



编号：COES-017-HP-2019

旅大 29-1 油田开发项目

# 环境影响报告书

建设单位： 中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位： 中海石油环保服务（天津）有限公司

编制时间： 2020 年 4 月

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	3u95u3		
建设项目名称	旅大29-1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		
环境影响评价文件类型	报告书		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	中海石油(中国)有限公司天津分公司		
统一社会信用代码	91120116718249438Q		
法定代表人 (签章)	徐可强		
主要负责人 (签字)	曹新建 		
直接负责的主管人员 (签字)	朱睿 		
<b>二、编制单位情况</b>			
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		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
张聪	2017035120352015120104000089	BH008847	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
孙启猛	区域自然和社会环境现状、环境现状调查与评价、回顾性环境影响评价	BH001571	
邱照宇	环境影响预测与评价	BH026179	
张聪	总论、工程概况、工程分析、清洁生产、环境影响评价结论及建议、附件	BH008847	
李云婷	环境风险分析与评价	BH006056	



吴海涛	总量控制、环境保护对策措施、环境保护的技术经济合理性、环境管理与环境监测	BH008718	吴海涛
袁晓娟	海洋工程的环境可行性	BH013744	袁晓娟

# 目 录

<b>1 总论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 评价任务由来与评价目的.....	1
1.2 报告书编制依据.....	2
1.3 环境影响评价和环境质量标准.....	5
1.4 环境影响要素识别.....	12
1.5 环境影响评价工作等级.....	13
1.6 评价范围与评价重点.....	15
1.7 环境敏感区和环境保护目标.....	17
<b>2 工程概况.....</b>	<b>25</b>
2.1 建设项目概况.....	25
2.2 油田开发过程及生产工艺.....	59
2.3 依托设施能力校核.....	73
<b>3 工程分析.....</b>	<b>91</b>
3.1 工程各阶段污染环节与环境影响分析.....	91
3.2 工程各阶段污染源强核算.....	92
3.3 环境影响要素和评价因子的分析与识别.....	107
<b>4 区域自然和社会环境现状.....</b>	<b>109</b>
4.1 工程区域自然环境概况.....	109
4.2 工程海洋资源和海域开发利用情况.....	122
4.3 周边海域环境敏感目标的简介与分布.....	135
<b>5 环境现状调查与评价.....</b>	<b>149</b>
5.1 水文动力现状调查与评价.....	150
5.2 地形地貌环境现状调查与评价.....	162
5.3 海水水质现状调查与评价.....	175
5.4 沉积物环境质量调查与评价.....	195
5.5 海洋生物生态现状调查与评价.....	197

5.6 生物质量.....	215
5.7 渔业资源.....	219
5.8 生物质量补充调查.....	232
<b>6 回顾性环境影响评价.....</b>	<b>235</b>
6.1 依托工程开发过程回顾.....	235
6.2 依托工程相关环评及竣工验收批复回顾.....	240
6.3 依托工程环保设施运行状况回顾.....	246
6.4 海洋环境质量现状回顾性评价.....	249
6.5 渔业资源现状回顾性评价.....	275
<b>7 环境影响预测与评价.....</b>	<b>280</b>
7.1 水文动力环境影响分析与评价.....	280
7.2 地形地貌与冲淤环境影响分析与评价.....	294
7.3 水质环境影响预测分析与评价.....	294
7.4 沉积物环境影响分析.....	303
7.5 海洋生态环境影响分析与评价.....	304
7.6 主要环境敏感目标影响分析.....	314
7.7 对通航安全的影响分析.....	315
7.8 其它内容的环境影响分析与评价.....	318
<b>8 环境风险分析与评价.....</b>	<b>319</b>
8.1 环境风险评价等级判定.....	319
8.2 环境风险危害识别与事故频率估算.....	320
8.3 溢油漂移预测.....	330
8.4 事故后果分析.....	360
8.5 地质性溢油风险分析与评价.....	365
8.6 环境风险防范对策措施和应急方法.....	365
8.7 结论和建议.....	389
<b>9 清洁生产.....</b>	<b>391</b>
9.1 建设项目清洁生产内容与符合性分析.....	391

9.2 建设项目清洁生产评价.....	393
<b>10 总量控制.....</b>	<b>400</b>
10.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量.....	400
10.2 污染物排放消减方法.....	401
10.3 污染物排放总量控制方案与建议.....	402
<b>11 环境保护对策措施.....</b>	<b>403</b>
11.1 建设项目建设阶段环境保护对策措施.....	403
11.2 建设项目生产阶段环境保护对策措施.....	405
11.3 建设项目海洋生态保护对策措施.....	408
11.4 环保竣工验收.....	410
11.5 污染防治措施、环境保护及生态保护措施、风险防范措施汇总.....	411
<b>12 环境保护的技术经济合理性.....</b>	<b>416</b>
12.1 环境保护设施和对策措施的费用估算.....	416
12.2 环境保护的经济损益分析.....	416
12.3 环境保护的技术经济合理性.....	421
12.4 社会效益.....	422
<b>13 海洋工程的环境可行性.....</b>	<b>423</b>
13.1 与海洋主体功能区划的符合性.....	423
13.2 与海洋功能区划的符合性.....	425
13.3 与辽宁省海洋生态红线的符合性分析.....	428
13.4 与辽宁大连斑海豹国家级自然保护区符合性.....	429
13.5 与环境保护规划及其他相关规划的符合性.....	430
13.6 与国家产业政策的符合性分析.....	437
13.7“三线一单”符合性分析.....	437
13.8 海洋生态建设方案.....	438
<b>14 环境管理与环境监测.....</b>	<b>450</b>
14.1 环境管理.....	450
14.2 环境监测计划.....	453

<b>15 环境影响评价结论及建议</b> .....	<b>457</b>
15.1 工程分析结论.....	457
15.2 环境现状分析与评价结论.....	458
15.3 环境影响预测分析与评价结论.....	464
15.4 环境风险分析与评价结论.....	467
15.5 清洁生产和总量控制结论.....	467
15.6 环境保护对策的合理性、可行性结论.....	468
15.7 公众参与分析与评价结论.....	470
15.8 区域规划和政策符合性结论.....	470
15.9 建设项目环境可行性结论.....	471
<b>16 环境影响报告书附件</b> .....	<b>472</b>



# 1 总论

## 1.1 评价任务由来与评价目的

### 1.1.1 评价任务由来

旅大 29-1 油田位于渤海东部海域，东经 [REDACTED]，北纬 [REDACTED]，西距旅大 21-2 油田约 16.1km，西南距已开发油田旅大 27-2 油田约 22km，西北距旅大 16-3 油田约 22km，油田范围内平均水深 32.2m。

旅大 29-1 油田拟建工程内容如下：(1)新建 1 座 4 腿无人井口平台 LD29-1WHPA；(2)新建 1 条 LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2 WHPA 平台的 16.1km 的双层保温油气水混输海底管道；(3)新建 1 条 LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台的 16.1km 的复合海底电缆。同时，对 LD21-2WHPA 平台、LD16-3CEPA 平台、LD10-1PAPD 平台和 LD10-1CEP 平台进行适应性改造。

本项目在旅大 29-1 油田区域新建一座无人井口平台 LD29-1WHPA，井口物流经计量后，部分年份物流加热之后通过混输海管输送至 LD21-2WHPA 平台，接到 LD21-2WHPA 平台上的外输泵之后，与 LD21-2WHPA 平台处理之后的物流一起汇合后，共同外输至 LD16-3CEPA 平台，在 LD16-3CEPA 上处理成 20%左右含水原油，经混输海管输送至 LD10-1PAPD，在 LD10-1PAPD 上处理成(含水率 wt≤1%)原油，再输送至 LD10-1CEP 的干油罐，最后通过混输海管输往绥中 36-1 终端。

旅大 29-1 生产水除提供 LD16-3CEPA 至 LD10-1 混输海管外输掺水外，剩余生产水在 LD16-3CEPA 上处理合格后回注地层。LD29-1WHPA 的注水由本平台水源井水提供。

旅大 29-1 油田伴生气通过新建混输海管，经由 LD21-2WHPA 输送至 LD16-3CEPA 和 LD10-1CEP，处理合格后作为燃料使用。

LD29-1 WHPA 平台不设电站，电力依托旅大 16-3/旅大 21-2 电网供电。LD29-1 WHPA 平台设置一台 35kV/0.4kV，3150kVA 主变压器为平台注水泵、加热器等生产负荷供电。

《旅大 29-1 油田开发项目可行性研究报告》(ODP)已编制完成，根据《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》的规定，本工程在建设前应进行环境影响评价。受建设单位中海石油(中国)有限公司天津分公司的委托(见附件 1)，中海石油环保服务(天津)有限公司承担了该工程的环境影响评价工作，并依据

有关法规、导则的要求完成了《旅大 29-1 油田开发项目环境影响报告书》。

## 1.1.2 评价目的

本评价旨在查明建设项目评价范围内的环境质量现状，在全面分析建设项目施工期和运营期的主要污染因子的种类和数量的基础上，预测和评价建设项目对周围环境的影响范围和程度，阐明该项目的环境效益、经济效益和社会效益，提出相应的环境保护措施和建议，从环境保护角度论证该项目建设的合理性和可行性，从而为工程开发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科学依据，为建设单位实施完善的环境管理提供可操作依据。

## 1.2 报告书编制依据

### 1.2.1 法律法规

- 《中华人民共和国环境保护法》（修订）（2015.1.1 实施）；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017.11.4 修订）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018.12.29 修订）；
- 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002.1）；
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012 年修订）（2012.2）；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10.26 修订）；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2017.6.27 修订）；
- 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2018.12.29 修订）；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016.11.7 修订）；
- 《中华人民共和国渔业法》（修订）（2013.12.28 实施）；
- 《中华人民共和国海上交通安全法》（2016.11.7 修订）；
- 《中华人民共和国节约能源法》（2018.10.26 修订）；
- 《中华人民共和国循环经济促进法》（2009 年 1 月）；
- 《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，2020 年 1 月 1 日起实施）。

### 1.2.2 管理条例、规定及实施办法

- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日实施）；

- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》(国务院, 2018.3 修订);
- 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》(1983.12);
- 《防治船舶污染海洋环境管理条例》(2018.3.19 修订);
- 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》(2016 年修订);
- 《中华人民共和国自然保护区条例》(国务院令 第 167 号, 2017.10.7 修订);
- 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》, 农业部令 第 1 号, 2013.12.7;
- 《铺设海底管道电缆管理规定实施办法》(1989.3);
- 《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, 2019.5.1 起实施);
- 《海洋工程环境影响评价管理规定》(国海规范〔2017〕7 号);
- 《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交通部文件 交海发[2007]165 号);
- 《海洋自然保护区管理办法》(1995.5);
- 《海洋特别保护区管理办法》(国海发〔2010〕21 号);
- 《中国水生生物资源养护行动纲要》(2006.2);
- 《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);
- 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》(环发[2012]98 号);
- 《关于涉及自然保护区的开发建设项目环境管理工作有关问题的通知》(环发[1999]177 号);
- 《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》(国发〔2011〕35 号文);
- 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海发〔2018〕168 号);
- 《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部令 第 4 号);
- 《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);
- 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》(2017 年 3 月 1 日修正版);
- 《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》(2017 年修正);
- 《国家海洋局关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》(国海发〔2017〕7 号)。

### 1.2.3 规划、功能区划及保护规划

- 《全国海洋主体功能区规划》（国发[2015]42号）；
- 《辽宁省海洋主体功能区规划》（辽政发〔2017〕36号，2017年8月3日实施）
- 《全国海洋功能区划（2011-2020年）》；
- 《辽宁省海洋功能区划（2011-2020）》；
- 《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（辽宁省海洋与渔业厅，2014年5月）；
- 《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》
- 《河北省生态保护红线》（冀政字〔2018〕23号）
- 《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》（国海发[2018]2号）；
- 《辽宁省海洋生态环境保护规划（2016-2020）》；
- 《渤海环境保护总体规划（2008-2020年）》（2009年）；
- 《渤海综合治理攻坚战行动计划》（环海洋〔2018〕158号，2018年11月30日实施）。

### 1.2.4 技术导则、规范

- 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）；
- 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009）；
- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18579-2001）；
- 《海洋监测规范》（GB 17378.1~7-2007）；
- 《海洋调查规范》（GB/T 12763.1~11-2007）；
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）；
- 《建设项目海洋环境跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002.4；
- 《海洋生态损害评估技术指南》国家海洋局，2013年8月；
- 《海洋生态资本评估技术导则》（GB/T 28058-2011）；

- 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB 4914-2008，2009-5-1 实施）
- 《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T 877-2013）；
- 《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017）
- 《建设项目危险废物环境影响评价指南》。

### 1.2.5 工程资料及有关批复文件

- 旅大 29-1 油田开发项目环境影响评价委托书（见附件 1）；
- 《旅大 29-1 油田开发项目可行性研究报告》（2019 年 7 月）；
- 建设单位提供的其它设计资料。

## 1.3 环境影响评价和环境质量标准

### 1.3.1 环境质量标准

根据《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年），本项目位于辽宁省海洋功能区划和辽宁省生态红线区之外。

本项目根据《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年）核定各调查站位所在海洋功能区的水质、沉积物和海洋生物质量管理目标要求，本着取从严标准的原则，按《海水水质标准》（GB3097-1997）、《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）、《海洋生物质量》（GB18421-2001），确定本项目各调查站位海洋环境质量标准执行情况见表 1.3-1。

（1）经过分析，H5、H9、H14 三个调查站位位于“大连斑海豹保护生态红线区-禁止开发区”，本项目春秋两季其它海洋环境质量调查站位均位于辽宁省生态红线区之外（见图 1.3-1）。

（2）本项目春秋两季海洋环境质量调查站位均位于辽宁省海洋功能区划之外（见图 1.3-1）。

因此，本项目春秋两季海洋环境质量调查站位的水质、沉积物、海洋生物质量均执行一类标准。海水水质评价执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中一类标准，针对超标因子，进一步采用第二类、第三类或第四类评价标准，评价至符合某类标准为止。



表 1.3-1 各调查站位执行海洋环境质量标准情况

名称	类型	水质目 标	沉积 物目 标	生物 质量 目标	监测站位
《辽宁省（渤海海域） 海洋生态红线区划定报 告》（2014年）	大连斑海豹保护 生态红线区	禁止开发区	一类		H5、H9、H14
	本项目春秋两季其它海洋环境质量调查站位均位于辽宁省生态红线区 之外。				
《辽宁省海洋功能区划 （2011-2020年）》	本项目春秋两季海洋环境质量调查站位均位于辽宁省海洋功能区划之 外。				

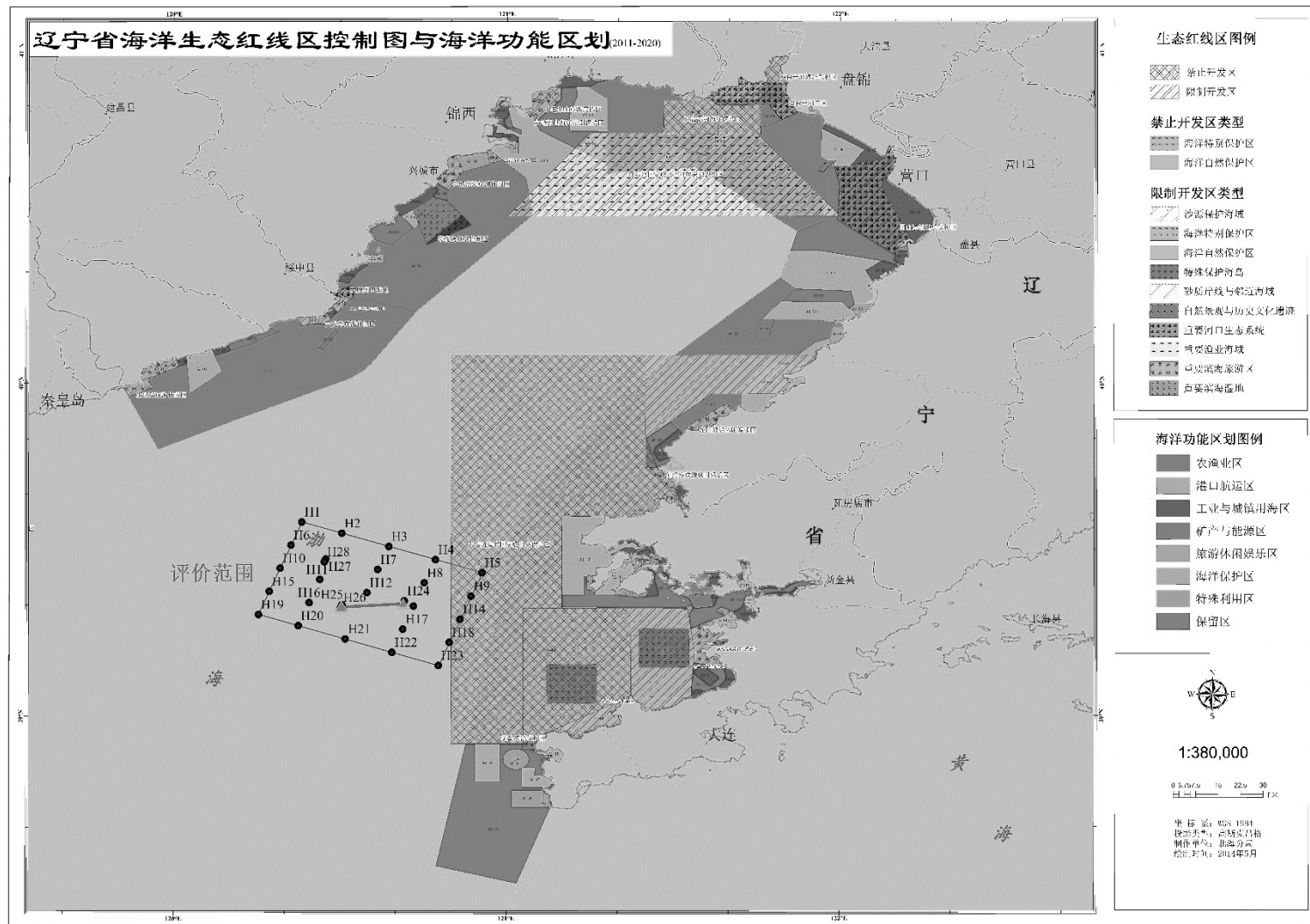


图 1.3-1 各调查站位与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年）的位置关系图

### 1.3.1.1 海水水质

根据《海水水质标准》(GB3097-1997), 对照《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》(2014年)中对工程周边临近生态红线区的海水水质保护要求, 确定各水质调查站位应执行的评价标准, 《海水水质标准》(GB 3097-1997)标准限值见表 1.3-2。

针对超标因子, 进一步采用第二类、第三类或第四类标准评价, 评价至符合某类标准为止。

表 1.3-2 海水水质评价标准单位: mg/L (pH 除外)

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
2	DO	>6	>5	>4	>3
3	COD	≤2	≤3	≤4	≤5
4	无机氮	≤0.20	≤0.30	≤0.40	≤0.50
5	活性磷酸盐	≤0.015	≤0.030		≤0.045
6	石油类	≤0.05		≤0.30	≤0.50
7	挥发性酚	≤0.005		≤0.010	≤0.050
8	硫化物(以 S 计)	≤0.02	≤0.05	≤0.10	≤0.25
9	铜	≤0.005	≤0.010	≤0.050	
10	铅	≤0.001	≤0.005	≤0.010	≤0.050
11	锌	≤0.020	≤0.050	≤0.10	≤0.50
12	镉	≤0.001	≤0.005	≤0.010	
13	汞	≤0.00005	≤0.0002		≤0.0005
14	砷	≤0.020	≤0.030	≤0.050	
15	总铬	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.50

### 1.3.1.2 海洋沉积物质量

根据《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002), 对照《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》中对工程周边临近生态红线区的沉积物保护要求, 确定各沉积物调查站位应执行的评价标准, 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中标准限值见表 1.3-3。

表 1.3-3 沉积物评价标准(单位:  $10^{-6}$ )

项目	第一类
有机碳( $10^{-2}$ )	≤2.0
石油类	≤500.0
硫化物	≤300.0
铜	≤35.0
铅	≤60.0
锌	≤150.0
镉	≤0.50

汞	≤0.20
砷	≤20.0
铬	≤80.0

### 1.3.1.3 海洋生物质量

由于目前国家仅颁布了贝类生物评价国家标准，而其它生物种类的国家级评价标准欠缺，只能借鉴其它标准。贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的第一类标准值，其他软体动物和甲壳类、鱼类体内污染物质（除石油烃外）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，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准（见表 1.3-4）。

表 1.3-4 海洋生物质量评价标准（单位：mg/kg）

生物类别	铬	铜	铅	锌	镉	砷	总汞	石油烃
贝类（双壳类）	0.5	10	0.1	20	0.2	1.0	0.05	15
软体动物（非双壳类）	/	100	10.0	250	5.5	/	0.3	20
甲壳类	/	100	2.0	15	2.0	/	0.2	20
鱼类	/	20	2.0	40	0.6	/	0.3	20

注：由于双壳类软体动物以外的其他生物体中铬和砷无评价标准，因此不对双壳类以外的其他生物体中铬和砷进行评价。

### 1.3.2 污染物排放标准

根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008），本工程所在海域属于一级海域；根据《海洋石油勘探开发污染物生物毒性第 1 部分：分级》（GB18420.1-2009），本工程所在海域属于一级海区。

本工程施工期产生的污染物有：施工作业船舶产生的生活污水、机舱含油污水、船舶垃圾，管缆铺设及平台施工中产生的悬浮物、施工作业垃圾（施工过程中产生的边角料等），钻井过程中产生的钻井液、钻屑等；本工程运行期阶段产生的污染物有：含油生产水和生产垃圾等。

本工程所在海域属于渤海东部海域，工程生产建设过程中产生的污染物排放标准执行情况见表 1.3-5。

表 1.3-5 污染物排放标准

污染物		采用标准	等级	标准值	适用对象
油层段钻井液、油层段钻屑		《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)	一级	钻井油层钻屑和钻井油层钻井液不得排放 禁止排放非水基钻井液钻屑	钻井作业排放的油层段钻屑、油层段钻井液
非油层段钻井液、非油层段钻屑		《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)	一级	Hg (重晶石中最大值) ≤1mg/kg Cd (重晶石中最大值) ≤3mg/kg	钻井作业排放的非油层段钻屑、非油层段钻井液
		《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》(GB 18420.1-2009)	一级	生物毒性容许值≥30000mg/L	
生活污水 (钻井船)		《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)	一级	COD≤300mg/L	钻井船排放的生活污水
生产/生活垃圾		《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)	一级	禁止排放或弃置入海	钻井作业生活垃圾和生产垃圾
船舶机舱含油污水		《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发[2007]165号)、 《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》	/	运回陆地处理	船舶污染物的排放
船舶垃圾	塑料制品及其他垃圾	《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)、 《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》		禁止投入水域	
	食品废弃物	《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》		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 25mm 后方可排放; 在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。	
船舶生活污水 (铺)				一、在距最近陆地 3 海里以内 (含) 的海域, 根据船舶类别和安	



旅大 29-1 油田开发项目环境影响报告书

污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
管船、供给船)			装(含更换)生活污水处理装置的时间,利用船载生活污水处理装置处理的船舶生活污水执行相应的污染物排放限值: (1) 2012年1月1日以前安装(含更换)生活污水处理装置的船舶执行: $BOD_5 \leq 50\text{mg/L}$ 、 $SS \leq 150\text{mg/L}$ 、耐热大肠菌群 $\leq 2500$ 个/L; (2) 2012年1月1日及以后安装(含更换)的生活污水处理装置的船舶执行: $BOD_5 \leq 25\text{mg/L}$ 、 $SS \leq 35\text{mg/L}$ 、耐热大肠菌群 $\leq 1000$ 个/L、 $COD_{Cr} \leq 125\text{mg/L}$ 、 $pH6 \sim 8.5$ 、总氯(总余氯) $< 0.5\text{mg/L}$	
船舶大气污染物	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》	/	应使用硫含量不大于 0.5% $m/m$ 的船用燃油	船舶

### 1.3.3 生产水回注指标

根据中华人民共和国石油天然气行业标准《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》(SY/T 5329-2012)要求,结合旅大 29-1 油田注水层[ ]入层平均空气渗透率处于  $0.05\sim 0.5\mu\text{m}^2$  之间,因此,推荐水质主要控制指标如表 1.3-6 所示。

表 1.3-6 旅大 29-1 油田推荐注水水质主要控制指标

注入层平均空气渗透率, $\mu\text{m}^2$		$>0.05\sim\leq 0.5$
控制指标	悬浮固体含量, mg/L	$\leq 5.0$
	悬浮物颗粒直径中值, $\mu\text{m}$	$\leq 3.0$
	含油量, mg/L	$\leq 15.0$
	平均腐蚀率, mm/年	$\leq 0.076$
	SRB (硫酸盐还原菌), 个/MI	$\leq 20$
	IB (铁细菌), 个/MI	$n\times 10^3 (1<n<10)$
	TGB (腐生菌), 个/MI	$n\times 10^3 (1<n<10)$

## 1.4 环境影响要素识别

本项目海上建设阶段,钻井液和钻屑排放、铺设管缆挖沟掀起的海底泥沙等会在短时间内造成海水中悬浮物浓度增加,进而影响海洋生态环境。大颗粒泥沙最终沉降在海底,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。此外,海上建设阶段参加作业的人员和船舶将产生少量的船舶机舱含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾及少量生产垃圾。船舶机舱含油污水、生产及生活垃圾运回陆地处理,不会对海洋环境产生影响;生活污水经处理达到相应的排放标准后排海及清管废水排海,将对海洋环境产生局部轻微影响。

本项目海上生产阶段,在生产过程中产生的含油生产水经处理达标后将全部回注地层不外排,不会对海洋环境产生不利影响。本项目新建平台为无人井口平台,运营期仅来自原 LD21-2WHPA 平台的生产人员巡检将产生一定量的生活污水和生活垃圾,均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台,因人员来自原 LD21-2WHPA 平台,因此,不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量;且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。

此外,海上建设和生产阶段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表 1.4-1。

表 1.4-1 污染环境要素识别

开发阶段	污染物	主要污染因子	排放方式	影响对象	影响程度
施工阶段	机舱含油污水	石油烃	运回陆地处理	—	无
	船舶生活污水	COD、大肠菌群、SS	达标间断排放	海水水质、海洋生态环境	小
	船舶生活垃圾	食品废弃物、包装物等	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
	平台建设、铺管作业悬浮沙	悬浮沙	连续排放	海水水质、海洋生态环境	中
	钻井液、钻屑	悬浮沙	油层段钻井液、钻屑运回地处理，非油层段钻井液、钻屑排放	海水水质、海洋生态环境	中
	清管废水	悬浮物	排放入海	海水水质、海洋生态环境	小
生产阶段	生产垃圾	废弃边角料、油渣、油棉纱等	运回陆地处理	—	无
	泥沙	泥沙	运回陆地处理	—	无
	含油生产水	石油烃	全部回注	—	无
	平台、管道防腐溶出物	锌	连续排放	海水水质、海洋沉积物环境	小
	生活污水	COD	通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台	—	无
	生活垃圾	食品废弃物、包装物等		—	无
事故状态下	环境风险事故下的溢油	石油烃	直接排放	海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境	大

## 1.5 环境影响评价工作等级

### 1.5.1 海洋环境评价等级

本工程属于海洋油（气）开发及其附属工程，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为海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、环境风险等。

表 1.5-1 海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容

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

由表 1.5-1 可见，海洋水文动力环境和海洋地形地貌与冲淤环境的影响评价内容不

是海洋油（气）开发及其附属工程的必选评价内容。鉴于本次工程新建平台为透水式结构，对水文动力和地形地貌与冲淤环境影响轻微；新铺海底管缆对管缆处底层流速和流向会有一定影响，但影响范围很小，不会对管缆区域的水文动力造成影响。此外，本工程不涉及填海、疏浚等对海洋水文动力环境和海洋地形地貌与冲淤环境产生明显影响的工程内容。因此，本次评价将对海洋水文动力环境和海洋地形地貌与冲淤环境影响进行简要分析。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）（下文简称“导则”），海洋油（气）开发及其附属工程建设项目的环评等级主要根据年产油量以及工程所处海域的生态敏感性来确定。本项目原油的密度为 [REDACTED]，本项目投产后，旅大 29-1 油田最高产能为 [REDACTED]；最大日产水量为 [REDACTED]，产出水经依托平台处理达标后全部回注地层，无含油生产水排海。通过敏感目标识别，本工程位于小黄鱼、鱈和中国对虾的索饵场内，毛虾的越冬场，中国对虾、鳀鱼和鲷的洄游通道上，因此，属于生态环境敏感区。

本工程年产油量最大约为 [REDACTED]，小于“导则”中的工程规模下限，本报告从严选择等级，水质、沉积物、生态和生物资源环境的评价等级见下表。根据导则要求，确定本项目的海洋环境影响评价等级为 1 级。

表 1.5-2 评价等级

海洋工程分类	工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	评价等级		
				水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
海洋矿产资源勘探开发及其附属工程类	海洋油（气）开发及其附属工程	污水排放量（5000~1000）m <sup>3</sup> /d 或年产油量（50~20）万 t	生态环境敏感区	2	3	1

## 1.5.2 环境风险评价等级

本次评价的工程内容主要包括新建 1 座无人井口平台、1 条海底混输管道和 1 条海底电缆。工程运营期涉及的主要危险物质是原油。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），针对运营期涉及的危险物质进行风险潜势判断以确定风险评价等级。

### 1.5.2.1 环境风险潜势初判

本工程包含 1 条海底混输管道，根据混输管道长度、内径和油品密度计算本工程海底混输管道的最大输油量为 208t（具体计算过程见下表）。

表 1.5-3 混输管道最大输油量

输油管道名称	管道长度 (km)	管道内径 (mm)	容积 (m <sup>3</sup> )	管道中采出液最大量 (m <sup>3</sup> )
LD29-1WHPA 至 LD21-2WHPA 混输海底管道	16.1	142.9	258	258
	采出液最小含水率 (%)	管道中原油最大量 (m <sup>3</sup> )	原油密度 (kg/m <sup>3</sup> )	最大输油量 (t)
	4.6	246		208

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)附录 B 中“表 B.1 突发环境事件风险物质及临界量”，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。则运营期危险物质原油最大存储量与其临界量的比值：

$$Q_{\text{原油}}=q_1/Q_1=208/2500=0.08<1$$

则运营期危险物质原油最大存在总量与其临界量的比值：Q<1，因此，本项目运营期环境风险潜势为I。

### 1.5.2.2 环境风险评价等级

综上，本项目运营期危险物质总量与其临界量的比值 Q 小于 1，根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)，当 Q<1 时，该项目的环境风险潜势为I。风险潜势为I，则评价工作等级为简单分析。

表 1.5-4 评价工作等级划分

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

<sup>a</sup>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。

根据风险潜势判断，本项目的风险评价等级为简单分析。但鉴于原油为重点关注的风险物质，且一旦溢油将会对项目周边的海洋生态环境和环境敏感区产生较大的影响，因此，本项目选择管道原油泄漏作为最大可信事故进行溢油预测，并根据预测结果进行风险防范措施可行性分析。

## 1.6 评价范围与评价重点

### 1.6.1 评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)(下文简称“导则”)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，根据“导则”规定，1 级评价扩展距离一般不小于 8km~30km。当建设项目所在区域有生态环境敏感区和自然保护区时，调查评价范围应适当扩大，将生态环境敏感区和自然保护区



涵盖其中，以满足评价和预测环境敏感区和自然保护区所受影响的需要。

根据本项目污染物排放负荷和排放方式及可能影响的范围、自然环境特征及重点环境保护目标，确定本次评价范围为以工程用海（包括本工程平台、管缆及依托工程）外缘线为起点、分别向主潮流方向及垂直主潮流方向各外扩 10km。本工程东侧为辽宁大连斑海豹国家级自然保护区和大连斑海豹保护生态红线区—禁止开发区，因此，将东向评价范围适当扩大，外扩至 15km。

本项目评价范围约 1650km<sup>2</sup> 海域，评价范围四至坐标参见表 1.6-1，评价范围见图 1.6-1。

表 1.6-1 评价范围界点坐标

界点	经度 (E)		纬度 (N)	
P1				
P2				
P3				
P4				

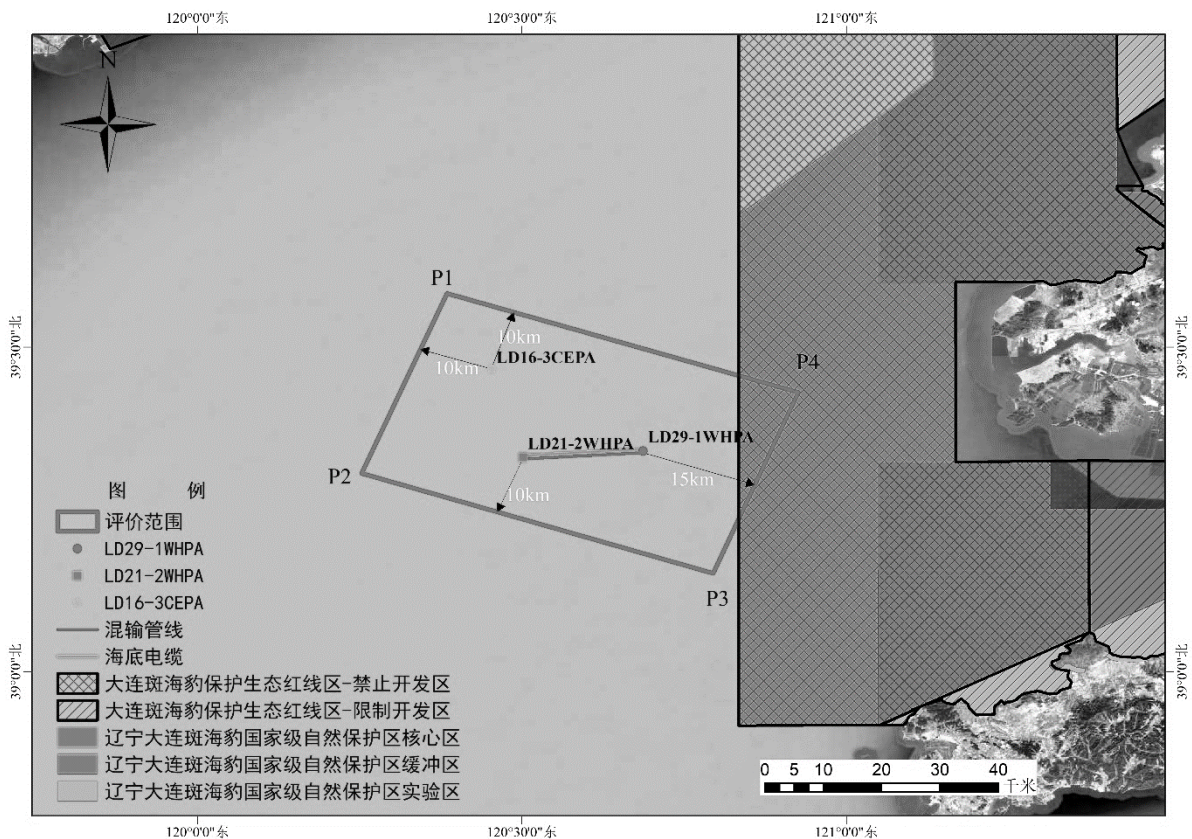


图 1.6-1 评价范围示意图

### 1.6.2 评价重点

依据本油田开发工程的特点和评价海域环境特征，结合本工程分析识别出的环境

影响因子和环境影响因素识别结果，确定出本工程的环境影响评价重点为：

(1) 平台建设、海底管道、电缆铺设所搅起的海底悬浮泥沙及非油层段钻井液、钻屑排放产生的悬浮泥沙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；给出采取的生态环境保护对策措施。

(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，对海洋水文动力、海水水质、沉积物、海洋生态环境等造成的影响，给出采取的生态环境保护措施。

(3) 工程施工期及运营期可能发生的油气泄漏事故对工程周围渔业资源以及环境敏感目标的潜在影响，给出溢油风险防范对策措施。

(4) 地质性溢油风险分析与评价。

## 1.7 环境敏感区和环境保护目标

### 1.7.1 环境敏感目标

#### 1.7.1.1 主要敏感目标分布概况

本工程评价范围内的环境敏感目标主要有辽宁大连斑海豹国家级自然保护区、大连斑海豹保护生态红线区及渔业“三场一通道”等。

本工程距离最近的敏感目标辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区和大连斑海豹保护生态红线区——禁止开发区最近约 12.65km。

本项目委托中国水产科学研究院黄海水产研究所于 2017 年 6 月、2018 年 9 月开展了渔业资源现状调查，编制了《旅大 29-1 油田开发项目海域渔业资源现状调查与评价》，其中渔业生物学特性内容引用《辽宁动物志·鱼类》(辽宁科学技术出版社, 1987)，洄游与分布内容参考《黄渤海区渔业资源调查与区划》(海洋出版社, 1990)。本工程还位于小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵场内，毛虾的越冬场，中国对虾、鲢鱼和鳙的洄游通道上，银鲳和黄姑鱼的洄游通道边缘。

另外，本项目及依托工程距离最近的养殖区约 47.52km。

旅大 29-1 油田开发项目周边环境敏感目标分布见表 1.7-1、图 1.7-1~图 1.7-3。

表 1.7-1 旅大 29-1 油田开发工程周边环境敏感目标分布表

范围	序号	敏感区类型	敏感目标名称		与本项目位置关系			主要保护对象	保护期/产卵期
					方位	与平台最近距离(km)	与管线最近距离(km)		
评价范围内	1	国家级自然保护区	辽宁大连斑海豹国家级自然保护区	缓冲区	东	12.65	12.65	斑海豹及其栖息生境	—
	2	生态红线区	大连斑海豹保护生态红线区	禁止开发区	东	12.65	12.65	斑海豹	—
	3	渔业“三场一通道”	小黄鱼	索饵场	位于其中	0	0	小黄鱼	索饵期 9~11 月
			鳊	索饵场	位于其中	0	0	鳊	索饵期 7~9 月
			鲢鱼	洄游通道	位于其中	0	0	鲢鱼	4 月下旬生殖洄游；7~8 月索饵洄游。
			鲮	洄游通道	位于其中	0	0	鲮	3 月开始生殖洄游；10 月中下旬越冬洄游
			中国对虾	索饵场、洄游通道	位于其中	0	0	对虾	索饵期 9~11 月 11 月中、下旬开始陆续游出渤海，开始越冬洄游
			毛虾	越冬场	位于其中	0	0	毛虾	越冬期 1-2 月
			银鲳	洄游通道	位于洄游通道边缘		银鲳	11 月份逐渐游离渤海向越冬场洄游	
			黄姑鱼	洄游通道	位于洄游通道边缘		黄姑鱼	11 月份开始越冬洄游	
			蓝点马鲛	洄游通道	东、西	8.1	8.1	蓝点马鲛	3 月开始生殖洄游，10 月开始越冬洄游
白姑鱼	洄游通道	东	5.0	5.0	白姑鱼	8 月中、下旬陆续游出渤海进行越冬洄游			

注：渔业“三场一通道”详细内容及位置关系图见第 4 章。







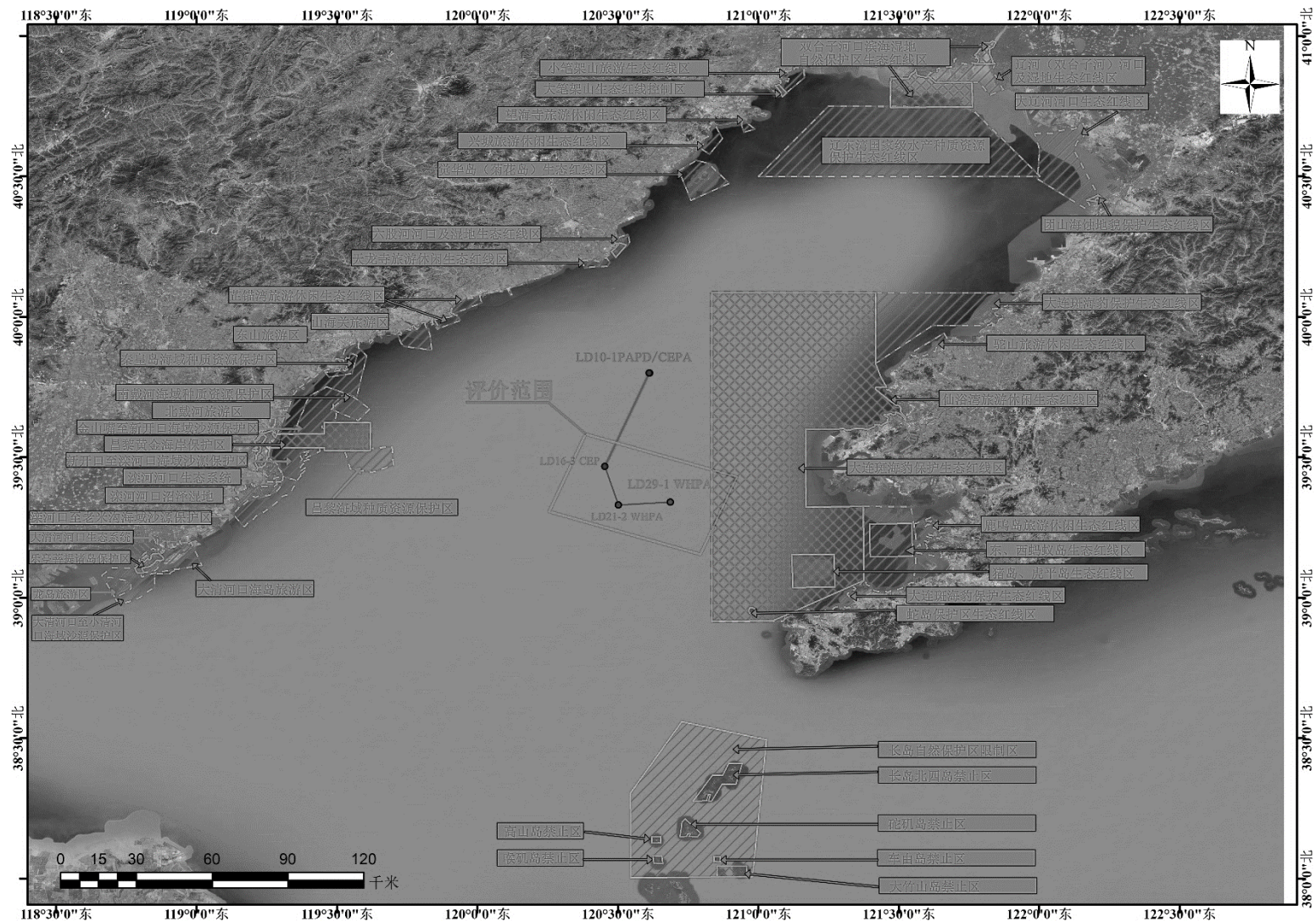


图 1.7-2 旅大 29-1 油田开发项目周边生态红线区分布图

(注：此图引自《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014）和《河北省生态保护红线》）

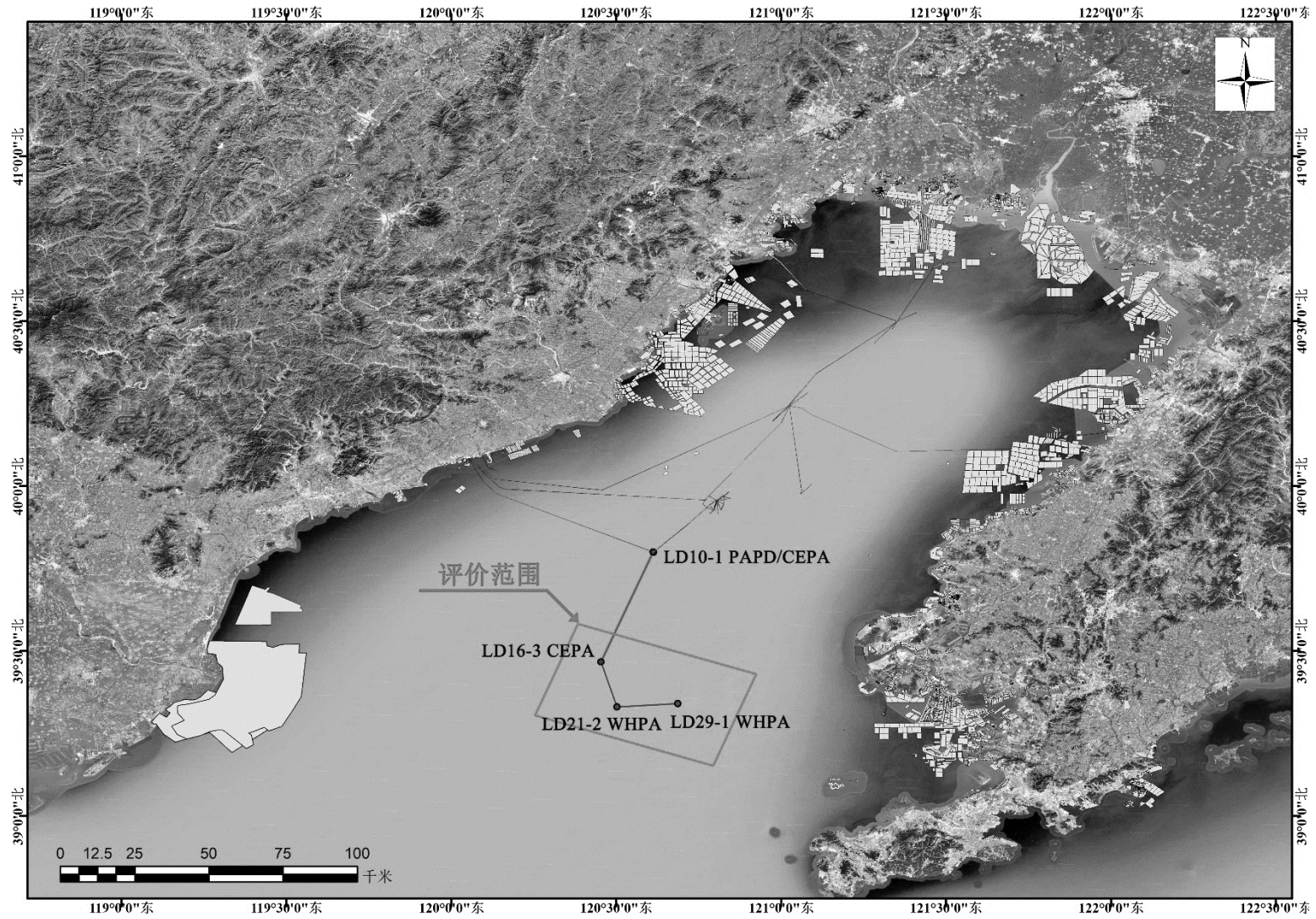


图 1.7-3 旅大 29-1 油田开发项目周边环境敏感目标分布图（养殖区）

1.7.1.2 溢油事故状态下可能影响的敏感目标分布概况

根据“第 8 章 环境风险分析与评价”，本工程溢油事故状态下可能影响的敏感目标见表 1.7-2。

表 1.7-2 溢油事故状态下可能影响的敏感目标分布表

序号	敏感区类型	敏感目标名称		与本项目位置关系			主要保护对象	保护期/产卵期
				方位	与平台最近距离 (km)	与管线最近距离 (km)		
1	国家级自然保护区	辽宁大连斑海豹国家级自然保护区	缓冲区	东	12.65	12.65	斑海豹及其栖息生境	—
			核心区	东北、东南	31.38	31.38		
			实验区	东北、东南	56.60	56.60		
2		山东长岛国家级自然保护区	核心区	东南	106.07	106.07	鹰、隼等猛禽，其它鸟类和海洋动物及其栖息地	—
			缓冲区	东南	106.55	106.55		
			实验区	东南	105.99	105.99		
3	生态红线区	大连斑海豹保护生态红线区	禁止开发区	东	12.65	12.65	斑海豹	—
4		大连斑海豹保护生态红线区	限制开发区	东北、东南	56.60	56.60	斑海豹	—
5		猪岛、虎平岛生态红线区	禁止开发区	东南	42.70	42.70	重要海岛	—
6		东、西蚂蚁岛生态红线区	限制开发区	东南	61.88	61.88	重要海岛	-
7		仙浴湾旅游休闲生态红线区	限制开发区	东北	77.48	77.48	滨海旅游资源	—
8	国家级水产种质资源保护区	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区辽东湾保护区	核心区	北	131.33	131.33	主要保护物种为小黄鱼、蓝点马鲛、银鲳等主要经济物种及三疣梭子蟹	核心区特别保护期为 4 月 25 日~6 月 15 日
			实验区	北	91.38	91.38		
9	渔业“三场”	小黄鱼	索饵场	位于其中	0	0	小黄鱼	索饵期 9~11 月
		鳊	索饵场	位于其中	0	0	鳊	索饵期 7~9 月

一 通 道”	鳊鱼	洄游通道	位于其中	0	0	鳊鱼	4月下旬生殖洄游；7~8月索饵洄游。
	鲮	洄游通道	位于其中	0	0	鲮	3月开始生殖洄游；10月中下旬越冬洄游
	中国对虾	索饵场、洄游通道	位于其中	0	0	对虾	索饵期9~11月 11月中、下旬开始陆续游出渤海，开始越冬洄游
	毛虾	越冬场	位于其中	0	0	毛虾	越冬期1-2月
	银鲱	洄游通道	位于洄游通道边缘			银鲱	11月份逐渐游离渤海向越冬场洄游
	黄姑鱼	洄游通道	位于洄游通道边缘			黄姑鱼	11月份开始越冬洄游



## 1.7.2 污染控制目标

本工程污染控制目标是工程投产后确保所产生的各种污染物均能达标排放。本工程建设、生产过程中将要产生的主要污染物包括铺设海底管缆搅起的海底泥沙、钻完井作业产生的钻井液和钻屑、生活污水、生活垃圾、生产垃圾、含油生产水以及油气泄漏事故情况下可能排放的原油等，这些污染物均为污染控制的主要对象。本工程位于渤海东部海域，根据有关标准及工程所在海域的环境功能要求，污染控制目标要求如下：

**铺管作业悬浮沙：**通过采用先进铺管技术和合理选择铺管施工期，尽量减轻或避免铺管挖沟作业对海洋生物资源和海洋生态环境的影响。

**钻井液、钻屑：**水基钻井液循环使用。非油层段钻井液在钻完井作业完成后一次性排入海，油层段钻井液运回陆上交有资质单位处理；非油层段钻屑经所在海区主管部门批准后，间歇式点源排放，油层段钻屑运回陆上交有资质单位处理。

**船舶含油污水：**参加作业的船舶所产生的船舶机舱含油污水禁止在海上排放，需全部运回陆地交有资质的单位处理。

**生活污水：**参加作业船舶所产生的生活污水处理达到《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求后排放；运营期平台无定员，不设生活污水处理设施，无生活污水排放。

**含油生产水：**正常情况下经处理达到回注水质标准后全部回注，非正常工况下，可以调整油井运行频率，降低油井产出量，减少流程生产污水处理量，以保障油水处理效果，处理后的生产水全部回注地层，必要时停止生产，禁止生产水外排入海。

**生产垃圾及生活垃圾：**生产垃圾和生活垃圾应全部收集后运回陆地处理。

**原油泄漏：**采取合理有效的防范措施，尽可能避免油气泄漏事故的发生。

## 1.7.3 环境保护目标

正常作业情况下环境保护目标为工程周围海域的海水水质，沉积物质量和海洋生态。控制污染物排放不影响临近功能区的《海水水质标准》（GB3097-1997）、《海洋生物质量》（GB18421-2001）和《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）及相关标准要求。

## 2 工程概况

### 2.1 建设项目概况

#### 2.1.1 项目名称与建设性质

项目名称：旅大 29-1 油田（简称“LD29-1”）开发项目

项目性质：新建

建设地点：渤海东部海域

工程类型：海洋油气开发及其附属工程

建设单位：中海石油(中国)有限公司天津分公司

预计投产日期：██████████

项目投资：██████████

环保投资：██████████

#### 2.1.2 地理位置

旅大 29-1 油田位于渤海东部海域，东经 ██████████，北纬 ██████████，西距旅大 21-2 油田约 16.1km，西南距已开发油田旅大 27-2 油田约 22km，西北距旅大 16-3 油田约 22km，油田范围内平均水深 32.2m。距岸最近位置为西中岛，最近距离约为 48.5km。

本项目新建平台和管缆坐标见表 2.1-1，地理位置图见图 2.1-1。

表 2.1-1 本项目新建工程坐标

平台名称	平台坐标	
旅大 29-1WHPA 平台	██████████	██████████
管道/电缆名称	起点坐标	终点坐标
LD29-1 WHPA→LD21-2 WHPA 混输管道	██████████	██████████
LD21-2 WHPA→LD29-1 WHPA 电缆	██████████	██████████



图 2.1-1 工程地理位置图

### 2.1.3 油田构造特征和地质油藏概况

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

### 2.1.3 工程总体方案

旅大 29-1 油田采用注水开发方式，充分依托周边在建的 LD21-2WHPA 平台、LD16-3CEPA 平台、LD10-1PAPD 平台及已建的 LD10-1CEP 平台相关设施，包括物流的处理、外输及电力等。

本工程计划建设内容包括：

- 新建一座 4 腿无人井口平台旅大 29-1 WHPA（本文简称“LD29-1WHPA”）：平台上设置 6 个井槽（含 2 个单筒双井）、注水设施、公用系统、电气房间、吊机、应急机、简易厕所等。
- 新建 1 条海底混输管道：新建 1 条 6"/12"，由 LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2 WHPA 平台的 16.1km 的双层保温混输海底管道。
- 新建 1 条海底电缆：由 LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台的 16.1km 的复合海底电缆（规格为 3C×50mm<sup>2</sup>）。
- 同时，对 LD21-2 WHPA、LD10-1PAPD、LD10-1CEP 和 LD16-3 CEPA 平台进行适应性改造：在 LD21-2WHPA 平台下层甲板新增 1 台混输收球筒和一个海缆接线箱，在生活楼顶层设置扫海雷达系统；在 LD10-1PAPD 平台上层甲板和下层甲板增加相应的火气探测设备；在 LD10-1CEP 平台下层甲板更换原平台四台原油外输泵和一台原油计量撬，在工作甲板更换原平台原油发球筒；在 LD16-3CEPA 平台上层甲板新增一个变压器间和一个 FM200 撬；新增一台组网变压器、一面变压器软启柜和一台变压器接地电阻。

本项目在旅大 29-1 油田区域新建一座无人井口平台（LD29-1WHPA），井口物流经计量后，部分年份物流加热之后（2021-2024 年，物流加热至 70℃外输；2024 年以后，物流不经过加热器直接外输）通过混输海管输送至 LD21-2WHPA 平台，接到 LD21-2WHPA 平台上的外输泵之后，与 LD21-2WHPA 平台处理之后的物流一起汇合后，共同外输至 LD16-3CEPA 平台，在 LD16-3CEPA 上处理成 20%左右含水原油，经混输海管输送至 LD10-1PAPD，在 LD10-1PAPD 上处理成（含水率 wt≤1%）原油，再输送至 LD10-1CEP 的干油罐，最后通过原油海管输往绥中 36-1 终端。

旅大 29-1 油田伴生气通过新建混输海管，经由 LD21-2WHPA 输送至 LD16-3CEPA

和 LD10-1CEP，处理合格后作为燃料使用。

旅大 29-1 生产水除提供 LD16-3CEPA 至 LD10-1 混输海管外输掺水外（掺水原因：由于混合原油凝点（13℃）高于环境温度，为保证管线安全输送，因此，需要掺水外输），剩余生产水在 LD16-3CEPA 上处理合格后回注地层。LD29-1WHPA 平台的注水由水源井水提供。

LD29-1 WHPA 平台不设电站，电力依托旅大 16-3/旅大 21-2 电网供电。LD29-1 WHPA 平台设置一台 35kV/0.4kV，3150kVA 主变压器为平台电潜泵、生产加热器等生产负荷供电。此外，平台设有注水设施、公用系统、电气房间、吊机、应急机、简易厕所等。

本项目钻井总数 8 口，计划先期钻井 6 口，后期钻井 2 口。旅大 29-1 油田总计动用原油地质储量 [REDACTED]。

本项目计划于 [REDACTED] 投产，项目总体开发方案示意图见图 2.1-2 和图 2.1-3。

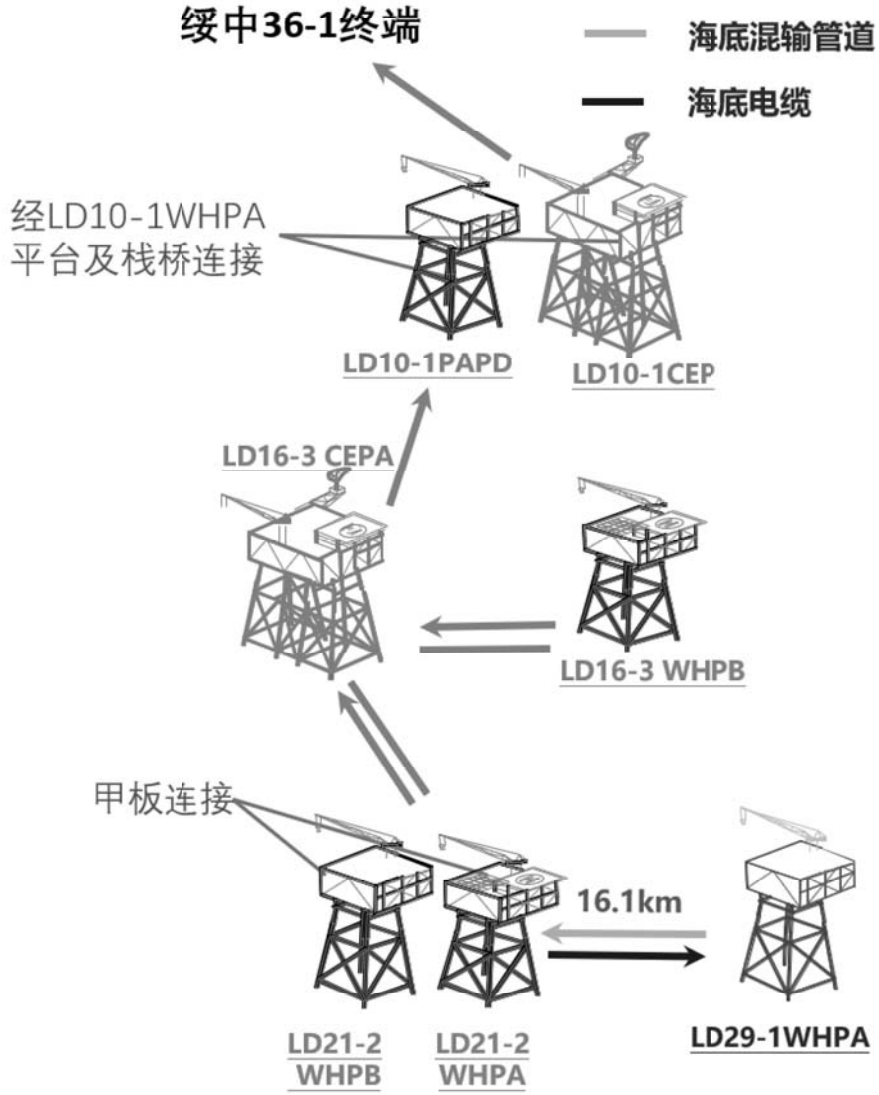


图 2.1-2 旅大 29-1 油田开发项目方案工程示意图

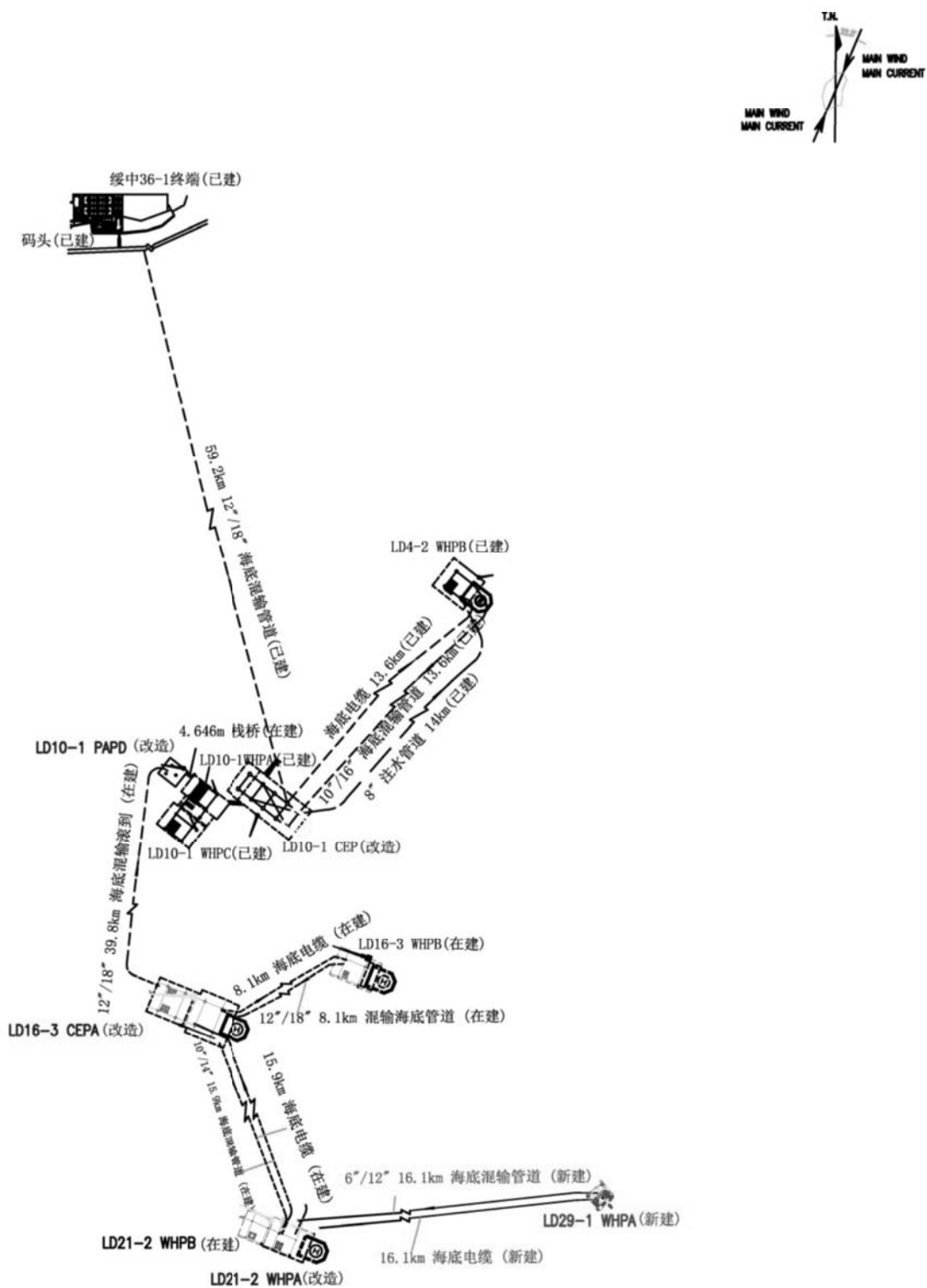


图 2.1-3 旅大 29-1 油田总体开发方案示意图

## 2.1.4 油田工程基础数据

### 2.1.4.1 油田开发数据

表 2.1-2 油田开发数据表

高峰产液量	
高峰产油量	
高峰产水量	
高峰产气量	
高峰注水量	
平台名称	WHPA 平台 (1 座无人井口平台)
井槽数	6 个 (含 2 个单筒双井)
总井数	8 口
生产井数	3 口
注水井数	2 口
水源井数	3 口
钻修井方式	钻井船钻完井, 钻井船修井
平台及海管设计寿命	均为 20 年
年生产天数	330 天
生产年限	16 年
开发方式/采油方式	注水开发/电潜泵采油

### 2.1.4.2 产能指标预测

本工程共 8 口井, 包括: 3 口生产井、2 口注水井和 3 口水源井。旅大 29-1 油田产能预测见下表。

表 2.1-3 旅大 29-1 油田产能预测指标

日期	日产量					年产量					含水率 %
	油	水	液	气	注水	油	水	液	气	注水	
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	
2021											
2022											
2023											
2024											
2025											
2026											
2027											
2028											
2029											
2030											
2031											
2032											
2033											



日期	日产量					年产量					含水率
	油	水	液	气	注水	油	水	液	气	注水	
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	%
2034	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2035	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2036	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2037	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

### 2.1.4.3 油田原油物性

旅大 29-1 油田原油物性数据摘自《旅大 29-1 油田开发基本设计》，原油物性见下表。旅大 29-1 油田地面原油为轻质原油，具有粘度低、胶质沥青质含量低、含蜡量高、含硫量低、凝固点高等特点。

表 2.1-4 旅大 29-1 油田探井原油性质

序号	井号	层位	密度 kg/m <sup>3</sup>		粘度	含硫 %	含蜡 %	胶质 %	沥青质 %	凝固点 °C	酸值 mgKOH/g
			20°C	50°C	50°C mPa·s						
1	LD29-1-1Sa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

### 2.1.4.4 天然气组分

旅大 29-1 油田天然气实验数据，见表 2.1-5。

表 2.1-5 旅大 29-1 油田天然气分析数据表

井号	层位	天然气相对密度	天然气组分%											
			甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	己烷以上	氮	二氧化碳	硫化氢	
LD29-1-1Sa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

### 2.1.5 工程项目组成

旅大 29-1 油田开发项目的工程量主要包括新建工程和改造工程两部分。本项目工程量组成详见下表。

本工程拟新建工程主要包括：1 座无人井口平台 LD29-1WHPA 平台，1 条混输管道及 1 条海底电缆（长度均为 16.1km）。并对依托的 LD21-2WHPA、LD10-1PAPD/CEP 和 LD16-3CEPA 平台进行适应性改造。

表 2.1-6 旅大 29-1 油田开发项目的工程量组成

工程组成		装置及规模	目前状态		
新建工程	LD29-1WHPA A	主体工程	LD29-1WHPA 平台 LD29-1WHPA 是一座 4 腿 4 主桩无人井口平台，含 6 个井槽（其中 2 个单筒双井），可钻 8 口井；先期钻 6 口井（3 口生产井+2 口注水井+1 口水源井），后期钻 2 口井（2 口水源井）。前期使用钻井船打井，使用钻井船修井。平台共设二层甲板，分别是上层甲板和下层甲板。平台设有注水设施、公用系统设施、电气房间、吊机、应急机、简易厕所等。	/	
		辅助工程	混输管道		LD29-1 WHPA→LD21-2WHPA，16.1km，6"/12"双层保温混输管道
			海底电缆		LD21-2WHPA→LD29-1 WHPA，16.1km，3C×50mm <sup>2</sup> 海底电缆
		主工艺系统	设多相流量计、生产加热器（功率为 350kW，平均每年耗电约为 277.2×10 <sup>4</sup> kW·h）等；所产物流输送至 LD21-2WHPA 平台。		
		公用/环保工程	设开排系统、闭排兼冷放空系统、柴油系统、化学药剂系统。		
水工艺系统	设有水源井水系统、注水系统、海水系统。				
改造工程	LD21-2WHPA 平台	在 LD21-2WHPA 平台下层甲板新增 1 台混输收球筒和一个海缆接线箱。在生活楼顶层设置扫海雷达系统。		截止 2020 年 2 月底，处于陆地建造阶段	
	LD16-3CEPA 平台	在 LD16-3CEPA 平台上层甲板新增一个变压器间和一个 FM200 撬；新增一台组网变压器、一面变压器软启柜和一台变压器接地电阻。			
	LD10-1PAPD 平台	在 LD10-1PAPD 平台上层甲板和下层甲板增加相应的火气探测设备，新增火气探测设备信号接入 LD10-1PAPD 中控系统。			
	LD10-1CEP 平台	在 LD10-1CEP 平台下层甲板更换原平台四台原油外输泵和一台原油计量撬。 在 LD10-1CEP 平台工作甲板更换原平台原油发球筒。		已建已投产	
依托工程	SZ36-1 陆地终端	SZ36-1 陆地终端的主要功能是对来自海上 SZ36-1 等油田的含水原油进行处理和外输。终端设有原油分离脱水、生产水处理、原油外输计量等生产设施，以及给排水系统、配供电系统、消防系统、通信系统等公用设施。		已建已投产	
	LD16-3CEPA 平台	8 腿导管架有人平台，设有 32 个井槽，4 个单筒双井。平台设有 62 人生活楼、原油处理系统、生产水处理系统、伴生气处理系统、注水系统等，原油设计处理能力 ████████，天然气设计处理能力 ████████，生产水设计处理能力 ████████。		截止 2020 年 2 月底，处于陆地建造阶段	
	LD10-1PAPD 平台	3 腿导管架无人平台，与现有 LD10-1WHPA 平台下层甲板栈桥相连；平台设有原油处理系统、生			

旅大 29-1 油田开发项目环境影响报告书

工程组成	装置及规模	目前状态
	产水处理系统、天然气处理系统等。原油设计处理能力 [REDACTED]，天然气设计处理能力 [REDACTED]，生产水设计处理能力 [REDACTED]。	

### 2.1.5.1 新建 LD29-1WHPA 平台

#### (1) 平台结构

LD29-1 WHPA 是一座 4 腿无人井口平台，含 6 个井槽，2 个单筒双井。该平台采用吊装方式安装，前期使用钻井船打井，使用钻井船修井。

井槽按照 2×3 形式，设置在平台东侧，井槽间距为 2.0m×1.9m。平台共设两层甲板，分别是上层甲板和下层甲板。

平台三维结构示意图见图 2.1-4a，平台立面结构见图 2.1-4b 和图 2.1-4c。

#### a. 上层甲板

甲板的尺度为 26.8m×26.5m，标高 EL. (+) 17m。

甲板的西侧设一层电气房间，包括 CO<sub>2</sub> 间、主开关和电潜泵控制间、控制间和电池间。

①轴设 A60 防火墙，防火墙东侧设水源井系统、注水缓冲罐、纤维球过滤器、化学药剂橇、生产加热器、柴油罐和钢丝作业设备预留区、简易厕所（长×宽×高：1300×1300×2800mm，可同时满足 1 人使用）等。

甲板北侧设有一台电动吊机。

具体布置见图 2.1-5。

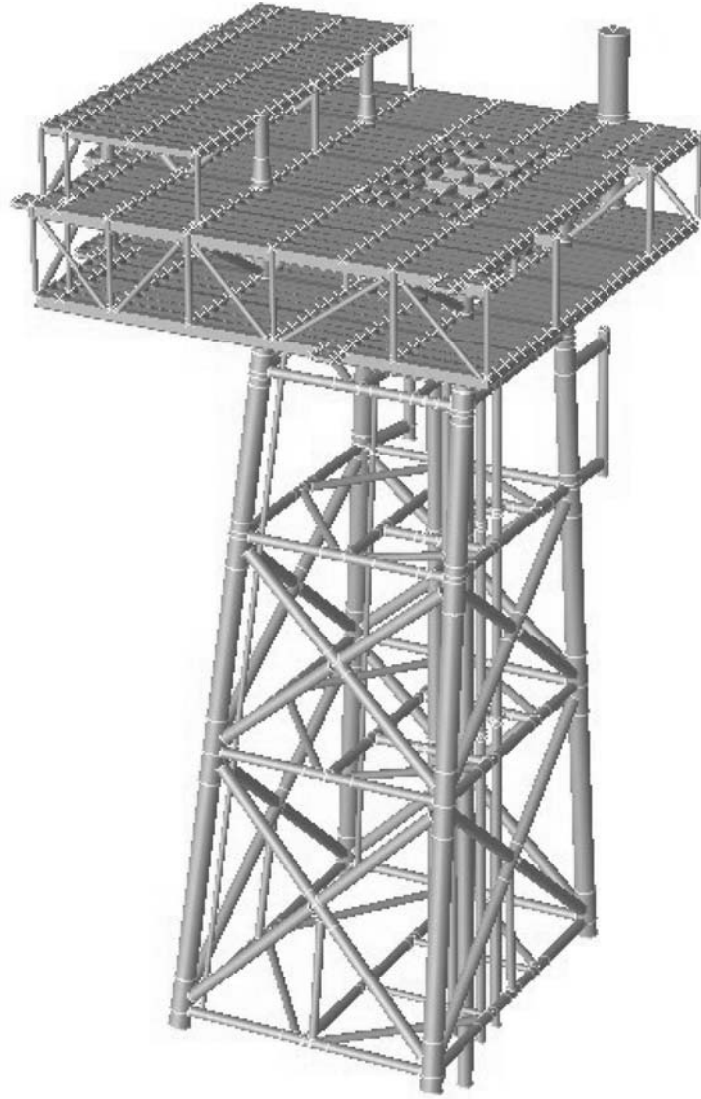
#### b. 下层甲板

甲板尺度为 26.8m×26.5m，标高 EL.(+)12m。

甲板的西侧设一层电气房间，包括应急机房、应急开关间、主变压器和电潜泵变压器间。

①轴设 A60 防火墙，防火墙右侧设清管球发射器、计量系统、应急置换泵、反洗水泵、污水泵、污水罐、注水泵、海水系统、开排槽、闭排系统和井口区。

具体布置见图 2.1-6。



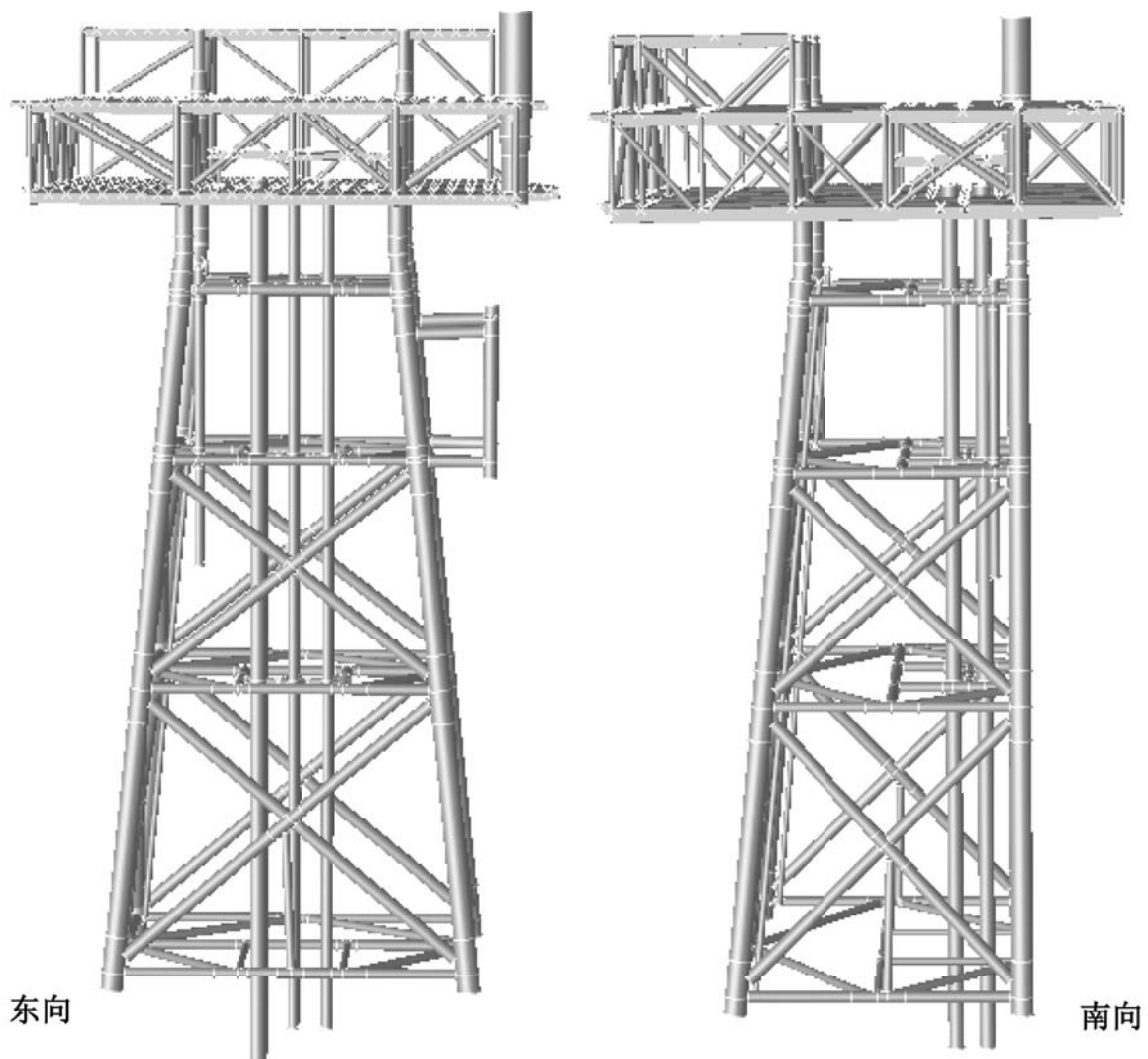


图 2.1-4a LD 29-1WHPA 平台三维结构示意图



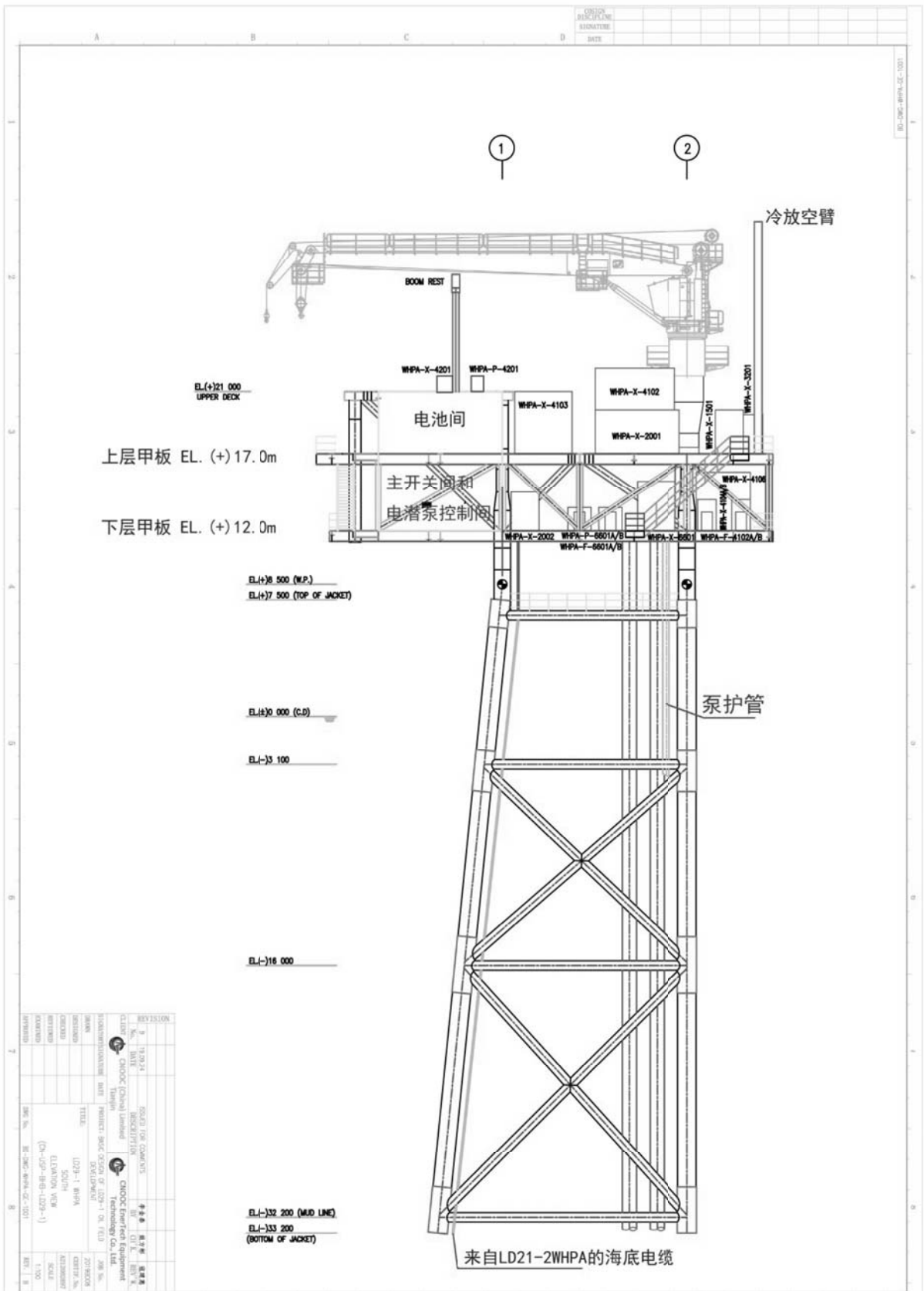


图 2.1-4c LD 29-1WHPA 平台南向立面结构图



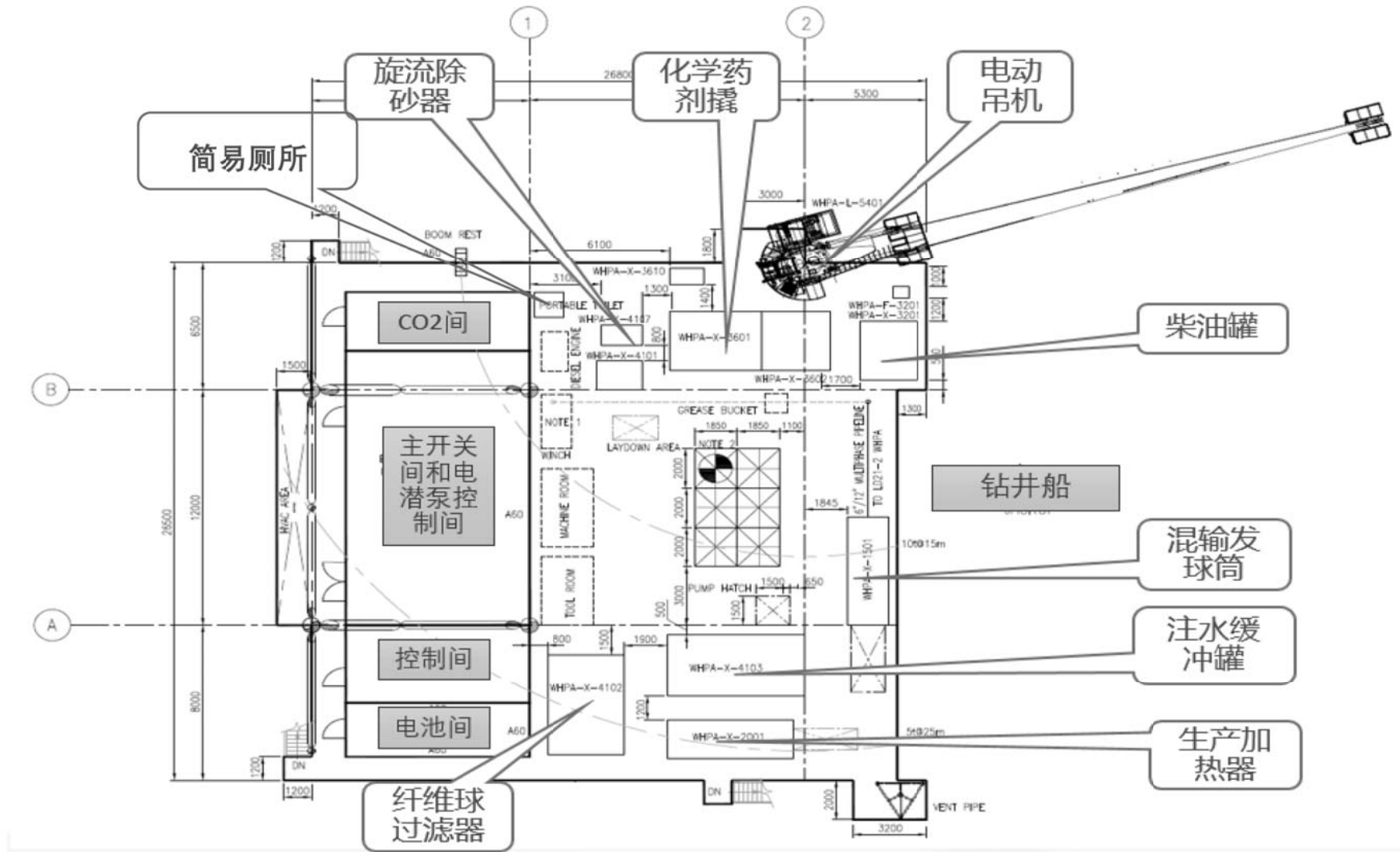


图 2.1-5 LD29-1WHPA 平台上层甲板平面布置图

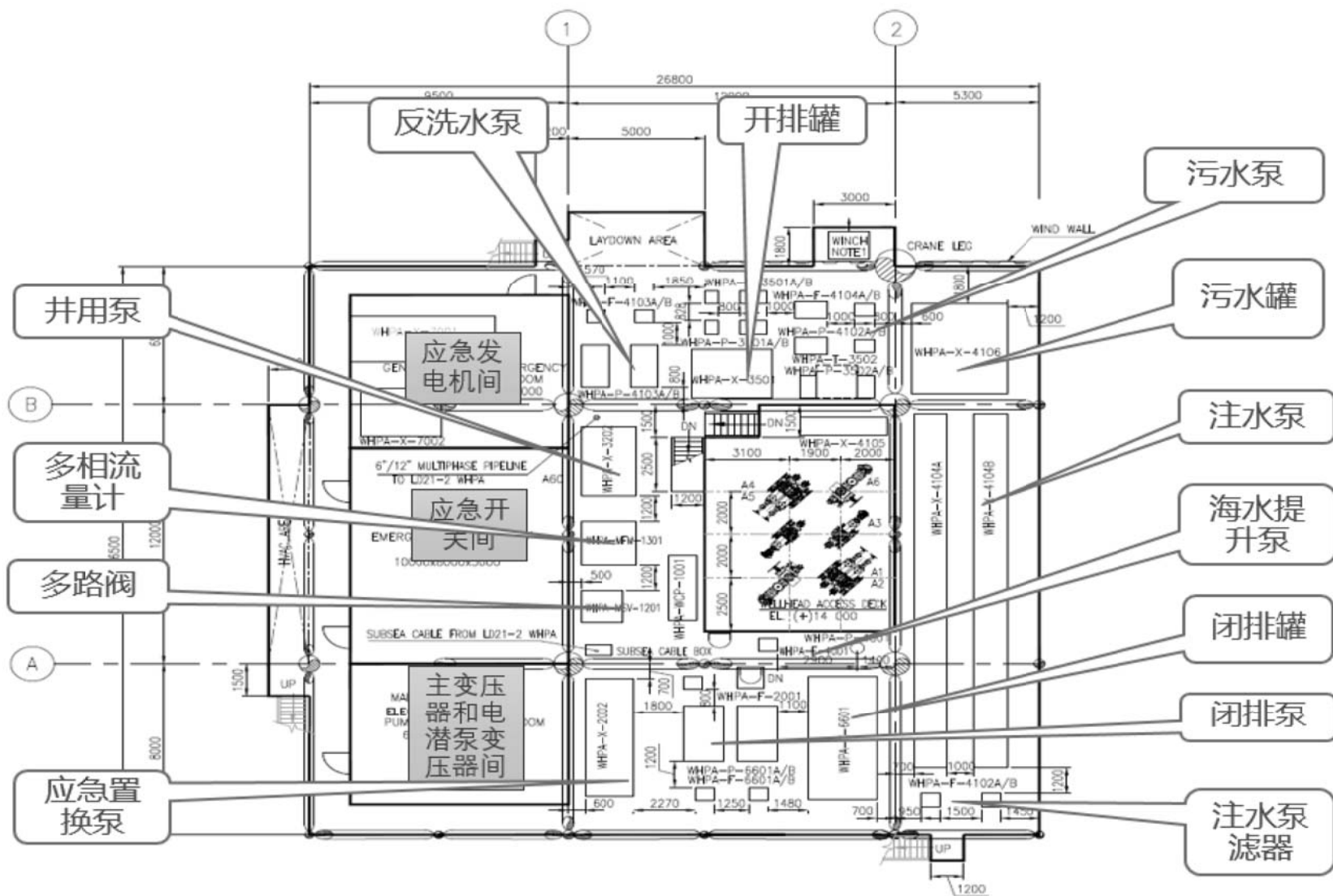


图 2.1-6 LD29-1WHPA 平台下层甲板平面布置图

## (2) 平台防腐

### 1、平台外防腐

在海洋环境中，通常将平台划分为三个腐蚀区域，分别为：大气区、飞溅区和全浸区。

大气区是指平台飞溅区以上的部分，该区域暴露于阳光、风、雾和雨中。金属构件组合在一起时应采用密封焊接，尽量避免采用容易产生大气腐蚀的结构形式。对钢结构，通常采用高性能防腐蚀涂料。

飞溅区是指由于受潮汐、风和波浪的影响，平台干湿交替的区域。采用增加壁厚（即预留一定的腐蚀裕量）、重防腐涂层（或包覆层）与阴极保护联合保护的方法。

全浸区指飞溅区以下并包括海泥中的平台部分，采用阴极保护法。

本项目新建平台钢结构导管架采用牺牲阳极法防腐，使用长条状铝基牺牲阳极。本工程新建 LD29-1WHPA 平台导管架防腐共用阳极块约 100 块，阳极块单重 468.3kg，总重量为 46830kg。

### 2、平台内防腐

根据不同流程段的特点，分别考虑一定的内腐蚀裕量，同时考虑添加缓蚀剂，并设置腐蚀挂片和腐蚀探针，位置的选择要考虑工艺流程及介质的腐蚀情况决定，以便了解设备及管线的内腐蚀状况，指导缓蚀剂的添加，缓蚀剂的选择、添加浓度、频率及方式需根据生产实际情况决定。

## (3) 平面布置合理性

本项目总图布置严格遵守国家经贸委颁布的《海上固定平台安全规则》、《渤海湾边际油田海上设施设计原则及参数选取推荐做法》等规范，符合其要求与规定。

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器房间用 A60 防火墙分开。

总体布置合理满足钻井、修井、采油及工艺流程的最佳需要，操作安全可靠、经济合理。

针对本区的环境条件确定平台方位，满足冷放空的布置要求以及工作船的停靠等因素。

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。

### 2.1.5.2 钻完井

LD29-1 WHPA 平台上布置 6 个井槽（含 2 个单筒双井），共可钻井 8 口，包括 3 口生产井、2 口注水井和 3 口水源井（其中 1 口水源井先期作为生产井，排液 1 年后，转水源井）。前期采用钻井船钻井，后期采用钻井船进行修井作业。

#### (1) 井槽平面布置

LD29-1 WHPA 平台设计井槽 6 个，其中 2 个井槽设为单筒双井（左上角、右下角为单筒双井），共可钻井 8 口；井槽排列为 2×3，井口间距为：2.0m×1.9m。LD29-1 WHPA 平台井槽平面布置见图 2.1-7。

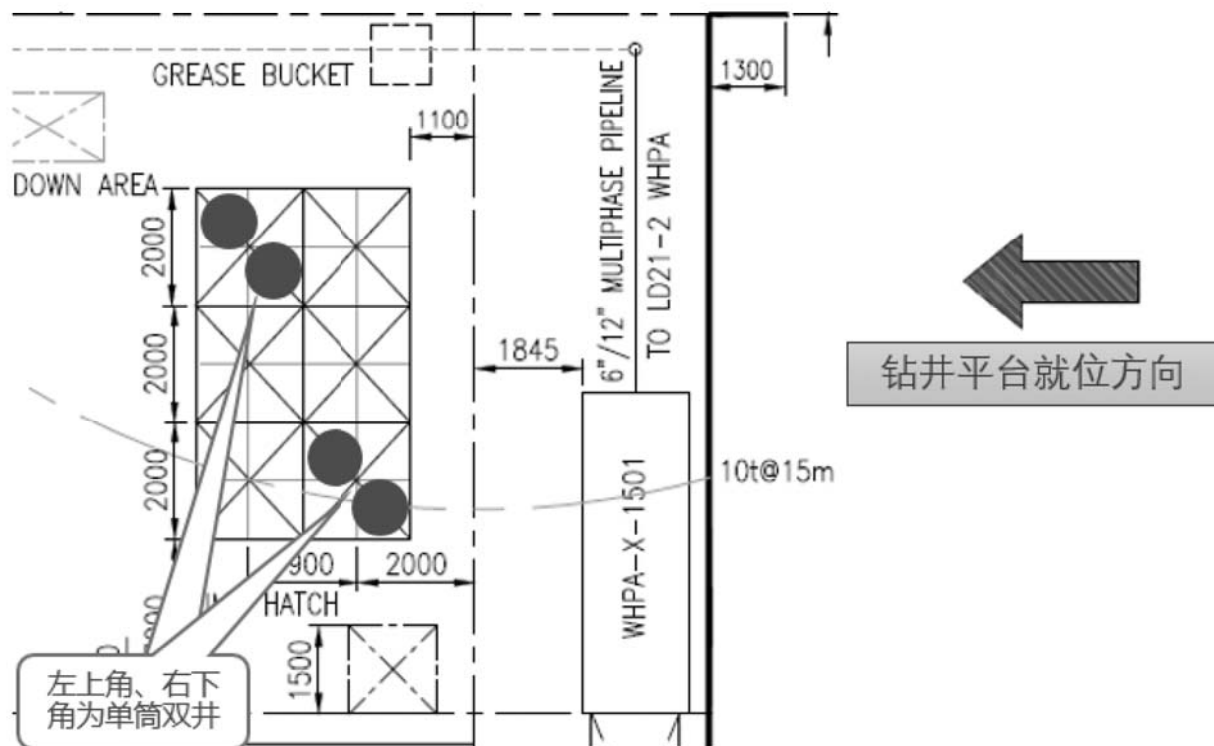


图 2.1-7 LD29-1WHPA 平台井槽平面布置图

(2) 井身结构

本工程共钻井 8 口，钻井总进尺约为 21387m。井身结构数据表见表 2.1-7，典型井身结构图见图 2.1-8。

表 2.1-7 旅大 29-1 油田 8 口井井身结构表

井别	井型	井数	井深(MD)	套管尺寸(in)×下深(MD)	井号
前期 6 口井	生产井	常规定向井	2979	13-3/8"×400+9-5/8"×2977	A1
			2577	13-3/8"×410+9-5/8"×2575	A2
			2568	13-3/8"×400+9-5/8"×2566	A3
	注水井	常规定向井	2715	10-3/4"×400+7-5/8"×2713	A4
			2703	10-3/4"×410+7-5/8"×2701	A5
	水源井	常规定向井	1	2502	13-3/8"×400+ 9-5/8"×2500
裸眼钻进/回填		2500~3450		+8-1/2 裸眼 3450m	

后期 2 口井	水源 井	常规定向井	2	2900	13-3/8"×400+9-5/8"×2895	A7
		直井		1495	13-3/8"×400+9-5/8"×1490	A8
钻井总进尺				21387m		

