，本项目新建及依托平台均设置了完备的消防系统，主要设备、装置和单元均设置相应的压力、液位和温度报警系统与安全泄压保护装置及应急关断系统。在平台容器附近装备火焰和气体探测器，以监测火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。本项目新建及依托平台配备有溢油分散剂等应急物资，发生溢油事故后在向主管部门报备后可以通过喷洒溢油分散剂对溢油进行处理，可以减少溢油与水之间的界面张力，从而使油迅速乳化分散在水中，大幅降低溢油事故引发火灾的危险。

在不利情况下，当溢油量较大且向沿岸敏感目标飘移时，将使用作业船舶对油膜进行跟踪，并从周边终端、气田调集吸油毛毡、消油剂等物资，视现场条件对残余油膜进行吸附或加速挥发处理，必要时调集围油栏，并在海况和安全条件允许的情况下进行布设，限制油膜的扩散漂移范围。

综上所述，参考上述“桑吉”轮撞船事件的应急措施及现场水质监测结果，本项目及周边配备的应急资源和环保船可以满足溢油应急的需求。

8.8.4.2 应急响应时间分析

a. 本项目及周边可借用的溢油应急资源

本项目周边可借用的应急力量有东方 1-1 气田、东方 13-2 气田、东方终端、



乐东 15-1 气田、乐东 22-1 气田、陵水 17-2 气田、崖城 13-1 气田和南山终端等多个气田的溢油应急设备，周边气田溢油响应时间详见表 8.8-9。

表 8.8-9 本项目及周边气田溢油响应时间

设施名称	距离 DF1-1 WHPF (km)	动员时间 (h)	航行时间 (h)	到达溢油现场时间 (h)
东方 1-1 气田	--	1.5	--	1.5
东方 13-2 气田	15.7	1.5	0.7	2.2
东方终端	116.1	1.5	5.2	6.7
乐东 15-1 气田	138.2	1.5	6.2	7.7
乐东 22-1 气田	156.0	1.5	7.0	8.5
南山终端	166.7	1.5	7.5	9.0
崖城 13-1 气田	193.9	1.5	8.7	10.2
陵水 17-2 气田	351.0	1.5	15.8	17.3

注：上表所有计算均以直线航行距离为计算基础，船舶航行速度按 12 节（约 22.22km/h）。在实际中，海上受海况影响，船舶会以船舶的最大航速航行，确保溢油应急资源及相关环保专业人员能够在第一时间到达指定地点进行海面溢油的围控和回收等作业。

b. 应急响应时间符合性分析

根据环境风险预测结果，在 WSW 风向极值风条件下最短 46h 可到达南海北部幼鱼繁育场保护区，最短 53h 可到达其他红线区。根据上述分析，建设单位可协调溢油应急设备在海况允许和应急响应及时的情况下最短 1.5h 内即可到达不利风况下油膜位置，可以在油膜抵达该环境敏感目标前进行溢油应急作业。因此，在海况允许和应急响应及时的情况下，本项目可协调的溢油应急设备满足应急响应需要。

8.8.4.3 应急能力可行性分析

由于目前尚未发布海上气田的溢油应急能力评估方法，本项目主要根据海洋气田开发工程现场溢油应急情况进行溢油应急能力的估算。

a. 本项目溢油所需应急能力估算

(1) 围控与防控能力

海洋油气开发工程发生溢油事故后，通过布设围油栏等措施对水面溢油进行围控，以防止溢油扩散、辅助溢油回收和清除。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，当 U 形布放围油栏时，回收船舶始终处于 U 形的底部，利用撇油器对 U 形底部聚集的油膜进行回收。此时，围油栏长度与油膜体积存在如下关系：



$$L = \frac{\pi^3}{2} \sqrt{D_0^3 + \frac{24}{\pi} K(\rho_w - \rho_o) V_0 t \frac{\rho_o}{\rho_w}}$$

式中，

L ——拦截围控溢油所需围油栏长度，m；

D_0 ——油膜初始时刻的直径，m，此处计算忽略初始状态，取 0；

ρ_w 、 ρ_o ——水和凝析油的比重，本项目凝析油为 826kg/m³；

V_0 ——溢油量，m³；

K ——常数，取 7000/min；

π ——圆周率，无量纲；

t ——溢油发生之后的时间，min。

按 80m³ 进行计算围控溢油所需的围油栏长度，根据上式估算在发生溢油 12h 时所需要的围油栏长度约为 1180m。

(2) 机械回收能力

机械回收能力按下式进行：

$$E = V * b / (\alpha * h)$$

式中： E ——收油机回收速率，单位为立方米每小时（m³/h）；

V ——总溢油量，单位为方（m³）；

b ——机械回收量占总溢油量的比例，40%~60%，取 40%；

α ——回收油量占回收液体总量的比例（%），20%-80%，取 50%；

h ——回收工作时间，单位为小时（h），取 12h。

本项目溢油量 80m³，在 12h 内回收所需的机械回收能力为 5.4m³/h。

(3) 临时储存能力

一般情况下，临时储存能力应满足收油机工作 12h 回收的油水混合物储存需求，则本项目临时储存能力应至少为 64.8m³。

b. 应急能力符合性分析

根据响应时间分析，南山终端的溢油应急物资可以在 9.0h 内到达，陵水 17-2 气田的溢油应急物资可以在 17.3h 内到达。

围油栏：南山终端共 1420m，陵水 17-2 气田共 400m，围油栏合计 1820m。

机械回收能力：南山终端溢油回收能力为 20m³/h，陵水 17-2 气田溢油回收



能力为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，环保船溢油回收能力为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，机械回收能力共计 $230\text{m}^3/\text{h}$ 。

临时储油能力：南山终端临时储油能力为 100m^3 ，陵水 17-2 气田临时储油能力为 40m^3 ，环保船临时储油能力为 670m^3 ，临时储油能力共计 810m^3 。

本项目溢油应急能力符合分析见表 8.8-10。

表 8.8-10 本项目溢油应急能力符合性分析

本项目溢油规模	所需溢油应急能力		附近可借助气田 现有应急资源	是否满足本项目溢油 应急能力要求
80m^3	围油栏 (m)	1180	1820	满足
	机械回收能力 (m^3/h)	5.4	230	
	临时储存能力 (m^3)	64.8	810	

根据表 8.8-10，在海况允许和应急响应及时的情况下，本项目附近可借助溢油应急资源可以满足项目在合理时间内对可能发生的溢油规模 (80m^3) 做出适当的反应。

对一般及以上级别的溢油污染环境事件，可以就近调用外部溢油应急支援力量进行应急处理。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有限公司建立了密切的联系，当发生溢油污染环境事件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污染环境事件时，还可以通过集团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污染环境事件时的应急需要。

综上所述，本项目附近可借助溢油应急资源基本可以保证在合理的时间内对本项目发生的溢油量做出适当的反应，对于一般及以上级别的溢油污染环境事件，可以借助区域性溢油应急联合组织其他成员的设备进行应急处理，能够满足项目在建设阶段和生产阶段对溢油应急防范和处理的要求。

8.9 评价结论与建议

本次环境风险评价识别出来的环境风险类型包括井喷、新建平台火灾/爆炸、海底管道与立管泄漏和船舶碰撞泄漏等事故。本项目最大可信事故为海底管道/立管泄漏事故。选取了不利的溢油位置 DF1-1 WHPF 平台附近管道作为溢油点进行了模拟预测，溢油量最大为 80m^3 。根据预测结果分析，DF1-1 WHPF 附近管道发生溢油事故时，在 WSW 风向极值风条件下最短 46h 可到达南海北部幼鱼繁育场保护区，最短 53h 可到达其他红线区。由于 DF1-1 WHPF 位于绯鲤类



北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，无论何时溢油都会产生不利影响，因此，相关部门需做好防护应急工作，防止溢油事故的发生。

本项目从设计阶段采用国内外先进标准，在建设和生产阶段采取各类风险事故的防范性措施，通过这些措施使得发生油气泄漏事故的概率非常小；为了应对油气泄漏事故的发生，建设单位将修订现有溢油应急计划，并将本项目纳入其中统筹考虑，从组织机构、资源配备、处理程序等进行详细规定。根据应急响应时间分析，如果 DF1-1 WHPF 附近海底管道处发生溢油，建设单位可协调溢油应急设备在海况允许和应急响应及时的情况下最短 1.5h 内到达溢油现场进行溢油围控等作业。当发生超出自身控制能力的溢油污染环境事件时，还可以通过集团公司的统一指挥协同，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，借助外部溢油应急能力能够满足突发溢油污染环境事件时的应急需要。

鉴于本项目位于多个产卵场内，建设单位应按照法律法规要求采取切实有效措施，防范溢油风险事故，完善溢油应急预案，加强溢油应急能力建设，一旦发生溢油污染事故，应当立即启动相应的应急预案，采取有效措施控制和消除污染。

综合以上分析，东方 13-3 区开发项目发生油气泄漏的概率较低。本项目投产前将修订溢油应急计划并重新备案，新建平台配备了相应的溢油应急资源。因此，本项目油气泄漏环境风险可防、可控。



9. 清洁生产分析与总量控制

9.1 清洁生产分析

清洁生产从本质上来说,就是对生产过程与产品采取整体预防的环境策略,减少或者消除它们对人类及环境的可能危害,同时充分满足人类需要,使社会经济效益最大化的一种生产模式。清洁生产是实现经济和环境协调持续发展的一项重要措施,其目标就是增效、降耗、节能、减污,由单纯的末端治理向生产全过程贯彻,从而实现清洁生产的目的。东方 13-3 区开发项目在贯彻清洁生产原则的基础上,在设计上采用先进的工艺技术,在管理上制定明确的规章制度,在生产全过程中采取各种措施以确保清洁生产的严格执行。

本节将从各阶段采取的清洁生产措施以及根据清洁生产评价指标对本项目进行分析,并给出清洁生产结论和建议。

9.1.1 产品的清洁生产分析

东方 13-3 区开发项目建成投产后,主要产品为天然气。作为燃料,与煤相比,天然气是优质而洁净的能源,热值高,燃烧产生的有害物质少。天然气作为优质燃料,在燃烧过程中产生二氧化碳、水、少量氮氧化物等,对大气环境影响很小,属于清洁能源。天然气是一种优质能源,热值高,单位质量天然气热量高于单位质量煤、焦炭的发热量,与汽油、柴油的单位发热量相当。

根据天然气与煤燃烧的污染物产生量对比见表 9.1-1,用天然气代替燃煤作为燃料,可明显减少二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳等污染物的排放,采用天然气作为煤炭等替代燃料可有效减少酸雨形成和温室效应。因此,天然气的清洁性远高于煤。在一次能源消费煤炭约占 60% 的中国,发展天然气和原油等洁净能源对改善一次能源消费结构和大气污染物减排具有重要意义。

表 9.1-1 天然气和煤燃烧的排污量对比(按单位热值计)*

燃烧产物	天然气	煤
灰分	1	148
SO ₂	1	700
NO ₂	1	10
CO	1	29
CO ₂	3	5

注:*表中资料引自《四川石油经济》2000 年第一期中“天然气利用之环境效益初探”。

9.1.2 建设阶段采取的清洁生产措施

本项目钻井作业优先采用水基钻井液,通过批钻和循环使用减少钻井液的



使用量和排放量，从而降低钻井液排放对海水水质、海底沉积物及海洋生态的影响。排放的水基钻井液、钻屑需符合《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》（GB18420.1-2009）中二级标准及《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准的要求；不达标的水基钻井液和钻屑以及合成基钻井液经收集后运回陆地处理，不排海。

本项目新建海底管道直接铺设于海底，不挖沟，拟采用铺管船铺设，通过采用先进铺管技术和尽量缩短工期，减轻对海洋生物资源和海洋生态环境的影响。

施工过程中产生的除食品废弃物以外的生活垃圾、生产垃圾禁止排入海中，经分类收集后运回陆地处理/处置。船舶含油污水、船舶生活污水经处理达标后间断排放。施工船舶作业人员食品废弃物在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。船舶含油污水、船舶生活污水及食品废弃物的处理均严格执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）。

对于钻完井作业、海底管道铺设作业以及海上设施安装作业等，建设单位将制定严格的安全环保作业规程，并严格遵照执行。

9.1.3 生产阶段采取的清洁生产措施

9.1.3.1 选用先进的工艺及技术路线

（1）优化工程开发方案，在工程设计中优化系统参数、工艺参数（压力、温度、流量）、设备参数以及操作运行条件，综合考虑、贯彻清洁生产、节能降耗的原则。

（2）工艺设计中采用自动化控制程度高的全密闭工艺流程，所选用的生产技术和设备大多为国内外先进和成熟的技术和设备，并在多个海上油气田开发过程中已有成功的应用。

（3）在油气生产工艺系统中的主要设备和管线处均设置了相应的压力、温度和液位安全保护装置，避免由于压力、液位和温度异常产生的事故隐患，避免带压流体的跑、冒、滴、漏。

（4）本项目在新建 DF13-3 WHPG 平台上设置中控设备间，放置独立的控制系统，其中包括过程控制系统（PCS）、安全仪表系统（SIS）、应急关断系



统(ESD)和火气系统(FGS);在 DF13-2 CEPB 平台中控室设置无人平台 DF13-3 WHPG 的远程监控中心,在 DF13-2 CEPB 平台中控室对无人平台 DF13-3 WHPG 生产情况进行远程监控。设置台风模式远程操控,陆地终端设置操作站,通过卫星和微波与 DF1-1 CEPD 通信,并通过 DF1-1 CEPD 到 DF1-1 WHPF 再到 DF13-3 WHPG 的光缆与 DF13-3 WHPG 通信,实现对 DF13-3 WHPG 平台监控。本项目总体控制方案在保证安全、防止环境污染前提下设置。

9.1.3.2 设置污染物收集系统,减污及消除跑冒滴漏

本项目在新建 DF13-3 WHPG 平台上设有开式排放系统和闭式排放系统,用于收集检维修废水以及带压装置可能泄放的液体或其它含油污水。收集到的含油污水最终进入生产流程处理,从而避免含油污水污染环境,达到清洁生产的目的。

9.1.3.3 污染物最大限度的资源化

本项目生产过程中产生的生产水依托 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统处理达标(石油类月平均值 $\leq 45\text{mg/L}$)后排海;DF13-2 CEPB 平台生产水中回收的污油打回生产流程,使之转化为原油产品,使污染物最大限度的资源化。

新建 DF13-3 WHPG 平台上产生的检维修废水和带压流体等其它含油污水经 DF13-3 WHPG 平台上设置的开/闭式排放系统进行收集后,最终去往 DF13-2 CEPB 平台进行处理。

9.1.3.4 必要的末端治理措施

根据工程分析,本项目生产阶段产生的污染物主要为:生产水、生活污水、生活垃圾及生产垃圾等污染物。

生产水:经依托的 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统处理达标后排海。

生活污水和生活垃圾:DF13-3 WHPG 平台为无人井口平台,工作人员登平台巡检期间产生的少量生活污水和生活垃圾,收集后运回陆地处理。DF13-2 CEPB 平台新增定编 4 人,未超出生活楼人数,生活污水依托平台原有生活污水处理装置处理达标后排海。生活污水产生量未超过已批复环评《东方 29-1 气田开发项目环境影响报告书》(环审〔2023〕116 号)核算的生活污水排放量($27594\text{m}^3/\text{a}$)。DF13-2 CEPB 平台新增除食品废弃物的生活垃圾,收集后运回陆地处理。

