宝岛21-1气田群开发项目

环境影响报告书

（全本公示稿）

建设单位：中海石油（中国）有限公司海南分公司

环评单位：中海油研究总院有限责任公司

编制时间：2026年7月

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 3
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 8
2.4 评价内容 9
2.5 评价重点 9
2.6 评价范围 10
2.7 评价工作等级 10
3 工程概况与工程分析 12
3.1 建设项目基本情况 12
3.2 工程开发方案概述 15
3.3 新建工程组成 18
3.4 依托设施校核 28
3.5 生产工艺流程 31
3.6 施工和建设方案 33
3.7 产污环节与污染物分析 38
3.8 污染源强核算 39
3.9 环境影响因素识别和评价因子筛选 49
4 工程区域环境概况 52
4.1 工程区域自然环境概况 52
4.2 环境功能区划及相关规划符合性 59
4.3 工程周围海洋生态环境保护目标分布 63
4.4 海洋生态环境保护目标筛选 66
4.5 沉船水下文物保护区 67
5 海洋生态环境现状调查与评价 68
5.1 海洋生态环境现状调查概况 68
5.2 海水水质现状调查与评价 76
5.3 海洋沉积物现状调查与评价 77
5.4 海洋生态现状调查与评价 81
5.5 生物质量调查与评价 90

5.6 海洋渔业资源现状调查与评价 94
6 环境影响回顾性分析 107
6.1 现有工程回顾 107
6.2 相关环评批复及落实情况 107
6.3 环境保护设施运行情况 110
6.4 溢油事故回顾 113
6.5 海洋环境质量回顾 113
6.6 环境影响回顾性分析结论 119
7 海洋生态环境影响预测与评价 120
7.1 海洋生态环境影响预测 120
7.2 海水水质环境影响评价 141
7.3 海洋沉积物环境影响评价 142
7.4 海洋生态环境影响评价 143
7.5 电力辅助平台噪声电磁环境影响 146
7.6 海洋生物资源损失评估 148
7.7 环境敏感目标影响分析 154
7.8 工程对水文动力的影响分析 155
7.9 工程对冲淤环境的影响分析 155
8 海洋生态环境风险评价 157
8.1 风险评价概述 157
8.2 风险调查 158
8.3 评价等级及评价范围 161
8.4 风险识别 166
8.5 CO2 运输、回注利用及封存风险评估 171
8.6 风险事故情形分析 177
8.7 地质性溢油及浅层气风险分析 183
8.8 溢油风险后果分析 188
8.9 环境风险防范措施及应急处置措施 195
8.10 评价结论与建议 210
9 清洁生产与总量控制 212
9.1 清洁生产分析 212
9.2 总量控制方案建议 220
10 环境保护对策措施及其合理性分析 222
10.1 建设阶段环保措施 222
10.2 生产阶段环境保护对策措施 225
10.3 海洋生态保护对策 230
10.4 环保措施小结 233
10.5 环保设施“三同时”竣工验收建议 236

11 环境经济损益分析 237
11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算 237
11.2 环境保护的经济损益分析 238
12 环境管理与监测计划 241
12.1 环境管理 241
12.2 环境监测计划 246
12.3 海洋环境影响监测计划 247
12.4 CO2 回注跟踪监测计划 248
13 评价结论与建议 250
13.1 工程分析结论 250
13.2 规划和政策符合性结论 252
13.3 环境现状分析与评价结论 252
13.4 主要环境敏感目标 256
13.5 环境影响回顾性分析 256
13.6 环境影响预测与评价结论 257
13.7 环境风险分析与评价结论 259
13.8 清洁生产与总量控制 260
13.9 环保对策措施合理可行性结论 261
13.10 建设项目环境可行性结论 263
附件 1
附件 1 环评工作委托书 1
附件 1
附件 1 环评工作委托书 1
附件 2 固体废物委托处理处置合同及资质 1
附件 3 相关环评报告批复文件 1
附件 4 相关工程竣工验收批复 1
附件 5 相关溢油应急计划备案登记表 1
附表 2
附表 1 秋季调查海域海水水质调查分析记录统计表 2
附表 2 秋季调查海域各站位海水质量平均值单因子指数评价统计表（按一类评价） 2
附表 3 秋季调查浮游植物种类名录 3
附表 4 秋季调查浮游动物种类名录 8
附表 5 秋季调查底栖生物物种名录 18
附表 6 调查海域鱼类种类名录 24
附表 7 建设项目海洋生态环境影响评价自查表 27
附表 8 中英文对照表 30

1 概述

1.1 项目概述

宝岛21-1气田群位于琼东南盆地宝岛凹陷北坡断阶带，气藏区域水深约660m~1570m，距离海南省万宁市115km，距离陵水市145km，距离陵水17-2气田130km，新建BD21-1CEPA中心平台距离最近陆地约100km。

宝岛21-1气田群包括宝岛21-1、陵水18-1、永乐8-1气田。本项目新建1座BD21-1 CEPA平台，新建1座18MW级BD13-3电力辅助平台，新建宝岛21-1、陵水永乐、宝岛13-3三套水下生产系统，共布署22口开发井（宝岛区12口生产井1口CO_2回注井、陵水区5口生产井、永乐区4口生产井），并对依托的已建LS17-2SEMI平台进行适应性改造。

宝岛21-1、陵水18-1及永乐8-1所产物流经海管汇集到BD21-1 CEPA平台后，天然气在该平台进行脱碳、脱水处理成干气，凝析油深度脱水后与干气混合经宝岛-万宁新建海管输送到万宁终端（拟建，另行评价），脱除的CO_2通过海管输往注气井回注。BD13-3电力辅助平台为BD21-1 CEPA平台供电，同时为CO_2注气井提供电力和进行控制。

2040年以后，陵水18-1气田由于地层压力的降低不足以支持长距离输送，其物流转向经陵水17-2东3管汇输往已建LS17-2SEMI平台，依托LS17-2SEMI进行处理；宝岛21-1、永乐8-1气田物流仍输往新建BD21-1 CEPA中心平台进行处理。2040年以后，将采用陵水永乐登浅管道反向供气，通过柔性跨接管接入BD21-1管汇2，以保障管道建议最小输量提高采收率。

本项目最大年产气量***m^3/a（2030/2031年），最大年产凝析油量***m^3/a（2030年）。项目工程总投资（含税）***亿元人民币，其中环保投资***亿元人民币。本项目计划于2029年9月投产。

根据有关法律法规，建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司（以下简称海南公司），委托中海油研究总院有限责任公司承担本项目的环境影响评价工作。

1.2 环境影响评价工作过程

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，受建设单位海南公司委托（附件1），中海油研究总院有限责任公

司承担宝岛21-1气田群开发项目的环境影响评价工作。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021版），本项目属于“五十四、海洋工程，150海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，新区块油气开发及其附属工程”，应该编制环境影响评价报告书。

环评单位收到环评任务委托7个工作日内，建设单位在中国自然资源报网站上开展了宝岛21-1气田群开发项目环境影响评价公众参与第一次公示。同时，评价单位开展了资料收集、相关法规和标准等与本项目有关文件的研究工作。

通过对宝岛21-1气田群开发项目的工程资料分析、环境敏感目标和环境保护目标筛选等工作，确定了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，并对项目主体功能区规划、国土空间规划、生态红线及相关规划符合性进行了分析。

本项目评价工作等级为2级，采用***在工程周围海域开展的秋季海洋环境质量现状调查与评价资料，以及***开展的秋季渔业资源调查与评价资料。

根据本项目工程分析和海洋生态环境现状调查与评价结果，开展了海洋生态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论，项目开展了清洁生产分析、环境保护对策措施及其合理性分析、海洋生态环境风险分析与评价、地质性溢油风险与评价、浅层气风险与评价、总量控制建议、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，完成环境影响报告书的编制。建设单位组织专家对本报告书进行了预审，评价单位根据预审意见对报告书进行修改完善，形成了《宝岛21-1气田群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《宝岛21-1气田群开发项目环境影响报告书》前，在中国自然资源报网站上开展了第三次公示，公示内容包括《宝岛21-1气田群开发项目环境影响报告书》全文和《宝岛21-1气田群开发项目环境影响评价公众参与说明》。本项目完成三次公示后，完善后的《宝岛21-1气田群开发项目环境影响报告书》上报至生态环境部。

1.3 关注的主要环境问题

本项目位于南海北部大陆架西区的琼东南盆地北部海域，评价范围内的海洋生态环境保护目标为产卵场，部分新建工程设施位于鲐鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内，距其他产卵场均在42km以上，距南海北部幼鱼

繁育场保护区最近约42.5km；距海洋生态红线最近约59km。

项目在正常作业情况下，关注的主要环境问题是钻井作业期间钻井液和钻屑排放，生产阶段含油生产水排放对周围海域的海水水质、海洋沉积物和海洋生态的影响范围及程度。在风险事故情况下，关注的主要环境问题是油气泄漏对工程设施周围海域的环境保护目标、海洋生态、生物资源的潜在影响，CO_2泄漏对工程设施周围海洋生态环境的潜在影响。

1.4 主要评价结论

宝岛21-1气田群开发项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》“鼓励类”产业，符合国家产业政策。项目符合《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的管理要求相协调。

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。项目周围海域海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境质量现状较好，评价范围内没有海洋生态环境保护目标分布等。项目在建设过程中产生的主要污染物为钻屑和钻井液，对环境的影响属于短期性、可恢复性影响。生产运行过程中产生的主要污染物为含油生产水，经处理达标后排放，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（海水水质、海洋沉积物及海洋生态）的影响范围和程度较小。此外，本项目通过CO_2回注实现碳减排，具有很好的环境效益。

项目的建设和生产对海洋生态环境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。

在建设单位落实了各项污染防治对策措施、海洋生态保护措施、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。

2 总论

2.1 评价依据

本报告书主要根据项目可行性研究报告及基本设计资料，在各项专题研究的基础上，根据中华人民共和国有关法律法规、标准规范等进行编制，具体编制依据如下。

2.1.1 法律法规

- 《中华人民共和国环境保护法》（全国人大常委会，2014.4.24 修订）
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（全国人大常委会，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，2025.12.27 修订）
- 《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）
- 《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）
- 《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（2025 年版）》（生态环境部，2025.1.1 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 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）

2.1.2 导则规范

- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）
- 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）
- 《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）
- 《国内航行海船检验规则（2025）》

2.1.3 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》
- 《海南省国土空间规划（2021-2035）》
- 《海南省生态环境分区管控方案》（2023 年版）
- 《海南省“三区三线”划定成果中海洋生态保护红线》

2.1.4 基础资料

- 宝岛 21-1 气田群开发项目可行性研究报告（2025.8）
- 宝岛 21-1 气田群开发项目基本设计简缩本（2025.10）

2.2 评价标准

2.2.1 环境质量标准

本项目位于《海南省国土空间规划（2021-2035）》之外，新建平台距岸最近约 100 km。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），环境影响评价中海水水质、海洋沉积物、海洋生物质量分别执行现状海水水质、现状海洋沉积物、现状海洋生物质量标准，详见表 2.2-1。

表 2.2-1 本项目采用的环境质量标准

项目	采用/参考标准	标准等级	适用对象
海水水质	海水水质标准（GB 3097-1997）	执行现状标准	环境质量现状评价
海洋沉积物	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	海洋生物质量（GB 18421-2001）		海洋贝类（双壳类）的生物质量评价
	《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）	/	甲壳类、软体类（非双壳类）和鱼类的重金属（Cr 除外）和石油烃生物质量评价

2.2.2 污染物排放标准

本项目位于琼东南盆地宝岛凹陷北坡断阶带，新建平台距岸最近约 100km；根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008），项目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），项目所在海域属于二级海区。根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168号），气田所在海域位于控制区管控范围之外。项目在建设和生产过程中所产生的相关污染物的处置与排放标准见表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
含油生产水	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB4914-2008）	三级	含油浓度≤45mg/L（月平均） 含油浓度≤65mg/L（一次容许值）	生产阶段排放的含油生产水
	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≥50000mg/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	非水基钻井液（油基钻井液和合成基钻井液）不得排放入海，不得排放含油量>8%的含油钻屑和钻井液，Hg≤1mg/kg，Cd≤3mg/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≥20 000mg/L	
生活污水	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB4914-2008）	三级	COD≤500mg/L	建设阶段钻井平台和生产阶段平台排放的生活污水
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	建设阶段钻井平台和生产阶段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[1]	船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）	/	采用下列方式之一进行处理，不得直接排海： a）利用船载收集装置，排入接收设施； b）利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放：（1）在2012年1月1日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，BOD_5≤50mg/L，SS≤150	距最近陆地3海里以内（含）的海域产生的船舶生活污水

污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
			mg/L，耐热大肠菌群≤2500 个/L；（2）在 2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶，BOD_5≤25 mg/L，SS≤35mg/L，耐热大肠菌群≤1000 个/L，COD_{Cr}≤125mg/L，pH：6-8.5，总氯（总余氯）<0.5mg/L。 污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口。	
			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[1]	船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）	/	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[2]	《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	作业船舶产生的大气污染物

注：1 项目工程位置位于 12 海里以外的海域，在工程位置附近施工时船舶生活污水和船舶垃圾执行 12 海里以外海域的对应标准；当船舶从沿岸行驶至工程位置附近时，分别执行 3 海里以内（含）、3 海里<与最近陆地间距离≤12 海里相对应的标准。

2 作业船舶驶入大气污染物排放控制区时，需满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》的相关要求。

2.3 环境敏感目标与环境保护目标

2.3.1 环境敏感目标

本项目位于南海北部大陆架西区的琼东南盆地北部海域，评价范围内的环境敏感目标为产卵场，部分新建工程设施位于鲐鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内，距其他产卵场均在 42km 以上，距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 42.5km；距海洋生态红线最近约 59km。

2.3.2 环境保护目标

本项目在正常建设、运行情况下环境保护目标为环境影响评价范围内的海水水质、海洋沉积物、海洋生态等。

溢油情况下的环境保护目标为工程周围海域海水水质、海洋生态环境、海洋生物资源等环境敏感目标。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。

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：建设阶段和正常生产过程中产生的各类污染物（主要是钻井液、钻屑、含油生产水等）对海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境影响评价，以及潜在的溢油事故对海水水质、海洋生态的影响评价。

本次评价的工程内容主要包括：

- 新建1座BD21-1 CEPA中心平台；
- 新建1座18MW级BD13-3电力辅助平台；
- 新建3套水下生产系统(包括21座采油树，1座CO_2注气树，6座生产管汇，10座PLEM（海底管线终端管汇），15座PLET（海底管线终端），2座SSIV（水下安全隔离阀），跨接管、电飞线、液飞线若干)；
- 新建18条海底管道，14条脐带缆，1条海底电缆，所有海管、脐带缆及电缆均直接铺设于海底，不挖沟埋设；
- 对依托的LS17-2SEMI平台进行适应性改造。

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；
- 生产期间生产水、生活污水、温排水排放对周围海水水质和海洋生态的影响范围及程度；
- 环境保护对策措施及合理性分析；
- 溢油事故风险分析、防范对策及应急措施可行性分析；
- CO_2泄漏引起的海洋生态环境风险及其防范措施。

2.6 评价范围

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），评价范围应覆盖建设项目整体实施后可能对海洋生态环境造成影响的范围。根据本项目评价等级、工程特点、生态敏感区分布情况，本项目所在海域主流向为 WSW，评价等级为 2 级，评价范围为新建设施向外扩展约 15km，沿主流向 170km，垂直主流向 124km 的矩形海域，评价面积约为 21080km^2。评价范围四至坐标见表 2.6-1，评价范围四至坐标见表 2.6-1，评价范围示意见图 2.6-1。

表 2.6-1 评价范围四至坐标

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

保密内容，已删除。

图 2.6-1 宝岛 21-1 气田群开发项目评价范围

2.7 评价工作等级

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），本项目属于“五十四、海洋工程，150 海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，新区块油气开发及其附属工程”，应该编制环境影响评价报告书。

按照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），根据建设项目海洋生态环境影响类型和影响程度，确定评价等级。本项目海底管缆均不挖沟，直接铺设于海底，因此，影响类型主要为废水排放量和泥浆及钻屑排放量，其中无含 A 类污染物废水，含 B 类污染物废水为含油生产水和生活污水，二者合计最大排放量为***m^3/d，评价等级为 3 级，含 C 类污染物废水为温排水，最大排放量为***m^3/d，评价等级为 3 级；泥浆及钻屑最大排放量为***m^3，评价等级为 2 级。综上，建设项目评价等级取高为 2 级。

表 2.7-1 海洋生态环境影响评价等级判定

影响类型 评价等级		本项目情况	1	2	3	评价等级
废水排放量 Q（10^4m^3/d）	含 A 类污染物	***	Q≥2	0.5≤Q<2	Q<0.5	3
	含 B 类污染物	***	Q≥20	5≤Q<20	Q<5	3
	含 C 类污染物	***	Q≥500	50≤Q<500	Q<50	3

泥浆及钻屑排放量 Q（10^4m^3）	***	Q≥10	5≤Q＜10	Q＜5	2
挖沟埋设管缆总长度 L（km）	***	L≥100	60≤L<100	L<60	3

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），确定本项目风险评价等级为二级，风险评价等级的确定详见第八篇。

3 工程概况与工程分析

3.1 建设项目基本情况

建设项目名称为宝岛 21-1 气田群开发项目，建设单位为中海石油（中国）有限公司海南分公司。本项目计划对宝岛 21-1、陵水 18-1、永乐 8-1 气田进行开发，新建 1 座 BD21-1CEPA 中心平台， 新建 1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台，新建 3 套水下生产系统，铺设 18 条海底管道、14 条脐带缆、1 条海底电缆及跨接管、电飞线、液飞线等，以及对依托的 LS17-2SEMI 进行适应性改造。

本项目属于新建海洋油（气）开发工程。

3.1.1 地理位置

宝岛 21-1 气田群位于琼东南盆地宝岛凹陷北坡断阶带，气藏区域水深约 660m~1570m，气田距离海南省万宁市 115km，距离陵水市 145km，距离 LS17-2 SEMI 130km。新建 BD21-1CEPA 中心平台距离最近陆地约 100km。本项目新建设施坐标见表 3.1-1，地理位置见图 3.1-1。

表 3.1-1 新建及依托设施坐标

新建/依托	设施名称	东经（E）	北纬（N）
新建设施	BD21-1 CEPA	***	***
	BD13-3 电力辅助平台	***	***
	BD21-1 管汇 1	***	***
	BD21-1 管汇 2	***	***
	BD21-1 PLEM4	***	***
	BD21-1 管汇 3	***	***
	LS18-1 管汇	***	***
	LS18-1 PLEM 1	***	***
	LS18-1 PLEM 2	***	***
	LS18-1 PLEM 3	***	***
	YL8-1 PLEM 1	***	***
	YL8-1 管汇	***	***
依托设施	LS17-2 SEMI	***	***
	LS17-2 东 3 管汇	***	***

保密内容，已删除。

图 3.1-1 本项目地理位置

3.1.2 项目开发规模

宝岛 21-1 气田群包括宝岛 21-1、陵水 18-1、永乐 8-1 气田，新建设施包括：新建 1 座 BD21-1 CEPA 中心平台，新建 1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台，新建宝岛 21-1、陵水 18-1/永乐 8-1、宝岛 13-3 三套水下生产系统。宝岛 21-1 气田群共布署 22 口开发井（宝岛区 12 口生产井 1 口 CO_2 回注井、陵水区 5 口生产井、永乐区 4 口生产井），预留 7 口井接口。

本项目最大年产气量***m^3/a（2030/2031 年），最大年产凝析油量***m^3/a（2030 年）。项目工程总投资（含税）***亿元人民币，其中环保投资***亿元人民币，计划于 2029 年 9 月投产。本项目基础数据详见表 3.1-2。

表 3.1-2 本项目基础数据

项目名称		宝岛 21-1 气田群开发项目
产量	最大年产气	***m^3/a（2030/2031 年）
	最大年产油	***m^3/a（2030 年）
开发方式		天然能量衰竭开发
开采方式		自喷开采
生产设施		新建 1 座 BD21-1CEPA 中心平台，1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台，3 套水下生产系统；18 条海底管道、14 条脐带缆、1 条海底电缆，以及跨接管、电飞线、液飞线若干
井数		先期钻井 22 口（21 口生产井，1 口 CO_2 回注井），预留 7 口井接口
设计寿命		BD21-1CEPA 中心平台***年，电力辅助平台***年，海底管道***年，水下生产设施***年，单井设施***年
工程总投资		***亿元人民币
计划投产时间		2029 年 9 月

3.1.3 生产物流性质

3.1.3.1 天然气性质

宝岛 21-1 气田群开发项目天然气组分见表 3.1-3。

表 3.1-3 天然气组分

井号	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	己烷以上	二氧化碳	氮气
	(MOLE%)									
BD21-1 A5M/A6M	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
LS18-1 A1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
YL8-1A1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

3.1.3.2 凝析油物性

宝岛 21-1 气田群开发项目地面原油分析确定原油物性见表 3.1-4。

表 3.1-4 原油物性数据

井号	20℃密度 g/cm^3	粘度 mPa·s	硫含量%（m/m）	蜡含量%（m/m）	硅胶质含量%（m/m）	沥青质含量	倾点℃
BD21-1-1	***	***	***	***	***	***	***
LS18-1-1	***	***	***	***	***	***	***

3.1.4 生产预测数据

宝岛 21-1 气田生产预测数据见表 3.1-5，最大年产气为***m^3/a（2030/2031 年），最大年产凝析油为***m^3/a（2030 年）。

表 3.1-5 宝岛 21-1 气田群配产指标

年份	日产量			年产量		
	气	凝析油	水	气	凝析油	水
a	（10^4m^3/d）	（m^3/d）	（m^3/d）	（10^8m^3/a）	（10^4m^3/a）	（10^4m^3/a）
2029	***	***	***	***	***	***
2030	***	***	***	***	***	***
2031	***	***	***	***	***	***
2032	***	***	***	***	***	***
2033	***	***	***	***	***	***
2034	***	***	***	***	***	***
2035	***	***	***	***	***	***
2036	***	***	***	***	***	***
2037	***	***	***	***	***	***
2038	***	***	***	***	***	***
2039	***	***	***	***	***	***
2040	***	***	***	***	***	***
2041	***	***	***	***	***	***
2042	***	***	***	***	***	***
2043	***	***	***	***	***	***
2044	***	***	***	***	***	***
2045	***	***	***	***	***	***
2046	***	***	***	***	***	***
2047	***	***	***	***	***	***
2048	***	***	***	***	***	***
2049	***	***	***	***	***	***
2050	***	***	***	***	***	***
2051	***	***	***	***	***	***

3.2 工程开发方案概述

宝岛 21-1、陵水 18-1 及永乐 8-1 所产物流经海管汇集到 BD21-1 CEPA 中心平台后，天然气在平台上进行脱碳、脱水处理成干气，凝析油深度脱水后与干气混合经宝岛-万宁新建海管（BD21-1 CEPA 平台~万宁终端）输送到万宁终端（拟建，另行评价），脱除的 CO_2 通过海管输往注气井回注。此外，在注气井附近新建 1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台为 BD21-1 CEPA 中心平台供电，同时为 CO_2 注气井提供电力和进行控制。

2040 年以后，陵水 18-1 气田由于地层压力的降低不足以支持长距离输送，

其物流转向经陵水 17-2 东 3 管汇输往已建 LS17-2SEMI，依托 LS17-2SEMI 进行处理；宝岛 21-1、永乐 8-1 气田物流仍输往新建 BD21-1 CEPA 中心平台进行处理。2040 年以后，将采用陵水永乐登浅管道反向供气，通过柔性跨接管接入 BD21-1 管汇 2，以保障管道建议最小输量提高采收率。

本项目物流走向见图 3.2-1，总体开发方案示意图见图 3.3-2。

保密内容，已删除。

图 3.2-1 本项目物流走向示意图

保密内容，已删除。

图 3.2-2 本项目开发方案示意图

3.3 新建工程组成

本项目计划新建 1 座中心平台 BD21-1CEPA、1 座 18MW 级级 BD13-3 电力辅助平台、3 套水下生产系统、18 条海底管道、14 条脐带缆、1 条海底电缆，以及对 LS17-2SEMI 平台进行适应性改造。本项目工程内容见表 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			
BD21-1 CEPA 平台	新建 BD21-1 CEPA 是一座 8 腿导管架式中心平台，共设有三层甲板，分别是上层甲板、中层甲板、下层甲板，设有 150 人生活楼及直升机甲板，设有天然气处理系统、凝析油处理系统、生产水处理系统、乙二醇回收再生及脱盐系统、CO_2 气脱水系统、热站、主电站、开式排放系统、闭式排放系统等生产和公用设施。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。			
水下生产系统	新建宝岛 21-1、陵水永乐、宝岛 13-3 共 3 套水下生产系统，开发井共 22 口（宝岛区 12 口生产井 1 口 CO_2 回注井，陵水区 5 口生产井、永乐区 4 口生产井），预留 7 口井接口。 共 43 套水下结构物：包括 6 座生产管汇，10 座 PLEM（海底管线终端管汇），15 座 PLET（海底管线终端），7 套 SUTU(水下脐带缆终端)，2 套 SDU（水下分配单元），2 套 SSIV（水下安全隔离阀），1 套 UTA（脐带缆终端总成），以及跨接管、电飞线、液飞线若干。			
电力辅助平台	1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台，3*2 系泊系统，1 根电缆海缆为 BD21-1 CEPA 平台供电，并通过 1 根脐带缆对 CO_2 回注井进行控制和供电。			
海底管道	序号	名称	管径（in）	管长（km）
	1	BD21-1C4 至 BD21-1C3 混输管道	8	11.5
	2	BD21-1C3 至 BD21-1C2 管汇混输管线	8	3.6
	3	BD21-1C1 至 BD21-1C2 管汇混输管道	8	4.4
	4	BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 18 寸混输管道	18	14.8
	5	LS18-1C1 到 LS18-1C2 混输管道	16	10.3
	6	LS18-1C3 到 LS18-1C2 混输管道	16	8.2
	7	LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 混输管道	16	7.7
	8	LS18-1C4 至 YL8-1C1 混输管线	16	8.6
	9	YL8-1C1 至 YL8-1C2 管汇混输管道	16	13.2
	10	YL8-1C2 至 BD21-1C2 管汇混输管道	16	69.1
	11	BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 16 寸混输管线	16	14.8
	12	LS18-1 C1 至 LS17-2 15D 混输海管*	16	12
	13	BD21-1CEPA 至 YL8-1C1 MEG 管道	6	97.7
	14	BD21-1 CEPA 至 BD13-3-A1M 二氧化碳管道	8	37
	15	LS18-1-A1 井至 LS18-1-C1 管汇挠性管	6	0.236
	16	YL8-1-A3H 井至 YL8-1-C1 管汇挠性管	6	0.17
	17	YL8-1-A1H 井至 YL8-1-C2 管汇挠性管	6	0.13

工程组成	设施及规模			
	18	BD21-1C2 MEG PLET 至 BD21-1-C2 管汇挠性管	8	0.132
脐带缆	序号	名称	长度（km）	
	1	BD21-1CEPA 至 BD21-1C2 管汇脐带缆	15.5	
	2	BD21-1C2 至 BD21-1C1 管汇脐带缆	4.6	
	3	BD21-1C2 至 BD21-1C3 脐带缆	3.6	
	4	BD21-1C3 至 BD21-1C4 脐带缆	11.5	
	5	深海一号至 LS17-2-E3 管汇脐带缆	21	
	6	LS17-2 15D 至 LS18-1-C1 脐带缆	12	
	7	LS17-2 E3 至 LS17-2 15D 脐带缆	9.1	
	8	LS18-1C1 到 LS18-1C2 脐带缆	10.3	
	9	LS18-1C3 到 LS18-1C2 脐带缆	8.2	
	10	LS18-1C3 到 LS18-1C4 脐带缆	7.7	
	11	LS18-1C4 至 YL8-1C1 脐带缆	8.6	
	12	YL8-1C1 到 YL8-1C2 脐带缆	13.4	
	13	BD13-3 FOWT 至 BD13-3-A1M 脐带缆	2.66	
	14	BD21-1 CEPA 至 SSIV 脐带缆	0.3	
海底电缆	名称		长度（km）	
	BD13-3FOWT 至 BD21-1CEPA 海底电缆		36.13	
LS17-2SEMI 改造	主要是现有陵水 17-2 两台甲醇注入泵及滤器原位更换，在生产甲板 D4 和 D5 中间甲板北侧外扩 15.25m×3m，用于放置新增的 HPU(液压动力单元)，在生产甲板东北立柱东侧外扩 6m×4m，用于放置新增的 TUTA(水上脐带缆终端)。在陵水 17-2 平台 NE 立柱东侧的 U4 预留护管位置增加新的脐带缆护管。			

*注：陵水 18-1 气田物流 2040 年起转向输送至陵水 17-2 东 3 管汇，此海管于 2039 年铺设。

3.3.1 新建平台

新建 BD21-1 CEPA 是一座 8 腿导管架式中心平台，共设有三层甲板，分别是上层甲板、中层甲板、下层甲板。设有 150 人生活楼、气液接收及分离系统、凝析油处理系统、胺法脱碳系统、回注气压缩系统、TEG 脱水系统、TEG 再生系统、乙二醇回收再生及脱盐系统、富 CO_2 气脱水系统、化学药剂系统、柴油系统、燃料气系统、航空燃料油系统、火炬系统、仪表风及公用风系统、膜制氮系统、生产水处理系统、开排系统、闭排系统、海水系统、淡水系统、生活污水处理系统、循环冷却水系统、热站、主电站、应急发电机、消防系统等，预留湿气压缩系统、干气压缩系统等。BD21-1CEPA 中心平台立面示意图见图 3.3-1。

3.3.1.1 上层甲板

上层甲板的主尺寸为 101m×59m，标高为 EL.(+)41.5m。

上层甲板自西向东依次布置了 2 台乙二醇回收及再生撬（其中 1 台预留）、

胺液脱碳撬、4 台余热回收装置（其中 1 台预留）、4 台透平发电机（其中 1 台预留）、2 台热站及 150 人生活楼。甲板东侧设置操作甲板布置冷却水膨胀罐、热介质膨胀罐。火炬臂位于甲板 B/C 轴西侧。

在甲板 2、2.3 轴之间预留 3 台干气压缩机撬及入口涤气罐、4 台预增压湿气压缩机橇、4 台湿气压缩机撬。预留操作甲板，主要设置湿气增压压缩机后冷却器、入口涤气罐后冷却器与干气压缩机后冷却器。

生活楼顶布置有热水罐、压力水罐、消防泡沫罐等设施。两艘救生艇悬挂于生活楼东侧舷外。

在甲板 2.3 轴南侧布置一台柴油吊机，甲板 2.3 轴北侧布置一台电动吊机。上层甲板布置见图 3.3-2。

3.3.1.2 中层甲板

中层甲板主尺寸为 95m×59m，标高为 EL.(+)32m。

中层甲板的 2.3 轴以西 2m 处设有一道 H60 防火墙，将危险区和非危险区分隔开来。西侧危险区主要布置了回注气压缩系统、柴油系统、化学药剂系统、生产水处理撬、段塞流捕集器、凝析油缓冲罐、富乙二醇储罐、油漆间，南侧预留湿气增压压缩机入口/出口涤气罐以及段塞流捕集器；东侧非危险区主要布置了两层电气房间，一层房间主要布置了高压开关间、FM200 间、电池间、应急开关间、应急发电机间、主开关间、变频器间、储藏间、HVAC(供热、通风和空调系统)；二层房间标高为 EL.(+)36.5m，主要布置了压缩机控制间、工作间、实验室、机修间、变频器间 2、变压器间、变频器变压器间、精密仪表间、中控室、中控设备间、HVAC。中层甲板布置见图 3.3-3。

3.3.1.3 下层甲板

下层甲板主尺寸为 88m×59m，标高为 EL.(+)22.5m。

下层甲板的 2.3 轴处设有一道 H60 防火墙，将危险区和非危险区分隔开来。西侧危险区主要布置了清管球接收/发射器、闭排及低压火炬系统、火炬系统、凝析油处理系统、阀区、富 CO_2 气脱水系统、TEG 脱水系统、TEG 再生系统、燃料气系统、循环冷却水系统、航空燃料油系统；东侧非危险区主要布置了仪表风及公用风系统、膜制氮系统、淡水系统、海水系统、消防系统、热介质排放罐、

热介质补给泵以及生活污水处理装置。在甲板 2.1 与 2.3 轴之间设置夹层甲板，设置 5 台海水冷却器，其中 1 台预留。在甲板北侧 2、2.2 轴间预留 3 台凝析油外输泵及滤器，在东侧非危险区预留 1 台冷却水换热器及滤器。下层甲板布置见图 3.3-4。

保密内容，已删除。

图 3.3-1 BD21-1CEPA 中心平台立面示意图

保密内容，已删除。

图 3.3-2 BD21-1CEPA 上层甲板布置示意图

保密内容，已删除。

图 3.3-3 BD21-1CEPA 中层甲板布置示意图

保密内容，已删除。

图 3.3-4 BD21-1CEPA 下层甲板布置示意图

3.3.2 水下生产系统

本项目包括宝岛21-1、陵水永乐和宝岛13-3共3套水下生产系统，水下生产系统工艺见图3.3-5，水下生产系统简述如下。

宝岛21-1水下生产系统：来自A5M、A6M、A12M物流在BD21-1管汇1汇集后，经海管输送至BD21-1PLEM1/2，此处汇入A3H、A4M物流一同经海管输送至BD21-1管汇2；来自A7M、A8H的物流在BD21-1管汇3汇集后，经海管输送至BD21-1PLEM4/5，此处汇入A9H、A10H的物流，一同输送至至BD21-1管汇2，此处汇入A1M、A2M、A11M的物流，经海管输送至BD21-1 CEPA平台进行处理。

陵水永乐水下生产系统：来自A1、A2H井的物流在LS18-1管汇汇集，经海管输送至LS18-1PLEM1，此处汇入A4H井物流，一同经海管输送至LS18-1 PLEM2，此处汇入A3H井物流，一同经海管输送至LS18-1 PLEM3，此处汇入A5H井物流，一同经海管输送至YL8-1PLEM1/2，此处汇入A3H、A4H井，一同经海管输送至YL8-1管汇，此处汇入A1H、A2H井，再输送至BD21-1 CEPA平台进行处理。

自2040年起，由于地层压力降低不足以支持长距离输送，陵水18-1气田物流经LS17-2东3管汇输送至已建LS17-2SEMI平台；永乐8-1气田、宝岛21-1气田物流仍输送至新建BD21-1 CEPA平台，见图3.3-6。

宝岛21-1、陵水18-1及永乐8-1所产井流汇集到BD21-1 CEPA平台后，天然气在平台上进行脱水、脱碳处理，凝析油深度脱水后与脱碳后的干气混合通过宝岛-万宁新建海管输送至万宁终端（拟建），从天然气中脱除的CO_2通过海管输送到BD13-3A1M井进行回注。

宝岛13-3水下生产系统：BD21-1 CEPA平台从天然气中脱除的CO_2通过海管输送到BD13-3A1M井进行回注，并通过BD13-3电力辅助平台对回注井进行控制和提供电力。

保密内容，已删除。

图 3.3-5 水下生产系统总体示意图（2039 年以前）

保密内容，已删除。

图 3.3-6 水下生产系统总体示意图（2040 年以后）

3.3.3 海底管道

本项目新建 18 条海底管道，均不挖沟直接敷设于海底，各海管主要参数见表 3.3-2。

表 3.3-2 海底管道设计参数

序号	名称	管径（in）	管长（km）	设计温度（℃）	设计压力（MPaA）	设计寿命（a）	输送介质
1	BD21-1C4 至 BD21-1C3 混输管道	8	11.5	***	***	***	油气水
2	BD21-1C3 至 BD21-1C2 管汇混输管线	8	3.6	***	***	***	油气水
3	BD21-1C1 至 BD21-1C2 管汇混输管道	8	4.4	***	***	***	油气水
4	BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 18 寸混输管道	18	14.8	***	***	***	油气水
5	LS18-1C1 到 LS18-1C2 混输管道	16	10.3	***	***	***	油气水
6	LS18-1C3 到 LS18-1C2 混输管道	16	8.2	***	***	***	油气水
7	LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 混输管道	16	7.7	***	***	***	油气水
8	LS18-1C4 至 YL8-1C1 混输管线	16	8.6	***	***	***	油气水
9	YL8-1C1 至 YL8-1C2 管汇混输管道	16	13.2	***	***	***	油气水
10	YL8-1C2 至 BD21-1C2 管汇混输管道	16	69.1	***	***	***	油气水
11	BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 16 寸混输管线	16	14.8	***	***	***	油气水
12	LS18-1 C1 至 LS17-2 15D 混输海管*	16	12	***	***	***	油气水
13	BD21-1CEPA 至 YL8-1C1 MEG 管道	6	97.7	***	***	***	乙二醇
14	BD21-1 CEPA 至 BD13-3-A1M 二氧化碳管道	8	37	***	***	***	二氧化碳
15	LS18-1-A1 井至 LS18-1-C1 管汇挠性管	6	0.236	***	***	***	油气水
16	YL8-1-A3H 井至 YL8-1-C1 管汇挠性管	6	0.17	***	***	***	油气水
17	YL8-1-A1H 井至 YL8-1-C2 管汇挠性管	6	0.13	***	***	***	油气水
18	BD21-1C2 MEG PLET 至 BD21-1-C2 管汇挠性管	8	0.132	***	***	***	油气水

新建海管均为单层不保温管，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，阳极块单重为 17.6 kg~67.1kg，阳极块间距约为 50 m~60m，海管截面示意图见图 3.3-7

保密内容，已删除。

图 3.3-7 海管截面示意图

3.3.4 脐带缆

脐带缆包括独立的管线、电缆和光缆，管线用于传输液压液和化学药剂的供应，电缆用于为水下生产系统的水下控制模块等供电，光缆用于实现水下控制模块与上部控制系统的光纤通信。本项目新建 14 条脐带缆，详见表 3.3-3，脐带缆截面示意图见图 3.3-8。

表 3.3-3 本项目新建脐带缆

序号	名称	长度（km）
1	BD21-1CEPA 至 BD21-1C2 管汇脐带缆	15.5
2	BD21-1C2 至 BD21-1C1 管汇脐带缆	4.6
3	BD21-1C2 至 BD21-1C3 脐带缆	3.6
4	BD21-1C3 至 BD21-1C4 脐带缆	11.5
5	深海一号至 LS17-2-E3 管汇脐带缆	21
6	LS17-2 15D 至 LS18-1-C1 脐带缆	12
7	LS17-2 E3 至 LS17-2 15D 脐带缆	9.1
8	LS18-1C1 到 LS18-1C2 脐带缆	10.3
9	LS18-1C3 到 LS18-1C2 脐带缆	8.2
10	LS18-1C3 到 LS18-1C4 脐带缆	7.7
11	LS18-1C4 至 YL8-1C1 脐带缆	8.6
12	YL8-1C1 到 YL8-1C2 脐带缆	13.4
13	BD13-3 FOWT 至 BD13-3-A1M 脐带缆	2.66
14	BD21-1 CEPA 至 SSIV 脐带缆	0.3

保密内容，已删除。

图 3.3-8 新建脐带缆截面示意图

3.3.5 海底电缆

本项目计划铺设 1 条 BD13-3FOWT 至 BD21-1CEPA 长度为 36.13km 的海底电缆，电压等级为 35kV，3×150mm^2，海底电缆截面示意图见图 3.3-9。

保密内容，已删除。

图 3.3-9 新建海底电缆截面示意图

3.3.6 电力辅助平台

本项目新建 1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台，浮体舱室内设 7.5MW 混合型超级电容储能装置，电力辅助平台作为气田附属设施通过新建电缆为 BD21-1CEPA 中心平台供电，同时通过新建脐带缆为 CO_2 回注井供电和进行控制。本项目新建电力辅助平台总体开发示意图如下：

保密内容，已删除。

总体开发示意图电力辅助平台图 3.3-10 新建

电力辅助平台基础为半潜式三立柱结构，发电机组布置于中心，排水量 1.73 万吨，采用 3×2 全锚链系泊系统，电力辅助平台基础示意图见图 3.3-11。

保密内容，已删除。

图 3.3-11 电力辅助平台基础示意图

电力辅助平台系泊系统采用 3×2 布置，系泊跨距 755m(系缆点到锚点)，组间夹角为 120°、缆间夹角为 6°。为方便系泊系统安装，系泊缆采用纯锚链构型方案，系泊缆由平台链-配重段-海底链三部分构成，锚链选用 160mm 直径 R3S 规格。电力辅助平台系泊系统见图 3.3-12。

保密内容，已删除。

图 3.3-12 电力辅助平台系泊系统

结合本项目特点以及负荷情况，根据用电负荷及接入稳定性考虑装机容量，电力辅助平台主要参数见表 3.3-4，发电量估算见表 3.3-5。

表 3.3-4 机型参数

项目		单位	参数
叶轮	叶片数	片	***
	叶轮直径	m	***
	单位千瓦扫风面积	m^2	***
	轮毂高度	m	***
发电机	功率调节方式	-	***
	切入风速	m/s	***
	切出风速	m/s	***
	额定风速	m/s	***
	型式		***
	额定功率	kW	***
	额定电压	V	***
	频率	Hz	***
最大风速（10min）		m/s	***
极端风速（3s）		m/s	***

表 3.3-5 发电量估算

类别	单位	参数
年理论发电量	MWh/yr	***
综合折减系数	%	***
年上网电量	MWh/yr	***
年等效满负荷小时数	h/yr	***

3.3.7 新建设施防腐

本项目新建平台全浸区的外部腐蚀控制采用外加电流联合牺牲阳极阴极保护方案，并设置一套阴极保护监测系统，牺牲阳极设计保护年限***年。

新建海底管道外防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，采用手镯型铝基牺牲阳极；海底管道内防腐采用“碳钢＋缓蚀剂”的方案，新建海底管道内腐蚀裕量为 1.5mm~3mm。

新建电力辅助平台基础全浸区外部腐蚀控制采用涂层联合阴极保护防腐蚀措施。基础内部长期含水（非满载）的压载舱内壁采用牺牲阳极和防腐涂层的联合保护，水线附近考虑一定的内腐蚀裕量；长期含水（满载）的压载舱采用防腐涂层保护，并考虑一定的内腐蚀裕量；空舱采用防腐涂层保护。电力辅助平台基础设置一套阴极保护监测系统。

3.4 依托设施校核

本项目物流依托宝岛-万宁新建海管输送至万宁终端（拟建），2040 年后陵水 18-1 物流输送至 LS17-2 SEMI 平台，因此本节对宝岛-万宁新建海管输送能力、万宁终端处理能力以及 LS17-2 SEMI 平台处理能力进行校核。

3.4.1 宝岛-万宁新建海管及万宁终端校核

3.4.1.1 宝岛-万宁新建海管项目简介

拟建万宁终端位于海南省万宁市万城镇，终端包括天然气处理设施、凝析油处理设施，以及产品储运、给排水、消防、供热、供电等公用配套设施。终端考虑分期分系列建设，天然气最大处理能力***亿方/年，本阶段考虑***亿方/年的处理能力，设计天然气处理规模***m^3/d，凝析油处理规模约***m^3/d；预留***亿方/年的处理能力。

拟新建 1 条 BD21-1CEPA 至万宁终端长约***km 的混输海管，设计管输能力***亿方/年。

万宁终端及登陆海管计划于2029年6月投产。

3.4.1.2 宝岛-万宁新建海管项目依托校核

本项目物流依托宝岛-万宁新建海管项目外输和处理，本节对海管输送能力和终端处理能力进行校核。海管输送能力校核见表 3.4-1，从表中可见最高操作压力、最高操作温度均未超出设计值，校核结果为满足输送要求。

表 3.4-1 宝岛-万宁新建海管管输能力校核

设计压力（MPa）	最高操作压力（MPa）	设计温度（℃）	最高操作温度（℃）	是否满足
***	***	***	***	满足

拟建终端处理能力校核见表 3.4-2，从表中可见考虑操作弹性后天然气处理能力、凝析油处理能力均满足处理要求。

表 3.4-2 新建终端处理能力校核

设计天然气处理能力（$10^4m^3/d$）	本项目天然气最大产能（$10^4m^3/d$）	设计凝析油处理能力（m^3/d）	本项目凝析油最大产能（m^3/d）	是否满足
***	***	***	***	满足

3.4.2 依托LS17-2 SEMI平台校核

3.4.2.1 LS17-2 SEMI概况

LS17-2 SEMI平台是一座具有储油功能的深水半潜式平台，平台设有天然气压缩及外输系统、凝析油处理及稳定系统、闪蒸气回收系统、三甘醇脱水及再生系统、乙二醇再生系统，主电站及余热回收装置等。另外，平台设有火炬系统、燃料气系统、淡水系统、柴油系统、化学药剂系统、惰气系统、公用风/仪表风系统等公用系统等。平台设置150人生活楼，天然气设计处理能力***m^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，设计储油能力***m^3。

LS17-2气田所产物流在LS17-2 SEMI平台进行气液分离，干气通过海管接入现有崖城13-1气田至香港输气管线进行外输，分别输往香港终端和高栏终端，凝析油进入LS17-2 SEMI平台凝析油舱储存并装船外输。

《陵水17-2气田开发工程环境影响报告书》于2019年2月18日获得生态环境部批复（环审[2019]27号），陵水17-2气田于2021年6月25日投入试生

产。

3.4.2.2 LS17-2SEMI 校核与改造

a LS17-2SEMI 校核

自 2040 年及以后陵水 18-1 转向输送至陵水 17-2 东 3 管汇，经已建海管接入 LS17-2SEMI，因此，需对 LS17-2SEMI 处理能力进行校核，详见表 3.4-3。从表中可见，陵水 18-1 接入后未超出原设计处理能力，无需改造。

表 3.4-3 LS17-2SEMI 处理能力校核

	设计处理能力	陵水 18-1 接入后需处理量	是否满足
天然气（$10^4Sm^3/d$）	***	***	满足
凝析油（m^3/d）	***	***	满足
生产水（m^3/d）	***	***	满足

对陵水 17-2 东 3 管汇至 LS17-2SEMI 海底管道的输送能力进行校核，校核结果详见表 3.4-4，从表中可见，陵水 18-1 接入后最大压力和操作温度未超过原设计参数，该海底管道满足输送要求。

表 3.4-4 依托管输能力校核

序号	海管	长度（km）	设计寿命（年）	投产时间	设计压力（MPaA）	设计温度（℃）	陵水 18-1 接入后最大压力（MPa）	陵水 18-1 接入后最大操作温度(℃)	是否满足
1	LS17-2 东 3 管汇至 LS17-东 2 管汇混输海管	10.2	***	***	***	***	***	***	满足
2	LS17-2 东 2 管汇至 LS17-2 东 1 管汇混输海管	6.7	***	***	***	***	***	***	满足
3	LS17-2 东 1 管汇至 LS17-2 SEMI 混输海管	3.5	***	***	***	***	***	***	满足

b LS17-2SEMI（及南山终端）改造

LS17-2SEMI 适应性改造如下：

现有陵水 17-2 两台甲醇注入泵及滤器原位更换，通过将陵水 25-1 两台甲醇

泵及陵水 17-2 两台甲醇泵出口进行管线改造连通，增设隔离阀组等，实现 4 台泵互联互通，互相备用。

在生产甲板 D4 和 D5 中间甲板北侧外扩 15.25m×3m，用于放置新增的 HPU(液压动力单元)，原来的救生筏和救生绳缆移至外扩甲板北侧。

在生产甲板东北立柱东侧外扩 6m×4m，用于放置新增的 TUTA(水上脐带缆终端)。

新增 EPU 控制盘、MCS 盘柜、PMS 盘柜，放在 2024 年新增压缩机改造项目中新增的电气间内。

主开关间原分体空调是 3 台，2 用 1 备，需要增加 1 台 20kW 分体空调。

在陵水 17-2 平台 NE 立柱东侧的 U4 预留护管位置增加新的脐带缆护管。

新增一条生活楼四层房间至电气间楼顶的连接通道。

3.5 生产工艺流程

来自水下生产系统物流通过海底混输管道输送至 BD21-1CEPA 中心平台，经过天然气脱碳、天然气脱水、凝析油处理后，处理合格的干气和凝析油通过宝岛-万宁新建海管（拟建）输往陆上终端（拟建）。2040 年及以后陵水 18-1 水下生产系统转向输往 LS17-2SEMI 处理，2040 年以后，将采用陵水永乐登浅管道反向供气，通过柔性跨接管接入 BD21-1 管汇 2，以保障管道建议最小输量提高采收率。

3.5.1 油气接收及气液分离系统

为接收从水下生产系统输送来的油、气、水混合物，BD21-1CEPA 中心平台设置油气接收系统，包括 2 台智能清管球收发器和 2 台段塞流捕集器。水下生产系统来流经段塞流捕集器气、液分离后，宝岛侧分出的湿气进入脱碳系统，陵水永乐侧分出的湿气经湿气加热器加热后和宝岛侧脱碳后净化气一同进入天然气脱水系统。中后期压力降低，分出的天然气经湿气压缩机增压、湿气预增压压缩机增压后，再进脱碳或者天然气脱水系统。段塞流捕集器分离出的液体经过凝析处理系统处理后经外输泵增压后和干气一并通过宝岛-万宁新建海管输送至陆上终端。

保密内容，已删除。

图 3.5-1 BD21-1CEPA 中心平台油气接收及气液分离系统流程示意图

3.5.2 天然气处理工艺流程

3.5.2.1 天然气脱碳系统

BD21-1CEPA 中心平台设置一套胺法脱碳系统，处理能力***Sm^3/d，具体工艺流程为：宝岛侧及凝析油系统闪蒸气经入口过滤分离器，除去天然气中夹带的机械杂质、游离水和烃类液滴后，与吸收塔塔顶气经气气换热器进行换热至35~45℃，自下部进入吸收塔与自上而下的贫胺液逆流接触，CO_2被吸收，湿净化气中CO_2含量满足外输干气CO_2含量小于2.88%（mole），出塔湿净化气经气气换热器换热后进入净化气分离器分液、除去游离水后，至天然气脱水单元进行脱水。天然气脱碳系统工艺流程见图 3.5-2。

保密内容，已删除。

图 3.5-2 BD21-1CEPA 中心平台天然气脱碳系统工艺流程示意图

3.5.2.2 天然气脱水系统

BD21-1CEPA 中心平台设置 1 套天然气脱水系统，天然气脱水系统处理能力为***Sm^3/d。具体工艺流程为：湿气经换热器加热后进入入口过滤分离器，除去游离液体和固体杂质后进入三甘醇脱水塔底部，由下向上与贫三甘醇溶液逆向接触，使气体中的水蒸气被三甘醇溶液吸收。离开吸收塔顶部的干气进入干气/贫三甘醇换热器，与来自三甘醇再生系统的三甘醇贫液进行换热后外输。经干气/贫三甘醇换热器换热后的贫三甘醇溶液进入三甘醇脱水塔顶部，在吸收了天然气中的水蒸气后，三甘醇富液从吸收塔底部流出，进入返回三甘醇再生系统进行再生。天然气脱水系统工艺流程见图 3.5-3。

保密内容，已删除。

图 3.5-3 BD21-1CEPA 中心平台天然气脱水系统工艺流程示意图

3.5.3 凝析油处理系统

凝析油处理系统用于处理段塞流捕集器分离出的液体，凝析油系统油处理能力为***m^3/d。具体工艺流程为：

宝岛侧和陵水侧各自段塞流捕集器液相经凝析油增压泵增压后汇集，再经凝析油加热器加热到 40℃后，经生产分离器进行油气水三相分离，分出的气相去脱水或宝岛侧湿气增压/预增压；分出的水相进入 MRU 处理系统。分出的油相（含水 2wt%）进入聚结分离器进行油、水分离；分出的合格油进入凝析油缓冲罐，经凝析油外输泵增压，与干气一同通过宝岛-万宁新建海管外输；缓冲罐

分离出的伴生气与生产分离气分出的气相一同去往脱碳或宝岛侧湿气增压。凝析油处理系统工艺流程见图 3.5-4。

保密内容，已删除。

图 3.5-4 BD21-1CEPA 中心平台凝析油处理系统工艺流程示意图

3.5.4 生产水处理系统

本项目生产水最大量为***m^3/d（2039 年），由于气田后期生产水量存在波动较大的可能性，设计最大处理能力为***m^3/d，生产水处理系统采用“自清洗滤器+聚结过滤器+吸附柱”的梯级过滤组合工艺，生产水处理合格后排海。

生产水系统配置 3 台***m^3/h 自清洗滤器，2 用 1 备；2 台***m^3/h 聚结过滤器，2 用；3 台***m^3/h 吸附柱，2 用 1 备；1 个***m^3 热水罐，2 台***m^3/h 热水泵，1 台备用。生产水系统工艺流程见图 3.5-5。

保密内容，已删除。

图 3.5-5 BD21-1CEPA 中心平台生产水系统工艺流程示意图

3.5.5 CO2 回注系统

来自脱碳再生塔塔顶 CO_2 气经增压压缩机增压后进入分子筛脱水，脱水后经过溴化锂冷却至密相，再经回注泵增压后通过海管输往水下回注。

CO_2 增压压缩设置 2 套 4 级离心压缩机系统，单套规模***Sm^3/d，每套压缩机撬内包括压缩机、换热器、涤气罐，具体流程为：CO_2 经过一级离心压缩机增压至 0.4MPaG，出口高温气与脱碳再生塔入口胺液换热至 110℃，经过涤气罐气液分离后气进入二级增压至 0.9MPaG，二级压缩机高温气再与脱碳再生塔入口胺液再次换热至 110℃，经过涤气罐气液分离后气进入三级增压至 2.4MPaG，三级压缩机高温气再与脱碳再生塔入口胺液再次换热至 110℃，经过涤气罐气液分离后气进入四级增压至 5.45MPaG，四级压缩机高温气再与脱碳再生塔入口胺液再次换热至 110℃。经过涤气罐气液分离后气经循环冷却水冷却至 40℃，再次经过涤气罐气液分离，分离后的气经分子筛脱水至含水 100ppm（mole），再经溴化锂冷却至 12℃进入 CO_2 回注泵。

保密内容，已删除。

图 3.5-6 BD21-1CEPA 中心平台 CO_2 回注系统工艺流程示意图

3.6 施工和建设方案

3.6.1 钻完井方案

本项目采用水下生产系统进行开发，先期共钻井 22 口（包括 21 口生产井

和 1 口 CO_2 回注井），预留 7 口井。先期钻井总进尺约***m，最大井深约***m。

3.6.1.1 井身结构

本项目设计井身结构见表 3.6-1，典型井身结构见图 3.6-1，7 口预留井井身结构参考先期钻井，钻井作业时实际井身结构可能会根据现场情况进行适当调整。

表 3.6-1 本项目井身结构

区块	类别	井号	36″导管（m）	24″井眼（m）	17-1/2″井眼（m）	12-1/4″井眼（m）	8-1/2″主支 a（m）	8-1/2″分支 b（m）	8-1/2″分支 c（m）
宝岛区	分支井	BD21-1-A1M	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A2M	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A4M	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A5M	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A6M	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A7M	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A11M	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A12M	***	***	***	***	***	***	***
		BD13-3-A1M	***	***	***	***	***	***	***
	水平井	BD21-1-A3H	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A8H	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A9H	***	***	***	***	***	***	***
		BD21-1-A10H	***	***	***	***	***	***	***
陵水区	直井	LS18-1-A1	***	***	***	***	***	***	***
	水平井	LS18-1-A2H	***	***	***	***	***	***	***
		LS18-1-A3H	***	***	***	***	***	***	***
		LS18-1-A4H	***	***	***	***	***	***	***
		LS18-1-A5H	***	***	***	***	***	***	***
永乐区	水平井	YL8-1-A1H	***	***	***	***	***	***	***
		YL8-1-A2H	***	***	***	***	***	***	***
		YL8-1-A3H	***	***	***	***	***	***	***
		YL8-1-A4H	***	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 3.6-1 典型井身结构示意图

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。本项目各井段采用的钻井液体系见表 3.6-2。

表 3.6-2 本项目钻井液体系

区块	井段	钻井液类型
宝岛区	24"	***
	17-1/2"	***
	12-1/4"	***
	8-1/2"	***
陵水永乐区	17-1/2"	***
	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、采油树安装、新建平台安装及调试、水下生产系统安装及调试、海底管道/电缆/脐带缆铺设以及电力辅助平台安装等工作。

钻完井作业及采油树安装：本项目计划采用 4 座钻井平台同时进行钻进作业；由多功能工程船进行采油树的安装。

水下生产系统安装及调试：陵水 18-1 管汇模块拟采用 HYSY201 或同等能力船舶安装，其余管汇模块 HYSY286 或同等能力船舶安装，PLET/PLEM 本体随海管铺设，6 寸、8 寸 PLET 本体与防沉板一体安装、10 寸、12 寸 PLET/PLEM 防沉板 HYSY287 或同等能力船舶吊装，16 寸、18 寸 PLET/PLEM 防沉板 HYSY286 或同等能力船舶吊装，吸力桩基础 HYSY286 或同等能力船舶吊装及安装，UTA 与脐带缆集成，随脐带缆铺设安装，脐带缆铺设时将 UTA(脐带缆终端总成)设备安装在防沉板基础。

海底管缆铺设：新建海底管道、海底电缆和脐带缆均直接铺设于海底，不挖沟埋设。

（1）海底管缆铺设

拟采用HYSY201或同等能力铺管船进行海底管道铺设，建议同步启动国内资源适应性改造评估工作，新建挠性管拟采用HYSY286或同等能力铺管船铺设；新建脐带缆拟采用HYSY286或同等能力铺管船铺设。

（2）新建跨接管及飞线安装

新建钢质跨接管拟采用HYSY285或同等能力船舶施工；新建飞线拟采用HYSY285或同等能力船舶施工。

（3）水下预调试

新建管道拟采用HYSY285或同等能力船舶进行清管、试压及排水。

新建平台安装：组块采用HYSY229或同等级别驳船运输，组块海上浮托安装。导管架采用HYSY229或同等级别驳船运输，导管架滑移下水，7000吨级浮吊扶正。生活楼、火炬臂随组块整体浮托。钢桩采用2条30000吨级驳船运输，7000吨级浮吊进行打桩作业。

电力辅助平台安装：拟采用HYSY291同等能力多功能船或3000吨以上全回转浮吊船，共需2个航次完成6条系泊锚腿的运输与铺设安装。系泊锚链自海底向上安装，打桩后ROV（遥控水下机器人）连接锚头链与海底链并预张紧；实测长度后打捞切割多余链环；主甲板加装配重，协同下放下平台链并湿存。电力辅助平台基础预装约50m上平台链（连万向节）以便回接；整体拖航到位后转限位模式，由1艘主拖、1艘护拖及1艘限位拖共三船协同作业，完成精准定位与限位及系泊回接。

本项目所使用的各类施工船舶应满足工程能力要求，可能会根据实际情况选择同等类型船舶。本项目计划2027年6月~2029年9月海上施工作业，施工作业内容、作业船舶和施工人员情况见表 3.6-3。

表 3.6-3 本项目海上施工作业内容、施工船舶及人员

作业内容	施工船舶	作业期（d）	作业人数
钻完井	钻井平台1、供应船、拖轮	593	180
	钻井平台2、供应船、拖轮	297	180
	钻井平台3、供应船、拖轮	566	180
	钻井平台4、供应船、拖轮	67	180
平台导管架安装	浮吊船、驳船、钢桩运输船、拖轮	60	280
平台上部组块安装	浮吊船、驳船、拖轮	60	240

水下生产设施安装	深水工程船、三用工作船	360	150
海底管道铺设	深水铺管船、深水工程船、三用工作船	360	150
海底脐带缆/电缆铺设	深水铺管船、深水工程船、三用工作船	360	150
电力辅助平台安装	多功能安装船、拖轮 3 艘	60	120

