



编号：COES-027-HP-2019

陆丰 12-3 油田开发项目 环境影响报告书

建设单位：爱思开新技术株式会社

评价单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

编制时间：2020 年 9 月

编制单位和编制人员情况表

项目编号	foc446		
建设项目名称	陆丰12-3油田开发项目		
建设项目类别	48_156海底隧道、管道、电(光) 缆工程 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)	爱思开新技术株式会社		
统一社会信用代码	91440300335222916F		
法定代表人 (签章)	Park Dooyun		
主要负责人 (签字)	Park Dooyun		
直接负责的主管人员 (签字)	Michael Griffin		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中海石油环保服务(天津)有限公司		
统一社会信用代码	91120116744009403F		
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
张生光	11351243511120050	BH007950	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
邱照宇	环境影响预测与评价、环境保护技术经济合理性分析	BH026179	
李青青	区域环境概况、环境质量现状调查与评价	BH021769	
齐莎莎	环境风险分析与评价	BH008674	
张生光	总论、工程概况、工程分析、环境影响评价结论、附录、附件	BH007950	

袁晓娟	清洁生产和总量控制、环境保护对策措施、海洋工程的环境可行性及生态建设方案、环境管理与监测	BH013744	
-----	--	----------	--

目 录

概 述.....	1
一、项目由来及工程概述	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 评价任务由来与评价目的	4
1.2 编制依据	5
1.3 评价标准	8
1.4 环境影响要素识别及评价重点	10
1.5 评价等级和评价范围	11
1.6 环境保护目标和环境敏感区	14
2 工程概况.....	15
2.1 项目概况	15
2.2 油田总体布局及工艺流程	21
2.3 新建 WHP 平台工程内容及工艺流程	23
2.4 新建 FPSO 及单点系泊系统	35
2.5 新建海底混输管道及海底电缆	48
2.6 海上施工和建设方案	50
3 工程分析.....	58
3.1 施工期污染因素分析与污染源强核算	58
3.2 运营期污染因素分析与污染源强核算	63
3.3 工程施工期及运营期海洋生态环境影响分析	67
3.4 环境影响评价因子筛选	68
4 区域环境概况.....	70
4.1 区域自然环境概况.....	70
4.2 海洋资源和海域开发利用现状.....	72

4.3 环境敏感目标分布与简介	78
5 环境质量现状调查与评价	87
5.1 水文水动力现状调查与评价	87
5.2 地形地貌环境现状调查与评价	115
5.3 海水水质现状调查与评价	124
5.4 沉积物环境质量现状评价	154
5.5 海洋生物生态现状调查与评价	157
5.6 生物质量	176
5.7 渔业资源现状调查与评价	182
6 环境影响预测与评价	210
6.1 水文动力环境影响分析与评价	210
6.2 地形地貌与冲淤环境影响分析与评价	223
6.3 海水水质环境影响预测与评价	223
6.4 沉积物环境影响分析	232
6.5 海洋生态环境影响分析与评价	233
6.6 主要环境敏感目标影响分析	242
7 环境风险分析与评价	244
7.1 风险调查	244
7.2 环境风险评价等级判定	244
7.3 风险识别	248
7.4 风险事故情形分析	250
7.5 溢油漂移数值预测	259
7.6 地质性溢油风险分析与评价	274
7.7 环境风险防范对策措施和应急方法	281
7.8 环境风险评价结论	301
8 清洁生产和总量控制	303
8.1 清洁生产	303
8.2 总量控制	310
9 环境保护对策措施	312
9.1 建设阶段环境保护对策措施	312

9.2 生产阶段环境保护对策措施.....	314
9.3 海洋生态保护措施.....	316
9.4 环境保护对策措施一览表.....	316
9.5 环保设施“三同时”竣工验收建议.....	318
10 环境保护技术经济合理性分析.....	319
10.1 环境保护设施和对策措施的费用估算.....	319
10.2 环境保护的经济损益分析.....	320
11 海洋工程的环境可行性及生态建设方案.....	323
11.1 海洋环境功能区划符合性分析.....	323
11.2 海洋主体功能区规划符合性分析.....	325
11.3 海洋生态红线符合性分析.....	326
11.4 与其他相关规划符合性分析.....	327
11.5 产业政策符合性分析.....	329
11.6 海洋生态建设方案.....	330
12 环境管理与监测.....	341
12.1 环境保护管理计划.....	341
12.2 环境监测计划.....	343
12.3 跟踪监测方案.....	344
13 结论与建议.....	346
13.1 工程概况与工程分析结论.....	346
13.2 环境现状调查分析与评价结论.....	347
13.3 环境影响预测分析与评价结论.....	350
13.4 环境风险分析与评价结论.....	351
13.5 环境保护对策的合理性、可行性结论.....	352
13.6 区划规划分析与政策符合性结论.....	352
13.7 公众参与开展情况.....	352
13.8 建设项目环境可行性结论.....	353
14 附录：生物名录.....	354
附件.....	391

概述

一、项目由来及工程概述

陆丰 12-3 油田为爱思开新技术株式会社和中国海洋石油集团有限公司的合作油田，爱思开新技术株式会社为作业者。油田位于南海北部海域珠江口盆地陆丰凹陷东侧的 17/03 区块，位于深圳蛇口东南约 300km 处，距离广东省陆丰市陆地最近约 138km，距现有陆丰 13-1 油田约 ■ km，油田所在海域水深约 ■ m。

本项目新建 1 座有人驻守井口平台（WHP）、1 艘 10 万吨级浮式生产储油卸油轮（FPSO）和 1 座永久系泊系统（SPM），新建一条井口平台至 FPSO 海底混输管道，新建一条 FPSO 至井口平台海底复合电缆。井口平台布设 20 个井槽，前期钻 1 口领眼井及 13 口生产井，由平台模块钻机进行钻完井。井口平台设有油水分离设施及生产水处理设施，初步处理后的物流通过海底混输管道流入 FPSO 进一步处理为合格原油。合格原油进入 FPSO 储油舱并定期由外输油轮外运，分离出的含油生产水处理合格后排海。FPSO 上配备有原油发电机，通过海底电缆为平台提供电力。

本项目计划于 2022 年投产，预测到 2037 年底，累积可采油量 ■ m³，投产后预计最高年产油量为 ■ m³（2024 年），最高年产气量为 ■ m³（2024 年）。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国海洋环境保护法》的规定，爱思开新技术株式会社委托中海石油环保服务（天津）有限公司进行陆丰 12-3 油田开发项目的环境影响评价工作，编制环境影响报告书，报国家行政主管部门审查。

二、评价工作程序

根据《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，评价单位研究相关法规、标准及项目有关设计文件，收集整理资料，进行环境影响识别及因子筛选，确定环境影响评价工作等级、评价范围和评价重点；
- 根据环境影响评价技术路线进行工程分析，开展环境现状评价；
- 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；

- 根据预测结果形成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；
- 完成环境影响报告书后，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 12-3 油田开发项目位于南海北部海域，距离陆地较远，环境影响评价范围内没有自然保护区、海洋保护区、水产种质资源保护区分布。距离最近的保护区为东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区，位于油田正南约 95km，距离其他保护区均在 100km 以上。陆丰 12-3 油田位于广东省海洋生态红线区之外，距离最近的海洋生态红线区为东沙群岛特别保护海岛限制类红线区，距离约 110km，距离其他海洋生态红线区均在 110km 以上。

陆丰 12-3 油田位于深水金线鱼产卵场内，距离金线鱼产卵场约 20km，距离蓝圆鲹产卵场约 22km，距离鲈鱼粤东外海产卵场约 45km，距离其他渔业三场一通道均在 90km 以上。

本项目关注的主要环境问题是钻井期间排放的钻井液、钻屑产生的悬浮物，生产阶段含油生产水的排放对敏感目标及周围海域的海水水质、沉积物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溢油事故对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 12-3 油田开发项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中的“鼓励类”产业，符合国家产业政策，符合《全国海洋主体功能区规划》、《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省海洋功能区划（2011-2020）》、《广东省海洋生态红线区划定方案》等区划、规划的相关管理要求。

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。油田周围海域海水、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。

本项目施工期间，钻屑、钻井液、船舶污染物等对海水水质、海洋沉积物和海洋生

态环境的影响属于短期的可恢复的，工程建设和营运对周边海域的水文动力和冲淤环境的影响较小。生产运行过程中所产生的主要污染物为含油生产水，经 WHP 平台和 FPSO 处理达标后排放。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 and 污染防治措施得当，污染物排放后对环境影响范围和程度较小。

本项目的施工和运营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。

综上，只要不发生溢油事故，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 评价任务由来与评价目的

1.1.1 任务由来

陆丰 12-3 油田为爱思开新技术株式会社和中国海洋石油集团有限公司的合作油田，爱思开新技术株式会社为作业者。油田位于南海北部海域珠江口盆地陆丰凹陷东侧的 17/03 区块，位于深圳蛇口东南约 300km 处，距离广东省陆丰市陆地最近约 138km，距现有陆丰 13-1 油田约 \blacksquare km，油田所在海域水深约 240 m。

本项目新建 1 座有人驻守井口平台（WHP）、1 艘 10 万吨级浮式生产储油卸油轮（FPSO）和 1 座永久系泊系统（SPM），新建一条井口平台至 FPSO 海底混输管道，新建一条 FPSO 至井口平台海底复合电缆。井口平台布设 20 个井槽，前期钻 1 口领眼井及 13 口生产井（领眼井 P1 与 A13H 共用一个井槽），由平台模块钻机进行钻完井。井口平台设有油水分离设施及生产水处理设施，初步处理后的物流通过海底混输管道流入 FPSO 进一步处理为合格原油。合格原油进入 FPSO 储油舱并定期由外输油轮外运，分离出的含油生产水处理合格后排海。FPSO 上配备有原油发电机，通过海底电缆为平台提供电力。

本项目计划于 2022 年投产，预测到 2037 年底，累积可采油量 \blacksquare m³，投产后预计最高年产油量为 \blacksquare m³（2024 年），最高年产气量为 \blacksquare m³（2024 年）。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国海洋环境保护法》的规定，爱思开新技术株式会社委托中海石油环保服务（天津）有限公司进行陆丰 12-3 油田开发项目的环境影响评价工作（委托合同见附件），编制环境影响报告书，报国家行政主管部门审查。

1.1.2 评价目的

本次环境影响评价的目的为：识别本项目施工及运营阶段可能对海洋环境产生不利影响的污染因子，并核算其污染源强；在充分研究本项目工程方案的基础上，结合现场海洋环境调查，评价工程所在的区域周围环境现状质量水平；根据项目工程分析，预测与评价工程对周围环境的影响程度，对附近海域生态影响进行分析；针对项目特征

和污染物特征预测对海洋环境可能造成的影响范围和程度，并提出污染物排放控制建议和减缓环境影响的对策建议；分析本项目采用的清洁生产和污染防治措施，并提出进一步减少污染的合理化建议；分析潜在的环境风险和风险防范措施的可行性，并提出相应措施；论证项目的环境可行性，从而为项目主管部门和环境保护主管部门提供决策依据，为项目的环境保护设计提供合理建议，为建设单位实施完善的环境管理提供科学基础。

1.2 编制依据

1.2.1 法律法规及部门规章

- (1) 中华人民共和国环境保护法，2014 年 4 月修订，2015 年 1 月施行；
- (2) 中华人民共和国海洋环境保护法，2017 年 11 月修订；
- (3) 中华人民共和国环境影响评价法，2018 年 12 月修订；
- (4) 中华人民共和国海域使用管理法，2002 年 1 月施行；
- (5) 中华人民共和国渔业法，2013 年 12 月修订；
- (6) 中华人民共和国海上交通安全法，2016 年 11 月修订；
- (7) 中华人民共和国大气污染防治法，2018 年 10 月修订；
- (8) 中华人民共和国水污染防治法，2017 年 6 月修订；
- (9) 中华人民共和国固体废物污染环境防治法，2020 年 4 月修订，2020 年 9 月施行；
- (10) 中华人民共和国环境噪声污染防治法，2018 年 12 月修订；
- (11) 中华人民共和国清洁生产促进法，2012 年 2 月修正，2012 年 7 月施行；
- (12) 中华人民共和国自然保护区条例，国务院令第 687 号，2017 年 10 月修订；
- (13) 建设项目环境保护管理条例，国务院令第 682 号，2017 年 10 月实施；
- (14) 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 月修订；
- (15) 防治船舶污染海洋环境管理条例，国务院令第 698 号，2018 年 3 月修订；
- (16) 中国水生生物资源养护行动纲要，国发〔2006〕9 号，2006 年 2 月；
- (17) 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 月修订；
- (18) 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；

(19) 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，2016 年 1 月修订；

(20) 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 月修订；

(21) 国家危险废物管理名录，环境保护部令第 39 号，2016 年 8 月施行；

(22) 海底电缆管道保护规定，国土资源部令第 24 号，2004 年 3 月施行；

(23) 铺设海底电缆管道管理规定，国务院第 27 号令，1989 年 3 月；

(24) 铺设海底电缆管道管理规定实施办法，国家海洋局令第 3 号，1992 年 8 月；

(25) 国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020 年)，国家海洋局，2015 年 7 月；

(26) 国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案，国家海洋局，2015 年 4 月；

(27) 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；

(28) 中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定，交通运输部令 2019 年第 2 号，2019 年 5 月施行；

(29) 中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境污染防治管理规定，交通运输部令 2017 年第 15 号，2017 年 5 月修订；

(30) 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 月施行；

(31) 船舶大气污染物排放控制区实施方案，交海发(2018) 168 号，2018 年 11 月；

(32) 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，环办环评函(2019) 910 号，2019 年 12 月；

(33) 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 月施行；

(34) 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；

(35) 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；

1.2.2 规划区划及红线

- (1) 全国海洋功能区划 (2011-2020), 国函 (2012) 13 号, 2012 年 3 月;
- (2) 全国海洋主体功能区规划, 国发 (2015) 42 号, 2015 年 8 月;
- (3) 全国海洋生态环境保护规划(2017 年-2020 年), 国家海洋局, 2018 年 2 月;
- (4) 广东省海洋功能区划 (2011-2020 年), 粤府 (2013) 9 号, 2013 年 1 月;
- (5) 广东省海洋主体功能区规划, 粤府函 (2017) 359 号, 2017 年 12 月;
- (6) 广东省海洋生态红线, 粤府函 (2017) 275 号, 2017 年 9 月;
- (7) 广东省海洋经济发展“十三五”规划, 2017 年 6 月。

1.2.3 导则、技术规范及环境标准

- (1) 建设项目环境影响评价技术导则 总纲, HJ2.1-2016;
- (2) 海洋工程环境影响评价技术导则, GB/T 19485-2014;
- (3) 建设项目环境风险评价技术导则, HJ 169-2018;
- (4) 环境影响评价技术导则 生态影响, HJ 19-2011;
- (5) 海洋生态资本评估技术导则, GB/T 28058-2011;
- (6) 海洋生态损害评估技术指南 (试行), 国家海洋局, 2013 年 9 月;
- (7) 建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程, SC/T 9110-2007;
- (8) 水上溢油环境风险评估技术导则, JT/T1143-2017;
- (9) 船舶溢油应急能力评估导则, JT/T 877-2013;
- (10) 海洋调查规范, GB/T 12763.1~11-2007;
- (11) 海洋监测规范, GB 17378.1~7-2007;
- (12) 海水水质标准, GB3097-1997;
- (13) 海洋沉积物质量, GB18668-2002;
- (14) 海洋生物质量, GB18421-2001;
- (15) 海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值, GB 4914-2008;
- (16) 海洋石油勘探开发污染物生物毒性, GB 18420-2009;
- (17) 船舶水污染物排放控制标准, GB3552-2018;
- (18) 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程, 海洋出版社, 1986 年;
- (19) 第二次全国海洋污染基线调查技术规程, 海洋出版社, 1997 年。

1.2.4 工程资料及专题报告

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

(11) 建设单位提供的其他工程资料。

1.3 评价标准

1.3.1 环境质量标准

本次环境影响评价所采用的环境质量标准详见下表。

表 1.3-1 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 (GB3097-1997)	第一类	环境质量现状评价、环境影响评价
沉积物	海洋沉积物质量 (GB18668-2002)		海洋沉积物质量评价
海洋生物	海洋生物质量 (GB18421-2001)		海洋贝类 (双壳类) 的生物质量评价
	全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程	/	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

1.3.2 污染物排放标准

本项目位于南海北部海域，距离陆地约 138km，根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008），油田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），油田所在海域属于二级海区；根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号），油田所在海域位于控制区管控范围之外。

本项目在施工期和运营期所产生污染物的处理与排放标准见下表。

表 1.3-2 本项目采用的污染物排放标准

污染物	采用标准	等级	排放标准/管理要求	适用对象
钻井液/ 钻屑	海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级（GB18420.1-2009）	二级	生物毒性容许值 $\geq 20\,000\text{mg/L}$	水基钻井液
	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB4914-2008）	三级	水基钻井液和水基钻井液钻屑含油量 $\leq 8\%$ $\text{Hg}\leq 1\text{mg/kg}$ ； $\text{Cd}\leq 3\text{mg/kg}$	钻井完井作业过程中排放的钻井液、钻屑
含油 生产水	海洋石油勘探开发污染物生物毒性 第 1 部分：分级（GB18420.1-2009）	二级	生物毒性容许值 $\geq 50\,000\text{mg/L}$	含油生产水排放
	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB4914-2008）	三级	石油类 $\leq 45\text{mg/L}$ （月平均）、 石油类 $\leq 65\text{mg/L}$ （一次容许值）	
生活 污水	海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB4914-2008）	三级	$\text{COD}\leq 500\text{mg/L}$	平台及 FPSO 生活污水排放
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	生产垃圾、生活垃圾的处置
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	除粒径直径小于 25mm 的食品废弃物外，禁止排放或弃置入海	
船舶机舱 含油污水	船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）	/	石油类 $\leq 15\text{mg/L}$	机舱含油污水排放
船舶生活 污水	船舶水污染物排放控制标准（GB3552-2018）	/	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。	船舶生活污水排放
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、生活废弃物等处置
			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。	食品废弃物排放

污染物	采用标准	等级	排放标准/管理要求	适用对象
船舶大气污染物	船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发[2018]168号）	/	船舶所使用的燃料油和大气污染物的排放应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发[2018]168号）》的要求	/

1.4 环境影响要素识别及评价重点

1.4.1 环境影响要素识别

本项目海上施工期，钻完井作业钻井液、钻屑排放等会在短时间内造成海水中悬浮物浓度增加，影响海洋生态环境；大颗粒悬浮物沉降在海底，会在一定程度上改变海底沉积物性质，并对局部的底栖生物生态产生不利影响。平台导管架和系泊系统施工产生少量悬浮物、海底管道清管试压产生少量清管废水。施工期作业人员和船舶将产生船舶机舱含油污水、生活污水、生活垃圾及生产垃圾。机舱含油污水、生活污水经处理达到相应的排放标准后排海，对海洋环境产生局部轻微影响；生产垃圾及生活垃圾（除颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物外）分类收集运回陆地处理，不会对海洋环境产生影响。

本项目运营期，在生产过程中平台及 FPSO 产生的含油生产水经处理达标后直接排海，会对海洋环境产生不利影响。伴生气放空或燃烧、发电机尾气排放等会对环境空气产生较小的影响。运营期平台和 FPSO 作业人员将产生生活污水、生活垃圾及生产垃圾等，均可得到有效处理处置。

此外，环境风险事故状态下的油气泄漏事故会对海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境等造成危害。具体环境影响要素识别见下表。

表 1.4-1 环境影响要素识别

阶段	污染物	主要污染因子	排放方式	影响对象	影响程度
施工期	机舱含油污水	石油类	达标间断排放	海水水质、海洋生态环境	小
	生活污水	COD	达标间断排放	海水水质、海洋生态环境	小
	生活垃圾	食品废弃物、包装物等	除颗粒直径<25mm 的食品废弃物外，其他运回陆地处理	—	无
	生产垃圾	废弃边角料、油渣、油棉纱等	运回陆地处理	—	无
	平台导管架施工、系泊系统施工	悬浮物	间断排放	海水水质、海洋生态环境	小

阶段	污染物	主要污染因子	排放方式	影响对象	影响程度
	钻井液、钻屑	悬浮物	检测合格后排放	海水水质、海洋生态环境	中
	清管废水	悬浮物	直接排海	海水水质	小
运营期	含油生产水	石油类	处理达标后排海	海水水质、海洋生态环境	大
	伴生气（平台冷放空、FPSO 燃烧）	氮氧化物、烃类	连续排放	环境空气	小
	原油发电机燃烧废气	氮氧化物	连续排放	环境空气	小
	生活污水	COD	处理达标后排海	海水水质、海洋生态环境	小
	生产垃圾	废弃边角料、油渣、油棉纱等	运回陆地处理	—	无
	生活垃圾	食品废弃物、其他垃圾	除颗粒直径<25mm的食品废弃物外，其他运回陆地处理	—	无
事故状态下	事故溢油	石油类	直接排放	海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境	大

1.4.2 评价重点

本次环境影响评价的评价内容有：施工阶段和正常生产阶段中产生的各类污染物（主要是钻井液、钻屑和含油生产水）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。

依据本项目特点和评价海域环境特征，结合分析识别出的环境影响因子和环境影响因素识别结果，确定环境影响评价重点为：

- （1）钻井期间水基钻井液、钻屑排放对工程周围海水水质、沉积物、底栖生物、渔业资源及海洋生态环境的影响；
- （2）工程运营期在油气生产、集输等过程污染物的产生排放情况，对海水水质、海洋生态环境等造成的影响；
- （3）环境保护对策措施与清洁生产分析；
- （4）可能发生的油气泄漏事故对工程周围生态环境、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风险防范对策措施。

1.5 评价等级和评价范围

1.5.1 评价等级

本项目属于海洋油（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) 中评价等级划分原则确定单项海洋环境影响要素。

表 1.3-3 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
海洋矿产资源勘探开发及其附属工程：海洋油（气）开发及其附属工程	★	★	★	☆	☆	★	☆

注 1：★为必选环境影响评价内容；

注 2：☆为依据建设项目具体情况可选环境影响评价内容。

由表可见，海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境的影响评价内容不是海洋油（气）开发及其附属工程的必选评价内容。本项目新建平台、系泊系统及海底管道电缆对水文动力和地形地貌与冲淤环境影响轻微，且不涉及填海、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。本次评价将对水文动力环境、地形地貌与冲淤环境影响进行简要分析，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、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/T 19485-2014），海洋油（气）开发及其附属工程建设项目的环境影响评价等级主要根据污水每天排放量、年产油量以及所处海域的生态敏感性来确定。

陆丰 12-3 油田位于中国南海珠江口盆地，与周边海洋保护区距离较远。本项目投产后，年最大产油量为 m^3/a （2024 年，约合 m^3/a ），生产水最大排放量约 m^3/d （2032 年），且本项目位于深水金线鱼产卵场内，所处生态环境类型为“海洋生态环境敏感区”。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）的规定，本项目各评价等级见下表。

表 1.3-4 环境影响评价等级一览表

工程类型	工程规模	工程所在海域和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级		
			水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
海洋油（气）开发及其附属工程	污水排放量大于 $10000\text{m}^3/\text{d}$ 或年产油量大于 100万 t	生态环境敏感区	1	1	1
		其他海域	2	2	2

由上表可知，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）中对评价工作等级的判据，确定本项目环境影响评价等级为 1 级。

本工程运营阶段涉及的主要危险物质是原油和天然气。根据《建设项目环境风险

评价技术导则》(HJ 169-2018)，针对涉及的危险物质分别进行风险潜势判断以确定评价等级。经分析，本项目风险潜势为Ⅲ级，判定本项目风险评价等级为二级。详细判定依据详见第 7 章。

1.5.2 评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)中关于评价范围的界定，主要依据被评价海域及周边海域的生态完整性确定，调查与评价范围应覆盖可能受到影响的海域。

本项目海洋环境影响评价等级为 1 级，评价范围扩展距离一般不小于 8km~30km。根据本项目污染物排放量、排放方式及可能影响的范围、自然环境特征及环境敏感目标分布（位于深水金线鱼产卵场内），本次评价范围为以工程（包括新建平台、海底管道电缆及 FPSO）为中心的矩形，评价范围约 6240 km² 海域，四至点坐标如下。

表 1.5-1 环境影响评价范围界点坐标

界点	经度 E	纬度 N
1		
2		
3		
4		



图 1.5-1 本项目环境影响评价范围示意图

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018), 环境风险评价范围应根据环境敏感目标分布情况、事故后果预测可能对环境产生影响的范围综合确定。根据溢油漂移数值预测结果, 确定本项目海上风险事故状态下以工程(包括新建平台、海底管道电缆及 FPSO) 为中心、半径约 128km (平均风况下油膜 72h 漂移距离) 的范围为环境风险重点评价范围。考虑到本项目周边敏感目标分布情况, 环境风险评价范围将适当扩大, 扩展至广东省沿岸海域。

1.6 环境保护目标和环境敏感区

1.6.1 环境保护目标

- (1) 工程海域海水水质、沉积物和海洋生态环境;
- (2) 工程施工期及运营期产生的污染及非污染影响因素不影响所在海域海洋生态及水生生物的栖息环境;
- (3) 工程施工期及运营期产生的污染及非污染影响因素不影响渔业三场一通道, 重要鱼类产卵场等。

1.6.2 环境敏感目标

陆丰 12-3 油田距离陆地较远, 环境影响评价范围内没有自然保护区、海洋保护区、水产种质资源保护区分布。距离最近的保护区为东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区, 位于油田正南约 95km, 距离其他保护区均在 100km 以上。

陆丰 12-3 油田位于深水金线鱼产卵场内, 距离金线鱼产卵场约 20km, 距离蓝圆鲹产卵场约 22km, 距离鲈鱼粤东外海产卵场约 45km。距离其他渔业三场一通道均在 90 km 以上。

陆丰 12-3 油田位于广东省海洋生态红线区之外, 距离最近的海洋生态红线区为东沙群岛特别保护海岛限制类红线区, 距离约 95km。距离其他海洋生态红线区均在 110 km 以上。

本项目环境敏感目标具体描述详见报告书“4.3 环境敏感目标分布与简介”篇章中相关内容。

2 工程概况

2.1 项目概况

2.1.1 地理位置及建设内容

项目名称：陆丰 12-3 油田开发项目

项目性质：新建

建设地点：南海

建设单位：爱思开新技术株式会社

项目总投资：约 1.5 亿元人民币

定员：WHP 平台 10 人，FPSO 100 人

预计投产日期：2022 年 12 月

陆丰 12-3 油田位于南海北部海域珠江口盆地陆丰凹陷东侧的 17/03 区块，地理位置为东经 113°15'，北纬 22°15'。油田位于深圳蛇口东南约 300km 处，距离广东省陆丰市陆地最近约 138km，距离现有陆丰 13-1 油田约 10km，距离现有陆丰 13-2 油田约 10km，距离现有陆丰 7-2 油田约 10km。油田所在海域水深约 240m。

陆丰 12-3 油田为 SK（爱思开新技术株式会社）和 CNOOC（中国海洋石油集团有限公司）的合作油田，爱思开新技术株式会社为作业者，2018 年 1 月通过探井 LF12-3-1 发现该油田。

陆丰 12-3 油田开发方案包括新建 1 座有人驻守井口平台（WHP）、1 艘 10 万吨级浮式生产储油卸油轮（FPSO）和 1 座永久系泊系统（SPM），新建一条 2.9km 井口平台至 FPSO 海底混输管道，新建一条 3.0km FPSO 至井口平台海底复合电缆。井口平台及 FPSO 均设有油水分离设施及生产水处理设施，初步处理后的井口物流通过海底混输管道流入 FPSO 进一步处理为合格原油，合格原油进入 FPSO 储油舱储存并定期外运，分离出的含油生产水处理合格后排海。FPSO 上配备有原油发电机，通过海底电缆为平台提供电力。

陆丰 12-3 油田 WHP 井口平台共布设 20 个井槽，先期钻 1 口领眼井及 13 口生产井（领眼井 P1 与 A13H 共用一个井槽），预留 7 个井槽，由平台模块钻机进行钻井和

完井，预计 2022 年投产。投产后预计最高年产油量为 $179.21 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ （2024 年），最高年产气量为 $26.88 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ （2024 年）。开发方式为电潜泵开发，开发目的层为 ZJ450 层、ZJ460 层和 ZJ470 层。

表 2.1-1 本项目新建工程坐标

序号	设施名称	坐标	备注
1	新建 WHP 平台		
2	新建 FPSO 及 SPM		
3	新建 FPSO-WHP 海底复合电缆	电缆总长约 3.0km， 起点：FPSO， 终点：WHP	
4	新建 WHP-FPSO 海底混输管道	管道总长约 2.9km， 起点：WHP， 终点：FPSO	



图 2.1-1 陆丰 12-3 油田地理位置图

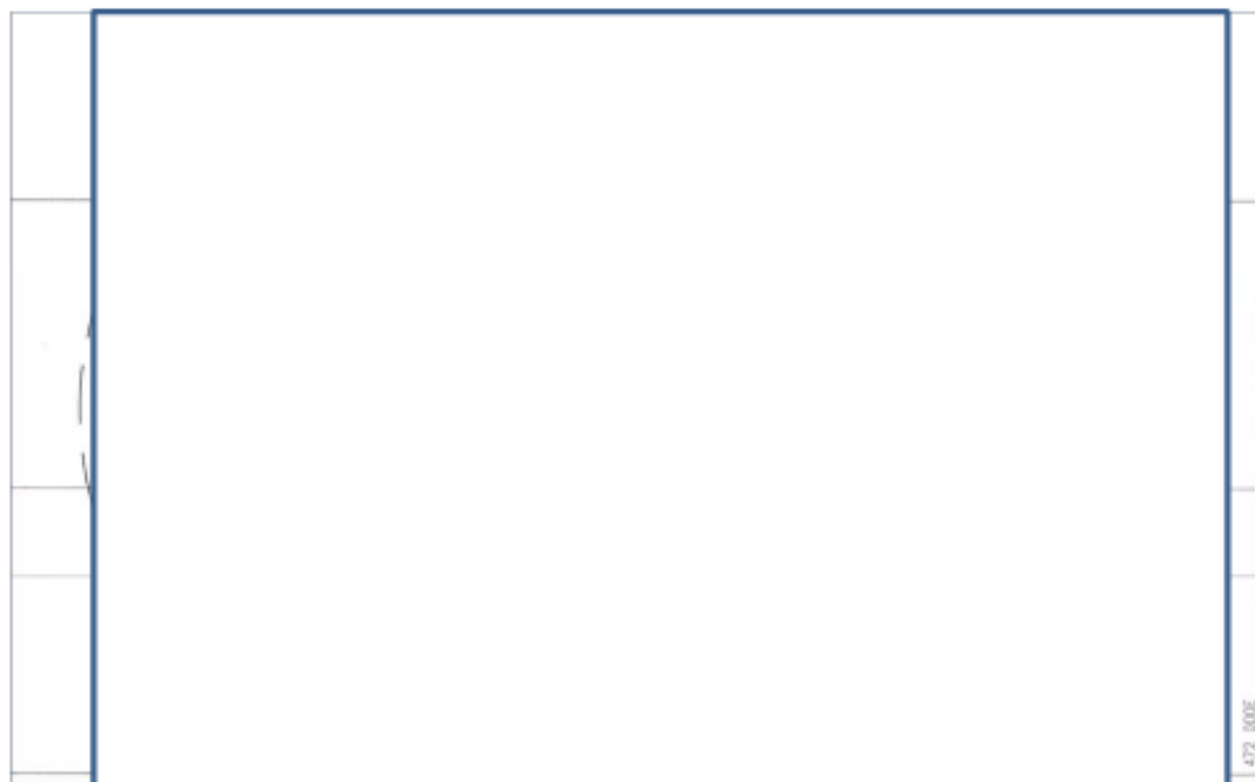


图 2.1-2 陆丰 12-3 油田平面布置图

2.1.2 地质油藏概况

陆丰 12-3 油田位于南海北部珠江口盆地珠 I 坳陷陆丰凹陷。珠江口盆地为中新代大陆边缘裂陷型盆地，由北向南可划分为北部断阶带、北部坳陷带、中央隆起带、南部坳陷带和南部隆起带五个构造单元。陆丰凹陷位于珠 I 坳陷东部，东、西两侧分别与韩江凹陷和惠州凹陷连接，南邻东沙隆起，北邻北部隆起带。

陆丰 12-3 油田是发育在基底隆起之上的一个断背斜构造，主要发育三条近东-西走向正断层 F1、F2、F3，其中构造主体主要受控于南部的 F1（南掉）正断层。油田范围内断层均未断至海底。

陆丰 12-3 油田储集层为一套三角洲体系碎屑岩沉积，储集空间主要为粒间孔隙，储层孔隙发育中等-好，平均孔隙度 [REDACTED] %，渗透率 [REDACTED] mD。属中孔、中渗储集层。油田储层岩性主要为长石石英砂岩、岩屑长石砂岩，其次为长石岩屑砂岩、岩屑石英砂岩和长石砂岩。砂岩碎屑组份以石英为主（64.0%~86.0%，平均 74.2%），其次为长石（8.5%~34.5%，平均 15.2%）、岩屑（包括火成岩、变质岩、沉积岩、生物碎屑、云母、海绿石等（0.5%~25.5%，平均 10.6%）。岩石颗粒以极细、细、中粒为主，风化程度以中等为主，分选多为中等-好、中等，次圆-次棱状；压实作用一般，颗粒之间以点接触为主，杂基主要为泥质，胶结物以碳酸盐（铁白云石、铁方解石、泥晶碳酸

盐)、粘土矿物为主,可见高岭石、黄铁矿胶结;胶结类型为孔隙、孔隙-晶粒镶嵌型。

陆丰 12-3 油田的油藏类型单一,均为构造油藏,平面上划分为 1 个区块,纵向上划分 3 个油层 层。油田主要油层段原始地层压力为 MPa,饱和压力 MPa,压力系数,压力梯度为 MPa/100m,油藏中深地层温度℃,回归地温梯度℃/100m,油田属正常压力、高地温系统。

陆丰 12-3 油田所处区域储层砂体横向发育稳定,ZJ450 油藏与下部 ZJ460、ZJ470 油层间发育稳定泥岩隔层,为独立油水系统。珠江组 ZJ460&ZJ470 油藏具有较高产能,推荐采用电潜泵开采,参考南海东部物性相近的在生产油田成功开发经验,推荐 ZJ450 和 ZJ460 层水平井最大生产压差控制在 8MPa 以内,ZJ470 层水平井最大生产压差控制在 以内。在固井质量保证的情况下,出现地质溢油的可能性极小。

为提高油田的采油速度和经济性,陆丰 12-3 油田采用海上油田开发广泛采用的电潜泵人工举升方式开采。

2.1.3 油品性质

陆丰 12-3 油田原油属中质、高凝固点、高含蜡、低溶解气油比的常规原油。原油物性见下表。

表 2.1-2 陆丰 12-3 油田原油一般性质

序号	项目		数值
1	密度 (kg/m ³)	15℃	
		20℃	
2	粘度 (mm ² /s)	20℃	
		50℃	
3	凝点 (℃)		
4	析蜡点 (℃)		
5	沥青质 (w%)		
6	胶质 (w%)		
7	含蜡量 (w%)		
8	硫含量 (w%)		

依据高压物性分析,陆丰 12-3 油田溶解气组分中甲烷含量,乙烷含量,丙烷含量,二氧化碳含量,未检测出硫化氢气体。

表 2.1-3 陆丰 12-3 油田油藏流体组分

组分	脱气原油组分 (mol%)	脱气气体组分 (mol%)	流体组分 (mol%)
H ₂			
CO ₂			
N ₂			
C1			
C2			
C3			
iC4			
nC4			
iC5			
nC5			
C6			
C7			
C8			
C9			
C10			
C11+			
总计			

2.1.4 设计处理能力

陆丰 12-3 油田 WHP 平台及 FPSO 均具备原油处理设施和含油生产水处理设施，设计处理能力如下表：

表 2.1-4 陆丰 12-3 油田设计处理能力

项目		WHP 设计能力	FPSO 设计能力
原油处理系统	液处理能力		
	原油处理能力		
	天然气处理能力		
生产水系统			

2.1.5 产能预测

陆丰 12-3 油田探明地质储量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，动用地质储量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 。其中，优先动用相对集中、物性好优质储层。本次采用 13 口水平井开发，包括 ZJ470 的 9 口井、ZJ45 的 3 口井和 ZJ460 的 1 口井。

预测油田未来 15 年生产期，预测到 2037 年底，累积可采油量 $\times 10^4 \text{m}^3$ ，采出程度为 %，高峰年产油量 $\times 10^4 \text{m}^3$ 。

表 2.1-5 陆丰 12-3 油田产能指标预测数据表

年份	生产井数	日产量				年产量				累计产量			
		油 m ³ /d	水 m ³ /d	液 m ³ /d	气 m ³ /d	油 10 ⁴ m ³ /a	水 10 ⁴ m ³ /a	液 10 ⁴ m ³ /a	气 10 ⁴ m ³ /a	油 10 ⁴ m ³	水 10 ⁴ m ³	液 10 ⁴ m ³	气 10 ⁴ m ³
2022	2												
2023	13												
2024	13												
2025	13												
2026	13												
2027	13												
2028	13												
2029	13												
2030	13												
2031	13												
2032	12												
2033	12												
2034	12												
2035	12												
2036	12												
2037	12												

2.2 油田总体布局及工艺流程

(1) 油田总体布局

陆丰 12-3 油田采用井口平台+FPSO 开发方案，不依托周边其他油田。总体布局为新建一座井口平台(WHP)，采用平台模块钻机进行钻完井，生产物流在井口平台(WHP)进行初级油水分离处理后经海底混输管道输送到新建浮式生产储油卸油轮(FPSO)进行最终处理，处理为合格原油并储存、定期外运。井口平台生产所需电力由 FPSO 上的原油发电机通过海底复合电缆提供。

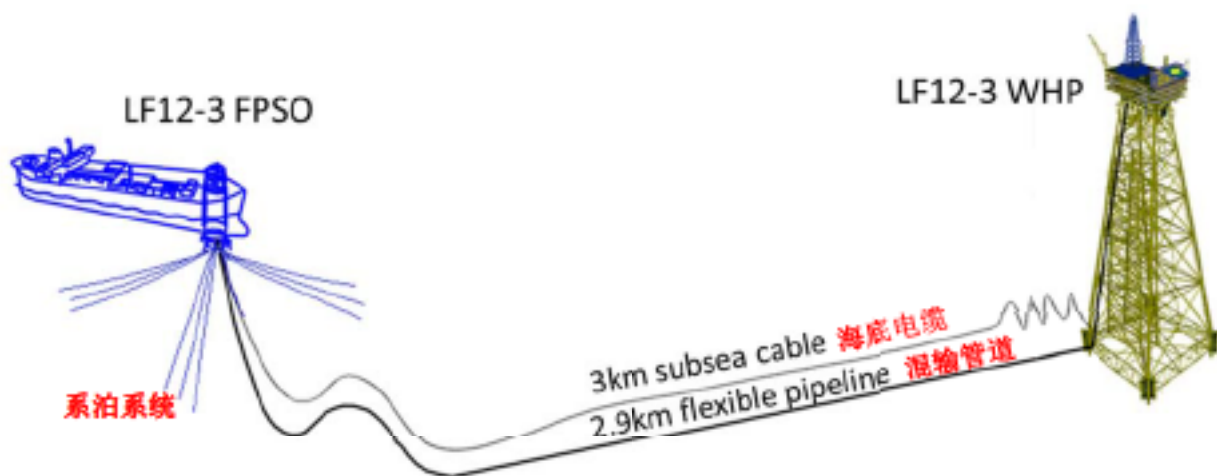


图 2.2-1 油田总体布局示意图

新建工程设施包括：一座井口平台 WHP、一艘浮式生产储油卸油轮(FPSO)及单点系泊系统(SPM)，1 条井口平台至 FPSO 海底混输管道及 1 条 FPSO 至井口平台海底复合电缆。

其中，新建一座 4 腿导管架井口平台 WHP，设 20 口井槽（前期开发 13 口井+预留 7 口），安装有模块钻机进行钻井和完井。平台设有初步油水分离设施、生产水处理设施、生活楼、直升机甲板等。油田物流经平台初级处理后，含水原油通过内径 10 寸长约 2.9km 的海底混输管道输送至 FPSO 进一步处理、储存、外输。分离出的含油生产水处理达标后排海，少量伴生气放空。

新建 FPSO 为 10 万吨级，具备生产、储油、外输功能，具备工艺处理模块、污水处理、公用设施、80 人生活楼、原油发电机等。将来自平台的含水原油处理为合格原油后储存、定期外运，分离出的含油生产水处理达标后排海，分离出的伴生气去往火炬燃烧。FPSO 设有原油发电电站，通过长约 3.0km 的海底电缆为平台供电。FPSO 采用 3×3 的系泊系统，采用内转塔单点系泊系统定位。

井口平台设计年限为 25 年，FPSO 设计年限为 30 年，海底电缆和海底管道设计年限为 25 年。

表 2.2-1 陆丰 12-3 油田主要工程组成表

类型	工程组成	装置及规模
主体工程	WHP 平台	4 腿导管架平台，含 20 个井槽，前期开发 1 口领眼井及 13 口生产井（领眼井 P1 与 A13H 共用一个井槽），预留 7 个井槽，使用平台钻机钻完井。 平台共设 3 层甲板：上层甲板、中层甲板（中层甲板与上层甲板之间有一层夹层甲板）和下层甲板。设有 [REDACTED] 设施等。井口物流进行初级处理，并将含油生产水处理达标后排海。
	FPSO	10 万吨级，[REDACTED]。主要设施有：[REDACTED] 等。 FPSO 将来自平台的含水原油处理为合格原油后储存、定期外运，分离出的含油生产水处理达标后排海。FPSO 原油发电电站通过长约 3.0 km 的海底电缆为平台供电。
辅助工程	WHP-FPSO 海底混输管道	内径 10 寸，总长约 2.9km，将平台初级分离后的产液输送至 FPSO 进行最终处理。
	FPSO-WHP 海底复合电缆	总长约 3.0km，将 FPSO 原油发电机电力输送至 WHP 平台。
	SPM 系泊系统	系泊系统将 FPSO 锚泊在 240m 水深海域，包括 3 组系泊缆及转塔支撑结构，可满足 FPSO 随天气 360°转向。

井口平台的位置按照单一钻井中心设定，能够覆盖整个油田布置，并考虑避免钻井穿越海床断层的风险。

FPSO 位置由平台位置决定，既要考虑到海底管道尽可能短，以减少管道析蜡风险；还需要考虑外输油轮作业时，不影响平台钻井或修井作业，结合 FPSO 长度、外输油轮长度、拖轮长度及禁航区长度，平台与 FPSO 距离约 [REDACTED] 米。

立管、海底管道和电缆路由选择考虑以下几点：避免海底地质灾害；采用最短的路线，最大限度地降低生产流体在设施之间的温度损失。

(3) 油田整体工艺流程

陆丰 12-3 油田井口产出物流在井口平台 WHP 上进行初步分离，初步处理后的含水原油经海底管道输送至 FPSO 进一步处理，生产分离器分离出的生产水经平台生产水处理系统（水力旋流器+聚结脱气撇油罐）处理合格后排海，少量伴生气直接排空。

FPSO 对来自井口平台的含水原油进行进一步处理,分离出的合格原油进入货油舱储存,一、二级分离器分离出的生产水经生产水处理系统(水力旋流器+气浮)处理合格后排海,伴生气送往火炬燃烧。



图 2.2-2 陆丰 12-3 油田整体物流集输路径图

2.3 新建 WHP 平台工程内容及工艺流程

2.3.1 平台工程内容

(1) 平台布局

新建 WHP 井口平台为 4 腿井口平台,常规导管架结构,桩直径约 2590 mm (102 英寸),入泥深度约为 125m。平台设计使用年限为 25 年,平台处水深约 240.8 米。

平台共设 20 个井槽,呈 5×4 排列,井口中心距离为 2.286 米。前期钻井先期钻 1 口领眼井及 13 口生产井(领眼井 P1 与 A13H 共用一个井槽),预留 7 个井槽。

平台上部组块为 8 腿框架结构,腿间距 (14+14+14) m×18m,共有上、中、下 3 层甲板,其中上层甲板尺寸为 68m×35m,中层甲板尺寸为 65m×35m,下层甲板尺寸为 60m×35m。在中层甲板与上层甲板之间有一层夹层甲板,尺寸为 26.5m×35m,总的甲板面积约 7680 m²。各层标高见下表。

表 2.3-1 井口平台各层甲板标高

甲板	标高	尺寸
上层甲板 Upper Deck	+37 m	68m×35m
夹层甲板 Mezzanine Deck	+32 m	26.5m×35m
中层甲板 Middle Deck	+28 m	65m×35m
下层甲板 Lower Deck	+21 m	60m×35m



图 2.3-1a 导管架平台整体结构示意图

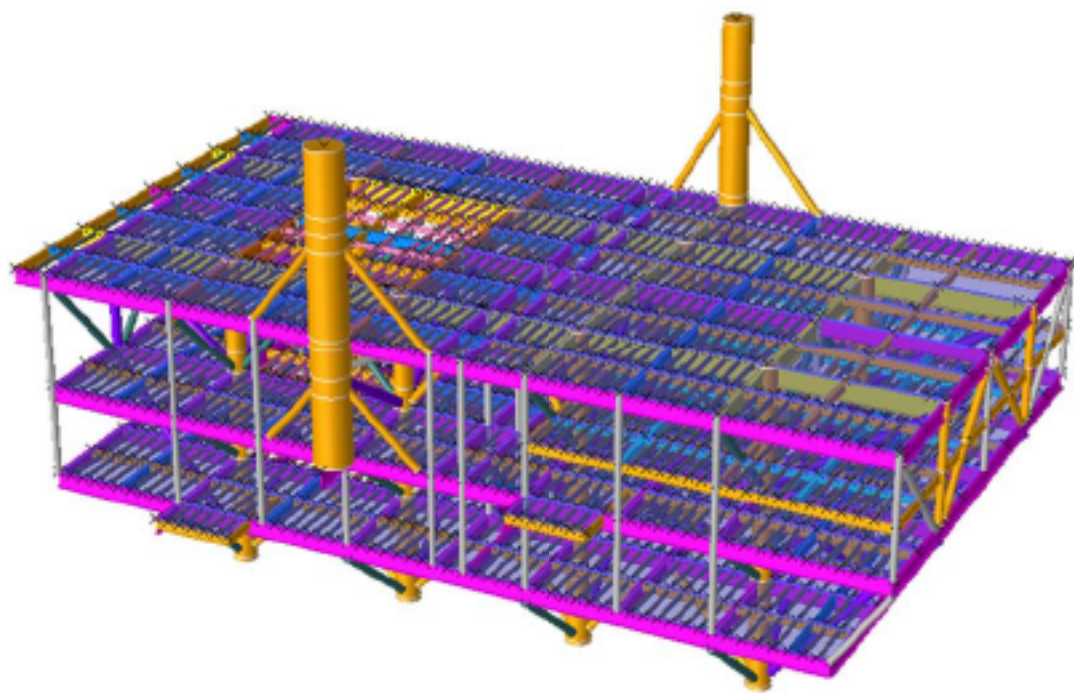


图 2.3-1b 平台上部组块结构示意图

平台上部组块包括模块钻机、油水分离设施、生产水处理设施等，设有直升机甲板 and 90 人生活楼。直升机平台位于生活楼顶。

- 主甲板上布置有 90 人生活楼、模块钻机及钻井配套设施，同时还有两台基座式吊机，在主甲板区域提供吊装服务和传送卸货区货物。模块钻机用于前期开发钻井和完井、油井维修、后期油田内钻井、修井、侧钻、完井和最终弃井。钻机自成一体，尽量减少与平台甲板之间的界面。
- 中层甲板布置井口采油树、油/水处理设施、部分公用设施及电气房间，主要有 [REDACTED] 等。公用设施配备有：空气系统、氮气系统、主开关室、应急发电机房、消防泵等。中间通过防火墙隔开。应急发电机燃料为柴油。中层甲板上还有一层夹层甲板，尺寸为 26.5 米×35.0 米，设有主配电间、实验室、电池间、储藏间、高压变电室等。
- 下层甲板布设生产水处理设备及含水原油外输设备，主要有 [REDACTED] 等，通过防火墙与危险区分隔开。

本项目平台总图布置严格遵守《海上固定平台安全规则》、《小型航空器商业运输运营人运行合格审定规则》、《海上固定平台总体设计规范》等规范，确保安全生产，设计时将井口区、油气处理设备所在的危险区与公用系统区或电气房间用防火墙分开。

平台总体布置能够满足钻井、修井、采油及工艺流程的最佳需要，操作安全可靠、经济合理。针对油田所在海域的环境条件确定平台方位，满足工作船的停靠和直升飞机的安全起降等因素。设备布置时，考虑了逃生路线及所有设备的操作和维修空间，救生设备放置在安全且能顺利到达的位置，使得工作人员能尽快安全脱离平台。

平台各层甲板布置图如下：

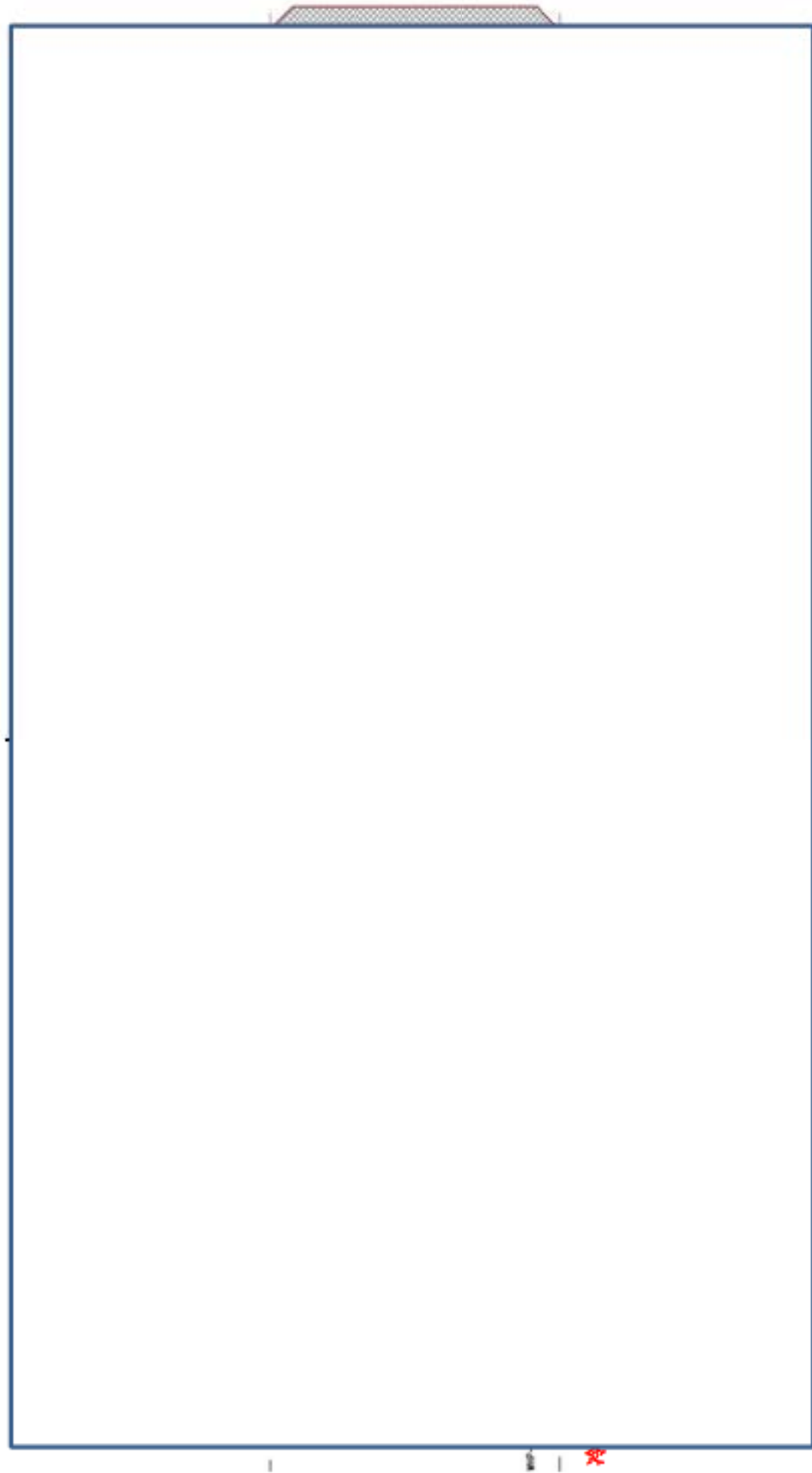


图 2.3-2a 平台主甲板布置图

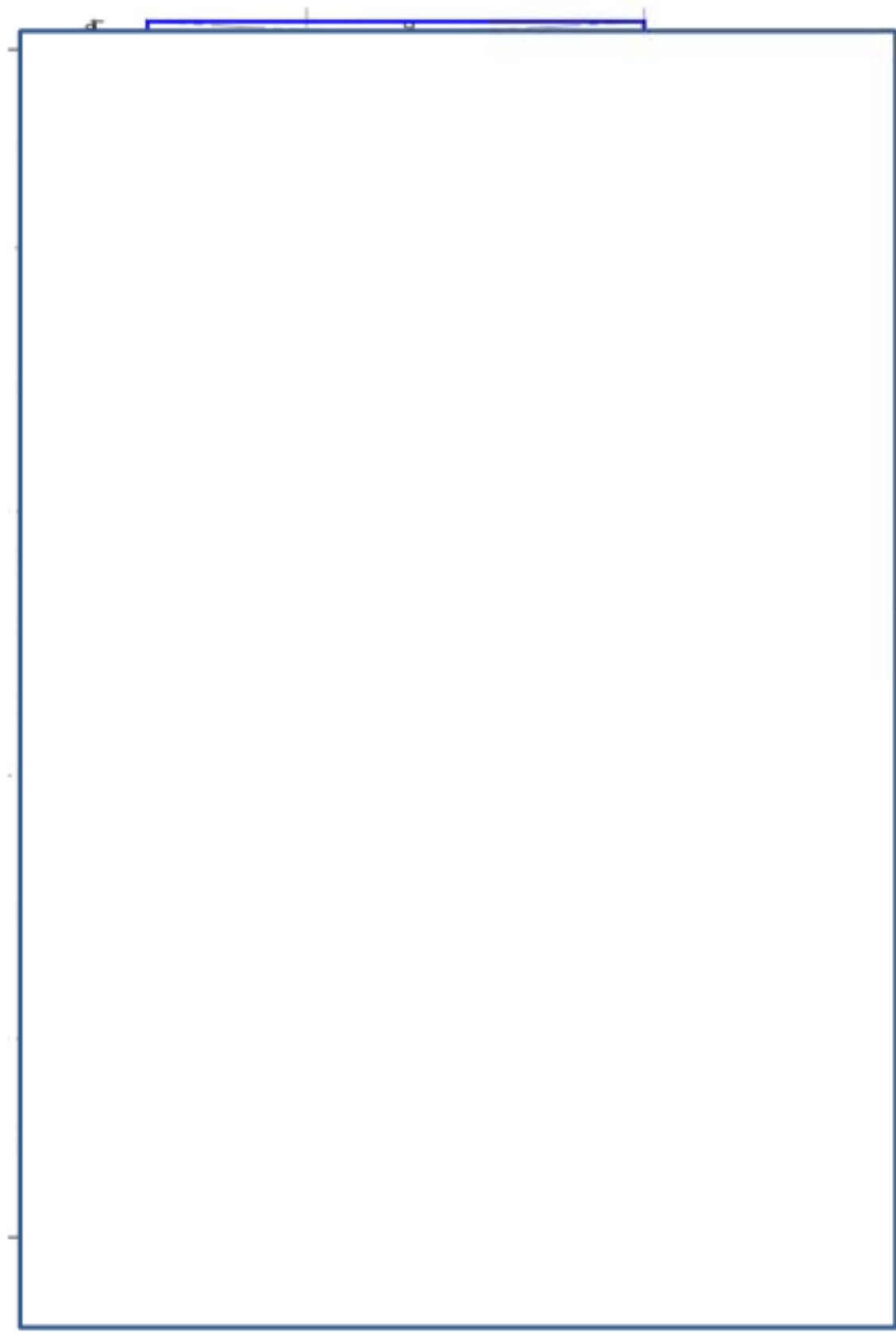


图 2.3-2b 平台中层甲板布置图

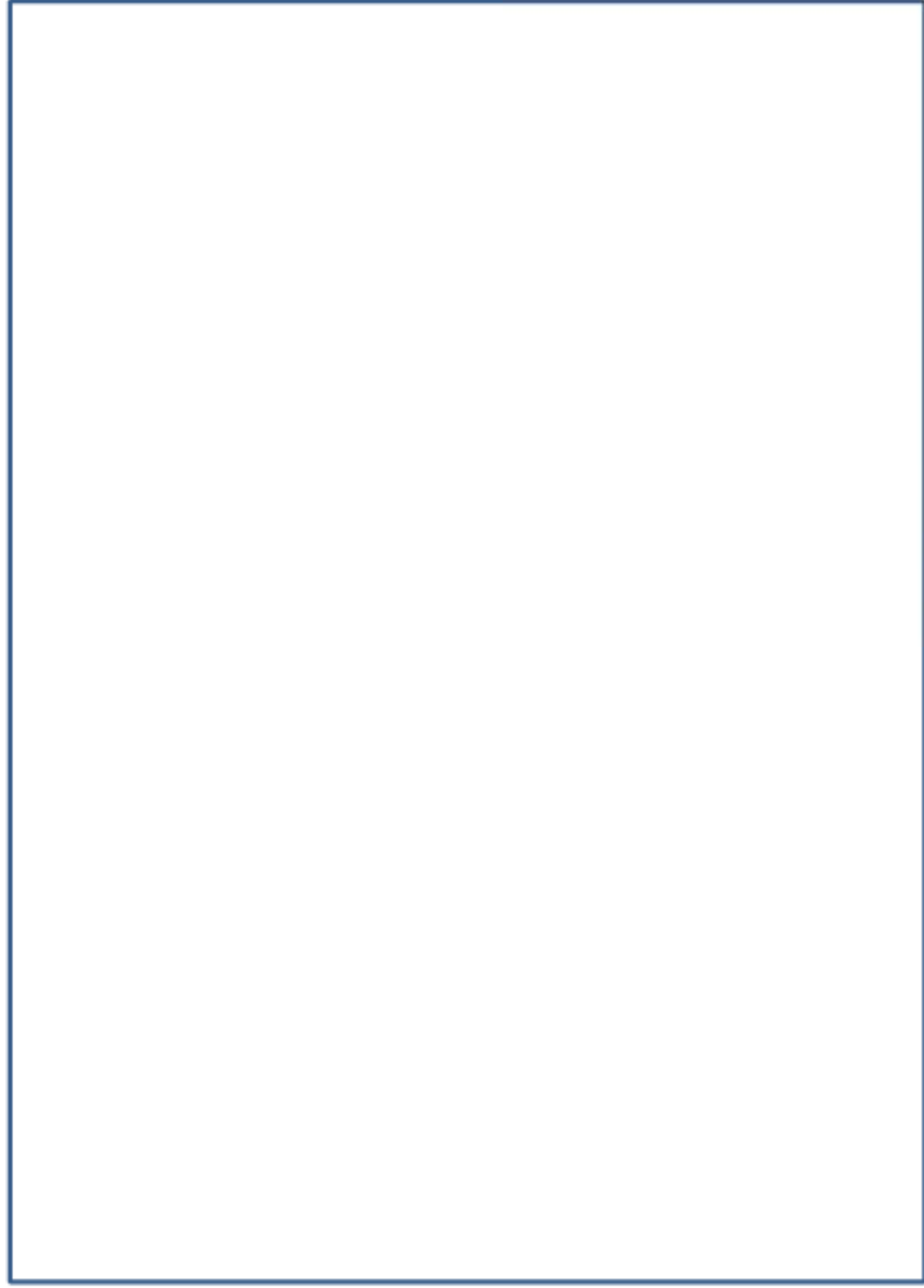


图 2.3-2c 平台下层甲板布置图

(2) 平台公用设施及环保设施

新建 WHP 平台的主要公用设施及环保设施列表如下：

表 2.3-2 平台主要公用工程设施及环保设施

设施分类	设施名称
公用设施	海水系统、淡水系统、饮用水系统、消防水系统
	公用仪表风系统（空压机、储罐）
	化学药剂系统
	氮气系统
	安全救生系统
	应急电源（应急柴油发电机 1 台）及柴油系统（柴油储罐、柴油泵）
	90 人生活楼
	吊机
	直升机甲板及支持系统
环保设施	开式排放系统（开排罐、开排泵、开拍槽等）
	闭式排放系统兼冷放空系统（闭式排放罐、闭式排放泵、冷放空臂）
	含油生产水处理系统
	生活污水处理装置
	固体废弃物处理系统（包括厨房用粉碎机和垃圾分类回收专用箱）

2.3.2 平台工艺流程**(1) 平台整体工艺流程**

来自井口平台采油树的生产井液流经多相流量计，进入生产分离器进行油、气、水的分离，经生产分离器分离出的含水原油通过海底混输管道去 FPSO 进一步深度处理；经生产分离器分离出的气体进入放空系统；经生产分离器分离出的含油生产水进入生产水处理系统，经处理合格后达标排海。

平台设计处理总液量为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ ，其中原油处理能力为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ ，初级处理后的含水原油经海底混输管道输送到 FPSO 进一步处理。

平台对井口物流进行初级分离，根据配产数据，伴生气产气量较小，无法稳定提供设置火炬所需的连续吹扫气，故平台伴生气处置为冷放空，设置有冷放空臂、冷放空头和 CO_2 灭火装置。



图 2.3-3 WHP 平台原油处理工艺流程简图



图 2.3-4 WHP 平台原油处理工艺流程全图

(2) 平台生产水处理流程

根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》，陆丰 12-3 油田位于南海北部海域，属于三级海域。生产水排放要求见下表：

表 2.3-3 生产水排放浓度限值要求

项目	等级	浓度限值 (mg/L)			
		一次容许值	≤65	月平均值	≤45
石油类	三级				

WHP 平台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：从生产分离器中分离出的生产水先通过水力旋流器进行初步除油，脱离出的油送入污油罐；生产水继续进入聚结脱气撇油罐单元进一步除去剩余的油，聚结脱气撇油罐单元出来的少量气体直接进入放空系统。处理后的生产水含油浓度符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》三级海域排放标准排海。

由水力旋流器和聚结脱气撇油罐分离出的污油直接进入污油罐，经污油泵增压后进入生产分离器。

WHP 平台每日含油生产水最高处理量为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ (2032 年)，考虑一定的水量波动及循环污水量，WHP 平台的生产水处理设计能力为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ 。计划配备四台水力旋流器+两台聚结脱气除油罐。

表 2.3-4 平台生产水处理及外输情况 (m^3/d)

配产/年	油田生产水总量	WHP 水处理量	管道外输水量
2022	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2023	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2024	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2025	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2026	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2027	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2028	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2029	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2030	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2031	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2032	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2033	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2034	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2035	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2036	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2037	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare

平台生产水处理工艺流程见下图。

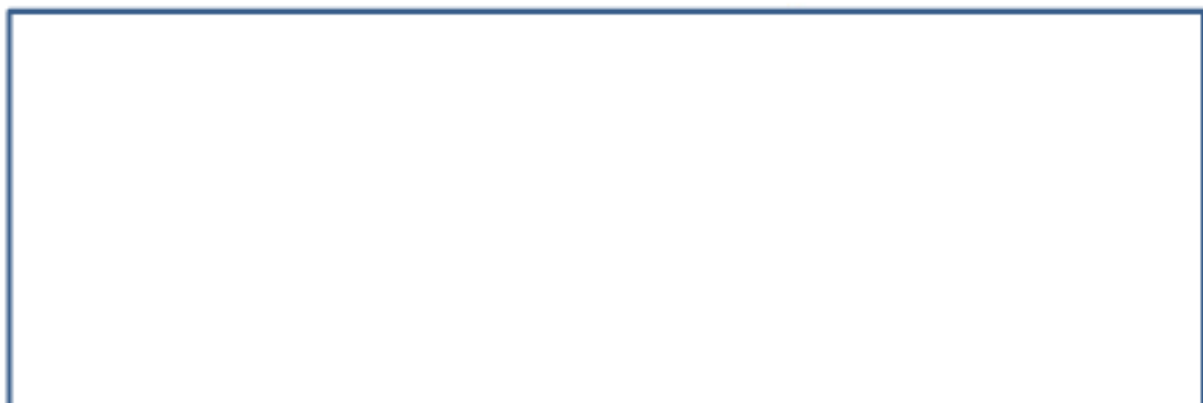


图 2.3-5a 平台生产水处理工艺流程示意图

(3) 平台生活污水处理流程

平台定员为 90 人，运营过程中修井等大型作业时会增加临时人员，平台生活污水处理装置设计规模按照 120 人考虑，设计规模能够满足平台定员及临时人员的生活污水处理要求。

平台生活污水采用电解法处理，包括缓冲过滤单元、电解处理单元以及处理后的消解过滤单元等。

平台生活污水经电解法处理后， $COD \leq 500mg/L$ ，符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）三级标准，达标排海。

处理流程如下图：

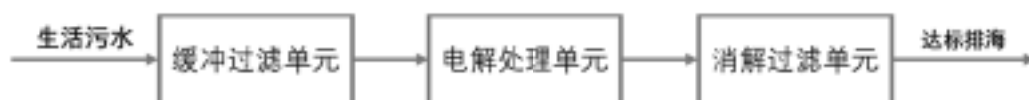


图 2.3-6 平台生活污水处理工艺流程示意图



图 2.3-5b 平台生产水处理工艺流程详图

2.4 新建 FPSO 及单点系泊系统

2.4.1 FPSO 基本参数及结构

本项目新建一艘 10 万吨级 FPSO(浮式生产储油卸油轮),其主要功能为原油生产、储存、外输,生活,并为油田生产和生活提供电力。

FPSO 总长 [REDACTED] m, 设计吃水 [REDACTED] m。设计排水量 [REDACTED] t, 载重量 [REDACTED] t。采用内转塔式单点系泊系统,设计寿命为 30 年(15 年不进坞),台风期不解脱。FPSO 区域水深约 236.1m。

FPSO 为非自航、船形双壳结构形式,自尾至首依次布置有:尾尖舱、机舱、隔离空舱、货油舱、工艺处理舱、货油舱、隔离空舱、内转塔舱、首尖舱等,其中货油舱 10 个,污水水舱 2 个。船体外侧还布置有压载边舱。FPSO 原油仓舱容约 [REDACTED] m³。

表 2.4-1 FPSO 各舱室舱容

序号	舱室	舱容
1	原油舱	[REDACTED]
2	污水水舱	[REDACTED]
3	不合格水舱	[REDACTED]
4	柴油舱	[REDACTED]
5	工业水舱	[REDACTED]
6	饮用水舱	[REDACTED]
7	压载水舱	[REDACTED]

FPSO 主甲板自尾至首可分为:尾输区、生活区、上部模块区、内转塔单点和火炬塔。其中上部模块包括卸货区、动力发电(原油发电机)、热站、惰气模块、隔离区域、原油外输和计量系统、燃油处理模块和油气处理模块等。

FPSO 定员 80 人,配置有 80 人生活楼及相关生活设施。

FPSO 船体结构及上部组块分布图如下。

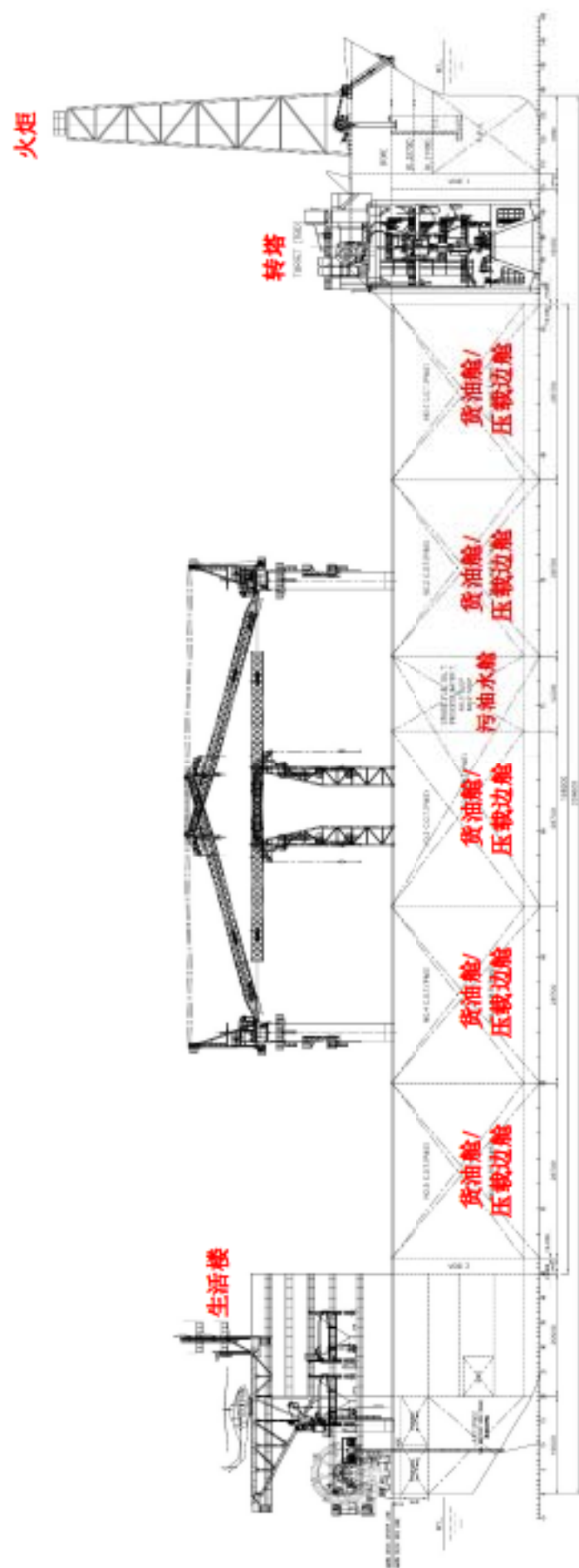


图 2.4-1 FPSO 侧面图



图 2.4-2 FPSO 平面图及剖面图

2.4.2 FPSO 工艺流程

2.4.2.1 FPSO 生产系统流程

(1) FPSO 整体工艺流程

平台初级处理后的含水原油通过海底管道经入口管汇进入 FPSO 原油处理流程进行处理。首先经一级分离器进行油、气、水三相分离，分离出的含水原油经加热后进入二级分离器继续进行分离，分离出的原油经电脱水器处理合格后，经原油冷却器冷却后进入原油储舱，定期外运。从一级、二级分离器和电脱水器分离出的含油生产水通过生产水处理装置处理达标后直接排海。

FPSO 设计处理总液量为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ ，实际最大处理量为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ ；原油设计处理能力为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ ，实际最大处理量为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ ；生产水设计处理能力为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ ，实际最大处理量为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ 。

表 2.4-2 海底管道进入 FPSO 物流情况

年份	油 m^3/d	水 m^3/d	液 m^3/d	含水率%	海管出口温度 $^{\circ}\text{C}$
2022	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2023	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2024	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2025	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2026	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2027	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2028	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2029	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2030	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2031	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2032	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2033	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2034	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2035	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2036	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
2037	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare

一级、二级分离器分离出的伴生气体进入火炬系统燃烧后排放。伴生气排放量最大为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ （2023 年），油田开发后期随生产年限递减。

FPSO 油气处理流程见下图。

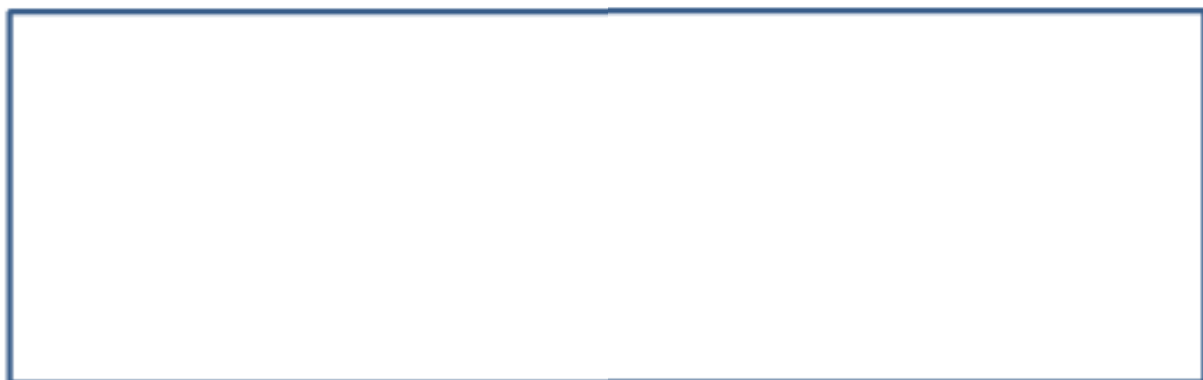


图 2.4-3a FPSO 工艺流程简图

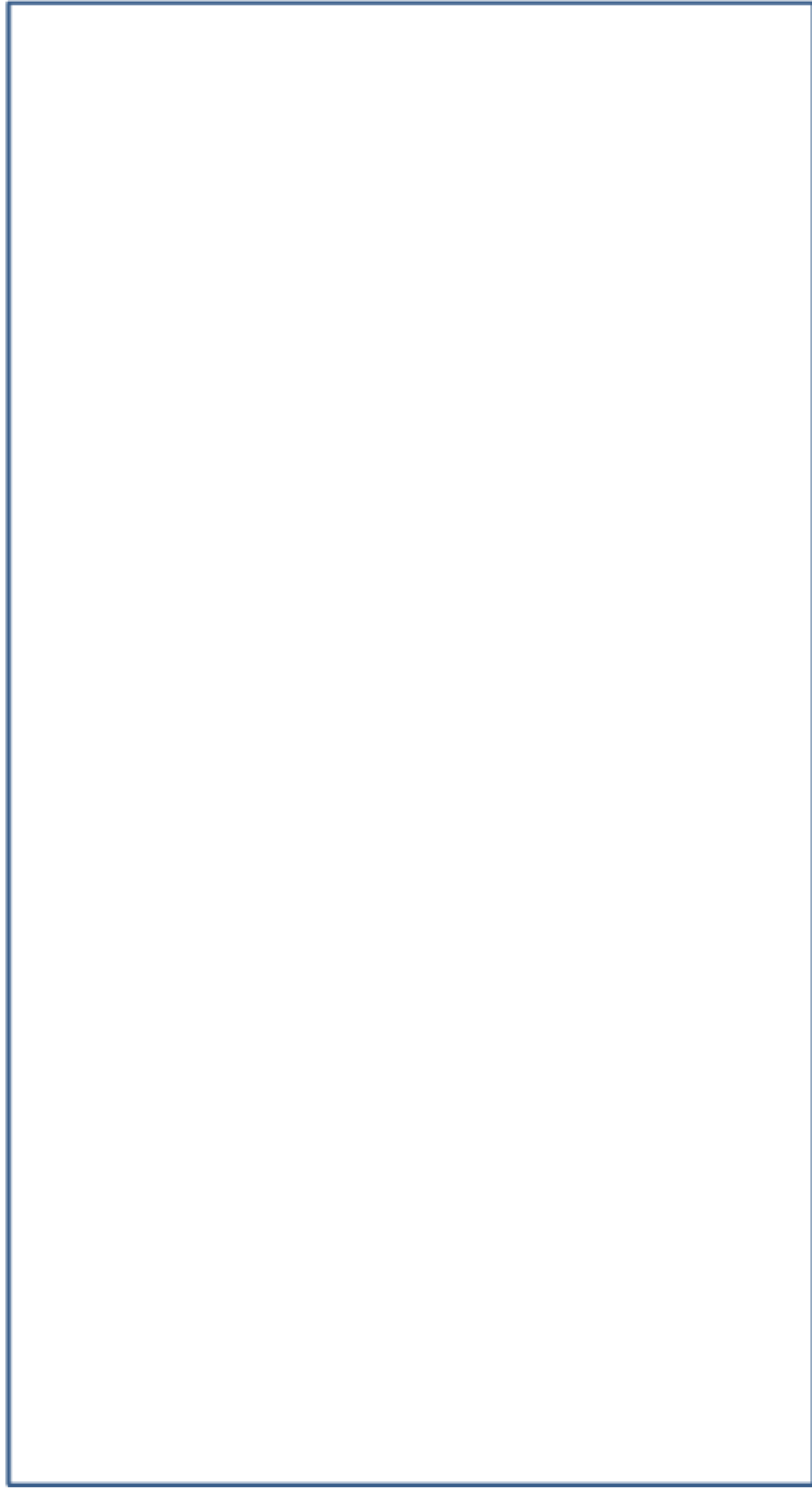


图 2.4-3b FPSO 工艺流程-详图

(2) FPSO 生产水处理流程

FPSO 配备有 1 套生产水处理系统，采用“水力旋流器+气浮”的两级处理流程：从原油处理系统中分离出的生产水先通过水力旋流器进行初步除油，脱出的油送入闭排罐；生产水继续进入浮选单元用气泡浮选法进一步除去剩余的油，浮选单元出来的少量气体直接放空。处理后的生产水含油浓度符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》三级海域排放标准排海。由水力旋流器和气浮分离出的污油直接进入闭排罐。

FPSO 生产水处理系统设计处理能力为 $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ ，计划配备 3 台水力旋流器（2 用 1 备）、1 台气浮选机，实际最大处理量为 $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

陆丰 12-3 油田生产水量平衡表见下表。FPSO 生产水处理流程见下图。

表 2.4-3 陆丰 12-3 油田生产水水量平衡表 (m^3/d)

配产/年	油田生产水总量	WHP 水处理量	管道外输水量	FPSO 水处理量
2022				
2023				
2024				
2025				
2026				
2027				
2028				
2029				
2030				
2031				
2032				
2033				
2034				
2035				
2036				
2037				

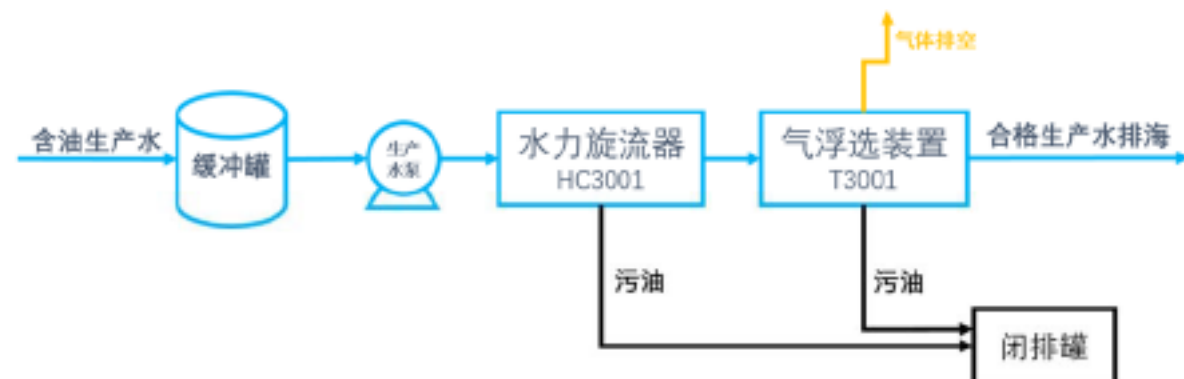


图 2.4-4a FPSO 生产水处理工艺流程示意图

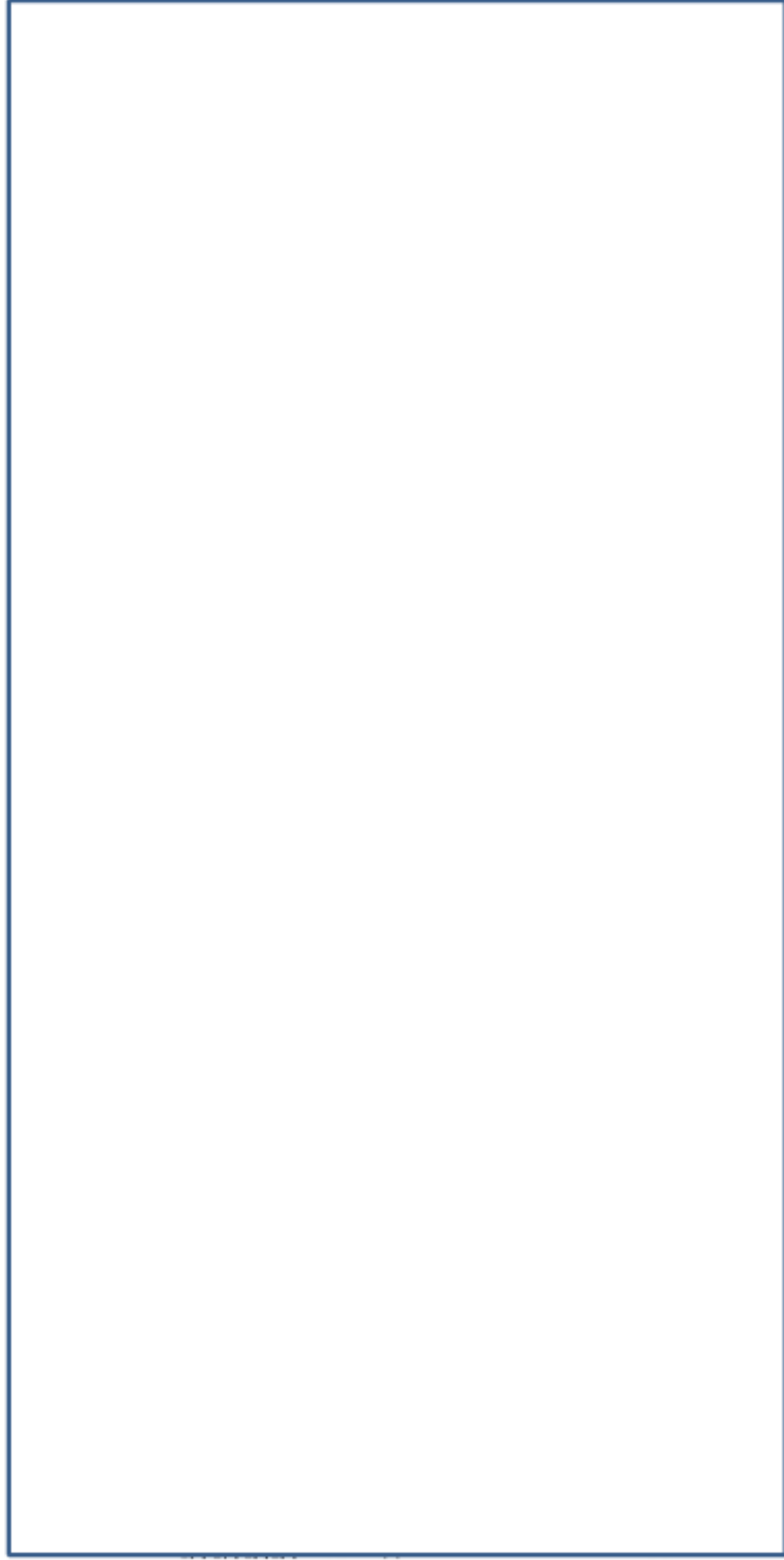


图 2.4-4b FPSO 生产水处理工艺流程详图

(3) 货油储存

FPSO 设有 12 个货舱储存产液。其中 10 个舱为货油舱，剩余 2 个舱用于不合格生产水或不合格原油舱，左右舷各设置 6 个。

货油舱内设有液压潜油泵，货油舱之间有跨舱互连，连接管在货油泵发生故障时使用，使货油舱中的油排入相邻的货油舱。

货油处理系统位于船主甲板上，包括：进油管汇，把货油从上部组块引入货油舱；传输管汇，用于货油舱调配，或送至污油舱，或打回流程；左舷和右舷外输管汇，从货油舱输送货油到卸油系统。

FPSO 设置有货油加热系统，为储存的货油提供热量以维持其液体状态并避免析出蜡。热源由上部工艺组块提供。

(4) 卸油

卸油期间，外输油轮位于 FPSO 船尾处，与 FPSO 之间通过系泊尼龙缆系泊连接，使用货舱内的输油泵通过卸油软管将合格原油输至外输油轮货舱。卸油泵输送能力约 $4200 \text{ m}^3/\text{h}$ ，可在 24 小时内完成卸油。

卸油软管安装在 FPSO 船艏处液压驱动转盘上，完成卸油后冲洗软管，一般情况下冲洗液进入外输油轮污油舱，也可以反冲洗进 FPSO 污油舱或货油舱。软管直径约 20”，长约为 250m。转盘和基座的总高度约为 13m-15m。

每个货舱都配有洗舱枪进行洗舱，以免在舱底或舱壁板上形成沉淀物。货油舱需要洗舱时，先临时向 2 号污油舱 (Slop tank) 打入海水，海水通过加热盘管加热至约 66 度，由污油舱泵经洗舱管系、货油舱洗舱机进行洗舱。洗舱完毕后，舱内的洗舱水打回 1 号污油舱，经过沉淀分离，底部的水通过沉降管线进入 2 号污油舱；上层污水打到 FPSO 生产水处理流程，经过处理达标后排海；污油舱污油进入 FPSO 原油处理流程，不外排。

2.4.2.2 FPSO 公用工程

FPSO 上的公用系统主要有：生活污水处理系统、压载系统、惰性气体系统、安全和救生设备、火灾探测和消防系统、吊机、发电系统、饮用水系统等。

(1) 生活污水处理系统

FPSO 生活污水与平台生活污水处理方法相同，均采用电解法处理，FPSO 定员为 80 人，并考虑一定数量的临时人员，生活污水处理装置设计规模按照 100 人考虑。

FPSO 生活污水经电解法处理后， $\text{COD} \leq 500 \text{ mg/L}$ ，符合《海洋石油勘探开发污染

物排放浓度限值》(GB4914-2008) 三级标准, 达标排海。

(2) 发电系统

FPSO 和井口平台 WHP 所需电力由设在 FPSO 上的原油发电机提供, 主发电机位于船艙两个单独上部组块中, 并配有燃料储存罐及通风系统。发电机的配置为 3 用 1 备发电机组, 单台现场功率为 ■■■ MW, 正常操作下提供 ■■■ MW 电力, 可满足生产和钻井需求的峰值电力负荷 (约 ■■■ MW)。另设置一台应急柴油发电机。

主发电机的主要燃料油是处理合格后的原油, 尽可能减少柴油的用量。当原油供应不足时, 可直接切换至使用柴油燃料。供应给主发电机的原油需要进行预处理以满足发电机所需的规格要求。原油处理撬能满足发电机 48 小时原油使用供应能力。

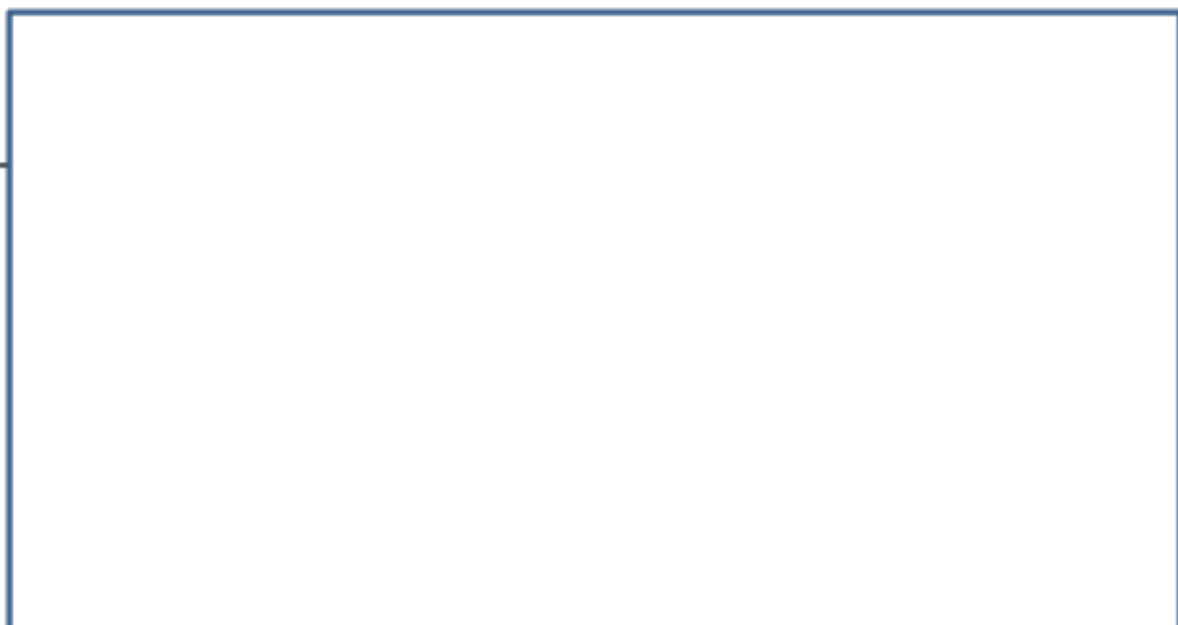


图 2.4-5 发电系统示意图

发电机年耗油量最大约 ■■■ 3 万方 (2025 年, 约合 ■■■ 吨)。

(3) 化学药剂注入系统

化学药剂注入系统用于处理产液、保护管道及设备, 能够适应上部组块设施的连续和间歇化学注入程序。

该系统包括化学药剂储罐、注入和剂量控制系统等。成品化学药剂由供应船供应。

(4) 仪表风和公用气系统、氮气系统、惰气系统

仪表风和公用气系统位于船体机舱内。主要包括主空气压缩机 (2 用 1 备)、空气干燥器 (2 台) 和仪表风储罐 (1 台)。

氮气生成系统即压缩空气动力膜系统, 生产 99% 纯度的氮气。氮气用于设备的氮封和设备与管道的吹扫。

IMO（国际海事组织，International Maritime Organization）规定对载重量 20000t 及以上的闪点不超过 60℃的原油或成品油船以及所有使用原油洗舱的油船，均需设置惰性气体系统，该要求同样适用于 FPSO。惰气系统主要用于货油舱、污油水舱、不合格油舱及工艺模块等处所的保护，其中货油外输时货油舱所需的惰气量最大。为保证外输作业的安全可靠，新建 FPSO 上配置 1 套烟气模式及 1 套直燃模式惰气发生器。

（5）开闭排系统

开排系统（危险区和非危险区）收集从工艺装置甲板排放口和设备滴水盘出来的液体。开排导入污油舱，并在各装置区域间设水封以防窜气。回收的污油打回工艺流程，处理合格后的原油打入货油舱。

闭排系统收集带压工艺容器和设备的烃类排放物。闭排总管将收集的液体排至闭排罐，在闭排罐中进行油水分离。污油送回生产分离器进行处理，含油污水送至生产水处理系统。

（6）海水系统

海水系统利用专用海水提升泵（电潜泵）向船体和上部组块上的海水使用单元供应海水。海水系统包含 2 台海水提升泵、粗过滤和精细过滤器、泵护管处的生物处理设施等。

（7）压载水系统

FPSO 设置有专门的压载水舱，分布于船体外侧，与货油舱不连通。压载系统是为了在原油注入、外输、倒舱以及进行扫舱洗舱等作业时，使船体具有较好的稳定性和有良好的结构受力状态；当原油装载不合理而出现船体结构不利的受力、吃水、稳性和自由液面时，可通过压载系统来调整不合理的配载。压载水舱总容积约 10000 m^3 ，压载水的打入和排出均通过专用压载泵和扫舱泵。

综上，FPSO 上主要公用设施和环保设施见下表。

表 2.4-4 FPSO 主要公用设施和环保设施

设施分类	设施名称
公用设施	发电系统（原油发电机）、应急电源（应急柴油发电机）及柴油储罐
	原油外输计量系统（流量计）
	海水系统、淡水系统、饮用水系统
	化学药剂系统、氮气系统
	消防系统、安全救生系统
	吊机
	80 人生活楼

设施分类	设施名称
	直升机甲板及支持系统
环保设施	开式排放系统（开式排放罐和开式排放泵）
	闭式排放系统（闭式排放罐和闭式排放泵）
	伴生气火炬系统
	含油生产水处理系统
	生活污水处理装置
	固体废弃物处理系统（包括厨房用粉碎机和垃圾分类回收专用箱）

2.4.3 新建单点系泊系统

本油田 FPSO 将使用单点系泊系统（SPM）永久系泊，将 FPSO 永久系泊在水深 240 米的海域，设计标准为能抵御百年一遇台风天气。

本油田推荐采用台风期间不解脱的内转塔式永久型单点系泊系统，转塔形式采用集成于船体的固定转塔式。转塔通过上轴承和底轴承连接在单点舱内。

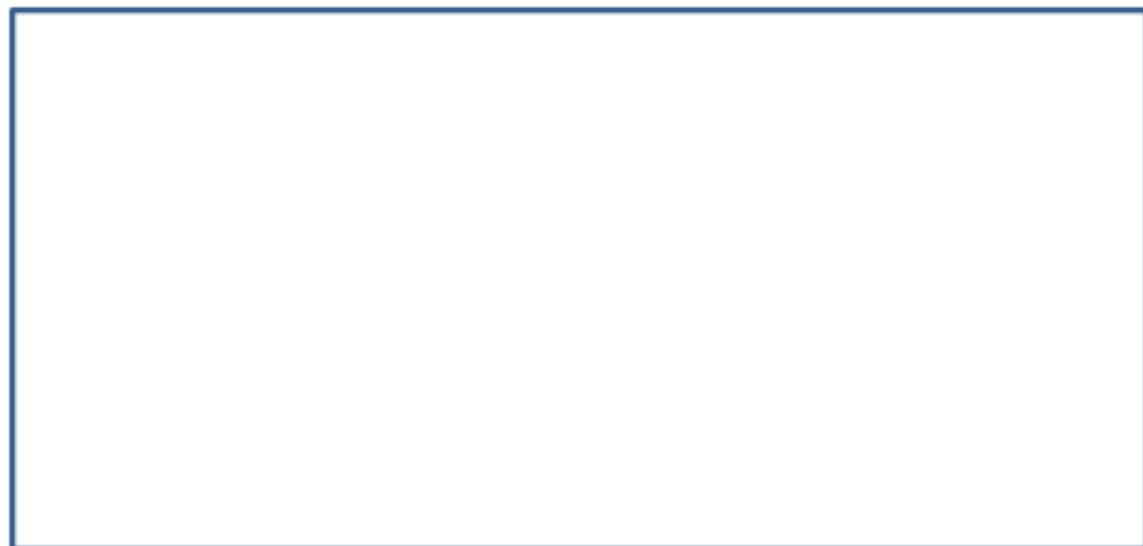


图 2.4-6 FPSO 内置转塔示意图

FPSO 采用 3×3 的系泊系统，即 3 组系泊缆，每组有 3 根锚链组成。采用内转塔单点系泊系统定位，将其连接到 FPSO 的转塔支撑结构，可满足 FPSO 随天气 360°转向的需求。



图 2.4-7a FPSO 系泊系统平面布置图

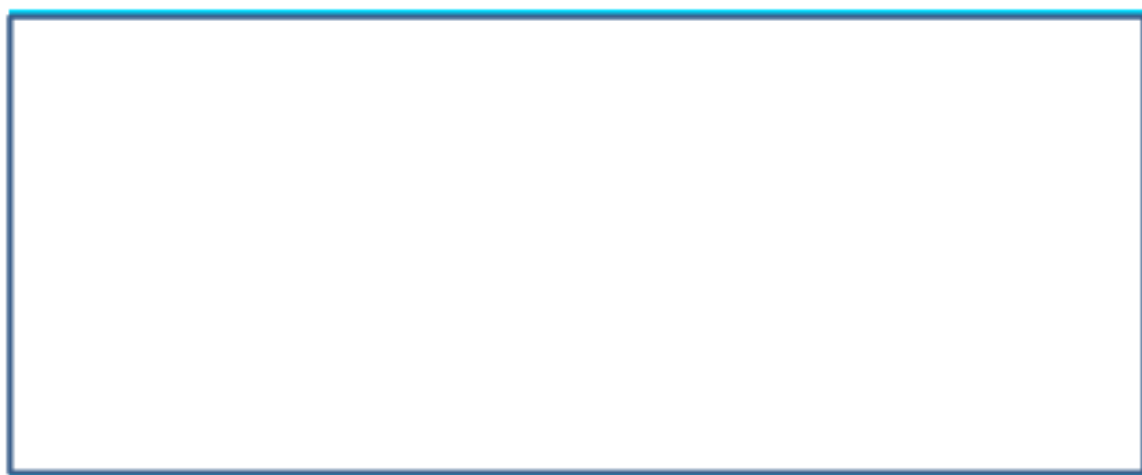


图 2.4-7b FPSO 系泊系统示意图

单点系泊系统设置在 FPSO 靠近艏部的位置，转塔位于船体内，通过锚链将 FPSO 系泊于指定位置，锚端采用锚桩固定于海底。海底到 FPSO 之间的管线、电缆、控制管线等采用柔性管缆，通过单点系泊系统中设置的滑环组与 FPSO 的相应系统连接。该系泊系统为不解脱类型，适用水深为 50m 以上，可抵抗 100 年一遇环境条件甚至更恶

劣海况。相关系泊系统设计符合规范要求，保证船体在立管允许的范围内漂移。

单点系泊系统设计寿命为 25 年，系泊系统采用 3×3 布置（系泊缆分 3 组，每组 3 根），每条系泊缆由锚、系泊链/钢缆和附件组成。系泊半径 1200m，系泊底座单个直径约 5-6 米，一共 9 个。

FPSO 转塔上配备有滑环通道，主要包括产液流体通道（1 用 1 备）、电通道（1 用 1 备）、通信通道及备用通道等。

2.5 新建海底混输管道及海底电缆

WHP 平台产出物流通过 2.9km 海底混输管道运送至 FPSO 进行最终处理；平台生产所需电力由 FPSO 上原油发电机通过 3.0 km 海底复合电缆提供。

本油田所在海域水深约 240 米，新建海底管道和电缆均不挖沟，直接敷设于海底。

2.5.1 新建海底混输管道

井口平台出来的含油产液通过一条内径 10 寸海底管道输送至 FPSO。为尽可能缩短管道长度，海底管道路由尽可能为直线。

（1）海管设计参数

新建海底混输管道设计寿命为 25 年，设计压力 \blacksquare kPaA，最大操作压力 \blacksquare kPaA，设计温度 \blacksquare °C，最高操作温度 \blacksquare °C，内径 10 英寸（238mm）。

管道全长约 2.9km，起点为 WHP 平台，分为 3 段，其中 WHP 平台侧立管长约 240m，为 10"/16" 双层保温钢管；平台底部至 FPSO 立管基座段为海底部分，长约 1700m，为静态挠性管；FPSO 立管基座至 FPSO 段为动态挠性管，采用系链缓波型构型，长约 990m。

各段截面如下所示：

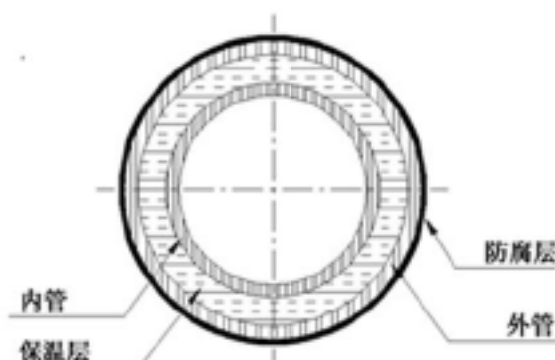


图 2.5-1a 海管截面示意图（钢制立管段）

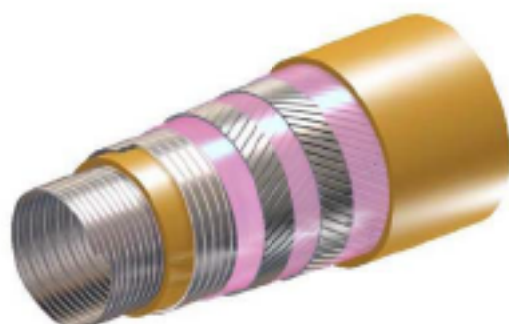


图 2.5-1b 海管截面示意图（挠性管段）

海管从井口平台刚性立管开始铺设，经过膨胀弯，横穿 1.7 公里海床，到达 FPSO 端立管基座结构。立管基座结构至 FPSO 段挠性管为动态段。用混凝土压块对海床上的挠性管进行保护。

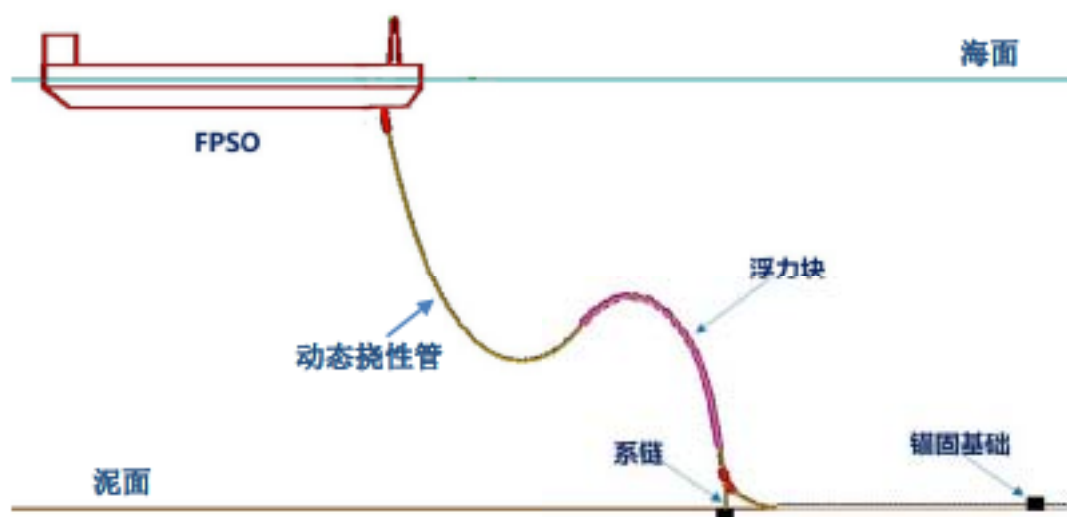


图 2.5-2 FPSO 端动态立管示意图

(2) 海管防腐

海管 WHP 平台端采用刚性立管，外防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法。海底段及 FPSO 端动态段采用挠性管，最外层为高密度聚乙烯 (HDPE)，可以满足外防腐要求，一般不要求额外外防腐措施。

海底管道设计年限按 25 年考虑，碳钢立管内腐蚀裕量现阶段按 6mm 考虑。

运营期间，井口平台还可以选择向管道产液中注入缓蚀剂，以防止管道系统中的腐蚀，并定期清管。

2.5.2 新建海底复合电缆

井口平台通过 3.0 公里的海底电缆从 FPSO 引入电力。为了避免 FPSO 单点悬挂的

动态电缆与动态海底管道之间的干涉碰撞，海底电缆与管道的布置方位略有不同，动态电缆与动态立管之间留有一定的角度，电缆海底段位于管道路由北侧，电缆路由拐点距离管道路由约 300m。

海底电缆海底段与动态段总长约 3.0km，其中 FPSO 转塔中心至海底基座动态段长约 990m、海底基座至平台底部海底静态段长约 1800m，平台端长约 240m。

电缆从井口平台的上部模块，穿过预先安装在井口平台导管架上的电缆护管，横穿海床，最后固定在电缆基座上。电缆基座到 FPSO 转塔为动态段。

本项目新建海底电缆为 35kv 光电复合海缆，外径 121.6mm，由三相线芯和一组光纤构成：设置三根线芯，单根截面积 150 mm^2 ，设置三根光纤，每根光纤 12 芯（单模），单纤直径 10mm。电缆截面如下图所示：

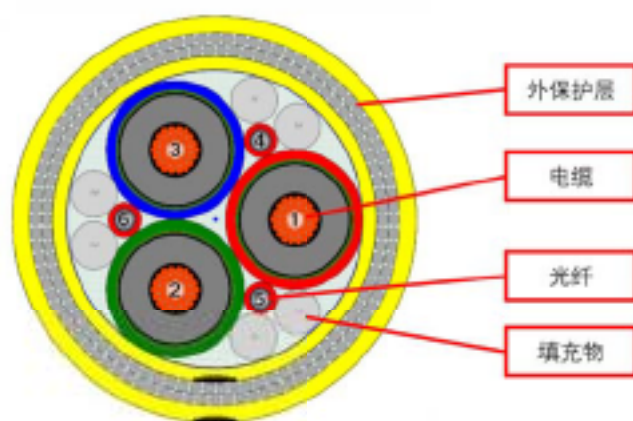


图 2.5-3 电缆截面示意图

动态段电缆线芯为铜导体，双层铠装，以确保能抵抗可能的坠落物体的冲击。填充料是高密度聚乙烯，外层包覆为高密度聚乙烯。

静态段电缆线芯为铜导体，单层铠装。填充料是高密度聚乙烯，外层包覆为高密度聚乙烯。

2.6 海上施工和建设方案

本项目海上施工期的作业内容主要包括导管架和甲板上部组块等设施的海上安装、海底管道/电缆的铺设、单点系泊系统安装、FPSO 就位连接以及钻完井作业等。

2.6.1 安装和调试

2.6.1.1 导管架及上部组块安装

导管架、组块在陆地建造，导管架、组块均滑移装船，使用运输驳船运抵现场，导

管架滑移下水，利用浮吊船对导管架进行扶正就位，打桩由重型浮吊和水下打桩机完成，之后进行灌浆把导管架固定在桩上。

平台甲板上部组块设施使用浮吊船吊装安装。为适应最大吊装重量的限制，平台上部组块需要分为两个可以吊装的模块。在安装完两个上部甲板模块后，纵向构架的顶部和底部大梁将进行现场拼接。

本阶段施工拟使用[]或同等类型船，可用于海上油气田大型导管架的装船、运输和下水，或运输其他甲板货物和进行大型组块、深水结构物的运输和浮托安装。

2.6.1.2 系泊系统安装及 FPSO 就位

单点系泊系统采用没有单点浮筒的单点形式。先预铺设系泊缆，然后拖航船体到油田，将系泊缆与船体连接，完成安装。回接作业周期 10 天左右。

系泊系统安装拟采用[]或同等类型船，可以为深水系泊锚系安装和铺管犁式挖沟作业，能够满足东海和南海深水海管挖沟、系泊安装的工程要求。

FPSO 与系泊系统连接后，在 DP (Dynamic Positioning 动力定位系统) 工程船辅助下，通过单点系统设置的提升装置将预敷设在海底的立管、电缆分别提升，与单点系泊系统的液滑环、电滑环连接，完成海上连接作业。连接完成后可以开始调试作业。

此种类型单点系泊系统，在满足相应规范设计要求条件下，可以抵抗 100 年一遇台风环境条件。

2.6.1.3 海底管道铺设

本项目海底管道不埋设，直接放于海床上，主要工作包括：预调查、管道铺设、新海管井口平台膨胀弯安装、新建平台立管安装。

拟使用[]或其他同等船舶进行管线铺设，具备深水吊装、铺设脐带缆/软管/电缆作业支持能力。

● 预调查

海管铺设前要进行预调查，如果发现障碍物，将进行路由清障作业，如果没有发现障碍物则不需要清障作业。

● 管道铺设

铺管船将从 WHP 平台侧起始铺设，即管线从井口平台开始向 FPSO 进行铺设安装（东到西方向）。由水下机器人连接挠性管端部与平台导管架钢制立管端部后，铺管船

将沿着设计的路由前行，直至连接 FPSO。管线铺设期间，对铺设管线进行全程监控，以确保管线能够铺设到设计路由上。

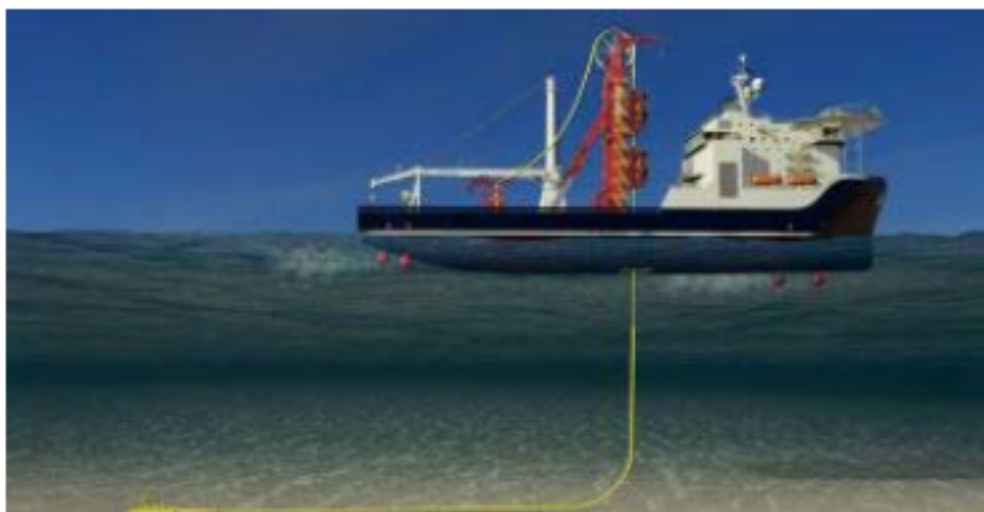


图 2.6-1 铺管作业施工示意图

- **挠性立管 FPSO 端回接**

挠性立管待铺设完成后，通过动力定位铺管船将动态挠性立管通过吊机传递至 FPSO 侧缆绳，通过缆绳将立管回接至 FPSO 立管甲板，并进行相应的固定。

- **新铺设海管清管、试压**

海管铺设完成后进行清管试压，包括通球测量和水压试验。管道通球将使用新建管道两端的发射筒和接收器。清管完成后，开展新管线试压工作。

清管和试压介质使用海水，清管试压后的清管废液检测合格后就地排放。

2.6.1.4 海底电缆铺设

海底电缆拟用 [] 船或其他同等类型船施工。

电缆从井口平台开始向 FPSO 进行铺设安装，采用绞车牵引，通过电缆护管到井口平台导管架顶部。

电缆将沿管线路由北侧进行铺设，与管道最小间距为 20 米。在安装过程中，将由水下机器人（ROV）监控电缆敷设情况。

2.6.1.5 海上连接和调试

FPSO 与系泊系统连接后，在 DP 工程船辅助下，通过单点系统设置的提升装置将预敷设在海底的立管、电缆分别提升，与单点系泊系统的液滑环、电滑环连接，完成海上连接作业。连接完成后进行调试作业。