生产垃圾:生产垃圾等将集中装箱运回陆地进行处理,不排海,并按照《中



华人民共和国固体废物污染环境防治法》的要求进行回收利用或处置。

9.1.3.5 现场管理中的清洁生产控制

在生产过程中，对于各项操作均有明确的作业规程，同时还制定严格的环境保护及管理制度，并设置专人、专岗进行监督和管理，以确保环境保护制度落到实处。以上这些措施规范了生产作业活动，尽最大可能避免危害环境的事件发生。这些措施主要包括：

(1) 定期举行安全环保会议，对生产中发现的环保问题，研究整改措施，提出工作要求。

(2) 贯彻执行国家相关的环境保护法规和标准，对本项目产生的污染物的排放均按国家有关规定填写登记表。

(3) 定期对生产设备、探测报警及应急关断等设备进行检查维护。

(4) 在日常生产时对平台上的生产设施进行巡视和检查，及时发现和解决问题。安全监督对临时登临平台的人员进行安全环保教育。

(5) 制定环境监测计划，定期对产生的生产水进行监测。

9.1.4 建设项目清洁生产指标

根据国家发展和改革委员会、工业和信息化部于 2009 年联合发布的《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》，对东方 13-3 区开发项目清洁生产指标进行定量和定性评价。《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》依据综合评价所得分值将企业清洁生产水平等级划分为两级，即代表国内先进水平的“清洁生产先进企业”，和代表国内一般水平的“清洁生产企业”。

石油和天然气开采行业建设项目清洁生产分析指标主要包括资源能源消耗指标、生产技术特征指标、污染物产生指标、资源综合利用指标、环境管理与劳动安全卫生指标等。该指标体系分为定量评价与定性要求两大部分。定量指标和定性指标分为一级指标和二级指标：一级指标为普遍性、概括性的指标；二级指标为反映油气勘探开发企业清洁生产各方面具有代表性的、易于评价考核的指标。通过对比本项目各项指标的实际达到值、评价基准值和指标的权重，经过计算和评分，综合考评企业的清洁生产水平。

本项目钻井作业和采油作业的清洁生产指标执行情况分别见表 9.1-2 和表 9.1-3。根据《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》表 4 的



分级标准， $P \geq 90$ 为清洁生产先进企业， $75 \leq P < 90$ 为清洁生产企业。

由表 9.1-2 和表 9.1-3 可知，从资源与能源消耗指标、生产技术特征指标、资源综合利用指标、污染物产生指标以及环境管理要求等方面进行定量和定性评价，经计算，东方 13-3 区开发项目钻井作业的清洁生产综合评价指数为 95.04，采油气作业的清洁生产综合评价指数为 94，则本项目的钻井作业和采油气作业的清洁生产水平均可代表国内先进水平，即属“清洁生产先进企业”。



表 9.1-2 清洁生产评价指标及本项目清洁生产执行情况（钻井作业）

定量指标*						本项目钻井作业评价		
一级指标	权重值	二级指标	单位	权重值 (修正值 K_i)	评价基准值 (S_{oi})	本项目实际值 (S_{xi})	单项评价指数 (S_i)	定量评价指标的 考核总分值 (P_1)
(1) 资源与能源消耗指标	30	占地面积	m^2	15	符合行业标准 要求	符合行业标准 要求	1	93.4
		新鲜水消耗	t/100m 标准进尺	15	≤ 25	≤ 25	1	
(2) 生产技术特征指标	5	固井质量合格率	%	5	≥ 95	≥ 95	1	
(3) 资源综合利用指标	30	钻井液循环率	井深 3000m 以上	15	≥ 60	≥ 60	1	
		污油回收率	%	15	≥ 90	≥ 90	1	
(4) 污染物产生指标	35	石油类	mg/L	10	≤ 15	≤ 15	1	
		COD	mg/L	10	≤ 500	≤ 500	1	
		废弃钻井液	$m^3/100m$ 标准进尺	15	≤ 10	32.1	0.56	
定性指标*						本项目钻井作业评价		
一级指标	权重值	二级指标			指标分值	本项目实际值 (F_i)	定性评价指标的考核总分值 (P_2)	
(1) 资源与能源消耗指标	15	钻井液毒性	可生物降解或无毒钻井液		15	12.5	97.3	
(2) 生产技术特征指标	30	钻井设备	国内领先		5	5		
		压力平衡技术	具备欠平衡技术		5	5		
		钻井液收集设施	配有收集设施， 且使钻井液不落地		5	5		
		固控设备	配备振动筛、除气器、除泥器、 除砂器、离心机等固控设备		5	5		
		井控措施	具备		5	5		
		有无防噪措施	有		5	5		
(3) 环境管理体系建设	35	建立 HSE 管理体系			20	20		
		制订节能减排工作计划			15	15		
(4) 贯彻执行环境保护法	20	废弃钻井泥浆处置措施满足法规要求			10	10		



定量指标*				本项目钻井作业评价	
规的符合性		污染物排放总量控制与减排措施情况	5	5	
		满足其他法律法规要求	5	5	
本项目清洁生产综合评价指数（P）： $P=0.6P_1+0.4P_2$ ；其中 $P_1 = \sum_{i=1}^n S_i \times K_i$ ； $P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$				P=95.04	
清洁生产等级评定：P≥90（清洁生产先进企业）；75≤P<90（清洁生产企业）				本项目钻井作业评定为：清洁生产先进企业（P≥90）	

注: “*”根据《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系(试行)》, 清洁生产指标体系分为定量指标(P1)和定性指标(P2)两部分。

其中, 定量指标根据项目实际值 S_{xi} 和评价基准值 S_{oi} 进行单项评价指数计算: 对指标数值越高(大)越符合清洁生产要求的指标, 单项评价指数(S_i)计算公式为 $S_i = S_{xi}/S_{oi}$; 对于指标数值越低(小)越符合清洁生产要求的指标, 单项评价指数(S_i)计算公式为 $S_i = S_{oi}/S_{xi}$ 。定量评价考核总分值的计算公式: $P_1 = \sum_{i=1}^n S_i \times K_i$;

定性评价指标的考核总分值的计算公式为: $P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$; 企业清洁生产综合评价指数的计算公式为: $P=0.6P_1+0.4P_2$; 下同。

表 9.1-3 清洁生产评价指标及本项目清洁生产执行情况(采油气作业)

定量指标						本项目采油气作业评价		
一级指标	权重值	二级指标	单位	权重值	评价基准值(S_{oi})	本项目实际值(S_{xi})	单项评价指数(S_i)	定量评价指标的考核总分值(P_1)
(1) 资源与能源消耗指标	30	综合能耗	kg 标煤/t 采出液	30	≤ 65	52.15	1	90
(2) 资源综合利用指标	30	余热余能利用率	%	15	≥ 60	≥ 60	1	
		油井伴生气回收利用率	%	15	≥ 80	≥ 80	1	
(3) 污染物产生指标	40	石油类	mg/L	5	月平均值 ≤ 45 ; 一次容许值 ≤ 65 mg/L	月平均值 ≤ 45 ; 一次容许值 ≤ 65 mg/L	1	
		COD	mg/L	5	≤ 500	≤ 500	1	
		落地原油回收率	%	10	100	100	1	
		生产水回用率	%	10	≥ 60	0	0	
		油井伴生气外排率	%	10	≤ 20	≤ 20	1	



定量指标					本项目采油气作业评价		
定性指标					本项目采油作业评价		
一级指标	权重值	二级指标		指标分值	本项目实际值 (F _i)	定性评价指标的考核总分值 (P ₂)	
(1) 生产技术特征指标	45	井筒质量	井筒设施完好	5	5	100	
		采油	套管气回收装置	10	10		
			防止落地原油产生措施	10	10		
		采油方式	采油方式经过综合评价确定	10	10		
		集输流程	全密闭流程,并具有轻烃回收装置	10	10		
(2) 环境管理体系建设	35	建立 HSE 管理体系并通过认证		20	20		
		制订节能减排工作计划		15	15		
(3) 贯彻执行环境保护法规的符合性	20	建设项目环保“三同时”制度执行情况		5	5		
		建设项目环境影响评价制度执行情况		10	10		
		污染物排放总量控制与减排指标完成情况		5	5		
本项目清洁生产综合评价指数 (P) : P=0.6P ₁ +0.4P ₂ ; 其中 P ₁ = ∑ _{i=1} ⁿ S _i × K _i ; P ₂ = ∑ _{i=1} ⁿ F					P=94		
清洁生产等级评定: P≥90 (清洁生产先进企业) ; 75≤P<90 (清洁生产企业)					本项目采油作业评定为: 清洁生产先进企业 (P≥90)		



9.1.5 清洁生产结论和建议

本项目针对项目区油气藏资源特点，从工艺技术、资源利用、污染物处理措施和生产运营管理控制等方面均符合清洁生产原则，最大限度地减少污染物排放对周围生态环境的影响。本项目通过采用先进的钻井、集输、油气处理等工艺保证生产运营安全，钻井作业和采油作业均达清洁生产先进水平。

建议本项目建设单位在实际施工和运营过程中加强作业人员的宣传教育和培训，提高作业人员的清洁生产意识，保证本项目的清洁生产工艺均落到实处。

9.2 污染物排放总量控制

9.2.1 总量控制因子选择

本项目在开发过程中排放的具体污染物种类、数量和处理排放方式在本报告“第三篇 工程概况与工程分析”中已有详细叙述。

本项目生产过程中产生的废水主要为生产水和生活污水；产生的固废包括生产垃圾和生活垃圾。本项目投产后，生产水在依托的 DF13-2CEPB 平台上处理达标后排海；DF13-2CEPB 平台新增定编 4 人，未超出生活楼人数；DF13-3 WHPG 平台工作人员登平台巡检期间产生的少量生活污水、生活垃圾和生产垃圾均运回陆地处理。因此，依托 DF13-2 CEPB 平台选择生产水和生活污水及所含的主要污染物质石油类和 COD 作为海上总量控制的受控污染物；

9.2.2 DF13-2CEPB 平台排污混合区建议

本项目产生的生产水输往依托的已建 DF13-2CEPB 平台进行处理，依托 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统采用“生产水缓冲罐+聚结过滤器”的处理流程。生产水经处理满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准（石油类月平均值 $\leq 45\text{mg/L}$ ，一次容许值 $\leq 65\text{mg/L}$ ）后排海；生活污水经生活污水处理装置处理达到《海洋石油开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准（COD $\leq 500\text{mg/L}$ ）后排海。

根据已批复的《东方 29-1 气田开发项目环境影响报告书》（环审〔2023〕116 号），DF13-2CEPB 平台最大日处理水量为 $***\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目投产后，依托的 DF13-2CEPB 平台生产水最大日排放量为 $803\text{m}^3/\text{d}$ ，超过已批复的总量控制指标（ $***\text{m}^3/\text{d}$ ），因此对 DF13-2 CEPB 平台的排污混合区重新进行预测。由于 DF13-2CEPB 平台生产水排放量相对较小，且经处理后排放的生产水中石油类含



量较小，在预测网格分辨率（50m）下，预测结果石油类超一（二）类（ $>0.05\text{mg/L}$ ）海水水质标准的范围在 50m 以内。同时考虑到海上平台安全作业区距离为 500m。因此，建议 DF13-2 CEPB 平台排污混合区范围为以平台排放口为中心 500m 半径以内的海域。

本项目投产后，DF13-2 CEPB 平台新增定编 4 人，未超过生活楼人数，生活污水产生量未超过已批复环评《东方 29-1 气田开发项目环境影响报告书》（环审〔2023〕116 号）核算的生活污水排放量（ $27594\text{m}^3/\text{a}$ ）。因此 DF13-2 CEPB 平台生活污水总量及混合区范围按照原环评批复执行。

因此，建议依托的 DF13-2 CEPB 平台排污混合区范围为以平台排放口为中心、半径 500m 以内的海域。

9.2.3 总量控制指标建议

根据《东方 29-1 气田开发项目环境影响报告书》（环审〔2023〕116 号），DF13-2 CEPB 平台生产水总量控制指标为 $***\text{m}^3/\text{a}$ （ $***\text{m}^3/\text{d}$ ），其中石油类排放量为 $***\text{t}/\text{a}$ 。本项目投产后，依托的 DF13-2 CEPB 平台生产水处理工艺保持不变，石油类排放浓度限值保持不变，生产水最大排放量为 $29.31 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ （ $803\text{m}^3/\text{d}$ ），超过已批复的总量控制指标 $***\text{m}^3/\text{a}$ ，生产水和石油类排放总量控制指标需新增 $***\text{m}^3/\text{a}$ 和 $***\text{t}/\text{a}$ 。DF13-2 CEPB 平台生产水总量控制指标为 $29.31 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ （ $803\text{m}^3/\text{d}$ ），石油类总量控制指标为 $13.19\text{t}/\text{a}$ 。

根据《东方 29-1 气田开发项目环境影响报告书》（环审〔2023〕116 号），DF13-2 CEPB 生活污水总量控制指标为 $27594\text{m}^3/\text{a}$ ，其中 COD 排放量 $13.8\text{t}/\text{a}$ 。本项目投产后，DF13-2 CEPB 平台新增定编 4 人，未超过生活楼人数，生活污水产生量未超过已批复的总量控制指标 $27594\text{m}^3/\text{a}$ 。因此，本项目投产后，依托的 DF13-2 CEPB 平台生活污水和 COD 排放总量控制指标建议维持原环评批复不变。

本项目投产后，总量控制指标建议见表 9.2-1。



表 9.2-1 污染物排放总量控制建议

工程设施	污染物	原批复总量指标	本项目投产后新增总量指标	总量控制建议值	控制排放浓度
依托 DF13-2 CEPB 平台	生产水	生产水: ***m ³ /a; 石油类: ***t/a	生产水: ***m ³ /a; 石油类: ***t/a	生产水: 29.31×10 ⁴ m ³ /a (803m ³ /d); 石油类: 13.19t/a	月平均石油类 ≤45mg/L
	生活污水	维持已批复总量不变 (生活水: 27594m ³ /a; COD: 13.8t/a)			COD≤500mg/L



10. 环境保护对策措施及其合理性分析

本章主要对东方 13-3 区开发项目在建设阶段和正常生产阶段的环境保护对策措施进行分析；环境风险事故防范措施在“第八篇 环境风险分析与评价”中详细说明。

10.1 建设阶段环境保护对策措施

东方 13-3 区开发项目建设阶段产生的污染物主要包括钻井液和钻屑、海底电缆挖沟产生的悬浮物、船舶含油污水、生活垃圾和生产垃圾等。建设单位拟采取有效的污染防治措施，以使上述污染物的处理/处置符合国家、地方法规和标准的要求。

