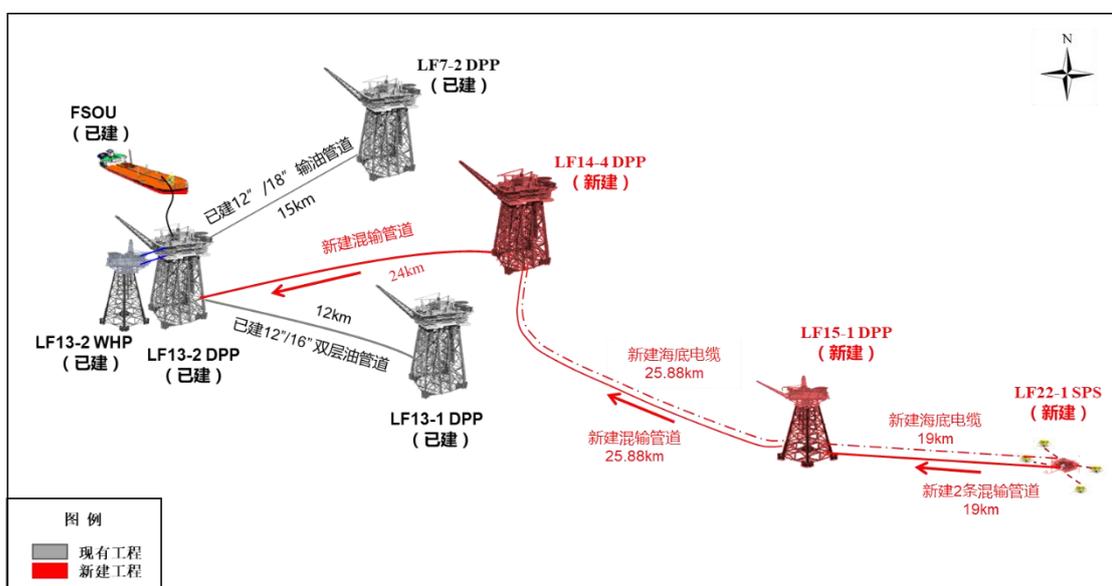


陆丰油田群区域开发项目

环境影响报告书

建设单位：中海石油（中国）有限公司深圳分公司



中海油研究总院有限责任公司





打印编号: 1593766576000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	uzzc9x		
建设项目名称	陆丰油田群区域开发项目环境影响报告书		
建设项目类别	海洋油气开发工程		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	中海石油 (中国) 有限公司深圳分公司		
统一社会信用代码	91440300708594625J		
法定代表人 (签章)	胡广杰		
主要负责人 (签字)	段成刚		
直接负责的主管人员 (签字)	张晓东 张屹志		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中海油研究总院有限责任公司		
统一社会信用代码	911100007109260782		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
尹晓娜	09351143509110143	BH023443	尹晓娜
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
谢波涛	区域自然环境现状、环境现状调查与评价	BH023444	谢波涛
张敬霞	环境影响预测与评价、环境经济损益分析	BH023465	张敬霞
郭良波	环境风险分析与评价	BH023449	郭良波
金嘉萌	环境管理与监测计划	BH023448	金嘉萌



尹晓娜	概述、总论、工程概况与工程分析、 清洁生产分析与总量控制、环境影响 评价结论及建议	BH023443	尹晓娜
吴迪	区域自然环境现状	BH023436	吴迪
崔艺潇	环境现状调查与评价	BH018747	崔艺潇
谢双蔚	环境保护对策措施及其合理性分析	BH032186	谢双蔚
尤启明	环境影响回厥性分析与评价	BH031265	尤启明



目 录

概述.....	1
一、项目由来.....	1
二、评价工作程序.....	1
三、关注的主要环境问题.....	2
四、主要评价结论.....	2
1 总论.....	4
1.1 评价依据.....	4
1.2 评价标准.....	8
1.3 环境敏感目标与环境保护目标.....	10
1.4 评价内容.....	11
1.5 评价重点.....	11
1.6 评价工作等级.....	12
1.7 评价范围.....	13
2 工程概况与工程分析.....	15
2.1 工程项目概况.....	15
2.2 工程开发方案.....	20
2.3 新建工程项目组成.....	23
2.4 依托设施校核和改造.....	39
2.5 施工和建设方案.....	41
2.6 生产工艺流程.....	49
2.7 建设阶段产污环节与环境影响分析.....	56
2.8 生产阶段产污环节与环境影响分析.....	57
2.9 建设阶段污染源强核算.....	58
2.10 生产阶段污染源强核算.....	68
3 区域自然环境现状.....	76
3.1 区域自然环境概况.....	76
3.2 海洋功能区划及相关规划符合性分析.....	80
3.3 工程周围环境敏感目标分布.....	86
4 环境现状调查与评价.....	94
4.1 海洋水文动力环境现状调查.....	94
4.2 地形地貌与冲淤环境现状调查.....	97
4.3 海洋环境现状调查概况.....	101



4.4	海水水质现状调查与评价	111
4.5	海洋沉积物质量现状调查与评价	117
4.6	海洋生态环境现状调查与评价	120
4.7	海洋生物质量现状调查与评价	135
4.8	海洋渔业资源现状调查与评价	140
5	环境影响回顾性分析与评价	160
5.1	现有工程回顾	160
5.2	相关环评批复和环保设施竣工验收情况	167
5.3	环境保护设施运行情况	169
5.4	溢油事故情况回顾	172
5.5	海洋环境质量回顾	172
5.6	渔业资源增殖放流及效果评估回顾	184
5.7	环境影响回顾性分析结论	186
6	环境影响预测与评价	190
6.1	海洋环境影响预测	190
6.2	海洋环境影响评价	220
6.3	工程对海洋生态环境损失评估	227
6.4	工程对环境敏感目标的影响	240
6.5	工程对通航环境的影响	242
6.6	其他环境影响简要分析	243
7	环境风险分析与评价	245
7.1	风险评价概述	245
7.2	物质风险识别	247
7.3	溢油事故风险识别	249
7.4	溢油事故源项分析	251
7.5	地质性溢油风险分析	259
7.6	溢油漂移数值预测	263
7.7	环境风险防范对策措施和应急处置措施	270
7.8	评价结论与建议	299
8	清洁生产分析与总量控制	301
8.1	清洁生产	301
8.2	清洁生产评价	304
8.3	污染物排放与总量控制	308
9	环境保护对策措施及其合理性分析	311



9.1	建设阶段环境保护对策措施	311
9.2	生产阶段环境保护对策措施	315
9.3	海洋生态保护对策与生态文明建设	325
9.4	环境保护对策措施一览表	333
9.5	环保设施“三同时”竣工验收建议	333
10	环境经济损益分析	336
10.1	环境保护设备及环保投资估算	336
10.2	环境保护投资比例分析	337
10.3	环境经济损益分析	337
10.4	社会效益分析	339
11	环境管理与监测计划	341
11.1	环境管理	341
11.2	环境监测计划	345
12	环境影响评价结论及建议	349
12.1	工程分析结论	349
12.2	环境现状分析与评价结论	350
12.3	环境影响预测与评价结论	356
12.4	环境风险分析与评价结论	362
12.5	清洁生产与总量控制	367
12.6	环境保护对策措施的合理性、可行性结论	368
12.7	规划和政策符合性结论	370
12.8	建设项目环境可行性结论	372
附表:	调查海域海水水质各调查项目分析结果	374
附件 1	委托书	434
附件 2	相关环评批复和验收文件	434
附件 3	《陆丰油田群区域开发项目通航安全影响研究报告》评审会专家组意见	460
附件 4	危险废物处理合同及危险废物经营许可证	464
附件 5	溢油应急计划备案登记表	466
附件 6	秋季现状调查现状 CMA 报告封面	467
附件 7	春季现状调查现状 CMA 报告封面	470

概述

一、项目由来

陆丰油田群位于南海北部海域的珠江口盆地，距香港约 256km，油田所在海域水深约 286m。

陆丰油田群现有工程包括陆丰 13-2 油田、陆丰 13-1 油田和陆丰 7-2 油田等油田。陆丰油田群区域开发采用新区老区联合开发方案，将新建 1 套 LF22-1 水下生产系统（LF22-1SPS）；新建 2 座各设有 100 人生活楼的钻采生产平台 LF15-1 DPP 和 LF14-4 DPP；新铺 2 条从 LF22-1 SPS 至 LF15-1 DPP 平台长约 19km 的海底混输管道；新铺 1 条从 LF15-1 DPP 平台至 LF14-4 DPP 平台长约 25.88km 的海底混输管道；新铺 1 条从 LF14-4 DPP 平台至 LF13-2 DPP 平台长约 24km 的海底混输管道；新铺 1 条从 LF14-4 DPP 平台至 LF15-1 DPP 平台的长约 25.88km 的海底电缆；新铺 1 条从 LF15-1 DPP 平台至 LF22-1SPS 的长约 19km 的海底脐带缆；新建平台 LF15-1 DPP 平台和 LF14-4 DPP 平台均设一级分离，LF22-1SPS 和 LF15-1 DPP 平台所产物流在 LF15-1 DPP 平台脱掉部分生产水后，通过新建海底混输管道输送至新建 LF14-4 DPP 平台，与 LF14-4 DPP 平台经过一级分离的物流汇合后，通过新建海底混输管道输送至现有 LF13-2 DPP 平台，与 LF13-1 DPP 平台、LF13-2 WHP 平台和 LF7-2 DPP 平台的生产物流一起处理至合格原油，通过已建海管输送至南海盛开号 FSOU。

陆丰油田群区域开发项目的总体开发方案（ODP）已编制完成。根据国家有关法规的要求，建设单位中海石油（中国）有限公司深圳分公司委托中海油研究总院有限责任公司承担并完成陆丰油田群区域开发项目的环境影响评价工作（详见附件）。

二、评价工作程序

按照《环境影响评价技术导则-总纲》（HJ2.1-2016）和《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）的要求，本次环评的工作程序为：接受建设单位评价任务后，评价单位对相关法规、标准及项目有关设计文件进行深入研究，进行项目环境影响识别及因子筛选，并根据分析和筛选结果进行现状

调查与收集资料工作，确定了本项目环境影响评价的工作等级、范围和评价重点；根据环境影响评价技术路线进行本项目污染源分析等工程分析工作内容，并开展了环境现状与评价工作；根据工程分析和环境现状调查结果，评价单位对项目产生的环境影响的范围和程度进行预测，并根据预测结果形成了针对本项目的环境保护对策措施、环境管理与监测、环境经济损益分析、产业政策规划符合性分析等内容；评价单位完成本项目的环境影响报告书后协助建设单位送审相关政府部门，并根据相关政府部门组织召开的环境影响报告专家审查意见对报告进行修改及报批。

三、关注的主要环境问题

陆丰油田群区域开发项目位于中国南海珠江口盆地，距正常作业评价范围相对较近的敏感目标主要是鱼类产卵场，本项目新建的 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，距鲐鱼产卵场最近距离约 2.1km，距蓝圆鲹产卵场最近距离约 9km，部分新建管道位于深水金线鱼产卵场、鲐鱼产卵场、蓝圆鲹产卵场内；新建的 LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 距深水金线鱼产卵场最近距离分别为 16km 和 18km，其他产卵场距离本项目的最近距离均在 20km 以上；此外，新建设施距离东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区、碣石湾近海海洋保护区等最近距离在 73km 以上。

本项目在正常作业情况下，关注的主要环境问题是钻井期间排放的钻井液、钻屑，以及海底管道/电缆挖沟埋设时掀起的悬浮沙和生产阶段含油生产水的排放对上述敏感目标及周围海域的海水水质、底质和海洋生态环境的影响范围及程度。在风险事故情况下，关注的主要环境问题是油气泄漏事故对工程设施周围海域的环境敏感目标、海洋生态环境、渔业资源以及渔业生产的潜在影响。

四、主要评价结论

陆丰油田群区域开发项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》“鼓励类”产业，符合国家产业政策。本项目符合《全国海洋主体功能区规划》和《全国海洋功能区划（2011~2020 年）》，与《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》、《广东省海洋生态红线》

(2017.9) 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,评价范围内的敏感目标主要为深水金线鱼产卵场、鲈鱼产卵场和蓝圆鲹产卵场。本项目在建设过程中产生的主要污染物为钻屑、钻井液和海底管道/电缆挖沟埋设时产生的悬浮沙,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,经新建平台 LF14-4DPP、LF15-1DPP 平台和依托平台 LF13-2DPP 处理达标后排放(LF15-1DPP 平台部分生产水处理达标后回注),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,需采取确实可行的溢油应急防范对策措施。

评价认为,只要不发生油气泄漏事故,本项目对周边的环境影响范围和影响程度是可以接受的。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。



1 总论

1.1 评价依据

本环境影响报告书主要根据陆丰油田群区域开发项目总体开发方案，在各项专题研究的基础上，按照中华人民共和国有关环保法规的要求而编制，具体编制依据如下。

1.1.1 法律依据

- 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行）
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月4日修正，2017年11月5日起施行）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日修正）
- 《中华人民共和国渔业法》（2013年12月28日修正）
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日修正，2018年10月26日起施行）
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年4月29日修订，2020年9月1日起施行）
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012年2月29日修改，2012年7月1日起施行）
- 《中华人民共和国海上交通安全法》（2016年11月7日修改，2016年11月7日起施行）
- 《中华人民共和国海域使用管理法》（2001年10月27日通过，2002年1月1日起施行）

1.1.2 行政法规与部门规章

- 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017年10月1日起施行）
- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院令第698号，2018年3月19日修订）
- 《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》（国务院令第698



- 号，2018年3月19日修订)
- 《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》（国发〔2015〕42号，2015年8月20日发布）
 - 《国务院关于印发中国水生生物资源养护行动纲要的通知》（国发〔2006〕9号，2006年2月27日发布）
 - 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》（国家海洋局令第1号，1983年12月29日起施行）
 - 《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》（国土资源部令第64号修改，2016年1月8日起施行）
 - 《铺设海底电缆管道管理规定》（国务院令第27号，1989年3月1日起施行）
 - 《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令第24号，2004年3月1日起施行）
 - 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（国家海洋局第3号，1992年8月26日起施行）
 - 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部部令第1号，2018年4月28日起施行）
 - 《国家危险废物名录》（环境保护部令第39号，2016年8月1日起施行）
 - 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会令第29号，2020年1月1日起施行）
 - 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77号，2012年7月3日起施行）
 - 《国家海洋局关于印发〈海洋生态损害评估技术指南（试行）〉的通知》（国海环字〔2013〕583号，2013年9月6日发布）
 - 《国家海洋局关于印发〈国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案〉的通知》（国家海洋局公告，2015年4月3日起施行）
 - 《国家海洋局关于修改〈关于颁发《海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定》的通知〉等3份规范性文件的决定的公告》（国家海洋局公



告，2015年11月23日公布)

- 《国家海洋局关于印发<海洋工程环境影响评价管理规定>的通知》(国海规范〔2017〕7号，2017年4月27日起施行)
- 《关于印发<沿海海域船舶排污设备铅封管理规定>的通知》(交海发〔2007〕165号，2007年5月1日起实施)
- 《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》(交通运输部令2017年第15号，2017年5月23日起施行)
- 《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》(交海发〔2018〕168号，2018年11月30日发布)
- 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》(中华人民共和国交通运输部令2019年第2号，2018年11月30日公布)
- 《进一步加强石油天然气行业环境影响评价管理的通知》(环办环评函〔2019〕910号，2019年12月13日公布)
- 《中华人民共和国自然保护区条例》(国务院令第167号，2017年10月7日修订)；
- 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》(国务院令第645号，2013年12月7日修改)；
- 《水生生物增殖放流管理规定》(中华人民共和国农业部令第20号，2009年5月1日施行)；
- 《农业部关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》(农渔发〔2016〕11号，2016年4月20日实施)；
- 《农业部办公厅关于进一步规范水生生物增殖放流工作的通知》(农办渔〔2017〕49号，2017年7月10日发布)
- 《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》(环发〔2013〕86号，2013年8月5日发布)
- 《珠三角、长三角、环渤海(京津冀)水域船舶排放控制区实施方案》(交通运输部，2015年12月2日)

1.1.3 技术导则及规范

- 《环境影响评价技术 总纲》(HJ2.1-2016)



- 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）
- 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）
- 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）
- 《海洋监测规范》（GB17378-2007）
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）
- 《海洋生态资本评估技术导则》（GB/T 28058-2011）
- 《国内航行海船法定检验技术规则》（2020）
- 《水上溢油环境风险评估技术导则》*（JT/T1143-2017）
- 《船舶溢油应急能力评估导则》*（JT/T 877-2013）

1.1.4 基础资料

- 陆丰油田群区域开发项目环评委托书（2018.10）
- 陆丰油田群区域开发项目总体开发方案
- 南海陆丰 13-1 油田环境影响报告书（报批稿）
- 陆丰 13-2 油田开发工程环境影响报告书（报批稿）
- 陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书（报批稿）
- 《关于对南海陆丰 13-1 油田环境影响报告书的审查批复》（（91）环监字第 245 号）
- 《关于陆丰 13-2 油田开发工程环境影响报告书核准意见的复函》（国海环字[2004]137 号）
- 《关于陆丰 13-2 油田开发调整工程环境影响报告书核准意见的复函》（国海环字[2010]386 号）
- 《国家海洋局关于陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书核准意见的批复》（国海环字[2012]664 号）
- 《关于陆丰 13-1 油田环境保护设施竣工验收的复函》（国海环字[2011]241 号）
- 《国家海洋局关于陆丰 13-2 油田环境保护设施竣工验收的复函》（国海环字[2014]753 号）
- 《国家海洋局关于陆丰 7-2 油田开发工程环境保护设施竣工验收的复函》（国海环字[2016]75 号）

(备注：*由于行业适用性，部分采用)



- 《陆丰油田群区域开发项目通航安全影响研究报告》评审会专家组意见

1.1.5 其他依据

- 《全国海洋主体功能区规划》（2015.8）
- 《全国海洋功能区划》（2011-2020 年）
- 《广东省海洋主体功能区规划》（2017.12）
- 《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）
- 《广东省海洋生态红线》（2017.9）
- 《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案》（2015-2020 年）
- 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》
- 《能源发展战略行动计划》（2014-2020 年）
- 《能源发展“十三五”规划》
- 《广东省海洋经济发展“十三五”规划》

1.2 评价标准

1.2.1 环境质量标准

陆丰油田群区域开发项目环境影响评价中所采用的环境质量标准见表 1.2-1。

表 1.2-1 本项目采用的环境质量标准

项目	采用标准	等级	适用对象
海水水质	海水水质标准（GB 3097-1997）	第一类	环境质量现状评价、环境影响评价
	渔业水质标准（GB11607-89）	-	
沉积物	海洋沉积物质量（GB 18668-2002）	第一类	海洋沉积物质量评价
海洋生物	海洋生物质量（GB 18421-2001）	第一类	海洋贝类（双壳类）的生物质量评价
	《全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程》	/	甲壳类、软体类和鱼类的重金属生物质量评价
	《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）	/	软体类和鱼类的石油烃生物质量评价

1.2.2 污染物排放标准

陆丰油田群区域开发项目位于中国南海北部海域的珠江口盆地，新建工程设施距岸最近距离约 133km（LF14-4DPP 平台）；根据《海洋石油勘探开发



污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)，本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)，本项目所在海域属于二级海区。本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 1.2-2。

表 1.2-2 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 $\leq 45\text{mg/L}$ (月平均) 含油浓度 $\leq 65\text{mg/L}$ (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 (GB18420.1-2009)	二级	生物毒性容许值 $\geq 50\ 000\text{mg/L}$	
钻井液和钻屑	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB4914-2008)	三级	不得排放含油量 $>8\%$ 的含油钻屑和钻井液 $\text{Hg} \leq 1\text{mg/kg}$, $\text{Cd} \leq 3\text{mg/kg}$	建设阶段钻井作业排放的钻井液和钻屑
	海洋石油勘探开发污染物生物毒性 (GB18420.1-2009)	二级	生物毒性容许值 $\geq 20\ 000\text{mg/L}$	
生活污水	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB 4914-2008)	三级	$\text{COD} \leq 500\text{mg/L}$	建设阶段钻井平台和生产阶段生产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/生产阶段排放的生产垃圾
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 $<25\text{mm}$ 时，可排放或弃置入海，其他生活垃圾禁止排放或弃置入海	建设阶段钻井平台及生产阶段生产平台排放的生活垃圾
船舶含油污水	73/78 防污公约船舶水污染物排放控制标准 (GB3552-2018)	/	石油类 $<15\text{mg/L}$ 排放应在船舶航行中进行	作业船舶排放的含油污水
	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值 (GB4914-2008)		石油类 $<15\text{mg/L}$	建设阶段钻井平台排放的含油污水排放



污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
船舶生活污水	船舶水污染物排放控制标准 (GB3552-2018)	/	采用下列方式之一进行处理，不得直接排海： a) 利用船载收集装置，排入接收设施； b) 利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放：（1）在2012年1月1日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $BOD_5 \leq 50\text{mg/L}$ ， $SS \leq 150\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 2500 个/L；（2）在2012年1月1日以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $BOD_5 \leq 25\text{mg/L}$ ， $SS \leq 35\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 1000 个/L， $COD_{Cr} \leq 125\text{mg/L}$ ，pH: 6-8.5，总氯（总余氯） $< 0.5\text{mg/L}$ 。 污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口。	距最近陆地3海里以内（含）的海域产生的船舶生活污水
			同时满足下列条件： （1）使用设备打碎固形物和消毒后排放； （2）船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	3海里 $<$ 与最近陆地间距离 ≤ 12 海里的海域
			船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	与最近陆地间距离 > 12 海里的海域
船舶垃圾	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

1.3 环境敏感目标与环境保护目标

1.3.1 环境敏感目标

陆丰油田位于中国南海北部海域的珠江口盆地，距正常作业评价范围相对较近的敏感目标主要是油田所在海域附近的经济鱼类产卵场。

本项目新建的 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，距鲈鱼产卵场最近距离约 2.1km，距蓝圆鲹产卵场最近距离约 9km，部分新建管道位于深水



金线鱼产卵场、鲐鱼产卵场、蓝圆鲹产卵场内；新建的 LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 水下生产设施距深水金线鱼产卵场最近距离分别为 16km 和 18km，其他产卵场距离本项目的最近距离均在 20km 以上。

此外，本项目新建设施 LF22-1SPS、LF15-1DPP 距离东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区最近距离分别为 73km、80 km， LF14-4DPP 距碣石湾近海海洋保护区最近距离为 98km，距离其他自然保护区等敏感目标均在 100km 以上。正常开发生产作业不会对保护区敏感目标造成任何影响，但需作为溢油风险评价关注对象。

工程海域附近主要环境敏感目标具体描述详见报告书“第三篇 区域自然环境现状”篇章中内容。

1.3.2 环境保护目标

陆丰油田群区域开发项目在正常作业情况下环境保护目标为工程周围海域的海水水质、沉积物质量、海洋生物质量及重要鱼类产卵场等。

此外，新建的 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，距鲐鱼产卵场最近距离约 2.1km，距蓝圆鲹产卵场最近距离约 9km；部分新建管道位于深水金线鱼产卵场、鲐鱼产卵场、蓝圆鲹产卵场内。这些产卵场将作为重点保护目标。

溢油情况下的环境保护目标为工程周围海域海水水质、海洋渔业资源、海洋生态环境等环境敏感目标。潜在事故性溢油对周围环境敏感目标的影响范围和程度详见报告书“第七篇 环境风险分析与评价”中内容。

1.4 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阶段中产生的各类污染物（主要是钻井液、钻屑、悬浮沙和含油生产水等）对海水水质、沉积物和海洋生态环境影响评价，以及潜在的溢油事故对海水水质、海洋生态和渔业资源的影响评价。

1.5 评价重点

根据陆丰油田群区域开发项目的特点，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：



- 钻完井作业期间排放的钻井液、钻屑及海底管道/电缆挖沟掀起的悬浮沙对工程周围海水水质、底质和底栖生物的影响范围及程度；
- 生产期间含油生产水的排放对工程周围海水水质、海洋生态和渔业资源影响范围及程度；
- 环境保护对策措施与清洁生产分析；
- 油气泄漏事故对工程设施周围海域的海洋生态环境、渔业资源以及环境敏感目标的潜在影响；
- 溢油事故风险分析及其防范对策措施。

1.6 评价工作等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），海洋工程建设项目的环境影响评价内容，依照建设项目的具体类型及其对海洋环境可能产生的影响确定，见表 1.6-1。

表 1.6-1 海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容

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

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

本次陆丰油田群区域开发项目对环境的主要影响为海上建设阶段和正常阶段过程中产生的各类污染物（主要是钻井液、钻屑、悬浮沙和生产水等）对海水水质、沉积物和海洋生态环境的影响。本项目新建平台为导管架式结构，通过桩腿与海底相连，对水文动力和地形地貌与冲淤环境影响轻微；新建水下生产系统透水性良好，占地面积较小，不会改变工程周围海域的潮波系统，对海区的水交换能力没有影响，对水文动力和冲淤环境影响很小；新铺海底管道、电缆部分路由进行挖沟铺设，对管道处底层流速和流向、地形地貌会有轻微影响，但影响范围很小，不会对管道区域的水文动力造成影响。且本项目不涉及填海、疏浚等对水文动力环境和地形地貌与冲淤环境产生明显影响的工程内容。因此，本次评价将选择海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物



资源环境和环境风险作为主要评价内容。

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

陆丰油田群区域开发项目位于中国南海珠江口盆地,与周边海洋保护区距离较远,新建工程位于深水金线鱼产卵场内,属于导则中规定的“生态环境敏感区”。本次工程投产后,最高年产油当量约 $191.7 \times 10^4 \text{t/a}$,最大日含油生产水产生量为 $41909 \text{m}^3/\text{d}$,根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)中对评价工作等级的判据,确定本项目水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境评价等级为1级,见表1.6-2。

表 1.6-2 海洋工程环境影响评价等级

工程内容	工程规模	工程所在海域和生态环境类型	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
海洋油(气)开发及其附属工程	污水排放量大于 $10000 \text{m}^3/\text{d}$ 或年产油量大于 100 万吨	生态环境敏感区	1	1	1

鉴于本项目在建设、生产过程中存在潜在的溢油事故环境风险,参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018),确定本项目的风险评价等级为简单分析,风险评价等级的确定详见报告书“第七篇 环境风险分析与评价”相关内容。

1.7 评价范围

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

根据陆丰油田群区域开发项目各环境要素评价等级,并结合工程排污情况以及新建设施所在位置,确定以新建平台、水下生产设施及设施间管道外扩区域作为正常作业下的海洋环境影响评价范围,评价范围外延距离本项目新建设施均大于 15km ,评价面积约为 8640km^2 。

本项目环境影响评价评价范围四至坐标见表1.7-1,评价范围示意图见图1.7-1。



表 1.7-1 评价范围四至坐标

	经度 (E)	纬度 (N)
A		
B		
C		
D		

图 1.7-1 正常生产情况下评价范围



2 工程概况与工程分析

2.1 工程项目概况

2.1.1 项目名称与建设性质

建设项目名称为陆丰油田群区域开发项目，建设单位为中海石油(中国)有限公司深圳分公司。本项目计划新建 1 套水下生产系统、2 座钻采生产平台、4 条海底管道、1 条海底电缆和 1 条海底脐带缆，属于新建海洋油（气）开发工程。

2.1.2 地理位置

陆丰油田群区域开发项目位于中国南海珠江口盆地，开发陆丰 14-4 油田（含陆丰 14-3 区）、陆丰 14-8 油田（含 LF14-4-4d 井区）、陆丰 15-1 油田和陆丰 22-1 油田。

陆丰 14-4 油田距香港东南约 216km，距已开发的陆丰 13-1 油田约 13km，所在海域水深约 145m。陆丰 14-4 油田陆丰 14-3 区距香港东南约 230km，距陆丰 14-4 油田约 2.0km，距已开发的陆丰 13-1 油田约 13.0km，油田所在海域水深约 153.9m。陆丰 15-1 油田距香港南东约 256km，距陆丰 14-4 油田约 24km，距已开发的陆丰 13-1 油田南东约 32.3km，所在海域水深约 286m。陆丰 22-1 油田距香港东南约 265km，距陆丰 15-1 油田约 19km，距已开发的陆丰 13-1 油田东南约 30km，所在海域水深约 330m。陆丰 14-8 油田距香港东南约 227km，距离陆丰 14-4 油田 3km，距已开发的陆丰 13-1 油田约 15.7km，所在海域水深约 139.5m。陆丰 14-8 油田 LF14-4-4d 井区距香港东南约 230km，距已开发的陆丰 13-1 油田约 16.0km，所在海域水深约 142m。

本项目新建 1 套水下生产系统（以下简称 LF22-1SPS）开发陆丰 22-1 油田，1 座 4 腿 LF15-1DPP 平台开发陆丰 15-1 油田，1 座 8 腿 LF14-4DPP 平台开发陆丰 14-4 油田、陆丰 14-4 油田陆丰 14-3 区和陆丰 14-8 油田、陆丰 14-8 油田 LF14-4-4d 井区。本项目新建工程设施距岸最近距离约 133km（新建 LF14-4DPP 平台），距香港约 216km，新建平台/设施坐标和水深见下表。



表 2.1-1 新建平台/设施坐标和水深

序号	设施名称	坐标	平台处水深
1	LF14-4DPP 平台		
2	LF15-1DPP 平台		
3	LF22-1SPS		

备注：上述为 84 坐标系。

陆丰油田群区域开发项目地理位置见图 2.1-1。

图 2.1-1 陆丰油田群区域开发项目地理位置图

2.1.3 工程基础数据

2.1.3.1 油田开发规模

本项目计划新建 1 座水下生产系统 (LF22-1SPS) 和 2 座钻采生产平台 (LF15-1 DPP 平台和 LF14-4 DPP 平台)，新铺设 4 条海底油气水混输管道 (2 条长度约 19km 从 LF22-1 SPS 至 LF15-1 DPP, 1 条长度约 25.88km 从 LF15-1 DPP 至 LF14-4 DPP, 1 条长度约 24km 从 LF14-4 DPP 至 LF13-2 DPP); 1 条海底电缆 (长度约 25.88km 从 LF14-4 DPP 至 LF15-1 DPP); 1 条海底脐带缆 (长度约 19km 从 LF15-1 DPP 至 LF22-1 SPS)。

本项目计划共钻 35 口井，包括 26 口生产井，9 口注水井。本项目 LF22-1SPS 设置 4 口生产井，LF15-1 DPP 平台设置 16 个井槽，其中 10 口生产井、3 口注水井、预留 3 个井槽，LF14-4DPP 平台设置 24 个井槽，其中 12 口生产井、6 口注水井、预留 6 个井槽。LF14-4DPP 平台计划 2021 年 12 月陆续投产、LF15-1 DPP 平台和 LF22-1SPS 计划 2022 年 11 月陆续投产。本项目投产后陆丰油田区域预计最大年产油量***m³/a，最大年产气量***m³/a。本项目总投资(不含税)***元人民币，其基础数据详见下表。



表 2.1-2 陆丰油田群区域开发项目基础数据

项目名称	陆丰油田群区域开发项目		
最大年产油	***m ³ /a (2024 年)		
最大年产气	***m ³ /a (2024 年)		
最大年产水	***m ³ /a (2026 年)		
开发方式	LF14-4DPP 平台和 LF15-1 DPP 平台采用人工注水开发方式， LF22-1SPS 采用天然能量开发方式。		
生产平台/设施	LF14-4DPP 平台（开发 陆丰 14-4 油田、陆丰 14-8 油田）	LF15-1 DPP 平台 （开发陆丰 15-1 油田）	LF22-1 水下生 产系统（开发 陆丰 22-1 油 田）
井槽/井数	12 口生产井/6 口注水井/ 预留 6 个井槽	10 口生产井/3 口注 水井/预留 3 个井槽	4 口生产井
设施设计寿命	25 年	20 年	20 年
总投资（不含税）	***元人民币		

2.1.3.2 生产物流特性

原油物性

陆丰油田群区域开发项目原油物性见表 2.1-3。

表 2.1-3 陆丰油田群区域开发项目原油物性表

项目		陆丰 14-4 油田	陆丰 14-8 油田	陆丰 15-1 油田	陆丰 22-1 油田
密度(kg/m ³)	20°C	833.85	849.2	872.68	856.0
密度(kg/m ³)	50°C	812.0	828.0	851.52	--
粘度(mPa·s)	20°C	--	--	--	--
粘度(mPa·s)	50°C	4.96	7.86	20	103.0
凝点 (°C)		35	29	42	--
闪点 (°C)		46.0	46.0	47.0	--
含硫 (%)		0.14	0.15	0.18	0.08
蜡含量 (%)		21.56	19.15	25.61	25.46
胶质 (%)		3.11	3.04	13.04	--
沥青质 (%)		0.18	0.19	1.04	5.0
含盐 (ppm NaCl)		11.20	13.08	31.09	--

天然气性质

陆丰油田群区域开发项目天然气组分见表 2.1-4。



表 2.1-4 陆丰油田群区域开发项目天然气组分(气体摩尔组成%)

组分	陆丰 14-4 油田	陆丰 14-4 油田 14-3 区	陆丰 14-8 油田	陆丰 15-1 油田	陆丰 22-1 油田
H ₂	0.03	--	--	--	--
CO ₂	0.04	1.31	2.41	0.01	0.11
N ₂	0.26	0.36	0.2	0.01	0.34
C ₁	17.09	2.85	17.64	0.33	0.6
C ₂	3.76	0.69	6.48	0.07	0.01
C ₃	3.1	0.97	8.3	0.1	0.01
iC ₄	0.89	0.87	1.49	0.11	0.01
nC ₄	1.75	1.32	4.75	0.11	0.01
iC ₅	1.08	0.98	1.86	0.26	0.03
nC ₅	1.34	0.9	2.86	0.35	0.03
C ₆	3.88	1.19	6.66	4.19	0.17
C ₇	5.19	88.56(C ₇₊)	7.12	18.56	0.48
C ₈	3.47		4.51	5.25	1.44
C ₉	5.2		5.47	4.07	3.37
C ₁₀	4.75		4.17	4.35	93.43(C ₁₀₊)
C ₁₁₊	48.17		26.08	62.25	

2.1.3.3 生产预测数据

陆丰油田群区域开发项目生产预测数据见表 2.1-5。

表 2.1-5 陆丰油田群区域开发项目生产预测

时间	日产				年产			
	油	水	液	气	油	水	液	气
年	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	10 ⁴ m ³ /a			

水处理系统处理达标后在本平台排海，分离出的气体进入燃料气系统。

陆丰油田群区域总体开发方案示意图详见图 2.2-1。本项目物流走向见图 2.2-2。

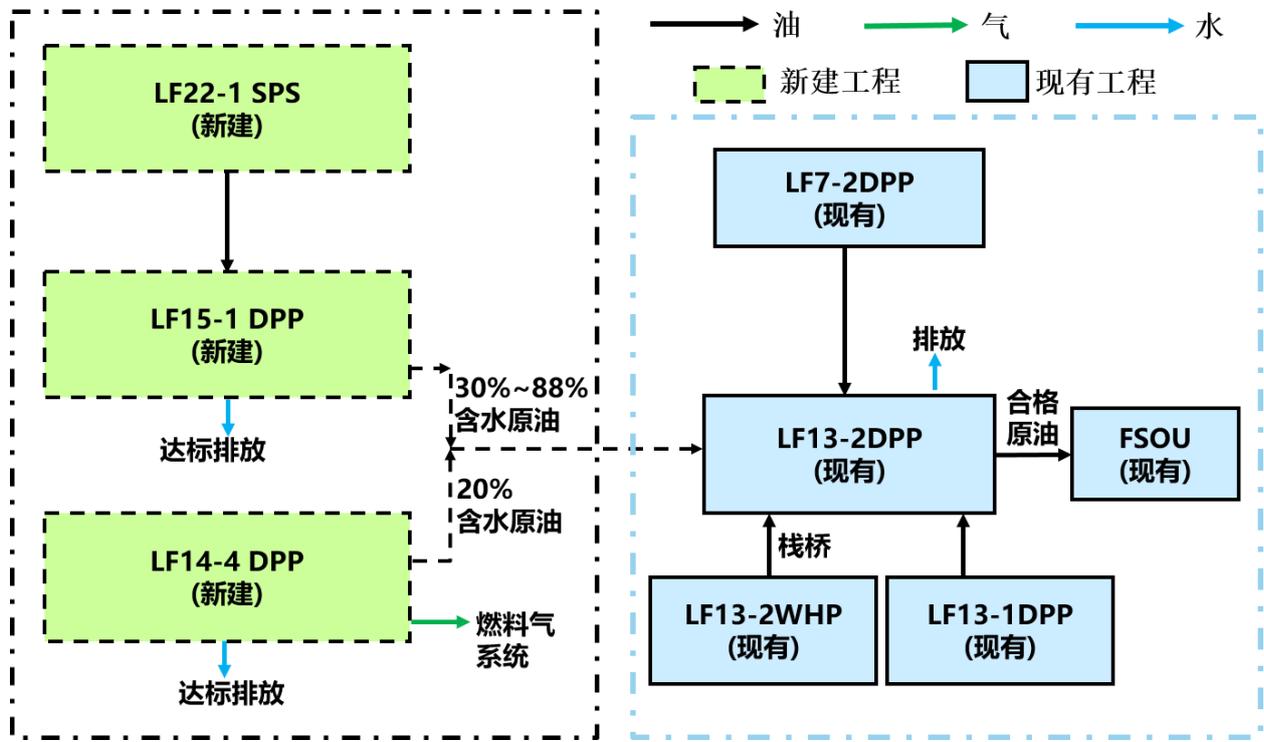


图 2.2-1 本项目物流走向示意图

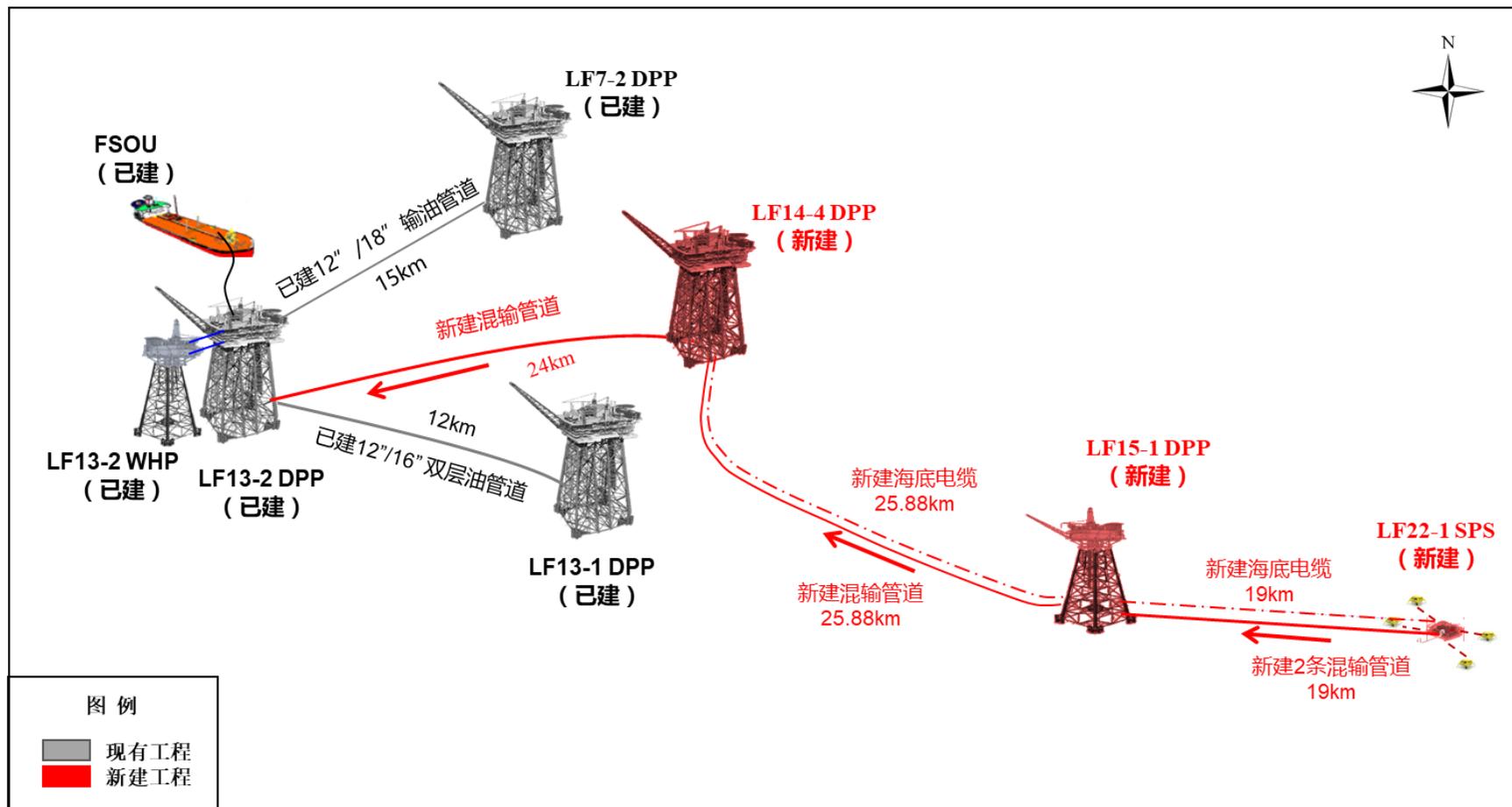


图 2.2-2 总体开发方案示意图



2.3 新建工程项目组成

本项目计划新建 1 套水下生产系统 (LF22-1SPS)、2 座钻采生产平台 (LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台)、4 条海底管道、1 条海底电缆和 1 条海底脐带缆。项目工程组成见表 2.3-1。

表 2.3-1 本项目工程组成

工程组成	设施及规模			
平台工程	新建 LF14-4 DPP 平台是一座 8 腿导管架钻采平台。平台上共设 24 个井槽，先期钻井 18 口，其中生产井 12 口，注水井 6 口，预留 6 口井。平台设有 100 人生活楼，三相分离系统、生产水处理系统、注水系统和原油电站等生产设施，及燃料油处理系统、燃料气系统、柴油系统、火炬系统、化学药剂注入系统、公用仪表风系统、氮气系统、海水系统、消防系统、生活污水处理系统、闭式排放系统和开式排放系统等公用设施。生产水设计处理能力 10800m ³ /d，注水处理能力 3840m ³ ，生活污水处理系统设计处理能力为 75.6m ³ /d。			
	新建 LF15-1 DPP 平台是一座 4 腿导管架钻采平台。平台上共设 16 个井槽，先期钻井 13 口，其中生产井 10 口，注水井 3 口，预留 3 口井。平台上设有 100 人生活楼，三相分离系统、生产水处理系统、注水系统等生产及柴油系统、化学药剂注入系统、公用仪表风系统、海水系统、消防系统、生活污水处理系统、闭排兼冷放空系统和开式排放系统等公用设施。生产水设计处理能力 26640m ³ /d，注水处理能力 5280m ³ ，生活污水处理系统设计处理能力为 75.6m ³ /d。			
水下生产系统	新建水下生产系统 LF22-1SPS 采用 4 口水平生产井加 1 个中心管汇的水下生产系统进行开发。包括 4 棵采油树、1 个带水下增压泵的生产管汇。			
海底管道	名称	数量	管径(in)	管长(km)
	LF22-1 SPS 至 LF15-1 DPP 平台海底混输管道	2	12	2×19
	LF15-1 DPP 平台至 LF14-4 DPP 平台海底混输管道	1	12	25.88
LF14-4 DPP 平台至 LF13-2 DPP 平台海底混输管道	1	12	24	
海底电缆	名称	数量	长度 (km)	
	LF14-4 DPP 平台至 LF15-1 DPP 平台海底电缆	1	25.88	
脐带缆	LF15-1 DPP 平台至 LF22-1 SPS 脐带缆	1	19	

2.3.1 LF14-4 DPP 平台

新建 LF14-4 DPP 平台是一座 8 腿导管架钻采平台，导管架工作点间距为 18m×(12m+40m+12m)。共设有三层甲板，分别是上层甲板、中层甲板、下层甲板。井口区位于 1 轴和 2 轴之间，A、B 轴内侧，采用模块钻机钻完井及修井，共有 24 个井槽，6 (行) ×4 (列) 排列，平台井槽布置见图 2.3-1。

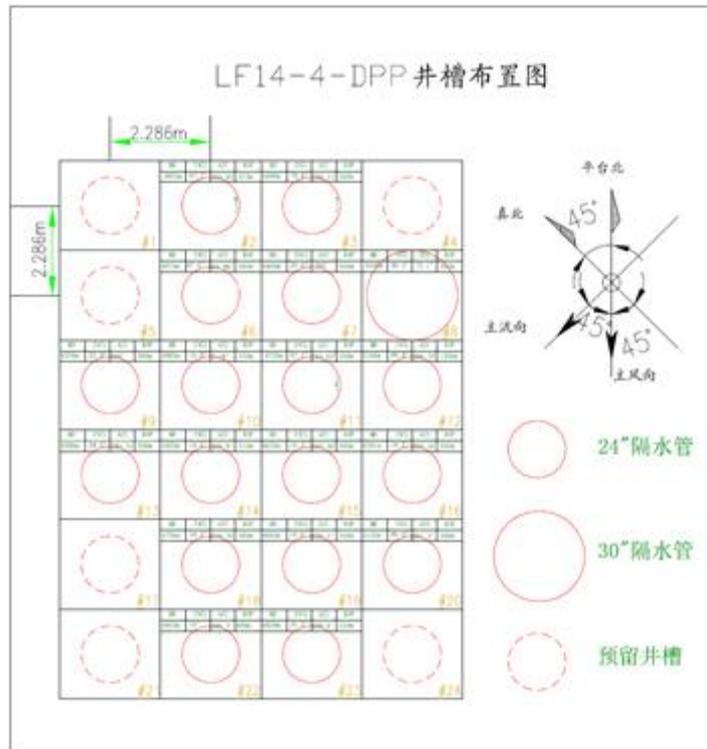


图 2.3-1 LF14-4 DPP 平台井槽布置示意图

平台上设有 100 人生活楼及直升机甲板、原油电站、原油处理、外输设施、生产水处理、注水设施及公用系统。

LF14-4 DPP 平台采用 8 腿 12 裙桩导管架结构。裙桩直径为 2438mm，预计入土深度为 117m。导管架工作点标高为 EL.(+)10.0m，工作点平面尺寸为 (12m+40m+12m)×18m。

LF14-4 DPP 平台甲板结构采用由梁柱板和斜撑构成的空间刚架，节点为刚性连接。甲板分为 3 层，标高分别为：EL.(+)35.5m、EL.(+)25.5m、EL.(+)20.0m。各层甲板面积分别是：72m×36m、74.5m×36.0m、73.5m×36m。

LF14-4 DPP 平台立面及各层甲板布置图见图 2.3-2 和图 2.3-3、图 2.3-4、图 2.3-5。

- 上层甲板

上层甲板尺寸为 72m×36m，标高 EL.(+)35.5m。

自西向东依次布置灰罐、DSM 模块、透平发电机撬、原油发电机房、100 人生活楼及直升机甲板（标高 EL.(+)55.5m）。另外，生活楼顶布置了热水系统、泡沫浓缩液撬块等，两艘救生艇均悬挂于生活楼东侧舷外。火炬臂位于甲板的西南角。



甲板南北两侧各设 1 台吊机用来吊装货物，北侧电动吊机位于 3 轴以西 9m 甲板边缘，最大吊重能力为 8t@40m/15t@15m；南侧柴油吊机位于 2 轴以东 9m 甲板边缘，最大吊重能力为 8t@35m/30t@20m。

- 中层甲板

中层甲板尺寸为 74.5m×36m，标高 EL.(+)26.5m。

甲板的东侧是电气房间区，设两层房间，一层布置了主开关间、高压开关间、应急开关间；二层房间标高为 EL.(+)31.0m，布置的房间有中控设备间、电潜泵控制间、电潜泵变压器区域、主变压器间等。在 2、3 轴中间位置安装 A60 防火墙将危险区和安全区隔开。防火墙西侧依次布置了电脱水器、原油分油机撬、燃油处理系统、火炬分液罐、主工艺系统、燃料气系统、燃油日用罐、柴油系统等。防火墙东侧布置了超滤单元、纳滤单元和公用仪表风罐等。

- 下层甲板

下层甲板尺寸为 73.5m×36m，标高 EL.(+)20.0m。

2 轴和 3 轴中间布置有 A60 防火墙将危险区和安全区隔开。防火墙西侧是危险区，从西侧至东侧依次布置有化学药剂注入撬、污油系统、清管球发球筒、清管球收球筒、燃料油循环撬、水力旋流器撬、聚结脱气除油罐、注水加热器、外输泵、闭式排放系统等。防火墙东侧是安全区，布置了注水系统、柴油消防泵、生活污水处理撬等；2.3 轴东侧布置了实验室、油漆间、储藏室、机修间、电仪间、原油发电机间，在 3 轴东侧布置了公用仪表气处理系统、海水系统、生活污水处理系统。

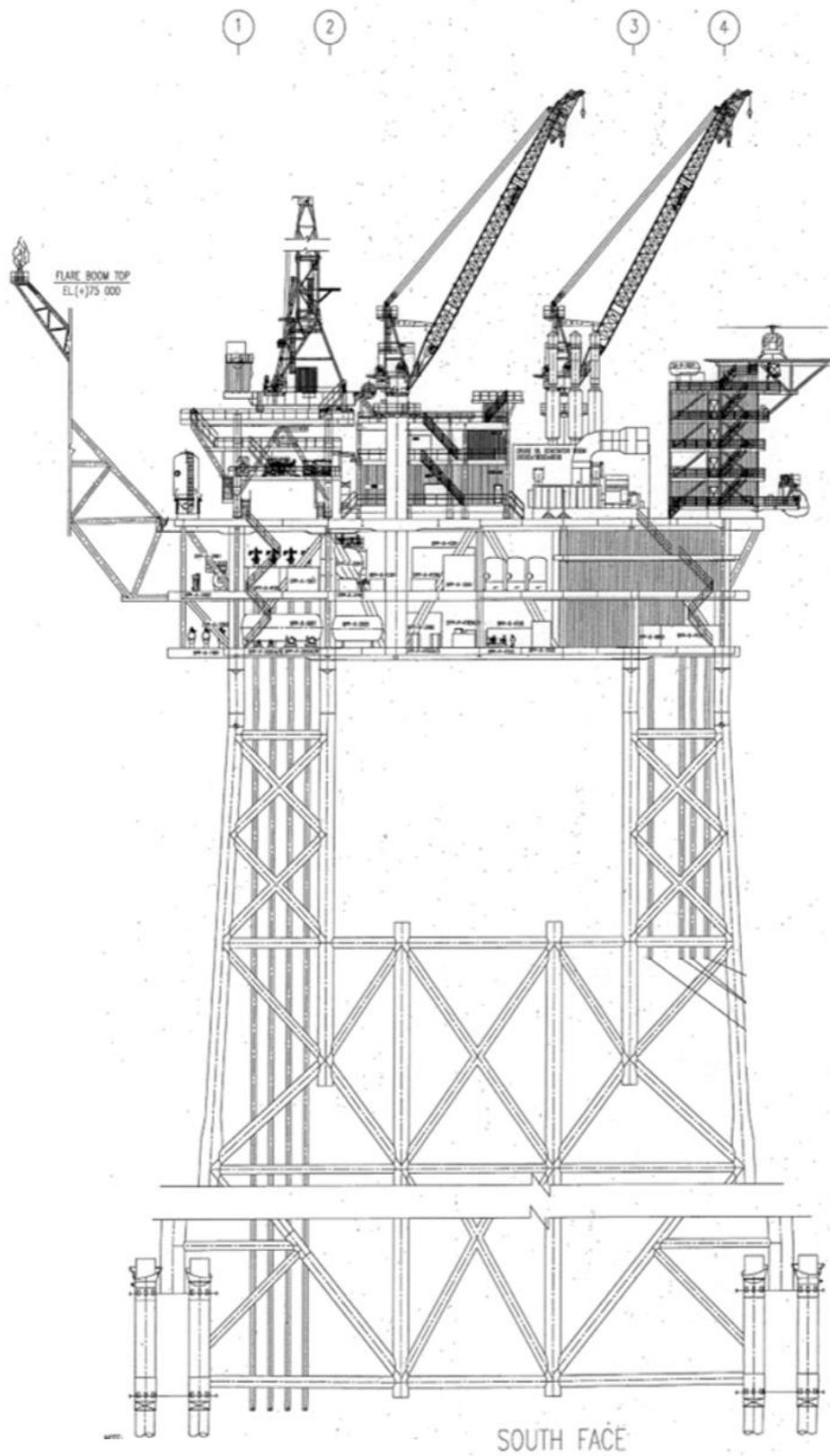


图 2.3-2 新建 LF14-4 DPP 平台立面布置图

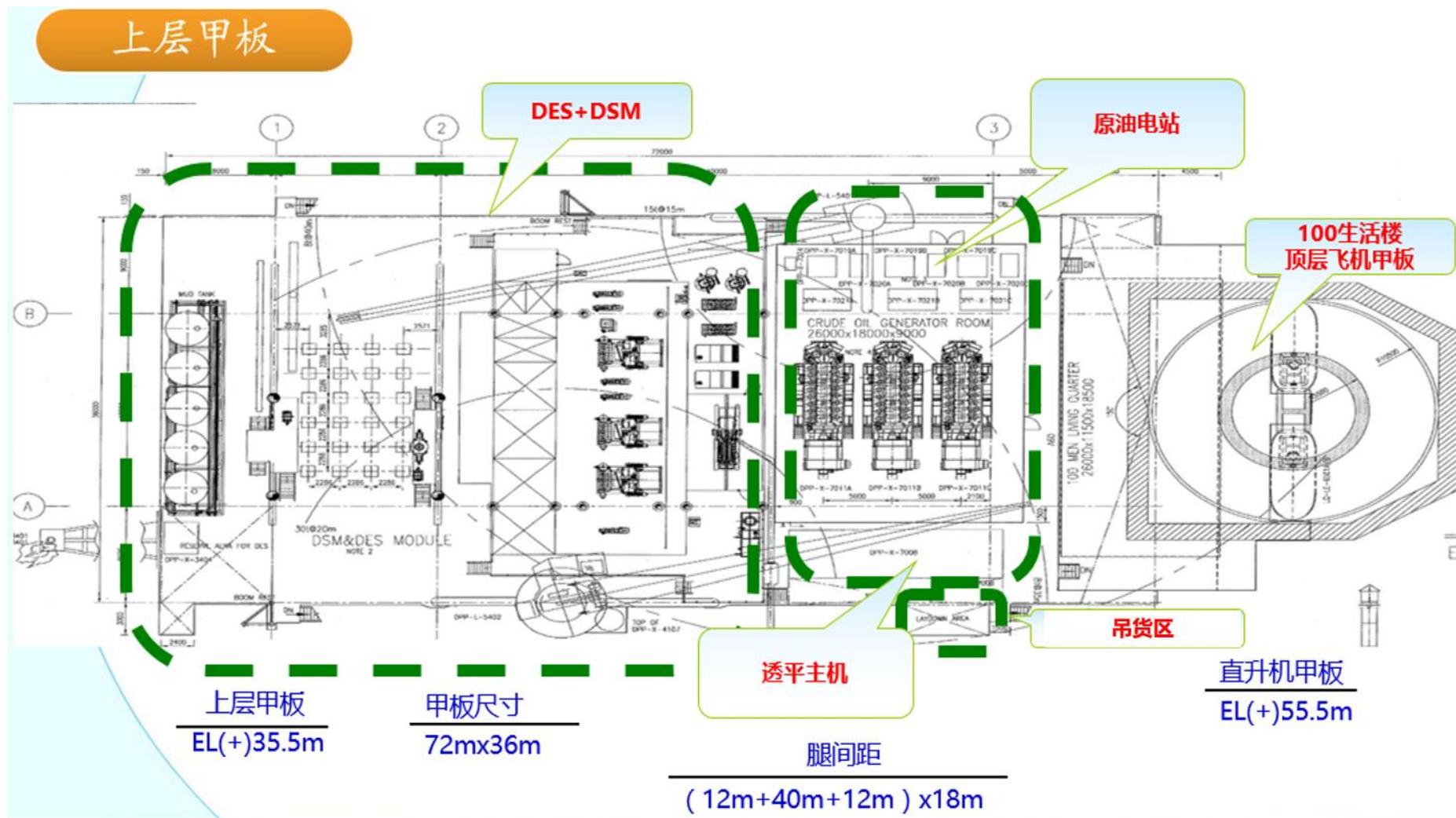


图 2.3-3 新建 LF14-4 DPP 平台上层甲板平面布置图

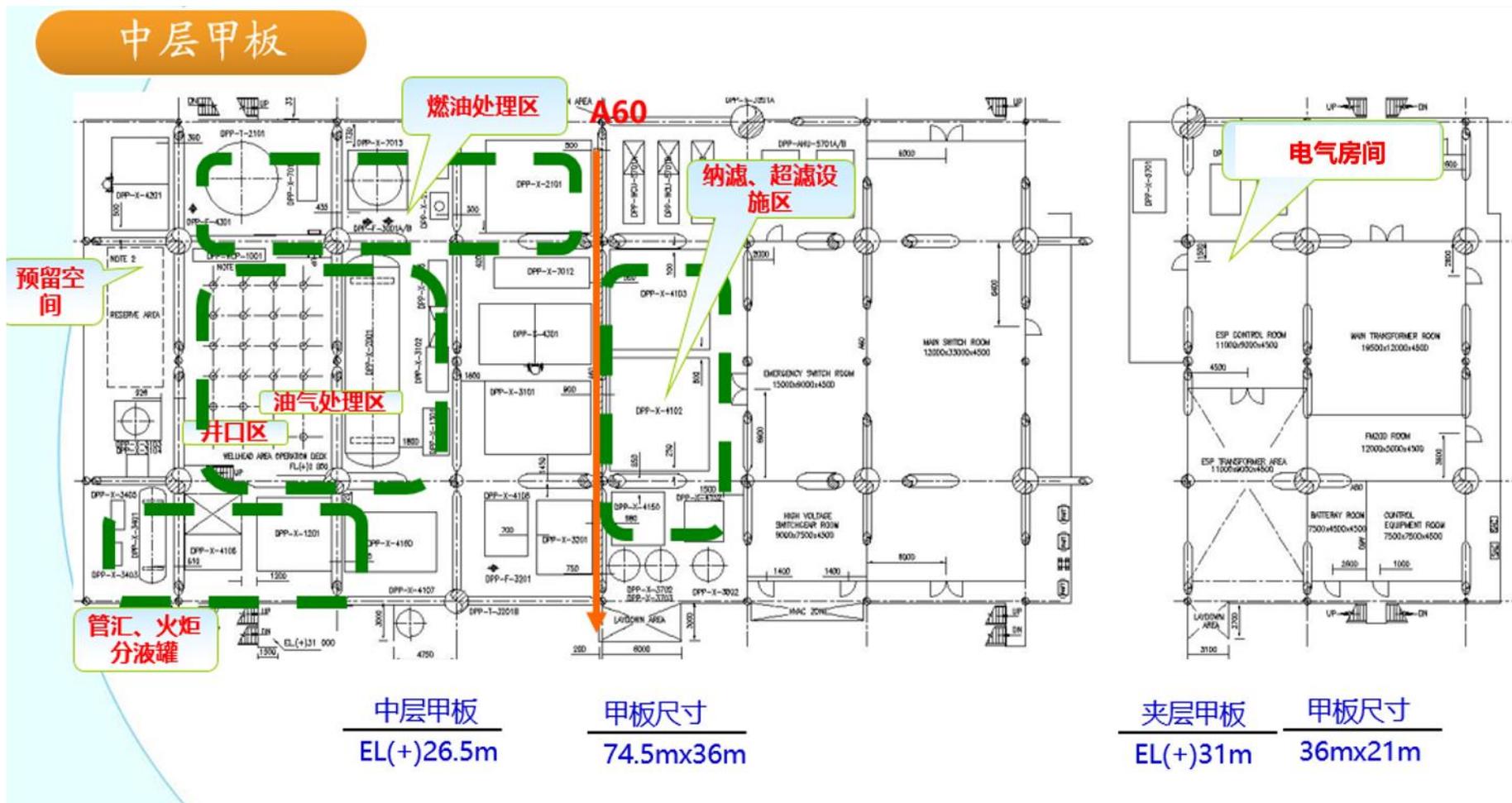


图 2.3-4 新建 LF14-4 DPP 平台中层甲板平面布置图



图 2.3-5 新建 LF14-4 DPP 平台下层甲板平面布置图

2.3.2 LF15-1 DPP 平台

新建 LF15-1 DPP 平台是一座 4 腿导管架钻采平台，平台组块分东、西两块吊装，吊装带宽 2m，布置在 2 轴以西 7m 处。导管架工作点间距为 $18\text{m}\times(14\text{m}+14\text{m}+14\text{m})$ 。共设有三层甲板，分别是上层甲板、中层甲板、下层甲板。井口区位于 1 轴和 2 轴之间，采用模块钻机钻完井及修井，共有 16 个井槽，4（行） \times 4（列）排列，井槽间距为 $2.286\text{m}\times 2.286\text{m}$ ，平台井槽布置见图 2.3-6。平台上设有 100 人生活楼及直升机甲板、原油处理、外输设施、污水处理、注水设施及公用系统。冷放空臂位于甲板的西南角。

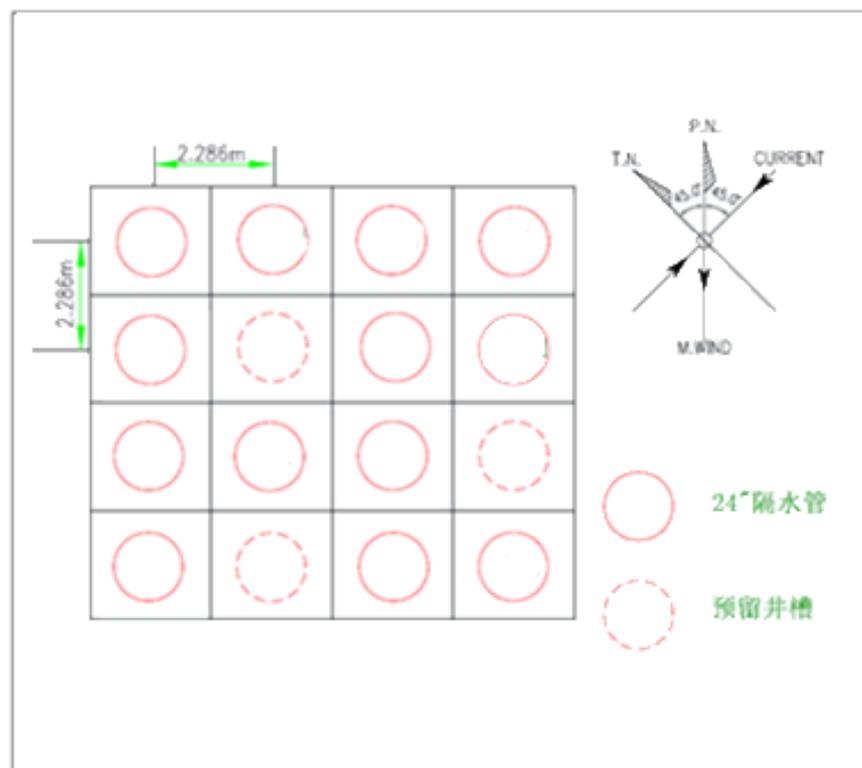


图 2.3-6 LF15-1 DPP 平台井槽布置示意图

LF15-1 DPP 平台采用 4 腿 12 裙桩导管架结构。裙桩直径为 2743mm，预计入土深度为 105m。导管架工作点标高为 EL.(+)10.0m，工作点平面尺寸为 $(14\text{m}+14\text{m}+14\text{m})\times 18\text{m}$ 。

LF15-1 DPP 平台甲板结构采用由梁柱板和斜撑构成的空间刚架，节点为刚性连接。甲板分为 3 层，标高分别为：EL.(+)35.0m、EL.(+)26.0m 和 EL.(+)19.5m。各层甲板尺寸分别是： $65.0\text{m}\times 35.0\text{m}$ 、 $65.0\text{m}\times 35.0\text{m}$ 和 $61.0\text{m}\times 35.0\text{m}$ 。



LF15-1 DPP 平台立面及各层甲板布置图见图 2.3-7 和图 2.3-8、图 2.3-9、图 2.3-10。

- 上层甲板

上层甲板尺寸为 65m×35m，标高 EL.(+)35.5m。

上层甲板自西向东依次布置灰罐、井口区、DSM 模块、100 人生活楼及直升机甲板（标高 EL.(+)55m）。另外，生活楼顶布置了热水系统、泡沫浓缩液撬块，两艘救生艇均悬挂于生活楼东侧舷外。

甲板南北两侧各设 1 台吊机用来吊装货物，北侧电动吊机位于 3 轴甲板边缘，最大吊重能力为 8t@40m/15t@15m；南侧柴油吊机位于 2 轴甲板边缘，最大吊重能力为 8t@35m/30t@20m。

- 中层甲板

中层甲板尺寸为 65m×35m，标高 EL.(+)26.5m。

2 轴、3 轴之间布置有 A60 防火墙，将安全区和危险区隔开。防火墙西侧布置了生产水处理设施、主工艺系统等。采油树位于 1 轴和 2 轴之间，A、B 轴内侧。防火墙东侧布置了公用仪表风系统、台风发电机撬以及电动消防泵等。

4 轴两侧布置了两层电气房间，一层房间布置有主开关间和应急开关间、应急发电机房；二层房间标高为 EL.(+)30.5m，布置有主变压器间、中控设备间、电潜泵控制间和电潜泵变压器区域。

- 下层甲板

下层甲板尺寸为 61m×35m，标高 EL.(+)19.5m。

2 轴、3 轴之间设有 A60 防火墙，将安全区和危险区隔开。防火墙西侧为危险区，依次布置有化学药剂撬、清管球接收器、清管球收球筒、污油系统、外输泵、开闭排系统、污水系统；防火墙东侧是安全区，布置饮用水系统、注水系统、海水系统、柴油消防泵、生活污水处理撬等；4 轴外侧布置了机修间、储藏室、工作间和实验室。

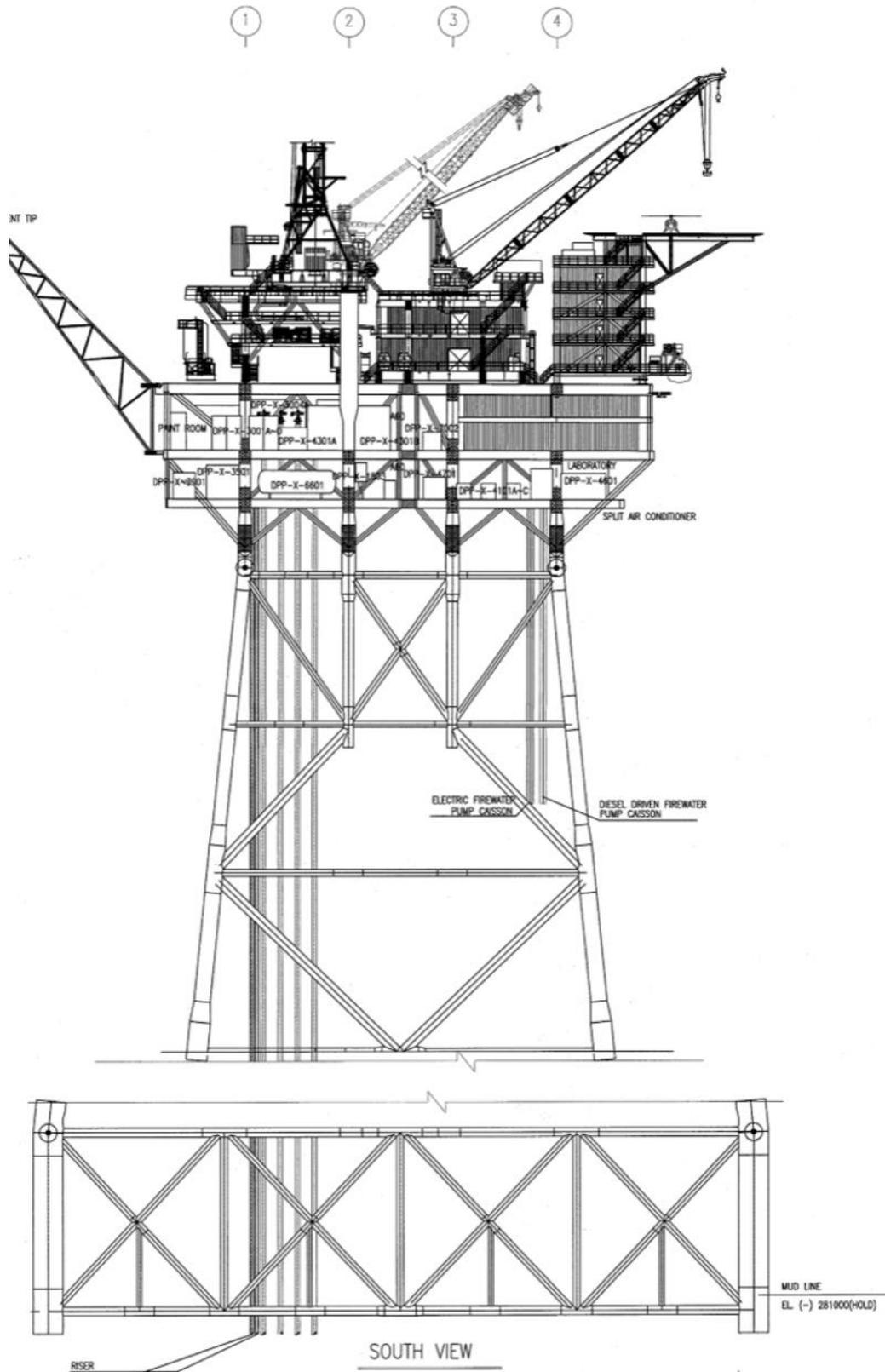


图 2.3-7 新建 LF15-1 DPP 平台立面图

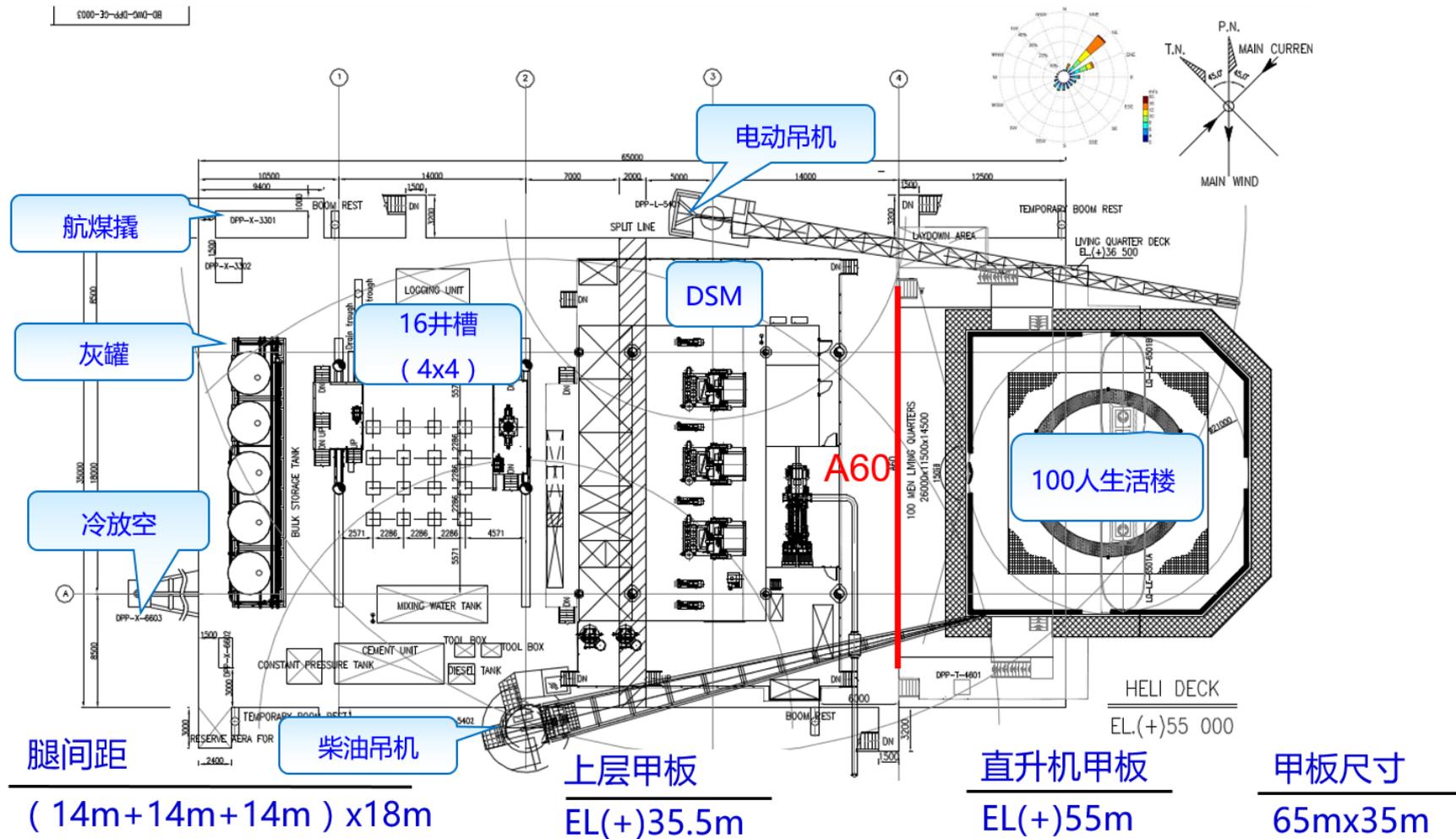


图 2.3-8 LF15-1 DPP 平台上层甲板平面布置图

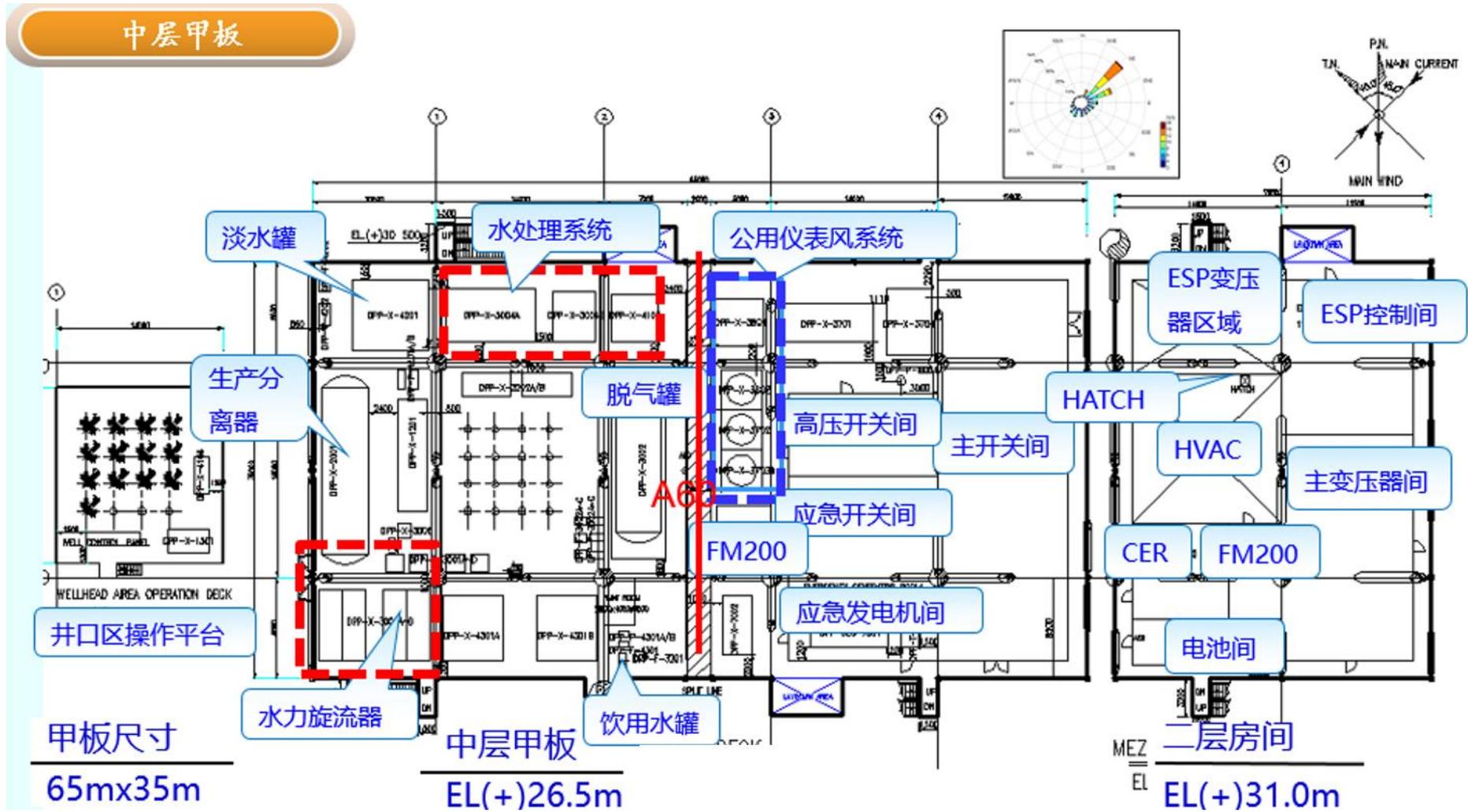


图 2.3-9 新建 LF15-1 DPP 平台中层甲板平面布置图

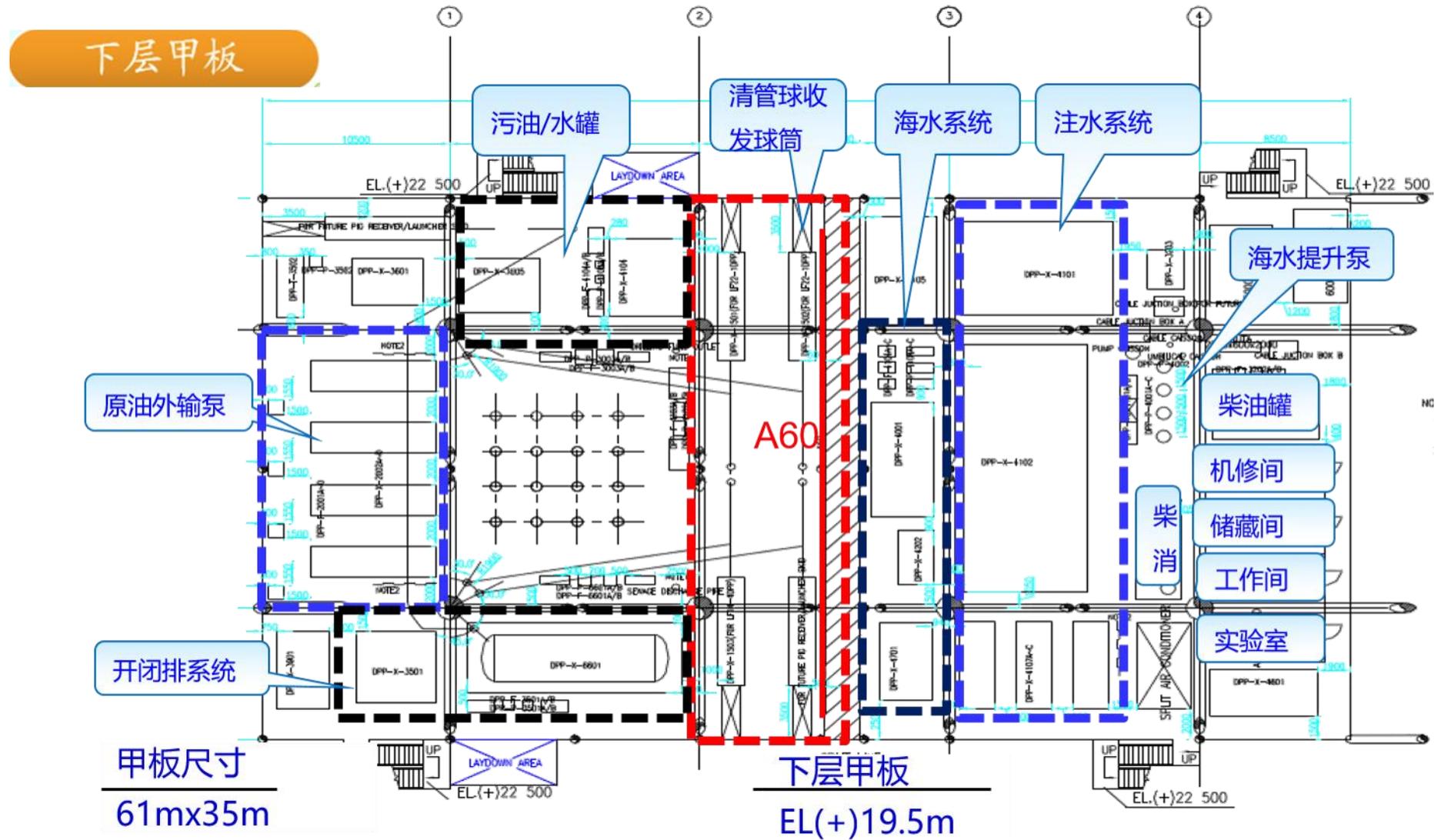


图 2.3-10 新建 LF15-1 DPP 平台下层甲板平面布置图



图 2.3-11 水下生产系统总体布置图



2.3.3 LF22-1 SPS

LF22-1 油田采用水下生产系统开发，新建水下生产系统 LF22-1 SPS 采用 4 口水平生产井加 1 个管汇的水下生产系统进行开发。水下生产设施包括 1 个管汇及 4 颗采油树。采油树分布在管汇外侧，通过 6" 跨接管和管汇相连，井液通过跨接管汇集到管汇，经增压泵增压后通过海管(双管)输送到新建 LF15-1DPP 平台上进行处理。

水下生产系统总体布置图见图 2.3-11。

2.3.4 海底管道

2.3.4.1 基本情况

本项目计划铺设 4 条海底管道，各条管道的长度和管径等参数见表 2.3-2。新建混输海底管道均采用双层保温结构型式，管道截面示意图见图 2.3-12。本项目中 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道（2 条）、LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 海底混输管道的部分路由采用预挖沟和后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底混输管道中部分路由采用后挖沟方式铺设。

表 2.3-2 海管设计参数

海底管道	管长 (km)	管径 (in)	外管管径 (in)	保温层厚度 (mm)	腐蚀裕量 (mm)	设计温度 (°C)	设计压力 (MPaA)	设计寿命(a)
LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 混输管道	19	12	18	45	3	93	10.0	20
LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 混输管道	25.88	12	18	45	3	89	10.46	20
LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 混输管道	24	12	18	45	3	102	8.06	25

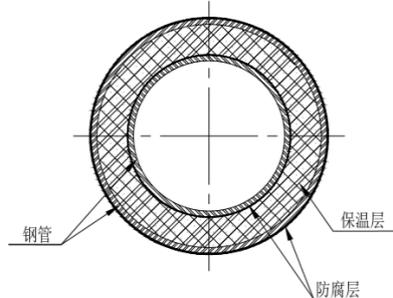


图 2.3-12 新建海底管道截面示意图



表 2.3-3 新建管道/电缆主要拐点坐标

海底管道	起点	拐点 1	拐点 2	终点
LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 混输管道*	LF22-1SPS	/	/	LF15-1DPP
LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 混输管道	LF15-1DPP	21°30'16.433"N, 116°25'16.299"E	21°34'25.33"N, 116°17'11.073"E	LF14-4DPP
LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 混输管道*	LF14-4DPP	/	/	LF13-2DPP

注：*两条管道基本是从起始点直线相连。

2.3.4.2 路由方案比选

陆丰 15-1 至陆丰 14-4 原路由沿途经过约 5km 大型沙波，及 1 处海底陡坎，对管线铺设施工及后期在位安全具有不利影响。根据区域大范围多波束地形扫测结果对原路由进行了优化调整，LF15-1 至 LF14-4 新路由避开了 LF15-1 附近大部分大型沙波及海底陡坎，减少了施工处理费用及安全风险。同时，也减少了挖沟铺设产生的悬浮沙量，减少对环境的影响。

图 2.3-13 管道路由方案比选图

2.3.5 海底电缆

本项目新建一条由新建 LF14-4 DPP 平台至 LF15-1 DPP 平台的长约 25.88km 的海底复合电缆，规格为 35kV、3×300mm²，由新建陆丰 14-4 平台为陆丰 15-1 DPP 平台供电。LF14-4DPP 至 LF15-1DPP 平台长约 1.5km 海底复合电缆（KP0-KP1.5km）采用后挖沟方式铺设，其他路由直接放于海床上，不挖沟埋设。



2.3.6 脐带缆

本项目铺设 1 条从 LF15-1DPP 平台到 LF22-1SPS 的海底脐带缆。脐带缆采用控制脐带缆和电缆集成的方式，同时柴油管线兼做备用管线，脐带缆外径约为 172mm。内部包括独立的管线和电缆，管线主要用于化学药剂的传送，电缆用于为水下控制模块等用户供电，同时作为实现水下控制模块与上部控制系统通讯的介质。脐带缆组成见表 2.3-4，脐带缆截面示意图见图 2.3-14。

表 2.3-4 脐带缆组成表

序号	功能	数量	规格

图 2.3-14 新建脐带缆截面示意图

2.4 依托设施校核和改造

2.4.1 LF13-2 DPP 平台能力校核

本项目投产后，LF13-2DPP 平台处理量见表 2.4-1。LF13-2DPP 平台设计处理能力及处理量详见表 2.4-2。



表 2.4-1 LF13-2DPP 平台处理量

日期	LF13-2DPP 平台处理量			
	油 (m ³ /d)	水 (m ³ /d)	液 (m ³ /d)	气 (m ³ /d)

表 2.4-2 LF13-2DPP 平台设计处理能力及处理量

	设计处理能力 (m ³ /d)	最大处理量 (m ³ /d)
液处理能力		
生产水处理能力		

经校核，本项目投产后，LF13-2 DPP 处理能力满足要求。

本项目接入后，LF13-2 DPP 平台新增一台清管球接收器，并对相应的管线、阀门及相应的现场仪表和火气探头等。

2.4.2 依托海底管道能力校核

本项目投产后将依托现有海底管道将 LF13-2DPP 平台上处理及汇集的合格的原油输送到“南海盛开号”FSOU。本项目依托管道校核情况见下表。

表 2.4-3 依托海底管道校核

管道名称	投产时间 (年)	设计寿命 (年)	管长 (km)	管径 (in)	设计压力 (kPaA)	本项目投产后最大入口压力 (kPaA)	设计温度 (°C)	本项目投产后最大入口温度 (°C)



LF13-2 DPP 至 FSOU	2012	12	2.1	8	10300	1500	90	74
-------------------------	------	----	-----	---	-------	------	----	----

根据校核结果，本项目投产后依托的海底管道压力和温度均未超过原设计值，已有管道在原设计寿命年限内均能够满足现设计条件。在达到已有管道原设计寿命前将进行检测评估，以保证管道的使用安全。

2.4.3 “南海盛开号”FSOU

本项目新建 LF14-4DPP 平台、LF15-1DPP 平台和 LF22-1SPS 所产物流经过三相分离出的含水原油依托已建 LF13-2 DPP 平台进行处理，并依托现有海底管道将处理合格的原油输送到“南海盛开号”FSOU 储存和外输。

“南海盛开号”FSOU 的货油舱的容积为 141690m³，本项目投产后，送 FSOU 的最大油量为 8033m³/d（2023 年）。经校核，“南海盛开号”FSOU 的储存能力满足本项目的要求。

“南海盛开号”FSOU 自建造完工日起，运行时间已达 44 年，在陆丰油田运行已达 26 年，目前已进入“老龄状态”。为满足陆丰油田持续安全的需求，分公司通过改造“凤凰洲”油轮为 HYSY121 FSO，并配备新建单点内转塔系统，接入“南海盛开”FSOU 现有水下锚泊系统和柔性立管，原位替换“南海盛开”FSOU 进行长期生产。生态环境部于 2020 年 1 月以环审[2020]9 号文对《陆丰油田长期复产项目环境影响报告表》进行了批复，项目计划 2020 年实施。陆丰油田长期复产项目实施后，HYSY121 FSO 货油舱容积为 123503 m³，满足本项目投产后的储存要求。

2.5 施工和建设方案

2.5.1 钻完井方案

本项目初期共钻 35 口井，包括 26 口生产井和 9 口注水井，预留 9 口井。

LF14-4DPP 平台初期共钻 18 口井，包括 12 口生产井和 6 口注水井（含一个领眼），预留 6 个井槽。LF14-4DPP 平台钻井总进尺***m，平均井深***m，最大井深***m。LF14-4DPP 平台采用批钻方式进行钻井，由模块钻机进行钻进作业。

LF15-1DPP 平台初期共钻 13 口井，包括 10 口生产井和 3 口注水井（含



图 2.5-1 LF14-4DPP 平台定向井+领眼井身结构示意图 (A11 井)

图 2.5-2 LF15-1DPP 平台水平井+领眼+2 分支井身结构示意图 (A4M 井)

图 2.5-3 LF15-1DPP 平台典型井井身结构示意图

图 2.5-4 LF22-1SPS A4H 水平井井身结构示意图

2.5.1.2 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。

本次陆丰油田群区域开发项目 17-1/2" 井段使用海水钻进，膨润土浆清扫；12-1/4" 井段除 LF14-4-A11/A11P 井和 LF14-4-A18H 井使用油基钻井液外，均采用水基钻井液体系；8-1/2" 井段除 LF14-4-A11/A11P 井和 LF14-4-A18H 井使用油基钻井液外，均采用水基钻井液体系。使用的钻井液种类见下表。



表 2.5-4 本项目使用钻井液体系

平台	井型	井段	钻井液类型	

2.5.2 施工方案

本项目建设阶段主要包括钻完井作业、平台就位及安装、水下生产系统安装、海底管道铺设、电缆/脐带缆铺设等工作。

钻完井作业：本项目 LF14-4DPP 平台和 LF15-1DPP 平台计划采用模块钻机进行钻进作业，模块钻机和平台上部组块一起装船，海上安装；LF22-1SPS 计划采用半潜式钻井平台进行钻进作业，采用多功能工程船安装水下采油树。

平台就位及安装：本项目新建 LF14-4DPP 平台和 LF15-1DPP 平台导管架和上部组块均计划在陆地场地建造。两平台导管架底部靠近码头前沿，采用拉力千斤顶拖拉装船，导管架运输至平台场址，采用驳船滑移下水方式安装，并由“蓝鲸号”协助就位，采用 1200 打桩锤将钢桩贯入海底。LF14-4 DPP 平台上部组块整体在场地建造，在拉力千斤顶作用下，由码头拖拉至驳船，由驳船运至平台安装场地，驳船压载，组块与导管架对接，驳船退船撤离。LF15-1 DPP 平台上部组块分东块、西块 2 块在场地码头拖拉装船，输运至平台安装场，海



上使用浮吊船分块吊装，完成安装。

水下生产系统安装：本项目计划采用“海洋石油 289”或同等能力 MSV 船舶对水下生产系统进行安装。中心管汇采用分块进行安装，分块完成中心管汇基础和压块的安装后，对管汇单独吊装，最后再完成中心管汇保护罩的安装。水下分配单元考虑基础和设备一起安装，保护罩单独安装。

海底管道铺设：本项目计划采用所有海底管道拟采用“海洋石油 201”或同等能力铺管船和喷射式挖沟机铺设。项目新建 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 的两条海底管道采用预挖沟和后挖沟方式铺设，LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 海底管道采用预挖沟和后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 长约 18.4km (KP0-KP18.4) 的海管采用后挖沟方式铺设。LF15-1DPP 平台底部建设 3 个 PLET，采用水力喷射式挖沟机对 PLET 区域表层沙土进行预挖沟处理，使基础坐于粘土层上，以保证基础稳定。

首先采用水力喷射式挖沟机对新建 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 的两条海底管道中的 Route1 部分路由进行预挖沟处理，采用铺管船将海底管道铺到相应的海底路由上，再采用水力喷射式挖沟机对部分路由进行后挖沟自然回填。

电缆/脐带缆铺设：LF14-4DPP 平台至 LF15-1DPP 平台长约 1.5km (KP0-KP1.5) 的电缆采用后挖沟方式铺设，除此之外其他海底电缆拟采用“海洋石油 286”或同等能力船舶安装，直接铺设于海底、不挖沟埋设。

脐带缆拟采用与海洋石油 286 或同等能力船舶安装，直接铺设于海底、不挖沟埋设。

平台调试：主要在新建 LF14-4DPP 平台和 LF15-1DPP 平台上部进行，不需使用大型施工船舶。

本项目所使用的各类施工船舶应满足工程能力要求。本项目施工作业内容和作业船舶情况见下表。

表 2.5-5 本项目海上施工作业内容和作业船舶及人员

作业内容	平台	作业期 (d)	作业人数	作业船舶
钻完井	LF14-4	843	80	拖船 2 艘
	LF15-1	486	80	拖船 2 艘



	LF22-1	265	135	半潜式钻井平台 1 艘，拖船 2 艘，多功能工程船
导管架安装	LF14-4	49	62	浮吊船 1 艘，驳船 2 艘，拖轮 3 艘
	LF15-1	60	62	浮吊船 1 艘，驳船 2 艘，拖轮 3 艘
上部组块安装	LF14-4	45	82	浮吊船 1 艘，驳船 1 艘，拖轮 3 艘
	LF15-1	60	72	浮吊船 1 艘，驳船 3 艘，拖轮 4 艘
平台连接调试	LF14-4	60	254	生活支持船 1 艘
	LF15-1	80	254	生活支持船 1 艘
海底管道铺设	-	70	60	铺管船 1 艘，驳船 1 艘，拖轮 2 艘，潜水作业支持船 2 艘
海底电缆铺设	-	30	10	铺管船 1 艘
海底脐带缆铺设	-	14	10	铺管船 1 艘
海底管道/电缆预处理	-	42	120	铺管船 1 艘、驳船 1 艘、潜水作业支持船 2 艘

2.6 生产工艺流程

2.6.1 LF14-4DPP 平台工艺流程

2.6.1.1 生产工艺流程

LF14-4DPP 平台物流经过生产管汇汇集、多相流量计计量后进入生产分离器进行油、气、水三相分离，经一级脱水处理后，分离出来的水进入生产水处理系统处理，分离出来含水原油一部分作为燃料油，其余部分经外输泵增压后连同 LF15-1DPP 平台来液一同输往 LF13-2DPP 平台进行进一步处理，分离出的气相进入燃料气系统，LF14-4DPP 平台生产工艺流程见下图。

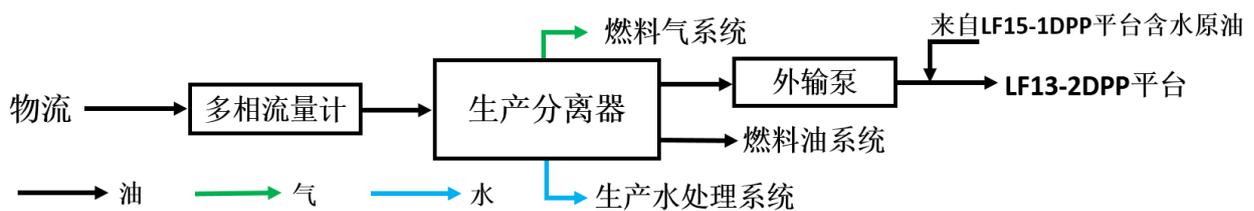


图 2.6-1 LF14-4DPP 平台生产工艺流程图

2.6.1.2 生产水处理流程

LF14-4 DPP 平台生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”二级处理流程。从生产分离器水相出口分离出的高压生产水依次进入水力旋流器和聚结脱气除油罐，处理后通过开排沉箱排海，水中含油量（月平均值）不超过 45mg/L。水力旋流器和聚结脱气除油罐的油相出口管线接入污油罐，由

污油泵打回闭排。LF14-4DPP 平台生产水处理系统流程见下图。

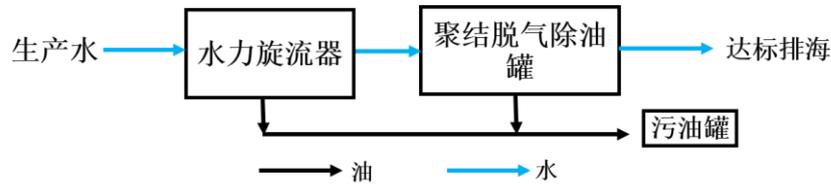


图 2.6-2 LF14-4DPP 平台生产水处理系统流程图

2.6.1.3 注水处理流程

a. 注水水源比选

LF14-4DPP 平台潜在注水水源为陆丰 15-1 珠江组生产水、陆丰 13-1 恩平组水源井水和海水。经过实验和预测分析，区域存在高结垢趋势，生产水与地层不配伍，如使用珠江组生产污水和恩平组水源井水作为注水水源，结垢量大，存在堵塞风险，使用纳滤膜处理后的海水可以降低风险，本平台采用海水作为注水水源。注水水源对比结果见表 2.6-1。

表 2.6-1 LF14-4DPP 平台潜在注水水源对比分析总结

项目	珠江组生产污水	恩平组水源井水	纳滤海水
水源自身结垢量预测	结垢以 CaSO_4 为主，最大结垢量 758mg/L。	结垢以 CaCO_3 为主，最大结垢量 503mg/L。	结垢以 CaCO_3 为主，最大结垢量 19mg/L。
与文昌组地层水配伍性	主要由水源导致结垢，最大结垢量 834mg/L。	主要由水源导致结垢，最大结垢量 503mg/L。	主要由水源导致结垢，最大结垢量 19mg/L。
与文昌组地层敏感性情况	弱盐敏	弱盐敏	弱盐敏
存在风险	结垢量较大，主要结垢发生在储层中，存在堵塞储层风险，硫酸盐垢难以解除，长期注水后存在冷伤害风险。	结垢量较大，主要结垢从注水井井筒中开始出现，存在堵塞注水端风险，长期注水后存在冷伤害风险。	纳滤膜长期使用后效率降低风险，长期注水后存在冷伤害风险。
需进一步研究解决的问题	硫酸盐垢的解除和预防技术研究，长期注水后存在冷伤害问题研究。	碳酸钙垢在低渗储层中的堵塞和运移规律研究，碳酸钙垢防控措施研究，长期注水后存在冷伤害问题研究。	长期注水后存在冷伤害问题研究。

b. 注水处理流程比选

依据《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》（SY/T 5329-2012），陆丰油田注水的含油量、固悬物含量、悬浮物颗粒直径粒径要求较高，注水水源需经过膜过滤达到精度要求。本项目注水水质指标见下表。

表 2.6-2 陆丰油田注水水质指标



项目	指标	项目	指标
固悬物含量(mg/l)	<2	铁细菌, 个/ml	$n \times 10^2$
悬浮物颗粒直径粒径 (μm)	≤ 1.5	腐生菌, 个/ml	$n \times 10^2$
含油量 (ppm)	≤ 6	溶解氧, mg/l	≤ 0.5
SRB 菌, 个/ml	≤ 10	腐蚀速率, mm/a	<0.076

注: $1 < n < 10$

由于 LF14-4DPP 平台潜在注水水源与地层存在不配伍、易结垢的情况。为解决不配伍的问题, 需要去除结垢离子, 主要为二价的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 和 CO_3^{2-} 等离子。常见的去除离子的方法主要有: 纳滤膜法、反渗透膜法、电渗析法、蒸馏法、树脂交换法, 离子去除法技术对比见表 2.6-3。从经济性、实用性、二价结垢离子去除效率的角度考虑, 结合国内外工程案例, 选择 SO_4^{2-} 去除率大于 99%、装置运行平稳、出水水质稳定的纳滤膜作为本项目结垢离子去除技术。

表 2.6-3 离子去除法技术对比

序号	方法	技术对比
1	纳滤膜	①来水水质要求较高。
2	反渗透膜	①无明显分离二价离子和一价离子功能, 渗透压高, 能耗高; ②来水水质要求较高。
3	电渗析	①对胶体、悬浮物等无脱除能力, 无明显分离二价离子和一价离子功能, 能耗非常高; ②来水水质要求严格; ③易结垢, 膜寿命短。
4	蒸馏	①单机容量小, 设备投资高; ②热能消耗高。
5	树脂交换	①阴-阳离子树脂配合使用; ②来水水质要求严格, 易污染失去活性, 再生及更换费用高; ③对运输和储藏有温度和湿度要求。

纳滤膜对于进口水中含油量的要求为 $\leq 1\text{mg/L}$, LF14-4DPP 平台生产水经过生产水处理系统处理后, 含油量 $< 45\text{mg/L}$ 。对于海上已有工程经验, 采用陶瓷膜过滤后, 生产水中含油量可降低至 5mg/L , 然而要达到纳滤膜进水要求, 还需要继续降低水中含油量, 这项要求十分严格。对于海上平台来说, 目前还没有可靠且兼具经济型的技术将生产水处理至满足纳滤膜进水要求, 因此不推荐采用生产水作为回注水源。

根据注水水源比选结果, 水源井水主要结垢离子为 CO_3^{2-} , 而纳滤膜对于 CO_3^{2-} 离子的去除效果不胜理想。同时, 考虑到注水需求量, 从设备占地面积、设备重量、投资费用等方面比较, 水源井水都劣于海水, 因此不推荐采用水源井水作为回注水源。

c. 注水比选结论

1) 经过研究, 本项目 LF14-4 DPP 平台注水有 3 种水源: 生产水、海水和水源井水, 水质均存在不同程度的不配伍性。研究表明生产水和海水结垢趋势更侧重于硫酸盐垢, SO_4^{2-} 等二价离子脱除后可满足地层配伍性要求。

2) 经过研究和调研国内外应用情况分析, 使用纳滤装置脱除水中的 SO_4^{2-} 等二价离子是普遍采用的作法。

3) 由于纳滤膜对进口水中含油量有严格的要求, 生产水要满足此要求, 对于海上平台来说, 尚无可靠且兼具经济型的技术。所以不推荐采用生产水作为回注水。

4) 对于海水, 采用纳滤技术国内外均有应用经验, 且可以降低对地层的不利影响。流程推荐采用粗过滤器+海水细过滤器+超滤膜+纳滤膜+脱气膜。

5) 对于水源井水, 油田化学研究表明本身不需要脱除 SO_4^{2-} , 但其碳酸钙结垢量仍较大, 储层伤害有一定风险, 且总投资费用较高。

6) 综合技术比选, LF14-4 DPP 平台推选择采用海水回注流程。

d. 注水处理流程

LF14-4 DPP 平台注水系统处理能力为 $3840\text{m}^3/\text{d}$ 。注水系统采用平台处理后的海水作为注水水源, 海水经提升泵输送至平台, 经过“海水粗过滤器+海水细过滤器+超滤膜过滤器+纳滤膜过滤器+脱氧塔”流程处理后, 海水水质达到注水水质标准 (含油量 $\leq 6\text{mg/L}$, 悬浮物含量 $\leq 2\text{mg/L}$, 悬浮物粒径中值 $\leq 1.5\ \mu\text{m}$, 含氧量 $\leq 0.05\text{mg/L}$)。LF14-4DPP 平台注水处理流程见下图。

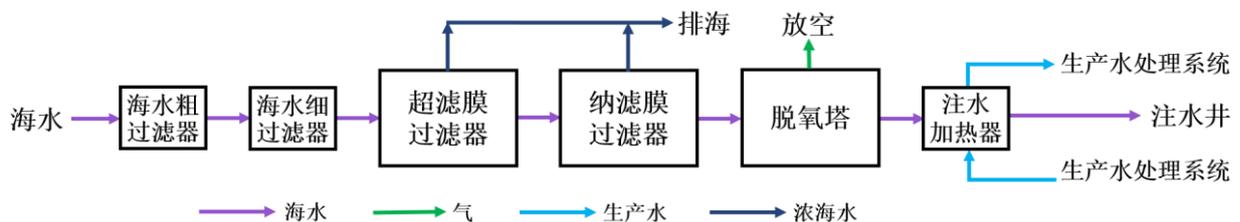


图 2.6-3 LF14-4DPP 平台注水处理流程图

2.6.1.4 燃料油处理流程

LF14-4 DPP 平台的燃料油处理系统用于将平台生产的原油处理成可供原油电站发电用的燃料油。来自生产分离器的含水原油进入电脱水器进行脱水,

脱水至含水 0.5% 的合格原油进入原油闪蒸橇进行处理，处理后的燃料油送至原油沉降罐进行储存和沉降，供原油电站使用。燃料油处理系统处理规模为 $10\text{m}^3/\text{h}$ （油）。LF14-4DPP 平台燃料油处理系统流程见图 2.6-4。



图 2.6-4 LF14-4DPP 平台燃料油处理系统流程图

2.6.1.5 燃料气处理流程

LF 14-4 DPP 设燃料气系统用于处理生产分离器分离出的天然气，处理后的天然气用于燃气透平电站发电燃料。来自生产分离器气相出口的湿气经燃料气冷却器冷却后进入燃料气涤气罐进行气液分离，分离后进入燃料气压缩机进行增压，然后经压缩机后冷却器冷却后，送至燃料气缓冲罐，经燃料气过滤器过滤和燃料气过热器加热后，送至透平电站发电。燃料气系统的处理规模为 $6.8 \times 10^4 \text{ Sm}^3/\text{d}$ 。LF14-4DPP 平台燃料气处理系统流程见图 2.6-5。

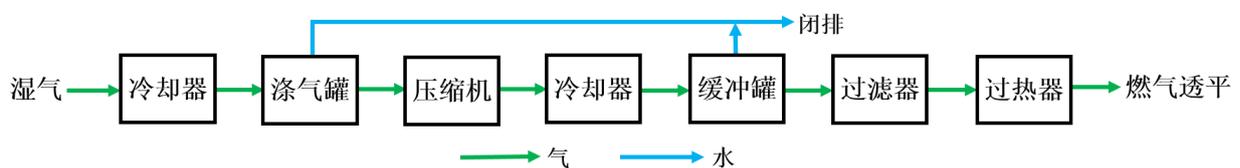


图 2.6-5 LF14-4DPP 平台燃料气处理系统流程图

2.6.2 LF15-1 DPP 平台工艺流程

2.6.2.1 生产工艺流程

LF15-1 DPP 平台物流经过多相流量计进行单井计量后再汇入生产管线，与 LF22-1 水下生产系统来液一同进入生产分离器进行油、水分离，分离出来的水进入生产水处理系统处理，分离出来约 30%~88% 的含水原油经外输泵增压外输至 LF14-4DPP 平台外输泵后和 LF14-4DPP 平台产液一同输往现有 LF13-2DPP 平台进行进一步处理。LF15-1DPP 平台处理来自陆丰 15-1 油田和陆丰 22-1 油田的物流，根据油气物性参数和生产指标预测数据，这两个油田均为低气油比的油田，在操作条件下，无伴生气析出，流程中（包括油气工艺系统和水工艺系统）采用氮气维持压力的方式保持系统压力稳定。因此，正常

生产过程中，LF15-1DPP 平台外排气体主要成分为氮气，无法燃烧，经过工艺专业分析，推荐该平台设置冷放空系统。对比火炬系统，冷放空系统不需要设长明灯和辅助燃烧系统，更为简单、经济和环保。LF15-1 DPP 平台生产工艺流程见下图。

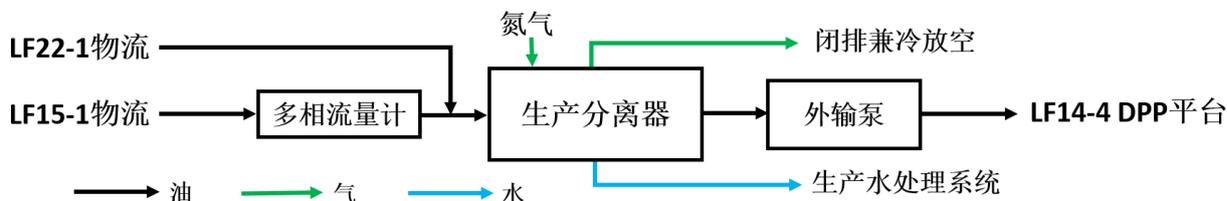


图 2.6-6 LF15-1 DPP 平台生产工艺流程图

2.6.2.2 生产水处理流程

LF15-1 DPP 平台生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”二级处理流程。从生产分离器水相出口分离出的高压生产水依次进入水力旋流器和聚结脱气除油罐，处理后的污水分为两路：一路进入注水系统进一步处理后回注地层，另一路排海，水中含油量（月平均值）不超过 45mg/L。水力旋流器和聚结脱气除油罐的油相出口管线接入污油罐，由污油泵打回闭排。LF15-1DPP 平台生产水处理系统流程见下图。

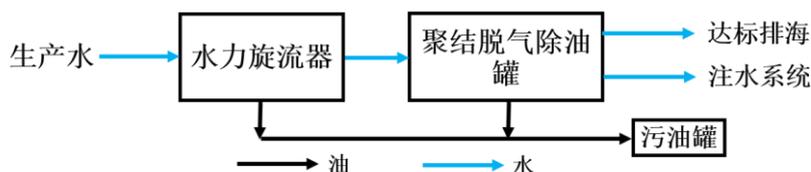
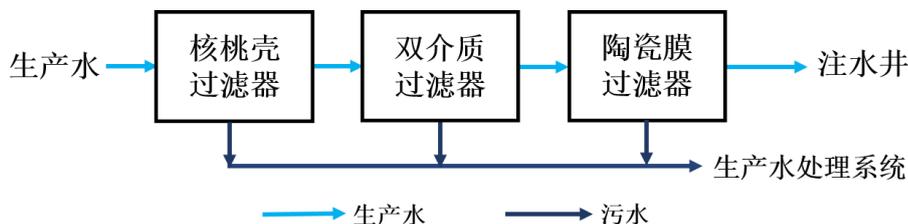


图 2.6-7 LF15-1 DPP 平台生产水处理系统流程图

2.6.2.3 注水处理流程

LF15-1DPP 平台不存在配伍性问题，LF15-1 DPP 平台注水系统采用平台处理后的生产水作为注水水源，LF15-1DPP 平台注水处理能力为 5280m³/d。生产水经生产水处理系统处理后进入“核桃壳过滤器+双介质过滤器+陶瓷膜过滤器”。





过滤器”流程处理，水质满足注水水质标准（含油量 $\leq 6\text{mg/L}$ ，悬浮物含量 $\leq 2\text{mg/L}$ ，悬浮物粒径中值 $\leq 1.5\ \mu\text{m}$ ）。LF15-1 DPP 平台注水处理流程见下图。

图 2.6-8 LF15-1 DPP 平台注水处理流程图

2.6.3 LF22-1SPS 工艺流程

LF22-1SPS 水下生产系统的生产流体通过跨接管汇集到中心管汇，经增压泵增压后通过新建海底管道(双管)输送到新建 LF15-1DPP 平台上进行处理。水下所需化学药剂经由 LF15-1DPP 通过脐带缆供给，脐带缆里另设置一条备用药剂管线。

水下生产系统工艺流程示意图见下图。

图 2.6-9 水下生产系统工艺流程示意图

2.6.4 LF13-2 DPP 平台工艺流程

2.6.4.1 生产工艺流程

本项目投产后，LF22-1SPS、LF15-1DPP 平台、LF14-4DPP 平台的含水原油通过新建海管从 LF14-4DPP 平台输往 LF13-2DPP 平台，与 LF13-1DPP 平台通过换热器换热后的含水原油、LF7-2DPP 平台含水原油、LF13-2WHP 平台物流全液和 LF13-2DPP 平台物流全液一起进入生产分离器进行三相分离，分离出来的气去火炬系统，水去生产水处理系统，含水 20%的原油进入电脱水器，分离出来的水去生产水处理系统，分离出的部分合格原油去原油电站，部分合格原油进入缓冲稳定罐稳定，再与 LF13-1DPP 平台含水原油换热后经外输泵输往“南海盛开号”FSOU。LF13-2 DPP 平台生产工艺流程见下图。

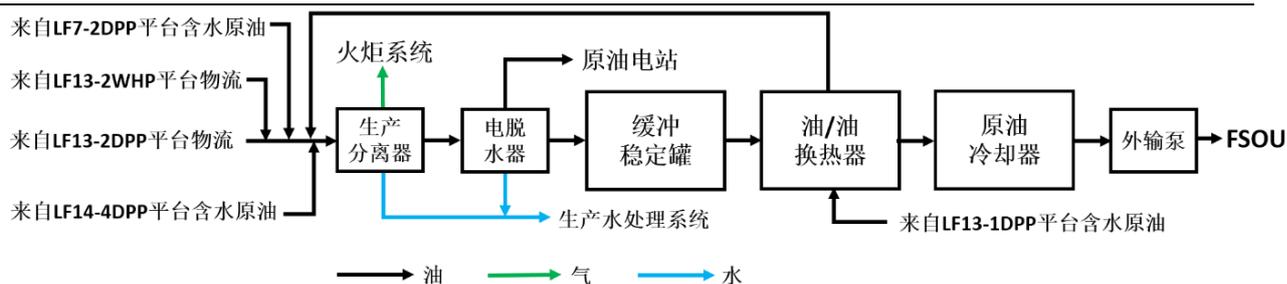


图 2.6-10 LF13-2 DPP 平台生产工艺流程图

2.6.4.2 生产水处理流程

LF13-2 DPP 平台生产水处理系统采用“生产水沉降罐+水力旋流器”二级处理流程，处理合格的生产水（即含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后进入开排沉箱缓冲后排海。从沉降罐和水力旋流器分离出的污油汇集到污油罐，再通过污油泵打回到生产分离器。LF13-2 DPP 平台生产水处理系统流程见下图。

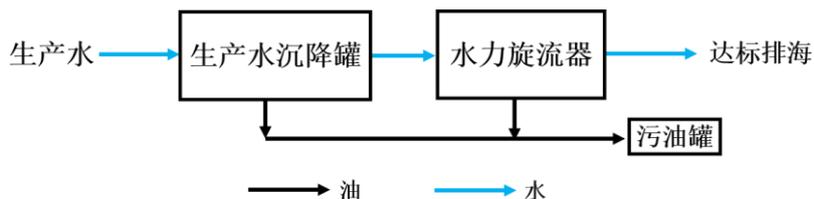


图 2.6-11 LF13-2 DPP 平台生产水处理系统流程图

2.7 建设阶段产污环节与环境影响分析

建设阶段主要施工作业包括钻完井作业、平台就位及安装、水下生产设施安装、海管/电缆铺设、平台调试和依托平台改造等工作。

钻完井过程中将产生钻井液、钻屑，此外参加作业的拖船和半潜式钻井平台等船舶还将产生一定量的机舱含油污水、生活污水以及食品废弃物等生活垃圾及生产垃圾。

平台就位及安装等过程中，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。

海管/电缆铺设采用预处理和后挖沟方式，预处理和后挖沟作业主要产生悬浮沙，另有铺管船、驳船等施工船舶参加作业，这些船舶将产生少量的船舶污染物。

海上建设阶段的产污环节及污染物种类参见图 2.7-1。

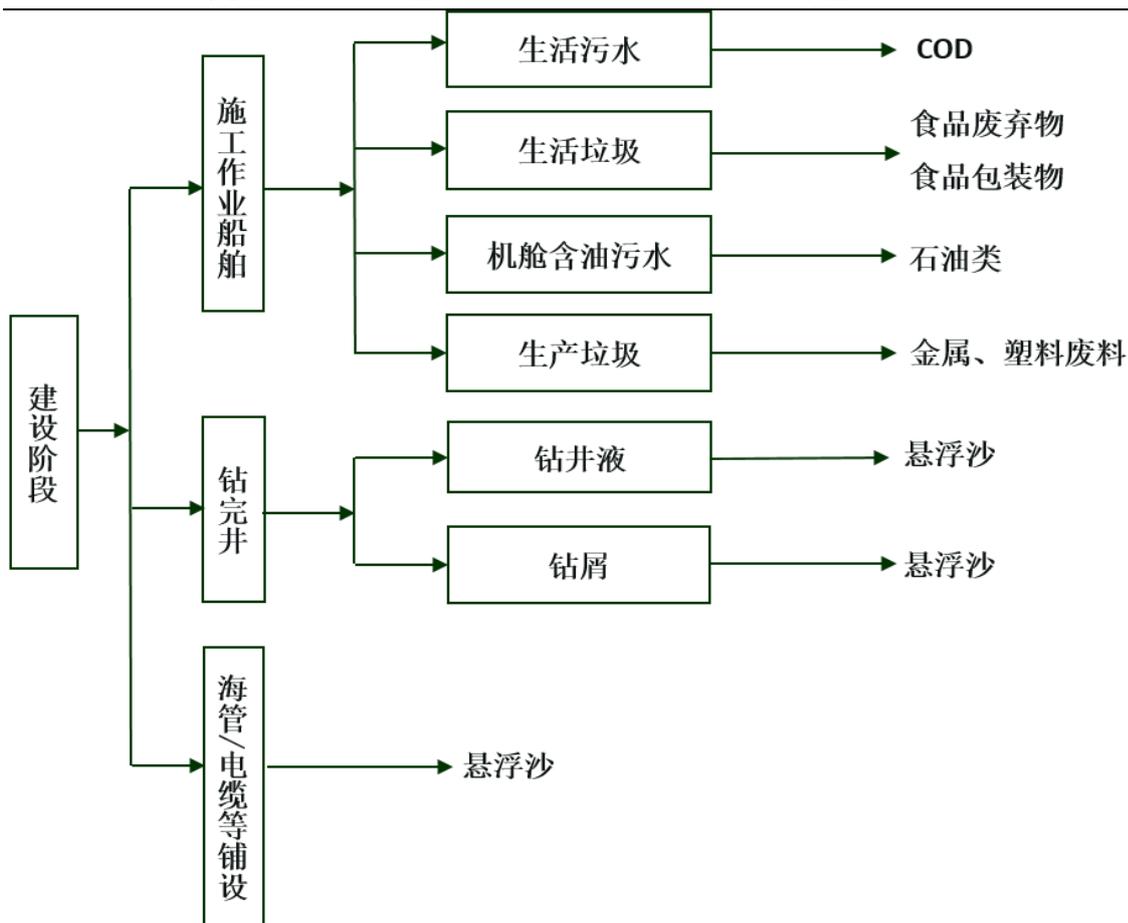


图 2.7-1 建设阶段产污环节和污染物种类

2.8 生产阶段产污环节与环境影响分析

在生产阶段，本项目的产污环节主要是平台的生产作业区、生活区和作业船舶等。生产阶段产污环节及污染物种类参见图 2.8-1。

在平台区域，本项目产生的污染物主要包括含油生产水、生活污水、食品废弃物等生活垃圾、生产垃圾以及发电机废气等。

同时，本项目生产阶段的值班船和供应船等将产生一定量的船舶污染物，其污染物种类与建设阶段所产生的船舶污染物种类相同。

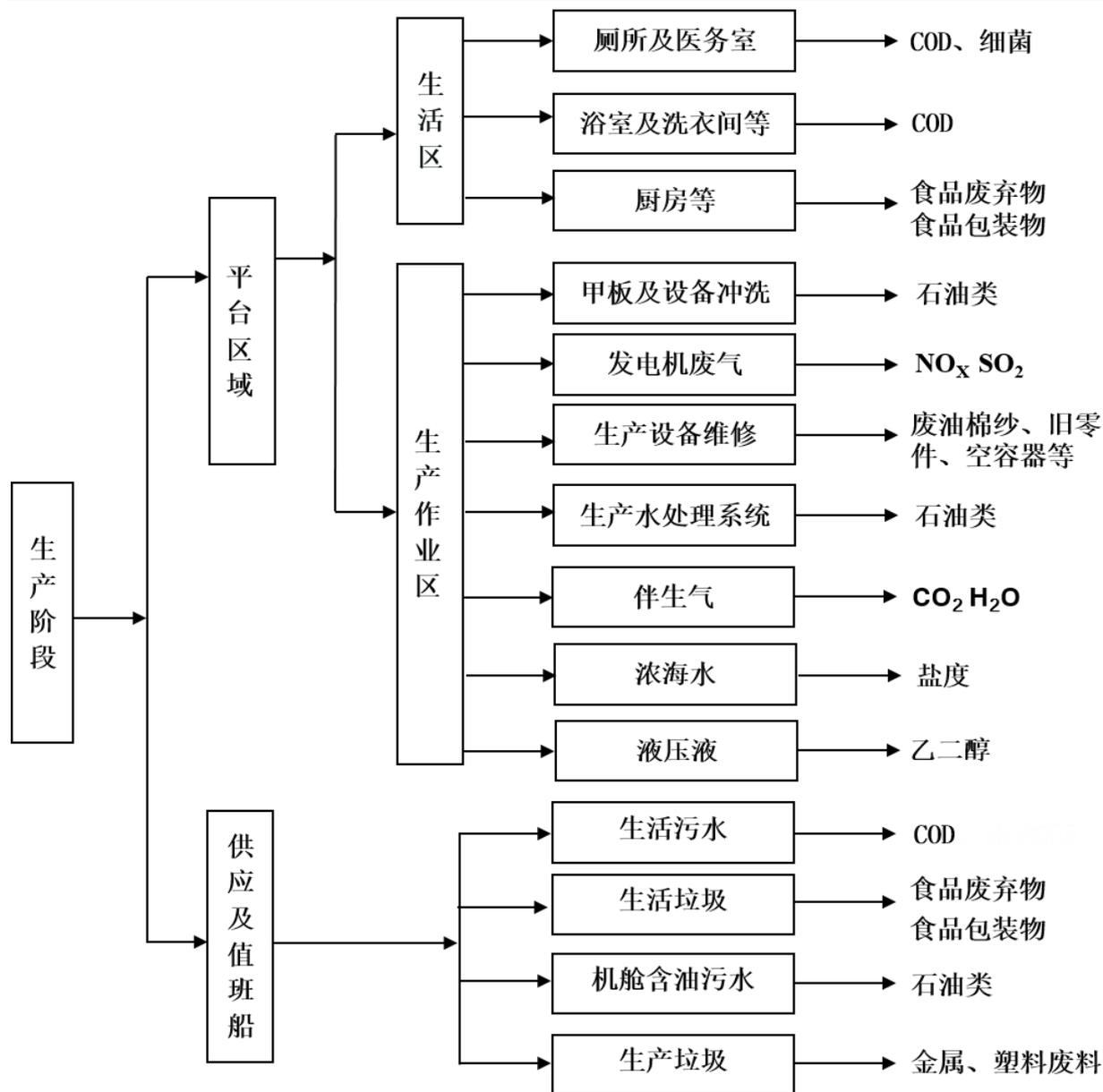


图 2.8-1 生产阶段产污环节和污染物种类

2.9 建设阶段污染源强核算

陆丰油田群区域开发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，参加施工的船舶和人员所产生的生活污水、生活垃圾和机舱含油污水等船舶污染物，以及作业产生的金属下脚料等生产垃圾。