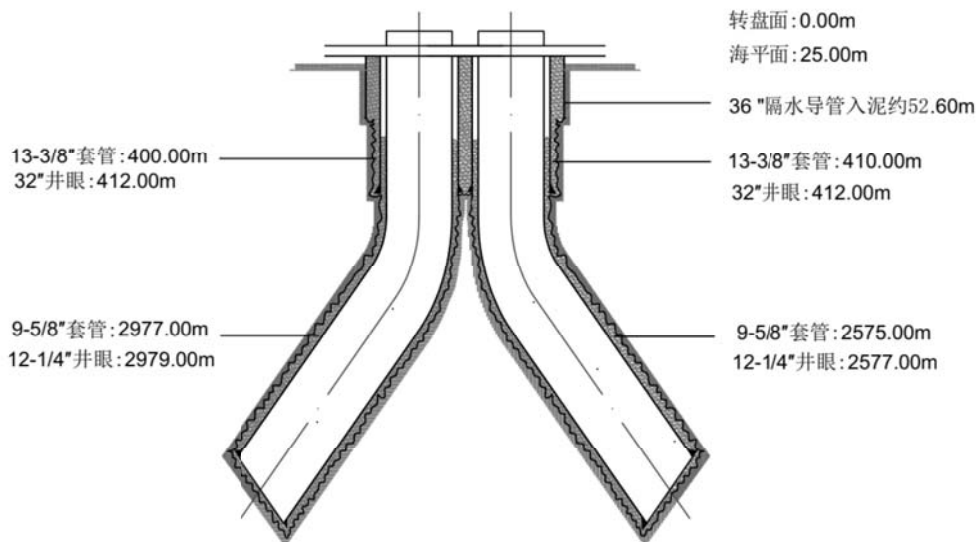


图 2.1-8a A1/A2 井身结构及套管程序示意图

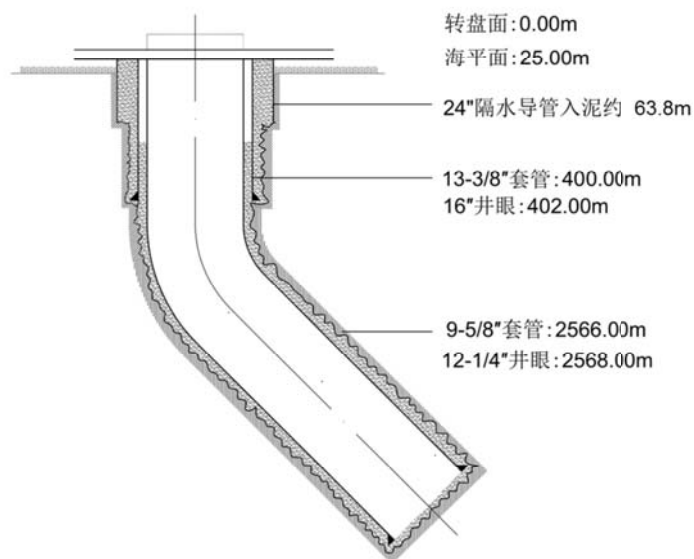


图 2.1-8b A3 井身结构及套管程序示意图

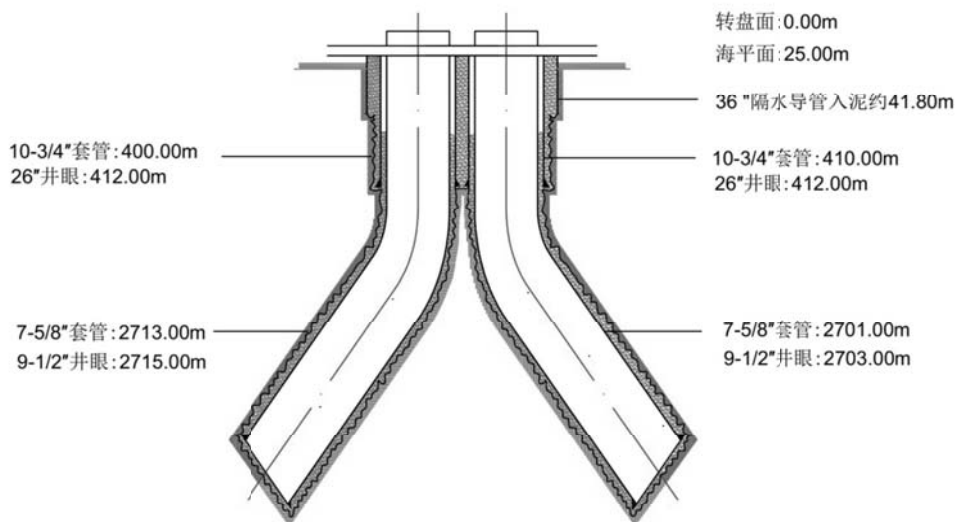


图 2.1-8c A4/A5 井身结构及套管程序示意图

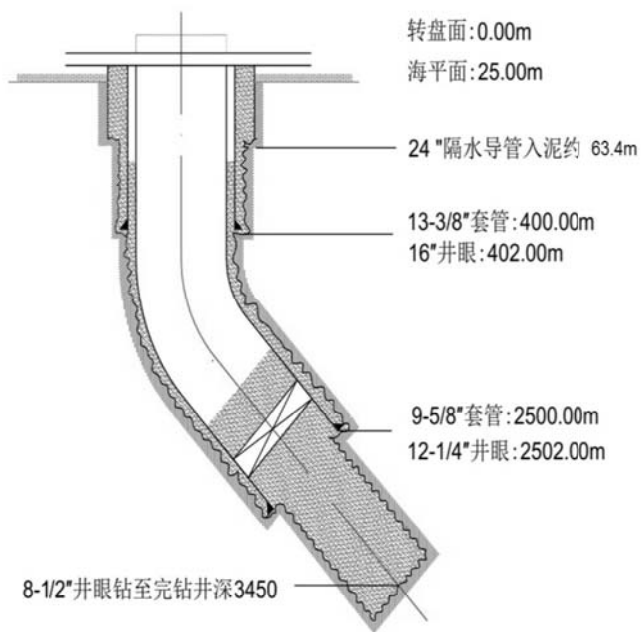


图 2.1-8d A6 井身结构及套管程序示意图

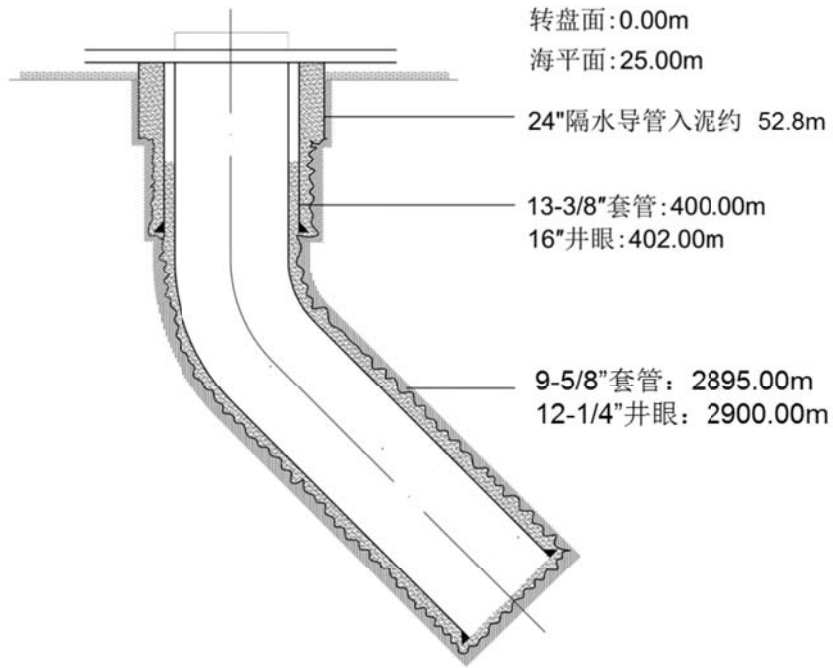


图 2.1-8e A7 井井身结构及套管程序示意图

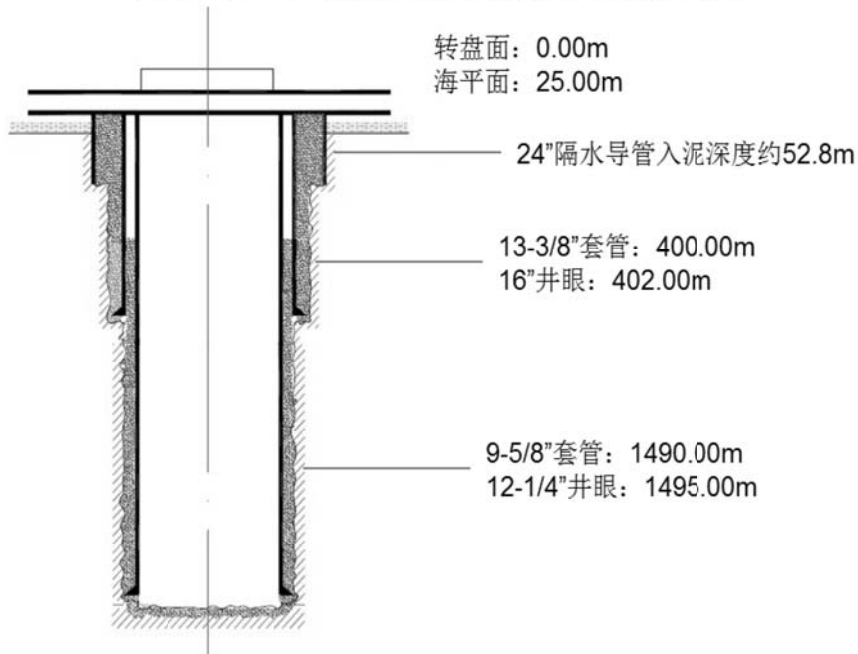


图 2.1-8f A8 井井身结构及套管程序示意图

(3) 井口信息

表 2.1-8 旅大 29-1 油田开发项目井口信息统计表

井别	井数	井名		井型	备注
生产井	3 口	前期开发 3 口	A1、 A2、A3	定向井	
注水井	2 口	前期开发 2 口	A4、A5	定向井	
水源井	3 口	前期开发 1 口	A6	定向井	
		后期开发 2 口	A7	定向井	先期作为排液井（即为生产井），排液 1 年（排液去向：物流输送到海底混输管道一同进行外输），转水源井
			A8	直井	视 A7 井评价结果，择机实施

#### (4) 钻井液成分

本项目钻井过程采用的钻井液为水基钻井液。钻井液体系组成见下表。

表 2.1-9 旅大 29-1 油田钻井液体系组成表

开次	一开	二开				三开 (A6 井)
井眼尺寸						
地层层位						
钻井液类型						
密度(g/cm <sup>3</sup> )						
漏斗粘度(s)						
静切力(Pa)						
pH						
PV (mPa·s)						
YP (Pa)						
API FL (mL)						
含砂量(%)						

#### 2.1.5.3 海底管道

本工程拟建 1 条由 LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2 WHPA 平台的 16.1km 的双层保温混输海底管道。

##### (1) 路由选择

本项目海底管道路由尽量平直，距离最短；路由处于海底地形平坦且稳定的地段；尽量避开航道、养殖区、障碍物和军事禁区；尽量避免管道跨越。

##### (2) 参数设计

本工程新建 1 条混输海底管道相关参数见表 2.1-10；管道截面示意图见图 2.1-9。

表 2.1-10 新建混输海底管道相关参数

管道名称	LD29-1 WHPA→LD21-2WHPA 混输海底管道
输送介质	油、气、水
结构形式	双层保温管



管径(in)	6"/12"
内管尺寸 (mm)	168.3mm×12.7mm
外管尺寸 (mm)	323.9mm×12.7mm
管长(km)	16.1
最大设计压力 (kPaA)	■
最大设计温度 (°C)	■
腐蚀裕量 (mm)	■
防腐涂层厚度 (mm)	■
设计年限 (年)	■
保温层厚度 (mm)	■
保温层材质	聚氨酯泡沫
保温层密度 (kg/m <sup>3</sup> )	40-60

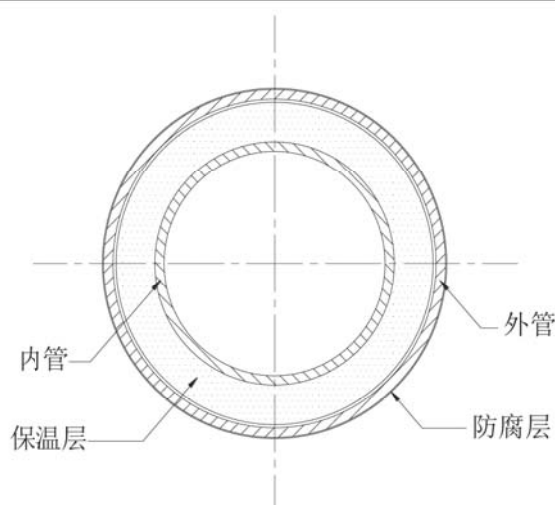


图 2.1-9 双层保温管截面示意图（混输管道）

### (3) 海管防腐

#### 1、海管外防腐

根据本工程海底管道的特点，新建混输海底管道外防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法。

##### ①海管外防腐涂层

本工程混输海底管道采用 3LPE 涂层系统，涂层厚度为 3.1mm。立管外管飞溅区采用氯丁橡胶，底层为 FBE 底漆，总厚度不小于 13.0mm，其余部分采用 3LPE 涂层系统。

海底管道现场接头外防腐层通常采用与主管道防腐涂层相匹配的热缩带。

##### ②阴极保护

本项目海底管道采用牺牲阳极保护法，采用手镯型铝基牺牲阳极，通常卡箍或焊接在钢管上。本工程 1 条海底管道牺牲阳极用量见表 2.1-11，共采用牺牲阳极 180 块，总重量为 6559.2kg。

表 2.1-11 本工程 1 条海底管道牺牲阳极用量

管道名称	阳极种类	阳极块单重 (kg)	数量 (块)	总重量 (kg)
LD29-1WHPA→LD21-2WHPA 混输管道	手镯型铝基牺牲阳极	36.44	180	6559.2

## 2、海管内防腐

本项目 1 条海底管道采用“碳钢+3mm 内腐蚀裕量”的防腐方案，生产过程中添加缓蚀剂，并定期清管和预膜。海底管道内注入的缓蚀剂的选择、添加浓度、频率及方式需根据生产实际情况决定。在新建海底管道出、入口各设置一套内腐蚀监、检测装置，在生产中定期通过内腐蚀监测装置监测腐蚀情况。

### 2.1.5.4 海底电缆

LD29-1WHPA 平台不设电站，由 LD16-3CEPA 平台通过海底电缆提供电力。截止 2020 年 2 月底，LD16-3CEPA→LD21-2WHPA 平台电缆在建。

本工程拟建海底电缆 1 条，为 LD21-2 WHPA→LD29-1WHPA，长度为 16.1km。其相关设计参数见表 2.1-12，海底电缆截面图见图 2.1-10。

表 2.1-12 海底电缆相关参数

电缆名称	LD21-2 WHPA→LD29-1WHPA 海底电缆
电缆长度	16.1km
管径	3C×50mm <sup>2</sup>
电压等级	35kv
设计寿命	20 年

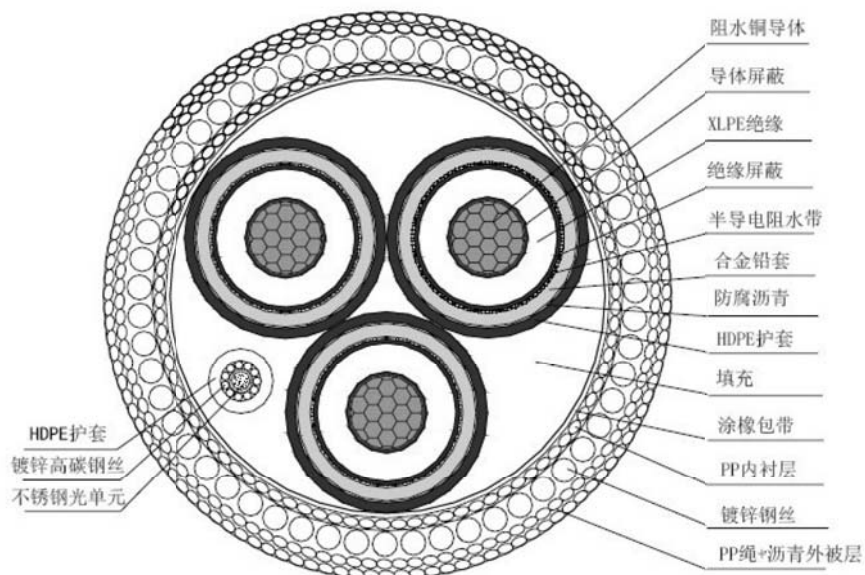


图 2.1-10 拟建海底电缆截面图

### 2.1.5.5 环保工程

#### (1) 生活污水处理设施和简易厕所

LD29-1WHPA 平台为无人值守平台；因此，不设置生活污水处理设施。

原 LD21-2WHPA 平台的生产人员定期巡检 LD29-1WHPA 平台，巡检频率约为 10 天一次，年巡检次数约为 100 次，每次 3 人，原则上巡检人员上 LD29-1WHPA 平台不隔夜。因此，在 LD29-1WHPA 平台上设置简易厕所。

### (2) 含油生产水处理设施

本工程平台不设含油生产水处理设施，含油生产水均依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台进行处理。

### (3) 开排系统

LD29-1WHPA 平台的开式排放系统主要包括开排槽和开排槽泵组成。用以收集处理甲板和各工艺设施区域产生的溢出液和甲板初期雨水等。当开式排放槽达到一定的液位时，由开排槽泵将含油污水打入闭式排放罐。

### (4) 闭排兼冷放空系统

LD29-1WHPA 平台的闭排兼冷放空系统由闭排管汇、泄放管汇、闭排兼冷放空放罐和闭排泵组成。闭排罐兼冷放空放罐主要收集开排罐存液，污水罐内污水，维修时设备和管道的排放，带压容器、管线等排放出的可燃性介质，并进行气液分离。当罐内液位上升到设定值时，闭排泵自动启动，将液体输送到海底管道一同进行外输。气体通过冷放空管排入大气。

## 2.1.5.6 依托工程改造

为适应本次项目，需对 LD21-2WHPA、LD10-1PAPD、LD10-1CEP 和 LD16-3CEPA 平台进行改造，改造内容如下：

### (1) LD21-2WHPA 改造部分总图布置

LD21-2WHPA 是一座 4 腿导管架吊装平台。为适应本次项目，需要对其下层甲板进行改造。

#### a. 下层甲板

在原平台下层甲板北侧新增 21.5m×3m 甲板，布置一台新增的混输收球筒（来自 LD29-1WHPA）。

利用 LD21-2WHPA 平台，通过本工程新建的 1 条 16.1km，3C×50mm<sup>2</sup> 海底电缆为新建 LD29-1WHPA 平台提供主动力电源。在 LD21-2WHPA 新增 1 个海缆接线箱。

具体布置见图 2.1-11a。

#### b. 生活楼

在生活楼顶层设置扫海雷达系统。

具体布置见图 2.1-11b。

#### (2) LD10-1CEP 改造部分总图布置

LD10-1CEP 是一座 8 腿中心处理平台。为适应本次项目，需要对其下层甲板进行改造。

##### a. 下层甲板

更换原平台四台原油外输泵和一台原油计量撬。

##### b. 工作甲板

更换原平台原油发球筒。

具体布置见图 2.1-12。

#### (3) LD16-3CEPA 改造部分总图布置

LD16-3CEPA 是一座 8 腿中心处理平台。为适应本次项目，需要对其上层甲板进行改造。

##### a. 上层甲板

在上层甲板生活楼南侧原变压器预留区域新增  $9.3\text{m} \times 2.5\text{m}$  甲板，在此变压器预留区域内新增一个变压器间 ( $8.4\text{m} \times 7\text{m} \times 5\text{m}$ ) 和一个 FM200 撬；新增一台 10.5/35kV, 12500kVA 的变压器、一面变压器软启柜和一台变压器接地电阻。。

具体布置见图 2.1-13。

#### (4) LD10-1PAPD 平台

##### a. 上层甲板和下层甲板

上层甲板和下层甲板增加相应的火气探测设备，新增火气探测设备信号接入 LD10-1PAPD 中控系统。

具体布置见图 2.1-14。

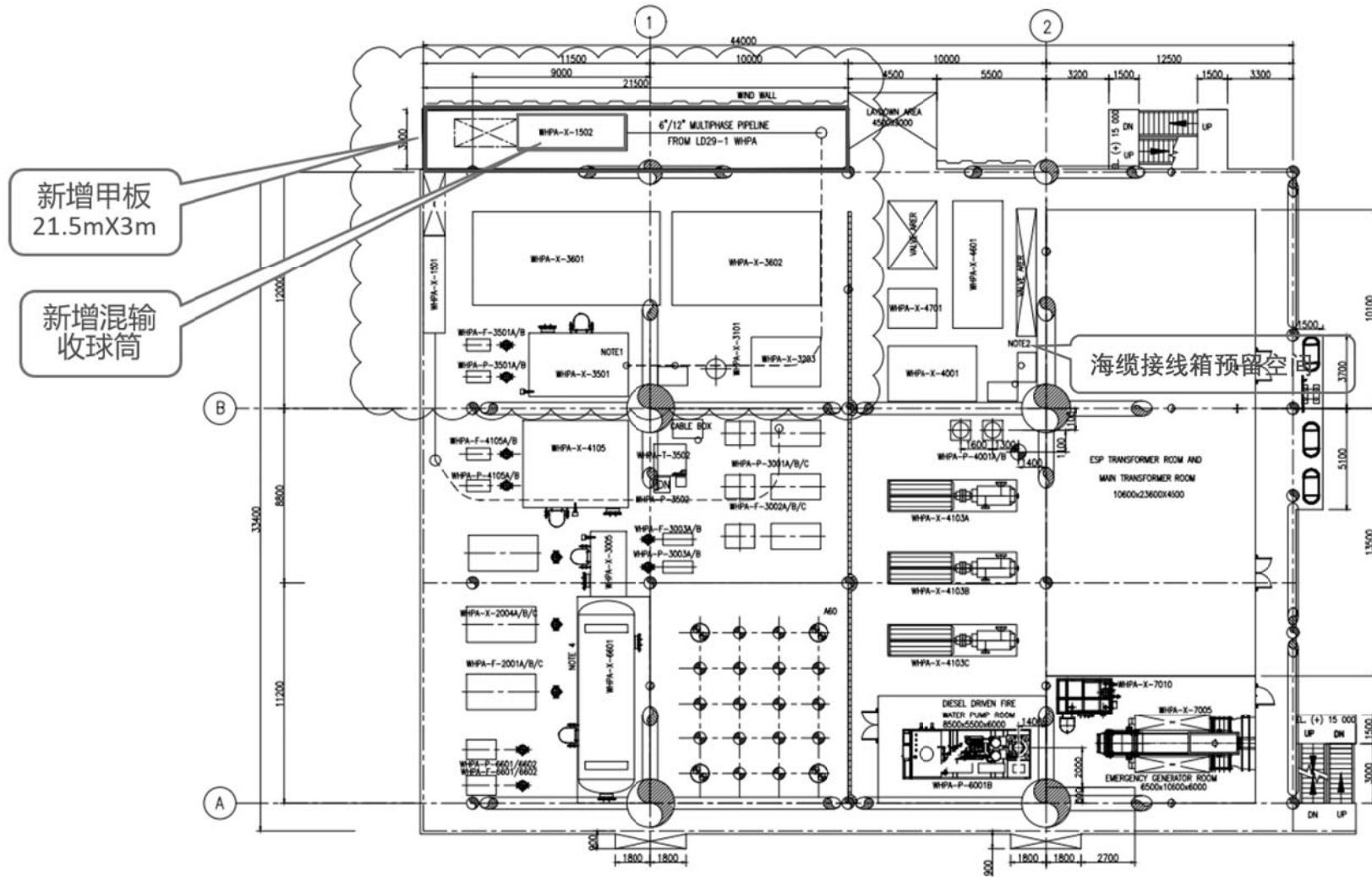


图 2.1-11a LD21-2WHPA 平台下层甲板改造布置图

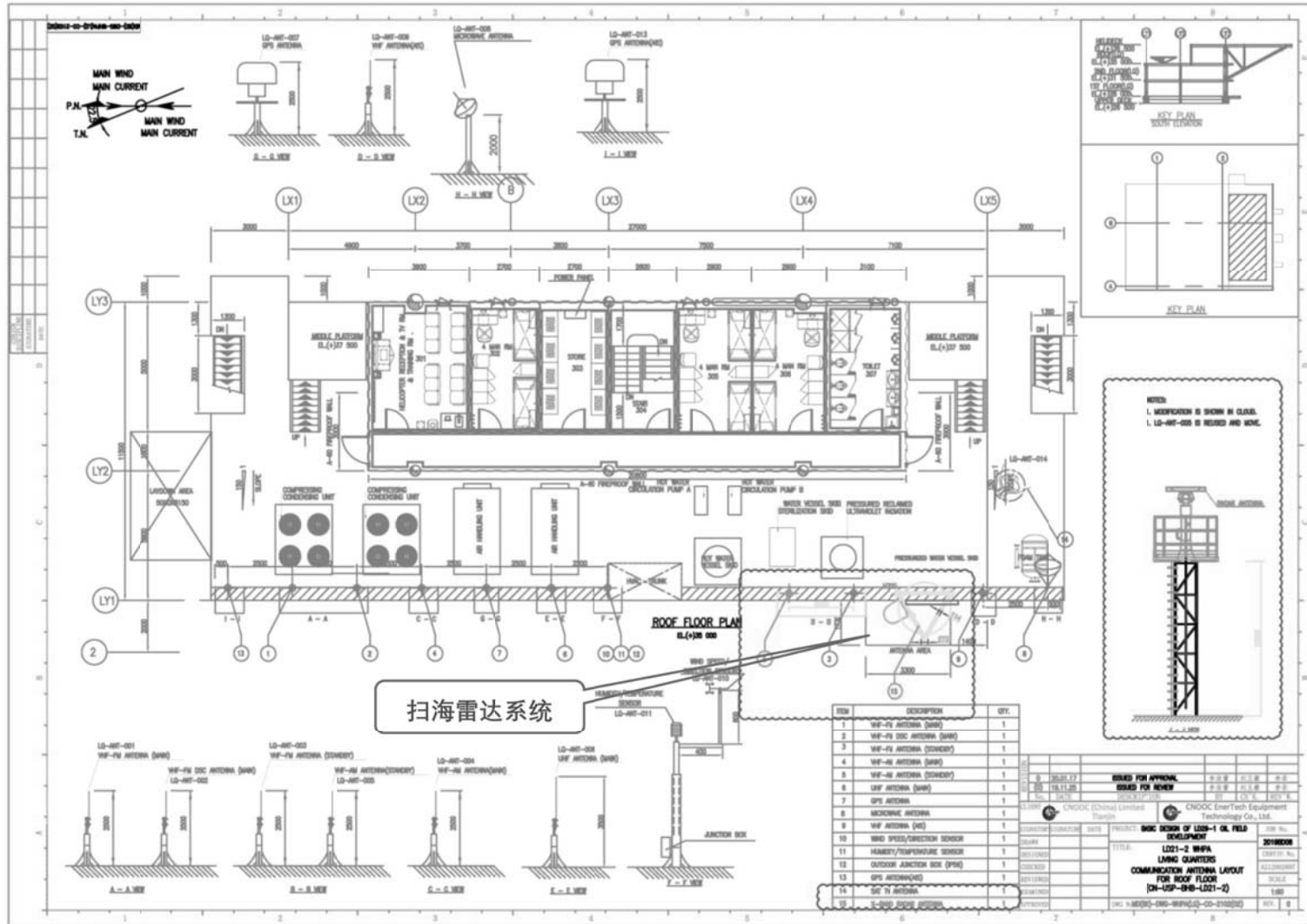


图 2.1-11b LD21-2WHPA 平台生活楼通信天线布置图

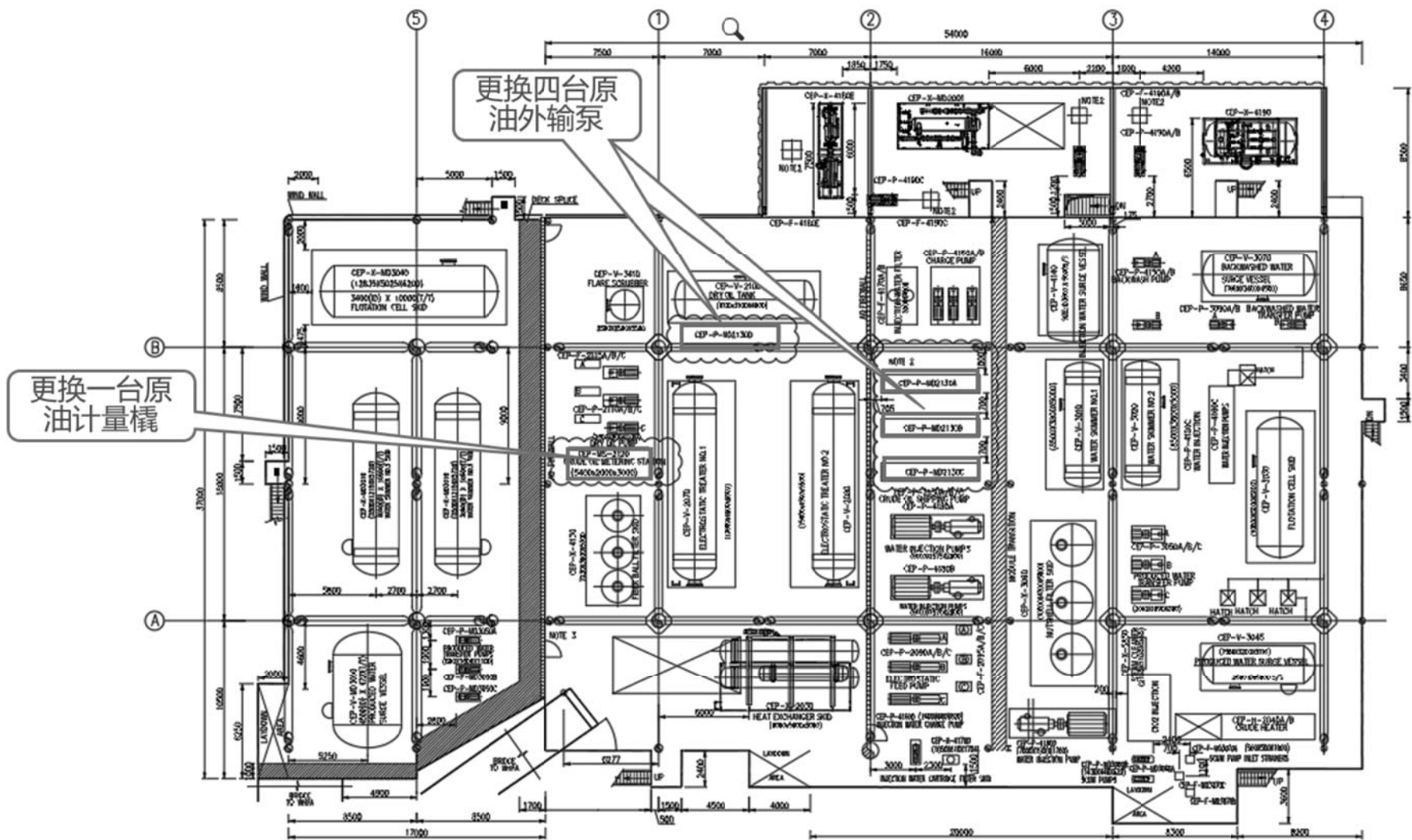


图 2.1-12a LD10-1CEP 平台下层甲板改造布置图

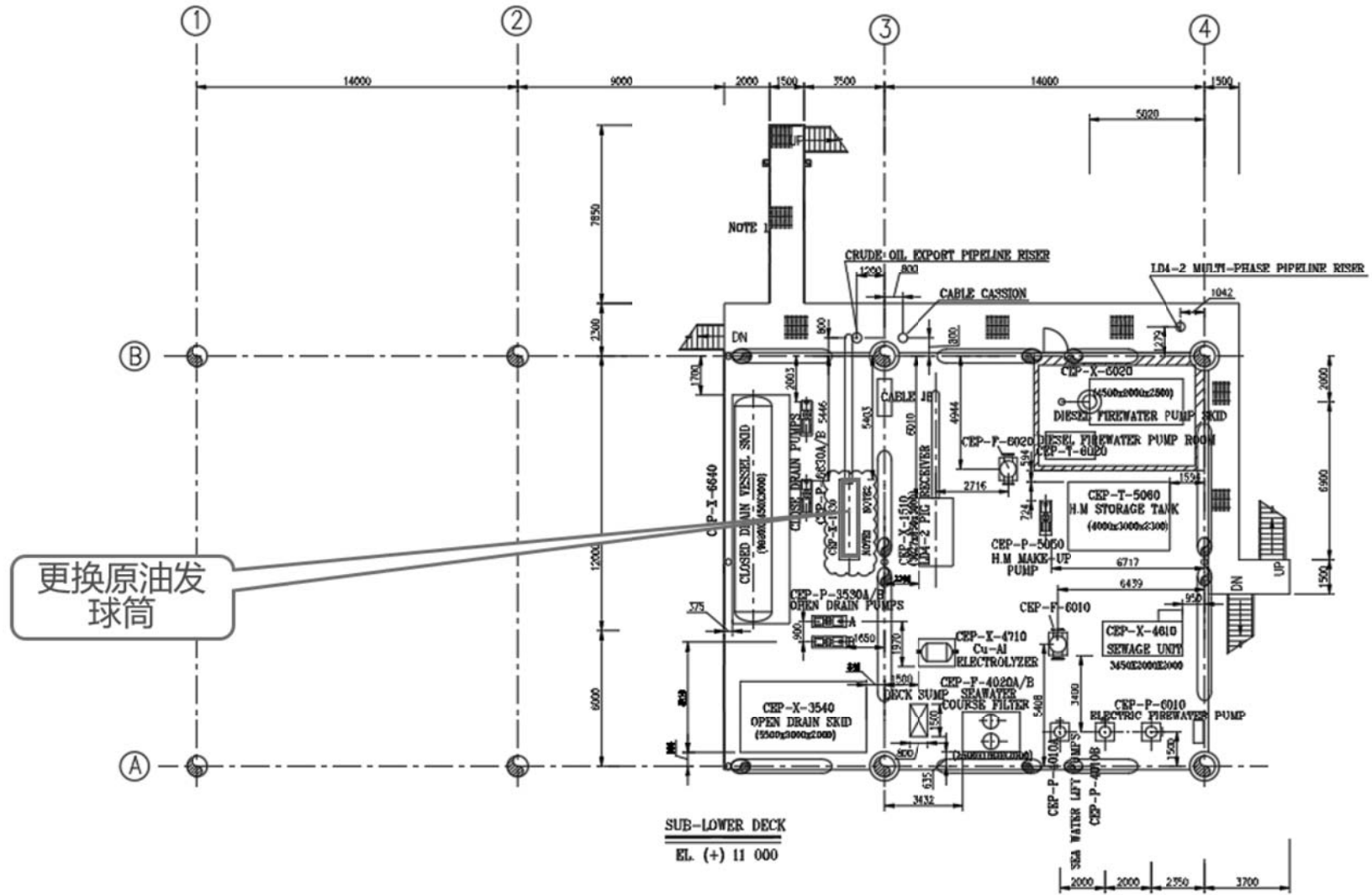


图 2.1-12b LD10-1CEP 平台工作甲板改造布置图



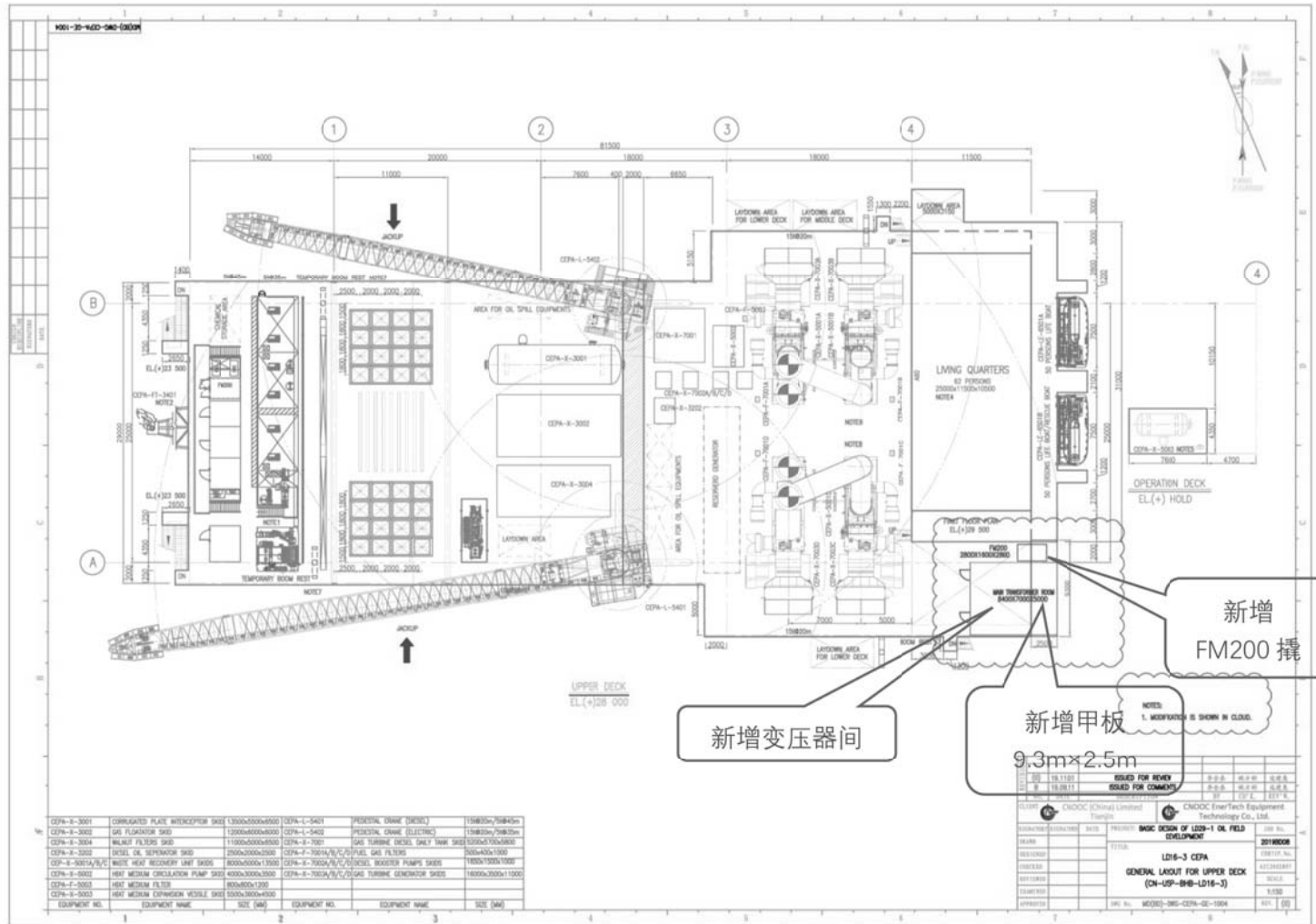


图 2.1-13 LD16-3CEPA 平台上层甲板改造布置图

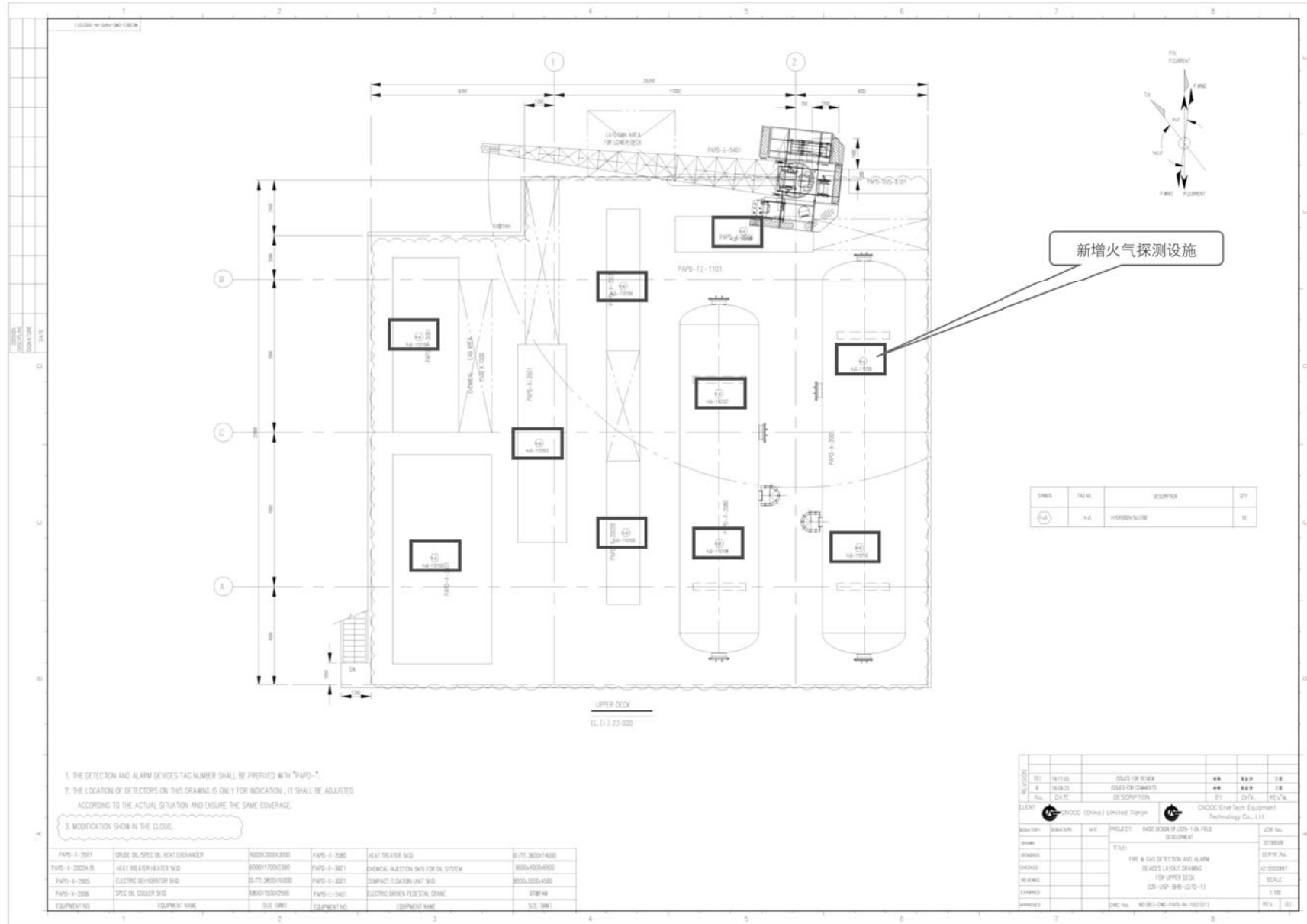


图 2.1-14a LD10-IPAPD 平台上层甲板改造布置图

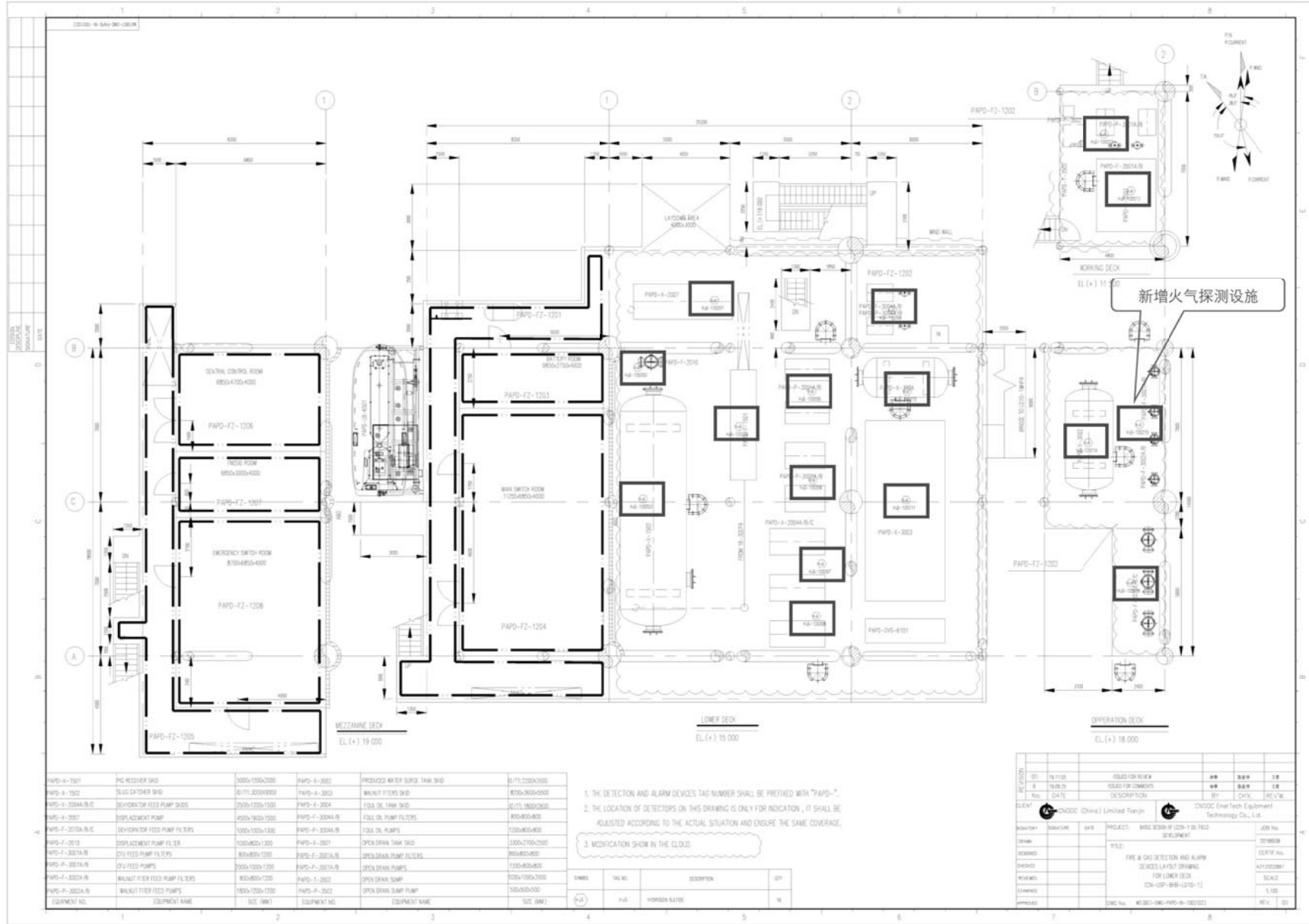


图 2.1-14b LD10-IPAPD 平台下层甲板改造布置图

## 2.2 油田开发过程及生产工艺

旅大 29-1 油田开发过程大致可以分为海上建设、海上生产和海上废弃三个阶段。

### 2.2.1 海上建设阶段

旅大 29-1 油田开发项目海上建设阶段的施工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、钻完井作业以及依托设施的相关改造等。

#### 2.2.1.1 海上设施安装

旅大 29-1 油田 WHPA 平台导管架采用立式建造，陆地滑移装船，海上利用“1700 吨级浮吊”吊装就位。LD29-1WHPA 平台打入 4 根主桩。

旅大 29-1 油田 WHPA 平台组块采用分层建造，陆地滑移装船，海上利用“1700 吨级浮吊”吊装安装。

对于新建平台，可在陆上预制场地将立管预制在导管架预定位置，对于已建平台，采用立管海上安装方式。

#### 2.2.1.2 海底管道/电缆施工

##### (1) 海底管道和电缆铺设

本项目拟建 1 条海底混输管道和 1 条海底电缆。海管拟采用汇众 301 铺管船铺设。电缆拟使用沪救捞 62 或同等能力的船舶进行铺设。

##### (2) 挖沟和埋设

本项目管道和电缆全程埋设，均采用后挖沟自然回填法，拟采用 200 吨级浮吊或同等能力的船舶施工。

埋设混输管道顶部距海床表面为 1.5m，管沟底宽 1m，顶宽 2m。

埋设电缆顶部距海床表面为 1.5m，缆沟底宽 0.5m，顶宽 1.5m。

拟建海底混输管道和电缆埋设示意图见图 2.2-1。

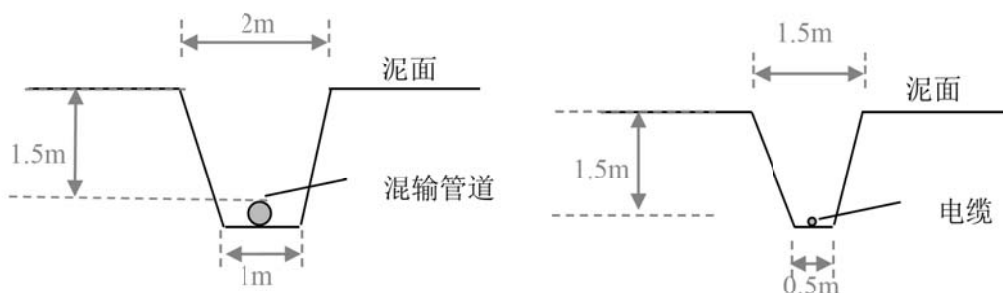


图 2.2-1 拟建海底混输管道和电缆埋设示意图

### (3) 立管和膨胀弯的安装布置

对于新建平台，可在陆上预制场地将立管预制在导管架预定位置，对于已建平台，采用立管海上安装方式。对于安装在桩腿外侧的立管，设置立管保护结构。立管、膨胀弯及海底管道之间采用水下法兰连接，法兰设置法兰保护器。对于处于落物区范围内的膨胀弯，应设置防落物撞击保护结构。

海上安装立管及膨胀弯使用 200 吨级浮吊船。

### (4) 海管/海缆登陆平台方案

新建 LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台的混输管道，LD29-1WHPA 平台侧由 B1 桩腿登陆，LD21-2WHPA 平台侧由 B1 桩腿登陆。

LD21-2WHPA 平台至新建 LD29-1WHPA 平台的海缆，LD29-1WHPA 平台侧由 A1 桩腿登陆，LD21-2WHPA 平台侧由 B2 桩腿登陆。

### (5) 海底管道跨越施工

LD29-1 WHPA 至 LD21-2WHPA 新建的 1 条混输海管与 LD21-2 WHPA 至 LD16-3 CEPA 间的 1 条混输海管、1 条海缆共产生 2 处跨越，见图 2.2-2。

新建管道/电缆与其他管道/电缆跨越点处理方式：在原有管道/电缆上方放置水泥垫块（至少 30cm 高），在其上方铺设新建海管和电缆，新建海管和电缆上方再铺设水泥压块进行防护（见图 2.2-3）。跨越点处理拟采用 200 吨级浮吊船施工。



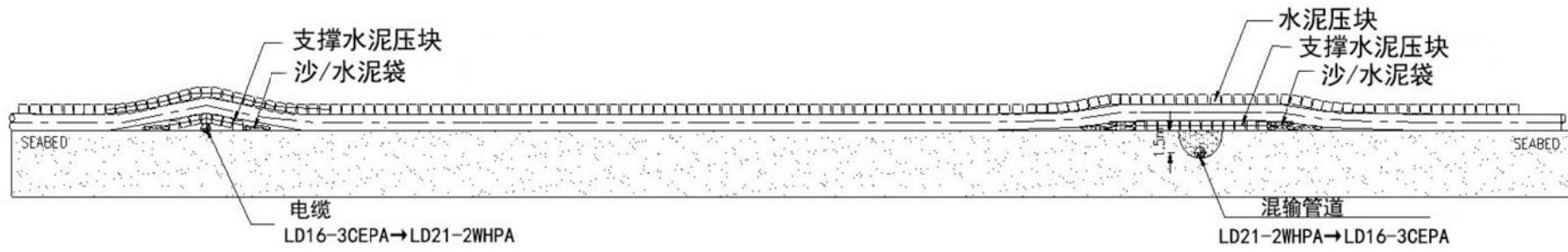


图 2.2-3 新建混输管道与其他管缆跨越点处理方式示意图

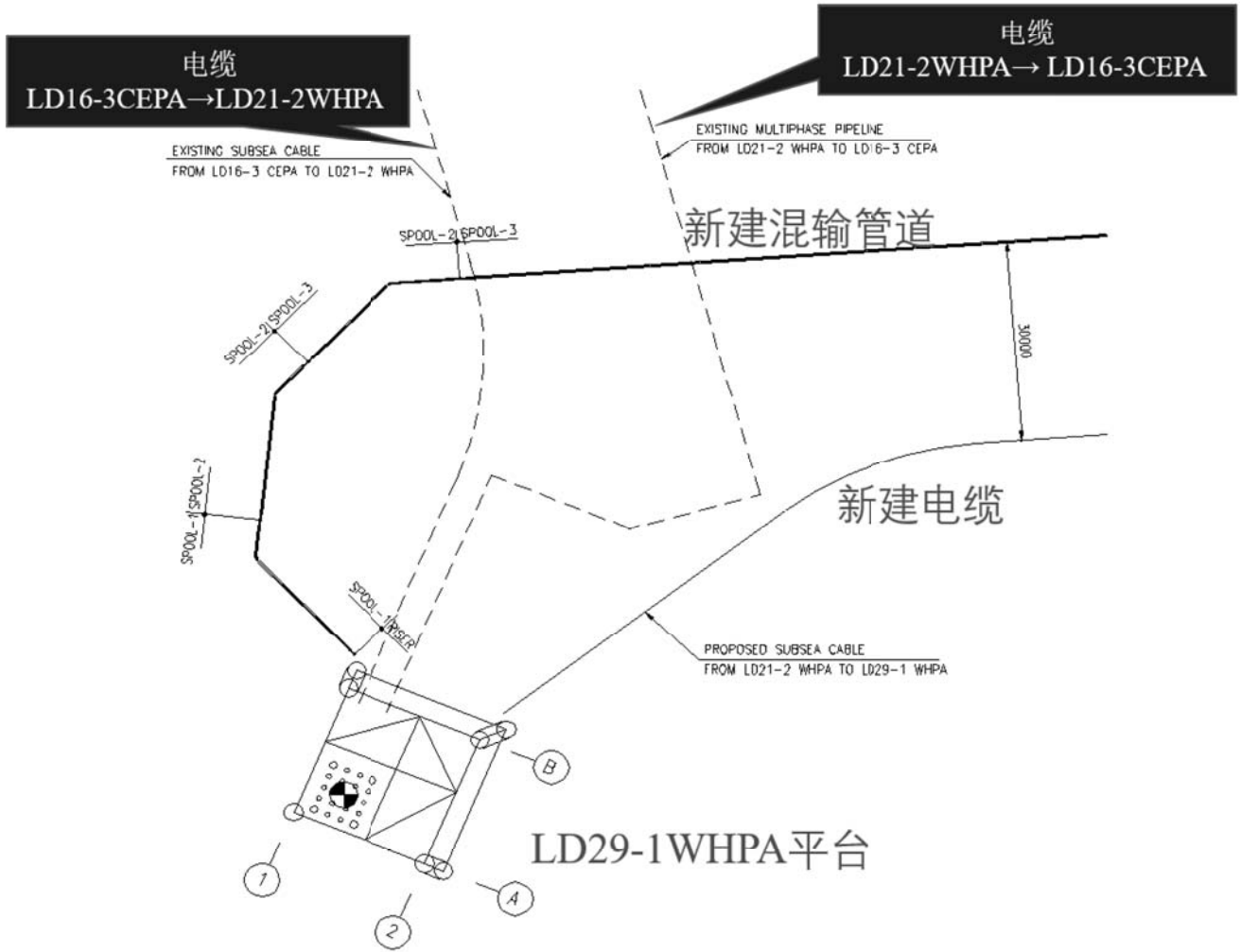


图 2.2-4 本项目拟建海底混输管道和电缆登陆 LD29-1WHPA 平台示意图



### 2.2.1.3 钻完井方式及采油方式

(1) 钻井方式：采用自升式钻井平台钻井、完井、钻调整井、修井；

(2) 固井方式

①13-3/8"表层套管水泥返高：井口

②10-3/4"表层套管水泥返高：井口

③9-5/8"套管水泥浆返高：前置浆返高至表层套管鞋以上（有效段）100m，后置领浆返至最上一个油层顶部以上 150m，后置尾浆返至 9-5/8"套管鞋以上（有效段）300m 左右。（A6 井尾浆返至 9-5/8"套管鞋以上 500m，有效段封固馆陶水层）

④7-5/8"套管水泥浆返高：前置浆返高至表层套管鞋以上（有效段）100m，后置领浆返至最上一个油层顶部以上 150m，后置尾浆返至 9-5/8"套管鞋以上（有效段）300m 左右。

(3) 完井方式：定向井和直井采用套管射孔完井；采用自升式钻井平台进行完井。

(4) 采油方式：电潜泵采油。

### 2.2.1.4 主要施工船舶与施工人员、施工天数

本工程海上施工主要设备及施工进度安排见表 2.2-1。

表 2.2-1 工程海上建设阶段作业内容、施工船舶及作业人员

施工阶段	施工船舶数量（艘）	施工人数（人）	施工天数（天）
LD29-1WHPA 导管架、钢桩海上安装	1700 吨级浮吊（1）	119	19.5
	拖轮 5000HP（1）	18	19.5
	7000 吨驳船（1）	11	17.5
	拖轮 6000HP（1）	21	17.5
	交通船（1）	10	19.6
LD29-1WHPA 隔水套管海上安装	1700 吨级浮吊（1）	119	5.9
	拖轮 5000HP（1）	18	5.9
	7000 吨驳船（1）	10	5.9
	拖轮 6000HP（1）	21	5.9
	交通船（1）	10	5.9
LD29-1WHPA 组块安装	蓝疆（1）	207	7.2
	拖轮 8000HP（1）	17	7.2
	7000 吨驳船（1）	10	7.2
	拖轮 6000HP（1）	21	7.2
	交通船（1）	10	7.2
	HYSY281（生活支持船）（1）	10	30
	6000HP 拖轮（1）	21	6

施工阶段		施工船舶数量（艘）	施工人数（人）	施工天数（天）
		4800HP（1）	15	20
海底管线铺设		汇众 301（1）	197	22.2
		拖轮 8000HP（1）	19	22.2
		5000 吨驳船（1）	16	13.8
		拖轮 4800HP（1）	15	13.8
		5000 吨驳船（1）	16	8.4
		拖轮 4800HP（1）	15	8.4
		200 吨级别浮吊（1）	92	97
		拖轮 4000HP（1）	15	97
		3000 吨自航驳（1）	10	60.2
		2000 吨自航驳（1）	10	19.2
海底电缆铺设		沪救捞 62（1）	90	18.6
		2000 吨自航驳（1）	10	18.6
钻完井		1 艘钻井船+2 艘拖轮	100+10+10	151.5
		1 艘钻井船+2 艘拖轮	100+10+10	40
依托设施改造	LD21-2WHPA	拖轮 4800HP（1）	15	5
		200 吨级别浮吊（1）	15	5
	LD16-3CEPA	拖轮 4800HP（1）	10	3
	LD10-1PAPD/CEP	作业公司值班船（1）	10	3

### 2.2.1.5 施工进度计划安排

本工程主要施工阶段初步施工进度安排见下表：

表 2.2-2 施工进度计划表

关键节点		天数（d）	计划开始时间	计划完成时间
一、采办、建造、安装、钻完井				
1、平台				
导管架材料采办		135	2020/1/4	2020/5/18
导管架陆地建造		126	2020/5/19	2020/9/21
导管架海上运输、安装		35	2020/9/22	2020/10/26
导管架 预钻井	A1/A2/A3/A6	109	2020/10/27	2021/2/12
	A4/A5	41	2021/2/13	2021/3/25
组块主结构钢材采办		135	2020/1/4	2020/5/18
组块、生活楼建造		300	2020/8/18	2021/6/14
组块海上运输、安装		25	2021/6/15	2021/7/9
2、海管海缆				
海管、海缆采办		247	2020/3/16	2020/11/17
海管陆地预制		80	2020/11/18	2021/2/6

海管海上铺设	90	2021/2/7	2021/5/8
海缆海上铺设	15	2021/7/10	2021/7/24
二、海上连接、调试、运行	30	2021/7/10	2021/8/8
三、投产	7	2021/8/9	2021/8/15
四、剩余 2 口井钻完井 (A7/A8)	40	2022 年实施。	

## 2.2.2 海上生产阶段

### 2.2.2.1 总体工艺流程概述

#### (1) 旅大 29-1 油田物流集输路径

旅大 29-1 油田 WHPA 平台井口物流经计量后，部分年份物流加热（2021-2024 年，物流加热至 70°C 外输；2024 年以后，物流不经过加热器直接外输）之后通过混输海管输送至 LD21-2WHPA 平台，接到 LD21-2WHPA 平台上的外输泵之后，与 LD21-2WHPA 平台处理之后的物流一起汇合后，共同外输至 LD16-3CEPA 平台，在 LD16-3CEPA 上处理成 20% 左右含水原油，经混输海管输送至 LD10-1PAPD，在 LD10-1PAPD 上处理成（含水率  $w_t \leq 1\%$ ）原油，再输送至 LD10-1CEP 的干油罐，最后通过原油海管输往绥中 36-1 终端。

旅大 29-1 油田伴生气通过新建混输海管，经由 LD21-2WHPA 输送至 LD16-3CEPA 和 LD10-1CEP，处理合格后作为燃料使用。

旅大 29-1 油田生产水除提供 LD16-3CEPA 至 LD10-1 混输海管外输掺水外，剩余生产水在 LD16-3CEPA 上处理合格后回注地层。LD29-1WHPA 平台的注水由水源井水提供。

旅大 29-1 油田物流集输路径见图 2.2-5。

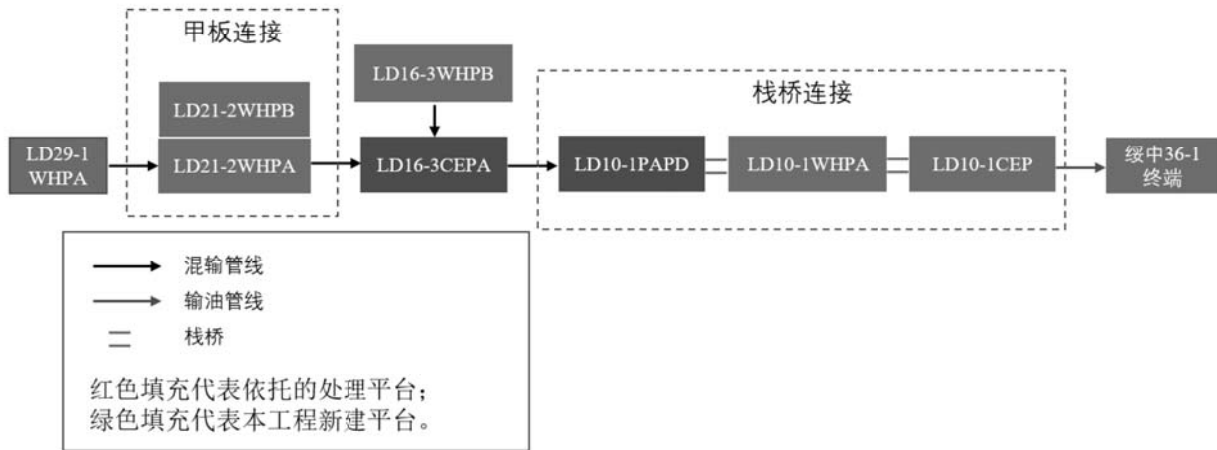


图 2.2-5 旅大 29-1 油田物流集输路径示意图

(2) 旅大 29-1/旅大 21-2/旅大 16-3/旅大 10-1 油田总体物流集输路径

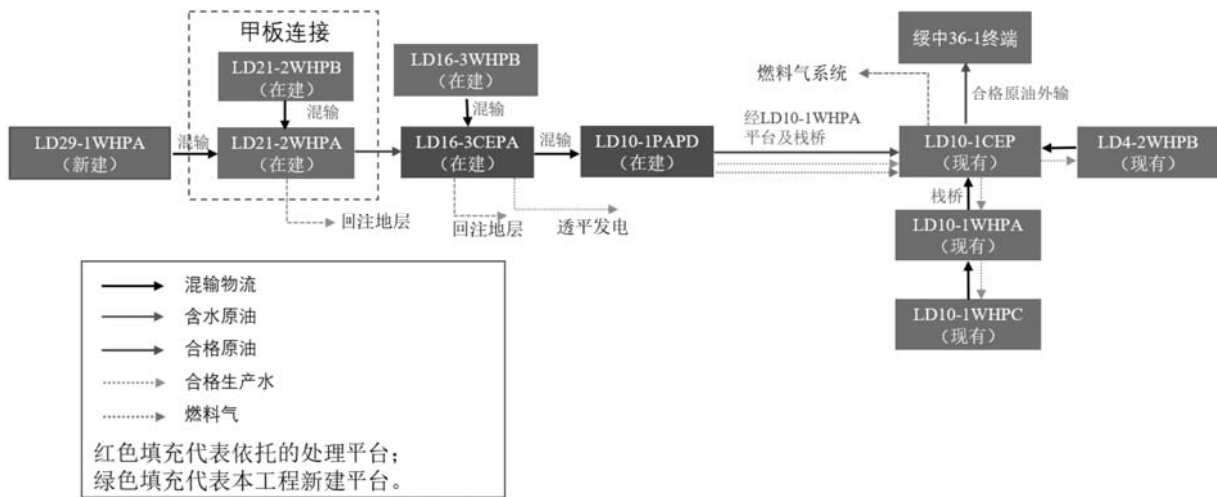


图 2.2-6 旅大 29-1/旅大 21-2/旅大 16-3/旅大 10-1 油田总体物流集输路径示意图

2.2.2.2 拟建平台工艺流程

(1) 原油处理工艺流程

井口平台 LD29-1 WHPA 不设置油气水处理设施。

LD29-1 WHPA 平台所产井流物进入多路阀汇集后，经生产加热器加热（生产加热器功率为 350kW，平均每年耗电约为  $277.2 \times 10^4 \text{kW} \cdot \text{h}$ ），2021~2024 年，物流加热至 70℃ 外输；2024 年以后，物流不经过加热器直接外输（原因：前期旅大 29-1 油田井口温度低，产液含水率也较低，管输温降大，需要加热提高海管入口温度，后期井口温度升高同时含水率提高，按井口温度核算，海管可以正常输送因此不需要加热）；LD29-1 WHPA 平台所产井流物进入海底管线输送至 LD21-2 WHPA 平台外输泵出口，与旅大 21-2 油田物流混合后利用 LD21-2 WHPA 至 LD16-3 CEPA 混输海底管道一同输送至 LD16-3 CEPA 平台上进行处理。

单井计量时，单井井流进入多相流量计，计量后的物流回到主管路外输。

原油处理系统流程图见图 2.2-7。

#### (2) 天然气及生产水处理工艺流程

LD29-1WHPA 平台不设置天然气及生产水处理系统，其物流不在本平台进行处理，将依托 LD16-3CEPA/LD10-1PAPD 平台进行处理。

依托的 LD16-3CEPA/LD10-1PAPD 平台工艺流程详见“2.3.1 节 依托设施概况”。

#### (3) 注水系统工艺流程

LD29-1WHPA 平台上共设 2 口注水井，注水水源全部来自本平台处理达标的水源井水。

水源井水经除砂器除砂后进入纤维球滤器过滤，最后进入注水缓冲罐，通过加入脱氧剂控制注入水的含氧量；注入水通过注水泵，再经过注水管汇分配回注地层。

纤维球滤器配备反洗泵进行反洗，反洗水来自注水缓冲罐，平台设置污水罐接收反洗污水，再通过污水泵将污水转运至闭排罐。

LD29-1WHPA 上注水系统的主要设备包括：1 台 50m<sup>3</sup>/h 纤维球滤器；1 个 25m<sup>3</sup> 的注水缓冲罐；2 台 50m<sup>3</sup>/h 的注水泵，其中 1 台备用；1 个 20m<sup>3</sup> 的污水罐；2 台 20 m<sup>3</sup>/h 的污水泵，其中 1 台备用；2 台 100m<sup>3</sup>/h 的反洗泵，其中 1 台备用。

注水系统流程图见图 2.2-8。

#### (4) 水源井水系统

水源井水经除砂器除砂后进入注水系统，除砂器分离出的泥沙进入泥沙罐。

LD29-1WHPA 平台上设有 3 口水源井（其中 1 口水源井先期作为生产井），用于本平台的注水，平台最大注水量为 ████████。另外在海管预热/置换工况下，水源井水还为海管置换/预热提供置换/预热用水。水源井系统规模为 50m<sup>3</sup>/h，主要包括：1 台 50m<sup>3</sup>/h 的除砂器 1 台；1 台 5m<sup>3</sup> 集砂槽。

水源井水系统流程图见图 2.2-9。

#### (5) 公用系统

##### ① 柴油系统

LD29-1WHPA 平台所耗柴油由供应船定时供给，柴油由供应船运来后，经柴油前过滤器过滤后，进入柴油罐和应急发电机柴油日用罐中储存，平台柴油主要用于应急发电机。

## ②化学药剂系统

为确保油气的正常生产、减缓管线的腐蚀，推荐加入原油系统的化学药剂有：防垢剂、缓蚀剂，推荐加入注水系统的化学药剂有：防垢剂、缓蚀剂、脱氧剂。主要设备有化学药剂撬，包括各种化学药剂罐和相应的化学药剂注入泵。

## ③海水系统

LD29-1WHPA 平台上设置 1 台 60m<sup>3</sup>/h 的海水提升泵、1 台处理量为 60m<sup>3</sup>/h 的海水过滤器应急置换工况以及防钓鱼喷淋系统提供海水。为防止海生物在泵的入口生长，堵塞泵的吸入口，海水提升泵入口采用直插式防海生物装置。

## ④应急发电机

LD29-1WHPA 平台不设置电站，电力依托旅大 16-3 电网供电。为确保井口平台发生火灾等紧急情况下的通讯、照明、救生等应急供电，在 LD29-1WHPA 平台上设置柴油应急发电机组。平台应急负荷约为 552kW，设置 1 台功率 630kW 的柴油应急发电机组。

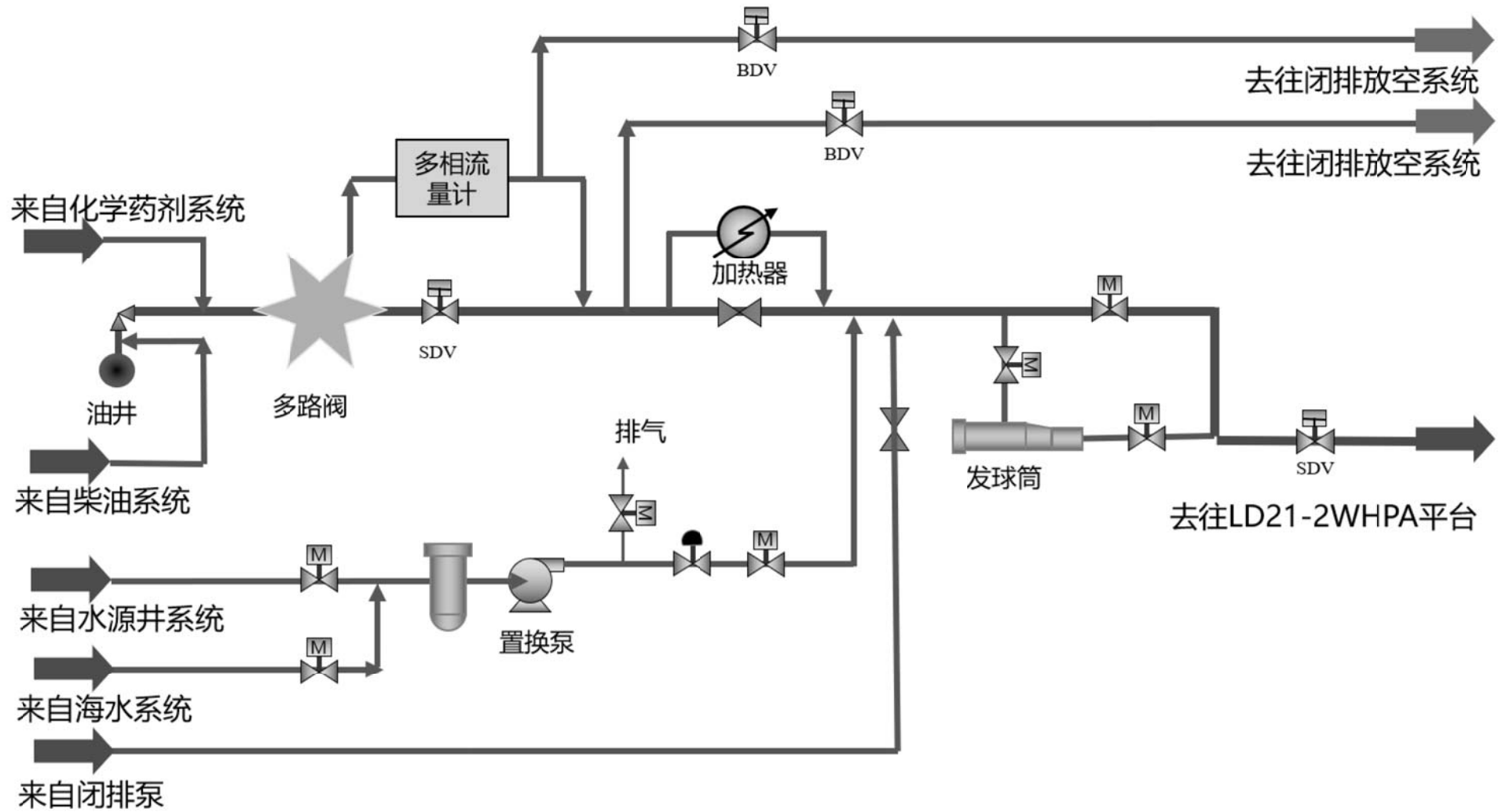


图 2.2-7 LD29-1WHPA 平台原油处理系统工艺流程图

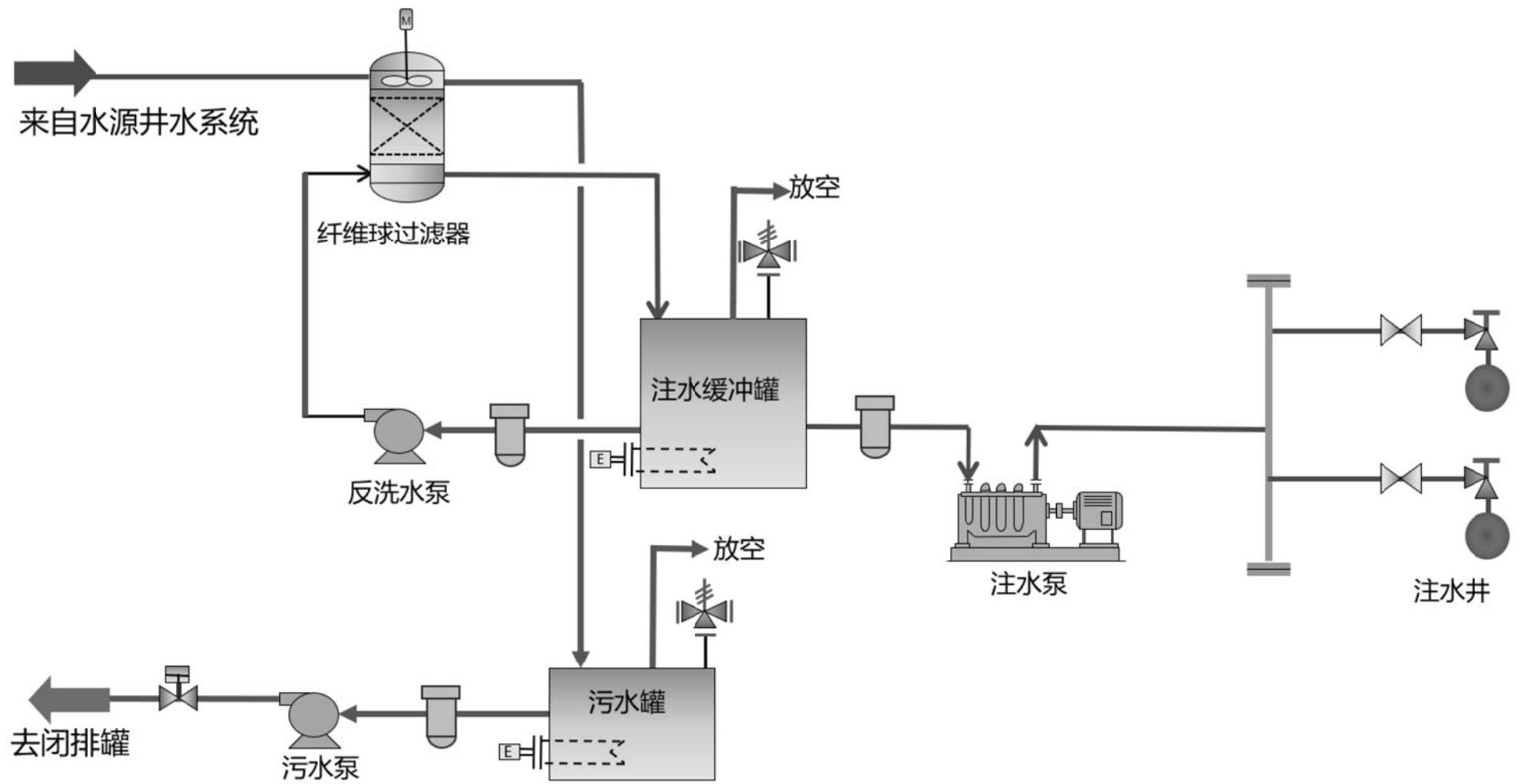


图 2.2-8 LD29-1WHPA 平台注水系统流程图





图 2.2-9 LD29-1WHPA 平台水源井水系统流程图

### 2.2.2.3 LD29-1WHPA 平台注水系统校核

LD29-1WHPA 平台的注水水源来自本平台水源井水。本平台上设有水源井水系统、注水系统。LD29-1WHPA 平台逐年注水量见下表。从表中可以看出：最大注水量在 2037 年，为 [REDACTED]。

表 2.2-3 旅大 29-1WHPA 平台逐年注水量

年份	注水量		年份	注水量	
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /d		m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /d
2021	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2022	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2023	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2024	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2025	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2026	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2027	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2028	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2029	[REDACTED]	[REDACTED]			

LD29-1WHPA 平台采用 2 台 50m<sup>3</sup>/h 的注水泵，一用一备。从表 2.2-4 中可以看出：LD29-1WHPA 平台的注水系统设计能力大于最大注水量，注水系统可行。

表 2.2-4 LD29-1WHPA 平台注水系统校核

项目	设计能力	最大注水量	是否可行
注水系统	[REDACTED]	[REDACTED]	可行

### 2.2.3 废弃阶段

根据相关法规的要求，本油田废弃阶段需另外执行相应的环保管理程序，因此，本项目环评不包括废弃阶段。

## 2.3 依托设施能力校核

### 2.3.1 依托设施概况

本项目依托设施概况详见下表。本项目 LD29-1WHPA 平台依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 进行油气水处理，因此，接下来重点介绍 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 的工艺流程。

表 2.3-1 本项目依托设施概况

依托设施		依托功能	是否投产
平台	LD16-3CEPA、LD10-1PAPD 平台	LD29-1WHPA 平台物流依托 LD16-3CEPA 处理成 20%左右含水原油，经混输海管输送至 LD10-1PAPD，依托 LD10-1PAPD 上处理成（含水率 wt≤1%）原油。	均已投产
混输管道	LD21-2WHPA→LD16-3CEPA	油气水输送	
	LD16-3CEPA→LD10-1PAPD	油气水输送	
输油管道	LD10-1CEP→绥中 36-1 终端	原油输送	
陆上工程	绥中 36-1 终端	原油储存	

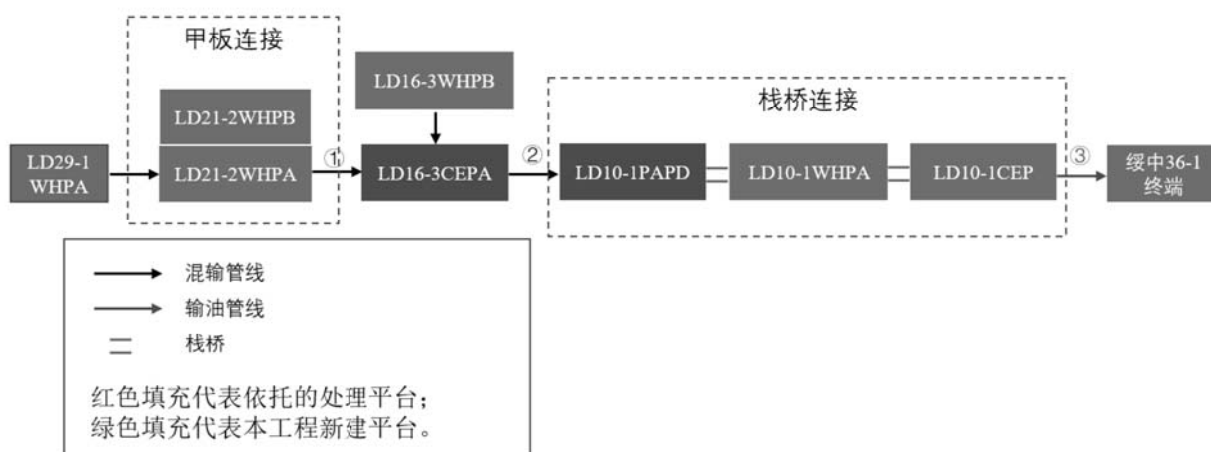


图 2.3-1 LD29-1 油田物流集输路径

### 2.3.1.1 LD16-3CEPA 平台生产工艺概况

目前，LD16-3CEPA 平台主要处理 LD16-3CPEA、LD16-3WHPB、LD21-2WHPA/LD21-2WHPB 四座平台的物流；从 2021 年开始，还要处理本项目 LD29-1WHPA 平台的井口物流。

#### (1) 生产工艺流程

LD16-3CEPA 平台生产系统采用“生产分离器+热处理器”的二级处理装置。

LD16-3CEPA 平台接收来自 LD16-3WHPB 平台的物流经段塞流捕集器进行气液分离，分离的气相去天然气增压系统，分离的液相与 LD16-3CEPA 平台井口物流、LD21-2WHPA 的含水原油及 LD29-1WHPA 平台井口物流混合后，进入生产分离器进行分离。经生产分离器分离出的气相去天然气增压系统，分离出的水去生产水处理系统，分离出的含水原油经加热后，进入热处理器进行进一步的分离。经热处理器分离出的气相去天然气增压系统，分离出的水相经增压后进入一级分离器入口之后，随着分离器的水相进入生产水处理系统。热处理器分离出含水约 20%左右的原油经原油外输泵增压后，与来自天然气增压系统的部分天然气混合后，经海管外输至 LD10-1PAPD 平台进行处理。平

台生产工艺流程详见图 2.3-2。

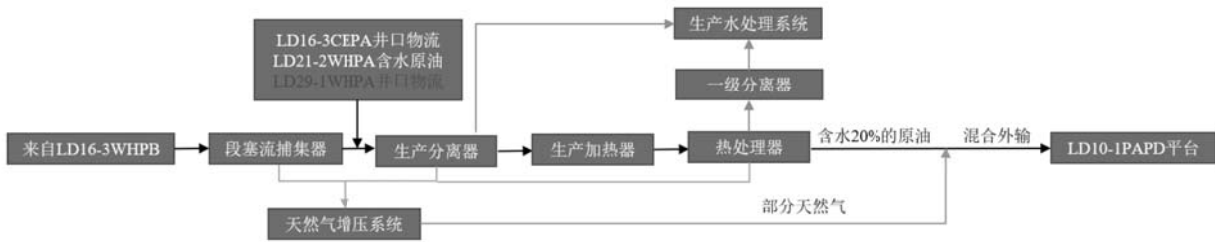


图 2.3-2 LD16-3CEPA 平台生产工艺流程示意图

### (2) 燃料气处理流程

LD16-3CEPA 平台设天然气增压系统，处理来自段塞流捕集器、生产分离器和热处理器分离出的伴生天然气。天然气冷却后，经入口涤气罐分离后，进入天然气压缩机增压，一级和二级压缩机出口涤气罐分离出的液烃送至一级分离器入口，进行轻烃回收。增压天然气一部分从压缩机出口涤气罐送至燃料气系统供平台透平发电，剩余天然气送至 LD16-3CEPA 至 LD10-1PAPD 外输海管入口，与分离出的含水原油混合后外输至 LD10-1PAPD 平台进行处理。

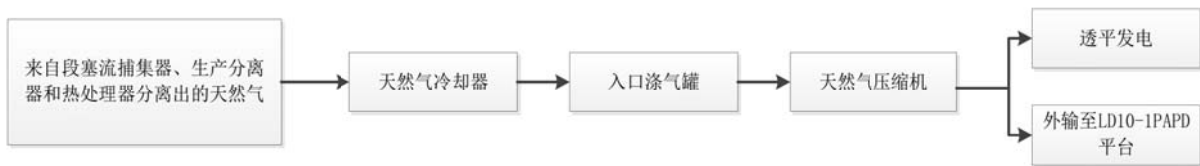


图 2.3-3 LD16-3CEPA 平台燃料气处理流程示意图

### (3) 生产水处理流程

生产水系统采用“斜板除油器+溶气气浮+核桃壳过滤器”三级处理流程，设计处理能力 [REDACTED]。生产水系统接收 LD16-3CEPA、来自 LD16-3WHPB 的全部产液与外输水、来自 LD21-2WHPA/B 平台的外输物流及本项目 LD29-1WHPA 平台的物流（从 2021 年开始）。

LD16-3CEPA 平台分离器分离出的生产水进入斜板除油器，分离出的生产水进入溶气式浮选机对进一步处理，经浮选机处理后的生产水最后进入核桃壳过滤器，处理后的生产水（含油浓度 $\leq 30\text{mg/L}$ ）进入注水系统，全部回注地层不外排。斜板除油器及浮选机分离出的油进入污油罐中，由污油泵打回工艺流程处理。平台生产水处理系统工艺流程详见图 2.3-4。

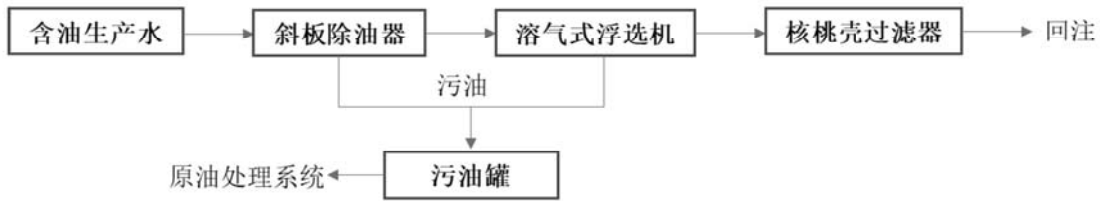


图 2.3-4 LD16-3CEPA 平台生产水处理流程示意图

### 2.3.1.2 LD10-1PAPD 平台生产工艺概况

LD10-1PAPD 平台为不带井口的生产辅助平台，平台设有原油处理系统和生产水处理系统，用于接收处理来自 LD16-3CEPA 平台的混输物流。

#### (1) 生产工艺流程

LD10-1PAPD 平台生产系统采用“热处理器+电脱水器”的二级处理装置。

物流进入段塞流捕集器气液分离后，分离出的液相进入热处理器进行三相分离，热处理器分离出的含水原油进入电脱水器进行脱水处理。电脱后的合格原油经栈桥进入 LD10-1CEP 平台，通过 LD10-1CEP 平台外输至绥中 36-1 终端。

段塞流捕集器、热处理器、电脱水器分离出的气相进入 LD10-1CEP 燃料气系统，处理后用作透平燃料气。

段塞流捕集器、热处理器、电脱水器分离出的生产水进入 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统进行处理，处理合格的生产水接入 LD10-1CEP 注水系统回注地层，为旅大 10-1 油田提供注水水源。

LD10-1PAPD 平台生产系统工艺流程详见图 2.3-5。

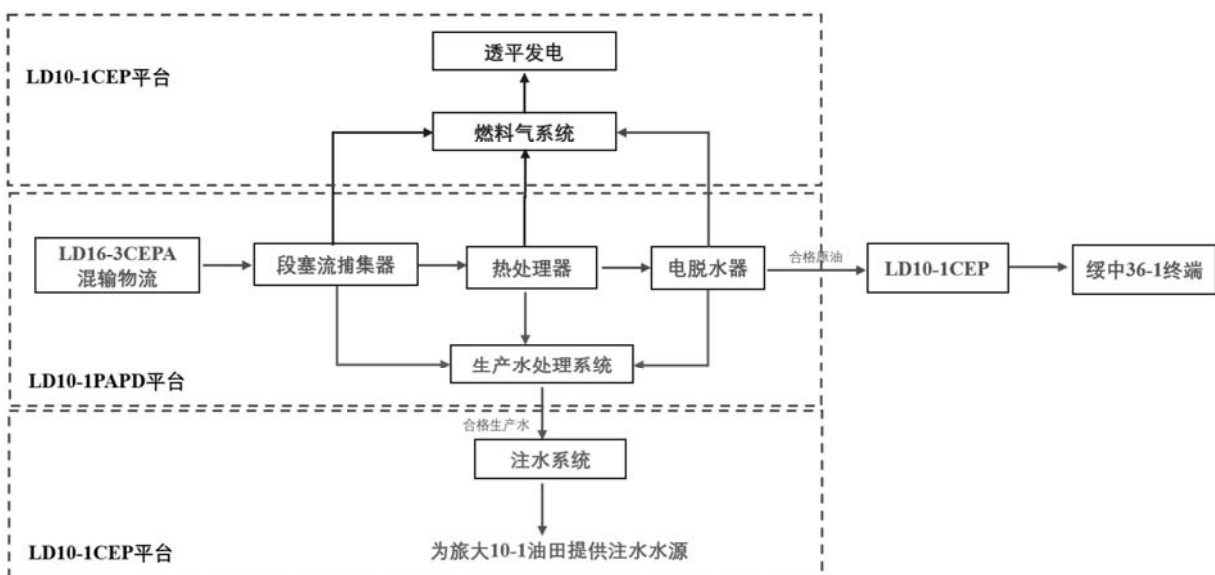


图 2.3-5 LD10-1PAPD 平台生产工艺流程图示意图

## (2) 生产水处理流程

生产水系统采用“一级旋流气浮+二级旋流气浮+核桃壳过滤器”三级处理流程，设计处理能力 [REDACTED]。原油分离器分离出的生产水通过两级旋流气浮对其中的油进行进一步去除后，进入核桃壳过滤器，满足注水水质标准（含油浓度 $\leq 30\text{mg/L}$ ）的生产水进入 LD10-1CEP 平台的注水系统，全部回注地层不外排。旋流气浮分离出的油进入污油罐中，由污油泵打回工艺流程处理。LD10-1PAPD 平台生产水处理系统工艺流程详见图 2.3-6。

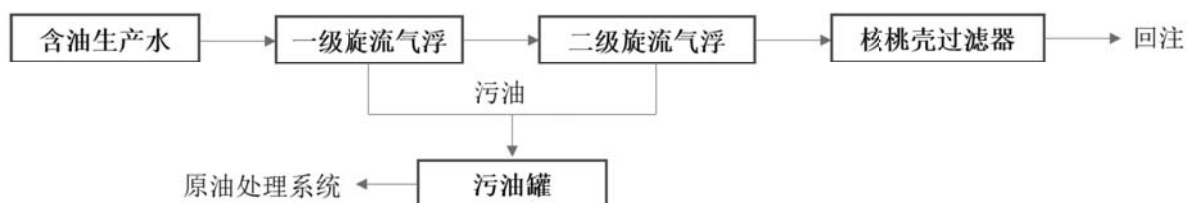


图 2.3-6 LD10-1PAPD 平台生产水处理工艺流程示意图

## 2.3.2 水平衡和气平衡分析

### 2.3.2.1 旅大 29-1/21-2 油田区域水平衡分析

井口平台 LD29-1WHPA 不设置生产水处理系统，其产液通过海管输往 LD21-2WHPA 平台，直接进入 LD21-2WHPA 平台外输海管输往 LD 16-3CEPA 平台进行处理。LD29-1WHPA 平台的注水由水源井水提供（见图 2.3-7）。

LD21-2WHPA 平台接收 LD21-2WHPB 平台的物流，两平台物流汇合后，进入 LD21-2WHPA 平台生产分离器进行油气水分离，分离出的含油生产水进入 LD21-2WHPA 平台的生产水处理系统，经处理达标后进入 LD21-2WHPA 平台注水系统，在 LD21-2WHPA 平台全部回注地层（见图 2.3-7）。

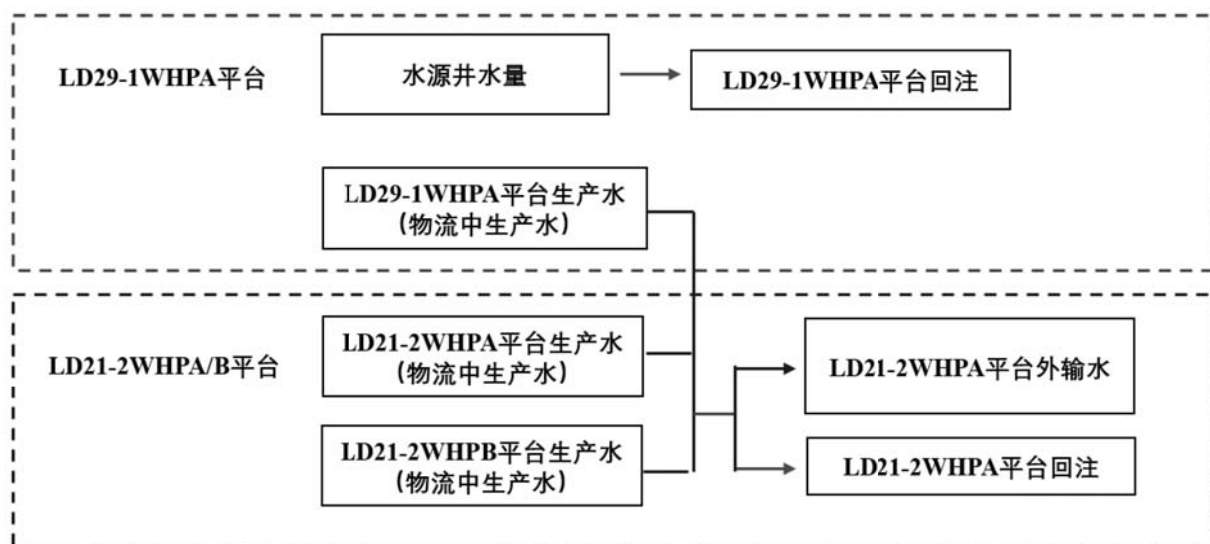


图 2.3-7 旅大 29-1/21-2 油田总体开发方案水量平衡图

旅大 29-1/21-2 油田总体开发方案水量平衡分析见表 2.3-2。从表 2.3-2 中可以看出：

(1) LD29-1WHPA 平台：LD29-1WHPA 平台的注水由水源井水提供，水源井水量=注水需求量，注采平衡。

(2) LD21-2WHPA 平台：LD21-2 产水量 (LD21-2WHPA 平台生产水量+LD21-2WHPB 平台生产水量)+LD29-1 产水量 (LD29-1WHPA 平台生产水量)-LD21-2 总注水量=LD21-2WHPA 外输水量 (即外输含水原油中含水量)，注采平衡。

表 2.3-2 旅大 29-1/21-2 油田区域水平衡表

日期	LD29-1 产水量①	LD29-1 注水需求量②	LD29-1 水源井水量③	LD21-2 产水量④	LD21-2 总注水量⑤	LD21-2WHPA 外输水量⑥
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d
2021	■	■	■	■	■	■
2022	■	■	■	■	■	■
2023	■	■	■	■	■	■
2024	■	■	■	■	■	■
2025	■	■	■	■	■	■
2026	■	■	■	■	■	■
2027	■	■	■	■	■	■
2028	■	■	■	■	■	■
2029	■	■	■	■	■	■
2030	■	■	■	■	■	■
2031	■	■	■	■	■	■
2032	■	■	■	■	■	■
2033	■	■	■	■	■	■
2034	■	■	■	■	■	■

2035	■	■	■	■	■	■
2036	■	■	■	■	■	■
2037	■	■	■	■	■	■

注：②=③，LD29-1WHPA 平台注水由本平台水源井水提供；

①+④-⑤=⑥。

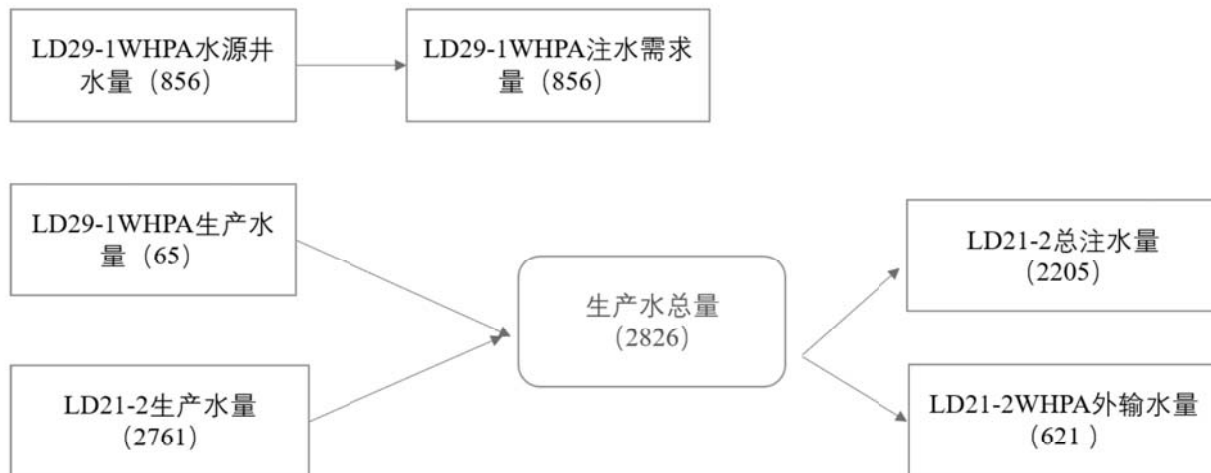


图 2.3-8 旅大 29-1/21-2 油田典型年份注采平衡图（2022 年，m<sup>3</sup>/d）

### 2.3.2.2 旅大 16-3 油田区域水平衡分析

LD16-3CEPA 平台生产水处理系统接收 LD16-3CEPA、LD16-3WHPB 的全部产液与外输掺水，及来自 LD21-2WHPA 平台的外输物流（见图 2.3-4），处理后的生产水进入 LD16-3CEPA 平台注水系统，在 LD16-3CEPA 平台全部回注地层；剩余含油生产水（含水 20%原油中的生产水）外输至 LD10-1PAPD 平台。