10.1.1 钻井液和钻屑

本项目新建 DF13-3 WHPG 平台采用钻井平台进行钻完井作业；在钻井过程中优先采用水基钻井液，部分井段根据钻井的需要使用合成基钻井液。平台设有钻井液循环处理系统。

水基钻井液循环系统的主要工艺流程（见图 10.1-1）：从钻机井口返出的钻井液和钻屑通过平台上设置的振动筛、除砂器、除泥器和离心机等设备进行分离处理后，分离出的钻井液优先返回钻井液/泥浆池循环使用，分离出的钻屑与不能循环使用的钻井液经检测达标后排海，不能满足排放要求的水基钻井液和钻屑以及合成基钻井液经收集后运回陆地交由***公司处理（相关合同和单位资质见附件），不排海。

合成基钻井液循环系统的主要工艺流程（见图 10.1-2）：从钻机井口返出的钻井液和钻屑通过平台上设置的振动筛进行固液分离，分离后的合成基钻井液进入沉砂池，合成基钻井液钻屑送至甩干机进行分离，甩干机分离后液相与沉砂池合成基钻井液使用离心机高速分离，分离后的液相再回到泥浆池循环使用。

振动筛分离出的合成基钻井液钻屑经甩干后检测达标排放，若不达标则在自升式钻井平台上现场热脱附处理，处理后的含油钻屑经检测达标后排海，若仍不达标，则运回陆地交由有资质单位处理；回收的原油用于钻井液配置。

本项目合成基钻井液暂存于平台的 450m³ 泥浆池内，运输至供应船的船舱中，船舱容积约为 180m³。检测不达标的水基钻井液钻屑和合成基钻井液钻屑在平台使用密闭钻屑箱收集（平台及供应船上储备 20 个钻屑箱，每个钻屑箱容积

为 2m^3 ），定期由供应船密闭运回陆地交由***公司处理，周转时间 5 天运一次，每次运 $80\sim 120\text{m}^3$ 。

运输不能满足排放要求的水基钻井液和钻屑以及合成基钻井液的船舶在运输过程应全程采取密闭措施，防止运输过程发生逸散和泄漏等情况。

钻井过程中向海中排放的钻井液和钻屑，其生物毒性容许值达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》（GB18420.1-2009）标准中二级标准的要求，即钻井液的生物毒性容许值不低于 20000mg/L 。同时，向海中排放的钻井液和钻屑中的含油量和重金属含量还应符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级排放标准（含油量 $\leq 8\%$ ，重晶石中最大值： $\text{Hg}\leq 1\text{mg/kg}$ 、 $\text{Cd}\leq 3\text{mg/kg}$ ）的要求。

东方 13-3 区开发项目建设阶段可能产生的不达标合成基钻井液钻屑和合成基钻井液最大量约为 3495.8t/a （钻井液密度按 1.25t/m^3 计算，钻屑密度按 2.5t/m^3 计算），***的总处理能力为 15000t/a ，目前该公司基本只处理海南分公司危险废物（钻井液、钻屑），本项目钻井作业期间***剩余处理能力能够满足含油量可能超标的合成基钻井液钻屑和合成基钻井液的处理要求。

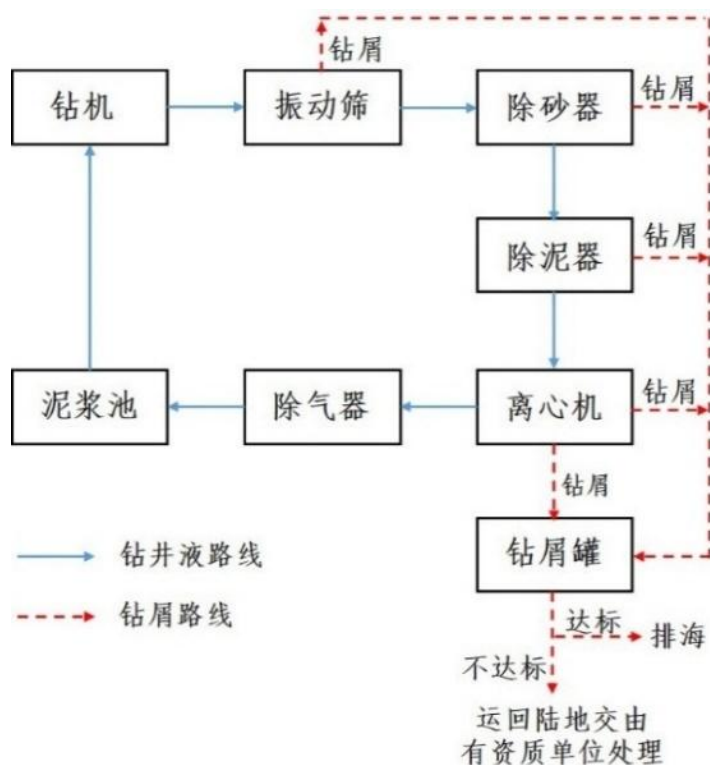


图 10.1-1 水基钻井液和钻屑循环路线工艺流程

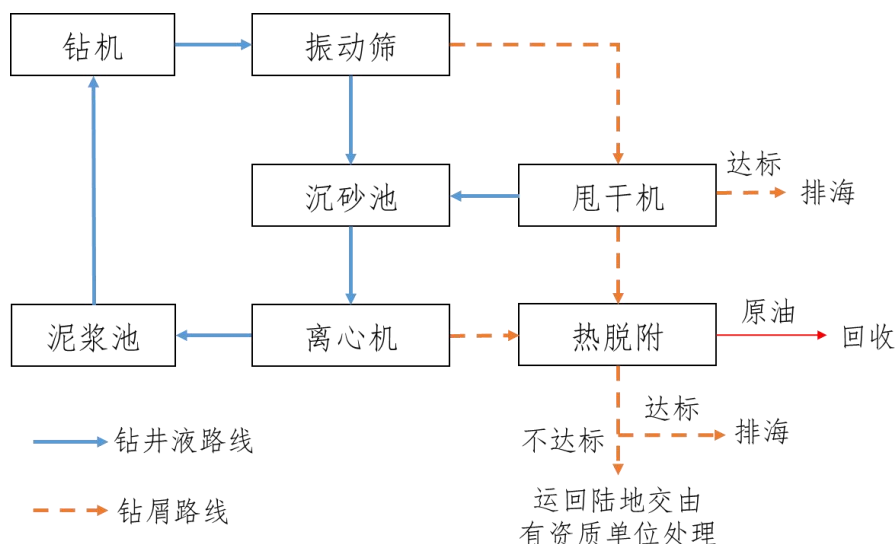


图 10.1-2 合成基钻井液和钻屑循环路线工艺流程

10.1.2 悬浮物

本项目在海底电缆挖沟过程中，将采用先进的施工技术方案，尽量减轻或避免铺缆施工作业对海洋生物资源和海洋生态环境的影响。海底电缆挖沟时将尽量缩短海上作业时间，挖沟作业尽量避开鱼类集中产卵期 5~6 月，以减缓对附近海域渔业资源和生态环境的影响。

10.1.3 生产垃圾

建设阶段产生的生产垃圾主要包括废钢材、棉纱、木块、边角料、水泥以及废油、污油等废弃物，这些生产垃圾将全部分类回收至垃圾箱内，分类装箱运回陆地，危险废物交由有资质的单位进行处理。

10.1.4 其他污染物

（1）船舶污染物

本项目建设阶段需动用浮吊船、铺管船、多功能工程船、驳船和拖轮等各类施工作业船舶，各类作业船舶应采用符合《国内航行海船法定检验技术规则》（2020）的要求并获得相应的国内航行海船法定证书的作业船舶。在排放控制区（包括沿海控制区和内河控制区）内航行、停泊、作业的船舶，应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）的要求。

建设阶段作业船舶将产生一定量的船舶污染物，包括船舶含油污水、船舶垃圾等。船舶污染物的排放与处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）相关要求。船舶产生的污染物在接收、转运过程中应严格按照



相关要求和规定开展，采取分类、密闭等措施。含油危险固体废物运回陆地交由有资质的单位处理，运输过程应全程采取密闭措施，防止运输过程发生逸散和泄漏等情况。

建设阶段船舶污染物的污染防治措施具体详见表 10.1-1。

表 10.1-1 建设阶段船舶污染物的污染防治措施

内容	项目	控制要求	备注
船舶含油污水	机器处所含油污水	执行石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ，或收集并排入接收设施。	排放应在船舶航行中进行
船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以内（含）的海域产生的船舶生活污水	a) 利用船载收集装置，排入接收设施； b) 利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放：（1）在 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $\text{BOD}_5 \leq 50\text{mg/L}$ ， $\text{SS} \leq 150\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 2500 个/L； （2）在 2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $\text{BOD}_5 \leq 25\text{mg/L}$ ， $\text{SS} \leq 35\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 1000 个/L， $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 125\text{mg/L}$ ，pH: 6~8.5，总氯（总余氯） $< 0.5\text{mg/L}$ 。	污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口
	距最近陆地 3 海里以外海域产生的船舶生活污水	同时满足下列条件： （1）使用设备打碎固形物和消毒后排放； （2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	3 海里 $<$ 与最近陆地间距离 ≤ 12 海里的海域
		船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	与最近陆地间距离 > 12 海里的海域
船舶垃圾	塑料、废弃食用油、生活废弃物等	禁止排海	收集并排入接收设施，应全程采取密闭措施
	食品废弃物	在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。	/
船舶大气污染物	硫氧化物、颗粒物和氮氧化物等	船舶大气污染物排放应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发〔2018〕168 号）》的要求	在排放控制区内需满足该要求

（2）钻井平台污染物

建设阶段钻井平台船舶含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾的排放与处理执行《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB 4914-2008）》三级标准相关要求。

（3）依托 DF13-2CEPB 平台污染物

依托 DF13-2CEPB 平台部分改造在平台上进行，生活污水产生量为 $35\text{m}^3/\text{d}$ ，

产生总量为 3150m^3 ，生活垃圾产生量为 0.15t/d （其中食品废弃物为 0.10t/d ），产生总量为 13.50t/d （ 9.00t/d ）。改造期间 DF13-2CEPB 平台将临时增加电解法生活污水处理装置用于处理施工人员生活污水，处理能力为 $50.4\text{m}^3/\text{d}$ ，可以满足施工人员生活污水处理需求。生活污水处理满足《海洋石油开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准（ $\text{COD}\leq 500\text{mg/L}$ ）后排海。生活垃圾中食品废弃物处理至颗粒直径小于 25mm 后，间断排放；其他生活垃圾运回陆地处理。

10.2 生产阶段环境保护对策措施

本项目生产阶段产生的污染物主要包括生产水、其它含油污水、发电机废气和生产垃圾等。建设单位将采取相应污染防治对策措施，以使上述污染物的排放和处置符合国家或地方法规和标准的要求。

10.2.1 生产水

10.2.1.1 DF13-2 CEPB 平台生产水处理流程

本项目投产后，新建 DF13-3 WHPG 平台所产物流全液经新建海底管道混输至 DF1-1 WHPF 平台越站输送至 DF13-2 CEPB 平台处理。DF13-2 CEPB 平台设有生产水处理系统，处理来自 DF13-2 CEPB 平台、DF13-2 WHPA 平台、在建 DF29-1 WHPA 平台和新建 DF13-3 WHPG 平台的生产水，生产水处理系统采用“生产水缓冲罐+聚结过滤器”的处理流程，处理达标（石油类月平均值 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后排海，由生产水缓冲罐及聚结过滤器分离出的油进入闭排系统，打回工艺系统处理。DF13-2 CEPB 平台生产水处理工艺流程见图 10.2-1。

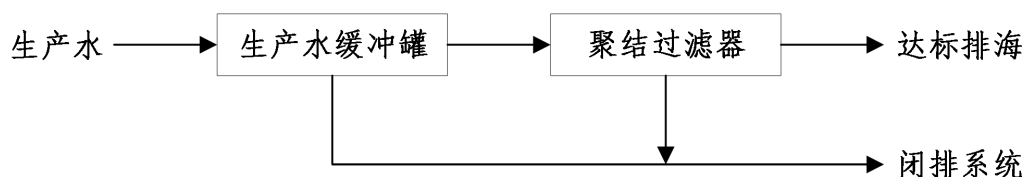


图 10.2-1 DF13-2 CEPB 平台生产水处理流程示意图

10.2.1.2 生产水处理能力可行性分析

DF13-2 CEPB 平台改造后生产水设计处理能力由 $***\text{m}^3/\text{d}$ 增至 $***\text{m}^3/\text{d}$ ，本项目投产后，DF13-2 CEPB 平台生产水最大处理量为 $***\text{m}^3/\text{d}$ （2029 年），小于其设计处理能力，可以满足生产水处理需要。



10.2.1.3 生产水处理效果分析

东方气田群为干气气藏，产水、产凝析油极少，天然气中含有的少量污水经过凝析油聚结过滤器后可达到排放标准。根据近两年逐月生产水监测数据可知（见本报告第六篇），DF13-2 CEPB 平台生产水月均石油类为（17.2~29.31）mg/L，设置的生产水处理系统可确保经处理后的生产水石油类 ≤ 45 mg/L，能够满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级排放标准的要求，平台生产水处理系统运转正常，工作效率良好，可满足生产水达标排放要求。

10.2.2 其它含油污水

本项目新建的 DF13-3 WHPG 平台上设有开式排放系统和闭式排放兼冷放空系统。

DF13-3 WHPG 平台开式排放系统主要包括开排槽、开排槽泵，收集平台检修时的含油污水和含油初期雨水，当开排槽达到一定的液位时，由开排槽泵将含油污水输送至闭排系统。DF13-3 WHPG 平台开式排放系统工艺流程详见图 10.2-2。

闭式排放兼冷放空系统主要包括闭式排放罐、闭式排放泵、冷放空管和冷放空头，闭式排放系统用于收集平台上来自闭式排放管汇、放空管汇以及开排槽泵、管线维修时排放出的带压流体。闭式排放罐所分出的气体进入冷放空头，分出的液相经闭式排放泵增压后与生产物流一起通过新建海管输送至 DF13-2 CEPB 平台处理。DF13-3 WHPG 平台闭式排放兼冷放空系统工艺流程详见图 10.2-3。