2.9.1 钻屑

钻屑的排放量主要取决于井数和井身结构，本次陆丰油田群区域开发项目初期计划钻井 35 口，预留 9 口。根据井身结构、钻井数量、钻头尺寸等数



据，可估算本项目所产生的钻屑总量。

据核算，本项目初期钻井 35 口钻屑总量约为 28022m³（堆体积），其中非钻井油层水基钻井液钻屑量 23764m³（堆体积），钻井油层水基钻井液钻屑量 3051m³（堆体积），油基钻井液钻屑量 1207m³（堆体积）。包含预留井槽产生的钻屑总量约为 40245m³（堆体积），其中非钻井油层水基钻井液钻屑量 34184 m³（堆体积），钻井油层水基钻井液钻屑量 4854 m³（堆体积），油基钻井液钻屑量 1207m³（堆体积）。

本项目钻屑量统计见表 2.9-1，钻屑排放速率核算详见表 2.9-2，经核算，本项目钻屑最大排放速率为 39.7 m³/d。

表 2.9-1 钻屑量计算结果（堆体积）

平台	类别	井数（口）	总钻屑量（m ³ ）	非钻井油层水基钻井液钻屑量（m ³ ）	钻井油层水基钻井液钻屑量（m ³ ）	油基钻井液钻屑量（m ³ ）
LF14-4DPP	初期钻井	18	16687	14407	1073	1207
	包含预留井槽	24	25143	21434	2502	1207
LF15-1DPP	初期钻井	13	8916	7296	1620	-
	包含预留井槽	16	12683	10689	1994	-
LF22-1SPS	钻井	4	2419	2061	358	
总计	初期钻井	35	28022	23764	3051	1207
	包含预留井槽	44	40245	34184	4854	1207

备注：预留井槽钻屑量按照单井钻屑最大量进行计算。

表 2.9-2 先期 35 口井钻屑排放速率

平台	井数（口）	纯钻井周期（天）	钻屑量（m ³ ）	钻屑排放速率（m ³ /d）
LF14-4DPP	18	420	16687	39.7
LF15-1DPP	13	264	8916	33.8
LF22-1SPS	4	87	2419	27.8

2.9.2 钻井液

本项目钻井首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。本项目在 LF14-4DPP 上 LF14-4-A11/A11P 井和 LF14-4-A18H 井的 12-1/4 " 和 8-1/2 " 井段计划采用油基钻井液体系，油基钻井液全部运回陆地



处理。

本项目先期 35 口井水基钻井液产生量约为 32439 m³，非钻井油层水基钻井液 23260m³；包含预留井槽水基钻井液产生量约为 45735 m³，非钻井油层水基钻井液 30566m³。当钻至油层段时，会有含油的水基钻井液产生，根据油层段井眼尺寸和钻井液循环利用率等，可估算本项目先期钻井产生的钻井油层水基钻井液量约为 7347 m³；包含预留井槽后约为 13337 m³。

本项目先期 35 口井中 LF14-4DPP 平台上 A11 和 A18H 井的 12-1/4 " 和 8-1/2 " 井段计划使用油基钻井液，油基钻井液产生量约为 1832 m³，全部运回陆地处理。

符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）要求的钻井液经主管部门同意后排放，不达标的钻井液将全部运回陆地处理。钻井液最高排放速率出现在批钻结束后一次性排放过程中，根据井身结构和批钻情况计算，钻井液一次性最大排放量 955m³，排放速率约为 35m³/h。

表 2.9-3 钻井液计算结果

平台	类别	井数 (口)	总钻井液量 (m ³)	非钻井油层水基 钻井液 (m ³)	钻井油层水基钻 井液量 (m ³)	油基钻井液 量 (m ³)
LF14-4DPP	初期钻井	18	18917	13035	4050	1832
	包含预留 井槽	24	26514	15231	9451	1832
LF15-1DPP	初期钻井	13	10808	8251	2557	/
	包含预留 井槽	16	16507	13361	3146	/
LF22-1SPS	钻井	4	2714	1974	740	/
总计	初期钻井	35	32439	23260	7347	1832
	包含预留 井槽	44	45735	30566	13337	1832

备注：（1）预留井钻井液产生量采用非批钻单井钻井液最大量进行计算。

（2）预留井未考虑使用油基钻井液量。

2.9.3 悬浮沙

本项目中 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道（2 条）、LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 海底混输管道的部分路由采用预挖沟和后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底混输管道中部分路由采用后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF15-1DPP 平台部分海底电缆采用后挖沟方式铺设。



2.9.3.1 悬浮沙量

- LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道（2 条）

LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道 Route 1 采用预处理和后挖沟方式进行铺设，预挖沟有 15 处，总长度约 4997m，截面近似为梯形，下底宽约 5m，边坡比为 1: 2，处理高度在 2m 到 3m 之间。后挖沟有 19 处，预挖沟总长度约 5083m，截面近似为梯形，上底宽约 4m，下底宽约 2m，埋深约 2.33m(据管道顶部 2m、管径 323.9mm)。

LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道 Route 2 采用预挖沟和后挖沟方式进行铺设，预挖沟有 12 处，总长度约 3172m，预挖沟的截面近似为梯形，下底宽约 5m，边坡比为 1: 2，处理高度在 2m 到 3.5m 之间。后挖沟有 15 处，总长度约 1948m，截面近似为梯形，上底宽约 4m，下底宽约 2m，埋深约 2.33m(据管道顶部 2m、管径 323.9mm)。

表 2.9-4 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道挖沟信息

管道名称	挖沟方式	处理数量 (个)	总长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
Route 1	预挖沟	15	4997	17~13	5	2~3	97701
	后挖沟*	19	5083	4	2	2.33	54977
Route 2	预挖沟	12	3172	19~13	5	2~3.5	37133
	后挖沟*	15	1948	4	2	2.33	21004

备注：*后挖沟悬浮沙总量再考虑预挖沟悬浮沙量的 20%。

表 2.9-5 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道 Route 1 预挖沟

序号	KP start	KP end	处理长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
1	12913.2	13045.9	332.7	13	5	2	5989
2	14638	14760.8	322.8	13	5	2	5810
3	15236.1	15358.8	322.8	13	5	2	5810
4	15376.8	15511.6	334.7	13	5	2	6025
5	15526.5	15658.4	331.8	13	5	2	5972
6	15741.2	15873	331.8	13	5	2	5972
7	15889	16037.7	348.8	17	5	3	11510
8	16061.7	16223.4	361.7	15	5	2.5	9043
9	16231.3	16374	342.7	13	5	2	6169
10	16392	16513.8	321.8	13	5	2	5792
11	16636.6	16756.4	319.8	13	5	2	5756



12	17053.9	17213.6	359.7	13	5	2	6475
13	17235.5	17358.3	322.8	13	5	2	5810
14	18015.2	18138	322.8	13	5	2	5810
15	18346.7	18466.4	319.8	13	5	2	5756

表 2.9-6 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道 Route 1 后挖沟

序号	From	To	处理长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
1	14670.07	14746.19	276.11	4	2	2.33	1925
2	15262.41	15330.45	268.04	4	2	2.33	1869
3	15432.58	15490.53	257.95	4	2	2.33	1798
4	15968.93	16030.88	261.95	4	2	2.33	1826
5	16098.79	16206.66	307.87	4	2	2.33	2146
6	16274.76	16360.87	286.11	4	2	2.33	1995
7	16416.88	16492.83	275.95	4	2	2.33	1924
8	16550.8	16614.77	263.97	4	2	2.33	1840
9	16666.87	16739.27	272.4	4	2	2.33	1899
10	16789.59	16851.61	262.02	4	2	2.33	1827
11	16959.59	17027.56	267.96	4	2	2.33	1868
12	17271.52	17343.67	272.14	4	2	2.33	1897
13	17813.78	17873.84	260.06	4	2	2.33	1813
14	17931.9	17987.88	255.98	4	2	2.33	1785
15	18051.95	18116.16	264.21	4	2	2.33	1842
16	18174.37	18228.38	254.01	4	2	2.33	1771
17	18382.52	18442.58	260.06	4	2	2.33	1813
18	18536.63	18592.6	255.97	4	2	2.33	1785
19	18654.6	18714.74	260.13	4	2	2.33	1814

表 2.9-7 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道 Route 2 预挖沟

序号	KP start	KP end	处理长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
1	13055	13179.8	244.8	13	5	2	4406
2	13817.8	14006.3	308.5	13	5	2	3393
3	14404.6	14585.1	300.6	13	5	2	3251
4	14610.1	14748.8	258.8	13	5	2	2498
5	15375.9	15502.6	246.8	13	5	2	2282
6	15509.6	15655.3	265.7	13	5	2	2623
7	15902.9	16024.7	241.8	13	5	2	2192
8	16046.6	16205.3	278.6	19	5	3.5	6661
9	16230.2	16374.9	264.7	13	5	2	2605
10	16383.9	16505.7	241.8	13	5	2	2192
11	17057.8	17202.5	264.7	13	5	2	2605



12	17210.5	17345.2	254.7	13	5	2	2425
----	---------	---------	-------	----	---	---	------

表 2.9-8 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道 Route 2 后挖沟

序号	From	To	处理长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
1	14791.91	14863.86	131.95	4	2	2.33	920
2	15283.8	15343.76	119.96	4	2	2.33	836
3	15411.85	15477.99	126.13	4	2	2.33	879
4	15556.06	15643.98	147.92	4	2	2.33	1031
5	16087.81	16193.65	165.84	4	2	2.33	1156
6	16261.56	16355.45	153.89	4	2	2.33	1073
7	16417.38	16495.32	137.94	4	2	2.33	962
8	16549.28	16613.24	123.96	4	2	2.33	864
9	16673.21	16733.18	119.96	4	2	2.33	836
10	16785.14	16849.11	123.97	4	2	2.33	864
11	16969.07	17031.04	121.97	4	2	2.33	850
12	17396.71	17452.68	115.97	4	2	2.33	809
13	17928.63	17984.59	115.96	4	2	2.33	808
14	18050.55	18108.51	117.97	4	2	2.33	822
15	18172.6	18236.77	124.17	4	2	2.33	866

• LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 海底混输管道

LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台海底混输管道采用预挖沟和后挖沟方式进行铺设，预挖沟有 44 处，总长度约 6615m，预挖沟的截面近似为梯形，下底宽约 5m，边坡比为 1: 2，处理高度在 0.5m 到 2.5m 之间。后挖沟有 10 处，总长度约 984m，截面近似为梯形，上底宽约 4m，下底宽约 2m，埋深约 1.33m(据管道顶部 2m、管径 323.9mm)。

表 2.9-9 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道预挖沟

挖沟方式	处理数量 (个)	总长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
预挖沟	44	6615	7~15	5	0.5~2.5	97701
后挖沟	10	984	4	2	1.33	54977

表 2.9-10 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台海底混输管道预挖沟

序号	KP from	KP to	处理长度(m)	上底长(m)	下底长(m)	高(m)	悬浮沙量(m ³)
1	558.00	719.00	221	15	5	2.5	5525



2	25.90	153.50	187.5	9	5	1	1313
3	179.40	275.10	155.7	13	5	2	2803
4	299.00	400.70	161.7	9	5	1	1132
5	414.60	544.20	189.5	9	5	1	1327
6	558.10	719.50	221.4	15	5	2.5	5535
7	763.30	892.90	189.5	9	5	1	1327
8	908.80	976.60	127.8	7	5	0.5	383
9	980.60	1046.40	125.8	7	5	0.5	377
10	1134.10	1219.90	145.7	7	5	0.5	437
11	1227.80	1299.60	131.8	7	5	0.5	395
12	1560.80	1630.60	129.8	7	5	0.5	389
13	1704.40	1774.20	129.8	7	5	0.5	389
14	3032.50	3098.20	125.8	7	5	0.5	377
15	3369.30	3455.10	145.7	7	5	0.5	437
16	14885.20	14954.90	129.8	9	5	1	909
17	14954.90	15066.60	171.6	9	5	1	1201
18	15068.60	15152.30	143.7	9	5	1	1006
19	15154.30	15254.00	159.7	9	5	1	1118
20	15495.20	15567.00	131.7	9	5	1	922
21	15569.00	15684.60	175.6	9	5	1	1229
22	15686.60	15768.40	141.8	9	5	1	993
23	15770.30	15856.10	145.7	9	5	1	1020
24	15874.00	15963.80	149.7	9	5	1	1048
25	15971.70	16087.40	175.6	9	5	1	1229
26	16089.40	16165.10	135.8	9	5	1	951
27	16230.90	16322.60	151.7	9	5	1	1062
28	16853.00	16946.70	153.7	9	5	1	1076
29	16950.70	17016.50	125.8	9	5	1	881
30	17293.60	17381.30	147.7	9	5	1	1034
31	17782.20	17857.90	135.8	9	5	1	951
32	18234.80	18306.60	131.8	9	5	1	923
33	18346.50	18422.20	135.8	9	5	1	951
34	18529.90	18615.60	145.7	9	5	1	1020
35	18667.50	18741.20	133.8	9	5	1	937
36	18835.00	18900.80	125.8	9	5	1	881
37	19297.50	19381.20	143.7	9	5	1	1006
38	19568.60	19650.40	141.7	9	5	1	992
39	19798.00	19897.70	159.7	9	5	1	1118
40	19905.60	19987.40	141.8	9	5	1	993
41	20491.80	20571.50	139.8	9	5	1	979
42	21123.80	21209.50	145.7	9	5	1	1020
43	21215.50	21311.20	155.7	9	5	1	1090



44	22772.70	22862.40	149.7	9	5	1	1048
----	----------	----------	-------	---	---	---	------

表 2.9-11 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台海底混输管道后挖沟

序号	KP from	KP to	处理长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
1	15031.82	15063.80	91.98	4	2	1.33	365
2	15527.86	15563.85	96	4	2	1.33	381
3	15707.95	15761.99	114.04	4	2	1.33	453
4	15799.99	15847.97	107.98	4	2	1.33	429
5	16049.95	16083.96	94	4	2	1.33	373
6	18261.77	18295.78	94	4	2	1.33	373
7	18377.80	18417.81	100.02	4	2	1.33	397
8	19723.84	19761.84	98.01	4	2	1.33	389
9	19857.87	19891.89	94.02	4	2	1.33	373
10	21671.73	21705.73	94	4	2	1.33	373

- LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底混输管道 (KP0-KP18.4)

LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底混输管道中从 LF14-4DPP 平台开始长约 18.4km (KP0-KP18.4) 采用后挖沟方式铺设。后挖沟截面近似为梯形，上底宽 4m，下底宽 2m，埋深 2.33m(据管道顶部 2m、管径 323.9mm)。核算挖沟产生悬浮沙总量为 128279 m³。

表 2.9-12 LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底混输管道后挖沟

KP from	KP to	处理长度 (m)	上底宽 (m)	下底宽 (m)	高 (m)	悬浮沙量 (m ³)
0	18400	18400	4	2	2.33	128279

- LF15-1DPP 平台附近 1.5km 电缆后挖沟

LF15-1DPP 平台附近 1.5km 电缆采用喷射射挖沟机进行后挖沟，后挖沟截面近似为梯形，上底宽 2m，下底宽 1m，埋深 1.5m(距电缆底部约 1.5m)。核算挖沟产生悬浮沙总量为 3375 m³。

- LF15-1DPP 平台附近 PLET 预处理

LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 采用喷射射挖沟机进行预处理，单个波峰处理长度约 100m，底宽约 10m，高度约 2m，坡度 30°，单个波峰砂土处理量约 2692 m³，核算预处理挖沟产生悬浮沙总量约 8076 m³。



- 悬浮沙量合计

本项目悬浮沙总量约 416529 m³，具体见表 2.9-13。

表 2.9-13 本项目海管/电缆预挖沟+后挖沟悬浮沙量

序号	名称	悬浮沙量(m ³)
1	For LF22-LF15 海底管道 (2 条) 预挖沟+后挖沟	210815
2	LF15-LF14 海底管道预挖沟+后挖沟	65984
3	LF14-4 至 LF13-2 海底管道后挖沟	128279
4	LF14-4 至 LF15-1 电缆后挖沟	3375
5	3 个 PLET 预处理	8076
	合计	416529

2.9.3.2 悬浮沙源强

预挖沟和后挖沟均采用喷射式挖沟机，平均挖沟速度为 500 m³/h，泥沙湿容重 1.78g/cm³，工程区沉积物以粉砂质砂和砂质粉砂为主，粒径较粗，沉积物粒度平均粒径范围 0.0186mm~0.1946mm，平均中值粒径为 0.0559mm，较容易沉降，因此，起沙率按 10%计，则悬浮沙源强均为 24.72kg/s。

2.9.4 船舶污染物

2.9.4.1 机舱含油污水

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，同时根据中国海洋石油总公司石油开发工程的多年统计资料，其中大型施工船舶机舱含油污水产生量按 (0.3~0.5) m³/ (船·日)，本次计算取 0.5m³/ (船·日)；一般工作船舶机舱含油污水产生量按 (3~5) m³/ (船·月)，本次计算取 5m³/ (船·月)。据此计算本项目建设阶段机舱含油污水产生量约 1142.3m³。

2.9.4.2 生活污水

在海上建设阶段产生的生活污水主要包括施工作业船舶和钻完井阶段的厨房和洗浴污水、厕所和医务室的污水等。根据中国海洋石油总公司石油开发工程的最新统计资料，生活污水平均每人每天按 350L 计算，估算本项目建设阶段产生的生活污水总计约为 70736m³。

建设阶段产生的生活垃圾主要是食品废弃物和食品包装物等。根据中国海洋石油总公司石油开发工程的多年统计资料，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 303.2t。

2.9.4.3 生产垃圾

建设阶段产生的生产垃圾主要包括废弃的零件、边角料、油棉纱和包装材料等。根据中国海洋石油总公司石油开发工程的多年统计资料，钻井期间按 18 t/月~25 t/月计算，本次计算取 20t/月；钻井平台、铺管船等大型施工船舶按 5t/年计算，拖轮和支持船等小型船舶 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 15.5t。

2.9.4.4 合计

根据作业期和参与作业的人员、船舶种类及数量，可估算出作业期内船舶污染物的源强。本项目建设阶段船舶污染物核算结果详见表 2.9-14。

表 2.9-14 本项目建设阶段船舶污染物核算结果

作业内容	作业期 (d)		作业人数	生活污水 (m ³)	生活垃圾 (t)	机舱含油污水 (m ³)	生产垃圾 (t)
钻完井	LF14-4	843	80	23604	101.2	281.0	2.3
	LF15-1	486	80	13608	58.3	162.0	1.3
	LF22-1	265	135	12521	53.7	220.8	4.4
导管架安装	LF14-4	49	62	1063	4.6	65.3	1.0
	LF15-1	60	62	1302	5.6	80.0	1.2
上部组块安装	LF14-4	45	82	1292	5.5	52.5	0.9
	LF15-1	60	72	1512	6.5	100.0	1.4
平台连接调试	LF14-4	60	254	5334	22.9	10.0	0.1
	LF15-1	80	254	7112	30.5	13.3	0.1
海底管道铺设	70		60	1470	6.3	93.3	1.4
海底电缆铺设	30		10	105	0.5	15.0	0.4
海底脐带缆铺设	14		10	49	0.2	7.0	0.2
海底管道/电缆预处理	42		120	1764	7.6	42.0	0.7
合计	-		-	70736	303.2	1142.3	15.5

2.9.5 建设阶段污染物汇总

建设阶段污染物种类及数量汇总于表 2.9-15。



表 2.9-15 建设阶段产生的主要污染物

污染物		产生量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
钻屑 40245 m ³ (含预留)	非钻井油层水基钻井液钻屑量 (m ³)	34184	39.7 m ³ /d (最大)	悬浮沙	符合排放标准的钻屑和钻井液, 检验合格并经所在海区主管部门同意后, 间歇式点源排放, 不达标的全部运回陆地处理
	钻井油层水基钻井液钻屑量 (m ³)	4854		悬浮沙、石油类	
	油基钻井液钻屑量 (m ³)	1207		悬浮沙、石油类	
钻井液 45735m ³ (含预留)	非钻井油层水基钻井液量 (m ³)	30566	35m ³ /h (最大)	悬浮沙	
	钻井油层水基钻井液量 (m ³)	13337		悬浮沙、石油类	
	油基钻井液量 (m ³)	1832		悬浮沙、石油类	
悬浮沙 (m ³)		416529	24.72kg/s	悬浮沙	自然回填
船舶生活污水 (m ³)		70736	—	COD 等	处理达标后间断排放
船舶生活垃圾 (t)		303.2	—	食品废弃物、食品包装等	食品废弃物经处理至颗粒直径<25mm后排放, 其他运回陆地处理
机舱含油污水 (m ³)		1142.3	—	石油类	经船用油水分离器处理达标后间断排放
船舶生产垃圾 (t)		15.5	—	废旧器件、油棉纱等	运回陆地处理

2.10 生产阶段污染源强核算

生产阶段产生的污染物主要是含油生产水、海水纳滤产生的浓海水、设施维修产生的生产垃圾和少量发电机废气等; 此外还有参加生产作业的船舶和人员所产生的生活污水、生活垃圾和机舱含油污水等。

2.10.1 含油生产水

本项目新建的 LF14-4DPP 平台设有生产水处理系统, 最大生产水处理量和排放量均约 10618 m³/d (2026 年)。LF14-4DPP 平台生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”两级处理流程, 设计处理能力为 10800m³/d。处理合格的含油生产水 (即石油类一次容许浓度限值≤65mg/L、石油类月均浓度限值≤45mg/L) 通过开排沉箱达标排海, 分出的油类进入污油罐, 打回工艺系统重新处理。



本项目新建的 LF15-1DPP 平台设有生产水处理系统，最大生产水处理量约 24680m³/d (2037 年)，注水量为 3197~4372 m³/d，最大排放量为 20307 m³/d (2036 年~2037 年)。LF15-1DPP 平台生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”两级处理流程，设计处理能力为 26640m³/d。处理合格的含油生产水（即石油类一次容许浓度限值≤65mg/L、石油类月均浓度限值≤45mg/L）部分达标排海，部分回注，分出的油类进入污油罐，打回工艺系统重新处理。

本项目含水原油输送至现有 LF13-2DPP 平台处理，本项目投产后，LF13-2DPP 平台最大生产水排放量约 27537m³/d (2026 年)。LF13-2DPP 平台生产水处理系统采用“生产水沉降罐+水力旋流器”的二级处理流程，设计处理能力为 33600m³/d，处理合格的生产水（即石油类一次容许浓度限值≤65mg/L、石油类月均浓度限值≤45mg/L）后进入开排沉箱缓冲后排海。从沉降罐和水力旋流器分离出的污油汇集到污油罐，再通过污油泵打回到生产分离器。

表 2.10-1 LF14-4DPP 平台水平衡表

日期	产水量 (m ³ /d)	输送量 (m ³ /d)	处理量 (m ³ /d)	排放量 (m ³ /d)	注水量 (海水) (m ³ /d)	排放量 (浓海水) (m ³ /d)
2021	938	938	0	0	-	-
2022	7264	942	6322	6322	1061	753
2023	9923	709	9214	9214	1918	1361
2024	12908	2495	10413	10413	2132	1512
2025	14035	3533	10501	10501	2306	1636
2026	14545	3927	10618	10618	2403	1705
2027	8625	400	8225	8225	2592	1839
2028	8133	450	7683	7683	2886	2047
2029	7720	500	7220	7220	3002	2130
2030	6813	550	6263	6263	3414	2422
2031	6945	600	6345	6345	3341	2370
2032	4055	650	3405	3405	3301	2342
2033	4195	750	3445	3445	3277	2325
2034	4201	800	3401	3401	3264	2316
2035	4220	850	3370	3370	3257	2310
2036	4254	900	3354	3354	3243	2301
2037	4282	900	3382	3382	3232	2292



表 2.10-2 LF15-1DPP 平台水平衡表

年份	LF22-1SPS 输送至 LF15-1DPP 平台水量 (m ³ /d)	LF15-1DPP 平台生产水产生量 (m ³ /d)	LF15-1DPP 平台输送至 LF14-4DPP 平台生产水产生量 (m ³ /d)	LF15-1DPP 平台生产水处理量 (m ³ /d)	LF15-1DPP 平台生产水排放量 (m ³ /d)	LF15-1DPP 平台注水量 (m ³ /d)
2022	2632	0.5	2009	623	623	0
2023	14175	4829	1866	17138	13942	3197
2024	14974	10083	1627	23430	19485	3945
2025	15678	10760	1846	24592	20245	4347
2026	15967	11397	2735	24630	20258	4372
2027	16178	11738	3269	24647	20275	4372
2028	16293	11944	3581	24656	20284	4372
2029	16300	12090	3727	24663	20290	4372
2030	16339	12196	3867	24668	20296	4372
2031	16371	12277	3977	24671	20299	4372
2032	16441	12340	4109	24673	20300	4372
2033	16418	12393	4136	24675	20303	4372
2034	16436	12436	4195	24677	20305	4372
2035	16452	12460	4235	24677	20305	4372
2036	16511	12458	4290	24679	20307	4372
2037	16474	12433	4228	24680	20307	4372
2038	0	12421	4000	8421	4049	4372

表 2.10-3 LF13-2DPP 平台水平衡表

年份	13-2DPP 平台自产水 (m ³ /d)	LF 13-1 海管输至 13-2DPP 平台水量 (m ³ /d)	LF7-2 海管输至 13-2DPP 平台水量 (m ³ /d)	LF 14-4 海管输至 13-2DPP 平台水量 (m ³ /d)	13-2DPP 平台处理水量/排水量 (m ³ /d)
2021	19682	1500	400	938	22520
2022	19621	1500	450	2567	24138
2023	19121.7	1400.0	450.0	2638	23610
2024	19141.2	1400.0	500.0	4122	25163
2025	19161.9	1400.0	500.0	5380	26442
2026	18976.2	1400.0	500.0	6661	27537
2027	16302.4	1400.0	500.0	3669	21872
2028	13814.9	1400.0	500.0	4031	19746
2029	13408.0	1400.0	500.0	4227	19535
2030	11347.7	1400.0	500.0	4417	17665
2031	11353.8	1400.0	500.0	4577	17830
2032	11359.7	1400.0	500.0	4759	18019
2033	9321.7	1400.0	500.0	4886	16108
2034	8138.3	1400.0	500.0	4995	15034
2035	8142.6	1400.0	500.0	5085	15127
2036	8146.6	1400.0	500.0	5190	15237
2037	8149.9	1400.0	500.0	5128	15177



2.10.2 发电机废气

本项目计划在新建 LF14-4DPP 平台设置天然气透平发电机组和原油发电机，为 LF14-4DPP 平台、LF15-1DPP 平台和 LF22-1 水下生产系统提供电力。根据陆丰油田群所产天然气性质，燃气透平发电机产生的主要污染物为氮氧化物，原油发电机产生的主要污染物为氮氧化物、二氧化硫。

根据日常用电量，参考《工业污染源产排污系数手册》中相关系数（天然气发电氮氧化物产污系数： $9.82\text{g}/\text{m}^3$ 原料，原油发电氮氧化物产污系数： $6.56\text{kg}/\text{t}$ 原油，新增发电机组产生的氮氧化物为 $1414\text{t}/\text{a}$ 、二氧化硫 $95\text{ t}/\text{a}$ 。新建电站功率、耗气量、耗油量及可能产生的污染物量见表 2.10-4。

表 2.10-4 LF14-4DPP 平台新建电站情况

发电机	电站功率	耗气/油量 (最大)	氮氧化物产物 系数	氮氧化物产 生量	硫含量	二氧化硫 产生量
天然气 发电机	10000kW	$12232 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ (2027 年)	$9.82\text{g}/\text{m}^3$ 原料	1201 t/a	/	/
原油发 电机	7600kW*3	$3.86 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ (2030 年)	$6.56\text{kg}/\text{t}$ 原油	213 t/a	0.15%	95 t/a
合计				1414 t/a	/	95 t/a

2.10.3 伴生气

LF15-1DPP 平台处理来自陆丰 15-1 油田和陆丰 22-1 油田的物流，根据油气物性参数和生产指标预测数据，这两个油田均为低气油比的油田，在操作条件下，无伴生气析出。

LF14-4DPP 平台设有火炬系统，来自油、气处理系统的气体和闭式排放系统的气体经火炬系统管汇进入火炬分液罐，经过分液后的气体进入火炬头中烧掉，产生 CO_2 和 H_2O 。

2.10.4 生产垃圾

在工程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。根据中国海洋石油总公司石油开发工程的多年统计资料，生产垃圾按 $2.4\text{t}/\text{年} \cdot \text{万吨油当量}$ 计算。陆丰油田群区域开发项目投产后新增最大年产量约为 $222.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ (2023 年)，新增最大年产量约为 $2398.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ (2023 年)，原油密度按 $0.85\text{t}/\text{m}^3$ 计算，产生生产垃圾总量约 $460.1\text{t}/\text{a}$ 。



2.10.5 浓海水

本项目将在新建 LF14-4DPP 平台设置海水纳滤系统，在海水纳滤过程中将会产生少量浓海水。LF14-4DPP 平台产生的浓海水量最大约为 2422m³/d（2030 年）。本项目排放的浓海水无温升、无新增污染物，排入海中和海水混合后盐度会迅速下降至海水背景值，不会对海水水质造成明显影响。

2.10.6 液压液

陆丰 22-1 油田水下生产系统采用开式液压系统，液压液为水基液压液，主要由水、乙二醇、少量添加剂组成。根据资料大致估算，水下采油树的使用量每年大概平均在 400L/颗左右，本项目建有 4 颗采油树，采油树液压液每年大概排放量为 1600L。另外，估算由于本项目管汇上的液动阀门产生的液压液排放量每年不超过 300L。因此，本项目液压液总排放每年不超过 1900L。在实际操作中，操作阀门频率越低液压液的使用量越小。

参考《海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级》（GB18420.1-2009），本部分适用于海洋石油勘探开发作业中使用或生成后并排入海洋中的钻井液、基液、钻屑和生产水的生物毒性分级，本部分限定外的污染物的生物毒性分级参照使用。其中，基液（油基钻井液或合成基钻井液配方中的连续相）的生物毒性容许值标准为 10000mg/L（二级海域）。

根据美国环境保护署（EPA）的排放限制要求，液压液生物毒性要求 7 日 NOEC（No Observable Effect Concentration）大于 50mg/L 允许排放。

要求建设单位对液压液种类进行筛选，使用的液压液生物毒性容许值要满足国内或者国外相关标准要求，且需取得相关主管部门的同意。

2.10.7 生活污染物

参加作业的人员和船舶产生的污染物主要包括生活污水、食品废弃物等生活垃圾、机舱含油污水等。新建 LF14-4DPP 平台和 LF15-1DPP 平台均设有 100 人生活楼，配备 150 人的救生艇。由于修井作业等大型作业时需要临时人员等平台，因此平台的全年平均作业人数按照救生艇作业人数的 1.2 倍，180 人进行估算污染物产生量。考虑到水量的波动性，新建平台生活污水处理系统设计处理能力将再增加 1.2 倍的生活污水量总变化系数，按照 75.6m³/d 进行



配置。

表 2.10-5 生活污染物

作业内容	LF14-4DPP 平台	LF15-1DPP 平台	合计	处置方式
生活污水 (m ³ /a)	22995m ³ /a	22995m ³ /a	45990m ³ /a	处理达标后排放
生活垃圾 (t/a)	98.6t/a	98.6t/a	197.2t/a	食品废弃物经处理颗粒直径<25mm后排放, 其他运回陆地处理

2.10.8 船舶污染物

本项目投产后, 计划新增两艘守护船, 根据统计资料, 一般守护船的船舶含油污水产生量按 5m³/(船·月)计算, 生活污水平均每人每天按 0.35m³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); 守护船等小型船舶生产垃圾按 0.5t/年计算。

据此估算出生产阶段生活及船舶污染物量计算结果见表 2.10-6。

表 2.10-6 守护船污染物

作业内容	作业人数	作业船舶 (艘)	船舶含油污水(m ³ /a)	船舶生活污水(m ³ /a)	船舶垃圾 (t/a)	
					生活垃圾	生产垃圾
日常巡视与守护	10 人/艘	2 艘守护船	120	2555	11	1

2.10.9 生产阶段污染物汇总

本项目新建工程生产阶段各种污染物的产生量汇总见表 2.10-7。

表 2.10-7 生产阶段产生的主要污染物

污染物	排放量	主要污染因子	排放/处理方式
含油生产水	LF14-4DPP 最大排放量:329.2×10 ⁴ m ³ /a (10618 m ³ /d、2026 年)	石油类	处理达标后 (含油浓度≤45mg/L) 排海
	LF15-1 DPP 最大排放量:670.1×10 ⁴ m ³ /a (20307 m ³ /d、2037 年)		
	LF13-2DPP 最大排放量:853.7×10 ⁴ m ³ /a (27537 m ³ /d、2024 年); 已批复总量为:830×10 ⁴ m ³ /a (26711 m ³ /d)		
生活污水 45990m ³ /a	LF14-4 DPP: 22995m ³ /a	COD 等	处理达标后 (COD 浓度≤500mg/L) 排海
	LF15-1 DPP:22995m ³ /a		
	LF14-4 DPP: 98.6t/a		



污染物	排放量	主要污染因子	排放/处理方式
生活垃圾 197.2t/a	LF15-1 DPP: 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 460.1 t/a	LF14-4 DPP: 195.3t/a	固体废物	分类收集，运回陆地处理
	LF15-1DPP: 264.8t/a		
发电机废气	1414t/a	NO _x	经排烟管排放
	95 t/a	SO ₂	
伴生气	少量	CO ₂ 、H ₂ O	火炬燃烧
浓海水	2422m ³ /d (2030 年)	盐度	经排放口排放
液压液	1900L/a	乙二醇	排放
船舶含油污水 (m ³ /a)	120	COD 等 (≤500mg/L)	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 (m ³ /a)	2555	石油类	
船舶生活垃圾 (t/a)	11	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 (t/a)	1	固体废物	分类收集，运回陆地处理

2.10.10 环境影响评价因子筛选

2.10.10.1 非污染影响因子分析

本项目非污染影响因子主要是在陆丰油田群区域开发项目活动对周围海域的航运交通、捕捞作业和海域混合区功能的使用等造成的一定影响。本项目不同工程活动的非污染影响因子筛选及影响程度分析见表 2.10-8。

表 2.10-8 本项目非污染影响因子筛选及影响程度分析

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

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

2.10.10.2 环境污染影响因子分析

陆丰油田群区域开发项目各阶段各种污染物的排放量及其处理或排放方



式汇总于表 2.10-9 中。根据对工程各阶段污染源、污染物种类及其排放量、处理/处置方式的分析，凭借类似开发工程的评价经验和专业知识，通过综合判断可识别出各污染因子的环境影响程度，并由此确定本次环境影响评价的重点评价因子为：钻完井阶段的钻井液和钻屑、海管/电缆挖沟产生的悬浮沙、生产阶段的含油生产水，以及潜在的事故性溢油。

表 2.10-9 本项目污染影响评价因子筛选及影响程度分析

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度
建设阶段	水环境	水质	钻井液、钻屑、海管/电缆挖沟产生的悬浮沙的排放	B
	底质环境	底质		C
	生物生态	鱼卵/仔稚鱼		B
		底栖生物		B
	渔业资源	C		
生产阶段	水环境	水质	含油生产水、生活污水等各类废水处理达标后排放	C
	环境空气	大气	发电机、伴生气燃烧排放烟气	D
事故风险	水环境	水质	事故性溢油对海洋生态的影响	A
	底质环境	底质		B
	海洋生态	海洋生物		A



3 区域自然环境现状

3.1 区域自然环境概况

陆丰油田群位于南海东部，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。

3.1.1 气象气候条件

项目所在海域冬半年（平均 10 月~3 月）为东北季风时期，受寒潮侵袭，前期较干冷，多晴天，后期多低温阴雨天气。夏半年（平均 5~8 月）为西南季风时期，台风活动频繁，高温、高湿、多暴雨。春（4 月）、秋（9 月）为过渡季节，比较短促。

3.1.1.1 温度

项目所在海域最高气温为 36℃，最低气温为 11.5℃，年平均气温 20℃以上。

3.1.1.2 降水/湿度

项目所在海域云量较多，雨水充沛，雨日多，雨量大，小时最大降雨量 108mm。年雷暴日数平均为 57 天。但本海区能见度较好，年平均雾日 13 天。本海区平均湿度 74%；最大相对湿度约为 100%。

3.1.1.3 风况

项目所在海域 1、2 月份偏北风（NNE，NE，ENE）占绝对优势，1 月接近 93%，2 月达到 98%，平均风速在 7m/s~10m/s 之间。3 月的主风向为 ENE。4 月、5 月期间，由干燥的季风向潮湿的季风转变，主风向不是很明显。6 月~8 月间南风盛行，6 月的偏南风（SSW，S，SSE）占优势，达到 41%。9 月~12 月，偏北风又重新取得优势。

全年中 NE 风出现率最高，达 35.95%；全年最大风速为 23.2m/s，详见表

3.1-1。工程海域的风玫瑰详见图 3.1-1。

表 3.1-1 工程海域风速-风向频率统计

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

图 3.1-1 工程海域风玫瑰

3.1.1.4 热带气旋

热带气旋是夏秋季影响工程海域的主要灾害性天气，该区域热带气旋一般从 5 月开始，直到 12 月结束，其影响季节长达 8 个月，但主要集中在 7~9 月。7~9 月中影响油田附近海域的热带气旋占全年的 71.4%，平均每月有 0.6 个，其中 7 月为最多，为平均 0.65 个。

影响油田海域的热带气旋产生的源地，一是菲律宾以东的西北太平洋，一是南中国海北部海域。来自菲律宾以东的太平洋洋面的约占总数的 51%，南中国海生成的占 49%。

3.1.1.5 内波

南海北部海域环流受黑潮入侵和季风的影响，水团性质受南海海盆水和西北太平洋黑潮水两大水系的支配，背景垂向剪切流十分复杂多变，中尺度涡



旋活跃，水体垂向层结季节性变化显著；同时由于受吕宋海峡强大的潮流、复杂变化的底地形等因素的影响，使得南海北部成为全球内潮波(特别是大振幅内孤立波)的最频繁生成源地之一，水体混合强烈。

一般来讲，内波产生之后，在传播过程中，受到水深、剪切流等周围环境的影响，能够产生大振幅的孤立子内波。孤立子内波场通常具有三层结构，即单个孤立波、多个孤立波组成的波包和多个波包组成的波群。孤立子内波通常以波群形式传播，波群的先导孤立子内波必定是最大振幅波，而后继的孤立子内波则振幅较小。

南海东部边缘的吕宋海峡是连接太平洋和南海的关键通道。南海北部内波由吕宋海峡产生，其向西传播进入南海，穿越深水区，到达陆架区，最终我国近岸破碎消亡，在东西方向上的传播距离超过 600 公里。在南北方向上，内波波峰线长度可达 200km，基本覆盖了整个南海北部海域。南海海域曾有多次发现孤立子内波活动迹象的报导。对我国南海石油、天然气资源开发活动而言，内波已被认为是仅次于台风的灾害性因素。

3.1.2 水文动力环境

3.1.2.1 波浪特性

项目所在海域 1~4 月份西南向 (SW) 的浪占优势；5 月和 6 月波浪主要为北向 (N)；7 月至 10 月，主浪向逐渐转为西南向(SW)；11 月浪向主要在西南 (SW)；12 月浪向主要在南南西向 (SSW) 和西南向 (SW)。

该海域的常浪向为东北东向(ENE)，出现概率为 19.38%，强浪向为南向 (S)，浪高达 10.7m，详见表 3.1-2，波浪玫瑰图见图 3.1-2。

表 3.1-2 工程海域波高-波向频率统计

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)								

图 3.1-2 工程海域海浪玫瑰

3.1.2.2 潮汐

项目所在海域潮汐类型为不正规全日潮。此外，根据对观测资料的分析，该海域的潮差较小；最高天文潮为 1.91m，平均海平面为 0.95m，最低天文潮为 0.08m。站点特征潮位数值具体见表 3.1-4；特征水位示意图见图 3.1-4。

表 3.1-4 特征潮值

特征潮位	相对于海图基准面的高度 (m)
最高天文潮位	1.91
平均海平面	0.95
最低天文潮位	0.08

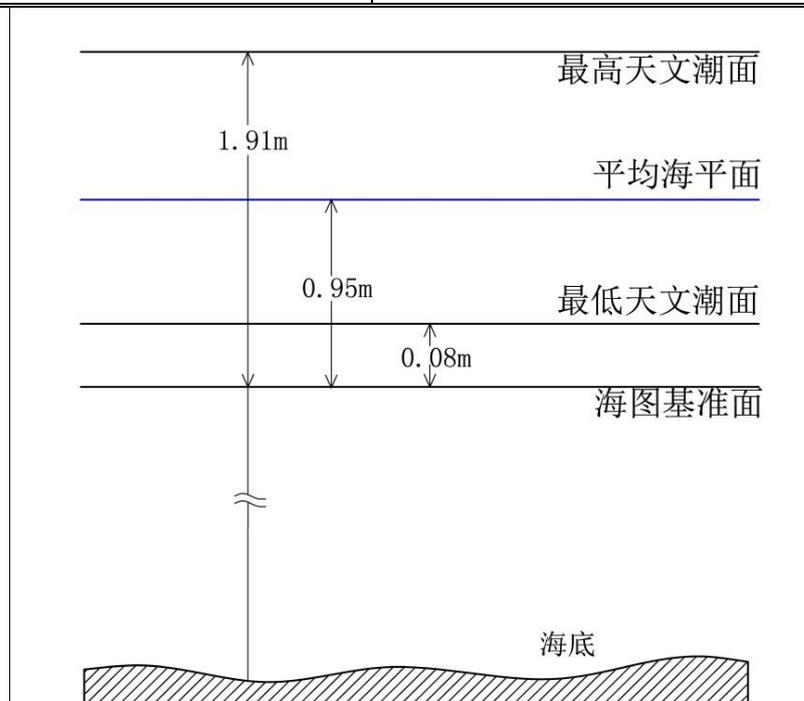


图 3.1-3 特征水位示意图



3.2 海洋功能区划及相关规划符合性分析

3.2.1 海洋主体功能区规划符合性分析

3.2.1.1 《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号文）提出，要针对内水和领海、专属经济区和大陆架及其他管辖海域等的不同特点，根据不同海域资源环境承载能力、现有开发强度和发展潜力，合理确定不同海域主体功能，科学谋划海洋开发，调整开发内容，规范开发秩序，提高开发能力和效率，着力推动海洋开发方式向循环利用型转变，实现可持续开发利用，构建陆海协调、人海和谐的海洋空间开发格局。

根据《全国海洋主体功能区规划》，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。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。该区域的开发原则是，加快推进资源勘探与评估，加强深海开采技术研发和成套装备能力建设；以海洋科研调查、绿色养殖、生态旅游等开发活动为先导，有序适度推进边远岛礁开发。对于资源勘探开发区，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。本项目属于重点开发区域，符合规划要求。

3.2.1.2 《广东省海洋主体功能区规划》符合性分析

根据《广东省海洋主体功能区规划》，陆丰油田群区域开发项目新建工程设施距离禁止开发区（海洋自然保护区及其海岛）最近距离约 73km。详见图 3.2-1。

禁止开发区（海洋自然保护区及其海岛）的管制原则是依法对各类自然保护区实行强制性保护，严格控制人为因素对海洋禁止开发区生态环境的干扰破坏。按照核心区、缓冲区和试验区实施分类管理，禁止不符合主体功能定位的各类开发活动。推进生态环境观测监测设施建设，提升生态环境灾害预警和防灾减灾能力。

本项目在建设阶段主要污染物是钻完井作业产生的钻屑和钻井液，排放时间短，对海洋环境影响轻微且短时间内可恢复。正常生产运行过程中所产生



的主要污染物为含油生产水，经处理达标后排放，生产水扩散的超标面积和影响距离均不大，其它污染物排放量相对较小。

因此，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，不会影响到禁止开发区的海洋生态环境和渔业水域环境，与《广东省海洋主体功能区规划》的管理要求相协调。

3.2.2 海洋功能区划符合性分析

3.2.2.1 全国海洋功能区划

陆丰油田群区域开发项目位于南海北部海域的珠江口盆地，根据《全国海洋功能区划（2011~2020年）》，“南海北部海域位于广东、广西、海南毗邻海域以南，至北纬 18°附近的海域，水深 100 m~1000m，是我国重要的油气资源分布区。区域主要功能为矿产与能源开发、渔业、海洋保护。”本项目所在的“珠江口盆地重点加强油气资源勘探开发，加强渔业资源利用和养护，加强水产种质资源保护区建设，保护重要海洋生态系统和海域生态环境。”

油气区海洋环境保护要求为：水质执行不劣于现状海水水质标准；沉积物执行不劣于现状海洋沉积物质量标准；海洋生物质量执行不劣于现状海洋生物质量标准；在生态环境方面，应减少对海洋水动力环境产生影响，防止海岛、岸滩及海底地形地貌发生改变，不对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。

本项目属于海洋油气资源开发项目，与珠江口盆地主要功能之一的矿产与能源开发具有一致性，符合《全国海洋功能区划（2011-2020年）》要求。

3.2.2.2 广东省海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011~2020年）》，本项目位于广东省海洋功能区划外，距东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区(B6-46)最近距离约73km，距碣石湾近海海洋保护区(B6-32)最近距离约98km，距珠海潮州近海农渔业区(B1-02)最近距离约99km，本项目距离广东省海洋功能区划中的其他功能区均在100km以外，见图3.2-2。

根据《广东省海洋功能区划》，项目所在海域及周边海洋功能区登记表内容以及与本项目位置关系见表3.2-1。



本项目位于广东省海洋功能区划外，本项目无论建设阶段还是正常生产阶段，污染物排放对周围海洋环境造成局部轻微影响，不会影响到该海洋功能区划内的海洋生态环境。本项目与《广东省海洋功能区划（2011~2020年）》的管理要求相协调。

3.2.3 海洋生态红线符合性分析

根据《广东省海洋生态红线》（2017.9），陆丰油田群区域开发项目新建工程设施远离所划定的各类红线区，其中最近距离东沙群岛特别保护海岛限制类红线区约73km。详见图3.2-3。

本项目在建设阶段主要污染物是钻完井作业产生的钻屑、钻井液和管道/电缆挖沟掀起的悬浮沙，排放时间短，对海洋环境影响轻微且短时间内可恢复。正常生产运行过程中所产生的主要污染物为含油生产水，经处理达标后排放，生产水扩散的超标面积和影响距离均不大，其它污染物排放量相对较小。

因此，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，不会影响到生态红线内的海洋生态环境和渔业水域环境，与广东省生态红线的管理要求相协调。



图 3.2-1 陆丰油田群区域开发项目工程设施附近的海洋主体功能区分布

图 3.2-2 项目所在海域海洋功能区划分布图



表 3.2-1 项目所在海域及周边省级海洋功能区

功能区类型	功能区名称	地区	地理范围 (坐标)	面积 (公顷)	海洋环境保护	海域使用管理	距油田最近距离/方位

图 3.2-3 陆丰油田群区域开发项目工程设施附近的海洋生态红线分布图



3.2.4 其他相关规划符合性分析

3.2.4.1 与《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》符合性分析

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

3.2.4.2 与《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》符合性分析

2014年6月，国务院正式印发《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》，提出“加快海洋石油开发。按照以近养远、远近结合，自主开发与对外合作并举的方针，加强渤海、东海和南海等海域近海油气勘探开发，加强南海深水油气勘探开发形势跟踪分析，积极推进深海对外招标和合作，尽快突破深海采油技术和装备自主制造能力，大力提升海洋油气产量。”陆丰油田群区域开发项目属于南海油气开发工程，符合《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》中确定的国家能源发展战略。

3.2.4.3 与《能源发展“十三五”规划》符合性分析

《能源发展“十三五”规划》提出，“十三五”时期，提高油气自主保障能力。推进国家油气重大工程，实施大型油气田及煤层气开发重大专项，研究老油田稳产、老油区稳定以及致密气、海洋油气勘探开发扶持政策。支持非常规油气产能建设和储气设施建设。加快煤层气产业化基地和煤矿瓦斯规模化抽采利用矿区建设。完善国家石油储备体系，加快石油储备基地建设，完善动用轮换机制，提高国家石油储备保障能力。由此可见，陆丰油田群区域开发项目的建设属于国家《能源发展“十三五”规划》的重点任务。

3.2.4.4 与《广东省海洋经济发展“十三五”规划》符合性分析

根据《广东省海洋经济发展“十三五”规划》要求，推动海洋油气业发展。积极推进省部合作，引进国内外深海研究力量，研究解决南海深水油气资源勘



探、开采、储运等领域的技术难题，为南海油气资源开发做好技术储备。优化利用海洋矿产和珠江口盆地油气资源。支持广州、深圳、珠海、湛江、惠州等地建设深海油气资源勘探开发及装备研究、生产基地。陆丰油田群区域开发项目符合规划要求推动海洋油气业发展和生产基地建设的要求。

3.2.5 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》，鼓励类目录中包括“石油、天然气行业（常规石油、天然气勘探与开采，原油、天然气、液化天然气、成品油的储运和管道输送设施及网络建设，油气伴生资源综合利用，油气田提高采收率技术、安全生产保障技术、生态环境恢复与污染防治工程技术开发利用）”等内容。

陆丰油田群区域开发项目是海洋石油天然气开采项目，属于常规石油、天然气勘探与开采，属于国家产业政策鼓励类项目。本项目的开发建设符合国家产业政策要求。

3.3 工程周围环境敏感目标分布

根据《广东省海洋功能区划（2011~2020年）》、《广东省海洋生态红线》（2017.9）和《中国海洋渔业水域图（第一批）》等相关资料，确定陆丰油田群区域开发项目新建工程设施附近的环境敏感目标为周边海域内的海洋保护区、海洋生态红线区、渔业保护区和产卵场等。

3.3.1 海洋保护区

陆丰油田附近海域分布的海洋保护区包括大亚湾海洋保护区、港口海洋保护区以及针头岩海洋保护区、遮浪南海洋保护区、遮浪海洋保护区、东沙群岛海洋保护区（东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区）、碣石湾近海海洋保护区、神泉海洋保护区和前詹海洋保护区等，见图 3.3-1。

图 3.3-1 工程附近海域主要保护区分布图



东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区位于东沙群岛外，该保护区面积约 89520 公顷，海洋环境保护管理要求为：保护海域生态环境；执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。该保护区位于陆丰油田群区域开发项目东南向，与相对最近的 LF22-1SPS 平台最短距离为 73km，与 LF15-1 DPP 平台最短距离为 80km，与 LF14-4 DPP 最短距离为 100km，是陆丰油田周边自然保护区中距离油田最近的海洋保护区。

碣石湾近海海洋保护区位于碣石湾外领海基线以外近海海域，2006 年 8 月 1 日由汕尾市政府批准成立市级海洋保护区，保护该海域内三斑海马、日本海马等及其栖息地，保护区面积为 48115 公顷。该保护区位于陆丰油田群区域开发项目西北向，与相对最近的 LF14-4 DPP 平台最短距离为 98km。

遮浪南海洋保护区位于汕尾市遮浪镇外海域，深层陆架水自深海向大陆沿岸移动而上升，是海洋鱼类重要汇集区，划为保护区以保护该区及其周围海域的生态系统。该保护区位于陆丰油田群区域开发项目西北向，与相对最近的 LF14-4 DPP 平台最短距离为 117km。

针头岩海洋保护区按照该功能区的海洋管理和环境保护要求，严格保护针头岩领海基点，该保护区海域内禁止炸岛等破坏性活动，执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。该保护区位于陆丰油田群区域开发项目西北向，与相对最近的 LF14-4DPP 平台最短距离 132km。

遮浪海洋保护区位于汕尾市遮浪角，2006 年 8 月 1 日由汕尾市政府批准成立市级海洋保护区，其地理坐标位置为东经 115°34'18"~115°36'19"E，北纬 22°39'42"~22°42'10"范围内，保护区面积 819 公顷，保护对象为人工鱼礁。该保护区位于陆丰油田群区域开发项目西北向，与相对最近的 LF14-4 DPP 平台最短距离为 138km。

神泉保护区位于揭阳市神泉镇外海域，2004 年 2 月 1 日由揭阳市政府批准成立市级海域保护区，保护该海域内的人工鱼礁和海洋渔业资源，保护区面积 493 公顷。该保护区位于陆丰油田群区域开发项目西北偏北向，与相对最近的 LF14-4 DPP 平台最短距离为 140km。

前詹保护区位于揭阳市前詹镇外海域，2004 年 2 月 1 日由揭阳市政府批



准成立市级海域保护区，保护该海域内的龙虾、海龟、鲨及生境，保护人工鱼礁礁体及礁盘生态系统，保护区面积 2394 公顷。该保护区位于陆丰油田群区域北向，与相对最近的 LF14-4 DPP 平台最短距离为 142km。

港口海洋保护区的海洋环境保护要求为保护海龟产卵场、洄游通道及其栖息地；保护海岸生态，加强保护区海洋生态环境监测；执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。该保护区位于陆丰油田群区域开发项目西北向，相距较远，与相对最近的 LF14-4 DPP 平台最短距离为 171km。

大亚湾海洋保护区的海洋环境保护要求为保护大亚湾重要水产资源及其生境，加强保护区海洋生态环境监测，执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。该保护区位于陆丰油田群区域西北向，相距较远，与相对最近的 LF14-4 DPP 平台最短距离为 176km。

3.3.2 水产资源保护区

陆丰油田群区域开发项目新建工程设施周边海域主要国家级及省级渔业保护区分布见图 3.3-2，包括惠州港口海龟自然保护区、大亚湾水产资源自然保护区、幼鱼幼虾保护区和黄花鱼幼鱼保护区和蓝圆鲈、金色小沙丁鱼幼鱼保护区等。

惠东港口海龟自然保护区位于大亚湾与红海湾交界处的大星山下，1992 年经国务院批准为国家级自然保护区，其地理坐标位置为东经 114°53'10"~114°54'22"E，北纬 22°32'03"~22°33'03"范围内，保护区面积 400 公顷。位于陆丰油田群区域西北向，距油田主体工程最近距离大于 160km。

大亚湾水产资源自然保护区西起深圳市大鹏角，经青洲(钓鱼公岛)至惠东县大星山角连线内水域，保护区面积 90000 公顷，保护期 1~12 月。位于陆丰油田西北向，相距甚远，与油田主体工程最近距离大于 160km。

图 3.3-2 油田附近沿海水产资源保护区分布



3.3.3 主要经济鱼类产卵场

据农业部《中国海洋渔业水域图》（第一批），南海中上层鱼类产卵场主要包括蓝圆鲹、鲐鱼产卵场。上述产卵场与工程位置关系见图 3.3-3。

蓝圆鲹产卵场：分别位于东经 $115^{\circ}\sim 116^{\circ}30'$ 、北纬 $20^{\circ}30'\sim 22^{\circ}35'$ ，水深 $70\text{m}\sim 180\text{m}$ ，产卵期 3 月~7 月；东经 $112^{\circ}50'\sim 114^{\circ}30'$ 、北纬 $21^{\circ}\sim 22^{\circ}$ ，水深 60m 以内，产卵期 12 月~翌年 3 月；东经 $115^{\circ}20'\sim 117^{\circ}$ 、北纬 $21^{\circ}55'\sim 22^{\circ}15'$ ，水深 $40\text{m}\sim 75\text{m}$ ，产卵期 1 月~4 月。

鲐鱼产卵场约：分别位于东经 $115^{\circ}10'\sim 116^{\circ}15'$ 、北纬 $20^{\circ}30'\sim 22^{\circ}10'$ ，水深 $90\text{m}\sim 200\text{m}$ ，产卵期 2 月~4 月；东经 $113^{\circ}15'\sim 116^{\circ}20'$ 、北纬 $21^{\circ}\sim 22^{\circ}25'$ ，水深 30m 至 80m ，产卵期 1 月~3 月；东经 $113^{\circ}30'\sim 114^{\circ}40'$ 、北纬 $19^{\circ}30'\sim 20^{\circ}26'$ ，水深 $90\text{m}\sim 200\text{m}$ ，产卵期 1 月~3 月。

据农业部《中国海洋渔业水域图》（第一批），南海底层、近底层鱼类产卵场主要包括金线鱼、深水金线鱼、绯鲤类、短尾大眼鲷、长尾大眼鲷和黄鲷产卵场。上述产卵场与本项目的地理位置关系见图 3.3-4。

金线鱼南海北部产卵场：分布范围较广，由海南岛东岸一直延伸至汕尾附近（东经 $111^{\circ}45'\sim 115^{\circ}45'$ ），水深为 $25\text{m}\sim 107\text{m}$ ，主要是 $40\text{m}\sim 80\text{m}$ ，产卵期 3 月~8 月。

绯鲤类产卵场：位于约东经 $112^{\circ}55'\sim 115^{\circ}40'$ 、北纬 $21^{\circ}30'\sim 22^{\circ}15'$ 的 20m 至 87m 范围内，产卵期 3 月~6 月；东经 $111^{\circ}30'\sim 114^{\circ}40'$ 、北纬 $19^{\circ}50'\sim 21^{\circ}$ ，水深 60m 至 100m ，产卵期 3 月~6 月。

深水金线鱼产卵场：从海南岛东岸东经 $110^{\circ}30'$ 以东一直延伸至东经 $117^{\circ}00'$ 的水深 $90\text{m}\sim 200\text{m}$ 范围内，主要产卵期 5 月~8 月。

短尾大眼鲷产卵场：由海南岛东部向东北延伸至汕尾外海，约东经 $110^{\circ}50'\sim 115^{\circ}45'$ 的 $71\text{m}\sim 107\text{m}$ 等深线内，产卵期 4 月~7 月。

长尾大眼鲷产卵场：位于万山列岛的东南部，约为东经 $113^{\circ}20'\sim 115^{\circ}45'$ 、北纬 $20^{\circ}35'\sim 22^{\circ}20'$ ，水深 $26\text{m}\sim 80\text{m}$ ，产卵期 5 月~7 月。

黄鲷产卵场：在南海分布广而狭，处于外海，沿着 90m 等深线由海南岛东部向东北延伸至汕尾外海，约为东经 $111^{\circ}45'\sim 115^{\circ}45'$ ，水深 $77\text{m}\sim 119\text{m}$ ，产



卵期 11 月~翌年 3 月。

图 3.3-3 本项目与南海中上层鱼类产卵场的位置关系

图 3.3-4 本项目与南海底层、近底层鱼类产卵场的位置关系

3.3.4 通航环境

通航环境结论依据《陆丰油田区域开发项目通航安全影响研究报告》（备案稿）（广州心海海事技术服务有限公司 2018 年 10 月）内容进行编制。

3.3.4.1 港口

陆丰油田群区域开发项目附近港口有深圳港、维多利亚港（香港）、珠海港等，其中，距离最近的港口为汕尾港，约 81 海里，其位置分布如图 3.3-5 所示。

图 3.3-5 工程区域附近的港口分布图



3.3.4.2 锚地

工程附近锚地主要以珠江口附近港口锚地为主，珠江口锚地距离本项目海域约 110 海里，主要分布在万山列岛、三门列岛、桂山岛附近海域，锚地底质多为泥沙，锚地功能明确；惠州港锚地距离本项目约 90 海里，大亚湾三面环山，湾内岛屿众多，遮风挡浪，使湾内风轻浪小，水域宽阔，底质均为泥，是良好的港湾锚地。大亚湾锚地主要有惠州港 1#~10#锚地、大亚湾 1#待泊锚地、大亚湾 2#待泊、防台锚地和深圳港东部港区 1#锚地。

本项目建设期间作业船舶或营运期辅助作业船舶及三用拖轮可按当时实际情况选择上述就近水深条件适宜的避风锚地。

3.3.4.3 航路

根据英版《OCEAN PASSAGES FOR THE WORD》(NP136 Fifth Edition) 有关中国南海的航路指南，本项目所在水域附近推荐航路主要为：珠江口（香港）至马尼拉习惯航路（约 64 海里）；上海至新加坡的季节航路（约 17 海里）；上海至新加坡的双向航路（约 22 海里）。

图 3.3-6 本项目海域附近航路图（一）

根据粤东海域沿海航路规划图（来源于《我国沿海船舶航路规划研究》，图中仅为粤东海域航路规划示意图，现阶段暂未划定为“分道通航”的规定），本项目所处海域距离琼州海峡至台湾海峡外航路约 33 海里。



图 3.3-7 本项目海域附近航路图（二）

3.3.5 主要环境敏感目标筛选

本项目主要环境敏感区为油田所在海域附近的海洋保护区经济鱼类产卵场和南海国家级及省级保护区。环境保护目标主要为油田周边海域海洋渔业资源和海洋生态环境。本项目附近可能受到影响的、必须进行重点保护的环境敏感目标见表 3.3-1。

根据以上的调查分析，工程所在地周围的环境敏感目标有东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区、碣石湾近海海洋保护区、南海底层、近底层鱼类产卵场和南海中上层鱼类产卵场等，在工程进行过程中，需进行重点保护。



表 3.3-1 主要环境敏感目标

类型	名称	与平台最近距离(km)及方位			敏感时间
		LF15-1DPP	LF22-1SPS	LF14-4DPP	
海洋保护区	东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区	80/SE	73/SE	100/SE	/
	碣石湾近海海洋保护区	120/NW	134/NW	98/NW	/
	遮浪南海洋保护区	138/NW	154/NW	117/NW	/
	针头岩海洋保护区	154/NW	172/NW	132/NW	/
	遮浪海洋保护区	160/NW	175/NW	138/NW	/
	神泉保护区	158/NW	164/NW	140/N	/
	前詹保护区	155/N	164/NW	142/N	/
	港口海洋保护区	194/NW	210/NW	171/NW	/
	大亚湾海洋保护区	198/NW	217/NW	176/NW	/
产卵场	蓝圆鲹产卵场	28/N	35/NW	9/N	3~7月
		206/NW	223/NW	186/NW	12月~翌年3月
		71/N	76/N	57/N	1~4月
	鲈鱼产卵场	20/NW	38/NW	2.1/W	2~4月
		66/NW	76/NW	50/N	1~3月
	金线鱼南海北部产卵场	38/N	44/N	22/N	3~8月
	短尾大眼鲷产卵场	79/NW	96/NW	57/NW	4~7月
	长尾大眼鲷产卵场	94/NW	110/NW	71/NW	5~7月
	黄鲷产卵场	73/W	89/W	58/SW	11月~翌年3月
	绯鲤类产卵场	88/NW	105/NW	65/NW	3~6月
深水金线鱼产卵场	16/NW	18/NW	包含	5~8月	

4 环境现状调查与评价

4.1 海洋水文动力环境现状调查

本项目 2018 年 4 月在拟建 LF15-1 平台位置开展了 1 个站位(命名:D1)的水位观测;在路由区开展了 2 个站位(分别命名:L1、L2)的海流观测。这些站点的时间、坐标及观测要素见表 4.1-1,观测站位示意图见图 4.1-1。本节将针对陆丰区域测站的观测数据开展潮汐和潮流分析工作。

表 4.1-1 水文观测站点信息统计

站号	位置	观测项目	观测时间
D1			
L1			
L2			

图 4.1-1 测站位置示意图

4.1.1 潮流

根据工程海区 L1 测站观测海流调和和分析结果(见表 4.1-2),本站潮流具有下列特征:表层各分潮流按量值大小排列依次为 $K1>O1>M2>S2$, 中层为 $K1>M2>O1>S2$, 底层为 $K1>O1\sim M2>S2$ 。根据计算结果,工程海域 L1 站位的表、中和底层潮流性质指数分别为 2.18、2.00、2.18,由此可知该站点表层和底层均为不正规全日潮流,中层为不正规半日潮流。

各分潮的椭圆率在 -0.79 至 0.43 之间,表层和中层的半日分潮流和全日分潮流均为右旋;底层的全日分潮流为左旋,半日分潮流为右旋。

根据调和和分析结果计算出表、中、底层的最大可能潮流流速分别为 48.9cm/s、39.0 cm/s、17.0 cm/s,潮流方向依次为 112 度、118 度、124 度。



表 4.1-2 L1 测站潮流调和常数及椭圆要素

层次	分潮	调和常数				椭圆要素				
		北分量		东分量		W(cm/s)	w(cm/s)	K	T	θ
		振幅 (cm/s)	迟角 (度)	振幅 (cm/s)	迟角 (度)	最大 速度	最小 速度	旋转率	时刻 (hr)	方向 (度)
表层										
中层										
底层										

根据工程海区 L2 测站观测海流调和和分析结果（见表 4.1-3），本站潮流具有下列特征：表层、中层和分潮流的量值大小按下列次序排列为 $M2 > K1 > O1 > S2$ 。根据计算结果，工程海域 L2 站位的表、中和底层潮流性质指数分别为 0.90、1.77、1.48，由此可知该站点表层、中层和底层为不正规半日潮流。

各分潮的椭圆率在 -0.87 至 0.14 之间，表层和中层的全日分潮流和半日分潮流均为右旋；底层的半日分潮流为右旋，全日分潮流为左旋。

根据调和和分析结果计算出表、中、底层的最大可能潮流流速分别为 45.6cm/s、37.7 cm/s、26.9 cm/s，潮流方向依次为 153 度、169 度、171 度。



表 4.1-3 L2 测站潮流调和常数及椭圆要素

层次	分潮	调和常数				椭圆要素				
		北分量		东分量		W (cm/s)	w (cm/s)	K	T	θ
		振幅 (cm/s)	迟角 (度)	振幅 (cm/s)	迟角 (度)	最大 速度	最小 速度	旋转率	时刻 (hr)	方向 (度)
表层										
中层										
底层										

4.1.2 余流

余流是由浅海中多种因素引起的，主要有潮汐余流（因摩阻、海底地形、边界形状种种原因使得潮流非线性现象所致）、风生流、密度流等。要把上述流动逐个分开是十分困难的，所以在里讨论的是实测的由各种流动合成的余流。

观测期间 L1 测站及 L2 测站各层的余流流向和流速见表 4.1-4 和表 4.1-5。



表 4.1-4 L1 测站余流参数

站/层	L1 测站		
	表层	中层	底层
流向 (°)	92.2	272.7	222.3
流速 (cm/s)	10.9	4.3	1.5

表 4.1-5 L2 测站余流参数

站/层	L2 测站		
	表层	中层	底层
流向 (°)	204.8	209.6	16.2
流速 (cm/s)	4.3	7.5	3.4

观测期间 L1 测站表层余流为 10.9cm/s, 流向 92.2°, 中层余流为 4.3cm/s, 流向 272.7°, 底层余流为 1.5cm/s, 流向 222.3°; L2 测站表层余流为 4.3cm/s, 流向 204.8°, 中层余流为 7.5cm/s, 流向 209.6°, 底层余流为 3.4cm/s, 流向 16.2°。

4.2 地形地貌与冲淤环境现状调查

本次调查包含的海上作业调查项目为: (1) 水深、地形测量; (2) 海底地貌和障碍物调查 (旁扫声纳全覆盖调查); (3) 浅地层剖面调查; (4) 高分辨率数字地震调查。

4.2.1 平台场址地形地貌

LF15-1DPP 平台调查成果显示, 预定场址调查范围内地貌资料色度变化较大, 主要受沙波地形起伏影响, 海底底质主要为中密实的浅灰色贝壳碎屑质细砂。LF15-1 油田 1000m×1000m 调查范围内, 场址水深变化范围为 279.2-292.0m, 水深变化达 12.8m, 预定平台位置的水深为 284.2m, 水深地形资料见图 4.2-1。

图 4.2-1 LF15-1DPP 平台场址水深地形

综上所述, LF15-1DPP 平台场址海底地形受大型沙波影响, 较为起伏。大

型沙波波长 65m 至 170m，波高 2.2m 至 7.0m。除沙波外，未发现其它对平台、海管及海缆铺设有利影响的遗弃物及障碍物。

LF14-4DPP 平台调查成果显示，预定平台场址调查范围内存在较多小型及中型沙波，沙波波长小于 10m，波高小于 0.5m，走向近似东北-西南方向，在预定 LF14-4DPP 平台位置处。发现 2 处海底扰动痕迹，分析认为可能是钻孔 CPT 测试痕迹。海底表层底质为中密实到密实的褐灰色细砂含少量贝壳碎屑。

图 4.2-2 LF14-4DPP 平台场址水深地形

LF14-4 油田 1000m×1000m 调查范围内，水深由北向南逐渐加深，整个场址区域水深在 143.4m 至 148.2m 之间变化，水深变化约 4.8m，海底无明显起伏，较为平缓。预定 LF14-4DPP 平台场址位置处水深为 144.3m。LF14-4DPP 平台场址水深地形资料见图 4.2-2。

综上所述，除小型及中型沙波外，未发现其它对 LF14-4DPP 平台就位安装等作业具有潜在危害的地貌特征以及遗弃物或障碍物存在。

在 LF22-1 预定水下设施场址调查范围内，海底灰度较为均一，海底表层土质软到稍硬的褐灰色粘土，局部位置表层底质可能存在变化，可能为砂质成分。疑似障碍物位于预定 LF22-1 水下设施的北侧，大小约 23m×11m，到预定水下设施的最近距离约 548m。疑似障碍物距离 LF22-1 水下设施较远，对水下设施安装没有不利影响。

图 4.2-3 LF22-1 水下设施场址水深地形

在 LF22-1 预定水下设施为中心的 2000m×2000m 场址区域内，水深由西

北向东南逐渐加深，整个场址区域水深在 329.4m 至 336.7m 之间变化，水深变化约 7.3m，海底地形变化平缓，无明显起伏。预定 LF22-1 水下设施位置处水深为 333.2m。LF22-1 水下设施场址水深地形资料见图 4.2-3。

综上所述，未发现其它对 LF22-1 水下设施安装等作业具有潜在危害的地貌特征以及遗弃物或障碍物存在。

4.2.2 管道路由地形地貌

LF13-2DPP 平台至 LF14-4DPP 平台海底管道路由调查区域内，海底起伏较大，整体水深自西向东变深，即：LF13-2DPP 平台端较浅，LF14-4DPP 平台端较深，水深在 131.4m 至 144.3m 之间变化。区域内存在大型沙波，地形较为起伏。海底局部水深地形见图 4.2-4。

图 4.2-4 LF13-2DPP 平台至 LF14-4DPP 平台段路由水深地形（局部）

LF13-2DPP 平台至 LF14-4DPP 平台段路由区域海底地貌资料色度显示变化明显，大部分区域受海底沙波影响显示不均匀，表明海底不平整，海底底质为松散的褐灰色细砂含贝壳碎屑。主要地貌特征为：中小型沙波，大型沙波，及已建 LF13-1DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底管道。海底主要地形受沙波影响，较为起伏。沙波的走向近似东北-西南方向。综上所述，未发现其它对海底管道铺设具有不利影响的遗弃物及障碍物。

LF14-4DPP 平台至 LF15-1DPP 平台海底管道路由调查区域内，海底起伏较大，整体水深自北向南变深，即由 LF14-4DPP 平台端较浅，LF15-1DPP 平台端较深，水深在 144.3m 至 284.2m 之间变化。该段路由区域水深变化较大，大部分地形较为平坦；靠近 LF14-4DPP 平台端及 LF15-1DPP 平台端分别存在中型、大型沙波。区域内局部水深地形见图 4.2-5。

图 4.2-5 LF14-4DPP 平台至 LF15-1DPP 平台段路由水深地形

LF15-1DPP 平台至 LF22-1 水下设施海底管道路由调查区域内，整体水深自西北向东南变深，水深在 284.2m 至 335.4m 之间变化。靠近 LF15-1DPP 平台区域受沙波影响，地形较为起伏；中段至 LF22-1 水下设施的路由，地形较为平坦。区域内局部水深地形见图 4.2-6。

图 4.2-6 LF15-1DPP 平台至 LF22-1 水下设施段路由水深地形（局部）

LF15-1DPP 平台至 LF22-1 水下设施路由区域海底地貌资料色度显示变化明显，部分区域受海底沙波影响显示不均匀，表明海底不平整，海底底质为非常软的褐灰色粉质粘土及松散的褐灰色细砂含贝壳碎屑。主要地貌特征为 1 处线性痕迹及 1 处疑似障碍物。线性痕迹长约 435m，位于预定 LF22-1 水下设施的西侧，到 LF22-1 水下设施的最近距离约 274m，分析可能为拖痕。综上所述，未发现其它对海管海缆铺设具有不利影响的其它遗弃物及障碍物。

4.2.3 冲淤环境现状评价

根据对陆丰油田周边已建平台的冲刷调查成果，陆丰 13-2 平台冲刷调查范围内，海底面比较平缓，水深变化较小，水深变化范围为 131.0m~132.3m。从现有工程物探资料表明在已建陆丰 13-2 平台调查范围内，未发现明显的冲刷痕迹。已建陆丰 7-2 平台调查成果显示，陆丰 7-2 油田海域未发现明显冲淤痕迹，海底冲淤环境已达到动态平衡。

本项目勘察成果显示，LF15-1 区域海底沙波较为发育，存在小型、中型及大型沙波；海底沙波在底流，内波等水动力条件下可能会发生运移，对海底地貌造成轻微的改变。



4.3 海洋环境现状调查概况

陆丰油田群区域附近海域海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态和生物质量现状调查工作由国家海洋局南海环境监测中心承担。海水水质、海洋生物生态和生物质量现状调查分别于 2019 年 4 月 17 日~4 月 22 日（春季）和 2017 年 11 月 15 日~11 月 20 日（秋季）进行了两次调查；海洋沉积物环境质量现状于 2017 年 11 月同步进行了调查。

4.3.1 调查站位布设

调查海域春秋两季环境质量现状调查均采用网格布点的方式。

春、秋季调查站位基本重合，均布设 45 个调查站位，其中现状调查站位 35 个，回顾性评价站位 10 个。包括海水水质调查站位 45 个，海洋沉积物调查站位 28 个，以及海洋生物生态站（浮游植物、浮游动物、底栖生物等）28 个。调查站位布设以陆丰 15-1 油田新建平台所在东西向为横断面，共设置 5 个断面，断面间距 18km，以垂直于横断面设 7 个纵断面，断面间距 20km；横纵断面交点为站点所在位置，共计 35 个站位（P1~P35）。其中，陆丰 15-1 油田新建平台附近设 P19 站点。另外，在 LF13-2DPP 平台 500m 和 1200m 半径范围处分别布设 2、4 个回顾性站位（P36~P41），在 LF13-1DPP 平台 500m 半径范围处布设 4 个回顾性站位（P42~P45）。

春、秋两次环境质量现状调查的站位布设、调查站位坐标和调查项目分别详见图 4.3-1 和表 4.3-1、图 4.3-2 和表 4.3-2。

图 4.3-1 春季环境质量现状调查站位布设

图 4.3-2 秋季环境质量现状调查站位布设



表 4.3-1 春季调查站位及调查项目

站号	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
P1			
P2			
P3			
P4			
P5			
P6			
P7			
P8			
P9			
P10			
P11			
P12			
P13			
P14			
P15			
P16			
P17			
P18			
P19			
P20			
P21			
P22			
P23			
P24			
P25			
P26			
P27			
P28			
P29			
P30			
P31			
P32			
P33			
P34			
P35			
P36			
P37			
P38			
P39			
P40			
P41			
P42			
P43			
P44			



站号	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
P45			

表 4.3-2 秋季调查站位及调查项目

站号	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
P1			
P2			
P3			
P4			
P5			
P6			
P7			
P8			
P9			
P10			
P11			
P12			
P13			
P14			
P15			
P16			
P17			
P18			
P19			
P20			
P21			
P22			
P23			
P24			
P25			
P26			
P27			
P28			
P29			
P30			
P31			
P32			
P33			
P34			
P35			
P36			
P37			
P38			
P39			
P40			
P41			
P42			



站号	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
P43			
P44			
P45			

4.3.2 调查项目

海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量的调查项目详见表 4.3-3。

表 4.3-3 海水、海洋沉积物和海洋生物质量调查项目

调查对象	调查项目	项数
海水水质	水深、水色、透明度、水温、盐度、pH、COD、DO、活性磷酸盐、无机氮、悬浮物、石油类、挥发酚、硫化物、砷、汞、铜、铅、镉、锌、总铬	21
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	11
海洋生物生态	叶绿素 a 及初级生产力	2
	浮游植物：种类、个体数量、分布、群落特征	4
	浮游动物：种类、生物量、数量、分布、群落特征	5
	底栖生物：种类、分布、生物量、栖息密度、群落特征	5
	鱼卵、仔稚鱼：种类、数量、分布、群落特征	4
生物质量：石油烃、铬、铅、砷、总汞、铜、镉、锌	8	
水文气象	气温、气压、风向、风速、海况和天气状况	6

4.3.3 调查方法

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

海水采样层次共分 5 个层次进行采集:表层(低于表层 0.5m)、10m、50m、100m 和底层(高于泥线 2m)样品,其中石油类只调查表层样品。

海洋沉积物采集表层样品(0~5cm),使用曙光型采泥器 0.1m² 进行采集。

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

4.3.3.1 叶绿素 a

叶绿素 a 采样层次与水质站相同。叶绿素 a 含量的测定按照《海洋监测规范》(GB17378.4-2007)中海洋生物调查荧光萃取(Trilogy)法。



4.3.3.2 浮游植物

浮游植物采用小型浮游生物网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。

4.3.3.3 浮游动物

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。

4.3.3.4 底栖生物

底栖生物使用阿氏网（定性）及挖泥器（定量）采样。定量样品用 0.1m^2 曙光采泥器采集，泥样倒入孔径为 1mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有生物样品，用 5% 的甲醛溶液固定，分瓶编号登记，带回实验室种类鉴定、计数、称重；定性采样用 0.7m 宽阿氏拖网采集，拖网绳长为水深三倍以上，每站慢速拖曳 15min 以上，拣出所有生物，选取调查区内有代表性的生物进行测定。

4.3.3.5 生物质量

生物质量样品从底栖生物中采获，包含贝类、软体类、甲壳类和鱼类等，分袋冰冻保存，取可食部分进行分析。

4.3.4 分析方法

海水水质、海洋沉积物和生物质量调查项目的分析方法分别见表 4.3-4。

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

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



表 4.3-4 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	主要仪器	引用标准
海水水质	盐度	盐度计法	SYA2-2 盐度计	GB17378-2007
	pH	电位计法	PHS-3C 型精密 pH 计	
	DO	碘量法	滴定仪器	
	COD	碱性高锰酸钾法	滴定仪器	
	活性磷酸盐	磷钼蓝比色法	LACHAT QC8500 S2 流动注射分析仪	
	亚硝酸盐	萘乙二胺比色法		
	硝酸盐	镉柱还原法		
	氨	次溴酸盐氧化法		
	石油类	紫外分光光度法	UV-2401PC 紫外分光光度计	
	悬浮物	重量法	BS110S 电子天平	
	挥发酚	4-氨基安替比林分光光度法	LACHAT QC8500 S2 流动注射分析仪	
	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	V-5000 分光光度计	
	叶绿素 a	荧光分光光度法	Trilogy 叶绿素分析仪	
	砷	原子荧光法	AFS-3100 原子荧光光度计	
	汞			
铜	阳极溶出伏安法	797 伏安极谱仪		
铅				
镉				
锌				
总铬	原子吸收分光光度法	ContrAA700 原子吸收分光光度计		
沉积物	粒度	激光法	MS2000 激光粒度分析仪	GB/T12763-2007
	有机碳	重铬酸钾氧化—还原容量法	滴定仪器	GB17378-2007
	硫化物	碘量法	滴定仪器	
	锌	火焰原子吸收分光光度法	ContrAA700 原子吸收分光光度计	
	铅			
	镉			
	铜			
	铬			
石油类	紫外分光光度法	UV-2450 紫外分光光度计		
汞	原子荧光法	AFS-8130 双道原子荧光光度计		
砷				
生物质量	石油烃	荧光分光光度法	F-4600 荧光分光光度计	GB17378-2007
	锌	火焰原子吸收分光光度法	ContrAA700 原子吸收分光光度计	
	铜			



项目	测定项目	分析方法	主要仪器	引用标准
	铅	原子荧光法	AFS-3100 原子荧光光度计	
	镉			
	汞			
	砷			
	铬	火焰原子吸收分光光度法	ContrAA700 原子吸收分光光度计	

4.3.5 评价因子与评价标准

4.3.5.1 海水水质

两次调查选定的海水水质评价因子均包括 pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、汞、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、挥发酚、活性磷酸盐、无机氮和硫化物共 15 项。各评价因子的评价标准值列于表 4.3-5。

海水水质采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中第一类海水水质标准（适用于海洋渔业水域、海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区），有超标的进一步采用第二类或第三类标准评价并用文字说明评价结果。

表 4.3-5 海水水质评价标准值

评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2 pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位	
溶解氧	>6 mg/L	>5 mg/L	>4 mg/L	>3 mg/L
化学需氧量	≤2 mg/L	≤3 mg/L	≤4 mg/L	≤5 mg/L
活性磷酸盐	≤0.015 mg/L	≤0.030 mg/L		≤0.045 mg/L
无机氮	≤0.20 mg/L	≤0.30 mg/L	≤0.40 mg/L	≤0.50 mg/L
砷	≤0.020 mg/L	≤0.030 mg/L	≤0.050 mg/L	
汞	≤0.00005 mg/L	≤0.0002 mg/L		≤0.0005 mg/L
铜	≤0.005 mg/L	≤0.010 mg/L	≤0.050 mg/L	
铅	≤0.001 mg/L	≤0.005 mg/L	≤0.010 mg/L	≤0.050 mg/L
锌	≤0.020 mg/L	≤0.050 mg/L	≤0.10 mg/L	≤0.50 mg/L
镉	≤0.001 mg/L	≤0.005 mg/L	≤0.010 mg/L	
总铬	≤0.05 mg/L	≤0.10 mg/L	≤0.20 mg/L	≤0.50 mg/L
石油类	≤0.05 mg/L		≤0.30 mg/L	≤0.50 mg/L
挥发酚	≤0.005 mg/L		≤0.010 mg/L	≤0.25 mg/L
硫化物	≤0.02 mg/L	≤0.05 mg/L	≤0.10 mg/L	≤0.050 mg/L

4.3.5.2 海洋沉积物质量

海洋沉积物评价因子为有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、



铬和砷共 10 项。海洋沉积物采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中规定的第一类海洋沉积物质量标准评价（适用于海洋渔业水域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区），各评价因子的评价标准值列于表 4.3-6。

表 4.3-6 海洋沉积物质量标准

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

4.3.5.3 生物质量

贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB 18421-2001）规定的第一类标准值；软体类（螺类和头足类）、甲壳类和鱼类的生物体内污染物质（除铬、砷、石油烃外）含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》中规定的生物质量标准，鱼类、软体类体内石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。各评价因子的评价标准值详见表 4.3-7。

表 4.3-7 底栖生物体内各指标评价标准（ $\times 10^{-6}$ ）

标准系数	Hg	Cu	As	Pb	Cd	Zn	石油烃	Cr
软体类	0.30	100	/	10	5.5	250	20	/
贝类	0.05	10	1.0	0.1	0.2	20	15	0.5
甲壳类	0.20	100	/	2	2	150	/	/
鱼类	0.30	20	/	2	0.6	40	20	/



4.3.6 评价方法

4.3.6.1 海水水质

海水水质采用单项标准指数法及超标统计法对调查海域进行环境质量现状评价。

a 单项标准指数法

计算公式如下：

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

式中： Q_{ij} —站 j 评价因子 i 的标准指数；

C_{ij} —站 j 评价因子 i 的实测浓度；

C_{oi} —评价因子 i 标准值。

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，所使用的标准指数计算公式如下。

(1) 对于水中溶解氧采用计算公式如下：

$$Q_j = \frac{C_f - C_j}{C_f - C_o} \quad \text{当 } C_j > C_o \text{ 时}$$

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

式中： C_f 中：现场水温和盐度条件下溶解氧的饱和量；

C_o 场水溶解氧标准值；

C_j —溶解氧实测值。

(2) 对于水中 pH 采用计算公式如下：

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

式中： Q_{ij} —站 j 评价因子 i 的污染指数；

C_{ij} —站 j 评价因子 i 的实测值；

C_{oi} —评价因子 i 的评价标准值；

C_f —现场水温和盐度条件下溶解氧的饱和量；



$C_{o,upper}$ — pH 的评价标准值上限；

$C_{o,lower}$ — pH 的评价标准值下限。

b 超标统计法

统计超标样品的数量及超标率。

4.3.6.2 海洋沉积物

海洋沉积物质量现状的评价亦采用标准指数法（单项标准指数法和超标统计法）。

4.3.6.3 海洋生物生态

a 初级生产力

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

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

式中： P —现场初级生产力（ $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ）； $Chla$ —真光层内平均叶绿素 a 含量（ mg/m^3 ）； Q —不同层次同化指数算术平均值，取 3.7； D —昼长时间（h），根据季节和海区情况取 12.0h； E —真光层深度（m）。

b 多样性指数、均匀度、丰富度和优势度的计算

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

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

$$J = \frac{H'}{\log_2^S}$$

$$d = \frac{S-1}{\log_2^N}$$

$$D_2 = \frac{N_1 + N_2}{N_i}$$



式中： H —多样性指数； J —均匀度； $P_i=n_i/N$ (n_i 是第 i 个物种的个体数， N 是全部物种的个数)； S —为种类数； d —丰富度。

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

对于某一个站上的优势度可用百分比表示，

$$D = n_i/N \cdot 100\%$$

式中： D —第 i 种的百分比优势度； n_i ——第 i 种的数量； N ——该站群落中所有种的数量，本报告用密度表示。

对于某一区域的优势度，计算公式为

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

式中： n_i 为第 i 种的数量； f_i 为该种在各站出现的频率； N 为群落中所有种的数量。生物质量

底栖生物质量评价采用单项标准指数法和超标统计法，评价公式与海水水质相同。

4.4 海水水质现状调查与评价

4.4.1 海水水质调查

调查海域，春、秋季两次海水水质调查项目分析结果分别见附表 1 和附表 2。

4.4.1.1 水温

春季调查海区水温变化于 (10.59~27.08) °C。

秋季调查海区水温变化于 (14.08~27.70) °C。

4.4.1.2 盐度

春季调查海区盐度变化于 34.205~35.017。

秋季调查海区盐度变化于 34.109~34.897。



4.4.1.3 pH

春季调查海区 pH 值变化于 8.24~8.43。

秋季调查海区 pH 值变化于 8.25~8.34。

4.4.1.4 溶解氧 (DO)

春季调查海区海水 DO 含量变化于 (5.02~6.59) mg/L。

秋季调查海区海水 DO 含量变化于 (5.28~6.69) mg/L。

4.4.1.5 化学需氧量 (COD)

春季调查海区海水 COD 变化于 (0.15~0.40) mg/L。

秋季调查海区海水 COD 变化于 (未检出~0.38) mg/L。

4.4.1.6 无机氮 (DIN)

春季调查海区海水 DIN 含量变化于 (0.0152~0.1410) mg/L。

秋季调查海区海水 DIN 含量变化于 (0.0343~0.156) mg/L。

4.4.1.7 活性磷酸盐 ($\text{PO}_4\text{-P}$)

春季调查海区海水 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量变化于 (未检出~5.3) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量变化于 (4.0~18.8) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.8 汞

春季调查海区海水汞含量变化于 (0.016~0.026) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水汞含量变化于 (0.015~0.027) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.9 锌

春季调查海区海水锌含量变化于 (1.5~14.6) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水锌含量变化于 (1.4~9.6) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.10 镉

春季调查海区海水镉含量变化于 (未检出~0.92) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水镉含量变化于 (未检出~0.90) $\mu\text{g/L}$ 。



4.4.1.11 铅

春季调查海区海水铅含量变化于 (0.3~1.8) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水铅含量变化于 (0.3~2.9) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.12 砷

春季调查海区海水砷含量变化于 (1.2~1.8) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水砷含量变化于 (1.5~2.3) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.13 铜

春季调查海区海水铜含量变化于 (未检出~4.8) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水铜含量变化于 (未检出~2.9) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.14 总铬

春季调查海区海水总铬含量变化于 (0.04~0.65) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水总铬含量变化于 (0.39~0.88) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.15 石油类

春季调查海区表层海水石油类含量变化于 (未检出~0.023) mg/L 。

秋季调查海区表层海水石油类含量变化于 (未检出~0.018) mg/L 。

4.4.1.16 悬浮物

春季调查海区海水悬浮物的含量变化于 (0.1~17.3) mg/L 。

秋季调查海区海水悬浮物的含量变化于 (0.4~66.6) mg/L 。

4.4.1.17 挥发酚

春季调查海区海水挥发酚含量变化于 (未检出~3.7) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水挥发酚含量变化于 (未检出~2.0) $\mu\text{g/L}$ 。

4.4.1.18 硫化物

春季调查海区海水硫化物含量变化于 (未检出~0.30) $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查海区海水硫化物含量变化于 (未检出~0.3) $\mu\text{g/L}$ 。



4.4.2 海水水质评价结果

调查海域，春、秋季两次调查海水水质各层评价因子的标准指数分别见附表 3 至附表 12。

4.4.2.1 单项标准指数

a 春季调查

由附表可见，调查海区海水中 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物、挥发酚的所有样品的单项标准指数均小于 1。

溶解氧的单项标准指数变化于 0.01~2.47。表层和 10m 层溶解氧含量满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类海水水质标准。50m 层单项标准指数范围为 0.16~1.29；100m 层单项标准指数范围为 0.90~1.96；底层单项标准指数范围为 1.03~2.47。

铅的单项标准指数变化于 0.30~1.80。表层单项标准指数范围为 0.30~1.80；10m 层单项标准指数范围为 0.50~1.70；50m 层单项标准指数范围为 0.30~1.80；100m 层单项标准指数范围为 0.30~1.40；底层标准指数范围为 0.40~1.80。

b 秋季调查

由附表可见，评价因子 pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚的单项标准指数均小于 1，所有样品均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类海水水质标准。

调查海区海水表层、10m 层和 50m 层含氧量相对丰富，所有样品的溶解氧含量均满足一类海水水质标准，表层和 10m 层所有样品中氧的含量均超过现场水温、盐度条件下溶解氧的饱和量；100m 层标准指数范围为 1.68~1.83；底层标准指数范围为 1.47~2.09。

调查海区海水铅表层标准指数范围为 0.30~1.50；10m 层标准指数范围为 0.40~1.30；50m 层标准指数范围为 0.50~2.80；100m 层标准指数范围为 0.40~2.90，超标率为 18.2%；底层标准指数范围为 0.35~2.60。

调查海区海水表层~100m 层样品活性磷酸盐含量均满足一类海水水质标



准，底层标准指数范围为 0.43~1.25。

4.4.2.2 超标统计

a 春季调查

调查海域海水中，评价因子 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物、挥发酚的单项标准指数均小于 1，无超标现象。溶解氧和铅有不同程度的超标现象（见表 4.4-1）。

溶解氧表层和 10m 层溶解氧含量满足第一类海水水质标准。50m 层、100m 层和底层的超标率分别为 5.1%、78.8%和 100%。超标样品均满足第二类海水水质标准。

铅表层、10m 层、50m 层、100m 层和底层的超标率分别为 23.1%、10.3%、20.5%、21.2%和 25.6%。超标样品均满足第二类海水水质标准。

b 秋季调查

调查海域海水所有样品中，以第一类海水水质标准评价，评价因子 pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚的单项标准指数均小于 1，无超标现象。DO、铅、活性磷酸盐均有不同程度的超标现象（见表 4.4-2）

DO 表层、10m 层和 50m 层没有样品超标，100m 层和底层超标率均为 100%。超标样品均满足第二类海水水质标准。

铅表层超标率为 5.1%，10m 层超标率为 17.9%，50m 层超标率为 25.6%，100 米层超标率为 18.2%，底层超标率为 20.5%。超标样品均满足第二类海水水质标准。

活性磷酸盐仅底层超标，超标率为 20.5%。超标样品均满足第二类海水水质标准。

表 4.4-1 春季调查海域海水超标评价因子的站位统计

评价因子		超标站位	最大超标倍数 (出现站位)	样品超标率 (%)
DO	50m 层	P43、P45	0.29 (P45)	5.1



	100m 层	P7 ~P22, P25、P29~P30、P32~P35、 P41~P45 共 26 个站	0.96 (P14)	78.8
	底层	P1 ~P35, P40、P41、P43、P45 共 39 个站	1.47 (P21)	100
铅	表层	P2、P4、P6、P11、P13、P14、P17、P18、P23 共 9 个站	0.80 (P6)	23.1
	10m 层	P6、P7、P18 和 P19 共 4 个站	0.70 (P6)	10.3
	50m 层	P1、P4、P5、P7、P17、P18、P20 和 P26 共 8 个站	0.80 (P20)	20.5
	100m 层	P8、P11、P14、P18、P19、P21、P34 共 7 个站	0.40 (P8)	21.2
	底层	P2、P4~P8、P18、P20、P25、P40 共 10 个站	0.80 (P6)	25.6

表 4.4-2 秋季调查海域海水超标评价因子的站位统计

评价因子		超标站位	最大超标倍数 (出现站位)	样品超标率 (%)
DO	100m 层	P7 ~P35, P40、P41、P43、P45 共 33 个站	0.83 (P23)	100
	底层	P1 ~P35, P40、P41、P43、P45 共 39 个站	1.09 (P27)	100
铅	表层	P35、P45 共 2 个站	0.50 (P35)	5.1
	10m 层	P20、P24、P29、P33、P35、P41、P45 共 7 个站	0.30 (P29)	17.9
	50m 层	P5、P9、P10、P14、P20、P24、P27、P29、P35、P45 共 10 个站	1.80 (P5)	25.6
	100m 层	P9、P14、P24、P26、P29、P35 共 6 个站	1.90 (P35)	18.2
	底层	P1、P3、P5、P10、P13、P14、P27、P35 共 8 个站	1.60 (P35)	20.5
活性磷酸盐	底层	P24~P26, P31~P35 共 8 个站	0.25 (P35)	20.5

c 超标原因分析

春、秋季调查中, 监测海区海水水质超标因子为溶解氧、活性磷酸盐和铅。调查海区从表层到底层, 溶解氧含量有递减趋势, 表层和 10m 层海水溶解氧含量比较丰富, 所有样品溶解氧含量均满足一类海水水质标准, 且大部分站位溶解氧饱和度超过 100%; 50m 层、100m 层和底层超标原因主要为调查海区水深较深, 底层海水海气交换较差, 上下层水体交换困难, 底层消耗的氧来不



及供给，符合溶解氧正常的变化趋势。活性磷酸盐表层、10m、50m 和 100m 层均满足第一类海水水质标准，仅少量底层样品超标，主要原因是有机体死亡后沉降到海底，其腐烂和降解过程中产生的活性磷酸盐溶解在底层海水中，因此底层海水中营养盐的含量往往高于上层海水。重金属铅在各层海水中均存在不同程度的超标现象，可能与气溶胶沉降输送等因素有关；而且南海水体本身铅含量偏高，许多研究表明南海区包括南海北部和中南部海域的水质状况中，铅的含量都是相对较高的。

4.5 海洋沉积物质量现状调查与评价

4.5.1 海洋沉积物组成及其类型

调查海区表层沉积物的粒度分析结果见表 4.5-1。表层沉积物的粒度类型主要包括粉砂质砂和砂质粉砂两种类型，粒径较粗。表层沉积物中砂、粉砂和粘土的平均含量分别为 45.5%、46.8%和 7.6%，不含砾。

调查海区沉积物粒度平均粒径变化在 $2.361\Phi\sim 5.745\Phi$ ($0.0186\text{mm}\sim 0.1946\text{mm}$) 之间，平均值为 4.198Φ (0.0559mm)。

表 4.5-1 表层沉积物类型及粒度参数

站号	层次 (cm)	粒级含量(%)				代号及名称	中值粒径 (Φ)
		砾 (G)	砂(S)	粉砂(T)	粘土(Y)		
P1	0-5	0	53.2	40.2	6.6	TS 粉砂质砂	3.261
P3	0-5	0	50.3	42.7	7	TS 粉砂质砂	3.906
P5	0-5	0	56.2	37.8	6	TS 粉砂质砂	2.636
P7	0-5	0	56.8	37.2	6	TS 粉砂质砂	2.559
P9	0-5	0	50.4	42.7	6.9	TS 粉砂质砂	3.881
P10	0-5	0	50.8	42.3	6.9	TS 粉砂质砂	3.778
P11	0-5	0	58	36.2	5.8	TS 粉砂质砂	2.361
P13	0-5	0	55.3	38.6	6.1	TS 粉砂质砂	2.757
P15	0-5	0	51.9	41.5	6.6	TS 粉砂质砂	3.530
P16	0-5	0	51.5	41.7	6.8	TS 粉砂质砂	3.594
P17	0-5	0	54.1	39.4	6.5	TS 粉砂质砂	2.952
P18	0-5	0	56.5	37.5	6	TS 粉砂质砂	2.602
P19	0-5	0	64.4	29.7	5.9	TS 粉砂质砂	3.098
P20	0-5	0	60.6	32.9	6.5	TS 粉砂质砂	3.026
P21	0-5	0	27.3	64	8.7	ST 砂质粉砂	5.695
P23	0-5	0	26.6	64.5	8.9	ST 砂质粉砂	5.745
P24	0-5	0	34.2	56.7	9.1	ST 砂质粉砂	5.392



站号	层次 (cm)	粒级含量(%)				代号及名称	中值粒径 (Φ)
		砾 (G)	砂(S)	粉砂(T)	粘土(Y)		
P25	0-5	0	37.5	53.8	8.7	ST 砂质粉砂	5.210
P26	0-5	0	38.6	52.9	8.5	ST 砂质粉砂	5.155
P27	0-5	0	40.9	50.8	8.3	ST 砂质粉砂	5.035
P29	0-5	0	38.8	52.5	8.7	ST 砂质粉砂	5.150
P31	0-5	0	38	53.4	8.6	ST 砂质粉砂	5.187
P33	0-5	0	36.1	54.8	9.1	ST 砂质粉砂	5.229
P35	0-5	0	35.9	54.8	9.3	ST 砂质粉砂	5.222
P40	0-5	0	36.1	54.6	9.3	ST 砂质粉砂	5.243
P41	0-5	0	38.3	52.6	9.1	ST 砂质粉砂	5.126
P43	0-5	0	39.5	51.6	8.9	ST 砂质粉砂	5.046
P45	0-5	0	37.4	53.5	9.1	ST 砂质粉砂	5.167
平均值	0-5	0.0	45.5	46.8	7.6	---	4.198
最小值	0-5	0.0	26.6	29.7	5.8	---	2.361
最大值	0-5	0.0	64.4	64.5	9.3	---	5.745

4.5.2 海洋沉积物质量调查结果

调查海域表层沉积物中有机氮、硫化物、汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷和石油类调查分析结果见表 4.5-2。

表 4.5-2 海洋沉积物中各污染物含量状况 (2017 年 11 月)

站号	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
	($\times 10^{-2}$)	($\times 10^{-6}$)								
P1	0.66	51	0.034	14.9	37.6	55.1	0.14	34.0	17.1	9.73
P3	0.76	62	0.012	3.32	11.8	21.2	0.10	50.2	20.7	9.92
P5	0.79	68	0.015	2.41	11.2	16.6	0.02	53.6	23.2	10.1
P7	0.71	67	0.015	3.37	10.6	18.0	0.05	55.9	23.9	8.66
P9	0.94	53	0.014	2.91	10.3	8.7	0.12	71.1	24.3	9.62
P10	0.97	68	0.021	1.85	9.9	11.7	0.03	57.1	24.6	9.15
P11	0.85	63	0.011	2.8	10.3	10.0	0.08	54.7	25.7	9.29
P13	0.82	52	0.014	2.37	10.1	5.3	0.12	50.8	22.2	8.77
P15	0.97	48	0.029	1.82	11.6	11.0	0.23	64.8	25.7	7.81
P16	0.94	58	0.038	2.55	10.4	11.3	Δ	67.2	26.6	10.12
P17	0.85	63	0.012	3.6	9.9	9.2	0.05	62.8	25.0	8.53
P18	0.84	66	0.021	2.37	11.1	15.9	0.02	67.5	27.6	11.5
P19	0.83	65	0.025	2.01	10.7	14.6	0.04	65.2	27.7	9.6
P20	0.82	68	0.02	2.3	11.3	15.7	0.05	64.8	28.5	9.43
P21	0.83	61	0.009	2.05	10.2	12.7	0.13	66.3	27.7	11.2
P23	0.85	51	0.015	1.7	8.0	6.5	0.07	65.5	26.3	11.8
P24	0.8	69	0.011	2.71	9.5	10.0	0.09	68.9	27.5	10.1
P25	0.85	54	0.013	2.53	9.9	21.1	0.06	63.6	25.8	11.3
P26	0.84	73	0.016	2.61	9.6	9.3	0.15	58.7	25.1	11.2



P27	0.81	71	0.013	1.69	9.3	5.9	0.22	55.9	23.5	13
P29	0.87	59	0.027	2.52	9.2	10.9	0.02	71.4	25.5	9.22
P31	0.87	49	0.012	1.94	9.0	2.4	0.04	56.1	25.3	10.15
P33	0.86	57	0.015	2.19	9.6	7.5	0.09	55.5	24.1	11.1
P35	0.84	62	0.015	11.5	8.6	9.6	0.11	47.8	22.2	10.4
P40	0.98	63	0.014	15.6	10.0	4.7	0.05	52.9	23.1	10.4
P41	0.97	64	0.009	2.01	9.6	9.0	0.05	55.3	23.6	10.3
P43	0.86	69	0.022	1.94	8.9	2.6	Δ	60.6	24.1	10.5
P45	0.86	67	0.017	2.53	9.4	11.5	0.09	58.3	26.8	11.8
平均值	0.85	61	0.017	3.65	11.0	12.4	0.10	59.2	24.8	10.2
最小值	0.66	48	0.009	1.69	8.0	2.4	Δ	34.0	17.1	7.8
最大值	0.98	73	0.038	15.6	37.6	55.1	0.23	71.4	28.5	13.0

注：“Δ”表示未检出

由上表可知，2017年11月调查海域，有机碳含量范围为(0.66~0.98)×10⁻²；硫化物含量范围为(48~73)×10⁻⁶；石油类含量范围为(7.8~13.0)×10⁻⁶；汞含量范围为(0.009~0.038)×10⁻⁶；铜含量范围为(8.0~37.6)×10⁻⁶；铅含量范围为(2.4~55.1)×10⁻⁶；镉含量范围为(未检出~0.23)×10⁻⁶；锌含量范围为(34.0~71.4)×10⁻⁶；铬含量范围为(17.1~28.5)×10⁻⁶；砷含量范围为(1.69~15.6)×10⁻⁶。

4.5.3 海洋沉积物质量评价结果

4.5.3.1 单项标准指数

调查海区表层海洋沉积物各调查站位中，只有1个样品的重金属铜标准指数大于1，其他样品中有机碳、硫化物、汞、砷、镉、锌、铬、铅和石油类的标准指数均低于1，符合《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中第一类海洋沉积物的质量标准。

4.5.3.2 超标统计

2017年11月调查海域海洋沉积物中各评价因子的标准指数值和超标率见表4.5-3。

表 4.5-3 表层海洋沉积物各评价因子的标准指数和超标率统计结果

站号	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
P1	0.33	0.17	0.17	0.75	1.07	0.92	0.28	0.23	0.21	0.02
P3	0.38	0.21	0.06	0.17	0.34	0.35	0.20	0.33	0.26	0.02
P5	0.40	0.23	0.08	0.12	0.32	0.28	0.05	0.36	0.29	0.02



P7	0.36	0.22	0.08	0.17	0.30	0.30	0.10	0.37	0.30	0.02
P9	0.47	0.18	0.07	0.15	0.29	0.15	0.24	0.47	0.30	0.02
P10	0.49	0.23	0.11	0.09	0.28	0.19	0.05	0.38	0.31	0.02
P11	0.43	0.21	0.06	0.14	0.30	0.17	0.17	0.36	0.32	0.02
P13	0.41	0.17	0.07	0.12	0.29	0.09	0.23	0.34	0.28	0.02
P15	0.49	0.16	0.15	0.09	0.33	0.18	0.46	0.43	0.32	0.02
P16	0.47	0.19	0.19	0.13	0.30	0.19	0.00	0.45	0.33	0.02
P17	0.43	0.21	0.06	0.18	0.28	0.15	0.09	0.42	0.31	0.02
P18	0.42	0.22	0.11	0.12	0.32	0.26	0.03	0.45	0.34	0.02
P19	0.42	0.22	0.13	0.10	0.31	0.24	0.07	0.43	0.35	0.02
P20	0.41	0.23	0.10	0.12	0.32	0.26	0.09	0.43	0.36	0.02
P21	0.42	0.20	0.05	0.10	0.29	0.21	0.27	0.44	0.35	0.02
P23	0.43	0.17	0.08	0.09	0.23	0.11	0.14	0.44	0.33	0.02
P24	0.40	0.23	0.06	0.14	0.27	0.17	0.18	0.46	0.34	0.02
P25	0.43	0.18	0.07	0.13	0.28	0.35	0.12	0.42	0.32	0.02
P26	0.42	0.24	0.08	0.13	0.27	0.16	0.30	0.39	0.31	0.02
P27	0.41	0.24	0.07	0.08	0.27	0.10	0.45	0.37	0.29	0.03
P29	0.44	0.20	0.14	0.13	0.26	0.18	0.04	0.48	0.32	0.02
P31	0.44	0.16	0.06	0.10	0.26	0.04	0.08	0.37	0.32	0.02
P33	0.43	0.19	0.08	0.11	0.27	0.12	0.18	0.37	0.30	0.02
P35	0.42	0.21	0.08	0.58	0.25	0.16	0.23	0.32	0.28	0.02
P40	0.49	0.21	0.07	0.78	0.29	0.08	0.10	0.35	0.29	0.02
P41	0.49	0.21	0.05	0.10	0.27	0.15	0.11	0.37	0.29	0.02
P43	0.43	0.23	0.11	0.10	0.25	0.04	0.00	0.40	0.30	0.02
P45	0.43	0.22	0.09	0.13	0.27	0.19	0.18	0.39	0.34	0.02
平均值	0.43	0.20	0.09	0.18	0.31	0.21	0.16	0.39	0.31	0.02
最小值	0.33	0.16	0.05	0.08	0.23	0.04	0.00	0.23	0.21	0.02
最大值	0.49	0.24	0.19	0.78	1.07	0.92	0.46	0.48	0.36	0.03
超标率	0	0	0	0	4%	0	0	0	0	0

由上表可知，调查海区表层海洋沉积物各调查站位中，除 P1 站位样品重金属铜含量超标外，其他样品中的有机碳、硫化物、汞、铜、镉、锌、铬、铅和石油类的含量均符合第一类海洋沉积物质量标准限值要求。

4.6 海洋生态环境现状调查与评价

4.6.1 叶绿素 a 和初级生产力

4.6.1.1 叶绿素 a

春、秋季调查各站叶绿素 a 含量的具体情况分别见表 4.6-1 和表 4.6-2。

表 4.6-1 春季各站叶绿素 a 和海洋初级生产力

站号	叶绿素 a (mg/m ³)						海洋初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
	表层	10m 层	50m 层	100m 层	底层	平均值	
P1	0.19	0.20	0.21	--	0.19	0.20	202



站号	叶绿素 a (mg/m^3)						海洋初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
	表层	10m 层	50m 层	100m 层	底层	平均值	
P2	0.09	0.10	0.18	--	0.19	0.14	143
P3	0.10	0.10	0.19	--	0.22	0.15	320
P4	0.08	0.10	0.16	--	0.31	0.16	166
P5	0.09	0.09	0.16	--	0.27	0.15	156
P6	0.12	0.12	0.46	--	0.21	0.23	233
P7	0.12	0.12	0.41	--	0.36	0.25	258
P8	0.10	0.11	0.20	--	0.05	0.12	118
P9	0.09	0.10	0.22	--	0.07	0.12	123
P10	0.09	0.11	0.23	--	0.06	0.12	125
P11	0.10	0.11	0.52	--	0.10	0.21	212
P12	0.10	0.11	0.53	--	0.11	0.21	217
P13	0.10	0.09	0.21	--	0.04	0.11	113
P14	0.09	0.09	0.20	--	0.04	0.11	107
P15	0.11	0.11	0.20	0.13	0.03	0.12	119
P16	0.12	0.11	0.25	--	0.05	0.13	133
P17	0.10	0.09	0.30	--	0.03	0.13	133
P18	0.09	0.11	0.32	0.12	0.04	0.14	164
P19	0.14	0.13	0.53	0.17	0.08	0.21	253
P20	0.07	0.09	0.21	0.22	0.09	0.14	162
P21	0.11	0.10	0.10	0.05	0.01	0.07	89
P22	0.09	0.10	0.10	0.26	0.19	0.15	178
P23	0.09	0.09	0.10	0.31	0.22	0.16	195
P24	0.17	0.13	0.23	0.03	0.10	0.13	159
P25	0.14	0.11	0.24	0.02	0.13	0.13	154
P26	0.07	0.09	0.20	0.26	0.17	0.16	190
P27	0.10	0.08	0.22	0.28	0.11	0.16	190
P28	0.09	0.08	0.11	0.16	0.26	0.14	168
P29	0.12	0.11	0.08	0.29	0.09	0.14	174
P30	0.13	0.11	0.07	0.26	0.11	0.14	172
P31	0.13	0.10	0.08	0.28	0.08	0.13	168
P32	0.10	0.11	0.37	0.02	0.01	0.12	154
P33	0.10	0.11	0.35	0.04	0.01	0.12	154
P34	0.09	0.11	0.33	0.08	0.01	0.12	157
P35	0.09	0.09	0.12	0.26	0.25	0.16	205
P40	0.10	0.11	0.14	0.22	0.07	0.13	131
P41	0.12	0.12	0.12	0.21	0.06	0.13	129
P43	0.10	0.09	0.22	0.09	0.04	0.11	110
P45	0.09	0.09	0.21	0.09	0.05	0.11	115
最小值	0.07	0.08	0.07	0.02	0.01	0.07	89
最大值	0.19	0.20	0.53	0.31	0.36	0.25	320
平均值	0.11	0.11	0.23	0.17	0.12	0.14	165

由上表可知，春季调查海域各站叶绿素 a 平均含量变化于 (0.07~0.25) mg/m^3 ，平均值为 $0.14\text{mg}/\text{m}^3$ 。在垂直分布上，总体上垂直分布较均匀。根据生物学参考标准（叶绿素 a 含量低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 为贫营养，(10~20) mg/m^3 为中营养，超过 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 为富营养），调查海区叶绿素 a 含量总体偏低，为贫营养海区。



表 4.6-2 秋季各站叶绿素 a 和海洋初级生产力

站号	叶绿素 a (mg/m ³)						海洋初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
	表层	10m 层	50m 层	100m 层	底层	平均值	
P1	0.37	0.31	0.22	--	0.23	0.28	276.0
P2	0.35	0.33	0.24	--	0.21	0.28	276.0
P3	0.35	0.30	0.22	--	0.22	0.27	266.2
P4	0.35	0.33	0.21	--	0.20	0.27	266.2
P5	0.35	0.32	0.21	--	0.22	0.28	268.7
P6	0.35	0.29	0.22	--	0.19	0.26	256.5
P7	0.36	0.35	0.20	0.21	0.17	0.26	255.1
P8	0.34	0.33	0.29	0.18	0.14	0.26	268.0
P9	0.35	0.33	0.28	0.20	0.13	0.26	270.1
P10	0.30	0.37	0.27	0.25	0.12	0.26	274.3
P11	0.33	0.31	0.23	0.21	0.12	0.24	251.2
P12	0.33	0.30	0.29	0.23	0.11	0.25	263.8
P13	0.35	0.37	0.30	0.21	0.11	0.27	277.4
P14	0.33	0.32	0.26	0.19	0.11	0.24	253.3
P15	0.37	0.40	0.31	0.19	0.15	0.28	297.3
P16	0.37	0.31	0.32	0.21	0.14	0.27	279.5
P17	0.35	0.33	0.30	0.19	0.14	0.26	274.3
P18	0.33	0.37	0.34	0.16	0.20	0.28	293.1
P19	0.32	0.39	0.36	0.15	0.21	0.29	299.4
P20	0.34	0.38	0.27	0.15	0.22	0.27	284.7
P21	0.34	0.37	0.36	0.19	0.18	0.29	301.5
P22	0.28	0.36	0.26	0.25	0.10	0.25	261.7
P23	0.29	0.38	0.29	0.23	0.09	0.26	268.0
P24	0.33	0.39	0.30	0.26	0.09	0.27	286.8
P25	0.36	0.43	0.27	0.27	0.11	0.29	301.5
P26	0.37	0.33	0.33	0.15	0.20	0.28	288.9
P27	0.36	0.35	0.40	0.18	0.23	0.30	315.1
P28	0.37	0.36	0.31	0.15	0.22	0.28	295.2
P29	0.31	0.35	0.28	0.22	0.09	0.25	261.7
P30	0.33	0.38	0.28	0.25	0.11	0.27	282.6
P31	0.35	0.38	0.32	0.22	0.11	0.27	286.8
P32	0.38	0.33	0.26	0.25	0.11	0.27	278.5
P33	0.37	0.39	0.38	0.25	0.12	0.30	316.1
P34	0.39	0.37	0.26	0.29	0.11	0.28	297.3
P35	0.35	0.37	0.27	0.27	0.11	0.27	286.8
P40	0.31	0.29	0.25	0.21	0.12	0.24	247.0
P41	0.28	0.32	0.27	0.21	0.09	0.23	245.0
P43	0.36	0.34	0.28	0.19	0.13	0.26	272.2
P45	0.38	0.36	0.27	0.18	0.14	0.27	278.5
最小值	0.28	0.29	0.20	0.15	0.09	0.23	245.0
最大值	0.39	0.43	0.40	0.29	0.23	0.30	316.1
平均值	0.34	0.35	0.28	0.21	0.15	0.27	277.5

注：“--”为无该层数据。



由上表可知，秋季调查海域各站叶绿素 a 平均含量变化于 (0.23~0.30) mg/m^3 ，平均值为 $0.27\text{mg}/\text{m}^3$ 。在垂直分布上，10m 层叶绿素 a 含量最高，平均值为 $0.35\text{mg}/\text{m}^3$ ；其次是表层，平均值为 $0.34\text{mg}/\text{m}^3$ ；总体来看随着水深增加叶绿素 a 含量相对减少，根据生物学参考标准，该海区属于贫营养海区。

4.6.1.2 初级生产力

春、秋季两次调查各站初级生产力计算结果见表 4.6-1 和表 4.6-2。

春季调查海域各站海洋初级生产力变化较明显，范围为 (89~320) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为 $165\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；初级生产力总体水平处于低水平，与叶绿素 a 含量的分布规律相似。

秋季调查海域各站海洋初级生产力变化较小，范围为 (245.0~316.1) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为 $277.5\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，初级生产力水平处于低水平—中低水平，与叶绿素 a 含量的分布规律相似。

4.6.2 浮游植物

4.6.2.1 种类组成

春季调查海域共出现浮游植物 3 门 44 属 134 种，详见附表 13。硅藻种类最多，有 31 属 81 种，占总物种数的 60.4%；甲藻有 12 属 52 种，占总物种数的 38.8%；蓝藻为 1 属 1 种。

秋季调查海域共出现浮游植物 3 门 37 属 115 种，详见附表 14。硅藻种类最多，有 27 属 88 种，占 76.5%；甲藻有 9 属 25 种，占 21.7%，蓝藻 1 属 2 种占 1.7%。

4.6.2.2 个体数量分布

春季、秋季海域浮游植物个数数量见表 4.6-3。

春季调查海域浮游植物体数量变化范围在 $(0.10\sim 8.21)\times 10^4$ 个/ m^3 之间，平均为 1.24×10^4 个/ m^3 。秋季调查海域各站的浮游植物个体总数变化大，个体数量变化范围为 $(0.230\sim 36.877)\times 10^4$ 个/ m^3 ，平均为 9.156×10^4 个/ m^3 。

表 4.6-3 春、秋季调查各站浮游植物个体数量($\times 10^4$ 个/ m^3)

春季	秋季
----	----



站位	硅藻	甲藻	蓝藻	合计	站号	硅藻	甲藻	蓝藻	合计
P1	7.74	0.46	0.01	8.21	P1	11.957	0.217	0.245	12.418
P3	0.83	0.18	0.05	1.06	P3	15.567	0.218	0.336	16.121
P5	3.88	0.37	0.17	4.42	P5	31.309	0.668	0.358	32.335
P7	3.86	0.43	0.03	4.31	P7	0.913	0.066	0.000	0.980
P9	1.30	0.30	0.00	1.61	P9	1.810	0.074	0.037	1.921
P10	1.47	0.28	0.01	1.76	P10	9.580	0.137	0.190	9.907
P11	0.72	0.08	0.00	0.81	P11	0.227	0.003	0.000	0.230
P13	0.64	0.08	0.01	0.73	P13	0.367	0.000	0.008	0.375
P15	0.24	0.14	0.08	0.46	P15	17.373	0.261	0.046	17.680
P16	1.23	0.27	0.00	1.50	P16	15.666	0.105	0.131	15.902
P17	1.52	0.28	0.08	1.88	P17	35.943	0.433	0.501	36.877
P18	0.21	0.13	0.04	0.38	P18	1.195	0.030	0.007	1.232
P19	0.20	0.15	0.05	0.40	P19	5.814	0.080	0.141	6.035
P20	0.04	0.08	0.01	0.13	P20	1.014	0.030	0.030	1.073
P21	0.21	0.08	0.02	0.31	P21	0.762	0.018	0.012	0.792
P23	0.08	0.03	0.02	0.13	P23	5.327	0.090	0.075	5.491
P24	0.10	0.07	0.00	0.18	P24	5.509	0.124	0.283	5.915
P25	0.36	0.23	0.05	0.63	P25	0.557	0.011	0.004	0.571
P26	0.10	0.10	0.01	0.21	P26	3.624	0.016	0.016	3.656
P27	0.52	0.19	0.05	0.76	P27	5.142	0.124	0.104	5.369
P29	0.43	0.11	0.05	0.59	P29	10.334	0.197	0.095	10.626
P31	0.39	0.11	0.03	0.53	P31	5.430	0.113	0.150	5.693
P33	0.45	0.22	0.07	0.73	P33	0.801	0.004	0.004	0.810
P35	0.06	0.10	0.03	0.19	P35	6.201	0.156	0.065	6.422
P40	1.14	0.13	0.00	1.27	P40	19.128	0.134	0.202	19.464
P41	0.52	0.16	0.03	0.72	P41	13.251	0.313	0.232	13.796
P43	0.57	0.10	0.02	0.69	P43	10.313	0.239	0.276	10.827
P45	0.07	0.03	0.00	0.10	P45	13.329	0.397	0.118	13.845
最小值	0.04	0.03	0.00	0.10	最小值	0.227	0.000	0.000	0.230
最大值	7.74	0.46	0.17	8.21	最大值	35.943	0.668	0.501	36.877
平均值	1.03	0.17	0.03	1.24	平均值	8.873	0.152	0.131	9.156

4.6.2.3 优势种

春季调查海区浮游植物共出现优势种 12 种，有紧挤角毛藻、长海毛藻、短叉角毛藻、二齿双管藻、大西洋角毛藻、海洋角管藻、笔尖根管藻、劳氏角毛藻、三叉角藻、束毛藻、萎软几内亚藻和距端根管藻，优势度分别为 0.057、0.047、0.041、0.033、0.033、0.029、0.028、0.028、0.027、0.025、0.022、0.020。



调查海区出现的优势种类较多，且主要优势种优势度较低，表明海区并无数量占绝对优势的种类。

秋季调查海区浮游植物优势种有旋链角毛藻、窄隙角毛藻、细弱海链藻、菱形海线藻、伏氏海毛藻、平滑角毛藻、柔弱菱形藻，优势度分别为 0.518、0.073、0.052、0.028、0.027、0.023、0.020，调查海区出现的优势种类较多。

4.6.2.4 种类多样性、均匀度、丰富度和优势度

春、秋季调查浮游植物群落特征指数见表 4.6-4。

春季调查海域中各站位浮游植物多样性指数变化范围在 3.96~5.15 之间，平均值为 4.56。均匀度变化范围在 0.77~0.94 之间，平均值为 0.86；丰富度指数变化范围在 2.04~4.22 之间，平均值为 3.14。以上指标显示该海区多样性指数、均匀度和丰富度均处于高水平，浮游植物种类较多，分布较为均匀，浮游植物群落多样性水平较高。

秋季调查海域中各站位浮游植物多样性指数变化范围在 2.126~4.130 之间，平均值为 3.122。均匀度变化范围在 0.400~0.854 之间，平均值为 0.638；丰富度指数变化范围在 1.195~2.731 之间，平均值为 2.052。各项指标表明调查海区大多数调查站多样性和丰富度较高，海区出现的浮游植物种类较多，数量分布较为均匀，各项指标表明调查海区大部浮游植物环境较好。

表 4.6-4 两次调查浮游植物多样性指数 (H')、均匀度 (J)、丰富度 (d)

春季				秋季				
站位	H'	J	d	站号	种数	H'	J	d
P1	4.57	0.85	2.45	P1	42	2.282	0.424	2.423
P3	4.52	0.85	2.92	P3	39	2.380	0.451	2.197
P5	4.67	0.82	3.31	P5	38	2.635	0.503	2.022
P7	5.15	0.85	4.22	P7	21	3.484	0.795	1.508
P9	4.71	0.86	3.08	P9	18	3.553	0.854	1.195
P10	4.90	0.87	3.47	P10	41	2.811	0.526	2.410
P11	4.56	0.87	2.77	P11	18	3.472	0.834	1.522
P13	5.03	0.88	4.05	P13	18	3.411	0.820	1.432
P15	4.14	0.82	2.63	P15	45	2.853	0.520	2.524
P16	4.51	0.80	3.60	P16	40	4.130	0.777	2.257



P17	4.06	0.77	2.68	P17	40	2.126	0.400	2.109
P18	4.57	0.87	3.11	P18	19	3.423	0.807	1.325
P19	4.35	0.84	3.01	P19	41	3.116	0.583	2.519
P20	4.08	0.85	2.62	P20	20	3.432	0.796	1.419
P21	4.63	0.87	3.37	P21	18	3.006	0.722	1.313
P23	3.96	0.89	2.04	P23	44	3.695	0.678	2.731
P24	4.26	0.88	2.60	P24	39	2.806	0.532	2.397
P25	4.82	0.88	3.41	P25	21	3.101	0.707	1.603
P26	4.49	0.91	2.73	P26	24	2.807	0.613	1.517
P27	4.94	0.90	3.41	P27	42	3.226	0.599	2.609
P29	4.53	0.85	3.11	P29	36	3.190	0.618	2.096
P31	4.69	0.86	3.48	P31	39	3.898	0.739	2.406
P33	4.68	0.86	3.35	P33	23	3.002	0.665	1.694
P35	4.07	0.83	2.66	P35	41	3.642	0.681	2.505
P40	4.70	0.81	3.96	P40	36	2.789	0.541	1.992
P41	4.54	0.83	3.36	P41	45	2.365	0.432	2.577
P43	4.95	0.87	3.92	P43	45	3.827	0.698	2.631
P45	4.47	0.94	2.61	P45	44	2.951	0.542	2.518
范围	3.96~5.15	0.77~0.94	2.04~4.22	范围		2.126~4.130	0.400~0.854	1.195~2.731
平均值	4.56	0.86	3.14	平均值		3.122	0.638	2.052