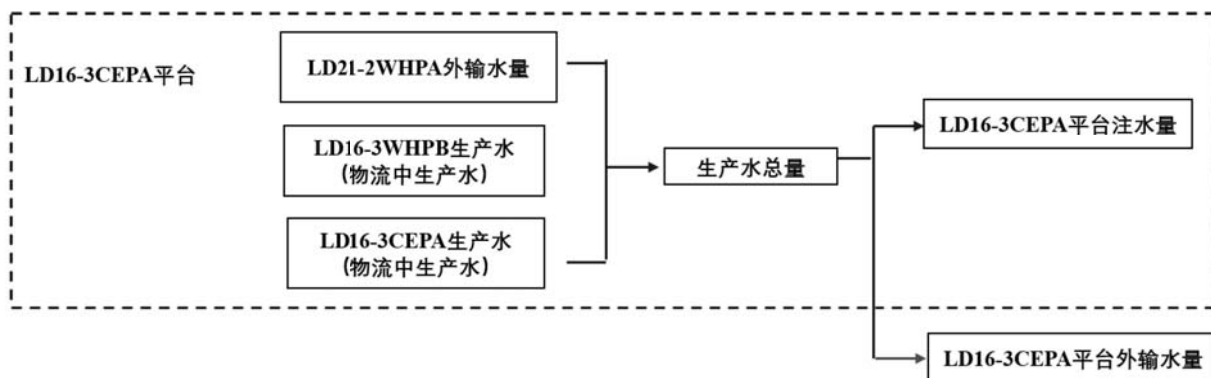


图 2.3-4 旅大 16-3 油田总体开发方案水量平衡图

旅大 16-3 油田总体开发方案水量平衡分析见表 2.3-3。从表 2.3-3 中可以看出：

LD16-3CEPA 平台：LD21-2WHPA 外输水量+LD16-3CEPA 自身产水量+LD16-1WHPB 海管来水量-LD16-3CEPA 总注水量=LD16-3CEPA 外输水量，注采平衡。



表 2.3-3 旅大 16-3 油田区域水平衡表

日期	LD21-2 外输水量 ①	LD16- 3CEPA 自身产 水量②	LD16- 3WHPB 海 管来水量③	LD16-3CEPA 总处理水量④	LD16-3CEPA 总注水量⑤	LD16-3CEPA 外 输水量⑥
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d
2021	■	■	■	■	■	■
2022	■	■	■	■	■	■
2023	■	■	■	■	■	■
2024	■	■	■	■	■	■
2025	■	■	■	■	■	■
2026	■	■	■	■	■	■
2027	■	■	■	■	■	■
2028	■	■	■	■	■	■
2029	■	■	■	■	■	■
2030	■	■	■	■	■	■
2031	■	■	■	■	■	■
2032	■	■	■	■	■	■
2033	■	■	■	■	■	■
2034	■	■	■	■	■	■
2035	■	■	■	■	■	■
2036	■	■	■	■	■	■
2037	■	■	■	■	■	■

注：①+②+③=④；  
④-⑤=⑥。

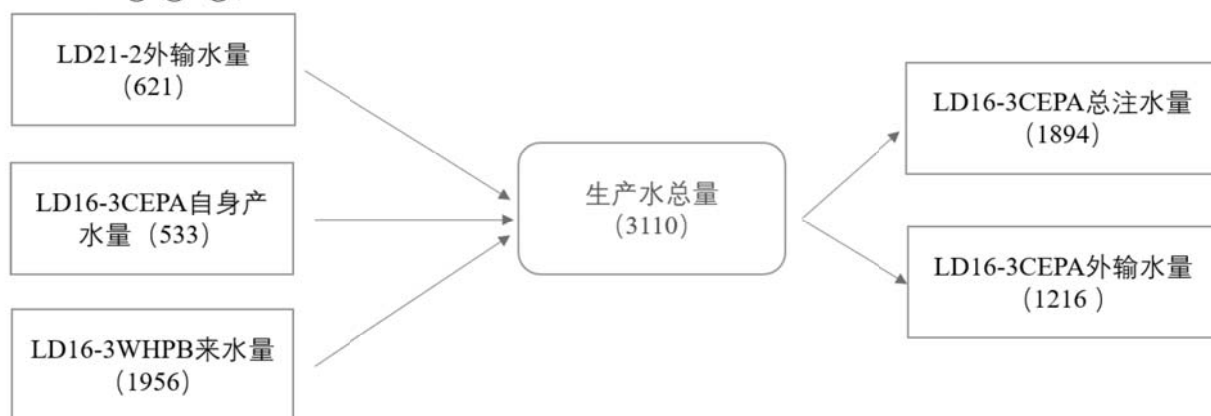


图 2.3-9 旅大 16-3 油田典型年份注采平衡图（2022 年，m<sup>3</sup>/d）

### 2.3.2.3 旅大 10-1/4-2 油田区域水平衡分析

LD16-3CEPA 平台分离出的含水原油与部分天然气混合后经管线输送到 LD10-1PAPD 平台处理，LD10-1PAPD 平台处理合格的生产水进入 LD10-1CEP 平台的注水系统全部回注地层。

旅大 10-1/4-2 油田总体开发方案水量平衡见下图。

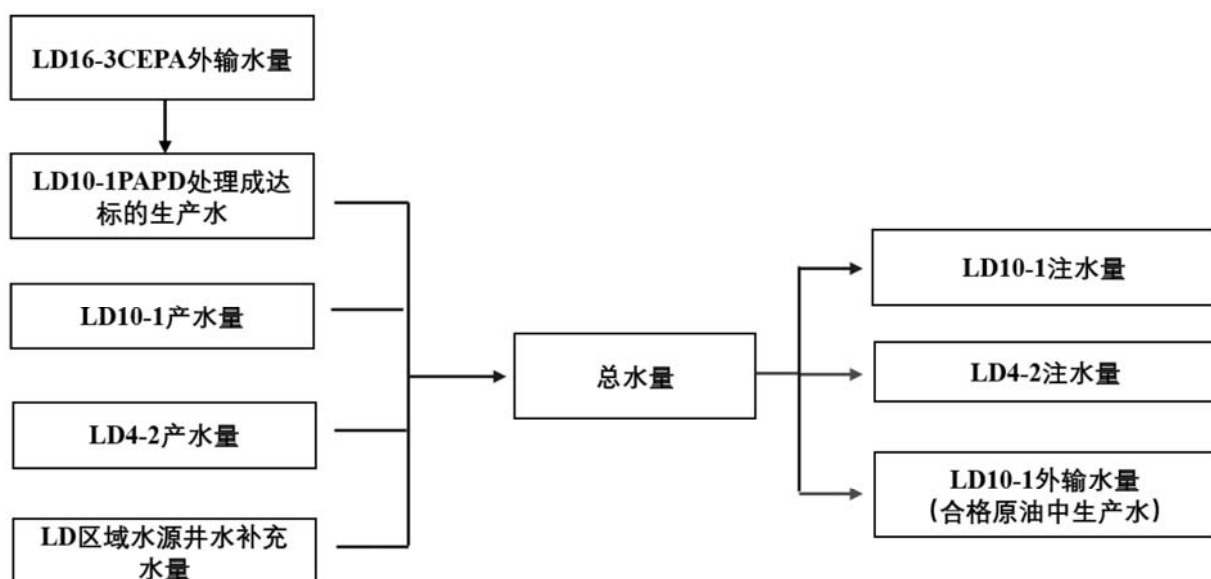


图 2.3-4 旅大 10-1/4-2 油田总体开发方案水量平衡图

旅大 10-1/4-2 油田总体开发方案水量平衡分析见表 2.3-4。从表 2.3-4 中可以看出：  
 $LD16-3CEPA \text{ 外输水量} + LD10-1 \text{ 产水量} + LD4-2 \text{ 产水量} + LD \text{ 区域水源井水补充水量} - LD10-1 \text{ 注水量} - LD4-2 \text{ 注水量} = LD10-1 \text{ 外输水量}$ ，注采平衡。

表 2.3-4 旅大 10-1/4-2 油田区域水平衡表

日期	LD16-3CEPA 外输水量①	LD10-1 产水量②	LD10-1 注水量③	LD4-2 产水量④	LD4-2 注水量⑤	LD 区域水源井水补充水量⑥	LD10-1 外输水量⑦
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d
2021	■	■	■	■	■	■	■
2022	■	■	■	■	■	■	■
2023	■	■	■	■	■	■	■
2024	■	■	■	■	■	■	■
2025	■	■	■	■	■	■	■
2026	■	■	■	■	■	■	■
2027	■	■	■	■	■	■	■
2028	■	■	■	■	■	■	■
2029	■	■	■	■	■	■	■
2030	■	■	■	■	■	■	■
2031	■	■	■	■	■	■	■
2032	■	■	■	■	■	■	■
2033	■	■	■	■	■	■	■
2034	■	■	■	■	■	■	■
2035	■	■	■	■	■	■	■

2036	210	10114	10746	3701	3491	726	515
2037	230	9975	10354	3728	3499	399	480

注：①+②+④+⑥-③-⑤=⑦。

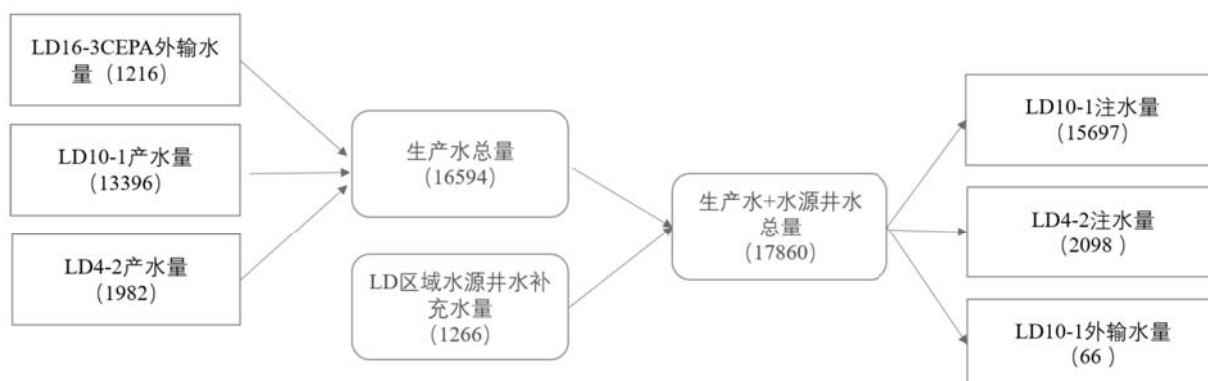


图 2.3-10 旅大 10-1/4-2 油田典型年份注采平衡图 (2022 年, m<sup>3</sup>/d)

### 2.3.2.4 区域气平衡分析

天然气从 2021 至 2026 年均有富余天然气；从 2027 年开始天然气存在缺口；天然气去向和来源统筹通过从 LD10-1CEP 铺设天然气海管至 SZ36-1WHPM 平台来考虑。LD10-1CEP 至 SZ36-1WHPM 平台天然气海管预计 2022 年 2 月投产，在此之前多余天然气在 LD10-1CEP 平台注气，待天然气海管建成后将正常输送天然气。

表 2.3-5 区域气平衡计算

年	产气量				耗气量 (冬季)		剩余气量
	LD29-1WHPA	LD16-3CEPA+WHPB	LD10-1 (WHPA+WHPC)	LD4-2WHPB	LD16-3CEPA	LD10-1CEP	LD10-1CEP
	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d						
2021	■	■	■	■	■	■	■
2022	■	■	■	■	■	■	■
2023	■	■	■	■	■	■	■
2024	■	■	■	■	■	■	■
2025	■	■	■	■	■	■	■
2026	■	■	■	■	■	■	■
2027	■	■	■	■	■	■	■
2028	■	■	■	■	■	■	■
2029	■	■	■	■	■	■	■
2030	■	■	■	■	■	■	■
2031	■	■	■	■	■	■	■
2032	■	■	■	■	■	■	■

2033	■	■	■	■	■	■	■
2034	■	■	■	■	■	■	■
2035	■	■	■	■	■	■	■
2036	■	■	■	■	■	■	■
2037	■	■	■	■	■	■	■

### 2.3.3 依托平台设施能力校核

本项目 LD29-1WHPA 平台物流依托 LD16-3CEPA 平台和 LD10-1PAPD 平台进行处理；依托绥中 36-1 终端进行原油储存。因此，接下来对 LD16-3CEPA 平台和 LD10-1PAPD 平台处理能力进行校核，对绥中 36-1 终端的原油储存能力进行校核。

#### 2.3.3.1 LD16-3CEPA 平台处理能力校核

##### (1) LD16-3CEPA 平台处理量预测

接入旅大 29-1 油田物流后，LD16-3CEPA 平台逐年处理量见表 2.3-6。LD16-3CEPA 平台分离出的含水原油与部分天然气混合后经管线输送到 LD10-1PAPD 平台处理。

表 2.3-6 LD16-3CEPA 平台逐年处理量

年份	LD16-3CEPA 平台处理量			
	油(m <sup>3</sup> /d)①	水(m <sup>3</sup> /d)②	液(m <sup>3</sup> /d)	气(10 <sup>4</sup> Sm <sup>3</sup> /d)③
2021	■	■	■	■
2022	■	■	■	■
2023	■	■	■	■
2024	■	■	■	■
2025	■	■	■	■
2026	■	■	■	■
2027	■	■	■	■
2028	■	■	■	■
2029	■	■	■	■
2030	■	■	■	■
2031	■	■	■	■
2032	■	■	■	■
2033	■	■	■	■
2034	■	■	■	■
2035	■	■	■	■
2036	■	■	■	■
2037	■	■	■	■

注：①指原油处理系统处理原油量；②指生产水系统处理水量；③指燃料气系统处理气量。

(2) LD16-3CEPA 平台处理能力校核

根据以上处理量，LD16-3CEPA 平台原油、天然气、生产水、液的处理系统处理能力校核见下表。从下表中可以看出：LD16-3CEPA 平台的原油、天然气、生产水、液的设计处理能力大于最大处理量，依托处理可行。

表 2.3-7 LD16-3CEPA 平台处理能力校核

项目	设计处理能力	本项目投产后实际最大处理量	是否可行
原油 (m <sup>3</sup> /d)	■	■	可行
天然气 (Sm <sup>3</sup> /d)	■	■	
生产水 (m <sup>3</sup> /d)	■	■	
液 (m <sup>3</sup> /d)	■	■	

2.3.3.2 LD10-1PAPD 平台依托能力校核

(1) LD10-1PAPD 平台处理量预测

LD16-3CEPA 平台分离出的含水原油与天然气混合后经管线输送到 LD10-1PAPD 平台处理。接入旅大 29-1 油田物流后，LD10-1PAPD 平台逐年处理量见表 2.3-8。

表 2.3-8 LD10-1PAPD 平台逐年处理量

年份	LD10-1PAPD 平台处理量			
	油(m <sup>3</sup> /d)	水(m <sup>3</sup> /d)	液(m <sup>3</sup> /d)	气(10 <sup>4</sup> Sm <sup>3</sup> /d)
2021	■	■	■	■
2022	■	■	■	■
2023	■	■	■	■
2024	■	■	■	■
2025	■	■	■	■
2026	■	■	■	■
2027	■	■	■	■
2028	■	■	■	■
2029	■	■	■	■
2030	■	■	■	■
2031	■	■	■	■
2032	■	■	■	■
2033	■	■	■	■
2034	■	■	■	■
2035	■	■	■	■
2036	■	■	■	■
2037	■	■	■	■

(2) LD10-1PAPD 平台处理能力校核

根据以上处理量，LD10-1PAPD 平台原油、天然气、生产水、液的处理系统处理能

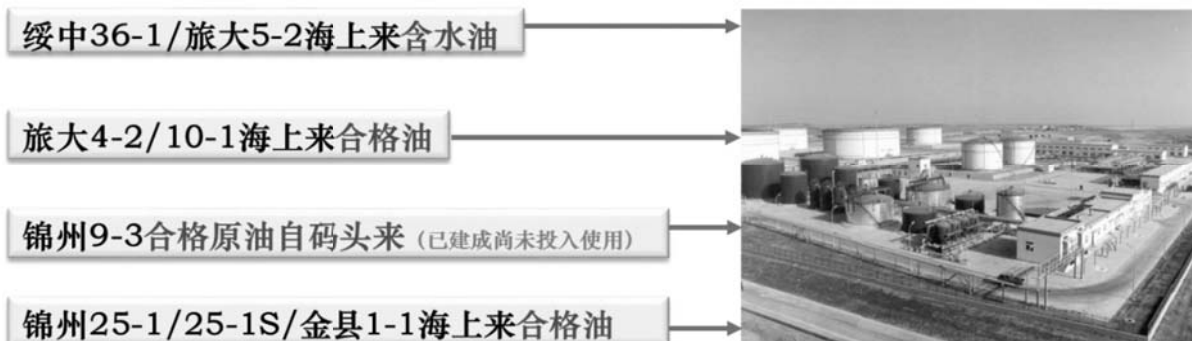
力校核见下表。从下表中可以看出：LD10-1PAPD 平台的原油、天然气、生产水、液的设计处理能力大于最大处理量，依托处理可行。

表 2.3-9 LD10-1PAPD 平台处理能力校核

项目	设计处理能力	本项目投产后实际最大处理量	是否可行
原油 (m <sup>3</sup> /d)	████	████████████	可行
天然气 (Sm <sup>3</sup> /d)	████████	████████████	
生产水 (m <sup>3</sup> /d)	████	████████████	
液 (m <sup>3</sup> /d)	████	████████████	

### 2.3.2.2 绥中 36-1 终端校核

绥中 36-1 终端位于辽宁省绥中县高岭镇小蛎蝗村，始建于 2000 年，终端主要功能是接收绥中 36-1 海上来油进行处理并储存。2005 年因旅大 4-2/5-2/10-1 油田的接入进行了终端罐区及码头的扩建。2012 年因锦州 25-1/25-1S/JX1-1 油田的接入进行了再次扩建，目前是我国最大的陆上油气处理终端。终端设有原油分离脱水、生产水处理、原油外输计量等生产设施，以及给排水系统、配供电系统、消防系统、通信系统等公用设施。



本项目依托绥中 36-1 终端进行合格原油储存。

#### (1) 储油能力校核

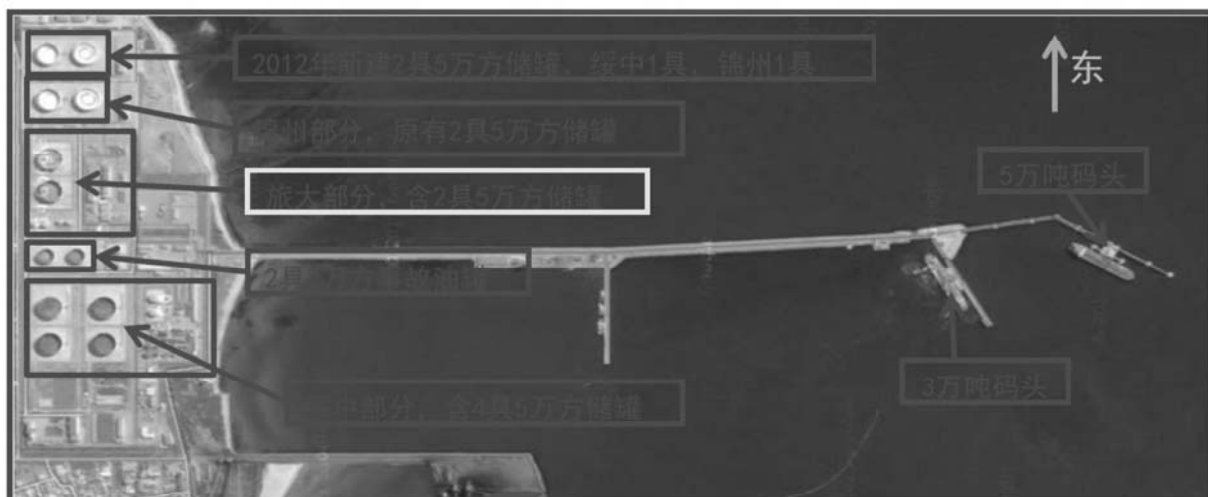
绥中 36-1/旅大 5-2 原油处理及储存部分：4 具 5 万方储罐+新建 1 具 5 万方储罐；共 5 具 5 万方储罐。

旅大 10-1/旅大 4-2 原油储存部分：2 具 5 万方储罐。

锦州 25-1/25-1S/金县 1-1 原油储存部分：2 具 5 万方储罐+新建 1 具 5 万方储罐；共 3 具 5 万方储罐。

锦州 9-3 原油中转部分：已建设未使用，1 具 5 万方储罐被绥中部分占用。

终端总储油能力 █████。



绥中 36-1 终端接收 LD10-1CEP 上岸海管罐区 2 座 5 万方储罐。考虑旅大 29-1 油田接入后油量如下表：

表 2.3-10 LD10-1CEP 外输终端量

日期	LD10-1CEP 外输终端			
	油	水	液	含水率
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	%
2021	■	■	■	■
2022	■	■	■	■
2023	■	■	■	■
2024	■	■	■	■
2025	■	■	■	■
2026	■	■	■	■
2027	■	■	■	■
2028	■	■	■	■
2029	■	■	■	■
2030	■	■	■	■
2031	■	■	■	■
2032	■	■	■	■
2033	■	■	■	■
2034	■	■	■	■
2035	■	■	■	■
2036	■	■	■	■
2037	■	■	■	■

根据以上校核数据，在接入旅大 29-1 原油后，终端的最大接收液量为 ■。罐区的 2 座 5 万方储罐的有效容积为 7 万方，按最大接收量计算储存时间为 10.5 天，罐容满足要求。

## (2) 水处理能力校核

2014 年对污水生化部分改造,改造后终端厂生产污水深化处理设计能力为 [REDACTED],其中“预处理-生化-深度处理工艺”处理能力 [REDACTED],“芬顿+活性炭装置”工艺处理能力 [REDACTED]。

2021 年至 2037 年,考虑旅大区域、绥中区域和锦州区域上岸水量,终端需要处理的污水量见下表。

经校核,上岸总水量最大为 [REDACTED]),未超过终端水处理能力 [REDACTED],满足要求。

表 2.3-11 终端接收水量

年份	SZ 输送水量	JZ 输送水量	LD 输送水量	上岸总水量
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d
2021	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2022	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2023	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2024	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2025	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2026	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2027	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2028	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2029	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2030	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2031	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2032	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2033	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2034	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2035	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2036	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2037	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

### 2.3.4 依托的管道能力校核

本项目依托管线概况详见下表。

表 2.3-12 本项目依托管道概况

序号	依托管道		依托功能
1	混输管道	LD21-2WHPA→LD16-3CEPA	油气水输送
2		LD16-3CEPA→LD10-1PAPD	油气水输送
3	输油管道	LD10-1CEP→绥中 36-1 终端	原油输送



## (1) LD21-2WHPA 至 LD16-3CEPA 混输管道

## ①海底管道参数

表 2.3-13 LD21-2WHPA 至 LD16-3CEPA 混输海管原设计参数

内管管径	10" (273.1mm×14.3mm)
外管管径	16" (406.4mm×12.7mm)(水平管和短管) 14" (355.6mm×12.7mm)(立管)
管长	15.8 km
设计压力	■
设计温度	■

## ②典型年海管运行数据

通过计算,各生产年份海底管线的运行参数详见于下表。根据校核结果,该条海管入口压力最大为■,低于管道原设计压力■;入口温度最大为■,未超过原设计温度■,该条海管能够满足要求。

表 2.3-14 各典型年份 LD21-2WHPA 至 LD16-3CEPA 海底管道的运行参数

年份	入口压力	出口压力	入口温度	出口温度
	kPaA	kPaA	℃	℃
2021	■	■	■	■
2022	■	■	■	■
2023	■	■	■	■
2036	■	■	■	■

## (2) LD16-3CEPA 至 LD10-1PAPD 油气水混输管道

旅大 29-1 油田物流输送至 LD21-2WHPA 平台后与该平台处理之后的物流混合输送至 LD16-3CEPA 进行处理,将处理后含水 20%原油和本平富裕天然气外输至 LD10-1PAPD 平台处理。

## ①海底管道参数

表 2.3-15 LD16-3CEPA 至 LD10-1PAPD 油气水混输海管原设计参数

内管管径	12" (323.9mm×14.3 mm)
外管管径	18" (457mm×15.9 mm)
管长	39.6 km
设计压力	■
设计温度	■

## ②典型年海管运行数据

通过计算,各生产年份海底管道的运行参数详见下表。根据校核结果,该条海管入

口压力最大为 [REDACTED]，入口温度最大为 [REDACTED]，未超过原设计压力 [REDACTED] 和原设计温度 [REDACTED]，该条海管能够满足要求。

表 2.3-16 各典型年份海底管道的运行参数

年份	入口压力	出口压力	入口温度	出口温度
	kPaA	kPaA	℃	℃
2022	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2028	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2035	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2037	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

(3) LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端原油海管

LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端输油管线将旅大 29-1 油田、旅大 21-2/16-3 油田和旅大 10-1/4-2 油田群处理合格的原油输送至绥中 36-1 终端。LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端输油管线在新增 LD29-1WHPA 后的输量详见表 2.3-10。

①海底管道参数

表 2.3-17 LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端原油海管原设计参数

内管管径	12" (323.9mm×12.7mm)
外管管径	18" (457.2mm×11.1 mm)
管长	59.2km
最大操作压力	[REDACTED]
最大操作温度	[REDACTED]

②典型年海管运行数据

通过计算，各典型年海底管线的运行参数详见于表 2.3-18。根据以上校核结果，该海管的入口压力超过了海管的原设计压力；对海管结构进行进一步校核，按照原设计腐蚀量进行校核，校核结果显示在设计寿命内（2030 年），海管结构强度满足规范要求。

建议建设单位对 LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端原油海管定期进行腐蚀性检测，依据检测结果制定工程修复措施，确保输送管道的安全稳定运营。

表 2.3-18 典型年份海底管线的运行参数

年份	入口压力	出口压力	入口温度	出口温度
	kPaA	kPaA	℃	℃
2021	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2034	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2035	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2037	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

### 2.3.5 海上依托设施寿命校核

根据下表可知：本项目依托的海上设施，均未超过设计年限。建议所依托的平台和管道在达到设计寿命的前一年开展延寿评估工作，根据评估结论采取相应的延寿措施或者进行相应改造，以确保依托工程能够长期、安全、稳定的生产运营。

检测主要内容包括但不限于：埋设与冲刷状况、裂纹检查、机械损伤、内外腐蚀状况、壁厚测量、海生物附着状况、保护电位、阳极状况及发出电流等，以保证平台和管道在寿命延长期内的使用安全。

表 2.3-19 海上依托设施寿命校核

依托设施		投产时间	设计寿命 (年)	运行时间 (年)	是否超设计期服役
平台	LD16-3CEPA 平台	2020 年	25	0	否
	LD10-1PAPD 平台	2020 年	25	0	
混输管道	LD21-2WHPA→LD16-3CEPA	2020 年	25	0	
	LD16-3CEPA→LD10-1PAPD	2020 年	25	0	
输油管道	LD10-1CEP→绥中 36-1 终端	2005 年	25	15	

### 3 工程分析

#### 3.1 工程各阶段污染环节与环境影响分析

##### 3.1.1 海上建设阶段产污环节分析

海上施工阶段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，平台安装/连接，平台上部模块安装/连接与调试，依托海上设施的适应性改造，以及海底管道、电缆的铺设等。本阶段主要污染物包括铺设管缆作业搅起的海底沉积物、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾。主要污染因子为悬浮物及 COD。

钻完井过程中，主要污染物包括钻屑和钻井液、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾。主要污染因子为悬浮物及 COD。

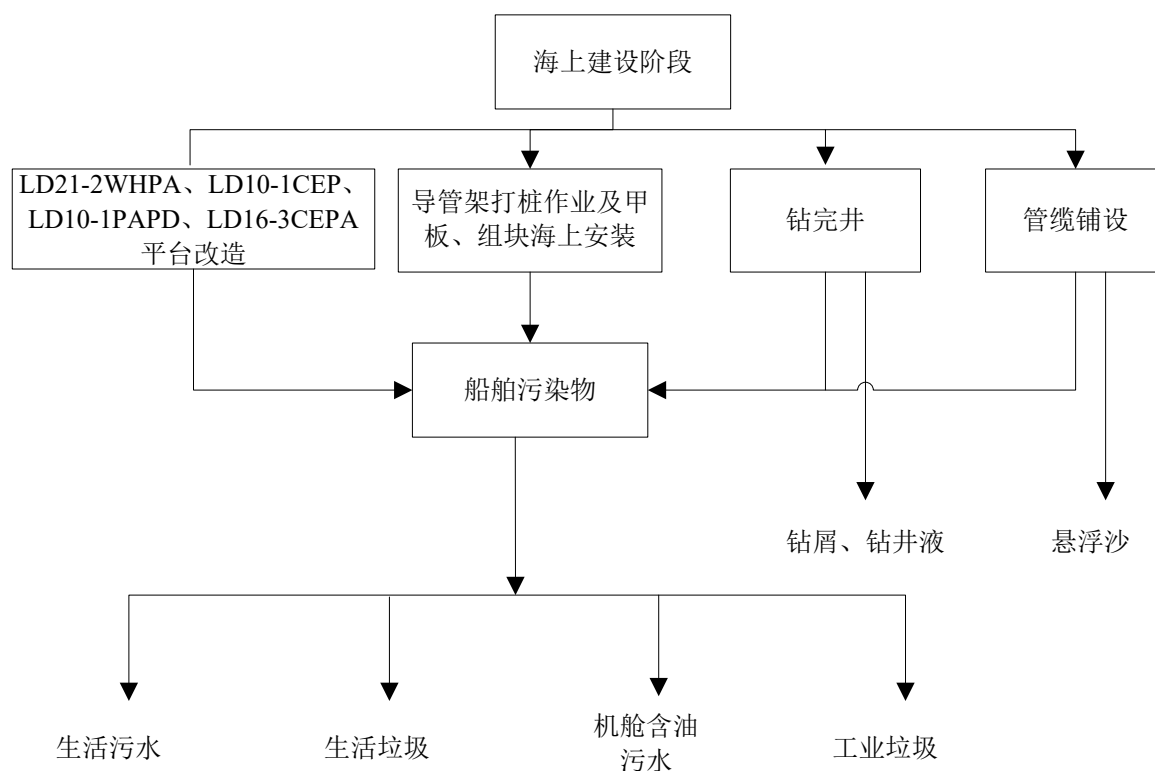


图 3.1-1 海上建设阶段产污环节图

##### 3.1.2 营运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、机舱含油污水、泥沙、生产垃圾、巡检人员产生的生活污水、生活垃圾及依托平台新增伴生天然气燃烧废气等。主要污染

因子为石油类等。生产阶段产污环节见下图。

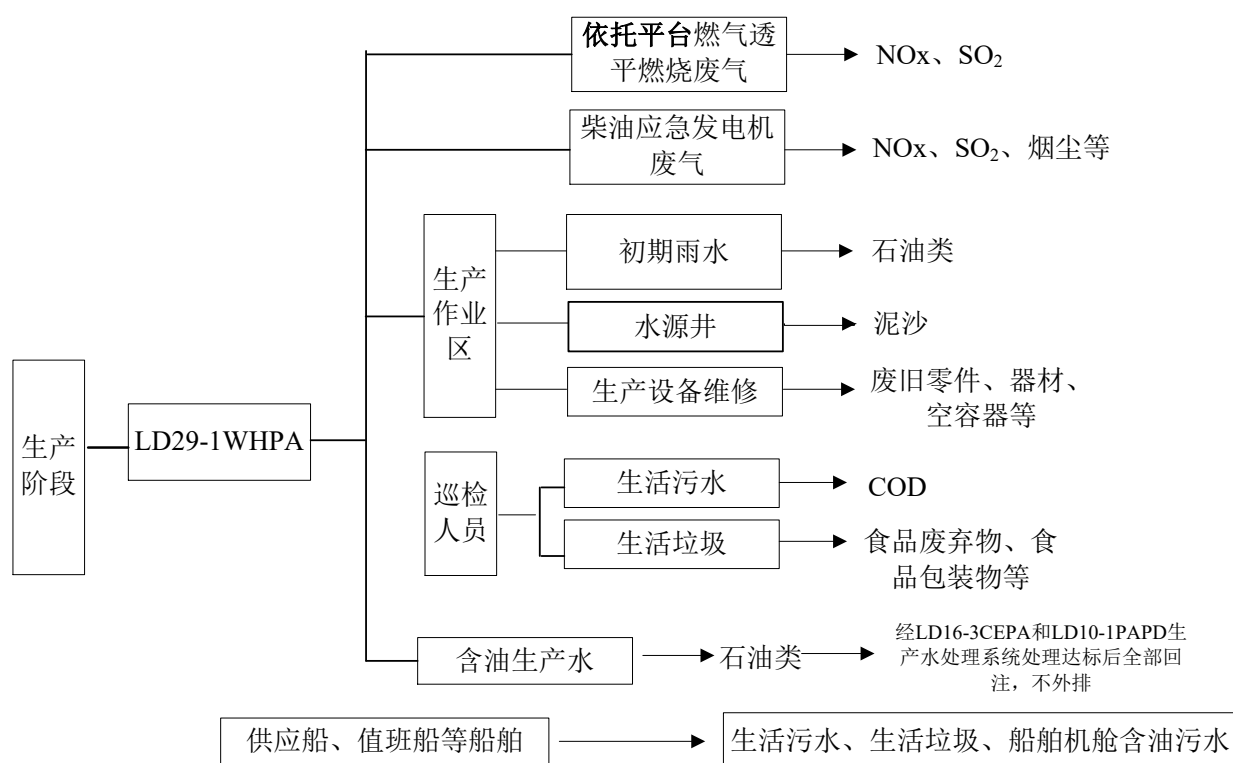


图 3.1-2 生产阶段产污环节图

## 3.2 工程各阶段污染源强核算

### 3.2.1 海上建设阶段污染源强核算

#### 3.2.1.1 钻井液、钻屑

##### (1) 钻井液

本项目钻井作业中，采用水基钻井液，钻井液循环使用。钻井液排放环节主要有 4 个：外排钻屑粘附、固井置换、提钻携带以及钻完井结束后的一次性排放（一次性排放量主要根据平台泥浆池容积考虑）。估算公式如下：

$$V_{\text{钻井液}} = V_{\text{随钻}} + V_{\text{起钻}} + V_{\text{固井}} + V_{\text{一次}}$$

$V_{\text{随钻}}$ ——外排钻屑粘附泥浆总量  $\text{m}^3$ ；

$V_{\text{固井}}$ ——固井置换外排泥浆总量  $\text{m}^3$ ；

$V_{\text{起钻}}$ ——起钻时外排泥浆总量  $\text{m}^3$ ；

$V_{\text{一次}}$ ——钻井结束一次性外排泥浆总量  $\text{m}^3$ 。

本工程为分批钻井，根据钻井计划钻井液排放情况见表 3.2-1。

表 3.2-1 本工程钻井液产生情况表

钻井液		粘附排放 (m <sup>3</sup> )	固井排放 (m <sup>3</sup> )	起下钻排 放 (m <sup>3</sup> )	一次性排 放 (m <sup>3</sup> )	排放次数	非油层段钻井 液 (m <sup>3</sup> )	油层段钻井 液 (m <sup>3</sup> )	钻井液总 量 (m <sup>3</sup> )
2020 年	4 口井 (A1/A2/A3/A6)	178.2	120.00	72.8	210.0	第一批次	581.0	665.1	1246.1
2020-2021 年	2 口井 (A4/A5)	52.3	60.00	32.6	210.0	第二批次	354.9	450.6	805.5
2022 年	2 口井 (A7/A8)	72.4	60.00	21.9	210.0	第三批次	364.3	653.6	1017.9
合计	8 口井	302.9	240.00	127.3	630.0	3 次	1300.2	1769.3	3069.5

本工程钻完井过程中，共产生钻井液 3069.5m<sup>3</sup>，其中油层段钻井液约 1769.3m<sup>3</sup>，非油层段钻井液约 1300.2m<sup>3</sup>。最高排放速率出现在钻井结束后的一次性排放过程中。

本工程非油层段钻井液共排放 3 次，每次排放量约为 210m<sup>3</sup>，控制其排放速率最大为 35m<sup>3</sup>/h。其中 2020 年，分 1 批钻井，非油层段钻井液排放 1 次；2020~2021 年，分 1 批钻井，非油层段钻井液排放 1 次；2022 年，分 1 批钻井，非油层段钻井液排放 1 次。

钻完井产生的油层段水基钻井液平时存储在平台泥浆池里，回收时平台利用泵将钻井液打到平台上带盖的岩屑回收箱内，然后将岩屑回收箱吊装至三用料船运至葫芦岛码头，同时及时更换空岩屑箱到钻井平台备用。到码头由危废运输、处理单位辽宁绿源再生能源开发有限公司接收，使用专用运输车辆运输，车辆设置有防溢散措施，最终送至辽宁绿源再生能源开发有限公司处理。

非油层段钻井液在满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》(GB18420.1-2009)的要求后排海，若不符合排放要求，将随油层段水基钻井液和钻屑一起运回陆上处理。

最高排放速率出现在钻井结束后的一次性排放过程中，控制其排放速率最大为 35m<sup>3</sup>/h。

## (2) 钻屑

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。计算公式如下：

$$Q = \sum_{i=1}^n V_i \rho_i$$

(注：式中 Q 为钻屑总产生量，V<sub>i</sub> 为第 i 段井筒容积，ρ<sub>i</sub> 为第 i 段井筒内钻屑密度)

本工程新钻井井长为 [ ]，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。本工程钻屑源强核算结果见表 3.2-2。

表 3.2-2 钻屑源强核算结果表

钻屑	井数 (口)	油层段钻屑 (m <sup>3</sup> )	非油层段钻屑 (m <sup>3</sup> )	合计 (m <sup>3</sup> )	钻井时间 (d)	非油层段钻屑排放速率 (m <sup>3</sup> /d)
2020 年	4 口井 (A1/A2/A3/A6)	240.9	1541.2	1782.1	109	14.1
2020-2021 年	2 口井 (A4/A5)	70.2	452.9	523.1	41	11.0
2022 年	2 口井 (A7/A8)	58.4	665.8	724.2	40	16.6
合计	8 口井	369.5	2659.9	3029.4	190	—

本工程钻井过程中产生钻屑 3029.4m<sup>3</sup>，其中油层段钻屑约 369.5m<sup>3</sup>，非油层段钻屑约 2659.9m<sup>3</sup>。根据施工方案，非油层段钻屑的平均排放速率不会超过 16.6m<sup>3</sup>/d。

油层段钻屑在平台上采用带盖的岩屑回收箱收集存储，然后将岩屑回收箱吊装至三用料船运至葫芦岛码头，同时及时更换空岩屑箱到钻井平台备用。到码头由危废运输、处理单位辽宁绿源再生能源开发有限公司接收，使用专用运输车辆运输，车辆设置有防溢散措施，最终送至辽宁绿源再生能源开发有限公司处理（委托协议及相关资质见附件 2 和附件 3）。

非油层段钻屑在满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》(GB18420.1-2009)的要求后排海，若不符合排放要求，将随油层段水基钻井液和钻屑一起运回陆上处理。

### 3.2.1.2 悬浮泥沙

#### (1) 海底管道铺设

本工程拟建 1 条 LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台的混输海底管道。

海底管道采用后挖沟自然回填埋设法。埋设混输管道顶部距海床表面均为 1.5m，管沟底宽 1m，顶宽 2m。

LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台的混输海底管道管径 12 in，总管道长度 16.1km，挖沟速率为 1500m/d。

该海区泥沙干容重约为 14.16kN/m<sup>3</sup>，即为 1445kg/m<sup>3</sup>（参考《旅大 29-1 油田开发项目工程地质调查报告书》）。此外，本项目起沙率按 15%计算。根据以下悬浮沙计算公式：

[REDACTED]



按铺设过程中的移动源连续性排放悬浮沙计算，本工程海底混输管道产生的悬浮泥沙量约为 43586m<sup>3</sup>，源强为 10.2kg/s，详见表 3.2-3。

### (2) 海底电缆铺设

本工程拟建 1 条 LD21-2WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台的海底电缆。

海底电缆采用后挖沟自然回填埋设法。埋设电缆顶部距海床表面为 1.5m，缆沟底宽 0.5m，顶宽 1.5m，电缆长度 16.1km，挖沟速率为 2000m/d。

根据上述悬浮沙产生速率和产生量计算公式，按铺设过程中的移动源连续性排放悬浮沙计算，海底电缆产生的悬浮泥沙量约为 24150m<sup>3</sup>，源强为 7.5kg/s，详见表 3.2-3。

表 3.2-3 悬浮沙污染源强一览表

来源	外径 in	长度 km	泥沙产生量 m <sup>3</sup>	排放速率 kg/s
LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输管道	12	16.1	43586	10.2
LD21-2WHPA 平台至 LD29-1WHPA 平台海底电缆	/	16.1	24150	7.5

### 3.2.1.3 船舶污染物

#### (1) 污染物产生量

海上建设阶段产生的船舶污染源包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、生产垃圾等。根据工程作业期和参与作业的船舶数量，估算作业期内船舶污染物的源强。根据相关统计资料，

，海上建设阶段船舶污染物产生量详见表 3.2-4。

本项目施工期生活污水产生量约为 17086.34m<sup>3</sup>，生活垃圾产生量约为 73.23t，船舶机舱含油污水产生量约为 602.5m<sup>3</sup>。

表 3.2-4a 施工期船舶污染物

施工阶段	施工船舶数量 (艘)	施工人数 (人)	施工天数 (天)	生活污水 (m <sup>3</sup> )	生活垃圾 (t)	机舱含油污水 (m <sup>3</sup> )
	1700 吨级浮吊 (1)	119	19.5	812.175	3.48075	9.75
	拖轮 5000HP (1)	18	19.5	122.85	0.5265	9.75

施工阶段		施工船舶数量 (艘)	施工人数 (人)	施工天数 (天)	生活污水 (m <sup>3</sup> )	生活垃圾 (t)	机舱含油污水 (m <sup>3</sup> )
LD29-1WHPA 导管架、钢桩海上安装		7000 吨驳船 (1)	11	17.5	67.375	0.28875	8.75
		拖轮 6000HP (1)	21	17.5	128.625	0.55125	8.75
		交通船 (1)	10	19.6	68.6	0.294	9.8
LD29-1WHPA 隔水套管海上安装		1700 吨级浮吊 (1)	119	5.9	245.735	1.05315	2.95
		拖轮 5000HP (1)	18	5.9	37.17	0.1593	2.95
		7000 吨驳船 (1)	10	5.9	20.65	0.0885	2.95
		拖轮 6000HP (1)	21	5.9	43.365	0.18585	2.95
		交通船 (1)	10	5.9	20.65	0.0885	2.95
LD29-1WHPA 组块安装		蓝疆 (1)	207	7.2	521.64	2.2356	3.6
		拖轮 8000HP (1)	17	7.2	42.84	0.1836	3.6
		7000 吨驳船 (1)	10	7.2	25.2	0.108	3.6
		拖轮 6000HP (1)	21	7.2	52.92	0.2268	3.6
		交通船 (1)	10	7.2	25.2	0.108	3.6
		HYSY281 (生活支持船) (1)	10	30	105	0.45	15
		6000HP 拖轮 (1)	21	6	44.1	0.189	3
		4800HP (1)	15	20	105	0.45	10
海底管线铺设		汇众 301 (1)	197	22.2	1530.69	6.5601	11.1
		拖轮 8000HP (1)	19	22.2	147.63	0.6327	11.1
		5000 吨驳船 (1)	16	13.8	77.28	0.3312	6.9
		拖轮 4800HP (1)	15	13.8	72.45	0.3105	6.9
		5000 吨驳船 (1)	16	8.4	47.04	0.2016	4.2
		拖轮 4800HP (1)	15	8.4	44.1	0.189	4.2
		200 吨级别浮吊 (1)	92	97	3123.4	13.386	48.5
		拖轮 4000HP (1)	15	97	509.25	2.1825	48.5
		3000 吨自航驳 (1)	10	60.2	210.7	0.903	30.1
		2000 吨自航驳 (1)	10	19.2	67.2	0.288	9.6
海底电缆铺设		沪救捞 62 (1)	90	18.6	585.9	2.511	9.3
		2000 吨自航驳 (1)	10	18.6	65.1	0.279	9.3
钻完井		1 艘钻井船+2 艘拖轮	120	151.5	6363	27.27	227.25
		1 艘钻井船+2 艘拖轮	120	40	1680	7.2	60
依托设施改造	LD21-2WHPA	拖轮 4800HP (1)	15	5	26.25	0.1125	2.5
		200 吨级别浮吊 (1)	15	5	26.25	0.1125	2.5
	LD16-3CEPA	拖轮 4800HP (1)	10	3	10.5	0.045	1.5
	LD10-1PAPD/CEP	作业公司值班船 (1)	10	3	10.5	0.045	1.5
合计					17086.34	73.23	602.5

本项目施工高峰期出现在组块安装阶段,单天生活污水产生量最大约为 92.75m<sup>3</sup>/d,生活垃圾产生量最大约为 0.3975t/d,船舶机舱含油污水产生量最大约为 2.5m<sup>3</sup>/d。根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018),在 2012 年 1 月 1 日及以后安装(含更换)生活污水处理装置的船舶,船舶生活污水污染物排放限值:COD<sub>Cr</sub>≤125mg/L,则

施工高峰期 COD 产生量最大约为 11.6kg/d。

**表 3.2-4b 施工高峰期单天船舶污染物产生情况**

施工高峰期出现的阶段	高峰期船舶数量	每条船舶施工人数(人)	生活污水(m <sup>3</sup> )	生活垃圾(t)	机舱含油污水(m <sup>3</sup> )
组块安装阶段	蓝疆(1)	207	72.45	0.3105	0.5
	拖轮 8000HP(1)	17	5.95	0.0255	0.5
	7000 吨驳船(1)	10	3.5	0.015	0.5
	拖轮 6000HP(1)	21	7.35	0.0315	0.5
	交通船(1)	10	3.5	0.015	0.5
合计			92.75	0.3975	2.5

### (2) 污染物处置措施

施工期钻井船生活污水经船用生活污水处理装置处理后达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)后;铺管船、供给船等的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,统一排放至污水仓,最后间歇性排海。生活垃圾全部运回陆地处理。

机舱含油污水用污油水系统收集,密闭存储,并按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发[2007]165号)对船舶污油水系统的排放阀以及能够替代该系统的其他系统与油污水管路直接相连接的阀门予以铅封,运至码头。到码头由危废运输、处理单位辽宁绿源再生能源开发有限公司接收,使用专用运输车辆运输,车辆设置有防溢散措施,最终送至辽宁绿源再生能源开发有限公司处理。(委托协议及相关资质见附件2和附件3)。

同时,船舶生活污水、含油污水及生活垃圾的排放需按照《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》的有关标准和要求执行。

### 3.2.1.4 其他污染物

#### (1) 生产垃圾

在工程建设阶段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。根据以往类似工程项目的统计数据推算,本项目海上安装过程(包括平台导管架、组块的安装、安装调试等)、钻完井过程、海管/电缆铺设过程、依托平台适应性改造产生的一般工业固体废物约 49.89t,含油危险废物约 17.24t。

施工期固体废物产生量估算见表 3.2-5。海上建设阶段产生的一般工业固体废物和含油危险废物经平台设置的带盖的垃圾箱分别收集后,使用三用料船转运至陆上交由有

资质单位辽宁绿源再生能源开发有限公司进行处理。

**表 3.2-5 施工期生产垃圾产生量**

施工阶段	一般工业固体废物产生量 (t)	含油危险废物产生量 (t)
海上设施安装	7.5	2.5
钻完井	30.24	9.54
海管电缆铺设	11.75	5.0
依托设施改造	0.4	0.2
合计	49.89	17.24

### (2) 噪声

工作船只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

由于本项目位于渤海，属于《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交通运输部，2018.11）规定的船舶大气污染物排放控制区中的沿海控制区。建议建设单位在施工时选择的施工船舶应满足以下条件：

(1) 船舶发动机污染物排放满足《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097-2016）中船机排气污染物排放限值要求；2019 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.5% $m/m$  的船用燃油；

(2) 2015 年 3 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的施工船舶，所使用的单台发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求；

(3) 施工船舶还应严格执行其他现行国际公约和国内法律法规、标准规范关于大气污染物的排放控制要求。

同时，建议交通海事部门加强船舶施工过程中的使用监督管理，确保大气污染物排放满足要求。

施工过程的施工机械和船舶产生的废气，在采取满足使用上述标准的船舶和相对应的燃料油后，工程施工期对工程周边的大气环境影响可以接受，并且施工期间排放的大气污染物随工程施工的结束而结束。

### (4) 清管废水

LD29-1WHPA 至 LD21-2WHPA 海底混输管线在安装后，管道内可能存在一些焊渣和铁锈等杂物需要清除。根据设计，本工程所需要的清管水为海水，产生量约为 285.3 $m^3$ ，本工程为新铺设海管，清管废水的主要污染物质为悬浮物，因此直接排放入海。

### 3.2.1.5 海上建设阶段污染物汇总

海上建设阶段各种污染物的产生量详见下表。

表 3.2-6 海上建设各阶段主要污染物

污染物		污染物的产生量	污染物的排放量	排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
钻井液	非油层段钻井液	1300.2m <sup>3</sup>	1300.2m <sup>3</sup>	35m <sup>3</sup> /h	SS	按相关要求排放入海
	油层段钻井液	1769.3m <sup>3</sup>	0m <sup>3</sup>	/	石油类	运回陆上交辽宁绿源再生能源开发有限公司处理
钻屑	非油层段钻屑	2659.9m <sup>3</sup>	2659.9m <sup>3</sup>	≤16.6m <sup>3</sup> /d	SS	按相关要求排放入海
	油层段钻屑	369.5m <sup>3</sup>	0m <sup>3</sup>	/	石油类	运回陆上交辽宁绿源再生能源开发有限公司处理
悬浮沙	混输海管铺设	43586m <sup>3</sup>	43586m <sup>3</sup>	10.2kg/s	SS	连续排放
	电缆铺设	24150m <sup>3</sup>	24150m <sup>3</sup>	7.5kg/s		
生活污水		17086.34m <sup>3</sup>	17086.34m <sup>3</sup>	COD≤11.6kg/d	COD	经船用生活污水处理装置处理达标后排海
生活垃圾		73.23t	0 t	/	食品废弃物、食品包装等	分类收集、运回陆上处理
船舶机舱含油污水		602.5m <sup>3</sup>	0m <sup>3</sup>	/	石油类	铅封，运回陆上交有资质单位进行处理
生产垃圾		67.13t (其中一般工业固体废物 49.89t, 含油危险废物 17.24t)	0 t	/	废弃边角料、油棉纱、包装材料等	分类收集、运回陆上交有资质单位进行处理
清管废水		285.3m <sup>3</sup>	285.3m <sup>3</sup>	/	悬浮物	直接排放入海。

### 3.2.2 生产阶段污染源强核算

生产阶段产生的污染物主要是含油生产水、初期雨水、设施维修产生的生产垃圾等。

本项目新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，运营期仅来自原 LD21-2WHPA 平台的生产人员巡检将产生一定量的生活污水和生活垃圾，均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。

平台未设淡水系统，因此没有甲板冲洗水。

#### 3.2.2.1 生产水

##### (1) 正常工况

本工程投产后，旅大 29-1 油田的生产水最大产生量为 ██████████（2037 年，详见表 3.2-7），LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施，生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理合格，达到《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T 5329-2012）标准（石油类 $\leq 30\text{mg/L}$ ）。LD16-3CEPA 平台处理达标的生产水在本平台回注到地层，不外排；LD10-1PAPD 平台处理达标的生产水接入 LD10-1CEP 平台注水系统回注地层，为旅大 10-1 油田提供注水水源。

表 3.2-7 本次新建 LD29-1WHPA 平台含油生产水产生量预测

日期	日产量	年产量
	水	水
	$\text{m}^3/\text{d}$	$10^4\text{m}^3/\text{a}$
2021	██████	██████
2022	██████	██████
2023	██████	██████
2024	██████	██████
2025	██████	██████
2026	██████	██████
2027	██████	██████
2028	██████	██████
2029	██████	██████
2030	██████	██████
2031	██████	██████
2032	██████	██████
2033	██████	██████
2034	██████	██████

日期	日产量	年产量
	水	水
	m <sup>3</sup> /d	10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a
2035	■	■
2036	■	■
2037	■	■

## (2) 非正常工况

本工程进行期间及完工投产后，受生产流程波动影响可能会出现非正常工况。一旦出现上述非正常工况，可以调整油井运行频率，降低油井产出量，减少流程生产污水处理量，以保障油水处理效果，处理后的生产水全部回注地层，必要时停止生产，禁止生产水外排入海。

### 3.2.2.2 废气

#### (1) 天然气

LD29-1WHPA 平台投产后油气水混合的物流直接进入管道输往 LD21-2WHPA 平台，最终在 LD16-3CEPA 平台和 LD10-1PAPD 平台将天然气分离出来，因此，本工程新建的 LD29-1WHPA 平台不涉及天然气燃烧。

LD16-3CEPA 平台分离出的伴生天然气部分供平台透平发电，剩余天然气送至 LD10-1PAPD 平台进行处理；LD10-1PAPD 平台分离出的天然气进入 LD10-1CEP 燃料气系统，处理后用作透平燃料气。

本项目投产后，LD16-3CEPA 平台和 LD10-1CEP 平台新增伴生天然气燃烧量最大为 ■。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），每燃烧 1Nm<sup>3</sup> 天然气约产生 13.63m<sup>3</sup> 烟气量；NO<sub>x</sub> 排放系数为：18.71kg/10<sup>4</sup>m<sup>3</sup> 燃料气。

本油田天然气组分含硫化氢，天然气中 S 含量约为 58.77mg/m<sup>3</sup>。

表 3.2-8 本项目投产后大气污染物产生量

污染物	新增天然气燃烧量 (m <sup>3</sup> /a)	烟气量 (m <sup>3</sup> /a)	NO <sub>x</sub> (t/a)	SO <sub>2</sub> (t/a)
产生量	■	2.95×10 <sup>8</sup>	40.5	2.54

综上，本项目投产后，新增 NO<sub>x</sub> 排放量最大为 40.5t/a，SO<sub>2</sub> 排放量最大为 2.54t/a。

#### (2) 柴油

在 LD29-1WHPA 平台上设置了柴油应急发电机。正常情况下，柴油机每月试运转一次，全年启动 12 次，柴油机试运行消耗柴油量约为  $0.76\text{m}^3/\text{a}$ ；此外，失电后应急情况下，柴油应急发电机还会消耗一定量的柴油。运行期间因消耗柴油产生  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和烟尘污染物。

### 3.2.2.3 生产垃圾

在工程生产阶段将会产生一些生产垃圾，如废弃的器件、边角料、油棉纱、包装材料等。运营期按每口井生产垃圾产生量约为  $1\text{t}/\text{a}$ ，则年产生的生产垃圾共约  $8\text{t}/\text{a}$ 。生产垃圾运回陆地交辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理。

### 3.2.2.4 泥沙

本工程共有 3 口水源井，防砂方式采用优质筛管简易防砂，防砂精度为  $120\mu\text{m}$ 。根据标准要求：含砂量约为  $0.05\%$ 。

根据“2.3.2.2 节 旅大 21-2 油田区域水平衡分析”，本工程 LD29-1WHPA 平台水源井补充水量最大为 [REDACTED]，则出砂量不超过  $0.54\text{m}^3/\text{d}$ 。泥砂经水源井水携带至地面，通过除砂器进行分离。

泥砂运回陆地交辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理。

### 3.2.2.5 生活污水和生活垃圾

本工程新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，但会有原 LD21-2WHPA 平台的生产人员定期巡检，巡检频率约为 10 天一次，年巡检次数约为 100 次，每次 3 人，原则上巡检人员上 LD29-1WHPA 平台不隔夜。

运营期巡检人员将产生一定量的生活污水和生活垃圾。生活污水和生活垃圾均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，生活污水经 LD21-2WHPA 平台上的生活污水处理设施处理达标后排海，生活垃圾运回陆地处理。

因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。

### 3.2.2.6 噪声

运营期各种机械设备会产生噪声，其中噪声较大的设备噪声级一般在  $85\text{dB}(\text{A})$  左右。由于在海上工作远离居民点，其影响可以忽略。



### 3.2.2.7 船舶污染物

在海上生产阶段，参加作业船舶主要为值班船和供应船，LD29-1WHPA 平台值班船/供应船与周边油田共享，且共享船舶为已有船舶，不属于本项目新增，因此，本项目不新增船舶污染物（生活污水、生活垃圾、机舱含油污水）。

### 3.2.2.8 平台和海管牺牲阳极中锌的释放量

平台导管架水下部分和管道为阴极保护防腐。主要采用铝基牺牲阳极，即在常规的 Al-Zn-In 系阳极中添加 Mg、Ga 等合金元素。铝基牺牲阳极除铝外，重金属主要成分为锌，含量为 3.4%。

海底管道对海洋环境的污染主要来自牺牲阳极中的重金属溶出。牺牲阳极中的重金属释放到海水环境中的过程可分为两步：首先是进入到埋设牺牲阳极的土层中，其次是随着掀起的海底泥沙溶出后进入到海水中。由此可见，阳极中的锌可能引起沉积物环境和水环境的重金属污染。

LD29-1WHPA 平台导管架采用长条状铝基牺牲阳极，牺牲阳极用量详见表 3.2-9。平台设计寿命为 20 年，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 79.6kg，即每秒释放到海水中的锌离子不超过 0.0025g。

旅大 29-1 油田共铺设 1 条海底混输管道，采用手镯型铝基牺牲阳极。海管阳极用量详见表 3.2-9。海底混输管道阳极块间隔约 90m，由于阳极块间隔较远，锌离子向环境释放的影响不会相互叠加，所以把每个阳极块当做一个单独的释放源。海底管道设计寿命为 20 年，考虑到阳极使用寿命的裕量，则单个阳极块每年释放到环境中的锌量不超过 0.062kg。

表 3.2-9 平台和海管牺牲阳极用量及释放到海水中的锌含量

平台和管道名称	牺牲阳极结构形式	阳极块单重 (kg)	数量 (块)	牺牲阳极块重量 (kg)	释放锌总量 (kg)	每年释放到海水中的锌 (kg/a)
LD29-1WHPA 平台	长条状铝基牺牲阳极	468.3	100	46830	1592.22	79.6
LD29-1WHPA→LD21-2WHPA 混输管道	手镯型铝基牺牲阳极	36.44	180	6559.2	223.0	11.2
合计					1815.22	90.8

### 3.2.2.9 初期雨水

由于旅大 29-1 油田距离陆地最近的城市为大连市，因此本项目初期雨水按大连市

地区暴雨公式进行估算。

$$\text{暴雨强度公式: } q = \frac{1900 (1+0.66 \lg P)}{(t+8)^{0.8}}$$

式中:  $q$ —暴雨强度(L/S·ha);  $P$ —设计暴雨重现期采用  $P=1$  年;  $t$ —集流时间(min), 采用 30min。计算得工程区暴雨强度为 103.5 L/S·ha。

$$\text{雨水量公式: } Q=C \cdot F \cdot q$$

式中:  $Q$ —雨水量(L/S);  $F$ —汇水面积(ha);  $C$ —径流系数, 0.4-0.6 之间取值。本次评价取 0.6。

初期雨水一般为前 15min 的雨水, 新建平台上部组块的面积为 710.2m<sup>2</sup>, 经计算初期雨水量产生量 4.0m<sup>3</sup>/次。

初期雨水经开、闭系统收集后, 将液体输送到海底混输管道一同进行外输。

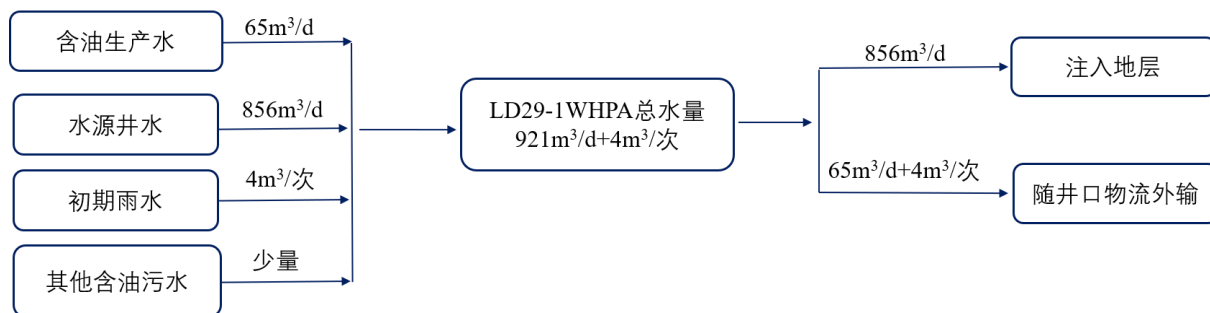
### 3.2.2.10 其他含油污水

由于平台未设淡水系统, 因此, 没有甲板冲洗水。

其他含油污水主要包括工艺容器排放液等, 平台上设置有开式/闭式排放系统, 用以收集这些含油污水。

LD29-1WHPA 平台的开式排放系统, 主要包括开式排放罐和开式排放泵等, 用以收集处理各工艺设施区域产生的溢出液等。当开式排放槽达到一定的液位时, 由开排槽泵将含油污水打入闭式排放罐。

LD29-1WHPA 平台的闭排兼冷放空系统由闭排管汇、泄放管汇、闭排兼冷放空放罐和闭排泵组成。闭排罐兼冷放空放罐主要收集开排罐存液, 污水罐内污水, 维修时设备和管道的排放, 带压容器、管线等排放出的可燃性介质, 并进行气液分离。当罐内液位上升到设定值时, 闭排泵自动启动, 将液体输送到海底管道一同进行外输。气体通过冷放空管排入大气。



注: 含油生产水和水源井水逐年变化, 本图以 2022 年为例。

图 3.2-1 本项目运营期水平衡示意图 (以 2022 年为例)

3.2.2.10 生产阶段污染物汇总

表 3.2-10 本工程运营期污染物产生情况一览表

污染物		污染物的产生量	污染物的排放量	主要污染因子	排放/处理方式
生产水		██████████ ██████████	0	石油类	依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台上的生产水处理设施处理达标后全部回注地层，不外排
初期雨水		4.0m <sup>3</sup> /次	0	石油类	经开、闭系统收集后，将液体输送到海底混输管道一同进行外输
其他含油污水		少量	0	石油类	
LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台新增燃气透平发电机废气		NO <sub>x</sub> : 40.5t/a SO <sub>2</sub> : 2.54t/a	NO <sub>x</sub> : 40.5t/a SO <sub>2</sub> : 2.54t/a	NO <sub>x</sub> 、SO <sub>2</sub> 等	燃气透平发电机组燃烧排放
柴油应急发电机废气		少量	少量	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 和烟尘等	柴油应急发电机燃烧排放
平台	生产垃圾	8t/a	0	废弃边角料、包装材料等	分类收集、运回陆上交辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理
	泥砂	不超过 0.54m <sup>3</sup> /d	0	泥砂	
供应船 和值班 船	生活污水	0m <sup>3</sup> /a	0m <sup>3</sup> /a	/	/
	生活垃圾	0t/a	0t/a	/	/
	机舱含油污水	0m <sup>3</sup> /a	0m <sup>3</sup> /a	/	/
混输海管牺牲阳极锌释放量		11.2kg/a	11.2kg/a	重金属 Zn	自然释放
平台牺牲阳极锌释放量		79.6kg/a	79.6kg/a		

### 3.2.3 工程各阶段海洋生态环境影响分析

本工程平台建设和海底管道/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，生物具有活动性，因此，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。

海上施工阶段非油层段钻井液、非油层段钻屑排放和海底管缆铺设产生的悬浮泥沙使施工区周围海水中悬浮泥沙浓度增大，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。但由于悬浮泥沙影响的时间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮泥沙的排放，其影响将会逐渐减轻。

平台建设和管缆铺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。

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 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，仅来自原 LD21-2WHPA 平台的生产人员巡检将产生一定量的生活污水和生活垃圾，均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。含油生产水经依托平台上的生产水处理设施处理达标后全部回注地层，不外排；生产垃圾运回陆地交有资质的单位处理；因此，基本不会对该区的海洋生态环境造成影响。

### 3.3 环境影响要素和评价因子的分析与识别

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）的有关要求，结合环境影响要素识别结果，确定本工程环境影响预测评价因子。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：工程建设前后的潮流形态变化，平台建设和海底管线埋设产生的悬浮沙，事故溢油等，详见表 3.3-1。

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
建设期	海水水质	悬浮物	平台建设、管缆铺设、钻完井、清管	++
		COD	船舶生活污水	+
	沉积物	悬浮物	平台建设、管缆铺设、钻完井	++
	海洋生态	浮游生物	平台建设、管缆铺设、钻完井	+
		底栖生物		+++
		渔业资源		++
	水文动力	局部海流流向和流速	平台建设、管缆铺设	+
	地形地貌	局部海域冲淤	平台建设、管缆铺设	+
环境敏感区	悬浮物	平台建设、管缆铺设、钻完井	+	
生产期	海水水质环境	含油生产水	生产阶段	/
	海洋沉积物环境	沉积物	平台管线防腐	+
	海洋生态环境	生态环境	管线、平台占用	+
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，需要进行简要的分析与影响预测；

++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要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，需要进行重点的影响分析与影响预测。

## 4 区域自然和社会环境现状

### 4.1 工程区域自然环境概况

区域自然环境现状资料引自《旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告》。本项目收集了中海石油（中国）有限公司北京研究中心的渤海水文气象数据集，其中包括连续 35 年的水位、风速、风向、波高、周期、流速和流向等格点数据。

#### 4.1.1 气象概况

##### (1) 风向风速

工程所在海域地属中纬度，属东亚大陆季风气候区。冬季主要受东亚冷高压边缘的控制，大量的冷空气频繁南下入侵该海区。根据《旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告》，通过多年的风速资料分析可知，旅大 29-1 油田所在海域的冬半年常风向基本维持 N 向风，夏半年常风向基本维持 S 向风，年平均风速为 6.98m/s；年最大风速为 25.68m/s，出现的方向为 NNE；全年以 NNE 和 SW 风为主，风频率分别为 13.57%和 9.62%。全年风速-风向联合分布统计见表 4.1-1，风速玫瑰图见图 4.1-1。

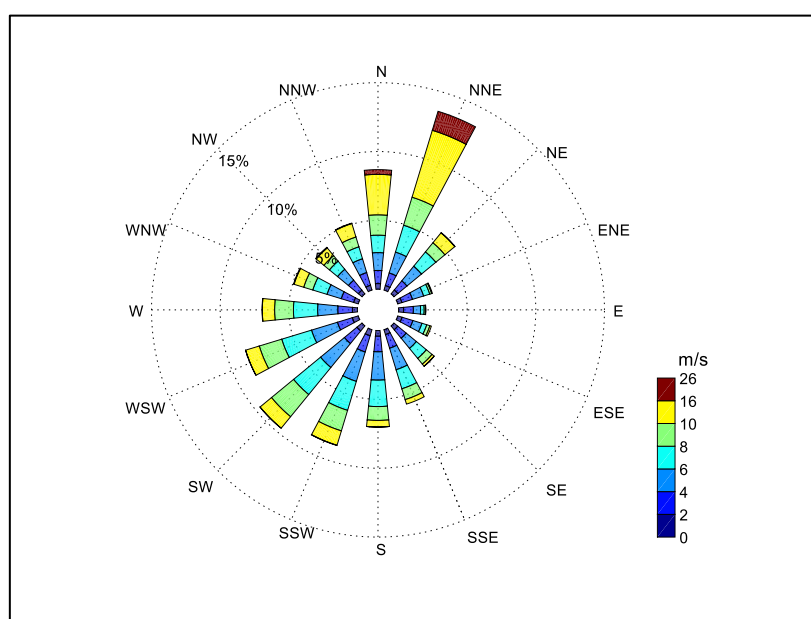


图 4.1-1 工程所在海域风向玫瑰图

表 4.1-1 全年风速-风向联合分布统计表

项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	9.06	15.83	6.92	2.94	1.97	1.75	1.67	4.19
风速最大值 (m/s)	17.75	20.68	17.14	8.94	9.15	8.36	7.88	10
风速平均值 (m/s)	7.17	9.13	6.51	3.95	3.7	3.91	4.05	5.46
项目	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	7.67	9.31	11.56	8.17	6.19	4.56	3.69	4.53
风速最大值 (m/s)	10.47	12.09	12.9	12.82	10.85	14.33	16.69	16.98
风速平均值 (m/s)	5.54	5.87	6.22	5.31	5.55	5.29	4.56	6.04

### (2) 气温与湿度

工程海域海面气温受海洋影响较大，秋冬季本海域气温较周围陆地高，春夏季本海域气温较周围陆地低。根据资料分析，工程所在海域最低气温为-24.0℃，最高气温为 35.0℃；工程所在海域湿度最小值为 45%，湿度最大值为 100%。

### (3) 降水

工程海域年降水主要集中在 7、8 月，占年总降水量的一半以上。冬季降水稀少，多为降雪，2 月最少。工程海域最大日降水量约 161mm，最大小时降水量约 35mm。

### (4) 雷暴日

工程海域年平均雷暴日约为 20.6 天。

### (5) 雾

工程海域年平均雾日 7.4 天。

## 4.1.2 水文特征

### (1) 水温

工程海域表层水温最大值为 28.2℃，最小值为-1.7℃；底层水温最大值为 25.6℃，最小值为-1.4℃。

### (2) 海流

工程海域海流以潮流为主，表层、中层和底层均为不正规半日潮流，流向为往复流。

该海区全年表层主流向为 S 和 N，频率分别为 24.79%和 17.12%；全年底层主流向也为 S 和 N，频率分别为 33.79%和 24.65%。工程海域全年表层流速-流向联合分布见表 4.1-2，工程海域表层流玫瑰图见图 4.1-2；工程海域全年底层流速-流向联合分布见表 4.1-3，工程海域底层流玫瑰图见图 4.1-3。海流主极值见表 4.1-4。

表 4.1-2 工程海域全年表层流速-流向联合分布表

项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	17.12	2.47	1.15	0.81	0.84	1.31	3.15	20.49
流速最大值 (m/s)	151.88	54.68	28.39	24.65	24.06	29.64	54.36	106.01
流速平均值 (m/s)	54.71	17.97	10.81	9.34	9.45	11.02	17.28	41.79
项目	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	24.79	3.94	1.53	1.02	1	1.28	2.61	16.49
流速最大值 (m/s)	121.28	102.81	61.62	49.1	44.59	49.51	89.39	150.91
流速平均值 (m/s)	43.93	20.3	12.66	10.69	10.31	12.33	18.72	53.14

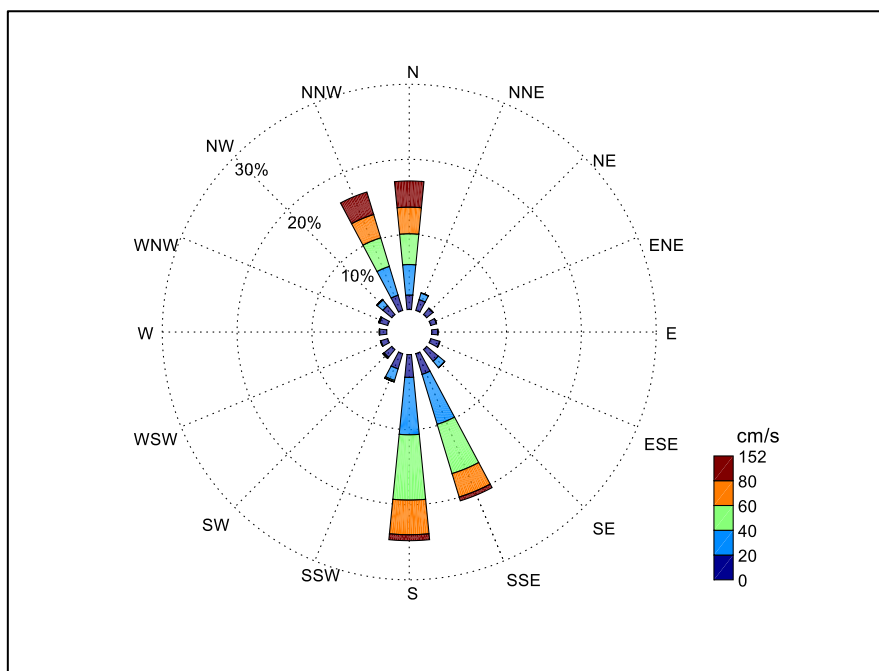


图 4.1-2 工程海域表层流玫瑰图

表 4.1-3 工程海域全年底层流速-流向联合分布表

项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	24.65	3.61	1.91	1.41	1.31	1.59	2.64	8.7
流速最大值 (m/s)	134.05	53.45	41.97	24.66	25.69	29.9	38.92	77.85
流速平均值 (m/s)	54.44	18.92	13.3	10.53	10.32	11.68	15.67	31.15
项目	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	33.79	5.1	1.36	0.78	0.72	0.85	1.6	9.95
流速最大值 (m/s)	99.86	69.74	31.95	20.73	19.23	20.19	37.03	122.63
流速平均值 (m/s)	43.72	19.8	10.08	7.86	7.42	8.04	11.53	36.35

表 4.1-4 工程海域海流主极值

要素	重现期 (年)					
	1	5	10	25	50	100
表层 (3m) 流速 (cm/s)	156	166	175	188	193	198
中层 (16m) 流速 (cm/s)	152	162	166	174	177	179
底层 (30m) 流速 (cm/s)	124	133	138	144	147	148



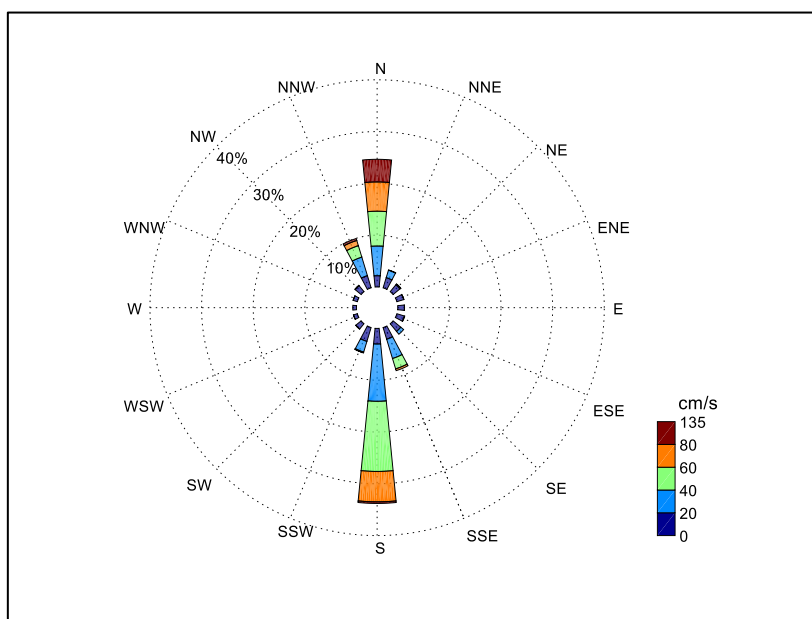


图 4.1-3 工程海域底层流玫瑰图

## (2) 波浪

波浪分为风浪和涌浪，风浪是在风的直接作用下而形成的，涌浪是由外海或邻近海域传入的波浪。渤海属半封闭式海域，外海的波浪不易传入，海上开发海域的涌浪主要是大风停后由辽东湾或渤海南部海域的波浪传播至此。

工程所在海域海浪具有两个显著特征：其一是风区较短，风生浪会较快地达到稳定状态；其二是外海的波浪不易传入。因此本海域以风浪为主，风浪的成长与风速、风区、风时、水深有密切关系。在一定范围内，波高随风速、风区、风时、水深的增加而增大，否则波高则变小。风浪具有明显的季节性特征。工程海域全年主浪向为 NNE 和 SW，频率分别为 16.89%和 13.24%。工程海域全年有效波高-波向联合分布见表 4.1-5，工程海域波浪玫瑰图见图 4.1-4。

最大波高和其它周期的极值参照 Q/HS 3081-2017 中推荐的换算关系进行计算，波浪主极值设计参数结果见表 4.1-6。

表 4.1-5 工程海域全年有效波高-波向联合分布见表

项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	11.45	16.89	1.75	0.56	0.5	0.61	1.41	4.01
有效波高最大值 (m/s)	2.96	3.5	1.23	1.22	1.15	1.22	1.9	2.07
有效波高平均值 (m/s)	0.97	1.01	0.44	0.39	0.42	0.45	0.53	0.56
项目	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	7.7	11.08	13.24	10.63	8.02	4.82	3.43	3.92
有效波高最大值 (m/s)	2.29	2.92	2.94	2.65	3.39	3.32	2.33	2.12
有效波高平均值 (m/s)	0.55	0.68	0.76	0.73	0.72	0.7	0.72	0.75

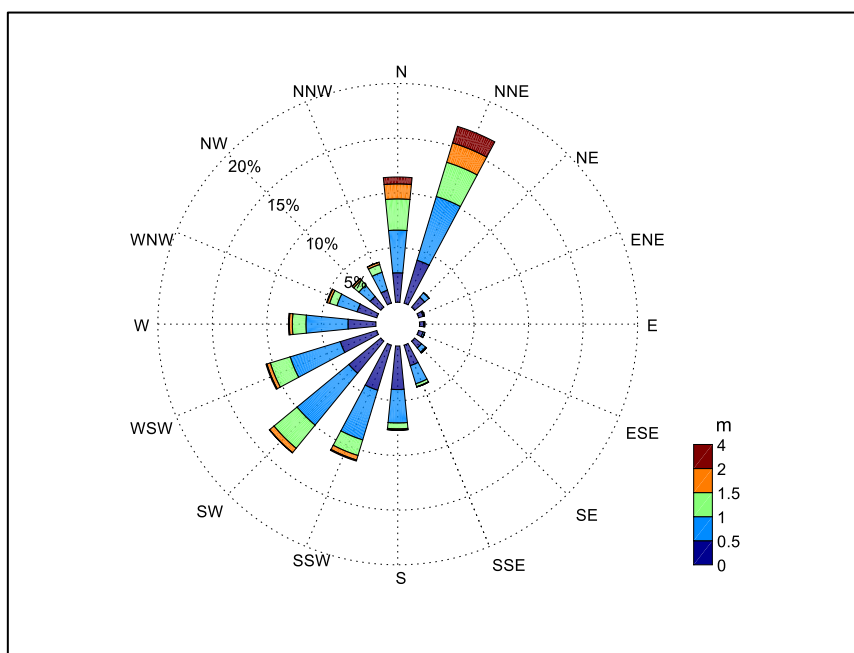


图 4.1-4 工程海域波浪玫瑰图

表 4.1-6 波浪主极值

要素	重现期 (年)					
	1	5	10	25	50	100
有效波高 $H_s(m)$	4.2	4.6	4.9	5.1	5.3	5.4
最大波高 $H_m(m)$	7.2	8.1	8.5	8.9	9.2	9.4
跨零周期 $T_z(s)$	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3
有效波周期 $T_s(s)$	6.4	6.7	6.9	7.0	7.1	7.2
最大波周期 $T_m(s)$	8.8	9.2	9.4	9.6	9.7	9.8
谱峰周期 $T_p(s)$	7.1	7.4	7.5	7.7	7.8	7.9

### (3) 潮汐

选择平均海面以下 0.96m 为调查海区的海图基准面，工程海域的潮汐类型属于不正规半日潮。

### (4) 水位

根据《旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告》，参考该海区近期历史资料，并与附近测站基面的一致性，选择该测站平均海面以下 0.96m 为海图基准面。本工程设计水位见表 4.1-7，特征水位见图 4.1-5。

表 4.1-7 本工程设计水位

要素	相对海图基准面(m)	相对平均海平面(m)
100 年一遇高水位	3.22	2.26
50 年一遇高水位	3.18	2.22
1 年一遇高水位	2.89	1.93

最高天文潮位	2.46	1.50
平均海平面	0.96	0.00
海图基准面	0.00	-0.96
最低天文潮位	-0.26	-1.22
1 年一遇低水位	-0.86	-1.82
50 年一遇低水位	-1.12	-2.08
100 年一遇低水位	-1.15	-2.11

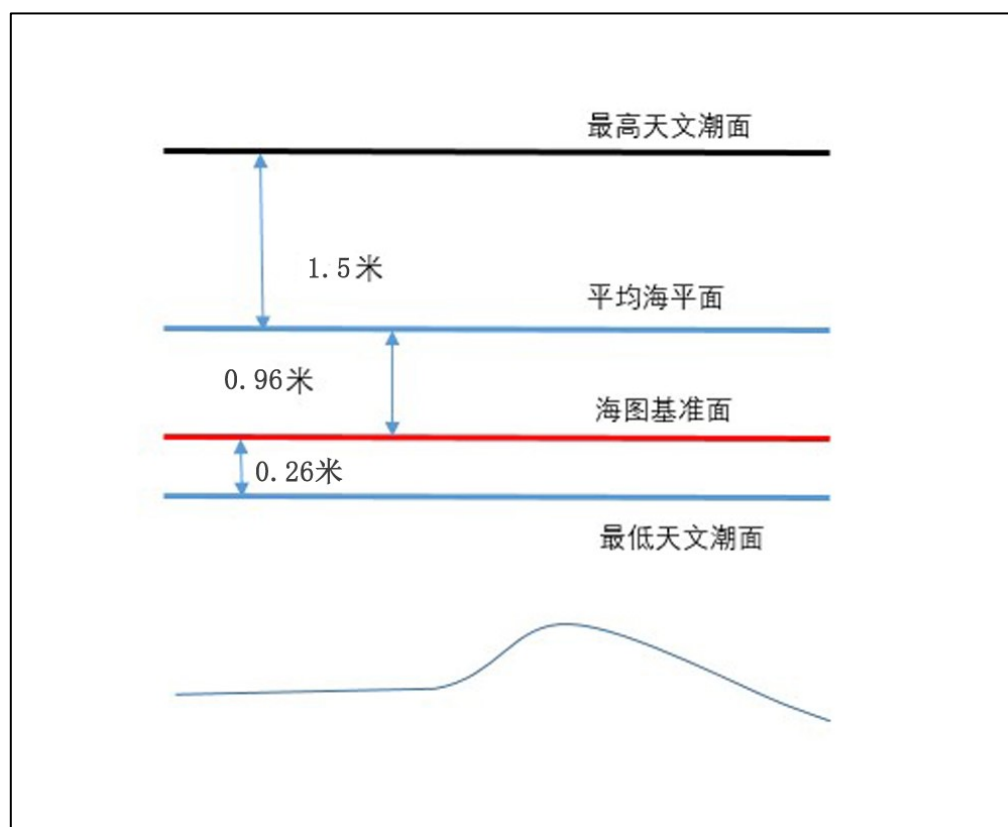


图 4.1-5 本工程特征水位图

### (5) 余流

按照多数研究者的意见，除了某些年份的个别月份外，辽东湾的环流为反气旋型环流。冬季，海面盛行偏北大风，使得辽东湾的海水推向东岸，并随风南下，形成辽东沿岸流。为保持湾内水量一定程度的动态平衡，风生补偿流则沿海湾的西岸北上，形成辽河沿岸流。辽河沿岸流的流速和流向均超过辽西沿岸流，两者的差值导致在偏北风下辽东湾的减水现象。这两支流首尾相接于湾顶，从而形成了辽东湾内季风生反气旋环流。六股河口至长兴岛连线的中央部分，位于 30 米封闭等深线处，那里形成一个中尺度反气旋正压涡旋。在这个涡旋的北翼，其冬季流向是偏东的，流速约为 10~15 厘米/秒。春季，辽东湾的盛行风向不明显，此时反气旋环流逐渐减弱。7 月风向偏南，风力不大，表层低盐水被缓慢地推向西岸；8 月辽河径流量剧增，被推向西岸的低盐水产

生明显的自北向南的海面倾斜。于是在夏季有时出现了辽西沿岸流；与此同时，东岸附近则出现一支自南向北的补偿流，即夏季的辽东沿岸流。因此在某些年月可以形成辽东湾内部的夏季斜压气旋型环流。当海面偏南风增强时，北上的辽东沿岸流的流量将大于南下的辽西沿岸流的流量，两者的差值将导致偏南风下辽东湾的增水现象。历史资料分析表明，在夏季辽东湾中部的 30 米封闭等深线处，其深底层出现一个孤立的冷水块，那里有可能形成一个中尺度气旋型斜压涡旋，它将进一步增强辽东湾内夏季的气旋型环流。9 月为环流系统的转变时期，夏季气旋型环流开始减弱，逐步向冬季气旋型环流过度。

#### 4.1.3 泥温

结合本项目的现场泥温调查、历史泥温调查以及周边油气田的设计数据，本工程海域海床以下 0.1m 处泥温的最大值约 25.6℃，最小值约-1.4℃。

#### 4.1.4 海冰

冬季辽东湾出现的冰情，是本海区水文环境中一个重要的海洋现象。在气候偏暖年份，冰情尚不十分严重，对航行和海上生产的危害不算太大；但在某些“冷冬”年份，冰情却相当严重，沿海浅水区域堆积着厚冰，海面被海冰覆盖，致使航道封冻，交通中断。辽东湾沿岸一般初冰出现于 11 月中、下旬，而于次年 3 月中下旬冰情终止。除长兴岛外，辽东湾沿岸的结冰期一般达 105~120 天。长兴岛以北至盖平角一带，1 月上旬至 2 月下旬出现固定冰，宽度几百米至 2 公里左右，冰厚 10~40 厘米，盖平角至小凌河口一带，冰情严重，为辽东湾沿岸冰情最重地区；固定冰期出现于 12 月初至次年 2 月底，冰期长达三个月之久；沿岸封冰宽度为 2~8 公里，厚度为 30~50 厘米。小凌河口至秦皇岛一带，1 月和 2 月有固定冰，宽度为 200 米至 2 公里，冰厚 20~40 厘米。辽东湾的流冰冰界，一般距岸 20~40 公里，距湾顶有时可达 100 公里左右，冰厚 15~30 厘米，流冰速度达 0.4~0.8 节。历史资料表明，1936、1947，1957，1969 和 1977 年属于辽东湾历史上最严重冰情年。在这几年冬季，整个辽东湾几乎均被冰雪覆盖，湾内冰厚普遍达 30~60 厘米。

结合近些年份海冰观测记录，同时参考《中国海海冰条件及应用规定》(Q/HSn 3000-2002)，旅大 29-1 油田区块属于第 13 冰区。该海域近年来总冰期最长为 60 天，初冰期 25 天，盛冰期 44 天，融冰期 15 天。该海域多年初冰日最早出现在 12 月中旬，盛冰日

最早出现在 1 月下旬，终冰日平均出现在 2 月中旬。该区域海冰漂移方向以 SW 为主，漂流速度平均为 0.5m/s，最大为 1.4m/s。

#### 4.1.5 地形地貌与底质特征

本工程地形地貌与地质特征资料引自《旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告》和《旅大 29-1 油田开发项目海底电缆管道路由调查勘测报告》。

##### 4.1.5.1 水深

###### (1) LD29-1 WHPA 平台

根据中海油田服务股份有限公司物探事业部工程勘察作业公司 2018 年 12 月的调查，水深基准面为海图基准面（位于平均海平面以下 0.96m）。LD29-1 WHPA 平台场址调查区域内海底平坦，水深变化比较小，水深值在 30.3m 至 32.8m 之间变化，调查区域水深从西向东逐渐变深。LD29-1 WHPA 平台位置处的水深值为 32.2m。平台附近海域水深见图 4.1-6。

图 4.1-6 平台附近海域水深图

###### (2) 管缆路由区

工程海域的深度基准面位于 85 高程基准面下 103cm。

路由区水深在 18.0m~31.7m 之间，最大水深位于新建 LD29-1 WHPA 平台东南方向约 90m 处，最小水深位于路由 KP12+650m 处。KP12+650m 附近穿越辽东浅滩 1 处沙脊，沙脊水深在 18.0m~21.6m 之间，沙脊坡度约 3.6‰~4.0‰；沙脊西侧路由水深在 21.8m~23.1m 之间，坡度约 0.2‰~0.3‰；沙脊东侧路由水深在 21.6~31.7m 之间，平均坡度约 3.8‰。管缆路由区水深地形见图 4.1-7。

图 4.1-7 管缆路由区水深地形图

#### 4.1.5.2 地形地貌与底质特征

##### (1) LD29-1 WHPA 平台

海底地貌资料局部色度显示均匀,海底在调查区域内基本平整,底质无明显变化。调查期间未发现有对平台安装及钻井平台就位有不利影响的遗弃物及障碍性物体存在。调查区域海底底质主要为软到稍硬的褐灰色粉质粘土含粉土包和少量贝壳碎屑。项目所在海域地形地貌见图 4.1-8。

图 4.1-8 项目所在海域地形地貌图

##### (2) 管缆路由区

路由区大多数声纳影像资料灰度显示基本均匀,反射强度变化不大,反映路由区海底底质无明显变化,结合底质取样可判断路由区海底底质为粉砂质砂。

路由区西侧 LD21-2 WHPA 平台、LD21-2 WHPB 平台附近可见桩腿以及施工后在海底面留下的桩靴、拖痕。根据声纳影像资料,共发现 3 个桩腿、8 个桩靴、8 条拖痕,在路由区发现一条出露电缆、一条出露混输管线,分别出露 18.4m、17.4m,埋藏部分埋深在 0.2m 左右,距离路由中轴线最近 10m,路由施工注意避让。除两段出露电缆、混输管线外,路由区未发现其他影响路由建设的地貌单元和障碍物。LD21-2WHPA 平台周边海底面状况见图 4.1-9。

图 4.1-9 LD21-2 WHPA 平台周边海底面状况图

#### 4.1.6 工程地质

##### (1) 土质特征

钻孔揭示海底至泥面以下约 2.2-2.9m 深度范围内土质为非常软到稍硬的粉质粘土;海底泥面以下 2.2-2.9m 至 17.1-17.9m,土质主要以粒状土与粘性土交替出现为主,其中 LD29-1 WESU-BH1 孔 3.9-17.9m 为稍硬到硬的粉质粘土;海底泥面以下 17.1-17.9m 至 25.8-26.3m,土质主要为密实的粉土、砂质粉土和细砂;海底泥面以下 25.8-26.3m 至 40.0-40.9m,在可揭露的范围内土质主要以粒状土与粘性土交替出现为主,其中 LD29-1 WESU-BH1 孔仅在 26.0-28.0m 为硬的粉质粘土,28.0-40.0m 均为粒状土。根据 LD29-1 WESU-BH 孔钻孔资料,海底泥面以下 39.3m 至 100.4m 主要以非常密实的粉土、粉

质细砂与细砂为主,仅在 55.1m 至 67.2m 为非常硬的粉质粘土与密实的粉质细砂迭层。

总体上 LD29-1 WHPA 平台场址,在海底表层至泥面以下约 2.2-2.9m 为非常软到稍硬的粘土和粉质粘土,2.2-2.9m 以下基本为交替出现的粘性土和粒状土。

LD29-1 WHPA 平台场址内各钻孔土质对比见图 4.1-10。

## (2) 中浅层地质

通过对地层剖面资料和地质钻孔分层资料的综合分析、对比,根据地层内部的反射结构及沉积特征的变化情况,对该场址中浅部地层沉积进行了划分和分析。LD29-1 WHPA 平台场址调查区共划分为 A、B、C、D 四层。

**A 层:** 位于海底至 R1 界面之间的地层, A 层覆盖整个调查区, A 层反射层理不明显,反射能量较弱,地层反射连续。A 层底界面 R1 埋深在 1.9m 至 5.1m 之间变化,调查范围内西部 A 层沉积较厚,东部沉积较薄,LD29-1 WHPA 位置中心处, A 层底界面 R1 的埋深约为 2.9m。A 层内土质成分主要为软到稍硬的褐灰色粉质粘土。

**B 层:** 位于 R1 至 R2 界面之间的地层, B 层覆盖大部分调查区, B 层反射层理明显,反射能量较强。B 层内大部分区域为埋藏古河道,地层反射主要为倾斜状,杂乱状反射。除埋藏古河道外,调查范围内东部地层受浅层气影响,反射能量较弱,地层反射不连续。B 层底界面 R2 埋深在 15.8m 至 17.2m 之间变化,LD29-1 WHPA 位置中心处, B 层底界面 R2 的埋藏深度约为 16.8m。B 层内土质成分主要为中密实到密实的褐灰色粉土,以及软到稍硬的褐灰色粉质粘土。

**C 层:** 位于 R2 至 R3 界面之间的地层, C 层覆盖大部分调查区域, C 层反射层理明显,反射能量较强,主要为水平状反射,调查范围内局部地层受浅层气影响,反射能量较弱,地层反射不连续。C 层底界面 R3 埋深在 24.7m 至 27.1m 之间变化,LD29-1 WHPA 位置中心处, B 层底界面 R3 的埋藏深度约为 25.9m。C 层内土质成分主要为密实的褐灰色粉土及砂质粉土。

**D 层:** 位于 R3 至 R4 界面之间的地层, D 层覆盖大部分调查区域, D 层反射层理明显,反射能量较强,主要为水平状反射,调查范围内局部地层受浅层气影响,反射能量较弱,地层反射不连续。D 层底界面 R4 埋深在 58.8m 至 61.2m 之间变化,LD29-1 WHPA 位置中心处, B 层底界面 R4 的埋藏深度约为 58.8m。D 层内土质成分主要为非常密实的褐灰色粉质粘土。

**埋藏古河道:** 在 LD29-1 WHPA 平台场址范围内,发现 1 处埋藏古河道。河道分布范围较大,几乎覆盖整个调查区域。埋藏古河道部分区域受浅层气屏蔽影响,无法识



别。埋藏古河道的顶部埋深在海底以下约 4m 至 7m,底部埋深在海底以下约 7m 至 16m。LD29-1 WHPA 平台场址位置位于埋藏古河道之上, LD29-1 WHPA 平台位置处,埋藏古河道的顶部埋深和底部埋深分别约为 5m 和 13m。

埋藏古河道对平台安装没有不利影响,由于埋藏古河道内沉积物成分存在差异,预定平台位置处,河道顶部埋深约 5m,如钻井平台插桩深度超过 5m,应注意沉积物成分差异造成的不同桩腿入泥深度的差异。

**断层:**根据中浅地层剖面资料可知,在 LD29-1 WHPA 平台场址调查区域内的海底至海底以下 100m 深度范围内未发现断层。

**浅层气:**根据现有调查资料,在预定 LD29-1 WHPA 平台场址海底至海底以下 100m 范围内,发现 4 处浅层气区域。

中浅地层剖面见图 4.1-11~4.1-15。

**图 4.1-10 LD29-1 WHPA 平台场址内各钻孔土质对比图**

**图 4.1-11 浅地层剖面图（测线 A06A）**

**图 4.1-12 浅地层剖面图（测线 B06）**

**图 4.1-13 浅地层剖面图（测线 A03）**

**图 4.1-14 中地层剖面图（测线 A06a）**

**图 4.1-15 中地层剖面图（测线 B06）**

### (3) 深层地质

根据现有的高分辨率数字地震资料剖面记录，结合浅中地层剖面数据，在平台场址调查范围海底至海底以下 800m 范围内，发现 4 处浅层气分布区域。

根据现有数字地震剖面资料分析，调查范围内浅层气埋深较浅（埋藏深度小于 200m），在深部地层（约至 800m）未发现有明显反映强度较大的气体分布及气体运移通道（如断层等）。