3.7 产污环节与污染物分析

3.7.1 建设阶段

建设阶段主要施工作业包括钻完井作业、采油树安装、平台安装调试、水下生产系统安装调试、海底管道/电缆/脐带缆铺设、电力辅助平台安装调试等。

钻完井过程中将产生钻井液、钻屑，此外参加作业的钻井平台、拖轮等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等污染物。

在采油树安装、平台安装调试、水下生产系统安装调试、海底管道/电缆/脐带缆铺设、电力辅助平台安装调试等过程中，将有浮吊船、驳船、拖轮等施工船舶参加作业，这些船舶将产生少量的船舶污染物。

海底管缆均直接敷设于海底，不进行挖沟埋设。部分海底管缆路由区段海床需进行处理，将产生一定量的海底悬浮物。新建海底管道试压，将产生少量试压水。

综合以上分析，海上建设阶段的产污环节及污染物种类参见图 3.7-1。

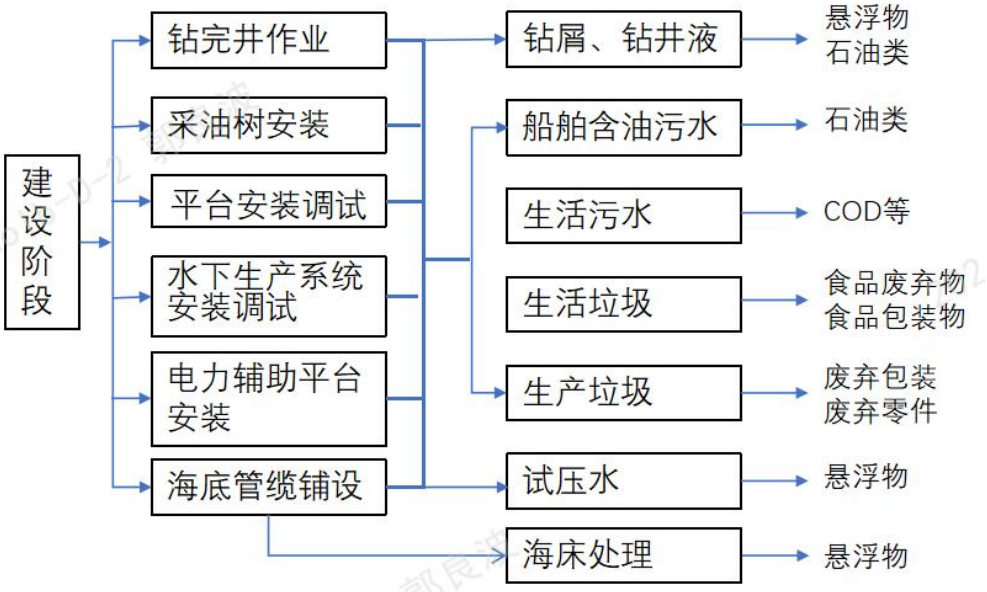

图 3.7-1 建设阶段产污环节和污染物种类

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产生的含油生产水、温排水、

生活污水、生活垃圾、生产垃圾、发电机和热介质锅炉废气、非正常工况火炬废气以及牺牲阳极锌释放等；新建水下生产系统产生的污染物主要包括牺牲阳极锌释放等；新建海底混输管道产生的污染物主要为牺牲阳极锌释放等；电力辅助平台运行产生的噪声、工频电场和工频磁场；同时，本项目生产阶段新增的供应船等将产生一定量的船舶污染物。生产阶段产污环节及污染物种类参见图 3.7-2。

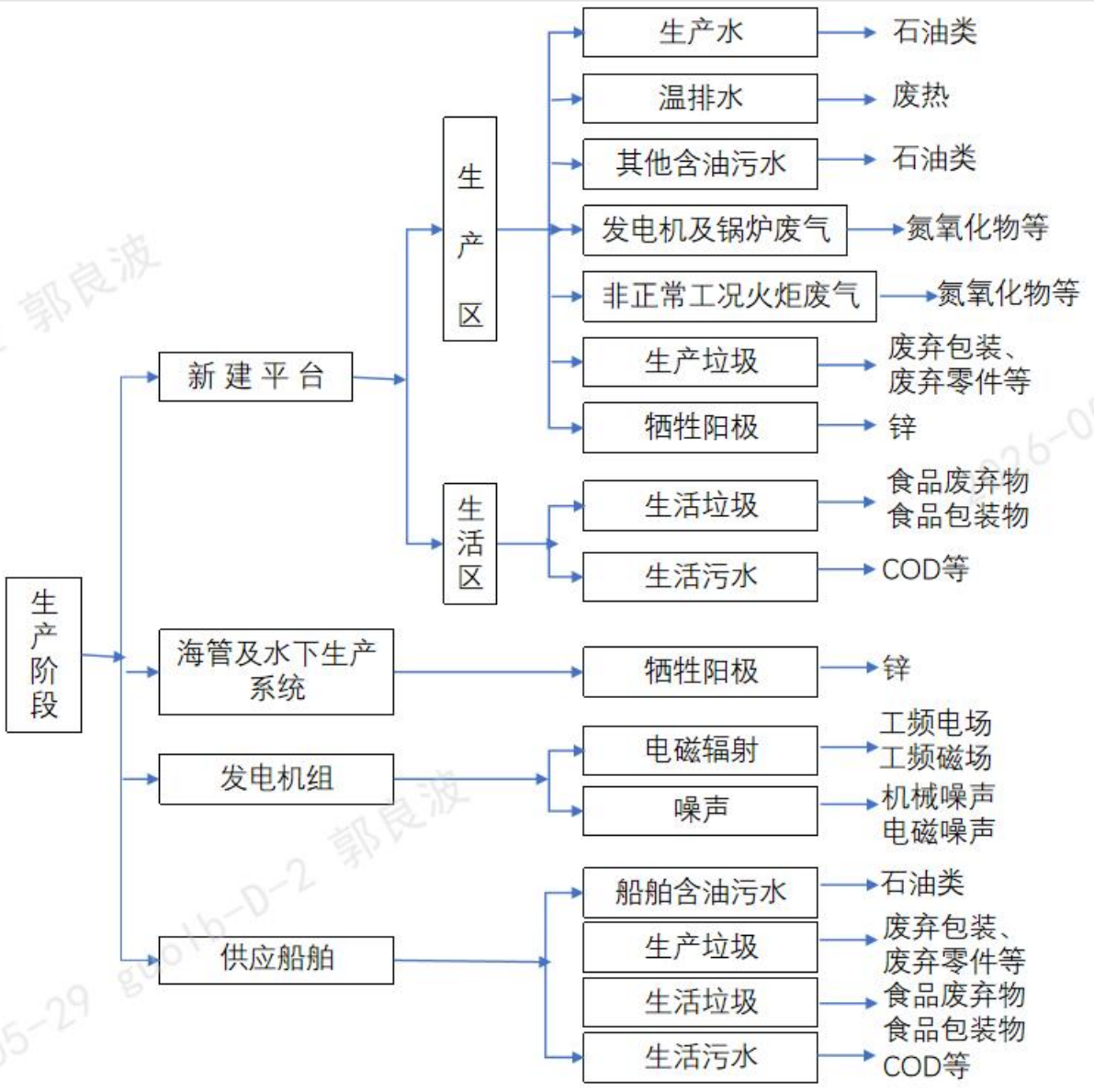

图 3.7-2 生产阶段产污环节和污染物种类

3.8 污染源强核算

3.8.1 建设阶段

根据前述建设阶段产污环节和污染物种类，本节核算各类污染物产生量。

3.8.1.1 钻屑

钻屑的排放量主要取决于井数和井身结构，根据井身结构、钻井数量、钻头尺寸等数据，可估算本工程所产生的钻屑总量。计算公式如下：

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

式中：V 为钻屑体积（m^3）；R 为井眼半径；h 为各井径井段长度；1.6 为松散系数。

本项目共钻井 22 口，根据井深结构计算钻屑量，预留 7 口井，参考最大钻屑量井深结构计算钻屑量，本项目包括预留井产生的钻屑总量约为 28202m^3（堆体积，下同），其中非气层水基钻井液钻屑量 16909m^3，非气层合成基钻井液钻屑 6249m^3，气层水基钻井液钻屑 432m^3，气层合成基钻井液钻屑 4612m^3，钻屑最大排放速率约为 432m^3/d。本项目钻屑量统计见表 3.8-1，

表 3.8-1 本项目钻屑量计算结果（堆体积）

区块	非气层水基钻井液钻屑（m^3）	非气层合成基钻井液钻屑（m^3）	气层水基钻井液钻屑（m^3）	气层合成基钻井液钻屑（m^3）	合计（m^3）
宝岛区（13 口）	8237	2811	200	2052	13300
陵水永乐区（9 口）	3240	1322	232	20	4814
小计	11477	4133	432	2072	18114
预留井（7 口）	5432	2116	/	2540	10088
总计	16909	6249	432	4612	28202

注：钻井作业产生的钻屑量可能根据实际钻井情况有所调整。

本项目非气层水基钻井液钻屑、非气层合成基钻井液钻屑和气层合成基钻井液钻屑符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级和《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）二级标准的排放，不符合标准的运回陆地交有资质单位处理。

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，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（m^3）；

V_1—钻屑黏附量（m^3），$V_1=V_{钻屑量}\times 10\%$（m^3）；

V_2—起钻携带量（m^3），V_2=起钻次数×10m^3/次；

V_3—固井置换量（m^3），V_3=固井次数×15m^3/次；

V_4—一次性排放量（m^3），V_4=套管内泥浆量+$V_{泥浆池}$×90%（m^3）。

本项目先期钻井采用批钻方式，预留井参考先期钻井井身结构单钻保守考虑，经核算，包括预留井在内钻井液产生总量约为56832m^3，其中非气层水基钻井液约为23451m^3，非气层合成基钻井液约为15555m^3，气层水基钻井液约为4372m^3，气层合成基钻井液约为13454m^3。钻井液量计算结果统计见表 3.8-2。

表 3.8-2 本项目钻井液计算结果

区块	非气层水基钻井液（m^3）	非气层合成基钻井液（m^3）	气层水基钻井液（m^3）	气层合成基钻井液（m^3）	合计（m^3）
宝岛区（13口）	10432	7071	270	8396	26169
陵水永乐区（9口）	6579	4676	4102	537	15894
小计	17011	11747	4372	8933	42063
预留井（7口）	6440	3808	/	4521	14769
总计	23451	15555	4372	13454	56832

注：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。

合成基钻井液循环使用不排放，钻井完成后运回陆地交有资质单位处理；水基钻井液符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第1部分：分级》（GB 18420-2009）二级标准要求的排放，不达标的运回陆地处理。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，根据井身结构和钻井方式计算，钻井液一次性最大排放量约为1364m^3，排放速率约为35m^3/h。

3.8.1.3 船舶污染物

根据施工时间、参与作业的人员、船舶种类及数量，可估算出建设阶段船舶含油污水等污染物的产生量。

a 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，结合中国海油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）m^3/（船·日），本次铺缆船、铺管船、多功能工程船等计算取0.5m^3/（船·日）；一般工作船舶含油污水产生量按（3~5）m^3/（船·月），本次拖轮等一般工作船舶计算取5m^3/（船·月），经船用油水分离器处理达标后排放。据此计

算本项目建设阶段船舶污染物详见表 3.8-3。

b 生活污水

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。根据中国海油多年统计资料，生活污水产生量按 0.35 m^3/d 计算，估算建设阶段产生的生活污水总计约为 166089m^3，满足相关标准后间断排放。

c 生活垃圾

建设阶段产生的生活垃圾主要是食品废弃物和食品包装物等。根据中国海油多年统计资料，生活垃圾按 1.5kg/（人·日）计算，其中食品废弃物按 1kg/（人·日）；其它生活垃圾按 0.5kg/（人·日）。由此估算本项目建设阶段共产生生活垃圾约 712 t，其中食品废弃物 475 t，其它生活垃圾 237 t。本项目产生的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 25mm 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。

d 生产垃圾

建设阶段产生的生产垃圾主要包括废旧零件、边角料、油棉纱和包装材料等。根据中国海油多年统计资料，钻井期间按 15t/月计算，铺管船、铺缆船等大型施工船舶按 5t/年计算，拖轮等小型船舶按 0.5t/年计算。由此估算出本项目建设阶段生产垃圾产生量总计约为 797 t，均运回陆地处理。

表 3.8-3 本项目建设阶段船舶相关污染物核算结果

施工内容	施工船舶	施工天数（d）	施工人数（人）	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、供应船、拖轮	593	180	495	37359	160	298
	钻井平台 2、供应船、拖轮	297	180	248	18711	80	149
	钻井平台 3、供应船、拖轮	566	180	472	35658	153	285
	钻井平台 4、供应船、拖轮	67	180	56	4221	18	34

平台导管架安装	浮吊船、驳船、钢桩运输船、拖轮	60	280	100	5880	25	2
平台组块安装	浮吊船、驳船、拖轮	60	240	70	5040	22	2
水下生产系统安装	深水工程船、三用工作船	360	150	240	18900	81	5
海底管道铺设	深水铺管船、深水工程船、三用工作船	360	150	420	18900	81	10
海底脐带缆/电缆铺设	深水铺管船、深水工程船、三用工作船	360	150	420	18900	81	10
电力辅助平台安装	多功能安装船、拖轮 3 艘	60	120	60	2520	11	2
合计	/	/	/	2581	166089	712	797

3.8.1.4 试压水

海管铺设完成后需进行试压，产生一定量的海管试压水，试压可采用海水或者淡水，根据海管长度及管径计算，全部试压水产生量约 1430m^3，海管试压完成后排放。

3.8.1.5 海床处理悬浮物

本项目新建海底管缆均直接铺设于海床之上不挖沟，但因海底管缆路由部分区段海底地形变化明显，为保证铺设的海底管缆稳定性，需对该部分路由区段的海床进行处理。海床处理采用非接触式吹扫方法，吹扫出的沟槽横截面近似梯形，上底宽 10m，下底宽 5m，深度 5m，平均吹扫速度为 50m/h。悬浮物产生量及产生速率计算方法如下：

产生量=搅动沉积物的横截面积×扰动悬浮物的长度×起沙率

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

根据勘测结果，需要对 BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台间的 KP5.5~KP12 段、BD21-1C3 至 BD21-1C2 间的 KP0~KP1.6 段、BD21-1C4 至 BD21-1C3 间的 KP1~KP9.4 段进行吹扫处理。本工程海域起沙率保守考虑按 10%，沉积物密度按 1700kg/m^3 进行计算，海床处理悬浮物产生速率最大为 88.54kg/s，详见表 3.8-4。

表 3.8-4 海床处理悬浮物源强核算结果

路由名称	长度（km）	上宽/下宽/深度（m）	吹扫速度（m/h）	搅起悬浮物量(m^3)	悬浮物排放速率（kg/s）
BD21-1C2 至 BD21-1CEPA（KP5.5~KP12 段）	6.5	10/5/5	50	5769	88.54
BD21-1C3 至 BD21-1C2（KP0~KP1.6 段）	1.6	10/5/5	50	23438	88.54
BD21-1C4 至 BD21-1C3（KP1~KP9.4 段）	8.4	10/5/5	50	4464	88.54
合计	16.4	/	/	33671	88.54

3.8.1.6 建设阶段污染物汇总

综合以上分析计算，本项目建设阶段污染物种类及数量汇总见表 3.8-5。

表 3.8-5 建设阶段产生的主要污染物

污染物		产生量	排放速率/源强	主要污染因子	排放/处理方式
钻屑（含预留井）28202 m^3	非气层水基钻井液钻屑（m^3）	16909	432m^3/d（最大）	悬浮物	符合排放标准的钻屑和钻井液排海，不符合排放标准的运回陆地交有资质单位处理
	非气层合成基钻井液钻屑	6249		悬浮物、石油类	
	气层水基钻井液钻屑量 m^3）	432		悬浮物、石油类	
	气层合成基钻井液钻屑（m^3）	4612		悬浮物、石油类	
钻井液（含预留井）56832 m^3	非气层水基钻井液（m^3）	23451	35m^3/h	悬浮物	
	非气层合成基钻井液（m^3）	15555		悬浮物、石油类	
	气层水基钻井液（m^3）	4372		悬浮物、石油类	
	气层合成基钻井液量（m^3）	13454		悬浮物、石油类	
海底管道试压水（m^3）		1430	/	/	排海
海床处理悬浮物（m^3）		33671	88.54kg/s	悬浮物	自然回填
船舶污染物	船舶含油污水（m^3）	2581	/	石油类	经船用油水分离器处理达标后间断排放
	生产垃圾（t）	797	/	废旧器件、油棉纱等	分类回收，全部运回陆地交有资质单位处置

污染物		产生量	排放速率/源强	主要污染因子	排放/处理方式
	生活污水（m^3）	166089	/	COD 等	处理达到《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）后间断排放
	生活垃圾（t）	712	/	食品废弃物、食品包装等	除食品废弃物达标排放外，生活垃圾全部分类回收，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含油生产水、温排水、生活污水、生活垃圾、设施维修产生的生产垃圾、少量发电机和热介质锅炉废气、非正常工况火炬废气等；此外还有参加生产作业的船舶和人员所产生的生活污水、生活垃圾和船舶含油污水等。

3.8.2.1 生产水

本项目水下生产系统所产物流经新建海底混输管道全液输送至新建 BD21-1CEPA 中心平台进行处理，分离出的生产水经生产水处理系统处理达标后排放，最大排放量为***m^3/d（2039 年）。2040 年以后，陵水 18-1 气田物流输往 LS17-2SEMI，其中生产水最大量为***m^3/d（2046 年），经该平台生产水处理系统处理达标后排放。该平台生产水处理能力***m^3/d，陵水 18-1 气田物流接入后生产水最大量***m^3/d，生产水处理能力满足要求。

3.8.2.2 生活污水

新建 BD21-1CEPA 中心平台设有 150 人生活楼，由于设备检修维护等需要临时人员，作业人数按照生活楼人数的 1.2 倍估算污染物产生量，生活污水产生量按***m^3/（人•日）计算，则生活污水产生量为***m^3/d（***m^3/a），其中 COD 产生量为***t/a。BD21-1CEPA 中心平台设置 1 套***m^3/d 的生活污水处理系统，采用生化法+电解法处理工艺，生化系统采用高度集成的生化反应罐，在罐内培养活性污泥，通过活性污泥的吸附、降解、沉淀分离作用，实现污染物的去除，同时兼具电解单元，形成两种工艺可串可并的流程，兼具两种功能优点。处理水源采用淡水，海水作备用水源。生活污水处理达标（COD≤500mg/L）后排海。

3.8.2.3 温排水

新建 BD21-1CEPA 中心平台工艺冷却产生温排水量最大为***m^3/h，海水取自水下 140m，于海面排放，夏季控制温升 9℃，冬季控制温升 12℃。

3.8.2.4 发电机与锅炉废气

新建 BD21-1CEPA 中心平台设 4 台（其中 1 台为预留）20000kW 燃气透平发电机组，同时配置 2 台 15MW 直燃式热介质锅炉，以满足平台用热需求。燃气透平发电机组的燃气最大消耗量为 $18481\times10^4m^3/a$，热介质锅炉燃气的最大消耗量为 $518.08\times10^4m^3/a$。参考《第一次全国污染源普查工业污染源排污系数手册》中相关系数，估算燃气透平发电机和热介质锅炉产生的氮氧化物为 1824.5t/a，详见表 3.8-6。

表 3.8-6 燃气透平发电机和热介质锅炉氮氧化物产生量

发电机	规模	燃气消耗量（$10^4m^3/a$）	氮氧化物产污系数	氮氧化物产生量（t/a）
燃气透平发电机组	4×20000 kW	18481(最大)	9.82g/m^3	1814.8
热介质锅炉	2×15MW	518.08(最大)	18.71kg/10^4m^3	9.7
合计				1824.5

3.8.2.5 火炬废气

本项目正常工况下无火炬废气排放；非正常工况下天然气经过火炬系统燃烧处理后放空。高压火炬放空系统在非正常工况最大放空量 443550 Sm^3/h，低压火炬在非正常工况最大放空系统 60900 Sm^3/h，参考《排污许可申请与核发技术规范 石化工业》（HJ853-2017）中火炬污染物排放量的核算方法，NO_X 排放系数取 0.054kg/m^3，高压、低压火炬非正常工况放空时间按 1h/a，则火炬燃烧 NO_X 排放量最大为 27.2t/a。

3.8.2.6 非正常工况 CO2 排放

新建 BD21-1CEPA 中心平台 CO_2 回注压缩机不设备用，在压缩机发生故障或者进行检修时，CO_2 需要进行放空，最大放空量约为 $167\times10^4Sm^3/h$。

3.8.2.7 生活垃圾

新建 BD21-1CEPA 中心平台设有 150 人生活楼，由于设备检修维护等需要

临时人员，因此作业人数按照生活楼人数的 1.2 倍，即 180 人估算生活垃圾。生活垃圾按 1.5kg/（人·日）计算，其中食品废弃物按 1kg/（人·日），其它生活垃圾按 0.5kg/（人·日），生活垃圾产生量为 98.6t/a（其中食品废弃物约 65.7t/a），其中的食品废弃物处理至颗粒直径<25mm 后排放入海，其他生活垃圾运回陆地处理。

3.8.2.8 生产垃圾

在生产阶段将会产生一些生产垃圾，如废弃的零件、边角料、油棉纱、包装材料等。根据中国海洋石油有限公司统计资料，生产垃圾产生量约***t/a·万 t 油当量。根据配产数据折算油当量，天然气按***m^3 折算 1t 油当量，凝析油平均密度按***t/m^3，则本项目最大年产油量约为***t/a（2030/2031 年），据此估算产生生产垃圾最大量约***t/a。生产垃圾分类收集后运回陆地处理。

3.8.2.9 牺牲阳极

新建 BD21-1CEPA 中心平台全浸区采用牺牲阳极+外加电流阴极保护措施。牺牲阳极的设计保护年限按 3 年考虑，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保护。

新建海底管道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，其中锌含量为 4.75~5.75%，取平均值约 5.25%。海管阳极块单重为 17.6~67.1kg，共约 5498 块，阳极块间隔约为 50~60m。

本项目牺牲阳极使用及锌释放情况见表 3.8-7。

表 3.8-7 牺牲阳极锌释放量

设施名称	保护年限（年）	阳极锌含量（%）	阳极净重（kg）	阳极数量（块）	锌年释放量（t/a）
新建海管	***	5.25%	17.6~67.1	5498	0.3

3.8.2.10 电力辅助平台噪声电磁

电力辅助平台运行噪声主要来源于叶片旋转产生的空气动力噪声和机械噪声，参考同类项目噪声水平，噪声等效声级约为 113dB(A)左右，由于电力辅助平台远离陆地，周围无噪声敏感目标，其对声环境影响较小。

海缆有加强铠装保护，有较好的屏蔽作用，电磁影响很小。类比同类项目海

底电缆，工频电场强度在 0.304~0.354V/m 之间，远低于 4000V/m 的限值要求；工频磁感应强度在 0.0307~0.0374μT 之间，远低于 100μT 的限值要求。

3.8.2.11 船舶污染物

本项目投产后，计划新增两艘供应船，根据统计资料，一般供应船的船舶含油污水产生量按（3~5）m^3/（船·月）计算，本次取 5m^3/（船·月）；生活污水平均每人每天按 0.35m^3 计算，生活垃圾按 1.5kg/（人·日）计算，其中食品废弃物按 1kg/（人·日），其它生活垃圾按 0.5kg/（人·日）；供应船等小型船舶生产垃圾按 0.5t/年计算。据此估算出本项目生产阶段船舶污染物产生量见表 3.8-8。本项目船舶含油污水、生活污水、生活垃圾及生产垃圾的处理按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）执行。

表 3.8-8 本项目生产阶段船舶污染物核算结果

作业内容	船舶类型	数量（艘）	作业人数（人）	船舶含油污水（m^3/a）	生活污水（m^3/a）	生活垃圾（t/a）	生产垃圾（t/a）
物资供应与巡逻	供应船	2	34	120	4344	18.6	1.0

3.8.2.12 生产阶段污染物汇总

综合以上分析计算，本项目生产阶段各种污染物的产生量汇总见表 3.8-9。

表 3.8-9 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
新建 BD21-1CEPA 中心平台	生产水	***m^3/d（最大）	石油类	经生产水处理系统处理达标后（含油浓度≤45mg/L）排海
	生活污水	***m^3/a	COD 等	处理达标后（COD 浓度≤500mg/L）排海
	生活垃圾	98.6t/a	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	约***t/a（最大）	固体废物	分类收集，运回陆地处理
	发电机和热介质锅炉废气	NO_x 1824.5t/a	NO_x	经排烟管排放
	非正常工况火炬废气	NO_x 27.2t/a	NO_x	进入火炬系统燃烧后排放
	非正常工况 CO_2	167×$10^4$$Sm^3$/h	CO_2	经冷防空头排放
	温排水	***m^3/h（最大）	废热	排放
电力辅助平台	噪声	113dB（A）	噪声	自然排放

污染源位置	污染物	产生量	主要污染因子	排放/处理方式
	工频电场	0.304~0.354V/m	工频电场	自然排放
	工频磁场	0.0307~0.0374 μT	工频磁场	自然排放
供应船	船舶含油污水	120m³/a	石油类	处理达到《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）后排放
	船舶生活污水	4344m³/a	COD 等	
	船舶生活垃圾	18.6t/a	食品废弃物、食品包装等	执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）
	船舶生产垃圾	1.0t/a	固体废物	分类收集，运回陆地处理

3.9 环境影响因素识别和评价因子筛选

3.9.1 环境影响因素识别

本项目环境影响因素主要是对周围海域的海洋生态造成一定影响。本项目工程活动的环境影响因素及影响程度分析见表 3.9-1。

表 3.9-1 本项目环境影响因素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、电力辅助平台安装、海底管缆铺设	海洋生态	占用海域，影响局部使用功能	D
	钻完井	海水水质、海洋沉积物和海洋生态	污染物排放	B
	施工作业	海水水质	船舶污染物排放	C
生产阶段	平台、电力辅助平台及海底管缆占用海域	海洋生态	占用海域，影响局部使用功能	D
	生产运行	海水水质、海洋生态	含油生产水等污染物排放	D
环境风险事故		海水水质、海洋沉积物和海洋生态	溢油	A~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)。

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 中。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评价因子为海水水质的悬浮物、石油类等。

表 3.9-2 本项目污染影响评价因子筛选及影响程度分析

工程内容	污染物	评价因子	处理/排放方式	主要环境影响对象	影响程度
钻完井	非气层水基钻井液/钻屑	悬浮物、Hg、Cd	符合排放标准的钻屑和钻井液排海，不符合排放标准的运回陆地交有资质单位处理	海水水质、沉积物及海洋生态	B
	非气层合成基钻井液/钻屑	悬浮物、Hg、Cd、石油类			B
	气层合成基钻井液/钻屑				B
施工船舶和供应船	船舶含油污水	石油类	经船用油水分离器处理达标后间断排放	海水水质	C
	船舶生活污水	COD	处理达标后间断排放	海水水质	C
生产运行	含油生产水	石油类	处理达标后排海	海水水质	C
	其他含油污水	石油类	经开、闭排收集后，进入生产流程	海水水质	D
	生活污水	COD	经生活污水处理装置处理合格后排海	海水水质	D
	温排水	温升	直接排海	海水水质、海洋生态	D
	牺牲阳极	Zn	缓慢释放	海水水质、沉积物	D
事故	溢油	石油类	按油气污染应急预案处理	生态环境	A~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)、N 为无影响

3.9.3 生态影响因子分析

本项目海洋生态影响评价因子以表征海洋生物生态、生物多样性、生物质量等因子为主。本项目不同工程活动的海洋生态影响评价因子筛选见表 3.9-3。

表 3.9-3 本项目海洋生态影响评价因子筛选

受影响对象	评价因子	工程内容	影响方式	影响性质	影响时段
初级生产力	叶绿素 a	钻完井	间接	短期	施工期
		海底管缆铺设	间接	短期	施工期
		生产设施占海	直接	长期	生产运行期
		生产设施运行	间接	长期	生产运行期
浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳动物（含鱼卵、仔稚鱼）	种类组成、生物量、密度（丰度）、种群结构、群落特征、分布范围、物种多样	钻完井	间接	短期	施工期
		海底管缆铺设	间接	短期	施工期
		生产设施及电力辅助平台占海	直接	长期	生产运行期
		生产设施及电力辅	间接	长期	生产运行期

受影响对象	评价因子	工程内容	影响方式	影响性质	影响时段
	性指数等	助平台运行			

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

宝岛 21-1 气田群位于南海西部，该区域地处低纬，属热带和亚热带气候，主要气候特征包括：（1）季风气候；（2）夏秋季节频繁地受热带风暴袭击；（3）冬、春季节受寒潮侵袭；（4）春夏季之交多强对流天气。在影响该区域的天气过程中，台风造成的灾害性天气最为强烈，其次是强对流天气，寒潮引起的大风降温也有很大影响。

宝岛区域冬季盛行偏北风，常受冷空气侵袭，气候较寒冷；夏季盛行偏南风，气候湿热；秋季和春季为风向转变的过渡时期，冬季到夏季的过渡期稍长，夏季到冬季的转变则比较快，呈现出冬季风强而夏季风较弱的特点。

宝岛区域的热带气旋从每年 3 月开始，一直持续至 12 月。3 月至 6 月，台风出现频次较低，其中主要以热带风暴为主，强台风较少；9 月开始至 10 月中下旬，台风的频次及强度均有明显提升，强台风及超强台风在秋季出现较多。

海面风全年中 NE 向风出现频率最高。风玫瑰见图 4.1-1，根据附近海域近 40 年的数值模拟结果，多年平均风向频率统计见表 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（%）	***	***	***	***	***	***	***	***
极值风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***
平均风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***
方向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率（%）	***	***	***	***	***	***	***	***
极值风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***
平均风速（m/s）	***	***	***	***	***	***	***	***

4.1.2水文条件

4.1.2.1 波浪

宝岛 21-1 气田群所在海域受海南岛陆岸影响，波浪基本上受制于南海风场，外海大浪不易侵入；由于该海域地处南亚季风气候区域，每年 10 月至翌年 3 月

盛行东北季风，因而秋冬季浪向主要是东北向；每年5月至9月夏季风期间，该海域浪向主要是东南向偏南，波浪玫瑰见图 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；宝岛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，根据附近海域近40年的数值模拟结果，波高、频率统计表4.1-2。

保密内容，已删除。

图 4.1-2 工程海域波浪玫瑰

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）	***	***	***	***	***	***	***	***

4.1.2.2 海流

***分别于2017年4月~2017年7月、2022年11月~2023年1月开展YC1、YC2两个站位的潮位观测，采用潜标形式进行观测，获得潮位资料；于2022年11月~2023年1月、2021年7月~2021年8月、2022年6月~2022年8月、2023年7月~2023年8月开展了YC2、YC3、YC4、YC5四个站位的海流观测，采用潜标形式进行观测，获得潮位及全剖面海流资料。

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	观测要素
YC1	***	***	***	***	潮位
YC2	***	***	***	***	潮位、海流
YC3	***	***	***	***	海流
YC4	***	***	***	***	海流
YC5	***	***	***	***	海流

观测期间 YC2~YC5 测站涨、落潮期间表层、中层和底层的流速统计见表 4.1-4。

表 4.1-4 YC2~YC5 测站涨落潮期间流速统计

		涨潮			落潮		
测站	层次	最大流速（cm/s）	最大流速对应流向（°）	平均流速（cm/s）	最大流速（cm/s）	最大流速对应流向（°）	平均流速（cm/s）
YC2	表层	***	***	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***	***	***
YC3	表层	***	***	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***	***	***
YC4	表层	***	***	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***	***	***
YC5	表层	***	***	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***	***	***

根据实测资料，通过调和分析得到的各层的潮流性质参数（表 4.1-5）可知，YC2 和 YC3 测站表、中、底层潮流均为正规全日潮流；YC4 和 YC5 测站所在海域表层为不正规全日潮流，中层和底层为不正规半日潮流。

表 4.1-5 潮流性质参数

	站位	表层	中层	底层
潮流性质参数（$W_{O1}+W_{K1}$）/W_{M2}	YC2	***	***	***
	YC3	***	***	***
	YC4	***	***	***
	YC5	***	***	***

YC2、YC3、YC4 和 YC5 测站最大可能流速和观测期间的余流分析结果见表 4.1-6。

表 4.1-6 潮流和余流分析结果

测站名称	层次	最大可能潮流		余流	
		流速（cm/s）	流向（°）	流速（cm/s）	流向（°）
YC2	表层	***	***	***	***

	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
YC3	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
YC4	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
YC5	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***

4.1.2.3 潮汐

***分别于 2017 年 4 月~2017 年 7 月、2022 年 11 月~2023 年 1 月在工程附近海域开展了 YC1、YC2 测站的潮位现场调查，主要分潮潮汐调和常数见表 4.1-7 和表 4.1-8。

表 4.1-7 YC1 测站主要分潮潮汐调和常数表

分潮	H(cm)	G(deg)	分潮	H(cm)	G(deg)
M_2	***	***	***	***	***
S_2	***	***	***	***	***
O_1	***	***	***	***	***
K_1	***	***	***	***	***

表 4.1-8 YC2 测站主要分潮潮汐调和常数表

分潮	H(cm)	G(deg)	分潮	H(cm)	G(deg)
M2	***	***	***	***	***
S2	***	***	***	***	***
O1	***	***	***	***	***
K1	***	***	***	***	***

由潮汐学可知，潮汐类型指数（E1）计算公式如下：

$$E=(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}$$

式中 H 分别为 K_1、O_1、M_2 分潮调和常数的振幅。

根据本项目水文动力环境现状调查数据，并使用上述公式计算可知本项目各测站潮汐类型见表 4.1-9，由表可见，YC1、YC2 均为不正规全日潮。

表 4.1-9 潮汐类型表

站位名称	潮汐类型指数（E1）	潮汐类型
YC1 测站	***	不正规全日潮

YC2 测站	***	不正规全日潮

经计算，海域的潮位特征数据见表 4.1-10，海图基准面相对示意图见图 4.1-4 。

表 4.1-10 潮位特征值

特征潮位	相对于海图基准面的高度（单位：m）
最高天文潮位	***
平均海平面	***
最低天文潮位	***

保密内容，已删除。

图 4.1-4 海图基准面相对示意图

4.1.3地形地貌与冲淤环境

4.1.3.1 调查概况.

***于 2024 年 9 月至 2025 年 6 月在宝岛海域开展了针对新建工程设施的工程勘察作业。

4.1.3.2 水深地形调查结果

根据预定 BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 CEPA 平台路由调查资料，见图 4.1-5。BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 CEPA 平台路由水深整体由南向北变浅，水深在 213.9m-1436.9m 之间变化。

根据新建 BD21-1 C1~C4 管汇场址调查资料，见图 4.1-6~图 4.1-9。C1 管汇调查区域海图水深值在 1200.9m-1441.6m 之间变化；C2 管汇调查区域海图水深值在 1382.5m-1468.6m 之间变化；C3 管汇调查区域海图水深值在 1117.4m-1344.8m 之间变化；C4 管汇调查区域海图水深值在 1149.0m-1473.5m 之间变化。

根据南部管汇场址调查资料，见图 4.1-10~图 4.1-15。LS18-1 C1 钻井中心海图水深值在 1673.3-1697.0m 之间变化；LS18-1 C2 钻井中心海图水深值在 1648.6-1698.2m 之间变化；LS18-1 C3 钻井中心海图水深值在 1694.0-1742.5m 之间变化；LS18-1 C4 钻井中心海图水深值在 1749.2-1784.5m 之间变化；YL8-1 C1 钻井中心海图水深值在 1833.1-1851.6m 之间变化；YL8-1 C2 钻井中心海图水深值在 1833.1-1851.6m 之间变化。

保密内容，已删除。

图 4.1-5 BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 CEPA 平台路由水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-6 新建 BD21-1 C1 管汇场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-7 新建 BD21-1 C2 管汇场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-8 新建 BD21-1 C3 场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-9 新建 BD21-1 C4 场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-10 新建 LS18-1 C1 钻井中心场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-11 新建 LS18-1 C2 钻井中心场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-12 新建 LS18-1 C3 钻井中心场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-13 新建 LS18-1 C4 钻井中心场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-14 新建 YL8-1 C1 钻井中心场址水深地形图

保密内容，已删除。

图 4.1-15 新建 YL8-1 C2 钻井中心场址水深地形图

4.1.3.3 地貌特征调查结果

根据现有调查资料，结合水深资料和浅地层剖面资料，本项目所在海域地形地貌概况如下。

a BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 平台路由

预定 BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 CEPA 平台路由在峡谷区存在 3 处明显的陡坎，穿越 1 处海底冲沟，发育 18 处海底凸起，脐带缆和 16 寸管道各穿越 1 处海底凸起区，在海底管道设计和铺设施工过程中，需注意海底凸起造成的海底沉积物强度差异；穿越滑坡区，整体位于峡谷水道内。

b BD21-1 C1 钻井中心

BD21-1 C1 位于峡谷侧壁的平台上，管汇和井口位置的海底坡度较大，需关注海底平整度对管汇、井口设计施工的影响。结合现有资料，C1 管汇位置处未发现滑坡沉积，且不在已有的滑坡通道内，现有浅层地质整体稳定。

c BD21-1 C2 钻井中心

BD21-1 C2 位于深水沉积区内，海底地形整体平坦，BD21-1 A2M 井口位置

处的海底坡度为 4.1°，需关注海底平整度对井口设计施工的影响。结合现有资料，C2 管汇位于峡谷上游沉积物的运移通道内。

d BD21-1 C3 钻井中心

BD21-1 C3 位于峡谷侧壁，位于滑塌后壁的平台上，管汇位置浅层地层以连续沉积为主，未见明显滑塌，推测目前浅层地质整体稳定。

e BD21-1 C4 钻井中心

新建 BD21-1 C4 管汇位置位于峡谷上游和侧壁的滑塌通道内，需关注峡谷上游和侧壁的滑塌对设施的影响。

f LS18-1 C1 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C1 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，局部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射。主要的地貌特征为：钻井作业痕迹。

g LS18-1 C2 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C2 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，局部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

h LS18-1 C3 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C3 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，局部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。主要的地貌特征为：钻井作业痕迹、海底扰动区。

i LS18-1 C4 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C4 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，南部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

j YL8-1 C1 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，YL8-1 C1 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，南部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

k YL8-1 C2 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，YL8-1 C2 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，南部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。主要的地貌特征为：钻井作业痕迹。

4.1.3.4 冲淤环境概况

根据本项目工程地质调查资料，工程区域以半远洋、浅海相细粒沉积为主，沉积物供给稳定、速率平缓，主要形成均匀分布的软黏土层，软黏土颗粒细、黏聚力强、起动流速高，在常态水流条件下不易被冲刷、不易输移，土体性质均匀、层位稳定。

工区主体多处于较深水区域，表层波浪、风暴浪能量难以直接作用于海床，对海底软黏土的冲刷、掀沙、再悬浮作用较弱，海床形态不易被水动力剧烈改造。区域以南海暖流、陆坡背景环流为主，流速整体较小、流向稳定，无强流、急流、涡旋等强侵蚀动力。虽受台风等极端天气影响，但作用时间短、影响范围有限，整体以周期性、小幅度的冲淤调整为主，不改变长期稳定格局。

本项目区域受较弱的水动力条件及软黏土自身抗冲特性共同控制，海床冲淤环境整体稳定。

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

本项目为海洋油（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、成品油的储存和管道输送设施、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《产业结构调整指导目录（2024 年本）》的要求。

4.2.2 《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”。

本项目位于重点开发区域，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。

4.2.3《海南省国土空间规划（2021-2035年）》符合性分析

根据《海南省国土空间规划（2021-2035年）》，本项目新建工程设施位于《海南省国土空间规划（2021-2035年）》范围外，距离海洋开发利用空间最近约37km，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42km外海洋开发利用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年）》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位置关系

4.2.4海南省生态环境分区管控方案符合性分析

海南省生态环境厅于2024年8月5日发布了《海南省生态环境分区管控方案（2023年版）》（琼环函〔2024〕167），为实现生态环境精细化管理，建立国土空间全覆盖的生态环境保护制度，将海南省（本岛）及近岸海域从生态环境保护角度划分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元等3类环境管控单元，实施分类管控。其中重点管控单元管控要求为：以生态环境质量改善压力大、资源能源消耗强度高、污染物排放集中、生态破坏严重、环境风险高的区域为主体，把发展同保护矛盾突出的区域识别出来，确定生态环境重点管控单元，根据现状环境质量是否达标、区域经济社会发展趋势与需求、可能面临的生态环境压力等因素，制定差别化的生态环境准入要求，从区域污染物削减/替代、限制/禁止开发建设活动、污染源控制、环境风险防控等方面提出要求。

本项目位于海南省生态环境分区管控范围外，本项目新建设施距重点管控单元最近约37km，见图 4.2-2。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42km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《海南省生态环境分区管控方案（2023年版）》的管

理要求相协调。

保密内容，已删除。

图 4.2-2 本项目与海南省生态环境分区管控方案位置关系

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十五个五年规划纲要》符合性分析

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》第三十二章提出：“做强做优做大海洋产业，有序推进海洋能源资源开发利用……实施深海工程，提高深海进入、探测、开发、安全能力。加强主要海湾整体规划，提升北部、东部、南部海洋经济圈发展水平，优化海洋经济发展示范区布局，建设各具特色的现代海洋城市，因地制宜深化港产城融合发展，鼓励沿海地区与内陆地区加强海洋经济合作。”

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十五个五年规划纲要》的要求。

4.2.5.2《海南省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》符合性分析

根据《海南省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》第二十六章第一节“聚焦深海油气、海洋工程装备、海洋新能源等新兴产业，加快延链补链强链，打造具有竞争力的海洋新兴产业集群。加快油气增储上产，推动重点海域油气调查、勘探、开发，建立深海油气田水下开发技术体系和生产系统，推动深海油气勘探开发配套服务、装备测试与技术咨询等高附加值环节集聚，培育油气勘探生产服务全产业链。推进重点海域天然气水合物生产性试采，建设天然气水合物勘查开采先导试验区。加强南海压溶气勘探开发基础研究，推动商业性开发利用。建设海底油气管廊，提升消纳能力。”

本项目属于海洋油（气）开发及其附属工程，符合《海南省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》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。”

本项目距离周边国家级自然保护区等在62.5km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62.5km外的国家级海洋特别保护区内的海洋环境质量，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，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预案，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 《海南省油气发展“十四五”规划（2021-2025年）》符合性分析

《海南省油气发展“十四五”规划（2021-2025年）》指出要加快推进勘探开发与保障基地建设，重点推拿深远海油气资源开发，重点推进陵水17-2气田、东方13-2、乐东10-1等气田开发利用.....加快建设海口海洋油气勘探开发指挥中心.....稳步推进“零碳南海，地质碳汇”行动，推动碳封存基地基设，加快推动海域油气项目CCUS示范项目建设.....推进大中型油气田勘探开发技术攻关.....实现增油稳气提效。

本项目开发建设符合《海南省油气发展“十四五”规划（2021-2025年）》要求。

4.3 工程周围海洋生态环境保护目标分布

海洋生态环境保护目标是评价范围内所有海洋生态敏感区及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等。

海洋生态敏感区为海洋生态功能与价值较高，且遭受损害后较难恢复其功能的海域，分为重要敏感区和一般敏感区。重要敏感区主要包括依法依规划定的国家公园、自然保护区、自然公园等自然保护地、世界自然遗产、生态保护红线等区域。一般敏感区主要包括河口、海湾、海岛，重要水生生物天然集中分布区、栖息地及产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道（以下简称“三场一通道”），特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床和海藻场等），水产种质资源保护区，海洋自然人文历史遗迹和自然景观等。

本项目评价范围内的海洋生态环境保护目标为产卵场，新建工程设鲍鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内，距脂眼鲱海南岛以东近海产卵场最近约42km，距其他产卵场均在42km以上；距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约42.5km；距海洋生态红线最近约59km。本项目附近海域的海洋生态敏感

区的主要分布见图 4.3-1~图 4.3-5，海洋生态敏感区与本项目新建设施的方位和最近距离见表 4.4-1。

4.3.1海洋生态保护红线

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 4.3-1。本项目新建设施距海洋生态保护红线中的其他红线区最近约55km。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55km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 4.3-1 本项目与海南省海洋生态保护红线位置关系

4.3.2国家级自然保护区

距离本项目最近的国家级自然保护区是海南万宁大洲岛国家级海洋生态自然保护区，距新建工程设施最近约58km，与本项目的位置关系见图 4.3-2。

海南万宁大洲岛国家级海洋生态自然保护区位于海南万宁县，即110°27′~110°31′E，18°38.8′~18°41.4′N范围内，面积70km^2。大洲岛由南北两岭组成：南岭面积2.7km^2，主峰海拔289m；北岭面积1.5km^2，最高处海拔136m，地势较为平坦，沿海一带有较长的沙滩。南北两岭由一条长800m、宽40m的沙带联结，沙带东面是天然的海水浴场，西面可停靠各种渔船。岛上沿岸地貌为花岗岩构造，受海水剥蚀影响，呈同心圆形状，十分奇特。海南万宁大洲岛国家级海洋生态自然保护区的主要保护对象为海岛及海洋生态。

4.3.3国家级海洋特别保护区

本项目新建工程设施距海南万宁老爷海国家级海洋公园最近约76km，见图4.3-2。

海南万宁老爷海国家级海洋公园位于于海南省万宁市东南部，北邻东澳镇，西接礼纪镇，南靠神州半岛，包括老爷海潟湖和南荣湾，地理位置为东经110°19′19.6″~110°25′2.3″，北纬18°39′58.4″~18°42′13″，批复面积为1121.01公顷，

实际落图面积为 1090.2 公顷。海南万宁老爷海国家级海洋公园整体呈东西走向，属热带海洋性季风气候区，有海草床和红树林生态系统，土壤以沙质黏土、砖红壤为主。

保密内容，已删除。

图 4.3-2 本项目与国家级自然保护区位置关系

4.3.4重要渔业水域

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）》等相关资料，确定本项目附近的重要渔业水域为周边海域内的渔业产卵场及南海北部幼鱼繁育场保护区。

4.3.4.1 产卵场

本项目新建工程设施部分位于鲐鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内，距脂眼鲱海南岛以东近海产卵场最近约 42km，距其他产卵场均在 42km 以上，见图 4.3-3 和图 4.3-4。

鲐鱼粤西外海区产卵场：位于***E，***N，水深 90m~200m，产卵期 1~6 月。

蓝圆鲹粤西外海区产卵场：位于***E，***N，水深 70m~180m，产卵期 4~6 月。

脂眼鲱海南岛以东近海产卵场：位于东经***至***，北纬***至***，水深 40m~100m，产卵期 5~8 月。

绯鲤类海南岛以东近海产卵场：位于东经***至***，北纬***至***，水深 53m~123m 海区，产卵期 3~6 月。

短尾大眼鲷南海北部产卵场：在南海北部分布范围较广，从海南岛东岸东经***以东一直延伸到东经***的水深 90-200m 范围内均有分布，产卵期 3~9 月。

深水金线鱼产卵场：在南海北部分布范围较广，大约在 71m~107m 等深线内，由海南岛东部向东延伸到汕尾外海（约为东经***至***），连成一条狭长海区，产卵期 4~7 月。

黄鲷海南岛南部产卵场：位于东经***至***，北纬***至***，水深 70m~100m，产卵期 10 月至翌年 2 月。

保密内容，已删除。

图 4.3-3 本项目附近产卵场（位于其中）

保密内容，已删除。

图 4.3-4 本项目附近产卵场（位于其外）

4.3.4.2 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内的水域，保护期为 1~12 月。本项目新建工程与南海北部幼鱼繁育场保护区最近距离为 38km，见图 4.3-5。

保密内容，已删除。

图 4.3-5 本项目与南海北部幼鱼繁育场保护区位置关系

4.4 海洋生态环境保护目标筛选

根据以上的调查分析，本项目评价范围内的海洋生态环境保护目标为产卵场，新建工程设施部分位于鲐鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内，距脂眼鲱海南岛以东近海产卵场最近约 42km，距其他产卵场均在 42km 以上；距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 42.5km；距海洋生态红线最近约 59km，见表 4.4-1。

表 4.4-1 本项目周边海洋生态环境保护目标分布

类型	名称	与新建平台及管缆最近距离及方位	产卵期
重要敏感区	其他红线区	55km/NW	—
一般敏感区	鲐鱼粤西外海区产卵场	电力辅助平台、BD13-3 A1M 井及去 BD21-1 CEPA 海底管缆	1~6 月
	蓝圆鲹粤西外海区产卵场	电力辅助平台、BD13-3 A1M 井及去 BD21-1 CEPA 海底管缆	4~6 月
	脂眼鲱海南岛以东近海产卵场	38km/NW	5~8 月
	绯鲤类海南岛以东近海产卵场	51km/NW	3~6 月
	短尾大眼鲷南海北部产卵场	90km/N	3~9 月
	深水金线鱼产卵场	46km/N	4~7 月
	黄鲷海南岛南部产卵场	99km/W	10 月至翌年 2 月
	南海北部幼鱼繁育场保护区	38km/NW	1~12 月

4.5 沉船水下文物保护区

南海西北陆坡一号、二号沉船水下文物保护区是经国务院 2024 年 5 月 6 日批准设立的国家级水下文物保护区域，位于海南省三亚市东南约 150 公里。

已建陵水 17-2 东区 3 号管汇（以下简称东 3 管汇）于 2020 年建成，2024 年 5 月成立了南海西北陆坡一号、二号沉船水下文物保护区，东 3 管汇被划入南海西北陆坡二号沉船水下文物保护区。本项目需新建 3 条海底管缆（1 条海管、2 条脐带缆）接入东 3 管汇，因而这 3 条海底管缆不可避免地要进入南海西北陆坡二号沉船水下文物保护区，本项目与南海西北陆坡二号沉船水下文物保护区位置关系见图 4.5-1。

根据《中华人民共和国水下文物保护管理条例》，在水下文物保护区内，禁止进行危及水下文物安全的捕捞、爆破等活动；在中国管辖水域内开展科学考察、资源勘探开发、旅游、潜水、捕捞、养殖、采砂、排污、倾废等活动的，应当遵守有关法律、法规的规定，并不得危及水下文物的安全；在中国管辖水域内进行大型基本建设工程，建设单位应当事先报请国务院文物主管部门。

因此，在南海西北陆坡二号沉船水下文物保护区内 3 条海底管缆的建设，需取得国务院文物主管部门的同意意见。

保密内容，已删除。

图 4.5-1 本项目与南海西北陆坡二号沉船水下文物保护区位置关系

5 海洋生态环境现状调查与评价

5.1 海洋生态环境现状调查概况

本项目海洋生态环境现状调查由***承担。

5.1.1 调查时间与范围

根据第2章评价工作等级判定，本项目评价工作等级为2级，海洋生态环境现状调查可选择春季或秋季。本项目海水水质、海洋沉积物、海洋生态和生物质量现状调查于2024年10月15日至11月17日（秋季）进行。

5.1.2 调查站位布设

调查海域秋季环境质量现状调查采用网格布点的方式。共布设54个环境现状调查站位，其中水质测站54个，海洋沉积物、海洋生态和生物质量站位均为38个。调查共布设9个横断面，断面间距为20km；垂直于横断面共布设6个纵断面，断面间距为20km。

本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见图5.1-1和表5.1-1。

保密内容，已删除。

图5.1-1 秋季环境质量现状调查站位布设

表5.1-1 秋季调查站位及调查项目

站位	经度（E）	纬度（N）	调查项目
P1	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
*P2	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P3	***	***	水质
P4	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P5	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P6	***	***	水质
P7	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P8	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P9	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P10	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P11	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
*P12	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P13	***	***	水质
P14	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P15	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P16	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P17	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量

站位	经度（E）	纬度（N）	调查项目
P18	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P19	***	***	水质
P20	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P21	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P22	***	***	水质
*P23	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P24	***	***	水质
P25	***	***	水质
P26	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P27	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P28	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P29	***	***	水质
P30	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P31	***	***	水质
*P32	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P33	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P34	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P35	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P36	***	***	水质
P37	***	***	水质
P38	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P39	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P40	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P41	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
*P42	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P43	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P44	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P45	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P46	***	***	水质
P47	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P48	***	***	水质
P49	***	***	水质
P50	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P51	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P52	***	***	水质
*P53	***	***	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
P54	***	***	水质

注：带*号站位采集平行双样。

5.1.3调查项目

海水水质、海洋沉积物海洋生态和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、海洋生态和生物质量调查项目

调查对象	调查项目
海水水质	水温、盐度、pH值、石油类、挥发性酚、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、总铬、砷、化学需氧量（COD）、溶解氧（DO）、活性磷酸盐、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、悬浮物
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
	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
海洋生物质量	选取调查海域鱼类、贝类（双壳类）、软体动物（非双壳类）和甲壳类等生物样品，测定其体内的铜、铅、锌、镉、铬、砷、总汞和石油烃含量等。

5.1.4调查方法

此次调查中水质、沉积物、生物生态和生物质量样品的采集、运输、保存和预处理等均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）等要求执行。

（1）海水水质：根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025），石油类只采集表层样品；因水深大于50m，其他水质样品采集表层和50m样品。

（2）海洋沉积物：用抓斗式采泥器采集底泥，取表层样（0~2cm）。

（3）海洋生物生态：

叶绿素a及初级生产力：叶绿素a样品的采集与水样采集同步进行，采样层次同水质样品，采用荧光分光光度法进行分析。

浮游植物：样品用小型浮游生物网（网口面积0.1m^2，网口直径37cm，网长为280cm）由海底（该站水深小于200m）或200m（该站水深大于200m）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。

浮游动物：样品用大型浮游生物网（网口面积0.5m^2，网口直径80cm，网长为280cm）由海底（该站水深小于200m）或200m（该站水深大于200m）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。

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1500m），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1.0 mm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。

生物质量：从各站中选取足量的鱼类和甲壳类优势种各2种，单独分袋、冰冻保存，取可食部分分析。

5.1.5分析方法

海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态和生物质量调查项目的分析方法见表5.1-3。

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
海水水质	化学需氧量	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
	溶解氧	碘量法	0.32mg/L
	石油类	紫外分光光度法	3.5μg/L
	pH	pH计法	-
	悬浮物	重量法	-
	砷	电感耦合等离子体质谱法	0.5μg/L
	汞	原子荧光法	7.0×10^{-3}μg/L
	挥发性酚	4-氨基安替比林分光光度法	0.8μg/L
	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.10μg/L
	铵盐	次溴酸盐氧化法	4.4μg/L
	亚硝酸盐	流动分析法	0.5μg/L
	硝酸盐		2.0μg/L
	活性磷酸盐		0.8μg/L
	铜	电感耦合等离子体-质谱法	0.12μg/L
	铅		0.07μg/L
	镉		0.03μg/L
	总铬		0.05μg/L
	锌		0.10μg/L
海洋沉积物	粒度	激光法	-
	有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.03×10^{-2}
	石油类	紫外分光光度法	3.0×10^{-6}
	硫化物	碘量法	0.15×10^{-6}
	砷	原子荧光法	0.06×10^{-6}
	汞	热分解冷原子吸收光度法	0.005×10^{-9}
	铜	火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}
	铅		3.0×10^{-6}
	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}

项目	测定项目	分析方法	检出限
	铬		2.0×10^{-6}
	锌	火焰原子吸收分光光度法	6.0×10^{-6}
生物生态	叶绿素 a	荧光分光光度计法	-
	浮游植物	镜下鉴定法	-
	浮游动物	镜下鉴定法	-
	底栖生物	镜下鉴定法	-
生物质量	石油烃	荧光分光光度法	0.2×10^{-6}
	砷	原子荧光法	0.2×10^{-6}
	总汞	热分解冷原子吸收光度法	0.005×10^{-9}
	镉	火焰原子吸收分光光度法	0.08×10^{-6}
	锌		0.4×10^{-6}
	铜		2.0×10^{-6}
	铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}
	铅		0.04×10^{-6}

5.1.6评价因子与评价标准

5.1.6.1 海水水质

本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。

本项目环境质量调查站位全部位于海南省国土空间规划范围外(见图 5.1-2)，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），水质按不劣于现状海水水质标准评价。各评价因子的评价标准值列于表 5.1-4。

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	>6mg/L	>5mg/L	>4mg/L	>3mg/L
化学需氧量	≤2mg/L	≤3mg/L	≤4mg/L	≤5mg/L
活性磷酸盐	≤0.015mg/L	≤0.030mg/L		≤0.045mg/L
无机氮	≤0.20mg/L	≤0.30mg/L	≤0.40mg/L	≤0.50mg/L
砷	≤0.020mg/L	≤0.030mg/L	≤0.050mg/L	
汞	≤0.00005mg/L	≤0.0002mg/L		≤0.0005mg/L
铜	≤0.005mg/L	≤0.010mg/L	≤0.050mg/L	
铅	≤0.001mg/L	≤0.005mg/L	≤0.010mg/L	≤0.050mg/L
锌	≤0.020mg/L	≤0.050mg/L	≤0.10mg/L	≤0.50mg/L
镉	≤0.001mg/L	≤0.005mg/L	≤0.010mg/L	
总铬	≤0.05mg/L	≤0.10mg/L	≤0.20mg/L	≤0.50mg/L

评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类
石油类	≤0.05mg/L		≤0.30mg/L	≤0.50mg/L
挥发性酚	≤0.005mg/L		≤0.010mg/L	≤0.25mg/L
硫化物	≤0.02mg/L	≤0.05mg/L	≤0.10mg/L	≤0.050mg/L

保密内容，已删除。

图 5.1-2 调查站位与海南省国土空间规划叠加示意图

5.1.6.2 海洋沉积物质量

本次调查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。根据《海南省国土空间规划（2021-2035年）》，调查站位位于国土空间规划范围之外，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），沉积物质量按不劣于现状标准评价。《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）标准值见表5.1-5。

表 5.1-5 海洋沉积物质量标准

序号	项目	标准类别		
		第一类	第二类	第三类
1	汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
2	镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00
3	铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0
4	锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
5	铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
6	铬（$\times10^{-6}$）≤	80.0	150.0	270.0
7	砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0
8	有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
9	硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	600.0
10	石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0

5.1.6.3 生物质量

本项目在调查海域采集到的生物样品为鱼类和甲壳类。鱼类和甲壳类生物体内污染物质含量评价参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中规定的生物质量标准。鱼类及甲壳类目前没有铬的生物质量评价标准，因此以上评价因子只列出检测结果，不予以评价。生物体内污染物含量评价标准见表5.1-6。

表 5.1-6 生物体内污染物含量评价标准（湿重：$\times 10^{-6}$）

生物类别	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃	备注
甲壳类	0.2	1	100	2	2.0	150	--	20	环境影响评价技术导则 海洋生态环境（HJ 1409-2025）
鱼类	0.3	1	20	2	0.6	40	--	20	

5.1.7评价方法

5.1.7.1 海水水质

海水水质环境质量现状评价采用单项标准指数法。分层采样的点位采用表层和 50m 层数据的平均值进行评价，如下：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{s,i}$$

式中：$S_{i,j}$—i 评价因子在 j 点的标准指数；

$C_{i,j}$—i 评价因子在 j 点的实测浓度，mg/L；

$C_{s,i}$—i 评价因子的评价标准，mg/L。

因为海水中溶解氧（DO）和 pH 不同于一般的污染指标，有其特殊性，溶解氧标准指数用下述公式计算：

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \qquad DO_j > DO_s$$

$$S_{DO,j} = DO_S / DO_j \qquad DO_j \leqslant DO_s$$

式中：DO_s—溶解氧的海水水质标准，mg/L；

DO_j—j 点的溶解氧，mg/L；

DO_f—饱和溶解氧浓度，mg/L，$DO_f = (491 - 2.65S)/(33.5 + T)$；

S—实用盐度符号，量纲为 1；

T—水温，℃。

3）pH 的标准指数为：

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \qquad pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH,j} = \frac{|pH_j - 7.0|}{pH_{su} - 7.0} \qquad pH_j > 7.0$$