2.6.2 钻完井

本油田钻井为单井单钻，由平台自带模块钻机完成。油田所有生产设施就位后，采用钻井一口、完井一口和生产一口的原则，经济效益优于批钻所节省的费用，且不会造成生产设施闲置浪费等现象。

初步方案首先考虑在油藏构造和油藏特性不确定性较小、位于油田中心区域的 ZJ470 层钻井，先钻一口领眼井 P1，领眼井与 A13H 井使用同一个井槽。计划首先采用 9 口水平井开发 ZJ470 层，然后采用 3 口水平井开发 ZJ450 层，最后单独采用一口水平井开发 ZJ460 层。

表 2.6-1 陆丰 12-3 油田开发井情况

时间	井名	类别	钻井方式	备注
2022 年		生产井	平台模块钻机	P1 领眼井与 A13H 井使用同一个井槽
2023 年				

(1) 井槽平面布置



图 2.6-2 平台井槽排列图

平台设计 4×5 共 20 个井槽，井口中心距为 7.5 英尺（2.286 米）。初期计划开发先期钻 1 口领眼井及 13 口生产井（领眼井 P1 与 A13H 共用一个井槽），预留 7 个井槽。

（2）钻井基本参数

钻井基本情况如下表：

表 2.6-2 陆丰 12-3 油田钻井平均基本数据

油田名称	陆丰 12-3 油田	水深	240.0m	钻井时间	
类型	生产井	海拔		完井时间	
完井	裸眼防砂筛管	泥线		总时间	
最大井斜	水平	导管		365.0m	
钻机类型	平台	表层套管		725.0m	
钻机名称	模块钻机	生产套管		2330m	
水平长度	633.5m	完钻井深		2964m	

备注：钻台为深度参考点，P1 领眼井与 A13H 井使用同一个井槽。

表 2.6-3 陆丰 12-3 油田典型井身结构

井号	井身长度 (m)	井眼尺寸	套管尺寸
A1H	2998		
A2H	2929		
A3H	2992		
A4H	3101		
A5H	2830		
A6H	2787		
A7H	2938		
A8H	3303		
A9H	3405		
A10H	2636		
A11H	3019		
A12H	2810		
A13H	2865		
P1	1830		

典型井身结构示意图如下：

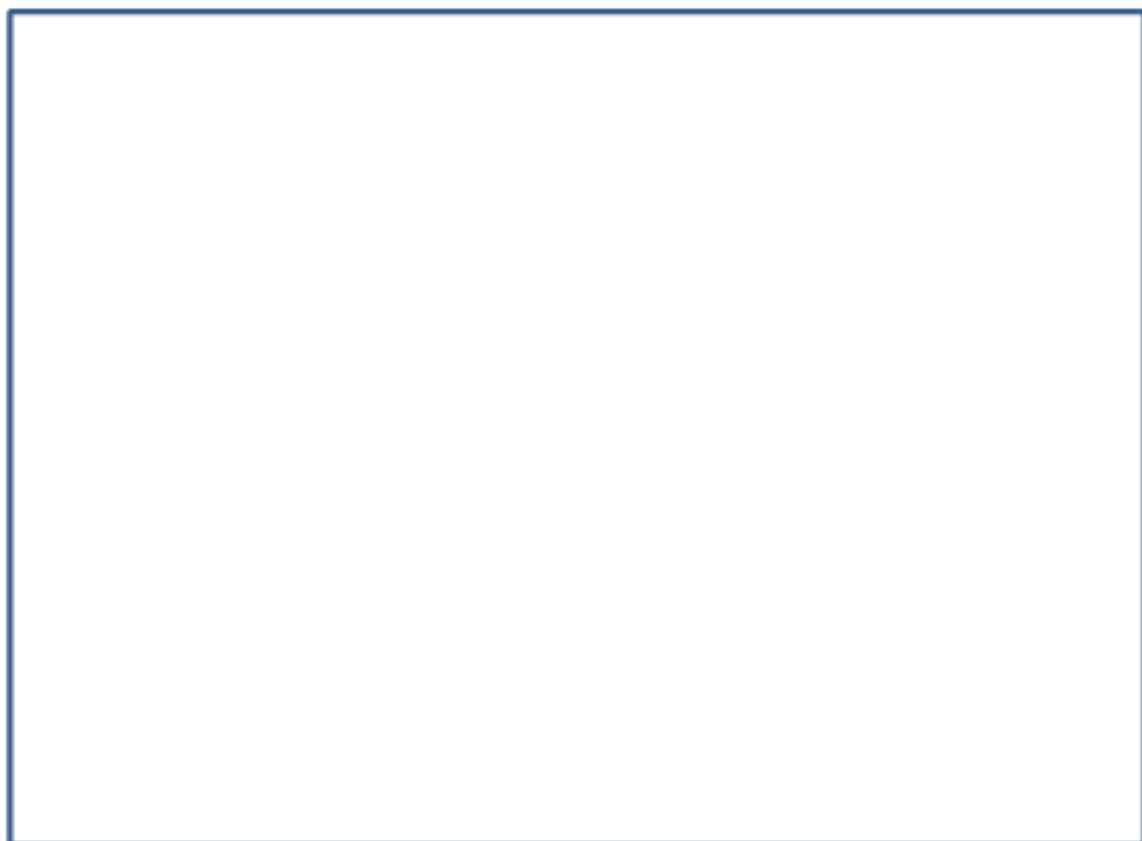


图 2.6-3 典型井身结构图 (12 口)



图 2.6-4 典型井身结构图-A13H 井

(3) 钻井液成分

各井段钻井液体系需要根据油田的地层岩性、井底温度和压力确定,以达到防塌、防漏、防水化膨胀、防卡及安全快速钻进的要求。

考虑到陆丰 12-3 油田前期探井钻井、地层岩性、温度、孔隙压力的结果,为达到井眼稳定的目标,防止井眼垮塌和卡钻以及快速钻进,推荐使用高性能的水基钻井液。

表 2.6-4 陆丰 12-3 油田钻井液体系推荐

井眼尺寸	16"	12-1/4"	8-1/2"
钻井液类型	海水/膨润土浆	聚合物钻井液	免破胶钻井液
密度 (g/cm ³)			
粘度 (s/qt)			
PV (mPa·s)			
YP (Pa)			
GEL10"/10' (Pa)			
Φ6/3			
API FL (ml/30min)			
pH 值			
低密度固相含量 (%)			
K ⁺ (mg/l)			
LSRV (cps)			

(4) 钻井方案

钻井方案: 首先进行 24" 隔水导管打桩作业, 然后钻进 16" 井眼, 下/固 13-3/8" 套管; 钻进 12-1/4" 井眼至中完井深, 下/固 9-5/8" 套管, 钻 8-1/2" 井眼至设计完钻井深, 转入完井作业。

完井程序: 下防砂管柱, 坐封隔器; 下生产管柱、坐封隔器; 装采油树等。

固井方式: 采用单级双封的固井工艺。

2.6.3 施工船舶与施工人员、工期安排

本项目海上施工整体进度安排见下表。

表 2.6-5 海上施工期作业内容、施工船舶及作业人员

序号	环节	预计天数	拟采用船舶资源	定员	备注
1	导管架、上部组块运输及安装	54			
2	SPM 系泊系统安装	60			
3	FPSO 就位连接	30			

序号	环节	预计天数	拟采用船舶资源	定员	备注
4	海底管道铺设及立管安装	30	██████████	█	
5	海底电缆铺设	10	██████	█	
6	海上连接和调试	53 天	██████	█	
7	钻完井作业	412 天	██████████	█	

3 工程分析

3.1 施工期污染因素分析与污染源强核算

3.1.1 施工期产污环节分析

本项目施工期的作业内容包括海上施工/安装作业和钻完井作业等。

海上施工/安装的作业内容包括导管架就位与安装，平台上部模块安装/连接与调试，系泊系统安装，FPSO 就位安装/连接与调试，以及海底管道、电缆的铺设等。污染物产生情况见下图，主要污染物为施工船舶的机舱含油污水、施工人员生活污水、生活垃圾和生产垃圾，主要污染因子为石油类及 COD。

钻完井作业由平台模块钻机完成，这一阶段主要污染物包括钻屑和钻井液、生活污水、生活垃圾、生产垃圾和支持船机舱含油污水等。主要污染因子为石油类、悬浮物及 COD。

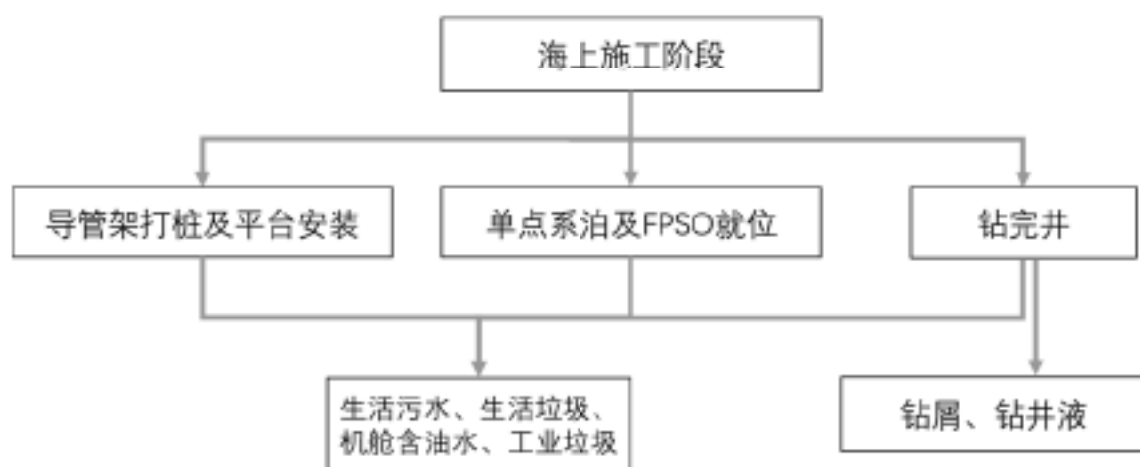


图 3.1-1 施工期产污环节图

3.1.2 施工期污染源强核算

3.1.2.1 钻井液、钻屑源强核算

(1) 钻井液

● 钻井液源强核算

本项目钻井方式为单井单钻，钻井作业中采用水基钻井液。钻井液排放环节主要有 4 个：外排钻屑粘附、固井置换、提钻携带以及钻完井结束后的一次性排放。钻井液

的最大排放量和速率出现在钻完井结束后的一次性排放过程中。根据钻井计划，本项目钻井液排放情况见下表。

表 3.1-1 本项目钻井液产生情况表 (m³)

井号	非油层段钻井液	油层段钻井液	钻井液总量	最大一次性排放量
A1H	■	■	■	■
A2H	■	■	■	■
A3H	■	■	■	■
A4H	■	■	■	■
A5H	■	■	■	■
A6H	■	■	■	■
A7H	■	■	■	■
A8H	■	■	■	■
A9H	■	■	■	■
A10H	■	■	■	■
A11H	■	■	■	■
A12H	■	■	■	■
A13H	■	■	■	■
P1	■	■	■	■
合计	■	■	■	■

本项目钻完井过程中，共产生钻井液 ■ m³，所用钻井液全部为水基钻井液，最大排放速率出现在钻井结束后的一次性排放，最大排放速率约为 35m³/h。钻井液比重一般为 ■ g/cm³，按 1.25g/cm³ 计算，则水基钻井液排放产生悬浮物的源强为 12.15kg/s。

● 钻井液处理措施

平台在泥浆池中配制水基钻井液，配制前检查各个管线阀门，确保管线阀门不漏，配制完成的水基钻井液需取样进行生物毒性检测、含油量检测。排放钻井液前现场需进行含油量检测，检测满足排放标准方可进行排放。

根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008) 规定，油田所处海域为三级海域，含油量 ≤ 8% 的钻井液经检验合格后可排放，含油量 > 8% 的钻井液运回陆地交由有资质单位接收处理。

结合以往工程经验及本油田勘探井钻屑钻井液检测报告 (见附件)，水基钻井液的含油量较低，可以满足 ≤ 8% 的要求，经海区主管部门批准后可以全部原井位直接排海。

(2) 钻屑

● 钻屑源强核算

钻完井过程中产生的钻屑分为油层段钻屑和非油层段钻屑两类。钻屑的排放量主要取决于井深长度和井身结构，据井身结构可粗略估算出排放的钻屑总量。

本项目全部为新钻井，计算钻屑总产生量时井深取井长，井眼半径取各段井深相对应半径值。当钻至油层时，会有少量的油层段钻屑产生。本项目钻屑源强核算结果见下表。

表 3.1-2 钻屑源强核算结果表

井号	非含油钻屑 产生量 (m ³)	含油钻屑 产生量 (m ³)	钻屑产生量 (m ³)	钻井时间 (d)	钻屑最大平均排放速 率 (m ³ /d)
A1H					
A2H					
A3H					
A4H					
A5H					
A6H					
A7H					
A8H					
A9H					
A10H					
A11H					
A12H					
A13H					
P1					
合计					

本项目钻井过程中产生钻屑 \blacksquare m³，其中非含油钻屑 \blacksquare m³，含油钻屑 \blacksquare m³。根据施工方案，钻屑的最大平均排放速率不会超过 25 m³/d。钻屑密度按 2.6g/cm³ 计，钻屑排放产生悬浮物的源强为 0.75kg/s。

● 钻屑处理措施

本项目全部使用水基钻井液，产生的非含油钻屑及含油钻屑，均需现场检测含油量，检测满足排放标准方可进行排放。

根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008) 规定，工程所处海域为三级海域，含油量 $\leq 8\%$ 的钻屑经检验合格后可排放，含油量 $> 8\%$ 的钻屑运回陆地交由有处理资质单位进行接收处理。

结合以往工程经验及本油田勘探井钻屑钻井液检测报告（见附件），使用水基钻井液产生钻屑的含油量较低，可以满足 $\leq 8\%$ 的要求，经主管部门批准后可以平台位置

直接排海。

3.1.2.2 船舶污染物

海上施工期间产生的船舶污染物主要有机舱含油污水、船上人员的生活污水、生活垃圾、生产垃圾等。

根据工程施工人数、天数和船舶数量估算船舶污染物产生量。根据海洋石油开发统计资料，生活污水的产生量按每人 350L/d，生活垃圾按每人 1.5kg/d（其中食品废弃物按每人 1.0kg/d，其它生活垃圾按每人 0.5kg/d），机舱含油污水按每船每日 0.5m³ 计算，海上施工期船舶污染物产生量详见下表。

表 3.1-3 施工期船舶污染物

序号	环节	施工船舶数量 (艘)	施工人数	施工天数	生活污水 (m ³)	生活垃圾 (t)	机舱含油污水 (m ³)
1	导管架、上部组块运输及安装	4	■	54	■	■	■
2	SPM 系泊系统安装	1	■	60	■	■	■
3	FPSO 就位连接	1	■	30	■	■	■
4	海底管道铺设及立管安装	2	■	30	■	■	■
5	海底电缆铺设	1	■	10	■	■	■
6	海上连接和调试	2	■	53	■	■	■
7	钻完井作业	1	■	412	■	■	■
合计					■	■	■

施工船舶生活污水经船用生活污水处理装置处理后达到《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 后排海。钻完井期间平台及 FPSO 产生的生活污水执行《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008) 三级标准，处理达标后排海。

施工船舶生活垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)，小于 25mm 的食品废弃物排海，塑料废弃物、包装等其他生活垃圾收集并运回陆地；钻完井期间平台及 FPSO 产生的生活垃圾执行《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008) 三级标准。

3.1.2.3 施工期其他污染物

(1) 生产垃圾

海上油田施工期产生的生产垃圾主要包括废弃器件边角料、油棉纱、包装材料等。属于含油固体废弃物。根据《国家危险废物管理名录》(环境保护部令第 39 号)，废弃

的含油抹布、劳保用品属于危险废物豁免管理清单，可以混入生活垃圾处理，全过程不按危险废物管理。

根据以往类似海上油田工程项目的统计数据推算，本项目海上平台安装过程中产生生产垃圾约 10 t，钻完井过程产生约 10 t，海管/电缆铺设过程中产生约 2 t，系泊系统安装及 FPSO 安装就位过程产生约 5t，施工期生产垃圾总共约 27t，经垃圾箱收集后，转运至陆上交由有资质单位进行处理。

(2) 噪声

施工期工作船舶和打桩噪声不会超过 60~100dB(A)，由于在海上工作远离居民点，其影响可以忽略。

(3) 大气污染

施工期的大气污染主要是施工机械和施工船舶产生的废气，对工程周边的大气环境影响较小，并且施工期间排放的大气污染物随施工期的结束而结束。

(4) 悬浮泥沙

本项目海底管道电缆均直接敷设于海底，不进行挖沟，对海底扰动很小，故悬浮泥沙产生很小。

平台导管架打桩、系泊系统锚固等阶段，会对海底造成扰动产生少量悬浮泥沙，但由于不进行开挖，总量较小，对海洋环境影响可以忽略。

(5) 清管废水

海底管道铺设完成后需进行清管和试压，清管和试压使用除氧海水，清管试压后的清管废液检测合格后就地排放，主要污染物为少量悬浮物，对环境的影响很小。

3.1.2.4 施工期污染物汇总

施工期各种污染物的产生量详见下表。

表 3.1-4 海上施工各阶段主要污染物

污染物	污染物产生量	污染物排放量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
水基钻井液	■	■	35m³/h	悬浮物	检验合格后按相关要求排海
非含油钻屑	■	■	25 m³/d		
含油钻屑	■	■	25 m³/d		
生活污水	■	■	/	COD	处理合格后排海
生活垃圾	■	■	/	/	食品废弃物排海，塑料废弃物、包装等收集运回陆地

污染物	污染物产生量	污染物排放量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
机舱含油污水	■	■	/	石油类	按要求排海
生产垃圾	■	■	/	/	收集后转运至陆上

3.2 运营期污染因素分析与污染源强核算

3.2.1 运营期产污环节及污染物分析

在油田生产运营期，主要污染物为含油生产水、人员生活污水、生活垃圾、生产垃圾、伴生气放空及火炬燃烧、发电机尾气等。值班船也会产生一定量的船舶污染物。运营期主要污染因子为石油类、COD 等。

运营期产污环节见下图。

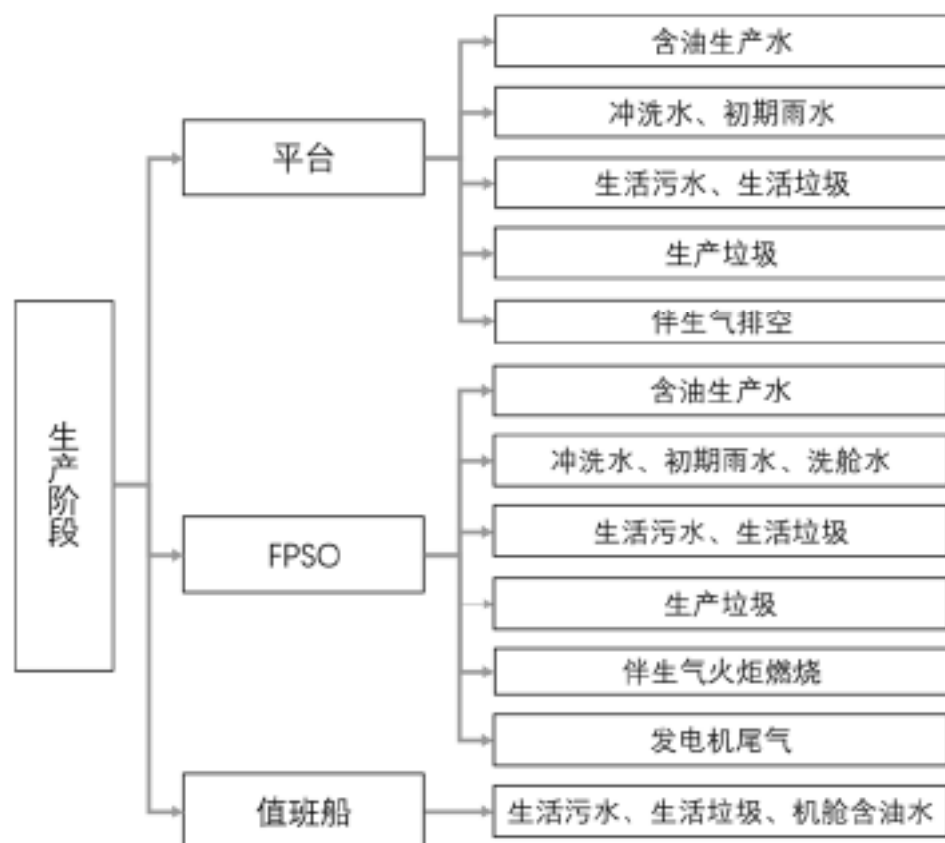


图 3.2-1 运营期产污环节图

3.2.2 运营期污染源强核算

运营期产生的污染物主要是含油生产水、初期雨水和甲板冲洗水、设施维修产生的生产垃圾、伴生天然气放空/燃烧等；此外还有作业人员所产生的生活污水、生活垃圾等。

3.2.2.1 含油生产水

(1) 正常工况

根据产能预测，本项目投产后，井口物流经平台生产水处理系统初步处理后，含水原油经海底混输管道外输至 FPSO 进一步处理成合格原油。平台、FPSO 原油处理系统分离出的含油生产水经平台、FPSO 上的生产水处理系统处理合格后直接排海。

根据产能预测表，陆丰 12-3 油田的生产水最大产生量为 $\blacksquare \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ (2031 年)，最大日产水量为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ (2032 年)。

其中，平台生产水实际日最大处理量约 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ (2027 年起)，FPSO 生产水实际日最大处理量约 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ (2032 年)，处理后的生产水含油量不大于 45 mg/L ，满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB4914-2008) 三级标准排海。

(2) 非正常工况

非正常工况下(如系统故障、维护、地层压力变化以及其他维护性操作时)，平台停产，启动应急置换，海底混输管道中的含水原油直接进 FPSO 污油舱，不排海。

3.2.2.2 伴生天然气放空/火炬燃烧

由于本油田几乎不产气，只有生产分离器分离出极少量的伴生天然气，伴生气主要是烷烃类组分，不含硫化氢。

油田开发前期，伴生气量最大约 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ (2023 年)；油田开发后期，伴生气量逐渐减少，产气量降至约 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ (2037 年)。

其中，平台原油处理系统脱出的气体将通过放空管直接放空，主要污染物为烃类。平台伴生气量较小，且随生产年限递减。

FPSO 原油处理系统脱出的气体进入火炬系统燃烧，主要污染物为氮氧化物。伴生气年均日排放量最大为 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$ (2023 年)，油田开发后期随生产年限递减。按照《第一次全国污染源普查工业污染源产污系数手册》(2010 年修订)，每燃烧 1 Nm^3 天然气约产生 13.63 m^3 烟气量； NO_x 的排放系数约为 $18.71 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ 。则本油田 FPSO 火炬燃烧产生的氮氧化物约为 1.72 kg/d (0.63 t/a)。

3.2.2.3 生产垃圾

在油田运营期间，井口平台和 FPSO 将会产生一些生产垃圾，如废弃的器件、边角料、油棉纱、包装材料等，属于含油固体废弃物。根据《国家危险废物管理名录》(环

境保护部令第 39 号), 废弃的含油抹布、劳保用品属于危险废物豁免管理清单, 可以混入生活垃圾处理, 全过程不按危险废物管理。

油田每年产生的生产垃圾约 210 t/a, 生产垃圾分类收集后, 运回陆地交有资质单位接收处理。

3.2.2.4 生活污水和生活垃圾

油田运营期, 平台和 FPSO 将有生活污水及生活垃圾产生。WHP 平台及 FPSO 上均设置生活污水处理装置 (电解法)。

WHP 平台及 FPSO 生活污水处理装置考虑了临时人员增加情况, 设计规模分别为 人和 人, 因此油田的全年平均作业人数按照 人估算污染物产生量。

海上平台每人每天生活污水产生量按 350L 计, 则运营期油田排放生活污水约为 $94.5 \text{ m}^3/\text{d}$ ($3.45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$), 经生活污水处理装置处理达标后排海。

生活垃圾按每人 $1.5 \text{ kg}/\text{d}$ 计 (其中食品废弃物按每人 $1.0 \text{ kg}/\text{d}$, 其它生活垃圾按每人 $0.5 \text{ kg}/\text{d}$), 运营期油田生活垃圾产生量约为 $405 \text{ kg}/\text{d}$ ($148 \text{ t}/\text{a}$), 其中颗粒直径小于 25 mm 的食品废弃物可以排海, 其他塑料、包装物等全部运回陆地交有资质单位处理。

表 3.2-1 运营期生活污水、生活垃圾产生量

序号	设施	规模	生活污水 m^3/a	生活垃圾 t/a
1	WHP			
2	FPSO			
合计				

3.2.2.5 船舶污染物

油田运营期参加作业船舶主要为值班船, 产生的船舶污染物主要包括生活污水、生活垃圾和少量的机舱含油污水等。具体污染物产生情况见下表。

表 3.2-2 油田运营期船舶污染物

船舶数量	作业人数 (人)	作业时间 (天)	生活污水 (m^3)	生活垃圾 (t)	机舱含油污水 (m^3)
1 条值班船	15	365	1916	8.2	183

其中生活污水经船用生活污水处理装置处理达到《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 后排放; 生活垃圾中颗粒直径小于 25 mm 的食品废弃物可直接排海, 其他塑料、包装物等全部运回陆地交有资质单位处理; 机舱含油污水按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 管理要求排海。

3.2.2.6 其他污水

油田运营期产生的其他含油污水包括平台及 FPSO 的甲板冲洗水、设备冲洗水、初期雨水及工艺容器排放液等，平台及 FPSO 上均设置有开式/闭式排放系统，用以收集这些含油污水。

平台及 FPSO 的开式排放系统主要包括开式排放罐和开式排放泵等，用于收集甲板初期雨水和清洗废水等。当开式排放罐达到一定的液位时，由开式排放泵将含油污水打入闭式排放罐。

闭式排放系统主要包括闭式排放罐和闭式排放泵，主要收集平台及 FPSO 上带压容器、管道等排放出的带压流体，当达到一定的液位时，由闭式排放泵将流体输送到原油处理系统进行处理。

此外，FPSO 设置有压载水舱，压载水的打入和排出均通过专用压载泵和扫舱泵，压载水中除添加少量次氯酸钠防止海洋生物外，不添加其他化学药剂，压载水的排放对海洋环境影响较小。

3.2.2.7 发电机燃烧尾气

陆丰 12-3 油田供电系统采用 FPSO 上的原油发电机组（3 用 1 备），燃料供给利用油田产出原油。发电机组原油年最大用量为 1.0 万方（2025 年），按原油密度为 $0.8765\text{t/m}^3 \sim 0.8884\text{t/m}^3$ ，约合 8.765~8.884 t。

表 3.2-3 发电机组燃料每年消耗量情况

年份	年耗油 $10^4\text{m}^3/\text{a}$	年耗油 t/a	备注
2022			投产初期使用柴油
2023			
2024			
2025			
2026			
2027			
2028			
2029			
2030			
2031			
2032			
2033			
2034			
2035			
2036			

年份	年耗油 $10^4\text{m}^3/\text{a}$	年耗油 t/a	备注
2037			

按照《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》(2010 年修订), 燃油发电机排污系数、燃油发电机废气污染物年排放量见下列表格。本油田原油含硫量约 0.1% (微含硫), 二氧化硫产污系数约为 2kg/吨燃料。

表 3.2-4a 燃油发电机排污系数表

污染物	工业废气量	氮氧化物	烟尘
排污系数	11152 $\text{Nm}^3/\text{吨燃料}$	6.56 kg/吨燃料	0.25kg/吨燃料

表 3.2-4b 本油田燃油发电机污染物年排放量

污染源	年用油量 t/a	烟气量 $10^4\text{m}^3/\text{a}$	氮氧化物 t/a	烟尘 t/a	二氧化硫 t/a	排放去向
燃油发电机	17914	19978	117.5	4.5	35.8	大气

3.2.2.8 运营期污染物汇总

表 3.2-5 油田运营期污染物产生情况一览表

污染物	污染物产生量	污染物排放量	主要污染因子	排放/处理方式
含油生产水			石油类	处理达标后排海
伴生气排空			烃类	直接排放
伴生气燃烧			氮氧化物	直接排放
生产垃圾			固体废物	运回陆地交有资质单位接收处理
其他含油污水			石油类	经开、闭系统收集后, 打入原油处理系统
平台	生活污水		COD	生活污水处理达标后排海;
	生活垃圾		食品废弃物、食品包装等	
FPSO	生活污水		COD	颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物直接排海, 其余生活垃圾分类收集、运回陆上处理。
	生活垃圾		食品废弃物、食品包装等	
值班船	生活污水		COD	经船用生活污水处理装置处理达标后排海
	生活垃圾		食品废弃物、食品包装等	颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物直接排海, 其余分类收集、运回陆上处理
	机舱含油污水		石油类	按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 管理要求排海

3.3 工程施工期及运营期海洋生态环境影响分析

本项目平台、系泊系统建设和海底管道/电缆铺设会占用部分海域, 造成底栖生物

的损失，生物量的损失根据工程扰动底土面积和当地底栖生物密度来估算。但海上施工时间较短，且由于海域宽阔，人为活动的干扰不会根本性改变海洋生物的觅食及活动规律。施工结束后，在施工区海域会逐渐形成新的生态平衡。

海上施工阶段钻井液、钻屑排放使施工区周围海水中悬浮物浓度增大，透明度下降，引起浮游植物的光合作用减少，对浮游植物和浮游动物产生一定的影响和破坏作用，也会对作业区周边鱼卵、仔鱼造成一定的生态损失。但由于悬浮物影响的时间相对较短，随着施工作业结束，悬浮物停止排放，其影响将会逐渐减轻。

平台、系泊系统建设完成后对附近的局部海域水文动力和冲淤环境产生一定的影响，平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，平台建设及 FPSO 系泊系统占海面积小，对油田所在海域的地形地貌与冲淤环境影响较小。

总体上说，工程的建设对海洋生物会产生一定的影响，这些影响具有局部性和阶段性，待工程建设完毕后，海洋生态环境将逐渐恢复。

生产运营期平台和 FPSO 的含油生产水、生活污水、机舱含油水等排放会引起工程周边一定范围内石油类、COD 等的浓度增加，引起水质的变化，从而对浮游生物产生一定影响。但由于工程周边海域开阔、扩散条件较好，因此，基本不会对该区的海洋生态环境造成影响。

3.4 环境影响评价因子筛选

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》有关要求，结合环境影响要素识别结果，根据海域周围环境的复杂性和工程自身特点，选取以下内容进行预测分析：钻完井阶段的钻井液和钻屑、生产阶段的含油生产水、生活污水以及潜在的事故性溢油等。

表 3.3-1 环境影响预测评价因子一览表

评价时段	环境影响要素	预测评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度
施工期	海水水质	悬浮物	钻完井钻屑钻井液排放	++
	沉积物	悬浮物	钻完井钻屑钻井液排放	+
	海洋生态	浮游生物、底栖生物、渔业资源	钻完井钻屑钻井液排放	+
	水文动力	局部海流流向和流速	平台及系泊系统建设	+
	地形地貌	局部海域冲淤	平台及系泊系统建设、钻完井钻屑钻井液排放	+
生产期	海水水质	石油类	含油生产水	++
		COD	生活污水排放	+

评价时段	环境影响要素	预测评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度
事故状态	海水水质	原油	风险事故下的溢油	+++
	海洋生态			+++
	环境敏感区			+++

注：+表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需进行简要分析与影响预测；

++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需进行常规影响分析与影响预测；

+++环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需进行重点影响分析与影响预测。

4 区域环境概况

4.1 区域自然环境概况

4.1.1 气象条件

本节资料引自《陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书》(2012 年 7 月), 陆丰 12-3 油田距离陆丰 7-2 油田约 10km。

油田海域位于南海大陆架珠江口盆地东部, 地处低纬度地区, 属热带和亚热带气候。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。

4.1.1.1 风

油田海域 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 月偏南风(SSW, S, SSE)占优势, 达到 40%。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 20.77%, 全年最大风速为 24.02m/s, 风向为 NNE。

南海冬季从 10 月中旬到 3 月中旬为大风季节, 受冷空气影响, 以 N-NE 风为主, 一般风速达 7~8 级, 风浪较大, 浪高 3m~4m, 一个冷空气持续时间 4~5 天。5~11 月份为南海热带气旋多发季节, 7~9 月份为热带气旋盛行期, 包括西北太平洋生成的台风和南海的台风。

表 4.1-1 油田海域风速-风向频率统计

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	/
频率 (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	/
最大风速 (m/s)	1	1	1	1	1	1	1	1	/
平均风速 (m/s)	1	1	1	1	1	1	1	1	/
方向	1	1	1	1	1	1	1	1	总和
频率 (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
最大风速 (m/s)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
平均风速 (m/s)	1	1	1	1	1	1	1	1	1

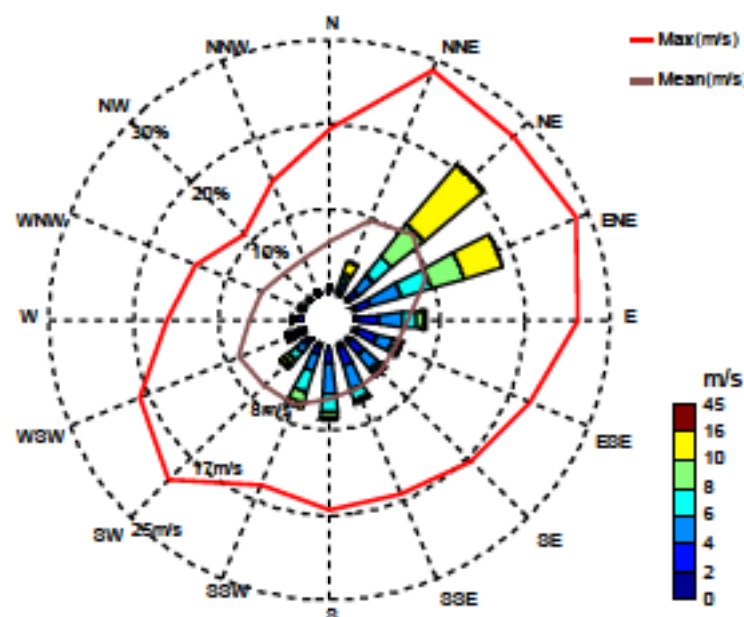


图 4.1-1 油田海域风玫瑰图

4.1.1.2 气温和湿度

油田海域最高气温为 39℃，最低气温为 15℃，年平均气温 20℃。

油田海域最高相对湿度达 97%，最低相对湿度为 60%。

4.1.1.3 热带气旋

热带气旋是夏秋季影响油田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%，南海生成的占 49%。

4.1.2 水文

4.1.2.1 潮汐

根据水文动力调查资料，在 2020 年 3 月 19~20 日大潮观测期间，观测海域 2 潮位站 T1 和 C2 的潮汐判别数分别为 9.22 和 9.73，T1 站和 C2 站属于正规全日潮类型。主要全日分潮振幅比分别为 1.12 和 1.10，主要浅海分潮振幅和分别为 0.16cm 和 0.74cm。

4.1.2.2 海流

根据水文动力调查资料，在 2020 年 3 月 19~20 日大潮观测期间，4 个观测站各层

的海流都没有超过 50cm/s。所有观测站流速在中层(0.6H 层)到达极值,位于 40~49cm/s 区间,而 0.2H 和 0.4H 层流速相对较小(均未超过 30cm/s)。C1、C2、C4 和 T1 各站实测海流流向相对分散。本海区潮流性质以不正规半日潮为主,潮流运动形式以带有旋转性质的往复流为主。

4.1.2.3 波浪

油田海域 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。

4.1.3 海域工程地质条件

根据 2020 年 4 月广州海洋地质调查局开展的陆丰 12-3 油田平台场址和管线路由物探调查资料,侧扫声纳记录图像清晰,LF12-3 井场调查区域内普遍发育沙波,北部发育沙脊,部分地区发育黏土质砂,沙脊地区地形变化相对较大,间隙大量发育沙波。

沙脊走向近西南-东北,有些地区近南北向延伸。波长约 52.3m~174.9m,波高约 1.2m~3.9m,个别地方最大波高接近 6.8m~8.6m。推测水流方向为西北-东南,沙脊迎水坡较缓,一般为 1.2°~2.8°,背水坡较陡,一般为 2.3°~7.9°,个别地方最大坡度接近 40°,推测有很强水动力造成沙脊背水面的坍塌。

沙波走向近西南-东北,波长约 1.6m~7.2m,波高约 0.2m~0.5m,个别地方最大波高接近 0.8m~0.9m。沙波坡度一般为 0.19°~0.36°,个别地方最大坡度接近 0.84°。

井口平台位于沙波分布区,附近地层从西北向东南倾斜,FPSO 和基座都在沙脊分布区,地形变化较大,需要引起注意。沙波的形成是水流、潮流作用的结果,但受到海底底质和地形的限制,在起伏、粗粒沉积区,发育大中型沙波,地形变化使水流方向随之变化,从而改变沙波的走向。

从目前地形地貌和浅层资料分析,调查区整体地形变化不大,北部广泛分布沙脊、沙波,或许处在活动状态,若水动力较强(譬如超过 1m/s 时)会引起沙脊的坍塌、变形或移动,出现冲刷坑等地貌。

4.2 海洋资源和海域开发利用现状

4.2.1 港口航运资源

本节内容主要引自《“[]通航安全评估报告（备案稿）》（[]，2018 年 4 月）及《[]通航安全影响研究报告（送审稿）》（[]，2020 年 6 月）。

4.2.1.1 港口

陆丰 12-3 油田离岸较远，港口区主要分布在广东省沿岸，包括汕尾新港区、汕尾港、甲子港区、三洲澳码头区、碣石新港区、金厢港区、乌坎港区、遮浪专用海区、汕尾电厂用海区、小澳港、东洲港区、捷胜专用海区和海丰港区等。

上述港口区距陆丰 12-3 油田海域约 146km 以上。



图 4.2-1 油田附近海域港口、锚地分布图

4.2.1.2 锚地

陆丰 12-3 油田离岸较远，锚地主要分布在广东省沿岸，主要有甲子港引航检疫锚地、碣石港引航检疫锚地、碣石港过驳锚地、碣石港大型船舶临时避风锚地、乌坎港引航检疫锚地、遮浪港引航检疫锚地、汕尾港装运危险货物船舶锚地、汕尾港过驳锚地、

汕尾港检疫锚地、汕尾港大型船舶临时避风锚地、汕尾港引航锚地、鲘门港检疫锚地和鲘门港装运危险货物船舶锚地等。

上述锚地距陆丰 12-3 油田海域约 191km 以上。

4.2.1.3 航线

（一）工程附近有关推荐航路小结

根据英版世界大洋航路，得出工程附近海域主要航路（上海至新加坡推荐航线及其季节航线（5-9 月））与陆丰 12-3 油田拟建设施相对位置如图 4.2-2 所示，其中，上海至新加坡推荐航线与拟建平台位置最近距离约为 3.3 海里，与 LF12-3 井口平台最近距离为 3.3 海里。此外，工程附近还有珠江口/香港至高雄/巴士海峡船舶习惯航路，该航路距工程地点最近距离为 38.4 海里。

（二）工程选址合理性分析

平台和 FPSO 与上海—新加坡习惯航路相对较近，从海图上看，拟建平台与该航路有一定的距离（约 3.3 海里），工程海域存在一定船舶交通流量。同时也考虑到，相关航路指南中的推荐航路，并不一定被所有船舶采用，推荐航线并不表示所有过往船舶的实际航线；而且，过往船舶实际在拟定计划航线时，均会根据当时的气象海况和本船性能等航行条件，对推荐航线作适当的调整；另外，相关航路指南也不可能把所有的船舶航路都推荐画出来；综合以上几方面因素，不排除有过往船舶航经拟建工程附近海域的可能，因此，本次油田开发工程对附近过往船舶有一定的影响。

但考虑到，①拟建平台和 FPSO 自身占用海域很小，且处于开阔的外海，附近海域水深很深（约有 240m），平台附近有足够的水域空间供过往船舶安全航行避让通过。

②本次工程平台和储油船建成后目标显著，过往船舶可以在很远距离及早发现和识别钻井平台；通过 VHF 等手段的沟通联系，过往船舶能及时采取有效的避让行动。

③本工程位于规划矿产资源利用区内，周围有较多油田群在作业，有较为集中的油田平台群，陆丰 12-3 油田开发项目本身处于位于陆丰油田群内，过往船舶也会主动避开油田平台群航行。

油田守护船和设施防碰撞预警设施如 AIS 系统及早发现过往船只，提前预警，以及航警发布等。

综上，拟建平台所占用海域范围不大，平台附近海域水深足够，平台附近有开阔海域供过往船舶安全通过，平台建成后目标显著，通过平台显示正确的灯光信号，过往船舶可以在很远距离及早发现和识别本平台和储油船，本项目对附近海域过往船舶的碍

航影响是有限且可控的，拟建平台选址总体上是合理可行的。

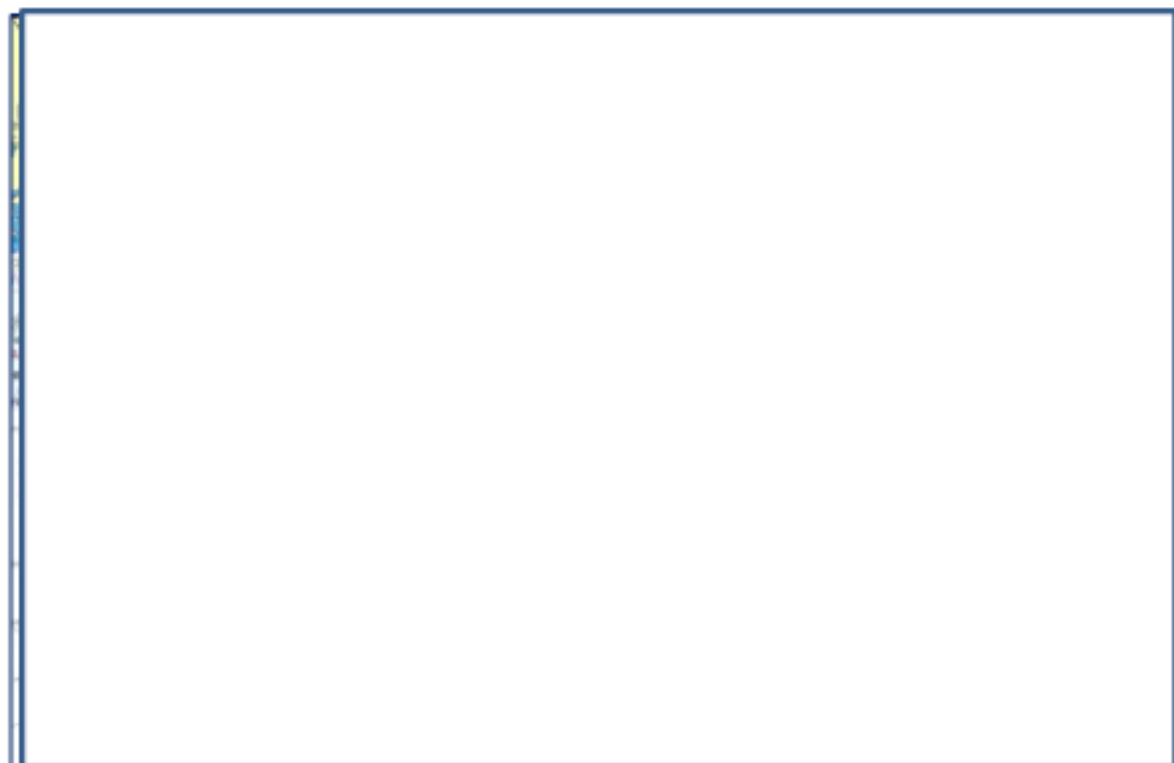


图 4.2-2 工程附近海域主要航路与 LF12-3 拟建设施相对位置示意图

4.2.2 渔业资源利用

陆丰 12-3 油田离岸较远，油田环境影响评价范围内没有养殖区、增殖区分布，附近海域渔业资源利用和养护区主要集中在广东省沿岸，有渔港区、养殖区、增殖区、捕捞区等。

4.2.2.1 渔港区

主要有甲子渔港、湖东渔港、碣石渔港、金厢渔港、大湖渔港、汕尾渔港、马宫渔港、鲘门渔港等。上述渔港均分布在陆丰 12-3 油田以北 146km 以外的广东沿岸。

4.2.2.2 养殖区

主要有甲子浅海养殖区、湖东浅海养殖区、田尾山浅海养殖区、碣石浅海养殖区、金厢角鲍鱼养殖基地用海区、乌坎海马养殖基地用海区、大湖浅海养殖区、白沙湖滩涂养殖区、长沙湾滩涂养殖区、马宫滩涂养殖区、梅陇滩涂养殖区和沙埔滩涂养殖区等。上述养殖区均分布在陆丰 12-3 油田以北 140km 以外的广东沿岸。

4.2.2.3 增殖区

主要有陆丰浅海贝类增殖区、红海湾浅海贝类增殖区、红海湾浅海增殖区、菜屿海

珍品护养区等。上述增殖区均分布在陆丰 12-3 油田以北 140km 以外的广东沿岸。

4.2.2.4 海洋捕捞区

陆丰 12-3 油田位于珠江口外海东部渔场内。油田附近海域主要有竹荚鱼、蓝圆鲹、金线鱼、蛇鲭、大眼鲷等经济鱼类以及姬鱼、肋骨软鱼、鳞首方头鲳、脂眼双鳍鲳和赤鲑等深水鱼类；主要有枪乌贼类、乌贼类和章鱼类等头足类。

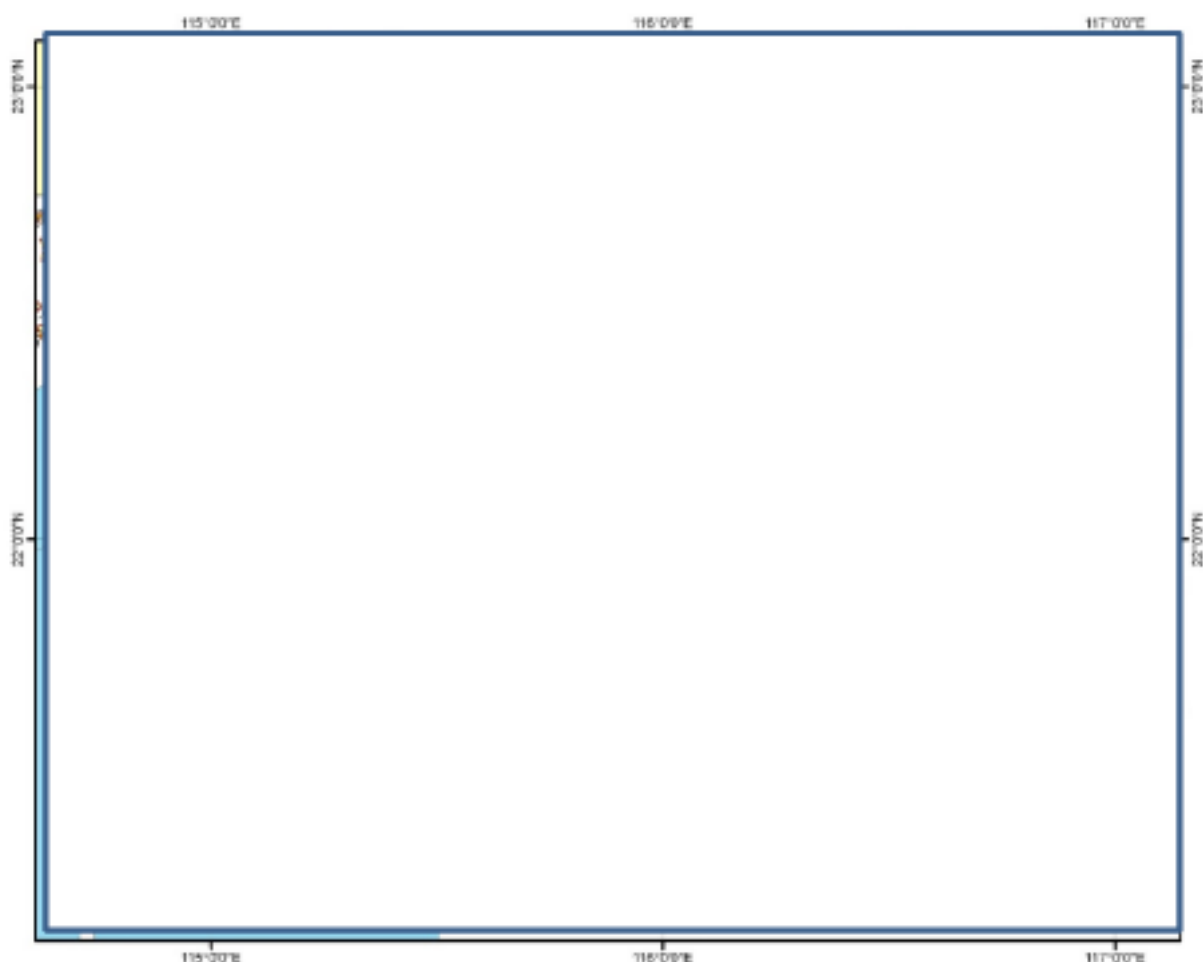


图 4.2-3 油田附近海域海洋捕捞区和增殖区

4.2.3 海洋油气资源及油气开发活动

本油田周边海域矿产资源丰富，尤其是石油、天然气资源。主要分布有陆丰 13-1 油田、13-2 油田和陆丰 7-2 油田。

(1) 陆丰 13-1 油田

陆丰 13-1 油田主要设施为 LF13-1 平台，于 1993 年 11 月投产。LF13-1 平台是一座集井口、生产、处理、外输、动力及生活于一体的钻采平台。

陆丰 12-3 油田距陆丰 13-1 油田约 km。

(2) 陆丰 13-2 油田

陆丰 13-2 油田主要的工程设施有：LF13-2WHP 井口平台、LF13-2DPP 钻采平台。陆丰 13-2DPP 平台与陆丰 13-2WHP 平台栈桥相连。LF13-2WHP 平台于 2005 年 11 月投产，LF13-2DPP 平台于 2011 年 12 月投产。

LF13-2WHP 平台是 1 座 4 腿 8 裙桩钢结构导管架式井口平台。陆丰 13-2DPP 平台是 1 座 8 腿导管架钻采处理平台。

陆丰 12-3 油田距陆丰 13-2 油田约 km。

(3) 陆丰 7-2 油田

陆丰 7-2 油田主要设施为 LF7-2DPP 平台，于 2014 年 11 月投产。LF7-2DPP 平台是一座 8 腿钢结构导管架钻采处理平台。

陆丰 12-3 油田距陆丰 7-2 油田约 km。



图 4.2-4 周围油田分布

(4) 工程范围内海底管道/电缆及交越的情况

根据《 路由物探调查》，本工程范围内无已建海底管道/电缆，无交越的情况。

根据可研报告第四章，本工程北侧有一条废弃的海底电缆，与新建海底管道、电缆均不交越，距离平台最近约 1.0km，距离 FPSO 约 2.5km，废弃海底电缆对本工程建设和运营无影响。

4.3 环境敏感目标分布与简介

4.3.1 敏感目标分布情况

陆丰 12-3 油田距离陆地较远，环境影响评价范围内没有自然保护区、海洋保护区、水产种质资源保护区分布。

根据本油田所处海域的位置及可能产生的环境影响，主要环境敏感目标包括自然保护区、海洋保护区、渔业保护区、水产种质资源保护区、渔业三场一通道及海洋生态红线区等。距离最近的保护区为东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区，位于油田正南约 95km，距离其他保护区均在 100km 以上。

陆丰 12-3 油田位于深水金线鱼产卵场内，距离金线鱼产卵场约 20km，距离蓝圆鲹产卵场约 22km，距离鲈鱼粤东外海产卵场约 45km。距离其他渔业三场一通道均在 90km 以上。

陆丰 12-3 油田位于广东省海洋生态红线区之外，距离最近的海洋生态红线区为东沙群岛特别保护海岛限制类红线区，距离约 95km。距离其他海洋生态红线区均在 110km 以上。

表 4.3-1 陆丰 12-3 油田周边海域主要环境敏感目标

类型	敏感目标名称	保护对象/管理要求/保护期	方位	最近距离 (km)
自然保护区、海洋保护区	东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区	珊瑚礁和海鸟及生态环境。保护海域生态环境	S	95
	汕尾市碣石湾海市级自然保护区	三斑海马、日本海马和克氏海马等及其栖息环境	NW	115
	遮浪南海洋保护区	严格保护遮浪上升流生态系统	NW	137
	汕尾碣石湾鲷鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区	主要保护对象为为鲷鱼、长毛对虾以及海鳗、赤点石斑、花鲈、三疣梭子蟹、锯缘青蟹等经济渔业种类亲体和幼体。核心区特别保护期为每年 2 月 1 日~4 月 30 日和 10 月 1 日~12 月 31 日	NW	163
渔业保护区	针头岩海洋保护区	严格保护针头岩领海基点, 禁止炸岛等破坏性活动, 保障国防用海安全需求	NW	166
	南海北部幼鱼繁育场保护区	保护期为 1-12 月。管理要求为保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产, 防止或减少对渔业资源的损害	N、W、NW	108
	南海区幼鱼、幼虾保护区	沿海 20 米水深以内的幼鱼、幼虾, 保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日	N、W、NW	129
	黄花鱼幼鱼保护区	20 米水深以内的黄花鱼幼鱼保护区, 保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日	N、W、NW	160
	蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区	20 米水深以内的蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区, 保护期为每年的 4 月 15 日至 7 月 31 日	N、W、NW	160
	深水金线鱼产卵场	水深 90 米至 200 米范围内, 主要产卵期 3 月至 9 月	包含	0
渔业三场一通道	金线鱼产卵场	水深为 25 米至 107 米, 主要是 40 米至 80 米, 产卵期 3 月至 8 月	N、W、NW	20
	蓝圆鲹产卵场	水深 70 米至 180 米, 产卵期 3 月至 7 月; 水深 60 米以内, 产卵期 12 月至翌年 3 月; 水深 40 米至 75 米, 产卵期 1 月至 4 月	W、N	22
	鲈鱼产卵场	水深 90 米至 200 米, 产卵期 2 月至 4 月; 水深 30 米至 80 米, 产卵期 1 月至 3 月; 水深 90 米至 200 米, 产卵期 1 月至 3 月	W	45

类型	敏感目标名称	保护对象/管理要求/保护期	方位	最近距离 (km)
广东省海洋生态红线区	绯鲤类产卵场	20米至87米范围内,产卵期3月至6月;水深60米至100米,产卵期3月至6月	W	100
	短尾大眼鲷产卵场	71米至107米等深线内,产卵期4月至7月	W	98
	长尾大眼鲷产卵场	水深26米至80米,产卵期5月至7月	W	110
	黄鲷产卵场	水深77米至119米,产卵期11月至翌年3月	W	102
	207-东沙群岛特别保护海岛限制类红线区	珊瑚礁及海域海域生态环境	S	95
	202-碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区	海马生物资源及海域生态环境	NW	114
	201-碣石湾海马珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	海马生物资源及海域生态环境	NW	120
	212-前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	珍稀濒危物种及其生境	N	122
	193-遮浪南重要渔业海域限制类红线区	上升流生态系统	NW	137
	190-捷胜重要渔业海域限制类红线区	渔业资源	NW	158

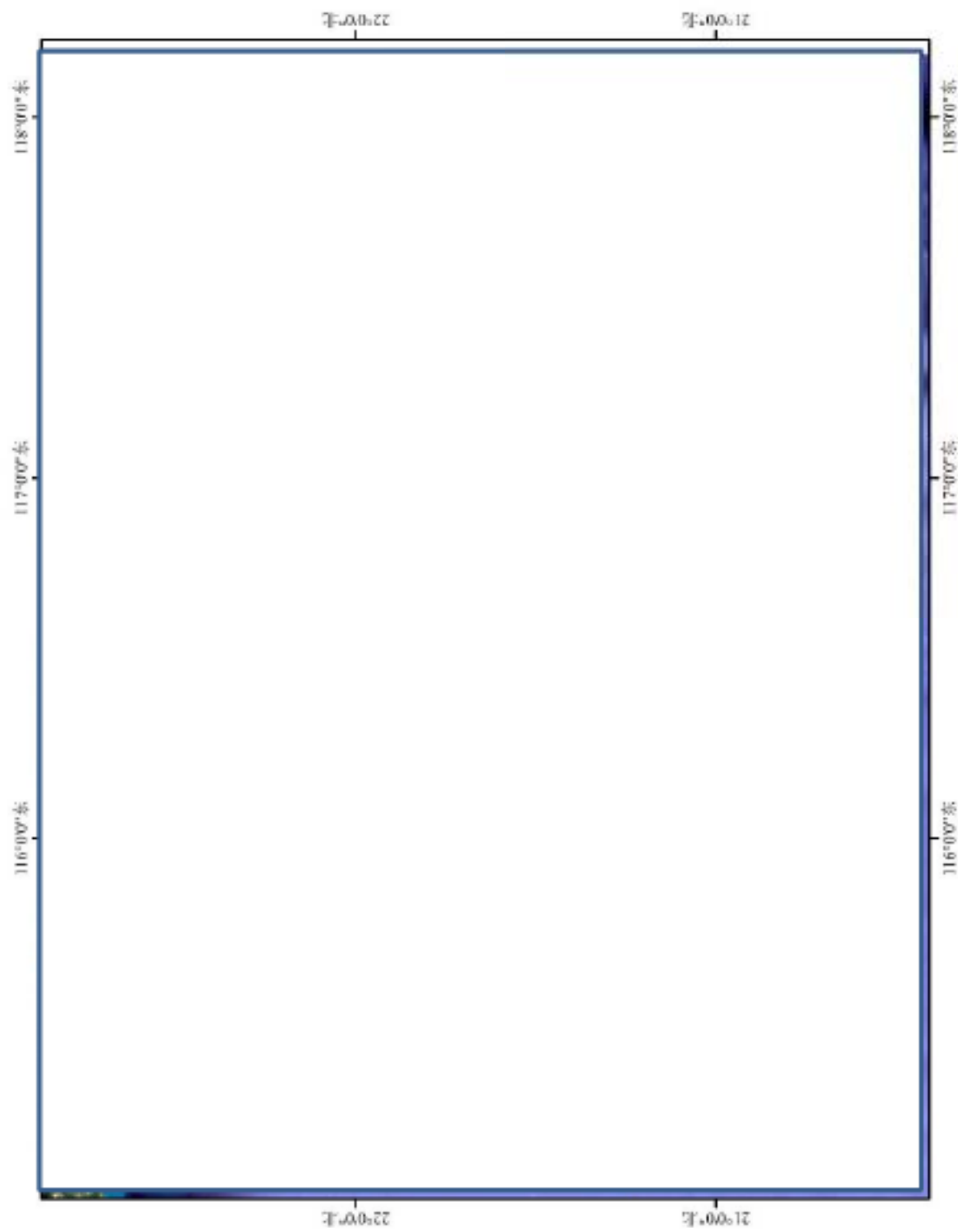


图 4.3-1 (a) 油田附近自然保护区、海洋保护区分布图

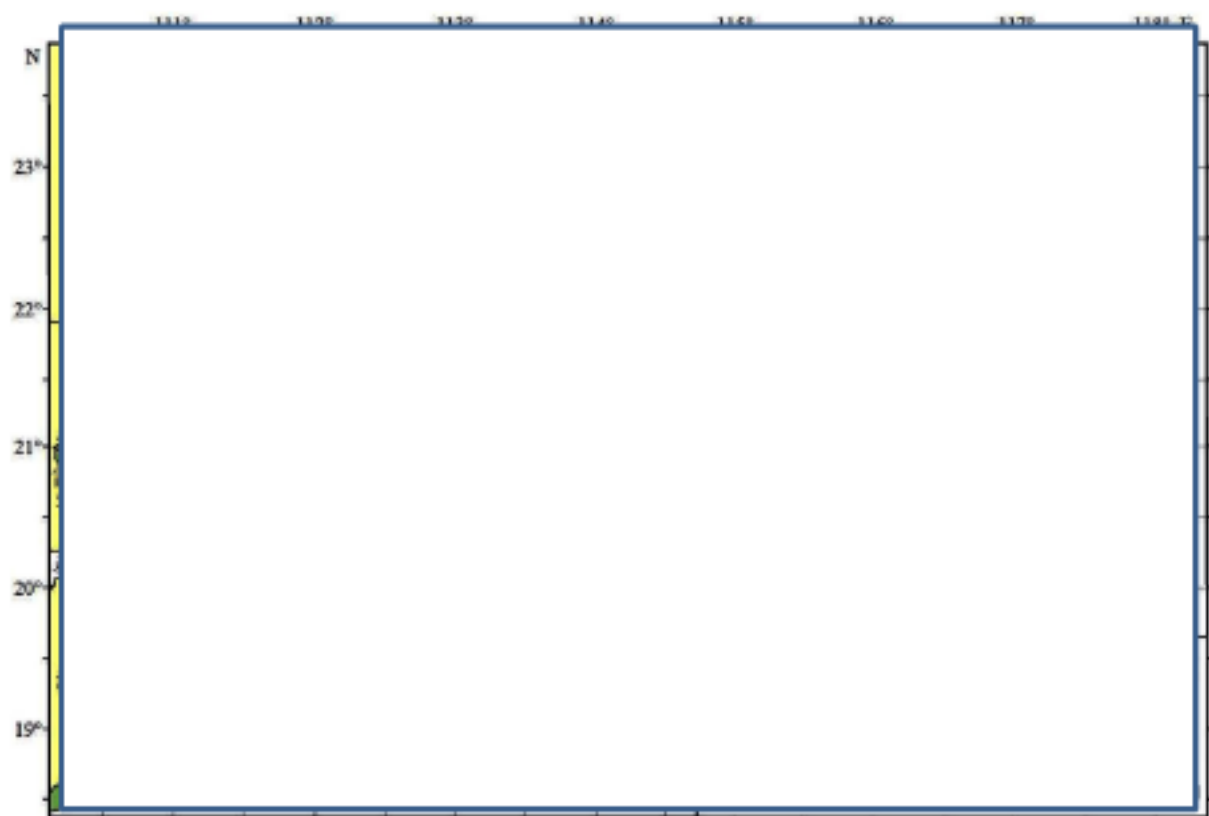


图 4.3-1 (b) 油田附近渔业保护区分布图

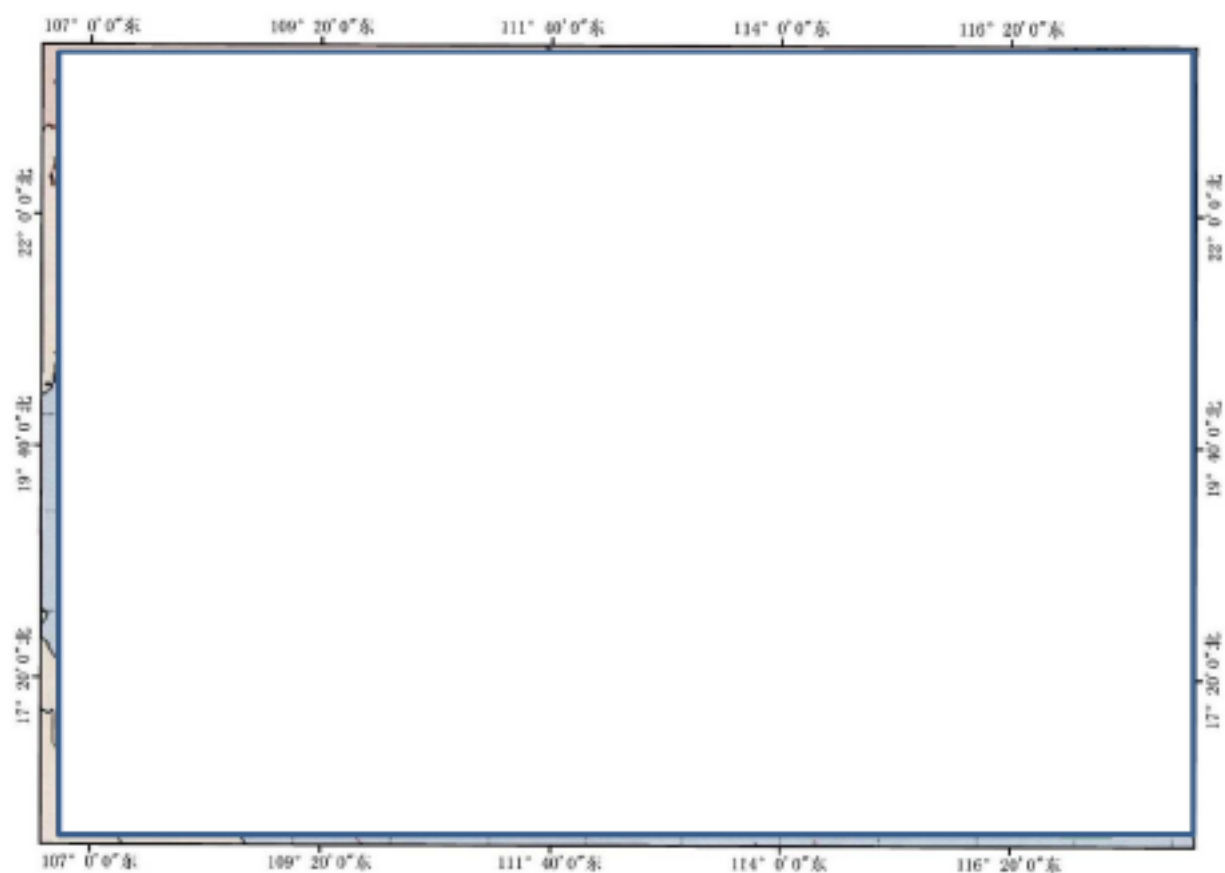


图 4.3-2 南海北部幼鱼繁育场保护区与本油田位置关系

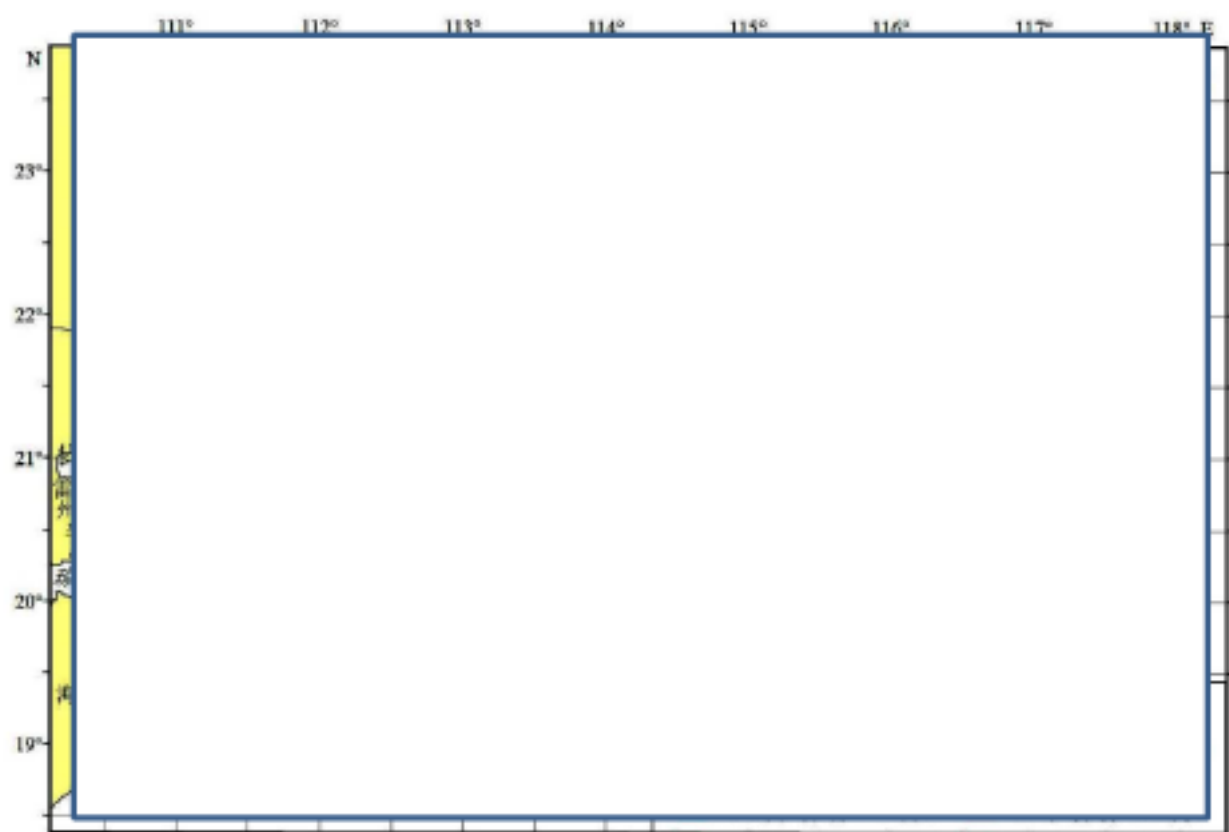


图 4.3-3a 油田附近中上层鱼类三场一通道分布情况

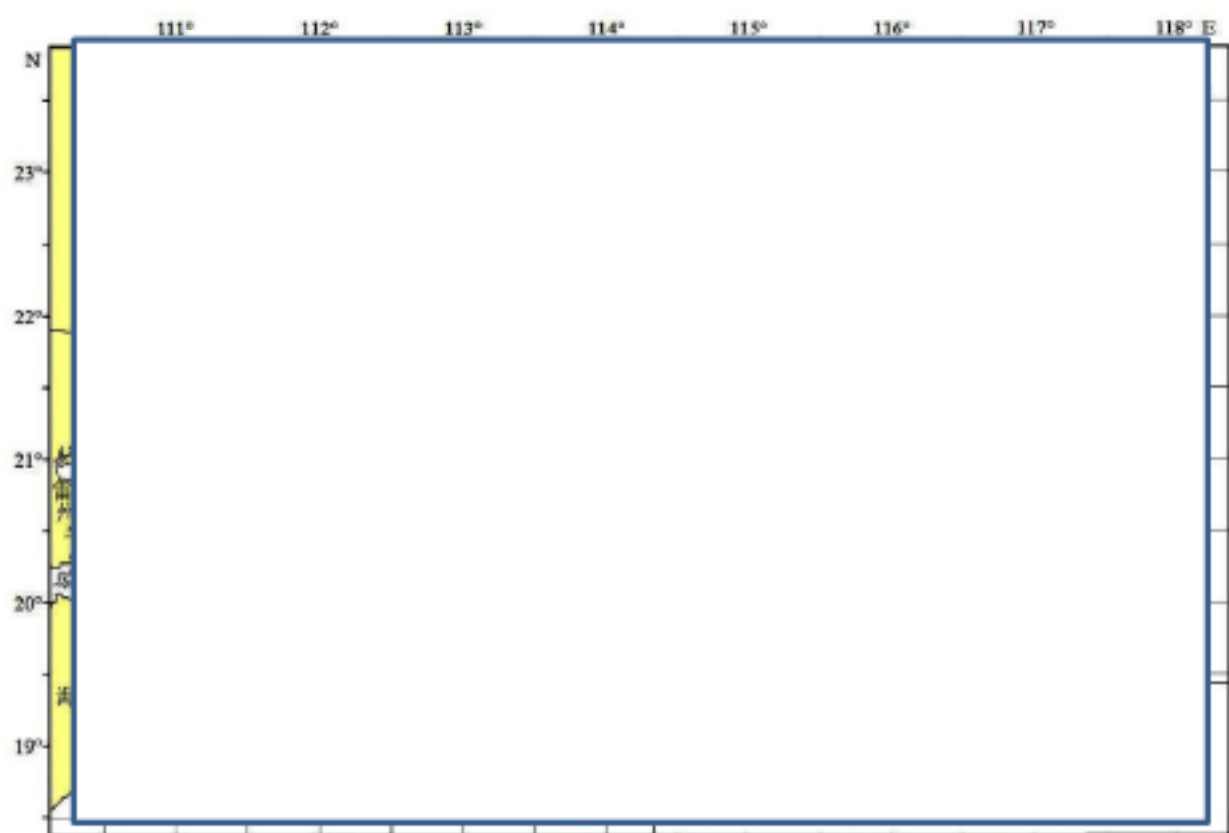


图 4.3-3b 油田附近底层、近底层鱼类三场一通道分布情况

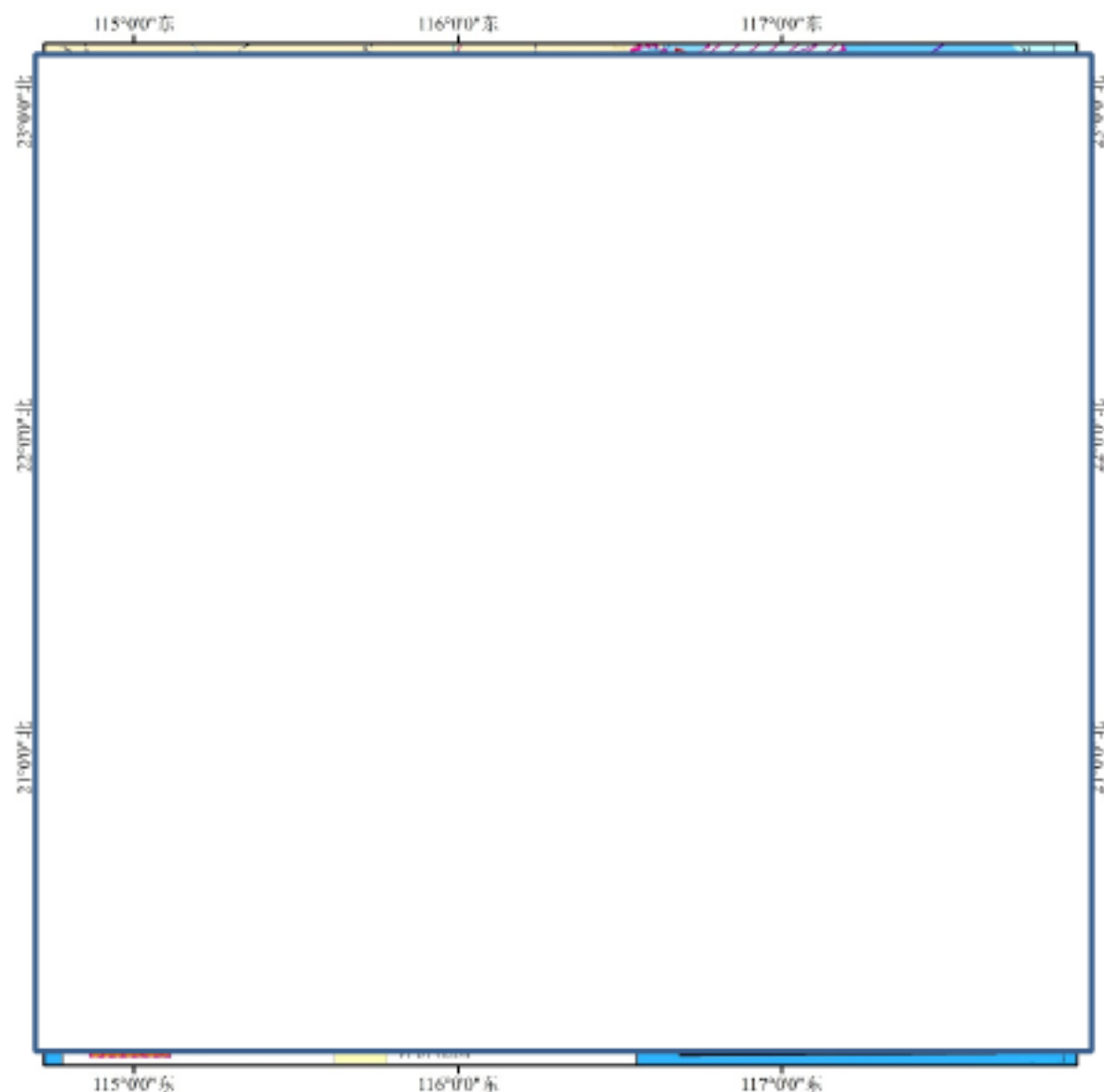


图 4.3-4 油田与广东省海洋生态红线区位置关系示意图

4.3.2 主要敏感目标简介

4.3.2.1 东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区

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。位于陆丰 12-3 油田区域正南向，与本工程的最短距离为 95km，是陆丰 12-3 油田周边自然保护区中距离油田最近的海洋保护区。

4.3.2.2 南海北部幼鱼繁育场保护区

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）——南海区渔业水域图（第一批）》，南海

北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月。

该保护区的管理要求：保护期内禁止拖网船、拖虾船以及捕捞幼鱼、幼虾为主的作业船只进入本区生产，防止或减少对渔业资源的损害。

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区之外。最近距离约 108km。

4.3.2.3 南海区幼鱼、幼虾保护区

据农业部《中国海洋渔业水域图》（第一批），南海区幼鱼、幼虾保护区共有 4 处，本项目所在区域为广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的幼鱼、幼虾保护区。该保护区保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

本项目距南海区幼鱼、幼虾保护区最近约 129km。

4.3.2.4 黄花鱼幼鱼保护区

据农业部《中国海洋渔业水域图》（第一批），黄花鱼幼鱼保护区共有 4 处，本项目所在区域为海丰县遮浪横至惠东县平海角 20 米水深以内的黄花鱼幼鱼保护区。该保护区保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

本项目距黄花鱼幼鱼保护区最近约 160km。

4.3.2.5 蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区

据农业部《中国海洋渔业水域图》（第一批），蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区共有 3 处，本项目所在区域为珠江口担杆岛至海丰县遮浪横 20 米水深以内的蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区。该保护区保护期为每年的 4 月 15 日至 7 月 31 日。

本项目距蓝圆鲹、金色小沙丁鱼幼鱼保护区最近约 160km。

4.3.2.6 重要鱼类产卵场

（1）南海中上层鱼类产卵场

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、鲐鱼和竹荚鱼产卵场。

蓝圆鲹产卵场分别位于东经 115°至 116°30′、北纬 20°30′至 22°35′，水深 70 米至 180 米，产卵期 3 月至 7 月；东经 112°50′至 114°30′、北纬 21°至 22°，水深 60 米以内，产卵期 12 月至翌年 3 月；东经 115°20′至 117°、北纬 21°55′至 22°15′，水深 40 米至 75 米，产卵期 1 月至 4 月。本项目距此产卵场最近约 22 公里。

鲐鱼产卵场约位于东经 115°10'至 116°15'、北纬 20°30'至 22°10'，水深 90 米至 200 米，产卵期 2 月至 4 月；东经 113°15'至 116°20'、北纬 21°至 22°25'，水深 30 米至 80 米，产卵期 1 月至 3 月；东经 113°30'至 114°40'、北纬 19°30'至 20°26'，水深 90 米至 200 米，产卵期 1 月至 3 月。本项目距此产卵场最近约 47km。

(2) 南海底层、近底层鱼类产卵场

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、二长棘鲷、红笛鲷、绯鲤类、短尾大眼鲷、长尾大眼鲷、脂眼鲱和黄鲷产卵场。

深水金线鱼产卵场从海南岛东岸东经 110°30'以东一直延伸至东经 117°00'的水深 90 米至 200 米范围内，主要产卵期 3 月至 9 月，**本项目位于其内。**

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°45'至 115°45'），水深为 25 米至 107 米，主要是 40 米至 80 米，产卵期 3 月至 8 月，本项目中心位置距此产卵场最近约 20km。

绯鲤类产卵场位于约东经 112°55'至 115°40'，北纬 21°30'至 22°15'的 20 米至 87 米范围内，产卵期 3 月至 6 月；东经 111°30'至 114°40'，北纬 19°50'至 21°，水深 60 米至 100 米，产卵期 3 月至 6 月，本项目中心位置距此产卵场最近约 100km。

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°50'至 115°45'的 71 米至 107 米等深线内，产卵期 4 月至 7 月，本项目中心位置距此产卵场最近约 98km。

长尾大眼鲷产卵场位于万山列岛的东南部，约为东经 113°20'至 115°45'、北纬 20°35'至 22°20'，水深 26 米至 80 米，产卵期 5 月至 7 月，本项目中心位置距此产卵场最近约 110km。

黄鲷产卵场在南海分布广而狭，处于外海，沿着 90 米等深线由海南岛东部向东北延伸至汕尾外海，约为东经 111°45'至 115°45'，水深 77 米至 119 米，产卵期 11 月至翌年 3 月，本项目距此产卵场最近约 102km。

5 环境质量现状调查与评价

本次环境质量现状调查与评价引用报告来源见下表。

表 5.1 现状调查资料来源一览表

因子	引用报告	调查单位	调查时间	站位数
水文动力 环境			2020 年 3 月	4
地形 地貌			2020 年 4 月	/
水质			2019 年 4 月 17 日~4 月 22 日	25
			2019 年 9 月 15 日~9 月 18 日	25
沉积物			2019 年 4 月 17 日~4 月 22 日	14
生物 生态			2019 年 4 月 17 日~4 月 22 日	14
			2019 年 9 月 15 日~9 月 18 日	14
生物 质量			2019 年 4 月 17 日~4 月 22 日	14
			2019 年 9 月 15 日~9 月 18 日	14
渔业 资源			2019 年 3 月 22 日 至 4 月 1 日、9 月 22 日至 29 日	12

5.1 水文水动力现状调查与评价

调查海区位于南海北部广东省沿海，处于北回归线以南，属于热带至亚热带过渡气候带。受东亚季风影响，本海区气候有较强的季风性和较明显的海洋性，具有气候温和、阳光充足、雨量丰沛和受季风交替影响等特征。热带气旋、寒潮等灾害性天气对工程所在海域影响较频繁。此外，该海区位于吕宋口西面，容易受到孤立内波过程影响。

2020 年水文水动力调查围绕工程周边相关海域范围内进行，共布设 4 个海流调查站位，45 天连续海流和潮位观测站（定点站）的布设位置与 T1 重合。大潮和连续 45 天定点水文观测时间如下：

2020 年 3 月 19 日 22 时~2020 年 3 月 20 日 23 时（大潮周日观测）；

2020 年 4 月 26 日 08 时~2020 年 6 月 10 日 23 时（45 天连续观测）。

表 5.1-1 海洋水文动力调查站位坐标

潮期	站位	纬度（N）	经度（E）	调查项目
大潮	C1	██████	██████	海流、悬沙
	C2	██████	██████	海流、潮位、悬沙
	C4	██████	██████	海流、悬沙
	T1	██████	██████	海流、潮位、悬沙
站位	观测时长	纬度（N）	经度（E）	调查项目
T1-定点	45 天	██████	██████	海流、潮位

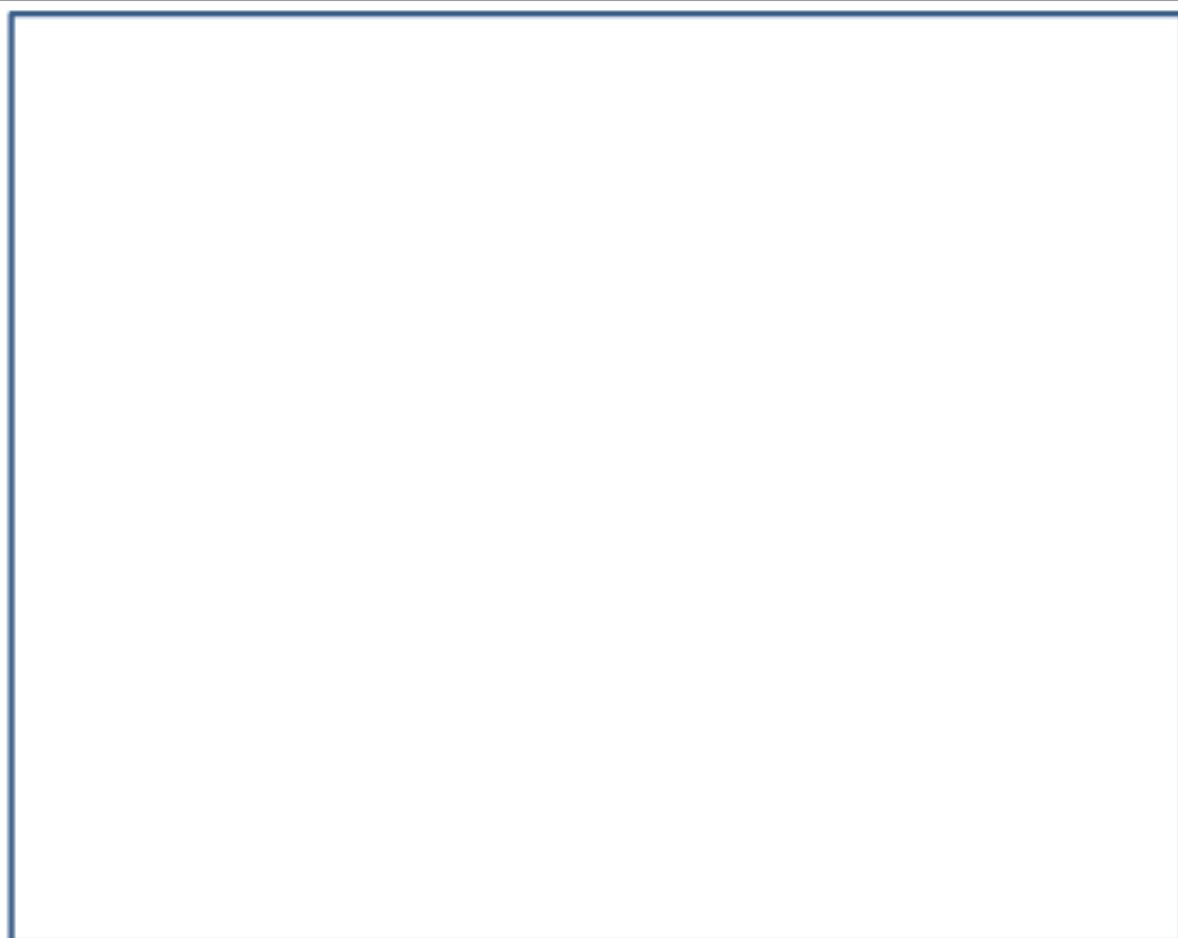


图 5.1-1 海洋水文动力调查站位

5.1.1 潮汐

根据项目要求，布设临时潮位观测站 T1 站（██████████）、C2 站（██████████）和 T1-定点站（██████████）获取实测潮汐资料，并对潮汐资料进行分析。潮位站的观测时间见表 5.1-2。

表 5.1-2 潮位站位置信息统计表

站位	经度 (E)	纬度 (N)	观测时间 (2020年)
T1 站			3月19日22时~3月20日23时
C2 站			3月19日22 ~3月20日23时
T1-定点站			4 月 26 日 8 时 00 分~6 月 10 日 23 时 50 分

5.1.1.1 潮位过程线

将潮位站观测数据统一订正到平均海面后，分别绘制 3 个站的潮位过程曲线图。

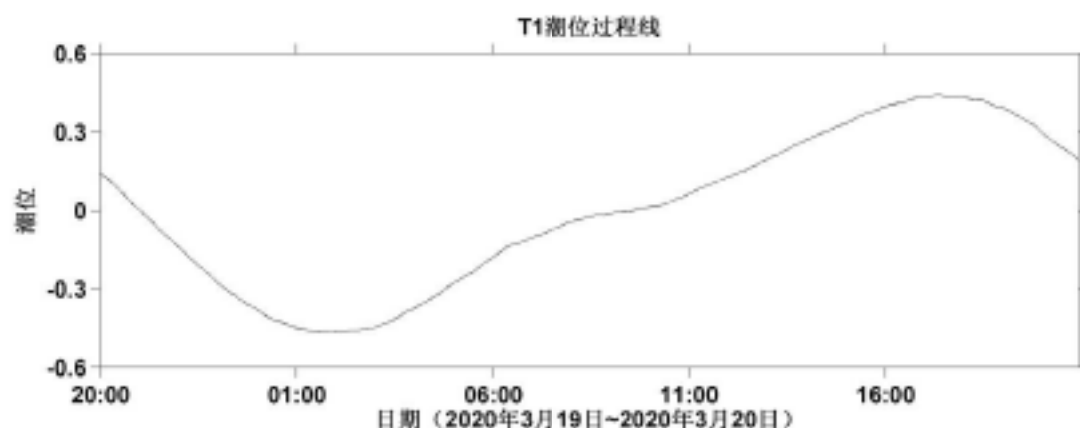


图 5.1-2 T1 站大潮潮位过程曲线 (平均海面)

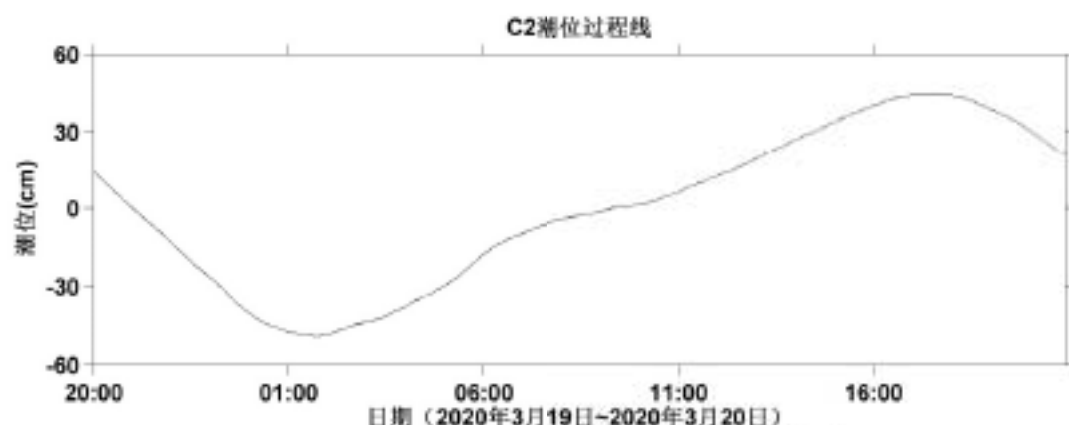


图 5.1-3 C2 站大潮潮位过程曲线 (平均海面)

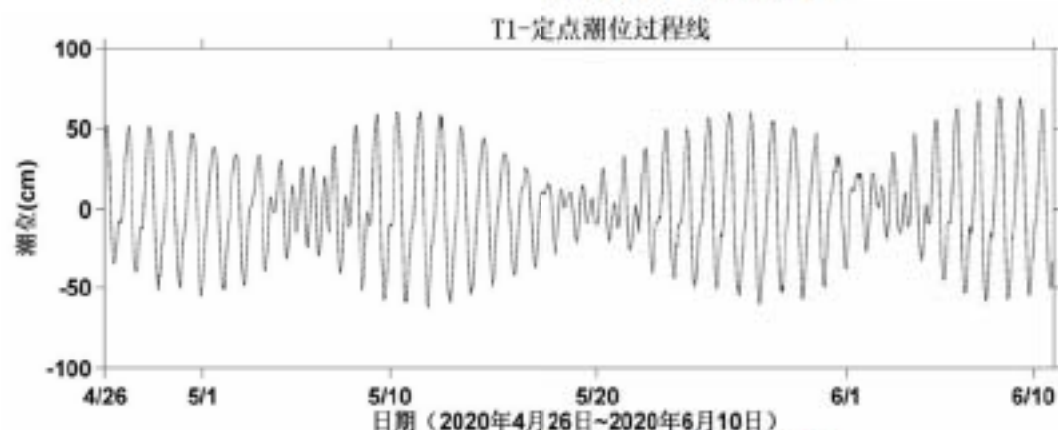


图 5.1-4 T1-定点站潮位过程曲线 (平均海面)

5.1.1.2 潮汐调和分析

潮汐调和常数是进行潮汐预报和潮汐特性分析的基本参数，利用实测资料，采用最小二乘法原理计算得到 T1-定点站各分潮的调和常数。

表 5.1-3 潮汐调和常数

分潮		O_1	K_1	M_2	S_2	M_4	MS_4
站名							
T1-定点站	H (cm)	23.4	29.8	13.4	5.3	1.0	0.7
	g (°)	244	278	245	248	180	212

5.1.1.3 潮汐性质

根据主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F = (H_{K1} + H_{O1}) / H_{M2}$ 来划分潮汐的类型。

- 当 $F \leq 0.5$ 为正规半日潮
 $0.5 < F \leq 2.0$ 为不正规半日潮
 $2.0 < F \leq 4.0$ 为不正规全日潮
 $F > 4.0$ 为正规全日潮

根据调和常数计算得到，T1-定点站的潮汐判别数 F 为 3.95，属于不正规全日潮类型。主要全日分潮振幅比分别为 0.78，主要浅海分潮振幅和为 1.70cm，具体潮汐特性统计结果参见下表。

表 5.1-4 潮汐特性统计表

项 目	T1-定点站
潮汐类型: $(H_{O1} + H_{K1}) / H_{M2}$	■
主要全日分潮振幅比: $H_{O1} + H_{K1}$	■
主要浅海与主要半日分潮振幅比: H_{M4} / H_{M2}	■
主要日分潮与半日分潮振幅比: $(H_{O1} + H_{K1}) / (H_{M2} + H_{S2})$	■
主要浅海分潮振幅和: $H_{M4} + H_{MS4}$ (单位: cm)	■

5.1.1.4 潮汐特征

(1) 潮位

由表 5.1-5 可见，以平均海面为基准，T1-定点站最高潮位为 70cm，最低潮位为 -63cm；平均高潮位为 37cm，平均低潮位为 -37cm。

(2) 潮差

潮差是描述一个海域潮汐动力的主要因子，其大小直接反映潮汐强弱程度，是反

映潮汐变化特征的一项重要标志。为了说明调查海域潮差及其分布特征,采用 T1-定点潮位站潮位观测资料进行潮差统计。T1-定点站的最大潮差为 129cm,最小潮差为 13cm,平均潮差为 74cm。

(3) 涨、落潮历时

工程海域的资料统计结果表明, T1-定点站平均涨潮历时为 10h30min, 平均落潮历时为 10h35min, 涨潮历时略小于落潮历时 5min。

表 5.1-5 潮汐特征值 (平均海面)

站名	潮位 (cm)				潮差 (cm)			涨落潮历时 (h)	
	最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	最大潮差	最小潮差	平均潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
T1-定点站	■	■	■	■	■	■	■	■	■

5.1.2 大潮海流

项目海域位于南海北部深水海域,此海域海流不仅受到潮流、风海流、沿岸流和海水密度等因素作用,还受到地形的影响。

5.1.2.1 实测海流过程

各站实测表层流速流向过程曲线见下图 5.1-5~图 5.1-8。

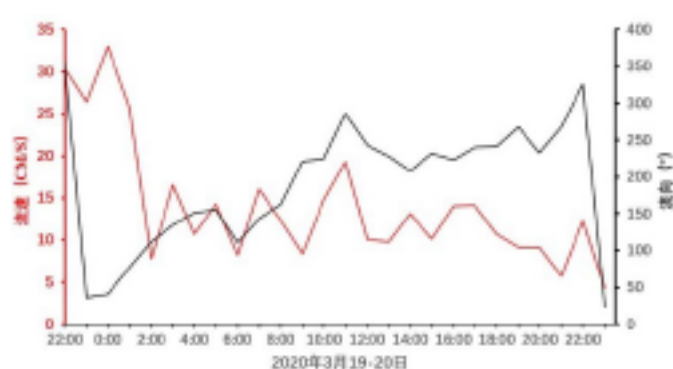


图 5.1-5 C1 表层流速流向过程曲线

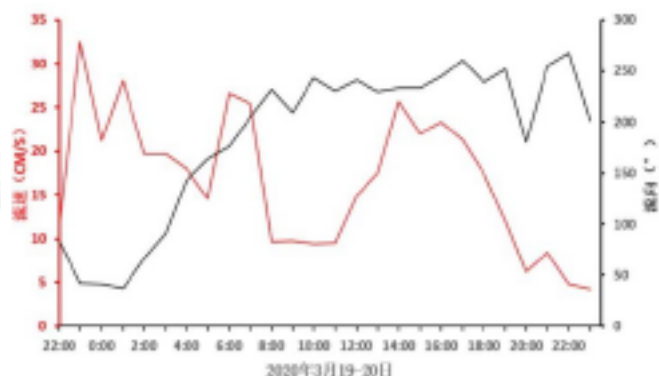


图 5.1-6 C2 表层流速流向过程曲线

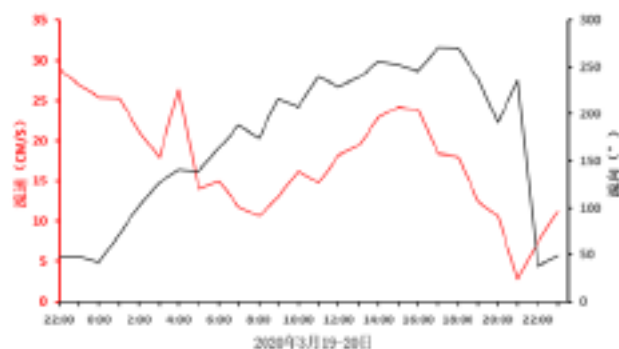


图 5.1-7 T1 表层流速流向过程曲线

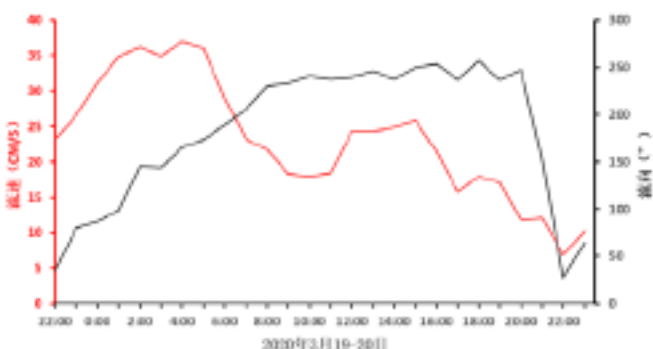


图 5.1-8 C4 表层流速流向过程曲线

图 5.1-9~5.1-11 分别给出了大潮观测期表层、0.6H 层和底层 26 小时流速流向玫瑰图分布。

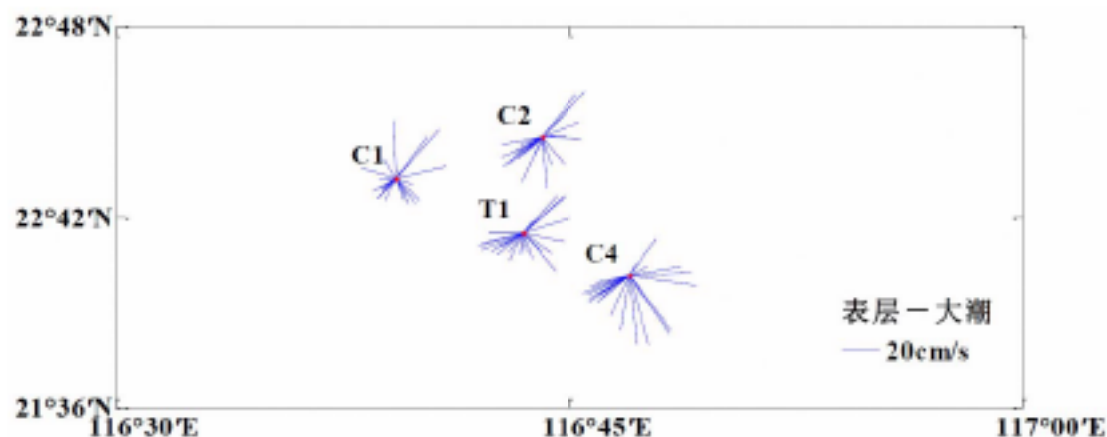


图 5.1-9 表层流向流速分布

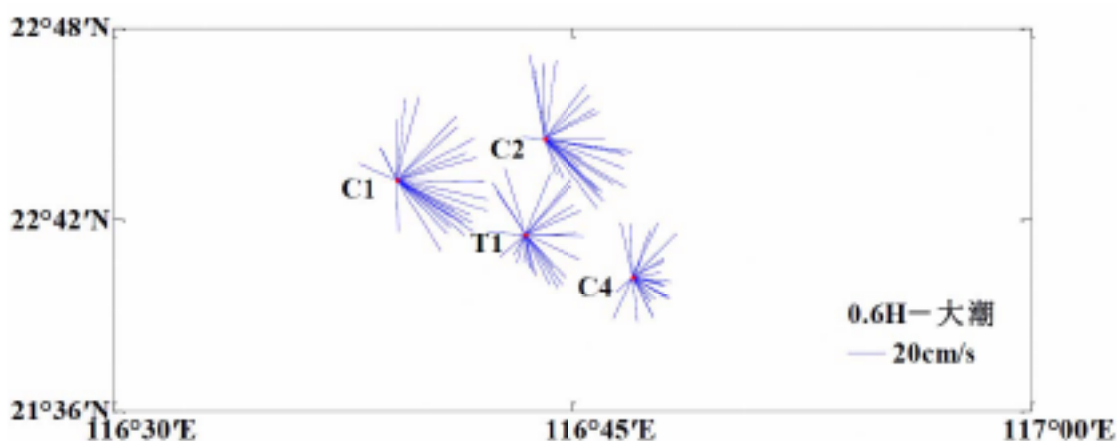


图 5.1-10 0.6H 层流向流速分布

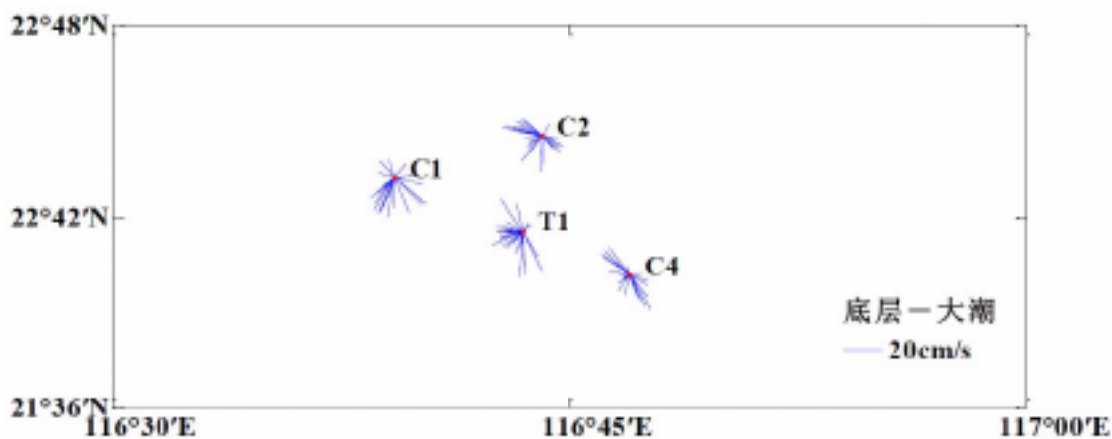


图 5.1-11 底层流向流速分布

5.1.2.2 流向出现频率

根据大潮期各站海流实测资料对流向频率进行统计结果：C1、C2、C4 和 T1 各站

实测海流流向相对分散。

从表层海流出现频率来看，C1 站集中在 SSW 和 NNE 方向，C2 站集中在 S~SW 方向，T1 涨潮集中在 NE 方向、落潮集中在 SW 方向，C4 站表层集中在 SW 方向。

从中层（0.6H）海流出现频率来看，C1 和 C2 站集中在 ENE~SE 方向，T1 站集中在 SE~S 方向，C4 站集中在 E~SE 方向。

从底层看，C1 站相对集中在 SSE~SSW，C2 站涨潮集中在 W 方向、落潮集中在 ESE~SSE 方向，T1 站集中在 SSE~WSW 方向，C4 站涨潮集中在 WNW~NNW 方向、落潮集中在 SSW~SW 方向。

表 5.1-6 各向海流出现频率（%）

流向站层		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
C1	表	0.0	3.8	7.7	3.8	0.0	7.7	7.7	0.0	3.8	23.1	11.5	7.7	3.8	3.8	0.0	15.4
	0.2H	0.0	0.0	7.7	3.8	3.8	7.7	7.7	3.8	23.1	11.5	0.0	3.8	7.7	0.0	0.0	19.2
	0.4H	0.0	0.0	3.8	7.7	11.5	11.5	0.0	3.8	7.7	11.5	15.4	3.8	7.7	7.7	0.0	7.7
	0.6H	0.0	3.8	7.7	11.5	3.8	23.1	19.2	3.8	3.8	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	7.7	11.5
	0.8H	0.0	11.5	7.7	3.8	0.0	3.8	0.0	7.7	3.8	7.7	0.0	3.8	7.7	19.2	3.8	19.2
	底	0.0	0.0	7.7	0.0	11.5	3.8	7.7	7.7	19.2	19.2	0.0	0.0	3.8	7.7	7.7	3.8
C2	表	0.0	0.0	11.5	3.8	7.7	0.0	3.8	7.7	11.5	19.2	23.1	7.7	0.0	0.0	0.0	3.8
	0.2H	0.0	3.8	7.7	3.8	3.8	3.8	0.0	3.8	3.8	7.7	26.9	23.1	3.8	0.0	0.0	7.7
	0.4H	0.0	0.0	0.0	3.8	11.5	7.7	3.8	0.0	7.7	3.8	7.7	0.0	15.4	11.5	3.8	23.1
	0.6H	0.0	0.0	7.7	7.7	11.5	15.4	30.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	23.1
	0.8H	0.0	7.7	3.8	11.5	7.7	3.8	3.8	7.7	19.2	0.0	0.0	3.8	3.8	7.7	7.7	11.5
	底	0.0	3.8	0.0	0.0	3.8	7.7	15.4	7.7	0.0	11.5	7.7	3.8	30.8	7.7	0.0	0.0
T1	表	0.0	0.0	19.2	3.8	0.0	3.8	11.5	11.5	3.8	11.5	23.1	7.7	0.0	0.0	0.0	3.8
	0.2H	0.0	3.8	11.5	7.7	3.8	0.0	3.8	7.7	3.8	7.7	3.8	26.9	7.7	3.8	0.0	7.7
	0.4H	0.0	0.0	3.8	15.4	23.1	26.9	3.8	3.8	7.7	0.0	3.8	0.0	7.7	0.0	0.0	3.8
	0.6H	0.0	3.8	7.7	7.7	7.7	3.8	11.5	11.5	11.5	3.8	0.0	7.7	0.0	0.0	11.5	11.5
	0.8H	0.0	0.0	15.4	15.4	11.5	3.8	0.0	7.7	7.7	0.0	3.8	7.7	3.8	19.2	0.0	3.8
	底	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	3.8	23.1	15.4	15.4	7.7	3.8	3.8	7.7
C4	表	0.0	3.8	3.8	3.8	11.5	0.0	7.7	7.7	3.8	7.7	42.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7
	0.2H	0.0	0.0	0.0	3.8	7.7	7.7	0.0	3.8	11.5	11.5	26.9	15.4	0.0	0.0	0.0	11.5
	0.4H	0.0	0.0	7.7	3.8	30.8	38.5	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
	0.6H	0.0	11.5	3.8	7.7	7.7	23.1	11.5	3.8	3.8	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	15.4
	0.8H	0.0	3.8	11.5	0.0	0.0	7.7	11.5	0.0	3.8	3.8	0.0	0.0	15.4	11.5	23.1	7.7
	底	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	7.7	7.7	0.0	3.8	15.4	11.5	7.7	0.0	19.2	3.8	19.2

5.1.2.3 流速频率

由流速分布区间来看，大潮观测期间，4 个观测站各层的海流都没有超过 50cm/s。4 个站的 0.6H 层流速相对较大，而 0.2H 和 0.4H 层流速相对较小（均未超过 30cm/s）。

其中，C1 和 C2 站 0.6H 层的海流最大，位于 40~49cm/s 区间的流速级，且出现频率比该层其他流速级都大。

表 5.1-7 各站各级流速 (cm/s) 出现频率 (%)