调查区域内存在 4 处浅层气区域，预定 LD29-1 WHPA 平台位置位于浅层气区外，但到浅层气区的距离较近，最近约为 40m。浅层气分布区域的周边地层可能存在少量的弥散气（未聚集形成一定规模），对平台打桩没有不利影响，但距离桩腿较近，埋深较浅，平台后期运营时应注意区域内浅层气的运移变化。井口位置距离浅层气区域最近约 51m，建议钻井平台就位时应尽量避开浅层气区域。

除此之外，未发现有其它对平台安装具有不利影响的异常反射特征或灾害地质现象。

### (4) 管线路由区

路由区 10m 以浅的地基土自上而下划分为两大层，第①层：非常软的褐灰色粉质黏土含大量（较多）粉细砂；第②层：非常软到软的褐灰色粉质黏土含粉砂包。路由区未发现断层、浅层气、塌陷、底辟、侵蚀沟槽、滑坡、埋藏沙丘等对海底管道铺设有可能影响的灾害地质因素。

#### 4.1.7 地震

本区域主要位于郯庐地震带，工程场址位于郯庐地震北部海域内。渤海海域大部分在区域范围内，渤海地震活动强度大、频度高，但本区域所在的辽东湾地震活动性较弱。区域内历史中强地震活动的空间分布表现为集群分布和北西向条带的特点，现代中小地震的分布特征与历史中强震有较好的一致性，表明现代地震具有继承性特征。近场区范围内未记录到历史强震。现代小地震活动频次低，强度弱。场地地震危险性主要来自中远场的强震影响。工程场址所受的历史地震影响较弱。

## 4.2 工程海洋资源和海域开发利用情况

### 4.2.1 港口航运资源

本项目港口航运资源现状资料引自大连海事大学编制的《旅大 29-1 油田开发项目

通航安全影响咨询报告》。

### 4.2.1.1 港口

近年来，随着我国经济的快速发展，环渤海各港口的吞吐量也在不断增加，随之而来的是船舶流量及通航密度也随之不断加大。本工程涉及周边主要港口有：葫芦岛港、锦州港、营口港、秦皇岛港、长兴岛港和大连港等。工程距离最近的港口为秦皇岛港和长兴岛港。新建平台和混输管线距秦皇岛港约 112km，距长兴岛港约 45km，距离绥中港口约 92km。项目附近各港口见图 4.2-1 和表 4.2-1。

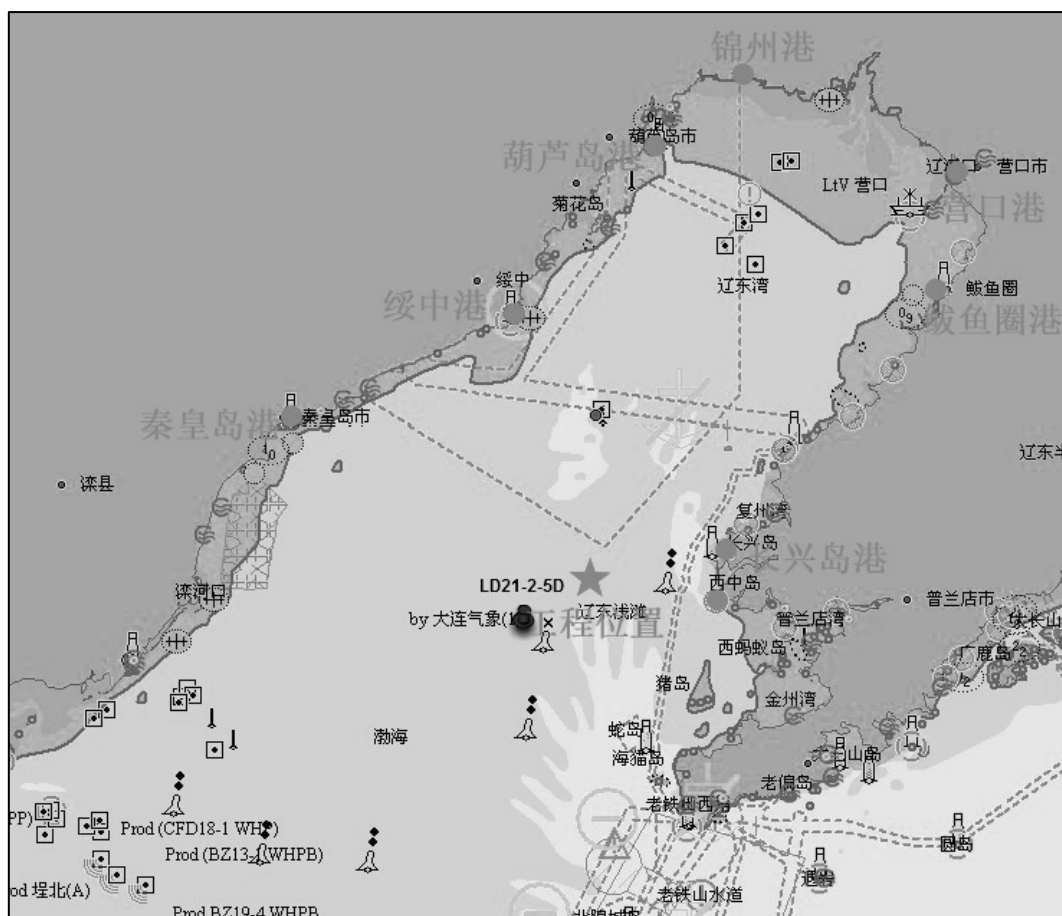


图 4.2-1 项目附近各港口示意图

表 4.2-1 项目与附近港口相对位置关系

序号	港口名称	与本工程的相对位置关系	
		方位	最近距离 (km)
1	长兴岛港	东北	45.0
2	秦皇岛港	西北	112.0
3	绥中港	西北	92.0
4	葫芦岛港	北	151.0
5	营口港	东北	185.0
6	鲅鱼圈港	东北	157.0

7	锦州港	北	183.0
---	-----	---	-------

#### 4.2.1.2 附近港口概况

##### (1) 秦皇岛港

###### ①港口布局

根据秦皇岛港总体规划，秦皇岛港是河北省东部大港，自然条件优良，港阔水深，不冻不淤，共有 162.7km 码头岸线。根据秦皇岛港的发展格局，秦皇岛港将主要划分为以服务临港工业发展为主的山海关港区、沙河港区，发挥港口运输枢纽和服务区域经济发展的东港区和西港区，以服务客运运输为主的新开河港区，以服务地方经济发展的秦西港口。各港区功能如下：

山海关港区：是公用型的工业港区，引导产业布局，为临港工业生产运输服务。

沙河港区：秦皇岛港口未来发展的大型公用港区，引导产业布局，为全社会公共运输和后方企业生产运输服务，大力发展物流业。

西港区：以集装箱、杂货运输为主，大力发展物流业，带动地区经济发展，满足城市发展对运输的需求。

东港区：是煤炭、铁矿石、油品等重要物资的综合运输的枢纽港区，同时为后方临港工业服务，满足国家能源、区域经济发展对各种物资的运输需求。

新开河港区：作为客运港区，丰富秦皇岛城市旅游、商贸、物流功能。

秦西港口：为秦西各城镇地方经济发展所需的生活、生产物资运输服务。

###### ②码头泊位分布情况

目前秦皇岛港码头泊位主要集中在汤河口至沙河口之间，分布有东区、西以及新开和秦山化工等码头。据秦皇岛港股份有限公司提供统计资料统计，秦皇岛港共有生产性泊位 46 个，综合通过能力 22305 万吨/年，其中万吨级以上深水泊位 42 个，通过能力 22303 万吨，煤炭专业化泊位 21 个，通过能力 19265 万吨/年，原油泊位 4 个，通过能力 1520 万吨。

##### A、西港区

西港区位于汤河至新开河之间，北邻市区，目前是以散杂货、集装箱以及煤炭、矿石等散货运输为主的综合性港区。港区占用自然岸线约 4.55 公里，形成码头岸线 4.75 公里，港区陆域面积 5.48 平方公里。现有生产性泊位 22 个，综合通过能力 2445 万吨。其中煤炭泊位 3 个，通过能力 1365 万吨；散粮和散水泥专业化泊位各 1 个，通过能力分别为 170 万吨和 200 万吨；通用杂货泊位 16 个，通过能力 593 万吨；集装箱泊位 1

个，年通过能力 10 万 TEU。

### B、东港区

东港区位于新开河以东，西临热电厂储灰厂，依托大秦、京秦铁路干线及大庆至秦皇岛输油管线形成以煤炭、原油、矿石等大宗物资运输为主的专业化港区。港区占用自然岸线约 5.56 公里，形成码头岸线 6.1 公里，港区陆域面积 7.61 平方公里。现有生产性泊位 24 个，综合通过能力 19860 万吨。其中煤炭专业化泊位 18 个，通过能力 17900 万吨，原油泊位 4 个，通过能力 1520 万吨，矿石泊位 1 个，通过能力 400 万吨，成品油泊位 1 个，通过能力 40 万吨。

### C、新开河港区

新开河港区位于东西港区之间，新开河口内。目前以建材等地方物资运输为主。占用岸线 3100 米，形成码头岸线 801 米，陆域面积 13 万平方米。现有 5000 吨级以下泊位 6 个，年通过能力 255 万吨。

### ③航道

秦皇岛港主港区（东港区、西港区以及新开河港区）共有主航道（160 航道）、老航道（172 航道，已基本不用）、西航道（130 航道）、东航道（191 航道）、煤三期航道（215 航道）、十万吨航道（150 航道）和新开河港港区航道共七条航道。

### ④锚地

秦皇岛东、西港区现有锚地 4 个，即西锚地、东锚地、油轮锚地、十万吨级船舶重载锚地，锚地水域总面积 217.7 平方公里。

#### A、秦皇岛港十万吨级船舶重载锚地

以南山头灯塔为圆心和基点，分别以 15.4 海里和 16 海里为半径的两个圆弧，128° 方位线以及十万吨航道东侧距该航道轴线垂直距离为 1000 米的平行线所围成的水域。底质为泥沙质，水深为 18.2~19.7 米。

#### B、秦皇岛港东锚地

以南山头灯塔为圆心和基点，以 12 海里为半径的圆弧和 108 度方位线以及十万吨航道东侧距该航道轴线垂直距离为 1000 米的平行线所围成的水域。底质为泥沙质。水深为 11~17 米。在以 39°47'30"N、119°48'30"E 为圆心，半径 1 千米的水域范围内，因施工抛泥导致水深与原海图水深（-15.0 米~-17.0 米）有较大变化，其中最浅处水深-10.1 米。

#### C、秦皇岛港油轮锚地

以南山头灯塔为圆心和基点，以 12 海里为半径的圆弧、100°和 108°方位线以及十万吨航道东侧距该航道轴线垂直距离为 1000 米的平行线所围水域。底质为泥沙质，水深为 10.3~17.4 米。

#### D、秦皇岛港西锚地

以南山头灯塔为圆心和基点，分别以 3 海里和 12 海里为半径的两个圆弧以及 165 度和 190 度方位线所围成的水域。底质为泥沙质，水深为 10.3~15.7 米。

秦皇岛港锚地位置见下图。



图 4.2-2 秦皇岛港锚地位置示意图

## (2) 长兴岛港

### ①港口

长兴岛位于中国辽东半岛中西部，大连瓦房店市西侧，四面环渤海，仅一桥与陆地相连。全岛面积 252.5 平方公里，为长江以北第一大岛，人口 5 万人。长兴岛港区主要包括长兴岛、西中岛、凤鸣岛三个自然岛屿，三岛相间形成了葫芦山湾和董家口湾两个海湾。规划临港工业区开发方向以造船及现代装备制造、石化、冶金、建材、出口加工等产业为主。整个港区以长兴岛与西中岛之间的葫芦山湾为中心，向北延伸至长兴岛北侧岸线、向南延伸至西中岛南侧的董家口湾，近、中期的主要港口功能区集中在葫芦山外湾、葫芦山内湾和长兴岛北岸，董家口湾作为预留港口作业区。

## ②航道

长兴岛北岸作业区规划北、中、南三条进港航道。南、北航道规划满足 30 万吨级油船乘潮单向通航要求，航道长均为 2 公里，底宽 300 米，设计底标高-25.0 米；中航道规划满足 10 万吨级油船单向通航要求，航道长 2.5 公里，底宽 320 米，设计底标高-17.0 米。

葫芦山湾进港航道规划满足 15 万吨级散货船乘潮单向通航，兼顾 10 万吨级散货船双向通航要求，航道长 15.9 公里，西段底宽 500 米，设计底标高-19.0 米，东段底宽 300 米，设计底标高-8.6 米。

董家口湾外湾进港航道规划满足 10 万吨级油船乘潮单向通航，兼顾 5 万吨级油船双向通航要求，航道长 6.5 公里，底宽 300 米，设计底标高-15.6 米。

## ③锚地

长兴岛港区布置了三个锚地，分别为一号锚地、二号锚地和三号锚地。长兴岛锚地情况见图 4.2-3 和表 4.2-2。

## A、一号锚地

一号锚地内水深大致介于 18 米~30 米之间，呈南浅北深形态，最浅水深 18.5m，位于一号锚地的南边线附近。该锚地内底质以泥和泥沙性质为主。

## B、二号锚地

二号锚地内水深大致介于 26 米~36 米之间，呈南浅北深、东浅西深形态，最浅水深 26.4 米，位于二号锚地的西南角边线处。该锚地内底质以泥性质为主。

## C、三号锚地

三号锚地内水深大致介于 28 米~37 米之间，呈东浅西深形态，最浅水深 28.6 米，位于三号锚地的东北角边线处。该锚地内底质以泥性质为主。

表 4.2-2 长兴岛港锚地范围及面积一览表

锚地	纬度		经度	
1 号锚地				
2 号锚地				
3 号锚地				



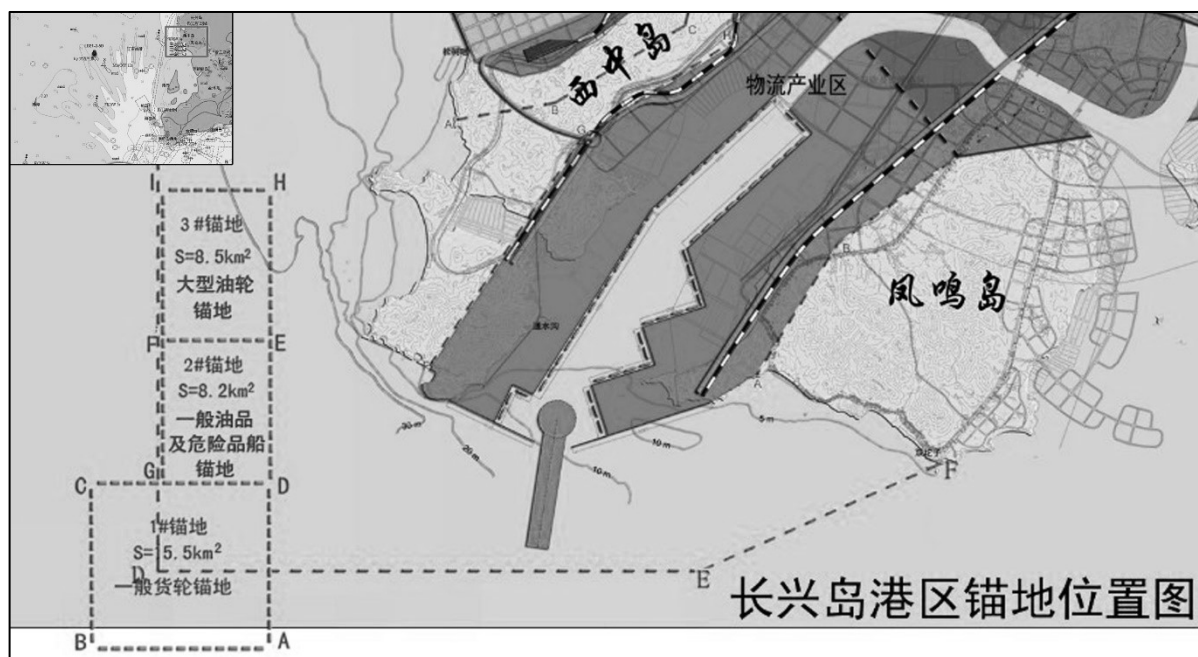


图 4.2-3 长兴岛港锚地位置示意图

### (3) 绥中港

#### ①港口

绥中港位于北纬  $40^{\circ}05'$ ，东经  $120^{\circ}03'$ ，即渤海湾西北部，辽宁省的西南端，2000 年 12 月 13 日开港。目前，绥中港区只有两个码头，一个是绥中发电厂一期工程配套煤炭接卸码头，该码头的靠泊能力为 3000 吨级；另外一个中海油绥中 36-1 油田二期开发原油处理基地码头，目前拥有 30000 吨级原油外输码头 1 座。

港绥中港区煤炭码头一期工程位于绥中 36-1 终端码头东侧，距离约 6 公里，绥中港区煤炭码头一期工程拟建 4 个煤炭出口专用泊位，5 万吨级泊位 1 个、7 万吨级泊位 1 个和 10 万吨级泊位 2 个，其中 1 个泊位水工结构按照 15 万吨级设计，其余泊位全部按照 10 万吨级进行设计设计年吞吐量 5000 万吨。

#### ②航道

目前，绥中港区有 36-1 码头专用航道，走向为  $0^{\circ}/180^{\circ}$ ，航道宽 150m，底标高-12.4m，受部队划定区域限制，航道疏浚段走向为  $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ，长约 5750m；天然航段走向为  $226^{\circ}28'\sim 46^{\circ}28'$ ，长约 18720m，可满足 3 万吨级油轮进出港。绥中 36-1 终端码头扩建工程将该进出港航道轴线进行拓宽浚深，满足 5 万吨级油轮进出港要求。

绥中港区煤炭码头一期工程航道规划走向  $157.5^{\circ}/337.5^{\circ}$ ，与常浪向夹角为  $45^{\circ}$ ，与海流夹角为  $87.5^{\circ}$ ，航道设计底标高-16.5m，航道有效宽度 220m，为 10 万吨级航道。

## ③锚地

在石河作业区航道西侧选划锚地 SZ1#, 为满足港区 5 万吨级及以下散货船和杂货船候潮、联检需要。随着港区规模的日益扩大, 进港船舶数量将不断增加, 在港区西侧规划布置港外锚地 SZ#2, 主要为到港危险品船舶 (包括 LNG 船舶) 服务。大型通用深水锚地 SZ3# 主要为 5 万吨级以上通用船舶服务。远期如锚位相对紧张, 可与军方协调, 适当增加临时锚位。根据 2018 年 3 月的《葫芦岛港总体规划》(修订), 绥中港规划锚地见表 4.2-3。

表 4.2-3 绥中港区规划锚地

锚地名称	控制点	控制点坐标		底标高 (m)	面积 (km <sup>2</sup> )	底质	功能
		东经	北纬				
SZ1# 锚地	A	██████████	██████████	-11-16	17.2	砂质	供 5 万吨级及以下货轮锚泊
	B	██████████	██████████				
	C	██████████	██████████				
	D	██████████	██████████				
	E	██████████	██████████				
	F	██████████	██████████				
SZ2# 锚地	A	██████████	██████████	-28	13	砂质	危险品锚地
	B	██████████	██████████				
	C	██████████	██████████				
	D	██████████	██████████				
SZ3# 锚地	A	██████████	██████████	-28	45.5	砂质	大型通用深水锚地
	B	██████████	██████████				
	C	██████████	██████████				
	D	██████████	██████████				
SZ4# 锚地	A	██████████	██████████	-28	64.5	砂质	大型通用深水锚地
	B	██████████	██████████				
	C	██████████	██████████				
	D	██████████	██████████				
SZ5# 锚地	A	██████████	██████████	-28	30	砂质	危险品锚地
	B	██████████	██████████				
	C	██████████	██████████				
	D	██████████	██████████				

## 4.2.1.3 锚地

本工程附近主要有秦皇岛大型船舶过驳锚地和长兴岛规划一号锚地, 新建平台及混输管线距离长兴岛规划一号锚地和秦皇岛大型船舶过驳锚地最近距离分别为 43.3km 和 58.9km。新建工程周边的锚地位置见图 4.2-4。

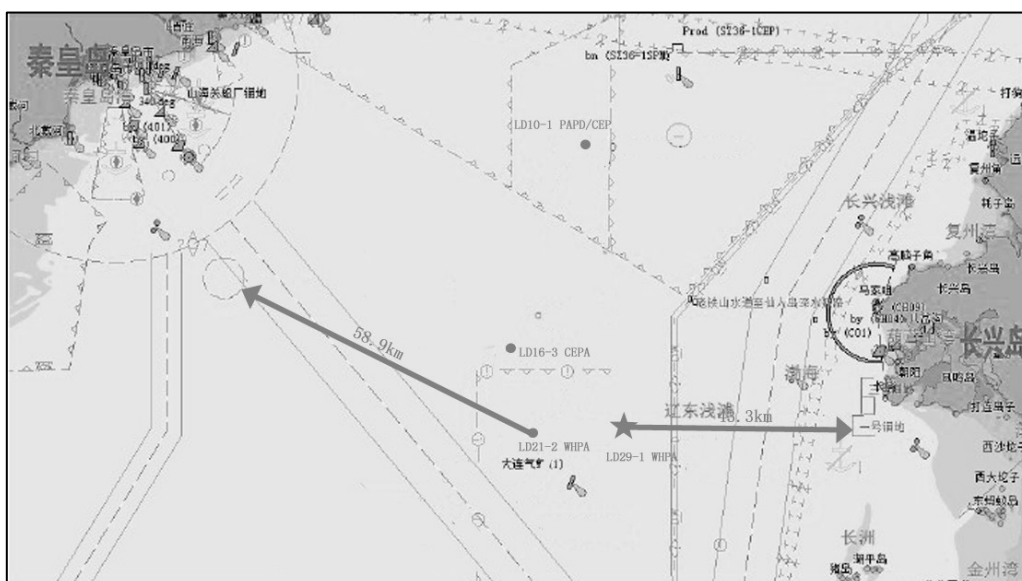


图 4.2-4 新建工程周边的锚地位置示意图

#### 4.2.1.4 航线

##### (1) 习惯航线

本项目新建平台及管线附近习惯航线交通流主要为老铁山-秦皇岛航线和老铁山至渤海北部航线,与新建平台的最近距离分别为 16.6 海里(30.7km)和 4.7 海里(8.7km) 为本项目周围习惯航线分布见图 4.2-5 和表 4.2-4。

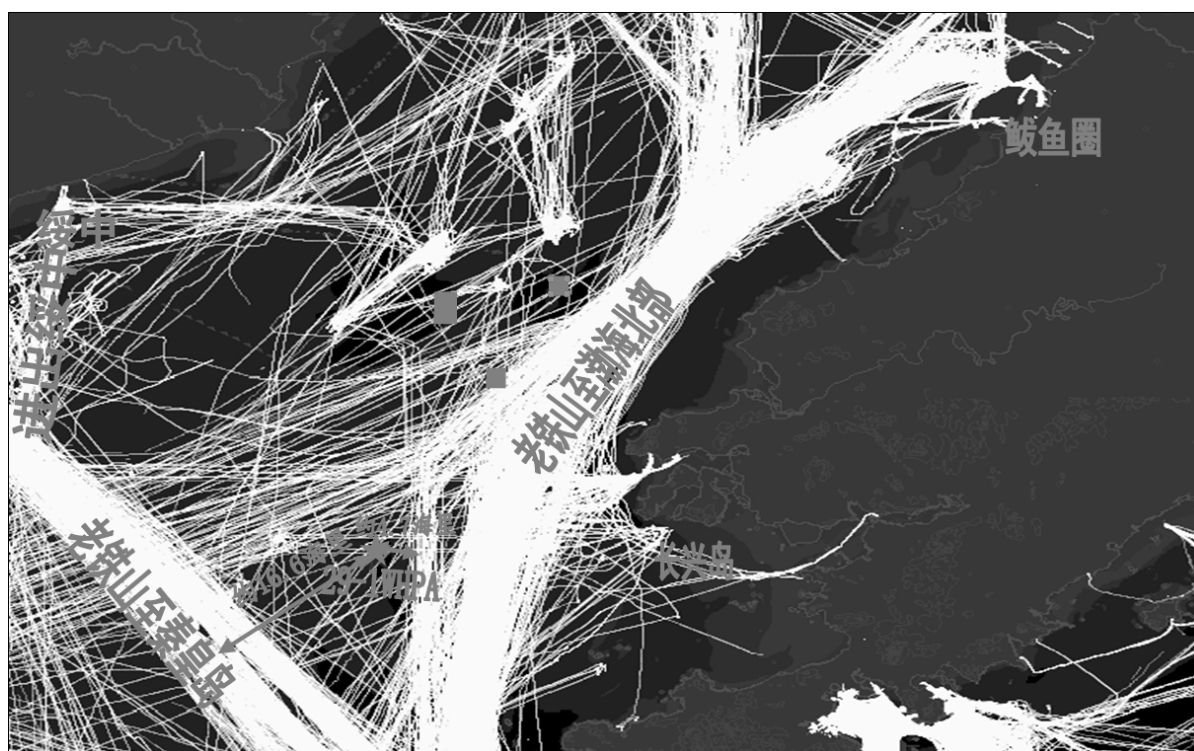


图 4.2-5 本项目周围习惯航线分布图

表 4.2-4 新建工程附近习惯航线情况一览表

序号	航道名称	与本工程的相对位置关系		
		方位	距离平台 (km)	最近管线 (km)
1	老铁山至渤海北部航线	东	8.7	8.7
2	老铁山至秦皇岛航线	南	30.7	13.5

(2) 规划航路

本项目水域附近关系较为密切的规划航路有老铁山水道至秦皇岛航路 and 老铁山水道至仙人岛深水航路。新建工程周边的规划航路情况见图 4.2-6 和表 4.2-5。

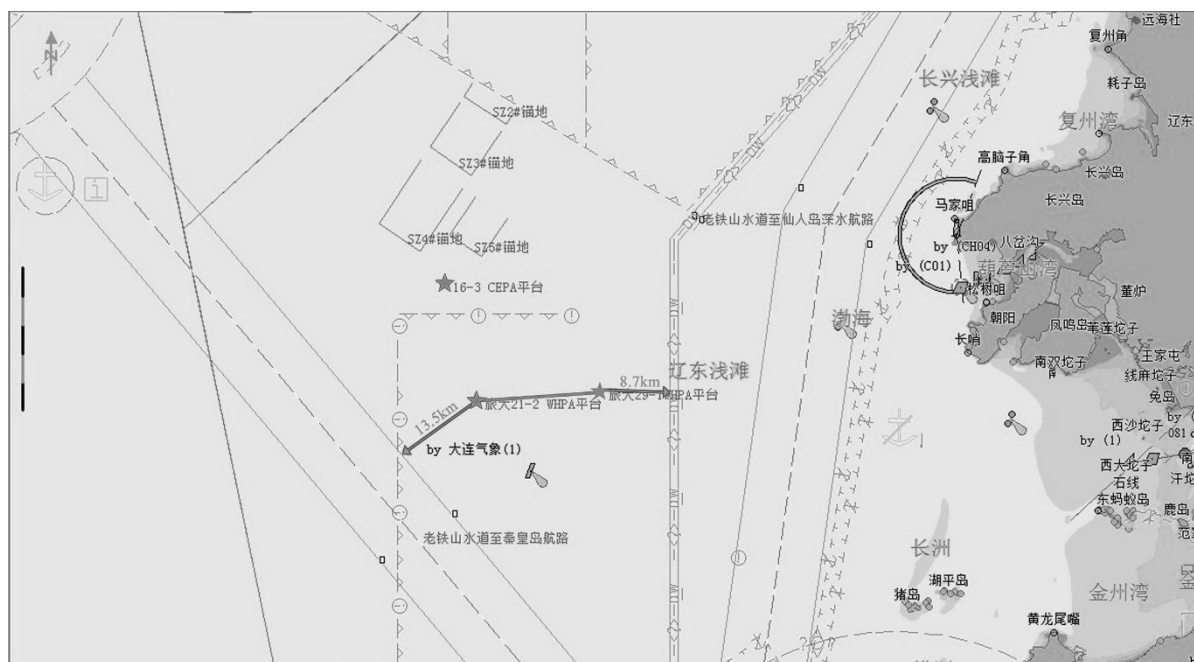


图 4.2-6 新建工程周边的规划航路示意图

表 4.2-5 新建工程附近规划航路情况一览表

序号	航道名称	与本工程的相对位置关系		
		方位	距离平台 (km)	最近管线 (km)
1	老铁山水道至营口仙人岛深水航路	东	8.7	8.7
2	老铁山水道至秦皇岛航路	南	25.0	13.5

(3) 船舶定线制

本工程水域的船舶定线制主要有：曹妃甸水域船舶定线制、老铁山水道船舶定线制、长山水道船舶定线制，距离工程水域较远。

4.2.1.5 禁航区

新建 LD29-1 WHPA 平台及管线均位于禁航区之外，距离禁航区边界的最近距离约 14n mile (25.93km)。新建项目与周边禁航区位置关系见图 4.2-7。

该禁航区位于以下 4 点连线与沿海岸线之间所含海域：①39°59'19"N、119°54'21"E；

②39°33'19"N、120°49'15"E；③40°00'01"N、121°20'03"E；④40°55'31"N、121°20'03"E。

禁航区内设航行通道，经相关部门批准后，中外籍商船可通过指定航道进出有关港口。

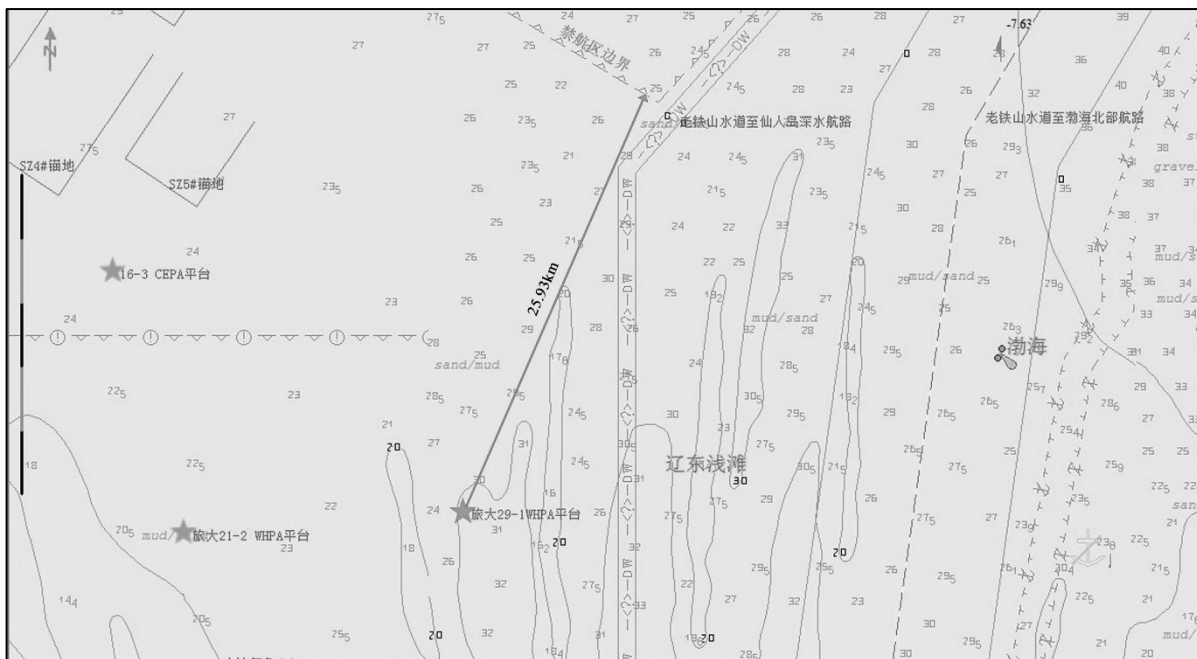


图 4.2-7 新建项目与周边禁航区位置关系示意图

#### 4.2.1.6 障碍物

本工程平台距离大连海洋信息采集点的最近距离为 6.7n mile (12.4km)。

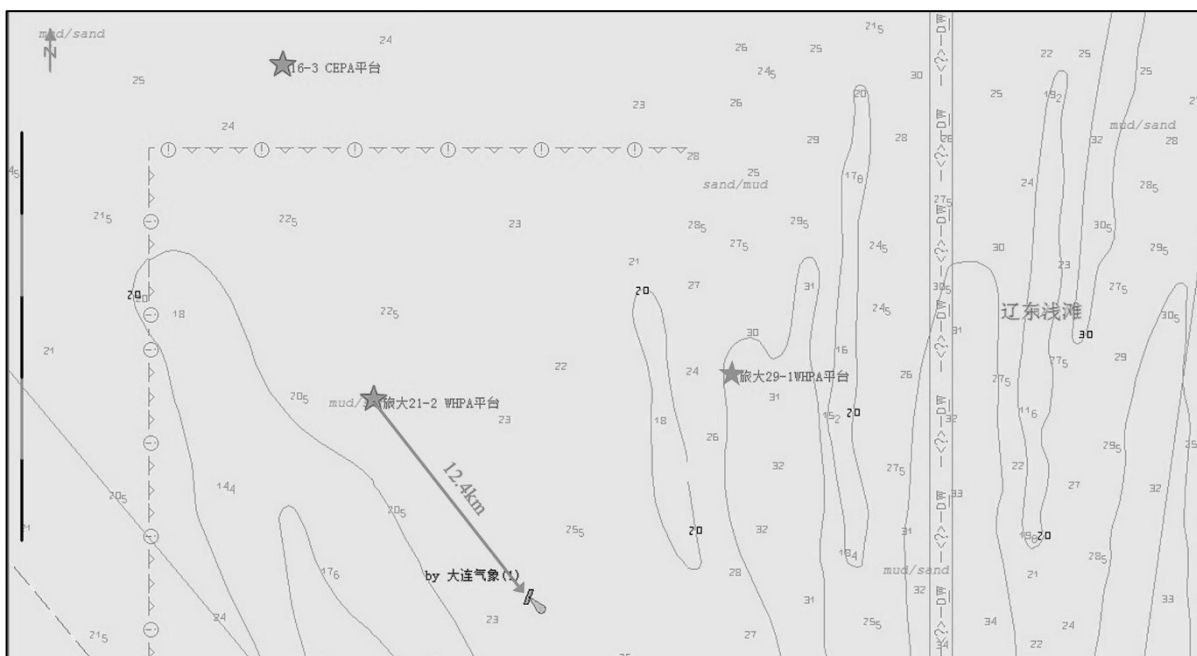


图 4.2-8 新建项目周边障碍物情况图

#### 4.2.2 油气资源开发利用

旅大 29-1 油田位于渤海中部海域，东经  $120^{\circ}39' \sim 120^{\circ}43'$ ，北纬  $39^{\circ}18' \sim 39^{\circ}23'$ ，西距旅大 21-2 油田约 16.1km，西南距已开发油田旅大 27-2 油田约 22km，西北距旅大 16-3 油田约 22km。旅大 29-1 油田周边油气资源开发情况见表 4.2-6 和图 4.2-9。

表 4.2-6 旅大 29-1 油田周边油气资源开发情况

序号	油田名称	方位	距离 (km)
1	旅大 21-2 油田	西	16.1km
2	旅大 16-3 油田	西北	22km
3	旅大 27-2 油田	东南	22km

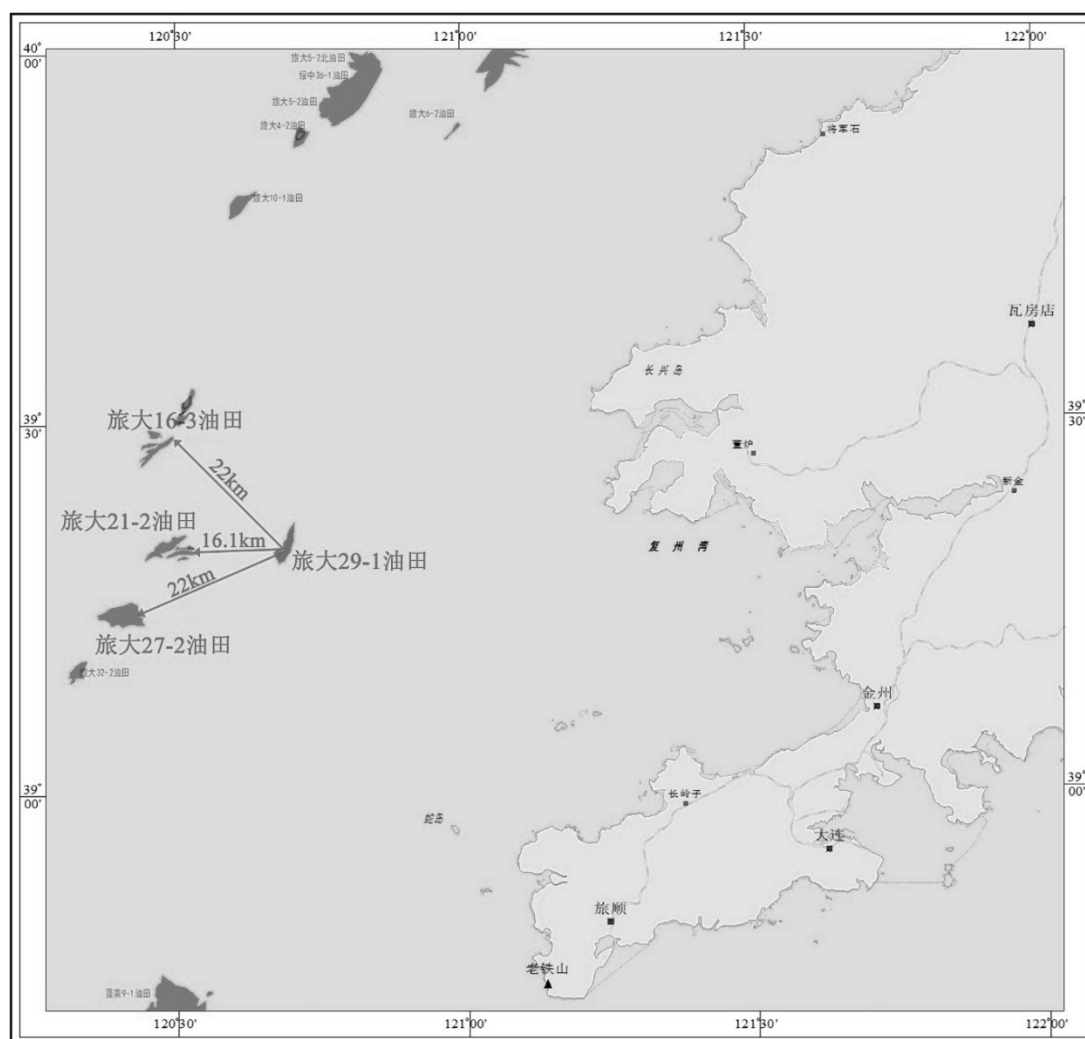


图 4.2-9 旅大 29-1 油田周边油气资源开发情况

#### 4.2.3 养殖区

附近海域的养殖区较多，主要分布在辽东湾的近岸海域。本项目距离养殖区的最近距离为 47.52km，见图 4.2-10。

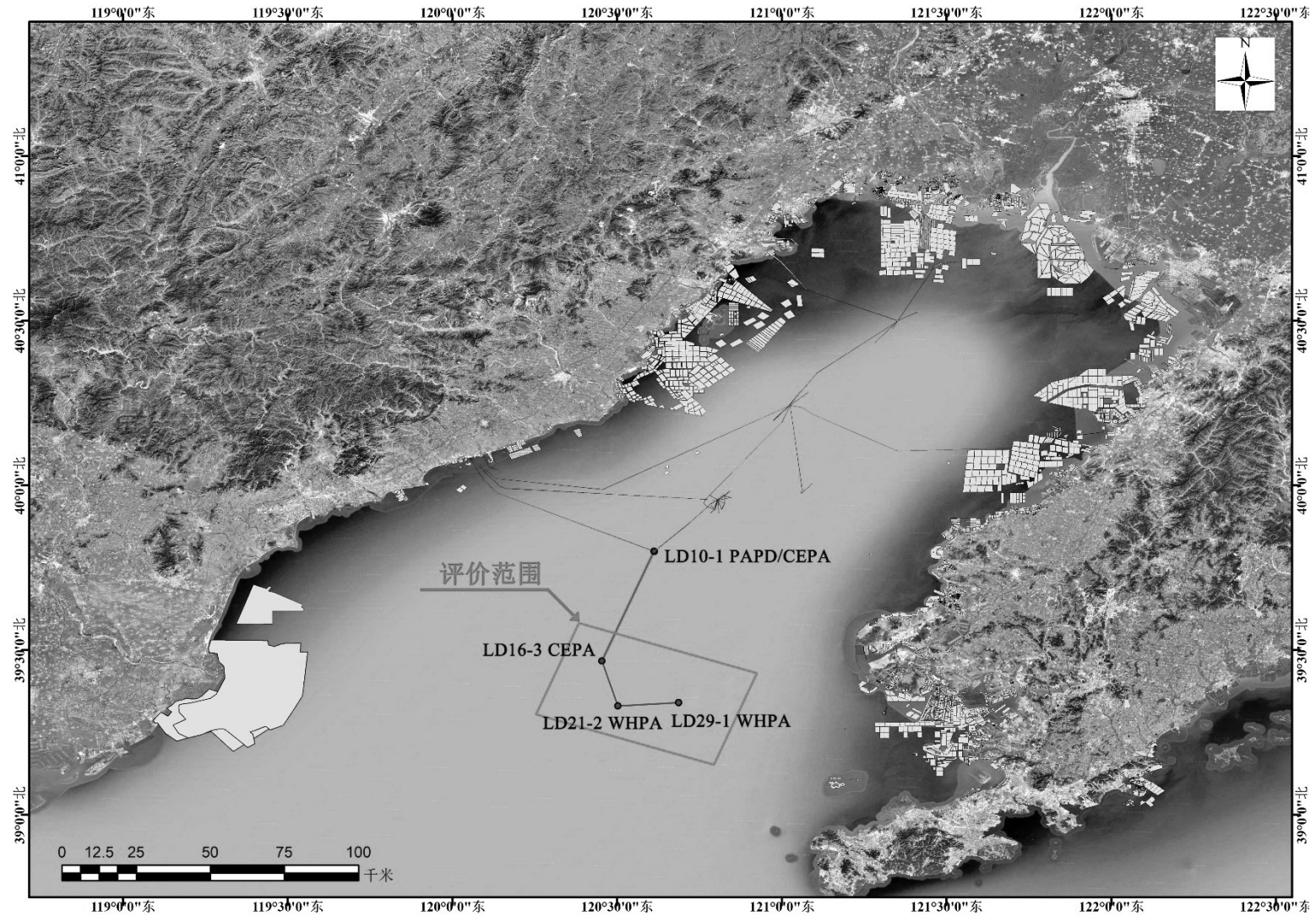


图 4.2-10 工程附近海域重要养殖区分布图

## 4.3 周边海域环境敏感目标的简介与分布

### 4.3.1 自然保护区

本项目附近海域的自然保护区主要有辽宁大连斑海豹国家级自然保护区。新建平台和管线距离辽宁大连斑海豹国家级自然保护区的最近距离为 12.65km。

辽宁大连斑海豹国家级自然保护区位于大连市渤海沿岸，距市区较近。属于野生动物型保护区，主要保护对象是斑海豹及其生态环境。1992 年经大连市人民政府批准建立省级自然保护区，1997 年经国务院批准晋升为国家级自然保护区，2002 年被列入《国际重要湿地名录》。自然保护区总面积为 672275 公顷。其中，核心区 278490 公顷，缓冲区 271600 公顷，实验区 122185 公顷。调整后保护区分设南北两处核心区。2016 年 11 月 11 日国务院批准了关于调整辽宁大连斑海豹国家级自然保护区范围的请示【环生态[2016]133 号】，具体内容见国办函【2016】90 号。

大连斑海豹保护区为斑海豹最南端的一个繁殖区。每年秋季随着气温转换，水温下降，由日本海进入中国海区的斑海豹，于 11 月后自南向北洄游，12 月份穿越渤海海峡陆续进入保护区。斑海豹进入保护区后即分散选择配偶，成对栖居于浮冰上开始繁殖期生活。随着水温的上升，斑海豹随流南下，到 5 月中旬以后全部离去。斑海豹是唯一能在我国海域进行繁殖的海兽，冬季生殖、冰上产仔。斑海豹的分布范围较小，渤海辽东湾结冰区是斑海豹在我国海域唯一的繁殖区。

大连斑海豹保护区内有鱼类 100 余种，经济甲壳类 5 种，头足类 3 种，贝类 10 余种。另外还有虎头海雕、白尾海雕、白肩雕、黑尾鸥等珍稀鸟类以及维管束植物 426 种。植被包括沿海岸滩涂植物、浅海植物及北温带海岛植物。尤其有斑海豹、小鲸、虎鲸、伪虎鲸、宽吻海豚、真海豚、江豚等 7 种海兽。据统计，目前保护区斑海豹资源数量仅剩千余头，属濒危物种，列为国家二级重点保护动物。

### 4.3.2 生态红线区

根据《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定方案》和《河北省海洋生态红线区划定方案》，本项目均位于海洋生态红线划定范围之外，距离最近的生态红线为大连斑海豹保护生态红线区。新建平台和管线距离大连斑海豹保护生态红线区——禁止开发区约 12.65km。



### 4.3.3 重要渔业水域

本项目的渔业资源洄游分布图引用黄渤海区渔业资源调查与区划（农业部渔业局编，海洋出版社，1990）中相关内容并根据近年现状资料更新。

#### （1）黄姑鱼

黄姑鱼广泛分布于渤、黄、东、南沿海及日本和韩国沿岸水域，为洄游性暖温性底层鱼类，是洄游到渤海的重要经济鱼类之一，俗称铜罗鱼。黄姑鱼 5 月出现于渤海，主群进入黄河口海区产卵，一部分进入滦河口渔场产卵，另一部分游向辽东湾的大凌河口与辽河口一带产卵。产卵期为 5 月~6 月，11 月份离开渤海。本工程位于黄姑鱼洄游通道外边缘。本项目与黄姑鱼“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-1。

#### （2）鲷

鲷在黄渤海分布较广，也是重要的经济鱼类，俗称鞭子鱼。每年 3 月逐渐游向近岸，进行生殖洄游，4 月下旬进入渤海，分布于沿岸浅水区，莱州湾、辽东湾数量分布较大。鲷的产卵期为 5 月~6 月，生殖活动结束后便分散索饵，索饵期为 7 月~10 月，10 月中下旬逐渐游离渤海，进行越冬洄游。本工程位于鲷洄游通道上。本项目与鲷“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-2。

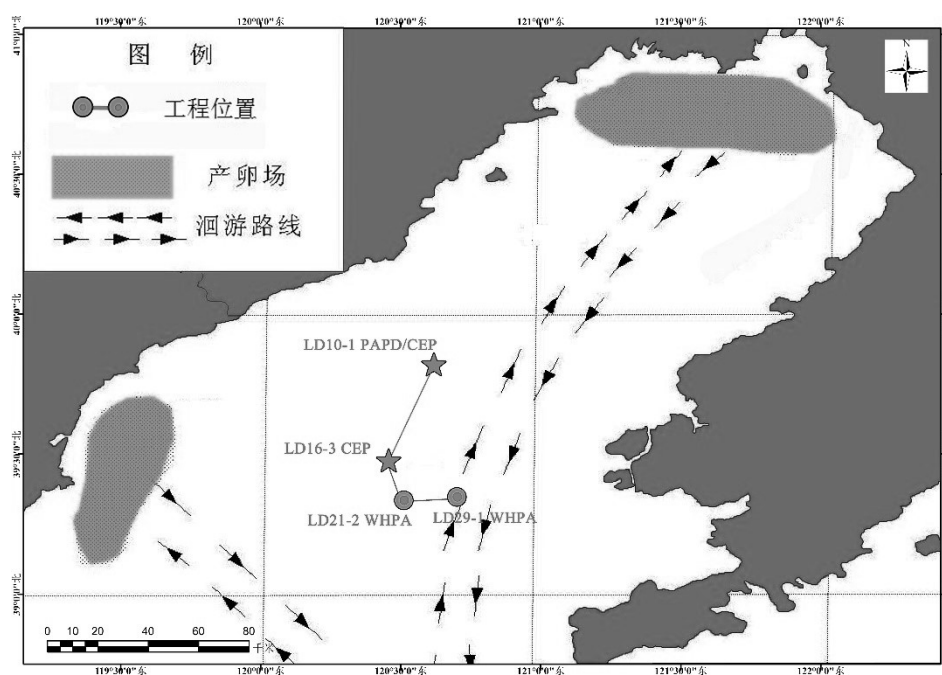


图 4.3-1 本项目与黄姑鱼“三场一通道”相对位置关系示意图

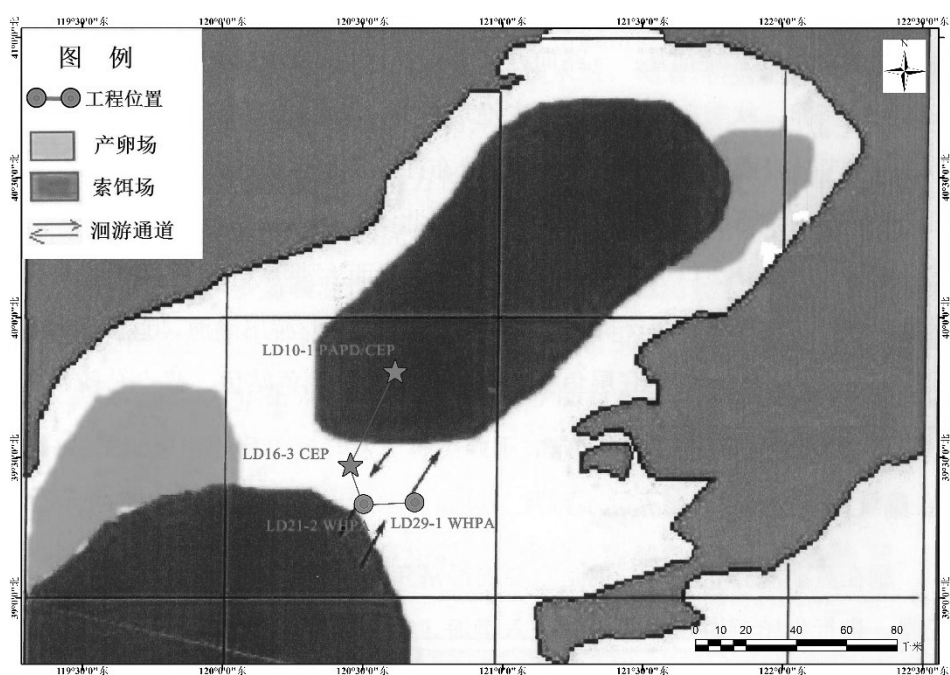


图 4.3-2 本项目与鲷“三场一通道”相对位置关系示意图

### (3) 白姑鱼

白姑鱼属石首鱼科，在我国海域均有分布，黄渤海区的白姑鱼群系大体以  $33^{\circ} \text{N}$  为界，洄游于黄渤海之间，为黄海洄游到渤海产卵和索饵的底层鱼类，经济价值较高。白姑鱼 5 月在渤海中部出现，但数量很少，6~7 月集中在莱州湾产卵。8 月分布面扩大，在秦皇岛外海和黄河口附近也出现密集区，9~10 月份密集中心进一步扩大到渤海中部和辽东湾南部。11 月份主群离开渤海，仅中部有少量个体，12 月份则完全消失。白姑鱼的主要产卵期为 5~6 月，8 月中、下旬陆续游出渤海进行越冬洄游。本工程与白姑鱼与“三场一通道”有一定的距离。本项目与白姑鱼“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-3。

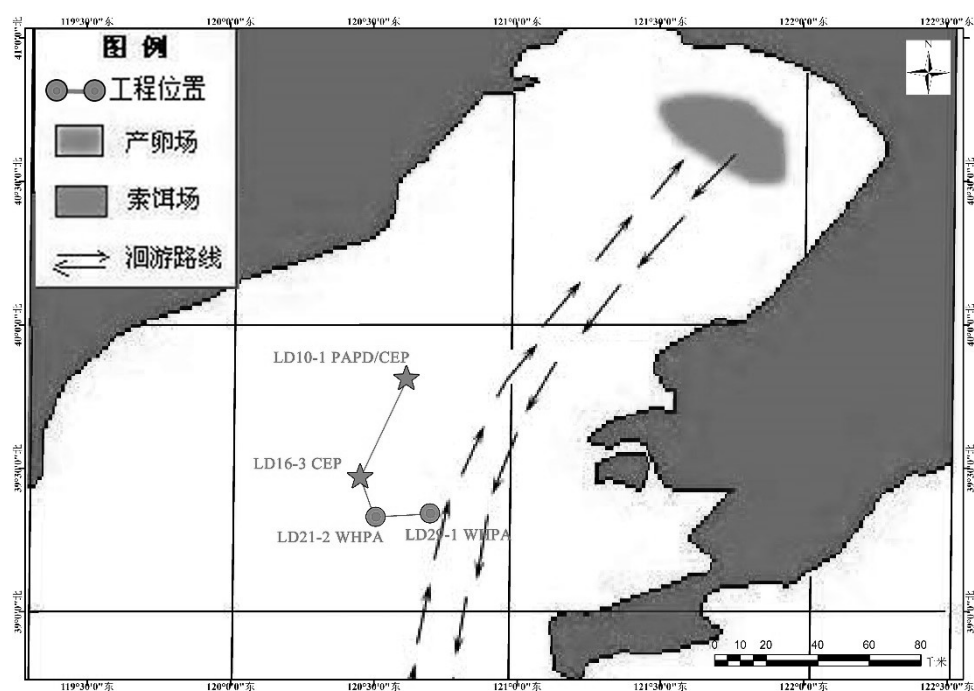


图 4.3-3 本项目与白姑鱼“三场一通道”相对位置关系示意图

#### (4) 鲢鱼

鲢鱼属鲢科，是近海集群性小型鱼类，也是从黄海洄游到渤海的小型中上层鱼。由于它在海洋生态系统中所处的独特地位以及它向渔业所提供的高额产量，已成为重要的世界性渔业之一。鲢鱼的越冬场在对马、五岛至济州岛附近一带海域，随着水温的升高，逐渐向北洄游。4月底进入渤海的渤海湾、莱州湾和辽东湾诸湾。本工程位于鲢鱼洄游通道上。本项目与鲢鱼“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-4。

#### (5) 小黄鱼

##### ①生活习性

小黄鱼隶属石鲈形目、石首鱼科、黄鱼属。暖温性底层鱼类，分布于渤海、黄海、东海，是我国最重要的海洋渔业经济种类之一。小黄鱼体形较小，体长 16~25 厘米、体重 200~300 克、背侧黄褐色，腹侧金黄色。小黄鱼的鳞片较大而稀少，尾柄较短，臀鳍第二鳍棘小于眼径，颌部具 6 个小孔；小黄鱼上、下唇等长、口闭时较尖。随栖息环境、季节以及体长的变化较大，且 109mm 是其发生食性转换的一个关键的临界体长。小黄鱼一般食性较杂，主要以鱼虾为食。

##### ②洄游情况

小黄鱼是辽东湾的主要经济鱼类，一般春季向沿岸洄游，3~6 月间产卵后，分散在近海索饵，秋末返回深海，冬季于深海越冬。其越冬场在黄海中南部至东海北部，每年 4 月份北上到达成山头外海，然后分 2 支，一支继续向北到鸭绿江口进行产卵，另

一支则向西，经烟威外海进入渤海，分别游向莱州湾、渤海湾和辽东湾等产卵场，产卵期为 5 月~6 月，10 月末到 11 月初向渤海中部集中。

### ③繁殖习性 & 鱼卵仔鱼数量分布

黄渤海小黄鱼主要产卵期为 5~6 月，由南向北略为推迟，产卵场一般都分布在河口区和受入海径流影响较大的沿海区，底质为泥砂质、砂泥质或软泥质，产卵场的主要范围一般都分布在低盐水与高盐水混合区的偏高温区。小黄鱼昼夜产卵，主要产卵时间在 17~22 时，以 19 时左右为产卵高峰，小黄鱼产卵场的底层适温为 11~14℃。渤海和黄海中部产卵场小黄鱼卵径为 1.30~1.60mm，黄海南部为 1.28~1.65mm。卵子孵化时间随水温的变化而不同，通常为 63~90 小时。渤海小黄鱼目测性腺发育 5 月中旬 76% 的雌性个体已达到 V 期，6 月中旬 61% 的个体已产卵完毕，推测渤海的小黄鱼产卵期应在 5 月下旬到 6 月上旬。

小黄鱼性腺成熟度系数，全年雌鱼以 9 月最低，10 月至翌年 2 月增长缓慢，3~4 月增长迅速，5 月达到高峰，雄鱼 3~4 月为最高。春季（5 月）小黄鱼处于产卵期，夏秋季为恢复期，主要为 I~II 期，冬季略有增长。小黄鱼怀卵量与年龄有关，2~4 龄鱼为 32~72 千粒，5~9 龄鱼处于怀卵高峰期，怀卵数为 83~125 千粒，从 10 龄鱼开始，怀卵量开始下降。

本工程位于小黄鱼的索饵场内，本项目与小黄鱼“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-5。

### （6）鱻

鱻隶属鱻科，地方名针良鱼，为浮拖网的捕捞对象，流刺网、定置、钓钩也可捕获。为暖温性中上层近海鱼类。每年 3 月中旬进行产卵洄游，5 月上旬进入渤海莱州湾东部和金州湾，少量索饵群体游向滦河口近岸，部分群体游至辽东湾。其产卵期为 5 月上旬至 7 月上旬，5 月上旬至 6 月上旬为盛期，索饵期为 7—9 月，10 月上旬开始游离渤海。本工程位于鱻的索饵场内，本项目与鱻“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-6。

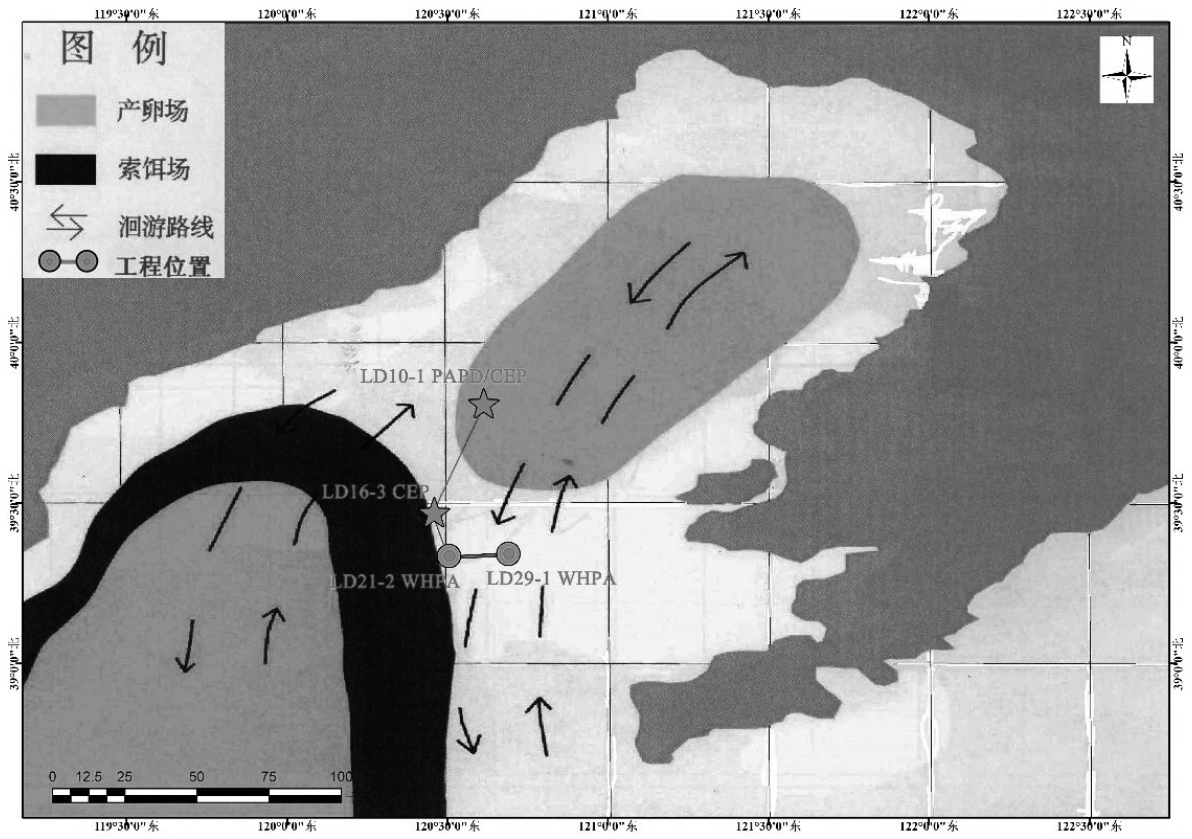


图 4.3-4 本项目与鲢鱼“三场一通道”相对位置关系示意图

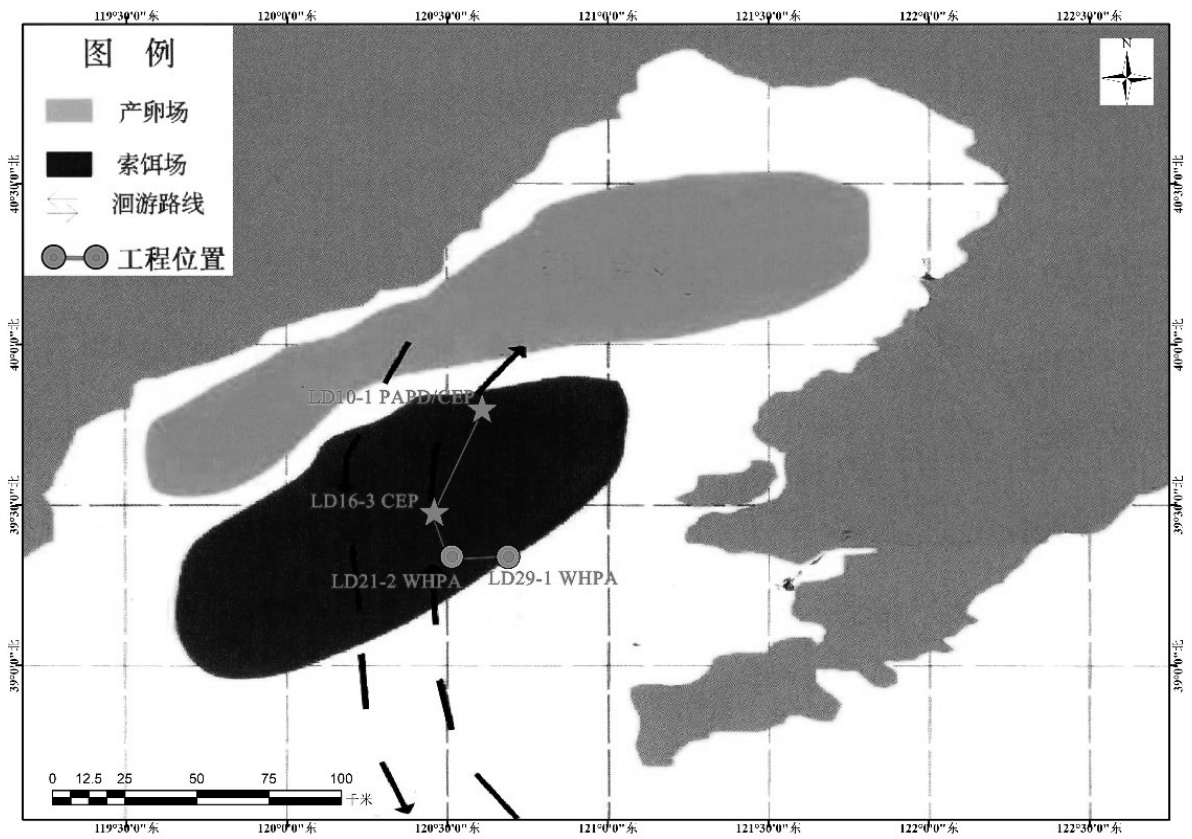


图 4.3-5 本项目与小黄鱼“三场一通道”相对位置关系示意图

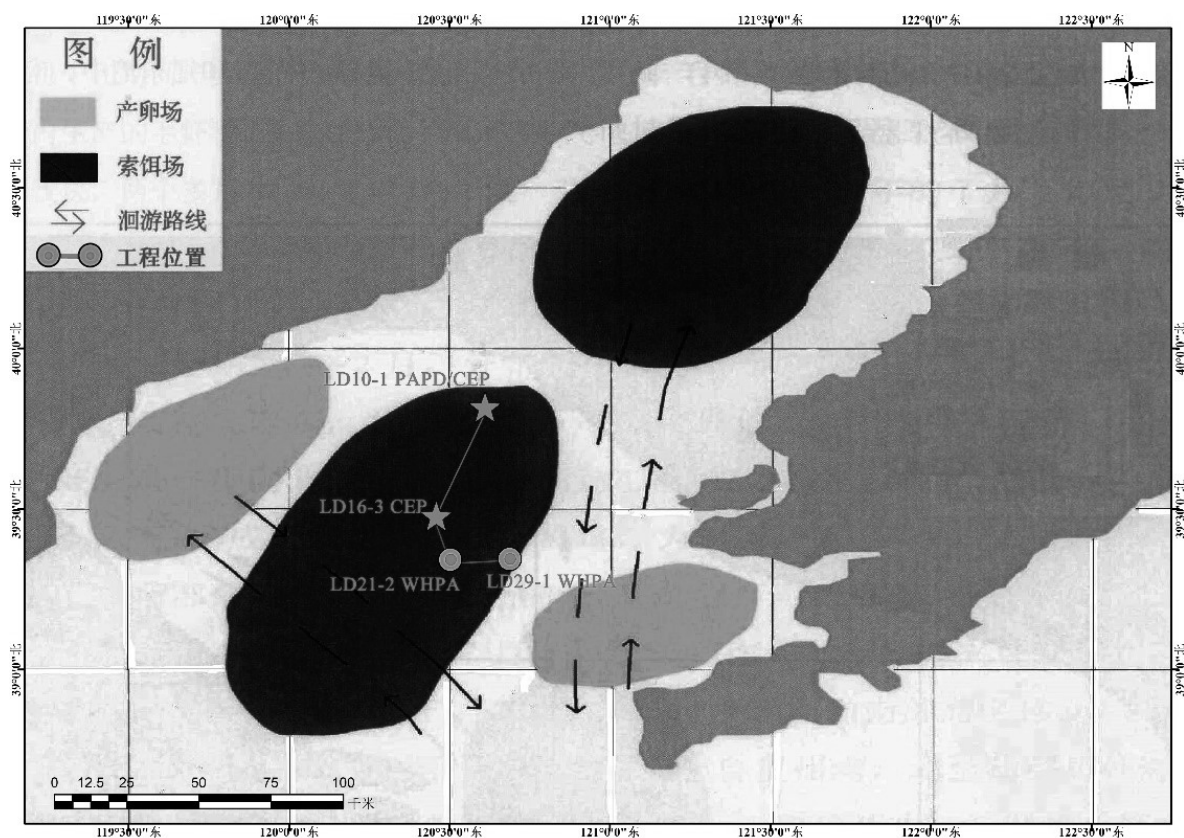


图 4.3-6 本项目与鲱“三场一通道”相对位置关系示意图

### (7) 蓝点马鲛

#### ①生活习性

蓝点马鲛属鲈形目鲛科，俗称鲛鱼、燕鱼、板鲛、竹鲛、尖头马加、青箭等。蓝点马鲛体长而侧扁，呈纺锤形，一般体长为 25~50 厘米、体重 300~1000 克，最大个体长可达 1 米、重 4.5 千克以上。尾柄细，每侧有 3 个隆起脊，以中央脊长而且最高、头长大于体高、口大，稍倾斜，牙尖利而大，排列稀疏、体被细小圆鳞，侧线呈不规则的波浪状、体侧中央有黑色圆形斑花背鳍 2 个，第一背鳍长，有 19~20 个鳍棘，第二背鳍较短，背鳍和臀鳍之后各有 8~9 个小鳍；胸鳍、腹鳍短小无硬棘，尾鳍大，深叉形，游泳迅速，性情凶猛。蓝点马鲛属暖温性中上层鱼类，以中上层小鱼为食，有洄游习性，夏秋季结群向近海洄游，一部分进入渤海产卵，秋汛常成群索饵于沿岸岛屿及岩礁附近，为北方海区经济鱼之一。蓝点马鲛生长迅速，1 龄开始成熟，主要是 2, 3 龄成熟，雄鱼比雌鱼早熟一年。

#### ②洄游情况

蓝点马鲛是从黄东海洄游到渤海的重要大型经济鱼类。每年 3 月鱼群便开始陆续游离越冬场向北生殖洄游，一般 4 月下旬进入渤海的莱州湾、辽东湾、渤海湾及滦河

口诸产卵场，渤海诸渔场的鱼群 5 月中旬至 6 月上旬为产卵期，并在附近海域分散索饵。7 月渔获物出现当年幼鱼，密集中心在渤海中部，8 月由于幼鱼大量出现，蓝点马鲛的数量大大增加，几乎整个海区均有分布，特别辽东湾南部和莱州湾数量更多。9 月分布面开始缩小，主要集中在辽东湾南部和莱州湾，10 月随水温下降，分布区逐渐移向渤海中部，11 月大部分个体游出渤海。本工程与蓝点马鲛产卵场距离较远，与索饵场和洄游通道有一定的距离。

### ③繁殖习性

蓝点马鲛 2 龄大部性成熟，3 龄全部性成熟。分批产卵，浮性卵。个体绝对怀卵量 2.8~12.0 万粒。蓝点马鲛产卵期为 5 月下旬至 6 月上旬。产卵后在附近海域分散索饵。2008 年春季的调查中，蓝点马鲛的鱼卵数量占总数量的 21.01%。

本工程与蓝点马鲛与“三场一通道”有一定的距离。本项目与蓝点马鲛“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-7。

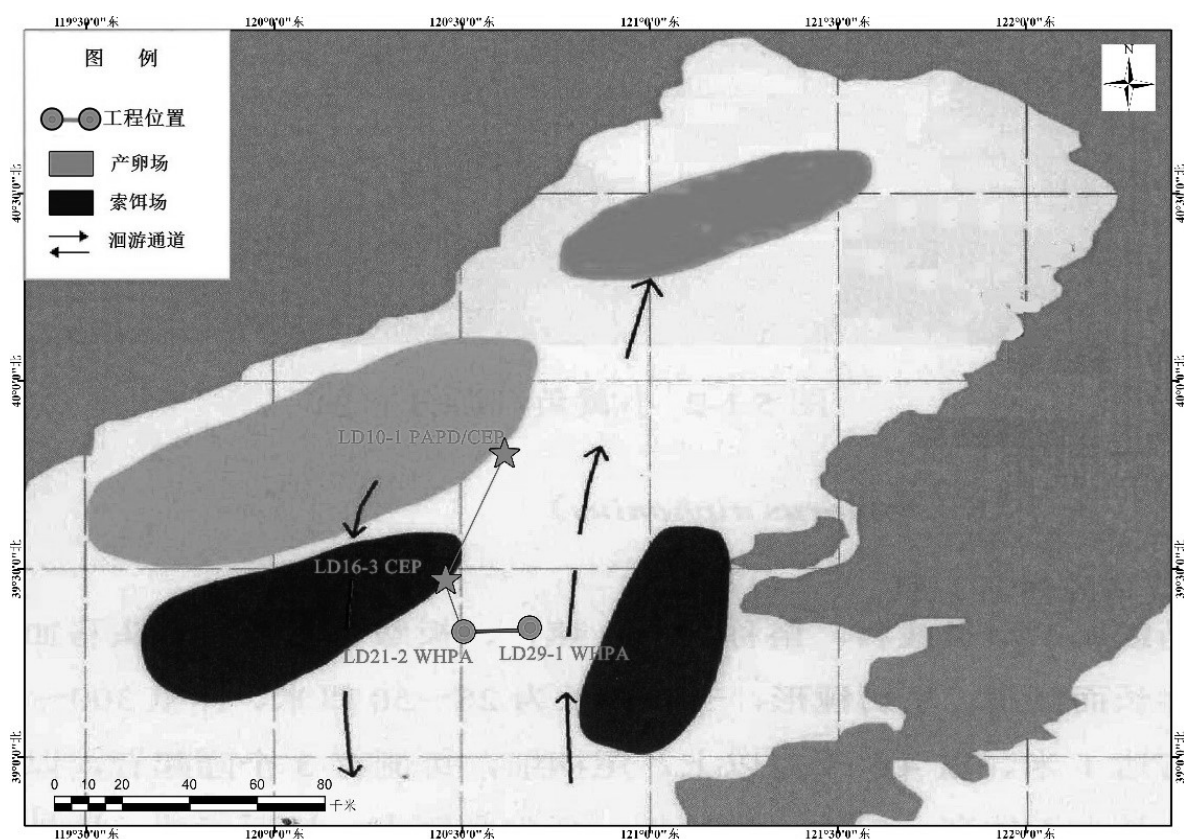


图 4.3-7 本项目与蓝点马鲛“三场一通道”相对位置关系示意图

## (8) 银鲳

### ①生活习性

银鲳属鲳科，属暖水性、中上层集群性经济鱼类。银鲳体呈卵圆形，侧扁，体长



20~30 厘米，体重 300 克左右。头较小，吻圆钝略突出。口小，稍倾斜，下颌较上颌短，两颌各有细牙一行，排列紧密。体被小圆鳞，易脱落，侧线完全。体背部微呈青灰色，胸、腹部为银白色，全身具银色光泽并密布黑色细斑，无腹鳍，尾鳍深叉形。

### ②洄游情况

银鲳属暖水性，中上层集群性经济鱼类，是由黄海洄游到渤海产卵和索饵的洄游性鱼类。平时分散栖息于潮流缓慢的近海，生殖季节集群游向近岸及河口附近。银鲳具有显著的与其它近海性鱼类的产卵场分布极为相似的共同点，河口浅海混合海水的高温低盐度区，水深一般为 10~20 米左右。渤海银鲳的产卵期为 5 月上旬至 7 月下旬。9 月份银鲳幼鱼从近岸移向渤海中部，10 月在辽东湾南部有密集中心。11 月份银鲳逐渐游离渤海向越冬场洄游。

### ③繁殖习性

银鲳 1 龄 90%左右性成熟，2 龄鱼全部成熟。渤海银鲳的绝对怀卵量平均为  $18.0 \times 10^4$  粒，渤海银鲳的主要产卵期为 5 月上旬至 7 月上旬，7~11 月为主要索饵期，9 月银鲳幼鱼又从近岸移向渤海中部，分布面广，密集中心在莱州湾和黄河口一带。

本工程位于银鲳洄游通道边缘。本项目与银鲳“三场一通道”相对位置关系见图 4.3-8。

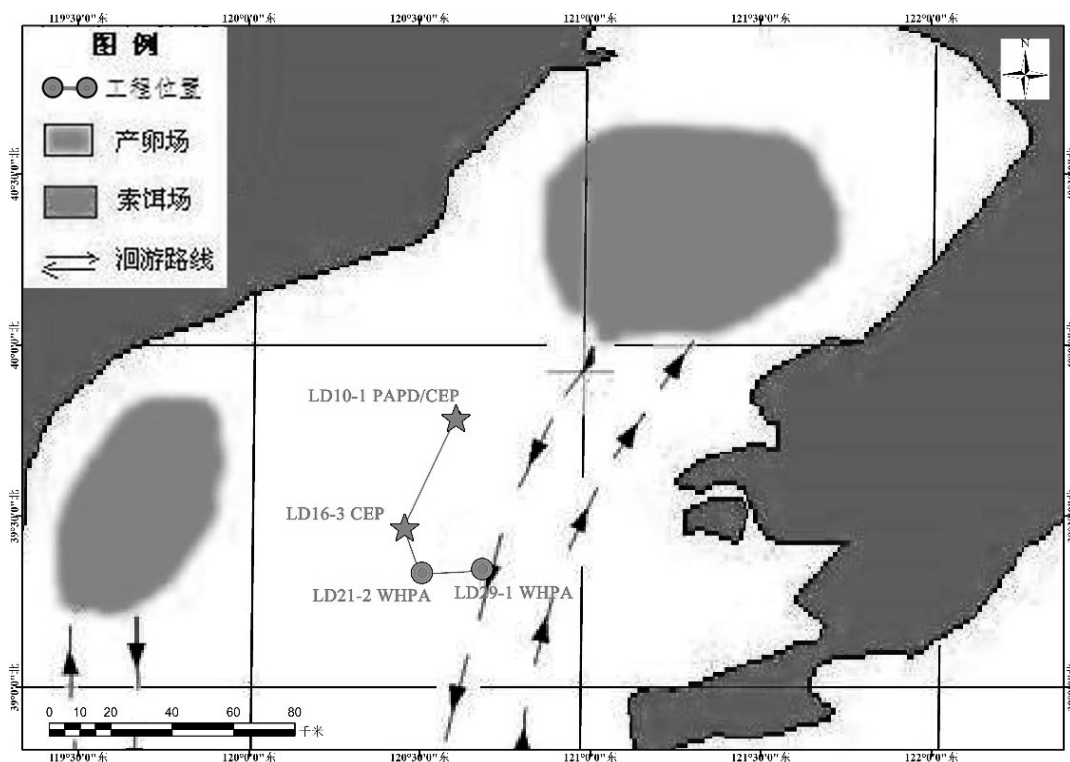


图 4.3-8 本项目与银鲳“三场一通道”相对位置关系示意图

## (10) 中国对虾



中国对虾产卵场主要有渤海内湾诸河口附近水域，及山东半岛的海州湾、胶州湾、乳山湾沿岸、辽东半岛的海洋岛、鸭绿江口附近水域。中国对虾的产卵期一般为一个月左右（5~6月），索饵期一般为 7-11 月。6 月幼虾主要分布在河口附近的浅水区索饵肥育，7 月下旬当幼虾体长达 80-100mm 时开始向深水移动，8 月上旬集中分布在 15 米以内的水深处，9 月上、中旬游至 20-28 米的深水区索饵，10 月中、下旬至 11 月初为对虾交尾期，11 月中、下旬开始陆续游出渤海，开始越冬洄游。本项目周围海域中国对虾产卵场、索饵场、洄游线路分布见图 4.3-9。本项目位于中国对虾索饵场内和洄游通道上。

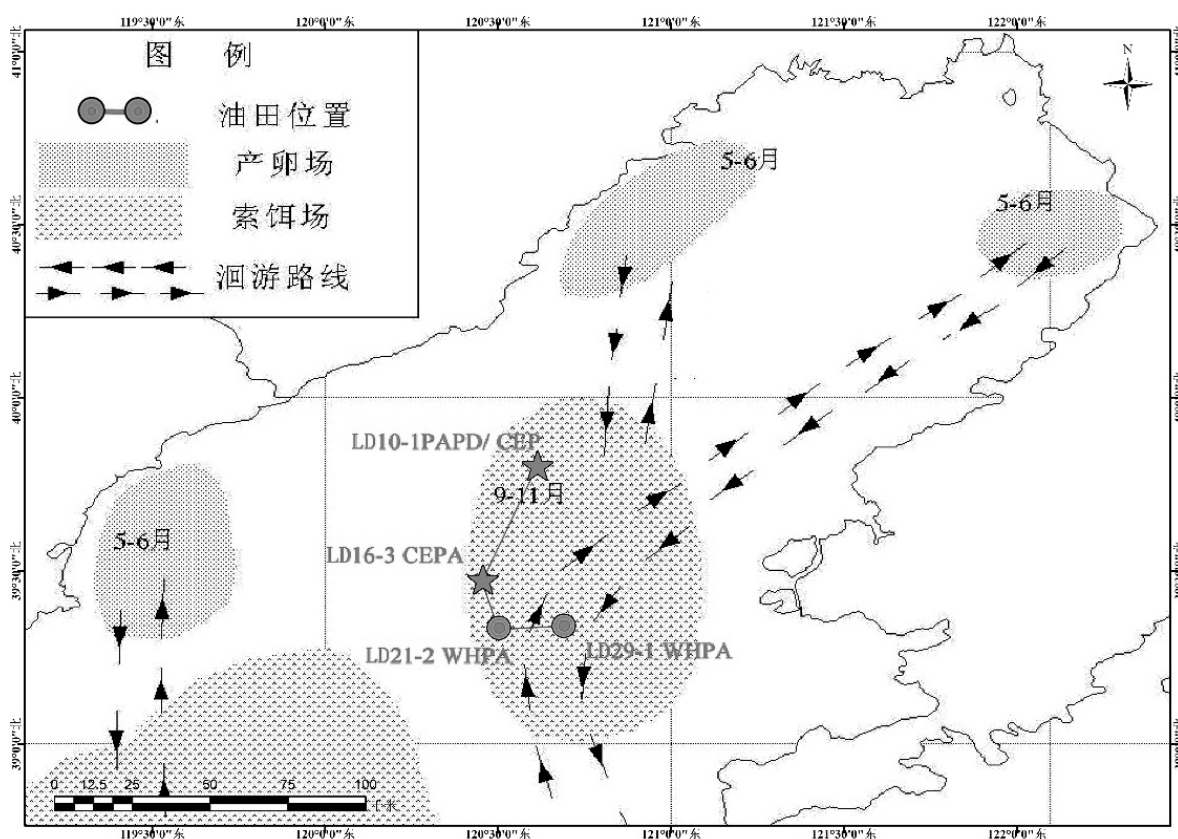


图 4.3-9 本项目与中国对虾“三场一通道”相对位置关系示意图

### (11) 毛虾

辽东湾毛虾的越冬场在辽东湾中部，辽东湾毛虾群终年不离开辽东湾，早春向辽东湾东南两侧和湾头区移动。本项目周围海域毛虾产卵场、索饵场、越冬场分布见图 4.3-10。本项目位于毛虾越冬场内。毛虾越冬期为 1-2 月，越冬场主要分布于辽东湾南部，水深 25-30 米的水域。

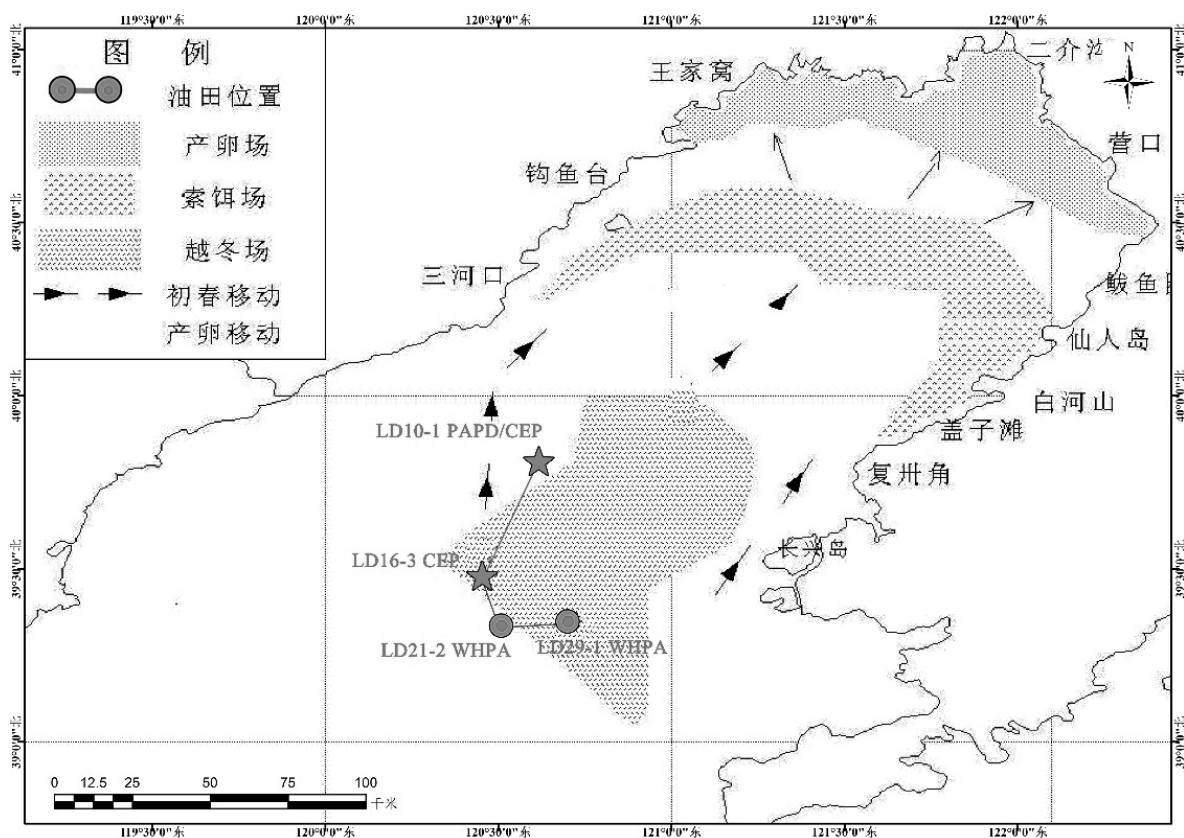


图 4.3-10 本项目与毛虾“三场一通道”相对位置关系示意图

#### 4.3.4 主要环境敏感目标

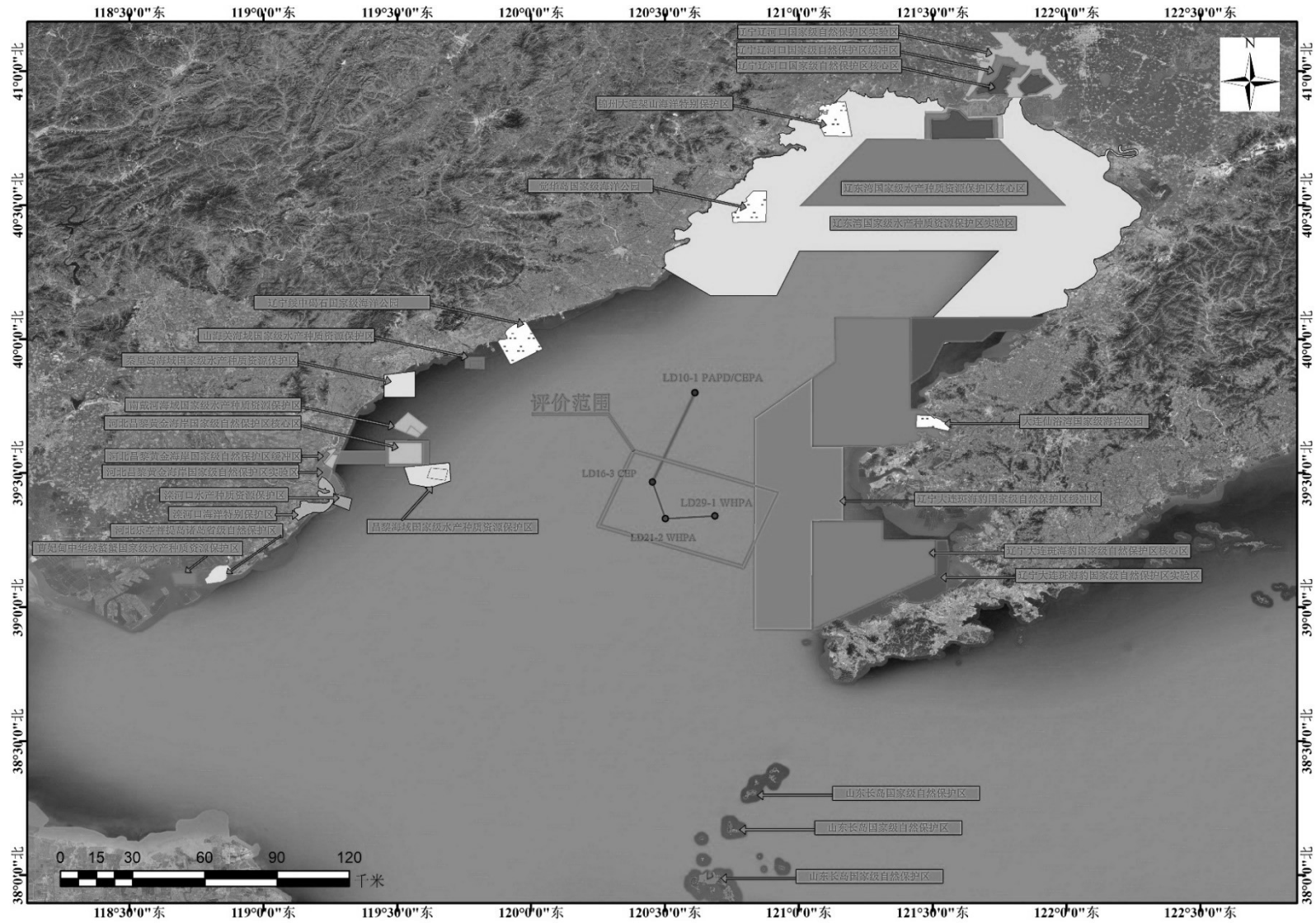
本工程评价范围内环境敏感目标主要有辽宁大连斑海豹国家级自然保护区和大连斑海豹保护生态红线区。本工程距离最近的敏感目标辽宁大连斑海豹国家级自然保护区和大连斑海豹保护生态红线区约 12.65km。

本项目委托中国水产科学研究院黄海水产研究所于 2017 年 6 月、2018 年 9 月开展了渔业资源现状调查，编制了《旅大 29-1 油田开发项目海域渔业资源现状调查与评价》，其中渔业生物学特性内容引用《辽宁动物志·鱼类》(辽宁科学技术出版社, 1987)，洄游与分布内容参考《黄渤海区渔业资源调查与区划》(海洋出版社, 1990)。本工程还位于小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵场内，毛虾的越冬场，中国对虾、鲢鱼和鳙的洄游通道上，银鲳和黄姑鱼的洄游通道边缘。

旅大 29-1 油田开发项目周边主要环境敏感目标分布见表 4.3-1、图 4.3-11~图 4.3-12。

表 4.3-1 本项目主要环境保护对象

范围	序号	敏感区类型	敏感目标名称		与本项目位置关系			主要保护对象	保护期/产卵期
					方位	与平台最近距离(km)	与管线最近距离(km)		
评价范围内	1	国家级自然保护区	辽宁大连斑海豹国家级自然保护区	缓冲区	东	12.65	12.65	斑海豹及其栖息生境	—
	2	生态红线区	大连斑海豹保护生态红线区	禁止开发区	东	12.65	12.65	斑海豹	—
	3	渔业“三场一通道”	小黄鱼	索饵场	位于其中	0	0	小黄鱼	索饵期 9~11 月
			鳊	索饵场	位于其中	0	0	鳊	索饵期 7~9 月
			鲢鱼	洄游通道	位于其中	0	0	鲢鱼	4 月下旬生殖洄游；7~8 月索饵洄游。
			鲮	洄游通道	位于其中	0	0	鲮	3 月开始生殖洄游；10 月中下旬越冬洄游
			中国对虾	索饵场、洄游通道	位于其中	0	0	对虾	索饵期 9~11 月 11 月中、下旬开始陆续游出渤海，开始越冬洄游
			毛虾	越冬场	位于其中	0	0	毛虾	越冬期 1-2 月
			银鲳	洄游通道	位于洄游通道边缘		银鲳	11 月份逐渐游离渤海向越冬场洄游	
			黄姑鱼	洄游通道	位于洄游通道边缘		黄姑鱼	11 月份开始越冬洄游	
			蓝点马鲛	洄游通道	东、西	8.1	8.1	蓝点马鲛	3 月开始生殖洄游，10 月开始越冬洄游
白姑鱼	洄游通道	东	5.0	5.0	白姑鱼	8 月中、下旬陆续游出渤海进行越冬洄游			





## 5 环境现状调查与评价

本次评价为了解工程海域的环境质量现状开展了现状调查，本工程于 2017 年 11 月和 2018 年 4 月委托青岛环海海洋工程勘察研究院开展春季和秋季两次调查。同时，编制完成了《旅大 29-1 油田开发项目春季海洋现状调查报告》和《旅大 29-1 油田开发项目秋季海洋现状调查报告》。

为了了解工程海域的渔业资源现状，本工程委托中国水产科学研究院黄海水产研究所收集了工程附近海域春季和秋季渔业资源现状资料，同时编制完成《旅大 29-1 油田开发项目海域渔业资源现状调查与评价》。

本项目环境质量现状调查引用资料来源见表 5.1。

表 5.1 环境质量现状调查引用资料来源一览表

因子	引用报告	调查单位	调查时间	站位数
水文动力环境	旅大 29-1 油田开发项目秋季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2017 年 12 月	4
	旅大 29-1 油田开发项目春季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2018 年 5 月	4
地形地貌	旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告	中海油服物探事业部工程勘察作业公司	2018 年 12 月~2019 年 1 月	/
	旅大 29-1 油田开发项目海底电缆管道路由调查勘测报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2019 年 7 月~8 月	/
水质	旅大 29-1 油田开发项目秋季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2017 年 11 月	28
	旅大 29-1 油田开发项目春季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2018 年 4 月	28
沉积物	旅大 29-1 油田开发项目秋季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2017 年 11 月	17
生物生态	旅大 29-1 油田开发项目秋季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2017 年 11 月	17
	旅大 29-1 油田开发项目春季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2018 年 4 月	17
生物质量	旅大 29-1 油田开发项目秋季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2017 年 11 月	17
	旅大 29-1 油田开发项目春季海洋现状调查报告	青岛环海海洋工程勘察研究院	2018 年 4 月	17
渔业资源	旅大 29-1 油田开发项目海域渔业资源现状调查与评价	中国水产科学研究院 黄海水产研究所	2017 年 6 月	24
	旅大 29-1 油田渔业资源调查		2018 年 9 月	24

## 5.1 水文动力现状调查与评价

青岛环海海洋工程勘察研究院对工程海域的海流进行了现场观测，其目的旨在了解该海域海流的基本特征，最终为海洋工程的建设提供科学依据。

观测方式：四站同步周日连续观测，观测时间间隔为 1h。

观测仪器：使用声学多普勒海流剖面仪。

观测日期：2017 年 12 月 4 日至 12 月 5 日（农历十月十七至十月十八，大潮期）和 2018 年 5 月 15 日至 5 月 16 日（农历四月初一至四月初二，大潮期）。