式中：$S_{pH,j}$—pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j—pH 值实测统计代表值；

pH_{su}— 评价标准中 pH 值的上限值；

pH_{sd} — 评价标准中 pH 值的下限值。

5.1.7.2 海洋沉积物

与海水水质现状评价的方法相同，海洋沉积物质量现状的评价亦采用单因子标准指数法。

5.1.7.3 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：

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

式中：P — 初级生产力（mg·C/(m^2·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（l/d），取 3.7（l/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

评价生物群落结构特征采用 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）（1949）、Pielou 均匀度指数（J'）（1975）、Margalef 丰富度指数（d）（1958），计算公式分别为：

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \log_2 P_i$$

$$J = H'/\log_2 S$$

$$d = (S-1)/\log_2 N$$

式中：$P_i = n_i/N$（n_i 是第 i 个物种的个体数，N 是全部物种的个体数）；S 为种类数。

c. 优势度

采用某一区域的优势度来判定优势种，计算公式为：

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

式中：n_i 是第 i 个物种的个体数，N 是全部物种的个数；f_i 为该种在各站出现的频率。$Y \geq 0.02$，即判定为该区域的优势种。

d. 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

调查海域秋季海水水质调查结果见附表 1。各水质要素的含量变化范围及平均值见表 5.2-1。

表 5.2-1 调查海域海水水质要素含量变化情况

项目	表层		50m 层		平均值	
	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值
水温（℃）	****	***	****	***	****	***
盐度	****	***	****	***	****	***
pH	****	***	****	***	****	***
DO（mg/L）	****	***	****	***	****	***
COD（mg/L）	****	***	****	***	****	***
石油类（mg/L）	****	***	****	***	****	***
悬浮物（mg/L）	****	***	****	***	****	***
无机氮（μg/L）	****	***	****	***	****	***
活性磷酸盐（μg/L）	****	***	****	***	****	***
汞（μg/L）	****	***	****	***	****	***
砷（μg/L）	****	***	****	***	****	***
锌（μg/L）	****	***	****	***	****	***
镉（μg/L）	****	***	****	***	****	***
铅（μg/L）	****	***	****	***	****	***
铜（μg/L）	****	***	****	***	****	***
总铬（μg/L）	****	***	****	***	****	***
硫化物（μg/L）	****	***	****	***	****	***
挥发性酚（μg/L）	****	***	****	***	****	***

5.2.2 海水水质评价结果

本次调查所有站位海水水质按不劣于现状海水水质标准评价，即按照现状评价至所属水质等级，同时按照第一类海水水质标准给出各评价因子的单因子标准指数供参考，评价因子（平均值）标准指数见附表 2。各水质要素的标准指数（按一类标准评价）变化范围见表 5.2-2。

表 5.2-2 调查海域的海水水质要素标准指数变化情况（按一类标准评价）

项目	标准指数	
	最小值	最大值
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	****	***

根据《HJ 1409-2025 环境影响评价技术导则 海洋生态环境》，取各站各评价因子的表层和 50m 层数据平均值作为评价值，全部评价因子均符合第一类海水水质标准。

5.3 海洋沉积物现状调查与评价

5.3.1 海洋沉积物组成及其类型

本次调查海域 38 个沉积物测站的粒度分析表明，该海域沉积物类型有粉砂质粘土（TY）、粉砂-粘土（T-Y）、粘土-粉砂（Y-T）、粘土质粉砂（YT）。各参数详见表 5.3-1。

表 5.3-1 表层沉积物类型及粒度参数

站位	粒级含量(%)				名称及代号	粒度系数
	砾	砂	粉砂	粘土		中值粒径（φ）
P1	****	***	****	***	****	***
P2	****	***	****	***	****	***
P4	****	***	****	***	****	***
P5	****	***	****	***	****	***
P7	****	***	****	***	****	***
P8	****	***	****	***	****	***
P9	****	***	****	***	****	***
P10	****	***	****	***	****	***
P11	****	***	****	***	****	***
P12	****	***	****	***	****	***

站位	粒级含量(%)				名称及代号	粒度系数
	砾	砂	粉砂	粘土		中值粒径（φ）
P14	****	***	****	***	****	***
P15	****	***	****	***	****	***
P16	****	***	****	***	****	***
P17	****	***	****	***	****	***
P18	****	***	****	***	****	***
P20	****	***	****	***	****	***
P21	****	***	****	***	****	***
P23	****	***	****	***	****	***
P26	****	***	****	***	****	***
P27	****	***	****	***	****	***
P28	****	***	****	***	****	***
P30	****	***	****	***	****	***
P32	****	***	****	***	****	***
P33	****	***	****	***	****	***
P34	****	***	****	***	****	***
P35	****	***	****	***	****	***
P38	****	***	****	***	****	***
P39	****	***	****	***	****	***
P40	****	***	****	***	****	***
P41	****	***	****	***	****	***
P42	****	***	****	***	****	***
P43	****	***	****	***	****	***
P44	****	***	****	***	****	***
P45	****	***	****	***	****	***
P47	****	***	****	***	****	***
P50	****	***	****	***	****	***
P51	****	***	****	***	****	***
P53	****	***	****	***	****	***
最小值	****	***	****	***	****	***
最大值	****	***	****	***	****	***
平均值	****	***	****	***	****	***

5.3.2海洋沉积物质量调查结果

本项目共调查沉积物站位 38 个,调查海域表层沉积物各污染物含量分析结果见表 5.3-2。

由由表 5.3-2 可知，本项目调查海域有机碳含量范围为 0.46×10^{-2}~1.11×10^{-2}，平均值为 0.73×10^{-2}；硫化物含量范围为未检出~1.38×10^{-6}，平均值为 0.36×10^{-6}；石油类含量范围为未检出~7.0×10^{-6}，平均值为 4.9×10^{-6}；汞含量范围为（0.013~0.030）$\times10^{-6}$，平均值为 0.020×10^{-6}；砷含量范围为（1.25~3.81）$\times10^{-6}$，平均值为 2.48×10^{-6}；铜含量范围为（6.2~22.2）$\times10^{-6}$，平均值为 13.2×10^{-6}；铅含

量范围为（7.2~19.8）×10^{-6}，平均值为 13.2×10^{-6}；镉含量（0.07~0.27）×10^{-6}，平均值为 0.15×10^{-6}；锌含量范围为（37.0~98.3）×10^{-6}，平均值为 64.7×10^{-6}；铬含量范围为（24.8~53.4）×10$^{-6,}$ 平均值为 38.2×10^{-6}。

表 5.3-2 秋季调查海域海洋沉积物中各污染物含量

站位	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
	×10^{-2}	10^{-6}								
P1	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P2	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P4	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P5	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P7	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P8	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P9	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P10	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P11	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P12	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P14	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P15	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P16	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P17	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P18	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P20	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P21	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P23	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P26	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P27	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P28	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P30	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P32	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P33	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P34	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P35	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P38	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P39	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P40	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P41	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P42	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P43	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P44	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P45	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P47	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P50	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***

P51	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P53	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
最小值	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
最大值	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
平均值	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***

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。

5.3.3 海洋沉积物质量评价结果

本次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。调查海域表层沉积物中各站位的有机碳、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油类均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准，按一类标准评价的标准指数均小于 1，调查海域内沉积物环境质量整体状况较好。

表 5.3-3 表层海洋沉积物各评价因子的标准指数统计结果（按一类标准计算）

站位	单项标准指数									
	有机碳	硫化物	石油类	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬
P1	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P2	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P4	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P5	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P7	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P8	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P9	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P10	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P11	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P12	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P14	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P15	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P16	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P17	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P18	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P20	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P21	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P23	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P26	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P27	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P28	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P30	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P32	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P33	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P34	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P35	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***

站位	单项标准指数									
	有机碳	硫化物	石油类	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬
P38	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P39	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P40	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P41	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P42	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P43	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P44	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P45	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P47	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P50	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P51	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
P53	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
最小值	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
最大值	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
平均值	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***
超一类比例%	****	***	****	***	****	***	****	***	****	***

5.4 海洋生态现状调查与评价

5.4.1叶绿素 a 和初级生产力

秋季调查各站位叶绿素 a 含量和初级生产力计算结果见表 5.4-1。

秋季调查海域各站位表层叶绿素 a 浓度变化于(未检出~0.032)mg/m^3，平均值为 0.011mg/m^3；50m 层叶绿素 a 浓度变化于(未检出~0.103)mg/m^3，平均值为 0.024mg/m^3。秋季调查各站位初级生产力变化范围为(5.87～76.42)mg·C/(m^2·d)，平均值为 25.15mg·C/(m^2·d)。

海区初级生产力总体上处于低水平。海区初级生产力平面分布以海区中部、北部和南部小范围较低，平面分布规律不明显。

表 5.4-1 秋季调查海域各站位海水叶绿素 a 含量和海洋初级生产力

站位	叶绿素 a（mg/m^3）		初级生产力 mg·C/(m^2·d)
	表层	50m 层	
P1	****	***	****
P2	****	***	****
P3	****	***	****
P4	****	***	****
P5	****	***	****
P6	****	***	****
P7	****	***	****
P8	****	***	****
P9	****	***	****

站位	叶绿素 a（mg/m³）		初级生产力 mg·C/(m²·d)
	表层	50m 层	
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	****	***	****
P37	****	***	****
P38	****	***	****
P39	****	***	****
P40	****	***	****
P41	****	***	****
P42	****	***	****
P43	****	***	****
P44	****	***	****
P45	****	***	****
P46	****	***	****
P47	****	***	****
P48	****	***	****
P49	****	***	****
P50	****	***	****
P51	****	***	****

站位	叶绿素 a（mg/m³）		初级生产力 mg·C/(m²·d)
	表层	50m 层	
P52	****	***	****
P53	****	***	****
P54	****	***	****
最小值	****	***	****
最大值	****	***	****
平均值	****	***	****

注：对于未检出叶绿素 a，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。

5.4.2浮游植物

5.4.2.1 种类组成

秋季调查海域共出现浮游植物 4 门 52 属 214 种，详见附表 3。其中藻种类最多，有 37 属 125 种，占总物种数的 58.4%；甲藻有 12 属 84 种，占总物种数的 39.3%；蓝藻 2 属 4 种，金藻 1 属 1 种。其中赤潮生物有 4 门 20 属 50 种，占总物种数的 23.4%；赤潮硅藻出现 12 属 29 种，赤潮甲藻出现 6 属 17 种，赤潮蓝藻 1 属 3 种，赤潮金藻 1 属 1 种。

5.4.2.2 个体数量分布

本项目调查海域浮游植物个数数量见表 5.4-2。调查海域浮游植物个体数量变化范围为(0.019~9.379)×10⁴ 个/m³ 之间，平均密度为 2.073×10⁴ 个/m³。

表 5.4-2 秋季调查各站浮游植物个体数量（×10⁴ 个/m³）

站位	生物密度	站位	生物密度
P1	****	P27	****
P2	****	P28	****
P4	****	P30	****
P5	****	P32	****
P7	****	P33	****
P8	****	P34	****
P9	****	P35	****
P10	****	P38	****
P11	****	P39	****
P12	****	P40	****
P14	****	P41	****
P15	****	P42	****
P16	****	P43	****
P17	****	P44	****
P18	****	P45	****

站位	生物密度	站位	生物密度
P20	****	P47	****
P21	****	P50	****
P23	****	P51	****
P26	****	P53	****
最小值		****	
最大值		****	
平均值		****	

5.4.2.3 优势种

秋季调查海区浮游植物优势种类有窄隙角毛藻、优氏海毛藻、短刺角毛藻、柔弱菱形藻、铁氏束毛藻、美丽漂流藻、长海毛藻共 7 种，优势度依次为 0.060、0.047、0.041、0.036、0.034、0.031、0.027，数量合计占总平均数量的 38.7%；优势种多且各优势种优势度不大。

5.4.2.4 群落特征指数

秋季调查浮游植物群落特征指数见表 5.4-3。

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 2.219~3.629 之间，平均值为 3.147；均匀度（*J'*）变化范围在 0.632~0.900 之间，平均值为 0.808；丰富度指数（*d*）变化范围在 2.103~7.757 之间，平均值为 5.579，秋季调查海域浮游植物的多样性指数、均匀度、丰富度均处于高水平。群落特征结论分析结果为浮游植物生态环境稳定，种类丰富，多样性高且数量分布较均匀。

表 5.4-3 浮游植物群落特征指数

序号	站位	*H'*	*J'*	*d*
1	P1	****	***	****
2	P2	****	***	****
3	P4	****	***	****
4	P5	****	***	****
5	P7	****	***	****
6	P8	****	***	****
7	P9	****	***	****
8	P10	****	***	****
9	P11	****	***	****
10	P12	****	***	****
11	P14	****	***	****
12	P15	****	***	****
13	P16	****	***	****
14	P17	****	***	****

15	P18	****	***	****
16	P20	****	***	****
17	P21	****	***	****
18	P23	****	***	****
19	P26	****	***	****
20	P27	****	***	****
21	P28	****	***	****
22	P30	****	***	****
23	P32	****	***	****
24	P33	****	***	****
25	P34	****	***	****
26	P35	****	***	****
27	P38	****	***	****
28	P39	****	***	****
29	P40	****	***	****
30	P41	****	***	****
31	P42	****	***	****
32	P43	****	***	****
33	P44	****	***	****
34	P45	****	***	****
35	P47	****	***	****
36	P50	****	***	****
37	P51	****	***	****
38	P53	****	***	****
最小值		****	***	****
最大值		****	***	****
平均值		****	***	****

5.4.3浮游动物

5.4.3.1 种类组成

本项目调查该海域共记录到浮游动物 15 类 383 种和阶段性浮游幼体（含鱼卵和仔稚鱼）20 类（详见附表 4，其中游动物幼体不纳入种类统计）。各类群中以桡足类最多，为 149 种，占浮游动物总种类数的 37.0%；其次为端足类 61 种，占总种类数的 15.1%；其它类群种类在 55 种以下，合计占比 47.9%。

5.4.3.2 生物量和个体数量分布

本项目调查海域各站位浮游动物生物量和个体数量详见表 5.4-4。调查海区浮游动物生物密度变化范围为（18.81~65.00）个/m^3，平均值为 35.67 个/m^3。浮游动物生物量范围在（7.93~45.25）mg/m^3，平均值为 25.00mg/m^3。

表 5.4-4 秋季调查浮游动物的生物量（mg/m³）和生物密度（个/m³）

站位	生物量	生物密度	站位	生物量	生物密度
P1	****	***	P30	****	***
P2	****	***	P32	****	***
P4	****	***	P33	****	***
P5	****	***	P34	****	***
P7	****	***	P35	****	***
P8	****	***	P38	****	***
P9	****	***	P39	****	***
P10	****	***	P40	****	***
P11	****	***	P41	****	***
P12	****	***	P42	****	***
P14	****	***	P43	****	***
P15	****	***	P44	****	***
P16	****	***	P45	****	***
P17	****	***	P47	****	***
P18	****	***	P50	****	***
P20	****	***	P51	****	***
P21	****	***	P53	****	***
P23	****	***	最小值	****	***
P26	****	***	最大值	****	***
P27	****	***	平均值	****	***
P28	****	***			

5.4.3.3 优势种

秋季调查海区浮游动物优势种共 10 种（类），包括肥胖软箭虫、彩额锚哲水蚤、拟抱球虫、狭额次真哲水蚤、瘦新哲水蚤、达氏宇哲水蚤、毛颚类幼体、芦氏拟真刺水蚤、住囊虫和长尾类幼体，优势度依次为 0.070、0.058、0.050、0.050、0.046、0.038、0.029、0.025、0.021 和 0.021。

5.4.3.4 群落特征指数

秋季调查浮游动物群落特征指数见表 5.4-5。秋季调查浮游动物的种类多样性指数（*H'*）变化范围在 3.20~4.13 之间，平均值为 3.76；均匀度（*J*）变化范围在 0.68~0.85 之间，平均值为 0.80；丰富度（*d*）指数变化范围在 24.64~37.47 之间，平均值为 31.58。

从各项群落指数来看，秋季调查海域浮游动物群落种类组成丰富，拥有较高的生物多样性水平，种类分布较为均匀，群落结构较稳定。

表 5.4-5 浮游动物群落特征指数

站位	*H′*	*J′*	*d*
P1	****	***	****
P2	****	***	****
P4	****	***	****
P5	****	***	****
P7	****	***	****
P8	****	***	****
P9	****	***	****
P10	****	***	****
P11	****	***	****
P12	****	***	****
P14	****	***	****
P15	****	***	****
P16	****	***	****
P17	****	***	****
P18	****	***	****
P20	****	***	****
P21	****	***	****
P23	****	***	****
P26	****	***	****
P27	****	***	****
P28	****	***	****
P30	****	***	****
P32	****	***	****
P33	****	***	****
P34	****	***	****
P35	****	***	****
P38	****	***	****
P39	****	***	****
P40	****	***	****
P41	****	***	****
P42	****	***	****
P43	****	***	****
P44	****	***	****
P45	****	***	****
P47	****	***	****
P50	****	***	****
P51	****	***	****
P53	****	***	****
最小值	****	***	****
最大值	****	***	****
平均值	****	***	****

5.4.4底栖生物

5.4.4.1 种类组成

秋季调查共鉴定出底栖生物有10大门类239种，种名详见附表5。其中节肢动物种类最多，有86种，约占总种数的36.0%；软体动物次之，有51种，占总种数的21.3%；脊索动物有41种，占总种数的17.2%；环节动物有26种，占总种数的10.9%；棘皮动物有18种，占总种数的7.5%；其他类群比例较低。

5.4.4.2 生物量和栖息密度

本次调查底栖生物各站生物量和生物密度见表5.4-6。调查海域底栖生物的生物密度变化范围为（5~25）个/m^2，平均生物密度为11.20个/m^2；生物量变化范围为（0.15~49.68）g/m^2，平均生物量为5.73g/m^2。

表5.4-6 底栖生物各站生物密度和生物量

站位	生物密度(个/m^2)	生物量(g/m^2)	站位	生物密度(个/m^2)	生物量(g/m^2)
P1	****	***	P30	****	***
P2	****	***	P32	****	***
P4	****	***	P33	****	***
P5	****	***	P34	****	***
P7	****	***	P35	****	***
P8	****	***	P38	****	***
P9	****	***	P39	****	***
P10	****	***	P40	****	***
P11	****	***	P41	****	***
P12	****	***	P42	****	***
P14	****	***	P43	****	***
P15	****	***	P44	****	***
P16	****	***	P45	****	***
P17	****	***	P47	****	***
P18	****	***	P50	****	***
P20	****	***	P51	****	***
P21	****	***	P53	****	***
P23	****	***	最小值	****	***
P26	****	***	最大值	****	***
P27	****	***	平均值	****	***
P28	****	***			

5.4.4.3 优势种

本次调查海域底栖生物的优势种共有6种，分别为假长缝拟对虾、骑士章

海星、沟虾虎鱼属、双斑蟳、紫隆背蟹和西格织纹螺，优势度分别为0.101、0.061、0.042、0.038、0.029、0.020。

5.4.4.4 群落特征指数

本次调查底栖生物群落特征指数见表5.4-7。调查海域底栖生物群落的种类多样性指数（*H'*）在2.22~3.36之间，平均值为2.73；均匀度（*J*）在0.57~0.68之间，平均值为0.63；丰富度（*d*）在2.89~8.58之间，平均值为5.27。

调查海域底栖生物群落生物多样性指数和丰富度的均值都较高，均匀度中等，显示底栖生物生物多样性较高，群落结构稳定，不同种类数量分布相对均匀，受优势种的影响较小。

表5.4-7 底栖生物群落多样性指数

站位	*H'*	*J*	*d*
P1	****	***	****
P2	****	***	****
P4	****	***	****
P5	****	***	****
P7	****	***	****
P8	****	***	****
P9	****	***	****
P10	****	***	****
P11	****	***	****
P12	****	***	****
P14	****	***	****
P15	****	***	****
P16	****	***	****
P17	****	***	****
P18	****	***	****
P20	****	***	****
P21	****	***	****
P23	****	***	****
P26	****	***	****
P27	****	***	****
P28	****	***	****
P30	****	***	****
P32	****	***	****
P33	****	***	****
P34	****	***	****
P35	****	***	****
P38	****	***	****
P39	****	***	****

站位	*H'*	*J*	*d*
P40	****	***	****
P41	****	***	****
P42	****	***	****
P43	****	***	****
P44	****	***	****
P45	****	***	****
P47	****	***	****
P50	****	***	****
P51	****	***	****
P53	****	***	****
最小值	****	***	****
最大值	****	***	****
平均值	****	***	****

5.5 生物质量调查与评价

5.5.1主要污染物质的含量状况

本次调查站位中生物质量调查共检测鱼类 15 种 34 个，甲壳类 2 种 23 个，共 57 个生物样品。本次调查采集到生物样品体内的总汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬和石油烃的含量见表 5.5-1。

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

站号	种类	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
P33	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****	***
P32	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****	***
P35	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****	***
P34	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****	***
P44	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****	***
P44	鱼类	日本红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
P38	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****	***
P43	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****	***
P45	鱼类	细羊舌鲆	****	***	****	***	****	***	****	***
P45	鱼类	黑斑瓦鲽	****	***	****	***	****	***	****	***
P39	鱼类	贝劳丝鳍鳕	****	***	****	***	****	***	****	***
P39	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P40	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P40	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****	***
P26	鱼类	尖棘角鲂鲋	****	***	****	***	****	***	****	***
P26	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****	***
P26	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P53	鱼类	斑鳍红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
P53	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****	***
P53	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P41	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***

站号	种类	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
P42	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P51	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P47	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P50	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P27	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P27	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****	***
P30	鱼类	鳄齿鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
P20	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P20	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****	***
P20	鱼类	尖棘角鲂鲷	****	***	****	***	****	***	****	***
P23	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****	***
P23	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P28	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P28	鱼类	日本鳣	****	***	****	***	****	***	****	***
P28	鱼类	鳄齿鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
P14	甲壳类	褐虾属	****	***	****	***	****	***	****	***
P14	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P21	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P21	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****	***
P21	鱼类	斑鳍红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
P8	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P9	鱼类	吉氏棘鲬（短刺棘鲬）	****	***	****	***	****	***	****	***
P9	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****	***
P7	鱼类	丝鳍沙鳢	****	***	****	***	****	***	****	***
P17	鱼类	丝鳍沙鳢	****	***	****	***	****	***	****	***
P16	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P5	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P4	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P1	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P12	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P2	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****	***
P11	鱼类	日本红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
P18	鱼类	棘茄鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
P18	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****	***
P18	鱼类	重齿单趾鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****	***
P10	鱼类	深水金线鱼	****	***	****	***	****	***	****	***
平均值	鱼类		****	***	****	***	****	***	****	***
	甲壳类		****	***	****	***	****	***	****	***

注：“/”表示样品量不足；“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。

5.5.2生物质量评价结果

本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 5.5-2。分析结果显示，调查海域底栖生物样品中，鱼类和甲壳类的砷标准指数值大于 1，样品的超标率均为 100%，其它各项评价因子的标准指数值均小于 1，样品均未超标。

表 5.5-2 秋季调查底栖生物的单项标准指数指数

站号	种类	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	石油烃
P33	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****
P32	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****
P35	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****
P34	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****
P44	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****
P44	鱼类	日本红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****
P38	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****
P43	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****
P45	鱼类	细羊舌鲆	****	***	****	***	****	***	****
P45	鱼类	黑斑瓦鲽	****	***	****	***	****	***	****
P39	鱼类	贝劳丝鳍鳕	****	***	****	***	****	***	****
P39	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P40	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P40	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****
P26	鱼类	尖棘角鲂鲆	****	***	****	***	****	***	****
P26	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****
P26	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P53	鱼类	斑鳍红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****
P53	鱼类	日本棘花鮨	****	***	****	***	****	***	****
P53	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P41	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P42	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P51	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P47	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P50	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P27	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P27	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****
P30	鱼类	鳄齿鱼	****	***	****	***	****	***	****
P20	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P20	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****
P20	鱼类	尖棘角鲂鲆	****	***	****	***	****	***	****
P23	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****
P23	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P28	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P28	鱼类	日本鰶	****	***	****	***	****	***	****
P28	鱼类	鳄齿鱼	****	***	****	***	****	***	****
P14	甲壳类	褐虾属	****	***	****	***	****	***	****
P14	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P21	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P21	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****
P21	鱼类	斑鳍红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****
P8	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P9	鱼类	吉氏棘鲬（短	****	***	****	***	****	***	****

站号	种类	中文名	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	石油烃
		刺棘鲬）							
P9	鱼类	多棘腔吻鳕	****	***	****	***	****	***	****
P7	鱼类	丝鳍沙鳢	****	***	****	***	****	***	****
P17	鱼类	丝鳍沙鳢	****	***	****	***	****	***	****
P16	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P5	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P4	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P1	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P12	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P2	甲壳类	假长缝拟对虾	****	***	****	***	****	***	****
P11	鱼类	日本红娘鱼	****	***	****	***	****	***	****
P18	鱼类	棘茄鱼	****	***	****	***	****	***	****
P18	鱼类	黑斑新鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****
P18	鱼类	重齿单趾鼬鳚	****	***	****	***	****	***	****
P10	鱼类	深水金线鱼	****	***	****	***	****	***	****
平均值	鱼类		****	***	****	***	****	***	****
	甲壳类		****	***	****	***	****	***	****
超标率%	鱼类		****	***	****	***	****	***	****
	甲壳类		****	***	****	***	****	***	****

5.5.3超标原因分析

由表5.5-2可见，砷作为广泛存在于海洋生物体内的重金属元素，按照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》进行评价，本次大部分的鱼类和甲壳类都表现高超标率，且标准指数均值高，显示生物体内的砷含量远达不到评价标准的要求。甲壳类的标准指数值高于鱼类。研究显示海南岛沿岸底栖生物体内砷的含量为：鱼类体内砷含量(×10^{-6}湿重)范围为未检出~6.7，甲壳类为未检出~10.8，软体类为0.2~1.0，本次调查中生物体的砷含量对比南海区历史数据并没有明显数量级升高。广东沿海水产品砷的测定结果也显示，砷较大超过评价标准的要求。通过对比相关文献研究可知，本次调查砷的超标情况在近年南海区调查和历史调查中都有类似结果。

5.6 海洋渔业资源现状调查与评价

5.6.1调查概况

5.6.1.1 调查时间

采用***在项目海域渔业资源现状的调查结果。调查采用底拖网和灯光罩网两种调查方式：3个站位（BD01、BD02、BD04）采用底拖网调查，调查时间为2024年11月15日~11月18日；其余9个站位采用灯光罩网调查，由于海上天

气原因，调查分 2 阶段段进行，第 1 阶段为 2024 年 10 月 31 日~11 月 4 日，第 2 阶段为 2024 年 11 月 23~27 日。

5.6.1.2 调查范围和站位布设

本次渔业资源调查包括游泳生物和鱼卵仔稚鱼。共布设 12 个调查站位，包括 3 个底拖网站位和 9 个灯光罩网站位，见表 5.6-1 和图 5.6-1，调查项目包括鱼卵仔稚鱼和游泳生物。

表 5.6-1 渔业资源调查站位

站位	经度（E）	纬度（N）
BD01	****	***
BD02	****	***
BD03	****	***
BD04	****	***
BD05	****	***
BD06	****	***
BD07	****	***
BD08	****	***
BD09	****	***
BD10	****	***
BD11	****	***
BD12	****	***

保密内容，已删除。

图 5.6-1 渔业资源调查站位

5.6.1.3 调查方法

渔业资源调查采样方法按《海洋调查规范》（GB12763-2007）、《海洋渔业资源调查规范》（SC/T9403-2012）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）和《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）等规范的要求进行。

游泳生物调查：BD01、BD02 和 BD04 三个站点采用底拖网，其余 9 个站点采用灯光罩网调查。底拖网调查船名“桂北渔 31888”，底拖网上纲 44m，囊网网目 20mm；拖网速度平均为 3.1kn，每站拖网 1h 左右，拖网时网口宽度按照上纲的 50%计算。灯光罩网调查船名“桂北渔 27021”，灯泡总功率 530kW，灯排长度 35m，每站诱集作业 1.5h 左右。

鱼卵仔稚鱼：定性样品使用大型浮游生物网（网口直径 80 cm）海表层水平拖网采集，拖时 10min，拖速 1.5kn；定量样品使用大型浮游生物网（口径 80cm）从海底至表层垂直拖网采集（200m）。两种拖网方式各采集 2 网，分别加入 95%乙醇和甲醛固定后置于-4℃冷藏箱保存，带回实验室挑拣、分类、计数、DNA 测序和种类鉴定。

5.6.1.4 数据处理方法

a. 游泳生物资源密度（重量、尾数）估算方法

- 底拖网调查

渔业资源密度采用扫海面积法（资源密度指数法）评估，公式为：

$$\rho = Y/(a \times p)$$

式中： ρ —渔业资源密度（kg/km^2）；

Y—渔获量（kg）；

a—每网次的扫海面积（km^2）。

p—网具捕获率，本研究中鱼类取 0.5，头足类和甲壳类取 0.8。

- 灯光罩网调查

渔业资源密度的估算参考冯波等（2014）年建立的南海鸢乌贼资源密度评估方法，通过估算光诱影响范围内被诱集捕获的游泳生物的数量，计算单位面积内的现存资源密度。计算公式如下：

$$\rho = \frac{\pi r^2 + 2d_1 r}{\pi r^2 + 2rD + d_1(D+2r) + \int_0^{2\pi}\left[\int_r^R f(r)rdr\right]d\theta + 2\int_0^D\left[\int_r^R f(y)dy\right]dx + 2\int_0^{d_1}\left[\int_r^R f(x)dx\right]dy} \bullet \frac{C}{a}$$

式中：

ρ —资源密度（kg • km^{-2} 或 ind • km^{-2}）；

C—渔获量(kg 或 ind) ；

a—罩网面积(km^2) ；

R—光诱影响半径(m) ；

r—光诱有效半径(m) ；

d_1—船侧灯排长度(m) ；

D—表示光诱时间内漂移距离(m)。

$f(r)$、$f(x)$、$f(y)$表示鱼群游入光诱影响区的概率，是一个与距离相关的指数衰

减函数，在 r 处的值为 1，而在 R 处的值为 10^{-6}。依据灯光罩网参数得出鱼群趋光概率函数：

$$f(x) = e^{-0.0407(x-68.47)}$$

b. 鱼卵、仔稚鱼密度估算方法

鱼卵仔稚鱼密度的计算公式：

$$G=N/V$$

式中：G 为单位体积海水中鱼卵或仔稚鱼个体数（ind./m^3）；N 为全网鱼卵或仔稚鱼个体数（ind.）；V 为滤水量，单位为立方米（m^3）。

滤水量的计算公式：

$$V=L\times C\times S$$

式中：L 为流量计转数差值；C 为流量计校正值，取 0.2；S 为网口面积。

c. 相对重要性指数 IRI

游泳动物群落优势种的分析采用 *Pinkas* 的相对重要性指数（IRI），以 IRI 大于 1000 作为优势渔获物的判断指标。

$$IRI=（N+W）\times F$$

式中：

N—某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类出现的站位数占调查总站位数的百分比。

5.6.2渔业资源现状调查与评价

5.6.2.1 鱼类资源

a. 种类组成

本次调查捕获鱼类 59 种，隶属于 13 目，41 科。鱼类种类名录见附表 6。

b. 优势种

根据相对重要性指数（*IRI*）计算结果，本次调查中没有出现鱼类优势种，*IRI* 指数最大为 567.86（日本发光鲷），小于 1000。

c. 渔获组成

本次调查鱼类的渔获组成见表 5.6-2。本次调查鱼类平均重量渔获率变化范围为（0.00~92.50）kg/h，平均为10.10kg/h；数量渔获率变化范围为（0.00~8962.58）

尾/h，平均为938.87尾/h。

表 5.6-2 调查各站位鱼类的渔获组成

站号	尾数渔获率（个/h）			重量渔获率（kg/h）		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
BD01	****	****	****	****	****	****
BD02	****	****	****	****	****	****
BD03	****	****	****	****	****	****
BD04	****	****	****	****	****	****
BD05	****	****	****	****	****	****
BD06	****	****	****	****	****	****
BD07	****	****	****	****	****	****
BD08	****	****	****	****	****	****
BD09	****	****	****	****	****	****
BD10	****	****	****	****	****	****
BD11	****	****	****	****	****	****
BD12	****	****	****	****	****	****
合计	****	****	****	****	****	****
最小值	****	****	****	****	****	****
最大值	****	****	****	****	****	****
平均值	****	****	****	****	****	****

d. 资源数量和评估

本次调查鱼类资源密度见表 5.6-3。本次调查鱼类重量资源密度变化范围为（0.00~1,464.69）kg/km^2，平均资源量为 158.08kg/km^2，尾数资源密度范围为（0.00~141,918.08）个/km^2，平均 14,745.36 个/km^2。成鱼平均重量资源密度 48.05kg/km^2，平均尾数资源密度 5,559.35 个/km^2；幼鱼平均重量资源密度 110.03kg/km^2，平均尾数资源密度 9,186.02 个/km^2。

表 5.6-3 调查各站位鱼类的资源状况

站号	重量资源密度（kg/km^2）			尾数资源密度（个/km^2）		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
BD01	****	****	****	****	****	****
BD02	****	****	****	****	****	****
BD03	****	****	****	****	****	****
BD04	****	****	****	****	****	****
BD05	****	****	****	****	****	****
BD06	****	****	****	****	****	****
BD07	****	****	****	****	****	****
BD08	****	****	****	****	****	****
BD09	****	****	****	****	****	****

BD10	****	****	****	****	****	****
BD11	****	****	****	****	****	****
BD12	****	****	****	****	****	****
最小值	****	****	****	****	****	****
最大值	****	****	****	****	****	****
平均值	****	****	****	****	****	****

5.6.2.2 头足类资源

a. 种类组成

本次调查共捕获头足类 15 种，头足类名录见表 5.6-4。

表 5.6-4 调查各站位头足类的种类组成

序号	中文名	拉丁文名
1	弯斑蛸	*Octopus dollfusi*
2	中国枪乌贼	*Uroteuthis chinensis*
3	刺乌贼	*Sepia aculeata*
4	金乌贼	*Sepia esculenta*
5	虎斑乌贼	*Sepia pharaonis*
6	图氏后乌贼	*Metasepia tullbergi*
7	马多卡乌贼	*Sepia madokai*
8	拟目乌贼	*Sepia lycidas*
9	卵蛸	*Octopus ovulum*
10	太平洋褶柔鱼	*Todarodes pacificus*
11	莱氏拟乌贼	*Sepioteuthis lessoniana*
12	杜氏枪乌贼	*Uroteuthis duvauceli*
13	神户乌贼	*Loligo kobiensis*
14	鸢乌贼	*Symplectoteuthis oualaniensis*
15	菱鳍乌贼	*Thysanoteuthis rhombus*

b. 优势种

根据相对重要性指数（*IRI*）计算结果，头足类优势种为鸢乌贼，*IRI* 指数为 9783.02。

c. 渔获组成

本次调查头足类的渔获组成见表 5.6-5。本次调查头足类重量渔获率变化范围为（2.40~25.42）kg/h，平均为 9.92kg/h；头足类数量渔获率变化范围为（57.27~490.80）尾/h，平均为 194.14 尾/h。其中，幼体的平均重量和尾数渔获率分别为 3.47 kg/h 和 60.24 个/h；成体的平均重量和尾数渔获率分别为 6.45kg/h 和 133.90 个/h。

表 5.6-5 调查各站位头足类的渔获组成

站号	重量渔获率（kg/h）			尾数渔获率（个/h）		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
BD01	****	****	****	****	****	****
BD02	****	****	****	****	****	****
BD03	****	****	****	****	****	****
BD04	****	****	****	****	****	****
BD05	****	****	****	****	****	****
BD06	****	****	****	****	****	****
BD07	****	****	****	****	****	****
BD08	****	****	****	****	****	****
BD09	****	****	****	****	****	****
BD10	****	****	****	****	****	****
BD11	****	****	****	****	****	****
BD12	****	****	****	****	****	****
最小值	****	****	****	****	****	****
最大值	****	****	****	****	****	****
平均值	****	****	****	****	****	****

d. 资源数量和评估

本次调查头足类资源密度见表 5.6-6。本次调查头足类重量资源密度变化范围为（39.73~395.99）kg/km^2，平均重量资源密度为 109.65kg/km^2，其中，尾数资源密度范围为（584.67~7,646.77）个/km^2，平均 2,230.18 个/km^2。成体平均重量资源密度 85.35kg/km^2，平均尾数资源密度 1,258.39 个/km^2；幼体平均重量资源密度 24.30kg/km^2，平均尾数资源密度 971.78 个/km^2。

表 5.6-6 调查各站位头足类的资源状况

站号	重量资源密度（kg/km^2）			尾数资源密度（个/km^2）		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
BD01	****	****	****	****	****	****
BD02	****	****	****	****	****	****
BD03	****	****	****	****	****	****
BD04	****	****	****	****	****	****
BD05	****	****	****	****	****	****
BD06	****	****	****	****	****	****
BD07	****	****	****	****	****	****
BD08	****	****	****	****	****	****
BD09	****	****	****	****	****	****
BD10	****	****	****	****	****	****
BD11	****	****	****	****	****	****
BD12	****	****	****	****	****	****

站号	重量资源密度（kg/km²）			尾数资源密度（个/km²）		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
最小值	****	****	****	****	****	****
最大值	****	****	****	****	****	****
平均值	****	****	****	****	****	****

5.6.2.3 甲壳类资源

a. 种类组成

本次调查共捕获甲壳类 21 种，隶属于 2 目，10 科，其中虾类 9 种，蟹类 6 种，口足类 6 种。各站位甲壳类的种类组成见表 5.6-7。

表 5.6-7 调查各站位甲壳类的种类组成

序号	中文名	拉丁文名
1	斑节对虾	*Penaeus monodon*
2	宽突赤虾	*Metapenaeopsis palmensis*
3	假长缝拟对虾	*Parapenaeus fissuroides*
4	矛形梭子蟹	*Portunus hastatoides*
5	武士蟳	*Charybdis miles*
6	直额蟳	*Charybdis truncata*
7	紫隆背蟹	*Carcinoplax purpurea*
8	窄额滑虾蛄	*Lenisquilla lata*
9	断脊小口虾蛄	*Oratosquilla interrupta*
10	猛虾蛄	*Harpiosquilla harpax*
11	屈足近口虾蛄	*Anchisquilla fasciata*
12	眼斑猛虾蛄	*Harpiosquilla annandalei*
13	粗糙褶虾	*Scyllarus rugosus*
14	褐虾	*Crangon crangon*
15	方尾牛虾蛄	*Busquilla quadraticauda*
16	凹管鞭虾	*Solenocera koelbeli*
17	音响赤虾	*Metapenaeopsis stridulans*
18	长足鹰爪虾	*Trachypenaeus longipes*
19	中华管鞭虾	*Solenocera crassicornis*
20	泡突馒头蟹	*Calappa pustulosa*
21	圆十一刺栗壳蟹	*Arcania undecimspinosa*

b. 优势种

根据相对重要性指数（*IRI*）计算结果：本次调查甲壳类优势种为矛形梭子蟹，*IRI* 指数为 1290.53。

c. 渔获组成

本次调查甲壳类的渔获组成见表5.6-8。本次调查甲壳类重量渔获率平均为

1.63kg/h，其中：虾类重量渔获率变化范围为（0.00~3.54）kg/h，平均为0.55kg/h，蟹类重量渔获率变化范围为（0.00~6.18）kg/h，平均为0.98kg/h，虾蛄类重量渔获率变化范围为（0.00~0.99）kg/h，平均为0.10kg/h。甲壳类数量渔获率平均为304.31尾/h，其中：虾类尾数渔获率变化范围为（0.00~946.06）尾/h，平均为129.52尾/h，蟹类尾数渔获率变化范围为（0.00~1,297.14）尾/h，平均为161.61尾/h，虾蛄类尾数渔获率变化范围为（0.00~126.92）尾/h，平均为13.18尾/h。

表 5.6-8 调查各站位甲壳类的渔获组成

站位	尾数渔获率(尾/h)			重量渔获率(kg/h)		
	虾类	蟹类	虾蛄类	虾类	蟹类	虾蛄类
BD01	****	****	****	****	****	****
BD02	****	****	****	****	****	****
BD03	****	****	****	****	****	****
BD04	****	****	****	****	****	****
BD05	****	****	****	****	****	****
BD06	****	****	****	****	****	****
BD07	****	****	****	****	****	****
BD08	****	****	****	****	****	****
BD09	****	****	****	****	****	****
BD10	****	****	****	****	****	****
BD11	****	****	****	****	****	****
BD12	****	****	****	****	****	****
最小值	****	****	****	****	****	****
最大值	****	****	****	****	****	****
平均值	****	****	****	****	****	****

d. 资源数量和评估

本次调查甲壳类资源状况见表5.6-9。本次调查甲壳类重量资源密度范围为（14.81~89.80）kg/km^2，平均为45.38kg/km^2；尾数资源密度范围为（712.77~16,877.40）ind./km^2，平均为3504.47ind./km^2。其中：甲壳类幼体的平均重量和尾数资源密度分别为7.12kg/km^{2}和1142.47ind./km^2；甲壳类成体平均重量和尾数资源密度分别为38.25kg/km^{2}和2362.00ind./km^2。在甲壳类的各类群中，蟹类的平均重量资源密度为27.48kg/km^2，其中：蟹类幼体的平均尾数资源密度为155.26ind./km^2，成体的平均重量资源密度为27.00kg/km^2；虾类的平均重量资源密度为15.19kg/km^2，其中：虾类幼体的平均尾数资源密度为911.14ind./km^2，虾类成体的平均重量资源密度为8.95kg/km^2；虾蛄类平均重量资源密度为2.70kg/km^2，其中：虾蛄类幼体的平均尾数资源密度为76.07ind./km^2，虾蛄类成

体的平均重量资源密度为 2.30kg/km²。

表 5.6-9 调查各站位甲壳类的资源状况

站号	重量资源密度（kg/km²）			尾数资源密度（个/km²）		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
BD01	****	****	****	****	****	****
BD02	****	****	****	****	****	****
BD03	****	****	****	****	****	****
BD04	****	****	****	****	****	****
BD05	****	****	****	****	****	****
BD06	****	****	****	****	****	****
BD07	****	****	****	****	****	****
BD08	****	****	****	****	****	****
BD09	****	****	****	****	****	****
BD10	****	****	****	****	****	****
BD11	****	****	****	****	****	****
BD12	****	****	****	****	****	****
最小值	****	****	****	****	****	****
最大值	****	****	****	****	****	****
平均值	****	****	****	****	****	****

5.6.2.4 鱼卵、仔稚鱼

a. 种类组成和优势种

本次调查采集到的鱼卵、仔稚鱼种类见表 5.6-10。本次调查共采集到鱼卵和仔稚鱼共 33 种，隶属于 9 目 19 科。其中，鱼卵包括串光鱼属种类、乌鲂属种类、日本乌鲂、斯氏蝰鱼和大头狗母鱼等 13 种；仔稚鱼包括台湾鰧、银灰半棱鳀、李氏眶灯鱼、翼珍灯鱼和斑鰭银口天竺鲷等 20 种（1 种无法鉴定）。鱼卵优势种为串光鱼属种类，仔稚鱼无优势种。

表 5.6-10 垂直拖网采集到的鱼卵、仔稚鱼种类组成

序号	生态类型	种类	拉丁学名
1	鱼卵	狭颅带鱼	*Tentoriceps cristatus*
2		大头狗母鱼	*Trachinocephalus myops*
3		串光鱼属种类	Vinciguerria sp.
4		斯氏蝰鱼	*Chauliodus sloani*
5		长身圆鲹	*Decapterus macrosoma*
6		带鱼属种类	Trichiurus sp.
7		巨口鱼科种类	Stomiidae sp.

8		乌鲂属种类	Brama sp.
9		日本乌鲂	*Brama japonica*
10		少鳍方头鲳	*Cubiceps pauciradiatus*
11		狭串光鱼	*Vinciguerria attenuata*
12		三棘若蛇鲭	*Nealotus tripes*
13		奇棘鱼	*Idiacanthus fasciola*
1	仔稚鱼	大眼海鲢	*Elops machnata*
2		康吉鳗科种类	Congridae sp.
3		银灰半棱鳀	*Encrasicholina punctifer*
4		灯笼鱼科种类	Myctophidae sp.
5		后光眶灯鱼	*Diaphus signatus*
6		犀鳕属种类	Bregmaceros sp.
7		斑鳍银口天竺鲷	*Jaydia carinatus*
8		乌鲂属种类	Brama sp.
9		蔷薇项鳍鱼	*Iniistius verrens*
10		巨口鱼科种类	Stomiidae sp.
11		眶灯鱼属种类	Diaphus sp.
12		闪光灯笼鱼	*Myctophum nitidulum*
13		犀鳕科种类	Bregmacerotidae sp.
14		李氏眶灯鱼	*Diaphus richardsoni*
15		翼珍灯鱼	*Lampanyctus alatus*
16		壮灯鱼属种类	Hygophum sp.
17		台湾鰤	*Callionymus formosanus*
18		鲆科种类	Bothidae sp.
19		珍灯鱼属种类	Lampanyctus sp.
20		无法鉴定	-

b. 数量分布

本次调查垂直拖网采集到的鱼卵、仔稚鱼的密度见表 5.6-11。本次调查垂直拖网鱼卵密度范围为（0.00~180.86）粒/100m^3，平均密度为 23.10 粒/100m^3；仔稚鱼密度范围为（0.00~60.29）尾/100m^3，平均密度为 12.69 尾/100m^3。

表 5.6-11 垂直拖网采集到的鱼卵、仔稚鱼密度

站位	鱼卵(粒/100m^3)	仔稚鱼(尾/100m^3)
BD01	****	****
BD02	****	****
BD03	****	****
BD04	****	****
BD05	****	****
BD06	****	****
BD07	****	****
BD08	****	****
BD09	****	****
BD10	****	****

站位	鱼卵(粒/100m³)	仔稚鱼(尾/100m³)
BD11	****	****
BD12	****	****
最小值	****	****
最大值	****	****
平均值	****	****

5.6.2.5 总资源评估

秋季调查共捕获游泳动物 95 种，其中鱼类 59 种，头足类 15 种，甲壳类 21 种，鱼卵和仔稚鱼共 33 种。

本次调查渔业资源渔获重量变化范围为（2.85~108.21）kg/h，平均为 20.57 kg/h；渔获数量变化范围为（57.27~9677.70）个/h，平均为 1262.53 个/h。总资源密度由前述鱼类、头足类、甲壳类的资源密度相加而得。渔业资源重量资源密度在（47.28~1623.92）kg/km²，平均为 283.60kg/km²；尾数资源密度在（593.69~149034.24）个/km²，平均为 19945.43 个/km²，成体平均重量资源密度 146.24kg/km²，平均尾数资源密度 8393.24 个/km²；幼体平均重量资源密度 137.36kg/km²，平均尾数资源密度 11552.18 个/km²；具体见表 5.6-12。垂直拖网鱼卵密度范围为（0.00~180.86）粒/100m³，平均密度为 23.10 粒/100m³；仔稚鱼密度范围为（0.00~60.29）尾/100m³，平均密度为 12.69 尾/100m³。

表 5.6-12 各站位游泳动物资源状况

调查站号	重量渔获率（kg/h）	重量资源密度（kg/km²）		尾数渔获率（个/h）	尾数资源密度（kg/km²）	
		成体	幼体		成体	幼体
BD01	****	****	****	****	****	****
BD02	****	****	****	****	****	****
BD03	****	****	****	****	****	****
BD04	****	****	****	****	****	****
BD05	****	****	****	****	****	****
BD06	****	****	****	****	****	****
BD07	****	****	****	****	****	****
BD08	****	****	****	****	****	****
BD09	****	****	****	****	****	****
BD10	****	****	****	****	****	****
BD11	****	****	****	****	****	****
BD12	****	****	****	****	****	****
最小值	****	****	****	****	****	****

调查站号	重量渔获率（kg/h）	重量资源密度（kg/km²）		尾数渔获率（个/h）	尾数资源密度（kg/km²）	
		成体	幼体		成体	幼体
最大值	****	****	****	****	****	****
平均值	****	****	****	****	****	****

6 环境影响回顾性分析

宝岛21-1气田群所产井流汇集到新建BD21-1 CEPA平台，处理合格的天然气和凝析油通过宝岛-万宁新建海管外输到陆上终端，CO_2通过海管输送到注气井回注。新建电力辅助平台为BD21-1 CEPA平台供电，同时为CO_2注气井供电和进行控制。其中，本项目依托的宝岛-万宁新建海管和陆上终端为拟建工程，本章仅对依托的已建工程进行回顾。

表 5.6-13 本项目依托设施及依托功能

依托工程设施	依托功能	处理能力
LS17-2SEMI平台及相关管线	2040年及以后陵水侧物流输送至陵水17-2东3管汇，利用原海管接入LS17-2SEMI平台进行气液处理。	天然气设计处理能力***m^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。

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依托相关工程设施和所处海域的环境质量进行简要的回顾性分析评价。

6.1 现有工程回顾

宝岛21-1气田群为新开发气田，距离已建陵水17-2气田130km。陵水17-2气田包括一座具有储油功能的深水半潜式平台（LS17-2SEMI)，采用水下生产系统进行开发，设有4个水下终端管汇（东1管汇、东2管汇、东3管汇、西区管汇），17条海底管道，12条海底脐带缆。来自各水下井口的全部井流汇集后输送到LS17-2SEMI平台进行处理，处理后的合格干气经增压后通过海底管道接入崖城至香港的海底输气管道进行外输，分别输往香港、高栏终端和三亚南山终端；处理合格的凝析油进入LS17-2SEMI平台油舱储存，并定期通过油轮外输；分离出的含油生产水经LS17-2SEMI平台生产水处理系统处理达标后排海。陵水17-2气田于2021年6月25日投入试生产，设计年限为***年。

6.2 相关环评批复及落实情况

6.2.1环评批复及竣工验收情况

本项目改造及依托设施的环评批复情况见表 6.2-1。

表 6.2-1 本项目依托工程的环评批复及竣工验收情况

依托工程设施	依托/改造内容	环评报告名称	批复情况	环保设施竣工验收情况
LS17-2SEMI平台及相关管线	2040年及以后陵水侧物流依托LS17-2SEMI平台进行气液处理，依托已建海底管线进行物流输送。	《陵水17-2气田开发工程环境影响报告书》	于2019年2月18日获得生态环境部批复（环审[2019]27号）	于2023年5月5日通过生态环境部环保设施竣工验收（环验[2023]3号
		《陵水17-2气田10d/11d井区开发工程环境影响报告书》	于2023年8月21日获得生态环境部批复（环审[2023]91号）	/

6.2.2环保措施落实情况

本项目改造及依托工程环评报告书批复意见落实情况见表 6.2-2。

表 6.2-2 依托工程环评批复落实情况

批复	环评报告书批复意见	落实情况
《关于陵水17-2气田开发工程环境影响报告书的批复》（环审[2019]27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%的水基钻井液和钻屑运回陆地交由有资质的单位处理。机舱含油污水、含油生产水、生活污水经处理达标后方可排海；除符合标准要求的食品废弃物外，其他生活垃圾、工业垃圾应分类收集运回陆地处理。不满足排放要求的污染物采用船舶运回陆地时，应遵守我国危险货物运输的相关法规并做好防污染措施。	工程施工期及运营期的污染物的处理和排放符合国家有关规定及标准。
	严格执行作业规程和安全规程，加强随钻监测，配备安全有效的防喷设备和良好的压井材料及井控设备，建立健全井控管理系统。	在钻井过程中严格执行作业规程和安全规程，制定周密的钻完井计划，配备了相应的井控设施、烃类气体探测器、温度或压力报警装置和应急关断系统。
	加强铺管作业管理，严格按照设计要求施工，采取有效措施避免海底管道悬空。加强海底管道巡检，定期进行全面检测和清管作业，防止海底管道因腐蚀或外力破坏等原因造成的油气泄漏。	施工期合理安排施工顺序和进度，加强铺管作业管理，建设单位制定了海底管道保护和检测程序，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。
	强化乙二醇注入系统的安全设计，加强操作运行管理。严格落实乙二醇输送管道等水下系统的压力、温度监控措施以及相应的应急关断措	建设单位强化乙二醇注入系统的安全设计，加强操作运行管理。严格落实乙二醇输送管道

批复	环评报告书批复意见	落实情况
	施，及早发现隐患，及时有效处理，防止事故发生。	等水下系统的压力、温度监控措施以及相应的应急关断措施。
	切实落实环境风险防范措施和区域环境风险防控联动机制。编制本气田溢油应急计划，加强与周边油气田应急计划的衔接。发生溢油事故时，应立即启动溢油应急计划，采取有效措施减轻事故对海洋生态环境的影响，并按照规定立即报告我部，及时通报渔业、海事、军队等有关部门。	建设单位严格落实环境风险防范措施，编制了该气田的溢油应急计划并报相关主管部门备案。
	切实落实生态环境保护措施，严格控制钻井液和钻屑的排放速率，尽可能减小悬浮物的影响范围。施工期严格控制施工范围、缩短施工时间，最大限度地减少对海洋生态环境的影响。	施工期严格落实了该项意见，严格控制施工范围、缩短施工时间，最大限度地减少对海洋生态环境的影响。
《关于陵水 17-2 气田 10d/11d 井区开发工程环境影响报告书的批复》（环审[2023]91 号）	污染物的处理和排放应符合国家有关规定和标准。含油量超过 8%的水基钻井液和钻屑应运回陆地送有资质单位处理。运营期含油生产水经 LS17-2SEMI 平台处理达标后方可排海，生产垃圾应运回陆地处理。船舶产生的各类垃圾、含油污水、生活污水应严格执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)。	工程施工期及运营期的污染物的处理和排放符合国家有关规定及标准。
	严格执行作业规程和安全规程，加强随钻监测，配备安全有效的防喷设备、压井材料及井控设备，建立健全井控管理系统。	在钻井过程中严格执行作业规程和安全规程，制定周密的钻完井计划，配备了相应的井控设施、烃类气体探测器、温度或压力报警装置和应急关断系统。
	加强铺管作业管理，严格按照设计要求施工，采取有效措施避免海底管道悬空。加强海底管道巡检，定期进行全面检测和清管作业，防止管道因腐蚀或外力破坏等原因造成的油气泄漏。	施工期合理安排施工顺序和进度，加强铺管作业管理，建设单位制定了海底管道保护和检测程序，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。
	切实落实环境风险防范措施。对气田溢油应急计划进行修改完善，将本项目纳入其中，并报珠江流域南海海域生态环境监督管理局（以下简称珠江南海局）备案。发生溢油事故时，应立即启动溢油应急计划，采取有效措施减轻事故对海洋生态环境特别是敏感目标的影响，立即报告珠江南海局，并按照规定及时通报海南省渔业、海事部门和中国海警局直属第四局。	建设单位严格落实环境风险防范措施，对气田溢油应急计划进行修改完善，将本项目纳入其中，并报相关主管部门备案。
	切实落实生态环境保护措施，合理安排施工作业时间，严格控制钻井液和钻屑的排放速率，最大限度减轻对海洋生态环境和渔业资源的影响。	施工期严格落实了该项意见，严格控制施工范围、缩短施工时间，最大限度地减少对海洋生态环境的影响。

6.3 环境保护设施运行情况

6.3.1 主要环保设施及运行情况

本项目涉及已建 LS17-2SEMI 平台的主要环保设施见表 6.3-1。

表 6.3-1 依托工程主要环保设施及运行状况

设施名称	环保设施	数量	运行状况
LS17-2SEMI 平台	生产水处理系统：处理能力***m^3/d	1 套	正常
	开式排放系统（开式排放罐和开式排放泵）	1 套	正常
	闭式排放系统（闭式排放罐和闭式排放泵）	1 套	正常
	火炬/放空系统（分液罐和放空火炬）	1 套	正常
	生活污水处理装置	1 套	正常
	食品废弃物粉碎设备	1 台	正常

6.3.2主要污染物排放情况回顾

6.3.2.1 生产水排放情况

本项目依托 LS17-2SEMI 平台 2024~2025 年生产水排放情况见表 6.3-2。由表可见，LS17-2SEMI 平台近一年生产水排放总量未超过原环评批复总量***m^3/a，生产水处理后排放浓度符合《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（含油浓度月平均值≤45 mg/L），生产水处理设施运行状况良好。

6.3.2.2 生活污水排放情况

本项目依托 LS17-2SEMI 平台 2024~2025 年生活污水排放情况见表 6.3-3。由表可见，LS17-2SEMI 平台近两年生活污水排放总量未超过原环评批复总量***m^3/a，生活污水 COD 排放浓度均满足《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≤500mg/L），生活污水处理系统运行状况良好。

表 6.3-2 生产水排放情况统计

月份	2024 年		2025 年	
	排放水量（m^3）	含油浓度 mg/L）	排放水量（m^3）	含油浓度 mg/L）
1	***	***	***	***
2	***	***	***	***
3	***	***	***	***
4	***	***	***	***
5	***	***	***	***
6	***	***	***	***
7	***	***	***	***
8	***	***	***	***
9	***	***	***	***
10	***	***	***	***

月份	2024 年		2025 年	
	排放水量（m^3）	含油浓度 mg/L）	排放水量（m^3）	含油浓度 mg/L）
11	***	***	***	***
12	***	***	***	***
总量	***	***	***	***

表 6.3-3 生活污水排放情况统计

月份	2024 年		2025 年	
	排放量（m^3）	COD（mg/L）	排放量（m^3）	COD（mg/L）
1	***	***	***	***
2	***	***	***	***
3	***	***	***	***
4	***	***	***	***
5	***	***	***	***
6	***	***	***	***
7	***	***	***	***
8	***	***	***	***
9	***	***	***	***
10	***	***	***	***
11	***	***	***	***
12	***	***	***	***
总量	***	***	***	***

6.3.3 其他污染物处理/排放情况

6.3.3.1 其他含油污水

LS17-2SEMI 平台上设有开式和闭式排放兼低压火炬系统，开式排放系统用于收集 LS17-2SEMI 平台的甲板初期雨水和冲洗水、容器及设备的溢出液。上部组块设开排管汇，开排流体进入下部污油舱进行储存和打回流程后续处理。闭式排放兼低压火炬系统用于收集 LS17-2SEMI 平台上部组块工艺系统中带压容器排放出的带压流体，以及来自高压火炬分液罐、船体污油水舱的液烃等。

6.3.3.2 固体废物

LS17-2SEMI 平台上设有垃圾回收设备，对生活垃圾和生产垃圾分类进行回收，运回陆地交由有资质单位，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》中相关规定要求进行回收利用或处置。

6.3.3.3 船舶污染物

陵水 17-2 气田生产过程中产生的船舶污染物主要包括值班船/供应船等船舶产生的生活污水、生活垃圾、船舶含油污水等。所有作业船舶均设有船用油水分

离器，船舶含油污水经处理含油浓度≤15mg/L后，达标排海。生活污水通过设置在船舶上的生活污水处理装置处理达标后排放入海。生活垃圾按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中相关要求进行处置。

6.4 溢油事故回顾

宝岛21-1气田群为新开发气田，依托的陵水17-2气田投产至今未发生过溢油事故。

6.5 海洋环境质量回顾

宝岛21-1气田群为新开发气田，依托陵水17-2气田进行开发，为了对宝岛21-1气田群周边海域环境质量进行较为系统的分析，本节收集了周边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。

历史环境资料采用***2020年9月、2022年11月和2024年10月宝岛21-1气田群及陵水17-2气田附近海域调查有关资料，历史调查站位和调查范围见图6.5-1。历年调查均位于宝岛21-1气田群及陵水17-2气田附近海域，具有可对比性。

历年调查均由***按照《海洋监测规范》和《海洋调查规范》的要求进行，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陵水17-2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 历次调查的站位分布