4.6.3 浮游动物

4.6.3.1 种类组成

春季调查该海域共记录到终生浮游动物 13 类 270 种（类）和阶段性浮游幼体（包括鱼卵、仔稚鱼）27 类（详见附表 15）。桡足类的种类最多，共计 114 种（类），占总种类数的 38.4%；其次为水母类，共 49 种（包括 2 种栉水母），占总种类数的 16.5%；被囊类 26 种（类），占 8.8%；端足类 24 种（类），占 8.1%；其他类群按种类数由多到少依次为介形类、毛颚类、磷虾类、翼足类、多毛类、异足类、十足类、枝角类和原生动物。

秋季调查该海域共鉴定出终生浮游动物 13 类 152 种（类）和阶段性浮游幼体（包括鱼卵、仔稚鱼）20 类（详见附表 16）。其中以桡足类种类数最多，共计 78 种，占总种类数的 45.3%；其次为水母类（含水螵水母和栉水母），共 32 种，占总种类数的 18.6%；毛颚类和翼足类各 7 种，分别占 4.1%；其他类群按种类数由多到少依次为被囊类、磷虾类、介形类、十足类、多毛类、端足类、枝角类、异足类和糠虾类。



4.6.3.2 生物量和个体数量分布

春季调查海域各站位浮游动物生物量和个体数量详见表 4.6-5。春季调查海区浮游动物的平均个体数量为 289.11 个/m³，变化范围为（63.36~835.16）个/m³。浮游动物生物量范围在（5.11~58.11）mg/m³之间，平均 20.43mg/m³。

表 4.6-5 春季调查浮游动物的生物量和个体数量

站号	生物量 (mg/m ³)	个体数量 (个/m ³)							
		桡足类	浮游幼体	被囊类	水母类	毛颚类	介形类	其它八类	总计
P1	58.11	171.75	104.76	57.10	13.86	4.36	0.34	2.70	354.87
P3	15.48	124.46	35.53	20.77	1.00	1.72	0.10	2.22	185.80
P5	23.56	249.47	62.66	24.77	1.47	2.11	0.22	0.69	341.39
P7	16.84	267.23	83.42	3.52	0.08	1.41	2.30	0.74	358.70
P9	27.54	218.51	51.95	35.10	0.34	1.41	0.04	1.16	308.51
P10	25.20	487.53	86.77	62.00	1.01	2.44	0.00	4.29	644.04
P11	30.28	448.38	137.66	94.67	16.40	2.96	0.17	2.24	702.48
P13	12.00	80.08	28.41	15.01	1.52	1.70	0.51	0.90	128.13
P15	21.44	241.89	26.44	29.76	2.22	1.80	0.06	3.02	305.19
P16	22.46	234.84	84.96	22.58	1.38	6.74	1.07	0.37	351.94
P17	9.67	123.34	31.19	4.51	1.25	0.56	0.11	0.30	161.26
P18	25.10	222.55	34.51	32.40	0.94	1.60	0.31	1.27	293.58
P19	16.50	125.96	34.05	14.15	1.19	3.76	0.10	1.73	180.94
P20	5.80	65.06	14.95	5.53	0.30	0.24	0.50	0.17	86.75
P21	10.00	84.58	31.26	8.22	1.05	0.71	0.00	0.13	125.95
P23	15.19	72.94	24.18	9.87	1.19	2.99	0.11	0.79	112.07
P24	14.70	144.65	21.50	27.47	0.85	1.02	1.20	1.64	198.33
P25	17.30	81.93	6.04	20.47	0.67	1.44	0.00	0.40	110.95
P26	11.20	122.19	34.66	9.84	0.46	0.06	0.01	0.84	168.06
P27	16.20	444.07	68.50	6.51	2.08	4.41	0.10	0.87	526.54
P29	32.65	280.89	48.36	36.14	2.44	1.19	3.99	0.89	373.90
P31	17.60	153.87	46.16	29.59	0.19	0.40	2.03	1.62	233.86
P33	31.00	212.18	30.95	20.33	1.32	1.50	0.33	1.45	268.06
P35	28.30	78.24	63.84	25.32	3.88	1.96	0.02	1.46	174.72
P40	5.11	42.48	11.16	8.42	0.45	0.60	0.15	0.10	63.36
P41	11.68	165.54	28.94	2.44	0.12	4.19	0.02	1.37	202.62
P43	33.91	588.58	126.29	103.76	5.38	2.90	2.90	5.35	835.16
P45	17.20	203.58	52.15	35.12	1.17	4.63	0.01	1.35	298.01
平均值	20.43	204.88	50.40	27.33	2.29	2.17	0.60	1.43	289.11

秋季调查海域浮游动物个体数量的分布见表 4.6-6。浮游动物个体数量的变化范围为（10.37~58.45）个/m³，平均 24.37 个/m³。秋季调查海域各站点浮游动物的平均生物量为 23.64 mg/m³，变化范围为 5.70~49.16 mg/m³。



表 4.6-6 秋季调查浮游动物的生物量和个体数量

站号	生物量 (mg/m ³)	个体数量 (个/m ³)								总计
		桡足类	浮游幼体	被囊类	毛颚类	水母类	翼足类	十足类	其他七类	
P1	45.43	5.99	8.77	2.6	3.47	0.85	1.06	0.35	0.06	23.15
P3	42.64	10.25	7.77	3.7	1.93	1.31	0.9	0.35	0.18	26.39
P5	34.09	8.73	8.43	3.63	4.54	0.45	0.56	0.18	0.02	26.54
P7	27.32	13.39	8.4	5.28	1.14	0.87	1.14	0.14	0.05	30.41
P9	25.41	12.88	7.7	13.54	1.31	1.75	0.42	0.28	0.43	38.31
P10	21.82	8.56	4.7	5.02	2.24	0.85	0.79	0.15	0.13	22.44
P11	23.91	8.33	5.6	5.57	1.16	1.31	0.7	0.36	0.24	23.27
P13	10.80	4.54	3.29	2.65	1.04	0.5	0.52	0.16	0.08	12.78
P15	49.16	7.65	8.07	6.13	2.84	2.4	0.6	0.6	0.15	28.44
P16	30.92	20.59	19.15	13.85	1.15	1.37	0.91	0.45	0.98	58.45
P17	17.44	5.7	5.56	3.38	0.8	0.48	0.81	0.18	0.02	16.93
P18	19.30	11.43	5.78	7.69	1.12	0.67	0.36	0.16	0.01	27.22
P19	14.20	10.3	7.11	3.04	1.76	1.28	1.12	0.16	0.19	24.96
P20	12.80	5.76	1.98	1.38	0.4	0.25	0.48	0.11	0.18	10.54
P21	28.00	16.84	9.36	6.72	1.76	0.68	0.32	0.17	0.21	36.06
P23	14.33	9.53	5.92	3.09	1.07	0.1	0.51	0.11	0.01	20.34
P24	5.70	9.18	4.23	3.36	0.8	0.1	0.73	0.96	0.03	19.39
P25	14.10	7.84	3.25	1.68	1.38	0.7	0.08	0.08	0.16	15.17
P26	13.10	5.02	2.43	0.72	1.7	0.21	0.11	0.08	0.1	10.37
P27	16.50	14.27	3.17	8.65	2.88	0.98	0.33	0.32	0.19	30.79
P29	21.92	12.99	9.3	3.51	2.96	0.21	0.78	0.77	0.02	30.54
P31	6.70	5.78	3.38	2.08	0.81	0.23	0.24	0.06	0.01	12.59
P33	18.00	12.48	7.78	3.2	1.85	0.28	0.33	0.56	0.01	26.49
P35	13.10	3.44	2.78	1.52	2.08	0.48	0.33	0.08	0.04	10.75
P40	27.18	6.47	5.86	3.42	3.78	1.11	0.75	0.37	0.32	22.08
P41	38.78	12.23	8.72	5.62	1.95	1.03	0.45	0.73	0.04	30.77
P43	31.03	11.75	7.13	3.65	1.78	0.75	0.59	0.13	0.15	25.93
P45	38.29	7.61	7.26	3.66	0.35	0.26	0.9	0.46	0.62	21.12
平均值	23.64	9.63	6.53	4.58	1.79	0.77	0.60	0.30	0.17	24.37

4.6.3.3 优势种

春季调查浮游动物优势种为拟长腹剑水蚤、长尾基齿哲水蚤、小拟哲水蚤、羽长腹剑水蚤、针刺拟哲水蚤、强额孔雀哲水蚤和丽隆剑水蚤，其优势度分别为 0.112、0.082、0.061、0.051、0.047、0.037 和 0.027。从优势度来看，调查海区的优势种多而分散，没有出现优势度特别集中的强优势种，海区浮游动物种类组成较为均匀。

秋季调查浮游动物优势种为肥胖箭虫、亚强次真哲水蚤、微驼隆哲水蚤、



背突隆剑水蚤和小拟哲水蚤，其优势度分别为 0.092、0.059、0.050、0.041、和 0.038。从优势度上看，各优势种间的优势度差异不大，调查海区没有出现绝对优势种。

4.6.3.4 种类多样性指数、均匀度和丰富度

春季调查浮游动物的种类多样性指数在 3.95~5.02 之间，平均值为 4.54；均匀度在 0.63~0.75 之间，平均值 0.70；丰富度在 8.01~15.62 之间，平均值 11.41（表 4.6-7）。调查海区浮游动物群落的生物多样性水平很高，群落间的种类分布也很均匀，浮游动物群落结构稳定，海区生态环境处于健康状态。

秋季调查浮游动物的种类多样性指数在 3.33~4.72 之间，平均值为 4.08；均匀度在 0.61~0.84 之间，平均值 0.74；丰富度在 8.77~15.17 之间，平均值 11.53（表 4.6-7）。此次调查中监测海区浮游动物群落的生物多样性水平较高，群落间的种类分布也较为均匀，浮游动物群落结构较稳定，海区生态环境处于健康状态。

表 4.6-7 浮游动物多样性指数、均匀度、丰富度

春季				秋季			
站号	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰富度 d	站位	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰富度 d
P1	4.26	0.66	10.27	P1	4.27	0.80	10.40
P3	4.54	0.71	10.88	P3	4.55	0.84	9.72
P5	4.53	0.71	9.98	P5	3.87	0.71	10.05
P7	4.21	0.69	8.01	P7	4.48	0.81	10.31
P9	4.63	0.73	9.67	P9	3.79	0.65	11.14
P10	4.64	0.69	10.93	P10	4.47	0.78	12.29
P11	4.66	0.70	10.79	P11	4.32	0.74	13.27
P13	4.86	0.75	12.85	P13	4.37	0.77	15.09
P15	4.77	0.72	11.87	P15	4.38	0.78	11.27
P16	4.24	0.67	9.58	P16	4.08	0.71	10.20
P17	4.32	0.70	9.68	P17	4.15	0.74	13.40
P18	4.89	0.73	12.69	P18	3.88	0.71	9.95
P19	4.79	0.73	12.27	P19	4.72	0.84	11.54
P20	4.26	0.69	10.87	P20	4.58	0.82	15.17
P21	3.95	0.66	8.74	P21	4.09	0.73	10.13
P23	4.68	0.72	13.22	P23	3.33	0.61	11.43
P24	5.02	0.73	15.33	P24	3.42	0.62	11.47
P25	4.67	0.70	15.16	P25	3.95	0.71	12.87
P26	4.13	0.65	10.82	P26	3.64	0.68	13.38



P27	4.50	0.71	8.96	P27	3.74	0.69	8.77
P29	4.50	0.66	12.99	P29	3.54	0.66	9.07
P31	4.60	0.68	13.47	P31	3.45	0.65	12.18
P33	4.98	0.71	15.62	P33	3.58	0.66	10.18
P35	4.18	0.63	13.29	P35	3.96	0.73	13.69
P40	4.23	0.75	8.19	P40	4.32	0.77	11.94
P41	4.74	0.72	12.14	P41	4.44	0.80	10.08
P43	4.85	0.72	10.61	P43	4.23	0.77	10.40
P45	4.61	0.71	10.71	P45	4.65	0.82	13.45
平均值	4.54	0.70	11.41	平均值	4.08	0.74	11.53

4.6.4 底栖生物

4.6.4.1 种类组成

春季调查共鉴定出底栖生物 6 大类 152 种，种名详见附表 17。其中节肢动物的种类数最多，有 54 种，占总种类数的 35.5%；其次为脊索动物，有 41 种，占 27.0%；软体动物有 24 种，占 15.8%；棘皮动物有 15 种，占 9.9%；环节动物有 10 种，占 6.6%；腔肠动物有 8 种，占 5.3%。

秋季调查经鉴定共有 5 大门类 133 种，种名详见附表 17。其中节肢动物种类最多，有 51 种，约占总种数的 38.3 %；脊索动物次之，有 42 种，占总种数的 31.6 %；软体动物有 27 种，占总种数的 20.3 %；环节动物有 7 种，占总种数的 5.3 %；棘皮动物有 6 种，分别占总种数的 4.5 %，底栖生物种类组成以暖水性大洋广布种类为主。

4.6.4.2 生物量和栖息密度

春、秋季两次调查底栖生物各站生物量和栖息密度见表 4.6-8。

春季调查海域底栖生物的栖息密度变化范围为 (0~35) 个/m²，平均栖息密度为 13 个/m²；生物量变化范围为 (0~9.7) g/m²，平均生物量为 2.49g/m²。

秋季调查海域底栖生物的栖息密度变化范围为 (5~10) 个/m²，平均栖息密度为 6 个/m²；生物量变化范围为 (0~7.5) g/m²，平均生物量为 3.5 g/m²。栖息密度和生物量在调查区的分布均匀，差异较小。

表 4.6-8 底栖生物各站的栖息密度(个/m²)和生物量(g/m²)

站号	春季		秋季	
	栖息密度 (个/m ²)	生物量 (g/m ²)	栖息密度 (个/m ²)	生物量 (g/m ²)
P1	25	3.73	10	0.4
P3	30	1.31	5	2.7
P5	20	0.56	5	1.1
P7	10	0.49	10	4.8
P9	35	1.98	10	0.7
P10	10	1.48	5	0.7
P11	20	9.7	5	5.7
P13	5	0.44	5	2.5
P15	10	3.77	5	5.5
P16	10	1.09	5	0.9
P17	10	4.7	10	4.2
P18	0	0.12	5	5.2
P19	10	3.01	5	2.0
P20	10	1.77	5	3.1
P21	10	1.19	5	4.9
P23	5	3.34	10	6.8
P24	10	1.72	5	4.7
P25	5	1.34	10	5.4
P26	5	0.17	5	6.8
P27	5	1.6	10	7.5
P29	25	0	5	5.9
P31	10	2.07	5	2.4
P33	5	2.16	5	2.1
P35	15	0.94	5	4.0
P40	10	8.42	5	1.9
P41	10	2.4	5	0.0
P43	15	1.73	5	1.1
P45	25	8.61	10	4.2
平均	13	2.49	6	3.5

4.6.4.3 优势种

春季调查定性拖网中底栖生物的优势种共有 5 种，分别有颗粒圆蟹、合寄居蟹、银光梭子蟹、圆柱鲈形贻和镶边海星，优势度为 0.076、0.027、0.020、0.027 和 0.021。

秋季调查定性拖网中底栖生物的优势种共有 8 种，分别为道格拉蛇尾(0.458)、绿盾海胆(0.056)、短鲈(0.054)、丽纹梭子蟹(0.084)、马氏蝉虾(0.025)、银光梭子蟹(0.026)、疣状梭子蟹(0.020)、顶尖织纹螺(0.023)。



4.6.4.4 种类多样性指数、均匀度和丰富度

春、秋季调查底栖生物多样性指数、均匀度和丰富度见表 4.6-9。

春季调查底栖生物群落的种类多样性指数平均为 3.41，变化范围为 2.33~4.08；均匀度指数平均为 0.89，变化范围为 0.70~0.96；丰富度指数平均为 2.78，变化范围为 1.33~3.86。由此可以看出调查海区生物多样性较好，底栖生物种类丰富度的平均值处于中等水平。

秋季调查底栖生物群落的种类多样性指数平均为 4.00，变化范围为 3.46~4.76；均匀度指数平均为 0.93，变化范围为 0.83~0.98；丰富度指数平均为 3.68，变化范围为 2.69~5.37。调查区生物多样性指数、丰富度和均匀度的均值都较高，显示底栖生物群落结构比较稳定，底栖生物的种类丰富，种类丰富度高，种类分布均匀度高。

表 4.6-9 底栖生物多样性指数、均匀度和丰富度

春季				秋季			
站号	多样性指数	均匀度	丰富度	站号	多样性指数	均匀度	丰富度
P1	3.34	0.74	3.44	P1	4.26	0.97	4.04
P3	3.34	0.88	2.53	P5	4.16	0.96	4.04
P5	3.12	0.7	3.26	P7	3.97	0.85	4.36
P7	4.05	0.9	3.63	P9	3.95	0.95	3.37
P9	4.03	0.88	3.64	P10	3.62	0.95	3.06
P10	3.51	0.92	2.68	P11	3.46	0.91	2.77
P11	3.99	0.9	3.7	P13	3.68	0.94	2.69
P13	3.54	0.96	2.69	P15	4.01	0.95	3.63
P15	3.6	0.92	2.94	P16	3.68	0.83	3.63
P16	2.64	0.94	1.81	P17	3.55	0.87	2.97
P17	3.33	0.83	2.88	P18	3.56	0.96	2.73
P18	3.91	0.88	3.65	P19	3.64	0.96	3.06
P19	2.81	0.94	1.89	P20	4.05	0.97	3.71
P20	2.98	0.83	2.22	P21	3.73	0.98	3.12
P21	4.05	0.91	3.63	P23	4.40	0.94	4.43
P23	3.89	0.93	3.17	P24	4.02	0.96	3.66
P24	3.49	0.95	2.65	P25	4.76	0.94	5.37
P25	3.25	0.88	2.55	P26	4.51	0.91	4.76
P26	3.71	0.95	2.98	P27	4.01	0.93	3.44
P27	3.28	0.86	2.44	P29	4.27	0.92	4.17
P29	2.69	0.9	1.84	P3	4.10	0.98	3.81
P31	2.61	0.87	1.95	P31	4.05	0.94	3.52
P33	2.33	0.83	1.33	P33	4.20	0.93	4.01
P35	3.61	0.95	2.87	P35	3.93	0.89	3.46



春季				秋季			
站号	多样性指数	均匀度	丰富度	站号	多样性指数	均匀度	丰富度
P40	3.54	0.91	2.65	P40	3.89	0.90	3.50
P41	3.06	0.89	1.97	P41	4.09	0.95	3.73
P43	4.08	0.9	3.86	P43	4.08	0.94	3.65
P45	3.73	0.93	3.06	P45	4.29	0.90	4.30
平均值	3.41	0.89	2.78	平均值	4.00	0.93	3.68

4.6.5 海洋生态环境现状调查与评价小结

4.6.5.1 叶绿素 a 及初级生产力

春季调查海域各站位叶绿素平均含量变化于 (0.07~0.25) mg/m^3 ，平均值为 0.14 mg/m^3 。调查海区叶绿素 a 属于贫营养级。本次调查各站海洋初级生产力差异较小，范围为 (89~320) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均为 165 $\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。初级生产力总体水平处于低水平。

秋季调查海域各站位叶绿素含量变化于 (0.23~0.30) mg/m^3 ，平均值为 0.27 mg/m^3 ，平面差异较小；各站海洋初级生产力差异较小，变化于 (245~316) $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 277.5 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。调查显示，海区各层次各站叶绿素 a 含量低，调查海区属于贫营养级；生产力水平为中低水平。

4.6.5.2 浮游植物

春季调查浮游植物共出现 3 门 44 属 134 种。浮游植物个体数量范围为 (0.10~8.21) $\times 10^4$ 个/ m^3 ，平均为 1.24 $\times 10^4$ 个/ m^3 ，硅藻占 83.3%。调查海区浮游植物优势种为紧挤角毛藻、长海毛藻、短叉角毛藻等 12 种。调查显示该海区浮游植物多样性指数、均匀度和丰富度均处于高水平，优势度较低，浮游植物群落多样性水平较高。

秋季调查共出现浮游植物 3 门 37 属 115 种。浮游植物个体数量范围为 (0.230~36.877) $\times 10^4$ 个/ m^3 ，平均为 9.156 $\times 10^4$ 个/ m^3 。整个调查海区浮游植物优势种包括旋链角毛藻、窄隙角毛藻、细弱海链藻、菱形海线藻、伏氏海毛藻、平滑角毛藻、柔弱菱形藻共 7 种。各项指标表明调查海区大多数调查站多样性和丰富度较高，海区出现的浮游植物种类较多，数量分布较为均匀，各项指标表明调查海区大部浮游植物环境较好。



4.6.5.3 浮游动物

春季调查海域共记录到终生浮游动物 13 类 270 种（类）和阶段性浮游幼体(包括鱼卵、仔稚鱼)27 类，桡足类的种类最为丰富。监测海域浮游动物的个体数量变化范围为（63.36~835.16）个/m³，平均 289.11 个/m³，生物量范围为（5.11~58.11）mg/m³，平均 20.43 mg/m³，浮游动物的优势种为拟长腹剑水蚤、长尾基齿哲水蚤、小拟哲水蚤等 7 种。浮游动物的种类多样性指数、均匀度处于较高水平，说明调查海区浮游动物群落的生物多样性水平高，群落组成稳定，海区环境质量良好。

秋季调查海域共鉴定出终生浮游动物 152 种和 20 类阶段性浮游幼体(包括鱼卵、仔稚鱼)。调查海区浮游动物个体数量变化范围为（10.37~58.45）个/m³，平均 24.37 个/m³。生物量变化范围为（5.70 ~ 49.16）mg/m³，均值为 23.64mg/m³，秋季调查的优势种为肥胖箭虫、亚强次真哲水蚤、微驼隆哲水蚤、背突隆剑水蚤和小拟哲水蚤。调查海区浮游动物群落的多样性指数和均匀度均处于较高水平，说明调查海区的浮游动物群落多样性水平较高，群落组成较为稳定。

4.6.5.4 底栖生物

春季调查海域共发现底栖生物 6 大类 152 种，节肢动物种类最多，有 54 种；底栖生物的栖息密度范围为（0~35）个/m²，平均 13 个/m²，生物量变化范围为（0~9.7）g/m²，平均 2.49 g/m²。优势种共有 5 种，第一优势种为颗粒圆蟹。底栖生物群落的生物多样性处于中上水平，说明海区底栖生物的生物多样性较好，底栖生物种类丰富度的平均值处于中等水平。

秋季调查海域共发现底栖生物 5 大类 133 种，节肢动物种类最多，有 51 种；底栖生物的栖息密度范围为（5~10）个/m²，平均 6 个/m²，生物量变化范围为（0~7.5）g/m²，平均 3.5 g/m²；优势种共有 8 种，第一优势种为道格拉蛇尾；调查区生物多样性指数丰富度和均匀度都处于较高水平。



4.7 海洋生物质量现状调查与评价

4.7.1 主要污染物质的含量状况

春季生物质量调查共鉴定出底栖生物样品 38 个，其中鱼类 25 个，甲壳类 11 个，软体类 2 个。

秋季生物质量调查共鉴定出底栖生物样品 26 个，包括鱼类 10 个，甲壳类 6 个，贝类（双壳类）4 个，软体类 6 个。

根据《海洋监测规范》（GB17378.6-2007）的有关规定，取待测生物样品的可食部分，测定其铜、铅、锌、镉、铬、砷、总汞和石油烃的含量。

春、秋两次调查海洋底栖生物体内污染物含量分别见表 4.7-1 和表 4.7-2。

表 4.7-1 春季调查底栖生物体内各指标的含量水平（鲜重： $\times 10^{-6}$ ）

站号	种名	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
P1	六突拟对虾	0.036	1.6	7.1	0.5	0.02	12.4	0.45	6.20
P1	鳄齿贻	0.044	0.5	0.3	0.8	0.03	11.3	0.37	3.35
P3	大鳞短额鲷	0.018	0.5	0.2	0.6	0.03	5.5	nd	3.26
P5	环纹蓑鲉	0.039	0.5	nd	0.3	0.02	1.9	nd	1.97
P7	大鳞短额鲷	0.028	0.8	0.2	0.4	0.05	7.0	nd	4.61
P9	大鳞短额鲷	0.046	0.6	0.1	0.1	0.03	8.2	0.11	3.61
P10	网纹裸胸鳝	0.177	0.3	0.1	0.2	0.06	11.4	0.10	2.36
P11	中华管鞭虾	0.018	0.5	3.3	nd	0.3	9.7	0.66	5.45
P11	斑鳍红娘鱼	0.072	0.3	0.1	0.2	0.25	6.6	0.09	2.48
P13	日本金线鱼	0.023	0.4	0.1	0.1	0.07	3.6	0.1	1.88
P15	斑鲷	0.167	0.4	0.2	nd	0.02	4.1	0.59	2.73
P16	日本金线鱼	0.018	1.3	0.1	0.3	0.08	4.6	0.16	2.92
P17	圆柱鲈形贻	0.024	0.6	0.4	0.1	0.12	12.0	0.35	2.22
P17	凹管鞭虾	0.038	1.5	10.6	0.6	0.17	51.3	0.15	7.67
P18	长足鹰爪虾	0.017	0.4	0.8	0.8	0.06	2.0	0.35	6.17
P18	短蛸	0.036	1.4	11.8	nd	0.78	31.8	0.25	2.09
P18	黄鲷	0.049	0.5	0.2	0.1	0.06	2.8	0.22	4.14
P19	凹管鞭虾	0.042	1.3	12.1	0.1	0.17	24.8	0.11	4.09
P19	豹鲷	0.031	1.6	nd	0.2	0.02	8.0	0.13	1.96
P20	凹管鞭虾	0.031	1.6	10.0	0.4	0.11	40.4	0.21	4.33
P20	豹鲷	0.038	1.9	nd	0.3	0.04	9.2	0.19	2.99
P21	凹管鞭虾	0.034	1.1	7.1	0.1	0.13	32.2	0.12	4.01
P21	日本金线鱼	0.016	1.0	0.2	0.2	0.10	8.0	0.11	3.52
P23	凹管鞭虾	0.047	1.7	8.3	0.4	0.13	21.3	0.10	4.60
P23	日本金线鱼	0.029	0.8	0.2	nd	0.06	5.7	0.30	2.76
P24	高脊管鞭虾	0.09	1.8	2.3	0.1	0.06	11.1	0.14	3.10



P24	日本金线鱼	0.014	1.1	0.1	0.1	0.07	8.4	0.10	3.54
P25	凤螺	0.029	2.6	3.4	0.1	0.12	19.5	nd	2.58
P25	仙鼬鲷	0.043	0.8	0.1	0.7	0.08	5.3	0.16	3.13
P26	网纹裸胸鳝	0.154	0.5	0.1	0.1	0.05	12.8	nd	3.91
P27	多齿蛇鲻	0.027	0.6	0.4	0.2	0.07	9.0	nd	2.15
P29	高脊管鞭虾	0.048	1.5	2.5	nd	0.06	13.0	0.15	4.13
P29	日本金线鱼	0.025	0.6	0.1	0.2	0.09	6.4	0.14	2.97
P33	武士蛸	0.031	1.1	11.4	0.1	0.13	26.7	0.24	2.76
P40	斑鲆	0.135	0.5	0.1	0.1	0.04	4.8	0.24	3.07
P41	多齿蛇鲻	0.041	0.6	0.5	0.3	0.08	8.7	nd	3.07
P43	大鳞短额鲆	0.036	0.4	0.1	0.3	0.04	7.8	0.12	3.24
P45	项鳞鲷	0.068	0.8	0.1	0.1	0.09	7.7	nd	2.90

注：“nd”表示未检出。

表 4.7-2 秋季调查底栖生物体内各指标的含量水平

站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)							
		Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
	检出限	0.002	0.2	0.1	0.1	0.02	0.1	0.10	0.5
P3	沟纹巴非蛤	0.012	0.5	2.5	0.3	0.03	15.4	0.30	13.8
P7	习见蛙螺	0.046	2.6	4.2	0.4	0.33	18.3	0.17	4.2
P7	玉螺	0.065	6.5	62.9	0.5	0.75	16.0	0.46	5.7
P10	东方无线鳎	0.033	0.6	0.2	0.5	0.09	8.4	0.42	6.8
P11	斑鲆	0.092	0.4	0.1	0.6	0.02	5.7	nd	3.1
P13	斑鳍天竺鱼	0.014	1.5	0.4	0.6	0.15	8.1	nd	1.4
P15	习见蛙螺	0.040	1.3	5.8	0.1	0.21	21.9	nd	2.4
P19	短蝶	0.095	0.7	0.3	0.1	0.05	3.8	0.14	4.3
P19	中华管鞭虾	0.013	1.1	6.5	0.4	0.25	18.0	0.16	4.1
P20	粒帽蚶	0.014	0.8	0.6	0.7	0.35	11.3	0.14	4.8
P20	长足鹰爪虾	0.019	0.4	5.8	0.6	0.08	10.7	0.13	4.7
P23	玉螺	0.043	3.0	36.3	0.2	0.43	18.0	0.19	4.5
P23	习见蛙螺	0.030	1.6	5.0	0.2	0.11	13.2	0.19	3.9
P24	短蝶	0.036	0.4	0.2	0.2	0.03	6.0	nd	4.3
P25	长肋日月贝	0.006	0.6	0.9	0.7	0.55	27.5	0.10	2.3
P26	东方无线鳎	0.021	0.7	0.3	0.1	0.13	10.5	0.13	6.3
P27	斑鲆	0.017	1.4	0.2	1.2	0.10	10.2	0.15	3.1
P29	日本金线鱼	0.004	0.4	0.2	1.1	0.06	7.9	0.14	4.7
P33	习见蛙螺	0.035	2.0	6.3	0.3	0.18	17.3	nd	2.0
P35	四线天竺鲷	0.019	0.9	0.1	0.4	0.06	6.8	0.29	2.4
P40	宽突赤虾	0.007	0.7	5.4	1.5	0.14	14.2	0.15	7.8
P41	红星梭子蟹	0.033	0.8	12.6	nd	0.06	26.6	nd	2.1
P41	四线天竺鲷	0.031	1.3	0.1	0.1	0.08	4.3	0.19	2.5
P41	长肋日月贝	0.002	0.3	0.4	1.4	0.38	35.6	nd	1.4



站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)							
		Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
	检出限	0.002	0.2	0.1	0.1	0.02	0.1	0.10	0.5
P43	点斑缺角虾蛄	0.002	0.4	5.1	0.4	0.23	16.3	0.15	2.4
P45	近缘新对虾	0.042	0.4	9.2	0.4	0.10	18.4	nd	4.7

注：“nd”表示未检出。

4.7.2 生物质量评价结果

春、秋季两次调查底栖生物生物质量各评价因子的单项标准指数见表 4.7-3 和表 4.7-4。

春季调查中底栖生物样品中，鱼类、甲壳类和软体类的各项评价因子的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求。

秋季调查中底栖生物样品中，甲壳类、软体类和鱼类测试样品生物质量状况良好，没有检测样品出现超标；贝类样品中 Pb、Cd 和 Zn 3 项污染物检测出不同程度的超标，超标率分别为 100%、75%和 50%；特征污染物石油烃未出现超标。

表 4.7-3 底栖生物的单项标准指数、平均标准指数（春季）

站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)					
		Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃
P1	六突拟对虾	0.18	0.07	0.25	0.01	0.08	\
P1	鳄齿贻	0.15	0.02	0.40	0.05	0.28	0.17
P3	大鳞短额鲷	0.06	0.01	0.30	0.05	0.14	0.16
P5	环纹蓑鮋	0.13	0.00	0.15	0.03	0.05	0.10
P7	大鳞短额鲷	0.09	0.01	0.20	0.08	0.18	0.23
P9	大鳞短额鲷	0.15	0.01	0.05	0.05	0.21	0.18
P10	网纹裸胸鳝	0.59	0.01	0.10	0.10	0.29	0.12
P11	中华管鞭虾	0.09	0.03	0.03	0.15	0.06	\
P11	斑鳍红娘鱼	0.24	0.01	0.10	0.42	0.17	0.12
P13	日本金线鱼	0.08	0.01	0.05	0.12	0.09	0.09
P15	斑鲆	0.56	0.01	0.03	0.03	0.10	0.14
P16	日本金线鱼	0.06	0.01	0.15	0.13	0.12	0.15
P17	圆柱鲈形贻	0.08	0.02	0.05	0.20	0.30	0.11
P17	凹管鞭虾	0.19	0.11	0.30	0.09	0.34	\
P18	长足鹰爪虾	0.09	0.01	0.40	0.03	0.01	\
P18	短蛸	0.12	0.12	0.00	0.14	0.13	0.10
P18	黄鲷	0.16	0.01	0.05	0.10	0.07	0.21
P19	凹管鞭虾	0.21	0.12	0.05	0.09	0.17	\
P19	豹鲷	0.10	0.00	0.10	0.03	0.20	0.10



站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)					
		Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃
P20	凹管鞭虾	0.16	0.10	0.20	0.06	0.27	\
P20	豹鲷	0.13	0.00	0.15	0.07	0.23	0.15
P21	凹管鞭虾	0.17	0.07	0.05	0.07	0.21	\
P21	日本金线鱼	0.05	0.01	0.10	0.17	0.20	0.18
P23	凹管鞭虾	0.24	0.08	0.20	0.07	0.14	\
P23	日本金线鱼	0.10	0.01	0.03	0.10	0.14	0.14
P24	高脊管鞭虾	0.45	0.02	0.05	0.03	0.07	\
P24	日本金线鱼	0.05	0.01	0.05	0.12	0.21	0.18
P25	凤螺	0.10	0.03	0.01	0.02	0.08	0.13
P25	仙鮃	0.14	0.01	0.35	0.13	0.13	0.16
P26	网纹裸胸鳝	0.51	0.01	0.05	0.08	0.32	0.20
P27	多齿蛇鲻	0.09	0.02	0.10	0.12	0.23	0.11
P29	高脊管鞭虾	0.24	0.03	0.03	0.03	0.09	\
P29	日本金线鱼	0.08	0.01	0.10	0.15	0.16	0.15
P33	武士鲷	0.16	0.11	0.05	0.07	0.18	\
P40	斑鲆	0.45	0.01	0.05	0.07	0.12	0.15
P41	多齿蛇鲻	0.14	0.03	0.15	0.13	0.22	0.15
P43	大鳞短额鲆	0.12	0.01	0.15	0.07	0.20	0.16
P45	项鳞鲢	0.23	0.01	0.05	0.15	0.19	0.15
鱼类	均值	0.18	0.01	0.12	0.11	0.18	0.15
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	\
甲壳类	均值	0.20	0.07	0.15	0.06	0.15	\
	超标率	0%	0%	0%	0%	\	\
软体类	均值	0.11	0.08	0.01	0.08	0.10	0.12
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	\

注：“\”表示数据缺失；对于未检出样品，当检出率为 1/2 以上（含 1/2）时，检测样品统计时以检出限的 1/2 表示，检出率不足 1/2 时，统计时以检出限的 1/4 表示；甲壳类石油烃无参考标准，不予评价。

表 4.7-4 底栖生物的单项标准指数、平均标准指数（秋季）

站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)							
		Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃	Cr	As
P3	沟纹巴非蛤	0.2	0.3	2.7	0.2	0.8	0.9	0.1	0.5
P7	习见蛙螺	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	/	/
P7	玉螺	0.2	0.6	0.0	0.1	0.1	0.4	/	/
P10	东方无线鳎	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2	0.3	/	/
P11	斑鲆	0.3	0.0	0.3	0.0	0.1	0.2	/	/
P13	斑鳍天竺鱼	0.0	0.0	0.3	0.3	0.2	0.1	/	/
P15	习见蛙螺	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	/	/
P19	短鰈	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	/	/
P19	中华管鞭虾	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	/	/	/



站号	种名	含量 ($\times 10^{-6}$)							
		Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃	Cr	As
P20	粒帽蚶	0.3	0.1	7.2	1.8	0.6	0.3	0.1	0.8
P20	长足鹰爪虾	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	/	/	/
P23	玉螺	0.2	0.4	0.0	0.1	0.1	0.3	/	/
P23	习见蛙螺	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	/	/
P24	短髻	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	/	/
P25	长肋日月贝	0.1	0.1	7.3	2.8	1.4	0.2	0.1	0.6
P26	东方无线鲷	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	/	/
P27	斑鲆	0.1	0.0	0.6	0.2	0.3	0.2	/	/
P29	日本金线鱼	0.0	0.0	0.5	0.1	0.2	0.2	/	/
P33	习见蛙螺	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	/	/
P35	四线天竺鲷	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	/	/
P40	宽突赤虾	0.0	0.1	0.8	0.1	0.1	/	/	/
P41	红星梭子蟹	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	/	/	/
P41	四线天竺鲷	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	/	/
P41	长肋日月贝	0.0	0.0	13.6	1.9	1.8	0.1	/	0.3
P43	点斑缺角虾蛄	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	/	/	/
P45	近缘新对虾	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	/	/	/
鱼类	均值	0.12	0.01	0.25	0.13	0.18	0.19	/	/
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	/	/
甲壳类	均值	0.10	0.07	0.28	0.07	0.12	/	/	/
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	/	/	/
贝类	均值	0.15	0.12	7.70	1.68	1.15	0.38	0.08	0.60
	超标率	0%	0%	100%	75%	50%	0%	0%	0%
软体类 (螺)	均值	0.15	0.22	0.0	0.05	0.08	0.27	/	/
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	/	/

4.7.3 超标分析

综合以上调查结果，秋季调查中贝类样品中出现 Pb、Cd 和 Zn 3 项污染物检测出不同程度的超标现象，分析认为主要有以下原因。水质污染造成重金属在海藻、浮游生物体内富集，贝类摄食可能含重金属离子的海藻、浮游生物等，造成了重金属在其体内（特别是消化道和内脏部分）富集；另一方面，贝类属于滤食性生物，根据粒径大小进行摄食活动，因此会摄食粒径较小的有机质，造成体内污染物质富集。

4.7.4 海洋生物质量小结

春季调查海域底栖生物质量状况良好，鱼类、甲壳类和软体类都没有检测样品出现超标，各项评价因子的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准



的要求。

秋季调查海域底栖生物中甲壳类、软体类和鱼类生物质量良好，各单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求。贝类样品的 Pb、Cd 和 Zn 超过《海洋生物质量》（GB8424-2001）第一类标准，超标率分别为 100%、75% 和 50%；特征污染物石油烃未出现超标。可能与生物体对污染物富集能力的差异有关。

4.8 海洋渔业资源现状调查与评价

4.8.1 调查概况

4.8.1.1 调查时间

海洋渔业资源现状调查与评价主要根据中国水产科学研究院南海水产研究所对陆丰油田群周围海域的现场调查资料及有关科学研究成果，春季调查于 2019 年 3 月 22 日~4 月 1 日进行，秋季调查于 2017 年 10 月 27 日~11 月 7 日进行。

4.8.1.2 调查站位布设

春、秋季渔业资源调查范围为***°~***°E，***°~***°N，共有 12 个调查站位，覆盖项目附近海域的 12 个渔区（图 4.8-1）。各调查站位坐标见表 4.8-1。

图 4.8-1 渔业资源调查站位



表 4.8-1 渔业资源调查站位坐标

站位	经度 E	纬度 N	站位	经度 E	纬度 N
S1			S7		
S2			S8		
S3			S9		
S4			S10		
S5			S11		
S6			S12		

4.8.1.3 调查取样和分析方法

调查采样以底拖网作业方式进行。底拖网调查船为“北渔 60011”渔轮，吨位 300 t，主机功率 441 kW。采样网具为 404 型生产网具，上纲长度 37.7 m，网口周目数 404 目，网口网目尺寸 200 mm，网衣全长 60.5 m，网囊目尺寸 39 mm。每个调查站位采样 1 次，每次拖网 1 h，平均拖速约为 3.34 kn。鱼卵仔鱼和游泳生物样品采集后均用 5% 甲醛溶液固定后，带回实验室分析。

a 游泳动物

游泳生物采用底拖网生产渔船现场试捕法进行。渔获样品分析先将个体较大和渔获量较少的种类单独挑出，然后随机采集 20 kg 渔获样品供进一步分析，渔获物不足 20 kg 时，则全部分析鉴定。每个站位的渔获样品，分别测定每一种类的重量、尾数、体长和体重范围。对主要经济种类则进行生物学测定，每站的经济种尾数大于 50 尾时测定 50 尾，不足 50 尾时则全部测定，生物学测定项目包括长度、体重、胃饱满度、性别和性成熟度等。

资源密度(kg/km²)和现存资源量(t)根据扫海面积法估算，公式如下：

$$D=Y \times 10^{-3} / (A(1-E))$$

$$B=D \cdot S$$

式中：

B =现存资源量 (t)

D =资源密度 (kg/km²)

A =每小时扫海面积 (km²/h)

S =调查监测水域面积 (km²)



Y =平均渔获率 (kg/h)

E =逃逸率 (这里取 0.5)

b 鱼卵、仔稚鱼

调查中鱼卵、仔稚鱼调查用大型浮游生物网进行水平和垂直采集，每个站采样 2 网。水平采集每站持续拖网 10min，拖速 1.5kn；

水平拖网鱼卵、仔稚鱼密度计算公式如下：

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

式中：

D =密度 (ind./m³)

I =每网枚数(尾数) (ind)

A =网具面积 (m²)

v =拖网速度 (kn)

t =拖网时间(min)

垂直拖网鱼卵、仔稚鱼密度计算公式如下：

$$D = I / W$$

式中：

D =密度 (ind./m³)

I =每网枚数(尾数) (ind)

W =滤水量 (m³)

c 相对重要性系数

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

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

式中：

IRI ：相对重要性指数；

N ：某一种类的尾数占总尾数的百分比

W ：某一种类的重量占总重量的百分比



F: 某一种类出现的站数占调查总站数的百分比

4.8.2 渔业资源现状调查与评价

4.8.2.1 鱼类资源状况

a 种类组成

春季调查共捕获鱼类 121 种（其名录详见附表 18），隶属 19 目 68 科。评价区鱼类占鱼类总渔获量的 1% 以上的种类共有 24 种，其中大部分属于南海北部海域数量较多、经济价值较高的种类。它们分别是海鳗、深水金线鱼、多齿蛇鲭、花斑蛇鲭、高体若鲹、竹荚鱼、斑鳍方头鱼、条尾绯鲤、带鱼、黑纹条鲷、鳞首方头鲳、肩斑狗母鱼、短尾大眼鲷和刺鲳等鱼类，合计占鱼类总渔获量的 37.5%，占鱼类总渔获尾数的 34.2%。

秋季调查期间共捕获鱼类 133 种，隶属 17 目 65 科；未定种 2 种（其名录详见附表 19）。评价区内经济价值较高的种类有条尾绯鲤、蛇鲭、深水金线鱼、竹荚鱼、带鱼和短尾大眼鲷等，它们的资源密度合计约 224.44 kg/km²，占总鱼类资源的 78.7%。

b 优势种

春季调查的优势渔获物共有 15 种。其中，粗纹鲷为第一优势种，相对重要性指数为 1147。多齿蛇鲭和水纹扁背鲀分列第二、三位，相对重要性指数分别为 850 和 799，其他鱼类的 IRI 及其渔获率及百分比组成见表 4.8-2。

表 4.8-2 春季调查海域鱼类优势种渔获率和渔获组成

种名	渔获率 (kg/h)	占鱼类总重量 百分比 (%)	占鱼类总尾数 百分比 (%)	IRI
粗纹鲷	0.33	1.30	15.91	1147
多齿蛇鲭	1.22	4.85	6.48	850
水纹扁背鲀	0.37	1.47	12.23	799
花斑蛇鲭	1.17	4.66	5.32	665
深水金线鱼	1.58	6.26	4.92	652
条尾绯鲤	0.75	2.96	5.46	631
高体若鲹	0.98	3.88	2.16	553
弓背鳄齿鱼	0.64	2.53	6.06	501
竹荚鱼	0.81	3.22	1.75	331
肩斑狗母鱼	0.37	1.48	4.17	235



种名	渔获率 (kg/h)	占鱼类总重量 百分比 (%)	占鱼类总尾数 百分比 (%)	IRI
带鱼	0.69	2.72	1.29	234
短尾大眼鲷	0.30	1.18	0.70	142
海鳗	1.93	7.64	0.06	128
中线天竺鲷	0.05	0.19	2.22	120
长管腔吻鳕	1.17	4.63	7.51	101

秋季调查海域的优势渔获物共有 16 种。其中，多齿蛇鲭为第一优势种，相对重要性指数为 4656。条尾绯鲤和深水金线鱼分列第二、三位，相对重要性指数分别为 3725 和 1566，其他鱼类的渔获率及百分比组成见表 4.8-3。

表 4.8-3 秋季调查海域鱼类优势种渔获率和渔获组成

种名	渔获率 (kg/h)	占鱼类总重量 百分比 (%)	占鱼类总尾数 百分比 (%)	IRI
多齿蛇鲭	2.73	13.1	21.9	4656
条尾绯鲤	3.01	14.4	17.5	3725
深水金线鱼	2.68	12.9	10.6	1566
叉斑狗母鱼	0.96	4.6	12.4	1132
花斑蛇鲭	0.71	3.4	5.3	864
竹荚鱼	1.32	6.4	3.0	624
粗纹鳊	0.21	1.0	7.9	519
短尾大眼鲷	0.67	3.2	2.0	306
蓝圆鲹	0.34	1.6	0.6	188
二长棘鲷	0.38	1.8	0.5	156
游鳍叶鲹	0.66	3.2	1.4	152
中线天竺鲷	0.04	0.2	2.3	144
鳞烟管鱼	0.09	0.4	1.2	138
带鱼	0.72	3.4	0.6	134
窄额带鱼	0.35	1.7	0.4	102
大头狗母鱼	0.70	3.3	0.7	101

c 渔获率

春季调查海域鱼类总重量渔获率为 302.43kg/h，总数量渔获率为 8519 尾/h。渔获率重量变化范围为 4.19~93.74kg/h，平均为 25.20kg/h；渔获率数量变化范围为 51~1836 尾/h，平均为 710 尾/h（表 4.8-4）。



表 4.8-4 鱼类渔获率分布（春季调查）

站位	重量渔获率 (kg/h)	尾数渔获率 (尾/h)	站位	重量渔获率 (kg/h)	尾数渔获率 (尾/h)
S1	5.55	341	S7	6.76	293
S2	11.97	768	S8	18.40	151
S3	15.97	606	S9	33.31	1836
S4	6.09	273	S10	43.87	891
S5	47.02	1277	S11	4.19	51
S6	15.56	460	S12	93.74	1572
			平均值	25.20	710

秋季调查海域鱼类总重量渔获率为 250.12kg/h, 总数量渔获率为 10345 尾/h。渔获率重量变化范围为 0.14~41.81kg/h, 平均为 20.84kg/h; 渔获率数量变化范围为 48~2452 尾/h, 平均为 862 尾/h (表 4.8-5)。

表 4.8-5 鱼类渔获率分布（秋季调查）

站位	重量渔获率 (kg/h)	尾数渔获率 (尾/h)	站位	重量渔获率 (kg/h)	尾数渔获率 (尾/h)
S1	17.04	355	S7	16.95	901
S2	29.22	1266	S8	27.12	945
S3	21.82	632	S9	27.96	1656
S4	41.81	2452	S10	34.98	1088
S5	16.22	307	S11	0.14	48
S6	9.85	400	S12	7.01	295
			平均值	20.84	862

d 资源密度和资源量评估

春季调查渔业资源重量密度范围为 (57.29~1282.06) kg/km², 平均重量 344.69 kg/km²。尾数资源密度范围为(698~25111)尾/km², 平均 9710 尾/km²。各调查站的渔获率和资源密度, 见表 4.8-6。

表 4.8-6 各站位鱼类资源密度（春季调查）

	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (尾/h)			尾数资源密度 (尾/km ²)		
	幼鱼	成鱼	总计	幼鱼	成鱼	总计	幼鱼	成鱼	总计	幼鱼	成鱼	总计
S1	1.73	3.82	5.55	23.68	52.25	75.93	112.09	228.91	341	1533	3131	4664
S2	3.57	8.40	11.97	48.82	114.89	163.71	223.82	544.18	768	3061	7443	10504
S3	5.12	10.85	15.97	70.00	148.41	218.41	201.51	404.49	606	2756	5532	8288
S4	1.74	4.35	6.09	23.78	59.44	83.22	97.97	175.03	273	1340	2394	3734
S5	13.17	33.85	47.02	180.15	463.00	643.15	392.10	884.90	1277	5363	12103	17466
S6	5.06	10.50	15.56	69.23	143.57	212.80	194.24	265.76	460	2657	3634	6291
S7	2.47	4.29	6.76	33.83	58.65	92.48	113.05	179.95	293	1546	2461	4007
S8	11.54	6.86	18.40	157.80	93.83	251.63	88.45	62.55	151	1210	855	2065



S9	12.84	20.47	33.31	175.64	279.89	455.53	715.97	1120.03	1836	9792	15319	25111
S10	16.14	27.73	43.87	220.82	379.23	600.05	333.88	557.12	891	4566	7620	12186
S11	2.01	2.18	4.19	27.53	29.76	57.29	23.42	27.58	51	321	377	698
S12	24.65	69.09	93.74	337.18	944.88	1282.06	413.44	1158.56	1572	5655	15846	21500
平均值	8.34	16.86	25.20	114.04	230.65	344.69	242.50	467.42	710	3317	6393	9710

秋季调查渔业资源重量密度范围为（1.95~571.88）kg/km²，平均重量285.08 kg/km²。尾数资源密度范围为（656~33536）尾/km²，平均11791尾/km²。各调查站的渔获率和资源密度，见表4.8-7。

表 4.8-7 各站位鱼类资源密度（秋季调查）

	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (尾/h)			尾数资源密度 (尾/km ²)		
	幼鱼	成鱼	总计	幼鱼	成鱼	总计	幼鱼	成鱼	总计	幼鱼	成鱼	总计
S1	7.79	9.25	17.04	106.53	126.58	233.11	171	184	355	2335	2520	4855
S2	14.38	14.84	29.22	196.60	203	399.6	680	586	1266	9298	8017	17315
S3	8.29	13.53	21.82	113.40	185.01	298.41	243	389	632	3328	5316	8644
S4	16.93	24.88	41.81	231.61	340.27	571.88	1145	1307	2452	15661	17875	33536
S5	5.47	10.75	16.22	74.77	147.1	221.87	122	185	307	1663	2536	4199
S6	4.81	5.04	9.85	65.74	68.98	134.72	202	198	400	2763	2708	5471
S7	4.34	12.61	16.95	59.35	172.48	231.83	262	639	901	3586	8737	12323
S8	10.09	17.03	27.12	137.97	232.91	370.88	323	622	945	4420	8505	12925
S9	7.83	20.13	27.96	107.06	275.31	382.37	465	1191	1656	6364	16285	22649
S10	10.35	24.63	34.98	141.60	336.78	478.38	446	642	1088	6101	8780	14881
S11	0.04	0.1	0.14	0.50	1.45	1.95	13	35	48	184	472	656
S12	2.61	4.4	7.01	35.69	60.24	95.93	101	194	295	1380	2655	4035
平均值	7.74	13.1	20.84	105.90	179.18	285.08	348	514	862	4757	7034	11791

e 幼体比例

春季调查渔获的幼鱼所占比例位居前三位的鱼类为高体若鲈（66.0%）、黄鳍马面鲀（60.0%）和黄鲷（50.0%）。表4.8-8列出了春季调查主要经济鱼类的出现频率、平均体重占鱼类渔获的百分比（渔获比例）和幼鱼比例。

表 4.8-8 春季主要经济鱼类的出现频率和幼鱼比例

种类	出现频率 (%)	平均体重 (g)	渔获比例 (%)	幼鱼比例 (%)	幼鱼尾数密度 尾/km ²
高体若鲈	91.7	64	3.9	66.0	210
黄鳍马面鲀	8.3	24	0.04	60.0	6
黄鲷	41.7	71	0.4	50.0	19
短尾大眼鲷	75.0	60	1.2	45.9	68
竹荚鱼	66.7	65	3.2	45.2	170



种类	出现频率 (%)	平均体重 (g)	渔获比例 (%)	幼鱼比例 (%)	幼鱼尾数密度 尾/km ²
条尾绯鲤	75.0	19	3.0	40.1	530
深水金线鱼	58.3	45	6.3	39.8	478
带鱼	58.3	75	2.7	35.0	125
大头狗母鱼	16.7	75	0.2	33.3	8
蓝圆鲹	41.7	83	0.6	33.3	25
花斑蛇鲻	66.7	31	4.7	29.9	516
日本方头鱼	25.0	44	0.3	26.3	26
多齿蛇鲻	75.0	27	4.9	24.6	629
斑鳍方头鱼	16.7	239	3.0	21.6	43
金线鱼	66.7	129	1.0	14.3	26

秋季调查渔获的幼鱼所占比例位居前三位的鱼类为金线鱼（66.7%）、短尾大眼鲷（66.1%）和多齿蛇鲻（63.3%）。表 4.8-9 中列出本次调查主要经济鱼类的出现频率、平均体重占鱼类渔获的百分比（渔获比例）和幼鱼比例。

表 4.8-9 秋季主要经济鱼类的出现频率和幼鱼比例

种类	出现频率 (%)	平均体重 (g)	渔获比例 (%)	幼鱼比例 (%)	幼鱼尾数密度 尾/km ²
金线鱼	33.3	66	0.3	66.7	9
短尾大眼鲷	58.3	38	3.2	66.1	158
多齿蛇鲻	100	14	13.1	63.3	1631
深水金线鱼	66.7	29	12.9	46.6	584
黄鲷	16.7	30	1.0	35.3	35
蓝圆鲹	83.3	63	1.6	29.6	22
花斑蛇鲻	100	16	3.4	29.1	181
条尾绯鲤	100	20	14.4	16.9	348
短带鱼	16.7	57	0.7	16.7	6
竹荚鱼	66.7	51	6.4	16.4	58
黄鳍马面鲀	25	25	0.1	14.3	2
带鱼	33.3	146	3.4	12.3	8
二长棘鲷	66.7	82	1.8	8.3	5

4.8.2.2 头足类资源

a 种类组成

春季调查海域共获得头足类 12 种，隶属于 3 目 5 科，具体种名录见附表 20。

秋季调查海域共获得头足类 9 种，隶属于 3 目 4 科，具体种名录见附表



21。

b 优势种

春季调查海域优势渔获物共有 3 种，分别为剑尖枪乌贼、中国枪乌贼和长枪乌贼，见表 4.8-10。

表 4.8-10 春季拖网头足类相对重要性指数

种名	渔获率 (kg/h)	占头足类总重量 百分比 (%)	占头足类总尾数 百分比 (%)	IRI
剑尖枪乌贼	1.69	61.28	76.72	10350
中国枪乌贼	0.80	29.07	21.16	3767
长枪乌贼	0.12	4.53	0.34	122

秋季调查海域优势渔获物共有 4 种，分别为中国枪乌贼、剑尖枪乌贼、莱氏拟乌贼和短蛸，见表 4.8-11。

表 4.8-11 秋季调查海域头足类优势种渔获率和渔获组成

种名	渔获率 (kg/h)	占头足类总重量 百分比 (%)	占头足类总尾数 百分比 (%)	IRI
中国枪乌贼	4.65	62.3	74.5	13677
剑尖枪乌贼	1.70	22.8	22.4	4141
莱氏拟乌贼	0.51	6.8	1.1	463
短蛸	0.28	3.7	0.4	206

c 渔获率分布

春季调查海域头足类总体渔获率如表 4.8-12。其中，渔获头足类重量变化范围为 (0.12~9.82) kg/h，平均为 2.75kg/h；渔获头足类数量变化范围为 (2~382) 尾/h，平均为 98 尾/h。

表 4.8-12 春季调查头足类渔获分布

站位	重量渔获率 (kg/h)	尾数渔获率 (尾/h)
S1	9.82	382
S2	3.05	115
S3	2.71	78
S4	5.86	196
S5	4.26	120
S6	0.88	21
S7	1.23	48
S8	0.13	3



站位	重量渔获率 (kg/h)	尾数渔获率 (尾/h)
S9	1.73	104
S10	2.72	105
S11	0.52	3
S12	0.12	2
平均值	2.75	98

秋季调查海域头足类总体渔获率如表 4.8-13。其中,拖网渔获头足类重量变化范围为 (0~16.16) kg/h, 平均为 7.47kg/h; 拖网渔获头足类数量变化范围为 (0~1445) 尾/h, 平均为 408 尾/h。

表 4.8-13 秋季调查头足类渔获分布

站位	重量渔获率 (kg/h)	尾数渔获率 (尾/h)
S1	13.13	439
S2	16.16	828
S3	5.95	173
S4	3.73	153
S5	16.05	465
S6	14.81	1445
S7	10.13	831
S8	3.26	76
S9	2.11	103
S10	4.10	350
S11	0	0
S12	0.16	33
平均值	7.47	408

d 头足类资源密度和资源量评估

春季调查评价区头足类重量密度变化范围为 (1.65~134.34) kg/km², 平均值为 37.64kg/km², 资源尾数密度变化范围为 (27~5225) 尾/km², 平均值在 1341 尾/km² (见表 4.8-14)。

表 4.8-14 各站位头足类资源密度 (春季调查)

站位	重量资源密度 (kg/km ²)	尾数资源密度 (尾/km ²)
S1	134.34	5225
S2	41.71	1573
S3	37.08	1067
S4	80.11	2681
S5	58.26	1641
S6	12.09	287
S7	16.84	656
S8	1.81	41



站位	重量资源密度 (kg/km ²)	尾数资源密度 (尾/km ²)
S9	23.61	1422
S10	37.20	1436
S11	7.04	41
S12	1.65	27
平均值	37.64	1341

秋季调查评价区头足类重量密度变化范围为 (0~221.02) kg/km², 平均重量为 102.12 kg/km², 资源尾数密度变化范围为 (0~19763) 尾/km², 平均值 5580 尾/km² (见表 4.8-15)。

表 4.8-15 各站位头足类资源密度 (秋季调查)

站位	重量资源密度 (kg/km ²)	尾数资源密度 (尾/km ²)
S1	179.59	6004
S2	221.02	11325
S3	81.38	2366
S4	51.07	2093
S5	219.49	6360
S6	202.58	19763
S7	138.58	11366
S8	44.59	1039
S9	28.91	1409
S10	56.05	4787
S11	0	0
S12	2.19	451
平均值	102.12	5580

4.8.2.3 甲壳类资源

a 种类组成

春季调查渔获甲壳类 16 种 (其名录详见附表 23), 分隶 2 目 8 科。其中, 虾类有 4 科 7 种, 蟹类 3 科 7 种, 虾蛄类有 1 科 2 种。

秋季调查渔获甲壳类 17 种 (其名录详见附表 24), 分隶 2 目 11 科。其中, 虾类有 6 科 9 种, 蟹类 3 科 6 种, 虾蛄类有 2 科 2 种。

b 渔获率分布

春、秋季调查海域甲壳类渔获总体分布如表 4.8-16。

春季调查海域评价区共获甲壳类 11.01 kg、590 尾, 占游泳生物总渔获重量之 3.2%, 占总渔获尾数之 5.7%。甲壳类渔获重量变化范围为 (0~2.44)



kg/h, 平均为 0.92kg/h。调查海域渔获甲壳类数量变化范围为 (0~437) 尾/h, 平均为 49 尾/h。

秋季调查海域评价区共获甲壳类 11.57kg, 182 尾, 占游泳生物总渔获重量之 3.3%, 占总渔获尾数之 1.2%。甲壳类渔获重量变化范围为 (0.02~2.77) kg/h, 平均为 0.96kg/h。调查海域渔获甲壳类数量变化范围为 (1~110) 尾/h, 平均为 15 尾/h。

表 4.8-16 甲壳类渔获率春秋季分布

站号	春季		秋季	
	重量(kg/h)	尾数(尾/h)	重量(kg/h)	尾数(尾/h)
S1	0.25	1	0.69	5
S2	0.38	15	0.59	6
S3	1.06	8	1.03	5
S4	0.87	7	1.56	4
S5	2.30	93	0.35	7
S6	2.29	437	1.20	9
S7	0.21	4	2.77	9
S8	0.24	2	0.37	1
S9	0.79	8	0.50	2
S10	2.44	13	1.98	4
S11	0.20	2	0.02	20
S12	0	0	0.50	110
平均值	0.92	49	0.96	15

c 甲壳类资源密度和资源量评估

春季调查海域甲壳类资源重量密度在 (0~33.30) kg/km², 平均值为 12.55kg/km², 资源尾数密度在 (0~5977) 尾/km², 平均值为 672 尾/km²。

秋季调查海域甲壳类资源重量密度在 (0.26~37.89) kg/km², 平均值为 13.18kg/km², 资源尾数密度在 (14~1504) 尾/km², 平均值为 207 尾/km²。

表 4.8-17 春秋季各站位甲壳类资源量密度

站位	春季		秋季	
	资源重量密度 (kg/km ²)	资源尾数密度 (尾/km ²)	资源重量密度 (kg/km ²)	资源尾数密度 (尾/km ²)
S1	3.42	14	9.46	68
S2	5.20	205	8.07	82



S3	14.50	109	14.11	68
S4	11.90	96	21.34	55
S5	31.48	1272	4.79	96
S6	31.28	5977	16.41	123
S7	2.84	55	37.89	123
S8	3.21	27	5.06	14
S9	10.75	109	6.87	27
S10	33.30	178	27.05	55
S11	2.71	27	0.26	274
S12	0	0	6.87	1504
平均值	12.55	672	13.18	207

4.8.2.4 总资源评估

春季调查渔业资源渔获重量变化范围为(4.90~93.86)kg/h，平均为 28.87 kg/h；渔获数量变化范围为(56~1948)尾/h，平均为 857 尾/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。春季渔业资源重量密度在(67.04~1283.71)kg/km²，平均值为 394.88kg/km²；资源密度在(766~21528)尾/km²，平均值在 11724 尾/km²（见表 4.8-18）。

表 4.8-18 春季调查游泳生物资源状况

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (尾/h)			尾数资源密度 (尾/km ²)		
	幼体	成体	合计	幼体	成体	合计	幼体	成体	合计	幼体	成体	合计
S1	1.73	13.89	15.62	23.68	190.01	213.69	112.09	611.91	724	1533	8369	9902
S2	3.57	11.83	15.4	48.82	161.81	210.63	223.82	674.18	898	3061	9221	12282
S3	5.12	14.62	19.74	70	199.98	269.98	201.51	490.49	692	2756	6709	9465
S4	1.74	11.07	12.81	23.78	151.45	175.23	97.97	378.03	476	1340	5170	6510
S5	13.17	40.42	53.59	180.15	552.75	732.9	392.1	1097.9	1490	5363	15016	20379
S6	5.06	13.67	18.73	69.23	186.94	256.17	194.24	723.76	918	2657	9899	12556
S7	2.47	5.73	8.2	33.83	78.34	112.17	113.05	231.95	345	1546	3173	4719
S8	11.54	7.23	18.77	157.8	98.85	256.65	88.45	67.55	156	1210	924	2134
S9	12.84	22.98	35.82	175.64	314.24	489.88	715.97	1232.03	1948	9792	16851	26643
S10	16.14	32.89	49.03	220.82	449.74	670.56	333.88	675.12	1009	4566	9234	13800
S11	2.01	2.89	4.9	27.53	39.51	67.04	23.42	32.58	56	321	445	766
S12	24.65	69.21	93.86	337.18	946.53	1283.71	413.44	1160.56	1574	5655	15873	21528
平均值	8.34	20.54	28.87	114.04	280.85	394.88	242.5	614.67	857	3317	8407	11724

秋季调查渔业资源渔获重量变化范围为(0.16~47.11)kg/h，平均为 29.27



kg/h; 渔获数量变化范围为 (68~2609) 尾/h, 平均为 1285 尾/h。春季渔业资源重量密度在 (2.21~644.28) kg/km², 平均值为 400.38kg/km²; 资源密度在 (930~35683) 尾/km², 平均值在 17578 尾/km² (见表 4.8-19)。

表 4.8-19 秋季调查游泳生物资源状况

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (尾/h)			尾数资源密度 (尾/km ²)		
	幼体	成体	合计	幼体	成体	合计	幼体	成体	合计	幼体	成体	合计
S1	7.79	23.08	30.87	106.53	315.64	422.17	171	628	799	2335	8593	10928
S2	14.38	31.59	45.97	196.6	432.09	628.69	680	1420	2100	9298	19424	28722
S3	8.29	20.51	28.8	113.4	280.5	393.9	243	567	810	3328	7750	11078
S4	16.93	30.18	47.11	231.61	412.67	644.28	1145	1464	2609	15661	20022	35683
S5	5.47	27.15	32.62	74.77	371.38	446.15	122	657	779	1663	8991	10654
S6	4.81	21.05	25.86	65.74	287.98	353.72	202	1652	1854	2763	22594	25357
S7	4.34	25.51	29.85	59.35	348.94	408.29	262	1479	1741	3586	20226	23812
S8	10.09	20.66	30.75	137.97	282.56	420.53	323	699	1022	4420	9558	13978
S9	7.83	22.74	30.57	107.06	311.09	418.15	465	1296	1761	6364	17721	24085
S10	10.35	30.7	41.05	141.6	419.88	561.48	446	996	1442	6101	13621	19722
S11	0.04	0.12	0.16	0.5	1.71	2.21	13	55	68	184	746	930
S12	2.61	5.07	7.68	35.69	69.3	104.99	101	337	438	1380	4611	5991
平均值	7.74	21.53	29.27	105.9	294.48	400.38	348	937	1285	4757	12821	17578

4.8.2.5 鱼卵、仔稚鱼

a 种类组成

春季鉴定出 14 个鱼卵、仔稚鱼种类, 隶属于 14 属 14 科 (详见附表 25)。

秋季鉴定出 11 个鱼卵、仔稚鱼种类, 隶属于 11 属 11 科 (详见附表 26)。

b 资源密度

春季鱼卵和仔稚鱼水平拖网共采到鱼卵 1959 粒, 仔稚鱼 29 尾 (见



表 4.8-20)。总平均密度鱼卵为 705 粒 / 1000 m³，仔稚鱼为 10.4 尾 / 1000 m³。垂直拖网共采鱼卵 75 粒，仔稚鱼 8 尾（见表 4.8-21）。换算成密度分别为 257 粒 / 1000m³ 和 23.1 尾 / 1000m³。



表 4.8-20 春季鱼卵、仔稚鱼数量（水平拖网）

站位	鱼卵		仔稚鱼	
	数量 (粒/网)	密度 (粒/1000m ³)	数量 (尾/网)	密度 (尾/1000m ³)
S1	63	272	2	8.6
S2	140	605	5	21.6
S3	65	281	1	4.3
S4	76	328	3	13
S5	35	151	1	4.3
S6	308	1331	6	25.9
S7	81	350	1	4.3
S8	552	2385	5	21.6
S9	43	186	0	0
S10	498	2151	3	13
S11	74	320	2	8.6
S12	24	104	0	0
平均值	163	705	2.4	10.4

表 4.8-21 春季鱼卵、仔稚鱼数量（垂直拖网）

站位	鱼卵		仔稚鱼	
	数量 (粒/网)	密度 (粒/1000m ³)	数量 (尾/网)	密度 (尾/1000m ³)
S1	2	81	1	38
S2	1	45	2	72
S3	4	162	/	0
S4	/	0	/	0
S5	1	46	/	0
S6	2	92	4	141
S7	3	132	/	0
S8	19	764	/	0
S9	3	146	/	0
S10	38	1524	/	0
S11	/	0	/	0
S12	2	94	1	26
平均值	6	257	0.7	23.1

注：“/”表示未捕获。

秋季鱼卵和仔稚鱼水平拖网共采到鱼卵 273 粒，仔稚鱼 13 尾（见表 4.8-22）。总平均密度鱼卵为 98 粒 / 1000 m³，仔稚鱼为 5 尾 / 1000 m³。垂直拖网共采鱼卵 20 粒，仔稚鱼 3 尾（见表 4.8-23）。换算成密度分别为 48 粒 / 1000m³ 和 7 尾 / 1000m³。



表 4.8-22 秋季调查海域鱼卵、仔稚鱼数量（水平拖网）

站位	鱼卵		仔稚鱼	
	数量 (粒)	密度 (粒/1000m ³)	数量 (尾)	密度 (尾/1000m ³)
S1	27	117	2	9
S2	49	212	1	4
S3	16	69	1	4
S4	32	138	2	9
S5	34	147	1	4
S6	13	56	/	/
S7	11	48	1	4
S8	10	43	/	/
S9	36	156	2	9
S10	19	82	1	4
S11	17	73	2	9
S12	9	39	/	/
平均值	23	98	1	5

注：“/”表示未捕获。

表 4.8-23 秋季调查海域鱼卵仔稚鱼数量（垂直拖网）

站位	鱼卵		仔稚鱼	
	数量 (粒)	密度 (粒/1000m ³)	数量 (尾)	密度 (尾/1000m ³)
S1	/	/	/	/
S2	5	143	/	/
S3	/	/	1	29
S4	4	114	/	/
S5	/	/	/	/
S6	/	/	1	29
S7	/	/	1	29
S8	/	/	/	/
S9	2	57	/	/
S10	6	171	/	/
S11	/	/	/	/
S12	3	86	/	/
平均值	2	48	0.3	7

注：“/”表示未捕获。

4.8.3 渔业生产现状调查与评价

4.8.3.1 渔业拥有量

2016 年底，项目附近沿海 6 市拥有各类海洋渔业生产船只 15067 艘，总吨位 287863t，总功率 753216kW。其中海洋捕捞机动渔船 13030 艘，总吨位



275405t，总功率 752148kW；海水养殖机动渔船 2037 艘，总吨位 12458 t，总功率 1068kW（见表 4.8-24）。

表 4.8-24 项目附近沿海 6 市海洋生产渔船拥有量

市	机动渔船					
	海洋捕捞			海水养殖		
	艘	t	kW	艘	t	kW
汕头市	2435	71925	160261	1001	3022	253
揭阳市	1771	25087	99004	1	7	41
汕尾市	6075	114598	327893	426	2606	294
惠州市	1607	9146	37478	306	4260	270
深圳市	883	37811	98505	303	2563	203
东莞市	259	16838	29007	0	0	7
合计	13030	275405	752148	2037	12458	1068

海洋捕捞生产渔船按功率分类统计见表 4.8-25。其中功率大于 441kW 渔船 127 艘，占生产渔船总数的 1.01%；功率在（45~440）kW 之间的渔船 3838 艘，占渔船总数 30.56%；功率低于 44kW 渔船 8593 艘，占渔船总数 68.43%。

表 4.8-25 项目附近沿海 6 市海洋捕捞生产渔船统计

市	>441kW			45~440kW			<44kW		
	艘	吨	千瓦	艘	吨	千瓦	艘	吨	千瓦
汕头市	14	736	2580	1074	63747	141646	1225	7397	15830
揭阳市	0	0	0	882	23363	92823	888	1793	6286
汕尾市	27	3563	16376	1492	92942	260461	4275	18997	53376
惠州市	0	0	0	120	5757	13065	1390	2912	20175
深圳市	75	23638	58695	73	9060	18933	636	1256	11694
东莞市	11	1714	5214	197	14243	35609	179	586	2913
合计	127	29651	82865	3838	209112	562537	8593	32941	110274

4.8.3.2 海洋捕捞生产

据统计，2016 年 6 市的海洋捕捞总产量为 543388t，其中以汕尾市捕捞产量最高，其次是汕头市，东莞市的海洋捕捞产量最低（表 4.8-26）。

从不同捕捞方式的分类产量看，拖网、围网、刺网、张网、钓业和其它捕捞方式的产量分别占捕捞总产量的 63.29%、4.09%、19.02%、2.05%、7.93%和 3.64%。拖网作业产量最高，其次是刺网作业产量，张网作业产量最低。



表 4.8-26 2016 年项目附近沿海 6 市捕捞方式分类产量(t)

市	拖网	围网	刺网	张网	钓业	其它	合计
汕头市	106009	4820	26308	8435	10051	4280	159903
揭阳市	34621	60	18656	1669	1894	783	57683
汕尾市	181495	10211	42729	793	14596	9231	259005
惠州市	2900	6383	12661	0	987	14	22945
深圳市	13982	420	1891	140	15536	5461	37430
东莞市	4877	313	1116	99	10	7	6422
合计	343884	22207	103361	11136	43074	19776	543388

从不同捕捞品种的产量看，鱼类、虾类、蟹类、贝类、藻类、头足类及其它品种的捕捞产量分别占捕捞总产量的 70.24%、7.90%、6.70%、3.67%、0.40%、8.70%和 2.39%，见表 4.8-27。

表 4.8-27 项目附近沿海 6 市海洋捕捞品种分类产量(t)

市	鱼类	虾类	蟹类	贝类	藻类	头足类	其它	合计
汕头市	127589	8926	9282	3443	175	10009	479	159903
揭阳市	39608	5556	2566	587	99	7114	2153	57683
汕尾市	162319	24960	23057	14201	1769	28465	4284	259055
惠州市	16573	2051	1149	1363	22	1457	330	22945
深圳市	30627	493	60	350	100	156	5644	37430
东莞市	5002	964	288	13	0	78	77	6422
合计	381718	42950	36402	19957	2165	47279	12967	543438

4.8.3.3 海水养殖

a 海水养殖面积

根据 2016 年统计资料，项目附近沿海 6 市海水养殖面积为 37892.6 hm²。其中，海水鱼类、虾类、蟹类、贝类、海藻类养殖面积分别占总养殖面积的 18.44%、25.11%、9.05%、38.13%和 6.73%。以贝类养殖面积最大，其次是虾类，其它类养殖面积最低（表 4.8-28）。

表 4.8-28 项目附近沿海 6 市海水养殖面积(hm²)

市	鱼类	虾类	蟹类	贝类	藻类	其它	合计
汕头市	2176	2246	1001	3469	1985	184	11061
揭阳市	217	1497	471	147	56	0	2388
汕尾市	3692.7	5102.7	1857	8554.6	460.6	240.8	19908.4
惠州市	718	660	98	2053	36	447	4012



市	鱼类	虾类	蟹类	贝类	藻类	其它	合计
深圳市	60	8	4	193	0	0	265
东莞市	125	0	0	33	12	52	258.2
合计	6988.7	9513.7	3431	14449.6	2549.6	923.8	37892.6

b 海水养殖产量

2016年上述6市的海水养殖总产量为632318t，其中海水鱼类、虾类、蟹类、贝类和海藻类的养殖产量分别占养殖总产量的16.38%、12.26%、4.84%、54.33%和10.87%，以贝类养殖产量为最高，其次是鱼类，其它类养殖产量最低（表4.8-29）。

表 4.8-29 2016年项目附近沿海6市海水养殖产量(t)

市	鱼类	虾类	蟹类	贝类	藻类	其它	合计
汕头市	34190	19438	13092	82370	54386	6467	209943
揭阳市	2800	7811	3490	1787	6727	0	22615
汕尾市	52928	38634	13195	222592	7200	286	334835
惠州市	12138	11609	800	35084	351	1453	61435
深圳市	511	10	2	1572	0	0	2095
东莞市	1011	0	0	113	56	177	1395
合计	103578	77502	30579	343518	68720	8383	632318

c 养殖品种

陆丰油田群区域开发项目沿海海水养殖品种较多，包括有鱼类、虾类、蟹类、贝类和海藻类等。养殖鱼类品种主要有石斑鱼、军曹鱼、鲷、鲈、美国红鱼和鲈鱼等；虾类主要养殖南美白对虾和斑节对虾；蟹类主要养殖品种为青蟹；贝类主要养殖品种为牡蛎、扇贝、文蛤和菲律宾蛤仔；海藻养殖种类主要为江蓠。



5 环境影响回顾性分析与评价

本项目将依托周边已建的陆丰油田群现有工程设施进行开发生产。陆丰油田群由陆丰 13-1 油田、陆丰 13-2 油田和陆丰 7-2 油田组成，采用区域联合开发模式，目前该油田群在生产的设施包括：南海盛开号 FOSU、单点系泊装置（SPM）、LF13-1 综合平台（陆丰 13-1 油田）、LF13-2DPP 钻采平台（陆丰 13-2 油田）、LF13-2WHP 井口平台（陆丰 13-2 油田）、LF7-2DPP 钻采平台（陆丰 7-2 油田）以及油气内部海底管道和电缆。

为了更加客观地预测评价本项目投产后对周围海域的环境影响，将对本项目海域进行简要的环境影响回顾性分析。

5.1 现有工程回顾

5.1.1 地理位置

陆丰油田位于南海北部海域的珠江口盆地，距香港约 230km，油田所在海域水深约为 286m。现有工程地理位置示意图 5.1-1。

图 5.1-1 陆丰油田地理位置示意图

5.1.2 工程设施

5.1.2.1 概况

陆丰油田群由陆丰 13-1 油田、陆丰 13-2 油田和陆丰 7-2 油田组成，其中陆丰 13-1 油田在生产的设施包括 1 座集井口、生产处理、外输、动力及生活于一体的综合平台（LF13-1 综合平台）和 1 艘具有原油储存及外输功能的“南海盛开号”浮式储油装置（FSOU），均于 1993 年投产。陆丰 13-2 油田在生



产的设施包括 1 座井口平台（LF13-2WHP 平台），于 2005 年投产；1 座集井口、生产处理、外输、动力及生活于一体的钻采平台（LF13-2 DPP 钻采平台），与 LF13-2 WHP 井口平台通过栈桥连接，于 2011 年投产。陆丰 7-2 油田在生产的设施包括 1 座集井口、生产处理、外输、动力及生活于一体的钻采平台（LF7-2DPP 平台），于 2014 年投产。陆丰油田群海上油田开发工程设施示意图见图 5.1-2。

5.1.2.2 主要设施

LF13-1 综合平台为 8 腿导管架结构，平台上设有模块钻机、原油和生产水处理系统、生活污水处理装置、公用辅助系统和生活楼等设施。平台供电采用原油发电机自发电。平台上共有 70 个井槽，分为东西两区布置各 35 个井槽，东区井槽上部用于建造变压器和变频柜工作间，井槽不能再使用，只使用西区井槽，目前共有 27 口生产井，预留 8 个井槽。LF13-1 综合平台于 1993 年 11 月投产，原设计寿命为 15 年，经过结构评估后，在维持平台现状的情况下，平台结构疲劳寿命可延至 2021 年。

LF13-2DPP 钻采平台为 8 腿导管架钻井生产平台，通过 1 条 40m 长的栈桥连接到 LF13-2 WHP 平台。平台共分五层甲板，分别为直升机甲板、上层甲板、中层甲板、下层甲板和工作甲板。其上设有 150 人生活楼、原油电站、燃料油储罐、模块钻机、原油生产外输系统、污水处理系统、火炬系统和其他公用系统等。目前共有 10 口生产井，预留 6 个井槽。LF13-2 DPP 平台于 2011 年 12 月投产，其设计寿命为 25 年。

LF13-2WHP 井口平台为 4 腿 8 裙桩钢结构导管架式井口平台，共有 3 口生产井，预留平台上设有单井计量、修井设备，无油气水处理设施。平台上设有简易的可供休息的固定房间，以备进行完井和修井作业。平台上设有闭式排放系统、开式排放系统、柴油系统和生活污水处理装置等。陆丰 13-2 平台原设计寿命为 10 年。陆丰 13-2 开发调整工程依托本平台进行开发，油田经济生产年限到 2020 年，目标服务年限到 2030 年。

“南海盛开号”FSOU 为单甲板、单壳单底、尾机型储油轮，设有直升机平台、尾卸油设备，内转塔式单点系统位于船艏。甲板上无工艺设施，布置有



管线和计量装置，两舷侧各设置一条纵向无障碍人行通道。“南海盛开号”FSOU 经 2012 年大修后，经过系统的评估，可以满足继续使用 15 年的要求。

陆丰油田群主要生产设施组成情况见表 5.1-1。

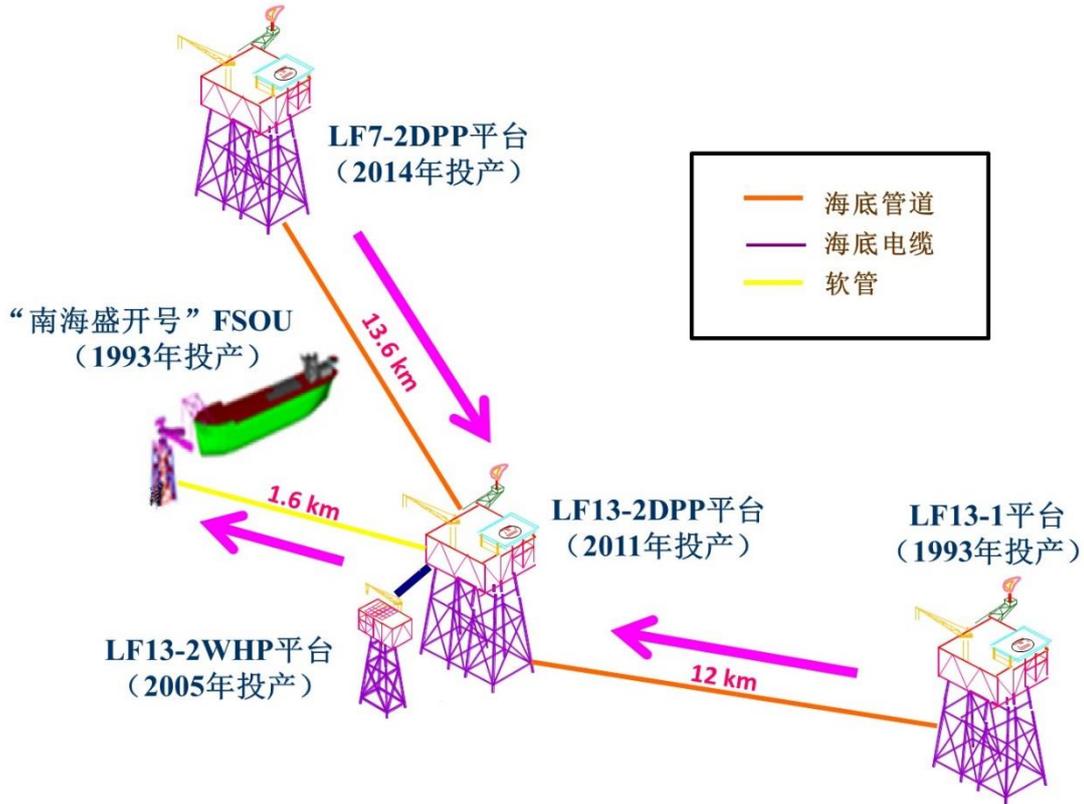


图 5.1-2 陆丰油田群海上油田开发工程设施示意图

表 5.1-1 陆丰油田群主要设施组成表

设施名称	设施描述
LF13-1 综合平台	8 腿 16 裙桩导管架结构。平台上设有模块钻机、原油和含油污水处理系统、生活污水处理装置、公用辅助系统和生活楼等设施。目前有 27 口油井在生产，预留 8 个井槽。日产油能力为 1040.9m ³ /d。原油设计处理能力为 8902m ³ /d，生产水设计处理能力为 3.82×10 ⁴ m ³ /d。
LF13-2DPP 钻采平台	8 腿导管架钻井生产平台，通过 1 条 40m 长的栈桥连接到 LF13-2 WHP 平台。平台共分五层甲板，分别为直升机甲板、上层甲板、中层甲板、下层甲板和工作甲板。其上设有 150 人生活楼、原油电站、燃料油储罐、模块钻机、原油生产外输系统、污水处理系统、火炬系统和其他公用系统等。共有 10 口生产井，预留 6 个井槽。电脱水器总液量设计处理能力为 9960 m ³ /d（其中原油设计处理能力为 7920 m ³ /d），生产水设计处理能力为 33600 m ³ /d。
LF13-2WHP 井口平台	4 腿 8 裙桩钢结构导管架式井口平台，共有 3 口生产井，平台上设有单井计量、修井设备，无油气水处理设施。平台上设有简易的可供休息的固定房间，以备进行完井和修井作业。平台上设有闭式排放系统、开式排放系统、柴油系统和生活污水处理装置等。



设施名称	设施描述
LF7-2DPP 钻采平台	8 腿钢结构导管架钻采处理平台，共有 4 层甲板，分别为直升机甲板、上层甲板、夹层甲板和下层甲板。其上设有 120 人生活楼、原油发电机、模块钻机、原油生产外输系统、生产水处理系统、火炬系统和其他公用系统等。共设 24 个井槽，8 口生产井，预留 16 个井槽。原油设计处理能力为 6360m ³ /d，天然气设计处理能力为 1.3×10 ⁸ m ³ /a，生产水设计处理能力为 24000m ³ /d。
“南海盛开号”FSOU	单甲板、尾机型储油轮，设有直升机平台、尾卸油设备；内转塔式单点系统位于船艏。甲板上没有工艺设施，仅有一些管线和计量装置，两舷侧各设置一条纵向无障碍人行通道。设置 12 个货油舱（中间 4 个，两舷各 4 个）、2 个污水水舱和 4 个压载水舱。储油能力约为 13×10 ⁴ m ³ 。

5.1.3 主要工艺流程

LF13-1 综合平台的物流首先在自身平台的原油处理系统中进行处理，处理后的合格原油，小部分供应平台原油发电机，其余大部分掺入生产水处理系统处理合格的生产水（含水约 30%）后输送至 LF13-2DPP 钻采平台。LF13-2 DPP 钻采平台将接收来自 LF13-2WHP 井口平台的物流，与来自本平台的自产物流及来自 LF13-1 综合平台的含水原油一起处理成合格原油。

在 2013~2018 年，LF7-2DPP 平台的井液在自身平台处理成合格原油后输送至 LF13-2 DPP 钻采平台，汇合陆丰 13-1 油田和陆丰 13-2 油田的处理合格原油，一同通过海底管道输送至“南海盛开号”FSOU 储存。自 2019 年起，为保证最小输量，LF7-2DPP 平台的原油需进行掺水输送至 LF13-2 DPP 钻采平台，其先进入 LF13-2 DPP 钻采平台的电脱水器进行脱水至合格，合格原油再经已建海管输送至“南海盛开号”FSOU 储存。

各平台分离出的少量伴生气通过火炬燃烧放空；分离出的生产水分别在 LF13-1 综合平台、LF13-2DPP 钻采平台及 LF7-2DPP 平台的生产水处理系统处理达标后排海。

5.1.3.1 LF13-1 综合平台

a 原油处理工艺流程

LF13-1 综合平台所产井流首先在一级分离器进行油、气、水的分离，一级分离器分离出的含水原油（含水率约为 2%）进入电脱水器进行脱水处理。经电脱水器处理后出来的合格原油（含水<0.5%）进入缓冲罐，经计量后通过外输泵进入现有海管去 LF13-2 DPP 钻采平台处理。为保证最小输量，输送时

将掺入生产水处理系统处理合格的生产水（约 30%）。经一级分离器分离出的气体进入火炬系统燃烧放空；一级分离器、电脱水器和原油缓冲罐分离出的生产水则进入生产水处理系统处理合格后排海。LF13-1 综合平台原油处理工艺流程见图 5.1-3。

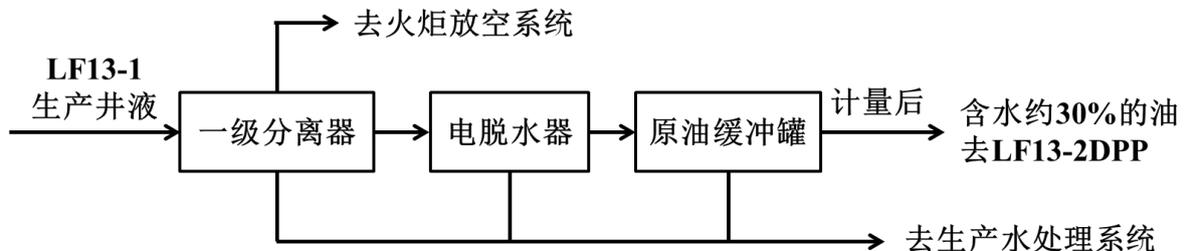


图 5.1-3 LF13-1 综合平台原油处理工艺流程

b 生产水处理工艺流程

LF13-1 综合平台生产水处理工艺采用沉降罐+水力旋流器的二级处理流程，处理的含油生产水主要包括来自一级分离器、电脱水器和原油缓冲罐的生产水以及开式排放罐和闭式排放罐的含油污水等。该平台的含油生产水首先进入沉降罐，通过沉降作用分离出一部分浮油，分离出的生产水进入水力旋流器，在水力旋流器经旋流分离后，处理达标的生产水经检测合格后排海，检测不合格的生产水将返回沉降罐重新进行处理。沉降罐和水力旋流器分离出的污油返回原油处理系统进一步处理。LF13-1 综合平台生产水处理工艺流程见图 5.1-4。

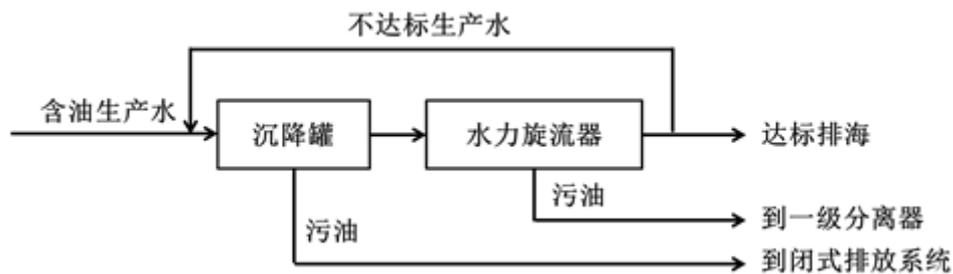


图 5.1-4 LF13-1 综合平台生产水处理工艺流程

5.1.3.2 LF13-2 DPP 钻采平台

a 生产工艺流程

LF13-2 WHP 平台所产流体将全部通过栈桥到 LF13-2 DPP 平台进行处理。LF13-2 WHP 平台所产流体通过栈桥到 LF13-2 DPP 平台。LF13-2 WHP 平台和 LF13-2 DPP 平台的流体在 LF13-2 DPP 平台经初步处理后，含水 20% 的原油通过海管输送至 LF13-1 平台。

在 LF13-1 平台上有一套专用来处理陆丰 13-2 油田物流的工艺处理系统，生产物流首先进入一级分离器进行油、气、水分离，一级分离器分离出来的含水原油（含水率约为 10%）经增压和冷却后进入电脱水器进行脱水处理。经电脱水器处理后出来的合格原油（含水 < 0.5%）进入缓冲罐，然后经计量后通过外输泵进入海管去“南海盛开号”（FSOU）储存外输。经一级分离器出来的气体则进入火炬系统燃烧。经一级分离器、电脱水器出来的含油生产水进入生产水处理系统处理合格后排海。

LF13-2 DPP 钻采平台用于处理 LF13-1 综合平台和 LF7-2 DPP 平台来的生产工艺流程见图 5.1-5。

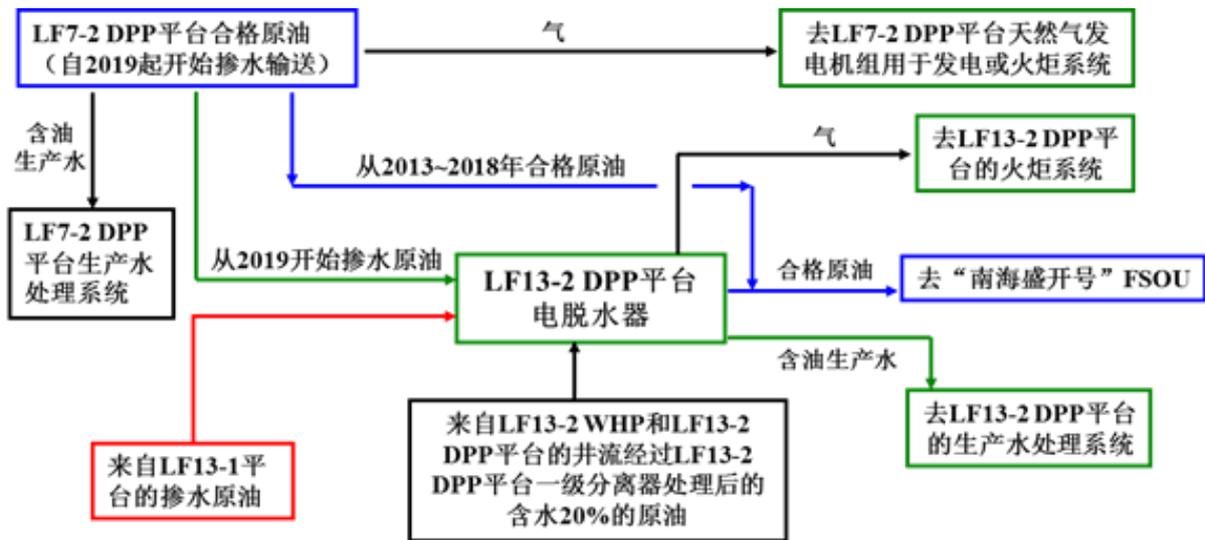


图 5.1-5 LF13-2 DPP 平台生产工艺流程

b 生产水处理工艺流程

LF13-2 DPP 钻采平台采用“污水沉降罐+水力旋流器”的处理流程来处理平台上的生产水，处理合格（含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后进入开排沉箱缓冲后排海，水力旋流器出口设在线含油分析仪及流量计计量。从沉降罐和水力旋流器分离出的污油汇集到污油罐，再通过污油泵打回到生产分离器。LF13-2 DPP 钻采平台生产水处理工艺流程见图 5.1-6。

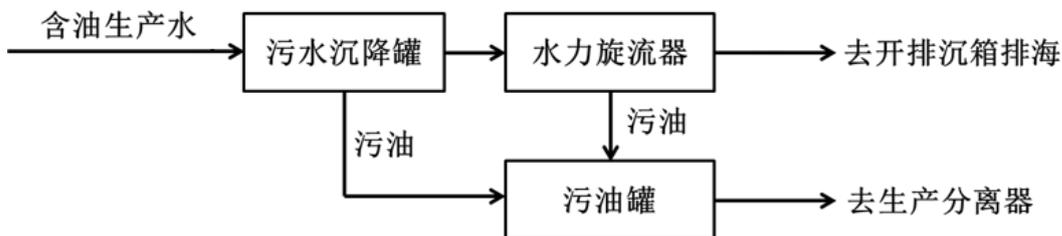


图 5.1-6 LF13-2 DPP 钻采平台生产水处理工艺流程

5.1.3.3 LF7-2DPP 钻采平台

a 原油处理工艺

LF7-2 DPP 平台各生产井所产流体经管汇汇合，经单井计量后，进入生产分离器进行油气水三相分离。分离出来的 20%的含水原油进入原油除气罐进



一步除气，之后经电脱水进料泵增压后进入电脱水器。电脱水器出来的合格原油，经外输泵增压并进行商业计量。合格原油经新建的 13.6km 的 12" /16" 的海管输送至 LF13-2 DPP 平台，进入 LF13-2 DPP 平台的 8" 海管输送到“南海盛开号” FSOU 储存。

b 生产水处理工艺

LF7-2 DPP 平台生产水处理系统采用双系列紧凑式浮选器（CFU）处理流程。从生产分离器工艺系统分离出来的生产水分别经过两个 CFU 系列，每个系列均由两台水力旋流器串联而成。每个系列的第一台 CFU 能将生产水的含油浓度处理到 100mg/L~150mg/L，第二台 CFU 最终将生产水处理到含油浓度不高于 45mg/L 后进入开排沉箱排海。CFU 分离出来的污油全部进入污油罐，由污油泵输送至原油工艺系统。

5.1.3.4 各平台生活污水处理工艺流程

LF13-1 综合平台、LF13-2 DPP 钻采平台生活污水主要来自洗衣房和浴室等处产生的灰水、厕所和医务室等处产生的黑水。生活污水的排放须满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限制》三级标准的要求，即 COD 排放浓度达到 500mg/L 以下。在 LF13-1 综合平台设有一套生活污水处理装置，可满足常住人数 165 人的要求，在 LF13-2 DPP 钻采平台设有一套生活污水处理装置，可满足常住人数 150 人的要求，生活污水经沉降、粉碎、电解和澄清处理达标后排海。

5.2 相关环评批复和环保设施竣工验收情况

陆丰油田群各阶段开发建设均按照相关法律法规的要求编制了环评报告，并在进行开发方案设计时，根据国家相关法律法规要求设计了相应的环保设施。油田环保设施的设计、建造工作与海上钻井、生产平台的设计工作同时进行，并随油田一起投入试运行。国家海洋局以及国家生态环境部据此分批对陆丰油田群环保设施进行了检查和验收，见表 5.1-2 以及表 5.1-3。



表 5.1-2 陆丰油田群环评报告书历次批复和竣工环保验收情况

工程设施	环评报告书	环评批复情况	竣工验收情况
LF13-1 综合平台 “南海盛开号”FSOU	《南海陆丰 13-1 油田环境影响报告书》	于 1991 年 5 月 28 日获得国家环境保护局批复（（91）环监字第 245 号）	于 2011 年 4 月 25 日获得国家海洋局环境保护设施竣工验收的复函（国海环字[2011]241 号）
LF13-2WHP 井口平台	《陆丰 13-2 油田开发工程环境影响报告书》	于 2004 年 4 月 19 日获得国家海洋局核准（国海环字[2004]137 号）	于 2014 年 12 月 19 日获得国家海洋局环境保护设施竣工验收的复函（国海环字[2014]753 号）
LF13-2 DPP 钻采平台	《陆丰 13-2 油田开发调整工程环境影响报告书》	于 2010 年 7 月 7 日获得国家海洋局核准（国海环字[2010]386 号）	
LF7-2DPP 钻采平台	《陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书》	于 2012 年 9 月 25 日获得国家海洋局核准（国海环字[2012]664 号）	于 2016 年 2 月 3 日获得国家海洋局环境保护设施竣工验收的复函（国海环字[2016]75 号）

表 5.1-3 陆丰油田群环评报告表历次批复情况

环评报告表	环评批复情况
《陆丰油田长期复产项目环境影响报告表》	于 2020 年 1 月 13 日获得生态环境部核准（环审[2020]9 号）
《陆丰 13-1 13-2 油田调整井工程(12H2 等 24 口调整井)环境影响报告表》	于 2018 年获得国家生态环境部核准（环审[2018]23 号）
《陆丰 13-1 油田调整井工程（5H3 等 10 口调整井）环境影响报告表》	于 2016 年获得国家海洋局核准（国海环字[2016]592 号）
《陆丰 13-1 油田调整井工程（12H2 等 12 口调整井）环境影响报告表》	于 2015 年 4 月获得国家海洋局核准（国海环字[2015]134 号）
《陆丰 13-1 油田调整井工程环境影响报告表》	于 2010 年 11 月获得国家海洋局核准（国海环字[2010]671 号）

根据本项目依托的陆丰 13-2 油田开发工程环保设施竣工验收报告结论，陆丰 13-2 油田的生产污水、生活污水处理设施、开/闭排系统运转正常，能够承担起生产污水和生活污水的处理任务。此外油田开发作业者采取了切实可行的清洁生产措施，严密控制污染物的产生及排放过程，确保污染物排放浓度低于允许值，并按照总量控制要求严格限制污染物的排放量。油田为防范溢油制定了溢油应急计划并配备了相应的溢油应急处理设备。我们在油田周围海域的环境监测表明油田周围海域受油田排出的生产、生活污水影响很小。总之，



油田环保设施和环保措施实施得当。

由此可见，本项目依托的陆丰 13-2 油田现有生产设施已经过环保设施竣工验收监测并获得主管部门复函同意正式投入生产；其所配备的环保设备和管理制度可以满足原环评报告及其批复中提出的相关要求。

5.3 环境保护设施运行情况

5.3.1 主要环保设施及运行情况

目前，本项目依托的 LF13-2 DPP 钻采平台和“南海盛开号”FSOU 环保设施运行情况良好，生产水和生活污水处理设施均运行正常，现有主要环保设施如下。

表 5.1-4 本项目依托平台主要环保设施

平台	环保设施	数量	运行情况
LF13-2 DPP 钻采 平台	开式排放系统（开式排放罐和开式排放泵）	1 台	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，最大使用人数 150 人	1 套	正常
	固体废弃物处理系统 （包括厨房用粉碎机、垃圾分类回收专用箱）	1 套	正常
	含油生产水处理系统	1 套	正常
“南海盛 开号” FSOU	生活污水处理装置	1 套	正常
	固体废弃物处理系统 （包括厨房用粉碎机、垃圾分类回收专用箱）	1 套	正常

5.3.2 依托平台污染物排放情况

5.3.2.1 依托平台生产水排放情况

本项目主要依托的工程设施为 LF13-2DPP 钻采平台以及“南海盛开号”FSOU。根据近三年 LF13-2DPP 钻采平台生产水监测数据（见表 5.1-5），生产水月排放量在 4641 m³~667924 m³ 间，月均含油浓度为 0mg/L~36.3mg/L。其中 2017 年排放水量波动较大的原因是由于油田在 2017 年 7 月 22 日至 12 月底停产，仅产少量原油供发电机使用，故外排水量较少。另外，在 2017 年生产水中含油浓度相比 2016 年同期下降较为明显，其原因为国家海洋局南海环境监测站 2017 年更换了监测设备，新设备检测生产水含油浓度值较以往明显偏低，经过咨询和现场调研沟通，监测站认为设施运行正常，并出具了相



应的检验报告，显示结果可信。

表 5.1-5 LF13-2DPP 平台含油生产水监测结果

月份	2017 年		2018		2019	
	排水量 (m ³)	含油浓度 (mg/L)	排水量 (m ³)	含油浓度 (mg/L)	排水量 (m ³)	含油浓度 (mg/L)
1	667924	3.64	429778	11.2	614104	11.5
2	585971	7.6	482515	14.94	584780	10.92
3	656069	1.39	567296	14.16	649582	15.3
4	626157	2.2	569344	14.18	632656	12.81
5	589685	0	596344	15.56	654774	9.75
6	602234	1.4	578491	15.31	584794	10.63
7	439052	1.8	436940	15.5	608976	9.88
8	6624	3.37	629932	14.55	605702	8.76
9	4641	36.3	391566	15.54	600798	10.94
10	39001	5.26	606002	15.78	621654	10.2
11	7164	1.43	516309	15.05	604132	8.99
12	21437	3.77	586740	13.61	621391	9.24
最大值	667924	36.3	629932	15.78	654774	15.3
最小值	4641	0	391566	11.2	584780	8.76

注：“/”表示无该项目，下同。

5.3.2.2 依托平台生活污水排放情况

根据 LF13-2 DPP 钻采平台近三年生活污水监测数据（见表 5.1-6），LF13-2 DPP 钻采平台生活污水月排放量在 228.7m³~667.9m³ 之间，月均 COD 浓度在 10.5mg/L~472mg/L 之间。

表 5.1-6 LF13-2DPP 平台生活污水监测结果

月份	2017 年		2018		2019	
	排水量 (m ³)	COD 浓度 (mg/L)	排水量 (m ³)	COD 浓度 (mg/L)	排水量 (m ³)	COD 浓度 (mg/L)
1	555	65	447.3	15.2	310.4	70
2	428	182	374.3	10.5	228.7	34
3	504.2	207	484.7	280	485.8	48
4	489.2	175.1	471.9	89.4	605.8	41
5	539.6	427	667.9	214.4	617.4	25
6	515.9	472	528.2	56.2	640.4	58
7	509.1	236	481.4	69	371	47
8	345.7	205	546.6	131	457	87
9	246.1	61	459.5	55	473	14



10	423.3	90.1	524.2	29	506	93
11	406.9	128	424.7	42	561	93
12	424.4	24.6	353.8	279	579	82
最大值	555	472	667.9	280	640.4	93
最小值	246.1	24.6	353.8	10.5	228.7	14

根据近两年“南海盛开号”FSOU 生活污水监测数据（见表 5.1-7），“南海盛开号”FSOU 生活污水月排放量在 29.6m³~41.5m³ 之间，月均 COD 浓度为 34.5mg/L~385mg/L。

表 5.1-7 “南海盛开号”FSOU 生活污水监测结果

月份	2018		2019	
	排水量 (m ³)	COD 浓度 (mg/L)	排水量 (m ³)	COD 浓度 (mg/L)
1	40.6	128	33.1	385
2	37.2	340	29.6	90
3	42	337	33.4	43
4	40.3	255	32.1	65
5	41.3	56.8	32.8	48
6	38.7	34.5	32.7	38
7	41.5	41.7	33	47
8	39.8	61.8	33	73
9	38.6	93	31	59
10	38.4	41	33	134
11	37.6	145	32	63
12	33.3	40	33	135
最大值	41.5	340	33.4	385
最小值	33.3	34.5	29.6	38

综上所述，本项目依托的陆丰 13-2 油田现有海上设施生产水处理系统和生活污水处理系统处理效果良好。LF13-2DPP 钻采平台排放的生产水石油类含量均小于 45mg/L（月平均），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；LF13-2DPP 钻采平台以及“南海盛开号”FSOU 产生的生活污水经处理后 COD 含量均不超过 500mg/L，符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中的三级海域排放要求。

5.3.3 船舶各类污染物处置情况回顾

陆丰油田施工和运营以来，使用的船舶主要包括浮吊船、托轮、驳船、铺管船和供应船等各类施工作业船舶，作业船舶将产生一定量的船舶污染物，包括船舶含油污水、生活污水、船舶垃圾等。针对各类污染物均采取了相应的处



理措施，船舶污染物的排放与处理满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、《73/78 防污公约》等相关要求。

5.4 溢油事故情况回顾

陆丰 13-1 油田在 2005 年 2 月曾发生过 1 次小型溢油。事故原因为“南海盛开号”FSOU 污水管线密封不好，启动压载泵排出压载海水时经过污水管线将重油污水吸出；总溢油量 91.7L。

发现溢油事故后，作业者及时使用消油剂，出动机器人和潜水员进行水中检查，更换密封不好的污水阀门，并在下游阀门上安装盲板，将污水管线和压载管线完全分隔，溢油没有对周围海域的生态环境造成严重影响。

整个事故的时间历程：（1）2005 年 2 月 1 日早上 8:00 左右 FSOU 在巡查时发现海面有溢油情况。（2）收到 FSOU 船长的报告后，立即启动溢油应急程序，上午 9:30 将溢油情况和申请使用溢油分散剂电话汇报给国家海洋局南海分局环保处。（3）获得使用溢油分散剂许可后，立即通知海上值班船喷洒溢油分散剂。（4）中午 13:17 停止原油生产，动员 1000m 围油栏、1 套撇油器、50 桶溢油分散剂和 11 名有经验人员次日凌晨到达现场；至 2 月 4 日，已无油带形成。

上述事件说明，如果发生小型溢油，只要及时切断溢油源、查找泄漏点并对海面油膜喷洒溢油分散剂是较为有效的应急处理措施。在以预防为主的基础上，配备适当的应急设备，制定严格的应急预案，及时发现溢油并按照应急预案立即启动溢油应急处理措施，可以有效降低海上溢油的环境污染程度。

5.5 海洋环境质量回顾

5.5.1 资料引用情况

本次回顾性分析所采用的历史环境资料来自中国科学院南海研究所 1990 年 2 月以及国家海洋局南海环境监测中心 2003 年 7 月、2008 年 4 月和 8 月、2010 年 5 月和 11 月、2014 年 9 月、2015 年 5 月和 2017 年 11 月共九次在陆丰油田海区进行的调查资料，2014 年以来的 3 次调查站位基本重合。调查站位对比见图 5.5-1，调查结果对比见表 5.5-1。



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





图 5.5-1 调查海域历史资料站位图



5.5.2 海水水质状况回顾

本次分析对 1990 年 2 月、2003 年 7 月、2008 年 4 月和 8 月、2010 年 5 月和 11 月、2014 年 9 月、2015 年 5 月和 2017 年 11 月共九次调查中的海水水质监测数据进行了分析对比，具体对比情况见表 5.2-2。结果表明，该海域海超标因子主要为溶解氧、活性磷酸盐、无机氮、铅，其他全部符合标准要求，海域水质状况变化不大。具体情况如下：

●pH：在 1990 年 2 月至 2017 年 11 月共九次调查中，调查海区海水 pH 值波动不大，均在正常范围之内。八次调查结果均显示调查海域的海水 pH 浓度符合相应海水水质标准要求。

●溶解氧：在 1990 年 2 月至 2017 年 11 月共九次调查中，调查海区海水中溶解氧的超标是比较普遍的现象，与调查期间水文状况和水体交换情况相关，基本上水深越大，越不利于各层水体间溶解氧的交换；历次调查中 DO 均有出现超标现象，这应该与水深变化及水底有机碎屑的耗氧分解有较大关系。

●化学需氧量：在 1990 年 2 月至 2017 年 11 月共九次调查中，调查海区海水中 COD 的平均值均较低，2014 年略高，均满足一类水质标准要求。

●活性磷酸盐：在 2003 年 7 月至 2017 年 11 月共八次调查中，调查海区海水中活性磷酸盐均出现一定程度的超标，2008 年 8 月调查海区活性磷酸盐含量全部超标，2008 年 4 月调查超标率为 92%，2003 年 7 月调查超标率为 22%，其余各次调查超标率均低于 10%。活性磷酸盐含量超标主要在底层出现，而底层活性磷酸盐出现超标在海区较为普遍，与海区水深、水温、溶解氧含量和垂直交换程度等有关。

●无机氮：在 2003 年 7 月至 2017 年 11 月共八次调查中，2003 年 7 月~2014 年 9 月六次调查无机氮含量均出现超标现象，2015 年 5 月及 2017 年 11 月调查中无机氮含量全部符合第一类海水水质标准。前三次调查中调查海区无机氮的平均值呈上升趋势，2008 年 8 月有 20%的样品超过第一类海水水质标准。2010 年 5 月超标率为 12%，超标样品主要集中在底层。2015 年 5 月调查及 2017 年 11 月调查的平均含量较前六次调查结果有明显回落现象，但底层含量仍然最高，这可能与较大水深处有机碎屑的分解有关。



●铅：在 1990 年 2 月至 2017 年 11 月共九次调查中，调查海区海水中铅的含量在前期各次调查中均符合一类海水水质标准，2015 年 5 月及本次调查部分样品含量超出第一类海水水质标准。这与该海域的地域性特征有关，铅超标的现象在该海域比较普遍。此外，海水中的铅主要是大气输送进入海洋，铅的超标可能与大气沉降等因素有关。

●石油类：在 1990 年 2 月至 2017 年 11 月共九次调查中，除 2008 年 4 月和 2015 年 5 月部分样品石油类含量超第一（二）类海水水质标准，其余各次监测石油类含量均符合第一（二）类海水水质标准。本次调查结果在历次调查结果中处于最低水平。

在 1990 年 2 月至 2017 年 11 月共九次调查中，调查海区海水中硫化物和挥发酚的含量较低，均满足第一类海水水质标准；调查海区海水中汞、砷、铜、锌、镉和铬等水质要素的含量在历次调查中含量均较低，满足第一类海水水质标准；调查海区海水中悬浮物含量历次调查中变化均不大且含量都较低。

根据回顾分析的结果，海水中溶解氧含量历次调查均有样品超过一类海水水质标准，底层溶解氧含量较低，存在一定的缺氧现象，主要由于海区水深较深，底层海水海气交换较差，上下层水体交换困难，底层消耗的氧来不及供给；活性磷酸盐含量在历次调查中均有不同程度的超标现象出现，近年超标率较低，超标样品主要出现在底层，因底层浮游植物数量少，对营养盐吸收也相对较少，有机体死亡沉降后降解产生的活性磷酸盐也溶解于底层海水；重金属铅在 2015 年 5 月及本次调查部分样品含量超标，可能与大气沉降等因素有关；石油类、无机氮在前几次调查中出现过不同程度的超标现象，但本次调查结果全部符合一类海水水质标准；其它各要素在各次调查中均符合一类海水水质标准要求。

5.5.3 表层沉积物质量状况回顾

沉积物质量回顾分析历史资料主要包括：2015 年 5 月、2014 年 11 月 2010 年 10 月、2010 年 5 月、2008 年 8 月、2008 年 4 月、2003 年 7 月和 1990 年 2 月的调查数据。历次调查数据比对结果见表 5.5-2。

在历次调查结果中，可以看出除了 2008 年 8 月调查结果中的表层沉积物重金属砷的平均质量指数达到 1.25，其它历次调查结果的各项评价因子的平



均质量指数均低于 1.0；在历年评价结果中，除了砷、锌和镉的平均质量指数出现超过 0.50，其余各项评价因子的平均质量指数均小于 0.50；在历年评价结果中，特征污染物石油类的平均质量指数都非常小，对沉积物质量的影响很小；本次调查的各项评价因子的评价结果低于或持平与历年调查的评价结果。

回顾分析结果表明，本次调查结果与以往历次调查结果基本一致，陆丰油田开发工程所在海域海洋沉积物环境质量未见明显恶化，油田开发对底质环境无明显影响，特征污染物石油类在表层沉积物中处于极低水平。



5.5-1 陆丰油田群周围海域水质监测结果对比表

调查时间 调查项目		1990年2月	2003年7月	2008年4月	2008年8月	2010年5月	2010年11月	2014年9月	2015年5月	2017年11月
水温 (°C)	范围	10.6~28.9	18.63~30.49	18.2~26.0	16.46~28.81	16.45~27.18	16.00~26.12	13.19~29.65	10.20~27.25	14.08~27.70
盐度	范围	34.45~34.67	32.489~34.602	33.928~34.524	32.291~34.532	34.321~34.985	33.982~35.200	33.019~35.905	31.482~34.741	34.109~34.897
pH	范围	7.95~8.23	8.01~8.38	8.09~8.28	8.02~8.27	8.05~8.24	8.05~8.27	8.08~8.29	8.05~8.29	8.25~8.34
DO (mg/L)	范围 超标率%	5.67~7.20 /	4.86~6.91 25	4.95~6.87 30	4.00~6.77 31.6	4.97~6.92 29	4.55~6.89 19	5.02~6.47 34.0	4.99~6.54 44.8	5.275~6.69 38.1
COD (mg/L)	范围	0.28~0.68	Δ~0.43	Δ~0.33	0.15~0.83	Δ~0.51	Δ~0.74	0.45~0.94	Δ~0.44	Δ~0.37
石油类 (mg/L)	范围 超标率%	0.01~0.037 /	0.019~0.047 0	0.020~0.071 33	0.017~0.032 0	Δ~0.041 0	Δ~0.046 0	0.017~0.048 0	0.028~0.055 11.1	Δ~0.018 0
无机氮 (μg/L)	范围 超标率%	/	18.7~212.2 5	24.7~232 2	57.6~288 20	34.6~303 12	13.3~223 7	12.6~384 6.4	15.6~141 0	35.7~156 0
PO ₄ -P (μg/L)	范围 超标率%	/	Δ~41.4 22	13.2~36.4 92	17.1~72.3 100	Δ~19.0 4	1.6~20.5 2	3.6~26.0 8.3	1.7~25.0 5.3	4.1~18.8 4.2
砷 (μg/L)	范围	/	/	1.1~2.0	1.8~2.8	2.1~4.0	2.0~3.8	1.2~1.9	1.3~2.1	1.5~2.3
锌 (μg/L)	范围	/	/	2.7~10.8	2.0~12.7	Δ~5.6	2.4~16.1	5.4~16.4	3.4~10.4	1.4~9.65
镉 (μg/L)	范围	/	/	Δ	Δ~0.20	Δ	Δ	Δ~0.16	Δ	Δ~0.9
铜 (μg/L)	范围	0.10~5.9	/	1.5~2.5	1.7~2.7	1.1~2.7	1.4~3.6	0.9~2.8	0.7~2.0	Δ~2.9
铅 (μg/L)	范围 超标率%	0.1~2.7 /	/	0.4~1.0 0	0.4~1.0 0	0.3~0.9 0	0.4~0.9 0	0.5~0.9 0	0.5~1.2 5.3	0.3~2.9 16.4
总铬 (μg/L)	范围	7.7~25.5	/	0.22~2.36	0.37~1.94	0.31~2.55	0.41~1.70	0.43~0.99	0.41~0.99	0.39~0.88



调查时间 调查项目		1990年2月	2003年7月	2008年4月	2008年8月	2010年5月	2010年11月	2014年9月	2015年5月	2017年11月
汞 ($\mu\text{g/L}$)	范围	/	/	0.012~0.038	0.009~0.025	0.021~0.034	0.017~0.030	0.016~0.025	0.016~0.026	0.015~0.025
硫化物 ($\mu\text{g/L}$)	范围	/	/	Δ ~0.5	Δ ~0.2	Δ	Δ ~0.3	Δ ~0.20	Δ ~0.30	Δ ~0.3
挥发酚 ($\mu\text{g/L}$)	范围	/	Δ ~2.18	Δ	Δ	Δ	Δ	0.4~2.7	Δ ~4.7	Δ ~2.0
悬浮物 (mg/L)	范围	0.41~5.77	Δ ~7.3	1.5~5.0	0.7~9.4	0.7~9.4	1.4~13.8	1.9~5.0	0.3~4.9	0.4~31.0

注：“ Δ ”表示样品测值低于检出限，统计时取检出限的一半或 1/4，下同；“/”表示无该项目，下同。

表 5.5-2 陆丰油田群周围海域沉积物监测结果对比表

调查时间 调查项目		2017年11月	2015年5月	2014年11月	2010年10月	2010年5月	2008年8月	2008年4月	2003年7月	1990年2月
平均 标准 指数	有机碳	0.43	0.30	0.22	0.18	0.16	0.14	0.15	0.10	/
	硫化物	0.20	0.21	0.16	0.09	0.06	0.24	0.12	0.16	0.014
	汞	0.09	0.07	0.09	0.04	0.08	0.10	0.05	/	/
	砷	0.18	0.57	0.34	0.89	0.83	1.25	0.93	/	/
	铜	0.31	0.32	0.01	0.16	0.16	0.20	0.26	/	/
	铅	0.21	0.33	0.30	0.29	0.24	0.24	0.26	0.23	0.64
	锌	0.16	0.42	0.45	0.57	0.15	0.71	0.44	0.55	/
	镉	0.39	0.34	0.20	0.07	0.49	0.71	0.62	/	/
	铬	0.31	0.35	0.26	0.32	0.22	0.19	0.07	0.44	0.57
	油类	0.02	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05



5.5.4 海洋生物生态状况回顾

海洋生物状况采用 1990 年 2 月、2003 年 7 月、2008 年 4 月和 8 月、2010 年 5 月和 11 月、2014 年 9 月、2015 年 5 月及 2017 年 11 月共 8 次调查资料对本海区海洋生物生态环境质量比较分析，其中包括 4 次春季调查，4 次秋季调查。除 1990 年 2 月调查外，各次生物生态评价要素包括：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、鱼卵和仔稚鱼、底栖生物和生物质量。

5.5.4.1 叶绿素 a 与初级生产力

将 1990 年 2 月、2003 年 7 月、2008 年 4 月和 8 月、2010 年 5 月和 11 月、2014 年 9 月、2015 年 5 月及 2017 年 11 月陆丰油田群附近海域的调查结果相对比，调查海区海水中同海域历次调查结果的叶绿素 a 和生产力比较列于表 5.2-3。海域历次调查叶绿素 a 含量和初级生产力水平均较低，这是由于所调查海区比较靠外，属于贫营养海域。叶绿素 a 含量垂直分布上底层含量相对较低。

初级生产力方面，年际变化较大，同一季节(春季和秋季)的初级生产力相比有所降低。总体上，海域叶绿素 a 含量水平指示为贫营养，初级生产力水平为中低水平~中等水平。

表 5.5-3 叶绿素 a 历史资料比较

季节	年份	叶绿素 a(mg/m ³)	初级生产力(×10 ² mg·C/(m ² ·d))
春季	2015 年 5 月	0.13~0.28	1.84~4.00
	2010 年 5 月	0.10~0.25	1.80~4.80
	2008 年 4 月	0.25~0.52	3.21~6.68
	2003 年 7 月	0.31~0.69	2.46~6.72
	1990 年 2 月	0.07~1.15	5.29~10.17
秋季	2017 年 11 月	0.23~0.30	2.45~3.16
	2014 年 9 月	0.07~0.30	1.10~4.29
	2010 年 11 月	0.39~1.51	3.28~13.89
	2008 年 8 月	0.14~0.51	1.72~6.01

5.5.4.2 浮游植物

历次浮游植物调查数据的对比分析统计结果见表 5.2-4，可以看出海区浮游植物种类数季节变化较明显，秋季相对较高，春季相对较少；浮游植物个体



数量季节变化较明显，秋季的种类数、个体数量更丰富，种类多样性更高，数量分布更均匀，这与秋季水温高，浮游植物增值速率高有关。

由表 5.2-4 可见，各次调查优势种不尽相同，这主要是和浮游植物生长受季节影响较大有关。各次调查中时而出现优势种种类多而数量优势不明显、时而又出现某些种类形成绝对优势。由表 5.2-4 可见，各次调查的浮游植物多样性指数和均匀度均相差不大，均指示该调查海区生态环境状况良好，群落结构较稳定。