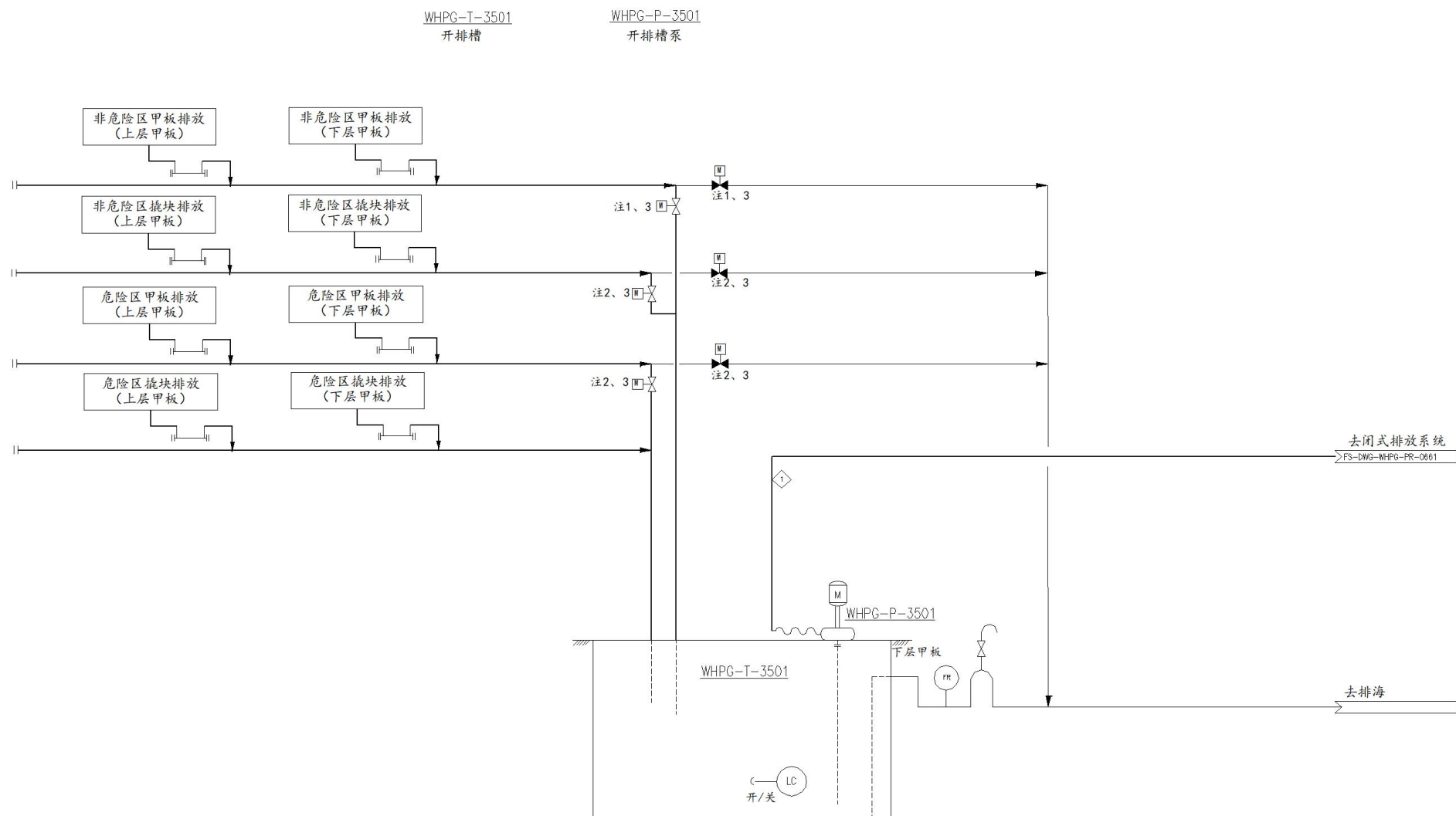


图 10.2-2 DF13-3 WHPG 平台开式排放系统

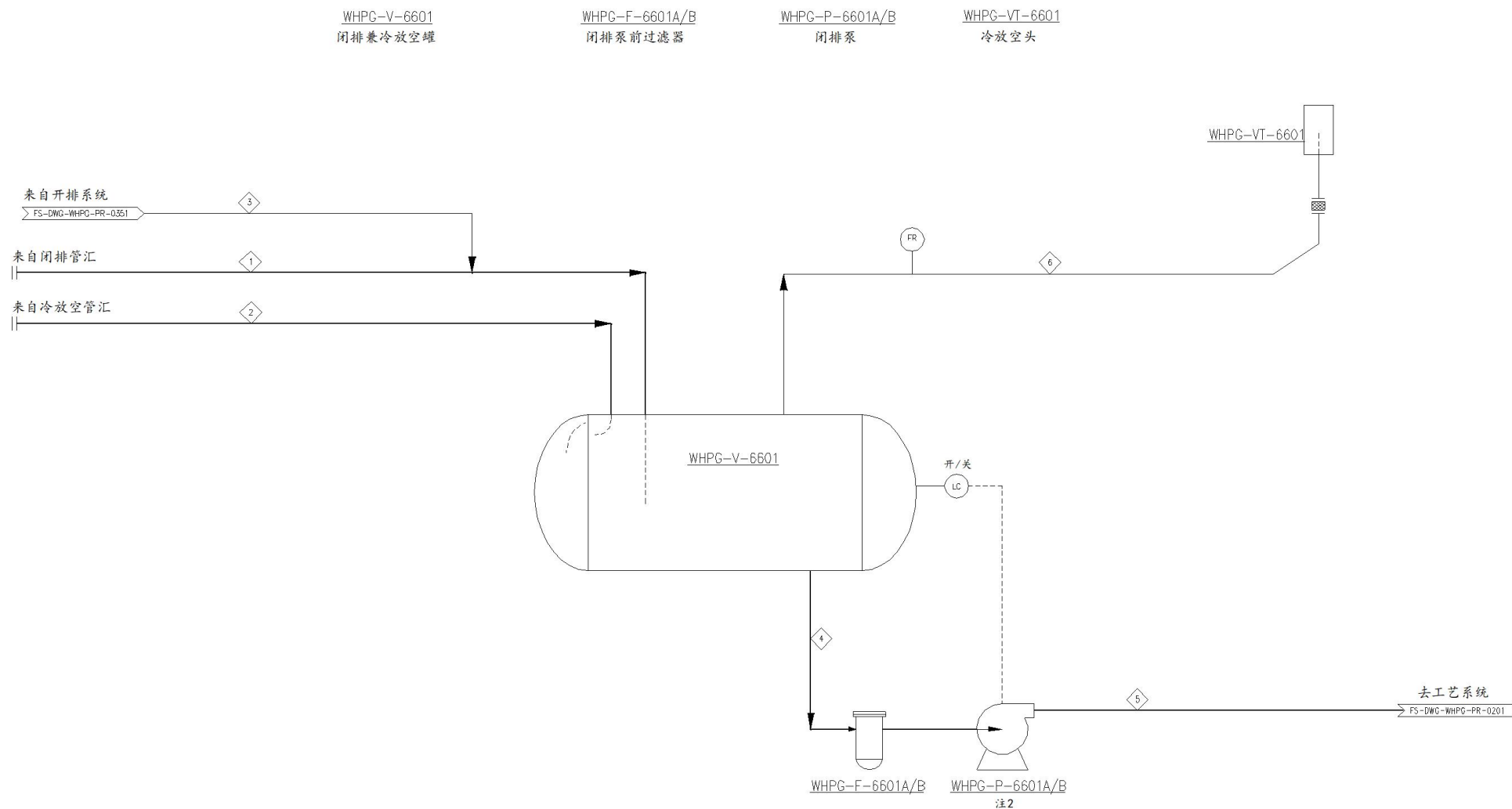


图 10.2-3 DF13-3 WHPG 平台闭式排放兼冷放空系统



10.2.3 发电机废气

本项目新建 DF13-3 WHPG 平台不设电站，通过一条海底电缆依托已建 DF1-1 WHPF 平台供电，DF1-1 WHPF 平台电源来自 DF13-2 CEPB 平台燃气透平发电机组发电。透平发电机组产生的主要污染物为 NO_x 等，其排放方式是经排烟管排放到大气中。

10.2.4 固体废物

本项目生产阶段产生的固体废物主要为生产垃圾，将集中装箱运回陆地，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的要求进行回收利用或处置。危险废物陆上处理需按照《危险废物转移管理办法》等规定的要求，交有资质的单位处理处置。本项目建设单位已***公司签订了危险废物处理合同，相关资质证书和合同文件见附件。

10.2.5 船舶污染物

本项目运营阶段将与东方 13-2 气田群共用守护船，不新增船舶污染物。

10.3 海洋生态保护对策

10.3.1 海洋生态保护措施

10.3.1.1 敏感目标保护措施

本项目新建的 DF13-3 WHPG 平台、DF13-3WHPG 平台至 DF1-1WHPF 平台和 DF1-1WHPF 平台至 DF13-2 CEPB 平台海底混输管道、以及 DF1-1WHPF 平台至 DF13-3WHPG 平台海底电缆位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内。海底管道直接铺设于海底，不挖沟；海底电缆采用后挖沟埋设，自然回填，埋深 1.5m，对产卵场的影响很小。为减轻海底管道/电缆施工对海洋生态的影响，在建设阶段应尽量缩短施工作业时间。

本项目所在绯鲤类、红笛鲷、长尾大眼鲷和短尾大眼鲷产卵场的鱼卵一般为浮性卵，鱼卵主要集中在中上层水域（20m 以内）。为了尽量减小对产卵场的影响，钻井液/钻屑由表层排放优化为水下 25m 排放，避开鱼卵、仔稚鱼集中分布的中上层水域，采取了生态友好的环境保护措施。根据预测结果，钻井液/钻屑排放造成的海水水质超标主要集中在 17.6m~35.2m 层，排放造成的超一（二）类水质最大影响距离不超过 0.69km，其影响也主要集中在新建平台附近，影响范围占产卵场面积的万分之一。在建设阶段还应严格控制钻井液/钻屑排放量和



排放速率，减少对海洋环境影响的范围和程度，保护渔业资源。

为减轻海底电缆施工对海洋生态的影响，海底电缆挖沟作业尽量避开鱼类集中产卵期 5~6 月。在建设阶段应严格控制海底电缆挖沟作业的时间，尽量缩短施工作业时间，并优化施工方式，选择对底层生态环境影响小的施工方式。

10.3.1.2 生态环境影响减缓措施

为了尽可能减少项目建设和运行对周围海洋生态环境、敏感目标的不利影响，本项目钻井作业过程中优先使用水基钻井液，部分井段采用合成基钻井液，通过循环使用减少钻井液的产生量和排放量；检测后满足排放要求的水基钻井液、钻屑和合成基钻屑达标排海，不能满足排放要求的钻井液及钻屑均收集后运回陆地处理。生产阶段生产水经处理达标后排海，不新增生活污水排放量，生活垃圾和生产垃圾经过分类回收后，运回陆地处理。

各类污染物具体削减量如下：

(1) 建设阶段和生产阶段除食品废弃物的生活垃圾和生产垃圾等分类收集后，集中装箱运回陆地处理，均不排海；生活垃圾和生产垃圾排海削减率均达到 100%。

(2) 本项目生产水（石油类含量约 1000mg/L）在 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统处理达标后（石油类月平均值含量 $\leq 45\text{mg/L}$ ）排海，污染物排放削减率达 95%以上。

10.3.1.3 生态保护措施

为减轻对生态环境的影响，本项目将采取以下措施：

(1) 严格限制工程施工区域在其用海范围内，划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物和渔业资源的影响范围。

(2) 优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间，以减轻海底电缆挖沟作业对海洋生态资源的影响程度。

(3) 钻井液、钻屑由表层排放优化为水下 25m 排放，避开鱼卵、仔稚鱼集中分布的中上层水域，以减小施工作业对鱼卵、仔稚鱼生境的影响。

(4) 施工应尽量避免恶劣天气，保障施工安全并尽量避免悬浮物剧烈扩散。

(5) 建设单位制定了严格的环境保护及管理制度，并设专人、专岗进行监督和管理。



10.3.2 海洋生态修复及补偿措施

本项目设生态补偿资金对项目施工及运营过程中造成的海洋生物资源等损害进行补偿，并纳入项目环保投资。根据损失计算结果，本项目海洋生物资源补偿金额约***万元。专项资金将根据项目所在海域实际情况，在相关主管部门的指导下，结合实际需要选择生态补偿项目进行资助或支持，并按要求开展海洋环境监测。

10.3.2.1 增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

10.3.2.2 增殖放流备选品种

当地适宜增殖放流的备选品种包括：斑节对虾、紫红笛鲷、青石斑鱼、红笛鲷、卵形鲳鲹等，具体由当地主管部门统一部署。

10.3.2.3 增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 2.5cm 以上；贝苗壳长应在 0.5cm 以上。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

10.3.2.4 增殖放流计划

根据实际情况开始实施海洋生物增殖放流，增殖放流时间建议安排在休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避免高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果，但是具体的投放物种、投放时间、投放地点由当地主管部门统一安排部署。

10.3.3 生态保护措施建议

本项目在建设和生产过程中将采用先进成熟的生产技术、工艺和设备，采取有效的防止和减轻污染的措施，但在开发过程中钻屑/钻井液的排放以及生产阶段达标排放的生产水将不可避免的对海洋生物造成一定的影响。

为使气田开发的同时保护好海洋环境，建设单位应积极采取有效措施，尽可能地减少对海洋生态环境和海洋生物资源的损害，以达到海洋油气开发与海



洋环境保护两者兼顾的目的。为此，建议建设单位在本项目开发过程中，采取如下措施：

(1) 在建设和生产阶段必须严格控制污染物的排放量和排放浓度，减少对海洋环境影响的范围和程度。

(2) 建设单位应加强设备管理、严格操作规程、减少人为失误，从根本上将环境风险事故发生概率降到最低，务必将防范事故发生的措施放在首要位置。

(3) 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，应事先征得相关主管部门同意。

(4) 建设单位需与相关主管部门协商，对本项目造成的海洋生物资源损失采取适当的生态恢复或补偿措施，如人工增殖放流、渔业资源养护与管理、人工鱼礁以及进行渔业资源和生态环境监测等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用等，其经费应纳入本项目的环保投资预算。

10.4 环境保护对策措施一览表

综上所述，本项目建设阶段与生产阶段的环境保护对策措施见表 10.5-2。

10.5 环保设施“三同时”竣工验收建议

本项目环保设施“三同时”竣工验收建议见表 10.5-1。

表 10.5-1 主要环保设施“三同时”竣工验收建议

环保设施/环境管理	验收内容	执行标准/处理效果
生产水处理系统	依托 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统的运行情况及其处理效果。	生产水经生产水处理系统处理达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》二级标准（生物毒性容许值 $\geq 50000\text{mg/L}$ ）和《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》的三级排放标准（月均含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ，一次容许值 $\leq 65\text{mg/L}$ ）排海。
闭式排放系统	DF13-3 WHPG 平台上闭式排放系统的配备及运行情况	收集容器或管线等排放的带压流体进入闭式排放系统；收集平台检修时的含油污水等进入开式排放系统。
开式排放系统	DF13-3 WHPG 平台上开式排放系统的配备及运行情况	
生产垃圾处理	DF13-3 WHPG 平台上固体废物分类和回收设备的配备及运行情况	平台上需设置生产垃圾箱，生产垃圾均运回陆地处理/处置。
具备环境保护设施正常运转的条件	经培训合格的操作人员、健全的岗位操作规程及相应的规章制度以及原料、动力供应等。	落实各种规章制度和操作规程、溢油应急计划、环境管理机构设置等内容。