流速	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100-119	≥120
C1	表层	30.8	53.8	7.7	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.2H	61.5	26.9	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.4H	3.8	50.0	46.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.6H	0.0	7.7	11.5	23.1	57.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8H	23.1	53.8	11.5	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	底层	34.6	53.8	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C2	表层	30.8	34.6	30.8	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.2H	19.2	65.4	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.4H	30.8	65.4	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.6H	0.0	7.7	15.4	34.6	42.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8H	26.9	50.0	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	底层	38.5	57.7	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
T1	表层	7.7	57.7	34.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.2H	23.1	69.2	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.4H	11.5	42.3	38.5	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.6H	7.7	23.1	30.8	38.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8H	23.1	69.2	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	底层	30.8	53.8	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C4	表层	3.8	34.6	38.5	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.2H	7.7	73.1	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.4H	15.4	61.5	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.6H	3.8	50.0	38.5	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.8H	34.6	50.0	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	底层	50.0	46.2	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

5.1.2.4 平均流速和最大流速

各站位实测平均流速和最大流速等见下表。

表 5.1-8 实测平均流速和最大流速及对应流向 (单位: cm/s, 流向: °)

站号	层次	涨潮流			落潮流			全潮平均
		平均流速	最大		平均流速	最大		
			流速	流向		流速	流向	
C1	表层	12.8	19.3	286	15.9	33.0	41	14.1
	0.2H	8.4	13.0	208	12.1	28.3	40	10.0
	0.4H	18.4	27.2	297	19.0	27.7	355	18.7
	0.6H	37.9	47.9	110	36.7	46.7	125	37.4

站号	层次	涨 潮 流			落 潮 流			全潮 平均
		平均流速	最大		平均流速	最大		
			流速	流向		流速	流向	
	0.8H	16.3	31.1	154	13.6	30.6	171	15.1
	底层	13.5	21.3	190	12.5	20.8	133	13.1
	C2	表层	17.8	26.6	176	15.1	32.5	42
	0.2H	15.8	26.5	216	12.6	29.8	45	14.5
	0.4H	13.1	18.9	282	12.6	20.5	94	12.9
	0.6H	36.7	47.9	122	33.6	44.3	143	35.3
	0.8H	15.9	25.9	346	12.5	28.1	198	14.4
	底层	12.8	21.2	283	11.3	18.4	184	12.2
	T1	表层	17.8	26.3	141	17.3	29.0	48
	0.2H	12.6	19.4	280	15.0	25.3	39	13.6
	0.4H	16.8	25.0	81	24.4	32.1	117	20.0
	0.6H	30.4	36.5	39	17.1	28.9	155	24.8
	0.8H	11.7	24.2	307	14.5	20.8	104	12.9
	底层	11.1	20.4	325	14.1	24.3	184	12.4
	C4	表层	24.9	37.0	165	20.7	36.1	146
	0.2H	18.4	28.3	205	14.6	26.5	168	16.8
	0.4H	13.1	21.9	129	20.2	27.6	108	16.1
	0.6H	21.3	32.3	44	16.4	31.3	23	19.2
	0.8H	9.5	20.1	331	16.0	23.9	307	12.3
	底层	8.7	18.4	308	11.9	20.5	149	10.0

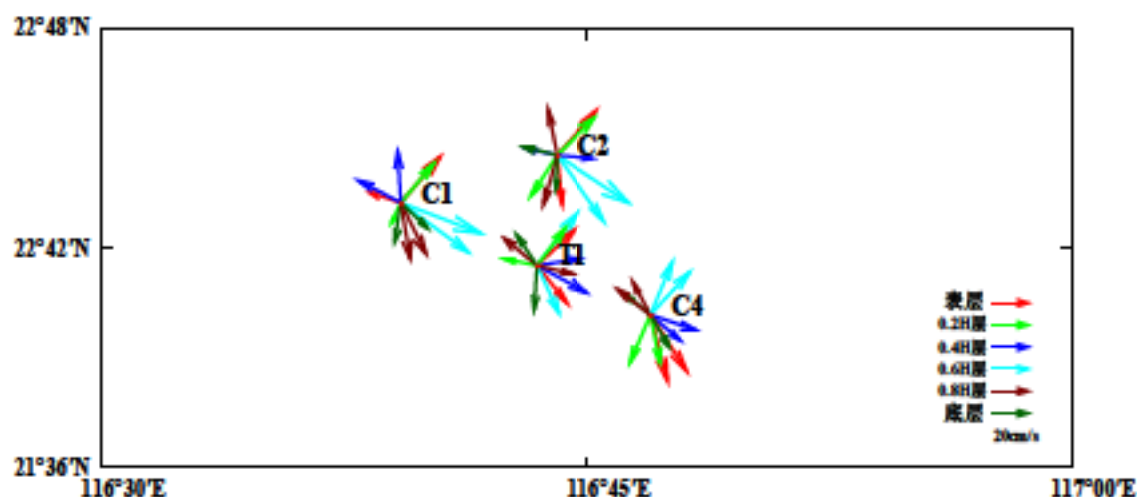


图 5.1-12 实测最大涨落潮流矢量

从表层实测海流最大涨落潮平面分布上看, C1、C2 和 T1 站表层都是落潮流大于涨潮流, 落潮流向为东北向, C1 涨潮为潮流为西北向, C2 涨潮为潮流为偏南, C4 站表层最大涨落潮流速大小相近, 方向均为 WS; 从 0.6H 层平面分布看, C1 和 C2 站 0.6H 层最大涨落潮流速大小相当, 方向均为 WS, T1 站涨潮流速大于落潮流速, C4 站 0.6H 层最大涨落潮流速大小相当, 方向位 EN; 从垂向上看, 表层 4 个观测站表层最大涨落

潮流速大于 0.2H 和 0.4H 层，而 0.6H 层流速最大，0.6H 层以下最大涨落潮流速随深度逐渐递减。

5.1.2.5 潮流的调和分析

潮流调和分析的目的是从实际观测资料中求出各主要分潮流的调和常数，从而确定潮流性质和特征。根据观测的数据个数，用准调和差比法计算各分潮流的调和常数。

(1) 潮流的性质

同潮汐性质分类一样，通常以主要分潮流最大流速的比值作为潮流类型划分的依据，其标准是：

$$0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 0.5 \quad \text{为正规半日潮流}$$

$$0.5 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 2.0 \quad \text{为不正规半日潮流}$$

$$2.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 4.0 \quad \text{为不正规日潮流}$$

$$4.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \quad \text{为正规日潮流}$$

其中， W_{M_2} 、 W_{K_1} 、 W_{O_1} 分别为主太阴半日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴日分潮流的椭圆长半轴。选用“引入差比关系的准调和和分析方法”，此处选取 T1 站的潮位资料来计算差比数，对海流观测资料进行分析计算，得出观测期间的余流和 O_1 （主要太阴全日分潮）、 K_1 （太阴太阳合成全日分潮）、 M_2 （主要太阴半日分潮）、 S_2 （主要太阳半日分潮）、 M_4 （浅水分潮）和 MS_4 （浅水四分之一分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及椭圆要素等潮流特征值。

利用潮流类型分类判别标准，根据调和计算结果，算得潮流性质比值。各站层以不正规日潮流居多，其次是正规日潮流较多，余下小部分为不正规半日潮流，观测期间本海区潮流主要为不正规日潮流的性质。

表 5.1-9 潮流性质分析结果

站号	表层	0.2H 层	0.4H 层	0.6H 层	0.8H 层	底层
C1	2.32	3.46	4.58	5.5	0.92	1.61
C2	2.72	2.32	4.43	3.94	1.09	2.0
T1	4.03	2.4	2.26	4.64	3.33	0.9

C4	3.04	1.69	3.41	2.37	1.40	1.65
----	------	------	------	------	------	------

(2) 潮流的运动形式

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的旋转率（亦称椭圆率） K' 值来描述， K' 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1~1之间。 K' 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。 K' 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。

该海区的潮流性质主要是不正规日潮流，根据计算结果各站层潮流的椭圆率 K' 值小于 0.5 居多，然而，大于 K' 值小于 0.5 也不少，因此观测期间本海区潮流运动形式以带有旋转性质的往复流为主。

表 5.1-10 各主要分潮的椭圆要素

站位	层 次	分潮流	椭圆长轴 (cm/s)	长轴方向 (°)	椭圆短轴 (cm/s)	旋转率 (K')
C1	表层	O_1	8.71	242	4.49	-0.516
		K_1	9.71	242	5.01	-0.516
		M_2	7.93	2	3.56	-0.449
		S_2	3.32	2	1.49	-0.449
		M_4	5.82	46	5.2	-0.893
		MS_4	1.73	46	1.55	-0.893
	0.2H	O_1	5.91	244	0.34	-0.057
		K_1	6.59	244	0.37	-0.057
		M_2	3.61	40	0.52	0.144
		S_2	1.51	40	0.22	0.144
		M_4	6.31	15	2.57	-0.408
		MS_4	1.88	15	0.77	-0.408
	0.4H	O_1	11.68	259	6.85	-0.587
		K_1	13.03	259	7.64	-0.587
		M_2	5.39	357	4.13	0.766
		S_2	2.26	357	1.73	0.766
		M_4	3.86	26	2.08	-0.539
		MS_4	1.15	26	0.62	-0.539
	0.6H	O_1	21.37	334	13.67	-0.64
		K_1	23.83	334	15.25	-0.64
		M_2	8.21	34	7.46	-0.908
		S_2	3.44	34	3.13	-0.908
		M_4	1.99	220	1.04	-0.525
		MS_4	0.59	220	0.31	-0.525
	0.8H	O_1	4.95	196	0.55	-0.112
		K_1	5.52	196	0.62	-0.112
		M_2	11.38	353	1.07	-0.094
		S_2	4.77	353	0.45	-0.094

站 位	层 次	分潮流	椭圆长轴 (cm/s)	长轴方向 (°)	椭圆短轴 (cm/s)	旋转率 (K°)
C2	底层	M4	11.22	182	2.57	-0.229
		MS4	3.34	182	0.77	-0.229
		O1	6.11	231	2.38	-0.39
		K1	6.81	231	2.65	-0.39
		M2	8.01	176	2.89	-0.361
		S2	3.36	176	1.21	-0.361
		M4	6.49	201	2.06	-0.317
		MS4	1.93	201	0.61	-0.317
	表层	O1	11.28	245	3.95	-0.35
		K1	12.58	245	4.41	-0.35
		M2	8.78	207	1.12	-0.127
		S2	3.68	207	0.47	-0.127
		M4	1.52	18	0.57	0.376
		MS4	0.45	18	0.17	0.376
	0.2H	O1	9.18	250	3.67	-0.4
		K1	10.24	250	4.09	-0.4
		M2	8.35	222	1.34	-0.161
		S2	3.5	222	0.56	-0.161
		M4	2.13	359	0.54	0.255
		MS4	0.64	359	0.16	0.255
	0.4H	O1	8.43	289	2.51	-0.298
		K1	9.4	289	2.8	-0.298
		M2	4.02	215	0.23	0.058
		S2	1.69	215	0.1	0.058
		M4	5.78	359	0.15	0.027
		MS4	1.72	359	0.05	0.027
	0.6H	O1	20.95	335	9.48	-0.453
		K1	23.37	335	10.58	-0.453
		M2	11.26	332	2.53	-0.225
		S2	4.72	332	1.06	-0.225
		M4	6.57	165	0.32	-0.048
		MS4	1.96	165	0.09	-0.048
	0.8H	O1	6.1	173	3.02	-0.496
		K1	6.8	173	3.37	-0.496
		M2	11.83	28	9.32	-0.788
		S2	4.96	28	3.91	-0.788
		M4	5.21	194	2.68	-0.514
		MS4	1.55	194	0.8	-0.514
	底层	O1	6.26	299	2.49	-0.398
		K1	6.98	299	2.78	-0.398
		M2	6.62	112	4.38	-0.662
		S2	2.77	112	1.84	-0.662
		M4	2.65	188	0.14	-0.053

站位	层 次	分潮流	椭圆长轴 (cm/s)	长轴方向 (°)	椭圆短轴 (cm/s)	旋转率 (K°)
T1	表层	MS ₄	0.79	188	0.04	-0.053
		O ₁	12.93	254	5.33	-0.412
		K ₁	14.42	254	5.94	-0.412
		M ₂	6.79	29	0.02	0.002
		S ₂	2.85	29	0.01	0.002
		M ₄	3.73	9	0.01	0.003
		MS ₄	1.11	9	0	0.003
	0.2H	O ₁	8.76	265	1.86	-0.212
		K ₁	9.77	265	2.07	-0.212
		M ₂	7.74	23	0.53	0.069
		S ₂	3.24	23	0.22	0.069
		M ₄	5.51	343	0.65	0.118
		MS ₄	1.64	343	0.19	0.118
	0.4H	O ₁	9.77	269	3.62	-0.371
		K ₁	10.89	269	4.04	-0.371
		M ₂	9.16	294	2.09	-0.228
		S ₂	3.84	294	0.88	-0.228
		M ₄	5.72	126	1.86	0.325
		MS ₄	1.7	126	0.55	0.325
	0.6H	O ₁	16.47	176	11.35	-0.689
		K ₁	18.37	356	12.66	-0.689
		M ₂	7.52	59	5.3	-0.705
		S ₂	3.15	59	2.22	-0.705
		M ₄	4.1	275	1.36	-0.333
		MS ₄	1.22	95	0.41	-0.333
	0.8H	O ₁	8.74	251	1.75	-0.201
		K ₁	9.75	251	1.95	-0.201
		M ₂	5.55	174	0.32	0.057
		S ₂	2.33	174	0.13	0.057
		M ₄	4.72	300	3.7	-0.784
		MS ₄	1.41	300	1.1	-0.784
	底层	O ₁	4.1	312	1.89	-0.461
		K ₁	4.58	312	2.11	-0.461
		M ₂	9.62	155	4.77	-0.496
		S ₂	4.03	155	2	-0.496
		M ₄	5.77	9	0.43	-0.075
		MS ₄	1.72	9	0.13	-0.075
C4	表层	O ₁	14.34	274	7.1	-0.495
		K ₁	16	274	7.92	-0.495
		M ₂	9.97	20	6.02	-0.604
		S ₂	4.18	20	2.52	-0.604
		M ₄	2.42	197	0.68	-0.279
		MS ₄	0.72	197	0.2	-0.279

站位	层 次	分潮流	椭圆长轴 (cm/s)	长轴方向 (°)	椭圆短轴 (cm/s)	旋转率 (K°)
	0.2H	O ₁	7.52	269	3.47	-0.462
		K ₁	8.38	269	3.88	-0.462
		M ₂	9.39	31	5.98	-0.637
		S ₂	3.94	31	2.51	-0.637
		M ₄	1.05	184	0.43	-0.414
		MS ₄	0.31	184	0.13	-0.414
	0.4H	O ₁	4.12	305	0.42	-0.101
		K ₁	4.6	305	0.46	-0.101
		M ₂	2.55	40	1.65	-0.648
		S ₂	1.07	40	0.69	-0.648
		M ₄	4.12	150	0.65	0.157
		MS ₄	1.23	150	0.19	0.157
	0.6H	O ₁	11.77	167	2.42	-0.205
		K ₁	13.13	167	2.7	-0.205
		M ₂	10.52	211	4.9	-0.466
		S ₂	4.41	211	2.06	-0.466
		M ₄	3.72	192	2.6	0.699
		MS ₄	1.11	192	0.77	0.699
	0.8H	O ₁	6.36	307	0.94	-0.148
		K ₁	7.1	307	1.05	-0.148
		M ₂	9.61	147	3.55	-0.369
		S ₂	4.03	147	1.49	-0.369
		M ₄	4.58	9	0.64	0.14
		MS ₄	1.36	9	0.19	0.14
	底层	O ₁	6.13	311	0.65	0.105
		K ₁	6.83	311	0.72	0.105
		M ₂	7.87	148	3.85	-0.489
		S ₂	3.3	148	1.61	-0.489
		M ₄	1.25	71	0.04	0.035
		MS ₄	0.37	71	0.01	0.035

(3) 平均最大流速与可能最大流速

根据《港口与航道水文规范》的规定，对于正规半日潮流的海区，最大可能潮流 V_{MAX} 按式 (A) 计算；对于正规全日潮流的海区，最大可能潮流 V_{MAX} 按式 (B) 计算；对于不正规半日潮流和不正规全日潮流的海区，最大可能潮流 V_{MAX} 取式 (A) 和式 (B) 计算中的较大值：

$$\bar{V}_{MAX} = 1.295\bar{W}_{M2} + 1.245\bar{W}_{S2} + \bar{W}_{K1} + \bar{W}_{O1} + \bar{W}_{M4} + \bar{W}_{MS4} \quad (A)$$

$$\bar{V}_{MAX} = \bar{W}_{M2} + \bar{W}_{S2} + 1.600\bar{W}_{K1} + 1.450\bar{W}_{O1} \quad (B)$$

式中 W 为分潮流的最大流矢量，下表列出各站、各层实测海流最大流速和潮流最

大可能流速。

表 5.1-11 最大实测流速和潮流最大可能流速计算结果（单位：cm/s，流向：°）

站号	项目	海流最大流速		潮流可能出现的最大流速	
		大潮			
		流速	流向	流速	流向
C1	表层	33.0	41	35.9	38
	0.2H	28.3	40	25.5	44
	0.4H	27.7	355	37.5	91
	0.6H	47.9	110	64.1	145
	0.8H	31.1	154	7.1	55
	底层	21.3	190	16.2	86
C2	表层	32.5	42	47.0	55
	0.2H	29.8	45	40.5	62
	0.4H	20.5	94	29.3	99
	0.6H	47.9	122	83.7	154
	0.8H	28.1	198	18.3	46
	底层	21.2	283	29.6	117
T1	表层	29.0	48	49	66
	0.2H	25.3	39	34.8	69
	0.4H	32.1	117	43.7	96
	0.6H	36.5	39	49.4	165
	0.8H	24.2	307	27.7	87
	底层	24.3	184	26.4	144
C4	表层	37.0	165	52.1	79
	0.2H	28.3	205	33.3	69
	0.4H	27.6	108	14.2	116
	0.6H	32.3	44	29.3	146
	0.8H	23.9	307	33.8	135
	底层	20.5	149	30.7	137

5.1.2.6 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，所以在这里描述的是实测的由各种流动合成的余流。

由以下图表可以看出，C1 和 C2 站 0.6H 层余流最大，可达 22cm/s 左右，流向为 E；其余各站余流流速相对较小。从余流流向上看，4 个站表层均为 SW 向，0.2H 层为 ES 和 SW 各占一半，0.6H 层以 E 为主，0.8H 层以 NW 为主，底层 ES 和 SW 各占一半。

表 5.1-12 余流计算结果 (单位: cm/s, 流向: °)

层 次 站 号	表层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向	流 速	流 向
C1	2.3	195	3.7	158	2.2	221	22.9	93	1.6	331	6.0	192
C2	6.0	212	5.5	243	1.5	293	22.0	97	2.2	359	5.5	259
T1	4.8	198	2.5	262	12.9	102	8.2	105	3.2	30	6.8	241
C4	11.9	196	10.7	216	14.7	104	9.6	94	2.8	351	2.6	230

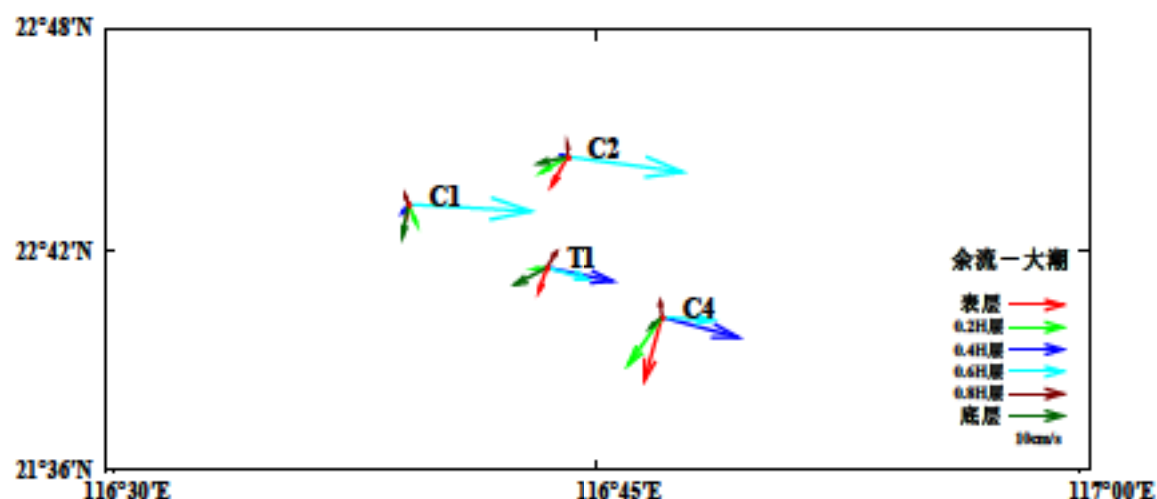


图 5.1-13 余流矢量图

5.1.3 定点海流观测

陆丰 12-3 油田位于外海深水区, 在工程区域布设 1 个 45 天海流连续观测站 (T1-定点), 水深约为 240m。工程区域所在海区海洋动力环境复杂, 海流不仅受到引潮力、风、海水密度、地形等因素作用, 还受南海北部环流及中尺度过程影响。

5.1.3.1 流速流向

实测海流矢量图中各时刻的垂线平均流速按如下公式进行矢量计算: $V_{\text{垂线}} = 0.3 \cdot V_{\text{表}} + 0.5 \cdot V_{0.6H} + 0.2 \cdot V_{\text{底}}$, 其中 V (表层、0.6H 和底层) 表示各层海流流速。

表 5.1-13 给出观测期间海流最大流速、平均流速和最小流速的流速和流向统计值, 图 5.1-14 分别给出观测期间定点海流站各层海流矢量变化过程图, 从图表中可以得到:

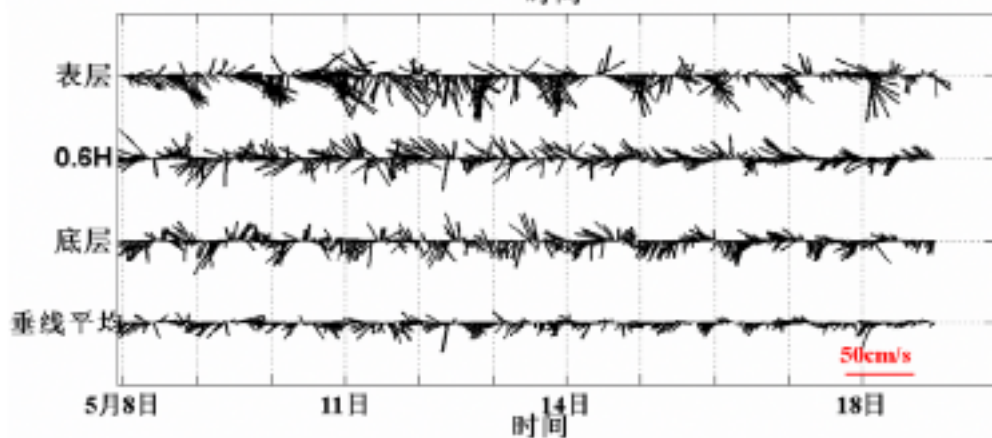
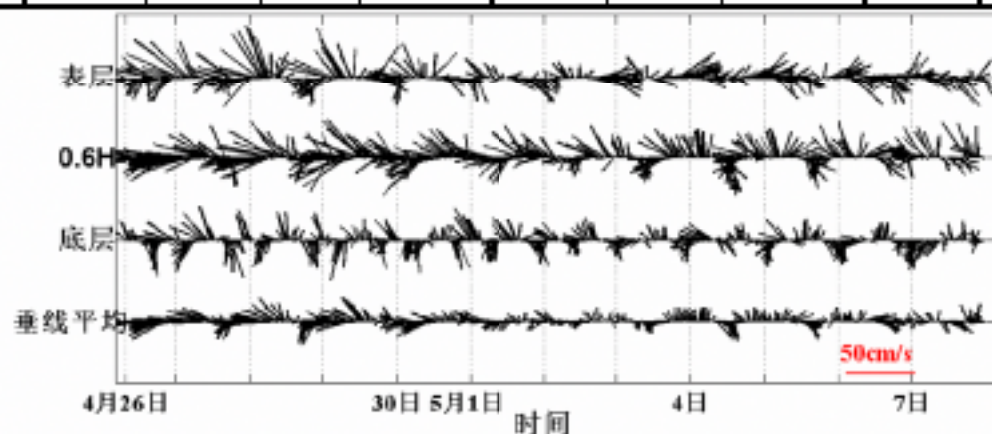
(1) 观测期间各层最大流速分别为 70.5cm/s、57.4cm/s 和 38.6cm/s, 对应的流向分别为 317°、226°和 147°。最大垂线平均流速为 39.6cm/s, 对应的流向分别为 240°; 各层矢量平均流速分别为 1.2cm/s、12.1m/s 和 4.5cm/s, 对应的流向分别为 3°、276°和 234°, 各层平均流速相差不大, 最大平均流速出现在 0.6H 层。

(2) 观测期间流速主要表现为表层>0.6H 层>底层,但是也有很多时刻 0.6H 层流速最大。表层海流流向在各个方向均有分布,频率占比最多的为 NW 向和 SE 向;0.6H 层海流流向主要集中在 SW~NWN 向之间;底层海流则主要集中在 SE~NWN 向之间。

(3) 观测期间南海处于东北季风向西南季风转换的过程,风海流对观测期间的海流影响较小,整体各层流速均不大。从观测期间各层次流速流向看,0.6H 层海流的涨落潮流特征不明显,具有旋转流特征;表层和 0.6H 层海流在部分的观测时间内会出现在海流方向基本不变的情况下,流速出现变小再变大的过程。表层和底层海流则具有一定的涨落潮流特征,涨潮流方向主要为 NW 向,落潮流主要方向为 SSE,特别是在 4 月底到 5 月初的观测期间内。各层流速流向在同一时刻具有一定的差异,体现出观测站点海流的复杂性。

表 5.1-13 海流流速、流向统计表 (单位: cm/s, 流向: °)

月份	要素	表层		0.6H		底层		垂线平均	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
观测期间	最大	70.5	317	57.4	226	38.6	147	39.6	240
	平均	1.2	3	12.1	276	4.5	234	6.8	274



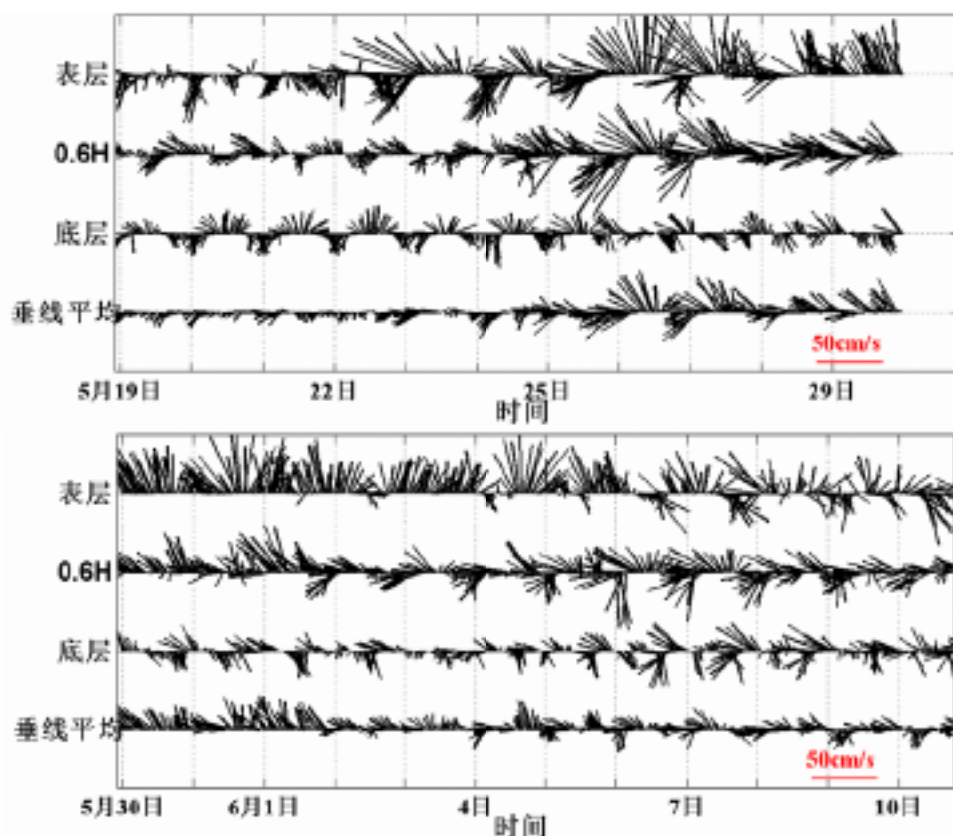


图 5.1-14 观测期间各层海流矢量过程图

5.1.3.2 流速、流向联合分布

图 5.1-15 为本次观测期间的各层流速与流向联合分布玫瑰图，相应的流速流向联合分布统计表见表 5.1-14~表 5.1-17。

由表和图可知，观测期间各层海流主要以 NNW~SE 向海流出现频率最多，总共出现频率为 70%~80%，但在各层中各向海流的占比则有所不同。在表层中各向海流均有出现，出现最多的为 SE、ESE、NNW 和 E 向，出现的频率分别为 9.46%、9.18%、9.64% 和 6.78%；在 0.6H 层出现最多的流向为 W、WNW、WSW、NW 和 SW，出现频率分别为 17.97%、17.73%、13.78%、13.35% 和 8.70%，一共占到 71.23%；在底层中出现最多的流向为 SSW、S、SSE、SW 和 WNW，出现的频率分别为 11.19%、10.588%、10.34%、8.55% 和 8.06%。

观测期间流速、流向联合分布中，各层海流位于 10cm/s~19cm/s 区间的出现频率最大，在各层占的频率分别为 39.60%、44.83% 和 52.74%；其次是流速为 20cm/s~29cm/s，在各层占的频率分别为 27.31%、26.31% 和 7.85%，而底层海流出现频率排第二的流速为 0cm/s~9cm/s 区间，出现频率为 38.72%。各层中超过 40cm/s 的流速分别占 4.29%、2.22% 和 0.70%，超过 40cm/s 的流向以 WSW~WNW 向流最多。从流速、流向联合分布

玫瑰图中也可以看出各层流速流向分布存在较大差异,表明观测期间该定点海流测站流态复杂,不仅仅受到潮流的影响。

表 5.1-14 观测期间流向频率统计 (%)

时间	流向	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
0426~0610	表层	6.33	3.89	5.69	6.78	9.18	9.46	6.84	4.77	5.57	5.35	4.20	5.26	5.54	6.39	8.64	6.11
	0.6H	1.67	1.37	1.16	0.97	1.09	2.04	2.62	3.19	4.84	8.70	13.78	17.97	17.43	13.35	6.72	3.10
	底层	2.71	1.98	1.43	2.31	3.22	6.11	10.34	10.58	11.19	8.55	7.57	7.18	8.06	8.03	6.63	4.11

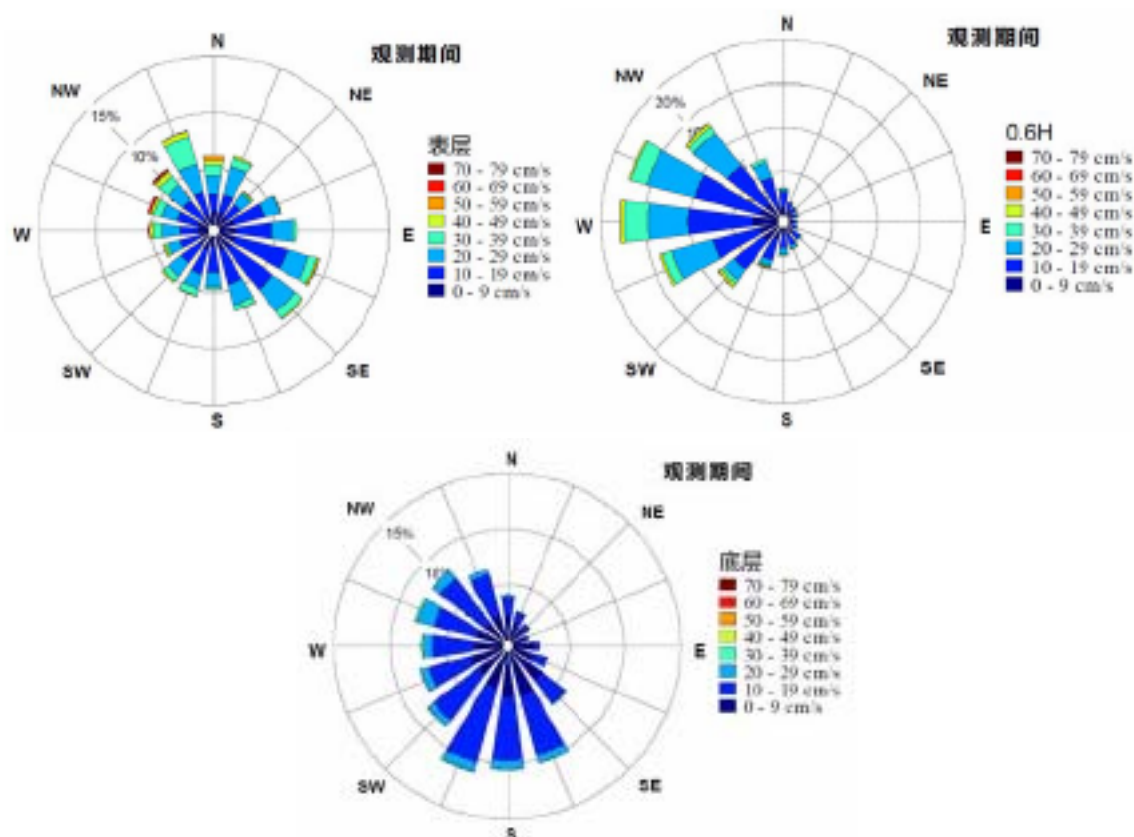


图 5.1-15 观测期间表层、0.6H 层和底层流速与流向联合分布玫瑰图

表 5.1-15 观测期间表层流速流向联合分布、各向最大流速和平均流速统计

单位: 频率 (%); 采样间隔: 1 次/20min

区间	流向	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	累积
$\geq 90\text{cm/s}$																		
80~89cm/s																		
70~79cm/s															0.03			0.03
60~69cm/s													0.03	0.18	0.12		0.03	0.36
50~59cm/s												0.03	0.09	0.03	0.12	0.06	0.36	0.76
40~49cm/s		0.18	0.12	0.03		0.18	0.12	0.03		0.06	0.18	0.21	0.27	0.30	0.52	0.49	0.33	3.04

流向 区间	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	累积
30~39cm/s	0.76	0.18	0.03	0.30	0.73	0.79	0.46	0.27	0.67	0.61	0.30	0.79	0.73	1.03	2.49	0.94	11.10
20~29cm/s	2.59	1.09	1.49	1.76	1.98	2.46	1.89	1.25	1.34	1.46	1.06	1.58	1.46	1.67	2.55	1.67	27.31
10~19cm/s	1.64	1.52	2.80	3.25	4.84	4.68	3.16	2.31	2.31	1.92	1.79	1.58	1.82	2.22	2.13	1.61	39.60
0~9cm/s	1.16	0.97	1.34	1.46	1.40	1.40	1.31	0.94	1.19	1.19	0.79	0.91	1.00	0.67	0.91	1.16	17.79
累积	6.33	3.89	5.69	6.78	9.18	9.46	6.84	4.77	5.57	5.35	4.20	5.26	5.54	6.39	8.64	6.11	100.0
最大流速 (cm/s)	45.30	45.60	42.90	35.80	51.40	47.60	40.00	36.80	41.30	48.10	51.10	60.60	68.10	70.50	56.00	61.50	70.50
平均流速 (cm/s)	20.15	17.40	15.68	16.44	17.97	18.02	17.05	16.61	17.99	18.67	18.88	21.80	21.81	24.19	24.53	22.93	18.08

表 5.1-16 观测期间 0.6 层流速流向联合分布、各向最大流速和平均流速统计

单位：频率（%）；采样间隔：1 次/20min

流向 区间	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	累积
≥ 90cm/s																	
80~89cm/s																	
70~79cm/s																	
60~69cm/s																	
50~59cm/s								0.06	0.06		0.03		0.03			0.18	
40~49cm/s						0.03	0.06	0.06	0.40	0.30	0.52	0.21	0.46			2.04	
30~39cm/s						0.03	0.09	0.21	0.52	1.09	2.74	1.89	0.85	0.43	0.03	7.88	
20~29cm/s	0.12	0.24	0.21	0.24	0.27	0.40	0.70	0.64	1.49	4.74	4.50	5.66	4.77	1.89	0.33	26.31	0.12
10~19cm/s	0.58	0.46	0.30	0.46	0.88	1.37	1.73	2.43	4.17	5.63	7.36	7.79	5.50	3.47	1.73	44.83	0.58
0~9cm/s	0.67	0.46	0.46	0.40	0.88	0.79	0.61	1.43	2.07	2.01	2.83	1.89	1.73	0.94	1.00	18.77	0.67
累积	1.37	1.16	0.97	1.09	2.04	2.62	3.19	4.84	8.70	13.78	17.97	17.43	13.35	6.72	3.10	100.0	1.37
最大流速 (cm/s)	26.40	26.70	26.80	26.70	25.50	40.20	44.00	55.90	57.40	49.70	51.30	48.80	50.80	39.50	31.20	57.40	26.40
平均流速 (cm/s)	10.90	12.58	12.45	13.16	12.15	13.73	16.32	15.44	17.30	19.23	20.09	19.90	19.58	17.66	13.30	18.08	10.90

表 5.1-17 观测期间底层流速流向联合分布、各向最大流速和平均流速统计

单位：频率（%）；采样间隔：1 次/20min

流向 区间	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	累积
≥ 90cm/s																	
80~89cm/s																	
70~79cm/s																	
60~69cm/s																	
50~59cm/s																	

流向 区间	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	累积
40~49cm/s																	
30~39cm/s							0.03	0.06	0.09	0.03	0.03	0.18	0.21	0.06			0.70
20~29cm/s	0.06	0.03				0.12	0.73	0.79	0.85	0.73	0.70	0.76	1.52	0.88	0.52	0.15	7.85
10~19cm/s	1.16	0.52	0.55	0.49	1.40	2.68	5.54	5.75	7.03	5.08	3.95	3.92	4.01	5.08	3.86	1.73	52.74
0~9cm/s	1.49	1.43	0.88	1.82	1.82	3.32	4.05	3.98	3.22	2.71	2.89	2.31	2.31	2.01	2.25	2.22	38.72
累积	2.71	1.98	1.43	2.31	3.22	6.11	10.34	10.58	11.19	8.55	7.57	7.18	8.06	8.03	6.63	4.11	100.0
最大流速 (cm/s)	21.83	21.64	18.84	17.36	19.91	24.50	38.60	33.05	30.50	30.40	30.30	36.30	35.70	30.50	27.17	22.87	38.60
平均流速 (cm/s)	9.85	7.32	8.20	7.22	9.33	10.08	11.96	12.38	12.91	12.81	12.17	13.55	14.42	13.69	12.40	10.22	18.08

5.1.3.3 潮流调和分析

潮流计算采用了 Pawlowicz 等提供的潮流调和分析 Matlab 程序包，潮流调和分析可以将不同天文分潮的频率固定，并将实际海水的流动分解成由不同天文分潮的作用引起的流动和非周期性质的余流部分。只要时间序列足够长，就能够将频率相隔很近的分潮完全进行分离，得到各个天文分潮的潮流椭圆要素。本章所得各潮流要素是在 95% 的信度得到的。

本节计算结果与大潮周日海流计算得到的调和结果有所偏差，是因为大潮观测仅有一天的观测数据，采用准调和法引入差比数进行计算，而定点连续观测站由于观测时间序列较长可以直接进行潮流调和分析，所以长时间序列得到潮流调和结果更为准确，45 天定点观测分析得到的调和常数和本海域潮流类型更为相符。

5.1.3.4 调和常数

表 5.1-18 给出了各层及垂线平均的主要全日分潮 O_1 、 K_1 ，主要半日分潮 M_2 、 S_2 ，以及浅水分潮 M_4 、 MS_4 共 6 个分潮的椭圆要素，椭圆率为负值，表示顺时针方向旋转，正值表示逆时针方向旋转。由表可得到，各层及垂线平均的主要分潮流中以 K_1 全日分潮流长半轴最大（5.97cm/s，出现在表层），其次是 M_2 分潮（最大值为 5.44cm/s，出现在底层），其后是 O_1 分潮、 S_2 分潮，浅水分潮流 M_4 和 MS_4 的量值相对较小。表层中全日分潮 K_1 和 O_1 长半轴最大，其次是半日分潮；除去 K_1 分潮，其余各分潮的椭圆率均大于 0.3，表明表层以旋转流为主。0.6H 层中全日分潮 O_1 和半日分潮 M_2 长半轴最大，其次是 K_1 ；主要分潮的椭圆率均大于 0.3，0.6H 层也是以旋转流为主。底层层中全

日分潮 M_2 和 K_1 长半轴最大, 其次是 S_2 。随着水深增加, M_2 和 S_2 分潮长半轴量值增加, 而 O_1 分潮减小, 表明半日分潮随着水深增加而占比变大。除去 K_1 分潮在部分层次的椭圆率小于 0.3, 其它分潮的大部分椭圆率均大于 0.3, 表明该站点观测期间以旋转流为主; 各层各分潮流的椭圆率大部分为负, 表明观测海区潮流以顺时针旋转性质为主。

表 5.1-18 各层海流椭圆要素表

层 次	分潮流	长轴 (cm/s)	长轴方向 (°)	短轴 (cm/s)	旋转率 (K')
表层	M_2	2.79	352.7	-1.54	-0.55
	S_2	3.13	153.1	-1.45	-0.46
	K_1	5.97	209.2	-1.14	-0.19
	O_1	5.32	164.6	-3.20	-0.60
	M_4	0.82	114.1	0.26	0.32
	MS_4	0.95	103.1	-0.53	-0.56
0.6H	M_2	3.88	216.4	-2.27	-0.59
	S_2	1.84	270.2	-0.57	-0.31
	K_1	3.10	158.7	2.25	0.73
	O_1	4.14	48.6	-2.96	-0.72
	M_4	0.59	41.2	-0.10	-0.17
	MS_4	0.48	241.3	0.01	0.03
底层	M_2	5.44	222.2	-2.31	-0.42
	S_2	3.64	345.0	-1.62	-0.45
	K_1	4.79	356.4	-0.65	-0.13
	O_1	2.80	52.9	-0.86	-0.31
	M_4	0.48	66.4	0.01	0.01
	MS_4	0.23	322.9	-0.02	-0.10
垂线平均	M_2	3.48	215.8	-2.26	-0.65
	S_2	1.04	274.2	-0.84	-0.81
	K_1	3.99	11.7	0.59	0.15
	O_1	2.29	23.1	-0.84	-0.37
	M_4	0.45	48.1	0.16	0.36
	MS_4	0.22	178.3	-0.10	-0.43

5.1.3.5 潮流性质

表 5.1-19 列出各层潮流性质系数的数值, F 值范围在 1.39~4.05 之间, 除去表层 F 值大于 4 表现为正规全日潮流, 其余各层均为不正规半日潮流。其中垂线平均 F 值为 1.80, 表明本海域各层的潮流类型主要为不正规半日潮流性质。

表 5.1-19 潮流性质特征值

层次	表层	0.6H 层	底层	垂线平均
F	4.05	1.39	1.80	1.80

5.1.3.6 余流

图 5.1-16 给出观测站点每天余流过程图，表 5.1-20 统计观测期间余流的特征值。由图表可知，调查期间观测站点的余流流速较大，最大余流流速为 28.3cm/s，其流向为 265°，出现在 0.6H 层；最小余流流速为 0.4cm/s，出现在底层，流向为 109°。各层余流表现出随着水深增加而减少，同时刻各层余流方向相差较大。表层余流随时间变化，流速大小存在一个明显变化过程，流向也由 W 向变为 SE 向，再变为 N 向。0.6H 层余流随时间变化，流速大小也存在一个明显变化过程，但是其流向基本都在 W~NW 向之间。底层余流流速大小变化不大，且流向固定在 SW~W 向之间。从各层余流的变化过程来看，表层和 0.6H 层在 5 月底 6 月初有个明显增大的过程，表明该海流测站余流不仅受到南海季风环流的影响，还受到中小尺度过程影响。

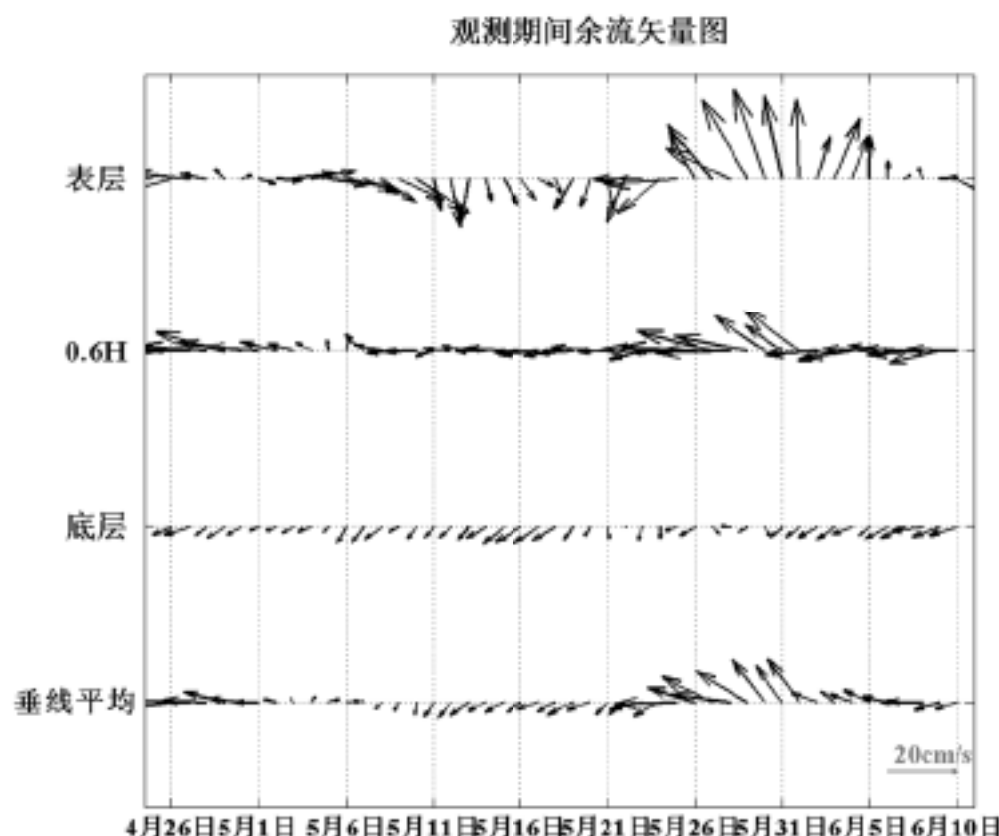


图 5.1-16 观测期间平均余流分布图

表 5.1-20 观测期间各层余流统计表（流速：cm/s，流向：°）

月份	要素	表层		0.6H		底层		垂线平均	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
观测期间	最大	27.0	341	28.3	265	8.9	262	20.1	262
	最小	1.9	61	3.1	355	0.4	109	0.3	298
	平均	1.2	358	12.3	275	4.5	234	6.9	273

5.1.3.7 潮流最大可能流速

本连续海流观测站的各层潮流最大可能流速随深度变化差异不明显，在 9.3cm/s~11.3cm/s 之间变化，最大值出现在 0.6H 层，为 11.3m/s，流向为 ENE~SE。由于实测最大海流包含潮流和余流两部分，因此依据潮流调和常数计算的最大可能潮流有时会小于实测最大海流流速。

表 5.1-21 潮流最大可能流速统计表（单位：流速 cm/s；流向：°）

层次	流速	流向
表层	11.1	132
0.6H 层	11.3	69
底层	9.3	104

5.1.4 悬沙现状调查

悬沙测站位置与海流观测站位置一致，根据水深，采用三点法（表、中、底层）采集水样，其中表层为距表面 1m 位置处，中层为 0.6H（H 为水深）位置处，底层为离底 1m 位置处。采水器采集 2000ml 水样，装瓶编号记录。水样处理采用 0.45 μ m、 ϕ 60mm 微孔滤膜进行过滤，让其滤物自然晾干，再经室内进行 5 小时的烘箱恒温 50℃左右烘干，取出置于干燥器至自然温度，然后予以称重，计算求得各站层的含沙量。

5.1.4.1 悬沙特征值统计

根据现场观测和实验室分析，将各站水体含沙量值进行统计分析，列于下表。

表 5.1-22 各站垂向平均含沙量变化统计表（单位：kg/m³）

站号	观测期		
	最大	最小	平均
C1	0.0018	0.0003	0.0007
C2	0.0012	0.0002	0.0007
C4	0.0013	0.0001	0.0008
T1	0.0020	0.0004	0.0012

观测海区含沙量变化较大，观测期各站含沙量的变化范围为 0.0001~0.0020kg/m³。

对 4 个站周日的表、中、底层悬沙混合样品进行粒度测定实验，观测期间悬沙中值粒径在 5.53 Φ ~7.13 Φ 之间变化；中值粒径的各站平均值分别为 6.18 Φ 、5.93 Φ 、6.53 Φ 、6.24 Φ 。就各站中值粒径的平均值分布而言，C4 站悬沙颗粒较细，其余各站且粒径相差不大。悬沙各组成物质中，以粉砂含量最高，为 76.25%~100.00%，平均为 93.60%；粘土含量次之，为 0.00%~20.36%，平均为 3.70%；砂含量最低，为 0.00%~

11.64%，平均为 2.70%。观测期间各站累积频率曲线图成 S 型，从累积曲线可以看出，各站悬沙中的组成物质和类型相似，各站的组成物质相差不大，表明这 4 个站的悬沙来源相近。

综上所述，观测期间悬沙组成物质类型有粉砂、粘土质粉砂和砂质粉砂三种，其中以粉砂为主，粘土质粉砂次之，砂质粉砂最少。

表 5.1-23 各站观测期期间悬沙中值粒径统计表（单位： Φ ）

站位号	观测期		
	最大	最小	平均
C1	6.71	5.80	6.18
C2	6.53	5.53	5.93
C4	7.13	6.06	6.53
T1	6.90	5.76	6.24

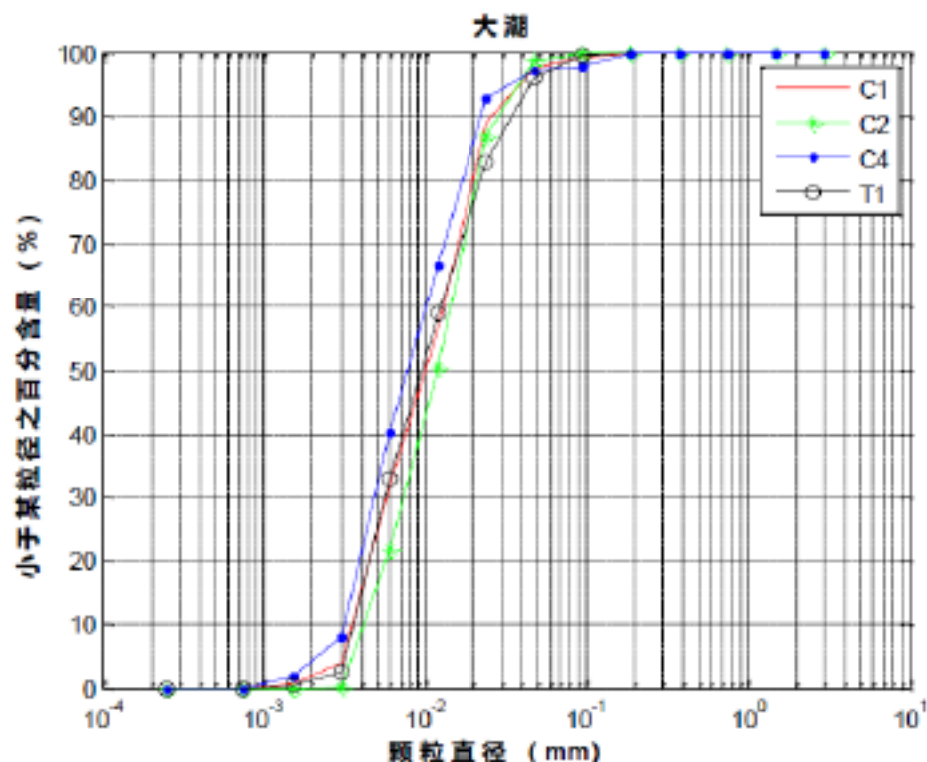


图 5.1-17 各站位（平均）样品累积频率曲线图

影响单宽输沙量的因素很多，主要有流速、流向、水深、余流、泥沙特性和波浪作用。本次测量天气情况正常，研究区泥沙特性差异不大，因此测算结果代表的是正常天气情况、海流和地形作用下的泥沙输移趋势。

5.1.4.2 周日单宽输沙量

由实测含沙量资料结合海流资料计算实测各站单宽净输沙量，主要公式为：

单宽输沙率: $q=HVS$

式中: q —单宽输沙率, 单位为 $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$, H —水深, 单位为 m ; V —流速, 单位为 m/s ; S —悬沙含量, 单位为 kg/m^3 。

周日单宽净输沙量计算方法:

$$W_{\#} = [(q_0 + q_1) t_1 + (q_1 + q_2) t_2 + \dots + (q_{n-1} + q_n) t_n] / 2$$

式中: $W_{\#}$ —周日单宽净输沙量, 单位为 $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{d})$; q —单宽输沙率; t —取样时间。

表 5.1-24 各站日单宽输沙量统计表

站号	C1	C2	C4	T1
观测期				
输沙量 ($\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{d})$)	1060.8	1075.4	833.6	719.0
方向 ($^{\circ}$)	83	104	99	76

计算结果表明, 观测期间工程海区各站日单宽输沙量相差不大, 多以偏东向为净输沙方向, C1、C2、C3 和 T1 站均呈现自西向东净输移过程。最大单宽净输沙量为 $1060.8\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{d})$, 出现在大潮期的 C1 站; 最小单宽净输沙量为 $719.0\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{d})$, 出现在小潮期的 T1 站, 前者是后者的 1.5 倍。

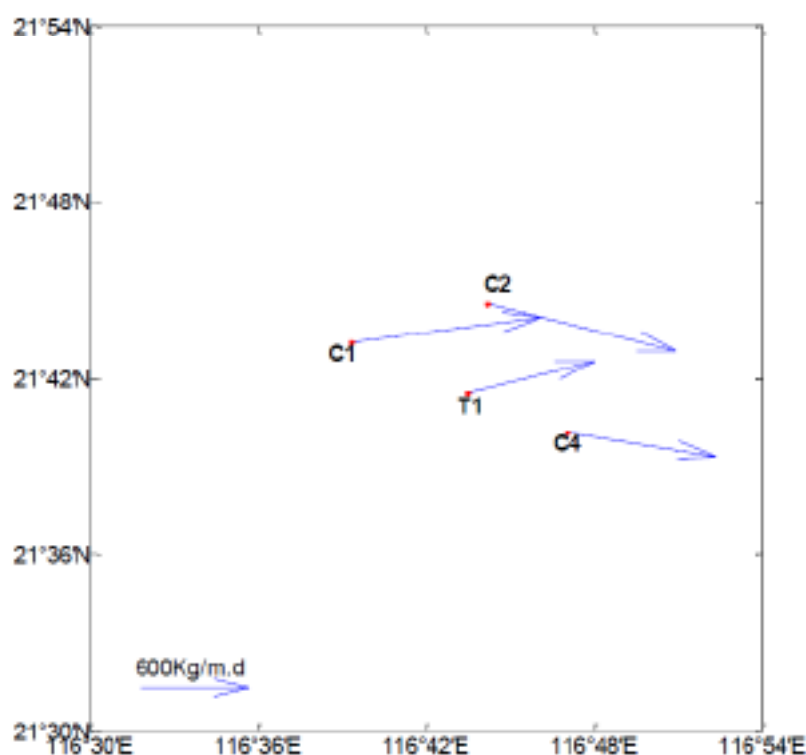


图 5.1-18 各站日单宽输沙量分布图

5.1.5 小结

通过对该海区的海流、潮位和悬沙等要素的调查和分析, 得出以下结论:

(1) 调查海域 T1-定点站属于不正规全日潮类型。主要全日分潮振幅比分别为 0.78, 主要浅海分潮振幅和为 1.70cm; 最高潮位为 70cm, 最低潮位为-63cm; 平均高潮位为 37cm, 平均低潮位为-37cm; 平均涨潮历时为 10h30min, 平均落潮历时为 10h35min, 涨潮历时略小于落潮历时 5min。

(2) 在 2020 年 3 月 19~20 日大潮观测期间, 4 个观测站各层的海流都没有超过 50cm/s, 所有观测站流速在中层 (0.6H 层) 到达极值, 位于 40~49cm/s 区间而 0.2H 和 0.4H 层流速相对较小 (均未超过 30cm/s), C1、C2、C4 和 T1 各站实测海流流向相对分散。引用准调和差比法计算方法得到大潮潮流性质以不正规日潮为主, 潮流运动形式以旋转性质为主。余流主要介于 1.5cm/s~22.9cm/s, C1 和 C2 站 0.6H 层余流最大, 其余各站余流流速相对较小; 从余流流向上看, 4 个站表层均为 SW 向, 0.2H 层为 ES 和 SW 向各占一半, 0.6H 层以 E 向为主, 0.8H 层以 NW 向为主, 底层 ES 和 SW 向各占一半。

(3) 连续 45 天海流观测资料分析结果显示: 各层最大流速分别为 70.5cm/s、57.4cm/s 和 38.6cm/s, 对应的流向分别为 317°、226°和 147°。表层和底层海流则具有一定的涨落潮流特征, 涨潮流方向主要为 NW 向, 落潮流主要方向为 SSE。表层海流流向在各个方向均有分布, 频率占比最多的为 NW 向和 SE 向; 0.6H 层海流流向主要集中在 SW~NWN 向之间; 底层海流则主要集中在 SE~NWN 向之间; 各层海流中均是流速为 10~19cm/s 的出现频率最多, 在各层占的频率分别为 39.60%、44.83%和 52.74%。该站点观测期间大部分分潮椭圆率大于 0.3, 以旋转流为主, 且椭圆率大部分为负, 表明观测海区潮流以顺时针旋转性质为主。各层潮流最大可能流速随深度变化差异不明显, 在 9.3~11.3cm/s 之间变化, 最大值出现在 0.6H 层, 为 11.3m/s, 流向为 ENE~SE。潮流性质 F 值范围在 1.39~4.05 之间, 潮流类型主要为不正规半日潮流性质, 与大潮周日观测分析得到以不正规日潮为主的潮流性质结果存在些偏差, 本海域的潮流类型以连续 45 天定点的观测分析得到的类型为准。

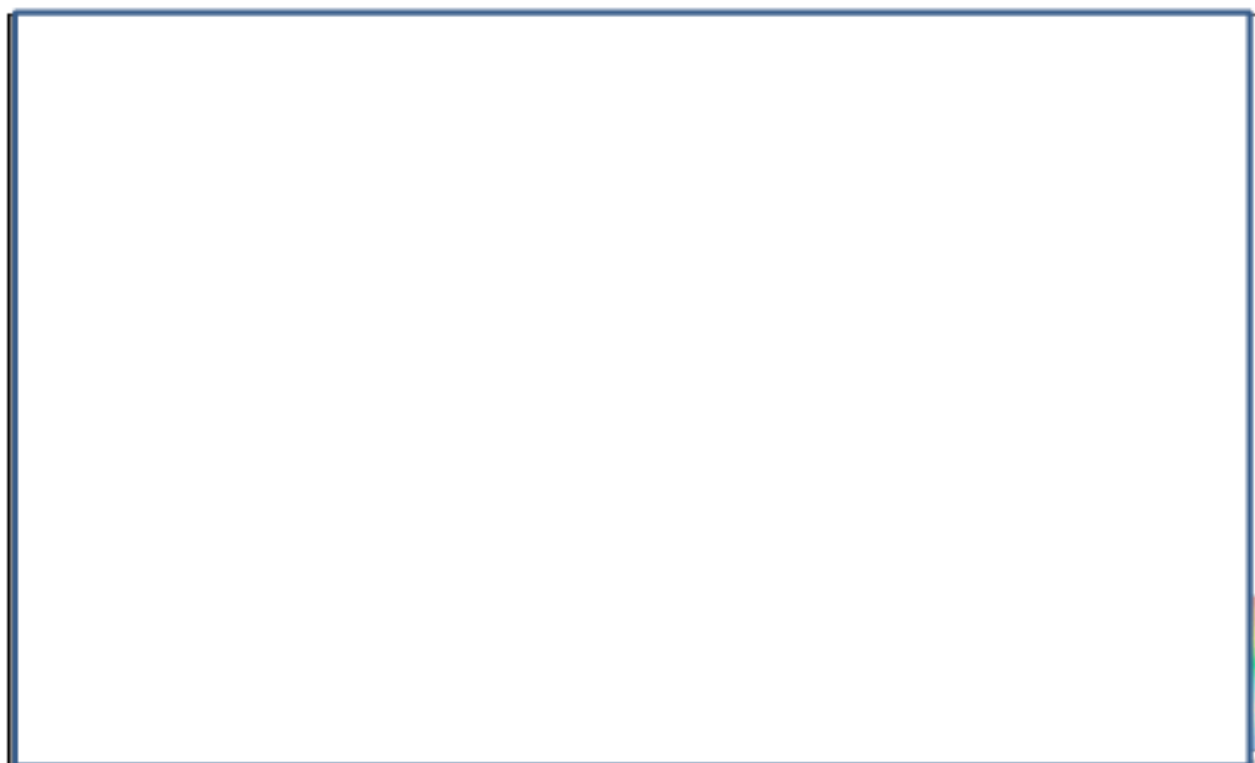
(4) 大潮观测期间悬沙中值粒径在 5.53ϕ ~ 7.13ϕ 之间变化, 各站平均值分别为 6.18ϕ 、 5.93ϕ 、 6.53ϕ 、 6.24ϕ ; 各站悬沙中的组成物质和类型相似, 悬沙组成物质类型有粉砂、粘土质粉砂和砂质粉砂三种, 其中以粉砂为主, 粘土质粉砂次之, 砂质粉砂最少; 各站日单宽输沙量相差不大, 多以偏东向为净输沙方向, 最大单宽净输沙量为 $1075.4\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$, 出现在 C2 站, 最小单宽净输沙量为 $719.0\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$, 出现在 T1 站, 前者是后者的 1.5 倍。

5.2 地形地貌环境现状调查与评价

5.2.1 水深

陆丰 12-3 井场调查区域内，水深在 215.6m~251.1m 之间变化，由西北部往东南部逐渐变深，平均坡度 0.32°。北部和西北部海底地形变化相对较大，水深在 215.6m~229.6m 之间；南部和东南水深变化较平缓，在 229.6m~251.1m 之间，没有明显的局部起伏。

陆丰 12-3 井口平台场址位置处水深值为 241.7m，基座位置处水深值为 236.9m。FPSO 中心处水深值为 237.1m，三个锚点水深值分别为 231.1m、243.2m、242.4m。



WGS 84 coordinate system, UTM projection, Contour interval: 10m

图 5.2-1 井场 LF12-3 调查范围内水深图



图 5.2-2 LF12-3 井口平台附近水深

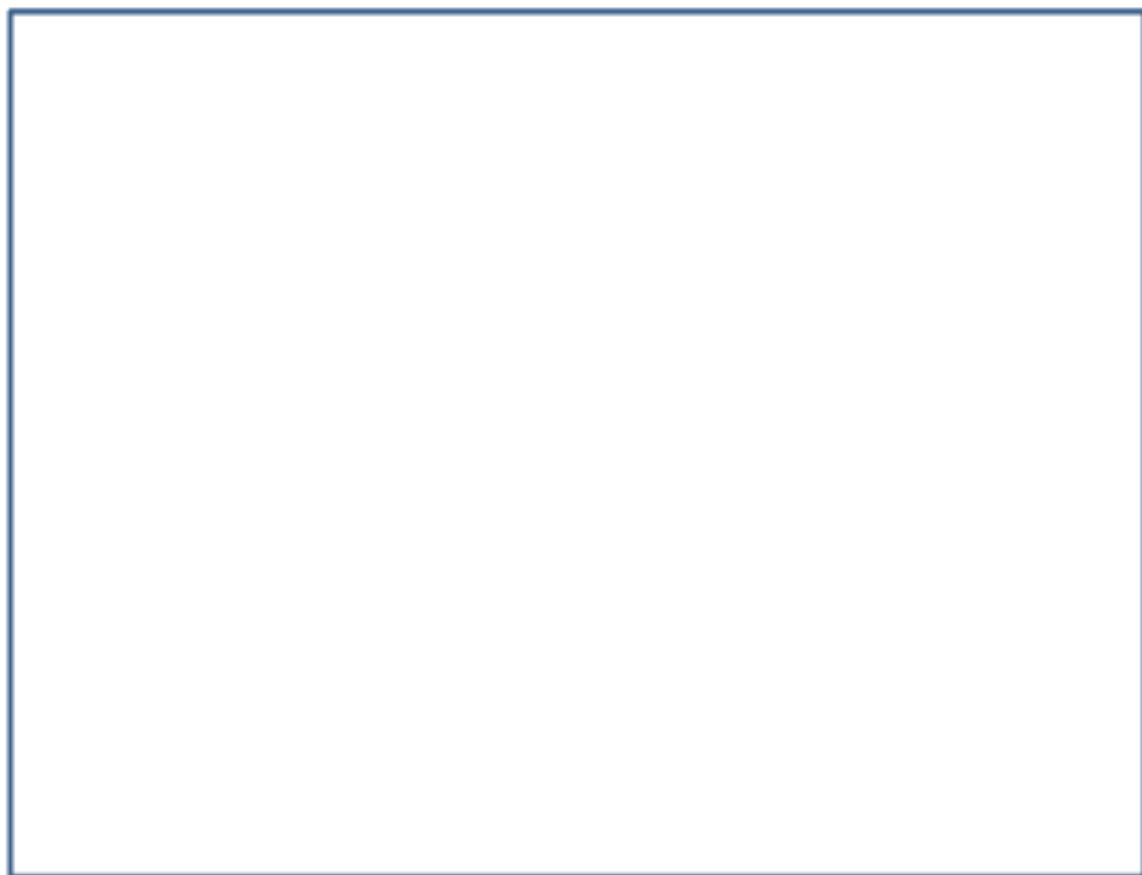


图 5.2-3 LF12-3 井口平台附近地形变化

5.2.2 地貌

侧扫声纳记录图像清晰，LF12-3 井场调查区域内普遍发育沙波，北部发育沙脊，

部分地区发育黏土质砂，沙脊地区地形变化相对较大，间隙大量发育沙波。

沙脊走向近西南-东北，有些地区近南北向延伸。波长约 52.3m~174.9m，波高约 1.2m~3.9m，个别地方最大波高接近 6.8m~8.6m。推测水流方向为西北-东南，沙脊迎水坡较缓，一般为 1.2° ~ 2.8° ，背水坡较陡，一般为 2.3° ~ 7.9° ，个别地方最大坡度接近 40° ，推测有很强的水动力造成沙脊背水面的坍塌。

沙波走向近西南-东北，波长约 1.6m~7.2m，波高约 0.2m~0.5m，个别地方最大波高接近 0.8m~0.9m。沙波坡度一般为 0.19° ~ 0.36° ，个别地方最大坡度接近 0.84° 。

井口平台位于沙波分布区，附近地层从西北像东南倾斜，FPSO1 和基座都在沙脊分布区，地形变化较大。

除上述之外，调查区域内未发现其它海底遗弃物及障碍物。



图 5.2-4 LF12-3 调查范围内地貌图

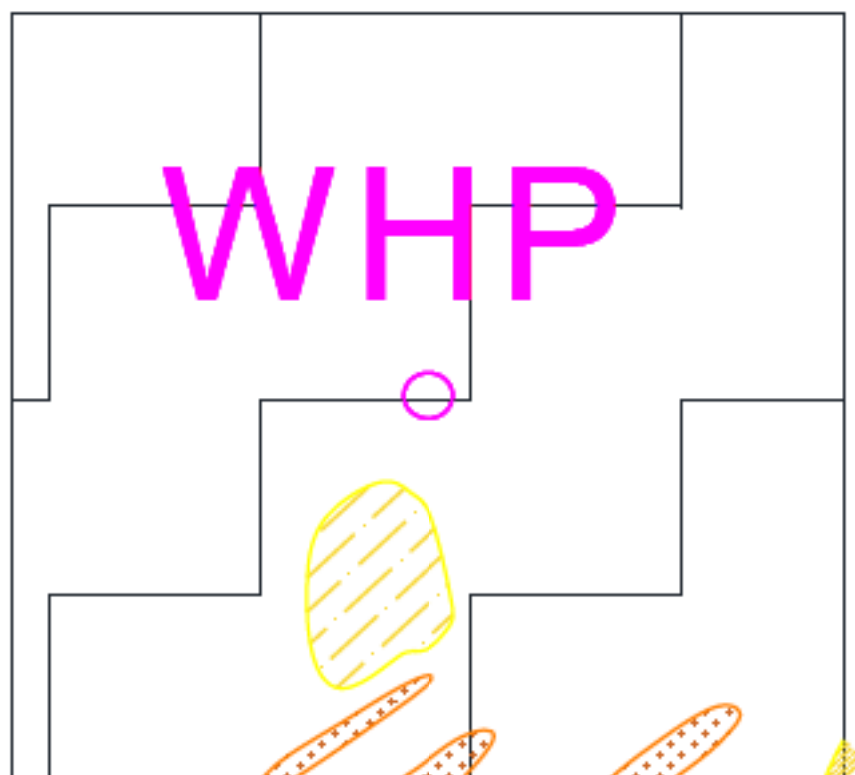


图 5.2-5 LF12-3 井口平台附近地貌图

5.2.3 浅地层剖面解释

通过对浅地层剖面资料的综合分析、对比，根据浅地层内部的反射结构及沉积特征的变化情况，对该调查区浅部沉积地层进行了地层划分和解释。整个井场调查区的浅部地层划分出一层，即 I 层，相应的反射底界面为 r_1 。

① I 层

位于海底以下， r_0 至 r_1 反射界面之间。由浅地层剖面资料知，I 层覆盖整个井场区域，I 层层理清晰，以近水平层理为主，地层连续性中等，上部反射能量较弱，下部反射能量稍强，推测 I 层上部主要为含水量较高的粘土质沙，下部为沙质粘土。

I 层的底界面为反射界面 r_1 ，反射能量较强。 r_1 的埋藏深度在海底以下 3-8m 之间变化。井位中心位置处， r_1 的埋藏深度为海底以下 4.2m，即 I 层的厚度为 4.2m；在 WHP 处，I 层的厚度为 5.2m；在 rise Bise 处，I 层厚度为 2.5m。

② I 层以下

位于 I 层以下， r_1 反射界面以下，由浅地层剖面资料知，I 层以下地层反射以空白和杂乱反射为主，反射能量低。受浅地层剖面仪器的穿透能力影响，浅地层剖面资料穿透能力有限。

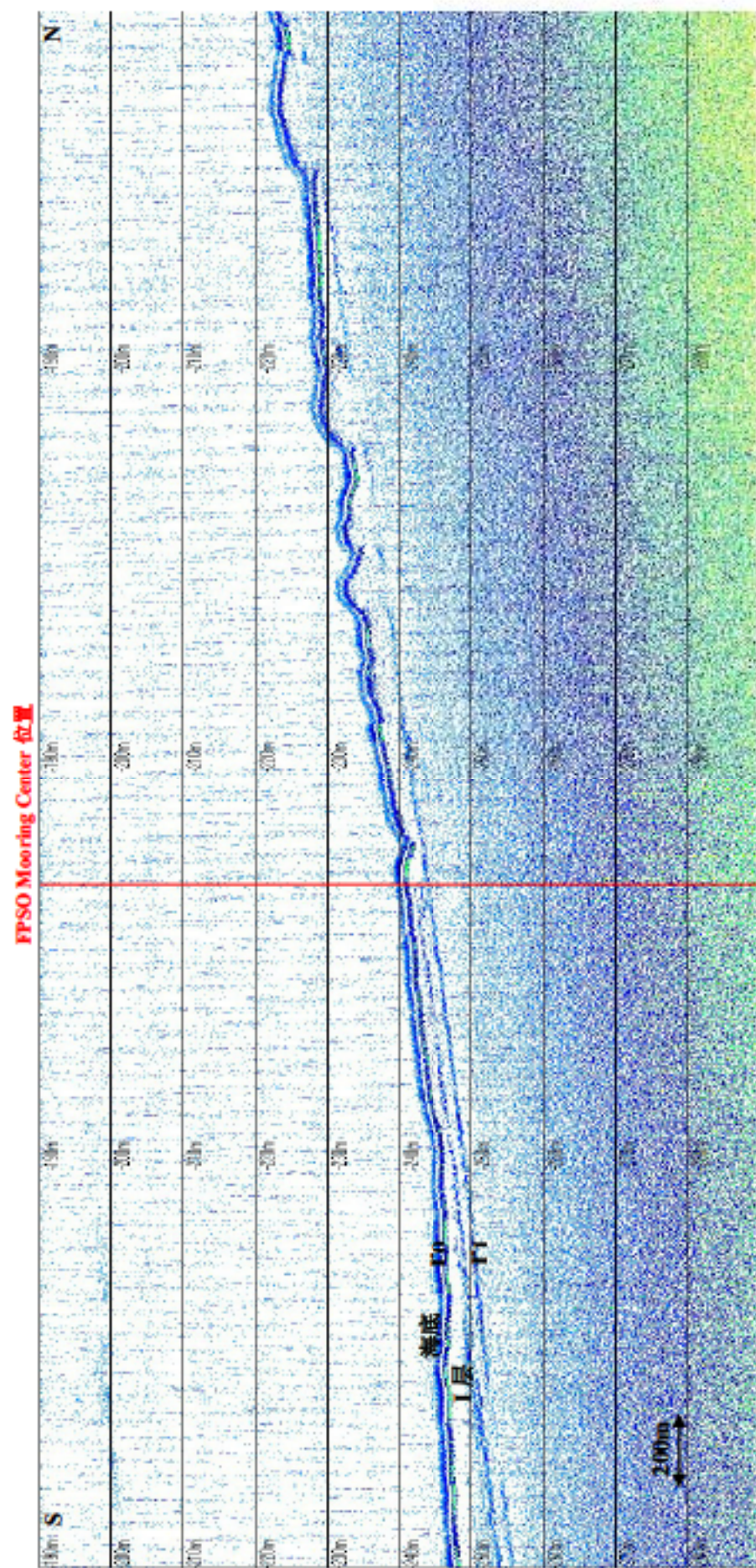


图 5.2-6 井场浅地层剖面记录 (IF12-3+150 测线)

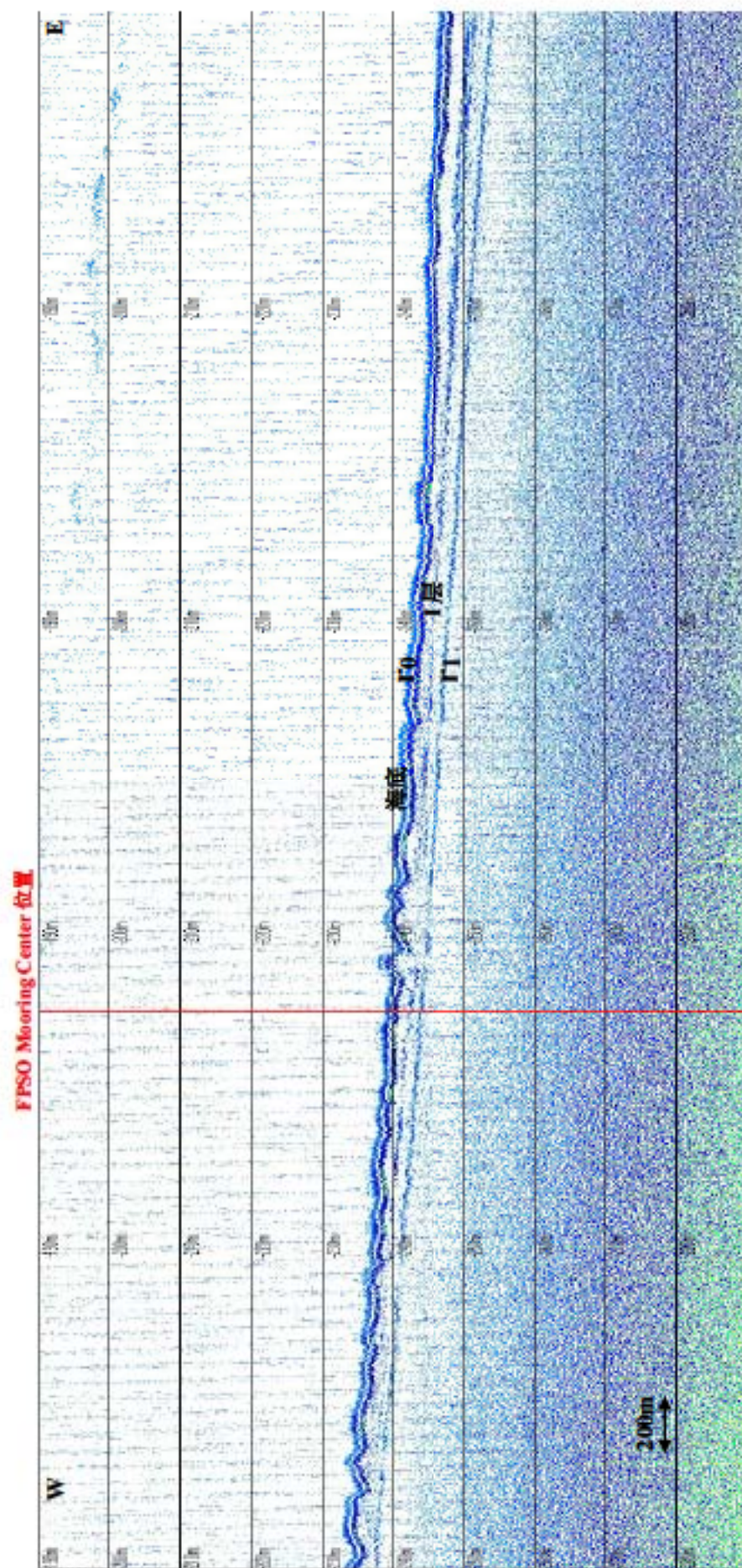


图 5.2-7 井场浅地层剖面记录 (LF12L-3-150 测线)

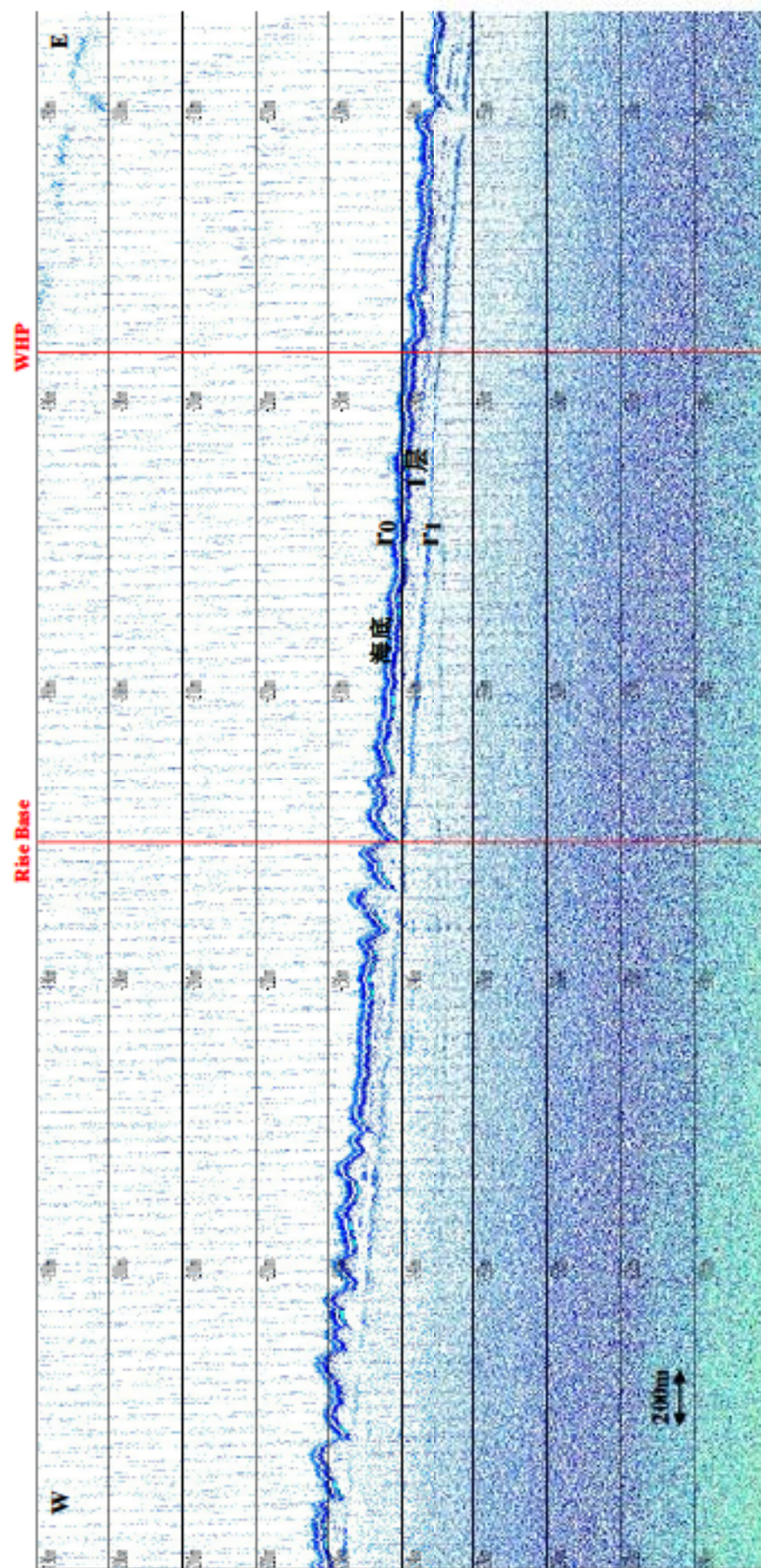


图 5.2-8 井场浅地层剖面记录 (LF12L-3+450 测线)

5.2.4 中地层剖面解释

根据中地层剖面特征，将其分为四层：

①A 层：位于海底以下，R0 至 R1 反射界面之间，厚度范围约为 40.0-61.2m，该层覆盖整个调查区域，可进一步分为两个亚层，上部存在侵蚀-沉积作用，为块体流沉积（MTD），厚度 8~17m，从北向南逐渐增厚，块体流沉积其岩性较混杂，可能夹杂粒度较粗沉积物。A 层下部以近水平层理为主，地层连续性较好，反射能量较强，为均质的正常海相细粒沉积。局部存在气烟囱，规模较小。

②B 层：R1 至 R2 反射界面之间，厚度范围约为 43.7~54.6m，层理清晰，以近水平层理为主，地层连续性较好，反射能量较强。局部存在气烟囱，规模较小。

③C 层：R2 至 R3 反射界面之间，厚度范围约为 16.0~26.4m，该层反射能量很弱，以近水平层理为主，地层连续性较好，推测主要为泥质沉积。D 层：R3 至 R4 反射界面之间，厚度范围约为 43.9~75.5m，层理清晰，以近水平层理为主，地层连续性较好，反射能量较强。该层发育正断层，断至该层顶界面，局部存在气烟囱，规模较小。

④E 层：R4 反射界面之下地层，其厚度超过了设备穿透能力，该层层理清晰，以近水平层理为主，地层连续性较好，反射能量较强，该层发育正断层。

⑤断层

根据中地层剖面资料识别出一条正断层，从下往上断层活动性逐步减弱，断至 R3 界面，即主要存在于 D 层和 E 层，而在 A、B、C 层内地层无明显错段特征。该断层在工区内延伸长度约 1.9km，断层走向为北东向，向南东向倾斜，最大断距约 37m，最大倾角 52°，位于 FPSO 二号系泊缆东北侧，距离为 284m，位于 WHP 南侧，距离为 370m。

⑥气烟囱

中地层剖面资料发现存在气烟囱，推测为下部气体向上溢散通道，其规模较小。

5.2.5 地形地貌冲淤

从目前地形地貌和浅层资料分析，调查区域整体地形变化不大，北部广泛分布沙脊、沙波，或许处在活动状态，若水动力较强（如超过 1m/s 时）会引起沙脊的坍塌、变形或移动，出现冲刷坑等地貌。

[illegible]

122

5.3 海水水质现状调查与评价

春季调查时间为 2019 年 4 月 17 日~4 月 22 日，调查内容包括水质、沉积物、海洋生态、生物质量。

秋季调查时间为 2019 年 9 月 15 日~9 月 18 日，调查内容包括水质、海洋生态、生物质量。

5.3.1 站位布设

调查站位布设以陆丰 12-3 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 5 个纵断面，断面间距 20km；断面交点为站点所在位置，共计 25 个站位（P3~P35）。其中，水质站位 25 个，沉积物站位 14 个，以及生物生态站（浮游植物、浮游动物、底栖生物等）14 个。春季和秋季调查站位相同。

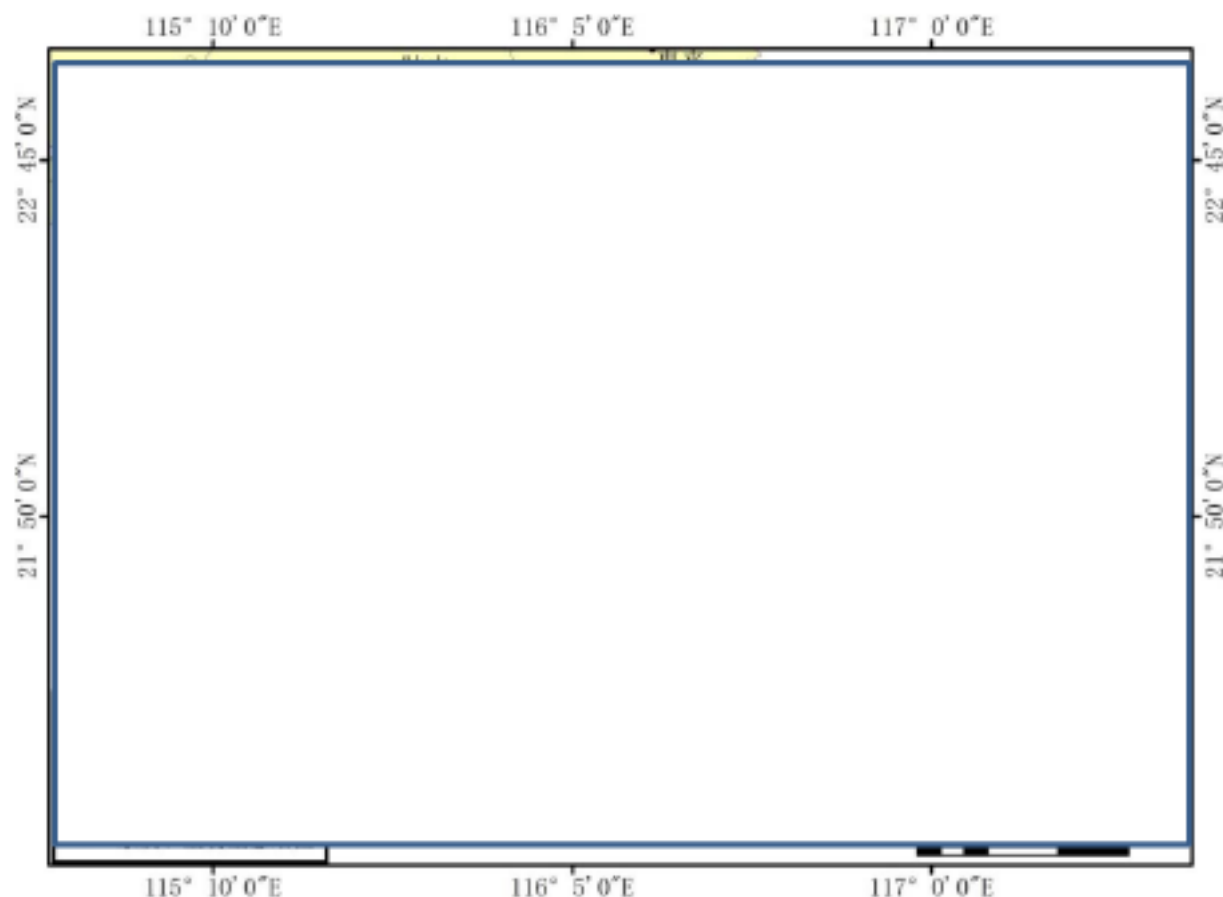


图 5.3-1 海洋环境调查站位示意图

表 5.3-1 海洋环境调查站位及调查内容

站号	纬度 (N)	经度 (E)	调查内容
P3			水质
P4			水质、沉积物、生物生态

站号	纬度 (N)	经度 (E)	调查内容
P5			水质
P6			水质、沉积物、生物生态
P7			水质、沉积物、生物生态
P10			水质、沉积物、生物生态
P11*			水质
P12			水质、沉积物、生物生态
P13			水质
P14			水质、沉积物、生物生态
P17			水质
P18			水质、沉积物、生物生态
P19			水质
P20			水质、沉积物、生物生态
P21*			水质
P24			水质、沉积物、生物生态
P25			水质
P26			水质、沉积物、生物生态
P27			水质
P28			水质、沉积物、生物生态
P31*			水质
P32			水质、沉积物、生物生态
P33			水质
P34			水质、沉积物、生物生态
P35			水质、沉积物、生物生态

注：带*号站位采集平行双样。

5.3.2 调查因子

水质（包括叶绿素 a）采 5 层，分别为：表层（0.5 m）、10m、50m、100m 和底层（离底 2m），其中石油类只采集表层样品。

水质要素包括水温、盐度、pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、石油类、无机氮（为硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮之和）、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物、挥发性酚和悬浮物等 18 项。

表 5.3-2 水质项目分析方法

序号	项目	分析方法	检出限	引用标准
1	盐度	电极式盐度计法	-	GB 17378.4-2007
2	pH	电位计法	-	
3	DO	碘量法	0.32 mg/L	
4	COD	碱性高锰酸钾法	0.15 mg/L	
5	汞	原子荧光法	0.007 µg/L	
6	砷	原子荧光法	0.5 µg/L	

序号	项 目	分 析 方 法	检 出 限	引 用 标 准
7	锌	阳极溶出伏安法	1.2 µg/L	GB 17378.4-2007
8	铜	阳极溶出伏安法	0.6 µg/L	
9	铅	阳极溶出伏安法	0.3 µg/L	
10	镉	阳极溶出伏安法	0.09 µg/L	
11	总铬	原子吸收分光光度法	0.10 µg/L	
12	油类	紫外分光光度法	0.010 mg/L	
13	悬浮物	重量法	-	
14	挥发性酚	4-氨基安替比林分光光度法	0.8 µg/L	
15	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.1 µg/L	HY/T 147.1-2013
16	无机磷	磷钼蓝分光光度法	0.0010 mg/L	
17	亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法	0.0005 mg/L	
18	硝酸盐	镉铜还原分光光度法	0.0030 mg/L	
19	氨	次溴酸盐氧化分光光度法	0.0044 mg/L	

5.3.3 评价标准

陆丰 12-3 油田位于《全国海洋功能区划（2011-2020）》中的南海北部海域，是我国重要的油气资源分布区。根据“海洋功能区划及海洋环境保护要求”，油气区的海水水质质量、海洋沉积物质量和海洋生物质量应不劣于现状水平。



图 5.3-2 调查站位与广东省海洋功能区划相对位置关系



图 5.3-3 调查站位与广东省海洋生态红线区控制图相对位置关系

根据图 5.3-2、5.3-3，所有调查站位均在广东省海洋功能区划和海洋生态红线外，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）评价。

表 5.3-3 海水水质标准

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

评价因子	第一类	第二类	第三类	第四类
镉	$\leq 1\mu\text{g/L}$	$\leq 5\mu\text{g/L}$	$\leq 10\mu\text{g/L}$	
铅	$\leq 1\mu\text{g/L}$	$\leq 5\mu\text{g/L}$	$\leq 10\mu\text{g/L}$	$\leq 50\mu\text{g/L}$
铜	$\leq 5\mu\text{g/L}$	$\leq 10\mu\text{g/L}$	$\leq 50\mu\text{g/L}$	
总铬	$\leq 50\mu\text{g/L}$	$\leq 100\mu\text{g/L}$	$\leq 200\mu\text{g/L}$	$\leq 500\mu\text{g/L}$
硫化物	$\leq 20\mu\text{g/L}$	$\leq 50\mu\text{g/L}$	$\leq 100\mu\text{g/L}$	$\leq 250\mu\text{g/L}$
挥发性酚	$\leq 5\mu\text{g/L}$		$\leq 10\mu\text{g/L}$	$\leq 50\mu\text{g/L}$

5.3.4 评价方法

采用单项分指数法对监测海区进行环境质量现状评价。

计算公式为：

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

对于水中溶解氧采用：

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

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

对于水中 pH 采用：

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

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。

5.3.5 调查结果

对各站实测数据进行统计分析，2019 年 4 月及 2019 年 9 月调查结果如下。

表 5.3-4 2019 年 4 月水质实测结果统计表

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	(mg/L)					(μg/L)										总铬
					DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜		
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	
P3	0.5																			
P3	10.0																			
P3	50.0																			
P3	88.0																			
P4	0.5																			
P4	10.0																			
P4	50.0																			
P4	86.0																			
P5	0.5																			
P5	10.0																			
P5	50.0																			
P5	86.0																			
P6	0.5																			
P6	10.0																			
P6	50.0																			
P6	75.0																			
P7	0.5																			
P7	10.0																			
P7	50.0																			
P7	78.0																			
P10	0.5																			
P10	10.0																			

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物 (mg/L)	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮 (μg/L)	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
P10	50.0																		
P10	88.0																		
P11	0.5																		
P11	10.0																		
P11	50.0																		
P11	85.0																		
P12	0.5																		
P12	10.0																		
P12	50.0																		
P12	88.0																		
P13	0.5																		
P13	10.0																		
P13	50.0																		
P13	103.0																		
P14	0.5																		
P14	10.0																		
P14	50.0																		
P14	100.0																		
P14	118.0																		
P17	0.5																		
P17	10.0																		
P17	50.0																		
P17	100.0																		
P17	143.0																		

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物 (mg/L)	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮 (μg/L)	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
P18	0.5																		
P18	10.0																		
P18	50.0																		
P18	100.0																		
P18	141.0																		
P19	0.5																		
P19	10.0																		
P19	50.0																		
P19	100.0																		
P19	224.0																		
P20	0.5																		
P20	10.0																		
P20	50.0																		
P20	100.0																		
P20	248.0																		
P21	0.5																		
P21	10.0																		
P21	50.0																		
P21	100.0																		
P21	284.0																		
P24	0.5																		
P24	10.0																		
P24	50.0																		
P24	100.0																		

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物 (mg/L)	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮 (μg/L)	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
P24	207.0																		
P25	0.5																		
P25	10.0																		
P25	50.0																		
P25	100.0																		
P25	283.0																		
P26	0.5																		
P26	10.0																		
P26	50.0																		
P26	100.0																		
P26	296.0																		
P27	0.5																		
P27	10.0																		
P27	50.0																		
P27	100.0																		
P27	338.0																		
P28	0.5																		
P28	10.0																		
P28	50.0																		
P28	100.0																		
P28	328.0																		
P31	0.5																		
P31	10.0																		
P31	50.0																		

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	DO	COD	悬浮物 (mg/L)	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮 (μg/L)	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
P31	100.0																		
P31	288.0																		
P32	0.5																		
P32	10.0																		
P32	50.0																		
P32	100.0																		
P32	308.0																		
P33	0.5																		
P33	10.0																		
P33	50.0																		
P33	100.0																		
P33	358.0																		
P34	0.5																		
P34	10.0																		
P34	50.0																		
P34	100.0																		
P34	332.0																		
P35	0.5																		
P35	10.0																		
P35	50.0																		
P35	100.0																		
P35	380.0																		

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。

表 5.3-5 2019 年 9 月水质实测结果统计表

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	(mg/L)					(μg/L)									
					DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					0.32	0.15	—	0.0035	0.1	0.8	0.007	0.5	—	1.0	0.10	0.03	0.07	0.12	0.05
检出限		—	—	—	0.32	0.15	—	0.0035	0.1	0.8	0.007	0.5	—	1.0	0.10	0.03	0.07	0.12	0.05
P3	0.5																		
P3	10.0																		
P3	50.0																		
P3	84.0																		
P4	0.5																		
P4	10.0																		
P4	50.0																		
P4	82.0																		
P5	0.5																		
P5	10.0																		
P5	50.0																		
P5	84.0																		
P6	0.5																		
P6	10.0																		
P6	50.0																		
P6	74.0																		
P7	0.5																		
P7	10.0																		
P7	50.0																		
P7	78.0																		
P10	0.5																		
P10	10.0																		
P10	50.0																		

站号	层次 (m)	水温 (°C)	盐度	pH	(mg/L)				(μg/L)							挥发酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬
					DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	1.3	0.016	1.7	103.7	9.3	0.24	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
P10	96.0	20.94	34.712	8.08	5.38	0.33	0.8		0.1																0.29
P11	0.5																								
P11	10.0																								
P11	50.0																								
P11	93.0																								
P12	0.5																								
P12	10.0																								
P12	50.0																								
P12	86.0																								
P13	0.5																								
P13	10.0																								
P13	50.0																								
P13	100.0																								
P13	103.0																								
P14	0.5																								
P14	10.0																								
P14	50.0																								
P14	100.0																								
P14	116.0																								
P17	0.5																								
P17	10.0																								
P17	50.0																								
P17	100.0																								
P17	138.0																								
P18	0.5																								
P18	10.0																								

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	(mg/L)						(μg/L)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
					DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
P18	50.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								</

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	(mg/L)					(μg/L)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
					DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
P25	100.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

站号	层次 (m)	水温 (℃)	盐度	pH	(mg/L)				(μg/L)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
					DO	COD	悬浮物	石油类	硫化物	挥发性酚	汞	砷	无机氮	PO ₄ -P	锌	镉	铅	铜	总铬																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
P32	308.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

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。

5.3.6 水质评价

水质现状评价选用的评价因子有：pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、硫化物和挥发性酚共 15 项。

（1）2019 年 4 月

以第一类海水水质标准评价，评价因子 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚的单项标准指数 Q_{ij} 均小于 1，见表 5.3-6~表 5.3-10。

DO 和铅超过第一类海水水质标准的站位统计表见表 5.3-11，除 P33 站位 DO 满足第三类海水水质标准外，其余各站均满足第二类海水水质标准，见表 5.3-12。

DO 超过第二类海水水质标准的 P33 站位，满足第三类海水水质标准，见表 5.3-13。

表 5.3-6 2019 年 4 月调查海区表层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	石油类	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.71	0.24	0.15	0.05	0.22	0.11	0.46	0.07	0.17	0.02	0.70	0.06	0.00	0.003	0.34
P4	0.69	0.32	0.13	0.05	0.30	0.09	0.36	0.08	0.20	0.11	0.80	0.06	0.00	0.003	0.22
P5	0.71	0.22	0.12	0.05	0.34	0.07	0.48	0.07	0.21	0.11	0.80	0.06	0.01	0.003	0.34
P6	0.69	0.13	0.10	0.05	0.36	0.09	0.34	0.07	0.19	0.02	0.70	0.18	0.01	0.005	0.28
P7	0.71	0.21	0.11	0.20	0.40	0.07	0.44	0.07	0.24	0.02	0.90	0.22	0.01	0.005	0.34
P10	0.74	0.31	0.14	0.05	0.35	0.09	0.46	0.08	0.42	0.02	1.20	0.30	0.01	0.005	0.34
P11	0.73	0.30	0.13	0.05	0.34	0.07	0.40	0.07	0.31	0.02	0.90	0.21	0.01	0.005	0.25
P12	0.71	0.31	0.13	0.20	0.44	0.09	0.38	0.07	0.22	0.02	1.80	0.14	0.01	0.005	0.28
P13	0.74	0.43	0.11	0.30	0.34	0.07	0.38	0.07	0.24	0.02	0.90	0.22	0.01	0.003	0.40
P14	0.74	0.37	0.13	0.24	0.28	0.09	0.46	0.07	0.20	0.02	0.70	0.18	0.01	0.003	0.22
P17	0.77	0.21	0.13	0.05	0.40	0.03	0.48	0.07	0.22	0.02	1.40	0.18	0.01	0.005	0.28
P18	0.77	0.29	0.12	0.05	0.37	0.07	0.36	0.07	0.08	0.02	0.30	0.24	0.01	0.005	0.22
P19	0.71	0.23	0.13	0.05	0.22	0.07	0.46	0.07	0.30	0.36	1.10	0.88	0.01	0.005	0.28
P20	0.69	0.24	0.14	0.05	0.22	0.07	0.40	0.06	0.24	0.02	1.30	0.20	0.01	0.003	0.08
P21	0.71	0.22	0.15	0.05	0.23	0.09	0.45	0.07	0.23	0.02	1.05	0.32	0.01	0.003	0.20
P24	0.69	0.09	0.17	0.38	0.20	0.07	0.40	0.07	0.36	0.02	1.20	0.18	0.01	0.005	0.22
P25	0.69	0.01	0.16	0.22	0.19	0.07	0.38	0.07	0.16	0.02	0.70	0.14	0.01	0.005	0.08
P26	0.69	0.05	0.16	0.40	0.10	0.09	0.48	0.08	0.17	0.20	0.80	0.06	0.01	0.005	0.22
P27	0.71	0.20	0.15	0.26	0.17	0.07	0.44	0.08	0.08	0.32	0.30	0.18	0.01	0.003	0.28
P28	0.71	0.22	0.14	0.05	0.20	0.07	0.46	0.08	0.14	0.31	0.30	0.14	0.01	0.003	0.22
P31	0.69	—	0.15	0.05	0.17	0.08	0.40	0.07	0.19	0.02	0.85	0.24	0.01	0.005	0.37
P32	0.74	—	0.18	0.05	0.18	0.07	0.48	0.07	0.28	0.10	1.00	0.58	0.01	0.005	0.18
P33	0.74	0.08	0.18	0.24	0.12	0.10	0.40	0.07	0.22	0.02	0.90	0.18	0.01	0.005	0.28
P34	0.74	—	0.19	0.05	0.11	0.09	0.42	0.08	0.20	0.02	0.80	0.40	0.01	0.003	0.22
P35	0.69	—	0.19	0.05	0.16	0.09	0.46	0.08	0.22	0.02	0.80	0.44	0.01	0.003	0.34
最低值	0.69	0.00	0.10	0.05	0.10	0.03	0.34	0.06	0.08	0.02	0.30	0.06	0.00	0.00	0.08
最高值	0.77	0.43	0.19	0.40	0.44	0.11	0.48	0.08	0.42	0.36	1.80	0.88	0.01	0.01	0.40

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。

表 5.3-7 2019 年 4 月调查海区 10m 层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.69	0.22	0.13	0.22	0.07	0.36	0.08	0.09	0.02	0.40	0.06	0.01	0.005	0.22
P4	0.69	0.21	0.14	0.30	0.09	0.36	0.08	0.10	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.18
P5	0.69	0.22	0.14	0.32	0.07	0.46	0.07	0.11	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.22
P6	0.69	0.23	0.15	0.36	0.08	0.48	0.07	0.13	0.02	0.70	0.06	0.01	0.005	0.40
P7	0.74	0.32	0.14	0.33	0.11	0.32	0.08	0.16	0.02	0.90	0.06	0.01	0.005	0.28
P10	0.77	0.36	0.12	0.29	0.07	0.38	0.08	0.30	0.02	0.80	0.54	0.01	0.005	0.28
P11	0.74	0.23	0.11	0.31	0.08	0.47	0.07	0.50	0.02	0.75	0.36	0.01	0.005	0.22
P12	0.74	0.28	0.11	0.33	0.07	0.42	0.07	0.34	0.14	1.70	0.16	0.00	0.005	0.08
P13	0.77	0.44	0.13	0.35	0.11	0.44	0.07	0.16	0.02	1.40	0.06	0.01	0.005	0.08
P14	0.77	0.34	0.12	0.34	0.07	0.38	0.07	0.13	0.02	0.70	0.06	0.01	0.005	0.34
P17	0.77	0.18	0.12	0.28	0.18	0.42	0.08	0.13	0.02	0.80	0.06	0.01	0.005	0.28
P18	0.74	0.23	0.11	0.28	0.10	0.38	0.07	0.18	0.02	0.50	0.14	0.01	0.005	0.28
P19	0.71	0.16	0.14	0.30	0.07	0.38	0.07	0.15	0.40	0.70	0.66	0.01	0.005	0.18
P20	0.69	0.20	0.12	0.27	0.07	0.40	0.07	0.14	0.02	0.80	0.06	0.01	0.005	0.08
P21	0.74	0.22	0.13	0.35	0.07	0.38	0.07	0.14	0.02	0.75	0.15	0.01	0.005	0.13
P24	0.69	0.00	0.15	0.19	0.08	0.34	0.07	0.25	0.38	1.20	0.78	0.01	0.005	0.18
P25	0.69	0.00	0.16	0.18	0.07	0.38	0.07	0.26	0.02	1.20	0.14	0.01	0.005	0.08
P26	0.69	0.00	0.15	0.24	0.07	0.40	0.08	0.12	0.02	0.50	0.06	0.01	0.005	0.28
P27	0.71	0.16	0.16	0.18	0.09	0.44	0.07	0.13	0.14	0.60	0.06	0.01	0.005	0.28
P28	0.71	0.10	0.15	0.20	0.10	0.38	0.07	0.24	0.14	0.50	0.06	0.01	0.005	0.18
P31	0.71	0.00	0.16	0.18	0.07	0.46	0.08	0.11	0.02	0.55	0.12	0.01	0.005	0.25
P32	0.74	0.00	0.16	0.12	0.09	0.38	0.08	0.12	0.09	0.90	0.42	0.01	0.005	0.28
P33	0.74	0.02	0.18	0.10	0.11	0.42	0.07	0.27	0.02	0.80	0.06	0.01	0.005	0.28
P34	0.74	0.00	0.18	0.12	0.08	0.44	0.08	0.09	0.02	0.70	0.30	0.01	0.005	0.34
P35	0.71	0.14	0.16	0.25	0.09	0.36	0.07	0.10	0.02	0.80	0.32	0.01	0.005	0.22
最低值	0.69	0.00	0.11	0.10	0.07	0.32	0.07	0.09	0.02	0.40	0.06	0.00	0.01	0.08
最高值	0.77	0.44	0.18	0.36	0.18	0.48	0.08	0.50	0.40	1.70	0.78	0.01	0.01	0.40

单
项
标
准
指
数
值
 Q_i

表 5.3-8 2019 年 4 月调查海区 50m 层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.66	0.36	0.15	0.28	0.03	0.42	0.07	0.09	0.02	0.80	0.06	0.00	0.005	0.08
P4	0.69	0.33	0.13	0.35	0.11	0.32	0.08	0.10	0.36	0.60	0.06	0.01	0.005	0.08
P5	0.66	0.15	0.11	0.43	0.10	0.44	0.08	0.10	0.38	1.20	0.06	0.01	0.005	0.22
P6	0.66	0.13	0.13	0.39	0.11	0.44	0.07	0.19	0.02	1.20	0.06	0.01	0.005	0.34
P7	0.71	0.36	0.13	0.45	0.07	0.32	0.08	0.24	0.10	1.10	0.06	0.01	0.005	0.34
P10	0.74	0.26	0.13	0.33	0.07	0.42	0.07	0.42	0.02	1.50	0.44	0.00	0.005	0.40
P11	0.71	0.14	0.13	0.28	0.09	0.42	0.07	0.69	0.02	1.35	0.33	0.01	0.005	0.21
P12	0.74	0.24	0.14	0.32	0.08	0.50	0.07	0.47	0.02	1.00	0.14	0.01	0.010	0.18
P13	0.77	0.46	0.15	0.71	0.07	0.46	0.08	0.24	0.11	1.60	0.12	0.01	0.005	0.22
P14	0.74	0.39	0.14	0.38	0.09	0.34	0.08	0.19	0.02	0.80	0.06	0.01	0.005	0.28
P17	0.74	0.48	0.13	0.31	0.23	0.38	0.08	0.14	0.02	0.60	0.12	0.01	0.010	0.22
P18	0.71	0.56	0.12	0.31	0.07	0.38	0.08	0.08	0.02	0.30	0.34	0.01	0.005	0.22
P19	0.66	0.47	0.16	0.23	0.07	0.34	0.07	0.13	0.11	0.90	0.12	0.01	0.005	0.18
P20	0.63	0.49	0.15	0.21	0.03	0.34	0.07	0.15	0.02	0.60	0.14	0.01	0.005	0.28
P21	0.73	0.47	0.14	0.24	0.08	0.43	0.08	0.29	0.02	1.00	0.55	0.01	0.005	0.15
P24	0.69	0.39	0.14	0.17	0.07	0.50	0.08	0.49	0.52	1.10	0.18	0.01	0.005	0.18
P25	0.69	0.28	0.13	0.21	0.03	0.46	0.08	0.18	0.27	0.80	0.50	0.01	0.005	0.22
P26	0.71	0.37	0.13	0.21	0.03	0.40	0.09	0.19	0.02	1.80	0.06	0.01	0.005	0.18
P27	0.71	0.46	0.15	0.18	0.08	0.34	0.08	0.09	0.02	0.40	0.06	0.01	0.005	0.22
P28	0.74	0.44	0.13	0.30	0.09	0.46	0.07	0.17	0.02	0.30	0.06	0.01	0.005	0.08
P31	0.80	0.53	0.15	0.20	0.10	0.36	0.08	0.23	0.02	0.75	0.40	0.01	0.005	0.22
P32	0.77	0.29	0.18	0.11	0.10	0.42	0.08	0.28	0.02	1.10	0.38	0.01	0.005	0.18
P33	0.80	0.35	0.19	0.13	0.07	0.46	0.07	0.27	0.02	0.50	0.14	0.01	0.005	0.22
P34	0.77	0.47	0.15	0.15	0.10	0.40	0.08	0.20	0.02	0.80	0.26	0.01	0.005	0.08
P35	0.74	0.50	0.17	0.12	0.10	0.44	0.08	0.22	0.02	1.00	0.30	0.00	0.005	0.18
最低值	0.63	0.13	0.11	0.11	0.03	0.32	0.07	0.08	0.02	0.30	0.06	0.00	0.01	0.08
最高值	0.80	0.56	0.19	0.71	0.23	0.50	0.09	0.69	0.52	1.80	0.55	0.01	0.01	0.40