海流观测站位布设情况见下表和下图。

表 5.1-1 海流观测站位

站位	经度 (E)	纬度 (N)	观测设备	分层
H2			声学多普勒海流剖面仪	三层
H4				
H20				
H22				

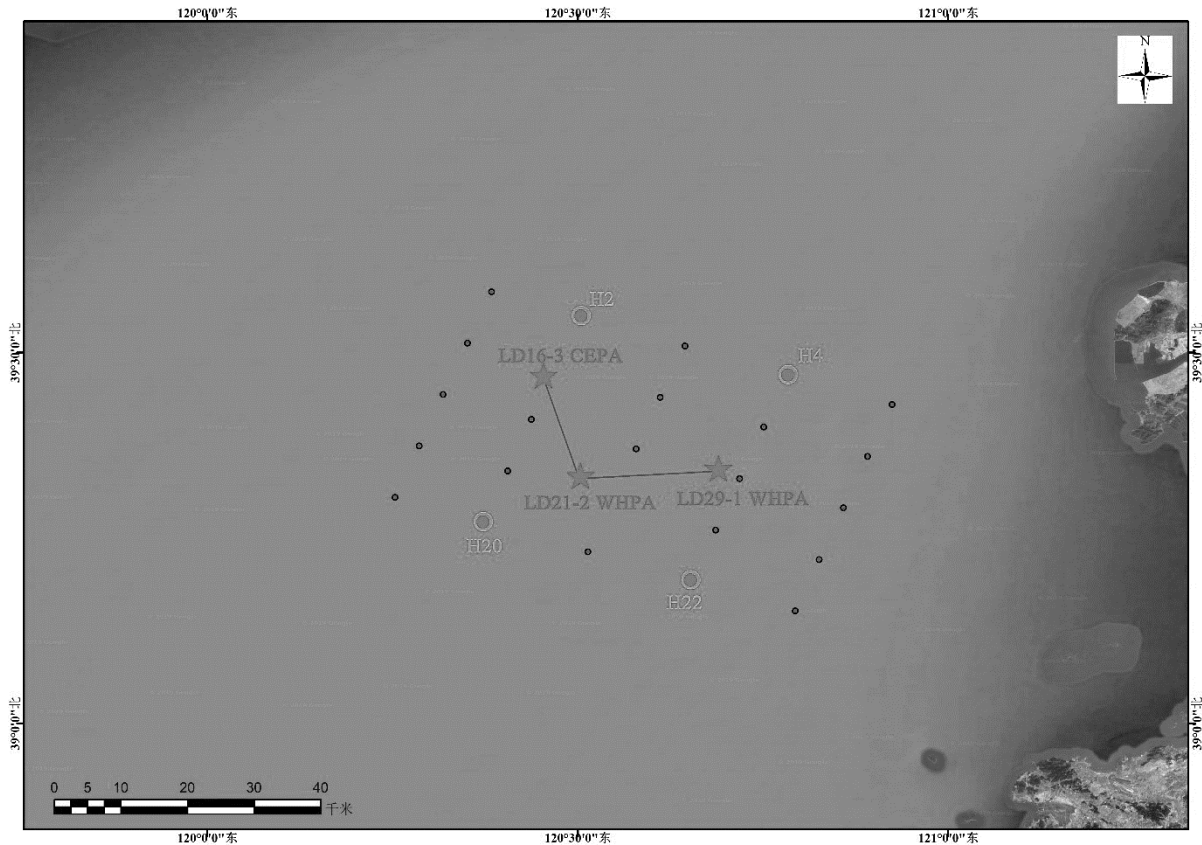


图 5.1-1 海流观测站位图

### 5.1.1 流向流速出现频率

#### 5.1.1.1 流向频率

##### (1) 2017 年 12 月调查结果

根据大潮期各站海流实测资料，对流向频率进行统计，统计结果见下表。

由表可以看出：各站实测海流流向相对集中，落潮流流向集中在 SW~SSW 向附近，涨潮流流向集中在 N~NNE 向附近，H2 与 H4 站较为接近，而 H20 与 H22 站较为接近。

表 5.1-2 2017 年 12 月各向海流出现频率 (%)

站层 \ 流向		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
		H2	表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
H4	表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
H20	表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
H22	表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

##### (2) 2018 年 5 月调查结果

根据大潮期各站海流实测资料，对流向频率进行统计，统计结果见下表。

由表可以看出：各站实测海流流向相对集中，落潮流流向集中在 SW~SSW 向附近，涨潮流流向集中在 N~NNE 向附近，H2 与 H4 站较为接近，而 H20 与 H22 站较为接近。

表 5.1-3 2018 年 5 月各向海流出现频率 (%)

站层 \ 流向		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
		H2	表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
H4	表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
H20	表	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■





中	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
底	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

### 5.1.2 平均流速和最大流速

#### (1) 2017 年 12 月调查结果

从平面上看，各站都是涨潮流大于落潮流，从垂向上看，流速都是由表层向底层逐渐减小。实测最大涨落潮流流速均出现于 H22 站表层，其中最大涨潮流流速为 152.1cm/s、对应流向为 14.9°，最大落潮流流速为 127.8cm/s、对应流向为 231.9°。2017 年 12 月平均流速和最大流速分布见下表和下图。

表 5.1-6 2017 年 12 月实测平均流速和最大流速及对应流向（单位：cm/s，°）

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	
H2	表层	■	■	■	■	■	■	■
	中层	■	■	■	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■	■	■	■
H4	表层	■	■	■	■	■	■	■
	中层	■	■	■	■	■	■	■
	底层	■	■	■	■	■	■	■
H20	表	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■
H22	表	■	■	■	■	■	■	■
	中	■	■	■	■	■	■	■
	底	■	■	■	■	■	■	■

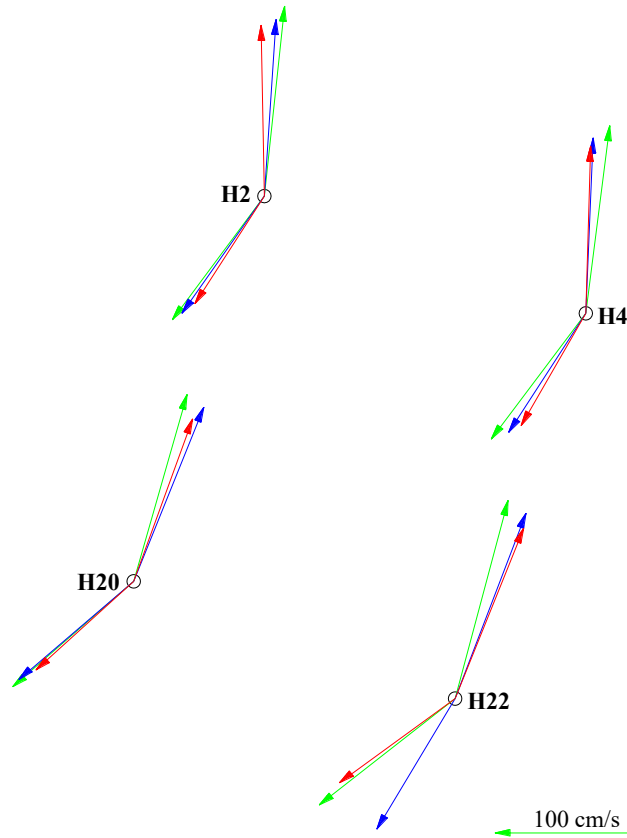


图 5.1-2 2017 年 12 月实测最大涨落潮流矢量

(2) 2018 年 5 月调查结果

从平面上看，各站都是涨潮流大于落潮流，从垂向上看，流速都是由表层向底层逐渐减小。实测最大涨落潮流流速均出现于 H22 站表层，其中最大涨潮流流速为 154.8cm/s、对应流向为 16.8°，最大落潮流流速为 122.6cm/s、对应流向为 235.7°。2018 年 5 月平均流速和最大流速分布见下表和下图。

表 5.1-7 2018 年 5 月实测平均流速和最大流速及对应流向（单位：cm/s，°）

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	
H2	表层	█	█	█	█	█	█	█
	中层	█	█	█	█	█	█	█
	底层	█	█	█	█	█	█	█
H4	表层	█	█	█	█	█	█	█
	中层	█	█	█	█	█	█	█
	底层	█	█	█	█	█	█	█
H20	表层	█	█	█	█	█	█	█
	中层	█	█	█	█	█	█	█
	底层	█	█	█	█	█	█	█
H22	表层	█	█	█	█	█	█	█
	中层	█	█	█	█	█	█	█
	底层	█	█	█	█	█	█	█

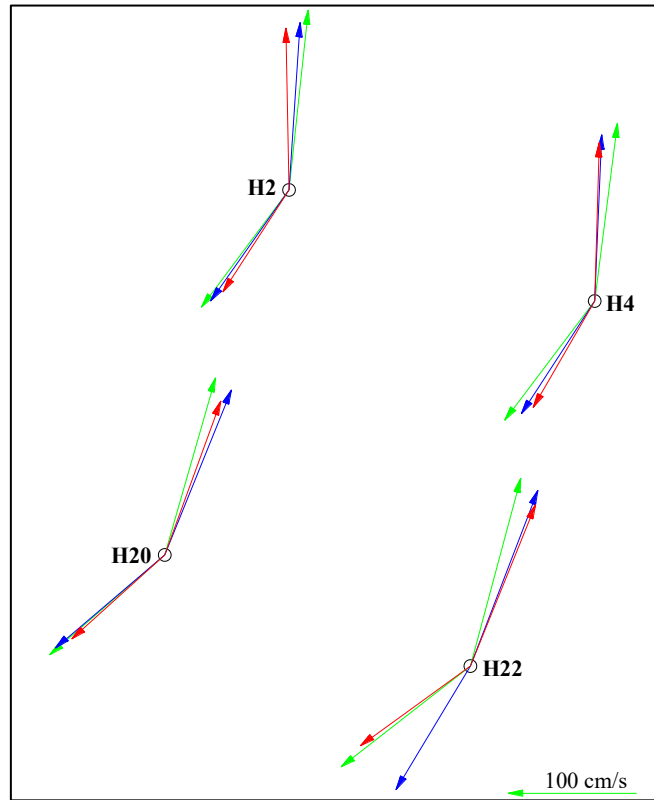


图 5.1-3 2018 年 5 月实测最大涨落潮流矢量

### 5.1.3 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，从而确定潮流的性质和特征。

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。

#### 5.1.3.1 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。

### (1) 2017 年 12 月调查结果

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。各站层以正规半日潮流居多，只有 H22 站表层和底层以及 H4 站底层为不正规半日潮流，观测期间本海区潮流属半日潮流性质。潮流性质分析结果见下表。

表 5.1-8 2017 年 12 月潮流性质分析结果

站号	表层	中层	底层
H2			
H4			
H20			
H22			

### (2) 2018 年 5 月调查结果

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。各站层以正规半日潮流居多，只有 H22 站底层为不正规半日潮流，观测期间本海区潮流属半日潮流性质。

表 5.1-9 2018 年 5 月潮流性质分析结果

站号	表层	中层	底层
H2			
H4			
H20			
H22			

### 5.1.3.2 潮流的运动形式

反映潮流运动形式的参量为旋转率（亦称椭圆率） $K'$ ，其值为该分潮流椭圆短轴与椭圆长的比值，其符号有“+”、“-”之分，正号表示分潮流为逆时针旋转，负号则为顺时针旋转。

#### (1) 2017 年 12 月调查结果

该海区的潮流性质属半日潮流，因此主要半日分潮流（M2 和 S2）的运动形式即代表了该海区潮流的运动形式。各主要分潮的椭圆要素见下表。根据计算分析结果可知，各站层 M2 分潮流的椭圆率  $K$  值都远小于 0.5，因此观测期间本海区潮流运动形式以往复流为主。

表 5.1-10 2017 年 12 月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')	
H2	表层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
		S <sub>2</sub>					
		M <sub>4</sub>					
	MS <sub>4</sub>						
	中层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
		S <sub>2</sub>					
		M <sub>4</sub>					
	MS <sub>4</sub>						
	底层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
S <sub>2</sub>							
M <sub>4</sub>							
MS <sub>4</sub>							
H4	表层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
		S <sub>2</sub>					
		M <sub>4</sub>					
	MS <sub>4</sub>						
	中层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
		S <sub>2</sub>					
		M <sub>4</sub>					
	MS <sub>4</sub>						
	底层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
S <sub>2</sub>							
M <sub>4</sub>							
MS <sub>4</sub>							
H20	表层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
		S <sub>2</sub>					
		M <sub>4</sub>					
	MS <sub>4</sub>						
	中层	O <sub>1</sub>					
		K <sub>1</sub>					
		M <sub>2</sub>					
		S <sub>2</sub>					
		M <sub>4</sub>					
MS <sub>4</sub>							







底层	K <sub>1</sub>								
	M <sub>2</sub>								
	S <sub>2</sub>								
	M <sub>4</sub>								
	MS <sub>4</sub>								

5.1.3.3 平均最大流速与可能最大流速

(1) 2017 年 12 月调查结果

《海港水文规范》中规定，按准调和分析方法分析的结果，确定潮流椭圆要素。各站、各层不同潮期潮流的平均最大流速和可能最大流速矢量见下表。

表 5.1-12 2017 年 12 月平均最大流速和可能最大流速计算结果（单位：cm/s，°）

站号	项目	平均最大流速						可能最大流速	
		大潮		中潮		小潮		流速	流向
		流速	流向	流速	流向	流速	流向		
H2	表层								
	中层								
	底层								
H4	表层								
	中层								
	底层								
H20	表层								
	中层								
	底层								
H22	表层								
	中层								
	底层								

(2) 2018 年 5 月调查结果

2018 年 5 月各站、各层不同潮期潮流的平均最大流速和可能最大流速矢量见下表。

表 5.1-13 2018 年 5 月平均最大流速和可能最大流速计算结果（单位：cm/s，°）

站号	项目	平均最大流速						可能最大流速	
		大潮		中潮		小潮		流速	流向
		流速	流向	流速	流向	流速	流向		
H2	表层								
	中层								
	底层								
H4	表层								
	中层								
	底层								
H20	表层								
	中层								
	底层								
H22	表层								
	中层								

底层	■	■	■	■	■	■	■	■	■
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

### 5.1.4 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。

#### (1) 2017 年 12 月调查结果

可以看出，调查区南端的 H22 余流流速最大，全部超过 15cm/s，西侧的 H20 余流流速次之，其表层、中层余流流速均超过 15 cm/s，其余两站余流流速相对较小；从余流流向上看，均为偏 N 向区间。2017 年 12 月余流计算结果见下表。

表 5.1-14 2017 年 12 月余流计算结果（单位：cm/s，°）

站号 \ 层次	表层		中层		底层	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向
H2	■	■	■	■	■	■
H4	■	■	■	■	■	■
H20	■	■	■	■	■	■
H22	■	■	■	■	■	■

#### (2) 2018 年 5 月调查结果

调查区南端的 H22 余流流速最大，全部超过 15cm/s，西侧的 H20 余流流速次之，其表层、中层余流流速均接近 15 cm/s，其余两站余流流速相对较小；从余流流向上看，均为偏 N 向区间。

表 5.1-15 2018 年 5 月余流计算结果（单位：cm/s，°）

站号 \ 层次	表层		中层		底层	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向
H2	■	■	■	■	■	■
H4	■	■	■	■	■	■
H20	■	■	■	■	■	■
H22	■	■	■	■	■	■

### 5.1.5 小结

(1) 本海区海流以潮流为主，潮流性质属正规半日潮流；潮流运动形式以往复流为主，各站实测海流流向相对集中，落潮流流向集中在 SW~SSW 向附近，涨潮流流向集中在 N~NNE 向附近。

(2) 2017 年 12 月各站大潮期潮流平均最大流速的最大值为 115.2cm/s，潮流的可能最大流速为 197.8cm/s；各站均为流速随深度增加而递减，即表、中、底层流速依次递减。2018 年 4 月各站大潮期潮流平均最大流速的最大值为 117.6cm/s，潮流的可能最

大流速为 197.0cm/s；各站均为流速随深度增加而递减，即表、中、底层流速依次递减；

(3) 2017 年 12 月和 2018 年 4 月观测期间，调查区南端的 H22 余流流速最大，各层余流流速均超过 15cm/s，从余流流向上看，均分布在偏 N 向区间。

## 5.2 地形地貌环境现状调查与评价

本节内容引自《旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告》和《旅大 29-1 油田开发项目海底电缆管道路由调查勘测报告》。

《旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告》：2018 年 12 月 12 日至 21 日完成 LD29-1WHPA 平台场址工程物探模拟调查；2018 年 12 月 15 日完成高分辨率数字地震调查；工程地质钻孔海上现场作业于 2018 年 12 月 13 日开始，至 2019 年 1 月 2 日结束。调查单位为中海油田服务股份有限公司物探事业部工程勘察作业公司。

《旅大 29-1 油田开发项目海底电缆管道路由调查勘测报告》：工程地质勘察外业工作始于 2019 年 7 月 9 日，完成于 2019 年 7 月 11 日；工程物探外业调查时间为 2019 年 8 月 20 日至 8 月 21 日。调查单位为青岛环海海洋工程勘察研究院。

### 5.2.1 水深

#### 5.2.1.1 平台场址区

根据水深调查，LD29-1 WHPA 平台场址调查区域内海底平坦，水深变化比较小。以水深基准面为海图基准面（位于平均海平面以下 0.96m），水深值在 30.3m 至 32.8m 之间变化，调查区域水深从西向东逐渐变深。LD29-1WHPA 平台位置处的水深值为 32.2m。项目附近海域水深见下图。

图 5.2-1 新建平台场址水深地形图

#### 5.2.1.2 管缆路由区

由图 5.2-2 可以看出，工程海域的深度基准面位于 85 高程基准面下 103cm，LD21-2WHPA 平台至新建 LD29-1WHPA 平台路由区水深在 18.0m~31.7m 之间。在路由区 KP12 点和 KP13 点之间，有一个宽度约为 2000m 的缓坡，水深变化范围在 18.0m~21.6m 之间，平均坡度为 3.6%，经查缓坡为辽东湾浅滩。辽东湾浅滩是指辽东半岛以西的渤

海东北部海域，属辽东湾的南延部分。辽东湾湾口是以大清河口与辽宁老铁山岬的连线为界，而湾口东侧以发育沙脊和沿岸多岛屿为特点，即为辽东湾浅滩。

浅滩西侧路由区地形平缓，水深变化范围在 21.6-23.1m 之间，平均坡度为 0.13‰；浅滩东侧水深快速增加，水深变化范围在 21.6-31.7m 之间，平均坡度为 3.5‰。路由区最大水深位于新建 LD29-1WHPA 平台东南 90m 处，水深值为 31.7m；最小水深位于路由区中东部（KP12+650m 处），水深值为 18.0m。

图 5.2-2 LD21-2WHPA 平台至 LD29-1WHPA 平台水深地形图

## 5.2.2 地貌

### 5.2.2.1 平台场址区

海底地貌资料局部色度显示均匀，结合水深资料分析认为，海底在调查区域内基本平整，底质无明显变化。根据地貌资料显示，调查期间未发现有对平台安装及钻井平台就位有不利影响的遗弃物及障碍性物体存在。根据地质钻孔资料可知，调查区域海底底质主要为软到稍硬的褐灰色粉质粘土含粉土包和少量贝壳碎屑。项目所在海域地形地貌见下图。

图 5.2-3 新建平台场址地貌记录

### 5.2.2.2 管缆路由区

#### (1) 海底面状况特征

路由区大多数声纳影像资料灰度显示基本均匀（见图 5.2-4），反射强度变化不大，反映路由区海底底质无明显变化，结合底质取样可判断路由区海底底质为粉砂质砂。

根据侧扫声纳和平台周边多波束调查结果，路由区目标物仅存在于路由区西侧，目标物包括 2 条出露管线、3 个桩腿、8 处桩靴、8 处拖痕沟槽。

根据多波束调查数据及引用资料，LD21-2 WHPA 平台东北角发现两条向北延伸管线，自西向东依次为 LD21-2 WHPA 至 LD16-3 CEPA 海底电缆、LD16-3 CEPA 至 LD21-2 WHPA 混输管道（表 5.2-1），分别出露 18.4m、17.4m。

图 5.2-4 平滑海底声纳影像

图 5.2-5 LD21-2 WHPA 平台周边海底面状况图

表 5.2-1 LD21-2 WHPA 平台周边管道属性列表

名称	序号	东 (m)	北 (m)	埋深(m)	备注
LD21-2WHPA 至 LD16- 3CEPA 海底电 缆	1	██████	██████	0	出露 18.4m
	2	██████	██████	0	
	3	██████	██████	0	
	4	██████	██████	0	
LD16-3CEPA 至 LD21- 2WHPA 混输 管线	1	██████	██████	0	出露 17.4m
	2	██████	██████	0	
	3	██████	██████	0	
	4	██████	██████	0	
	5	██████	██████	0	

图 5.2-6 LD21-2 WHPA 平台北侧声纳影像



























图 5.2-7 LD21-2 WHPA 平台南侧声纳影像

表 5.2-2 LD21-2 WHPA 平台周边施工痕迹属性列表

目标物名称	序号	东 (m)	北 (m)	距中轴线距离 (m)	备注
桩腿 1	1	██████	██████	97.76	/
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
桩腿 2	1	██████	██████	74.53	/
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
桩腿 3	1	██████	██████	70.09	/
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
桩靴 1	1	██████	██████	176.5	深 0.4m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
桩靴 2	1	██████	██████	140.6	深 0.4m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
桩靴 3	1	██████	██████	144.3	深 0.5m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
桩靴 4	1	██████	██████	99.62	深 0.1m

	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
桩靴 5	1	██████	██████	67.38	深 0.2m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
桩靴 6	1	██████	██████	86.44	深 0.9m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
桩靴 7	1	██████	██████	83.46	深 1.1m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
桩靴 8	1	██████	██████	118.7	深 1.0m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
拖痕 1	1	██████	██████	175.2	长 88.1m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
拖痕 2	1	██████	██████	156.4	长 28.3m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
拖痕 3	1	██████	██████	142.9	长 106.3m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
拖痕 4	1	██████	██████	95.15	长 134.4m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
拖痕 5	1	██████	██████	36.84	长 207.1m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		
	5	██████	██████		
	6	██████	██████		
拖痕 6	1	██████	██████	84.03	长 168.8m
	2	██████	██████		
	3	██████	██████		
	4	██████	██████		



	5				
	6				
拖痕 7	1			27.17	长 57.9m
	2				
	3				
U 形拖痕	1			110.1	长 74.9m
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				

## (2) 小结

路由区海底均为平滑海底，海底底质无明显变化，为非常软到软的淤泥质粉质黏土。路由区西侧 LD21-2WHPA 平台、LD21-2WHPB 平台附近可见桩腿以及施工后在海底面留下的桩靴、拖痕。根据声纳影像资料，共发现 3 个桩腿、8 个桩靴、8 条拖痕，在路由区发现一条出露电缆、一条出露混输管线，分别出露 18.4m、17.4m，距离路由中轴线最近 10m，路由施工注意避让。

综上所述，除两段出露电缆、混输管线外，路由区未发现其他影响路由建设的地貌单元和障碍物。

## 5.2.3 地质

### 5.2.3.1 平台场址

#### (1) 土质特征

总体上 LD29-1 WHPA 平台场址，在海底表层至泥面以下约 2.2-2.9m 为非常软到稍硬的粘土和粉质粘土，2.2-2.9m 以下基本为交替出现的粘性土和粒状土。

#### (2) 中浅层地质

通过对地层剖面资料和地质钻孔分层资料的综合分析、对比，根据地层内部的反射结构及沉积特征的变化情况，对该场址中浅部地层沉积进行了划分和分析。LD29-1WHPA 平台场址调查区共划分为 A、B、C、D 四层。

A 层：位于海底至 R1 界面之间的地层，A 层覆盖整个调查区，A 层反射层理不明显，反射能量较弱，地层反射连续。A 层底界面 R1 埋深在 1.9m 至 5.1m 之间变化，调

查范围内西部 A 层沉积较厚，东部沉积较薄，LD29-1 WHPA 位置中心处，A 层底界面 R1 的埋深约为 2.9m。A 层内土质成分主要为软到稍硬的褐灰色粉质粘土。

**B 层：**位于 R1 至 R2 界面之间的地层，B 层覆盖大部分调查区，B 层反射层理明显，反射能量较强。B 层内大部分区域为埋藏古河道，地层反射主要为倾斜状，杂乱状反射。除埋藏古河道外，调查范围内东部地层受浅层气影响，反射能量较弱，地层反射不连续。B 层底界面 R2 埋深在 15.8m 至 17.2m 之间变化，LD29-1 WHPA 位置中心处，B 层底界面 R2 的埋藏深度约为 16.8m。B 层内土质成分主要为中密实到密实的褐灰色粉土，以及软到稍硬的褐灰色粉质粘土。

**C 层：**位于 R2 至 R3 界面之间的地层，C 层覆盖大部分调查区域，C 层反射层理明显，反射能量较强，主要为水平状反射，调查范围内局部地层受浅层气影响，反射能量较弱，地层反射不连续。C 层底界面 R3 埋深在 24.7m 至 27.1m 之间变化，LD29-1 WHPA 位置中心处，B 层底界面 R3 的埋藏深度约为 25.9m。C 层内土质成分主要为密实的褐灰色粉土及砂质粉土。

**D 层：**位于 R3 至 R4 界面之间的地层，D 层覆盖大部分调查区域，D 层反射层理明显，反射能量较强，主要为水平状反射，调查范围内局部地层受浅层气影响，反射能量较弱，地层反射不连续。D 层底界面 R4 埋深在 58.8m 至 61.2m 之间变化，LD29-1 WHPA 位置中心处，B 层底界面 R4 的埋藏深度约为 58.8m。D 层内土质成分主要为非常密实的褐灰色粉质粘土。

**埋藏古河道：**在 LD29-1 WHPA 平台场址范围内，发现 1 处埋藏古河道。河道分布范围较大，几乎覆盖整个调查区域。埋藏古河道部分区域受浅层气屏蔽影响，无法识别。埋藏古河道的顶部埋深在海底以下约 4m 至 7m，底部埋深在海底以下约 7m 至 16m。LD29-1 WHPA 平台场址位置位于埋藏古河道之上，LD29-1 WHPA 平台位置处，埋藏古河道的顶部埋深和底部埋深分别约为 5m 和 13m。

埋藏古河道对平台安装没有不利影响，由于埋藏古河道内沉积物成分存在差异，预定平台位置处，河道顶部埋深约 5m，如钻井平台插桩深度超过 5m，应注意沉积物成分差异造成的不同桩腿入泥深度的差异。

**断层：**根据中浅地层剖面资料可知，在 LD29-1 WHPA 平台场址调查区域内的海底至海底以下 100m 深度范围内未发现断层。

**浅层气：**根据现有调查资料，在预定 LD29-1 WHPA 平台场址海底至海底以下 100m 范围内，发现 4 处浅层气区域。

中浅层地质剖面见下图。

### (3) 深层地质

根据现有的高分辨率数字地震资料剖面记录，结合浅中地层剖面数据，在平台场址调查范围海底至海底以下 800m 范围内，发现 4 处浅层气分布区域。

根据现有数字地震剖面资料分析，调查范围内浅层气埋深较浅（埋藏深度小于 200m），在深部地层（约至 800m）未发现有明显反映强度较大的气体分布及气体运移通道（如断层等）。

调查区域内存在 4 处浅层气区域，预定 LD29-1 WHPA 平台位置位于浅层气区外，但到浅层气区的距离较近，最近约为 40m。浅层气分布区域的周边地层可能存在少量的弥散气（未聚集形成一定规模），对平台打桩没有不利影响，但距离桩腿较近，埋深较浅，平台后期运营时应注意区域内浅层气的运移变化。井口位置距离浅层气区域最近约 51m，建议钻井平台就位时应尽量避开浅层气区域。

除此之外，未发现有其它对平台安装具有不利影响的异常反射特征或灾害地质现象。

图 5.2-8 浅地层剖面图（测线 A06A）

图 5.2-9 浅地层剖面图（测线 B06）

图 5.2-10 浅地层剖面图（测线 A03）

图 5.2-11 中地层剖面图（测线 A06a）

图 5.2-12 中地层剖面图（测线 B06）

### 5.2.3.2 管缆路由区

#### (1) 浅地层结构特征

根据浅地层剖面声波反射特征，可以确定由海底表面至探测记录底部有 6 个反射能量强、波组清晰稳定、特征明显并可进行连续追踪的反射界面，自上而下命名为 R0、R1、R2、R3、R4、R5 界面，其中 R0 为海底。海底与各声阻抗界面之间共界定 5 套地层单元，由上而下分别命名为 A 层、B 层、C 层、D 层、E 层。

图 5.2-13 典型浅地层剖面图谱

#### A 层

A 层位于海底与 R1 界面之间，在地层剖面记录上，A 层为声学透明层，为全新世海相沉积。

A 层底界面为 R1 界面，该界面起伏较小，变化平缓，反射强度中等，总体上由 LD21-2WHPA 平台向 LD29-1WHPA 平台逐渐减少。

R1 界面的埋深在 0.0 m-2.0 m 之间，在 KP14+0 m 处开始缺失，最大埋深位于 LD21-2WHPA 平台附近。

#### B 层

B 层位于 A 层以下，R1 与 R2 界面之间。在浅地层剖面记录上，B 层反射强度中等，水平方向上反射能量相近，反映了该层沉积物组成在横向上变化不大。

B 层的底界面为 R2 界面，该界面较为连续，总体上由 LD21-2WHPA 平台向 LD29-1WHPA 平台逐渐减少，R2 界面局部有一定的起伏。

R2 界面的埋深在 0.0 m-5.7 m 之间，在 KP14+430 m 处开始缺失，最大埋深位于 LD21-2WHPA 平台附近。

#### C 层

C 层位于 B 层以下，R2 与 R3 界面之间。在浅地层剖面记录上，C 层反射强度中等，水平方向上反射能量相近，反映了该层沉积物组成在横向上变化不大。

C 层的底界面为 R3 界面，该界面较为连续，R3 界面有一定的起伏。

R3 界面的埋深在 0.0 m-12.8 m 之间，在 KP15+670 m 处开始缺失，界面最大埋深位于 KP12+500 m 处。

#### D 层

D 层位于 C 层以下，R3 与 R4 界面之间。在浅地层剖面记录上，D 层反射强度中

等，水平方向上反射能量相近，有部分的平行层理，反映了该层沉积物组成在横向上变化不大。

D 层的底界面为 R4 界面，该界面较为连续，全区连续分布，R4 界面有较大的起伏。

R4 界面的埋深在 2.4 m-16.9 m 之间，最大埋深位于工区中东部(KP12+690 m 处)，最小埋深位于 LD29-1WHPA 平台附近。

### E 层

E 层位于 D 层以下，R4 与 R5 界面之间。在浅地层剖面记录上，E 层反射强度较强，多为杂乱层理。

E 层的底界面为 R5 界面，该界面较为连续，全区连续分布，R5 界面有较大的起伏。

R5 界面的埋深在 4.4 m-17.9 m 之间，界面最大埋深位于工区中东部 (KP12+550 m 处)，最小埋深位于 LD29-1WHPA 平台附近。

### (2) 浅地层稳定性分析

根据浅地层剖面探测资料的声波反射强度、波形和波组特征，结合有关调查成果和区域地质环境资料，分析沉积层内部构造，推断其沉积相和沉积环境，并进行地层的稳定性分析。

路由区未发现断层、浅层气、塌陷、底辟、侵蚀沟槽、滑坡、埋藏沙丘等对海底管道铺设具有潜在影响的灾害地质因素。

### (3) 小结

路由区海底表面至探测记录底部共划分 R0、R1、R2、R3、R4、R5 六个界面，其中 R0 为海底。海底与各声阻抗界面之间共界定 5 套地层单元，由上而下分别命名为 A 层、B 层、C 层、D 层、E 层。

R1 界面的埋深在 0.0 m-2.0 m 之间，在 KP14+0 m 处开始缺失，最大埋深位于 LD21-2WHPA 平台附近；R2 界面的埋深在 0.0 m-5.7 m 之间，在 KP14+430 m 处开始缺失，最大埋深位于 LD21-2WHPA 平台附近；R3 界面的埋深在 0.0 m-12.8 m 之间，在 KP15+670 m 处开始缺失，界面最大埋深位于 KP12+500 m 处；R4 界面的埋深在 2.4 m-16.9 m 之间，最大埋深位于工区中东部(KP12+690 m 处)，最小埋深位于 LD29-1WHPA 平台附近；R5 界面的埋深在 4.4 m-17.9 m 之间，界面最大埋深位于工区中东部 (KP12+550 m 处)，最小埋深位于 LD29-1WHPA 平台附近。

综上所述，路由区未发现断层、浅层气、塌陷、底辟、侵蚀沟槽、滑坡、埋藏沙丘等对海底管道铺设具有潜在影响的灾害地质因素。

#### 5.2.4 冲淤环境现状

较强的海底流可能造成海底表层沉积物的冲刷以及沉积物质的迁移，尤其当海底表层土为非粘性土时。当海底存在电缆管线等设施时，表层沉积物的冲刷会造成裸露管线与电缆的过度悬跨或埋地管线与电缆的侵蚀暴露，从而对管道、电缆的稳定性造成影响，而且沉积物迁移也会很快填埋海底所挖沟槽。

根据海底冲刷研究成果，在一定的工程环境条件下，当海底底流所带走的泥沙颗粒总量恰好等于由海床沉积的颗粒总量时海底处于冲刷平衡状态，图 5.2-14 表示出海底沉积物冲刷或沉积所要求的最小流速值。最小流速一般是指泥砂起动时的平均流速，它是由泥砂颗粒粒径、密实固结程度等特性决定。

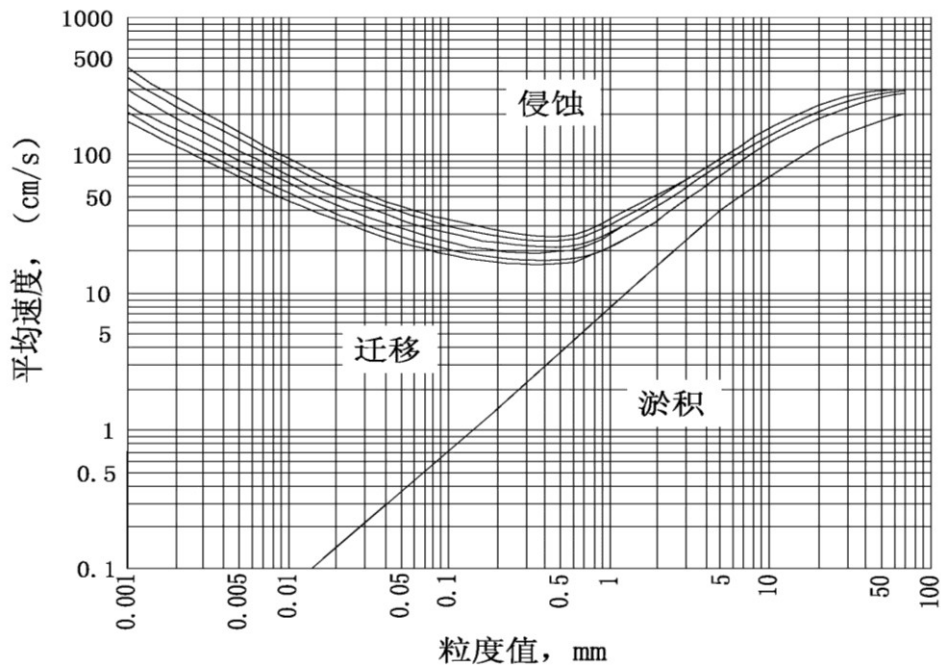


图 5.2-14 沉积物冲刷或沉积最小流速图

根据实际观测资料，路由区底层海流最大平均流速为 46.6cm/s，最大流速为 98.5cm/s。路由区表层土质主要由粉砂质砂组成，中值粒径  $D_{50}$  一般在 0.01~0.22mm。由图 5.2-14 可知，路由区表层沉积物处于冲刷、冲刷到迁移过渡状态。

## 5.3 海水水质现状调查与评价

### 5.3.1 调查概况

春季调查时间为 2018 年 4 月，调查内容包括水质、海洋生态和生物质量。秋季调查时间为 2017 年 11 月，调查内容包括水质、沉积物、海洋生态、生物质量。

#### 5.3.1.1 调查站位

##### (1) 2018 年 4 月调查

2018 年 4 月调查共计布设 28 个调查站位，其中包括水质站位 28 个、海洋生态站位 17 个、生物质量调查站位 17 个。调查站位布设以垂直主潮流方向为横断面，共布设 5 个横断面，断面间距约 8.2km；每个调查断面设置 5 个测站，另外在新建平台附近设置 1 个测站，在所有依托平台主潮流方向距离 500m 设置 2 个测站，进行加密监测，调查海域共设置 28 个站位。2018 年 4 月海洋环境现状调查站位见下表和下图。

表 5.3-1 2018 年 4 月海洋环境现状调查站位坐标

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查项目
H1			水质
H2			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H3			水质
H4			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H5			水质、海洋生物生态、生物质量
H6			水质、海洋生物生态、生物质量
H7			水质、海洋生物生态、生物质量
H8			水质
H9			水质、海洋生物生态、生物质量
H10			水质
H11			水质、海洋生物生态、生物质量
H12			水质
H13			水质、海洋生物生态、生物质量
H14			水质
H15			水质、海洋生物生态、生物质量
H16			水质
H17			水质
H18			水质、海洋生物生态、生物质量
H19			水质
H20			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H21			水质
H22			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H23			水质
H24			水质、海洋生物生态、生物质量
H25			水质、海洋生物生态、生物质量



H26			水质、海洋生物生态、生物质量
H27			水质、海洋生物生态、生物质量
H28			水质、海洋生物生态、生物质量

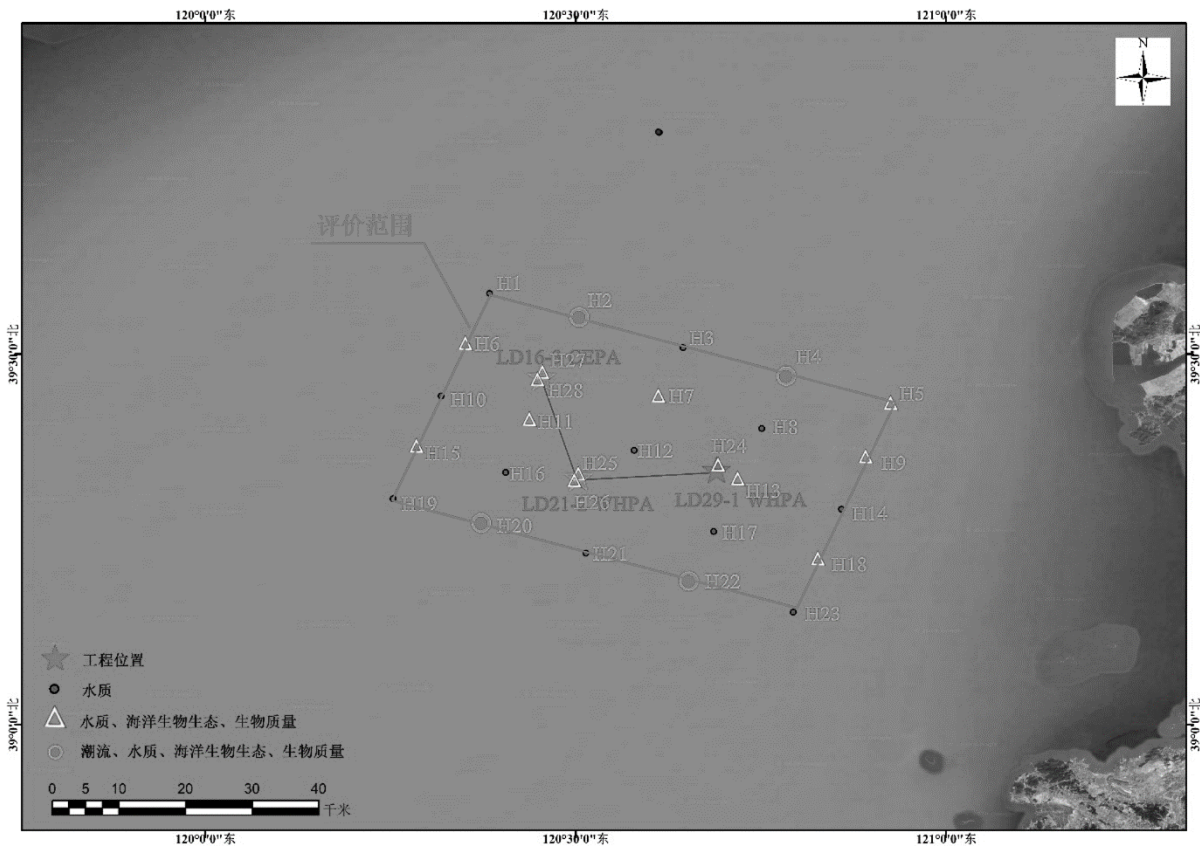


图 5.3-1 2018 年 4 月海洋环境现状调查站位图

(2) 2017 年 11 月调查

2017 年 11 月调查共计布设 28 个调查站位，其中包括水质站位 28 个、海洋生态站位 17 个、生物质量调查站位 17 个。调查站位布设以垂直主潮流方向为横断面，共布设 5 个横断面，断面间距约 8.2km；每个调查断面设置 5 个测站，另外在新建平台附近设置 1 个测站，在所有依托平台主潮流方向距离 500m 设置 2 个测站，进行加密监测，调查海域共设置 28 个站位。2017 年 11 月海洋环境现状调查站位见下表和下图。

表 5.3-2 2017 年 11 月海洋环境现状调查站位坐标

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查项目
H1			水质
H2			海流、水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H3			水质
H4			海流、水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H5			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H6			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H7			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H8			水质

H9			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H10			水质
H11			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H12			水质
H13			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H14			水质
H15			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H16			水质
H17			水质
H18			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H19			水质
H20			海流、水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H21			水质
H22			海流、水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H23			水质
H24			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H25			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H26			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H27			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
H28			水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量

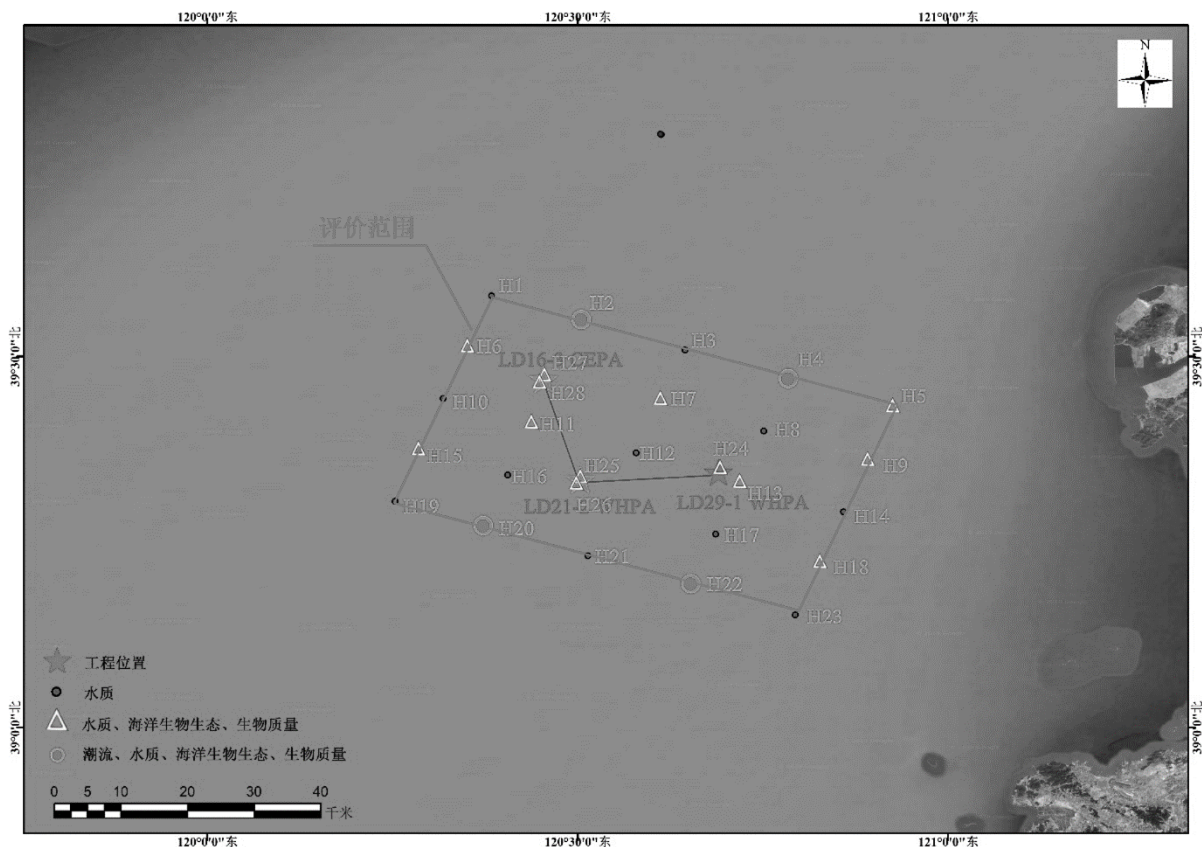


图 5.3-2 2017 年 11 月海洋环境现状调查站位图

### 5.3.1.2 调查因子

水质样品分 3 个层次进行采集：表层（低于表层 0.5m）、10m 层、底层（高于泥线 2m），石油类只调查表层样品。

海洋水质环境调查因子包括水温、盐度、pH 值、COD、DO、活性磷酸盐、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮）、悬浮物、石油类、挥发性酚、硫化物、砷、汞、铜、铅、镉、锌、总铬，其中石油类项目只调查表层。监测方法和分析方法见下表。

表 5.3-3 海水水质监测项目和分析方法

监测项目		分析方法	检出限
pH		多参数水质仪测定	
水温			
盐度			
DO			
悬浮物		重量法	2mg/L
COD		碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
石油类		紫外分光光度法	3.5μg/L
活性磷酸盐		磷钼蓝分光光度法	0.2μg/L
无机氮	硝酸盐	锌镉还原法	0.7μg/L
	亚硝酸盐	盐酸萘乙二胺分光光度法	0.3μg/L
	氨	次溴酸盐氧化法	0.4μg/L
挥发性酚		4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
硫化物（以 S 计）		亚甲基蓝分光光度法	3.3μg/L
砷		原子荧光法	0.5μg/L
铜		无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
铅		无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
锌		火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L
镉		无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
汞		原子荧光法	0.007μg/L
总铬		无火焰原子吸收分光光度法	0.3μg/L

### 5.3.1.3 评价方法

评价方法采用标准指数法。标准指数法的计算方法如下：

#### (1) 一般污染物

$$P_i = C_i / C_o$$

式中： $P_i$ —I 种污染物的污染指数

$C_i$ —I 种污染物的实测浓度值（mg/L）

$C_o$ —I 种污染物的评价标准（mg/L）

#### (2) pH

$$S_{pH} = |pH_j - pH_{sm}| / DS$$

其中： $pH_{sm} = (pH_{su} + pH_{sd}) / 2$ ， $DS = (pH_{su} - pH_{sd}) / 2$

式中： $SpH$ —pH 值的标准指数

$pH_j$ —j 站位的 pH 值测定值

$pH_{su}$ —标准中规定的 pH 值上限

$pH_{sd}$ —标准中规定的 pH 值下限

### (3) DO

$$S_{DO_j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \quad DO_j \geq DO_s$$

$$S_{DO_j} = 10 - 9DO_j / DO_s \quad DO_j < DO_s$$

$$DO_f = 468 / (31.6 + T)$$

式中： $DO_f$ —饱和溶解氧浓度，mg/L

$DO_s$ —溶解氧的水质标准，mg/L

$DO_j$ —溶解氧的实测值，mg/L

#### 5.3.1.4 评价标准

根据《海水水质标准》(GB3097-1997)，对照《辽宁省海洋功能区划(2011~2020年)》、《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》(2014年)中对各功能区水质保护目标要求，确定各调查水质站位评价执行标准情况。

##### (1) 调查站位与《辽宁省海洋功能区划(2011~2020年)》的相对关系

2018年4月和2017年11月的调查站位均位于《辽宁省海洋功能区划(2011~2020年)》划定范围之外。调查站位与《辽宁省海洋功能区划(2011~2020年)》的相对关系见图5.3-3。

##### (2) 调查站位与《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》(2014年)的相对关系

2018年4月和2017年11月的调查站位大部分位于《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》(2014年)划定范围之外，部分站位(H5、H9、H14)位于大连斑海豹保护生态红线区。调查站位与《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》(2014年)的相对关系见图5.3-4。

##### (3) 海水水质标准执行情况

春秋两季海洋环境质量调查站位海水水质标准执行情况见表5.3-4。

##### (4) 深度评价标准

为了了解工程附近海域海水水质现状，需对超标站位进行进一步分析评价。海水

水质标准见表 5.3-5。



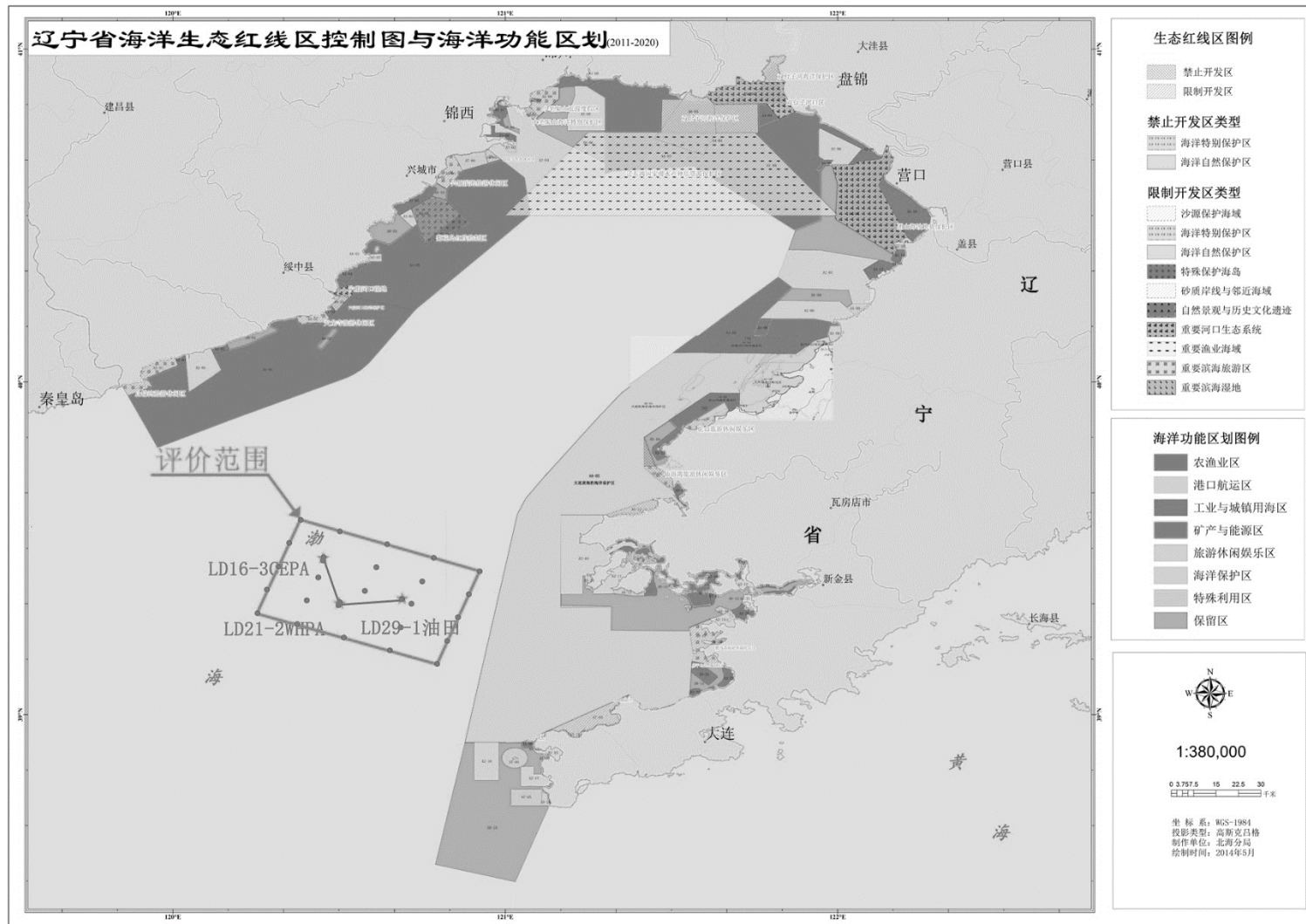


图 5.3-3 调查站位与《辽宁省海洋功能区划（2011~2020 年）》的相对关系

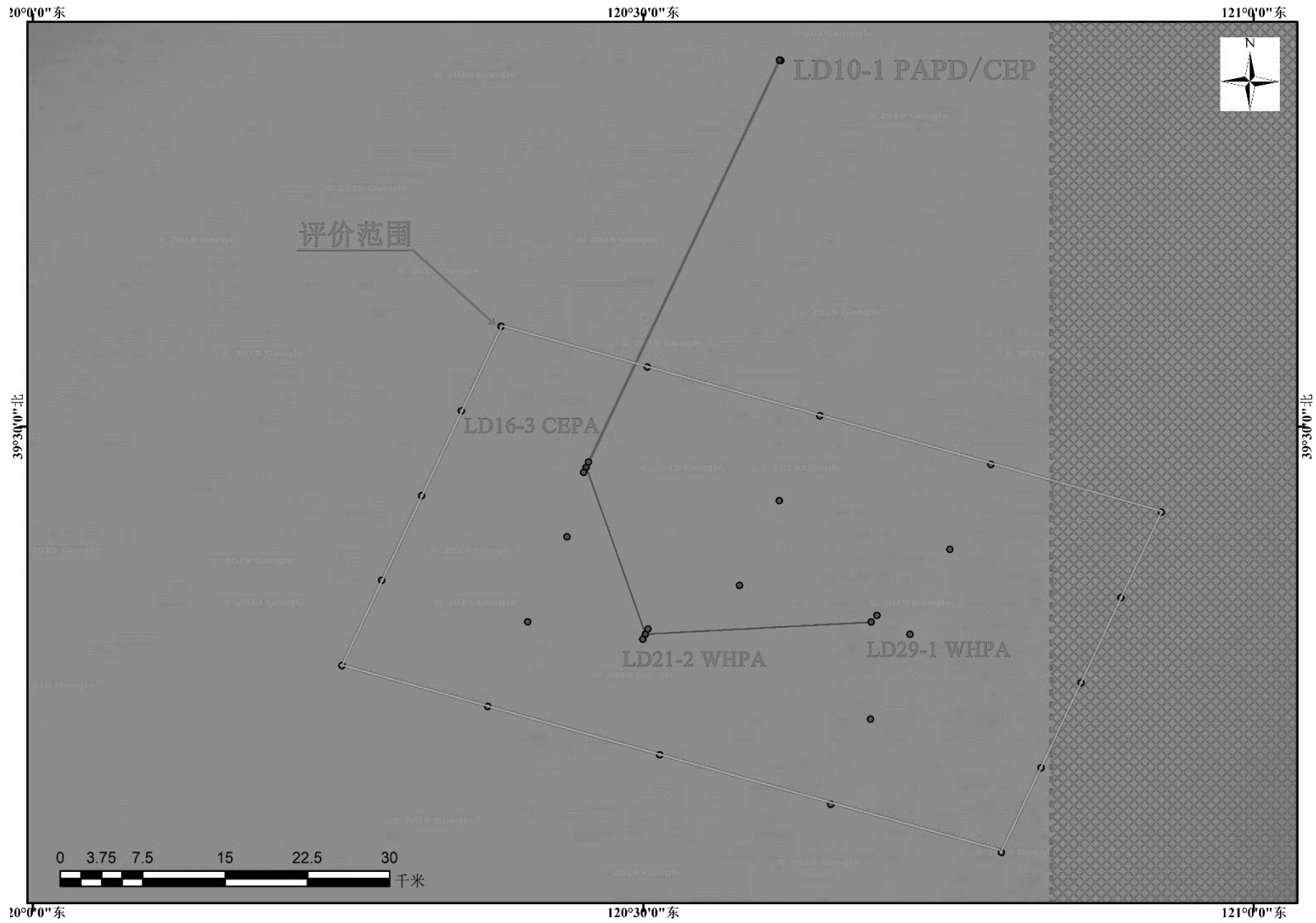


图 5.3-4 调查站位与《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年）的相对关系

表 5.3-4 春秋两季海洋环境质量调查站位海水水质标准执行情况

《辽宁省海洋功能区划（2011~2020 年）》		辽宁省（渤海海域）海洋生态红线		功能区包含监测站位	海水水质执行标准
功能区名称及代码	海水水质要求	功能区名称及代码	海水水质要求		
功能区划定范围之外	一类	大连斑海豹保护生态红线区	一类	H5、H9、H14	一类
		海洋生态红线划定范围之外	/	H1、H2、H3、H4、H6、H7、H8、H10、H11、H12、H13、H15、H16、H17、H18、H19、H20、H21、H22、H23、H24、H25、H26、H27、H28	一类



表 5.3-5 海水水质标准 (mg/L, pH 除外)

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
DO	>6	>5	>4	>3
COD <sub>Mn</sub>	≤2	≤3	≤4	≤5
无机氮	≤0.20	≤0.30	≤0.40	≤0.50
活性磷酸盐	≤0.015	≤0.030		≤0.045
石油类	≤0.05		≤0.30	≤0.50
挥发性酚	≤0.005		≤0.010	≤0.050
硫化物 (以 S 计)	≤0.02	≤0.05	≤0.10	≤0.25
铜	≤0.005	≤0.010	≤0.050	
铅	≤0.001	≤0.005	≤0.010	≤0.050
锌	≤0.020	≤0.050	≤0.10	≤0.50
镉	≤0.001	≤0.005	≤0.010	
汞	≤0.00005	≤0.0002		≤0.0005
砷	≤0.020	≤0.030	≤0.050	
总铬	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.50

### 5.3.2 调查结果

对各站实测数据进行统计分析, 2018 年 4 月及 2017 年 11 月调查结果如下。

表 5.3-6 2018 年 4 月海水水质实测结果统计表（表层）

表 5.3-7 2018 年 4 月海水水质实测结果统计表（10m、底层）

表 5.3-8 2017 年 11 月海水水质实测结果统计表（表层）

表 5.3-9 2017 年 11 月海水水质实测结果统计表（10m 层、底层）

### 5.3.3 评价结果

根据《海水水质标准》(GB3097-1997), 对照《辽宁省海洋功能区划(2011~2020年)》、《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》(2014年)中对各功能区水质保护目标要求, 2018年4月和2017年11月调查站位水质评价标准均为一类海水水质标准。选取 pH、DO、COD、石油类、活性磷酸盐、无机氮、铜、铅、锌、镉、总铬、汞、砷、挥发性酚、硫化物 15 项作为评价因子。

#### 5.3.3.1 2018年4月水质评价结果

2018年4月调查结果显示: 表层 28 个调查站位中, 有 4 个无机氮调查站位、1 个活性磷酸盐站位、9 个铅调查站位和 12 个汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求, 最大浓度占标率分别为 1.145、1.147、1.26 和 1.4, 最大超标倍数为 0.145、0.147、0.26 和 0.4, 超标率分别为 14.3%、3.6%、32.1%和 42.9%; 10m 层 15 个调查站位中, 有 2 个无机氮调查站位、9 个铅调查站位和 6 个汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求, 最大浓度占标率分别为 1.44、1.148、1.212, 最大超标倍数为 0.44、0.148、0.212, 超标率分别为 13.3%、60.0%和 40.0%; 底层 28 个调查站位中, 有 1 个无机氮调查站位、16 个铅调查站位和 8 个汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求, 最大浓度占标率分别为 1.04、1.29、1.40, 最大超标倍数为 0.04、0.29、0.40, 超标率分别为 3.57%、57.14%和 28.57%。

本次调查, pH、DO、COD、石油类、铜、锌、镉、总铬、砷、挥发性酚、硫化物均满足一类海水水质标准, 活性磷酸盐、无机氮、铅、汞超出一类海水水质标准。

#### 5.3.3.2 2017年11月水质评价结果

2017年11月调查结果显示: 表层 28 个调查站位中, 有 26 个无机氮调查站位、28 个铅调查站位和 16 个汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求, 最大浓度占标率分别为 1.705、1.890 和 1.760, 最大超标倍数为 0.705、0.890、0.760, 超标率分别为 92.86%、100.00%和 57.14%; 10m 层 17 个调查站位中, 有 16 个无机氮调查站位、17 个铅调查站位和 9 个汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求, 最大浓度占标率分别为 1.65、1.90、1.728, 最大超标倍数为 0.65、0.90、0.728, 超标率分别为 94.12%、100.00%和 52.94%; 底层 28 个调查站位中, 有 27 个无机氮调查站位、28 个铅调查站位和 20 个汞调查站位超过《海水水质标准》

(GB3097-1997) 一类水质标准要求, 最大浓度超标率分别为 1.67、1.95、1.702, 最大超标倍数为 0.67、0.95、0.702 超标率分别为 96.43%、100.00%和 71.43%。

本次调查, pH、DO、COD、活性磷酸盐、石油类、铜、锌、镉、总铬、砷均满足一类海水水质标准, 无机氮、铅、汞超出一类海水水质标准。

表 5.3-10 2018 年 4 月海水水质一类标准指数统计表（表层）

表 5.3-11 2018 年 4 月海水水质一类标准指数统计表（10m 层）

表 5.3-12 2018 年 4 月海水水质一类标准指数统计表（底层）

表 5.3-13 2017 年 11 月海水水质一类标准指数统计表（表层）

表 5.3-14 2017 年 11 月海水水质一类标准指数统计表（10m 层）

表 5.3-15 2017 年 11 月海水水质一类标准指数统计表（底层）

### 5.3.4 深度评价

为了了解工程附近海域海水水质现状，需对超标站位进行进一步分析评价。

#### 5.3.4.1 2018 年 4 月水质评价结果

2018 年 4 月调查结果显示，pH、DO、COD、石油类、铜、锌、镉、总铬、砷、挥发性酚、硫化物均满足一类海水水质标准，活性磷酸盐、无机氮、铅、汞超出一类海水水质标准。本次对超标因子活性磷酸盐、无机氮、铅、汞四个因子依据《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准和三类水质标准进行深度评价，以了解工程附近海域海水水质现状情况。2018 年 4 月海水水质标准指数见下表。

（1）表层 28 个调查站位中，有 4 个无机氮调查站位、1 个活性磷酸盐站位、9 个铅调查站位和 12 个汞调查站位超过《海水水质标准》（GB3097-1997）一类水质标准要求，但全部满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准要求。

（2）10m 层 15 个调查站位中，有 2 个无机氮调查站位、9 个铅调查站位和 6 个汞调查站位超过《海水水质标准》（GB3097-1997）一类水质标准要求，但全部满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准要求。

（3）底层 28 个调查站位中，有 1 个无机氮调查站位、16 个铅调查站位和 8 个汞调查站位超过《海水水质标准》（GB3097-1997）一类水质标准要求，但全部满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准要求。

#### 5.3.4.2 2017 年 11 月水质评价结果

2017 年 11 月调查结果显示，pH、DO、COD、活性磷酸盐、石油类、铜、锌、镉、总铬、砷均满足一类海水水质标准，无机氮、铅、汞超出一类海水水质标准。本次对超标因子无机氮、铅、汞三个因子依据《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准和三类水质标准进行深度评价，以了解工程附近海域海水水质现状情况。2017 年 11 月海水水质标准指数见下表。

##### （1）表层

①表层 28 个调查站位中，有 26 个无机氮调查站位、28 个铅调查站位和 16 个汞调查站位超过《海水水质标准》（GB3097-1997）一类水质标准要求。

②依据二类水质标准进行评价，表层 28 个调查站位中，所有站位铅和汞浓度满足二类水质标准；13 个无机氮调查站位超出二类水质标准，最大浓度超标率 1.137，超标

倍数为 0.137，超标率为 46.43%。

③依据三类水质标准进行评价，所有超标因子均满足三类水质标准要求。

## **(2) 10m 层**

①10m 层 17 个调查站位中，有 16 个无机氮调查站位、17 个铅调查站位和 9 个汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求；

②依据二类水质标准进行评价，10m 层 17 个调查站位中，所有站位铅和汞满足二类水质标准，有 5 个无机氮调查站位超出二类水质标准，最大浓度占标率 1.100，最大超标倍数为 0.100，超标率为 29.41%。

③依据三类水质标准进行评价，所有超标因子均满足三类水质标准要求。

## **(3) 底层**

①底层 28 个调查站位中，有 27 个无机氮调查站位、28 个铅调查站位和 20 个汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求。

②依据二类水质标准进行评价，底层 28 个调查站位中，所有站位铅和汞满足二类水质标准，有 7 个无机氮调查站位超出二类水质标准，最大浓度占标率 1.113，最大超标倍数为 0.113，超标率为 25.00%。

③依据三类水质标准进行评价，所有超标因子均满足三类水质标准要求。

表 5.3-16 2018 年 4 月海水水质二、三类标准指数统计表（表层）

表 5.3-17 2018 年 4 月海水水质二、三类标准指数统计表（10m 层）

表 5.3-18 2018 年 4 月海水水质二、三类标准指数统计表（底层）

表 5.3-19 2017 年 11 月海水水质二、三类标准指数统计表（表层）

表 5.3-20 2017 年 11 月海水水质二、三类标准指数统计表（10m 层）

表 5.3-21 2017 年 11 月海水水质二、三类标准指数统计表（底层）



### 5.3.5 超标原因分析

2018 年 4 月和 2017 年 11 月两次调查主要超标因子为无机氮、活性磷酸盐、铅和汞。本次收集了《2017 年北海区海洋环境公报》(国家海洋局北海分局, 2018 年 6 月)、《2017 年中国海洋生态环境状况公报》和《2018 年中国海洋生态环境状况公报》以分析项目附近海域海洋环境质量现状。

#### 5.3.5.1 2017 年北海区海洋环境公报

根据《2017 年北海区海洋环境公报》, 2017 年北海区海洋环境质量总体状况较好。海水环境质量呈稳中向好发展态势, 渤海夏季清洁和较清洁海域面积近五年增加约 25%。受无机氮、活性磷酸盐影响, 渤海近岸局部海域海水环境污染较重, 污染面积近 5 年来呈逐步下降趋势。北海区沉积物综合质量良好。海洋生物多样性和群落结构基本稳定, 近岸海域典型生态系统均处于亚健康状态。

陆源入海排污口超标排放现象依然存在, 超标物质对邻近海域海洋功能区环境产生了一定影响。海洋石油勘探开发和海洋倾倒活动未对周边海域环境产生明显影响。

2017 年, 渤海近岸以外海域海水质量状况良好, 近岸海域海水环境污染严重。渤海海水环境主要超标物质为无机氮和活性磷酸盐。无机氮是渤海劣四类水质海域的主要污染因素, 冬季、秋季渤海中部局部海域活性磷酸盐超第一类海水水质标准。

辽东湾、渤海湾和莱州湾污染程度较重, 各季节均存在重度污染海域。辽东湾冬季、春季、夏季和秋季清洁海域面积分别占 46.7%、85.2%、76.0%和 55.1%, 严重污染海域面积分别占 8.4%、8.2%、4.8%和 8.2%。主要超标物质是无机氮和活性磷酸盐。

#### 5.3.5.2 2017 年中国海洋生态环境状况公报

根据《2017 年中国海洋生态环境状况公报》, 近岸海域的污染海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域, 超标要素主要为无机氮、活性磷酸盐和石油类。无机氮未达到第一类海水水质标准海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域; 活性磷酸盐未达到第一类海水水质标准海域主要分布在长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域; 石油类未达到第一类海水水质标准海域主要分布在珠江口邻近海域、雷州半岛等近岸海域。

根据《2017 年中国海洋生态环境状况公报》, 河流入海污染要素主要为 COD、总

磷、氨氮和石油类。入海排污口排放的主要污染物为总磷、COD<sub>Cr</sub>、悬浮物和氨氮；排污口邻近海域水体中的主要污染要素为无机氮、活性磷酸盐、石油类和化学需氧量，个别排污口邻近海域水体中重金属、粪大肠菌群等含量超标；88%的排污口邻近海域的水质不能满足所在海洋功能区水质要求；2013 年~2017 年监测结果显示，历年均有 75% 以上的排污口邻近海域水质等级为第四类或劣于第四类，水体中的主要污染物为无机氮和活性磷酸盐。

### 5.3.5.3 2018 年中国海洋生态环境状况公报

根据《2018 年中国海洋生态环境状况公报》，2018 年我国海洋生态环境状况整体稳中向好。污染海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域，超标要素主要为无机氮和活性磷酸盐。典型海洋生态系统健康状况和海洋保护区保护对象基本保持稳定。

根据《2018 年中国海洋生态环境状况公报》，渤海未达到第一类海水水质标准的海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、滦河口等近岸海域；主要超标要素为无机氮和活性磷酸盐；海水中无机氮含量未达到第一类海水水质标准海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域；海水中活性磷酸盐含量未达到第一类海水水质标准海域主要分布在渤海湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域；海水中石油类含量未达到第一类海水水质标准海域主要分布在珠江口邻近海域、雷州半岛等近岸海域。

根据《2018 年中国海洋生态环境状况公报》，入海河流主要超标要素为化学需氧量、高锰酸指数和总磷，部分断面氨氮、五日生化需氧量、氟化物、挥发酚、石油类、溶解氧、阴离子表面活性剂和汞超标。直排污染源中悬浮物、总磷、氨氮、总氮、化学需氧量和粪大肠菌群出现超标的排口较多，五日生化需氧量、pH、阴离子表面活性剂、汞、动植物油、硫化物、铅、苯胺类、镍、石油类、六价铬、铜、氰化物和色度在个别排口超标，其他污染物未见超标。

### 5.3.5.4 无机氮、活性磷酸盐

通过现状分析评价结果，2018 年 4 月和 2017 年 11 月两次调查主要超标因子为无机氮、活性磷酸盐、铅和汞。本项目收集了《2017 年北海区海洋环境公报》（国家海洋局北海分局，2018 年 6 月）、《2017 年中国海洋生态环境状况公报》和《2018 年中国海洋生态环境状况公报》以分析项目附近海域海洋环境质量现状。

根据《2017 年北海区海洋环境公报》，2017 年渤海近岸以外海域海水质量状况良好，近岸海域海水环境污染严重。渤海海水环境主要超标物质为无机氮和活性磷酸盐。无机氮是渤海劣四类水质海域的主要污染因素，冬季、秋季渤海中部局部海域活性磷酸盐超第一类海水水质标准。辽东湾、渤海湾和莱州湾污染程度较重，各季节均存在重度污染海域。辽东湾冬季、春季、夏季和秋季清洁海域面积分别占 46.7%、85.2%、76.0% 和 55.1%，严重污染海域面积分别占 8.4%、8.2%、4.8% 和 8.2%。主要超标物质是无机氮和活性磷酸盐。

根据《2017 年中国海洋生态环境状况公报》，近岸海域的污染海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域，超标要素主要为无机氮、活性磷酸盐和石油类。无机氮未达到第一类海水水质标准海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域；活性磷酸盐未达到第一类海水水质标准海域主要分布在长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域；石油类未达到第一类海水水质标准海域主要分布在珠江口邻近海域、雷州半岛等近岸海域。

根据《2018 年中国海洋生态环境状况公报》，渤海未达到第一类海水水质标准的海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、滦河口等近岸海域；主要超标要素为无机氮和活性磷酸盐；海水中无机氮含量未达到第一类海水水质标准海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域；海水中活性磷酸盐含量未达到第一类海水水质标准海域主要分布在渤海湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、浙江沿岸、珠江口等近岸区域；海水中石油类含量未达到第一类海水水质标准海域主要分布在珠江口邻近海域、雷州半岛等近岸海域。

本次调查海域属于辽东湾中南段，无机氮、磷酸盐超标与海洋环境公报的海水水质情况一致。

### 5.3.5.5 重金属类

#### (1) 江河径流输入

参照 2017 年《中国海洋生态环境状况公报》，2013 年以来主要河流重金属污染物年排海量呈现出下降的趋势，2017 年全国主要河流污染物排海约 1.0 万吨，其中 2017 年渤海沿岸主要河流污染物入海量约 755 吨左右，是海水中重金属部分来源，初步估计是调查海域铅、汞超标的原因之一。

## (2) 大气沉降输入

参照 2017 年《北海区海洋环境公报》，岸（岛）基站大气气溶胶监测结果表明，铅含量为（22.8~719.8）纳克/立方米，最高值出现在葫芦岛站；锌含量为（50.1~1540.8）纳克/立方米，最高值出现在葫芦岛站。岸（岛）基站大气污染物湿沉降监测结果表明，铅含量为（0.2~60.2）微克/升，最高值出现在葫芦岛站。大气气溶胶和大气污染物湿沉降中的重金属是海水中重金属含量的来源之一，有可能造成调查区域重金属出现超标现象。

## (3) 陆源入海排污口（河）输入

参照《2017 年北海区海洋环境公报》，渤海周边存在大量的入海排污口，工业污水和生活污水大量排放可能也是该调查区域重金属超标现象的原因之一。

另外，项目位于渤海，渤海是全球典型的半封闭海之一，水交换能力较差，海水自净能力有限，更新周期长，也是调查区域重金属含量超标的重要原因。

综上，调查海域的主要超标营养盐类污染物为活性磷酸盐和无机氮，与历年海洋环境公报描述大致相符。调查海域铅、汞部分测站超标可能是入海河流携带大量的重金属污染物进入渤海、附近海域陆源入海排污口（河）向调查海域附近海域的重金属直排以及大气干湿沉降等共同作用的结果，同时也与渤海自身的半封闭性有关。

## 5.4 沉积物环境质量调查与评价

### 5.4.1 调查概况

#### 5.4.1.1 调查站位及调查因子

2017 年 11 月海洋环境现状调查共计布设 17 个沉积物调查站位，选取石油类、硫化物、有机碳、铜、铅、汞、铬、镉、砷、锌分析进行监测分析，监测方法和分析方法见下表。

表 5.4-1 沉积物监测项目和分析方法

项目	分析方法	检出限
有机碳	重铬酸钾氧化—还原容量法	
硫化物	碘量法	$4 \times 10^{-6}$
石油类	紫外分光光度法	$3 \times 10^{-6}$
铜	火焰原子吸收分光光度法	$2 \times 10^{-6}$
铅	火焰原子吸收分光光度法	$3 \times 10^{-6}$
锌	火焰原子吸收分光光度法	$6 \times 10^{-6}$
镉	火焰原子吸收分光光度法	$0.05 \times 10^{-6}$

汞	原子荧光法	$0.002 \times 10^{-6}$
铬	无火焰原子吸收分光光度法	$2 \times 10^{-6}$
砷	原子荧光法	$0.06 \times 10^{-6}$

#### 5.4.1.2 评价标准

沉积物评价标准采用《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中的一类标准。

表 5.4-2 一类沉积物质量标准

项目	有机碳	硫化物	石油类	铜	铅
一类	$2.0 \times 10^{-2}$	$300.0 \times 10^{-6}$	$500.0 \times 10^{-6}$	$35.0 \times 10^{-6}$	$60.0 \times 10^{-6}$
项目	锌	镉	汞	铬	砷
一类	$150.0 \times 10^{-6}$	$0.50 \times 10^{-6}$	$0.20 \times 10^{-6}$	$80.0 \times 10^{-6}$	$20.0 \times 10^{-6}$

#### 5.4.1.3 评价方法

评价方法采用标准指数法。

其中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。

#### 5.4.2 调查结果

实测数据进行统计分析，统计结果见下表。

表 5.4-3 2017 年 11 月沉积物实测结果统计表

#### 5.4.3 评价结果

选取有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、铬、砷 10 项作为评价因子，按《海洋沉积物质量》中的第一类进行评价。2017 年 11 月沉积物各项评价因子标准指数见下表。

表 5.4-4 2017 年 11 月沉积物各项评价因子标准指数统计表

#### 5.4.4 结论

本次调查沉积物中有机碳、硫化物、油类、汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷均未超过国家一类沉积物质量标准，沉积物质量状况良好。

## 5.5 海洋生物生态现状调查与评价

### 5.5.1 调查概况

#### 5.5.1.1 调查站位

2018年4月布设海洋生态站位17个,2017年11月调查布设海洋生物生态17个。站位布设见表5.3-1、表5.3-2、图5.3-1和图5.3-2。

#### 5.5.1.2 调查方法

海洋生物生态现场采样按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)、海洋调查规范(GB/T12763-2007)的要求进行。

##### (1) 叶绿素 a

叶绿素 a 的调查方法依照《海洋监测规范》(GB17378-2007)分光光度法,以 0.45 $\mu$ m 的纤维素酯微孔滤膜过滤一定量的海水,将过滤后的滤膜放入 10ml 丙酮溶液(9+1)低温提取,用分光光度计测定提取液在 750nm、664nm、647nm、630nm 波长下的吸光值,根据公式计算出叶绿素 a 的含量,单位以 mg/m<sup>3</sup> 表示。

##### (2) 浮游植物

浮游植物的调查方法依照《海洋监测规范》(GB17378-2007),使用浅水III型浮游生物网自水底至水面拖网采集浮游植物。采集到的浮游植物样品装入标本瓶,用 5%甲醛海水溶液固定保存。浮游植物样品经过静置、沉淀、浓缩后换入贮存瓶并编号,处理后的样品使用光学显微镜采用个体计数法进行种类鉴定和数量统计。根据鉴定和计数结果,计算出每一种类的细胞数量,每一站位浮游植物细胞数量,以及所调查海域浮游植物平均数量等数据。个体数量以  $N \times 10^4$  个细胞/m<sup>3</sup> 表示。

##### (3) 浮游动物

浮游动物的调查方法依照《海洋监测规范》(GB17378-2007),样品采集使用浅海 I 型标准浮游生物网,自底至表垂直拖取。所获样品用 5%的甲醛固定保存。浮游动物丰度用个体数量表示,以个/m<sup>3</sup> 为计算单位;对所采集到的样品进行称重,生物量计算单位为 mg/m<sup>3</sup>。

##### (4) 底栖生物

底栖生物的调查方法依照《海洋监测规范》(GB17378-2007),泥样用 0.05m<sup>2</sup> 采泥器采集,取样深度为 10~20cm。将采集到的沉积物样倒入网目为 0.5mm 筛内,提水冲

洗掉底泥。拣出所有样品，装入样品瓶内，放入标签，用 5%福尔马林固定液固定，标本带回实验室分析（包括种类鉴定、称量及计算等）。

### 5.5.1.3 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

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

式中， $\rho_{\text{chl-a}}$ —样品中叶绿素 a 含量（ $\mu\text{g/L}$ ），报告中通常以  $\text{mg/m}^3$  表示。

$v$ —样品提取液体积，单位为毫升（ml）；

$V$ —海水样品实际用量，单位为升（L）；

$L$ —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： $N$ —每升水样的藻类细胞数（个/L），报告中常换算为个/ $\text{m}^3$ ；

$n$ —取样计数所得的细胞数，单位为个；

$V'$ —水样浓缩的体积，单位为毫升（mL）；

$V$ —采水量，单位为升（L）；

$V''$ —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  $\text{mg/m}^3$  表示，浮游动物个体数以个/ $\text{m}^3$  表示，计算公式分别如下：

A、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（ $\text{mg/m}^3$ ）或体积生物量（ $\text{mL/m}^3$ ）；

$S$ —样品湿重，单位为毫克（mg）或样品体积（mL）；

$V$ —滤水量，单位为立方米（ $\text{m}^3$ ）。

B、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（个/m<sup>3</sup>）；

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（m<sup>3</sup>），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<sup>2</sup>和 g/m<sup>2</sup>，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—威纳（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 $J$

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

式中： $J$ —表示均匀度；

$H'$ —种类多样性指数；

$H_{\max}$ —为  $\log_2 S$ ，表示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 $d$

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

式中： $d$ —表示物种丰富度；

S—为样品中的物种总数；



N—样品中的生物个体数。

#### 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。

### 5.5.2 叶绿素 a 和初级生产力

#### 5.5.2.1 叶绿素 a

##### (1) 2018 年 4 月调查结果

2018 年 4 月对调查海区 17 个站位的叶绿素 a 含量进行测定，结果显示表层叶绿素 a 变化范围 (0.44~2.27) mg/m<sup>3</sup>，均值为 1.08mg/m<sup>3</sup>；10m 层叶绿素 a 变化范围 (0.44~1.42) mg/m<sup>3</sup>，均值为 0.72mg/m<sup>3</sup>；底层叶绿素 a 变化范围 (0.24~2.95) mg/m<sup>3</sup>，均值为 1.11mg/m<sup>3</sup>。2018 年 4 月调查海域叶绿素 a 含量见下表。

表 5.5-1 2018 年 4 月调查海域叶绿素 a 含量

单位：mg/m<sup>3</sup>

注：“/”表示水深≥10m，<25m 时，只采表层和底层水样

##### (2) 2017 年 11 月调查结果

2017 年 11 月对调查海区 17 个站位的叶绿素 a 含量进行测定，结果显示表层叶绿素 a 变化范围 (0.24~0.88) mg/m<sup>3</sup>，均值为 0.54mg/m<sup>3</sup>；10m 层叶绿素 a 变化范围 (0.20~0.85) mg/m<sup>3</sup>，均值为 0.48mg/m<sup>3</sup>；底层叶绿素 a 变化范围 (0.17~0.71) mg/m<sup>3</sup>，均值为 0.52mg/m<sup>3</sup>。2017 年 11 月调查海域叶绿素 a 含量见下表。

表 5.5-2 2017 年 11 月调查海域叶绿素 a 含量

单位：mg/m<sup>3</sup>

注：“/”表示水深≥10m，<25m 时，只采表层和底层水样

#### 5.5.2.2 初级生产力

由于叶绿素 a 是浮游植物任一种群都具有的特征，而叶绿素 b 或 c 不是任一种群都有，因此，通常用叶绿素 a (chl-a) 表示初级生产力水平。按照 Cadée 和 Hegeman

(1974) 提出的简化公式估算:

$$P = \frac{P_s E D}{2}$$

式中:  $P$  为每日现场的初级生产力, 单位:  $\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ;

$P_s$  为表层水中浮游植物的潜在生产力, 单位:  $\text{mgC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ ;

$E$  为真光层的深度, 单位:  $\text{m}$ ;

$D$  为白昼时间的长短, 单位:  $\text{h}$ 。

其中, 表层水 (1m 以内) 中浮游植物的潜在生产力  $P_s$  根据表层水中叶绿素 a 的含量计算:

$$P_s = C_a Q$$

式中:  $C_a$  为表层叶绿素 a 的含量, 单位:  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

$Q$  为同化系数, 单位:  $\text{mgC}/(\text{mgChl-a} \cdot \text{h})$ 。

#### (1) 2018 年 4 月调查结果

2018 年 4 月调查海域现场初级生产力水平为 (31.75~163.78)  $\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , 均值为 78.18  $\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。2018 年 4 月调查海域初级生产力含量见下表。

表 5.5-3 2018 年 4 月调查海域初级生产力含量

单位:  $\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

#### (2) 2017 年 11 月调查结果

2017 年 11 月调查海域现场初级生产力水平为 (14.65~53.72)  $\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , 均值为 33.11  $\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。2017 年 11 月调查海域初级生产力含量见下表。

表 5.5-4 2018 年 4 月调查海域初级生产力含量

单位:  $\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

### 5.5.2.3 小结

通过调查分析可知, 2018 年 4 月调查海区表层叶绿素 a 均值为  $1.08\text{mg}/\text{m}^3$ , COD 平均浓度为  $1.503\text{mg}/\text{L}$ , 无机氮平均浓度为  $107.27\mu\text{g}/\text{L}$ , 磷酸盐平均浓度为  $11.00\mu\text{g}/\text{L}$ ; 10m 层叶绿素 a 均值为  $0.72\text{mg}/\text{m}^3$ , COD 平均浓度为  $1.475\text{mg}/\text{L}$ , 无机氮平均浓度为  $74.34\mu\text{g}/\text{L}$ , 磷酸盐平均浓度为  $11.00\mu\text{g}/\text{L}$ ; 底层叶绿素 a 均值为  $1.11\text{mg}/\text{m}^3$ , COD 平均浓度为  $1.498\text{mg}/\text{L}$ , 无机氮平均浓度为  $100.41\mu\text{g}/\text{L}$ , 磷酸盐平均浓度为  $9.87\mu\text{g}/\text{L}$ 。

2017 年 11 月调查海区表层叶绿素 a 均值为  $0.54\text{mg}/\text{m}^3$ , COD 平均浓度为  $0.892\text{mg}/\text{L}$ ,

无机氮平均浓度为 277.77 $\mu\text{g/L}$ ，磷酸盐平均浓度为 9.175 $\mu\text{g/L}$ ；10m 层叶绿素 a 均值为 0.48 $\text{mg/m}^3$ ，COD 平均浓度为 0.860 $\text{mg/L}$ ，无机氮平均浓度为 257.59 $\mu\text{g/L}$ ，磷酸盐平均浓度为 8.09 $\mu\text{g/L}$ ；底层叶绿素 a 均值为 0.52 $\text{mg/m}^3$ ，COD 平均浓度为 0.860 $\text{mg/L}$ ，无机氮平均浓度为 265.00 $\mu\text{g/L}$ ，磷酸盐平均浓度为 9.01 $\mu\text{g/L}$ 。

根据营养质量状态指数 (NQI)，2018 年 4 月调查海域表层 NQI 值为 1.26，10m 层 NQI 值为 1.13，底层 NQI 值为 1.22；2017 年 11 月调查海域表层 NQI 值为 1.17，10m 层 NQI 值为 1.08，底层 NQI 值为 1.13。说明调查海域处于贫营养状态。

### 5.5.3 浮游植物

#### 5.5.3.1 2018 年 4 月调查结果

##### (1) 种类组成

2018 年 4 月海洋生态现状调查共鉴定浮游植物 70 种，其中硅藻 56 种，占发现总种类的 80.0%；甲藻 12 种，占发现总种类的 17.1%，金藻 2 种，占发现总种类的 2.9%。各调查站位之间发现的种类存在一定差异，优势种分别为布氏双尾藻 (*Ditylum brightwellii*)、角毛藻 (*Chaetoceros sp.*) 和密联角毛藻 (*Chaetoceres densus*)。

##### (2) 数量分布

2018 年 4 月调查海区浮游植物细胞密度变化范围在 (481500~3792200) 个/ $\text{m}^3$  之间，平均值为 2030021 个/ $\text{m}^3$ 。与其他站位相比，4 号站位发现浮游植物种类数最多，为 36 种，7 号站位细胞密度最高。2018 年 4 月调查海域浮游植物细胞密度和种类数见下表。

表 5.5-5 2018 年 4 月调查海域浮游植物细胞密度和种类数

##### (3) 群落多样性水平

2018 年 4 月调查浮游植物群落的丰富度指数变化范围 (0.76~1.65)，均值为 1.15；多样性指数变化范围 (2.54~3.94)，均值为 3.29；均匀度变化范围 (0.56~0.80)，均值为 0.72；优势度变化范围 (0.28~0.66)，均值为 0.48。2018 年 4 月调查海域浮游植物群落特征见下表。

表 5.5-6 2018 年 4 月调查海域浮游植物群落特征

### 5.5.3.2 2017 年 11 月调查结果

#### (1) 种类组成

2017 年 11 月调查共鉴定浮游植物 53 种,其中硅藻 44 种,占发现总种类的 83.0%;甲藻 9 种,占发现总种类的 17.0%。各调查站位之间发现的种类存在一定差异,优势种分别为圆筛藻 (*Coscinodiscus* sp.)、夜光藻 (*Noctiluca scintillans*) 和角毛藻 (*Chaetoceros* sp.)。

#### (2) 数量分布

2017 年 11 月调查发现,调查海区浮游植物细胞密度变化范围在 (26628~306000) 个/m<sup>3</sup> 之间,平均值为 111265 个/m<sup>3</sup>。与其他站位相比,H18 号站位发现浮游植物种类数最多,为 30 种,H5 号站位细胞密度最高。

2017 年 11 月调查海域浮游植物细胞密度和种类数见下表。

表 5.5-7 2017 年 11 月调查海域浮游植物细胞密度和种类数

#### (3) 群落多样性水平

2017 年 11 月调查浮游植物群落的丰富度指数变化范围(0.81~1.64),均值为 1.16;多样性指数变化范围 (2.83~4.17),均值为 3.44;均匀度变化范围 (0.67~0.97),均值为 0.80;优势度变化范围 (0.21~0.63),均值为 0.44。2017 年 11 月调查海域浮游植物群落特征见下表。

表 5.5-8 2017 年 11 月调查海域浮游植物群落特征

### 5.5.3.3 小结

香农威纳多样性指数在群落多样性测度上借用了信息论中不定性测量方法,就是预测下一个采集的个体属于什么种,如果群落的多样性程度越高,其不定性也越大。多样性指数通常用于环境质量评价,但评价环境污染程度的标准不尽一致。根据《近岸海域环境监测规范》(HJ442-2008)中生物多样性指数评价指标,根据  $H'$  值,生境质量分为四个等级: $H' < 1$  为极差; $1 \leq H' < 2$  为差; $2 \leq H' < 3$  为一般; $\geq 3$  为优良。该生物多样性指数评价指标适用于近岸海域,本项目参考该评价指标得出的评价结果。按照上述等级分类标准,2018 年 4 月评价海域多样性指数均值为 3.29,2017 年 11 月评价海域多样性指数平均值为 3.44,说明调查海域浮游植物生境质量优良。同时,2018 年 4 月和 2017 年 11 月多样性指数均大于 3,说明调查海域浮游植物群落结构稳定性较好。

## 5.5.3.4 浮游植物名录

## (1) 2018 年 4 月浮游植物名录

表 5.5-9 2018 年 4 月浮游植物名录

序号	中文名	拉丁名
1	密联角毛藻	<i>Chaetoceres densus</i>
2	优美旭氏藻	<i>Schroederella delicatula</i>
3	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i>
4	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i>
5	角毛藻	<i>Chaetoceros sp.</i>
6	柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i>
7	具槽直链藻	<i>Melosira sulcata</i>
8	日本星杆藻	<i>Asterionella japonica</i>
9	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
10	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculisiridis</i>
11	海链藻	<i>Thalassiosira sp.</i>
12	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>
13	辐射列圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i>
14	扭链角毛藻	<i>Chaetoceres tortissimus</i>
15	舟形藻	<i>Navicula sp.</i>
16	圆筛藻	<i>Coscinodiscus sp.</i>
17	海洋斜纹藻	<i>Pleurosigma pelagium</i>
18	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>
19	双蛋白核角毛藻	<i>Chaetoceros dipyrenops</i>
20	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
21	棘冠藻	<i>Corethron criophilum</i>
22	翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i>
23	太平洋海链藻	<i>Thalassiosira pacifica</i>
24	浮动弯角藻	<i>Eucompia zodiacus</i>
25	优美旭氏藻矮小变型	<i>Schrderella delicatula f. schroderi</i>
26	海毛藻	<i>Thalassiothrix sp.</i>
27	窄面角毛藻	<i>Chaetoceros paradoxua</i>
28	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i>
29	粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i>
30	加氏星杆藻	<i>Asterionella kariana</i>
31	长角盒形藻	<i>Biddulphia longicrusis</i>
32	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
33	菱形藻	<i>Nitzschia sp.</i>
34	圆海链藻	<i>Thalassiosira rotula</i>
35	斯托根管藻	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>
36	梭角藻	<i>Ceratium fusus</i>
37	大角角藻	<i>Ceratium macroceros</i>
38	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
39	佛氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
40	念珠直链藻	<i>Melosira moniliformis</i>
41	甲藻	<i>Pyrrophyta</i>
42	扭鞘藻	<i>Streptothecha sp.</i>
43	多甲藻	<i>Peridinium sp.</i>

44	小等刺硅鞭藻	<i>Dictyocha fibula</i>
45	锥形多甲藻	<i>Perisinium conicum</i>
46	掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>
47	里昂原多甲藻	<i>Protoperidinium leonis</i>
48	威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>
49	冕袍角毛藻	<i>Chaetoceres diadema</i>
50	波状辐衲藻	<i>Actinoptychus undulatus</i>
51	辐环藻	<i>Actinoptychus sp.</i>
52	柔弱根管藻	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
53	宽阔多甲藻	<i>Perisinium latissimum</i>
54	高盒形藻	<i>Oontella regia</i>
55	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
56	骨条藻	<i>Skeletonema sp.</i>
57	羽纹藻	<i>Pinnularia spp.</i>
58	直链藻	<i>Melosira sp.</i>
59	端尖斜纹藻	<i>Pleurosigma acutum</i>
60	中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis</i>
61	长耳盒形藻	<i>Biddulphia aurita</i>
62	硅鞭藻	<i>Dictyocha spp.</i>
63	塔形冠盖藻	<i>Stephanopyxis turris</i>
64	琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>
65	三角角藻	<i>Ceratium tripos</i>
66	短角弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i>
67	活动盒形藻	<i>Biddulphia mobiliensis</i>
68	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
69	盒形藻	<i>Biddulphia spp.</i>
70	原多甲藻	<i>Protoperidinium sp.</i>

## (2) 2017 年 11 月浮游植物名录

表 5.5-10 2017 年 11 月浮游植物名录

序号	中文名	拉丁名
1	薄壁几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i>
2	北方角毛藻	<i>Chaetoceres borealis</i>
3	波状辐衲藻	<i>Actinoptychus undulatus</i>
4	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i>
5	叉状角藻	<i>Ceratium furca</i>
6	粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i>
7	大角角藻	<i>Ceratium macroceros</i>
8	多甲藻	<i>Peridinium sp.</i>
9	佛氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
10	辐环藻	<i>Actinocyclus sp.</i>
11	辐衲藻	<i>Actinoptychus sp.</i>
12	辐射列圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i>
13	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i>
14	高盒形藻	<i>Oontella regia</i>
15	高圆筛藻	<i>Coscinodiscus nobilis</i>
16	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i>
17	海洋斜纹藻	<i>Pleurosigma pelagieum</i>

18	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculusiridis</i>
19	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
20	角毛藻	<i>Chaetoceros sp.</i>
21	角藻	<i>Ceratium sp.</i>
22	具槽直链藻	<i>Melosira sulcata</i>
23	宽阔多甲藻	<i>Perisinium latissimum</i>
24	劳氏角毛藻	<i>Chaetoceres lauderi</i>
25	菱形藻	<i>Nitzschia sp.</i>
26	密联角毛藻	<i>Chaetoceres densus</i>
27	强氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus janischii</i>
28	曲壳藻	<i>Achnanthes sp.</i>
29	三角角藻	<i>Ceratium tripos</i>
30	斯氏根管藻	<i>Rhizosolenia stouterfothii</i>
31	梭角藻	<i>Ceratium fusus</i>
32	泰晤士扭鞘藻	<i>Streptotheca tamesis</i>
33	透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>
34	威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>
35	小环藻	<i>Cyclotella sp.</i>
36	斜纹藻	<i>Pleurosigma sp.</i>
37	星芒藻	<i>Asterolampra sp.</i>
38	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
39	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
40	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>
41	翼根管藻纤细变型	<i>Rhizosolenia alata f. gracillima</i>
42	翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata f. indica</i>
43	圆海链藻	<i>Thalassiosira rotula</i>
44	圆筛藻	<i>Coscinodiscus sp.</i>
45	圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres</i>
46	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
47	掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>
48	针杆藻	<i>Synedra sp.</i>
49	中华盒形藻	<i>Biddiuphia sinensis</i>
50	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
51	中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centealis</i>
52	舟形藻	<i>Navicula sp.</i>
53	锥形多甲藻	<i>Perisinium conicum</i>

## 5.5.4 浮游动物

### 5.5.4.1 2018年4月调查结果

#### (1) 种类组成

2018年4月海洋生态调查共鉴定浮游动物22种（不包括9种浮游幼体、鱼卵）。其中，桡足类8种，占总种类数的36.4%；水母类5种，占总种类数的22.7%；端足类4种，占总种类数的18.2%；涟虫类2种，占总种类数的9.1%；原生动物、毛颚类、多

毛类各 1 种，各占总种类数的 4.5%。各调查站位之间发现的种类存在一定差异，占优势种前三位的分别为腹针胸刺水蚤 (*Centropages abdominalis*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 和强壮箭虫 (*Sagitta crassa*)。

### (2) 个体密度及生物量分布

2018 年 4 月调查海区浮游动物湿重生物量的变化范围在 (55.58~413.78) mg/m<sup>3</sup> 之间，均值为 206.85mg/m<sup>3</sup>，最高值出现在 H27 号站位；浮游动物个体密度在 (201.1~1019.8) 个/m<sup>3</sup> 之间，均值为 616.3 个/m<sup>3</sup>，其最高值出现在 H26 号站位。2018 年 4 月调查海域浮游动物个体密度和生物量见下表。

表 5.5-11 2018 年 4 月调查海域浮游动物个体密度和生物量

### (3) 群落多样性水平

2018 年 4 月调查浮游动物群落的丰富度指数变化范围 (0.98~2.01)，均值为 1.43；多样性指数变化范围 (0.73~2.08)，均值为 1.30；均匀度变化范围 (0.20~0.58)，均值为 0.34；优势度变化范围 (0.70~0.94)，均值为 0.87。2018 年 4 月调查海域浮游动物群落特征见下表。

表 5.5-12 2018 年 4 月调查海域浮游动物群落特征

## 5.5.4.2 2017 年 11 月调查结果

### (1) 种类组成

2017 年 11 月调查共鉴定浮游动物 27 种 (不包括 6 种浮游幼体、鱼卵)。其中，桡足类 14 种，占总种类数的 51%；水母类 8 种，占总种类数的 30%；被囊动物 2 种，占总种类数的 7%；端足类、原生动物、毛颚类各 1 种，各占总种类数的 4%。各调查站位之间发现的种类存在一定差异，占优势种前三位的分别为强壮箭虫 (*Sagitta crassa*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 和真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*)。