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pH、溶解氧、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物、挥发性酚共15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）中的一类海水水质标准，如出现不满足一类标准的情况，进一步采用第二类至第四类标准进行评价。各次调查数据对比统计结果见表 6.5-1。

调查海区的pH在正常值范围内波动。调查海区溶解氧含量较高，除2020年9月有两个站位溶解氧含量略微低于一类标准值6 mg/L以外，2022年11月和2024年秋季全部站位的溶解氧含量均符合一类海水水质标准。

在营养盐方面，历次调查全部站位的无机氮和活性磷酸盐含量均符合第一类海水水质标准，2024年秋季无机氮含量高于历史值，活性磷酸盐低于历史值。

2020 年秋季和 2022 年秋季铅含量符合第一类海水水质标准的站位占比分别为 83.7%和 83.3%，2024 年全部站位的铅含量均符合第一类海水水质标准。其余重金属含量均处于低浓度水平，全部符合第一类海水水质标准。COD、石油类含量均较低，符合第一类海水水质标准。

表 6.5-1 历次调查水质要素统计结果

调查项目 \ 调查时间		2020 年 9 月	2022 年 11 月	2024 年 10 月
pH	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
DO（mg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
COD（mg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
石油类（mg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
无机氮（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
活性磷酸盐（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
汞（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
砷（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
锌（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
镉（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
铅（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
铜（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***

调查时间 调查项目		2020年9月	2022年11月	2024年10月
	一类占比（%）	***	***	***
总铬（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
硫化物（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
挥发性酚（μg/L）	范围	***	***	***
	平均值	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***

注：“Δ”表示未检出

6.5.2表层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如表6.5-2所示。

回顾分析结果显示，调查海区表层沉积物各评价因子的含量维持在低水平，在三次调查中均全部符合第一类海洋沉积物质量标准。综合历次调查的结果，海区沉积物质量良好，未发现异常情况。

表6.5-2 历次调查沉积物要素统计结果对比表

调查时间 评价因子		2020年9月	2022年11月	2024年10月
有机碳	范围（$\times10^{-2}$）	***	***	***
	平均值（$\times10^{-2}$）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
硫化物	范围（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	平均值（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
汞	范围（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	平均值（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
砷	范围（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	平均值（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
铜	范围（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	平均值（$\times10^{-6}$）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
铅	范围（$\times10^{-6}$）	***	***	***

调查时间 评价因子		2020 年 9 月	2022 年 11 月	2024 年 10 月
	平均值（×10^{-6}）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
镉	范围（×10^{-6}）	***	***	***
	平均值（×10^{-6}）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
锌	范围（×10^{-6}）	***	***	***
	平均值（×10^{-6}）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
总铬	范围（×10^{-6}）	***	***	***
	平均值（×10^{-6}）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***
油类	范围（×10^{-6}）	***	***	***
	平均值（×10^{-6}）	***	***	***
	一类占比（%）	***	***	***

注：“Δ”表示未检出。

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列于表 6.5-3。由于调查海区平均水深约 1000m，离岸较远，海域历次调查叶绿素 a 含量和初级生产力水平均较低。总体来看，该调查海区叶绿素 a 含量处于低水平，为典型贫营养海区，初级生产力总体水平属于低水平。

表 6.5-3 历次调查叶绿素 a 和海洋初级生产力比较

调查时间	表层叶绿素 a（mg/m^3）		50 m 层叶绿素 a（mg/m^3）		初级生产力（$mg·C/(m^2·d)$）	
	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
2020 年 9 月	***	***	***	***	***	***
2022 年 11 月	***	***	***	***	***	***
2024 年 10 月	***	***	***	***	***	***

6.5.3.2 浮游植物

浮游植物调查结果比较见表 6.5-4。从浮游植物种类数来看，历次调查海区出现的浮游植物种类均大于 100，调查海区浮游植物种类较多，且浮游植物种类组成以硅藻为主。海区浮游植物优势种历次调查有一定变化较大，2020 年与 2024

年两次调查的优势种有一定相似性。从浮游植物个体数量来看，浮游植物个体数量呈现一定的波动。海区浮游植物群落多样性、均匀度和丰富度指数均处于较高水平，显示调查海区浮游植物群落结构稳定。

表 6.5-4 历次调查浮游植物群落主要指标比较

监测时间	种类数	个体密度（$\times 10^4$ 个/m^3）		多样性指数		均匀度		丰富度		优势种
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	
2020 年 9 月	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
2022 年 11 月	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
2024 年 10 月	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

6.5.3.3 浮游动物

浮游动物调查结果比较见表 6.5-5。历次调查结果相比表明，调查海区浮游动物种类数、个体密度、多样性指数、均匀度、丰富度指数等各个指标相差不大。生物量、多样性指数本次调查低于前两次，均在合理波动范围内。海区的优势种组成方面，依然以暖水种为主要优势种。调查海区浮游植物群落的多样性指数和均匀度指数均保持在较高水平，表明调查海区的浮游动物群落种类多样性水平较高，群落结构较为稳定。

综合历次调查结果，调查海区浮游动物群落种类组成丰富，拥有较高的生物多样性水平，群落间种类分布较为均匀，群落结构较稳定，显示海区生态环境较好。

表 6.5-5 历次调查浮游动物群落主要指标比较

调查时间	种类数	个体密度（ind/m^3）	生物量（mg/m^3）	H′	J′	优势种
2020 年 9 月	***	***	***	***	***	***
2022 年 11 月	***	***	***	***	***	***

2024 年 10 月	***	***	***	***	***	***

6.5.3.4 底栖生物

底栖生物调查结果比较见表 6.5-6。分析结果表明，本次调查与 2020 年、2022 年秋季的调查结果相比，在种类数、栖息密度、生物量等方面较高，多样性指数较低，总体上三次调查结果相近。优势种类方面主要以节肢动物为主，优势种变化不大。

表 6.5-6 历次调查底栖生物群落主要指标比较

调查时间	种类数	主要类群及百分比	优势种	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
2020 年 9 月	***	***	***	***	***	***	***	***
2022 年 11 月	***	***	***	***	***	***	***	***
2024 年 10 月	***	***	***	***	***	***	***	***

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列于表 6.5-7。通过历史资料对比分析，除砷以外，三次调查中各类生物的各评价因子含量均符合其对应种类的评价标准。2020 年秋季，在 23 个鱼类样品中出现一个样品的砷含量超出评价标准，标准指数为 1.17，甲壳类和软体类的砷含量符合评价标准。2022 年秋季，5 个甲壳类样品和 3 个软体类样品的砷含量全部超出其评价标准，标准指数范围分别为 3.19~7.15 和 2.51~7.65，9 个鱼类样品中有 5 个的砷含量超出其评价标准，标准指范围为 0.35~3.82。2024 年，全部的 23 个甲壳类和 34 个鱼类样品的砷含量超出其评价标准，标准指数范围分别为 11.20~34.20 和 1.50~35.90。

表 6.5-7 历次调查生物质量平均标准指数

生物类别	调查时间	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	总铬	石油烃
甲壳类	2020 年 9 月	***	***	***	***	***	***	***	***
	2022 年 11 月	***	***	***	***	***	***	***	***
	2024 年 10 月	***	***	***	***	***	***	***	***
软体类	2020 年 9 月	***	***	***	***	***	***	***	***

生物类别	调查时间	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	总铬	石油烃
	2022 年 11 月	***	***	***	***	***	***	***	***
	2024 年 10 月	***	***	***	***	***	***	***	***
鱼类	2020 年 9 月	***	***	***	***	***	***	***	***
	2022 年 11 月	***	***	***	***	***	***	***	***
	2024 年 10 月	***	***	***	***	***	***	***	***

6.6 环境影响回顾性分析结论

本项目所依托的 LS17-2SEMI 平台的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，且排放总量均未超过原环评批复总量。

本项目所依托的陵水 17-2 气田试生产以来，对外排污水采取了有效的处理措施，排放浓度远低于排放标准，对周围的海水水质未造成明显影响。回顾分析显示，调查海区的 pH、DO 等评价因子均在正常范围内波动；COD 和特征污染物石油类的含量也维持在低浓度区间内，符合第一类海水水质标准；2020 年秋季和 2022 年秋季铅含量符合第一类海水水质标准的站位占比分别为 83.7%和 83.3%，2024 年全部站位的铅含量均符合第一类海水水质标准；其余的评价因子包括汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚全部在低浓度区间小幅波动变化。历次海洋沉积物调查显示本项目周边海域海洋沉积物质量良好。历次调查显示浮游植物、浮游动物和底栖生物多样性指数、均匀度和丰富度均处于较高水平，群落结构总体稳定；从历次生物质量调查结果来看，除砷以外，三次调查中各类生物的各评价因子含量均符合其对应种类的评价标准。

7 海洋生态环境影响预测与评价

根据工程分析，本项目建设期主要污染物为钻屑、钻井液；生产期主要污染物为达标排放的生产水、生活污水及温排水等。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。此外，还对电力辅助平台施工及运营期产生的噪声、电磁、鸟类生态影响进行分析。

7.1 海洋生态环境影响预测

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：

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

y 向动量方程：

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

z 向动量方程：

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

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：

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

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：

$$\xi=\sum f_C H_C \cos[\omega_c+(V_0+u)_C-g_C]$$

式中：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 10 个调和常数经调和分析给出，调和常数分辨率为 0.125×0.125°。

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：

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

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

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

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

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，水平方向最小网格边长控制在 50m，以求得准确的污染物浓度分布。本项目位于南海陆坡区，水深变化较大，综合考虑计算效率及模拟精度，本次预测在垂向分层上采用σ＋z 坐标进行划分，即从海表至水面下 60m 采用σ坐标均分为 6 层，水下 60m 至海底采用指定每层深度的 z 坐标分层，以使排放深度得到合适的分层厚度，垂向分层设置见表 7.1-1，σ＋z 坐标垂向分层设置原理见图 7.1-1，计算海域水平向网格设置见图 7.1-2。

表 7.1-1 模型垂向分层设置

分层编号	1~6	7~8	8~9	9~10	11	12~15	15~19
水深范围（m）	***	***	***	***	***	***	***
分层厚度（m）	***	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 7.1-1 σ＋z 坐标垂向分层设置原理示意

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 7.1-2 水深地形及网格设置

7.1.1.1 模型验证

验证点潮位、潮流资料均来源于中海油田服务股份有限公司湛江分公司的海洋环境调查结果，验证点位置见表 7.1-2 和图 7.1-3。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 7.1-4。

表 7.1-2 验证点坐标位置

验证点	验证点坐标	资料时间	验证因子
YC1	***	2017.04.28~04.29	潮位
YC2	***	2022.11.26~11.27	潮流、潮位
YC3	***	2021.07.27~07.28	潮流
YC4	***	2022.07.14~07.15	潮流
YC5	***	2023.07.20~07.21	潮流

保密内容，已删除。

图 7.1-3 验证点地理位置

保密内容，已删除。

图 7.1-4 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

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

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、Dv 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 m^3/s/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 kg/m^3/s。

b 泥沙沉降速度

泥沙沉速采用斯托克斯公式计算：

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

式中，d 为中值粒径，单位 m；s 为泥沙密度，单位 kg/m^3；v 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：

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

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 $kg/m^2/s$；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：

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

式中，α为经验系数，单位 $m/N^{0.5}$。

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：

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

开边界：

$$S|_{\Gamma}=0 \text{入流段}$$

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

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

本项目产生的钻屑总量（含预留井）约为 28202m³（堆体积），其中非气层水基钻井液钻屑量 16909m³，非气层合成基钻井液钻屑 6249m³，气层水基钻井液钻屑 432m³，气层合成基钻井液钻屑 4612m³，钻屑最大排放速率约为 432m³/d。以 BD21-1-A12M 井为例进行预测，钻屑于海表排放；BD13-3 A1M 井(CO_2 回注井)位于产卵场内，钻屑于水下 25m 处排放，详见表 7.1-3。

表 7.1-3 本项目钻屑排放总量及排放速率

类别	井数(口)	总钻屑量(m³)	非气层水基钻井液钻屑量(m³)	非气层合成基钻井液钻屑量(m³)	气层合成基钻井液钻屑(m³)	钻屑最大排放速率(m³/d)	排放位置
初期钻井	22	16607	10023	4321	2262	432	BD21-1-A12M 海表 BD13-3 A1M 水下 25m
预留井	7	8645	5278	1022	2345		
合计	29	28202	16909	6249	4612		

钻屑粒径分布如下，计算时中值粒径取为 74μm、120μm、150μm、>150μm（按 230μm 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 7.1-4 钻屑粒径分布

＜74μm	74~120μm	120~150μm	>150μm
25	35	25	15

b 预测方法及预测结果

由于钻屑为海表连续排放，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。钻屑排放预测结果见表 7.1-5~表 7.1-6 和图 7.1-5~图 7.1-6。

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，其余层无超标现象发生。BD21-1-A12M 井钻屑扩散在排放层（第 1 层）超一（二）类水质海域的最大包络面积为 0.392km^2，超三四类面积相对较小，超一（二）类水质离排放点的最大距离为 0.43km；第 2 层超一（二）类包络面积约为 0.176km^2，无超三四类面积；钻屑停止排放后 3h 海水悬浮物浓度即可恢复排放前的水平。

BD13-3 A1M 井钻屑扩散在排放层（第 3 层）超一（二）类水质海域的最大包络面积为 0.382km^2，超三四类面积相对较小，超一（二）类水质离排放点的最大距离为 0.43km；第 4 层超一（二）类包络面积约为 0.171km^2，无超三四类面积；钻屑停止排放后 3h 海水悬浮物浓度即可恢复排放前的水平。

由于本项目井口所在海域水深较大，钻屑在垂向上沉降距离较大，在沉降过程中受水平向水流运动影响，扩散较为充分，模型计算结果显示，底床上钻屑堆积超过 2cm 厚度范围远小于 1 个计算网格面积（0.0013km^2）。

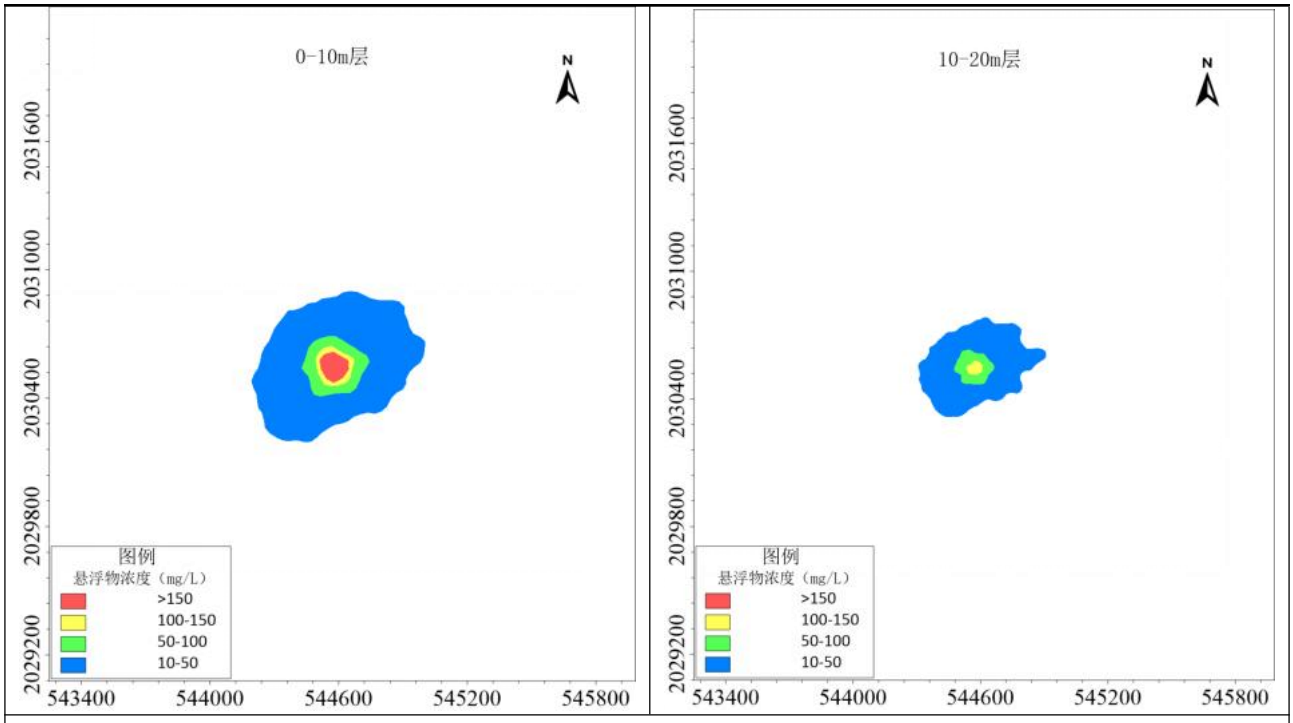

图 7.1-5 BD21-1-A12M 井钻屑排放浓度包络线

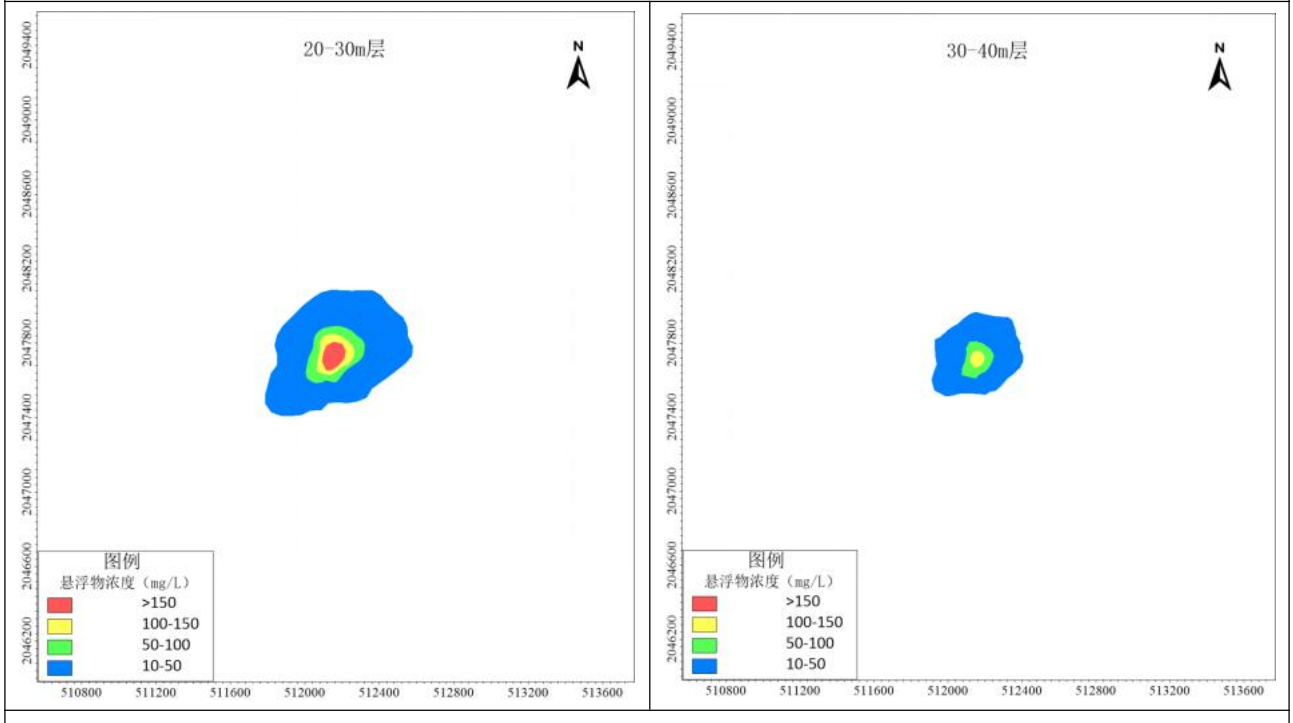

图 7.1-6 BD13-3 A1M 井钻屑排放浓度包络线

表 7.1-5 钻屑排放预测结果

井别	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)
BD21-1-A12M	0~10m 层	0.392	0.025	0.014	0.43	3	<0.0013

	10~20m 层	0.176	0.004	0			
BD13-3 A1M	20~30m 层	0.382	0.022	0.014	0.43	3	<0.0013
	30~40m 层	0.171	0.005	0			
其余井口（类比）	0~10m 层	0.392	0.025	0.014	0.43	3	<0.0013
	10~20m 层	0.176	0.004	0			
合计 29 口井	0~10m/20~30m 层	11.358	0.722	0.406	-	-	<0.0013
	10~20m/30~40m 层	5.099	0.117	0			

表 7.1-6 钻屑排放浓度区间面积（km^2）

井别	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
BD21-1-A12M 井	0~10m 层	0.202	0.127	0.038	0.025
	10~20m 层	0.099	0.055	0.018	0.004
BD13-3 A1M	20~30m 层	0.199	0.124	0.037	0.022
	30~40m 层	0.094	0.057	0.015	0.005
其余井口（类比）	0~10m 层	0.202	0.127	0.038	0.025
	10~20m 层	0.099	0.055	0.018	0.004
合计	0~10m/20~30m 层	5.855	3.68	1.101	0.722
	10~20m/30~40m 层	2.866	1.597	0.519	0.117
	两层平均	4.361	2.639	0.81	0.42

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。经估算，本项目包含预留井钻井液总量约 56832m^3，其中非气层水基钻井液约为 23451m^3，非气层合成基钻井液约为 15555m^3，气层水基钻井液约为 4372m^3，气层合成基钻井液约为 13454m^3。

根据井筒体积、泥浆池体积以及钻井次数等因素核算，本项目钻井液一次性最大排放量出现在 BD21-1-A12M 井，约为 1364m^3，排放速率约为 35m^3/h，于海表排放；BD13-3 A1M 井位于产卵场内，排放速率约为 35m^3/h，于水下 25m 处排放，详见表 7.1-7。

表 7.1-7 本项目钻井液排放情况

井别	最大排放速率（m^3/h）	排放位置
BD21-1-A12M 井	35	海表

BD13-3 A1M 井	35	水下 25m

f. 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。本次预测选取 BD21-1-A12M 井进行钻井液排放预测，其余井口结果与之类比。由于 BD13-3 A1M 井水下排放，对其进行单独预测。钻井液排放浓度包络线图见图 7.1-7~图 7.1-8，各级各类悬浮物面积见表 7.1-8~表 7.1-9。

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，其余层无超标现象发生。根据统计，BD21-1-A12M 井排放层（第 1 层）超一（二）类水质海域的最大包络面积为 0.532km^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 0.66km；第 2 层超一（二）类包络面积约为 0.338km^2，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。

BD13-3 A1M 井排放层（第 3 层）超一（二）类水质海域的最大包络面积为 0.517km^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 0.66km；第 4 层超一（二）类包络面积约为 0.315km^2，无超三四类面积；钻井液停止排放后 8h 悬浮物浓度即可恢复排放前的水平。

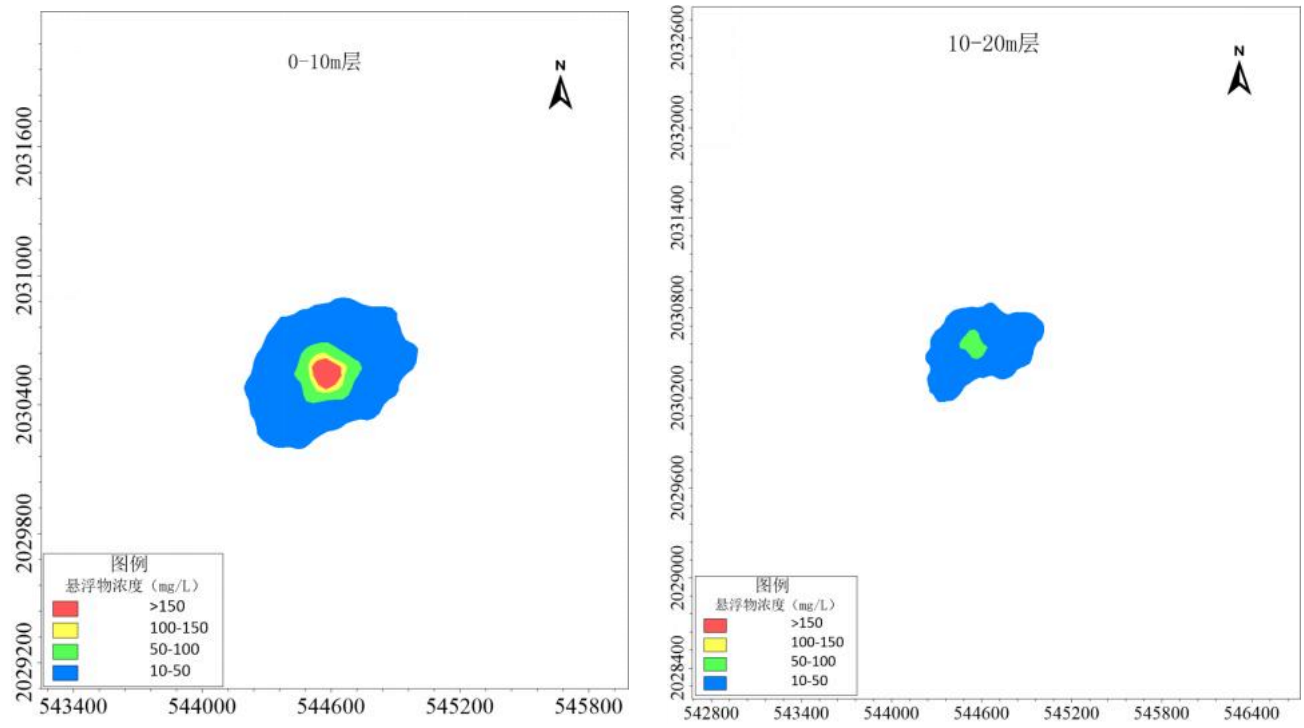

图 7.1-7 BD21-1-A12M 井钻井液排放浓度包络线

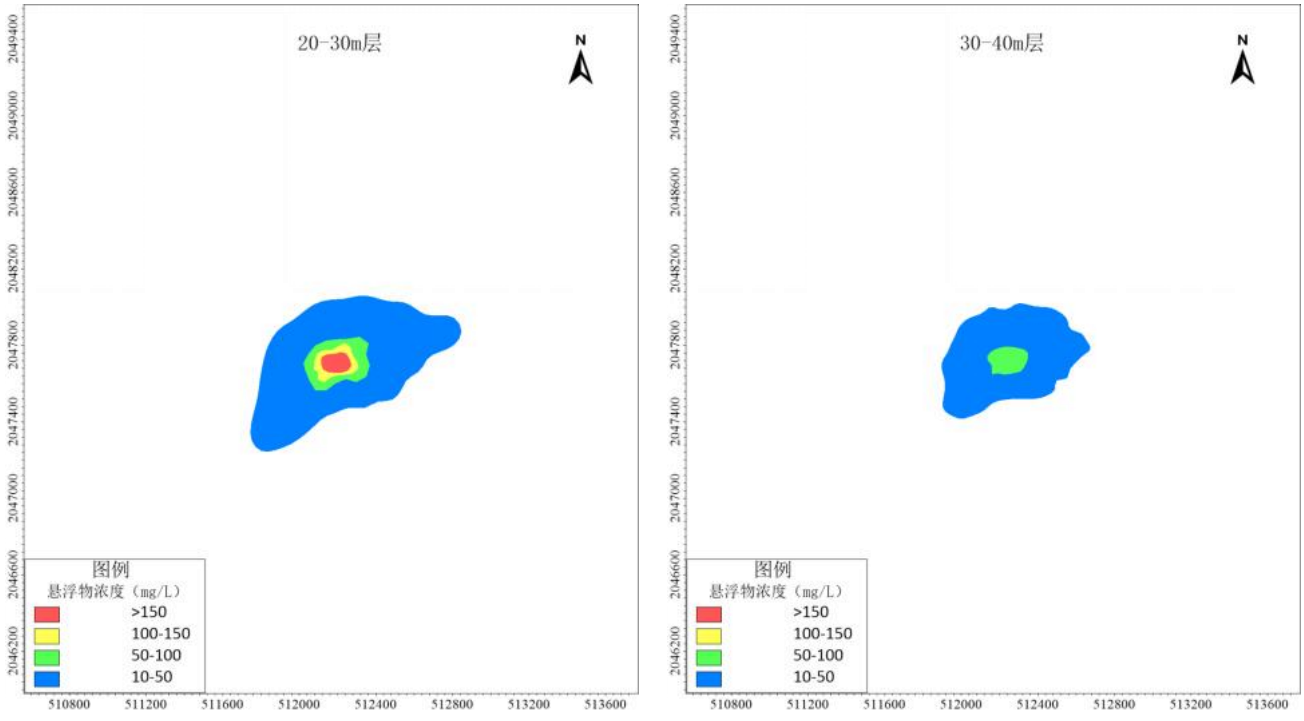

图 7.1-8 BD13-3 A1M 井钻井液排放浓度包络线

表 7.1-8 钻井液排放预测结果

井别	层位	超一（二）类包络面积	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	恢复时间 (h)

		(km²)			(km)	
BD21-1-A12M 井	0~10m 层	0.532	0.042	0.024	0.66	8
	10~20m 层	0.338	0	0		
BD13-3 A1M	20~30m 层	0.517	0.037	0.018	0.66	8
	30~40m 层	0.315	0	0		
其余井口（类比）	0~10m 层	0.532	0.042	0.024	0.66	8
	10~20m 层	0.338	0	0		
合计 29 口井	0~10m/20~30m 层	15.428	1.218	0.696	-	-
	10~20m/30~40m 层	9.802	0	0		

表 7.1-9 钻井液排放浓度区间面积（km²）

井别	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
BD21-1-A12M 井	0~10m 层	0.238	0.195	0.057	0.042
	10~20m 层	0.213	0.103	0.022	0
BD13-3 A1M	20~30m 层	0.256	0.18	0.044	0.037
	30~40m 层	0.204	0.091	0.02	0
其余井口（类比）	0~10m 层	0.238	0.195	0.057	0.042
	10~20m 层	0.213	0.103	0.022	0
合计	0~10m/20~30m 层	6.92	5.64	1.64	1.213
	10~20m/30~40m 层	6.168	2.975	0.636	0
	两层平均	6.544	4.308	1.138	0.607

7.1.2.4 海床处理悬浮物预测

a 排放方式及源强

本项目新建海底管缆均直接铺设于海床之上不挖沟埋设，但因海底管缆路由部分区段海底地形变化明显，为保证铺设的海底管缆稳定性，需对该部分路由区段的海床进行处理。海床处理采用非接触式吹扫方法，将需处理的区段吹扫出沟槽。根据勘测结果，需要对 BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台间的 KP5.5~KP12 段、BD21-1C3 至 BD21-1C2 间的 KP0~KP1.6 段、BD21-1C4 至 BD21-1C3 间的 KP1~KP9.4 段进行吹扫处理。吹扫出的沟槽横截面近似梯形，上底宽 10m，下底宽 5m，深度 5m，平均吹扫速度为 50m/h。

根据沟型尺寸及吹扫速度，起沙率按 10.0%进行核算，沉积物密度按 1700kg/m³ 进行计算，海床处理悬浮物产生速率最大为 88.54kg/s，详见表 7.1-10。

表 7.1-10 海床处理悬浮物源强核算结果

路由名称	长度（km）	沟槽尺寸上底/下底/埋深（m）	悬浮物排放速率（kg/s）
BD21-1C2 至 BD21-1CEPA	6.5	10/5/5	88.54

路由名称	长度（km）	沟槽尺寸上底/下底/埋深（m）	悬浮物排放速率（kg/s）
（KP5.5~KP12 段）			
BD21-1C3 至 BD21-1C2（KP0~KP1.6 段）	1.6	10/5/5	88.54
BD21-1C4 至 BD21-1C3（KP1~KP9.4 段）	8.4	10/5/5	88.54

b 预测方法及预测结果

本次海床处理悬浮物影响预测采取控制点的方法，即选取海底管缆吹扫起止端点作为控制点，将每个控制点作为悬浮物排放位置，分别计算各点在不同潮时（高潮、低潮、涨潮中间时、落潮中间时）下的浓度增加值。叠加各控制点在各潮时状况下的浓度分布，连接各点浓度超标范围最外沿，形成海底管缆施工悬浮物扩散最大外包络线。BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台间海底管缆共计 4 条，因其路由一致间距较小，且吹扫沟型尺寸、吹扫速度一致，海床处理区间基本一致。因此选取其中一条（BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台 16 寸海底管道）进行预测，其余同路由管缆结果与之类比。因本次需进行底床处理的几处管缆路由平直，预测控制点取对应路由吹扫处理起止点，此处不再给出控制点示意。

本次预测的海底管缆路由海床处理悬浮物包络线图见图 7.1-9~图 7.1-11，悬浮物影响面积及距离等见表 7.1-11~表 7.1-12，由预测结果可以看出，由于悬浮物向上扩散动力机制较弱，悬浮物浓度超标范围仅在存在于海床上 0~20m 范围内，超标面积底层最大，次底层相对较小。海床上 0~10m 层超一（二）类面积合计为 53.515km^2，最大扩散距离约为 0.78km，悬浮物覆盖厚度超过 2cm 的总面积约为 0.614km^2，施工作业停止后最大 8h 海域即可恢复施工前的水质。

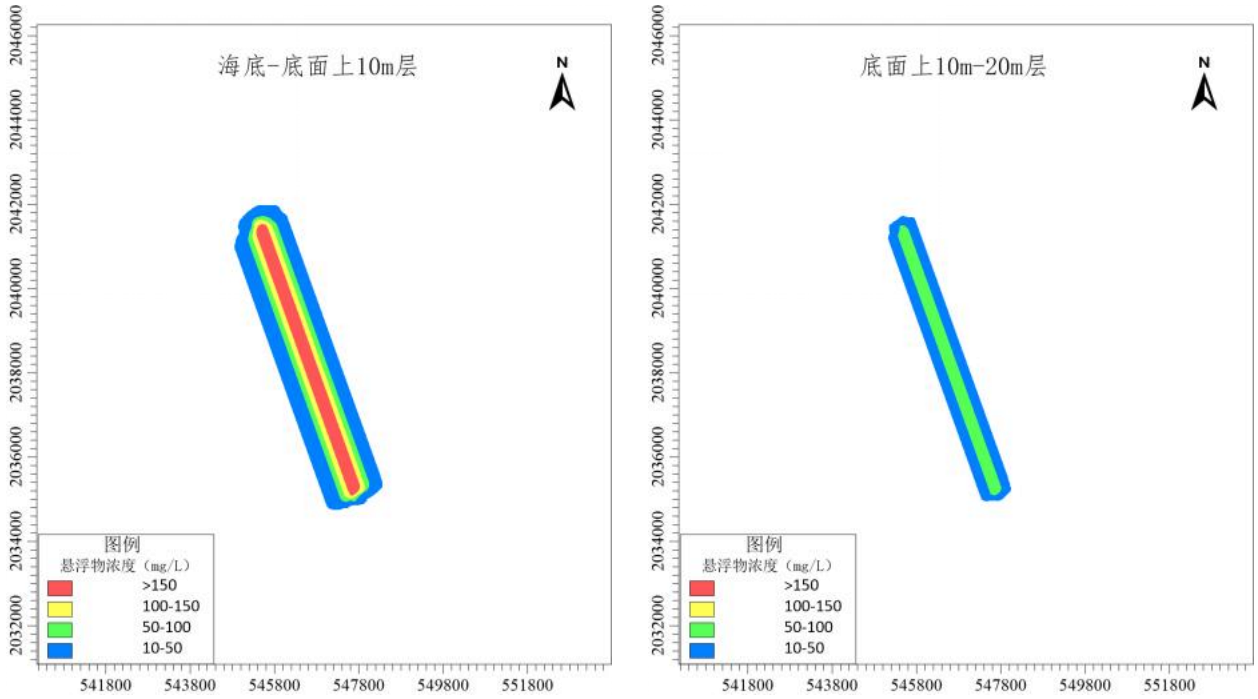

图 7.1-9 BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 间管缆路由海床处理悬浮物包络线

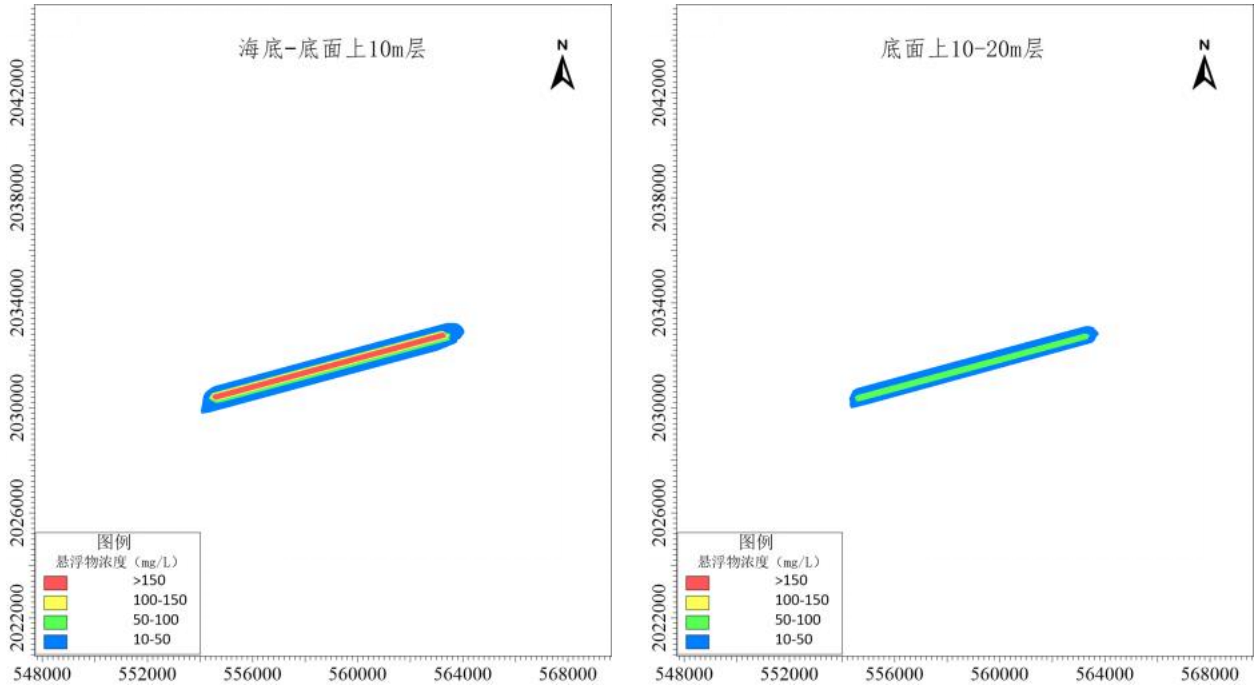

图 7.1-10 BD21-1C3 至 BD21-1C2 间海管路由海床处理悬浮物包络线

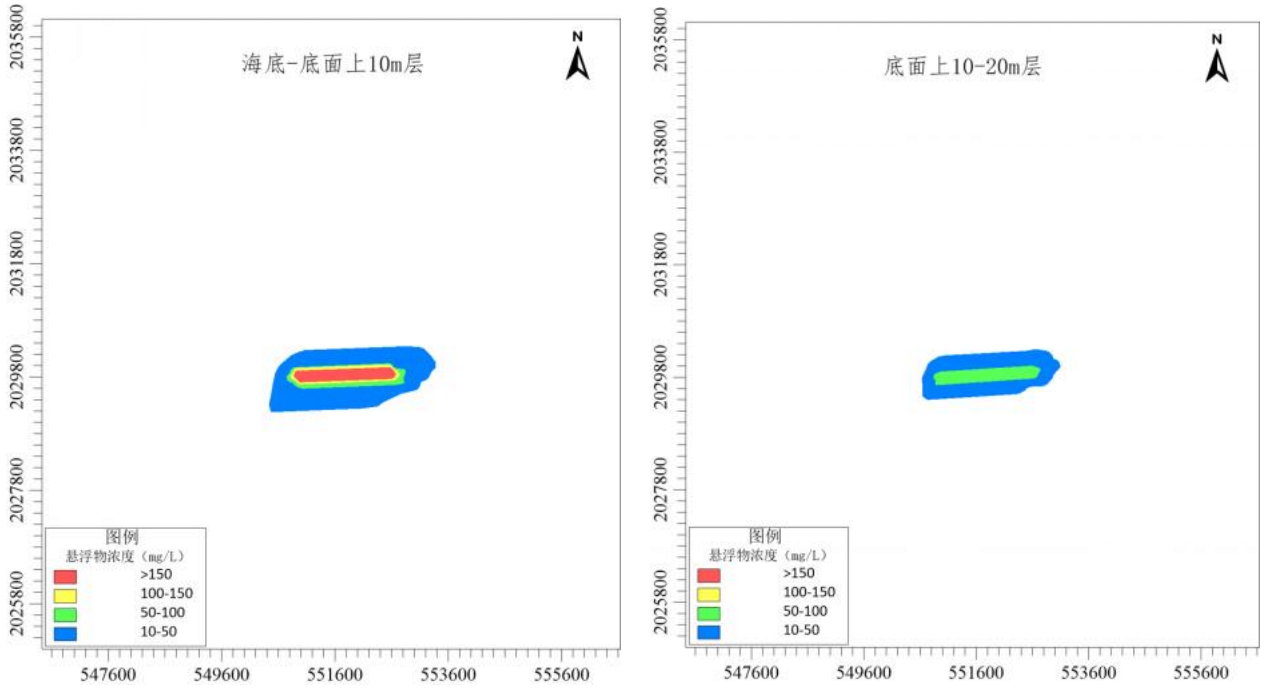

图 7.1-11 BD21-1C4 至 BD21-1C3 间海管路由海床处理悬浮物包络线

表 7.1-11 海底管缆路由海床处理悬浮物预测结果

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)
BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台 16 寸海底管道						
海床上 0-10m 层	5.335	0	0	0.78	8	0.111
海床上 10-20m 层	10.387	3.674	2.082			
BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台 18 寸海底管道（类比）						
海床上 0-10m 层	5.335	0	0	0.78	8	0.111
海床上 10-20m 层	10.387	3.674	2.082			
BD21-1CEPA 平台至 BD21-1C2 6 寸海底管道（类比）						
海床上 0-10m 层	5.335	0	0	0.78	8	0.111
海床上 10-20m 层	10.387	3.674	2.082			
BD21-1CEPA 平台至 BD21-1C2 脐带缆（类比）						
海床上 0-10m 层	5.335	0	0	0.78	8	0.111
海床上 10-20m 层	10.387	3.674	2.082			
BD21-1C4 至 BD21-1C3 间海底管道						
海床上 0-10m 层	6.671	0	0	0.78	8	0.143
海床上 10-20m 层	9.294	2.809	1.984			
BD21-1C3 至 BD21-1C2 间海底管道						
海床上 0-10m 层	1.691	0	0	0.78	8	0.027
海床上 10-20m 层	2.673	0.526	0.363			

总计						
海床上 0-10m 层	29.702	0	0	--	--	0.614
海床上 10-20m 层	53.515	18.031	10.675			

表 7.1-12 海床处理悬浮物不同浓度区间面积（km^2）

层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台 16 寸海底管道				
海床上 0-10m 层	1.805	1.573	1.957	0
海床上 10-20m 层	2.771	2.272	1.67	3.674
BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 平台 18 寸海底管道（类比）				
海床上 0-10m 层	1.805	1.573	1.957	0
海床上 10-20m 层	2.771	2.272	1.67	3.674
BD21-1CEPA 平台至 BD21-1C2 6 寸海底管道（类比）				
海床上 0-10m 层	1.805	1.573	1.957	0
海床上 10-20m 层	2.771	2.272	1.67	3.674
BD21-1CEPA 平台至 BD21-1C2 脐带缆（类比）				
海床上 0-10m 层	1.805	1.573	1.957	0
海床上 10-20m 层	2.771	2.272	1.67	3.674
BD21-1C4 至 BD21-1C3 间海底管道				
海床上 0-10m 层	2.542	1.884	2.245	0
海床上 10-20m 层	3.511	1.746	1.228	2.809
BD21-1C3 至 BD21-1C2 间海底管道				
海床上 0-10m 层	0.784	0.476	0.431	0
海床上 10-20m 层	1.178	0.741	0.228	0.526
合计				
海床上 0-10m 层	10.546	8.652	10.504	0
海床上 10-20m 层	15.773	11.575	8.136	18.031
两层平均	13.16	10.114	9.32	9.016

7.1.3 生产水/生活污水影响预测

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：

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

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/COD 浓度的背景值，本次预测取 2024 年 10 月现状调查中所有站位的最大值（石油类：0.015mg/L、COD：0.30mg/L）。

7.1.3.2 生产水石油类浓度预测

a 排放方式及源强

本项目水下生产系统产生的物流经海底管道全液输送至 BD21-1 CEPA 平台进行处理，分离出的生产水经生产水处理系统处理达标后排放，最大排放量为***m^3/d。2040 年以后，陵水 18-1 气田物流输往 LS17-2SEMI，经该平台生产水处理系统处理达标后排放。根据校核，陵水 18-1 气田物流接入后 LS17-2SEMI 生产水最大排放量为***m^3/d，未超出原环评预测水量***m^3/d，无需重新进行预测。因此这里仅对新建 BD21-1 CEPA 平台进行生产水石油类石油类浓度预测，源强设置详见表 7.1-13。

表 7.1-13 生产水排放源强设置情况

平台	最大排放量(m^3/d)	排放水深	排放浓度(mg/L)
BD21-1 CEPA	***	海表	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，设置石油类浓度背景值为 0.015mg/L。

BD21-1 CEPA 平台生产水排放石油类浓度包络面积预测结果见图 7.1-12。BD21-1 CEPA 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，排放点附近（海表）

海水石油类最大浓度约为 0.03mg/L。由预测结果分析可知，本项目 BD21-1 CEPA 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。

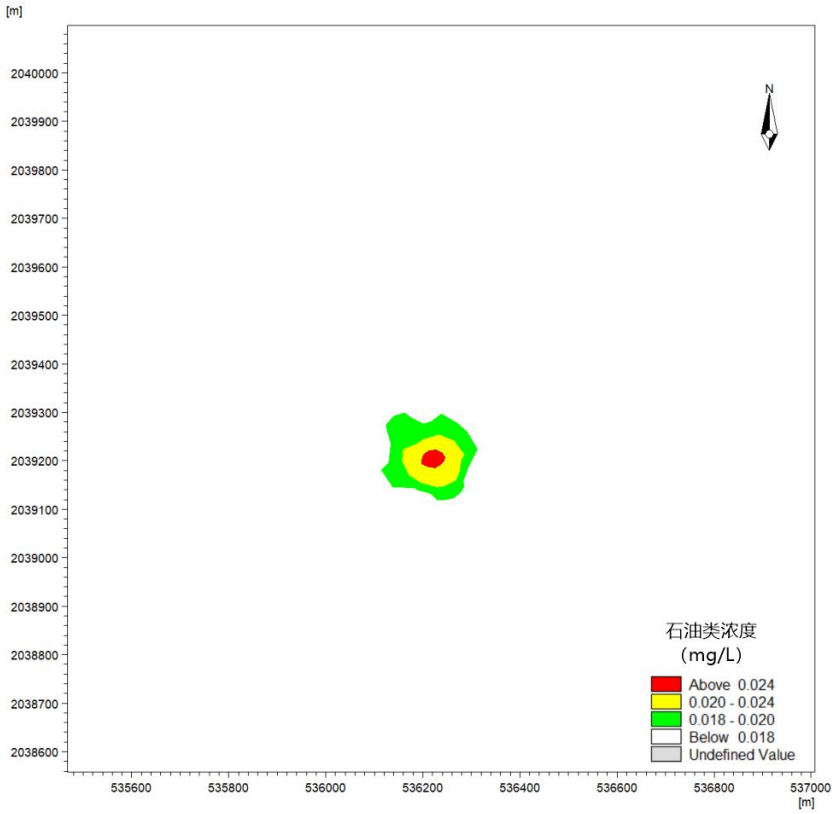

图 7.1-12 BD21-1 CEPA 平台生产水排放石油类浓度包络线

7.1.3.3 生活污水 COD 浓度预测

本项目新建 BD21-1 CEPA 平台设有 150 人生活楼，平台上设有一套“生化+电解法”的生活污水处理设施。根据保守计算，新建平台生活污水最大排放量为***m^3/d。本次预测新建平台生活污水排放造成的海水 COD 浓度扩散情况。

a 排放方式及源强

本次预测保守按照新建平台生活污水最大排放量（***m^3/d）进行预测。生活污水经处理装置处理达标（COD≤500mg/L）后排放，因此在 COD 源强设置时，浓度保守取 500mg/L。模型连续计算 30d，取 COD 浓度最大包络范围。

b COD 预测方法及预测结果

BD21-1 CEPA 平台生活污水排放造成的 COD 浓度增量包络图见图 7.1-13。由该图可见，由于生活污水排放量较小且 COD 浓度较低，预测的 COD 浓度在

网格分辨率（50m）下最大增量为 0.04mg/L，叠加现状调查中 COD 本底浓度（0.30mg/L）后平台周边海水 COD 浓度最大为 0.34mg/L，由此可知，无论何时排放超一类水域影响的距离都在 50m（预测最小网格边长）范围内，COD 排放对海洋环境的影响不大，不会明显影响项目所在海区的海水水质。

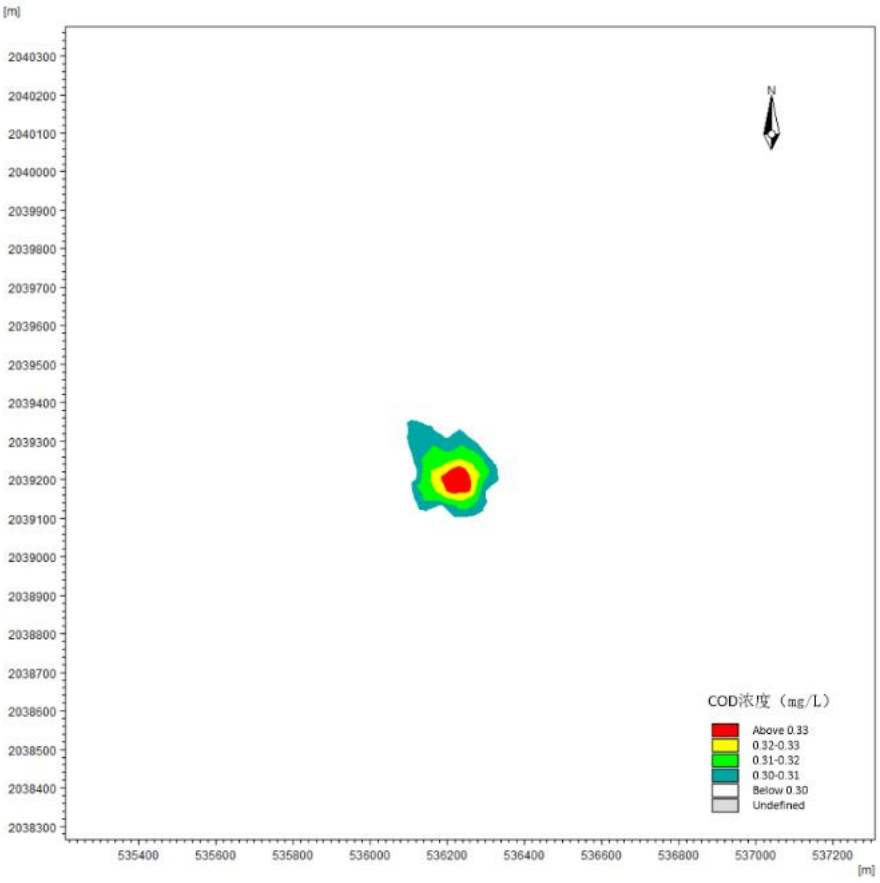

图 7.1- 13 BD21-1 CEPA 平台 COD 浓度包络线

7.1.4 温排水预测

本项目投产后运营期 BD21-1CEPA 中心平台工艺系统、燃气透平发电机组及压缩机系统需采用海水冷却，将产生部分温排水。因此本节对温排水造成的海水温升进行预测。

7.1.4.1 热传导方程

温度的输运传导遵循对流扩散方程：

$$\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \mathrm{t}}+\frac{\partial u \mathrm{T}}{\partial \mathrm{x}}+\frac{\partial v \mathrm{T}}{\partial y}+\frac{\partial w \mathrm{T}}{\partial z}=F_T+\frac{\partial}{\partial \mathrm{z}}\left(D_v \frac{\partial T}{\partial z}\right)+\hat{H}+T_s S$$

式中，D_v为垂向湍流扩散系数；$\hat{H}$为大气的热交换源项；T_s为温度源项；F_T

为温度水平扩散项。

表面和底部边界：

$$z = \eta:$$

$$D_h \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{Q_n}{\rho_0 c_p} + T_p \widehat{P} - T_e \widehat{E}$$

$$z = -d:$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0$$

式中，Q_n为表面热通量；c_p=4217J/(kg· K)，为水的比热。

大气热交换基于潜热通量、感热通量、短波辐射、长波辐射四个过程进行计算。

潜热通量：

潜热通量（蒸发造成的热量损失）遵循道尔顿方程：

$$q_v = LC_e(a_1 + b_1 W_{2m})(Q_{water} - Q_{air})$$

式中,L=2.5×10^{6}J/kg，为蒸发潜热；C_e=1.32×10^{-3}，为道尔顿常数；W_{2m}为水面上 2m 风速；Q_{water}为水表水蒸气密度，Q_{air}为大气中水蒸气密度；a_1、b_1为常数，此处分别取 0.5 和 0.9。

感热通量：

感热通量取决于水面与大气之间边界层类型，通常边界层为湍流边界，遵循着如下关系：

$$q_c = \begin{cases} \rho_{air} c_{air} c_{heating} W_{10}(T_{air} - T_{water}) & T_{air} \geq T \\ \rho_{air} c_{air} c_{cooling} W_{10}(T_{air} - T_{water}) & T_{air} < T \end{cases}$$

式中，ρ_{air}为大气密度；c_{air}为大气比热；$c_{heating}$、$c_{cooling}$为斯坦顿常数（均为 0.0011）；W_{10}为水面上 10m 风速，临界默认风速值为 7m/s。

短波辐射：

其强度取决于与太阳的距离、赤纬角和纬度、地外辐射以及大气中水蒸气的含量。一天中短波辐射强度随入射角而变化，地表短波辐射强度 H0（MJ/m2/d）按下式计算：

$$H_0 = \frac{24}{\pi} q_{sc} E_0 cos(\phi)(sin(\omega_{sr}) - \omega_{sr} cos(\omega_{sr}))$$

长波辐射：

水面对大气的长波辐射减去大气对水面的长波辐射称为净长波辐射，取决于云量，空气温度，空气中的蒸汽压力和相对湿度，净输出的长波辐射$q_{Ir,net}$（W/m^2）由布伦特方程给出：

$$q_{Ir,net} = -\sigma_{sb}(T_{air} - T_k)^4(a - b\sqrt{e_d})(c + \frac{n}{n_d})$$

式中，e_d为露点温度下的蒸汽压力；n 为日照时间，n_d为最大日照时间；σ_{sb}=5.6697×10^{-8}W/(m^2·° K^4)，为玻尔兹曼常数。

7.1.4.2 预测源强及预测方法

BD21-1CEPA 中心平台设置有循环冷却水系统，产生温排水。最大排量为***m^3/h，冬季排放的冷却水较海水背景温度最大升高 12℃，夏季排放的冷却水较海水背景温度最大升高 9℃。于海表排放。本节计算该平台温排水造成的温升情况。

在计算冷却水排放造成的海水温升时，保守考虑了冬季工况。冬季工况环境条件设置如下：水温初始场选取 24℃、空气温度取 21℃、相对空气湿度取 78%、风速设为 6.9m/s，长波辐射、短波辐射值根据美国国家海洋中心发布的冬季海区平均辐射强度分别取-70W/m^2、120W/m^2。

上述工况下温度场计算时长取 30d，结果统计温升最大包络范围。

7.1.4.3 预测结果

BD21-1CEPA 中心平台冷却水排放引起的最大温升范围见图 7.1-14，由预测结果可知，由于冷却水排量较小，由于海流的对流扩散作用，预测网格分辨率（50m）下冷却水排放造成的排放点周围海水最大温升约 1.66℃，海水温度超一类海水水质面积小于一个网格（0.0013km^2），距离小于 50m，温升超 0.5℃面积约为 0.04km^2。因此认为冷却水排放对海水温度影响较小。

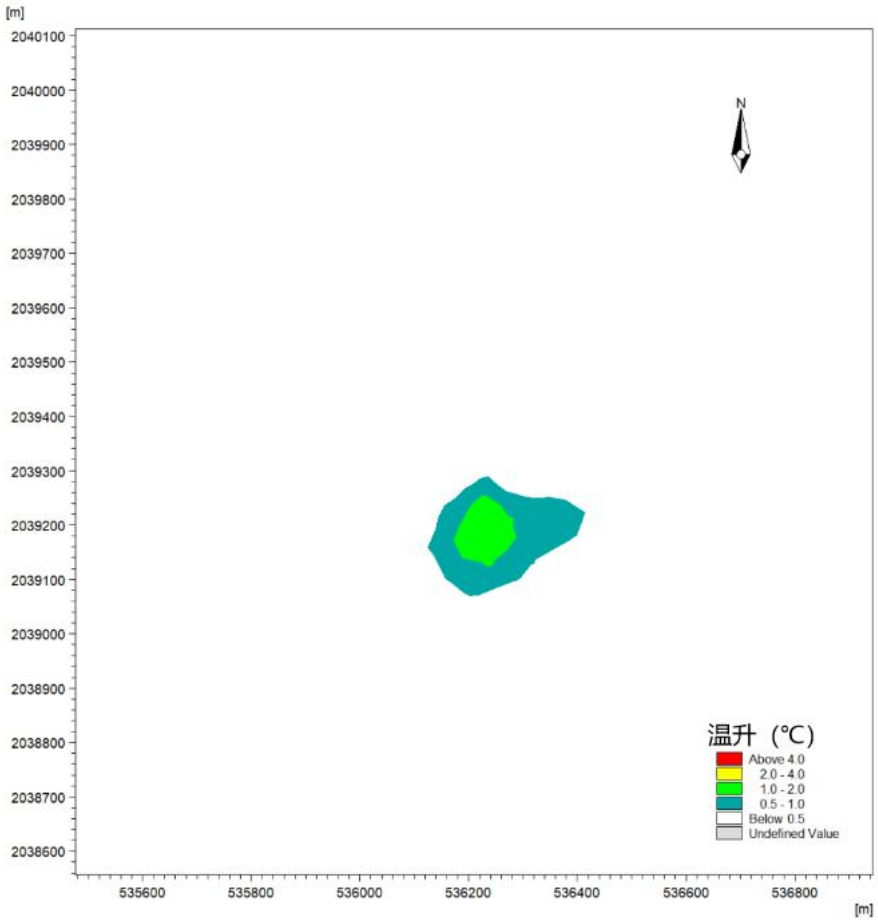

图 7.1-14 BD21-1CEPA 中心平台温升包络线

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排放点周围不远的水域内，由于海水对流扩散作用，钻屑排放造成悬浮物超标仅存在于排放层及下一层，钻屑排放超一（二）类最大包络面积为 0.392km^2，距排放点的最大距离为 0.43km，停止排放后最大 3h 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，钻井液排放仅对排放点附近水质有影响，影响主要在排放层及下一层有存在，第 1 层造成的海水超一（二）类最大包络面积为 0.532km^2，

超一（二）类水质距排放点的最大距离为 0.66km，停止排放后最大约 8h 即可恢复到排放前水质。

7.2.3 海床处理对海水水质的影响

海床处理施工时主要是吹扫产生的部分悬浮物进入水体，短期内对海水水质造成一定的影响，这种影响是短期的、一次性的、可恢复的，吹扫搅起的悬浮物的影响主要在施工管缆路由两侧。根据预测结果，海底管缆路由区域吹扫产生的悬浮物影响范围在垂向上主要分布于海床上 0-20m 范围内，水平方向上最大扩散距离约 0.78km，海床上 0-10m 层吹扫产生的水体悬浮物超一类水质范围合计约 53.515km^2，海床上 10-20m 层超一类水质范围合计为 29.702km^2，其余层位无超标面积存在。超三、四类水质海域影响范围主要在海床上 0-10m 层，其面积相对较小。施工作业停止后最大约 8h，海水悬浮物浓度可恢复至施工前水平。海床处理对海水水质的影响范围和时长均较小。