单
项
标
准
指
数
值
Q_s

表 5.3-9 2019 年 4 月调查海区 100m 层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P14	0.66	1.23	0.11	0.38	0.10	0.38	0.07	0.26	0.02	0.60	0.06	0.01	0.005	0.28
P17	0.63	1.32	0.10	0.36	0.09	0.42	0.08	0.34	0.02	1.10	0.48	0.01	0.010	0.40
P18	0.63	1.38	0.10	0.35	0.09	0.40	0.07	0.14	0.02	0.60	0.18	0.01	0.010	0.22
P19	0.63	1.69	0.10	0.53	0.09	0.48	0.08	0.19	0.66	1.10	0.42	0.01	0.010	0.08
P20	0.51	1.99	0.09	0.38	0.13	0.50	0.07	0.38	0.02	1.20	0.54	0.01	0.005	0.22
P21	0.53	1.93	0.11	0.40	0.12	0.48	0.07	0.24	0.28	0.70	0.68	0.01	0.005	0.18
P24	0.57	1.51	0.11	0.19	0.09	0.46	0.08	0.31	0.11	1.20	0.28	0.01	0.010	0.08
P25	0.57	1.56	0.12	0.14	0.15	0.48	0.08	0.34	0.35	1.20	0.14	0.01	0.005	0.18
P26	0.57	1.51	0.12	0.19	0.17	0.40	0.08	0.13	0.72	0.60	0.34	0.01	0.005	0.22
P27	0.49	2.14	0.13	0.18	0.09	0.32	0.08	0.14	0.02	1.20	0.06	0.01	0.005	0.22
P28	0.51	1.96	0.11	0.22	0.11	0.46	0.07	0.27	0.02	0.90	0.06	0.01	0.005	0.18
P31	0.77	1.08	0.14	0.21	0.11	0.45	0.08	0.20	0.22	0.60	0.49	0.01	0.010	0.25
P32	0.77	0.93	0.14	0.18	0.11	0.48	0.09	0.20	0.02	0.40	0.62	0.01	0.010	0.08
P33	0.77	0.96	0.13	0.14	0.09	0.42	0.07	0.17	0.02	0.80	0.20	0.01	0.010	0.28
P34	0.74	0.96	0.14	0.11	0.11	0.44	0.08	0.15	0.02	0.30	0.42	0.01	0.010	0.18
P35	0.69	0.94	0.13	0.22	0.13	0.42	0.08	0.16	0.02	1.30	0.46	0.01	0.010	0.18
最低值	0.49	0.93	0.09	0.11	0.09	0.32	0.07	0.13	0.02	0.30	0.06	0.01	0.01	0.08
最高值	0.77	2.14	0.14	0.53	0.17	0.50	0.09	0.38	0.72	1.30	0.68	0.01	0.01	0.40

单
项
标
准
指
数
值
 I_{ij}

表 5.3-10 2019 年 4 月调查海区底层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.43	1.54	0.11	0.33	0.11	0.34	0.08	0.12	0.13	0.50	0.06	0.01	0.005	0.08
P4	0.43	1.66	0.12	0.45	0.13	0.48	0.08	0.14	0.74	0.60	0.06	0.01	0.010	0.22
P5	0.51	1.38	0.09	0.48	0.09	0.46	0.07	0.15	0.79	0.60	0.06	0.01	0.005	0.28
P6	0.49	1.18	0.09	0.43	0.16	0.40	0.07	0.26	0.02	0.60	0.06	0.01	0.005	0.28
P7	0.46	1.38	0.10	0.42	0.14	0.46	0.08	0.33	0.02	0.70	0.06	0.01	0.010	0.28
P10	0.54	1.14	0.10	0.29	0.07	0.42	0.08	0.57	0.02	1.10	0.06	0.01	0.010	0.34
P11	0.51	1.27	0.09	0.31	0.12	0.44	0.07	0.69	0.02	1.70	0.06	0.01	0.010	0.31
P12	0.49	1.29	0.10	0.26	0.15	0.40	0.08	0.49	0.13	1.80	0.46	0.00	0.010	0.18
P13	0.51	1.42	0.12	0.28	0.13	0.40	0.08	0.33	0.02	0.70	0.06	0.00	0.010	0.22
P14	0.49	1.45	0.09	0.45	0.10	0.50	0.08	0.17	0.02	1.40	0.12	0.01	0.010	0.18
P17	0.51	1.80	0.09	0.22	0.08	0.38	0.09	0.16	0.02	0.70	0.20	0.01	0.010	0.28
P18	0.54	1.68	0.09	0.31	0.15	0.44	0.08	0.11	0.02	0.40	0.34	0.01	0.010	0.28
P19	0.43	2.14	0.09	0.38	0.12	0.50	0.09	0.14	0.50	0.60	0.52	0.01	0.010	0.08
P20	0.37	2.23	0.08	0.33	0.16	0.34	0.08	0.18	0.02	0.80	0.22	0.01	0.010	0.22
P21	0.49	2.42	0.09	0.35	0.10	0.36	0.08	0.29	0.02	1.70	0.50	0.01	0.010	0.08
P24	0.49	1.92	0.09	0.21	0.15	0.50	0.08	0.52	0.11	1.20	0.26	0.01	0.010	0.08
P25	0.60	1.78	0.10	0.12	0.15	0.48	0.09	0.22	0.02	0.90	0.20	0.01	0.010	0.08
P26	0.54	2.04	0.09	0.16	0.21	0.36	0.09	0.25	0.25	1.40	0.06	0.01	0.010	0.18
P27	0.51	2.43	0.12	0.21	0.12	0.38	0.09	0.10	0.47	0.50	0.24	0.01	0.010	0.18
P28	0.51	2.37	0.10	0.32	0.09	0.40	0.08	0.19	0.34	0.40	0.18	0.01	0.010	0.18
P31	0.57	2.38	0.10	0.23	0.13	0.41	0.07	0.23	0.02	1.30	0.37	0.01	0.010	0.20
P32	0.63	2.35	0.10	0.12	0.16	0.44	0.08	0.15	0.02	0.80	0.58	0.01	0.010	0.08
P33	0.69	2.53	0.12	0.08	0.13	0.48	0.07	0.18	0.02	0.70	0.16	0.01	0.015	0.08
P34	0.60	2.40	0.10	0.20	0.13	0.46	0.08	0.11	0.02	0.60	0.40	0.01	0.015	0.28
P35	0.69	2.22	0.11	0.14	0.11	0.46	0.07	0.12	0.02	0.60	0.44	0.01	0.015	0.18
最低值	0.37	1.14	0.08	0.08	0.07	0.34	0.07	0.10	0.02	0.40	0.06	0.00	0.01	0.08
最高值	0.69	2.53	0.12	0.48	0.21	0.50	0.09	0.69	0.79	1.80	0.58	0.01	0.02	0.34

单 项 标 准 指 数 值 Q_i

表 5.3-11 2019 年 4 月调查海区评价因子超一类站位统计

评价因子		超一类站位
DO	100m 层	P14、P17~P21, P24~P28, P31 共 12 个站
	底层	所有站位共 25 个站
铅	表层	P10、P12、P17、P19、P20、P21、P24 共 7 个站
	10m 层	P12、P13、P24 和 P25 共 4 个站
	50m 层	P5、P6、P7、P10~P13、P24、P26 和 P32 共 9 个站
	100m 层	P17、P19、P20、P24、P25、P27、P35 共 7 个站
	底层	P10~P12、P14、P21、P24、P26、P31 共 8 个站

表 5.3-12 2019 年 4 月调查海区海水水质超一类评价因子的二类标准指数

表层		10m 层		50m 层		100m 层			底层		
站位	铅	站位	铅	站位	铅	站位	DO	铅	站位	DO	铅
P10	0.24	P12	0.34	P5	0.24	P14	0.64	-	P3	0.64	-
P12	0.36	P13	0.28	P6	0.24	P17	0.65	0.22	P4	0.69	-
P17	0.28	P24	0.24	P7	0.22	P18	0.67	-	P5	0.59	-
P19	0.22	P25	0.24	P10	0.30	P19	0.76	0.22	P6	0.50	-
P20	0.26			P11	0.27	P20	0.85	0.24	P7	0.57	-
P21	0.21			P13	0.32	P21	0.83	-	P10	0.51	0.22
P24	0.24			P24	0.22	P24	0.71	0.24	P11	0.55	0.34
				P26	0.36	P25	0.72	0.24	P12	0.56	0.36
				P32	0.22	P26	0.71	-	P13	0.69	-
						P27	0.89	0.24	P14	0.71	0.28
						P28	0.84	-	P17	0.81	-
						P31	0.60	-	P18	0.78	-
						P35	-	0.26	P19	0.92	-
									P20	0.94	-
									P21	0.98	0.34
									P24	0.86	0.24
									P25	0.86	-
									P26	0.91	0.28
									P27	0.99	-
									P28	0.97	-
									P31	0.98	0.26
									P32	0.97	-
									P33	1.04	-
									P34	0.98	-
									P35	0.95	-

注：“-”表示该站位评价因子符合一类海水水质标准，未计算其二类标准指数。

表 5.3-13 2019 年 4 月海区底层海水水质超二类评价因子的三类标准指数

站位	DO	铅
P33	0.79	-

注：“-”表示该站位评价因子符合二类海水水质标准，未计算其类标准指数

调查海区海水表层、10m 层和 50m 层含氧量丰富，所有样品的溶解氧含量均满足一类海水水质标准；100m 层和底层超一类样品中除 P33 站底层轻微超出二类水质标准要求（符合三类海水水质标准）外，均满足二类海水水质标准要求。从表层到底层，溶解氧含量有递减趋势，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。

调查海区海水铅超出一类海水水质标准要求的样品均满足类二类海水水质标准要求。监测海区海水铅表层至底层均有轻微的超过一类标准的现象，但各层超过一类标准的站位符合二类海水水质标准。海水中的铅主要来源于入海径流和气溶胶的传输，且海水铅含量还受上升流、环流影响较大，往往表现出受上升流、环流或深层水影响的海区铅含量较高。根据多项研究结果（Jianping Gan et al., 2010）显示，调查海域附近存在季节性上升流，实际上 4 月开始在整个南海北部陆架区，不论是近岸海域还是外陆架较深层水域均可观察到上升流，上升流是整个南海北部陆架区 4~9 月的普遍现象，具有南海海盆的空间尺度，与本次调查时间吻合，对海水铅含量有一定程度的影响。

（2）2019 年 9 月

以第一类海水水质标准评价，评价因子 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物和挥发性酚的单项标准指数 Q_{ij} 均小于 1，见表 5.3-14~5.3-18。

DO、无机氮、活性磷酸盐和铅超过第一类海水水质标准的站位统计表见表 5.3-19，各站均满足第二类海水水质标准，见表 5.3-20。

表 5.3-14 2019 年 9 月调查海区表层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	石油类	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.20	1.02	0.26	0.14	0.08	0.15	0.44	0.09	0.17	0.01	0.87	0.73	0.01	0.001	0.08
P4	0.20	1.03	0.28	0.12	0.08	0.33	0.34	0.08	0.17	0.01	0.98	0.65	0.01	0.001	0.16
P5	0.23	0.56	0.20	0.20	0.07	0.37	0.44	0.10	0.09	0.01	0.31	0.70	0.00	0.001	0.26
P6	0.26	0.08	0.21	0.16	0.08	0.19	0.40	0.10	0.19	0.01	1.42	0.62	0.01	0.001	0.26
P7	0.26	0.75	0.26	0.22	0.07	0.25	0.38	0.08	0.09	0.01	0.42	0.73	0.00	0.001	0.30
P10	0.20	0.00	0.28	0.20	0.06	0.17	0.34	0.10	0.33	0.01	0.93	0.64	0.01	0.001	0.16
P11	0.20	0.19	0.24	0.22	0.08	0.10	0.37	0.10	0.25	0.01	0.31	0.56	0.01	0.001	0.17
P12	0.23	0.80	0.26	0.18	0.06	0.12	0.50	0.10	0.07	0.01	0.60	0.56	0.01	0.001	0.16
P13	0.26	0.82	0.24	0.22	0.06	0.08	0.34	0.10	0.09	0.01	0.38	0.65	0.01	0.001	0.20
P14	0.23	1.03	0.24	0.24	0.08	0.12	0.38	0.09	0.10	0.01	0.46	0.50	0.01	0.001	0.16
P17	0.14	0.00	0.19	0.14	0.08	0.23	0.32	0.08	0.01	0.01	0.64	0.67	0.01	0.001	0.08
P18	0.11	0.00	0.18	0.14	0.07	0.09	0.36	0.08	0.04	0.01	0.31	0.64	0.01	0.001	0.26
P19	0.11	0.87	0.29	0.12	0.07	0.07	0.36	0.05	0.08	0.01	0.70	0.32	0.01	0.001	0.16
P20	0.11	0.77	0.25	0.10	0.05	0.13	0.38	0.07	0.06	0.01	0.21	0.28	0.01	0.001	0.20
P21	0.09	0.92	0.21	0.09	0.05	0.16	0.40	0.06	0.07	0.01	0.30	0.24	0.01	0.001	0.12
P24	0.09	0.08	0.21	0.32	0.06	0.22	0.40	0.05	0.08	0.01	0.29	0.34	0.01	0.001	0.16
P25	0.09	0.00	0.19	0.30	0.08	0.31	0.38	0.06	0.17	0.01	0.41	0.33	0.01	0.001	0.16
P26	0.09	0.00	0.19	0.16	0.06	0.22	0.44	0.05	0.09	0.01	0.18	0.42	0.01	0.001	0.20
P27	0.09	0.59	0.18	0.16	0.06	0.22	0.38	0.07	0.13	0.16	0.20	0.57	0.01	0.001	0.30
P28	0.09	0.83	0.21	0.16	0.06	0.17	0.42	0.06	0.05	0.01	0.86	0.39	0.01	0.001	0.20
P31	0.13	0.00	0.19	0.04	0.05	0.26	0.36	0.08	0.09	0.01	0.41	0.27	0.01	0.001	0.28
P32	0.14	0.00	0.18	0.16	0.06	0.23	0.40	0.09	0.19	0.01	0.81	0.63	0.01	0.001	0.26
P33	0.11	0.31	0.17	0.16	0.08	0.32	0.38	0.08	0.19	0.01	0.48	0.32	0.01	0.001	0.16
P34	0.11	0.61	0.17	0.14	0.07	0.25	0.34	0.11	0.06	0.01	0.32	0.23	0.01	0.001	0.20
P35	0.09	1.05	0.14	0.12	0.08	0.31	0.40	0.10	0.07	0.01	0.35	0.23	0.01	0.001	0.20
最低值	0.09	0.00	0.14	0.04	0.05	0.07	0.32	0.05	0.01	0.01	0.18	0.23	0.00	0.00	0.08
最高值	0.26	1.05	0.29	0.32	0.08	0.37	0.50	0.11	0.33	0.16	1.42	0.73	0.01	0.00	0.30

注：“—”表示该站溶解氧含量超过了现场水温 and 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。

表 5.3-15 2019 年 9 月调查海区 10m 层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.20	0.95	0.23	0.08	0.21	0.38	0.09	0.11	0.01	1.40	0.42	0.01	0.001	0.08
P4	0.20	0.89	0.24	0.08	0.27	0.30	0.09	0.16	0.01	0.87	0.78	0.01	0.001	0.26
P5	0.23	0.28	0.19	0.06	0.23	0.42	0.09	0.09	0.01	0.99	0.55	0.01	0.001	0.26
P6	0.31	0.00	0.20	0.07	0.23	0.44	0.13	0.12	0.01	1.58	0.41	0.01	0.001	0.26
P7	0.23	0.62	0.19	0.09	0.18	0.30	0.09	0.10	0.01	0.84	0.38	0.00	0.001	0.36
P10	0.20	0.00	0.25	0.06	0.18	0.36	0.11	0.21	0.01	0.91	0.51	0.01	0.001	0.20
P11	0.17	0.00	0.24	0.06	0.13	0.43	0.10	0.17	0.01	0.77	0.60	0.01	0.001	0.18
P12	0.23	0.68	0.24	0.07	0.09	0.48	0.10	0.11	0.01	0.96	0.85	0.01	0.001	0.08
P13	0.23	0.90	0.27	0.08	0.10	0.38	0.09	0.16	0.18	0.86	0.65	0.02	0.001	0.26
P14	0.23	1.06	0.21	0.08	0.09	0.38	0.09	0.12	0.01	1.11	0.60	0.01	0.001	0.30
P17	0.17	0.00	0.17	0.20	0.13	0.38	0.09	0.15	0.01	0.79	0.61	0.00	0.001	0.16
P18	0.11	0.00	0.15	0.08	0.11	0.32	0.09	0.15	0.01	0.74	0.67	0.01	0.001	0.20
P19	0.09	0.95	0.21	0.07	0.08	0.46	0.07	0.15	0.01	0.75	0.29	0.01	0.001	0.16
P20	0.09	1.00	0.21	0.05	0.18	0.34	0.07	0.09	0.01	0.56	0.28	0.01	0.001	0.16
P21	0.07	1.08	0.19	0.06	0.14	0.34	0.07	0.07	0.01	0.80	0.32	0.01	0.001	0.12
P24	0.06	0.33	0.20	0.08	0.18	0.42	0.06	0.03	0.01	0.34	0.37	0.01	0.001	0.08
P25	0.09	0.00	0.18	0.05	0.27	0.34	0.05	0.03	0.01	0.43	0.31	0.00	0.001	0.20
P26	0.09	0.00	0.17	0.06	0.17	0.46	0.05	0.15	0.01	0.78	0.39	0.01	0.001	0.26
P27	0.09	0.39	0.19	0.06	0.24	0.46	0.06	0.04	0.01	0.53	0.57	0.01	0.001	0.26
P28	0.09	0.90	0.18	0.05	0.13	0.44	0.07	0.14	0.01	0.85	0.57	0.01	0.001	0.26
P31	0.11	0.00	0.15	0.06	0.31	0.43	0.09	0.05	0.01	0.64	0.26	0.01	0.001	0.18
P32	0.14	0.00	0.16	0.07	0.27	0.44	0.11	0.09	0.01	0.35	0.48	0.00	0.001	0.30
P33	0.11	0.20	0.16	0.08	0.32	0.40	0.09	0.07	0.03	0.30	0.26	0.01	0.001	0.30
P34	0.09	0.59	0.15	0.07	0.27	0.36	0.12	0.07	0.01	0.43	0.24	0.01	0.001	0.26
P35	0.09	1.08	0.15	0.06	0.28	0.42	0.09	0.20	0.01	0.67	0.24	0.01	0.001	0.08
最低值	0.06	0.00	0.15	0.05	0.08	0.30	0.05	0.03	0.01	0.30	0.24	0.00	0.00	0.08
最高值	0.31	1.08	0.27	0.20	0.32	0.48	0.13	0.21	0.18	1.58	0.85	0.02	0.00	0.36

单
项
标
准
指
数
值
 Q_{ij}

表 5.3-16 2019 年 9 月调查海区 50m 层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.09	0.92	0.17	0.12	0.49	0.42	0.10	0.19	0.01	1.90	0.67	0.01	0.001	0.16
P4	0.11	0.66	0.13	0.08	0.26	0.36	0.09	0.17	0.01	0.73	0.66	0.01	0.001	0.26
P5	0.14	0.56	0.17	0.09	0.34	0.32	0.10	0.18	0.01	0.72	0.48	0.00	0.001	0.26
P6	0.14	0.43	0.18	0.09	0.16	0.34	0.11	0.28	0.01	1.05	0.81	0.01	0.001	0.26
P7	0.17	1.05	0.17	0.09	0.15	0.44	0.09	0.20	0.01	0.80	0.47	0.00	0.001	0.20
P10	0.09	0.43	0.21	0.06	0.21	0.34	0.09	0.08	0.01	0.84	0.47	0.01	0.001	0.30
P11	0.10	0.54	0.20	0.05	0.15	0.36	0.10	0.01	0.01	0.04	0.17	0.01	0.001	0.16
P12	0.14	0.76	0.21	0.08	0.11	0.32	0.09	0.13	0.01	0.56	0.56	0.01	0.001	0.08
P13	0.11	0.98	0.18	0.09	0.14	0.42	0.09	0.14	0.01	0.48	0.55	0.00	0.001	0.08
P14	0.11	1.26	0.19	0.10	0.11	0.48	0.09	0.29	0.06	1.33	0.64	0.02	0.001	0.30
P17	0.09	0.47	0.11	0.07	0.15	0.40	0.09	0.03	0.01	0.45	0.58	0.00	0.001	0.30
P18	0.11	0.27	0.10	0.06	0.14	0.42	0.08	0.16	0.01	0.56	0.27	0.01	0.001	0.26
P19	0.09	1.02	0.22	0.05	0.17	0.42	0.06	0.17	0.01	1.59	0.37	0.02	0.001	0.08
P20	0.09	1.06	0.17	0.07	0.22	0.46	0.07	0.15	0.01	0.65	0.29	0.01	0.001	0.08
P21	0.09	1.20	0.15	0.06	0.21	0.39	0.07	0.11	0.01	0.40	0.29	0.01	0.001	0.18
P24	0.06	0.86	0.18	0.06	0.27	0.34	0.06	0.26	0.01	0.35	0.77	0.00	0.001	0.16
P25	0.06	0.38	0.18	0.10	0.30	0.34	0.05	0.12	0.01	0.52	0.36	0.00	0.001	0.08
P26	0.09	0.41	0.15	0.07	0.18	0.42	0.05	0.17	0.01	0.55	0.39	0.00	0.001	0.20
P27	0.09	0.64	0.16	0.10	0.23	0.34	0.06	0.20	0.01	0.64	0.47	0.00	0.001	0.20
P28	0.09	0.92	0.16	0.07	0.22	0.34	0.05	0.28	0.01	0.80	0.65	0.01	0.001	0.26
P31	0.10	0.36	0.13	0.11	0.29	0.34	0.09	0.09	0.01	0.39	0.27	0.01	0.001	0.18
P32	0.11	0.39	0.15	0.09	0.21	0.42	0.09	0.25	0.01	0.93	0.44	0.02	0.001	0.36
P33	0.09	0.76	0.15	0.10	0.43	0.48	0.08	0.12	0.01	0.52	0.25	0.01	0.001	0.30
P34	0.09	1.02	0.14	0.09	0.32	0.32	0.12	0.03	0.07	0.54	0.23	0.01	0.001	0.08
P35	0.06	1.30	0.16	0.07	0.35	0.38	0.09	0.05	0.01	0.43	0.23	0.01	0.001	0.16
最低值	0.06	0.27	0.10	0.05	0.11	0.32	0.05	0.01	0.01	0.04	0.17	0.00	0.00	0.08
最高值	0.17	1.30	0.22	0.12	0.49	0.48	0.12	0.29	0.07	1.90	0.81	0.02	0.00	0.36

$$Q_i = \frac{\text{单项标准指数值}}{Q_{ij}}$$

表 5.3-17 2019 年 9 月调查海区 100m 层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P13	0.09	2.11	0.14	0.50	0.61	0.38	0.10	0.19	0.01	0.61	0.75	0.01	0.001	0.36
P14	0.00	2.14	0.17	0.51	0.58	0.30	0.08	0.09	0.04	0.65	0.77	0.00	0.001	0.30
P17	0.23	1.96	0.15	0.41	0.57	0.40	0.09	0.12	0.01	0.65	0.76	0.00	0.005	0.20
P18	0.23	1.78	0.15	0.50	0.54	0.44	0.08	0.03	0.01	0.28	0.26	0.01	0.005	0.16
P19	0.20	2.05	0.18	0.48	0.60	0.38	0.06	0.12	0.01	1.49	0.42	0.01	0.005	0.08
P20	0.23	2.04	0.16	0.57	0.63	0.42	0.07	0.20	0.01	0.75	0.45	0.03	0.005	0.26
P21	0.17	2.10	0.12	0.58	0.61	0.45	0.08	0.08	0.01	0.47	0.26	0.01	0.001	0.18
P24	0.00	1.78	0.15	0.59	0.65	0.34	0.07	0.13	0.01	0.44	0.69	0.01	0.001	0.08
P25	0.03	1.47	0.16	0.64	0.75	0.30	0.08	0.08	0.01	0.58	0.38	0.01	0.001	0.16
P26	0.03	1.54	0.13	0.54	0.69	0.38	0.06	0.21	0.01	0.40	0.37	0.00	0.001	0.26
P27	0.03	1.69	0.15	0.54	0.59	0.38	0.06	0.12	0.01	0.41	0.40	0.00	0.005	0.30
P28	0.03	1.92	0.14	0.54	0.63	0.36	0.06	0.25	0.01	0.46	0.66	0.00	0.001	0.26
P31	0.09	1.54	0.13	0.52	0.76	0.32	0.09	0.06	0.01	0.35	0.26	0.01	0.001	0.12
P32	0.09	1.50	0.15	0.60	0.73	0.44	0.09	0.10	0.01	0.38	0.41	0.01	0.001	0.30
P33	0.03	1.66	0.13	0.56	0.69	0.44	0.09	0.08	0.01	0.28	0.26	0.01	0.001	0.30
P34	0.03	1.95	0.12	0.56	0.59	0.34	0.09	0.09	0.01	0.33	0.22	0.00	0.001	0.26
P35	0.11	2.17	0.16	0.57	0.57	0.38	0.09	0.21	0.07	0.97	0.26	0.01	0.001	0.20
最低值	0.00	1.47	0.12	0.41	0.54	0.30	0.06	0.03	0.01	0.28	0.22	0.00	0.00	0.08
最高值	0.23	2.17	0.18	0.64	0.76	0.45	0.10	0.25	0.07	1.49	0.77	0.03	0.01	0.36

单
项
标
准
指
数
值
Q_{ij}

表 5.3-18 2019 年 9 月调查海区底层海水水质各评价因子的标准指数 (以第一类水质标准评价)

评价因子	pH	DO	COD	无机氮	PO ₄ -P	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	总铬	硫化物	挥发性酚
P3	0.20	2.11	0.16	0.46	0.81	0.34	0.11	0.28	0.01	1.32	0.75	0.01	0.005	0.08
P4	0.14	2.05	0.17	0.52	0.71	0.36	0.09	0.39	0.01	0.89	0.62	0.01	0.001	0.20
P5	0.17	1.99	0.14	0.61	0.64	0.36	0.09	0.10	0.03	0.51	0.42	0.00	0.001	0.20
P6	0.14	1.99	0.21	0.40	0.46	0.36	0.10	0.15	0.01	0.84	0.44	0.01	0.001	0.26
P7	0.14	2.05	0.13	0.46	0.63	0.34	0.08	0.12	0.01	0.76	0.53	0.01	0.001	0.36
P10	0.20	1.93	0.17	0.52	0.62	0.32	0.09	0.01	0.01	0.04	0.17	0.01	0.005	0.26
P11	0.17	1.98	0.16	0.55	0.71	0.31	0.09	0.11	0.01	0.83	0.53	0.01	0.005	0.19
P12	0.17	2.05	0.17	0.56	0.64	0.46	0.09	0.18	0.01	0.61	0.54	0.01	0.005	0.16
P13	0.14	2.10	0.15	0.52	0.65	0.34	0.09	0.13	0.01	0.81	0.69	0.01	0.001	0.08
P14	0.17	2.20	0.15	0.59	0.61	0.48	0.08	0.13	0.01	0.84	0.70	0.01	0.005	0.26
P17	0.31	2.29	0.16	0.54	0.61	0.38	0.08	0.15	0.01	0.43	0.72	0.00	0.005	0.26
P18	0.31	2.26	0.17	0.59	0.71	0.32	0.08	0.09	0.01	0.56	0.29	0.00	0.005	0.36
P19	0.34	2.31	0.17	0.92	0.86	0.34	0.06	0.05	0.01	0.39	0.32	0.00	0.005	0.16
P20	0.34	2.32	0.10	0.98	1.19	0.34	0.06	0.12	0.01	0.55	0.20	0.00	0.005	0.20
P21	0.39	2.32	0.09	1.02	1.23	0.35	0.06	0.24	0.01	1.30	0.38	0.01	0.005	0.12
P24	0.31	2.29	0.14	1.00	1.04	0.38	0.07	0.09	0.01	0.43	0.61	0.01	0.005	0.08
P25	0.34	2.31	0.17	1.00	1.22	0.30	0.09	0.12	0.01	0.39	0.29	0.01	0.005	0.08
P26	0.34	2.32	0.10	1.07	1.37	0.30	0.06	0.19	0.01	0.36	0.39	0.01	0.005	0.16
P27	0.37	2.34	0.11	1.25	1.21	0.34	0.05	0.35	0.16	0.56	0.42	0.00	0.005	0.30
P28	0.40	2.37	0.04	1.06	1.43	0.28	0.06	0.23	0.01	0.68	0.63	0.01	0.005	0.20
P31	0.34	2.30	0.12	1.08	1.37	0.31	0.09	0.11	0.01	0.43	0.50	0.00	0.005	0.14
P32	0.40	2.35	0.13	1.30	1.71	0.32	0.09	0.21	0.05	0.37	0.35	0.01	0.005	0.36
P33	0.43	2.37	0.10	1.31	1.43	0.40	0.08	0.03	0.05	0.24	0.26	0.00	0.005	0.26
P34	0.40	2.34	0.09	1.31	1.43	0.30	0.09	0.08	0.01	0.31	0.25	0.01	0.005	0.08
P35	0.46	2.41	0.10	1.40	1.69	0.34	0.09	0.07	0.01	0.30	0.53	0.01	0.005	0.26
最低值	0.14	1.93	0.04	0.40	0.46	0.28	0.05	0.01	0.01	0.04	0.17	0.00	0.00	0.08
最高值	0.46	2.41	0.21	1.40	1.71	0.48	0.11	0.39	0.16	1.32	0.75	0.01	0.01	0.36

单
项
标
准
指
数
值
 I_{eq}

表 5.3-19 2019 年 9 月调查海区评价因子超一类站位统计

评价因子		超一类站位
DO	表层	P3、P4、P14、P35 共 4 个站
	10m 层	P14、P21、P35 共 3 个站
	50m 层	P7、P14、P19~P21、P34、P35 共 7 个站
	100m 层	P13、P14、P17~P21、P24~P28、P31~P35 共 17 个站
	底层	P3~P7、P10~P14、P17~P21、P24~P28、P31~P35 共 25 个站
无机氮	底层	P21、P26~P28、P31~P35 共 10 个站
活性磷酸盐	底层	P20、P21、P24~P28、P31~P35 共 12 个站
铅	表层	P6 站
	10m 层	P3、P6、P14 共 3 个站
	50m 层	P3、P6、P14、P19 共 4 个站
	100m 层	P19 站
	底层	P3、P21 共 2 个站

表 5.3-20 2019 年 9 月调查海区海水水质超一类评价因子的二类标准指数

表层			10m 层			50m 层		
站位	DO	铅	站位	DO	铅	站位	DO	铅
P3	0.15	-	P3	-	0.28	P3	-	0.38
P4	0.14	-	P6	-	0.32	P6	-	0.21
P6	-	0.28	P14	0.21	0.22	P7	0.35	-
P14	0.17	-	P21	0.22	-	P14	0.45	0.27
P35	0.19	-	P35	0.23	-	P19	0.35	0.32
						P20	0.37	-
						P21	0.42	-
						P34	0.34	-
						P35	0.47	-

续表 5.3-20 2019 年 9 月调查海区海水水质超一类评价因子的二类标准指数

100m 层			底层				
站位	DO	铅	站位	DO	无机氮	活性磷酸盐	铅
P13	0.87	-	P3	0.85	-	-	0.26
P14	0.88	-	P4	0.82	-	-	-
P17	0.83	-	P5	0.80	-	-	-
P18	0.77	-	P6	0.78	-	-	-
P19	0.85	0.30	P7	0.81	-	-	-
P20	0.85	-	P10	0.82	-	-	-
P21	0.87	-	P11	0.82	-	-	-
P24	0.77	-	P12	0.82	-	-	-
P25	0.66	-	P13	0.87	-	-	-

100m 层			底层				
站位	DO	铅	站位	DO	无机氮	活性磷酸盐	铅
P26	0.69	-	P14	0.91	-	-	-
P27	0.74	-	P17	0.94	-	-	-
P28	0.81	-	P18	0.93	-	-	-
P31	0.69	-	P19	0.95	-	-	-
P32	0.68	-	P20	0.96	-	0.59	-
P33	0.73	-	P21	0.96	0.68	0.61	0.26
P34	0.82	-	P24	0.95	-	0.52	-
P35	0.89	-	P25	0.96	-	0.61	-
			P26	0.96	0.71	0.68	-
			P27	0.97	0.83	0.60	-
			P28	0.97	0.70	0.72	-
			P31	0.96	0.72	0.69	-
			P32	0.97	0.86	0.86	-
			P33	0.98	0.87	0.72	-
			P34	0.97	0.87	0.71	-
			P35	0.98	0.93	0.84	-

注：“-”表示该站位评价因子符合一类海水水质标准，未计算其二类标准指数

调查海区海水溶解氧、铅、无机氮、活性磷酸盐超出一类海水水质标准要求的样品均满足类二类海水水质标准要求。监测海区海水铅表层至底层均有轻微的超过一类标准的现象，但各层超过一类标准的站位符合二类海水水质标准。

底层海水无机氮和活性磷酸盐含量较高，有机体死亡后大都沉降到海底，其腐烂和降解过程中产生的无机氮和无机磷（大部分是活性磷酸盐）溶解在底层海水中；浮游植物大都生长在光线充足的上层海水中，深层海水浮游植物的数量较少，对海水中营养盐（活性磷酸盐和无机氮等）的吸收也相对要少，因此，底层海水中营养盐的含量往往比上层海水要高。

5.3.7 小结

春季调查中，调查海区海水表层、10m 层和 50m 层含氧量丰富，所有样品的溶解氧含量均满足一类海水水质标准；100m 层和底层超一类样品中除 P33 站底层超出二类水质标准要求（符合三类海水水质标准）外，均满足二类海水水质标准要求。春季调查中，海水水质铅超出一类海水水质标准要求的样品均满足类二类海水水质标准要求。

秋季调查中，调查海区海水溶解氧、铅、无机氮、活性磷酸盐超出一类海水水质标准要求的样品均满足类二类海水水质标准要求。监测海区海水铅表层至底层均有轻微

的超过一类标准的现象，但各层超过一类标准的站位符合二类海水水质标准。

5.4 沉积物环境质量现状评价

5.4.1 调查因子

沉积物环境质量现状评价包括有机碳、石油类、硫化物、总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷及沉积物粒度分析。

沉积物采集表层样（0~5cm）。表层沉积物采用 0.1m² 曙光采泥器采集。

表 5.4-1 沉积物项目分析方法

序号	项 目	分 析 方 法	检 出 限	引 用 标 准
1	粒度	激光法	-	GB/T 12763.8-2007
2	有机碳	重铬酸钾氧化—还原容量法	0.03%	GB 17378.5-2007
3	硫化物	碘量法	4×10^{-6}	
4	锌	火焰原子 吸收分光光度法	0.2×10^{-6}	
5	铜		0.1×10^{-6}	
6	铅		0.1×10^{-6}	
7	镉		0.02×10^{-6}	
8	铬		0.1×10^{-6}	
9	石油类	紫外分光光度法	3.0×10^{-6}	
10	总汞	原子荧光法	2.0×10^{-9}	
11	砷		0.06×10^{-6}	

5.4.2 评价标准

根据图 5.3-2 和图 5.3-3，所有调查站位均在海洋功能区划和生态红线外，沉积物质量将采用第一类标准评价。

表 5.4-2 海洋沉积物质量标准

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

序号	项目	标准类别		
		第一类	第二类	第三类
10	石油类 ($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0

5.4.3 评价方法

评价方法采用标准指数法。单因子污染标准指数法按下列公式计算：

$$I_i = C_i/S_i$$

式中： I_i — i 项污染物的质量指数； C_i — i 项污染物的实测浓度； S_i — i 项污染物评价标准； I_i 是无量纲量，其大小描述被测样品的质量状况。

5.4.4 沉积物特征状况

表层沉积物的粒度类型全部为砂(S)。各站位粒度组分中以砂占绝对优势，含量在90%以上，粉砂、粘土和砾含量均较少。总体看，调查海区表层沉积物组成较为一致。

表 5.4-3 表层沉积物类型及粒度参数

站号	层次 (cm)	粒级含量 (%)				代号及名称
		砾	砂	粉砂	粘土	
P4	0-5	1.5	94.1	4.4	0.0	S 砂
P6	0-5	9.2	90.8	0.0	0.0	S 砂
P7	0-5	8.7	91.3	0.0	0.0	S 砂
P10	0-5	1.2	90.4	8.4	0.0	S 砂
P12	0-5	1.4	92.9	5.1	0.6	S 砂
P14	0-5	0.0	99.9	0.1	0.0	S 砂
P18	0-5	0.0	100	0.0	0.0	S 砂
P20	0-5	0.0	100	0.0	0.0	S 砂
P24	0-5	0.1	99.9	0.0	0.0	S 砂
P26	0-5	0.0	100	0.0	0.0	S 砂
P28	0-5	0.7	99.3	0.0	0.0	S 砂
P32	0-5	0.5	99.5	0.0	0.0	S 砂
P34	0-5	1.1	91.6	6.5	0.8	S 砂
P35	0-5	0.8	98.5	0.7	0.0	S 砂
最小值		0.0	90.4	0.0	0.0	/
最大值		9.2	100	8.4	0.8	/
平均值		1.8	96.3	1.8	0.1	/

表 5.4-4 表层沉积物分析结果

站号	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
	(%)									
P4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
P6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

站 位	有机碳 (%)	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
P7										
P14										
P12										
P10										
P18										
P20										
P28										
P26										
P24										
P32										
P34										
P35										
最小值	0.41	未	0.005	3.50	0.4	2.0	0.02	39.0	5.5	2.77
最大值	0.79	未	0.104	31.4	2.8	32.8	0.70	130	12.7	6.73
平均值	0.61	1	0.016	12.0	1.9	13.1	0.23	71.4	8.1	4.50

注：1) “—”表示此项目未进行监测；2) “未”表示未检出，当检出率为 1/2 以上（含 1/2）时，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。

5.4.5 沉积物质量评价

调查区表层沉积物中有机碳、硫化物、总汞、铜、铅、锌、铬和石油类均符合第一类海洋沉积物质量标准限值要求。只有 1 个站位（P12）镉和 3 个站位（P26、P24、P34）砷超过第一类海洋沉积物质量标准，但满足第二类海洋沉积物质量标准。

表 5.4-5 沉积物各评价因子的标准指数（以第一类沉积物标准评价）

站 位	单项标准指数									
	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
P4										
P6										
P7										
P14										
P12										
P10										
P18										
P20										
P28										
P26										
P24										
P32										
P34										

站位	单项标准指数									
	有机碳	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油类
P35	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
最小值	0.21	0.00	0.03	0.18	0.01	0.03	0.04	0.26	0.07	0.01
最大值	0.40	0.00	0.52	1.57	0.08	0.55	1.40	0.87	0.16	0.01

表 5.4-6 沉积物各评价因子的标准指数（以第二类沉积物标准评价）

站位	单项标准指数	
	砷	镉
P12	-	0.47
P26	0.44	-
P24	0.37	-
P34	0.48	-

注：“-”表示该站位评价因子符合一类沉积物标准，未计算其二类标准指数

5.4.6 小结

调查海区表层沉积物类型单一，全部为砂（S）。各站位粒度组分中以砂占绝对优势，粉砂、粘土和砾含量均较少。

表层沉积物中有机碳、硫化物、总汞、铜、铅、锌、铬和石油类含量处于较低水平，满足第一类海洋沉积物质量标准限值要求；砷和镉超过第一类海洋沉积物质量标准，但满足第二类海洋沉积物质量标准。

5.5 海洋生物生态现状调查与评价

5.5.1 调查方法

浮游植物采样使用小型浮游生物网（网口面积 0.1m^2 ，网口直径 37cm，网长为 280cm）由海底至海面垂直拖网一次。采集到的样品用 5% 甲醛固定后带回实验室进行鉴定和计数。

浮游动物采样使用大型浮游生物网（网口面积 0.5m^2 ，网口直径 80cm，网长为 280cm）由海底至海面垂直拖网一次。采集到的样品用 5% 甲醛溶液固定后，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浮游动物的个体数量计算。

鱼卵仔鱼采样分垂直和水平拖网两种方法采样。垂直拖网的网具与浮游动物采样相同，水平拖网深度为 0m~3m，使用网具为大型浮游生物网（网口面积 0.5m^2 ，网口直径 80cm，网长为 280cm），水平拖网 10min~15min，航速为 1kn~2kn。样品用中性甲醛溶液固定，加入量为样品体积的 5%。

底栖生物的调查包括定性和定量两种调查，定性调查采用阿氏拖网采样，定量调查采用挖泥器采样。阿氏拖网网口宽为 1.5m，每站慢速拖曳 15 分钟（约 1500m），拣出所有生物。定量采样使用 0.1m² 曙光采泥器，每站采泥 2 次，泥样倒入孔径为 1.0mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有生物，装入含有 5% 甲醛溶液的样品瓶中贮存。所有样品带回实验室进行种类鉴定，多毛纲残体和藻类不记个数。

底栖生物质量根据《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）中规定，选取调查区底栖生物的甲壳类、贝类和鱼类等足量生物样品，测定底栖生物体内污染物的含量。

生物样品的采集、保存、运输和分析等过程严格按照《海洋监测规范》（GB 17378.3-2007）的技术要求进行，单独分袋、冰冻保存，取可食部分分析。

5.5.2 分析方法

1、海洋生物生物量、密度计算方法

（1）叶绿素 a 计算方法

$$\rho_{chl-a} = (11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630}) \times v/V \cdot L$$

式中， ρ_{chl-a} 为样品中叶绿素 a 含量，单位微克每升（ $\mu g/L$ ），报告中通常以 mg/m^3 表示。 v 为样品提取液体积，单位为毫升（ml）； V 为海水样品实际用量，单位为升（L）； L 为测定池光程，单位为厘米（cm）。

（2）浮游植物细胞数量计算方法

依照《海洋监测规范》（GB17378-2007），运用浓缩计数法的统计方法计算浮游植物细胞数量，计算公式如下：

$$N = \frac{nV'}{VV''}$$

式中： N 为每升水样的藻类细胞数，单位为个每升（个/L），报告中常换算为个/ m^3 ； n 为取样计数所得的细胞数，单位为个； V' 为水样浓缩的体积，单位为毫升（mL）； V 为采水量，单位为升（L）； V'' 为取样计数的体积，单位为毫升（mL）。

（3）浮游动物生物量、密度计算方法

依照《海洋监测规范》（GB17378-2007），湿重生物量以 mg/m^3 表示，浮游动物个体数以个/ m^3 表示，计算公式分别如下：

浮游动物湿重生物量计算公式：

$$B = \frac{S}{V}$$

式中： B ——湿重生物量，单位为毫克每立方米（ mg/m^3 ）或体积生物量，单位为毫升每立方米（ mL/m^3 ）； S ——样品湿重，单位为毫克（ mg ）或样品体积，单位为毫升（ mL ）； V ——滤水量，单位为立方米（ m^3 ）。

浮游动物密度计算公式：

$$N = \frac{n \cdot a}{V}$$

式中： N ——每立方米水体中的个体数，单位为个每立方米（个/ m^3 ）； n ——取样计数所得的个体数，单位为个； a ——取样体积与样品总体数之比； V ——滤水量，单位为立方米（ m^3 ），根据绳长计算滤水量。

（4）底栖生物生物量、密度计算方法

依照《海洋监测规范》（GB17378-2007），生物密度和生物量的换算将所有站位的实测生物个体数和生物量数据按其采样面积换算成个/ m^2 和 g/m^2 ，分别表示生物密度和生物量。

2、物种多样性计算公式

群落物种多样性的高低，除了受取样大小、数量的分布外，只要依赖于群落中种类数多少及种间个体分布是否均匀。物种多样性 Shannon-Weaver (H') 指数、均匀度 (J)、丰富度 (d_{Ma}) 和优势度 (D) 计算公式如下：

（1）香农—韦佛 (Shannon—Weaver) 多样性指数 H' ：

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

式中： H' ——为种类多样性指数； S ——为样品中的种类总数； P_i ——为第 i 种的个体数 (n_i) 与总个体数 (N) 的比值 (n_i/N)。

（2）皮诺 (Pielou) 均匀度指数 J ：

$$J = H'/H_{\text{max}}$$

式中： J ——表示均匀度； H' ——为种类多样性指数； H_{max} 为 $\log_2 S$ ——为多样性指数的最大值； S ——为样品中的种类总数。

（3）物种丰富度 Margalef 指数 d_{Ma} ：

$$d_{\text{Ma}} = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

式中： d_{Ma} ——表示物种丰富度， S ——为样品中的物种总数， N ——为采集样品中所有物

种的总体个数。

(4) 优势度 D ：

$$D = \frac{N_1 + N_2}{N_T}$$

式中： D ——优势度， N_1 ——样品中第一优势种的个体数， N_2 ——样品中第二优势种的个体数， N_T ——样品中的总个体数。

5.5.3 叶绿素 a 和初级生产力

叶绿素 a 是浮游植物共有的一种色素，通常用来指示浮游植物的现存量，此值的大小与浮游植物所处的海洋环境直接相关，如海区的光照、温度、盐度、营养盐等；同时与海流等物理现象之间存在必然的联系，可以间接的指示海水水质。

(1) 2019 年 4 月

各站叶绿素平均含量变化于 $(0.07 \sim 0.25) \text{ mg/m}^3$ ，差异不大，平均值为 0.16 mg/m^3 。

其中，表层叶绿素 a 范围为 $(0.07 \sim 0.14) \text{ mg/m}^3$ ，均值为 0.10 mg/m^3 ；10m 层范围为 $(0.08 \sim 0.15) \text{ mg/m}^3$ ，均值为 0.11 mg/m^3 ；50m 层范围为 $(0.10 \sim 0.53) \text{ mg/m}^3$ ，均值为 0.25 mg/m^3 ；100m 层范围为 $(0.04 \sim 0.28) \text{ mg/m}^3$ ，均值为 0.16 mg/m^3 ；底层范围为 $(0.01 \sim 0.36) \text{ mg/m}^3$ ，均值为 0.17 mg/m^3 。总体上各层叶绿素 a 水平较低且分布均匀。

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

表 5.5-1 叶绿素 a 和初级生产力含量统计

站号	叶绿素 a (mg/m^3)						初级生产力 ($\times 10^2 \text{ mg-C/ (m}^2 \cdot \text{d})$)
	表层	10m 层	50m 层	100m 层	底层	平均值	
P3							
P4							
P5							
P6							
P7							
P10							
P11							
P12							
P13							
P14							
P17							
P18							
P19							

站号	叶绿素 a (mg/m^3)						初级生产力 ($\times 10^2 \text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
	表层	10m 层	50m 层	100m 层	底层	平均值	
P20							
P21							
P24							
P25							
P26							
P27							
P28							
P31							
P32							
P33							
P34							
P35							
最小值	0.07	0.08	0.10	0.04	0.01	0.07	0.76
最大值	0.14	0.15	0.53	0.28	0.36	0.25	2.31
平均值	0.10	0.11	0.25	0.16	0.17	0.16	1.38

注：“—”为无该层数据。

经估算，各站海洋初级生产力差异小，范围为 $(0.76\sim 2.31) \times 10^2 \text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，最大值出现在 P18 站，最小值出现在 P27 站，平均为 $1.38 \times 10^2 \text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，初级生产力总体上处于低水平。

(2) 2019 年 9 月

各站叶绿素平均含量变化于 $(0.06\sim 0.18) \text{mg}/\text{m}^3$ ，差异不大，平均值为 $0.11 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

其中，表层叶绿素 a 范围为 $(0.01\sim 0.07) \text{mg}/\text{m}^3$ ，均值为 $0.05 \text{mg}/\text{m}^3$ ；10m 层范围为 $(0.03\sim 0.07) \text{mg}/\text{m}^3$ ，均值为 $0.05 \text{mg}/\text{m}^3$ ；50m 层范围为 $(0.05\sim 0.37) \text{mg}/\text{m}^3$ ，均值为 $0.12 \text{mg}/\text{m}^3$ ；100m 层范围为 $(0.08\sim 0.35) \text{mg}/\text{m}^3$ ，均值为 $0.26 \text{mg}/\text{m}^3$ ；底层范围为 $(0.03\sim 0.26) \text{mg}/\text{m}^3$ ，均值为 $0.13 \text{mg}/\text{m}^3$ 。总体上各层叶绿素 a 水平较低且分布均匀。

参照美国环保局(EPA)关于叶绿素-a 含量的评价标准，调查海区属于贫营养海区。

表 5.5-2 叶绿素 a 和初级生产力含量统计

站号	叶绿素 a (mg/m^3)						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	
P3							
P4							
P5							
P6							
P7							
P10							
P11							

站号	叶绿素 a (mg/m^3)						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	
P12							
P13							
P14							
P17							
P18							
P19							
P20							
P21							
P24							
P25							
P26							
P27							
P28							
P31							
P32							
P33							
P34							
P35							
最小值	0.01	0.03	0.05	0.08	0.03	0.06	0.36
最大值	0.07	0.07	0.37	0.35	0.26	0.18	1.69
平均值	0.05	0.05	0.12	0.26	0.13	0.11	0.87

注：“—”为无该层数据。

经估算，各站海洋初级生产力差异小，范围为 $(0.36\sim 1.69)\times 10^2 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，最大值出现在 P31 站，最小值出现在 P10 站，平均为 $0.87\times 10^2 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，初级生产力总体上处于低水平。

5.5.4 浮游植物

5.5.4.1 种类组成

春季调查共采集到浮游植物 3 门 34 属 92 种（含变种、变型）。其中，硅藻种类数 24 属 56 种，占总种数的 60.9%；甲藻 8 属 34 种，占总种数的 37.0%；蓝藻 1 属 2 种。其中，赤潮生物有 3 门 15 属 34 种，占总种数的 37.0%。调查海区出现浮游植物种类较丰富，数量范围为 $(18\sim 49)$ 种/站，平均为 34 种/站，除 P28 站种类数相对较低外，各站种类数差异不大。海区种类数出现较多的属为角藻属、角毛藻属、根管藻属和圆筛藻属，分别为 21 种占 22.8%、14 种占 15.2%、13 种占 14.1%和 6 种占 6.5%，以上 4 个属合计占浮游植物总种数的 58.7%，其它属出现的种类数较少。

秋季调查共采集到浮游植物共有 3 门 33 属 75 种（含变种、变型）。其中，硅藻种类数 22 属 39 种，占总种数的 52.0%；甲藻 9 属 33 种，占总种数的 44.0%；蓝藻 1 属 2 种，金藻 1 属 1 种。其中，赤潮生物有 3 门 12 属 24 种，占总种数的 32.0%。调查海区出现浮游植物种类较少，数量范围为（13~29）种/站，平均为 19 种/站。海区种类数出现较多的属为角藻属、根管藻属、角毛藻属和原多甲藻属，分别为 19 种占 25.3%、9 种占 12.0%、4 种占 5.3%和 4 种占 5.3%，以上 4 个属合计占浮游植物总种数的 48.0%，其它属出现的种类数较少。

5.5.4.2 数量分布及优势种

（1）2019 年 4 月

调查海区各站位浮游植物个体数量总体上差异不大，北部站位个体数量相对较高，个体数量范围为 $(0.05\sim3.26) \times 10^4$ 个/ m^3 ，平均为 1.12×10^4 个/ m^3 。硅藻的个体数量范围为 $(0.03\sim2.31) \times 10^4$ 个/ m^3 ，平均为 0.89×10^4 个/ m^3 ，占浮游植物平均数量的 79.1%。硅藻的个体数量及其分布决定了浮游植物总个体数量及分布。赤潮生物平均个体数量为 0.55×10^4 个/ m^3 ，占总个体数量的 48.7%。调查海域东北部浮游植物个体数量较高，个体数量平面分布有自东北向南递减的趋势。

表 5.5-3 各站硅藻、甲藻与蓝藻个体数量 ($\times 10^4$ 个/ m^3)

站号	硅藻	甲藻	蓝藻	合计
P4	■	■	■	■
P6	■	■	■	■
P7	■	■	■	■
P10	■	■	■	■
P12	■	■	■	■
P14	■	■	■	■
P18	■	■	■	■
P20	■	■	■	■
P24	■	■	■	■
P26	■	■	■	■
P28	■	■	■	■
P32	■	■	■	■
P34	■	■	■	■
P35	■	■	■	■
最小值	0.03	0.02	0.00	0.05
最大值	2.31	0.71	0.25	3.26
均值	0.89	0.19	0.05	1.12

调查海区浮游植物出现优势种 13 种, 有长海毛藻、紧挤角毛藻、束毛藻、三叉角藻、短叉角毛藻、二齿双管藻、劳氏角毛藻、菱状几内亚藻、大西洋角毛藻、大洋角管藻、双凹梯形藻、笔尖形根管藻和掌状冠盖藻, 优势度分别为 0.087、0.080、0.036、0.031、0.031、0.029、0.028、0.027、0.026、0.024、0.024、0.020、0.020。调查海区出现优势种种类较多, 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。

(2) 2019 年 9 月

调查海区各站位浮游植物个体数量总体上差异不大, 个体数量范围为 (0.51~6.18) $\times 10^4$ 个/ m^3 , 平均为 2.12×10^4 个/ m^3 , 最大值出现在 P10 站, 最小值出现在 P35 站。蓝藻的个体数量范围为 (0.14~2.51) $\times 10^4$ 个/ m^3 , 平均为 1.01×10^4 个/ m^3 , 占浮游植物平均数量的 47.5%。硅藻的个体数量范围为 (0.22~3.52) $\times 10^4$ 个/ m^3 , 平均为 0.90×10^4 个/ m^3 , 占浮游植物平均数量的 42.3%。蓝藻和硅藻的个体数量及其分布决定了浮游植物总个体数量及分布。赤潮生物平均个体数量为 1.40×10^4 个/ m^3 , 占总个体数量的 66.1%。调查海域北部浮游植物个体数量较高, 个体数量平面分布有自北向南递减的趋势。

表 5.5-4 各站硅藻、甲藻与蓝藻个体数量 ($\times 10^4$ 个/ m^3)

站号	总丰度	硅藻	甲藻	蓝藻	合计
P4					
P6					
P7					
P10					
P12					
P14					
P18					
P20					
P24					
P26					
P28					
P32					
P34					
P35					
最小值	0.22	0.06	0.00	0.00	0.51
最大值	3.52	0.68	2.51	0.06	6.18
平均值	0.90	0.28	0.94	0.00	2.12

调查海区浮游植物出现 3 种优势种, 有铁氏束毛藻、掌状冠盖藻和长海毛藻, 优势度分别为 0.405、0.036 和 0.033。调查海区出现的优势种种类少, 且主要优势种优势度高, 表明海区具有数量占绝对优势的种类。

5.5.4.3 多样性、均匀度和丰度

(1) 2019 年 4 月

海区各站多样性指数、均匀度和丰富度均处于高水平，优势度较低，其中多样性指数均值为 4.39，站优势度均值为 24.6%，表明海区出现的浮游植物种类较多，无数量占绝对优势的种类，多样性指数分布海区北部和东部海域相对较高，但总体上差距不大，分布较均匀，浮游植物群落多样性水平较高。

表 5.5-5 浮游植物的多样性、均匀度、丰度和优势度

站号	多样性指数	均匀度	丰度	优势度 D
P4				
P6				
P7				
P10				
P12				
P14				
P18				
P20				
P24				
P26				
P28				
P32				
P34				
P35				
最小值	3.93	0.81	1.91	17.2%
最大值	4.81	0.94	3.35	31.2%
平均值	4.39	0.87	2.60	24.6%

(2) 2019 年 9 月

除个别站位外（P14、P18、P12 和 P7 站，多样性指数较低），海区各站多样性指数、均匀度和丰富度总体上均处于较高水平，优势度相对较低，其中多样性指数均值为 3.15，站优势度均值为 52.2%。多样性指数分布海区北部较低，与浮游植物个体数量分布趋势呈负相关，总体上差距不大，分布较均匀，浮游植物群落多样性水平较高。

表 5.5-6 浮游植物的多样性、均匀度、丰度和优势度

站号	多样性指数	均匀度	丰富度	优势度 D
P4				
P6				
P7				
P10				

站号	多样性指数	均匀度	丰富度	优势度 D
P12				
P14				
P18				
P20				
P24				
P26				
P28				
P32				
P34				
P35				
最小值	1.92	0.49	0.86	22.5%
最大值	4.19	0.95	1.76	74.3%
平均值	3.15	0.74	1.31	52.2%

5.5.5 浮游动物

5.5.5.1 种类组成

(1) 2019 年 4 月

春季调查共鉴定出终生浮游动物 13 类 204 种(类)和阶段性浮游幼体(包括鱼卵、仔稚鱼) 21 类。其中终生浮游动物以桡足类种类数最多, 共计 101 种(类), 占总种类数的 44.9%。

表 5.5-7 各站点浮游动物种类组成(表中数值表示种/类数)

类群	桡足类	水母类	端足类	浮游幼体	被囊类	其它八类	合计
P4	45	8	1	8	5	7	74
P6	40	9	1	8	5	8	71
P7	45	4	2	9	4	13	77
P10	49	5	3	8	4	6	75
P12	46	6	2	9	3	6	72
P14	40	3	1	10	5	13	72
P18	57	11	5	11	13	16	113
P20	43	4	4	9	6	11	77
P24	66	12	7	14	8	16	123
P26	52	9	6	9	4	15	95
P28	46	6	△	8	5	8	73
P32	44	6	7	10	8	14	89
P34	57	9	3	15	2	14	100
P35	52	8	3	10	6	13	92
合计	101	28	21	21	17	37	225

(2) 2019 年 9 月

秋季调查共发现 187 种终生浮游动物和 22 类阶段性浮游幼体(含鱼卵和仔稚鱼),以桡足类种类数最多,合计 82 种,占总种类数的 39.2%。

表 5.5-8 各站浮游动物种(类)组成

类群	桡足类	水母类	端足类	浮游幼体	被囊类	其他八类	总计
P4	30	8	16	9	8	20	91
P6	17	3	9	7	2	12	50
P7	13	6	12	2	3	11	47
P12	16	10	10	3	4	13	56
P14	15	5	17	6	5	13	61
P18	32	6	14	9	7	17	85
P20	20	7	13	5	5	16	66
P24	25	7	9	11	6	17	75
P26	28	6	14	5	5	15	73
P28	31	5	12	4	5	13	70
P32	33	5	14	6	6	13	77
P34	32	4	15	4	7	14	76
P35	29	4	16	7	8	15	79
合计	82	32	22	22	14	37	209

5.5.5.2 生物量

(1) 2019 年 4 月

调查海区各站位浮游动物的平均生物量为 13.72 mg/m^3 , 变化范围为 $(8.40 \sim 27.71) \text{ mg/m}^3$ 。

表 5.5-9 浮游动物生物量 (mg/m^3)

站位	P4	P6	P7	P10	P12	P14	P18
生物量							
站位	P24	P26	P28	P30	P32	P34	P36
生物量							

(2) 2019 年 9 月

调查海区浮游动物生物量平均为 31.5 mg/m^3 。各站间差异很大,变化范围在 $(6.17 \sim 150.62) \text{ mg/m}^3$ 之间。

表 5.5-10 浮游动物生物量 (mg/m^3)

站点	P4	P6	P7	P10	P12	P14	P18
生物量							
站点	P24	P26	P28	P30	P32	P34	P36
生物量							

5.5.5.3 数量分布和优势种

(1) 2019 年 4 月

调查海区浮游动物个体数量平均为 264.40 ind./m³，变化范围为 (114.00~626.20) ind./m³，最高值和最低值分别出现在 P6 站点和 P28 站点。调查海区浮游动物个体数量最多的类群为桡足类，占总个体数的 72.9%；其次为浮游幼体，占 19.7%；被囊类的数量也较多，占 6.4%；其他类群数量不大，均未超过 1%。

表 5.5-11 浮游动物个体数量 (ind./m³)

站位	桡足类	浮游幼体	被囊类	毛颚类	水母类	其它九类	合计
P4							
P6							
P7							
P10							
P12							
P14							
P18							
P20							
P24							
P26							
P28							
P32							
P34							
P35							
平均	192.64	52.02	16.99	1.50	0.8	0.46	264.40

春季调查该海域的优势种均为桡足类，分别是拟长腹剑水蚤、长尾基齿哲水蚤、强额孔雀哲水蚤、羽长腹剑水蚤、小拟哲水蚤、红小毛猛水蚤和针刺拟哲水蚤，生态类型上属于沿岸暖水种和沿岸广布性种。其中，拟长腹剑水蚤为第一优势种，优势度为 0.13。

表 5.5-12 浮游动物优势种及优势度

优势种	生物种拉丁名	优势度 (Y)	丰度 (ind./m ³)	出现频率 (%)
拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>	0.13	372.90	100
长尾基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.07	220.31	100
强额孔雀哲水蚤	<i>Parvocalanus crassirostris</i>	0.07	205.15	100
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	0.06	192.27	100
羽长腹剑水蚤	<i>Oithona plumifera</i>	0.06	171.86	100
丽隆剑水蚤	<i>Oncaea venusta</i>	0.02	72.84	85.7

(2) 2019 年 9 月

调查海区浮游动物个体数量分布极不均匀，变化范围为 (12.70~311.25) ind./m³，

平均 56.90 ind./m³。浮游动物生物量分布和数量分布趋势基本一致，都呈由北向南减少的趋势。调查海区浮游动物个体数量最多的类群为桡足类，占总丰度的 43.7%；其它数量较多的类群有浮游幼体，占 21.2%；毛颚类，占 16.6%；介形类，占 10.1%。其中，浮游幼体的数量主要集中在多毛类幼体，毛颚类集中在肥胖箭虫，而介形类主要集中在后圆真浮萤。

表 5.5-13 浮游动物个体数量 (ind./m³)

类群	桡足类	浮游幼体	毛颚类	介形类	被囊类	其他八类	合计
P4							
P6							
P7							
P10							
P12							
P14							
P18							
P20							
P24							
P26							
P28							
P32							
P34							
P35							
平均	24.87	12.05	9.43	5.75	2.47	2.33	56.90

秋季调查海域的第一优势种为肥胖箭虫，优势度 0.16；其它优势种还包括叉真刺水蚤、后圆真浮萤、普通波水蚤、丹氏厚壳水蚤和精致真刺水蚤，生态类型主要为大洋广布种和沿岸暖水种。

表 5.5-14 浮游动物优势种及优势度 (Y)

中文名	拉丁名	类群	Y	平均丰度 (ind./m ³)	出现频率 (%)
肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>	毛颚类	0.16	13.82	100
叉真刺水蚤	<i>Euchaeta rimana</i>	桡足类	0.15	12.72	100
后圆真浮萤	<i>Euconchoecia maimai</i>	介形类	0.09	7.85	100
普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>	桡足类	0.07	5.96	100
丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i>	桡足类	0.02	2.65	77.3
精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i>	桡足类	0.02	2.30	86.4

5.5.5.4 种类多样性指数、均匀度和丰富度

(1) 2019 年 4 月

调查海区浮游动物多样性指数和丰富度的均值分别为 4.46 和 10.88，均匀度平均

0.70, 变化范围为 0.63~0.74, 均匀度的变化趋势与多样性指数基本一致。除 P14 站点外, 所有站位的多样性指数均大于 4.0, 所有站点均匀度都大于 0.6。各调查站点间的多样性指数和均匀度差异均不大, 总体来看, 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较均匀, 浮游动物群落结构稳定, 海区生态环境处于健康状态。

表 5.5-15 浮游动物多样性指数 (H')、均匀度 (J)、丰富度 (d) 和优势度 (D)

站点	H'	J	d	D
P4				
P6				
P7				
P10				
P12				
P14				
P18				
P20				
P24				
P26				
P28				
P32				
P34				
P35				
最大值	5.02	0.74	15.61	36.7%
最小值	3.92	0.63	7.53	19.0%
平均值	4.46	0.70	10.88	29.9%

(2) 2019 年 9 月

调查海区浮游动物多样性指数、丰富度和均匀度的均值分别为 4.31、13.72 和 0.71。群落多样性指数整体上呈南部高于北部的趋势, 和丰度及生物量的分布趋势相反, 这主要与优势种集中在调查海区北部有关。所有站点多样性指数均大于 3.0, 均匀度除 P14 站外都大于 0.6。总体来看, 调查海区浮游动物群落的多样性水平很高, 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。

表 5.5-16 浮游动物多样性指数 (H')、均匀度 (J)、丰富度 (d) 和优势度 (D)

站位	H'	J	d	D
P4				
P6				
P7				
P10				
P12				

站位	H'	J	d	D
P14				
P18				
P20				
P24				
P26				
P28				
P32				
P34				
P35				
最大值	4.93	0.80	21.28	57.8%
最小值	3.26	0.55	8.06	25.0%
平均值	4.31	0.71	13.72	36.2%

5.5.6 底栖生物

5.5.6.1 种类组成

春季调查定性和定量样品经鉴定共获底栖生物 6 大类 112 种，其中节肢动物种类数最多，有 44 种，占总种类数的 39.3%；其次为脊索动物，有 28 种，占 25.0%；软体动物有 16 种，占 14.3%；棘皮动物有 12 种，占 10.7%；腔肠动物有 7 种，占 6.3%；环节动物有 5 种，占 4.5%。

秋季调查定性和定量样品经鉴定共获底栖生物 6 大类 126 种，其中节肢动物种类数最多，有 45 种，占总种类数的 35.7%；其次为脊索动物，有 36 种，占 28.6%；软体动物有 16 种，占 12.7%；棘皮动物有 11 种，占 8.7%；腔肠动物有 10 种，占 7.9%；环节动物有 8 种，占 6.3%。

5.5.6.2 生物量和栖息密度

(1) 2019 年 4 月

春季调查海区底栖生物平均栖息密度为 $18.2\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $2.9\text{g}/\text{m}^2$ 。栖息密度的组成以节肢动物和环节动物为主，平均为 $8.2\text{ind}/\text{m}^2$ 和 $6.0\text{ind}/\text{m}^2$ ，分别占栖息密度组成的 45.1%和 33.3%，按栖息密度组成大小排列依次为：节肢动物>环节动物>腔肠动物>棘皮动物>软体动物=脊索动物。生物量的组成以节肢动物和腔肠动物为主，平均为 $1.3\text{g}/\text{m}^2$ 和 $0.9\text{g}/\text{m}^2$ ，分别占生物量组成的 47.0%和 30.0%，按生物量组成大小排列依次为：节肢动物>腔肠动物>棘皮动物>软体动物>脊索动物>环节动物。

表 5.5-17 底栖生物各站的生物量 (g/m^2) 和栖息密度 (ind/m^2)

站号	栖息密度		生物量	
	ind/m ²	百分比 (%)	g/m ²	百分比 (%)
P4	2.0	2.0	0.3	0.3
P6	7.8	7.8	1.2	1.2
P7	9.8	9.8	19.2	19.2
P10	11.8	11.8	2.1	2.1
P12	15.7	15.7	3.6	3.6
P14	9.8	9.8	7.9	7.9
P18	5.9	5.9	6.7	6.7
P20	7.8	7.8	13.7	13.7
P24	5.9	5.9	5.8	5.8
P26	3.9	3.9	3.2	3.2
P28	9.8	9.8	20.0	20.0
P32	2.0	2.0	4.0	4.0
P34	3.9	3.9	6.6	6.6
P35	3.9	3.9	5.6	5.6

表 5.5-18 底栖生物各类群的平均生物量 (g/m²) 和平均栖息密度 (ind/m²)

站号	栖息密度		生物量	
	ind/m ²	百分比 (%)	g/m ²	百分比 (%)
环节动物	6.0	33.3	0.1	3.1
棘皮动物	1.1	5.9	0.3	9.1
脊索动物	0.7	3.9	0.1	3.8
节肢动物	8.2	45.1	1.3	47.0
腔肠动物	1.4	7.8	0.9	30.0
软体动物	0.7	3.9	0.2	7.1

底栖生物定量样品栖息密度分布不均匀，栖息密度最高出现在调查海区中北部的 P12 站，为 40.0ind/m²。生物量水平分布差异较大，生物量高值区位于调查海区东南部的 P28 站，为 8.00g/m²。影响海区生物量分布的主要是腔肠动物的拟翼轮杯珊瑚。

(2) 2019 年 9 月

秋季调查海区底栖生物各站平均栖息密度为 12.5ind/m²，平均生物量为 6.6g/m²。栖息密度的组成以节肢动物和环节动物为主，平均为 5.0ind/m² 和 4.0ind/m²，分别占栖息密度组成的 40.0%和 28.6%，按栖息密度组成大小排列依次为：节肢动物>环节动物>棘皮动物>腔肠动物>软体动物。生物量的组成以节肢动物和腔肠动物为主，平均为 4.0g/m² 和 1.5g/m²，分别占生物量组成的 61.3%和 22.7%，按生物量组成大小排列依次为：节肢动物>腔肠动物>棘皮动物>软体动物>环节动物。

表 5.5-19 底栖生物各站的生物量 (g/m²) 和栖息密度 (ind/m²)

站号	栖息密度		生物量	
	ind/m ²	百分比 (%)	g/m ²	百分比 (%)
P4	■	8.6	■	1.9
P6	■	8.6	■	20.1
P7	■	14.3	■	2.1
P10	■	11.4	■	1.5
P12	■	2.9	■	0.1
P14	■	2.9	■	0.1
P18	■	5.7	■	30.0
P20	■	8.6	■	4.3
P24	■	8.6	■	0.5
P26	■	8.6	■	8.7
P28	■	8.6	■	29.7
P32	■	2.9	■	0.0
P34	■	2.9	■	0.3
P35	■	5.7	■	0.8

表 5.5-20 底栖生物各类群的平均生物量和平均栖息密度

站号	栖息密度		生物量	
	ind/m ²	百分比 (%)	g/m ²	百分比 (%)
环节动物	4.0	28.6	0.2	2.8
棘皮动物	1.8	14.3	0.6	8.9
节肢动物	5.0	40.0	4.0	61.3
腔肠动物	1.4	11.4	1.5	22.7
软体动物	0.7	5.7	0.3	4.2

底栖生物定量样品栖息密度分布较为均匀，栖息密度最高出现在调查海区东北部的 P7 站，为 25ind/m²，生物量水平分布差异较大，生物量高值区呈现无规律的斑块状分布，位于调查海区中部的 P18 站数值最高，为 27.5g/m²。影响海区生物量分布的主要是节肢动物的蛙形蟹。

5.5.6.3 数量分布及优势种

(1) 2019 年 4 月

底栖生物定性拖网共获生物 6 大类群生物体共 462 个，平均为 33 个/网。各站获得生物个体数量差异较大。拖网获得底栖生物主要为节肢动物和脊索动物，它们在每个站都有采集到样品。

调查区底栖生物优势种有 6 种，其中节肢动物 4 种，脊索动物 1 种，环节动物 1 种。第一优势种是定量样品的环节动物的矾沙蚕，该种站位覆盖率较高。定性样品中圆柱鲈形囊的优势度和站位覆盖率最高。

表 5.5-21 底栖生物各类群在各站的数量分布

站号	环节动物	棘皮动物	脊索动物	节肢动物	腔肠动物	软体动物	合计
P4	2	1	12	26	11	23	75
P6	0	5	10	9	3	0	27
P7	0	5	12	11	7	2	37
P10	0	1	8	17	1	0	27
P12	0	4	10	15	0	3	32
P14	0	1	7	8	4	1	21
P18	0	2	11	16	3	1	33
P20	0	1	8	6	0	0	15
P24	0	1	3	12	2	0	18
P26	0	7	7	36	4	0	54
P28	0	4	9	8	0	0	21
P32	1	2	11	15	0	1	30
P34	0	0	8	18	1	1	28
P35	0	1	5	35	2	1	44
均值	0.2	2.5	8.6	16.6	2.7	2.4	33.0

表 5.5-22 底栖生物优势种及优势度

优势种		拉丁文学名	优势度	站位覆盖率
定性	圆柱鲈形蟹	<i>Paraperis cylindrica</i>	0.033	64.3%
	首颈刺凯虾	<i>Cervimunida princeps</i>	0.023	50.0%
	颗粒黎明蟹	<i>Matuta granulosa</i>	0.022	35.7%
	合寄居蟹	<i>Sympagurus</i> sp.	0.025	28.6%
定量	矾沙蚕	<i>Eunice</i> sp.	0.109	42.9%
	长螯拳蟹	<i>Philyra platychira</i>	0.042	35.7%

(2) 2019 年 9 月

底栖生物定性拖网共获生物 6 大类群共 1493 个生物体, 平均为 106.6 个/网, 调查区各站拖网获得生物个体数量较高。各站获得生物个体数量差异较大。拖网获得底栖生物主要为节肢动物、脊索动物、腔肠动物和棘皮动物, 其中节肢动物和脊索动物在每个站都有采集到样品。

调查区底栖生物优势种有 8 种, 其中节肢动物 3 种, 棘皮动物 2 种, 腔肠动物 1 种, 脊索动物 1 种, 环节动物 1 种。第一优势种是定性样品的腔肠动物异杯珊瑚, 该种在某些站位数量较高。节肢动物颗粒黎明蟹的覆盖率最高。

表 5.5-23 底栖生物各类群在各站的数量分布

站号	环节动物	棘皮动物	脊索动物	节肢动物	腔肠动物	软体动物	合计
P4	0	22	17	93	3	7	142
P6	1	48	14	54	19	5	141

站号	环节动物	棘皮动物	脊索动物	节肢动物	腔肠动物	软体动物	合计
P7	0	7	16	33	0	4	60
P10	0	46	32	22	3	7	110
P12	0	121	23	61	43	7	255
P14	0	6	25	56	0	4	91
P18	0	12	23	11	81	2	129
P20	0	6	25	9	62	5	107
P24	0	0	53	45	1	1	100
P26	0	3	21	8	2	5	39
P28	0	4	6	5	126	3	144
P32	0	3	37	25	4	50	119
P34	0	1	13	8	3	2	27
P35	0	2	17	8	1	1	29
均值	0.1	20.1	23.0	31.3	24.9	7.4	106.6

表 5.5-24 底栖生物优势种及优势度

	优势种	拉丁文学名	优势度	站位覆盖率
定性	多棘刺海星	<i>Astropecten polyacanthus</i>	0.033	64.3%
	骑士章海星	<i>Stellaster equestris</i>	0.039	35.7%
	羊舌鲆	<i>Arnoglossus</i> sp.	0.026	71.4%
	颗粒黎明蟹	<i>Matuta granulosa</i>	0.056	85.7%
	长螯拳蟹	<i>Philyra platychira</i>	0.033	78.6%
	银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i>	0.041	57.1%
	异杯珊瑚	<i>Heterocyathus</i> sp.	0.108	57.1%
定量	吻沙蚕	<i>Glycera</i> sp.	0.024	21.4%

5.5.6.4 种类多样性、均匀度和丰度

(1) 2019 年 4 月

调查海区底栖生物种类多样性指数的变化范围为 2.82~4.33，平均值为 3.53；均匀度的变化范围为 0.79~0.97，平均值为 0.90；丰富度 d 的变化范围为 1.92~4.16，平均值为 2.98。结果指示群落结构抗外界干扰稳定性较强，调查海区生物多样性较好，种类分布较均匀。

表 5.5-25 底栖生物多样性指数、均匀度和丰度

站号	多样性指数 H'	丰富度 d	均匀度 J'	种类数
P4	4.18	4.04	0.89	26
P6	3.53	2.73	0.93	14
P7	3.98	3.84	0.91	21
P10	2.95	2.31	0.82	12
P12	3.23	2.80	0.83	15
P14	3.43	2.50	0.96	12

站号	多样性指数 H'	丰富度 d	均匀度 J'	种类数
P18	4.33	4.16	0.97	22
P20	3.14	2.30	0.95	10
P24	2.82	1.92	0.89	9
P26	3.15	2.61	0.79	16
P28	3.62	2.96	0.95	14
P32	3.75	3.29	0.92	17
P34	3.67	2.91	0.94	15
P35	3.66	3.30	0.86	19
最大值	4.33	4.16	0.97	26
最小值	2.82	1.92	0.79	9
平均值	3.53	2.98	0.90	16

(2) 2019 年 9 月

调查海区底栖生物多样性指数的变化范围为 1.03~4.81，平均值为 3.35；均匀度的变化范围为 0.27~0.92，平均值为 0.74；丰富度 d 的变化范围为 1.81~5.69，平均值为 3.53。结果指示群落结构抗外界干扰稳定性较强，调查海区生物多样性较好，种类分布均匀性一般。

表 5.5-26 底栖生物多样性指数、均匀度和丰度

站号	多样性指数 H'	均匀度 d	丰富度 J	种类数
P4	4.18	4.76	0.82	35
P6	3.68	3.79	0.77	28
P7	4.27	4.74	0.88	29
P10	3.36	3.10	0.75	22
P12	3.37	4.00	0.67	33
P14	4.81	5.69	0.92	38
P18	2.67	3.42	0.57	25
P20	3.14	4.45	0.63	31
P24	3.17	2.71	0.75	19
P26	3.60	3.22	0.86	18
P28	1.03	1.81	0.27	14
P32	3.24	3.19	0.72	23
P34	3.23	2.52	0.87	13
P35	3.11	2.06	0.90	11
最大值	4.81	5.69	0.92	38
最小值	1.03	1.81	0.27	11
平均值	3.35	3.53	0.74	24

5.6 生物质量

海洋生物质量检测分析样品来自大型底栖生物调查，共 14 个调查站。春季测试样

品共有 16 个，包括鱼类 14 个，甲壳类 2 个，春季软体类采集到单个样品量均不足 5g，不足以进行生物质量检测分析。秋季测试样品共有 23 个，包括鱼类 15 个，甲壳类 3 个，软体类 5 个。

5.6.1 评价因子及调查方法

生物残毒的分析因子有石油烃、总汞、砷、铜、铅、镉、锌和铬。

生物质量采样及样品预处理、制备、保存和检测方法，按照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》(GB17378.6-2007) 中的要求执行。

(1) 调查方法

调查应根据《海洋生物生态调查技术规程》的相关要求，拖网时在距离标准站位位置 2~4nmile 时放网，经 1h 拖网后正好到达标准站位位置或附近，若在此站位所获取的样品重量达到 1.5kg 左右，则标记此站位为生物体质量检测站位，若样品重量远小于 1.5kg，则继续向下一个站位按上述方法拖网。

(2) 采样方法

根据《海洋生物质量监测技术规程》(HY/T 078-2005)和《海洋调查规范》(GB12763-2007) 的相关规定，贝类、虾、鱼类样品的采集方法如下：

a、贝类样品采集

现场采集样品，一定要保持生物个体不受损伤。栖息在岩石或其它附着物上的生物个体，要用凿子铲取。栖息在沙底或泥底中的生物个体可用铲子采取，或铁钩子扒取。在选取生物样品时要去掉壳碎的或损伤的个体（指机械损伤），但在特殊情况下（如溢油或其它事故），对采集的生物样品不能丢掉，保存起来，带回实验室分析其原因。要挑选完好的生物个体，每种样品必须选择大小相同或相近的成体。现场无法确定生物种类时，需将该样品放在广口玻璃瓶中（2~3 个个体），用 5%福尔马林溶液或 70%酒精溶液保存，待实验室进一步鉴定。

挑选采集体长大致相似的贝类个体约 1.5kg 左右。如果壳上有附着物，应用不锈钢刀或比较硬的毛刷剥掉，彼此相连个体应用不锈钢小刀分开。用现场海水冲洗干净后，放入双层聚乙烯袋中冰冻保存（-10℃~-20℃）。

b、鱼、虾类样品采集

虾、鱼类等生物的取样量为 1.5kg 左右，为了保证样品的代表性和分析用量，应视生物个体大小确定生物的个体数，保证选取足够数量（一般需要 100g 肌肉组织）的完好样品用于分析测定。用现场海水冲洗干净，冰冻保存（-10℃~-20℃）。

表 5.6-1a 生物体质量常规因子监测项目和分析方法（春季）

序号	项目	分析方法	检出限	引用标准
1	石油烃	荧光分光光度法	0.5×10^{-6}	GB 17378.6-2007
2	总汞	原子荧光法	2.0×10^{-9}	
3	砷		0.2×10^{-6}	
4	锌	火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}	
5	铜		2.0×10^{-6}	
6	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.005×10^{-6}	
7	铅		0.04×10^{-6}	
8	铬		0.04×10^{-6}	

表 5.6-1b 生物体质量常规因子监测项目和分析方法（秋季）

序号	项目	分析方法	检出限	引用标准
1	石油烃	荧光分光光度法	0.2×10^{-6}	GB 17378.6-2007
2	总汞	原子荧光法	2.0×10^{-9}	
3	砷		0.2×10^{-6}	
4	锌	电感耦合等离子体质谱法	1.66×10^{-6}	HY/T 147.3-2013
5	铜		0.08×10^{-6}	
6	镉		0.03×10^{-6}	
7	铅		0.03×10^{-6}	
8	铬		0.30×10^{-6}	

5.6.2 评价标准

生物体内污染物质评价方法与水质评价方法相同，采用单项分指数法。按照调查海域使用功能和环境保护目标，软体类中贝类（双壳类）生物体内污染物质含量的评价标准采用《海洋生物质量》（GB 18421-2001）规定的第一类标准值，其他类（甲壳类、软体类和鱼类）生物体内污染物质（Hg、Cu、Zn、Pb 和 Cd）含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，鱼类、软体类体内石油烃类含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。鱼类、甲壳类和软体类体内 Cr、As 含量和甲壳类体内石油烃含量因无相关评价标准，未做评价。

表 5.6-2 生物体污染物评价标准（ $\times 10^{-6}$ 湿重）

类别	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	20	/
鱼类	0.30	20	/	2	0.6	40	20	/

5.6.3 生物质量分析结果

(1) 2019 年 4 月

表 5.6-3 2019 年 4 月海洋生物体内各污染因子含量

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	2.0	0.04	0.005	0.4	0.04	0.5
P4	六突拟对虾								
P4	粒突鳞鲷								
P6	大鳞短额鲷								
P7	大鳞短额鲷								
P10	大鳞短额鲷								
P12	环纹菱鲷								
P14	大鳞短额鲷								
P18	黑鲷								
P20	黑点圆鳞鲷								
P24	斑鲷								
P26	斑鲷								
P28	黑点圆鳞鲷								
P32	斑点鲈形鲷								
P34	圆柱鲈形鲷								
P35	凹管鞭虾								
P35	圆柱鲈形鲷								

注：“nd”表示未检出，“-”表示数据缺省。

(2) 2019 年 9 月

表 5.6-4 2019 年 9 月海洋生物体内各污染因子含量 ($\times 10^{-6}$)

站号	种名	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
		0.002	0.2	0.08	0.04	0.005	0.4	0.04	0.50
P4	基岛鱼								
P6	三齿鳃鱼								
P7	大鳞短额鲷								
P10	网纹裸胸鲷								
P10	扁平突螺								
P12	大鳞短额鲷								
P14	网纹裸胸鲷								
P14	凹管鞭虾								
P14	虎斑乌贼								
P18	大鳞短额鲷								
P20	卷折馒头蟹								
P20	日本金线鱼								
P24	栉管鞭虾								

站号	种名	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
	检出限	0.002	0.2	0.08	0.04	0.005	0.4	0.04	0.50
P24	斑点鲈形鳕								
P26	圆柱鲈形鳕								
P26	短蛸								
P28	日本绯鲤								
P32	短蛸								
P32	大鳞短额鲆								
P32	鳎齿鳕								
P34	鳎齿鳕								
P35	绿布氏筋鱼								
P35	短蛸								

注：“nd”表示未检出，“-”表示数据缺省。

5.6.4 生物质量评价

(1) 2019 年 4 月

生物质量标准指数计算和统计结果见下表。

表 5.6-5 2019 年 4 月生物质量标准指数

站号	种名	Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃
P4	六突拟对虾	0.11	0.03	0.39	0.02	0.10	0.25
P4	粒突鳞鲷	0.12	0.03	0.18	0.07	0.17	0.16
P6	大鳞短额鲆	0.02	0.03	0.16	0.07	0.13	0.21
P7	大鳞短额鲆	0.02	0.03	0.20	0.09	0.16	0.19
P10	大鳞短额鲆	0.03	0.03	0.17	0.09	0.21	0.12
P12	环纹菱鲆	0.04	0.03	0.23	0.09	0.16	0.13
P14	大鳞短额鲆	0.03	0.03	0.21	0.04	0.14	0.20
P18	黑鲷	0.22	0.03	0.24	0.12	0.11	0.20
P20	黑点圆鳞鲷	0.13	0.03	0.24	0.24	0.24	0.15
P24	斑鲆	0.11	0.03	0.07	0.06	0.25	0.14
P26	斑鲆	0.13	0.03	0.13	0.07	0.14	0.15
P28	黑点圆鳞鲷	0.19	0.03	0.31	0.19	0.21	0.16
P32	斑点鲈形鳕	0.02	0.03	0.11	0.12	0.20	0.22
P34	圆柱鲈形鳕	0.05	0.03	0.10	0.09	0.22	0.23
P35	凹管鞭虾	0.04	0.05	0.13	0.14	0.12	0.16
P35	圆柱鲈形鳕	0.08	0.03	0.07	0.13	0.23	0.19
鱼类	均值	0.09	0.03	0.17	0.11	0.18	0.18
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%
甲壳类	均值	0.08	0.04	0.26	0.08	0.11	0.21
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%

注：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；甲壳类和鱼类的 As、甲壳类和鱼类的 Cr、甲

壳类的石油烃无参考标准，不予评价。

调查区的生物质量状况良好，鱼类和甲壳类没有检测样品出现超标，且两个大类的标准指数均值较低。

(2) 2019 年 9 月

生物质量标准指数计算和统计结果见下表。

表 5.6-6 2019 年 9 月生物质量标准指数

站号	种名	Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃
P4	基岛鱼衔	0.067	0.02	0.03	0.12	0.11	0.11
P6	三齿鹭鱼	0.117	0.02	0.03	0.12	0.12	0.05
P7	大鳞短额鲆	0.077	0.02	0.03	0.07	0.09	0.08
P10	网纹裸胸鲳	0.347	0.02	0.03	0.33	0.17	0.08
P10	扁平窦螺	0.027	0.03	0.07	0.13	0.02	0.89
P12	大鳞短额鲆	0.097	0.02	0.03	0.52	0.09	0.04
P14	网纹裸胸鲳	0.183	0.02	0.03	0.13	0.14	0.01
P14	凹管鞭虾	0.055	0.05	0.07	0.19	0.07	0.29
P14	虎斑乌贼	0.020	0.10	0.02	0.34	0.04	0.01
P18	大鳞短额鲆	0.053	0.03	0.30	0.02	0.08	0.08
P20	卷折馒头蟹	0.145	0.02	0.09	0.17	0.09	0.63
P20	日本金线鱼	0.140	0.01	0.25	0.02	0.09	0.14
P24	栉管鞭虾	0.120	0.07	0.09	0.15	0.06	0.11
P24	斑点鲈形鰕	0.117	0.01	0.27	0.13	0.08	0.13
P26	圆柱鲈形鰕	0.097	0.02	0.03	0.10	0.08	0.08
P26	短蛸	0.170	0.53	0.09	1.58	0.27	0.18
P28	日本绯鲤	0.077	0.02	0.11	0.13	0.11	0.04
P32	短蛸	0.063	0.10	0.01	1.09	0.24	0.05
P32	大鳞短额鲆	0.067	\	\	\	\	\
P32	鰕齿鰕	0.147	0.01	0.07	0.15	0.11	0.13
P34	鰕齿鰕	0.100	0.02	0.02	0.47	0.12	0.09
P35	绿布氏筋鱼	0.167	0.01	0.16	0.12	0.13	0.17
P35	短蛸	0.303	0.01	0.01	0.002	0.01	0.15
鱼类	均值	0.12	0.02	0.10	0.17	0.11	0.09
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%
甲壳类	均值	0.11	0.05	0.08	0.17	0.07	0.26
	超标率	0%	0%	0%	0%	0%	0%
软体类	均值	0.12	0.15	0.04	0.63	0.12	0.26
	超标率	0%	0%	0%	50%	0%	0%

注：“\”表示数据缺省；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；甲壳类和鱼类的 As、甲壳类和鱼类的 Cr、甲壳类的石油烃无参考标准，不予评价。

调查区鱼类和甲壳类没有检测样品出现超标，且两个大类的标准指数均值较低，

生物质量状况较好；软体类属有轻微超标现象，超标倍数均小于 1 倍，与短蛸对污染物富集能力较差有关。整体上，调查区底栖生物的生物质量状况良好。

5.7 渔业资源现状调查与评价

5.7.1 调查概况

5.7.1.1 调查站位布设

渔业调查范围为东经 115°30'至 117°30'、北纬 21°00'至 22°30'的海域，共有 12 个采样站位，覆盖项目附近海域的 12 个渔区。

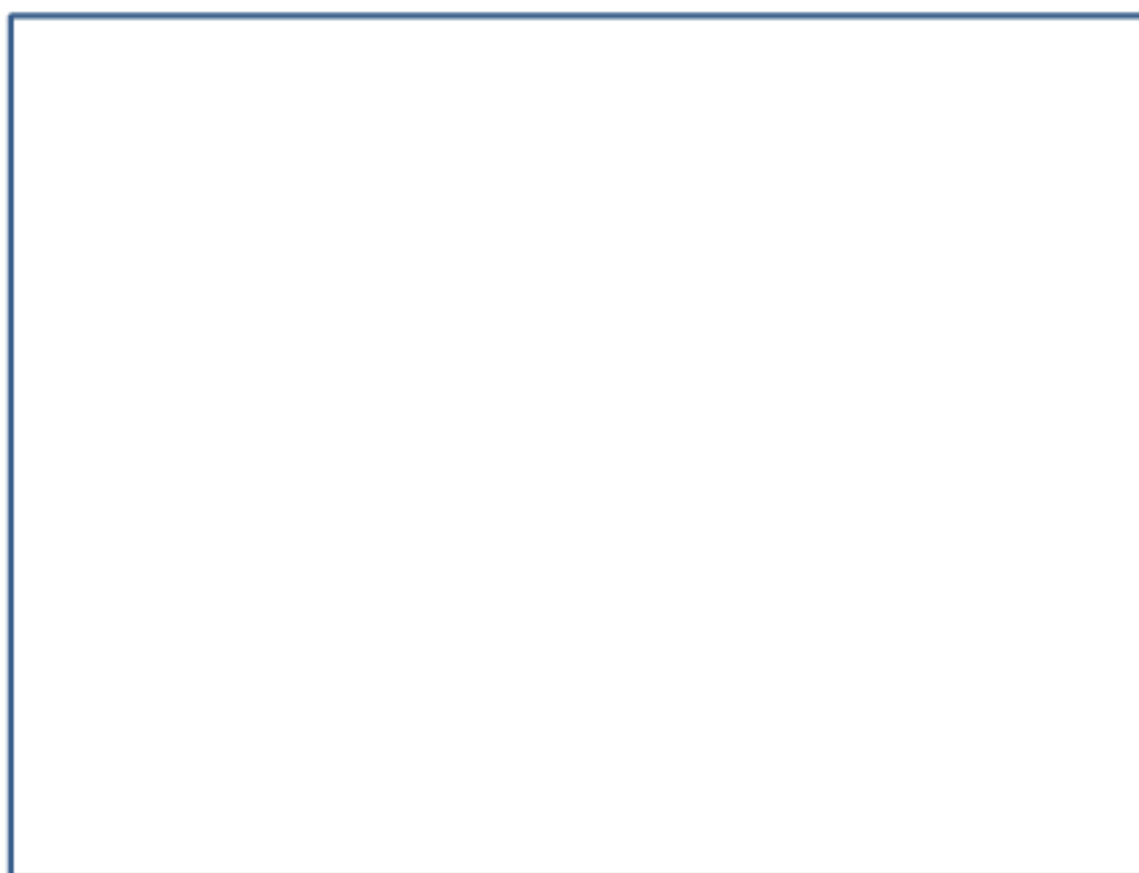


图 5.7-1 渔业资源调查站位设置示意图

表 5.7-1 渔业资源调查站位地理位置

站位	经度 E	纬度 N	水深 (m)
Z1			58
Z2			80
Z3			76
Z4			75
Z5			90
Z6			95

站位	经度 E	纬度 N	水深 (m)
Z7			176
Z8			110
Z9			106
Z10			130
Z11			363
Z12			336

5.7.1.2 调查时间

调查单位为中国水产科学研究院南海水产研究所，调查时间为 2019 年 3 月 22 日至 4 月 1 日、9 月 22 日至 29 日。

5.7.1.3 调查方法

调查以采样底拖网作业方式进行。底拖网调查船为“北渔 60011”渔轮，吨位 300t，主机功率 441kW。采样网具为 404 型生产网具，上纲长度 37.7m，网口周目数 404 目，网口网目尺寸 200mm，网衣全长 60.5m，网囊目尺寸 39mm。每个调查站位采样 1 次，每次拖网 1h，平均拖速约为 3.34kn。

渔业资源调查采样方法按《海洋调查规范》、《海洋渔业资源调查规范》、《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》等规范的要求进行。

鱼卵仔鱼：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；

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 20kg 渔获样品供进一步分析，渔获物不足 20kg 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。

鱼卵仔鱼和游泳生物样品采集后用 5% 甲醛溶液固定，带回实验室分析。鱼卵仔鱼和游泳生物分类鉴定主要依据《海洋生物分类编码》（GB/T17826-1999）进行。

表 5.7-2 调查项目分析及依据

项目	分析方法	检出限	引用标准
鱼卵仔鱼	显微观察法和称重法	/	GB12763.6-2007
游泳生物	显微观察法和称重法	/	GB12763.6-2007

5.7.2 数据处理方法

水平拖网鱼卵仔鱼密度计算公式：

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

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)。

垂直拖网鱼卵仔鱼密度计算公式：

$$D = I / W$$

式中：D=密度 (ind/m³)，I=每网枚数 (尾数) (ind)，W=滤水量 (m³)。

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)。

游泳生物群落优势种的分析采用 Pinkas 的相对重要性指数 (IRI)：

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

式中：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。

5.7.3 鱼类资源状况

5.7.3.1 种类组成和生态特征

(1) 2019 年 4 月

春季调查期间共捕获鱼类 124 种，隶属 20 目 70 科。在鉴定的 124 种鱼类中，以鲈形目种数最多，共 46 种；鲉形目 18 种，鳗鲡目 11 种，灯笼鱼目 10 种，鲀形目 8 种，海鲂目 6 种，鲽形目 5 种，鳐形目和鮫鱈目各 3 种，鲑形目、鳉形目和金眼鲷目各 2 种，真鲨目、角鲨目、锯鲨目、鲛形目、鲱形目、月鱼目、刺鱼目和鲳形目各 1 种。各科中，以狗母鱼科和鲈科的种类并列最多，均为 6 种；天竺鲷科、鲉科和鲂鲷科各有 5 种，康吉鳗科、蛇鳗科、带鱼科、和鲀科各有 4 种，海鲂科、羊鱼科、鲚科和革鲀科各有 3 种，其他各科出现的种类较少。主要种类中的深水金线鱼、高体若鲹、多齿蛇鲻、花斑蛇鲻、海鳗、鳞首方头鲳、条尾绯鲤、带鱼、短尾大眼鲷、方头鱼属、鲈科、金线鱼科、羊鱼科、带鱼科和马面鲀等是南海区的主要捕捞对象，鲱鲷类、天竺鲷科和

鲷科等则是沿岸、浅海渔业的兼捕对象。

(2) 2019 年 9 月

秋季调查期间共捕获鱼类 216 种，隶属 28 目 106 科。在鉴定的 216 种鱼类中，以鲈形目种数最多，共 68 种；鲈形目 22 种，鲷形目 14 种，灯笼鱼目、鳗鲡目和鲹形目各 12 种，鲛形目 6 种，鳐形目、鳊形目、金眼鲷目和海鲂目各 5 种，真鲷目 4 种，角鲷目、鲭形目和刺鱼目各 2 种，须鲷目、扁鲷目、锯鲷目、电鲷目、银鲛目、鲱形目、鲑形目、鲸头鱼目和鳐形目各 1 种。各科中，以鲷科的种类数最多，为 7 种；狗母鱼科、鲈科、鲈科和鲈科各有 6 种，大眼鲷科和鲷科均有 5 种；蛇鲷科、海鲂科、拟鲈科、鳐科、鲱科和革鲷科各有 4 种，鳐科、康吉鳗科、海鲂科、长尾鳐科、天竺鲷科、眶棘鲈科、带鱼科、黄魴科、鲷科、牙鲆科和拟三刺鲷科各有 3 种，其他各科出现的种类较少。主要种类中的深水金线鱼、多齿蛇鲷、花斑蛇鲷、条尾绯鲤、带鱼、大眼鲷科、方头鱼属、鲷科、金线鱼科、羊鱼科和革鲷科等是南海区的主要捕捞对象，鲱鲷类、天竺鲷科和鳐科等则是沿岸、浅海渔业的兼捕对象。

评价区位于东沙渔场、粤东渔场和珠江口渔场，水深 30 米至 350 米范围内。除水深 200 米以深局部区域障碍物较多及暗礁外，大部分海底地形较为平坦，适于拖网作业。本海域受珠江冲淡水、粤东沿岸水和南海外海水所控制，每年有珠江带入大量的有机物质和无机盐类。河口、近岸水域的水质肥沃，饵料生物丰富，是多种经济鱼虾类产卵及其幼体的育肥场所，生物以热带海区的暖水性种类为主。因此，栖息于此处的鱼类的组成具有自身的一些生态特点。

从适温性来看，鱼类以暖水性种类占优势，暖温性种类相对较少，评价区未发现冷温性种类；从主要的栖息水域来看，以生活在底层鱼类最多、其次为近底层鱼类、中上层种类，岩礁性种类较少；从食性来分析，以浮游生物为主要饵料的种类相对较少，以鱼类、头足类、虾类、软体动物等游泳生物、底栖生物为主要饵料的种类占优势。综上所述，评价区内鱼类的生态特点主要由暖水性的底层、近底层和以游泳生物和底栖生物为饵料的肉食性种类构成。

5.7.3.2 物种多样性

(1) 2019 年 4 月

鱼类平均多样性指数为 1.95，Z9 站最高；均匀度平均值为 0.68，Z3 最高。

表 5.7-3 调查海域春季鱼类多样性指数和均匀度

站位	多样性指数	均匀度
Z1	1.90	0.66
Z2	2.09	0.67
Z3	2.31	0.83
Z4	1.15	0.64
Z5	1.83	0.55
Z6	2.29	0.76
Z7	1.74	0.57
Z8	1.31	0.63
Z9	2.57	0.72
Z10	2.20	0.81
Z11	2.44	0.73
Z12	1.62	0.61
平均值	1.95	0.68

(2) 2019 年 9 月

鱼类平均多样性指数为 2.02，以 Z10 站最高；均匀度平均值为 0.61，以 Z10 最高。

表 5.7-4 调查海域秋季鱼类多样性指数和均匀度

站位	多样性指数	均匀度
Z1	1.40	0.42
Z2	1.84	0.66
Z3	1.51	0.52
Z4	2.04	0.72
Z5	2.24	0.57
Z6	2.63	0.69
Z7	1.21	0.34
Z8	2.10	0.60
Z9	1.80	0.57
Z10	3.12	0.89
Z11	2.55	0.68
Z12	1.77	0.69
平均值	2.02	0.61

5.7.3.3 渔获物组成

(1) 2019 年 4 月

鱼类占鱼类总渔获量的 1%以上的种类共有 22 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有深水金线鱼、高体若鲹、蛇鲻、鳞首方头鲳、黑纹条鲷、条尾绯鲤、带鱼和金线鱼等鱼类，合计占鱼类总渔获量的 37.7%，占鱼类总渔获尾数的 32.5%。

表 5.7-5 调查海域春季底拖网鱼类的渔获组成

种类	重量渔获率 (kg/h)	占鱼类总重量比 例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占鱼类总尾数比 例 (%)
达氏深水尾魮	1.52	8.0	0.3	0.1
深水金线鱼	1.41	7.4	30	6.7
短吻角鲨	1.25	6.5	2	0.5
琉球角魮	1.18	6.2	8	1.7
长管腔吻鲷	1.17	6.1	53	12.0
高体若鲷	0.95	5.0	13	2.9
多齿蛇鲻	0.94	4.9	36	8.1
花斑蛇鲻	0.90	4.7	27	6.0
海鳗	0.79	4.1	0.3	0.1
鳞首方头鲳	0.61	3.2	8	1.9
黑纹条鲷	0.60	3.1	0.3	0.1
条尾绯鲤	0.51	2.7	27	6.0
大眼青眼鱼	0.48	2.5	11	2.5
弓背鲷齿鱼	0.42	2.2	29	6.6
棕腹刺鲃	0.39	2.0	1	0.1
带鱼	0.27	1.4	2	0.4
灰鲢鱼	0.23	1.2	5	1.0
日本须鲷	0.23	1.2	6	1.3
金线鱼	0.22	1.2	2	0.4
日本海鲂	0.21	1.1	0.4	0.1
瓦氏眶灯鱼	0.21	1.1	23	5.2
青菱海鲂	0.20	1.0	0.3	0.1
合计		78.3		78.0

注：以渔获率占总渔获量的 1%以上计

(2) 2019 年 9 月

评价区鱼类占鱼类总渔获量的 1%以上的种类共有 21 种，其中属于南海北部海域经济价值较高的种类有二长棘鲷、带鱼、大头狗母鱼、蓝圆鲹、颌圆鲹、条尾绯鲤和布氏大眼鲷等鱼类，合计占鱼类总渔获量的 15.2%，占鱼类总渔获尾数的 7.2%。

表 5.7-6 调查海域秋季底拖网鱼类的渔获组成

种类	重量渔获率 (kg/h)	占鱼类总重量比 例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占鱼类总尾数比 例 (%)
瓦氏软鱼	27.10	35.1	1002.4	33.2
二长棘鲷	3.98	5.2	80	2.6
达氏深水尾魮	3.14	4.1	1	0.0
润哈壮灯鱼	2.64	3.4	693	23.0
尖鳍刺鲃	2.28	2.9	2	0.1
日本带鲷	2.23	2.9	30	1.0
白点宽吻鲷	2.14	2.8	33	1.1

种类	重量渔获率 (kg/h)	占鱼类总重量比 例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占鱼类总尾数比 例 (%)
带鱼	2.11	2.7	11	0.4
大头狗母鱼	1.54	2.0	51.7	1.7
紫髯鱼	1.54	2.0	4	0.1
蓝圆鲹	1.23	1.6	17.0	0.6
松球鱼	1.22	1.6	12	0.4
颌圆鲹	1.20	1.6	11	0.4
发光鲷	1.02	1.3	20	0.7
粗纹鲷	0.94	1.2	305	10.1
怀氏方头鲷	0.92	1.2	17	0.6
黑线银鲷	0.88	1.1	0	0.0
条尾绯鲤	0.86	1.1	46	1.5
布氏大眼鲷	0.84	1.1	1	0.0
海南牛鼻鲷	0.83	1.1	0.2	0.0
鹿儿岛水珍鱼	0.75	1.0	32	1.1
合计		76.9		78.5

注：以渔获率占总渔获量的 1%以上计

5.7.3.4 优势种

(1) 2019 年 4 月

春季调查的优势渔获物共有 10 种。其中，深水金线鱼为第一优势种，相对重要性指数为 705。多齿蛇鲷和粗纹鲷分列第二、三位，相对重要性指数分别为 651 和 631。

表 5.7-7 调查海域春季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
深水金线鱼	1.41	7.4	6.7	705
多齿蛇鲷	0.94	4.9	8.1	651
粗纹鲷	0.17	0.9	14.2	631
花斑蛇鲷	0.90	4.7	6.0	624
高体若鲹	0.95	5.0	2.9	457
条尾绯鲤	0.51	2.7	6.0	434
弓背鲷齿鱼	0.42	2.2	6.6	366
长管腔吻鲷	1.17	6.1	12.0	151
水纹扁背鲷	0.05	0.2	3.1	141
瓦氏眶灯鱼	0.21	1.1	5.2	105

(2) 2019 年 9 月

秋季调查的优势渔获物共有 10 种。其中，瓦氏软鱼为第一优势种，相对重要性指数为 2272。粗纹鲷和条尾绯鲤分列第二、三位，相对重要性指数分别为 377 和 264。

表 5.7-8 调查海域秋季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
瓦氏软鱼	27.10	35.0	33.2	2272
粗纹鲷	0.94	1.2	10.1	377
条尾绯鲤	0.86	1.1	1.5	264
二长棘鲷	3.98	5.1	2.6	260
润哈灯鱼	2.64	3.4	23.0	220
大头狗母鱼	1.54	2.0	1.7	216
白点宽吻鲷	2.14	2.8	1.1	161
多齿蛇鲷	0.59	0.8	1.4	159
中线天竺鲷	0.22	0.3	4.3	115
达氏深水尾鲷	3.14	4.1	0.0	102

5.7.3.5 主要经济种类

(1) 2019 年 4 月

① 深水金线鱼 *Nemipterus bathybius*

春季调查深水金线鱼的平均渔获率为 1.41kg/h。以 Z9 站的渔获率占绝对优势，渔获率高达 10.00kg/h；其次为 Z2 站，为 3.10kg/h；其他站位的渔获率相对较少。

② 蛇鲷类（多齿蛇鲷 *Saurida tumbil*、花斑蛇鲷 *Saurida undosquamis*）

春季调查，多齿蛇鲷的平均渔获率为 0.94kg/h，渔获率最高在 Z2 站（4.80kg/h），其次为 Z1 站（2.77kg/h），其他站位渔获相对较少。花斑蛇鲷的平均渔获率为 0.90kg/h，最高渔获率出现于 Z1 站（4.50kg/h），其次为 Z2 站（3.20kg/h），其他站位较少。

③ 条尾绯鲤 *Upeneus bensasi*

春季调查，条尾绯鲤的平均渔获率分别为 0.51kg/h，最高渔获率均出现于 Z9 站，为 3.20kg/h；Z2 和 Z6 站分列第二、三位，渔获率分别为 1.60kg/h 和 0.85kg/h；其他站位渔获率较少。

④ 高体若鲹 *Caranx equula*

春季调查，高体若鲹的平均渔获率为 0.95kg/h，最高渔获率均出现于 Z7 站，为 10.25kg/h；其次为 Z5 站，渔获率为 0.40kg/h；其他站位分布较少。

(2) 2019 年 9 月

① 条尾绯鲤 *Upeneus bensasi*

秋季，条尾绯鲤的平均渔获率分别为 0.86kg/h，最高渔获率均出现于 Z4 站，为 6.22kg/h；Z2 和 Z3 站分列第二、三位，渔获率分别为 2.46kg/h 和 0.50kg/h；其他站位