环保设施/环境管理	验收内容	执行标准/处理效果
环境管理与监测计划	环境管理机构的设置、 环保管理规章、制度以及监测计划、 设备和手段等。	



表 10.5-2 本项目环境保护对策措施一览表

污染物	具体内容	规模数量	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体及运行机制
钻井液和钻屑	主要对水基钻井液、水基钻井液钻屑、合成基钻井液、合成基钻井液钻屑的处理	本项目含预留井槽共产生废弃钻井液约 18737m ³ （其中非钻井气层水基钻井液约 15597m ³ ，合成基钻井液约 3140m ³ ），钻屑约 15335m ³ （其中非钻井气层水基钻井液钻屑约 14187m ³ ，合成基钻井液钻屑约 1148m ³ ）	处理达标后排放； 不达标部分运回陆地处理	钻井平台自带处理系统； 与钻完井阶段同步	由建设单位负责建设、使用和管理 由建设单位负责建设、使用和管理
生产水	依托 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统	DF13-2 CEPB 平台生产水设计处理能力为 840m ³ /d	经处理达标后 （月均含油浓度≤45mg/L）排海	已建 DF13-2 CEPB 平台； 与生产设施同步建设，同步投入生产使用	
生活污水	依托 DF13-2 CEPB 平台临时生活污水处理装置	设计处理能力为 50.4m ³ /d	经处理达标后 （COD 浓度≤500mg/L）排海	已建 DF13-2 CEPB 平台； 与平台改造同步建设，同步投入使用	
生活垃圾	依托 DF13-2 CEPB 平台分类回收	分类回收箱	生活垃圾中的食品废弃物经粉碎至颗粒直径小于 25mm 后排海，其它生活垃圾运回陆地处理	已建 DF13-2 CEPB 平台； 与生产设施同步建设，同步投入生产使用	
其它含油污水	开式排放系统	开排槽、开排槽泵	开式排放系统主要接收平台检修时的含油污水；闭式排放系统用于收集平台上来自闭式排放管汇、放空管汇以及开排槽泵、管线维修时排放出的带压流体	新建 DF13-3 WHPG 平台； 与生产设施同步建设，同步投入生产使用	
	闭式排放兼冷放空系统	闭式排放罐、闭式排放泵等			
生产垃圾	分类回收	设置分类回收箱	生产垃圾运回陆地处理		
船舶污染物	船舶含油污水	船舶处理系统或接收设施与船舶吨位相匹配	执行石油类≤15mg/L， 排放应在船舶航行中进行； 或收集并排入接收设施	船舶自带处理系统 或接收设施	由船舶所属单位负责
	船舶生活污水	船舶设置生活污水处理系统	处理达到《船舶水污染物排放控		



污染物	具体内容	规模数量	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体及运行机制
	船舶垃圾	船舶设置分类回收箱	制标准》（GB3552-2018）等要求		
生态补偿	人工增殖放流等，其经费应纳入项目环保投资预算	根据本区域开发项目造成的渔业资源损失，应采取适当的生态恢复或补偿措施	达到保护项目周围海域生物多样性和生态资源的目的	南海海域；本项目投产后，在专业单位建议的时间内完成	由建设单位负责落实，委托专业单位完成



11. 环境经济损益分析

环境经济损益分析是环境影响评价的一项重要内容，其任务是通过分析环保投资及其所能收到的环境保护经济效益，重点评价工程环保投资的经济合理性和可行性；并通过分析项目的环境经济效益，从环境经济角度对项目的可行性进行评估，为建设项目的决策提供依据。

11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

环境保护投资主要包括一次性环保设施投资及其辅助费用，在确定环境保护投资费用时，根据《海上油（气）田开发工程环境保护设计规范》（SY/T10047-2019），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，其资金按 100% 列入环境保护投资；生产需要又为环境保护服务的设备或设施分别按不同情况以 25%~50% 比例列入环境保护投资。

根据上述原则，将本项目的环境保护设施及其直接投资费用见表 11.1-1。

表 11.1-1 环境保护设施投资估算

平台	环保设备	设备投资（万元）	折合比率	折合环保投资（万元）
DF13-3 WHPG	开式排放系统	***	***	***
	闭式排放系统	***	***	***
	消防/救生系统	***	***	***
	过程控制系统/应急关断系统/火气探测系统	***	***	***
海洋生物资源补偿		***	***	***
合计				***

本项目工程投资（不含勘探费、油藏研究费、生产准备费、弃置费等）总额为***万元，环保直接投资额为***万元，环境保护投资占工程投资的比例为：

$$C_T = C_1 / T \times 100\% = *** / *** \times 100\% = 0.43\%$$

其中：C_T：环境保护投资占工程投资的比例；

C₁：环保投资额；

T：工程设施投资总额。

11.2 环境保护的经济损益分析

11.2.1 环境经济损失分析

海洋生物资源损失量根据预测结果，并根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），鱼卵生长到商品鱼苗按 1% 成活率计算，



仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算, 幼鱼、头足类、蟹类幼体折算成体比例按 100%, 成熟规格按 0.1kg/尾, 虾类和虾姑类幼体折算成体比例按 100%, 成熟规格按 0.01kg/尾, 鱼类成体价格 15 元/kg、头足类成体价格按 20 元/kg、虾、蟹类成体按照 30 元/kg 计算。本项目钻井液排放对海洋生物资源影响属一次性损害, 补偿金额按 3 倍计; 钻屑排放为持续性排放, 实际影响年限低于 3 年, 补偿年限按 3 年计; 新建平台占海造成的损失补偿年限按照设计寿命 25 年计算。按照上述原则计算海洋生物资源补偿金额约为 75.81 万元, 见表 11.2-1。

表 11.2-1 海洋生物资源补偿

排放物	资源类别		损失量	长成率/折 算率	单价	补偿倍 数/年限	补偿金额 (万元)
钻屑	鱼卵 (×10 ⁶ 粒)		0.378	1%	0.8 元/尾	3 年	***
	仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)		0.801	5%	0.8 元/尾		***
	幼 体	鱼类 (尾)	5265	0.1kg/尾	15 元/kg		***
		头足类 (尾)	135	0.1kg/尾	20 元/kg		***
		虾类、虾姑类 (尾)	585	0.01kg/尾	30 元/kg		***
		蟹类 (尾)	72	0.1kg/尾	30 元/kg		***
		成体 (kg)	34.605	100%	1.5 万元/t		***
	底栖生物 (t)		0.324	100%	1.5 万元/t		***
	小计						***
钻井液	鱼卵 (×10 ⁶ 粒)		0.066	1%	0.8 元/尾	3 年	***
	仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)		0.138	5%	0.8 元/尾		***
	幼 体	鱼类 (尾)	913	0.1kg/尾	15 元/kg		***
		头足类 (尾)	22	0.1kg/尾	20 元/kg		***
		虾类、虾姑类 (尾)	101	0.01kg/尾	30 元/kg		***
		蟹类 (尾)	13	0.1kg/尾	30 元/kg		***
		成体 (kg)	6.341	100%	1.5 万元/t		***
	底栖生物 (t)		--	100%	1.5 万元/t		***
	小计						***
海缆挖 沟悬浮 物	鱼卵 (×10 ⁶ 粒)		1.649	1%	0.8 元/尾	3 倍	***
	仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)		3.458	5%	0.8 元/尾		***
	幼 体	鱼类 (尾)	22314	0.1kg/尾	15 元/kg		***
		头足类 (尾)	540	0.1kg/尾	20 元/kg		***
		虾类、虾姑类 (尾)	2484	0.01kg/尾	30 元/kg		***
		蟹类 (尾)	353	0.1kg/尾	30 元/kg		***
		成体 (kg)	151.948	100%	1.5 万元/t		***
	底栖生物 (t)		0.362	100%	1.5 万元/t		***
	小计						***
设施 占海	底栖生物 (t)		0.004	100%	1.5 万元/t	25 年	***
合计							***



11.2.2 环境经济收益分析

11.2.2.1 直接环境经济收益分析

环境直接经济收益是指环保措施直接提供的产品价值。本项目投产后，生产水累计产量合计约为 $21.13 \times 10^4 \text{m}^3$ ，生产水经处理后浓度从 1000mg/L 降低至低于 45mg/L ，由此累计回收石油约 201.79t ，按原油 4000元/t 计算，折合经济价值约 $80.72 \times 10^4 \text{元}$ 。

11.2.2.2 间接环境经济收益分析

环境间接收益是指环保措施实施后的社会效益。由生产水处理系统及天然气利用所产生的间接收益按年回收资源、能源价值的 40% 计算，可达 $32.29 \times 10^4 \text{元}$ ；其它间接收益按年回收资源、能源价值的 10% 计算，为 $8.07 \times 10^4 \text{元}$ ，两项合计约为 $40.36 \times 10^4 \text{元}$ 。

11.2.2.3 总环境经济收益

综合环境直接收益与间接收益之和，本项目投产后，生产运营期总环境经济收益为 $121.08 \times 10^4 \text{元}$ 。

11.2.3 社会效益分析

随着我国工业化和城镇化进程的加快，石油需求将呈强劲增长态势。国内石油开发和生产已日益不能适应经济和社会发展的需要，供需矛盾日益突出，进口量逐年上升，每年都要花大量外汇进口石油，对国际石油市场的依存度不断提高。因而本项目的实施将为缓解我国的石油资源短缺、保障国民经济持续、快速、健康发展发挥一定作用。尤其是对拉动项目所在地区的区域经济和地方经济发展，将发挥积极作用，注入新的活力。此外气田开发工程的实施，也将会对进一步带动我国相关产业的发展（如钢铁、造船、机械制造、电子、仪表等）发挥一定的作用，同时促进下游产品开发和石油技术服务业的发展，增加诸多领域的就业机会。

从社会、经济效益等各个方面来看，本项目是一项利国利民的工程，其环保设施的设置与投资是合理可行的。



12. 环境管理与监测计划

12.1 环境管理

环境管理是控制污染、保护环境的重要措施。建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司（以下简称“海南分公司”）已建立一套系统、完整的环境保护管理机构和程序，对东方 13-3 区开发项目的环境保护工作实行全过程、程序化的管理。

12.1.1 环境管理的任务和内容

本项目在建设阶段和生产过程中将产生一定量的污染物，主要包括建设阶段产生的钻井液、钻屑，作业船舶产生的船舶污染物等，生产阶段主要污染物为含油生产水和作业船舶产生的船舶污染物等，将对海洋环境造成一定程度的影响。因此，环境管理应当成为企业管理的一个重要组成部分。本项目环境管理的任务和内容主要为：

- 1) 贯彻执行国家的环境保护法规、标准和政策；
- 2) 组织制定和修改与本项目有关的环境保护政策、规章和制度，并监督执行；
- 3) 检查本项目环境保护设备、设施或装置的运行状态；
- 4) 领导和组织本项目的环境监测工作；
- 5) 组织开展本项目环境保护工作人员的技术培训和演习；
- 6) 组织编写和填写政府部门要求的各种环境保护报告和记录；
- 7) 为政府执法人员检查工作提供方便；
- 8) 广泛应用环境保护的先进技术和经验；
- 9) 组织制定环境保护长远规划和年度计划等。

12.1.2 机构和岗位设置

12.1.2.1 机构设置

海南分公司作为本项目的建设单位，负责气田工程建设和生产期间的环境管理工作，并严格按照国家环保法规标准和总公司颁发的一系列的环保管理规定、办法开展环境保护管理工作，并已形成了一套系统的、完整的环保管理机构和环境保护管理体系。分公司总经理对本项目环境保护工作负有最高责任，在组织机构上设有健康安全环保部，负责监督本项目的污染防治和环境保护工作。海南分公司健康安全环保部管理组织机构见图 12.1-1。

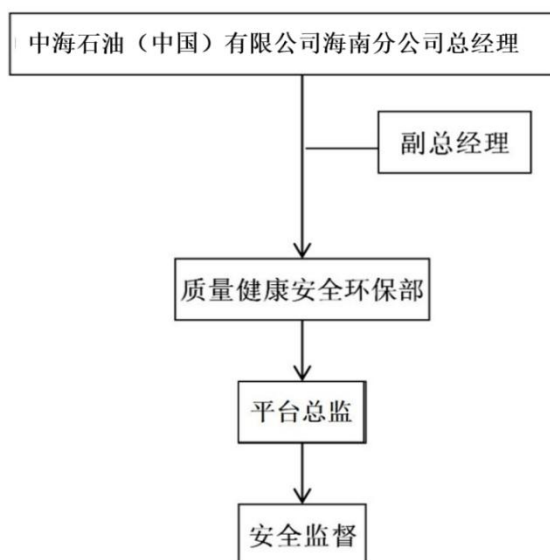


图 12.1-1 海南分公司健康安全环保部管理机构图

12.1.2.2 岗位设置和职责

本项目新建一座 DF13-3 WHPG 无人平台，依托 DF13-2 CEPB 平台人员负责本项目日常作业管理。本项目投产后，生产物流依托的 DF13-2 CEPB 平台增加定编 4 人，生活污水量未超过该平台生活污水处理能力。依托 DF13-2 CEPB 平台组织机构见图 12.1-2。

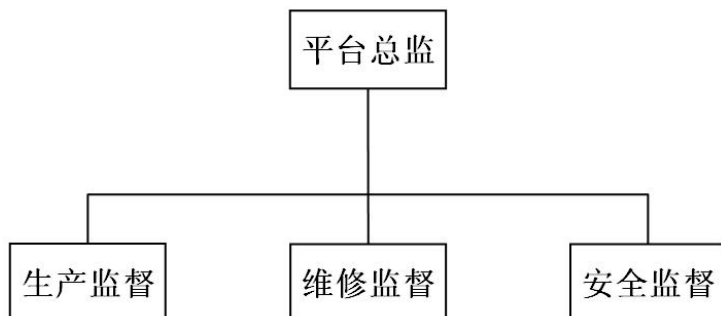


图 12.1-2 依托 DF13-2 CEPB 平台组织机构图

(1) 平台总监

平台总监是气田安全生产、维修、行政管理负责人，全面组织气田现场日常生产活动：

- 根据有关规定，制定天然气和污水处理质量目标；
- 组织编制、审批生产操作程序；
- 紧急情况下决定气井和生产设施的部分或全部关停；
- 审批、组织制定气田安全应急程序和安全规定，并组织实施、监督生产作业人员和维修人员执行生产操作程序和安全规定；



- 监督安全监督进行各项安全设备和设施的检查。

(2) 生产监督

生产监督协助平台总监完成平台生产作业工作：

- 负责编写生产操作程序及有关操作细则；
- 负责天然气、污水、燃料气等的质量控制；
- 对生产设备提出修改、更换建议以促进其效率和安全性；
- 负责监督和检查生产部门、动力部门的日常巡回检查制度的实施情况；
- 负责监督和落实各岗位责任制的执行情况。