与历史调查资料对比发现，海区浮游植物群落结构较为稳定，出现优势种较为丰富且数量较为均匀，海区各项浮游植物统计指标未见异常。

表 5.5-4 浮游植物历史资料比较

季节	年份	种类数	个体数量 ($\times 10^4$ 个/ m^3)	多样性	均匀度
春季	1990 年 2 月	120 种	0.93~5.0	/	/
	2015 年 5 月	59 种	0.17~5.55	2.23~4.35	0.63~0.89
	2010 年 5 月	67 种	0.12~9.52	2.41~4.23	0.59~0.95
	2008 年 4 月	71 种	2.9~16.2	2.91~4.09	0.66~0.85
秋季	2017 年 11 月	115 种	0.23~36.88	2.13~4.13	0.40~0.85
	2014 年 9 月	101 种	0.17~31.71	0.61~3.96	0.14~0.83
	2010 年 11 月	102 种	0.17~501.0	2.27~4.22	0.53~0.95
	2008 年 8 月	126 种	126.3~1509	2.72~4.30	0.46~0.78
季节	年份	优势种及百分比			
春季	2015 年 5 月	铁氏束毛藻(18.3%)、优美伪菱形藻(12.2%)、翼根管藻纤细变型(5.9%)、相反角藻(4.2%)			
	2010 年 5 月	佛氏梯形藻(10.5%)、菱形海线藻(5.0%)、丹麦细柱藻(3.8%)、大角角藻(3.5%)			
	2008 年 4 月	菱形海线藻(21.3%)、洛氏角毛藻(9.5%)、短刺角毛藻(7.7%)、扁面角毛藻(7.3%)			
	1990 年 2 月	窄隙角毛藻 (30.2%)、短刺角毛藻 (22.7%)、洛氏角毛藻 (21.8%)			
秋季	2017 年 11 月	旋链角毛藻(51.8%)、窄隙角毛藻(7.3%)、细弱海链藻(5.2%)、菱形海线藻(2.8%)			
	2014 年 9 月	铁氏束毛藻 (36.2%)、菱形海线藻 (17.3%)、角毛藻属未定种 (7.0%) 和海链藻属未定种 (2.0%)			
	2010 年 11 月	洛氏角毛藻(13.3%)、短刺角毛藻(6.3%)、窄隙角毛藻(4.7%)、骨架大西洋角毛藻(3.0%)			
	2008 年 8 月	优美拟菱形藻(41.9%)、菱形海线藻(11.9%)、优美旭氏藻(3.3%)、窄隙角毛藻(2.9%)			



5.5.4.3 浮游动物

历次浮游动物调查数据的对比分析统计结果见表 5.2-5，可以看出各次调查结果在海区正常波动范围之内，优势类群差别不大。

总体来看，调查海区浮游动物群落的多样性指数和均匀度均处于较高水平，说明调查海区的浮游动物群落多样性水平较高，群落组成较为稳定。

表 5.5-5 浮游动物历史资料比较

调查时间	种数	生物量(mg/m ³)	个体数量(个/m ³)	多样性	均匀度	
春季	2015年5月	197	34.12	25.85	3.7	0.57
	2010年5月	307	168	42.1	5.95	0.78
	2008年4月	307	62.7	69.3	5.72	0.77
	2003年7月	238	161	105	4.91	0.7
	1990年2月	147	56	41.7	/	/
秋季	2017年11月	172	23.64	24.37	4.08	0.74
	2014年9月	319	52.12	33.6	5.27	0.74
	2010年11月	312	124	119	5.58	0.74
	2008年8月	391	98.6	125	6.4	0.84
调查时间	优势种					
春季	2015年5月	桡足类、毛颚类				
	2010年5月	/				
	2008年4月	/				
	2003年7月	/				
	1990年2月	/				
秋季	2017年11月	桡足类、被囊类、毛颚类桡足类				
	2014年9月	桡足类、毛颚类				
	2010年11月	桡足类				
	2008年8月	/				

5.5.4.4 底栖生物

历次调查底栖生物的回顾分析结果见表 5.2-6。分析结果显示调查海区底栖生物有一定的季节性和年际变化趋势，种类数在历次调查中波动较大，整体呈上升趋势；主要类群以节肢动物和脊索动物为主；历次调查主要优势种的种类和数量都存在差异较大，说明调查海区底栖生物的季节性演替较为频繁，不同年份、季节和月度都存在一定变化，而本次调查结果优势种较多；历次调查的栖息密度和生物量属于中等水平，而本次调查的数值偏低。

从历次的结果来看，调查海区底栖生物主要类群为节肢动物和脊索动物，



优势种以节肢动物为主，常见优势种为银光梭子蟹和异杯珊瑚。底栖生物的种类数呈上升趋势，调查区生物多样性指数丰富度和均匀度都处于较高水平。

5.5.4.5 生物质量

历次调查生物质量的回顾分析结果见表 5.2-7。从表中可以可以看出，前期调查数据缺省较多，近五年的调查数据对比发现鱼类和甲壳类体内的主要污染物含量变化不大或者略有下降，总体基本处于未超标范围内的波动变化；贝类体内污染物 Cu、Zn、As 和石油烃含量波动变化较大，贝类的超标情况在历次调查中占有比例较大，这可能与与生物体对污染物富集能力的差异有关。从多次调查的结果来看，调查海区底栖生物的生物质量状况未发生由于项目工程造成的明显改变。

5.6 渔业资源增殖放流及效果评估回顾

2016 年深圳分公司进行了陆丰 13-2 油田开发调整工程渔业资源补偿修复项目，委托中国水产科学研究院南海水产研究所完成了该项目，并编制了《陆丰 13-2 油田开发调整工程渔业资源补偿修复项目总结报告》，本次主要引用该报告的内容。

5.6.1 放流地点和时间

该项目采用异地放流方式实施，通过对广东省适合放流地点进行比选，最终选择广东省大亚湾作为本项目实施海域。位置见下图，放流时间为 2016 年 6 月 8 日。共放流真鲷、黑鲷鱼苗合计 189.7 万尾，并放流 2.1 万余尾带有标志牌的黑鲷苗，以便评估放流效果。



图 5.6-1 放流地点示意图

5.6.2 资源调查与监测

于 2015 年 12 月（冬季）和 2016 年 8 月（夏季）在放流周边海区开展海洋游泳生物生态现状调查。2015 年 12 月调查拖网调查共捕获渔业资源 67 种，其中鱼类 29 种，虾类 11 种，蟹类 22 种，虾蛄类 4 种，头足类 1 种。2016 年 8 月调查拖网调查共捕获渔业资源 103 种，其中鱼类 60 种，虾类 12 种，蟹类 21 种，虾蛄类 5 种，头足类 5 种。

根据 2015 年 12 月和 2016 年 8 月的调查结果，鱼类平均渔获率和资源密度均有大幅增加，通过本项目增值放流后，放流周边海域黑鲷的资源量有较为明显的增多，表明本放流项目达到一定的预期效果。

5.6.3 放流效果评价

本次共计标志黑鲷幼鱼 2.16 万尾，于两周后开展标志放流回捕调查工作，截止为 2016 年 8 月 21 日，统计了为期 2 个月标志放流回捕结果。共回捕了 349 尾带有 POTs 标志牌的黑鲷标志鱼，绝对回捕率为 1.66 %。虽然回捕调查工作开展时间段不长，但仍可观察到标志黑鲷在放流后在经过一段短时间的适应停留之后，出现了一定程度的扩散。本项目放流的苗种所补充的渔业资源，除了供给渔业捕捞生产，其在海洋旅游、休闲游钓产业方面亦作出了



一定贡献。放流的苗种将成为大亚湾海域未来 1-2 年内的重要捕捞补充群体，经济效益明显。

5.7 环境影响回顾性分析结论

通过前述论述和分析，可以得出如下结论：

本项目依托周边的陆丰油田群现有生产设施的生产水处理系统、生活污水处理装置和其他环保设施目前运行正常。自投产以来，虽然有较大量的含油生产水和生活污水排海，但是由于对外排的污含油生产水和生活污水采取了有效的处理措施，且陆丰油田群所在海区扩散条件良好。因此，陆丰油田群外排污水对油田周围的海水水质并未造成明显损害。

陆丰油田群的海水水质、海洋沉积物、生物生态状况较油田开发前后的相应历史资料相比总体变化不大，现有工程的建设 and 生产对该海域海洋环境无明显影响。



表 5.5-6 底栖生物历史资料比较

调查季节	春季					秋季			
调查时间	2015年5月	2010年5月	2008年4月	2003年7月	1990年2月	2017年11月	2014年9月	2010年11月	2008年9月
种类数	110种	69种	52种	94种	122种	133种	173种	119种	69种
主要类群	节肢动物 (39.1%) 脊索动物 (28.2%)	节肢动物 (45.2%) 脊索动物 (22.6%)	节肢动物 (38.5%) 脊索动物 (25.0%)	节肢动物 (25.5%) 软体动物 (25.5%)	腔肠动物 (24.1%) 甲壳类动物 (23.1%)	节肢动物 (39.1%) 脊索动物 (31.6%)	节肢动物 (41.0%) 脊索动物 (22.0%)	节肢动物 (31.1%) 脊索动物 (26.9%)	脊索动物 (29.0%) 节肢动物 (26.1%)
优势种	黄斑织纹螺、镶边海星、假长缝拟对虾、六突拟对虾、银光梭子蟹、短鳄齿鱼、羊舌鲆和斑鲆	银光梭子蟹、刀额新对虾、红线黎明蟹、羊舌鲆和鲷形贻	首须刺铠虾，活额寄居蟹，圆板赤虾，长鞭刺铠虾，东方板梭蟹，鲷状鱼，薄壳鸟蛤	异杯珊瑚，司氏盖蛇尾，欧努菲虫，纤羊舌鲆，象牙长螯蟹	/	绿盾海胆、短蝶、丽纹梭子蟹、马氏蝉虾、银光梭子蟹、疣状梭子蟹、顶尖织纹螺、道格拉蛇尾	凹管鞭虾、银光梭子蟹、颗粒黎明蟹和斑鲆	异杯珊瑚	红线黎明蟹，长螯拳蟹，大鳞鲆
第一优势种	六突拟对虾	银光梭子蟹	首须刺铠虾	异杯珊瑚	/	道格拉蛇尾	颗粒黎明蟹	异杯珊瑚	红线黎明蟹，长螯拳蟹
栖息密度(尾/m ²)	28.93	15	4	/	/	6.4	16.96	16.7	12
生物量(g/m ²)	9.17	4.93	0.53	/	/	3.5	4.4	6.87	5.47
拖网个体数	83个/网	27个/网	33个/网	94个/网	/	40个/网	45个/网	78个/网	33个/网



表 5.5-7 生物质量历史资料比较

调查季节		春季				秋季			
调查时间		2015 年 05 月	2010 年 05 月	2008 年 04 月	2003 年 07 月	2017 年 11 月	2014 年 09 月	2010 年 11 月	2008 年 09 月
评价因子		Cu、Pb、Zn、Cr、Hg、As、Cd 和石油烃	Cu、Pb、Zn、Cr、Hg、As、Cd 和石油烃	Pb、Cr 和石油烃	Pb、Cr 和石油烃	Cu、Pb、Zn、Cr、Hg、As、Cd 和石油烃	Cu、Pb、Zn、Cr、Hg、As、Cd 和石油烃	Cu、Pb、Zn、Cr、Hg、As、Cd 和石油烃	Pb、Cr 和石油烃
种类数 (种)\样品 数量(个)	鱼类	9\28	6\10	6\8	3\3	5\10	11\26	4\6	9\11
	甲壳类	3\13	1\1	/	/	6\6	6\8	1\2	2\3
	软体类	1\1	/	/	/	5\10	1\1	1\1	1\2
Hg 的平均 含量	鱼类	0.03	0.03	/	/	0.04	0.03	0.05	/
	甲壳类	0.07	0.01	/	/	0.02	0.03	0.06	/
	软体类	0.02	\	/	/	0.03	0.02	0.05	/
As 的平均 含量	鱼类	3.5	0.5	/	/	0.8	1.5	0.7	/
	甲壳类	3.8	0.5	/	/	0.6	2.2	1.5	/
	软体类	8.0	\	/	/	1.9	1.8	2.3	/
Cu 的平均 含量	鱼类	0.4	0.9	/	/	0.2	0.3	0.4	/
	甲壳类	6.1	2.8	/	/	7.4	5.7	9.5	/
	软体类	3.8	/	/	/	12.5	4.5	6.1	/
Pb 的平均 含量	鱼类	0.5	0.5	0.4	0.2	0.5	0.3	0.3	1.4
	甲壳类	0.4	0.1	/	/	0.7	0.5	0.1	1.3
	软体类	0.5	/	/	/	0.5	0.3	nd	1.3
Cd 的平均 含量	鱼类	0.08	0.12	/	/	0.08	0.08	0.02	/
	甲壳类	0.15	0.18	/	/	0.14	0.22	0.22	/
	软体类	0.10	/	/	/	0.33	0.03	0.02	/
Zn 的平均 含量	鱼类	7.9	13.9	/	/	7.2	7.0	5.2	/
	甲壳类	15.4	18.6	/	/	17.4	21.8	15.6	/



调查季节		春季				秋季			
调查时间		2015年05月	2010年05月	2008年04月	2003年07月	2017年11月	2014年09月	2010年11月	2008年09月
Cr 的平均含量	软体类	13.9	/	/	/	19.5	20.2	16.6	/
	鱼类	0.21	0.77	0.17	0.05	0.21	0.20	0.13	0.16
	甲壳类	0.15	2.10	/	/	0.15	0.16	nd	0.28
石油烃的平均含量	软体类	0.15	/	/	/	0.22	0.23	0.21	nd
	鱼类	2.6	3.4	7.1	2.1	3.9	2.3	1.1	2.5
	甲壳类	1.8	1.8	/	/	4.3	3.3	1.4	7.9
	软体类	0.9	/	/	/	4.5	9.1	2.3	6.5
平均标准指数值		各项评价因子均小于1	各项评价因子均小于1	各项评价因子均小于1	各项评价因子均小于1	除 As、Cu、Pb 和 Cd 外各项评价因子均小于1	各项评价因子均小于1	各项评价因子均小于1	各项评价因子均小于1

注：“/”表示未有此类分析数据；“nd”表示未检出；平均含量的单位为 mg/kg。



6 环境影响预测与评价

6.1 海洋环境影响预测

根据工程分析，本项目建设阶段主要污染物为钻完井作业产生的钻井液、钻屑、管道/电缆挖沟产生的悬浮沙，生产阶段主要是含油生产水、生活污水排放。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。

6.1.1 海域流场模型

6.1.1.1 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。

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

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S$$

式中， t 是时间； x 、 y 和 z 是笛卡尔坐标系； η 是水面高度； d 是静水深； $h = \eta + d$ 是总水深； u 、 v 和 w 是 x 、 y 和 z 方向上的速度分量； $f = 2\Omega \sin \phi$ 是科里奥利参数（ Ω 是旋转角速度， ϕ 是纬度）； g 是重力加速度； ρ 是水的密度； s_{xx} 、 s_{xy} 、 s_{yx} 和 s_{yy} 是辐射应力张量的分量； ν_t 是垂向湍流粘度（或涡粘）； p_a 是大气压强； ρ_0 是水的参考密度。 S 是点源的流量， u_s 、 v_s 是流入周围环境的水的速度大小， F_u 、 F_v 为水平应力项。

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：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 \nu_t} (\tau_{xx}, \tau_{yy})$$



$z = -d$ 处:

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

其中 (τ_{sx}, τ_{sy}) 和 (τ_{bx}, τ_{by}) 分别表示表面风应力和底部摩擦应力在 x 及 y 方向上的分量。为适应不同水深,海底粗糙度根据水深取值:水深 $> 1000\text{m}$ 范围内海底粗糙度取 0.001,水深 $200 \sim 1000\text{m}$ 范围内海底粗糙度取 0.01,水深 $50 \sim 200\text{m}$ 范围内海底粗糙度取 0.05,水深 $< 50\text{m}$ 范围内海底粗糙度取 0.1。

固体侧边界条件:

$$v_n = 0$$

开边界水位边界条件:

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

其中, H 和 g 分别是调和常数的振幅和迟角,下标 C 为某个分潮, ω 为分潮频率, f 为交点因子, u 为交点订正角, V_0 是天文潮的初位相。

b. 初始条件

$$\begin{cases} h(x, y, z, 0) = d \\ u(x, y, z, 0) = 0 \\ v(x, y, z, 0) = 0 \\ w(x, y, z, 0) = 0 \end{cases}$$

其中, d 为计算开始时刻各个网格的静水深。

c. 计算海域及网格设置

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,在计算浓度场时将网格加密至最小网格边长 50m ,以求得准确的污染物浓度分布;工程海域水深约 286m ,垂向采用 σ 坐标,共分为 8 层,从海面往下 10m 为第 1 层, $10 \sim 25\text{m}$ 为第 2 层, $25 \sim 35\text{m}$ 为第 3 层, $35 \sim 45\text{m}$ 为第 4 层, $45 \sim 100\text{m}$ 为第 5 层, $100 \sim 266\text{m}$ 为第 6 层, $266 \sim 276\text{m}$ 为第 7 层, $276 \sim 286\text{m}$ 为第 8 层。计算海域及网格设置如图 6.1-1 所示。



图 6.1-1 计算海域网格设置

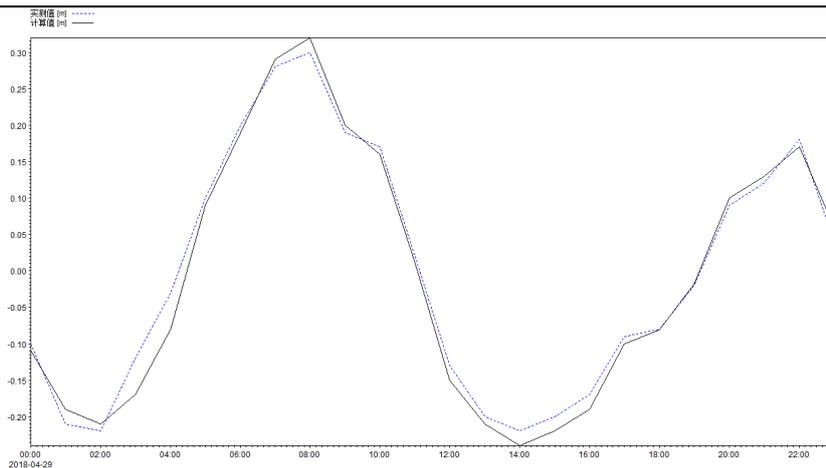
6.1.1.2 模型验证

潮流潮位实测资料来自中海油服物探事业部工程勘察中心观测结果，验证点位置见表 6.1-1 和图 6.1-2，在这些点分别将数值计算的结果与实测资料进行了验证，验证结果见图 6.1-3~图 6.1-14。

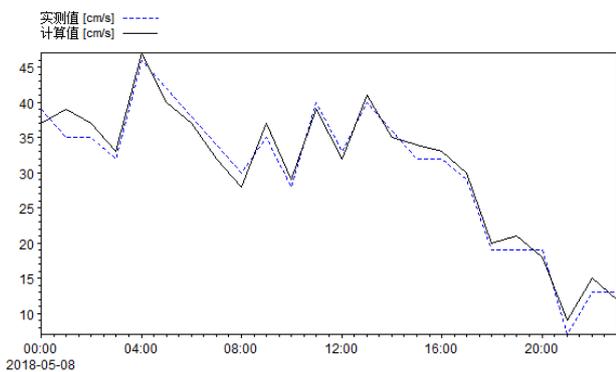
图 6.1-2 验证点地理位置

表 6.1-1 验证点地理坐标及时间

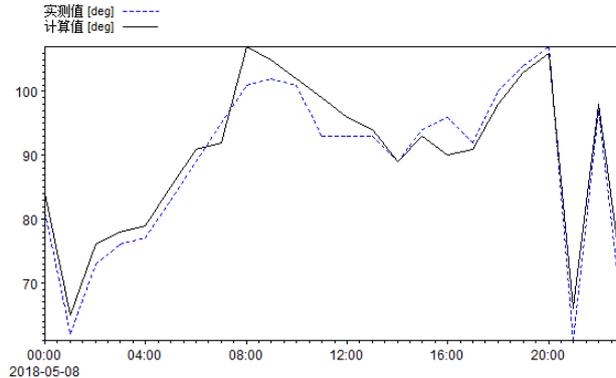
站号	位置	验证项目	观测时间
A			
B			
C			
D			
E			



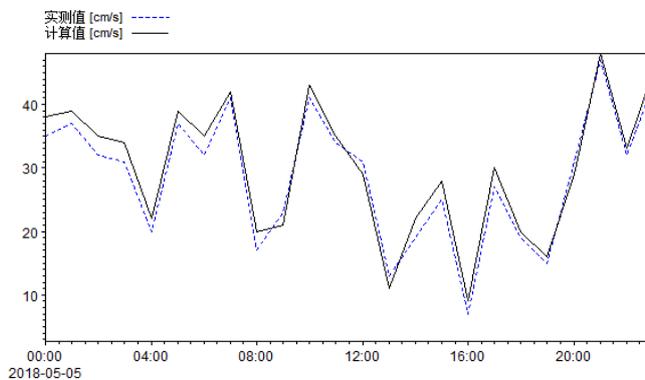
A 站潮位



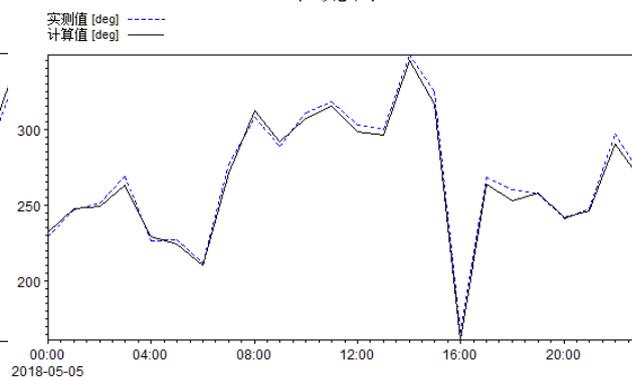
B 站流速



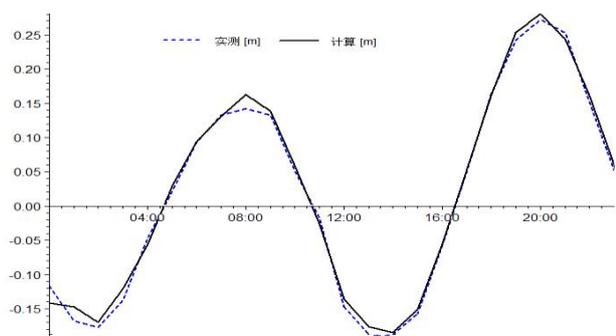
B 站流向



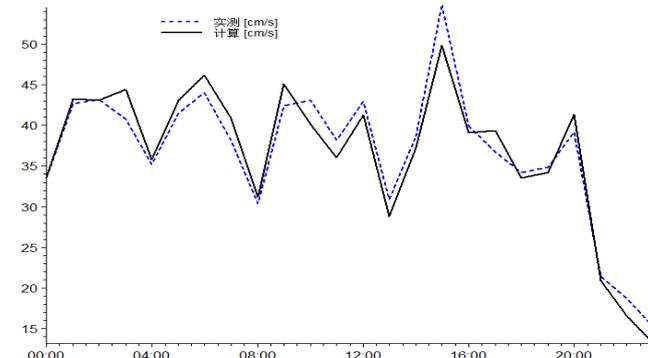
C 站流速



C 站流向



D 站潮位



D 站流速

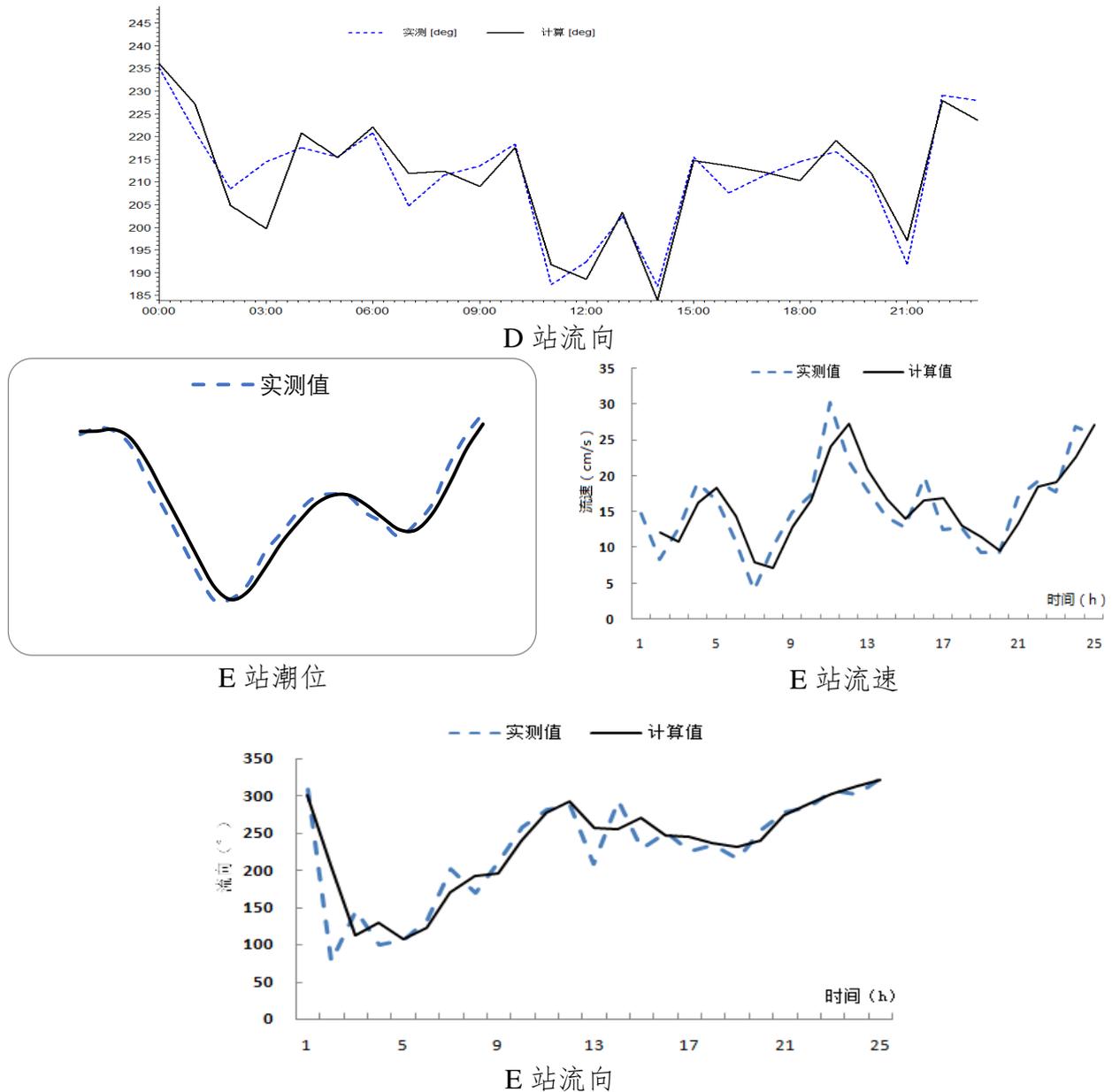


图 6.1-3 潮位潮流实测与计算验证图

从以上验证结果可以看出，流速的大小以及方向，转流发生时刻的计算值与实测值基本一致；

潮位振幅和位相计算值亦与实测值基本一致。潮位和潮流的验证结果表明建立的潮流模型是可行的，适合本海区。

6.1.1.3 流场计算结果

大潮涨落潮中间时的工程海域流场见图 6.1-4 图 6.1-5。从图中可见，涨潮中间时刻，陆丰油田群区域的潮流由东偏南向西稍偏北方向流动；落潮中间时刻，流场由西偏北向南稍偏东方向流动，涨潮最大流速 40cm/s，平均



流速 21cm/s, 落潮最大流速 43cm/s, 平均流速 24cm/s。

图 6.1-4 工程海域计算潮流场（涨潮中间时）

图 6.1-5 工程海域计算潮流场（落潮中间时）

6.1.2 悬浮沙预测

6.1.2.1 泥沙输运模块

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

a. 基本控制方程

悬沙对流扩散方程如下

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

式中，C 为海水中悬浮沙浓度，单位 kg/m^3 ； W_s 为泥沙沉降速度，单位 m/s ； D_h 、 D_v 分别为水平和垂向泥沙扩散系数，单位 $2/\text{s}$ ；Q 为泥沙输入源强流量，单位 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^3$ ； C_0 为泥沙输入源强中的含沙量，单位 kg/m^3 ；S 为床沙侵蚀或淤积速率，单位 $\text{kg}/\text{m}^3/\text{s}$ 。

b. 泥沙沉降速度

泥沙沉速采用斯托克斯公式计算：

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

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



c. 边界条件和初始条件

陆边界：

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

开边界：

$$S|_{\Gamma} = 0 \quad \text{入流段}$$

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

其中 n 为边界的法线方向， Γ 为水边界。

因为悬浮沙是计算浓度增量，因此初始条件以零值起算。

6.1.2.2 钻井液浓度场预测

a. 钻井液排放源强

本项目新建 2 座钻采生产平台 (LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台)，1 座水下生产系统 (LF22-1 SPS)，其中 2 座钻采生产平台采用模块钻机进行钻机，水下生产系统采用半潜式钻井船进行钻完井作业，2 座钻采生产平台、1 座水下生产系统均有钻井液排放，钻井液在钻井过程中循环使用，最大排放速率出现在钻井完成后一次性排放，各平台及水下生产系统钻井液排放情况见下表。选取排放量最大的 LF14-4 DPP 平台进行预测，其他 LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 钻井液排放的影响范围均不超过该预测结果。钻井液密度 $1.08\text{g/cm}^3 \sim 1.5\text{g/cm}^3$ （按 1.25g/cm^3 计算），钻井液粒径 $0.008\text{mm} \sim 0.062\text{mm}$ ，中值粒径为 $16\mu\text{m}$ 。

表 6.1-2 钻井液排放情况

名称	位置	最大一次性排放量 (m^3)	最大一次性排放时间 (h)	最大排放速率 (m^3/h)
LF14-4DPP		877	25	35
LF15-1 DPP		651	19	35
LF22-1 SPS		567	16	35



b. 浓度增量预测结果

钻井液影响范围和时间见表 6.1-3 和表 6.1-4。由预测结果可以看出，钻井液对水质的影响主要在表层(海面以下 10m)主流向上 0.81km 的范围内，表层以下无超标水域，超一类包络面积约为 1.035km²，离排放点的最大距离为 0.81km，停止排放恢复到一类水质所需最大时间约为 11.5h。表层以下无超标区域。

LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 钻井液影响范围见表 6.1-5 和表 6.1-6。

表 6.1-3 LF14-4 DPP 平台工程海域钻井液预测结果（表层）

超标倍数	超一类面积 (km ²)	超三类面积 (km ²)	超四类面积 (km ²)	超一类最大 距离 (km)	恢复时间 (h)
包络面积	1.035	0.039	0.019	0.81	11.5

表 6.1-4 LF14-4 DPP 平台工程海域钻井液浓度区间面积（表层）

超标倍数	Bi<1 (10~0mg/L)	1≤Bi<4 (20~0mg/L)	4≤Bi<9 (50~00mg/L)	Bi≥9 (≥100mg/L)
包络面积 (km ²)	0.615	0.314	0.087	0.039

表 6.1-5 LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 工程海域
钻井液预测结果（表层）

超标倍数	超一类面积 (km ²)	超三类面积 (km ²)	超四类面积 (km ²)	超一类最大 距离 (km)	恢复时间 (h)
包络面积	3.105	0.117	0.057	0.81	11.5

表 6.1-6 LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 工程海域
钻井液浓度区间面积（表层）

超标倍数	Bi<1 (10~20mg/L)	1≤Bi<4 (20~50mg/L)	4≤Bi<9 (50~100mg/L)	Bi≥9 (≥100mg/L)
包络面积 (km ²)	1.845	0.942	0.261	0.117

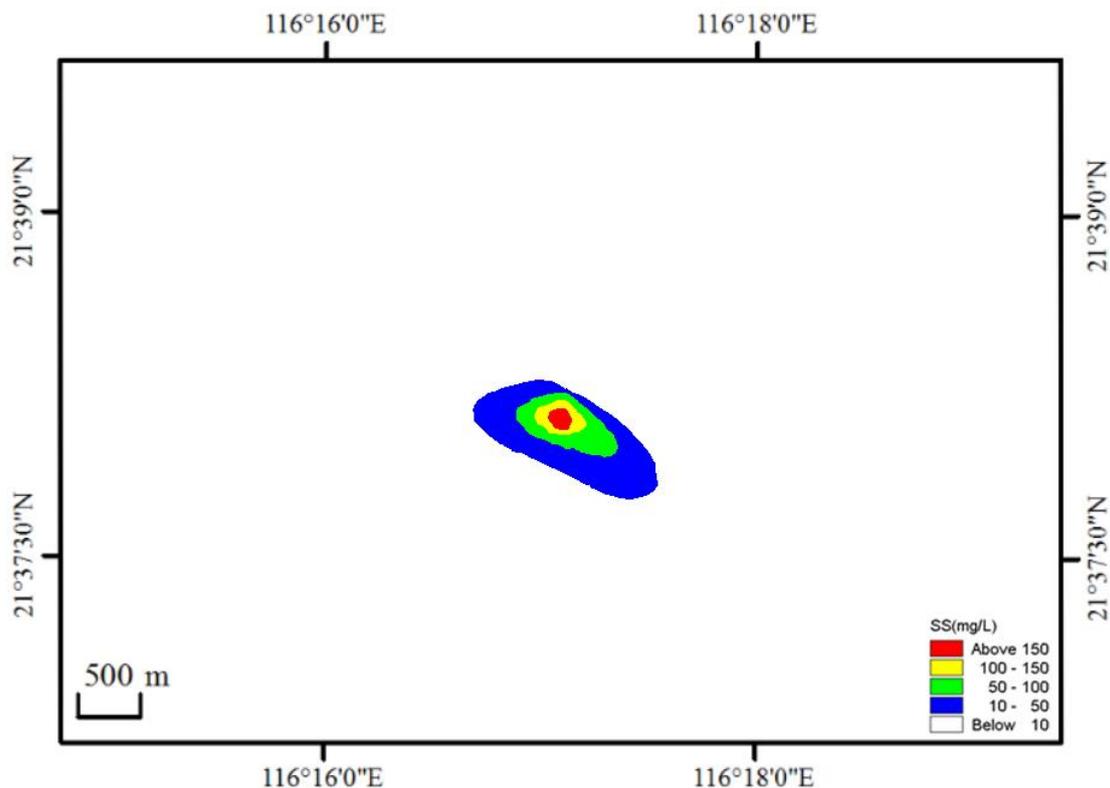


图 6.1-6 LF14-4 DPP 平台工程海域钻井液扩散包络线图

6.1.2.3 钻屑浓度场预测

a. 钻屑排放源强

本项目新建 2 座钻采平台（LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台），1 座水下生产系统（LF22-1 SPS），均排放钻屑，LF14-4 DPP 平台分 6 个批次进行钻完井，LF15-1 DPP 平台分 4 个批次进行钻完井，LF22-1 SPS 采用 1 个批次钻 4 口井，2 个平台及水下生产系统钻屑排放情况见下表，选取排放量及排放速度最大的 LF14-4DPP 平台进行影响预测，其他 LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 影响范围均不会超过该预测结果。



表 6.1-7 钻屑排放情况

名称	位置	总排放量 (m ³)	批次最大排放速 率 (m ³ /d)	SS 排放源强 (kg/s)
LF14-4 DPP		25143	39.7	0.7180
LF15-1 DPP		12683	33.8	0.6112
LF22-1 SPS		2419	27.8	0.5027

钻屑粒径分布如下表 6.1-8, 计算时取粒径 75 μ m、120 μ m、160 μ m、280m 共 4 个等级各占百分比为 25%、35%、25%、15% 进行计算。

表 6.1-8 钻屑不同粒径粒子分布

<105 μ m	105~140 μ m	140~178 μ m	>178~279 μ m
25%	35%	25%	15%

b. 浓度增量预测结果

LF14-4 DPP 平台海域钻完井期间钻屑排放预测结果见表 6.1-9, 表 6.1-10 给出了钻屑排放期间表层悬浮沙超标倍数 $Bi \leq 1$ 、 $1 < Bi \leq 4$ 、 $4 < Bi \leq 9$ 、 $Bi > 9$ 的包络面积。图 6.1-7 为各种情况钻屑排放期间引起的悬浮沙超标最大外包络线图。由以上预测结果可以看出, 钻屑对水质的影响主要在排放点附近, 且主要影响海水表层, 表层超一类水质海域的包络面积为 0.446km², 离排放点的最大距离为 0.42km; 超三类包络面积分别为 0.091km²; 钻屑停止排放后 4.5h 工程海域可恢复到一类水质; 钻屑覆盖厚度超过 2cm 的面积约 0.085km²。LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 钻完井期间钻屑排放影响范围参照 LF14-4 DPP 平台, 两个平台和一个 SPS 钻完井期间钻屑排放影响范围见表 6.1-11 和表 6.1-12。

表 6.1-9 LF14-4 DPP 平台工程海域钻屑排放预测结果

	超一类包 络面积 (km ²)	超三类包 络面积 (km ²)	超四类包 络面积 (km ²)	超一类最 大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
海面 0-10m	0.446	0.096	0.079	0.42	4.5	0.085
海面 10-25m	0.004	/	/			
海面 25m 以下	/	/	/			

表 6.1-10 LF14-4 DPP 平台工程海域钻屑浓度区间面积 (km²)

超标倍数	Bi<1 (10~20mg/L)	1≤Bi<4 (20~50mg/L)	4≤Bi<9 (50~100mg/L)	Bi≥9 (≥100mg/L)
海面 0-10m	0.241	0.072	0.037	0.096
10-25m	0.004	/	/	/
25m 以下	/	/	/	/

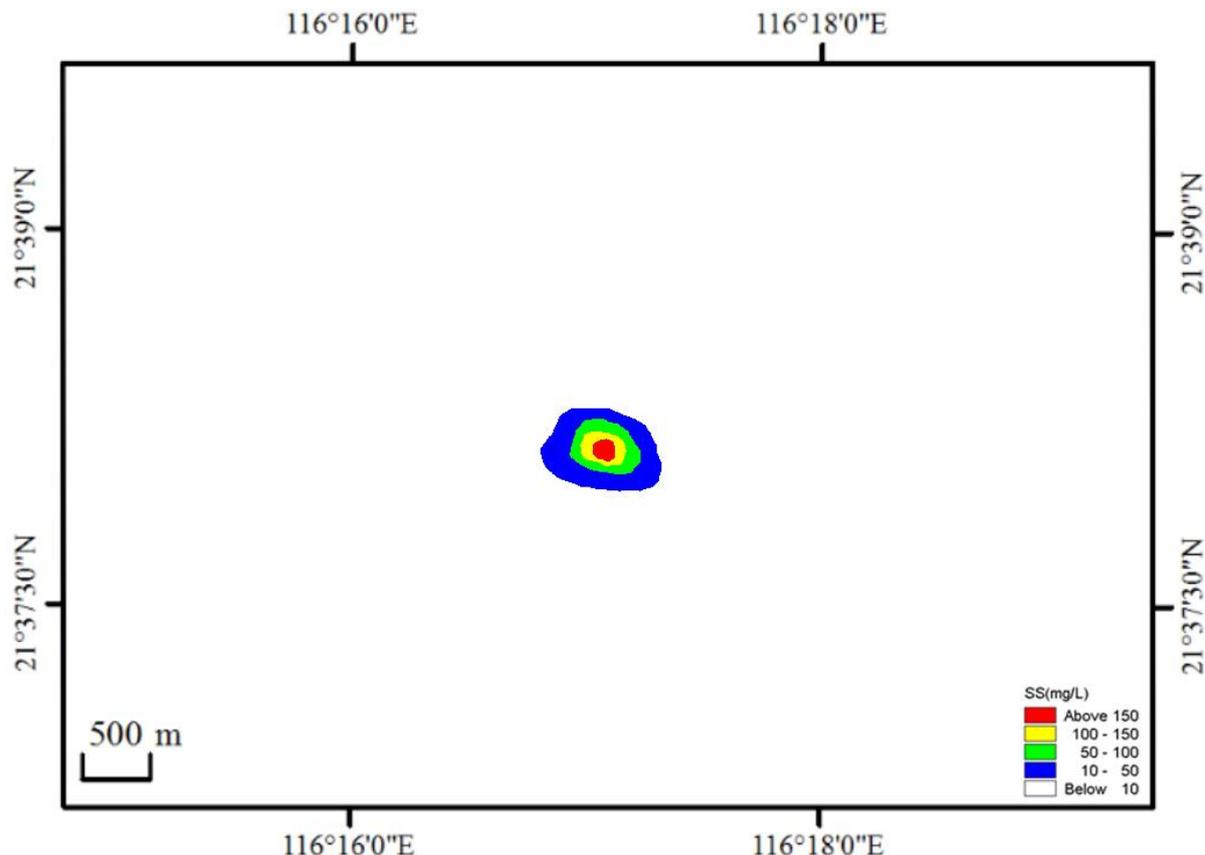


图 6.1-7 LF14-4 DPP 平台工程海域钻屑浓度分布包络线

表 6.1-11 LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 工程海域钻屑排放预测结果

	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
海面 0-10m	1.338	0.288	0.237	0.42	4.5	0.255
海面 10-25m	0.014	/	/			
海面 25m 以下	/	/	/			



表 6.1-12 LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 工程海域钻屑浓度区间面积 (km²)

超标倍数	Bi<1 (10~20mg/L)	1≤Bi<4 (20~50mg/L)	4≤Bi<9 (50~100mg/L)	Bi≥9 (≥100mg/L)
海面 0-10m	0.723	0.216	0.111	0.288
10-25m	0.012	/	/	/
25m 以下	/	/	/	/

6.1.2.4 悬浮沙浓度预测

本项目新建 4 条海底管道、1 条海底电缆和 1 条脐带缆，由于项目所处海域海底地形整体较为平坦，但局部存在大量的地形凸起，因此为减小海底管道悬跨风险，需对部分路由段进行预处理，在地形凸起处进行预挖沟，并在后续管道铺设时对部分路由段进行后挖沟埋设，其中 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道（2 条）、LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 海底混输管道的部分路由采用预处理和后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底混输管道中部分路由采用后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF15-1DPP 平台部分海底电缆采用后挖沟方式铺设。

本节将对铺设海底管道和电缆悬浮沙影响范围进行预测。

a. LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底混输管道铺设悬浮沙浓度预测

本项目在 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台之间平行铺设 2 条海底混输管道（间隔 30m），管道路由分别为 Route1 和 Route2。LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台之间 Route1 路由的海底管道共进行预挖沟处理 15 段，总长度为 4.997km，其中有 1 段处理深度为 3m（长 348.8m），1 段处理深度为 2.5m（长 361.7m），其余 13 段处理深度均为 2m，长度为 319.8m~359.7m；Route1 路由共进行后挖沟处理 19 段，总长度为 5.083km，处理深度均为 2.33m，长度为 254.01m~307.87m。LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台之间 Route2 路由的海底管道共进行预挖沟处理 12 段，总长度为 3.172km，其中 1 段处理深度为 3.5m（长 278.6m），其余 11 段处理深度均为 2m，长度为 241.8m~308.5m；Route2 路由共进行后挖沟处理 15 段，总长度为 1.948km，处理深度均为 2.33m，长度为 115.96m~165.84m，具体见第 2 章 2.9.3 节。

两条路由的平均挖沟速度均为 500m³/h，泥沙湿容重 1.78g/cm³，工程区



沉积物以粉砂质砂和砂质粉砂为主，粒径较粗，沉积物粒度平均粒径范围 0.0186mm~0.1946mm，平均中值粒径为 0.0559mm，较容易沉降，因此，起沙率按 10%计，则铺设海底混输管道预挖沟处理和后挖沟处理的各段悬浮沙源强均为 24.72kg/s。

由于 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台之间 Route1 和 Route2 为平行铺设，间隔 30m，距离较近，且 Route1 管道路由的土石方处理量较大，因此本次选取 Route1 进行悬浮沙浓度预测，Route2 参考 Route1 的悬浮沙浓度预测结果。对于 Route1 管道路由，选取 Route1 预处理土石方处理最大的两个典型段和后处理土石方处理最大的一个典型段进行悬浮沙浓度预测，预测源强见表 6.1-13，其余段挖沟处理产生的悬浮沙影响范围不会超出上述预测范围，参照所选典型段预测结果。

表 6.1-13 新建 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 悬浮沙源强

类型		长度 (km)	挖沟断面（上 宽/下宽/深度） (m)	土石方 量(m ³)	挖沟速度 (m ³ /h)	悬浮沙源 强 (kg/s)
预挖沟处理 15 段，总长 约 4.997km	典型段 1	348.8	17/5/3	11510	500	24.72
	典型段 2	361.7	15/5/2.5	9043	500	24.72
后挖沟处理 19 段，总长 约 3.172km	典型段	307.87	4/2/2.33	2146	500	24.72

Route1 管道路由各典型段预测结果预测结果见表 6.1-14、表 6.1-15，图 6.1-8 为各种情况下预挖沟典型段 1 挖沟作业施工引起的悬浮沙超标最大外包络线图，图 6.1-9 为各种情况下后挖沟典型段挖沟作业施工引起的悬浮沙超标最大外包络线图。根据预测结果，LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 挖沟处理过程中悬浮沙的影响主要在施工线路的两侧，悬浮沙超标主要底层，海底 0~10m 范围内，海底 10m~20m 范围内超标面积很小。其中预挖沟典型段 1 悬浮沙超一类距离管道路由的最大距离约 0.87km，底层超一类包络面积为 0.638km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.0303km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 35m 范围内，施工作业停止后 8.5h 工程海域可恢复施工前水质；预挖沟典型段 2 悬浮沙超一类距离管



道路由的最大距离约 0.65km，底层超一类包络面积为 0.533km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.0248km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 28m 范围内，施工作业停止后 6h 工程海域可恢复施工前水质；后挖沟典型段悬浮沙超一类距离管道路由的最大距离约 0.52km，底层超一类包络面积为 0.344km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.0135km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 20m 范围内，施工作业停止后 3.5h 工程海域可恢复施工前水质。

LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 预挖沟处理 15 段，后挖沟处理 19 段，根据各段处理深度及挖沟断面计算 Route1 挖沟处理结果见表 6.1-16、表 6.1-17，LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route2 挖沟处理悬浮沙预测结果见表 6.1-18、表 6.1-19。因本项目 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 预挖沟段与后挖沟段均位于同一海域，铺设挖沟掀起的悬浮沙浓度分布图是近似的，为了节省篇幅这里只给出其中预挖沟典型段 1 和后挖沟典型段的悬浮沙浓度包络线图。

表 6.1-14 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 挖沟处理典型段悬浮沙预测结果

典型段	层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
预挖沟处理典型段 1	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	/	/	0.87	8.5	0.0303
	底层 (海底 0~10m)	0.638	0.185	0.106			
预挖沟处理典型段 2	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	/	/	0.65	6	0.0248
	底层 (海底 0~10m)	0.533	0.151	0.104			
后挖沟处理典型段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	/	/	0.52	3.5	0.0135
	底层 (海底 0~10m)	0.344	0.059	0.033			

表 6.1-15 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 挖沟处理典型段悬浮沙浓度区间面积 (km²)

典型段	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
预挖沟处理典型段 1	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	0.237	0.151	0.065	0.185
预挖沟处理典型段 2	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	0.219	0.101	0.062	0.151
后挖沟处理典型段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	0.137	0.095	0.053	0.059

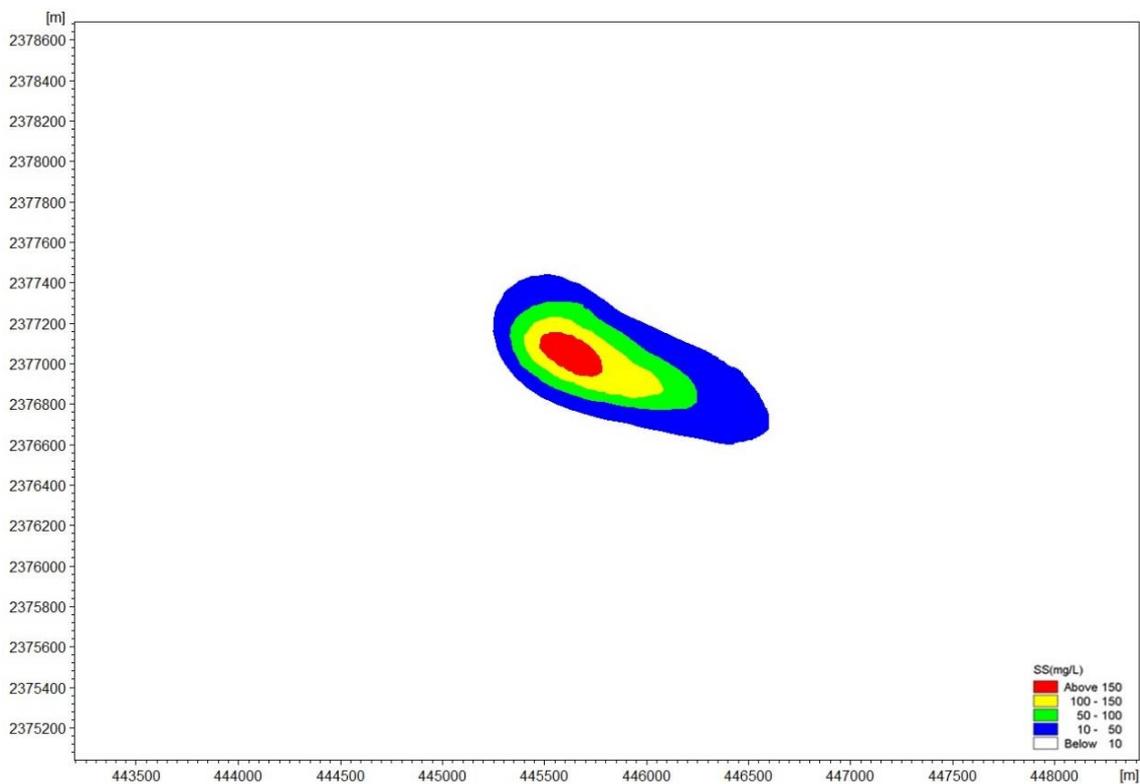


图 6.1-8 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 预挖沟处理典型段 1 挖沟作业悬浮沙浓度分布包络线

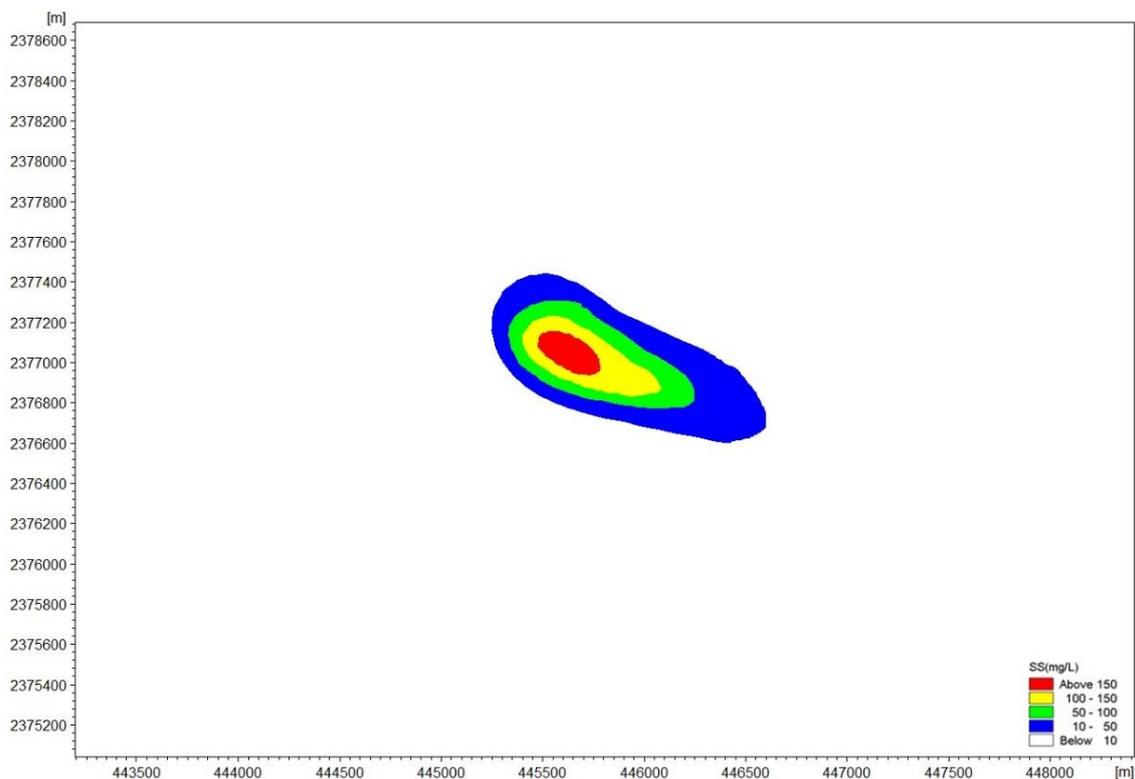


图 6.1-9 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 后挖沟处理典型段挖沟作业悬浮沙浓度分布包络线

表 6.1-16 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 挖沟处理悬浮沙预测结果汇总

处理类型	层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
预挖沟 15 段 (典型段 1*2+典型段 2*13)	第 7 层 (海底 10~20m)	0.12	0	0	0.87	8.5	0.383
	底层 (海底 0~10m)	8.205	2.333	1.564			
后挖沟 19 段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.152	0	0	0.52	3.5	0.2565
	底层 (海底 0~10m)	6.536	1.121	0.627			
合计	第 7 层 (海底 10~20m)	0.272	0	0	0.87	8.5	0.6395
	底层 (海底 0~10m)	14.741	3.454	2.191			



表 6.1-17 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 挖沟处理悬浮沙浓度区间面积汇总 (km²)

处理类型	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
预挖沟 15 段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.12	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	3.321	1.615	0.936	2.333
后挖沟 19 段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.152	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	2.603	1.805	1.007	1.121
合计	第 7 层 (海底 10~20m)	0.272	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	5.924	3.42	1.943	3.454

表 6.1-18 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route2 挖沟处理悬浮沙预测结果汇总

处理类型	层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
合计	第 7 层 (海底 10~20m)	0.272	0	0	0.87	8.5	0.6395
	底层 (海底 0~10m)	14.741	3.454	2.191			

表 6.1-19 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route2 挖沟处理悬浮沙浓度区间面积汇总 (km²)

处理类型	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
合计	第 7 层 (海底 10~20m)	0.272	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	5.924	3.42	1.943	3.454

- b. LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台海底混输管道铺设悬浮沙浓度预测
- LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台间混输海底管道共进行预挖沟处理 44 段, 总长度为 6.615km, 其中有 2 段处理深度为 2.5m (长分别为 221m 和 221.4m), 1 段处理深度为 2m (长 155.7m), 8 段处理深度为 0.5m (总长



1.062km)，其余 33 段处理深度均为 1m，长度为 125.8m~189.5m；共进行后挖沟处理 10 段，总长度为 0.984km，处理深度均约为 1.33m，长度为 91.98m~114.04m，具体见第 2 章 2.9.3 节。

与 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道相同，本项目 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输海底管道预挖沟处理和后挖沟处理的挖沟速度也均为 500m³/h，泥沙湿容重 1.78g/cm³。工程区沉积物以粉砂质砂和砂质粉砂为主，粒径较粗，沉积物粒度平均粒径范围 0.0186mm~0.1946mm，平均中值粒径为 0.0559mm，较容易沉降，因此，起沙率按 10%计，则铺设海底混输管道预挖沟处理和后挖沟处理的各段悬浮沙源强均为 24.72kg/s。

本次选取 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输海底管道预处理土石方量最大的两个典型段和后处理土石方量最大的一个典型段进行悬浮沙浓度预测，预测源强见表 6.1-20，其余段挖沟处理产生的悬浮沙影响范围不会超出上述预测范围，参照所选典型段预测结果。同时由于 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输海底管道与 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台间混输海底管道距离较近，位于同一海区，挖沟掀起的悬浮沙浓度分布图是近似的，为了节省篇幅这里对于 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输海底管道预挖沟及后挖沟典型段的悬浮沙浓度分布图从略。

表 6.1-20 新建 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道悬浮沙源强

类型		长度 (km)	挖沟断面（上宽/ 下宽/深度）(m)	土石方量 (m ³)	挖沟速度 (m ³ /h)	悬浮沙源 强 (kg/s)
预挖沟 处理	典型段 1	221.4	15/5/2.5	5535	500	24.72
	典型段 2	175.6	9/5/1	1229.2	500	24.72
后挖沟处理典型段		114.04	4/2/1.33	453	500	24.72

LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台间混输海底管道各典型段预测结果见表 6.1-21、表 6.1-22。根据预测结果，LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道 Route1 挖沟处理过程中悬浮沙的影响主要在施工线路的两侧，悬浮沙超标主要底层，海底 0~10m 范围内，海底 10m~20m 范围内超标面积很小。其中预挖沟典型段 1 悬浮沙超一类距离管道路由的最大距离约 0.75km，底层超一类包络面积为 0.375km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.0184km²，



分布在管道路由两侧平均宽度约为 34m 范围内，施工作业停止后 5.5h 工程海域可恢复施工前水质；预挖沟典型段 2 悬浮沙超一类距离管道路由的最大距离约 0.58km，底层超一类包络面积为 0.215km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.0104km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 25m 范围内，施工作业停止后 3h 工程海域可恢复施工前水质；后挖沟典型段悬浮沙超一类距离管道路由的最大距离约 0.49km，底层超一类包络面积为 0.114km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.0046km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 18m 范围内，施工作业停止后 2.5h 工程海域可恢复施工前水质。

LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道预挖沟处理 44 段，后挖沟处理 10 段，根据各段处理深度及挖沟断面计算挖沟处理结果见表 6.1-23、表 6.1-24。

表 6.1-21 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道挖沟处理典型段悬浮沙预测结果

典型段	层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
预挖沟处理典型段 1	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0.75	5.5	0.0184
	底层 (海底 0~10m)	0.375	0.085	0.069			
预挖沟处理典型段 2	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0.58	3	0.0104
	底层 (海底 0~10m)	0.215	0.064	0.051			
后挖沟处理典型段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0.49	2.5	0.0046
	底层 (海底 0~10m)	0.114	0.025	0.016			

表 6.1-22 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道挖沟处理典型段悬浮沙浓度区间面积 (km²)

典型段	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
预挖沟处理 典型段 1	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	0.116	0.098	0.076	0.085
预挖沟处理 典型段 2	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	0.089	0.042	0.020	0.064
后挖沟处理 典型段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	0.047	0.031	0.011	0.025

表 6.1-23 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道挖沟处理悬浮沙预测结果汇总

处理类型	层位	超一类包 络面积 (km ²)	超三类包 络面积 (km ²)	超四类包 络面积 (km ²)	超一类最 大距离 (km)	恢复 时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
预挖沟 44 段 (典型段 1*3+典型 段 2*41)	第 7 层 (海底 10~20m)	0.352	0	0	0.75	5.5	0.4816
	底层 (海底 0~10m)	9.940	2.879	2.298			
后挖沟 10 段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.080	0	0	0.49	2.5	0.0460
	底层 (海底 0~10m)	1.140	0.250	0.160			
合计	第 7 层 (海底 10~20m)	0.432	0	0	0.75	5.5	0.5276
	底层 (海底 0~10m)	11.080	3.129	2.458			

表 6.1-24 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道挖沟处理悬浮沙浓度区间面积汇总 (km²)

处理类型	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
预挖沟 44 段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.352	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	3.997	2.016	1.048	2.879
后挖沟 10 段	第 7 层 (海底 10~20m)	0.08	0	0	0



	底层（海底 0~10m）	0.47	0.31	0.11	0.25
合计	第 7 层（海底 10~20m）	0.432	0	0	0
	底层（海底 0~10m）	4.467	2.326	1.158	3.129

c. LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底混输管道铺设悬浮沙浓度预测

LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底混输管道中从 LF14-4DPP 平台开始长约 18.4km（KP0-KP18.4）采用后挖沟方式铺设。后挖沟截面近似为梯形，上底宽 4m，下底宽 2m，埋深 2.33m，平均挖沟速度 500m³/h，泥沙湿容重 1.78g/cm³。工程区沉积物以粉砂质砂和砂质粉砂为主，粒径较粗，沉积物粒度平均粒径范围 0.0186mm~0.1946mm，平均中值粒径为 0.0559mm，较容易沉降，因此，起沙率按 10% 计，则铺设海底混输管道后挖沟处理的各段悬浮沙源强均为 24.72kg/s。

LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底混输管道铺设悬浮沙预测结果见表 6.1-25 和表 6.1-26，图 6.1-10 为各种情况挖沟作业施工引起的悬浮沙超标最大外包络线图。根据预测结果，LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底混输管道部分段后挖沟处理过程中悬浮沙的影响主要在施工线路的两侧，悬浮沙超标主要底层，海底 0~10m 范围内，海底 10m~20m 范围内超标面积很小。悬浮沙超一类距离管道路由的最大距离约 0.61km，底层超一类包络面积为 12.990km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 1.325km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 33m 范围内，施工作业停止后 12.5h 工程海域可恢复施工前水质。

表 6.1-25 LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台混输管道后挖沟悬浮沙预测结果

层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
第 7 层（海底 10~20m）	0.105	/	/	0.61	12.5	1.325
底层（海底 0~10m）	12.990	3.046	1.410			

表 6.1-26 LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台混输管道后挖沟处理悬浮沙浓度
区间面积 (km²)

层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
第 7 层 (海底 10~20m)	0.105	0	0	0
底层 (海底 0~10m)	7.462	1.563	0.919	3.046

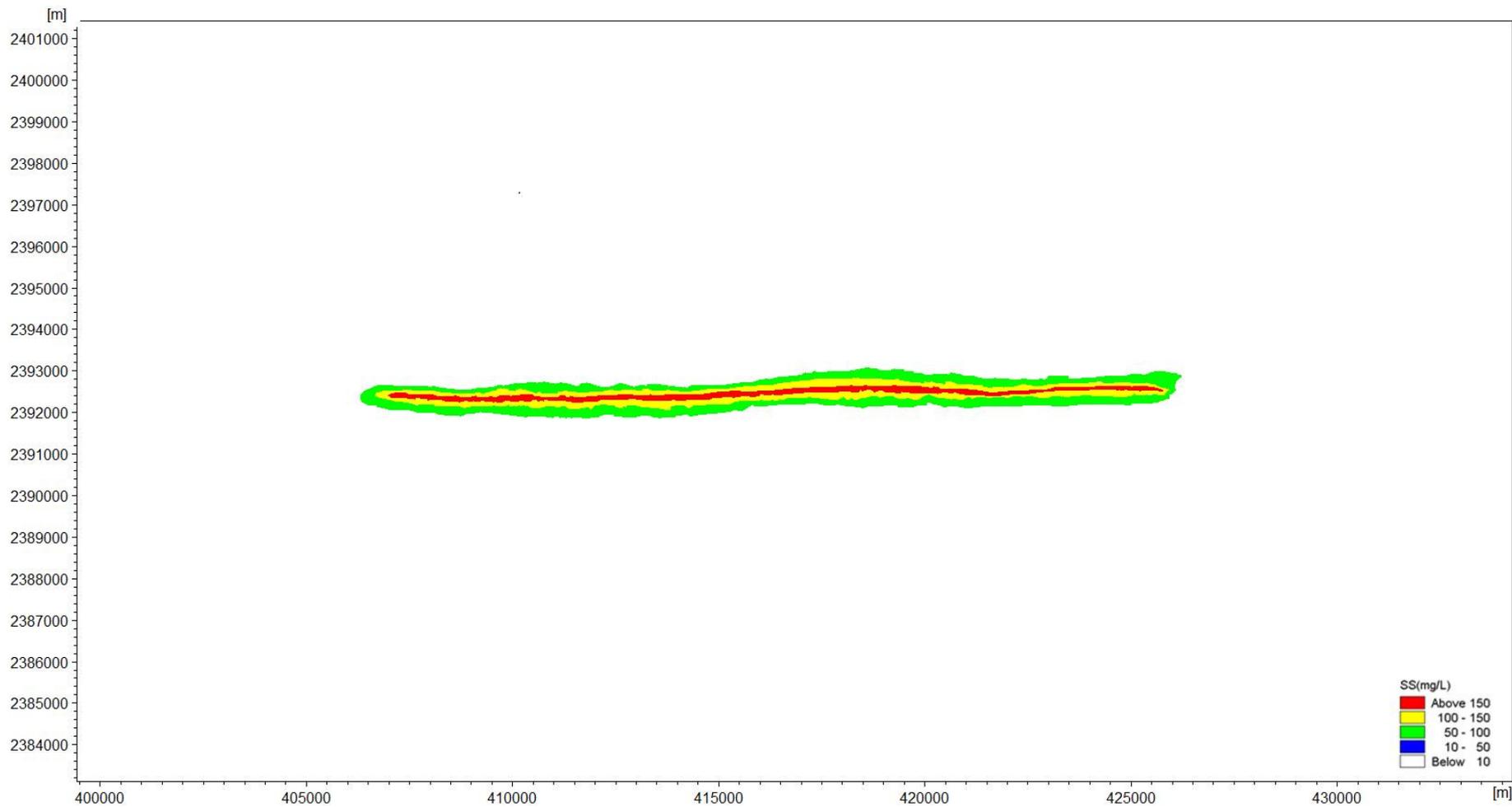


图 6.1-10 LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台海底混输管道后挖沟作业悬浮沙浓度分布包络线



d. LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆铺设悬浮沙浓度预测

本项目新铺 LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆有 1.5km 需要挖沟埋设，埋设深度为 1.5m，管沟截面近似梯形底宽 1m，顶宽 2m，平均挖沟速度 500m³/h，泥沙湿容重 1.78g/cm³，工程区沉积物以粉砂质砂和砂质粉砂为主，粒径较粗，沉积物粒度平均粒径范围 0.0186mm~0.1946mm，平均中值粒径为 0.0559mm，较容易沉降，因此，起沙率按 10% 计，则铺设海底电缆悬浮沙源强为 24.72kg/s。

LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆铺设悬浮沙预测结果见表 6.1-27 和表 6.1-28。由于 LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆与 LF14-4DPP 平台至 LF13-2DPP 平台间混输海底管道距离较近，位于同一海区，挖沟掀起的悬浮沙浓度分布图是近似的，为了节省篇幅这里对于 LF14-4 至 LF15-1 平台 1.5km 海底电缆后挖沟的悬浮沙浓度分布图从略。根据预测结果，LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆部分段后挖沟处理过程中悬浮沙的影响也主要在施工线路的两侧，悬浮沙超标主要底层，海底 0~10m 范围内，海底 10m~20m 范围内超标面积很小。悬浮沙超一类距离管道路由的最大距离约 0.45km，底层超一类包络面积为 1.149km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.063km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 20m 范围内，施工作业停止后 12.5h 工程海域可恢复施工前水质。

表 6.1-27 LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆后挖沟处理悬浮沙预测结果

层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	/	/	0.45	5	0.063
底层 (海底 0~10m)	1.149	0.368	0.274			

表 6.1-28 LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆后挖沟处理悬浮沙浓度区间面积 (km²)

层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
底层 (海底 0~10m)	0.466	0.186	0.130	0.368



e. LF15-1DPP 平台附近 PLET 预挖沟处理悬浮沙浓度预测

LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 采用挖沟机进行预挖沟处理，单个波峰挖沟预处理长度 100m，底宽 10m，高度 2m，坡度 30°，单个波峰砂土处理量约 3230m³，平均挖沟速度 500m³/h，泥沙湿容重 1.78g/cm³，工程区沉积物以粉砂质砂和砂质粉砂为主，粒径较粗，沉积物粒度平均粒径范围 0.0186mm~0.1946mm，平均中值粒径为 0.0559mm，较容易沉降，因此，起沙率按 10% 计，则 LF15-1DPP 平台附近 PLET 预挖沟处理的悬浮沙源强为 24.72kg/s。

由于三个 PLET 挖沟处理长度、处理截面及砂土处理量均相同，且均位于 LF15-1DPP 平台附近，顺序施工，因此选择其中一个进行悬浮沙浓度预测，预测结果见表 6.1-29 和表 6.1-30，LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 进行预挖沟处理的悬浮沙预测结果汇总见表 6.1-31 和表 6.1-32。同时由于 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 预挖沟处理段与 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台间混输海底管道距离较近，位于同一海区，挖沟掀起的悬浮沙浓度分布图是近似的，为了节省篇幅这里对于 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 预挖沟处理段的悬浮沙浓度分布图从略。根据预测结果，LF15-1DPP 平台附近 PLET 挖沟处理过程中悬浮沙的影响也主要在施工线路的两侧，悬浮沙超标主要底层，海底 0~10m 范围内，海底 10m~20m 范围内超标面积很小。其中单个 PLET 挖沟处理造成的悬浮沙超一类距离挖沟段的最大距离约 0.41km，底层超一类包络面积为 0.285km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积为 0.0069km²，分布在管道路由两侧平均宽度约为 26m 范围内，施工作业停止后 3.5h 工程海域可恢复施工前水质。

三个 PLET 挖沟处理合计悬浮沙底层超一类包络面积为 0.855km²，悬浮沙覆盖厚度 2cm 以上的面积合计为 0.021km²。



表 6.1-29 LF15-1DPP 平台附近单个 PLET 预挖沟处理悬浮沙预测结果

层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	/	/	0.41	4	0.0069
底层 (海底 0~10m)	0.285	0.087	0.056			

表 6.1-30 LF15-1DPP 平台附近单个 PLET 预挖沟处理悬浮沙浓度区间面积 (km²)

层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
第 7 层 (海底 10~20m)	0.008	0	0	0
底层 (海底 0~10m)	0.159	0.121	0.097	0.087

表 6.1-31 LF15-1DPP 平台附近三个 PLET 预挖沟处理悬浮沙预测结果汇总

LF15-1DPP 平台	层位	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (km)	恢复时间 (h)	覆盖 2cm 面积 (km ²)
3 个 PLET 挖沟处理合计	第 7 层 (海底 10~20m)	0.024	/	/	0.41	3.5	0.021
	底层 (海底 0~10m)	0.855	0.261	0.168			

表 6.1-32 LF15-1DPP 平台附近三个 PLET 预挖沟处理悬浮沙浓度区间面积汇总 (km²)

LF15-1DPP 平台	层位	Bi<1	1≤Bi<4	4≤Bi<9	Bi≥9
3 个 PLET 合计	第 7 层 (海底 10~20m)	0.024	0	0	0
	底层 (海底 0~10m)	0.477	0.363	0.291	0.261

6.1.3 生产水/生活污水浓度预测

6.1.3.1 物质输运方程

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

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



式中： C 为污染物浓度（mg/L）； K_p 为污染物降解系数（1/s）； C_s 为污染物排放源浓度（mg/L）； S 为污染物排放源强（1/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。

在浓度预测初始条件为背景浓度值。

6.1.3.2 石油类浓度预测

a. 石油类浓度预测方案

本项目新建 2 座钻采生产平台（LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台），1 座水下生产系统（LF22-1 SPS），其中 2 座钻采生产平台均设有含油生产水处理设施，同时本项目还有部分含油生产水将依托 LF13-2 DPP 平台进行处理，其中 LF13-2 DPP 平台最大排放量为 27537m³/d（2026 年），未超出其原有最大 30000m³/d 的排放速率，本项目投产后新建平台达标的含油生产水最大排量及石油类最大排放速率见表 6.1-33。其中新建 LF14-4DPP 平台，水下沉箱 45m 排放，陆丰 15-1DPP 平台，水下 25m 排放。根据工程海域环境质量现状调查结果，石油类背景浓度取两季调查的平均值，为 0.027mg/L。

表 6.1-33 含油生产水排放情况

平台名称	位置	最大排放量 (m ³)	最大排放速 率 (m ³ /d)	石油类浓度 (mg/L)	石油类排放 源强 (kg/s)
LF14-4 DPP		10618m ³ /d (2026 年)	10618	45	0.0035
LF15-1 DPP		20307m ³ /d (2036 年 ~2037 年)	20307	45	0.0106

b. 石油类浓度预测结果

生产水主要污染因子是石油类，由于其密度比水小，因此入海后主要分布在排放点以上 10m 范围内水体中，图 6.1-11 为 LF14-4 DPP 平台含油生产水排放的石油类浓度包络线图（排放点以上 10m 范围内水层），由于两个平台距离不远，水动力条件相近，因此 LF15-1 DPP 平台的石油类浓度包络线图（排放点以上 10m 范围内水层）从略。

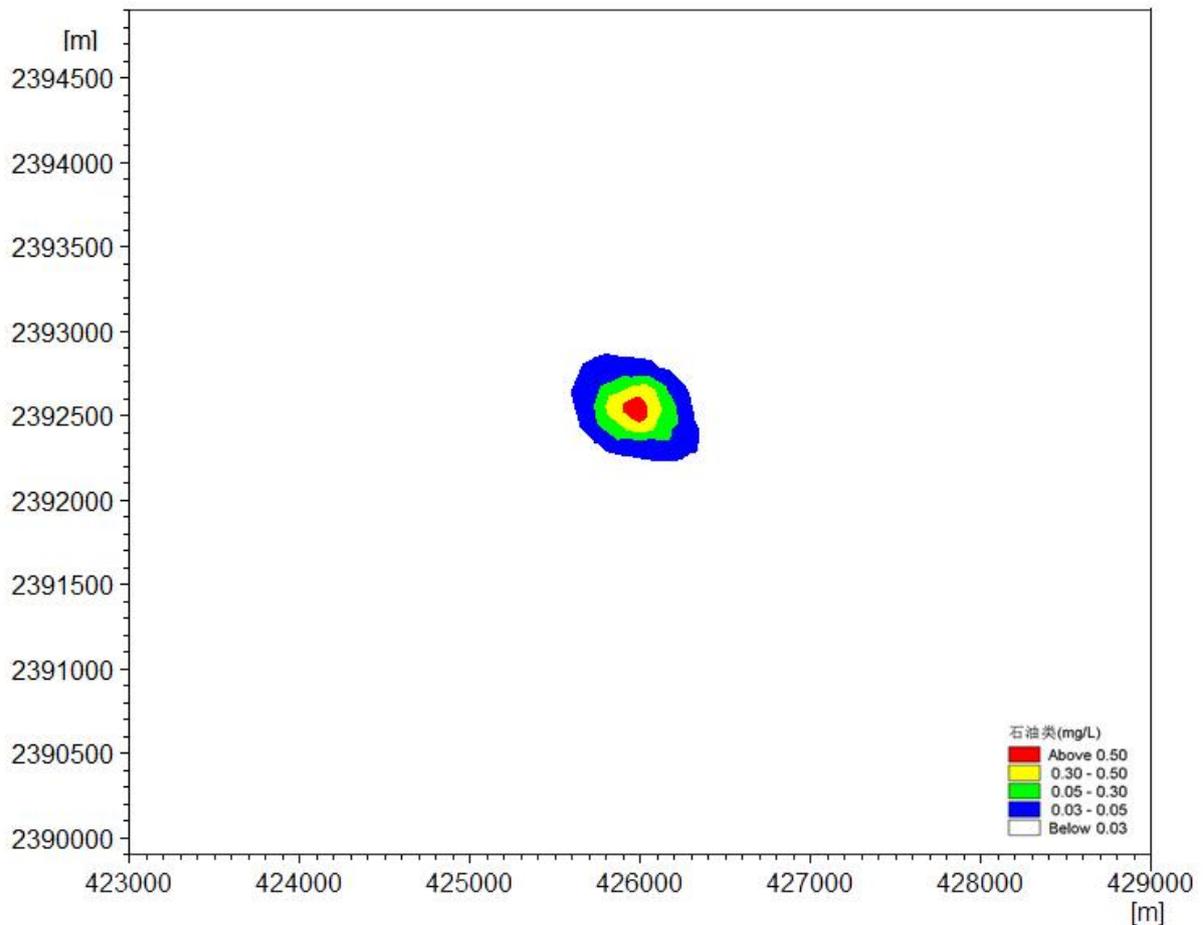


图 6.1-11 LF14-4 DPP 平台石油类浓度包络线图（表层）

由表 6.1-34 可以看出，LF14-4 DPP 平台含油污水排放扩散的超标面积和影响距离均不大，排放点以上 10m 范围内水层超一类水质的最大包络面积约为 0.368km²，最远距离约为 0.35km，超三类水质的面积 0.046km²，超四类的面积 0.023km²，其他无超标面积。表 6.1-31 为 LF14-4 DPP 平台表层石油类超标倍数 $B_i \leq 1$ 、 $1 < B_i \leq 4$ 、 $4 < B_i \leq 9$ 及 $B_i > 9$ 的包络面积。



表 6.1-34 LF14-4 DPP 平台石油类浓度预测结果（排放点以上 10m）

	超一类 包络面积 (km ²)	超三类 包络面积 (km ²)	超四类 包络面积 (km ²)	超一类 最大距离 (km)
包络面积(km ²)	0.368	0.046	0.023	0.350

表 6.1-35 LF14-4 DPP 平台石油类超标区间面积(km²)（排放点以上 10m）

浓度 (mg/L)	0.05~0.10	0.10~0.25	0.25~0.50	>0.50
包络面积(km ²)	0.248	0.074	0.022	0.023

由表 6.1-36 可以看出，LF15-1 DPP 平台含油污水排放扩散的超标面积和影响距离均不大，排放点以上 10m 范围内水层超一类水质的最大包络面积约为 0.601km²，最远距离约为 0.75km，超三类水质的面积 0.075km²，超四类的面积 0.034km²，其他无超标面积。表 6.1-37 为 LF15-1 DPP 平台表层石油类超标倍数 $B_i \leq 1$ 、 $1 < B_i \leq 4$ 、 $4 < B_i \leq 9$ 及 $B_i > 9$ 的包络面积。

表 6.1-36 LF15-1 DPP 平台石油类浓度预测结果（排放点以上 10m）

	超一类 包络面积 (km ²)	超三类 包络面积 (km ²)	超四类 包络面积 (km ²)	超一类 最大距离 (km)
包络面积(km ²)	0.601	0.075	0.034	0.75

表 6.1-37 LF15-1 DPP 平台石油类超标区间面积(km²)（排放点以上 10m）

浓度 (mg/L)	0.05~0.10	0.10~0.25	0.25~0.50	>0.50
包络面积(km ²)	0.386	0.146	0.035	0.034

6.1.3.3 生活污水 COD 浓度预测

a. COD 排放源强

本项目新建 2 座钻采生产平台（LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台）均有生活污水排放，生活污水产生量均为 63m³/d。生活污水 COD 浓度处理到 ≤500mg/L 达标排放，每天间断排放时间约 2h，据此估算 COD 排放速率约为 4.375 g/s。选取 LF14-4 DPP 平台进行影响预测，LF15-1 DPP 平台影响范围均不会超过该预测结果。

根据工程海域两季环境质量现状调查结果，表层 COD_{Mn} 背景浓度值平均



为 0.295mg/L。由于污水 COD_{Cr} 采用铬法测定，海水 COD 采用锰法测定，因此存在 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 之间的转换关系。大量实验表明，二者之间有 COD_{Mn}=1/3COD_{Cr} 的关系。

b. COD 预测结果

本项目新建 LF14-4 DPP 平台生活污水排放的 COD 浓度预测结果见表 6.1-38，图 6.1-9 为叠加 COD_{Mn} 背景值后的影响包络线图。由预测结果可以看出，由于生活污水排放量较小，无论何时排放 COD 均无超一类面积，其影响仅限于一个计算网格（50m）之内，生活污水排放对海洋环境的影响轻微，不会明显影响工程海域的海水水质。

表 6.1-38 LF14-4 DPP 平台生活污水排放 COD 浓度预测结果

时段	超一类包络面积 (km ²)	超三类包络面积 (km ²)	超四类包络面积 (km ²)	超一类最大距离 (m)
高潮时排放	0.001	0.001	0.001	<50
落潮时排放	0.001	0.001	0.001	<50
低潮时排放	0.001	0.001	0.001	<50
涨潮时排放	0.001	0.001	0.001	<50

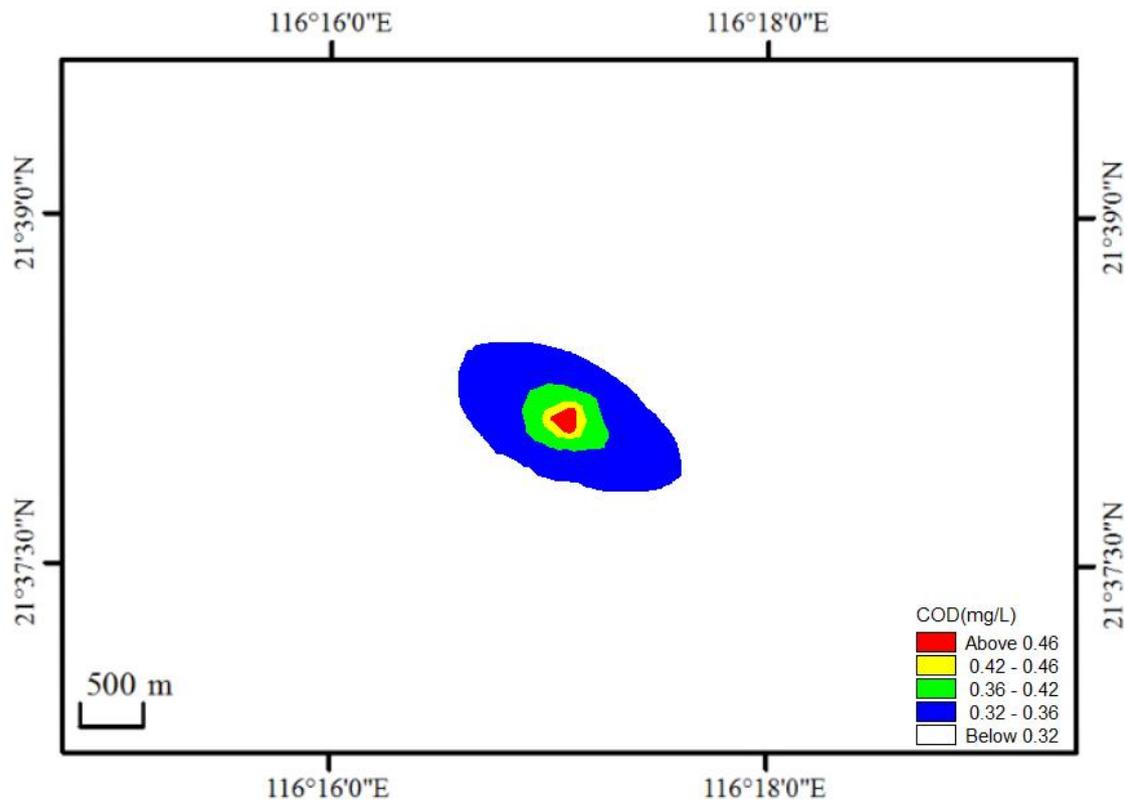


图 6.1-11 LF14-4 DPP 平台生活污水排放表层 COD_{Mn} 浓度分布包络图



6.2 海洋环境影响评价

6.2.1 工程对海水水质的影响

6.2.1.1 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，尚在海水中发生沉降，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。本项目排放钻井液对水质的影响主要在表层主流向上，本项目两个平台和一个水下生产系统钻井液排放的超一类海水水质海域的最大面积总和为 3.105km^2 ，离排放点的最大距离为 0.81km 。停止排放后恢复到一类水质所需最大时间为 11.5h 。两个平台一个水下生产系统钻完井期间钻井液排放超三、四类水质海域的最大面积总和为 0.117km^2 和 0.057km^2 ，相对较小。

6.2.1.2 钻屑对海水水质的影响

钻屑的成分主要是地下砂岩和石灰岩的碎屑，其粒径远大于钻井液中的粘土，因而沉降速度快，扩散影响面积小。本项目两个平台和一个水下生产系统钻完井期间排放钻屑对水质的影响，表层超一类水质海域的最大面积总和为 1.338km^2 ，离排放点的最大距离为 0.42km 。恢复到一类水质所需最大时间为 4.5h 。两个平台和一个水下生产系统钻完井期间钻屑排放超三类、超四类水质海域的最大面积总和为 0.288km^2 和 0.237km^2 。

6.2.1.3 挖沟处理对海水水质的影响

本项目新建的 4 条海底管道、1 条海底电缆需对部分路由段进行预处理，在地形凸起处进行预挖沟，并在后续管道铺设时对部分路由段进行后挖沟埋设，同时需对 LF15-1DPP 平台附近的 3 个 PLET 进行预挖沟处理。挖沟搅起的悬浮沙有部分进入水体，短期内对海水水质造成一定的影响，这种影响是短期的、一次性的、可恢复的，挖沟搅起的悬浮沙的影响主要在施工线路两侧。

根据数值预测结果，LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1（预挖沟处理总长度 4.997km ，后挖沟处理总长度 5.083km ）和 Route2（预挖沟处理总长度 3.172km ，后挖沟处理总长度 1.948km ）挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离均为 0.87km ，底层（海底 $0\sim 10\text{m}$ ）超一（二）类水质包



络面积为 14.741km²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络面积很小，均为 0.272km²。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小，挖沟作业停止后最长需要约 8.5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平；LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道（预挖沟处理总长度 6.615km，后挖沟处理总长度 0.984km）挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离为 0.75km，底层（海底 0~10m）超一（二）类水质包络面积为 11.080km²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络面积很小，均为 0.432km²。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小，挖沟作业停止后最长需要约 5.5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平；LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台混输管道 18.4km 后挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离为 0.61km，底层（海底 0~10m）超一（二）类水质包络面积为 12.990km²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络面积很小，均为 0.105km²。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小，挖沟作业停止后最长需要约 12.5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平。

LF14-4DPP 至 LF15-1DPP 平台海底电缆 1.5km 后挖沟处理造成的悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离为 0.45km，底层（海底 0~10m）超一（二）类水质包络面积为 1.149m²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络面积很小，为 0.008km²。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小。挖沟作业停止后约 5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平。

6.2.1.4 含油生产水对海水水质的影响

本项目水下生产系统的物流输送至新建的两个平台和已建的 LF13-2DPP 平台进行处理，经处理后的含油生产水达标排海（石油类含量≤45mg/L），根据预测结果，油田正常生产情况下 LF14-4 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.368km²，超一类最大距离 0.35km，LF15-1 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.601km²，超一类最大距离 0.75km，超标区域均主要在两个平台排放点以上 10m 水层范围内水域，其他无超标面积。本项目投产后，依托的 LF13-2 DPP 平台最大含油生产水排放量



小于原来预测排放量（30000 m³/d），影响面积和最大距离沿用原预测结果，即本项目投产后，LF13-2 DPP 平台含油生产水排放石油类超一类水质的最大影响面积约为 0.58km²，超一类水质的水域离排放管道的最远距离约为 1.13km。未超出原有批复的排污混合区范围。

6.2.1.5 生活污水对海水水质的影响

由于 COD 排放源强较小，影响面积并不大，新建的两个平台无论何时排放超标影响的距离都在 50m 范围内，COD 排放对海洋环境的影响不大，不会明显影响本海区的海洋水质。

6.2.1.6 浓海水对海水水质的影响

本项目 LF14-4 DPP 平台纳滤系统浓海水排放量最大为 2422m³/d（2030 年），排放的浓海水盐度约为 90，根据相关分析，在平台附近浓海水排放后盐度迅速降低，在平台周围 20m 范围内盐度增量（相对背景值）由 187% 迅速下降至 1%（0.34）；距离平台 150m 范围内浓盐水盐度下降至海水背景值。且由于海水盐度本身处于波动状态，且浓海水排放引起的盐度增量小于海水盐度本身的波动范围，因此浓盐水排放对海洋环境的影响不大，浓盐水排放不会明显影响本海区的海洋水质。

6.2.1.7 液压液对海水水质的影响

液压液为水基液压液，主要由水、乙二醇、少量添加剂组成。本项目液压液最大排放量为每年 1900L，排放量较小，液压液主要成分为水、乙二醇，为醇类物质，且所选用的液压液符合国内或者国外排放标准要求，排放后对海洋水质环境影响不大，不会明显影响本海区的海洋水质。

6.2.2 工程对沉积物的影响

6.2.2.1 钻屑排放对沉积物环境的影响

钻屑排入海后，在海水运动的作用下，钻屑会在海底一定的范围内沉降。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。根据工程经验，钻屑大部分沉降在水下生产系



统周围 500m 以内，本项目两个平台和一个水下生产系统中 LF14-4 DPP 平台钻屑排放量最大，由预测结果知钻屑覆盖厚度不小于 2cm 的区域面积为 0.085km²，其他一个平台和一个水下生产系统油田的钻屑排放量均小于 LF14-4 DPP 平台，其影响不会超过 LF14-4 DPP 平台排放的预测结果。由此可见，钻屑覆盖厚度不小于 2cm 的区域仅集中在平台和水下生产系统附近，对沉积物影响范围不大。

6.2.2.2 挖沟处理对沉积物环境的影响

本项目海底管道、电缆部分路由段及 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟处理作业对沉积物环境的影响首先是开挖和覆盖，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下自然回填挖沟，覆盖厚度>2cm 的面积主要位于挖沟两侧附近，因悬浮沙均是局地沉积物再沉积，不会引起沉积物环境的变化。本项目新建 2 条海底管道和 2 条海底电缆，根据数值模拟结果，本项目新建的 4 条海底管道、1 条海底电缆部分路由段及 LF15-1DPP 平台附近的 3 个 PLET 预挖沟处理造成的悬浮沙覆盖 2cm 厚度的覆盖面积合计约为 3.2156km²。

6.2.3 工程对海洋生态的影响

6.2.3.1 工程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，使平台及水下生产系统周围海水中悬浮沙增大，增加海水浑浊度。同时本项目 4 条海底管道、1 条电缆部分路由段及 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟处理作业掀起的小颗粒轻物质会悬浮于水中，使海水浑浊度增加，透明度降低。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，降低了海洋初级生产力；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。此外，由于路由段底质多以粉砂和砂质粉砂为主，沉积物粒径较粗，水中悬浮物沉降速度快，运移规模也小，沉积物悬浮时间较短，因此挖沟而引起的海水透明度会很快得到恢复。



6.2.3.2 工程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。钻井过程钻井液和钻屑排放，以及海底管道电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟处理作业搅起的悬浮沙均会增加海水的浑浊度，减少透光层的厚度，使生物合成量减少，同时使整个水层的浮游植物的生产力水平下降，对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。但这种影响是短时期的，完成作业之后，通过一系列的稀释、吸附、沉淀或扩散等海洋环境的物理过程，从而恢复浮游动物的正常生存环境。

经济动物卵子、幼体是整个生命周期中对各种污染物最敏感的阶段，原油对其毒性效应主要有抑制孵化、滞缓发育、生理功能低落，以及导致畸形和死亡等。鱼卵、仔稚鱼、虾类幼体及底栖生物浮游幼虫等属于浮游动物范畴，石油污染会损害这些海洋生物繁殖能力和幼体的生长与发育，直接影响种群补充能力，从而对海洋渔业资源产生潜在和长期的影响。

在石油类超标范围内可导致部分鱼卵、仔稚鱼、虾类幼体及底栖生物浮游幼虫等畸变、死亡，成体浮游动物由于具有一定的逃避能力，受石油类污染的影响较小。总体而言，对超一类范围内浮游动物幼体有一定的影响，对超一类范围外水域中的浮游动物不会产生明显的损害。

6.2.3.3 工程对底栖生物的影响分析

国外的研究表明，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烃和重金属等有毒物质的含量增加。钻井液和钻屑排入海中以后，由于受海水的作用，粘土粒子会迅速发生絮凝、形成大颗粒下沉。钻井液和钻屑的沉积及分布范围受排放量、海流、水深和排放深度等因素的影响。



此外，海底管道电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟处理作业所破坏的海底面积及在沟两侧所堆积的挖沟泥沙对底栖生物将造成毁灭性破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏施工现场周围海底部分底栖生物并影响沿管道一带的海底生态环境，对底栖生物的影响主要是对底栖生物的掩埋作用。堆积在管沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填于管沟。但挖沟所破坏的海底海床以及在沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物并影响沿管道一带的海底生态环境。但随着施工结束以及时间的推移，挖沟作业区的底栖生态会逐渐得到恢复。

基于上述分析，并根据预测结果：本项目两个钻采生产平台、一个水下生产系统钻屑覆盖厚度不小于 2cm 的区域合计不超过 0.255km²，可以做出如下预测：（1）在排放点周围底栖生物将受到钻屑排放的明显影响，尤其是 200m 以内大型底栖生物将难以生存。（2）除活动能力很小的底栖鱼类外，钻屑的排放不会对周围渔场活动能力较强的中上层鱼类及底层、近底层鱼类造成明显的危害。（3）本项目在钻井阶段排放的钻屑大部分可能沉积于排放点周围 420m 范围内，因而其对底栖生物造成影响的覆盖范围是有限的，不会对油田海域的整个底栖生态系统稳定性和生物种类多样性造成明显危害。钻屑停止排放后，沉积区的底栖生态将会逐渐恢复。但本项目新建的 4 条海底管道、1 条海底电缆部分路由段及 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 预挖沟处理造成的悬浮沙覆盖 2cm 厚度的面积范围内底栖生物将难以生存，覆盖面积合计约为 3.2156km²。

6.2.3.4 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,工程施工期就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。

在石油类超标范围内可导致部分鱼卵、仔稚鱼、虾类幼体及浮游幼虫等畸变、死亡,成体浮游动物由于具有一定的逃避能力,受石油类污染的影响较小,总体而言,对超一类范围内浮游动物幼体有一定的影响,对超一类范围外水域中的浮游动物不会产生明显的损害,石油污染会损害这些海洋生物繁殖能力和幼体的生长与发育,对海洋渔业资源产生一定的影响。

6.2.3.5 浓海水对海洋生物的影响分析

本项目生产阶段排放的浓海水会使排放平台周围海域的海水盐度升高,盐度的改变会导致出现渗透过程。浓盐水排放后相对背景值的盐度增量会在平台周围 20m 范围内迅速降低至 1%,对环境的影响仅限于平台周围的表层海域,对海洋生物的影响仅局限在污染物排放源的周围,主要是对平台周围局部海域渗透调节机制弱、耐盐性低的浮游植物、鱼卵、幼虫及幼体的生长可能产生一定影响;成体鱼类和浮游动物渗透调节机制强、耐盐性高,受到的影响较小;由于浓海水排放的影响仅限于表层海水环境,对底栖生物一般不会造成不利影响。

6.2.3.6 液压液对海洋生物的影响分析

陆丰 22-1 油田水下生产系统采用水基液压液,主要由水、乙二醇、少量添加剂组成。大致估算,本项目液压液总排放每年不超过 1900L,排放量很小。建设单位将对液压液种类进行筛选,使用的液压液生物毒性容许值要满足国



内或者国外相关标准要求。对海洋生物影响仅局限在污染物排放源的周围，排放后对海洋生物影响不大。

6.2.4 工程对渔业捕捞的影响

本项目距离岸线较远，正常施工作业情况下对渔业捕捞的影响主要反映在油田工程施工对日常渔业捕捞生产的影响。但本项目海上施工占用海域范围较小，且施工是暂时的，施工结束后对渔业捕捞、生产影响不大。

6.3 工程对海洋生态环境损失评估

本项目对海洋生态环境的损失包括对海洋生物资源的损失和对海洋生态服务功能的损失两部分，其中对海洋生物资源的损失根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行估算，对海洋生态服务功能的损失按照《海洋生态资本评估技术导则》（GB/T28058-2011）并参考《海洋生态损害评估技术指南(试行)》进行估算，二者合计即为本项目对海洋生态环境的总的损失。

6.3.1 海洋生物资源损失评估

本项目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、铺设管道产生的悬浮沙和运营期含油生产水的排放。

6.3.1.1 海洋生物资源损失计算方法

a. 底栖生物损失计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），本项目钻屑排放造成底栖生物损失的按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

—第*i*种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里指底栖生物和潮间带生物资源受损量。

—评估区域内第*i*种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]或千克每平方千米（kg/km²）。在此为底栖生物的生物量。



—第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米 (km^2) 或立方千米 (km^3)。本报告中指钻屑排放及管道电缆、平台附近沙波挖沟处理覆盖海底的面积。

b. 悬浮沙造成海洋生物资源损失计算方法

(1) 一次性平均损失量计算方法

悬浮沙及含油污水超标引起海洋生物的损失根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的规定，按以下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

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，单位为平方千米 (km^2)；在此指不同浓度所影响的面积；

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，单位为百分之 (%)；

N —某一污染物浓度增量分区总数。

• (2) 持续性损害损失量计算方法

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

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克 (kg)；

W_i ——第 i 种类生物资源一次平均损害量，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如下。

表 6.3-1 污染物对各类生物的损失率

污染物超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)		
	鱼卵、仔稚鱼	幼体	成体(游泳动物)
$B_i \leq 1$ 倍 (10~20mg/L)	5	5	1
$1 < B_i \leq 4$ 倍 (20~50mg/L)	10	10	5
$4 < B_i \leq 9$ 倍 (50~100 mg/L)	30	30	10
$B_i \geq 9$ 倍 (≥ 100 mg/L)	50	50	20

(3) 海洋生物资源计算参数

本项目海洋生物资源损失估算采用的海洋生物资源密度及其来源见表 6.3-2。

表 6.3-2 海洋生物资源密度

	密度	来源	调查时间
鱼卵		中国水产科学研究院 南海水产研究所	2019 年 3 月~4 月和 2017 年 10 月~11 月两季调查平均值
仔稚鱼			
幼体			
成体			
底栖生物		国家海洋局南海 环境监测中心	2019 年 4 月和 2017 年 11 月 两季调查平均值

注：鱼卵、仔稚鱼采用两季垂直拖网的平均值

6.3.1.2 海洋生物资源损失评估

a. 钻井液对海洋生物资源损失评估

钻井液排放的影响则主要是鱼卵、仔稚鱼和游泳生物的影响，根据 6.1.2 节预测结果，超标主要在海面至 10m 水深，因此计算时水深取 10m，2 个平台、1 个水下生产系统钻完井期间钻井液排放造成的超标面积取排放量最大的 LF14-4 DPP 平台预测值的 3 倍，据此估算本项目钻井液排放对海洋生物资源损失，见表 6.3-3。



表 6.3-3 本项目钻井液排放对海洋生物资源损失估算

资源	面积 (km ²)	Bi ≤ 1	1 < Bi ≤ 4	4 < Bi ≤ 9	Bi ≥ 9	小计	3 处排放
		0.615	0.314	0.087	0.039		
鱼卵	密度 (个/m ³)	0.1525	0.1525	0.1525	0.1525	0.1643	0.4930
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.0469	0.0479	0.0398	0.0297		
仔鱼	密度 (尾/m ³)	0.01505	0.01505	0.01505	0.01505	0.0162	0.0486
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.0046	0.0047	0.0039	0.0029		
幼体	密度(kg/km ²)	109.97	109.97	109.97	109.97	0.0118	0.0355
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (t)	0.0034	0.0035	0.0029	0.0021		
成体	密度(kg/km ²)	287.665	287.665	287.665	287.665	0.0110	0.0331
	死亡率	1%	5%	10%	20%		
	损失量 (t)	0.0018	0.0045	0.0025	0.0022		

b. 钻屑对海洋生物资源损失评估

根据根据 6.1.2 节预测结果, 钻屑排放超标面积主要在海面至 10m 水深, 因此计算时水深按 10m 计, 计算 2 个平台和 1 个水下生产系统的海洋生物资源损失量, 其中 LF14-4 DPP 平台钻完井施工天数为 420 天, LF15-1 DPP 平台钻完井施工天数为 264 天, LF22-1 SPS 钻完井施工天数为 87 天, 本项目钻屑持续性排放, 按 SC/T 9110-2007 规定 15d 为 1 个周期, 则 LF14-4 DPP 平台钻屑排放 28 个周期, LF15-1 DPP 平台钻屑排放 18 个周期, LF22-1 SPS 平台钻屑排放 6 个周期, 见表 6.3-4 至表 6.3-6。

表 6.3-4 本项目 LF14-4 DPP 平台钻屑排放对海洋生物资源损失量估算

资源	面积 (km ²)	Bi ≤ 1	1 < Bi ≤ 4	4 < Bi ≤ 9	Bi ≥ 9	28 个周期
		0.241	0.072	0.037	0.096	
鱼卵	密度 (个/m ³)	0.1525	0.1525	0.1525	0.1525	3.346
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.018	0.011	0.017	0.073	
仔鱼	密度 (尾/m ³)	0.01505	0.01505	0.01505	0.01505	0.330



	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.002	0.001	0.002	0.007	
幼体	密度(kg/km ²)	0.10997	0.10997	0.10997	0.10997	0.241
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (t)	0.001	0.001	0.001	0.005	
成体	密度(kg/km ²)	0.28766	0.28766	0.28766	0.28766	0.233
	死亡率	1%	5%	10%	20%	
	损失量 (t)	0.001	0.001	0.001	0.006	

表 6.3-5 本项目 LF15-1 DPP 平台钻屑排放对海洋生物资源损失量估算

资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	18 个周期
		0.241	0.072	0.037	0.096	
鱼卵	密度 (个/m ³)	0.1525	0.1525	0.1525	0.1525	2.151
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.018	0.011	0.017	0.073	
仔鱼	密度 (尾/m ³)	0.01505	0.01505	0.01505	0.01505	0.212
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.002	0.001	0.002	0.007	
幼体	密度(kg/km ²)	0.10997	0.10997	0.10997	0.10997	0.155
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (t)	0.001	0.001	0.001	0.005	
成体	密度(kg/km ²)	0.28766	0.28766	0.28766	0.28766	0.150
	死亡率	1%	5%	10%	20%	
	损失量 (t)	0.001	0.001	0.001	0.006	

表 6.3-6 本项目 LF22-1 SPS 平台钻屑排放对海洋生物资源损失量估算

资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	6 个周期
		0.241	0.072	0.037	0.096	
鱼卵	密度 (个/m ³)	0.1525	0.1525	0.1525	0.1525	0.717
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.018	0.011	0.017	0.073	
仔鱼	密度 (尾/m ³)	0.01505	0.01505	0.01505	0.01505	0.071
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.002	0.001	0.002	0.007	
幼体	密度(kg/km ²)	0.10997	0.10997	0.10997	0.10997	0.052
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (t)	0.001	0.001	0.001	0.005	
成体	密度(kg/km ²)	0.28766	0.28766	0.28766	0.28766	0.050



	死亡率	1%	5%	10%	20%	
	损失量 (t)	0.001	0.001	0.001	0.006	

平台及水下生产系统周围钻屑覆盖厚度大于 2cm 范围内底栖生物损失率按 100% 计，覆盖 2cm 面积根据 6.1.2 节预测结果，据此估算钻屑排放对底栖生物的损失见表 6.3-7。

表 6.3-7 本项目 2 个平台 1 个水下生产系统钻屑排放对底栖生物的损失估算

	面积 (km ²)	密度 (g/m ²)	损失率	损失量 (t)
覆盖 2cm	0.255	2.995	100%	0.76

c. 悬浮沙对海洋生物资源损失评估

本项目新建的 4 条海底管道、1 条海底电缆需对部分路由段进行预处理，在地形凸起处进行预挖沟，并在后续管道铺设时对部分路由段进行后挖沟埋设，同时需对 LF15-1DPP 平台附近的 3 个 PLET 进行预挖沟处理。根据预测结果，挖沟处理的悬浮沙超标主要在底层(海底 0~10m)，第 7 层(海底 10~20m) 超标很少，本次将第 7 层(海底 10~20m) 超标面积与底层(海底 0~10m) 悬浮沙超标面积相加进行海洋生物资源损失的计算，水深按 10m 计。本项目新建 4 条海管及 1 条电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟作业对海洋生物资源损失量估算结果见表 6.3-8。

表 6.3-8 本项目 4 条海管及 1 条电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟作业对海洋生物资源损失量估算

资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	合计
		25.833	11.278	6.384	13.712	
鱼卵	密度 (个/m ³)	0.1525	0.1525	0.1525	0.1525	34.131
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 个)	3.940	3.440	5.841	20.911	
仔鱼	密度 (尾/m ³)	0.01505	0.01505	0.01505	0.01505	3.368
	死亡率	5%	10%	30%	50%	
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.389	0.339	0.576	2.064	
幼体	密度(t/km ²)	0.10997	0.10997	0.10997	0.10997	1.231
	死亡率	5%	10%	30%	50%	



	损失量(t)	0.142	0.124	0.211	0.754	
成体	密度(t/km ²)	0.28766	0.28766	0.28766	0.28766	1.209
	死亡率	1%	5%	10%	20%	
	损失量(t)	0.074	0.162	0.184	0.789	

本项目新建 4 条海管及 1 条电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟作业导致泥沙覆盖厚度大于 2cm 范围内底栖生物损失率按 100% 计, 覆盖 2cm 面积根据 6.1.2 节预测结果, 据此估算挖沟作业对底栖生物的损失见表 6.3-9。

表 6.3-9 本项目 4 条海管及 1 条电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟作业对底栖生物的损失估算

	面积 (km ²)	密度 (g/m ²)	损失率	损失量 (t)
覆盖 2cm	3.2156	2.995	100%	9.63

d. 平台占用海域造成的海洋生物资源损失评估

本项目新建 2 座钻采生产平台 (LF14-4 DPP 平台、LF15-1 DPP 平台), 其中 LF14-4 DPP 平台永久占用海域面积 7225m², LF15-1 DPP 平台永久占用海域面积 9025m², 该范围内底栖生物损失率按 100% 计, 据此计算平台永久占海造成的底栖生物的损失, 见表 6.3-10。

表 6.3-10 本项目新建平台永久占海对底栖生物的损失估算

	占用海域面积 (m ²)	密度 (g/m ²)	损失率	损失量 (kg)
LF14-4 DPP 平台	7225	2.995	100%	0.02164
LF15-1 DPP 平台	9025	2.995	100%	0.02703
合计	16250	——		0.0487

e. 生产水对海洋生物资源损失评估

根据 6.1.3 节生产水预测结果, 石油类超标主要在排放点以上 10m 水域范围内; 根据工程分析, 新建 LF14-4 DPP 平台含油生产水年排放天数为 310 天, LF15-1 DPP 平台含油生产水年排放天数均为 330 天, 按 15 天一个周期计算, LF14-4 DPP 平台年排放周期数为 21 个/年, LF15-1 DPP 平台年排放周期数为 22 个/年。据此计算生产水排放造成的海洋生物资源损失见表 6.3-11。



表 6.3-11 本项目含油生产水排放对海洋生物资源损失估算

LF14-4 DPP 平台							
资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	小计	21 个周期
		0.248	0.074	0.022	0.023		
鱼卵	密度 (个/m ³)	0.1525	0.1525	0.1525	0.1525	0.0578	1.2137
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.0189	0.0113	0.0101	0.0175		
仔鱼	密度 (尾/m ³)	0.01505	0.01505	0.01505	0.01505	0.0057	0.1198
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.0019	0.0011	0.0010	0.0017		
幼体	密度(kg/km ²)	0.10997	0.10997	0.10997	0.10997	0.0042	0.0875
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (t)	0.0014	0.0008	0.0007	0.0013		
成体	密度(kg/km ²)	0.28766	0.28766	0.28766	0.28766	0.0037	0.0784
	死亡率	1%	5%	10%	20%		
	损失量 (t)	0.0007	0.0011	0.0006	0.0013		
LF15-1 DPP 平台							
资源	面积 (km ²)	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi≥9	小计	22 个周期
		0.386	0.146	0.035	0.034		
鱼卵	密度 (个/m ³)	0.1525	0.1525	0.1525	0.1525	0.0936	2.06
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 个)	0.0294	0.0223	0.0160	0.0259		
仔鱼	密度 (尾/m ³)	0.01505	0.01505	0.01505	0.01505	0.0092	0.2033
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (10 ⁶ 尾)	0.0029	0.0022	0.0016	0.0026		
幼体	密度(kg/km ²)	0.10997	0.10997	0.10997	0.10997	0.0068	0.1485
	死亡率	5%	10%	30%	50%		
	损失量 (t)	0.0021	0.0016	0.0012	0.0019		
成体	密度(kg/km ²)	0.28766	0.28766	0.28766	0.28766	0.0062	0.1358
	死亡率	1%	5%	10%	20%		
	损失量 (t)	0.0011	0.0021	0.0010	0.0020		



f. 小结

本项目建设造成的海洋生物资源损失量汇总见表 6.3-12。

表 6.3-12 本项目建设造成的海洋生物资源损失量

资源	钻井液	钻屑	海管、电缆、平台周围 PLET 挖沟处理	含油生产水	平台永久占海	合计
鱼卵 (10 ⁶ 个)	0.493	6.213	34.131	3.2737	--	44.111
仔鱼 (10 ⁶ 尾)	0.049	0.613	3.368	0.3231	--	4.353
幼体 (t)	0.036	0.448	1.231	0.2361	--	1.950
成体 (t)	0.033	0.432	1.209	0.2142	--	1.889
底栖生物 (t)	-	0.76	9.63	--	0.0487	10.443

6.3.2 海洋生态服务功能损失评估

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011), 海洋生态系统服务功能主要包括海洋供给服务、海洋调节服务、海洋文化服务、海洋支持服务共 4 个部分, 下面评估本项目对上述服务功能造成的损失。

本项目对海洋生态系统服务功能的影响主要是建设期钻井液、钻屑排放, 生产期含油生产水、生活污水的排放, 下面评估上述活动对海洋生态系统服务功能的损失。

6.3.2.1 海洋供给服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011), 海洋供给服务评估指标主要考虑渔业供给(养殖生产、捕捞生产)和氧气生产。由于本项目所处海域没有养殖生产, 对捕捞生产的影响有限, 且生物资源损失已在 6.4.1 节根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)进行了评估, 因此这里仅考虑氧气生产影响。

氧气生产的物质量采用海洋植物通过光合作用过程生产氧气的数量进行评估, 包括浮游植物初级生产力提供的氧气和大型藻类初级生产提供的氧气, 本项目生态调查未调查到大型藻类, 在此仅计算浮游植物产生的氧气量。氧气生产的物质量计算公式为:

$$Q_{O_2} = Q'_{O_2} \times S \times N \times 10^{-3} + Q''_{O_2}$$

式中:



Q_{O_2} —氧气生产的物质量，单位为吨（t）；

Q'_{O_2} —单位时间单位面积水域浮游植物产生的氧气量，单位为毫克每平方米每天（ $mg/m^2 \cdot d$ ）；

S —评估海域的水域面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

N —时间天数，（d）；

Q''_{O_2} —大型藻类产生的氧气量，单位为吨每年（t/a）；

浮游植物初级生产提供氧气的计算公式为：

$$Q'_{O_2} = 2.67 \times Q_{pp}$$

Q_{pp} —浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米每天（ $mg/m^2 \cdot d$ ）。

2019年4月（春季）调查初级生产力平均值为 $165mg \cdot C/(m^2 \cdot d)$ ，2017年11月（秋季）调查初级生产力平均值为 $277.5mg \cdot C/(m^2 \cdot d)$ ，两季平均初级生产力为 $221.25mg \cdot C/(m^2 \cdot d)$ ，本项目钻完井期间钻井液循环使用间断排放，钻屑在钻井期间连续排放，从不利角度出发以钻屑排放评估对海洋生态系统服务功能影响，根据工程分析，两个平台一个水下生产系统钻屑排放时长分别为：LF14-4 DPP 平台为 420d，LF15-1 DPP 平台为 264d，LF22-1 SPS 为 87d，根据预测结果，排放钻屑量最大的 LF14-4 DPP 平台的钻屑超一类最大面积为 $0.446km^2$ ，LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 的钻屑排放的超一类面积不会超过 $0.446km^2$ ，超一类范围内浮游植物损失率按 10%，根据上述公式评估氧气生产量的损失为：

$$\begin{aligned} Q_{O_2} &= 2.67 \times Q_{pp} \times S \times N \times 10^{-3} \\ &= 2.67 \times 221.25 \times 0.446 \times (420 + 264 + 87) \times 10^{-3} \times 10\% = 20.32 \text{ (t)} \end{aligned}$$

根据王燕等人的研究，工业制氧平均价格为***元/t，则本项目影响氧气生产价值为***万元。

6.3.2.2 海洋调节服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋调节服务评估主要考虑气候调节和废弃物处理。本项目生产垃圾和生活垃圾运回陆地处理，只有两个平台一个水下生产系统的钻井液、钻屑排放，两个平台的含油生产水及少量生活污水排放，因此，这里仅考虑气候调节功能和上述污染物排放



造成的环境容量损失。

a. 气候调节

气候调节物质量评估采用的方法是基于海洋植物（浮游植物和大型藻类）固定二氧化碳的原理计算，物质量等于评价海域的水域面积乘于单位面积水域浮游植物和大型藻类固定二氧化碳的量。本项目生态调查未调查到大型藻类，在此仅计算浮游植物固定二氧化碳的量。气候调节的物质量计算公式为：

$$Q_{CO_2} = Q'_{CO_2} \times S \times N \times 10^{-3} + Q''_{CO_2}$$

式中：

Q_{CO_2} —气候调节的物质量，单位为吨每年（t）；

Q'_{CO_2} —单位时间单位面积水域浮游植物固定的二氧化碳量，单位为毫克每平方米每天（ $mg/m^2 \cdot d$ ）；

S —评估海域的水域面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

N —时间天数，（d）；

Q''_{CO_2} —大型藻类固定的二氧化碳量，单位为吨每年（t/a）；

浮游植物固定二氧化碳量的计算公示为：

$$Q'_{CO_2} = 3.67 \times Q_{PP}$$

Q_{PP} —浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米每天（ $mg/m^2 \cdot d$ ）。

2019年4月（春季）调查初级生产力平均值为 $165mg \cdot C/(m^2 \cdot d)$ ，2017年11月（秋季）调查初级生产力平均值为 $277.5mg \cdot C/(m^2 \cdot d)$ ，两季平均初级生产力为 $221.25mg \cdot C/(m^2 \cdot d)$ ，本项目新建4条海底管道、1条海底电缆部分路由段预挖沟和后挖沟以及LF15-1DPP平台附近的3个PLET预挖沟处理影响的悬浮沙超一类总面积为 $57.207km^2$ ，各挖沟处理段水质恢复时间最长为12.5h，本项目钻井液循环使用间断排放，钻屑在钻井期间连续排放，从不利角度出发以钻屑排放评估对海洋生态系统服务功能影响，根据工程分析，三个油田钻屑排放时长分别为：LF14-4DPP平台为420d，LF15-1DPP平台为264d，LF22-1SPS为87d，根据预测结果，排放钻屑量最大的LF14-4DPP平台的钻屑超一类最大面积为 $0.446km^2$ ，LF15-1DPP平台和LF22-1SPS的钻屑排放的超一类面积不会超过 $0.446km^2$ ，超一类范围内浮游植物损失率按10%，根据上述公式评估氧气生产量的损失为：



$$Q_{O_2} = 3.67 \times Q_{pp} \times S \times N \times 10^{-3}$$

$$= 3.67 \times 221.25 \times 50.207 \times 12.5/24 \times 10^{-3} \times 10\% + 3.67 \times 221.25 \times 0.446 \times (420+264+87) \times 10^{-3} \times 10\% = 30.05 \text{ (t)}$$

二氧化碳吸收价值用碳税法计算，瑞典的碳税率在国际上被普遍认可，这里采用这一税率，即 150 美元/t(C)，约合人民币 1000 元/t(C)，因此，本项目造成的气候调节损失为***万元。

b. 环境容量损失（污染物处理）

污染物排放造成的环境容量价值损失采用替代成本法进行评估，计算公式如下：

$$V_{sw} = Q_{swt} \times P_w \times N \times 10^{-4}$$

其中， V_{sw} ---废弃物处理的价值量，万元；

Q_{swt} ---废弃物处理的物质质量，t/a；

P_w ---废弃物处理的单价，元/t；

N ---废弃物排放年限，a。

污染物排放量根据第二篇工程分析结果，其中钻屑绝大多数为非钻井油层水基钻井液钻屑，基本不含油，因此取钻屑平均含油量为 0.1%，钻井液和钻屑中的汞含量不超过 1×10^{-6} ，镉含量不超过 3×10^{-6} ，生活污水 COD 浓度按最大 500mg/L，含油生产水中石油类浓度参考周边采用相同含油生产水处理工艺油田的多年监测数据的平均值 20mg/L，生产水排放量按照生产预测的逐年产水量，每一污染当量的取费标准根据国海环字[2003]214 号文件，由此计算本项目排污造成的环境容量损失约为***万元，具体见表 6.3-13。

表 6.3-13 污染物排放造成的环境容量损失

	排放量(t)	浓度含量		物质量(kg)	单价(元/kg)	损失价值(万元)
生活污水		COD	500mg/L		0.7	
含油生产水		石油类	20mg/L		7	
钻井液		石油类	0.1%		7	
		汞	1×10^{-6}		1400	
		镉	3×10^{-6}		140	
钻屑		石油类	0.1%		7	



		汞	1×10^{-6}		1400	
		镉	3×10^{-6}		140	
合计						

注：钻井液密度按 1.10g/cm^3 （即为 1.10t/m^3 ）计算；钻屑密度按 2.5g/cm^3 （即为 2.5t/m^3 ）计算；钻屑堆体积换算成实际体积来计算质量。

6.3.2.3 海洋文化服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋文化服务评估内容主要考虑休闲娱乐、科研服务。休闲娱乐服务评估主要考虑评估海域以自然海洋景观为主体的海洋旅游景区；休闲娱乐的物质质量采用海洋旅游景区的年旅游人数评估，若旅游人数很少可不进行该项评估。科研服务的物质质量宜采用公开发表的以评估海域为调查研究区域或实验场所的海洋类科技论文数量进行评估。

关于休闲娱乐服务，本项目所处海域距岸最近距离约 133km。非旅游区，无人员来此观光旅游；关于科研服务，本项目所处海域未设置专门的实验场所或科研基地。本项目基本不会造成海洋文化服务价值的损失。

6.3.2.4 海洋支持服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋支持服务评估内容主要考虑物种多样性维持、生态系统多样性维持。

根据谢高地等对我国生态系统各项生态服务价值的研究结果，我国水域生态系统单位面积的生物多样性维持价值为 $8686 \text{元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，根据预测结果，排放钻屑量最大的 LF14-4 DPP 平台的钻屑超一类最大面积为 0.446km^2 (44.6hm^2)，LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 的钻屑排放的超一类面积不会超过 0.446km^2 ，影响时间共为 771d (2.12a)；本项目新建 4 条海底管道、1 条海底电缆部分路由段预挖沟和后挖沟以及 LF15-1DPP 平台附近的 3 个 PLET 预挖沟处理影响的悬浮沙超一类总面为积 57.207km^2 (5720.7hm^2)，各挖沟处理段水质恢复时间最长为 12.5h (0.0015a)；LF14-4 DPP 平台和 LF15-1 DPP 平台生活污水排放超标面积均 $<0.001\text{km}^2$ (0.1hm^2)，影响时间分别为 25a 和 20a；LF14-4 DPP 平台含油生产水排放超一类最大面积为 0.257km^2 (25.7hm^2)，影响时间为 25a，LF15-1 DPP 平台含油生产水排放超一类最大面积为 0.718km^2



(71.8hm²)，影响时间为 20a。污染物超一类范围内，生态系统多样性可能会受到一定的影响，但不会全部丧失，这里取生物多样性维持价值损失 10%，据此估算排污影响造成生物多样性维持功能价值损失约为：

$$44.6 \times 2.12 \times 10\% \times 8686 \times 10^{-4} + 5720.7 \times 0.0015 \times 10\% \times 8686 \times 10^{-4} + 0.1 \times 25 \times 10\% \times 8686 \times 10^{-4} + 0.1 \times 20 \times 10\% \times 8686 \times 10^{-4} + 25.7 \times 25 \times 10\% \times 8686 \times 10^{-4} + 71.8 \times 20 \times 10\% \times 8686 \times 10^{-4} = *** \text{ (万元)}$$

综上所述计算结果，本项目造成海洋供给服务价值损失、海洋调节服务价值损失、海洋文化服务价值损失和海洋支持服务价值损失共计****万元。

6.4 工程对环境敏感目标的影响

根据报告第 3 章环境敏感目标分析，本项目新建的 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，距鲐鱼产卵场最近距离约 2.1km，部分新建管道位于深水金线鱼产卵场、鲐鱼产卵场、蓝圆鲹产卵场内；LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 距深水金线鱼产卵场最近距离分别为 16km 和 18km，其他产卵场距离本项目的最近距离均在 20km 以上。本项目新建的 LF22-1 SPS 水下生产设施和 LF15-1 DPP 平台距东沙群岛珊瑚礁和海岛自然保护区最近距离分别为 73km 和 80km，LF14-4 DPP 平台距碣石湾近海海洋保护区最近距离为 98km，距离其他自然保护区和旅游区等敏感目标均在 100km 以上。根据本项目所处海域的位置以及可能产生的环境影响，分别对海洋保护区和产卵场的影响进行分析。

6.4.1 海洋保护区

本项目新建的 LF22-1 SPS 水下生产设施和 LF15-1 DPP 平台距东沙群岛珊瑚礁和海岛自然保护区最近距离分别为 73km 和 80km，LF14-4 DPP 平台距碣石湾近海海洋保护区最近距离为 98km，距离其他自然保护区和旅游区等敏感目标均在 100km 以上。根据预测结果：钻井液和钻屑排放时产生的悬浮物超一（二）类海水水质标准的范围离排放点最远距离分别约 0.81km、0.42km 以内，管道铺设产生的悬浮沙超一（二）类海水水质标准的范围离管道最远距离分别约 0.87km。运营期生活污水 COD 叠加背景值后超标的海域在排放点周围 1 个网格（50m）范围内，新建平台含油生产水最远扩散距离为 0.75km，



可认为本项目正常建设和运行期对其无影响。

6.4.2 产卵场

根据数模预测结果，本项目两个钻采生产平台、一个水下生产系统钻井液排放的超一类海水水质海域的最大面积总和为 3.105km^2 ，超一类最大距离 0.81km ；钻屑排放超一类海水水质海域的最大面积总和为 1.388km^2 ，超一类最大距离 0.42km ；LF14-4 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.368km^2 ，超一类最大距离 0.35km ，LF15-1 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.601km^2 ，超一类最大距离 0.75km ；依托的 LF13-2 DPP 平台含油生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.58km^2 ，超一类最大距离 1.13km ，未超出原有批复的排污混合区范围。

本项目新建的 4 条海底管道及 1 条海底电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 需进行挖沟处理，其中 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 和 Route2 挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类水质包络面积均为 14.741km^2 ，超一（二）类海水最大影响距离均为 0.87km ；LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类水质包络面积为 11.080km^2 ，超一（二）类海水最大影响距离为 0.75km ；LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台混输管道后挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类水质包络面积为 12.990km^2 ，超一（二）类海水最大影响距离为 0.61km ；LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆后挖沟处理造成的悬浮沙超一（二）类水质包络面积为 1.149m^2 ，超一（二）类海水最大影响距离为 0.45km 。

钻井液和钻屑为短期排放，挖沟作业也为短期施工行为，海水水质在短期内即可恢复，因而不会对产卵场产生较大影响；本项目含油生产水的排放会对新建 LF14-4 DPP 平台周围 0.35km 和 LF15-1 DPP 平台周围 0.75km 范围内的经济鱼类的鱼卵和仔稚鱼产生一定的影响，建议作业者加强外排含油生产水的监测工作，确保排放浓度达标。

深水金线鱼产卵场、鲈鱼产卵场和蓝圆鲹产卵场的面积约 39844.2km^2 和 13281.4km^2 、 19922.1km^2 。本项目新建平台 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，新铺 LF14-4 平台至 LF13-2DPP 平台部分管道位于鲈鱼产卵场、蓝