渔获率较少。

② 二长棘鲷 *Parargyrops edita*

秋季，二长棘鲷的平均渔获率为 3.98kg/h，最高渔获率出现在 Z1 站，渔获率为 44.24kg/h，其他站位相对较少。

③ 蛇鲻类（多齿蛇鲻 *Saurida tumbil*、花斑蛇鲻 *Saurida undosquamis*）

秋季，多齿蛇鲻的平均渔获率为 0.59kg/h，花斑蛇鲻的平均渔获率为 0.26kg/h。

④ 带鱼 *Trichiurus haumela*

秋季，带鱼的平均渔获率为 2.11kg/h。

5.7.3.6 主要经济鱼类幼鱼比例

（1）2019 年 4 月

根据渔获物个体长度大于其最小性成熟长度为成鱼，而小于最小性成熟长度为幼鱼的划分标准来估算幼鱼的比例。

由于南海地处热带-亚热带水域，栖息于该海域的鱼类具有个体小和生长速度快等特性。因此，大部分鱼类虽然个体较小，但性腺已成熟。春季调查，渔获的幼鱼所占比例位居前三位的鱼类为竹荚鱼（80.0%）、黄鳍马面鲀（60.0%）和高体若鲹（52.4%）。

表 5.7-9 春季主要经济鱼类幼鱼比例

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 ind./km ²
竹荚鱼	50.0	48	0.9	80.0	50
黄鳍马面鲀	8.3	24	0.1	60.0	6
高体若鲹	58.3	74	5.0	52.4	174
黄鲷	33.3	70	0.5	50.0	17
短尾大眼鲷	50.0	34	0.5	49.9	40
带鱼	33.3	141	1.4	43.8	26
条尾绯鲤	50.0	19	2.7	39.9	367
深水金线鱼	50.0	47	7.4	39.8	409
大头狗母鱼	33.3	82	0.4	33.3	14
花斑蛇鲻	58.3	34	4.7	26.9	366
多齿蛇鲻	50.0	26	4.9	24.3	494
金线鱼	50.0	134	1.2	14.3	23

（2）2019 年 9 月

本次调查，渔获的幼鱼所占比例位居前三位的鱼类为金线鱼（75.0%）、花斑蛇鲻（67.2%）和多齿蛇鲻（61.4%）。

表 5.7-10 秋季主要经济鱼类幼鱼比例

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 ind./km ²
金线鱼	25.0	17	0.1	75.0	32
花斑蛇鲭	58.3	8	0.3	67.2	415
多齿蛇鲭	75.0	14	0.8	61.4	551
深水金线鱼	33.3	21	0.7	53.3	347
条尾绯鲤	100.0	19	1.1	51.1	623
大头狗母鱼	58.3	30	2.0	50.4	698
斑鳍方头鱼	8.3	36	0.01	50.0	2
黄鲷	16.7	62	0.3	33.3	53
刺鲳	16.7	79	0.4	28.7	50
二长棘鲷	33.3	50	5.1	26.7	1079
短尾大眼鲷	33.3	106	0.2	23.1	20
洛神颈鳍鱼	33.3	109	0.3	23.1	29
带鱼	25.0	189	2.7	14.3	151
蓝圆鲹	33.3	72	1.6	13.4	230
竹荚鱼	16.7	73	0.5	13.0	71

5.7.3.7 鱼类资源评估

(1) 2019 年 4 月

调查海域鱼类平均重量和尾数渔获率分别为 19.08kg/h 和 446ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 261.03kg/km² 和 6099ind/km²。其中，幼鱼的平均重量和尾数渔获率分别为 7.65kg/h 和 168ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 98.81kg/km² 和 2244ind/km²；成鱼的平均重量和尾数渔获率分别为 11.43kg/h 和 278ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 162.21kg/km² 和 3855ind/km²。

表 5.7-11 调查海域春季鱼类资源状况

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/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
Z1												
Z2												
Z3												
Z4												
Z5												
Z6												
Z7												
Z8												
Z9												
Z10												

站 位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/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
Z11												
Z12												
均值	7.65	11.43	19.08	98.81	162.21	261.03	168	278	446	2244	3855	6099

鱼类资源密度最高的站位是 Z11 站，为 1282.06kg/km²；最低密度是 Z4 站，仅为 47.81kg/km²。评价区内经济价值较高的种类有深水金线鱼、高体若鲹、蛇鲻类、海鳗、条尾绯鲤、带鱼、金线鱼、竹荚鱼、蓝圆鲹和短尾大眼鲷等，它们的资源密度合计约 118.17kg/km²，占总鱼类资源的 45.3%。

(2) 2019 年 9 月

评价海域鱼类平均重量和尾数渔获率分别为 77.30kg/h 和 3020ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 1043.94kg/km² 和 40791ind/km²。其中，幼鱼的平均重量和尾数渔获率分别为 31.30kg/h 和 1183ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 422.51kg/km² 和 15247ind/km²；成鱼的平均重量和尾数渔获率分别为 46.00kg/h 和 1987ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 621.43kg/km² 和 25544ind/km²。

表 5.7-12 调查海域秋季鱼类资源状况

站 位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/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
Z1												
Z2												
Z3												
Z4												
Z5												
Z6												
Z7												
Z8												
Z9												
Z10												
Z11												
Z12												
均值	31.30	46.00	77.30	422.51	621.43	1043.94	1183	1987	3171	15247	25544	40791

鱼类资源密度最高的站位是 Z7 站，为 5805.27kg/km²；最低密度是 Z12 站，仅为 53.40kg/km²。评价区内经济价值较高的种类有斑鳍白姑鱼、方头鱼、大眼鲷、刺鲳、带鱼、蛇鲻、二长棘鲷、海鳗、金线鱼科、绯鲤、蓝圆鲹和竹荚鱼等，它们的资源密度合

计约 234.58kg/km²，占总鱼类资源的 22.5%。

5.7.4 头足类资源状况

5.7.4.1 种类组成

(1) 2019 年 4 月

春季调查共获头足类种类 13 种，隶属于 3 目 7 科。

表 5.7-13 调查海域春季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
	蛸乌贼科	蛸乌贼
	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	金乌贼、曼氏无针乌贼
	耳乌贼科	柏氏四盘耳乌贼
八腕目	蛸科	短蛸、真蛸

(2) 2019 年 9 月

秋季调查共获头足类种类 14 种，隶属于 3 目 5 科。

表 5.7-14 调查海域秋季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、杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼、中国枪乌贼、莱氏拟乌贼
乌贼目	乌贼科	金乌贼、神户乌贼、拟目乌贼、曼氏无针乌贼
	耳乌贼科	后耳乌贼
八腕目	蛸科	短蛸、条纹蛸、轮纹蛸

5.7.4.2 物种多样性

(1) 2019 年 4 月

调查区内头足类平均多样性指数为 0.62，较高的站位有 Z9 和 Z3 站；均匀度指数均值为 0.72，较高的站位有 Z2 和 Z12 站。

表 5.7-15 调查海域春季头足类多样性指数和均匀度

站位	多样性指数	均匀度
Z1	0.66	0.96
Z2	0.69	1.00
Z3	0.99	0.61
Z4	0.79	0.72
Z5	0.61	0.44

站位	多样性指数	均匀度
Z6	0.72	0.65
Z7	0.00	/
Z8	0.71	0.65
Z9	1.29	0.72
Z10	0.34	0.49
Z11	0.00	/
Z12	0.69	1.00
平均值	0.62	0.72

(2) 2019 年 9 月

调查区内头足类平均多样性指数为 0.84，较高的站位有 Z2 和 Z4 站；均匀度指数均值为 0.67，较高的站位有 Z2 和 Z8 站。

表 5.7-16 调查海域秋季头足类多样性指数和均匀度

站位	多样性指数	均匀度
Z1	0.76	0.47
Z2	1.63	0.84
Z3	1.00	0.72
Z4	1.11	0.69
Z5	0.90	0.56
Z6	1.02	0.74
Z7	0.73	0.66
Z8	0.92	0.84
Z9	0.99	0.55
Z10	1.05	0.65
Z11	0.00	/
Z12	0.00	/
平均值	0.84	0.67

5.7.4.3 渔获物组成

(1) 2019 年 4 月

头足类总渔获量为 21.86kg，占游泳生物总渔获之 8.5%。以剑尖枪乌贼占优势，占头足类总重量的 57.8%；中国枪乌贼位居第二位，占 28.4%；其余种类的渔获量较少。

头足类总渔获尾数为 1278 尾，占游泳生物总尾数的 17.9%。以剑尖枪乌贼数量最多，占头足类总尾数的 65.6%；渔获尾数较多的种类还有中国枪乌贼，占 29.6%；其余种类数量较少。

从渔获重量和渔获尾数可以看出，剑尖枪乌贼和中国枪乌贼是头足类渔获物中占绝对优势的种类，其余种类只少量出现。

调查区内头足类渔获率较高的站位出现在 Z3 站，为 5.86kg/h；其次为 Z8 站，渔获率为 4.31kg/h；其他站位的头足类渔获较少。

表 5.7-17 调查海域春季头足类渔获组成

种类	重量渔获率 (kg/h)	占头足类总重量 比例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占头足类总尾数 比例 (%)
剑尖枪乌贼	1.05	57.8	69.83	65.6
中国枪乌贼	0.52	28.4	31.50	29.6
长枪乌贼	0.09	5.1	0.25	0.2
真蛸	0.07	3.9	0.17	0.2
太平洋褶柔鱼	0.03	1.5	0.92	0.9
合计		99.7		96.4

注：以渔获率占总渔获量的 1%以上计。

(2) 2019 年 9 月

头足类总渔获量为 57.98 kg，占游泳生物总渔获之 5.8%。以剑尖枪乌贼占优势，占头足类总重量的 60.0%；太平洋褶柔鱼位居第二位，占 10.3%；金乌贼占头足类重量的 10.0%，位居第三位；其余种类的渔获量较少。

调查区内头足类渔获率较高的站位出现在 Z7 站，为 22.18kg/h；渔获率较高的站位还有 Z1 和 Z5 站，渔获率分别为 5.53kg/h 和 5.39kg/h；其他站位的头足类渔获较少。

表 5.7-18 调查海域秋季头足类渔获组成

种类	重量渔获率 (kg/h)	占头足类总重量 比例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占头足类总尾数 比例 (%)
剑尖枪乌贼	2.89	60.0	140	72.0
太平洋褶柔鱼	0.50	10.3	10	4.9
金乌贼	0.48	10.0	3	1.6
中国枪乌贼	0.46	9.5	32	16.7
轮纹蛸	0.12	2.4	0.3	0.2
短蛸	0.11	2.3	2	0.8
条纹蛸	0.05	1.0	0.3	0.1
神户乌贼	0.05	1.0	3	1.3
拟目乌贼	0.05	1.0	0.1	0.0
合计		97.5		97.64

注：以渔获率占头足类总渔获量的 1%以上计。

头足类总渔获尾数为 39182 尾，占游泳生物总尾数的 5.9%。以剑尖枪乌贼数量最多，占头足类总尾数的 72.0%；渔获尾数较多的种类还有中国枪乌贼，占 16.7%；其余种类数量较少。

从渔获重量和渔获尾数可以看出，剑尖枪乌贼、太平洋褶柔鱼、中国枪乌贼和金乌贼是头足类渔获物中占绝对优势的种类，其余种类只少量出现。

5.7.4.4 优势种

(1) 2019 年 4 月

春季调查的优势渔获物共有 2 种，分别为剑尖枪乌贼和中国枪乌贼，其相对重要性指数分别为 8224 和 3862。

表 5.7-19 调查海域春季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
剑尖枪乌贼	1.05	57.8	65.6	8224
中国枪乌贼	0.52	28.4	29.6	3862

(2) 2019 年 9 月

秋季调查的优势渔获物共有 5 种，以剑尖枪乌贼和中国枪乌贼位居前 2 位，其相对重要性指数分别为 13174 和 2179。

表 5.7-20 调查海域秋季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
剑尖枪乌贼	2.89	59.8	72.0	13174
中国枪乌贼	0.46	9.4	16.7	2179
金乌贼	0.48	10.0	1.6	681
太平洋褶柔鱼	0.50	10.4	4.9	510
短蛸	0.11	2.4	0.8	107

5.7.4.5 主要经济种类

① 剑尖枪乌贼 *Loligo edulis*

春季调查中，剑尖枪乌贼的平均渔获率为 1.05kg/h，占头足类总渔获量的 57.8%。尾数平均渔获率为 70ind/h，占头足类渔获尾数的 65.6%。

秋季，剑尖枪乌贼的平均渔获率为 2.89kg/h，占头足类总渔获量的 60.0%。尾数平均渔获率为 140ind/h，占头足类渔获尾数的 72.0%。

② 中国枪乌贼 *Loligo chinensis*

春季调查中国枪乌贼平均渔获率为 0.52kg/h，占头足类总渔获量的 28.4%。尾数平均渔获率为 32ind/h，占头足类总渔获尾数的 29.6%。

秋季，中国枪乌贼平均渔获率为 0.46kg/h，占头足类总渔获量的 9.5%。尾数平均渔获率为 32ind/h，占头足类总渔获尾数的 16.7%。

5.7.4.6 资源量评估

(1) 2019 年 4 月

根据底拖网渔获率, 估算出评价区内头足类的平均重量和尾数渔获率分别为 1.82kg/h 和 107ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 24.92kg/km² 和 1457ind/km²。重量资源密度以 Z3 站最高(80.11kg/km²), 尾数资源密度则以 Z8 站最高(9136ind/km²)。其中, 幼体的平均重量和尾数渔获率分别为 1.22kg/h 和 74ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 16.66kg/km² 和 74ind/km²; 成体的平均重量和尾数渔获率分别为 0.60kg/h 和 33ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 8.27kg/km² 和 449ind/km²。

表 5.7-21 调查海域春季头足类资源状况

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/km ²)		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
Z1												
Z2												
Z3												
Z4												
Z5												
Z6												
Z7												
Z8												
Z9												
Z10												
Z11												
Z12												
均值	1.22	0.60	1.82	16.66	8.26	24.92	74	33	107	1008	449	1457

(2) 2019 年 9 月

根据底拖网渔获率, 估算出评价区内头足类的平均重量和尾数渔获率分别为 4.81kg/h 和 194ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 65.00kg/km² 和 2622ind/km²。其中, 幼体的平均重量和尾数渔获率分别为 3.58kg/h 和 144ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 48.33kg/km² 和 1950ind/km²; 成体的平均重量和尾数渔获率分别为 1.23kg/h 和 50ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 16.67kg/km² 和 672ind/km²。

表 5.7-22 调查海域秋季头足类资源状况

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/km ²)		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
Z1												
Z2												
Z3												

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/km ²)		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
Z4												
Z5												
Z6												
Z7												
Z8												
Z9												
Z10												
Z11												
Z12												
均值	3.58	1.23	4.81	48.33	16.67	65.00	144	50	194	1950	672	2622

5.7.5 甲壳类资源现状

5.7.5.1 种类组成

(1) 2019 年 4 月

春季调查渔获甲壳类 17 种，分隶 2 目 7 科。其中，虾类有 4 科 8 种，蟹类 2 科 7 种，虾蛄类有 1 科 2 种。

表 5.7-23 调查海域春季甲壳类渔获种类组成

目	科	种类
十足目	管鞭虾科	中华管鞭虾、栉管鞭虾
	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、彭氏黎明蟹
	梭子蟹科	红星梭子蟹、银光梭子蟹、纤手梭子蟹、武士蛄、光掌蛄
口足目	猛虾蛄科	眼斑猛虾蛄
		猛虾蛄

调查区共获甲壳类 7.82kg、504 尾，占游泳生物总渔获重量 3.0%，占总渔获尾数 7.1%。以重量计，甲壳类的优势种为卷折馒头蟹，占甲壳类总重量的 46.2%；以尾数计，优势种为假长缝拟对虾，占甲壳类总渔获尾数的 71.4%。甲壳类渔获较高的种类还有武士蛄，分别占甲壳类重量和尾数的 13.5%和 3.6%。其它的种类渔获量较低。

表 5.7-24 调查海域春季甲壳类主要种类组成

种类	重量渔获率 (kg/h)	占甲壳类总重量 比例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占甲壳类总尾数 比例 (%)
卷折馒头蟹	0.30	46.2	1	2.6
假长缝拟对虾	0.14	22.0	30	71.4

种类	重量渔获率 (kg/h)	占甲壳类总重量 比例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占甲壳类总尾数 比例 (%)
武士蝎	0.09	13.5	2	3.6
九齿扇虾	0.04	5.5	0.3	0.8
红星梭子蟹	0.03	3.9	0.2	0.4
中华管鞭虾	0.01	2.2	2	4.6
彭氏黎明蟹	0.01	1.7	1	2.6
银光梭子蟹	0.01	1.5	2	4.6
光掌蝎	0.01	1.1	0.1	0.2
合计		97.5		90.7

注：以渔获率占总渔获量的 1%以上计。

(2) 2019 年 9 月

秋季调查渔获甲壳类 17 种，分隶 1 目 8 科。其中，虾类有 5 科 6 种，蟹类 3 科 11 种，没有出现口足目。

表 5.7-25 调查海域秋季甲壳类渔获种类组成

目	科	种类
十足目	对虾科 长额虾科 美人虾科	假长缝拟对虾 林氏异腕虾 日本栉指虾
	蝉虾科	毛缘扇虾、九齿扇虾
	铠甲虾科	首颈刺铠甲
	馒头蟹科 蜘蛛蟹科	逍遥馒头蟹、卷折馒头蟹、短刺伊氏蟹 阿氏扁珠蟹、长足长跨蟹
	梭子蟹科	红星梭子蟹、银光梭子蟹、拥剑梭子蟹、武士蝎、锈斑蝎、光掌蝎

调查区共获甲壳类 20.04kg、607 尾，占游泳生物总渔获重量的 2.0%，占总渔获尾数的 1.5%。以重量计，日本栉指虾和武士蝎位居甲壳类优势种的前 2 位，分别占甲壳类总重量的 49.0%和 13.7%；以尾数计，优势种则以银光梭子蟹和日本栉指虾位居前 2 位，分别占甲壳类总渔获尾数的 34.3%和 32.3%。其它的种类渔获量较低。

表 5.7-26 调查海域秋季甲壳类主要种类组成

种类	重量渔获率 (kg/h)	占甲壳类总重量 比例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占甲壳类总尾数 比例 (%)
日本栉指虾	0.81	49.0	16	32.3
武士蝎	0.23	13.7	3	5.1
拥剑梭子蟹	0.14	8.1	1	2.8
毛缘扇虾	0.12	7.1	1	2.5
光掌蝎	0.10	5.8	3	5.9
逍遥馒头蟹	0.06	3.6	0.3	0.7
红星梭子蟹	0.05	2.9	0.2	0.3
银光梭子蟹	0.04	2.3	17	34.3

种类	重量渔获率 (kg/h)	占甲壳类总重量 比例 (%)	尾数渔获率 (ind/h)	占甲壳类总尾数 比例 (%)
卷折馒头蟹	0.03	1.8	0.1	0.2
首颈刺铠虾	0.03	1.6	1	2.6
林氏异腕虾	0.02	1.0	1	2.6
合计		96.9		89.3

注：以渔获率占甲壳类总渔获量的 1%以上计。

5.7.5.2 物种多样性

(1) 2019 年 4 月

调查区内甲壳类多样性指数为 0.25，以 Z5 站最高 (0.98)。甲壳类均匀度指数为 0.45，Z2 站的均匀度最高 (为 0.86)。

表 5.7-27 甲壳类春季多样性指数和均匀度

站位	多样性指数	均匀度
Z1	0.63	0.58
Z2	0.60	0.86
Z3	0.11	0.16
Z4	0.00	/
Z5	0.98	0.43
Z6	0.11	0.16
Z7	0.00	/
Z8	0.00	/
Z9	0.56	0.51
Z10	0.00	/
Z11	0.00	/
Z12	0.00	/
平均值	0.25	0.45

(2) 2019 年 9 月

调查区内甲壳类多样性指数为 0.49，以 Z3 站最高 (1.40)。甲壳类均匀度指数为 0.58，以 Z7 和 Z1 站的均匀度较高 (0.94 和 0.91)。

表 5.7-28 甲壳类秋季多样性指数和均匀度

站位	多样性指数	均匀度
Z1	0.63	0.91
Z2	0.48	0.70
Z3	1.40	0.78
Z4	1.23	0.76
Z5	0.03	0.05
Z6	0.00	/

站位	多样性指数	均匀度
Z7	0.65	0.94
Z8	0.07	0.10
Z9	0.00	/
Z10	0.17	0.25
Z11	1.25	0.78
Z12	0.00	/
平均值	0.49	0.58

5.7.5.3 优势种

(1) 2019 年 4 月

春季调查甲壳类的优势渔获物共有 5 种。以卷折馒头蟹为第一优势种，其相对重要性指数为 1219；其次为假长缝拟对虾（779），武士蝎位居第三位（568）。

表 5.7-29 调查海域春季甲壳类优势种渔获率和渔获组成

种名	渔获率 (kg/h)	占甲壳类总重量 百分比 (%)	占甲壳类总尾数 百分比 (%)	IRI
卷折馒头蟹	0.30	46.2	2.6	1219
假长缝拟对虾	0.14	22.0	71.4	779
武士蝎	0.09	13.5	3.6	568
银光梭子蟹	0.01	1.5	4.6	202
九齿扇虾	0.04	5.5	0.8	106

(2) 2019 年 9 月

秋季调查甲壳类的优势渔获物共有 6 种。以日本栉指虾为第一优势种，其相对重要性指数为 2701；其次为银光梭子蟹（609），光掌蝎位居第三位（292）。

表 5.7-30 调查海域秋季甲壳类优势种渔获率和渔获组成

种名	渔获率 (kg/h)	占甲壳类总重量 百分比 (%)	占甲壳类总尾数 百分比 (%)	IRI
日本栉指虾	0.81	48.7	32.3	2701
银光梭子蟹	0.04	2.3	34.3	609
光掌蝎	0.10	5.8	5.9	292
毛缘扇虾	0.12	7.0	2.5	238
拥剑梭子蟹	0.14	8.1	2.8	181
武士蝎	0.23	13.6	5.1	156

5.7.5.4 主要经济种类

(1) 2019 年 4 月

① 假长缝拟对虾 *Parapenaeus fissuroides*

春季，假长缝拟对虾的平均渔获率为 0.14kg/h，占甲壳类渔获总重量的 22.0%，占

甲壳类总渔获尾数的 71.4%。

② 武士螯 *Charybdis miles*

春季，武士螯的平均渔获率为 0.09kg/h，占甲壳类渔获总重量的 13.5%，占甲壳类总渔获尾数的 3.6%。

(2) 2019 年 9 月

① 武士螯 *Charybdis miles*

秋季，武士螯的平均渔获率为 0.23kg/h，占甲壳类渔获总重量的 13.7%，占甲壳类总渔获尾数的 5.1%。

5.7.5.5 渔获率空间分布与资源量评估

(1) 2019 年 4 月

评价区内甲壳类渔获率较高站位有 Z9 和 Z5 站，分别为 2.44kg/h 和 2.29kg/h，渔获物主要为卷折馒头蟹、假长缝拟对虾和武士螯。其他站位甲壳类的渔获相对较低。

调查区内甲壳类的平均重量和尾数渔获率分别为 0.65kg/h 和 42ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 8.91kg/km² 和 574ind/km²。重量资源密度以 Z9 站最高 (33.30kg/km²)、尾数资源密度则以 Z5 站最高 (5977ind/km²)，Z4 和 Z11 没有甲壳类出现。其中，幼体的平均重量和尾数渔获率分别为 0.43kg/h 和 23ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 5.89kg/km² 和 320ind/km²；成体的平均重量和尾数渔获率分别为 0.22kg/h 和 19ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 3.03kg/km² 和 254ind/km²。

表 5.7-31 调查海域春季甲壳类资源状况

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/km ²)		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
Z1												
Z2												
Z3												
Z4												
Z5												
Z6												
Z7												
Z8												
Z9												
Z10												
Z11												
Z12												

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/km ²)		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
均值	0.43	0.22	0.65	5.89	3.03	8.91	23	19	42	320	254	574

(2) 2019 年 9 月

调查区内甲壳类渔获率较高站位有 Z9 和 Z5 站, 分别为 2.44kg/h 和 2.29kg/h, 渔获物主要为卷折馒头蟹、假长缝拟对虾和武士螯。其他站位甲壳类的渔获相对较低。

调查区内甲壳类的平均重量和尾数渔获率分别为 1.66kg/h 和 51ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 22.43kg/km² 和 683ind/km²。重量资源密度以 Z8 站最高 (109.42kg/km²)、尾数资源密度则以 Z4 站最高 (3025ind/km²)。Z12 没有甲壳类出现。其中, 幼体的平均重量和尾数渔获率分别为 0.86kg/h 和 26ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 11.61kg/km² 和 353ind/km²; 成体的平均重量和尾数渔获率分别为 0.80kg/h 和 25ind/h, 平均重量和尾数资源密度分别为 1082kg/km² 和 330ind/km²。

表 5.7-32 调查海域秋季甲壳类资源状况

站位	重量渔获率 (kg/h)			重量资源密度 (kg/km ²)			尾数渔获率 (ind/h)			尾数资源密度 (ind/km ²)		
	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计	幼体	成体	总计
Z1												
Z2												
Z3												
Z4												
Z5												
Z6												
Z7												
Z8												
Z9												
Z10												
Z11												
Z12												
均值	0.86	0.80	1.66	11.61	10.82	22.43	26	25	51	353	330	683

5.7.6 游泳生物总资源量评估

(1) 2019 年 4 月

春季调查区内共渔获游泳生物 154 种, 其中鱼类 124 种, 头足类 13 种, 甲壳类 17 种。渔获游泳生物 258.70kg, 总尾数 7133 尾。其中, 鱼类占总渔获量的 88.5%, 头足类占总渔获量的 8.5%, 甲壳类仅占总渔获量的 3.0%, 以鱼类占绝对优势。

游泳生物的平均重量和尾数渔获率分别为 21.56kg/h 和 594.41ind/h, 平均重量和尾

数资源密度分别为 $294.85\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $8130\text{ind}/\text{km}^2$ 。各站资源密度以 Z11 站最高 ($1283.71\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $21528\text{ind}/\text{km}^2$)，Z4 站最低 ($3.58\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $21\text{ind}/\text{km}^2$)。

表 5.7-33 调查海域春季底拖网游泳生物资源

站位	重量渔获率 (kg/h)	重量资源密度 (kg/km ²)	尾数渔获率 (ind/h)	尾数资源密度 (ind/km ²)
Z1				
Z2				
Z3				
Z4				
Z5				
Z6				
Z7				
Z8				
Z9				
Z10				
Z11				
Z12				
平均值	21.56	294.85	594	8130

由于调查采用底拖网评估资源量，主要是估算栖息于底层的渔业资源，对于栖息于中上层的渔业资源的估算，采用林金鍊（1991）估算的中上层资源密度 $1.25\text{t}/\text{km}^2$ 。春季底层渔业资源与中上层渔业资源总密度（重量）为 $1544.85\text{kg}/\text{km}^2$ 。

（2）2019 年 9 月

秋季调查区内共获游泳生物 216 种，其中鱼类 185 种，头足类 14 种，甲壳类 17 种。渔获游泳生物 1007.94kg ，总尾数 39182 尾。其中鱼类占总渔获量的 92.3%，头足类占总渔获量的 5.8%，甲壳类仅占总渔获量的 2.0%，以鱼类占绝对优势。

游泳生物的平均重量和尾数渔获率分别为 $83.7\text{kg}/\text{h}$ 和 $3265\text{ind}/\text{h}$ ，平均重量和尾数资源密度分别为 $1131.37\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $44096\text{ind}/\text{km}^2$ 。

表 5.7-34 调查海域秋季底拖网游泳生物资源

站位	重量渔获率 (kg/h)	重量资源密度 (kg/km ²)	尾数渔获率 (ind/h)	尾数资源密度 (ind/km ²)
Z1				
Z2				
Z3				
Z4				
Z5				
Z6				
Z7				

站位	重量渔获率 (kg/h)	重量资源密度 (kg/km ²)	尾数渔获率 (ind/h)	尾数资源密度 (ind/km ²)
Z8				
Z9				
Z10				
Z11				
Z12				
平均值	83.77	1131.37	3265	44096

各站资源密度以 Z7 站最高 (6106.67kg/km² 和 187058ind/km²)，Z12 站最低 (53.40kg/km² 和 189ind/km²)。

采用林金鍊 (1991) 估算的中上层资源密度 1.25t/km²。秋季底层渔业资源与中上层渔业资源总密度 (重量) 为 2381.37kg/km²。

5.7.7 鱼卵、仔稚鱼

5.7.7.1 种类组成

(1) 2019 年 4 月

在采集的 24 个样品中，共鉴定出 16 个鱼卵仔鱼种类，隶属于 16 属 16 科，名录如下：

1. 鲱科 Clupeidae.
2. 鳗鲡目 Anguilliformes
3. 多齿蛇鲻 Saurida tumbil
4. 银腰犀鲨 Bregmaceros nectabanus
5. 油鲛 Sphyrna pinguis
6. 短尾大眼鲷 Priacanthus macracanthus
7. 鲷属 Leiognathus sp.
8. 鲹科 Carangidae
9. 石首鱼科 Sciaenidae
10. 鲷 Therapon theraps
11. 金线鱼 Nemipterus virgatus
12. 绯鲤属 Upeneus sp.
13. 带鱼 Trichiurus haumela
14. 刺鲳 Psenopsis anomala
15. 海猪鱼属 Halichoeres sp.

16. 舌鰻科 Cynoglossidae

春季调查出现鱼卵数量最多的种类是鰻科，占总数的 37.7%，其次是鰻属占 28.8%，绯鲤占 12.4%，鲱科占 4.7%，蛇鰻占 2.7%，带鱼占 1.0%，鰻类占 0.5%，其余种类共占 12.3%。仔鱼出现数量很少，优势种不明显，较多是鲱科，占总数的 12.9%；其次是油鲛、鰻科、金线鱼、鰻和绯鲤，各占 9.7%；鰻类、银腰犀鰻和舌鰻，各占 6.5%；其余种类各占 3.2%。

在出现种类中，属于优质种类有金线鱼和鰻鱼，经济种有鰻类、石首鱼科、大眼鰻、带鱼、刺鰻、多齿蛇鰻等。

(2) 2019 年 9 月

在采集的 24 个样品中，共鉴定出 9 个鱼卵仔鱼种类，隶属于 9 属 9 科，名录如下：

1. 鰻目 Anguilliformes
2. 多齿蛇鰻 *Saurida tumbil*
3. 油鲛 *Sphyrna pinguis*
4. 鰻属 *Leiognathus* sp.
5. 鰻科 Carangidae
6. 鰻 *Therapon theraps*
7. 绯鲤属 *Upeneus* sp.
8. 带鱼 *Trichiurus haumela*
9. 马鲛 *Scomberomorus commersoni*

秋季调查出现鱼卵数量最多的种类是鰻属，占总数的 32.2%，其次是鰻科占 29%，绯鲤占 17.7%，蛇鰻占 5.1%，鰻类占 2.5%，带鱼占 2.0%，其余种类共占 11.4%。仔鱼出现数量很少，优势种不明显，以鰻科和绯鲤较多，分别占总数的 26.3%和 21.1%；其次是马鲛占 15.8%，鰻类、多齿蛇鰻和油鲛，各占 10.5%；鰻占 5.3%。

在出现种类中，属于优质种类有马鲛和鰻鱼，经济种有鰻类、油鲛、带鱼、多齿蛇鰻、绯鲤等。

5.7.7.2 数量分布

(1) 2019 年 4 月

春季调查采到鱼卵数量较多，而仔鱼数量较少。

12 个站水平拖网共采到鱼卵 2336 粒，仔鱼 31 尾。平均密度鱼卵为 841 粒/1000

m^3 ，仔鱼为 11.2 尾/1000 m^3 。

鱼卵各站均有出现，以 Z7 站数量最多，密度为 2385 粒/1000 m^3 。仔鱼以 Z5 站最多，为 25.9 尾/1000 m^3 ；Z11 站没有捕获仔鱼。

表 5.7-35 调查海域春季鱼卵仔鱼数量（水平拖网）

站位	鱼卵		仔鱼	
	捕获量（粒）	密度（粒 / 1000 m^3 ）	捕获量（尾）	密度（粒 / 1000 m^3 ）
Z1	■	■	■	■
Z2	■	■	■	■
Z3	■	■	■	■
Z4	■	■	■	■
Z5	■	■	■	■
Z6	■	■	■	■
Z7	■	■	■	■
Z8	■	■	■	■
Z9	■	■	■	■
Z10	■	■	■	■
Z11	■	■	■	■
Z12	■	■	■	■
平均值	195	841	2.8	11.2

垂直拖网捕获数量较少，共采鱼卵 91 粒，仔鱼 10 尾。换算成密度分别为 310 粒/1000 m^3 和 28.1 尾/1000 m^3 。鱼卵数量最多是 Z9 站，密度为 1524 粒/1000 m^3 ；Z3 和 Z10 站未采集到鱼卵。垂直拖网调查只有 5 个站位采到仔鱼。

表 5.7-36 调查海域春季鱼卵仔鱼数量（垂直拖网）

站位	鱼卵		仔鱼	
	捕获量（粒）	密度（粒 / 1000 m^3 ）	捕获量（尾）	密度（粒 / 1000 m^3 ）
Z1	■	■	■	■
Z2	■	■	■	■
Z3	■	■	■	■
Z4	■	■	■	■
Z5	■	■	■	■
Z6	■	■	■	■
Z7	■	■	■	■
Z8	■	■	■	■
Z9	■	■	■	■
Z10	■	■	■	■
Z11	■	■	■	■
Z12	■	■	■	■
平均值	9	310	2	28.1

(2) 2019 年 9 月

9 月南海鱼类产卵进入低谷期，采到鱼卵和仔鱼数量均较少。

12 个站水平拖网共采到鱼卵 1379 粒，仔鱼 19 尾。平均密度鱼卵为 496 粒/1000m³，仔鱼为 6.8 尾/1000m³。

鱼卵各站均有出现，以 Z12 站数量最多，密度为 1274 粒/1000m³；仔鱼数量较少，最高密度为 13 尾/1000m³；Z5、Z7、Z9 和 Z12 站没有捕获仔鱼。

表 5.7-37 调查海域秋季鱼卵仔鱼数量（水平拖网）

站位	鱼卵		仔鱼	
	捕获量（粒）	密度（粒 / 1000 m ³ ）	捕获量（尾）	密度（粒 / 1000 m ³ ）
Z1	1	1	0	0
Z2	1	1	0	0
Z3	1	1	0	0
Z4	1	1	0	0
Z5	1	1	0	0
Z6	1	1	0	0
Z7	1	1	0	0
Z8	1	1	0	0
Z9	1	1	0	0
Z10	1	1	0	0
Z11	1	1	0	0
Z12	1	1	0	0
平均值	115	496	1.6	6.8

垂直拖网捕获数量较少，共采鱼卵 48 粒，仔鱼 4 尾。换算成密度分别为 160 粒/1000m³和 15.5 尾/1000m³。鱼卵数量最多是 Z12 站，密度为 680 粒/1000m³；Z8 和 Z11 站未采集到鱼卵。垂直拖网调查只有 3 个站位采到仔鱼。

表 5.7-38 调查海域秋季鱼卵仔鱼数量（垂直拖网）

站位	鱼卵		仔鱼	
	捕获量（粒）	密度（粒 / 1000 m ³ ）	捕获量（尾）	密度（粒 / 1000 m ³ ）
Z1	1	1	0	0
Z2	1	1	0	0
Z3	1	1	0	0
Z4	1	1	0	0
Z5	1	1	0	0
Z6	1	1	0	0
Z7	1	1	0	0
Z8	0	0	0	0
Z9	1	1	0	0
Z10	1	1	0	0

站位	鱼卵		仔鱼	
	捕获量 (粒)	密度 (粒 / 1000 m ³)	捕获量 (尾)	密度 (粒 / 1000 m ³)
Z11	■	■	■	■
Z12	■	■	■	■
平均值	4	160	0.3	15.5

5.7.7.3 主要种类的数量分布

(1) 2019 年 4 月

春季调查出现数量较多的鱼卵是鲹科、鲳属和绯鲤。

鲹科鱼类是近岸至外海中上层鱼类，集群生活。产卵期主要在冬春季。本次水平拖网调查共采到鲹科鱼卵 880 粒，占鱼卵种类组成的 37.7%，平均密度为 317 粒/1000m³。鱼卵主要分布于 Z7、Z8 和 Z9 站，以 Z7 站数量较多，密度为 924 粒/1000m³；其次是 Z9 和 Z8 站，密度分别为 890 粒/1000m³和 613 粒/1000m³，其余站位数量较少。采到鲹科仔鱼 3 尾，平均密度为 1.1 尾/1000m³，分布于 Z2、Z7 和 Z10 站。

鲳属鱼类分布很广，从近岸至外海区均有分布，鱼群数量较大，但个体小。产卵期较长，为 4 月至 11 月。本次水平拖网调查共采到鲳属鱼卵 672 粒，占鱼卵种类组成的 28.8%，平均密度为 242 粒/1000m³。鲳科鱼卵主要分布于 Z7、Z5 和 Z9 站，以 Z7 站数量最多，密度为 596 粒/1000m³；其次是 Z5 和 Z9 站，密度分别为 501 粒/1000m³和 496 粒/1000m³。

绯鲤属鱼类分布很广，从近岸至外海区均有分布，鱼群数量较大，但个体较小。产卵期较长，为 4 月至 11 月。本次调查水平拖网共采到绯鲤属鱼卵 290 粒，平均密度为 104 粒/1000m³，占鱼卵种类组成的 12.4%。鱼卵主要分布于 Z9、Z7 和 Z8 站，密度分别为 337 粒/1000m³、294 粒/1000m³和 164 粒/1000m³。采到绯鲤仔鱼 3 尾，平均密度为 1.1 尾/1000m³，分布于 Z1、Z9 和 Z12 站。

(2) 2019 年 9 月

秋季调查出现数量较多的鱼卵是鲳属、鲹科和绯鲤。

本次水平拖网调查共采到鲳属鱼卵 444 粒，占鱼卵种类组成的 32.2%，平均密度为 160 粒/1000m³。鲳科鱼卵主要分布于 Z12 站，密度为 484 粒/1000m³，其次是 Z2 和 Z3 站，密度分别为 320 粒/1000m³和 233 粒/1000m³。

本次水平拖网调查共采到鲹科鱼卵 401 粒，占鱼卵种类组成的 29%，平均密度为 144 粒/1000m³。鱼卵以 Z12 站数量较多，密度为 320 粒/1000m³；其次是 Z4 和 Z2 站，密度分别为 268 粒/1000m³和 242 粒/1000m³，其余站位数量较少。采到鲹科仔鱼 5 尾，

平均密度为 1.8 尾/1000m³。

本次调查水平拖网共采到绯鲤属鱼卵 244 粒，平均密度为 88 粒/1000m³，占鱼卵种类组成的 17.7%。鱼卵以 Z12 站数量最高，为 225 粒/1000m³；Z4 和 Z1 站数量较多，分别为 164 粒/1000 m³和 156 粒/1000m³。采到绯鲤仔鱼 4 尾，平均密度为 1.4 尾/1000m³，分布于 Z1、Z2、Z10 和 Z11 站。

6. 环境影响预测与评价

6.1 水文动力环境影响分析与评价

6.1.1 海流模型

海水运动是海洋中污染物输运的载体，为此在预测污染物扩散前需利用流体动力学基本方程组计算该油田海域的流场，明确其潮流的运动特性，进而计算建设项目的排海污染物对海洋水质的影响。

6.1.1.1 流体动力学基本方程组

本文采用三维水动力学模型进行数值模拟，垂向采用 sigma 坐标，基本控制方程为：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x'} + \frac{\partial hvu}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} \\ &= fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) \\ & \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x'} + \frac{\partial hv^2}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} \\ &= -fuh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) \\ & \sigma = \frac{z - z_b}{h}, x' = x, y' = y \end{aligned}$$

式中：t 为时间 (s)；g 为重力加速度 (m/s²)；ρ 为海水密度 (kg/m³)；x、y、z 为直角坐标系坐标；η 为潮位 (m)；h = η + d，为总水深 (m)，d 为海平面水深；u、v、w 为 x、y、z 向流速矢量；f = 2ΩsinΦ 为科氏力参数；s_{xx}、s_{xy} 为辐射应力张量分量；P_a 为大气压强；ρ₀ 为水的参考密度；S 为点源排放流量，u_s、v_s 为排放速度。

6.1.1.2 边界条件

海面边界条件:

$$\omega = 0$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma}\right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

海底边界条件:

$$\omega = 0$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma}\right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

(τ_{sx}, τ_{sy}) 和 (τ_{bx}, τ_{by}) 分别为表面风应力和底部摩擦应力在 x 及 y 方向上的分量,

本报告边界条件未考虑风应力, 因此为 0; 其他参数同控制方程。

固体侧边界条件:

$$v_n = 0$$

开边界条件:

开边界强迫水位采用全球模型调和求得开边界的 M_2 、 S_2 、 O_1 、 K_1 、 M_4 和 MS_4 六个分潮调和常数值输入计算得到。

开边界强迫水位计算公式:

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_\alpha + V_i) - G_i]\}$$

这里, f_i 、 σ_i 是第 i 个分潮的交点因子和角速度; H_i 和 G_i 是调和常数, 分别为分潮的振幅和迟角; $V_\alpha + V_i$ 是分潮的幅角。

6.1.1.3 模型参数

(1) 时间步长

在模型计算中, 时间步长分为总时间步长和内部计算时间步长, 其中总时间步长决定了结果输出的形式, 同时每个总时间步长点都对应着一个内部时间步长点, 为满足计算稳定的要求, 在总时间步长之间还会动态插入内部时间步长。

在该模型中最小时间步长取 0.01s, 最大时间步长 30s。

(2) 底摩擦应力

底摩擦应力采用二次非线性公式:

$$(\tau_{bx}, \tau_{by}) = C_d \rho_w \sqrt{u^2 + v^2} (u, v)$$

式中: τ_{bx}, τ_{by} 分别为 x 、 y 方向的底摩擦应力 (kg/m^2); ρ_w 是海水密度 (kg/m^3);

u 、 v 分别为 x 、 y 方向的底层流速 (m/s); C_d 为底摩擦拖曳系数, 本报告 C_d 取为 0.0025。

(3) 涡动粘滞系数

水平涡粘系数采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算, 如下:

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_x S_y}$$

式中: c_s 为常数, 取 0.1; l 为特征混合长度, 由 $S_y = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$, ($i, j=1, 2$) 计算得到。

垂向涡粘系数采用 $k-\varepsilon$ 方程:

$$v_t = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

其中, k 为湍动能, ε 为湍动能耗散, c_μ 为经验常数, 取 0.09。

6.1.1.4 计算海域及网格设置

本项目所建立的海域数学模型岸线及水深资料采用海军航保部 2014 年出版的海图岸线和水深, 并根据 GoogleEarth 岸线进行调整, 以平均海平面为基准面进行计算, 采用 UTM-50 坐标系, 中央经度为 117° 。

本报告选取 $19^\circ 45' N \sim 21^\circ 30' N$, $108^\circ E \sim 109^\circ 10' E$ 所围的海域作为计算海域, 模拟采用非结构三角网格, 由 9240 个节点和 17692 个三角单元组成。为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况, 保证后续污染物浓度分布的计算精度, 将本工程附近海域进行局部加密, 最小空间步长约为 30m。垂向采用 sigma 分层, 油田区域水深约 240m, 垂向平均分为 12 层, 自海面往下依次为第一层 (0-20 米)、第二层 (20-40 米)、……、第十二层 (220-240 米)。

网格及水深分布见图 6.1-1。

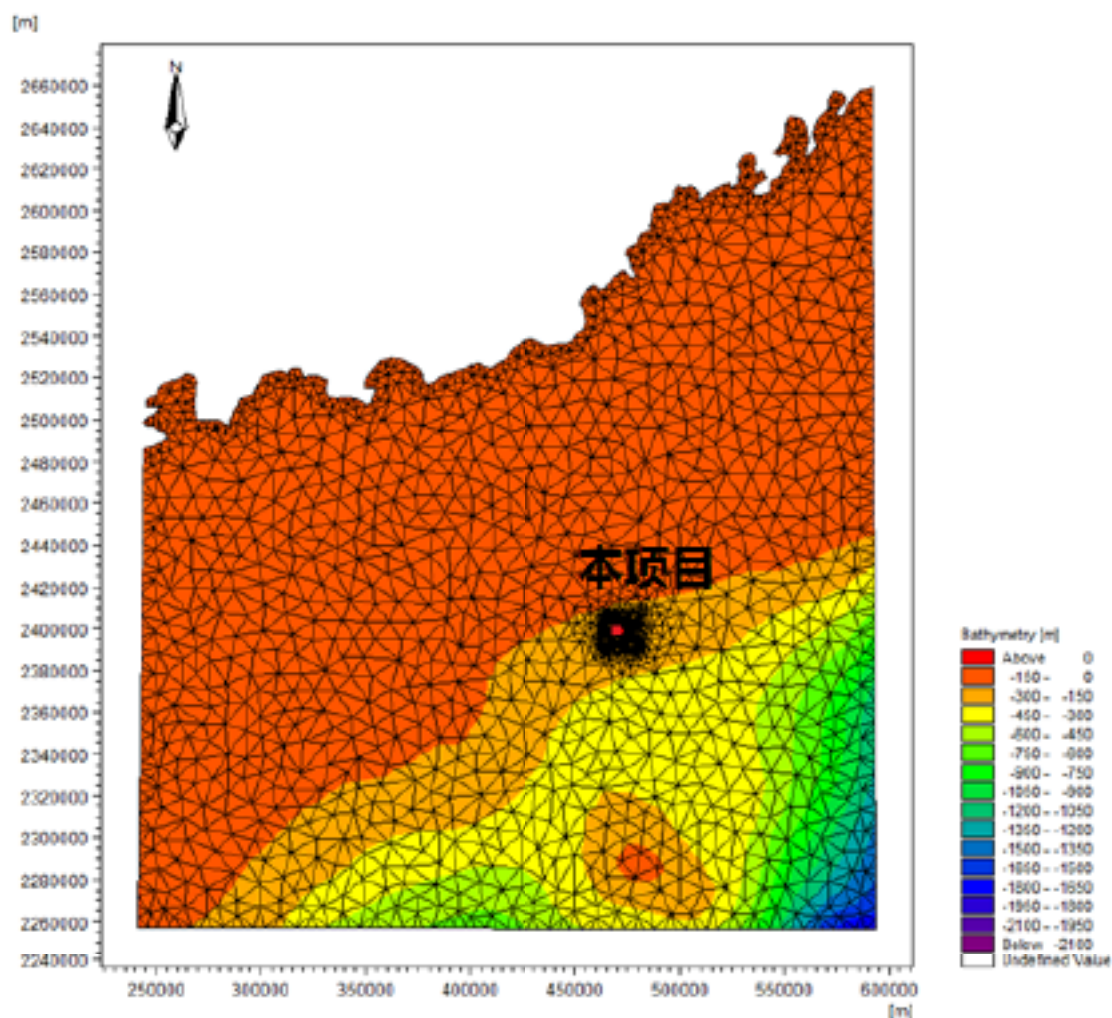
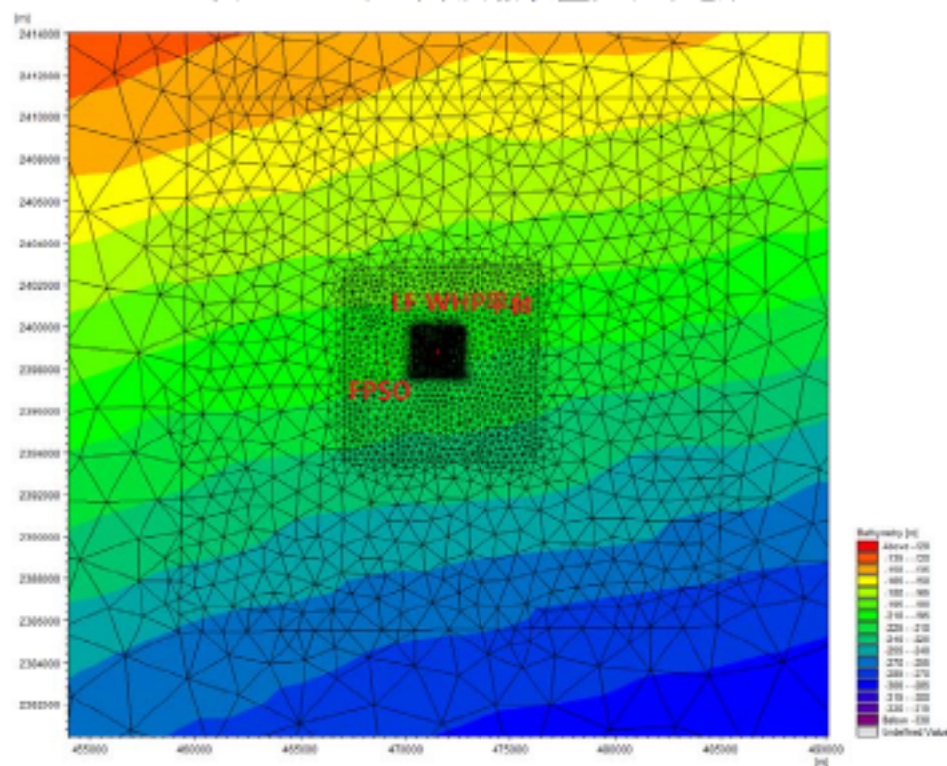


图 6.1-1a 大海域网格设置及水深地形



6.1.2 潮流及潮位的验证

在计算海域中，采用 2020 年 3 月 19 日~3 月 20 日的潮流潮位实测资料与数值计算结果进行验证。各监测站位坐标、位置如下图表所示。

表 6.1-1 验证点坐标位置

站位	纬度 (N)	经度 (E)	调查项目
C1			潮流
C2			潮流、潮位
C4			潮流
T1			潮流、潮位

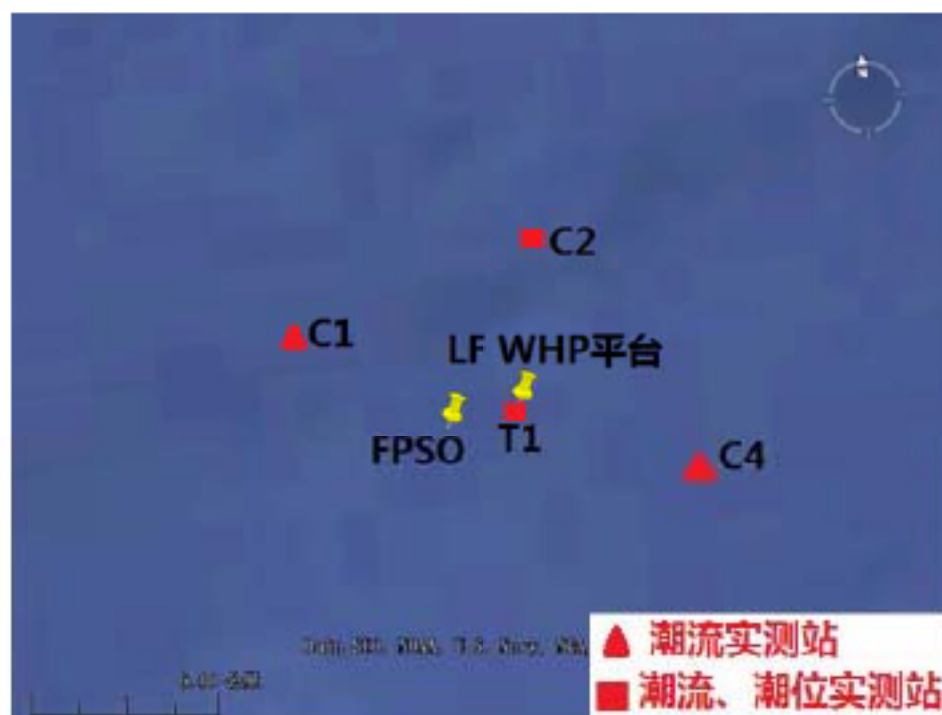


图 6.1-2 实测站位位置图

由于本海区实际海流动力受到风应力、温盐斜压力等其他非潮流动力的影响，而本模型模拟的为潮汐驱动力作用下的水动力场，这与实际水动力场存在一定的差异，所以进行验证时将模型计算的结果加上实测海流的余流，再与实测海流进行比较。

图 6.1-3~图 6.1-8 分别为各站位潮流、潮位验证曲线。

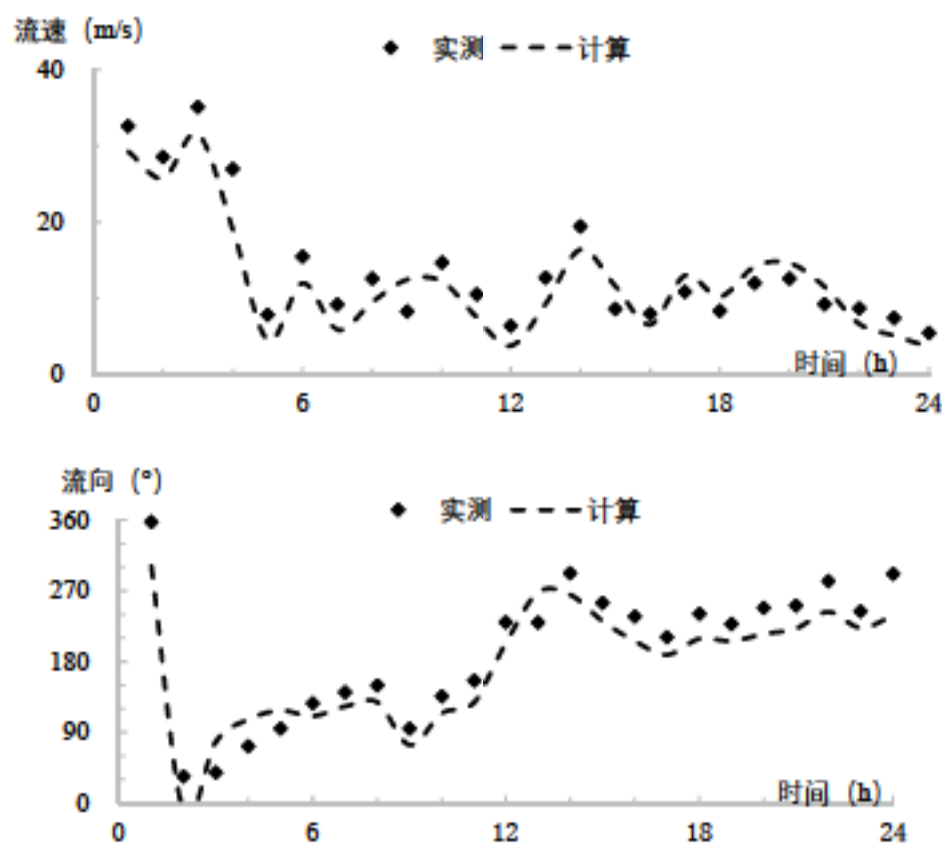


图 6.1-3a C1 站潮流验证曲线 (表层)

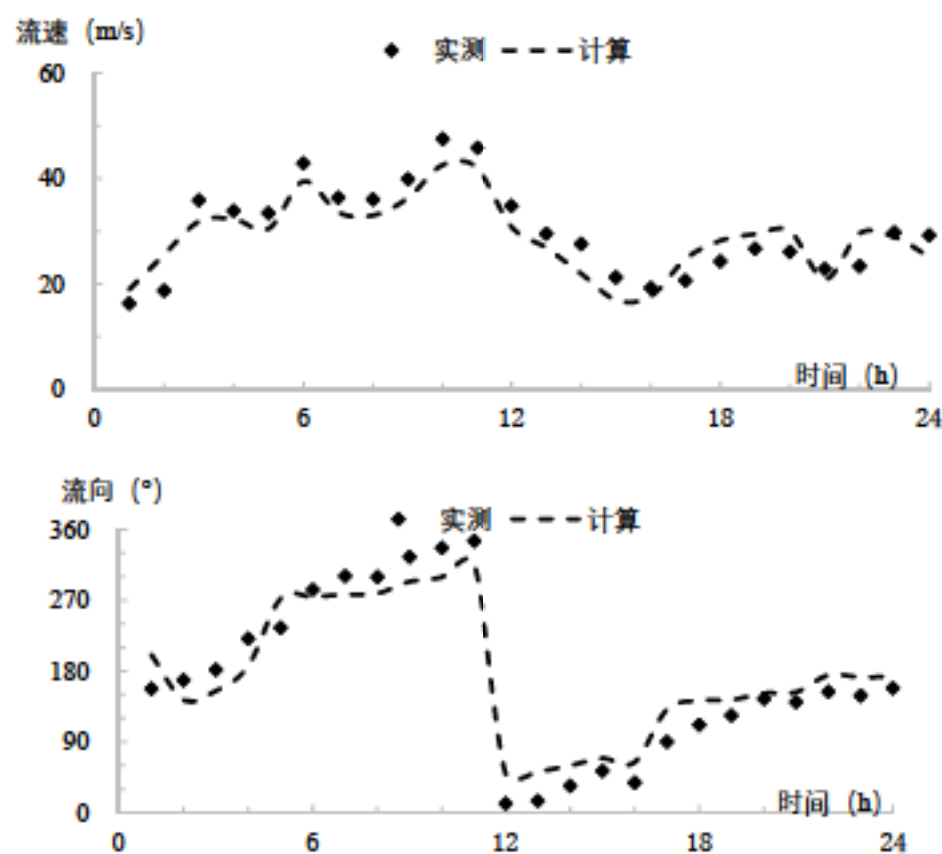


图 6.1-3b C1 站潮流验证曲线 (中层)

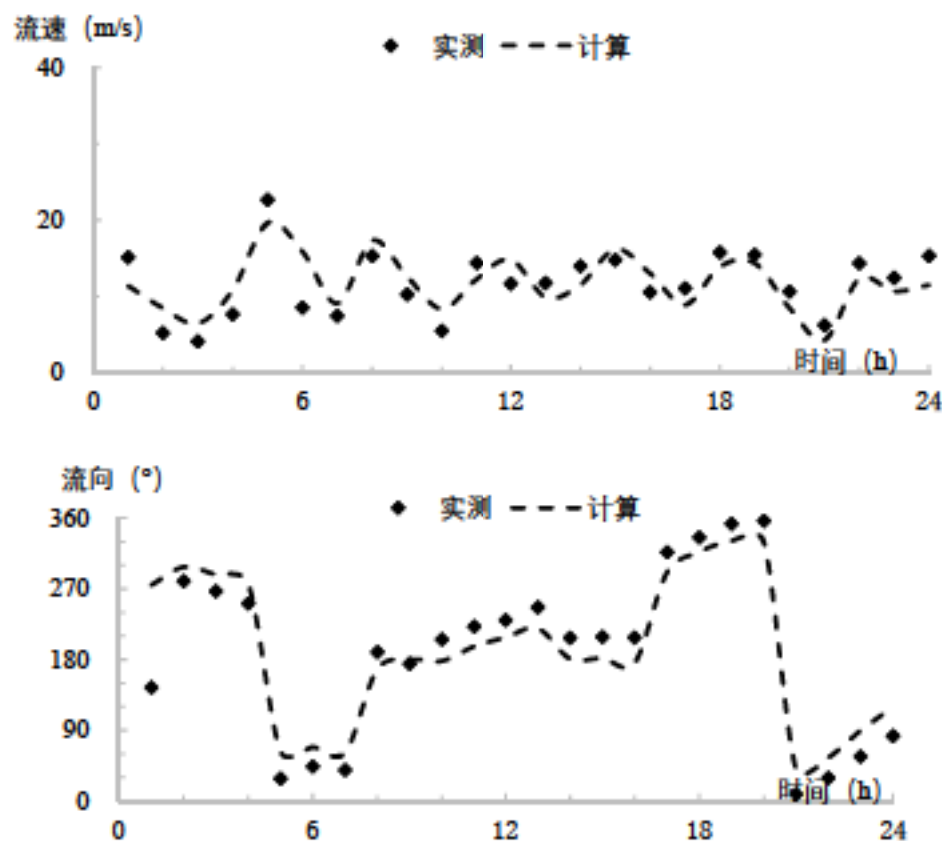


图 6.1-3c C1 站潮流验证曲线 (底层)

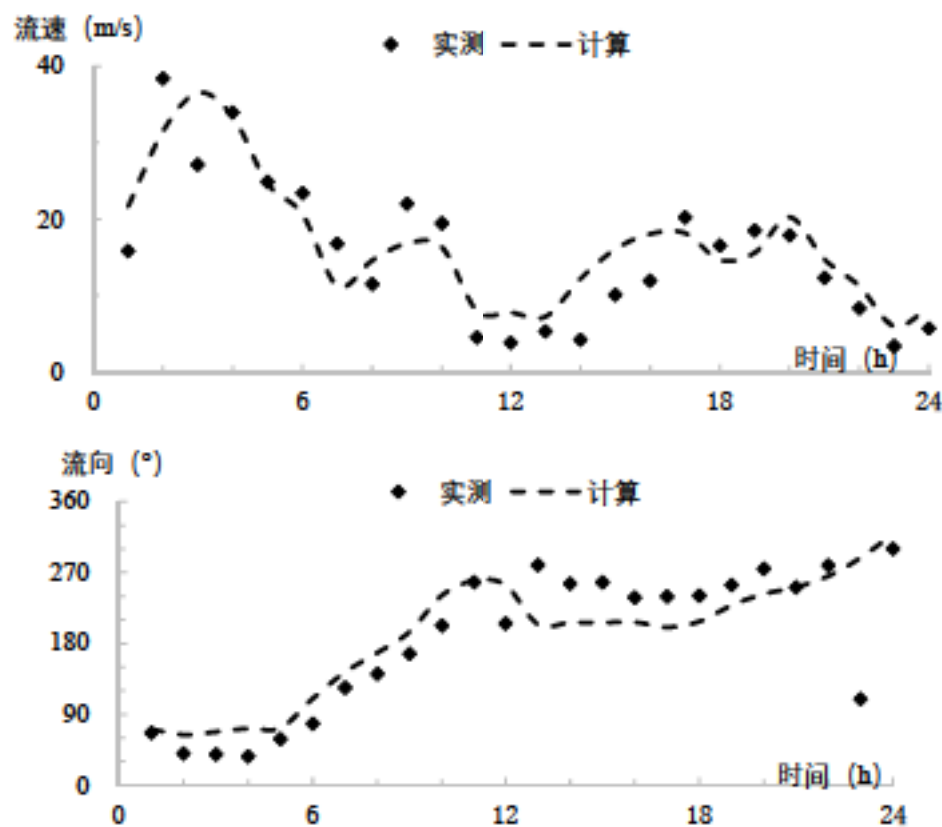


图 6.1-4a C2 站潮流验证曲线 (表层)

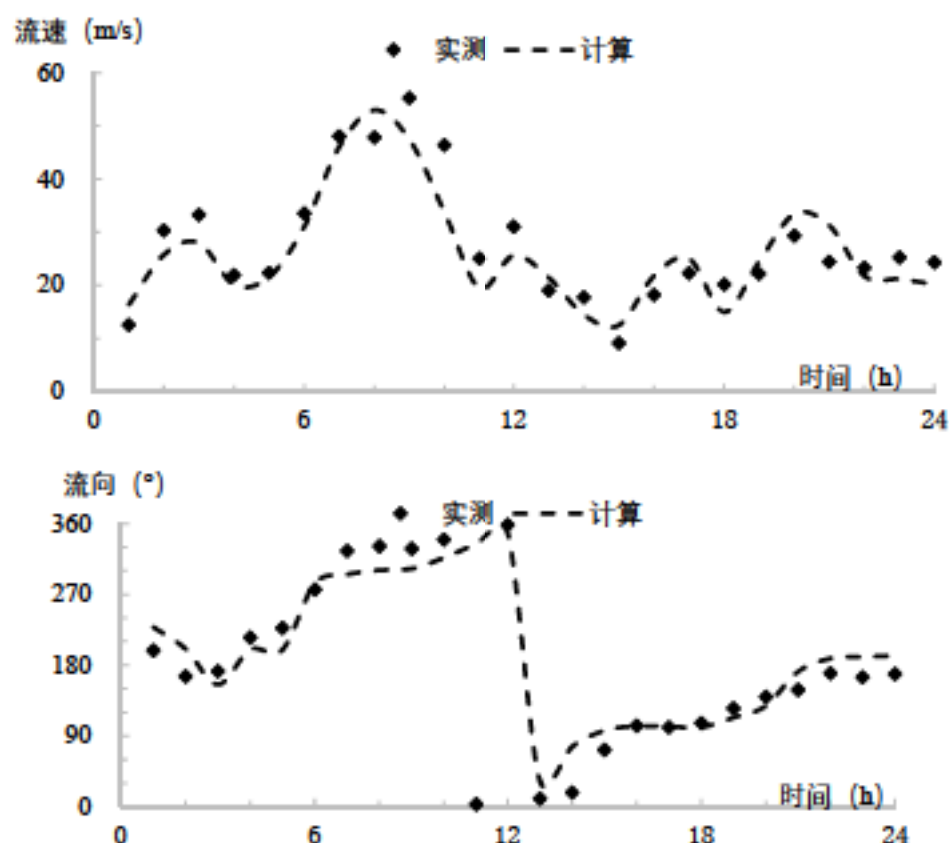


图 6.1-4b C2 站潮流验证曲线 (中层)

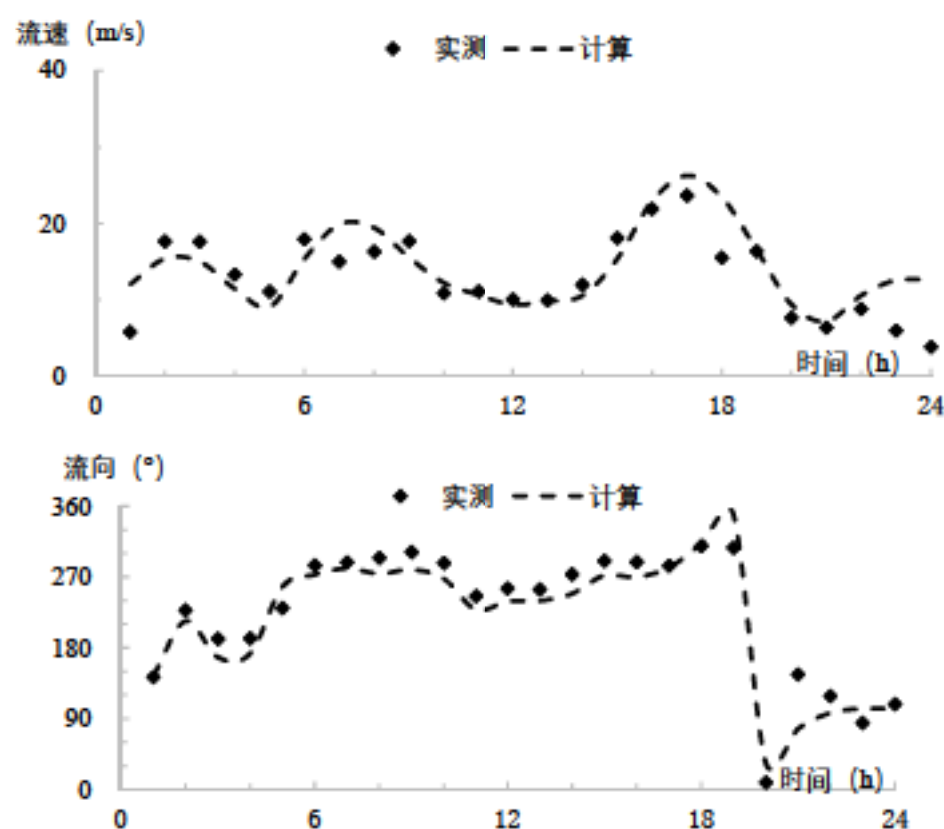


图 6.1-4c C2 站潮流验证曲线 (底层)

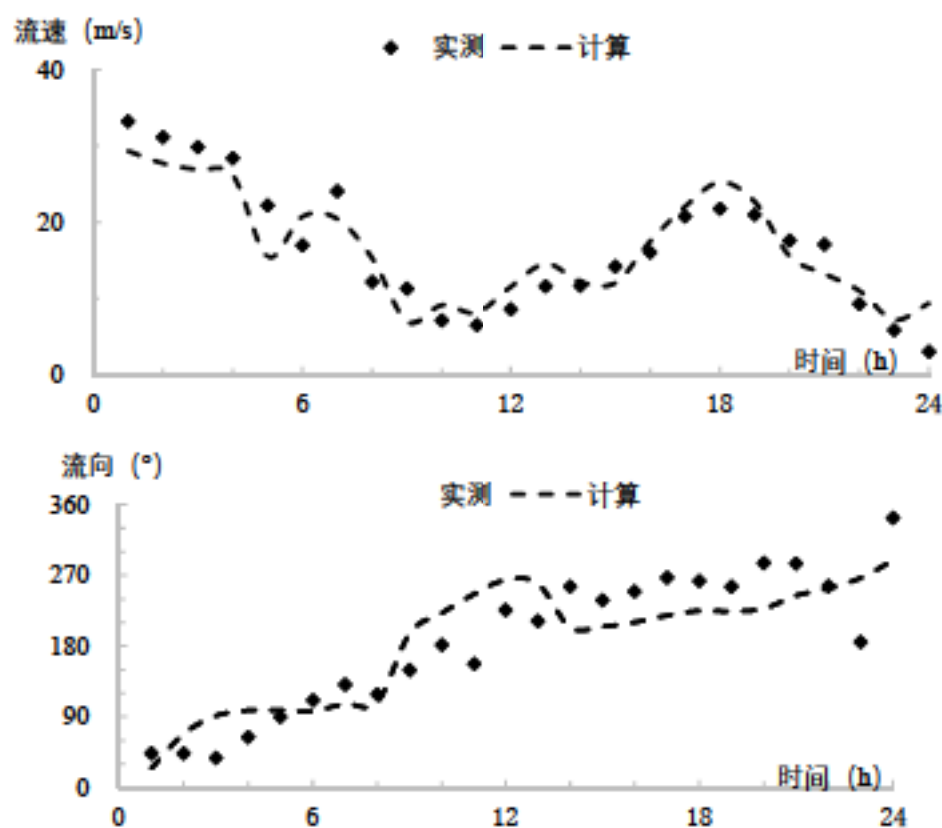


图 6.1-5a T1 站潮流验证曲线 (表层)

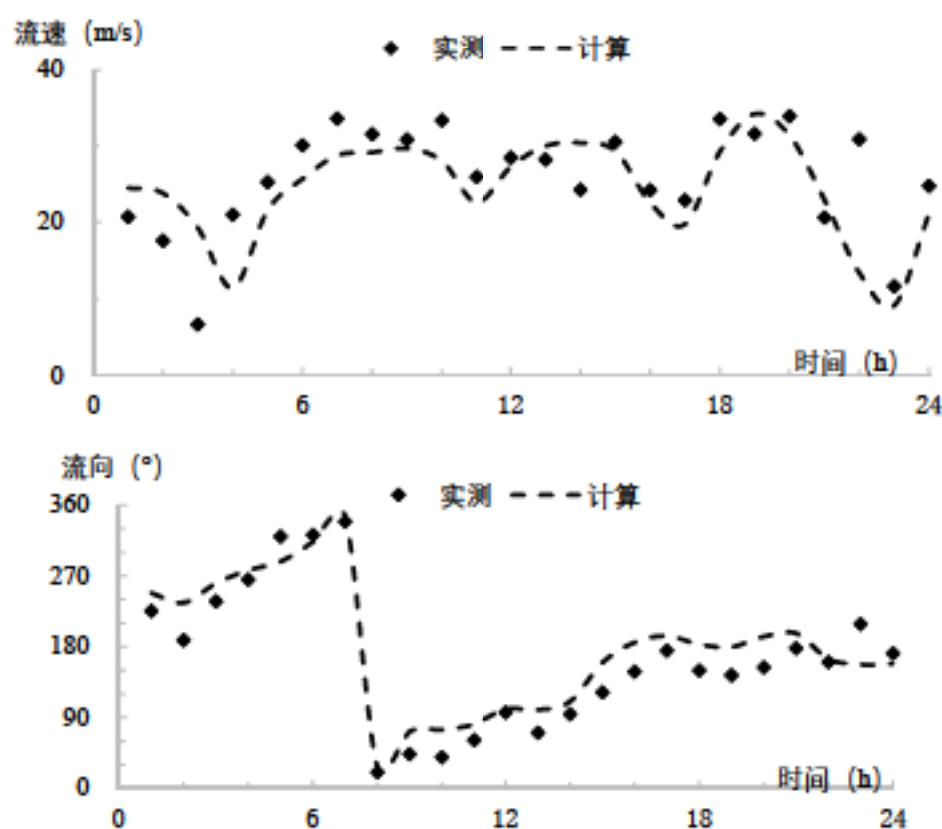


图 6.1-5b T1 站潮流验证曲线 (中层)

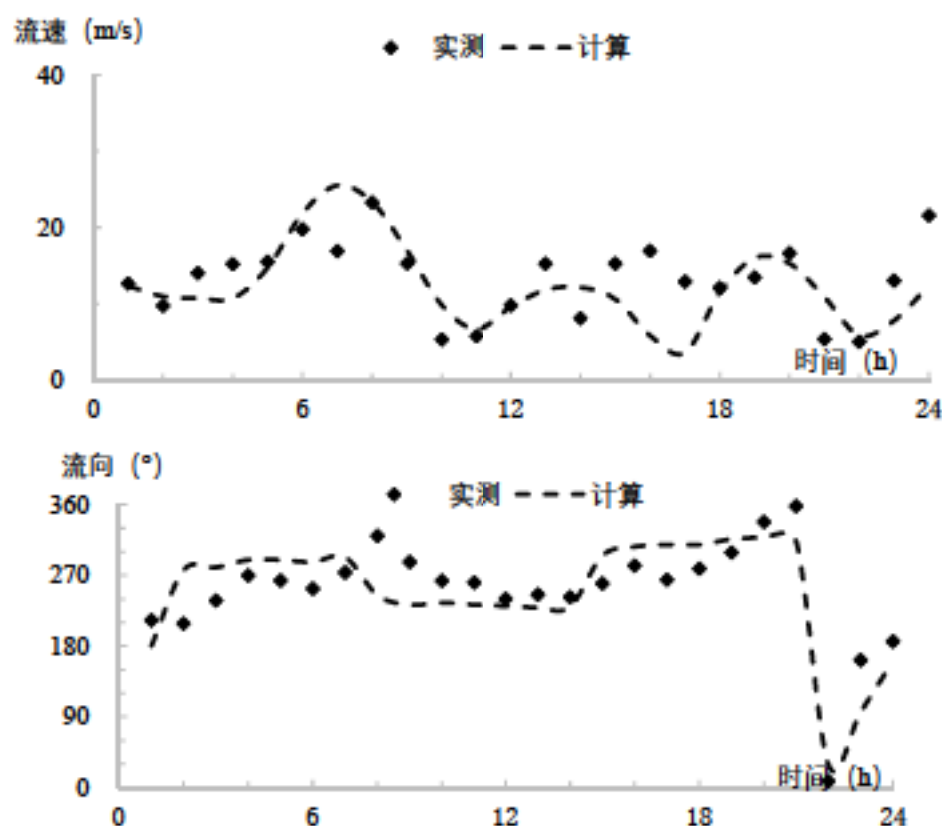


图 6.1-5c T1 站潮流验证曲线 (底层)

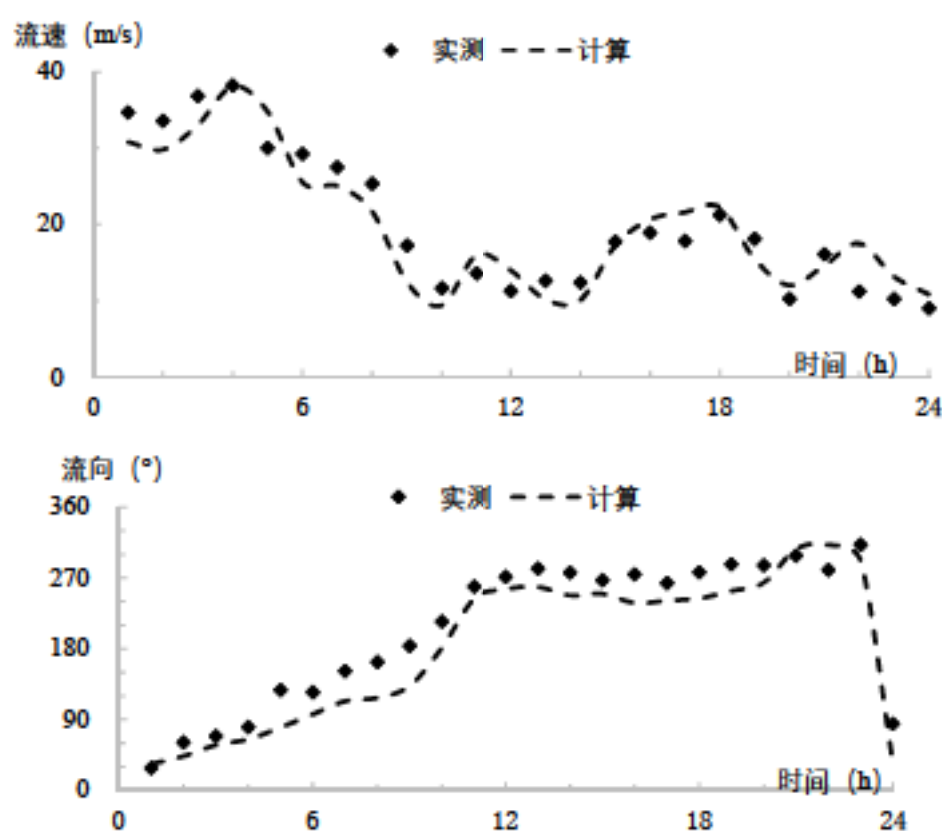


图 6.1-6a C4 站潮流验证曲线 (表层)

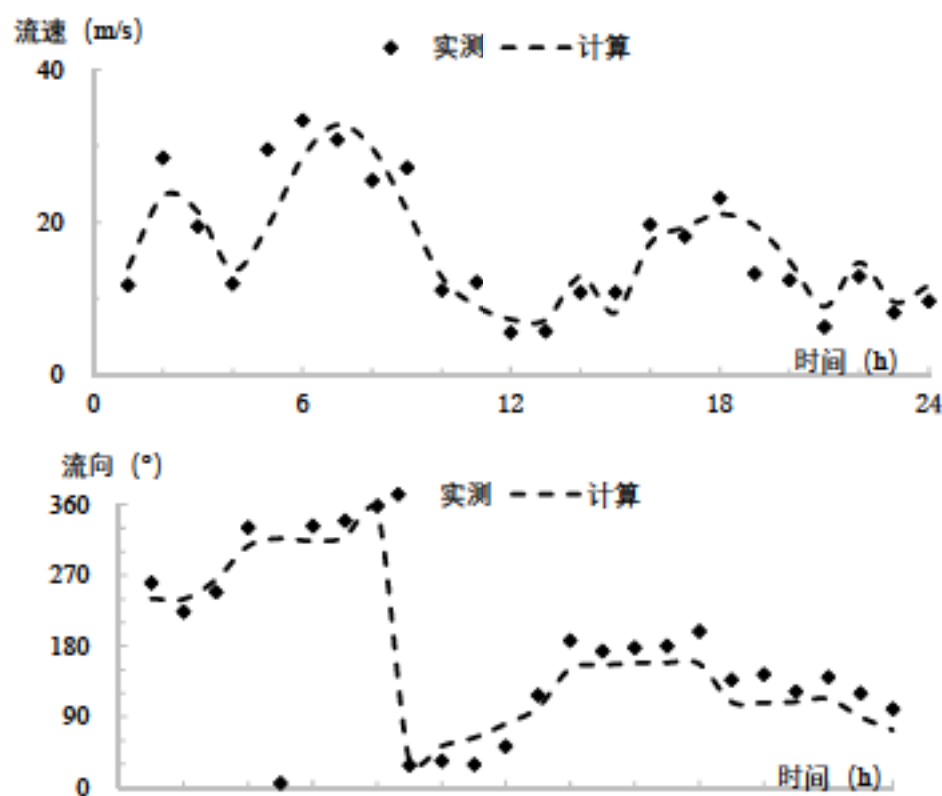


图 6.1-6b C4 站潮流验证曲线 (中层)

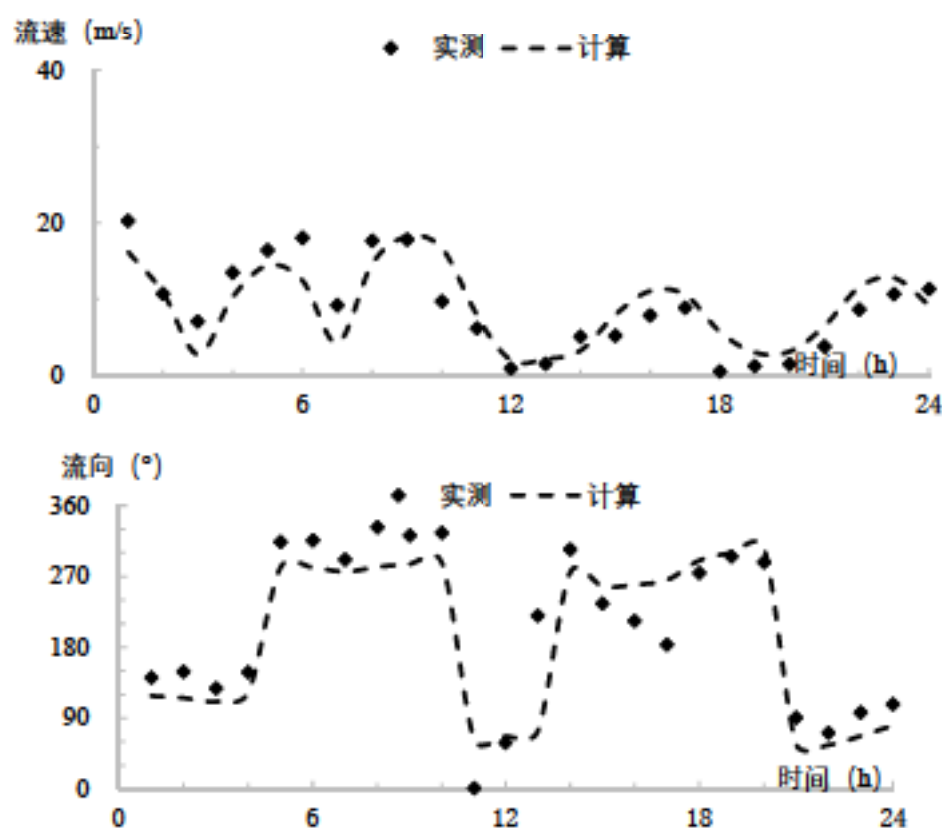


图 6.1-6c C4 站潮流验证曲线 (底层)

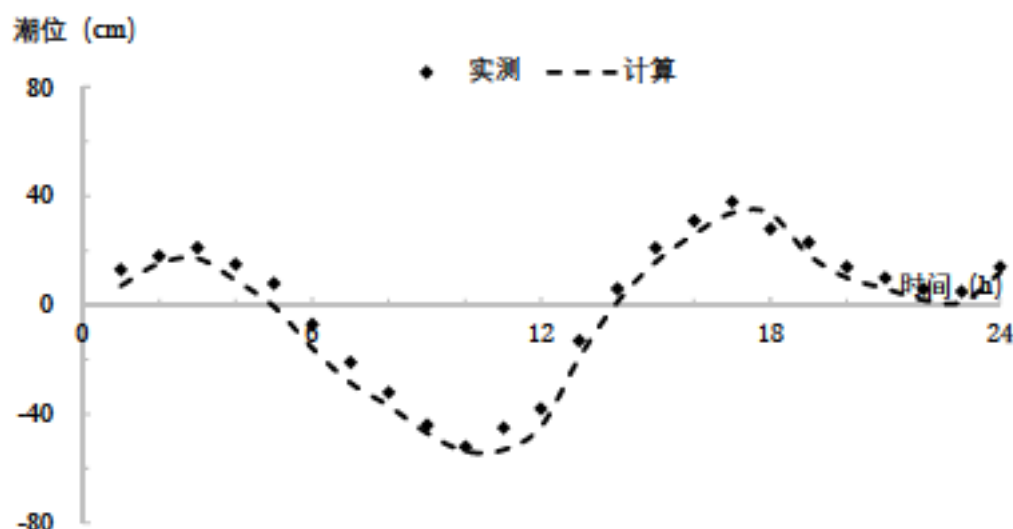


图 6.1-7 C2 站潮位验证曲线

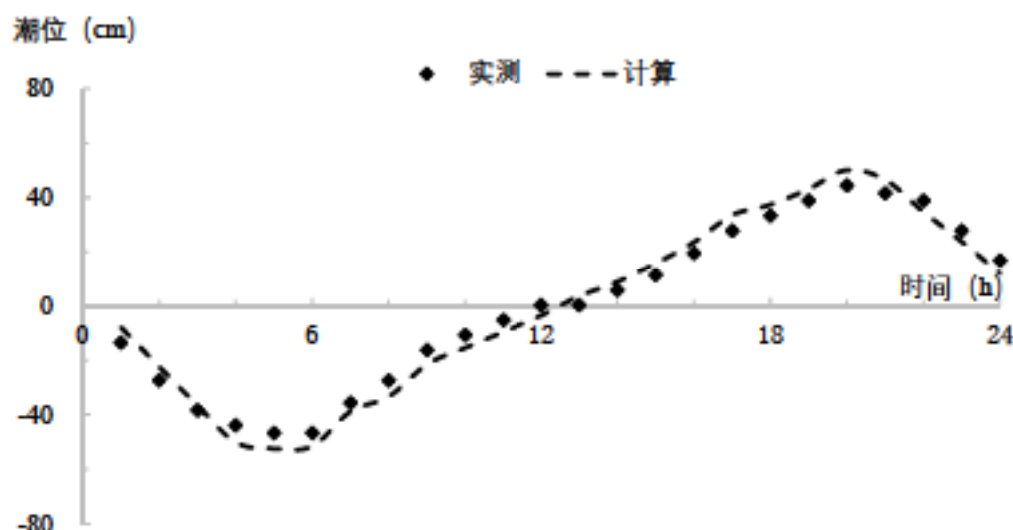


图 6.1-8 T1 站潮位验证曲线

由验证结果可以看出，计算潮流流速和实测潮流流速变化趋势大体一致，流向模拟值与实测值符合程度较好；潮位计算值与实测值基本一致。因此计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征，可以为污染物扩散提供背景场。

6.1.3 潮流计算结果

根据计算，计算海域潮流结构在垂向上基本一致，因此为节省篇幅，本报告仅给出大潮时第一层的潮流场。图 6.1-9 至图 6.1-10 分别为项目附近海域大潮时涨潮中间时和落潮中间时的第一层潮流场。由图可以看出，涨潮中间时，项目附近海域的潮流流向为 SEE-NWW 流向，最大流速为 20.2cm/s；落潮中间时，项目附近区域的潮流流向为 NWW-

SEE 流向，最大流速为 24.6cm/s。

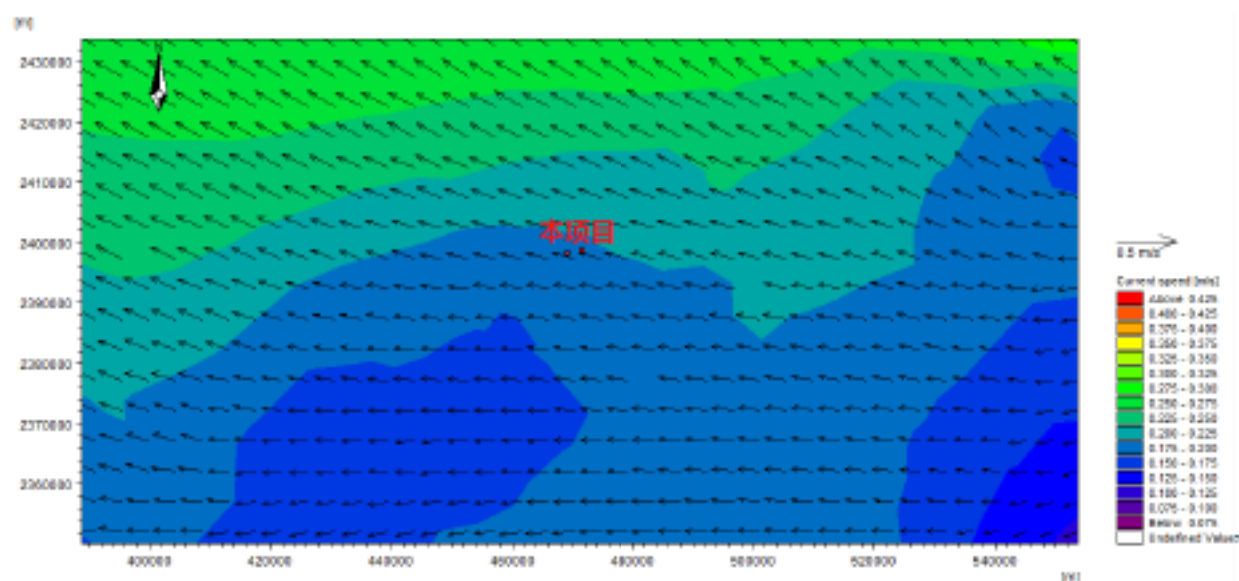


图 6.1-9 项目附近海域涨潮中间时潮流场（大潮时，表层）

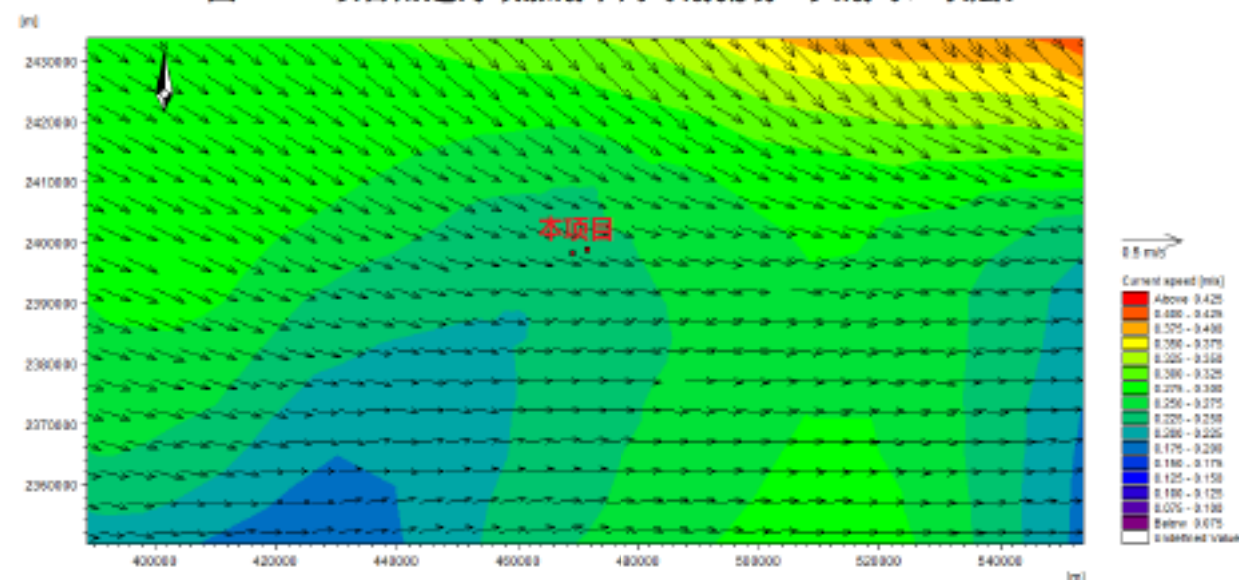


图 6.1-10 项目附近海域落潮中间时潮流场（大潮时，表层）

6.1.4 工程对流场的影响分析

本项目主要设施为：新建一座井口平台（WHP）、一艘浮式生产储卸油轮（FPSO）、一座永久单点系泊系统（SPM）、一条 2.9 公里 10"海底混输管道和一条 3.0km 海底复合电缆。

新建平台为透水式结构，桩腿附近局部流场发生改变，但影响较小；系泊系统底座锚固于海底，单个直径约 5-6 米，对流场影响很小；海底混输管道和复合电缆不埋设，直接放于海床上。因此总的来说，本项目对所在海域的水动力环境影响很小。

6.2 地形地貌与冲淤环境影响分析与评价

本油田新建平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，平台建设及 FPSO 系泊系统安装对地形地貌与冲淤环境的影响较小。

海底混输管道和复合电缆不埋设，直接放于海床上，对海底地形地貌的影响较小。因此，本工程的建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。

6.3 海水水质环境影响预测与评价

本报告采取数值预测的方式，计算分析工程施工期和运营期的污染物排放对海洋环境的影响。

6.3.1 施工期悬浮物对海水水质环境的影响

6.3.1.1 悬浮物运动方程

(1) 悬浮物输移扩散基本控制方程

悬浮物质为颗粒态，它随着海水运动的同时，将在海水中沉降，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。

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w_f \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial S}{\partial z} \right) + Q C_0 - S_E$$

式中：

S ：水体悬浮物浓度 (kg/m^3)；

u, v ：水流矢量沿 x 向、 y 向流速 (m/s)；

w_f ： z 向有效流速 (m/s)， $w_f = w - \omega$ (ω 为泥沙沉降速度)；

D_x, D_y, D_z ： x 向、 y 向、 z 向悬浮物紊动扩散系数 (m^2/s)；

Q ：悬浮物排放流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^3$)；

C_0 ：排放的源强悬浮物浓度 (kg/m^3)；

S_E ：床沙侵蚀或淤积速率，单位 $\text{kg}/\text{m}^3/\text{s}$ 。本报告仅考虑悬浮物的沉降，不考虑底床侵蚀及悬浮物的再悬浮，因此 $S_E=0$ 。

(2) 沉降速度

泥沙沉速 ω 采用武汉水利电力学院静水泥沙沉速公式计算，

$$\omega = \sqrt{\left(13.95 \frac{v}{D}\right)^2 + 1.09 \alpha g D} - 13.95 \frac{v}{D}$$

其中, ν 为水运动粘滞系数, 取值 $0.0000011\text{m}^2/\text{s}$; D 为悬浮物中值粒径 (mm); α 为重率系数, 取 1.65。

(3) 边界条件

固边界上,

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

开边界上,

$$S|_{\Gamma} = 0 \quad \text{入流段}$$

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

其中 n 为边界的法线方向, Γ 为水边界。

(4) 初始条件

因为悬浮物对应的海水水质标准是人为造成增加的量, 所以模型预测只考虑悬浮物增量, 初始条件设本底值为 0。

6.3.1.2 悬浮物评价标准

悬浮物执行《海水水质标准》(GB 3097-1997) 评价标准, 其中悬浮物超第一(二)类海水水质标准是人为增加的量 $>10\text{mg/L}$, 超第三类海水水质标准是人为增加的量 $>100\text{mg/L}$, 超第四类海水水质标准是人为增加的量 $>150\text{mg/L}$ 。

6.3.1.3 钻井液影响预测

(1) 源强及参数

根据工程分析, 本项目钻完井过程中, 共产生钻井液 m^3 。钻井液最大排放速率出现在钻井结束后的一次性排放, 最大排放速率控制在 $35\text{m}^3/\text{h}$ 以下。

钻井液比重一般在 g/cm^3 (本项目按 1.25g/cm^3 计算), 钻井液粒径 mm , 中值粒径取为 mm 。经估算, 钻井液排放产生悬浮物的源强为 12.15kg/s 。

表 6.3-1 本项目钻井液排放情况 (m^3)

井号	最大一次性排放量	排放时长 (h)
A1H		
A2H		
A3H		

井号	最大一次性排放量	排放时长 (h)
A4H		
A5H		
A6H		
A7H		
A8H		
A9H		
A10H		
A11H		
A12H		
A13H		
P1		
合计		

(2) 预测方式

为计算对海水水质环境的最不利影响，本报告选择钻井液最大排放时长 \square h 计算钻井液的影响范围，其余情况影响范围不会超过此范围，可与之类比。分别统计各网格节点所有时刻的悬浮物浓度最大值，按照相应海水水质标准浓度绘制等值线，并将各包络线范围进行叠加，即为排放钻井液浓度增量的总包络图。

(3) 浓度增量预测结果

根据计算，钻井液对海洋环境的影响均主要在第一层（海面至水下 20m，下同），第二层及以下无超标海域。超标面积计算结果见表 6.3-2，不同超标倍数的包络面积见表 6.3-3，钻井液浓度增量超标范围见图 6.3-1。

钻井液排放造成的第一层悬浮物超一（二）类海水水质标准的总包络线面积为 0.99km^2 ，超三类海水水质标准的总包络线面积为 0.02km^2 ，超四类海水水质标准的总包络线面积为 0.01km^2 。超一（二）类海水水质标准的范围离排放点的最大距离为 1.18km 。停止排放恢复到一类水质所需最大时间约为 7h。

表 6.3-2 钻井液排放超标面积计算结果 (km^2)

层次	超一（二）类面积	超三类面积	超四类面积	超一（二）类距平台最大距离 (km)
第一层（海面~20m）	0.99	0.02	0.01	1.18
第二层至海底	0	0	0	

表 6.3-3 钻井液排放不同超标倍数总包络面积 (km^2)

超标倍数	$\text{Bi} \leq 1$	$1 < \text{Bi} \leq 4$	$4 < \text{Bi} \leq 9$	$\text{Bi} > 9$
第一层（海面~20m）	0.58	0.33	0.06	0.02
第二层至海底	0	0	0	0

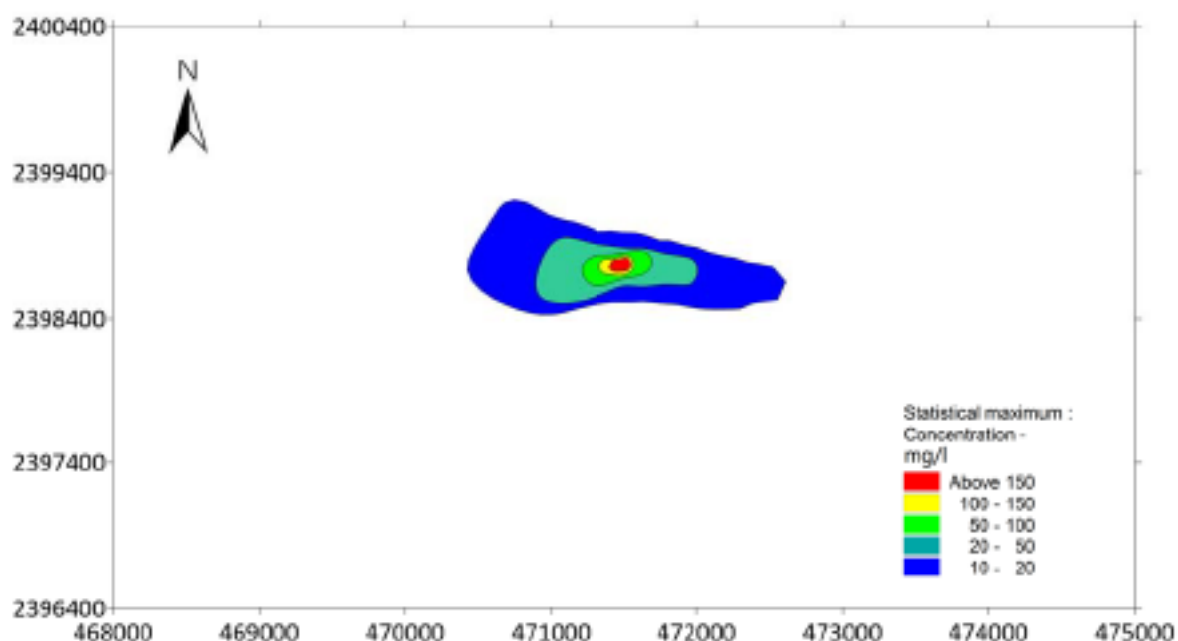


图 6.3-1 钻井液浓度增量包络线（第一层）

6.3.1.4 钻屑影响预测

(1) 源强及参数

本项目钻井过程中产生钻屑 $\blacksquare\text{m}^3$ ，其中非含油钻屑 $\blacksquare\text{m}^3$ ，含油钻屑 $\blacksquare\text{m}^3$ ，各井口具体排放情况见表 6.3-4。根据施工方案，钻屑的平均排放速率不会超过 $25\text{m}^3/\text{d}$ 。钻屑密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ ，钻屑排放源强为 $0.75\text{kg}/\text{s}$ 。

表 6.3-4 钻屑排放情况

井号	钻屑产生量 (m^3)	钻井时间 (d)	钻屑平均排放速率 (m^3/d)
A1H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A2H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A3H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A4H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A5H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A6H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A7H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A8H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A9H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A10H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A11H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A12H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
A13H	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
P1	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare
合计	\blacksquare	\blacksquare	\blacksquare

(2) 预测方式

由于钻屑排放时间较长，海水中钻屑沉降已趋于平衡，因此本报告在计算时每口井排放时长按 15d 计，P1 井口排放钻屑时长为 7 天，与之进行类比。

(3) 浓度增量预测结果

根据计算，钻屑排放对海洋环境的影响主要在第一层，第二层及以下无超海水水质标准水域。计算结果见表 6.3-5、表 6.3-6，钻屑浓度增量包络见图 6.3-2。

由计算结果可知，钻屑排放造成的第一层悬浮物超一（二）类海水水质标准的包络面积均为 0.049km²，无超三类、超四类海水水质标准海域。超一（二）类海水水质标准的范围距平台最大距离为 0.27km，停止排放后 3h 整个海域可恢复到一类水质。钻屑覆盖厚度不小于 2cm 的区域面积约为 0.003km²。

表 6.3-5 平台钻屑排放预测结果（单口井，面积 km²）

层次	超一（二） 类面积	超三类 面积	超四类 面积	超一（二）类距平 台最大距离（km）
第一层（海面~20m）	0.049	0	0	0.27
第二层至海底	0	0	0	

表 6.3-6 钻屑不同超标倍数 Bi 总包络面积（单口井，km²）

超标倍数	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi>9
第一层（海面~20m）	0.029	0.017	0.003	0
第二层至海底	0	0	0	0

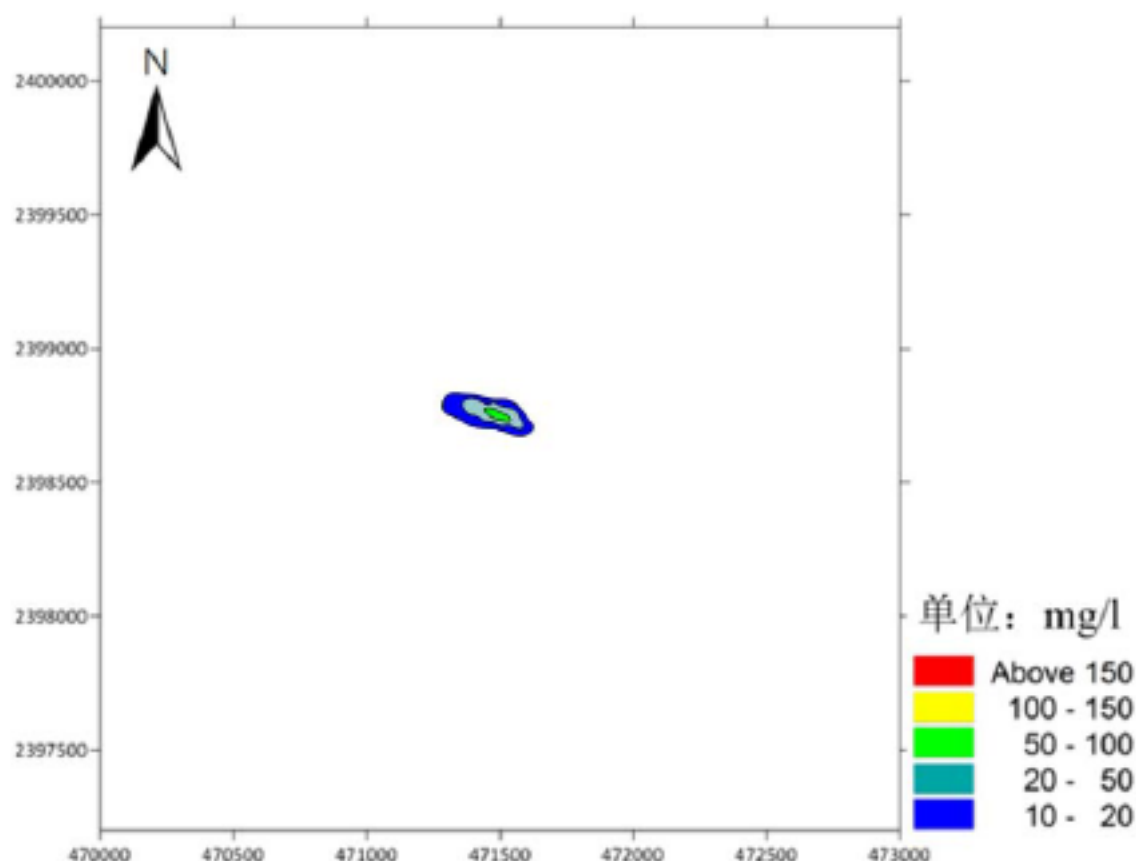


图 6.3-2 钻屑浓度增量包络线（单口井，第一层）

6.3.2 运营期含油生产水影响预测

6.3.2.1 输运方程

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：

$$\frac{\partial(HS)}{\partial t} + \frac{\partial(HuS)}{\partial x} + \frac{\partial(HvS)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(HD_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(HD_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + HS_A$$

式中左端第二、三项是物质平流项；右端前两项表示湍流形成的弥散项；S 为 COD 浓度； D_x 、 D_y 为分散系数； S_A 为 COD 排放速率； $H=h+\zeta$ 为从自由海面到计算深度的距离； u 、 v 是 x 、 y 方向上的流速。

边界条件：

在岸边界上，物流不能穿越边界，即 $\frac{\partial \bar{S}}{\partial n} = 0$ ；（ n 为陆边界的法线方向）；

在水边界，在开边界上，流出时： $\frac{\partial S}{\partial t} + \bar{V}_n \frac{\partial S}{\partial n} = 0$ ；

流入时： $S=0$ ；

初始条件: $S(x,y,t=0) = 0$

6.3.2.2 预测源强

本工程运营期 WHP 井口平台和 FPSO 均对含油生产水进行处理, 处理达标合格后排放入海。根据工程分析, 运营期 WHP 平台生产水实际日最大处理量 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$, 处理达标后的生产水排放位置为水下 12 米排放; FPSO 生产水实际日最大处理量 $\blacksquare \text{ m}^3/\text{d}$, 处理达标后的生产水为表层排放, 处理后的生产水最大含油量为 45 mg/L 。因此, 石油类预测源强分别为 11.35 g/s 、 2.12 g/s 。

6.3.2.3 预测结果

根据现状调查资料, 选取 2019 年 4 月与 2019 年 9 月石油类浓度平均值 0.011 mg/L 作为背景值。将石油类预测结果与石油类背景值进行叠加, 统计超海水水质标准的面积, 见表 6.3-7~6.3-8。WHP 平台含油生产水排放的石油类超标范围见图 6.3-3。由于 FPSO 与 WHP 平台相距较近, 水动力条件一致, 石油类浓度扩散趋势一致, 因此 FPSO 排放含油生产水的石油类扩散图省略。

由计算看出, WHP 平台排放含油生产水对海水水质环境的影响主要在第一层, 其余层无超海水水质标准区域。石油类超一(二)类海水水质标准的面积约为 0.539 km^2 , 超三类海水水质标准的面积约为 0.018 km^2 , 超四类海水水质标准的面积约为 0.009 km^2 , 超一类最远扩散距离约为 0.80 km 。

FPSO 排放含油生产水对海水水质环境的影响主要在第一层, 其余层无超海水水质标准区域。石油类超一(二)类海水水质标准的面积约为 0.099 km^2 , 超三类海水水质标准的面积约为 0.004 km^2 , 超四类海水水质标准的面积约为 0.002 km^2 , 超一类最远扩散距离约为 0.30 km 。

表 6.3-7 含油生产水排放石油类浓度预测结果

设施分层	超一(二)类 包络面积 (km^2)	超三类包络面 积 (km^2)	超四类包络面 积 (km^2)	超一类最大距 离 (km)
WHP 平台(第一层)	0.539	0.018	0.009	0.80
WHP 平台(第二层至海底)	0	0	0	0
FPSO(第一层)	0.099	0.004	0.002	0.30
FPSO(第二层至海底)	0	0	0	0

表 6.3-8 含油生产水排放石油类不同超标倍数 Bi 总包络面积

浓度区间 (mg/L)	0.05~0.10	0.10~0.25	0.25~0.50	>0.50
WHP 平台 (第一层)	0.432	0.085	0.013	0.009
WHP 平台 (第二层至海底)	0	0	0	0
FPSO (第一层)	0.072	0.022	0.003	0.002
FPSO (第二层至海底)	0	0	0	0