### (2) 个体密度及生物量分布

2017 年 11 月，调查海区浮游动物湿重生物量的变化范围在 (18.00~266.58) mg/m<sup>3</sup> 之间，均值为 89.81mg/m<sup>3</sup>，最高值出现在 H27 号站位；浮游动物个体密度在 (7.2~73.7) 个/m<sup>3</sup> 之间，均值为 42.0 个/m<sup>3</sup>，其最高值也出现在 H2 号站位。2017 年 11 月调查海域浮游动物个体密度和生物量见下表。



表 5.5-13 2017 年 11 月调查海域浮游动物个体密度和生物量

## (3) 群落多样性水平

2017 年 11 月调查浮游动物群落的丰富度指数变化范围(0.87~2.01),均值为 1.43;多样性指数变化范围(0.60~2.17),均值为 1.74;均匀度变化范围(0.26~0.80),均值为 0.57;优势度变化范围(0.65~0.95),均值为 0.77。2017 年 11 月调查海域浮游动物群落特征见下表。

表 5.5-14 2017 年 11 月调查海域浮游动物群落特征

## 5.5.4.3 小结

2018 年 4 月调查浮游动物群落多样性指数均值为 1.30; 2017 年 11 月调查浮游动物群落多样性指数均值为 1.74。根据《近岸海域环境监测规范》(HJ442-2008)中生物多样性指数评价指标,调查海域浮游动物生境质量差,浮游动物群落结构稳定性一般。

## 5.5.4.4 浮游动物名录

## (1) 2018 年 4 月浮游动物名录

表 5.5-15 2018 年 4 月浮游动物名录

序号	中文名	拉丁名
1	夜光虫	<i>Noctilucidae scientillans</i>
2	八斑芮氏水母	<i>Rathkea octopunctata</i>
3	锡兰和平水母	<i>Eirene ceylonensis</i>
4	卡拟杯水母	<i>Phialucium carolinae</i>
5	藪枝螵水母	<i>Obelia spp.</i>
6	灯塔水母	<i>Turritopsis nutricula</i>
7	鱼卵	<i>Fish egg</i>
8	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i>
9	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>
10	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
11	纺锤水蚤	<i>Acartia sp.</i>
12	真刺唇角水蚤	<i>Labibocera euchaeta</i>
13	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages mcmurrichi</i>
14	瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages dorsispinatus</i>
15	背针胸刺水蚤	<i>Centropages dorsispinatus</i>
16	太平真宽水蚤	<i>Eurytemora pacifica</i>
17	细足法蛾	<i>Themisto gracilipes</i>
18	端足类	<i>Amphipoda</i>
19	纤细长涟虫	<i>Iphinoe tenera</i>
20	三叶针尾涟虫	<i>Diastylis tricineta</i>

21	钩虾	<i>Gammarus sp.</i>
22	螺赢蜚	<i>Corophium sp.</i>
23	游蚕	<i>Nerillidae</i>
24	短尾类溞状幼体	<i>Brachyura zoea larva</i>
25	长尾类幼体	<i>Macrura larva</i>
26	双壳类幼体	<i>Lamellibranchia larva</i>
27	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>
28	腹足类幼体	<i>Gastropoda larva</i>
29	桡足类幼体	<i>Copepodite larva</i>
30	棘皮类幼体	<i>Echinodermata larva</i>
31	仔鱼	<i>Fish larva</i>

## (2) 2017 年 11 月浮游动物名录

表 5.5-16 2017 年 11 月浮游动物名录

序号	中文名	拉丁名
1	夜光虫	<i>Noctilucidae</i>
2	五角水母	<i>Muggiaea</i>
3	带拟杯水母	<i>Phialucium taeniogonia</i>
4	卡拟杯水母	<i>Phialucium carolinae</i>
5	球形侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>
6	锡兰和平水母	<i>Eirene ceylonensis</i>
7	崂山秀氏水母	<i>Sugiura chengshanense</i>
8	美螭水母	<i>Clytia sp.</i>
9	半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>
10	海樽	<i>Doliolum sp.</i>
11	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i>
12	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>
13	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
14	纺锤水蚤	<i>Acartia sp.</i>
15	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>
16	真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>
17	圆唇角水蚤	<i>Labibocera bipinnata</i>
18	背针胸刺水蚤	<i>Centropages dorsispinatus</i>
19	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i>
20	中华胸刺水蚤	<i>Centropages sinensis</i>
21	瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i>
22	汤氏长足水蚤	<i>Calanopia elliptica</i>
23	海洋伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus marinus</i>
24	近缘大眼水蚤	<i>Corycaeus affini</i>
25	歪水蚤	<i>Tortanus sp.</i>
26	端足类	<i>Amphipoda</i>
27	住囊虫	<i>Oikopleura sp.</i>
28	长尾类幼体	<i>Macrura larva</i>
29	短尾类溞状幼体	<i>Brachyura zoea larva</i>
30	短尾类大眼幼体	<i>Brachyura megalopa larva</i>
31	双壳类幼体	<i>Lamellibranchia larva</i>
32	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>
33	仔鱼	<i>Fish larva</i>

## 5.5.5 大型底栖生物

### 5.5.5.1 2018 年 4 月调查结果

#### (1) 种类组成

2018 年 4 月共发现大型底栖生物 85 种，隶属于环节动物、节肢动物、软体动物、棘皮动物、纽形动物、线形动物和腔肠动物。其中环节动物发现种类 40 种，占底栖生物发现总种类数的 47.1%；节肢动物发现 23 种，占底栖生物发现总种类数的 27.1%；软体动物发现 15 种，占底栖生物发现总种类数的 17.6%；棘皮动物发现 4 种，占底栖生物发现总种类数的 4.7%；纽形动物发现 1 种，占底栖生物发现总种类数的 1.2%；线形动物发现 1 种，占底栖生物发现总种类数的 1.2%；腔肠动物发现 1 种，占底栖生物发现总种类数的 1.2%。

#### (2) 栖息密度和生物量分布

2018 年 4 月调查底栖生物湿重生物量变化范围在 (0.59~72.77) g/m<sup>2</sup> 之间，平均为 15.05g/m<sup>2</sup>，最高值出现在 H18 号站位。栖息密度变化范围在 (120~860) 个/m<sup>2</sup> 之间，平均密度为 536 个/m<sup>2</sup>，最高值出现在 H9 号站位。2018 年 4 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度见下表。

表 5.5-17 2018 年 4 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度

#### (3) 群落多样性水平

2018 年 4 月调查底栖生物群落的丰富度指数变化范围 (1.16~3.42)，均值为 2.36；多样性指数变化范围 (3.02~4.76)，均值为 4.04；均匀度变化范围 (0.82~0.95)，均值为 0.91；优势度变化范围 (0.16~0.45)，均值为 0.29。2018 年 4 月调查海域底栖生物群落特征见下表。

表 5.5-18 2018 年 4 月调查海域底栖生物群落特征

### 5.5.5.2 2017 年 11 月调查结果

#### (1) 种类组成

2017 年 11 月调查共发现大型底栖生物 82 种，隶属于环节动物、节肢动物、软体动物、棘皮动物、纽形动物和腔肠动物。其中环节动物发现种类 41 种，占底栖生物发现总种类数的 50.0%；节肢动物发现 21 种，占底栖生物发现总种类数的 25.6%；软体

动物发现 15 种，占底栖生物发现总种类数的 18.3%；棘皮动物发现 3 种，占底栖生物发现总种类数的 3.7%；纽形动物发现 1 种，占底栖生物发现总种类数的 1.2%；腔肠动物发现 1 种，占底栖生物发现总种类数的 1.2%。

### (2) 栖息密度和生物量分布

2017 年 11 月调查底栖生物湿重生物量变化范围在 (2.16~150.54) g/m<sup>2</sup> 之间，平均为 23.74 g/m<sup>2</sup>，最高值出现在 H6 号站位。栖息密度变化范围在 (240~1060) 个/m<sup>2</sup> 之间，平均密度为 539 个/m<sup>2</sup>，最高值出现在 H7 号站位。2017 年 11 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度见下表。

表 5.5-19 2017 年 11 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度

### (3) 群落多样性水平

2017 年 11 月调查底栖生物群落的丰富度指数变化范围(1.26~3.28)，均值为 2.22；多样性指数变化范围 (2.99~4.62)，均值为 3.78；均匀度变化范围 (0.76~0.95)，均值为 0.87；优势度变化范围 (0.16~0.48)，均值为 0.31。2017 年 11 月调查海域底栖生物群落特征见下表。

表 5.5-20 2017 年 11 月调查海域底栖生物群落特征

#### 5.5.5.3 小结

根据《近岸海域环境监测规范》(HJ442-2008)中生物多样性指数评价指标，根据 H' 值，生境质量分为四个等级：H' < 1 为极差；1 ≤ H' < 2 为差；2 ≤ H' < 3 为一般；≥ 3 为优良。参照上述等级分类标准，2018 年 4 月调查海域底栖生物多样性指数平均值为 4.04，2017 年 11 月调查海域底栖生物多样性指数平均值为 3.78，说明调查海域底栖生物生境质量优良。同时，2018 年 4 月和 2017 年 11 月多样性指数均大于 3，说明调查海域底栖生物群落结构稳定性较好。

#### 5.5.5.4 大型底栖生物名录

##### (1) 2018 年 4 月大型底栖生物名录

表 5.5-21 2018 年 4 月大型底栖生物名录

序号	中文名	拉丁名
1	尖叶长手沙蚕	<i>Magelona cincta</i>
2	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>

3	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
4	蛭龙介	<i>Terebellidae</i>
5	长须沙蚕	<i>Nereis longior</i>
6	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
7	双唇索沙蚕	<i>Lumbrineris cruzensis</i>
8	角海蛹	<i>Ophelina acumilata</i>
9	拟节虫	<i>Praxillella sp.</i>
10	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
11	狭细蛇潜虫	<i>Ophiodromus angustifrons</i>
12	丝鳃虫	<i>Cirratulus sp.</i>
13	双栉虫	<i>Ampharete acutifrons</i>
14	全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes sp.</i>
15	蛇杂毛虫	<i>Poecilochaetus serpens</i>
16	独指虫	<i>Aricidae fragilis</i>
17	不倒翁虫	<i>Sternaspis sculata</i>
18	深钩毛虫	<i>Sigambra bassi</i>
19	花索沙蚕	<i>Arabella iricolor</i>
20	强刺鳞虫	<i>Sthenolepis japonica</i>
21	半突虫	<i>Anaitides sp.</i>
22	那不勒斯膜帽虫	<i>Lagis neapolitana</i>
23	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
24	刺樱虫	<i>Potamilla sp.</i>
25	梳鳃虫	<i>Terebellides stroemii</i>
26	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
27	渤海格鳞虫	<i>Gattyana pohaiensis</i>
28	巧言虫	<i>Eulalia sp.</i>
29	含糊拟刺虫	<i>Linopherus ambigua</i>
30	中华异稚虫	<i>Heterospio sinica</i>
31	长锥虫	<i>Haploscoloplos elongatus</i>
32	背褶沙蚕	<i>Tambalagamia fauveli</i>
33	非拟海鳞虫	<i>Nonparahalosydna pleiolepis</i>
34	后稚虫	<i>Laonice cirrata</i>
35	稚齿虫	<i>Prionospio sp.</i>
36	米列虫	<i>Melinna cristata</i>
37	裂虫科	<i>Syllidae</i>
38	模裂虫	<i>Typosyllis sp.</i>
39	羽鳃栉虫	<i>Schistocomus hiltoni</i>
40	短叶索沙蚕	<i>Lumbrineris latreilli</i>
41	纤细长涟虫	<i>Iphinoe tenera</i>
42	太平洋方甲涟虫	<i>Eudorella pacifica</i>
43	尖额涟虫	<i>Leucon sp.</i>
44	泥钩虾	<i>Eriopisella sp.</i>
45	仿盲蟹	<i>Typhlocarcinops sp.</i>
46	日本拟背尾水虱	<i>Paranthura japonica</i>
47	双眼钩虾	<i>Ampelisca sp.</i>
48	亚洲异针尾涟虫	<i>Diamorphostylis asiatica</i>
49	平尾拟棒鞭水虱	<i>Cleantis planicauda</i>
50	鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>

51	轮双眼钩虾	<i>Ampelisca cyclops</i>
52	三叶针尾涟虫	<i>Diastylis tricineta</i>
53	滩拟猛钩虾	<i>Harpiniopsis vadicalus</i>
54	细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
55	小头弹钩虾	<i>Orchanene breviceps</i>
56	利尔钩虾	<i>Liljeborgia sp.</i>
57	螺赢蜚	<i>Corophium sp.</i>
58	日本长尾虫	<i>Apseudes nipponicus</i>
59	尾钩虾	<i>Urothoe sp.</i>
60	蛄蛄虾	<i>Upogebia sp.</i>
61	尖额钩虾	<i>Phoxocephalus sp.</i>
62	拟亮钩虾	<i>Paraphotis sp.</i>
63	泥足隆背蟹	<i>Carinoplax vestita</i>
64	壳蛄蛄	<i>Philine sp.</i>
65	捻塔螺属	<i>Actaeopyramis sp.</i>
66	灰双齿蛤	<i>Felaniella usta</i>
67	江戸明樱蛤	<i>Moerella jedoensis</i>
68	小亮樱蛤	<i>Nitidotellina lischkei</i>
69	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
70	尖卷螺	<i>Rhizorus radiola</i>
71	白龙骨乐飞螺	<i>Lophietoma leucotropis</i>
72	笋螺属	<i>Terebra sp.</i>
73	腰带螺	<i>Cingulina cingulata</i>
74	脆壳理蛤	<i>Theora fragilis</i>
75	无饰红泽螺	<i>Chemnitzia acosmia</i>
76	塔螺科	<i>Pyramidellidae</i>
77	裁判螺	<i>Inquisitor sp.</i>
78	双壳类幼体	<i>Bivalvia Larva</i>
79	日本倍棘蛇尾	<i>Amphioplus japonicus</i>
80	真蛇尾	<i>Ophiuridae</i>
81	锚参	<i>Protankyra sp.</i>
82	棘刺锚参	<i>Protankyra bidentata</i>
83	纽形动物	<i>Nemertea</i>
84	线形动物	<i>Nematomorpha</i>
85	腔肠动物	<i>Coelenterata</i>

(2) 2017 年 11 月大型底栖生物名录

表 5.5-22 2017 年 11 月大型底栖生物名录

序号	中文名	拉丁名
1	长须沙蚕	<i>Nereis longior</i>
2	全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes sp.</i>
3	锤角全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes alatopalpis</i>
4	背褶沙蚕	<i>Tambalagamia fauveli</i>
5	裂虫	<i>Syllidae</i>
6	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
7	神须虫	<i>Mysta sp.</i>
8	半突虫	<i>Anaitides sp.</i>

9	双唇索沙蚕	<i>Lumbrineris cruzensis</i>
10	短叶索沙蚕	<i>Lumbrinereis latreilli</i>
11	花索沙蚕	<i>Arabella iricolor</i>
12	尖叶长手沙蚕	<i>Magelona cincta</i>
13	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
14	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>
15	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
16	深钩毛虫	<i>Sigambra bassi</i>
17	狭细蛇潜虫	<i>Ophicdromus angustifrons</i>
18	欧努蜚虫	<i>Onuphis sp.</i>
19	强鳞虫	<i>Sthenolepis fusca</i>
20	渤海格鳞虫	<i>Gattyana pohailnsis</i>
21	梳鳃虫	<i>Terebellides stroemii</i>
22	毛鳃虫	<i>Trichobranchidae</i>
23	双栉虫	<i>Ampharete acutifrons</i>
24	扇栉虫	<i>Amphicteis sp.</i>
25	米列虫	<i>Melinna cristata</i>
26	欧文虫	<i>Owenia fusiformis</i>
27	笔帽虫	<i>Pectinaridae</i>
28	拟节虫	<i>Praxillella sp.</i>
29	蛭龙介	<i>Terebellidae</i>
30	肾刺纓虫	<i>Potamilla reniformis</i>
31	蛇杂毛虫	<i>Poecilochaetus serpens</i>
32	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
33	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
34	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
35	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
36	伪才女虫	<i>Pseudopolydora sp.</i>
37	稚齿虫	<i>Prionospio sp.</i>
38	锥稚虫	<i>Anoides sp.</i>
39	扇毛虫	<i>Flabelligeridae</i>
40	含糊拟刺虫	<i>Linopherus ambigua</i>
41	丝鳃虫	<i>Cirratulidae sp.</i>
42	等足目	<i>Isopoda</i>
43	海蟑螂	<i>Ligia exotica</i>
44	日本游泳水虱	<i>cirolana japonensis</i>
45	宽甲古涟虫	<i>Eocuma lata</i>
46	纤细长涟虫	<i>Iphinoe tenera</i>
47	日本长尾虫	<i>Apeudes japonicus</i>
48	双眼钩虾	<i>Ampelisca sp.</i>
49	亮钩虾	<i>Photis sp.</i>
50	钩虾	<i>Gammarus sp.</i>
51	玻璃钩虾	<i>Hyale sp.</i>
52	泥钩虾	<i>Eriopisella sp.</i>
53	螺赢蜚	<i>Corophium sp.</i>
54	尾钩虾	<i>Urothoidae</i>
55	端足目	<i>Amphipoda</i>
56	细鳌虾	<i>Leptocheila gracilis</i>

57	鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>
58	短脊鼓虾	<i>Alpheus brevicritatus</i>
59	伍氏螯蛄虾	<i>Upogebia wuhsienweni</i>
60	倒额蟹	<i>Asthenoganehus sp.</i>
61	仿盲蟹	<i>Typhlocarcinops sp.</i>
62	豆形短眼蟹	<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>
63	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>
64	齿口螺（属）	<i>Odostomia sp.</i>
65	捻塔螺（属）	<i>Actaeopyramis sp.</i>
66	腰带螺	<i>Natica vitellus</i>
67	双带光螺	<i>Eulima bifascialis</i>
68	朝鲜笋螺	<i>Terebra koreana</i>
69	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
70	江户明樱蛤	<i>Moerella jodoensis</i>
71	亮樱蛤（属）	<i>Nitidotellina nitidula</i>
72	樱蛤（科）	<i>Tellinidae</i>
73	脆壳理蛤	<i>Theora fragilis</i>
74	小刀蛭	<i>Cultellus attenuatus</i>
75	镜蛤（属）	<i>Dosinia sp.</i>
76	砂海螂	<i>Mya arenaria</i>
77	壳蛞蝓（属）	<i>Philine sp.</i>
78	日本倍棘蛇尾	<i>Amphioplus japonicus</i>
79	光亮倍棘蛇尾	<i>Amphioplus lucidus</i>
80	棘刺锚参	<i>Protankyra bidentata</i>
81	纽形动物	<i>Nemertea</i>
82	腔肠动物	<i>Coelenterata</i>

### 5.5.6 结论

调查资料表明，调查海区叶绿素 a 含量处于贫营养状态，浮游植物、大型底栖生物群落结构稳定性较好，浮游动物群落结构稳定性一般。

## 5.6 生物质量

### 5.6.1 调查概况

#### 5.6.1.1 评价因子及调查方法

生物质量调查站位与海洋生物生态调查站位一致，2018 年 4 月调查 17 个站位，2017 年 11 月调查 17 个站位。站位布设见表 5.3-1 和表 5.3-2、图 5.3-1 和图 5.3-2。

从各站选取鱼类、贝类、甲壳类、头足类等代表性种类，冷冻保存，带回实验室进行分析，分析项目包括重金属（总汞、铬、铜、铅、镉、锌、砷）和石油烃共 8 项。本次评价以本次调查的常规因子铜、铅、锌、镉、铬、砷、总汞、石油烃作为评价因子，



特征因子仅提供调查结果。

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 2~4n mile 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：

#### ① 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℃）。

#### ② 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℃）。

#### ③ 监测项目及分析方法

生物体质量常规因子监测项目及分析方法见下表。

**表 5.6-1 生物体质量常规因子监测项目及分析方法**

监测项目	分析方法	引用标准	检出限
------	------	------	-----

铜	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6	$0.4 \times 10^{-6}$
铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6	$0.04 \times 10^{-6}$
镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6	$0.005 \times 10^{-6}$
锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6	$0.4 \times 10^{-6}$
铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.6	$0.04 \times 10^{-6}$
总汞	原子荧光法	GB17378.6	$0.002 \times 10^{-6}$
砷	原子荧光法	GB17378.6	$0.2 \times 10^{-6}$
石油烃	荧光分光光度法	GB17378.6	$0.2 \times 10^{-6}$

### 5.6.1.2 评价标准

由于目前国家仅颁布了贝类生物评价国家标准，而其它生物种类的国家级评价标准欠缺，只能借鉴其它标准。贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的第一类标准值，其他软体动物和甲壳类、鱼类体内污染物质（除石油烃外）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，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。因春秋两季调查只捕获到鱼类和甲壳类，因此给出两类的海洋生物质量评价标准。海洋生物质量评价标准见下表。

表 5.6-2 海洋生物质量评价标准

单位：mg/kg

生物类别	铜	铅	锌	镉	铬	砷	总汞	石油烃
甲壳类	100	2.0	150	2.0	/	/	0.2	20
鱼类	20	2.0	40	0.6	/	/	0.3	20

### 5.6.1.3 评价方法

生物质量评价采用单因子污染指数法进行评价，污染程度随实测浓度增大而加重。公式为：

$$Pi = \frac{Ci}{Cio}$$

式中： $Pi$ —某污染因子的污染指数，即单因子污染指数；

$Ci$ —某污染因子的实测浓度；

$Cio$ —某污染因子的评价标准。

凡是单因子指数小于或等于 1 者，为该监测站水体没有遭受该要素的污染，大于 1 者为遭受污染，该值越大污染越重。

### 5.6.2 调查结果

2018 年 4 月和 2017 年 11 月调查生物质量监测结果见下表。

**表 5.6-3 2018 年 4 月生物质量分析结果**

**表 5.6-4 2017 年 11 月生物质量分析结果**

### 5.6.3 评价结果

#### (1) 2018 年 4 月评价结果

本次评价生物体为虾虎鱼和口虾蛄，前者属于鱼类，后一种属于甲壳类，因此评价因子铬和砷缺少相应的评价标准，未对生物体内的铬和砷进行评价。根据生物体质量评价标准，生物体质量评价结果见下表。

(1) 生物质量评价因子重金属铜、锌、镉、总汞和铅含量符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的质量标准，未发现超标现象。

(2) 所有站位生物质量评价因子石油烃含量均满足《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中的质量标准，未发现超标现象。

**表 5.6-5 2018 年 4 月生物质量污染指数表**

#### (2) 2017 年 11 月评价结果

本次评价生物体为虾虎鱼、半滑舌鳎和口虾蛄，前两种属于鱼类，后一种属于甲壳类，因此评价因子铬和砷缺少相应的评价标准，未对生物体内的铬和砷进行评价。根据生物体质量评价标准，生物体质量评价结果见下表。

(1) 生物质量评价因子重金属铜、锌、镉、总汞和铅含量符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的质量标准，未发现超标现象。

(2) 所有站位生物质量评价因子石油烃含量均满足《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中的质量标准，未发现超标现象。

**表 5.6-6 2017 年 11 月生物质量污染指数表**

### 5.6.4 小结

2018 年 4 月和 2017 年 11 月两次调查捕获的甲壳类和鱼类体内污染物质含量(除石油烃外)均满足《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，石油烃含量满足《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。

## 5.7 渔业资源

### 5.7.1 调查概况

#### 5.7.1.1 调查站位与调查时间

本次评价主要采用中国水产科学研究院黄海水产研究所的调查资料以及相关的科研成果、文献资料等。调查时间：渔业资源(包括鱼卵仔鱼)为 2017 年 6 月和 2018 年 9 月。游泳生物布设 12 个站位，鱼卵仔鱼布设 12 个站位。站位布设见下表和下图。

表 5.7-1 春季和秋季渔业资源调查站位坐标和调查内容

调查站位	东经		北纬		内容
Y1					游泳生物
Y2					游泳生物
Y3					游泳生物
Y4					游泳生物
Y5					游泳生物
Y6					游泳生物
Y7					游泳生物
Y8					游泳生物
Y9					游泳生物
Y10					游泳生物
Y11					游泳生物
Y12					游泳生物
Z1					鱼卵仔鱼
Z2					鱼卵仔鱼
Z3					鱼卵仔鱼
Z4					鱼卵仔鱼
Z5					鱼卵仔鱼
Z6					鱼卵仔鱼
Z7					鱼卵仔鱼
Z8					鱼卵仔鱼
Z9					鱼卵仔鱼
Z10					鱼卵仔鱼
Z11					鱼卵仔鱼
Z12					鱼卵仔鱼

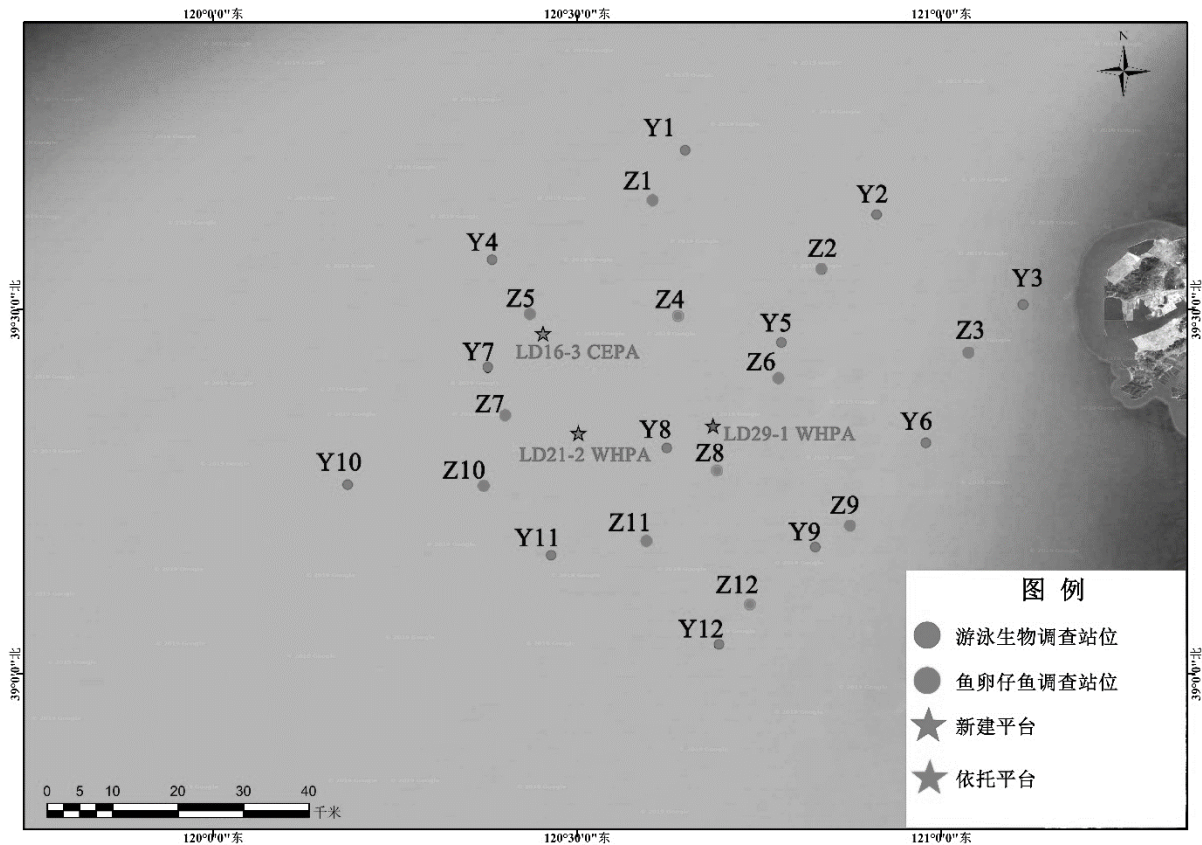


图 5.7-1 渔业资源调查站位图（春季和秋季）

### 5.7.1.2 调查方法

#### (1) 鱼卵、仔稚鱼

##### ①调查内容

主要经济鱼类的鱼卵、仔稚鱼的种类组成和密度、产卵场的分布及类型。

##### ②调查方法

鱼卵仔稚鱼定量调查:这些样品分别用浅水 I 型浮游生物网(口径 50cm,长 45cm)采集,其中垂直拖网采样过程和浮游动物采样过程一致,即浅水 I 型网的采集是由底至表垂直拖取。

水平拖网采样方法如下:

##### a、网速及时间

鱼卵仔稚鱼调查采用大型浮游生物网(口径 80cm,280cm)表层水平拖网 10min,拖网速度 2kn。下网前,先检查网具是否有破损,网底管是否处于正常状态,流量计是否完好;放网前先记录流量计流量,降低调查船速度至约 1.5kn,放网入水,并使网口全部位于水下,连续拖网 10min 后起网,再记录流量计流量。

##### b、样品采集

把网升至适当高度，用冲水设备自上而下反复冲洗网衣外表面，使黏附于网上的标本集中于网底管内；将网收入甲板，开启网底管阀门，把标本装入标本瓶，再关闭网底管阀门，用洗耳球吸水冲洗筛绢套，如此反复多次，直至残留标本全部收入标本瓶中，

按样品体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定。

#### c、样品鉴定、计数

在显微镜下，鉴定样品中鱼卵、仔、稚鱼的种类组成和数量。

#### d、密度计算

根据网口面积、拖网距离（根据流量计流量）和鉴定的鱼卵、仔稚鱼数量，单位面积或单位体积鱼卵、仔稚鱼分布密度按下式计算：

$$V = \frac{N}{S \times L}$$

式中：V—鱼卵、仔稚鱼分布密度（粒/m<sup>3</sup>，尾数：尾/m<sup>3</sup>）；

N—每网鱼卵、仔稚鱼数量（粒或尾数）；

S—网口面积（m<sup>2</sup>）；

L—拖网距离（m）。

具体方法按《海洋调查规范》GB/T12763.6-2007 第 9 节。

## （2）渔业资源

### ①调查内容

a、渔获物样品分析（室内进行）：鉴定样品渔获物的种类，并记录各种类的尾数、重量和幼体比例；对主要经济种群进行生物学测定。

b、进行资源密度计算和分析。

c、物种多样性（尾数和重量）分析：说明调查水域内游泳生物种类组成、优势种、群落结构、渔业资源密度（尾数和重量）组成（分鱼、虾、蟹、头足类及其他）及其分布随时空的变化，主要经济物种生物学特征（体长、体重、成幼体比例等）。

### ②调查方法

#### a、调查站位布设

根据项目地理位置及调查范围内可拖网水域具体情况，采用断面布设方法。

#### b、拖网时间和拖网速度

于 2017 年 6 月和 2018 年 9 月对目标海域进行了渔业资源拖网调查，渔业资源调

查采用单船底拖网，游泳生物调查船主机功率 280KW，网具为单船有翼单囊拖网，扫海宽度 10m，囊网网目 2cm，拖速控制在 2.5nm/h，拖速均匀。

### c、样品采集

渔获物在船上鉴定种类，并按种类记录重量、尾数等数据，从每网渔获物中先将较大的不同种类单独挑出，然后随机取样采集约 20kg 渔获样品供进一步分析，不足 20kg 时，全部取样。鉴定后，用感量为 0.1g 电子天平称重。

## 5.7.1.3 数据处理方法

### (1) 渔业资源密度（重量、尾数）估算方法

拖网资源密度的估算采用扫海面积法（唐启升，2006）。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），本报告设定拖网网具鱼类和其它类尾数、重量逃逸率逃逸率均为 0.5。渔业资源密度以各站拖网渔获量（重量、尾数）和拖网扫海面积来估算，计算式为：

$$p_i = \frac{C_i}{a_i \times q}$$

式中： $p_i$ —第  $i$  站的资源密度（重量： $\text{kg}/\text{km}^2$ ；尾数： $\text{ind}/\text{km}^2$ ）；

$C_i$ —第  $i$  站的每小时拖网渔获量（重量： $\text{kg}/\text{h}$ ；尾数： $\text{ind}/\text{h}$ ）；

$a_i$ —第  $i$  站的网具每小时扫海面积（ $\text{km}^2/\text{h}$ ）（网口水平扩张宽度（ $\text{km}$ ） $\times$ 拖曳距离（ $\text{km}$ ），拖曳距离为拖网速度（ $\text{km}/\text{h}$ ）和实际拖网时间（ $\text{h}$ ）的乘积；

$q$ —网具捕获率（可捕系数， $=1 - \text{逃逸率}$ ），取 0.5。

### (2) 相对重要性指数 IRI

采用相对重要性指数  $IRI$  作为研究某种生物在群落中所占的重要性。

$$IRI = (W + N) \times F \quad (\text{Pinaka, 1971})$$

备注： $W$  为某种类重量占总重量的百分数；

$N$  为某种类的尾数占总尾数的百分数；

$F$  为某种类出现的站次占调查总站次的百分数。

### (3) 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，主要依赖于群落中种类数多少及种间个体分布是否均匀。丰富度（ $d$ ）、均匀度（ $J'$ ）和物种多样性 Shannon-Weaver（ $H'$ ）指数计算公式如下：

a、丰度指数  $d$ （Margaler, 1958）

$$d = \frac{S - 1}{\log_2 N} \quad (S: \text{种类数} \quad N: \text{个体总数})$$

b、多样性指数  $H'$  (Shannon-Weaver, 1963)

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \times \log_2 p_i \quad \text{其中: } p_i = \frac{n_i}{N}$$

式中:  $S$  为种类数;  $N$  为个体总数;  $p_i$  为第  $i$  种个体占个体总数的比例;  $n_i$  为第  $i$  种个体数。

c、均匀度指数 (Pielou, 1966)

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

式中  $S$  为样方中的种类数;  $H'$  为多样性指数。

## 5.7.2 鱼类资源现状

### 5.7.2.1 种类组成

2017 年 6 月和 2018 年 9 月调查共捕获鱼类 27 种, 隶属于 6 目 18 科。其中鲈形目种类最多, 为 15 种, 其次为鲉形目, 为 5 种, 鲱形目 4 种, 鲽形目为 2 种, 鮫鱈目和鳕各 1 种。从鱼类的适温类型来看, 暖温种 13 种, 占种类总数的 48.15%; 暖水种 8 种, 占 29.63%; 冷温种有 6 种, 占 22.22%。从鱼类的栖息水层来看, 大部分为底层鱼类, 有 22 种, 占种类总数的 81.48%, 其余为中上层鱼类, 占 18.52%。从经济价值看, 经济价值较高的 11 种, 占 40.74%; 经济价值一般的 7 种, 占 25.93%; 经济价值较低的 9 种, 占 33.33%。2017 年 6 月和 2018 年 9 月捕获鱼类的种类组成见下表。

#### (1) 2017 年 6 月

2017 年 6 月航次捕获鱼类 17 种, 隶属于 5 目 11 科 11 属, 其中鲈形目种类最多, 为 9 种, 其次为鲉形目 4 种, 鲽形目 1 种和鲱形目 2 种, 鮫鱈目 1 种。从鱼类的适温类型来看, 暖温种 8 种, 占种类总数的 47.06%; 暖水种 4 种, 占 23.53%; 冷温种 5 种, 占 29.41%。从鱼类的栖息水层来看, 大部分为底层鱼类, 有 15 种, 占种类总数的 88.24%, 其余为中上层鱼类, 占 11.76%。

2017 年 6 月份航次调查, 鱼类种类数最多的是 Y2 和 Y6 站, 为 9 种, 其次是 Y4、Y7、Y8、Y10 站种类数均为 5 种, Y1、Y3、Y9、Y12 站种类数最少, 为 3 种。



## (2) 2018 年 9 月

2018 年 9 月航次捕获鱼类 24 种，隶属于 6 目 17 科，其中鲈形目种类最多，为 14 种，其次为鲉形目和鲱形目，均为 3 种，鲽形目 2 种，鮫鱈目和鳐目各 1 种。从鱼类的适温类型来看，暖温种 12 种，占种类总数的 50.00%；暖水种 7 种，占 29.17%；冷温种有 5 种，占 20.83%。从鱼类的栖息水层来看，大部分为底层鱼类，有 20 种，占种类总数的 83.30%，中上层鱼类 4 种，占 16.60%。

2018 年 9 月份航次调查，鱼类种类数最多的是 Y12 为 16 种，其次是 Y9，为 15 种，Y6 为 13 种，Y4 和 Y7 站，为 11 种，Y1、Y11 站最少，均为 5 种。

表 5.7-2 2017 年 6 月和 2018 年 9 月捕获鱼类的种类组成

表 5.7-3 2017 年 6 月和 2018 年 9 月调查海域鱼类种类组成

### 5.7.2.2 相对渔获量

#### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次鱼类平均相对渔获重量为 0.0910~1.9505kg/h，平均值为 0.8609kg/h；平均相对渔获尾数为 4.00~162ind/h，平均值为 50.5833ind/h。其中相对渔获重量最高的是 Y2 站，尾数最高的是 Y3 站，而相对渔获重量和渔获尾数最低均出现在 Y12 站。

通过分析渔获中成体和幼体的比例，计算得 6 月鱼类幼体的相对渔获量为 0.1743kg/h，10.243ind/h；鱼类成体为 0.6866kg/h，40.3403ind/h。

根据 IRI，6 月航次调查渔业资源优势种共有 6 种，其中鱼类 2 种，为短吻红舌鲷（2347）和黄鮫鱈（1203）。

#### (2) 2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次鱼类平均相对渔获重量为 0.3072~9.130kg/h，平均值为 3.961kg/h；平均相对渔获尾数为 55.00~662.00ind/h，平均值为 313.4167ind/h。其中相对渔获重量最高的是 Y9 站，为 9.130kg/h，最低出现在 Y1 站，为 0.3072kg/h；相对渔获尾数最高的也是 Y3 站，为 662.00ind/h，最低值出现在 Y11 站为 55.00ind/h。

通过分析渔获中成体和幼体的比例，计算得到 9 月幼鱼的相对渔获量为 1.056kg/h，76.76ind/h；鱼类成体为 2.905kg/h，236.66ind/h。

9 月航次调查渔业资源优势种共有 7 种，其中鱼类 3 种，为矛尾虾虎鱼（2162）、短吻红舌鲷（1732）和细纹狮子鱼（1008）。

2017 年 6 月和 2018 年 9 月鱼类的相对渔获量见下表。

表 5.7-4 2017 年 6 月和 2018 年 9 月鱼类的相对渔获量

## 5.7.2.3 资源密度（重量、尾数）及空间分布

## (1) 2017 年 6 月调查结果

6 月航次的鱼类资源密度（重量、尾数）均值为 37.1897kg/km<sup>2</sup>，2185ind/km<sup>2</sup>，优势种短吻红舌鲷的资源密度（重量、尾数）分别为 9.373kg/km<sup>2</sup>，521ind/km<sup>2</sup>。优势种黄鲛鰵的资源密度（重量、尾数）分别为 6.453kg/km<sup>2</sup>，435ind/km<sup>2</sup>。

## (2) 2018 年 9 月调查结果

9 月航次的鱼类资源密度（重量、尾数）均值为 171.1015kg/km<sup>2</sup>，13538ind/km<sup>2</sup>，优势种矛尾虾虎鱼、短吻红舌鲷和细纹狮子鱼的资源密度（重量、尾数）分别为（43.35kg/km<sup>2</sup>，3519.26ind/km<sup>2</sup>）、（18.23kg/km<sup>2</sup>，3151.13ind/km<sup>2</sup>）和（16.33kg/km<sup>2</sup>，2573.64ind/km<sup>2</sup>）。

2017 年 6 月和 2018 年 9 月鱼类的资源密度见下表。

表 5.7-5 2017 年 6 月和 2018 年 9 月鱼类的资源密度

## 5.7.2.4 优势种的生物学特性

短吻红舌鲷 (*Cynoglossus joyneri*): 属鲽形目，舌鲷科，地方名为风板鱼、舌头鱼。系温水性近海底层鱼类。终年生活在沿岸水域，仅冬季向离岸相对深水区移动。5-7 月在近岸或内湾沙泥底质海区产卵。底栖动物食性，摄食种类广，主要为小型虾类、端足类和多毛类。分布于辽宁沿海及我国沿海。

矛尾虾虎鱼 (*Chaeturichthys stigmatias*): 属鲈形目，鰕虎鱼科，地方名胖头鱼。为近海底栖鱼类，以底栖生物为食，个体不大，可食用，分布于辽宁沿海及我国沿海。

细纹狮子鱼 (*Liparis tanakae*): 为属于鲉形目 (**Scorpaeniformes**) 狮子鱼科狮子鱼属的鱼类。分布于朝鲜、日本以及中国东海、黄海等海域。狮子鱼科分布范围极其广泛，从温带到极地地区，从潮间带至超深渊海域 (7703m)，在北太平洋、南大洋以及极地水域种类丰富，而在热带水域、温带和亚热带深水区域也有分布，但多为地方特有种。狮子鱼主食甲壳动物，也吃小鱼。中国数量较多的为细纹狮子鱼。细纹狮子鱼，体长形，柔软，蝌蚪状；皮肤松弛，无鳞，而有时具小刺。大鱼常有沙粒状小骨刺；骨刺基部圆盘状，下面中央凹。侧线无，前端遗 2 小孔。背鳍很长，始于鳃孔后上方。臀鳍稍短，与背鳍相似。胸鳍很宽，侧下位，达眼前下方，后缘无凹刻。二腹鳍合为圆盘状，胸位，周缘分 12 小叶。尾鳍长圆形，前 1/2 与背臀鳍相连。背侧红褐色，腹侧较淡。

体长 150 毫米以下时头体有黑色细纵纹；约长到 200 毫米以上，黑纹渐消失，只留些黑斑。鳍大部灰黑色，腹鳍白色。

#### 5.7.2.5 成体和幼鱼资源密度

##### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次调查，鱼类成体的资源密度为 29.659kg/km<sup>2</sup>，幼鱼的资源密度为 443ind/km<sup>2</sup>。

##### (2) 2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次调查，鱼类成体的资源密度为 125.49kg/km<sup>2</sup>，幼鱼的资源密度为 3316ind/km<sup>2</sup>。

#### 5.7.3 甲壳类资源现状

##### 5.7.3.1 种类组成

2017 年 6 月和 2018 年 9 月调查共捕获甲壳类 24 种，隶属于 2 目 15 科 15 属，其中十足目有 23 种，口足目仅有口虾蛄 1 种。2017 年 6 月和 2018 年 9 月捕获甲壳类的区系组成及出现月份见下表。

##### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次捕获甲壳类 16 种，隶属于 2 目 11 科 11 属，十足目种类为 15 种，口足目仅有口虾蛄 1 种。6 月航次甲壳类种类数最多的是 Y5 站，9 种，种类数最少的是 Y2，仅 3 种。

##### (2) 2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次捕获甲壳类 21 种，隶属于 2 目 14 科 14 属，十足目种类为 20 种，口足目仅有口虾蛄 1 种。2018 年 9 月航次种类数最多的是 Y9 站，10 种，Y10 站最少，4 种。

表 5.7-6 2017 年 6 月和 2018 年 9 月捕获甲壳类的区系组成及出现月份

##### 5.7.3.2 相对渔获量

##### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次甲壳类相对渔获重量为 0.2850~6.1340kg/h，平均值为 2.1626kg/h；平均相对渔获尾数为 27.00~1276ind/h，平均值为 429.333ind/h。其中相对渔获重量最高

的是 Y5 站，为 6.1340kg/h，相对渔获尾数最高的是 Y12 站，为 1276ind/h，相对渔获重量最低的是 Y12 站，为 0.2850kg/h，相对渔获尾数最低的也是 Y12 站，为 27ind/h。

通过分析渔获中成体和幼体的比例，计算得 6 月甲壳类幼体资源密度为 0.3436kg/h，81.273ind/h；甲壳类成体资源密度为 1.819kg/h，348.06ind/h。

2017 年 6 月航次调查渔业资源优势种共有 6 种，其中甲壳类 3 种，分别为口虾蛄（1238）、日本蟳（864）和泥足隆背蟹（745）。

## （2）2018 年 9 月调查结果

9 月航次甲壳类平均相对渔获重量为 1.319~17.068kg/h，平均值为 5.6125kg/h；平均相对渔获尾数为 147~898ind/h，平均值为 462.5ind/h。其中相对渔获量最高的为 Y6 站，相对渔获重量最低出现在 Y1 站，相对渔获尾数最高为 Y7 站，相对渔获尾数最低则出现在 Y1 站。

通过分析渔获中成体和幼体的比例，计算得 9 月甲壳类幼体资源密度为 1.064kg/h，92.855ind/h；甲壳类成体资源密度为 4.548kg/h，369.364ind/h。

9 月航次调查渔业资源优势种共有 7 种，其中甲壳类 3 种，为口虾蛄（1680）、葛氏长臂虾（1346）、日本蟳（1023）。

2017 年 6 月和 2018 年 9 月甲壳类各站位的相对渔获量见下表。

**表 5.7-7 2017 年 6 月和 2018 年 9 月甲壳类各站位的相对渔获量**

### 5.7.3.3 资源密度（重量、尾数）及空间分布

#### （1）2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次的甲壳类资源密度（重量、尾数）均值为 93.415kg/km<sup>2</sup>，18545.72ind/km<sup>2</sup>，优势种口虾蛄、日本蟳和泥足隆背蟹的资源密度（重量、尾数）分别为（31.36kg/km<sup>2</sup>，1998.00ind/km<sup>2</sup>）、（24.929kg/km<sup>2</sup>，575.95ind/km<sup>2</sup>）和（8.679kg/km<sup>2</sup>，2079.91ind/km<sup>2</sup>）。

#### （2）2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次的甲壳类资源密度（重量、尾数）均值为 242.944kg/km<sup>2</sup>，19978ind/km<sup>2</sup>，优势种口虾蛄、葛氏长臂虾、日本蟳的资源密度（重量、尾数）分别为（68.4701kg/km<sup>2</sup>，7696.29ind/km<sup>2</sup>）、（42.097kg/km<sup>2</sup>，6587.49ind/km<sup>2</sup>）、和（38.79kg/km<sup>2</sup>，1234.53ind/km<sup>2</sup>）。

#### 5.7.3.4 优势种的生物学特性

口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*): 属十足目, 虾蛄科, 地方名为虾爬子。口虾蛄是一种广分布、暖温性、多年生的大型甲壳类。我国渤、黄、东、南海均有分布。口虾蛄是渤海地方性资源, 终生不游出渤海, 分布范围很广, 几乎遍及整个渤海。口虾蛄穴居于泥沙底, 也常在海底游泳。以底栖动物如多毛类、小型双甲类及甲壳类为食。分布深度多在 30 米以内。12 月中旬至翌年 3 月中旬是口虾蛄的越冬期, 这期间口虾蛄穴居。5-7 月是口虾蛄产卵繁殖季节, 这期间口虾蛄集中于近岸浅水区产卵。

葛氏长臂虾 (*Palaemon gravieri*): 属节肢动物门, 十足目, 长臂虾科。体透明, 微带淡黄色, 具棕红色斑纹。生活于泥沙底质浅海, 为经济虾类之一, 繁殖季节在 4-5 月间。

日本蟳 (*Charybdis japonica*): 属十足目, 梭子蟹科, 地方名为石钳爬、石蟹, 广东、福建、浙江、山东半岛等地均有分布, 生活环境为海水, 一般生活于低潮线、有水草或泥沙的水底以及或潜伏于石块下, 常以小鱼、小虾及小型贝类动物为捕食对象, 有时也食动物的尸体和水藻等。

泥足隆背蟹 (*Carcinoplax vestitus*) 为长脚蟹科隆背蟹属的动物。分布于朝鲜海峡、日本、澳大利亚、南非以及中国大陆的山东等地, 生活环境为海水, 生活于距海岸 2—3 海里, 水深 30-100 米的海底泥沙上。

#### 5.7.3.5 成体和幼鱼资源密度

##### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次调查, 甲壳类成体的资源密度为  $78.5745\text{kg}/\text{km}^2$ , 幼体的资源密度为  $3511\text{ind}/\text{km}^2$ 。

##### (2) 2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次调查, 甲壳类成体的资源密度为  $196.46\text{kg}/\text{km}^2$ , 幼体的资源密度为  $4011\text{ind}/\text{km}^2$ 。

#### 5.7.4 头足类资源现状

##### 5.7.4.1 种类组成

2017 年 6 月和 2018 年 9 月调查共捕获头足类 4 种, 隶属于 2 目 3 科 3 属, 分别为火枪乌贼、双喙耳乌贼、长蛸和短蛸。2017 年 6 月和 2018 年 9 月调查捕获头足类的

区系组成见下表。

#### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次调查, Y2 站和 Y5 站捕获种类最多, 为 2 种, Y4、Y7、Y10 站均为 1 种, 其它站位未捕到。

#### (2) 2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次调查, Y2、Y3、Y4、Y8、Y9 站均为 2 种, Y7 和 Y11 站位未捕到头足类。

**表 5.7-8 2017 年 6 月和 2018 年 9 月调查捕获头足类的区系组成**

### 5.7.4.2 相对渔获量

#### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次头足类相对渔获重量为 0~0.580kg/h, 平均值为 0.0994kg/h; 平均相对渔获尾数为 0~22ind/h, 平均值为 3.6ind/h。其中相对渔获量最高的均是 Y2 站, 相对渔获重量最低出现在 Y10 站, 相对渔获尾数最高出现在 Y5 站, 而相对渔获尾数最低则出现在 Y4 和 Y7 站, Y1、Y3、Y6、Y8、Y9、Y11、Y12 均未捕到头足类。

通过分析渔获中成体和幼体的比例, 计算得 2017 年 6 月头足类幼体资源密度为 0.0249kg/h, 1.13ind/h; 头足类成体资源密度为 0.0745kg/h, 2.469ind/h。

2017 年 6 月航次调查渔业资源优势种共有 6 种, 其中头足类 1 种, 为长蛸(608)。

#### (2) 2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次头足类平均相对渔获重量为 0-1.378kg/h, 平均值为 0.355kg/h; 平均相对渔获尾数为 0~117ind/h, 平均值为 41.083ind/h。其中相对渔获量最高的均为 Y10 站, Y7、Y11 站相对渔获量为 0。

通过分析渔获中成体和幼体的比例, 计算得 9 月头足类幼体资源密度为 0.0675kg/h, 7.86ind/h; 头足类成体资源密度为 0.2875kg/h, 33.2671ind/h。9 月航次调查渔业资源优势种共有 7 种, 其中头足类 1 种, 为火枪乌贼(684)。

2017 年 6 月和 2018 年 9 月捕获头足类的相对渔获量见下表。

**表 5.7-9 2017 年 6 月和 2018 年 9 月捕获头足类的相对渔获量**

### 5.7.4.3 资源密度(重量、尾数)及空间分布

#### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次头足类资源密度(重量、尾数)均值为 4.2760kg/km<sup>2</sup>, 155.51ind/km<sup>2</sup>,

其中优势种长蛸的资源密度（重量、尾数）分别为  $3.40\text{kg}/\text{km}^2$ ， $119.98\text{ind}/\text{km}^2$ 。

#### （2）2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月头足类资源密度（重量、尾数）均值为  $15.349\text{kg}/\text{km}^2$ ， $1774\text{ind}/\text{km}^2$ 。其中优势种长蛸的资源密度（重量、尾数）分别为  $6.40\text{kg}/\text{km}^2$ ， $789\text{ind}/\text{km}^2$ 。

#### 5.7.4.4 优势种的生物学特性

长蛸 (*Octopusvariabilis*)，隶属于软体动物门，八腕目，章鱼科，俗称八带、石拒。长蛸生活在浅海海水急速处的岩石间。冬季穴居泥沙中，洞穴深约 30-60cm，其垂直分布从潮间带至六七米水深的泥沙质海底，为北方沿海常见种。

火枪乌贼 (*Loligo beka*) 隶属于软体动物门，枪形目 枪乌贼科，火枪乌贼生活在沿岸岛礁周围，主要捕食小型虾类等，春季在内湾或河口产卵，每个卵鞘内有 25~45 个卵子。本省沿海春季常可捕获。分布于全国沿海和日本南部海区。肉供食用，也是鱼类的食料。我国南北沿海均有分布。

#### 5.7.4.5 成体和幼鱼资源密度

##### （1）2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月航次调查，头足类成体的资源密度为  $3.218\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体的资源密度为  $48\text{ind}/\text{km}^2$ 。

##### （2）2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月航次调查，头足类成体的资源密度为  $12.41\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体的资源密度为  $34\text{ind}/\text{km}^2$ 。

#### 5.7.5 渔获物物种多样性分析

##### 5.7.5.1 2017 年 6 月

2017 年 6 月航次调查的渔获物物种多样性指数下表。从表可以看出，2017 年 6 月航次物种丰富度 (R) 介于 1.33~2.27 之间，平均值为 1.801；物种多样性 ( $H'$ ) 介于 1.15~2.48 之间，平均值为 1.82；物种均匀度 ( $J'$ ) 变动范围在 0.48~0.77 之间，平均值为 0.6391。

表 5.7-10 2017 年 6 月航次调查的渔获物物种多样性指数

### 5.7.5.2 2018 年 9 月

2018 年 9 月航次调查的渔获物物种多样性指数见下表。从表可以看出, 2018 年 9 月航次物种丰富度 ( $R$ ) 介于 1.15~1.99 之间, 平均值为 1.727; 物种多样性 ( $H'$ ) 介于 0.79~2.16 之间, 平均值为 1.744; 物种均匀度 ( $J'$ ) 变动范围在 0.46~0.67 之间, 平均值为 0.602。

表 5.7-11 2018 年 9 月航次调查的渔获物物种多样性指数

### 5.7.6 鱼卵仔鱼

#### 5.7.6.1 种类组成

2017 年 6 月和 2018 年 9 月航次调查共鉴定鱼卵仔稚鱼 15 种, 隶属于 5 目 11 科。其中鱼卵 12 种, 隶属于 4 目 8 科; 仔稚鱼共 9 种, 隶属于 5 目 7 科。鱼卵仔稚鱼种类名录见下表。

##### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月调查, 共采集到鱼卵和仔稚鱼 13 种 (鱼卵 10 种, 仔稚鱼 6 种)。

##### (2) 2018 年 9 月调查结果

2018 年 9 月调查, 共采集到鱼卵和仔稚鱼 9 种 (鱼卵 5 种, 仔稚鱼 6 种)。

表 5.7-12 鱼卵仔稚鱼种类名录

#### 5.7.6.2 数量及分布

##### (1) 2017 年 6 月调查结果

2017 年 6 月调查鱼卵的平均密度为  $0.790\text{ind./m}^3$ 。其中密度最高站出现在 Z5 号站, 密度为  $2.78\text{ind./m}^3$ , 其次为 Z1 号站, 密度为  $2.11\text{ind./m}^3$ 。从种类来看, 垂直取样调查获得鱼卵共 10 种, 分别为鲰、鳀、青鳞沙丁鱼、斑鰹、叫姑鱼、白姑鱼、小黄鱼、黑鳃梅童鱼、小带鱼、短吻红舌鲷。其中密度占优势的种为叫姑鱼, 出现频率为 25%。

2017 年 6 月调查仔稚鱼的密度为  $0.349\text{ind./m}^3$ 。其中密度最高站出现在 Z5 号站, 密度为  $0.93\text{ind./m}^3$ , 其次为 Z7 号站, 密度为  $0.68\text{ind./m}^3$ 。从种类来看, 垂直拖网调查共获得仔稚鱼 6 种, 分别为鳀、青鳞沙丁鱼、斑鰹、沙氏下鱈、矛尾虾虎鱼、许氏平鲷。其中密度最大的种为许氏平鲷, 出现频率为 16.67%; 青鳞沙丁鱼出现 2 尾, 出现频率分别为 16.66%。

##### (2) 2018 年 9 月调查结果



2018 年 9 月鱼卵的平均密度为 0.29ind./m<sup>3</sup>，密度最高站出现在 Z4，密度为 0.88ind./m<sup>3</sup>，其次为 Z1 站，密度为 0.77ind./m<sup>3</sup>。从种类来看，垂直拖网调查只获得 5 种鱼卵，分别为绯【鱼衔】、小带鱼、多鳞、短吻红舌鲷、斑鲈。

2018 年 9 月调查仔稚鱼平均密度为 0.37ind./m<sup>3</sup>，有 7 站采集到仔稚鱼，分别为 Z2、Z3、Z5、Z6、Z7、Z9、Z10 站，密度分别为 0.55ind./m<sup>3</sup>、0.21ind./m<sup>3</sup>、0.47ind./m<sup>3</sup>、0.83ind./m<sup>3</sup>、0.93ind./m<sup>3</sup>、0.99ind./m<sup>3</sup>、0.50ind./m<sup>3</sup>。从种类组成来看，垂直取样采集到 6 种，分别为斑鲈、沙氏下鱈、叫姑鱼、小黄鱼、短吻红舌鲷和许氏平鲉。

2017 年 6 月和 2018 年 9 月航次鱼卵、仔稚鱼的种类和密度组成见下表。

表 5.7-13 2017 年 6 月和 2018 年 9 月航次鱼卵、仔稚鱼的种类组成

表 5.7-14 2017 年 6 月和 2018 年 9 月航次鱼卵、仔稚鱼密度

单位：ind./m<sup>3</sup>

## 5.8 生物质量补充调查

因 2018 年 4 月和 2017 年 11 月调查只检测到鱼类和甲壳类的生物质量现状，无贝类的生物质量现状。因此，本项目收集了《旅大 4-2 油田 4-3 区块项目海洋环境质量现状春季调查报告》中的生物质量现状调查资料，调查单位为青岛环海海洋工程勘察研究院，调查时间为 2019 年 5 月。

### 5.8.1 调查站位

2019 年 5 月共设置 28 个环境现状调查站位，其中生物质量站位 17 个。2019 年 5 月海洋环境质量调查站位坐标见下表和下图。

表 5.8-1 2019 年 5 月海洋环境质量调查站位坐标

调查站位	北纬	东经	调查项目
P1	██████████	██████████	水质、沉积物、生物质量、生物、水文动力
P2	██████████	██████████	水质
P3	██████████	██████████	水质、沉积物、生物质量、生物、水文动力
P4	██████████	██████████	水质
P5	██████████	██████████	水质、沉积物、生物质量、生物、水文动力
P6	██████████	██████████	水质
P7	██████████	██████████	水质、沉积物、生物质量、生物
P8	██████████	██████████	水质
P9	██████████	██████████	水质、沉积物、生物质量、生物

P10			水质
P11			水质、沉积物、生物质量、生物
P12			水质
P13			水质、沉积物、生物质量、生物
P14			水质、沉积物、生物质量、生物
P15			水质、沉积物、生物质量、生物
P16			水质、沉积物、生物质量、生物
P17			水质、沉积物、生物质量、生物
P18			水质、沉积物、生物质量、生物
P19			水质
P20			水质、沉积物、生物质量、生物
P21			水质
P22			水质、沉积物、生物质量、生物
P23			水质
P24			水质、沉积物、生物质量、生物、水文动力
P25			水质
P26			水质、沉积物、生物质量、生物、水文动力
P27			水质
P28			水质、沉积物、生物质量、生物、水文动力

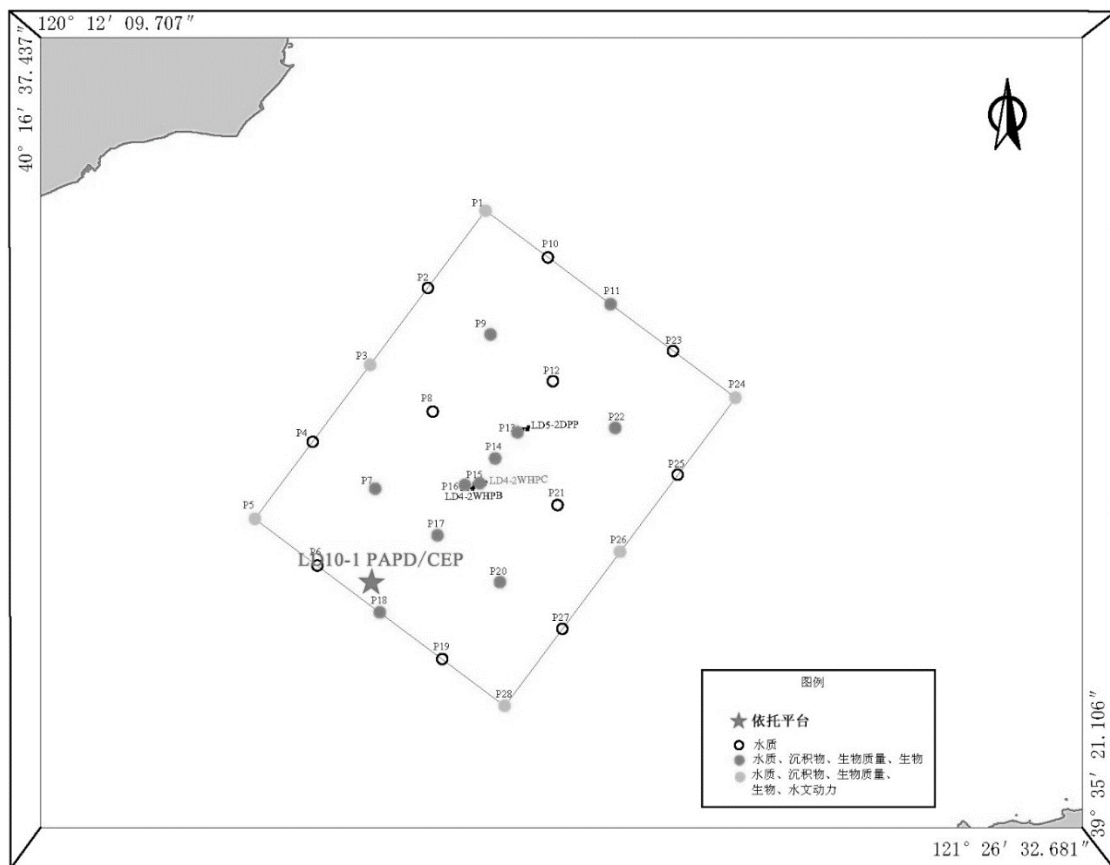


图 5.8-1 2019 年 5 月海洋环境质量调查站位

### 5.8.2 生物质量现状调查

对各站实测数据进行统计分析，2019 年 5 月调查结果见下表。

**表 5.8-2 2019 年 5 月生物质量分析结果**

### 5.8.3 生物质量现状评价

#### (1) 评价因子

选取镉、铬、总汞、铅、砷、铜、锌和石油烃 8 项作为生物质量评价因子。

#### (2) 评价标准

目前国家仅颁布了贝类（双壳类）评价国家标准，贝类（双壳类）生物体内污染物含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的标准值，进行逐级评价。其它生物种类的国家级评价标准尚未发布，软体动物（非双壳类）和甲壳类、鱼类生物体内污染物质（铜、铅、锌、镉、总汞）含量评价标准参考《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准；石油烃含量的评价标准参考《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准；软体动物（非双壳类）和甲壳类、鱼类生物体内铬和砷含量缺乏评价标准，不对其进行评价。

#### (3) 生物质量现状评价

生物体质量评价结果见下表，结果表明：

①贝类（双壳类）生物质量评价因子重金属含量均满足《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的第一类标准值。

②软体动物（非双壳类）、甲壳类、鱼类，生物质量评价因子重金属铜、铅、锌、镉和总汞含量均满足《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的质量标准。

③软体动物（非双壳类）、甲壳类、鱼类，生物质量评价因子石油烃含量满足《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的质量标准。

**表 5.8-3 2019 年 5 月生物质量污染指数表**

## 6 回顾性环境影响评价

旅大 29-1 油田位于渤海东部海域，西距旅大 21-2 油田约 16.1km，西南距已开发油田旅大 27-2 油田约 22km，西北距旅大 16-3 油田约 22km。旅大 29-1 油田采用注水开发方式，充分依托周边的 LD16-3CEPA 及 LD10-1PAPD 等平台相关设施。

本项目依托设施概况详见下表。

表 6-1 本项目依托设施概况

依托设施		依托功能	
海上工程 (旅大 21-2/16-3/10-1 油田)	平台	LD16-3CEPA、LD10-1PAPD 平台 LD29-1WHPA 平台物流依托 LD16-3CEPA 处理成 20%左右含水原油，经混输海管输送至 LD10-1PAPD，依托 LD10-1PAPD 上处理成（含水率 wt≤1%）原油。	
	混输管道	LD21-2WHPA→LD16-3CEPA	油气水输送
		LD16-3CEPA→LD10-1PAPD	油气水输送
	输油管道	LD10-1CEP→绥中 36-1 终端	原油输送
陆上工程		绥中 36-1 终端 原油储存	

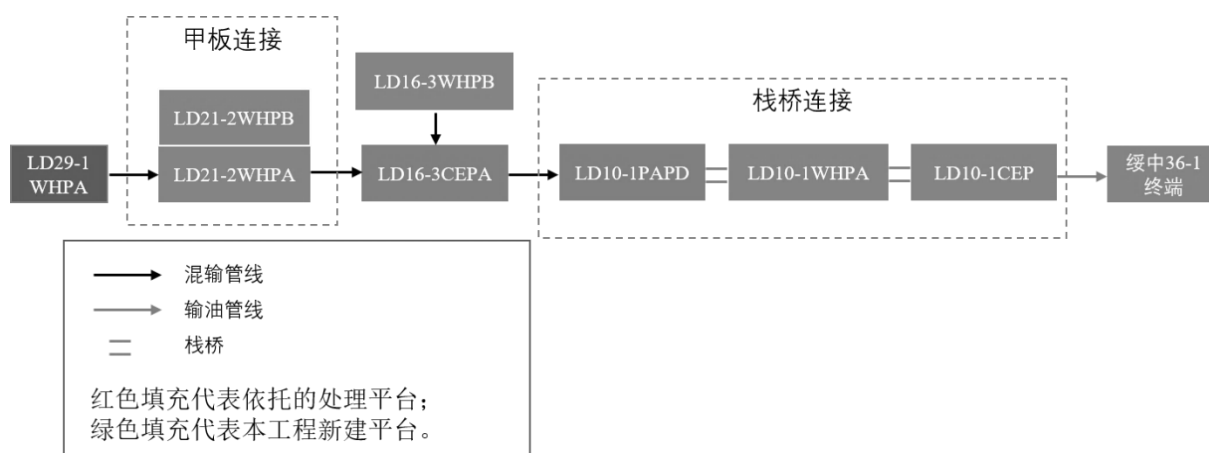


图 6-1 旅大 29-1 油田物流集输路径

本评价对依托工程开发过程进行简要回顾，并对工程所处海域的环境质量状况进行简要回顾评价。

### 6.1 依托工程开发过程回顾

#### 6.1.1 旅大 10-1 油田开发概况

##### 6.1.1.1 主要设施情况

旅大 10-1 油田主要生产设施包括 3 座平台，其中 2 座井口平台（LD10-1WHPA 平

台和 LD10-1WHPC 平台), 1 座中心平台 (LD10-1CEP 平台), 1 条海底管道 (LD10-1CEP 平台至绥中 36-1 终端的原油管道)。LD10-1CEP 平台通过栈桥与 LD10-1WHPA 平台相连, LD10-1WHPC 平台与 LD10-1WHPA 平台南侧相连。旅大 10-1 油田相关工程设施平面布置示意如图 6.1-1 所示, 主要工程设施描述见表 6.1-1。

LD10-1CEP 是 1 座有人驻守的导管架钢结构中心平台, 共有 4 层甲板, 平台上设有原油处理系统、含油生产水处理系统、注水系统、开闭排系统、生活污水处理系统、主发电机和 110 人生活楼。处理来自 LD10-1WHPA、LD10-1WHPC 和 LD4-2WHPB 平台的物流。根据《旅大 10-1 油田调整项目环境影响报告表》(2016), LD10-1CEP 平台后期添加注气设备。

LD10-1WHPA 是 1 座无人驻守导管架钢结构井口平台, 共有 3 层甲板, 平台通过栈桥与 LD10-1CEP 平台相连。平台上设有管汇、测试分离器、过滤器、修井机及其配套设施。

LD10-1WHPC 是 1 座无人驻守导管架钢结构井口平台, 共有 3 层甲板, 与 LD10-1WHPA 平台南侧相连。平台上设有生产计量、注水管汇、修井机及其配套设施。

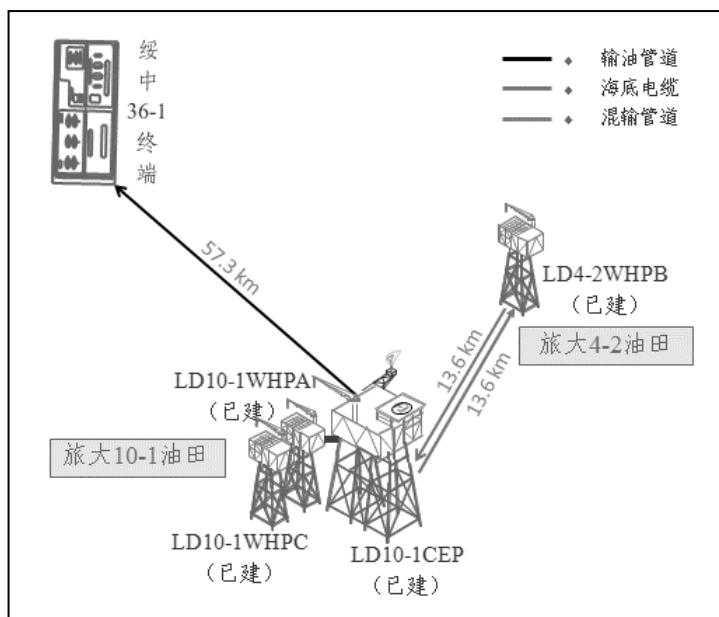


图 6.1-1 旅大 10-1 油田相关工程设施平面布置示意图

表 6.1-1 主要相关工程设施

设施名称	描述
LD10-1CEP	10 腿有人驻守的导管架钢结构中心平台, 平台共有 4 层甲板。平台上设有原油处理系统、含油生产水处理系统、注水系统、开闭排系统、生活污水处理系统、主发电机和 110 人生活楼。平台原油处理能力为

设施名称	描述
	██████████, 天然气处理能力为 ██████████, 生产水处理能力为 ██████████, 注水能力为 ██████████。
LD10-1WHPA	6 腿无人驻守导管架钢结构井口平台, 通过栈桥与 LD10-1CEP 中心平台连接, 平台设有 52 个井槽, 现有 30 口生产井、20 口注水井、2 口水源井、1 口注气井, 此井为同井抽注井。平台共有 3 层甲板。包括上层甲板、下层甲板及工作甲板。平台上设有注水系统, 无油气处理设施。
LD10-1WHP C	4 腿无人驻守导管架钢结构井口平台, 设有 24 个井槽 (4 个单筒双井), 现有 19 口井, 其中 14 口生产井, 5 口注水井, 预留 9 个井槽。平台共有 3 层甲板, 分别是上层甲板、下层甲板及工作甲板。平台上设有注水系统, 无油气处理设施。

### 6.1.1.2 总体物流走向

LD10-1WHPA 平台和 LD10-1WHP C 平台产生的井口物流在 LD10-1CEP 平台处理, 分离出的生产水处理达标后回注地层, 分离出的伴生气作为燃料气, 处理后的合格原油外输至绥中 36-1 终端。

旅大 10-1 油田现有平台间物流走向见图 6.1-2。

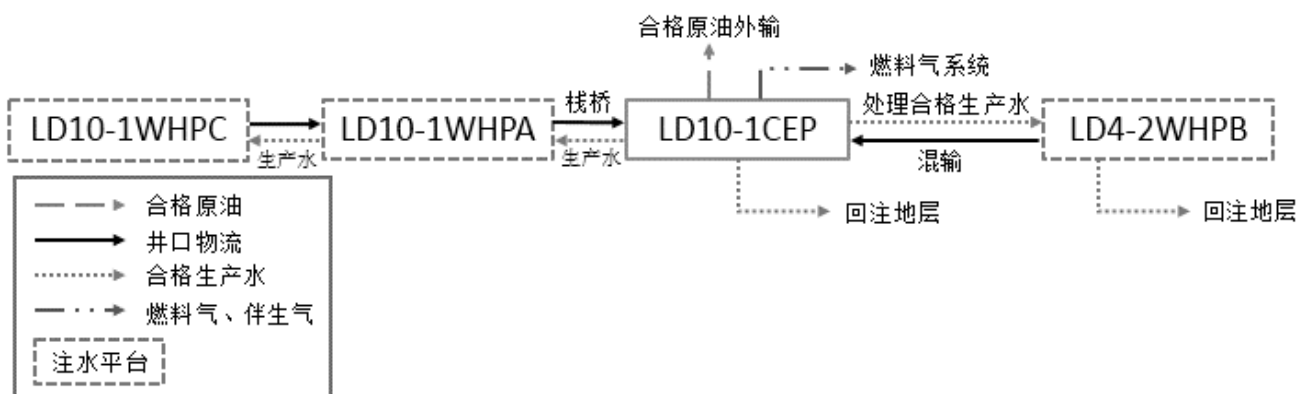


图 6.1-2 旅大 10-1 油田现有平台物流走向示意图

## 6.1.2 旅大 21-2/旅大 16-3 油田开发概况

### 6.1.2.1 主要设施情况

旅大 21-2/旅大 16-3 油田主要生产设施包括 1 座中心平台 (LD16-3CEPA)、3 座井口平台 (LD21-2WHPA/WHPB、LD16-3WHPB) 以及 1 座生产辅助平台 (LD10-1PAPD), 3 条海底混输管道 (LD16-3WHPB→LD16-3CEPA 混输管道, LD21-2WHPA→LD16-3CEPA 混输管道, LD16-3CEPA→LD10-1PAPD 混输管道) 和 2 条海底电缆 (LD16-3CEPA 至 LD21-2WHPA 海底电缆, LD16-3CEPA 至 LD16-3WHPB 海底电缆)。LD21-2WHPA 和 LD21-2WHPB 平台甲板相连, LD10-1PAPD 与已投产的 LD10-1WHPA 平台栈桥相连。

旅大 21-2/旅大 16-3 油田相关工程设施平面布置示意如图 6.1-3 所示，主要工程设施描述见表 6.1-2。

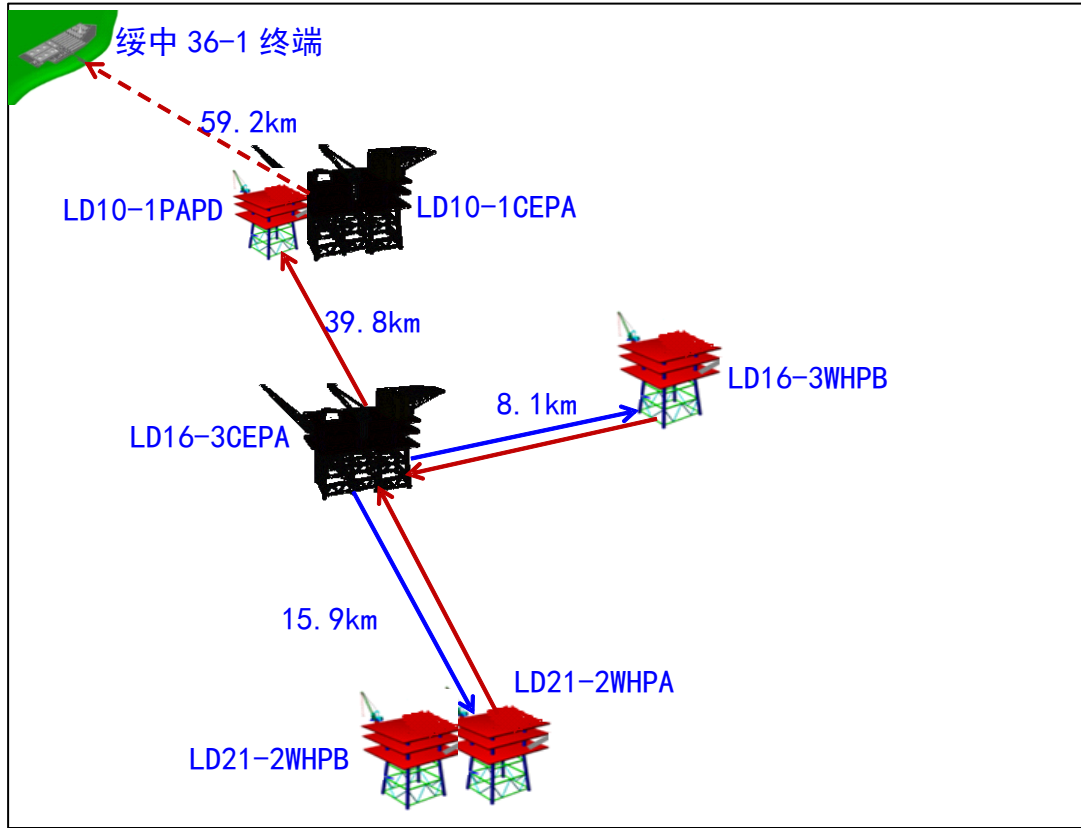


图 6.1-3 旅大 21-2/旅大 16-3 油田相关工程设施平面布置示意图

表 6.1-2 主要相关工程设施

工程组成		装置及规模
LD21-2 WHPA	总体布置	4 腿导管架有人平台，设有 20 个井槽，4 个单筒双井。平台设有 50 人生活楼、原油处理系统、生产水处理系统、注水系统等
	主工艺系统	设生产/计量管汇、计量分离器、生产分离器。原油外输泵等。生产分离器原油设计处理能力 [REDACTED]，天然气设计处理能力 [REDACTED]
	公用系统	设燃料气系统、柴油系统、火炬系统、化学药剂系统、开/闭式排放系统、公用/仪表风系统等
	水工艺系统	生产水处理系统、注水系统、海水系统、淡水系统、水源井系统、生活污水处理系统，生产水处理系统设计处理能力 [REDACTED]，注水系统设计处理能力 [REDACTED]
LD21-2 WHPB	总体布置	4 腿导管架平台，与 LD21-2WHPA 平台甲板连接；设有 16 个井槽；平台设有蒸汽注热系统、燃料油系统、注氮系统、热采水处理系统等热采设施
	主工艺系统	设生产管汇、放喷计量管汇、放喷兼计量分离器、放喷气分液罐、放喷气冷却器、旋流除砂器、临时储砂罐，所产物流输送至 LD21-2WHPA 平台处理
	公用系统	设燃料油系统、注氮系统，依托 LD21-2WHPA 平台的柴油系统、化学药剂系统、公用风/仪表风系统、冷放空系统、开/闭式排放系统

	水工艺系统	设热采供水处理系统，系统规模为 [REDACTED]
LD16-3 CEPA	总体布置	8 腿导管架有人平台，设有 32 个井槽，4 个单筒双井。平台设有 62 人生活楼、原油处理系统、生产水处理系统、伴生气处理系统、注水系统等
	主工艺系统	设生产/计量管汇、计量分离器、段塞流捕集器、生产分离器、热处理器、生产水回掺泵、原油外输泵、入口涤气罐、天然气压缩机、出口涤气罐；原油设计处理能力 [REDACTED]，天然气设计处理能力 [REDACTED]
	公用系统	设燃料气系统、柴油系统、火炬系统、化学药剂系统、公用/仪表风系统、氮气系统及开/闭式排放系统
	水工艺系统	设生产水处理系统、注水系统、海水系统、生活污水处理系统。生产水设计处理能力 [REDACTED]，注水系统设计处理能力 [REDACTED]，注水水源为处理合格的生产水
LD16-3 WHPB	总体布置	4 腿导管架平台，设有 12 个井槽，4 个单筒双井。平台设有 30 人生活楼、注水系统、水源井系统等
	主工艺系统	设生产/计量管汇、计量分离器、水源井增压泵，平台所产物流输送至 LD16-3CEPA 平台处理
	公用系统	设柴油系统、化学药剂系统、公用/仪表风系统、开式排放系统、闭排兼冷放空系统
	水工艺系统	设水源井系统、海水系统、淡水系统、生活污水处理系统，注水系统设计处理能力 [REDACTED]
LD10-1 PAPD	总体布置	3 腿导管架无人平台，与现有 LD10-1WHPA 平台下层甲板栈桥相连；平台设有原油处理系统、生产水处理系统等
	主工艺系统	设段塞流捕集器、热处理器、电脱水器，原油设计处理能力 [REDACTED]d，天然气设计处理能力 [REDACTED]
	公用系统	设有开式排放系统、化学药剂系统，注水系统等依托现有 LD10-1CEP 平台，闭排系统依托现有 LD10-1WHPA 平台
	水工艺系统	设生产水处理系统，生产水设计处理能力 [REDACTED]。
海底管道		LD16-3WHPB 至 LD16-3CEPA 长 8.1km 的 12/18in 混输海底管道
		LD21-2WHPA 至 LD16-3CEPA 长 15.9km 的 10/14in 混输海底管道
		LD16-3CEPA 至 LD10-1PAPD 长 39.8km 的 12/18in 混输海底管道
海底电缆		LD16-3CEPA 至 LD16-3WHPB 长 8.1km 的海底电缆
		LD16-3CEPA 至 LD21-2WHPA 长 15.9km 的海底电缆

### 6.1.2.2 总体物流走向

LD21-2WHPA/WHPB 井口平台的物流在 LD21-2WHPA 平台处理后，分离出的含水原油经管线输送到 LD16-3CEPA 平台，与管道输送来的 LD16-3WHPB 平台物流和 LD16-3CEPA 平台的物流汇合后，在 LD16-3CEPA 平台处理，LD16-3CEPA 平台分离出的含水原油与天然气混合后经管线输送到 LD10-1PAPD 平台处理，处理后的合格原油经 LD10-1CEP 平台通过现有海管外输陆上终端。平台分离出的天然气进入燃料气系统；LD21-2WHPA 平台分离出的生产水经处理满足注水水质要求在 LD21-2WHPA 平台回注地层，LD16-3CEPA 平台分离出的生产水经处理满足注水水质要求在 LD16-3CEPA 平台



回注地层，LD10-1PAPD 平台分离出的生产水经处理满足注水水质要求后进入 LD10-1CEP 平台的注水系统回注地层。LD16-3CEPA 平台设有电站为本平台和 3 座井口平台提供电力，发电所需天然气全部来自油田产气。

旅大 21-1/旅大 16-3 油田各平台间物流走向见图 6.1-4。

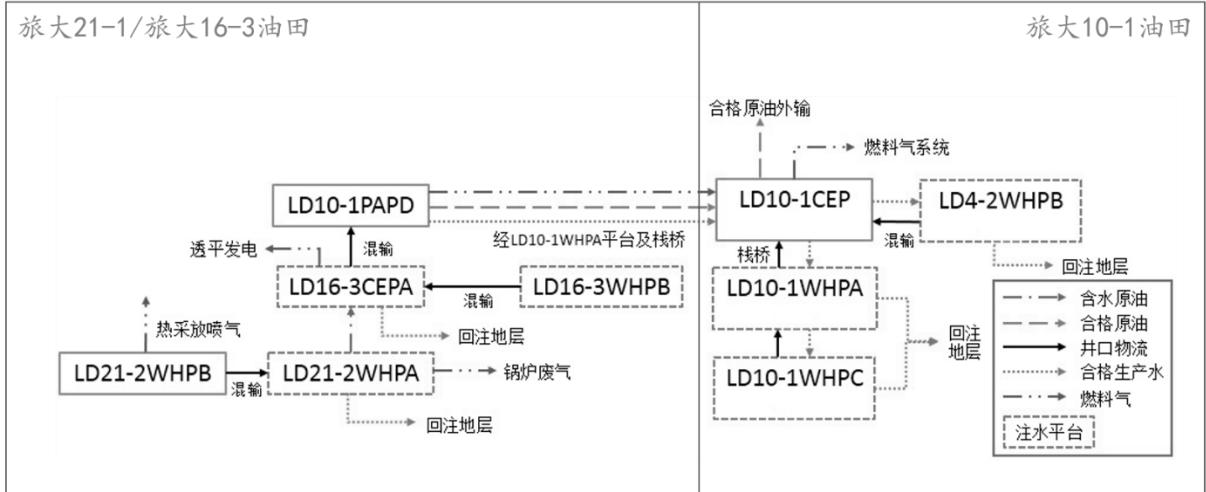


图 6.1-4 旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目物流走向示意图

## 6.2 依托工程相关环评及竣工验收批复回顾

### 6.2.1 依托工程环评及竣工验收制度执行情况

本工程依托设施的环评及竣工验收执行情况详见下表。

表 6.2-1 本项目依托设施环评及竣工验收批复情况

序号	油田	本项目依托设施		所在环评文件	主要建设内容	环评批复/核准	环保竣工验收批复情况	工程建设情况	建成投产时间
1	旅大 21-2/ 旅大 16-3 油田	平台	LD16-3CEPA、LD10-1PAPD	《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书》	(1) 新建 1 座中心平台 (LD16-3CEPA)、3 座井口平台 (LD21-2WHPA/WHPB、LD16-3WHPB) 以及 1 座生产辅助平台 (LD10-1PAPD) ; (2) 新建 3 条海底混输管道和 2 条海底电缆。 ①LD16-3WHPB→LD16-3CEPA 混输管道 ②LD21-2WHPA→LD16-3CEPA 混输管道 ③LD16-3CEPA→LD10-1PAPD 混输管道 ④LD16-3CEPA 至 LD21-2WHPA 海底电缆 ⑤LD16-3CEPA 至 LD16-3WHPB 海底电缆	2018 年 7 月 16 日获得生态环境部批复 (环审[2018]52 号) (详见附件 4)	尚未投产, 未开展环保竣工验收	截止到 2020 年 2 月底, 项目处于陆地建造阶段	预计 2020 年投产
		混输管道	LD21-2WHPA→LD16-3CEPA						
			LD16-3CEPA→LD10-1PAPD						
2	旅大 10-1 油田	输油管道	LD10-1CEP→绥中 36-1 终端	《旅大 4-2/5-2/10-1 油田开发工程环境影响报告书》	(1) 海上工程 ①新建 2 座井口平台 (LD10-1WHPA、LD4-2WHPB)、1 座中心平台 (LD10-1CEP)、1 座综合平台 (LD5-2DPP) ②新建 4 条海底管道 (LD4-2WHPB 至 LD10-1CEP 多相混输管道、LD5-2DPP 至 SZ36-1 中心平台含水 30%原油海管、旅大 10-1CEP 至陆上终端的纯油 (含水<1%合格原油)海管和 LD5-2DPP 至 SZ36-1 中心平台单层输气海管) 及 2 条海底电缆 (LD10-1CEP 至 LD4-2WHPB, LD4-2WHPB 至 LD5-2DPP) (2) 陆上终端改扩建工程	2004 年 1 月获得国家海洋局环评批复 (国海环字[2004]29 号) (详见附件 4)	2007 年 4 月获得国家海洋局的竣工验收批复 (国海环字[2007]153 号) (详见附件 4)	所有批复工程均已建设完成	2005 年投产

旅大 29-1 油田开发项目环境影响报告书

序号	油田	本项目依托设施	所在环评文件	主要建设内容	环评批复/核准	环保竣工验收批复情况	工程建设情况	建成投产时间
				在 SZ36-1 油田陆上终端东侧围墙外扩建原油储罐、原油外输和计量系统、供热系统及配电系统。				
		2022 年之前区域多余天然气在 LD10-1CEP 平台注气	《旅大 10-1 油田调整井项目环境影响报告表》	在 LD10-1WHPC 平台老井侧钻 2 口调整井，同时对 LD10-1WHPA 平台和 LD10-1CEP 平台甲板进行扩建改造，添加注聚和注气相关设备。	2016 年 4 月获得国家海洋局环评批复（国海环字[2016]175 号）（详见附件 4）	项目不涉及环保设施，由企业自主进行验收，因此无验收批复。		2017 年投产
3	绥中 36-1 终端		《绥中 36-1 油田整体开发工程环境影响报告书》	<p>(1) 海上油田工程</p> <p>①新区开发工程设施包括 6 座井口平台（SZ36-1WHPC\D\E\F\G\H）、1 座中心处理平台（SZ36-1CEP）以及油田内部海底管线和原油上岸管线。</p> <p>②试验区改造主要包括浮式生产储油装置撤离，试验区生活动力平台与中心处理平台之间原油、注水输送管线的铺设，以及少量原有设备的改造。</p> <p>(2) 终端处理厂工程 新建绥中 36-1 终端。</p>	1999 年 10 月获得国家环境保护总局批复（环函[1999]361 号）（详见附件 4）。	<p>2004 年 9 月获得了国家海洋局《关于对绥中 36-1 油田整体开发工程环保设施竣工验收批复的函》（国海环字[2004]448 号）（详见附件 4）。</p> <p>2005 年 2 月获得了国家海洋局《关于绥中 36-1 油田整体开发工程终端处理厂环保设施竣工验收批复的函》（国海环字[2005]38 号）（详见附件 4）。</p>		始建于 2005 年

## 6.2.2 相关环评中污染防治措施和风险防范措施落实情况

历次环评批复文件有关污染防治措施及风险防范措施的落实情况见下表。

表 6.2-2 本项目依托设施环评及竣工验收批复情况

序号	相关环评文件	环评报告书主要批复意见	落实情况
1	《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书》（环审[2018]52 号）	<p>污染物的处理和排放应当符合国家有关规定和标准。含油钻井液和钻屑、机舱含油污水不得排放，应运回陆地交由有资质的单位处理；非含油钻井液和钻屑应符合国家标准方可排海；生活污水经处理达标后方可排海；生产垃圾、生活垃圾应分类收集运回陆地处理；生产水经处理达标后方可回注地层。</p> <p>严格执行作业规程和安全规程，加强随钻监测，配备安全有效的防喷设备和良好的压井材料及井控设备，建立健全井控管理系统。</p> <p>加强铺管作业管理，严格按照设计要求施工，采取有效措施避免海底管道悬空。加强海底管道巡检，定期进行全面检测和清管作业，防止海底管道因腐蚀或外力破坏等原因造成油气泄漏。</p> <p>加强注水作业管理，防止地质性溢油事故发生。预先识别海底地质断层和压力异常地层，合理部署注采井网，严格按照设计注入压力和注入量进行注水作业，实施分层注水，在注水过程中加强实时监测，杜绝超注超压。</p> <p>切实落实环境风险防范措施，配备与油田规模相适应的溢油应急设备和物资。发生溢油事故时，应当立即启动溢油应急计划，采取有效措施减轻事故对海洋生态环境特别是敏感目标的影响，并按照规定立即报告生态环境部，及时通报渔业、海事、军队等有关部门。</p> <p>切实落实生态环境保护措施，合理安排施工作业时间。严格控制钻井液和钻屑的排放速率，钻屑和钻井液排放、海底电缆管线铺设开挖作业应避开渔业水域敏感期（1 月、2 月和 11 月），最大限度地减少对海洋生态环境和渔业资源的影响。</p>	<p>截止到 2020 年 2 月底，该项目处于陆地建造阶段，海上施工阶段将严格按照环评报告书及批复要求落实各项生态保护措施和风险控制措施。</p>
2	《旅大 4-2/5-2/10-1 油田开发工程环境影响报告书》（国海环字【2004】29 号）	<p>同意暂按报告书中“总量控制方案建议”的指标执行；排污混合区应当控制在以排放口为中心 500 米半径以内海域。</p> <p>加强日常管理，制定切实可行的应急措施和环保方案，配备应急设备，防范事故风险。发生污染损害事故时，应当按照规定立即报告国家海洋局北海分局，并通报当地政府和渔业、海事、军队等有关部门。</p>	<p>工程在运行过程中严格执行已批复的排海总量和排放浓度，严格执行已批复的排污混合区范围。</p> <p>建设单位编制了《旅大油田溢油应急计划》，并在原国家海洋主管部门登记备案。此外，旅大 10-1 油田开发工程在建设及投产后运营至今均未发生过海洋污染事故。</p>

序号	相关环评文件	环评报告书主要批复意见	落实情况
		加强海底管道施工和运营期间的安全管理工作，定期对海底管道进行检测，避免油田管道事故发生对海洋环境的污染损害。	建设单位制定了海底管道保护和检测程序，由值班船对海底管道沿途进行巡视，并对海底管道进行不定期局部检测和定期全面检测。
3	《旅大 10-1 油田调整井项目环境影响报告表》（国海环字[2016]175号）	污染物的处理和排放应当符合国家有关规定和标准。含油钻屑、含油钻井液和船舶舱底污水不得排海，应运回陆地交由有资质的单位处理；生活污水经处理达标后方可排海；生产垃圾、生活垃圾应分类收集运回陆地处理；生产水经处理达标后方可回注地层。	油层段钻屑和钻井液、船舶舱底污水、生活垃圾和生产垃圾全部运回陆地处理，不排海；生活污水经处理达标后排海；生产水经处理达标后回注。施工期和运营期污染物均得到了有效的处理处置，符合国家相关法律法规要求。
		加强钻完井工程管理，防止井喷和火灾爆炸事故发生。严格实施钻井作业规程，制定周密的钻完井计划，配备安全有效的防喷设备和良好的压井材料及井控设备，建立健全井控管理系统，采取有效井眼防碰措施，加强随钻监测，及时控制可能遇到的溢流和井涌。	在钻井过程中严格执行各项防范对策措施，配备了防喷和井控等设备，并设置了相应的应急关断系统。施工期间未出现溢流和井涌现象。
		加强注水、注气、注聚作业管理，防止地质性溢油事故发生。预先识别海底地质断层和压力异常地层，制定注入系统日常作业和监控程序，严格按设计注入压力和注入量进行注水、注气、注聚作业，实施注入井动态监测，发现异常情况，立即停止注入并采取有效措施，杜绝局部超注超压。	生产运行期间，优化注采方案。按照设计的注入压力和注水量进行注水、注气、注聚作业，实施注入井动态监测，杜绝超压、超注现象。
		切实落实环境风险防范措施，配备与油田规模相适应的溢油应急设备和物资。发生溢油事故时，应当立即启动溢油应急计划，采取有效措施减轻事故对海洋环境特别是对敏感目标的影响，并按照规定立即报告国家海洋局北海分局，及时通报渔业、海事、军队等有关部门。	建设单位编制了《旅大油田溢油应急计划》，并在原国家海洋主管部门登记备案。此外，工程在建设及投产后运营至今均未发生过海洋污染事故。
		切实落实生态保护措施，合理安排施工作业时间，减轻对海洋生态环境和渔业资源的影响。	优化施工方案，尽量减少了施工作业期，严格控制污染物的总排放量、污染物的排放浓度等。
4	《绥中 36-1 油田整体开发工程环境影响报告书》（环函[1999]361号）	陆上终端废水应采取水下 8 米以远的深海排放方式，排污点位置选取 A 点方案为宜。根据辽宁省人民政府《关于辽宁省近岸海域环境功能划类管理有关问题的通知》（辽政发[1999]16号）的规定，排污混合区应控制在半径 1000 米的范围内。	陆上终端废水排放方式满足批复要求：采取水下 8 米以远的深海排放方式，且排污混合区控制在半径 1000 米的范围内。

注：表中批复意见引自原“批复原文”。

## 6.3 依托工程环保设施运行状况回顾

### 6.3.1 污染物排放情况回顾

本项目所依托的处理平台（LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD）为旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目所建设，因此，本评价对旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目中各平台的污染物排放情况进行回顾。

#### 6.3.1.1 生产水

旅大 21-2/旅大 16-3 油田产生的含油生产水，在 LD21-2WHPA、LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台经生产水处理系统处理达标后，全部回注地层。

截止 2020 年 2 月底，LD21-2WHPA、LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台处于陆上建造阶段，尚未投产，预计将于 2020 年投产。

当 LD21-2WHPA、LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台投产后，生产水应经平台上的生产水处理系统处理达标后回注（石油类 $\leq 30\text{mg/L}$ ）。

#### 6.3.1.2 生活污水

旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目中的 LD21-2WHPA、LD16-3CEPA、LD16-3WHPB 平台为有人平台，平台设生活污水处理装置，平台上的生活污水经生活污水处理装置处理后达标排海。LD21-2WHPB 和 LD10-1PAPD 平台为无人平台，未设置生活污水处置装置。

截止 2020 年 2 月底，LD21-2WHPA、LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台处于陆上建造阶段，尚未投产，预计将于 2020 年投产。

当 LD21-2WHPA、LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台投产后，平台上的生活污水应经生活污水处理装置处理后达标排海（COD $\leq 300\text{mg/L}$ ）。

#### 6.3.1.3 其他污染物处理/排放情况

##### （1）其他含油污水

旅大 21-2/16-3 区域开发项目中，LD21-2WHPA、LD21-2WHPB、LD16-3CEPA、LD16-3WHPB 平台均设有开/闭式排放系统；LD10-1PAPD 平台设有开式排放系统，闭式排放系统依托现有的 LD10-1WHPC 平台。开式排放系统主要用于收集甲板冲洗水和