圆鲹产卵场内、新铺 LF15-1DPP 平台至 LF14-4DPP 平台部分管道位于深水金线鱼产卵场内。LF14-4 DPP 平台生产水排放影响超一类包络线面积占所在深水金线鱼产卵场面积的比例约为 9.24×10^{-6} ，LF14-4 DPP 平台钻井液排放影响超一类包络线面积占所在深水金线鱼产卵场面积的比例约为 2.59×10^{-5} ，LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道铺设产生的悬浮沙超一（二）类水质包络面积占深水金线鱼产卵场面积的比例最大约为 1.39×10^{-4} ，LF14-4 平台至 LF13-2 平台管道铺设产生的悬浮沙超一（二）类水质包络面积占鲈鱼产卵场面积的比例最大约为 3.26×10^{-4} ，占蓝圆鲹产卵场的面积比例最大约为 2.72×10^{-4} ，本项目产生的污染物造成的超一（二）类水质的影响范围占产卵场面积的比例在 $9.24 \times 10^{-6} \sim 3.26 \times 10^{-4}$ 之间，影响面积占比极小。另外，深水金线鱼、鲈鱼和蓝圆鲹的卵均为浮性卵，铺设管道均在海底进行，对浮性卵影响较小。由此可见，本项目对周边产卵场影响很小。

项目实施后将积极采取增殖放流等有效措施，将项目建设对海洋生态和生物资源环境的损害程度降低到最小，以促进海洋生物资源恢复和可持续发展。

6.5 工程对通航环境的影响

为保障运营期间航运安全，防止工程对附近海域通航环境带来不利影响，同时保障工程自身安全，建设单位已委托广州心海海事技术服务有限公司进行了通航安全专题论证，并编制了《陆丰油田区域开发项目通航安全影响研究报告》（2018 年 10 月），该报告内容这里不再重复，引用其论证结论如下：

（1）本项目所在水域附近推荐航路主要为：珠江口（香港）至马尼拉习惯航路（约 64 海里）、上海至新加坡的季节航路（约 17 海里）、上海至新加坡的双向航路（约 22 海里）、琼州海峡至台湾海峡外航路（约 33 海里），陆丰油田区域开发项目所在区域对其影响较小。

（2）本项目位于原有陆丰 13-2 油田群东侧，距离周边推荐航路均有一定距离，且根据船舶 AIS 轨迹资料显示，上海至新加坡过往商船船舶交通流轨迹（习惯航路）与本项目海域存在部分重叠，但船舶交通流量较少，建设、运营期间通过采取相关安全保障措施，其影响不大。



(3) 新建 LF14-4 DPP 平台位置距离香港至头城海底光缆约 0.3 海里 (555.6 米)，距离满足《海底电缆管道保护规定》相关要求。但由于新建平台在海床进行打桩，且海图测量与实际距离存在一定误差，因此，现场施工前需核实建设位置与邻近光缆的相对位置，如有不满足《海底电缆管道保护规定》时，宜适当调整平台位置。

(4) 本项目海域为油田群平台密集区，油田群附近海域水面开阔，水深条件良好，项目建设对该海域航运功能影响较小，与通航环境和通航条件基本相适应。

(5) 工程整体通航风险程度为“一般”，通过加强组织管理，则本项目在工程建设和运营期间水域的通航安全是有保障的。

(6) 建议本项目建设管理方在工程实施阶段,做好统筹管理，最大限度的做好安装船舶等重要资源的共享，以节约工程建设周期、资源及投资。

综上所述，工程对附近水域通航安全有一定的影响，但通过采取相应的安全保障措施，按照要求申请发布航行警（通）告等措施，本开发项目对通航安全的影响是可控的。

6.6 其他环境影响简要分析

6.6.1 海底地形地貌及冲淤环境影响分析

本项目钻屑排放量不大，钻屑主要沉降在水下生产设施周围小范围之内。不会对邻近海域的海底地形地貌以及冲淤环境造成明显的不良影响。本项目新建的 4 条海底管道、1 条海底电缆部分路由段需进行预挖沟和后挖沟处理，同时新建 LF15-1DPP 平台附近的 3 个 PLET 需进行预挖沟处理，在挖沟作业过程中会对周围海域的冲淤环境产生一定影响，但施工完成后则对海底的冲淤环境基本无影响；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，总体而言对海底的冲淤环境影响很小。

6.6.2 水动力环境影响分析

本项目主要工程设施为海上平台、水下生产系统和海底管缆，新建水下生产系统对周边的水动力环境影响很小，同时新建平台为透水式导管架钢结构，



仅对桩腿局部流场有一定影响，平台腿会改变局部的流速和流向，但是不会影响整个海域的流场，对本海区的水交换能力没有影响；新建海底管道和电缆部分埋设于海底以下，挖起的海底泥沙短时间堆积于管/缆沟两侧，在底层流作用下将逐渐回填于管/缆沟，铺设完成后不会影响工程海域水文动力环境。

6.6.3 大气环境影响分析

本项目在海上建设阶段和生产阶段均会对大气环境产生一定影响。施工过程的施工机械和船舶燃料燃烧将产生废气，但由于施工期较短，随着施工结束对大气的影 响消失。本项目位于距岸较远的开阔海域，有利于大气污染物的稀释扩散，且在本项目工程设施周围的评价范围内没有大气污染敏感目标。因此，本项目排放的气体不会对大气环境质量产生明显影响，不会影响陆上居民区的环境空气质量。



7 环境风险分析与评价

7.1 风险评价概述

7.1.1 评价目的

本项目为海洋油(气)开发工程,根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19485-2014)和《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018),结合本项目的情况,针对海上工程在建设阶段和生产阶段可能存在的事故风险进行识别,并对事故源项、事故规模和概率进行分析。根据溢油漂移模型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,为本项目正常生产做好准备。

7.1.2 评价重点

本项目属于海洋油(气)开发工程,在建设和生产过程中涉及到的物料主要是原油、天然气,主要工艺包括钻完井、油气开采、油气处理、集输、储存等流程,各个环节均具有发生物料泄漏、火灾爆炸等突发性风险事故的可能性。针对本项目特点,确定环境风险评价重点如下:

(1) 结合事故统计分析,对本项目建设及生产阶段可能存在的环境风险进行识别。

(2) 从环境风险角度分析风险源项、事故后果计算及事故状况下对环境的影响,通过风险计算明确本项目环境风险的可接受水平。

(3) 根据项目环境风险特点提出有针对性的环境风险防范措施和应急预案。

7.1.3 评价等级

7.1.3.1 重大危险源辨识

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)、《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2009),长期或临时生产、加工、搬运、使用或储存危险物质,且危险物质的数量等于或超过临界量的单元均为重大危险源。单元内存在的危险物质的数量根据处理物质种类的多少区分为以下两种情况:

①单元内存在的危险物质为单一品种,则该物质的数量即为单元内危险



物质的总量，若等于或超过相应的临界量，则定为重大危险源。

②单元内存在的危险物质为多品种时，则按下式计算，若满足下面公式，则定为重大危险源：

$$\frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \dots + \frac{q_n}{Q_n} \geq 1$$

式中：q——各种危险物质实际存在量，单位为吨（t）；

Q——与各危险化学品相对应的临界量，单位为吨（t）。

7.1.3.2 重大风险源识别

根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2009），原油和天然气的临界量为 5000t 和 50t，本项目新建平台和海底管道重大危险源识别结果如下。

表 7.1-1 新建 LF14-4 DPP 平台重大危险源辨识

平台	物质	最大在线量	临界量	qi/Qi	识别结果
LF14-4 DPP	原油	52t	5000 t	0.01	否
	天然气	0.41	50 t	0.01	
合计				0.02<1	

表 7.1-2 新建 LF15-1 DPP 平台重大危险源辨识

平台	物质	最大在线量	临界量	qi/Qi	识别结果
LF15-1 DPP	原油	61t	5000 t	0.01	否
	天然气	/	50 t	/	
合计				0.01<1	

表 7.1-3 新建 LF22-1 水下生产系统重大危险源辨识

水下生产系统	物质	最大在线量	临界量	qi/Qi	识别结果
LF22-1	原油	4t	5000 t	8×10^{-4}	否
	天然气	/	50 t	/	
合计				$8 \times 10^{-4}<1$	

表 7.1-4 新建 LF22-1SPS 至 LF15-1 DPP 油气混输海底管道

海底管道	长度	内径	输送物质	最大存在量	临界量	qi/Qi	识别结果
新建海底混输管道	19km	12 英寸	原油	1400t	5000 t	0.28	否
			天然气	/	50 t	/	
合计						0.28<1	



表 7.1-5 新建 LF15-1 DPP 至 LF14-4 DPP 油气水混输海底管道

海底管道	长度	内径	输送物质	最大存在量	临界量	qi/Qi	识别结果
新建海底混输管道	25.88km	12 英寸	原油	1190t	5000 t	0.25	否
			天然气	/	50 t	/	
合计						0.25<1	

表 7.1-6 新建 LF14-4 DPP 至 LF13-2 DPPDPP 油气水混输海底管道

海底管道	长度	内径	输送物质	最大存在量	临界量	qi/Qi	识别结果
新建海底混输管道	24km	12 英寸	原油	1250t	5000 t	0.25	否
			天然气	/	50 t	/	
合计						0.25<1	

7.1.4 评价等级确定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)，分析项目所属行业及生产工艺特点，本项目生产工艺识别为 M3，由于危险物质与临界量比值 $Q < 1$ ，因此不存在危险物质及工艺系统危险性等级的判断。

依据事故情况下危险物质泄漏到水体的排放点接纳地表水体功能敏感性与周围环境敏感目标情况，本项目部分新建工程位于深水金线鱼产卵场内，环境敏感目标分级应为 S1，敏感性为 F1。本项目位于环境高度敏感区 E1。

虽然本项目位于环境高度敏感区 E1，但由于危险物质与临界量比值 $Q < 1$ ，本项目不存在危险物质及工艺系统危险性等级的判断，因此判断其风险潜势应为 I 级，评价等级为简单分析。

7.1.5 评价范围

根据溢油漂移数值预测结果及溢油应急响应时间，确定本项目海上风险事故状态下以 LF14-4DPP/LF15-1DPP 平台为中心，半径 180km（最大风速下溢油 72 小时漂移距离）的范围为环境风险重点评价范围。

7.2 物质风险识别

本项目生产过程中涉及的物质主要为原油和天然气，根据《危险化学品名录（2015）》，它们属于危险化学品，其理化性质及危险特性如下。



表 7.2-1 原油理化性质及危险性质

标识	中文名：原油		英文名：Crude Oil	
	危规号：32003	UN 编号：1267	CAS 号：8030-30-6	
理化特性	外观与性状：红色、红棕色或黑色有绿色荧光的稠厚性油状液体		溶解性：不溶于水，溶于多数有机溶剂	
	20℃密度：843kg/m ³		50℃密度：821kg/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。			
急救	急性中毒：			
	皮肤接触：脱去污染的衣着，用肥皂水及清水彻底冲洗			
	眼睛接触：立即提起眼睑，用流动清水冲洗			
	吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处，注意保暖，呼吸困难时给输氧。呼吸停止时，立即进行人工呼吸，就医。			
食入：误服者给充分漱口、饮水，就医				
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 7.2-2 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：强氧化剂、卤素	



	临界压力 (MPa) :4.59	临界温度 (°C) : -82.3
	稳定性: 稳定	聚合危害: 不聚合
危险性 特性	危险性类别: 第 2.1 类易燃气体	燃烧性: 易燃
	引燃温度 (°C) : 482~632	闪点 (°C) : -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°C。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。	

7.3 溢油事故风险识别

本项目在建设阶段、生产阶段可能存在的主要环境风险如下。

7.3.1 建设阶段风险识别

本项目建设阶段采用模块钻机以及半潜式钻井船进行钻完井作业, 采用浮吊船、拖轮、驳船、供应船等进行安装作业。在此阶段可能发生的溢油事故包括井喷、输油软管破裂、船舶碰撞等。



7.3.1.1 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，将会有原油和天然气物质喷出，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。

7.3.1.2 输油软管破裂

钻完井、安装阶段，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。

7.3.1.3 船舶碰撞

在钻完井、安装阶段主要有拖轮、供应船等进行人员和物资的运送和供给，船舶和周围设施之间可能产生碰撞，从而可能导致拖轮、供应船储油舱发生泄漏。

7.3.2 生产阶段风险识别

本项目在生产阶段可能的环境风险包括井喷、平台容器泄漏、平台火灾爆炸、海底管道与立管泄漏、船舶碰撞和直升机坠落等。

7.3.2.1 井喷

生产阶段在修井作业中，由于修井液比重失调、防喷措施不当及其他误操作等原因，可能引发井喷事故，伴随井喷释放的有原油和天然气物质，当烃类物质聚集到爆炸浓度后，遇明火可能引发平台火灾、爆炸。

7.3.2.2 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，可能导致溢油



入海。

7.3.2.3 平台火灾、爆炸

生产阶段平台上进行油气的输送、储存或处理等作业，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，可能造成原油泄漏入海。

7.3.2.4 海底管道与立管泄漏

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

7.3.2.5 船舶碰撞和直升机坠落

在生产阶段，主要有供应船、直升机进行人员、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，直升机运输中可能由于设备故障、人员误操作等原因造成坠落，从而导致油品泄漏。

7.4 溢油事故源项分析

7.4.1 事故概率

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。该指南归纳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。由于海上油气田工程开发作业过程中引发溢油事故的因素复杂，加上已掌握的统计数据有限，要对所有事故的发生概率做定量分析是十分困难的，这里结合本项目特点，对部分溢油事故做定量分析。



7.4.1.1 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如下。

表 7.4-1 常规油井发生井喷概率

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

本项目新建 LF14-4 DPP 平台共设 24 个井槽，前期钻 18 口井（其中生产井 12 口，注水井 6 口），后期预留 6 口井；新建 LF15-1DPP 平台共有 16 个井槽，前期钻 13 口井（其中生产井 10 口，注水井 3 口），后期预留 3 口井；LF22-1SPS 水下生产系统钻井 4 口。按最大可钻井数进行计算，本项目共计钻生产井 35 口，据此估算本项目在钻完井过程中发生井喷事故的概率为 1.68×10^{-3} 次；在生产过程中发生井喷事故的概率为 9.1×10^{-5} 次/年。

7.4.1.2 平台火灾、爆炸

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

油气传输区 3×10^{-4} 次/a

油气处理区 4×10^{-3} 次/a

储油区 2×10^{-3} 次/a

本项目新建的 LF14-4 DPP 平台和 LF15-1 DPP 平台均为钻井生产平台，其上设有油气传输设施、油气处理设施及公用系统等，不设置储油装置。因此，本平台上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，因为为 4.3×10^{-4} 次/a。

7.4.1.3 平台容器泄漏

平台上的储罐通常分为常压储罐和带压储罐，常压容器主要有柴油罐、开



式排放罐等；带压储罐主要有分离器、闭式排放罐等。通常容器泄漏可进行自动关断，通过及时收集和清理泄漏现场，可避免泄漏物入海。《风险评估数据指南》统计的储罐事故概率和本项目储罐泄漏计算结果如下。

表 7.4-2 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 7.4-3 本项目新建平台储罐及泄漏概率统计

平台名称	储罐类别	储罐名称	数量	储罐泄漏概率 (次/a)
LF14-4 DPP	常压储罐	燃油沉降罐	2	2.03×10^{-4}
		柴油储罐	1	
		开式排放罐	1	
		注水缓冲罐	1	
	带压储罐	生产分离器	1	
		火炬分液罐	1	
		闭排罐	1	
		污油罐	1	
LF 15-1 DPP	常压储罐	开式排放罐	1	2.94×10^{-4}
		生产水缓冲罐	1	
		污油罐	1	
		注水缓冲罐	1	
	带压储罐	生产分离器	1	
		闭排兼冷放空分液罐	1	
		核桃壳过滤器	1	

7.4.1.4 海底管道及立管泄漏

根据莫特麦克唐(Mott McDonald)公司的报告《PARLOC : The update of Loss of containment Data for Offshore Pipeline》，该报告中统计了 1567 条海管，共 24837km，328858km·a。挪威船级社的《Riser/Pipeline Leak Frequencies》对 PARLOC 报告进行了修正。根据上述资料，各类海底管道泄漏概率如下。



表 7.4-4 海底管道及立管管道泄漏概率

管道	类别	泄漏概率	单位
海底管道(开阔海域)	井流管道, 以及输送未处理流体的小管道。	5.0×10^{-4}	次/km·a
	输送处理后的油气, 管径 ≤ 24 英寸	5.1×10^{-5}	次/km·a
	输送处理后的油气, 管径 > 24 英寸	1.4×10^{-5}	次/km·a
海底管道(平台周围安全区内)	管径 ≤ 16 英寸	7.9×10^{-4}	次/年
	管径 > 16 英寸	1.9×10^{-4}	次/年
立管	钢管-管径 ≤ 16 英寸	9.1×10^{-4}	次/年
	钢管管径 > 16 英寸	1.2×10^{-4}	次/年

本项目新建 3 条混输海底管道, 分别为 LF14-4 DPP 至 LF13-2 DPP 混输海底管道, LF15-1 DPP 至 LF14-4 DPP 混输海底管道, LF22-1 SPS 至 LF15-1 DPP 混输海底管道, 具体海管数据见表 7.4-5。以平台周围 500m 范围内作为安全区, 每条海管有两根立管; 由此估算海底管道发生事故的概率为 ($1.71 \times 10^{-3} \sim 2.05 \times 10^{-3}$) 次/a, 立管发生事故的概率为 1.82×10^{-3} 次/a。

表 7.4-5 海底管道及立管管道泄漏概率

管道名称	输送介质	内径 (in)	长度 (km)	泄漏概率	单位
LF14-4 DPP~LF13-2 DPP 混输海底管道	油、水	12	24.0	1.96×10^{-3}	次/a
LF15-1 DPP~LF14-4 DPP 混输海底管道	油、水	12	25.88	2.05×10^{-3}	次/a
LF22-1 DPP~LF15-1 DPP 混输海底管道	油、气、水	12	19.0	1.71×10^{-3}	次/a

7.4.1.5 船舶碰撞事故

平台附近主要有供应船、值班船等。此外, 在该海域航行的外来航船也有可能平台设施发生碰撞。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如下。



表 7.4-6 船舶碰撞事故概率统计

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

本项目船舶碰撞产生严重损伤的概率为 5×10^{-6} 次/年。发生严重损伤不一定引起溢油事故，因此，船舶碰撞引发溢油事故的概率将更小。

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

7.4.2 溢油事故后果分析

7.4.2.1 建设阶段溢油量

海上建设阶段的溢油事故所可能溢出的物质主要是井流（原油、天然气、采出水等）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，根据供应船和直升机的最大储油量以及燃料油输油软管过油量，可估算施工阶段的可能最大溢油排放量如下。

表 7.4-7 本项目建设阶段可能的溢油量

事故	排放物质	排放量 (m ³)
井喷	井流	难以估算
钻井平台储油罐破裂	燃料油	40
供应船储油舱破裂	燃料油	50
输油软管破裂或误操作	燃料油	5
直升机坠落	燃料油	1

7.4.2.2 生产阶段溢油量

生产阶段溢油事故的主要溢出物质可能是原油、天然气和燃料油。

当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，一般不会导致大量原油入海。



当海底管道和立管发生泄漏事故时，其应急关断系统将关断相应的输送系统，关断后管道内部分原油会缓慢泄出。这里考虑了管道的容积、应急关断时间、海水压力和油水不容的特性，估算 69m³ 作为海管泄漏溢油量（计算见 7.6.5 节）。

对于供应船，取其燃料油舱的容积为风险溢油量。

上述的溢油量是本着保守原则在极端前提下给出的，实际溢油量受断裂部位、裂口大小及应急反应措施的及时性和有效性的制约。

根据以上分析，生产阶段可能发生的事故溢油量如下。

表 7.4-8 生产运营期最大溢油量

排放源	排放物	溢油量 (m ³)
平台火灾失控	井流	难以估计
海管/立管破裂	井流	69
供应船破舱	燃料油	50
平台容器泄漏	燃料油	5
输油软管破裂	燃料油	5

7.4.2.3 环境风险与最大可信事故

由以上的分析论述可知，本项目钻完井阶段和生产阶段的主要溢油事故来自井喷、平台容器泄漏、火灾爆炸、海管/立管泄漏和船舶碰撞等。不同的溢油事故带来的环境风险程度不同。事故风险高低通常用风险值大小来表征，风险值定义为风险概率与事故后果或危害程度的乘积。进行环境风险分析的目的是确定环境风险程度较高的溢油事故，从而采取相应的防范措施。根据各类事故发生概率和可能发生的溢油规模，可将油田群开发项目溢油事故的相对环境风险进行归纳如下。

表 7.4-9 各类溢油事故环境风险判别

事故类型	溢油规模	事故概率	环境风险
井喷	难以估算	中	中
火灾、爆炸	难以估算	中	中
海管/立管破裂	大	较高	高
平台容器泄漏	小	中	低
船舶碰撞	中	低	低



以下就油田群溢油事故中环境风险相对高的井喷、海管/立管破裂和平台起火爆炸的环境风险进行事故树分析，以确定各种事故不同情况下的环境风险级别。环境风险级别依次分为 A、B、C、D 四级。A 级表示对环境影响严重，D 级表示对环境无影响。

a. 井喷事故

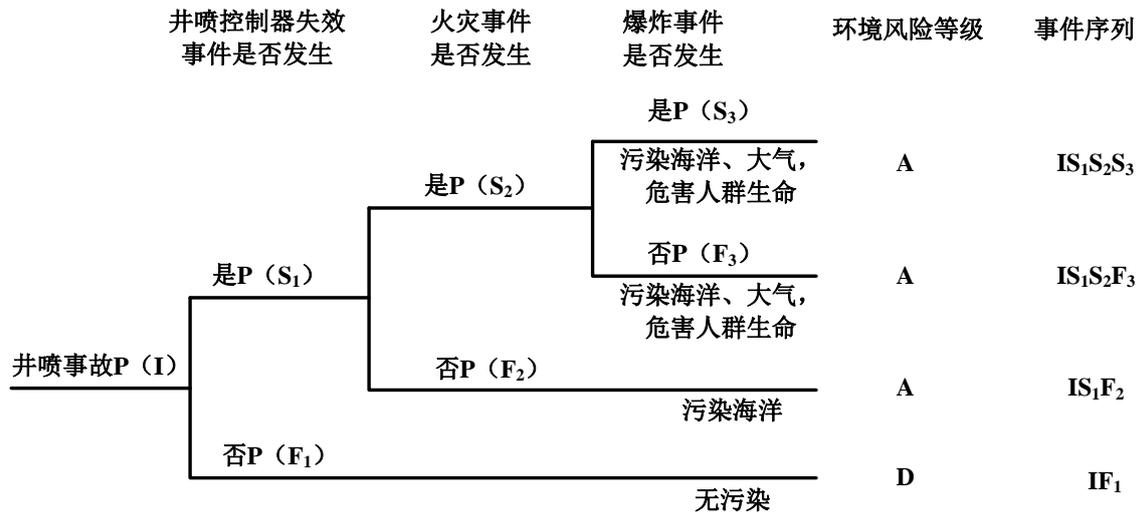


图 7.4-1 井喷事故环境风险树

从井喷事故环境风险事故树及其定量化分析可以看出。一旦发生井喷，则多数情况下将发生火灾和爆炸。在发生井喷而未发生火灾情况下，井喷物将全部进入海洋，故环境风险级别为 A。发生井喷火灾—爆炸/未爆炸事故的概率分别为 5.80×10^{-6} 次/a 和 6.45×10^{-7} 次/a。当井喷引起火灾和爆炸事故时，虽然部分井喷物被燃烧，减少了进入大气和海洋的总量，但是火灾和爆炸事故将可能引起事故升级，因此井喷而导致火灾和爆炸时的环境风险级别也为 A。

表 7.4-10 井喷事故环境风险事故树定量化分析

事件序列	井喷事故	事件 1	事件 2	事件 3	事件序列 概率
		井喷控制器失效事件	隔离失败事件	爆炸事件	
IS ₁ S ₂ S ₃	P(I)= 8.06×10^{-5}	P(S ₁)=0.1	P(S ₂)=0.8	P(S ₃)=0.9	5.80×10^{-6}
IS ₁ S ₂ F ₃		P(S ₁)=0.1	P(S ₂)=0.8	P(F ₃)=0.1	6.45×10^{-7}
IS ₁ F ₂		P(S ₁)=0.1	P(F ₂)=0.2	-	1.61×10^{-6}
IF ₁		P(F ₁)=0.9	-	-	7.25×10^{-5}

注：P(S_i)表示表中事件 i 独立发生时的概率，P(F_i)表示事件 i 独立不发生时概率，下同。

b. 海底管道溢油事故

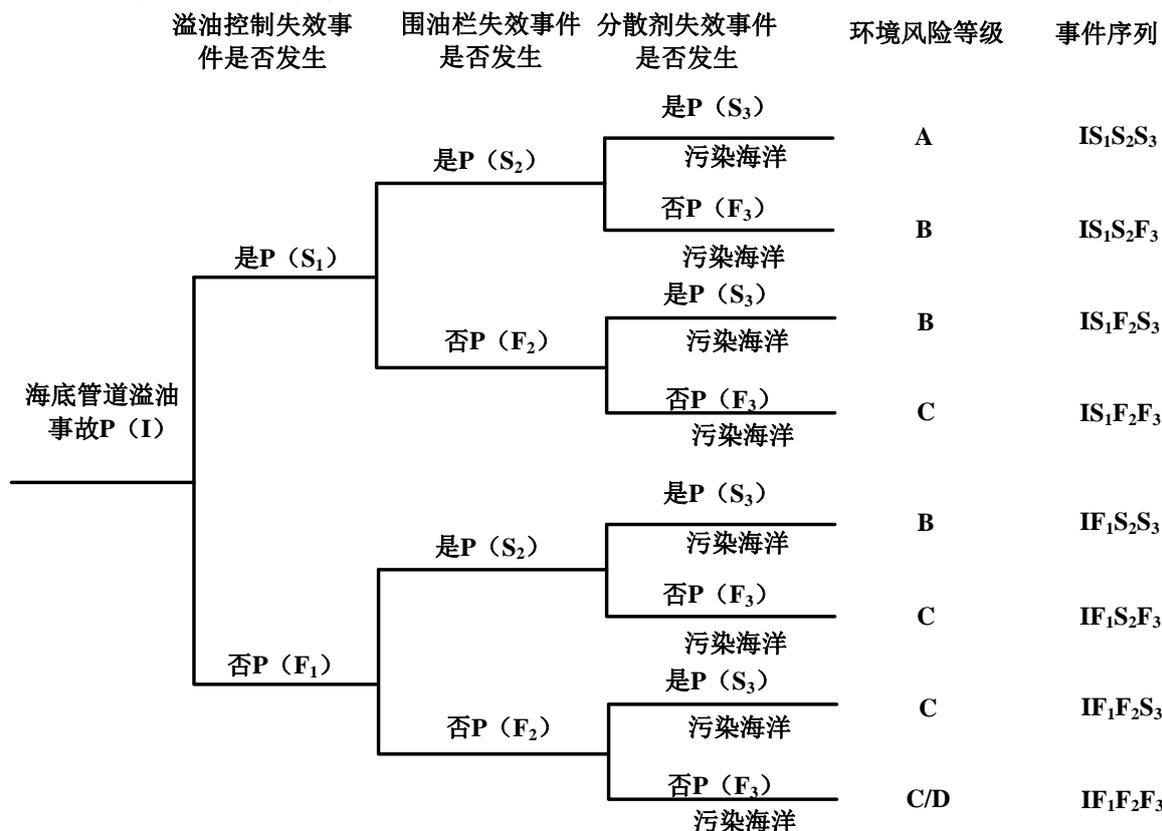


图 7.4-2 海底管道溢油事故环境风险树

海底管道泄漏介质主要为原油和天然气，由于其泄漏源在水下，因而一般情况下不会出现火灾和爆炸事故。泄漏到海面上的油气通常不会被引燃，多数情况下围油栏能够起到围油作用。只有当围油栏或溢油分散剂不起作用时，才会出现 B 级环境风险。如果泄漏得不到控制，且围油栏和溢油分散剂均不起作用时，则会出现 A 级环境风险，风险概率约为 3.14×10^{-5} 次/a。

表 7.4-11 海底管道事故环境风险事故树定量化分析

事件序列	海底管道事故	事件 1	事件 2	事件 3	事件序列概率
		溢油控制失效事件	围油栏失效事件	分散剂失效事件	
IS ₁ S ₂ S ₃	P(I)= 1.96×10^{-3}	P(S ₁)=0.1	P(S ₂)=0.2	P(S ₃)=0.8	3.14×10^{-5}
IS ₁ S ₂ F ₃		P(S ₁)=0.1	P(S ₂)=0.2	P(F ₃)=0.2	7.85×10^{-6}
IS ₁ F ₂ S ₃		P(S ₁)=0.1	P(F ₂)=0.8	P(S ₃)=0.8	1.26×10^{-7}
IS ₁ F ₂ F ₃		P(S ₁)=0.1	P(F ₂)=0.8	P(F ₃)=0.2	3.14×10^{-5}
IF ₁ S ₂ S ₃		P(F ₁)=0.9	P(S ₂)=0.2	P(S ₃)=0.8	2.83×10^{-4}
IF ₁ S ₂ F ₃		P(F ₁)=0.9	P(S ₂)=0.2	P(F ₃)=0.2	7.07×10^{-5}
IF ₁ F ₂ S ₃		P(F ₁)=0.9	P(F ₂)=0.8	P(S ₃)=0.8	1.13×10^{-3}
IF ₁ F ₂ F ₃		P(F ₁)=0.9	P(F ₂)=0.8	P(F ₃)=0.2	1.8×10^{-3}



c. 平台火灾事故

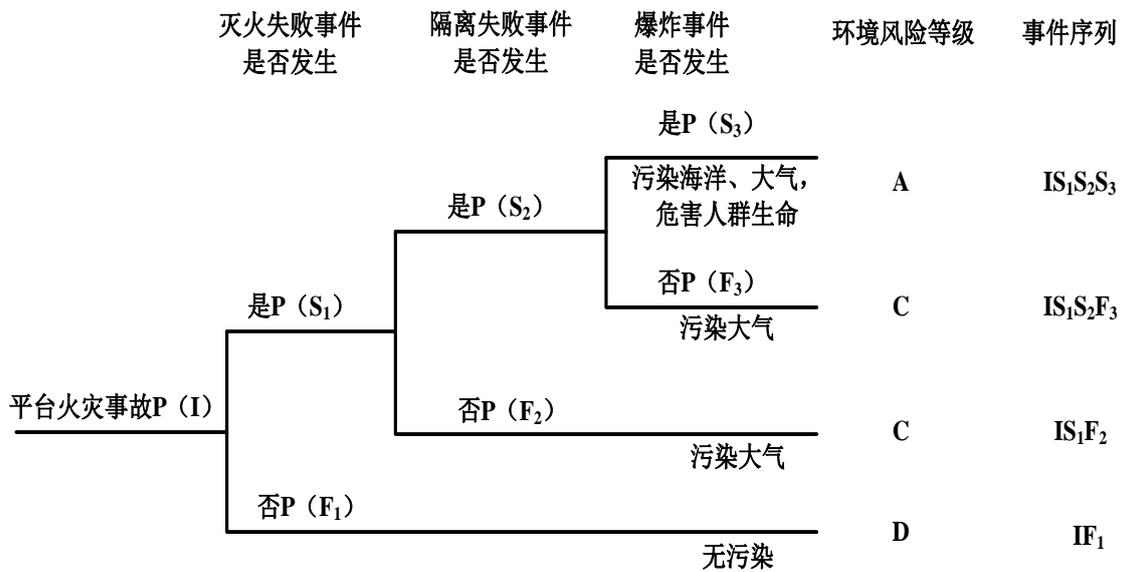


图 7.4-3 平台火灾溢油事故环境风险树

从平台火灾事故风险树及定量化分析可以看出，只要平台火灾事故得到有效隔离，就不会引起爆炸事故，并可将环境风险降至 C 级以下。只有在灭火和隔离均失败情况下才会出现 A 级环境风险，其风险概率为 2.75×10^{-4} 次/年。

表 7.4-12 平台火灾事故环境风险事故树定量化分析

事件序列	平台火灾事故	事件 1	事件 2	事件 3	事件序列概率
		灭火失败事件	火灾事件	爆炸事件	
IS ₁ S ₂ S ₃	P(I)= 4.30×10^{-3}	P(S ₁)=0.8	P(S ₂)=0.1	P(S ₃)=0.8	2.75×10^{-4}
IS ₁ S ₂ F ₃		P(S ₁)=0.8	P(S ₂)=0.1	P(F ₃)=0.2	6.88×10^{-5}
IS ₁ F ₂		P(S ₁)=0.8	P(F ₂)=0.9	-	3.10×10^{-3}
IF ₁		P(F ₁)=0.2	-	-	8.60×10^{-4}

综上所述，通过风险识别，并结合国内外同类项目事故统计资料，确定本项目海管/立管泄漏事故潜在的环境风险最大，为最大可信事故，其发生概率在 10^{-5} （次/年）量级。

7.5 地质性溢油风险分析

7.5.1 地质油藏溢油风险分析

陆丰油田群区域开发项目包括陆丰 14-4 油田、14-3 油田、14-8 油田、15-



1 油田、22-1 油田。

7.5.1.1 断层分析

a. 陆丰 22-1 油田

b. 陆丰 14-4 油田

a. 陆丰 14-8 油田

b. 陆丰 15-1 油田

c. 陆丰 14-8 油田 LF14-4-4d 区

7.5.1.2 储层物性

7.5.1.3 地层压力分析

7.5.1.4 开发方式分析

陆丰 15-1、陆丰 14-4（含陆丰 14-3 区）、陆丰 14-8 油田采油方式采用电潜泵人工举升方式，因此本项目开发方式一般不会发生溢油风险。



7.5.2 钻完井溢油风险分析

7.5.2.1 钻井方案

a. 定向井设计

b. 防腐方案

c. 防碰风险分析

d. 井身结构设计及套管程序

e. 钻井液体系

f. 井控分析

7.5.2.2 完井方案

7.5.3 地质性溢油风险防范措施

7.5.3.1 钻完井风险防范措施

(1) 单井设计过程中根据地质研究结果优化钻井轨迹设计，事先识别并避开延伸到海底或接近海底的地质断层。在钻穿越这些断层的开发井时，考虑采用随钻堵漏技术，在固井时封固断层，或者在钻遇漏失量较大的断层时，考虑在钻井实施中在钻遇断层前下一层套管。



(2) ODP 阶段进行了地层压力预测研究和井控分析,分析结果显示,表层套管鞋下深可以满足正常地层压力体系下的钻井井控要求。现场实施每口井实钻前,需依据油藏提供该井可能钻遇的最大地层压力和深度,进行单井井控分析,校核井身结构及套管程序,新钻井过程中周边井停注,加强压力监控,根据油藏压力预测变化情况优化井身结构和钻井液密度。

(3) 作业期间严格执行《海上钻井作业井控规范》(Q/HS 2028-2010)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。

(4) 钻井施工时选取部分井进行浅层地漏实验,确定浅层的破裂压力梯度,作业实施中进行合理的调整。

(5) 大部分井段采用环境友好型的水基钻完井液体系。水基钻井液使用前需要送样检测,且需取得国家主管部门颁发的排污许可证,海上需对钻井液和钻屑进行收集,待检验达标后方可根据主管部门的批复排放;非油层段的水基钻井液排海前应达到 GB4914-2008 和 GB18420.1-2009 中相关规定。

(6) 各层套管封固时,水泥浆要封固该井段钻遇的断层及油气层。

(7) 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。

7.5.3.2 作业期间采取的防范措施

(1) 现场作业时按照《海上钻井作业井控规范》(Q/HS 2028-2010)井控装置试压的规定,按钻井设计要求对防喷器组、阻流管汇、立管管汇进行压力试验,确保性能良好,满足作业要求;

(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,要求采用软关井,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) 准备吸油毛毡、废油罐和消油剂，落实作业区域的围油栏等大型溢油设备和设施的情况，如遇溢油按深圳分公司溢油应急计划执行。

7.5.4 地质性溢油分析结论

综上所述，陆丰油田开发项目地质条件及断层风险认识清楚、钻完井方案可行，油田开发方式包括衰竭开发和注水开发，其中注水开发采用同步注水，注采比为 1.0 左右，即保持地层压力注水；因此开发注水过程中引起地质性溢油风险较小。陆丰油田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，采取相应措施后能保证钻井作业期间控制在一级井口范围，在日常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，因此本项目地质性溢油风险是可控的。

7.6 溢油漂移数值预测

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。其中，溢油漂移数值预测主要考虑了原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。

7.6.1 漂移运动

预测模型综合考虑了风、流、浪等作用的影响，采用“粒子法”模拟溢油在海面的漂移扩散行为。假定 (x_n, y_n) 为粒子在第 n 个计算步长开始时候的水平位置，那么该计算步长结束时油粒子的水平位置可表示为：

$$x'_n = x_n + u\Delta t + \xi\sqrt{6K_H\Delta t}$$

$$y'_n = y_n + v\Delta t + \xi\sqrt{6K_H\Delta t}$$



其中， u 和 v 分别为表层流速在 x 和 y 方向上的分量，由水动力模型计算得到； Δt 为计算步长； ξ 为 $[-1,1]$ 区域上的均匀分布随机数， K_H 为水平方向上的湍流涡动粘性系数。

7.6.1.1 表面风加速

暴露在风中的粒子在水表面受到 2 种形式的风影响：间接通过包含了风的流场；直接作用在粒子上的额外作用力。风速传递到粒子速度的大小取决于粒子的性质，粒子暴露的数量、风速大小等。所以对于风影响粒子速度的大小是一个率定因素。

$$U_{particle} = U_{current} + C_w * W * \sin(winddirection - \pi + \theta_w)$$

$$V_{particle} = U_{current} + C_w * W * \cos(winddirection - \pi + \theta_w)$$

其中， C_w 为风速因子， θ_w 为风偏转角。

7.6.1.2 风偏转角

由于科氏力的影响，风漂移向量的方向相对于风向改变。 θ_w 角的偏离称为风偏转角。在北半球向右偏，南半球向左。AL-Rabeh(1994)假定：

$$\theta_w = \beta \exp\left(\frac{\alpha |U_w|^3}{g \gamma_w}\right)$$

其中， α 取 -0.3×10^{-9} ， β 取 $28^\circ 38'$ ， γ_w 为动粘度 ($\text{kg/m}^2\text{s}$)， g 为重力加速度 (m/s^2)。

7.6.2 风化过程

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。

7.6.2.1 挥发

在溢油开始的几小时和几天中，油膜表面的挥发是主要的风化过程。如果油中包含了轻组分，精制石油产品如汽油等，那么挥发会在 24 小时有效移走几乎所有的油污染物。对于大部分中分子量的原油的去除比较少，在开始后的 24 小时内约有 10%~30% 挥发。时间相关的挥发损失由 Fingas 在 1996 年和 1997 年提出，大多数油遵循对数损失曲线：



$$\text{loss}(\% \text{weight}) = (A + B * T) * \ln(t)$$

其中，A 为油特征常数；B 为油的温度特征常数；T 为油温（℃），t 为油龄（minutes）。

7.6.2.2 乳化

乳化物是两种不同液体海水和油在溢油发生后混合后形成的。细的油滴会悬浮在水中（而不溶解），形成的乳化物所占的体积会达到形成前的 4 倍多。而且黏性的乳化物比原油会相当长的存在于环境中，它减缓了随后的风化过程。乳化会发生在强风或波浪的条件下，一般发生在溢油几个小时后。把乳化过程看做是油包水和水包油两个阶段的平衡过程。乳化物的稳定性是决定乳化能力与反乳化的重要因素，不稳定及表观稳定的乳化物会重新释放到水里。Xie 等（2007）采用一阶释放公式来形容这个过程。

$$\text{wateruptake} = k_{em} * (U + 1)^2 * \frac{(Y_{\max} - Y_w)}{Y}$$

$$\text{waterrelease} = -\alpha * Y_w$$

其中， Y_w 为水分数； Y_{\max} 为最大的水分数；U 为风速； K_{em} 为乳化率常数，根据 Sebastiao&Soares(1995)，A 通常取 $2 \times 10^{-6} \text{s/m}^2$ 。 α 为水释放率， $\alpha=0$ 为稳定乳化物； $\alpha>0$ 为不稳定乳化物。

7.6.3 溢油量及溢出方式

对于海底管道而言，由于事故发生地点和事故原因的不确定性，溢油量是很难确定的。当海底管道发生局部泄漏事故时，管内压力的突然降低将使平台上的自动应急关断系统启动而迅速关断物流，关断后管道内部分原油还会继续从破损处溢出，但其溢出速率将随着管道内外压差的降低而迅速减小，在管道内外压差达到平衡后管道内的原油仅会在海流和比重作用下而缓慢置换溢出，这时管道内残留的原油的溢出速率是缓慢的。因此可将泄漏管道达到外界压力时的原油泄漏量作为海底管道的风险溢油量。

因此一旦发生原油泄漏事故，自动控制系统就会启动应急关断系统，如果自动应急关断系统失灵则进行手动关断，且由于在平台上均设置有过程控制系统（用于对工艺及公用设施的运行进行控制）、安全监控系统（包括应急关



断和火气监控系统)，用于对平台设备及人员安全进行监控和保护。此外还考虑到应急关断时间、海水压力、油水不容、海管埋设于海底、路由区海底平坦以及封堵及时等因素，其溢出量将是有限的。

管道原油泄漏量按《建设项目环境风险评价技术导则》中推荐的液体泄漏速率公式计算：

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

式中：

QL——液体泄漏速度，kg/s；

Cd——液体泄漏系数，此值常用 0.6~0.64。

A——裂口面积，m²；

P——容器内介质压力，Pa；

P0——环境压力，Pa；

g——重力加速度，m²/s。

h——裂口之上液位高度，m。

本项目假定混输管道在 LF14-4DPP 平台(116°17'05.722"E, 21°38'03.635"N)附近破损发生溢油，本项目生产的原油为轻质原油，密度按 0.83g/cm³，含蜡量按 21.56%，沥青质量含量按 0.18%考虑。在考虑小孔泄漏的前提下，根据公式计算得出管道溢油量为 56.6 t (69m³)，圆整按 60t 进行计算，溢油持续时间按 4h。

7.6.4 风场

根据风场资料，选取对周围敏感目标不利的风向，各不利风向最大风速及平均风速如表 7.6-1 所示。

表 7.6-1 工程海域不利风向风速

风向	S	SE	SW	E	N	NW
最大风速 (m/s)						
平均风速 (m/s)						



7.6.5 预测结果

7.6.5.1 油膜漂移轨迹

综合考虑气象资料和工程所处海域相关敏感目标后，按照现有风场资料，给出了上述各个风向在平均风和最大风情况下经过 96 h 的溢油油膜漂移轨迹如下。

图 7.6-1 平均风速不利风向下溢油漂移轨迹

图 7.6-2 最大风速不利风向下溢油漂移轨迹

7.6.5.2 油膜抵岸时间及漂移平均速率

根据模拟计算，平均风速和最大风速作用下，溢油开始至消失时，油膜漂移距离、漂移的平均速度、扫海的面积等见表 7.6-2、表 7.6-3。

表 7.6-2 平均风况油膜漂移预测结果

风向		S	SE	SW	E	N	NW
风速(m/s)		3.73	3.44	5.32	5.69	7.7	5.42
漂移距离(km)		55.0	73.0	36.2	106.7	100.9	51.4
平均速度(km/h)		0.57	0.76	0.38	1.11	1.05	0.54
扫海面积(km ²)		187	244	121	354	333	154
抵岸时间(h)		不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸
残存油量 (%)	48 小时	35.5	34.5	34.3	33.6	33.6	34.4
	96 小时	19.5	19.0	18.9	18.5	18.5	18.9



表 7.6-3 最大风况油膜漂移预测结果

风向		S	SE	SW	E	N	NW
风速(m/s)		14.8	15	13.1	13.8	16.7	16.4
漂移距离(km)		143.0	178.8	101.5	189.5	183.6	133.3
平均速度(km/h)		1.77	1.96	1.06	1.97	1.91	1.39
扫海面积(km ²)		409	547	276	566	532	405
抵岸时间(h)		81	91	不抵岸	不抵岸	不抵岸	不抵岸
残存油量 (%)	48 小时	21.3	21.3	21.5	21.5	21.2	21.2
	96 小时	18.1	18.1	18.3	18.2	18.0	18.0

由以上计算结果可以看出,在最大风速 S 和 SE 风向下,分别于 81 小时、91 小时后抵岸,其他风向及平均风速下,均不会抵岸。在平均风速和最大风速情况预测中,最大扫海面积为 566km² (E 风向、1.97 km/h)。

7.6.5.3 溢油对敏感目标的影响

本项目附近海域主要环境敏感目标为海洋保护区和各类产卵场,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,详见下表。



表 7.6-4 最大风速下溢油抵达敏感目标的最短时间

类型	名称	与 LF14-4DPP 距离 (km) 和方位	最大风速抵达时间 (h)
海洋保护区	东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区	100/SE	72
	碣石湾近海海洋保护区	98/NW	50
	遮浪南海洋保护区	117/NW	60
	针头岩海洋保护区	132//NW	67
	遮浪海洋保护区	138/NW	70
	神泉保护区	140/N	79
	前詹保护区	142/N	80
	港口海洋保护区	171/NW	87
	大亚湾海洋保护区	176/NW	90
产卵场	蓝圆鲹产卵场	9/N	5
		186/NW	95
		57/N	32
	鲈鱼产卵场	2.1/W	1
		50/N	28
	金线鱼南海北部产卵场	22/N	12
	短尾大眼鲷产卵场	57/NW	29
	长尾大眼鲷产卵场	71/NW	36
	黄鲷产卵场	58/SW	30
	绯鲤类产卵场	65/NW	33
深水金线鱼产卵场	包含	/	

从上表可见，在最大风速不利风向下溢油抵达碣石湾近海海洋保护区的最短时间为 50.0h，抵达遮浪南海洋保护区的最短时间为 60.0h，抵达其它敏感区的时间均在 60.0h 以上。同时，本项目还位于深水金线鱼产卵场内，一旦发生溢油事故，原油将即刻抵达该敏感目标，并对其造成不利影响。在最大风速下不利风向溢油抵达鲈鱼产卵场的最短抵达时间为 1.0h，不利风向溢油抵达蓝圆鲹产卵场的最短抵达时间为 5.0h，不利风向溢油抵达金线鱼南海北部产卵场的最短时间为 12h。因此，建设单位应引起足够的重视，做好事故防范和应急响应的准备。



7.7 环境风险防范对策措施和应急处置措施

7.7.1 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中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。

7.7.2 环境风险防范措施

防止溢油事故发生的最有效途径就是从工程设计、施工建造和安装以及生产管理中采取有效的防范措施，消除事故隐患，及时制止事故苗头，尽可能避免油气泄漏事故的发生，以防止环境风险溢油事故对海洋环境的污染。

7.7.2.1 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。

海底管道和立管的设计，将以国际上认可的规范和标准为依据，选用大于设计寿命的环境条件重现期。海底管道及立管的外防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，还留有一定的腐蚀裕量，进一步阻止海管腐蚀。作为应急措施，设置有应急安全阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。

在设计阶段，对该区域沙波进行了多次监测对其移动性进行了深入研究。结果表明，区域内大型海底沙波未发生明显整体运移，局部小型沙波及波纹存在移动。在设计中，根据项目区域地形情况，优化设计路由和工程方案，进行



详细的海底管道稳定性计算，保证各条管道在安装期、运行期的稳定性符合规范要求。

7.7.2.2 井喷事故防范措施

为防止环境风险事故的发生，本项目的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；

油管强度设计采用较高的安全系数；

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；

设置二氧化碳灭火系统；关键场所设手提灭火器；

制定严密的溢油应急计划，一旦发生井喷便采取相应的应急措施；

保证钻井、钻井液处理和压井等设备的良好运转；

配备反应灵敏的灭火系统；

配置守护船值班。

7.7.2.3 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系停输，最大限度防范输油软管破裂事故的发生。

7.7.2.4 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，在设计中将针对各生产设施采取充分的安全防护措施；精心考虑各部分的合理布置，对危险区采用防火、防爆设备，并采取有效的隔离措施来降低危险程度。

主要设备、装置和单元均设置相应的压力、液位和温度报警系统与安全泄压保护装置及应急关断系统。

在平台容器附近装备火焰和气体探测器，以监测火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。

7.7.2.5 海底管道事故防范措施

严格按照设计要求进行施工，并在施工中保证海底管道焊接质量。管道铺设完成，要进行扫线、清管和试压。

作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，对海底管道进行不定期局部检测和定期全面检测，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。

定期对油田群海底管道进行清管作业，以减少腐蚀等原因对管道的影响。

在生产阶段，将安排定期的复测来监测是否有移位和悬空现象，如有超过设计允许的悬跨长度，可通过管道下方垫水泥灌浆袋支撑管道以减小悬跨。

7.7.2.6 船舶碰撞事故防范措施

海上施工前，将按照相关要求，申请发布航行警（通）告，提前告知航行路径。项目将发布船舶在施工和运输作业中，应严格遵守相关的安全作业方案，与平台和往来船只保持安全距离。作业者应制定相应的保护和管理程序，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。

7.7.2.7 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。

7.7.3 溢油事故应急处理措施

本项目虽在设计、建造、施工、运行期间将采取各种预防措施，但仍有难以预料的内部或外部原因导致海上油气泄漏事故发生的可能性。这种发生概率很低，但却难以预料，仍然存在不可忽视的环境风险。因此必须在以预防为主的基础上，配备适当的应急设备，制定科学的应急计划并建立严格的应急程序，并充分利用现有的应急处理能力和措施，尽最大能力降低海上溢油的环境危害程度。

7.7.3.1 溢油事故应急预案

深圳分公司制定了《中海石油(中国)有限公司深圳分公司溢油应急计划》，深圳分公司陆丰油田作业区制定了《深圳分公司陆丰油田作业区溢油应急计划》，已报生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局进行了备案，并将按照溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。应急计划的主要内容应包括油田作业情况、应急组织体系、溢油风险分析与预防措施、溢油事故的处置、溢油应急力量和溢油应急保障等。

本项目投产前，建设单位将对已制定的应急计划进行修订，将本项目纳入深圳分公司各级应急体系中统一考虑，并将修改后的溢油应急计划报生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局备案。

a. 应急反应原则

所有参加油田开发作业的钻井平台和施工船舶(供应船、值班船或工程船舶等)需参照《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》和质量健康



安全环保管理体系的要求向深圳分公司提供其安全应急计划和溢油应急预案。船舶发生污染事故的应急预案应符合《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》规定的相关要求。项目各施工船舶的应急设施配备应满足国家相关要求。

海上一旦发生事故，现场工作人员将立即向相应的油气田总监汇报，并在油气田应急小组的统一指挥下采取有效措施控制事故源，同时按既定程序上报分公司应急小组，根据事故类型和级别首先采取相应的溢油控制回收措施，不能回收时，经主管部门同意后，喷洒溢油消散剂处理。

如果发生大量油气泄漏事故，还需派出船舶至泄漏点附近，对过往船舶或在附近作业的渔船进行监视，防止其误入危险区。

当本项目发生油气泄漏事故时，将优先立足于作业者装备在海上的溢油应急力量实现自救；必要时需借助外部力量与内部应急力量相结合共同应急。

b. 应急组织和报告程序

(1) 三级应急组织的分工与定位

针对溢油事件危害程度、影响范围和控制事态能力的差别确定响应级别，有限公司系统内部溢油响应级别划分为三级。

- 设施级溢油应急响应（现场级）：为一个作业单位（油气田、钻井设施、物探船等）可利用现场或作业单位可调用的资源应对的溢油事故。

- 深圳分公司级溢油应急响应（区域级）：深圳分公司组织的救援和控制行动，统一安排人员、设备或其他资源。该级响应需由深圳分公司事故管理团队来统一指挥现场的溢油应急处置作业。根据深圳分公司自身的具体情况，相应地明确通知范围，应急中心的启动程度，应急力量的出动，指挥人员赴现场的安排，设备、物资的调集规模，疏散的范围，应急指挥的职权等。

- 有限公司总部级溢油应急响应（总部级）：必须启动并利用有限公司系统资源的溢油事件。

中海油三级应急管理框架见图 7.7-1，深圳分公司溢油应急组织机构见图 7.7-2。

(2) 报告程序



一旦发现溢油，现场负责人应立即向油田作业区进行口头汇报，作业区接到报告后也应立即向分公司质量健康安全环保部口头报告事故概况，并及时提交事故简报。质量健康安全环保部应根据事故溢油情况，及时向有限公司总部、生态环境部珠江南海局等国家相关主管部门报告。溢油事故报告程序见图 7.7-3。

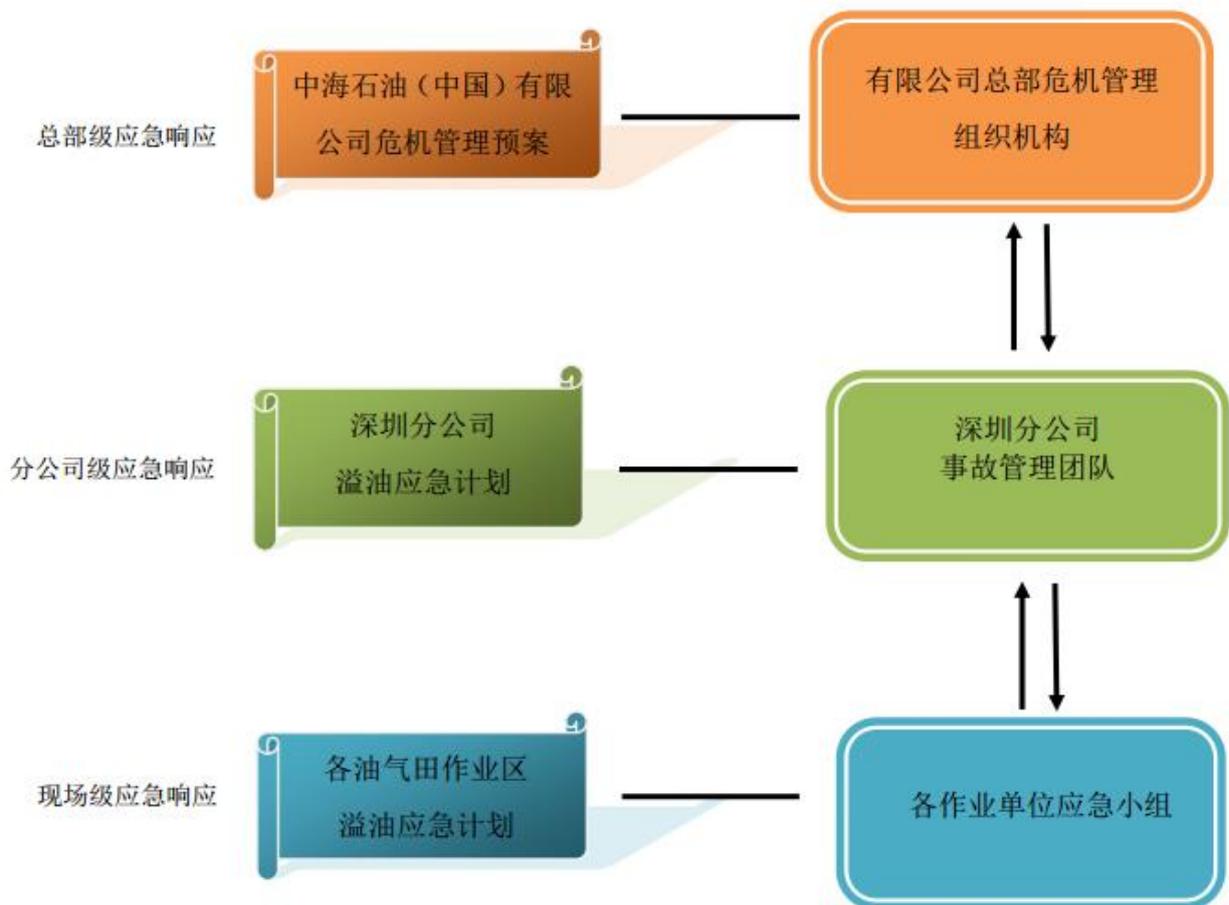


图 7.7-1 中海石油（中国）有限公司三级应急管理架构

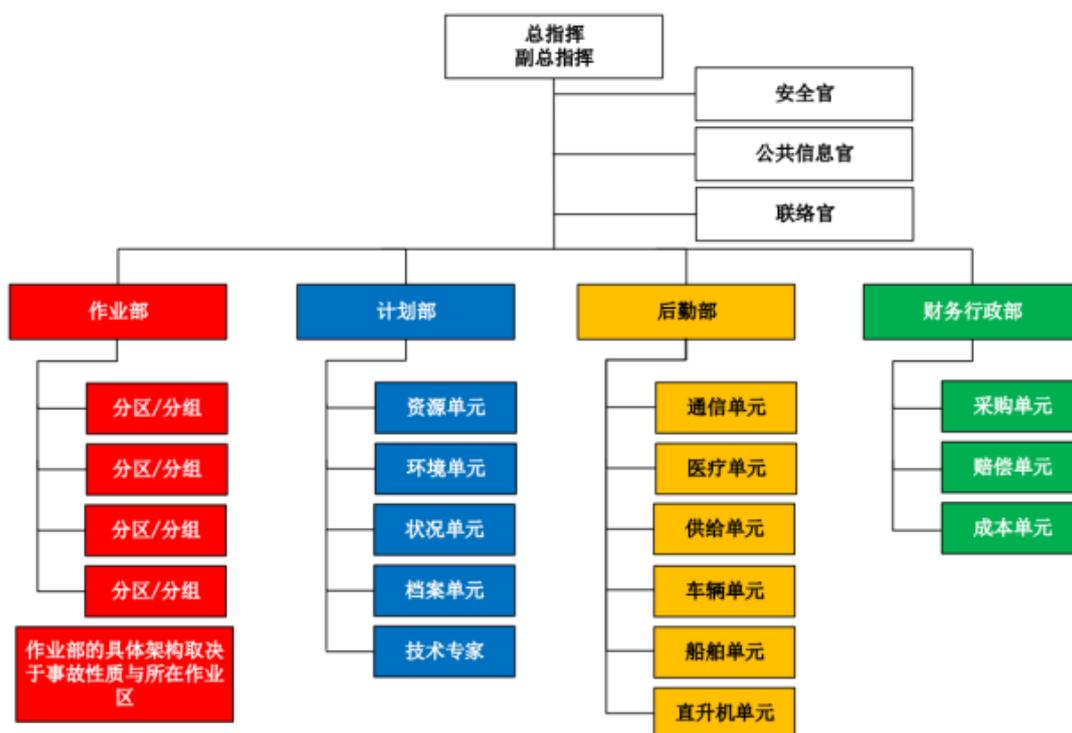


图 7.7-2 深圳分公司溢油应急事故管理团队组织框架图

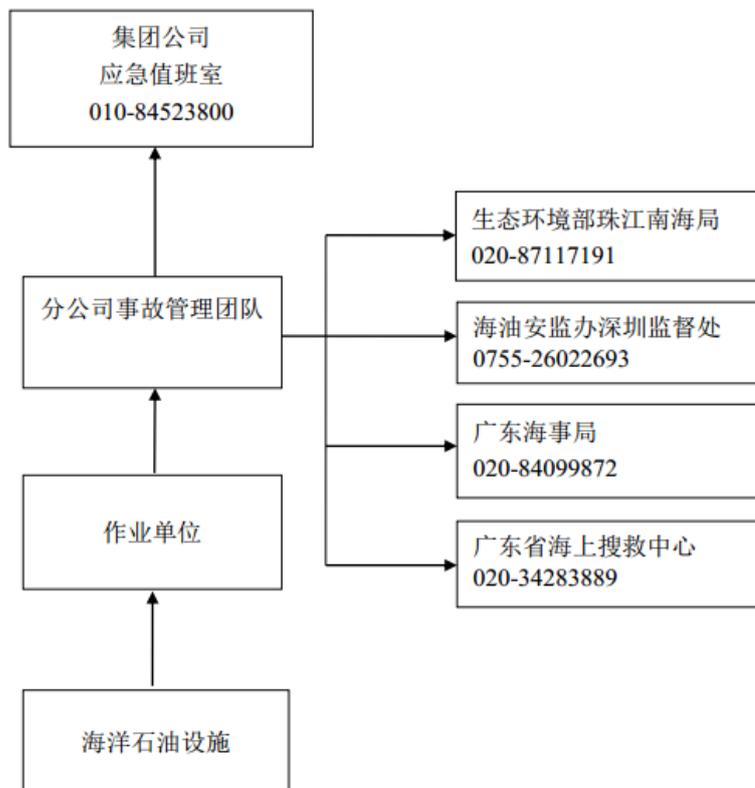


图 7.7-3 事故报告流程



7.7.3.2 溢油事故分级响应

溢油事故的应急程序是根据事故类型的大小不同而定。不同规模的溢油需要不同的级别、应急设备和人员。根据《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》的规定，溢油事故分为特别重大、重大、较大和一般四种类型。

(1) 特别重大溢油事故，是指溢油 1000 吨以上的海洋石油勘探开发溢油事故；

(2) 重大溢油事故，是指溢油 500 吨至 1000 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；

(3) 较大溢油事故，是指溢油 100 吨至 500 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；

(4) 一般溢油事故，是指溢油 0.1 吨至 100 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故。

根据溢油事故的严重程度和发展态势，将应急响应设定为 I 级、II 级、III 级和 IV 级四个等级。溢油事故发生在敏感海域时，可适当调整响应级别。应急响应启动后，可根据事态发展调整响应级别，避免响应不足或响应过度。

发生特别重大、重大、较大、一般溢油事故后，将根据相关部委最新职能划分，由生态环境部相关主管部门分别启动 I 级、II 级、III 级、IV 级应急响应。发生溢油事故后，建设单位应及时启动油田溢油应急计划和分公司溢油应急计划，并由分公司应急中心报总公司及政府相关部门，总部和相关主管部门及地方政府根据情况确定是否启动相应应急计划。

根据《中海石油（中国）有限公司深圳分公司溢油应急计划》和《中海石油（中国）有限公司深圳分公司陆丰油田作业区溢油应急计划》，对于小于 1 吨的溢油，本项目的作业者启动现场级（陆丰油田作业区）溢油应急响应；对于 1~10 吨的溢油，启动深圳分公司级溢油应急响应；大于 10 吨的溢油，启动中海石油总部级溢油应急响应。具体见下表。



表 7.7-1 溢油应急响应级别划分

应急响应级别	溢油量 X (吨)
现场级	$X \leq 1$
分公司级	$1 < X \leq 10$
总部级	$X > 10$

本项目的作业者将严格按照上述要求执行。当发生一般性溢油事故后，建设单位将根据不同情况，充分利用陆丰油田现场、深圳分公司及中海油专业溢油应急机构的应急资源加以处理和控制在；当发生较大溢油事故后，需要中海油总部及政府的溢油应急力量协助处理和控制在。当发生特别重大或重大溢油事故时，要迅速上报，并根据生态环境部相关主管部门统一指挥，按照国家重大海上溢油应急处置预案进行相应的溢油应急处理。

7.7.3.3 事故应急处理措施

a. 井喷事故

- ① 现场人员发现井涌险情立即报告司钻、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田总监报告，平台操作人员进入应急状态；
- ④ 关闭油井安全装置（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，向分公司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 守护船随时保持与平台联系，注意观察平台上的情况；判断事故现场风向，赶赴事故现场上风处待命，做好撤离人员的准备工作。

当有迹象表明，井内压力有可能超过井控设备额定压力时或有可能失控时，应立即下令采取以下措施：

- ① 立即按照指令关闭生产流程；
- ② 广播通知所有人员事故情况；
- ③ 通知守护船提供协助；



- ④ 报告分公司应急指挥中心已采取行动和效果；
- ⑤ 如井喷原油对海洋造成污染，其处理方案和汇报程序执行溢油应急计划；
- ⑥ 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；
- ⑦ 若发生火灾、爆炸，在保证人员安全的前提下组织人员灭火；
- ⑧ 若井喷失控无法控制，对人员生命造成极大威胁时，油田总监下达撤离平台的命令；
- ⑨ 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. 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 启动油田溢油应急计划清理海面原油，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. 平台容器泄漏事故应急措施

- ① 发现泄漏事故后，发现者应立刻向中控室、平台长报告泄漏事故，汇报内容包括泄漏品的名称、泄漏位置、人员伤亡情况；并向上风向撤离，启动警报并通知周围人员；
- ② 启动危险化学品泄漏警报并进行广播通知；
- ③ 根据现场情况进行必要生产、设备的关停；
- ④ 评估现场风险，建立警戒区；
- ⑤ 确认泄漏的危险化学品安全说明书、毒性、对生活区、设备设施及海洋环境的影响；分析泄漏的危险化学品或其蒸气发生火灾/爆炸的可能性；



⑥ 根据危险化学品的使用情况，采用设备停转或技术措施减少危险化学品的泄漏量；根据事故情况决定是否关停生产或进行部分疏散撤离；

⑦ 现场应急救援（穿戴自给式空气呼吸器并携带气体探测设备和隔离服），组织堵漏和危化品回收方案，做好泄漏介质的围堵和回收措施，防止扩散或流入海里。

d. 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。

e. 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免海上设施；
- ⑤ 根据失事船舶需求，组织本油田人员参加失事船舶抢险救援工作。



7.7.4 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，按照预先制定的溢油应急预案，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。

7.7.4.1 油田溢油应急能力

a. 本项目建议配备的溢油应急资源

为保障陆丰油田群区域开发项目溢油应急处理能力，满足该项目溢油应急需求，并参考其他开发项目的配备情况，建议在 LF15-1DPP 平台配备 400m 围油栏等溢油应急设备)根据围油栏的围控能力估算，在海况允许的情况下，400m 围油栏可以围控的溢油量约为 102m³，满足本项目最大可信事故的溢油量(69 m³)的需要)，在 LF14-4DPP 平台配备消油剂、吸油毡等溢油应急物资，具体溢油应急设备/物资见下表。

表 7.7-2 本项目新建平台配备的溢油应急设备/物资

平台	名称	数量
LF15-1DPP	充气式围油栏	400 米
	围油栏动力站	1 套
	充吸气机	1 套
	撇油器 (30 方/小时)	1 套
	10 方浮式储油囊	2 套
	消油剂喷洒装置	1 套
	高压清洗机	1 套
	吸油毛毡	200 千克
	消油剂	5 桶
	设备集装箱	3 套
LF14-4DPP	消油剂	5 桶
	消油剂喷洒设备	1 套
	吸油毡	5 箱

b. 陆丰油田作业区应急资源

本项目依托现有陆丰油田开发建设，陆丰油田作业区现有溢油应急物资为 627 米围油栏及配套的动力装置，主要在海洋石油 121FSO 和陆丰 7-2 平台，具体溢油应急设备见下表。



表 7.7-3 陆丰油田作业区溢油应急资源

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1	围油栏	(Petro Boom “OCB-36 RP/T”) 427 米	套	1	海洋石油 121FSO
2	扫油网	(SW3 型) 3 套网, 20 米围油栏, 转动支架及动力装置, 固定式	套	1	海洋石油 121FSO
3	消油剂喷洒系统	(Petro Boom DSE/B/20D/6) 固定在船上 (可更换) (电启动柴油机, 60 加仑/分钟)	套	1	海洋石油 121FSO
4	消油剂	200L/桶	桶	5	海洋石油 121FSO
5	消油剂	200L/桶	桶	5	LF13-1 平台
6	消油剂	200L/桶	桶	3	LF13-2 DPP 平台
7	消油剂	200L/桶	桶	2	LF13-2 WHP 平台
8	吸油毡		箱	5	LF13-2DPP 平台
9	吸油毡		箱	3	LF13-1 平台
10	吸油毡		箱	2	海洋石油 121FSO
11	捞油网		张	5	LF13-1 平台
12	捞油网		张	5	海洋石油 121FSO
序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1	充气式橡胶围油栏	WQJ2000	米	200	陆丰 7-2 平台
2	溢油分散剂	富肯-2 号	吨	4.5	陆丰 7-2 平台
3	吸油毛毡	PP-2	千克	200	陆丰 7-2 平台
4	撇油器	ZSPS30 转刷转盘收油机	套	1	陆丰 7-2 平台

c. 深圳分公司的应急资源

(1) 其他作业区应急资源

除陆丰油田作业区外, 深圳分公司可利用的作业区的应急力量主要包括西江油田、惠州油田、恩平油田等作业区的溢油应急设施。

表 7.7-4 西江油田作业区溢油应急资源

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1	充气式围油栏	青岛光明/WQJ2000	米	2×200	海洋石油 115FPSO
2	围油栏动力站	PK1650C	台	1	海洋石油 115FPSO
3	充吸气机	FGC	台	1	海洋石油 115FPSO



4	侧挂式收油机	劳模/LCS-4C/收油能力： 64m ³ /h	套	1	海洋石油 115FPSO
5	刷式撇油器	劳模/MINIMAX60/收油 能力：60m ³ /h	套	1	海洋石油 115FPSO
6	喷洒装置	青岛光明/PSB100/喷洒速 度：100 升/分钟	套	1	海洋石油 115FPSO
7	溢油分散剂	广州富肯/富肯-2	桶	10	海洋石油 115FPSO
8	浮式储油囊	青岛光明/FN10/存储 10m ³	套	2	海洋石油 115FPSO
9	吸油毛毡		kg	200	海洋石油 115FPSO
10	收油网	青岛华海/SW-WQJ2000	套	1	海洋石油 115FPSO
11	高温高压清洗机	青岛华海/HDS1000DE	套	1	海洋石油 115FPSO

表 7.7-5 惠州油田溢油应急资源

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1	供围油栏和撇油器使用的动力装置	电动起动器和压缩机驱动的 18.5kw 柴油机	套	1	库房*
2	围油栏	400 米长“海洋 2000”型可膨胀式围油栏，宽 2 米	个	1	库房*
3	围油栏	200 米长“QW-1500”型围油栏，宽 1.5 米	个	1	库房*
4	撇油装置	撇油装置（60 立方米/小时），型号：Lamor Minimax 60	个	1	库房*
5	吸油毛毡		包	15	库房*
6	消油剂	200L/桶	桶	20	库房*
7	消油剂	200L/桶	桶	24	(NH211 船 4 桶，其它供给船 20 桶)
8	消油剂	200L/桶	桶	8	“南海发现”FPSO
9	吸油毡		箱	5	HZ26-1 平台
10	吸油毛毡		张	400	HZ21-1 平台
11	吸附垫		张	400	HZ21-1 平台
12	吸附条		个	24	HZ21-1 平台
13	吸附条		个	8	HZ21-1 平台
14	吸附枕		个	24	HZ21-1 平台
15	吸油毡		张	300	HZ32-3 平台
16	吸油毡		张	400	HZ32-2 平台
17	锹		把	3	HZ32-2 平台
18	橡胶刮板		个	5	HZ32-2 平台



序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
19	溢油应急收集桶 55 加仑		个	2	HZ19-3 平台
20	吸油毡		张	400	HZ25-3 平台

注：库房位于广东省惠州市大亚湾区霞涌镇大亚湾石化工业区惠州物流基地 42 号。

表 7.7-6 流花油田作业区溢油应急资源

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1.	吸油毡	包 (100 片)	包	38	“南海胜利”FPSO
2.	吸油长条袋	6 英寸×10 英尺	个	15	“南海胜利”FPSO
3.	吸油长条袋	3 英寸×10 英尺	个	42	“南海胜利”FPSO
4.	吸油长条袋	3 英寸×5 英尺	个	89	“南海胜利”FPSO
5.	吸附剂 C	25 磅/袋	袋	50	“南海胜利”FPSO
6.	吸油枕	54cmX42cmX8cm	个	35	“南海胜利”FPSO
7.	气动泵	1-1/2 英寸, 泵出口带快速接头	台	4	“南海胜利”FPSO
8.	空气软管	3/4 英寸×100 英尺, 带快速接头	个	6	“南海胜利”FPSO
9.	经化学处理的吸入/排放软管	1-1/2 英寸×25 英尺, 带快速接头	根	18	“南海胜利”FPSO
10.	去油污剂	生物可降解 (55 加仑/桶)	桶	4	“南海胜利”FPSO
11.	消油剂	桶/ (1.02 吨)	桶	6	“南海胜利”FPSO
12.	喷射器	1-1/2 英寸带吸入软管	台	3	“南海胜利”FPSO
13.	取样器		个	2	“南海胜利”FPSO
14.	应急空气管接头	个	个	1	“南海胜利”FPSO
15.	吸油长条袋	条	条	10	“南海挑战”FPS
16.	吸油毡	包 (100 片)	包	12	“南海挑战”FPS
17.	吸油长条袋	6 英寸 x 10 英尺	条	10	“南海挑战”FPS
18.	吸附剂 C	25 磅/袋	袋	30	“南海挑战”FPS
19.	泵*Wilden 双膜片泵	1-1/2 英寸, 泵出口带快速接头 (气动操作)	台	2	“南海挑战”FPS
20.	空气软管	3/4 英寸 x 100 英尺, 带快速接头	根	2	“南海挑战”FPS
21.	吸入/排放软管	1-1/2 英寸 x 25 英尺, 带快速接头	根	10	“南海挑战”FPS
22.	去油污剂	生物可降解 (55 加仑/桶)	桶	1	“南海挑战”FPS



23.	消油剂	200 升/桶	桶	10	“南海挑战”FPS
24.	喷射器	1-1/2 英寸带吸入软管	台	3	“南海挑战”FPS

表 7.7-7 番禺作业公司溢油应急资源

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1.	气胀式围油栏及动力设备	400 米	套	1	中海油环保公司 (惠州基地)
2.	充气式围油栏及动力设备	200 米 汉海 QW2000	套	1	中海油环保公司 (惠州基地)
3.	多功能撇油器*	汉海 HAF50	套	1	中海油环保公司 (惠州基地)
4.	储油囊		套	1	中海油环保公司 (惠州基地)
5.	富肯 2 号	溢油分散剂\富肯-2 号\广州富肯环保科技有限公司 \200L/桶	桶	8	陆地库房 (料棚)
6.	消油剂喷洒系统	长度为 10 米消油臂	臂/每船	2	南海 220, 南海 219,
7.	富肯 2 号	溢油分散剂\富肯-2 号\广州富肯环保科技有限公司 \200L/桶	桶	2	南海海洋石油 220, 南海 673 219,
8.	吸油毡	箱	11		海洋石油 111
9.	围油臂	(6 in x 10 ft)	11		海洋石油 111
10.	气动泵	台	2		海洋石油 111
11.	清洗剂	(55gal)	桶	5	海洋石油 111
12.	消油剂	溢油分散剂\富肯-2 号\广州富肯环保科技有限公司 \200L/桶	桶	6	海洋石油 111
13.	喷射器	只	2		海洋石油 111
14.	油拖网	套	1		惠州码头库房
15.	吸油棉(毡)	张	500		番禺 4-2A 平台
16.	遮油布	平方米	20		番禺 4-2A 平台
17.	吸油围栏	米	>200		番禺 4-2A 平台
18.	吸油泵	台	1		番禺 4-2A 平台
19.	吸油泵吸口管线	10 米	条	1	番禺 4-2A 平台
20.	吸油泵出口管	20 米	条	2	番禺 4-2A 平台
21.	吸油泵压缩空气管	30 米	条	1	番禺 4-2A 平台
22.	吸油泵	台	1		番禺 4-2B 平台



23.	泵进口管线	10 米	条	1	番禺 4-2B 平台
24.	泵出口管线	20 米 (10 米/ 条)	条	2	番禺 4-2B 平台
25.	泵空气管气	30 米	条	1	番禺 4-2B 平台
26.	吸油毡	张	500		番禺 4-2B 平台
27.	遮油布	平方米	20		番禺 4-2B 平台
28.	吸油围栏	米	200		番禺 4-2B 平台
29.	吸油棉	张	500		番禺 5-1A 平台
30.	遮油布	平方米	20		番禺 5-1A 平台
31.	围栏	米	> 200		番禺 5-1A 平台
32.	塑料小桶	只	10		番禺 5-1A 平台
33.	吸油泵	台	2		番禺 5-1A 平台
34.	吸油泵吸口管线	10 米	条	1	番禺 5-1A 平台
35.	吸油棉	张	500		番禺 5-1B 平台
36.	围栏	米	> 200		番禺 5-1B 平台
37.	吸油泵	台	1		番禺 5-1B 平台
38.	吸油泵吸口管线	10 米	条	1	番禺 5-1B 平台
39.	吸油泵出口管	20 米	条	2	番禺 5-1B 平台
40.	吸油泵压缩空气管	30 米	条	1	番禺 5-1B 平台
41.	吸油毛毡	片	200		番禺 10-2 平台
42.	围栏	一箱			番禺 10-2 平台
43.	吸油泵	台	1		番禺 10-2 平台
44.	吸油泵吸口管线	10 米	条	1	番禺 10-2 平台
45.	吸油泵出口管	20 米	条	1	番禺 10-2 平台
46.	吸油泵压缩空气管	30 米	条	1	番禺 10-2 平台

表 7.7-8 恩平油田作业区溢油应急资源

序号	溢油应急物资	单位	数量	存放地点
1	200m 充气式围油栏	套	1	HYSY118FPSO
2	撇油器 (60m ³ /h)	套	1	
3	喷洒设备及附件 (100 升/分钟)	套	1	
4	防爆动力站	套	2	
5	吸气机	套	1	
6	消油剂	200 升/桶	5	
7	溢油设备集装箱	套	3	
8	储油囊	200 升/个	4	
9	吸油毡	500 张/包	2	
1	围油栏/吸油棉条	米	200	EP23-1DPP
2	遮油布	张	2	
3	吸油毛毡	张	400	
4	手套	双	10	
5	回收桶	套 (KIT304-1)	2	



6	工作服	套	10	EP18-1WHPA
7	塑料小桶	个	10	
8	气动泵	套	2	
1	吸油围栏	1 米/条	200	
2	气动泵加管子	套	2	
3	吸油毛毡	50 片/箱	5	
4	空桶（容量不小于 30 加仑）	个	4	
5	塑料提桶（容量不小于 5 加仑）	个	4	
6	铜铲	把	4	
7	扫把	把	6	
8	防护镜	个	10	EP24-2DPP
9	防护服	套	10	
10	塑料刮子	把	6	
1	气动双模片泵（1-1/2 英寸）	台	2	
2	软管（1-1/2 英寸*25 英尺）	根	1	
3	Oil spill Skid（1 英寸*50 英尺）	桶	2 桶	
4	吸油条	20 条/箱	5 箱	
5	吸油毡	200 片/包	1	
6	抹布	50 磅/包	1	
7	橡皮刮板	个	3	
8	拖把	把	3	
9	塑料手套	双	10	
10	空桶（容量不小于 30 加仑）	个	1	
11	塑料提桶（容量不小于 30 加仑）	个	2	
12	塑料袋（容量不小于 30 加仑）	个	50	
13	19L 应急包	包	1	
14	溢油组合桶	桶	2	

表 7.7-9 白云天然气作业公司溢油应急资源

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1.	撇油器	MINIAMX12	套	1	珠海终端
2.	动力站	LPP6HA	套	1	珠海终端
3.	消油剂喷洒装置	PSB40	套	1	珠海终端
4.	轻便储油罐	QG5	套	1	珠海终端
5.	消油剂	富肯 2 号	吨	1	珠海终端
6.	吸油毛毡	SPC-MXO1000	箱	15	珠海终端
7.	吸油毡	SPC-HT555	箱	18	珠海终端
8.	吸油毡	SPC-CH15P	箱	7	珠海终端
9.	吸油毛毡	RFODPB250	箱	13	珠海终端



10.	吸油毛毡	SXTH250-C	箱	15	珠海终端
序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1.	围油栏	Φ20CM×2M	根	50	番禺 30-1 平台
2.	吸油毡	80CM×50M×3MM	卷	3	番禺 30-1 平台
3.	吸油毡	40CM×50M×3MM	卷	2	番禺 30-1 平台
4.	吸油毡	40CM×50CM×3MM	片	100	番禺 30-1 平台
5.	溢油用品桶	容量:60L,材质:高密度聚乙烯	个	4	番禺 30-1 平台
6.	吸油枕	45CM×30CM	个	10	番禺 30-1 平台
7.	吸油索	Φ8CM×120CM	条	18	番禺 30-1 平台
8.	消油剂	富肯-2#, 200L/桶	桶	2	番禺 30-1 平台
9.	盛消油剂桶	个	1		番禺 30-1 平台
10.	气动隔膜泵	台	1		番禺 30-1 平台
11.	气管线	条	1		番禺 30-1 平台
12.	吸油管线	条	2		番禺 30-1 平台
序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1.	撇油器	刷式撇油器 Z S-30	套	1	LW3-1 中心平台
2.	撇油器动力站		套	1	LW3-1 中心平台
3.	围油栏	QW1100	米	400	高栏终端
4.	围油栏动力站	HPP30	套	1	高栏终端
5.	消油剂喷洒设备	PSB140	套	1	LW3-1 中心平台
6.	浮式储油囊	10 立方	套	1	LW3-1 中心平台
7.	吸油毛毡	PP-2 (20KG/包)	包	50	LW3-1 中心平台
8.	消油剂	富肯-2 号 (20KG/桶)	桶	50	LW3-1 中心平台
序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1.	吸油毛毡	100 片/包	包	11	番禺 34-1 平台
2.	消油剂	富肯 2 号 (20KG/桶)	桶	2	番禺 34-1 平台
序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1.	转盘收油器	TYZS30,30m ³ /h	台	1	高栏终端
2.	收油器动力站	FBDL-40	台	1	高栏终端
3.	固体浮子式橡胶围油栏	WGJ-1100	米	520	高栏终端
4.	防火式围油栏	WGT900	米	400	高栏终端
5.	充气式橡胶围油栏	WQJ-1100	米	960	高栏终端
6.	围油栏动力站	DL-30	台	2	高栏终端
7.	充气机		台	1	高栏终端
8.	消油剂喷洒装置	PSB40	台	1	高栏终端
9.	消油剂喷洒装置	PS40	台	1	高栏终端
10.	浮式储油囊	FN10	套	2	高栏终端
11.	油拖网	4M3	套	2	高栏终端



12.	轻便储油罐	10M3	套	1	高栏终端
13.	消油剂	富肯 2 号	KG	2000	高栏终端
14.	消油剂	富肯 5 号	KG	800	高栏终端
15.	吸油毛毡	PP-2	KG	2000	高栏终端

(2) 环保船

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

表 7.7-10 环保船性能表

序号	主要性能	海洋石油 258	海洋石油 256
1	主尺度	79.8×16.4×7.6m	75×15.2×7m
2	主机功率	4×1520 Kw	1471kw×4 (8000 匹)
3	最大航速	15.41 kn	15.2kn
4	续航力		8000 海里
5	自持力		30 天
6	溢油回收能力	2×100 m ³ /h	2×100m ³ /h
7	溢油/测试井液舱/ 污水水回收舱容	852.2m ³	440m ³ +240 m ³ (3 号轻柴油舱可兼做回收舱)
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	舷侧内置式
10	甲板载货面积	468m ²	430m ²
11	甲板载货量	850t	600t
12	甲板载荷	6t/m ²	5t/m ²
13	消油剂储存仓	15.9 m ³	每侧喷洒能力 15 方/小时

(3) 直升飞机资源

中信海直直升飞机公司、南航珠海直升飞机公司在深圳设有飞行基地，一旦发生溢油，建设单位可动员两个直升飞机基地的飞机，参与溢油应急。应急时，机组人员的动员时间不超过 1 小时，飞机到达溢油事故现场不超过 2 小时。

(4) 珠海基地和惠州基地

中海环保是深圳分公司的主要溢油应急处置能力，也是深圳分公司的溢油应急服务承包商，双方签有溢油应急服务合同，一旦发生溢油，中海环保接



收深圳分公司的指挥参加溢油应急服务。中海环保建有多个应急基地，针对陆丰油田所在的海域溢油应急响应事件，主要由珠海基地、惠州基地负责。珠海基地在珠海横琴终端和珠海高栏终端，惠州基地在惠州石化物流码头。珠海基地、惠州基地溢油应急资源见下表。

表 7.7-11 中海环保珠海基地溢油应急资源

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
1	围油栏	GFW1000 固体浮子式橡胶围油栏	米	100	珠海基地
2	围油栏	GWJ900 固体浮子式橡胶围油栏	米	240	珠海基地
3	消油剂喷洒装置	PSB40 消油剂喷洒装置	套	1	珠海基地
4	撇油系统	MiniMax12 撇油系统	套	1	珠海基地
5	收油机	ZSY5 收油机	套	1	珠海基地
6	冲气机	EB-415 背负式冲气机	套	1	珠海基地
7	储油囊	QG5 储油囊	套	1	珠海基地
8	储油囊	FN10 储油囊	套	1	珠海基地
9	消油剂		吨	1	珠海基地
10	吸油毛毡	P125-55 吸油毛毡	吨	0.45	珠海基地
11	吸油毛毡	PP-2 吸油毛毡	吨	0.5	珠海基地
12	吸油拖栏	XPL-Y-220 吸油拖栏	米	200	珠海基地
13	吸油拖栏	XTL-Y250 吸油拖栏	米	60	珠海基地
14	围油拖栏		米	96	珠海基地
15	吸油毯		卷	10	珠海基地
16	吸油垫	TM58 吸油垫	箱	10	珠海基地

表 7.7-12 中海环保惠州基地溢油应急资源

序号	设备/物资名称	规格/型号	数量	单位	存放地
1	堰式收油机	YSJ-30	1	套	惠州基地
2	齿型转盘式收油机	ZSC50	1	套	惠州基地
3	多功能收油机	LMS	1	套	惠州基地
4	Minimax12 收油机	MM12	2	套	惠州基地
5	真空收油机	ZK30	2	套	惠州基地
6	ALLIGATOR100 收油机	ALLIGATOR100	1	台	惠州基地
7	侧挂式收油机	lsc-4	2	台	惠州基地
8	多功能收油机	HAF60	1	台	惠州基地
9	多功能收油机	HAF12	1	台	惠州基地
10	HBSF30 收油机	HBSF30	1	台	惠州基地
11	槽式鼓轮收油机	100m ³ /h	1	台	惠州基地



序号	设备/物资名称	规格/型号	数量	单位	存放地
12	消油剂喷洒装置	80L/min	5	套	惠州基地
13	消油剂喷洒装置	PSB80	1	台	惠州基地
14	消油剂喷洒装置		2	台	惠州基地
15	消油剂喷洒装置	RO-CLEAN	1	台	惠州基地
16	空中消油剂喷洒装置	TC-3	1	套	惠州基地
17	船用喷洒装置	HDSK40	2	台	惠州基地
18	PVC 围油栏	WGV-1100	2600	米	惠州基地
19	充气式橡胶围油栏	QW2000	400	米	惠州基地
20	充气式橡胶围油栏	QW1500	400	米	惠州基地
21	固体浮子式围油栏	GP900PVC	400	米	惠州基地
22	柱状固体 PVC 围油栏	HPFC900	40	套	惠州基地
23	充气式橡胶围油栏	HRA2000	8	套	惠州基地
24	沙滩围油栏	HPAW600	40	条	惠州基地
25	轻便储油罐	PVC 10m ³	7	个	惠州基地
26	轻便储油罐	QG9	1	台	惠州基地
27	轻便储油罐	QG5	1	台	惠州基地
28	储油罐	7m ³	2	台	惠州基地
29	储油罐	钢制 7m ³	4	个	惠州基地
30	储油囊	FN15	2	台	惠州基地
31	聚氨酯储油囊	25m ³	4	套	惠州基地
32	聚氨酯储油囊	100m ³	2	套	惠州基地
33	聚氨酯储油囊	20m ³	1	套	惠州基地
34	输油泵	DOP250	1	台	惠州基地
35	输油泵	DOP160	1	台	惠州基地
36	充吸气机	HIS1000	2	台	惠州基地
37	充吸气机	HIS300DX3	2	套	惠州基地
38	HIS 系列充吸气机	HIS300DX3	2	套	惠州基地
39	100 充气机		2	台	惠州基地
40	SPC 吸油毛毡	ENV150 76cm×46m ;1 卷/袋	20	袋	惠州基地
		ENV150 38cm×46m; 2 卷/袋	0	袋	惠州基地
		片状, 200 片/箱	5	箱	惠州基地
41	国产毛毡	PP-2 型; 20KG/包	102	包	惠州基地
42	吸油毛毡	500×500mm	8	吨	惠州基地
43	SPC 吸油拖栏	HAZ124 长条袋 状; 7.6cm×366cm 4 条/箱	2	箱	惠州基地



序号	设备/物资名称	规格/型号	数量	单位	存放地
		OIL430 长条袋状	5	箱	惠州基地
		ENV810-C; 20cm×3m 4条 12 米/包	40	包	惠州基地
44	国产吸油拖栏	200型; 12米/包	13	包	惠州基地
45	消油剂	富肯-2	4.5	吨	惠州基地
46	消油剂	富肯2号 20KG/桶 170KG/桶	100+36	桶	惠州基地
47	凯驰高压热水清洗机	HDS1000DE	2	台	惠州基地
48	凯驰高压冷水清洗机	HD6/15C	2	台	惠州基地
49	高压清洗机	HDS1000DE	2	台	惠州基地
50	B1100 皮带		10	个	惠州基地
51	B1150 皮带		10	个	惠州基地
52	B1200 皮带		10	个	惠州基地
53	B1450 皮带		10	个	惠州基地
54	B1500 皮带		10	个	惠州基地
55	B1550 皮带		10	个	惠州基地
56	B1600 皮带		10	个	惠州基地
57	柴油泵		16	个	惠州基地
58	柴油机油门调适手柄		10	个	惠州基地
59	防火罩/60型		10	个	惠州基地
60	柴油机摇把/常柴牌	S1100AZ 型	5	把	惠州基地
61	柴油机摇把/常柴牌	R185 型	2	把	惠州基地
62	柴油机摇把/常柴牌	R180 型	5	把	惠州基地
63	进水管底阀/4寸/配不锈 钢喉码 5个		10	个	惠州基地
64	进水管底阀/6寸/配不锈 钢喉码 5个		10	个	惠州基地
65	出水管 4寸		15	个	惠州基地
66	出水管 6寸		15	个	惠州基地
67	涡轮-蜗杆式固定消防水 炮	PS40W-1.6	6	个	惠州基地
68	地上式消防栓		4	个	惠州基地
69	抗溶性水成膜泡沫水剂 /3%抗海水		19.775	吨	惠州基地
70	6%抗溶水层膜泡沫剂 (淡水)		11	吨	惠州基地
71	二氧化碳灭火器胶管	5公斤	90	个	惠州基地



序号	设备/物资名称	规格/型号	数量	单位	存放地
72	二氧化碳灭火器胶管	7 公斤	75	EA	惠州基地
73	消防器材箱 SG	700*240*800	12	个	惠州基地
74	室外栓箱双开	690*440*800	30	EA	惠州基地
75	室外栓箱单开	700*300*820	30	EA	惠州基地
76	二氧化碳灭火器	7 公斤	226	瓶	惠州基地
77	二氧化碳灭火器	5 公斤	242	瓶	惠州基地
78	二氧化碳灭火器箱	5 公斤	13	箱	惠州基地
79	二氧化碳灭火器箱	7 公斤	86	箱	惠州基地
80	防撞调压地上消火栓	150/80-1.6	29	个	惠州基地
81	消防水炮	PS40\GB19156-2003	23	个	惠州基地
82	灭火器箱	Q235B7 公斤×2	1	个	惠州基地
83	排水管		3	箱	惠州基地
84	应急沙袋	200 个/包	4600	个	惠州基地
85	室外栓箱双开	690*440*800	20	EA	惠州基地
86	室外栓箱单开	700*300*820	30	EA	惠州基地
87	柴油应急发电机	KDE6500E	1	台	惠州基地
88	移动式防爆应急灯	FW6101	2	台	惠州基地

注：以上物资存放于中海油惠州物流公司，中海油环保公司惠州基地内



图 7.7-4 深圳分公司溢油应急物资分布示意图



7.7.4.2 应急响应时间分析

a. 本项目应急资源响应时间

本项目投产后，在 LF15-1DPP 平台新建 400 米围油栏及相应配套设施，LF15-1DPP 平台动员吊装时间为 2 小时，LF14-4 平台至 LF15-1DPP 平台距离约 24 公里，船舶航行速度为平均巡航速度 12 节（约 22.2 公里/小时）计算，船舶航行时间约 1.1 小时，应急响应时间共为 3.1 小时。

b. 陆丰油田作业区应急资源响应时间

陆丰油田作业区在海洋石油 121 和陆丰 7-2 平台上配备了围油栏、撇油器等，距离 LF14-4DPP 平台约 28.8 公里、24.6 公里，溢油应急设备动员装船时间约 2 小时，应急船舶从海洋石油 121 和陆丰 7-2 平台出发以平均巡航速度 12 节航行约 1.3 小时和 1.1 小时到达溢油事故现场，应急响应时间约为 3.3 小时、3.1 小时。

表 7.7-13 溢油设备到达 LF14-4 平台溢油应急现场时间一览表

起点	终点 LF14-4 平台附近	距离 (公里)	动员、装船时间 (小时)	航行时间 (小时)	到达溢油现场时间 (小时)
海洋石油 121	溢油现场	28.8	2	1.3	3.3
陆丰 7-2 平台	溢油现场	24.6	2	1.1	3.1

注：上表所有计算均以直线航行距离为计算基础，船舶航行速度为平均巡航速度 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，在极值风作用下，油膜最快需 50.0h 抵达沿岸的敏感目标，陆丰油田作业区可协调溢油应急设备可以在 3.3 小时内到达溢油现场，满足在油膜抵达沿岸的敏感目标前对其拦截。因此，在海况允许的情况下，陆丰油田作业区可协调溢油应急设备满足应急响应需要。

c. 深圳分公司的应急资源响应时间

(1) 其他作业区应急资源

除陆丰油田作业区外，深圳分公司可利用的作业区的应急力量主要包括西江油田、惠州油田、恩平油田等作业区的溢油应急设施。

惠州油田距离 LF14-4DPP 平台约 135 公里，溢油应急设备动员时间约 2



小时，应急船舶从惠州油田出发以平均巡航速度 12 节航行约 6.1 小时到达溢油事故现场，应急响应时间约为 8.1 小时。

流花油田距离 LF14-4DPP 平台约 108 公里，溢油应急设备动员时间约 2 小时，应急船舶从流花油田出发以平均巡航速度 12 节航行约 4.9 小时到达溢油事故现场，应急响应时间约为 6.9 小时。

西江油田距离 LF14-4DPP 平台约 163 公里，溢油应急设备动员时间约 2 小时，应急船舶从西江油田出发以平均巡航速度 12 节航行约 7.3 小时到达溢油事故现场，应急响应时间约为 9.3 小时。

番禺油田距离 LF14-4DPP 平台约 194 公里，溢油应急设备动员时间约 2 小时，应急船舶从番禺油田出发以平均巡航速度 12 节航行约 8.7 小时到达溢油事故现场，应急响应时间约为 10.7 小时。

恩平油田距离 LF14-4DPP 平台约 280 公里，溢油应急设备动员时间约 2 小时，应急船舶从恩平油田出发以平均巡航速度 12 节航行约 12.6 小时到达溢油事故现场，应急响应时间约为 14.6 小时。

白云作业公司距离 LF14-4DPP 平台约 211 公里，溢油应急设备动员时间约 2 小时，应急船舶从白云作业公司出发以平均巡航速度 12 节航行约 9.5 小时到达溢油事故现场，应急响应时间约为 11.5 小时。

深圳分公司各作业区溢油应急资源抵达溢油现场应急响应时间见下表。

表 7.7-14 溢油应急设备到达 LF14-4DPP 平台溢油应急现场时间一览表

起点	终点 LF14-4 平台附近	距离 (公里)	动员、装船时间 (小时)	航行时间 (小时)	到达溢油现场时间 (小时)
惠州油田	溢油现场	135	2	6.1	8.1
流花油田	溢油现场	108	2	4.9	6.9
西江油田	溢油现场	163	2	7.3	9.3
番禺油田	溢油现场	194	2	8.7	10.7
恩平油田	溢油现场	280	2	12.6	14.6
白云作业公司	溢油现场	211	2	9.5	11.5

注：上表所有计算均以直线航行距离为计算基础，船舶航行速度为平均巡航速度 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。

(2) 惠州基地和珠海基地



珠海基地距离 LF14-4 平台约 314 公里,溢油应急设备动员时间约 2 小时,应急船舶从珠海基地出发以平均巡航速度 12 节航行约 14.1 小时到达溢油事故现场,应急响应时间约为 16.1 小时。

惠州基地距离 LF14-4 平台平台约 240 公里,溢油应急设备动员时间约 2 小时,应急船舶从惠州基地出发以平均巡航速度 12 节航行约 10.8 小时到达溢油事故现场,应急响应时间约为 12.8 小时。

表 7.7-15 溢油应急设备到溢油应急现场时间一览表

卫星基地	与油田距离 (km)	动员时间 (h)	船舶航行时间 (h)	响应时间 (h)
珠海基地	314	2	14.1	16.1
惠州基地	240	2	10.8	12.8

注:上表所有计算均以直线航行距离为计算基础,船舶航行速度为平均巡航速度 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。

(3) 环保船“海洋石油 256、258”

海上现场作业的环保船可以在 2 至 10 小时内到达溢油事故地点进行海面溢油的围控和回收作业。

d. 应急响应时间符合性分析

根据环境风险预测结果,在极值风作用下,油膜最快需 50.0h 抵达沿岸的敏感目标,深圳分公司可协调溢油应急设备在 3.1~16.1 小时内到达溢油现场,可以满足在油膜抵达沿岸的敏感目标前对其拦截。因此,在海况允许的情况下,陆丰油田及深圳分公司内部可协调溢油应急设备满足应急响应需要。

7.7.4.3 油田应急能力可行性分析

由于目前尚未发布油田的溢油应急能力评估方法,本项目主要根据海洋油气开发工程现场溢油应急适用情况、在部分参照《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

(1) 围控与防控能力

海洋油气开发工程发生溢油事故后,通过布置围油栏等措施对水面溢油



进行控制，防止溢油扩散，辅助溢油回收和清除，以及防止对敏感目标造成影响。围油栏对溢油的围控、导流和防范作用，要通过适当的布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，U形拖带时，在前面两艘拖带船同时并进的同时，第三艘船舶则应根据两艘拖船行进的速度，始终处于U形的底部外侧，利用撇油器对U形底部聚集的油膜进行回收作业。此时，围油栏长度与油膜面积存在如下关系：

$$V = L^2 \div (2 \times \pi) \times d \times (1 - \phi)$$

式中，

V——油膜体积， m^3 ；

L——围油栏长度，m；

π ——圆周率，无量纲；

d——油膜厚度，单位米（m），取0.005m

ϕ ——富余量，取20%；

油膜厚度取5mm，则400m围油栏可以围控的溢油量约为 $102m^3$ 。

本项目在新建LF15-1DPP平台上配备了400m围油栏，陆丰油田现有627m围油栏，可以围控的溢油量约为 $671.8m^3$ ，满足本项目需要。

（2）机械回收能力

机械回收能力按下式进行：

$$E = V \div (\alpha \times h)$$

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 ）；

α ——回收油量占回收液体总量的比例（%），20%-80%，取20%；

h——回收工作时间，单位为小时（h），取12h；

本项目溢油量 $69m^3$ ，计算需收油机回收速率为 $28.7m^3/h$ 。

（3）临时储存能力

一般情况下，临时储存能力应满足收油机工作12h回收的油水混合物储存需求，则本项目临时能力应至少为 $344.4m^3$ 。

**b. 应急能力符合性分析**

根据响应时间分析，陆丰油田和环保船的溢油应急物资可以在 10 小时内到达，深圳分公司的溢油应急物质可以在 16.1 小时内到达溢油现场。

围油栏：陆丰油田内部约 1027m，其他各作业区约 4780m，珠海基地和惠州基地共 4228m，深圳分公司内部应急资源合计 10035m。

机械回收能力：陆丰油田内部溢油回收能力为 90 m³/h；其他各作业区溢油回收能力为 402 m³/h，珠海基地和惠州基地溢油回收能力共 441m³/h，2 艘环保船的回收能力为 400 m³/h；深圳分公司内部溢油回收能力共计 1333 m³/h。

临时储油能力：陆丰油田内部临时储油能力为 10m³；2 艘环保船的环保船的储罐舱容共计 1532.2m³；其他各作业区临时储油能力为 61.2 m³，珠海基地和惠州基地储油能力为 99 m³，深圳分公司内部储油能力为 1702.4m³。

根据预测结果，不利风向溢油抵达沿岸敏感目标的最短时间为 50 小时，陆丰油田溢油应急物资可以在 3.3 小时内到达，深圳分公司内部的溢油应急物质可以在 16.1 小时内到达溢油现场，应急能力符合分析见下表。

表 7.7-16 溢油应急能力符合性分析

溢油规模	溢油应急能力估算		溢油规模	溢油应急能力估算		陆丰油田内部溢油应急资源		深圳分公司内部应急资源				合计	是否满足本项目溢油应急能力要求
	围油栏 (m)	329		围油栏 (m)	434	新建应急资源	现有应急资源	其他各作业区	珠海基地	惠州基地	环保船		
69 m ³	围油栏 (m)	329	120m ³ (100t)	围油栏 (m)	434	400	627	4780	340	3888	/	10035	可以满足要求
	机械回收能力 (m ³ /h)	28.7		机械回收能力 (m ³ /h)	50	60	30	402	17	424	400	1333	
	临时储存能力 (m ³)	344.4		临时储存能力 (m ³)	600	10	/	61.2	15	84	1532.2	1702.4	

根据上表，在海况允许的情况下，陆丰油田及深圳分公司周边可协调溢油应急设备可以满足本项目在合理时间内对本项目发生的溢油量和一般溢油事故 (0.1t 至 100t) 做出适当的反应。

对较大及以上级别的溢油事故，可以就近调用外部溢油应急支援力量进行应急处理。建设单位与中海石油 (中国) 有限公司其他分公司及中海石油



环保服务股份有限公司建立了密切的联系，当发生大型溢油事故时能及时获得可动用的溢油应急设备。当发生超出自身控制能力的溢油事故时，还可以通过总公司的统一指挥协调，联系政府主管部门、海事局、国家其它救助机构或国际的资源。因此，借助外部溢油应急力量能够满足突发溢油事故时的应急需要。

综上所述，陆丰油田及深圳分公司周边可协调溢油应急设备基本可以保证在合理的时间内对本项目发生的溢油量和一般溢油事故（0.1t 至 100t）做出适当的反应，对于较大以上级别的溢油事故，可以借助区域性溢油应急联合组织其他成员的设备进行应急处理，能够满足项目在建设阶段和生产阶段中对溢油应急防范和处理的要求。

7.8 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、平台容器泄漏、平台火灾爆炸、海底管道与立管泄漏、船舶碰撞泄漏、直升机坠落等事故。本项目最大可信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 69 m^3 （56.6t）。

根据预测结果分析，在最大风速不利风向下溢油抵沿岸的碣石湾近海海洋保护区的最短时间为 50.0h，抵达遮浪南海洋保护区的最短时间为 60.0h，抵达其它敏感区的时间均在 60.0h 以上。同时，由于本项目还位于深水金线鱼产卵场内，一旦发生溢油事故，原油将即刻抵达该敏感目标，并对其造成不利影响。在最大风速不利风向下溢油抵达鲈鱼产卵场的最短抵达时间为 1.0h，抵达蓝圆鲹产卵场的最短抵达时间为 5.0h，抵达金线鱼南海北部产卵场的最短时间为 12h。因此，建设单位将引起足够的重视，做好应防范和应急响应的准备。

根据应急响应时间分析，陆丰油田在 3.3h 内可到达溢油现场，海洋石油 256、258 环保船溢油应急力量和深圳分公司内部溢油应急力量 16.1h 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，陆丰油田及深圳分公司周边可协调溢油应急设备可以满足本项目发生的溢油量和一般溢油事故（0.1t 至 100t）的溢油应急能力的要求。当发生超出自身控制能力的溢油



事故时，还可以通过总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事故时的应急需要。

建设单位已按照《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》和《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》的相关规定，编写了《深圳分公司陆丰油田作业区溢油应急计划》并于 2020 年 3 月取得备案，本项目投产前，将对已制定的应急计划进行修订，将本项目纳入深圳分公司各级应急体系中统一考虑，并将修改后的溢油应急计划报相关主管部门备案，同时按照修编后的溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

综合以上分析，本项目发生油气泄漏的概率较低，且本项目制定了周密的溢油应急预案，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。



8 清洁生产分析与总量控制

8.1 清洁生产

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。陆丰油田群区域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。

本篇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。

8.1.1 产品的清洁性分析

本项目建成投产后，主要产品为原油。作为燃料，与煤相比，原油是优质而洁净的能源，热值高，燃烧产生的有害物质少。单位质量原油热量高于单位质量煤、焦炭的发热量，与汽油、柴油的单位发热量相当。

根据原油与煤燃烧的污染物产生量对比见表 8.1-1，用原油代替燃煤作为燃料，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，采用原油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，原油的清洁性远高于煤。在一次能源消费煤炭约占 60% 的中国，发展原油等洁净能源对改善一次能源消费结构和大气污染物减排具有重要意义。

表 8.1-1 原油和煤燃烧的排污量对比（按单位热值计）*

燃烧产物	原油	煤
灰分	14	148
SO ₂	400	700
NO ₂	5	10
CO	16	29
CO ₂	4	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”



8.1.2 清洁生产分析

8.1.2.1 建设阶段采取的清洁生产措施

本项目钻井作业过程优先采用水基钻井液，部分井段采用油基钻井液，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。不能满足排放要求的钻井液及钻屑经收集后运回陆地处理，不排海。

本项目新铺设的 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台海底管道（2 条）和 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 海底管道采用预处理和后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底管道中部分路由采用后挖沟方式铺设，LF14-4DPP 至 LF15-1DPP 平台部分海底电缆采用后挖沟方式铺设，除此之外其他海底电缆和脐带缆直接铺设在海床上，不挖沟埋设，从而最大限度地减轻对海洋底栖生物体的破坏范围。同时通过尽量缩短施工作业工期，来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、海管海缆铺设作业和海上设施安装作业等，建设单位制定严格的安全环保作业规程，并严格遵照执行。

由此可以看出，陆丰油田群区域开发项目在建设阶段，通过钻井液的循环利用减少污染物的排放量；同时用严格的环境安全管理来保证生产安全进行，避免污染环境事故的发生，从而达到清洁生产的目的。

8.1.2.2 生产阶段采取的清洁生产措施

a. 选用先进的工艺及技术路线

本项目生产过程中，生产物流处理均将采用自动化控制程度较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，并在南海多个油田开发过程中已有成功的应用。

LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台均设置井口生产计量设施和公用系统。在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。

LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台上设置中央中控室，放置独立的控制系统，



用于平台上的井口控制、生产过程控制、公用系统控制、应急关断和火气探测报警及控制等。控制系统包括过程控制系统、应急关断系统和火气探测系统三套独立的控制系统。平台上的控制系统之间通过新建海底电缆中的光纤实现应急关断连锁功能和信息传输功能。

与上述控制系统相对应，还设置了自动报警及相应的设备单元关断、生产系统关断、火气关断和全面关断等不同级别的应急关断系统。一旦出现问题，可根据不同事故的级别自动启动相应级别的应急关断系统，将危害和损失降至最低程度。

以上生产工艺流程的全过程运行状态，以及各种自动控制系统、声光报警系统、紧急关断系统的工作状态，在控制室均可一目了然，从而保证油田生产过程清洁生产的顺利进行。

b. 设置污染物收集系统，减污及消除跑冒滴漏

LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台均设有开式/闭式排放系统，用于收集设备及作业区甲板冲洗水、初期雨水以及带压装置可能泄放的液体或其它含油污水。开式/闭式排放系统收集的污油可输送到生产分离器进行进一步回收处理，达到清洁生产的目的。

c. 污染物最大限度的资源化

本项目所产物流进行油气水三相分离后，产生的含油生产水经平台设置的生产水处理系统进行处理，回收的污油打回生产流程，使之转化为原油产品，使污染物最大限度的资源化。

d. 必要的末端治理措施

本项目生产过程中产生的含油生产水经 LF15-1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台设置的含油生产水处理系统处理合格后部分排海，部分回注。新建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设置的开/闭式排放系统进行收集后，进入生产流程进行处理。生活污水经平台上设置的生活污水处理系统，处理达标后排海。本项目生产过程中产生的生产垃圾和除食品废弃物之外的生活垃圾禁止排海，将集中装箱运回陆地，交由有资质的单位进行回收利用或处置。



e. 现场管理中的清洁生产控制

在本项目正常生产过程中，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：

- 本项目产生的污染物的排放均按国家有关规定填写登记表。
- 定期对生产设备、探测报警及应急关断等设备进行检查维护。
- 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。
- 定期定时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。

8.2 清洁生产评价

8.2.1 清洁生产指标

根据国家发展和改革委员会、工业和信息化部于 2009 年联合发布的《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》，对陆丰油田群区域开发项目清洁生产指标进行定量和定性评价。《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》依据综合评价所得分值将企业清洁生产水平等级划分为两级，即代表国内先进水平的“清洁生产先进企业”，和代表国内一般水平的“清洁生产企业”。

石油和天然气开采业建设项目清洁生产分析指标主要包括生产技术特征指标、资源能源消耗指标、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作业的清洁生产指标分别见表 8.3-1 和表 8.3-2。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， $P \geq 90$ 为清洁生产先进企业， $75 \leq P < 90$ 为清洁生产企业。由表 8.3-1 和表 8.3-2 可知，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，陆丰油田群区域开发项目的钻井作业的清洁生产综合评价指数为 96，采油作业的清洁生产综合评价指数为 95，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”。

8.2.2 清洁生产结论和建议

本项目针对项目区油气藏资源特点，从工艺技术、管道路由选择、原料选用、资源利用、防腐、污染物处理措施和生产运营管理控制等方面均符合清洁生产原则，最大限度的降低对周围生态环境的破坏、污染物排放。本项目通过采用先进的钻井、集输、油气处理等工艺保证生产运营安全，项目达到清洁生产先进水平。

建议本项目建设单位在实际施工和运营过程中加强作业人员的宣传教育和培训，提高作业人员的清洁生产意识，保证本项目的清洁生产工艺均落到实处。



表 8.3-1 清洁生产指标及本项目清洁生产执行情况（钻井作业）

定量指标*						本项目钻井作业评价		
一级指标	权重值	二级指标	单位	权重值 (修正 值 K_i)	评价基准 值 (S_{oi})	本项目实 际值 (S_{xi})	单项评价 指数 (S_i)	定量评价指 标的考核总 分值 (P_1)
(1) 资源与能源消耗指标	30	占地面积	m ²	15	符合行业 标准要求	符合行业 标准要求	1	93.25
		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	100	1	
(4) 污染物产生指标	35	石油类	mg/L	10	≤15	≤15	1	
		COD	mg/L	10	≤500	≤500	1	
		废弃钻井液	m ³ /100m 标准 进尺	15	≤10	≤22	0.45	
定性指标*						本项目钻井作业评价		
一级指标	权重值	二级指标			指标分值	本项目实 际值 (F_i)	定性评价指标的考核总 分值 (P_2)	
(1) 资源与能源消耗指标	15	钻井液毒性	可生物降解或无毒钻 井液		15	15	100	
(2) 生产技术特征指标	30	钻井设备	国内领先		5	5		
		压力平衡技术	具备欠平衡技术		5	5		
		钻井液收集设施	配有收集设施, 且使 钻井液不落地		5	5		
		固控设备	配备振动筛、除气 器、除泥器、除砂 器、离心机等固控设 备		5	5		
		井控措施	具备		5	5		
		有无防噪措施	有		5	5		
(3) 环境管理体系建设	35	建立 HSE 管理体系			20	20		
		制订节能减排工作计划			15	15		
(4) 贯彻执行环境保护法规的符合性	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) : $P=0.6P_1+0.4P_2$; 其中

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

P=96

清洁生产等级评定: $P \geq 90$ (清洁生产先进企业); $75 \leq P < 90$ (清洁生产企业)

本项目钻井作业评定为: 清洁生产先进企业 ($P \geq 90$)

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 S_{xi} 和评价基准值 S_{oi} 进行单项评价指数计算: 对指标数值越高(大)越符合清洁生产要求的指标, 单项评价指数 (S_i) 计算公式为 $S_i=S_{xi}/S_{oi}$; 对于指标数值越低(小)越符合清洁生产要求的指标, 单项评价指数 (S_i) 计算公式为 $S_i=S_{oi}/S_{xi}$ 。定量评价考核总分值的计

算公 $P_1 = \sum_{i=1}^n S_i \times K_i$; 定性评价指标的考核总分值的计算公式 $P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$; 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 8.3-2 清洁生产评价指标及本项目清洁生产执行情况 (采油作业)

定量指标						本项目采油作业评价		
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	49.81	1	91.7
(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	≥ 10	0.17	
		油井伴生气外排率	%	10	≤ 20	≤ 20	1	
定性指标						本项目采油作业评价		
一级指标	权重值	二级指标		指标分值	本项目实际值 (F_i)	定性评价指标的考核总分值 (P_2)		
(1) 生产技术特征指标	45	井筒质量	井筒设施完好	5	5	100		
		采油	套管气回收装置	10	10			
			防止落地原油产生措施	10	10			



		采油方式	采油方式经过综合评价确定	10	10
		集输流程	全密闭流程,并具有轻烃回收装置	10	10
(2) 环境管理体系建设	35	建立 HSE 管理体系并通过认证		20	20
		制订节能减排工作计划		15	15
(3) 贯彻执行环境保护法规的符合性	20	建设项目环保“三同时”制度执行情况		5	5
		建设项目环境影响评价制度执行情况		10	10
		污染物排放总量控制与减排指标完成情况		5	5
本项目清洁生产综合评价指数 (P): $P=0.6P_1+0.4P_2$; 其中				$P_1 = \sum_{i=1}^n S_i \times K_i; P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$	
清洁生产等级评定: $P \geq 90$ (清洁生产先进企业); $75 \leq P < 90$ (清洁生产企业)				本项目采油作业评定为: 清洁生产先进企业 ($P \geq 90$)	

8.3 污染物排放与总量控制

8.3.1 受控污染物筛选

陆丰油田群区域开发项目位于南海北部海域的珠江口盆地,水深约 286m,距香港约 256km。本项目生产过程中产生的生产水分别在新建 LF15-1DPP 平台、LF14-4DPP 平台和现有 LF13-2DPP 平台处理达标后排放,生活污水在新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台处理达标后排放,生产垃圾和生活垃圾运回陆地处理。因此,选择含油生产水中所含的主要污染物石油类和生活污水中所含的主要污染物质 COD 作为海上总量控制的受控污染物。

8.3.2 排污混合区分析

8.3.2.1 新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台

陆丰油田群区域开发项目投产后,所产生的含油生产水分别在新建 LF15-1DPP 平台、LF14-4DPP 平台和现有 LF13-2DPP 平台排放。新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台设置生活污水处理装置,生活污水处理达标后的生活污水排海。根据环境影响预测结果,新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台生产水排放造成的超标水域离平台排放口最远距离分别为 0.75km 和 0.35 km。新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台生活污水排放造成的 COD 超一类海水水质的最大影响距离均在 50m 以内。



因此，新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台排污混合区范围分别为以 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台排放口为中心 0.8 km 和 0.4km 半径以内的海域。

8.3.2.2 现有 LF13-2DPP 平台

本项目投产后，部分含油生产水进入现有 LF13-2DPP 平台处理，汇合后的总水量最大为 $27537\text{m}^3/\text{d}$ ，未超出《陆丰 13-2 油田开发调整工程环境影响报告书(报批稿)》中含油生产水环境影响预测源强 $30000\text{m}^3/\text{d}$ (含油浓度 $45\text{mg}/\text{L}$)。因此，本报告未对 LF13-2 DPP 平台含油生产水排放影响重新进行预测。根据已批复的环评报告书中对 LF13-2DPP 平台所排放的含油生产水的预测结果，本项目投产后，LF13-2DPP 平台所排放的含油生产水超一类水质最大距离小于已批复的《陆丰 13-2 油田开发调整工程环境影响报告书（报批稿）》（国海环字[2010]386 号）中批准的排污混合区，即“陆丰 13-2 油田排污混合区范围为以 LF13-2 DPP 平台排放口为中心 1.2 km 半径以内的海域”。

因此，本项目投产后，维持陆丰 13-2 油田排污混合区范围不变，即陆丰 13-2 油田排污混合区范围为以 LF13-2 DPP 平台排放口为中心 1.2 km 半径以内的海域。

8.3.3 污染物排放控制方案与建议

8.3.3.1 含油生产水和石油类总量控制指标建议

a. 新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台

根据第二篇生产预测数据，本项目投产后，新建 LF15-1DPP 平台和新建 LF14-4DPP 平台生产水最大日排放量分别为 $20307\text{m}^3/\text{d}$ 和 $10618\text{m}^3/\text{d}$ ，石油类排放浓度限值为 $45\text{mg}/\text{L}$ ，根据 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台的生产作业时间，建议本项目新建 LF15-1DPP 平台生产水的总量控制指标为 $670.1 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ ，石油类排放量控制指标为 $301.6\text{t}/\text{a}$ ；新建 LF14-4DPP 平台生产水的总量控制指标为 $329.2 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ ，石油类排放量控制指标为 $148.1\text{t}/\text{a}$ 。

b. 现有 LF13-2DPP 平台

根据已批复的《陆丰 7-2 油田油田开发工程环境影响报告书》（国海环字[2012]664 号），LF13-2DPP 平台总量控制指标为：生产水年排放总量为



830×10⁴m³/a (26711m³/d)，石油类排放量为 373.5t/a。

本项目投产后，部分含油生产水进入 LF13-2DPP 平台，经校核，LF13-2DPP 平台生产水最大日排放量为 27537m³/d。已超过《陆丰 7-2 油田油田开发工程环境影响报告书》（国海环字[2012]664 号）批复的总量指标。

因此，陆丰油田群区域开发项目投产后，LF13-2DPP 平台生产水总量控制指标建议调整为：生产水年排放总量为 853.7×10⁴m³/a，石油类排放量为 384.2t/a。

8.3.3.2 生活污水和 COD 总量控制指标建议

新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台每年产生的生活污水量为 22995m³ 和 22995m³，经平台新建的生活污水处理装置处理达标后排海（COD≤500mg/L）。因此，建议 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台生活污水的总量控制指标均为 22995m³/a，其中 COD 排放量控制指标均为 11.5t/a。

本项目投产后，总量控制指标建议如表 8.3-1 所示。

表 8.3-1 总量控制指标建议

性质	平台名称	生产水最大排放量	石油类排放量	生活污水排放量	COD 排放量
新建设施	LF14-4DPP	329.2×10 ⁴ m ³ /a (10618m ³ /d)	148.1t/a	22995 m ³ /a	11.5t/a
	LF15-1DPP	670.1×10 ⁴ m ³ /a (20307m ³ /d)	301.6t/a	22995 m ³ /a	11.5t/a
依托设施	LF13-2DPP	853.7×10 ⁴ m ³ /a (27537m ³ /d)	384.2t/a	8525 m ³ /a*	4.3 t/a*

注：“*” LF13-2DPP 生活污水总量控制指标维持《陆丰 13-2 油田调整开发工程环境影响报告书》（国海环字[2010]386 号）中已批复的生活污水总量控制指标。



9 环境保护对策措施及其合理性分析

本节主要对陆丰油田群区域开发项目在建设阶段和生产阶段正常生产作业情况下的环境保护对策措施进行分析；环境风险事故防范措施在“第七篇环境风险分析与评价”中详细说明。

9.1 建设阶段环境保护对策措施

陆丰油田群区域开发项目建设阶段产生的污染物主要包括钻井液和钻屑、铺设海底管道/电缆时挖沟埋设掀起的悬浮沙、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等。建设单位拟采取有效的污染防治措施，以使上述污染物的处理/处置符合国家、地方法规和标准的要求。

9.1.1 钻井液和钻屑

9.1.1.1 钻井液和钻屑的处置

本项目采用模块钻机和钻井船进行钻完井作业；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油基钻井液。平台和钻井船设有钻井液循环处理系统。

水基钻井液循环系统的主要工艺流程（见图 9.1-1）：从钻机井口返出的钻井液和钻屑通过平台和钻井船上设置的振动筛、除砂器、除泥器和离心机等设备进行分离处理后，分离出的钻井液返回钻井液/泥浆池后循环使用，分离出的钻屑送钻屑罐储存，经检测达标后排海，若检测不达标运回陆地交由有资质单位处理。

油基钻井液循环系统的主要工艺流程（见图 9.1-2）：从钻机井口返出的钻井液和钻屑通过平台和钻井船上设置的振动筛进行固液分离，分离后的油基钻井液进入沉沙池，含油钻屑经螺旋输送机送至钻屑甩干机进行分离，分离后的钻屑经检测含油量合格后排放，若检测不合格，送深度固控设备进一步处理。甩干机分离后液相与沉沙池油基钻井液使用离心机高速分离，分离后的液相再回到泥浆池循环使用，分离后的含油钻屑再经过深度固控设备处理后经检测含油量合格后排放。

钻井结束后，非钻井油层水基钻井液钻屑间断排放，非钻井油层水基钻井

液循环利用，在批钻完成后一次性排海；钻井油层水基钻井液、钻井油层水基钻井液钻屑检测达标后经海区主管部门同意后排海；不能满足排放要求的水基钻井液和钻屑以及油基钻井液经收集后运回陆地处理，不排海。

运输不能满足排放要求的水基钻井液和钻屑以及油基钻井液的船舶在运输过程应满足《船舶载运危险货物安全监督管理规定》中相关要求，全程采取密闭措施，防止运输过程发生逸散和泄漏等情况。

钻井过程中向海中排放的钻井液和钻屑，其生物毒性容许值达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》(GB18420.1-2009)标准中二级标准的要求，即钻井液的生物毒性容许值不低于 20000mg/L。同时，向海中排放的钻井液和钻屑中的含油量和重金属含量还应符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008)三级排放标准(含油量 $\leq 8\%$ ，重晶石中最大值： $Hg \leq 1mg/kg$ 、 $Cd \leq 3mg/kg$)的要求。