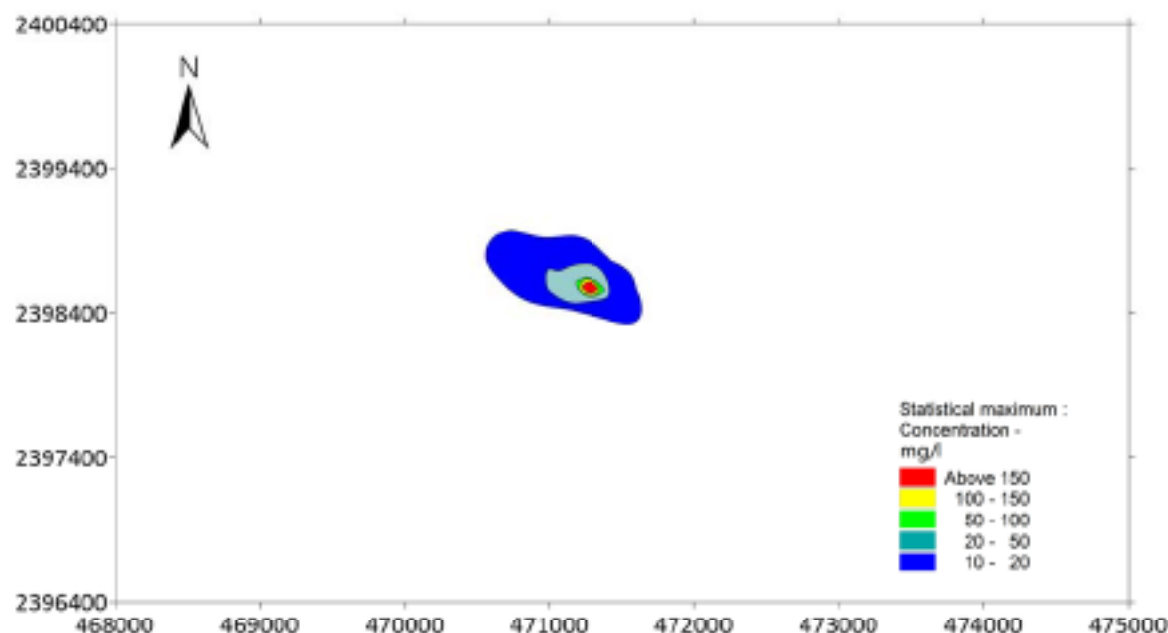


图 6.3-3 WHP 平台含油生产水排放石油类超标范围 (第一层)

6.3.3 运营期生活污水影响预测

6.3.3.1 COD 浓度预测模式

COD 在海流作用下输移扩散, 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, 采用模型与含油生产水相同。

由于污水 COD 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, 对于生活污水二者转换关系为: $COD_{Mn}=1/3COD_{Cr}$ 。

6.3.3.2 预测源强

根据工程分析, WHP 平台生活污水处理装置处理规模为 100 人, FPSO 生活污水处理装置处理规模为 40 人。海上平台每人每天生活污水产生量按 350L 计, 则运营期油田生活污水最大排放量为平台 52.5 m³/d, FPSO 42 m³/d。按 COD 达标排放浓度 500mg/L 计算, 则 COD 生产量为平台 26.25kg/d、FPSO 21.0 kg/d, 均经生活污水处理设备处理达标后排海, 每天排放 2h, COD 排放速率为平台 3.64g/s、FPSO 2.92g/s。选

取排放量较大的平台作为预测对象。

6.3.3.3 COD 浓度预测结果

本报告分别计算涨潮中间时、落潮中间时、高潮时、低潮时四个典型时刻开始排放 COD 的影响范围，统计各网格节点所有时刻的 COD 浓度最大值，根据海水水质标准值绘制等值线，所围成范围即为 COD 超海水水质标准的总包络范围。图 6.3-4 给出了叠加背景值后的生活污水 COD 超标范围最大包络图。

根据计算，由于 COD 排放量不大，运营期生活污水 COD 超标水域影响的距离都在 1 个网格 (30m) 范围内，叠加背景值后超标的海域也在排放点周围 30m 的范围内。运营期生活污水排放造成 COD 超一类水质的最大影响面积小于 0.0004 平方公里。

可见，本项目生活污水 COD 排放对海洋环境的影响不大。

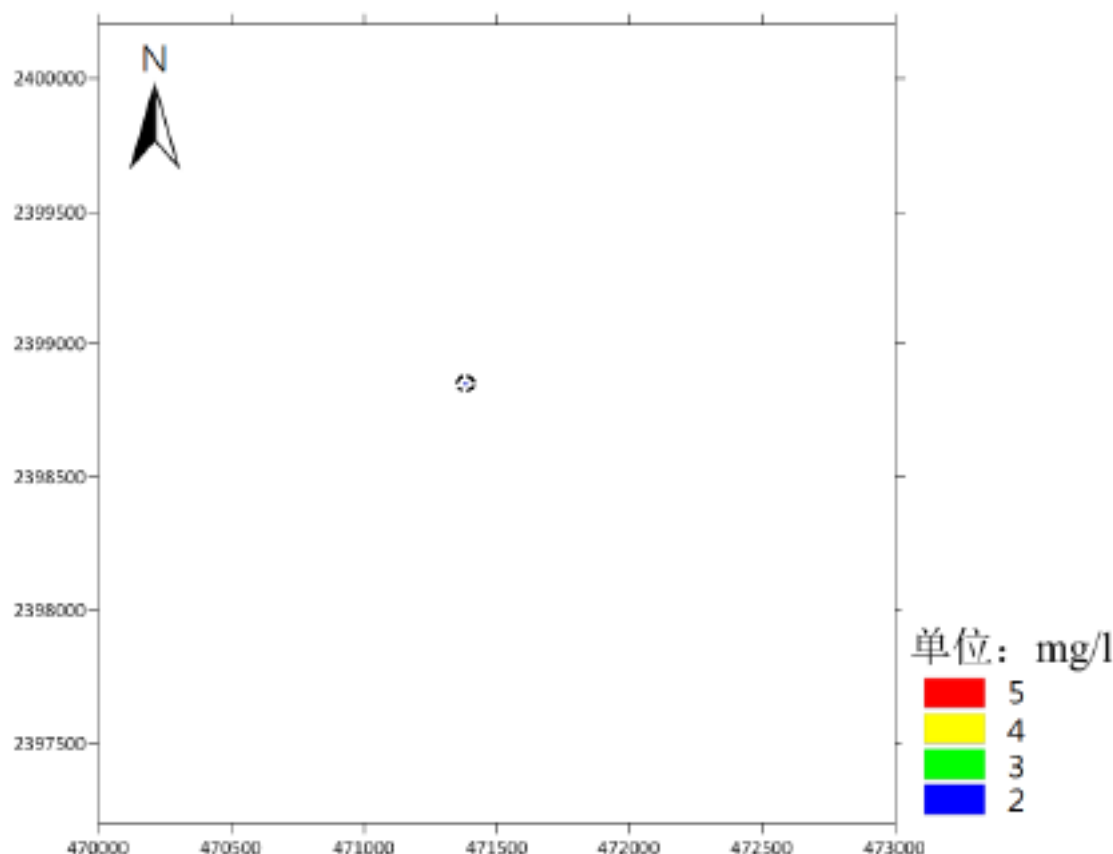


图 6.3-4 COD 超标范围最大包络图

6.3.4 其他污染物对海水水质环境的影响分析

6.3.4.1 施工期其他废水

海上施工期间产生的其他废水主要有机舱含油污水、船上施工人员的生活污水。

施工船舶生活污水经船用生活污水处理装置处理后达到《船舶水污染物排放控制

标准》(GB3552-2018)后排海。根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)对生活污水排放控制要求,施工船舶产生的生活污水在满足“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速率排放”的条件下排放,排放量较小,对海水水质环境影响较小。

施工船舶机舱含油污水执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018),施工船舶产生的机舱含油污水,含油浓度 $\leq 15\text{mg/L}$ 后排放,排放量较小,对海水水质环境影响较小。

6.3.4.2 运营期其他废水

运营期产生的其他废水主要包括平台及FPSO的甲板冲洗水、设备冲洗水、初期雨水及工艺容器排放液,及运营期参加作业的值班船产生的生活污水、少量机舱含油污水。

平台及FPSO上均设置有开式/闭式排放系统,用以收集平台及FPSO的甲板冲洗水、设备冲洗水、初期雨水及工艺容器排放液等。当达到一定的液位时,将其输送到工艺流程进行处理,不排海,因此不会对海水水质环境产生影响。

值班船产生的生活污水、机舱含油污水均按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)管理要求排海,排放量较小,对海水水质环境的影响较小。

6.3.4.3 运营期锌释放对海水水质的影响

本项目平台导管架和海底管道钢制立管段防腐措施为防腐涂层加牺牲阳极防腐。主要采用铝基牺牲阳极,阳极中锌含量约为2.50-5.75%。海底管道挠性管段不设阳极。

导管架和立管对海洋环境的污染主要来自牺牲阳极中的重金属锌溶出,以离子形态释放到海水中。平台、海管设计寿命为25年,锌离子释放是缓慢而漫长的过程,考虑到阳极使用寿命的裕量,锌以离子形态每年释放到海水中的总量很小,影响可能仅集中在阳极块周围,对于广阔的海域来说影响很小。

6.4 沉积物环境影响分析

(1) 平台建设及海底管道对沉积物环境影响分析

本项目平台采用导管架结构,FPSO系泊系统采用锚链结构,海底混输管道和复合电缆不埋设,直接放于海床上。平台桩腿部分由于深插入海中,施工过程中因打桩导致

沉积物环境全部改变；FPSO 系泊系统锚链底座及海底管道占用海床位置的沉积物环境也全部改变，但由于平台桩腿、FPSO 系泊系统锚链底座及海底管道占海面积较小，因此施工期平台对沉积物环境的影响较小。

(2) 钻屑排放对沉积物环境影响分析

钻完井阶段钻屑排放入海后，在海水运动的作用下，会在海底一定的范围内沉积，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海底，所覆盖区域的沉积物类型会有所变化，并可能使沉积物中有机质等污染物的含量稍有升高。由预测结果知，本项目每口井口钻屑排放覆盖 2cm 厚度的区域面积约 0.003km²，仅集中在平台附近，对海洋沉积物环境影响范围不大。

6.5 海洋生态环境影响分析与评价

6.5.1 海洋生态环境的影响分析

6.5.1.1 工程对浮游植物的影响

本项目施工期钻井液和钻屑排放后悬浮于水中，将使海水浑浊度增加，透明度降低，致使光合作用降低，从而影响浮游植物的繁殖生长，基础生产力将受到影响。但由于悬浮物沉降速度快，运移规模也小，悬浮时间较短，因此钻井液与钻屑排放引起的海水透明度影响会很快得到恢复。

石油类污染往往会破坏初级生产者，不同浓度的油对浮游植物将产生不同影响。据 Karydis (1979) 的研究，低浓度的石油类对浮游植物的生长无影响或有促进作用，而高浓度的石油类对藻类产生危害。Patin 研究表明，低浓度的石油类 (0.024mg/L) 可促进浮游植物的光合作用，1.45mg/L 的溶解石油类对其有明显的抑制作用。Mironov 曾作过石油类对几种黑海单细胞藻影响的浓度范围，经过 5 天的实验培养表明，引起多数浮游植物 100% 死亡的浓度范围为 100mg/L~1000mg/L；未产生影响的浓度范围为 0.01mg/L~100mg/L。本项目所排放生产水石油类浓度 ≤45mg/L，根据 Mironov 实验结果，排放的石油类对浮游植物的生长繁殖影响较小。

6.5.1.2 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。钻井液和钻屑排放将增加海水的浑浊度，减少了透光层

的厚度，使生物合成量减少，同时使整个水层的浮游植物的生产力水平下降，对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。但这种影响是短时期的，完成作业之后，通过一系列的稀释、吸附、沉淀或扩散等海洋环境的物理过程，从而恢复浮游生物的正常生存环境。

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。

6.5.1.3 工程对底栖生物资源的影响评价

钻屑入海后，大部分沉积在平台周围沉积，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，使覆盖范围内底栖生物量减少。但在钻井阶段排放的钻屑大部分可能沉积于平台周围 200 m 范围内，因而其对底栖生物造成影响的覆盖范围是有限的，不会对油田开发区周围的整个底栖生态系统稳定性和生物种类多样性造成明显危害。钻屑停止排放后，沉积区的底栖生物资源将会逐渐恢复。

底栖生物生活在海底，一般活动范围较小，根据含油生产水预测结果，由于石油类密度小于海水，石油类主要分布海水表层，表层以下基本无超标现象，因此，含油生产水的排放对底栖生物的影响不明显。

6.5.1.4 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明显的抑制作用，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。

6.5.2 海洋生物资源损失估算

本工程对海洋生物资源的主要影响因素为：平台及 FPSO 系泊系统占用海域、钻井液、钻屑排放产生的悬浮物、运营期排放的含油生产水。

6.5.2.1 生物损失量评估方法

生物量损失计算参照中华人民共和国农业部发布的水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中的有关规定进行。

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

1) 一次性损失计算方法：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾(尾)、个(个)、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(尾/ km^2)、个/平方千米(个/ km^2)、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)；

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) 持续性损失计算方法

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。

3) 底栖生物损失计算方法

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

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中:

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

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

S_i ——第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积, 单位为平方千米 (km^2) 或立方千米 (km^3)。本报告指平台及 FPSO 系泊系统占海面积和钻屑覆盖超 2cm 厚度的面积。

6.5.2.2 生物量损失计算参数

(1) 生物损失率取值

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 6.5-1 污染物对各类生物损失率

污染物 i 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)		
	鱼卵和仔稚鱼	成体	幼体
$B_i \leq 1$ 倍	5	1	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	10	5	10
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30	10	30

污染物 i 的超标 倍数 (Bi)	各类生物损失率 (%)		
	鱼卵和仔稚鱼	成体	幼体
Bi ≥ 9 倍	50	20	50

(2) 生物量取值

根据现状调查资料选取本次生物损失量计算的参数，具体参数如表 6.5-2 所示。

表 6.5-2 生物量取值

种类	春季密度	秋季密度	计算取值 (平均值)
底栖生物 (g/m ²)			4.75
鱼卵 (粒/m ³)			0.24
仔稚鱼 (尾/m ³)			0.022
幼鱼 (尾/km ²)			8746
头足类幼体 (尾/km ²)			1479
甲壳类幼体 (尾/km ²)			337
鱼类成体 (kg/km ²)			292.36
头足类成体 (kg/km ²)			12.47
甲壳类成体 (kg/km ²)			6.93

6.5.2.3 工程对底栖生物资源的影响评价

工程对底栖生物的影响主要为平台、FPSO 系泊系统、海底管道电缆占用海域和钻屑沉降对底栖生物造成的损失。

平台甲板总体尺寸 68m×35m，占用海域面积按甲板最大投影面积 2380 m² 计算；FPSO 系泊缆共有 3 组，每组三根锚链，锚链底座直径约 5m，占海面积为 176m²；管道电缆海底段长 1900m，外径分别按照 30cm 和 12cm 计，占海面积为 798m²，损失率按 100% 计算。钻屑沉降覆盖 2cm 厚度范围内损失率按照 100% 计算，钻屑排放覆盖 2cm 厚度的总面积约为 0.04km²。具体计算见表 6.5-3。

表 6.5-3 本工程造成的底栖生物的损失量

影响环节	影响面积 (m ²)	密度 (g/m ²)	损失率 (%)	损失量 (t)
占用 海域	平台	4.75	100	
	FPSO 系泊系统			
	管道电缆占海			
钻屑	覆盖 2cm 厚度			
合计				

6.5.2.4 施工阶段钻井液对海洋生物资源的影响评价

根据工程分析，钻井液为一次性排放，排放次数为每次钻井完成后进行一次排

放,排放间隔超过 15d,因此按一次性损失估算钻井液排放对海洋生物资源造成的损失。根据工程分析,一次性排放钻井液 14 次。根据预测结果,钻井液对海水的影响仅在第一层,因此计算时影响面积取第一层超标面积,影响水深取第一层水深(每层水深 20m),具体见表 6.5-4~表 6.5-5。

表 6.5-4 钻井液扩散造成海洋生物资源总损失量估算(粒或 kg)

生物资源	影响面积 (km ²)		生物量	损失率 (%)	损失量	排放次数	合计
鱼卵 (×10 ⁶ 粒)	10-20mg/L	0.58	0.24 粒/m ³	5	0.139	14	
	20-50mg/L	0.33		10	0.158		
	50-100mg/L	0.06		30	0.086		
	≥100mg/L	0.02		50	0.048		
仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)	10-20mg/L	0.58	0.02 尾/m ³	5	0.012	14	
	20-50mg/L	0.33		10	0.013		
	50-100mg/L	0.06		30	0.007		
	≥100mg/L	0.02		50	0.004		
幼鱼 (尾)	10-20mg/L	0.58	8746 尾/km ²	5	254	14	
	20-50mg/L	0.33		10	289		
	50-100mg/L	0.06		30	157		
	≥100mg/L	0.02		50	87		
头足类幼 体(尾)	10-20mg/L	0.58	1479 尾/km ²	5	43	14	
	20-50mg/L	0.33		10	49		
	50-100mg/L	0.06		30	27		
	≥100mg/L	0.02		50	15		
甲壳类幼 体(尾)	10-20mg/L	0.58	337 尾/km ²	5	10	14	
	20-50mg/L	0.33		10	11		
	50-100mg/L	0.06		30	6		
	≥100mg/L	0.02		50	3		
鱼类成体 (kg)	10-20mg/L	0.58	292.36kg/km ²	1	1.70	14	
	20-50mg/L	0.33		5	4.82		
	50-100mg/L	0.06		10	1.75		
	≥100mg/L	0.02		20	1.17		
头足类成 体(kg)	10-20mg/L	0.58	12.47kg/km ²	1	0.07	14	
	20-50mg/L	0.33		5	0.21		
	50-100mg/L	0.06		10	0.07		
	≥100mg/L	0.02		20	0.05		
甲壳类成 体(kg)	10-20mg/L	0.58	6.93kg/km ²	1	0.04	14	
	20-50mg/L	0.33		5	0.11		
	50-100mg/L	0.06		10	0.04		
	≥100mg/L	0.02		20	0.03		

表 6.5-5 钻井液排放对海洋生物总损失量的估算

生物名称	钻井液排放造成的损失量
鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)	■
仔稚鱼 ($\times 10^6$ 尾)	■
幼鱼 (尾)	■
头足类幼体 (尾)	■
甲壳类幼体 (尾)	■
鱼类成体 (kg)	■
头足类成体 (kg)	■
甲壳类成体 (kg)	■

6.5.2.5 施工阶段钻屑对海洋生物资源的影响评价

根据预测结果, 钻屑对海水的影响仅在第一层, 因此计算时取第一层水深 20m (每层水深 20m), 14 口井排放钻屑, 其中 13 口生产井每口井钻屑排放时长均为 2 个周期, 领眼井钻屑排放时长为 1 个周期, 估算钻屑排放对海洋生物资源造成的损失量见表 6.5-6~表 6.5-7。

表 6.5-6 钻屑扩散造成海洋生物资源总损失量估算 (粒或 kg)

生物资源	影响面积 (km^2)		生物量	损失率 (%)	损失量	14 口井合计
鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)	10-20mg/L	0.029	0.24 粒/ m^3	5	0.007	■
	20-50mg/L	0.017		10	0.008	
	50-100mg/L	0.003		30	0.004	
	$\geq 100\text{mg/L}$	0		50	0.000	
仔稚鱼 ($\times 10^6$ 尾)	10-20mg/L	0.029	0.02 尾/ m^3	5	0.001	■
	20-50mg/L	0.017		10	0.001	
	50-100mg/L	0.003		30	0.000	
	$\geq 100\text{mg/L}$	0		50	0.000	
幼鱼 (尾)	10-20mg/L	0.029	8746 尾/ km^2	5	12.68	■
	20-50mg/L	0.017		10	14.87	
	50-100mg/L	0.003		30	7.87	
	$\geq 100\text{mg/L}$	0		50	0.00	
头足类幼体 (尾)	10-20mg/L	0.029	1479 尾/ km^2	5	2.14	■
	20-50mg/L	0.017		10	2.51	
	50-100mg/L	0.003		30	1.33	
	$\geq 100\text{mg/L}$	0		50	0.00	
甲壳类幼体 (尾)	10-20mg/L	0.029	337 尾/ km^2	5	0.49	■
	20-50mg/L	0.017		10	0.57	
	50-100mg/L	0.003		30	0.30	
	$\geq 100\text{mg/L}$	0		50	0.00	
鱼类成体 (kg)	10-20mg/L	0.029	292.36kg/ km^2	1	0.08	■
	20-50mg/L	0.017		5	0.25	

生物资源	影响面积 (km ²)		生物量	损失率 (%)	损失量	14 口井合计
	50-100mg/L	0.003		10	0.09	
	≥100mg/L	0		20	0.00	
头足类成体 (kg)	10-20mg/L	0.029	12.47kg/km ²	1	0.00	
	20-50mg/L	0.017		5	0.01	
	50-100mg/L	0.003		10	0.00	
	≥100mg/L	0		20	0.00	
甲壳类成体 (kg)	10-20mg/L	0.029	6.93kg/km ²	1	0.00	
	20-50mg/L	0.017		5	0.01	
	50-100mg/L	0.003		10	0.00	
	≥100mg/L	0		20	0.00	

表 6.5-7 钻屑排放对海洋生物总损失量的估算

生物名称	钻屑排放造成的损失量
鱼卵 (×10 ⁶ 粒)	
仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)	
幼鱼 (尾)	
头足类幼体 (尾)	
甲壳类幼体 (尾)	
鱼类成体 (kg)	
头足类成体 (kg)	
甲壳类成体 (kg)	

6.5.3.6 运营期含油生产水对海洋生物资源的影响评价

根据预测结果, WHP 平台和 FPSO 排放含油生产水对海水水质环境的影响仅在第一层, 即垂向影响范围为 20m, 因此计算时取超标面积, 水深取 20m。含油生产水每天连续排放, 按持续性损失计算, 全年总持续周期取 24, 估算含油生产水对海洋生物资源造成的损失, 总损失量见表 6.5-8~表 6.5-9。

表 6.5-8 含油生产水造成海洋生物资源总损失量估算 (粒或 kg)

生物资源	影响面积 (km ²)		生物量	损失率 (%)	损失量	持续周期	合计
鱼卵 (×10 ⁶ 粒)	10-20mg/L	0.504	0.24 粒/m ³	5	0.154	24	
	20-50mg/L	0.107		10	0.064		
	50-100mg/L	0.016		30	0.037		
	≥100mg/L	0.011		50	0.035		
仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)	10-20mg/L	0.504	0.02 尾/m ³	5	0.090	24	
	20-50mg/L	0.107		10	0.037		
	50-100mg/L	0.016		30	0.022		
	≥100mg/L	0.011		50	0.020		




生物资源	影响面积 (km ²)		生物量	损失率 (%)	损失量	持续周期	合计
幼鱼 (尾)	10-20mg/L	0.504	8746 尾/km ²	5	281	24	
	20-50mg/L	0.107		10	116		
	50-100mg/L	0.016		30	67		
	≥100mg/L	0.011		50	63		
头足类幼体 (尾)	10-20mg/L	0.504	1479 尾/km ²	5	48	24	
	20-50mg/L	0.107		10	20		
	50-100mg/L	0.016		30	11		
	≥100mg/L	0.011		50	11		
甲壳类幼体 (尾)	10-20mg/L	0.504	337 尾/km ²	5	11	24	
	20-50mg/L	0.107		10	4		
	50-100mg/L	0.016		30	3		
	≥100mg/L	0.011		50	2		
鱼类成体 (kg)	10-20mg/L	0.504	292.36kg/km ²	1	1.88	24	
	20-50mg/L	0.107		5	1.94		
	50-100mg/L	0.016		10	0.75		
	≥100mg/L	0.011		20	0.84		
头足类成体 (kg)	10-20mg/L	0.504	12.47kg/km ²	1	0.08	24	
	20-50mg/L	0.107		5	0.08		
	50-100mg/L	0.016		10	0.03		
	≥100mg/L	0.011		20	0.04		
甲壳类成体 (kg)	10-20mg/L	0.504	6.93kg/km ²	1	0.04	24	
	20-50mg/L	0.107		5	0.05		
	50-100mg/L	0.016		10	0.02		
	≥100mg/L	0.011		20	0.02		

表 6.5-9 含油生产水排放对海洋生物总损失量的估算

生物名称	生产水排放造成的损失量
鱼卵 (×10 ⁶ 粒)	
仔稚鱼 (×10 ⁶ 尾)	
幼鱼 (尾)	
头足类幼体 (尾)	
甲壳类幼体 (尾)	
鱼类成体 (kg)	
头足类成体 (kg)	
甲壳类成体 (kg)	

6.5.3.7 生物损失量小结

本项目建设及运营造成的海洋生物资源损失量汇总见表 6.5-10。

其中, 底栖生物损失量为 , 鱼卵损失量为  × 10⁶ 粒、仔稚鱼  × 10⁶ 尾、

幼鱼 尾、头足类幼体 尾、甲壳类幼体 尾、鱼类成体 kg、头足类成体 kg、甲壳类成体 kg。

表 6.5-10 海洋生物损失量汇总

生物名称	占用海域	钻井液排放损失	钻屑排放损失	含油生产水排放损失	合计
底栖生物 (t)					
鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)					
仔稚鱼 ($\times 10^6$ 尾)					
幼鱼 (尾)					
头足类幼体 (尾)					
甲壳类幼体 (尾)					
鱼类成体 (kg)					
头足类成体 (kg)					
甲壳类成体 (kg)					

6.6 主要环境敏感目标影响分析

6.6.1 对保护区、海洋生态红线的影响分析

陆丰 12-3 油田距离陆地较远,环境影响评价范围内没有自然保护区、海洋保护区、水产种质资源保护区分布。距离最近的保护区为东沙群岛珊瑚礁和海鸟自然保护区,位于油田正南约 95km; 其余保护区均在 100km 以上。

本项目位于广东省海洋生态红线区之外,距离最近的海洋生态红线区为东沙群岛特别保护海岛限制类红线区,距离约 95km,距离其他海洋生态红线区均在 115km 以上。油田的建设和运行对其无影响。

6.6.2 对渔业三场一通道的影响分析

陆丰 12-3 油田位于深水金线鱼产卵场内,距离最近的“渔业三场一通道”为鲐鱼粤东外海产卵场约 5km,距离蓝圆鲹粤东近海产卵场约 33km。其余渔业三场一通道距离均在 59km 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管道最远距离分别约 1.18km、0.27km 以内,对所在的“三场一通道”深水金线鱼产卵场会产生一定的影响,但施工结束后悬浮物恢复到一类水质的时间约为 7h,悬浮物造成的影响在施工结束后短时间内可以恢复,因此本项目的建设对重要经济生物资源“三场一通道”深水金线鱼产卵场的影响是暂时且可恢复的。

由于深水金线鱼产卵场从海南岛东岸东经 110°30'以东一直延伸至东经 117°00'的

水深 90 米至 200 米范围内，属于南海底层、近底层鱼类产卵场。根据预测结果可知，钻屑钻井液排放主要集中在 0-20 米层，对深水金线鱼的产卵影响较小。

此外，本油田钻完井阶段采用水基钻井液，尽量减少对环境的影响，但排放的钻井液和钻屑中仍含有少量石油类。结合以往工程经验及本油田勘探井钻屑钻井液检测报告（见附件），水基钻井液、钻屑的含油量较低，可以满足 $\leq 8\%$ 的要求，经海区主管部门批准后可以全部原井位直接排海。且钻井结束后不再持续，对“三场一通道”影响较小。

运营期含油生产水产生的石油类超一（二）类海水水质标准的范围最远距离约 0.80km 以内，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（30m）范围内，对深水金线鱼产卵场会产生一定影响，但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。

7 环境风险分析与评价

7.1 风险调查

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）中相关规定，风险源调查主要包括调查建设项目危险物质数量和分布情况、生产工艺特点，收集危险物质安全技术说明书等基础资料。

本项目为海洋石油开发类项目，涉及的危险物质主要为油类（原油、柴油）和天然气。危险物质分布于新建 WHP 平台、海底管道和 FPSO。

表 7.1-1 环境风险源汇总表（平台、FPSO）

风险源	环境风险源名称	危险物质	最高年产量	生产工艺概述	物流走向
井口平台	新建 WHP 平台	原油	[REDACTED] (2024 年)	主工艺流程为原油处理系统	井口物流进入一级分离器进行油、气、水的分离，分离出的含水原油通过海底混输管道去 FPSO 进一步深度处理，气体直接冷排空；生产水进入生产水处理系统处理合格后排海。
浮式生产储油卸油船	新建 FPSO	原油		主工艺流程为原油处理系统	来自井口平台 WHP 的井液通过海底混输管道和单点系泊系统流向 FPSO，进入高压生产分离器，分离的含油生产水通过水力旋流器和气体浮选装置处理达标后直接排海。高压生产分离器产出的原油经加热流入低压分离器和电脱水装置，冷却后进入 FPSO 的储油舱储存。

表 7.1-2 环境风险源汇总表（管道）

风险源	环境风险源名称	危险物质	最大输送量	长度	管径
管道	新建 WHP 平台—FPSO 混输管道	原油	[REDACTED] m ³ /a (2024 年)	2.9 km	10"

7.2 环境风险评价等级判定

7.2.1 建设项目环境风险潜势初判

7.2.1.1 危险物质及工艺系统危险性（P）判定

本次评价的工程内容主要包括：新建一座井口平台（WHP）、1 条海底混输管道

(WHP—FPSO) 和一艘浮式生产储油卸油船 (FPSO)。工程运营生产阶段涉及的主要危险物质是油类 (原油、柴油)。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)，针对油类 (原油、柴油) 进行风险潜势判断以确定评价等级。

(1) 危险物质数量与临界量比值 (Q)

根据混输管道长度、内径、含水率和密度计算本工程评价的 1 条海底混输管道的最大在线量为 129.76t (具体计算过程见下表)。混输管道全长约 2.9km，起点为 WHP 平台，分为 3 段，其中 WHP 平台侧立管长约 240m；平台底部至 FPSO 立管基座段为海底部分静态挠性管，长约 1700m；FPSO 立管基座到 FPSO 段为动态挠性管，长约 990m。

表 7.2-1 混输管道在线量

序号	混输管线名称	管线长度 (m)	管道内径 (mm)	容积 (m ³)	含水率 (%)	密度 (kg/m ³)	在线量 (t)
1	WHP - FPSO	1700			0.2%	882.7	
2	WHP 平台端立管	240			0.2%	882.7	
3	FPSO 端动态立管	990			0.2%	882.7	
合计							

注：含水率为 0.2%~90%，保守取最小值 0.2%。

除此之外，本工程 WHP 平台设有 140m³ 柴油储罐一座、30m³ 柴油储罐两座，密度为 870kg/m³，共 t。FPSO 设置 10 个大小相等的储油舱可用于储存产液，总容积为 m³，密度为 882.7 kg/m³，共 t。

根据建设单位提供资料，新建 WHP 平台和 FPSO 的原油在线量为 m³，密度为 882.7 kg/m³，共 t；天然气在线量为 Sm³，密度为 0.7174 kg/m³，共 t。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)，油类物质 (矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等) 临界量：2500t，甲烷临界量：10t。则 Q：

[REDACTED]

(2) 行业及生产工艺 (M)

分析项目所属行业及生产工艺特点，按照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018) 表 C.1 评估生产工艺情况。具有多套工艺单元的项目，对每套生产工艺分别评分并求和。将 M 划分为 (1) M>20；(2) 10<M≤20；(3) 5<M≤10；(4) M=5，分别以 M1、M2、M3 和 M4 表示。本项目为石油天然气行业，M=10，为 M3。

(3) 危险物质及工艺系统危险性 (P) 分级

根据危险物质数量与临界量比值 (Q) 和行业及生产工艺 (M), 按照表 7.2-2 确定危险物质及工艺系统危险性等级 (P), 分别以 P1、P2、P3、P4 表示。本项目危险物质及工艺系统危险性等级 (P) 为 P3。

表 7.2-2 危险物质及工艺系统危险性等级判断 (P)

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

7.2.1.2 环境敏感程度 (E) 判定

分析危险物质在事故情形下的环境影响途径, 本项目位于南海北部海域, 原油和柴油在事故情况下可能对海水水质造成影响, 因此分析对地表水环境的影响。

依据事故情况下危险物质泄漏到水体的排放点受纳地表水体功能敏感性, 与下游环境敏感目标情况, 共分为三种类型, E1 为环境高度敏感区, E2 为环境中度敏感区, E3 为环境低度敏感区, 分级原则见表 7.2-3。其中地表水功能敏感性分区和环境敏感目标分级分别见表 7.2-4 和表 7.2-5。根据现状调查, 本项目海域海水水质符合第一类海水水质标准, 地表水环境敏感性为敏感 F1; 项目位于深水金线鱼产卵场, 环境敏感目标分级为 S1。因此, 本项目地表水环境敏感性为 E1。

表 7.2-3 地表水环境敏感程度分级

环境敏感目标	地表水环境敏感性		
	F1	F2	F3
S1	E1	E1	E2
S2	E1	E2	E3
S3	E1	E2	E3

表 7.2-4 地表水环境敏感性分区

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

表 7.2-5 环境敏感目标分级

分级	环境敏感目标
S1	发生事故时，危险物质泄漏到内陆水体的排放点下游（顺水流向）10km 范围内、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内，有如下一类或多类环境风险受体：集中式地表水饮用水水源保护区（包括一级保护区、二级保护区及准保护区）；农村及分散式饮用水水源保护区；自然保护区；重要湿地；珍稀濒危野生动植物天然集中分布区；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道；世界文化和自然遗产地；红树林、珊瑚礁等滨海湿地生态系统；珍稀、濒危海洋生物的天然集中分布区；海洋特别保护区；海上自然保护区；盐场保护区；海水浴场；海洋自然历史遗迹；风景名胜；或其他特殊重要保护区域
S2	发生事故时，危险物质泄漏到内陆水体的排放点下游（顺水流向）10km 范围内、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内，有如下一类或多类环境风险受体的：水产养殖区；天然渔场；森林公园；地质公园；海滨风景游览区；具有重要经济价值的海洋生物生存区域
S3	排放点下游（顺水流向）10km 范围、近岸海域一个潮周期水质点可能达到的最大水平距离的两倍范围内无上述类型 1 和类型 2 包括的敏感保护目标

7.2.1.3 风险潜势判定

建设项目环境风险潜势划分为I、II、III、IV/IV⁺级。

根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性及其所在地的环境敏感程度，结合事故情形下环境影响途径，对建设项目潜在环境危害程度进行概括分析，按照表 7.2-6 确定环境风险潜势。本项目的风险潜势为III级。

表 7.2-6 建设项目环境风险潜势划分

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

注：IV⁺为极高环境风险

7.2.2 评价工作等级

环境风险评价工作等级划分为一级、二级、三级。根据建设项目涉及的物质及工艺系统危险性和所在地的环境敏感性确定风险潜势，判定本项目风险评价等级为二级。

表 7.2-7 评价工作等级划分

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

* 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。

7.3 风险识别

7.3.1 物质危险性识别

本项目生产过程中所涉及的危险物质主要为原油、柴油和天然气，其理化性质及危险特性见下表。

表 7.3-1 原油理化及危险性质

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：879 kg/m ³		50℃密度：821 kg/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	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 7.3-2 天然气理化及危险性质

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

表 7.3-3 柴油理化及危险性质

标识	中文名：柴油	英文名：Diesel Oil
理化	外观与性状：稍有粘性的棕色液体	溶解性：不溶于水

特性	熔点 (°C): -18	沸点 (°C): 282-338
	相对密度: (水=1) 0.87-0.9	
危险特性	燃烧性: 易燃	闪点 (°C): 38
	引燃温度 (°C): 257	
	燃烧 (分解) 产物: CO、CO ₂	
	危险特性: 遇明火、高热或与氧化剂接触, 有引起燃烧爆炸的危险。若遇高热, 容器内压增大, 有开裂和爆炸的危险。	
	灭火方法: 消防人员须佩戴防毒面具、穿全身消防服, 在上风向灭火。尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却, 直至灭火结束。	
健康危害	灭火剂: 雾状水、泡沫、干粉、二氧化碳、砂土。	
	侵入途径: 吸入	
急救	健康危害: 皮肤接触可为主要吸收途径, 可致急性肾脏损害。柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮。吸入其雾滴或液体呛入可引起吸入性肺炎。柴油废气可引起眼、鼻刺激症状, 头晕及头痛。	
	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。	

7.3.2 生产系统风险识别

针对本项目在建设阶段和生产阶段工艺风险进行分析, 包括: 钻完井工艺、原油处理工艺、天然气处理工艺和海底管道储运工艺, 如下表所示。

表 7.3-4 生产工艺风险识别

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

7.3.3 危险物质向环境转移的途径识别

危险物质包括油类 (原油、柴油) 和天然气, 向环境转移的途径主要通过水体污染 (海水污染), 环境风险类型为危险物质泄漏, 具体分析见下表。

表 7.3-5 危险物质向环境转移的途径识别

危险物质	危险物质特性	环境风险类型	危险物质影响环境的途径和影响方式
油类 (原油、柴油)	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体 (海水)
天然气	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	大气

7.4 风险事故情形分析

7.4.1 风险事故情形设定

本项目在施工期、运营期可能存在的主要环境风险为油气泄漏事故，其中施工期环境风险事故包括井喷、输油软管破裂和船舶碰撞；运营期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、地质性溢油、船舶碰撞、输油软管破裂、FPSO 破舱溢油、FPSO 移位造成管道泄漏和直升机坠落。具体情形分析见下表。

表 7.4-1 环境风险事故情形分析

阶段	油气泄漏事故原因	油气泄漏事故情形分析
施工期	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。
	输油软管破裂	钻完井阶段，在支持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。
	船舶碰撞	主要有支持船等进行人员、物资的运送、供给和穿梭守护，船舶和周围设施之间可能产生碰撞，从而可能导致支持船储油舱发生泄漏。
运营期	井喷	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，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。
	平台泄漏	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。 此外，根据近年来海上发生的事故情况，在紧急泄放情况下，尤其是当泄放量较大时，从泄放系统释放的气体会带出少量原油，或由于火炬燃烧不充分，排出的气体瞬时带出少量未燃烧的原油，导致少量原油入海。
	平台火灾、爆炸	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。
	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。
	FPSO 破舱溢油	极端恶劣海况导致系泊系统断开，FPSO 的倾覆、断裂或沉没，穿梭油轮或守护船与 FPSO 相撞等。

阶段	油气泄漏 事故原因	油气泄漏事故情形分析
	FPSO 移位 造成管道 泄漏	恶劣天气情况下，主要是台风，FPSO 移位造成管道泄漏等管道溢油事故。
	输油软管 破裂	FPSO 外输软管老化破裂或操作失误可能造成原油落海事故。油田有严格的操作规定，输油软管会定期更换，同时输油软管较短，内部存油量很小，受油作业时船舶与受油设施均有人值班监视，一旦发生事故立即关系停输，因此不会造成大规模泄漏。
	船舶碰撞 和直升机 坠落	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、人员误操作等造成坠落，从而导致油品泄漏。

7.4.2 风险事故概率分析

由于海上油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，本节事故概率分析主要参考国际油气生产商协会（OGP）编制的《风险评估数据指南》（2010 年 3 月版）。

《风险评估数据指南》（2010）归纳整理了挪威科学工业研究基金会（SINTEF）、挪威船级社（Det Norske Veritas）等机构统计的海油工程事故数据。主要数据涵盖了英国大陆架、北海、墨西哥湾等海域石油开采工程中的井涌、井喷、储罐泄漏、海底管道与立管泄漏、船舶碰撞等事故概率。本节借助于《风险评估数据指南》中的数据，结合本油田工程特点对开发生产过程中可能导致较严重溢油的事故可能性进行定量定性分析。

（1）井涌或井喷

《风险评估数据指南》统计了 1980~2005 年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，其中常规油井发生井涌和井喷的概率见表 7.4-2。

表 7.4-2 常规油井井涌和井喷事故概率

井别	事故频率		
	井涌	井喷	单位
生产井	2.9×10^{-6}	2.6×10^{-6}	次/（井·a）
注水井	-	2.4×10^{-6}	次/（井·a）

根据工程方案，本工程的生产井数为 13 口。根据表估算，生产井发生井涌的概率为 3.77×10^{-5} 次/a，井喷的概率为 3.38×10^{-5} 次/a。

（2）平台火灾

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

井口区, 约为 1.0×10^{-3} 次/年

油气处理区, 约为 4.0×10^{-3} 次/年

储油区, 约为 2.0×10^{-3} 次/年

油气输送区, 约为 3.0×10^{-4} 次/年

分离器区, 约为 4.0×10^{-4} 次/年

本工程包括 1 个井口区, 由此估算运营期间, 火灾事故发生频率为 1.0×10^{-3} 次/年; 油气输送区火灾事故发生的频率为 3.0×10^{-4} 次/年; 其中, WHP 平台和 FPSO 上分别设有油气处理区, 因此油气处理区发生火灾事故的频率为 8.0×10^{-3} 次/年; 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, 因此, 井口区泄漏溢油事故概率不高于 1.0×10^{-4} 次/a, 油气输送区泄漏溢油事故概率不高于 3.0×10^{-5} 次/a, 油气处理区泄漏溢油事故概率不高于 8.0×10^{-4} 次/a, 合计 9.3×10^{-4} 次/a。

(3) 平台柴油储罐溢油事故

参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018) 中附录 E 提供的泄漏频率推荐值, 详见表 7.4-3。

表 7.4-3 泄漏概率表

部件类型	泄漏模式	泄漏概率
反应器/工艺储罐/气体储罐/塔器	泄漏孔径 10mm	$1.00 \times 10^{-4}/a$
	10min 内储罐泄漏完	$5.00 \times 10^{-6}/a$
	储罐全破裂	$5.00 \times 10^{-6}/a$
常压单包容储罐	泄漏孔径 10mm	$1.00 \times 10^{-4}/a$
	10min 内储罐泄漏完	$5.00 \times 10^{-6}/a$
	储罐全破裂	$5.00 \times 10^{-6}/a$
常压双包容储罐	泄漏孔径 10mm	$1.00 \times 10^{-4}/a$
	10min 内储罐泄漏完	$1.25 \times 10^{-5}/a$
	储罐全破裂	$1.25 \times 10^{-5}/a$
常压全包容储罐	储罐全破裂	$1.00 \times 10^{-5}/a$

由表可知, 柴油储罐属于常压单包容储罐, 按储罐全破裂考虑, 概率为 $5.00 \times 10^{-6}/a$ 。日常加强罐体检测, 防止老化损坏等, 防止泄露事故发生, 且 $140m^3$ 柴油储罐外面设置围堰, 加上开排系统, 溢油能及时收集避免入海。另外两个储罐均为 $30m^3$, 如发生破裂, 溢油能及时收集, 还可通过开排系统收集后进入原油处理系统, 避免入海。

(4) 海底管道/立管油气泄漏事故

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

根据莫特麦克唐 (Mott McDonald) 公司 2003 年出版的《PARLOC 2001: The update of Loss of containment Date for Offshore Pipeline》，统计了相关海域 1567 条海管，共 24837km，328858km·a。同时，挪威船级社 (Det Norske Veritas, DNV) 的《Riser/Pipeline Leak Frequencies, 2006》对 PARLOC2001 报告进行了修正。具体见表 7.4-4。

表 7.4-4 不同管径的管道在不同位置的事故率统计

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

本项目 1 条海底混输管道海底段总长约 1.7km，管径为 10 英寸，该管线发生事故的的概率为 1.0×10^{-4} 次/a。WHP 平台端立管管径为 10 英寸，该立管发生事故的的概率为 9.1×10^{-4} 次/a。FPSO 端立管管径为 10 英寸软管，该立管发生事故的的概率为 6.0×10^{-3} 次/a。因此，本工程海管发生泄漏事故的的概率为 7.0×10^{-3} 次/a。

(5) 输油软管破裂

钻完井阶段支持船向受油设施输油时输油软管破裂、运营期 FPSO 外输软管老化破裂可能造成油类泄漏，泄漏概率参考《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，全管径泄漏为 4.0×10^{-6} /a。

(6) 船舶碰撞泄漏事故

在施工期主要有支持船等进行人员、物资的运送、供给和穿梭守护，船舶和周围设施之间可能产生碰撞，从而可能导致支持船储油舱发生泄漏。

运营期平台附近主要有供应船、值班船、FPSO 等。此外，在该海域航行的外来航船也有可能和油田设施发生碰撞。根据《风险评估数据指南》(2010)，船舶与平台等油田设施发生碰撞的概率见表 7.4-5。

表 7.4-5 船舶碰撞概率

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

本工程中，发生船舶碰撞并造成产生重大损伤的概率为 5.0×10^{-6} 次/a。发生重大损伤不一定会引起溢油事故，因此，船舶碰撞引发溢油事故的概率将更小。

(7) FPSO 破舱溢油

穿梭油轮或守护船与 FPSO 相撞的概率参照船舶碰撞溢油概率, 不大于 5.0×10^{-6} 次/a。投产后的 FPSO 与系泊系统的极端环境设计条件选取 100 年一遇; 且作业者制定了详尽、高效的防台风撤离计划。所以, 由于恶劣海况引起系泊系统断开和 FPSO 倾覆的可能性较小。FPSO 的边舱均为压载水舱, 即使碰撞导致边舱破裂也不会导致油舱原油泄漏。油轮卸油作业在 FPSO 的船尾位置, 因此与船舱碰撞的几率很小。综上, 穿梭油轮或守护船与 FPSO 相撞导致储油舱破裂溢油的概率极小。

7.4.3 溢油事故溢油量估计

① 井喷

本项目与类比对象(墨西哥湾井喷事件)的规模、案例等情况不一致, 井喷溢油量难以估计。

② 船舶碰撞

船舶碰撞主要分析施工期施工船舶, 运营期的供应船、值班船等; 另外, 在该海域航行的外来航船也有可能油田设施发生碰撞, 但该风险事故情景发生的概率很低。施工期的施工船舶主要有驳船、重型驳船、铺管船、支持船等, 在施工过程中均有支持船穿梭守护, 因此, 最有可能发生碰撞溢油的是支持船, 其单舱最大储油量约为 55m^3 (48 t)。

③ 海管/立管破裂

海管原油的最大可能泄漏量, 由两部分组成, 一部分是阀门关闭后至压力平衡前的泄漏量, 根据最不利原则, 按照全管径泄漏进行估算; 另一部分是关闭阀门前的泄漏量, 两项之和即为总泄漏量。

本项目海底管道海底段长度为 1.7km, 管道内径为 254mm, 管线的容积为 96.23m^3 。当海底管道发生泄漏事故时, 在 30s 内将启动自动关断系统, 关断后管道内部分原油会缓慢漏出。

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

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

式中： V_{rel} 为原油泄漏量，bbl（1桶=0.14t）； V_{pipe} 为管段体积，ft³（1ft³=0.0283m³）； f_{rel} 为最大泄漏率，取0.3； $fgOR$ 为压力衰减系数，取0.3； $V_{pre-Hut}$ 为截断阀关闭前泄漏量，bbl。

截断阀关闭前泄漏量（ $V_{pre-Hut}$ ）根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中推荐的液体泄漏速率公式计算：

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

式中： Q_L 为液体泄漏速度，kg/s； C_d 为液体泄漏系数，此值常用0.6~0.64，本项目取0.64； A 为裂口面积，m²，本项目考虑全管径断裂，则WHP—FPSO海底混输管道（内径254mm）裂口面积为0.051m²； ρ 为泄露液体密度，kg/m³；取本油田原油密度882.7kg/m³； P 为容器内介质压力，Pa；管道内物流压力为5.16MPa； P_0 为环境压力，Pa。根据水深（240m）计算管道所处环境压力为2.4MPa； g 为重力加速度，9.81m/s²； h 为裂口之上液位高度，m，取0m。

假定在FPSO端海底段海管与动态挠性管连接处发生溢油，根据上述公式计算本项目截断阀关闭前的液体泄露速度（ Q_L ）为 [] kg/s，关断时间30s，则截断阀关闭前的泄漏溢油量（ $V_{pre-Hut}$ ）为68.57t。因此，管道泄漏量：

$$\begin{aligned} V_{rel} &= 0.1781 \cdot V_{pipe} \cdot f_{rel} \cdot fgOR + V_{pre-Hut} \\ &= 0.1781 \times (96.23 \div 0.0283) \times 0.3 \times 0.3 \times 0.14 + 68.57 = 76 \text{ (t)} \end{aligned}$$

因为WHP-FPSO海底混输管道含水率最小约为0.2%，因此管道海底段原油泄露量约为76t。

FPSO端海底段海管与动态挠性管连接处发生溢油时，FPSO端动态挠性管也会溢油，根据最不利原则，按照动态挠性管中原油全部泄漏考虑，为33.67t。

因此，FPSO端海底段海管与动态挠性管连接处发生溢油，原油泄漏量共109.76t，取整为110t。

④ FPSO 破舱溢油

FPSO设置10个大小相等的储油舱可用于储存产液，总容积为 [] m³，单个储油舱1 [] m³。本项目取FPSO单个原油储油舱 [] m³（ [] t）为FPSO破舱溢油可能最大溢油量。

⑤ 储罐泄漏

本工程WHP平台设有140m³柴油储罐一座、两台吊机基座下分别有30m³柴油储罐各一座。最大柴油储罐全破裂的溢油量为140m³（122t）。

综上，本工程最大可能溢油量见表 7.4-6。

表 7.4-6 本工程最大可能溢油量

事故类型	排放物	溢油量
井喷	井流	难以估计
火灾、爆炸	原油	难以估计
柴油储罐泄漏	柴油	最大柴油储罐全破裂 122 t
船舶碰撞	燃料油	支持船单舱最大储油量 48 t
FPSO 破舱溢油	原油	■
海管/立管破裂	原油	■

7.4.4 环境风险与最大可信事故

本小节将就油田溢油事故中环境风险相对高的船舶碰撞、平台火灾、平台立管/海底管道破裂的环境风险树进行分析，以确定事故情况下的环境风险级别。环境风险级别依次为 A、B、C、D 四级。A 表示对环境影响严重，D 级表示对环境无影响。

(1) 井喷溢油事故

根据井喷事故环境风险树，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。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。

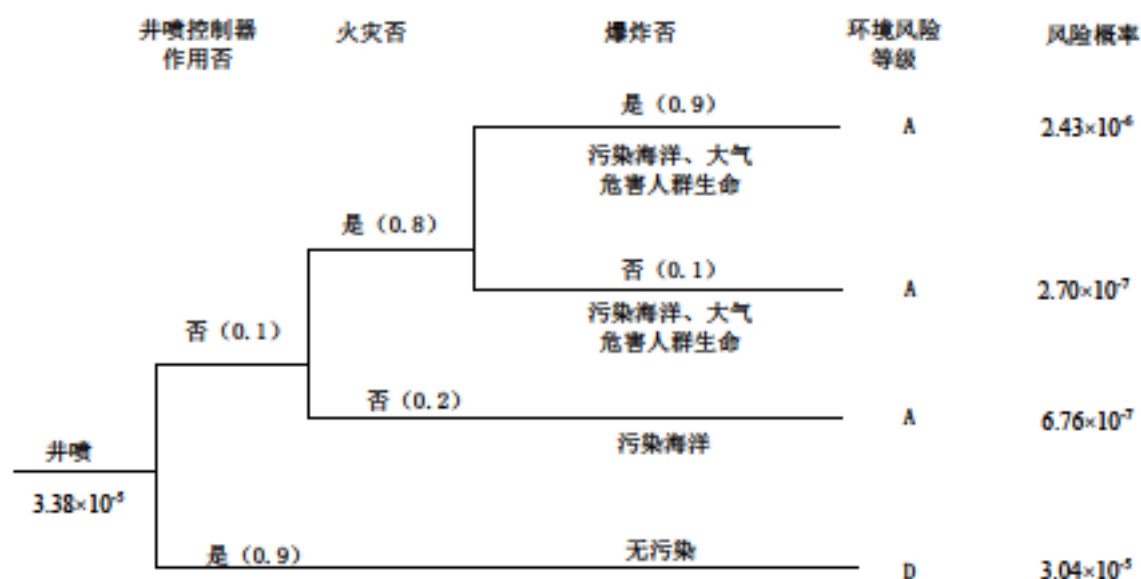


图 7.4-1 井喷溢油环境风险树

(2) 船舶碰撞

船舶碰撞造成溢油对环境影响风险频率和级别可利用以下风险树分析。由图可知，船舶相撞 60% 情况下溢油事故将得到控制，故不会对海洋造成大面积污染（D 级）。但仍有 40% 得不到控制，其中若不采用围油栏、撇油器和消油剂，则很可能对海洋造成严重或较严重的污染（A~B 级）。

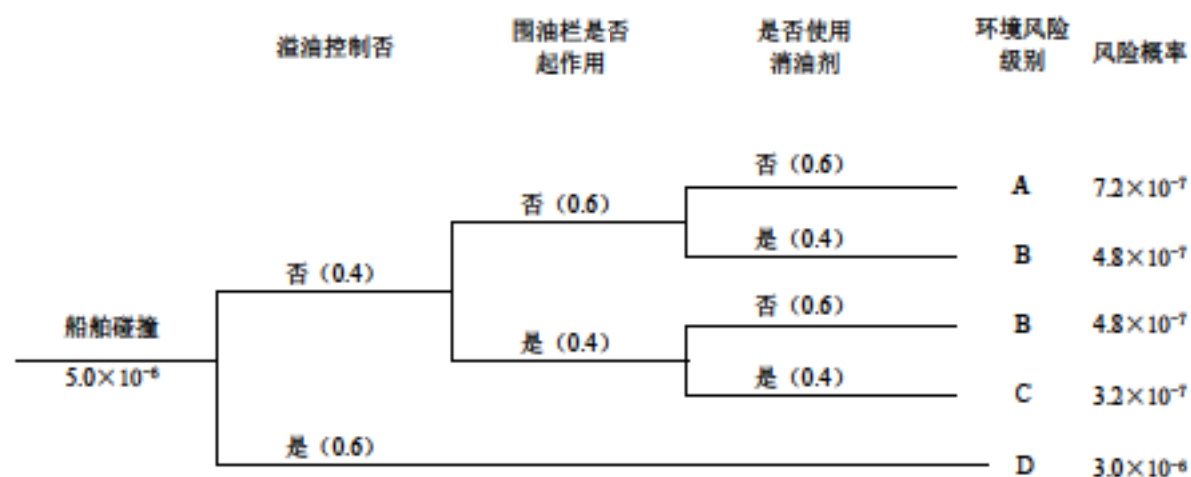


图 7.4-2 船舶碰撞溢油环境风险树

(3) 平台火灾

从平台火灾事故风险树可以看出，只要井口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。

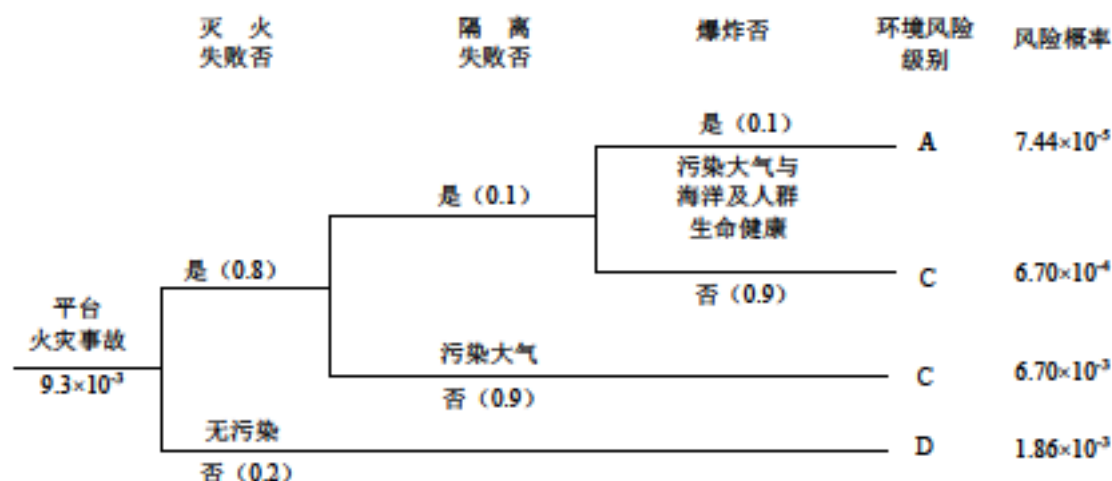


图 7.4-3 平台火灾事故环境风险树

(4) 海底管线/立管溢油事故

海底管线/立管溢油对环境影响风险频率和级别可利用以下风险树分析。海底管线/立管溢油的泄漏主要为原油。由于其泄漏源在水下，则一般情况下不会出现火灾和爆

炸事故。泄漏到海面上的油一般不会被引燃，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，则会出现 A 级环境风险。

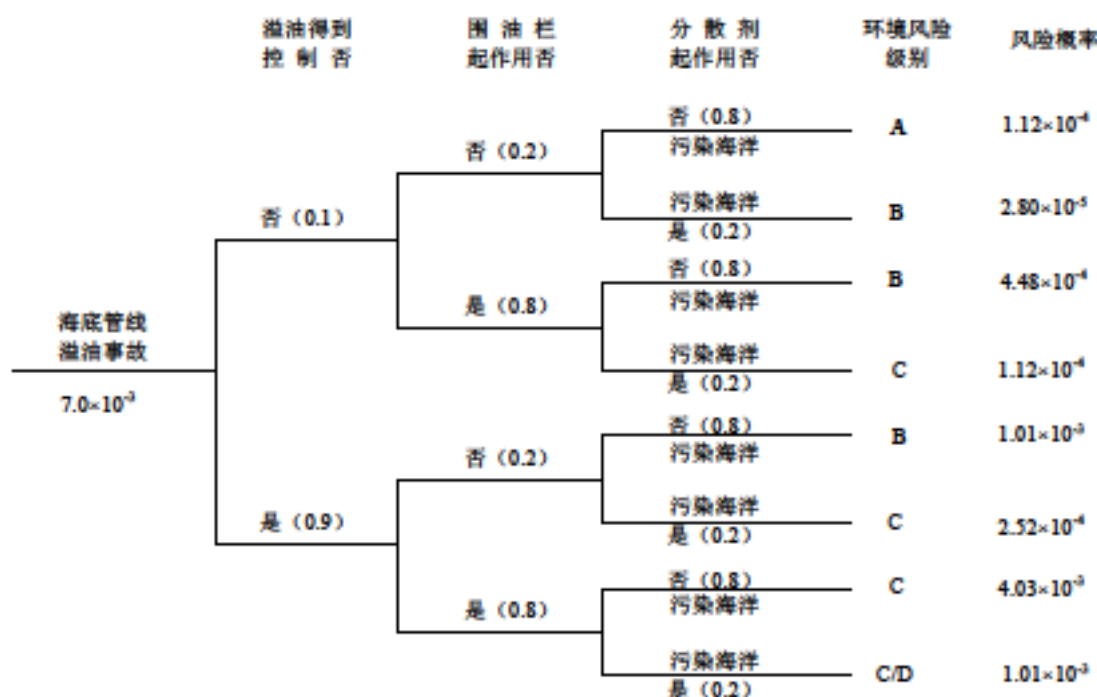


图 7.4-4 海底管线/立管溢油事故环境风险树

综合风险概率和最大可能泄漏量，船舶碰撞主要发生在施工期，施工期较短；FPSO 破舱溢油的概率极小；柴油储罐泄漏后可及时收集，避免入海。因此，确定本工程最大可信事故为海底管道溢油事故，最大可能泄漏量为 110 t。

7.5 溢油漂移数值预测

7.5.1 溢油预测模式

溢油进入水体后发生扩展、漂移、扩散等油膜组分保持恒定的输移过程和蒸发、溶解、乳化等油膜组分发生变化的风化过程，在溢油的输移过程和风化过程中还伴随着水体、油膜和大气三相间的热量迁移过程，而黏度、表面张力等油膜属性也随着油膜组分和温度的变化发生变化。本工程二维溢油模型拟采用的是国际上得到广泛应用的“油粒子”模型，该模型可以很好地模拟上述物理化学过程，另外，“油粒子”模型是基于拉格朗日体系具有高稳定性和高效率的特点。“油粒子”模型就是把溢油离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，油膜就是由这些大量的油粒子所组成的“云团”。首先计算各个油粒子的位置变化、组分变化、含水率变化，然后统计各网格上的油粒子

数和各组分含量可以模拟出油膜的浓度时空分布和组分变化。

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

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

油粒子在嵌套漫游网格内的水平迁移则可表示为：

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

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

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

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

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

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

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

其中， V_0 、 t 、 H_s 、 L 分别为溢油初始体积、时间、有效波高和波长。 C_2 为常数，取作 $-2.53 \times 10^{-3} / V_{00.62}$ 。

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

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

依 Johanson- Ichiye 的公式，垂向涡动扩散系数由下式计算：

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

H_s 、 T 、 Z 、 K 、 C 分别为有效波高、周期、深度、波数和常数。上浮速度分量依据

油滴直径大小分别计算。设浮力作用下，油滴临界直径为 d_e ，则有：

$$d_e = \frac{952\nu^{2/3}}{g^{1/3}(1-\rho_o/\rho_w)^{1/3}} \quad (7)$$

对 $d_i < d_e$ ，由 Stokes 定律：

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

对 $d_i > d_e$

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

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

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

溢油的挥发乳化与油品特性有关。

挥发率可写为：

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

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

$$\theta' = CW^{0.78}tA/V_o \quad (12)$$

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

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

其中 Y_w 为乳化物含水量 (%)， K_A 取 4.5×10^{-6} ， K_B 取 $1/Y_w^F$ ， Y_w^F 为最终含水量，取 1.25。

则水面油粒子体积应为：

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

设乳化前油密度为 ρ_o ，水密度为 ρ_w ，则乳化后油密度：

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

蒸发对油密度的影响为:

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

综合挥发、乳化影响, 油密度表达为:

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

忽略油粘性随温度的变化, 即仅考虑乳化、挥发的影响, 乳化将增加油的粘性:

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

挥发对油粘性的影响为:

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

综合挥发、乳化作用, 油粘性变化表示为:

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

其中, ν_o 为初始时油膜的运动粘性系数。

开边界条件

在开边界处, 给定水位, 水位采用岸边验潮站观测资料求得潮汐调和常数输入计算, 可以计算得到海区内部的结果:

$$\zeta = \sum_i f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_o + u)_i - \theta_i] + H_o \quad (21)$$

其中, H_i 为分潮振幅, θ_i 为分潮迟角, H_o 为平均海面高度, 与风海流及密度流有关。

7.5.2 预测模式中有关参数的设定

(1) 溢油类型

根据油气泄漏风险事故分析, 本报告选取海管断裂溢油进行预测。

(2) 溢油位置的选择与源强

根据工程实际情况与溢油事故概率分析计算, 选择风险事故发生概率较高的 FPSO 端海底段海管与动态挠性管连接处 () 为本次溢油风险评价的溢油位置, 溢油源强取整为 110 t。

(3) 油品性质

本工程泄漏油品为原油, 密度 882.7 kg/m^3 。

(4) 潮型与潮时

选择大潮期的涨潮时刻和落潮时刻作为典型时刻。

(5) 常风与大风风速取值

本次溢油数值模拟主要针对平均风速与极端风速下溢油漂移情况进行模拟，溢油数值预测选取的风向及多年平均风速、最大风速取值来源于《陆丰 7-2 油田开发工程环境影响报告书》（报批稿）。

表 7.5-1 溢油预测风况一览表

方向	N	NE	ENE	E	SE	S	SW	W	NW
最大风速(m/s)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
平均风速(m/s)	■	■	■	■	■	■	■	■	■

7.5.3 污染物迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布

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

表 7.5-2 不同风向、均风情况下溢油发生后 72h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²)

风向	风速	潮流	72h 漂移距离 (km)	72h 扫海面积 (km ²)	溢油扩散中最大面积 (km ²)	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残余油量 (%)
N	5.15	涨潮	87.1	558.9	12.0	-	-	-	-	43.6
		落潮	88.3	561.8	11.7	-	-	-	-	43.6
NE	9.18	涨潮	127.6	752.0	12.5	-	-	-	-	40.5
		落潮	127.5	753.0	11.8	-	-	-	-	40.5
ENE	7.77	涨潮	115.9	676.4	12.1	-	-	-	-	41.4
		落潮	116.6	681.4	11.6	-	-	-	-	41.4
E	5.29	涨潮	94.4	575.3	11.9	-	-	-	-	43.5
		落潮	93.9	585.6	11.6	-	-	-	-	43.5
SE	4.67	涨潮	75.4	465.6	11.7	-	-	-	-	44.2
		落潮	75.9	481.0	11.6	-	-	-	-	44.2
S	5.39	涨潮	54.6	340.9	11.5	-	-	-	-	43.4
		落潮	54.8	355.9	11.4	-	-	-	-	43.4
SW	6.65	涨潮	32.8	142.7	11.2	-	-	-	-	42.3
		落潮	32.6	154.9	11.0	-	-	-	-	42.3
W	5.46	涨潮	36.6	224.5	11.3	-	-	-	-	43.3
		落潮	37.2	231.3	11.3	-	-	-	-	43.3
NW	3.86	涨潮	60.8	393.5	11.8	-	-	-	-	45.2
		落潮	61.4	402.8	11.7	-	-	-	-	45.2

注：“-”表示未抵达。

表 7.5-3 不同风向、均风条件下溢油发生后 6h、12h、18h、24h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²)

风向	风速	潮流	溢油后 6h			溢油后 12h			溢油后 18h			溢油后 24h		
			漂移距	扫海面	残存	漂移距	扫海面	残存	漂移距	扫海面	残存	漂移距	扫海面	残存
N	5.15	涨潮	7.6	15.4	61.5	13.8	39.3	56.4	20.6	71.0	53.4	28.0	108.6	51.4
		落潮	5.4	11.5	61.5	12.8	36.2	56.4	20.3	69.6	53.4	28.6	111.7	51.4
NE	9.18	涨潮	11.0	22.0	58.4	20.7	57.1	53.3	30.9	101.6	50.3	41.9	157.0	48.3
		落潮	8.3	17.4	58.4	19.0	53.4	53.3	30.0	100.2	50.3	41.9	158.2	48.3
ENE	7.77	涨潮	10.3	18.9	59.3	19.2	50.3	54.2	28.5	90.1	51.2	38.7	141.0	49.2
		落潮	7.4	14.3	59.3	17.3	46.8	54.2	27.5	90.4	51.2	38.6	145.4	49.2
E	5.29	涨潮	8.6	15.3	61.4	15.6	40.7	56.3	22.9	72.0	53.3	31.3	115.0	51.3
		落潮	5.6	10.7	61.4	13.7	37.0	56.3	22.2	73.9	53.3	31.5	120.9	51.3
SE	4.67	涨潮	7.1	12.7	62.0	12.5	34.0	56.9	18.1	57.5	54.0	25.1	93.8	51.9
		落潮	4.2	8.3	62.0	10.6	29.0	56.9	17.6	59.9	54.0	25.4	100.5	51.9
S	5.39	涨潮	5.2	9.7	61.3	9.1	25.8	56.2	12.7	40.7	53.2	18.0	69.1	51.2
		落潮	2.9	5.9	61.3	7.2	20.6	56.2	12.4	44.3	53.2	18.3	75.8	51.2
SW	6.65	涨潮	2.7	5.6	60.1	5.2	14.9	55.0	7.4	20.3	52.1	10.0	33.5	50.0
		落潮	2.2	4.9	60.1	4.5	11.9	55.0	7.0	23.7	52.1	10.0	39.6	50.0
W	5.46	涨潮	3.3	7.0	61.2	5.9	16.7	56.1	9.0	31.3	53.1	11.9	46.3	51.1
		落潮	2.6	5.9	61.2	5.7	17.4	56.1	8.6	31.4	53.1	12.3	51.3	51.1
NW	3.86	涨潮	5.5	11.2	63.0	9.7	27.9	57.9	14.5	51.0	55.0	19.8	77.8	52.9
		落潮	3.7	8.1	63.0	8.9	26.0	57.9	14.1	50.2	55.0	20.3	82.3	52.9

表 7.5-4 不同风向、极风情况下溢油发生后 72h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²)

风向	风速	潮流	72h 漂 移距离 (km)	72h 扫海 面积 (km ²)	溢油扩 散中最大 面积 (km ²)	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感 区前残余油 量 (%)	首次抵岸 所需时间 (h)	首次抵岸 前残余油 量 (%)	72 小时残 存油量 (%)
N	16.11	涨潮	165.1	746.7	12.6	-	-	-	-	37.5
		落潮	165.6	739.1	12.1	-	-	-	-	37.5
NE	22.99	涨潮	240.6	825.5	14.3	-	-	-	-	35.5
		落潮	239.3	833.3	13.7	-	-	-	-	35.5
ENE	23.73	涨潮	236.3	694.8	14.1	-	-	-	-	35.4
		落潮	236.0	707.6	13.5	-	-	-	-	35.4
E	21.97	涨潮	216.8	664.6	13.5	-	-	-	-	35.8
		落潮	216.4	665.4	13.2	-	-	-	-	35.8
SE	17.25	涨潮	160.8	822.5	12.7	54.5[汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区 (碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区)]				
						55.5 (南海北部幼鱼繁育场保护区)				
						63.0 (连浪南重要渔业海域限制类红线区)				
						63.5 (连浪南海洋保护区)				
						56.0[汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区 (碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区)]				
						57.0 (南海北部幼鱼繁育场保护区)				
S	16.17	涨潮	115.9	717.7	11.7	63.5 (连浪南海洋保护区)				
		落潮	115.1	723.5	11.5	68.5 (南海北部幼鱼繁育场保护区)				
SW	19.71	涨潮	118.7	753.5	11.1	68.5 (南海北部幼鱼繁育场保护区)				
		落潮	114.4	732.5	11.7	63.5 (连浪南海洋保护区)				
W	13.5	涨潮	59.7	394.5	10.9	68.5 (南海北部幼鱼繁育场保护区)				
		落潮	59.6	380.1	11.0	63.5 (连浪南海洋保护区)				
NW	9.4	涨潮	80.3	514.0	11.6	68.5 (南海北部幼鱼繁育场保护区)				
		落潮	81.9	526.1	11.3	63.5 (连浪南海洋保护区)				

注：“-”表示未抵达。

表 7.5-5 不同风向、极风条件下溢油发生后 6h、12h、18h、24h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km²)

风向	风速	潮流	溢油后 6h			溢油后 12h			溢油后 18h			溢油后 24h		
			漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km ²)	残存油量 (%)
N	16.11	涨潮	12.9	27.0	55.4	25.5	73.3	50.2	38.5	133.0	47.3	52.1	203.2	45.2
		落潮	11.4	23.3	55.4	24.6	68.1	50.2	38.2	127.1	47.3	52.7	200.6	45.2
NE	22.99	涨潮	19.0	44.1	53.4	37.9	115.0	48.3	56.8	199.5	45.3	76.7	301.0	43.3
		落潮	16.4	39.1	53.4	35.8	108.5	48.3	55.7	193.6	45.3	76.8	298.3	43.3
ENE	23.73	涨潮	19.8	39.0	53.3	39.2	105.4	48.1	58.9	186.7	45.2	79.3	285.2	43.1
		落潮	16.7	34.4	53.3	36.9	101.0	48.1	57.4	185.4	45.2	78.9	290.5	43.1
E	21.97	涨潮	18.5	30.0	53.7	36.3	88.9	48.5	54.6	161.8	45.6	73.6	253.7	43.5
		落潮	15.3	25.9	53.7	34.0	84.3	48.5	53.0	161.0	45.6	73.3	256.6	43.5
SE	17.25	涨潮	13.7	28.1	55.0	26.5	78.4	49.8	39.2	134.8	46.9	53.7	211.1	44.8
		落潮	11.0	23.6	55.0	24.5	70.8	49.8	38.6	133.1	46.9	53.6	210.3	44.8
S	16.17	涨潮	9.3	17.7	55.3	19.1	54.3	50.2	27.1	90.5	47.3	38.3	148.0	45.2
		落潮	8.3	15.8	55.3	17.4	47.4	50.2	27.9	93.6	47.3	38.2	147.6	45.2
SW	19.71	涨潮	7.3	15.1	54.3	17.2	51.3	49.1	25.5	89.5	46.2	35.0	139.5	44.1
		落潮	9.2	19.6	54.3	17.6	51.2	49.1	26.5	94.8	46.2	34.6	137.6	44.1
W	13.5	涨潮	3.9	8.1	56.3	9.6	28.9	51.2	15.7	57.4	48.2	20.2	81.6	46.2
		落潮	6.2	11.3	56.3	11.5	31.6	51.2	16.1	53.4	48.2	20.3	76.7	46.2
NW	9.4	涨潮	6.5	12.5	58.3	12.7	35.7	53.2	19.5	67.4	50.2	26.1	102.3	48.2
		落潮	6.0	11.9	58.3	12.8	35.6	53.2	19.5	65.9	50.2	26.7	104.3	48.2



图 7.5-1 均风涨潮 72 小时漂移路径图

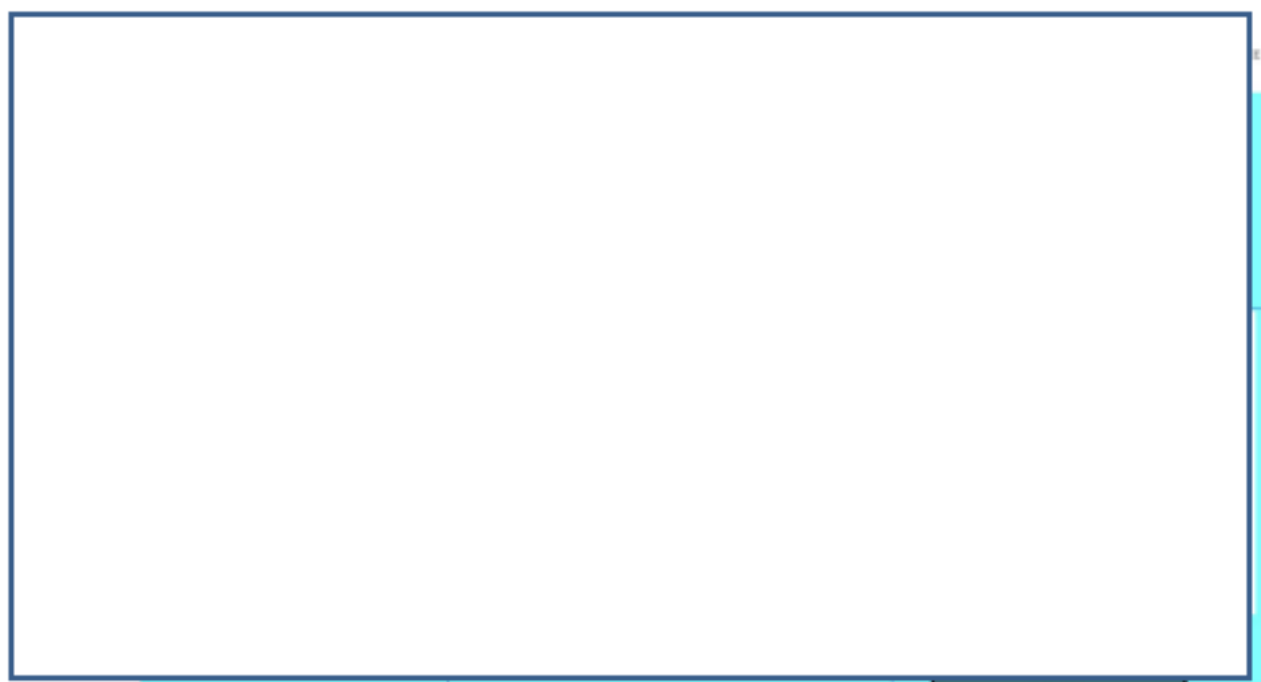


图 7.5-2 均风落潮 72 小时漂移路径图

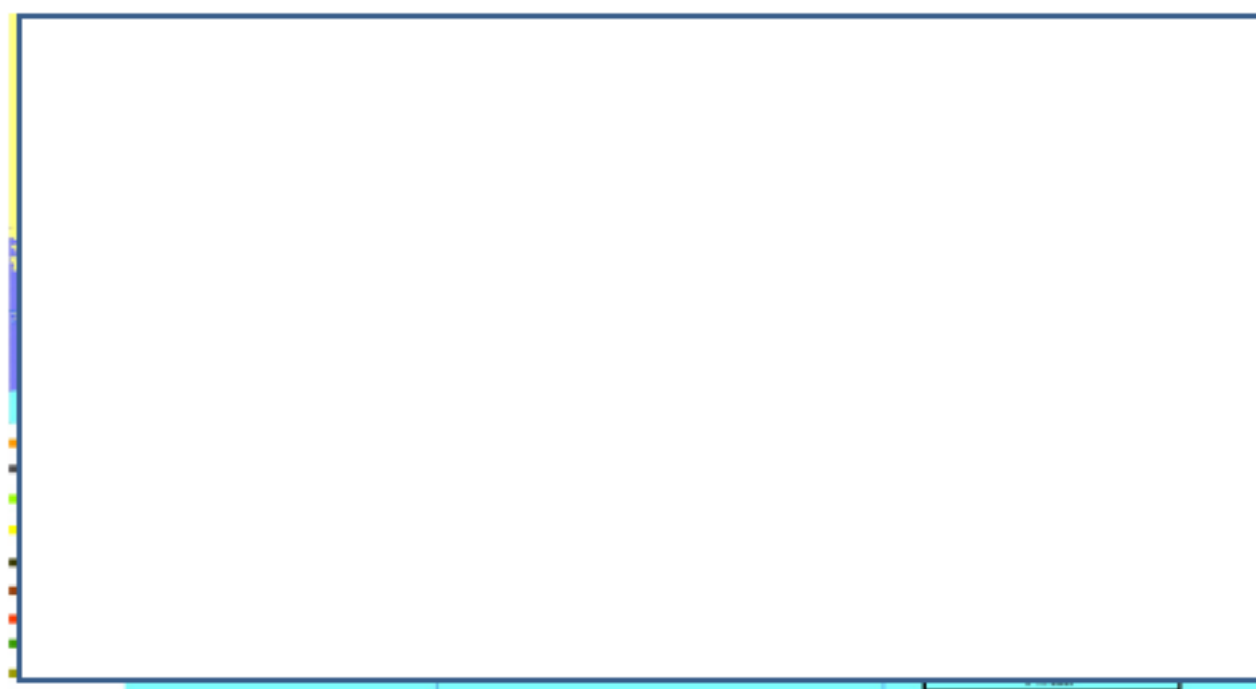


图 7.5-3 极风涨潮 72 小时漂移路径图

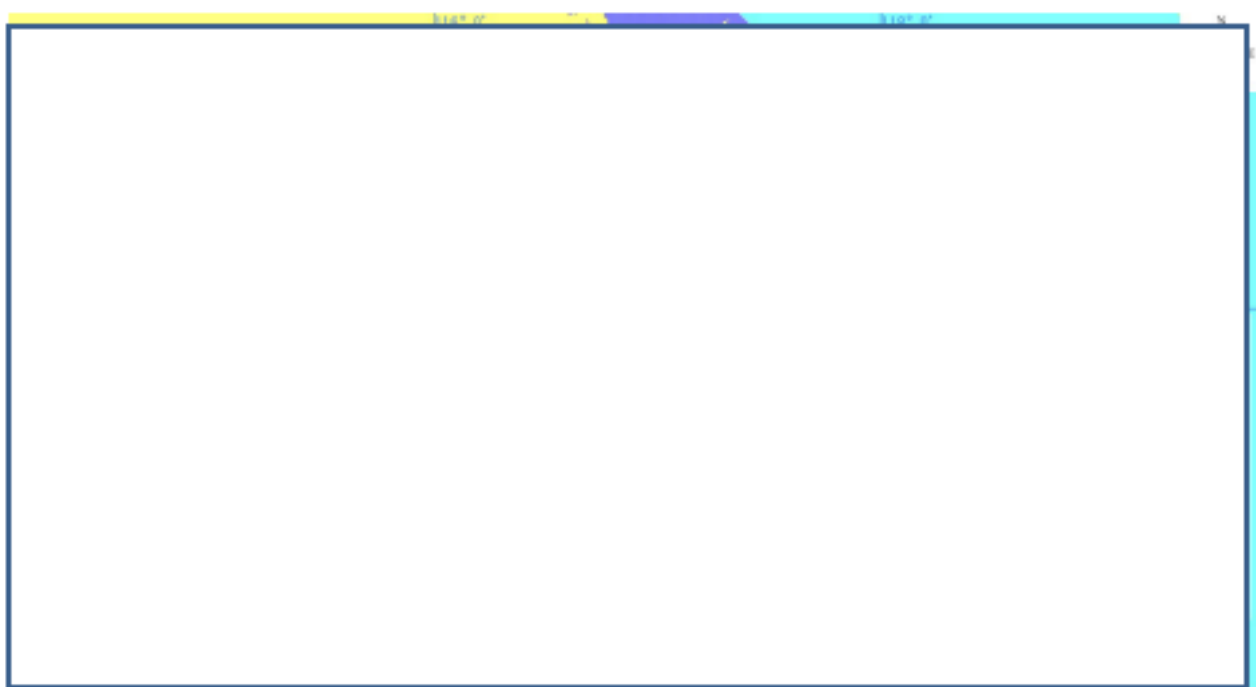


图 7.5-4 极风落潮 72 小时漂移路径图

7.5.4 事故后果分析

7.5.4.1 溢油抵达敏感区时间及分析

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

对于本工程溢油事故而言，环境敏感区主要为汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、遮浪南海洋保护区、碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区、遮浪南重要渔业海域限制类红线区等，一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将会对敏感区造成严重污染，需要工程建设单位予以足够重视，在施工和生产过程中，务必加强管理，杜绝事故的发生。应充分利用现有的溢油应急设施，使溢油在抵达附近环境敏感区域之前得以有效控制、回收。根据预测结果，不利风向溢油抵达汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区、碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区的最短时间为 54.5h，抵达南海北部幼鱼繁育场保护区的最短时间为 55.5h，抵达遮浪南海洋保护区的最短时间为 63.5h，抵达遮浪南重要渔业海域限制类红线区的最短时间为 63.0h。

同时，由于本工程还位于深水金线鱼产卵场，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。

表 7.5-6 溢油对周围环境敏感目标的影响汇总

序号	敏感目标名称	不利条件	最短到达时间 (h)	残余油量 (%)
1	汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区	极风 SE	54.5	39.0
2	南海北部幼鱼繁育场保护区	极风 SE、极风 S	55.5	38.9
3	遮浪南海洋保护区	极风 SE	63.5	37.9
4	深水金线鱼产卵场	即刻到达		

表 7.5-7 溢油对海洋生态红线区的影响汇总

序号	敏感目标	不利条件	最短到达时间 (h)	残余油量 (%)
1	碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区	极风 SE	54.5	39.0
2	遮浪南重要渔业海域限制类红线区	极风 SE	63.0	38.0

7.5.5 对海洋生物的综合影响分析

一旦发生溢油泄漏污染事故，对海洋生态的影响是全方位的。原油中还有石油气、苯、芳香烃和硫化氢等物质，而在原油不同组分中，低沸点的芳香烃对一切生物均有毒性，而高沸点的芳香烃则是长效毒性，会对水生生物生命构成威胁和危害直至死亡。

(1) 对海洋生物的急性毒性测试影响分析

国内外许多毒性实验结果表明，浮游生物对各类油类的耐受程度都很低，海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度范围为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L，其致死浓度常随种类、油型而变化。浮游动物石油急性重点致死浓度范围为 0.1~15mg/L，一般为 1mg/L。某些桡足类和枝角类暴露于 0.1mg/L 的石油海水中，当天就会全部死亡。因此，当溢油事故发生后，0.2m 厚度的油膜分布区的油含量将明显高于浮游生物的忍受极限，油膜分布区的浮游生物基本上难逃厄运。

(2) 对海洋生物的长期慢性污染影响分析

①生理和行为效应：主要表现在麻醉效应干扰基础生物化学机制、降低浮游植物的光合作用和生长率、影响视觉感觉及诱变效应等。

②生态效应：实验生态曝油的研究结果表明，长期暴露于 0.01~0.05mg/L 的石油浓度中，可造成生态、群落结构的破坏。群落结构中某些对石油敏感的种类消失或数量减少，代之以某些嗜污种类增加，使不同营养级生物的比率失调而可能导致局部海域海洋生物食物链（网）的破坏。

③异味效应：海洋动物具有从栖息环境中积累石油烃的能力。一般来说，鱼类和甲壳类对水体石油烃的富集系数可达 102~103，软体贝类的可达 105，有些甚至可高达 107。Kerhoff (1974) 曾报道紫贻贝 *Mytilus edulis* 肌肉中的烃类浓度约 5ppm 时就有油臭味。Moore 等 (1974) 报道过牡蛎暴露于低至 0.001ppm 的溶解性烃类中 24h 内即可致嗅。Nita (1972) 也曾报道过 0.01ppm 的含油海水在 24h 内即可使鱼类致嗅。国内有关的研究结果表明，胜利原油对中国对虾的致嗅阈值为 9.4ppb (受试 9d)，对鲈鱼的致嗅阈值为 8.2ppb (10d)，对毛蚶的致嗅阈值为 8.90ppb (10d)，对文蛤的为 30ppb (9d)。

(3) 对海洋大型动物的影响分析

擅长游动、经常变换搁置的大型海洋动物较少受到溢油的影响，但一些需要经常露出水面呼吸的海洋哺乳动物容易遭到水面溢油的袭击。

(4) 对鸟类的影响分析

根据国际鸟类救援研究中心研究表明，当鸟类的羽毛被原油覆盖后，会丧失防水和保温功能。冷水浸透皮肤后，鸟类会因体温过低而死亡。同时，鸟类在用嘴清理羽毛时，一旦摄入原油中有毒物质（原油所含的苯和甲苯等有毒化合物），会导致腹泻和脱水等中毒等症状。

综上，该项目营运期内一旦发生溢油泄漏事故，溢油将会对周边海域海洋生物的急性中毒、长期慢性污染产生较大的负面影响。

7.5.5.1 对浮游生物的影响

生活在海水中的浮游生物经常是溢油事故中首当其冲的受到影响，它们是海洋中其他动物的饵料来源，处在海洋食物链的最底层。石油污染会对浮游植物光合成速度产生影响。进入水体的油类较多是主要以油膜形式存在，1t 油可形成 12km² 范围厚约 0.1mm 油膜。这片油膜切断了水下浮游生物需要的光和氧，从而影响浮游生物的细胞分裂和浮游植物的光合作用。另外，油类污染物会对藻类产生直接危害，经一些研究发现，溢油能降低某些藻类对 CO₂ 的吸收，影响其光合作用。

另一些研究发现，海水中低浓度的石油烃对藻类的生长可能具有促进作用（如 0.7mg/L 的原油提取液能促进石莼的光合作用率）。高浓度的石油烃对藻类会产生危害，但抑制作用因藻类种类不同而有差异（吴兴伟，2008）。油类化学毒性还会破坏细胞膜的正常结构，干扰生物体的酶系。分散在海水中的微小乳化的油滴易粘附在浮游动物的附肢，影响其正常行为和生理功能，使受污个体沉降并最终死亡。

浮游动物对水中分散的和溶解的石油烃也很敏感。浮游动植物在海洋食物链中占有重要地位，其群落结构、数量特征的变动，直接影响着海洋渔业资源。

7.5.5.2 对鱼类的影响

（1）对鱼卵与幼鱼损害

溢油事故可能对鱼卵及仔稚鱼有影响。因为多数经济鱼类为浮性卵，它们在表层水域与油污接触的可能性更大，油膜对鱼卵的黏着、渗透等直接影响鱼卵的孵化率及孵化质量。仔稚鱼对油污的反应极其敏感，较小的油污浓度对成年鱼影响不大，但可能引起仔、稚鱼的死亡和畸形。

油污染对海洋鱼类胚胎及仔稚鱼的潜在毒性效应见下表。随着石油在海水中浓度的升高，各实验胚胎孵化率呈下降趋势，孵化幼苗的畸形率和死亡率呈上升趋势。畸形率和死亡率受影响程度和变化幅度都大于孵化率。

表 7.5-8 油对鱼类胚胎的毒性效应（田立杰，1999）

油浓度 (mg/L)	孵化率 (%)	孵化仔稚鱼死亡率 (%)	孵化仔稚鱼畸形率 (%)
0.00	85.0	4.4	1.5
0.01	84.0	5.0	1.8
0.05	75.0	8.0	2.5
1.00	70.0	15.7	4.1
3.20	60.0	22.7	6.1
5.60	50.1	30.1	20.5
10.00	40.0	67.9	50.0

(2) 对鱼类行为的影响

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

7.5.5.3 对甲壳类的影响

突发性溢油污染对甲壳动物的毒性大小不但因生物种类、发育阶段、温度等而有较大差异，还与原油的种类有关。石油的毒性与其中含有的可溶性芳烃衍生物含量成正比关系，石油在水体中毒性响应大多来自水溶性大的相对低分子量的正烷烃和单环芳香烃。在海洋甲壳类动物中，藤壶对油的抗性最大。有些蟹类很耐油污，沙蟹在生殖期对油的敏感性大于非生殖期。油污染水溶性部分对甲壳类幼虫的毒性一般高于成体。通常炼制油的毒性高于原油。

慢性油污染对甲壳类动物的影响，受影响环节包括摄食、呼吸、运动、趋化性、蜕皮、酶的活性、生殖、生长以及群落种类组成等。油能降低甲壳类动物的摄食率；高浓度的油对呼吸作用有刺激作用；油污能降低甲壳类动物的运动能力，抑制甲壳类动物的趋化性，降低或阻抑甲壳类动物的生殖行为；延长蜕皮时间，降低生长率等（吴兴伟等，2008）。油膜具有隔氧作用，如果对虾长时间生活在缺氧环境中，由于其对疾病免疫力低下，将可能导致对虾蜕皮后或者蜕皮中死亡。

7.5.5.4 对海洋贝类的影响

油对腹足类动物的亚致死或慢性毒性潜在影响包括麻醉作用、对化学感受器的钝化以及对呼吸和运动等功能的影响。瓣鳃类动物由于有双壳，在遇到油污时能够暂时紧闭双壳度过逆境，因此要使它们在短期内死亡一般需要很高的油浓度。

另外如果溢油搁滩，油膜蔓延的滩面上，可能导致幼贝发育不良，产量下降，成年贝类会因沾染油臭而降低市场价值。在潮下带的养殖贝类，也可能会受到严重的油污污染。滤食性双壳类在摄食时也可能摄入海水中的混浊油分，进入蛤类胃中的乳化油滴可能结合成更大的油滴，并在体内积累，引起某些生理功能障碍，终因胃中油类积累过多不能排泄而死亡。沉积在底质空隙中的高浓度油可能会引起贝类大面积死亡。进入底泥中的油类靠化学降解作用去除可能需数月之久，在此期间，会使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，有可能导致沉积环长期影响。

7.6 地质性溢油风险分析与评价

7.6.1 地质特征

7.6.1.1 地层及构造特征分析

陆丰 12-3 油田位于南海珠江口盆地北部珠 I 坳陷陆丰凹陷陆丰 15 洼东北侧。珠江口盆地为中生代大陆边缘裂陷型盆地，由北向南可划分为北部断阶带、北部坳陷带、中央隆起带、南部坳陷带和南部隆起带五个构造单元。陆丰凹陷位于珠一坳陷东部，东、西两侧分别与韩江凹陷和惠州凹陷连接，南邻东沙隆起，北邻北部隆起带。陆丰 12-3 油田是发育在基底隆起之上的一个断背斜构造，主要发育三条近东-西走向正断层 F1、F2、F3，其中构造主体主要受控于南部的 F1（南掉）正断层。油田范围内断层均未断至海底具体断层特征如下：

1) F1 断层为正断层，走向为近东-西向，倾向为南向，倾角为 $60^{\circ} \sim 65^{\circ}$ ，平面延伸长度约 3.90km。纵向上，由 T30 以上地层向下断至 Tg，目的层最大断距在 115m 左右。

2) F2 断层为正断层，走向为近东-西向，倾向为北向，倾角为 $40^{\circ} \sim 66^{\circ}$ ，平面延伸长度约 2.30km，纵向上从 T40 断至 Tg，目的层最大断距 50m 左右。

3) F3 断层为正断层，走向为近东-西向，倾向为南向，倾角为 $60^{\circ} \sim 65^{\circ}$ ，平面延伸长度约 1.15km，纵向上从 T40 断至 Tg，目的层最大断距约 55m。

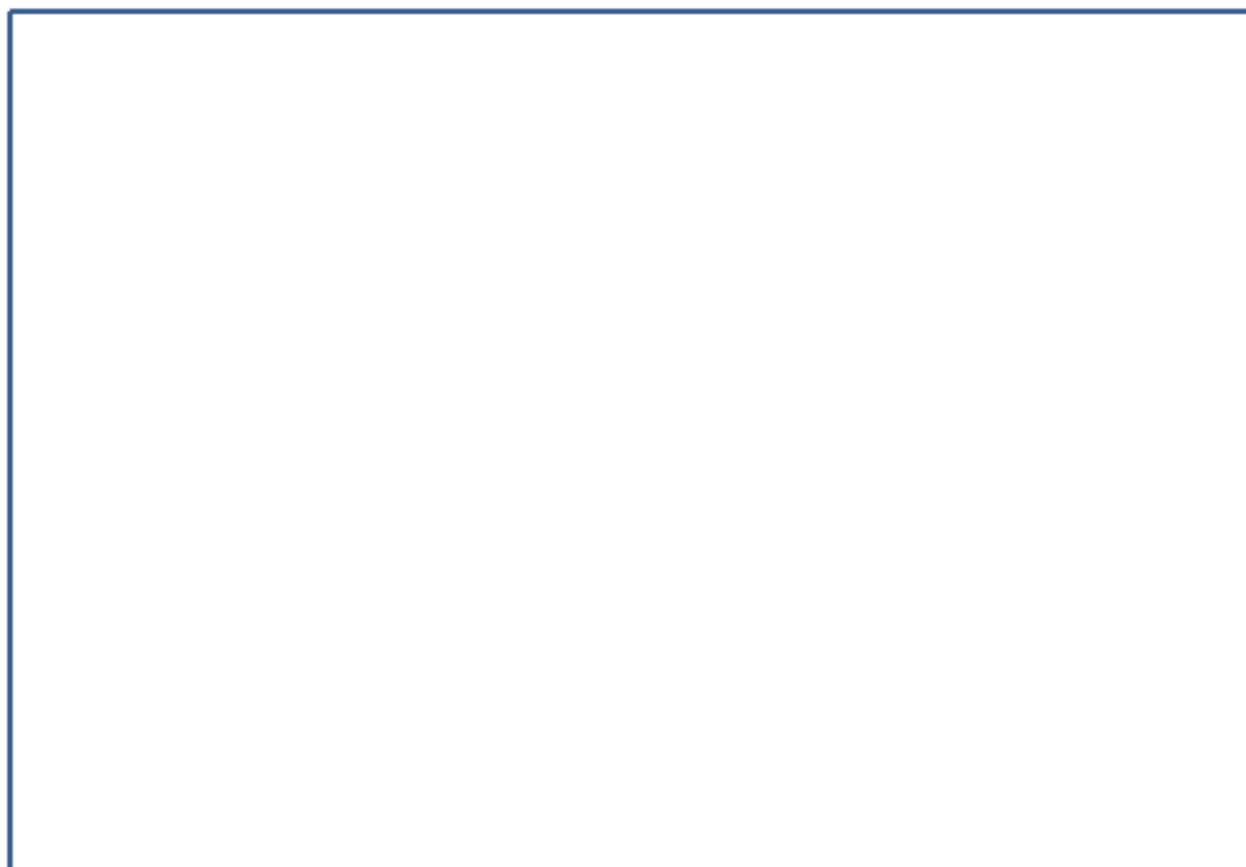


图 7.6-1 LF 12-3 油田断层分布示意图

7.6.1.2 地质油藏特征

陆丰 12-3 油田储集层为一套三角洲体系碎屑岩沉积，储集空间主要为粒间孔隙，储层孔隙发育中等-好，平均孔隙度 [REDACTED] %，渗透率 [REDACTED]。属中孔、中渗储集层。油田储层岩性主要为长石石英砂岩、岩屑长石砂岩，其次为长石岩屑砂岩、岩屑石英砂岩和长石砂岩。砂岩碎屑组份以石英为主，其次为长石、岩屑。

陆丰 12-3 油田的油藏类型单一，均为构造油藏，平面上划分为 1 个区块，纵向上划分 3 个油层 [REDACTED] 层。 [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

从 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

，因此开发方案推荐采用天然能量开采，不需要注水。陆丰 12-3 油田油藏剖面示意图见图 7.6-2。

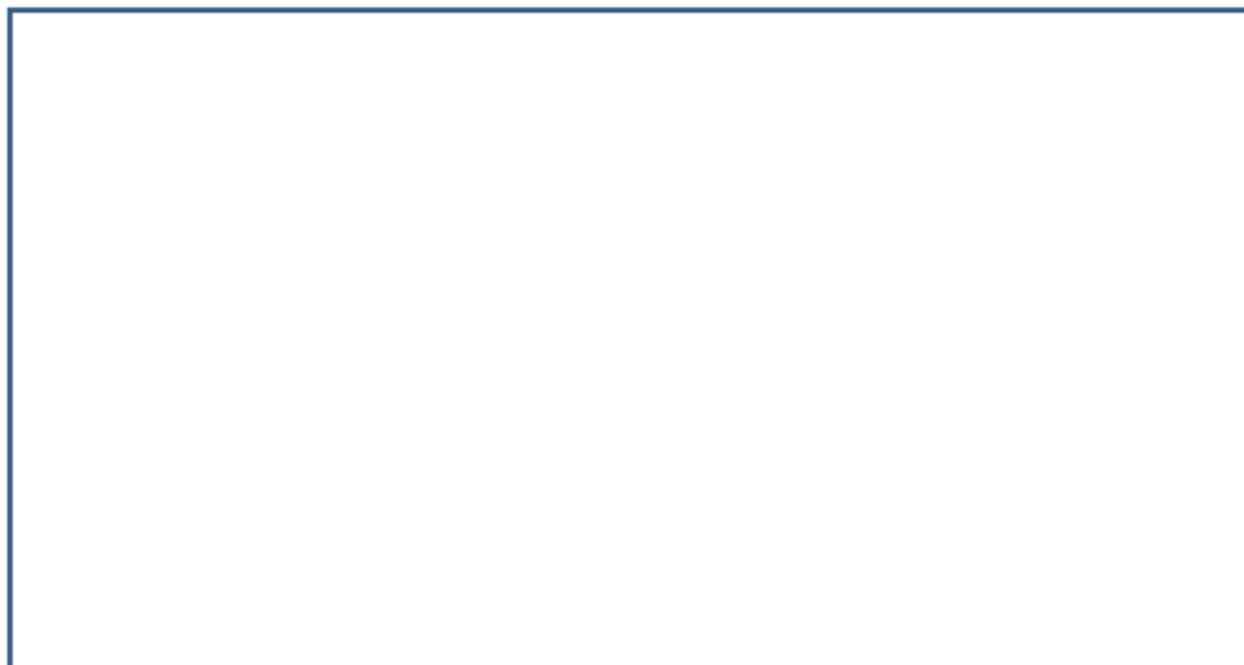


图 7.6-2 陆丰 12-3 油田油藏剖面示意图

。在固井质量保证的情况下，出现地质溢油的可能性极小。

7.6.2 油藏工程

7.6.2.1 开发及采油方式

从构造特征来看，陆丰 12-3 油田动用区只有 1 条南部近东-西走向的 F1 大断层，其它方向均与水体相连。从沉积特征来看，目的层属于珠江组，主要为三角洲前缘水下分流河道沉积环境。从地震剖面可以看出，储层横向展布稳定。从 LF12-3-1 和 LF12-3-2 两口井实钻资料来看，ZJ470 层下部到 T60 间没有明显泥岩隔层，测井解释显示水层厚度大且物性好。因此，分析陆丰 12-3 油田水体能量充足，推荐采用天然能量开发。

为提高油田的采油速度和经济性，陆丰 12-3 油田珠江组采用电潜泵人工举升方式

开采。

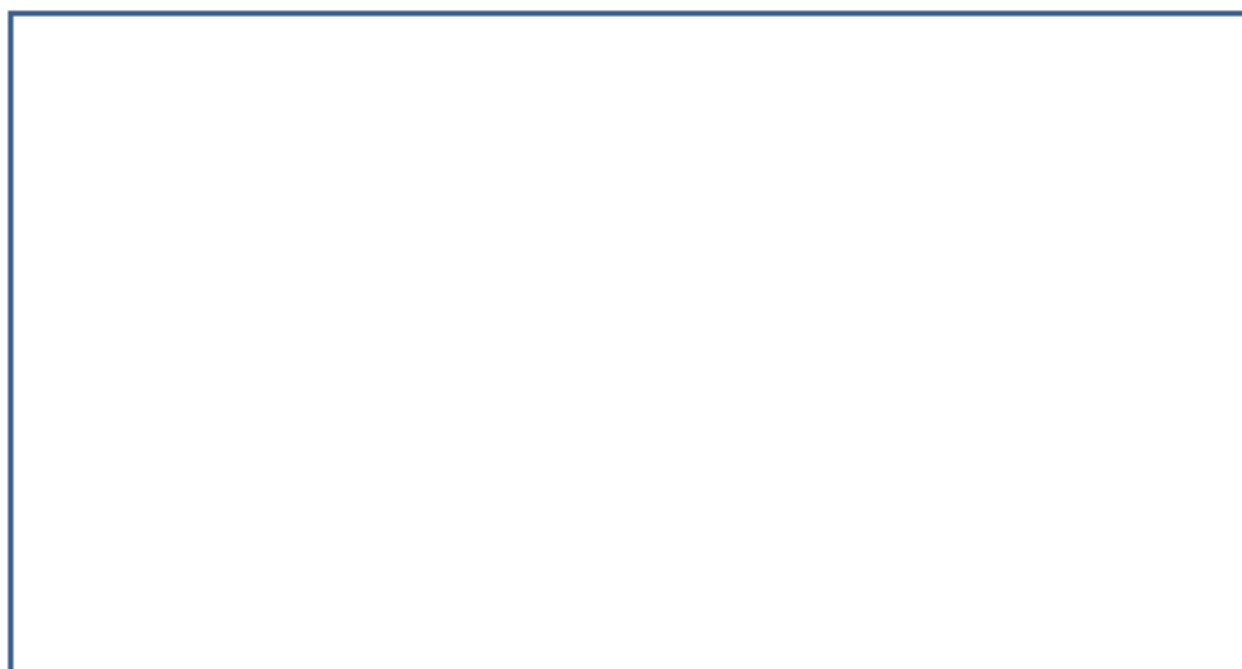


图 7.6-3 陆丰 12-3 油田过井地震剖面图

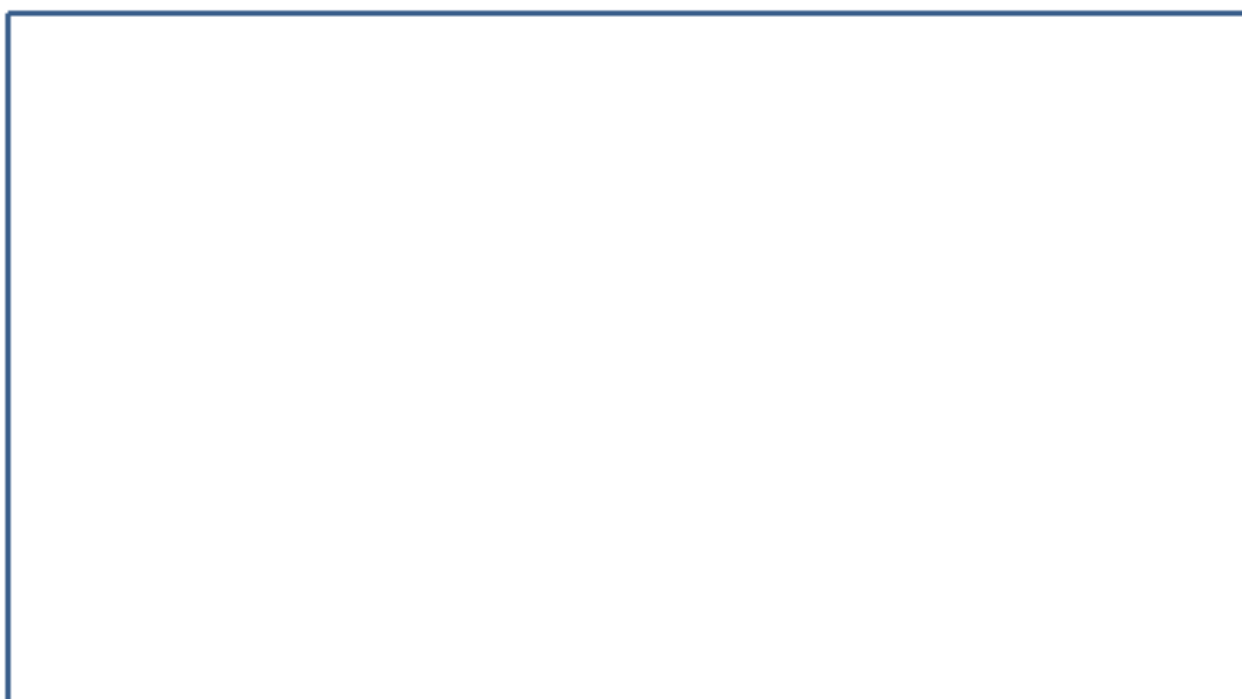


图 7.6-4 F1 断层距离钻井中心约 260 米

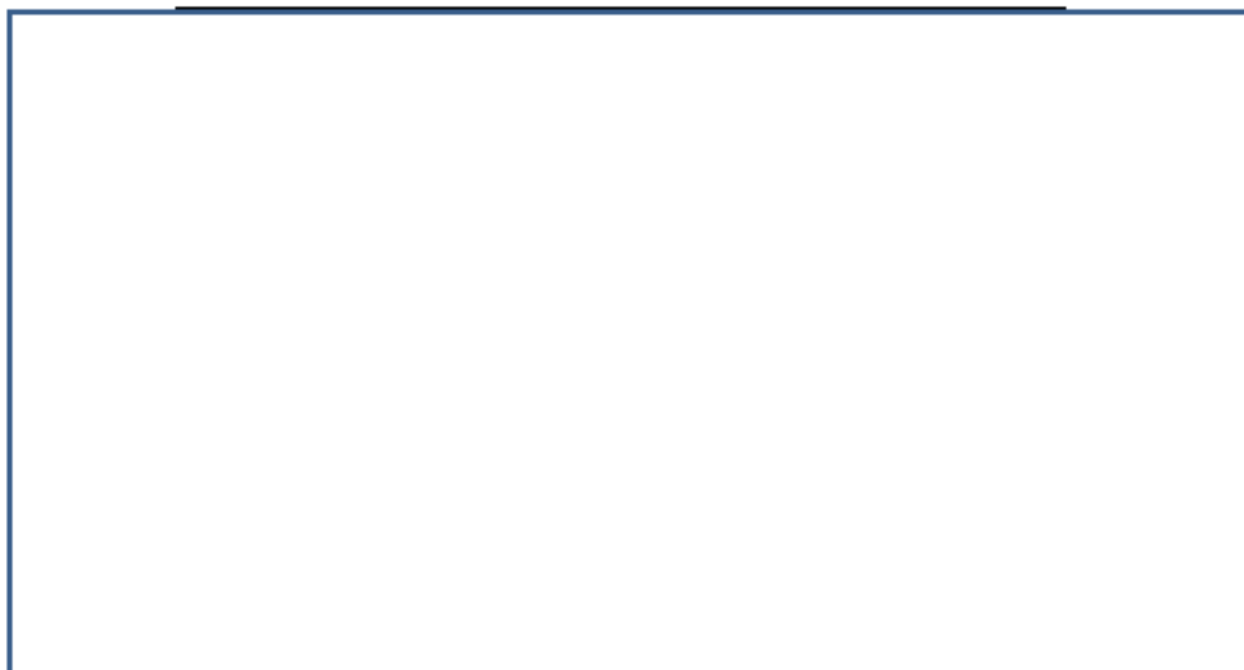


图 7.6-5 F1 断层与井轨迹越来越远

7.6.3 地质性溢油风险及防范措施

7.6.3.1 地质性溢油风险排查

地质性溢油一般和断层情况，钻井方式，注入方案，浅层气等有关。因 LF12-3 油田范围内不存在浅层气且没有注水计划，因此从断层封堵性、上覆地层遮挡性、地层压力和生产压差、以及可能的过井断层分析及附近油田的类比进行风险分析和排查。

(1) 断层封堵性分析

在油田范围内只有一条断层 F1，该断层在油藏的西南边部，如下图。从图中的断层位置与 LF12-3 油田的距离关系可以看出：F1 断层距离最近的 A7H 井轨迹有 m。在该井的钻井和生产过程中，断层的封堵性是足够的，不会出现溢油风险。而 F2、F3 都远离油藏，更不存在溢油风险。