7.2.4 生产水对海水水质的影响

本项目投产后，新建 BD21-1CEPA 中心平台生产水经生产水处理系统处理达标后排海。由于本项目生产水排放量较小，石油类浓度含量较低，根据预测结果，排放点附近石油类浓度最大为 0.03mg/L，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。

7.2.5 生活污水对海水水质的影响

本项目投产后新建 BD21-1CEPA 中心平台将产生少量达标排放的生活污水，由于其排放量较小且 COD 浓度较低，处理后的生活污水入海后受海流作用充分混合。预测结果表明：无论何时排放超一类水域影响的距离都在 50m 范围内，COD 排放对海洋环境的影响不大，不会明显影响项目所在海区的海水水质。

7.2.6 温排水对海水水质的影响

根据预测结果，在网格尺度（50m）下温排水造成的 BD21-1CEPA 中心平台排放点周围海水最大温升约 1.66℃，温升超标面积小于一个网格（0.0013km^2），距离小于 50m。温排水对海水温度影响较小，不会明显影响本海区的海洋水质。

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

本项目钻屑排海后在海水运动的作用下，会在海底一定的范围内沉积。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。由于本项目井口所在海域水深普遍较大，钻屑在垂向上沉降距离较大，在沉降过程中受水平向水流运动影响，扩散较为充分，模型计算结果显示，底床上钻屑堆积超过 2cm 厚度范围远小于 1 个计算网格面积（0.0013km^2），因此可以认为本项目钻屑排放对沉积物的环境影响较小。

7.3.2 海床处理对沉积物环境的影响

在对部分海底管缆路由所处海床进行吹扫施工时，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下会自然沉降在施工路由周围，覆盖厚度>2cm 的面积主要位于管/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。根据预测结果，本项目海床吹扫作业产生的悬浮物覆盖 2cm 厚度的覆盖面积合计为 0.614km^2。

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，使钻井井口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的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。

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。

根据预测结果：由于本项目井口所在海域水深普遍较大，钻屑在垂向上沉降距离较大，在沉降过程中受水平向水流运动影响，扩散较为充分，模型计算结果显示，底床上钻屑堆积超过 2cm 厚度范围远小于 1 个计算网格面积（0.0013km^2）。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。

本项目对部分海底管/缆路由区进行海床处理，吹扫施工会对该范围内的底栖生物环境产生一定影响，主要体现在两个方面：（1）吹扫范围内底栖生物环境的直接破坏；（2）吹扫掀起的悬浮物在吹扫路由沿线的沉降压覆作用。根据预测结果，本项目海床吹扫作业产生的悬浮物覆盖 2cm 厚度的覆盖面积合计为 0.614km^2。海床处理吹扫作业对底栖生物的影响属于一次性影响，施工结束后悬浮物也将在很短的时间内沉降完毕，受影响的底栖生物资源会很快恢复至原有水平。

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。

7.4.5 卷载效应对鱼卵仔稚鱼的影响

取水卷载对鱼卵、仔稚鱼的损伤为多重胁迫协同作用所致，主要包括胁迫损伤、胁迫损伤、压力骤变损伤、化学胁迫损伤四类危害。鱼卵和仔稚鱼属于鱼类最脆弱的早期发育阶段，对取水卷载胁迫的耐受能力极低，卷载效应会从个体发育、种群补充、群落结构三个层面造成系统性损害。

从个体发育层面来看，卷载胁迫会造成大规模急性损伤与死亡。大部分被卷载的鱼卵会直接破裂、胚胎坏死，无法正常孵化；存活的鱼卵也极易孵化出畸形幼体，丧失正常生存能力。被卷载的仔稚鱼会出现躯体损伤、机能紊乱，当场死亡或因无法摄食、躲避天敌，在短时间内陆续死亡，仅有极少数个体能存活，且存活个体普遍存在生长迟缓、体质孱弱、抗逆性差等问题，难以顺利发育为成鱼。

从种群补充层面来看，近海多数经济鱼类的浮性、半浮性鱼卵和初孵仔稚鱼集中分布于近岸表层水域，卷载捕获基数大损耗率高，长期持续的卷载损耗，可能导致区域鱼类繁殖成功率下降。

从群落结构层面来看，不同种类鱼卵、仔稚鱼的抗逆性存在差异，敏感物种的早期个体大量消亡，耐胁迫物种逐步占据优势，导致区域鱼类群落结构单一化、同质化，鱼类生物多样性下降，迫使部分鱼类迁移产卵。

7.4.6 电力辅助平台对鸟类的影响

7.4.6.1 施工期对鸟类的影响

本项目新建电力辅助平台离岸最近距离约70km，属于开阔海域，远离主要陆域生态系统，不属于已知鸟类的集中栖息区域，鸟类分布较少。电力辅助平台的海上施工有着施工时间短和间断施工的特点，目前国内外研究表明，海上风电施工期，鸟类会产生趋避行为，但是随着时间的推移，鸟类对风电场内的环境会产生适应性。由于本项目电力辅助平台离岸较远，鸟类分布较少，施工时间本身较短，因此施工期对鸟类的影响有限。

7.4.6.2 运营期对鸟类的影响

本项目新建电力辅助平台离岸最近距离约 70km，属于开阔海域，远离主要陆域生态系统，不属于已知鸟类的集中栖息区域，鸟类分布较少。有研究认为海上风电的建设对周围鸟类的迁徙、觅食及碰撞影响都比较小；东海大桥海上风电场附近鸟类研究表明，风电场建成后，对邻近区域鸟类的栖息和觅食基本无影响。总体上，鸟类会主动规避风电机组的威胁从而选择较为安全的活动高度。此外本项目仅新建一座电力辅助平台，空间占用有限，因此本项目新建电力辅助平台运营期对鸟类的影响较小。

7.5 电力辅助平台噪声电磁环境影响

7.5.1 水下噪声影响

7.5.1.1 施工期水下噪声影响

新建电力辅助平台基础采用打入式锚桩为系泊基础，锚桩直径为 2.134 米、总长 58 米，为避免冲刷锚桩基础顶部打入泥面下 0.5m，在桩基打桩时会产生水下噪声。研究表明，对噪声比较敏感的海洋鱼类为石首鱼科，长时间暴露于噪声下听力可能会受到一定的损害，或受噪声影响后不摄食而死亡。本项目桩基础直径 2.134 米，与传统单桩风电桩基直径（一般约 10m）相比直径要小很多，打桩产生的水下噪声强度也要小很多。此外，本工程基础打桩作业采取软启动方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，能驱使鱼类离开施工水域，能够最大程度减少水下噪声对海洋生物的影响。

7.5.1.2 运营期水下噪声影响

根据德国 Klaus Betke 等（2004）对不同风机、对应不同风速下的噪声谱级的研究结果，以及丹麦 Jakob Tougaard 等（2009）对海上风电场在两种不同风速下的噪声谱级分布研究结果，风机在水中不同风速下产生的声压级变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速（风速分别为 6m/s 和 13m/s）运转下的风机在水下辐射噪声时，高风速 13m/s 时在低频段风机所辐射的水下噪声与海洋环境背景噪声相当(即淹没在背景噪声中)，在 125Hz 频点上风机在高风速(13m/s)比低风速（6m/s）下在水中辐射的水下噪声谱级高 10dB 左右，但总体都不高，与海洋背景噪声相当。

本项目仅新建 1 座电力辅助平台，综合以上研究成果，可以认为在运营期产生的水下噪声基本上与海洋环境背景噪音相当，对海洋声环境的影响较小。

7.5.2 水上噪声影响

7.5.2.1 施工期水上噪声影响

工程施工期水上噪声对海洋动物的影响源主要是施工期船舶运输噪声。根据厦门大学在厦门五缘湾海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的监测。厦门西海域为厦门港的主要航道，监测的船舶渔船经过时的海洋环境噪声变化情况。一艘渔船由远到近，之后又远离时（最近距离 20m）所监测到的船舶噪声其监测结果表明：一般货运船舶噪声的均方根声压级平均值约为 125.5dB，比海洋环境噪声提高了约 10~15dB。部分航速较快、吨位较大、航行中仍在施工或其他船舶其峰值声压级可以达到 150dB 以上。由于周边无声环境敏感目标，施工船舶运输噪声对水上声环境影响不大。

7.5.2.2 运营期水上噪声影响

工程运行期主要为电力辅助平台运行空气动力学噪声。根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；本项目仅新建 1 座电力辅助平台，不存在多个噪声源相互叠加的影响，因此认为运营期的水上噪声影响较小，是可以接受的。

7.5.3 电磁环境影响

本项目电力辅助平台产生的电力均采用海底电缆的形式进行输送，本项目 35kV 海底电缆线经过电缆外层遮蔽后产生的工频电磁场强度水平非常小。基本与背景值一致。海缆工频电场强度和工频磁感应强度均能满足《电磁环境控制限值》 (GB8702 GB8702-2014) 中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

有研究认为，磁场能够影响鱼类，因为有些鱼的体内具有磁性物质，可用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。但是这些研究都是以淡水鱼类为研究对象，因此与海水鱼类相比磁场反应有可能不同。目前很少有现场研究对鱼类如何受到电缆及其所产生磁场的影响进行观测。袁健美、张虎等选取江苏近海常见 12 种海洋生物，通过实验方法研究不同磁场强度磁场下，风电磁场对鱼、虾、蟹和贝类的存活、行为等方面的影响。结果表明：鱼类、底栖贝类、底栖虾蟹类

的磁场影响范围主要为 0.2 mT～4.05mT ，在 0～0.2mT 之内电磁场对 鱼类、底栖贝类、底栖虾蟹类行为无明显差异，影响较小，因此电磁场控制在《电磁环境控制限值》（GB 8702 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT 之内，电磁场对鱼类、底栖贝类、底栖虾蟹类影响较小。

本工程海底电缆直接铺设在海床之上，由于鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。本项目电力辅助平台海底电缆规格为 35kV，远小于常规风电场使用的电缆规格。另外根据国内外现有电磁场对海洋鱼类的影响研究资料分析，风电场运行期期间，海底电缆经保护层及沉积物屏蔽后，产生的工频电磁场不会改变鱼类的洄游路线及洄游形式。因此可以认为工程产生的电磁场对底栖贝类和鱼类、虾蟹类影响较小。

7.6 海洋生物资源损失评估

7.6.1 海洋生物资源损失计算方法

7.6.1.1 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：

$$W_i = \sum_{n}^{n} D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \qquad (7.6\text{-}1)$$

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/km^2）；

S_j—某一污染物第 j 类浓度增量区面积（km^2）；

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

N—某一污染物浓度增量分区总数。

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：

$$M_i = W_i \times T \qquad (7.6\text{-}2)$$

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 7.6-1。

表 7.6-1 各类海洋生物损失率

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

7.6.1.2 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：

$$W_i=D_i\times S_i \qquad (7.6-3)$$

式中：

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

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

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

7.6.1.3 卷载效应鱼卵、仔稚鱼损害评估

取水卷载效应对鱼卵、仔稚鱼的损害评估按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times Q \times P_i \qquad (7.6-4)$$

式中：

W_i——第 i 种类生物资源年损失量（万尾）；

D_i——评估区域第 i 种类生物资源平均分布密度，单位为尾每立方米（尾/m^3）；

Q——年取水总量，单位立方米（m^3）；

P_i——第i种类生物资源全年出现的天数占全年的比率，单位为百分比（%）。

7.6.1.4 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、底栖生物均采用调查海域2024年秋季调查值；海洋生物资源密度及来源详见表7.6-2。

表7.6-2 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		***	***（2024年10~11月）
仔稚鱼		***	
幼体	鱼类	***	
	头足类	***	
	虾类	***	
	蟹类	***	
成体		***	
底栖生物		***	***（2024年10月）

7.6.2 海洋生物损失估算结果

7.6.2.1 钻屑排放海洋生物损失计算

本项目单口井钻井时间约30d，为持续性损害，按SC/T 9110-2007规定15d为1个周期，排放2个周期。

根据预测结果，本项目钻屑排放计算损失时各区间超标面积取垂向两层平均值（见表7.1-6），水深取超标水层总水深20m。各类海洋生物密度见表7.6-2，海洋生物损失率见表7.6-1，计算钻屑排放造成海洋生物损失见表7.6-3。

表7.6-3 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2周期
			4.361	2.639	0.81	0.42		
鱼卵		密度（粒/m^3）	***	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***		
		损失量（10^6个）	***	***	***	***		
仔稚鱼		密度（尾/m^3）	***	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***		
		损失量（10^6尾）	***	***	***	***		
幼体	鱼类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***		
		损失量（尾）	***	***	***	***		
	头足类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***		
		损失量（尾）	***	***	***	***		

资源		面积（km^2）	Bi≤1	1＜Bi≤4	4＜Bi≤9	Bi≥9	小计	年均 2 周期
			4.361	2.639	0.81	0.42		
	虾类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***		
		损失量（尾）	***	***	***	***		
	蟹类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***		
		损失量（尾）	***	***	***	***		
成体		密度（kg/km^2）	***	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***		
		损失量（kg）	***	***	***	***		

7.6.2.2 钻井液排放海洋生物损失计算

本项目钻井液排放及影响时间较短，因此按一次性损失计算。根据预测结果，本次计算时水深取 20m，超标面积取垂向两层平均值（见表 7.1-9），各类海洋生物密度见表 7.6-2，海洋生物损失率见表 7.6-1，计算钻井液排放造成海洋生物损失见表 7.6-4。

表 7.6-4 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
			6.544	4.308	1.138	0.607	
鱼卵		密度（粒/m^3）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（10^6个）	***	***	***	***	
仔稚鱼		密度（尾/m^3）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（10^6尾）	***	***	***	***	
幼体	鱼类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
	头足类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
	虾类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
	蟹类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
成体		密度（kg/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（kg）	***	***	***	***	

7.6.2.3 海床处理海洋生物损失计算

海床处理施工造成的生物损失，计算时平均水深取 20m，超标范围影响面积取垂向两层平均值（见表 7.1-12）。各类海洋生物密度见表 7.6-2，海洋生物损失率见表 7.6-1，计算海底电缆铺设海洋生物损失见表 7.6-5。

表 7.6-5 海床处理海洋生物损失

资源		面积（km^2）	Bi≤1	1＜Bi≤4	4＜Bi≤9	Bi ≥9	小计
			6.544	4.308	1.138	0.607	
鱼卵		密度（粒/m^3）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（10^6个）	***	***	***	***	
仔稚鱼		密度（尾/m^3）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（10^6尾）	***	***	***	***	
幼体	鱼类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
	头足类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
	虾类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
	蟹类	密度（尾/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（尾）	***	***	***	***	
成体		密度（kg/km^2）	***	***	***	***	***
		损失率	***	***	***	***	
		损失量（kg）	***	***	***	***	

海床处理施工产生的悬浮物沉降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，按管缆中心线两侧各 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（7.4-3）估算悬浮物覆盖造成底栖生物损失见表 7.6-6。

表 7.6-6 底栖生物损失计算

面积（km^2）		密度（g/m^2）	损失率	损失量（t）
覆盖 2cm（扣除后者）	***	***	***	***
两侧各 5m	***	***	***	***
小计				***

7.6.2.4 卷载效应鱼卵、仔稚鱼损害计算

本项目取海水量最大为***m^3/h，年最大取水量***m^3，根据公式（7.6-4）估算取水卷载效应造成的鱼卵、仔稚鱼损失见表 7.6-7。

表 7.6-7 卷载效应海洋生物损失

资源	资源密度（尾、个/m^3）	年取水量（10^4m^3/年）	出现率	年损失量（10^6 粒、尾）
鱼卵	***	***	***	***
仔稚鱼	***	***	***	***

7.6.2.5 工程设施占海底栖生物损失计算

本项目工程设施占海主要包括平台、管汇、PLEM、PLET 等，根据其尺寸及数量计算占海面积，占海面积内的底栖生物损失率按 100%计算，估算本项目工程设施占海底栖生物损失见表 7.6-8，底栖生物损失约 0.056t。

表 7.6-8 工程设施占海海洋生物资源损失

	平台	管汇	PLEM	PLET	合计
单个占海面积(m^2)	***	***	***	***	***
设施数量	***	***	***	***	***
合计占海面积(m^2)	***	***	***	***	***
底栖生物密度(g/m^2)	***	***	***	***	***
损失率（%）	***	***	***	***	***
底栖生物损失量（t）	***	***	***	***	***

7.6.2.6 海洋生物资源损失汇总

综合以上计算，本项目海洋生物损失为：鱼卵 58.768×10^6 粒，仔稚鱼 33.219×10^6 尾，鱼类幼体 112492 尾，头足类幼体 11905 尾，虾类幼体 12085 尾，蟹类幼体 1901 尾，成体 756.582kg，底栖生物 2.847t，具体见表 7.6-9。

表 7.6-9 海洋生物资源损失汇总

生物名称	钻屑	钻井液	海床处理	卷载效应	设施占海	合计
鱼卵（10^6粒）	***	***	***	***	***	***
仔稚鱼（10^6尾）	***	***	***	***	***	***
鱼类幼体（尾）	***	***	***	***	***	***
头足类幼体（尾）	***	***	***	***	***	***
虾类幼体（尾）	***	***	***	***	***	***
蟹类幼体（尾）	***	***	***	***	***	***
成体（kg）	***	***	***	***	***	***
底栖生物	***	***	***	***	***	***

7.7 环境敏感目标影响分析

7.7.1 对产卵场的影响分析

本项目所有钻井中仅BD13-3 A1M井位于鲐鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海产卵场内，其他井均不在产卵场内，距离其他敏感目标的距离在42km以上。

由前述分析可知，本项目施工期主要产生的污染物为钻屑、钻井液排放。鲐鱼、蓝圆鲹鱼卵均为浮性卵，主要分布在海水表层（0-10m），BD13-3 A1M井钻井液、钻屑采取水下25m处排放的措施，避开了鱼卵所在海水表层，排放对该产卵场基本无影响。钻屑、钻井液排放属于短期、一次性、可恢复的影响，在施工结束后海水水质会很快恢复至原有水平。

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及温排水，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），温排水造成温升超标面积也在一个预测网格面积（0.0013km^2）范围之内，运营期生产水及温排水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。

7.7.2 对水下文物保护区的影响分析

本项目在南海西北陆坡二号沉船水下文物保护区内铺设海底管缆，首先应取得国家文物主管部门的同意，并在铺设施工中采取如下保护措施，最大程度地降低对水下文物保护区的影响：

(1) 铺设前路由再调查

在海上施工前再次进行路由调查，对规划路由及两侧区域进行水下物探扫

测与地质勘测，确保路由内无潜在文物埋藏，并通过定位国家文物坐标进行比对，精确控制施工区域与已知文物点的安全距离。

(2) 铺设中实时监控

施工船舶将配备高清遥控水下机器人（ROV），对管缆的铺设、触泥进行全过程连续、高清视频记录，实现施工全程可追溯；ROV 操作员及监控人员经过专项识别培训，如实时画面中出现任何疑似文物或异常物体，将立即触发预警机制，第一时间暂停作业，为后续鉴别与处置留出充分时间。

(3) 铺设高精度控制

依托 DP3 级动力定位施工船提供的船体控制能力，结合水下机器人（ROV）对管缆触泥点的实时视频监测，动态调整船位，确保管缆铺设轨迹始终被严格控制在设计路由的±10 米安全走廊内；同时测绘人员将全程实时打点记录铺设期间坐标，形成可追溯的电子轨迹档案。

(4) 铺设后验证确认

管缆铺设完成后，将采用 ROV+USBL 技术对管缆实际路由进行高精度测绘，将管缆实际坐标与设计走廊及文物坐标进行复核，并形成最终的完工报告与路由图等相关资料，提交相关部门备案，完成闭环管理。

本项目海底管缆不挖沟埋设，不挖起扰动海底沉积物，全密闭运行无污染物排放，且不存在《中华人民共和国水下文物保护管理条例》中禁止的爆破、捕捞等危及水下文物的安全活动，在取得文物主管部门的同意前提下，在采取上述施工保护措施后，对水下文物保护区影响较小。

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、1 座电力辅助平台，铺设 18 条海底管道、14 条脐带缆以及 1 条海底电缆。由于平台为透水式结构，平台等对周边的水动力环境影响很小。海底管缆直接铺设在海底，不挖沟，部分海底管缆路由将采取吹扫的方式对海床进行处理，在管缆铺设完毕后吹扫起的悬浮物将会很快沉降回填，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

在工程建设过程中钻屑、钻井液排放会对当地海底底质产生一定的影响。钻屑/钻井液的排放会在井口周围沉降，覆盖原来的海底沉积物，局部形成钻屑/钻

井液堆积，由于本项目井口所处海域水深较深，钻屑垂向沉降时间较长，分布较为分散，因此钻屑沉积影响面积较小，对冲淤环境的影响十分轻微；部分海底管缆路由将采取吹扫的方式对海床进行处理，在管缆铺设完毕后吹扫起的悬浮物将会很快沉降回填，对冲淤环境影响不大；新建海底管缆直接铺设在海底，不挖沟；新建平台桩腿附近会有一定的冲刷现象，冲蚀坑面积与深度受该海域冲淤条件、底质情况、时间长度以及桩腿直径等条件影响，总体而言本工程建设对海底的冲淤环境影响很小。

8 海洋生态环境风险评价

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）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），结合本项目情况，对宝岛21-1气田群开发项目在建设阶段和生产阶段可能存在的事故风险进行识别。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，分析应急设施的数量和能力，完善事故风险应急措施，为项目正常生产做好安全防范准备。

8.1.2评价原则

严格执行国家现行有关法律法规、标准和规范的要求，对本项目进行科学、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评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），环境风险评价级别划分为一级、二级、三级和简单分析。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，按照表8.1-1确定环境风险分析评价工作等级。

表8.1-1 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

根据本篇第8.3节分析可知，本项目施工期危险物质及工艺系统危险性等级判断为P4，位于环境中度敏感区E2，风险潜势应为II级，环境风险评价等级为三级；本项目生产运行期危险物质及工艺系统危险性等级判断为P2，位于环境中度敏感区E2，风险潜势应为III级，环境风险评价等级为二级。综合施工期、生产运行期，本项目海洋生态环境风险评价等级为二级。

8.1.4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。根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），海洋生态环境风险评价范围根据评价等级合理确定，一般不小于相应评价等级的生态环境影响评价范围。一、二级评价项目的评价范围分别根据危险物质 72h、48h 扩散范围确定，可根据海域特征、生态敏感区分布情况等做适当调整。

本项目环境风险评价等级为二级，根据溢油漂移数值预测结果及溢油应急响应时间，确定本项目风险事故状态下以新建 BD21-1 CEPA（危险物质泄漏到海洋的排放点）为中心 102.5km（平均风况下油膜 48 小时漂移最大距离）的范围为环境风险重点评价范围。

8.2 风险调查

8.2.1 建设项目风险源调查

根据《建设项目环境风险评价导则》（HJ 169-2018）及《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），对本项目施工期和生产运行期的风险源分别进行调查。

8.2.1.1 施工期风险源调查

本项目施工期的风险源主要为施工船舶油舱内的燃料油。根据第三章 施工作业计划，本项目施工期主要分为平台导管架安装、平台组块安装、水下生产系统安装、钻完井、海底管道铺设、海底脐带缆/电缆铺设、电力辅助平台安装等环节，计划使用浮吊船、铺管船、驳船及拖轮等多艘施工船舶。经调查，在本项目施工期使用频率最高的典型施工船舶为拖轮，拖轮油舱的单舱容积约为 200m^3。

8.2.1.2 生产运行期风险源调查

本项目宝岛 21-1、陵水 18-1 及永乐 8-1 所产井流汇集到新建 BD21-1 CEPA 平台后，天然气在平台上进行脱碳、脱水处理，凝析油深度脱水后与脱碳后的干气混合外输到陆上终端。本项目生产运行期的风险源主要为本项目新建平台、海

底管道中的凝析油、天然气、甲醇、乙二醇及燃料油等，见表 8.2-1 和表 8.2-2。

表 8.2-1 环境风险源汇总表（新建平台）

风险源	环境风险源名称	危险物质名称	最大在线量（t）
平台	新建 BD21-1 CEPA 平台	凝析油	***
		天然气	***
		甲醇	***
		乙二醇	***
		燃料油	***

表 8.2-2 环境风险源汇总表（新建管道）

风险源	环境风险源名称	危险物质名称	最大在线量（t）	长度（km）	管径（in）
管道	BD21-1 C4 至 BD21-1 C3 混输管道	凝析油	***	11.5	8
		天然气	***		
	BD21-1 C3 至 BD21-1 C2 混输管道	凝析油	***	3.6	8
		天然气	***		
	BD21-1 C1 至 BD21-1 C2 混输管道	凝析油	***	4.4	8
		天然气	***		
	BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 18 寸混输管道	凝析油	***	14.8	18
		天然气	***		
	LS18-1 C1 至 LS18-1 C2 混输管道	凝析油	***	10.3	16
		天然气	***		
	LS18-1 C2 至 LS18-1 C3 混输管道	凝析油	***	8.2	16
		天然气	***		
	LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 混输管道	凝析油	***	7.7	16
		天然气	***		
	LS18-1 C4 至 YL8-1 C1 混输管道	凝析油	***	8.6	16
		天然气	***		
	YL8-1 C1 至 YL8-1 C2 混输管道	凝析油	***	13.2	16
		天然气	***		
	YL8-1 C2 至 BD21-1 C2 混输管道	凝析油	***	69.1	16
		天然气	***		
	BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 16 寸混输管道	凝析油	***	14.8	16
		天然气	***		
	LS18-1 C1 至 LS17-2 15D 混输管道	凝析油	***	12.0	16
		天然气	***		
	BD21-1 CEPA 至 YL8-1 C1 乙二醇管道	乙二醇	***	97.7	6
脐带缆	BD21-1 CEPA 平台至 BD21-1 C2 管汇脐带缆	甲醇	***	15.5	--
		乙二醇	***		
	BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 C1 脐带缆	甲醇	***	4.6	--
		乙二醇	***		
	BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 C3 脐带缆	甲醇	***	3.6	--

风险源	环境风险源名称	危险物质名称	最大在线量（t）	长度（km）	管径（in）
		乙二醇	***		
	BD21-1 C3 至 BD21-1 C4 脐带缆	甲醇	***	11.5	--
		乙二醇	***		
	深海一号至 LS17-2-E3 管汇脐带缆	甲醇	***	21	--
		乙二醇	***		
	LS17-2 15D 至 LS18-1-C1 脐带缆	甲醇	***	9.1	--
	LS17-2 E3 至 LS17-2 15D 脐带缆	甲醇	***	11.9	--
	LS18-1 C1 至 LS18-1 C2 脐带缆	甲醇	***	10.3	--
		乙二醇	***		
	LS18-1 C2 至 LS18-1 C3 脐带缆	甲醇	***	8.2	--
		乙二醇	***		
	LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 脐带缆	甲醇	***	7.7	--
		乙二醇	***		
	LS18-1 C4 至 YL8-1 C1 脐带缆	甲醇	***	8.6	--
		乙二醇	***		
	YL8-1 C1 至 YL8-1 C2 脐带缆	甲醇	***	13.4	--
		乙二醇	***		
	BD13-3FOWT 至 BD13-3-A1M 脐带缆	乙二醇	***	2.7	--

8.2.2 海洋生态环境风险敏感目标调查

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），海洋生态环境风险敏感目标调查应包括环境风险评价范围内的所有海洋生态环境保护目标，以及评价范围外可能受环境风险影响的重要生态敏感区。

本项目海洋生态环境风险敏感目标见表 8.2-3。

表 8.2-3 海洋生态环境风险敏感目标

类型	主要敏感目标名称	方位	与 BD21-1 CEPA 平台最近距离（km）	产卵期
重要敏感区	其他红线区	W	92	—
	海南万宁大洲岛海洋生态自然国家级保护区	W	95	—
	海南万宁老爷海国家级海洋公园	W	113	—
一般敏感区	鲍鱼粤西外海区产卵场	NW	10	1~6 月
	蓝圆鲹粤西外海区产卵场	NW	16	4~6 月
	深水金线鱼产卵场	N	52	4~7 月
	绯鲤类海南岛以东近海产卵场	NW	68	3~6 月
	脂眼鲱海南岛以东近海产卵场	NW	70	5~8 月
	短尾大眼鲷南海北部产卵场	NW	98	3~9 月
	南海北部幼鱼繁育场保护区	NW	72	—

8.3 评价等级及评价范围

8.3.1 环境风险潜势初判断

建设项目环境环境风险潜势划分为 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，按表 8.3-1 确定环境风险潜势。

表 8.3-1 建设项目环境环境风险潜势划分

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

8.3.2 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）：

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

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

$Q_1, Q_2,\ldots,Q_n$——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≥1 时，将 Q 值划分为：（1）1≤Q＜10；（2）10≤Q＜100；（3）Q≥100。

式中：

q_1，$q_2...q_n$—每种危险物质的最大存在总量，t；

$Q_1, Q_2, ...,Q_n$—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≥1 时，将 Q 值划分为：（1）1≤Q＜10；（2）10≤Q＜100；（3）Q≥100。

8.3.2.1 施工期

经调查，在本项目施工期使用的频率最高的典型施工船舶为拖轮，拖轮的单舱容积约为 200m³（约 170t），即 Q=1.7，1≤Q<10。

8.3.2.2 生产运行期

本项目生产运行期的危险物质分布及存在量见表 8.3-2。

表 8.3-2 生产运行期危险源识别结果

新建设施	物质	最大在线量（t）	临界量（t）	q_i/Q_i
BD21-1 CEPA 平台	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
	燃料油	***	100	***
BD21-1 C4 至 BD21-1 C3 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
BD21-1 C3 至 BD21-1 C2 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
BD21-1 C1 至 BD21-1 C2 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 18 寸混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
LS18-1 C1 至 LS18-1 C2 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
LS18-1 C2 至 LS18-1 C3 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
LS18-1 C4 至 YL8-1 C1 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
YL8-1 C1 至 YL8-1 C2 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
YL8-1 C2 至 BD21-1 C2 混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 16 寸混输管道	凝析油	***	100	***
	天然气	***	10	***
LS18-1 C1 至 LS17-2 15D 混输管道	凝析油	***	100	***

新建设施	物质	最大在线量（t）	临界量（t）	q_i/Q_i
	天然气	***	10	***
BD21-1 CEPA 至 YL8-1 C1 乙二醇管道	乙二醇	***	10	***
BD21-1 CEPA 平台至 BD21-1 C2 管汇脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 C1 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 C3 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
BD21-1 C3 至 BD21-1 C4 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
深海一号至 LS17-2-E3 管汇脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
LS17-2 15D 至 LS18-1-C1 脐带缆	甲醇	***	10	***
LS17-2 E3 至 LS17-2 15D 脐带缆	甲醇	***	10	***
LS18-1 C1 至 LS18-1 C2 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
LS18-1 C2 至 LS18-1 C3 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
LS18-1 C4 至 YL8-1 C1 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
YL8-1 C1 至 YL8-1 C2 脐带缆	甲醇	***	10	***
	乙二醇	***	10	***
BD13-3FOWT 至 BD13-3-A1M 脐带缆	乙二醇	***	10	***
合计				Q=493.917

本项目生产运行期危险物质数量与临界量比值 Q=493.917，Q≥100。

8.3.3 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 8.3-3 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≤20；（3）5<M≤10；（4）M=5，分别以 M1、M2、M3 和 M4 表示。风险工艺识别见表 8.3-4。

表 8.3-3 行业及生产工艺（M）

行业	评估依据	分值
石化、化工、医药、轻工、	涉及光气及光气化工艺、电解工艺（氯碱）、氯化艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解（裂化）工艺、氟化艺、加氢工艺、重	10/套

行业	评估依据	分值
化纤、有色冶炼等	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	
	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≥300℃，高压指压力容器的设计压力（P）≥10.0MPa；
b 长输管道运输项目应按站场、管线分段进行评价。

表 8.3-4 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

8.3.4 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 8.3-5 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 8.3-5 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≥100	P1	P1	P2	P3
10≤Q<100	P1	P2	P3	P4
1≤Q<10	P2	P3	P4	P4

本项目施工期危险物质与临界量比值划分为 1≤Q<10，生产工艺与生产运营期保持一致，识别为 M3，因此危险物质及工艺系统危险性等级判断为 P4。

本项目生产运行期危险物质与临界量比值划分为 Q≥100，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 P2。

8.3.5 环境敏感程度的分级确定

依据事故情况下危险物质泄漏可能影响生态敏感区的情况，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，见表 8.3-6。本项目部分位于重要敏感区或一般敏感区范围内，因此本项目位于环境中度敏

感区 E2。

表 8.3-6 环境敏感程度分级

敏感性	评估依据
E1	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第一类区域或重要敏感区。
E2	危险物质泄漏到海洋的排放点位于海水水质分类第二类区域或一般敏感区。
E3	上述地区之外的其他地区。

8.3.6 评价工作等级判定

本项目施工期危险物质及工艺系统危险性等级判断为 P4，位于环境中度敏感区 E2，风险潜势应为 II 级。

本项目生产运行期危险物质及工艺系统危险性等级判断为 P2，位于环境中度敏感区 E2，风险潜势应为 III 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。根据建设项目环境风险潜势初判，按表 8.3-7 确定评价工作等级。

本项目施工期的风险潜势为 II 级别，生产运行期的风险潜势为 III 级别，基于上述结果，确定本项目环境风险评价等级为二级。

表 8.3-7 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

8.4 风险识别

8.4.1 物质风险识别

本项目生产过程中所涉及的危险物质主要为凝析油、天然气、甲醇和燃料油。本项目涉及的主要风险物质的理化性质及危险特性详见表 8.4-1~表 8.4-4。

表 8.4-1 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：8002-05-9
理化特性	外观与性状：无色至黄色油状液体		溶解性：不溶于水，溶于多数有机溶剂
	20℃密度：758~818kg/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难、紫绀等缺氧症状。		
	急性中毒：		
急救	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		
泄漏处理	疏散泄漏区人员至安全区，禁止无关人员进入污染区，切断电源。建议应急处理人员戴自给式呼吸器，穿一般消防防护服。在确保安全情况下堵漏。喷水雾可以减少蒸发，但不能降低泄漏物在受限制空间内的易燃性。用沙土、蛭石或其它惰性材料吸收，然后收集运至空旷的地方掩埋、蒸发或焚烧。如大量泄漏，应利用围堤收容，然后收集、转移、回收或无害化处理后废弃。		
储运	远离火种、热源。仓温不宜超过 30℃。配备相应品种和数量的消防器材。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。灌装时应注意流速（不超过 3m/s），且要有接地装置，防止静电积聚。		

表 8.4-2 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、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 8.4-3 甲醇理化及危险性质

标识	中文名：甲醇		英文名：Methanol
	危规号：32058	UN 编号：1230	CAS 号：67-56-1
理化特性	外观与性状：无色澄清液体，有刺激性气味		溶解性：溶于水，可混溶于醇、醚等多数有机溶剂
	熔点（℃）：-97.8		沸点（℃）：64.8
	相对密度：（水=1）0.79		相对密度：（空气=1）1.11
	饱和蒸气压（kPa）13.33（21.2℃）		禁忌物：酸类、强氧化剂、酸酐、碱金属
	临界压力（MPa）:7.95		临界温度（℃：）240
	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		燃烧性：易燃
	引燃温度（℃）：385		闪点（℃）：11
	爆炸极限（%v/v）：5.5~44.0		最小点火能（mJ）：0.215
	燃烧热（kJ/mol）:727		火灾危险类别：甲
	燃烧（分解）产物：CO、CO_2		
	危险特性：易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂接触发生化学反应或引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。		
	灭火方法：尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。处在火场中的容器若已变色或从安全泄压装置中产生声音，必须马上撤离。		
	灭火剂：抗溶性泡沫、干粉、二氧化碳、砂土。		
急性毒性	LD_{50}：5628mg/kg(大鼠经口)；15800mg/kg(兔经皮) LC_{50}：83776mg/m^3，4 小时(大鼠吸入)		
健康危害	侵入途径：吸入、食入、经皮吸收		
	健康危害：对中枢神经系统有麻醉作用；对视神经和视网膜有特殊选择作用，引起病变；可致代射性酸中毒。急性中毒：短时大量吸入出现轻度眼上呼吸道刺激症状（口服有胃肠道刺激症状）；经一段时间潜伏期后出现头痛、头晕、乏力、眩晕、酒醉感、意识朦胧、谵妄，甚至昏迷。视神经及视网膜病变，可有视物模糊、复视等，重者失明。代谢性酸中毒时出现二氧化碳结合力下降、呼吸加速等。慢性影响：神经衰弱综合征，植物神经功能失调，粘膜刺激，视力减退等。皮肤出现脱脂、皮炎等。		
急救	皮肤接触：脱去污染的衣着，用肥皂水和清水彻底冲洗皮肤。 眼睛接触：提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗。就医。 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。 食入：饮足量温水，催吐。用清水或 1%硫代硫酸钠溶液洗胃。就医。		
应急处理	迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，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。不要直接接触泄漏物。尽可能切断泄漏源。防止流入下水道、排洪沟等限制性空间。小量泄漏：用砂土或其它不燃材料吸附或吸收。也可以用大量水冲洗，洗水稀释后放入废水系统。大量泄漏：构筑围堤或挖坑收容。用泡沫覆盖，降低蒸气灾害。用防爆泵转移至槽车或专		

标识	中文名：甲醇		英文名：Methanol
	危规号：32058	UN 编号：1230	CAS 号：67-56-1
	用收集器内，回收或运至废物处理场所处置。		
储运	储运于阴凉、通风仓间内。远离火种、热源。防止阳光直射；保持容器密封。应与氧化剂、酸类、碱金属等分开存放，切忌混储。储存间内的照明、通风等设施应采用防爆型。灌装时应注意流速（不超过 3m/s），且有接地装置，防止静电积聚。本品铁路运输时限使用钢制企业自备罐车装运，装运前需报有关部门批准。运输时所用的槽（罐）车应有接地链，槽内可设孔隔板以减少震荡产生静电。严禁与氧化剂、酸类、碱金属、食用化学品等混装混运。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。		

表 8.4-4 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）0.85	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	

标识	中文名：燃料油	英文名：Fuel Oil
	UN 编号：1202	CAS 号：68334-30-5
	吸停止，立即进行人工呼吸，就医。 食入：误服者可饮牛奶，尽快彻底洗胃，就医。	
泄漏处理	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，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。	

8.4.2 生产系统风险识别

针对本项目在建设阶段和生产阶段工艺风险进行分析，包括：钻完井工艺、油水分离工艺、天然气处理工艺和海底管道输运工艺，如表 8.4-5 所示。

表 8.4-5 生产系统风险识别

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	油水分离	
	天然气处理	
	海底管道输运	

8.4.3 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、甲醇及燃料油，向环境转移的途径主要通过水体污染（海水污染），环境风险类型为危险物质泄漏；具体分析如表 8.4-6。

表 8.4-6 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	危险物质影响环境的途径和影响方式
油类物质（凝析油/燃料油）	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
甲醇	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体（海水）

8.5 CO2 运输、回注利用及封存风险评估

本项目新建 BD21-1 CEPA 至 BD13-3 管汇的 CO_2 海底输送管道，将脱碳系统分离出的 CO_2 输往注气井进行回注。CO_2 是空气中常见的温室气体之一，常

温条件下是一种无色、无臭、无味、不助燃的气体。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）附录 B 对项目所涉及的风险物质进行调查和识别，本项目涉及的压缩 CO_2 不属于表 B.1 中的风险物质，也不属于表 B.2 中的健康危险急性毒性物质（类别 1）、健康危险急性毒性物质（类别 2，类别 3）、危害水环境物质（急性毒性类别 1）；项目涉及的压缩 CO_2 不属于《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B 有毒有害和易燃易爆危险物质。

本项目涉及的 CO_2 理化性质及危险特性见表 8.5-1。

表 8.5-1 CO_2 理化及危险性质

类别	内容		
标识	中文名：二氧化碳、碳酸酐		英文名：carbon dioxide
	分子式：CO_2	分子量:44.01	CAS 号:124-38-9
	危规号：22019		
理化性质	性状：无色无臭气体		
	溶解性：溶于水、烃类等多数有机溶剂		
	熔点（℃）：-56.6（527kPa）	沸点（℃）：-78.5（升华）	相对密度（水=1）：1.56（-79℃）
	临界温度（℃）：31	临界压力（MPa）：7.39	相对密度（空气=1）：1.53
	燃烧热（KJ/mol）：无意义	最小点火能（mJ）：	饱和蒸气压（KPa）：1013.25（-39℃）
燃烧爆炸危险性	燃烧性：不燃		聚合危害：不聚合
	闪点（℃）：无意义		稳定性：稳定
	爆炸极限（V%）：无意义		
	危险特性：若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。		
	消防措施：本品不燃。切断气源。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。		
毒性	解除限制：无。毒理资料：无。		
对人体危害	侵入途径：吸入 健康危害：在低浓度时，对呼吸中枢呈兴奋作用，高浓度时则产生抑制甚至麻痹作用。中毒机制中还兼有缺氧的因素。急性中毒：人进入高浓度二氧化碳环境，在几秒钟内迅速昏迷倒下，反射消失、瞳孔扩大或缩小、大小便失禁、呕吐等，更严重者出现呼吸停止及休克，甚至死亡。固态（干冰）和液态二氧化碳在常压下迅速气化，能造成-80~-43℃低温，引起皮肤和眼睛严重的冻伤。慢性影响：经常接触较高浓度的二氧化碳者，可有头晕、头痛、失眠、易兴奋、无力等神经功能紊乱等。但生产中是否存在慢性中毒国内外均未见病历报道。		
急救	眼：若有冻伤，就医治疗；皮肤：若有冻伤，就医治疗；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。		

类别	内容
防护	工程防护：密闭操作，提供良好的自然通风条件；呼吸系统防护：一般不需要特殊防护，高浓度接触时可佩戴空气呼吸器；眼睛防护：一般不需要特殊防护；身体防护：穿一般作业工作服；手防护：戴一般作业防护手套；其他：避免高浓度吸入。进入罐、限制空间或其他高浓度区作业，须有人监护。
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿一般作业工作服。尽可能切断泄漏源。合理通风，加速扩散。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。
贮运	包装标志：5 UN 编号：1013 包装分类：III 包装方法：钢制气瓶 储运条件：不燃性压缩气体。储存于阴凉、通风仓间内。仓内温度不宜超过 30℃。远离火种、热源。防止阳光直射。应与易燃或可燃物分开存放。验收时要注意品名，注意验瓶日期，先进仓的先发用。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。

8.5.1 运输过程的环境风险源

8.5.1.1 运输方式及路线

本项目新建 1 条 BD21-1 CEPA 至 BD13-3 管汇的海管，将 CO_2 输送至 BD13-3 A1M（CO_2 回注井）进行回注，该海管主要参数见表 8.5-2。

表 8.5-2 BD21-1 CEPA 至 BD13-3 管汇海管主要参数

名称	材质	管长（km）	管径（in）	输送介质
BD21-1 CEPA 至 BD13-3 管汇海管	钢管	36.9	8	CO_2

该海管所在海域水深 165m～220m，海管直接放置于海底，不挖沟埋设。相比于铁路、船舶以及公路等运输方式，海底管道输送二氧化碳受到外部破坏等因素的可能性较小。

8.5.1.2 CO2 气流纯度

本项目新建 BD21-1 CEPA 至 BD13-3 管汇海底 CO_2 输送管道中输送的二氧化碳组分占比高于 99%，属于高纯度的 CO_2 气流，环境风险较低，且新建海底 CO_2 输送管道设计了充足的腐蚀余量，因管道内腐蚀导致的海底管道泄漏事故发生的可能性也较低。

8.5.2 运输过程的环境风险评估

8.5.2.1 环境风险可能性界定

参考《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》（2016.7.1），本项目发生泄漏事故等环境风险的可能性分为 5 类，详见表 8.5-3。

表 8.5-3 环境风险可能性界定

可能性类别	描述	要求
几乎不可能	可能性非常小，未有先例，但存在理论上的可能性。	通过类比法或专家打分法确定可能性类别，或提供充分的科学证据并经专家论证。
不大可能	在项目的全生命周期发生的可能性非常小。	
可能	在项目的全生命周期内可能发生。	
很可能	在项目的全生命周期内，可能发生不止一次。	
几乎确定	很可能每年都发生。	

美国拥有全世界密度最大、总长最长的 CO_2 管道，在 CO_2 管道的运行管理上已经有超过四十年的经验。根据美国管道安全部门的统计，下表表示北美 CO_2 管道发生大规模泄漏（≥4000barrels）的失效概率。此数据是基于 1986 年至 2008 年这 22 年间对北美约 5581km（3468miles）的 CO_2 管道的统计数据，无论从时间长度还是管道长度上来说都具有代表性和统计意义。由表可见，失效原因主要有设备失效（如泵、阀等损坏）、腐蚀、操作失误、未知原因，其对应的失效概率分别是 4.82×10^{-5} 次/（km·a）、1.67×10^{-5} 次/（km·a）、1.67×10^{-5} 次/（km·a）、2.41×10^{-5} 次/（km·a），总失效概率为 1.05×10^{-4} 次/（km·a）。

表 8.5-4 CO_2 管道历史失效概率统计（1986-2008 年）

失效原因	事故数	占比（%）	失效概率（次/（km·a））
设备失效	6	46	4.82×10^{-5}
腐蚀	2	15.5	1.67×10^{-5}
误操作	2	15.5	1.67×10^{-5}
未知原因	3	23	2.41×10^{-5}
总计	13	100	1.05×10^{-4}

本项目用于运输 CO_2 的海底管道所输送的为高纯度的 CO_2 气流及干气，几乎不含水，海管内部腐蚀的可能较低；本项目全程采用管道方式运输 CO_2，相较于铁路、船舶以及公路等运输方式环境风险较低。综上所述 CO_2 海底管道泄漏事故在项目的全生命周期发生的可能性非常小，其可能性类别为“不大可能”。

8.5.2.2 对海洋环境影响界定

环境风险事故对环境风险受体的影响可分为五类：轻微、轻度、中度、重度、严重，如表 8.5-5 所示。

表 8.5-5 环境风险事故对环境风险受体影响的界定

影响	描述
轻微	环境指标未超过项目所在地环境质量标准/环境本底值或二氧化碳浓度超过本底值，且对环境风险受体无持续性的影响。
轻度	环境指标未超过项目所在地环境质量标准/环境本底值或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有一定的不利影响，可以修复。
中度	部分环境指标超过项目所在地环境质量标准/环境本底值，或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有一定的不利影响，可以修复。
重度	部分环境指标超过项目所在地环境质量标准/环境本底值，或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有一定的不利影响，难以修复。
严重	绝大部分环境指标超过项目所在地环境质量标准/环境本底值，或二氧化碳浓度超过本底值，且对所在地环境风险受体有严重的不利影响并造成不可逆的损害。

已有研究表明海底 CO_2 泄漏会引起 pH、碱度、溶解氧等环境要素变化，其中影响最大的是 pH 下降和水体酸化。近年来二氧化碳泄漏模拟实验的泄漏速率及泄漏量大小不一，中国海洋大学进行了海底泄漏 CO_2 扩散多尺度模型模拟初步研究，在小孔泄漏 100kg/s 的情况下，小孔出流速度较大，在初始动量和 CO_2 气泡浮力的影响下，在浅海区域气泡会很快到达水面，CO_2 泄漏影响范围主要集中在泄漏点以上水体，水平影响距离和当地的流速和水深有关，20m 水深，0.2m/s 流速情景下，CO_2 泄漏造成 pH 下降 0.5 单位左右，影响范围主要集中在周围 500m 范围内。

Kano 等在日本海岸附近进行了海底泄漏 CO_2 扩散多尺度模型模拟研究，模拟情景是 CO_2 泄漏发生在海底 y 向 25m 宽、x 向 3000m 长的断层带上，在泄漏率为 94,600 t/y 的极端情况下，泄漏点上方海水中的 pH 最低下降到 7.6 左右，在 3800t/y 的泄漏源强下 pH 下降幅度小于 0.02，最小值为 8.21，对海水 pH 的影响较小。

Dewar 等（2013）以北海及周围水域为研究区域，进行海底 CO_2 泄漏模拟研究，模拟情景为泄漏面积 15×15 m^2 泄漏速率为 0.1207kg/s。海流速度为 10cm/s 情形下，冬季 pH 下降 2.03，夏季下降 2.02，季节对 pH 变化的影响比较小；当流速为 1cm/s 时，pH 减小 2.34 个 pH 单位。

Phelps 等（2014）模拟了北海 CO_2 管道大规模泄漏的情景，一天内 5000t 二氧化碳的短期泄漏导致释放点显著酸化，使 pH 减少多达 1.92pH 单位。0.1pH 单

位及更大的扰动通常局限在小于 10 公里范围内；大潮期间，扩散距离会达到 17 公里处。相比之下，长期每天 1000t CO_2 的泄漏仅使释放点的 pH 最多减少 1.19 pH 单位，局部扰动比短期泄漏情况弱得多。

pH 下降和水体酸化，可能对海洋生物产生潜在影响。海水酸化能够降低碳酸钙的饱和度，从而威胁贝壳生物和钙化藻类的生长。海水酸化也能干扰鱼类等生物的早期发育过程，导致组织损伤和器官发育迟缓，甚至诱发个体死亡。由于不同生物种类对于 CO_2 的敏感性存在差异，当敏感生物类群受到显著影响时，又可能导致食物链和食物网结构的破坏，从而破坏海洋生态系统的物质循环和能量流动过程。采用我国近海广泛分布的浮游生物黑褐新糠虾(Neomysis awatschensis)和鱼类海洋青鳉鱼(Oryzias melastigma)等海洋生物为研究对象，开展了二氧化碳暴露毒理学实验，发现黑褐新糠虾对于 pH 下降比较敏感，暴露 12 小时后，当 pH 下降至 6.3 以下时开始出现个体死亡，pH 下降至 5.7 时能够导致 50%的个体死亡。海洋青鳉鱼对 pH 下降的耐受性较强，暴露 48 小时后，当 pH 下降至 5.5 以下时开始出现个体死亡，pH 下降至 4.9 时能够导致 50%的个体死亡。

根据以上研究结果可知，当本项目发生 CO_2 泄漏事故后，泄漏点周边 CO_2 浓度超过本底值，可能对所在地环境风险受体有一定的不利影响，但持续时间短且可以恢复，其影响程度为“轻微”。

8.5.2.3 小结

参考《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》，针对环境风险受体（海洋环境），需按照环境风险矩阵法确定风险水平，以其中风险级别最高的作为环境风险水平评估的最终结论。对于环境风险水平评估为中等风险水平及以上的项目，其环境风险水平为不可接受，应进行详细地系统诊断，并再次评估项目的环境风险水平，直至达到低风险水平及以下。本项目在运输环节的风险可能性类别为“不大可能”，潜在 CO_2 泄漏事故影响程度为“轻微”，因此本项目 CO_2 风险水平评估为“低风险”。

8.6 风险事故情形分析

8.6.1 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、平台容器泄漏、平台火灾爆炸、海底混输管道及脐带缆泄漏等。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如表 8.6-1。

表 8.6-1 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泵停输，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	详见本章 8.7 小节。
生产阶段	平台火灾、爆炸	生产阶段在平台上进行油气的输送或处理等作业，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。
	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。
	海底管道及脐带缆泄漏	海底管道和脐带缆可能因穿孔、破裂等事故导致油气、甲醇、乙二醇、二氧化碳等物质泄漏。本项目 BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 路由经过大陆坡区域，存在海床不稳定风险，如遭遇陆坡滑塌则可能导致海底管道受损泄漏。其他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。
	船舶碰撞	在生产阶段，主要有供应船进行人员、物质的运送和供给，供应船与平台等周围设施之间可能产生碰撞造成船舶储油舱泄漏。

8.6.2 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。

8.6.2.1 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 8.6-2。

表 8.6-2 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）

本项目共钻 21 口生产井、1 口 CO_2 回注井，预留 7 口井，预留井全部按生产井考虑。则本项目新建平台在钻完井过程中发生井喷事故的概率为 1.4×10^{-3} 次；在生产过程中发生井喷事故的概率为 7.3×10^{-5} 次/年。

8.6.2.2 新建平台容器泄漏

《国际油气生产商协会风险评估数据指南》统计的储罐事故概率见表 8.6-3，本项目新增储罐泄漏计算结果见表 8.6-4。

表 8.6-3 容器泄漏概率统计

罐类别	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 8.6-4 本项目新建平台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 BD21-1 CEPA	常压储罐	48	1.4×10^{-4}
	带压储罐	23	1.1×10^{-3}

8.6.2.3 新建平台火灾、爆炸

根据 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 BD21-1 CEPA 平台设有油气处理区及油气传输区，发生火灾事故的概率为 4.3×10^{-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。

8.6.2.4 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》，挪威船级社的《Riser/Pipeline Leak Frequencies》对 PARLOC 报告进行了修正，具体泄漏概率见表 8.6-5。

表 8.6-5 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
柔性管（海底管道）	全部	2.3×10^{-3}	次/km·a
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

海底管道在平台侧有一根钢制立管，由此估算本项目海管发生泄漏事故的概率，计算结果见表 8.6-6。此外，根据挪威岩土工程研究所（NGI）宝岛海域海底边坡稳定性分析报告中的分析结果，海底滑坡造成海底设施灾难性失效的概率约为 5×10^{-4} 次/年，相较于其他导致海底管道泄漏事故的原因，海底滑坡造成海底管道泄漏的概率贡献较小。综上所述，本项目海管发生事故的概率为 1.1×10^{-2} 次/a，立管事故引发溢油的概率为 1.8×10^{-3} 次/a。

表 8.6-6 海底管道及立管管道泄漏概率

管道名称	输送介质	管长（km）	管径（in）	海管泄漏概率	立管泄漏概率
BD21-1 C4 至 BD21-1 C3 混输管道	油/气	11.5	8	5.9×10^{-4}	--
BD21-1 C3 至 BD21-1 C2 混输管道	油/气	3.6	8	1.8×10^{-4}	--
BD21-1 C1 至 BD21-1 C2 混输管道	油/气	4.4	8	2.2×10^{-4}	--
BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 18 寸混输管道	油/气	14.8	8	1.5×10^{-3}	9.1×10^{-4}

管道名称	输送介质	管长（km）	管径（in）	海管泄漏概率	立管泄漏概率
LS18-1 C1 至 LS18-1 C2 混输管道	油/气	10.3	18	5.2×10^{-4}	--
LS18-1 C2 至 LS18-1 C3 混输管道	油/气	8.2	16	4.2×10^{-4}	--
LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 混输管道	油/气	7.7	16	3.9×10^{-4}	--
LS18-1 C4 至 YL8-1 C1 混输管道	油/气	8.6	16	4.4×10^{-4}	--
YL8-1 C1 至 YL8-1 C2 混输管道	油/气	13.2	16	6.7×10^{-4}	--
YL8-1 C2 至 BD21-1 C2 混输管道	油/气	69.1	16	3.5×10^{-3}	--
BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 16 寸混输管道	油/气	14.8	16	1.5×10^{-3}	9.1×10^{-4}
LS18-1 C1 至 LS17-2 15D 混输管道	油/气	12.0	16	6.1×10^{-4}	--

本项目还将通过脐带缆为水下井口供应甲醇等物质，参考挠性管泄漏概率，估算本项目脐带缆发生泄漏事故概率如下表所示。由于在线量较小，脐带缆泄漏后不会对周边海域海洋生态环境造成严重影响。同时，本项目在设计和运行过程中将通过腐蚀控制、运行管理、运行参数调节等多方面措施确保脐带缆安全可靠运行。

表 8.6-7 脐带缆泄漏概率

名称	长度（km）	泄漏概率
BD21-1 CEPA 平台至 BD21-1 C2 管汇脐带缆	15.5	3.6×10^{-2}
BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 C1 脐带缆	4.6	1.1×10^{-2}
BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 C3 脐带缆	3.6	8.3×10^{-3}
BD21-1 C3 至 BD21-1 C4 脐带缆	11.5	2.6×10^{-2}
深海一号至 LS17-2-E3 管汇脐带缆	21.0	4.8×10^{-2}
LS17-2 15D 至 LS18-1-C1 脐带缆	9.1	2.1×10^{-2}
LS17-2 E3 至 LS17-2 15D 脐带缆	11.9	2.7×10^{-2}
LS18-1 C1 至 LS18-1 C2 脐带缆	10.3	2.3×10^{-2}
LS18-1 C2 至 LS18-1 C3 脐带缆	8.2	1.9×10^{-2}
LS18-1 C3 至 LS18-1 C4 脐带缆	7.7	1.8×10^{-2}
LS18-1 C4 至 YL8-1 C1 脐带缆	8.6	2.0×10^{-2}
YL8-1 C1 至 YL8-1 C2 脐带缆	13.4	3.1×10^{-2}
BD13-3FOWT 至 BD13-3-A1M 脐带缆	2.7	6.2×10^{-3}

8.6.2.5 施工期船舶碰撞事故

本项目施工期新建平台及现有依托平台附近有浮吊船、驳船及铺管船等。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。根据《风险评估数据指南》，船舶与平台等油气田设施发生碰撞的概率见表 8.6-8。

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。

施工期供应船的储油舱一般设置在中部侧舷，而供应船通常系泊于钻井船附近，实际上发生碰撞的概率较低。即使由于操作失误而发生碰撞，也是供应船的尾部与钻井船碰撞，不会损坏储油舱。显然，只有当钻井船发生严重的火灾和爆炸事故时，才有可能发生燃料油泄漏。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 8.6-8 船舶碰撞事故概率统计

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

8.6.3 油气泄漏事故后果分析

8.6.3.1 建设阶段溢油量

海上建设阶段的油气泄漏事故所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，根据施工期铺管船的最大单舱储油量，可估算建设阶段的可能最大油气泄漏排放量见表 8.6-9。

表 8.6-9 建设阶段可能溢油量

事故	排放物质	排放量（m^3）
井喷	井流	难以估算
钻井船储油罐破裂	燃料油	40
施工储油舱破裂	燃料油	200
输油软管破裂或误操作	燃料油	5

8.6.3.2 生产阶段溢油量

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，估算 220m^3 作为混输海底管道泄漏溢油量。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 8.6-10。

表 8.6-10 生产阶段最大泄漏量

排放源	排放物	排放量（m^3）
新建平台火灾失控	井流	难以估计
海管/立管破裂	井流	220
平台容器泄漏（甲醇）	甲醇	10
平台容器泄漏（燃料油）	燃料油	13

8.6.3.3 环境风险与具代表性事故

根据上述分析，本项目新增的风险事故类型为井喷事故、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发生概率。

本项目海管/立管泄漏事故概率最大，海管/立管泄漏事故的泄漏量可达 220m^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。

8.7 地质性溢油及浅层气风险分析

8.7.1.1 开发方式分析

宝岛 21-1 气田群利用天然能量衰竭式开采，动用天然气地质储量合计***m^3，开采方式为衰竭式降压开发，开采方式为自喷开采。CO_2 回注到构造圈闭的咸水层中，CO_2 最大日注入量***m^3，高峰年回注量***m^3，预测 22 年累计回注量***m^3，预测 CO_2 回注过程中回注井最大井底流压 27.30MPa 低于预测破裂压力 38.52MPa，回注区整体上封闭性较好。基于目前地震资料显示，气田群范围内没有直通海底的“通天”断层，评估分析该气田群开发过程中发生地质性溢油的风险极小。