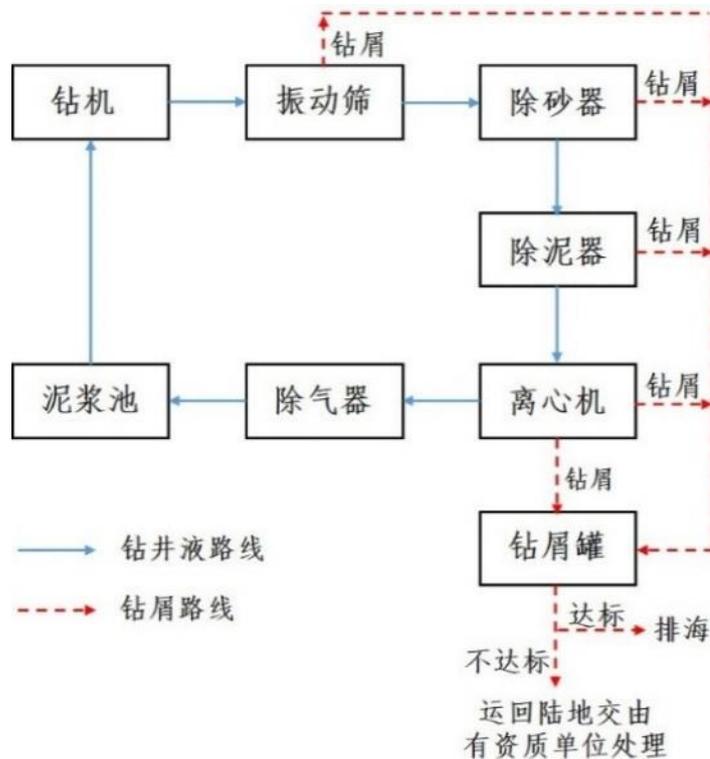


图 9.1-1 水基钻井液和钻屑循环路线工艺流程

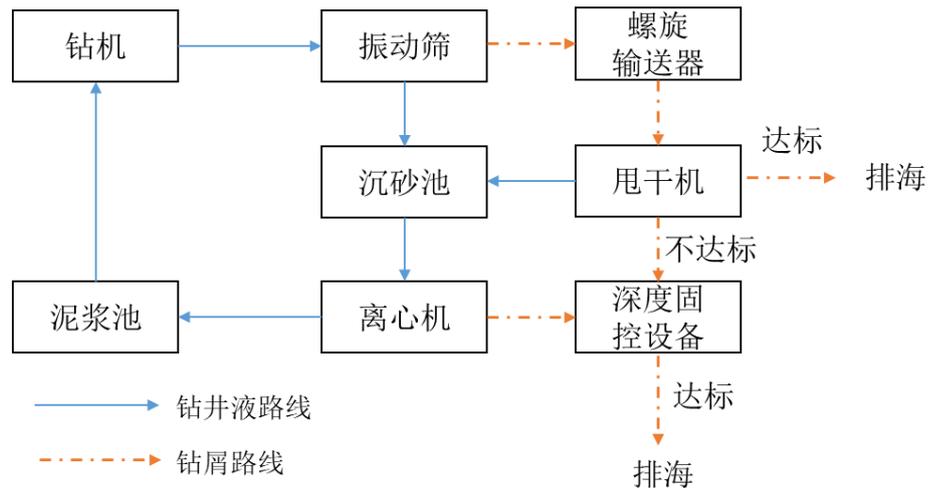


图 9.1-2 油基钻井液和钻屑循环路线工艺流程

9.1.1.2 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湛江市绿城环保再生资源有限公司进行处理，相关合同和单位资质见附件。

根据以往附近海域钻井作业产生的钻井油层钻井液和钻井油层钻屑的含油量/Hg/Gd 检测分析结果得知，均满足该海域达标排放要求。本项目钻井作业工期按 3 年计算，陆丰油田群区域开发项目建设阶段可能产生的超标油基钻井液钻屑和油基钻井液最大量约为 1300t/a，湛江市绿城环保再生资源有限公司的总处理能力为 19000t/a，能够满足本项目建设阶段可能含油量超标的油基钻井液和油基钻井液钻屑的处理要求。依托处理可行性分析见表 9.1-1。

表 9.1-1 湛江市绿城环保再生资源有限公司依托处理可行性分析表

污染物名称	总产生量 (m ³)	年产生量 (t/a)	总处理能力 (t/a)	处理是否可行
油基钻井液钻屑	1207	628	19000	是
油基钻井液	1832	672		

注：钻井液密度按 1.10g/cm³（即为 1.10t/m³）计算；钻屑密度按 2.5g/cm³（即为 2.5t/m³）计算；钻屑堆体积换算成实际体积来计算质量。



9.1.2 悬浮沙

本项目在海底管道和电缆铺设过程中，将采用先进的施工技术方案，尽量减轻或避免铺管施工作业对海洋生物资源和海洋生态环境的影响。海底管道和电缆铺设时将尽量缩短海上铺设作业时间，以减缓铺设作业对附近海域海洋渔业资源和生态环境的影响。

9.1.3 船舶污染物

本项目建设阶段需动用钻井船、浮托驳船、铺管船、拖轮和供应船等各类施工作业船舶，各类作业船舶应采用符合《国内航行海船法定检验技术规则》（2020）的要求并获得相应的国内航行海船法定证书的作业船舶。在排放控制区（包括沿海控制区和内河控制区）内航行、停泊、作业的船舶，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）》和《珠三角、长三角、环渤海（京津冀）水域船舶排放控制区实施方案》的要求，使用满足要求的船用燃油、氮氧化物排放满足限制要求。

建设阶段作业船舶其间将产生一定量的船舶污染物，包括船舶含油污水、船舶垃圾等。船舶污染物的排放与处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、《73/78 防污公约》等相关要求。船舶产生的污染物在接收、转运过程中应严格按照相关要求和规定开展，采取分类、密闭等措施。含油危险固体废物由工作船运回陆地交由有资质的单位处理，运输过程应满足《船舶载运危险货物安全监督管理规定》中相关要求，全程采取密闭措施，防止运输过程发生逸散和泄漏等情况。

海上建设阶段船舶污染物的污染防治措施具体详见表 9.1-2。

表 9.1-2 海上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	机器处所油污水	执行石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ，或收集并排入接收设施。	排放应在船舶航行中进行
船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以内（含）的海域产生	a) 利用船载收集装置，排入接收设施； b) 利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放：（1）在 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $\text{BOD}_5 \leq 50\text{mg/L}$ ， $\text{SS} \leq 150\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 2500 个/L；	污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口



内容	项目	控制要求	备注
	的船舶生活污水	(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, $BOD_5 \leq 25\text{mg/L}$, $SS \leq 35\text{mg/L}$, 耐热大肠菌群 ≤ 1000 个/L, $COD_{Cr} \leq 125\text{mg/L}$, pH: 6~8.5, 总氯 (总余氯) $< 0.5\text{mg/L}$ 。	
	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
船舶垃圾排放	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。	/

9.1.4 生产垃圾

海上建设阶段将产生一定量的生产垃圾, 如废钢材、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, 分类装箱运回陆地交给有资质的单位进行处理。

9.2 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含油生产水、生活污水、生活垃圾、其它含油污水、生产垃圾和船舶污染物等。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。

9.2.1 含油生产水

9.2.1.1 含油生产水处理流程

本项目产生的含油生产水在 LF15-1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台生产水处理系统进行处理。

LF15-1DPP 平台的生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”的二级处理流程 (见图 9.2-1)。从生产分离器分离出的生产水依次进入水力

旋流器和聚结脱气除油罐，处理后的生产水部分进入注水系统进一步处理后回注地层，部分达标排海（含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ）。水力旋流器和聚结脱气除油罐分离出的污油进入污油罐，由污油泵打回闭式排放系统。

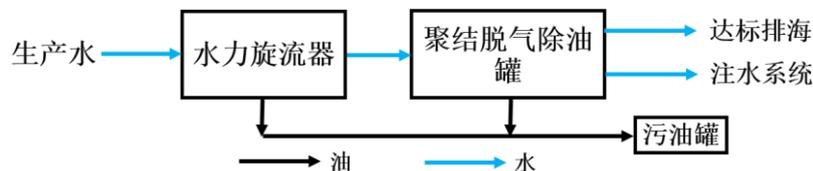


图 9.2-1 LF15-1DPP 平台生产水处理系统工艺流程示意图

LF14-4DPP 平台生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”的二级处理流程（见图 9.2-2）。从生产分离器分离出的生产水依次进入水力旋流器和聚结脱气除油罐，处理后达标排海（含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ）。水力旋流器和聚结脱气除油罐分离出的污油进入污油罐，由污油泵打回闭式排放系统。

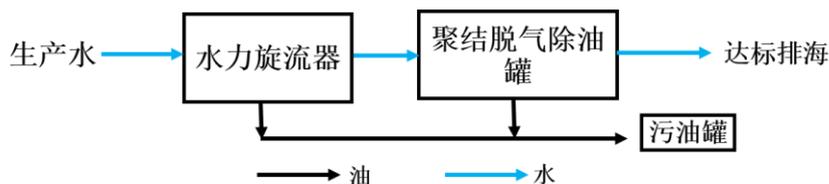


图 9.2-2 LF14-4DPP 平台生产水处理系统工艺流程示意图

LF13-2DPP 平台采用“生产水沉降罐+水力旋流器”的处理流程来处理平台上的生产水，处理合格（即含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后进入开排沉箱缓冲后排海。从沉降罐和水力旋流器分离出的污油汇集到污油罐，再通过污油泵打回生产分离器。LF13-2DPP 平台生产水处理工艺流程见图 9.2-3。

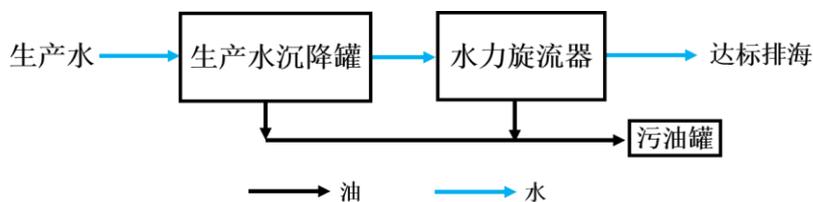


图 9.2-3 LF13-2DPP 平台生产水处理系统工艺流程示意图

9.2.1.2 含油生产水处理能力可行性分析

经校核，本项目投产后，LF15-1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台接收处理的最大水量均小于各自生产水处理系统的设计处理能力。因此，LF15-



1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台生产水处理系统的处理能力完全满足处理要求。

表 9.2-1 含油生产水处理能力可行性分析表

平台名称	最大生产水处理量 (m ³ /d)	生产水处理系统的处 理能力 (m ³ /d)	是否满足处理要求
LF15-1DPP	24680	26640	是
LF14-4DPP	10618	10800	是
LF13-2DPP	27537	33600	是

9.2.1.3 含油生产水处理效果分析

本项目所产油气水经分离后产生的原油属轻质原油，密度较低（0.821g/cm³~0.867g/cm³），比较有利于油水的分离。LF15-1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台设置的生产水处理系统可确保经处理后的含油生产水含油浓度不超过 45mg/L，能够满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级排放标准的要求。

9.2.1.4 新建平台含油生产水回注可行性分析

本项目新建 LF15-1DPP 平台设有 3 口注水井，注水水源采用平台处理后的生产水。LF15-1DPP 平台处理生产水量（包括 LF15-1 和 LF22-1 产水量）大于注水量，生产水处理系统处理后的生产水部分进入注水系统作为注水水源，剩余部分达标排海。LF15-1 DPP 平台注水系统采用“核桃壳过滤器+双介质过滤器+陶瓷膜过滤器”的处理流程，处理后的水质满足注水水质标准。

LF14-4DPP 平台设有 6 口注水井，由于生产水存在与地层不配伍，结垢严重的趋势，因此采用平台处理后的海水作为注水水源。海水经提升泵输送至平台，经过“海水粗过滤器+海水细过滤器+超滤膜过滤器+纳滤膜过滤器+脱气膜过滤器”流程处理后，水质满足注水水质标准。

本项目新建 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台的注水系统采用工艺流程见第二篇图 2.6-3 和图 2.6-8。本项目水量平衡表第二篇 2.10.1 节。注水指标要求见下表。



表 9.2-2 本项目新建 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台注水指标要求

新建平台名称	注水水质指标
LF15-1DPP	含油量 $\leq 6\text{mg/L}$; 悬浮固体含量 $\leq 2\text{mg/L}$; 悬浮物颗粒直径中值 $\leq 1.5\mu\text{m}$ 。
LF14-4DPP	

综上所述，本项目投产后含油生产水量及补充海水量能够保证油田群注水水量的需求；且含油生产水和海水分别经 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台处理后，其注水水质能够满足回注地层的需求。

9.2.2 其它含油污水

本项目新建的 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台上设有开/闭式排放系统，用于收集平台甲板冲洗水、初期雨水以及带压流体或其它含油污水。

LF14-4DPP 平台开式排放系统主要包括开排沉箱、开排泵。LF15-1DPP 开式排放系统主要包括开排罐、开式排放输送泵、开排槽和开排槽泵。开排罐主要收集各层甲板的雨水和冲洗水、容器及设备的溢出液。当达到一定的液位时，由开式排放输送泵将含油污水输送至闭式排放罐。LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台开排系统工艺流程详见图 9.2-4 和图 9.2-5。

闭式排放系统主要包括闭式排放罐和闭式排放输送泵。闭式排放系统用于收集平台上来自闭式排放管汇、开式排放泵以及工艺系统中带压容器、管线维修时排放出的带压流体。闭式排放罐所分出的气体进入放空管汇，分出的液相经闭式排放输送泵增压后进入生产流程进行处理。闭式排放罐检修时，罐内的液体去开排系统。LF14-4DPP 平台闭排系统工艺流程详见图 9.2-6；LF15-1DPP 平台闭式排放系统兼做冷放空系统，放空气体主要为氮气，工艺流程详见图 9.2-7。

9.2.3 生活污水

本项目新建的 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台定员均为 100 人，各设置 1 套处理能力为 $75.6\text{m}^3/\text{d}$ 的生活污水处理装置。生产阶段产生的生活污水其主要污染因子为化学需氧量（COD）。生活污水经生活污水处理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，本项目所处海域生活污水排海要求 $\text{COD} \leq 500\text{mg/L}$ ，并且在排海出口设置流量计量装置。

9.2.4 伴生天然气

LF14-4DPP 平台设有火炬系统，来自油气处理系统和闭式排放系统的少量伴生气经火炬系统管汇进入火炬分液罐，经过分液后的气体进入火炬头燃烧，分出的液体通过自流进入闭式排放罐。LF14-4DPP 平台火炬系统工艺流程详见图 9.2-8。火炬燃烧产生的主要污染物包括氮氧化物等，经火炬系统排放到大气中。

9.2.5 发电机废气

LF14-4DPP 平台设置主电站，包括 3 台原油发电机和 1 台天然气透平发电机，为 LF14-4DPP、LF15-1DPP 平台和 LF22-1 水下生产系统供电。原油发电机产生的主要污染物为二氧化硫和氮氧化物，燃气透平发电机发电产生的主要污染物为氮氧化物，其排放方式是经排烟管排放到大气中。

9.2.6 船舶污染物

正常生产阶段作业船舶产生的船舶污染物（包括船舶含油污水、船舶生活污水和船舶垃圾）等的控制与治理方案同海上建设阶段（见第 9.1.3 节）。

9.2.7 生活垃圾和生产垃圾

本项目对生产过程中产生的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集中装箱运回陆地，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的要求进行回收利用或处置。本项目建设单位已与湛江市绿城环保再生资源有限公司签订了危险废物处理合同，合同号：CCL2019SZPS0530，相关资质证书和合同文件见附件。

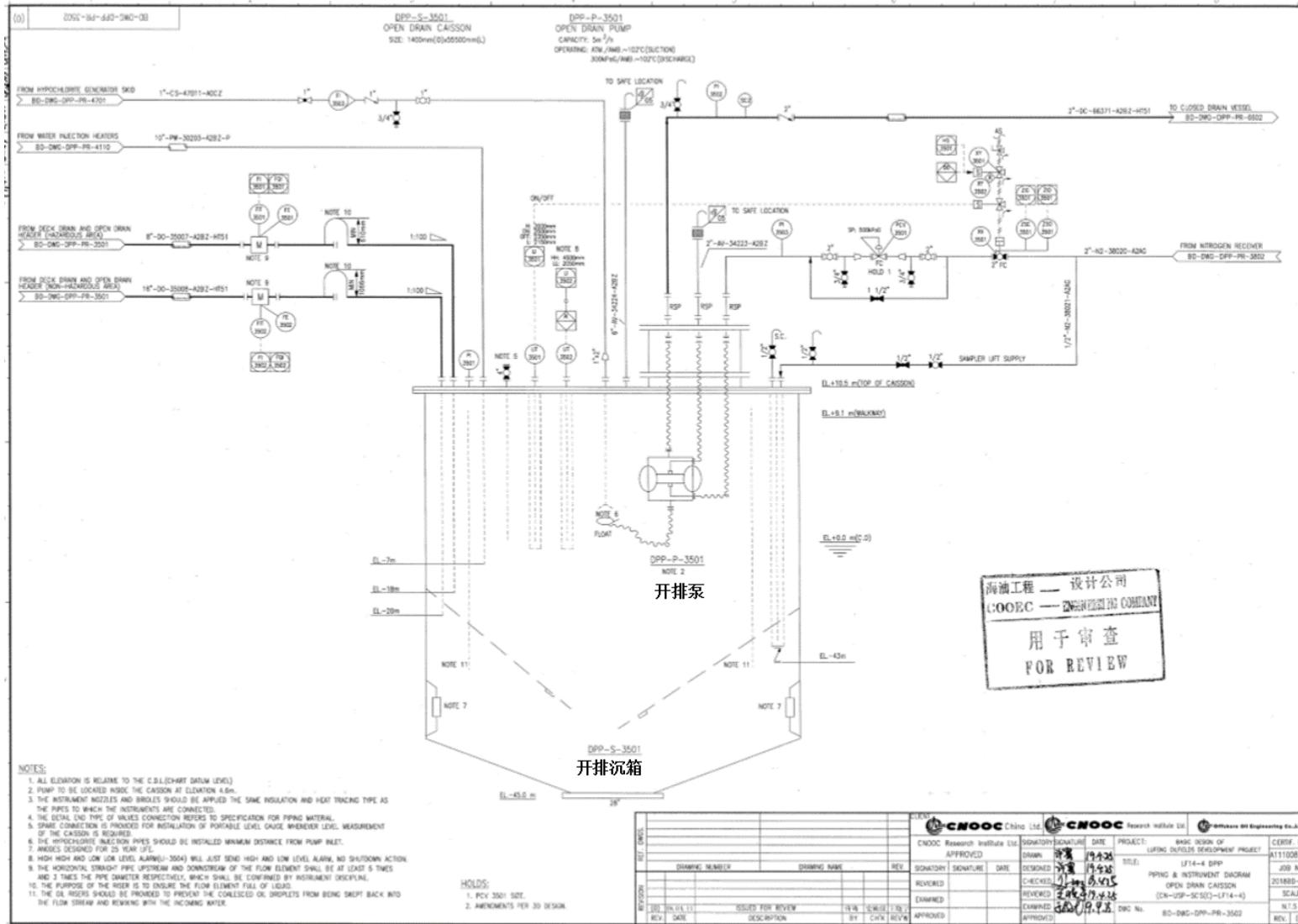


图 9.2-4 LF14-4DPP 平台开式排放系统

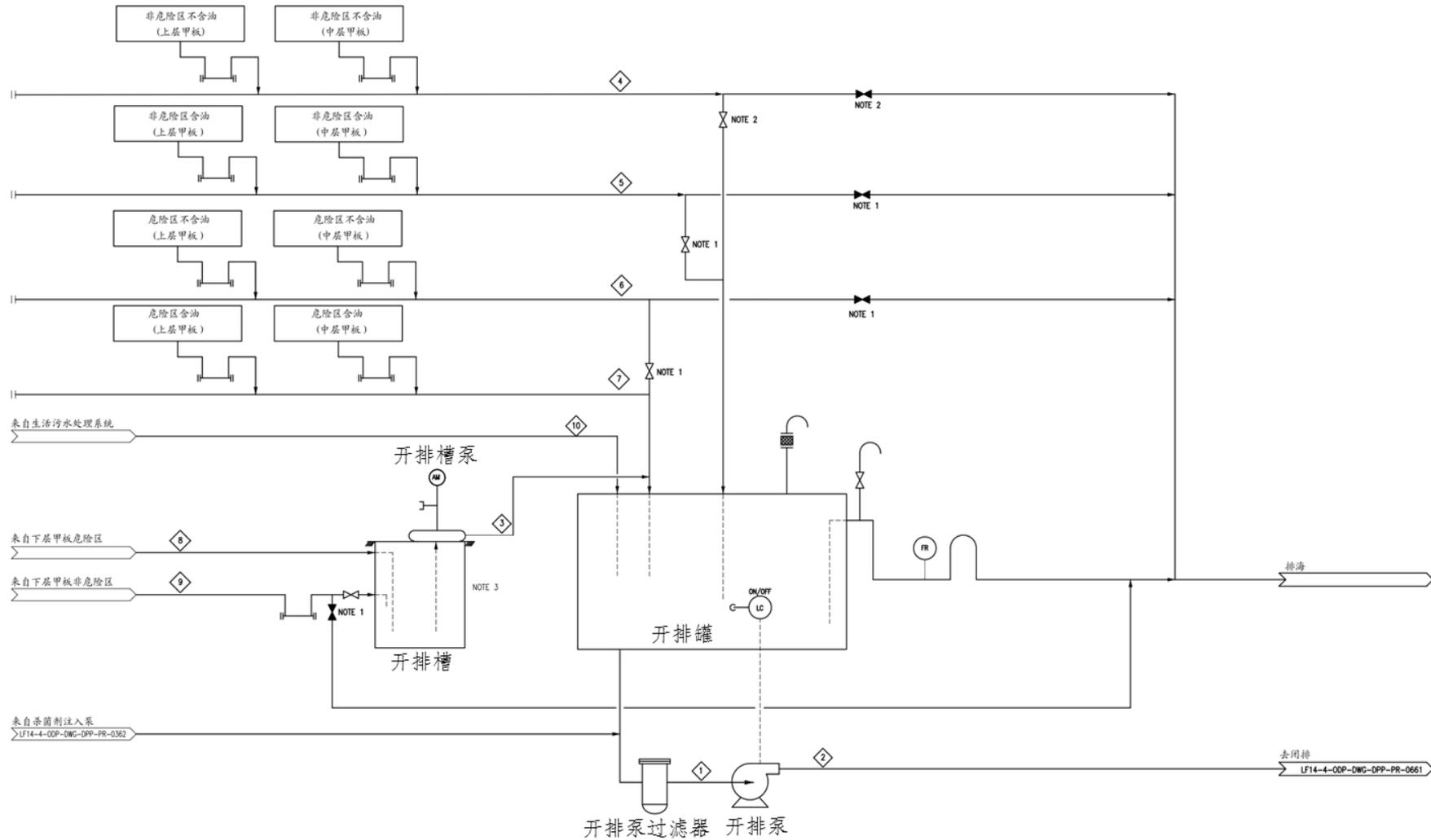


图 9.2-5 LF15-1DPP 平台开式排放系统

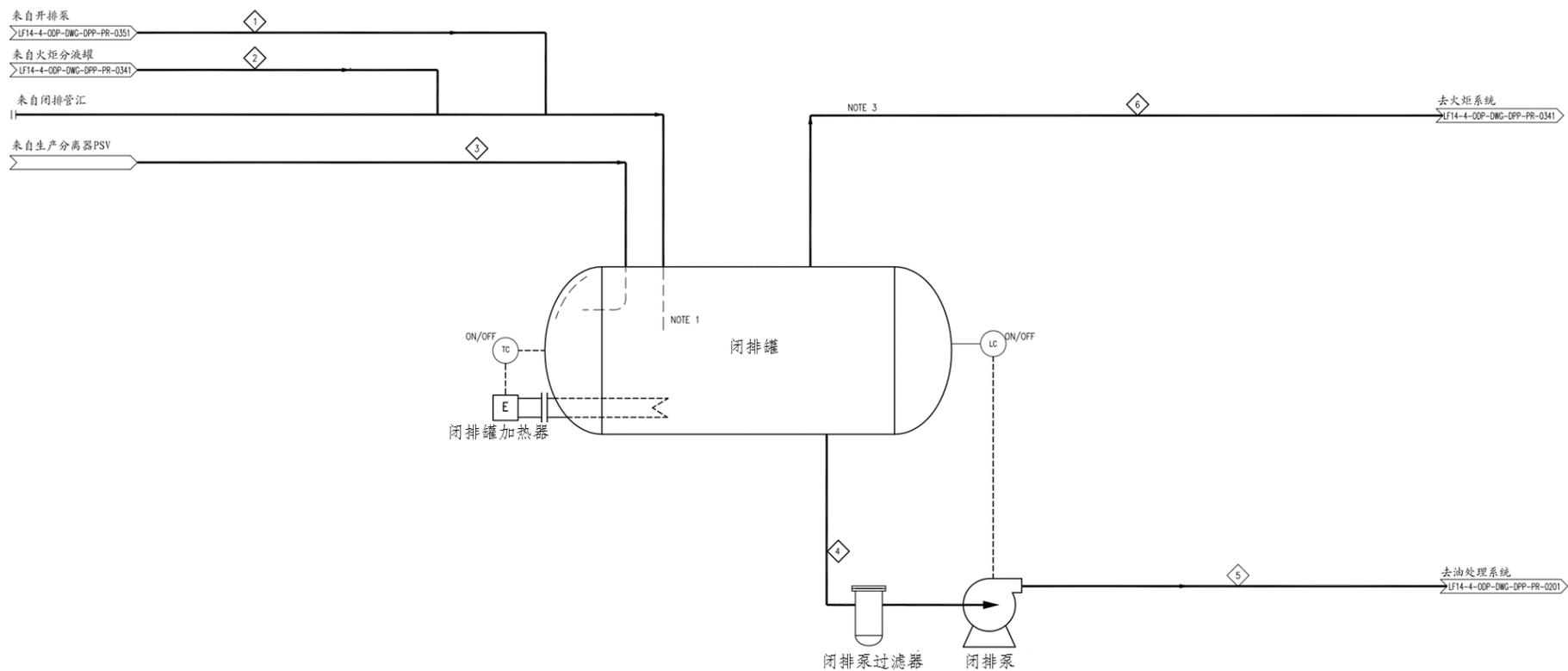


图 9.2-6 LF14-4DPP 平台闭式排放系统

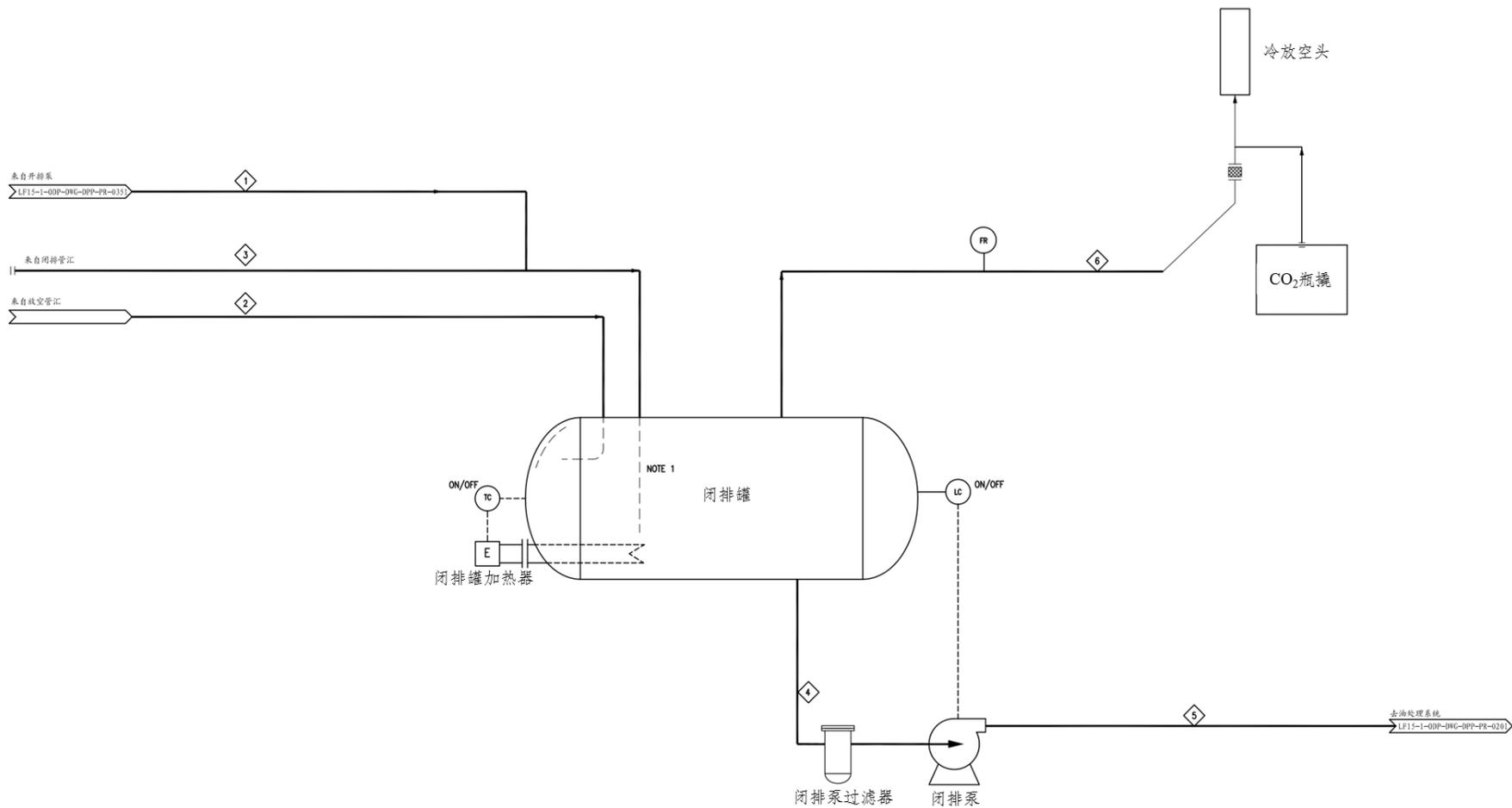


图 9.2-7 LF15-1DPP 平台闭排兼冷放空系统

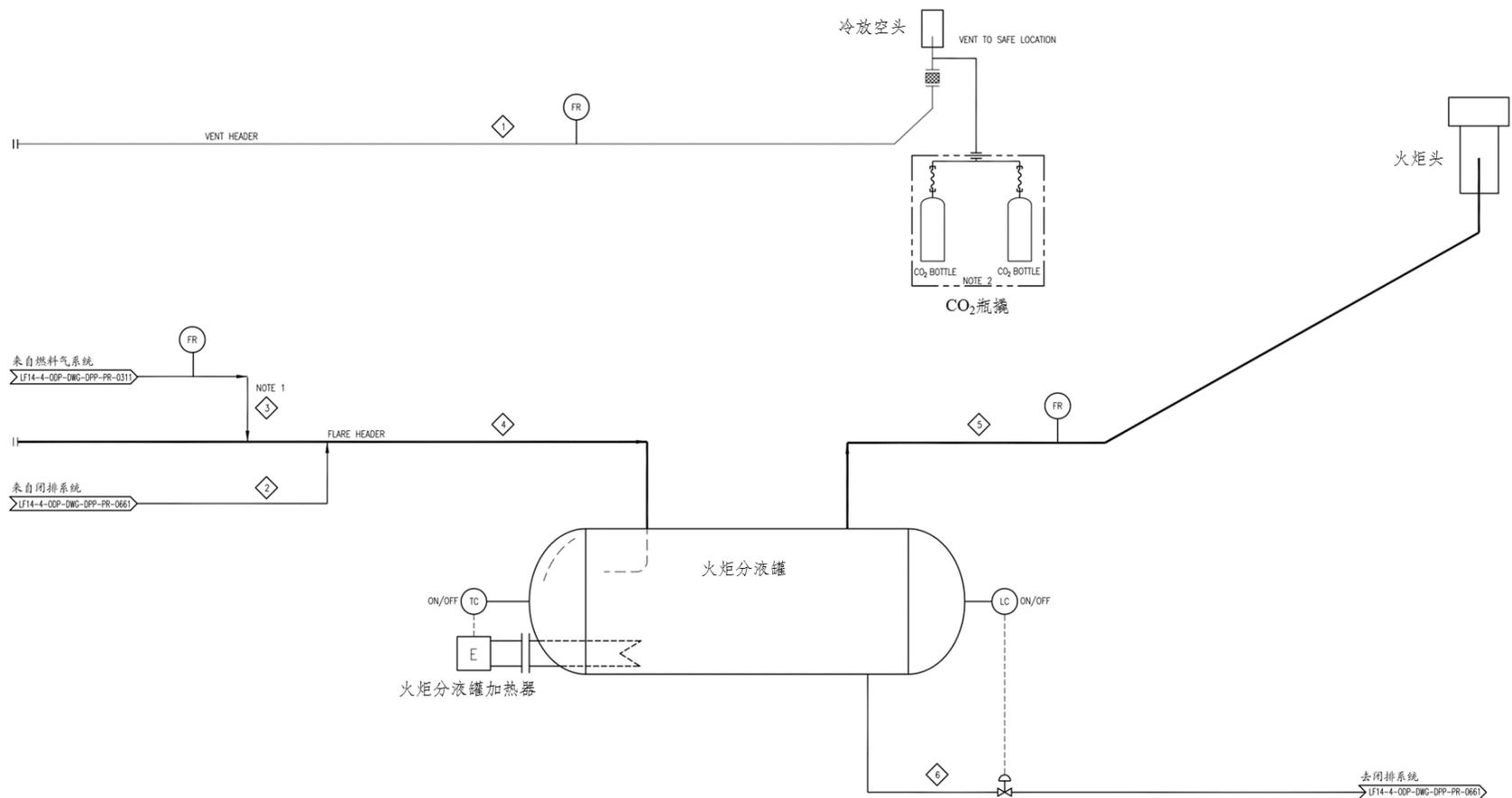


图 9.2-8 LF14-4DPP 平台火炬系统



9.3 海洋生态保护对策与生态文明建设

2015年7月，国家海洋局印发了《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案》（2015-2020年）（以下称《实施方案》），要求各单位把落实《实施方案》当作“十三五”期间海洋事业发展的重要基础性工作抓实抓牢，将海洋生态文明建设贯穿于海洋事业发展的全过程和各方面，推动海洋生态文明建设上水平、见实效。为此，本项目在实施过程中积极落实《实施方案》相关要求。

9.3.1 海洋生态保护对策

9.3.1.1 保护措施

本项目新建 LF14-4DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，距鲈鱼产卵场最近距离约 2.1km，距蓝圆鲈产卵场最近距离约 9km，LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台和 LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底管道位于深水金线鱼产卵场，LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底管道位于鲈鱼产卵场和蓝圆鲈产卵场。海底管道挖沟作业在海底进行，影响的主要是底层海水水质，深水金线鱼产卵场、鲈鱼产卵场和蓝圆鲈产卵场均为浮性卵，因此，海底管道挖沟作业对深水金线鱼产卵场、鲈鱼产卵场和蓝圆鲈产卵场影响很小，挖沟作业避开产卵盛期的意义不大。

为减轻铺管施工对海洋生态的影响，在建设阶段应严格控制铺设海底管道/电缆挖沟作业的时间，尽量缩短施工作业时间，并优化施工方式，选择对底层生态环境影响小的施工方式。

9.3.1.2 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使用水基钻井液，部分井段采用油基钻井液，通过循环使用减少钻井液的排放量；钻井油层水基钻井液和钻屑收集并处理达标后经主管部门同意后排放，不能满足排放要求的钻井液及钻屑均收集后运回陆地处理。生产阶段含油生产水及生活污水经处理后达标后排海；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）和生产垃圾等均分类收集后，集中装箱运回陆地交有资质的单位处理，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) 本项目含油生产水在 LF15-1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台生产水处理系统处理达标后（石油类含量 45mg/L 以下）部分排海，部分进入 LF15-1DPP 平台注水系统处理达到注水水质标准后（石油类含量 6mg/L 以下）回注地层，污染物排放削减率达 95% 以上。

(3) 本项目施工期和运营期生活污水（COD 含量 2000mg/L）均收集处理，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) 本项目施工期及运营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）和《73/78 防污公约》等相关要求。本项目施工期和运营期船舶含油污水中石油类含量按 500mg/L 考虑，如果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%。

9.3.1.3 施工作业环境保护措施

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，以减轻海底管道/电缆铺设作业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。



9.3.2 海洋生态修复及补偿措施

本项目将设生态修复/补偿资金对项目施工及运营过程中造成的海洋生物资源、海洋生态功能等损害进行补偿，并纳入项目环保投资。专项资金数额将根据损失计算结果进行设置。根据第十篇 10.3.1 节，本项目在建设和生产过程中可能造成的海洋生物资源损失价值约***万元。专项资金将根据项目所在海域实际情况，在相关主管部门的指导下，结合实际需要选择生态修复、补偿等项目进行资助或支持，并按要求开展海洋环境跟踪监测。

9.3.2.1 生态补偿与增殖放流

为落实生态保护措施要求，进行海洋渔业资源恢复、生物多样性保护和生态环境修复。根据《中国水生生物资源养护行动纲要》，**建设单位将根据工程实施进度、环评及批复要求，在渔业主管部门指导下开展渔业资源生态修复工作。**在相关主管部门、专业机构的统一指导下选择合适的时机、适合的海域、合适的增殖放流品种开展增殖放流工作。

通过人工方法科学规范地向海洋天然水域增殖放流鱼、虾、贝的幼体（成体或卵等），增加水域资源量，以增加种群数量，改善和优化水域的渔业资源群落结构，是养护水生生物资源、保护生物多样性、改善水域生态环境和促进渔业可持续发展的一项有效措施。

a. 增殖放流方式和品种选择原则

为保证增殖放流苗种的质量和性价比，整个过程均经过严格规范的政府招投标，在专家严格评选后由具有国家或省级良种场等优良资质的苗种场提供鱼虾贝苗，所有苗种均按水生生物资源保护规定进行认真的检验检疫，确保苗种健康无病害。

渔业资源增殖放流品种选择原则为：1) 本地原种或子一代的苗种或亲体；2) 能大批量人工育苗；3) 选择品质优良品种（属优质经济鱼、虾、贝类）；4) 选择陆丰油田群区域开发项目附近海域自然生态状况中原有的，确需恢复资源种群的品种；5) 禁用影响海洋渔业资源品种，禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

根据以上原则，本项目可选定的增殖放流种类有真鲷、黄鳍鲷和黑鲷等重



要经济鱼类，斑节对虾、长毛对虾和墨吉对虾等经济虾类。

综合考虑广东沿岸的海洋水质和地理环境，建议放流地点选择在水质环境较好的惠州大亚湾海域。大亚湾海区每年的幼鱼幼虾当年补充群体的高发期为 5-8 月，且该时期处于伏季休渔期，增值放流后幼苗受到的人为干扰（如捕捞活动等）相对较小，因此，建议放流时间于休渔期进行。

本项目将生物资源损失补偿的 70% 用于增殖放流，建议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。

根据《农业部关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发〔2016〕11 号），南海区适宜增殖放流的鱼类品种不包括深水金线鱼，加之目前未有深水金线鱼繁殖和育苗成功的报道，因此不考虑通过放流深水金线鱼的方式进行资源补偿。另外，本项目所在海域水位较深（286 米），不适合进行人工增殖放流，应采用异地补偿的方式进行，建议采用适宜南海区的放流品种（如黑鲷、真鲷等种类）在沿岸进行增殖放流。

b. 增殖放流实施方案

渔业资源增殖放流实施方案见图 9.3-1。通过开展渔业资源增殖放流、修复效果跟踪和评估，进行海洋渔业资源恢复、生物多样性保护和生态环境修复。

c. 资源修复跟踪监测

为监测项目环境、资源修复实施效果，对修复海域海洋生物和渔业资源的变动情况进行跟踪监测，以评估增殖放流的实施效果。委托有资质的单位或院校对增殖放流及周边海域渔船进行捕捞生产动态监测和放流种类渔获量监测，并派出专人按季度对增殖放流海域周边渔港渔船进行渔获产量抽样调查并进行采样，采用生物分子分析技术检验放流效果；对虾类增殖放流效果监测采用生物分子分析技术进行尝试性研究。综合各种监测结果，多方面分析和印证渔业资源修复效果进行跟踪评估。

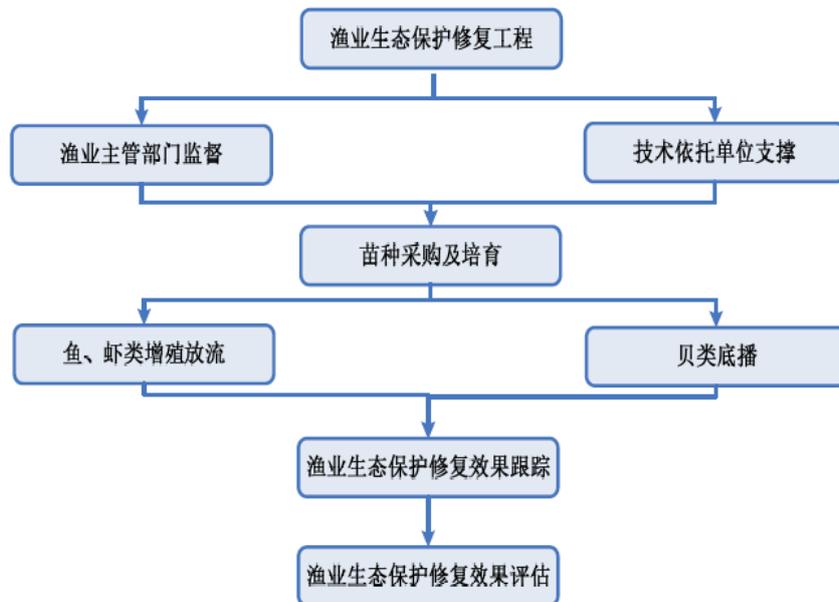


图 9.3-1 渔业资源增殖放流实施方案

d. 生态效益

通过鱼类、虾蟹类和贝类的增殖放流，一方面补充和恢复了水生生物资源群体，改善种群结构，维护海洋生物多样性；另一方面，随着放流海域渔业资源的恢复，海洋生态系统服务功能加强，海洋生物环境改善，对加强增殖放流海域周边海洋环境及渔业资源保护，保证海域生态环境和水生生物资源可持续利用，实现渔业健康、稳定和持续发展有着重要意义，生态效益显著。

9.3.2.2 海洋生态保护科研教育支持

鉴于项目所在地的生态环境敏感性，建议建设单位积极支持海洋生态环境保护的相关基础科学研究，包括海洋生态系统研究、海洋生态功能研究、海洋生态多样性研究、海洋生态环境调查等基础科研课题与工作，从基础科研角度对海洋生态环境进行保护。

近年来，广东省大力发展海洋生态文明建设：2016年11月24日广东省与国家海洋局签署《关于进一步深化合作共同推动广东海洋强省建设的框架协议》，协议要求在“十三五”期间，双方将充分发挥广东海洋经济优势在“一带一路”建设中的示范引领作用，携手推动广东海洋生态文明建设，大力发展海洋经济，推进海洋科技自主创新，科学管理和利用海洋资源，共同促进南海



保护开发，加强 21 世纪海上丝绸之路和自贸区海洋经济合作，加快广东海洋强省建设步伐。

因此，建议建设单位与当地海洋主管部门沟通，积极参与这些海洋生态文明建设项目。

9.3.2.3 油田服役期满环境恢复措施

油气田服务期满后，将根据当时有关法律法规的要求，对所有井口进行永久性封堵并拆除海上构筑物，对海洋生态环境进行恢复。具体处置方式和程序将事先报经国家海洋主管部门认可。在油气田废弃处置前，建设单位将编制油田废弃计划书并提交给政府主管部门。计划书内容包括油田废弃程序、操作计划、环境影响分析等。海底管道经清洗、封堵后，弃置于海底。海上设施拆除前需对生产设备和管道进行清洗，拆除的工程废料、残油等生产垃圾禁止投入海域，运回陆地处理或回收利用。其他污染物（生活污水、机舱污水、生活垃圾等）的环保措施与海上施工阶段相同。

9.3.3 海洋生态环境监测措施

本项目监测方案包括常规监测、非常规监测方案、竣工验收监测及跟踪监测方案。具体方案如下：

9.3.3.1 建设期监测计划

在本项目施工建设期间，需对钻完井过程中产生的钻井液、钻屑进行监测：在钻井作业期间，监测钻井液、钻屑的生物毒性限值、含油量及重金属含量；作业者负责取样并交给有资质的机构进行钻井液和钻屑生物毒性限值监测。

建设期间应按照相应的采样规范及时送样分析。监测方法按照《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》（GB18420.1-2009）执行。

9.3.3.2 运营期监测计划

在正常生产作业期间，需对下列项目进行监测：



新建 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台外排生产水中含油浓度和生物毒性容许值，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分级》（GB18402.1-2009）和相关政府管理部门的要求执行。

新建 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台生活污水中的化学需氧量（COD）值；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）和相关政府管理部门的要求执行。

a 非常规监测

配合政府部门对防污染设备的检查工作，以及在事故状态下配合有关部门作好对事故的跟踪监测。跟踪监测调查与分析方法按《海洋监测规范》执行。

b 跟踪监测

结合项目实际情况，建议本项目对海水水质、海洋沉积物、生物生态开展跟踪监测。具体站位布设、监测内容等如下：

（1）监测点位布设

根据环境影响预测结果，考虑到海上平台安全作业区距离等因素，建议以 LF15-1DPP 平台为中心，在距离平台 500m 半径范围均匀布设 2 个监测点位，在距离平台 1000m 半径范围均匀布设 4 个监测点位；以 LF14-4DPP 平台为中心，在距离平台 500m 半径范围均匀布设 4 个监测点位，在距离平台 1000m 半径范围均匀布设 2 个监测点位。

（2）监测内容

水质监测包括悬浮物、营养盐（包括无机氮、磷酸盐）、COD、重金属（包括 Cu、Pb、Hg、Cd、Zn、Cr、As）、石油类、硫化物、挥发酚；

沉积物监测包括重金属（包括 Cu、Pb、Hg、Cd、Zn、Cr、As）、石油类、有机碳、硫化物；

生物生态监测包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

环境影响跟踪监测的特征污染物主要为生产运营期间含油生产水中的石油类和生活污水中的 COD。



(3) 监测方法与频次

海洋环境影响跟踪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。

建议本项目海洋环境影响跟踪监测频率为本项目竣工验收(试运行)进行一次监测,投产后3~5年进行一次监测。

(4) 监测机构

海洋环境影响跟踪监测单位必须由具有相应资质的监测单位进行,提交有效的计量认证检测CMA报告,所提供数据应能获得相关行政部门的承认。

9.3.4 溢油防范及应急

本项目新建LF15-1DPP和LF14-4DPP平台将配备有充足的溢油应急设备,发生小型溢油事故时,可立足于作业者装备在海上的溢油应急力量实现自救,所有存放在平台和值班船的溢油应急设备将用来回收溢油。当发生中、大型溢油事故时,可借助外部力量与内部应急力量相结合共同应急。

建设单位中海石油(中国)有限公司深圳分公司针对本项目制定了详细的溢油应急计划,并将在本项目正式投产作业前,上报相关主管部门备案。本项目应急计划需与附近其他油气田应急计划统一考虑,并纳入深圳分公司应急体系中。

本项目在设计阶段、建设阶段以及生产阶段均制定并严格实施溢油事故防范措施,同时针对工程地质油藏特性制定、实施相应的地质性溢油事故风险防范措施,力争最大限度杜绝溢油事故的发生,防范对海洋环境的污染。

9.3.5 海洋生态保护对策小结

陆丰油田群区域开发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、海底管道和海底电缆铺设掀起的悬浮沙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。

为使油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) 本项目在建设阶段应严格控制铺设 LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台和 LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台海底管道挖沟作业的时间，优化施工工艺，以降低和缓解对海洋生态资源的影响程度。

(2) 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。

(3) 建设单位应加强设备管理、严格操作规程、减少人为失误，从根本上将环境风险事故发生概率降到最低，务必将防范事故发生的措施放在首要位置。

(4) 建设单位必须具备控制溢油的有效手段和措施。一旦溢油事故发生，应及时向主管部门通报情况，并立即采取一切措施将溢油控制在最小范围内。若需要采用化学消油剂处理溢油，应事先征得海洋主管部门同意。

(5) 鉴于本项目建设阶段和油田生产过程中将对周围海域的海洋生态造成不可避免的影响，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。

9.4 环境保护对策措施一览表

综上所述，本项目建设阶段与生产阶段的环境保护对策措施见表 9.5-1。

9.5 环保设施“三同时”竣工验收建议

陆丰油田群区域开发项目环保设施“三同时”竣工验收建议见表 9.5-2。



表 9.5-1 本项目环境保护对策措施一览表

环境保护对策措施	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	主要对钻井油层水基钻井液、油基钻井液、钻井油层水基钻井液钻屑和油基钻井液钻屑的处理	本项目含预留井槽共产生钻井液量约 45735m ³ （其中非钻井油层水基钻井液 30566m ³ ，钻井油层水基钻井液 13337m ³ ，油基钻井液 1832m ³ ），钻屑量约 40245m ³ （其中非钻井油层水基钻井液钻屑 34184m ³ ，钻井油层水基钻井液钻屑 4854m ³ ，油基钻井液钻屑 1207m ³ ）	处理达标经主管部门同意后排放；不达标部分运回陆地处理	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台；与钻完井阶段同步	由建设单位负责建设、使用和管理	
含油生产水	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台生产水处理系统	LF15-1DPP 平台生产水处理设计能力为 26640m ³ /d，LF14-4DPP 平台生产水处理设计能力为 10800m ³ /d	经处理达标后部分回注地层，部分排海	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台；与生产设施同步建设，同步投入生产使用		
其它含油污水	开式排放系统	开排罐、开式排放输送泵、开排槽和开排槽泵	开排罐主要收集各层甲板的雨水和冲洗水、容器及设备的溢出水；闭式排放系统用于收集平台上来自闭式排放管汇、开式排放泵以及工艺系统中带压容器、管线维修时排放出的带压流体。			
	闭式排放系统	闭式排放罐和闭式排放输送泵				
伴生天然气	少量伴生天然气经分液后进入火炬系统	LF14-4DPP 平台设置火炬系统	通过火炬系统燃烧放空			
发电机废气	LF14-4DPP 平台设置主电站	LF14-4DPP 平台设置天然气透平发电机组和原油发电机	原油发电机和燃气透平发电机产生的废气经排烟管排放到大气中			
生产垃圾、生活垃圾	分类回收	分类回收箱	生活垃圾中的食品废弃物经粉碎至颗粒直径小于 25mm 后排海，其它生活垃圾和生产垃圾运回陆地交给有资质的单位处理			
生活污水	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台生活污水处理装置	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台生活污水处理能力均为 75.6m ³ /d	经处理达标后（COD 浓度 ≤500mg/L）排海			
船舶污染物	船舶含油污水	船舶处理系统或接收设施与船舶吨位相匹配	执行石油类 ≤15mg/L，排放应在船舶航行中进行；或收集并排入接收设施。			船舶自带处理系统或接收设施
	船舶生活污水和船舶垃圾	参见本篇中的对应的环境保护措施				
生态补偿	人工增殖放流等，其经费应纳入项目环保投资预算	根据本区域开发项目造成的渔业资源损失，应采取适当的生态恢复或补偿措施	达到保护项目周围海域生物多样性和生态资源的目的		南海海域；本项目投产后，在专业单位建议的时间内完成	由建设单位负责落实，委托专业单位完成



表 9.5-2 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	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台 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》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（含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ）排海
生活污水 处理系统	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台 上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
闭式排放系统	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台 上闭式排放系统的配备及运行 情况	收集容器或管线等排放的带压流体进 入闭式排放系统；收集甲板初期雨水 和甲板冲洗水等进入开式排放系统
开式排放系统	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台 上开式排放系统的配备及运行 情况	
生产垃圾处理	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台 上固体废弃物分类和回收设备 的配备及运行情况	平台上需设置生产垃圾箱，海上无固 废排放，均运回陆地处理/处置
溢油应急设备 /物资	LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 平台 溢油应急物资配备情况	LF15-1DPP 配备围油栏及动力装置、 LF14-4DPP 平台配备吸油毡等物资
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。	



10 环境经济损益分析

建设项目环境经济损益分析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，并从环境经济角度对项目建设可行性进行评估，为建设项目的决策提供依据。

10.1 环境保护设备及环保投资估算

环境保护投资主要包括一次性环保设施投资及其相关操作费用和辅助费用。在计算环境保护设施投资费用时，对环境保护设施及其投资按如下原则划分：凡属污染治理和环境保护需要的专用设备、装置、监测仪器等，其资金按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50%、25%的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列于表10.1-1中。由表可知，本项目环境保护投资总额约为*** $\times 10^4$ 元。

表 10.1-1 本项目环保投资（单位： $\times 10^4$ 元）

平台	环境保护设备	总投资额	折合比率	折合环保投资
LF14-4 DPP	生产水处理系统		100%	
	开式排放系统		100%	
	闭式排放系统（兼冷放空）		100%	
	生活污水处理系统		100%	
	注水系统		50%	
	过程控制系统/应急关断系统/ 火气探测系统		50%	
	消防和救生系统		25%	
	溢油应急物资		50%	
	小计		-	
LF15-1 DPP	生产水处理系统		100%	
	开式排放系统		100%	
	闭式排放系统（兼冷放空）		100%	
	生活污水处理系统		100%	
	注水系统		50%	
	过程控制系统/应急关断系统/ 火气探测系统		50%	
	消防和救生系统		25%	
	溢油应急物资		50%	
	小计		-	



平台	环境保护设备	总投资额	折合比率	折合环保投资
	合计	23,157	-	
	海洋生物资源损失补偿			
	海洋生态系统服务功能损失补偿			
	总计			

10.2 环境保护投资比例分析

本项目设施总投资（T）约为***元（不含勘探费、废弃费），环境保护投资（C）为***元。据此，本项目环境保护投资占工程投资的比例（ C_T ）为：

$$C_T = \frac{C_1}{T} = \frac{*** \times 10^4}{*** \times 10^4} \times 100\% = 1.85\%$$

10.3 环境经济损益分析

10.3.1 环境经济损失分析

10.3.1.1 资源能源流失价值

本项目资源和能源的损失，主要是在生产运营期随含油生产水排放而损失的石油类。在采取环境保护措施后，本项目投产后（两个平台和一个水下生产设施）正常生产过程中新增含油生产水总产生量平均为 $969 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，经含油生产水处理系统处理后含油浓度按 45mg/L 计算，则每年随生产水排放而损失的石油类为 436t/a ，生产年限按 20 年计算，原油价格按 3000 元/t，则生产运营期间共造成经济损失***万元。

10.3.1.2 环境影响损失

本项目对海洋生态环境的损害为对海洋生物资源的损害，按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行估算，本项目造成海洋生物资源损失***万元。

根据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）的规定：“一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍”；“持续性生物资源损害的补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年~20 年的，按实际影响年限补偿；



影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。”

本项目钻井液和海底管道电缆及平台附近 PLET 挖沟处理施工对海洋生物资源影响属一次性损害，补偿金额按 3 倍计；钻屑为持续性排放，实际影响年限低于 3 年，补偿年限按 3 年计；生产水排放、平台永久占海造成的生物损害属持续性损害，生产年限按 20 年计算。据此估算本项目海洋生物资源损失补偿如下。

表 10.3-1 海洋生物资源补偿计算结果

	资源类别	损失量	长成率	单价	补偿倍数/年限	补偿金额 (万元)
钻井液	鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)	0.493	1%	1 元/尾	3 倍	
	仔鱼 ($\times 10^6$ 尾)	0.049	5%	1 元/尾		
	幼体 (t)	0.036	100%	1.5 元/尾		
	成体 (t)	0.033	100%	1.5 万元/t		
	小计					
钻屑	鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)	6.213	1%	1 元/尾	3 倍	
	仔鱼 ($\times 10^6$ 尾)	0.613	5%	1 元/尾		
	幼体 (t)	0.448	100%	1.5 元/尾		
	成体 (t)	0.432	100%	1.5 万元/t		
	底栖生物 (t)	0.76	100%	1.5 万元/t		
小计						
海管、 电缆、 平台周 围 PLET 挖沟处 理	鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)	34.131	1%	1 元/尾	3 倍	
	仔鱼 ($\times 10^6$ 尾)	3.368	5%	1 元/尾		
	幼体 (t)	1.231	100%	1.5 元/尾		
	成体 (t)	1.209	100%	1.5 万元/t		
	底栖生物 (t)	9.63	100%	1.5 万元/t		
小计						
平台永 久占海	底栖生物 (kg)	0.0487	100%	1.5 万元/t	20 年	
	小计					
生产水	鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)	3.2737	1%	1 元/尾	20 年	
	仔鱼 ($\times 10^6$ 尾)	0.3231	5%	1 元/尾		
	幼体 (t)	0.2361	100%	1.5 元/尾		
	成体 (t)	0.2142	100%	1.5 万元/t		
小计						
合计						

10.3.1.3 总环境经济损失

综合资源能源流失价值与海洋生物资源损失，本项目所造成的总环境经



经济损失约为***万元，其中海洋生物资源损失约为***万元。

10.3.2 环境经济收益分析

10.3.2.1 直接环境经济收益

直接环境经济效益是指环保措施直接提供的产品价值。本开发工程投产后正常生产过程中新增含油生产水产量平均为 $969 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，含油生产水经处理后浓度从 1000mg/L 降低至低于 45mg/L ，由此回收的石油类为 9254t/a ，按原油 3000元/t 计算，生产年限按 20 年计算，生产期间共计产生经济价值***万元。

10.3.2.2 间接环境经济收益

间接环境经济效益是指环保措施实施后的社会效益。由含油生产水处理系统所产生的间接收益按年回收资源、能源价值的 40% 计算，可达 22210 万元；其它间接收益按年回收资源、能源价值的 10% 计算，可达 5552.4 万元；两项合计为***万元。

10.3.2.3 总环境经济收益

综合环境直接收益与间接收益之和，本次开发工程建成投产之后，生产运营期总的环境经济收益为***万元。

10.4 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，对国际市场的依存度不断提高（初步预测，到 2020 年，石油依存度将达到 65% 左右，天然气依存度将达到 40% 左右）。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，尤其对拉动项目所在地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，本项目的实施也会进一步带动我国相关产业（如钢铁、造船、机械制造、电子、仪表等）的发展，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。



11 环境管理与监测计划

11.1 环境管理

环境管理是控制污染、保护环境的重要措施。建设单位中海石油（中国）有限公司深圳分公司（以下简称“深圳分公司”）已建立一套系统、完整的环境保护管理机构和程序，对油田的环境保护工作实行全过程、程序化的管理。

11.1.1 环境管理的任务和内容

陆丰油田群区域开发项目在建设阶段和生产过程中将产生一定量的污染物，主要包括钻井液、钻屑、含油生产水、生活污水、机舱含油污水、生活垃圾和生产垃圾等，将对海洋环境造成一定程度的影响，尤其是在发生油气泄漏、火灾和爆炸等事故时，甚至会对海洋生态环境造成严重的污染和破坏。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) 贯彻执行国家的环境保护法规、标准和政策；
- (2) 组织制定和修改与本项目有关的环境保护政策、规章和制度，并监督执行；
- (3) 检查本项目环境保护设备、设施或装置的运行状态；
- (4) 组织和领导本项目的环境监测工作；
- (5) 组织开展本项目环境保护工作人员的技术培训和演习；
- (6) 组织编写和填写政府部门要求的各种环境保护报告和记录；
- (7) 为政府执法人员检查工作提供方便；
- (8) 广泛应用环境保护的先进技术和经验；
- (9) 组织制定环境保护长远规划和年度计划等。

11.1.2 机构和岗位设置

11.1.2.1 机构设置

中海石油（中国）有限公司深圳分公司作为陆丰油田群区域开发项目的建设单位，负责油田工程建设和生产期间的环境管理工作，并严格按照国家环保法规标准和总公司颁发的一系列的环保管理规定、办法开展环境保护管理工作，并已形成了一套系统、完整的环保管理机构和环境保护管理体系。分公司



总经理对本项目环境保护工作负有最高责任，在组织机构上设有健康安全环保部，负责监督该项目的污染防治和环境保护工作。深圳分公司健康安全环保部管理组织机构见图 11.1-1。

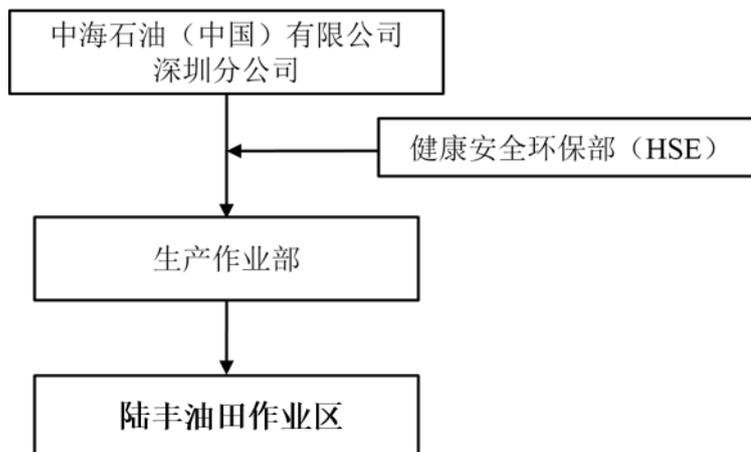


图 11.1-1 深圳分公司健康安全环保管理机构

11.1.2.2 主要人员岗位职责

新建 2 座钻采平台（LF15-1DPP、LF14-4DPP），生产作业人员均按两班倒配置。主要岗位设置平台总监 2 名，生产监督 2 名、维修监督 2 名、安全监督 2 名、生产主操 4 名。

（1）平台总监

- 全面负责平台的安全生产管理和行政管理工作；
- 对平台生产设备、工艺流程、油井及平台其它设施的异常情况，及时组织人员或协调人员进行检修，采取对策，并及时通知油田总监及陆上主管部门；
- 掌握日常生产动态，合理安排各岗位工作，协调处理平台的生产；
- 是海上平台安全生产的第一责任人，负责和组织好安全生产；
- 负责审批“安全工作许可单”，组织策划实施各种演习；
- 负责海上职工队伍的管理，监督各项管理规章制度的落实。

（2）生产监督

- 监督生产情况，使之与油田动态目标保持一致，并与平台保持联络，



在保证安全生产的前提下，使生产损失降至最低；

- 控制和优化油轮操作费用，审批材料采购订单，协助估算维修等项目所需的预算和人力，审查年度工具和备件预算。
- 向油田总监汇报工作，提供各种有建设性的建议；
- 协调联系陆上人员，安排船运/空运物质，确保油轮设备正常运转，
- 负责外来人员的管理工作。

(3) 维修监督

- 负责制定油田设备的维修方案，协助做好配件计划；
- 负责设备更新改造方案的落实；
- 与上级主管部门一起，组织实施设备管理制度；
- 对大设备提出评价报告；
- 协调海上机、电、仪各维修部门的工作；
- 负责本部门在岗人员及实习人员的培训和技术考核工作；
- 协助油田总监管管理外委工程及施工人员作业。

(4) 安全监督

- 负责本设施质量健康安全环保工作管理；
- 督促落实本设施重大危险源的安全管理措施；
- 组织或者参与本设施应急救援演练；
- 负责定期对安全救生设备进行检查、试运行，发现事故隐患，及时整改并报告油田经理；
- 负责补充安全、应急、救生设备的配件；
- 负责召开海上的安全例会，出安全月报；
- 负责检查、审批海上重大作业前承包商的安全和环保措施；
- 对油田的生产作业和外来人员作业实施安全监督和管理；
- 对新工人、外来人员、参观人员进行安全教育；
- 制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为；
- 督促落实本设施安全生产整改措施。

(5) 生产主操岗位



- 负责海管、工艺流程和油水井的管理及安全操作；
- 监控生产流程设备的运转情况，对设备和仪表故障及时上报监督，确保安全生产；
- 安排操作工录入现场生产设备的参数，确保录入的数据真实、准确，并分析各个参数的变化，及时发现问题向监督汇报；
- 负责生产流程的倒换、恢复生产和关停生产流程的检查并指挥操作工操作；
- 配合监督完成当年的生产任务，跟踪各项管理规定的具体实施；
- 负责本班岗位人员岗位职责的有效履行；
- 负责生产设备的维修跟踪、报表的填写、原因和效果分析；
- 积极参与安全环保工作，积极参与非常规工作的风险评估。

11.1.3 环境保护管理制度

环境保护是我国的一项基本国策。深圳分公司在石油勘探开发作业和油气生产过程中，应遵守国家相关环境保护法律、法规、条例和规定，严格执行相应的污染物排放标准。结合本项目开发的特点，制定相关的管理措施和制度，实施全过程的环境保护管理，减少对海洋和陆域环境的污染和影响。陆丰油田群区域开发项目将执行以下环境保护管理制度。

11.1.3.1 环保监督检查制度

环保管理人员定期到海上进行检查，查看各种防污设备、设施和器材的使用与运转情况是否良好，检查有关文书和证件是否齐全，防污记录簿和防污染季度报表的填写是否正确和上报是否及时。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。

11.1.3.2 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。



11.1.3.3 培训与演习制度

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。建设单位将定期进行溢油应急演练，以熟悉应急程序和设备的操作。

11.1.3.4 事故报告制度

所有环境污染事故按经国家相关主管部门备案的溢油应急计划中的报告程序进行。建立应急小组，由油田总监担任组长，其它生产操作人员任小组成员，负责油田安全环保事故处理的应急组织、指挥工作。并按要求向上级部门报告。

11.1.3.5 海底管道/海底电缆巡查制度

由值班船对本油田的海底管道和海底电缆/脐带缆进行不定期巡查，防止拖网渔船违章作业对海底管道和电缆/脐带缆造成损害。根据油田运行情况，在必要时委托专业公司对海底管道进行技术监测，以保证海底管道处在安全运行状态。

11.2 环境监测计划

环境监测是环境管理的前提和基础。环境监测的主要任务：一是定期监测各工程设施外排污染物的排放浓度，确保达标排放；二是为加强环境保护管理、保证污染物处理设备正常运转；分析外排污染物浓度和排量的变化规律，为制定污染控制措施和环保管理提供依据。

11.2.1 监测岗位与定员

本项目新建的 LF15-1 DPP 平台及 LF14-4 DPP 平台均设有含油生产水处理系统。LF22-1SPS 和 LF15-1 DPP 平台所产物流首先在 LF15-1 DPP 平台上进行处理，脱掉部分含油生产水后的物流输往 LF14-4 DPP 平台，和 LF14-4 DPP 平台物流一起处理，处理后通过新建混输管道输送至 LF13-2 DPP 平台，再与 LF13-1 DPP 平台、LF13-2 DPP 平台和 LF7-2 DPP 平台生产物流一起输送至改造油轮。平台处理合格的含油生产水部分回注地层，其余达标排放。新



建 LF15-1 DPP 平台及 LF14-4 DPP 平台均设置生活污水处理系统，处理达标后排海。两新建平台均设有实验室和化验员，化验员经培训合格后上岗，负责对平台所排放的生产水和生活污水定期进行取样，并送至陆地化验分析。

11.2.2 常规与非常规监测计划

11.2.2.1 常规监测

在正常建设、生产作业期间，需对下列项目进行监测：

a. 海上建设阶段

监测新建的 LF22-1SPS、LF15-1 DPP 平台及 LF14-4 DPP 平台钻井作业期间钻井液和钻屑的生物毒性限值、含油量。作业者负责取样并交给有资质的机构进行钻井液和钻屑的生物毒性限值、含油量的监测。监测方法按照《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分级》（GB18402.1-2009）执行。

b. 正常生产阶段

新建 LF15-1 DPP 平台及 LF14-4 DPP 平台外排生产水中含油浓度和生物毒性容许值，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分级》（GB18402.1-2009）和相关政府管理部门的要求执行。新建 LF15-1 DPP 平台及 LF14-4 DPP 平台外排生活污水中的 COD 浓度，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）和相关政府管理部门的要求执行。

11.2.2.2 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。

11.2.2.3 监测设备

新建 LF15-1 DPP 平台及 LF14-4 DPP 平台均设有化验室，化验室内配备以下环境监测设备或仪器：常规化学分析仪器（用于水样的前处理）、天平、冰箱、电热、干燥和电器控制设备等。

钻井液、钻屑的生物毒性容许值和生活污水中的化学需氧量（COD）的监

测将委托具有相关资质的、海洋行政主管部门认可的陆上相关单位进行，因此不另设分析检测仪器。

11.2.3 海洋环境影响跟踪监测计划

建设单位应结合项目实际情况，具体跟踪监测内容建议如下。

11.2.3.1 监测点位布设

根据预测结果，建议本项目新建 LF14-4 DPP 平台周围 500m 圆周和 1000m 圆周各均匀布设 6 个点位；LF15-1 DPP 平台周围 500m 圆周和 1000m 圆周各均匀布设 6 个点位。海洋环境跟踪监测站位布设示意图 11.2-1。

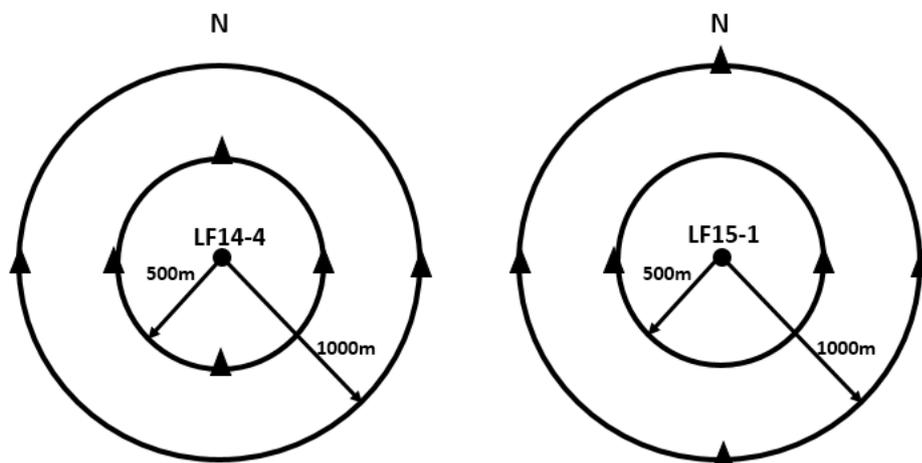


图 11.2-1 新建平台海洋环境跟踪监测站位布设

11.2.3.2 监测内容

水质监测包括悬浮物、无机氮、磷酸盐、COD（生活污水特征污染物）、重金属、石油类（含油生产水特征污染物）、硫化物、挥发酚；

沉积物监测包括重金属、石油类、有机碳、硫化物；

生物生态监测包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

11.2.3.3 监测方法与频率

a. 监测方法

海洋环境影响跟踪监测调查与分析方法按《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）执行。



b. 监测频率

建议在竣工验收（试运行）阶段进行一次监测；投产后 3~5 年内进行一次环境影响跟踪监测。

c. 监测资质

海洋环境影响跟踪监测单位必须具有资质的监测单位进行，并提交有效的计量认证检测报告（CMA）。



12 环境影响评价结论及建议

12.1 工程分析结论

12.1.1 工程概况

陆丰油田群区域开发项目位于中国南海珠江口盆地，本项目新建 1 座水下生产系统（LF22-1SPS）和 2 座钻采生产平台（LF15-1 DPP 平台和 LF14-4 DPP 平台），新铺设 4 条海底混输管道（2 条长度约 19km 从 LF22-1SPS 至 LF15-1 DPP，1 条长度约 25.88km 从 LF15-1 DPP 至 LF14-4 DPP，1 条长度约 24km 从 LF14-4 DPP 至 LF13-2 DPP）；1 条海底电缆（长度约 25.88km 从 LF14-4 DPP 至 LF15-1 DPP）；1 条海底脐带缆（长度约 19km 从 LF15-1 DPP 至 LF22-1SPS）；并对依托设施进行适应性改造。本项目新建工程设施距岸最近距离约 133km（新建 LF14-4DPP 平台），距香港最近距离约 216km。LF14-4DPP 平台、LF15-1DPP 平台及 LF22-1SPS 处水深约 144.3m、284.2m、333.2m。

本项目计划共钻 35 口井，包括 26 口生产井，9 口注水井。本项目 LF22-1SPS 设置 4 口生产井，LF15-1 DPP 平台设置 16 个井槽，其中 10 口生产井、3 口注水井、预留 3 个井槽，LF14-4DPP 平台设置 24 个井槽，其中 12 口生产井、6 口注水井、预留 6 个井槽。LF14-4DPP 平台计划 2021 年 12 月陆续投产、LF15-1 DPP 平台和 LF22-1SPS 计划 2022 年 11 月陆续投产

本项目投产后预计最大年产油量***m³/a，本项目总投资约***元人民币。

12.1.2 生产工艺流程

新建 LF22-1SPS 所产物流通过新建海底管道送至 LF15-1 DPP 平台，和 LF15-1 DPP 平台所产物流在 LF15-1 DPP 平台经过一级三相分离脱掉部分生产水后，分离出的含水原油通过新建海底混输管道输送至新建 LF14-4 DPP 平台外输海管入口，分离出的生产水经过生产水处理系统处理达标后在 LF15-1 DPP 平台部分排海、部分回注；LF14-4 DPP 平台所产物流经过一级三相分离后，分离出的含水原油部分作为燃料油供电站发电，部分与来自 LF15-1 DPP 平台的含水原油一起输送至 LF13-2 DPP 平台，与 LF13-1 DPP 平台、LF13-2 DPP 平台、LF13-2 WHP 平台和 LF7-2 DPP 平台的生产物流一起处理至合格



原油，通过已建海管输送至“南海盛开号”FSOU，分离出的生产水经过生产水处理系统处理达标后在本平台排海，分离出的气体进入燃料气系统。

12.1.3 主要污染源和污染物

本项目建设阶段主要施工作业包括钻完井作业、平台就位及安装、海管/电缆铺设及平台调试等工作。本项目钻完井过程中（包含预留井槽）产生的水基钻井液约 45735m³，其中非油层段水基钻井液约 30566m³、钻井油层水基钻井液约 13337m³，本项目 LF14-4DPP 平台上 A11 和 A18H 井的 12-1/4" 和 8-1/2" 井段计划使用油基钻井液，使用量约为 1832 m³。本项目包含预留井槽后产生的钻屑总量约为 40245m³（堆体积）；其中非钻井油层水基钻井液钻屑量约为 34184 m³（堆体积），钻井油层钻屑量约为 4854 m³（堆体积），油基钻井液钻屑量约为 1207m³（堆体积）。海底管道/电缆部分路由采用预挖沟和后挖沟方式铺设，海底脐带缆不埋设，采用铺管船直接放于海床上。海底管道/电缆部分路由采用预挖沟和后挖沟方式铺设，预挖沟埋深在 0.5m~3.5m 之间，后挖沟埋深在 1.33m~2.33m 之间，铺设海底管道/电缆挖沟搅起的悬浮沙排放总量约为 416529m³，悬浮沙排放速率约为 24.72kg/s。建设阶段还将生产船舶污染物，包括机舱含油污水、船舶生活污水和船舶垃圾等，机舱含油污水约 1142.3m³、船舶生活污水约 70736m³、船舶生活垃圾约 303.2t、船舶生产垃圾 15.5t。

生产阶段产生的污染物主要为含油生产水。本项目投产后，新建 LF15-1 DPP 平台最大生产水处理量约 24680m³/d，生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”两级处理流程，处理合格后的含油生产水部分达标排海，部分回注，注水量为 3197~4373 m³/d，最大排放量为 20307 m³/d。LF14-4DPP 平台最大含油生产水排放量约 10618m³/d，生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”两级处理流程，处理合格的含油生产水（石油类含量 ≤45mg/L）达标排海。

12.2 环境现状分析与评价结论

12.2.1 海洋水文气象现状

项目所在海域属热带和亚热带气候，年平均气温 20℃以上；本海区云量



较多，雨水充沛，雨日多，雨量大，小时最大降雨量 108mm；根据多年平均资料分析，本海区主风向为 NE，本海区常浪向为 ENE。

项目所在海域潮汐类型为以不正规全日潮为主，最高天文潮为 1.91m，平均海平面为 0.95m，最低天文潮为 0.08m。

12.2.2 地形地貌和工程地质现状

根据调查结果，LF15-1DPP 平台调查成果显示，预定场址调查范围内地貌资料色度变化较大，主要受沙波地形起伏影响，海底底质主要为中密实的浅灰色贝壳碎屑质细砂。LF14-4DPP 平台调查成果显示，预定平台场址调查范围内存在较多小型及中型沙波，海底表层底质为中密实到密实的褐灰色细砂含少量贝壳碎屑。综上所述，LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台场址海底地形受沙波影响，除沙波外，未发现其它对平台就位安装等作业具有潜在危害的地貌特征以及遗弃物或障碍物存在。在 LF22-1 预定水下设施场址调查范围内，海底灰度较为均一，海底表层土质软到稍硬的褐灰色粘土，局部位置表层底质可能存在变化，可能为砂质成分。未发现其它对 LF22-1 水下设施安装等作业具有潜在危害的地貌特征以及遗弃物或障碍物存在。

LF13-2DPP 平台至 LF14-4DPP 平台海底管道路由调查区域内，海底起伏较大，整体水深自西向东变深，区域内存在大型沙波，地形较为起伏。LF13-2DPP 平台至 LF14-4DPP 平台段路由区域海底地貌资料色度显示变化明显，大部分区域受海底沙波影响显示不均匀，表明海底不平整，海底底质为松散的褐灰色细砂含贝壳碎屑。未发现其它对海底管道铺设具有不利影响的遗弃物及障碍物。LF14-4DPP 平台至 LF15-1DPP 平台海底管道路由调查区域内，海底起伏较大，整体水深自北向南变深，该段路由区域水深变化较大，大部分地形较为平坦。LF15-1DPP 平台至 LF22-1 水下设施海底管道路由调查区域内，整体水深自西北向东南变深，路由区域海底地貌资料色度显示变化明显，部分区域受海底沙波影响显示不均匀，表明海底不平整，海底底质为非常软的褐灰色粉质粘土及松散的褐灰色细砂含贝壳碎屑。综上所述，未发现其它对海管海缆铺设具有不利影响的其它遗弃物及障碍物。



12.2.3 冲淤环境现状

根据对陆丰油田周边已建平台的冲刷调查成果，已建陆丰 13-2 平台和陆丰 7-2 平台调查范围未发现明显冲淤痕迹，海底冲淤环境已达到动态平衡。本项目勘察成果显示，LF15-1 区域海底沙波较为发育，存在小型、中型及大型沙波；海底沙波在底流，内波等水动力条件下可能会发生运移，对海底地貌造成轻微的改变。

12.2.4 海水水质环境现状

本项目对陆丰油田群区域开发项目附近 120km×72km 海域进行了海洋环境质量现状调查，调查面积约为 8640km²，调查范围覆盖了本项目以及依托工程设施。共设置 45 个调查站位（现状调查站位 35 个，回顾性评价站位 10 个），其中海水水质调查站位 45 个，沉积物调查站位 28 个，生物生态（浮游植物、浮游动物、底栖生物、生物质量）调查站位 28 个。调查时间为 2019 年 4 月 17 日~4 月 22 日（春季）和 2017 年 11 月 15 日~11 月 20 日（秋季）。

海水水质共设置 45 个站位，分别采集表层（低于表层 0.5 m）、10m、50m、100m 和底层（高于泥线 2m），监测因子包括 pH 值、COD、DO、活性磷酸盐、无机氮、石油类、挥发酚、硫化物、砷、汞、铜、铅、镉、锌、总铬等 15 项。

2019 年 4 月调查海区海水中 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物、挥发酚均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准。50m 层、100m 层和底层溶解氧部分站位超标，超标率分别为 5.1%、78.8% 和 100%，最大超标倍数为 0.29、0.96 和 1.47，超标样品均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类海水水质标准。

表层、10m、50m 层、100m 层和底层铅部分站位超标，超标率分别为 23.1%、10.3%、20.5%、21.2% 和 25.6%，最大超标倍数为 0.80、0.70、0.80、0.40 和 0.80，超标样品均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类海水水质标准。

2017 年 11 月调查海域海水中 pH、COD、石油类、无机氮、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发酚均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）一



类海水水质标准。

溶解氧 100m 层和底层超标率均为 100%，最大超标倍数为 0.83 和 1.09，超标样品均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类海水水质标准。表层和 10m 层、50m 层、100m 层和底层铅部分站位超标，超标率分别为 5.1%、17.9%、25.6%、18.2%、20.5%，最大超标倍数为 0.50、0.30、1.80、1.90 和 1.60，超标样品均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类海水水质标准。活性磷酸盐仅底层超标，超标率为 20.5%，最大超标倍数为 0.25。超标样品均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类海水水质标准。

春、秋季调查中，监测海区海水水质超标因子为溶解氧、活性磷酸盐和铅。调查海区从表层到底层，溶解氧含量有递减趋势，表层和 10m 层海水溶解氧含量比较丰富，所有样品溶解氧含量均满足一类海水水质标准，且大部分站位溶解氧饱和度超过 100%；50m 层、100m 层和底层超标原因主要为调查海区水深较深，底层海水海气交换较差，上下层水体交换困难，底层消耗的氧来不及供给，符合溶解氧正常的变化趋势。活性磷酸盐表层、10m、50m 和 100m 层均满足第一类海水水质标准，仅少量底层样品超标，主要原因是有机体死亡后沉降到海底，其腐烂和降解过程中产生的活性磷酸盐溶解在底层海水中，因此底层海水中营养盐的含量往往高于上层海水。重金属铅在各层海水中均存在不同程度的超标现象，从地域上看，该海域铅超标现象较为普遍，与大气沉降和南海海区铅背景值较高等因素有一定关系。

12.2.5 海洋沉积物环境现状

本次海洋沉积物设 28 个调查站，调查时间为 2017 年 11 月 15 日~11 月 20 日（秋季），监测因子为有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、铬和砷共 10 项。根据调查结果，除 P1 站位样品重金属铜含量超标外，其他样品中有机碳、硫化物、汞、铜、镉、锌、铬、铅和石油类的含量均符合《海洋沉积物》（GB18668-2002）第一类评价标准。

12.2.6 海洋生物生态现状

本次海洋生物生态调查设置 28 个调查站，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，调查海区春、秋季各站位叶绿素 a 平均值为 $0.14\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.27\text{mg}/\text{m}^3$ ；初级生产力平均值为 $165\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 、 $277.5\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，调查海区初级生产力总体水平处于低水平。

调查海域内春、秋两季共出现浮游植物 3 门 44 属 134 种和 3 门 37 属 115 种，硅藻种类最多，平均密度为 1.24×10^4 个/ m^3 和 9.156×10^4 个/ m^3 。评价海域多样性和丰富度较高，海区出现的浮游植物种类较多，数量分布较为均匀，各项指标表明调查海区大部浮游植物环境较好。

调查海域内春、秋两季共鉴定出浮游动物 13 类 270 种（类）、13 类 152 种（类）和阶段性浮游幼体(包括鱼卵、仔稚鱼)27 类、20 类，桡足类种类最多，浮游动物的生物量平均为 $20.43\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $23.64\text{mg}/\text{m}^3$ ，调查海域浮游动物的种类多样性指数和丰富度指数处于较高的水平，群落间的种类分布也较为均匀，浮游动物群落结构较稳定，海区生态环境处于健康状态。

调查海域内春、秋两季共鉴定出底栖生物 6 大类 152 种和 5 大门类 133 种，节肢动物最多，平均生物量为 $2.49\text{g}/\text{m}^2$ 和 $3.5\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 13 个/ m^2 和 6 个/ m^2 。调查海区生物多样性较好，生物种类分布均匀，生物群落较稳定，种类丰富度较好，底栖生物种类较丰富。

12.2.7 海洋生物质量现状

春季、秋季生物质量调查共鉴定出底栖生物样品 38 个、26 个，测定生物样品中总汞、镉、铅、铜、砷、锌、铬、石油烃的含量。

调查结果表明，春季调查中底栖生物样品中，鱼类、甲壳类和软体类的各项评价因子的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求。秋季调查中底栖生物样品中，甲壳类、软体类和鱼类的各项评价因子的单项标准指数值均小于 1，满足生物质量标准的要求。贝类样品中 Pb、Cd 和 Zn 超过《海洋生物质量》（GB8424-2001）第一类标准，超标率分别为 100%、75%和 50%；特征污染物石油烃未出现超标。

秋季调查中贝类样品中出现 Pb、Cd 和 Zn 3 项污染物检测出不同程度的



超标现象，分析可能的原因：一方面，水质污染造成重金属在海藻、浮游生物体内富集，贝类摄食可能含重金属离子的海藻、浮游生物等，造成了重金属在其体内（特别是消化道和内脏部分）富集；另一方面，贝类属于滤食性生物，根据粒径大小进行摄食活动，因此会摄食粒径较小的有机质，造成体内污染物质富集。

12.2.8 渔业资源现状调查

本次渔业资源调查范围为***°~***°E, ***°~***°N, 共设 12 个调查站位，调查时间为 2019 年 3 月 22 日~4 月 1 日（春季），2017 年 10 月 27 日~11 月 7 日（秋季）。调查结果表明，春、秋季调查海域分别捕获鱼类 121 种和 133 种，平均重量密度为 344.69kg/km² 和 285.08kg/km²；春、秋季调查海域分别捕获头足类 12 种和 9 种，平均重量资源密度为 37.64kg/km² 和 102.12kg/km²；春、秋季调查海域分别捕获甲壳类 16 种和 17 种，平均重量资源密度为 12.55kg/km² 和 13.18kg/km²。估算春、秋季调查渔业资源总密度分别为 394.88 kg/km² 和 400.38kg/km²。

春、秋季水平拖网调查共采到鱼卵 1959 粒和 273 粒，平均密度为 705 粒/1000m³ 和 98 粒/1000m³，共采到仔稚鱼 29 尾和 13 尾，平均密度为 10.4 尾/1000m³ 和 5 尾/1000m³。春、秋季垂直拖网调查共采到鱼卵 75 粒和 20 粒，平均密度为 257 粒/1000m³ 和 48 粒/1000m³，共采到仔稚鱼 5 尾和 3 尾，平均密度为 23.1 尾/1000m³ 和 7 尾/1000m³。

12.2.9 主要环境敏感目标

本项目周围的主要环境敏感目标为油田所在海域附近的经济鱼类产卵场、海洋保护区。本项目新建设施 LF22-1SPS、LF15-1DPP 距离东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区最近距离分别为 73km、80 km， LF14-4DPP 距碣石湾近海海洋保护区最近距离为 98km，距离其他自然保护区等敏感目标均在 100km 以上。本项目新建的 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，距鲈鱼产卵场最近距离约 2.1km，距蓝圆鲀产卵场最近距离约 9km，部分新建管道位于深水金线鱼产卵场、鲈鱼产卵场、蓝圆鲀产卵场内；新建的 LF15-1 DPP 平台和



LF22-1 SPS 水下生产设施距深水金线鱼产卵场最近距离分别为 16km 和 18km, 其他产卵场距离本项目的最近距离均在 20km 以上。上述产卵场为需重点保护的环境敏感目标。

12.2.10 环境影响回顾性分析

本项目所依托周边的陆丰油田群现有生产设施的生产水处理系统、生活污水处理装置和其他环保设施目前运行正常。自投产以来,虽然有较大量的含油生产水和生活污水排海,但是由于对外排的污含油生产水和生活污水采取了有效的处理措施,且陆丰油田群所在海区扩散条件良好。因此,陆丰油田群外排污水对油田周围的海水水质并未造成明显损害。

陆丰油田群的海水水质、海洋沉积物、生物生态状况较油田开发前后的相应历史资料相比总体变化不大,现有工程的建设 and 生产对该海域海洋环境无明显影响。

12.3 环境影响预测与评价结论

12.3.1 工程对海水水质的影响

12.3.1.1 钻井液对海水水质的影响

根据数值预测结果,钻井液排放对水质的影响主要在表层主流向上,本项目两个平台和一个水下生产系统钻井液排放的超一类海水水质海域的最大面积总和为 3.105km^2 ,离排放点的最大距离为 0.81km 。停止排放后恢复到一类水质所需最大时间为 11.5h 。两个平台和一个水下生产系统钻完井期间钻井液排放超三、四类水质海域的最大面积总和为 0.117km^2 和 0.057km^2 ,相对较小。

12.3.1.2 钻屑排放对海水水质的影响

根据数值预测结果,钻屑排放仅对排放点附近水质有影响,本项目两个平台和一个水下生产系统钻完井期间排放钻屑对水质的影响,表层超一类水质海域的最大面积总和为 1.338km^2 ,离排放点的最大距离为 0.42km 。恢复到一类水质所需最大时间为 4.5h 。两个平台和一个水下生产系统钻完井期间钻屑排放超三类、超四类水质海域的最大面积总和为 0.288km^2 和 0.237km^2 。



12.3.1.3 挖沟处理对海水水质的影响

本项目新建的 4 条海底管道、1 条海底电缆需对部分路由段进行预处理，在地形凸起处进行预挖沟，并在后续管道铺设时对部分路由段进行后挖沟埋设，同时需对 LF15-1DPP 平台附近的 3 个 PLET 进行预挖沟处理。挖沟搅起的悬浮沙有部分进入水体，短期内对海水水质造成一定的影响，这种影响是短期的、一次性的、可恢复的，挖沟搅起的悬浮沙的影响主要在施工线路两侧。

根据数值预测结果，LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1（预挖沟处理总长度 4.997km，后挖沟处理总长度 5.083km）和 Route2（预挖沟处理总长度 3.172km，后挖沟处理总长度 1.948km）挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离均为 0.87km，底层（海底 0~10m）超一（二）类水质包络面积均为 14.741km²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络面积很小，均为 0.272km²。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小，挖沟作业停止后最长需要约 8.5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平；LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道（预挖沟处理总长度 6.615km，后挖沟处理总长度 0.984km）挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离为 0.75km，底层（海底 0~10m）超一（二）类水质包络面积为 11.080km²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络面积很小，均为 0.432km²。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小，挖沟作业停止后最长需要约 5.5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平；LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台混输管道 18.4km 后挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离为 0.61km，底层（海底 0~10m）超一（二）类水质包络面积为 12.990km²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络面积很小，约为 0.105km²。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小，挖沟作业停止后最长需要约 12.5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平。

LF14-4DPP 至 LF15-1DPP 平台海底电缆 1.5km 后挖沟处理造成的悬浮沙超一（二）类海水最大影响距离为 0.45km，底层（海底 0~10m）超一（二）类水质包络面积为 1.149m²；第 7 层（海底 10~20m）超一（二）类水质包络



面积很小，为 0.008km^2 。超三、四类水质海域影响范围主要在底层，其面积相对较小。挖沟作业停止后约 5h，悬浮沙浓度可恢复至背景水平。

12.3.1.4 含油生产水对海水水质的影响

本项目水下生产系统的物流输送至新建的两个平台和已建的 LF13-2DPP 平台进行处理，经处理后的含油生产水达标排海（石油类含量 $\leq 45\text{mg/L}$ ），根据预测结果，油田正常生产情况下 LF14-4 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.368km^2 ，超一类最大距离 0.35km ，LF15-1 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.601km^2 ，超一类最大距离 0.75km ，超标区域均主要在两个平台排放点以上 10m 水层范围内水域，其他无超标面积。本项目投产后，依托的 LF13-2 DPP 平台最大含油生产水排放量小于原来预测排放量（ $30000\text{ m}^3/\text{d}$ ），影响面积和最大距离沿用原预测结果，即本项目投产后，LF13-2 DPP 平台含油生产水排放石油类超一类水质的最大影响面积约为 0.58km^2 ，超一类水质的水域离排放管道的最远距离约为 1.13km 。未超出原有批复的排污混合区范围。

12.3.1.5 生活污水对海水水质的影响

由于 COD 排放源强较小，影响面积并不大，新建的两个平台无论何时排放超标影响的距离都在 50m 范围内，COD 排放对海洋环境的影响不大，不会明显影响本海区的海洋水质。

12.3.2 工程对海洋沉积物的影响

12.3.2.1 钻屑排放对沉积物的影响

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。本项目两个平台和一个水下生产系统中 LF14-4 DPP 平台钻屑排放量最大，由预测结果知钻屑覆盖厚度不小于 2cm 的区域面积为 0.085km^2 ，其他一个平台和一个水下生产系统油田的钻屑排放量均小于 LF14-4 DPP 平台，其影响不会超过 LF14-4 DPP 平台排放的预测结果。由此可见，



钻屑覆盖厚度不小于 2cm 的区域仅集中在平台和水下生产系统附近，对沉积物影响范围不大。

12.3.2.2 挖沟处理对沉积物环境的影响

本项目海底管道、电缆部分路由段及 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟处理作业对沉积物环境的影响首先是开挖和覆盖，搅起的海底泥沙在海流和重力作用下自然回填缆沟，覆盖厚度>2cm 的面积主要位于缆沟两侧附近，因悬浮沙均是局地沉积物再沉积，不会引起沉积物环境的变化。本项目新建 2 条海底管道和 2 条海底电缆，根据数值模拟结果，本项目新建的 4 条海底管道、1 条海底电缆部分路由段及 LF15-1DPP 平台附近的 3 个 PLET 预挖沟处理造成的悬浮沙覆盖 2cm 厚度的覆盖面积合计约为 3.2156km²。

12.3.3 工程对海洋生态环境的影响

本项目对海洋生态影响的主要因素是钻完井阶段钻屑/钻井液的排放，使平台及水下生产系统周围海水中悬浮沙增大，增加海水浑浊度。同时本项目 4 条海底管道、1 条电缆部分路由段及 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 挖沟处理作业掀起的小颗粒轻物质会悬浮于水中，使海水浑浊度增加，透明度降低。在一定程度上影响水体的浮游植物和浮游动物的生长与繁殖，随着施工的开始，影响将会逐渐降低以至消失。本项目两个平台、一个水下生产系统产生的钻屑和海底管道/电缆部分路由及 LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 预挖沟处理造成的悬浮沙覆盖覆盖 2cm 厚度的面积范围分别为 0.255km² 和 3.2156km²，对底栖生物造成影响的覆盖范围是有限的，不会对油田海域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。

12.3.4 工程对环境敏感目标的影响

本项目新建的 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，距鲐鱼产卵场最近距离约 2.1km，部分新建管道位于深水金线鱼产卵场、鲐鱼产卵场、蓝圆鲹产卵场内；LF15-1 DPP 平台和 LF22-1 SPS 距深水金线鱼产卵场最近距离分别为 16km 和 18km，其他产卵场距离本项目的最近距离均在 20km 以上。本项目新建的 LF22-1 SPS 水下生产设施和 LF15-1 DPP 平台距东沙群岛珊瑚礁



和海岛自然保护区最近距离分别为 73km 和 80km，LF14-4 DPP 平台距碣石湾近海海洋保护区最近距离为 98km，距离其他自然保护区和旅游区等敏感目标均在 100km 以上。根据本项目所处海域的位置以及可能产生的环境影响，分别对海洋保护区和产卵场的影响进行分析。

12.3.4.1 海洋保护区

本项目新建的 LF22-1 SPS 水下生产设施和 LF15-1 DPP 平台距东沙群岛珊瑚礁和海岛自然保护区最近距离分别为 73km 和 80km，LF14-4 DPP 平台距碣石湾近海海洋保护区最近距离为 98km，距离其他自然保护区和旅游区等敏感目标均在 100km 以上。根据预测结果：钻井液和钻屑排放时产生的悬浮物超一（二）类海水水质标准的范围离排放点最远距离分别约 0.81km、0.42km 以内，管道铺设产生的悬浮沙超一（二）类海水水质标准的范围离管道最远距离分别约 0.87km。运营期生活污水 COD 叠加背景值后超标的海域在排放点周围 1 个网格（50m）范围内，新建平台含油生产水最远扩散距离为 0.75km，可认为本项目建设和运行对其无影响。

12.3.4.2 产卵场影响

根据数模预测结果，本项目两个钻采生产平台、一个水下生产系统钻井液排放的超一类海水水质海域的最大面积总和为 3.105km²，超一类最大距离 0.81km；钻屑排放超一类海水水质海域的最大面积总和为 1.388km²，超一类最大距离 0.42km；LF14-4 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.368km²，超一类最大距离 0.35km，LF15-1 DPP 平台生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.601km²，超一类最大距离 0.75km；依托的 LF13-2 DPP 平台含油生产水石油类超一类海水水质海域的最大面积为 0.58km²，超一类最大距离 1.13km，未超出原有批复的排污混合区范围。

本项目新建的 4 条海底管道及 1 条海底电缆部分路由段、LF15-1DPP 平台附近 3 个 PLET 需进行挖沟处理，其中 LF22-1SPS 至 LF15-1DPP 平台混输管道 Route1 和 Route2 挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类水质包络面积均为 14.741km²，超一（二）类海水最大影响距离均为 0.87km；LF15-1DPP 至 LF14-



4DPP 平台混输管道挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类水质包络面积为 11.080km²，超一（二）类海水最大影响距离为 0.75km；LF14-4DPP 至 LF13-2DPP 平台混输管道后挖沟处理造成悬浮沙超一（二）类水质包络面积为 12.990km²，超一（二）类海水最大影响距离为 0.61km；LF14-4 至 LF15-1 平台海底电缆后挖沟处理造成的悬浮沙超一（二）类水质包络面积为 1.149m²，超一（二）类海水最大影响距离为 0.45km。

钻井液和钻屑为短期排放，挖沟作业也为短期施工行为，海水水质在短期内即可恢复，因而不会对产卵场产生较大影响；本项目含油生产水的排放会对新建 LF14-4 DPP 平台周围 0.35km 和 LF15-1 DPP 平台周围 0.75km 范围内的经济鱼类的鱼卵和仔稚鱼产生一定的影响，建议作业者加强外排含油生产水的监测工作，确保排放浓度达标。

深水金线鱼产卵场、鲈鱼产卵场和蓝圆鲹产卵场的面积约 39844.2km² 和 13281.4 km²、19922.1 km²。本项目新建平台 LF14-4 DPP 平台位于深水金线鱼产卵场内，新铺 LF14-4 平台至 LF13-2DPP 平台部分管道位于鲈鱼产卵场、蓝圆鲹产卵场内、新铺 LF15-1DPP 平台至 LF14-4DPP 平台部分管道位于深水金线鱼产卵场内。LF14-4 DPP 平台生产水排放影响超一类包络线面积占所在深水金线鱼产卵场面积的比例约为 9.24×10^{-6} ，LF14-4 DPP 平台钻井液排放影响超一类包络线面积占所在深水金线鱼产卵场面积的比例约为 2.59×10^{-5} ，LF15-1DPP 至 LF14-4DPP 平台混输管道铺设产生的悬浮沙超一（二）类水质包络面积占深水金线鱼产卵场面积的比例最大约为 1.39×10^{-4} ，LF14-4 平台至 LF13-2 平台管道铺设产生的悬浮沙超一（二）类水质包络面积占鲈鱼产卵场面积的比例最大约为 3.26×10^{-4} ，占蓝圆鲹产卵场的面积比例最大约为 2.72×10^{-4} ，本项目产生的污染物造成的超一（二）类水质的影响范围占产卵场面积的比例在 $9.24 \times 10^{-6} \sim 3.26 \times 10^{-4}$ 之间，影响面积占比极小。另外，深水金线鱼、鲈鱼和蓝圆鲹的卵均为浮性卵，铺设管道均在海底进行，由此可见，本项目对周边产卵场影响很小。

项目实施后将积极采取增殖放流等有效措施，将项目建设对海洋生态和生物资源环境的损害程度降低到最小，以促进海洋生物资源恢复和可持续发



展。

12.3.5 工程对渔业资源的影响

本项目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、铺设管道产生的悬浮沙和运营期含油生产水的排放。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），计算本项目造成渔业资源损失：鱼卵 44.111×10^6 个，仔鱼 4.353×10^6 尾、幼体 1.950t、成体 1.889t 和底栖生物 10.443t。

12.4 环境风险分析与评价结论

12.4.1 环境风险潜势初判断及评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），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风险潜势，本项目风险潜势为 I 级，确定本项目环境风险评价等级为简单分析。

12.4.2 环境风险事故及概率

本项目在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、平台泄漏、平台火灾爆炸、海底管道与立管泄漏、船舶碰撞、直升机坠落等。

通过风险识别，并结合国内外同类项目事故统计资料，确定本项目海管/立管泄漏事故潜在的环境风险最大，为最大可信事故，其发生概率在 10^{-3} （次/年）量级。

本次假定混输管道在新建 LF14-4DPP 平台附近海底管道破损发生溢油，计算得出管道溢油量为 56.6 t（69m³），圆整按 60t 作为溢油事故模拟预测的源强进行计算，溢油持续时间为 4h。

12.4.3 事故环境后果

根据模拟计算结果，在最大风速 S 和 SE 风向下，分别于 81 小时、91 小时后抵岸，其他风向及平均风速下，均不会抵岸。在平均风速和最大风速情况预测中，最大扫海面积为 566km²（E 风向、1.97 km/h）。在最大风速下不利风向溢油抵达碣石湾近海海洋保护区的最短时间为 50.0h，抵达遮浪南海洋保



护区的最短时间为 60.0h，抵达其它敏感区的时间均在 60.0h 以上。同时，本项目还位于深水金线鱼产卵场内，一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，原油将即刻抵达该敏感目标，并对其造成不利影响。在最大风速下不利风向溢油抵达鲈鱼产卵场的最短抵达时间为 1.0h，不利风向溢油抵达蓝圆鲹产卵场的最短抵达时间为 5.0h，不利风向溢油抵达金线鱼南海北部产卵场的最短时间为 12h。因此，建设单位将引起足够的重视，做好应急响应的准备。

12.4.4 环境风险防范措施及应急要求

防止溢油事故发生的最有效途径就是从工程设计、施工建造和安装以及生产管理上采取有效的防范措施，消除事故隐患，及时制止事故苗头，尽可能避免油气泄漏事故的发生，以防止环境风险溢油事故对海洋环境的污染。

12.4.4.1 设计阶段风险防范措施

本项目的設計將嚴格執行國家有關法規、規範和標準以及遵循國際通用規範和標準，實施這些規範和標準可以保證工程設計、建造和安裝質量，是確保安全生產的關鍵。

海底管道和立管的设计，将以国际上认可的规范和标准为依据，选用大于设计寿命的环境条件重现期。海底管道及立管外管的外防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，还留有一定的腐蚀裕量。作为应急措施，设置有应急安全阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。本项目新建的油气混输管道均为双层钢管，内层为输送管，外层为套管，中间为保温层，可以对输送管进行有效的保护。

在设计中，根据项目区域地形情况，优化设计路由和工程方案，进行详细的海底管道稳定性计算，保证各条管道在安装期、运行期的稳定性符合规范要求。

12.4.4.2 建设及生产阶段风险防范措施

a 井喷事故防范措施

为防止环境风险事故的发生，本项目的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；

油管强度设计采用较高的安全系数；

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；

设置二氧化碳灭火系统；关键场所设手提灭火器；

制定严密的溢油应急计划，一旦发生井喷便采取相应的应急措施；

保证钻井、钻井液处理和压井等设备的良好运转；

配备反应灵敏的灭火系统；

配置守护船值班。

b 输油软管破裂事故防范措施

对于钻完井阶段可能发生的供应船向受油设施输油时的输油软管破裂事故，输油作业者需严格按照已有的输油作业操作规定进行输油操作，并定期检测、更换输油软管；同时，在进行输油作业时供应船及受油设施均应设专人值班监视，一旦发生漏油事故立即关泵停输，最大限度防范输油软管破裂事故的发生。



c 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，在设计中将针对各生产设施采取充分的安全防护措施；精心考虑各部分的合理布置，对危险区采用防火、防爆设备，并采取有效的隔离措施来降低危险程度。

主要设备、装置和单元均设置相应的压力、液位和温度报警系统与安全泄压保护装置及应急关断系统。

在平台容器附近装备火焰和气体探测器，以监测火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。

d 海底管道事故防范措施

严格按照设计要求进行施工，并在施工中保证海底管道焊接质量。管道铺设完成，要进行扫线、清管和试压。

作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，对海底管道进行不定期局部检测和定期全面检测，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。

定期对油田群海底管道进行清管作业，以减少腐蚀等原因对管道的影响。

在生产阶段，将安排定期的复测来监测是否有移位和悬空现象，如有超过设计允许的悬跨长度，可通过管道下方垫水泥灌浆袋支撑管道以减小悬跨。

e 船舶碰撞事故防范措施

海上施工前，将按照相关要求，申请发布航行警（通）告，提前告知航行路径。项目将发布船舶在施工和运输作业中，应严格遵守相关的安全作业方案，与平台和往来船只保持安全距离。作业者应制定相应的保护和管理程序，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。



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。

12.4.4.3 溢油应急能力可行性分析

本项目将在 LF15-1DPP 平台配备 400m 围油栏等溢油应急设备，在 LF14-4DPP 平台配备消油剂、吸油毡等溢油应急物资，陆丰油田、深圳分公司内部（各作业区、惠州基地、珠海基地及环保船）配备了一定规模的溢油应急物资，深圳分公司围油栏合计 10035m，溢油回收能力共计 1333 m³/h，储油能力为 1702.4m³。

根据预测结果，不利风向溢油抵达沿岸敏感目标（碣石湾近海海洋保护区）的最短时间为 50 小时，根据应急响应时间分析，陆丰油田内部在 3.3h 内可到达溢油现场，深圳分公司内部溢油应急力量在 16.1h 内可以到达溢油现场，并陆续进行溢油回收作业。通过对溢油能力的计算，陆丰油田及深圳分公司周边可协调溢油应急设备可以满足本项目发生的溢油量和一般溢油事故（0.1t 至 100t）溢油应急能力的要求。当发生超出自身控制能力的溢油事故时，还可以通过总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事故时的应急需要。

建设单位已按照《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》和《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》的相关规定，编写了《深圳分公司陆丰油田作业区溢油应急计划》并于 2020 年 3 月取得备案。本项目投产前，将对已制定的应急计划进行修订，将本项目纳入深圳分公司各级应急体系中统一考虑，并将修改后的溢油应急计划报相关主管部门备案，同时按照修编后的溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

综合以上分析，本项目发生油气泄漏的概率较低，且本项目制定了周密的溢油应急预案，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。

12.5 清洁生产与总量控制

12.5.1 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，本项目的钻井作业的清洁生产综合评价指数为 96，采油作业的清洁生产综合评价指数为 95，本项目可评为清洁生产先进水平。

12.5.2 总量控制建议

12.5.2.1 含油生产水和石油类总量控制指标建议

本项目产生的含油生产水在 LF15-1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台生产水处理系统进行处理。本项目投产后，新建 LF15-1DPP 平台和新建 LF14-4DPP 平台生产水最大日排放量分别为 $20307\text{m}^3/\text{d}$ 和 $10618\text{m}^3/\text{d}$ ，石油类排放浓度限值为 45mg/L ，根据 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台的生产作业时间，建议本项目新建 LF15-1DPP 平台生产水的总量控制指标为 $670.1 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ ，石油类排放量控制指标为 301.6t/a ；新建 LF14-4DPP 平台生产水的总量控制指标为 $329.2 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ ，石油类排放量控制指标为 148.1t/a 。

本项目投产后，部分含油生产水进入 LF13-2DPP 平台，经校核，LF13-2DPP 平台生产水最大日排放量为 $27537\text{m}^3/\text{d}$ 。已超过《陆丰 7-2 油田油田开发工程环境影响报告书》（国海环字[2012]664 号）批复的总量指标（生产水年排放总量为 $830 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ （ $26711\text{m}^3/\text{d}$ ），石油类排放量为 373.5t/a ）。

因此，本项目投产后，LF13-2DPP 平台生产水总量控制指标建议调整为：生产水年排放总量为 $853.7 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ ，石油类排放量为 384.2t/a 。

12.5.2.2 生活污水和 COD 总量控制指标建议

新建 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台每年产生的生活污水量为 22995m^3 和 22995m^3 ，经平台新建的生活污水处理装置处理达标后排海（ $\text{COD} \leq 500\text{mg/L}$ ）。因此，建议 LF15-1DPP 平台和 LF14-4DPP 平台生活污水的总量



控制指标均为 22995m³/a，其中 COD 排放量控制指标均为 11.5t/a。

12.6 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

12.6.1 环境保护对策措施

12.6.1.1 建设阶段

本项目采用平台模块钻机和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油基钻井液。平台和钻井平台设有钻井液循环处理系统，分离出的钻井液返回泥浆池后循环使用，分离出的钻屑经检测达标后排海，不能满足排放标准要求的钻屑经收集后运回陆地处理。钻完井结束后，非钻井油层水基钻井液钻屑间断排放，非钻井油层水基钻井液循环利用，在批钻完成后将一次性排海；钻井油层水基钻井液和钻井油层水基钻井液钻屑检测达标后经海区主管部门同意后排海；不能满足排放要求的钻井液及钻屑均收集后运回陆地处理，不排海。钻井过程中使用的油基钻井液全部运回陆地处理，不排海。钻井过程中向海中排放的钻井液和钻屑，其生物毒性容许值达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》（GB18420.1-2009）标准中二级标准的要求，即钻井液的生物毒性容许值不低于 20,000mg/L，并同时满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）钻井液和钻屑三级排放标准（含油量≤8%，重金属 Hg≤1mg/kg，Cd≤3mg/kg）的要求。

新建海底脐带缆不挖沟埋设直接放于海床上，新建海底管道和电缆采用预挖沟和后挖沟自然回填方式。海底管道、电缆和海底脐带缆铺设时将尽量优化施工工艺、缩短海上铺设作业时间，以减缓铺设作业对海洋渔业资源和生态环境的影响。

建设阶段产生的生产垃圾全部分类回收至垃圾箱内，分类装箱运回陆地交由有资质单位处理。

建设阶段作业船舶其间将产生一定量的船舶污染物，包括机舱含油污水和船舶垃圾等。船舶污染物的排放与处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）和《73/78 防污公约》等相关要求。



12.6.1.2 生产阶段

本项目产生的含油生产水在 LF15-1DPP、LF14-4DPP 和 LF13-2DPP 平台生产水处理系统进行处理。

LF15-1DPP 平台的生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”的两级处理流程。从生产分离器分离出的生产水依次进入水力旋流器和聚结脱气除油罐，处理后的生产水部分进入注水系统进一步处理后回注地层，部分达标排海（石油类月均浓度限值 $\leq 45\text{mg/L}$ ）。LF14-4DPP 平台的生产水处理系统采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”的两级处理流程。从生产分离器分离出的生产水依次进入水力旋流器和聚结脱气除油罐，处理到满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准（即石油类月均浓度限值 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后进入开排沉箱缓冲后排海。

LF13-2DPP 平台采用“生产水沉降罐+水力旋流器”的处理流程来处理平台上的生产水，处理到满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准（即石油类月均浓度限值 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后进入开排沉箱缓冲后排海。

本项目新建的 LF15-1DPP 和 LF14-4DPP 各设置 1 套处理能力为 $75.6\text{m}^3/\text{d}$ 的生活污水处理装置。生产阶段产生的生活污水其主要污染因子为化学需氧量（COD）。生活污水经生活污水处理装置处理到满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准（COD $\leq 500\text{mg/L}$ ）后排海。

本项目产生的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集中装箱运回陆地，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的要求进行回收利用或处置。

12.6.2 海洋生态保护措施

为使油气开发与渔业生产协调发展，建设单位应积极采取有效措施，尽可能地减少对海洋渔业生态环境和渔业资源的损害，以达到海洋油气开发与海洋渔业生态环境两者兼顾的目的。为此，建议建设单位在本项目开发过程中，采取如下措施：

(1) 在建设阶段应严格控制铺设海底管道/电缆挖沟作业的时间，尽量缩



短施工作业时间，并优化施工方式，选择对底层生态环境影响小的施工方式。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 建设单位必须具备控制溢油的有效手段和措施。一旦溢油事故发生，应及时向主管部门通报情况，并立即采取一切措施将溢油控制在最小范围内。若需要采用化学消油剂处理溢油，应事先征得海洋主管部门同意。

(6) 鉴于本项目建设阶段和油田生产过程中将对周围海域的海洋生态造成不可避免的影响，建设单位需与相关主管部门协商，**在渔业主管部门指导下开展渔业资源生态修复工作**。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。

12.7 规划和政策符合性结论

12.7.1 海洋主体功能区规划

根据《全国海洋主体功能区规划》，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。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。本项目属于油气资源勘探开发项目，与该区域开发原则中“加快推进资源勘探与评估，加强深海开采技术研发和成套装备能力建设；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”等要求相符合。本项目符合《全国海洋主体功能区规划》要求。



根据《广东省海洋主体功能区规划》，本项目位于广东省海洋主体功能区规划之外，距离该规划中禁止开发区（海洋自然保护区及其海岛）最近距离约73km。本项目在建设和正常生产阶段，对周围海洋环境造成局部轻微影响，不会影响到《广东省海洋主体功能区规划》中的相关区域。本项目与《广东省海洋主体功能区规划》的管理要求相协调。

12.7.2 海洋功能区划

根据《全国海洋功能区划（2011~2020年）》，本项目位于我国南海北部海域的珠江口盆地，南海北部海域是我国重要的油气资源分布区，区域主要功能为矿产与能源开发、渔业、海洋保护，区域重点加强珠江口盆地油气资源勘探开发，加强渔业资源利用和养护，加强水产种质资源保护区建设，保护重要海洋生态系统和海域生态环境。本项目属于海洋油气资源开发项目，与该区域主要功能之一的矿产与能源开发具有一致性，符合《全国海洋功能区划（2011~2020年）》的要求。

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，本项目位于广东省海洋功能区划之外，距离广东省管理的距东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区（B6-46）最近距离约73km。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《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》内的海洋生态环境。本项目与《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》的管理要求相协调。

12.7.3 海洋生态红线

根据《广东省海洋生态红线》（2017.9），本项目位于广东省海洋生态红线区范围之外，其中最近距离东沙群岛特别保护海岛限制类红线区约73km。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，不会影响到生态红线内的海洋生态环境和渔业水域环境，与《广东省海洋生态红线》（2017.9）的管理要求相协调。

12.7.4 相关政策规划符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》，本项目为海洋石油天然气开采项目，属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中鼓励类“常规石



油、天然气勘探与开发”项目，本项目的建设符合国家产业政策的要求。

本项目的开发建设与《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》、《广东省海洋经济发展“十三五”规划》等相关要求相符合。

12.8 建设项目环境可行性结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》“鼓励类”产业，符合国家产业政策。本项目符合《全国海洋主体功能区规划》和《全国海洋功能区划（2011~2020年）》，与《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省海洋功能区划（2011~2020年）》、《广东省海洋生态红线》（2017.9）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，评价范围内的敏感目标主要为深水金线鱼产卵场、鲈鱼产卵场和蓝圆鲹产卵场。本项目在建设过程中产生的主要污染物为钻屑、钻井液和海底管道/电缆挖沟埋设时产生的悬浮沙，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，经新建平台 LF14-4DPP、LF15-1DPP 平台和依托平台 LF13-2DPP 处理达标后排放（LF15-1DPP 平台部分生产水处理达标后回注），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，需采取确实可行的溢油应急防范对策措施。

评价认为，只要不发生油气泄漏事故，本项目对周边的环境影响范围和影响程度是可以接受的。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。





附表：调查海域海水水质各调查项目分析结果

附表 1 调查海域海水水质调查分析记录统计表（春季）

站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
检出限		—	—	—	0.32	0.15	—	0.010	0.1	0.8	0.007	0.5	—	1.0	1.2	0.09	0.3	0.6	0.10
P1	0.5	25.86	34.435	8.38	6.41	0.37	1.3	0.023	0.1	1.4	0.016	1.3	111.7	5.3	3.5	nd	0.7	0.8	0.34
P1	10.0	25.40	34.460	8.39	6.47	0.33	0.7		0.1	1.1	0.018	1.3	76.5	3.9	2.3	nd	0.9	nd	0.43
P1	50.0	25.23	34.515	8.38	6.48	0.31	1.3		0.1	1.4	0.019	1.4	97.1	2.4	3.5	nd	1.1	nd	0.46
P1	96.0	21.42	35.017	8.29	5.27	0.18	2.5		0.2	1.1	0.019	1.4	79.2	1.7	4.7	nd	0.5	nd	0.42
P2	0.5	24.83	34.286	8.40	6.41	0.33	6.5	0.014	0.1	0.9	0.017	1.3	72.5	1.5	5.2	nd	1.1	2.0	0.65
P2	10.0	24.63	34.392	8.41	6.44	0.29	3.2		0.1	nd	0.023	1.3	67.4	1.7	8.0	0.92	0.9	1.6	0.49
P2	50.0	24.34	34.525	8.39	6.50	0.27	2.7		0.1	1.1	0.019	1.5	77.3	1.3	7.7	nd	0.9	1.8	0.24
P2	96.0	20.78	34.677	8.36	5.94	0.19	2.1		0.2	1.7	0.021	1.4	83.7	2.8	2.7	0.09	1.2	1.2	0.41
P3	0.5	24.85	34.265	8.41	6.45	0.26	1.8	0.014	0.1	0.9	0.018	1.4	81.1	1.3	8.1	nd	0.8	1.4	0.33
P3	10.0	24.69	34.418	8.42	6.46	0.24	2.2		0.1	0.7	0.024	1.4	85.5	1.1	5.9	nd	0.6	0.9	0.39
P3	50.0	24.31	34.542	8.42	6.51	0.28	2.1		0.1	0.7	0.020	1.5	117.5	1.5	7.8	nd	0.9	0.9	0.51
P3	94.0	21.52	34.733	8.35	5.98	0.19	1.3		0.2	0.9	0.023	1.4	88.3	1.9	6.0	nd	0.8	1.1	0.28
P4	0.5	24.88	34.442	8.41	6.44	0.26	12.5	nd	0.1	0.9	0.025	1.5	69.3	1.3	8.4	nd	1.2	1.5	0.30
P4	10.0	24.64	34.562	8.42	6.46	0.23	2.7		0.1	0.9	0.016	1.6	58.2	1.0	5.9	nd	0.8	2.7	0.34
P4	50.0	24.38	34.678	8.41	6.50	0.27	1.2		0.1	0.9	0.020	1.4	65.6	1.0	8.4	nd	1.5	2.2	0.24
P4	93.0	21.77	34.726	8.33	5.78	0.17	3.8		0.2	1.1	0.020	1.5	58.7	1.1	11.4	nd	1.1	nd	0.55
P5	0.5	24.84	34.330	8.40	6.42	0.24	3.1	nd	0.1	1.1	0.018	1.4	70.4	1.0	5.9	nd	0.9	1.1	0.27
P5	10.0	24.66	34.482	8.41	6.47	0.22	3.0		0.1	1.4	0.023	1.4	64.1	1.3	9.7	nd	0.7	1.8	0.46
P5	50.0	24.40	34.639	8.40	6.56	0.26	3.8		0.1	1.1	0.021	1.5	55.1	1.2	14	nd	1.4	1.5	0.42
P5	91.0	21.79	34.670	8.34	5.81	0.17	2.0		0.2	0.9	0.021	1.4	62.0	1.9	14.6	nd	1.7	nd	0.43
P6	0.5	24.74	34.291	8.41	6.42	0.22	4.5	0.016	0.1	0.9	0.017	1.3	87.0	1.4	4.3	nd	1.8	0.7	0.30
P6	10.0	24.65	34.470	8.41	6.45	0.25	0.3		0.1	0.9	0.021	1.4	65.7	1.0	6.8	0.14	1.7	0.8	0.24
P6	50.0	24.23	34.378	8.41	6.51	0.27	1.2		0.2	1.7	0.024	1.4	64.0	1.2	9.4	nd	1	0.7	0.38
P6	88.0	22.63	34.585	8.32	5.86	0.18	2.1		0.2	1.4	0.021	1.6	52.5	2.3	9.7	0.13	1.8	2.3	0.25
P7	0.5	24.72	34.229	8.42	6.37	0.20	0.3	0.016	nd	0.9	0.019	1.3	67.2	1.0	4.8	nd	0.9	1.1	0.26
P7	10.0	24.68	34.318	8.42	6.39	0.23	0.3		0.1	0.9	0.022	1.4	69.7	1.7	3.1	nd	1.4	nd	0.36
P7	50.0	24.24	34.421	8.41	6.36	0.25	1.5		0.1	0.9	0.022	1.5	141.4	1.1	4.8	0.11	1.6	0.6	0.60