初期雨水。闭式排放系统用来收集带压容器、管道等排出的带压流体。开式排放罐达到一定液位后，由开式排放泵将收集的液体送至闭式排放系统；闭式排放罐达到一定液位时，收集的污水送至工艺系统进行处理。

#### (2) 伴生天然气

伴生天然气基本全部用于燃气透平发电机发电和热采锅炉，少量需放空气体经火炬系统管汇进入火炬分液罐，经过分液后的气体通过火炬臂进入火炬头燃烧放空。

#### (3) 固体废物

平台上设有生活垃圾和生产垃圾回收装置，产生的固体垃圾将会分类回收，然后运回陆地交由具有相关资质的单位处理。

#### (4) 船舶污染物

旅大 21-2/16-3 油田生产过程中产生的船舶污染物主要包括值班船/供应船等船舶产生的生活污水、生活垃圾、机舱含油污水等。作业船舶产生的机舱含油污水应按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》全部运回陆地交由有资质的合同单位统一按照有关规定进行处理。生活污水通过设置在船舶上的生活污水处理装置处理达标后排放入海。所有生活垃圾禁止排入海中，集中运回陆地，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》规定的要求进行回收利用或处置。

截止 2020 年 2 月底，旅大 21-2/16-3 区域开发项目处于陆地建造阶段，尚未建成投产，预计 2020 年投产。旅大 21-2/16-3 区域开发项目在后续施工及运营阶段，应满足相关环保法规、标准、规范及批复的要求。

### 6.3.2 环保设施运行状况回顾

本项目所依托的处理平台（**LD16-3CEPA** 和 **LD10-1PAPD**）为旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目所建设，因此，本评价对旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目中的环保设施及其运行情况进行回顾。

#### 6.3.2.1 主要环保设施

旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目中各平台的主要环保设施见表 6.3-1，主要包括 1 套含油生产水处理系统、1 套生活污水处理系统、3 套开式排放系统、2 套闭式排放系统和 1 套火炬放空系统。

LD21-2WHPA 平台上的生产水处理系统将采用“斜板除油器+溶气气浮+核桃壳过



滤器”三级处理流程；LD16-3CEPA 平台上的生产水处理系统将采用“斜板除油器+溶气气浮+核桃壳过滤器”三级处理流程，再经过注水系统双介质过滤器处理；LD10-1PAPD 平台上的生产水处理系统将采用“一级旋流气浮+二级旋流气浮+核桃壳过滤器”三级处理流程。

LD21-2WHPA、LD16-3CEPA、LD16-3WHPB 平台均设置有电解式生活污水处理装置，处理能力分别能满足 [REDACTED] 的使用需要。

表 6.3-1 旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目主要环保设施一览表

平台	环保设施		数量	设计处理能力	运行状况
LD21-2WHPA	生产水处理系统	斜板除油器+溶气气浮+核桃壳过滤器	1 套	[REDACTED]	截止 2020 年 2 月底，尚未建成投产
	生活污水处理系统	电解式生活污水处理装置	1 套	[REDACTED]	
	开/闭式排系统		1 套	/	
LD21-2WHPB	开/闭式排系统		1 套	/	
LD16-3CEPA*	生产水处理系统	斜板除油器+溶气气浮+核桃壳过滤器，再经过注水系统双介质过滤器处理	1 套	[REDACTED]	
	生活污水处理系统	电解式生活污水处理装置	1 套	[REDACTED]	
	开/闭式排系统		1 套	/	
LD10-1PAPD*	生产水处理系统	一级旋流气浮+二级旋流气浮+核桃壳过滤器	1 套	[REDACTED]	
	开排系统		1 套	/	
	闭排系统依托现有 LD10-1WHPC 平台		1 套	/	
LD16-3WHPB	生活污水处理系统	电解式生活污水处理装置	1 套	[REDACTED]	
	开/闭式排系统		1 套	/	

注：“\*”代表本项目依托的处理平台。

### 6.3.2.1 环保设施运行情况

由于 LD21-2WHPA、LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台尚未投产，预计 2020 年投产，因此，尚无各项环保设施运行情况记录，生产水监测数据。旅大 21-2/16-3 区域开发项目在运营阶段，应尽量确保各项环保设施均运行正常，无故障情况。

### 6.3.3 故障排污及溢油情况回顾

根据调查，旅大 10-1 油田开发工程在建设及投产后运营至今均未发生过海洋污染事故，说明油田的风险防范措施是行之有效的。

截止 2020 年 2 月底，旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目尚处于陆上建造阶段，尚未建成投产。

### 6.3.4 现有工程存在的环保问题

旅大 10-1 油田现有工程不存在环保问题。

截止 2020 年 2 月底，旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目尚处于陆上建造阶段，尚未建成投产。

## 6.4 海洋环境质量现状回顾性评价

### 6.4.1 回顾评价历史资料选取

为了充分了解旅大 29-1 油田附近海域环境变化情况，增加历史资料的可比性，回顾评价历史资料按照如下原则进行筛选：调查范围围绕工程所在海域，并尽量保证一致，调查时间尽量代表同一水期，调查因子基本全面，按照以上原则，本次评价选取 2016 年 5 月、2016 年 10 月、2017 年 11 月和 2018 年 4 月工程所在海域环境质量现状的调查结果进行对比分析。

(1) 2016 年 5 月在调查区域内布设海洋环境质量现状调查站位 40 个，其中水质站位 40 个、沉积物站位 23 个、海洋生态调查站位 24 个、生物质量站位 13 个。

(2) 2016 年 10 月在调查区域内布设海洋环境质量现状调查站位 40 个，其中水质站位 40 个、海洋生态调查站位 24 个、生物质量站位 13 个。

(3) 2017 年 11 月在调查区域内布设海洋环境质量现状调查站位 28 个，其中水质站位 28 个、沉积物站位 17 个、海洋生态调查站位 17 个、生物质量站位 17 个。

(4) 2018 年 4 月在调查区域内布设海洋环境质量现状调查站位 28 个，其中水质站位 28 个、海洋生态调查站位 17 个、生物质量站位 17 个。

引用的历史调查资料概况见表 6.4-1，本项目所在海域历次调查站位布设情况见图 6.4-1~6.4-3 和表 6.4-2~6.4-4。

表 6.4-1 本次回顾性评价引用的历史调查资料情况

编号	资料来源	调查时间	站位数	调查单位	调查单位资质	本次选用数据
1	《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书》(报批稿)	2016 年 5 月 2016 年 10 月	40	国家海洋局北海环境监测中心	有 CMA 认证	水质、沉积物、海洋生物生态、生物质量
2	《旅大 29-1 油田开发项目秋季海洋现状调查报告》	2017 年 11 月	28	青岛环海海洋工程勘察研究院	有 CMA 认证	
3	《旅大 29-1 油田开发项目春季海洋现状调查报告》	2018 年 4 月	28	青岛环海海洋工程勘察研究院	有 CMA 认证	

表 6.4-2 2016 年 5 月环境质量现状调查站位表

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查项目
P1			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P2			水质
P3			水质、沉积物、海洋生物
P4			水质
P5			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P6			水质
P7			水质、沉积物、海洋生物
P8			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P9			水质、沉积物、海洋生物
P10			水质
P11			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P12			水质
P13			水质、沉积物、海洋生物
P14			水质
P15			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P16			水质
P17			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P18			水质
P19			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P20			水质
P21			水质、沉积物、海洋生物
P22*			水质、沉积物、海洋生物
P23*			水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P24*			水质
P25			水质、海洋生物

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查项目
P26	██████████	██████████	水质
P27*	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P28*	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物
P29*	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P30*	██████████	██████████	水质
P31	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物
P32*	██████████	██████████	水质
P33*	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P34*	██████████	██████████	水质
P35*	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物
P36	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物、生物质量
P37	██████████	██████████	水质
P38	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物
P39	██████████	██████████	水质
P40*	██████████	██████████	水质、沉积物、海洋生物、生物质量

备注：\*表示本次评价范围内的站位。

表 6.4-3 2016 年 10 月环境质量现状调查站位表

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查项目
P1	██████████	██████████	水质、海洋生物、生物质量
P2	██████████	██████████	水质
P3	██████████	██████████	水质、海洋生物
P4	██████████	██████████	水质
P5	██████████	██████████	水质、海洋生物、生物质量
P6	██████████	██████████	水质
P7	██████████	██████████	水质、海洋生物
P8	██████████	██████████	水质、海洋生物、生物质量
P9	██████████	██████████	水质、海洋生物
P10	██████████	██████████	水质
P11	██████████	██████████	水质、海洋生物、生物质量
P12	██████████	██████████	水质
P13	██████████	██████████	水质、海洋生物
P14	██████████	██████████	水质
P15	██████████	██████████	水质、海洋生物、生物质量
P16	██████████	██████████	水质
P17	██████████	██████████	水质、海洋生物、生物质量
P18	██████████	██████████	水质
P19	██████████	██████████	水质、海洋生物、生物质量
P20	██████████	██████████	水质

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查项目
P21			水质、海洋生物
P22*			水质、海洋生物
P23*			水质、海洋生物、生物质量
P24*			水质
P25*			水质、海洋生物
P26			水质
P27*			水质、海洋生物、生物质量
P28*			水质、海洋生物
P29*			水质、海洋生物、生物质量
P30*			水质
P31			水质、海洋生物
P32			水质
P33*			水质、海洋生物、生物质量
P34*			水质
P35*			水质、海洋生物
P36			水质、海洋生物、生物质量
P37			水质
P38			水质、海洋生物
P39			水质
P40			水质、海洋生物、生物质量

备注：\*表示本次评价范围内的站位。

表 6.4-4 2017 年 11 月和 2018 年 4 月环境质量现状调查站位表

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查项目
H1*			水质
H2*			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H3*			水质
H4*			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H5*			水质、海洋生物生态、生物质量
H6*			水质、海洋生物生态、生物质量
H7*			水质、海洋生物生态、生物质量
H8*			水质
H9*			水质、海洋生物生态、生物质量
H10*			水质
H11*			水质、海洋生物生态、生物质量
H12*			水质
H13*			水质、海洋生物生态、生物质量
H14*			水质
H15*			水质、海洋生物生态、生物质量
H16*			水质
H17*			水质
H18*			水质、海洋生物生态、生物质量

H19*			水质
H20*			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H21*			水质
H22*			海流、水质、海洋生物生态、生物质量
H23*			水质
H24*			水质、海洋生物生态、生物质量
H25*			水质、海洋生物生态、生物质量
H26*			水质、海洋生物生态、生物质量
H27*			水质、海洋生物生态、生物质量
H28*			水质、海洋生物生态、生物质量

备注：\*表示本次评价范围内的站位。

#### 6.4.2 回顾评价历史资料调查概况及站位布设

依据本项目评价范围，选取评价范围内各调查站位的调查结果进行回顾性评价。

(1) 2016年5月：依据本项目的的评价范围，选取其中的12个水质调查站位、8个沉积物站位、8个海洋生态调查站位和5个生物质量调查站位进行水质、沉积物和海洋生物生态质量评价。

(2) 2016年10月：依据本项目的的评价范围，选取其中的11个水质调查站位、8个海洋生态调查站位和4个生物质量调查站位进行水质、沉积物和海洋生物生态质量评价。

(3) 2017年11月：依据本项目的的评价范围，2017年11月在调查区域内布设海洋环境质量现状调查站位28个，其中水质站位28个、沉积物站位17个、海洋生态调查站位17个、生物质量站位17个。

(4) 2018年4月：依据本项目的的评价范围，2018年4月在调查区域内布设海洋环境质量现状调查站位28个，其中水质站位28个、海洋生态调查站位17个、生物质量站位17个。

本项目所在海域历次调查站位叠图见图6.4-4~6.4-6。

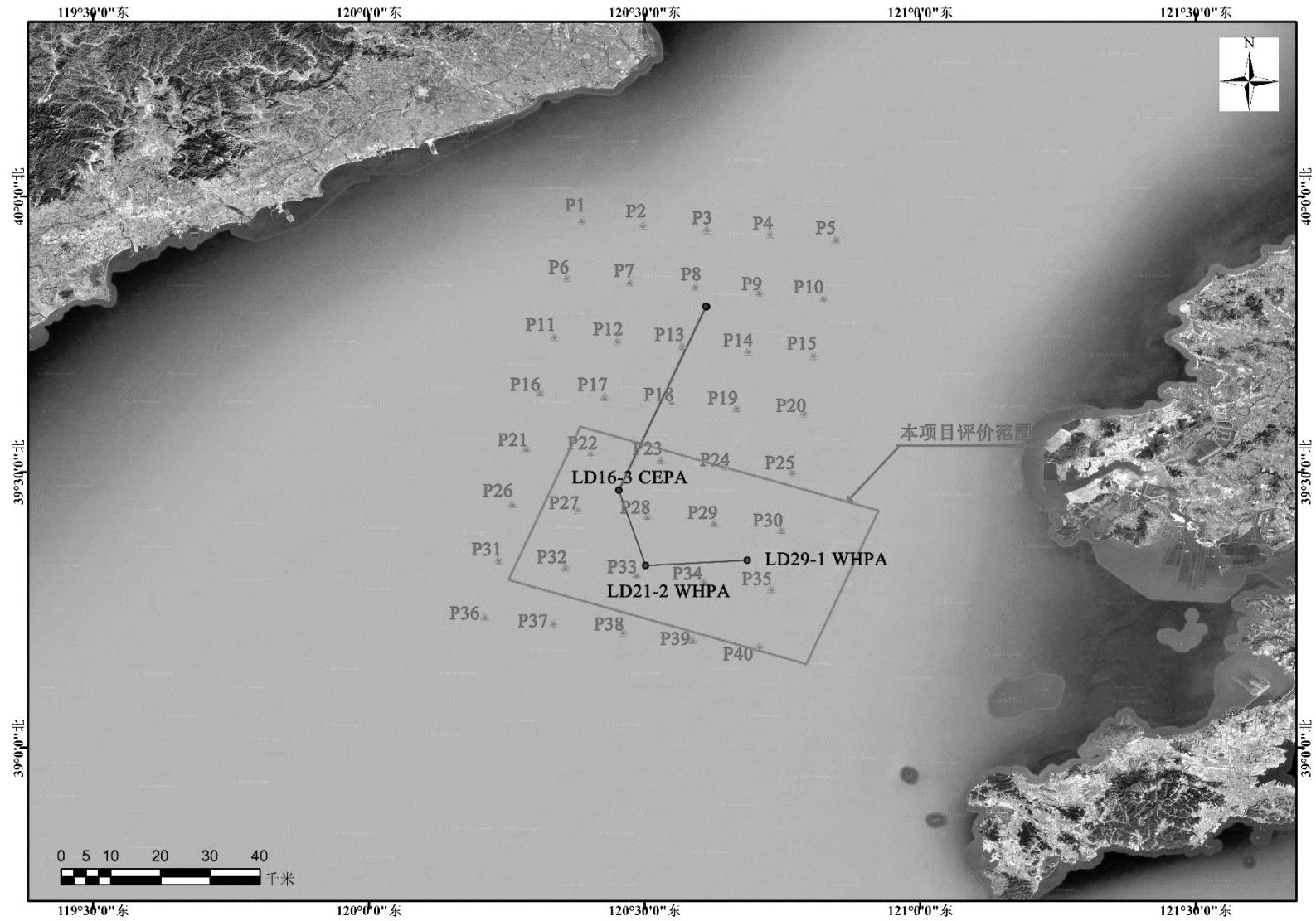


图 6.4-1 2016 年 5 月调查站位布设情况

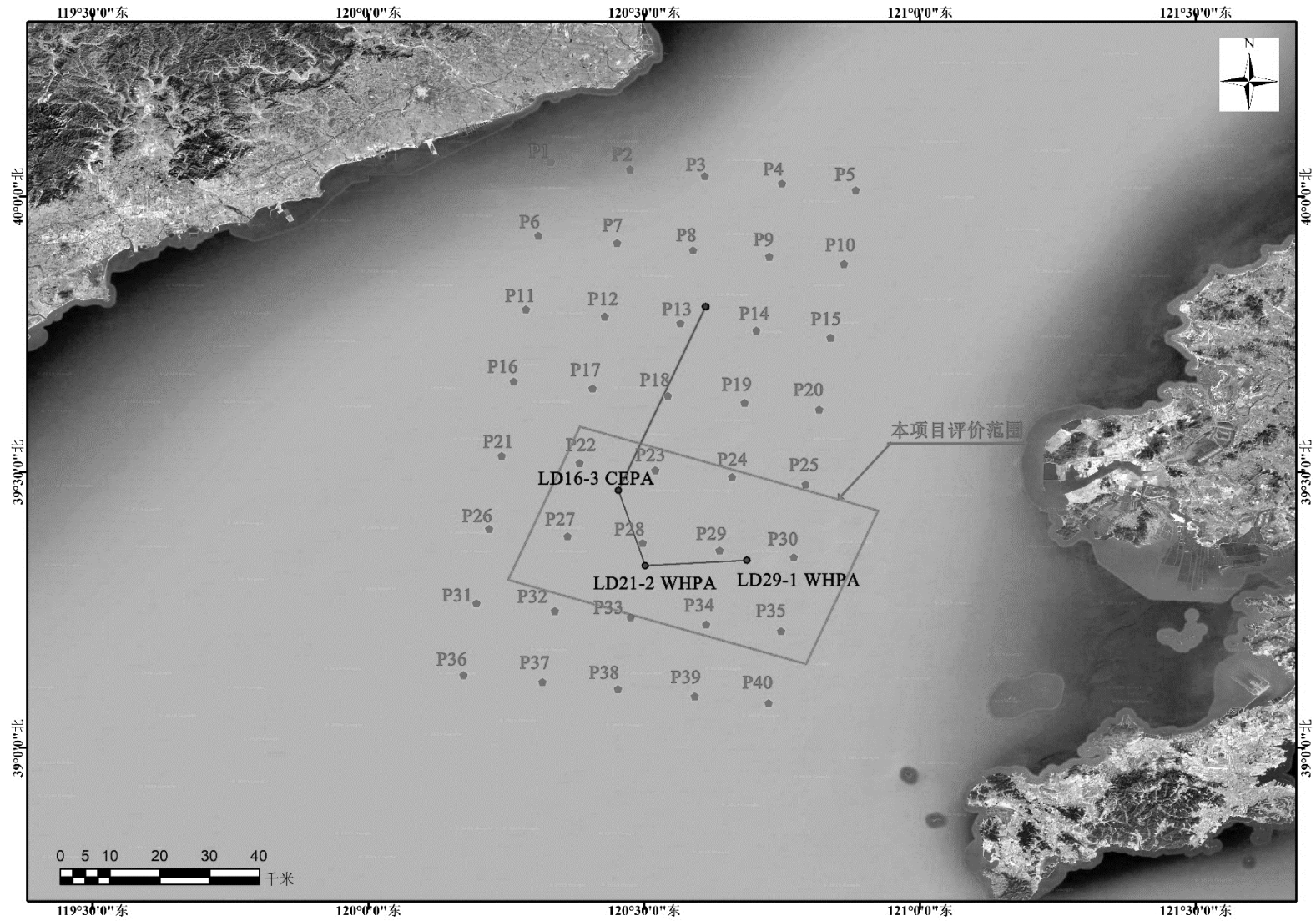


图 6.4-2 2016 年 10 月调查站位布设情况



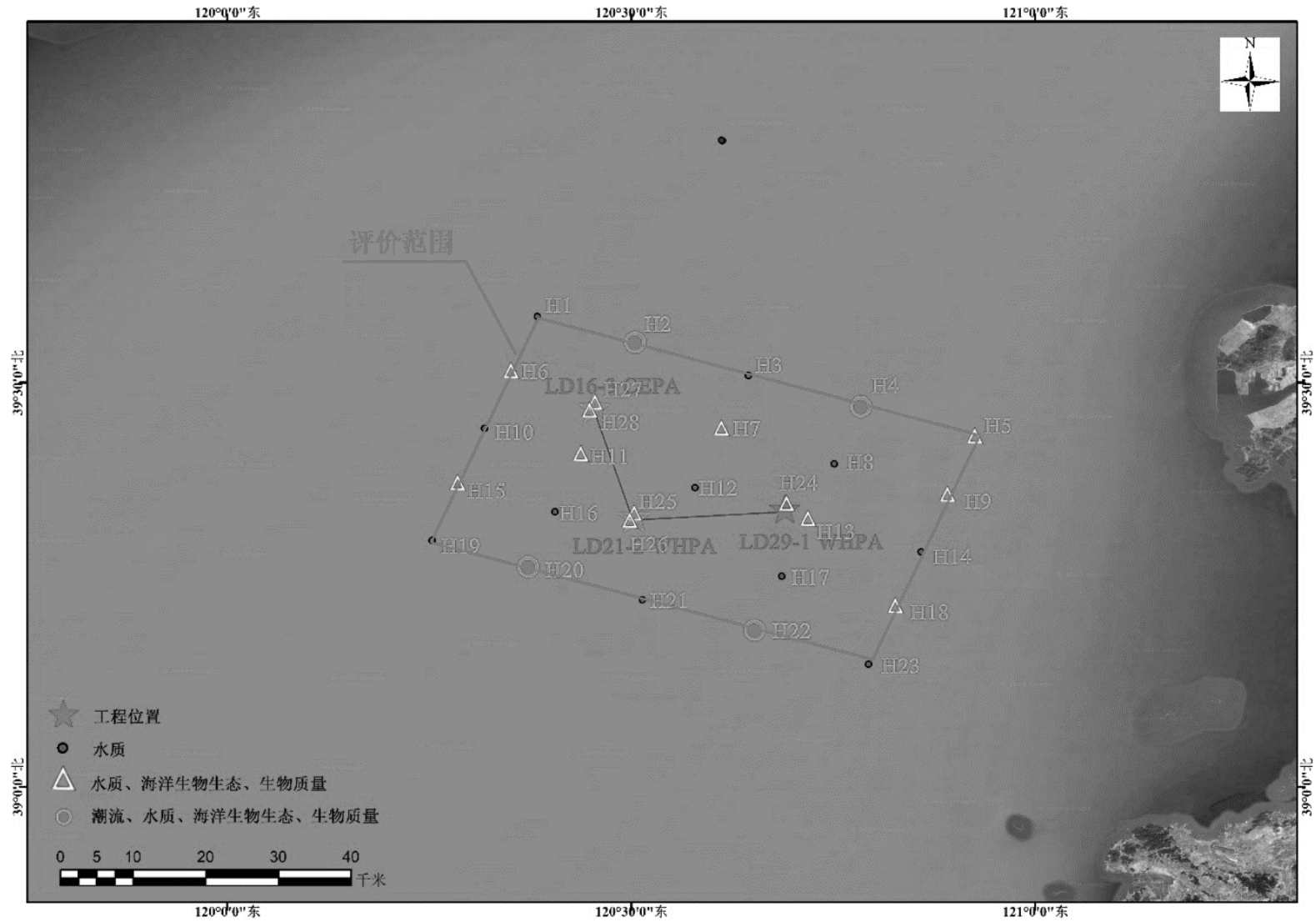


图 6.4-3 2017 年 11 月和 2018 年 4 月调查站位布设情况

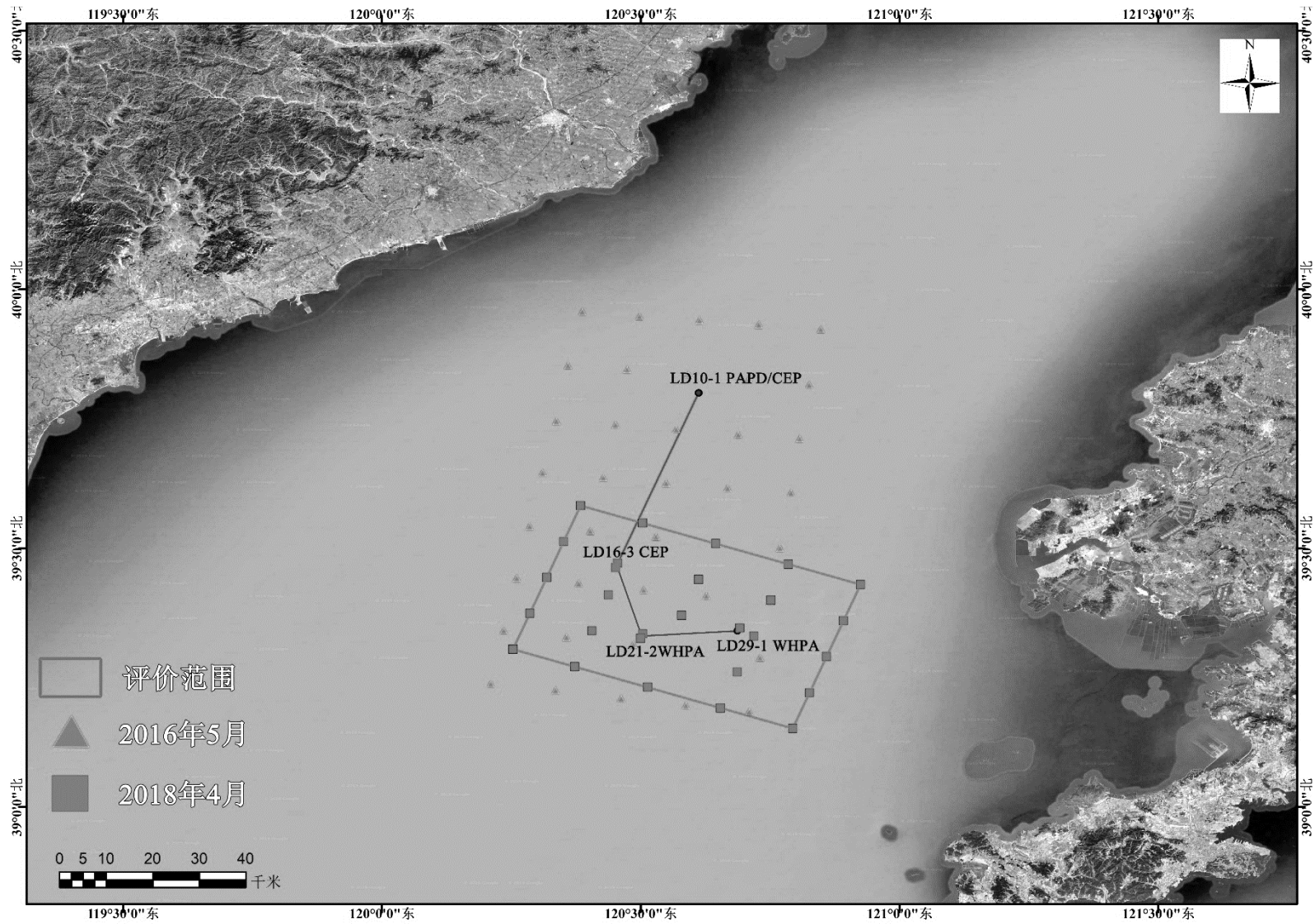


图 6.4-4 本项目所在海域历次春季调查站位布设情况（水质、海洋生态、生物质量）

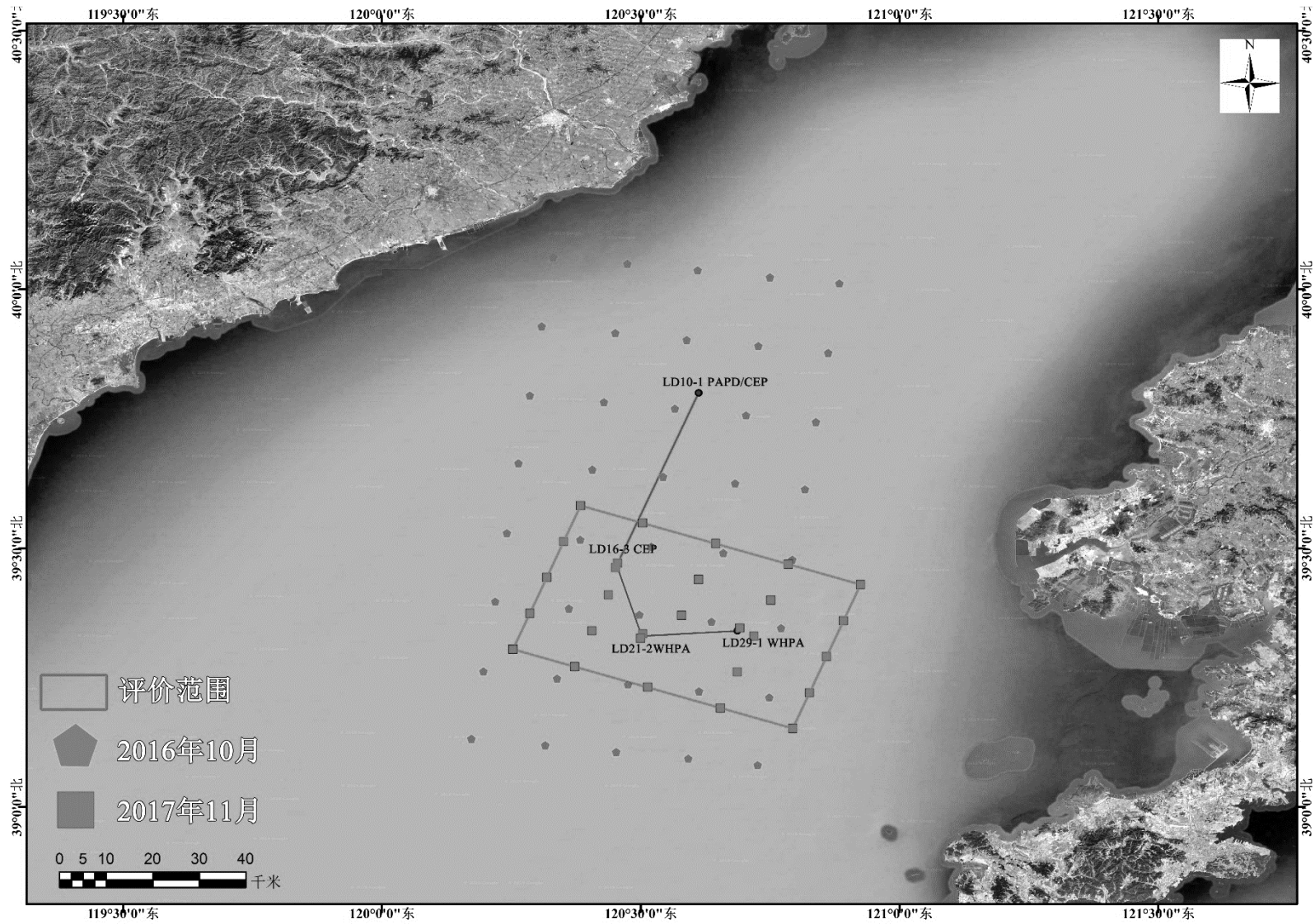


图 6.4-5 本项目所在海域历次秋季调查站位布设情况（水质、海洋生态、生物质量）



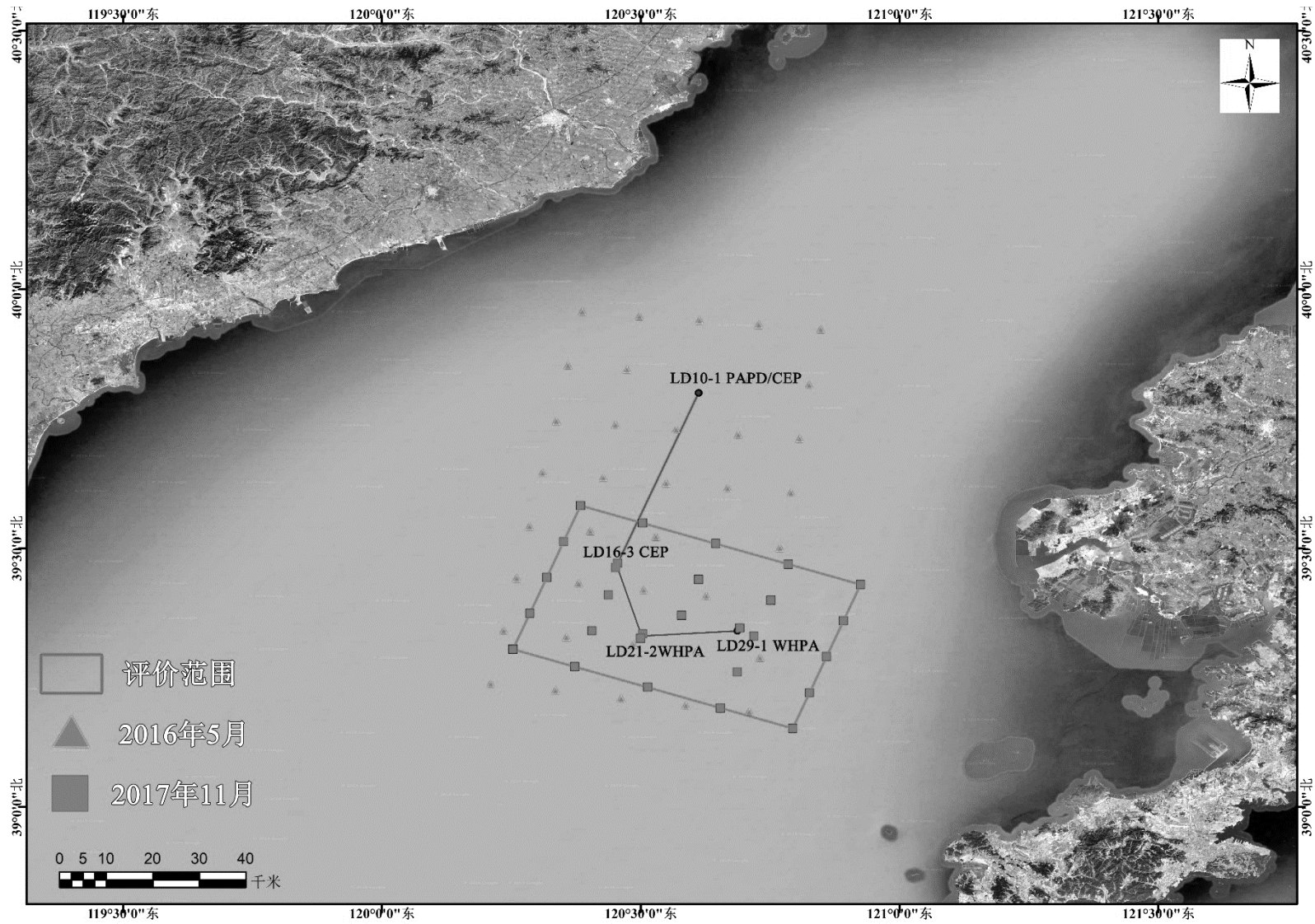


图 6.4-6 本项目所在海域沉积物历次调查站位布设情况

各次调查均按照《海洋监测规范》和《海洋调查规范》的要求进行。历年调查采用的采样分析方法、评价标准及评价内容一致。因此能够通过对比分析较客观地反映旅大 29-1 油田周围海域环境状况的变化情况。

### 6.4.3 回顾评价因子选取

#### (1) 海水水质评价因子

海水水质评价因子为 pH、DO、COD、石油类、活性磷酸盐、无机氮、挥发性酚、硫化物、砷、铜、铅、锌、镉、汞、总铬共计 15 项。历年调查水质采样层次均为表层、10m 层和底层，因此，本次水质回顾性评价将针对表层、10m 层和底层进行。

#### (2) 沉积物环境评价因子

有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、总铬、汞、镉、砷共计 10 项。

#### (3) 海洋生态环境评价因子

选择叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、生物质量进行比较分析。

### 6.4.4 海水水质环境回顾评价

2016 年 5 月和 2018 年 4 月海洋水质一类标准指数统计结果见表 6.4-5，2016 年 10 月和 2017 年 11 月海水水质一类标准指数统计结果见表 6.4-6。

#### 6.4.4.1 春季

通过对比 2016 年 5 月和 2018 年 4 月海洋水质一类标准指数统计结果，分析得出：评价海域海水水质的环境质量总体较好，历次调查中 pH、DO、COD、石油类、挥发性酚、硫化物、砷、铜、镉、总铬共计 10 项均满足海水水质一类标准。活性磷酸盐只有 2018 年 4 月个别表层调查站位超标。评价海域主要的污染物为无机氮、铅、锌和汞。

##### (1) 无机氮

历次调查结果中，2018 年出现超标现象，2016 年没有超标；表、10m、底层无机氮最大浓度 2018 年高于 2016 年；评价海域无机氮浓度水平 2018 年较 2016 年有所升高。

##### (2) 活性磷酸盐

历次调查结果中，2018 年的表层活性磷酸盐出现超标现象；2018 年的 10m、底层及 2016 年调查没有出现超标现象；表、10m、底层活性磷酸盐最大浓度 2018 年高于 2016 年；评价海域活性磷酸盐浓度水平 2018 年较 2016 年有所升高。

### (3) 铅

历次调查结果中, 2016 年和 2018 年的表层、10m 层和底层均出现不同程度的超标。从最大浓度分析, 表层、10m 层和底层铅最大浓度 2016 年均高于 2018 年; 从超标率分析, 表层、10m 层和底层铅超标率 2016 年均高于 2018 年; 评价海域铅浓度水平 2018 年较 2016 年有所降低。

### (4) 锌

历次调查结果中, 2016 年的表层、10m 层和底层均出现不同程度的超标, 2018 年未出现超标现象。评价海域锌浓度水平 2018 年较 2016 年有所降低。

### (5) 汞

历次调查结果中, 2016 年和 2018 年的表层、10m 层和底层均出现不同程度的超标。从最大浓度分析, 表层汞最大浓度 2018 年高于 2016 年, 10m 层和底层汞最大浓度 2016 年高于 2018 年; 从超标率分析, 表层汞超标率 2018 年高于 2016 年, 10m 层和底层汞超标率 2016 年高于 2018 年。

#### 6.4.4.2 秋季

通过对比 2016 年 10 月和 2017 年 11 月海洋水质一类标准指数统计结果, 分析得出: 评价海域海水水质的环境质量总体较好, 历次调查中 pH、DO、石油类、挥发性酚、硫化物、砷、铜、镉、总铬共计 9 项均满足海水水质一类标准。化学需氧量只有在 2016 年 10 月个别站位存在超标现象。评价海域主要的污染物为无机氮、活性磷酸盐、铅、锌和汞。

##### (1) 无机氮

2016 年 10 月调查无机氮表层出现超标现象, 超标率为 9.1%, 10m 层和底层符合海水水质一类标准; 2017 年 11 月该海域表、10m、底层无机氮出现超标现象, 超标率分别为 92.86%、94.12%和 96.43%。评价海域 2017 年 11 月无机氮浓度水平较 2016 年 10 月有所升高。

##### (2) 活性磷酸盐

2016 年 10 月调查活性磷酸盐表层、底层出现超标现象, 超标率分别为 18.2%和 9.1%。2017 年 11 月该海域表、10m、底层活性磷酸盐符合海水水质一类标准。评价海域 2017 年 11 月活性磷酸盐浓度水平较 2016 年 10 月有所下降。

##### (3) 化学需氧量

2016 年 10 月调查，COD 在 10m 层和底层出现超标现象，超标率分别为 16.7%和 18.2%，表层符合海水水质一类标准；2017 年 11 月该海域表、10m、底层 COD 符合海水水质一类标准。评价海域 2017 年 11 月化学需氧量浓度水平较 2016 年 10 月有所下降。

#### (4) 铅

2016 年 10 月调查铅表层、10m、底层出现超标现象，超标率分别为 100%、100%和 81.8%。2017 年 11 月调查铅表层、10m、底层出现超标现象，超标率均为 100%。从整体分析，评价海域铅超标率较高。

#### (5) 锌

2016 年 10 月调查锌表层、10m、底层出现超标现象，超标率分别为 9.1%、16.7%和 27.3%。2017 年 11 月调查锌浓度均符合海水水质一类标准。从整体变化分析，评价海域锌浓度水平 2017 年 11 月较 2016 年 10 月有所下降。

#### (6) 汞

2016 年 10 月调查汞表层、10m、底层出现超标现象，超标率分别为 27.3%、16.7%和 18.2%。2017 年 11 月调查汞表层、10m、底层出现超标现象，超标率分别为 57.14%、52.94%和 71.43%。从整体变化分析，评价海域汞浓度水平 2017 年 11 月较 2016 年 10 月有所升高。

### 6.4.4.3 整体趋势分析

综上可知，油田周边海域历次调查 pH、DO、石油类、挥发性酚、硫化物、砷、铜、镉、总铬均满足海水水质一类标准；春季的无机氮、活性磷酸盐浓度水平 2018 年较 2016 年有所升高，铅、锌浓度水平 2018 年较 2016 年有所降低，汞的浓度水平变化趋势不明显；秋季的无机氮、汞浓度水平 2017 年较 2016 年有所升高，活性磷酸盐、COD 和锌浓度水平 2017 年较 2016 年有所降低，评价海域铅超标率较高。油田周边海域主要污染物仍然是无机氮、活性磷酸盐、铅、锌和总汞。

表 6.4-5 历次春季调查海水水质海洋水质一类标准指数统计结果

调查时间		2016 年 5 月			2018 年 4 月		
		表层	10m 层	底层	表层	10m 层	底层
pH 值	范围	0.03~0.29	0.03~0.26	0.00~0.29	0.31~0.71	0.27~0.69	0.20~0.49
	超标率	0	0	0	0	0	0
溶解氧	范围	0.09~0.39	0.21~0.32	0.20~0.50	0.54~0.65	0.54~0.73	0.56~0.90
	超标率	0	0	0	0	0	0
化学需氧量	范围	0.27~0.50	0.33~0.77	0.30~0.48	0.35~0.90	0.66~0.89	0.62~0.81
	超标率	0	0	0	0	0	0
活性磷酸盐	范围	0.14~0.29	0.11~0.24	0.14~0.27	0.38~1.15	0.31~0.94	0.38~0.87
	超标率	0	0	0	3.6%	0	0
无机氮	范围	0.23~0.84	0.30~0.51	0.25~0.90	0.07~1.15	0.07~1.44	0.08~1.04
	超标率	0	0	0	14.3%	13.33%	3.57%
石油类	范围	0.04~0.80	-	-	0.181~0.57	-	-
	超标率	0	-	-	0	-	-
铜	范围	0.22~0.51	0.22~0.55	0.20~0.54	0.17~0.31	0.17~0.32	0.16~0.31
	超标率	0	0	0	0	0	0
铅	范围	0.71~1.84	1.04~1.61	0.63~2.02	0.76~1.26	0.79~1.15	0.76~1.29
	超标率	58.33%	100%	66.67%	32.1%	60.0%	57.14%
锌	范围	0.42~1.13	0.47~1.04	0.49~1.01	0.45~0.78	0.48~0.80	0.46~0.82
	超标率	25.0%	25.0%	8.33%	0	0	0
镉	范围	0.13~0.23	0.08~0.18	0.09~0.22	0.21~0.48	0.22~0.50	0.22~0.51
	超标率	0	0	0	0	0	0
总铬	范围	0.03~0.06	0.02~0.06	0.02~0.06	0.02~0.07	0.03~0.07	0.03~0.07
	超标率	0	0	0	0	0	0
汞	范围	0.20~1.02	0.29~1.44	0.30~3.70	0.49~1.40	0.38~1.21	0.25~1.40
	超标率	8.33%	50.0%	33.3%	42.9%	40.0%	28.75%
砷	范围	0.05~0.06	0.05~0.06	0.05~0.06	0.10~0.17	0.10~0.16	0.10~0.17
	超标率	0	0	0	0	0	0
硫化物	范围	0.00~0.00	0.00~0.00	0.00~0.01	0.13~0.45	0.08~0.30	0.09~0.36



	超标率	0	0	0	0	0	0
挥发性酚	范围	0.06~0.27	0.06~0.06	0.06~0.06	0.23~0.67	0.30~0.65	0.22~0.66
	超标率	0	0	0	0	0	0

表 6.4-6 历次秋季调查海水水质海洋水质一类标准指数统计结果

调查时间		2016 年 10 月			2017 年 11 月		
		表层	10m 层	底层	表层	10m 层	底层
pH 值	范围	0.06~0.31	0.09~0.34	0.06~0.34	0.15~0.46	0.33~0.99	0.22~0.72
	超标率	0	0	0	0	0	0
溶解氧	范围	0.38~0.56	0.40~0.51	0.33~0.54	0.68~0.75	0.68~0.75	0.68~0.75
	超标率	0	0	0	0	0	0
化学需氧量	范围	0.35~0.89	0.45~1.07	0.53~1.29	0.27~0.71	0.27~0.56	0.27~0.60
	超标率	0	16.7%	18.2%	0	0	0
活性磷酸盐	范围	0.26~1.33	0.23~0.92	0.17~1.01	0.09~0.90	0.09~0.99	0.09~0.99
	超标率	18.2%	0%	9.1%	0	0	0
无机氮	范围	0.15~1.39	0.15~0.42	0.14~0.98	0.95~1.71	1.00~1.65	0.94~1.67
	超标率	9.1%	0	0	92.86%	94.12%	96.43%
石油类	范围	0.04~0.25	-	-	0.18~0.86	-	-
	超标率	0	-	-	0	-	-
铜	范围	0.20~0.55	0.19~0.50	0.18~0.51	0.20~0.28	0.21~0.27	0.20~0.28
	超标率	0	0	0	0	0	0
铅	范围	1.01~2.13	1.01~2.13	0.90~2.11	1.01~1.89	1.05~1.90	1.07~1.95
	超标率	100%	100%	81.8%	100%	100%	100%
锌	范围	0.42~1.01	0.59~1.08	0.42~1.15	0.51~0.79	0.52~0.77	0.51~0.79
	超标率	9.1%	16.7%	27.3%	0	0	0
镉	范围	0.09~0.21	0.13~0.21	0.10~0.22	0.45~0.77	0.46~0.65	0.45~0.79
	超标率	0	0	0	0	0	0
总铬	范围	0.02~0.05	0.02~0.06	0.03~0.06	0.04~0.09	0.05~0.09	0.04~0.09
	超标率	0	0	0	0	0	0

汞	范围	0.35~1.46	0.54~1.01	0.28~1.37	0.62~1.76	0.75~1.73	0.72~1.70
	超标率	27.3%	16.7%	18.2%	57.14%	52.94%	71.43%
砷	范围	0.04~0.07	0.05~0.06	0.04~0.07	0.11~0.15	0.11~0.14	0.11~0.15
	超标率	0	0	0	0	0	0
硫化物	范围	0.00~0.01	0.00~0.01	0.00~0.01	-	-	-
	超标率	0	0	0	-	-	-
挥发性酚	范围	0.06~0.23	0.06~0.06	0.06~0.23	-	-	-
	超标率	0	0	0	-	-	-

#### 6.4.4.4 超标原因分析

本次调查海域海水水质主要受到活性磷酸盐、无机氮和铅、锌、汞的污染，其中铅浓度超第一类海水水质标准的现象在整个调查海域普遍存在，汞和锌超标现象次之。

根据《2017 年中国海洋生态环境状况公报》提供的结果：排污口邻近海域水体中的主要污染要素为无机氮、活性磷酸盐、石油类和化学需氧量（COD），个别排污口邻近海域水体中重金属、粪大肠菌群等含量超标。这与本次调查的结果基本一致。海水中无机氮、活性磷酸盐、COD 及重金属主要来自于入海河流携带的大量工业废水。从近年整个渤海海域的重金属污染状况看，海水中的铅浓度超第一类海水水质标准的现象较为普遍，海水总汞和锌浓度超标现象也呈现微加剧趋势；同时，大气沉降也是海洋重金属污染的一个重要来源。

##### ①活性磷酸盐、无机氮

参照 2013 年至 2017 年的《北海区海洋环境公报》，渤海近岸海域以外海水质量状况良好，近岸局部海域海水环境污染依然严重。渤海海水环境主要超标物质为无机氮和活性磷酸盐，无机氮是劣四类水质海域的主要污染因素，冬季渤海中部局部海域活性磷酸盐超第一类海水水质标准。本项目现状调查结果表明，调查海域水质总体较好，其中营养盐类主要污染因子为活性磷酸盐和无机氮。位于功能区及渤海中部的少数站位磷酸盐超第一类海水水质标准，符合第二（三）类海水水质标准；位于功能区及渤海中部的少数站位无机氮超出功能区所要求的水质标准，个别超标站位符合第三、四类海水水质标准。本项目现状调查结果与历年公报结论基本相符。

渤海沿岸主要河流每年向海水中输入大量的营养盐类污染物，同时陆源入海排污口超标排放营养盐类污染物。因此，陆源污染物大量排海是导致调查海域营养盐超标现象的主要因素。

##### ②重金属类

参照 2013 年至 2017 年的《北海区海洋环境公报》，渤海沿岸主要河流重金属类污染物每年入海量数百吨左右，是渤海海水中重金属的主要来源，且海水中各监测项目浓度与排放量基本一致，因此河流污染物入海是调查海域铅、锌、汞超标的重要原因；大气气溶胶和大气污染物湿沉降同样是海水中重金属的来源；同时，渤海周边存在大量的入海排污口，工业污水和生活污水大量排放可能也是该调查区域重金属超标现象的原因。

### 6.4.5 沉积物环境回顾评价

沉积物环境采用 2016 年 5 月和 2017 年 11 月两季调查结果进行对比, 历次沉积物第一类标准指数统计结果见表 6.4-7。

通过对比可知, 两次调查中沉积物中石油类、有机碳、硫化物、汞、砷、铅、镉、锌、铜和铬的含量均符合《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 中第一类海洋沉积物的质量标准, 评价海域沉积物质量良好。

表 6.4-7 历次沉积物第一类标准指数统计结果

评价项目	统计值	2016 年 5 月	2017 年 11 月
石油类	范围	0.06~0.99	0.07~0.36
	超标率	0	0
铜	范围	0.39~0.80	0.40~0.82
	超标率	0	0
铅	范围	0.28~0.36	0.24~0.45
	超标率	0	0
锌	范围	0.14~0.25	0.09~0.43
	超标率	0	0
镉	范围	0.14~0.51	0.17~0.49
	超标率	0	0
铬	范围	0.26~0.41	0.58~0.68
	超标率	0	0
汞	范围	0.09~0.25	0.30~0.60
	超标率	0	0
砷	范围	0.14~0.46	0.19~0.40
	超标率	0	0
硫化物	范围	0.07~0.16	0.06~0.30
	超标率	0	0
有机碳	范围	0.15~0.31	0.30~0.90
	超标率	0	0

### 6.4.6 海洋生物生态环境回顾评价

#### 6.4.6.1 叶绿素 a 及初级生产力

叶绿素 a 及初级生产力历次调查结果列于表 6.4-8。

##### (1) 春季

两次春季调查结果对比, 表层叶绿素 a 浓度相差不大; 10m、底层叶绿素 a 和初级生产力平均值 2018 年低于 2016 年。

##### (2) 秋季

2016 年 10 月和 2017 年 11 月调查结果对比, 2016 年 10 月各层叶绿素 a 和估算的初级生产力均高于 2017 年 11 月。

表 6.4-8 叶绿素 a 及初级生产力历次调查结果

调查时间		叶绿素 a 平均值 ( $\mu\text{g/L}$ )			初级生产力平均值 ( $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ )
		表层	10m 层	底层	
春季	2016.5	1.03	1.72	1.36	239.88
	2018.4	1.08	0.72	1.11	78.18
秋季	2016.10	1.50	0.82	1.91	131.05
	2017.11	0.54	0.48	0.52	33.11

#### 6.4.6.2 浮游植物

浮游植物历次调查结果见下表 6.4-9。

##### (1) 春季

两次春季调查结果对比, 2018 年浮游植物的种类数、细胞平均密度、多样性指数、均匀性指数均比 2016 年高, 丰富度和优势度指数比 2016 年低, 优势种存在一定差异。2016 年 5 月调查海域浮游植物群落结构状况一般, 2018 年 4 月浮游植物群落结构稳定性较好。

##### (2) 秋季

两次秋季调查结果对比, 2017 年浮游植物的种类数、细胞平均密度、丰富度均比 2016 年低, 多样性指数、优势度和均匀度无明显变化, 优势种存在一定的差异。秋季调查浮游植物的群落结构稳定性均较好。

#### 6.4.6.3 浮游动物

浮游动物历次调查结果见下表 6.4-10。

##### (1) 春季

两次春季调查结果对比, 2018 年浮游动物的种类数和丰富度指数比 2016 年高, 生物量、生物密度比 2016 年低, 多样性指数、均匀度、优势度变化不大, 优势种存在一定差异。2016 年 5 月和 2018 年 4 月调查海域浮游动物群落结构稳定性较差。

##### (2) 秋季

两次秋季调查结果对比, 浮游动物的种类数、平均生物量和多样性指数有所升高, 平均生物密度有所下降, 优势种存在一定的差异。2016 年 10 月浮游动物群落结构稳定性较差, 2017 年 11 月浮游动物群落结构稳定性一般。

#### 6.4.6.4 底栖生物

底栖生物历次调查结果见下表 6.4-11。

##### (1) 春季

两次春季调查结果对比，2018 年底栖生物的种类数、平均生物量、生物密度、多样性指数、均匀度、丰富度均比 2016 年高，优势度较 2016 年低；两次调查的主要组成类群均为环节动物。2016 年 5 月和 2018 年 4 月底栖生物的群落结构稳定性较好。

## **(2) 秋季**

两次春季调查结果对比，2017 年底栖生物的生物量、生物密度、多样性指数、丰富度均比 2016 年高；种类数、优势度较 2016 年低，但变化不大；均匀度保持一致；两次调查的主要组成类群均为环节动物。2016 年 5 月和 2018 年 4 月底栖生物的群落结构稳定性均较好。

表 6.4-9 浮游植物历次调查结果

调查时间	种类数	细胞平均密度 (10 <sup>4</sup> 个/m <sup>3</sup> )	多样性指数		均匀度		丰富度		优势度		优势种
		平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	
2016.5	39	64.84	0.30~2.72	1.79	0.09~0.82	0.52	1.04~4.28	2.56	0.62~1.0	0.81	柔弱几内亚藻、具槽帕拉藻、冰河拟星杆藻
2018.4	70	203.00	2.54~3.94	3.29	0.56~0.80	0.72	0.76~1.65	1.15	0.28~0.66	0.48	布氏双尾藻、角毛藻和密联角毛藻
2016.10	73	111.69	1.20~4.02	3.44	0.26~0.76	0.68	3.64~6.79	4.96	0.31~0.88	0.48	圆筛藻、威氏圆筛藻、梭角藻、密联角毛藻
2017.11	53	11.13	2.83~4.17	3.44	0.67~0.97	0.80	0.81~1.64	1.16	0.21~0.63	0.44	圆筛藻、夜光藻和角毛藻

表 6.4-10 浮游动物历次调查结果

调查时间	种类数	生物量 (mg/m <sup>3</sup> )	生物密度 (个/m <sup>3</sup> )	多样性指数		均匀度		丰富度		优势度		优势种
		平均值	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	
2016.5	19	451.14	1035.3	0.35~1.71	1.03	0.15~0.61	0.42	0.27~1.23	0.53	0.87~1.00	0.95	墨氏胸刺水蚤、中华哲水蚤
2018.4	22	206.85	616.3	0.73~2.08	1.30	0.20~0.58	0.34	0.98~2.01	1.43	0.70~0.94	0.87	腹针胸刺水蚤、中华哲水蚤和强壮箭虫
2016.10	21	60.92	54.1	0.32~2.01	1.13	0.14~0.76	0.50	0.35~1.51	0.75	0.73~0.99	0.93	强壮箭虫、中华哲水蚤

2017.11	24	89.81	42.0	0.60~2.17	1.74	0.26~0.80	0.57	0.87~2.01	1.43	0.65~0.95	0.77	强壮箭虫、中华 哲水蚤和真刺唇 角水蚤
---------	----	-------	------	-----------	------	-----------	------	-----------	------	-----------	------	---------------------------

表 6.4-11 底栖生物历次调查结果

调查时间	种类数	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	生物密度 (个/m <sup>2</sup> )	多样性指数		均匀度		丰富度		优势度		主要组成类群
		平均值	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	
2016.5	54	5.85	209.2	0.55~4.61	2.57	0.19~0.97	0.88	0.16~2.98	1.04	0.17~1.00	0.53	环节动物
2018.4	85	15.05	536	3.02~4.76	4.04	0.82~0.95	0.91	1.16~3.42	2.36	0.16~0.45	0.29	环节动物
2016.10	89	12.58	306.5	2.07~4.46	3.56	0.62~0.94	0.87	0.74~3.25	2.13	0.18~0.71	0.37	环节动物
2017.11	82	23.74	539	2.99~4.62	3.78	0.76~0.95	0.87	1.26~3.28	2.22	0.16~0.48	0.31	环节动物



### 6.4.7 生物质量回顾评价

本次评价选取 2016 年 5 月、2016 年 10 月、2017 年 11 月和 2018 年 4 月工程所在海域环境质量现状的调查结果进行对比分析。历次生物质量调查结果见下表。

表 6.4-12 历次春季生物质量标准指数统计结果

时间	站号	测试生物	铜	铅	镉	铬	锌	砷	总汞	石油烃
2016 年 5 月	P23	菲律宾蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	中国蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
	P27	菲律宾蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P27	中国蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P29	菲律宾蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P29	中国蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P33	半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
	P40	菲律宾蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P40	中国蛤蜊	■	■	■	■	■	■	■	■
	P40	半滑石鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
2018 年 4 月	H2	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H3	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H4	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H5	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
		口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
	H6	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H7	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
	H9	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H11	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H15	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H18	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H20	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	H22	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
		口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
H24	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■	
H25	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■	
	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■	
H26	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■	
H27	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■	
	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■	
H28	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■	
	虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■	

表 6.4-13 历次秋季生物质量标准指数统计结果

时间	站位	测试生物	铜	铅	镉	铬	锌	砷	总汞	石油烃
2016 年 10 月	P23	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P27	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P29	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P33	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P27	鲷	■	■	■	■	■	■	■	■
	P33	鲷	■	■	■	■	■	■	■	■
	P33	扁玉螺	■	■	■	■	■	■	■	■
	P29	脉红螺	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	短蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
	P27	短蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
	P33	三疣梭子蟹	■	■	■	■	■	■	■	■
	P29	鲜明鼓虾	■	■	■	■	■	■	■	■
	2017.11	H2	半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■
H4		半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
H5		半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
H6		半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
H7		口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
H9		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
H11		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
H13		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
H15		虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
H18		口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
H20		口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
H22		口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
H24		口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
H25		半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
H26	半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■	
H27	半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■	
H28	半滑舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■	

## (1) 春季

## ①2016 年 5 月调查结果

2016 年 5 月调查中贝类体内镉、砷重金属超出《海洋生物质量》(GB18421-2001) 规定的第一类标准值; 甲壳类和鱼类体内重金属铜、锌、镉、总汞和铅含量符合《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要求。石油烃含量满足《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要求。

## ②2018 年 4 月调查结果

2018 年 4 月评价生物体为虾虎鱼和口虾蛄, 前者属于鱼类, 后一种属于甲壳类, 因此评价因子铬和砷缺少相应的评价标准, 未对生物体内的铬和砷进行评价。鱼类和甲壳类重金属铜、锌、镉、总汞和铅含量符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规

程》中的质量标准，未发现超标现象。鱼类和甲壳类石油烃含量满足《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要求。

### ③小结

2016 年 5 月部分贝类体内镉、砷重金属超标；2018 年 4 月生物质量状况较好。

## （2）秋季

### ①2016 年 10 月调查结果

2016 年 10 月调查中，各生物生物质量均较好，铜、铅、镉、锌、铬、砷、总汞、石油烃的单项标准指数值均小于 1，无样品超标，满足生物质量标准的要求。

### ②2017 年 11 月调查结果

2017 年 11 月评价生物体为虾虎鱼、半滑舌鳎和口虾蛄，前两种属于鱼类，后一种属于甲壳类，因此评价因子铬和砷缺少相应的评价标准，未对生物体内的铬和砷进行评价。鱼类和甲壳类重金属铜、锌、镉、总汞和铅含量符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的质量标准，未发现超标现象。鱼类和甲壳类石油烃含量满足《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要求。

### ③小结

2016 年 10 月和 2017 年 11 月生物质量状况较好。

## 6.4.8 海洋环境质量现状回顾性评价结论

经 2016 年~2018 年共计 4 次在旅大 29-1 油田海域及周边海域的环境质量现状调查回顾分析，得出如下结论：

除少部分调查站位的海水水质出现超标现象以外，本海域大部分调查站位的海水水质、所有站位的沉积物均处于稳定状态，均满足相应的标准限值。

除 2016 年 5 月部分贝类体内镉、砷重金属超标外；其他历次调查海洋生物质量均处于稳定状态，均满足相应的标准限值。

调查海域各期调查中海洋生物的生物量、生物密度、种类数、优势种有一定变化，但与油田开发工程无必然的相关性，项目周边海洋生态基本处于正常范围内。

旅大 29-1 油田投产后生产水经依托平台处理达标后全部回注不外排，平台为无人值守平台，不会产生和排放生活污水，因此，不会对本油田海域的海水水质、沉积物和海洋生物质量造成较大影响，但建设单位应加强环境管理与监测，并做好环境风险防范措施和应急预案，防止溢油事故对海洋环境的影响和破坏。

## 6.5 渔业资源现状回顾性评价

### 6.5.1 回顾评价历史资料选取

渔业资源回顾性分析采用《旅大 32-2 油田 WHPA 平台 2 口调整井工程环境影响报告表》（报批稿）（调查时间为 2014 年 6 月）、《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书》（报批稿）（调查时间为 2015 年 5 月和 2015 年 10 月）、《旅大 29-1 油田开发项目海域渔业资源现状调查与评价》（调查时间为 2017 年 6 月）和《旅大 29-1 油田渔业资源现状调查》（调查时间为 2018 年 9 月）的渔业资源调查资料进行分析比较。

### 6.5.2 回顾评价历史资料调查概况及站位布设

（1）2014 年 6 月渔业资源现状调查共布设站位 24 个，其中 12 个游泳生物调查站位，12 个鱼卵仔鱼调查站位。

（2）2015 年 5 月和 2015 年 10 月渔业资源现状调查均布设站位 12 个，均调查游泳生物和鱼卵仔鱼。

（3）2017 年 6 月和 2018 年 9 月渔业资源现状调查共布设站位 24 个，其中 12 个游泳生物调查站位，12 个鱼卵仔鱼调查站位。

调查海域历次渔业资源现状调查见图 6.5-1 和图 6.5-2。

### 6.5.3 回顾评价因子选取

选择鱼卵、仔稚鱼、鱼类、头足类、甲壳类进行分析。

### 6.5.4 渔业资源历史数据

渔业资源的历次调查数据统计见表 6.5-1 和表 6.5-2。

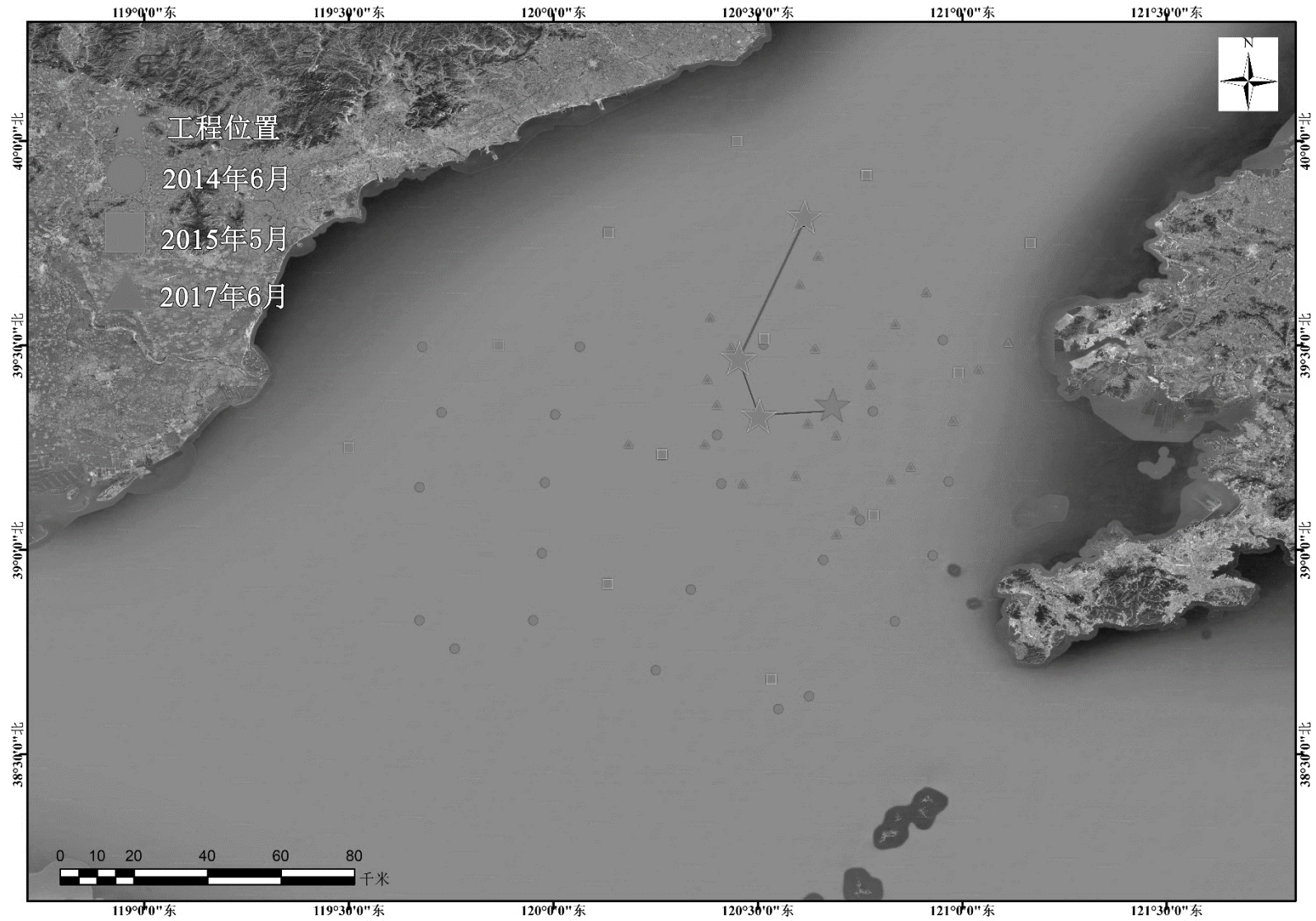


图 6.5-1 本次评价引用的渔业资源历史调查站位（春季）



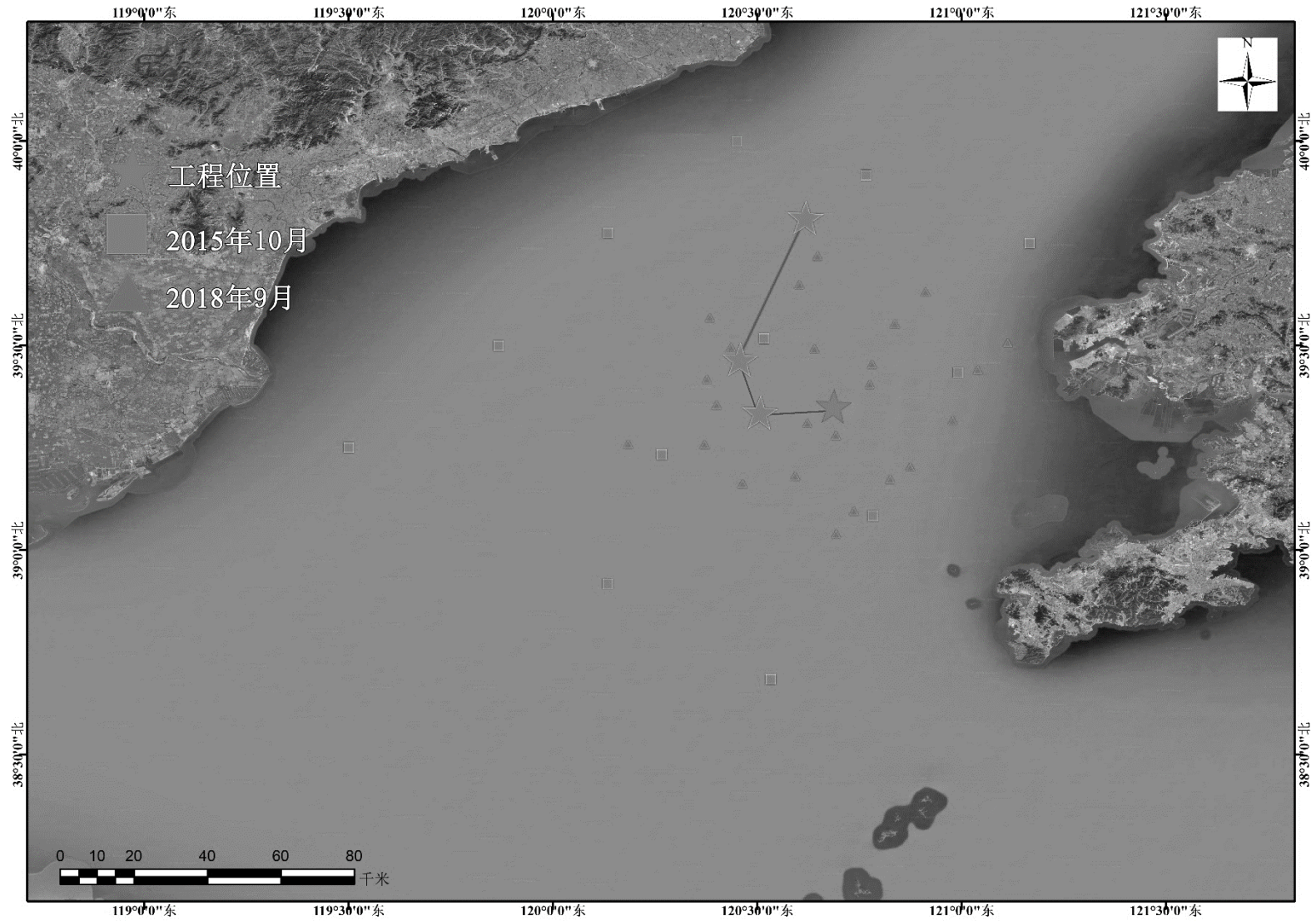


图 6.5-2 本次评价引用的渔业资源历史调查站位（秋季）

表 6.5-1 历次调查渔业资源调查数据对比统计（春季）

调查时间	2014 年 6 月		2015 年 5 月		2017 年 6 月	
	种类数（种）	密度	种类数	密度	种类数	密度
鱼卵	11	0.68 粒/m <sup>3</sup>	11	0.68 粒/m <sup>3</sup>	10	0.79 粒/m <sup>3</sup>
仔稚鱼	8	0.028 尾/m <sup>3</sup>	8	0.10 尾/m <sup>3</sup>	6	0.349 尾/m <sup>3</sup>
鱼类成体	27	129.158kg/km <sup>2</sup>	27	137.86kg/km <sup>2</sup>	17	29.659kg/km <sup>2</sup>
幼鱼				5393 尾/km <sup>2</sup>		443 尾/km <sup>2</sup>
头足类成体	3	17.739kg/km <sup>2</sup>	3	18.21kg/km <sup>2</sup>	3	3.218kg/km <sup>2</sup>
头足类幼体				464 尾/km <sup>2</sup>		48 尾/km <sup>2</sup>
虾类成体	15	393.933kg/km <sup>2</sup>	15	266.07kg/km <sup>2</sup>	16	78.5745kg/km <sup>2</sup>
蟹类成体				58.93kg/km <sup>2</sup>		
虾类幼体				5750 尾/km <sup>2</sup>		3511 尾/km <sup>2</sup>
蟹类幼体				571 尾/km <sup>2</sup>		

表 6.5-2 历次调查渔业资源调查数据对比统计（秋季）

调查时间	2015 年 10 月		2018 年 9 月	
	种类数	密度	种类数	密度
鱼卵	1	0.04 粒/m <sup>3</sup>	5	0.290 粒/m <sup>3</sup>
仔稚鱼	6	0.08 尾/m <sup>3</sup>	6	0.370 尾/m <sup>3</sup>
鱼类成体	32	718.21kg/km <sup>2</sup>	24	125.49kg/km <sup>2</sup>
幼鱼		14178 尾/km <sup>2</sup>		3316 尾/km <sup>2</sup>
头足类成体	3	142.50kg/km <sup>2</sup>	4	12.41kg/km <sup>2</sup>
头足类幼体		5321 尾/km <sup>2</sup>		34 尾/km <sup>2</sup>
虾类成体	12	65.00kg/km <sup>2</sup>	21	196.46kg/km <sup>2</sup>
蟹类成体		221.79kg/km <sup>2</sup>		
虾类幼体		1821 尾/km <sup>2</sup>		4011 尾/km <sup>2</sup>
蟹类幼体		786 尾/km <sup>2</sup>		

### 6.5.5 渔业资源回顾评价

#### (1) 春季

2014 年、2015 年和 2017 年，鱼卵种类基本无变化，鱼卵密度 2017 年较 2014 年、2015 年有所上升。

2014 年和 2015 年仔稚鱼种类数比 2017 年高，但是仔稚鱼密度有上升的趋势。

2014 年和 2015 年鱼类的种类数比 2017 年高，鱼类平均资源密度 2015 年最高，2017 年最低，无明显变化趋势。

2014 年、2015 年和 2017 年头足类的种类数调查结果一致。头足类平均资源密度由于在 2014 年未区分成体和幼体，无法直接比较。因此，对 2015 年和 2017 年调查结果进行比较分析，头足类平均资源密度 2015 年最高，2017 年最低。

2014 年、2015 年和 2017 年，甲壳类种类基本无变化。甲壳类平均资源密度由于在 2014 年未区分成体和幼体，无法直接比较。因此，对 2015 年和 2017 年调查结果进行比较分析，2015 年甲壳类资源密度高于 2017 年调查结果。

#### (2) 秋季

2018 年 9 月调查鱼卵的种类数和鱼卵密度均高于 2015 年 10 月的调查结果。

2018 年 9 月调查的仔稚鱼种类数与 2015 年 10 月的调查结果一致，但是仔稚鱼密度高于 2015 年 10 月的调查结果。

2018 年 9 月调查鱼类的种类数、鱼类成体平均资源密度和幼鱼平均资源密度均低于 2015 年 10 月的调查结果。

2018 年 9 月调查头足类的种类数高于 2015 年 10 月的调查结果，但头足类成体平均资源密度和头足类幼体平均资源密度均低于 2015 年 10 月的调查结果。

2018 年 9 月调查甲壳类的种类数和甲壳类幼体平均资源密度高于 2015 年 10 月的调查结果，但成体平均资源密度低于 2015 年 10 月的调查结果。

#### (3) 渔业资源状况

从整体水平分析，调查海域渔业资源状况良好。



## 7 环境影响预测与评价

### 7.1 水文动力环境影响分析与评价

#### 7.1.1 海流模型

海水运动是海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。

##### 7.1.1.1 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：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x'} + \frac{\partial hvu}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} \\ & = fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + hF_u \\ & \quad + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S \\ & \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x'} + \frac{\partial hv^2}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} \\ & = -fuh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + hF_v \\ & \quad + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_s S \\ & \quad \sigma = \frac{z - z_b}{h}, x' = x, y' = y \end{aligned}$$

式中：t 为时间（s）；g 为重力加速度（m/s<sup>2</sup>）；ρ 为海水密度（kg/m<sup>3</sup>）；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 分别为 x、y、z 向流速矢量；f = 2ΩsinΦ 为科氏力参数；s<sub>xx</sub>、s<sub>xy</sub> 为辐射应力张量分量；P<sub>a</sub> 为大气压强；ρ<sub>0</sub> 为水的参考密度；S 为点源排放流量，u<sub>s</sub>、v<sub>s</sub> 为排放速度。

##### 7.1.1.2 边界条件

海面边界条件：

$$\begin{aligned} \omega &= 0 \\ \left( \frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) &= \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \end{aligned}$$

海底边界条件:

$$\omega = 0$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma}\right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

$\tau_{bx}, \tau_{by}$  分别为 x、y 方向的底摩擦应力, 单位:  $\text{kg/m/s}^3$ ; 其他参数同控制方程。

固体侧边界条件:

$$v_n = 0$$

开边界条件:

开边界强迫水位计算公式:

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_{oi} + V_i) - G_i]\}$$

这里,  $f_i$ 、 $\sigma_i$  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;  $V_{oi}+V_i$  是分潮的幅角。

本报告开边界采用  $M_2$ 、 $S_2$ 、 $O_1$ 、 $K_1$ 、 $M_4$  和  $M_{s4}$  六个分潮作为驱动, 各分潮的调和常数值取自 TPXOChinaSeas 潮波预报模型。

#### 4) 初始条件

本模型初始条件采用稳态启动, 初值的误差会随计算的进行逐步消失, 文中模型验证取计算稳定后的模拟结果。

### 7.1.1.3 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, 同时在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:  $\tau_{bx}, \tau_{by}$  分别为 x、y 方向的底摩擦应力 ( $\text{kg/m/s}^3$ );  $\rho_w$  是海水密度 ( $\text{kg/m}^3$ );  $u, v$  分别为 x、y 方向的底层流速 ( $\text{m/s}$ );  $C_d$  为底摩擦拖曳系数, 采用对数法则计算:

$$C_d = \max\left(\frac{\kappa^2}{[\ln(z_{ab}/z_0)]^2}, C_{dmin}\right)$$

式中： $\kappa = 0.41$  是 Karman 常数， $z_0 = 0.003\text{m}$  是海底粗糙度； $z_{ab}$  是离海底最近网格与海底的距离（m）； $C_{dmin}$  为底摩擦拖曳系数最小值。本报告参考研究文献， $C_d$  取为 0.0012。

### (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：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中： $c_s$  为常数，取 0.1； $l$  为特征混合长度，由  $S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$ ， $(i, j=1, 2)$  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， $\varepsilon$  为湍动能耗散， $c_\mu$  为经验常数，取 0.09。

#### 7.1.1.4 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航保部 2014 年出版的海图岸线和水深为基础建立模型，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  $117^\circ$ 。

本项目所建立的海域数学模型计算域为整个渤海，模拟采用非结构三角网格，由 9394 个节点和 18182 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，共分为 3 层。网格及水深分布见图 7.1-1。

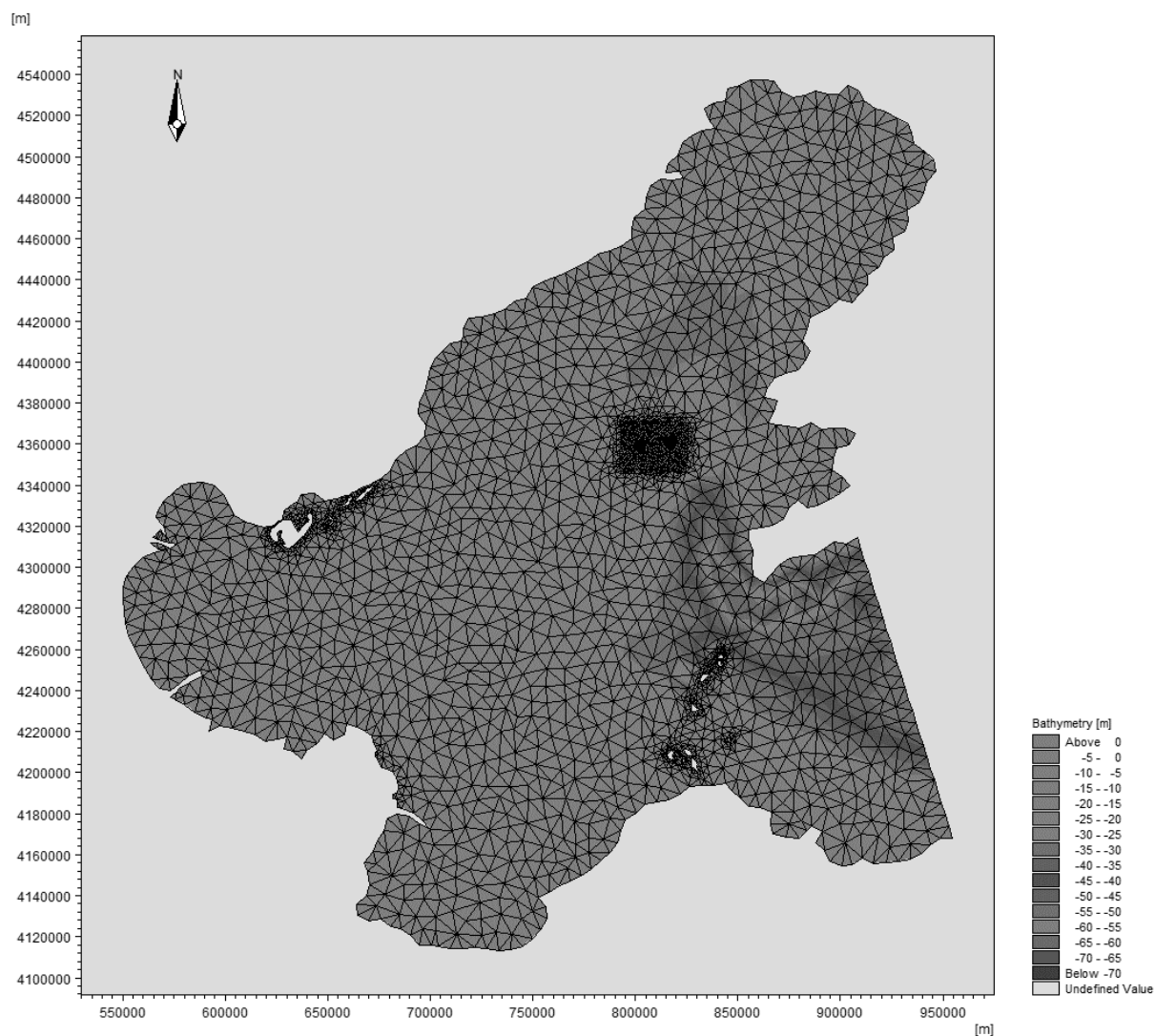


图 7.1-1 大海域网格设置及水深地形

### 7.1.2 潮流及潮位的验证

在计算海域中，引用青岛环海海洋工程勘察研究院于 2018 年 5 月 15 日~5 月 16 日的潮流潮位实测资料与数值计算结果进行验证。各监测点布设如图 7.1-2 所示，图 7.1-3~7.1-7 分别为各站位潮流、潮位验证曲线。

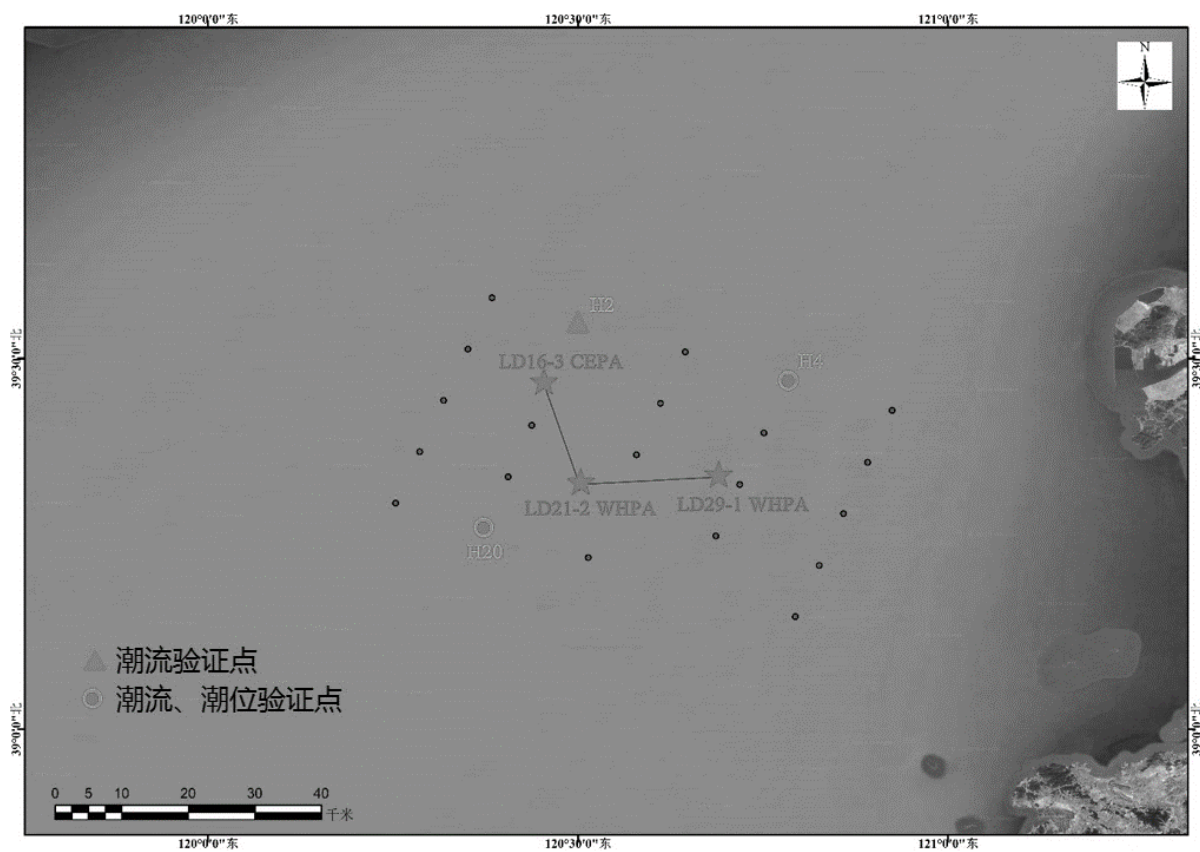
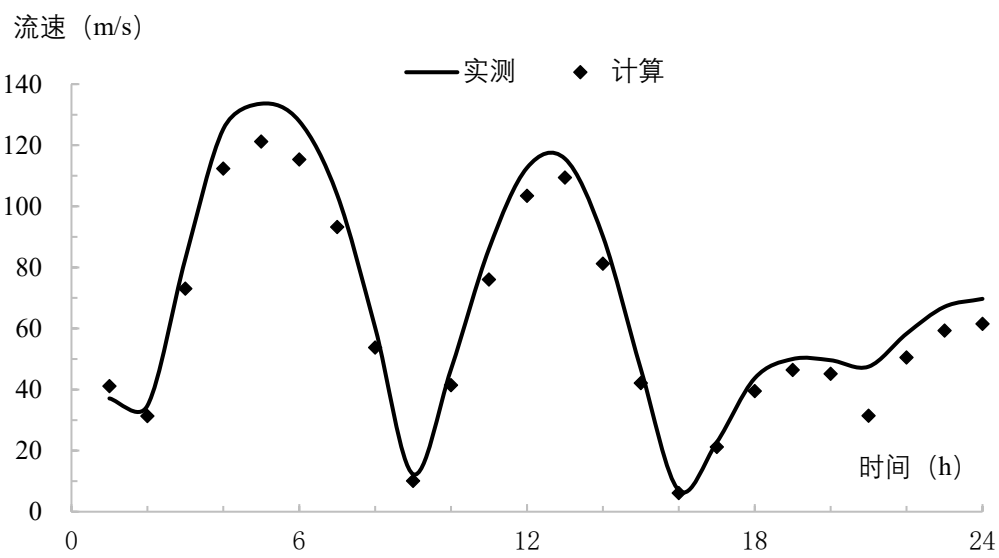


图 7.1-2 潮流、潮位验证点位图



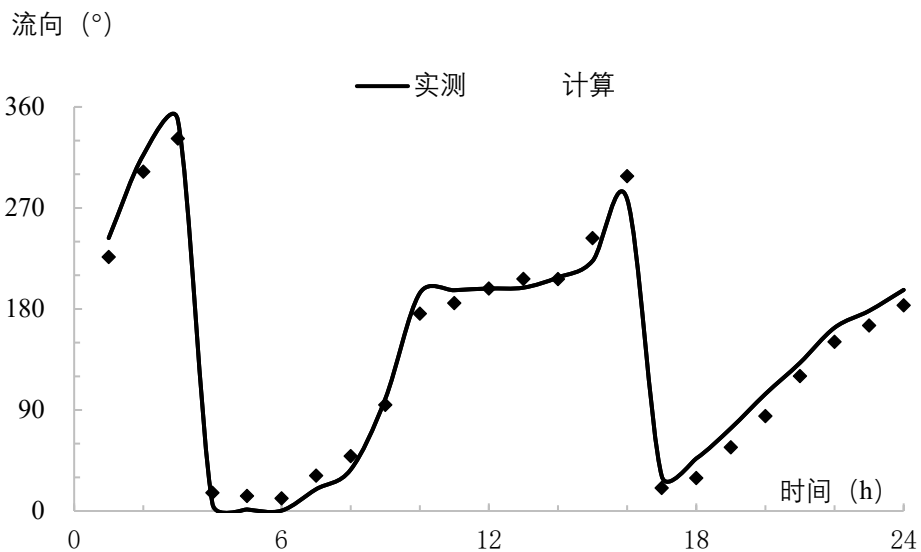


图 7.1-3a H2 站位潮流验证曲线 (表层)

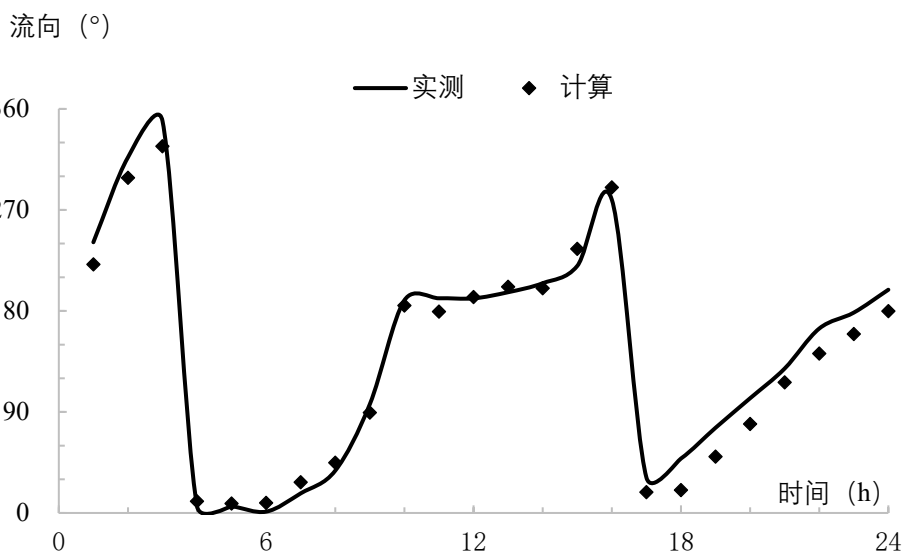
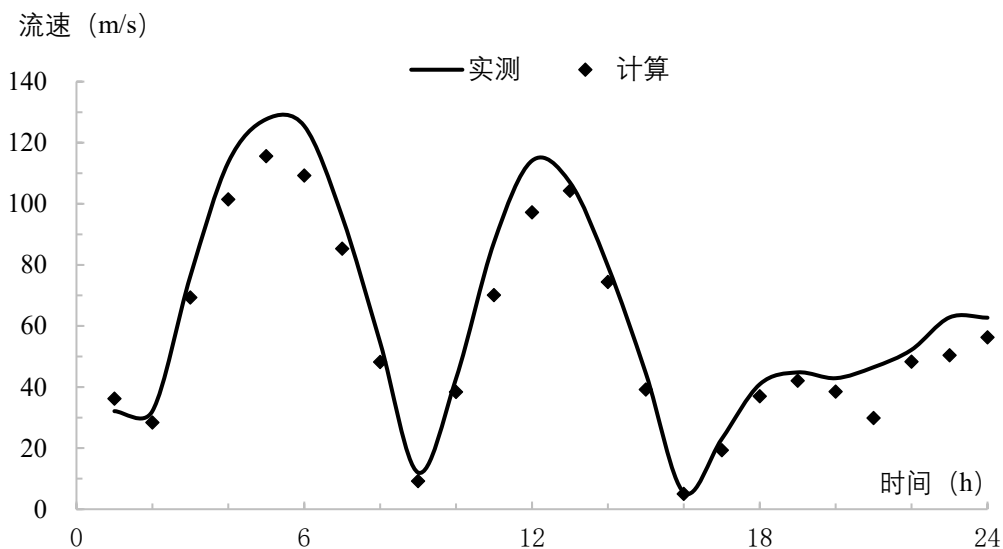


图 7.1-3b H2 站位潮流验证曲线 (中层)

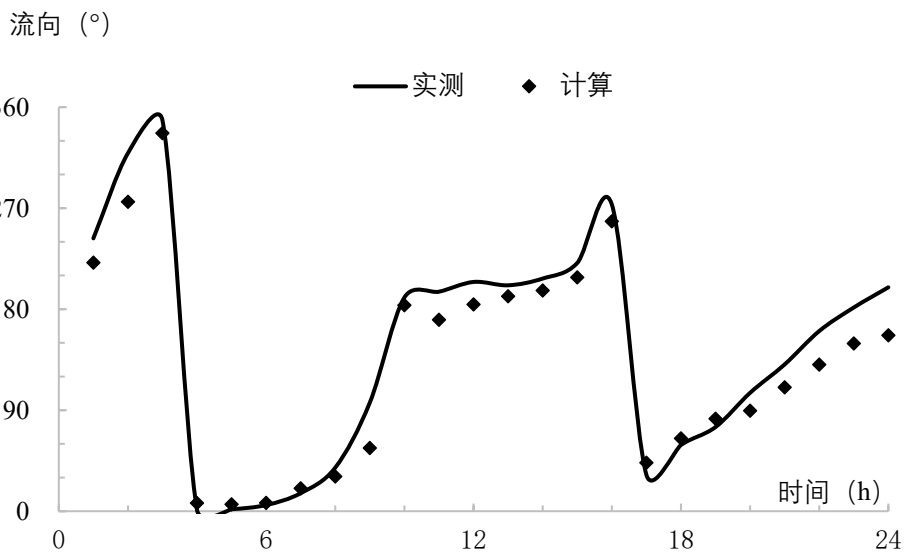
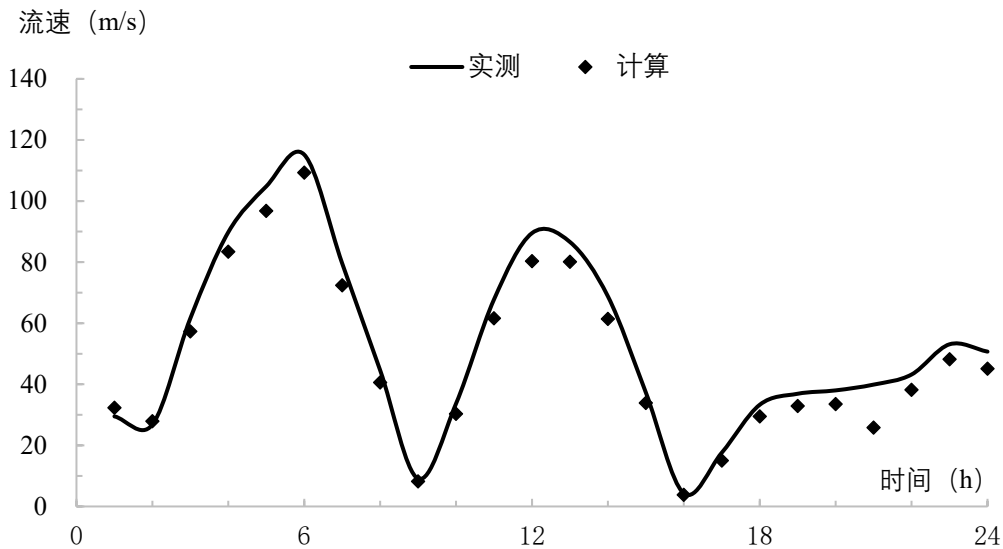
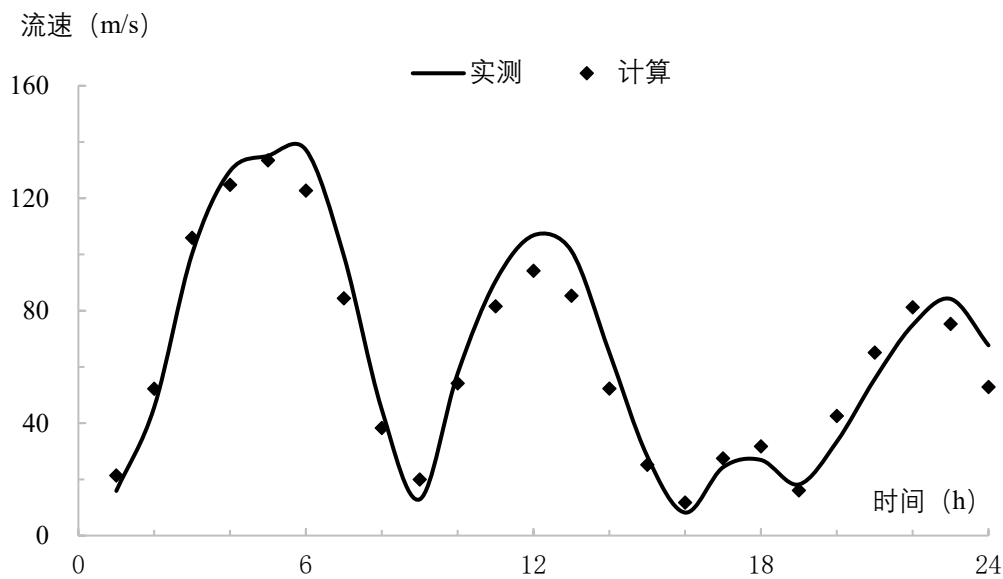