8.7.1.2 地质性溢油风险防范措施

a 钻完井溢油风险控制措施

（1）表层套管固井全封至泥线，技术套管和生产套管固井水泥浆封固所有油、气、水层，并上返至最上部的气层（埋深最浅的气层）顶部以上 200m。

（2）本次气田群开发项目设计除宝岛 21-1 气田目的层以外，均采用水基钻完井液体系。所有井段钻井液按照环保要求处理，例如使用前送样检测，取得国家主管部门颁发的排污许可证。海上对钻井液和钻屑进行收集，待检验达标后根据主管部门的批复排放，钻屑排放前，携带该钻屑的水基钻井液应符合其生物毒性容许值要求。

（3）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。

（4）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。

b 钻完井现场作业要求

（1）现场作业时参照 Q/HS 2028《海上钻井作业井控规范》井控装置试压的规定，按钻井设计要求对水下防喷器组、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；

（2）现场作业时根据《海洋钻井手册》下册第十五章第二节关于钻井作业的安全管理规定，储备足够的压井、堵漏材料和重泥浆；

（3）起下钻作业严禁猛提猛放，防止抽吸和压力激动；

（4）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；

（5）如遇溢流，要求采用硬关井，现场根据实际情况选择合理的压井方法。

（6）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；

（7）做好套管防磨损，保护套管的完整性，以防后期生产涉漏；

（8）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；

（9）作业过程中要按照《海洋石油弃井规范》（Q/HS2025-2020）做好钻井及完井过程中的临时弃井作业；

（10）如作业期间遇到台风等影响正常作业的恶劣天气，要做好避台前的井筒处理，确保井筒处于可控状态。

8.7.2 浅层气风险分析

8.7.2.1 浅层气钻完井应对措施

从设计到施工的全过程浅层气风险控制措施，具体如下：

a 井口位置及井轨迹设计

根据目前地震解释等工程勘察资料，通过井口位置优选，宝岛21-1气田群开发项目设计的21口采气井和1口CO_2回注井井口位置及井轨道均避开了与浅层气相关的异常反射区，分析认为不会钻遇浅层气，避免了浅层气钻井风险。

b 钻完井作业应对措施

（1）井口装置和采油树等级

宝岛21-1气田：采用10000psi井口装置和采油树。温度等级采用PU级（-29~121℃），并结合水下温压数据优化调整生产制度保障采油树安全。产品规范等级PSL 3G，性能等级PR2；生产通道材料防腐等级采用HH级；环空通道材料防腐等级采用FF级。

陵水18-1气田和永乐8区：采用10000psi井口装置和采油树，温度等级选用PU级（-29~121℃）。产品规范等级PSL 3G，性能等级PR2；生产通道材料防腐等级采用HH级；环空通道材料防腐等级采用FF级。

宝岛13-3浅水CO_2回注井：采用5000psi井口装置和采油树。温度等级采用U级（-18℃~121℃），产品规范等级PSL 3G，性能等级PR2；生产通道材料防腐等级采用HH级；环空通道材料防腐等级采用FF级。

（2）作业前准备与要求

针对距离浅层气相关异常反射区较近的井，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。

•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、消防应急演习。

• 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。

（3）表层钻进应对措施

• 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；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，应立即停钻观察，必要时注水泥塞封井。

（4）浅层气处理流程图

保密内容，已删除。

图 8.7-15 浅层气处理流程

（5）钻遇气层固井措施

• 压稳气层，优化钻井液性能，其液柱压力不低于地层压力加附加压力，循环时井口进出密度差小于 0.02g/cm^3。

• 优化冲洗液，提高顶替和固井质量。

• 采用防窜水泥浆体系，封固气层及以上 150～200m，应加入防气窜剂，并控制 API 失水在 30mL 以下，游离液为零，缓凝段用领浆封固。

8.7.2.2 CO_2 回注风险分析及防范措施

根据现有资料，宝岛 13-3 区三亚组一段发育厚层砂岩，平面分布范围广，砂体连续性较好，储层物性好；黄流组 500ms 之上断层不发育，且地层以厚层泥岩为主，具有较好的封盖能力，断层活化漏失风险较小。

分别从注入风险及沿井筒泄露开展风险分析得出：回注靶区地层压力 21.40MPa，按照破裂压力系数 1.8 计算破裂压力 38.52MPa，注入过程中最大井底流压 27.30MPa，未超过地层破裂压力；距离最近的 BD13-3-1 井地漏实验测得最大井底处压力 24.18MPa，回注过程中预测该井处最大地层压力 20.73MPa，未超过井筒泄漏压力，分析认为回注区风险较低。同时制定监测计划，注气井安装双井下永久式压力温度传感器，实现全注入周期 CO_2 注入压力及注入能力监测，后期进行时移地震采集，监测分析 CO_2 羽流在地下的运移扩散情况。

针对宝岛 13-3 回注区制定风险防范措施，包括在宝岛 13-3 区预留 1 口回注

井接入能力，满足注入能力不足时的加井需要；BD21-1-6d井区CO_2含量62.77%，将该高碳井区2口开发井暂时关井，高峰日注入量由$167\times10^4m^3$降低至$93\times10^4m^3$，累注入量降低$29.96\times10^8m^3$。

8.7.3 地质性溢油及浅层气风险分析结论

综上所述，结合地震资料及探井实钻资料分析认为宝岛21-1气田群目的层上方沉积厚层泥岩，盖层稳定，封闭性较好。21口采气井为衰竭开发，1口CO_2回注井注入压力未超过破裂压力。宝岛21-1气田群各开发区块内无通天断层发育，宝岛21-1气田、永乐8-1气田合计12口设计井的井轨迹穿过断层，但穿过断层中的最浅断层距离海底880（永乐8-1气田）～1060米（宝岛21-1气田），其余井轨迹过路位置在目前地震资料上未识别出断层，且未穿断层的井轨迹距断层尚有一定距离。同时，在该区已有的21口探井、评价井的钻探过程中，未查询到地质性溢油事件的记录；据此，认为宝岛21-1气田群22口设计井在钻完井过程中发生断层溢油风险均较小。宝岛21-1气田群有探井钻遇浅层气，但是综合工程物探勘察结果分析表明，通过井口位置优选，宝岛21-1气田群开发项目设计的21口采气井和1口CO_2回注井井口位置及井轨道均避开了与浅层气相关的异常反射区，分析认为不会钻遇浅层气，避免了浅层气钻井风险。开发方案对井身结构、井口装置、钻井工艺技术、井筒选材满足设计规范要求，采取并执行相应的技术措施后能够保证钻井作业期间控制在一级井控范围，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及浅层气风险是可控的。

8.8 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。

8.8.1 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；为油粒子受风影响的漂移偏角，取值与风速的大小有关，公式为：

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

油粒子漂移轨迹计算公式为：

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

其中：S_0 为初始时刻，S 为油膜中心点所在位置，Vl(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。

8.8.2 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

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

其中：ra'为α=(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。kα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。

8.8.3 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。

（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；θ—挥发系数，取 $2.5\times10^{-3}U_w^{0.78}$；$U_w$—风速。

T_0、T_G的数值常参考如下常数：

$$T_0 = 532.98-3.1295*API$$

$$T_G = 985.62-13.597*API$$

式中：API—15.5℃时凝析油密度与 4℃时水的密度的比值。

API 度与相对密度的相关关系式为：

API 度（15.5℃）=（141.5/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。

（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）。

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

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

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

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：

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

式中：η_i—乳化后油的运动粘性系数；

η^{oil}—乳化前油的运动粘性系数。

8.8.4 溢油量及溢出方式

本项目最具代表性的事故类型为海管泄漏事故。鉴于本项目新建 BD21-1 C2 管汇至 BD21-1 CEPA 海底混输管道 2 输量较大，平台附近发生海底管道泄漏事故的概率更大，且 BD21-1 CEPA 与本项目附近敏感目标距离较近，本次评价选取该管道近新建 BD21-1 CEPA 平台侧发生全管径断裂作为风险事故预测情形。

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

$$V_{rel} = 0.1781 \cdot V_{pipe} \cdot f_{rel} \cdot f_{GOR} + V_{pre\text{-}shut}$$

式中：V_{rel} 为原油泄漏量，bbl（1bbl≈0.159m^3）；

V_{pipe} 为管段体积，ft^3（1ft^3≈0.0283m^3）；

f_{rel} 为最大泄漏率，根据海底管道内外压力，取 0.50；

f_{GOR} 为输送条件降低因子，取 0.26；

$V_{pre\text{-}shut}$ 为截断阀关闭前泄漏量，bbl。

8.8.4.1 自动关断系统启动前泄漏量

自动关断系统启动前泄漏量（$V_{pre\text{-}shut}$）根据 BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 海底混输管道液体泄漏速率与泄漏时间进行计算：

$$V_{pre\text{-}shut} = Q_L \cdot t$$

式中：Q_L—液体泄漏速率，m^3/s；

t——泄漏时间，s。

根据 BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 海底混输管道典型年份水力、热力计算结果，其最大输液量约为 58.7m^3/d（即 0.00068m^3/s，2029 年）。该海管配有自动关断系统，当海底管道发生泄漏事故时，在 30s 内即可启动，因此 t 取 30s。根据上式，该管道发生全管径断裂情况下，在自动关断系统启动前的泄漏量约为 0.02m^3。

8.8.4.2 自动关断系统启动后溢油量

自动关断系统启动后，管道内压力逐渐下降，当管道内压力下降至与管道外环境压力相同时，管道内流体将不再溢出管道。根据美国矿业管理部管道油品泄漏量估算导则，管道内流体最大释放量分数（f_{rel}）通常以溢油点管道压力与外部环境压力的相对压力比（P_{rel}）进行估算，详见表 8.8-1。

表 8.8-1 最大释放量分数（f_{rel}）与相对压力比（P_{rel}）关系表

P_{rel}	f_{rel}	P_{rel}	f_{rel}
1.1~1.2	0.08	5~10	0.55
1.2~1.5	0.17	10~20	0.64
1.5~2	0.30	20~30	0.71
2~3	0.40	30~50	0.74
3~4	0.47	50~200	0.76
4~5	0.50	>200	0.77

针对溢油点管道压力与外部环境压力的相对压力比（P_{rel}），其计算公式为：

$$P_{rel}=P_{pipe}/P_{surr}$$

式中：

P_{pipe}—管道内的实际压力，kPaA；

P_{surr}——环境压力，kPaA。

该管道近平台端所处海域水深约为 220m，则其环境压力约为 2300kPaA，该

管道内压力取 2029 年输送平台端压力 9900kPaA，则 P_{rel} 为 4.3。根据表 8.8-1，该管道内流体最大释放量分数（f_{rel}）应为 0.50。则该管道自动关断系统启动后泄漏量应为 $0.1781 \cdot V_{pipe} \cdot f_{rel} \cdot f_{GOR}$，经计算得 252.95$m^3$。

8.8.4.3 管道泄漏量合计

$$V_{rel} = 0.1781 \cdot V_{pipe} \cdot f_{rel} \cdot f_{GOR} + V_{pre\text{-}shut} = 252.97 m^3$$

新建 BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 海底混输管道典型年份输液量为 58.7m^3/d（2029 年），其中原油 50.4m^3，水 8.3m^3，则该管道发生全管径断裂情况下溢出的油量约为 217.2m^3，同时，综合考虑溢油关断、封堵，最终确定 BD21-1 CEPA 平台附近海底管道溢油量为 220m^3。BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 海底混输管道输送的原油密度约 750kg/m^3，属凝析油，油膜漂移预测时间为溢油后的 48h。

8.8.5 风场

根据第四章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 8.8-2 所示。

表 8.8-2 工程海域风场

风向	NE（主导风向）	ENE（主导风向）	E（不利风向）	SE	S	SW
平均风速（m/s）	***	***	***	***	***	***
最大风速（m/s）	***	***	***	***	***	***

8.8.6 预测结果

8.8.6.1 油膜漂移轨迹

新建 BD21-1 C2 至 BD21-1 CEPA 海底混输管道于近 BD21-1 CEPA 平台侧发生溢油后，主导风向和不利风向平均风情况下溢油油膜漂移轨迹见图 8.8-1；主导风向和不利风向极值风情况下溢油油膜漂移轨迹见图 8.8-2。

保密内容，已删除。

图 8.8-1 BD21-1 CEPA 平台处溢油平均风速下油膜轨迹

保密内容，已删除。

图 8.8-2 BD21-1 CEPA 平台处溢油极值风速下油膜轨迹

8.8.6.2 油膜抵岸时间及漂移平均速率

不同风向平均风速和极值风速作用下，溢油开始 48h 内油膜漂移距离、漂移的平均速度、扫海的面积等见表 8.8-3 和表 8.8-4。

表 8.8-3 溢油平均风条件下油膜漂移预测结果

风向		NE	ENE	E	SE	S	SW
风速(m/s)		***	***	***	***	***	***
漂移距离(km)	2h	***	***	***	***	***	***
	12h	***	***	***	***	***	***
	24h	***	***	***	***	***	***
	48h	***	***	***	***	***	***
平均速度(km/h)		***	***	***	***	***	***
扫海面积(km^2)	2h	***	***	***	***	***	***
	12h	***	***	***	***	***	***
	24h	***	***	***	***	***	***
	48h	***	***	***	***	***	***
残存油量(%)	2h	***	***	***	***	***	***
	12h	***	***	***	***	***	***
	24h	***	***	***	***	***	***
	48h	***	***	***	***	***	***
残存油量＜1%时间(h)		***	***	***	***	***	***

表 8.8-4 溢油极值风条件下油膜漂移预测结果

风向		NE	ENE	E	SE	S	SW
风速(m/s)		***	***	***	***	***	***
抵岸时间(h)		***	***	***	***	***	***
漂移距离(km)	2h	***	***	***	***	***	***
	12h	***	***	***	***	***	***
	24h	***	***	***	***	***	***
	48h	***	***	***	***	***	***
	抵岸前	***	***	***	***	***	***
平均速度(km/h)		***	***	***	***	***	***
扫海面积(km^2)	2h	***	***	***	***	***	***
	12h	***	***	***	***	***	***
	24h	***	***	***	***	***	***
	48h	***	***	***	***	***	***
	抵岸前	***	***	***	***	***	***
残存油量(%)	2h	***	***	***	***	***	***
	12h	***	***	***	***	***	***
	24h	***	***	***	***	***	***
	48h	***	***	***	***	***	***
	抵岸前	***	***	***	***	***	***
残存油量＜1%时间(h)		***	***	***	***	***	***

8.8.6.3 溢油对敏感目标的影响

溢油在溢油漂移和扩散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。本项目附近海域主要环境敏感目标为其他红线区、海南万宁大洲岛海洋生态自然国家级保护区、海南万宁老爷海国家级海洋公园以及重要渔业水域等。本次模拟选取了项目附近海域主要敏感目标，选取能够抵达这些敏感目标的最不利风向，计算了溢油抵达这些敏感目标的最短时间。由表 8.8-5 可以看出，BD21-1 CEPA 平台附近管道发生溢油事故时，在 E 风向极值风速条件下最短 20.1h 可到达其他红线区，在 SE 风向极值风速条件下最短 3.7h 可到达鲐鱼粤西外海区产卵场。此外，本项目若发生溢油事故，溢出凝析油的残存油量将在 10h 内降低至 1%以下，由此可知，若本项目 BD21-1 CEPA 平台附近管道发生溢油事故，不会影响到 92km 外的其他红线区。

表 8.8-5 溢油抵达敏感目标的最短时间

环境敏感目标		距溢油点最短距离及方位	风向/风速(m/s)	油膜到达的最短时间(h)
重要敏感区	其他红线区	***	***	***
	海南万宁大洲岛海洋生态自然国家级保护区	***	***	***
	海南万宁老爷海国家级海洋公园	***	***	***
一般敏感区	鲐鱼粤西外海区产卵场	***	***	***
	蓝圆鲹粤西外海区产卵场	***	***	***
	深水金线鱼产卵场	***	***	***
	绯鲤类海南岛以东近海产卵场	***	***	***
	脂眼鲱海南岛以东近海产卵场	***	***	***
	短尾大眼鲷南海北部产卵场	***	***	***
	南海北部幼鱼繁育场保护区	***	***	***

8.9 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。

8.9.1 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，本项目制定了相应的应急预案，可以迅速反应将溢油控制和回收，总体而言油气泄漏风险概率很低，油气泄漏事故可防可控。

8.9.2 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。

8.9.2.1 设计阶段防范措施

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，本项目的设计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。

8.9.2.2 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；

整个钻井过程中实时监测井下储层特性和压力的变化；

设置灭火系统，关键场所设手提灭火器；

制定严密的油气污染应急预案，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 海底管道及脐带缆事故防范措施

本项目 BD21-1C2 至 BD21-1CEPA 经过大陆坡区域，存在海床不稳定风险，如遭遇陆坡滑塌则可能导致海底管道受损泄漏。根据挪威岩土工程研究所（NGI）宝岛海域海底边坡稳定性分析报告中的分析结果，海底滑坡造成海底设施灾难性失效的概率约为 5×10^{-4} 次/年，相较于其他导致海底管道泄漏事故的原因，海底滑坡造成海底管道泄漏的概率贡献较小。

针对陆坡影响，在设计阶段开展了陆坡稳定性及海底管道路由选择、陵水永乐侧集输路径优选等多个专题研究。在路由选择方面，经过比选，选定的路由方案整体直线为主，经过同一坡谷间距 30m 布置，相对于其他路由方案陡坎数量和滑塌风险区较少；在海底管道铺设施工方面，参考此前在陆丰沙坡沙脊的施工经验，拟采用海床处理机进行水下吹削，平整路由区域，将现有悬空长度降至许用长度以内，满足管线设计、计算要求。

此外，在生产运行期内还将实施以下海底管道及脐带缆事故防范措施：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。

油气传输系统中的主要设备和管道均设置相应的压力、液位和温度报警系统与安全泄压保护装置，对于易发生泄漏的管路全部根据最大压力和最高温度设计，重要位置设置相应的应急关断系统。

定期对海底管道进行清管作业，不定期对海管进行巡线。

d 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，在设计中已针对平台各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、防爆设别，并采取了有效的隔离措施来降低危险程度。

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

作业者将制定相应的保护和监测程序，由值班船对平台周围进行巡视，驱散在安全区范围内作业的渔船，确保平台设施的安全性。

按照《海上固定平台安全规则》的要求，在平台上设置助航标识灯、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。

8.9.3 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，制定科学的应急预案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。

8.9.3.1 制定油气污染应急预案

建设单位制定了严格的环境管理制度，本项目投产之前建设单位将编制《宝

岛 21-1 气田群开发项目油气污染应急预案》，并将编制的应急预案于投产前报相关主管部门备案。

海南公司应急组织机构和溢油应急联络流程见图 8.9-1。

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公司提供其安全应急预案和油气污染应急预案。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。

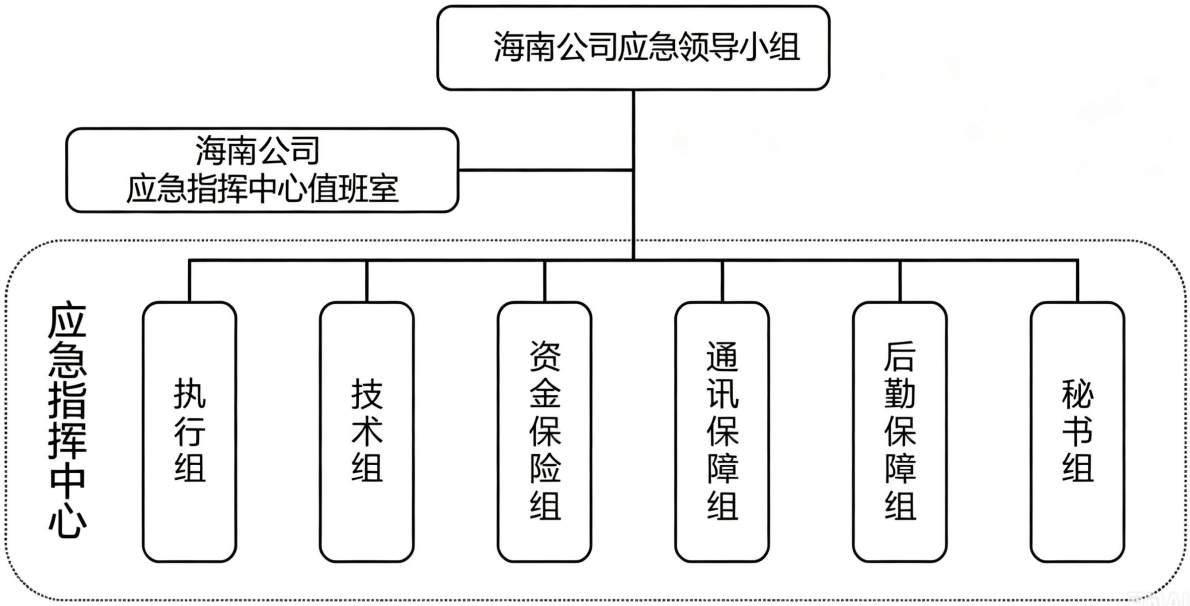

图 8.9-1 建设单位应急组织机构

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 8.9-2。

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。

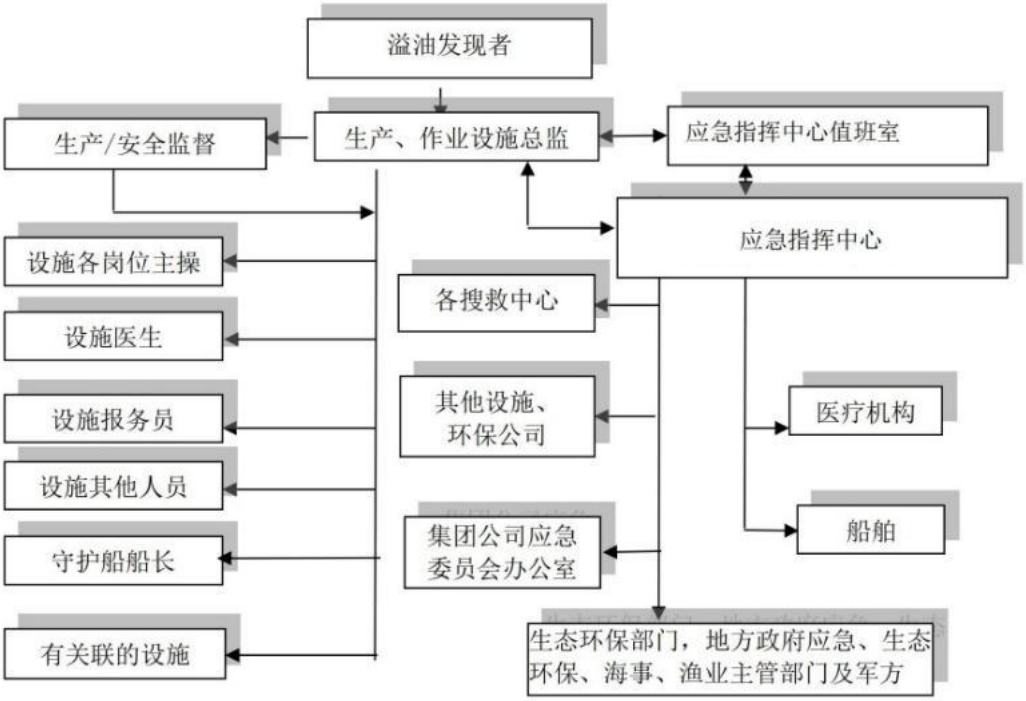

图 8.9-2 溢油应急报告流程

8.9.3.2 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。

参考海南公司实行溢油事故处理决策分级管理。对安全生产及环境敏感区产生的不良影响较小，作业现场所能控制的范围的溢油。各装置发生溢油泄漏量小于等于 0.1 吨，立即启动《宝岛 21-1 气田群开发项目油气污染应急预案》，溢油现场处置由各气田总监根据海南公司应急指挥中心的授权进行决策处置，现场应急机构为陵水-崖城作业公司各生产设施安全应急执行小组。生产设施应及时将最新情况报告海南公司应急指挥中心，取得海南公司的各种支持。

对溢油量在 0.1 吨以上，溢油现场立即报告海南公司应急指挥中心，指挥中心按油气污染应急预案启动应急指挥并直接决策处理。

8.9.3.3 事故应急处理措施

a 井喷事故应急措施

1)现场人员发现井涌险情立即报告平台长；

2)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；

3)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；

4)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；

5)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；

6)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。

7)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：

8)立即按照指令关闭生产流程；

9)广播通知所有人员事故情况；

10)通知守护船提供协助；

11)报告分公司应急指挥中心已采取行动和效果；

12)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油气污染应急预案；

13)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；

14)若发生火灾、爆炸，在保证人员安全的前提下组织人员灭火；

15)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；

16)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

1)发现生产流程参数异常变化，立即报告平台长；

2)启动应急预案，通过广播通告事故情况；

3)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；

4)对生产流程进行全面检查，根据情况实施生产关断；

5)根据情况对破损海管进行泄压及海水置换的工艺处置；

6)通知守护船前往管道破损地点，勘察现场溢油情况；

7)启动油气污染应急预案清理海面油污，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 平台火灾/爆炸事故应急措施

1)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；

2)立即向中控或油气田总监报告事件的位置、类型和程度；

3)现场应急消防队穿好消防救生设备，到达事故现场；

4)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；

5)如有伤员，抢救伤员到安全地带；

6)防止火灾蔓延，对周围设备设施采取有效地隔离、降温；

7)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；

8)通知守护船立即到现场附近待命或实施救助；

9)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

1)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、平台长，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；

2)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；

3)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；

4)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开海上设施；

5)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。

8.9.4 溢油风险应急措施有效性分析

当海上发生溢油事故时，根据实际情况和溢油事故现场的需要，按照预先制定的油气污染应急预案，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 8.9-3。

保密内容，已删除。

图 8.9-3 溢油应急资源分布（与 BD21-1 CEPA 平台距离）

8.9.4.1 配置溢油应急资源

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，按照预先制定的油气污染应急预案中的设备动员流程图，选择相应的设备应对溢油事故，保证溢油应急响应的快速高效，最大程度控制和减少溢油污染。正确合理的选择溢油应急资源对妥善处理溢油事故有着十分重要的作用。

a 本项目配置的溢油应急资源

建议在新建 BD21-1 CEPA 平台配备溢油应急物资，详见表 8.9-1。

表 8.9-1 新建 BD21-1 CEPA 平台溢油应急物资

序号	溢油应急物资	数量
1	充气式橡胶围油栏	400 米
2	防爆动力站	2 套
3	充吸气机	1 套
4	撇油器	1 套
5	喷洒装置	1 套
6	手持喷枪	2 个
7	储油囊	4 套
8	吸油毛毡	2 箱
9	消油剂	5 桶
10	气动隔膜泵	2 台
11	清洗机	1 套

b 附近其他油气田及终端溢油应急资源

本项目附近的溢油应急设备主要配备在海洋石油 116 号 FPSO、LS17-2 SEMI 平台、南山终端和崖城 13-1 气田等处，其它油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。附近其他油气田配备的主要溢油应急设备清单如下。

表 8.9-2 海洋石油 116 号 FPSO 溢油应急资源

名称	型号/规格	数量	存放位置
充气式橡胶围油栏	WQJ2000	600 米	海洋石油 116 号 FPSO
充气式围油栏集装箱	WX2000	3 套	
围油栏动力站	WQJ2000-00-02	1 套	
船用喷洒装置	PSB100	1 套	
围油栏拖头	WQJ2000-00-02	2 套	
充吸气机	FGC	1 套	
浮动油囊	FN10	2 套	
高压蒸汽清洗机	HDS 1000 DE	1 套	
LAMOR 浮式收油机	LMS	1 套	
吸油棉	SPC 牌 100 片/箱	6 箱	
木屑	--	200 包	
抹布	--	300kg	
桶、铲	--	60 套	

表 8.9-3 LS17-2 SEMI 平台溢油应急资源

溢油应急物资	数量	存放地点
充气式橡胶围油栏	400 米	主甲板溢油装备集装箱内
防爆动力站	2 套	主甲板溢油装备集装箱内

溢油应急物资	数量	存放地点
吸气机	1 套	主甲板溢油装备集装箱内
集装箱	4 个	主甲板柴油吊机北侧
撇油器	1 套	主甲板溢油装备集装箱内
喷洒装置	1 套	主甲板溢油装备集装箱内
手持喷枪	2 个	主甲板溢油装备集装箱内
储油囊	4 套	主甲板溢油装备集装箱内
吸油毛毡	2 箱	生产甲板南侧
消油剂	5 桶	生产甲板南侧
气动隔膜泵	2 台	主甲板溢油装备集装箱内

表 8.9-4 崖城 13-1 气田、南山终端溢油应急资源一览表

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	南山终端 C28 防溢油集装箱
撇油器	Skim-Pak	1 台	
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(手动)	带驱动液压泵	1 台	南山终端配餐大棚
柴油机(电动)	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	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）	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 Petreleum	65 条	
吸油栏	3M POWERSORB	3 条	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	200 米	南山终端/二级堆场

名称	型号	数量	存放地点
	波高 1.5 米，最大抗风速 15m/s，最大抗流速 2Kn。		

c 环保船

海洋石油 255 号环保船在乌石油田群执行应急值守服务，同时能在一定时间内到达分公司所辖油气田提供应急支援。海洋石油 255 号环保船主要性能参数见表 8.9-5。

表 8.9-5 海洋石油 255 号环保船主要性能参数

序号	主要性能	尺度
1	主尺度	75×15.2×7m
2	主机功率	1520kW×4
3	最大航速	15.2kn
4	续航力	8000 海里
5	自持力	30 天
6	溢油回收能力	2×100m^3/h
7	溢油/测试井液舱/污油水回收舱容	441.71m^3+227.06m^3
8	溢油监测	不小于 4.5 公里
9	溢油设备安装形式	舷侧内置式
10	消油剂存储舱	每侧喷洒能力 15 方/小时
11	对外消防系统	1200m^3/h×2
12	最大载货量	2052t

8.9.4.2 应急响应时间分析

本项目可调动的应急力量到达溢油应急现场时间，详见表 8.9-6。

表 8.9-6 溢油应急设备到达溢油应急现场时间

起点	终点 BD21-1 CEPA 平台附近	距离（km）	动员、装船时间（h）	航行时间（h）	到达溢油现场时间（h）
BD21-1 CEPA	溢油现场	--	2	--	2
海洋石油 116 号 FPSO	溢油现场	128	2	5.8	7.8
LS17-2 SEMI	溢油现场	147	2	6.6	8.6
南山终端	溢油现场	253	2	11.4	13.4
崖城 13-1 气田	溢油现场	276	2	12.4	14.4

注：表中所有计算均以直线航行距离为计算基础，船舶航行速度为平均巡航速度 12 节（约 22.2 公里/小时）。在实际中，陆地运输受交通路况影响；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内到达指定地点进行海面溢油的围控和回收作业。

根据环境风险预测结果，BD21-1 CEPA 平台附近管道发生溢油事故时，在 E 风向极值风速条件下最短 20.1h 可到达其他红线区，在 SE 风向极值风速条件下最短 3.7h 可到达鲐鱼粤西外海区产卵场。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 2h 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对其拦截。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。

8.9.4.3 应急能力可行性分析

由于目前尚未发布海上油气田的溢油应急能力评估方法，本项目主要根据海洋油气田开发工程现场溢油应急适用情况、部分参照《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T 877-2013）的基础上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

- 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：

$$L = \ln(0.1t + 1)\sqrt{\frac{60\pi V}{d\varphi}}$$

式中，

L——围控溢油所需围油栏长度，m；

V——泄漏凝析油体积，m^3，本次事故溢油量为 $220m^3$；

t——溢油发生之后的时间，h；

π——圆周率，无量纲；

d——油膜厚度，m，在 0.005-0.05m 之间，这里取 0.01m；

φ——围油栏利用系数，取 0.9。

按本次最具代表性事故海管断裂泄漏量 $220m^3$ 进行计算围控溢油所需的围油栏长度，发生溢油 2h（BD21-1 CEPA 应急资源抵达时间）时残存油量约 45%，所需要的围油栏长度约为 270m。

- 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（m^3/h）；

V——总溢油量，单位为方（m^3）；

b——机械回收量占总溢油量的比例，40%~60%，取 50%；

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。

本项目溢油量为 220m^3，取发生溢油 2h 后开始核算机械回收能力，此时残余油量约为 99m^3，在 12h 内回收所需的机械回收能力约为 6.7m^3/h。

- 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，则本项目临时能力应至少为 80.4m^3。

b 应急能力符合性分析

根据计算结果，发生溢油 2h（BD21-1 CEPA 平台溢油应急资源抵达时间）时所需要的围油栏长度约为 270m；所需的机械回收能力约为 6.7m^3/h，所需的临时储存能力应约为 80.4m^3。本项目可调动围油栏共约 400m（2h）；可调动的溢油回收能力共约 240m^3/h；可调动的临时储油能力共约 780m^3/h。建设单位可调动的临时储油能力可以满足本项目最具代表性事故的应急需求。本项目溢油应急能力符合分析见下表。

表 8.9-7 溢油能力分析

溢油规模	所需溢油应急能力估算		附近溢油应急资源	是否满足本项目溢油应急能力要求
220m^3	围油栏（m）	270（2h）	400	可以满足要求
	机械回收能力（m^3/h）	6.7	240	
	临时储存能力（m^3）	80.4	780	

在海况允许和应急响应及时的情况下，本项目附近可调动的溢油应急设备可以满足本项目在合理时间内对最具代表性事故的溢油规模 220m^3 做出适当的反应。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中对溢油应急防范和处理的要求。

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50μg/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油气污染应急预案，调度区域内的溢油应急资源进行应急响应。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、油田调集吸油毛毡、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，有必要时调集围油栏，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。

8.10 评价结论与建议

本次评价识别出来的环境风险类型包括井喷、输油软管破裂、平台容器泄漏、地质性溢油及浅层气风险、平台火灾爆炸、海底管道泄漏、施工期船舶碰撞泄漏等事故。本项目最具代表性事故为海底管道泄漏事故。选取了不利的溢油位置作为溢油点进行了模拟预测，溢油量最大为220m^3。

根据预测结果分析，BD21-1 CEPA平台附近管道发生溢油事故时，在E风向极值风速条件下最短20.1h可到达其他红线区，在SE风向极值风速条件下最短3.7h可到达鲎鱼粤西外海区产卵场。建设单位应引起足够的重视，做好应防范和应急响应的准备。

本此溢油风险预测假定新建BD21-1 C2至BD21-1 CEPA海底混输管道在近新建BD21-1 CEPA平台侧发生溢油事故，根据应急响应时间分析，本项目及附近可依托的溢油应急资源可以在14.4h内到达溢油现场，并陆续进行溢油回收作

业。通过对溢油能力的计算，本项目及附近可依托的溢油应急设备可以满足本项目最具代表性事故溢油量的溢油应急能力要求。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。

建设单位将按照相关规定编制《宝岛 21-1 气田群开发项目油气污染应急预案》，并将编制的应急预案于投产前报相关主管部门备案。本项目投产前，本项目将纳入海南公司各级应急体系中统一考虑，并将本项目油气污染应急预案报相关主管部门备案，同时按照油气污染应急预案的要求开展好各种溢油应急准备和响应工作。

本项目从设计阶段采用了国际、国内先进标准，在建设和生产阶段采取了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，制定了油气污染应急预案，从组织机构、资源配备、处理程序等进行了详细规定，而且企业的油气污染应急预案与政府的分级响应机制相衔接。

综合以上分析，宝岛 21-1 气田群开发项目发生油气泄漏的概率较低，且本项目制定了周密的油气污染应急预案，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。

9 清洁生产与总量控制

9.1 清洁生产分析

清洁生产是指将综合预防的环境保护策略持续应用于生产过程和产品中，以期减少对人类和环境的风险。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。宝岛 21-1 气田群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。

本节将从本项目产品的清洁性分析、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 产品的清洁性分析

宝岛 21-1 气田建成投产后，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、焦碳的发热量，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，开发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。

项目新建一座 18MW 级电力辅助平台，用于风力发电，风能是一种洁净、可再生的一次能源，发电过程中不消耗矿物质能源，生产过程清洁。

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

本项目钻井作业部分井段采用水基钻井液，部分井段采用合成基钻井液。钻井液通过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。排放的钻井液及钻屑中重晶石最大值满足Hg≤1mg/kg、Cd≤3mg/kg，石油类含量≤8%；合成基钻井液全部运回陆地交由有资质的单位进行处理，不达标的合成基钻井液钻屑、气层段水基钻井液、气层段水基钻井液钻屑经收集后运回陆地处理，不排海。

本项目新铺设的海底管道、脐带缆和海底电缆全程均不挖沟铺设，直接平铺于海底，最大限度地减轻对底栖生物的破坏范围。同时通过尽量缩短施工作业工期，减缓并降低施工作业对海洋渔业资源的影响程度。

对钻完井作业、铺管/缆作业和海上设施安装作业等，建设单位制定了严格的安全环保作业规程，并严格遵照执行。

由此可以看出，本项目在建设阶段，通过钻井液的循环利用减少了污染物的排放量；用严格的环境安全管理来保证生产安全进行，避免污染环境的事故发生，从而达到清洁生产的目的。

9.1.3生产阶段采取的清洁生产措施

（1）选用先进的工艺及技术路线

本项目在生产过程中，生产物流处理将采用自动化控制程度高的全密闭工艺流程，所选用的技术和设备均为在国内外先进和成熟的技术和设备。

在本项目新建BD21-1CEPA中心平台的油气处理工艺系统中，主要设备和管线处均设置相应的压力、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。

新建BD21-1CEPA中心平台上设置独立的控制系统，控制系统功能包括生

产过程控制、公用系统控制、应急关断和火气探测报警。在新建 BD21-1CEPA 中心平台上布置宝岛区块水下生产系统控制设备，宝岛区块水下控制系统与平台控制系统通过硬线互传关断信号，并设置 ESD 联锁关断逻辑。

陵水/永乐区块水下控制系统放置在 LS17-2SEMI，通过卫星通信在 BD21-1CEPA 中心平台设置远程操作站。陵水/永乐区块水下控制系统与 LS17-2SEMI 通过硬线互传关断信号，LS17-2SEMI 与 BD21-1CEPA 中心平台通过卫星传输关断信号。CO_2 回注井水下控制系统设备放置在新建电力辅助平台，通过光纤与宝岛区块水下控制系统相连，共用操作站，并与宝岛平台控制系统之间互传关断信号。

通过上述分析可以看出，本项目选用了国内外先进工艺技术；生产物流处理全部采用自动化控制程度高的全密闭工艺流程；设置了探测报警和紧急关断系统等，这些措施均符合清洁生产相关法律法规的要求。

（2）污染物最大限度的资源化

项目建成后，来自各水下井口的全部井流汇集后输送到新建 BD21-1CEPA 中心平台进行处理，处理后的合格干气和凝析油通过拟建宝岛-万宁新建海管输往终端；2040 年及以后陵水永乐侧水下生产系统转向输往 LS17-2SEMI 平台处理。分离出的含油生产水经 BD21-1CEPA 中心平台和 LS17-2SEMI 的生产水处理系统处理达标后排海，从含油生产水中回收的污油打回生产流程，使之转化为产品，使污染物最大限度的资源化。

（3）设置污染物收集处理系统，减少及消除跑冒滴漏

在新建 BD21-1CEPA 中心平台上设有开式排放系统和闭式排放兼低压火炬系统，开式排放系统用于收集 BD21-1CEPA 中心平台的甲板初期雨水和冲洗水、危险区域和非危险区域容器及设备的溢出液。在开排沉箱中，油水在重力作用下分离，达到一定的液位时，由开排泵将处于沉箱上部的含油污水打入闭排罐中进行处理，底部分离出的水在达到排放标准后排海。闭式排放兼低压火炬系统主要接收来自开排的含油污水，工艺系统中带压容器、管线维修时排放出的带压流体，分离出的液体经闭排泵增压后进入凝析油分离器。

（4）必要的末端治理措施

a. 污水处理/处置

本项目生产过程中产生的含油生产水经新建 BD21-1CEPA 中心平台和 LS17-2SEMI 生产水处理系统处理达标（石油类月均浓度≤45mg/L）后排放。

新建 BD21-1CEPA 中心平台上产生的生活污水经生化电解法生活污水处理装置处理达标（COD 浓度≤500mg/L）后排海。

新建 BD21-1CEPA 中心平台上产生的初期雨水、甲板冲洗水和带压流体等其它含油污水经平台上设置的开/闭式排放系统进行收集后，最终进入平台的生产水处理系统进行处理。

b. CO_2 的封存与处置

宝岛区块部分井伴生气中 CO_2 含量较高（最高达 62%），为满足国家和公司对碳达峰、碳中和的要求，本项目所产天然气在 BD21-1CEPA 中心平台上进行脱碳处理，脱除的 CO_2 气体回注地层封存，达到清洁生产的目的。

c. 固体废弃物的处置

本项目新建的 BD21-1CEPA 中心平台上配置食品废弃物粉碎机，食品废弃物颗粒直径粉碎至 25mm 以下排放。除食品废弃物以外其它生活垃圾和生产垃圾等进行分类回收，然后运回陆地进行处理。

（5）现场管理中的清洁生产控制

在本项目生产过程中，对于各项操作均将制定明确的作业规程，同时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。采取具体措施规范生产及施工作业活动，尽最大可能避免危害环境的事件发生。这些措施主要包括：

- 污染物排放均按国家有关规定填写登记表。
- 定期对生产设备、探测报警及紧急关断设备进行检查维护。
- 贯彻执行国家相关的环境保护法规和标准，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。
- 定期对含油生产水和生活污水进行监测，监测含油生产水的石油类浓度和生物毒性容许值，监测生活污水中 COD 浓度。
- 实行环境保护会议制度，对生产中发现的环保问题及时研究出整改措施，

提出工作要求。

9.1.4清洁生产指标

宝岛 21-1 气田群开发项目的清洁生产分析指标参考《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》。该指标体系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值，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气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。

由表 9.1-2 和表 9.1-3 可见，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，宝岛 21-1 气田群开发项目的钻井作业的清洁生产综合评价指数为 93.3，采气作业清洁生产综合评价指数为 94.0，由此可知，本项目可评为清洁生产先进水平，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	92.1
		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	≤45	≤45	1	
		COD	mg/L	10	≤500	≤500	1	
		废弃钻井液	m^3/100m 标准进尺	15	≤10	21.8	0.46	
定性指标*								
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	10	95	
（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		

定量指标*					本项目钻井作业评价
		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规的符合性	20	废弃钻井泥浆处置措施满足法规要求		10	10
		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=0.6P1+0.4P2；$P_1=\sum_{i=1}^{n}S_i\times K_i$；$P_2=\sum_{i=1}^{n}F_i$					P=93.3
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（P_1）和定性指标（P_2）两部分。其中，定量指标根据项目实际值 Sxi 和评价基准值 Soi 进行单项评价指数计算：对于指标数值越高（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（采气作业）

定量指标						本项目采气作业评价		
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	≤65	1	90.0
（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	≤45	≤45	1	
		COD	mg/L	5	≤500	≤500	1	
		落地原油回收率	%	10	100	100	1	
		含油生产水回用率	%	10	≥60	0	0	
		油井伴生气外排率	%	10	≤20	≤20	1	

定性指标					本项目采气作业评价	
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=0.6P1+					P=94.0	
清洁生产等级评定：P≥90（清洁生产先进企业）；75≤P					本项目采油气作业评定为：清洁生产先进企业	

$$P_1=\sum_{i=1}^{n}S_i\times K_i;\quad P_2=\sum_{i=1}^{n}F_i$$

9.2 总量控制方案建议

9.2.1总量控制因子选择

本项目生产过程中产生的废水主要为含油生产水，经新建 BD21-1CEPA 中心平台和已建 LS17-2SEMI 处理后达标排放；新建 BD21-1CEPA 中心平台生活污水经生活污水处理系统处理达标后排海。2040 年及以后陵水永乐侧水下生产系统转向输往 LS17-2SEMI 平台处理，生产水经 LS17-2SEMI 平台生产水处理系统处理达标后排放；LS17-2SEMI 平台不新增定员，生活污水排放量不增加。

由此确定新建 BD21-1CEPA 中心平台的含油生产水及其特征污染物石油类，生活污水及其特征污染物 COD，LS17-2SEMI 平台的含油生产水及其特征污染物石油类作为本项目的受控污染物。

9.2.2排污混合区建议

本项目新建 BD21-1CEPA 中心平台生产水采用“自清洗滤器+聚结过滤器+吸附柱”进行处理，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≤45mg/L，一次容许值≤65mg/L）后排海；生活污水采用生化电解式生活污水处理装置处理，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（COD≤500mg/L）后排海。根据环境影响预测结果，新建 BD21-1CEPA 中心平台排放的生产水中石油类浓度超一（二）类海水水质标准离平台排放口最远距离不超过 50m；由于处理后排放的生活污水 COD 浓度很小，预测结果 COD 超一类海水水质标准的范围在 50m 以内。综合考虑平台安全作业区，新建 BD21-1CEPA 中心平台排污混合区范围建议以排放口为中心 500m 半径以内的海域。

2040 年及以后陵水永乐侧水下生产系统转向输往 LS17-2SEMI 平台处理，生产水经 LS17-2SEMI 平台生产水处理系统处理达标后排放。根据已批复的《陵水 17-2 气田开发工程环境影响报告书》（环审[2019]27 号），LS17-2SEMI 平台含油生产水最大排放量为***m^3/d，排污混合区为以排放口为中心半径为 500m 范围内的海域。本项目投产后，LS17-2SEMI 平台含油生产水最大排放量***m^3/d，未超过原环评核算的最大排放量。因此，建议 LS17-2SEMI 平台维持原有排污混合区范围，即以排放口为中心 500m 半径以内海域。

9.2.3总量控制指标建议

新建宝岛 21-1、陵水 18-1 及永乐 8-1 水下生产系统所产物全液输送至新建

BD21-1CEPA 中心平台处理，分离出的生产水经生产水处理系统处理达标后排放。

根据本报告第三章的污染源强核算，本项目投产后，BD21-1CEPA 中心平台含油生产水最大排放量***m^3/d（17.6×$10^4$$m^3$/a），石油类月均浓度≤45mg/L。建议 BD21-1CEPA 中心平台生产水和石油类排放总量控制指标为***m^3/a 和***t/a。

2040 年及以后陵水永乐侧水下生产系统转向输往 LS17-2SEMI 平台处理，生产水经 LS17-2SEMI 平台生产水处理系统处理达标后排放。根据已批复的《陵水 17-2 气田开发工程环境影响报告书》（环审[2019]27 号），LS17-2SEMI 平台含油生产水总量控制指标为***m^3/a，石油类排放浓度限值为 45mg/L。本项目投产后，LS17-2SEMI 平台生产水最大排放量为***m^3/a（***m^3/d），未超过原环评核准的含油生产水总量控制指标。

根据工程分析，新建 BD21-1CEPA 中心平台产生的生活污水量为***m^3/a（***m^3/d），经平台上的生活污水处理装置处理达标后排海（COD≤500mg/L）。因此，建议新建 BD21-1CEPA 中心平台生活污水的总量控制指标为***m^3/a，COD 排放总量为***t/a。

表 9.2-1 本项目污染物排放总量控制建议

工程设施	污染物	总量控制建议值	控制排放浓度
BD21-1CEPA	含油生产水	含油生产水排放总量***m^3/a，石油类***t/a	石油类月均浓度≤45mg/L
	生活污水	生活污水排放总量***m^3/a，其中 COD：***t/a	COD≤500mg/L

10 环境保护对策措施及其合理性分析

本节主要对宝岛 21-1 气田群开发项目建设阶段和生产阶段在正常生产作业情况下采取的环保措施进行分析；环境风险事故防范措施在第八篇详细论述。

本项目主要污染物产生情况详见表 10.0-1。

表 10.0-1 本项目主要污染物产生情况

设施		产生的主要污染物	
		建设阶段	生产阶段
新建 BD21-1 CEPA 平台		生活污水、生活垃圾、生产垃圾、船舶含油污水等。	含油生产水、生活污水、生活垃圾、生产垃圾、温排水、发电机和锅炉废气、初期雨水/冲洗水/带压流体等其它含油污水和船舶污染物等。
新建 1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台			运维船舶产生的污染物
新建水下生产系统及海底管缆		钻井液、钻屑、生活污水、生活垃圾、生产垃圾、船舶含油污水等。	/
依托平台	LS17-2SEMI	/	含油生产水

10.1 建设阶段环保措施

本项目建设阶段产生的污染物主要包括钻井液、钻屑、生活污水、生活垃圾、生产垃圾以及船舶含油污水等。建设单位将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、地方环境保护法规和标准的要求。

10.1.1 钻井液和钻屑

10.1.1.1 钻井液和钻屑的处置

新建各水下生产设施将采用半潜式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。钻井平台设有钻井液循环处理系统，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钻井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后，分离出的钻井液返回钻井液/泥浆池后循环使用，分离出的钻屑经检测达标后排海，不能满足排放要求的钻屑经收集后运回陆地处理。

合成基钻井液钻屑由井筒内返出后，经振动筛筛选后，分离出的固体经检测（高温蒸馏法）含油量达标部分排放，不达标部分进入岩屑回收箱，由工作船运

回陆地交由有资质的单位处理。合成基钻井液将循环使用至性能无法维护后，运回陆地交由有资质的单位进行处理。合成基钻井液及不满足排放要求的钻屑委托***进行处理，相关合同及单位资质见报告书附件。

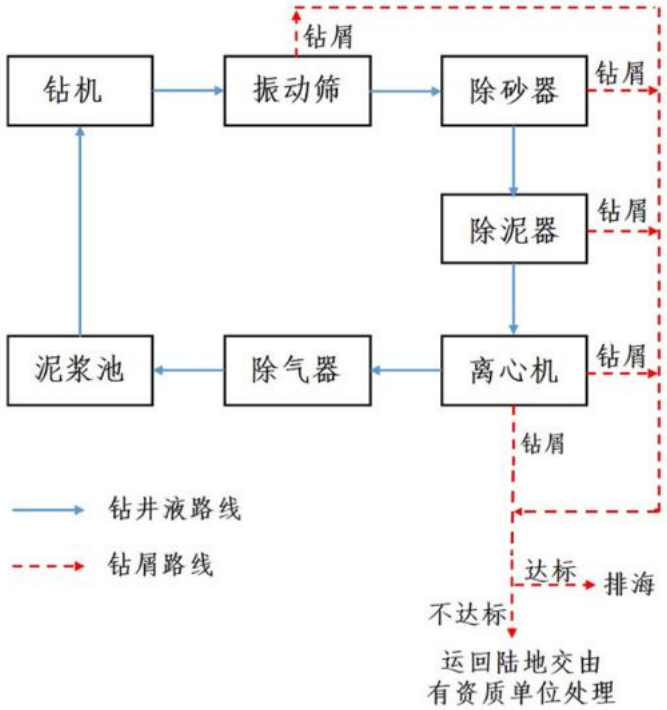

图 10.1-1 钻井液和钻屑循环路线工艺流程

本项目合成基钻井液暂存于钻井平台的 400m³ 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 20~50 个钻屑箱，每个钻屑箱容积为 2m³），定期由供应船密闭运回陆地交由华润水泥（昌江）有限公司处理，周转时间 5 天运一次，每次运 40~100m³。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，其生物毒性容许值应达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》(GB18420.1-2009)中二级标准的要求，即钻井液和钻屑的生物毒性容许值不低于 20,000mg/L。同时，向海中排放的钻井液和钻屑还应符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中三级排放标准（含油量≤8%，重金属 Hg≤1mg/kg，Cd≤3mg/kg）的要求。

10.1.1.2 超标钻井液和钻屑的处置及依托可行性分析

本项目含油量超标的钻井液和钻屑将作为危险废物（HW08）经收集后运回陆地委托***进行处理，相关合同和单位资质见附件。本项目钻井作业工期按3年计算，依托处理可行性分析见表10.1-1。从表中可见，委托单位能够满足本项目钻井液和钻屑的处理需求。

表10.1-1 华润水泥（昌江）有限公司依托处理可行性

污染物名称	总产生量（m^3）	年产生量（t/a）	合计（t/a）	总处理能力（t/a）	处理是否可行
合成基钻井液钻屑量	4850	2500	9425	15000	是
合成基钻井液	16567	6903			

注：钻井液密度按1.25g/cm^3（即为1.25t/m^3）计算；钻屑密度按1.56g/cm^3（即为1.56t/m^3）计算。

10.1.2 船舶污染物

本项目建设阶段需动用浮吊船、深水铺管船、多功能安装船、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）及2022年修改通报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，包括生活污水、生活垃圾、船舶含油污水、生产垃圾等。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。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，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10.1-2。

表 10.1-2 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≤15mg/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，BOD5≤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

10.1.3 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。

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、发电机与锅

炉废气、温排水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾、电力辅助平台噪声等。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 新建 BD21-1CEPA 中心平台生产水处理流程

水下生产系统物流通过新建海底混输管道全液输送至新建 BD21-1CEPA 中心平台上进行油气水处理，分离出的水进入生产水处理系统进行处理。生产水处理系统采用“自清洗滤器+聚结过滤器+吸附柱”的梯级过滤组合工艺，处理至符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准排放，即石油类月平均排放浓度≤45mg/L，一次容许值含油浓度≤ 65mg/L。自清洗滤器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。BD21-1CEPA 中心平台生产水处理工艺流程见图 10.2-1。

保密内容，已删除。

图 10.2-1 BD21-1CEPA 中心平台生产水处理流程示意图

10.2.1.2 依托 LS17-2SEMI 平台生产水处理流程

2040 年及以后陵水永乐侧水下生产系统转向输往已建 LS17-2SEMI 平台处理，生产水经 LS17-2SEMI 平台生产水处理系统处理达标后排放。LS17-2 SEMI 平台生产水处理系统采用“溶气平流气浮+聚结过滤器”的处理流程。处理合格的含油生产水（石油类含量≤45mg/L）达标排海，分出的油类进入污油罐，打回工艺系统重新处理。LS17-2SEMI 平台生产水处理工艺流程见图 10.2-2。

保密内容，已删除。

图 10.2-2 LS17-2SEMI 平台生产水处理工艺流程示意图

10.2.1.3 生产水处理能力可行性分析

新建 BD21-1CEPA 中心平台生产水处理系统的处理能力为***m^3/d，项目投产后生产水最大处理量为***m^3/d（2039 年），小于其设计处理能力，可以满足生产水处理需要。

依托 LS17-2SEMI 平台的生产水处理系统处理能力为***m^3/d。本项目投产后，LS17-2SEMI 平台生产水最大处理量为***m^3/d（2044 年），小于其设计处

理能力，可以满足生产水处理需要。

10.2.1.4 生产水处理效果分析

含油生产水的处理效果取决于生产水处理工艺流程，含油生产水处理工艺流程的选择取决于含油生产水处理的难易程度、海区所执行的排放标准以及含油生产水的最终处置方式。

新建 BD21-1CEPA 中心平台生产水处理系统采用“自清洗滤器+聚结过滤器+吸附柱”的梯级过滤组合工艺，自清洗滤器的除油效率通常在 50%以上，聚结过滤器的除油效率通常在 80%以上；吸附柱的除油效率通常在 60%~65%。保守考虑含油生产水中石油类的含量为 1000mg/L 时，经处理后的生产水含油浓度可以达到 45mg/L 以下，能够满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级石油类排放浓度限值的要求，即浓度限值石油类月平均值≤45mg/L，浓度限值石油类一次容许值≤65mg/L。

根据“第六篇 环境影响回顾性分析”，近两年依托 LS17-2SEMI 平台排放的生产水含油浓度在（1.15~39.1）mg/L 之间，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，平台生产水处理系统运转正常，工作效率良好，可满足含油生产水达标排放要求。

10.2.1.5 生活污水

本项目正常生产阶段新建的 BD21-1CEPA 中心平台将产生生活污水，其主要污染因子为 COD，设有生化电解式生活污水处理装置，来自厕所和医务室等的黑水与来自洗衣房和浴室的灰水经该装置处理达标后排海。按照《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准的规定，在本项目所处海域，生活污水排海要求 COD≤500mg/L，并且在排海出口设置流量计量装置。

BD21-1CEPA 中心平台的生活楼定员为 150 人，由于设备检修维护等需要临时人员，因此作业人数按照生活楼人数的 1.2 倍，即 180 人进行估算污染物产生量；生活污水平均每人每天按***m^3 计算，则产生的生活污水量为***m^3/d。平台设置 1 套设计处理能力为***m^3/d 的生化电解式生活污水处理装置，能够满足生活污水处理要求。

10.2.2 其它含油污水

本项目新建的 BD21-1CEPA 中心平台上设有开式排放系统和闭式排放兼低压火炬系统。

BD21-1CEPA 中心平台开式排放系统主要包括开排沉箱、开式排放泵，收集平台上的甲板初期雨水和冲洗水、危险区域和非危险区域容器及设备的溢出液。在开排沉箱中，油水在重力作用下分离，达到一定的液位时，由开排泵将处于沉箱上部的含油污水打入闭排罐中进行处理，底部分离出的水在达到排放标准后排海。BD21-1CEPA 中心平台开式排放系统工艺流程详见图 10.2-3。

闭式排放兼低压火炬系统主要包括闭式排放兼低压火炬分液罐、闭式排放泵、低压火炬头，闭式排放兼低压火炬系统用于收集平台工艺系统中带压容器、管线维修时排放出的带压流体，以及来自高压火炬分液罐、公用系统排放的液烃等。当罐内达到一定的液位时，经闭式排放泵增压后进入凝析油分离器。正常生产时，平台没有气体排放，当发生事故时，泄放气体通过火炬臂燃烧后排入大气。BD21-1CEPA 中心平台闭式排放兼冷放空系统工艺流程详见图 10.2-4。

保密内容，已删除。

图 10.2-3 BD21-1CEPA 中心平台开式排放系统

保密内容，已删除。

图 10.2-4 BD21-1CEPA 中心平台闭式排放兼低压火炬系统

10.2.3 CO_2 回注封存

本项目新建 CO_2 回注工程，采用干气回注方案对 CO_2 进行脱水压缩后通过水下回注井回注地层,最大回注量约为***万方/天，累计回注 CO_2 约***亿方。

10.2.4 发电机与锅炉废气

本项目新建 BD21-1CEPA 中心平台设 4 台（其中 1 台为预留）燃气透平发电机为平台和各水下生产设施供电，同时配置 2 台热介质锅炉满足平台用热需求。透平发电机和热介质锅炉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。

10.2.5 固体废物

本项目生产过程中产生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；其它生活垃圾和生产垃圾将分类收集运回陆地，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。本项目建设单位已与海南信环危废处置有限公司签订了危险废物（除含油钻屑钻井液外的其他危险废物）处理合同，相关资质证书和合同文件见附件。

10.2.6 船舶污染物

本项目投产后，计划新增两艘守护船，其污染处置措施同建设阶段。

10.2.7 电力辅助平台噪声

电力辅助平台噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声。机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，可通过避免或减少撞击和摩擦，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态来降低噪声。为减小机械部件的振动噪声，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能。为降低结构噪声，可在机舱内表面贴附阻尼材料。

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 生态环境影响削减措施

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，通过循环使用减少钻井液的产生量和排放量；新铺设的海底管道、

脐带缆和海底电缆全程均不挖沟埋设；生产阶段含油生产水经处理达标后排海；除食品废弃物粉碎至颗粒小于 25mm 排海外，其他生活垃圾和生产垃圾均经过分类回收后，运回陆地处理。

各类污染物具体削减量如下：

（1）施工期及运营期生活垃圾（除食品废弃物外）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，除食品废弃物外的生活垃圾和生产垃圾排海削减率均达到 100%。

（2）本项目含油生产水（石油类含量约 1000mg/L）在新建 BD21-1CEPA 中心平台和依托 LS17-2SEMI 平台生产水处理系统处理达标后（石油类含量 45mg/L 以下）排海，污染物排放削减率为 95%以上。

（3）本项目施工期生活污水（COD 含量约 2000mg/L）收集处理，经生活污水处理设施处理达标后（COD 含量 500mg/L 以下）排海，污染物排放削减率达 75%以上。