(3) 安全监督

安全监督是气田安全具体执行负责人，负责气田的一切安全工作：

- 协助平台总监贯彻执行国家有关安全环保方面的法律、法令、条例、规范、标准以及上级有关安全规定和操作规程，对违反法规和制度的人和事有权制止和提出处理意见；
- 协助平台总监制定和完善安全生产技术措施、安全规定及实施应急计划，组织各种应急演练；
- 坚持“安全第一，预防为主”的方针，负责组织和检查气田的设施、设备，发现隐患发现问题及时处理或上报要求处理；
- 不定期组织开展安全宣传活动，提高全员安全技能和安全意识；负责对新工人进行厂级安全教育和对临时施工人员、参观人员进行安全教育，检查是否持有各种安全证书；
- 负责气田安全设施和应急、救生器材的管理，定期对安全器材进行检查和协助维修人员进行保养，确保安全设施和器材的完好；
- 到现场检查各种作业的安全措施的落实情况；在应急情况下，担任消防灭火工作的现场指挥，发生事故时，必须到现场协助总监及时处理，保护好事故现场，参与事故的调查，对责任者提出处理建议，并做好事故登记；
- 负责检查气田消防系统和救、逃生系统，对气田热工作业采取相应的预防和保护措施，做好防火、防爆工作，发现不安全因素，及时解决并向平台总监汇报。



(4) 维修监督

维修监督协助平台总监完成海上管理和维修任务：

- 全面负责气田设备的管理，组织指挥和协调重大维修作业；
- 组织制定设备有关操作规程、标准，完善设备维修的标准化管埋；
- 根据气田设备运行的实际需要，制订设备的更新、改造和增加计划；
- 领导、监督气田维修岗位人员严格落实岗位责任制；
- 负责监督和检查各维修部门日常巡回检查制度的实施情况。

12.1.3 环境保护管理制度

环境保护是我国的一项基本国策。海南分公司在石油勘探开发作业和油气生产过程中，应遵守国家相关环境保护法律、法规、条例和规定，严格执行相应的污染物排放标准。结合东方 13-3 区开发项目的特点，制定相关的管理措施和制度，实施全过程的环境保护管理，减少对海洋环境的污染和影响。东方 13-3 区开发项目将执行以下环境保护管理制度。

12.1.3.1 环保监督检查制度

环保管理人员定期到海上平台进行检查，查看各种防污设备、设施和器材的使用与运转情况是否良好，检查有关文书和证件是否齐全，防污记录簿和防污染季度报表的填写是否正确和上报是否及时。安全监督对当班期间所进行的工作进行监督，就违反或可能违反环境保护法规、政策和程序的事件提出劝告，对环保设备、设施和器材的使用和维护情况进行日常检查，发现问题及时解决。

12.1.3.2 安全/环保会议制度

定期举行安全/环保会议和每日生产计划会议，分析总结安全、环保制度执行情况；查找安全环保问题和隐患，针对问题提出防治措施；传达并贯彻公司有关指示和安全、环保方面的规定。

12.1.3.3 培训与演习制度

海上平台的所有操作人员必须经过环境保护/安全培训，获得有效的证书才能上岗。建设单位将定期在平台进行溢油应急演练，以熟悉应急程序和设备的操作。

12.1.3.4 事故报告制度

所有环境污染事故按经备案的溢油应急计划中的报告程序进行。建立应急小组，由依托平台 DF13-2 CEPB 平台总监担任组长，监督任小组成员，负责气



田安全环保事故处理的应急组织、指挥工作，并按要求向有关政府部门报告。

12.1.3.5 海底管道/电缆巡查制度

由值班船对本气田海底管道和电缆进行不定期巡查，防止拖网渔船违章作业对海底管道和电缆造成损害。根据气田运行情况，在必要时委托专业公司对海底管道进行技术检测，以保证海底管道处在安全运行状态。

12.2 环境监测计划

环境监测是环境管理的前提和基础。环境监测的主要任务：一是定期监测各工程设施外排污染物的排放浓度，确保达标排放；二是为加强环境保护管理、保证污染物处理设备正常运转；分析外排污染物浓度和排量的变化规律，为制定污染控制措施和环保管理提供依据。

12.2.1 监测岗位

本项目新建 DF13-3 WHPG 平台为无人井口平台。本项目投产后依托的 DF13-2 CEPB 平台增加定员 4 人，但未超过 DF13-2 CEPB 平台生活污水处理能力。DF13-3 WHPG 平台所产物流经新建混输海管输送至 DF13-2 CEPB 平台处理，DF13-2 CEPB 平台上设有化验员岗位，负责设施的外排污水化验工作，同时负责填写防污报表。

12.2.2 常规与非常规监测计划

12.2.2.1 常规监测

本项目在正常建设和生产作业期间，需对下列项目进行监测：

钻井液、钻屑：监测钻井液、钻屑的生物毒性容许值、含油量及重金属含量；在钻井作业期间，按《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》（GB/T18420.1-2009）和《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）的要求对所排放的钻屑和钻井液进行监测，钻井作业负责人取样并交给有资质的机构进行检测。

生产水：监测 DF13-2 CEPB 平台外排生产水中石油类浓度和生物毒性容许值；本项目新建 DF13-3 WHPG 平台所产物流依托 DF13-2 CEPB 平台进行处理，生产水经生产水处理系统处理达标后排放。按《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》（GB/T18420.1-2009）和《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）的要求对所排放的生产水进行监测。

DF13-2 CEPB 平台生活污水中的化学需氧量值（COD）定期取样送有资质

的单位检测。

12.2.2.2 非常规监测

配合政府部门对防污染设备的检查工作，以及在事故状态下配合有关部门作好对事故的跟踪监测。跟踪监测调查与分析方法按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）执行。

12.2.3 监测设备

本项目依托的 DF13-2CEPB 平台设有化验室，化验室内配备有以下环境监测设备或仪器：红外分光测油仪、常规化学分析仪器（用于水样的前处理）、天平、冰箱、电热、干燥设备和电器控制设备等。

生产水、钻井液、钻屑的生物毒性容许值和生活污水中 COD 的监测将委托有资质的单位进行检测，因此不另设监测仪器。

12.2.4 海洋环境影响监测计划

本项目新建无人井口平台 DF13-3 WHPG 平台，所产物流经新建混输海管输送至 DF13-2 CEPB 平台，生产水在 DF13-2 CEPB 平台处理达标后排海，因此，本项目 DF13-3 WHPG 平台海洋环境影响监测计划纳入 DF13-2 CEPB 平台的监测计划统一考虑，DF13-2 CEPB 平台监测按照其原监测计划执行。具体如下：

12.2.4.1 监测点位布设

根据环境影响预测结果，考虑到海上平台安全作业区距离等因素，DF13-2 CEPB 平台监测按照其原监测计划执行，监测布点以 DF13-2 CEPB 平台为中心，在距离平台周围 500m 范围布设 8 个点位。监测站位布设见图 12.2-1。

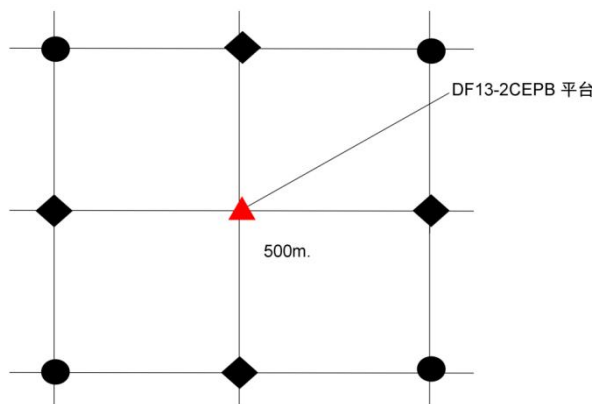


图 12.2-1 DF13-2 CEPB 平台监测站位布设示意图



12.2.4.2 监测内容

水质监测包括悬浮物、无机氮、活性磷酸盐、COD（生活污水特征污染）、重金属、石油类（生产水特征污染物）、硫化物、挥发性酚；

沉积物监测包括重金属、石油类、有机碳、硫化物；

生物生态监测包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼。

12.2.4.3 监测方法

海洋环境影响跟踪监测调查与分析方法按《海洋调查规范》（GB12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）执行。

12.2.4.4 监测频率

根据 DF13-2 CEPB 平台的监测计划开展。



13. 环境影响评价结论与建议

13.1 工程分析结论

13.1.1 工程概况

东方 13-3 区位于中国南海北部莺歌海盆地,距海南省东方市最近约 104km,距离东南方向东方 1-1 气田约 13km,所在海域水深约 58.5m~64.6m。

东方 13-3 区开发项目依托东方气田群进行开发,计划新建 1 座 4 腿无人井口平台(DF13-3WHPG 平台),共设 12 个井槽,初期钻 6 口生产井,预留 6 口井槽,新铺设 2 条海底混输管道(新建 DF13-3WHPG 平台至已建 DF1-1WHPF 平台海底混输管道、已建 DF1-1WHPF 平台至已建 DF13-2CEPB 平台海底混输管道)和 1 条海底电缆(已建 DF1-1WHPF 平台至新建 DF13-3WHPG 平台海底电缆),对依托 DF1-1WHPF 平台和 DF13-2CEPB 平台进行改造,不涉及终端改造。项目计划于 2025 年 6 月投产,高峰年产气量约***m³,高峰年产油量约***m³,工程投资约***元人民币,其中环保投资***元人民币。

13.1.2 生产工艺流程

新建 DF13-3WHPG 平台所产物流经新建海底混输管道输送至 DF1-1WHPF 平台,越站经已建海底管道输送至 DF13-2CEPB 平台,在 DF13-2CEPB 平台处理成合格干气和凝析油,合格干气通过已建海底管道经已建 DF22-1CEP 平台越站输往东方终端;合格凝析油通过已建海底管道输送至已建 DF1-1PRP 平台,经已建 DF1-1 CEPD 平台(与 DF1-1PRP 平台栈桥相连)至东方终端海底管道越站输往东方终端。新建 DF13-3WHPG 平台通过新铺设 DF1-1WHPF 平台至 DF13-3WHPG 平台电缆供电,依托 DF13-2CEPB 平台燃气透平发电。

13.1.3 主要污染源和污染物

本项目建设阶段的作业内容主要包括钻完井作业、平台就位及安装、平台连接调试、2 条海底管道铺设、1 条海底电缆铺设等工作。新建 DF13-3WHPG 平台计划采用自升式钻井平台进行钻完井及修井作业。海底管道拟采用铺管船铺设,直接铺设于海底,不挖沟埋设,近平台区域采用混凝土压块覆盖保护。海底电缆拟采用铺缆船后挖沟埋设,自然回填。

项目建设阶段产生的污染物主要包括钻完井产生的钻屑、钻井液,海底电缆挖沟埋设产生的悬浮物,参加施工的船舶和人员所产生的船舶含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等船舶污染物、钻井平台和依托 DF13-2CEPB 平



台产生的船舶含油污水、生活垃圾、生活污水和生产垃圾。本项目（包含预留井槽）产生的钻屑总量约为 15335m^3 ，其中非钻井气层水基钻井液钻屑量 14187m^3 ，合成基钻井液钻屑量 1148m^3 。本项目钻完井过程中（包含预留井槽）产生的钻井液总量约为 18737m^3 ，其中非钻井气层水基钻井液约 15597m^3 ，合成基钻井液约为 3140m^3 。符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》（GB18420.1-2009）要求的水基钻井液和钻屑排放，合成基钻井液钻屑经甩干后检测达标（含油量 $\leq 8\%$ ）排放，若不达标进行热脱附处理达标后排海，不能满足排放要求的水基钻井液和钻屑以及合成基钻井液经收集后运回陆地处理，不排海。海底电缆全段采用后挖沟方式铺设，挖沟 1.5m 深，海底电缆挖沟搅起的悬浮物排放总量约为 2126.3m^3 ，悬浮物排放速率约为 19.92kg/s 。建设阶段还将产生船舶污染物，包括船舶含油污水、生活污水和船舶垃圾等，船舶含油污水产生量约为 191.17m^3 、生活污水产生量约为 9226m^3 ，生活垃圾产生量约为 39.54t ，生产垃圾产生量约为 3.53t 。钻井平台和依托 DF13-2CEPB 平台产生的船舶含油污水约 275.00m^3 、生活垃圾约 117.66t 、生活污水约 27454m^3 和生产垃圾约 458.34t 。

项目生产阶段产生的污染物主要是含油生产水、生产垃圾以及初期雨水/冲洗水等其他含油污水等船舶污染物。项目投产后，依托 DF13-2CEPB 平台最大生产水排放量约 $803\text{m}^3/\text{d}$ ，生产水处理系统采用“生产水缓冲罐+聚结过滤器”处理流程，处理达标后的含油生产水排海。新建 DF13-3WHPG 平台生产垃圾产生量最大约 67.96t/a ，运回陆地交由有资质单位进行处理。其它含油污水产生量约 $60\text{m}^3/\text{a}$ 。项目投产后，DF13-2CEPB 平台新增定编 4 人，新增生活污水 $511\text{m}^3/\text{a}$ ，生活垃圾 2.19t/a ，均未超过原环评核算量。

13.2 环境现状分析与评价结论

13.2.1 海洋水文气象环境现状

本项目处于季风特征显著的气候区，盛行风向主要受季风制约。冬季以偏北风为主，夏季以偏南风为主，台风活动频繁。所在海域秋冬季浪向主要是东北向；夏季风期间浪向主要是东南向偏南。工程海域为正规全日潮流；潮汐性质为正规全日潮。

13.2.2 地形地貌环境现状

根据新建 DF13-3WHPG 平台场址调查资料，调查区域水深在 $61.0\text{m}\sim 61.6\text{m}$ ，



海底平坦，水深变化平缓，没有明显的局部起伏变化。新建 DF13-3WHPG 平台至 DF1-1WHPF 平台路由，除已建平台附近，调查区域内海底平坦，水深变化平缓，没有明显的局部起伏变化，全区水深在 58.5m~64.5m 之间变化。DF1-1WHPF 至 DF13-2CEPB 平台路由，除已建平台附近，调查区域内海底平坦，水深变化平缓，没有明显的局部起伏变化，全区水深在 58.5m~64.6m 之间变化。

13.2.3 冲淤环境现状

根据对本工程周边已建平台的冲刷调查成果，海底面比较平缓，水深变化较小，未发现明显的冲刷痕迹，说明本工程海域冲淤环境基本稳定。综合水深调查资料、水动力环境资料和海底土质性质可以初步判断本项目区域海底发生冲淤的可能性很小。

13.2.4 海水水质环境现状

***于 2022 年 4 月 11 日~17 日(春季)和 2022 年 9 月 23 日至 11 月 3 日(秋季)开展了海水水质调查，均布设 36 个海水水质站位(含 12 个加密站位)。其中 6 个站位位于原《海南省海洋功能区划》中的海南岛外海农渔业区，执行第一类海水水质标准；27 个站位位于莺歌海盆地矿产与能源区，3 个站位位于功能区划外，按照维持现状评价。

春季调查：位于农渔业区 6 个站位 pH、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类海水水质标准；铅表层、50m 层各有 1 个站位超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。位于矿产与能源区和位于功能区划外 30 个站位 pH、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、铅、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类海水水质标准。

秋季调查：位于农渔业区 6 个站位 pH、化学需氧量(COD)、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》(GB3097-1997)第一类海水水质标准；溶解氧 50m 层和底层各有 1 个站位超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；铅底层 1 个站位超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。位于矿产与能源区和位于功能区划外 30 个站位 pH、化学需氧量(COD)、石油类、活性磷酸盐、无机氮、汞、砷、锌、铜、镉、总铬、硫化物、挥发性酚均符合《海水水质标准》