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
P7	100.0	19.84	34.718	8.37	5.81	0.22	2.2		0.2	0.9	0.019	1.5	55.7	2.0	6.6	nd	0.7	nd	0.21
P7	115.0	18.86	34.209	8.32	5.63	0.16	0.4		0.2	nd	0.022	1.5	55.7	2.2	6.8	0.1	1.3	1.6	0.43
P8	0.5	24.78	34.241	8.40	6.44	0.29	2.0	nd	nd	1.7	0.018	1.3	81.4	1.2	7.3	nd	0.8	3	0.42
P8	10.0	24.65	34.425	8.41	6.40	0.26	1.5		0.1	1.1	0.019	1.3	64.8	1.0	11.6	0.21	1	2.3	0.45
P8	50.0	24.27	34.554	8.39	6.47	0.28	2.8		0.1	1.4	0.021	1.5	69.3	1.5	11.3	nd	0.9	2.7	0.33
P8	100.0	19.24	34.728	8.38	5.94	0.22	2.0		0.1	nd	0.025	1.4	64.6	1.7	3.6	0.12	1.4	1.7	0.42
P8	110.0	18.77	34.745	8.35	5.66	0.18	1.7		0.2	1.1	0.018	1.5	75.1	1.9	10.6	0.1	1.2	4.8	0.40
P9	0.5	24.75	34.205	8.41	6.44	0.26	2.4	nd	0.1	0.9	0.024	1.4	72.2	1.0	4.6	nd	0.7	1.5	0.32
P9	10.0	24.66	34.386	8.41	6.42	0.24	3.2		0.1	nd	0.025	1.4	65.1	1.3	4.1	nd	0.8	0.8	0.38
P9	50.0	23.96	34.674	8.40	6.49	0.25	1.1		0.1	0.9	0.023	1.4	69.2	1.1	2.4	nd	0.7	nd	0.36
P9	100.0	18.86	34.788	8.39	5.84	0.18	2.8		0.2	nd	0.024	1.5	74.6	1.5	2.5	nd	0.5	0.6	0.43
P9	115.0	18.50	34.794	8.24	5.57	0.15	5.9		0.2	0.9	0.019	1.6	77.7	1.7	6.3	nd	0.9	2.2	0.41
P10	0.5	24.70	34.327	8.41	6.46	0.26	1.4	0.017	0.1	1.1	0.025	1.4	70.8	nd	5.7	nd	0.9	1.2	0.37
P10	10.0	24.61	34.452	8.41	6.39	0.22	2.0		0.1	0.9	0.022	1.4	70.5	1.2	3.2	0.09	0.9	nd	0.33
P10	50.0	23.95	34.610	8.40	6.43	0.27	3.8		0.2	0.9	0.023	1.4	56.8	1.0	3.4	nd	0.7	0.8	0.35
P10	100.0	18.98	34.767	8.38	5.77	0.19	3.7		0.2	nd	0.017	1.5	53.9	1.3	9.1	0.09	0.9	3.4	0.39
P10	124.0	18.07	34.802	8.29	5.55	0.17	5.1		0.2	nd	0.022	1.5	93.9	1.4	4.1	nd	0.9	1.3	0.33
P11	0.5	25.75	34.361	8.42	6.43	0.27	5.0	nd	0.1	1.4	0.021	1.4	79.1	nd	4.3	nd	1.4	0.9	0.39
P11	10.0	25.64	34.429	8.42	6.44	0.25	4.3		0.1	1.4	0.017	1.5	55.0	2.7	2.5	nd	0.8	nd	0.43
P11	50.0	24.43	34.602	8.41	6.37	0.29	5.4		0.2	1.1	0.018	1.5	62.5	3.4	2.7	nd	0.6	0.6	0.35
P11	100.0	19.21	34.696	8.37	5.77	0.19	10.0		0.2	2	0.019	1.6	72.1	1.3	6.7	nd	1.1	2.4	0.48
P11	145.0	17.40	34.734	8.33	5.51	0.17	2.5		0.2	1.4	0.018	1.7	44.5	1.2	3.2	nd	0.7	1	0.42
P12	0.5	25.69	34.233	8.42	6.38	0.26	1.9	nd	0.1	1.1	0.017	1.3	74.4	1.0	1.6	nd	0.3	1.2	0.46
P12	10.0	25.54	34.446	8.42	6.44	0.23	1.9		0.1	1.4	0.019	1.4	56.9	1.5	3.6	nd	0.5	0.7	0.44
P12	50.0	24.48	34.575	8.40	6.32	0.26	2.6		0.1	1.1	0.019	1.5	62.4	1.0	1.5	nd	0.3	1.7	0.49
P12	100.0	19.13	34.684	8.38	5.74	0.19	12.4		0.2	1.1	0.017	1.4	70.8	1.3	2.7	nd	0.6	0.9	0.42
P12	168.0	16.52	34.837	8.34	5.49	0.16	4.8		0.2	1.4	0.020	1.5	61.6	2.2	2.1	nd	0.4	1.7	0.53
P13	0.5	25.53	34.350	8.41	6.43	0.25	2.9	nd	0.1	0.9	0.024	1.4	42.1	1.0	5.7	0.38	1.2	4.4	0.49
P13	10.0	25.36	34.473	8.40	6.48	0.28	4.6		0.1	1.0	0.020	1.4	58.8	1.1	2.7	0.42	0.7	3.4	0.48
P13	50.0	24.44	34.640	8.39	6.36	0.29	6.8		0.1	0.9	0.024	1.4	47.4	1.1	2.6	0.11	1.0	0.6	0.50
P13	100.0	19.16	34.788	8.38	5.57	0.21	3.9		0.1	0.7	0.019	1.7	106.5	1.3	3.9	0.68	1.0	2.1	0.43
P13	238.0	14.62	34.875	8.30	5.22	0.18	2.7		0.2	nd	0.021	1.7	74.5	1.9	3.0	0.51	0.6	2.5	0.41
P14	0.5	25.40	34.310	8.39	6.42	0.25	3.2	nd	nd	nd	0.021	1.2	44.0	1.0	4.8	nd	1.3	1	0.35



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
P14	10.0	25.31	34.454	8.40	6.44	0.23	2.8		0.1	nd	0.022	1.3	53.3	1.0	2.7	nd	0.8	nd	0.50
P14	50.0	24.40	34.607	8.40	6.31	0.28	4.2		0.1	1.4	0.025	1.4	41.0	nd	2.9	nd	0.6	0.7	0.56
P14	100.0	19.14	34.748	8.34	5.36	0.19	1.7		0.1	1.1	0.018	1.4	76.6	1.9	7.5	nd	1.2	2.7	0.51
P14	254.0	14.47	34.903	8.29	5.15	0.15	0.4		0.2	1.1	0.017	1.5	65.0	2.4	3.5	nd	0.8	1.1	0.36
P15	0.5	26.52	34.392	8.39	6.39	0.29	4.4	nd	0.1	0.9	0.024	1.4	53.5	1.3	6.5	nd	0.9	2.3	0.46
P15	10.0	26.40	34.506	8.39	6.45	0.32	1.4		0.1	1.1	0.018	1.4	48.6	1.1	3.1	0.1	0.9	0.6	0.43
P15	50.0	24.31	34.560	8.39	6.39	0.26	3.8		0.1	0.9	0.024	1.6	46.9	1.0	4.4	nd	0.9	0.6	0.46
P15	100.0	19.20	34.623	8.38	5.84	0.22	4.3		0.1	nd	0.025	1.4	50.2	1.5	2.8	0.1	0.9	3.1	0.35
P15	112.0	18.79	34.679	8.31	5.38	0.18	2.5		0.2	nd	0.020	1.5	66.3	1.9	3.3	0.1	0.7	3.7	0.46
P16	0.5	26.58	34.319	8.39	6.43	0.32	1.0	0.020	0.1	1.0	0.022	1.4	27.9	1.4	6.4	nd	0.9	1.3	0.44
P16	10.0	26.43	34.380	8.39	6.47	0.28	1.6		0.1	1.3	0.024	1.4	33.5	1.3	7.9	nd	0.6	0.6	0.40
P16	50.0	24.19	34.386	8.40	6.35	0.26	5.5		0.1	nd	0.020	1.5	45.1	1.0	8.6	nd	0.8	1.1	0.44
P16	100.0	19.11	34.627	8.37	5.69	0.21	2.1		0.2	1.0	0.019	1.5	50.7	1.4	5.3	nd	0.8	1.6	0.41
P16	188.0	18.20	34.703	8.29	5.29	0.16	3.0		0.2	0.7	0.021	1.6	39.6	3.4	5.3	0.09	0.9	1.1	0.42
P17	0.5	26.64	34.368	8.38	6.44	0.32	1.0	0.011	0.1	0.9	0.023	1.3	46.2	1.0	4.8	nd	1.4	1.6	0.39
P17	10.0	26.51	34.372	8.38	6.50	0.30	3.0		0.1	0.9	0.024	1.4	42.8	1.0	2.3	nd	0.7	nd	0.34
P17	50.0	24.29	34.690	8.38	6.37	0.27	1.3		0.1	1.1	0.024	1.5	46.5	nd	3.2	nd	1.2	nd	0.41
P17	100.0	19.18	34.691	8.35	5.56	0.22	0.2		0.2	nd	0.017	1.6	28.1	1.7	2.1	nd	0.7	2.9	0.34
P17	181.0	16.72	34.676	8.30	5.37	0.19	2.2		0.2	nd	0.017	1.4	44.4	1.8	2.5	nd	0.6	3.2	0.43
P18	0.5	26.69	34.252	8.39	6.42	0.31	3.2	nd	0.1	1.1	0.023	1.4	39.3	1.0	7.2	nd	1.2	0.9	0.34
P18	10.0	26.52	34.432	8.38	6.51	0.28	0.7		0.1	0.9	0.022	1.4	37.7	1.2	4.9	0.38	1.2	3.9	0.32
P18	50.0	24.23	34.537	8.39	6.42	0.29	0.4		0.1	0.9	0.023	1.5	33.3	1.0	9.8	0.52	1.1	0.9	0.43
P18	100.0	19.36	34.749	8.36	5.70	0.23	0.3		0.2	nd	0.021	1.5	37.5	1.3	6.2	0.11	1.2	1.4	0.33
P18	224.0	15.83	34.867	8.31	5.32	0.16	0.4		0.2	nd	0.022	1.6	41.7	2.3	10.4	0.11	1.2	1.3	0.36
P19	0.5	26.76	34.275	8.39	6.39	0.30	1.7	0.012	0.1	nd	0.020	1.4	38.2	1.0	3.2	nd	0.7	0.7	0.41
P19	10.0	26.59	34.396	8.39	6.49	0.29	3.0		0.1	nd	0.017	1.4	36.0	1.1	5.1	nd	1.2	0.7	0.43
P19	50.0	24.22	34.562	8.39	6.47	0.29	2.7		0.1	1.1	0.022	1.6	41.3	nd	3.6	0.27	0.8	2.5	0.42
P19	100.0	19.41	34.797	8.35	5.68	0.24	0.1		0.1	0.9	0.022	1.6	28.5	2.2	6.8	0.35	1.2	0.7	0.25
P19	294.0	11.65	34.885	8.36	5.43	0.17	2.3		0.2	nd	0.017	1.7	24.5	2.2	4.4	nd	0.9	1.0	0.41
P20	0.5	26.82	34.335	8.39	6.43	0.29	2.1	0.011	0.1	1.1	0.022	1.5	20.2	1.3	3.3	0.2	0.8	nd	0.42
P20	10.0	26.65	34.470	8.40	6.45	0.31	2.6		0.1	1.4	0.020	1.6	47.8	1.0	2.4	nd	0.5	nd	0.33
P20	50.0	24.35	34.572	8.41	6.42	0.26	0.7		0.1	0.9	0.017	1.7	42.7	nd	3.7	nd	1.8	nd	0.38
P20	100.0	19.35	34.780	8.36	5.73	0.22	1.1		0.1	1.1	0.021	1.5	38.4	2.5	2.6	0.72	0.6	1.7	0.42



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
P20	308.0	10.73	34.814	8.35	5.27	0.16	1.9		0.2	0.9	0.025	1.7	32.9	3.2	4.9	0.25	1.4	nd	0.47
P21	0.5	26.67	34.276	8.40	6.41	0.31	0.7	0.011	nd	1.4	0.021	1.5	34.2	1.0	1.5	0.32	0.3	0.9	0.56
P21	10.0	26.50	34.388	8.40	6.39	0.29	0.9		0.1	1.4	0.018	1.4	35.7	1.4	2.5	0.14	0.6	nd	0.33
P21	50.0	24.38	34.524	8.41	6.35	0.29	0.2		0.1	1.1	0.022	1.6	36.0	1.2	1.8	nd	0.4	nd	0.40
P21	100.0	19.27	34.792	8.33	5.54	0.25	0.2		0.1	1.1	0.017	1.5	35.6	1.3	2.7	nd	1.2	nd	0.34
P21	318.0	10.69	34.876	8.31	5.02	0.20	0.1		0.2	0.9	0.025	1.7	42.2	1.8	2	0.47	0.5	1.2	0.43
P22	0.5	26.60	34.322	8.40	6.53	0.31	2.1	nd	nd	1.4	0.023	1.4	53.6	1.0	2.9	0.17	0.4	1.6	0.49
P22	10.0	26.48	34.470	8.39	6.57	0.27	1.9		0.1	1.1	0.025	1.4	48.1	nd	4.2	nd	0.8	1.2	0.35
P22	50.0	24.25	34.624	8.40	6.48	0.25	1.4		0.1	0.9	0.018	1.4	37.9	1.2	2.2	nd	0.5	0.6	0.46
P22	100.0	19.22	34.670	8.39	5.88	0.23	0.9		0.1	nd	0.017	1.6	40.6	1.1	4.5	nd	0.7	2	0.31
P22	128.0	18.53	34.712	8.30	5.68	0.17	4.6		0.2	0.9	0.025	1.6	63.2	1.3	3.9	0.24	0.6	2.4	0.48
P23	0.5	26.64	34.303	8.39	6.54	0.33	5.6	0.015	0.1	0.9	0.019	1.3	44.1	1.0	5.8	nd	1.1	1.7	0.35
P23	10.0	26.52	34.437	8.38	6.58	0.30	4.1		0.1	1.1	0.018	1.5	39.7	1.4	2.9	nd	0.7	0.8	0.37
P23	50.0	24.21	34.617	8.41	6.49	0.29	3.4		0.1	1.7	0.023	1.6	35.3	1.0	6.3	nd	1.0	3.0	0.44
P23	100.0	19.26	34.710	8.41	6.05	0.24	4.0		0.2	nd	0.023	1.5	37.6	1.7	5.4	0.34	0.8	3.7	0.47
P23	188.0	18.24	34.755	8.31	5.61	0.19	2.9		0.2	0.9	0.026	1.5	57.5	1.9	6.2	nd	0.8	2.7	0.05
P24	0.5	26.88	34.278	8.39	6.50	0.31	4.1	0.010	0.1	1.4	0.017	1.3	34.9	1.0	4	nd	0.9	1.1	0.45
P24	10.0	26.65	34.386	8.39	6.56	0.29	3.3		0.1	1.1	0.024	1.3	36.1	1.2	9	nd	0.8	4.8	0.42
P24	50.0	24.52	34.537	8.41	6.52	0.29	3.8		0.1	1.4	0.020	1.6	37.1	1.2	7.6	0.5	0.7	3.4	0.38
P24	100.0	19.36	34.625	8.40	6.13	0.24	3.1		0.2	1.4	0.017	1.6	38.4	1.5	8.9	nd	0.8	2.9	0.47
P24	284.0	12.84	34.894	8.34	5.43	0.17	2.0		0.2	1.1	0.018	1.8	60.0	2.0	5.5	nd	0.9	1.5	0.32
P25	0.5	26.98	34.388	8.40	6.50	0.33	2.5	nd	0.1	2	0.017	1.3	35.8	1.2	4.1	nd	0.8	1.1	0.43
P25	10.0	26.52	34.469	8.40	6.53	0.29	2.5		0.1	1.4	0.023	1.5	36.6	1.0	2.1	nd	0.5	0.6	0.33
P25	50.0	24.17	34.517	8.42	6.40	0.30	2.7		0.2	1.1	0.017	1.6	39.7	1.5	4.4	nd	0.7	1.9	0.29
P25	100.0	18.92	34.694	8.41	5.92	0.25	6.1		0.2	1.4	0.025	1.7	42.3	1.7	3.8	0.23	0.6	2.3	0.33
P25	288.0	12.95	34.876	8.33	5.21	0.19	1.9		0.2	1.1	0.024	1.5	45.5	1.9	4.4	nd	1.2	1.8	0.35
P26	0.5	27.08	34.349	8.40	6.42	0.33	4.1	nd	0.1	1.1	0.023	1.4	35.5	1.0	5.5	0.1	1.0	2.9	0.33
P26	10.0	26.51	34.452	8.41	6.46	0.31	3.2		0.1	1.4	0.018	1.5	23.9	1.3	2.4	0.09	0.9	2.1	0.32
P26	50.0	23.87	34.539	8.43	6.44	0.29	7.4		0.1	0.9	0.021	1.6	22.8	1.5	5.5	nd	1.1	1.9	0.38
P26	100.0	18.96	34.706	8.42	6.09	0.25	3.5		0.2	nd	0.022	1.7	35.7	1.7	3.9	nd	0.4	3.1	0.42
P26	315.0	11.07	34.892	8.36	5.06	0.18	4.9		0.2	nd	0.025	1.6	24.4	2.4	2.9	nd	0.8	2.9	0.04
P27	0.5	26.92	34.334	8.41	6.39	0.34	3.5	0.015	0.1	1.3	0.019	1.3	24.7	1.5	4.3	nd	0.9	0.9	0.34
P27	10.0	26.55	34.482	8.41	6.44	0.28	3.6		0.1	1.4	0.023	1.4	19.8	1.7	5.2	nd	0.9	nd	0.29



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
P27	50.0	23.94	34.588	8.42	6.49	0.31	3.2		0.1	1.0	0.022	1.3	25.6	1.0	5.6	nd	0.6	0.8	0.54
P27	100.0	18.98	34.721	8.43	6.01	0.21	2.5		0.2	1.3	0.021	1.4	29.7	1.4	3.6	nd	0.8	1.1	0.27
P27	354.0	10.59	34.914	8.38	5.08	0.18	3.7		0.3	0.7	0.024	1.5	16.7	2.0	3.6	nd	0.7	0.8	0.36
P28	0.5	26.87	34.254	8.41	6.42	0.35	4.4	0.010	nd	1.1	0.017	1.5	22.9	1.3	4.0	nd	0.8	2.0	0.38
P28	10.0	26.52	34.377	8.41	6.44	0.36	2.3		0.1	1.7	0.021	1.5	23.1	1.2	1.8	nd	0.7	1.5	0.35
P28	50.0	23.82	34.490	8.42	6.50	0.33	4.5		0.1	nd	0.024	1.6	29.5	1.5	4.0	nd	0.8	1.3	0.38
P28	100.0	18.94	34.692	8.41	6.09	0.26	3.8		0.2	0.9	0.020	1.6	21.7	1.7	2.9	nd	0.3	2.1	0.31
P28	327.0	11.36	34.887	8.35	5.02	0.18	4.5		0.3	1.4	0.024	1.5	39.0	1.9	2.2	nd	0.6	2	0.42
P29	0.5	26.87	34.247	8.39	6.55	0.36	5.9	nd	nd	1.4	0.024	1.3	53.3	1.5	2.8	nd	0.8	1.4	0.42
P29	10.0	26.53	34.453	8.38	6.54	0.38	8.4		0.1	1.4	0.025	1.4	50.4	1.7	6.9	nd	1.0	1.3	0.42
P29	50.0	23.80	34.639	8.41	6.48	0.32	5.0		0.1	1.1	0.022	1.4	38.0	1.3	5.5	0.36	1.0	nd	0.35
P29	100.0	18.84	34.694	8.37	5.87	0.24	7.6		0.2	nd	0.022	1.5	37.5	1.7	3.1	nd	0.8	nd	0.36
P29	148.0	17.76	34.746	8.33	5.62	0.20	15.3		0.2	nd	0.023	1.6	36.8	2.3	3.8	nd	0.8	nd	0.42
P30	0.5	26.82	34.277	8.39	6.58	0.38	4.3	nd	nd	1.4	0.022	1.4	53.1	1.7	1.7	nd	0.4	nd	0.45
P30	10.0	26.55	34.416	8.40	6.54	0.35	4.3		0.1	1.7	0.023	1.4	50.8	1.9	2.0	nd	0.6	1.0	0.46
P30	50.0	23.86	34.655	8.41	6.52	0.39	8.2		0.1	1.4	0.017	1.5	30.9	2.2	4.9	nd	0.7	0.9	0.46
P30	100.0	18.87	34.782	8.37	5.97	0.29	7.1		0.1	1.1	0.024	1.5	32.9	1.7	4.0	0.25	0.7	nd	0.43
P30	139.0	18.36	34.795	8.32	5.50	0.24	17.3		0.2	1.7	0.022	1.6	29.5	2.1	2.3	nd	0.6	nd	0.35
P31	0.5	26.88	34.270	8.40	6.52	0.35	3.8	nd	0.1	nd	0.022	1.4	40.7	1.9	5.6	nd	1.0	1.2	0.32
P31	10.0	26.50	34.479	8.39	6.53	0.38	2.1		0.1	0.7	0.018	1.4	44.4	2.8	6.8	nd	0.8	0.7	0.34
P31	50.0	23.87	34.621	8.41	6.46	0.32	1.6		0.1	1.6	0.021	1.6	23.4	1.4	7.3	nd	0.6	1.0	0.41
P31	100.0	18.82	34.748	8.34	6.03	0.24	3.7		0.2	1.4	0.021	1.4	31.6	1.3	4.7	nd	0.7	1.4	0.37
P31	268.0	14.78	34.900	8.31	5.08	0.17	3.8		0.2	1.6	0.019	1.6	19.5	1.8	4.6	nd	0.8	1.0	0.44
P32	0.5	26.83	34.289	8.40	6.45	0.35	2.1	nd	nd	1.1	0.025	1.4	22.0	1.7	6.0	nd	0.5	2.5	0.34
P32	10.0	26.48	34.411	8.41	6.54	0.38	1.0		0.1	1.1	0.021	1.4	22.4	1.9	7.2	0.1	0.7	nd	0.32
P32	50.0	23.93	34.578	8.42	6.40	0.31	3.7		0.1	nd	0.023	1.5	23.3	1.1	5.4	nd	0.8	nd	0.42
P32	100.0	18.86	34.773	8.37	5.69	0.24	3.8		0.2	nd	0.018	1.5	24.6	2.8	6.3	0.18	0.8	nd	0.36
P32	324.0	11.30	34.904	8.34	5.17	0.17	3.3		0.3	1.1	0.019	1.6	36.7	2.4	5.6	nd	0.7	0.7	0.36
P33	0.5	26.84	34.260	8.39	6.46	0.40	1.5	nd	nd	1.4	0.016	1.3	22.5	1.5	4.7	nd	0.4	1.9	0.35
P33	10.0	26.53	34.436	8.39	6.49	0.37	0.5		0.1	nd	0.021	1.4	19.8	1.9	5.6	nd	0.6	nd	0.42
P33	50.0	23.96	34.694	8.40	6.30	0.35	3.0		0.1	nd	0.020	1.4	21.5	1.3	4.3	nd	0.6	nd	0.34
P33	100.0	18.94	34.755	8.35	5.60	0.27	4.7		0.2	nd	0.022	1.5	33.9	1.5	5	0.14	0.7	nd	0.32
P33	331.0	11.24	34.917	8.33	5.15	0.22	2.0		0.3	0.9	0.021	1.5	39.6	2.0	4.4	nd	0.5	0.6	0.35



站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(μg/L)										
P34	0.5	26.86	34.376	8.39	6.45	0.31	3.6	nd	nd	1.4	0.019	1.4	20.4	1.5	7.8	0.1	0.6	3.5	0.35
P34	10.0	26.52	34.464	8.40	6.48	0.33	3.4		0.1	1.1	0.021	1.4	21.1	1.6	9.6	0.13	0.9	0.7	0.30
P34	50.0	24.06	34.707	8.39	6.39	0.30	1.5		0.1	1.4	0.021	1.5	18.9	1.3	7.1	nd	1.0	0.6	0.34
P34	100.0	18.94	34.760	8.37	5.72	0.22	0.9		0.1	1.1	0.025	1.5	33.1	1.7	8.3	0.23	1.1	0.6	0.35
P34	308.0	11.36	34.874	8.33	5.10	0.15	2.6		0.2	1.1	0.018	1.6	39.2	2.1	7.3	nd	0.8	0.9	0.34
P35	0.5	26.87	34.272	8.40	6.44	0.37	5.3	nd	nd	1.1	0.018	1.5	15.2	1.8	4.4	nd	0.4	1.7	0.47
P35	10.0	26.49	34.365	8.41	6.54	0.33	1.6		0.1	1.4	0.020	1.4	17.2	1.7	5.3	nd	0.5	nd	0.34
P35	50.0	23.95	34.503	8.42	6.38	0.29	3.7		0.1	1.4	0.018	1.4	18.3	1.8	4.0	nd	0.6	nd	0.34
P35	100.0	18.96	34.686	8.42	5.81	0.24	5.6		0.1	1.1	0.023	1.6	35.8	1.0	4.7	0.13	0.6	nd	0.34
P35	314.0	11.42	34.879	8.35	5.03	0.19	3.1		0.2	2.0	0.017	1.7	24.8	1.8	4.1	nd	0.5	nd	0.34
P36	0.5	25.90						nd											
P37	0.5	25.88						nd											
P38	0.5	25.61						0.016											
P39	0.5	24.90						0.013											
P40	0.5	25.82	34.342	8.39	6.59	0.32	1.9	0.014	0.2	3.7	0.022	1.3	47.8	1.0	6.6	nd	0.9	1.2	0.36
P40	10.0	25.72	34.445	8.39	6.51	0.27	1.4		0.2	2.3	0.024	1.3	28.6	1.1	2.6	nd	0.6	3.5	0.35
P40	50.0	24.54	34.639	8.40	6.49	0.24	2.8		0.2	1.4	0.018	1.4	46.9	1.0	4.7	0.09	1.0	1.7	0.28
P40	100.0	19.33	34.762	8.39	6.03	0.26	2.1		0.2	0.9	0.020	1.3	40.0	1.5	3.7	0.10	0.7	3.7	0.33
P40	134.0	17.66	34.824	8.33	5.35	0.20	1.6		0.3	1.1	0.018	1.3	25.1	5.2	4.5	nd	1.2	2.2	0.32
P41	0.5	24.90	34.289	8.40	6.53	0.38	2.2	0.011	0.2	1.1	0.021	1.4	125.3	1.0	2	nd	0.4	1.6	0.39
P41	10.0	24.82	34.354	8.40	6.35	0.24	1.6		0.2	1.7	0.019	1.4	48.4	1.2	4.7	nd	0.7	0.9	0.35
P41	50.0	24.22	34.617	8.40	6.33	0.20	4.7		0.2	1.4	0.024	1.4	57.9	1.0	1.9	nd	0.4	2.3	0.31
P41	100.0	19.36	34.688	8.38	5.70	0.18	1.0		0.2	0.9	0.020	1.6	69.8	1.2	3.5	nd	0.8	1.2	0.40
P41	126.0	18.39	34.745	8.31	5.39	0.15	2.9		0.3	0.9	0.018	1.6	49.6	1.3	2.7	nd	0.5	2.4	0.32
P42	0.5	25.86						0.018											
P43	0.5	25.87	34.276	8.39	6.46	0.24	4.8	0.015	0.1	1.7	0.018	1.4	58.1	1.6	2.2	nd	0.5	nd	0.43
P43	10.0	25.71	34.425	8.39	6.39	0.22	1.3		0.2	1.4	0.024	1.4	51.4	1.1	3.2	nd	0.6	1.8	0.38
P43	50.0	24.39	34.573	8.37	5.85	0.20	3.9		0.2	0.9	0.021	1.5	40.7	1.2	2.5	nd	0.6	1.8	0.48
P43	100.0	19.28	34.658	8.31	5.47	0.19	4.1		0.2	0.9	0.020	1.8	35.7	1.9	2.3	nd	0.6	nd	0.35
P43	139.0	17.55	34.784	8.29	5.32	0.15	3.5		0.2	1.1	0.020	1.7	39.2	3.1	3	nd	0.7	nd	0.41
P44	0.5	25.76						0.020											
P45	0.5	25.74	34.273	8.40	6.49	0.26	4.7	0.013	0.2	2.3	0.017	1.5	43.1	1.0	4.3	nd	0.8	2.6	0.37
P45	10.0	25.66	34.417	8.40	6.41	0.29	4.4		0.2	1.7	0.025	1.5	43.2	1.3	3.5	nd	0.8	2.7	0.41



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(μg/L)										
P45	50.0	24.42	34.536	8.38	5.81	0.31	2.2		0.2	2	0.023	1.6	44.6	1.7	3.2	nd	0.8	nd	0.44
P45	100.0	19.20	34.722	8.31	5.51	0.22	1.4		0.2	1.4	0.022	1.7	51.4	1.9	4.1	0.09	0.9	nd	0.39
P45	144.0	17.51	34.836	8.29	5.36	0.17	4.0		0.3	1.1	0.020	1.6	41.9	2.3	2	nd	0.5	nd	0.43

注：“—”表示不进行该项检出限分析；“nd”表示未检出；空白表示无数据。

附表2 调查海域海水水质调查分析记录统计表（秋季）

站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(μg/L)										
检出限		—	—	—	0.32	0.15	—	0.010	0.2	0.8	0.007	0.5	—	0.	1.2	0.09	0.3	0.6	0.10
P1	0.5	27.67	34.174	8.27	6.59	0.30	2.8	0.013	nd	1.1	0.019	1.7	44.6	5.3	7.1	0.10	0.6	nd	0.64
P1	10.0	26.88	34.364	8.29	6.57	0.34	11.2		nd	0.9	0.022	1.7	40.6	5.7	2.3	nd	0.6	nd	0.77
P1	50.0	23.26	34.173	8.30	6.56	0.28	6.4		0.2	1.1	0.025	1.6	44.8	6.4	4.7	nd	1.0	nd	0.49
P1	95.0	20.34	34.294	8.29	5.61	nd	10.4		0.2	nd	0.020	1.7	64.6	8.3	5.3	nd	1.2	0.6	0.44
P2	0.5	27.66	34.448	8.27	6.52	0.33	5.6	0.015	nd	1.0	0.022	1.7	50.9	6.1	5.0	0.10	0.7	1.1	0.68
P2	10.0	26.86	34.514	8.29	6.55	0.31	11.6		nd	0.8	0.021	1.6	50.4	5.5	4.3	nd	0.6	0.7	0.62
P2	50.0	23.34	34.341	8.30	6.61	0.28	2.6		0.2	1.3	0.018	1.7	53.3	7.4	4.2	nd	0.6	0.9	0.55
P2	97.0	20.17	34.598	8.28	5.62	0.17	12.4		0.2	1.1	0.017	1.9	80.6	8.8	4.1	nd	0.7	1.2	0.55
P3	0.5	27.61	34.450	8.27	6.62	0.33	7.3	0.013	nd	1.0	0.024	1.7	60.1	5.0	2.9	nd	0.6	nd	0.41
P3	10.0	26.77	34.247	8.27	6.56	0.36	9.0		0.2	0.8	0.025	2.0	41.1	5.8	2.3	0.07	1.0	nd	0.57
P3	50.0	23.35	34.369	8.31	6.52	0.31	10.1		0.2	1.0	0.017	1.9	51.8	6.6	4.8	0.10	1.0	nd	0.58
P3	94.0	20.37	34.576	8.28	5.64	0.16	4.1		0.2	0.9	0.017	1.8	87.3	7.6	4.3	0.13	1.2	0.7	0.59
P4	0.5	27.62	34.537	8.29	6.56	0.32	1.2	0.016	nd	1.1	0.024	1.9	54.6	5.2	5.3	nd	0.8	1.2	0.43
P4	10.0	26.71	34.618	8.28	6.59	0.38	3.4		nd	1.1	0.022	1.9	41.9	6.2	5.3	nd	0.9	nd	0.73
P4	50.0	23.30	34.647	8.30	6.52	0.29	1.2		0.2	1.0	0.020	1.6	45.5	6.9	4.1	nd	0.6	1.0	0.88
P4	94.5	20.42	34.787	8.29	5.63	0.17	9.0		0.2	0.8	0.019	1.9	78.0	7.4	3.5	0.11	0.5	0.7	0.77
P5	0.5	27.63	34.662	8.29	6.65	0.35	4.6	0.015	nd	1.0	0.027	1.9	49.1	5.4	5.2	nd	0.9	0.6	0.62
P5	10.0	26.73	34.423	8.28	6.56	0.37	6.6		nd	0.8	0.023	1.9	39.8	5.6	1.6	nd	0.7	0.6	0.83
P5	50.0	23.31	34.624	8.31	6.59	0.31	7.8		0.2	1.1	0.025	1.9	45.2	6.0	4.7	nd	2.8	0.6	0.57
P5	91.0	21.11	34.660	8.28	5.58	0.21	5.6		0.2	nd	0.019	1.9	69.2	7.1	4.1	nd	2.4	0.8	0.69
P6	0.5	27.65	34.622	8.27	6.56	0.28	9.8	0.014	nd	1.1	0.020	2.0	49.4	4.4	5.0	nd	0.5	0.9	0.71
P6	10.0	26.69	34.519	8.28	6.60	0.32	8.6		nd	1.0	0.021	1.8	41.9	5.3	4.4	0.11	0.8	0.7	0.65
P6	50.0	23.41	34.533	8.30	6.53	0.31	18.6		0.2	0.8	0.018	1.9	45.4	5.8	4.6	0.12	0.6	0.8	0.50



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
P6	88.0	21.52	34.800	8.28	5.69	0.18	17.0		0.2	nd	0.025	1.8	72.9	6.4	4.1	nd	0.5	0.9	0.86
P7	0.5	27.58	34.695	8.30	6.51	0.24	17.2	0.018	nd	0.8	0.022	1.6	43.5	4.0	3.9	nd	0.6	0.7	0.59
P7	10.0	26.64	34.541	8.30	6.55	0.31	66.6		nd	0.9	0.021	1.9	40.8	5.5	3.7	nd	0.5	nd	0.57
P7	50.0	23.42	34.587	8.31	6.56	0.32	9.4		0.2	1.1	0.020	1.7	51.6	5.5	3.7	0.09	0.7	0.8	0.47
P7	100.0	19.88	34.701	8.29	5.54	0.28	4.0		0.2	0.8	0.019	1.6	76.3	5.9	4.5	nd	0.5	nd	0.57
P7	115.0	19.06	34.712	8.27	5.49	0.20	8.4		0.2	0.8	0.015	1.8	82.4	11.0	3.0	nd	0.6	0.7	0.44
P8	0.5	27.59	34.159	8.28	6.57	0.28	7.6	0.013	nd	1.3	0.022	1.8	48.6	5.6	3.7	0.11	0.9	0.8	0.49
P8	10.0	26.70	34.280	8.27	6.53	0.36	5.6		nd	1.2	0.021	1.6	41.8	4.6	4.0	nd	1.0	0.6	0.76
P8	50.0	23.49	34.526	8.30	6.48	0.35	12.2		0.2	1.1	0.025	1.7	45.6	5.9	3.5	nd	0.7	0.7	0.43
P8	100.0	19.82	34.418	8.28	5.51	0.28	7.8		0.2	0.9	0.022	1.6	72.0	6.9	3.1	nd	0.6	nd	0.70
P8	108.0	19.71	34.402	8.26	5.49	0.22	10.8		0.2	0.8	0.019	1.7	85.1	9.3	3.2	nd	0.7	nd	0.83
P9	0.5	27.57	34.418	8.28	6.62	0.29	15.8	0.012	nd	1.4	0.025	1.8	50.8	6.4	6.8	nd	0.7	nd	0.50
P9	10.0	26.42	34.237	8.29	6.52	0.33	10.2		0.2	1.3	0.022	1.9	34.3	4.4	1.6	nd	0.8	0.6	0.88
P9	50.0	23.54	34.262	8.30	6.53	0.31	11.2		0.2	1.1	0.020	2.0	43.4	5.8	3.2	nd	2.1	nd	0.84
P9	100.0	19.74	34.737	8.30	5.55	0.24	4.8		0.2	1.0	0.021	1.6	72.3	6.7	2.3	nd	1.5	nd	0.77
P9	114.0	19.17	34.725	8.29	5.48	0.15	6.6		0.2	0.8	0.021	1.7	79.4	8.6	2.2	nd	0.7	nd	0.74
P10	0.5	27.62	34.473	8.28	6.56	0.31	8.4	0.014	nd	1.2	0.020	1.7	44.2	6.2	4.9	nd	0.3	0.7	0.45
P10	10.0	26.64	34.285	8.27	6.50	0.35	7.2		0.2	1.3	0.023	1.9	35.7	6.4	1.8	nd	0.7	1.3	0.62
P10	50.0	23.58	34.268	8.32	6.55	0.29	6.4		0.2	1.2	0.022	1.7	78.5	6.7	2.2	0.11	1.2	nd	0.67
P10	100.0	19.86	34.247	8.29	5.48	0.23	7.8		0.2	1.4	0.023	1.9	69.1	7.2	6.5	0.09	1.0	0.6	0.74
P10	124.0	18.62	34.251	8.28	5.41	0.17	3.8		0.2	0.9	0.016	1.8	88.0	9.8	2.3	nd	1.3	nd	0.48
P11	0.5	27.59	34.515	8.28	6.65	0.24	8.6	0.014	nd	1.0	0.022	1.6	46.8	5.2	4.0	nd	0.4	0.9	0.49
P11	10.0	26.58	34.728	8.29	6.53	0.28	11.8		nd	1.0	0.018	1.6	53.6	5.5	3.2	0.09	0.5	0.6	0.79
P11	50.0	23.41	34.551	8.31	6.55	0.32	14.0		0.2	1.1	0.022	1.8	43.7	4.1	3.9	nd	0.5	nd	0.69
P11	100.0	19.90	34.579	8.30	5.49	0.25	31.0		0.2	0.9	0.024	1.8	82.1	6.6	3.1	nd	0.6	nd	0.54
P11	141.0	17.86	34.613	8.27	5.44	0.20	7.4		0.2	0.8	0.020	1.8	108.7	11.2	2.9	0.09	0.4	nd	0.74
P12	0.5	27.59	34.630	8.27	6.61	0.34	7.4	0.017	nd	1.1	0.023	2.0	47.1	5.0	2.0	nd	0.7	nd	0.75
P12	10.0	26.77	34.644	8.27	6.55	0.31	11.8		nd	1.1	0.020	1.7	50.4	5.3	3.0	nd	0.9	0.9	0.81
P12	50.0	23.42	34.818	8.30	6.56	0.28	5.6		0.2	0.9	0.023	1.7	47.0	5.1	2.4	nd	0.5	1.3	0.73
P12	100.0	19.92	34.731	8.28	5.54	0.17	7.2		0.2	0.9	0.021	1.6	79.1	7.7	2.6	0.09	0.7	0.8	0.42
P12	169.0	17.31	34.806	8.28	5.46	0.15	3.8		0.2	0.8	0.018	1.6	101.1	10.6	2.9	0.09	0.8	nd	0.76
P13	0.5	27.70	34.616	8.27	6.63	0.32	5.6	0.013	nd	1.1	0.023	1.7	51.5	4.7	3.1	nd	0.5	nd	0.75
P13	10.0	26.71	34.596	8.29	6.59	0.28	3.1		0.2	1.1	0.022	1.7	42.8	5.3	1.4	nd	0.9	nd	0.71



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
P13	50.0	23.44	34.761	8.30	6.50	0.31	11.7		0.2	0.9	0.017	2.0	47.6	5.3	5.7	nd	0.8	nd	0.85
P13	100.0	19.89	34.650	8.30	5.51	0.24	8.5		0.2	1.1	0.022	1.7	74.2	7.7	9.7	nd	0.7	1.0	0.68
P13	239.0	15.68	34.878	8.29	5.37	nd	6.4		0.2	0.8	0.020	1.8	99.6	12.0	3.6	nd	1.3	0.6	0.78
P14	0.5	27.66	34.521	8.29	6.60	0.29	9.2	0.013	nd	1.1	0.024	1.6	46.3	4.4	3.3	nd	1.0	0.6	0.59
P14	10.0	26.74	34.741	8.29	6.55	0.37	5.2		nd	1.2	0.019	1.9	42.4	5.3	2.7	nd	0.6	0.8	0.57
P14	50.0	23.38	34.830	8.32	6.54	0.31	8.2		0.2	1.1	0.024	1.6	51.6	5.6	2.6	nd	1.5	0.6	0.42
P14	100.0	19.76	34.627	8.30	5.52	0.30	11.0		0.2	1.0	0.022	1.5	73.3	7.0	6.3	nd	1.4	nd	0.64
P14	250.0	15.31	34.897	8.30	5.45	0.22	8.6		0.2	0.8	0.022	1.5	91.6	11.9	5.2	0.09	1.2	0.7	0.71
P15	0.5	27.53	34.109	8.28	6.61	0.28	2.8	0.011	nd	1.1	0.023	2.0	42.8	5.3	2.9	nd	0.5	nd	0.60
P15	10.0	26.54	34.225	8.29	6.52	0.32	8.0		nd	1.1	0.018	1.8	47.6	5.7	2.5	0.09	0.8	1.0	0.75
P15	50.0	23.44	34.123	8.28	6.56	0.22	2.4		0.2	1.0	0.022	1.9	43.6	6.0	2.4	0.09	0.5	1.2	0.39
P15	100.0	19.80	34.176	8.27	5.50	0.24	8.8		0.2	0.8	0.018	1.9	74.2	7.3	2.6	nd	0.6	1.0	0.86
P15	110.0	19.31	34.188	8.26	5.41	0.16	7.0		0.2	0.8	0.019	2.0	89.4	7.7	1.9	nd	0.5	0.9	0.82
P16	0.5	27.58	34.284	8.27	6.56	0.32	5.8	0.014	nd	1.1	0.023	2.0	42.1	6.3	4.0	nd	0.6	nd	0.51
P16	10.0	26.49	34.737	8.29	6.52	0.35	7.9		nd	1.1	0.024	1.7	48.9	6.1	3.1	0.10	0.9	0.9	0.68
P16	50.0	23.42	34.231	8.30	6.48	0.31	9.5		0.2	1.1	0.022	1.8	42.4	6.3	7.7	nd	1.0	1.7	0.73
P16	100.0	19.83	34.220	8.29	5.53	0.25	10.2		0.2	1.0	0.024	2.0	71.2	6.9	2.1	0.10	0.9	0.7	0.81
P16	144.0	17.83	34.258	8.28	5.40	nd	10.9		0.2	0.8	0.018	2.0	105.9	8.0	1.7	nd	0.4	nd	0.65
P17	0.5	27.62	34.578	8.28	6.58	0.31	2.6	0.012	nd	1.2	0.021	1.7	47.8	5.9	4.6	0.23	0.7	0.9	0.78
P17	10.0	26.57	34.624	8.28	6.52	0.37	16.2		0.2	1.1	0.023	1.7	51.4	6.6	4.2	0.13	0.5	1.1	0.55
P17	50.0	23.46	34.439	8.33	6.50	0.28	3.6		0.2	1.3	0.020	1.6	53.4	5.9	4.2	0.15	0.6	nd	0.62
P17	100.0	19.84	34.813	8.31	5.49	0.26	5.8		0.2	1.1	0.022	1.7	93.7	8.4	3.9	nd	0.4	nd	0.42
P17	183.0	16.39	34.808	8.30	5.40	0.18	5.2		0.2	nd	0.025	1.7	100.5	10.4	2.6	nd	0.5	nd	0.85
P18	0.5	27.52	34.624	8.30	6.53	0.32	12.6	0.010	nd	1.3	0.025	1.8	61.0	6.5	2.9	0.09	0.7	0.7	0.62
P18	10.0	26.69	34.546	8.30	6.44	0.29	14.2		0.2	1.5	0.021	1.7	44.7	6.4	5.1	nd	0.5	1.1	0.46
P18	50.0	23.42	34.807	8.31	6.42	0.31	7.8		0.2	1.1	0.019	1.7	54.6	6.7	3.2	nd	0.8	0.8	0.80
P18	100.0	19.79	34.493	8.29	5.52	0.24	18.4		0.2	1.0	0.020	1.8	77.1	8.6	3.8	nd	0.7	nd	0.71
P18	228.0	15.31	34.533	8.29	5.37	0.18	6.2		0.2	0.9	0.025	1.6	96.0	10.6	3.8	nd	0.6	nd	0.58
P19	0.5	27.52	34.665	8.29	6.56	0.31	9.8	0.013	nd	0.8	0.018	1.6	43.7	7.4	3.2	0.09	0.8	1.1	0.87
P19	10.0	26.44	34.626	8.29	6.47	0.35	6.6		nd	1.2	0.024	1.8	45.5	6.3	3.6	nd	0.6	1.0	0.58
P19	50.0	23.38	34.658	8.33	6.48	0.29	14.4		0.2	1.0	0.021	1.8	46.7	7.6	2.8	nd	0.5	nd	0.54
P19	100.0	19.70	34.673	8.28	5.48	0.24	8.4		0.2	1.1	0.018	1.6	82.4	9.1	2.2	nd	0.5	0.9	0.56
P19	299.0	14.63	34.551	8.29	5.35	0.21	5.2		0.2	0.8	0.021	1.7	102.2	12.4	2.3	0.10	0.7	0.6	0.85



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(μg/L)										
P20	0.5	27.44	34.596	8.30	6.55	0.30	1.6	0.015	nd	1.1	0.024	1.6	54.3	6.0	1.7	0.13	1.0	1.1	0.57
P20	10.0	26.40	34.486	8.30	6.48	0.34	4.6		nd	1.3	0.025	1.6	49.6	8.6	1.9	nd	1.1	nd	0.82
P20	50.0	23.35	34.258	8.33	6.44	0.24	13.2		0.2	1.4	0.023	1.8	41.7	6.8	2.9	nd	1.5	0.7	0.58
P20	100.0	19.72	34.665	8.29	5.53	0.26	12.6		0.2	0.9	0.020	1.8	81.7	8.1	1.9	nd	1.0	0.7	0.84
P20	310.0	14.55	34.612	8.29	5.33	0.16	8.0		0.2	nd	0.025	1.6	112.3	13.5	2.1	nd	0.9	0.9	0.56
P21	0.5	27.52	34.678	8.29	6.57	0.36	7.6	0.018	nd	1.2	0.020	1.7	38.9	6.2	4.0	nd	0.9	1.0	0.46
P21	10.0	26.63	34.547	8.28	6.52	0.34	6.4		nd	1.1	0.018	1.7	43.5	5.7	3.4	0.10	0.7	0.7	0.68
P21	50.0	23.41	34.678	8.32	6.45	0.29	8.8		0.2	1.0	0.019	1.9	74.6	7.0	3.2	0.09	0.5	0.6	0.78
P21	100.0	19.72	34.701	8.28	5.48	0.22	9.0		0.2	1.0	0.025	1.6	76.3	8.5	3.6	nd	0.6	0.7	0.42
P21	317.0	14.47	34.606	8.29	5.34	nd	6.2		0.3	0.8	0.020	2.0	125.7	14.2	2.9	nd	0.6	0.8	0.73
P22	0.5	27.54	34.203	8.29	6.50	0.28	6.8	0.010	nd	1.1	0.025	1.8	46.1	6.2	3.2	nd	0.7	0.9	0.64
P22	10.0	26.81	34.287	8.29	6.44	0.34	0.4		nd	1.1	0.023	1.7	50.9	6.7	2.7	0.10	0.5	0.8	0.72
P22	50.0	23.42	34.216	8.31	6.46	0.31	8.4		0.2	1.1	0.018	1.6	44.5	6.7	3.4	0.09	0.6	1.0	0.79
P22	100.0	19.57	34.139	8.29	5.49	0.28	28.0		0.2	1.0	0.018	1.6	88.5	7.1	3.0	nd	0.5	0.9	0.65
P22	121.0	18.86	34.224	8.25	5.48	0.24	6.6		0.2	0.9	0.023	1.9	121.3	8.0	3.2	nd	0.4	1.2	0.54
P23	0.5	27.60	34.443	8.28	6.52	0.34	7.2	0.011	nd	1.1	0.023	1.7	45.8	6.7	4.1	0.11	0.5	0.9	0.85
P23	10.0	26.58	34.273	8.28	6.47	0.29	8.4		nd	1.1	0.024	1.6	50.5	5.9	3.6	0.10	0.4	0.6	0.74
P23	50.0	23.37	34.298	8.31	6.48	0.28	10.0		0.2	1.1	0.021	1.8	53.0	7.1	3.1	nd	0.5	nd	0.47
P23	100.0	19.81	34.309	8.28	5.45	0.24	9.6		0.2	0.9	0.016	1.8	95.4	7.3	4.2	0.10	0.5	1.0	0.52
P23	190.0	15.66	34.365	8.26	5.38	0.21	2.6		0.2	0.8	0.015	1.8	129.3	8.7	3.9	nd	0.4	nd	0.72
P24	0.5	27.59	34.648	8.30	6.56	0.25	9.0	0.012	nd	1.3	0.023	1.7	42.3	7.1	2.4	nd	0.9	1.0	0.77
P24	10.0	26.51	34.723	8.28	6.52	0.31	13.2		nd	1.1	0.024	1.8	50.3	5.1	3.2	0.13	1.2	2.4	0.62
P24	50.0	23.44	34.749	8.32	6.46	0.22	10.4		nd	1.1	0.021	1.7	64.9	6.4	3.1	nd	1.4	1.5	0.47
P24	100.0	19.66	34.832	8.29	5.53	0.29	5.4		0.2	1.0	0.021	1.9	96.7	7.6	2.8	nd	1.1	nd	0.81
P24	283.0	14.73	34.844	8.28	5.35	0.21	2.2		0.2	0.8	0.019	1.9	141.6	15.3	3.1	nd	0.9	1.5	0.50
P25	0.5	27.66	34.732	8.33	6.52	0.28	7.8	0.013	nd	1.2	0.024	1.6	42.6	6.5	4.4	nd	0.5	1.1	0.49
P25	10.0	26.71	34.589	8.33	6.49	0.31	8.4		nd	1.1	0.020	1.9	43.5	5.6	3.5	0.09	0.4	0.9	0.42
P25	50.0	23.49	34.527	8.34	6.45	0.28	13.4		0.2	1.1	0.021	1.8	58.2	6.5	3.2	nd	0.6	nd	0.40
P25	100.0	19.76	34.677	8.28	5.52	0.24	7.2		0.2	0.9	0.023	1.6	84.7	7.4	3.1	nd	0.5	0.8	0.40
P25	289.0	14.68	34.486	8.27	5.37	0.20	14.0		0.3	0.8	0.018	1.8	137.3	15.7	2.7	nd	0.7	0.7	0.46
P26	0.5	27.55	34.636	8.31	6.53	0.28	5.8	0.016	nd	1.1	0.025	1.7	42.6	6.4	4.3	nd	0.7	0.8	0.83
P26	10.0	26.63	34.680	8.33	6.48	0.35	8.4		nd	1.2	0.018	1.9	36.7	6.0	3.0	0.11	1.0	nd	0.77
P26	50.0	23.42	34.814	8.33	6.44	0.32	10.8		0.2	1.1	0.019	1.9	40.5	6.4	5.1	nd	0.6	1.3	0.67



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(μg/L)										
P26	100.0	19.77	34.673	8.29	5.51	0.28	3.2		0.2	1.0	0.018	1.8	73.5	7.8	4.8	nd	1.2	1.0	0.86
P26	319.0	14.55	34.708	8.27	5.53	0.18	13.2		0.3	0.9	0.020	1.8	133.7	18.2	2.5	nd	0.6	nd	0.86
P27	0.5	27.51	34.596	8.28	6.52	0.29	4.2	0.012	nd	1.3	0.023	1.7	43.9	6.9	3.1	0.06	0.7	0.9	0.55
P27	10.0	26.66	34.695	8.32	6.55	0.37	6.2		nd	1.1	0.022	1.8	38.8	5.8	2.0	nd	0.8	1.1	0.75
P27	50.0	23.57	34.847	8.34	6.48	0.24	7.7		0.2	1.1	0.019	1.9	56.7	7.2	2.5	nd	1.4	nd	0.79
P27	100.0	19.83	34.798	8.31	5.47	0.28	9.8		0.2	0.9	0.022	1.9	92.6	8.3	2.1	nd	0.8	nd	0.56
P27	346.0	14.24	34.675	8.29	5.28	0.21	9.5		0.3	0.8	0.019	1.9	129.4	14.5	2.5	0.12	1.6	0.9	0.53
P28	0.5	27.54	34.626	8.30	6.53	0.28	8.4	0.011	nd	1.3	0.019	1.6	41.4	6.3	2.5	nd	0.6	1.0	0.40
P28	10.0	26.64	34.656	8.31	6.48	0.33	8.4		nd	1.5	0.019	1.8	41.6	5.9	2.8	0.12	0.5	0.7	0.47
P28	50.0	23.39	34.885	8.34	6.48	0.31	5.4		0.2	1.1	0.019	2.0	63.8	7.2	2.5	0.13	0.7	1.3	0.43
P28	100.0	19.77	34.821	8.30	5.52	0.21	9.2		0.2	1.0	0.021	2.0	88.2	8.2	2.7	nd	0.5	0.6	0.48
P28	321.0	14.35	34.743	8.30	5.31	0.15	4.6		0.3	0.9	0.023	1.8	126.2	14.5	2.1	nd	0.6	0.7	0.87
P29	0.5	27.58	34.505	8.28	6.53	0.31	1.8	0.013	nd	1.1	0.023	1.7	43.0	6.8	2.3	nd	1.0	nd	0.57
P29	10.0	26.44	34.731	8.28	6.47	0.37	1.8		nd	1.1	0.018	1.6	59.7	6.2	2.9	nd	1.3	1.5	0.65
P29	50.0	23.47	34.482	8.31	6.45	0.28	9.4		0.2	1.0	0.024	1.6	43.1	7.2	2.6	nd	1.4	2.3	0.80
P29	100.0	19.54	34.526	8.29	5.52	0.29	7.4		0.2	0.8	0.021	1.9	88.1	8.1	2.3	nd	1.2	1.4	0.53
P29	149.0	17.42	34.546	8.27	5.45	0.23	5.2		0.2	0.8	0.017	1.6	131.0	8.5	2.1	nd	1.0	1.4	0.66
P30	0.5	27.50	34.174	8.29	6.50	0.28	3.0	0.016	nd	1.1	0.021	1.6	45.4	6.4	3.7	0.09	0.6	1.3	0.46
P30	10.0	26.84	34.235	8.28	6.45	0.32	1.6		nd	1.0	0.024	1.9	62.0	6.3	4.8	nd	0.7	1.2	0.62
P30	50.0	23.44	34.266	8.33	6.48	0.28	1.0		0.2	0.9	0.021	1.9	47.9	6.7	3.7	0.10	0.5	1.0	0.49
P30	100.0	19.55	34.384	8.30	5.50	0.28	5.2		0.2	0.9	0.019	1.8	95.6	8.3	3.6	nd	0.4	0.9	0.44
P30	136.0	18.22	34.422	8.29	5.44	0.18	1.8		0.2	0.8	0.025	1.6	144.1	9.6	4.8	0.09	0.5	1.1	0.49
P31	0.5	27.49	34.389	8.30	6.53	0.29	6.5	0.010	nd	1.1	0.024	1.7	49.8	6.0	2.3	nd	0.9	1.0	0.65
P31	10.0	26.51	34.318	8.28	6.49	0.34	4.8		nd	1.1	0.023	2.1	73.1	6.4	3.3	nd	1.0	1.9	0.65
P31	50.0	23.53	34.511	8.31	6.47	0.28	7.0		0.2	0.9	0.023	1.8	45.6	6.4	3.2	nd	0.9	1.6	0.76
P31	100.0	19.62	34.536	8.30	5.49	0.25	12.5		0.2	0.9	0.020	1.7	100.6	7.2	3.9	nd	0.7	1.0	0.67
P31	267.0	14.92	34.627	8.28	5.38	0.19	3.0		0.3	0.8	0.024	1.7	155.9	15.4	3.3	nd	0.9	1.5	0.49
P32	0.5	27.61	34.431	8.28	6.52	0.32	5.6	0.014	nd	1.2	0.023	2.1	51.2	6.8	4.8	0.14	0.7	0.7	0.59
P32	10.0	26.48	34.335	8.29	6.54	0.24	18.2		nd	1.1	0.018	2.0	64.2	6.7	4.9	0.09	0.6	nd	0.83
P32	50.0	23.50	34.362	8.33	6.49	0.29	3.2		0.2	1.0	0.022	1.9	43.1	7.0	3.3	nd	0.8	nd	0.63
P32	100.0	19.63	34.404	8.29	5.50	0.31	8.6		0.2	1.0	0.018	1.6	92.2	7.6	3.0	0.10	0.6	0.8	0.65
P32	319.0	14.26	34.428	8.28	5.34	0.22	12.4		0.3	0.8	0.022	1.5	142.3	16.0	4.2	nd	0.7	0.6	0.66
P33	0.5	27.42	34.573	8.28	6.55	0.31	4.6	0.013	nd	1.1	0.024	1.6	54.7	7.1	3.5	0.10	0.8	2.5	0.84



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)				(µg/L)										
P33	10.0	26.51	34.262	8.28	6.49	0.30	5.0		nd	1.0	0.019	2.0	58.1	7.1	2.9	nd	1.1	1.8	0.66
P33	50.0	23.39	34.432	8.33	6.48	0.24	3.2		0.2	0.9	0.019	1.7	40.6	7.3	3.2	nd	1.0	2.2	0.84
P33	100.0	19.42	34.750	8.30	5.51	0.30	6.8		0.2	0.8	0.018	1.6	85.6	8.2	2.5	0.09	0.7	0.9	0.46
P33	327.0	14.11	34.777	8.29	5.31	0.21	9.6		0.2	0.9	0.017	1.6	135.3	16.5	2.8	nd	0.9	2.4	0.52
P34	0.5	27.50	34.662	8.27	6.52	0.28	11.2	0.018	nd	1.1	0.023	1.7	56.2	6.2	2.6	0.09	0.6	0.8	0.41
P34	10.0	26.46	34.559	8.30	6.45	0.34	19.2		nd	1.1	0.020	1.7	40.6	6.2	2.3	0.11	0.5	0.9	0.68
P34	50.0	23.53	34.538	8.30	6.47	0.30	9.8		nd	1.0	0.020	1.9	38.1	6.6	3.1	nd	0.7	1.0	0.61
P34	100.0	19.33	34.522	8.31	5.48	0.23	7.2		0.2	0.8	0.019	1.6	92.6	7.9	2.8	nd	0.6	0.9	0.84
P34	307.0	14.14	34.541	8.28	5.32	nd	8.0		0.3	nd	0.017	1.7	137.9	18.3	2.5	nd	0.5	1.2	0.71
P35	0.5	27.42	34.460	8.31	6.49	0.29	6.2	nd	nd	1.1	0.019	2.3	54.1	5.9	2.9	nd	1.5	1.9	0.74
P35	10.0	26.40	34.656	8.31	6.48	0.31	9.4		nd	1.0	0.024	1.8	42.5	6.2	3.1	nd	1.2	2.1	0.52
P35	50.0	23.52	34.492	8.32	6.46	0.24	6.6		0.2	1.0	0.023	1.9	40.3	7.1	1.9	0.90	1.1	1.7	0.64
P35	100.0	19.43	34.511	8.30	5.50	0.28	4.8		0.2	0.8	0.021	1.9	91.9	8.3	3.2	0.09	2.9	1.8	0.54
P35	311.0	14.08	34.546	8.28	5.32	0.17	8.6		0.3	nd	0.017	1.7	137.7	18.8	2.6	nd	2.6	2.9	0.62
P36	0.5							0.015											
P37	0.5							0.010											
P38	0.5							0.017											
P39	0.5							0.012											
P40	0.5	27.61	34.666	8.28	6.66	0.34	7.8	0.013	0.2	1.7	0.018	1.6	51.9	9.8	3.1	nd	0.5	nd	0.61
P40	10.0	26.53	34.574	8.29	6.54	0.37	26.4		0.2	1.8	0.020	1.7	46.2	9.9	5.4	nd	0.8	nd	0.82
P40	50.0	23.44	34.622	8.30	6.56	0.31	5.8		0.2	1.5	0.021	1.9	51.4	9.5	3.0	nd	0.5	1.0	0.52
P40	100.0	19.85	34.733	8.30	5.52	0.29	6.2		0.2	1.3	0.025	1.7	76.0	12.1	3.3	nd	0.4	nd	0.63
P40	134.0	18.46	34.719	8.28	5.44	0.21	7.8		0.3	1.3	0.019	1.7	83.0	14.2	2.9	0.09	0.5	0.6	0.73
P41	0.5	27.44	34.268	8.31	6.69	0.31	7.0	0.011	nd	1.6	0.024	1.9	53.5	10.6	2.6	nd	0.5	nd	0.49
P41	10.0	26.51	34.399	8.31	6.59	0.36	5.8		0.2	1.8	0.018	1.7	49.0	9.3	2.6	nd	1.1	nd	0.58
P41	50.0	23.41	34.289	8.32	6.59	0.28	3.2		0.2	1.6	0.022	1.6	50.9	8.3	4.6	0.10	0.7	0.7	0.61
P41	100.0	19.89	34.473	8.29	5.53	0.26	6.6		0.2	1.4	0.024	1.6	71.2	11.9	4.9	nd	0.5	nd	0.88
P41	134.0	18.55	34.528	8.28	5.40	0.20	4.8		0.3	1.1	0.024	1.7	83.0	13.6	3.6	nd	0.6	nd	0.75
P42	0.5							0.012											
P43	0.5	27.61	34.385	8.26	6.53	0.28	15.0	0.010	0.2	1.9	0.018	1.6	56.7	9.2	4.7	nd	0.6	nd	0.82
P43	10.0	26.70	34.537	8.26	6.50	0.32	11.0		0.2	1.8	0.018	1.7	60.6	8.8	7.2	nd	0.7	1.0	0.40
P43	50.0	23.63	34.274	8.29	6.44	0.23	12.4		0.2	1.5	0.022	1.9	56.6	7.0	4.9	0.12	0.6	0.8	0.60
P43	100.0	19.89	34.769	8.29	5.54	0.28	7.0		0.2	1.3	0.024	1.6	95.6	11.0	2.7	0.09	0.5	1.0	0.87



站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					(mg/L)					(μg/L)									
P43	139.0	17.96	34.760	8.28	5.48	0.16	0.8		0.3	1.1	0.022	1.6	119.7	13.2	2.6	nd	0.4	1.2	0.85
P44	0.5							0.010											
P45	0.5	27.64	34.337	8.27	6.55	0.37	10.0	0.011	0.2	2.0	0.021	1.9	58.8	8.8	5.6	nd	1.2	0.8	0.84
P45	10.0	26.66	34.536	8.28	6.52	0.29	9.0		0.2	1.8	0.023	1.6	62.5	8.9	2.3	0.13	1.1	nd	0.68
P45	50.0	23.60	34.450	8.32	6.47	0.31	9.0		0.2	1.6	0.024	1.7	61.8	7.9	9.5	0.11	1.3	nd	0.84
P45	100.0	19.88	34.712	8.30	5.55	0.25	15.4		0.2	1.3	0.019	1.6	95.1	10.8	2.1	0.15	1.0	nd	0.66
P45	143.0	17.27	34.732	8.30	5.45	0.20	5.4		0.3	1.1	0.022	1.9	122.6	13.3	2.0	nd	0.8	nd	0.47

注：“—”表示不进行该项检出限分析；“nd”表示未检出；空白表示无数据。

附表3 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果（春季、表层）

评价因子	pH	DO	COD	油类	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P1	0.66	0.21	0.19	0.46	0.56	0.35	0.32	0.07	0.18	0.02	0.70	0.16	0.01	0.005	0.28
P2	0.71	0.35	0.17	0.28	0.36	0.10	0.34	0.07	0.26	0.02	1.10	0.40	0.01	0.005	0.18
P3	0.74	0.30	0.13	0.27	0.41	0.08	0.36	0.07	0.41	0.02	0.75	0.28	0.01	0.005	0.18
P4	0.74	0.29	0.13	0.10	0.35	0.09	0.50	0.08	0.42	0.02	1.20	0.30	0.01	0.005	0.18
P5	0.71	0.34	0.12	0.10	0.35	0.07	0.36	0.07	0.30	0.02	0.90	0.22	0.01	0.005	0.22
P6	0.74	0.35	0.11	0.32	0.44	0.09	0.34	0.07	0.22	0.02	1.80	0.14	0.01	0.005	0.18
P7	0.77	0.43	0.10	0.32	0.34	0.07	0.38	0.07	0.24	0.02	0.90	0.22	0.01	0.003	0.18
P8	0.71	0.31	0.15	0.10	0.41	0.08	0.36	0.07	0.37	0.02	0.80	0.60	0.01	0.003	0.34
P9	0.74	0.32	0.13	0.10	0.36	0.07	0.48	0.07	0.23	0.02	0.70	0.30	0.01	0.005	0.18
P10	0.74	0.29	0.13	0.34	0.35	0.03	0.50	0.07	0.29	0.02	0.90	0.24	0.01	0.005	0.22
P11	0.77	0.20	0.14	0.10	0.40	0.03	0.42	0.07	0.22	0.02	1.40	0.18	0.01	0.005	0.28
P12	0.77	0.30	0.13	0.10	0.37	0.07	0.34	0.07	0.08	0.02	0.30	0.24	0.01	0.005	0.22
P13	0.73	0.24	0.13	0.10	0.21	0.07	0.47	0.07	0.28	0.38	1.15	0.87	0.01	0.005	0.18
P14	0.69	0.27	0.13	0.10	0.22	0.07	0.42	0.06	0.24	0.02	1.30	0.20	0.01	0.003	0.08
P15	0.69	0.14	0.15	0.10	0.27	0.09	0.48	0.07	0.33	0.02	0.90	0.46	0.01	0.005	0.18
P16	0.67	0.06	0.16	0.39	0.14	0.09	0.43	0.07	0.32	0.02	0.85	0.26	0.01	0.005	0.20
P17	0.66	—	0.16	0.22	0.23	0.07	0.46	0.07	0.24	0.02	1.40	0.32	0.01	0.005	0.18



评价因子	pH	DO	COD	油类	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P18	0.69	0.05	0.16	0.10	0.20	0.07	0.46	0.07	0.36	0.02	1.20	0.18	0.01	0.005	0.22
P19	0.69	0.10	0.15	0.24	0.19	0.07	0.40	0.07	0.16	0.02	0.70	0.14	0.01	0.005	0.08
P20	0.69	—	0.15	0.22	0.10	0.09	0.44	0.08	0.17	0.20	0.80	0.06	0.01	0.005	0.22
P21	0.71	0.08	0.16	0.22	0.17	0.07	0.42	0.08	0.08	0.32	0.30	0.18	0.01	0.003	0.28
P22	0.71	—	0.16	0.10	0.27	0.07	0.46	0.07	0.15	0.17	0.40	0.32	0.01	0.003	0.28
P23	0.69	—	0.17	0.30	0.22	0.07	0.38	0.07	0.29	0.02	1.10	0.34	0.01	0.005	0.18
P24	0.69	—	0.16	0.20	0.17	0.07	0.34	0.07	0.20	0.02	0.90	0.22	0.01	0.005	0.28
P25	0.71	—	0.17	0.10	0.18	0.08	0.34	0.07	0.21	0.02	0.80	0.22	0.01	0.005	0.40
P26	0.71	—	0.17	0.10	0.18	0.07	0.46	0.07	0.28	0.10	1.00	0.58	0.01	0.005	0.22
P27	0.73	0.06	0.17	0.29	0.12	0.10	0.38	0.07	0.22	0.02	0.90	0.18	0.01	0.005	0.25
P28	0.74	0.01	0.18	0.20	0.11	0.09	0.34	0.08	0.20	0.02	0.80	0.40	0.01	0.003	0.22
P29	0.69	—	0.18	0.10	0.27	0.10	0.48	0.07	0.14	0.02	0.80	0.28	0.01	0.003	0.28
P30	0.69	—	0.19	0.10	0.27	0.11	0.44	0.07	0.09	0.02	0.40	0.06	0.01	0.003	0.28
P31	0.70	—	0.18	0.10	0.20	0.12	0.43	0.07	0.28	0.02	0.95	0.23	0.01	0.004	0.08
P32	0.71	—	0.18	0.10	0.11	0.11	0.50	0.07	0.30	0.02	0.50	0.50	0.01	0.003	0.22
P33	0.69	—	0.20	0.10	0.11	0.10	0.32	0.07	0.24	0.02	0.40	0.38	0.01	0.003	0.28
P34	0.69	—	0.16	0.10	0.10	0.10	0.38	0.07	0.39	0.10	0.60	0.70	0.01	0.003	0.28
P35	0.71	—	0.19	0.10	0.08	0.12	0.36	0.08	0.22	0.02	0.40	0.34	0.01	0.003	0.22
P36				0.10											
P37				0.10											
P38				0.32											
P39				0.26											
P40	0.69	—	0.16	0.28	0.24	0.07	0.44	0.07	0.33	0.02	0.90	0.24	0.01	0.010	0.74
P41	0.71	0.15	0.19	0.22	0.63	0.07	0.42	0.07	0.10	0.02	0.40	0.32	0.01	0.010	0.22
P42				0.36											
P43	0.69	0.13	0.12	0.30	0.29	0.11	0.36	0.07	0.11	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.34
P44				0.40											
P45	0.71	0.09	0.13	0.26	0.22	0.07	0.34	0.08	0.22	0.02	0.80	0.52	0.01	0.010	0.46
最低值	0.66	0.00	0.10	0.10	0.08	0.03	0.32	0.06	0.08	0.02	0.30	0.06	0.01	0.00	0.08
最高值	0.77	0.43	0.20	0.46	0.63	0.35	0.50	0.08	0.42	0.38	1.80	0.87	0.01	0.01	0.74
平均标准指数	0.71	0.13	0.15	0.20	0.26	0.09	0.41	0.07	0.24	0.05	0.84	0.30	0.01	0.00	0.24
超标率(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.1	0	0	0	0

注：“—”表示该站的溶解氧含量超过了现场水温和盐度条件下海水的饱和溶解氧含量，“/”表示无此数据，下同。



附表 4 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果（春季、10m 层）

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚	
单 项 标 准 指 数 Q _i	P1	0.69	0.17	0.17	0.38	0.26	0.36	0.07	0.12	0.02	0.90	0.06	0.01	0.005	0.22
	P2	0.74	0.32	0.15	0.34	0.11	0.46	0.07	0.40	0.92	0.90	0.32	0.01	0.005	0.08
	P3	0.77	0.29	0.12	0.43	0.07	0.48	0.07	0.30	0.02	0.60	0.18	0.01	0.005	0.13
	P4	0.77	0.28	0.12	0.29	0.07	0.32	0.08	0.30	0.02	0.80	0.54	0.01	0.005	0.18
	P5	0.74	0.27	0.11	0.32	0.09	0.46	0.07	0.49	0.02	0.70	0.36	0.01	0.005	0.28
	P6	0.74	0.30	0.13	0.33	0.07	0.42	0.07	0.34	0.14	1.70	0.16	0.00	0.005	0.18
	P7	0.77	0.40	0.12	0.35	0.11	0.44	0.07	0.16	0.02	1.40	0.06	0.01	0.005	0.18
	P8	0.74	0.38	0.13	0.32	0.07	0.38	0.07	0.58	0.21	1.00	0.46	0.01	0.005	0.22
	P9	0.74	0.35	0.12	0.33	0.09	0.50	0.07	0.21	0.02	0.80	0.16	0.01	0.005	0.08
	P10	0.74	0.40	0.11	0.35	0.08	0.44	0.07	0.16	0.09	0.90	0.06	0.01	0.005	0.18
	P11	0.77	0.19	0.13	0.28	0.18	0.34	0.08	0.13	0.02	0.80	0.06	0.01	0.005	0.28
	P12	0.77	0.20	0.12	0.28	0.10	0.38	0.07	0.18	0.02	0.50	0.14	0.01	0.005	0.28
	P13	0.71	0.16	0.14	0.29	0.07	0.39	0.07	0.14	0.42	0.65	0.68	0.01	0.005	0.20
	P14	0.71	0.24	0.12	0.27	0.07	0.44	0.07	0.14	0.02	0.80	0.06	0.01	0.005	0.08
	P15	0.69	0.02	0.16	0.24	0.07	0.36	0.07	0.16	0.10	0.90	0.12	0.01	0.005	0.22
	P16	0.67	—	0.14	0.17	0.08	0.47	0.07	0.40	0.02	0.60	0.12	0.01	0.005	0.25
	P17	0.66	—	0.15	0.21	0.07	0.48	0.07	0.12	0.02	0.70	0.06	0.01	0.005	0.18
	P18	0.66	—	0.14	0.19	0.08	0.44	0.07	0.25	0.38	1.20	0.78	0.01	0.005	0.18
	P19	0.69	—	0.15	0.18	0.07	0.34	0.07	0.26	0.02	1.20	0.14	0.01	0.005	0.08
	P20	0.71	—	0.16	0.24	0.07	0.40	0.08	0.12	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.28
	P21	0.71	0.15	0.15	0.18	0.09	0.36	0.07	0.13	0.14	0.60	0.06	0.01	0.005	0.28
	P22	0.69	—	0.14	0.24	0.03	0.50	0.07	0.21	0.02	0.80	0.24	0.01	0.005	0.22
	P23	0.66	—	0.15	0.20	0.09	0.36	0.08	0.15	0.02	0.70	0.16	0.01	0.005	0.22
	P24	0.69	—	0.15	0.18	0.08	0.48	0.07	0.45	0.02	0.80	0.96	0.01	0.005	0.22
	P25	0.71	—	0.15	0.18	0.07	0.46	0.08	0.11	0.02	0.50	0.12	0.01	0.005	0.28
	P26	0.74	—	0.16	0.12	0.09	0.36	0.08	0.12	0.09	0.90	0.42	0.01	0.005	0.28
	P27	0.74	0.02	0.14	0.10	0.11	0.46	0.07	0.26	0.02	0.85	0.06	0.01	0.005	0.28
	P28	0.74	0.03	0.18	0.12	0.08	0.42	0.08	0.09	0.02	0.70	0.30	0.01	0.005	0.34
	P29	0.66	—	0.19	0.25	0.11	0.50	0.07	0.35	0.02	1.00	0.26	0.01	0.005	0.28
	P30	0.71	—	0.18	0.25	0.13	0.46	0.07	0.10	0.02	0.60	0.20	0.01	0.005	0.34
	P31	0.69	—	0.19	0.22	0.19	0.35	0.07	0.34	0.02	0.75	0.13	0.01	0.005	0.13
	P32	0.74	—	0.19	0.11	0.13	0.42	0.07	0.36	0.10	0.70	0.06	0.01	0.005	0.22



评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P33	0.69	—	0.19	0.10	0.13	0.42	0.07	0.28	0.02	0.60	0.06	0.01	0.005	0.08
P34	0.71	—	0.17	0.11	0.11	0.42	0.07	0.48	0.13	0.90	0.14	0.01	0.005	0.22
P35	0.74	—	0.17	0.09	0.11	0.40	0.07	0.27	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.28
P40	0.69	0.05	0.14	0.14	0.07	0.48	0.07	0.13	0.02	0.60	0.70	0.01	0.010	0.46
P41	0.71	0.45	0.12	0.24	0.08	0.38	0.07	0.24	0.02	0.70	0.18	0.01	0.010	0.34
P43	0.69	0.27	0.11	0.26	0.07	0.48	0.07	0.16	0.02	0.60	0.36	0.01	0.010	0.28
P45	0.71	0.24	0.15	0.22	0.09	0.50	0.08	0.18	0.02	0.80	0.54	0.01	0.010	0.34
最低值	0.66	0.00	0.11	0.09	0.03	0.32	0.07	0.09	0.02	0.50	0.06	0.00	0.01	0.08
最高值	0.77	0.45	0.19	0.43	0.26	0.50	0.08	0.58	0.92	1.70	0.96	0.01	0.01	0.46
平均标准指数	0.72	0.13	0.14	0.23	0.10	0.42	0.07	0.24	0.09	0.80	0.25	0.01	0.01	0.23
超标率 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.3	0	0	0	0

附表 5 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果 (春季、50m 层)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚	
单项标准指数 Qi	P1	0.66	0.18	0.16	0.49	0.16	0.38	0.07	0.18	0.02	1.10	0.06	0.01	0.005	0.28
	P2	0.69	0.26	0.14	0.39	0.09	0.38	0.08	0.39	0.02	0.90	0.36	0.00	0.005	0.22
	P3	0.77	0.26	0.14	0.59	0.10	0.40	0.07	0.39	0.02	0.85	0.17	0.01	0.005	0.13
	P4	0.74	0.25	0.14	0.33	0.07	0.40	0.07	0.42	0.02	1.50	0.44	0.00	0.005	0.18
	P5	0.71	0.16	0.13	0.28	0.08	0.42	0.08	0.70	0.02	1.40	0.30	0.01	0.005	0.22
	P6	0.74	0.27	0.14	0.32	0.08	0.48	0.07	0.47	0.02	1.00	0.14	0.01	0.010	0.34
	P7	0.74	0.48	0.13	0.71	0.07	0.44	0.08	0.24	0.11	1.60	0.12	0.01	0.005	0.18
	P8	0.69	0.31	0.14	0.35	0.10	0.42	0.08	0.57	0.02	0.90	0.54	0.01	0.005	0.28
	P9	0.71	0.31	0.13	0.35	0.07	0.46	0.07	0.12	0.02	0.70	0.06	0.01	0.005	0.18
	P10	0.71	0.40	0.14	0.28	0.07	0.46	0.07	0.17	0.02	0.70	0.16	0.01	0.010	0.18
	P11	0.74	0.44	0.15	0.31	0.23	0.36	0.08	0.14	0.02	0.60	0.12	0.01	0.010	0.22
	P12	0.71	0.51	0.13	0.31	0.07	0.38	0.08	0.08	0.02	0.30	0.34	0.01	0.005	0.22
	P13	0.67	0.46	0.15	0.24	0.07	0.47	0.07	0.13	0.11	0.95	0.12	0.01	0.005	0.18
	P14	0.71	0.54	0.14	0.21	0.03	0.50	0.07	0.15	0.02	0.60	0.14	0.01	0.005	0.28
	P15	0.69	0.43	0.13	0.23	0.07	0.48	0.08	0.22	0.02	0.90	0.12	0.01	0.005	0.18
	P16	0.70	0.50	0.13	0.23	0.07	0.39	0.07	0.43	0.02	0.75	0.22	0.01	0.005	0.08
	P17	0.66	0.45	0.14	0.23	0.03	0.48	0.08	0.16	0.02	1.20	0.06	0.01	0.005	0.22
	P18	0.69	0.39	0.15	0.17	0.07	0.46	0.08	0.49	0.52	1.10	0.18	0.01	0.005	0.18
	P19	0.69	0.32	0.15	0.21	0.03	0.44	0.08	0.18	0.27	0.80	0.50	0.01	0.005	0.22



评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P20	0.74	0.38	0.13	0.21	0.03	0.34	0.09	0.19	0.02	1.80	0.06	0.01	0.005	0.18
P21	0.74	0.48	0.15	0.18	0.08	0.44	0.08	0.09	0.02	0.40	0.06	0.01	0.005	0.22
P22	0.71	0.30	0.13	0.19	0.08	0.36	0.07	0.11	0.02	0.50	0.12	0.01	0.005	0.18
P23	0.74	0.29	0.15	0.18	0.07	0.46	0.08	0.32	0.02	1.00	0.60	0.01	0.005	0.34
P24	0.74	0.21	0.15	0.19	0.08	0.40	0.08	0.38	0.50	0.70	0.68	0.01	0.005	0.28
P25	0.77	0.43	0.15	0.20	0.10	0.34	0.08	0.22	0.02	0.70	0.38	0.01	0.010	0.22
P26	0.80	0.40	0.15	0.11	0.10	0.42	0.08	0.28	0.02	1.10	0.38	0.01	0.005	0.18
P27	0.77	0.32	0.15	0.13	0.07	0.43	0.07	0.28	0.02	0.55	0.15	0.01	0.005	0.20
P28	0.77	0.32	0.17	0.15	0.10	0.48	0.08	0.20	0.02	0.80	0.26	0.01	0.005	0.08
P29	0.74	0.34	0.16	0.19	0.09	0.44	0.07	0.28	0.36	1.00	0.06	0.01	0.005	0.22
P30	0.74	0.28	0.20	0.15	0.15	0.34	0.08	0.25	0.02	0.70	0.18	0.01	0.005	0.28
P31	0.74	0.36	0.16	0.12	0.09	0.41	0.08	0.37	0.02	0.55	0.19	0.01	0.005	0.31
P32	0.77	0.44	0.16	0.12	0.07	0.46	0.08	0.27	0.02	0.80	0.06	0.01	0.005	0.08
P33	0.71	0.58	0.18	0.11	0.09	0.40	0.07	0.22	0.02	0.60	0.06	0.01	0.005	0.08
P34	0.69	0.44	0.15	0.09	0.09	0.42	0.08	0.36	0.02	1.00	0.12	0.01	0.005	0.28
P35	0.77	0.47	0.15	0.09	0.12	0.36	0.07	0.20	0.02	0.60	0.06	0.01	0.005	0.28
P40	0.71	0.25	0.12	0.23	0.07	0.36	0.07	0.24	0.09	1.00	0.34	0.01	0.010	0.28
P41	0.71	0.52	0.10	0.29	0.07	0.48	0.07	0.10	0.02	0.40	0.46	0.01	0.010	0.28
P43	0.63	1.23	0.10	0.20	0.08	0.42	0.08	0.13	0.02	0.60	0.36	0.01	0.010	0.18
P45	0.66	1.29	0.16	0.22	0.11	0.46	0.08	0.16	0.02	0.80	0.06	0.01	0.010	0.40
最低值	0.63	0.16	0.10	0.09	0.03	0.34	0.07	0.08	0.02	0.30	0.06	0.00	0.01	0.08
最高值	0.80	1.29	0.20	0.71	0.23	0.50	0.09	0.70	0.52	1.80	0.68	0.01	0.01	0.40
平均标准指数	0.72	0.42	0.14	0.24	0.08	0.42	0.07	0.26	0.07	0.86	0.23	0.01	0.01	0.22
超标率 (%)	0	5.1	0	0	0	0	0	0	0	20.5	0	0	0	0

附表 6 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果 (春季、100m 层)

评价因子	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	挥发酚	硫化物	汞	砷	总铬	锌	镉	铅	铜	
Q _{ij} 单 项 标 准 指 数 值	P7	0.17	1.08	0.09	0.34	0.33	0.08	0.34	0.09	0.01	0.19	0.02	0.50	0.34	
	P8	0.09	1.56	0.00	0.28	0.19	0.36	0.36	0.10	0.01	0.20	0.02	0.80	0.22	
	P9	0.14	1.24	0.08	0.43	0.30	0.20	0.01	0.42	0.10	0.01	0.39	0.02	0.60	0.28
	P10	0.11	1.50	0.08	0.22	0.33	0.32	0.01	0.48	0.10	0.01	0.24	0.02	1.00	0.24
	P11*	0.17	1.27	0.10	0.28	0.31	0.23	0.00	0.37	0.10	0.01	0.23	0.02	0.80	0.24
	P12	0.20	1.44	0.08	0.24	0.29	0.40	0.00	0.48	0.10	0.02	0.25	0.02	0.90	0.24



评价因子	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	挥发酚	硫化物	汞	砷	总铬	锌	镉	铅	铜
P13	0.17	1.33	0.10	0.30	0.38	0.16	0.00	0.44	0.10	0.01	0.38	0.02	1.00	0.20
P14	0.11	1.11	0.08	0.19	0.17	0.34	0.00	0.44	0.10	0.02	0.28	0.02	0.90	0.18
P16	0.06	1.38	0.08	0.24	0.35	0.46	0.00	0.32	0.09	0.01	0.17	0.02	0.80	0.26
P17	0.11	1.42	0.10	0.27	0.35	0.28	0.00	0.44	0.08	0.02	0.19	0.02	0.80	0.20
P18	0.14	1.24	0.10	0.25	0.22	0.18	0.01	0.44	0.08	0.02	0.30	0.02	0.90	0.32
P19	0.11	1.38	0.10	0.28	0.30	0.32	0.01	0.48	0.10	0.01	0.25	0.02	0.80	0.24
P20	0.14	1.54	0.08	0.37	0.29	0.24	0.01	0.40	0.08	0.01	0.21	0.02	0.70	0.30
P21*	0.14	1.50	0.09	0.21	0.37	0.23	0.01	0.31	0.08	0.02	0.28	0.02	1.00	0.26
P22	0.09	1.51	0.09	0.31	0.37	0.30	0.00	0.46	0.07	0.01	0.48	0.02	0.90	0.24
P23	0.06	1.36	0.09	0.21	0.35	0.30	0.00	0.38	0.09	0.02	0.32	0.02	1.10	0.26
P24	0.14	1.59	0.12	0.33	0.46	0.42	0.00	0.36	0.08	0.02	0.25	0.02	0.60	0.24
P25	0.09	1.38	0.10	0.23	0.67	0.40	0.00	0.34	0.09	0.02	0.30	0.02	1.00	0.26
P26	0.06	1.38	0.08	0.29	0.25	0.30	0.00	0.32	0.09	0.01	0.38	0.02	0.80	0.18
P27	0.11	1.56	0.08	0.30	1.17	0.18	0.01	0.46	0.07	0.01	0.31	0.02	0.90	0.26
P28	0.17	1.56	0.09	0.26	0.35	0.32	0.00	0.36	0.09	0.02	0.27	0.02	0.90	0.22
P29	0.17	1.14	0.10	0.30	1.28	0.62	0.00	0.32	0.09	0.01	0.37	0.02	0.90	0.24
P30	0.17	1.38	0.10	0.19	0.37	0.46	0.00	0.50	0.07	0.01	0.52	0.02	0.80	0.38
P31*	0.14	1.44	0.08	0.33	1.03	0.57	0.00	0.47	0.09	0.01	0.35	0.02	0.80	0.33
P32	0.20	1.38	0.08	0.34	0.74	0.24	0.00	0.42	0.10	0.01	0.31	0.02	0.80	0.28
P33	0.14	1.45	0.10	0.29	0.94	0.30	0.00	0.44	0.08	0.02	0.35	0.02	0.70	0.24
P34	0.14	1.60	0.08	0.23	0.50	0.32	0.01	0.42	0.09	0.01	0.28	0.02	0.70	0.40
P35	0.17	1.48	0.00	0.28	0.60	0.22	0.00	0.34	0.08	0.01	0.31	0.02	0.70	0.30
P40	0.00	1.74	0.12	0.36	0.27	0.28	0.00	0.50	0.08	0.01	0.18	0.02	1.10	0.26
P41*	0.10	1.54	0.08	0.37	0.34	0.31	0.00	0.34	0.07	0.01	0.30	0.02	0.85	0.19
P43	0.09	1.08	0.08	0.26	0.27	0.16	0.00	0.50	0.07	0.01	0.33	0.02	0.80	0.26
P45	0.14	1.33	0.08	0.29	0.23	0.30	0.00	0.32	0.08	0.01	0.37	0.02	0.90	0.18
最低值	0.00	1.08	0.00	0.19	0.17	0.08	0.00	0.31	0.07	0.01	0.17	0.02	0.50	0.18
最高值	0.20	1.74	0.12	0.43	1.28	0.62	0.01	0.50	0.10	0.02	0.52	0.02	1.10	0.40
平均标准指数	0.13	1.40	0.08	0.28	0.45	0.31	0.00	0.41	0.09	0.01	0.30	0.02	0.84	0.26
超标率(%)	0	100	0	0	9.4	0	0	0	0	0	0	0	6.2	0



附表 7 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果（春季、底层）

评价因子	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	挥发 酚	硫化 物	汞	砷	总铬	锌	镉	铅	铜	
单 项 标 准 指 数 Q _i	P1*	0.14	1.14	0.08	0.42	0.12	0.87	0.00	0.34	0.09	0.02	0.30	0.02	0.70	0.23
	P2	0.14	1.20	0.10	0.34	0.20	0.36	0.01	0.50	0.09	0.01	0.30	0.02	0.80	0.18
	P3	0.17	1.11	0.08	0.27	0.34	0.30	0.00	0.46	0.07	0.01	0.24	0.02	0.80	0.30
	P4	0.17	1.03	0.09	0.29	0.37	0.44	0.00	0.50	0.10	0.01	0.27	0.02	0.70	0.30
	P5	0.14	1.09	0.10	0.28	0.31	0.90	0.00	0.42	0.09	0.01	0.29	0.02	0.90	0.36
	P6	0.20	1.03	0.08	0.34	0.19	0.28	0.00	0.46	0.09	0.02	0.22	0.02	1.00	0.34
	P7	0.11	1.23	0.00	0.19	0.35	0.56	0.00	0.46	0.08	0.01	0.32	0.02	0.80	0.28
	P8	0.06	1.74	0.00	0.32	0.42	0.34	0.00	0.38	0.07	0.02	0.18	0.02	0.80	0.22
	P9	0.03	1.50	0.00	0.23	0.25	0.26	0.01	0.40	0.10	0.01	0.27	0.02	1.00	0.26
	P10	0.06	1.62	0.08	0.33	0.43	0.28	0.02	0.38	0.10	0.01	0.26	0.02	1.00	0.20
	P11*	0.14	1.72	0.08	0.22	0.37	0.69	0.00	0.31	0.08	0.02	0.30	0.02	0.90	0.24
	P12	0.06	1.86	0.00	0.35	0.29	0.42	0.00	0.40	0.09	0.01	0.36	0.02	0.50	0.26
	P13	0.03	2.20	0.08	0.49	0.34	0.20	0.00	0.34	0.09	0.02	0.26	0.02	0.90	0.28
	P14	0.00	1.89	0.08	0.66	0.23	0.46	0.00	0.36	0.09	0.01	0.31	0.02	0.90	0.20
	P15	0.09	1.33	0.09	0.25	0.27	0.22	0.00	0.40	0.08	0.01	0.27	0.02	0.80	0.14
	P16	0.00	1.87	0.00	0.33	0.53	0.16	0.01	0.42	0.09	0.01	0.30	0.02	0.90	0.26
	P17	0.03	2.02	0.08	0.27	0.49	0.18	0.01	0.42	0.07	0.02	0.18	0.02	0.80	0.20
	P18	0.09	2.08	0.08	0.48	0.49	0.48	0.02	0.36	0.08	0.02	0.26	0.02	0.60	0.26
	P19	0.14	2.11	0.09	0.57	0.36	0.26	0.02	0.52	0.09	0.02	0.48	0.02	0.60	0.16
	P20	0.20	2.32	0.00	0.55	0.34	0.26	0.02	0.40	0.08	0.01	0.31	0.02	0.80	0.18
P21*	0.14	2.07	0.08	0.51	0.23	0.20	0.02	0.36	0.08	0.02	0.23	0.02	0.75	0.27	
P22	0.03	1.60	0.09	0.27	0.47	0.26	0.00	0.40	0.07	0.01	0.41	0.02	0.90	0.22	
P23	0.00	1.99	0.08	0.32	0.84	0.84	0.00	0.42	0.07	0.02	0.35	0.02	0.60	0.26	
P24	0.03	2.16	0.08	0.52	0.56	0.36	0.00	0.42	0.10	0.01	0.29	0.02	0.80	0.24	
P25	0.11	2.32	0.00	0.49	1.22	0.44	0.00	0.40	0.07	0.02	0.24	0.02	0.90	0.24	
P26	0.26	2.52	0.00	0.70	0.54	0.28	0.01	0.44	0.10	0.01	0.42	0.02	0.70	0.18	
P27	0.06	2.49	0.00	0.59	0.53	0.30	0.02	0.32	0.09	0.01	0.46	0.02	0.80	0.24	
P28	0.23	2.37	0.08	0.69	0.53	0.28	0.00	0.46	0.09	0.01	0.24	0.02	0.90	0.28	
P29	0.17	2.05	0.09	0.52	1.54	0.32	0.00	0.40	0.11	0.01	0.34	0.02	0.90	0.28	



评价因子	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	挥发酚	硫化物	汞	砷	总铬	锌	镉	铅	铜
P30	0.09	2.32	0.09	0.52	0.74	0.52	0.00	0.48	0.11	0.01	0.49	0.02	0.60	0.40
P31*	0.14	2.36	0.00	0.47	1.29	0.33	0.00	0.45	0.07	0.01	0.35	0.02	0.65	0.24
P32	0.11	2.23	0.00	0.53	1.18	0.22	0.00	0.40	0.09	0.01	0.38	0.02	1.00	0.24
P33	0.23	2.41	0.05	0.59	1.67	0.24	0.01	0.48	0.09	0.01	0.42	0.02	0.80	0.26
P34	0.29	2.49	0.00	0.63	0.92	0.26	0.01	0.46	0.09	0.01	0.29	0.02	0.80	0.34
P35	0.23	2.44	0.00	0.54	0.95	0.30	0.01	0.42	0.10	0.01	0.31	0.02	0.70	0.30
P40	0.09	2.17	0.09	0.30	0.40	0.38	0.00	0.52	0.08	0.01	0.31	0.02	1.00	0.28
P41*	0.11	2.18	0.00	0.36	0.29	0.46	0.00	0.32	0.09	0.01	0.32	0.02	0.80	0.24
P43	0.06	1.71	0.00	0.28	0.39	0.26	0.01	0.44	0.11	0.01	0.30	0.02	0.90	0.20
P45	0.11	1.75	0.00	0.27	0.39	0.34	0.00	0.38	0.10	0.01	0.36	0.02	0.90	0.24
最低值	0.00	1.03	0.00	0.19	0.12	0.16	0.00	0.31	0.07	0.01	0.18	0.02	0.50	0.14
最高值	0.29	2.52	0.10	0.70	1.67	0.90	0.02	0.52	0.11	0.02	0.49	0.02	1.00	0.40
平均标准指数	0.12	1.89	0.05	0.42	0.55	0.37	0.01	0.42	0.09	0.01	0.31	0.02	0.81	0.25
超标率(%)	0	100	0	0	12.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表 8 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果（秋季、表层）

评价因子	pH	DO	COD	石油类	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚	
单 项 标 准 指 数 值 0.1:	P1	0.34	—	0.15	0.26	0.22	0.35	0.38	0.09	0.36	0.10	0.60	0.06	0.01	0.005	0.22
	P2	0.34	—	0.17	0.30	0.25	0.41	0.44	0.09	0.25	0.10	0.70	0.22	0.01	0.005	0.20
	P3	0.34	—	0.17	0.26	0.30	0.33	0.47	0.08	0.15	0.02	0.55	0.06	0.01	0.005	0.19
	P4	0.40	—	0.16	0.32	0.27	0.35	0.48	0.10	0.27	0.02	0.80	0.24	0.01	0.005	0.22
	P5	0.40	—	0.18	0.30	0.25	0.36	0.54	0.10	0.26	0.02	0.90	0.12	0.01	0.005	0.20
	P6	0.34	—	0.14	0.28	0.25	0.29	0.40	0.10	0.25	0.02	0.50	0.18	0.01	0.005	0.22
	P7	0.43	—	0.12	0.36	0.22	0.27	0.44	0.08	0.20	0.02	0.60	0.14	0.01	0.005	0.16
	P8	0.37	—	0.14	0.26	0.24	0.37	0.44	0.09	0.19	0.11	0.90	0.16	0.01	0.005	0.26
	P9	0.37	—	0.15	0.24	0.25	0.43	0.50	0.09	0.34	0.02	0.70	0.06	0.01	0.005	0.28
	P10	0.37	—	0.16	0.28	0.22	0.41	0.40	0.09	0.25	0.02	0.30	0.14	0.01	0.005	0.24
	P11	0.37	—	0.12	0.28	0.23	0.35	0.44	0.08	0.20	0.02	0.40	0.18	0.01	0.005	0.20
	P12	0.34	—	0.17	0.34	0.24	0.33	0.46	0.10	0.10	0.02	0.70	0.06	0.02	0.005	0.22
	P13	0.34	—	0.16	0.26	0.26	0.31	0.46	0.08	0.15	0.02	0.45	0.06	0.01	0.005	0.22



评价因子	pH	DO	COD	石油类	无机氮	PO4-P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P14	0.40	—	0.15	0.26	0.23	0.29	0.48	0.08	0.17	0.02	1.00	0.12	0.01	0.005	0.22
P15	0.37	—	0.14	0.22	0.21	0.35	0.46	0.10	0.15	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.22
P16	0.33	—	0.16	0.27	0.21	0.42	0.45	0.10	0.20	0.02	0.55	0.06	0.01	0.005	0.22
P17	0.37	—	0.16	0.24	0.24	0.39	0.42	0.09	0.23	0.23	0.70	0.18	0.02	0.005	0.24
P18	0.43	—	0.16	0.20	0.31	0.43	0.50	0.09	0.15	0.09	0.70	0.14	0.01	0.005	0.26
P19	0.40	—	0.16	0.26	0.22	0.49	0.36	0.08	0.16	0.09	0.80	0.22	0.02	0.005	0.16
P20	0.43	—	0.15	0.30	0.27	0.40	0.48	0.08	0.09	0.13	1.00	0.22	0.01	0.005	0.22
P21	0.40	—	0.18	0.36	0.19	0.41	0.40	0.09	0.20	0.02	0.90	0.20	0.01	0.005	0.24
P22	0.40	—	0.14	0.20	0.23	0.41	0.50	0.09	0.16	0.02	0.70	0.18	0.01	0.005	0.22
P23	0.37	—	0.17	0.22	0.23	0.45	0.46	0.09	0.21	0.11	0.50	0.18	0.02	0.005	0.22
P24	0.43	—	0.13	0.24	0.21	0.47	0.46	0.09	0.12	0.02	0.90	0.20	0.02	0.005	0.26
P25	0.51	—	0.14	0.26	0.21	0.43	0.48	0.08	0.22	0.02	0.50	0.22	0.01	0.005	0.24
P26	0.46	—	0.14	0.32	0.21	0.43	0.50	0.09	0.22	0.02	0.70	0.16	0.02	0.005	0.22
P27	0.37	—	0.15	0.23	0.22	0.46	0.46	0.08	0.15	0.06	0.65	0.17	0.01	0.005	0.25
P28	0.43	—	0.14	0.22	0.21	0.42	0.38	0.08	0.13	0.02	0.60	0.20	0.01	0.005	0.26
P29	0.37	—	0.16	0.26	0.22	0.45	0.46	0.09	0.12	0.02	1.00	0.06	0.01	0.005	0.22
P30	0.40	—	0.14	0.32	0.23	0.43	0.42	0.08	0.19	0.09	0.60	0.26	0.01	0.005	0.22
P31	0.41	—	0.15	0.20	0.25	0.40	0.47	0.08	0.11	0.02	0.85	0.19	0.01	0.005	0.22
P32	0.37	—	0.16	0.28	0.26	0.45	0.46	0.11	0.24	0.14	0.70	0.14	0.01	0.005	0.24
P33	0.37	—	0.16	0.26	0.27	0.47	0.48	0.08	0.18	0.10	0.80	0.50	0.02	0.005	0.22
P34	0.34	—	0.14	0.36	0.28	0.41	0.46	0.09	0.13	0.09	0.60	0.16	0.01	0.005	0.22
P35	0.46	—	0.15	0.10	0.27	0.39	0.38	0.12	0.15	0.02	1.50	0.38	0.01	0.005	0.22
P36				0.30											
P37				0.20											
P38				0.34											
P39				0.24											
P40	0.37	—	0.17	0.26	0.26	0.65	0.36	0.08	0.16	0.02	0.50	0.06	0.01	0.010	0.34
P41	0.46	—	0.16	0.22	0.27	0.71	0.48	0.10	0.13	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.32
P42				0.24											
P43	0.31	—	0.14	0.20	0.28	0.61	0.36	0.08	0.24	0.02	0.60	0.06	0.02	0.010	0.38
P44				0.20											
P45	0.34	—	0.19	0.22	0.29	0.59	0.42	0.10	0.28	0.02	1.20	0.16	0.02	0.010	0.40
最低值	0.31	—	0.12	0.10	0.19	0.27	0.36	0.08	0.09	0.02	0.30	0.06	0.01	0.01	0.16



评价因子	pH	DO	COD	石油类	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
最高值	0.51	—	0.19	0.36	0.31	0.71	0.54	0.12	0.36	0.23	1.50	0.50	0.02	0.01	0.40
平均标准指数	0.39	0.00	0.15	0.26	0.24	0.42	0.45	0.09	0.19	0.05	0.71	0.16	0.01	0.01	0.24
超标率 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1	0	0	0	0

注：“—”表示该站溶解氧含量超过了现场水温和盐度下水体的饱和溶解氧含量，统计值用 0 代替，未检出的因子取其检出限的 1/2 参与统计，下同。

附表 9 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果（秋季、10m 层）

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚	
单 项 标 准 指 数 值 Q _i	P1	0.40	—	0.17	0.20	0.38	0.44	0.09	0.12	0.02	0.60	0.06	0.02	0.005	0.18
	P2	0.40	—	0.16	0.25	0.37	0.42	0.08	0.22	0.02	0.60	0.14	0.01	0.005	0.16
	P3	0.33	—	0.18	0.21	0.39	0.49	0.10	0.12	0.07	0.95	0.06	0.01	0.008	0.16
	P4	0.37	—	0.19	0.21	0.41	0.44	0.10	0.27	0.02	0.90	0.06	0.01	0.005	0.22
	P5	0.37	—	0.19	0.20	0.37	0.46	0.10	0.08	0.02	0.70	0.12	0.02	0.005	0.16
	P6	0.37	—	0.16	0.21	0.35	0.42	0.09	0.22	0.11	0.80	0.14	0.01	0.005	0.20
	P7	0.43	—	0.16	0.20	0.37	0.42	0.10	0.19	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.18
	P8	0.34	—	0.18	0.21	0.31	0.42	0.08	0.20	0.02	1.00	0.12	0.02	0.005	0.24
	P9	0.40	—	0.17	0.17	0.29	0.44	0.10	0.08	0.02	0.80	0.12	0.02	0.010	0.26
	P10	0.34	—	0.18	0.18	0.43	0.46	0.10	0.09	0.02	0.70	0.26	0.01	0.010	0.26
	P11	0.40	—	0.14	0.27	0.37	0.36	0.08	0.16	0.09	0.50	0.12	0.02	0.005	0.20
	P12	0.34	—	0.16	0.25	0.35	0.40	0.09	0.15	0.02	0.90	0.18	0.02	0.005	0.22
	P13	0.39	—	0.14	0.21	0.35	0.43	0.08	0.07	0.02	0.85	0.06	0.01	0.008	0.21
	P14	0.40	—	0.19	0.21	0.35	0.38	0.10	0.14	0.02	0.60	0.16	0.01	0.005	0.24
	P15	0.40	—	0.16	0.24	0.38	0.36	0.09	0.13	0.09	0.80	0.20	0.02	0.005	0.22
	P16	0.39	—	0.17	0.24	0.40	0.48	0.09	0.15	0.10	0.85	0.18	0.01	0.005	0.22
	P17	0.37	—	0.19	0.26	0.44	0.46	0.09	0.21	0.13	0.50	0.22	0.01	0.010	0.22
	P18	0.43	—	0.15	0.22	0.43	0.42	0.09	0.26	0.02	0.50	0.22	0.01	0.010	0.30
	P19	0.40	—	0.18	0.23	0.42	0.48	0.09	0.18	0.02	0.60	0.20	0.01	0.005	0.24
	P20	0.43	—	0.17	0.25	0.57	0.50	0.08	0.10	0.02	1.10	0.06	0.02	0.005	0.26
	P21	0.37	—	0.17	0.22	0.38	0.36	0.09	0.17	0.10	0.70	0.14	0.01	0.005	0.22
	P22	0.40	—	0.17	0.25	0.45	0.46	0.09	0.14	0.10	0.50	0.16	0.01	0.005	0.22
	P23	0.37	—	0.15	0.25	0.39	0.48	0.08	0.18	0.10	0.40	0.12	0.01	0.005	0.22



评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P24	0.37	—	0.16	0.25	0.34	0.48	0.09	0.16	0.13	1.20	0.48	0.01	0.005	0.22
P25	0.51	—	0.16	0.22	0.37	0.40	0.10	0.18	0.09	0.40	0.18	0.01	0.005	0.22
P26	0.51	—	0.18	0.18	0.40	0.36	0.10	0.15	0.11	1.00	0.06	0.02	0.005	0.24
P27	0.49	—	0.18	0.19	0.39	0.44	0.09	0.10	0.02	0.75	0.21	0.02	0.005	0.22
P28	0.46	—	0.17	0.21	0.39	0.38	0.09	0.14	0.12	0.50	0.14	0.01	0.005	0.30
P29	0.37	—	0.19	0.30	0.41	0.36	0.08	0.15	0.02	1.30	0.30	0.01	0.005	0.22
P30	0.37	—	0.16	0.31	0.42	0.48	0.10	0.24	0.02	0.70	0.24	0.01	0.005	0.20
P31	0.36	—	0.17	0.37	0.42	0.45	0.11	0.17	0.02	0.95	0.37	0.01	0.005	0.21
P32	0.40	—	0.12	0.32	0.45	0.36	0.10	0.25	0.09	0.60	0.06	0.02	0.005	0.22
P33	0.37	—	0.15	0.29	0.47	0.38	0.10	0.15	0.02	1.10	0.36	0.01	0.005	0.20
P34	0.43	—	0.17	0.20	0.41	0.40	0.09	0.12	0.11	0.50	0.18	0.01	0.005	0.22
P35	0.46	—	0.16	0.21	0.41	0.48	0.09	0.16	0.02	1.20	0.42	0.01	0.005	0.20
P40	0.40	—	0.19	0.23	0.66	0.40	0.09	0.27	0.02	0.80	0.06	0.02	0.010	0.36
P41	0.46	—	0.18	0.25	0.62	0.36	0.09	0.13	0.02	1.10	0.06	0.01	0.010	0.36
P43	0.31	—	0.16	0.30	0.59	0.36	0.09	0.36	0.02	0.70	0.20	0.01	0.010	0.36
P45	0.37	—	0.15	0.31	0.59	0.46	0.08	0.12	0.13	1.10	0.06	0.01	0.010	0.36
最低值	0.31	—	0.12	0.17	0.29	0.36	0.08	0.07	0.02	0.40	0.06	0.01	0.01	0.16
最高值	0.51	—	0.19	0.37	0.66	0.50	0.11	0.36	0.13	1.30	0.48	0.02	0.01	0.36
平均标准指数	0.40	0.00	0.17	0.24	0.42	0.42	0.09	0.16	0.06	0.78	0.17	0.01	0.01	0.23
超标率 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.9	0	0	0	0

附表 10 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果（秋季、50m 层）

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚	
单 项 标 准 指 数 值	P1	0.43	0.31	0.14	0.22	0.43	0.50	0.08	0.24	0.02	1.00	0.06	0.01	0.010	0.22
	P2	0.43	0.23	0.14	0.27	0.49	0.36	0.09	0.21	0.02	0.60	0.18	0.01	0.010	0.26
	P3	0.44	0.34	0.15	0.26	0.44	0.33	0.09	0.24	0.10	0.95	0.06	0.01	0.010	0.19
	P4	0.43	0.34	0.15	0.23	0.46	0.40	0.08	0.21	0.02	0.60	0.20	0.02	0.010	0.20
	P5	0.46	0.25	0.16	0.23	0.40	0.50	0.10	0.24	0.02	2.80	0.12	0.01	0.010	0.22
	P6	0.43	0.32	0.16	0.23	0.39	0.36	0.10	0.23	0.12	0.60	0.16	0.01	0.010	0.16
	P7	0.46	0.28	0.16	0.26	0.37	0.40	0.09	0.19	0.09	0.70	0.16	0.01	0.010	0.22
	P8	0.43	0.38	0.18	0.23	0.39	0.50	0.09	0.18	0.02	0.70	0.14	0.01	0.010	0.22



评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P9	0.43	0.32	0.16	0.22	0.39	0.40	0.10	0.16	0.02	2.10	0.06	0.02	0.010	0.22
P10	0.49	0.29	0.15	0.39	0.45	0.44	0.09	0.11	0.11	1.20	0.06	0.01	0.010	0.24
P11	0.46	0.29	0.16	0.22	0.27	0.44	0.09	0.20	0.02	0.50	0.06	0.01	0.010	0.22
P12	0.43	0.27	0.14	0.24	0.34	0.46	0.09	0.12	0.02	0.50	0.26	0.01	0.010	0.18
P13	0.43	0.35	0.15	0.24	0.35	0.34	0.10	0.28	0.02	0.75	0.06	0.02	0.010	0.17
P14	0.49	0.30	0.16	0.26	0.37	0.48	0.08	0.13	0.02	1.50	0.12	0.01	0.010	0.22
P15	0.37	0.29	0.11	0.22	0.40	0.44	0.10	0.12	0.09	0.50	0.24	0.01	0.010	0.20
P16	0.43	0.39	0.15	0.21	0.42	0.44	0.09	0.38	0.02	0.95	0.33	0.01	0.008	0.21
P17	0.51	0.36	0.14	0.27	0.39	0.40	0.08	0.21	0.15	0.60	0.06	0.01	0.010	0.26
P18	0.46	0.45	0.16	0.27	0.45	0.38	0.09	0.16	0.02	0.80	0.16	0.02	0.010	0.22
P19	0.51	0.38	0.15	0.23	0.51	0.42	0.09	0.14	0.02	0.50	0.06	0.01	0.010	0.20
P20	0.51	0.45	0.12	0.21	0.45	0.46	0.09	0.15	0.02	1.50	0.14	0.01	0.010	0.28
P21	0.49	0.42	0.15	0.37	0.47	0.38	0.10	0.16	0.09	0.50	0.12	0.02	0.010	0.20
P22	0.46	0.42	0.16	0.22	0.45	0.36	0.08	0.17	0.09	0.60	0.20	0.02	0.010	0.22
P23	0.46	0.40	0.14	0.27	0.47	0.42	0.09	0.16	0.02	0.50	0.06	0.01	0.010	0.22
P24	0.49	0.40	0.11	0.32	0.43	0.42	0.09	0.16	0.02	1.40	0.30	0.01	0.005	0.22
P25	0.54	0.42	0.14	0.29	0.43	0.42	0.09	0.16	0.02	0.60	0.06	0.01	0.010	0.22
P26	0.51	0.42	0.16	0.20	0.43	0.38	0.10	0.26	0.02	0.60	0.26	0.01	0.010	0.22
P27	0.53	0.36	0.12	0.28	0.48	0.38	0.09	0.13	0.02	1.35	0.06	0.02	0.008	0.21
P28	0.54	0.37	0.16	0.32	0.48	0.38	0.10	0.13	0.13	0.70	0.26	0.01	0.010	0.22
P29	0.46	0.42	0.14	0.22	0.48	0.48	0.08	0.13	0.02	1.40	0.46	0.02	0.010	0.20
P30	0.51	0.39	0.14	0.24	0.45	0.42	0.10	0.19	0.10	0.50	0.20	0.01	0.010	0.18
P31	0.46	0.39	0.14	0.23	0.43	0.45	0.09	0.16	0.02	0.90	0.31	0.02	0.008	0.17
P32	0.51	0.37	0.15	0.22	0.47	0.44	0.10	0.17	0.02	0.80	0.06	0.01	0.010	0.20
P33	0.51	0.39	0.12	0.20	0.49	0.38	0.09	0.16	0.02	1.00	0.44	0.02	0.010	0.18
P34	0.43	0.39	0.15	0.19	0.44	0.40	0.10	0.16	0.02	0.70	0.20	0.01	0.005	0.20
P35	0.49	0.40	0.12	0.20	0.47	0.46	0.10	0.10	0.90	1.10	0.34	0.01	0.010	0.20
P40	0.43	0.27	0.16	0.26	0.63	0.42	0.10	0.15	0.02	0.50	0.20	0.01	0.010	0.30
P41	0.49	0.25	0.14	0.25	0.55	0.44	0.08	0.23	0.10	0.70	0.14	0.01	0.010	0.32
P43	0.40	0.43	0.12	0.28	0.47	0.44	0.10	0.25	0.12	0.60	0.16	0.01	0.010	0.30
P45	0.49	0.38	0.16	0.31	0.53	0.48	0.09	0.48	0.11	1.30	0.06	0.02	0.010	0.32
最低值	0.37	0.23	0.11	0.19	0.27	0.33	0.08	0.10	0.02	0.50	0.06	0.01	0.01	0.16
最高值	0.54	0.45	0.18	0.39	0.63	0.50	0.10	0.48	0.90	2.80	0.46	0.02	0.01	0.32



评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
平均标准指数	0.47	0.36	0.14	0.25	0.44	0.42	0.09	0.19	0.07	0.90	0.17	0.01	0.01	0.22
超标率 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.6	0	0	0	0

附表 11 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果 (秋季、100m 层)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚	
单 项 标 准 指 数 Q _i	P7	0.40	1.69	0.14	0.38	0.39	0.38	0.08	0.23	0.02	0.50	0.06	0.01	0.010	0.16
	P8	0.37	1.74	0.14	0.36	0.46	0.44	0.08	0.16	0.02	0.60	0.06	0.01	0.010	0.18
	P9	0.43	1.68	0.12	0.36	0.45	0.42	0.08	0.12	0.02	1.50	0.06	0.02	0.010	0.20
	P10	0.40	1.78	0.12	0.35	0.48	0.46	0.10	0.33	0.09	1.00	0.12	0.01	0.010	0.28
	P11	0.43	1.77	0.13	0.41	0.44	0.48	0.09	0.16	0.02	0.60	0.06	0.01	0.010	0.18
	P12	0.37	1.69	0.09	0.40	0.51	0.42	0.08	0.13	0.09	0.70	0.16	0.01	0.010	0.18
	P13	0.41	1.74	0.12	0.37	0.51	0.43	0.08	0.48	0.02	0.65	0.19	0.01	0.010	0.21
	P14	0.43	1.72	0.15	0.37	0.47	0.44	0.08	0.32	0.02	1.40	0.06	0.01	0.010	0.20
	P15	0.34	1.75	0.12	0.37	0.49	0.36	0.10	0.13	0.02	0.60	0.20	0.02	0.010	0.16
	P16	0.39	1.71	0.12	0.36	0.46	0.47	0.10	0.10	0.10	0.85	0.13	0.02	0.010	0.19
	P17	0.46	1.77	0.13	0.47	0.56	0.44	0.09	0.20	0.02	0.40	0.06	0.01	0.010	0.22
	P18	0.40	1.72	0.12	0.39	0.57	0.40	0.09	0.19	0.02	0.70	0.06	0.01	0.010	0.20
	P19	0.37	1.78	0.12	0.41	0.61	0.36	0.08	0.11	0.02	0.50	0.18	0.01	0.010	0.22
	P20	0.40	1.71	0.13	0.41	0.54	0.40	0.09	0.10	0.02	1.00	0.14	0.02	0.010	0.18
	P21	0.37	1.78	0.11	0.38	0.57	0.50	0.08	0.18	0.02	0.60	0.14	0.01	0.010	0.20
	P22	0.40	1.77	0.14	0.44	0.47	0.36	0.08	0.15	0.02	0.50	0.18	0.01	0.010	0.20
	P23	0.37	1.83	0.12	0.48	0.49	0.32	0.09	0.21	0.10	0.50	0.20	0.01	0.010	0.18
	P24	0.40	1.71	0.15	0.48	0.51	0.42	0.10	0.14	0.02	1.10	0.06	0.02	0.010	0.20
	P25	0.37	1.72	0.12	0.42	0.49	0.46	0.08	0.16	0.02	0.50	0.16	0.01	0.010	0.18
	P26	0.40	1.74	0.14	0.37	0.52	0.36	0.09	0.24	0.02	1.20	0.20	0.02	0.010	0.20
P27	0.46	1.80	0.14	0.46	0.55	0.43	0.10	0.10	0.02	0.75	0.06	0.01	0.010	0.17	
P28	0.43	1.72	0.11	0.44	0.55	0.42	0.10	0.14	0.02	0.50	0.12	0.01	0.010	0.20	
P29	0.40	1.72	0.15	0.44	0.54	0.42	0.10	0.12	0.02	1.20	0.28	0.01	0.010	0.16	
P30	0.43	1.75	0.14	0.48	0.55	0.38	0.09	0.18	0.02	0.40	0.18	0.01	0.010	0.18	
P31	0.41	1.77	0.13	0.50	0.48	0.39	0.08	0.19	0.02	0.65	0.19	0.01	0.010	0.17	
P32	0.40	1.75	0.16	0.46	0.51	0.36	0.08	0.15	0.10	0.60	0.16	0.01	0.010	0.20	
P33	0.43	1.74	0.15	0.43	0.55	0.36	0.08	0.13	0.09	0.70	0.18	0.01	0.010	0.16	



评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P34	0.46	1.78	0.12	0.46	0.53	0.38	0.08	0.14	0.02	0.60	0.18	0.02	0.010	0.16
P35	0.43	1.75	0.14	0.46	0.55	0.42	0.10	0.16	0.09	2.90	0.36	0.01	0.010	0.16
P40	0.43	1.72	0.15	0.38	0.81	0.50	0.09	0.17	0.02	0.40	0.06	0.01	0.010	0.26
P41	0.40	1.71	0.13	0.36	0.79	0.48	0.08	0.25	0.02	0.50	0.06	0.02	0.010	0.28
P43	0.40	1.69	0.14	0.48	0.73	0.48	0.08	0.14	0.09	0.50	0.20	0.02	0.010	0.26
P45	0.43	1.68	0.13	0.48	0.72	0.38	0.08	0.11	0.15	1.00	0.06	0.01	0.010	0.26
最低值	0.34	1.68	0.09	0.35	0.39	0.32	0.08	0.10	0.02	0.40	0.06	0.01	0.01	0.16
最高值	0.46	1.83	0.16	0.50	0.81	0.50	0.10	0.48	0.15	2.90	0.36	0.02	0.01	0.28
平均标准指数	0.41	1.74	0.13	0.42	0.54	0.42	0.09	0.17	0.04	0.79	0.14	0.01	0.01	0.20
超标率 (%)	0	100	0	0	0	0	0	0	0	18.2	0	0	0	0

附表 12 调查海域各站位海水水质调查项目分析结果 (秋季、底层)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚	
单 项 标 准 指 数 Q _i	P1	0.40	1.59	0.04	0.32	0.55	0.40	0.09	0.27	0.02	1.20	0.12	0.01	0.010	0.08
	P2	0.37	1.57	0.09	0.40	0.59	0.34	0.10	0.21	0.02	0.70	0.24	0.01	0.010	0.22
	P3	0.37	1.55	0.08	0.44	0.50	0.34	0.09	0.22	0.13	1.15	0.13	0.01	0.010	0.17
	P4	0.40	1.56	0.09	0.39	0.49	0.38	0.10	0.18	0.11	0.50	0.14	0.02	0.010	0.16
	P5	0.37	1.63	0.11	0.35	0.47	0.38	0.10	0.21	0.02	2.40	0.16	0.01	0.010	0.08
	P6	0.37	1.47	0.09	0.36	0.43	0.50	0.09	0.21	0.02	0.50	0.18	0.02	0.010	0.08
	P7	0.34	1.77	0.10	0.41	0.73	0.30	0.09	0.15	0.02	0.60	0.14	0.01	0.010	0.16
	P8	0.31	1.77	0.11	0.43	0.62	0.38	0.09	0.16	0.02	0.70	0.06	0.02	0.010	0.16
	P9	0.40	1.78	0.08	0.40	0.57	0.42	0.09	0.11	0.02	0.70	0.06	0.01	0.010	0.16
	P10	0.37	1.89	0.09	0.44	0.65	0.32	0.09	0.12	0.02	1.30	0.06	0.01	0.010	0.18
	P11	0.34	1.84	0.10	0.54	0.75	0.40	0.09	0.15	0.09	0.40	0.06	0.01	0.010	0.16
	P12	0.37	1.81	0.08	0.51	0.71	0.36	0.08	0.15	0.09	0.80	0.06	0.02	0.010	0.16
	P13	0.39	1.95	0.04	0.50	0.80	0.39	0.09	0.18	0.02	1.25	0.11	0.02	0.010	0.16
	P14	0.43	1.83	0.11	0.46	0.79	0.44	0.08	0.26	0.09	1.20	0.14	0.01	0.010	0.16
	P15	0.31	1.89	0.08	0.45	0.51	0.38	0.10	0.10	0.02	0.50	0.18	0.02	0.010	0.16
	P16	0.36	1.91	0.04	0.53	0.53	0.36	0.10	0.09	0.02	0.35	0.06	0.01	0.010	0.16
	P17	0.43	1.90	0.09	0.50	0.69	0.50	0.09	0.13	0.02	0.50	0.06	0.02	0.010	0.08
	P18	0.40	1.95	0.09	0.48	0.71	0.50	0.08	0.19	0.02	0.60	0.06	0.01	0.010	0.18



评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发酚
P19	0.40	1.98	0.11	0.51	0.83	0.42	0.09	0.12	0.10	0.70	0.12	0.02	0.010	0.16
P20	0.40	2.01	0.08	0.56	0.90	0.50	0.08	0.11	0.02	0.90	0.18	0.01	0.010	0.08
P21	0.40	1.99	0.04	0.63	0.95	0.40	0.10	0.15	0.02	0.60	0.16	0.01	0.015	0.16
P22	0.29	1.78	0.12	0.61	0.53	0.46	0.10	0.16	0.02	0.40	0.24	0.01	0.010	0.18
P23	0.31	1.93	0.11	0.65	0.58	0.30	0.09	0.20	0.02	0.40	0.06	0.01	0.010	0.16
P24	0.37	1.98	0.11	0.71	1.02	0.38	0.10	0.16	0.02	0.90	0.30	0.01	0.010	0.16
P25	0.34	1.95	0.10	0.69	1.05	0.36	0.09	0.14	0.02	0.70	0.14	0.01	0.015	0.16
P26	0.34	1.71	0.09	0.67	1.21	0.40	0.09	0.13	0.02	0.60	0.06	0.02	0.015	0.18
P27	0.39	2.09	0.10	0.65	0.96	0.38	0.09	0.12	0.12	1.55	0.17	0.01	0.015	0.16
P28	0.43	2.04	0.08	0.63	0.97	0.46	0.09	0.11	0.02	0.60	0.14	0.02	0.015	0.18
P29	0.34	1.83	0.12	0.66	0.57	0.34	0.08	0.11	0.02	1.00	0.28	0.01	0.010	0.16
P30	0.40	1.84	0.09	0.72	0.64	0.50	0.08	0.24	0.09	0.50	0.22	0.01	0.010	0.16
P31	0.36	1.93	0.09	0.78	1.03	0.48	0.09	0.16	0.02	0.85	0.29	0.01	0.015	0.16
P32	0.37	1.99	0.11	0.71	1.07	0.44	0.08	0.21	0.02	0.70	0.12	0.01	0.015	0.16
P33	0.40	2.04	0.11	0.68	1.10	0.34	0.08	0.14	0.02	0.90	0.48	0.01	0.010	0.18
P34	0.37	2.02	0.04	0.69	1.22	0.34	0.09	0.13	0.02	0.50	0.24	0.01	0.015	0.08
P35	0.37	2.02	0.09	0.69	1.25	0.34	0.09	0.13	0.02	2.60	0.58	0.01	0.015	0.08
P40	0.37	1.84	0.11	0.42	0.95	0.38	0.09	0.15	0.09	0.50	0.12	0.01	0.015	0.26
P41	0.37	1.90	0.10	0.42	0.91	0.48	0.09	0.18	0.02	0.60	0.06	0.02	0.015	0.22
P43	0.37	1.78	0.08	0.60	0.88	0.44	0.08	0.13	0.02	0.40	0.24	0.02	0.015	0.22
P45	0.43	1.83	0.10	0.61	0.89	0.44	0.10	0.10	0.02	0.80	0.06	0.01	0.015	0.22
最低值	0.29	1.47	0.04	0.32	0.43	0.30	0.08	0.09	0.02	0.35	0.06	0.01	0.01	0.08
最高值	0.43	2.09	0.12	0.78	1.25	0.50	0.10	0.27	0.13	2.60	0.58	0.02	0.02	0.26
平均标准指数	0.37	1.85	0.09	0.54	0.78	0.40	0.09	0.16	0.04	0.82	0.16	0.01	0.01	0.16
超标率(%)	0	100	0	0	20.5	0	0	0	0	20.5	0	0	0	0



附表 13 浮游植物种名录 (春季)

中文名	拉丁学名
硅藻	BACILLARIOPHYTA
辐环藻属	<i>Actinocyclus</i> sp.
大星芒藻	<i>Asterolampra vanheurckii</i> Brun
长辐杆藻	<i>Bacteriastrum elongatum</i> Cleve
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder
辐杆藻属	<i>Bacteriastrum</i> sp.
锤状中鼓藻	<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) v.Hecurck
中华盒型藻	<i>Biddulphia sinensis</i> Greville
紧密角管藻	<i>Cerataulina compacta</i> Ostendfeld
海洋角管藻	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey
均等角毛藻	<i>Chaetoceros aequatoriale</i> Cleve
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder
大西洋角毛藻	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve
短孢角毛藻	<i>Chaetoceros brevis</i> Schuett
紧挤角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve
柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve
并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve
并基角毛藻单胞变型	<i>Chaetoceros decipiens</i> v. <i>singularis</i> Gran
齿角毛藻	<i>Chaetoceros denticulatus</i> Lauder
远距角毛藻	<i>Chaetoceros distans</i> Cleve
粗股角毛藻	<i>Chaetoceros femur</i> var. <i>femur</i> Schutt
克尼角毛藻	<i>Chaetoceros knipowitschi</i> Henckel
垂缘角毛藻	<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schuett
劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow
短叉角毛藻	<i>Chaetoceros messanesis</i> Castracane
海洋角毛藻	<i>Chaetoceros pelagicus</i> Cleve
秘鲁角毛藻	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell
角毛藻属	<i>Chaetoceros</i> sp.
范氏角毛藻	<i>Chaetoceros vanheurcki</i> Gran
双凹梯形藻	<i>Climacodium biconcavum</i> Cleve
星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg
中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg
整齐圆筛藻	<i>Coscinodiscus concinnus</i> W.smith
巨圆筛藻	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg
格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough
琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i> Ostendfeld
线形圆筛藻	<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg
辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg
圆筛藻属	<i>Coscinodiscus</i> sp.
威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailiesii</i> Gran et Angst
太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i> Grunow
浮动弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg
膝沟藻属	<i>Gonyaulax</i> sp.
热带顾氏藻	<i>Gossleriella tropica</i> Schutt
柔软几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo



中文名	拉丁学名
薄壁半管藻	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve
中华半管藻	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville
楔形半盘藻	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich
哈氏半盘藻	<i>Hemidiscus hardmannianus</i> (Greville) Mann
北方娄氏藻	<i>Lauderia borealis</i> Gran
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
波状石丝藻	<i>Lithodesmium undulatus</i> Ehrenberg
舟形藻属	<i>Navicula</i> sp.
柔弱菱形藻	<i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve
美丽漂流藻	<i>Planktoniella formosa</i> (Karsten, 1928) Qian et Wang, 1996
太阳漂流藻	<i>Planktoniella sol</i> (schutt, 1893) Qian et Wang, 1996
相似斜纹藻	<i>Pleurosigma affine</i> Grunow
美丽斜纹藻	<i>Pleurosigma formosum</i> W.Smith
斜纹藻属	<i>Pleurosigma</i> sp.
翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i> Brightwell
翼根管藻纤细变型	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> Cleve
翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Ostensfeld
伯氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo
距端根管藻	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> M.Schultze
克莱根管藻	<i>Rhizosolenia clevei</i> Ostensfeld
圆柱根管藻	<i>Rhizosolenia cylindrus</i> Cleve
粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i> Norman
根管藻属	<i>Rhizosolenia</i> sp.
斯氏根管藻	<i>Rhizosolenia stouterfothii</i> Peragallo
笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell
笔尖根管藻长棘变种	<i>Rhizosolenia styliformis</i> v. <i>longispina</i> Hustedt
笔尖形根管藻粗径变种	<i>Rhizosolenia styliformis</i> v. <i>latissima</i> Brightwell
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow
泰晤士扭鞘藻	<i>Streptothecha thamesis</i> Scrubsole
针杆藻属	<i>Synedra</i> sp.
菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow
细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostensfeld) Gran
伏氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow
长海毛藻	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow
美丽三角藻	<i>Triceratium formosum</i> Brightwell
三角藻属	<i>Triceratium</i> sp.
甲藻	PYRROPHYTA
亚历山大藻属	<i>Alexandrium</i> sp.
二齿双管藻	<i>Amphisolenia bidentata</i> Schroder
三叉双管藻	<i>Amphisolenia thrinax</i> Schutt
羊头角藻	<i>Ceratium arietinum</i> Cleve
二裂角藻	<i>Ceratium biceps</i> Claparede et Lachmann
短角角藻	<i>Ceratium breve</i> (Ost. et Schmidt) Schroder
蜡台角藻	<i>Ceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Stein
歧分角藻舞姿变种	<i>Ceratium carriense</i> f. <i>volans</i> Cleve
扭角藻原变种	<i>Ceratium contortum</i> v. <i>contortum</i> (Gourret) Cleve
扭角藻舞姿变种	<i>Ceratium contortum</i> v. <i>saltans</i> (Schroder) Jorg
偏转角藻	<i>Ceratium deflexum</i> (Kofoid) Jorgensen



中文名	拉丁学名
白齿角藻	<i>Ceratium dens Ostenfeld et Schmidt</i>
镰角藻	<i>Ceratium falcatum (Kofoid) Jorgensen</i>
叉角藻	<i>Ceratium furca (Ehrenberg) Claparede et Lachmann</i>
纺锤角藻	<i>Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin</i>
驼背角藻	<i>Ceratium gibberum Gourret</i>
圆头角藻	<i>Ceratium gravidum Gourret</i>
网纹角藻原变种旋角变型	<i>Ceratium hexacanthum v.hexacanthum f.spirale (Kofoid) Schiller</i>
粗刺角藻弯曲变种	<i>Ceratium horridum v. calviger inclinatum</i>
粗刺角藻细齿变种	<i>Ceratium horridum v. denticulatum</i>
粗刺角藻伸展变种	<i>Ceratium horridum v. patentissimum (Ost. et schmidt)Taylor</i>
粗刺角藻纤细变种	<i>Ceratium horridum v. tenue Ost. et schmidt</i>
粗刺角藻原变种	<i>Ceratium horridum v.horridum Gran</i>
剑锋角藻	<i>Ceratium incisum (Karst.)Jorg</i>
新月角藻	<i>Ceratium lunula (Schimper ex Karsten) Joregensen</i>
大角角藻	<i>Ceratium macroceros Schrank</i>
马西里亚藻具刺变种	<i>Ceratium massiliense v.armatum (Karsten) Jorgensen</i>
五角角藻	<i>Ceratium pentagonum Gourret</i>
五角角藻长角变种	<i>Ceratium pentagonum v.longisetum (Ostenf.et.Schmidt)Jorgensen</i>
指状角藻	<i>Ceratium ranipes Cleve</i>
指状角藻宽阔变种	<i>Ceratium ranipes v.palmatum (Schroder)Jorgensen</i>
角藻属	<i>Ceratium sp.</i>
对称角藻窄变种	<i>Ceratium symmetricum v.coarctatum (Pav.)Graham et Bronikovsky</i>
对称角藻直变种	<i>Ceratium symmetricum v.orthoceros (Jorgensen)Graham et Bronikovsky</i>
三叉角藻	<i>Ceratium trichoceros (Ehrenberg)Kofoid</i>
三角角藻(锚角藻)	<i>Ceratium tripos (O.f.Muller)Nitzsch</i>
兀鹰角藻	<i>Ceratium vultur Cleve</i>
长刺角甲藻	<i>Ceratocorys horrida Stein</i>
网纹角甲藻	<i>Ceratocorys teticulata</i>
具尾鳍藻	<i>Dinophysis caudata Saville-Kent</i>
美丽鸟尾藻	<i>Ornithocercus splendidus Schutt</i>
斯氏鸟尾藻	<i>Ornithocercus steinii Schutt</i>
双刺足甲藻	<i>Podolampas bipes</i>
反曲原甲藻	<i>Prorocentrum sigmoides Bohm</i>
圆锥原多甲藻	<i>Protoperidinium conicum (Gran) Balech</i>
优美原多甲藻	<i>Protoperidinium elegans (Cleve) Balech</i>
海洋原多甲藻	<i>Protoperidinium oceanicum (Vanhoffen) Balech</i>
五角原多甲藻	<i>Protoperidinium pentagonum (Grow) Balceh</i>
多甲藻属	<i>Protoperidinium sp.</i>
钩梨形藻异肢变型	<i>Pyrocystis hamulus v.inaequalis Schroder</i>
粗梨形藻	<i>Pyrocystis robusta Kofoid</i>
蓝藻	CYANOBACTERIA
束毛藻	<i>Trichodesmium sp.</i>

附表 14 浮游植物种名录 (秋季)

中文名	拉丁学名
硅藻	BACILLARIOPHYTA



中文名	拉丁学名
美丽星脐藻	<i>Asteromphalus elegans</i> Grunow
丛毛辐杆藻	<i>Bacteriastrum comosum</i> Pavillard
优美辐杆藻	<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve
长辐杆藻	<i>Bacteriastrum elongatum</i> Cleve
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder
活动盒形藻	<i>Biddulphia mobiliensis</i> (Bailey) Grunow
高盒形藻	<i>Biddulphia regia</i> (Schultze) Oste
中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis</i> Greville
柏氏角管藻	<i>Cerataulina bergonii</i> Peragallo
紧密角管藻	<i>Cerataulina compacta</i> Ostefeld et A.
均等角毛藻	<i>Chaetoceros aequatoriale</i> Cleve
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder
大西洋角毛藻	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve
大西洋角毛藻骨条变种	<i>Chaetoceros atlanticus v. skeleton</i> (Schuett) Huste
北方角毛藻	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey
短孢角毛藻	<i>Chaetoceros brevis</i> Schuett
卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei</i> Karsten
绕孢角毛藻	<i>Chaetoceros cinctus</i> Garn
扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder
中肋角毛藻	<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve
丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve
柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve
并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve
密连角毛藻	<i>Chaetoceros densus</i> (Cleve) Cleve
齿角毛藻	<i>Chaetoceros denticulatus</i> Lauder
双突角毛藻	<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg
远距角毛藻	<i>Chaetoceros distans</i> Cleve
异角角毛藻	<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve
飞燕角毛藻	<i>Chaetoceros hirunkinellus</i> Qian
平滑角毛藻	<i>Chaetoceros laevis</i> Lerduger-Fortmo
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow
短刺角毛藻	<i>Chaetoceros messanensis</i> Castracane
奇异角毛藻	<i>Chaetoceros paradox</i> Cleve
海洋角毛藻	<i>Chaetoceros pelagicus</i> Cleve
秘鲁角毛藻	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell
嘴状角毛藻	<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder
晃孢角毛藻	<i>Chaetoceros subsecundus</i> (Grun.) Hustedt
圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve
有翼圆筛藻	<i>Coscinodiscus bipartitus</i> Rattray
整齐圆筛藻	<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Smith
琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Grev.) Ostefne



中文名	拉丁学名
具边线性圆筛藻	<i>Coscinodiscus marginato-lineatus</i> A. Schmidt
地中海指管藻	<i>Dacthliosolen mediterraneus</i> (Perag.) Peraga
布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwelli</i> (West) Grunow
太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i> Grunow
短角弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg
热带戈斯藻	<i>Gossleriella tropica</i> Schuett
尖布纹藻	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kuetz.) Rabenh
薄壁半管藻	<i>Hemiaulus membranceus</i> Cleve
楔形半盘藻	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich
北方劳德藻	<i>Lauderia borealis</i> Gran
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
短纹楔形藻	<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh
直舟形藻	<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralf
膜状舟形藻	<i>Navicula membranacea</i> Cleve
新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith
柔弱菱形藻	<i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve
长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> (Breb.) Grunow
洛伦菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow
奇异菱形藻	<i>Nitzschia paradoxa</i> (Gmelin) Grunow
弯菱形藻	<i>Nitzschia sigma</i> (Kuetz.) W. Smi
近缘斜纹藻	<i>Pleurosigma affine</i> Grunow
翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i> Brightwell
翼根管藻纤细变型	<i>Rhizosolenia alata f. gracillima</i> (Cleve) Grunow
翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata f. indica</i> (Perag.) Husted
伯氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo
距端根管藻	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> Schultze
卡氏根管藻	<i>Rhizosolenia castracanei</i> Peragallo
粗刺根管藻	<i>Rhizosolenia crassospina</i> Schroeder
柔弱根管藻	<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve
覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell
覆瓦根管藻斯鲁变种	<i>Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei</i> (Cleve) Van Heu
粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i> Norman et Ralfs
刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell
中华根管藻	<i>Rhizosolenia sinensis</i> Qian
笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell
笔尖形根管藻粗径变种	<i>Rhizosolenia styliformis v. latissima</i> Brightwell
笔尖形根管藻长棘变种	<i>Rhizosolenia styliformis v. longispina</i> Hustedt
优美施罗藻	<i>Schroederella delicatula</i> (Perag.) Pavill
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Grev.) Grunow
塔形冠盖藻	<i>Stephanopyxis turris</i> (Grev. et Arndt
扭鞘藻	<i>Streptothece thamesis</i> Shrubsole



中文名	拉丁学名
菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grun.) Van Heu
细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenf.) Gran.
伏氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (Grun.) Grunow
长海毛藻	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow
甲藻	PYRROPHYTA
二齿双管藻	<i>Amphisolenia bidentata</i> Schroder
短角角藻	<i>Ceratium breve</i> (Ost. et Schmid
歧分角藻	<i>Ceratium carriense</i> Gourret
偏斜角藻	<i>Ceratium declinatum</i> Karsten
白齿角藻	<i>Ceratium dens</i> Ostenfeld et Sc
叉角藻	<i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Clapared
纺锤角藻	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujardin
粗刺角藻	<i>Ceratium horridum</i> (Cleve) Gran
大角角藻	<i>Ceratium macroceros</i> (Ehr.) Cleve
大角角藻海南变种	<i>Ceratium macroceros v. hainanensis</i> Nie
五角角藻	<i>Ceratium pentagonum</i> Gourret
纤细角藻	<i>Ceratium tenue</i> (Ostenfeld et S
波状角藻	<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehr.) Kofoid
三角角藻	<i>Ceratium tripos</i> (O. F. Muller)
长刺角甲藻	<i>Ceratocorys horrida</i> Stein
叉形鳍藻	<i>Dinophysis miles</i> Cleve
夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kof
锯齿鸟尾藻	<i>Ornithocercus serratus</i> Kofoid
扁平多甲藻	<i>Peridinium depressum</i> Bailey
海洋多甲藻	<i>Peridinium oceanicum</i> Vanhoffen
新月梨甲藻	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schutt)
夜光梨甲藻	<i>Pyrocystis noctiluca</i> Murray ex Haeckel
粗梨甲藻	<i>Pyrocystis robusta</i> Kofoid
钟扁甲藻斯氏变种	<i>Pyrophacus horologicum v. steinii</i> Schiller
斯氏扁甲藻	<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale
蓝藻	CYANOBACTERIA
红海束毛藻	<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehr.
铁氏束毛藻	<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gom.