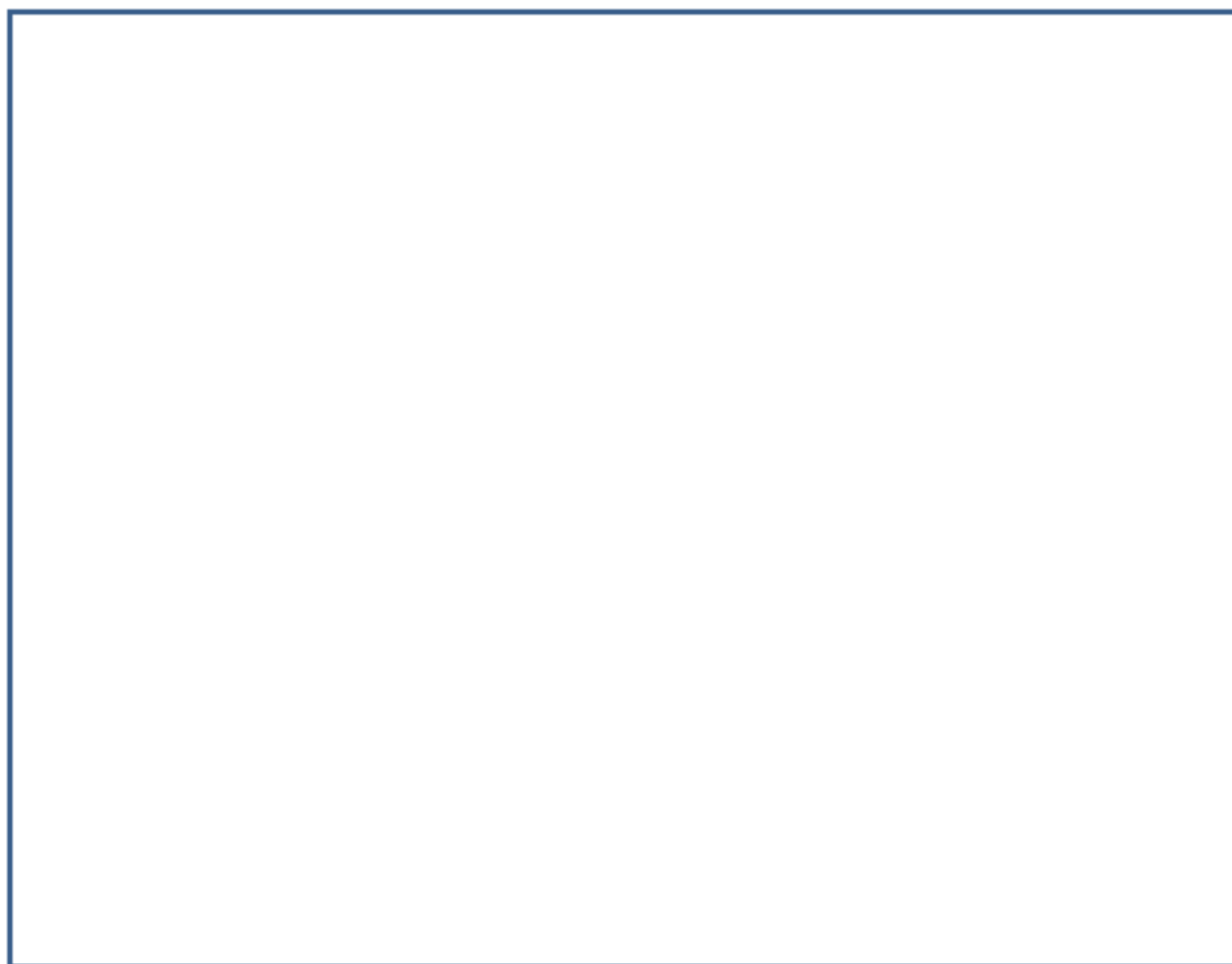


图 7.6-6 陆丰 12-3 油田范围内唯一的断层 F1 与开发井的最短距离 ■■■米

(2) 上覆地层遮挡性分析及过井断层分析

陆丰区域地层划分资料显示从储层顶部一直到海平面，区域性广泛发育着非常厚的大段泥岩（除极薄的一对砂层、HJ 砂岩外），对油气运移和溢油风向起着很好的遮挡作用。

结合过平台和断层的地震剖面 and 海底调查资料显示，油田范围内海底有一条断层在平台的西南边，最近距离有 ■■■m。所有设计的开发井轨迹都不过断层，由断层导致的地质溢油风险极小。

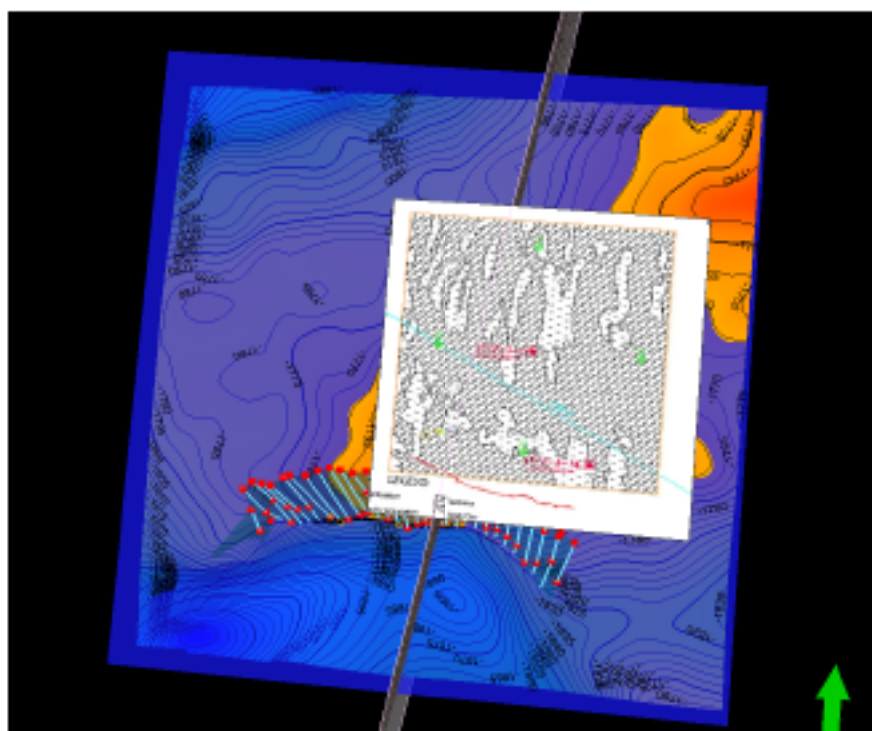


图 7.6-7 现场调查显示的海底断层距离平台最近距离 [] 米

(3) 地层压力和生产压差及附近油田的类比分析

陆丰 12-3 油田三个油藏的压力都属于正常压力系统, 压力梯度为 [] MPa/100m。所在海域水深约 240m, 构造的高点位于 LF12-3-1 井附近, 总体继承性较好。开发方案设计的 ZJ470 最大生产压差 [] MPa, ZJ450 和 J460 最大设计生产压差在 [] MPa。这些压力参数和设计周边油田类似, 不足以压破地层导致与断层贯通。而在周边油田的过去几十年生产历史中并没有发生过地质性溢油事件。

综合分析, 无论是从断层封堵性、上覆地层遮挡分析、还是从过井断层分析及附近油田的类比分析上排查, LF12-3 油田的开发发生地质性溢油风险的基础不存在。

7.6.3.2 防范措施

(1) 断层和钻井方式防范措施

根据钻完井过程中可能存在的溢油风险, 预防措施如下:

1) 定向井设计: 设计阶段开展防碰分析, 各井分离系数满足标准要求。作业区域靶点设置时已经考虑了远离断层, 因此实际作业时不存在断层影响。

2) 井身结构及套管程序: 根据目前地层压力情况, 考虑满足下部井段作业需求, 满足井控要求基础上进行井身结构设计。

3) 井控设计: 严格按照《海上钻井作业井控规范》设计, 控制关井套压和最大溢

流量。作业期间，严格执行相关规定，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) 固井方案设计：水泥返高满足作业要求，极端情况下可以实现补注水泥等补救措施。

5) 钻井液体系：采用水基钻井液，减少对环境污染的潜在风险。

6) 完井管柱：生产管柱中均下有井下安全阀与封隔器，在紧急情况下井下安全阀可自动关闭，将井筒与地面隔离，保障在发生事故时井筒的安全。

(2) 注入方案的地质性溢油风险防范措施

LF12-3 油田开发项目推荐采用衰竭开发，不涉及到注入导致的溢油风险。

(3) 浅层气排查及钻遇浅层气采取的防范措施

LF12-3 油田开发项目在前期的三维地震调查及数据分析过程中，未发现浅层气。通过合理设计井身结构，实施过程中万一出现浅层气，应对措施为现场配分流器备用，并配制足够量稠膨润土浆和重泥浆。

7.6.4 地质性溢油风险评价结论

综上所述，通过地质条件、油藏工程、钻完井方案等方面的综合分析，LF12-3 油田开发项目在施工过程中和后续生产过程中发生地质性油气泄漏事故的可能性不大，在采取严密、适当的安全防范措施后，本项目施工和生产过程中的地质性溢油风险是可控的。

7.7 环境风险防范对策措施和应急方法

7.7.1 事故防范措施

防止溢油事故发生的最有效的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。

7.7.1.1 设计阶段防范措施

严格按照设计标准进行精心设计，正确地应用设计规范和建造安装规范是油田各系统结构强度、稳性和抗疲劳程度的基本保证。为此，本项目的设计根据相关的国家法律、法规，采用了相应国内规范、标准以及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步骤。

7.7.1.2 井喷和火灾事故防范措施

为防止钻、完井阶段火灾和井喷事故的发生，油田作业者采取了如下措施：

- 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，自动探测并迅速扩散聚集的烃类气体；
- 油管强度设计采用较高的安全系数；
- 选择优质封隔器并及时更换损坏元件；
- 开钻之前制定周密的钻井计划；
- 配备安全有效的防喷设备以及良好的压井材料、井控设备；
- 设置消防喷淋系统，关键场所设手提灭火器。

7.7.1.3 生产设施事故防范措施

为确保油田生产阶段的安全生产，油田在设计阶段充分考虑油田各部分的保护措施并提供防火、防爆保护，提供充分的消防设备；精心考虑各部分的合理布局，对危险区采取有效的隔离措施来降低危险程度；对易于发生泄漏的管路全部根据最大压力和最高温度设计，并设置相应的应急关断系统。在生产工艺区装备火焰和气体探测器，以监测工艺流程中的火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。

为防止供应船卸载燃料油，在接受燃料油作业时发生输油软管泄漏，作业者定期对输油软管进行安全检测，对输油软管进行定期保养维护，并制定切实可行的输油作业操作规程，一旦发现输油作业有滴漏现象，应立即停止输油作业，并及时上报，进行应急处理。

7.7.1.4 海底管道事故防范措施

管道的设计和建造，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。

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。严格按照设计要求进行施工，管道铺设完成，要进行扫线、清管和试压。试压时一般取设计承受最大压力的 1.25 倍，试压时间在 24h 以上。

在管道铺设和运行期间，将发布明确的航行通告和设置海图标记，划定保护界线，由值班船不定期地沿途巡视，防止渔船拖网或过往的各种船只因抛锚等损伤管道。不

定期进行局部检查和定期进行全面检查，可以及早发现隐患，及时处理，防止事故发生。

在海底管道生产运行期间，确保海管的高低压保护装置运行正常，并实施监测海管进出口端的压力值及变化趋势，严密监视 AIS 监控系统，落实海管巡线制度，不定期进行海管状态监测，并建立海管完整性的管理系统。

7.7.1.5 船舶碰撞事故防范措施

作业者制定了相应的保护和检测程序，由值班船对平台周围进行巡视，驱散在安全区范围内作业的渔船，确保平台设施的安全性。按照《海上固定平台安全规则》的要求在平台上设置助航标识灯、障碍灯、雾笛、平台标志牌等。

为有效减少船舶碰撞事故的发生，有必要对船舶碰撞事故进行预防和综合控制。船舶管理者对安全航行进行计划、组织、指挥、协调和控制等活动，以达到保护人员安全和防止溢油事件发生的目的。

(1) 施工作业期间所有施工船舶须按照规定显示信号。操作人员认真学习《海上避碰规则》，严格遵守航行法规；使用安全航速；配齐必要的助航仪器（海上作业已配备 AIS 船舶防撞系统）。

(2) 施工作业船舶在施工期间加强值班瞭望，充分利用听觉、雷达以及适合当时环境和情况下的一切有效手段，保持不间断瞭望。

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

(4) 合理安排施工作业面，在有船舶通过时，提前采取避让的措施。施工单位根据作业需要，须划定与施工作业相关的安全作业区时，应报经海事机构核准、公告；设置有关标志，严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船只进入施工作业海域，并提前、定时发布航行公告。

(5) 施工作业船舶在发生紧急事件时，应立即采取必要的措施，同时向公司海事部门及主管部门报告。

(6) 发生船舶交通事故时，应尽可能关闭所有油仓管系统的阀门、堵塞油舱通气孔，防止溢油。

(7) 在施工期间，建立溢油应急制度，一旦突发事故造成溢油事故，应迅速做出反应，一方面尽快向部门监督和环保部门汇报，并组织事故现场监测和调查，另一方面

应同时尽快实施污油回收、消除等有效措施，以减少污染损害。

7.7.1.6 输油软管溢油事故防范措施

(1) 输油软管溢油事故防范措施

①应定期对输油软管、FPSO 储油罐进行检查，防止原油外输时输油软管断裂以及储油罐破裂等风险事故的发生；在外输中作业中，如果外输油管发生溢油，FPSO 立即停泵，外输油管中的应急关断阀会自动关断，确保油管的原油不往外泄漏。

②提前观测天气、海况等，避免在恶劣天气条件下输油作业，减少溢油风险。

- 输油结束及时扫线，防止残留在输油油管内的原油泄漏；
- 更换外输软管为双层软管；
- 外输作业前进行软管压力测试。

(2) 输油软管破裂引起溢油情况下应采取的措施

- 立即关断输油泵；
- 调离穿梭油轮到接驳前的锚地；
- 启动溢油应急计划。

7.7.1.7 FPSO 油舱事故防范措施

(1) FPSO 油舱事故防范措施

FPSO 的油舱属于易燃易爆区，压载舱的压载配置对船的稳性有重要作用，在 FPSO 的每个舱中均装有压力测量系统，油舱中有温度监测装置、惰性气体保护系统和通风系统；为防止卸油时由于与穿梭油轮连接钢缆断开导致卸油软管的断裂，FPSO 钢缆连接点将装有钢缆连接荷载监视和记录系统；生产工艺区装有火焰和气体探测器，以监测工艺流程中的火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。

(2) 油舱溢流情况下应采取的措施

- 立即停止输油，停止 FPSO 的一切工作，并召集员工；
- 启动溢油应急计划；
- 当油舱不再憋高压时，关闭有关油舱的阀门、油位测定孔/手动控制阀或者管汇阀门；
- 采取一切必要的措施，防止溢出的油落到舷外，并采取行动清除甲板上的溢油；
- 把所有空罐/桶都拿到现场，收集溢漏在甲板上的油，或者把甲板上的油排入

污油罐；

- 把受影响油舱中的油转输到空舱罐或者备用舱中；
- 为了防止再有原油溢出，通过货油舱系统将惰性气体的压力降低到最小正压；
- 关闭放空柱的手动阀和压力调节阀，把油排放到空舱或者备用舱中。在恢复货油作业之前，必须把放空柱和防火网清理干净；
- 如果怀疑溢流的油会影响到惰性气体甲板供气管线和惰性气体系统甲板水密封装置，应关闭泵房里面的甲板密封水排海阀门，并关断甲板密封水泵。打开检查盖并采取相应措施；
- 采取适当行动防止溢油扩散。

(3) 船体破损引起的溢油

- 停止 FPSO 的一切作业，召集船员；
- 启动溢油应急计划；
- 通过舱间转驳，降低破损油舱的液位到破损位置以下。如果不可能查出是哪个油舱发生泄漏，那么应把所有相邻油舱的液位降低，同时考虑船体应力和稳定性的影响；
- 安排潜水员下水确定漏油的位置，并采取相应的措施；
- 如果怀疑油是从船底或者底部舱壁的一个裂缝中泄漏的，则应降低油舱的液面，使舱内有足够的空间，然后把水泵入受损的油舱，从而防止进一步漏油；
- 把货油舱系统的惰性气体压力降低到最低正压，从而防止有更多的油溢出；
- 采取适当措施，防止溢油扩散。

7.7.2 溢油事故应急处理措施

7.7.2.1 制定溢油应急预案

建设单位应按照《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，编写陆丰 12-3 油田的溢油应急计划并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，同时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。

7.7.2.2 应急组织机构

爱思开新技术株式会社拥有应急组织机构，主要包括：事故指挥长、法律专员、公共事务人员、爱思开-中海油联管会联络员、SHE 专员/政府事务联络官、计划组负责人、后勤组负责人、财务/行政组负责人、执行组负责人及项目组负责人（如果届时海上有项目）。各部门承担应急响应职责，相互分工、配合，对应急事故进行处理。应急组织机构以后期备案稿《溢油应急计划》为准。

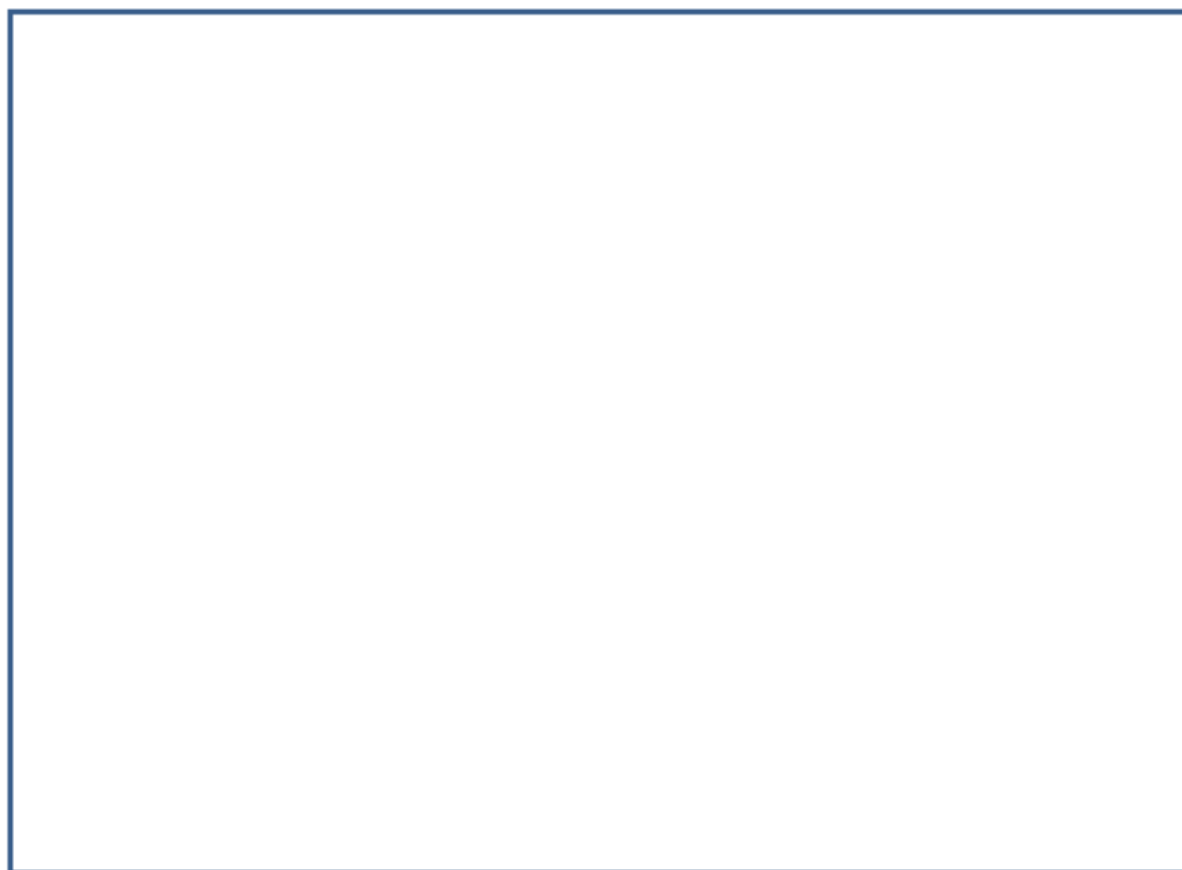


图 7.7-1 爱思开新技术株式会社应急组织机构图

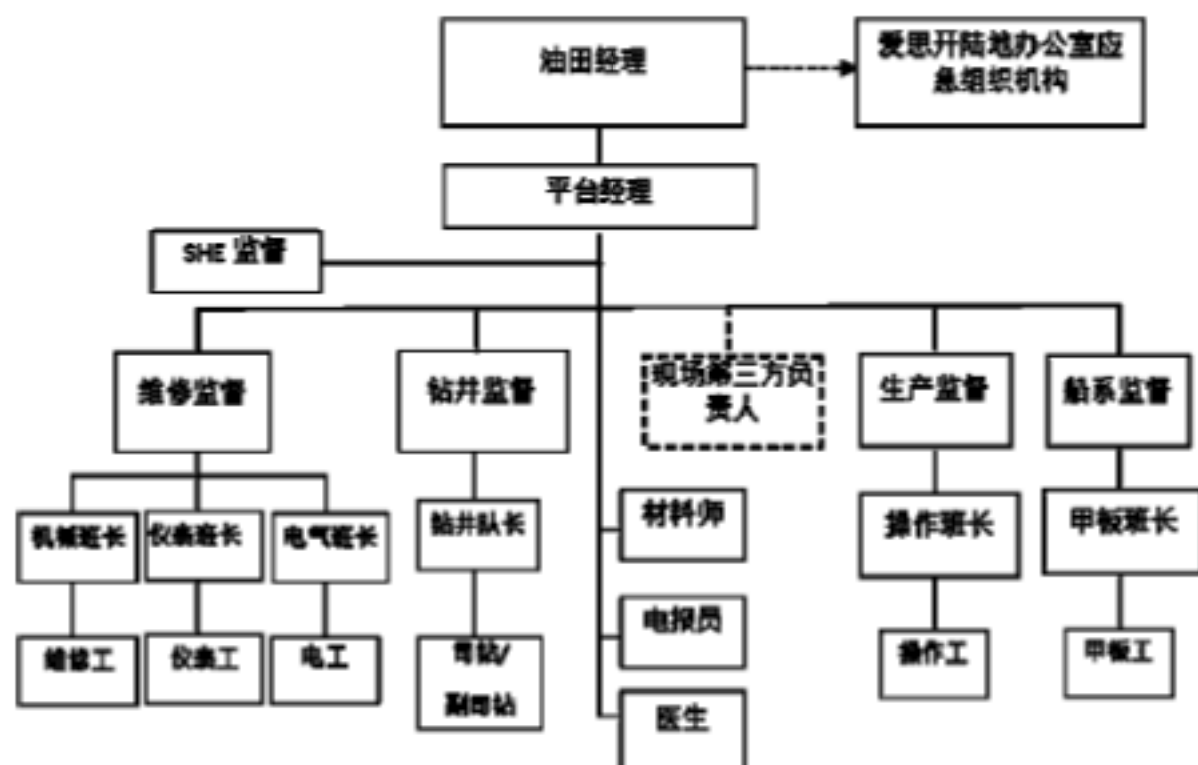


图 7.7-2 现场应急组织机构图

7.7.2.3 溢油事故的报告

发生溢油事故后，无论大小，发现者都应立即向油田经理/平台经理汇报。一旦接到口头或书面的溢油事故报告，油田经理应立即向陆地事故指挥长或值班经理报告。接到报告后事故指挥长应第一时间直接向爱思开总部和联管会应急委员会主席（中方首席）电话报告，最迟不晚于 30 分钟报告，2 小时内提交书面报告。并在规定时间内由爱思开事故指挥长（或其指定人员）向生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局及当地政府主管部门提交书面报告，如果溢油规模较大，超出现场溢油处理能力，还应该通知中海石油环保服务（天津）有限公司，动用其溢油应急力量，并通过中海石油（中国）有限公司深圳分公司协调附近的其它油田及作业单位支援溢油应急响应，见图 7.7-3 溢油事故报告程序图。

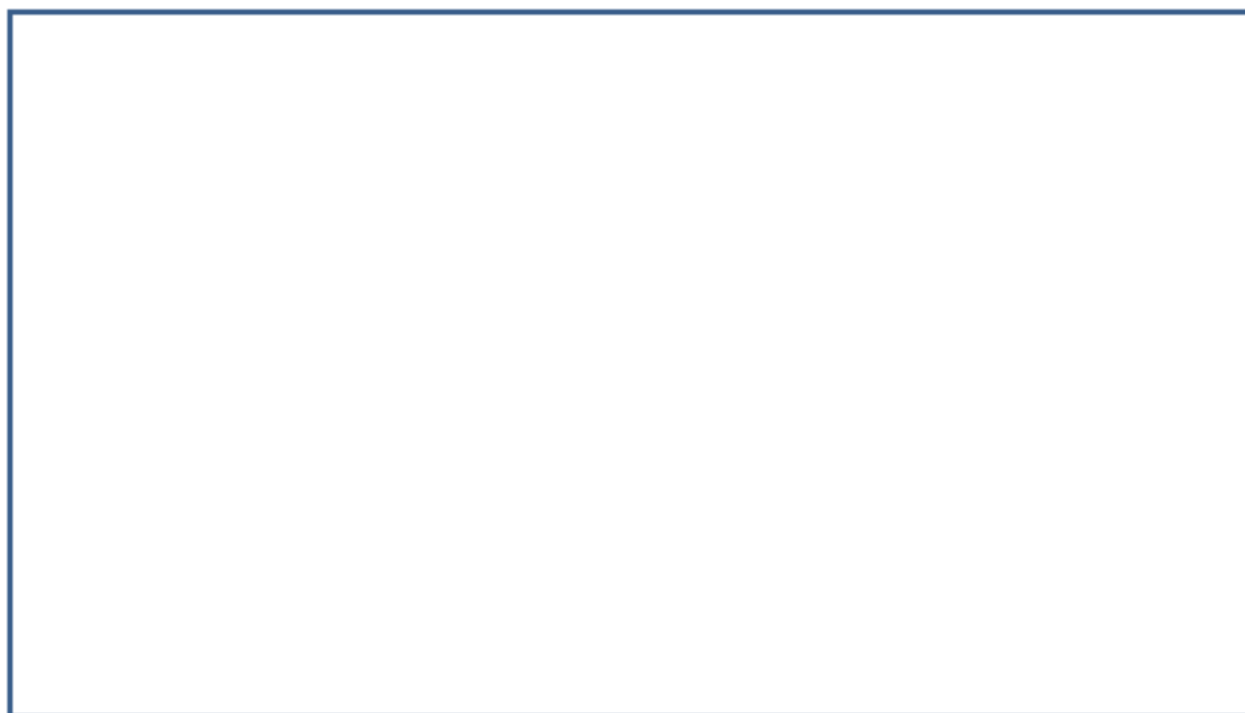


图 7.7-3 溢油事故报告程序图

7.7.2.4 溢油反应程序

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。

发生特别重大、重大溢油事故后，由国家主管部门分别启动Ⅰ级、Ⅱ级应急响应，流域管理局组织成立现场指挥部，由国家海洋环境保护主管部门统一指挥。同时，国家海洋环境保护主管部门报告国家重大海上溢油应急处置部际联席会议，提请启动国家重大海上溢油应急处置预案。

发生较大、一般溢油事故后，流域局分别启动Ⅲ级、Ⅳ级应急响应，负责溢油应急响应工作的组织、指挥、实施及信息发布等工作。

7.7.2.5 海上溢油的处理

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

(1) 溢油回收条件

根据溢油应急响应普遍经验，在某些特殊天气条件及情况下，溢油围控和机械回收作业无法进行，或会增加潜在危险，这时不建议采取溢油回收作业。此类限制条件和情况包括：

- 海上现场风速达到或超过 6 级；
- 海上现场海浪高度超过 2 米；
- 其它潜在火灾、爆炸等安全因素。

(2) 围控和机械回收

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

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

① 两船拖带之“J”型

如图 7.7-4 所示，这种形式需要用两艘船。一艘作为主拖船，用于拖带围油栏较短的一端，同时存放所需的回收设备和回收作业人员；另一艘作为辅拖船，用于拖带围油栏较长的一端。围油栏的长度需要 200-400 米。从主拖船至 J 形底部之间围油栏的长度为 20-40 米，撇油器放置在 J 形的底部。围油栏要尽可能紧靠在主拖船的一侧（10-20 米），以便于撇油器或其它回收设备的操作。

为了获得并保持理想的围油栏底部形状，可以通过拉动连接围油栏与船舶之间的绳索，对围油栏底部的形状进行适当的调整。

在进行两船拖带作业时，一般情况下，主拖船为指挥船，主拖船应根据溢油围扫情况及时、准确地向前面的拖船发出指令，拖船应注意随时与主拖船良好的通信联络，严格按照指令及时调整航向和航速，只有这样才能时刻保持良好的 J 型围扫形式，达到

理想的溢油回收效果。

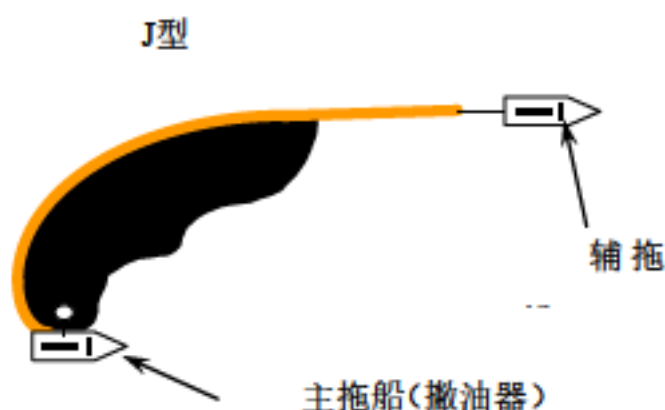


图 7.7-4 “J”型拖带

② 两船拖带之“U”型

如图 7.7-5 所示，U 形拖带由三艘船来完成。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。此种形式的围扫作业，回收量较大。

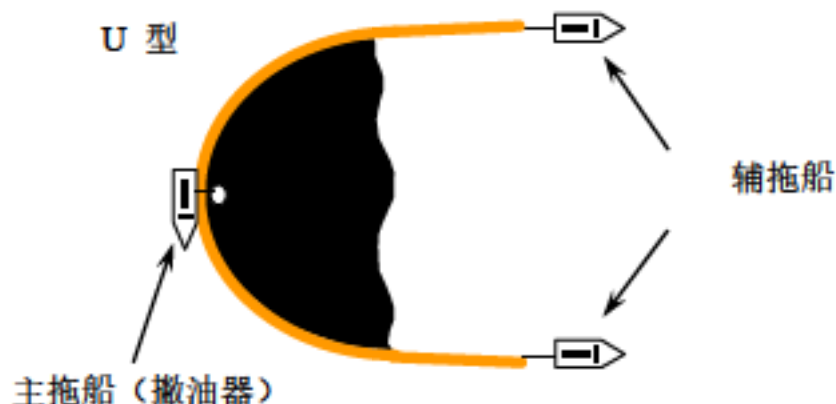


图 7.7-5 “U”型拖带

(3) 喷洒化学消油剂

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

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

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

- 使用化学消油剂的原则：根据《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》第二十一条规定，海面溢油首先使用机械回收，消油剂应严格控制使用，并遵守《海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定》和《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》（2015年第4号（总第25号））。
- 发生溢油事故时，作业者应首先考虑回收措施，对少量确实无法回收的溢油，准许使用消油剂。
- 在海面溢油可能产生爆炸、起火或严重危及人命和财产安全，又无法使用回收方法处理，而只有使用消油剂可以避免扩大事故后果的紧急情况下，作业者使用消油剂的数量和报告程序可不受限制，但须在使用同时报告主管部门。事后必须按《海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》的规定，向主管部门提交详细的报告。

7.7.3 溢油风险应急措施有效性分析

7.7.3.1 油田溢油应急能力

陆丰 12-3 油田需按照有关规定的要求，配备与油田群开发规模相适应的溢油应急处理资源，包括围油栏、吸油毡、溢油分散剂、收油机等。

同时，爱思开新技术株式会社可通过中海石油（中国）有限公司深圳分公司调用周边油田的应急资源，当发生较大及以上溢油事故时中海石油环保服务（天津）有限公司可全方位提供溢油应急响应服务。

（一）陆丰 12-3 油田内部溢油应急资源

陆丰 12-3 油田配备的溢油应急设备主要有围油栏、吸油毡、溢油分散剂等，具体配备防溢油物资见下表。由于 WHP 平台空间受限，配备一定数量的吸油毡和溢油分散

剂，主要的应急设备存放在 FPSO 上，且 FPSO 与 WHP 平台距离仅约 2km，有值班船巡视守护，可以及时响应。

表 7.7-1 陆丰 12-3 油田溢油应急资源

序号	名称	能力	单位	数量	存放地点
1	围油栏	/	米	2×200	FPSO
2	收油机	收油能力：60m ³ /h	套	1	FPSO
3	溢油分散剂	200L/桶	桶	10	FPSO
4	喷洒装置	100L/min	套	1	FPSO
5	浮式储油囊	10m ³	套	2	FPSO
6	吸油毡	/	kg	200	FPSO

（二）周边油田溢油应急资源

当发生溢油量 10t 以上的溢油事故时，可借助于周边区域其他油气田溢油应急救援力量进行应急处理。

表 7.7-2 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		套	1	海洋石油 121FPSO
2	扫油网		套	1	海洋石油 121FPSO
3	消油剂喷洒系统		套	1	海洋石油 121FPSO
4	消油剂		桶	5	海洋石油 121FPSO
5	消油剂		桶	5	LF13-1 平台
6	消油剂		桶	3	LF13-2 DPP 平台
7	消油剂		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 121FPSO
11	捞油网		张	5	LF13-1 平台
12	捞油网		张	5	海洋石油 121FPSO
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		米	400	陆丰 7-2 平台
2	溢油分散剂		吨	4.5	陆丰 7-2 平台
3	吸油毛毡		千克	200	陆丰 7-2 平台
4	撇油器		套	1	陆丰 7-2 平台

表 7.7-3 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		米	2×200	海洋石油 115FPSO
2	围油栏动力站		台	1	海洋石油 115FPSO
3	充吸气机		台	1	海洋石油 115FPSO
4	侧挂式收油机		套	1	海洋石油 115FPSO
5	刷式撇油器		套	1	海洋石油 115FPSO
6	喷洒装置		套	1	海洋石油 115FPSO
7	溢油分散剂		桶	10	海洋石油 115FPSO
8	浮式储油囊		套	2	海洋石油 115FPSO
9	吸油毛毡		kg	200	海洋石油 115FPSO
10	收油网		套	1	海洋石油 115FPSO
11	高温高压清洗机		套	1	海洋石油 115FPSO

表 7.7-4 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		套	1	库房*
2	围油栏		个	1	库房*
3	围油栏		个	1	库房*
4	撇油装置		个	1	库房*
5	吸油毛毡		包	15	库房*
6	消油剂		桶	20	库房*
7	消油剂		桶	24	(NH211 船 4 桶, 其它供给船 20 桶)
8	消油剂		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

序号	名称	规格/型号	单位	数量	存放地点
18	橡胶刮板		个	5	HZ32-2 平台
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。

（三）中海石油环保服务（天津）有限公司溢油应急资源

1、环保船“海洋石油 251、255、256、258”

中海石油环保服务（天津）有限公司目前在南海海域配置四艘大型多功能溢油应急环保船“海洋石油 251”、“海洋石油 255”、“海洋石油 256”和“海洋石油 258”。当发生较大溢油事故时，爱思开/环保公司可以调动离作业点最近的环保船立即赶赴现场，进行溢油围控和回收作业。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。

表 7.7-5 环保船性能表

序号	主要性能	海洋石油251	海洋石油258	海洋石油256	海洋石油255
1	主尺度				
2	主机功率				
3	最大航速				
4	续航力				
5	自持力				
6	溢油回收能力				
7	溢油/测试井液舱/污油水回收舱容				
8	溢油监测				
9	溢油设备安装形式				
10	甲板载货面积				
11	甲板载货量				
12	甲板载荷				
13	消油剂储存仓				

2、中海石油环保服务（天津）有限公司卫星基地

在环保公司的七个卫星基地里，针对陆丰 12-3 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。环保公司现有溢油应急资源在一定时间内到达溢油事故现场后，进行海面溢油的围控和回收以及消油剂的喷洒作业。

表 7.7-6 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		米	100	珠海基地
2	围油栏		米	240	珠海基地
3	消油剂喷洒装置		套	1	珠海基地
4	撇油系统		套	1	珠海基地
5	收油机		套	1	珠海基地
6	冲气机		套	1	珠海基地
7	储油囊		套	1	珠海基地
8	储油囊		套	1	珠海基地
9	消油剂		吨	1	珠海基地
10	吸油毛毡		吨	0.45	珠海基地
11	吸油毛毡		吨	0.5	珠海基地
12	吸油拖栏		米	200	珠海基地
13	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		箱	10	珠海基地

表 7.7-7 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		1	套	惠州基地
2	齿型转盘式收油机		1	套	惠州基地
3	多功能收油机		1	套	惠州基地
4	Minimax12收油机		2	套	惠州基地
5	真空收油机		2	套	惠州基地
6	ALLIGATOR100收油机		1	台	惠州基地
7	侧挂式收油机		2	台	惠州基地
8	多功能收油机		1	台	惠州基地
9	多功能收油机		1	台	惠州基地
10	HBSF30收油机		1	台	惠州基地
11	槽式鼓轮收油机		1	台	惠州基地
12	消油剂喷洒装置		5	套	惠州基地
13	消油剂喷洒装置		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		1	台	惠州基地
16	空中消油剂喷洒装置		1	套	惠州基地
17	船用喷洒装置		2	台	惠州基地
18	PVC围油栏		2600	米	惠州基地
19	充气式橡胶围油栏		400	米	惠州基地

序号	设备/物资名称	规格/型号	数量	单位	存放地
20	充气式橡胶围油栏		400	米	惠州基地
21	固体浮子式围油栏		400	米	惠州基地
22	柱状固体PVC围油栏		40	套	惠州基地
23	充气式橡胶围油栏		8	套	惠州基地
24	沙滩围油栏		40	条	惠州基地
25	轻便储油罐		7	个	惠州基地
26	轻便储油罐		1	台	惠州基地
27	轻便储油罐		1	台	惠州基地
28	储油罐		2	台	惠州基地
29	储油罐		4	个	惠州基地
30	储油囊		2	台	惠州基地
31	聚氨酯储油囊		4	套	惠州基地
32	聚氨酯储油囊		2	套	惠州基地
33	聚氨酯储油囊		1	套	惠州基地
34	输油泵		1	台	惠州基地
35	输油泵		1	台	惠州基地
36	充吸气机		2	台	惠州基地
37	充吸气机		2	套	惠州基地
38	HIS系列充吸气机		2	套	惠州基地
39	100充气机		2	台	惠州基地
40	SPC吸油毛毡		20	袋	惠州基地
			0	袋	惠州基地
			5	箱	惠州基地
41	国产毛毡		102	包	惠州基地
42	吸油毛毡		8	吨	惠州基地
43	SPC吸油拖栏		2	箱	惠州基地
			5	箱	惠州基地
			40	包	惠州基地
44	国产吸油拖栏		13	包	惠州基地
45	消油剂		4.5	吨	惠州基地
46	消油剂		100+36	桶	惠州基地
47	凯驰高压热水清洗机		2	台	惠州基地
48	凯驰高压冷水清洗机		2	台	惠州基地
49	高压清洗机		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

序号	设备/物资名称	规格/型号	数量	单位	存放地
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		5	把	惠州基地
61	柴油机摇把/常柴牌		2	把	惠州基地
62	柴油机摇把/常柴牌		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		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%抗溶水层膜泡沫水剂（淡水）		11	吨	惠州基地
71	二氧化碳灭火器胶管		90	个	惠州基地
72	二氧化碳灭火器胶管		75	EA	惠州基地
73	消防器材箱SG		12	个	惠州基地
74	室外栓箱双开		30	EA	惠州基地
75	室外栓箱单开		30	EA	惠州基地
76	二氧化碳灭火器		226	瓶	惠州基地
77	二氧化碳灭火器		242	瓶	惠州基地
78	二氧化碳灭火器箱		13	箱	惠州基地
79	二氧化碳灭火器箱		86	箱	惠州基地
80	防撞调压地上消火栓		29	个	惠州基地
81	消防水炮		23	个	惠州基地
82	灭火器箱		1	个	惠州基地
83	排水管		3	箱	惠州基地
84	应急沙袋		4600	个	惠州基地
85	室外栓箱双开		20	EA	惠州基地
86	室外栓箱单开		30	EA	惠州基地
87	柴油应急发电机		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
88	移动式防爆应急灯		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

7.7.3.2 应急响应时间可行性分析

（一）自身应急资源响应时间

陆丰 12-3 油田动员吊装时间为 2 小时，油田自身的应急响应时间为 2 小时。

（二）周边油田应急资源响应时间

表 7.7-8 溢油应急设备到达陆丰 12-3 油田溢油应急现场时间一览表

起点	终点	距离 (海里)	动员、装船时 间 (小时)	航行时间 (小时)	到达溢油现场 时间 (小时)
陆丰油田	溢油现场	70	2	4.5	6.5
西江油田	溢油现场	210	2	12.5	14.5
惠州油田	溢油现场	240	2	14.5	16.5

注：上表所有计算均以直线航行距离为计算基础，船舶航行速度为经济平均航速 9 节（约 16.7 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到达指定地点进行海面溢油的围控和回收作业。

（三）环保船“海洋石油 251、255、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。

（三）中海石油环保服务（天津）有限公司卫星基地

表 7.7-9 溢油应急设备到达陆丰 12-3 油田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	332	2	14.0	16.0
惠州基地	282	2	17.0	19.0

注：上表所有计算均以直线航行距离为计算基础，船舶航行速度为经济平均航速 9 节（约 16.7 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到达指定地点进行海面溢油的围控和回收作业。

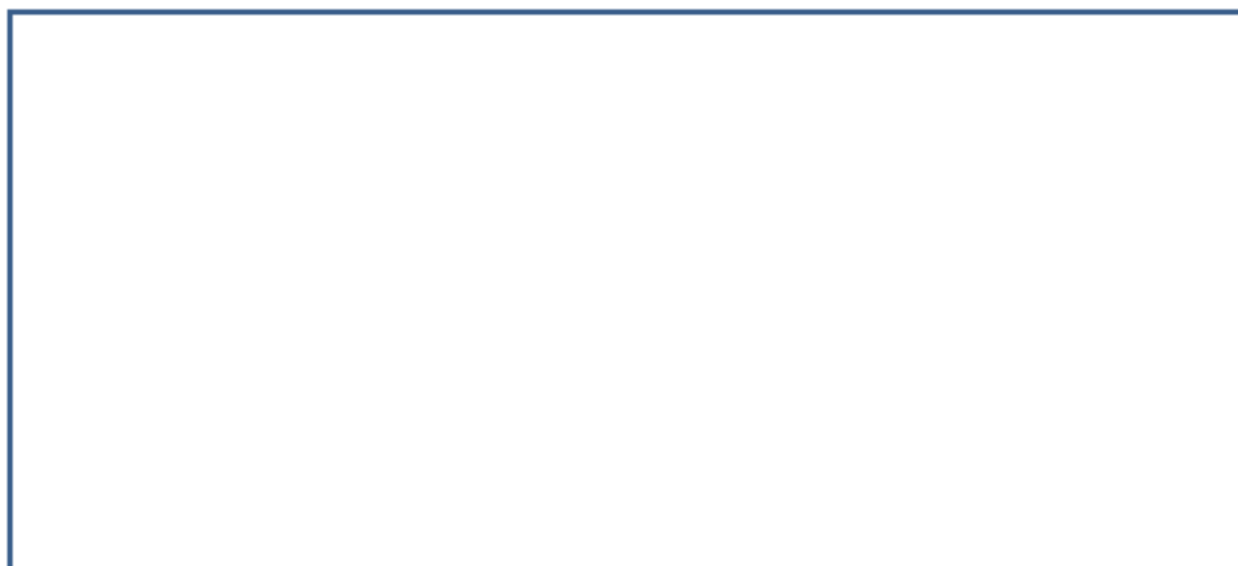


图 7.7-6 溢油应急物资分布示意图

7.7.3.3 陆丰 12-3 油田溢油设施应急能力估算

本项目最大可信事故溢油量为 110 t。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，通过布设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，m³；

L——围油栏长度，m；

pi——圆周率，无量纲；

d——油膜厚度，单位米 (m)，取 0.005m；

φ——富余量，取 20%；

本项目所需围油栏的长度为 443m。

(2) 机械回收能力

机械回收能力按下式进行：

$$E=V/(\alpha \times h)$$

式中：E——收油机回收速率，单位为立方米每小时（m³/h）；

V——总溢油量，单位为方（m³）；

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 110 t（125 m³），计算需收油机回收速率为 52 m³/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 624m³。

b. 应急能力符合性分析

WHP - FPSO 海底混输管道最大溢油量 110 t，抵达汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区、碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区的时间最短为 54.5h。陆丰 12-3 油田自身的溢油应急资源可以在 2h 响应，周边油田溢油应急资源可以在 6.5h~16.5h 到达并开始应急作业，环保船可以在 2~10h 到达溢油事故地点进行海面溢油的围控和回收作业，详细分析见下表。因此，溢油应急响应时间小于溢油抵达汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区、碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区的时间，且可到达的溢油应急设备量可以满足本项目溢油应急能力的要求。

表 7.7-10 陆丰 12-3 油田现有应急能力符合性分析

序号	溢油规模	溢油应急能力估算		陆丰 12-3 油田应急资源	周边油田应急资源	环保船	合计	是否满足本项目溢油应急能力要求
1	110 t	围油栏	443m	400m	1827m	/	2227m	可以满足要求
2		机械回收能力	52m ³ /h	60m ³ /h	214m ³ /h	264 m ³ /h	538 m ³ /h	
3		临时储存能力	624m ³	20m ³	20.4m ³	2550.97m ³	2591.37m ³	

注：各种溢油应急资源协同作业。

7.7.3.4 针对周围敏感区域的溢油应急措施

针对周围敏感区域，溢油应急应充分考虑以下内容，作好充分准备，陆丰 12-3 油

田一旦发生溢油事故，立即启动应急程序，迅速实施溢油措施，尽可能保护敏感区域，降低损失。

（1）充分的准备

采取预警措施，配备应急设施及人员，密切监视，发现溢油立即启动应急程序，并协助进行此后的溢油应急处理，确保能在接到预警后半小时内按预先的分工迅速展开溢油围控与回收。

（2）溢油应急处理

溢油应急处理应同时采取以下多项措施协同进行才能有效的保护敏感区域。

a、敏感区域保护：争取时间，采取围控措施阻止溢油向敏感区域漂移，为溢油回收作业赢得时间。可用浮子式围油栏在溢油将要到达的敏感区周围进行围控。

b、溢油回收作业：保护敏感区域的同时，在海上布设重型围油栏围控并进行溢油回收作业。

c、岸线清理作业：保护敏感区域的同时，做好进行海岸线清理作业的准备。由于油田距离陆地较近，围控或导引措施不一定能完全阻止溢油抵达岸线，因此基地必须配备岸线清理设备，并在接到预警后半小时内做好岸线清理的准备工作。万一溢油抵达岸线立即开展清理工作，减小影响程度，降低损失。

（3）注意事项

不宜进行消油剂喷洒作业：化学消油剂的有效成分是非离子型表面活性剂和溶剂，两者对海洋生物均有一定的毒性，油田周围敏感区较多，不宜进行消油剂喷洒作业。

7.8 环境风险评价结论

本次评价风险事故情形包括井喷、平台火灾、海底管道/立管油气泄漏、船舶碰撞泄漏、FPSO 破舱溢油、FPSO 移位造成管道泄漏、船舶碰撞和直升机坠落等。本工程最大可信事故为混输海管泄漏溢油事故，选取不利的溢油位置作为溢油点进行模拟预测，可能最大溢油量为 110 t。

根据预测结果分析，不利风向溢油抵达汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区、碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区的最短时间为 54.5h，抵达南海北部幼鱼繁育场保护区的最短时间为 55.5h，抵达遮浪南海洋保护区的最短时间为 63.5h，抵达遮浪南重要渔业海域限制类红线区的最短时间为 63.0h。同时，由于本工程位于深水金线鱼

产卵场，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。

根据应急响应时间分析，陆丰 12-3 油田自身的溢油应急资源可以在 2h 响应，周边油田溢油应急资源可以在 6.5h~16.5h 到达并开始应急作业，环保船可以在 2~10h 到达溢油事故地点进行海面溢油的围控和回收作业。参照《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T 877-2013）进行溢油能力的计算，目前可利用的溢油应急设备量可以满足本工程最大可信事故溢油量 110 t 的溢油应急能力的要求。

建设单位应按照《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，编写陆丰 12-3 油田的溢油应急计划并报珠江流域南海海域生态环境监督管理局备案，同时按照溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

8 清洁生产和总量控制

8.1 清洁生产

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，其目标为增效、降耗、节能、减污，由单纯的末端治理向生产全过程贯彻，从而实现清洁生产之目的。

清洁生产总的可以概括为：采用清洁的能源和原材料，通过清洁的生产过程，制造出清洁的产品。因此，油田开发工程基于此目的，在设计上采用先进的工艺技术，科学管理，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。

8.1.1 建设项目清洁生产内容与符合性分析

8.1.1.1 工艺设计中采用的清洁生产与污染防治措施

(1) 优化油田工程开发方案，在工程设计中优化系统参数、工艺参数（如压力、温度、流量等）选取、设备参数以及操作运行条件，综合考虑、贯彻清洁生产、节能降耗的原则。

(2) 工艺设计中采用自动化控制程度高的全密闭工艺流程。

(3) 从原油开采至外输整个生产过程全部采用自动化控制，在平台上设有中央控制室，可对整个生产工艺过程实行自动化控制、监控。

(4) 在油气生产工艺系统中的主要设备和管线处均设置了相应的压力、温度和液位安全保护装置，如在井口装置、出油管线和生产管汇上安装了高低压传感器和压力安全阀，在闭式排放罐等压力容器上设置压力保护装置、液位保护装置和流量安全保护装置，避免由于压力、液位和温度异常产生的事故隐患。

(5) 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、生产系统关断和全面关断等不同级别的紧急关断系统。一旦出现问题，可根据不同的事故级别自动启动相应级别的紧急关断系统，将危害和损失风险降至最低。

(6) 设置污染物收集处理系统，减少污染物排放及消除跑冒滴漏。平台上设置有开/闭式排放系统，闭式排放系统收集平台上带压容器、管线等泄放的带压流体，开式排放罐用来收集溢出液、设备冷却、冷凝水、冲洗水、甲板冲洗水以及初期雨水等。从而避免含油污水直接排放造成环境污染，达到清洁生产目的。

8.1.1.2 施工过程中采取的清洁生产与污染防治措施

本项目施工过程中拟采取的清洁生产与污染防治措施如下：

(1) 采用水基钻井液

钻井作业过程中，不使用毒性较大的油基钻井液或混油钻井液，采用高性能水基钻井液，从而降低钻井液排放对海水水质、沉积物及海洋生物的影响，减少环境损害。

(2) 优化施工时间

施工时将尽量缩短工期、合理选择施工期，尽量降低施工对渔业资源造成的损失。

(3) 污染物合理处置

施工过程中产生的生活垃圾（颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物直接排海）、生产垃圾经收集后全部运回陆地处理/处置。钻井液和钻屑，根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）规定，经检测含油量 $\leq 8\%$ 的可排海，含油量 $> 8\%$ 的运回陆地交由有资质单位接收处理。船舶机舱含油污水经船用油水分离器处理，使其含油浓度 $\leq 15\text{mg/L}$ 后方可排放。

(4) 严格执行相关法律、法规、标准

建设阶段参加海上施工的船舶及其有关人员应严格执行《海洋环境保护法》、《海上交通安全法》、《防止船舶污染海域管理条例》、《船舶水污染物排放控制标准》、《2011 年国内航行海船法定检验技术规则》和《国内航行海船法定检验技术规则（2014 年修改通报）》等有关的规定和标准。

8.1.1.3 生产运营期采取的清洁生产与污染防治措施

(1) 持续优化系统运行参数、设备运行效率，将清洁生产、节能降耗的原则落到实处。

(2) WHP 平台及 FPSO 上设有开式和闭式排放系统，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渗漏的液体或其它含油污水，并经收集后打回生产流程，由此可避免污染物的排放，达到清洁生产的目的。

(3) WHP 平台及 FPSO 上的含油生产水经生产水处理系统处理，将含油生产水中回收的污油打回生产流程，使之转化为产品，使污染物最大限度的资源化。

(4) WHP 平台及 FPSO 上各设置一套电解法生活污水处理装置，作业人员生活污水处理达标后外排。

(5) 运营期产生的生活垃圾（颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物直接排海）和生

产垃圾等禁止排入海中，分类收集、运回陆上处理。按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的要求进行处理/处置。

8.1.1.4 生产现场管理中的清洁生产措施

在原油生产过程中，对于各项操作均有明确的作业规程，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，规范生产作业活动，尽最大可能避免危害环境的事件发生。这些措施主要包括：

(1) 实行环境保护会议制度

定期举行安全环保会议，对生产中发现的环保问题，及时研究整改措施，提出工作要求。

(2) 油田安全管理

贯彻执行国家相关的环境保护法规和标准，并且在日常生产时对平台上的生产设施进行巡视和检查，定期对生产设备、探测报警及紧急关断设备进行检查维护。安全监督对临时登临平台的人员进行安全环保教育。

(3) 油田按照相应标准配备溢油应急物资，加强油田自身溢油应急能力。

8.1.2 建设项目清洁生产评价

本项目清洁生产指标分析参考《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系（试行）》。该指标体系依据综合评价所得分值将企业清洁生产水平等级划分为两级，即代表国内先进水平的“清洁生产先进企业”和代表国内一般水平的“清洁生产企业”。

石油和天然气开采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，又分为一级和二级指标：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 8.1-1 和表 8.1-2。由表中可以看出，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，本项目的钻井作业和采油作业的清洁生产水平等级均属“清洁生产企业”。

表 8.1-1 清洁生产评价指标及本项目清洁生产执行情况 (钻井作业)

定量指标*					本项目钻井作业评价			
一级指标	权重值	二级指标	单位	权重值 (修正值 K_i)	评价基准值 (S_{ai})	本项目实际值 (S_{ai})	单项评价指标 (S_i)	定量评价指标 的考核总分值 (P_i)
(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	62.95
		新鲜水消耗	t/100m 标准进尺	15	≤ 5	≤ 5	1	
(2) 生产技术特征指标	5	固井质量合格率	%	5	≥ 5	≥ 5	1	
(3) 资源综合利用指标	30	钻井液循环率	井深 2000m 以下	15	$\geq 40\%$	0	0	
			井深 2000-3000m		$\geq 50\%$			
			井深 3000m 以上		$\geq 60\%$			
(4) 污染物产生指标	35	油污回收率	%	15	≥ 90	≥ 90	1	
		石油类	mg/L	8.75	≤ 10	施工期钻屑和钻井液经检验合格、含油量 $> 8\%$ 的运回陆地处理不外排；含油量 $\leq 8\%$ 的可直接排海。	1	
		COD	mg/L	8.75	≤ 150	COD $\leq 500mg/L$	0.3	
		废弃钻井液	$m^3/100m$ 标准进尺	17.5	≤ 10	本项目钻井液用量约为 \square m^3 ，钻井总进尺约为 \square m，则废弃钻井液最大约为 \square $m^3/100m$	0.09	
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) 原辅材料	15	钻井液毒性	可生物降解或无毒钻井液		15	本项目采用无毒的水基钻井液；15	100	
(2) 生产工艺	30	钻井设备	国内领先		5	5		

定性指标*			本项目钻井作业评价	
及设备要求	压力平衡技术	具备欠平衡技术	5	建设单位具备欠平衡技术, 实际钻井作业过程中根据需要实施: 5
(3) 管理体系建设及清洁生产审核	钻井液收集设施完整性	配有收集设施, 且使钻井液不落	5	钻井过程中配有钻井液收集设施, 防止钻井液不落
	固控设备完整性	配备振动筛、除气器、除泥器、除砂器、离心机等固控设备	5	钻井液处理罐组布置在井口附近。罐上布置振动筛、除沙器、除泥器、离心机钻井液净化设备: 5
	井控措施	具备	5	具备井控措施: 5
	有无防噪措施	有	5	尽量选用低噪声设备: 5
		建立 HSE 管理体系	23.33	建设单位已经建立了 HSE 管理体系: 23.33
(4) 贯彻执行环境保护法规的符合性		制订节能减排工作计划	11.67	11.67
		废弃钻井泥浆处置措施满足法规要求	10	钻屑和钻井液经检验合格、含油量 > 8% 的运回陆地处理不外排; 含油量 ≤ 8% 的可直接排海, 符合法规要求: 10
		污染物排放总量控制与减排措施情况	5	本项目施工期产生的废水和固废均合理处理: 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=77.77	
清洁生产企业等级评定: $P \geq 90$ (清洁生产先进企业); $75 \leq P < 90$ (清洁生产企业) 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)》, 清洁生产评价指标体系分为定量指标 (P_1) 和定性指标 (P_2) 两部分。			本项目钻井作业评定为: 清洁生产企业 (75 ≤ P < 90)	

其中, 定量指标根据项目实际值 S_i 和评价基准值 S_{oi} 进行单项评价指标计算; 对指标数值越高 (大) 越符合清洁生产要求的指标, 单项评价指标 (S_i) 计算公式为 $S_i = S_{oi}/S_{ai}$ 。

定量评价考核总分值的计算公式: $P_1 = \sum_{i=1}^n S_i \times K_i$; 定性评价指标的考核总分值的计算公式为: $P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$;

企业清洁生产综合评价指数的计算公式为: $P = 0.6P_1 + 0.4P_2$ 。

表 8.1-2 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 (K _i)	评价基准值 (S _{oi})	本项目实际值 (S _{ai})	单项评价指数 (S _i)	定量评价指标的考核总分值 (P ₁)
(1) 资源与能源消耗指标	30	综合能耗	kg 标煤/t 采出液	30	≤65	≤65	1	63.5
(2) 资源综合利用指标	15	余热余能利用率	%	15	≥60	≥60	1	
	15	油井伴生气回收利用率	%	30	≥80	0	0	
(3) 污染物产生指标	40	石油类	mg/L	5	≤45	生产水处理达标石油类<45ppm	1	
		COD	mg/L	5	≤150	生活污水处理达标 COD≤500	0.3	
		落地原油回收率	%	10	100	100	1	
		采油废水有效利用率	%	10	≥60	生产水经处理达标后全部排海	0	
		油井伴生气外排率	%	10	≤20	全部外排 100	0.2	

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) 生产工艺及设备要求	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) 环境管理体系建设及清洁生产审核	35	建立 HSE 管理体系并通过认证		23.33	23.33	
		制订节能减排工作计划		11.67	11.67	
(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		6.67	6.67	
		建设项目环境影响评价制度执行情况		6.67	6.67	
		污染物排放总量控制与减排指标完成情况		6.67	6.67	

定性指标	本项目采油作业评价
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=106.51
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: 清洁生产企 业 (P=78.1)

8.2 总量控制

根据《国务院关于环境保护若干问题的决定》精神中“一控双达标”的目标, 建设项目要实施清洁生产, 污染物排放要实行全过程控制。在保证污染物排放达标的基础上, 主要污染物排放总量要控制在国家规定的排放总量控制指标之内。因此, 拟建工程主要污染物排放在实施浓度控制的同时, 必须实行总量控制。在污染物排放达标的前提下, 给出污染物排放总量控制建议值。

《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》第六条规定: “国家海洋主管部门根据国家重点海域污染物排海控制指标, 分配重点海域海洋工程污染物排海控制数量。”第二十二规定: “污水离岸排放不得超过国家或地方规定的排放标准。在实行污染物排海总量控制的海域, 不得超过污染物排海总量控制指标。”

8.2.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量

8.1.1.1 污染物排放情况

根据工程分析计算结果, 确定本项目污染物排放种类、排放方式和排放量, 见表 8.2-1。

表 8.2-1 本项目运营期污染物产排情况一览表

污染物	污染物产生量	污染物排放量	主要污染因子	排放/处理方式
含油生产水	■	■	石油类	处理达标后排海
伴生气冷放空	■	■	烃类	直接排放
伴生气燃烧	■	1.72 ■	氮氧化物	直接排放
生产垃圾	■	■	固废	运回陆地交有资质单位接收处理
其他含油污水	■	■	石油类	经开、闭系统收集后, 打入原油处理系统
平台	生活污水	■	COD	经生活污水处理装置处理达标后排海
	生活垃圾	■	食品废弃物、食品包装等	颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物直接排海, 其余分类收集、运回陆上处理

污染物	污染物产生量	污染物排放量	主要污染因子	排放/处理方式
FPSO	生活污水	██████	COD	经生活污水处理装置处理达标后排海
	生活垃圾	██████	食品废弃物、食品包装等	颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物直接排海，其余分类收集、运回陆上处理
供应船和值班船	生活污水	██████	COD	经船用生活污水处理装置处理达标后排海
	生活垃圾	██████	食品废弃物、食品包装等	颗粒直径小于 25mm 的食品废弃物直接排海，其余分类收集、运回陆上处理
	机舱含油污水	██████	石油类	按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 管理要求排海

8.1.1.2 总量控制污染物筛选

海洋环境保护法中规定，在重点海域建立并实施排污总量控制制度，确定主要污染物排海总量控制指标，并对主要污染源分配排放控制数量。但尚没有具体实施办法和方案。

国家“十三五”期间全国主要污染物排放总量控制计划规定：化学需氧量（COD）、氨氮、二氧化硫、氮氧化物等四项主要污染物排放量实行总量控制，并根据本项目的特征污染物和所在海域环境现状，选择海域总量控制的受控污染物。结合本项目特点，选取 COD 和石油类作为总量控制因子。

生产运营期平台和 FPSO 生活污水产生量分别为 ██████ m³/a，生活污水经处理达标后排海，按 COD_≤500mg/L，则 WHP 平台和 FPSO 生活污水 COD 排放量分别为 ██████ t/a。

此外，含油生产水经平台和 FPSO 处理达标后排海，根据工程分析本项目 WHP 平台生产水的最大排放量为 ██████ m³/d（2032 年），FPSO 生产水最大排放量为 ██████ m³/d（2024 年），含油生产水中石油类排放控制标准为_≤45mg/L。因此，WHP 平台总量控制指标为 ██████ ×10⁴m³/a，石油类排放总量为 ██████ t/a；FPSO 总量控制指标为 ██████ ×10⁴m³/a，石油类排放总量为 ██████ t/a。

8.2.2 排污混合区分析

陆丰 12-3 油田投产后，所产含油生产水分别在新建 WHP 平台和 FPSO 排放。此外，新建 WHP 平台和 FPSO 均设置生活污水处理装置，生活污水处理达标后排海。

(1) WHP 平台

根据环境影响预测结果，WHP 平台生产水排放超一类最远扩散距离约为 0.80km；

生活污水排放造成的 COD 超一类海水水质的最大影响距离在排放点周围 30m 范围内。因此，新建 WHP 平台排污混合区范围为以平台为中心 0.80km 为半径的海域内。

(2) FPSO

根据环境影响预测结果，FPSO 生产水排放超一类最远扩散距离约为 0.30km；生活污水排放造成的 COD 超一类海水水质的最大影响距离在排放点周围 30m 范围内。因此，FPSO 排污混合区范围为以 FPSO 为中心 0.30km 为半径的海域内。

8.2.3 污染物排放总量控制指标建议

本项目运营期生活污水和含油生产水处理达标后排放，生活污水排放控制标准为 $COD \leq 500mg/L$ ；含油生产水排放控制标准为石油类 $\leq 45mg/L$ ，本项目的总量控制建议指标见表。

表 8.2-2 本项目污染物排放总量控制指标建议

序号	污染物/污染因子	建议总量控制指标	
		WHP 平台	FPSO
1	生活污水	████████	████████
	其中：COD	████	████
2	生产水	██████████	██████████
	其中：石油类	██████	██████

9 环境保护对策措施

9.1 建设阶段环境保护对策措施

本项目建设阶段产生的污染物主要包括钻井液、钻屑、生产垃圾以及船舶污染物等。建设单位将采取有效的污染防治措施，以使上述污染物的处理/处置符合国家、地方环境保护法规和标准的要求。

9.1.1 钻井液和钻屑处理措施

新建 WHP 井口平台将采用平台钻机进行钻完井作业，在钻井过程中全部采用水基钻井液。从钻机井口返出的钻井液和钻屑通过钻井平台上设置的相关设备进行分离，分离出钻井液和钻屑经检测合格后方可排海。

钻井液排放前根据 GB/T 16783.4-2006“石油天然气工业钻井液现场测试第 1 部分：水基钻井液”中的“水、油和固相含量”检测方法，通过蒸馏器检测含油量。检测确定钻井液中含油率低于 8%，然后一次性排放，排放地点为平台的泥浆池排海阀处。检测储层段钻屑检测含油率不大于 8%后，通过振动筛下方的集屑盒随钻排海。若钻屑检测含油率高于 8%，则通过甩干机进一步处理降低含油率，检测含油率不大于 8%后排海。若经过甩干机处理仍无法降低含油率至不大于 8%，则收集岩屑返回陆地交由有资质单位处理。

本项目平台共设 20 个井槽，前期钻井 13 口，预留 7 个井槽。本项目钻完井过程中共产生钻井液 $\blacksquare\text{m}^3$ ，排放速率约为 $35\text{m}^3/\text{h}$ ；共产生钻屑 $\blacksquare\text{m}^3$ ，最大排放速率约为 $25\text{m}^3/\text{d}$ ；所有作业及检测均要求详细记录。

本项目钻井阶段产生的钻井液和钻屑经检测达标后经海区主管部门批准后排海；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。

钻井过程中向海中排放的钻井液和钻屑，其生物毒性容许值应达到《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》（GB18420.1-2009）中二级标准的要求，即钻井液和钻屑的生物毒性容许值不低于 20000mg/L 。同时，向海中排放的钻井液和钻屑还应符合《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中三级排放标准（含油量 $\leq 8\%$ ，重金属 $\text{Hg}\leq 1\text{mg/kg}$ ， $\text{Cd}\leq 3\text{mg/kg}$ ）的要求。同时，钻井液和钻屑的排放须按照《海洋石

油勘探开发含油钻井泥浆和钻屑向海中排放审批事项服务指南》的要求执行。

9.1.2 悬浮物

本项目海底管道、电缆均直接敷设于海底，不进行挖沟，对海底扰动很小，故悬浮物产生很小。

平台导管架打桩、系泊系统施工等阶段，会对海底造成扰动产生少量悬浮物，但占海面积小，对海底扰动产生悬浮物的总量较小，对海洋环境影响很小。

9.1.3 生产垃圾处理措施

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，根据《国家危险废物管理名录》（环境保护部令第 39 号），废弃的含油抹布、劳保用品属于危险废物豁免管理清单，可以混入生活垃圾处理，全过程不按危险废物管理。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。

本项目所产生的危险废物委托有资质单位处理，对于无害固体废物一般集中运回陆地交由废物回收公司处理。

9.1.4 船舶污染物处理措施

本项目建设阶段需动用浮吊船、铺管船、铺缆船、驳船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》（2011）和《国内航行海船法定检验技术规则》（2011）（2014 年修改通报）要求并获得相应的国内航行海船法定证书的作业船舶。

建设阶段作业船舶将产生一定量的船舶污染物，包括船舶含油污水、船舶垃圾和船舶大气污染物等。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《船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发[2018]168 号）》等相关要求。

海上建设阶段船舶污染物的环境保护措施具体详见表 9.1-1。

表 9.1-1 海上建设阶段船舶污染物的环境保护措施

内容	项目	排放控制要求	备注
船舶含油污水	机舱含油污水	执行石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ ，或收集并排入接收设施	排放应在船舶航行中进行
船舶生活污水	距最近陆地 3 海里以外海域产生的船	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

内容	项目	排放控制要求	备注
	船舶生活污水		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
	食品废弃物	在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放	
船舶大气污染物	硫氧化物、颗粒物和氮氧化物	船舶大气污染物排放满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发[2018]168 号）》的要求	油田所在海域位于管控范围之外

9.2 生产阶段环境保护对策措施

本项目生产阶段正常工况下产生的污染物主要是含油生产水、初期雨水和甲板冲洗水、设施维修产生的生产垃圾、伴生天然气燃烧/放空等；此外还有作业人员所产生的生活污水、生活垃圾等。建设单位均将采取相应污染防治措施，以使上述污染物处理/处置符合国家或地方的法规和标准的要求。

9.2.1 含油生产水处理措施

(1) 正常工况

本项目投产后，井口物流经平台生产水处理系统初步处理后，部分达标生产水直接排海；其余含水原油经海底管道外输至 FPSO，经进一步处理达标后排海。

根据第 2 章产能预测表，陆丰 12-3 油田的生产水最大产生量为 m^3/a (2031 年)，最大日产水量为 m^3/d (2032 年)。

其中，平台含油生产水采用“水力旋流器+聚结脱气除油罐”的两级处理流程：从一级分离器中分离出的生产水先通过水力旋流器进行初步除油，脱离出的油送入闭排系统；生产水继续进入聚结脱气除油单元进一步除去剩余的油，聚结脱气除油单元出来的气体直接放空。处理后生产水含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ，经检测合格并经流量计计量后，最后排放入海。WHP 平台生产水设计处理能力为 m^3/d ，处理后的生产水最大含油量不大于 45mg/L 。

FPSO 配备有 1 套生产水处理系统，采用“水力旋流器+气浮”的两级处理流程。从原油处理系统中分离出的生产水先通过水力旋流器进行初步除油，脱离出的油送入闭排系统；生产水继续进入浮选单元用气泡浮选法进一步除去剩余的油，浮选单元出来的气体直接放空。处理后生产水含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ，经检测合格并经流量计计量后，进入开排罐最后排放入海。FPSO 生产水设计处理能力 m^3/d ，处理后的生产水最

大含油量不大于 45 mg/L。

(2) 非正常工况

非正常工况下（如系统故障、维护、地层压力变化以及其他维护性操作时），平台停产，启动应急置换，海管中含水原油直接进 FPSO 的污油舱，不排海。

9.2.2 其他含油污水和伴生气处理措施

本项目新建的 WHP 平台和 FPSO 均设置开式排放系统和闭式排放系统。开式排放系统主要包括开排槽、开排泵和开排电加热器，主要用来收集溢出液、冷凝水、甲板雨水和冲洗水。甲板初期雨水送开排槽，当开排槽达到一定液位时，经开排泵将含油污水打入闭排罐。

闭排系统主要包括闭排罐、闭排罐电加热器、闭排泵过滤器、闭排泵和冷放空管。闭排罐主要收集平台上带压容器、管线等排放出的带压流体。同时作为平台生产安全泄放系统，平台需要泄放的气体经放空管汇进入闭排兼放空罐，经过分液后的气体进入放空管放空。当达到一定的液位时，经闭排泵过滤器，由闭排泵将流体输送至原油生产系统。

本油田产气量较少，正常生产时，分离出的少量伴生气通过放空管直接放空（平台伴生气直接放空）或火炬燃烧（FPSO 伴生气火炬燃烧）。

9.2.3 生活污水处理措施

新建 WHP 平台及 FPSO 上均设置生活污水处理装置（电解法），生活污水处理达标后排海。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 $COD \leq 500 \text{mg/L}$ ，并且在排海出口设置流量计量装置。

9.2.4 生产垃圾和生活垃圾处理措施

本项目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。

9.2.5 船舶污染物处理措施

正常生产阶段，本项目值班船舶等产生的船舶污染物（包括船舶含油污水、船舶生活污水、船舶垃圾和船舶大气污染物）等的控制与治理方案同海上建设阶段。

9.3 海洋生态保护措施

(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) 制定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。

(5) 建设单位应按照《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，制定溢油应急计划，并进行备案。同时按照备案的溢油应急计划配备溢油应急资源，做好溢油应急响应工作。

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

(7) 制定施工期船舶安全和防溢油措施，施工船舶配备必要的导助航等安全保障设施，合理调配施工船舶，加强值班、瞭望工作，合理安排工期，避免恶劣天气施工，减少船舶碰撞溢油事故的发生。大型船舶配备必要的溢油应急设备。

(8) 鉴于工程施工建设及油田生产过程中将对周围海域的渔业资源和海洋生态造成不可避免的影响，建设单位需与相关部门协商，选择合理的放流时间、品种和规模，通过人工增殖放流等措施进行生态修复和补偿。

9.4 环境保护对策措施一览表

综上所述，本项目采取的主要环境保护对策措施见表 9.4-1。

表 9.4-1 本项目环境保护对策措施一览表

主要环境保护措施		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	钻井液、钻屑采用振动筛、离心机等设备处理	钻井液总量为 m ³ ；钻屑总量为 m ³	钻井液和钻屑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	钻井平台；与钻完井作业同步	由建设单位负责建设、使用和管理
含油生产 水	本项目生产水经新建 WHP 平台和 FPSO 生产水处理系统进行处理，满足排放要求后排海	WHP 平台和 FPSO 含油生产水均采用两级处理流程，本项目投产后的 WHP 平台含油生产水设计处理能力为 m ³ /d；FPSO 含油生产水设计处理能力为 m ³ /d	处理到含油浓度≤45mg/L 后排海	WHP 平台和 FPSO；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	开式排放系统主要包括开排槽、开排泵和开排电加热器	开排槽主要用来收集溢漏液、冷凝水、甲板雨水和冲洗水	WHP 平台和 FPSO；与生产设施同步建设，同步投入生产使用	
生活污水	闭式排放兼冷放空系统	闭排兼冷放空系统主要包括闭排罐、闭排罐电加热器、闭排泵过滤器、闭排泵和冷放空管	闭排罐主要收集平台上带压容器、管线等排放出的带压流体		
	电解法生活污水处理装置	WHP 平台和 FPSO 上均设置电解法生活污水处理装置，设计处理规模分别为 人	出水 COD≤500mg/L 后排海		
生活垃圾	分类回收	WHP 平台和 FPSO 上设置分类回收箱	塑料、废弃食用油、生活废弃物等运回陆地；食品废弃物排海	船舶自带处理系统或接收设施	由船舶所属单位负责
生产垃圾	分类回收	WHP 平台和 FPSO 上设置分类回收箱	生产垃圾运回陆地处置		
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	船舶大气污染物	油田所在海域位于《船舶大气污染物排放控制区实施方案》管控范围之外	达到保护项目周围海域生物多样性 and 生态资源的目的	南海海域；项目投产后可在专业单位建设的时间范围内完成	建设单位负责落实，可委托专业单位完成
	人工增殖放流等，其经费纳入项目环保投资预算	根据本油田开发工程造成的渔业资源损失，应采取适当的生态恢复或补偿措施			

9.5 环保设施“三同时”竣工验收建议

陆丰 12-3 油田开发工程环保设施“三同时”竣工验收建议见表 9.5-1。

表 9.5-1 本项目主要环保设施“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
闭式排放系统	WHP 平台及 FPSO 上闭式排放系统的配备及运行情况	主要收集平台上带压容器、管线等排放出的带压流体
开式排放系统	WHP 平台及 FPSO 上开式排放系统的配备及运行情况	主要用来收集溢出液、冷凝水、甲板雨水和冲洗水
生产垃圾回收设备	WHP 平台及 FPSO 上固体废弃物分类和回收设备的配备及运行情况	设置生产垃圾箱，海上无生产垃圾排放，均运回陆地处理处置
生产水处理设施	WHP 平台及 FPSO 上生产水处理设备的配备及运行情况	WHP 平台及 FPSO 上生产水处理设施规模分别为 m^3/d 和 m^3/d ，含油浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ，经检测合格并经流量计计量后排海
生活污水处理设施	WHP 平台及 FPSO 上电解法生活污水处理设施的配备及运行情况	WHP 平台及 FPSO 上分别设规模为满足 人 的生活污水处理设施，且 $\text{COD}\leq 500\text{mg/L}$ 后排海
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 环境保护技术经济合理性分析

环境经济损益分析是环境影响评价的重要内容，其任务是通过分析环保投资及其所能收到的环境保护经济效果，重点评价工程环保投资的经济合理性和可行性；并通过分析工程项目的环境经济效益，从环境经济角度对环境造成的直接、间接经济损益主要进行定量和定性分析，为建设项目的决策提供依据。

10.1 环境保护投资费用估算

环境保护费用系指环境保护固定设施及其投资费用和维护设施及其他为环保投资的年费用。环境保护投资主要包括一次性环境设施投资及其相关操作费用和辅助费用。本工程的环保投资主要用于渔业损失补偿和生态服务损失。根据《海上油（气）田开发工程环境保护设计规范》（SY/T10047-2003），在确定环境保护投资费用时，对环境保护设施及其投资按如下原则划分：

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

根据上述原则，将本工程环保投资费用列于表下表。本工程总投资约 1.2 亿元人民币，其中环保投资约 319 万元，占总投资的 0.27%。

表 10.1-1 环境保护投资估算（万元）

环境保护投资	设备投资（万元）	折合比例	折合环保投资
生产水处理系统	159	50%	79.5
生活污水处理系统	31	100%	31
开式排放系统	31	100%	31
闭式排放系统	31	100%	31
溢油应急设备	31	100%	31
固废与危废处置费用	31	100%	31
海洋生态损失补偿费用	319	100%	319
海洋生态环境监测费用	31	100%	31
合计			582.5

10.2 环境保护的经济损益分析

10.2.1 环境经济收益分析

本油田原油价格根据中国海洋石油集团公司《建设项目经济评价参数》(2020)的要求及联管会(珠江口盆地 17/03 石油合同区块联管会)和爱思开新技术株式会社的协商结果,按 美元/桶计取,换算为 元/吨。经济评价测算结果表明,项目向前看的净现值为 亿元。

陆丰 12-3 油田开发项目的环境经济收益主要体现在两个方面:

第一,直接环境经济收益主要是油田产出的含油生产水经生产水处理系统处理后回收的原油。油田运营期间(2022 年-2037 年)含油生产水总量为 $\times 10^4 \text{m}^3$,假设经生产水处理系统处理后石油类浓度从 1000mg/L 降至 45mg/L,则回收石油类约 $\times 10^4 \text{t}$,回收的石油类按 元/t 计算,折合经济价值约 万元。

第二,本工程海洋生物资源补偿将用于渔业资源增殖放流,可以恢复受影响的海洋生物生态资源,改善鱼类的群落结构,改善水域生态环境,有利于海洋渔业经济可持续发展;同时可以直接增加渔民捕捞收益,为百姓提供优质水产品,带动相关产业的发展。

10.2.2 环境经济损失分析

本项目所造成的环境经济损失,主要是平台及 FPSO 系泊缆占用海域、建设阶段产生的钻井液、钻屑排放和运营期平台、FPSO 含油生产水排放造成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》的规定:1)“一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍”,施工阶段因钻井液排放造成的生物资源损害属一次性损害,按 3 倍进行补偿;2)“持续性生物资源损害的补偿分三种情形,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;影响持续实际 20 年以上的,补偿计算时间不应低于 20 年”。

(1) 鱼卵、仔稚鱼经济价值计算

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

$$M = W \times P \times E$$

式中: M —鱼卵、仔稚鱼经济损失金额(元); W —鱼卵、仔稚鱼损失量(个,尾);

P —鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）； E —成活鱼苗的商品价格。商品鱼苗按近三年主要鱼类苗种平均价格 1 元/尾计算。

(2) 幼体经济价值计算

幼鱼的经济价值折算成成体进行计算，折算成体的经济价值按以下公式计算：

$$M=W \times P \times G \times V$$

式中： M ——幼鱼的经济损失额，元； W ——幼鱼的损失资源量，尾； P ——幼鱼折算为成体比例，按 100%； G ——幼鱼、甲壳类幼体、头足类幼体长成最小成熟规格的重量按 0.1 kg/尾； V ——生物成体商品价格，按 15 元/kg。

(3) 渔业生物经济价值计算公式

渔业生物资源经济价值按下式计算：

$$M_i = W_i \times E_i$$

式中： M_i ——第 i 类渔业生物资源的经济损失额（元）； W_i ——第 i 类渔业生物资源的损失量（kg）； E_i ——生物资源的商品价格。生物资源（包括渔业资源、底栖生物）的价格按当地海洋捕捞产值与产量均值的比值计算，按 15 元/kg。

根据第六章的损失汇总，进行渔业资源经济损失额合计。结果见表 10.2-1。

表 10.2-1 渔业资源损失经济补偿明细（万元）

类别	生物名称	生物损失量	长成率	单价	补偿倍数/年限	补偿金额
平台和管线 占用海域	底栖生物（t）	0.016	100%	15 元/kg	20	0.24
钻屑覆盖	底栖生物（t）	0.190	100%	15 元/kg	3	2.70
钻井液 排放	鱼卵（ $\times 10^6$ 粒）	6.048	1%	1 元/尾	3	0.18
	仔稚鱼（ $\times 10^6$ 尾）	0.504	5%	1 元/尾	3	0.15
	幼鱼（尾）	11020	0.1 kg/尾	15 元/kg	3	4.96
	头足类幼体（尾）	1864	0.1 kg/尾	15 元/kg	3	0.83
	甲壳类幼体（尾）	425	0.1 kg/尾	15 元/kg	3	0.19
	鱼类成体（kg）	132.21	100%	15 元/kg	3	5.95
	头足类成体（kg）	5.64	100%	15 元/kg	3	0.25
	甲壳类成体（kg）	3.13	100%	15 元/kg	3	0.14
钻屑排放	鱼卵（ $\times 10^6$ 粒）	0.525	1%	1 元/尾	3	0.16
	仔稚鱼（ $\times 10^6$ 尾）	0.044	5%	1 元/尾	3	0.01
	幼鱼（尾）	956	0.1 kg/尾	15 元/kg	3	0.43
	头足类幼体（尾）	162	0.1 kg/尾	15 元/kg	3	0.07
	甲壳类幼体（尾）	37	0.1 kg/尾	15 元/kg	3	0.02

陆丰 12-3 油田开发项目环境影响报告书

类别	生物名称	生物损失量	长成率	单价	补偿倍数/年限	补偿金额
	鱼类成体 (kg)	11.37	100%	15 元/kg	3	■
	头足类成体 (kg)	0.48	100%	15 元/kg	3	■
	甲壳类成体 (kg)	0.27	100%	15 元/kg	3	■
含油生产水 排放	鱼卵 ($\times 10^6$ 粒)	5.307	1%	1 元/尾	20	■
	仔稚鱼 ($\times 10^6$ 尾)	0.442	5%	1 元/尾	20	■
	幼鱼 (尾)	9670	0.1 kg/尾	15 元/kg	20	■
	头足类幼体 (尾)	1635	0.1 kg/尾	15 元/kg	20	■
	甲壳类幼体 (尾)	373	0.1 kg/尾	15 元/kg	20	■
	鱼类成体 (kg)	99.21	100%	15 元/kg	20	■
	头足类成体 (kg)	4.23	100%	15 元/kg	20	■
	甲壳类成体 (kg)	2.35	100%	15 元/kg	20	■
合计						■

渔业生物资源损失经济补偿额共为 ■ 万元。应对对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。

11 海洋工程的环境可行性及生态建设方案

11.1 海洋环境功能区划符合性分析

11.1.1 《全国海洋功能区划（2011 年~2020 年）》符合性分析

根据《全国海洋功能区划》（2011~2020），陆丰 12-3 油田开发项目位于南海北部海域。

本区域海域使用管理要求为“矿产与能源开发、渔业、海洋保护，区域重点加强珠江口盆地、琼东南盆地、莺歌海盆地、北部湾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”。本区域环境保护管理要求“对该海区的水质、沉积物和生物质量要求不劣于现状水平；生态环境要求为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”。

本项目属于油气资源勘探开发工程，与南海北部海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的功能定位。

本项目在建设阶段排放的水基钻井液、钻屑，对周围的海洋环境有短暂局部轻微影响，钻完井结束后海洋环境将较快恢复。本项目新建平台为透水性导管架平台，对海洋水动力环境影响轻微；本项目新建的海底管道和电缆直接铺设在海床上，不挖沟埋设，不会造成海底地形地貌的改变。本项目投产后，生活污水和分离出的含油生产水处理达标后排海，工程位于相对开阔的海域，周边水动力交换条件比较好，污染物会迅速扩散稀释，其对周围海域海水水质、海洋沉积物及海洋生物质量的影响均在排放口周围，排污混合区外不会劣于现状水平。本项目将加强环境管理，形成有效的环境管理体系；制定油田溢油应急计划，在新建平台/FPSO 上配备溢油应急设备，并在投产前制定溢油应急计划，防治海上溢油等重大海洋环境灾害和突发事件。

综上所述，本项目用海符合《全国海洋功能区划（2011~2020 年）》的要求。

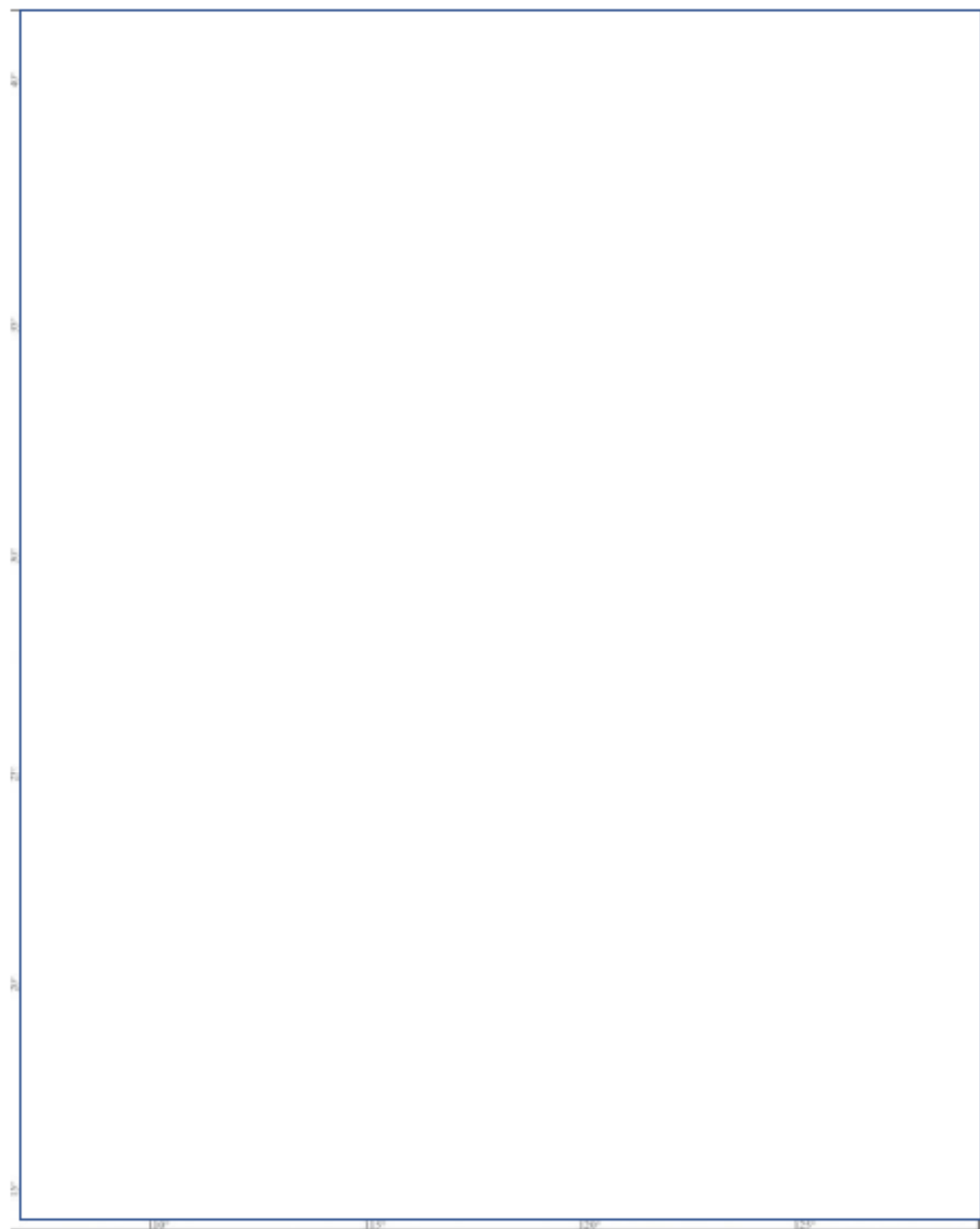


图 11.1-1 全国海洋功能区划图（2011-2020 年）

11.1.2 《广东省海洋功能区划》符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020）》，陆丰 12-3 油田开发项目所处海域位于广东省海洋功能区划范围之外，油田建设运营与《广东省海洋功能区划（2011-2020）》不冲突。

广东省海洋功能区划示意图



图 11.1-2 与广东省海洋功能区划位置关系

11.2 海洋主体功能区规划符合性分析

11.2.1 《全国海洋主体功能区规划》符合性分析

2015 年 8 月 1 日，国务院印发《全国海洋主体功能区规划》（国发〔2015〕42 号）。该规划中依据主体功能，将我国专属经济区和大陆架及其他管辖海域划分为重点开发区域和限制开发区域。其中重点开发区域包括资源勘探开发区、重点边远岛礁及其周边海域。

规划对资源勘探开发区的要求是“选择油气资源开采前景较好的海域，稳妥开展勘探、开采工作。加快开发研制深海及远程开采储运成套装备。加强天然气水合物等矿产资源调查评价、勘探开发科研工作。”

本项目位于南海大陆架珠江口盆地东部，属于海洋矿产资源勘探开发及其附属工程类，符合全国海洋主体功能区规划要求。

11.2.2 《广东省海洋主体功能区规划》符合性分析

2017 年 12 月，广东省人民政府批复了《广东省海洋主体功能区规划》（粤府函〔2017〕

359 号):“广东省海洋主体功能区包括优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类主体功能区域。”

本工程位于《广东省海洋主体功能区规划》之外(见图 11.2-1),油田建设运营与《广东省海洋主体功能区规划》不冲突。



图 11.2-1 与广东省海洋主体功能区规划位置关系

11.3 海洋生态红线符合性分析

根据《广东省海洋生态红线》(广东省人民政府,粤府函(2017)275号,2017年9月),本项目位于广东省海洋生态红线区外,工程施工期和运营期均不会对《广东省海洋生态红线》的红线区产生不利影响。

广东省海洋生态红线区控制图（总图）



图 11.3-1 工程与广东省海洋生态红线的位置关系图

11.4 与其他相关规划符合性分析

11.4.1 《全国海洋生态环境保护规划》（2017 年~2020 年）符合性分析

2018 年 2 月，国家海洋局印发《全国海洋生态环境保护规划（2017 年-2020 年）》，明确了“绿色发展、源头护海”“顺应自然、生态管海”“质量改善、协力净海”“改革创新、依法治海”“广泛动员、聚力兴海”的原则，确立了海洋生态文明制度体系基本完善、海洋生态环境质量稳中向好、海洋经济绿色发展水平有效提升、海洋环境监测和风险防范处置能力显著提升四个方面的目标，提出了近岸海域优良水质面积比例、大陆自然岸线保有率等八项指标。

本项目产生的污染物主要是钻完井过程产生的钻屑、钻井液，施工船舶产生的机舱含油污水，施工作业人员产生的生活污水和生活垃圾。船舶机舱含油污水经船用油水分离器处理达标后排海（石油类浓度 $\leq 15\text{mg/L}$ ）；施工作业人员生活污水依托施工船上的生活污水处理设施处理达标后排海；生活垃圾中颗粒直径小于 25mm 的食品废弃

物直接排海，其余生活垃圾和生产垃圾均运回陆地进行处理；水基钻井液和含油量 $\leq 8\%$ 钻屑、钻井液经检验合格后，并经所在海区主管部门批准后，达标排海。运营期含油生产水处理达标（石油类浓度 $\leq 45\text{mg/L}$ ）后排海。

本项目施工期及运营期产生的污染物均得到了妥善处置，符合《全国海洋生态环境保护规划》（2017 年~2020 年）中“源头护海”的原则。

本工程生产运营阶段需制定跟踪监测计划，定期监测设施外排污染物的排放浓度。建设单位拟编制溢油应急计划，并报相关主管部门备案，将按照备案的溢油应急计划做好各种溢油应急准备和响应工作。符合《全国海洋生态环境保护规划》（2017 年~2020 年）中“海洋环境监测和风险防范处置能力”提升的要求。

综上，本项目建设符合《全国海洋生态环境保护规划》（2017 年~2020 年）要求。

11.4.2 《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》符合性分析

2016 年 3 月，第十二届全国人民代表大会第四次会议批准发布《中华人民共和国国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》。

纲要第三十章提出：建设现代能源体系。十三五期间，加强陆上和海上油气勘探开发，有序开放矿业权，积极开发天然气、煤层气、页岩油（气）。推进炼油产业转型升级，开展成品油质量升级行动计划，拓展生物燃料等新的清洁油品来源。

本项目属于海上油气勘探开发项目，符合《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》的相关要求。

11.4.3 《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》符合性分析

2014 年 6 月，国务院办公厅印发《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》（国办发〔2014〕31 号），提出能源是现代化的基础和动力。能源供应和安全事关我国现代化建设全局。主要任务是：

稳步提高国内石油产量。“坚持陆上和海上并重，巩固老油田，开发新油田，突破海上油田，大力支持低品位资源开发，建设大庆、辽河、新疆、塔里木、胜利、长庆、渤海、南海、延长等 9 个千万吨级大油田。”“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。”

本工程位于南海北部海域，为海洋油气田开发项目，属于《能源发展战略行动计划

(2014-2020 年)) 的主要任务, 符合该规划要求。

11.4.4 《能源发展“十三五”规划》符合性分析

2017 年 1 月, 国家能源局发布《能源“十三五”规划》, 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, 本项目的建设属于国家《能源发展“十三五”规划》的重点任务。

11.4.5 广东省海洋经济发展“十三五”规划符合性分析

2017 年 6 月, 广东省海洋与渔业厅、广东省发展和改革委员会联合印发《广东省海洋经济发展“十三五”规划》。根据规划, 应坚持创新发展, 推进供给侧结构性改革, 优化提升海洋交通运输业、海洋油气业、现代海洋渔业和海洋船舶工业传统优势海洋产业, 集约发展临海石化、能源和钢铁等高端临海产业, 积极布局深海矿产、海洋可再生能源和蓝色碳汇等海洋潜力产业, 打造具有国际竞争力的现代海洋产业体系。

陆丰 12-3 油田位于珠江口盆地油气资源开采区, 油田开发建设符合国家大力发展海洋经济的指导方针, 也属于粤东海洋经济重点发展建设的产业项目, 符合海洋经济发展规划的需求。

11.4.6 广东省环境保护规划纲要(2006-2020 年)符合性分析

根据《广东省环境保护规划纲要(2006-2020 年)》, 为实现绿色广东, 要加快实施“三区控制、一线引导、五域推进”的总体战略。纲要中, 将全省划分为严格控制区、有限开发区和集约利用区, 进行生态分级控制管理。

陆丰 12-3 油田区域不属于严格控制区和有限开发区, 满足广东省环境保护规划纲要的要求。

11.5 产业政策符合性分析

本项目为海洋油气勘探开采项目, 属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号, 2019 年 8 月 27 日审议通过, 自 2020

年 1 月 1 日起实施)中鼓励类“常规石油、天然气勘探与开采”，因此，本工程的建设符合国家产业政策。

11.6 海洋生态建设方案

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。

生态建设的原则如下：

(1) 可持续发展原则：以可持续发展理论为指导，科学规划、合理利用、积极保护，构建生态安全格局，努力实现资源可持续利用，增强生态环境对社会经济发展的保障能力。

(2) 经济效益、社会效益与生态效益相协调的原则：积极促进经济、社会与生态环境之间的良性循环，实现经济、社会、生态环境之间的良性互动，达到社会经济发展与生态环境保护“双赢”。

(3) 集约与和谐原则：在生态优先的基础上，以经济建设为重点，整合区域资源优势，注重跑道建设与生态环境建设的结合，确保生态系统结构完整性、生态过程连续性，实现系统结构与功能的和谐。

11.6.1 相关政策的符合性

11.6.1.1 规划、区划符合性

本项目属于海上油气勘探开发，属于《全国海洋主体功能区规划》的专属经济区的重点开发区域，符合该规划要求。本项目与《全国海洋功能区划(2011~2020 年)》中珠江口盆地主要功能之一“矿产与能源开发”具有一致性，符合全国海洋功能区划的功能定位。本项目符合《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》要求；本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，也符合《广东省海洋经济发展“十三五”规划》要求；本项目不属于严格控制区和有限开发区，满足《广东省环境保护规划纲要(2006-2020 年)》的要求。

本项目新建工程设施位于《广东省海洋生态红线》范围之外，与《广东省海洋生态

红线》的管理要求不冲突。

11.6.1.2 产业政策的符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中的鼓励类“常规石油、天然气勘探与开采”，工程建设符合国家产业政策。

11.6.2 污染物源头控制及溢油应急措施

11.6.2.1 污染物源头控制措施

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全部使用水基钻井液；钻井液和钻屑检测达标后经主管部门批准后排海，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。生产阶段含油生产水经处理达标后排海；生产垃圾经过分类回收后，运回陆地处理。

11.6.2.2 溢油防范与应急

当发生不同程度的溢油事故时，通过陆丰油田作业区自身设备与周围其他溢油设备的联动响应，确保能够满足溢油事故的应急需要。在工程设计、建设和运营阶段均制定并严格实施溢油事故防范措施，同时针对工程油藏地质特点制定、实施相应的地质性溢油事故防范措施，力争最大限度地杜绝溢油事故的发生，防范对海洋环境的污染。

11.6.3 海洋生态损害分析

根据《海洋生态损害评估技术指南》（2013 年 8 月）、《海洋生态资本评估技术导则》（GB/T28058-2011）及农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中的相关阐述，本次评价工程对海洋生态损害主要体现在以下方面：

- （1）工程占用海域、施工期钻井液和钻屑排放对水质、沉积物的影响，对海洋生物资源损失量进行估算。
- （2）运营期含油生产水排放对水质、沉积物的影响，对海洋生物资源损失量进行估算。
- （3）油田开发工程施工期及运营期造成海洋服务功能的损失量计算。

11.6.3.1 海洋生物资源损失

（1）对浮游生物的影响

工程施工期间平台建设及钻井液和钻屑排放使周围海水中悬浮物增大，增加海水

浑浊度。一方面影响浮游植物的光合作用，在一定程度上影响水体中浮游植物的生长与繁殖；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。

施工阶段海水浑浊度的增加，也会减少透光层的厚度，使生物合成量减少，同时对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。

（2）对底栖生物的影响

钻屑入海后，在海水运动的作用下，大部分钻屑沉积在作业平台周围沉积，造成对底栖生物的掩埋破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使覆盖范围内底栖生物量减少。

（3）对渔业资源的影响

渔业资源经济损失量及补偿金额计算见第 10 章，渔业生物资源损失经济补偿额共为 225 万元，应对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。

11.6.3.2 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，下面评估本工程施工期和运营期对上述服务功能造成的损失。

本工程对海洋生态系统服务功能的影响主要是施工期钻井液钻屑排放、占用海域和含油生产水排放的影响，下面评估上述活动对海洋生态系统服务功能的损失。

（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。由于本工程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“第 6 章”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）进行了核算，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（ $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ）；

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（ $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ）。

2019 年 4 月该海区初级生产力平均为 $138\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，2019 年 9 月该海区初级生产力平均为 $87\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，两季平均初级生产力为 $112.5\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，本工程钻井液不循环使用，钻屑在钻井期间连续排放，因此，以钻屑排放和钻井液的最大一次性排放评估对海洋生态系统服务功能影响，根据工程分析，钻屑排放时长约为 297d，钻井液最大一次性排放时长约为 15.5d(370.81h)，根据预测结果钻屑超一类最大面积为 0.049km^2 ，钻井液超一类最大面积为 0.99km^2 ；此外，运营期生产水排海，WHP 平台石油类超一类包络面积 0.539km^2 ，FPSO 石油类超一类包络面积约为 0.099km^2 ，排放时间均为 15 年。超一类范围内浮游植物损失率按 10%计。根据上述公式评估氧气生产量的损失为：

$$\begin{aligned} Q_{O_2} &= 2.67 \times 112.5 \times [0.049 \times 297 + 0.99 \times 15.5 + (0.539 \times 15 + 0.099 \times 15) \times 365] \times 10\% \times 10^{-3} \\ &= 105.82 \text{ (t)} \end{aligned}$$

根据王燕等人的研究，工业制氧平均价格为 400 元/t，则本工程影响氧气生产价值为 4.23 万元。

（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。本工程生产垃圾和生活垃圾均运回陆地处理，含油生产水经处理达标后排海，生活污水和部分钻井液和钻屑排放，因此，这里主要考虑气候调节功能损失量和上述污染物排放造成的环境容量损失。

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（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 月该海区初级生产力平均为 $138mgC/m^2 \cdot d$ ，2019 年 9 月该海区初级生产力平均为 $87mgC/m^2 \cdot d$ ，两季平均初级生产力为 $112.5mgC/m^2 \cdot d$ ，本工程钻井液不循环使用，钻屑在钻井期间连续排放，因此，以钻屑排放和钻井液的最大一次性排放评估对海洋生态系统服务功能影响，根据工程分析，钻屑排放时长约为 297d，钻井液最大一次性排放时长约为 15.5d(370.81h)，根据预测结果钻屑超一类最大面积为 $0.049km^2$ ，钻井液超一类最大面积为 $0.99km^2$ ；此外，运营期生产水排海，WHP 平台石油类超一类包络面积 $0.539km^2$ ，FPSO 石油类超一类包络面积约为 $0.099km^2$ ，排放时间均为 15 年。超一类范围内浮游植物损失率按 10%计。根据上述公式评估固定二氧化碳的量的损失为：

$$\begin{aligned} Q_{CO_2} &= 3.67 \times 112.5 \times [0.049 \times 297 + 0.99 \times 15.5 + (0.539 \times 15 + 0.099 \times 15) \times 365] \times 10\% \times 10^{-3} \\ &= 145.45 \text{ (t)} \end{aligned}$$

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，本工程造成的气候调节损失为 14.55 万元。

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：

$$V_w = Q_w \times P_w \times N \times 10^{-4}$$

其中， V_w —废弃物处理的价值量，万元；

Q_w —废弃物处理的物质量，t/a；

P_w —废弃物处理的单价，元/t；

N —废弃物排放年限，a。

钻井液和钻屑中的总汞、总镉含量根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008），生活污水 COD 浓度根据同类设施的运行情况，每一污染当量的取费标准参考环境保护税税目税额表，由此计算本工程排污造成的环境容量详见下表。

表 11.6-1 污染物排放造成的环境容量损失

项目		排放量合计	浓度含量		物质量 (kg)	单价 (元/kg)	损失价值 (万元)
施工期	钻井液		总汞	$\leq 1 \times 10^{-6}$			
			总镉	$\leq 3 \times 10^{-6}$			
	钻屑		总汞	$\leq 1 \times 10^{-6}$			
			总镉	$\leq 3 \times 10^{-6}$			
	生活污水		COD	$\leq 500 \text{ mg/L}$			
运营期	生活污水		COD	$\leq 500 \text{ mg/L}$			
	生产水		石油类	$\leq 20 \text{ mg/L}^*$			
合计							

*备注：根据周边油田同类生产水处理设施的处理效果，出水石油类含量小于 20 mg/L。

综上，本项目造成的海洋调节服务价值损失为 万元。

(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，本工程所处海域非旅游区，无大量人员来此观光旅游；关于科研服务，本工程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。

(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 元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。本工程平台区钻屑超一类包络面积 0.049km^2 (4.9hm^2)。影响时间 297d (0.81a); 钻井液最大一次性排超一类最大面积为 0.99km^2 (99hm^2)。影响时间 15.5d (0.04a)。WHP 平台生产水排海超一类包络面积 0.539km^2 , FPSO 生产水排海超一类包络面积约为 0.099km^2 , 排放时间均为 15 年。按照污染所造成的生物损失率 10%计, 估算排污影响造成生物多样性维持功能价值损失约为:

$$(4.9 \times 0.81 + 99 \times 0.04 + 53.9 \times 15 + 9.9 \times 15) \times 8686 \times 10^{-4} \times 10\% = 83.81 \text{ (万元)}$$

(5) 海洋生态服务功能损失合计

综上所述计算结果, 本工程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。

表 11.6-2 本工程造成的海洋生态服务功能损失价值汇总

项目	海洋供给 价值损失	海洋调节服 务价值损失	文化服务功能 价值损失	海洋支持服务 价值损失	合计
价格(万元)					

11.6.4 海洋生态保护措施

11.6.4.1 施工作业海洋环境保护措施

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) 制定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。

11.6.4.2 海洋生态修复及补偿措施

本工程将设生态补偿资金对工程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，并纳入工程环保投资。根据第 10 章，本项目在生产建设过程中可能造成的海洋生态环境损失补偿费用约 1000 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。

(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粤东海域，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，增殖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 5-8 月期间进行。

B 增殖放流备选品种

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，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在沿岸进行增殖放流。

当地适宜增殖放流的备选品种包括：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。

C 增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 左右；虾苗体长应在 1cm 左右；贝苗壳长应在 0.5cm 以上。放流苗种应当经有资质的生产单位、检验机构认可。

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。

D 增殖放流实施方案

渔业资源增殖放流实施方案见图 11.6-1。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。

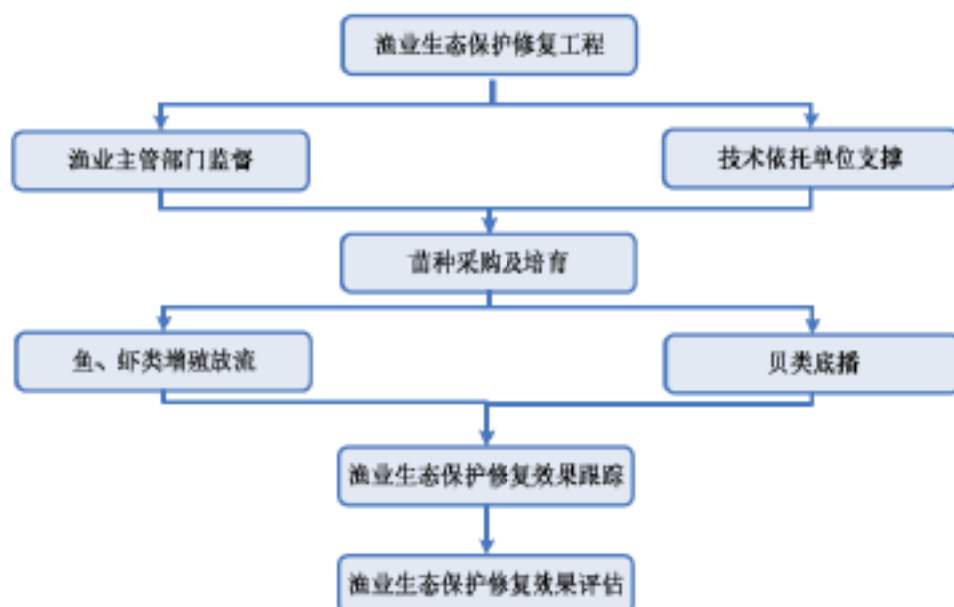


图 11.6-1 渔业资源增殖放流实施方案

E 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。

(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，建议建设单位应与当地主管部门沟通，积极参与这些海洋生态文明建设项目。

11.6.5 海洋跟踪监测措施

11.6.5.1 施工期跟踪监测

在本工程施工建设期间，需对钻完井过程中产生的钻井液、钻屑进行检测：

- ①在钻井作业期间，检测钻井液、钻屑的生物毒性容许值、含油量和重金属含量；
- ②作业者负责取样并交给有资质的机构进行检测；

③检测方法按照《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)的相关要求执行。

11.6.5.2 运营期跟踪监测

(1) 正常工况下污染源监测

含油生产水：在正常生产作业期间，需监测 WHP 平台和 FPSO 外排生产水中石油类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。

生活污水：WHP 平台和 FPSO 外排生活污水中 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。

（2）环境质量现状跟踪监测

根据工程特点和周边环境敏感目标环境管理要求，本次评价主要针对海洋水质、沉积物制定监测计划。运营期工程周边海域监测计划见下表。

表 11.6-3 运营期工程周边海域监测计划

环境要素	监测项目	监测方法	监测站位	监测频率
海水水质	石油类、COD、营养盐（包括无机氮、磷酸盐）、重金属（总汞、砷、铜、铅、锌、镉和总铬）、硫化物、挥发性酚	《海洋监测规范》 GB17378.4-2007	在平台和 FPSO 周边 500 米范围内布设 4 个调查站位	竣工验收前监测一次；运营期根据实际情况每 3-5 年监测一次。
沉积物环境	石油类、有机碳、硫化物、重金属（总汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷）	《海洋监测规范》 GB17378.5-2007		
海洋生态	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物	《海洋调查规范》 (GB12763-2007)		

12 环境管理与监测

12.1 环境保护管理计划

环境管理是控制污染、保护环境的重要措施。建设单位需建立一套系统、完整的环境保护管理机构和程序，对陆丰 12-3 油田开发工程的环境保护工作实行全过程、程序化的管理。