（4）本项目施工期的船舶含油污水的排放与处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）相关要求。本项目施工期船舶含油污水中石油类含量按 500mg/L 考虑，船舶含油污水中石油类排放限值按 15mg/L 计算，污染物排放削减率达 97%。

10.3.1.2 施工期生态保护措施

为减轻对生态环境的影响，本项目在施工过程中将采取以下措施：

（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，以减轻对海洋生态资源的影响程度。

（3）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。

（4）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，根据预测结果，本项目海洋生物资源补偿金额约***万元。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。

中海油近几年在东方、陵水等海域实施了多次增殖放流活动，经公司与相关政府主管部门充分协商，委托第三方实施完成。多年的实践证明，渔业资源增殖放流是目前恢复水生生物资源量的重要和有效手段，通过对海域渔业资源增殖放流和生态环境保护，可以迅速弥补建设项目对海洋资源造成的损失。

人工增殖放流品种的选择应遵循生物多样性原则、生物安全原则、技术可行原则和兼顾效益原则。用于增殖放流的品种应当是该区自然水域本已存在的种类，苗种应当是本地种的原种或者子一代，不得向天然水域投放杂交种、转基因种、外来种以及其他不符合生态要求的水生生物物种。不同的放流种类，由于其生态习性不同，适宜的放流规格也不一样，鱼类品种种苗全长应选用 3cm 以上，虾苗、贝苗全长应在 1cm 以上。

根据本海域现存物种情况，适合增殖放流的鱼类有：红笛鲷、青石斑鱼、大黄鱼、紫红笛鲷、真鲷、黑鲷、平鲷和黄鳍鲷等；虾类有长毛对虾、斑节对虾、日本对虾和墨吉对虾等；贝类有文蛤和波纹巴非蛤等。本项目渔业资源增殖放流计划涉及的具体放流物种、规格、数量等，应根据当地的具体情况并由当地相关主管部门确认后再实施。

10.3.3 电力辅助平台施工与运行鸟类保护措施

10.3.3.1 施工期鸟类保护措施

严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，减小施工期对鸟类的影响。

施工期间加强船只管理，合理布置施工运输路线，施工船舶应采取有效措施控制噪声排放，减小对鸟类的影响。

加强施工人员管理及生态保护教育培训，禁止捕杀鸟类，减小人为活动噪声，确保施工期鸟类保护措施落实到位。

10.3.3.2 运营期鸟类保护措施

风电机组的叶片以警示色涂色，使鸟类在飞行中能及时规避，以降低鸟类碰撞的几率；机组上方设闪烁灯光，以降低鸟类在夜间碰撞的几率；机组整机使用非反光涂料，以减少反射阳光对鸟类的影响。

对机组的运维人员进行鸟类保护知识的宣传和教育。

10.3.4 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含油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。

（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 环保措施小结

综上所述，本项目建设阶段和生产阶段的环保措施见表10.4-1。

表 10.4-1 本项目环境保护对策措施一览表

污染防治措施	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	主要对非气层水基钻井液、合成基钻井液、非气层水基钻井液钻屑、非气层合成基钻井液钻屑、气层合成基钻井液钻屑的处理	本项目钻井阶段产生的钻井液（含预留井）约 56832m³（其中非气层水基钻井液 23451m³，合成基钻井液 18792m³），钻屑（含预留井）约 28202m³（其中非气层水基钻井液钻屑 16909m³，非气层合成基钻井液钻屑 6249m³，气层合成基钻井液钻屑 4612m³）。	检测达标后排放；不达标钻屑、钻井液运回陆地处理。	钻井平台自带处理系统；与钻完井作业同步。	由钻井平台所属单位负责
含油生产水	新建 BD21-1CEPA 中心平台生产水处理系统进行处理	BD21-1CEPA 中心平台生产水采用“自清洗滤器+聚结过滤器+吸附柱”的梯级过滤组合工艺，设计处理能力为***m³/d	经处理达标后（含油浓度≤45mg/L）排海	新建 BD21-1CEPA 中心平台；与生产设施同步建设，同步投入生产使用	由建设单位负责建设、使用和管理。
	依托 LS17-2SEMI 平台生产水处理系统进行处理	LS17-2SEMI 平台生产水设计处理能力为***m³/d		已建 LS17-2SEMI 平台	
其他含油污水	开式排放系统、闭式排放兼低压火炬系统	BD21-1CEPA 中心平台设置开排沉箱、开式排放泵等	收集平台上的甲板初期雨水和冲洗水、危险区域和非危险区域容器及设备的溢出液	新建 BD21-1CEPA 中心平台；与生产设施同步建设，同步投入生产使用	
		BD21-1CEPA 中心平台设置闭式排放兼低压火炬分液罐、闭式排放泵、低压火炬头等	收集平台工艺系统中带压容器、管线维修时排放出的带压流体，以及来自高压火炬分液罐、公用系统排放的液烃等		
发电机和锅炉废气	新建 BD21-1CEPA 中心平台设置发电机和热介质锅炉	BD21-1CEPA 中心平台设置天然气透平发电机组和热介质锅炉	燃气透平发电机和锅炉产生的废气经排烟管排放到大气中	新建 BD21-1CEPA 中心平台；与生产设施同步建设，同	

污染防治措施	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
生产垃圾	分类回收	BD21-1CEPA 中心平台设置分类回收箱	生产垃圾运回陆地交由有资质单位处理	步投入生产使用	
生活垃圾	分类回收	BD21-1CEPA 中心平台设置分类回收箱	生活垃圾中的食品废弃物粉碎至颗粒小于 25mm 排海，其他生活垃圾分类回收运回陆地处理		
生活污水	新建 BD21-1CEPA 中心平台设置生活污水处理装置	设置一套***m^3/d 的生化电解式生活污水处理装置	经处理达标后（COD≤500mg/L）排海		
船舶含油污水	船舶机器处所油污水	船舶处理系统或接收设施与船舶吨位相匹配	排放的船舶含油污水中石油类≤15mg/L，排放应在船舶航行中进行	船舶自带处理系统	由船舶所属单位负责
船舶生活污水	船舶作业人员产生生活污水	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制标准（GB3552-2018）		
船舶垃圾	船舶作业人员产生的生活垃圾及生产垃圾	船舶设置分类回收箱			
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，可委托专业单位完成。
鸟类保护措施	电力辅助平台运行时对鸟类的影响	风电机组的叶片以警示色涂色，机组上方设闪烁灯光，机组整机使用非反光涂料。	降低鸟类与风机碰撞的几率，减少反射阳光对鸟类的影响。	新建电力辅助平台；与设施同步建设，同步投入生产使用	由建设单位负责落实

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	新建 BD21-1CEPA 生产水处理系统的配备、运行情况及处理效果。	含油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≥50000mg/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≤45mg/L，一次容许值≤65mg/L）排海
生活污水 处理系统	新建 BD21-1CEPA 生活污水处理装置的配备、运行情况及处理效果。	生活污水经生化电解式生活污水处理装置处理后达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB4914-2008）》三级标准
闭式排放兼低压火炬系统	新建 BD21-1CEPA 上闭式排放系统的配备及运行情况	收集容器或管线排放的带压流体等进入闭式排放系统； 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	新建 BD21-1CEPA 上开式排放系统的配备及运行情况	
生活垃圾和生产垃圾处理系统	新建 BD21-1CEPA 上固体废物分类和回收设备的配备及运行情况	平台上需设置生活垃圾箱和生产垃圾箱，除食品废弃物海洋生活垃圾和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。	
溢油应急设备和油气污染应急预案	新建 BD21-1CEPA 溢油应急物资配备、油气污染应急预案落实情况。	新建 BD21-1CEPA 溢油应急物资配备、油气污染应急预案等内容。
电力辅助平台的鸟类保护措施	风电机组的叶片以警示色涂色，机组上方设闪烁灯光，机组整机使用非反光涂料。	降低鸟类与风机碰撞的几率，减少反射阳光对鸟类的影响。

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果，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）
BD21-1 CEPA	开式排放系统	***	100%	***
	闭式排放/低压火炬系统	***	100%	***
	消防/救生系统	***	25%	***
	高压火炬系统	***	50%	***
	生产水处理系统	***	100%	***
	生活污水处理系统	***	100%	***
	CO_2 回注系统	***	50%	***
	溢油应急设备	***	100%	***
海洋生物资源补偿		***	100%	***
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***亿元，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：

$$C_T=C_1/T\times100\%=***\times100\%=1.13\%$$

其中：C_T 为环境保护投资占工程投资的比例；C_1 为环保投资额；T 为工程设施投资总额。

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；取水卷载效应和新建设施占海造成的损失补偿年限按 20 年计算。按照上述原则计算海洋生物资源补偿金额约为***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（×10⁶粒）		***	1%	0.8 元/尾	3 年	***
	仔稚鱼（×10⁶尾）		***	5%	0.8 元/尾		***
	幼体	鱼类（尾）	***	0.1kg/尾	15 元/kg		***
		头足类（尾）	***	0.1kg/尾	20 元/kg		***
		虾类（尾）	***	0.01kg/尾	30 元/kg		***
		蟹类（尾）	***	0.1kg/尾	30 元/kg		***
	成体（kg）		***	100%	15 元/kg		***
	底栖生物（t）		***	100%	1.5 万元/t		***
小计							***
钻井液	鱼卵（×10⁶粒）		***	1%	0.8 元/尾	3 倍	***
	仔稚鱼（×10⁶尾）		***	5%	0.8 元/尾		***
	幼体	鱼类（尾）	***	0.1kg/尾	15 元/kg		***
		头足类（尾）	***	0.1kg/尾	20 元/kg		***
		虾类（尾）	***	0.01kg/尾	30 元/kg		***
		蟹类（尾）	***	0.1kg/尾	30 元/kg		***
	成体（kg）		***	100%	15 元/kg		***
	底栖生物（t）		***	100%	1.5 万元/t		***
小计							***
海床处理悬浮物	鱼卵（×10⁶粒）		***	1%	0.8 元/尾	3 倍	***
	仔稚鱼（×10⁶尾）		***	5%	0.8 元/尾		***
	幼体	鱼类（尾）	***	0.1kg/尾	15 元/kg		***
		头足类（尾）	***	0.1kg/尾	20 元/kg		***
		虾类（尾）	***	0.01kg/尾	30 元/kg		***
		蟹类（尾）	***	0.1kg/尾	30 元/kg		***

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）
	成体（kg）		***	100%	15 元/kg		***
	底栖生物（t）		***	100%	1.5 万元/t		***
小计							***
设施占海	底栖生物（t）		***	100%	1.5 万元/t	20 年	***
总计							***
钻屑	鱼卵（×10^6 粒）		***	1%	0.8 元/尾	3 年	***
	仔稚鱼（×10^6 尾）		***	5%	0.8 元/尾		***
	幼体	鱼类（尾）	***	0.1kg/尾	15 元/kg		***

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***m^3，生产水经处理后浓度从 500mg/L 降低至低于 45mg/L，由此累计回收石油约***t，按原油 4000 元/t 计算，折合经济价值约***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***元；其它间接收益按年回收资源、能源价值的 10%计算，为***元，两项合计约为***元。

11.2.2.3 碳减排经济收益分析

根据前文分析可知，本项目投产之后，累计碳减排***t。根据全国碳排放权交易市场（CEA）给出的碳排放平均交易价格（69 元/t）,则本项目带来的碳减排收益为***元。

11.2.2.4 总环境经济收益

综合环境直接收益、间接收益及碳减排收益之和，本项目投产后，生产运营期总环境经济收益为***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，油气需求将呈强劲增长态势。国内油气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油气，对国际油气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油气资源短缺、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油气技术服务业的发展，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。建设单位已建立一套系统、完整的环境保护管理机构和程序，对本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，因此，环境管理作为保护环境、控制污染的重要措施之一，其主要任务和内容包括：

（1）贯彻执行环境保护法规和标准；

（2）组织制定和修改与本项目有关的环保管理规章制度并监督执行；

（3）组织制定环境保护长远规划、年度计划和限期治理的项目；

（4）领导和组织工程项目各部门的环境监测；

（5）检查工程项目环保设施的运行状态；

（6）广泛应用环境保护的先进技术和经验；

（7）组织开展环保专业技术培训，提高人员素质水平；

（8）组织开展工程项目的环保科研和学术交流。

12.1.2 机构及岗位的设置

12.1.2.1 机构与定员

海南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集团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，在组织机构上设有质量健康安全环保部，负责监督本项目的污染防治和环境保护工作。海南公司质量健康安全环保部管理组织机构见图 12.1-1。

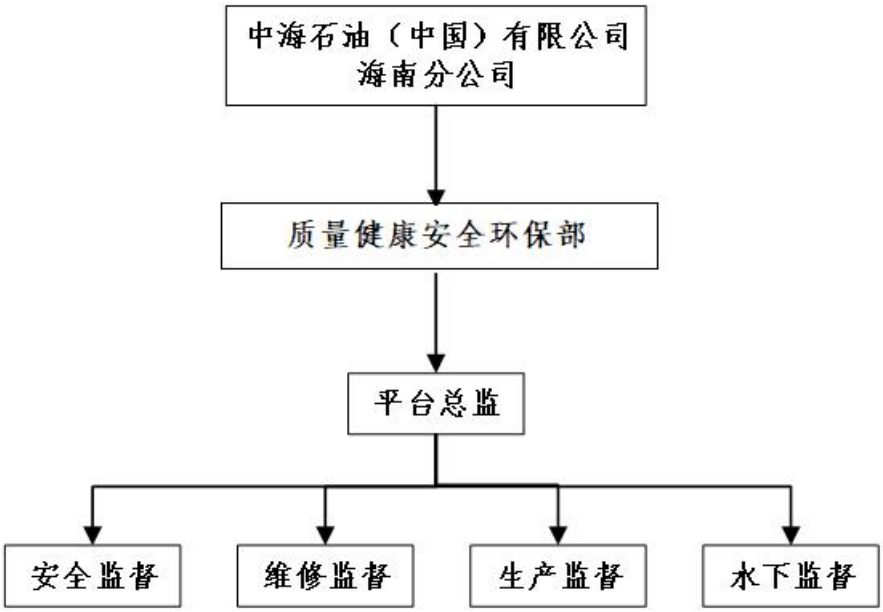

图 12.1-1 海南公司质量健康安全环保部管理机构

12.1.2.2 主要人员岗位职责

新建 BD21-1 CEPA 平台主要岗位为平台总监、安全监督、维修监督、生产监督和水下监督等，其岗位职责简述如下。

a. 平台总监

平台总监是油气田海上作业时的安全生产第一责任人，各项工作必须对作业公司总经理负责，负责和组织好油气田的安全生产工作；

接受和执行生产指令，组织实施平台安全生产管理和行政管理工作，确保完成生产任务；

负责制订和落实各项管理制度和应急措施，以及重要施工方案的制订和实施；

对生产设备、工艺流程、油气井及其它油气田设施的异常情况，及时组织人员查清及进行抢修，保证正常生产，并及时通知上级主管部门；

负责节能减排工作，确保完成年度节能指标，确保生产污水和生活污水达标排放。

掌握日常生产动态，负责组织或协助油气田开展党、工、团工作，协调各部门人员，合理安排各岗位工作；

组织好平台的设备管理工作，保证设备设施安全，确保平台生产；

严格控制原料及物品消耗，尽量降低操作费用；

组织开展各岗位人员的培训、考核和奖惩工作，组织实施消防安全演习；

负责外来人员的管理工作，负责外来施工人员的协调工作。

b. 生产监督

生产监督是平台生产系统重大作业时的现场直接组织人，贯彻执行有关生产管理方面的规章制度和生产作业指令，监督、检查、反馈执行情况和建议，对平台总监负责。

负责对生产专业管理，包括所有工艺工作的全面管理及工作安排；检查和督促、协调各部门的日常工作；

负责天然气、原油、污水、燃料气等的质量控制；

负责生产设施、辅助设施的技术管理、安全操作及维护；

组织和实施维修计划，按时订购并提供所需化学药剂、配品、配件、工具、材料等；

负责编写生产操作程序，及对事故的应急处理；

组织编写各岗位责任制、交接班程序、生产类报表，并督促执行；

负责工艺主操的绩效管理，包括指标设定、绩效辅导、绩效考核、绩效改进等工作。

负责各部门的岗位培训及实习人员的培训工作；

负责监督生产基础资料的录取、管理和存档工作。

c. 安全监督

安全监督对本平台安全工作落实全面监督；贯彻执行国家有关部门、总公司、上级部门的安全生产法规和有关规章制度；

负责平台的一切安全工作，是平台安全生产直接负责人；

负责检查平台生产设施的安全生产情况，组织和参加有关的事故调查，监督事故的处理，并提出安全改进措施；

负责定期对安全消防及救生设备进行检查、试运转，及时补充安全、应急、救生设备的配件，确保它们状态良好；

协助平台总监制定整个平台的应急计划、应急部署及组织应急演习工作；

负责对平台的生产作业和外来人员作业实施安全监督和教育；

负责检查和审批重大作业的安全措施；

负责直升机起飞、降落的安全工作；

负责平台内起重吊人、吊物以及系泊、带缆等作业的安全检查等。

d. 维修监督

维修监督是平台所有设备设施完整性管理、日常操作、安全运行和维修的组织者和主要责任人，对平台总监负责；

负责组织平台主要设备分级、档案建立和日常管理；掌握平台耗品耗件及各种备件情况，对海上物资库存的更新，及相关文书工作的跟踪和存档；

负责确定重要备品备件的库存量，保证气田的正常生产；

负责定期提交设备保养、设备维修及备件采购清单计划，控制维修费用；

负责根据油气田设备运行的实际需要，制订设备的更新、改造计划，并提出相应的可行性报告及技术要求。

同平台安全监督一起负责每班对平台生产所用吊具、吊索进行检查，发现问题及时更换和处理；

负责维修类主操的绩效管理，包括指标设定、绩效辅导、绩效考核、绩效改进等工作

负责监督外委工程的质量和工作进度及配件订购的技术审核。

e. 水下监督

水下监督油气田水下设备设施完整性管理、日常操作、安全运行和维修的组织者和主要责任人，对平台总监负责；

负责制定油气田水下系统设施的维修并组织实施，协调解决水下生产设施流动性保障、日常生产中出现的问题，确保正常生产；

负责水下生产设备设施、控制设施、流动性保障设施等运行、维护和检测工作计划制定；

负责水下生产和设备设施费用预算审核及执行；

负责审核油气田水下生产管理、水下设施设备管理及资料录取存档；

负责组织修改和完善水下设施运行、维护管理、生产管理方面的规章制度和操作规程，并组织落实、监督检查执行情况；

负责水下管网生产动态监测和异常工况数据分析整理，为水下生产流动保

障提供技术支持；

负责新调整井水下设施投用和生产调试沟通协调工作；

负责深水人才培养，编制相应的培训手册、考核题库、维保手册、技术手册，总结良好作业实践；

负责水下类主操的绩效管理，包括指标设定、绩效辅导、绩效考核、绩效改进等工作。

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。海南公司在石油勘探开发作业和油气生产过程中，应遵守中国环境保护法律、法规、条例和规定，严格执行《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）。结合气田开发的特点，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。本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真实、正确和上报是否及时。海上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

定期举行监督参加的安全/环保会议和每日生产例会，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

平台上的所有操作人员必须经过环境保护/安全培训，获得海上石油作业安全救生培训等有效的证书才能上岗。建设单位将定期在平台上进行溢油应急演习，以熟悉应急程序和设备的操作。

12.1.3.4 事故报告制度

所有环境污染事故需按油气污染应急预案中的报告程序进行。建立应急小组，由气田总监担任组长，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/脐带缆巡查制度

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线和电缆造成损害。根据气田运行情况，在必要时委托专业公司对海底管线进行技术监测，以保证海底管线处在安全运行状态。

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：一是定期监测各气田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 常规与非常规监测计划

12.2.1.1 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。

a 建设阶段

钻井液、钻屑：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的生物毒性限值、含油量及重金属含量进行监测。现场作业人员取样并交给有资质的机构进行检测。

b 生产阶段

生产水：监测 BD21-1 CEPA 平台生产水中石油类浓度。生产水监测频率和方法按照《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）、《海洋石油勘探开发污染物生物毒性第 1 部分：分级》（GB18402.1-2009）和相关政府管理部门的要求执行。

化学需氧量（COD）：监测 BD21-1 CEPA 平台生活污水中的 COD，按《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）和相关政府管理部门的

要求执行。

12.2.1.2 非常规监测

配合政府部门进行防污设备的检查工作，以及在事故状态下支持、协助有关部门做好事故的跟踪监测。

12.2.2 监测设备

本项目在 BD21-1 CEPA 平台上配备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）等。

钻井液和钻屑的生物毒性和生活污水中 COD 的监测委托有相关资质的单位开展，因此不另设监测仪器。

12.3 海洋环境影响监测计划

2039 年前陵水永乐侧物流输送至 BD21-1 CEPA 平台，2040 年及以后，物流转向经 LS17-2 E3 管汇，通过已建管道接入 LS17-2 SEMI 处理外输。LS17-2 SEMI 的海洋环境影响监测计划保持不变。

本项目新建 BD21-1 CEPA 平台设生产水处理系统，处理达标后排放；BD21-1 CEPA 平台设生活楼，生活污水经生活污水处理系统处理达标后排海。

12.3.1 监测点位布设

根据第七篇预测结果，BD21-1 CEPA 平台生产水和生活污水排放超一（二）类水质最大影响距离约 50m，最大影响距离不超过 50m，考虑平台安全生产范围，建议以 BD21-1 CEPA 平台为中心，沿主流向在距离平台 500m 半径范围共布设 4 个监测点位，见图 12.3-1。

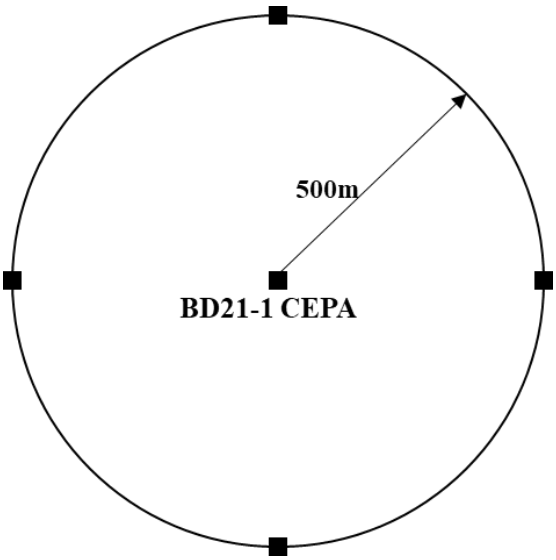

图 12.3-1 海洋环境影响监测站位布设示意图

12.3.2 监测内容

监测内容包括水温、悬浮物、无机氮、活性磷酸盐、DO、COD、重金属（Cu、Pb、Hg、Cd、Zn、Cr、As）、石油类、硫化物、挥发性酚。

海洋沉积物监测包括重金属（Cu、Pb、Hg、Cd、Zn、Cr、As）和石油类。

海洋生物监测包括叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物和底栖生物。

12.3.3 监测方法与频率

海洋环境影响监测调查与分析方法按《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）执行。

建议在竣工验收（试运行）进行一次监测，在生产运营 3~5 年后再进行一次监测。

12.4 CO2 回注跟踪监测计划

12.4.1 监测点位布设

本项目 BD21-1 CEPA 平台分离出的 CO_2 经新建海底输气管道输送至 BD13-3 CO_2 回注井，建议在 BD13-3 CO_2 回注井周围均匀布设监测点位，见图 12.4-1。

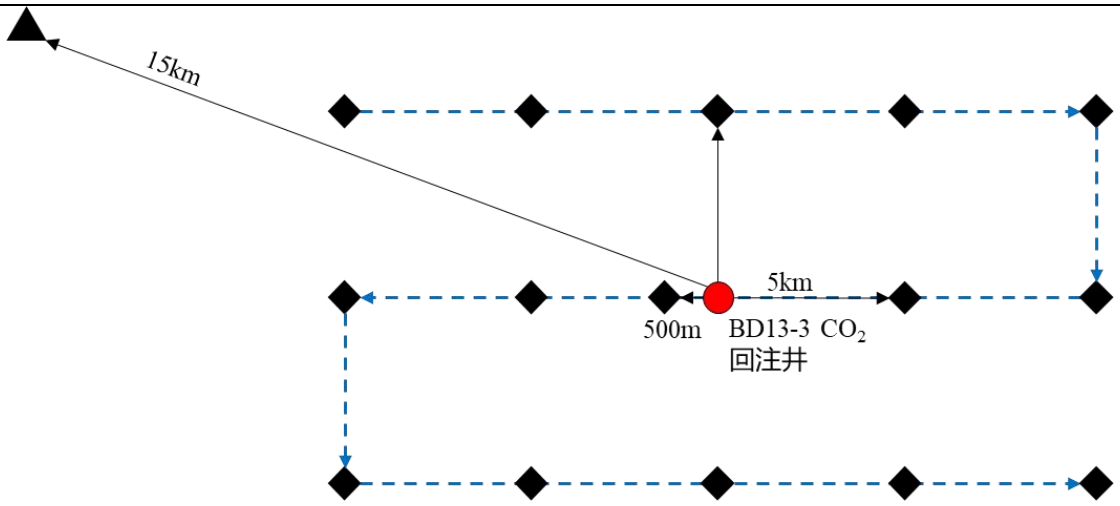

图 12.4-1 新建 BD13-3 CO_2 回注井监测站位布设示意图

12.4.2 监测内容

水质监测包括 pH、溶解氧、总碱度、溶解无机碳、叶绿素；沉积物监测包括有机碳、硫化物、总氮；海洋生物生态监测包括浮游植物、浮游动物和底栖生物。

走航监测包括气温、风速、风向、气压、空气相对湿度、水深、水温、采水口水温、平衡器水温、pH、海水 CO2 分压、大气 CO_2 分压、盐度、溶解氧等。

12.4.3 监测方法与频率

总碱度、溶解无机碳、走航监测分析方法分别按《海水总碱度的测定 敞口式电位滴定法》（HY/T 197-2015）、《海水总溶解无机碳的测定 非色散红外吸收法》（HY/T 196-2015）、《海-气二氧化碳交换通量监测与评估技术规程》（征求意见稿）或《基于走航监测的海-气二氧化碳交换通量评估技术规程（试行）》（国家海洋局，2015）执行。除总碱度、溶解无机碳、走航监测外的各监测项目，分析方法按《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋监测技术规程》（HY/T 147-2013）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）执行。

建议跟踪监测频率为本项目竣工验收前（试运行期）进行一次监测，投产后 3~5 年进行一次监测。

13 评价结论与建议

13.1 工程分析结论

13.1.1 工程概况

宝岛 21-1 气田群位于琼东南盆地宝岛凹陷北坡断阶带，气藏区域水深约 660~1570m，距离海南省万宁市 115km，距离陵水市 145km，距离陵水 17-2 气田 130km，新建 BD21-1CEPA 中心平台距离最近陆地约 100km。

宝岛 21-1 气田群包括宝岛 21-1、陵水 18-1、永乐 8-1 气田，本项目新建 1 座 BD21-1 CEPA 中心平台，新建 1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台，新建宝岛 21-1、陵水 18-1、永乐 8-1 三套水下生产系统，共布署 22 口开发井（宝岛区 12 口生产井 1 口 CO_2 回注井、陵水区 5 口生产井、永乐区 4 口生产井），并对依托的已建 LS17-2SEMI 平台进行适应性改造。

宝岛 21-1、陵水 18-1 及永乐 8-1 所产物流经海管汇集到 BD21-1 CEPA 中心平台后，天然气在平台上进行脱碳、脱水处理成干气，凝析油深度脱水后与干气混合经宝岛-万宁新建海管输送到万宁终端（拟建，另行评价），脱除的 CO_2 经过脱水、液化后通过海管输往注气井回注。此外，在注气井附近新建 1 座 18MW 级 BD13-3 电力辅助平台为 BD21-1 CEPA 平台供电，同时为 CO_2 注气井提供电力和进行控制。

2040 年以后，陵水 18-1 气田由于地层压力的降低不足以支持长距离输送，其物流转向经陵水 17-2 东 3 管汇输往已建 LS17-2SEMI，依托 LS17-2SEMI 进行处理；宝岛 21-1、永乐 8-1 气田物流仍输往新建 BD21-1 CEPA 中心平台进行处理。2040 年以后，将采用陵水永乐登浅管道反向供气，通过柔性跨接管接入 BD21-1 管汇 2，以保障管道建议最小输量提高采收率。

本项目最大年产气量***m^3/a（2030/2031 年），最大年产凝析油量***m^3/a（2030 年）。项目工程总投资（含税）***亿元人民币，其中环保投资***亿元人民币。本项目计划于 2029 年 9 月投产。

13.1.2 生产工艺流程

宝岛 21-1、陵水 18-1 及永乐 8-1 所产井流汇集到 BD21-1 CEPA 中心平台，天然气在平台上进行脱碳、脱水处理，凝析油深度脱水后与脱碳后的干气混合通

过宝岛-万宁新建海管输送至陆上终端；脱除的CO_2通过海管输送到水下注气井回注；生产水处理合格后达标排放。

2040年以后，陵水18-1气田由于地层压力的降低不足以支持长距离输送，其物流转向经陵水17-2东3管汇输往已建LS17-2SEMI，依托LS17-2SEMI进行处理；宝岛21-1、永乐8-1气田物流仍输往新建BD21-1 CEPA中心平台进行处理。2040年以后，将采用陵水永乐登浅管道反向供气，通过柔性跨接管接入BD21-1管汇2，以保障管道建议最小输量提高采收率。

13.1.3主要污染源和污染物

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。本项目产生的钻屑总量约为28202m³，其中非气层水基钻井液钻屑量16909m³，非气层合成基钻井液钻屑6249m³，气层水基钻井液钻屑432m³，气层合成基钻井液钻屑4612m³。本项目钻完井过程中产生的钻井液总量约为56832m³，其中非气层水基钻井液约为23451m³，非气层合成基钻井液约为15555m³，气层水基钻井液约为4372m³，气层合成基钻井液约为13454m³。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）要求的钻井液和钻屑排放，不符合要求的钻井液和钻屑收集运回陆地处理。建设阶段还将产生船舶污染物，包括船舶含油污水产生量约为2581m³，生活污水产生量约为166089m³，生活垃圾产生量约为712t，生产垃圾产生量约为797 t。

本项目生产阶段产生的污染物主要是含油生产水、温排水、生产垃圾、生活垃圾、生活污水、发电机及锅炉废气等。生产水在新建BD21-1CEPA平台经过“自清洗滤器+聚结过滤器+吸附柱”的梯级过滤组合工艺处理合格后排海，最大排放量为***m³/d；温排水最大排放量为***m³/h，海水夏季温升为9℃，冬季温升为12℃；生产垃圾产生量约***t/a，全部运回陆地交由有资质单位进行处理；生活垃圾产生量为***t/a（其中食品废弃物约***t/a），其中的食品废弃物处理至颗粒直径<25mm后排放入海，其他生活垃圾运回陆地处理；生活污水产生量为***m³/d（***m³/a），其中COD产生量为***t/a，经生活污水处理系统处理达标后排海。燃气透平发电机和热介质锅炉产生的氮氧化物最大为***t/a。

13.2 规划和政策符合性结论

本项目为海洋油（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）》，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年）》、《海南省生态环境分区管控方案（2023年版）》和海南省“三区三线”中的海洋生态保护红线的管理要求相协调。

本项目的建设符合《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》、《海南省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》、《“十四五”海洋生态环境保护规划》、《海南省“十四五”海洋生态环境保护规划》、《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021-2025年）》、《海南省油气发展“十四五”规划（2021-2025年）》等规划要求。

13.3 环境现状分析与评价结论

13.3.1海洋水文气象概况

宝岛21-1气田群位于南海西部，该区域地处低纬，属热带和亚热带气候，在影响该区域的天气过程中，台风造成的灾害性天气最为强烈，其次是强对流天气，寒潮引起的大风降温也有很大影响。

宝岛区域冬季盛行偏北风，常受冷空气侵袭，气候较寒冷；夏季盛行偏南风，气候湿热；秋季和春季为风向转变的过渡时期，冬季到夏季的过渡期稍长，夏季到冬季的转变则比较快，呈现出冬季风强而夏季风较弱的特点。海面风全年中NE向风出现频率最高。

宝岛21-1气田群所在海域受海南岛陆岸影响，波浪基本上受制于南海风场，外海大浪不易侵入；秋冬季浪向主要是东北向；每年5月至9月浪向主要是东南向偏南。根据实测海流数据统计，YC2和YC3测站表、中、底层潮流均为正规全日潮流；YC4和YC5测站所在海域表层为不正规全日潮流，中层和底层为不正规半日潮流。

13.3.2地形地貌环境现状

根据现有调查资料，结合水深资料和浅地层剖面资料，本项目所在海域地形地貌概况如下。

a BD21-1 C2至BD21-1 CEPA平台路由

预定BD21-1 C2至BD21-1 CEPA平台路由在峡谷区存在3处明显的陡坎，

穿越 1 处海底冲沟，发育 18 处海底凸起，整体位于峡谷水道内。

b BD21-1 C1 钻井中心

BD21-1 C1 位于峡谷侧壁的平台上，管汇和井口位置的海底坡度较大，结合现有资料，C1 管汇位置处未发现滑坡沉积，且不在已有的滑坡通道内，现有浅层地质整体稳定。

c BD21-1 C2 钻井中心

BD21-1 C2 位于深水沉积区内，海底地形整体平坦，BD21-1 A2M 井口位置处的海底坡度为 4.1°，结合现有资料，C2 位于峡谷上游沉积物的运移通道内。

d BD21-1 C3 钻井中心

BD21-1 C3 位于峡谷侧壁，位于滑塌后壁的平台上，管汇位置浅层地层以连续沉积为主，未见明显滑塌，推测目前浅层地质整体稳定。

e BD21-1 C4 钻井中心

BD21-1 C4 位置位于峡谷上游和侧壁的滑塌通道内。

f LS18-1 C1 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C1 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，局部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射。

g LS18-1 C2 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C2 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，局部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

h LS18-1 C3 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C3 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，局部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

i LS18-1 C4 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，LS18-1 C4 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，南部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

j YL8-1 C1 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，YL8-1 C1 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，南部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

k YL8-1 C2 钻井中心

根据现有的侧扫声呐资料，YL8-1 C2 钻井中心调查区域内的地貌资料整体色度均匀，表明海底底质整体均一，南部存在由于地形起伏造成的斑驳状反射，以及由于海底冲蚀造成的条带状空白反射。

13.3.3 海水水质环境现状

本项目海洋生态环境现状调查由***承担，调查时间为 2024 年 10 月 15 日至 11 月 17 日（秋季），海水水质布设 54 个调查站位，均位于海南省国土空间规划范围外，根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），按不劣于现状海水水质标准评价。本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。

调查结果显示，全部评价因子均符合第一类海水水质标准。

13.3.4 海洋沉积物环境现状

本次海洋沉积物设 38 个调查站，调查时间为 2024 年 10 月 15 日至 11 月 17 日（秋季），调查项目为有机碳、石油类、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷及共 10 项，全部调查项目均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类海洋沉积物质量标准，调查海域内沉积物环境质量整体状况较好。

13.3.5 海洋生物生态现状

本次海洋生物生态秋季调查设置 38 个调查站，调查时间为 2024 年 10 月 15 日至 11 月 17 日（秋季），调查因子为叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

调查结果表明，调查海区各站位叶绿素 a 表层平均值为 0.011mg/m^3；50m 层叶绿素 a 浓度平均值为 0.024mg/m^3。初级生产力平均值为 25.15mg·C/(m^2·d)，海区初级生产力总体上处于低水平。

调查海域内共出现浮游植物 4 门 52 属 214 种，其中藻种类最多，有 37 属

125种，占总物种数的58.4%；甲藻有12属84种，占总物种数的39.3%；蓝藻2属4种，金藻1属1种。调查海域浮游植物的多样性指数、均匀度、丰富度均处于高水平。群落特征分析显示浮游植物生态环境稳定，种类丰富，多样性高且数量分布较均匀。

调查海域内共鉴定出浮游动物15类390种和阶段性浮游幼体（含鱼卵和仔稚鱼）20类，各类群中以桡足类最多，为149种，占浮游动物总种类数的37.0%；其次为端足类61种，占总种类数的15.1%；其它类群种类在55种以下，合计占比47.9%，调查海域浮游动物群落种类组成丰富，拥有较高的生物多样性水平，种类分布较为均匀，群落结构较稳定。

调查海域内共鉴定出底栖生物10大门类239种，其中节肢动物种类最多，有86种，约占总种数的36.0%；软体动物次之，有51种，占总种数的21.3%；脊索动物有41种，占总种数的17.2%；环节动物有26种，占总种数的10.9%；棘皮动物有18种，占总种数的7.5%；其他类群比例较低。平均栖息密度为11.20ind/m^2，平均生物量为5.73g/m^2，调查海域底栖生物群落生物多样性指数和丰富度的均值都较高，均匀度中等，显示底栖生物生物多样性较高，群落结构稳定，不同种类数量分布相对均匀，受优势种的影响较小。

13.3.6海洋生物质量现状

秋季生物质量调查共采集到鱼类15种34个，甲壳类2种23个，共57个生物样品，测定生物样品中总汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬和石油烃的含量。

分析结果显示，调查海域底栖生物样品中，鱼类和甲壳类的砷标准指数值大于1，样品的超标率分别为70.6%和100.0%，其它各项评价因子的标准指数值均小于1。

13.3.7渔业资源现状调查

本次渔业资源调查由***承担，调查时间是2024年10月31日~11月27日（秋季），调查共设12个调查站位。

调查海域捕获鱼类59种，成鱼平均重量资源密度48.05kg/km^2；幼鱼平均重量资源密度110.03kg/km^2，平均尾数资源密度9,186.02ind/km^2。

调查海域捕获头足类15种，成体平均重量资源密度85.35kg/km^2，幼体平均重量资源密度24.30kg/km^2，平均尾数资源密度971.78ind/km^2。

调查海域捕获甲壳类 32 种，蟹类幼体的平均尾数资源密度为 155.26ind./km^2，成体的平均重量资源密度为 27.00kg/km^2；虾类幼体的平均尾数资源密度为 911.14ind./km^2，虾类成体的平均重量资源密度为 8.95kg/km^2；虾蛄类幼体的平均尾数资源密度为 76.07ind./km^2，虾蛄类成体的平均重量资源密度为 2.30kg/km^2。

渔业资源重量资源密度平均为 283.60kg/km^2；尾数资源密度平均为 19945.43ind/km^2，成体平均重量资源密度 146.24kg/km^2，平均尾数资源密度 8393.24ind/km^2；幼体平均重量资源密度 137.36kg/km^2，平均尾数资源密度 11552.18ind/km^2。

秋季鉴定出鱼卵和仔稚鱼共 33 种。本次调查垂直拖网鱼卵密度范围为（0.00~180.86）粒/100m^3，平均密度为 23.10 粒/100m^3；仔稚鱼密度范围为（0.00~60.29）尾/100m^3，平均密度为 12.69 尾/100m^3。

13.4 主要环境敏感目标

本项目评价范围内的海洋生态环境保护目标为产卵场，部分新建工程设施位于鲐鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内，距其他产卵场均在 42km 以上，距南海北部幼鱼繁育场保护区最近约 42.5km；距海洋生态红线最近约 59km。

13.5 环境影响回顾性分析

本项目所依托的 LS17-2SEMI 平台的生产水处理系统和生活污水处理装置运行正常，近一年统计的生产水和生活污水均能实现达标排放，且排放总量均未超过原环评批复总量。现有陵水 17-2 气田试生产以来，对外排污水采取了有效的处理措施，排放浓度远低于排放标准，对气田周围的海水水质未造成明显损害。回顾分析显示，调查海区的水温、盐度、pH、溶解氧和悬浮物等常规理化参数均在正常范围内波动；COD 和特征污染物石油类的含量也维持在低浓度区间内，并且在波动中呈现出一定下降趋势；其余评价因子包括汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物和挥发性酚全部在低浓度区间小幅波动变化。历次海洋沉积物调查显示本项目所在海域海洋沉积物质量良好。历次调查显示浮游植物、浮游动物和底栖生物多样性指数、均匀度和丰富度均处于较高水平，群落结构总体稳定；从多次调查结果来看，海区底栖生物体内污染物含量均维持在中等偏低水平，整体来说，调查海区底栖生物质量状况较好。

13.6 环境影响预测与评价结论

13.6.1 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、1 座电力辅助平台以及水下生产系统。由于平台为透水式结构，电力辅助平台为半潜式结构，对周边的水动力环境影响很小。海底管缆直接铺设在海底不挖沟，因此对水文动力环境影响很小。

在工程建设过程中钻屑、钻井液排放会对当地海底底质产生一定的影响。钻屑/钻井液的排放会在井口周围沉降，覆盖原来的海底沉积物，局部形成钻屑/钻井液堆积，由于本项目井口所处海域水深较深，钻屑垂向沉降时间较长，分布较为分散，因此钻屑沉积影响面积较小，对冲淤环境的影响十分轻微；新建海底管缆直接铺设在海底，不挖沟；新建平台桩腿附近会有一定的冲刷现象，冲蚀坑面积与深度受该海域冲淤条件、底质情况、时间长度以及桩腿直径等条件影响，总体而言本工程建设对海底的冲淤环境影响很小。

13.6.2 工程对海水水质的影响

13.6.2.1 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，钻井液排放仅对排放点附近水质有影响，影响主要在排放层及下一层，第 1 层造成的海水超一（二）类最大包络面积为 0.532km^2，超一（二）类水质距排放点的最大距离为 0.66km，停止排放后最大约 8h 即可恢复到排放前水质。

13.6.2.2 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排放点周围不远的水域内，由于海水对流扩散作用，钻屑排放造成悬浮物超标仅存在于排放层及下一层，钻屑排放超一（二）类最大包络面积为 0.392km^2，距排放点的最大距离为 0.43km，停止排放后最大 3h 海水悬浮物浓度即可恢复排放前的水平。

13.6.2.3 海床处理对海水水质的影响

海床处理施工时主要是吹扫产生的部分悬浮物进入水体，短期内对海水水质造成一定的影响，这种影响是短期的、一次性的、可恢复的，吹扫搅起的悬浮物的影响主要在施工管缆路由两侧。根据预测结果，海底管缆路由区域吹扫产生的悬浮物影响范围在垂向上主要分布于海床上 0-20m 范围内，水平方向上最大扩散距离约 0.78km，海床上 0-10m 层吹扫产生的水体悬浮物超一类水质范围合计约 53.515km^2，海床上 10-20m 层超一类水质范围合计为 29.702km^2，其余层位无超标面积存在。超三、四类水质海域影响范围主要在海床上 0-10m 层，其面积相对较小。施工作业停止后最大约 8h，海水悬浮物浓度可恢复至施工前水平。海床处理对海水水质的影响范围和时长均较小。

13.6.2.4 生产水对海水水质的影响

本项目投产后，新建 BD21-1CEPA 中心平台生产水经生产水处理系统处理达标后排海。由于本项目生产水排放量较小，石油类浓度含量较低，根据预测结果，排放点附近石油类浓度最大为 0.024mg/L，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。

13.6.3 工程对海洋沉积物的影响

13.6.3.1 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，会在海底一定的范围内沉积。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，底床上钻屑堆积超过 2cm 厚度范围远小于 1 个计算网格面积（0.0013km^2），因此可以认为本项目钻屑排放对沉积物的环境影响较小。

13.6.3.2 海床处理对沉积物环境的影响

在对部分海底管缆路由所处海床进行吹扫施工时，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下会自然沉降在施工路由周围，覆盖厚度>2cm 的面积主要位于管/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。根据预测结果，本项目海床吹扫作业产生的悬浮物覆盖 2cm 厚度的覆盖面积合计为

0.614km^2。

12.4.3.2 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/钻屑的排放以及海床处理，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。生产阶段，平台生产水的排放也会对平台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）计算，本项目海洋生物损失为：鱼卵***粒，仔稚鱼***尾，鱼类幼体***尾，头足类幼体***尾，虾类幼体***尾，蟹类幼体***尾，成体***kg，底栖生物***t，估算本项目造成海洋生物资源损失约***万元。

13.6.4 工程对环境敏感目标的影响

本项目部分设施（CO_2回注井、电力辅助平台）位于鲐鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内，距离国家级自然保护区、国家级海洋公园和海洋生态红线区等其他环境敏感目标均较远，均在42km以外。本项目主要污染物为在建设过程中钻井作业产生的钻屑、钻井液，根据数模预测可知，钻井液最大超一类面积0.532km^2，最大影响距离0.66km，停排后8h即可恢复水质；钻屑最大超一类面积0.217km^2，最大影响距离0.34km，停排后3h即可恢复水质，因此，钻屑、钻井液属于短期、局部、可恢复性影响。电力辅助平台作为清洁能源，在运行过程中无废水、废气等污染物排放，对产卵场基本无影响。综合以上分析，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。

13.7 环境风险分析与评价结论

本项目环境风险类型包括井喷、输油软管破裂、平台容器泄漏、地质性溢油及浅层气风险、平台火灾爆炸、海底管道泄漏、施工期船舶碰撞泄漏等事故。本项目最具代表性事故为海底管道泄漏事故，选取了不利的溢油位置作为溢油点进行了模拟预测，溢油量最大为220m^3。根据预测结果分析，BD21-1 CEPA平台附近管道发生溢油事故时，在E风向极值风速条件下最短20.1h可到达其他红线区，在SE风向极值风速条件下最短3.7h可到达鲐鱼粤西外海区产卵场。

根据应急响应时间分析，本项目及附近可依托的溢油应急资源可以在 14.4h 内到达溢油现场，并陆续进行溢油回收作业。本项目及附近可依托的溢油应急设备可以满足本项目最具代表性事故溢油量的溢油应急能力要求。当发生超出自身控制能力的溢油事件时，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。

本项目投产前，建设单位将按照相关规定编制《宝岛 21-1 气田群开发项目油气污染应急预案》，并报相关主管部门备案。本项目将纳入海南公司各级应急体系中统一考虑，同时按照油气污染应急预案的要求开展好各种溢油应急准备和响应工作。

本项目从设计阶段采用了国际、国内先进标准，在建设和生产阶段采取了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，制定了油气污染应急预案，从组织机构、资源配备、处理程序等进行了详细规定，而且企业的油气污染应急预案与政府的分级响应机制相衔接。

综合以上分析，宝岛 21-1 气田群开发项目发生油气泄漏的概率较低，且本项目制定了周密的油气污染应急预案，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。

13.8 清洁生产与总量控制

13.8.1 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 93.3，采气作业的清洁生产综合评价指数为 94.0，由此可知本项目钻井作业和采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”。

13.8.2 总量控制建议

建议新建 BD21-1CEPA 平台生产水排放总量控制指标为***m^3/a，石油类排放总量控制指标为***t/a；生活污水的总量控制指标为***m^3/a，COD 排放总量

为***t/a。

本项目接入后，LS17-2SEMI 平台生产水最大排放量未超过原环评总量控制指标，建议 LS17-2SEMI 平台生产水维持原有总量控制指标***m^3/a，其中石油类排放量控制指标为***t/a。

13.9 环保对策措施合理可行性结论

13.9.1 环境保护对策措施

13.9.1.1 建设阶段

本项目将采用半潜式钻井平台进行钻完井作业，平台设有钻井液循环处理系统，钻井液循环系统的主要工艺流程：从钻机井口返出的钻井液和钻屑通过自身平台上设置的相关设备进行分离后，分离出的钻井液返回泥浆池后循环使用，分离出的钻屑经检测达标后排海，不能满足排放要求的钻屑经收集后运回陆地处理。

钻完井结束后，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经收集后运回陆地处理，不排海；合成基钻井液将循环使用至性能无法维护后，运回陆地交由有资质的单位进行处理。

钻井过程中向海中排放的钻井液和钻屑，其生物毒性容许值应达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级 第 1 部分》（GB18420.1-2009）中二级标准的要求，即钻井液和钻屑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还应符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中三级排放标准（含油量≤8%，重金属 Hg≤1mg/kg，Cd≤3mg/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给有资质的单位进行处理。

13.9.1.2 生产阶段

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、发电机与锅炉废气、温排水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等。

生产水在新建BD21-1CEPA中心平台进入生产水处理系统进行处理，生产水处理系统采用“自清洗滤器+聚结过滤器+吸附柱”的梯级过滤组合工艺，处理至符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准排放。

本项目新建的BD21-1CEPA中心平台上设有开式排放系统和闭式排放兼低压火炬系统。开式排放系统收集平台上的甲板雨水和冲洗水、危险区域和非危险区域容器及设备的溢出液，在开排沉箱中油水在重力作用下分离，由开排泵将处于沉箱上部的含油污水打入闭排罐中进行处理。闭式排放兼低压火炬系统用于收集平台工艺系统中带压容器、管线维修时排放出的带压流体，以及来自高压火炬分液罐、公用系统排放的液烃等，当罐内达到一定的液位时，经闭式排放泵增压后进入凝析油分离器。

本项目新建BD21-1CEPA中心平台设4台（其中1台为预留）燃气透平发电机为平台和各水下生产设施供电，同时配置2台热介质锅炉满足平台用热需求。透平发电机和热介质锅炉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。

温排水满足夏季最大温升不超过9℃，冬季最大温升不超过12℃，于海表排放。

生活污水进入BD21-1CEPA中心平台的生活污水处理系统进行处理，该系统采用生化法+电解法的型式，处理达标后排海。

本项目生产过程中产生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；其它生活垃圾和生产垃圾将分类收集运回陆地，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。

13.9.2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）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。

（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。

13.10 建设项目环境可行性结论

本符合国家《产业结构调整指导目录（2024年本）》，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年）》、《海南省生态环境分区管控方案（2023年版）》和海南省“三区三线”中的海洋生态保护红线的管理要求相协调。

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。本项目周围海域海水、沉积物和生物环境质量现状较好，距离国家级自然保护区、国家级海洋公园和海洋生态红线区等环境敏感目标均较远。本项目在建设过程中产生的主要污染物为钻屑和钻井液，对环境的影响属于短期性、一次性、可恢复性影响。生产运行过程中所产生的主要污染物为含油生产水、生活污水，均经处理合格后达标排放，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。

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。本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。

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，本项目建设可行。

附件

附件 1 环评工作委托书

附件

附件 1 环评工作委托书

保密内容，已删除。

附件 2 固体废物委托处理处置合同及资质

保密内容，已删除。

附件 3 相关环评报告批复文件

附件 3-1：《关于陵水 17-2 气田开发工程环境影响报告书的批复》（环审[2019]27 号）

保密内容，已删除。

附件 3-2：关于陵水 17-2 气田 10d/11d 井区开发项目环境影响报告书的批复（环审【2023】91 号）

保密内容，已删除。

附件 4 相关工程竣工验收批复

保密内容，已删除。

附件 5 相关溢油应急计划备案登记表

保密内容，已删除。

附表

附表1 秋季调查海域海水水质调查分析记录统计表

保密内容，已删除。

附表2 秋季调查海域各站位海水质量平均值单因子指数评价统计表（按一类评价）

保密内容，已删除。

附表 3 秋季调查浮游植物种类名录

序号	中文名	拉丁文名
硅藻门		**BACILIARIOPHYTA**
1	标志星杆藻	*Asterionella notata*
2	范氏星纹藻	*Asterolampra vanheurckii*
3	美丽星脐藻	*Asteromphalus elegans*
4	扇形星脐藻	*Asteromphalus flabellatus*
5	粗星脐藻	*Asteromphalus robustus*
6	丛毛辐杆藻	*Bacteriastrum comosum*
7	优美辐杆藻	*Bacteriastrum delicatulum*
8	长辐杆藻	*Bacteriastrum elongatum*
9	透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum*
10	钟形中鼓藻	*Bellerochea horologicalis*
11	高盒形藻	*Biddulphia regia*
12	中华盒形藻	*Biddulphia sinensis*
13	舟形鞍链藻	*Campylosira cymbelliformis*
14	紧密角管藻	*Cerataulina compacta*
15	海洋角管藻	*Cerataulina pelagica*
16	均等角毛藻	*Chaetoceros aequatoriale*
17	窄隙角毛藻	*Chaetoceros affinis*
18	大西洋角毛藻	*Chaetoceros atlanticus*
19	大西洋角毛藻那不勒斯变种	*Chaetoceros atlanticus v. neapolitana*
20	大西洋角毛藻骨条变种	*Chaetoceros atlanticus v. skeleton*
21	北方角毛藻	*Chaetoceros borealis*
22	短孢角毛藻	*Chaetoceros brevis*
23	卡氏角毛藻	*Chaetoceros castracanei*
24	绕孢角毛藻	*Chaetoceros cinctus*
25	密聚角毛藻	*Chaetoceros coarctatus*
26	扁面角毛藻	*Chaetoceros compressus*
27	扭角毛藻	*Chaetoceros convolutus*
28	中肋角毛藻	*Chaetoceros costatus*
29	达氏角毛藻	*Chaetoceros dadayi*
30	丹麦角毛藻	*Chaetoceros danicus*
31	柔弱角毛藻	*Chaetoceros debilis*
32	并基角毛藻	*Chaetoceros decipiens*
33	密连角毛藻	*Chaetoceros densus*
34	齿角毛藻	*Chaetoceros denticulatus*
35	双突角毛藻	*Chaetoceros didymus*
36	远距角毛藻	*Chaetoceros distans*
37	异角角毛藻	*Chaetoceros diversus*
38	爱氏角毛藻	*Chaetoceros eibenii*
39	粗股角毛藻	*Chaetoceros femur*
40	飞燕角毛藻	*Chaetoceros hirunkinellus*
41	平滑角毛藻	*Chaetoceros laevis*
42	洛氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*
43	短刺角毛藻	*Chaetoceros messanensis*

序号	中文名	拉丁文名
44	日本角毛藻	*Chaetoceros nipponica*
45	海洋角毛藻	*Chaetoceros pelagicus*
46	秘鲁角毛藻	*Chaetoceros peruvianus*
47	拟弯角毛藻	*Chaetoceros pseudocurvisetus*
48	根状角毛藻	*Chaetoceros radicans*
49	嘴状角毛藻	*Chaetoceros rostratus*
50	暹罗角毛藻	*Chaetoceros siamense*
51	冕孢角毛藻	*Chaetoceros subsecundus*
52	范氏角毛藻	*Chaetoceros vanheurcki*
53	双凹梯形藻	*Climacodium biconcavum*
54	佛朗梯形藻	*Climacodium frauenfeldianum*
55	小环毛藻	*Corethron hystrix*
56	有翼圆筛藻	*Coscinodiscus bipartitus*
57	整齐圆筛藻	*Coscinodiscus concinnus*
58	明壁圆筛藻	*Coscinodiscus debilis*
59	巨圆筛藻	*Coscinodiscus gigas*
60	巨圆筛藻交织变种	*Coscinodiscus gigas v. praetexta*
61	琼氏圆筛藻	*Coscinodiscus jonesianus*
62	线形圆筛藻	*Coscinodiscus lineatus*
63	具边线性圆筛藻	*Coscinodiscus marginato-lineatus*
64	虹彩圆筛藻	*Coscinodiscus oculus-iridis*
65	肾形圆筛藻	*Coscinodiscus reniformis*
66	威氏圆筛藻	*Coscinodiscus wailesii*
67	地中海指管藻	*Dacthliosolen mediterraneus*
68	太阳双尾藻	*Ditylum sol*
69	长角弯角藻	*Eucampia cornuta*
70	短角弯角藻	*Eucampia zoodiacus*
71	大洋脆杆藻	*Fragilaria oceanica*
72	热带戈斯藻	*Gossleriella tropica*
73	海生斑条藻	*Grammatophora marina*
74	海洋斑条藻	*Grammatophora oceanica*
75	萎软几内亚藻	*Guinardia flaccida*
76	霍氏半管藻	*Hemiaulus hauckii*
77	印度半管藻	*Hemiaulus indicus*
78	薄壁半管藻	*Hemiaulus membrnaceus*
79	中华半管藻	*Hemiaulus sinensis*
80	楔形半盘藻	*Hemidiscus cuneiformis*
81	哈德半盘藻	*Hemidiscus hardmannianus*
82	北方劳德藻	*Lauderia borealis*
83	丹麦细柱藻	*Leptocylindrus danicus*
84	短纹楔形藻	*Licmophora abbreviata*
85	颗粒直链藻	*Melosira granulata*
86	直舟形藻	*Navicula directa*
87	远距舟形藻	*Navicula distans*
88	海洋舟形藻	*Navicula marina*
89	膜状舟形藻	*Navicula membranacea*

序号	中文名	拉丁文名
90	新月菱形藻	*Nitzschia closterium*
91	柔弱菱形藻	*Nitzschia delicatissima*
92	尖刺菱形藻	*Nitzschia pungens*
93	美丽漂流藻	*Planktoniella formosa*
94	太阳漂流藻	*Planktoniella sol*
95	近缘斜纹藻	*Pleurosigma affine*
96	海洋斜纹藻	*Pleurosigma pelagicum*
97	亚德里亚海杆线藻	*Rhabdonema adriaticum*
98	翼根管藻	*Rhizosolenia alata*
99	翼根管藻纤细变型	*Rhizosolenia alata f. gracillima*
100	翼根管藻印度变型	*Rhizosolenia alata f. indica*
101	翼根管藻无刺变型	*Rhizosolenia alata f. inermis*
102	伯氏根管藻	*Rhizosolenia bergonii*
103	卡氏根管藻	*Rhizosolenia castracanei*
104	克氏根管藻	*Rhizosolenia cleivei*
105	粗刺根管藻	*Rhizosolenia crassospina*
106	圆柱根管藻	*Rhizosolenia cylindrus*
107	柔弱根管藻	*Rhizosolenia delicatula*
108	脆根管藻	*Rhizosolenia fragilissima*
109	透明根管藻	*Rhizosolenia hyalina*
110	覆瓦根管藻	*Rhizosolenia imbricata*
111	覆瓦根管藻斯鲁变种	*Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei*
112	粗根管藻	*Rhizosolenia robusta*
113	刚毛根管藻	*Rhizosolenia setigera*
114	中华根管藻	*Rhizosolenia sinensis*
115	斯氏根管藻	*Rhizosolenia stolterforthii*
116	笔尖形根管藻	*Rhizosolenia styliformis*
117	笔尖形根管藻粗径变种	*Rhizosolenia styliformis v. latissima*
118	笔尖形根管藻长棘变种	*Rhizosolenia styliformis v. longispina*
119	优美施罗藻	*Schroederella delicatula*
120	掌状冠盖藻	*Stephanopyxis palmeriana*
121	扭鞘藻	*Streptothece thamesis*
122	菱形海线藻	*Thalassionema nitzschioides*
123	细弱海链藻	*Thalassiosira subtilis*
124	伏氏海毛藻	*Thalassiothrix frauenfeldii*
125	长海毛藻	*Thalassiothrix longissima*
甲藻门		**PYRROPHYTA**
126	塔玛亚历山大藻	*Alexandrium tamarense*
127	二齿双管藻	*Amphisolenia bidentata*
128	球形双管藻	*Amphisolenia globifera*
129	锥形双管藻	*Amphisolenia schroederi*
130	三叉双管藻	*Amphisolenia thrinax*
131	细轴角藻	*Ceratium axiale*
132	尖角藻	*Ceratium belone*
133	贝氏角藻	*Ceratium bigelowii*
134	短角角藻	*Ceratium breve*

序号	中文名	拉丁文名
135	短角角藻弯曲变种	*Ceratium breve var. curvulum*
136	腊台角藻	*Ceratium candelabrum*
137	歧分角藻	*Ceratium carriense*
138	扭角藻	*Ceratium contortum*
139	扭角藻环状变种	*Ceratium contortum v. saltans*
140	相反角藻	*Ceratium contrarium*
141	偏斜角藻	*Ceratium declinatum*
142	臼齿角藻	*Ceratium dens*
143	奇长角藻	*Ceratium extensum*
144	镰角藻	*Ceratium facatum*
145	叉角藻	*Ceratium furca*
146	纺锤角藻	*Ceratium fusus*
147	驼背角藻	*Ceratium gibberum*
148	圆头角藻	*Ceratium gravidum*
149	圆头角藻窄变种	*Ceratium gravidum v. angustum*
150	网纹角藻	*Ceratium hexacanthum*
151	网纹角藻原变种旋角变型	*Ceratium hexacanthum v. hexacanthum f. spirale*
152	粗刺角藻	*Ceratium horridum*
153	粗刺角藻槌状变种	*Ceratium horridum v. calviger*
154	粗刺角藻柔软变种	*Ceratium horridum v. molle*
155	低顶角藻	*Ceratium humile*
156	剑峰角藻	*Ceratium incisum*
157	膨角藻	*Ceratium inflatum*
158	科氏角藻	*Ceratium kofoidii*
159	长角角藻	*Ceratium longinum*
160	长顶角藻	*Ceratium longirostrum*
161	细长角藻	*Ceratium longissimum*
162	新月角藻	*Ceratium lunula*
163	大角角藻	*Ceratium macroceros*
164	大角角藻窄变种	*Ceratium macroceros v. gallicum*
165	大角角藻海南变种	*Ceratium macroceros v. hainanensis*
166	大角角藻原变种	*Ceratium macroceros var. macroceros*
167	马西里亚角藻	*Ceratium massiliense*
168	柔软角藻	*Ceratium molle*
169	圆胖角藻	*Ceratium paradoxides*
170	五角角藻	*Ceratium pentagonum*
171	板角藻	*Ceratium platycorne*
172	指状角藻	*Ceratium ranipes*
173	对称角藻	*Ceratium symmetricum*
174	纤细角藻	*Ceratium tenue*
175	波状角藻	*Ceratium trichoceros*
176	三角角藻	*Ceratium tripos*
177	兀鹰角藻	*Ceratium vultur*
178	兀鹰角藻日本变种	*Ceratium vultur v. japonicus*
179	兀鹰角藻苏门答腊变种	*Ceratium vultur v. sumatranum*
180	长刺角甲藻	*Ceratocorys horrida*

序号	中文名	拉丁文名
181	具尾鳍藻	*Dinophysis caudata*
182	楔型鳍藻	*Dinophysis cuneus*
183	倒卵形鳍藻	*Dinophysis fortii*
184	叉形鳍藻	*Dinophysis miles*
185	鳍藻属	*Dinophysis sp.*
186	方鸟尾藻	*Ornithocercus quadratus*
187	锯齿鸟尾藻	*Ornithocercus serratus*
188	美丽鸟尾藻	*Ornithocercus splendidus*
189	四叶鸟尾藻	*Ornithocercus steinii*
190	拟多甲藻属	*Peridiniopsis sp.*
191	锥形多甲藻	*Peridinium conicum*
192	扁平多甲藻	*Peridinium depressum*
193	优美多甲藻	*Peridinium elegans*
194	优美多甲藻颗粒型	*Peridinium elgans f. granulatum*
195	里昂多甲藻	*Peridinium leonis*
196	海洋多甲藻	*Peridinium oceanicum*
197	五角多甲藻	*Peridinium pentagonum*
198	多甲藻属	*Peridinium sp.*
199	单刺足甲藻	*Podolampas spinifera*
200	海洋原甲藻	*Prorocentrum micans*
201	纺锤梨甲藻	*Pyrocystis fusiformis*
202	浅弧梨甲藻	*Pyrocystis gerbautii*
203	钩梨甲藻	*Pyrocystis hamulus*
204	新月梨甲藻	*Pyrocystis lunula*
205	夜光梨甲藻	*Pyrocystis noctiluca*
206	菱形梨甲藻	*Pyrocystis rhompoides*
207	粗梨甲藻	*Pyrocystis robusta*
208	钟扁甲藻斯氏变种	*Pyrophacus horologicum v. steinii*
209	斯氏扁甲藻	*Pyrophacus steinii*
蓝藻门		**CYANOPHYTA**
210	胞内植生藻	*Richelia intracellularis*
211	红海束毛藻	*Trichodesmium erythraeum*
212	汉氏束毛藻	*Trichodesmium hildebrandtii*
213	铁氏束毛藻	*Trichodesmium thiebautii*
金藻门		**CHRYSOPHYTA**
214	小等刺硅鞭藻	*Dictyocha fibula*

附表 4 秋季调查浮游动物种类名录

序号	中文名	拉丁文名
	原生动物	**PROTOZOA**
1	棘球虫属	*Acanthosphaera* spp.
2	拟抱球虫属	*Globigerinoides* spp.
3	夜光虫	*Noctiluca scintillans*
	刺胞动物	**CNIDARIA**
4	小拟多面水母	*Abylopsis eschscholtzi*
5	方拟多面水母	*Abylopsis tetragona*
6	华丽盛装水母	*Agalma elegans*
7	盛装水母	*Agalma okeni*
8	半口壮丽水母	*Aglaura hemistoma*
9	尖囊双钟水母	*Amphicaryon acaule*
10	盾状双钟水母	*Amphicaryon peltifera*
11	双手水母属一种	*Amphinema* sp.
12	巴斯水母	*Bassia bassensis*
13	扁胃高手水母	*Bougainvillia platygaster*
14	莫氏深帽水母	*Bythotiara murrayi*
15	乳状萼水母	*Calycopsis papillata*
16	爪室水母	*Chelophyes appendiculata*
17	异摇篮水母	*Cunina peregrina*
18	摇篮水母属一种	*Cunina* sp.
19	拟双生水母	*Diphyes bojani*
20	双生水母	*Diphyes chamissonis*
21	异双生水母	*Diphyes dispar*
22	尖角水母	*Eudoxoides mitra*
23	螺旋尖角水母	*Eudoxoides spiralis*
24	锥胃内胞水母	*Euphysilla pyramidata*
25	大球真囊水母	*Euphysora macrobulbus*
26	正型单手水母	*Gotoea typica*
27	马蹄水母	*Hippopodius hippopus*
28	拟铃浅室水母	*Lensia campanella*
29	异板浅室水母	*Lensia challengeri*
30	锥体浅室水母	*Lensia conoidea*
31	微脊浅室水母	*Lensia cossack*
32	小体浅室水母	*Lensia hotspur*
33	细条浅室水母	*Lensia leloupi*
34	细浅室水母	*Lensia subtilis*
35	拟细浅室水母	*Lensia subtiloides*
36	八瓣隔膜水母	*Leuckartiara octona*
37	四叶小舌水母	*Liriope tetraphylla*
38	曲玛拉水母	*Malagazzia cyphogonia*
39	粗端梅尔水母	*Mayeri forbesi*
40	顶红潜水母	*Merga apicirubellus*
41	性轭小型水母	*Nanomia bijuga*
42	小型水母	*Nanomia* sp.