附表 15 浮游动物种名录 (春季)

中文名	拉丁名
原生动物	
夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i>
水母类	
小方拟多面水母	<i>Abylopsis eschscholtzi</i>
方拟多面水母	<i>Abylopsis tetragona</i>
华丽盛装水母	<i>Agalma elegans</i>



中文名	拉丁名
半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>
尖囊双钟水母	<i>Amphicaryon acaule</i>
盾状双钟水母	<i>Amphicaryon peltifera</i>
双手水母	<i>Amphinema dinema</i>
顶突瓮水母	<i>Amphogona apicata</i>
巴斯水母	<i>Bassia bassensis</i>
爪室水母	<i>Chelophyes appendiculata</i>
扭歪爪室水母	<i>Chelophyes contorta</i>
半球美螳水母	<i>Clytia hemisphaerica</i>
八囊摇篮水母	<i>Cunina octonaria</i>
拟双生水母	<i>Diphyes bojani</i>
双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>
异双生水母	<i>Diphyes dispar</i>
无手外肋水母	<i>Ectopleura atentaculata</i>
外肋水母属	<i>Ectopleura sp.</i>
和平水母属	<i>Eirene sp.</i>
晶莹九角水母	<i>Enneagonum hyalinum</i>
螺旋尖角水母	<i>Eudoxoides spiralis</i>
顶室真囊水母	<i>Euphysora apiculoculifera</i>
真囊水母	<i>Euphysora bigelowi</i>
大球真囊水母	<i>Euphysora macrobulbus</i>
真囊水母属	<i>Euphysora sp.</i>
马蹄水母	<i>Hippopodius hippopus</i>
拟铃浅室水母	<i>Lensia campanella</i>
锥体浅室水母	<i>Lensia conoides</i>
心形浅室水母	<i>Lensia cordata</i>
小体浅室水母	<i>Lensia hotspur</i>
细浅室水母	<i>Lensia subtilis</i>
拟细浅室水母	<i>Lensia subtiloides</i>
浅室水母属	<i>Lensia sp.</i>
四叶小舌水母	<i>Liriope tetraphylla</i>
性軛小型水母	<i>Nanomia bijuga</i>
小型水母	<i>Nanomia cara</i>
红斑游船水母	<i>Nausithoe punctata</i>
单肢水母属	<i>Nubiella sp.</i>
藪枝螳水母	<i>Obelia spp.</i>
八拟杯水母属	<i>Octophialucium sp.</i>
笔螳水母属	<i>Pennaria sp.</i>
热带伪帽水母	<i>Pseudotiara tropica</i>
墓形棍手水母	<i>Rhopalonema funerarium</i>
宽膜棍手水母	<i>Rhopalonema velatum</i>
两手筐水母	<i>Solmundella bitentaculata</i>
长无棱水母	<i>Sulculeolaria chuni</i>



中文名	拉丁名
膨大无棱水母	<i>Sulculeolaria turgida</i>
瓜水母属	<i>Beroe sp.</i>
球型侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>
枝角类	
肥胖三角溞	<i>Evadne tergestina</i>
桡足类	
红纺锤水蚤	<i>Acartia erythraea</i>
小纺锤水蚤	<i>Acartia negligens</i>
刺尾纺锤水蚤	<i>Acartia spinicauda</i>
纺锤水蚤	<i>Acartia spp.</i>
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>
微驼隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gracilis</i>
单隆哲水蚤	<i>Acrocalanus monachus</i>
纪氏鹰嘴水蚤	<i>Aetideus giesbrechti</i>
小长足水蚤	<i>Calanopia minor</i>
短缩丽哲水蚤	<i>Calocalanus contractus</i>
瘦丽哲水蚤	<i>Calocalanus gracilis</i>
孔雀丽哲水蚤	<i>Calocalanus pavo</i>
针丽哲水蚤	<i>Calocalanus styliremis</i>
丽哲水蚤属	<i>Calocalanus sp.</i>
黑斑平头水蚤	<i>Candacia aethiopica</i>
伯氏平头水蚤	<i>Candacia bradyi</i>
幼平头水蚤	<i>Candacia catula</i>
短平头水蚤	<i>Candacia curta</i>
厚指平头水蚤	<i>Candacia pachydactyla</i>
瘦平头水蚤	<i>Candacia tenuimana</i>
腹突平头水蚤	<i>Candacia varicans</i>
平头水蚤属	<i>Candacia sp.</i>
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>
哲胸刺水蚤	<i>Centropages calaninus</i>
胸刺水蚤属	<i>Centropages sp.</i>
弓角基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>
长尾基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus furcatus</i>
基齿哲水蚤属	<i>Clausocalanus sp.</i>
小盘盔头猛水蚤	<i>Clytemnestra scutellata</i>
奇桨剑水蚤	<i>Copilia mirabilis</i>
方桨剑水蚤	<i>Copilia quadrata</i>
桨剑水蚤属	<i>Copilia sp.</i>
近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>
亮大眼剑水蚤	<i>Corycaeus andrewsi</i>
东亚大眼剑水蚤	<i>Corycaeus asiaticus</i>
微胖大眼剑水蚤	<i>Corycaeus crassiusculus</i>
平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahli</i>



中文名	拉丁名
红大眼剑水蚤	<i>Corycaeus erythraeus</i>
叉大眼剑水蚤	<i>Corycaeus furcifer</i>
短大眼剑水蚤	<i>Corycaeus giesbrechti</i>
伶俐大眼剑水蚤	<i>Corycaeus lautus</i>
长刺大眼剑水蚤	<i>Corycaeus longisylis</i>
小突大眼剑水蚤	<i>Corycaeus lubbocki</i>
太平洋大眼剑水蚤	<i>Corycaeus pacificus</i>
美丽大眼剑水蚤	<i>Corycaeus speciosus</i>
大眼剑水蚤属	<i>Corycaeus sp.</i>
达氏筛哲水蚤	<i>Cosmocalanus darwinii</i>
伪细真哲水蚤	<i>Eucalanus pseudattenuatus</i>
精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i>
叉真刺水蚤	<i>Euchaeta rimana</i>
真刺水蚤属	<i>Euchaeta sp.</i>
尖额谐猛水蚤	<i>Euterpina acutifrons</i>
驼背大眼水蚤	<i>Farranula gibbula</i>
长尾大眼水蚤	<i>Farranula longicaudis</i>
长角海羽水蚤	<i>Haloptilus longicornis</i>
异肢水蚤属	<i>Heterorhabdus sp.</i>
尖额唇角水蚤	<i>Labidocera acuta</i>
克氏唇角水蚤	<i>Labidocera kroyeri</i>
小唇角水蚤	<i>Labidocera minuta</i>
马氏梭剑水蚤	<i>Lubbockia marukawai</i>
黄角光水蚤	<i>Lucicutia flavicornis</i>
克氏长角哲水蚤	<i>Mecynocera clausi</i>
挪威小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica</i>
红小毛猛水蚤	<i>Microsetella rosea</i>
瘦新哲水蚤	<i>Neocalanus gracilis</i>
短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i>
伪长腹剑水蚤	<i>Oithona fallax</i>
小长腹剑水蚤	<i>Oithona nana</i>
羽长腹剑水蚤	<i>Oithona plumifera</i>
拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>
筒长腹剑水蚤	<i>Oithona simplex</i>
长腹剑水蚤属	<i>Oithona sp.</i>
背突隆剑水蚤	<i>Oncaea clevei</i>
齿隆剑水蚤	<i>Oncaea dentipes</i>
中隆剑水蚤	<i>Oncaea media</i>
等刺隆剑水蚤	<i>Oncaea mediterranea</i>
小隆剑水蚤	<i>Oncaea minuta</i>
丽隆剑水蚤	<i>Oncaea venusta</i>
隆剑水蚤属	<i>Oncaea sp.</i>
齿厚剑水蚤	<i>Pachysoma dentatum</i>



中文名	拉丁名
针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
锯缘拟哲水蚤	<i>Paracalanus serrulus</i>
双棘拟平头水蚤	<i>Paracandacia bispinosa</i>
截拟平头水蚤	<i>Paracandacia truncata</i>
细拟真哲水蚤	<i>Pareucalanus attenuatus</i>
芦氏拟真刺水蚤	<i>Pareuchaeta russelli</i>
强额孔雀哲水蚤	<i>Parvocalanus crassirostris</i>
刺褐水蚤	<i>Phaenna spinifera</i>
腹斧角水蚤	<i>Pontella securifer</i>
羽小角水蚤	<i>Pontellina plumata</i>
克氏筒角水蚤	<i>Pontellopsis kraemeri</i>
皇筒角水蚤	<i>Pontellopsis regalis</i>
角锚真哲水蚤	<i>Rhincalanus cornutus</i>
鼻锚真哲水蚤	<i>Rhincalanus nasutus</i>
狭叶剑水蚤	<i>Sapphirina angusta</i>
曙光叶剑水蚤	<i>Sapphirina auronitens</i>
胃叶剑水蚤	<i>Sapphirina gastrica</i>
芽叶剑水蚤	<i>Sapphirina gemma</i>
肠叶剑水蚤	<i>Sapphirina intestinata</i>
黑点叶剑水蚤	<i>Sapphirina nigromaculata</i>
玛瑙叶剑水蚤	<i>Sapphirina opalina</i>
叶剑水蚤属	<i>Sapphirina sp.</i>
长刺小厚壳水蚤	<i>Scolecithricella longispinosa</i>
伯氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix bradyi</i>
丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i>
瘦长毛猛水蚤	<i>Setella gracilis</i>
强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus crassus</i>
帽形次真哲水蚤	<i>Subeucalanus pileatus</i>
亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>
狭额次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subtenuis</i>
异尾宽水蚤	<i>Temora discaudata</i>
锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>
普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>
端足类	
墙双门[虫戎]	<i>Amphithyrus muratus</i>
中间真海精[虫戎]	<i>Eupronoe intermedia</i>
斑点真海精[虫戎]	<i>Eupronoe maculata</i>
微小真海精[虫戎]	<i>Eupronoe minuta</i>
斯氏小泉[虫戎]	<i>Hyperietta stephenseni</i>
巴西似泉[虫戎]	<i>Hyperioides sibaginis</i>
孟加拉蛮[虫戎]	<i>Lestrigonus bengalensis</i>
大眼蛮[虫戎]	<i>Lestrigonus macrophalmus</i>



中文名	拉丁名
裂颚蚤[虫戎]	<i>Lestrignus schizogeneios</i>
近法拟狼[虫戎]	<i>Lycaeopsis themistoides</i>
三宝拟狼[虫戎]	<i>Lycaeopsis zamboanmgae</i>
狼[虫戎]属	<i>Lycaea sp.</i>
克氏尖头[虫戎]	<i>Oxycephalus clausi</i>
优细近慎[虫戎]	<i>Paraphronima gracilis</i>
长形小慎[虫戎]	<i>Phronimella elongata</i>
拟慎[虫戎]属	<i>Phronimopsis sp.</i>
半月喜[虫戎]	<i>Phrosina semilunata</i>
短密海神[虫戎]	<i>Primno brevidens</i>
武装棒体[虫戎]	<i>Rhabdosoma armatum</i>
阿海四门[虫戎]	<i>Tetrathyrus arafurae</i>
钳形四门[虫戎]	<i>Tetrathyrus forcipatus</i>
爱氏门足[虫戎]	<i>Thyropus edwardsi</i>
球形门足[虫戎]	<i>Thyropus sphaeroma</i>
春氏路[虫戎]	<i>Vibilia chuni</i>
磷虾类	
小型磷虾	<i>Euphausia nana</i>
长线脚磷虾	<i>Nematoscelis atlantica</i>
瘦线脚磷虾	<i>Nematoscelis gracilis</i>
近缘柱螯磷虾	<i>Stylocheiron affine</i>
二晶柱螯磷虾	<i>Stylocheiron microphthalmalma</i>
三晶柱螯磷虾	<i>Stylocheiron suhmii</i>
柱螯磷虾属	<i>Stylocheiron sp.</i>
磷虾属	<i>Euphausia sp.</i>
十足类	
细螯虾	<i>Leptocheila gracilis</i>
汉森莹虾	<i>Lucifer hanseni</i>
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>
正型莹虾	<i>Lucifer typus</i>
介形类	
尖尾翼萤	<i>Alacia alata</i>
弱小铃萤	<i>Codonocera pusilla</i>
尖头毛浮萤	<i>Conchoecetta acuminata</i>
尖额齿浮萤	<i>Conchoecilla daphnoides minor</i>
齿形海萤	<i>Cypridina dentata</i>
针刺真浮萤	<i>Euconchoecia aculeata</i>
双叉真浮萤	<i>Euconchoecia bifurata</i>
后圆真浮萤	<i>Euconchoecia maimai</i>
肥胖吸海萤	<i>Halocypris brevirostris</i>
大西洋直浮萤	<i>Orthoconchoecia atlantica</i>
腹突拟浮萤	<i>Paraconchoecia decipiens</i>
猬刺拟浮萤	<i>Paraconchoecia echinata</i>



中文名	拉丁名
葱萤	<i>Porroecia porrecta</i>
翼足类	
尖笔帽螺	<i>Creseis acicula</i>
棒笔帽螺	<i>Creseis clava</i>
芽笔帽螺	<i>Creseis virgula</i>
笔帽螺属	<i>Creseis sp.</i>
舢舨螺属	<i>Cymbulia sp.</i>
蝴蝶螺	<i>Desmopterus papilio</i>
马蹄[虫虎]螺	<i>Limacina trochiformis</i>
皮鳃螺属	<i>Pneumoderma sp.</i>
异足类	
塔明螺	<i>Atlanta turriculata</i>
明螺属	<i>Atlanta sp.</i>
翼体螺	<i>Pterosoma planum</i>
翼管螺	<i>Pterotrachea cornoata</i>
海马翼管螺	<i>Pterotrachea hippocampus</i>
毛颚类	
太平洋撬虫	<i>Krohnitta pacifica</i>
纤细撬虫	<i>Krohnitta subtilis</i>
飞龙翼箭虫	<i>Pterosagitta draco</i>
百陶箭虫	<i>Sagitta bedoti</i>
肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>
凶形箭虫	<i>Sagitta ferox</i>
小形箭虫	<i>Sagitta neglecta</i>
太平洋箭虫	<i>Sagitta pacifica</i>
正形箭虫	<i>Sagitta regularis</i>
粗壮箭虫	<i>Sagitta robusta</i>
被囊类	
长吻纽鳃樽	<i>Brooksia rostrata</i>
羽环纽鳃樽	<i>Cyclosalpa pinnata</i>
软拟海樽	<i>Dolioletta gegenbauri</i>
小齿海樽	<i>Doliolum denticulatum</i>
邦海樽	<i>Doliolum nationalis</i>
海樽属	<i>Doliolina sp.</i>
北方褶海鞘海藻亚种	<i>Fritillaria borealis sargassi</i>
蚁褶海鞘	<i>Fritillaria formica</i>
褶海鞘属	<i>Fritillaria sp.</i>
细长环纽鳃樽	<i>Helicosalpa virgula</i>
纽鳃樽属	<i>Helicosalpa sp.</i>
钝住囊虫	<i>Oikopleura cophocera</i>
角胃住囊虫	<i>Oikopleura cornutogastra</i>
异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>
梭形住囊虫	<i>Oikopleura fusiformis</i>



中文名	拉丁名
长尾住囊虫	<i>Oikopleura longicauda</i>
大住囊虫	<i>Oikopleura megastoma</i>
红住囊虫	<i>Oikopleura rufescens</i>
住囊虫属	<i>Oikopleura spp.</i>
贫肌纽鳃樽	<i>Pegea confoederata</i>
火体虫属	<i>Pyrosoma sp.</i>
梭形纽鳃樽	<i>Salpa fusiformis</i>
双尾萨利纽鳃樽	<i>Thalia democratica</i>
萨利纽鳃樽属	<i>Thalia sp.</i>
多手纽鳃樽	<i>Traustedia multitentaculata</i>
韦氏纽鳃樽	<i>Weelia cylindrica</i>
多毛类	
须蚕属	<i>Pontodora sp.</i>
长尾浮蚕	<i>Tomopteris apsteini</i>
秀丽浮蚕	<i>Tomopteris elegans</i>
玫瑰浮蚕	<i>Tomopteris nationalis</i>
浮蚕属	<i>Tomopteris sp.</i>
小明蚕	<i>Vanadis minuta</i>
明蚕属	<i>Vanadis sp.</i>
浮游幼体	
阿利玛幼体	<i>Alima larvae</i>
端足类幼体	<i>Amphipoda larvae</i>
海星纲幼体	<i>Asteroidea larvae</i>
海参纲耳状幼虫	<i>Auricularia larvae</i>
双壳纲幼体	<i>Bivalvia larvae</i>
短尾类幼体	<i>Brachyura larvae</i>
头足纲幼体	<i>Cephalopoda larvae</i>
毛颚类幼体	<i>Chaetognatha larvae</i>
桡足类幼体	<i>Copepoda larvae</i>
海胆纲长腕幼虫	<i>Echinopluteus larvae</i>
口足类伊雷奇幼虫	<i>Erichthus larvae</i>
磷虾幼体	<i>Euphausiacea larvae</i>
腹足纲幼体	<i>Gastropoda larvae</i>
水螅水母幼体	<i>Hydroidomedusae larvae</i>
莹虾幼体	<i>Lucifer larvae</i>
长尾类幼体	<i>Macrura larvae</i>
糠虾幼体	<i>Mysidacea larvae</i>
蛇尾纲长腕幼虫	<i>Ophiopluteus larvae</i>
介形类幼体	<i>Ostracoda larvae</i>
帽状幼虫	<i>Pilidium larvae</i>
多毛类幼体	<i>Polychaeta larvae</i>
磁蟹幼体	<i>Porcellana larvae</i>
箭虫幼体	<i>Sagitta larvae</i>



中文名	拉丁名
柱头幼虫	<i>Tornaria larvae</i>
多毛类担轮幼虫	<i>Trochophora larvae (Polychaeta)</i>
鱼卵	<i>Fish eggs</i>
仔鱼	<i>Fish larvae</i>

附表 16 浮游动物种名录（秋季）

中文名	拉丁名
水母类	
小方拟多面水母	<i>Abylopsis eschscholtzi</i>
方拟多面水母	<i>Abylopsis tetragona</i>
华丽盛装水母	<i>Agalma elegans</i>
盛装水母	<i>Agalma okeni</i>
半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>
舟形水母	<i>Bargmannia elongata</i>
巴斯水母	<i>Bassia bassensis</i>
爪室水母	<i>Chelophyes appendiculata</i>
扭歪爪室水母	<i>Chelophyes contorta</i>
兰吉美螭水母	<i>Clytia rangiroae</i>
双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>
异双生水母	<i>Diphyes dispar</i>
细颈和平水母	<i>Eirene menoni</i>
九角水母	<i>Enneagonum hyalinum</i>
尖角水母	<i>Eudoxoides mitra</i>
螺旋尖角水母	<i>Eudoxoides spiralis</i>
粗管真囊水母	<i>Euphysora crassocanalis</i>
细真瘤水母	<i>Eutima gracilis</i>
顶突介穗水母	<i>Hydractinia apicata</i>
粗体浅室水母	<i>Lensia baryi</i>
拟铃浅室水母	<i>Lensia campanella</i>
锥体浅室水母	<i>Lensia conoides</i>
微脊浅室水母	<i>Lensia cossack</i>
细浅室水母	<i>Lensia subtilis</i>
四叶小舌水母	<i>Liriope tetraphylla</i>
卡玛拉水母	<i>Malagazzia carolinae</i>
五角水母	<i>Muggiaea atlantica</i>
小水母	<i>Nanomia cara</i>
气囊水母	<i>Physophora hydrostatica</i>
两手筐水母	<i>Solmundella bitentaculata</i>
多手帽形水母	<i>Tiaropsis multicirrata</i>
球型侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>
枝角类	
肥胖三角溞	<i>Evadne tergestina</i>
桡足类	
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i>
红纺锤水蚤	<i>Acartia erythraea</i>
小纺锤水蚤	<i>Acartia negligens</i>



中文名	拉丁名
太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>
微驼隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gracilis</i>
长角隆哲水蚤	<i>Acrocalanus longicornis</i>
椭圆形长足水蚤	<i>Calanopia elliptica</i>
小长足水蚤	<i>Calanopia minor</i>
孔雀丽哲水蚤	<i>Calocalanus pavo</i>
羽丽哲水蚤	<i>Calocalanus plumulosus</i>
伯氏平头水蚤	<i>Candacia bradyi</i>
幼平头水蚤	<i>Candacia catula</i>
异尾平头水蚤	<i>Candacia discaudata</i>
黑斑平头水蚤	<i>Candacia ethiopica</i>
易平头水蚤	<i>Candacia simplex</i>
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>
哲胸刺水蚤	<i>Centropages calaninus</i>
叉胸刺水蚤	<i>Centropages furcatus</i>
细胸刺水蚤	<i>Centropages gracilis</i>
弓角基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>
法氏基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus farrani</i>
长尾基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus furcatus</i>
硬鳞暴猛水蚤	<i>Clytemnestra scutellata</i>
近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>
亮大眼剑水蚤	<i>Corycaeus andrewsi</i>
哲大眼剑水蚤	<i>Corycaeus calaninus</i>
克氏大眼剑水蚤	<i>Corycaeus clausi</i>
微胖大眼剑水蚤	<i>Corycaeus crassiusculus</i>
平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahli</i>
红大眼剑水蚤	<i>Corycaeus erythraeus</i>
柔大眼剑水蚤	<i>Corycaeus flaccus</i>
小突大眼剑水蚤	<i>Corycaeus lubbocki</i>
美丽大眼剑水蚤	<i>Corycaeus speciosus</i>
细大眼剑水蚤	<i>Corycaeus subtilis</i>
绿大眼剑水蚤	<i>Corycaeus viretus</i>
达氏筛哲水蚤	<i>Cosmocalanus darwinii</i>
竖双长腹剑水蚤	<i>Dioithona rigida</i>
精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i>
长角真刺水蚤	<i>Euchaeta longicornis</i>
叉真刺水蚤	<i>Euchaeta rimana</i>
尖额谐猛水蚤	<i>Euterpina acutifrons</i>
精致羽刺大眼水蚤	<i>Farranula concinna</i>
驼背羽刺大眼水蚤	<i>Farranula gibbula</i>
拟额羽刺大眼水蚤	<i>Farranula rostrata</i>
后截唇角水蚤	<i>Labidocera detruncata</i>
真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>
小唇角水蚤	<i>Labidocera minuta</i>
瘦长毛猛水蚤	<i>Macrosetella gracilis</i>
克氏长角哲水蚤	<i>Mecynocera clausi</i>



中文名	拉丁名
欧氏后哲水蚤	<i>Metacalanus aurivillii</i>
挪威小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica</i>
红小毛猛水蚤	<i>Microsetella rosea</i>
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i>
长腹剑水蚤	<i>Oithona</i> spp.
背突隆剑水蚤	<i>Oncaea clevei</i>
中隆剑水蚤	<i>Oncaea media</i>
等刺隆剑水蚤	<i>Oncaea mediterranea</i>
小隆剑水蚤	<i>Oncaea minuta</i>
丽隆剑水蚤	<i>Oncaea venusta</i>
针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>
瘦拟哲水蚤	<i>Paracalanus gracilis</i>
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
截拟平头水蚤	<i>Paracandacia truncata</i>
细拟真哲水蚤	<i>Pareucalanus attenuatus</i>
叉刺角水蚤	<i>Pontella chierchiae</i>
羽小角水蚤	<i>Pontellina plumata</i>
勇筒角水蚤	<i>Pontellopsis strenua</i>
瘦尾筒角水蚤	<i>Pontellopsis tenuicauda</i>
星叶剑水蚤	<i>Sapphirina stellata</i>
丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i>
缘齿厚壳水蚤	<i>Scolecithrix nicobarica</i>
亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>
异尾宽水蚤	<i>Temora discaudata</i>
锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>
角三锥水蚤	<i>Triconia conifera</i>
齿三锥水蚤	<i>Triconia dentipes</i>
普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>
介形类	
尖头毛浮萤	<i>Conchoecetta acuminata</i>
针刺真浮萤	<i>Euconchoecia aculeata</i>
细长真浮萤	<i>Euconchoecia elongata</i>
弓曲后浮萤	<i>Metaconchoecia kyrtophora</i>
棘刺拟浮萤	<i>Paraconchoecia spinifera</i>
糠虾类	
日本新糠虾	<i>Neomysis japonica</i>
端足类	
斯特丙小[虫戎]	<i>Hyperietta stebbingi</i>
孟加拉蛮[虫戎]	<i>Lestrignonus bengalensis</i>
大眼蛮[虫戎]	<i>Lestrignonus macrophthalmus</i>
磷虾类	
长额磷虾	<i>Euphausia diomedea</i>
半驼磷虾	<i>Euphausia hemigibba</i>
瘦线脚磷虾	<i>Nematoscelis gracilis</i>
宽额假磷虾	<i>Pseudeuphausia latifrons</i>
二晶柱螯磷虾[两锥手磷虾]	<i>Stylocheiron microphthalma</i>
十足类	



中文名	拉丁名
亨生莹虾	<i>Lucifer hanseni</i>
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>
正型莹虾	<i>Lucifer typus</i>
毛颚类	
百陶箭虫	<i>Sagitta bedoti</i>
双斑箭虫	<i>Sagitta bipunctata</i>
狭长箭虫	<i>Sagitta bruani</i>
强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i>
肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>
美丽箭虫	<i>Sagitta pulchra</i>
窄瘦形箭虫	<i>Sagitta tenuis</i>
被囊类	
长吻纽鳃樽	<i>Brooksia rostrata</i>
佛环纽鳃樽	<i>Cyclosalpa floridana</i>
软拟海樽	<i>Dolioletta gegenbauri</i>
小齿海樽	<i>Doliolum denticulatum</i>
住囊虫属	<i>Oikopleura spp.</i>
双尾纽鳃樽	<i>Thalia democratica</i>
多毛类	
拟眼蚕	<i>Alciopina parasitica</i>
太平洋浮蚕	<i>Tomopteris pacifica</i>
无针浮蚕	<i>Tomopteris rolasi</i>
异足类	
明螺属	<i>Atlanta spp.</i>
翼足类	
尖笔帽螺	<i>Creseis acicula</i>
棒笔帽螺	<i>Creseis clava</i>
锥笔帽螺	<i>Creseis conica</i>
蝴蝶螺	<i>Desmopterus papilio</i>
厚唇螺属	<i>Diacria sp.</i>
马蹄[虫虎]螺	<i>Limacina trochiformis</i>
拟海若螺	<i>Paraclione longicaudata</i>
浮游幼体	
阿利玛幼体	<i>Alima larvae</i>
端足类幼虫	<i>Amphipoda larvae</i>
羽腕幼体	<i>Bipinnaria larvae</i>
双壳类幼体	<i>Bivalvia larva</i>
短尾类幼体	<i>Brachyura larvae</i>
白氏文昌鱼幼体	<i>Branchiostoma belcheri larvae</i>
毛颚类幼体	<i>Chaetognatha larva</i>
桡足类幼体	<i>Copepoda larva</i>
磷虾幼体	<i>Euphausia larvae</i>
腹足类幼体	<i>Gastropoda larva</i>
莹虾幼体	<i>Lucifer larvae</i>
长尾类幼体	<i>Macrura larvae</i>
水母幼体	<i>Medusae larvae</i>
糠虾幼体	<i>Mysidacea larva</i>



中文名	拉丁名
无节幼体	<i>Nauplius larvae</i>
蛇尾纲长腕幼虫	<i>Ophiopluteus larvae</i>
多毛类幼体	<i>Polychaeta larvae</i>
溞状幼体	<i>Zoea larva</i>
鱼卵	<i>Fish eggs</i>
仔稚鱼	<i>Fish larvae</i>

附表 17 底栖生物种名录

春季		秋季	
中文名	拉丁学名	中文学名	拉丁文学名
环节动物	ANNELIDA	环节动物门 ANNELIDA	
埃刺梳鳞虫	<i>Ehlersileanira incisa</i>	埃刺梳鳞虫	<i>Ehlersileanira incisa</i>
刺管萨欧虫	<i>Sarsonuphis willemoesii</i>	刺管萨欧虫	<i>Sarsonuphis willemoesii</i>
多毛类	<i>Polychaeta</i>	短脊虫	<i>Asychis sp.</i>
海毛虫属	<i>Chloeia sp.</i>	内卷齿蚕	<i>Aglaophamus sp.</i>
纳加索沙蚕	<i>Lumbrineris nagae</i>	拟刺虫	<i>Linopherus sp.</i>
内卷齿蚕属	<i>Aglaophamus sp.</i>	长手沙蚕	<i>Magelona sp.</i>
旋巢沙蚕	<i>Epidiopatra hupferiana</i>	锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>
智利巢沙蚕	<i>Diopatra chiliensis</i>	棘皮动物门 ECHINODERMATA	
锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>	倍棘蛇尾	<i>Amphioplus sp.</i>
自裂虫属	<i>Autolytus sp.</i>	道格拉蛇尾	<i>Dougaloplus echinatus</i>
棘皮动物	EOHINODERMATA	绿盾海胆	<i>Clypeaster virescens</i>
倍棘蛇尾属	<i>Amphioplus sp.</i>	盘棘蛇尾	<i>Ophiocentrus sp.</i>
道格拉蛇尾	<i>Dougaloplus echinatus</i>	镶边海星	<i>Craspidaster hasperus</i>
东方砂海星	<i>Luidia orientalis</i>	阳遂足	<i>Amphiura sinicola</i>
多棘槭海星	<i>Astropecten polyacanthus</i>	脊索动物门 CHORDATA	
海星纲	<i>Asteroidea</i>	斑鲆	<i>Pseudorhombus sp.</i>
环棘锯头帕	<i>Prionocidaris baculosa</i>	斑鳍红娘鱼	<i>Lepidotrigla punctipectoralis</i>
筒氏瓷蛇尾	<i>Ophiomusium simplex</i>	斑鳍蓑鲉	<i>Pterois miles</i>
刻肋海胆科	<i>Temnopleuridae</i>	斑鳍天竺鱼	<i>Apogonichthys carinatus</i>
绿盾海胆	<i>Clypeaster virescens</i>	触角尖尾鱼	<i>Oxyurichthys tentacularis</i>
骑士章海星	<i>Stellaster equestris</i>	大鳞孔鰕虎鱼	<i>Trypauchen taenia</i>
砂海星科	<i>Luidiidae</i>	大鳞鳞鲷	<i>Onigocia macrolepis</i>
蛇尾纲	<i>Ophiuroidea</i>	带纹仙鲈	<i>Siremba marmoratum</i>
镶边海星	<i>Craspidaster hesperus</i>	单棘鲈	<i>Monacanthus sp.</i>
小卷海齿花	<i>Comanthus parvicirra</i>	单指虎鲉	<i>Minous monodactylus</i>
须羽真海洋齿	<i>Eumetra aphrodite</i>	灯笼鱼科	<i>Myctophidae</i>
脊索动物	CHORDATA	东方无线鳎	<i>Symphurus orientalis</i>
斑点鲈形鲷	<i>Parapercis punctata</i>	短鰈	<i>Brachypleura novaezeelandiae</i>
斑鲆	<i>Pseudorhombus sp.</i>	短额鲆	<i>Engyprosopon sp.</i>
斑鳍红娘鱼	<i>Lepidotrigla punctipectoralis</i>	鳄齿鱼	<i>Champsodon capensis</i>
斑鳍蓑鲉	<i>Pterois miles</i>	鳄鲷	<i>Cociella crocodilus</i>



春季		秋季	
中文名	拉丁学名	中文学名	拉丁文学名
斑鳍天竺鱼	<i>Apogonichthys carinatus</i> (Cuvier)	光鳃鱼	<i>Chromis sp.</i>
豹鲷	<i>Pardachirus pavoninus</i>	海蜀鱼	<i>Halicampus koilomatodon</i>
大鳞短额鲆	<i>Engyprosopon grandisquama</i>	褐斑栉鳞鲷	<i>Aseraggodes kobensis</i>
大头鲷	<i>Moringua macrocephalus</i>	黑鲷	<i>Lophiomus setigerus</i>
东方无线鲷	<i>Symphurus orientalis</i>	红鲷	<i>Bembras japonicus</i>
多齿蛇鲭	<i>Saurida tumbil</i>	基岛鱼衍	<i>Callionymus kaianus</i>
鳄齿鲷	<i>Champsodon capensis</i>	棘鲷	<i>Hoplosebastes pristigenys</i>
何氏鲷	<i>Raja hollandi</i>	尖尾鲷	<i>Uroconger lepturus</i>
褐斑栉鳞鲷	<i>Aseraggodes kobensis</i>	居氏鬼鲷	<i>Inimicus cuvieri</i>
黑点圆鳞鲷	<i>Liachirus melanospilus</i>	锯棱短蓑鲷	<i>Brachypterois serrulatus</i>
花斑蛇鲭	<i>Saurida undosquamis</i>	宽条天竺鱼	<i>Apogonichthys striatus</i>
环纹蓑鲷	<i>Pterois lunulata</i>	辣茄鱼	<i>Halieutaea stellata</i>
黄鲷	<i>Taius tumifrons</i>	蓝氏棘鲷	<i>Hoplichthys langsdorfii</i>
基岛鱼衍	<i>Callionymus kaianus</i>	麦氏犀鲷	<i>Bregmaceros macclellandi</i>
尖尾鲷	<i>Uroconger lepturus</i>	日本金线鱼	<i>Nemipterus japonicus</i>
锯棱短蓑鲷	<i>Brachypterois serrulatus</i>	日本鲷	<i>Uranoscopus japonicus</i>
蓝氏棘鲷	<i>Hoplichthys langsdorfii</i>	日本瞳鲷	<i>Inegocia japonicus</i>
鲈形鲷属	<i>Parapercis sp.</i>	丝鳍美尾鱼衍	<i>Calliurichthys dorysus</i>
绿鳍马面鲷	<i>Navodon septentrionalis</i>	四线天竺鲷	<i>Apogon quadrifasciatus</i>
绿尾草鲷	<i>Chlopsis fierasfer</i>	无备虎鲷	<i>Minous inermis</i>
拟鲈属	<i>Parapercis sp.</i>	镶点石斑鱼	<i>Epinephelus amblycephalus</i>
拟蓑鲷	<i>Parapterois heterurus</i>	小带鱼	<i>Eupleurogrammus muticus</i>
日本方头鱼	<i>Branchiostegus japonicus</i>	羊舌鲆	<i>Arnoglossus sp.</i>
日本绯鲤	<i>Upeneus japonicus</i>	翼红娘鱼	<i>Lepidotrigla alata</i>
日本金线鱼	<i>Nemipterus japonicus</i>	圆鳞鲷	<i>Parascorpaena picta</i>
日本瞳鲷	<i>Inegocia japonicus</i>	长尾大眼鲷	<i>Priacanthus tayenus</i>
蛇鲷属	<i>Ophichthus sp.</i>	节肢动物门	
水纹扁背鲷	<i>Canthigaster rivulatus</i>	ARTHROPODA	
四线天竺鲷	<i>Apogon quadrifasciatus</i>	艾氏飞轮蟹	<i>Ixa edwardsii</i>
网纹裸胸鲷	<i>Gymnothorax reticularis</i>	艾氏突额蟹	<i>Ligystes edwardsi</i>
无备虎鲷	<i>Minous inermis</i>	爱洁蟹	<i>Atergatis sp.</i>
仙鲷	<i>Siremba imberbis</i>	背足杨梅蟹	<i>Actumnus dorsipes</i>
项鳞鲷	<i>Zalescopus tosaе</i>	扁足异对虾	<i>Atypopenaeus stenodactylus</i>
小带鱼	<i>Eupleurogrammus muticus</i>	刺虾蛄	<i>Acanthosquilla sp.</i>
羊舌鲆	<i>Arnoglossus sp.</i>	刺足掘沙蟹	<i>Scalopidia spinosipes</i>
圆柱鲈形鲷	<i>Parapercis cylidrica</i>	点斑缺角虾蛄	<i>Harpiosquilla annandalei</i>
杂斑狗母鱼	<i>Synodus variegatus</i>	短沟对虾	<i>Penaeus semisulcatus</i>
节肢动物	ARTHROPODA	海绵精干蟹	<i>Iphiculus spongiosus</i>
阿氏扁蛛蟹	<i>Platymaia alcocki</i>	海绵拟精干蟹	<i>parIphiculus mariannae</i>
凹管鞭虾	<i>Solenocera koelbelide</i>	合寄居蟹	<i>Sympagurus sp.</i>
板蟹属	<i>Petalomera sp.</i>	横展异隐蟹	<i>Heterorypta transitans</i>
标记声蟹	<i>Psopheticus insignis</i>	红斑玉蟹	<i>Leucosia haematosticta</i>
		红星梭子蟹	<i>Portunus sanguinolentus</i>



春季		秋季	
中文名	拉丁学名	中文学名	拉丁文学名
船形虾	<i>Tozeuma sp.</i>	华虾蛄	<i>Sinosquilla sinica</i>
刺蛛蟹	<i>Cyrtomaia sp.</i>	滑脊等腕虾	<i>Heterocarpoides laeovicarina</i>
地区馒头蟹	<i>Calappa terrae-reginae</i>	火红皱蟹	<i>Leptodius exaratus</i>
东方板梭蟹	<i>Parathranites orientalis</i>	疾进蜉	<i>Charybdis vadorum</i>
多刺刺珠蟹	<i>Cyrtomaia hispida</i>	脊七刺栗壳蟹	<i>Arcania septemspinosa</i>
菲岛狼牙蟹	<i>Lupocyclus philippinensis</i>	近缘新对虾	<i>Metapenaeus affinis</i>
高脊管鞭虾	<i>Solenocera alticarinata</i>	锯齿反羽蟹	<i>Retropluma denticulata</i>
鼓虾属	<i>Alpheus sp.</i>	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>
管须蟹属	<i>Albunea sp.</i>	宽突赤虾	<i>Metapenaeopsis palmensis</i>
合寄居蟹	<i>Sympagurus sp.</i>	拉氏绿虾蛄	<i>Clorida latreillei</i>
红虾属	<i>Plesionika sp.</i>	丽纹梭子蟹	<i>Portunus pulchricristatus</i>
虹色圆趾蟹	<i>Ovalipes iridescens</i>	镰虾	<i>Glyphocrangon sp.</i>
滑脊等腕虾	<i>Heterocarpoides laeovicarina</i>	六突拟对虾	<i>Parapenaeus sextuberculatus</i>
疾进蜉	<i>Charybdis vadorum</i>	隆脊冠背蟹	<i>Lophoplax teschi</i>
脊七刺栗壳蟹	<i>Arcania septemspinosa</i>	马氏蝉虾	<i>Scyllarus martensii</i>
寄居蟹属	<i>Pagurus sp.</i>	毛盲蟹	<i>Typhlocarcinus villosus</i>
卷折馒头蟹	<i>Calappa lophos</i>	矛形梭子蟹	<i>Portunus hastatoides</i>
颗粒黎明蟹	<i>Cycloes granulosa</i>	拟盲蟹	<i>Typhlocarcinops sp.</i>
口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>	七刺栗壳蟹	<i>Arcania heptacantha</i>
丽纹梭子蟹	<i>Portunus pulchricristatus</i>	强鳞虫	<i>Sthenolepis sp.</i>
镰虾属	<i>Glyphocrangon sp.</i>	日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>
六突拟对虾	<i>Parapenaeus sextuberculatus</i>	双斑蜉	<i>Charybdis bimaculata</i>
隆背蟹属	<i>Carcinoplax sp.</i>	条尾近虾蛄	<i>Anchisquilla fasciata</i>
拟对虾属	<i>Parapenaeus sp.</i>	无刺口虾蛄	<i>Oratosquilla inornata</i>
拟蛙蟹属	<i>Raninoides sp.</i>	下齿细螯寄居蟹	<i>Clibanarius infraspinatus</i>
强壮蛛形蟹	<i>Latreillia valida</i>	香港蜉	<i>Charybdis hongkongensis</i>
日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>	斜方玉蟹	<i>Leucosia rhomboidalis</i>
日本毛虾	<i>Acetes japonicus</i>	银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i>
三齿琵琶蟹	<i>Lyreidus tridentatus</i>	疣状梭子蟹	<i>Portunus tuberculatus</i>
首颈刺凯虾	<i>Cervimunida princeps</i>	窄额滑虾蛄	<i>Lenisquilla lata</i>
双斑蜉	<i>Charybdis bimaculata</i>	长足鹰爪虾	<i>Trachysalambria longipes</i>
无刺口虾蛄	<i>Oratosquilla inornata</i>	长足长崎蟹	<i>Phalangipus longipes</i>
五角蟹属	<i>Nursia sp.</i>	直额蜉	<i>Charybdis truncata</i>
武士蜉	<i>Charybdis miles</i>	栉管鞭虾	<i>Solenocera pectinata</i>
武装筐形蟹	<i>Mursia armata</i>	中华管鞭虾	<i>Solenocera crassicornis</i>
下齿细螯寄居蟹	<i>Clibanarius infraspinatus</i>	中华隆背蟹	<i>Carcinoplax sinica</i>
小区隐绵蟹	<i>Cryptodromia areolata</i>	软体动物门	MOLLUSCA
异对虾	<i>Atypopenaeus sp.</i>	扁海牛	<i>Platydoridiidae sp.</i>
银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i>	布纹蚶	<i>Barbatia decussata</i>
疣状梭子蟹	<i>Portunus tuberculatus</i>	顶尖织纹螺	<i>Nassarius acuminatus</i>
长螯拳蟹	<i>Philyra platychira</i>	短口螺	<i>Brachystomia sp.</i>



春季		秋季	
中文名	拉丁学名	中文学名	拉丁文学名
长鞭刺铠虾	<i>Munida incerta</i>	短蛸	<i>Octopus ocellatus</i>
长额虾属	<i>Panadus sp.</i>	沟鹑螺	<i>Tonna sulcosa</i>
长猗蛛形蟹	<i>Latreillia phalangiumde</i>	沟纹巴非蛤	<i>Paphia exarata</i>
长足鹰爪虾	<i>Trachysalambria longipes</i>	沟芋螺	<i>Conus sulcatus</i>
长足长崎蟹	<i>Phalangipus longipes</i>	红侍女螺	<i>Ancilla rubiginosa</i>
栉管鞭虾	<i>Solenocera pectinata</i>	环肋笔螺	<i>Neocancilla circula</i>
中华管鞭虾	<i>Solenocera crassicornis</i>	假主厚旋螺	<i>Crassispira pseudoprincipilis</i>
中华隆背蟹	<i>Carcinoplax sinica</i>	锯齿巴非蛤	<i>Paphia gallus</i>
腔肠动物	COELENTERA	粒帽蚶	<i>Cucullaea labiosagranulosa</i>
白沙箸	<i>Virgularia gustaviana</i>	毛蚶	<i>Scapharca subcrenata</i>
海葵科	<i>Actiniidae</i>	美女白樱蛤	<i>Macoma candida</i>
棘海鳃	<i>Pterceides sp.</i>	拟蚶	<i>Arcopsis sp.</i>
软珊瑚科	<i>Alcyoniidae</i>	乳玉螺	<i>Polinices sp.</i>
沙箸属	<i>Virgularia sp.</i>	梭形芋螺	<i>Conus orbigny</i>
扇形珊瑚科	<i>Flabelliidae</i>	网纹扭螺	<i>Distorsio reticulata</i>
异杯珊瑚属	<i>Heterocyathus sp.</i>	乌贼	<i>Sepia sp.</i>
纵条矾海葵	<i>Haliplanella luciae</i>	习见蛙螺	<i>Bursa rana</i>
软体动物	MOLLUSCA	秀织纹螺	<i>Nassarius concinnus</i>
白带笋螺	<i>Terebra dussumieri</i>	衣硬蓝蛤	<i>Solidicorbula tunicata</i>
扁海牛	<i>Platydoridiidae sp.</i>	印度乐飞螺	<i>Lophiotoma indica</i>
扁平窦螺	<i>Sinum weberi</i>	玉螺	<i>Natica vitellus</i>
波纹巴非蛤	<i>Paphia undulata</i>	长肋日月贝	<i>Amusium pleuronectes</i>
顶尖织纹螺	<i>Nassarius acuminatus</i>	长竹蛏	<i>Solen strictus</i>
东京碗梨螺	<i>Pyrunculus tokyoensis</i>		
短蛸	<i>Octopus ocellatus</i>		
榧螺属	<i>Oliva sp.</i>		
凤螺科	<i>Strombidae</i>		
沟芋螺	<i>Conus sulcatus</i>		
褐玉螺	<i>Natica spadicea</i>		
环肋笔螺	<i>Neocancilla circula</i>		
假主棒螺	<i>Crassispira pseudoprincipilis</i>		
南方芋螺	<i>Conus australis</i>		
三带缘螺	<i>Marginella tricineta</i>		
梭形芋螺	<i>Conus orbigny</i>		
网纹扭螺	<i>Distorsio reticulata</i>		
秀织纹螺	<i>Nassarius concinnus</i>		
印度乐飞螺	<i>Lophiotoma indica</i>		
玉螺	<i>Natica vitellus</i>		
长刺螺属	<i>Guildfordia sp.</i>		
长肋日月贝	<i>Amusium pleuronectes</i>		
指纹蛤	<i>Acila divaricata</i>		
纵肋织纹螺	<i>Nassarius(Varicinassa)variciferus</i>		



附表 18 春季鱼类种类目录

序号	学名	拉丁名	属名	科名	目名
1	黑鮫鯪	<i>Lophiomus setigerus</i>	黑鮫鯪属	鮫鯪科	鮫鯪目
2	鳞烟管鱼	<i>Fistularia petimba</i>	烟管鱼属	烟管鱼科	刺鱼目
3	多齿蛇鲭	<i>Saurida tumbil</i>	蛇鲭属	狗母鱼科	灯笼鱼目
4	叉斑狗母鱼	<i>Synodus macrops</i>	狗母鱼属	合齿鱼科	灯笼鱼目
5	大头狗母鱼	<i>Trachinocephalus myops</i>	大头狗母鱼属	狗母鱼科	灯笼鱼目
6	花斑蛇鲭	<i>Saurida undosquamis</i>	蛇鲭属	狗母鱼科	灯笼鱼目
7	黑斑双鳍电鳐	<i>Narcine maculata</i>	双鳍电鳐属	电鳐科	电鳐目
8	瓦鲈	<i>Poecilopsetta plinthus</i>	瓦鲈属	瓦鲈科	鲈形目
9	无斑羊舌鲆	<i>Arnoglossus aspidos</i>	羊舌鲆属	鲆科	鲈形目
10	长臂缨鲆	<i>Crossorhombus kobensis</i>	缨鲆属	鲆科	鲈形目
11	桂皮斑鲆	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	斑鲆属	牙鲆科	鲈形目
12	青鳞鱼	<i>Harengulazunasi</i>	青鳞鱼属	鲱科	鲱形目
13	雨印海鲂	<i>Zeus faber</i>	海鲂属	海鲂科	海鲂目
14	松球鱼	<i>Monocentrus japonicus</i>	松球鱼属	松球鱼科	金眼鲷目
15	长尾大眼鲷	<i>Priacanthus tayenus</i>	大眼鲷属	大眼鲷科	鲈形目
16	少鳞鲢	<i>Uranoscopus oligolepis</i>	属	科	鲈形目
17	带鱼	<i>Trichiurus haumela</i>	带鱼属	带鱼科	鲈形目
18	深水金线鱼	<i>Nemipterus bathybius</i>	金线鱼属	金线鱼科	鲈形目
19	二长棘鲷	<i>Parargyrops edita</i>	二长棘鲷属	鲷科	鲈形目
20	条尾鲱鲤	<i>Upeneus bensasi</i>	鲱鲤属	羊鱼科	鲈形目
21	金线鱼	<i>Nemipterus virgatus</i>	金线鱼属	金线鱼科	鲈形目
22	竹筴鱼	<i>Trachurus japonicus</i>	竹筴鱼属	鲈科	鲈形目
23	短鰐齿鱼	<i>Champsodon snyderi</i>	鰐齿鱼属	鰐齿鱼科	鲈形目
24	弓背鰐齿鱼	<i>Champsodon atridorsalis</i>	鰐齿鱼属	鰐齿鱼科	鲈形目
25	绯鲷	<i>Callionymus beniteguri</i>	鲷属	鲷科	鲈形目
26	高体若鲹	<i>Caranx equula</i>	鲹属	鲹科	鲈形目
27	带鲷	<i>Xiphasia setifer</i>	带鲷属	鲷科	鲈形目
28	褐篮子鱼	<i>Siganus fuscescens</i>	篮子鱼属	篮子鱼科	鲈形目
29	窄鲈带鱼	<i>Tentoriceps cristatus</i>	窄鲈带鱼属	带鱼科	鲈形目
30	美尾(鲷)	<i>Calliurichthys japonicus</i>	鲷属	鲷科	鲈形目
31	日本鲢	<i>Uranoscopus japonicus</i>	鲢属	鲢科	鲈形目
32	日本发光鲷	<i>Acropoma japonicum</i>	发光鲷属	发光鲷科	鲈形目
33	黄鲷	<i>Taius tumifrons</i>	黄鲷属	鲷科	鲈形目
34	日本锯大眼鲷	<i>pristigenys nipponia</i>	大眼鲷属	大眼鲷科	鲈形目
35	基岛鲷	<i>Callionymus kaianus</i>	鲷属	鲷科	鲈形目
36	中线天竺鲷	<i>Apogon kiensis</i>	天竺鲷属	天竺鲷科	鲈形目



37	燕赤鲷	<i>C. hirundinacea</i>	赤鲷属	鲷科	鲷形目
38	朴蝴蝶鱼	<i>Chaetodon modestus</i>	蝴蝶鱼属	蝴蝶鱼科	鲷形目
39	姬鲷		姬鲷属	鲷亚科	鲷形目
40	半线天竺鲷	<i>Apogon semilineatus</i>	天竺鲷属	天竺鲷科	鲷形目
41	短尾大眼鲷	<i>Priacanthus macracanthus</i>	大眼鲷属	大眼鲷科	鲷形目
42	青石斑鱼	<i>Epinephelus awoara</i>	石斑鱼属	鲷科	鲷形目
43	细纹鳎	<i>Leiognathus berbis</i>	鳎属	鳎科	鲷形目
44	洛神颈鳍鱼	<i>Iniistius dea</i>	颈鳍鱼属	隆头鱼科	鲷形目
45	纵带副鲱鲤	<i>P. multifasciatus</i>	副鲱鲤属	羊鱼科	鲷形目
46	蓝妹仔		颈鳍鱼属	隆头鱼科	鲷形目
47	羽鳃鲐	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	羽鳃鲐属	鲭科	鲷形目
48	刺鲳	<i>Psenopsis anomala</i>	刺鲳属	长鲳科	鲷形目
49	黑斑天竺鱼	<i>A. nigrofasciatus</i>	天竺鱼属	天竺鲷科	鲷形目
50	四长棘鲷	<i>Argyrops bleekeri</i>	四长棘鲷属	鲷科	鲷形目
51	土佐鲐	<i>Uranoscopus tosaе</i>	鲐属	胆星鱼科	鲷形目
52	中华鲐	<i>Uranoscopus chinensis</i>	鲐属	胆星鱼科	鲷形目
53	鲑点石斑鱼	<i>Epinephelus trimaculatus</i>	石斑鱼属	鲷科	鲷形目
54	斜带石斑鱼	<i>E. daemeli</i>	石斑鱼属	鲷科	鲷形目
55	橙点石斑鱼	<i>Epinephelus bleekeri</i>	石斑鱼属	鲷科	鲷形目
56	红天竺鲷	<i>Apogon coccineus</i>	天竺鲷属	天竺鲷科	鲷形目
57	双带梅鲷	<i>P.digramma</i>	鳞鳍梅鲷属	笛鲷科	鲷形目
58	银方头鱼	<i>Branchiostegus argentatus</i>	方头鱼属	方头鱼科	鲷形目
59	斑鳍天竺鲷	<i>A. carinatus</i>	天竺鲷属	天竺鲷科	鲷形目
60	黑边天竺鲷	<i>A. ellioti</i>	天竺鲷属	天竺鲷科	鲷形目
61	克氏棘赤刀鱼	<i>Acanthocephala krusensterni</i>	棘赤刀鱼属	赤刀鱼科	鲷形目
62	斑鳍方头鱼	<i>Branchiostegus auratus</i>	方头鱼属	方头鱼科	鲷形目
63	双棘石斑鱼	<i>Epinephelus diacanthus</i>	石斑鱼属	鲷科	鲷形目
64	蠕纹裸胸鳝	<i>G. kidako</i>	裸胸鳝属	鳎科	鳎形目
65	鞍斑裸胸鳝	<i>Gymnothorax meleagris</i>	裸胸鳝属	鳎科	鳎形目
66	海鳗	<i>Muraenesox cinereus</i>	海鳗属	海鳗科	鳎形目
67	鹤海鳗	<i>M. cinereus</i>	海鳗属	海鳗科	鳎形目
68	网纹裸胸鳝	<i>Gymnothorax reticularis Bloch</i>	裸胸鳝属	海鳝科	鳎形目
69	尖尾鳗	<i>Uroconger lepturus</i>	尖尾鳗属	康吉鳗科	鳎形目
70	银色突吻鳗	<i>Rhynchocymba nystromi</i>	突吻鳗属	康吉鳗科	鳎形目
71	裂须短体鳗	<i>brachysomophis cirrhochilus</i>	短体鳗属	鳗鲡科	鳎形目
72	前肛鳗	<i>Dysomma anguillare</i>	前肛鳗属	通鳃鳗科	鳎形目
77	细何针鳗	<i>Ox yconger Bleeker</i>	细颌鳗属	细颌鳗科	鳎形目
80	单角革鲀	<i>Aluterus monoceros</i>	革鲀属	革鲀科	鲀形目
76	黄鳍马面鲀	<i>Navodon xanthopterus</i>	马面鲀属	革鲀科	鲀形目



79	棕斑腹刺鲀	<i>Gastrophysus spadiceus</i>	腹刺鲀属	鲀科	鲀形目
75	兔头鲀	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	兔头鲀属	鲀科	鲀形目
78	红斑狗母鱼	<i>Synodus rubromarmoratus</i>	狗母鱼属	合齿鱼科	仙女鱼目
73	短臂蛇鲻	<i>S. micropectoralis</i>	蛇鲻属	合齿鱼科	仙女鱼目
74	仙鲷	<i>Sirembo imberbis</i>	仙鲷	鲷科	鲷形目
81	鲍氏鲛	<i>Raja boesemani</i>	鲛属	鲛科	鲛形目
82	斑鲛	<i>Raja kenoei</i>	鲛属	鲛科	鲛形目
83	毛躄鱼	<i>Antennarius hispidus</i>	躄鱼属	躄鱼科	鲷形目
84	无备虎鲷	<i>Minous inermis</i>	虎鲷属	毒鲷科	鲷形目
85	日本红娘鱼	<i>Lepidotrigla japonice</i>	红娘鱼属	鲂鲱科	鲷形目
86	岸上红娘鱼	<i>Lepidotrigla kishinouyi</i>	红娘鱼属	鲂鲱科	鲷形目
87	吉氏棘鲷	<i>Hoplichthys gilberti</i>	棘鲷属	棘鲷科	鲷形目
88	蓝氏棘鲷	<i>Hoplichthys langsdorfii</i>	棘鲷属	棘鲷科	鲷形目
89	琉球角鲂鲱	<i>Pterygotrigla</i>	角鲂鲱属	角鱼科	鲷形目
90	翼红娘鱼	<i>Lepidotrigla alata</i>	红娘鱼属	角鱼科	鲷形目
91	倒棘鲷	<i>R. asper</i>	倒棘鲷属	牛尾角科	鲷形目
92	日本蛇鲷	<i>Erisphes potti</i>	蛇鲷属	前鳍鲷科	鲷形目
93	凹鳍鲷	<i>Kumococius detrusus</i>	凹鳍鲷属	鲷科	鲷形目
94	勒氏蓑鲷	<i>Pterois russellii</i>	蓑鲷属	鲷科	鲷形目
95	美丽蓑鲷	<i>Dendrochirus</i>	短鳍蓑鲷属	鲷科	鲷形目
96	环纹蓑鲷	<i>Pterois bleekeri</i>	蓑鲷属	鲷科	鲷形目
97	须拟鲷	<i>Scorpaenopsis cirrosa</i>	拟鲷属	鲷科	鲷形目
98	帆鳍鲷	<i>Ablabys sp.</i>	鲷属	鲷科	鲷形目
99	油鲛	<i>Sphyrna pinguis</i>	鲛属	鲛科	鲷形目

附录 19 秋季调查游泳生物名录

中文名	拉丁文学名
真鲨目	CARCHARHINIFORMES
猫鲨科	Scyliorhinidae
虎纹猫鲨	<i>Scyliorhinus torazame</i> (Tanaka)
扁吻光尾鲨	<i>Apristurus platyrhynchus</i> (Tanaka)
双髻鲨科	Sphyrnidae
路氏双髻鲨	<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith)
鳐形目	RAJIFORMES
扁魮科	Urolophidae
达氏巨尾魮	<i>Urotrygon daviesis</i> Wallace
鼠鱈目	GONORHYNCHIFORMES
鼠鱈科	Gonorhynchidae
鼠鱈	<i>Gonorhynchus abbreviatus</i> Temminck et Schlegel



中文名	拉丁文学名
鲑形目	SALMONIFORMES
钻光鱼科	Gonostomatidae
西钻光鱼	<i>Gonostoma atlanticus</i> Norman
丛光鱼	<i>Valenciennellus tripunctulatus</i> (Esmark)
钻光鱼 sp.	<i>Gonostoma</i> sp.
褶胸鱼科	Sternoptychidae
半裸银斧鱼	<i>Argyropelecus hemigymnus</i> Cocco
拟低褶胸鱼	<i>Sternoptyx pseudobscura</i> Baird
巨口鱼科	Stomiidae
巨口鱼	<i>Saffinis affinis</i> Gunther
黑巨口鱼科	Melanostomiidae
少纹黑巨口鱼	<i>Melanostomias pauciradius</i> Matsubara
蝰鱼科	Chauliodontidae
蝰鱼	<i>Chauliodus sloani</i> Schneider
灯笼鱼目	MYCTOPHIFORMES
狗母鱼科	Synodidae
肩斑狗母鱼	<i>Synodus hoshinonis</i> Tanaka
叉斑狗母鱼	<i>Synodus macrops</i> Tanaka
大头狗母鱼	<i>Trachinocephalus myops</i> (Bloch et Schneider)
花斑蛇鲭	<i>Saurida undosquamis</i> (Richardson)
多齿蛇鲭	<i>Saurida tumbil</i> (Bloch et Shneider)
长蛇鲭	<i>Saurida elongata</i> (Temminck et Schlegel)
青眼鱼科	Chlorophthalmidae
青眼鱼 sp.	<i>Chlorophthalmus</i> sp.
新灯鱼科	Neoscopelidae
多孔新灯鱼	<i>Neoscopelus porosus</i> Arai
灯笼鱼科	Myctophidae
照耀眶灯鱼	<i>Diaphus fulgens</i> (Brauer)
瓦氏眶灯鱼	<i>Diaphus watasei</i> Jordan et Starks
天纽珍灯鱼	<i>Lampanyctus tenuiformis</i> (Brauer)
日本叶灯鱼	<i>Lobianchia gemellarii</i> (Cocco)
裸狗母鱼科	Paralepididae
背鳞鱼	<i>Notolepis rissoi</i> (Bonaparte)
裸蜥鱼	<i>Lestidium atlanticum</i> Borodin
鳗鲡目	ANGUILLIFORMES
康吉鳗科	Congridae
齐头鳗	<i>Anago anago</i> (Temminck et Schlegel)
海鳝科	Muraenidae
网纹裸胸鳝	<i>Gymnothorax reticularis</i> Bloch
蠕纹裸胸鳝	<i>Gymnothorax kidako</i> (Temminck et Schlegel)



中文名	拉丁文学名
线鳎科	Nemichthyidae
线鳎	<i>Nemichthys scolopaceus</i> Richardson
蛇鳎科	Ophichthyidae
横带小齿蛇鳎	<i>Ophichthus fasciatus</i> Chu, Wu et Jin
眼斑小齿蛇鳎	<i>Ophichthus polyophthalmus</i> (Bleeker)
短尾蛇鳎	<i>Ophichthus brevicudatus</i> Chy, Wu et Jin
鳕形目	GADIFORMES
长尾鳕科	Macrouridae
日本软首鳕	<i>Malacocephalus nipponensis</i> Gilbert & Hubbs
平棘腔吻鳕	<i>Coelorhynchus parallelus</i> (Gunther)
金眼鲷目	BERYCIFORMES
须鲉科	Polymixiidae
日本须鲉	<i>Polymixia japonicus</i> Gunther
海鲂目	ZEIFORMES
海鲂科	Zeidae
雨印亚海鲂	<i>Zenopsis nebulosa</i> (Temminck et Schlegel)
日本巨眼海鲂	<i>Zenion japonicus</i> Kamohara
月鱼目	LAMPRIDIFORMES
软腕鱼科	Ateleopodidae
日本软腕鱼	<i>Ateleopus japonicus</i> Bleeker
刺鱼目	GASTEROSTEIFORMES
烟管鱼科	Fistulariidae
鳞烟管鱼	<i>Fistularia petimba</i> Lacepede
毛烟管鱼	<i>Fistularia villosa</i> Klunzinger
鲷形目	MUGILIFORMES
鲷科	Sphyraenidae
钝鲷	<i>Sphyraena obtusata</i> Cuvier et Valenciennes
斑条鲷	<i>Sphyraena jello</i> Cuvier et Valenciennes
油鲷	<i>Sphyraena pinguis</i> Gunther
鲈形目	PERCIFORMES
鲈科	Serranidae
瓦氏软鱼	<i>Malakichthys wakiyai</i> Jordan et Hubbs
灰软鱼	<i>Malakichthys griseus</i> Doderlein
日本尖牙鲈	<i>Synagrops japonicus</i> (Steindachner et Doderlein)
细鳞三棱鲈	<i>Trisotropis dermopterus</i> (Temminck et Schlegel)
双棘石斑鱼	<i>Epinephelus diacanthus</i> (Cuvier et Valenciennes)
小点石斑鱼	<i>Epinephelus epistictus</i> (Temminck et Schlegel)
大眼鲷科	Priacanthidae
拟大眼鲷	<i>Pseudopriacanthus nipponius</i> (Cuvier et Valenciennes)
短尾大眼鲷	<i>Priacanthus macracanthus</i> Cuvier et Valenciennes



中文名	拉丁文学名
天竺鲷科	Apogonidae
宽条天竺鱼	<i>Apogonichthys striatus</i> (Smith et Radcliffe)
黑边天竺鱼	<i>Apogonichthys ellioti</i> (Day)
斑鳍天竺鱼	<i>Apogonichthys carinatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
中线天竺鲷	<i>Apogon kiensis</i> Jordan et Snyder
半线天竺鲷	<i>Apogon semilineatus</i> Temminck et Schlegel
方头鱼科	Branchiostegidae
日本方头鱼	<i>Branchiostegus japonicus</i> (Houttuyn)
斑鳍方头鱼	<i>Branchiostegus auratus</i> (Kishinouye)
银方头鱼	<i>Branchiostegus argentatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
鲹科	Carangidae
短吻丝鲹	<i>Alecitis ciliaris</i> (Bloch)
长吻丝鲹	<i>Alectis indica</i> (Ruppell)
马拉巴裸胸鲹	<i>Caranx malabaricus</i> (Bloch et Schneider)
高体若鲹	<i>Caranx equula</i> Temminck et Schlegel
游鳍叶鲹	<i>Carangoides mate</i> Cuvier et Valenciennes
脂眼凹肩鲹	<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch)
蓝圆鲹	<i>Decapterus maruadsi</i> (Temminck et Schlegel)
颌圆鲹	<i>Decapterus lajang</i> Bleeker
长体圆鲹	<i>Decapterus macrosoma</i> Bleeker
竹荚鱼	<i>Trachurus japonicus</i> (Temminck et Schlegel)
乌鲳科	Formionidae
乌鲳	<i>Formio niger</i> (Bloch)
军曹鱼科	Rachycentridae
军曹鱼	<i>Rachycentron canadum</i> (Linnaeus)
鲹科	Leiognathidae
长鲹	<i>Leiognathus elongatus</i> (Gunther)
黄斑鲹	<i>Leiognathus bindus</i> (Cuvier et Valenciennes)
粗纹鲹	<i>Leiognathus lineolatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
细纹鲹	<i>Leiognathus berbis</i> (Cuvier et Valenciennes)
笛鲷科	Lutjanidae
紫红笛鲷	<i>Lutjanus argentimaculatus</i> (Forsk.)
鲷科	Sparidae
黄鲷	<i>Taius tumifrons</i> (Temminck et Schlegel)
真鲷	<i>Pagrosomus major</i> (Temminck et Schlegel)
二长棘鲷	<i>Parargyrops edita</i> Tanaka
四长棘鲷	<i>Argyrops bleekeri</i> Oshims
金线鱼科	Nemipteridae
金线鱼	<i>Nemipterus virgatus</i> (Houttuyn)
深水金线鱼	<i>Nemipterus bathybius</i> (Snyder)



中文名	拉丁文学名
日本金线鱼	<i>Nemipterus japonicus</i> (Bloch)
眶棘鲈科	Scolopsidae
条纹眶棘鲈	<i>Scolopsis taeniopterus</i> (Cuvier et Valenciennes)
双斑眶棘鲈	<i>Scolopsis bimaculatus</i> Ruppell
石鲈科	Pomadasyidae
四带胡椒鲷	<i>Plectorhynchus diagrammus</i> (Linnaeus)
羊鱼科	Myllidae
条尾绯鲤	<i>Upeneus bensasi</i> (Temminck et Schlegel)
摩鹿加绯鲤	<i>Upeneus moluccensis</i> (Bleeker)
纵带副绯鲤	<i>Parupeneus fraterculus</i> (Cuvier et Valenciennes)
蝴蝶鱼科	Chaetodontidae
朴蝴蝶鱼	<i>Chaetodon modestus</i> (Temminck et Schlegel)
赤刀鱼科	Cepolidae
背点棘赤刀鱼	<i>Acanthocephala limbata</i> Cuvier et Valenciennes
雀鲷科	Pomacentridae
条尾雀鲷	<i>Pomacentrus taeniurus</i> Bleeker
鲷状鱼科	Bembropidae
尾斑鲷状鱼	<i>Bembrops caudimacula</i> Steindachner
拟鲈科	Parapercidae
美拟鲈	<i>Parapercis pulchella</i> (Temminck et Schelegel)
膳科	Uranoscopidae
日本膳	<i>Uranoscopus japonicus</i> Houttuyn
少鳞膳	<i>Uranoscopus oligolepis</i> Bleeker
鳄齿鱼科	Champsodontidae
弓背鳄齿鱼	<i>Champsodon atridorsalis</i> Ohia et Nakamura
鰺科	Blenniidae
带鰺	<i>Xiphasia setifer</i> Swainson
鲚科	Callionymidae
李氏鲚	<i>Callionymus richardsoni</i> Bleeker
带鱼科	Trichiuridae
窄额带鱼	<i>Tentoriceps cristatus</i> (Klunzinger)
带鱼	<i>Trichiurus haumela</i> (Forsk.)
南海带鱼	<i>Trichiurus nanhaiensis</i> Wang et Xu
短带鱼	<i>Trichiurus brevis</i> Wang et You
叉尾带鱼	<i>Benthodeodesmus tonuis</i> (Gunther)
蛇鲭科	Gempylidae
东洋蛇鲭	<i>Neoepinnula orientalis</i> (Gilchrist et Von Bonde)
无齿鲷科	Ariommidae
印度无齿鲷	<i>Ariomma indica</i> (Day)
双鳍鲷科	Nomeidae



中文名	拉丁文学名
鳞首方头鲳	<i>Cubiceps squamiceps</i> (Lloyd)
长鲳科	Centrolophidae
刺鲳	<i>Psenopsis anomala</i> (Temminck et Schlegel)
鲷科	Echeneidae
鲷	<i>Echeneis naucrates</i> Linnaeus
鲷形目	SCORPAENIFORMES
鲷科	Scorpaenidae
勒氏蓑鲷	<i>Pterois russelli</i> Benneu
环纹蓑鲷	<i>Pterois lunulata</i> Temminck et Schlegel
锯蓑鲷	<i>Brachypterois serrulatus</i> (Richardson)
拟蓑鲷	<i>Parapterois heterurus</i> Bleeker
斐济囊头鲷	<i>Setarches fidjiensis</i> (Gunther)
魮科	Triglidae
琉球角魮	<i>Pterygotrigla ryukuensis</i> Matsubara et Hiyama
日本红娘鱼	<i>Lepidotrigla japonica</i> Gunther
黄魮科	Peristediidae
黑带黄魮	<i>Peristedion nierstrasi</i> Weber
豹魮科	Dactylopteridae
单棘豹魮	<i>Daicocus peterseni</i> (Nystrom)
鲽形目	PLEURONECTIFORMES
牙鲆科	Paralichthyidae
五眼斑鲆	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i> Gunther
鲆科	Bothidae
青缨鲆	<i>Crossorhombus azureus</i> (Alcock)
大鳞短额鲆	<i>Engyprosopon grandisquama</i> (Temminck et Schlegel)
多鳞短额鲆	<i>Engyprosopon multisquama</i> Amaoka
鲷科	Soleidae
条鲷	<i>Zebrias zebra</i> (Bloch)
鲉形目	TETRAODONTIFORMES
拟三刺鲉科	Triacanthodidae
拟管吻鲉	<i>Macrorhamphosodes uradoi</i> (Kamohara)
革鲉科	Aluteridae
丝背细鳞鲉	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (Temminck et Schlegel)
黄鳍马面鲉	<i>Navodon xanthopterus</i> Xu et Zhen sp. no.
单角革鲉	<i>Alutera monoceros</i> (Osbeck)
鲉科	Tetraodontidae
月腹刺鲉	<i>Gastrophysus lunaris</i> (Bloch et Schneider)
棕腹刺鲉	<i>Gastrophysus spadiceus</i> (Richardson)
水纹扁背鲉	<i>Canthigaster rivulatus</i> (Temminck et Schlegel)
鮫鱈目	LOPHIIFORME



中文名	拉丁文学名
鮫鱈科	Lophiidae
黑鮫鱈	<i>Lophiomus setigerus</i> (Vahl)
蝙蝠鱼科	Ogcocephalidae
蝙蝠鱼	<i>Malthopsis luteus</i> Alcock
牙棘茄鱼	<i>Halicmetus reticulatus</i> Smith et Radcliffe
枪形目	TEUTHOIDEA
武装乌贼科	Enoploteuthidae
安达曼钩腕乌贼	<i>Abralia andamanica</i> Goodrich
枪乌贼科	Loliginidae
田乡枪乌贼	<i>Loligo tagoi</i> Sasaki
剑尖枪乌贼	<i>Loligo edulis</i> Hoyle
中国枪乌贼	<i>Loligo chinensis</i> Gray
莱氏拟乌贼	<i>Sepioteuthis lessoniana</i> Lesson
乌贼目	SEPIOIDEA
乌贼科	Stpiidae
金乌贼	<i>Sepia esculenta</i> Hoyle
拟目乌贼	<i>Sepia lycidas</i> Gray
图氏后乌贼	<i>Metasepia tullbergi</i> (Appellof)
八腕目	OCTOPODA
蛸科	Octopodidae
短蛸	<i>Octopus ocellatus</i> Gray
十足目	DECAPODA
管鞭虾科	Solenoceridae
中华管鞭虾	<i>Solenocera crassicornis</i> (H. Milne-Edwards)
栉管鞭虾	<i>Solenocera pectinata</i> (Bate)
对虾科	Penaeidae
雄壮须虾	<i>Aristeus virilis</i> (Bate)
柔毛软颚虾	<i>Funchalia villosa</i> (Bouvier)
安达曼赤虾	<i>Metapenaeopsis andamanensis</i> (Wodd-Mason)
棒指虾科	Stylodactylidae
多齿棒指虾	<i>Stylodactylus multidentatus</i> Kubo
长额虾科	Pandalidae
半滑红虾	<i>Plesionika semilaevis</i> Bate
刺虾科	Oplophoridae
典型刺虾	<i>Oplophorus typus</i> A. Milne-Eawards
铠甲虾科	Galatheidae
台湾铠甲虾	<i>Galathea formosus</i> de Man
绵蟹科	Dromiidae
绵蟹	<i>Dromia dehaani</i> Rathbun
馒头蟹科	Calappidae



中文名	拉丁文学名
逍遥馒头蟹	<i>Calappa philargius</i> (Linnaeus)
卷折馒头蟹	<i>Calappa lophos</i> (Herbst)
梭子蟹科	Portunidae
虹色圆趾蟹	<i>Ovalipes iridescens</i> (Miers)
武士螯	<i>Charybdis miles</i> (de Haaan)
锈斑螯	<i>Charybdis feriatius</i> (Linnaeus)
十足目	STOMATOPODA
猛虾蛄科	Harpiosquillidae
棘突猛虾蛄	<i>Harpiosquilla raphidea</i> (Fabricius)
琴虾蛄科	Lysiosquilla
沟额琴虾蛄	<i>Lysiosquilla sulcirostris</i> Kemp

附表 20 春季调查海域头足类渔获种类组成

目	科	种
枪形目	柔鱼科	太平洋褶柔鱼
	枪乌贼科	长枪乌贼、田乡枪乌贼、杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼、中国枪乌贼
乌贼目	乌贼科 耳乌贼科	金乌贼、曼氏无针乌贼 柏氏四盘耳乌贼
八腕目	蛸科	短蛸、卵蛸、真蛸

附表 22 秋季调查海域头足类渔获种类组成

目	科	种
枪形目	武装乌贼科	安达曼钩腕乌贼
	枪乌贼科	田乡枪乌贼、剑尖枪乌贼、中国枪乌贼、莱氏拟乌贼
乌贼目	乌贼科	金乌贼、拟目乌贼、图氏后乌贼
八腕目	蛸科	短蛸

附表 23 春季调查海域甲壳类种类名录

目	科	种类
	管鞭虾科	中华管鞭虾
十足目	对虾科	假长缝拟对虾、宽突赤虾、马来鹰爪虾
	藻虾科	水母虾、鞭腕虾
	蝉虾科	九齿扇虾
	馒头蟹科	卷折馒头蟹
	梭子蟹科	红星梭子蟹、银光梭子蟹、纤手梭子蟹、武士螯、光掌螯
	长脚蟹科	紫隆背蟹



目	科	种类
十足目	猛虾蛄科	眼斑猛虾蛄、猛虾蛄

附表 24 秋季调查海域甲壳类渔获种类组成

目	科	种类
	管鞭虾科	中华管鞭虾、栉管鞭虾
十足目	对虾科	雄壮须虾、柔毛软颚虾、安达曼赤虾
	棒指虾科	多齿棒指虾
	长额虾科	半滑红虾
	刺虾科	典型刺虾
	铠甲虾科	台湾铠甲虾
十足目	绵蟹科	绵蟹
	馒头蟹科	逍遥馒头蟹、卷折馒头蟹
	梭子蟹科	虹色圆趾蟹、武士蟳、锈斑蟳
十足目	猛虾蛄科	棘突猛虾蛄
	琴虾蛄科	沟额琴虾蛄

附表 25 春季鱼卵、仔稚鱼名录

序号	鱼名	拉丁文名
1	鲱科	<i>Clupeidae.</i>
2	鳗鲡目	<i>Anguilliformes</i>
3	多齿蛇鲻	<i>Saurida tumbil</i>
4	银腰犀鳕	<i>Bregmaceros nectabanus</i>
5	油鲳	<i>Sphyraena pinguis</i>
6	短尾大眼鲷	<i>Priacanthus macracanthus</i>
7	鲳属	<i>Leiognathus sp.</i>
8	鲆科	<i>Carangidae</i>
9	石首鱼科	<i>Sciaenidae</i>
10	鲷	<i>Therapon theraps</i>
11	金线鱼	<i>Nemipterus virgatus</i>
12	绯鲤属	<i>Upeneus sp.</i>
13	带鱼	<i>Trichiurus haumela</i>
14	刺鲳	<i>Psenopsis anomala</i>

附表 26 秋季鱼卵、仔稚鱼名录

序号	鱼名	拉丁文名
1	小沙丁鱼	<i>Sardinella sp.</i>
2	犀鳕	<i>Bregmaceros bathymaster</i>
3	多齿蛇鲻	<i>Saurida tumbil</i>



4	油魮	<i>Sphyraena pinguis</i>
5	鳗鲡目	Anguilliformes
6	鲷属	<i>Leiognathus</i> sp.
7	鲹科	Carangidae
8	鰺	<i>Therapon theraps</i>
9	绯鲤属	<i>Upeneus</i> sp.
10	带鱼	<i>Trichiurus haumela</i>
11	五带豆娘鱼	<i>Abudefduf vaigiensis</i>



附件：

附件 1 委托书



中海石油(中国)有限公司深圳分公司

关于开展陆丰油田群区域开发项目
环境影响评价的委托书

中海油研究总院有限责任公司：

中海石油(中国)有限公司深圳分公司计划实施陆丰油田群区域开发项目。根据国家环境保护相关的法律法规要求，特委托贵单位开展该项目的环境影响评价工作，编制《陆丰油田群区域开发项目环境影响报告书》。

特此委托！

中海石油(中国)有限公司



深圳分公司
2018年10月16日



附件 2 相关环评批复和验收文件

《关于对南海陆丰 13-1 油田环境影响报告书的审查批复》（（91）环监字第 245 号）

国家环境保护局文件

(91)环监字第245号

关于对南海陆丰13-1油田环境 影响报告书的审查批复

中国海洋石油总公司：

你公司和广东省环保局对“南海陆丰13-1油田环境影响报告书”的预审意见（〔91〕海油总〔安〕60号和粤环建字〔1990〕041号文）均收悉。按我国建设项目环境保护管理有关规定，在报告书预审会基础上，经研究、协调和进一步审查，现将意见批复如下：

一、原则同意报告书预审会评审意见及你公司和广东省环保局的预审意见。经修改报审的报告书，内容比较系统全面，着重于油田开发对海域和渔业的影响预测及事故状态下溢油漂移评价、风险分析，结论基本可信，符合环



评大纲的工作要求。报告书提出的环保措施和对策，应在工程设计和建成运营的环境保护管理中予以落实。

二、该油田地处粤东外海，风浪大，增加了海上作业和生产的风险性，为防止污染事故的发生，控制和减轻对环境的影响，该油田开发的作业者——日本JHN石油作业公司应努力做到：

1、在工程初期，即钻井、试油阶段就制订环境保护管理制度，纳入生产管理体系；配置相应的污染防治和事故应急设施；

2、完善该油田开发事故监测、应急装备、报警系统及通讯网络，确保健全并经常处于戒备待命状态，以随时启运；

3、开发溢油漂移预测模式计算机软件，使之及时预报，以便相应的敏感目标作出对应的污染防范；

4、该油田所产原油为高凝固点原油，溢油后受波浪作用易于离散而难以回收。故需针对这一特性，继续探索溢油回收的有效办法，在设计审查中，应与污水处理工艺的选用，一并予以论证。



三、鉴于南海东部海上石油开发日趋频繁，该海域一属优良渔场，渔业生产发展潜力大，为使两者协调统一，你公司应对海上油田建设及其溢油应急计划、环保管理和监测、污染防治等，及早制订规划，作出规范。应由国家海洋局组织有关环保行政主管部门、渔政部门等进行论证、审查并予监督实施，防患于未然。



抄送：国家计委投资司，能源司，能源部，国家海洋局，农业部渔政局，广东省环保局，日本JHN石油作业公司，南海东部石油公司，海洋石油开发工程设计公司

打字：李新惠

校对：周毅明



《关于陆丰 13-2 油田开发工程环境影响报告书核准意见的复函》（国海环字 [2004]137 号）

国家海洋局

国海环字〔2004〕137号

关于陆丰 13-2 油田开发工程 环境影响报告书核准意见的复函

中国海洋石油总公司：

你公司《关于报送陆丰 13-2 油田开发工程环境影响报告书预审意见的函》（海油函安[2004]10 号）悉。经研究，对报送的《陆丰 13-2 油田开发工程环境影响报告书（报批稿）》（以下简称“报告书”）提出核准意见函复如下：

一、报告书基本符合国家有关法律法规的要求，可以作为工程立项的依据。报告书所提出的各项污染防治及应急措施得到落实的前提下，同意该工程的建设。

二、报告书应作为编制可行性研究报告和开展初步设计的依据。初步设计环境保护篇章应根据经批准的环境影响报告书编写，按有关规定进行审查。

三、工程污染物的排放应当严格按照报告书中所提出的排

E 270
2004 4 22



污总量控制指标执行，排污混合区应当控制在陆丰 13-1 平台外缘 500 米以内海域。

四、工程在建设和生产过程中应当做好以下工作：

1. 加强污染物管理，施工和生产过程中产生的生产污水、机舱污水、甲板及设备冲洗水、生活污水等，均应进入相应的污水处理系统，处理达标后排海；参加作业的船舶，禁止使用含磷洗洁剂；除食品废弃物外的生活垃圾和工业垃圾应当做到全部回收，运回陆地按照有关规定处理；钻井作业应当使用水基泥浆并循环使用，含油钻屑和泥浆禁止排放入海。

2. 合理调整施工进度，海上施工阶段尽量避开渔业敏感季节。加强施工期的环境保护管理，并将工程进展情况及时报国家海洋局南海分局。

3. 加强管道运营期间的安全管理，定期对海底管道进行检测，防止海上其他作业对海底管道的破坏。

4. 制定切实可行的应急措施和环保方案，平台上应当按照国家有关法律规定配备相应的应急设备，防范溢油风险。发生溢油事故时，应当按照规定立即报告国家海洋局南海分局，采取一切措施将溢油控制在最小范围内，并及时通报渔业、海事、军队等有关部门。

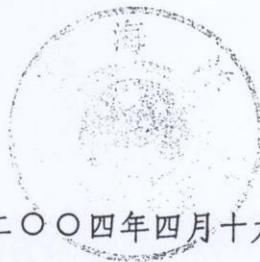
5. 配置在平台、FSOU 和守护船上的化学消油剂，应当根据本油田的油品特性和该海域的环境条件选择，以确保有效使用。



五、工程建设应严格执行环境保护的“三同时”制度，按照有关规定申请环保设施的检查和竣工验收。

六、该工程所使用的石油平台及其它附属设施，在废弃处置前应按照有关规定报国家海洋局审批。

七、国家海洋局南海分局负责工程建设和生产期间环境保护的监督管理。



二〇〇四年四月十九日



主题词：海洋 油田 评价 审批 函

抄送：国家发改委，交通部海事局，农业部渔业局，全军环办，南海分局，中国海监总队，中海石油工程设计公司，中海石油（中国）有限公司深圳分公司。

国家海洋局海洋环境保护司

2004年4月20日印发

校对人：胡松琴

打印 21 份



《关于陆丰 13-2 油田开发调整工程环境影响报告书核准意见的复函》（国海环字[2010]386 号）

25/11 2009 10:08 FAX 00861064015057

CNOOC/HSE

+ SHENGZH

001/006

国家海洋局

国海环字〔2010〕386号

关于陆丰 13-2 油田开发调整工程 环境影响报告书核准意见的复函

中海石油（中国）有限公司：

你公司“关于呈报《陆丰 13-2 油田开发调整工程环境影响报告书》（报批稿）的报告”（中海油健[2010]65 号）及《陆丰 13-2 油田开发调整工程环境影响报告书（报批稿）》收悉。经研究，现提出核准意见函复如下：

一、拟建工程位于南海珠江口盆地陆丰 08 区块西端，依托陆丰 13-1、13-2 油田进行开发。工程新建 1 座八腿导管架钻井动力 DPP 平台，钻 8 口生产井，预留 8 个井槽。同时新建 1 条长约 40 米的栈桥连接拟建的 DPP 平台和已有的陆丰 13-2 WHP 平台。陆丰 13-2WHP 物流输送至 DPP 平台与 DPP 平台的物流一起进行三相分离处理，分离出的伴生气通过火炬燃烧放空，分离出的含水 20%原油送至陆丰 13-1 平台进一步处理，处理后的合格原油送至

部委[2010]第43号 001



健康安全环保部(印) 07-19



南海盛开号 FSOU 储存。陆丰 13-2DPP 平台和 13-1 平台分离出的生产水经各自的生产水处理系统处理达标后排海。工程经济生产年限 8 年。

经审查，该工程建设符合海洋功能区划，在报告书提出的各项生态保护、污染防治及应急措施得到全面落实后，工程建设产生的不利环境影响可得到一定程度的减缓。因此，同意核准该工程的环境影响报告书，请按照报告书中所列的建设地点、性质、规模、环境保护对策措施及下述要求进行项目建设。

二、工程污染物的处理和排放应当符合国家关于污染物管理的规定和标准。施工阶段，船舶的机舱水和生活垃圾、工业垃圾运回陆地处理；生活污水经处理达标后方可排海；钻井应采用无毒的水基泥浆且循环使用，含油泥浆和钻屑应全部回收，运回陆地交由有资质单位处置。生产阶段，含油生产水正常工况下经处理达标后排海，非正常工况下排海浓度必须符合国家标准；机舱污水、生活垃圾和工业固体废弃物分类回收，送回岸上处理。

三、严格控制污染物的排放总量和排放浓度。工程投产后，陆丰 13-2 油田排污混合区范围为以陆丰 13-2DPP 平台排放口为中心 1.2 公里半径以内的海域。陆丰 13-1 油田排污混合区范围不变。

四、认真落实报告书中所提出的各项污染防治措施、对策及建议，切实加强生产管理。工程投产前，应针对工程调整后的实际情况，重新修订陆丰 13-2 油田原有的溢油应急计划，并报主

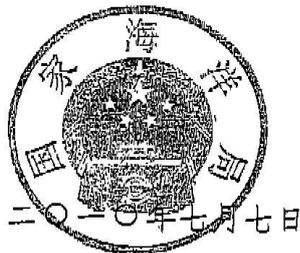


管部门批准。发生事故时，应当按照规定立即报告国家海洋局南海分局，并及时通报渔业、海事、军队等有关部门。

五、建设单位应当加强施工期的环境监控管理，合理安排作业时间，注意避开渔业敏感季节，减轻对渔业资源的影响，并采取增殖、放流等措施对临近海域渔业资源进行养护与修复。

六、落实报告书中的监测计划，严格执行“三同时”制度，并将工程进展情况和监测结果及时通报国家海洋局南海分局。

七、国家海洋局南海分局负责工程建设和生产期间环境保护的监督管理。请你公司在开工建设之日 30 个工作日内将经核准的环境影响报告书送国家海洋局南海分局。





主题词：海洋 油田 环评 核准 函

公开方式：依申请公开

抄送：国家发改委，交通运输部海事局，农业部渔业局，全军环办，广东省海洋与渔业局，局海域司、中国海监总队、南海分局、海洋咨询中心。

国家海洋局海洋环境保护司

2010年7月9日印发

校对入：胡松琴

打印 23 份



《国家海洋局关于陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书核准意见的批复》
(国海环字[2012]664 号)

国家海洋局

国海环字〔2012〕664 号

国家海洋局关于陆丰 7-2 油田开发工程 环境影响报告书核准意见的批复

新田石油中国有限公司、中海石油（中国）有限公司：

两公司《关于核准〈陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书〉的申请》和《关于陆丰 7-2 油田开发工程环评申请主体有关情况的报告》（中海油新田联[2012]001 号）及《陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书（2012 年 2 月版）》（以下简称“报告书”）收悉。经研究，现提出核准意见批复如下：

一、陆丰 7-2 油田由新田石油中国有限公司、中海石油（中国）有限公司合作开发建设。该工程位于中国南海珠江口盆地，依托陆丰 13-2 油田的钻采处理平台（LF13-2DPP 平台）和“南海盛开号”浮式储油装置（FSOU）开发生产。工程新建 1 座 LF7-2 DPP 平台（共设 24 个井槽，包括 8 口采油井和 16 个预留井槽）；新铺 1 条 13.6km 的 LF7-2 DPP 平台至 LF13-2 DPP 平台的海底管道；FSOU 从靠近陆丰 13-1 平台的位置移位至 LF13-2 DPP 平台附近，拆除原单点系泊系统及输油软管，在 LF13-2 DPP 平台附近新建单点系泊系统，新铺 1 条 1.6km 的 LF13-2 DPP 平台至 FSOU



的输油软管；对 LF13-2 DPP 平台和 LF13-1 平台进行改造。

经审查，报告书基本符合国家环境保护有关法律法规的要求，在报告书提出的各项生态保护、污染防治及应急措施得到全面落实后，工程建设产生的不利环境影响可得到一定程度的减缓。因此，同意核准该工程的环境影响报告书。

二、根据申请文件所述，新田石油中国有限公司为陆丰 7-2 油田的业者，负责陆丰 7-2 钻采平台、连接陆丰 7-2 钻采平台和陆丰 13-2 钻采平台的海底管道、立管和收球器等设施的采购、建造、安装和操作，并承担因生产、作业、事故等引发的环境污染责任。

对双方业者存在交叉和涵盖的部分，由双方共同承担环境污染和生态破坏责任。

三、工程污染物的处理和排放应当符合国家关于污染物管理的规定和标准。钻井应采用水基泥浆且循环使用，含油量超过《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》中规定排放标准的泥浆和钻屑运回陆地交由有资质的单位处置，其他泥浆和钻屑经海区主管部门批准后间歇排海。含油生产水、船舶机舱含油污水、生活污水经处理达标后方可排海；甲板冲洗水、初期雨水等其他含油废水进入平台上的开/闭式排放系统；海管冲洗水进入 FSOU 污油舱，随 FSOU 大修时运回陆地处理。生产垃圾和除食品废弃物以外的生活垃圾应分类收集，运回陆地处理。

四、认真落实报告书中所提出的各项污染防治和生态保护措



施、对策及建议。

(一) 严格执行钻井作业规程，配备安全有效的井控设备，设置烃类气体探测器，在关键部位安装温度或压力报警装置，并设置相应的应急关断系统；钻井过程中备足压井材料，加强实时观测，以便及时、有效控制可能遇到的溢流和井涌事故。

(二) 海上施工作业应尽量避免主要经济鱼类的产卵盛期和洄游期，加快施工进度，缩短海上施工周期，减轻对渔业资源的影响，并采取增殖、放流等措施对邻近海域渔业资源进行养护与修复。

(三) 切实加强生产管理，根据生产水处理系统的处理能力，严格控制进入生产水处理系统的水量。定期对海底管道进行检测与维护，及时发现并消除事故隐患；采取必要的工程防护措施，避免海上作业活动对海底管道等设施造成损害。

(四) 工程投产前，应编制溢油应急计划报国家海洋局南海分局批准。发生事故时，应当按照规定立即报告国家海洋局南海分局，并及时通报渔业、海事、军队等有关部门。

五、严格控制污染物的排放总量和排放浓度。工程投产后，陆丰 7-2 油田排污混合区范围为以 LF7-2 DPP 平台排放口为中心 500 米半径以内海域，含油生产水年最大排放量不得超过 603.16 万立方米，石油类年最大排放量不得超过 271.4 吨；陆丰 13-2 油田的排污混合区范围不变，含油生产水年最大排放量不得超过 830 万立方米，石油类年最大排放量不得超过 373.5 吨。



六、加强施工期的环境监控管理,落实报告书中的监测计划,并将工程进展情况和监测结果及时通报国家海洋局南海分局。严格执行“三同时”制度,环境保护设施未经海洋主管部门检查批准不得投入试运行。

七、国家海洋局南海分局负责工程建设和生产期间环境保护的监督管理。请你公司在开工建设之日 30 个工作日内将经核准的环境影响报告书送国家海洋局南海分局。

请两公司务必密切合作、加强沟通,按照报告书所述的地点、性质、规模、环境保护对策措施及核准意见要求进行项目建设和运营,确保工程项目的开发建设不对海洋环境造成污染损害。



抄送: 国家能源局、交通部海事局、农业部渔业局、全军环办、局海域司、中国海监总队、南海分局、海洋咨询中心。



《关于陆丰 13-1 油田环境保护设施竣工验收的复函》(国海环字[2011]241 号)

国家海洋局

国海环字〔2011〕241 号

关于陆丰 13-1 油田环境保护设施 竣工验收的复函

中海石油（中国）有限公司：

你公司《关于申请陆丰 13-1 油田进行环境保护设施竣工验收的函》（中海油函[2011]2 号）及修改后的《陆丰 13-1 油田开发工程环保设施竣工验收监测报告》收悉。经研究，同意陆丰 13-1 油田的环境保护设施通过竣工验收，准予正式投入生产。请你公司在生产中严格遵守国家环境保护的有关规定，加强环境保护管理，认真贯彻国家节能减排政策，落实各项环保措施和溢油应急计划。同时，要加强环保设施的管理和维护，确保其运行效果。



二〇一一年四月二十五日

部委[2011]第28号 001



健康安全环保部(印) 05-09



主题词：海洋 油田 环保设施 验收 函

公开方式：不公开

抄送：中国海监总队、南海分局。

国家海洋局海洋环境保护司

2011年4月27日印发

校对入：胡松琴

打印 20 份



《国家海洋局关于陆丰 13-2 油田环境保护设施竣工验收的复函》（国海环字[2014]753 号）

国家海洋局

国海环字〔2014〕753 号

国家海洋局关于陆丰 13-2 油田环境保护 设施竣工验收的批复

中海石油（中国）有限公司：

你公司《关于申请陆丰 13-2 油田环境保护设施竣工验收的函》（中海油函〔2014〕25 号）收悉。经研究，批复如下：

一、根据《中华人民共和国海洋环境保护法》和《海洋油气开发工程环境保护设施竣工验收管理办法》的有关规定，我局对陆丰 13-2 油田的环保设施进行了现场检查，并召开了竣工验收会议。经研究，同意该工程环境保护设施通过竣工验收，准予正式投入生产运营。

二、请你公司严格遵守国家环境保护的有关规定，加强环境保护管理，落实各项环境保护措施，并特别注意以下问题：

（一）定期对溢油风险源进行隐患排查与评估，从源头杜绝溢油事故的发生；加强对海底管道巡检和 FSOU 输油作业检查，防止因外力破坏或误操作等原因造成的油气泄漏。

（二）落实环境影响报告书中的监测计划，加强环保设施管理和维护，确保含油生产水、生活污水等达标排放。



(三)认真落实溢油应急计划,严格执行溢油应急反应程序,加强溢油应急设备管理与维护,确保发生溢油事故时能够及时、快速和有效处置。

三、国家海洋局南海分局负责工程运营期间环境保护的监督管理。请你公司对南海分局的监督检查工作予以配合。



(此件依申请公开)

抄送:海警指挥中心、南海分局。



《国家海洋局关于陆丰 7-2 油田开发工程环境保护设施竣工验收的复函》（国海环字[2016]75 号）

国家海洋局

国海环字〔2016〕75 号

国家海洋局关于陆丰 7-2 油田开发工程 环境保护设施竣工验收的复函

中海石油（中国）有限公司，新田石油中国有限公司：

你们《关于申请对陆丰 7-2 油田开发工程环境保护设施竣工验收的函》收悉。经研究，函复如下：

一、根据《中华人民共和国海洋环境保护法》和《海洋油气开发工程环境保护设施竣工验收管理办法》的有关规定，我局对陆丰 7-2 油田开发工程的环保设施进行了现场检查，并召开了竣工验收会议。经研究，同意该工程环境保护设施通过竣工验收。

二、请你公司严格遵守国家环境保护的有关规定，加强环境保护管理，落实各项环境保护措施，并特别注意以下问题：

（一）定期对溢油风险源进行隐患排查与评估，从源头杜绝溢油事故的发生；加强管道设施检测，防止因腐蚀或误操作等原因造成的油气泄漏。

（二）落实环境影响报告书中的监测计划，加强环保设施管理和维护，确保生产水、生活污水达标处理。

（三）认真落实溢油应急计划，严格执行溢油应急反应程序，

部委[2016]第23号 001



健康安全环保部(印) 02-06



加强溢油应急设备管理与维护，确保发生溢油事故时能够及时、快速和有效处置。

三、国家海洋局南海分局负责工程运营期间环境保护的监督管理。请你公司对南海分局的监督检查工作予以配合。



(此件依申请公开)

抄送：海警指挥中心、南海分局、信息中心。



《关于陆丰油田长期复产项目环境影响报告表的批复》（环审[2020]9号）

中华人民共和国生态环境部

环审〔2020〕9号

关于陆丰油田长期复产项目 环境影响报告表的批复

中海石油（中国）有限公司：

你公司《关于报送〈陆丰油田长期复产项目环境影响报告表〉的报告》（中海油安〔2018〕451号）收悉。经研究，批复如下。

一、该项目拟将“凤凰洲”油轮改造成海洋石油121浮式储卸油装置，替换“南海盛开”号浮式储卸油装置进行作业，同时新建单点内转塔系统连接现有水下锚泊系统和柔性立管。在全面落实报告表提出的各项生态环境保护措施后，该项目可以满足国家海洋生态环境保护相关法律法规和标准的要求。我部同意批准该环境影响报告表。

— 1 —

各部委[2020]第4号 001



质量健康安全环保部 01-19



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

(一) 污染物的处理和排放应符合国家有关规定和标准。船舶机舱含油污水、生活污水及“南海盛开”浮式储卸油装置撤退时拆除外输提油软管产生的含油污水处理达标后方可排海。除符合标准要求食品废弃物外，其他生活垃圾和生产垃圾应分类收集运回陆地处理。

(二) 加强浮式生产储油装置解脱和接入作业管理，严格按照作业规程施工，做好软管更换过程中的封堵工作，防止发生原油泄漏。

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

(四) 切实落实生态环境保护措施，合理安排施工作业时间。施工期污染物的排放应尽量避免所在海域主要经济鱼类产卵盛期（4月至5月），最大限度地减少对海洋生态环境和渔业资源的影响。

— 2 —



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



(此件社会公开)



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

生态环境部办公厅

2020年1月14日印发





附件3 《陆丰油田群区域开发项目通航安全影响研究报告》评审会专家组意见

《陆丰油田群区域开发项目通航安全影响研究报告》评审会专家组意见

2018年10月19日,中海石油(中国)有限公司深圳分公司(建设单位)在广州主持召开《陆丰油田群区域开发项目通航安全影响研究报告》(以下简称《研究报告》)评审会。参加会议的有广东海事局、交通运输部南海航海保障中心、深圳市海洋船舶代理有限公司、广州心海海事技术服务有限公司(《研究报告》编制单位)等单位代表和特邀专家共14人,会议成立了专家组(名单附后)。

与会专家、代表阅研了《研究报告》,听取了建设单位对项目背景的介绍和编制单位对《研究报告》的汇报,经认真讨论,形成专家组意见如下:

一、为分析油田开发建设对附近海域通航环境和通航安全的影响情况,开展本项目通航安全影响研究是必要的。

二、《研究报告》依循《中华人民共和国海事局水上水下活动通航安全影响论证与评估管理办法》的相关要求编制,内容较全面,资料较翔实,论证方法合理,结论可信。《研究报告》按与会专家、代表所提意见补充修改完善后,可作为本项目办理相关手续材料之一,并可供通航安全管理参考。

三、据《研究报告》提供:陆丰油田群区域开发项目位于中国南海珠江口盆地,距香港东南约100海里,该工程依托陆丰13-2油田现有设施,与陆丰22-1、陆丰15-1、陆丰14-4(包括陆丰14-3



区)、陆丰14-8油田实施区域联合开发,主要工程设施建设包括:

- (一) 新建LF22-1水下生产系统;
- (二) 新建LF15-1 DPP;
- (三) 新建LF14-4 DPP;
- (四) 新建两条19km LF22-1水下井口至LF15-1 DPP油气水混输海底管道;
- (五) 新建19km LF15-1 DPP至LF22-1水下井口的海底电缆;
- (六) 新建19km LF15-1 DPP至LF22-1水下井口的脐带缆;
- (七) 新建23.8km LF15-1 DPP至LF14-4 DPP油气水混输海底管道;
- (八) 新建23.8km LF14-4 DPP至LF15-1 DPP海底电缆;
- (九) 新建24km LF14-4 DPP至LF13-2 DPP油气水混输海底管道。

根据《研究报告》对工程建设适应性、符合性以及在海域通航环境和通航风险因子等分析,专家组认为,从通航安全影响方面考量,本工程选址较合理,通航安全影响风险是可控的,工程建设可行。

四、意见与建议

(一) 项目开发前,与附近海底光缆等业主单位沟通协调,避免发生通航安全方面的相互影响;建议对附近海底管线路由、距离作进一步核实,确保工程建设不损及其安全;

(二) 根据工程各施工阶段的工艺流程和气候特点,制定科



学合理的施工组织方案、应急预案和安全与防污染措施（包括合理设置安全作业区、安排船舶警戒、制定大型预制件海上运输安全措施等）；

（三）工程施工及营运期间应高度重视热带气旋、雷暴等恶劣天气的防范工作；

（四）工程施工期及营运期应按相关法规要求处置生活垃圾、含油污水及废弃物，配备溢油回收设备，做好防污染工作；

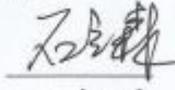
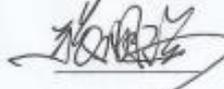
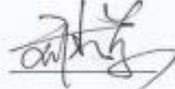
（五）新建平台应按相关规范要求设置导助航标志；

（六）工程建成后，建设单位应将平台位置、管线路由等资料报海事部门；

（七）建议与海事、航保、气象等部门建立有效联系机制，及时获取相关的安全信息与保障服务；

（八）工程建设实施前，建议开展相关的通航安全评估工作。

五、《研究报告》应按与会专家、代表的意见及建议修改完善。

专家组签名： (组长)
 
 
2018年10月19日



《陆丰油田群区域开发项目通航安全影响研究报告》
审查会专家组名单

姓名	工作单位	职务/职称	签名
丁平生	交通运输部救捞局	高级船长	丁平生
陈国钧	广州港引航站	高级引航员	陈国钧
石立森	中远（集团）总公司	高级船长	石立森
张朋海	广州海事局	高工	张朋海
刘春荣	广州航海学院	高级船长	刘春荣

广州 2018年10月19日



附件 4 危险废物处理合同及危险废物经营许可证



四类危险废物处置 服务合同

合同编号：CCL2019SZPS0530

服务接受方（甲方）：中海石油（中国）有限公司深圳分公司

服务提供方（乙方）：湛江市绿城环保再生资源有限公司

签订地点： 中国深圳

签订时间： 2019 年

（盖章）

ml



附件 5 溢油应急计划备案登记表

附件 1

海洋石油勘探开发溢油应急计划备案报告表

报备单位名称	中海石油（中国）有限公司深圳分公司		
联系人	武小东	联系电话	0755-26026685
传真	0755-26688577	电子邮箱	wuxd5@cnooc.com.cn
报备单位地址	深圳市南山区后海滨路 （深圳湾段）3168 号中海 油大厦 A 座 6 楼	邮政编码	518064

生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局：

根据《海洋环境保护法》和《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》的规定，现将我单位编制的：

《中海石油（中国）有限公司深圳分公司陆丰油田作业区溢油应急计划》报贵局备案。


 (报备单位公章)
 2020年3月26日

-3-



国家海洋局南海环境监测中心

检测报告

(编号 HJ-PR-117088)

委托单位: 中海油研究总院

样品名称: 陆丰油田区域开发项目秋季环境质量现状调查
海水、沉积物、生物质量

检测项目: 海水: 盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、油类、悬浮物、活性磷酸盐、无机氮、总汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷、挥发酚、硫化物、叶绿素 a、部分站位的阴离子表面活性剂及多环芳烃

沉积物: 粒度、有机碳、硫化物、油类、总汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬、挥发酚、多环芳烃

生物质量: 石油烃、汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬、多环芳烃

签发日期: 2018 年 3 月 23 日



检验检测机构 资质认定证书

编号：170012190928

名称：国家海洋局南海环境监测中心

（中国海监南海区检验鉴定中心）

地址：广东省广州市新港西路155号24栋(510300)

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基
本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数
据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由 国
家海洋局南海环境监测中心（中国海监南海区检验鉴定中心）
承担。

许可使用标志



发证日期：2017年06月13日

有效期至：2022年06月12日

发证机关：



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。



国家海洋局南海环境监测中心检测报告

编号： HJ-PR-117088

委托单位： 中海油研究总院

样品名称： 陆丰油田区域开发项目
秋季环境质量现状调查
海水、沉积物、生物质
量

收样部门： 化学分析室、海洋技术室、
生物生态室

收样时间： 2017年11月20日

样品类型： 海水、沉积物、生物质
量

检测部门： 化学分析室、海洋技术室、生
物生态室

样品数量： 海水 3835 个、沉积物 364 个、
底栖生物质量 234 个

检测日期： 2017年11月15日~19日(现场),
2017年11月21日~2018年3月7
日(中心)

采样日期： 2017年11月15日~19日

完成日期： 2018年3月23日

执行标准： 详见末页附表

样品状态： 海水：聚乙烯瓶装，液体，无色透明，个别混浊，500 mL；

沉积物：聚乙烯袋装，泥砂；灰色，个别黄灰色，500 g；

生物体：聚乙烯袋装，鲜样，整体。

编制人： 黄颖华 校对： 珠斌 审核人： 蒋跃进 批准人： 郭林敏



签发时间： 2018年3月23日



附件 7 春季现状调查现状 CMA 报告封面



170012190928

国家海洋局南海环境监测中心

检测报告

(编号: HJ-PR-119008)

委托单位: 中海石油(中国)有限公司北京研究中心

样品名称: 陆丰油田区域开发项目春季环境质量现状调查
海水、沉积物、生物质量

检测项目: 海水: 盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、油类、悬浮物、活性磷酸盐、无机氮(硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮)、汞、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、挥发酚、硫化物、叶绿素 a、部分站位的阴离子表面活性剂及多环芳烃
沉积物: 粒度、有机碳、硫化物、油类、总汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬、多环芳烃、挥发酚
生物质量: 石油烃、总汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬、多环芳烃

签发日期: 2019年7月2日





(续) 底栖生物质量检测结果

序号	站号	生物名称	检测项目										多环芳烃 ng/g		
			石油烃 ×10 ⁻⁶	铜 ×10 ⁻⁶	铅 ×10 ⁻⁶	镉 ×10 ⁻⁶	锌 ×10 ⁻⁶	铬 ×10 ⁻⁶	总汞 ×10 ⁻⁶	砷 ×10 ⁻⁶					
24	P23	凹管鞭虾	4.60	8.3	0.4	0.13	21.3	0.10	0.047	1.7					
25		日本金线鱼	2.76	0.2	未	0.06	5.7	0.30	0.029	0.8					
26	P24	高脊管鞭虾	3.10	2.3	0.1	0.06	11.1	0.14	0.090	1.8					
27		日本金线鱼	3.54	0.1	0.1	0.07	8.4	0.10	0.014	1.1					
28	P25	凤蝶科	2.58	3.4	0.1	0.12	19.5	未	0.029	2.6					
29		仙陆蟹	3.13	0.1	0.7	0.08	5.3	0.16	0.043	0.8					3.76
30	P26	网纹裸胸鳔	3.91	0.1	0.1	0.05	12.8	未	0.154	0.5					
31	P27	多齿蛇鲻	2.15	0.4	0.2	0.07	9.0	未	0.027	0.6					
32	P29	高脊管鞭虾	4.13	2.5	未	0.06	13.0	0.15	0.048	1.5					
33		日本金线鱼	2.97	0.1	0.2	0.09	6.4	0.14	0.025	0.6					
34	P33	武士鲷	2.76	11.4	0.1	0.13	26.7	0.24	0.031	1.1					20.0
35	P40	斑鲆	3.07	0.1	0.1	0.04	4.8	0.24	0.135	0.5					
36	P41	多齿蛇鲻	3.07	0.5	0.3	0.08	8.7	未	0.041	0.6					
37	P43	大鳞短颌鲷	3.24	0.1	0.3	0.04	7.8	0.12	0.036	0.4					
38	P45	项鳍鲷	2.90	0.1	0.1	0.09	7.7	未	0.068	0.8					
	检出限		0.5	0.1	0.1	0.02	0.2	0.10	0.002	0.2					-
	检测人	吕彦儒	叶建萍										靳瑞芳	叶剑军	
	检测时间	2019-5-8-9	2019-5-10										2019-5-9	2019-5-13-16	
	备注	(1) 多环芳烃值为多环芳烃的总和; (2) “-”表示不进行该项检出限分析; (3) 空白表示样品量不足未作分析。													

编制人: 黄颖华 校对: 陈斌 审核: 彭晓鹏 批准: 蔡伟叙
 叶建萍