12.1.1 环境管理的任务和内容

陆丰 12-3 油田开发工程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、机舱含油污水、生活垃圾和生产垃圾等。污染物若处理/处置不当，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) 贯彻执行环境保护法规和标准。
- (2) 组织制定和修改与本工程有关的环保管理制度并监督执行。
- (3) 组织制定环境保护长远规划、年度计划和限期治理的项目。
- (4) 领导和组织工程项目各部门的环境监测。
- (5) 检查工程项目环保设施的运行状态。
- (6) 广泛应用环境保护的先进技术和经验。
- (7) 组织开展环保专业技术培训，提高人员素质水平。
- (8) 组织开展工程项目的环保科研和学术交流。

12.1.2 机构及岗位的设置

作为陆丰 12-3 油田的作业者代表，爱思开新技术株式会社总经理为安全环保工作的第一责任者，主管生产的副总经理直接领导全公司的安全环保工作。在组织机构上，公司下设安全环保部，负责组织、落实、监督本公司范围内的环境保护工作。陆丰 12-3 油田总监负责本油田的安全生产及环保的组织管理工作。环境保护管理机构见图 12.1-1。

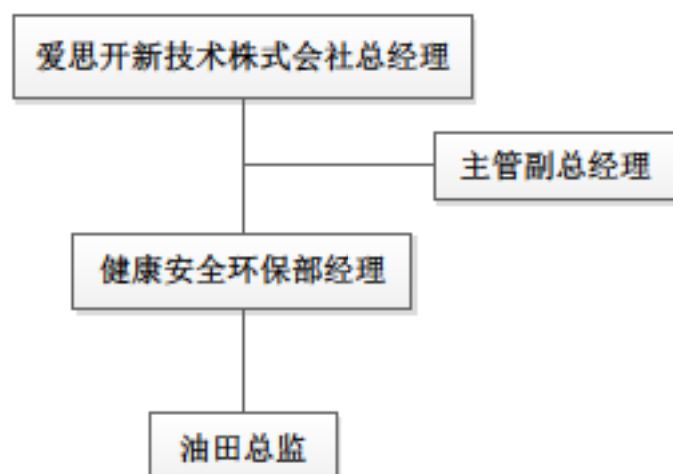


图 12.1-1 环境保护管理机构图

12.1.3 环境保护管理制度

环境保护是我国的一项基本国策。在海上油气田建设和油气生产过程中，应遵守中国环境保护法律、法规、条例和规定，严格执行污染物达标排放，如《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）。结合油气田开发的特点，制定相关的管理措施和制度，实施全过程的环境保护管理，减少对海洋环境的污染和影响。本工程将执行以下环境保护管理制度。

12.1.3.1 环保监督检查制度

环保管理人员定期到海上平台进行检查，查看各种防污设备、设施和器材的使用与运转情况是否良好，检查有关文书和证件是否齐全，发现问题及时解决。

12.1.3.2 安全/环保会议制度

定期举行安全/环保会议，分析总结安全、环保制度执行情况；查找安全环保问题和隐患，针对问题提出防治措施；传达并贯彻公司有关指示和安全、环保方面的规定。

12.1.3.3 培训与演习制度

登上平台、FPSO 的所有操作人员必须经过环境保护/安全培训，获得有效的证书才能上岗。建设单位将定期进行溢油应急演习，以熟悉应急程序和设备的操作。

12.1.3.4 事故报告制度

所有环境污染事故需按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，负责油田安全环保事故处理的应急组织、指挥工作，并按要求向有关政府部门报告。

12.1.3.5 海底管道/电缆巡查制度

由值班船对本油田海底管道和电缆进行不定期巡查，防止拖网渔船违章作业对海底管道和电缆造成损害。根据运行情况，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。

12.2 环境监测计划

环境监测是环境管理的前提和基础。环境监测的主要任务：一是定期监测各工程设施外排污污染物的排放浓度，确保达标排放；二是为加强环境保护管理、保证污染物处理设备正常运转；分析外排污染物浓度和排量的变化规律，为制定污染控制措施和环保管理提供依据。

12.2.1 监测岗位

陆丰 12-3 油田新建 WHP 平台和 FPSO 上应配备化验员负责油田的污水化验工作，化验员经培训合格后取证上岗。化验员负责对排放的含油生产水定期进行取样分析化验，监测其是否符合排放标准。

12.2.2 污染源监测计划

12.2.2.1 施工期监测计划

在本工程建设期间，需对钻井过程中产生的钻井液、钻屑进行监测：

在钻井作业期间，监测钻井液生物毒性限值、含油量及重金属含量及钻屑的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。

12.2.2.2 运营期监测计划

在正常生产作业期间，需监测 WHP 平台和 FPSO 外排生产水中石油类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。

此外，运营期需监测 WHP 平台和 FPSO 外排生活污水中 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) 进行。

12.2.2.3 非常规监测

配合政府部门进行防污设备的检查工作，以及在事故状态下支持、协助有关部门做好事故的跟踪监测。

12.2.3 监测设备

新建 WHP 平台和 FPSO 设有化验室，化验室内配备以下环境监测设备或仪器：红外分光测油仪、常规化学分析仪器（用于水样的前处理）、天平、冰箱、电热、干燥和电器控制设备等。

钻井液的生物毒性容许值的监测将委托海洋行政主管部门认可的检测单位进行，因此不设监测仪器。

12.3 跟踪监测方案

建设单位可根据建设项目环境影响情况开展跟踪监测，监测站位布设、监测内容和监测方法及频次等具体内容建议如下。

12.3.1 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 WHP 平台为中心，在距离平台 500m 半径范围均匀布设 4 个监测点；建议以 FPSO 为中心，在距离 FPSO 500m 半径范围均匀布设 4 个监测点位。

监测站位布设示意图见下图。

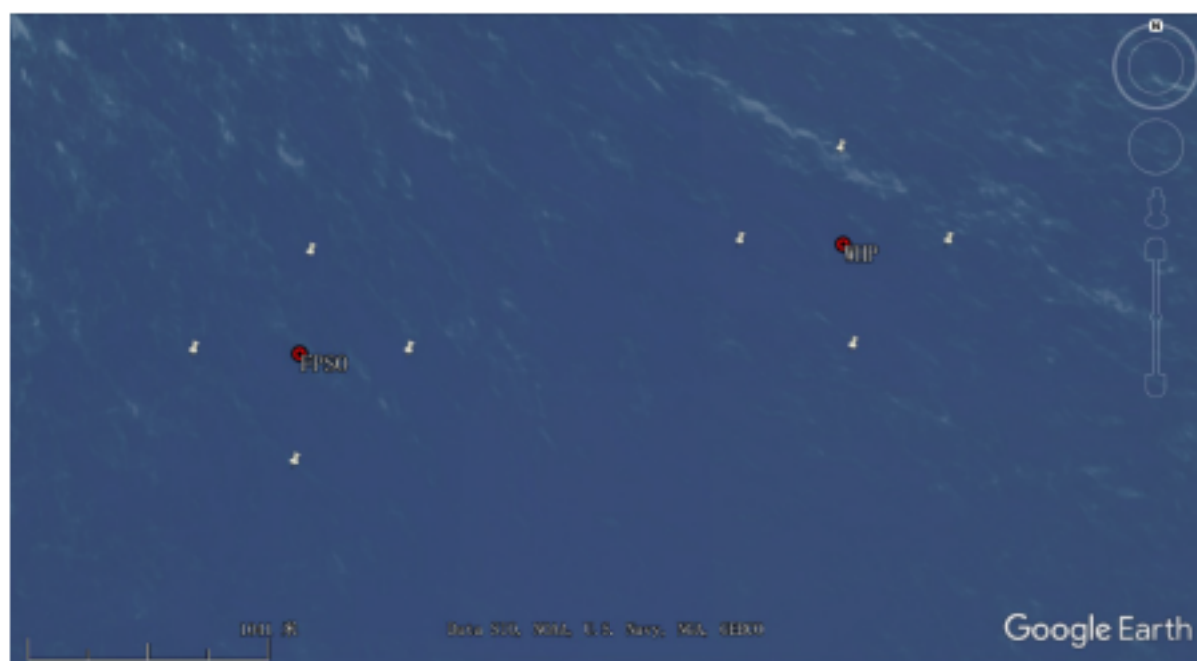


图 12.3-1 平台、FPSO 海洋环境监测站位布设示意图

12.3.2 监测内容

水质监测包括营养盐（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、挥发性酚。

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。

12.3.3 监测方法与频率

海洋环境影响跟踪监测调查与分析方法按《海洋调查规范》(GB12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)执行。

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。

12.3.4 监测资质

监测机构应具有海洋环境调查的资质，具有计量认证证书，取得的调查结果能够得到政府主管部门的认可。

13 结论与建议

13.1 工程概况与工程分析结论

13.1.1 工程概况

陆丰 12-3 油田为爱思开新技术株式会社和中国海洋石油集团有限公司的合作油田，爱思开新技术株式会社为作业者。油田位于南海北部海域珠江口盆地陆丰凹陷东侧的 17/03 区块，油田位于深圳市区东南约 285km，距离广东省陆丰市陆地最近约 138km，距现有陆丰 13-1 油田约 \square km，油田所在海域水深约 240 米。

本项目包括新建 1 座有人驻守井口平台（WHP）、1 艘 10 万吨级浮式生产储油卸油轮（FPSO）和 1 座永久系泊系统（SPM），新建一条 2.9km 井口平台至 FPSO 海底混输管道，新建一条 3.0 km FPSO 至井口平台海底复合电缆。井口平台布设 20 个井槽，前期钻 1 口领眼井及 13 口生产井（领眼井 P1 与 A13H 共用一个井槽），由平台模块钻机进行钻完井。井口平台设有油水分离设施及生产水处理设施，初步处理后的物流通过海底混输管道流入 FPSO 进一步处理为合格原油。合格原油进入 FPSO 储油舱并定期外输，分离出的含油生产水处理合格后排海。FPSO 上配备有原油发电机，通过海底电缆为平台提供电力。

本油田预计 2022 年投产。投产后预计最高年产油量为 $\square \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ （2024 年），最高年产气量为 $\square \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ （2024 年）。开发方式为电潜泵开发。

13.1.2 工程分析

本项目施工期，使用水基钻井液，钻井过程中共产生钻井液 $\square \text{m}^3$ ，产生钻屑 $\square \text{m}^3$ ，钻井液和钻屑含油量 $\leq 8\%$ 的经检验合格后可按照相关要求排放，若经检测含油量大于 8% 的运回陆地交有资质单位处理。海上施工期间共产生机舱含油污水 $\square \text{m}^3$ ，生活污水 $\square \text{m}^3$ ，生活垃圾 $\square \text{t}$ ，生产垃圾 $\square \text{t}$ 。均按照管理要求达标排放或运回陆地处理。

在油田生产运营期，主要污染物为生活污水、生活垃圾、生产水、工业垃圾及少量重金属等。主要污染因子为石油类等。据生产预测，本项目最大产水量为 $\square \text{m}^3/\text{d}$ ， $\square \text{m}^3/\text{a}$ 。正常生产情况下，生产水在 WHP 平台和 FPSO 上处理合格后达标排

放。非正常工况下（如系统故障、维护、地层压力变化以及其他维护性操作时），平台停产，启动应急置换，海管中含水原油直接进 FPSO 的污油舱，不排海。

13.2 环境现状调查分析与评价结论

13.2.1 水文水动力调查结论

2020 年 3 月进行了工程周边海域的水文水动力调查。观测海域潮汐类型属于不正规全日潮类型。

在 2020 年 3 月大潮观测期间，4 个观测站各层的海流都没有超过 50cm/s。所有观测站流速在中层（0.6H 层）到达极值，位于 40~49cm/s 区间而 0.2H 和 0.4H 层流速相对较小均（未超过 30cm/s）。各站实测海流流向相对分散。海区潮流性质以不正规日潮为主，潮流运动形式以旋转流为主。

观测期间工程海区各站日单宽输沙量相差不大，多以偏东向为净输沙方向，均呈现自西向东净输移过程。

13.2.2 海水水质现状调查结论

2019 年 4 月和 9 月在工程周边海域开展了春秋两季海洋环境现状调查。

春季调查中，调查海区所有样品的 pH、COD、石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物、阴离子和挥发酚的含量均符合第一类海水水质标准。DO 和铅有多个站位、不同层次超出一类海水水质标准，但符合二类海水水质标准；只有 P33 站位 DO 超出二类海水水质标准，但满足第三类海水水质标准。

秋季调查中，调查海区 pH、COD、石油类、总汞、砷、锌、镉、铜、总铬、硫化物、挥发酚和阴离子的所有样品均符合第一类海水水质标准。DO、无机氮、活性磷酸盐和铅有多个站位、不同层次超过第一类海水水质标准，但各站均满足第二类海水水质标准。

13.2.3 沉积物现状调查结论

调查海区表层沉积物类型单一，全部为砂（S）。各站位粒度组分中以砂占绝对优势，粉砂、粘土和砾含量均较少。

表层沉积物中有机碳、硫化物、总汞、铜、铅、锌、铬和石油类含量处于较低水平，满足第一类海洋沉积物质量标准限值要求；砷和镉超过第一类海洋沉积物质量标准，但满足第二类海洋沉积物质量标准。

13.2.4 海洋生物生态现状调查结论

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

春季调查, 各站叶绿素平均含量变化于 $(0.07\sim0.25) \text{ mg/m}^3$, 差异不大, 平均值为 0.16 mg/m^3 。总体上各层叶绿素 a 水平较低且分布均匀。各站海洋初级生产力差异小, 范围为 $(0.76\sim2.31) \times 10^2 \text{ mg-C/ (m}^2\cdot\text{d)}$, 平均为 $1.38 \times 10^2 \text{ mg-C/ (m}^2\cdot\text{d)}$, 初级生产力总体上处于低水平。

秋季调查, 各站叶绿素平均含量变化于 $(0.06\sim0.18) \text{ mg/m}^3$, 差异不大, 平均值为 0.11 mg/m^3 。总体上各层叶绿素 a 水平较低且分布均匀。各站海洋初级生产力差异小, 范围为 $(0.36\sim1.69) \times 10^2 \text{ mg-C/ (m}^2\cdot\text{d)}$, 平均为 $0.87 \times 10^2 \text{ mg-C/ (m}^2\cdot\text{d)}$, 初级生产力总体上处于低水平。

(2) 浮游植物

春季调查, 共采集到浮游植物 3 门 34 属 92 种。调查海区各站位浮游植物个体数量总体上差异不大, 个体数量范围为 $(0.05\sim3.26) \times 10^4 \text{ 个/m}^3$, 平均为 $1.12 \times 10^4 \text{ 个/m}^3$, 海区各站多样性指数、均匀度和丰富度均处于高水平, 优势度较低, 其中多样性指数均值为 4.39, 站优势度均值为 24.6%, 表明海区出现的浮游植物种类较多, 无数量占绝对优势的种类, 多样性指数分布总体上差距不大, 分布较均匀, 浮游植物群落多样性水平较高。

秋季调查, 共采集到浮游植物共有 3 门 33 属 75 种。调查海区各站位浮游植物个体数量总体上差异不大, 个体数量范围为 $(0.51\sim6.18) \times 10^4 \text{ 个/m}^3$, 平均为 $2.12 \times 10^4 \text{ 个/m}^3$, 海区各站多样性指数、均匀度和丰富度总体上均处于较高水平, 优势度相对较低, 其中多样性指数均值为 3.15, 站优势度均值为 52.2%。多样性指数分布总体上差距不大, 分布较均匀, 浮游植物群落多样性水平较高。

(3) 浮游动物

春季调查, 共鉴定出终生浮游动物 13 类 204 种 (类) 和阶段性浮游幼体 (包括鱼卵、仔稚鱼) 21 类。调查海区各站位浮游动物的平均生物量为 13.72 mg/m^3 , 变化范围为 $(8.40\sim27.71) \text{ mg/m}^3$, 调查海区浮游动物个体数量平均为 264.40 ind./m^3 , 变化范围为 $(114.00\sim626.20) \text{ ind./m}^3$, 调查海区浮游动物多样性指数和丰富度的均值分别为 4.46 和 10.88, 均匀度平均 0.70, 变化范围为 $0.63\sim0.74$, 均匀度的变化趋势与多样性指数基本一致。除 P14 站点外, 所有站位的多样性指数均大于 4.0, 所有站点均匀度都大于 0.6。各调查站点间的多样性指数和均匀度差异均不大, 总体来看, 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较均匀，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，共发现 187 种终生浮游动物和 22 类阶段性浮游幼体(含鱼卵和仔稚鱼)，调查海区浮游动物生物量平均为 31.5 mg/m^3 。各站间差异很大，变化范围在 $(6.17 \sim 150.62) \text{ mg/m}^3$ 之间，调查海区浮游动物个体数量分布极不均匀，变化范围为 $(12.70 \sim 311.25) \text{ ind./m}^3$ ，平均 56.90 ind./m^3 ，调查海区浮游动物多样性指数、丰富度和均匀度的均值分别为 4.31、13.72 和 0.71。群落多样性指数整体上呈南部高于北部的趋势，和丰度及生物量的分布趋势相反，这主要与优势种集中在调查海区北部有关。所有站点多样性指数均大于 3.0，均匀度除 P14 站外都大于 0.6。总体来看，调查海区浮游动物群落的多样性水平很高，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。

(4) 底栖生物

春季调查定性和定量样品经鉴定共获底栖生物 6 大类 112 种，春季调查海区底栖生物平均栖息密度为 18.2 ind./m^2 ，平均生物量为 2.9 g/m^2 。调查海区底栖生物种类多样性的变化范围为 2.82~4.33，平均值为 3.53；均匀度的变化范围为 0.79~0.97，平均值为 0.90；丰富度 d 的变化范围为 1.92~4.16，平均值为 2.98。结果指示群落结构抗外界干扰稳定性较强，调查海区生物多样性较好，种类分布较均匀。

秋季调查定性和定量样品经鉴定共获底栖生物 6 大类 126 种，秋季调查海区底栖生物各站平均栖息密度为 12.5 ind./m^2 ，平均生物量为 6.6 g/m^2 。调查海区底栖生物种类多样性的变化范围为 1.03~4.81，平均值为 3.35；均匀度的变化范围为 0.27~0.92，平均值为 0.74；丰富度 d 的变化范围为 1.81~5.69，平均值为 3.53。结果指示群落结构抗外界干扰稳定性较强，调查海区生物多样性较好，种类分布均匀性一般。

(5) 生物质量

春季调查，调查区的生物质量状况良好，鱼类和甲壳类没有检测样品出现超标，且两个大类的标准指数均值较低。

秋季调查，调查区鱼类和甲壳类没有检测样品出现超标，且两个大类的标准指数均值较低，生物质量状况较好；软体类镉有轻微超标现象，超标倍数均小于 1 倍，与短蛸对污染物富集能力较差有关。整体上，调查区底栖生物的生物质量状况良好。

(6) 渔业资源

春季调查区内共渔获游泳生物 154 种，其中鱼类 124 种，头足类 13 种，甲壳类 17

种。渔获游泳生物 258.70 kg，总尾数 7133 尾。游泳生物的平均重量和尾数渔获率分别为 21.56 kg/h 和 594.41 ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 294.85 kg/km² 和 8130 ind/km²。在采集的 24 个样品中，共鉴定出 16 个鱼卵仔鱼种类，隶属于 16 属 16 科，春季调查采到鱼卵数量较多，而仔鱼数量较少。12 个站水平拖网共采到鱼卵 2336 粒，仔鱼 31 尾。平均密度鱼卵为 841 粒/1000m³，仔鱼为 11.2 尾/1000m³。垂直拖网捕获数量较少，共采鱼卵 91 粒，仔鱼 10 尾。换算成密度分别为 310 粒/1000m³ 和 28.1 尾/1000m³。

秋季调查区内共获游泳生物 216 种，其中鱼类 185 种，头足类 14 种，甲壳类 17 种。渔获游泳生物 1007.94 kg，总尾数 39182 尾。游泳生物的平均重量和尾数渔获率分别为 83.7 kg/h 和 3265 ind/h，平均重量和尾数资源密度分别为 1131.37 kg/km² 和 44096 ind/km²。在采集的 24 个样品中，共鉴定出 9 个鱼卵仔鱼种类，隶属于 9 属 9 科，12 个站水平拖网共采到鱼卵 1379 粒，仔鱼 19 尾。平均密度鱼卵为 496 粒/1000m³，仔鱼为 6.8 尾/1000m³。垂直拖网捕获数量较少，共采鱼卵 48 粒，仔鱼 4 尾。换算成密度分别为 160 粒/1000m³ 和 15.5 尾/1000m³。

13.3 环境影响预测分析与评价结论

13.3.1 水文动力、地形地貌环境影响分析

本项目平台为透水式结构，海管不挖沟埋设，直接敷设于海床上，因此本项目对周边的水动力环境影响很小，对地形地貌及冲淤环境影响很小。

13.3.2 水质环境影响评价

钻井液对海洋环境的影响均主要在第一层（海面至水下 20m，下同）、第二层及以下无超标海域。钻井液排放造成的第一层悬浮物超一（二）类海水水质标准的总包络线面积为 0.99km²，超三类海水水质标准的总包络线面积为 0.02km²，超四类海水水质标准的总包络线面积为 0.01km²。超一（二）类海水水质标准的范围离排放点的最大距离为 1.18km，停止排放恢复到一类水质所需最大时间约为 7h。

钻屑排放对海洋环境的影响主要在第一层，第二层及以下无超海水水质标准水域。钻屑排放造成的第一层悬浮物超一（二）类海水水质标准的包络面积均为 0.049km²，无超三类、超四类海水水质标准海域。超一（二）类海水水质标准的范围距平台最大距离为 0.27km，停止排放后 3h 整个海域可恢复到一类水质。钻屑单井排放覆盖厚度不小于 2cm 的区域面积约为 0.004km²。

WHP 平台排放含油生产水对海水水质环境的影响主要在第一层，其余层无超海水水质标准区域。石油类超一（二）类海水水质标准的面积约为 0.539km^2 ，超三类海水水质标准的面积约为 0.018km^2 ，超四类海水水质标准的面积约为 0.009km^2 ，超一类最远扩散距离约为 0.80km 。

FPSO 排放含油生产水对海水水质环境的影响主要在第一层，其余层无超海水水质标准区域。石油类超一（二）类海水水质标准的面积约为 0.099km^2 ，超三类海水水质标准的面积约为 0.004km^2 ，超四类海水水质标准的面积约为 0.002km^2 ，超一类最远扩散距离约为 0.30km 。

由于 COD 排放量不大，运营期生活污水 COD 超标水域影响的距离都在 1 个网格（30m）范围内，叠加背景值后超标的海域也在排放点周围 30m 的范围内。运营期生活污水排放造成 COD 超一类水质的最大影响面积小于 0.0004 平方公里。生活污水 COD 排放对海洋环境的影响不大。

13.3.3 沉积物环境影响评价

钻屑入海后在海水运动的作用下，会在海底一定范围内沉积。钻屑的沉积及分布范围受排放量、海流、水深等因素的影响。钻屑的排放将覆盖一部分原海底，所覆盖区域的沉积物类型会有所变化，并可能使沉积物中有机质等污染物的含量稍有升高。一般大部分钻屑沉积在作业平台 200m 以内，对沉积物影响较小。

13.3.4 海洋生态影响分析与评价结论

本项目建设和运营造成底栖生物损失量为 0.206t ，鱼卵损失量为 11.88×10^6 粒、仔稚鱼 0.99×10^6 尾、幼鱼 21646 尾、头足类幼体 3660 尾、甲壳类幼体 834 尾、鱼类成体 242.78kg 、头足类成体 10.36kg 、甲壳类成体 5.75kg 。

13.4 环境风险分析与评价结论

本项目在预设工况模拟下溢油 72 小时所能影响到的环境敏感区主要包括：汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、遮浪南海洋保护区、碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区、遮浪南重要渔业海域限制类红线区等。根据预测结果，不利风向溢油抵达汕尾市碣石湾海马资源市级自然保护区/碣石湾海马海洋自然保护区禁止类红线区的最短时间为 54.5h，抵达南海北部幼鱼繁育场保护区的最短时间为 55.5h，抵达遮浪南海洋保护区的最短时间为 63.5h，抵达遮浪南重要渔业海域限制

类红线区的最短时间为 63.0h。同时，本项目还位于深水金线鱼产卵场，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。

建设单位应按照相关法律法规，编制溢油应急计划，并上报备案，按照溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

13.5 环境保护对策的合理性、可行性结论

13.5.1 施工期环境保护措施

在钻井过程中全部采用水基钻井液。从钻机井口返出的钻井液和钻屑通过钻井平台上设置的相关设备进行分离，分离出钻井液和钻屑经检测合格、主管部门批准后方可排海。

生活污水、机舱含油水、生活垃圾等污染物均按照所在海域管理要求进行处理处置。生产垃圾将全部分类回收至垃圾箱内，运回陆地交给有资质的单位进行处理。

13.5.2 运营阶段污染防治措施

本项目投产后，平台及 FPSO 原油处理系统分离出的含油生产水，均经生产水处理系统进一步处理达标后排海。非正常工况下平台停产，启动应急置换，生产水打入 FPSO 污油舱，不排海。

新建 WHP 平台及 FPSO 上均设置生活污水处理装置（电解法），生活污水处理达标后排海。生产垃圾以及值班船舶等产生的船舶污染物（包括船舶含油污水、船舶生活污水、船舶垃圾和船舶大气污染物）等均按照国家管理要求进行处理与处置。

13.6 区划规划分析与政策符合性结论

本项目符合国家产业政策，符合《全国海洋主体功能区规划》（2015 年）、《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》、《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《广东省海洋生态红线区划定方案》等区划、规划的相关管理要求。

13.7 公众参与开展情况

爱思开新技术株式会社在环境影响报告书编制阶段进行了三次公众参与：

确定评价单位后，建设单位于 2019 年 11 月 6 日在“中国海洋在线”网站上进行了陆丰 12-3 油田开发项目环境影响评价第一次公众参与公示。第一次公众参与信息公示

期间，建设单位和评价单位未收到公众来信、邮件、传真及电话。

2020 年 7 月，《陆丰 12-3 油田开发项目环境影响报告书》完成初稿编制。建设单位就征求意见稿进行了第二次公众参与信息公示。征求意见稿选取在中国自然资源网进行公示，公示时间为十个工作日。建设单位同时在中国自然资源报进行了 2 次登报公示，登报时间分别为 2020 年 7 月 28 日和 2020 年 8 月 4 日。征求意见稿媒体公示期间，建设单位还在深圳市、惠州市进行了现场张贴公示。第二次信息公示期间，建设单位和评价单位未收到任何公众关于本项目的来信、邮件、传真及电话。

向生态环境主管部门报批环境影响报告书前，建设单位于 2020 年 8 月 25 日在中国自然资源网上公开了环境影响报告书全文和公众参与说明文本全文。

13.8 建设项目环境可行性结论

本项目属于国家鼓励类建设项目，符合国家的产业政策和能源政策。工程拟采用的施工设备、工艺和节能、减排对策措施符合清洁生产的要求。

本项目符合产业政策，符合《全国海洋主体功能区规划》、《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》、《广东省海洋功能区划（2011-2020）》、《广东省海洋生态红线区划定方案》的相关要求。

本项目施工期间，钻屑、钻井液、船舶污染物等对海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境的影响属于短期的可恢复的，工程建设和营运对周边海域的水文动力和冲淤环境的影响较小。工程采用的施工设备、工艺和节能、减排对策措施符合清洁生产的要求，海洋环境影响可接受。

本项目存在一定溢油风险，溢油事故一旦发生会对生态和环境造成严重危害后果，应采取具有针对性的安全保护措施和切实有效的溢油应急防范对策措施。

综上，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。

14 附录：生物名录

14.1 2019 年 4 月春季生物名录

表 1 浮游植物名录

中文名	拉丁学名
硅藻	<i>BACILLARIOPHYTA</i>
大星芒藻	<i>Asterolampra vanheurckii</i> Brun
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
大洋角管藻	<i>Cerataulina bergonii</i> H.Peragallo
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder
大西洋角毛藻	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve
紧挤角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve
齿角毛藻	<i>Chaetoceros denticulatus</i> Lauder
克尼角毛藻	<i>Chaetoceros knipowitschi</i> Henckel
垂缘角毛藻	<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schuett
劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow
短叉角毛藻	<i>Chaetoceros messanensis</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.
圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve
双凹梯形藻	<i>Climacodium biconcavum</i> Cleve
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
线形圆筛藻	<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg
圆筛藻属	<i>Coscinodiscus</i> sp.
威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i> Gran et Angst
太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i> Grunow
浮动弯角藻	<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehrenberg
热带顾氏藻	<i>Gossleriella tropica</i> Schutt
萎软几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo
中华半管藻	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville
哈氏半盘藻	<i>Hemidiscus hardmannianus</i> (Greville) Mann
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve

中文名	拉丁学名
柔弱菱形藻	<i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve
美丽漂流藻	<i>Planktoniella formosa</i> (Karsten, +928) Qian et Wang, +996
翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i> Brightwell
翼根管藻纤细变型	<i>Rhizosolenia alata f. gracillima</i> Cleve
翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata f. indica</i> (Peragallo) Ostenfeld
伯氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo
距端根管藻	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> M. Schultze
卡氏根管藻	<i>Rhizosolenia castracanei</i> Peragallo
克莱根管藻	<i>Rhizosolenia clevei</i> Ostenfeld
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
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> (Ostenfeld) 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
甲藻	PYRROPHYTA
二齿双管藻	<i>Amphisolenia bidentata</i> Schroder
古生双管藻	<i>Amphisolenia palaeotheroides</i> Kofoid
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 f. volans</i> Cleve
扭角藻原变种	<i>Ceratium contortum</i> v. <i>contortum</i> (Gourret) Cleve
偏转角藻	<i>Ceratium deflexum</i> (Kofoid) Jorgensen
镰角藻	<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jorgensen
叉角藻	<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparede et Lachmann
纺锤角藻	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin
驼背角藻	<i>Ceratium gibberum</i> Gourret
圆头角藻	<i>Ceratium gravidum</i> Gourret
粗刺角藻纤细变种	<i>Ceratium horridum</i> v. <i>tenuis</i> Ost. et Schmidt
粗刺角藻原变种	<i>Ceratium horridum</i> v. <i>horridum</i> Gran
剑锋角藻	<i>Ceratium incisum</i> (Karst.) Jorg

中文名	拉丁学名
大角角藻	<i>Ceratium macroceros</i> Schrank
五角角藻	<i>Ceratium pentagonum</i> Gouret
指状角藻	<i>Ceratium ranipes</i> Cleve
对称角藻窄变种	<i>Ceratium symmetricum</i> v. <i>coarctatum</i> (Pav.) Graham et Bronikovsky
三叉角藻	<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid
三角角藻 (锚角藻)	<i>Ceratium tripos</i> (O.f.Muller) Nitzsch
兀鹰角藻	<i>Ceratium vultur</i> Cleve
长刺角甲藻	<i>Ceratocorys horrida</i> Stein
膝沟藻属	<i>Gonyaulax</i> sp.
夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy
美丽鸟尾藻	<i>Ornithocercus splendidus</i> Schutt
斯氏鸟尾藻	<i>Ornithocercus steinii</i> Schutt
多甲藻属	<i>Protoeridinium</i> sp.
圆锥原多甲藻	<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech
优美原多甲藻	<i>Protoperidinium elegans</i> (Cleve) Balech
海洋原多甲藻	<i>Protoperidinium oceanicum</i> (Vanhoffen) Balech
钩梨形藻异肢变型	<i>Pyrocystis hamulus</i> v. <i>inaequalis</i> Schroder
粗梨形藻	<i>Pyrocystis robusta</i> Kofoid
蓝藻	CYANOBACTERIA
螺旋藻	<i>Spirulina</i> sp.
束毛藻属	<i>Trichodesmium</i> sp.

表 2 浮游动物种名录

生物种中文名	生物种拉丁名
原生动物	PROTOZOA
夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i>
水母类	MEDUSAE
小方拟多面水母	<i>Abylopsis eschscholtzi</i>
方拟多面水母	<i>Abylopsis tetragona</i>
盛装水母	<i>Agalma</i> sp.
半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>
尖囊双铃水母	<i>Amphicaryon acaule</i>
巴斯水母	<i>Bassia bassensis</i>
爪室水母	<i>Chelophyes appendiculata</i>
双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>
异双生水母	<i>Diphyes dispar</i>
螺旋尖角水母	<i>Eudoxoides spiralis</i>
顶室真囊水母	<i>Euphysora apiciloculifera</i>
真囊水母	<i>Euphysora bigelowi</i>
粗管真囊水母	<i>Euphysora crassocanal</i>
硬手真囊水母	<i>Euphysora solidonema</i>
拟铃浅室水母	<i>Lensia campanella</i>

生物种中文名	生物种拉丁名
锥体浅室水母	<i>Lensia conoides</i>
小体浅室水母	<i>Lensia hotspur</i>
浅室水母属	<i>Lensia sp.</i>
细浅室水母	<i>Lensia subtilis</i>
四叶小舌水母	<i>Liriope tetraphylla</i>
性輻小型水母	<i>Nanomia bijuga</i>
小型水母	<i>Nanomia cara</i>
红斑游船水母	<i>Nausithoe punctata</i>
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>
端粗范氏水母	<i>Vannuccia forbesii</i>
范氏水母属	<i>Vannuccia sp.</i>
枝角类	CLADOCERA
肥胖三角蚤	<i>Evadne tergestina</i>
桡足类	COPEPODA
红纺锤水蚤	<i>Acartia erythraea</i>
小纺锤水蚤	<i>Acartia negligens</i>
太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>
纺锤水蚤属	<i>Acartia spp.</i>
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>
单隆哲水蚤	<i>Acrocalanus monachus</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>
单刺丽哲水蚤	<i>Calocalanus monospinus</i>
孔雀丽哲水蚤	<i>Calocalanus pavo</i>
羽丽哲水蚤	<i>Calocalanus plumulosus</i>
丽哲水蚤属	<i>Calocalanus sp.</i>
针丽哲水蚤	<i>Calocalanus styliremis</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>
平头水蚤属	<i>Candacia sp.</i>
瘦平头水蚤	<i>Candacia tenuimana</i>
腹突平头水蚤	<i>Candacia varicans</i>
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>
腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i>
哲胸刺水蚤	<i>Centropages calaninus</i>
细胸刺水蚤	<i>Centropages gracilis</i>
弓角基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>

生物种中文名	生物种拉丁名
法氏基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus farrani</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>
微胖大眼剑水蚤	<i>Corycaeus crassiusculus</i>
平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahl</i>
红大眼剑水蚤	<i>Corycaeus erythraeus</i>
柔大眼剑水蚤	<i>Corycaeus flaccus</i>
叉大眼剑水蚤	<i>Corycaeus furcifer</i>
伶俐大眼剑水蚤	<i>Corycaeus laevis</i>
菱形大眼剑水蚤	<i>Corycaeus limbatus</i>
长尾大眼剑水蚤	<i>Corycaeus longicaudis</i>
小突大眼剑水蚤	<i>Corycaeus lubbocki</i>
太平洋大眼剑水蚤	<i>Corycaeus pacificus</i>
大眼剑水蚤属	<i>Corycaeus sp.</i>
美丽大眼剑水蚤	<i>Corycaeus speciosus</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>
长角海羽水蚤	<i>Haloptilus longicornis</i>
真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>
小唇角水蚤	<i>Labidocera minuta</i>
孔雀唇角水蚤	<i>Labidocera pavo</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>
短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i>
伪长腹剑水蚤	<i>Oithona fallax</i>
长刺长腹剑水蚤	<i>Oithona longispina</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>

生物种中文名	生物种拉丁名
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>
拟隆剑水蚤	<i>Oncaea similis</i>
隆剑水蚤属	<i>Oncaea sp.</i>
丽隆剑水蚤	<i>Oncaea venusta</i>
齿厚剑水蚤	<i>Pachysoma dentatum</i>
针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
截拟平头水蚤	<i>Paracandacia truncata</i>
芦氏拟真刺水蚤	<i>Pareuchaeta russelli</i>
强额孔雀哲水蚤	<i>Parvocalanus crassirostris</i>
羽小角水蚤	<i>Pontellina plumata</i>
武装筒角水蚤	<i>Pontellopsis armatus</i>
角锚真哲水蚤	<i>Rhincalanus cornutus</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 subtenius</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	AMPHIPODA
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 stephensi</i>
巴西似泉[虫戎]	<i>Hyperioides sibaginis</i>
孟加拉蚤[虫戎]	<i>Lestrignonus bengalensis</i>
大眼蚤[虫戎]	<i>Lestrignonus macrophalmus</i>
裂额蚤[虫戎]	<i>Lestrignonus schizogeneios</i>

生物种中文名	生物种拉丁名
蚤狼[虫戎]	<i>Lycaea pulex</i>
狼[虫戎]属	<i>Lycaea sp.</i>
厚足近慎[虫戎]	<i>Paraphronima crassipes</i>
优细近慎[虫戎]	<i>Paraphronima gracilis</i>
拟慎[虫戎]属	<i>Phronimopsis sp.</i>
刺拟慎[虫戎]	<i>Phronimopsis spinifera</i>
钳形四门[虫戎]	<i>Tetrathyrus forcipatus</i>
爱氏门足[虫戎]	<i>Thyropus edwardsi</i>
钩虾	<i>Gammaridea sp.</i>
磷虾类	<i>EUPHAUSIAEA</i>
驼磷虾	<i>Euphausia gibba</i>
短柱螯磷虾	<i>Stylocheiron abbreviatum</i>
近缘柱螯磷虾	<i>Stylocheiron affine</i>
柱螯磷虾	<i>Stylocheiron elongatum</i>
二晶柱螯磷虾	<i>Stylocheiron microphthalmia</i>
柱螯磷虾属	<i>Stylocheiron sp.</i>
三晶柱螯磷虾	<i>Stylocheiron suhmii</i>
十足类	<i>DECAPODA</i>
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>
正型莹虾	<i>Lucifer typus</i>
介形类	<i>OSTRACODA</i>
针刺真浮萤	<i>Euconchoecia aculeata</i>
双叉真浮萤	<i>Euconchoecia bifurcata</i>
后圆真浮萤	<i>Euconchoecia maimai</i>
大西洋直浮萤	<i>Orthoconchoecia atlantica</i>
双刺直浮萤	<i>Orthoconchoecia bispinosa</i>
葱萤	<i>Porroecia porrecta</i>
翼足类	<i>PTEROPODA</i>
尖笔帽螺	<i>Creseis acicula</i>
棒笔帽螺	<i>Creseis clava</i>
蝴蝶螺	<i>Desmopterus papilio</i>
拟海若螺	<i>Paracione longicaudata</i>
异足类	<i>HETEROPADA</i>
明螺属	<i>Atlanta sp.</i>
原明螺	<i>Protatlanta souleyeti</i>
翼管螺	<i>Pterotrachea cornuata</i>
海马翼管螺	<i>Pterotrachea hippocampus</i>
毛颚类	<i>CHAETOGNATHA</i>
飞龙翼箭虫	<i>Pterosagitta draco</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>

生物种中文名	生物种拉丁名
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	<i>TUNICATA</i>
长吻纽鳃樽	<i>Brooksia rostrata</i>
环纽鳃樽属	<i>Cyclosalpa sp.</i>
软拟海樽	<i>Dolioletta gegenbauri</i>
海樽属	<i>Doliolina sp.</i>
邦海樽	<i>Doliolum nationalis</i>
蚊褶海鞘	<i>Fritillaria formica</i>
褶海鞘属	<i>Fritillaria sp.</i>
纽鳃樽属	<i>Helicosalpa sp.</i>
白住囊虫	<i>Oikopleura albicans</i>
异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>
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 confederata</i>
火体虫属	<i>Pyrosoma sp.</i>
梭形纽鳃樽	<i>Salpa fusiformis</i>
大纽鳃樽	<i>Salpa maxima</i>
双尾萨利纽鳃樽	<i>Thalia democratica</i>
双尾萨利纽鳃樽东方亚种	<i>Thalia democratica orientalis</i>
萨利纽鳃樽属	<i>Thalia sp.</i>
多毛类	<i>POLYCHAETA</i>
须蚕属	<i>Pontodora sp.</i>
秀丽浮蚕	<i>Tomopteris elegans</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	<i>LARVE</i>
阿利玛幼体	<i>Alima larvae</i>
文昌鱼幼体	<i>Amphioxus larvae</i>
端足类幼体	<i>Amphipoda 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>
蔓足类幼体	<i>Cirripedia larvae</i>
桡足类幼体	<i>Copepoda larvae</i>
磷虾幼体	<i>Euphausiacea larvae</i>
腹足纲幼体	<i>Gastropoda larvae</i>

生物种中文名	生物种拉丁名
水螅水母幼体	<i>Hydroidomedusae 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>
多毛类幼体	<i>Polychaeta larvae</i>
箭虫幼体	<i>Sagitta larvae</i>
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>

表 3 底栖生物名录

中文学名	拉丁文学名
智利巢沙蚕	<i>Diopatra chiliensis</i>
矾沙蚕属	<i>Eunice sp.</i>
吻沙蚕属	<i>Glycera sp.</i>
叶须虫属	<i>Phyllodoce sp.</i>
刺管萨欧虫	<i>Sarsonuphis willemoesii</i>
海洋齿科	<i>Antedonidae</i>
多棘海星	<i>Astropecten polyacanthus</i>
小卷海齿花	<i>Comanthus parvicirra</i>
镶边海星	<i>Craspidaster hesperus</i>
海百合	<i>Crinoidea</i>
棘海星科	<i>Echinasteridae</i>
五腕羽枝科	<i>Eudiocrinidae</i>
砂海星科	<i>Luidiidae</i>
近辐蛇尾	<i>Ophiactis affinis</i>
蛇尾纲	<i>Ophiuroidea</i>
骑士章海星	<i>Stellaster equestris</i>
刻肋海胆属	<i>Temnopleurus sp.</i>
菱鲎科	<i>Antigonidae</i>
四线天竺鲷	<i>Apogon quadrifasciatus</i>
羊舌鲆	<i>Arnoglossus sp.</i>
鳎齿鲷	<i>Champsodon capensis</i>
小鳞舌鳎	<i>Cynoglossus microlepis</i>
舌鳎属	<i>Cynoglossus sp.</i>
大鳞短颌鲆	<i>Engyprosopon grandisquama</i>
辣茄鱼	<i>Halieutaea stellata</i>
鬼鮃	<i>Inimicus sp.</i>
北原左鲆	<i>Laeops parviceps</i>
斑鳍红娘鱼	<i>Lepidotrigla punctipectoralis</i>

中文学名	拉丁文学名
黑点圆鳞鲷	<i>Liachirus melanospilus</i>
黑鲷	<i>Lophiomus setigerus</i>
环纹蝙蝠鱼	<i>Malthopsis annulifer</i>
金线鱼属	<i>Nemipterus sp.</i>
粒突鳞鲷	<i>Onigocia tuberculatus</i>
圆柱鲈形鰕	<i>Parapercis cylindrica</i>
斑点鲈形鰕	<i>Parapercis punctata</i>
拟鲈属	<i>Parapercis sp.</i>
斑鲆	<i>Pseudorhombus sp.</i>
环纹菱鲆	<i>Pterois lunulata</i>
尼氏突吻鰕	<i>Rhynchocymba nystromi</i>
多齿蛇鲭	<i>Saurida tumbil</i>
花斑蛇鲭	<i>Saurida undosquamis</i>
鲈科	<i>Scorpaenidae</i>
仙鲈	<i>Siremba imberbis</i>
密斑短角单棘鲈	<i>Thamnaconus tessellatus</i>
日本绯鲤	<i>Upeneus japonicus</i>
背足杨梅蟹	<i>Actumnus dorsipes</i>
管须蟹属	<i>Albunea sp.</i>
十一刺栗壳蟹	<i>Arcania undecimspinoso</i>
紫隆背蟹	<i>Carcinoplax purpurea</i>
中华隆背蟹	<i>Carcinoplax sinica</i>
首颈刺凯虾	<i>Cervimunida princeps</i>
武士螯	<i>Charybdis miles</i>
下齿细螯寄居蟹	<i>Clibanarius infraspinus</i>
刺蛛蟹	<i>Cyrtomaia sp.</i>
镰虾属	<i>Glyphocrangon sp.</i>
滑脊等腕虾	<i>Heterocarpoides laeviscarina</i>
长螯蛛形蟹	<i>Latreillia phalangiumde</i>
单齿玉蟹	<i>Leucosia unidentata</i>
红斑斗蟹	<i>Liagore rubromaculata</i>
鞭腕虾属	<i>Lysmata sp.</i>
颗粒黎明蟹	<i>Matuta granulosa</i>
须赤虾	<i>Metapenaeopsis barbata</i>
圆板赤虾	<i>Metapenaeopsis lata</i>
赤虾属	<i>Metapenaeopsis sp.</i>
长鞭刺铠虾	<i>Munida incerta</i>
五角蟹属	<i>Nursia sp.</i>
无刺口虾蛄	<i>Oratosquilla inornata</i>
尖刺口虾蛄	<i>Oratosquilla mikado</i>
疣粒团扇蟹	<i>Ozius tuberculosus</i>
寄居蟹科	<i>Paguridae</i>

中文学名	拉丁文学名
寄居蟹属	<i>Pagurus sp.</i>
六突拟对虾	<i>Parapenaeus sextuberculatus</i>
拟对虾属	<i>Parapenaeus sp.</i>
东方板梭蟹	<i>Parathranites orientalis</i>
板蟹属	<i>Petalomera sp.</i>
长足长崎蟹	<i>Phalangipus longipes</i>
长螯拳蟹	<i>Philyra platychira</i>
红虾属	<i>Plesionika sp.</i>
银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i>
矛形梭子蟹	<i>Portunus hastatoides</i>
异指虾	<i>Processa sp.</i>
象牙长螯蟹	<i>Randallia eburnea</i>
拟蛙蟹属	<i>Raninoides sp.</i>
凹管鞭虾	<i>Solenocera koelbelide</i>
栉管鞭虾	<i>Solenocera pectinata</i>
板钩虾属	<i>Stenothoe sp.</i>
合寄居蟹	<i>Sympagurus sp.</i>
短浆蟹属	<i>Thalamita sp.</i>
鹰爪虾属	<i>Trachypenaeus sp.</i>
海葵科	<i>Actiniidae</i>
软珊瑚科	<i>Alcyoniidae</i>
扇形珊瑚科	<i>Flabelliidae</i>
纵条肌海葵	<i>Haliplanella luciae</i>
异杯珊瑚属	<i>Heterocyathus sp.</i>
棘海葵	<i>Pterceides sp.</i>
拟翼轮杯珊瑚	<i>Trochocyathus pseudowingedus</i>
指纹蛤	<i>Acila divaricata</i>
红侍女螺	<i>Ancilla rubiginosa</i>
南方芋螺	<i>Conus australis</i>
梭形芋螺	<i>Conus orbigny</i>
假主棒螺	<i>Crassispira pseudoprincipis</i>
嵌线螺科	<i>Cymatiidae</i>
美丽蕾螺	<i>Gemmula speciosa</i>
三带缘螺	<i>Marginella tricineta</i>
江戸明樱蛤	<i>Moerella jodoensis</i>
明樱蛤属	<i>Moerella sp.</i>
顶尖织纹螺	<i>Nassarius acuminatus</i>
黄斑织纹螺	<i>Nassarius euglyptus</i>
褐玉螺	<i>Natica spadicea</i>
短蛸	<i>Octopus ocellatus</i>
白带笋螺	<i>Terebra dussumieri</i>
白沙簪	<i>Virgularia gustaviana</i>

表 4 春季游泳动物名录

中文名	拉丁文学名
真鲨目	<i>CARCHARHINIFORMES</i>
猫鲨科	<i>Scyliorhinidae</i>
日本锯尾鲨	<i>Galeus nipponensis Nakaya</i>
角鲨目	<i>SQUALIFORMES</i>
角鲨科	<i>Squalidae</i>
短吻角鲨	<i>Squalus brevirostris Tanaka</i>
锯鲨目	<i>PRISTIOPHORIFORMES</i>
锯鲨科	<i>Pristiophoridae</i>
日本锯鲨	<i>Pristiophorus japonicus Gunther</i>
鳐形目	<i>RAJIFORMES</i>
鳐科	<i>Rajidae</i>
斑鳐	<i>Raja kanojei Muller et Henle</i>
广东鳐	<i>Raja kwangtungensis Chu</i>
扁魟科	<i>Urolophidae</i>
达氏深水尾魟	<i>Urotrygon daviesi Wallace</i>
鲭形目	<i>MYLIOBATIFORMES</i>
鰂科	<i>Aetobatidae</i>
无斑鰂	<i>Aetobatus flagellum (Bloch et Schneider)</i>
鲱形目	<i>CLUPEIFORMES</i>
鲱科	<i>Engraulidae</i>
青带小公鱼	<i>Stolephorus zollingeri (Bleeker)</i>
鲑形目	<i>SALMONIFORMES</i>
褶胸鱼科	<i>Sternoptychidae</i>
长银斧鱼	<i>Argyropelecus affinis Garman</i>
高银斧鱼	<i>Argyropelecus sladeni Regan</i>
灯笼鱼目	<i>MYCTOPHIFORMES</i>
狗母鱼科	<i>Synodidae</i>
肩斑狗母鱼	<i>Synodus hoshinonis Tanaka</i>
杂斑狗母鱼	<i>Synodus variegatus (Laacepede)</i>
花斑狗母鱼	<i>Synodus jaculum Russell</i>
大头狗母鱼	<i>Trachinocephalus myops (Bloch et Schneider)</i>
花斑蛇鲻	<i>Saurida undosquamis (Richardson)</i>
多齿蛇鲻	<i>Saurida tumbil (Bloch et Shneider)</i>
青眼鱼科	<i>Chlorophthalmidae</i>
短吻青眼鱼	<i>Chlorophthalmus agassizi Bonaparte</i>
大眼青眼鱼	<i>Chlorophthalmus albatrossis Jordan et Starks</i>
灯笼鱼科	<i>Myctophidae</i>
瓦氏眶灯鱼	<i>Diaphus watasei Jordan et Starks</i>
裸狗母鱼科	<i>Paralepididae</i>
日本裸鳐鱼	<i>Lestidium japonica (Tanaka)</i>
鳗鲡目	<i>ANGUILLIFORMES</i>

中文名	拉丁文学名
康吉鳗科	<i>Congridae</i>
银色突吻鳗	<i>Rhynchocymba nystromi</i> (Jordan et Snyder)
短尾突吻鳗	<i>Rhynchocymba sivicola</i> (Matsubara et Ochiai)
黑尾鳗	<i>Rhynchoconger ectenurus</i> (Jordan et Richardson)
尖尾鳗	<i>Uroconger lepturus</i> (Richardson)
海鳗科	<i>Muraenesocidae</i>
海鳗	<i>Muraenesox cinereus</i> (Forsk.)
海鳝科	<i>Muraenidae</i>
网纹裸胸鳝	<i>Gymnothorax reticularis</i> Bloch
异纹裸胸鳝	<i>Gymnothorax richardsoni</i> (Bleeker)
蛇鳗科	<i>Ophichthyidae</i>
食蟹豆齿鳗	<i>Pisoodonophis cancrivorus</i> (Richardson)
杂食豆齿鳗	<i>Pisoodonophis boro</i> (Hamilton-Buchanan)
眼斑小齿蛇鳗	<i>Ophichthus polyophthalmus</i> (Bleeker)
短尾蛇鳗	<i>Ophichthus brevicudatus</i> Chy, Wu et Jin
鳎形目	<i>GADIFORMES</i>
长尾鳎科	<i>Macrouridae</i>
长管腔吻鳎	<i>Coelorhynchus longissimus</i> Matsubara
鼬鳎科	<i>Ophidiidae</i>
仙鼬鳎	<i>Sirembo imberbis</i> (Temminck et Schlegel)
金眼鲷目	<i>BERYCIFORMES</i>
须鲷科	<i>Polymixiidae</i>
日本须鲷	<i>Polymixia japonicus</i> Gunther
金眼鲷科	<i>Berycidae</i>
红金眼鲷	<i>Beryx splendens</i> Lowe
海鲂目	<i>ZEIFORMES</i>
的鲂科	<i>Grammicolepidae</i>
菱的鲂	<i>Xenolepidichthys dalgleishi</i> Gilchrist
海鲂科	<i>Zeidae</i>
青菱海鲂	<i>Cyttomimus affinis</i> Weber
日本海鲂	<i>Zeus japonicus</i> Cuvier et Valenciennes
副海鲂	<i>Parazen pacificus</i> Kamohara
菱鲂科	<i>Antigonidae</i>
高菱鲂	<i>Antigonia capros</i> Lowe
红菱鲂	<i>Antigonia rubescens</i> (Gunther)
月鱼目	<i>LAMPRIDIFORMES</i>
软腕鱼科	<i>Ateleopodidae</i>
日本软腕鱼	<i>Ateleopus japonicus</i> Bleeker
刺鱼目	<i>GASTEROSTEIFORMES</i>
烟管鱼科	<i>Fistulariidae</i>
鳞烟管鱼	<i>Fistularia petimba</i> Lacepede
鲻形目	<i>MUGILIFORMES</i>

中文名	拉丁文学名
鲷科	<i>Sphyraenidae</i>
油鲷	<i>Sphyraena pinguis</i> Gunther
鲈形目	<i>PERCIFORMES</i>
鲷科	<i>Serranidae</i>
灰鲢鱼	<i>Malakichthys griseus</i> Doderlein
大眼鲷科	<i>Priacanthidae</i>
短尾大眼鲷	<i>Priacanthus macracanthus</i> Cuvier et Valenciennes
天竺鲷科	<i>Apogonidae</i>
圆鳞发光鲷	<i>Acropoma hanedai</i> Matsubara
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
鲷科	<i>Sillaginidae</i>
少鳞鲷	<i>Sillago japonica</i> Temminck et Schlegel
方头鱼科	<i>Branchiostegidae</i>
日本方头鱼	<i>Branchiostegus japonicus</i> (Houttuyn)
银方头鱼	<i>Branchiostegus argentatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
鲷科	<i>Carangidae</i>
长吻丝鲷	<i>Alectis indica</i> (Ruppell)
高体若鲷	<i>Caranx equula</i> Temminck et Schlegel
脂眼凹肩鲷	<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch)
蓝圆鲷	<i>Decapterus maruadsi</i> (Temminck et Schlegel)
竹荚鱼	<i>Trachurus japonicus</i> (Temminck et Schlegel)
黑纹条鲷	<i>Zonichthys nirofasciata</i> (Ruppell)
鲷科	<i>Leiognathidae</i>
粗纹鲷	<i>Leiognathus lineolatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
裸颊鲷科	<i>Lethrinidae</i>
纵带裸颊鲷	<i>Lethrinus leutjanus</i> (Lacepede)
纵带裸颊鲷	<i>Lethrinus leutjanus</i> (Lacepede)
鲷科	<i>Sparidae</i>
黄鲷	<i>Taius tumifrons</i> (Temminck et Schlegel)
二长棘鲷	<i>Parargyrops edita</i> Tanaka
金线鱼科	<i>Nemipteridae</i>
金线鱼	<i>Nemipterus virgatus</i> (Houttuyn)
深水金线鱼	<i>Nemipterus bathybius</i> (Snyder)
石鲈科	<i>Pomadasyidae</i>
胡椒鲷	<i>Plectorhynchus pictus</i> (Thunberg)
羊鱼科	<i>Myllidae</i>
条尾绯鲤	<i>Upeneus bensasi</i> (Temminck et Schlegel)
黄带副绯鲤	<i>Parupeneus chrysopleuron</i> (Temminck et Schlegel)
纵带副绯鲤	<i>Parupeneus fraterculus</i> (Cuvier et Valenciennes)

中文名	拉丁文学名
赤刀鱼科	<i>Cepolidae</i>
赤刀鱼	<i>Cepola schlegeli</i> (Day)
背点棘赤刀鱼	<i>Acanthocephala limbata</i> Cuvier et Valenciennes
隆头鱼科	<i>Labridae</i>
蓝猪齿鱼	<i>Choerodon azurio</i> (Jordan et Snyder)
雀鲷科	<i>Pomacentridae</i>
乔氏台雅鱼	<i>Daya jordani</i> (Rutter)
鲷状鱼科	<i>Bembropidae</i>
尾斑鲷状鱼	<i>Bembrops caudimacula</i> Steindachner
黄斑低线鱼	<i>Chrionema chryseres</i> Gilbert
拟鲈科	<i>Parapercidae</i>
六带拟鲈	<i>Parapercis sexfasciata</i> (Temminck et Schlegel)
鰐齿鱼科	<i>Champsodontidae</i>
弓背鰐齿鱼	<i>Champsodon atridorsalis</i> Ohia et Nakamura
玉筋鱼科	<i>Ammodytidae</i>
绿布氏筋鱼	<i>Bleekeria anguilliviridis</i> (Fowler)
鲷科	<i>Callionymidae</i>
美尾鲷	<i>Calliurichthys japonicus</i> (Houttuyn)
带鱼科	<i>Trichiuridae</i>
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
蛇鲭科	<i>Gempylidae</i>
短蛇鲭	<i>Rexea prometheoides</i> (Bleeker)
金枪鱼科	<i>Thunnidae</i>
扁舵鲔	<i>Auxis thazard</i> (Lacepede)
双鳍鲔科	<i>Nomeidae</i>
鳞首方头鲔	<i>Cubiceps squamiceps</i> (Lloyd)
长鲔科	<i>Centrolophidae</i>
刺鲔	<i>Psenopsis anomala</i> (Temminck et Schlegel)
鲷科	<i>Echeneidae</i>
鲷	<i>Echeneis naucrates</i> Linnaeus
鲷形目	<i>SCORPAENIFORMES</i>
鲷科	<i>Scorpaenidae</i>
大鳞鳞头鲷	<i>Sebastapistes megalepis</i> (Fowler)
斑鳍鲷	<i>Scorpaena neglecta</i> Temminck et Schlegel
平头鲷	<i>Plectrogenium nanum</i> Gilbert
勒氏蓑鲷	<i>Pterois russelli</i> Benne
环纹蓑鲷	<i>Pterois lunulata</i> Temminck et Schlegel
毒鲷科	<i>Synanceiidae</i>
无备虎鲷	<i>Minous inermis</i> Alcock

中文名	拉丁文学名
魴鮨科	<i>Triglidae</i>
绿鳍鱼	<i>Cheilodichthys kumu (Lesson et Garnot)</i>
琉球角魴鮨	<i>Pterygotrigla ryukuensis Matsubara et Hiyama</i>
翼红娘鱼	<i>Lepidotrigla alata (Houttuyn)</i>
斑鳍红娘鱼	<i>Lepidotrigla punctipectoralis Fowler</i>
大棘角魴鮨	<i>Pterygotrigla hemsiticta (Temminck et Schlegel)</i>
黄魴鮨科	<i>Peristediidae</i>
黑带黄魴鮨	<i>Peristedion nierstrasi Weber</i>
瑞氏红魴鮨	<i>Satyrichthys rieffeli (Kaup)</i>
短鲷科	<i>Parabembridae</i>
短鲷	<i>Parabembras curtus (Temminck et Schlegel)</i>
红鲷科	<i>Bembridae</i>
红鲷	<i>Bembras japonicus Cuvier et Valenciennes</i>
鲷科	<i>Platycephalidae</i>
大鳞鳞鲷	<i>Onigocia macrolepis (Bleeker)</i>
棘鲷科	<i>Hoplichthyidae</i>
蓝氏棘鲷	<i>Hoplichthys langsdorfi Cuvier et Valenciennes</i>
豹魴鮨科	<i>Dactylopteridae</i>
单棘豹魴鮨	<i>Daicocus peterseni (Nystrom)</i>
蝶形目	<i>PLEURONECTIFORMES</i>
牙鲆科	<i>Paralichthyidae</i>
双瞳斑鲆	<i>Pseudorhombus dupliciocularis Regan</i>
鲆科	<i>Bothidae</i>
大羊舌鲆	<i>Arnoglossus scapha (Schneider)</i>
小头左鲆	<i>Laeops parviceps Gunther</i>
多牙斑鲆	<i>Crossorhombus kanekonis (Tanaka)</i>
舌鳎科	<i>Cynoglossidae</i>
中华舌鳎	<i>Cynoglossus sinicus Wu</i>
鲀形目	<i>TETRAODONTIFORMES</i>
拟三刺鲀科	<i>Triacanthodidae</i>
拟三刺鲀	<i>Triacanthodes anomalus (Temminck et Schlegel)</i>
革鲀科	<i>Aluteridae</i>
黄鳍马面鲀	<i>Navodon xanthopterus Xu et Zhen sp. no.</i>
密斑马面鲀	<i>Navodon tessellatus (Gunther)</i>
单角革鲀	<i>Alutera monoceros (Osbeck)</i>
鲀科	<i>Tetraodontidae</i>
月腹刺鲀	<i>Gastrophysus lunaris (Bloch et Schneider)</i>
棕腹刺鲀	<i>Gastrophysus spadiceus (Richardson)</i>
白点宽吻鲀	<i>Amblyrhynchotus honcheni (Bloch)</i>
水纹扁背鲀	<i>Canthigaster rivulatus (Temminck et Schlegel)</i>
鲀形目	<i>LOPHIIFORMES</i>
鲀科	<i>Lophiidae</i>

中文名	拉丁文学名
黑鲷	<i>Lophomus setigerus</i> (Vahl)
单棘鲷科	<i>Chaunacidae</i>
单棘鲷	<i>Chaunax fimbriatus</i> Hilgendorf
蝙蝠鱼科	<i>Ogcocephalidae</i>
蝙蝠鱼	<i>Malthopsis luteus</i> Alcock
枪形目	<i>TEUTHOIDEA</i>
武装乌贼科	<i>Enoploteuthidae</i>
安达曼钩腕乌贼	<i>Abraia andamanica</i> Goodrich
蛸乌贼科	<i>Octopoteuthidae</i>
蛸乌贼	<i>Octopoteuthis sicula</i> Ruppell
柔鱼科	<i>Ommastrephidae</i>
太平洋褶柔鱼	<i>Todarodes pacificus</i> Steenstrup
枪乌贼科	<i>Loliginidae</i>
长枪乌贼	<i>Loligo bleekeri</i> Keferstein
田乡枪乌贼	<i>Loligo tagoi</i> Sasaki
杜氏枪乌贼	<i>Loligo duvaucelii</i> Orbigny
剑尖枪乌贼	<i>Loligo edulis</i> Hoyle
中国枪乌贼	<i>Loligo chinensis</i> Gray
乌贼目	<i>SEPIOIDEA</i>
乌贼科	<i>Stpiidae</i>
金乌贼	<i>Sepia esculenta</i> Hoyle
曼氏无针乌贼	<i>Sepiella maindroni</i> de Rochebrune
耳乌贼科	<i>Depiolidae</i>
柏氏四盘耳乌贼	<i>Euprymna berryi</i> Sasaki
八腕目	<i>OCTOPODA</i>
蛸科	<i>Octopodidae</i>
短蛸	<i>Octopus ocellatus</i> Gray
真蛸	<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier
十足目	<i>DECAPODA</i>
管鞭虾科	<i>Solenoceridae</i>
中华管鞭虾	<i>Solenocera crassicornis</i> (H. Milne-Edwards)
栉管鞭虾	<i>Solenocera pectinata</i> (Bate)
对虾科	<i>Penaeidae</i>
假长缝拟对虾	<i>Parapenaeus fissuroides</i> Crosnier
宽突赤虾	<i>Metapenaeopsis palmensis</i> (Haswell)
马来鹰爪虾	<i>Trachypenaeus malaiana</i> Balss
藻虾科	<i>Hippolytidae</i>
水母虾	<i>Latreutes anoplonyx</i> Kemp
鞭腕虾	<i>Lysmata vittata</i> (Stimpson)
蝉虾科	<i>Scyllaridae</i>
九齿扇虾	<i>Ibacus novemdentatus</i> Gibbes
馒头蟹科	<i>Calappidae</i>

中文名	拉丁文学名
卷折馒头蟹	<i>Calappa lophos</i> (Herbst)
彭氏黎明蟹	<i>Matuta banksii</i> Leach
梭子蟹科	<i>Portunidae</i>
红星梭子蟹	<i>Portunus sanguinolentus</i> (Herbst)
银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i> (White)
纤手梭子蟹	<i>Portunus gracilimanus</i> (Stimpson)
武士螯	<i>Charybdis miles</i> (de Haan)
光掌螯	<i>Charybdis riversandersoni</i> Alcock
十足目	<i>STOMATOPODA</i>
猛虾蛄科	<i>Harpiesquillidae</i>
眼斑猛虾蛄	<i>Harpiesquilla annandalei</i> (Kemp)
猛虾蛄	<i>Harpiesquilla harpax</i> (de Haan)

14.2 2019 年 10 月秋季生物名录

表 5 浮游植物名录

中文名	拉丁学名
硅藻	<i>BACILLARIOPHYTA</i>
大星芒藻	<i>Asterolampra vanheurckii</i> Brun
椭圆星脐藻	<i>Asteromphalus heptactis</i> (Breb.) Ralfs
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder
大洋角管藻	<i>Cerataulina bergonii</i> H.Peragallo
紧挤角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder
并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve
短叉角毛藻	<i>Chaetoceros messanensis</i> Castracane
角毛藻	<i>Chaetoceros</i> sp.
双凹梯形藻	<i>Climacodium biconcavum</i> Cleve
巨圆筛藻	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg
具边线性圆筛藻	<i>Coscinodiscus marginato-lineatus</i> A.Schmidt
圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> sp.
布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow
太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i> Grunow
热带顾氏藻	<i>Gossleriella tropica</i> Schutt
萎软几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo
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
短纹楔形藻	<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh, 1831
舟形藻	<i>Navicula</i> sp.
羽纹藻	<i>Pinnularia</i> sp.
美丽漂流藻	<i>Planktoniella formosa</i> (Karsten, 1928) Qian et Wang, 1996

中文名	拉丁学名
柔弱拟菱形藻	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> Cleve
翼根管藻纤细变型	<i>Rhizosolenia alata f. gracillima</i> Cleve
翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata f. indica</i> (Peragallo) Ostenfeld
伯氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo
距端根管藻	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> M.Schultze
螺端根管藻	<i>Rhizosolenia cochlea</i> Brun
斯氏根管藻	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i> Peragallo
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
笔尖根管藻长棘变种	<i>Rhizosolenia styliformis v. longispina</i> Hustedt
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow
菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow
海链藻	<i>Thalassiosira sp.</i>
细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran
伏氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> 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
球形双管藻	<i>Amphisolenia globifera</i> Stein
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
歧分角藻原变种	<i>Ceratium carriense v. carriense</i> Gouret
扭角藻原变种	<i>Ceratium contortum v. contortum</i> (Gouret) Cleve
偏转角藻	<i>Ceratium deflexum</i> (Kofoid) Jorgensen
镰角藻	<i>Ceratium facatum</i> (Kofoid) Jorgensen
叉角藻	<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparede et Lachmann
纺锤角藻	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin
纺锤角藻针状变型	<i>Ceratium fusus v. seta</i> (Ehr.) Jorg.
网纹角藻原变种旋角变型	<i>Ceratium hexacanthum v. hexacanthum f. spirale</i> (Kofoid) Schiller
大角角藻	<i>Ceratium macroceros</i> Schrank
五角角藻	<i>Ceratium pentagonum</i> Gouret
锥形角藻	<i>Ceratium schroeteri</i> Schr
角藻	<i>Ceratium sp.</i>
三叉角藻	<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid
三角角藻 (锚角藻)	<i>Ceratium tripos</i> (O.f.Muller) Nitzsch
兀鹰角藻	<i>Ceratium vultur</i> Cleve
兀鹰角藻后弯型	<i>Ceratium vultur f. recurvum</i> Jorgensen
长刺角甲藻	<i>Ceratocorys horrida</i> Stein
短柄刺板藻	<i>Cladopyxis brachiolata</i>
斯氏鸟尾藻	<i>Ornithocercus steinii</i> Schutt
双刺足甲藻	<i>Podolampas bipes</i>

中文名	拉丁学名
椭圆原甲藻	<i>Prorocentrum oblongum</i>
叉形原多甲藻	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech
优美原多甲藻	<i>Protoperidinium elegans</i> (Cleve) Balech
长脚膜原多甲藻	<i>Protoperidinium fatulips</i> (Kofoid) Balech
宽刺原多甲藻	<i>Protoperidinium latispinum</i>
纺锤梨形藻	<i>Pyrocystis fusiformis</i> Murray
新月球甲藻	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schutt) Pascher
拟夜光梨甲藻	<i>Pyrocystis noctiluca</i> Murray ex Haeckel
金藻	CHRYSTOPHYTA
小等刺硅鞭藻	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg
蓝藻	CYANOBACTERIA
汉氏束毛藻	<i>Trichodesmium hildebrandtii</i> Gomont
铁氏束毛藻	<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont

表 6 浮游动物名录

生物种中文名	生物种拉丁名
水母类	MEDUSAE
小方拟多面水母	<i>Abylopsis eschscholtzi</i>
方拟多面水母	<i>Abylopsis tetragona</i>
盛装水母	<i>Agalma</i> sp.
半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>
爪室水母	<i>Chelophyes appendiculata</i>
双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>
异双生水母	<i>Diphyes dispar</i>
双手外肋水母	<i>Ectopleura minerva</i>
锡兰和平水母	<i>Eirene ceylonensis</i>
和平水母属	<i>Eirene</i> sp.
螺旋尖角水母	<i>Eudoxoides spiralis</i>
真囊水母	<i>Euphysora bigelowi</i>
真囊水母属	<i>Euphysora</i> sp.
缢八束水母	<i>Koellikerina constricta</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>
七棱浅室水母	<i>Lensia multicristata</i>
细浅室水母	<i>Lensia subtilis</i>
短体浅室水母	<i>Lensia tottoni</i>
四叶小舌水母	<i>Liriope tetraphylla</i>
性辄小型水母	<i>Nanomia bijuga</i>
小型水母	<i>Nanomia cara</i>
红斑游船水母	<i>Nausithoe punctata</i>
蕨枝螅水母	<i>Obelia</i> spp.

生物种中文名	生物种拉丁名
笔螭水母属	<i>Pennaria sp.</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>
小口拟蹄水母	<i>Vogtia microsticella</i>
瓜水母	<i>Beroe cucumis</i>
球型侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>
桡足类	COPEPODA
小纺锤水蚤	<i>Acartia negligens</i>
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>
纪氏鹰嘴水蚤	<i>Aetideus giesbrechti</i>
椭圆形长足水蚤	<i>Calanopia elliptica</i>
小长足水蚤	<i>Calanopia minor</i>
黑斑平头水蚤	<i>Candacia aethiopica</i>
双翼平头水蚤	<i>Candacia bipinnata</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>
平头水蚤属	<i>Candacia sp.</i>
瘦平头水蚤	<i>Candacia tenuimana</i>
腹突平头水蚤	<i>Candacia varicans</i>
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>
哲胸刺水蚤	<i>Centropages calaninus</i>
瘦长胸刺水蚤	<i>Centropages elongatus</i>
叉胸刺水蚤	<i>Centropages furcatus</i>
胸刺水蚤属	<i>Centropages sp.</i>
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i>
小袖水蚤属	<i>Chiridiella sp.</i>
奇桨剑水蚤	<i>Copilia mirabilis</i>
桨剑水蚤属	<i>Copilia sp.</i>
近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</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>
叉大眼剑水蚤	<i>Corycaeus furcifer</i>
伶俐大眼剑水蚤	<i>Corycaeus laevis</i>
长尾大眼剑水蚤	<i>Corycaeus longicaudis</i>
美丽大眼剑水蚤	<i>Corycaeus speciosus</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>

生物种中文名	生物种拉丁名
叉真刺水蚤	<i>Euchaeta rimana</i>
真刺水蚤属	<i>Euchaeta sp.</i>
驼背大眼水蚤	<i>Farranula gibbula</i>
刺盾水蚤	<i>Gaidius pungens</i>
长角海羽水蚤	<i>Haloptilus longicornis</i>
尖额唇角水蚤	<i>Labidocera acuta</i>
后截唇角水蚤	<i>Labidocera detruncata</i>
真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>
克氏唇角水蚤	<i>Labidocera kroyeri</i>
小唇角水蚤	<i>Labidocera minuta</i>
孔雀唇角水蚤	<i>Labidocera pavo</i>
黄角光水蚤	<i>Lucicutia flavicornis</i>
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i>
瘦新哲水蚤	<i>Neocalanus gracilis</i>
长刺长腹剑水蚤	<i>Oithona longispina</i>
羽长腹剑水蚤	<i>Oithona plumifera</i>
拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>
长腹剑水蚤属	<i>Oithona sp.</i>
隆剑水蚤属	<i>Oncaea sp.</i>
丽隆剑水蚤	<i>Oncaea venusta</i>
齿厚剑水蚤	<i>Pachysoma dentatum</i>
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
双棘拟平头水蚤	<i>Paracandacia bispinosa</i>
筒拟平头水蚤	<i>Paracandacia simplex</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>
阔节角水蚤	<i>Pontella fera</i>
羽小角水蚤	<i>Pontellina plumata</i>
武装筒角水蚤	<i>Pontellopsis armatus</i>
粗毛筒角水蚤	<i>Pontellopsis villosa</i>
角锚真哲水蚤	<i>Rhincalanus cornutus</i>
鼻锚真哲水蚤	<i>Rhincalanus nasutus</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>
丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i>
强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus crassus</i>
尖额次真哲水蚤	<i>Subeucalanus mucronatus</i>

生物种中文名	生物种拉丁名
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	<i>AMPHIPODA</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 stephensi</i>
长足似泉[虫戎]	<i>Hyperioidea longipes</i>
巴西似泉[虫戎]	<i>Hyperioidea sibaginis</i>
小矛[虫戎]属	<i>Lanceola sp.</i>
孟加拉蚤[虫戎]	<i>Lestrignus bengalensis</i>
大眼蚤[虫戎]	<i>Lestrignus macrophthalmus</i>
狼[虫戎]属	<i>Lycaea sp.</i>
优细近慎[虫戎]	<i>Paraphronima gracilis</i>
甘氏近海精[虫戎]	<i>Parapronoe campbelli</i>
长形小慎[虫戎]	<i>Phronimella elongata</i>
深层海神[虫戎]	<i>Primno abyssalis</i>
短密海神[虫戎]	<i>Primno brevidens</i>
拉氏海神[虫戎]	<i>Primno latreillei</i>
厚足伪狼[虫戎]	<i>Pseudolycaea pachypoda</i>
阿海四门[虫戎]	<i>Tetrathyrus arafurae</i>
钳形四门[虫戎]	<i>Tetrathyrus forcipatus</i>
枝形[虫戎]属	<i>Thamneus sp.</i>
爱氏门足[虫戎]	<i>Thyropus edwardsi</i>
钩虾	<i>Gammaridea sp.</i>
糠虾类	<i>MYSIDACEA</i>
刺糠虾属	<i>Acanthomysis sp.</i>
近糠虾	<i>Anchialina typica</i>
圆凹小井伊糠虾	<i>Iiella hibii</i>
新糠虾属	<i>Neomysis sp.</i>
磷虾类	<i>EUPHAUSIACEA</i>
近缘柱螯磷虾	<i>Stylocheiron affine</i>
隆柱螯磷虾	<i>Stylocheiron carinatum</i>
二品柱螯磷虾	<i>Stylocheiron microphthalma</i>
三品柱螯磷虾	<i>Stylocheiron suhmii</i>
十足类	<i>DECAPODA</i>
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>
正型莹虾	<i>Lucifer typus</i>

生物种中文名	生物种拉丁名
介形类	<i>OSTRACODA</i>
尖尾翼萤	<i>Alacia alata</i>
弱小铃萤	<i>Codonocera pusilla</i>
针刺真浮萤	<i>Euconchoecia aculeata</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>
葱萤	<i>Porroecia porrecta</i>
翼足类	<i>PTEROPODA</i>
长吻龟螺	<i>Cavolinia longirostris</i>
钩龟螺	<i>Cavolinia uncinata</i>
尖笔帽螺	<i>Creseis acicula</i>
棒笔帽螺	<i>Creseis clava</i>
笔帽螺属	<i>Creseis sp.</i>
蝴蝶螺	<i>Desmopterus papilio</i>
四齿厚唇螺	<i>Diacria quadridenlata</i>
拟海若螺	<i>Paraclype longicaudata</i>
拟皮鳃螺	<i>Pneumodermopsis ciliata</i>
异足类	<i>HETEROPODA</i>
明螺属	<i>Atlanta sp.</i>
毛颚类	<i>CHAETOGNATHA</i>
飞龙翼箭虫	<i>Pterosagitta draco</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	<i>TUNICATA</i>
长吻纽鳃樽	<i>Brooksia rostrata</i>
软拟海樽	<i>Dolioletta gegenbauri</i>
海樽属	<i>Doliolina sp.</i>
邦海樽	<i>Doliolum nationalis</i>
纽鳃樽属	<i>Helicosalpa sp.</i>
角胃住囊虫	<i>Oikopleura cornutogastra</i>
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>
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>

生物种中文名	生物种拉丁名
萨利纽鳃樽属	<i>Thalia sp.</i>
多毛类	<i>POLYCHAETA</i>
须蚕属	<i>Pontodora sp.</i>
秀丽浮蚕	<i>Tomopteris elegans</i>
小明蚕	<i>Vanadis minuta</i>
浮游幼体	<i>LARVE</i>
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>
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>
桡足类幼体	<i>Copepoda larvae</i>
蟹幼体	<i>Crab larvae</i>
口足类伊雷奇幼虫	<i>Erichthus larvae</i>
磷虾幼体	<i>Euphausiacea larvae</i>
鱼卵	<i>Fish eggs</i>
仔鱼	<i>Fish 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>
多毛类幼体	<i>Polychaeta larvae</i>
箭虫幼体	<i>Sagitta larvae</i>
柱头幼虫	<i>Tornaria larvae</i>
多毛类担轮幼虫	<i>Trochophora larvae (Polychaeta)</i>

表 7 底栖生物名录

中文学名	拉丁文学名
海毛虫属	<i>Chloeia sp.</i>
巢沙蚕	<i>Diopatra amboinensis</i>
吻沙蚕属	<i>Glycera sp.</i>
齿吻沙蚕属	<i>Nephtys sp.</i>
背蚓虫属	<i>Notomastus sp.</i>
多毛类	<i>Polychaeta</i>
稚齿虫属	<i>Prionospio sp.</i>
不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
海地瓜	<i>Acaudina molpadioides</i>
倍棘蛇尾属	<i>Amphiopus sp.</i>
多棘槭海星	<i>Astropecten polyacanthus</i>

中文学名	拉丁文学名
镶边海星	<i>Craspidaster hesperus</i>
斑瘤蛇尾	<i>Ophiocnemis marmorata</i>
美丽裸蛇尾	<i>Ophiogymna elegans</i>
筒氏瓷蛇尾	<i>Ophiomusium simplex</i>
刺蛇尾属	<i>Ophiothrix sp.</i>
蛇尾纲	<i>Ophiuroidea</i>
骑士章海星	<i>Stellaster equestris</i>
刺肋海胆属	<i>Temnopleurus sp.</i>
豆娘鱼属	<i>Abudefduf sp.</i>
三齿鹭鱼	<i>Antennarius pinniceps</i>
四线天竺鲷	<i>Apogon quadrifasciatus</i>
天竺鲷属	<i>Apogon sp.</i>
羊舌鲆	<i>Arnoglossus sp.</i>
绿布氏筋鱼	<i>Bleekeria anguilliviridis</i>
基岛鱼衔	<i>Callionymus kaianus</i>
水纹扁背鲀	<i>Canthigaster rivulatus</i>
鳄齿鲀	<i>Champsodon capensis</i>
大鳞舌鲷	<i>Cynoglossus macrolepidotus</i>
少鳞舌鲷	<i>Cynoglossus oligolepis</i>
大鳞短颌鲆	<i>Engyprosopon grandisquama</i>
斑条裸胸鲤	<i>Gymnothorax punctatofasciatus</i>
网纹裸胸鲤	<i>Gymnothorax reticularis</i>
龙头鱼	<i>Harpodon nehereus</i>
蓝氏棘鲷	<i>Hoplichthys langsdorffii</i>
北原左鲆	<i>Laeops parviceps</i>
翼红娘鱼	<i>Lepidotrigla alata</i>
日本红娘鱼	<i>Lepidotrigla japonicus</i>
黑鲛鲷	<i>Lophiomus setigerus</i>
日本金线鱼	<i>Nemipterus japonicus</i>
金线鱼属	<i>Nemipterus sp.</i>
锯齿鳞鲷	<i>Onigocia spinosus</i>
粒突鳞鲷	<i>Onigocia tuberculatus</i>
圆柱鲈形鰕	<i>Parapercis cylindrica</i>
斑点鲈形鰕	<i>Parapercis punctata</i>
二长棘鲷	<i>Parargyrops edita</i>
突吻鰕属	<i>Rhynchocymba sp.</i>
长蛇鲷	<i>Saurida elongata</i>
多齿蛇鲷	<i>Saurida tumbil</i>
花斑蛇鲷	<i>Saurida undosquamis</i>
鲷科	<i>Scorpaenidae</i>
密斑短角单棘鲷	<i>Thamnaconus tessellatus</i>
日本排鲷	<i>Upeneus japonicus</i>

中文学名	拉丁文学名
虎斑鳍尾鲢	<i>Uropterygius macrocephalus</i>
峨眉条鲷	<i>Zebrias quagga</i>
背足杨梅蟹	<i>Actumnus dorsipes</i>
鼓虾属	<i>Alpheus sp.</i>
短角双眼钩虾	<i>Ampelisca brevicornis</i>
五刺栗壳蟹	<i>Arcania quinquispinosa</i>
脊七刺栗壳蟹	<i>Arcania septemspinosa</i>
十一刺栗壳蟹	<i>Arcania undecimspinosa</i>
卷折馒头蟹	<i>Calappa lophos</i>
逍遥馒头蟹	<i>Calappa philargius</i>
紫隆背蟹	<i>Carcinoplax purpurea</i>
双斑鲷	<i>Charybdis bimaculata</i>
细螯寄居蟹属	<i>Clibanarius sp.</i>
刺蛛蟹	<i>Cyrtomaia sp.</i>
关公蟹属	<i>Dorippe sp.</i>
马氏艾蝉虾	<i>Eduarctus martensii</i>
镰虾属	<i>Glyphocrangon sp.</i>
横展异隐蟹	<i>Heterorhiza transitans</i>
双角转轮蟹	<i>Ixoides cornutus</i>
强壮蛛形蟹	<i>Latreillia valida</i>
红斑斗蟹	<i>Liagore rubromaculata</i>
菲岛狼牙蟹	<i>Lupocyclus philippinensis</i>
颗粒黎明蟹	<i>Matuta granulosa</i>
黎明蟹属	<i>Matuta sp.</i>
须赤虾	<i>Metapenaeopsis barbata</i>
麦克长眼柄蟹	<i>Ommatocarcinus macgillivrayi</i>
屈足口虾蛄	<i>Oratosquilla gonypetes</i>
口虾蛄属	<i>Oratosquilla sp.</i>
寄居蟹属	<i>Pagurus sp.</i>
仿对虾属	<i>Parapenaeopsis sp.</i>
小岩虾属	<i>Periclimenaeus sp.</i>
长足长崎蟹	<i>Phalangopus longipes</i>
长螯拳蟹	<i>Philyra platychira</i>
红虾属	<i>Plesionika sp.</i>
银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i>
矛形梭子蟹	<i>Portunus hastatoides</i>
异指虾	<i>Processa sp.</i>
标记声蟹	<i>Psopheticus insignis</i>
蛙形蟹	<i>Ranina ranina</i>
拟蛙蟹属	<i>Raninoides sp.</i>
刺足掘沙蟹	<i>Scalopidia spinosipes</i>
高脊管鞭虾	<i>Solenocera alticarinata</i>

中文学名	拉丁文学名
凹管鞭虾	<i>Solenocera koelbelide</i>
栉管鞭虾	<i>Solenocera pectinata</i>
合寄居蟹	<i>Sympagurus sp.</i>
短浆蟹属	<i>Thalamita sp.</i>
盲蟹属	<i>Typhlocarcinus sp.</i>
海葵科	<i>Actiniidae</i>
羽螅科	<i>Aglaopheniidae</i>
锥形珊瑚属	<i>Balanophyllia sp.</i>
丁香珊瑚科	<i>Caryophylliidae</i>
扇形珊瑚科	<i>Flabelliidae</i>
纵条肌海葵	<i>Haliplanella luciae</i>
异杯珊瑚属	<i>Heterocyathus sp.</i>
杯形珊瑚科	<i>Pocilloporidae</i>
棘海鳃	<i>Pterceides sp.</i>
沙簪科	<i>Veretillidae</i>
指纹蛤	<i>Acila divaricata</i>
红侍女螺	<i>Ancilla rubiginosa</i>
片鳃属	<i>Armina sp.</i>
梭形芋螺	<i>Comus orbigny</i>
肿胀芋螺	<i>Conus praecellens</i>
双层笋螺	<i>Diplomeriza duplicata</i>
网纹扭螺	<i>Distorsio reticulata</i>
海牛科	<i>Dorididae</i>
三带缘螺	<i>Marginella tricineta</i>
方格织纹螺	<i>Nassarius conoidalis</i>
黄斑织纹螺	<i>Nassarius euglyptus</i>
褐玉螺	<i>Natica spadicea</i>
短蛸	<i>Octopus ocellatus</i>
虎斑乌贼	<i>Sepia pharaonis</i>
扁平窦螺	<i>Sinum weberi</i>
白带笋螺	<i>Terebra dussumieri</i>

表 8 秋季游泳动物名录

中文名	拉丁文学名
须鲨目	<i>ORECTOLOBIFORMES</i>
橙黄鲨科	<i>Cirrhoscylliidae</i>
橙黄鲨	<i>Cirrhoscyllium exolitum Smith et Radcliffe</i>
真鲨目	<i>CARCHARHINIFORMES</i>
猫鲨科	<i>Scyliorhinidae</i>
梅花鲨	<i>Halaehurus burgeri (Muller et Henle)</i>
大口光尾鲨	<i>Apristurus macrostomus (Chu,Meng et Li)</i>
皱唇鲨科	<i>Triakidae</i>

中文名	拉丁文学名
雷氏光唇鲨	<i>Eridacnis radcliffei</i> Smith
前鳍星鲨	<i>Mustelus kanekonis</i> (Tanaka)
角鲨目	<i>SQUALIFORMES</i>
角鲨科	<i>Squalidae</i>
短吻角鲨	<i>Squalus brevirostris</i> Tanaka
尖鳍刺鲨	<i>Centrophorus acus</i> Garman
扁鲨目	<i>SQUATINIFORMES</i>
扁鲨科	<i>Squatinae</i>
星云扁鲨	<i>Squatina nebulosa</i> Regan
锯鲨目	<i>PRISTIOPHORIFORMES</i>
锯鲨科	<i>Pristiophoridae</i>
日本锯鲨	<i>Pristiophorus japonicus</i> Gunther
鳐形目	<i>RAJIFORMES</i>
鳐科	<i>Rajidae</i>
何氏鳐	<i>Raja hollandi</i> Jordan et Richardson
长鼻鳐	<i>Raja tengi</i> Jordan et Fowler
匀棘深水鳐	<i>Bathyraja isotrachys</i> (Gunther)
扁魟科	<i>Urolophidae</i>
褐黄扁魟	<i>Urolophus aurantiacus</i> Muller et Henle
达氏深水尾魟	<i>Urotrygon daviesi</i> Wallace
鲼形目	<i>MYLIOBATIFORMES</i>
魟科	<i>Dasyatidae</i>
古氏魟	<i>Dasyatis kuhli</i> (Muller et Henle)
牛鼻鲼科	<i>Rhinopteridae</i>
海南牛鼻鲼	<i>Rhinopterus hainanica</i> Chu
电鳐目	<i>TORPEDINIFORMES</i>
电鳐科	<i>Torpedinidae</i>
珍电鳐	<i>Torpedo nobiliana</i> Bonaparte
银鲛目	<i>CHIMAERIFORMES</i>
银鲛科	<i>Chimaeridae</i>
黑线银鲛	<i>Chimaera phantasma</i> Jordan et Snyder
鲱形目	<i>CLUPEIFORMES</i>
鲱科	<i>Clupeidae</i>
白腹小沙丁鱼	<i>Sardinella clupeioides</i> (Bleeker)
鲑形目	<i>SALMONIFORMES</i>
水珍鱼科	<i>Argentinidae</i>
鹿儿岛水珍鱼	<i>Argentina kagoshimae</i> Jordan et Snyder
灯笼鱼目	<i>MYCTOPHIFORMES</i>
狗母鱼科	<i>Synodidae</i>
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)

中文名	拉丁文学名
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)
仙鱼科	<i>Aulopodidae</i>
日本姬鱼	<i>Hime japonicus</i> (Gunther)
青眼鱼科	<i>Chlorophthalmidae</i>
大眼青眼鱼	<i>Chlorophthalmus albatrossis</i> Jordan et Starks
新灯鱼科	<i>Neoscopelidae</i>
小鳍新灯鱼	<i>Neoscopelus microchir</i> Matsubara
灯笼鱼科	<i>Myctophidae</i>
润哈壮灯鱼	<i>Hygophum reinhardtii</i> (Lutken)
瓦氏眶灯鱼	<i>Diaphus watasei</i> Jordan et Starks
裸狗母鱼科	<i>Paralepididae</i>
裸蜥鱼	<i>Lestidium atlanticum</i> Borodin
鲸头鱼目	<i>CETOMIMIFORMES</i>
鳐鱼科	<i>ATELEOPIDAE</i>
紫鳐鱼	<i>Ateleopus purpureus</i> Tanaka
鳗鲡目	<i>ANGUILLIFORMES</i>
康吉鳗科	<i>Congridae</i>
齐头鳗	<i>Anago anago</i> (Temminck et Schlegel)
奇鳗	<i>Alloconger anagoides</i> (Bleeker)
银色突吻鳗	<i>Rhynchocymba nystromi</i> (Jordan et Snyder)
海鳗科	<i>Muraenesocidae</i>
海鳗	<i>Muraenesox cinereus</i> (Forsk.)
海鲢科	<i>Muraenidae</i>
长体鲢	<i>Thyrsoidea macrurus</i> (Bleeker)
长海鲢	<i>Strophidon ui</i> Tanaka
网纹裸胸鲢	<i>Gymnothorax reticularis</i> Bloch
前肛鳗科	<i>Dysommidae</i>
前肛鳗	<i>Dysomma anguillaris</i> Barnard
蛇鳗科	<i>Ophichthyidae</i>
杂食豆齿鳗	<i>Pisodonophis boro</i> (Hamilton-Buchanan)
光唇鳗	<i>Xyrias revulsus</i> Jordan et Snyder
横带小齿蛇鳗	<i>Ophichthus fasciatus</i> Chu, Wu et Jin
短尾蛇鳗	<i>Ophichthus brevicudatus</i> Chy, Wu et Jin
鳐形目	<i>GADIFORMES</i>
长尾鳐科	<i>Macrouridae</i>
日本软首鳐	<i>Malacocephalus nipponensis</i> Gilbert & Hubbs
长管腔吻鳐	<i>Coelorhynchus longissimus</i> Matsubara
平棘腔吻鳐	<i>Coelorhynchus parallelus</i> (Gunther)
鼬鲷科	<i>Ophidiidae</i>
单斑新鼬鲷	<i>Neobythites nigromaculatus</i> Kamohara

中文名	拉丁文学名
胎鳐科	<i>Bythitidae</i>
褐双棘胎鳐	<i>Diplacanthopoma brunnea</i> Smith et Radcliffe
金眼鲷目	<i>BERYCIFORMES</i>
须鲷科	<i>Polymixiidae</i>
日本须鲷	<i>Polymixia japonicus</i> Gunther
棘鲷科	<i>Trachichthyidae</i>
达氏桥棘鲷	<i>Gephyroberyx darwinii</i> (Johnson, 1866)
日本桥棘鲷	<i>Gephyroberyx japonicus</i> (Doderlein)
鲷科	<i>Holocentridae</i>
日本骨鲷	<i>Ostichthys japonicus</i> (Guvier et Valenciennes)
松球鱼科	<i>Monocentridae</i>
松球鱼	<i>Monocentrus japonicus</i> (Houtthyn)
海鲂目	<i>ZEIFORMES</i>
海鲂科	<i>Zeidae</i>
雨印亚海鲂	<i>Zenopsis nebulosa</i> (Temminck et Schlegel)
日本海鲂	<i>Zeus japonicus</i> Cuvier et Valenciennes
红腹棘海鲂	<i>Cyttopsis roseus</i> (Lowe)
太平洋副海鲂	<i>Parazen pacificus</i> Kamohara
菱鲷科	<i>Antigonidae</i>
高菱鲷	<i>Antigonia capros</i> Lowe
刺鱼目	<i>GASTEROSTEIFORMES</i>
烟管鱼科	<i>Fistulariidae</i>
鳞烟管鱼	<i>Fistularia petimba</i> Lacepede
毛烟管鱼	<i>Fistularia villosa</i> Klunzinger
鲮形目	<i>MUGILIFORMES</i>
鲮科	<i>Sphyraenidae</i>
油鲮	<i>Sphyraena pinguis</i> Gunther
鲈形目	<i>PERCIFORMES</i>
鲈科	<i>Serranidae</i>
瓦氏软鱼	<i>Malakichthys wakiyai</i> Jordan et Hubbs
赤鲢	<i>Doederleinia berycoides</i> (Hilgendoof)
日本尖牙鲈	<i>Synagrops japonicus</i> (Steindachner et Doderlein)
镶点石斑鱼	<i>Epinephelus amblycephalus</i> (Bleeker)
小点石斑鱼	<i>Epinephelus epistictus</i> (Temminck et Schlegel)
侧斑赤鲈	<i>Chelidoperca pleurospilus</i> (Gunther)
大眼鲷科	<i>Priacanthidae</i>
拟大眼鲷	<i>Pseudopriacanthus nipponius</i> (Cuvier et Valenciennes)
黑鳍大眼鲷	<i>Priacanthus boops</i> (Bloch et Schneider)
布氏大眼鲷	<i>Priacanthus blochii</i> Bleeker
长尾大眼鲷	<i>Priacanthus tayenus</i> Richardson
短尾大眼鲷	<i>Priacanthus macracanthus</i> Cuvier et Valenciennes
发光鲷科	<i>Acropomidae</i>

中文名	拉丁文学名
发光鲷	<i>Acropoma japonicum</i> Gunther
天竺鲷科	<i>Apogonidae</i>
圆鳞发光鲷	<i>Acropoma hanedai</i> Matsubara
斑鳍天竺鱼	<i>Apogonichthys carinatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
中线天竺鲷	<i>Apogon kiensis</i> Jordan et Snyder
方头鱼科	<i>Branchiostegidae</i>
斑鳍方头鱼	<i>Branchiostegus auratus</i> (Kishinouye)
银方头鱼	<i>Branchiostegus argentatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
鲹科	<i>Carangidae</i>
马拉巴裸胸鲹	<i>Caranx malabaricus</i> (Bloch et Schneider)
高体若鲹	<i>Caranx equula</i> Temminck et Schlegel
蓝圆鲹	<i>Decapterus maruadsi</i> (Temminck et Schlegel)
颌圆鲹	<i>Decapterus lajang</i> Bleeker
竹荚鱼	<i>Trachurus japonicus</i> (Temminck et Schlegel)
石首鱼科	<i>Sciaenidae</i>
斑鳍白姑鱼	<i>Argyrosomus pawak</i> Lin
鲷科	<i>Leiognathidae</i>
黄斑鲷	<i>Leiognathus bindus</i> (Cuvier et Valenciennes)
粗纹鲷	<i>Leiognathus lineolatus</i> (Cuvier et Valenciennes)
笛鲷科	<i>Lutjanidae</i>
约氏笛鲷	<i>Lutjanus johni</i> (Bloch)
鲷科	<i>Sparidae</i>
黄鲷	<i>Taius tumifrons</i> (Temminck et Schlegel)
二长棘鲷	<i>Parargyrops edita</i> Tanaka
寿鱼科	<i>Banjoidae</i>
寿鱼	<i>Banjos banjos</i> (Richardson)
金线鱼科	<i>Nemipteridae</i>
金线鱼	<i>Nemipterus virgatus</i> (Houttuyn)
深水金线鱼	<i>Nemipterus bathybius</i> (Snyder)
眶棘鲈科	<i>Scolopsidae</i>
伏氏眶棘鲈	<i>Scolopsis vosmeri</i> (Bloch)
双斑眶棘鲈	<i>Scolopsis bimaculatus</i> Ruppell
双带眶棘鲈	<i>Parascolopsis toensis</i> (Kamohara)
石鲈科	<i>Pomadasyidae</i>
三线矶鲈	<i>Parapristipoma trilineatus</i> (Thunberg)
羊鱼科	<i>Myllidae</i>
条尾绯鲤	<i>Upeneus bensasi</i> (Temminck et Schlegel)
摩鹿加绯鲤	<i>Upeneus moluccensis</i> (Bleeker)
蝴蝶鱼科	<i>Chaetodontidae</i>
朴蝴蝶鱼	<i>Chaetodon modestus</i> (Temminck et Schlegel)
帆鳍鱼科	<i>Histiopteridae</i>
帆鳍鱼	<i>Histioporus typus</i> Temminck et Schlegel

中文名	拉丁文学名
赤刀鱼科	<i>Cepolidae</i>
赤刀鱼	<i>Cepola schlegeli</i> (Day)
背点棘赤刀鱼	<i>Acanthocephala limbata</i> Cuvier et Valenciennes
隆头鱼科	<i>Labridae</i>
洛神颈鳍鱼	<i>Iniistius dea</i> Temminck et Schlegel
雀鲷科	<i>Pomacentridae</i>
乔氏台雅鱼	<i>Daya jordani</i> (Rutter)
鲷状鱼科	<i>Bembropidae</i>
黄斑低线鱼	<i>Chrionema chryseres</i> Gilbert
拟鲈科	<i>Parapercidae</i>
六带拟鲈	<i>Parapercis sexfasciata</i> (Temminck et Schlegel)
赤拟鲈	<i>Parapercis aurantiaca</i> (Doderlein)
斑棘拟鲈	<i>Parapercis striolata</i> (Weber)
圆拟鲈	<i>Parapercis cylindrica</i> (Bloch)
鲷科	<i>Uranoscopidae</i>
日本鲷	<i>Uranoscopus japonicus</i> Houttuyn
双斑鲷	<i>Uranoscopus bicinctus</i> Temminck et Schlegel
少鳞鲷	<i>Uranoscopus oligolepis</i> Bleeker
中华鲷	<i>Uranoscopus chinensis</i> Guichenot
鲷齿鱼科	<i>Champsodontidae</i>
弓背鲷齿鱼	<i>Champsodon atridorsalis</i> Ohiai et Nakamura
鲷科	<i>Blenniidae</i>
带鲷	<i>Xiphasia setifer</i> Swainson
玉筋鱼科	<i>Ammodytidae</i>
台湾筋鱼	<i>Embolichthys mitsukurii</i> (Jordan et Evermann)
蓝子鱼科	<i>Siganidae</i>
黄斑蓝子鱼	<i>Siganus oramin</i> (Bloch et Valenciennes)
带鱼科	<i>Trichiuridae</i>
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
蛇鲭科	<i>Gempylidae</i>
短蛇鲭	<i>Rexea prometheoides</i> (Bleeker)
鲭科	<i>Scombridae</i>
鲐	<i>Pneumatophorus japonicus</i> (Houttuyn)
鲭鲈	<i>Scombrobrax heterolepis</i> Roule
金枪鱼科	<i>Thunnidae</i>
鲣	<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus)
无齿鲷科	<i>Ariommidae</i>
印度无齿鲷	<i>Ariomma indica</i> (Day)
双鳍鲷科	<i>Nomeidae</i>
怀氏方头鲷	<i>Cubiceps whiteleggii</i> (Waite)

中文名	拉丁文学名
长鲳科	<i>Centrolophidae</i>
刺鲳	<i>Psenopsis anomala</i> (Temminck et Schlegel)
日本栉鲳	<i>Hyperoglyphe japonicus</i> (Doderlein)
鲳科	<i>Echeneidae</i>
鲳	<i>Echeneis naucrates</i> Linnaeus
鲳形目	<i>SCORPAENIFORMES</i>
鲳科	<i>Scorpaenidae</i>
平头鲳	<i>Plectrogenium nanum</i> Gilbert
勒氏蓑鲳	<i>Pterois russelli</i> Benneu
环纹蓑鲳	<i>Pterois lunulata</i> Temminck et Schlegel
锯蓑鲳	<i>Brachypterois serrulatus</i> (Richardson)
拟蓑鲳	<i>Parapterois heterurus</i> Bleeker
斐济囊头鲳	<i>Setarches fidjensis</i> (Gunther)
毒鲳科	<i>Synanceiidae</i>
无备虎鲳	<i>Minous inermis</i> Alcock
魴鲳科	<i>Triglidae</i>
绿鳍鱼	<i>Cheilidonichthys kumu</i> (Lesson et Garnot)
琉球角魴鲳	<i>Pterygotrigla ryukuensis</i> Matsubara et Hiyama
翼红娘鱼	<i>Lepidotrigla alata</i> (Houttuyn)
深海红娘鱼	<i>Lepidotrigla abyssalis</i> Jordan et Starkes
大棘角魴鲳	<i>Pterygotrigla hemsiticta</i> (Temminck et Schlegel)
尖棘角魴鲳	<i>Pterygotrigla hemsiticta</i> (Temminck et Schlegel)
黄魴鲳科	<i>Peristediidae</i>
东方黄魴鲳	<i>Peristedion orientale</i> Temminck et Schlegel
光吻黄魴鲳	<i>Peristedion liorhynchus</i> Gunther
长臂红魴鲳	<i>Satyrichthys fowleri</i> Beaufort Briggs
红鲷科	<i>Bembridae</i>
红鲷	<i>Bembras japonicus</i> Cuvier et Valenciennes
鲷科	<i>Platycephalidae</i>
大鳞鳞鲷	<i>Onigocia macrolepis</i> (Bleeker)
鳄鲷	<i>Cociella crocodilus</i> (Tilesius)
倒棘鲷	<i>Rogadius asper</i> (Cuvier et Valenciennes)
棘鲷科	<i>Hoplichthyidae</i>
蓝氏棘鲷	<i>Hoplichthys langsdorfi</i> Cuvier et Valenciennes
豹魴鲳科	<i>Dactylopteridae</i>
单棘豹魴鲳	<i>Daicocus peterseni</i> (Nystrom)
鲷形目	<i>PLEURONECTIFORMES</i>
牙鲆科	<i>Paralichthyidae</i>
双瞳斑鲆	<i>Pseudorhombus dupliciocellatus</i> Regan
少牙斑鲆	<i>Pseudorhombus oligodon</i> (Bleeker)
三眼斑鲆	<i>Pseudorhombus triocellatus</i> (Schneider)
鲆科	<i>Bothidae</i>

中文名	拉丁文学名
多斑羊舌鲆	<i>Arnoglossus polyspilus</i> (Gunther)
青缨鲆	<i>Crossorhombus azureus</i> (Alcock)
长臂缨鲆	<i>Crossorhombus kobensis</i> (Joedan et Starks)
大口长颌鲆	<i>Chascanopsetta lugubris</i> Alcock
棘鲆科	<i>Citharidae</i>
鳞眼鲆	<i>Lepidoblepharon ophthalmolepos</i> Weber
鲾科	<i>Pleuronectidae</i>
长体瓦鲾	<i>Poecilopsetta praelonga</i> Alcock
冠鲾	<i>Samaris cristatus</i> Gray
鲷科	<i>Soleidae</i>
褐斑栉鳞鲷	<i>Aseraggodes kobensis</i> (Steindachner)
舌鲷科	<i>Cynoglossidae</i>
半滑舌鲷	<i>Cynoglossus semilaevis</i> Gunther
鲈形目	<i>TETRAODONTIFORMES</i>
拟三刺鲈科	<i>Triacanthodidae</i>
拟三刺鲈	<i>Triacanthodes anomalus</i> (Temminck et Schlegel)
截形倒刺鲈	<i>Tydemania japonica</i> Kamohara
拟管吻鲈	<i>Macrorhamphosodes uradoi</i> (Kamohara)
革鲈科	<i>Aluteridae</i>
丝背细鳞鲈	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (Temminck et Schlegel)
绒纹线鳞鲈	<i>Arotrolepis sulcatus</i> (Hollard)
黄鳍马面鲈	<i>Navodon xanthopterus</i> Xu et Zhen sp. no.
密斑马面鲈	<i>Navodon tessellatus</i> (Gunther)
鲈科	<i>Tetraodontidae</i>
密沟鲈	<i>Liosaccus cutaneus</i> (Gunther)
黑鳃兔头鲈	<i>Lagocephalus inermis</i> (Temminck et Schlegel)
月腹刺鲈	<i>Gastrophysus lunaris</i> (Bloch et Schneider)
棕腹刺鲈	<i>Gastrophysus spadiceus</i> (Richardson)
白点宽吻鲈	<i>Amblyrhynchotus honcheni</i> (Bloch)
瓣鼻鲈	<i>Boesemanichthys firmamentum</i> (Temminck et Schlegel)
水纹扁背鲈	<i>Canthigaster rivulatus</i> (Temminck et Schlegel)
鲉形目	<i>LOPHIIFORME</i>
鲉科	<i>Lophiidae</i>
黑鲉	<i>Lophiomus setigerus</i> (Vahl)
躄鱼科	<i>Antennariidae</i>
毛躄鱼	<i>Antennarius hispidus</i> Bloch et Schneider
三齿躄鱼	<i>Antennarius pinniceps</i> Commerson
单棘躄科	<i>Chaunacidae</i>
单棘躄鱼	<i>Chaunax fimbriatus</i> Hilgendorf
蝙蝠鱼科	<i>Ogcocephalidae</i>
蝙蝠鱼	<i>Malthopsis luteus</i> Alcock
棘茄鱼	<i>Halieutaea stellata</i> (Vahl)

中文名	拉丁文学名
枪形目	<i>TEUTHOIDEA</i>
柔鱼科	<i>Ommastrephidae</i>
太平洋褶柔鱼	<i>Todarodes pacificus</i> Steenstrup
枪乌贼科	<i>Loliginidae</i>
长枪乌贼	<i>Loligo bleekeri</i> Keferstein
杜氏枪乌贼	<i>Loligo duvaucelii</i> Orbigny
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	<i>SEPIOIDEA</i>
乌贼科	<i>Stpiidae</i>
金乌贼	<i>Sepia esculenta</i> Hoyle
神户乌贼	<i>Sepia kobeensis</i> Hoyle
拟目乌贼	<i>Sepia lycidas</i> Gray
曼氏无针乌贼	<i>Sepiella maindroni</i> de Rochebrune
耳乌贼科	<i>Deplolidae</i>
后耳乌贼	<i>Sepiadarium kochii</i> Steenstrup
八腕目	<i>OCTOPODA</i>
蛸科	<i>Octopodidae</i>
短蛸	<i>Octopus ocellatus</i> Gray
条纹蛸	<i>Octopus striolatus</i> Dong
轮纹蛸	<i>Octopus cyanea</i> Gray
十足目	<i>DECAPODA</i>
对虾科	<i>Penaeidae</i>
假长缝拟对虾	<i>Parapenaeus fissuroides</i> Crosnier
长额虾科	<i>Pandalidae</i>
林氏异腕虾	<i>Heterocarpus hayashi</i> Crosnier
美人虾科	<i>Callinassidae</i>
日本栉指虾	<i>Ctenocheles balssi</i> Kishinouye
蟬虾科	<i>Scyllaridae</i>
毛缘扇虾	<i>Ibacus ciliatus</i> (Von Siebold)
九齿扇虾	<i>Ibacus novemdentatus</i> Gibbs
铠甲虾科	<i>Galatheididae</i>
首颈刺铠甲虾	<i>Cervimunida princeps</i> Benedict
馒头蟹科	<i>Calappidae</i>
逍遥馒头蟹	<i>Calappa philargius</i> (Linnaeus)
卷折馒头蟹	<i>Calappa lophos</i> (Herbst)
短刺伊氏蟹	<i>Lzanami curtispina</i> (Sakai)
蜘蛛蟹科	<i>Majidae</i>
阿氏扁珠蟹	<i>Platymaia alcocki</i> Rathbun
长足长跨蟹	<i>Phalangipus longipes</i> (Linnaeus)
梭子蟹科	<i>Portunidae</i>

中文名	拉丁文学名
红星梭子蟹	<i>Portunus sanguinolentus</i> (Herbst)
银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i> (White)
拥剑梭子蟹	<i>Portunus haanii</i> (Stimpson)
武士螯	<i>Charybdis miles</i> (de Haan)
锈斑螯	<i>Charybdis feriatus</i> (Linnaeus)
光掌螯	<i>Charybdis riversandersoni</i> Alcock

15 附件

附件 1 环境影响评价委托合同

附件 2 CMA 检测报告封面

附件 3 渔业资源调查报告封面

附件 4 钻屑钻井液检测报告

附件 5 危废处理意向书

附件 6 溢油应急资源共享同意书