序号	中文名	拉丁文名
43	红斑游船水母	*Nausithoe punctata*
44	乳突单肢水母	*Nubiella papillaris*
45	单肢水母属一种	*Nubiella* sp.
46	夜光游水母	*Pelagia noctiluca*
47	笔螅水母属一种	*Pennaria* sp.
48	小原拟帽水母	*Protiaropsis minor*
49	丝根水母	*Rhizophysa filiformis*
50	墓形棍手水母	*Rhopalonema funerarium*
51	宽膜棍手水母	*Rhopalonema velatum*
52	太阳水母	*Solmaris leucostyla*
53	两手筐水母	*Solmundella bitentaculata*
54	长囊无棱水母	*Sulculeolaria chuni*
55	五齿无棱水母	*Sulculeolaria monoica*
56	膨大无棱水母	*Sulculeolaria turgida*
57	光滑拟蹄水母	*Vogtia glabra*
58	小口拟蹄水母	*Vogtia microsticella*
59	水螅水母幼体*	Hydroidomedusae larvae
60	钵水母幼体*	Scyphomedusae larvae
	栉板动物	**CTENOPHORA**
61	瓜水母属一种	*Beroe* sp.
62	球型侧腕水母	*Pleurobrachia globosa*
	枝角类	**CLADOCERA**
63	肥胖三角溞	*Pseudevadne tergestina*
	桡足类	**COPEPODA**
64	红纺锤水蚤	*Acartia erythraea*
65	小纺锤水蚤	*Acartia negligens*
66	驼背隆哲水蚤	*Acrocalanus gibber*
67	尖鹰嘴水蚤	*Aetideus acutus*
68	纪氏鹰嘴水蚤	*Aetideus giesbrecht*
69	武装尖头水蚤	*Arietellus armatus*
70	小长足水蚤	*Calanopia minor*
71	单刺丽哲水蚤	*Calocalanus monospinus*
72	孔雀丽哲水蚤	*Calocalanus pavo*
73	武装平头水蚤	*Candacia armata*
74	双翼平头水蚤	*Candacia bipinnata*
75	伯氏平头水蚤	*Candacia bradyi*
76	幼平头水蚤	*Candacia catula*
77	短平头水蚤	*Candacia curta*
78	黑斑平头水蚤	*Candacia ethiopica*
79	耳突平头水蚤	*Candacia guggenheimi*
80	长突平头水蚤	*Candacia longimana*
81	厚指平头水蚤	*Candacia pachydactyla*
82	瘦平头水蚤	*Candacia tenuimana*
83	腹突平头水蚤	*Candacia varicans*
84	微刺哲水蚤	*Canthocalanus pauper*
85	哲胸刺水蚤	*Centropages calaninus*

序号	中文名	拉丁文名
86	叉胸刺水蚤	*Centropages furcatus*
87	长角胸刺水蚤	*Centropages longicornis*
88	瘦尾胸刺水蚤	*Centropages tenuiremis*
89	粗指小袖水蚤	*Chiridiella macrodactyla*
90	瘦袖水蚤	*Chiridius gracilis*
91	弓角基齿哲水蚤	*Clausocalanus arcuicornis*
92	长尾基齿哲水蚤	*Clausocalanus furcatus*
93	大基齿哲水蚤	*Clausocalanus ingens*
94	小盆盔头猛水蚤	*Clytemnestra scutellata*
95	奇桨水蚤	*Copilia mirabilis*
96	方桨水蚤	*Copilia quadrata*
97	近缘大眼水蚤	*Corycaeus affinis*
98	东亚大眼水蚤	*Corycaeus asiaticus*
99	微胖大眼水蚤	*Corycaeus crassiusculus*
100	平大眼水蚤	*Corycaeus dahli*
101	红大眼水蚤	*Corycaeus erythraeus*
102	柔大眼水蚤	*Corycaeus flaccus*
103	叉大眼水蚤	*Corycaeus furcifer*
104	伶俐大眼水蚤	*Corycaeus lautus*
105	长刺大眼水蚤	*Corycaeus longistylis*
106	小突大眼水蚤	*Corycaeus lubbocki*
107	美丽大眼水蚤	*Corycaeus speciosus*
108	典型大眼水蚤	*Corycaeus typicus*
109	达氏宇哲水蚤	*Cosmocalanus darwinii*
110	岩双刺水蚤	*Disseta scopularis*
111	精致真刺水蚤	*Euchaeta concinna*
112	长角真刺水蚤	*Euchaeta longicornis*
113	平滑真刺水蚤	*Euchaeta plana*
114	窄缝真刺水蚤	*Euchaeta rimana*
115	粗壮真胖水蚤	*Euchirella amoena*
116	双突真胖水蚤	*Euchirella bitumida*
117	短尾真胖水蚤	*Euchirella curticauda*
118	盔头真胖水蚤	*Euchirella galeatea*
119	巨大真胖水蚤	*Euchirella maxima*
120	东方真胖水蚤	*Euchirella orientalis*
121	喙真胖水蚤	*Euchirella rostrata*
122	截真胖水蚤	*Euchirella truncata*
123	驼背羽刺大眼水蚤	*Farranula gibbula*
124	长尾羽刺大眼水蚤	*Farranula longicauda*
125	克氏枪水蚤	*Gaetanus kruppi*
126	长角枪水蚤	*Gaetanus miles*
127	小枪水蚤	*Gaetanus minor*
128	枪水蚤属一种	*Gaetanus* sp.
129	近缘盾水蚤	*Gaidius affinis*
130	大尖额海羽水蚤	*Haloptilus acutifrons*
131	宽额海羽水蚤	*Haloptilus bulliceps*

序号	中文名	拉丁文名
132	长须海羽水蚤	*Haloptilus longicirrus*
133	长角海羽水蚤	*Haloptilus longicornis*
134	小尖额海羽水蚤	*Haloptilus mucronatus*
135	圆额海羽水蚤	*Haloptilus ornatus*
136	乳状异肢水蚤	*Heterorhabdus papilliger*
137	异肢水蚤属一种	*Heterorhabdus* sp.
138	后截唇角水蚤	*Labidocera detruncata*
139	小唇角水蚤	*Labidocera minuta*
140	孔雀唇角水蚤	*Labidocera pavo*
141	梭水蚤属一种	*Lubbockia* sp.
142	黄角光水蚤	*Lucicutia flavicornis*
143	高斯光水蚤	*Lucicutia gaussae*
144	卵形光水蚤	*Lucicutia ovalis*
145	克氏长角水蚤	*Mecynocera clausi*
146	细角间哲水蚤	*Mesocalanus tenuicornis*
147	美丽长腹水蚤	*Metridia venusta*
148	小毛猛水蚤	*Microsetella norvegica*
149	红小毛猛水蚤	*Microsetella rosea*
150	小哲水蚤	*Nannocalanus minor*
151	瘦新哲水蚤	*Neocalanus gracilis*
152	粗新哲水蚤	*Neocalanus robustior*
153	长刺长腹剑水蚤	*Oithona longispina*
154	羽长腹剑水蚤	*Oithona plumifera*
155	拟长腹剑水蚤	*Oithona similis*
156	隆水蚤属一种	*Oncaea* sp.
157	丽隆水蚤	*Oncaea venusta*
158	齿厚水蚤	*Pachysoma dentatum*
159	斑点厚水蚤	*Pachysoma punctatum*
160	针刺拟哲水蚤	*Paracalanus aculeatus*
161	强额拟哲水蚤	*Paracalanus crassirostris*
162	小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus*
163	双刺拟平头水蚤	*Paracandacia bispinosa*
164	简拟平头水蚤	*Paracandacia simplex*
165	截拟平头水蚤	*Paracandacia truncata*
166	芦氏拟真刺水蚤	*Paraeuchaeta russelli*
167	细拟真哲水蚤	*Pareucalanus attenuatus*
168	伪细拟真哲水蚤	*Pareucalanus pseudattenuatus*
169	刺褐水蚤	*Phaenna spinifera*
170	腹突乳点水蚤	*Pleuromamma abdominalis*
171	北方乳点水蚤	*Pleuromamma borealis*
172	瘦乳点水蚤	*Pleuromamma gracilis*
173	皮氏乳点水蚤	*Pleuromamma piseki*
174	粗乳点水蚤	*Pleuromamma robusta*
175	乳点水蚤属一种	*Pleuromamma* sp.
176	剑乳点水蚤	*Pleuromamma xiphias*
177	阔节角水蚤	*Pontella fera*

序号	中文名	拉丁文名
178	羽小角水蚤	*Pontellina plumata*
179	克氏简角水蚤	*Pontellopsis krameri*
180	鼻锚哲水蚤	*Rhincalanus nasutus*
181	彩额锚哲水蚤	*Rhincalanus rostrifrons*
182	狭叶水蚤	*Sapphirina angusta*
183	达氏叶水蚤	*Sapphirina darwinii*
184	芽叶水蚤	*Sapphirina gemma*
185	肠叶水蚤	*Sapphirina intestinata*
186	金叶水蚤	*Sapphirina metallina*
187	黑点叶水蚤	*Sapphirina nigromaculata*
188	玛瑙叶水蚤	*Sapphirina opalina*
189	弯尾叶水蚤	*Sapphirina sinuicauda*
190	叶水蚤属一种	*Sapphirina* sp.
191	深海小厚壳水蚤	*Scolecithricella abyssalis*
192	栉小厚壳水蚤	*Scolecithricella ctenopus*
193	叶足小厚壳水蚤	*Scolecithricella dentata*
194	缘凹小厚壳水蚤	*Scolecithricella emarginata*
195	小厚壳水蚤属一种	*Scolecithricella* sp.
196	伯氏厚壳水蚤	*Scolecithrix bradyi*
197	丹氏厚壳水蚤	*Scolecithrix danae*
198	厚壳水蚤属一种	*Scolecithrix* sp.
199	刺厚哲水蚤	*Scolecocalanus spinifer*
200	法氏暗哲水蚤	*Scottocalanus farrani*
201	海伦暗哲水蚤	*Scottocalanus helenae*
202	暗哲水蚤属一种	*Scottocalanus* sp.
203	汤氏暗哲水蚤	*Scottocalanus thomasi*
204	强次真哲水蚤	*Subeucalanus crassus*
205	帽形次真哲水蚤	*Subeucalanus pileatus*
206	亚强次真哲水蚤	*Subeucalanus subcrassus*
207	狭额次真哲水蚤	*Subeucalanus subtenuis*
208	异尾宽水蚤	*Temora discaudata*
209	缺刻波刺水蚤	*Undeuchaeta incisa*
210	大型波刺水蚤	*Undeuchaeta major*
211	羽波刺水蚤	*Undeuchaeta plumosa*
212	普通波水蚤	*Undinula vulgaris*
213	桡足类幼体*	Copepoda larvae
介形类		**OSTRACODA**
214	尖细浮萤	*Conchoecetta acuminata*
215	大弯浮萤	*Conchoecia magna*
216	尖额齿浮萤	*Conchoecilla daphnoides*
217	鳞形壮浮萤	*Conchoecissa imbricate*
218	齿形海萤	*Cypridina dentata*
219	针刺真浮萤	*Euconchoecia aculeata*
220	叉刺真浮萤	*Euconchoecia chierchiae*
221	细长真浮萤	*Euconchoecia elongata*
222	后圆真浮萤	*Euconchoecia maimai*

序号	中文名	拉丁文名
223	沈氏真浮萤	*Euconchoecia shenghwai*
224	短额海腺萤	*Halocypris inflata*
225	平滑后浮萤	*Metaconchoecia teretivalvata*
226	宽短小浮萤	*Microconchoecia curta*
227	多刺小浮萤	*Microconchoecia echinulata*
228	双刺直浮萤	*Orthoconchoecia bispinosa*
229	多变拟浮萤	*Paraconchoecia decipiens*
230	棘状拟浮萤	*Paraconchoecia echinata*
231	长形拟浮萤	*Paraconchoecia procera*
232	小刺拟浮萤	*Paraconchoecia spinifera*
233	小葱萤	*Porroecia porrecta*
234	刺额葱萤	*Porroecia spinirostris*
235	同心假浮萤	*Pseudoconchoecia concentrica*
糠虾类		**MYSIDACEA**
236	准异糠虾属一种	*Anisomysis* sp.
237	日本新糠虾	*Neomysis japonica*
238	极小假近糠虾	*Pseudanchialina pusilla*
239	中华节糠虾	*Siriella sinensis*
240	节糠虾属一种	*Siriella* sp.
241	糠虾类幼体*	Mysida larvae
磷虾类		**EUPHAUSIACEA**
242	短磷虾	*Euphausia brevis*
243	半驼磷虾	*Euphausia hemigibba*
244	鸟喙磷虾	*Euphausia mutica*
245	小型磷虾	*Euphausia nana*
246	柔弱磷虾	*Euphausia tenera*
247	弯细臂磷虾	*Nematobrachion flexipes*
248	长细足磷虾	*Nematoscelis atlantica*
249	瘦细足磷虾	*Nematoscelis gracilis*
250	小细足磷虾	*Nematoscelis microps*
251	宽额假磷虾	*Pseudeuphausia latifrons*
252	缘长螯磷虾	*Stylocheiron affine*
253	隆长螯磷虾	*Stylocheiron carinatum*
254	长螯磷虾	*Stylocheiron elongatum*
255	长角长螯磷虾	*Stylocheiron longicorne*
256	二晶长螯磷虾	*Stylocheiron microphthalma*
257	三晶长螯磷虾	*Stylocheiron suhmii*
258	拟缝足磷虾	*Thysanopoda aequalis*
259	缝足磷虾属一种	*Thysanopoda* sp.
260	磷虾类幼体*	Euphausiacea larvae
十足类		**DECAPODA**
261	毛虾属一种	*Acetes* sp.
262	细螯虾属一种	*Leptochela* sp.
263	间型莹虾	*Lucifer intermedius*
264	正型莹虾	*Lucifer typus*
端足类		**AMPHIPODA**

序号	中文名	拉丁文名
265	荆刺锥[虫戎]	*Acanthoscina acanthodes*
266	刺锥[虫戎]属一种	*Acanthoscina* sp.
267	两刺双门[虫戎]	*Amphithyrus bispinosus*
268	贫毛双门[虫戎]	*Amphithyrus glaber*
269	雕刻双门[虫戎]	*Amphithyrus sculpturatus*
270	圆头短腿狼[虫戎]	*Brachyscelus globiceps*
271	透明箭口[虫戎]	*Calamorhynchus pellucidus*
272	硬化盔头[虫戎]	*Cranocephalus scleroticus*
273	武装真海精[虫戎]	*Eupronoe armata*
274	中间真海精[虫戎]	*Eupronoe intermedia*
275	宽腕真海精[虫戎]	*Eupronoe laticarpa*
276	斑点真海精[虫戎]	*Eupronoe maculata*
277	微小真海精[虫戎]	*Eupronoe minuta*
278	钩虾亚目一种	*Gammaridea* sp.
279	麦氏舌头[虫戎]	*Glossocephalus milne-edwardsi*
280	小泉[虫戎]属一种	*Hyperietta* sp.
281	斯氏小泉[虫戎]	*Hyperietta stephenseni*
282	佛氏小泉[虫戎]	*Hyperietta vosseleri*
283	长足似泉[虫戎]	*Hyperioides longipes*
284	西巴似泉[虫戎]	*Hyperioides sibaginis*
285	中间小矛[虫戎]	*Lanceola intermedia*
286	小矛[虫戎]属一种	*Lanceola* sp.
287	孟加拉蛮[虫戎]	*Lestrigonus bengalensis*
288	大眼蛮[虫戎]	*Lestrigonus macropthalmus*
289	裂颏蛮[虫戎]	*Lestrigonus schizogeneios*
290	拟波氏狼[虫戎]	*Lycaea bovallioides*
291	蚤狼[虫戎]	*Lycaea pulex*
292	拟狼[虫戎]属一种	*Lycaeopsis* sp.
293	近法拟狼[虫戎]	*Lycaeopsis themistoides*
294	三宝拟狼[虫戎]	*Lycaeopsis zamboanmgae*
295	克氏尖头[虫戎]	*Oxycephalus clausi*
296	渔夫尖头[虫戎]	*Oxycephalus piscator*
297	优细近慎[虫戎]	*Paraphronima gracilis*
298	甘氏近海精[虫戎]	*Parapronoe campbelli*
299	极小近海精[虫戎]	*Parapronoe parva*
300	斑点近忱[虫戎]	*Paratyphis maculatus*
301	极小近忱[虫戎]	*Paratyphis parvus*
302	刺近忱[虫戎]	*Paratyphis spinosus*
303	大西洋慎[虫戎]	*Phronima atlantica*
304	颈带慎[虫戎]	*Phronima colletti*
305	太平洋慎[虫戎]	*Phronima pacifica*
306	长形小慎[虫戎]	*Phronimella elongata*
307	拟慎[虫戎]属一种	*Phronimopsis* sp.
308	半月喜[虫戎]	*Phrosina semilunata*
309	短密海神[虫戎]	*Primno brevidens*
310	厚足伪狼[虫戎]	*Pseudolycaea pachypoda*

序号	中文名	拉丁文名
311	小棒体[虫戎]	*Rhabdosoma minor*
312	棒体[虫戎]属一种	*Rhabdosoma* sp.
313	侏儒锥[虫戎]	*Scina nana*
314	锥[虫戎]属一种	*Scina* sp.
315	刺锥[虫戎]	*Scina spinosa*
316	涂氏锥[虫戎]	*Scina tullbergi*
317	岷岛司氏[虫戎]	*Streetsia mindanaonis*
318	小猪司氏[虫戎]	*Streetsia porcella*
319	私氏司氏[虫戎]	*Streetsia steenstrupi*
320	钳形四门[虫戎]	*Tetrathyrus forcipatus*
321	爱氏门足[虫戎]	*Thyropus edwardsi*
322	球形门足[虫戎]	*Thyropus sphaeroma*
323	武装路[虫戎]	*Vibilia armata*
324	春氏路[虫戎]	*Vibilia chuni*
325	长腕路[虫戎]	*Vibilia longicarpus*
326	端足类幼体*	Amphipoda larvae
多毛类		**POLYCHAETA**
327	游蚕属一种	*Pelagobia* sp.
328	浮游多毛类	*Polychaeta*
329	箭蚕	*Sagitella kowalevskii*
330	等须浮蚕	*Tomopteris duccii*
331	秀丽浮蚕	*Tomopteris elegans*
332	玫瑰浮蚕	*Tomopteris nationalis*
333	太平浮蚕	*Tomopteris pacifica*
334	浮蚕属一种	*Tomopteris* sp.
335	盲蚕	*Typhloscolex muelleri*
336	小明蚕	*Vanadis minuta*
异足类		**HETEROPODA**
337	明螺属	*Atlanta* spp.
338	拟翼管螺	*Firoloida desmaresti*
339	原明螺	*Protatlanta souleyeti*
340	翼体螺	*Pterosoma planum*
341	海马翼管螺	*Pterotrachea hippocampus*
342	小翼管螺	*Pterotrachea minuta*
343	盾翼管螺	*Pterotrachea scutata*
翼足类		**PTEROPODA**
344	强卷螺	*Agadina stimpsoni*
345	驼龟螺	*Cavolinia gibbosa*
346	球龟螺	*Cavolinia globulosa*
347	长吻龟螺	*Cavolinia longirostris*
348	龟螺	*Cavolinia tridentata*
349	冕螺	*Corolla ovata*
350	尖笔帽螺	*Creseis acicula*
351	棒笔帽螺	*Creseis clava*
352	芽笔帽螺	*Creseis virgula*
353	蛆状螺	*Cuvierina columnella*

序号	中文名	拉丁文名
354	蝴蝶螺	*Desmopterus papilio*
355	四齿厚唇螺	*Diacria quadridentata*
356	肋厚唇螺	*Diacria quadridentata v.costata*
357	长角螺属一种	*Euclio* sp.
358	玻杯螺属一种	*Hyalocylix* sp.
359	胖[虫虎]螺	*Limacina inflata*
360	皮鳃螺属一种	*Pneumoderma* sp.
毛颚类		**CHAETOGNATHA**
361	小型滨箭虫	*Aidanosagitta neglecta*
362	正形滨箭虫	*Aidanosagitta regularis*
363	凶形猛箭虫	*Ferosagitta ferox*
364	粗壮猛箭虫	*Ferosagitta robusta*
365	肥胖软箭虫	*Flaccisagitta enflata*
366	六翼软箭虫	*Flaccisagitta hexaptera*
367	纤细撬虫	*Krohnitta subtilis*
368	飞龙翼箭虫	*Pterosagitta draco*
369	太平洋齿箭虫	*Serratosagitta pacifica*
370	毛颚类幼体*	Chaetognatha larvae
被囊类		**TUNICATA**
371	长吻纽鳃樽	*Brooksia rostrata*
372	软拟海樽	*Dolioletta gegenbauri*
373	小齿海樽	*Doliolum denticulatum*
374	邦海樽	*Doliolum nationalis*
375	北方住筒虫	*Fritillaria borealis*
376	蚁住筒虫	*Fritillaria formica*
377	隐住筒虫	*Fritillaria fraudax*
378	巨住筒虫	*Fritillaria megachile*
379	钝住囊虫	*Oikopleura cophocera*
380	大住囊虫	*Oikopleura megastoma*
381	住囊虫属未定种	*Oikopleura* spp.
382	瘦住囊虫	*Oikopleura gracilis*
383	火体虫属一种	*Pyrosoma* sp.
384	安纽鳃樽	*Ritteriella amboinensis*
385	多肌纽鳃樽	*Ritteriella picteti*
386	圆筒海鞘	*Salpa cylindirica*
387	棱形纽鳃樽	*Salpa fusiformis*
388	大纽鳃樽	*Salpa maxima*
389	双尾萨利纽鳃樽	*Thalia democratica*
390	筒状纽鳃樽	*Weelia cyclindrica*
阶段性浮游幼体*		**PELAGIC LARVAE**
391	口足类阿利玛幼虫	Alima larvae (Stomatopoda)
392	异尾类幼体	Anomura larvae
393	海葵幼虫	Aracnactis larvae (Coelenterata)
394	海星纲幼体	Asteroidea larvae
395	双壳纲幼体	Bivalvia larvae
396	短尾类幼体	Brachyura larvae

序号	中文名	拉丁文名
397	头足纲幼体	Cephalopoda larvae
398	蔓足类幼体	Cirripedia larvae
399	口足类伊雷奇幼虫	Erichthus larvae (Stomatopoda)
400	腹足纲幼体	Gastropoda larvae
401	长尾类幼体	Macrura larvae
402	软体动物幼体	Mollusca larvae
403	蛇尾纲幼体	Ophiuroidea larvae
404	龙虾叶状幼体	Phyllosoma larvae (Palinurus)
405	纽虫类帽状幼虫	Pilidum larvae (Nemertea)
406	多毛类幼体	Polychaeta larvae
407	肠鳃类柱头幼虫	Tornaria larvae (Enteropneusta)
408	磁蟹溞状幼体	Zoea larvae (Porcellana)
409	鱼卵	Fish eggs
410	仔稚鱼	Fish larvae

注：带“*”的浮游动物幼体不纳入种类统计。

附表 5 秋季调查底栖生物物种名录

序号	中文名	拉丁文名
	刺胞动物门	**CINIDARIA**
1	羽螅属未定种	*Aglaophenia* sp.
2	格雷丁香珊瑚	*Caryophyllia grayi*
3	锉丁香珊瑚	*Caryophyllia scobinosa*
4	刺丁香珊瑚	*Caryophyllia spinigera*
5	丁香珊瑚科未定种	Caryophylliidae sp.
6	寄居蟹鞘群海葵	*Epizoanthus paguriphilus*
7	日本异杯珊瑚	*Heterocyathus japonicus*
8	刺冠杯珊瑚	*Stephanocyathus spiniger*
	环节动物门	**ANNELIDA**
9	鞭状蠕鳞虫	*Acoetes flagelliforomis*
10	双边帽虫	*Amphictene* sp.
11	肾扇虫属未定种	*Brada* sp.
12	角沙蚕属未定种	*Ceratonereis* sp.
13	棕色海毛虫	*Chloeia fusca*
14	海毛虫属未定种	*Chloeia* sp.
15	双形拟单指虫	*Cossurella dimorpha*
16	厚鳃蚕	*Dasybranchus caducus*
17	埃刺梳鳞虫属未定种	*Ehlersileanira* sp.
18	小犹帝虫	*Eurgthoe parvecarunculata*
19	吻沙蚕属未定种	*Glycera* sp.
20	明管虫	*Hyalinoecia tubicola*
21	索沙蚕属未定种	*Lumbrineris* sp.
22	西伯达背肛虫	*Notopygos sibogae*
23	壳砂笔帽虫	*Pectinaria conchilega*
24	笔帽虫属未定种	*Pectinaria* sp.
25	裸裂虫	*Pionosyllis* sp.
26	太平洋树蛰虫	*Pista pacifica*
27	树蛰虫属未定种	*Pista* sp.
28	多毛纲未定种	*Polychaeta* sp.
29	肾刺缨虫	*Potamilla reniformis*
30	缨虫属未定种	*Potamilla* sp.
31	简毛拟节虫	*Praxillella gracilies*
32	拟节虫属未定种	*Praxillella* sp.
33	刺管萨欧虫	*Sarsonuphis willemoesii*
34	不倒翁虫	*Sternaspis sculata*
	纽形动物门	**NEMERTINEA**
35	脑纽虫属未定种	*Cerebratulina* sp.
	节肢动物门	**ARTHROPODA**
36	纺锤水虱属未定种	*Aega* sp.
37	毛手宦虾	*Agononida analoga*
38	鼓虾属未定种	*Alpheus* sp.
39	七刺栗壳蟹	*Arcania heptacantha*
40	脊七刺栗壳蟹	*Arcania septemspinosa*

序号	中文名	拉丁文名
41	扁足异对虾	*Atypopenaeus stenodactylus*
42	美人虾属未定种	*Callianassa* sp.
43	密刺蟹属未定种	*Camposcia* sp.
44	紫隆背蟹	*Carcinoplax purpurea*
45	中华隆背蟹	*Carcinoplax sinica*
46	绿虾蛄属未定种	*Carinosquilla* sp.
47	双斑蟳	*Charybdis bimaculata*
48	香港蟳	*Charybdis hongkongensis*
49	武士蟳	*Charybdis miles*
50	东方蟳	*Charybdis orientalis*
51	细螯寄居蟹属未定种	*Clibanarius* sp.
52	褐虾属未定种	*Crangon* sp.
53	浆果鳞斑蟹	*Demania baccalipes*
54	圆形鳞斑蟹	*Demania rotundata*
55	绒螯活额寄居蟹	*Diogenes tomentosus*
56	伊豆四额齿蟹	*Ethusa izuensis*
57	扁指四额齿蟹	*Ethusa latdactyla*
58	四额齿蟹属未定种	*Ethusa* sp.
59	宽虾蛄科未定种	Eurysquillidae sp.
60	塞氏芳虾蛄	*Faughnia serenei*
61	长脚蟹科未定种	*Goneplacidae sp.*
62	等腕虾属未定种	*Heterocarpoides* sp.
63	冠状拟精干蟹	*Iphiculus coronatus*
64	艾氏飞轮蟹	*Ixa edwardsii*
65	尖刺糙虾蛄	*Kempina mikado*
66	蛛形蟹属未定种	*Latreillia* sp.
67	斑纹蛛形蟹	*Latreillia valia*
68	双刺仿蛛形蟹	*Latreillopsis bipinosa*
69	钝额玉蟹	*Leucosia obtusitrons*
70	玉蟹属未定种	*Leucosia* sp.
71	单齿玉蟹	*Leucosia unidentata*
72	花瓣蟹属未定种	*Liomera* sp.
73	脊条褶虾蛄	*Lophosquilla costata*
74	三齿琵琶蟹	*Lyreidus tridentatus*
75	安达曼赤虾	*Metapenaeopsis audamanensis*
76	须赤虾	*Metapenaeopsis barbata*
77	戴氏赤虾	*Metapenaeopsis dalei*
78	圆板赤虾	*Metapenaeopsis lata*
79	近缘新对虾	*Metapenaeus affinis*
80	日本刺铠虾	*Munida japonica*
81	三刺筐形蟹	*Mursia trispinosa*
82	双锥长臂蟹	*Myra biconica*
83	遁行长臂蟹	*Myra fugax*
84	长臂蟹	*Myra longimerus*
85	线寄居蟹属未定种	*Nematopagurus* sp.
86	海螯虾属未定种	*Nephrops* sp.

序号	中文名	拉丁文名
87	海螯虾科未定种	Nephropsidae sp.
88	扁尾美人虾	*Nihonotrypaea petalura*
89	口虾蛄	*Oratosquilla oratoria*
90	长臂虾属未定种	*Palaemon* sp.
91	仿对虾属未定种	*Parapenaeopsis* sp.
92	细巧仿对虾	*Parapenaeopsis tenella*
93	假长缝拟对虾	*Parapenaeus fissuroides*
94	长足拟对虾	*Parapenaeus longipes*
95	六突拟对虾	*Parapenaeus sextuberculatus*
96	拟对虾属未定种	*Parapenaeus* sp.
97	对虾科未定种	Penaeidae sp.
98	似对虾属未定种	*Penaeopsis* sp.
99	长螯拳蟹	*Philyra platychira*
100	拳蟹属未定种	*Philyra* sp.
101	红虾属未定种	*Plesionika* sp.
102	异指虾属未定种	*Processa* sp.
103	假花瓣蟹属未定种	*Pseudoliomera* sp.
104	标记声蟹	*Psopheticus insignis*
105	中型仿蛙蟹	*Raninoides intermedius*
106	长额仿蛙蟹	*Raninoides longifrons*
107	锯齿反羽蟹	*Retropluma denticulata*
108	刺足掘沙蟹	*Scalopidia spinosipes*
109	华虾蛄	*Sinosquilla sinica*
110	中华管鞭虾	*Solenocera crassicornis*
111	凹管鞭虾	*Solenocera koelbeli*
112	大管鞭虾	*Solenocera melantho*
113	条藤壶属未定种	*Striatobalanus* sp.
114	合寄居蟹属未定种	*Sympagurus chani*
115	扭指合鼓虾	*Synalpheus streptodactylus*
116	船形虾属未定种	*Tozeuma* sp.
117	三强蟹属未定种	*Tritodynamia* sp.
118	鬼蟹属未定种	*Tymolus* sp.
119	沟纹拟盲蟹	*Typhlocarcinops canaliculata*
120	拟盲蟹属未定种	*Typhlocarcinops* sp.
121	毛盲蟹	*Typhlocarcinus villosus*
	软体动物门	**MOLLUSCA**
122	指纹蛤	*Acila divaricata*
123	长指纹蛤	*Acila fultoni*
124	大杏蛤	*Amygdalum watsoni*
125	配景轮螺	*Architectonica perspectiva*
126	片鳃属未定种	*Armina* sp.
127	鲈螺	*Biplex perca*
128	短口螺	*Brachystomia* sp.
129	黄短口螺	*Brachytoma flavidulus*
130	楔樱蛤属未定种	*Cadella* sp.
131	淡黄笔螺	*Cancilla isabella*

序号	中文名	拉丁文名
132	鸟蛤属未定种	*Cardium* sp.
133	新奇怪蛤	*Cetoconcha eximia*
134	梭形芋螺	*Conus orbignyi*
135	肿胀芋螺	*Conus praecellens*
136	斯氏芋螺	*Conus schepmani*
137	沟芋螺	*Conus sulcatus*
138	波纹杓蛤	*Cuspidaria caduca*
139	网纹扭螺	*Distorsio reticulata*
140	蛎梯螺	*Epitonium scalare*
141	电光螺	*Fulgoraria rupestris*
142	纺锤螺属未定种	*Fusolatirus* sp.
143	细肋蕾螺	*Gemmula deshayesii*
144	美丽蕾螺	*Gemmula speciosa*
145	尖光梯螺属未定种	*Glabriscala* sp.
146	直吻泵骨螺	*Haustellum rectirostris*
147	小海螵属未定种	*Leptomya* sp.
148	白樱蛤	*Macoma* sp.
149	德氏美丽蛤	*Merisca tokunagai*
150	笔螺属未定种	*Mitra* sp.
151	光织纹螺	*Nassarius dorsatus*
152	西格织纹螺	*Nassarius siquijorensis*
153	织纹螺属未定种	*Nassarius* sp.
154	南方尼奥螺	*Nihonia australis*
155	砂蛸	*Octopus aegina*
156	伶鼬榧螺	*Oliva mustelina*
157	北部湾短吻蛤	*Periploma beibuwanensis*
158	侧鳃属未定种	*Pleurobranchaea* sp.
159	尖刺襞蛤	*Plicatula muricata*
160	简易襞蛤	*Plicatula simplex*
161	闪光桔蛤	*Pulvinus micans*
162	针乌贼	*Sepia andreana*
163	金乌贼	*Sepia esculenta*
164	后耳乌贼	*Sepiadarium kochii*
165	耳乌贼属未定种	*Sepiola* sp.
166	提氏细纹蚶	*Striarca thielei*
167	中国沟角贝	*Striodentalium chinensis*
168	深缝鹑螺	*Tonna canaliculata*
169	半纹鸟蛤	*Trifaricardium nomurai*
170	金星蝶铰蛤	*Trigonothracia jinxingae*
171	爪哇拟塔螺	*Turricula javana*
172	假奈拟塔螺	*Turricula nelliae*
苔藓动物门		**BRYOZOA**
173	草苔虫科未定种	Bugulidae sp.
星虫动物门		**SIPUNCULA**
174	盾管星虫属未定种	*Aspidosiphon* sp.
175	革囊星虫属未定种	*Phascolosoma* sp.

序号	中文名	拉丁文名
176	星虫科未定种	Sipunculidae sp.
177	枝触星虫科未定种	Themistidae sp.
	蠕虫动物门	**ECHIURA**
178	多皱无吻蠕	*Arhynchite rugosum*
179	蠕科未定种	Echiuridae sp.
180	短吻铲荚蠕	*Listriolobus brevirostris*
	棘皮动物门	**ECHINODERMATA**
181	海地瓜	*Acaudina molpadioides*
182	阳遂足属未定种	*Amphiura* sp.
183	头帕科未定种	Cidaridae sp.
184	镶边海星	*Craspidaster hasperus*
185	蛛蛇尾属未定种	*Ophiarachnella* sp.
186	栉蛇尾属未定种	*Ophiocoma* sp.
187	美丽裸蛇尾	*Ophiogymna elegans*
188	裸蛇尾属未定种	*Ophiogymna* sp.
189	鳞蛇尾属未定种	*Ophiolepis* sp.
190	简氏瓷蛇尾	*Ophiomusium simplex*
191	瓷蛇尾属未定种	*Ophiomusium* sp.
192	刺蛇尾属未定种	*Ophiothrix* sp.
193	蛇尾纲未定种	Ophiuroidea sp.
194	司氏盖蛇尾	*Stegophiura sladeni*
195	胎生盖蛇尾	*Stegophiura vivipara*
196	骑士章海星	*Stellaster equestris*
197	刺柄头帕	*Stylocidaris reini*
198	锚参科未定种	*Synaptidae*
	脊索动物门	**CHORDATA**
199	日本发光鲷	*Acropoma japonicum*
200	大羊舌鲆	*Arnoglossus scapha*
201	细羊舌鲆	*Arnoglossus tenuis*
202	曲线鲾状鱼	*Bembrops curvatura*
203	麦氏犀鳕	*Bregmaceros macclellandi*
204	绒毛鲨属未定种	*Cephaloscyllium* sp.
205	鳄齿鱼	*Champsodon capensis*
206	阿部单棘鹦鱼	*Chaunax abei*
207	多棘腔吻鳕	*Coelorhynchus multispinulosus*
208	奈氏眼眶鱼	*Diaphus knappi*
209	眶灯鱼属未定种	*Diaphus* sp.
210	粗吻双趾鼬鳚	*Dinematichthys dasyrhynchus*
211	前肛鳗	*Dysomma anguillaris*
212	异颌颌吻鳗	*Gnathophis heterognathos*
213	尼氏颌吻鳗	*Gnathophis nystromi*
214	棘茄鱼	*Halieutaea stellata*
215	吉氏棘鲾	*Hoplichthys gilberti*
216	日本瞳鲾	*Inegocia japonicus*
217	粗纹鳊	*Leiognathus lineolatus*
218	日本红娘鱼	*Lepidotrigla japonicus*

序号	中文名	拉丁文名
219	斑鳍红娘鱼	*Lepidotrigla punctipectoralis*
220	绿鳍马面鲀	*Navodon septentrionalis*
221	深水金线鱼	*Nemipterus bathybius*
222	横带新鼬鳚	*Neobythites fascinatus*
223	黑斑新鼬鳚	*Neobythites nigromaculatus*
224	新灯鱼科未定种	Neoscopelidae sp.
225	珠贝沟潜鱼	*Onuxodon margaritiferae*
226	侧带鹦天竺鲷	*Ostorhinchus pleuron*
227	土佐欧氏鳣	*Owstonia tosaensis*
228	沟虾虎鱼属未定种	*Oxyurichthys* sp.
229	触角沟虾虎鱼	*Oxyurichthys tentacularis*
230	副盲鳗属未定种	*Paramyxine* sp.
231	日本棘花鮨	*Plectranthias japonicus*
232	黑斑瓦鲽	*Poecilopsetta colorata*
233	锯塘鳢	*Prionobutis koilomatodon*
234	斑鲆	*Pseudorhombus* sp.
235	尖棘角鲂鲉	*Pterygotrigla hemisticta*
236	丝鳍沙鲽	*Samariscus filipectoralis*
237	线尾蜥鳗	*Saurenchelys fierasfer*
238	孔虾虎鱼	*Trypauchen vagina*
239	日本鳣	*Uranoscopus japonicus*

附表 6 调查海域鱼类种类名录

序号	中文名	拉丁文名
1	沙捞越绒毛鲨	*Cephaloscyllium sarawakensis*
2	鲍氏瓮鳐	*Okamejei boesemani*
3	何氏瓮鳐	*Okamejei hollandi*
4	白斑裸胸鳝	*Gymnothorax leucostigma*
5	网纹裸胸鳝	*Gymnothoraxreticularis*
6	前肛鳗	*Dysomma anguillaris*
7	大眼拟糯鳗	*Pseudotrophurus macropterus*
8	野蜥鳗	*Saurenchelys fierasfer*
9	黑尾吻鳗	*Rhynchoconger ectenurus*
10	银色突吻鳗	*Gnathophis nystromi*
11	多齿蛇鲻	*Saurida tumbil*
12	花斑蛇鲻	*Saurida undosquamis*
13	叉斑狗母鱼	*Synodus macrops*
14	多棘腔吻鳕	*Coelorhynchus multispinulosus*
15	仙鼬鳚	*Sirembo imberbis*
16	黑鲛鳚	*Lophiomus setigerus*
17	阿部单棘鲽鱼	*Chaunax abei*
18	棘茄鱼	*Halieutaea stellata*
19	日本骨鳀	*Ostichthys japonicus*
20	鳞烟管鱼	*Fistularia petimba*
21	毛烟管鱼	*Fistularia villosa*
22	斑鳍虎鲉	*Minous pictus*
23	斑鳍鲉	*Scorpaena neglecta*
24	翼红娘鱼	*Lepidotrigla alata*
25	凹鳍鲬	*Kumococius detrusus*
26	棘线鲬	*Grammoplites scaber*
27	吉氏棘鲬	*Hoplosebastes gilberti*
28	日本发光鲷	*Acropoma japonicum*
29	断带石斑鱼	*Epinephelus craigi*
30	六带石斑鱼	*Epinephelus sexfasciatus*
31	姬鮨	*Tosana niwae*
32	日本棘花鮨	*Plectranthias japonicus*
33	珠赤鮨	*Doederleinia berycoides*
34	短尾大眼鲷	*Priacanthus macracanthus*
35	斑鳍银口天竺鲷	*Apogon carinatus*
36	半线天竺鲷	*Apogon semilineatus*
37	侧带鹦天竺鲷	*Apogon lateralis*
38	白方头鱼	*Branchiostegus albus*
39	银方头鱼	*Branchiostegus argentatus*
40	蓝圆鲹	*Decapterus maruadsi*
41	竹荚鱼	*Trachurus japonicus*
42	日本乌鲂	*Brama japonica*
43	金线鱼	*Nemipterus virgatus*
44	深水金线鱼	*Nemipterus bathybius*

序号	中文名	拉丁文名
45	菲律宾尖牙鲈	*Synagrops philippinensis*
46	黄背牙鲷	*Dentex hypselosomus*
47	弓背鳄齿鱼	*Champsodon capensis*
48	少鳞鳐	*Uranoscopus oligolepis*
49	蛇鲭	*Gempylus serpens*
50	狭颅带鱼	*Tentoriceps cristats*
51	少鳍方头鲳	*Bathyphylax pauciradiatus*
52	条尾绯鲤	*Upeneus bensasi*
53	油鲹	*Sphyraena pinguis*
54	刺鲳	*Psenopsis anomala*
55	大斑鳎鲆	*Psettina iijimae*
56	细羊舌鲆	*Arnoglossus tenuis*
57	短鲽	*Brachypleura novaezeelandiae*
58	黄鳍马面鲀	*Thamnaconus hypargyreus*
59	长刺泰氏鲀	*Tylerius spinosissimus*
60	弯斑蛸	*Octopus dollfusi*
61	卵蛸	*Octopus ovulum*
62	鸢乌贼	*Symplectoteuthis oualaniensis*
63	太平洋褶柔鱼	*Todarodes pacificus*
64	中国枪乌贼	*Uroteuthis chinensis*
65	杜氏枪乌贼	*Uroteuthis duvauceli*
66	莱氏拟乌贼	*Sepioteuthis lessoniana*
67	刺乌贼	*Sepia aculeata*
68	金乌贼	*Sepia esculenta*
69	虎斑乌贼	*Sepia pharaonis*
70	神户乌贼	*Loligo kobiensis*
71	图氏后乌贼	*Metasepia tullbergi*
72	马多卡乌贼	*Sepia madokai*
73	拟目乌贼	*Sepia lycidas*
74	菱鳍乌贼	*Thysanoteuthis rhombus*
75	斑节对虾	*Penaeus monodon*
76	宽突赤虾	*Metapenaeopsis palmensis*
77	音响赤虾	*Metapenaeopsis stridulans*
78	假长缝拟对虾	*Parapenaeus fissuroides*
79	长足鹰爪虾	*Trachypenaeus longipes*
80	中华管鞭虾	*Solenocera crassicornis*
81	凹管鞭虾	*Solenocera koelbeli*
82	粗糙褐虾	*Scyllarus rugosus*
83	褐虾	*Crangon crangon*
84	矛形梭子蟹	*Portunus hastatoides*
85	武士蟳	*Charybdis miles*
86	直额蟳	*Charybdis truncata*
87	泡突馒头蟹	*Calappa pustulosa*
88	圆十一刺栗壳蟹	*Arcania undecimspinosa*
89	紫隆背蟹	*Carcinoplax purpurea*
90	方尾牛虾蛄	*Busquilla quadraticauda*

序号	中文名	拉丁文名
91	窄额滑虾蛄	*Lenisquilla lata*
92	断脊小口虾蛄	*Oratosquilla interrupta*
93	猛虾蛄	*Harpiosquilla harpax*
94	屈足近口虾蛄	*Anchisquilla fasciata*
95	眼斑猛虾蛄	*Harpiosquilla annandalei*

附表 7 建设项目海洋生态环境影响评价自查表

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="3">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="3">影响识别</td><td>影响类型</td><td colspan="3">直接向海洋排放废水☑；短期内产生大量悬浮物☑；改变入海河口（湾口）宽度束窄比例☐；直接占用海域面积☑；线性水工构筑物☐；投放固体物☐</td></tr>
<tr><td>生态敏感区</td><td colspan="3">部分新建工程设施位于鲍鱼粤西外海区产卵场和蓝圆鲹粤西外海区产卵场内。</td></tr>
<tr><td>影响因子</td><td colspan="3">海水水质☑；海洋沉积物☑；海洋生态☑；环境风险☑</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价等级</td><td colspan="3">一级☐；二级☑；三级☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价范围</td><td colspan="3">沿主流向 170km，垂直主流向 124km 的矩形海域，评价面积约为 21080km^2。</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价时期</td><td colspan="3">春季☐；夏季☐；秋季☑；冬季☐</td></tr>
<tr><td colspan="5">现状调查及评价</td></tr>
<tr><td rowspan="6">海水水质</td><td rowspan="2">区域污染源</td><td>调查项目</td><td colspan="2">数据来源</td></tr>
<tr><td>已建☐；在建☐；
拟建☐；其他☐</td><td colspan="2">环评☐；环保验收☐；既有实测☐；现场监测☐；入海排污口数据☐；其他☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">调查时期</td><td>调查因子</td><td>调查断面或点位</td></tr>
<tr><td colspan="2">春季☐；夏季☐；秋季☑；
冬季☐</td><td>水温、盐度、pH 值、石油类、挥发性酚、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、总铬、砷、化学需氧量（COD）、溶解氧（DO）、活性磷酸盐、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、悬浮物</td><td>调查采用网格布点的方式，共布设 54 个水质测站，调查共布设 9 个横断面，断面间距为 20km；垂直于横断面共布设 6 个纵断面，断面间距为 20km。</td></tr>
<tr><td>评价因子</td><td colspan="3">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。</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td colspan="3">第一类☑；第二类☑；第三类☑；第四类☑</td></tr>
<tr><td>评价结论</td><td colspan="3">海洋环境功能区水质达标情况：达标☑；不达标☐
全部评价因子均符合第一类海水水质标准。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">海洋沉积物</td><td>调查站位</td><td colspan="3">38 个</td></tr>
<tr><td>调查因子</td><td colspan="3">汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物及有机碳共 10 项。</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td colspan="3">规划内执行第一类☑和第二类☐，规划外执行现状</td></tr>
<tr><td>评价结论</td><td colspan="3">符合第一类，无超标因子</td></tr>
<tr><td rowspan="4">海洋生态</td><td>调查断面或点位</td><td colspan="3">38 个</td></tr>
<tr><td>调查因子</td><td colspan="3">叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、生物质量</td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td colspan="3">第一类☐；第二类☐；第三类☐；附录 C☑</td></tr>
<tr><td>评价结论</td><td colspan="3">砷标准指数值大于 1，其它各项评价因子的标准指数值均小于 1。</td></tr>
<tr><td colspan="5">影响预测及评价</td></tr>
<tr><td colspan="2">预测时期</td><td colspan="3">春季☐；夏季☐；秋季☐；冬季☐</td></tr>
<tr><td colspan="2">预测情景</td><td colspan="3">建设期☑；生产运行期☑；服务期满后☐</td></tr>
<tr><td rowspan="2">海水水质影响预测</td><td>预测方法</td><td colspan="3">数值模拟☑；类比分析☐；近似估算☐；物理模拟☐；其他☐</td></tr>
<tr><td>影响评价</td><td colspan="3">污染控制措施及入海排污口排放浓度限值应满足国家和地方排放标准☑；达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案应满足行业污染防治可行技术指南的要求，环境影响可接受☑；</td></tr>
</table>

工作内容		自查项目				
与评价		不达标区的建设项目，选择废水处理措施或方案时，应满足海域环境质量达标规划和污染物削减替代要求、海域环境改善目标要求及行业污染防治可行技术指南中污染防治先进技术要求，确保废水污染物达到最低排放强度和浓度，且环境影响可接受☐； 新设或调整入海排污口的建设项目，入海排污口位置、排放方式、排放规模具有环境合理性☐； 对海水水质产生重大不利影响☐。				
海洋沉积物影响评价	评价方法	定量预测☐；半定量分析☑；定性分析☑；其他☐				
	影响评价	海洋沉积物质量的影响范围、影响程度可接受☑； 海洋沉积物对海洋生态环境敏感区和海洋生态环境保护目标的影响可接受☑。				
海洋生态影响预测与评价	预测方法	类比分析法☐；图形叠置法☐；生态机理分析法☐；海洋生物资源影响评价法☑；其他☐				
	影响评价	造成的生物资源损失量可接受☑； 对评价海域生物多样性的影响可接受☑； 对重要水生生物“三场一通道”、水产种质资源保护区的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☑； 对珍稀濒危海洋生物种群和数量的影响，以及对其生境的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☐； 对重要湿地、特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场）等的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☐； 对自然保护地、生态保护红线的占用、损害、阻隔和干扰等影响可接受☐； 造成的冲淤变化对岸滩长度、宽度、生态功能和景观等影响可接受☐； 产生重大的海洋生态和生物资源损害，造成或加剧区域的重大生态环境问题，存在不可承受的损害或潜在损害☐。				
环境风险						
危险物质	名称	凝析油	天然气	燃料油		
	存在总量	***	***	***		
物质及工艺系统危险性 1	Q 值	Q＜1☐；1≤Q＜10☑；10≤Q＜100☐；Q≥100☑				
	M 值	M1☐；M2☐；M3☑；M4☐				
	P 值	P1☐；P2☑；P3☐；P4☐				
环境敏感程度		E1☐；E2☐；E3☑				
环境风险潜势		IV+☐；IV☐；III☑；II☐；I☐				
评价等级		一级☐；二级☑；三级☐；简单分析☐				
风险识别	物质危险性	有毒有害☑；易燃易爆☑				
	环境风险类型	泄漏☑；火灾爆炸引起的伴生/次生污染物排放☑				
事故情形分析	源强设定方法	计算法☑；类比估算法☐；其他☐				
	预测模型	溢油粒子模型☑；污染物扩散的数值模拟☐				
风险预测与评价		BD21-1 CEPA 平台附近管道发生溢油事故时，在 E 风向极值风速条件下				

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="3">自查项目</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">最短 20.1h 可到达其他红线区，在 SE 风向极值风速条件下最短 3.7h 可到达鲐鱼粤西外海区产卵场。</td></tr>
<tr><td colspan="2">重点风险防范措施</td><td colspan="3">严格按照设计标准进行设计。投产前新编制油气污染应急预案并备案，建立事故分级响应机制，为井喷、海底管道泄漏、新建平台火灾/爆炸、船舶碰撞等多种事故类型制定了响应的风险防范及应急响应措施，并在新建 BD21-1 CEPA 平台配备溢油应急资源。</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价结论</td><td colspan="3">在严格落实报告书提出的各项环境风险防范措施、溢油应急对策措施和应急预案的基础上，本项目油气泄漏环境风险可防、可控。</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">主要污染物排放总量核算</td><td>污染物名称</td><td>排放量</td><td>排放浓度</td></tr>
<tr><td>生活污水</td><td>新建 BD21-1 CEPA 平台生活污水排放量 ***m³/a，COD 排放量 ***t/a。</td><td>COD⩽500mg/L</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">污染物削减替代</td><td>污染物名称</td><td>削减量</td><td>来源</td></tr>
<tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr>
<tr><td colspan="2">污染防治和生态修复措施</td><td colspan="3">污水处理设施☑；生态修复措施☑；区域削减☐；依托其他工程措施☐；其他☐</td></tr>
<tr><td rowspan="5">监测计划</td><td>内容</td><td colspan="2">环境质量</td><td>污染源</td></tr>
<tr><td>监测方式</td><td colspan="2">手动☑；自动☐；无监测☐</td><td>手动☑；自动☐；无监测☐</td></tr>
<tr><td>监测点位</td><td colspan="2">建议以 BD21-1 CEPA 平台为中心，在距离平台 500m 半径的圆上共布设 4 个监测点位</td><td>BD21-1 CEPA 平台</td></tr>
<tr><td>监测因子</td><td colspan="2">海水水质监测项目包括水温、悬浮物、无机氮、活性磷酸盐、DO、COD、重金属（Cu、Pb、Hg、Cd、Zn、Cr、As）、石油类、硫化物、挥发性酚。
海洋沉积物监测包括重金属（Cu、Pb、Hg、Cd、Zn、Cr、As）和石油类。
海洋生物监测包括叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物和底栖生物。</td><td>建设期：钻屑和钻井液：含油量、重金属（Hg、Cd）、生物毒性；
生产期：生产水中石油类，生活污水中 COD。</td></tr>
<tr><td colspan="2">监测频次</td><td>建议在竣工验收（试运行）进行一次监测，在生产运营 3~5 年后再进行一次监测。</td><td>钻井液、钻屑生物毒性、含油量和重金属（Hg、Cd）每月监测一次；生活污水 COD 每月监测一次</td></tr>
<tr><td colspan="2">总体评价结论</td><td colspan="3">可接受☑；不可接受☐</td></tr>
<tr><td colspan="5">注 1：M、P 的确定参照 HJ 169。</td></tr>
</table>

附表 8 中英文对照表

序号	英文名称	中文名称
1	ABL	辅助母线
2	BD21-1CEPA	宝岛 21-1 中心平台 A
3	EPU	供电单元
4	HPU	液压动力单元
5	HVAC	供热、通风和空调系统
6	HVAC	供热、通风和空调系统
7	LS17-2SEMI	陵水 17-2 半潜平台
8	Manifold	管汇
9	MCS	主控站
10	MEG	乙二醇
11	MRU	乙二醇再生及回收系统
12	PLEM	海底管线终端管汇
13	PLET	海底管线终端
14	PMS	电源管理系统
15	ROV	遥控水下机器人
16	SDU	水下分配单元
17	SPS	水下生产系统
18	SSIV	水下安全隔离阀
19	SUTU	水下脐带缆终端
20	TEG	三甘醇
21	TUTA	水上脐带缆终端
22	UMB	脐带缆
23	USBL	超短基线声学定位
24	UTA	脐带缆终端总成