(GB3097-1997) 第一类海水水质标准；溶解氧 50m 层有 3 个站位、底层有 7 个站位符合第二类海水水质标准；铅表层 2 个站位、10m 层 3 个站位、50m 层 1 个站位和底层 1 个站位符合第二类海水水质标准。

13.2.5 海洋沉积物环境现状

***于 2022 年 9 月 23 日至 11 月 3 日（秋季）开展了沉积物调查，共布设 26 个沉积物站位。其中 3 个站位位于原《海南省海洋功能区划》中的海南岛外海农渔业区，执行第一类海洋沉积物标准；21 个站位位于莺歌海盆地矿产与能源区内，2 个站位位于功能区划范围外，按照维持现状评价。

调查海域沉积物各调查站位中的有机碳、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油类均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准。调查海域内沉积物环境质量良好。

13.2.6 海洋生物生态现状

海洋生态现状与海水水质调查同步进行，设置 26 个调查站位。

春季调查海域叶绿素 a 各站平均含量变化于 $(0.02\sim0.51)$ mg/m^3 ，平均值为 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ ，调查海区为贫营养海区。初级生产力变化范围为 $(107.71\sim382.63)$ $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $221.57\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，处于正常波动范围。浮游植物共 3 门 50 属 171 种，密度变化范围为 $(0.28\sim398.30)\times10^4$ 个/ m^3 ，平均密度为 85.65×10^4 个/ m^3 ；优势种为柔弱菱形藻、伏氏海毛藻、窄隙角毛藻、中肋骨条藻、日本角毛藻共 5 种；调查海域浮游植物的多样性指数、均匀度、丰富度均值较高，表明该海域浮游植物生态环境适合维持较好的群落组成。浮游动物共 14 类 210 种，密度变化范围为 $(6.66\sim158.41)$ 个/ m^3 ，平均值为 70.55 个/ m^3 ；生物量变化范围为 $(6.65\sim165.84)$ mg/m^3 ，平均值为 $66.42\text{mg}/\text{m}^3$ ；优势种为双尾萨利纽鳃樽、肥胖软箭虫、邦海樽、软拟海樽、韦氏纽鳃樽、大住囊虫和异尾宽水蚤共 7 种；调查海域浮游动物种类丰富，多样性水平普遍较好，群落种间均匀度基本较好，群落结构稳定性较好。底栖生物共 10 大门类 135 种，密度变化范围为 $(5.00\sim40.00)$ 个/ m^2 ，平均栖息密度为 16.54 个/ m^2 ；生物量变化范围为 $(0.08\sim13.21)$ g/m^2 ，平均生物量为 $2.66\text{g}/\text{m}^2$ ；调查海域底栖生物种类多样性指数和丰富度指数的平均值相对较高，但群落均匀度指数受优势种数量的影响较大，指数值相对较低。

秋季调查海域叶绿素 a 各站平均含量变化于 $(0.02\sim0.60)$ mg/m^3 ，平均值为

0.20mg/m³，调查海区为贫营养海区。初级生产力变化范围为（118.55~386.15）mg·C/(m²·d)，平均值为 265.17mg·C/(m²·d)，处于正常波动范围。浮游植物共 4 门 47 属 176 种，密度变化范围为（1.33~46.87）×10⁴ 个/m³，平均为 9.10×10⁴ 个/m³；优势种为伏氏海毛藻、铁氏束毛藻、拟弯角毛藻、洛氏角毛藻、窄隙角毛藻和锤状中鼓藻共 6 种，调查海域浮游植物物种多样性和均匀度均处于高水平，浮游植物生态环境适合维持较好的群落组成。浮游动物共 15 类 194 种，密度变化范围为（3.78~478.32）个/m³，平均 107.76 个/m³；生物量变化范围为（11.43~510.62）mg/m³，平均 68.53mg/m³；优势种为肥胖软箭虫、齿形海萤、普通波水蚤、红拟抱球虫、真刺水蚤属-种、黄角光水蚤、精致真刺水蚤、弓角基齿哲水蚤、异尾宽水蚤、达氏筛哲水蚤和奇桨剑水蚤共 11 种；调查海域浮游动物种类丰富，多样性水平普遍较好，群落种间均匀度基本较良好，群落结构稳定性较好。底栖生物共 6 大门类 171 种，栖息密度变化范围为（5.00~70.00）个/m²，平均栖息密度为 22.31 个/m²；底栖生物生物量变化范围为（0.08~31.23）g/m²，平均生物量为 6.52g/m²；底栖生物种类多样性指数和丰富度指数的平均值相对较高，但群落均匀度指数受优势种数量的影响较大，指数值相对较低。

13.2.7 海洋生物质量现状

春季生物质量调查共测定底栖生物生物样品 17 个，包括软体类 1 种 1 份，甲壳类 3 种 4 份，鱼类 6 种 12 份。底栖生物样品中，鱼类、甲壳类和软体类的各项评价因子均满足生物质量标准的要求。

秋季生物质量调查共测定底栖生物样品 32 个，包括软体类 2 种 2 份，甲壳类 4 种 13 份，鱼类 10 种 17 份。底栖生物样品中，鱼类、甲壳类和软体类的各项评价因子均满足生物质量标准的要求。

由此可见，调查海域底栖生物的生物质量状况较好。

13.2.8 渔业资源现状调查

***于 2022 年 4 月 20~30 日（春季）和 2022 年 10 月 10~21 日（秋季）开展海洋渔业资源现状调查。

春季调查共捕获鱼类 137 种、头足类 15 种、甲壳类 32 种、鱼卵仔稚鱼 36 种。各站位成鱼资源量平均为 447.54kg/km²，幼鱼资源量平均为 21309 尾/km²；头足类成体资源量平均为 36.03kg/km²，幼体资源量平均为 791 尾/km²；甲壳类成体资源量平均为 28.27kg/km²，幼体资源量平均为 1494 尾/km²，其中，虾类成



体资源量平均为 $14.99\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $1141\text{尾}/\text{km}^2$ ；虾姑类成体资源量平均为 $2.32\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $41\text{尾}/\text{km}^2$ ；蟹类成体资源量平均为 $10.95\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $312\text{尾}/\text{km}^2$ ；垂直拖网鱼卵平均密度为 $0.117\text{粒}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均密度为 $0.297\text{尾}/\text{m}^3$ 。

秋季调查共捕获鱼类 127 种、头足类 15 种、甲壳类 36 种、鱼卵仔稚鱼 42 种。各站位成鱼总资源量平均为 $612.94\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼鱼资源量平均为 $48366\text{尾}/\text{km}^2$ ；头足类成体资源量平均为 $22.89\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $895\text{尾}/\text{km}^2$ ；甲壳类成体资源量平均为 $40.85\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $7366\text{尾}/\text{km}^2$ ，其中，虾类成体资源量平均为 $25.68\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $6153\text{尾}/\text{km}^2$ ；虾姑类成体资源量平均为 $2.69\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $423\text{尾}/\text{km}^2$ ；蟹类成体资源量平均为 $12.48\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体资源量平均为 $791\text{尾}/\text{km}^2$ ；垂直拖网鱼卵平均密度为 $0.168\text{粒}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均密度为 $0.303\text{尾}/\text{m}^3$ 。

13.2.9 主要环境敏感目标

本项目新建工程设施均位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 72km ，距“三区三线”海洋生态保护红线中的其他红线区最近约 81km ，距离其他敏感目标均在 100km 以上。

13.3 环境影响回顾性分析

本项目依托的 DF13-2 CEPB 平台生产水处理系统和生活污水处理装置运行正常，近两年统计的生产水和生活污水均能实现达标排放。

现有东方气田投产以来，对外排污水采取了有效的处理措施，排放浓度低于排放标准，对气田周围的海水水质未造成明显损害。多数水质要素符合一类海水水质标准及海水自然变化规律，调查海区水质状况良好。海洋沉积物中各评价因子均符合第一类沉积物质量标准，其中特征污染物石油类在表层沉积物中处于较低水平，海区沉积环境整体较好。历次调查显示海区浮游植物、浮游动物各项指标比较稳定，波动不大，优势种季节性更替，群落多样性和均匀度水平整体保持较高水平，群落结构处于健康较稳定状态。底栖生物种类多样性不高，优势种的数量偏多，从历次调查结果来看，海区特征污染物石油烃在生物体内含量历次调查均处于较低水平，底栖生物的生物质量状况一直保持较好状态。



13.4 环境影响预测与评价结论

13.4.1 海洋水文动力、地形地貌及冲淤环境影响

本项目主要工程内容为新建 1 座平台、铺设 2 条海底管道和 1 条海底电缆。由于平台为透水式结构，井口平台等对周边的水动力环境影响很小。新建海底电缆埋设于海底以下，挖起的海底泥沙短时间堆积于缆沟两侧，在底层流作用下将逐渐回填于缆沟，铺设完成后不会影响工程海域水文动力环境。海底管道直接铺设在海底，不挖沟，因此对水文动力环境影响很小。

平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，平台建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。海底电缆埋在海底，施工期掀起的悬浮泥沙在水流的作用下逐渐沉积在缆沟周围，由于悬浮泥沙的产生量较小，加上潮流长时间的输沙作用，不容易淤积，对海底地貌的影响较小。因此，本工程建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。

13.4.2 工程对海水水质的影响

13.4.2.1 钻井液对海水水质的影响

DF13-3WHPG 平台钻井液于水下 25m 排放，根据数值预测结果，钻井液排放仅对排放点附近水质有影响，且影响主要集中在排放层位及下一层（即水下约 17.6~35.2m），超一（二）类包络面积为 0.328km²，超一（二）类水质距排放点的最大距离为 0.69km；超三、四类水质海域的包络面积相对较小。钻井液停止排放后约 8h 即可恢复到排放前水质。

13.4.2.2 钻屑对海水水质的影响

DF13-3WHPG 平台钻屑于水下 25m 排放，根据数值预测结果，钻屑对水质的影响主要在平台周围不远的水域内，且影响主要集中在排放层位及下一层（即水下约 17.6~35.2m），排放层超一（二）类包络面积为 0.219km²，距排放点的最大距离为 0.40km；超三、四类水质海域的包络面积相对较小。停止排放后约 4h 内即可恢复到排放前水质。

13.4.2.3 海底电缆挖沟对海水水质的影响

本项目海底电缆挖沟搅起的悬浮物影响主要在施工线路两侧。海底电缆挖沟主要海水水质超标范围集中在底层及次底层（即水下约 45m~海底），底层超一（二）类海水最大影响距离为 0.67km，超一（二）类水质最大包络面积为 5.942km²，超三、四类水质海域影响范围相对较小。挖沟作业停止后约 5.0h，悬



浮物浓度可恢复至背景水平。

13.4.2.4 生产水对海水水质的影响

项目投产后依托 DF13-2CEPB 平台含油生产水最大排放量为 $803\text{m}^3/\text{d}$ 。由于 DF13-2CEPB 平台生产水排放量相对较小，且石油类含量较小，在预测网格分辨率（50m）下，平台附近海水石油类最大浓度约为 0.054mg/L 。因此，项目依托 DF13-2CEPB 平台由于生产水排放量较小，石油类超标范围远小于一个预测网格面积（ 0.0013km^2 ），对海水水质的影响程度较小。

13.4.3 工程对海洋沉积物的影响

13.4.3.1 钻屑排放对沉积物环境的影响

钻屑排海后在海水运动的作用下，会在海底一定范围内沉积。钻屑的沉积及分布范围受排放量、海流、水深等因素的影响。钻屑的排放将覆盖一部分原海底，所覆盖区域的沉积物类型会有所变化，并可能使沉积物中有机质等污染物的含量稍有升高。根据数值模拟结果，DF13-3WHPG 平台钻屑覆盖厚度超过 2cm 的面积约为 0.133km^2 。

13.4.3.2 海底电缆挖沟对沉积物环境的影响

海底电缆挖沟对沉积物环境的影响首先是开挖和覆盖，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下自然回填缆沟，覆盖厚度 $>2\text{cm}$ 的面积主要位于缆沟两侧附近，因悬浮物均是局地沉积物再沉积，不会引起沉积物环境的变化。根据数值模拟结果，海底电缆挖沟悬浮物覆盖 2cm 厚度的覆盖面积为 0.095km^2 。

13.4.4 工程对海洋生态环境的影响

本项目施工阶段对海洋生物资源的主要影响环节为施工期钻井液/钻屑的排放和海底电缆挖沟掀起悬浮物，导致局部海域范围内的悬浮物浓度超标，影响水体中浮游动植物的生长与繁殖，对鱼卵、仔稚鱼和游泳动物产生一定的影响，并造成底栖生物的掩埋、覆盖等。生产阶段，平台/设施生产水的排放也会对平台/设施附近海域的浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔稚鱼和游泳生物等产生一定的影响。

根据计算结果，本项目海洋生物损失为：鱼卵 2.093×10^6 粒，仔稚鱼 4.397×10^6 尾，鱼类幼体 28492 尾，头足类幼体 697 尾，虾类幼体 3170 尾，蟹类幼体 438 尾，成体 192.894kg，底栖生物 0.69t。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），估算本项目造成海洋生物资源损失约 75.81 万



元。

13.4.5 工程对环境敏感目标的影响

本项目新建 DF13-3WHPG 平台及新建管缆位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场、短尾大眼鲷北部湾产卵场内；距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 72km，距“三区三线”中海洋生态红线的其他红线区最近约 81km，距其他敏感目标均超过 100km。建设阶段钻井液和钻屑采用水下 25m 排放，主要影响集中在排放层位及下一层（水下 17.6m~35.2m），海底电缆挖沟主要影响在底层、次底层（水下 45m~海底），而产卵场的鱼卵一般是浮性卵，主要位于海水的浅表层，且影响面积很小，影响是短期的、可恢复的；运行过程中产生的主要污染物为少量达标排放的生产水，由于生产水排放量较小，石油类含量较低，石油类超标范围远小于一个预测网格面积（0.0013km²），对项目所在的产卵场影响较小。此外，项目实施后将积极采取增殖放流等生态补偿措施，对敏感目标的影响是可接受的。

13.5 环境风险分析与评价结论

13.5.1 环境风险分析

本次环境风险评价识别出来的环境风险类型包括井喷、新建平台火灾/爆炸、海底管道与立管泄漏和船舶碰撞泄漏等事故。项目最具代表性事故为海底管道/立管泄漏事故，选取不利溢油位置 DF1-1 WHPF 平台附近海底管道作为溢油点进行了预测模拟，溢油量最大为 80m³。

根据预测结果分析，DF1-1 WHPF 平台附近海底管道发生溢油事故时，在 WSW 风向极值风条件下最短 46h 可到达南海北部幼鱼繁育场保护区，最短 53h 可到达其他红线区。由于 DF1-1 WHPF 平台位于绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场和短尾大眼鲷北部湾产卵场内，无论何时溢油都会产生不利影响，因此，相关部门需做好防护应急工作，防止溢油事故的发生。

项目从设计阶段采用国内外先进标准，在建设和生产阶段采取各类风险事故防范措施，使得发生油气泄漏事故的概率非常小；为了应对油气泄漏事故的发生，建设单位将修订现有溢油应急计划，并将本项目纳入其中统筹考虑，从组织机构、资源配备、处理程序等方面进行了详细规定。根据应急响应时间分析，如果 DF1-1 WHPF 平台附近海底管道处发生溢油，建设单位可协调溢油应急设



备在海况允许和应急响应及时的情况下最短 1.5h 内到达溢油现场进行溢油应急作业。当发生超出自身控制能力的溢油污染环境事件时，还可以通过集团公司的统一指挥协同，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，借助外部溢油应急能力能够满足突发溢油污染环境事件时的应急需要。

鉴于项目位于多个产卵场内，建设单位应按照法律法规要求采取切实有效措施，防范溢油风险事故，完善溢油应急预案，加强溢油应急能力建设，一旦发生溢油污染事故，应当立即启动相应的应急预案，采取有效措施控制和消除污染。

东方 13-3 区开发项目发生油气泄漏的概率较低，项目投产前将修订溢油应急计划并重新备案，配备了相应的溢油应急资源。因此，本项目油气泄漏环境风险可防、可控。

13.5.2 地质性溢油和浅层气风险分析

东方 13-3 区开发项目气田范围内不发育通天断层，地质条件及断层风险认识清楚、钻完井方案可行，并且该气田为衰竭开发，不需要注水保持地层能量。开发方案井身结构、井口装置、钻井工艺技术、井筒选材满足设计规范要求。根据三维地震资料，以新建 DF13-3WHPG 平台为中心，在（1.0×1.0km）调查范围内海底至海底 500m 地层中未发现与浅层气相关的异常反射特征。在日常生产开发过程中严格按照设计和操作规范实施，并在实际工作中密切加强监测，生产过程中地质性溢油和浅层气风险是可控的。

13.6 清洁生产与总量控制

13.6.1 清洁生产分析结论

根据《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》的分级标准，从资源能源利用指标、生产技术特征指标、资源综合利用指标、污染物产生指标以及环境管理要求等方面进行定量和定性评价，经计算，本项目钻井作业的清洁生产综合评价指数为 95.04，达清洁生产先进水平；采油作业的清洁生产综合评价指数为 94，达清洁生产先进水平。

13.6.2 总量控制建议

本项目投产后，依托 DF13-2CEPB 平台含油生产水最大排放量为 $29.31 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，较已批复总量值 $***\text{m}^3/\text{a}$ 增加 $***\text{m}^3/\text{a}$ ；石油类最大排放量为 13.19t/a，



较已批复总量值***t/a 增加***t/a。因此，建议依托 DF13-2CEPB 平台含油生产水排的总量控制指标为 $29.31 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，石油类排放量总量控制指标为 13.19t/a。

13.7 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

13.7.1 环境保护对策措施

13.7.1.1 建设阶段

本项目采用钻井平台进行钻完井作业；在钻井过程中优先采用水基钻井液，部分井段根据钻井需要使用合成基钻井液。平台设有钻井液循环处理系统，分离出的钻井液返回泥浆池后循环使用，分离出的水基钻井液钻屑经检测达标后排海，若检测不达标运回陆地交由有资质单位处理。各井段钻井结束后，水基钻井液经检测达标后排海，不能满足排放要求的水基钻井液及合成基钻井液经收集后运回陆地处理，不排海。振动筛分离出的合成基钻井液钻屑经甩干后检测达标排放，若不达标进行现场热脱附处理，处理后的含油钻屑经检测达标后排海，若不达标，则运回陆地交由有资质单位处理。钻井过程中向海中排放的钻井液和钻屑，其生物毒性容许值达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》（GB18420.1-2009）标准中二级标准的要求，即钻井液的生物毒性容许值不低于 20000mg/L。同时，向海中排放的钻井液和钻屑中的含油量和重金属含量还应符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级排放标准（含油量 $\leq 8\%$ ，重晶石中最大值：Hg $\leq 1\text{mg/kg}$ 、Cd $\leq 3\text{mg/kg}$ ）的要求。

船舶污染物的排放与处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）和《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）相关要求。建设阶段产生的生产垃圾全部分类回收至垃圾箱内，分类装箱运回陆地交由有资质的单位进行处理。

13.7.1.2 生产阶段

DF13-3WHPG 平台产生的生产水依托 DF13-2CEPB 平台生产水处理系统进行处理，采用“生产水缓冲罐+聚结过滤器”的处理流程，生产水处理至满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准（石油类月均排放浓度限值 $\leq 45\text{mg/L}$ ，一次容许值 $\leq 65\text{mg/L}$ ）后排海。

项目产生的生产垃圾集中装箱运回陆地，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的要求进行回收利用或处置。危险废物陆上处理需按照《危



险废物转移管理办法》等规定的要求，交有资质的单位处理处置。

13.7.2 海洋生态保护措施

建议建设单位在本项目开发过程中，采取如下措施：

(1) 建设阶段应严格控制海底电缆挖沟作业的时间，优化施工工艺，以降低和缓解对海洋生态资源的影响程度。

(2) 建设和生产阶段必须严格控制污染物的排放量和排放浓度，减少对海洋环境影响的范围和程度。为了尽量减小对产卵场的影响，建设阶段钻屑、钻井液水下 25m 排放，海底电缆挖沟尽量避开鱼类集中产卵期 5~6 月。

(3) 建设单位应加强设备管理、严格操作规程、减少人为失误，从根本上将环境风险事故发生概率降到最低，务必将防范事故发生的措施放在首要位置。

(4) 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。

(5) 建设单位需与相关主管部门协商，对项目造成的海洋生物资源损失采取适当的生态恢复或补偿措施，如人工增殖放流、渔业资源养护与管理、人工鱼礁以及进行渔业资源和生态环境监测等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用等，其经费应纳入项目的环保投资预算。

13.8 区域规划和政策符合性结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“鼓励类”项目，符合国家产业政策，符合《全国海洋主体功能区规划》，与《海南省国土空间规划（2021-2035）》、海南省“三区三线”划定成果中海洋生态保护红线和《关于海南省“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》。

项目的建设符合《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》、《海南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》、《“十四五”海洋生态环境保护规划》、《海南省生态环境保护“十四五”规划》和《“十四五”现代能源体系规划》等规划要求。

13.9 建设项目环境可行性结论

东方 13-3 区开发项目符合国家产业政策，符合《全国海洋主体功能区规划》，与《海南省国土空间规划（2021-2035）》、海南省“三区三线”划定成果中海洋生态保护红线和《关于海南省“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》。

项目从设计和施工方案上采取了一系列污染治理、环境保护措施，采用的



生产工艺流程及设备、污染防治措施等均符合清洁生产的要求。项目周围海域海水、沉积物和生物环境质量现状较好，评价范围内的敏感目标主要为绯鲤类北部湾产卵场、红笛鲷北部湾产卵场、长尾大眼鲷北部湾产卵场、短尾大眼鲷北部湾产卵场等。项目在建设过程中产生的主要污染物为钻屑、钻井液和海底电缆挖沟埋设时产生的悬浮物，对环境的影响属于短期性、可恢复性的。生产运行过程中所产生的主要污染物为含油生产水，依托 DF13-2CEPB 平台处理达标后排放，对环境的影响属于局部影响。其它污染物种类较少，且排放量也相对较小，拟采取的清洁生产和污染防治措施得当，污染物排放后对周围环境（水质、底质及生态）的影响范围和程度较小。

项目的建设和生产对海洋生态环境和渔业资源会产生一定影响和损害，需采取有效的保护措施。项目存在一定的溢油风险，需采取切实可行的溢油应急防范对策措施。

评价认为，在建设单位落实了各项环境保护措施、生态保护措施、风险防范措施和应急预案的前提下，从环境保护角度考虑，项目建设可行。



附件 1 环评委托书

保密内容，已删除。

附件 2 相关工程环评批复

附件 2-1 《关于海洋天然气化肥基地项目环境影响报告书审批意见的复函》（环发〔1997〕470 号）

保密内容，已删除。

附件 2-2 《国家海洋局关于东方 1-1 气田一期调整项目环境影响报告书核准意见的批复》（国海环字〔2013〕727 号）

保密内容，已删除。

附件 2-3 《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）

保密内容，已删除。

附件 2-4 《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）

保密内容，已删除。

附件 3 相关工程环保设施竣工验收批复

附件 3-1 《国家海洋局关于东方 1-1 海上气田环保设施竣工验收的复函》（国海环字〔2004〕306 号）

保密内容，已删除。

附件 3-2 《国家海洋局关于东方 1-1 气田一期调整项目环境保护设施竣工验收的复函》（国海环字〔2016〕5 号）

保密内容，已删除。

附件 3-3 《关于恩平 23-1 油田群总体开发工程等 7 个项目环境保护设施竣工验



收合格的函》（环验〔2021〕3 号）

保密内容，已删除。

附件 4 固体废弃物委托处理处置合同和资质

附件 4-1 ***公司处理处置合同和资质

保密内容，已删除。

附件 4-2***公司处理处置合同和资质

保密内容，已删除。

附件 5 溢油应急计划备案登记表

保密内容，已删除。

附件 6 《东方 13-3 区开发项目通航安全影响专题研究报告》专家咨询意见

保密内容，已删除。

附件 7 关于东方 13-2 气田群开发工程项目生产水聚结撬处理量的说明

保密内容，已删除。



附表 环境质量现状调查与评价结果

附表 1 调查海域海水水质调查分析记录统计表（春季）

站位	水深	采样深度	水温	盐度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
	m	m	℃			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
L01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	水 深	采 样 深度	水 温	盐 度	pH	DO	COD	石 油 类	悬 浮 物	无 机 氮	活 性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总 铬	硫 化 物	挥 发 性 酚
	m	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
L09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	水 深	采 样 深度	水 温	盐 度	pH	DO	COD	石 油 类	悬 浮 物	无 机 氮	活 性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总 铬	硫 化 物	挥 发 性 酚
	m	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	水深	采样深度	水温	盐 度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
	m	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	水深	采样深度	水温	盐 度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
	m	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	水 深	采 样 深度	水 温	盐 度	pH	DO	COD	石 油 类	悬 浮 物	无 机 氮	活 性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总 铬	硫 化 物	挥 发 性 酚
	m	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	水 深	采 样 深度	水 温	盐 度	pH	DO	COD	石 油 类	悬 浮 物	无 机 氮	活 性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总 铬	硫 化 物	挥 发 性 酚
	m	m	℃			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

注：“\”表示无数据；“nd”表示未检出，下同

附表 2 调查海域海水水质调查分析记录统计表（秋季）

站 位	采 样 深度	水 温	盐 度	pH	DO	COD	石 油 类	悬 浮 物	无 机 氮	活 性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总 铬	硫 化 物	挥 发 性 酚
	m	℃			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
L01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	采样深度	水温	盐 度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发 性酚
	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
L03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
L12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	采样深度	水温	盐 度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发 性酚
	m	℃			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	采样深度	水温	盐 度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发 性酚
	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	采样深度	水温	盐 度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发 性酚
	m	℃			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	采样深度	水温	盐 度	pH	DO	COD	石油类	悬浮物	无机氮	活性 磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发 性酚
	m	°C			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站 位	采 样 深 度	水 温	盐 度	pH	DO	COD	石 油 类	悬 浮 物	无 机 氮	活 性 磷 酸 盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总 铬	硫 化 物	挥 发 性 酚
	m	℃			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

附表 3 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-表层）

站 号	pH	DO	COD	石 油 类	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总 铬	硫 化 物	挥 发 性 酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	石油类	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	石油类	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

附表 4 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-10m 层）

站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	硫化物	挥发性酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	硫化物	挥发性酚
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

附表 5 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-50m 层）

站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

附表 6 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-底层）

站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



附表 7 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（春季-加密站位）

站号	表层		10m 层	50m 层
	石油类	化学需氧量	化学需氧量	
L01	***	***	***	***
L02	***	***	***	***
L03	***	***	***	***
L04	***	***	***	***
L05	***	***	***	***
L06	***	***	***	***
L07	***	***	***	***
L08	***	***	***	***
L09	***	***	***	***
L10	***	***	***	***
L11	***	***	***	***
L12	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***

附表 8 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-表层）

站号	pH	DO	COD	石油类	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	石油类	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	石油类	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

附表 9 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-10m 层）

站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	硫化物	挥发性酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	硫化物	挥发性酚
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

附表 10 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-50m 层）

站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***



站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

附表 11 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-底层）

站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

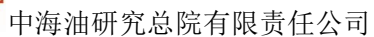


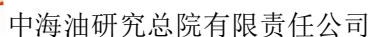
站号	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类个数	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超一类比例%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

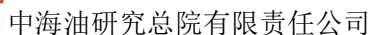


附表 12 调查海域各站位海水水质调查项目评价结果（秋季-加密站位）

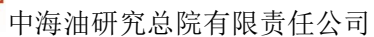
站位	表层		10m 层	50m 层
	石油类	化学需氧量	化学需氧量	
L01	***	***	***	***
L02	***	***	***	***
L03	***	***	***	***
L04	***	***	***	***
L05	***	***	***	***
L06	***	***	***	***
L07	***	***	***	***
L08	***	***	***	***
L09	***	***	***	***
L10	***	***	***	***
L11	***	***	***	***
L12	***	***	***	***
Q_{ij} 最低值	***	***	***	***
Q_{ij} 最高值	***	***	***	***
平均标准指数	***	***	***	***

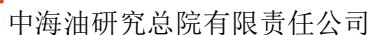
[illegible]



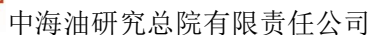


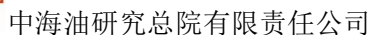
附件

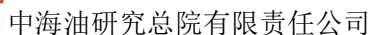


附表 14 浮游动物种名录

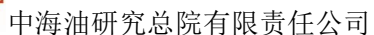
附件

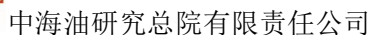






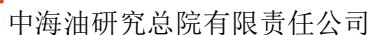
附件

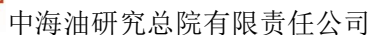


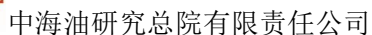
[illegible]

附表 15 底栖生物种名录

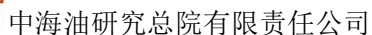
[illegible]



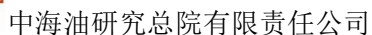




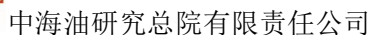
春季		秋季	
种名	拉丁学名	种名	拉丁学名
***	***	***	***
***	***	***	***



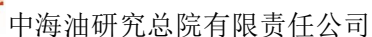
附件



附件



附件



附表 17 头足类种类目录

[illegible]

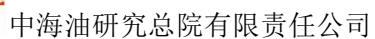
附表 18 甲壳类种类目录

[illegible]

[illegible]

附表 19 鱼卵、仔稚鱼名录

[illegible]



附件