图 7.1-3c H2 站位潮流验证曲线 (底层)



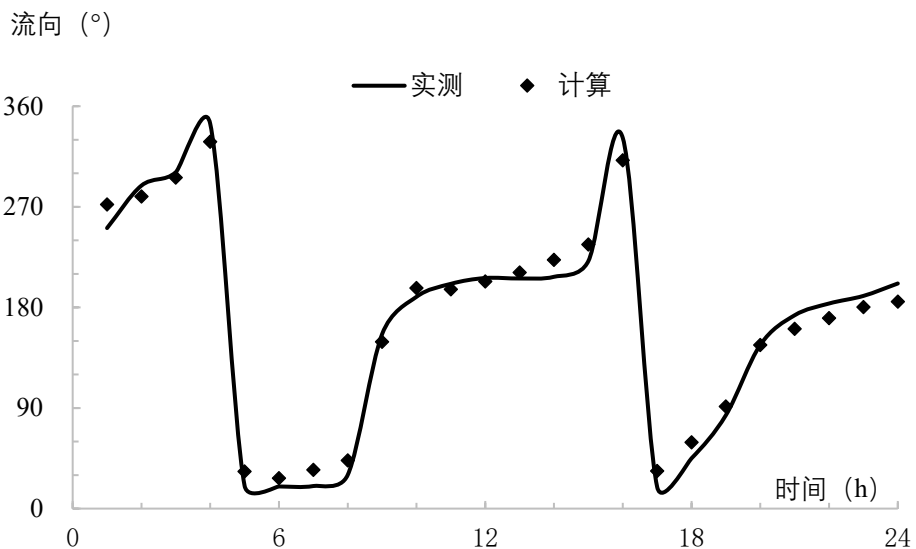


图 7.1-4a H4 站位潮流验证曲线 (表层)

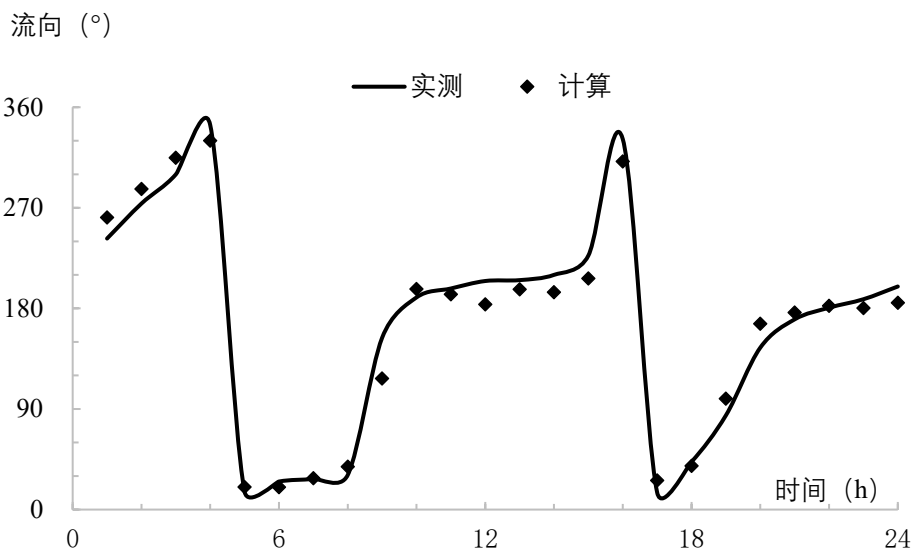
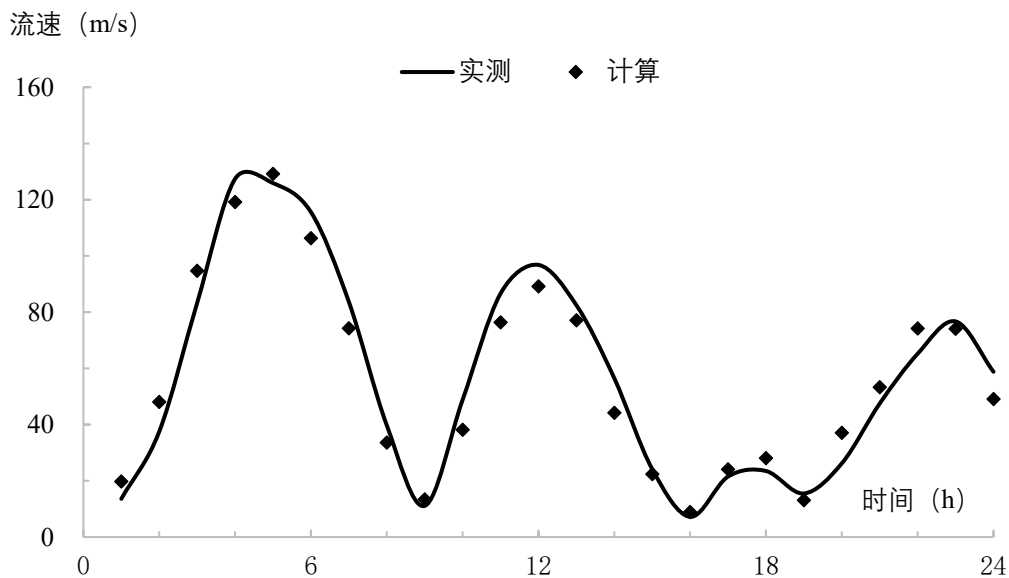


图 7.1-4b H4 站位潮流验证曲线 (中层)



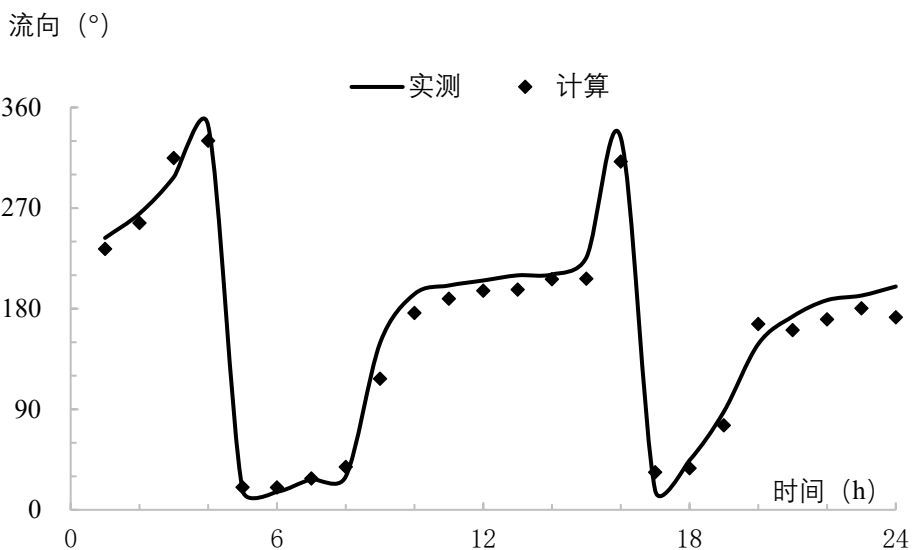
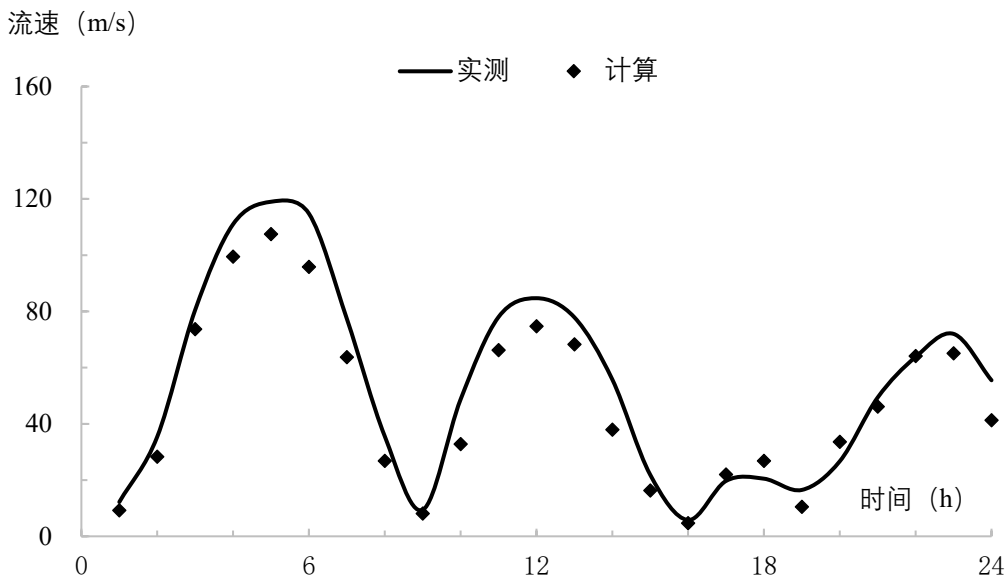
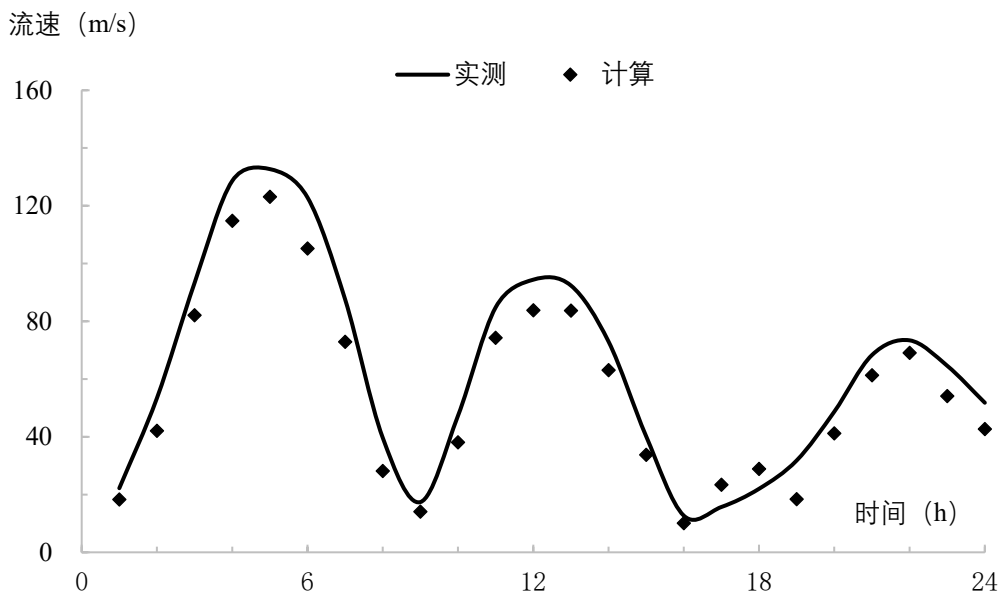


图 7.1-4c H4 站位潮流验证曲线 (底层)



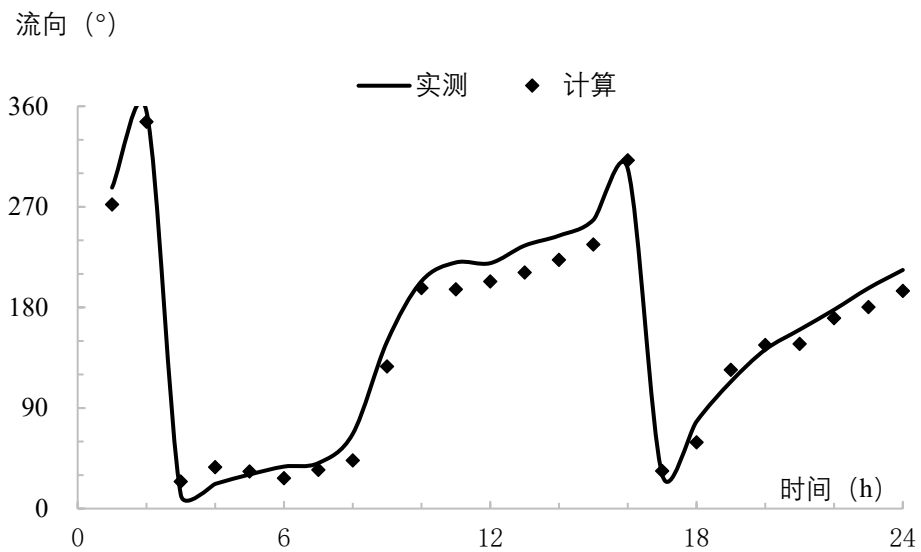
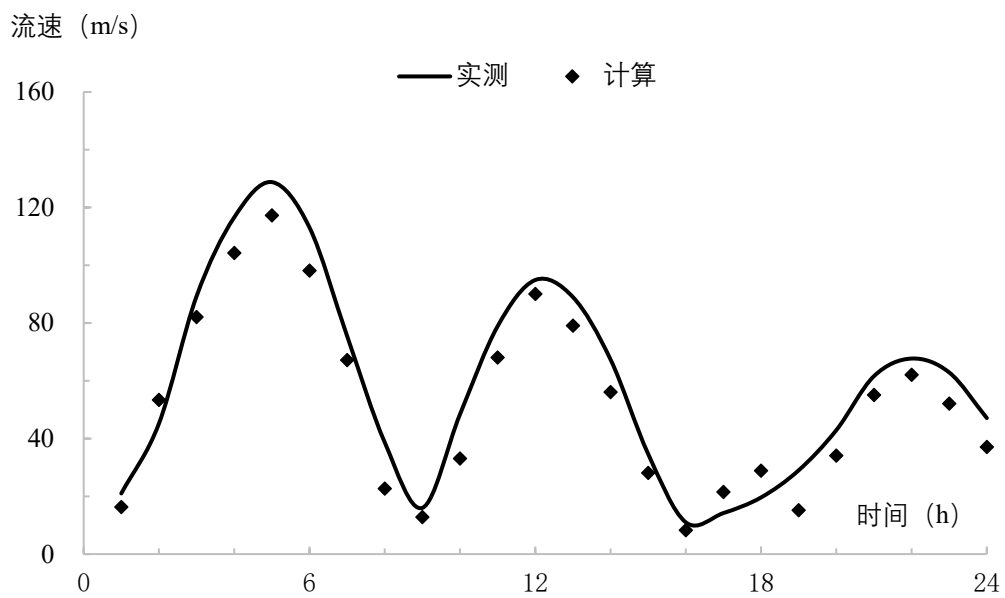


图 7.1-5a H20 站位潮流验证曲线 (表层)



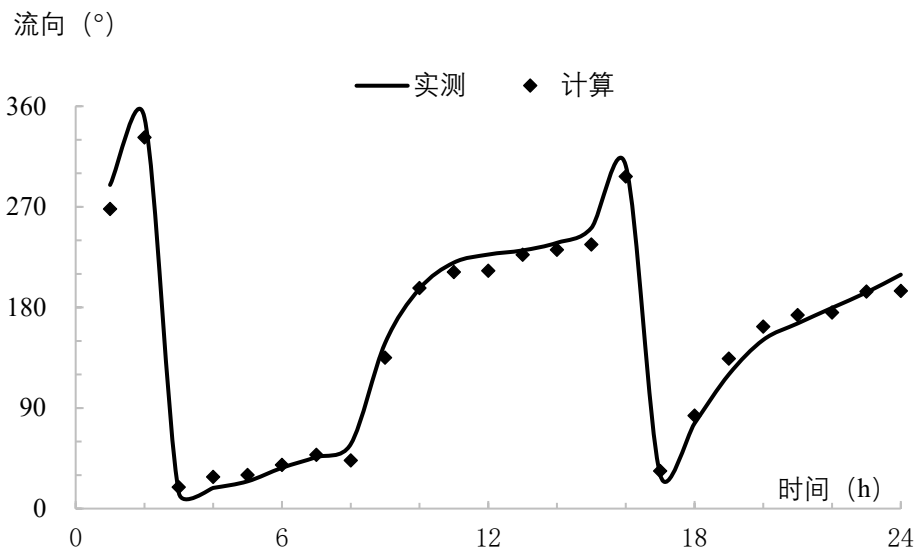


图 7.1-5b H20 站位潮流验证曲线 (中层)

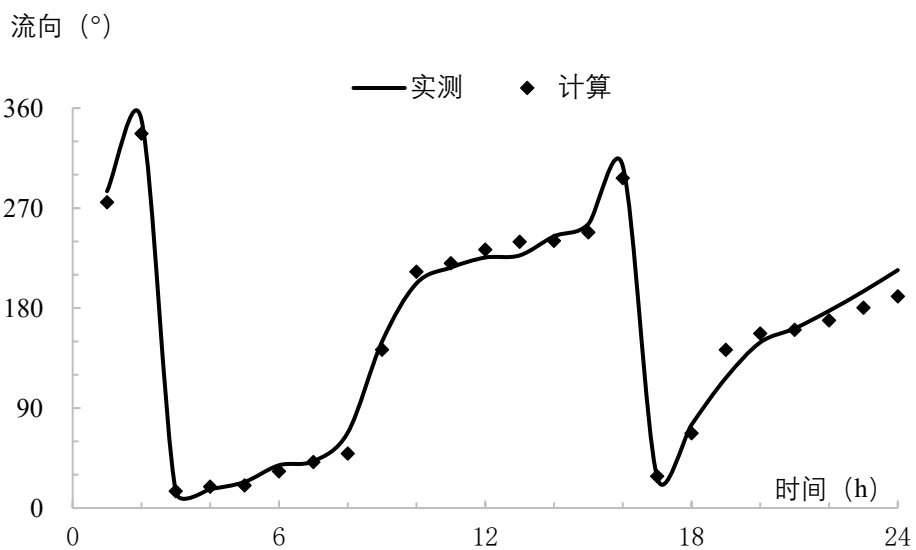
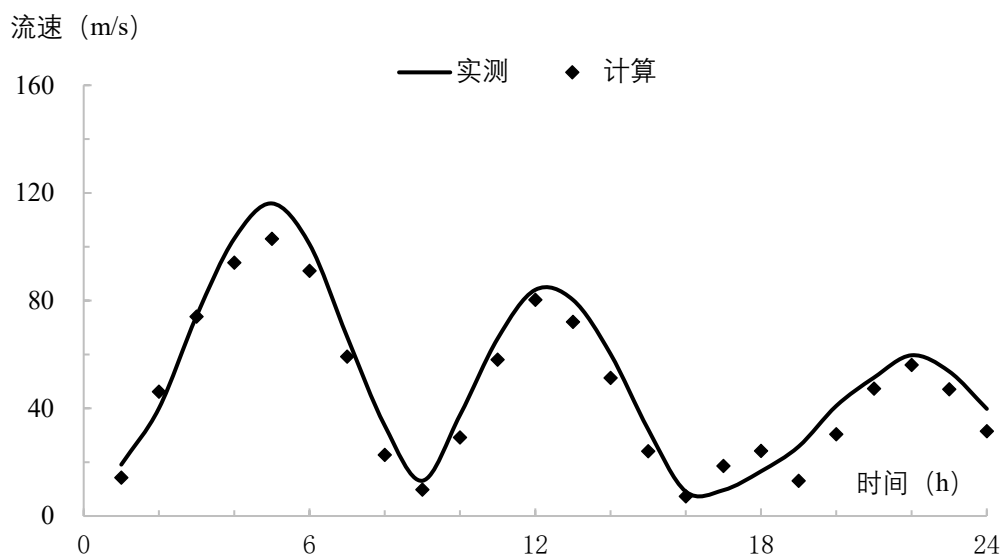


图 7.1-5c H20 站位潮流验证曲线 (底层)

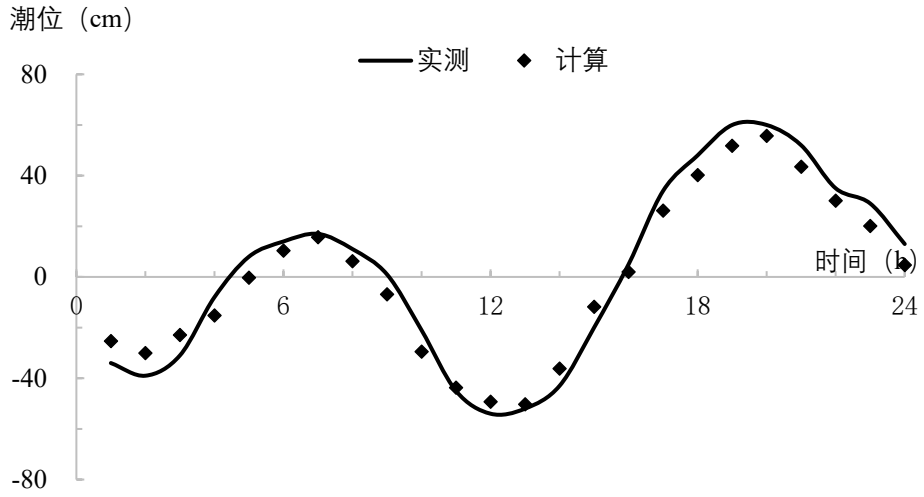


图 7.1-6 H4 站位潮位验证曲线

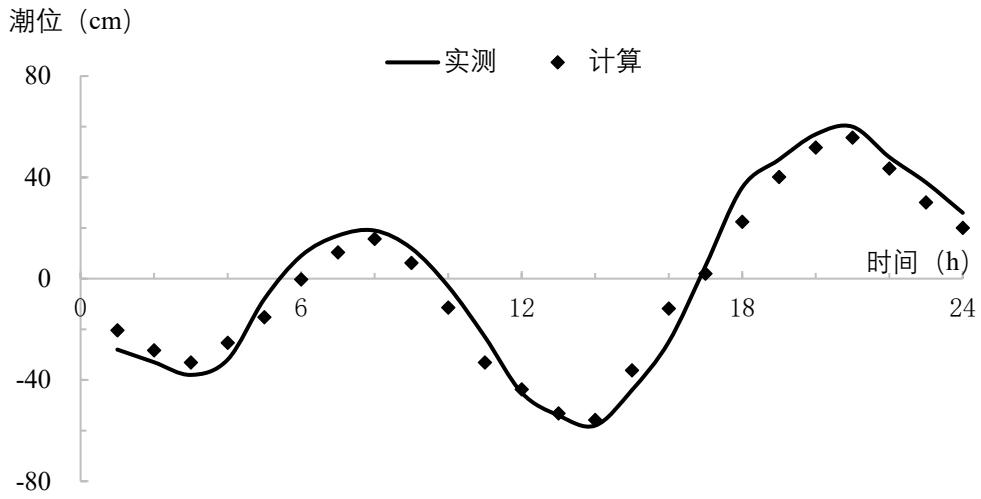


图 7.1-7 H20 站位潮位验证曲线

由验证曲线可以看出，计算海流流速和实测海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，个别时段有偏差。总体而言，潮流潮位模拟验证计算结果较好，误差值基本满足《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19485-2014)的要求(潮流过程线形态基本一致，流速误差 $\pm 10\%$ ，流向 $\pm 10^\circ$ ，潮位 $\pm 10\text{cm}$ )，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。

### 7.1.3 潮流计算结果

渤海潮流结构在垂向上基本一致，速度自表至底减小，因此为节省篇幅，本报告仅给出大潮时表层的潮流场。图 7.1-8 至图 7.1-9 分别为大潮时涨潮中间时和落潮中间时的渤海表层的潮流场，图 7.1-10 至图 7.1-11 为大潮时涨潮中间时和落潮中间时的工程附近海域表层的潮流场。由图可以看出，项目附近海域基本为往复流，大潮时，涨潮中间时，项目附近多数区域的潮流基本是 SSW-NNE 流向；落潮中间时，项目附近多数区域的潮流基本是 NNE-SSW 流向。

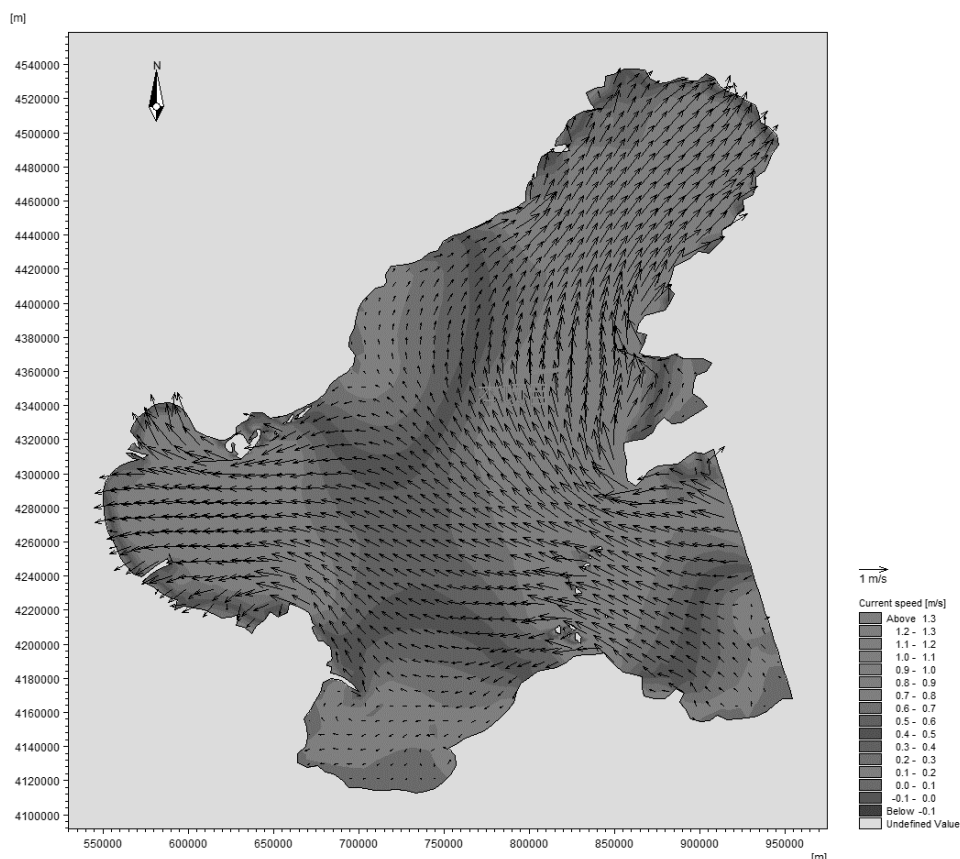


图 7.1-8 渤海涨潮中间时潮流场（大潮时，表层）

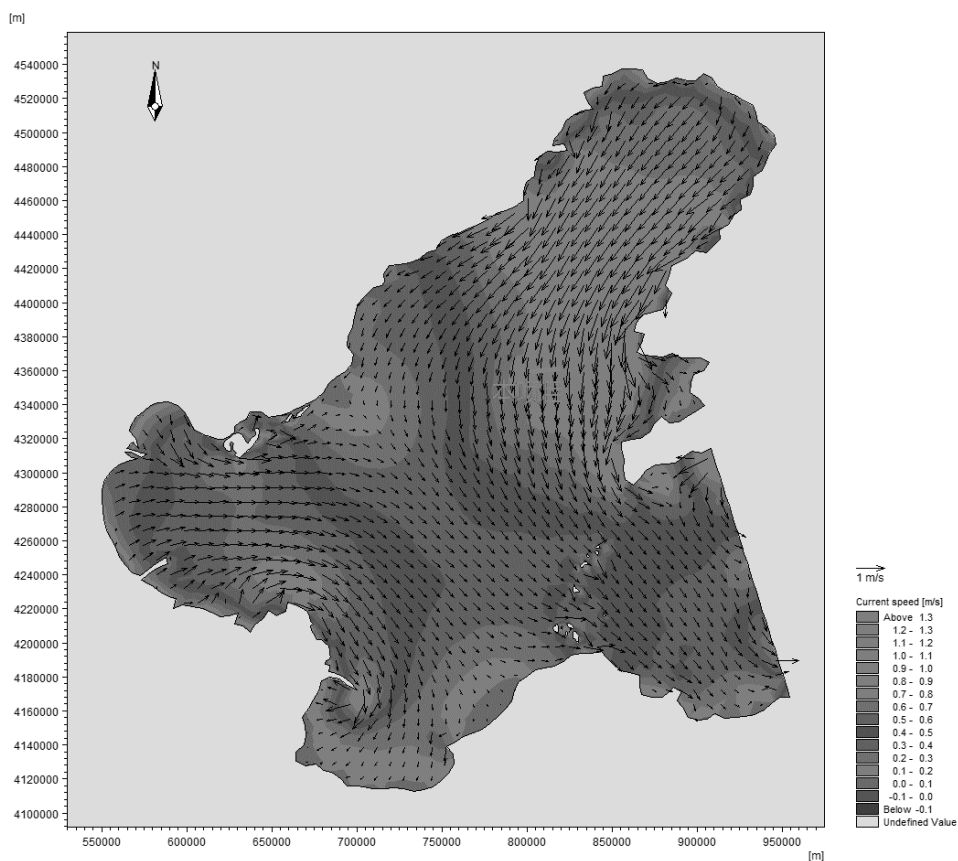


图 7.1-9 渤海落潮中间时潮流场（大潮时，表层）

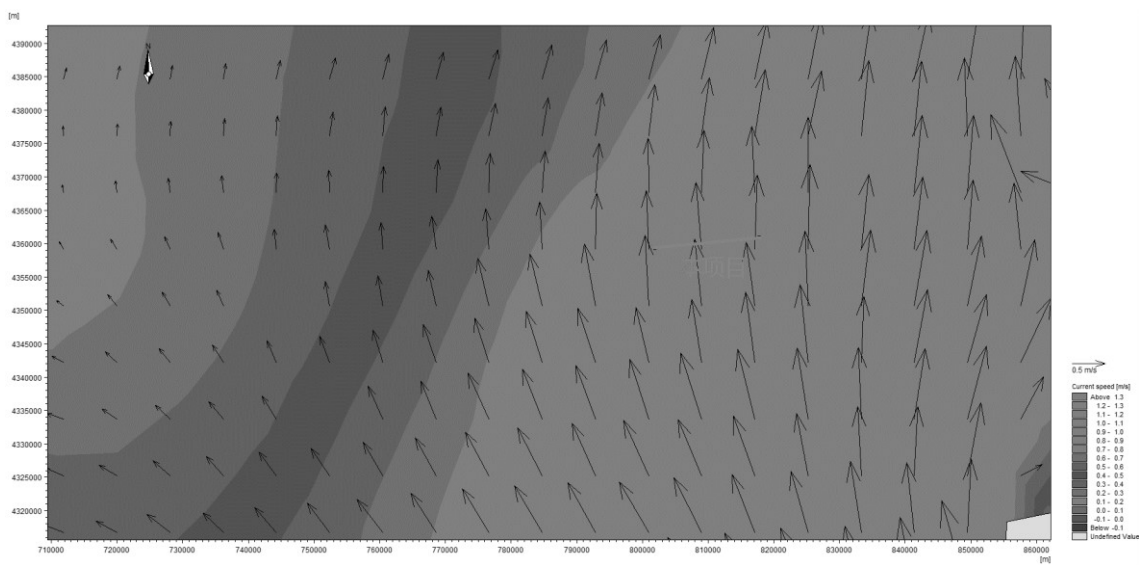


图 7.1-10 工程附近海域涨潮中间时潮流场（大潮时，表层）

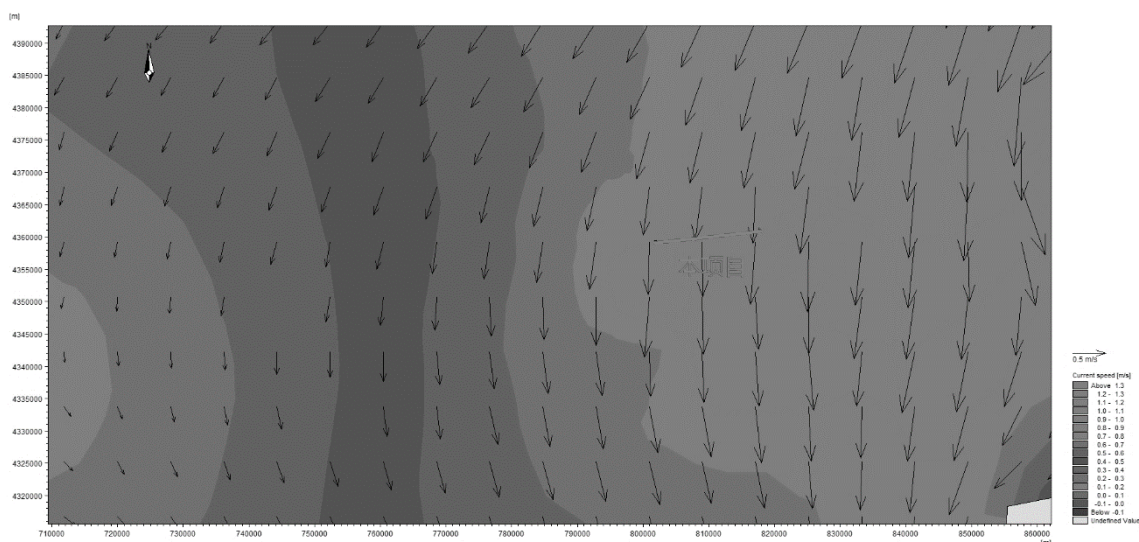


图 7.1-11 工程附近海域落潮中间时潮流场（大潮时，表层）

### 7.1.4 工程对流场的影响分析

拟建工程包括钻井完井、海底管缆的铺设。由于平台为透水式结构，井口平台等对周边的水动力环境影响很小；海底管缆埋于海底以下 1.5m，挖起的泥沙在底层流作用下自然回填管沟，对底层流影响很小。

## 7.2 地形地貌与冲淤环境影响分析与评价

本工程海域海底是粉质粘土特征，海底平坦，广阔，多年变化不大。自海岸向海渐深，水深变化缓慢。平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，平台建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。海底管缆埋在海底，施工期掀起的悬浮泥沙在水流的作用下逐渐沉积在管/缆沟周围，由于悬浮泥沙的产生量较小，加上潮流长时间的输沙作用，不容易淤积，对海底地貌的影响较小。因此，本工程的建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。

## 7.3 水质环境影响预测分析与评价

### 7.3.1 悬浮物运动方程

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。

施工掀扬起的海底悬浮泥沙，悬浮物输移—扩散过程由以下方程表示：

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w_f \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial S}{\partial z} \right) + S_m$$

其中：S 水体悬沙含量， $S_m$  悬浮沙源项， $D_x$ 、 $D_y$ 、 $D_z$  分别为 x、y、z 向紊动扩散系数； $w_f$  为 z 向有效流速， $w_f=w-\omega$ ， $\omega$  为悬浮泥沙静水中沉速。

岸界边界条件：
$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

侧开边界的边界条件：

入流时  $C|_{\Gamma} = P_0$  ；

$\Gamma$  为水边界， $P_0$  为边界上浓度，悬浮物仅考虑增量，不考虑本底值，因此本报告在计算管线悬浮沙、非油层段钻井液与非油层段钻屑影响范围时取  $P_0=0$ 。

出流时 
$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0$$
  $U_n$  为边界法向流速；

泥沙沉速  $\omega$  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， $v$  为水运动粘滞系数，取值  $0.0000011\text{cm}^2/\text{s}$ ； $D$  为悬浮泥沙中值粒径（mm）； $\alpha$  为重率系数，取 0.7。

初始条件：

模拟施工期本底值均置为 0，仅考虑悬沙增量。

### 7.3.2 施工期管道/海底电缆施工悬浮泥沙扩散预测

#### 7.3.2.1 管道/海底电缆施工预测源强及参数

根据工程分析，本工程拟建 1 条海底管道，1 条海底电缆：LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2 WHPA 平台的混输海底管道、LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台的海底电缆。

LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2 WHPA 平台的混输海底管道挖沟速率为 1500m/d。LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台的海底电缆挖沟速率为 2000m/d。该海区泥沙干容重约为  $14.16\text{kN}/\text{m}^3$ ，即为  $1445\text{kg}/\text{m}^3$ （参考《旅大 29-1 油田开发项目工程地质调查报告书》）。此外，本项目起沙率按 15% 计算。根据以下悬浮沙计算公式：

██

██





根据计算，混输海底管道、海底电缆铺设过程中产生的悬浮泥沙源强见表 7.3-1。

表 7.3-1 悬浮泥沙产生量

来源	外径 in	长度 km	泥沙产生量 m <sup>3</sup>	排放速率 kg/s
LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输管道	12	16.1	43586	10.2
LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台海底电缆	/	16.1	24150	7.5

### 7.3.2.2 管道/海底电缆施工预测结果

LD29-1WHPA 平台至 LD21-2 WHPA 平台混输管道、海底电缆悬浮沙浓度预测时每间隔约 5.4km 选取一个控制点，各控制点位置见图 7.3-1。将每个控制点作为悬浮沙排放位置，排放时间按一个潮周期计算，分别计算大潮、小潮时的悬浮沙扩散范围并叠加，各排放点超海水水质标准的外包络线连线所围成范围即为管道/海底电缆施工过程中悬浮沙超海水水质标准的总包络范围，见图 7.3-2~图 7.3-3。图中等值线由外向内所代表的浓度依次是 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L。

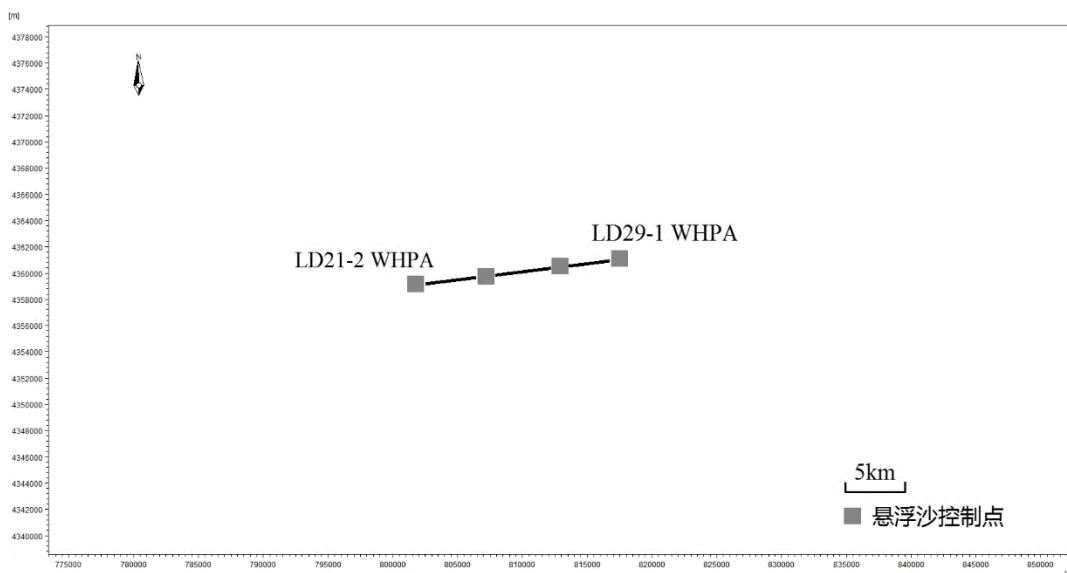


图 7.3-1 管道/海底电缆悬浮沙计算控制点

作业期间悬浮沙超标包络线面积、离管道最远距离见表 7.3-2。表 7.3-3 给出了施工期间悬浮沙超标倍数  $B_i \leq 1$ 、 $1 < B_i \leq 4$ 、 $4 < B_i \leq 9$ 、 $9 < B_i$  的包络线面积。

由计算知，由于本项目区域水深较深，施工期间表层均无超海水水质标准区域。LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输管道中层超悬浮物一（二）类海水水质标准（悬浮物增量 $\geq 10\text{mg/l}$ ，下同）的总包络面积为  $15.45\text{ km}^2$ ；无超三类海水水质标准（悬浮物增量 $\geq 100\text{mg/l}$ ，下同）、超四类海水水质标准（悬浮物增量 $\geq 150\text{mg/l}$ ，下同）水质；底层超悬浮物一（二）类海水水质标准的总包络线面积为  $21.82\text{ km}^2$ ；超三类海水水质标准的总包络线面积为  $2.65\text{ km}^2$ ；超四类海水水质标准的总包络线面积为  $0.95\text{ km}^2$ ；超一（二）类海水水质标准的范围距管道的最大距离为  $0.70\text{ km}$ 。管道施工作业停止 7h 后，整个海域满足一类海水水质标准。

LD21-2WHPA 平台至 LD29-1WHPA 平台海底电缆中层超悬浮物一（二）类海水水质标准的总包络面积为  $10.35\text{ km}^2$ ；无超三类海水水质标准、超四类海水水质标准水质；底层超悬浮物一（二）类海水水质标准的总包络线面积为  $17.40\text{ km}^2$ ；超三类海水水质标准的总包络线面积为  $1.95\text{ km}^2$ ；超四类海水水质标准的总包络线面积为  $0.71\text{ km}^2$ ；超一（二）类海水水质标准的范围距管道的最大距离为  $0.60\text{ km}$ 。管道施工作业停止 6h 后，整个海域满足一类海水水质标准。

表 7.3-2 管道和海底电缆施工期间悬浮沙预测结果 ( $\text{km}^2$ )

管道		超一（二）类	超三类	超四类	超一（二）类 离管道最远距 离 (km)	恢复一类 水质时间 (h)
LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输 管道	表层	0	0	0	0.70	7
	中层	15.45	0	0		
	底层	21.82	2.65	0.95		
LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台海底 电缆	表层	0	0	0	0.60	6
	中层	10.35	0	0		
	底层	17.40	1.95	0.71		

表 7.3-3 不同超标倍数  $B_i$  的包络面积 ( $\text{km}^2$ )

		$B_i \leq 1$	$1 < B_i \leq 4$	$4 < B_i \leq 9$	$B_i > 9$
LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输 管道	表层	0	0	0	0
	中层	10.37	4.12	0.96	0
	底层	10.81	5.35	3.01	2.65
LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台海底 电缆	表层	0	0	0	0
	中层	6.95	2.75	0.65	0
	底层	8.90	4.15	2.40	1.95

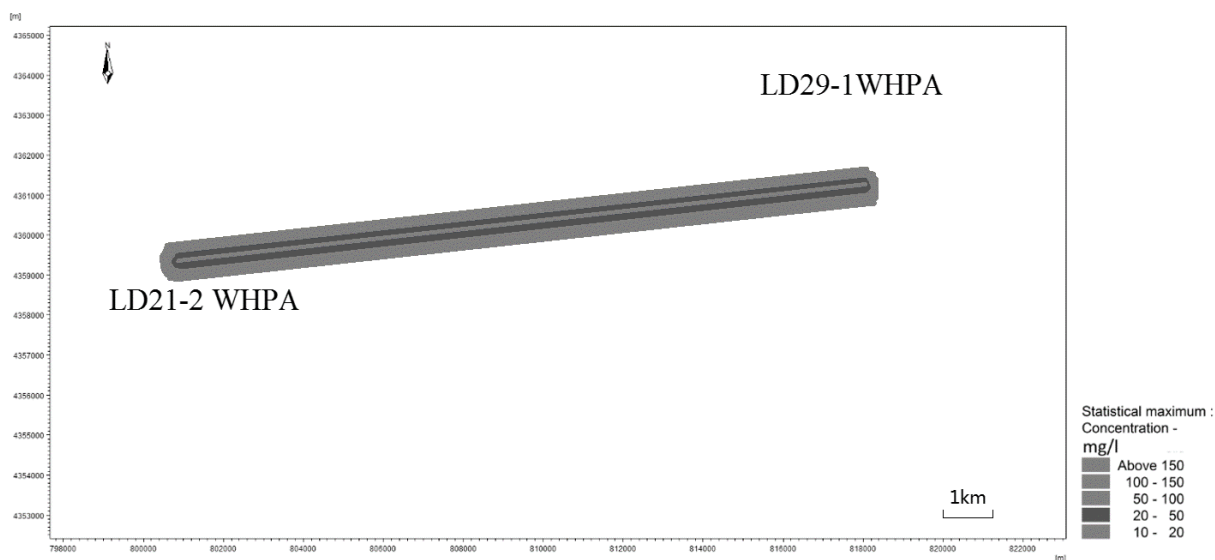


图 7.3-2a LD29-1WHPA→LD21-2 WHPA 混输管道悬浮泥沙扩散范围（中层）

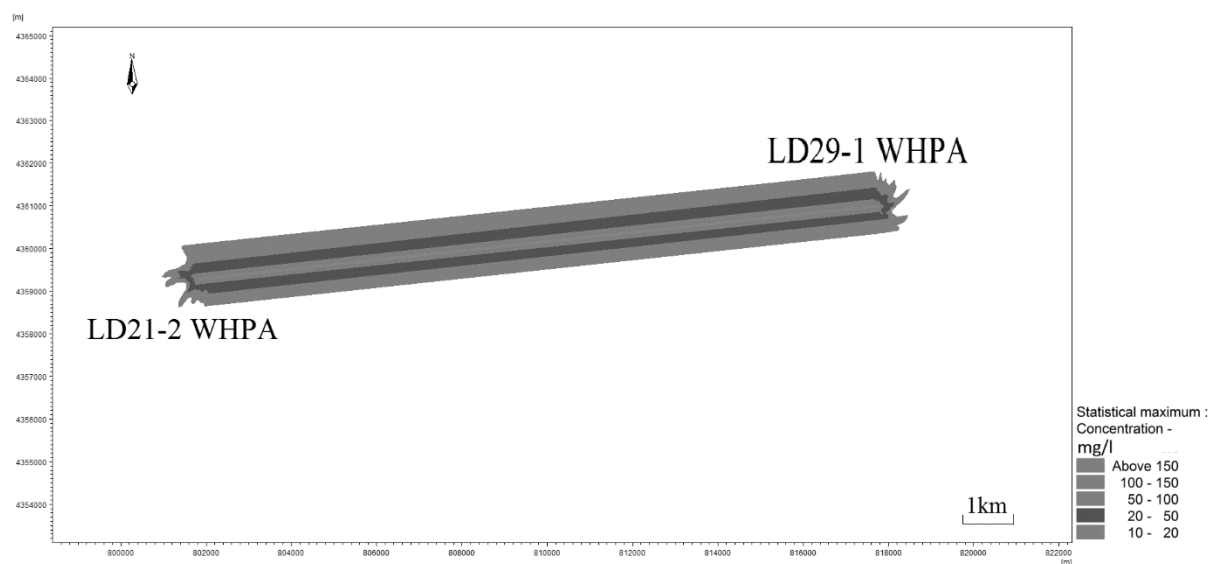


图 7.3-2b LD29-1WHPA→LD21-2 WHPA 混输管道悬浮泥沙扩散范围（底层）

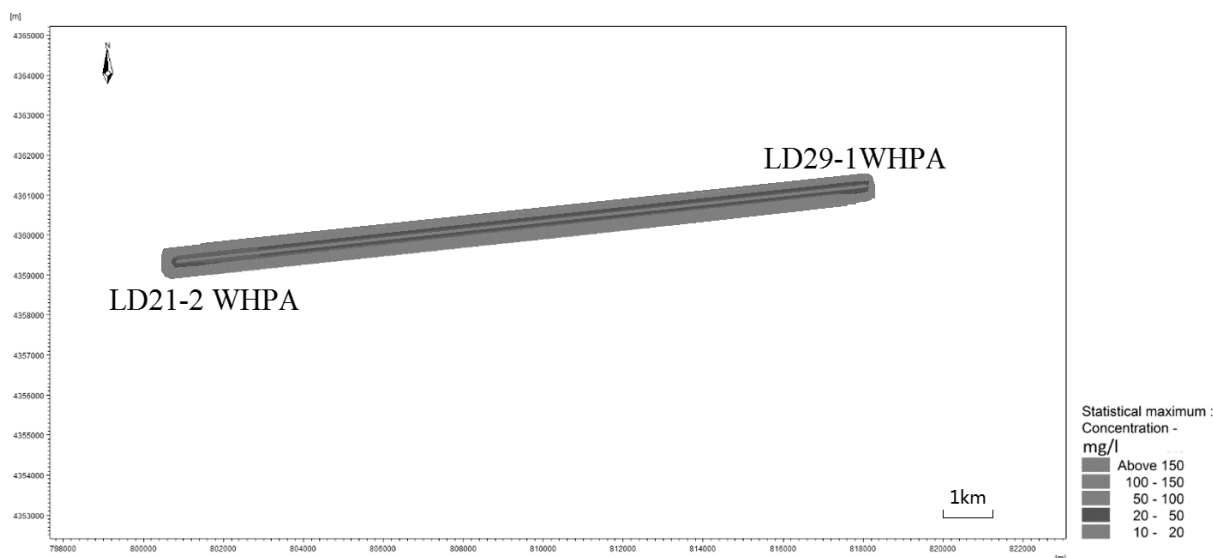


图 7.3-3a LD21-2 WHPA→LD29-1WHPA 海底电缆悬浮泥沙扩散范围（中层）

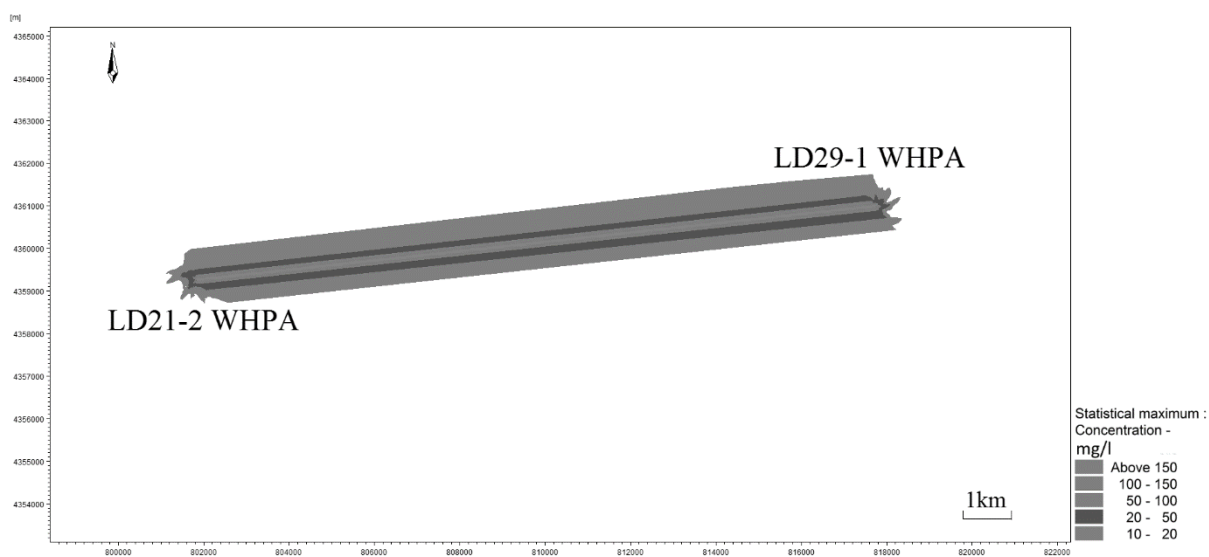


图 7.3-3b LD21-2 WHPA→LD29-1WHPA 海底电缆悬浮泥沙扩散范围（底层）

### 7.3.3 钻井期非油层段钻井液扩散预测

#### 7.3.3.1 非油层段钻井液预测源强及参数

根据工程施工方案，本项目非油层段钻井液排放位置为 LD29-1 WHPA 平台，非油层段钻井液在钻井过程中循环使用，最大排放速率出现在钻井完成后一次性排放过程中。本工程非油层段钻井液共排放 3 次，每次排放量约为  $210\text{m}^3$ ，控制其排放速率最大为  $35\text{m}^3/\text{h}$ ，排放时长 6h。钻井液密度取  $1.1\text{g}/\text{cm}^3$ ，经估算，非油层段钻井液排放源强为  $10.7\text{kg}/\text{s}$ ，表层排放。本工程非油层段钻井液排放量见表 7.3-4。

表 7.3-4 本工程非油层段钻井液排放情况

钻井液		一次性排放 (m <sup>3</sup> )	排放次数	排放源强 (kg/s)	排放时长 (h)
2020 年	4 口井 (A1/A2/A3/A6)	210.0	第一批次	10.7	6
2020-2021 年	2 口井 (A4/A5)	210.0	第二批次	10.7	6
2022 年	2 口井 (A7/A8)	210.0	第三批次	10.7	6
合计	8 口井	630.0	3 次	—	—

### 7.3.3.2 非油层段钻井液排放预测结果

2020~2022 年每批次非油层段钻井液排放时长均为 6h，本报告分别计算了 LD29-1 WHPA 平台在大潮、小潮期的涨潮中间时、高潮时、落潮中间时、低潮时四个典型时刻开始排放非油层段钻井液的浓度扩散范围，将各潮时超海水水质标准的扩散范围进行叠加，从而求得超海水水质标准的总包络范围，统计相应超标面积。

根据计算，非油层段钻井液对海洋环境的影响主要在表层，中层、底层无超标水域。2020~2022 年每批次非油层段钻井液浓度增量总包络线见图 7.3-4，总包络线结果见表 7.3-5，不同超标倍数的总包络面积见表 7.3-6。

由表可知，各年份非油层段钻井液排放表层超一（二）类海水水质标准的总包络线面积均为 0.41km<sup>2</sup>，超三类海水水质标准的总包络线面积为 0.02km<sup>2</sup>，超四类海水水质标准的总包络线面积为 0.003km<sup>2</sup>。超一（二）类海水水质标准的范围离排放点的最大距离为 0.53km，停止排放恢复到一类水质所需最大时间约为 5h。

表 7.3-5 各批次非油层段钻井液排放预测结果 (km<sup>2</sup>)

层级	超一（二）类	超三类	超四类	超一（二）类距平台最大距离 (km)
表层	0.41	0.02	0.003	0.53
中层	0	0	0	
底层	0	0	0	

表 7.3-6 各批次非油层段钻井液排放不同超标倍数总包络面积(km<sup>2</sup>)

层级	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi>9
表层	0.26	0.10	0.03	0.02
中层	0	0	0	0
底层	0	0	0	0

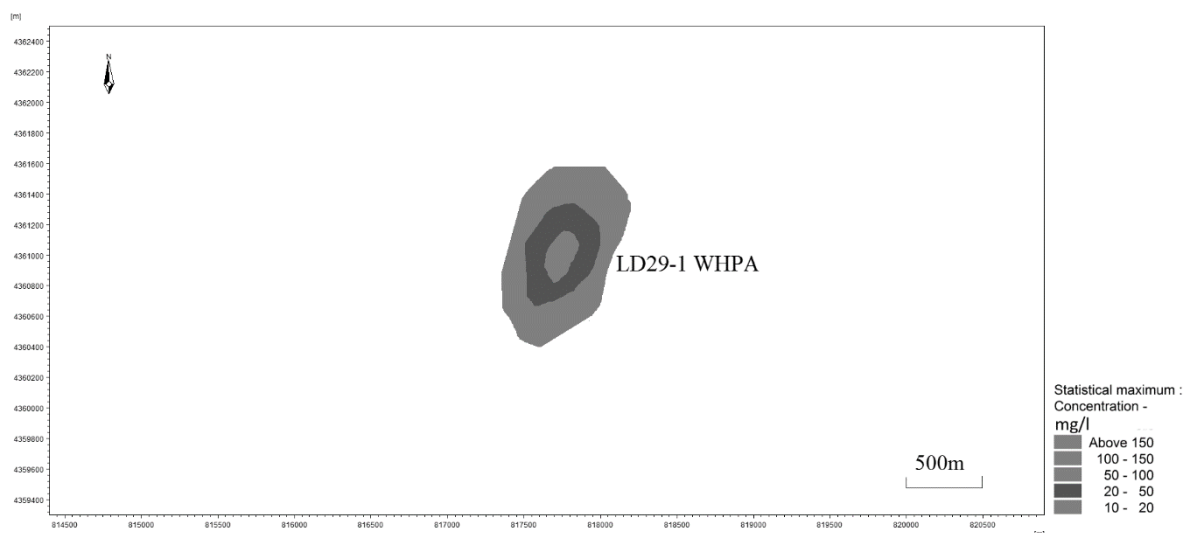


图 7.3-4 非油层段钻井液浓度扩散总包络范围（表层）

### 7.3.4 钻井期非油层段钻屑扩散预测

#### 7.3.4.1 非油层段钻屑预测源强及参数

根据施工方案，本项目非油层段钻屑排放位置为 LD29-1 WHPA 平台，各年份排放量见表 7.3-7。为计算最不利影响，本报告取非油层段钻屑排放速率最大约为 16.6m<sup>3</sup>/d 进行预测。钻屑密度按 2.6g/cm<sup>3</sup> 计，经估算，钻屑排放源强为 0.50kg/s，表层排放。

表 7.3-7 非油层段钻屑源强核算结果表

钻屑	井数（口）	油层段钻屑（m <sup>3</sup> ）	非油层段钻屑（m <sup>3</sup> ）	合计（m <sup>3</sup> ）	钻井时间（d）	非油层段钻屑排放速率（m <sup>3</sup> /d）
2020 年	4 口井 (A1/A2/A3/A6)	240.9	1541.2	1782.1	109	14.1
2020-2021 年	2 口井 (A4/A5)	70.2	452.9	523.1	41	11.0
2022 年	2 口井 (A7/A8)	58.4	665.8	724.2	40	16.6
合计	8 口井	369.5	2659.9	3029.4		—

表 7.3-8 钻井岩屑粒级配比

< 74μm	74~105μm	105~140μm	140~178μm	178~279μm	> 279μm
5%	20%	35%	25%	10%	5%

#### 7.3.4.2 非油层段钻屑排放的预测结果

由于各年份非油层段钻屑排放时间较长，海水中非油层段钻屑沉降已趋于平衡，各年份排放非油层段钻屑的影响范围基本一致，因此本报告按 LD29-1 WHPA 平台连续排

放 15d 非油层段钻屑、排放速率 16.6m<sup>3</sup>/d，计算 LD29-1 WHPA 平台非油层段钻屑排放的影响范围。

根据计算，非油层段钻屑对海洋环境的影响主要在表层，中层和底层无超海水水质标准水域。计算结果见表 7.3-9，不同超标倍数的包络面积见表 7.3-10，非油层段钻屑浓度增量包络见图 7.3-5。

由计算结果可知，非油层段钻屑表层超悬浮物一（二）类海水水质标准的包络面积为 0.011km<sup>2</sup>，无超三类、超四类海水水质标准海域。超悬浮物一（二）类海水水质标准的范围距平台最大距离为 0.11km，覆盖 2cm 厚度区域的面积为 0.01km<sup>2</sup>，停止排放后 2h 整个海域可恢复到一类水质。

表 7.3-9 各年份非油层段钻屑预测结果 (km<sup>2</sup>)

层级	超一（二）类	超三类	超四类	超一（二）类距平台最大距离 (km)	覆盖 2cm 厚度的面积 (km <sup>2</sup> )
表层	0.011	0	0	0.11	0.01
中层	0	0	0		
底层	0	0	0		

表 7.3-10 各年份非油层段钻屑不同超标倍数 Bi 总包络面积 (km<sup>2</sup>)

层级	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi>9
表层	0.008	0.003	0	0
中层	0	0	0	0
底层	0	0	0	0

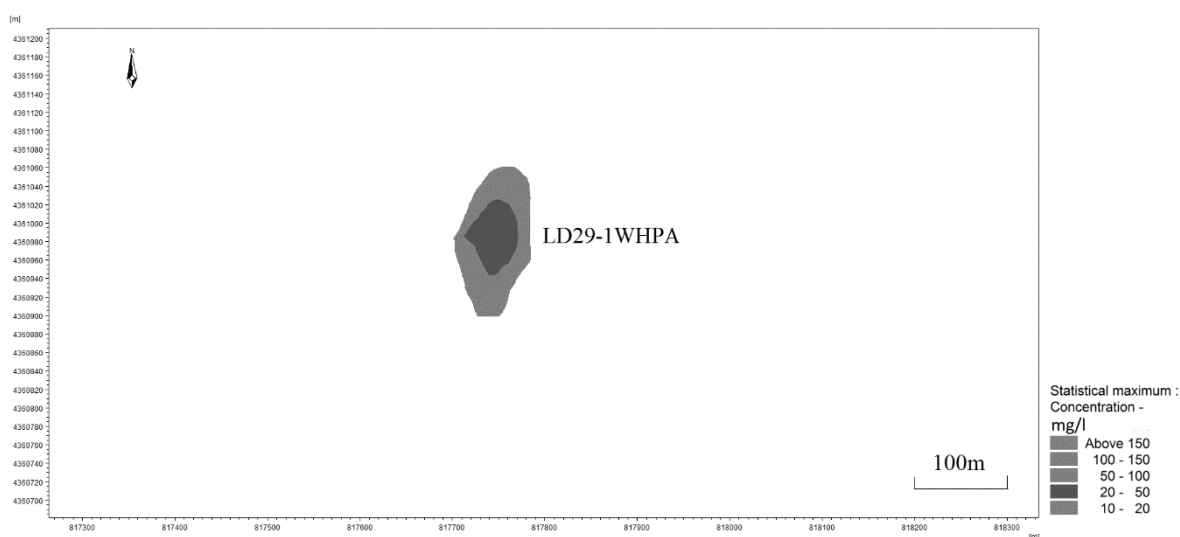


图 7.3-5 非油层段钻屑浓度增量包络线（表层）

### 7.3.6 运营期对海洋水质环境的影响

本工程投产后，旅大 29-1 油田的生产水最大产生量为 1020m<sup>3</sup>/d，LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施，生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理合格，达到《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T 5329-2012）标准（石油类≤30mg/L）。LD16-3CEPA 平台处理达标的生产水在本平台回注到地层，不外排；LD10-1PAPD 平台处理达标的生产水接入 LD10-1CEP 平台注水系统回注地层，为旅大 10-1 油田提供注水水源。

非正常工况下，可以调整油井运行频率，降低油井产出量，减少流程生产污水处理量，以保障油水处理效果，处理后的生产水全部回注地层，必要时停止生产，禁止生产水外排入海。

本工程新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，平台不设生活污水处理设施，运营期无生活污水排海。

因此，本工程运营期不会对海洋水质环境产生影响。

## 7.4 沉积物环境影响分析

### 7.4.1 平台建设对沉积环境的影响分析

由于平台均采用钢导管结构，因此施工期平台对沉积物环境的影响较小，但平台桩腿部分由于深插入海中，施工过程中因打桩沉积物环境全部改变。

钻井液与钻屑入海后，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。在海流作用下大部分钻屑沉积在作业平台 200m 以内，沉积面积不超过 0.01km<sup>2</sup>，将会使覆盖区域的沉积物类型有所变化，并可能使沉积物中有机质等污染物的含量有所升高。

### 7.4.2 海底管缆建设对沉积环境的影响分析

#### 7.4.2.1 建设期间海底管缆施工对沉积环境的影响分析

在管缆铺设期间，挖起来的沉积物被堆积在管/缆沟两侧，挖沟结束后，在海水运动作用下将逐渐回填于管/缆沟。因此，对底质的直接影响就是挖起和覆盖，改变了原有的沉积环境。



按照工程建设方案分析,本工程管缆施工过程中沉积物被挖起和覆盖,其中管/缆沟开挖的影响面积是  $0.056\text{km}^2$ ,覆盖的影响范围按两侧各 20m 计算,覆盖的影响面积是  $1.288\text{km}^2$ 。此范围内的底栖生物短期内受到破坏,并使沉积物类型发生一定的变化。

#### 7.4.2.2 生产期间海底管道防腐对沉积环境的影响分析

海底管道防腐对海洋环境的污染主要来自牺牲阳极金属中的锌泄漏。根据工程分析,平台导管架水下部分和管道采用铝基牺牲阳极防腐,平台及海管设计寿命均为 20 年。

LD29-1WHPA 平台牺牲阳极 100 块,海域中将有 100 个这样的点源,单个重量 468.3kg,锌含量按 3.4%计算,则单个阳极每年释放到环境中的锌不到 0.80kg。工程区域悬浮沙干密度按  $1445\text{kg}/\text{m}^3$ ,每个点源影响范围按半径 5m,影响深度 1.5m 计算,则单个阳极释放到周边 5m 范围内沉积物的含量为  $4.7\times 10^{-6}$ ,叠加沉积物现状调查的锌平均背景值 ( $19.4\times 10^{-6}$ ),则平台寿命期间平台周围沉积物中锌含量最大为  $24.1\times 10^{-6}$ ,小于海洋沉积物质量标准的第一类标准值  $150\times 10^{-6}$ ,因此平台导管防腐采用的牺牲阳极不会引起沉积物中的锌污染。

LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输管道使用 180 块阳极块进行保护,海域中将有 180 个这样的点源,单个重量 36.44kg,锌含量按 3.4%计算,则单个阳极每年释放到环境中的锌不到 0.06kg。工程区域悬浮沙干密度按  $1445\text{kg}/\text{m}^3$ ,每个点源影响范围按半径 5m,影响深度 1.5m 计算,则单个阳极释放到周边 5m 范围内沉积物的含量为  $0.4\times 10^{-6}$ ,叠加沉积物现状调查的锌平均背景值 ( $19.4\times 10^{-6}$ ),则海管寿命期间海管周围沉积物中锌含量最大为  $19.8\times 10^{-6}$ ,小于海洋沉积物质量标准的第一类标准值  $150\times 10^{-6}$ ,因此海底管道防腐采用的牺牲阳极不会引起沉积物中的锌污染。

## 7.5 海洋生态环境影响分析与评价

### 7.5.1 海洋生态环境的影响

#### 7.5.1.1 工程对浮游植物的影响

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

### 7.5.1.2 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。海底电缆铺设挖起的悬浮沙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。

### 7.5.1.3 工程对底栖生物资源的影响评价

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

堆积在管沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填于管沟。但挖沟所破坏的海底海床以及在沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物并影响沿电缆一带的海底生态环境。但随着施工结束以及时间的推移，电缆路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。

### 7.5.1.4 工程对海洋资源的影响

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。

此外，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。

## 7.5.2 海洋渔业资源损失估算

本工程对渔业资源的主要影响因素为：管道和电缆铺设、钻井液排放、钻屑排放的悬浮沙。

### 7.5.2.1 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/ $\text{km}^2$ ）、个平方千米（个/ $\text{km}^2$ ）、千克平方千米（ $\text{kg}/\text{km}^2$ ）；

$S_j$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区面积，单位为平方千米（ $\text{km}^2$ ）；

$K_{ij}$ ——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。

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 7.5-1 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
$B_i \geq 9$ 倍	50	20	50

### 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)，这里指底栖生物和潮间带生物资源受损量。

$D_i$ ——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<sup>2</sup>]、尾 (个) 每立方千米 [尾 (个) / km<sup>3</sup>] 或千克每平方千米 (kg/km<sup>2</sup>)。在此为底栖生物和潮间带生物生物量。

$S_i$ ——第  $i$  种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米 (km<sup>2</sup>) 或立方千米 (km<sup>3</sup>)。本报告中指铺设海底管道电缆开挖海底面积。

#### 7.5.2.2 生物量损失计算参数

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 7.5-2 所示。

表 7.5-2 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 <sup>2</sup> )	15.05	23.74	19.40
鱼卵 (粒/m <sup>3</sup> )	0.790	0.29	0.54
仔稚鱼 (尾/m <sup>3</sup> )	0.349	0.37	0.36
鱼类成体 (kg/km <sup>2</sup> )	29.659	125.49	77.57

种类	春季密度	秋季密度	计算取值（平均值）
头足类成体（kg/km <sup>2</sup> ）	3.218	12.41	7.81
甲壳类成体（kg/km <sup>2</sup> ）	78.57	196.46	137.52
幼鱼（尾/km <sup>2</sup> ）	443	3316	1880
头足类幼体（尾/km <sup>2</sup> ）	48	34	41
甲壳类幼体（尾/km <sup>2</sup> ）	3511	4011	3761

### 7.5.2.3 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是为平台占海及施工阶段悬浮物沉积。管缆铺设期间，挖起来的沉积物被堆积在管/缆沟两侧，在挖沟结束后，在海水运动作用下将逐渐回填于管/缆沟。因此，对底质的直接影响就是由于挖起和覆盖，改变了原有的沉积环境，破坏了底栖生物的栖息地。

平台甲板面积为 710.2m<sup>2</sup>，平台占海造成底栖生物损失按照平台甲板投影面积内底栖生物损失率 100%计算。

估算挖沟掘起的沉积物对沟两边的覆盖宽度大约各 20m（20m 处的覆盖厚度小于 2cm），调查海域底栖生物调查结果（平均值）19.40g/m<sup>2</sup>，计算海管（电缆）施工造成的底栖生物损失量，离管沟 10m 以内的底栖生物按 100%损失计算，10m~20m 间的底栖生物按 50%损失计算（下同）。钻屑沉降也会对底栖生物造成损失，覆盖 2cm 厚度范围内损失率按照 100%计算。具体各段计算见表 7.5-3。

表 7.5-3 本工程造成的底栖生物的损失量

影响环节		影响面积 (m <sup>2</sup> )	密度 (g/m <sup>2</sup> )	损失率 (%)	损失量 (t)	
平台占海		710.2	19.40	100	█	
LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输管道	管沟开挖	32200		100	█	
	离管沟 10m 内	322000		100	█	
	离管沟 10~20m	322000		50	█	
LD21-2WHPA 平台至 LD29-1WHPA 平台海底电缆	管沟开挖	24150		100	█	
	离管沟 10m 内	322000		100	█	
	离管沟 10~20m	322000		50	█	
钻屑	覆盖 2cm 厚度	30000		100	█	
合计					█	

### 7.5.2.4 施工阶段管缆铺设悬浮泥沙对渔业生物资源的影响评价

本次工程新铺设海底混输管道和海底电缆各一条，管道施工期间悬浮泥沙浓度增量

区域存在时间不超过 15 d，按一次性损失计算。计算时将底层、中层超标面积取平均，水深取中层、底层水深共 22 米（全部水深 32.2m），本工程悬浮泥沙扩散对渔业生物资源造成的损失估算见表 7.5-4~表 7.5-5。

**表 7.5-4a 悬浮沙扩散对渔业生物损失量的估算（海底混输管道）**

生物资源	资源密度	影响面积 (km <sup>2</sup> )		损失率	损失量 (ind.或 kg)
		Bi≤1	10.59		
鱼卵	0.54 粒/m <sup>3</sup>	1 < Bi ≤ 4	4.74	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	10%	
		Bi > 9	1.33	30%	
		Bi > 9	1.33	50%	
仔稚鱼	0.36 尾/m <sup>3</sup>	Bi ≤ 1	10.59	5%	
		1 < Bi ≤ 4	4.74	10%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	30%	
		Bi > 9	1.33	50%	
鱼类成体	77.57kg/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	10.59	1%	
		1 < Bi ≤ 4	4.74	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	10%	
		Bi > 9	1.33	20%	
头足类成体	7.81kg/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	10.59	1%	
		1 < Bi ≤ 4	4.74	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	10%	
		Bi > 9	1.33	20%	
甲壳类成体	137.52kg/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	10.59	1%	
		1 < Bi ≤ 4	4.74	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	10%	
		Bi > 9	1.33	20%	
幼鱼	1880 尾/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	10.59	5%	
		1 < Bi ≤ 4	4.74	10%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	30%	
		Bi > 9	1.33	50%	
头足类幼体	41 尾/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	10.59	5%	
		1 < Bi ≤ 4	4.74	10%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	30%	
		Bi > 9	1.33	50%	
甲壳类幼体	3761 尾/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	10.59	5%	
		1 < Bi ≤ 4	4.74	10%	
		4 < Bi ≤ 9	1.99	30%	
		Bi > 9	1.33	50%	

**表 7.5-4b 悬浮沙扩散对渔业生物损失量的估算（海底电缆）**

生物资源	资源密度	影响面积 (km <sup>2</sup> )		损失率	损失量 (ind.或 kg)
		Bi≤1	7.93		
鱼卵	0.54 粒/m <sup>3</sup>	1 < Bi ≤ 4	3.45	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.53	10%	
		Bi > 9	0.98	30%	
		Bi > 9	0.98	50%	
仔稚鱼	0.36 尾/m <sup>3</sup>	Bi ≤ 1	7.93	5%	
		1 < Bi ≤ 4	3.45	10%	

生物资源	资源密度	影响面积 (km <sup>2</sup> )		损失率	损失量 (ind.或 kg)
		4 < Bi ≤ 9	Bi > 9		
鱼类成体	77.57kg/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	7.93	1%	■
		1 < Bi ≤ 4	3.45	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.53	10%	
		Bi > 9	0.98	20%	
头足类成体	7.81kg/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	7.93	1%	■
		1 < Bi ≤ 4	3.45	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.53	10%	
		Bi > 9	0.98	20%	
甲壳类成体	137.52kg/km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	7.93	1%	■
		1 < Bi ≤ 4	3.45	5%	
		4 < Bi ≤ 9	1.53	10%	
		Bi > 9	0.98	20%	
幼鱼	1880 尾/ km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	7.93	5%	■
		1 < Bi ≤ 4	3.45	10%	
		4 < Bi ≤ 9	1.53	30%	
		Bi > 9	0.98	50%	
头足类幼体	41 尾/ km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	7.93	5%	■
		1 < Bi ≤ 4	3.45	10%	
		4 < Bi ≤ 9	1.53	30%	
		Bi > 9	0.98	50%	
甲壳类幼体	3761 尾/ km <sup>2</sup>	Bi ≤ 1	7.93	5%	■
		1 < Bi ≤ 4	3.45	10%	
		4 < Bi ≤ 9	1.53	30%	
		Bi > 9	0.98	50%	

表 7.5-5 悬浮沙扩散对渔业生物总损失量的估算

生物名称	管缆铺设搅起的悬浮沙
鱼卵 (粒)	■
仔稚鱼 (尾)	■
鱼类成体 (kg)	■
头足类 (kg)	■
甲壳类 (kg)	■
幼鱼 (尾)	■
头足幼体 (尾)	■
甲壳类幼体 (尾)	■

### 7.5.2.5 施工阶段非油层段钻井液对渔业生物资源的影响评价

根据工程分析,非油层段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性排放,根据工期计划,2020年~2022年共排放非油层段钻井液3批次,每批次排放时间间隔超过15d,则一次性排放共3次。根据预测结果非油层段钻井液对海水的影响

仅在表层，因此计算时取表层水深 11m（全部水深 32.2m），每个批次按一次性损失估算非油层段钻井液扩散对渔业生物资源造成的损失，共计 3 个批次，具体见表 7.5-6~表 7.5-7。

表 7.5-6 非油层段钻井液扩散造成渔业生物资源总损失量估算

生物资源	资源密度	影响面积 (km <sup>2</sup> )		损失率	排放次数	总损失量 (ind.或 kg)
		Bi≤1	0.26			
鱼卵	0.54 粒/m <sup>3</sup>	Bi≤1	0.26	5%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	10%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	30%		
		Bi > 9	0.02	50%		
仔稚鱼	0.36 尾/m <sup>3</sup>	Bi≤1	0.26	5%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	10%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	30%		
		Bi > 9	0.02	50%		
鱼类成体	77.57kg/km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.26	1%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	5%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	10%		
		Bi > 9	0.02	20%		
头足类成体	7.81kg/km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.26	1%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	5%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	10%		
		Bi > 9	0.02	20%		
甲壳类成体	137.52kg/km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.26	1%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	5%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	10%		
		Bi > 9	0.02	20%		
幼鱼	1880 尾/ km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.26	5%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	10%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	30%		
		Bi > 9	0.02	50%		
头足类幼体	41 尾/ km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.26	5%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	10%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	30%		
		Bi > 9	0.02	50%		
甲壳类幼体	3761 尾/ km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.26	5%	3	
		1 < Bi ≤ 4	0.1	10%		
		4 < Bi ≤ 9	0.03	30%		
		Bi > 9	0.02	50%		



表 7.5-7 非油层段钻井液排放对渔业生物总损失量的估算

生物名称	非油层段钻井液排放造成的损失量
鱼卵 (粒)	████████
仔稚鱼 (尾)	████████
鱼类成体 (kg)	████
头足类 (kg)	████
甲壳类 (kg)	████
幼鱼 (尾)	████
头足幼体 (尾)	██
甲壳类幼体 (尾)	████

7.5.2.6 施工阶段非油层段钻屑对渔业生物资源的影响评价

根据预测结果非油层段钻屑对海水的影响仅在表层，因此计算时取表层水深 11m (全部水深 32.2m)，2020~2022 年非油层段钻屑排放时长分别为 109d、41d、40d，按持续性损失计算，总持续周期为 14，估算非油层段钻屑扩散对渔业生物资源造成的损失，损失量见表 7.5-8~7.5-9。

表 7.5-8 非油层段钻屑扩散造成渔业生物资源损失量估算

生物资源	资源密度	影响面积 (km <sup>2</sup> )		损失率	持续周期	总损失量 (ind.或 kg)
		Bi≤1	0.008			
鱼卵	0.54 粒/m <sup>3</sup>	0.008	5%	14	████████	
		1 < Bi ≤ 4	0.003		10%	████████
		4 < Bi ≤ 9	0		30%	██
		Bi > 9	0		50%	██
仔稚鱼	0.36 尾/m <sup>3</sup>	0.008	5%	14	████████	
		1 < Bi ≤ 4	0.003		10%	████████
		4 < Bi ≤ 9	0		30%	██
		Bi > 9	0		50%	██
鱼类成体	77.57kg/km <sup>2</sup>	0.008	1%	14	████	
		1 < Bi ≤ 4	0.003		5%	████
		4 < Bi ≤ 9	0		10%	████
		Bi > 9	0		20%	████
头足类成体	7.81kg/km <sup>2</sup>	0.008	1%	14	████	
		1 < Bi ≤ 4	0.003		5%	████
		4 < Bi ≤ 9	0		10%	████
		Bi > 9	0		20%	████
甲壳类成体	137.52kg/km <sup>2</sup>	0.008	1%	14	████	
		1 < Bi ≤ 4	0.003		5%	████
		4 < Bi ≤ 9	0		10%	████
		Bi > 9	0		20%	████
幼鱼	1880 尾/ km <sup>2</sup>	0.008	5%	14	██	

生物资源	资源密度	影响面积 (km <sup>2</sup> )		损失率	持续周期	总损失量 (ind.或 kg)
		1<Bi≤4	0.003			
		4<Bi≤9	0	30%		■
		Bi>9	0	50%		■
头足类幼体	41 尾/ km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.008	5%	14	■
		1<Bi≤4	0.003	10%		■
		4<Bi≤9	0	30%		■
		Bi>9	0	50%		■
甲壳类幼体	3761 尾/ km <sup>2</sup>	Bi≤1	0.008	5%	14	■
		1<Bi≤4	0.003	10%		■
		4<Bi≤9	0	30%		■
		Bi>9	0	50%		■

表 7.5-9 非油层段钻屑排放对渔业生物总损失量的估算

生物名称	非油层段钻屑排放造成的损失量
鱼卵 (粒)	■
仔稚鱼 (尾)	■
鱼类成体 (kg)	■
头足类 (kg)	■
甲壳类 (kg)	■
幼鱼 (尾)	■
头足类幼体 (尾)	■
甲壳类幼体 (尾)	■

### 7.5.2.7 生物损失量小结

本项目建设造成的海洋生物资源损失量汇总见表 7.5-10。

表 7.5-10 海洋生态环境损失汇总

生物名称	平台占海	管道铺设	管缆铺设搅起的悬浮沙	钻井液	钻屑	合计
底栖生物 (t)	■	■			■	■
鱼卵 (粒)			■	■	■	■
仔稚鱼 (尾)			■	■	■	■
鱼类成体 (kg)			■	■	■	■
头足类成体 (kg)			■	■	■	■
甲壳类成体 (kg)			■	■	■	■
幼鱼 (尾)			■	■	■	■

生物名称	平台占海	管道铺设	管缆铺设搅起的悬浮沙	钻井液	钻屑	合计
头足类幼体(尾)	■	■	■	■	■	■
甲壳类幼体(尾)	■	■	■	■	■	■

本工程建设造成底栖生物损失量为 ■，鱼卵损失量为 ■、仔稚鱼 ■、鱼类成体 ■、头足类成体 ■、甲壳类成体 ■、幼鱼 ■、头足类幼体 ■、甲壳类幼体 ■。

## 7.6 主要环境敏感目标影响分析

根据本工程所处海域的位置、开发规模和特点以及可能产生的环境影响，筛选本次评价范围内的主要环境敏感目标包括国家级自然保护区、生态红线区、“三场一通道”等。

### 7.6.1 对辽宁大连斑海豹国家级自然保护区的影响分析

本工程距离辽宁大连斑海豹国家级自然保护区——缓冲区最近约 12.65km，距离工程较远，可认为本工程建设和运行对其无影响。

### 7.6.2 对生态红线的影响分析

本工程距离大连斑海豹保护生态红线区-禁止开发区最近约 12.65km，距离较远，可认为本工程建设和运行对其无影响。

### 7.6.3 对渔业“三场一通道”的影响分析

本工程位于小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵场内，毛虾的越冬场，中国对虾、鲢鱼和鳙的洄游通道上，银鲳和黄姑鱼的洄游通道边缘；小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵盛期为 9 月。

#### (1) 施工期

根据预测结果：海底混输管道及海底电缆施工、非油层段钻井液和非油层段钻屑排放时产生的悬浮沙超一（二）类海水水质标准的范围离管道最远距离分别约 0.70km、0.53km、0.11km 以内，对“三场一通道”会产生一定的影响，但施工结束后悬浮沙恢复到一类水质的时间约为 7h，悬浮沙造成的影响在施工结束后短时间内可以恢复，因此本

工程的建设对重要经济生物资源的“三场一通道”的影响是暂时且可恢复的。建议项目尽量缩短工期、合理选择施工期，以降低对“三场一通道”的影响。

由于本工程位于小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵场内，根据重要渔业资源索饵盛期的统计情况，管线挖沟作业及钻完井期间非油层段钻屑和钻井液的排放应避开小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵盛期 9 月，以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

## (2) 运营期

运营期含油生产水全部回注地层，不排海；平台为无人值守平台，不产生生活污水。因此，本项目运营期不会对渔业“三场一通道”产生影响。

### 7.6.6 对养殖区的影响分析

本工程距离养殖区最近为 47.52km，距离工程较远，可认为本工程建设和运行对其无影响。

## 7.7 对通航安全的影响分析

本章节内容引自《旅大 29-1 油田开发项目通航安全影响咨询报告》(大连海事大学，2019 年 8 月)。

### 7.7.1 对周边习惯航线的影响分析

本工程拟建平台附近习惯航线主要为老铁山到秦皇岛航线和老铁山至辽东湾航线。本工程拟建平台(LD29-1 WHPA)距离习惯航线中线(老铁山到秦皇岛，宽度约为 6 海里)最近距离约为 16 海里，与老铁山到仙人岛深水航道距离为 4.7 海里，相互之间影响较小。但有部分进出辽东湾的船舶会在本工程附近通航，本工程与这部分船舶相互影响较大，业主单位应配备足够的导助航设施，派守护船在平台附近巡航等安全保障措施应对这些船舶与平台之间的影响。

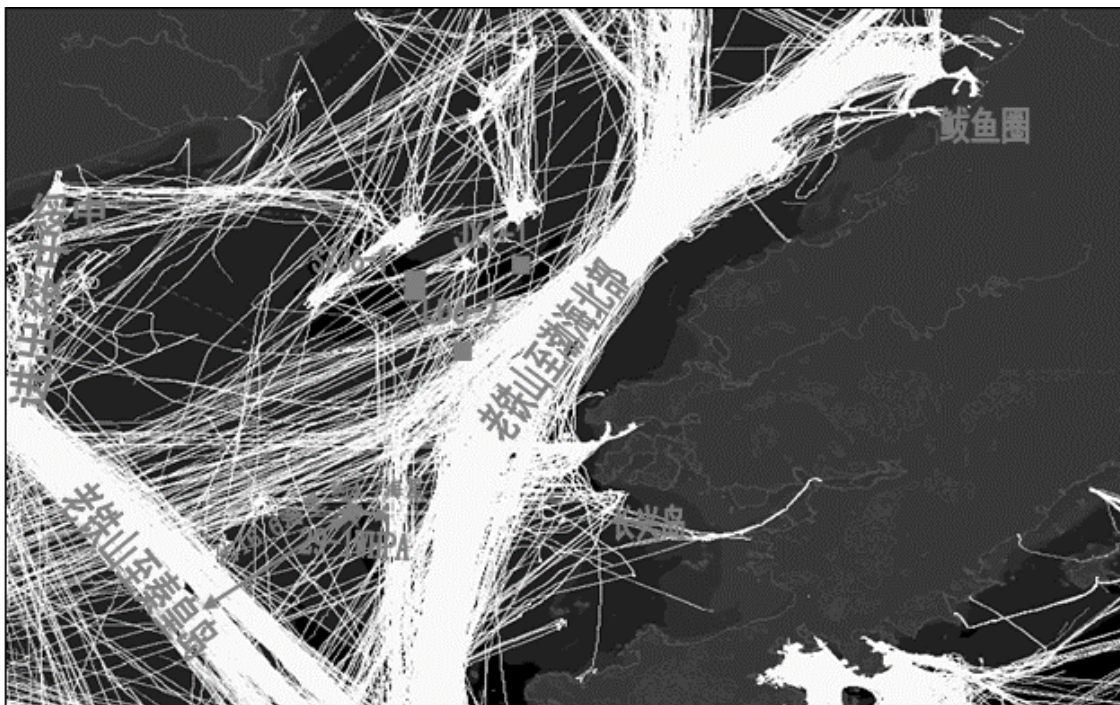


图 7.7-1 拟建平台与周边习惯航线位置关系示意图

此外，平台周边有部分渔船和未安装 AIS 的船舶航行，这部分船舶较少，船舶吨位较小，同样以渔船为主。为防止渔船等小型船舶对油田平台发生碰撞而相互受损、渔网挂在平台上造成事故、拖网或抛锚影响海底管道和电缆的安全，建议在海底管道和电缆两侧申请设置保护区，并派守护船在平台附近巡航，禁止在保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底管道和电缆安全的海上作业。当有渔船等其他船舶将对平台、海管或海缆产生威胁时，平台巡检人员可对其进行喊话，或用守护船对其进行驱赶，防止对拟建工程的安全产生影响。

### 7.7.2 对规划航路的影响分析

本工程拟建平台附近关系较为密切的规划航路与拟建平台的位置关系见图 7.7-2，拟建平台（LD29-1 WHPA）距离规划航路（老铁山至秦皇岛）最近距离约为 13.5 海里，距离老铁山至仙人岛深水航路 4.7 海里，平台的建设对附近规划航路的影响较小。

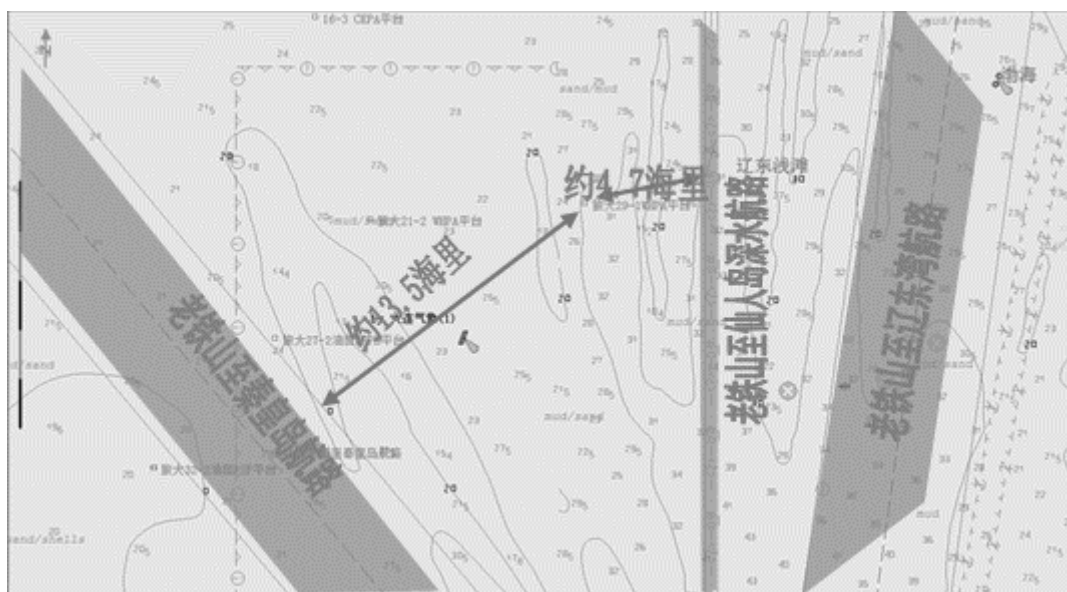


图 7.7-2 拟建平台与规划航路位置关系示意图

### 7.7.3 对港口设施的影响分析

本工程周边港口主要有秦皇岛和长兴岛港。现将这些港口到拟建平台以及周围平台的距离统计如下：拟建平台水域距秦皇岛港大于 50 海里，距长兴岛港大于 20 海里。本工程拟建平台水域距周边各港口、航道、锚地较远，相互之间没有影响。



图 7.7-3 拟建平台与周边港口位置关系示意图

#### 7.7.4 对监管系统、船舶通讯信号的影响分析

本工程所处位置未处在周边已建 VTS 系统覆盖区域内，不会对 VTS 系统的监控产生直接影响，即使将来周边其他港口建设 VTS，由于工程距周边港口较远，也不会对 VTS 系统的监控产生直接影响。

另外，本工程的井口平台所处的海区有一定的船舶流量，为了便于船用导航雷达及早发现平台的存在，增加平台助航标志的综合效能，在助航标志设置方面，必要时可考虑设置附加的助航标志，如雷达应答器、雷达信标等无线电航标。这些设备的技术和使用都以很成熟，不会对船舶通讯信号造成干扰，同时可大大增加航行船舶发现平台的距离，减少在能见度不良情况下发生碰撞事故的可能性，有效地提高助航标志的综合性能。

### 7.8 其它内容的环境影响分析与评价

#### 7.8.1 固体废弃物环境影响分析

本项目工程建设施工期、运行期产生一定固体废物，采取分类收集，全部运回陆地处理，对海洋环境无影响。

#### 7.8.2 声环境影响分析与评价

本油田远离陆地居民区，噪声主要对操作人员有一定影响。施工过程中工作船只和打桩噪声不会超过 60~100dB(A)；运营期各种机械设备会产生噪声，其中噪声较大的设备噪声级一般在 85dB (A) 左右。由于在海上工作远离居民点，其影响可以忽略。

#### 7.8.3 大气环境影响分析与评价

本项目在建设阶段和运营期会对大气环境产生一定影响。施工船舶产生的废气由于施工期较短，将随施工结束对大气的的影响消失。运营期主要是柴油应急发电机的废气会对工程周边的大气环境环境造成一定的影响。由于本项目位于开阔海域利于大气污染物的稀释扩散，且在工程设施周围的评价范围内没有大气环境敏感目标。因此，本项目排放气体不会对大气环境质量产生明显影响，不会对陆上居民区的环境空气质量造成影响。

## 8 环境风险分析与评价

### 8.1 环境风险评价等级判定

本次评价的工程内容主要包括 1 座 4 腿无人井口平台旅大 29-1 WHPA（共 6 个井槽），1 条 LD29-1 WHPA→LD21-2 WHPA 平台的海底混输管道（16.1km，6"/12"）、1 条 LD21-2 WHPA→至 LD29-1 WHPA 平台的海底电缆（16.1km）。

工程运营期涉及的主要危险物质是原油。本节根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），针对运营期涉及的危险物质进行风险潜势判断以确定评价等级。

本工程包含 1 条海底混输管道，根据混输管道长度、内径和密度计算本工程海底混输管道的最大输油量为 208t（具体计算过程见表 8.1-1）。

表 8.1-1 混输管道输油量

序号	混输管线名称	管线长度 (km)	管道内径 (mm)	容积 (m <sup>3</sup> )	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	输油量 (t)
1	混输管道	16.1	142.9	258.1	■	■	208

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。则运营期危险物质原油最大存储量与其临界量的比值：

$$Q_{\text{原油}}=q/Q=208/2500=0.083<1$$

综上，本项目运营期危险物质与其临界量的比值 Q 小于 1，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），当 Q<1 时，该项目的环境风险潜势为 I。风险潜势为 I，则评价工作等级为简单分析。

表 8.1-2 评价工作等级划分

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

<sup>a</sup>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。

根据风险潜势判断，本项目的风险评价等级为简单分析。但鉴于原油为重点关注的风险物质，且一旦溢油对海洋生态环境和项目周边环境敏感区影响影响较大，因此，本次环评选择管线原油泄漏作为最大可信事故进行溢油预测，并根据预测结果进行风险防



范措施可行性分析。

## 8.2 环境风险危害识别与事故频率估算

在海上油田开发过程中，由于涉及大量易燃、易爆石油和天然气产品，加上油田开发工艺、设备运行的复杂性，因而存在着发生油气泄漏、火灾和爆炸等重大事故的潜在风险，它们会严重危害环境以及人群生命和健康。因此，溢油风险分析与评价专题是本次环境影响评价的工作重点之一。

### 8.2.1 油气泄漏事故风险识别

#### 8.2.1.1 海上建设阶段的油气泄漏事故风险识别

##### (1) 井涌或井喷

在钻、完井作业中，由于钻井液比重失调、防喷措施不当及其他误操作活动导致地层压力欠平衡而引起循环液漏失等原因，可能导致发生井涌。若不及时控制或控制不当，可能引发井喷事故。伴随井喷可能释放大量的原油和大量烃类物质，如果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，可能对周围海域环境产生严重威胁。

发生井喷的主要原因是地层压力过高、且钻井泥浆比重失调以及防井喷措施不当。一旦发生井喷，将会有钻井泥浆、原油和天然气物质喷出，损害周围生态环境。

##### (2) 船舶碰撞

在钻完井阶段主要有拖轮、供应船，船舶与钻井平台和周围设施之间可能因设备故障、人员操作失误等原因发生碰撞，从而可能导致船舶储油设施发生泄漏。供应船的储油舱一般设置在中部侧舷，储油舱一般只有在发生碰撞情况下，才有可能损坏。而供应船通常系泊于钻井船附近，实际上是不太可能发生碰撞的。即使由于操作失误而发生碰撞，也是供应船的尾部与钻井船中上部碰撞，不会损坏储油舱。

##### (3) 输油软管破裂

钻完井阶段，在供应船进行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。

#### **(4) LD21-2WHPA、LD10-1PAPD、LD10-1CEP、LD16-3CEPA 平台改造存在的风险**

LD21-2WHPA 平台、LD10-1PAPD 平台、LD10-1CEP 平台和 LD16-3CEPA 平台改造过程中存在着动火作业，如离油气生产区较近，存在火灾爆炸风险。

#### **8.2.1.2 生产阶段的油气泄漏事故风险识别**

##### **(1) 井涌或井喷**

正常生产作业过程中，发生井涌或井喷的概率较小。在修井作业中，由于修井液比重失调、防喷措施不当及其他误操作等原因，可能导致发生井涌，若不及时控制或控制不当，可能引发井喷事故。伴随井喷释放的有油品和大量烃类物质，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。

##### **(2) 平台溢油事故**

生产阶段，井口平台上进行油气输送作业时，可能由于设备或人为误操作等原因引起油气泄漏，当泄漏物浓度聚集达到爆炸极限时遇到诸如静电起火、机械撞击起火或吸烟等明火便酿成火灾和爆炸，从而导致事故升级，可能造成油品泄漏入海。

##### **(3) 海管、立管溢油事故**

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

##### **(4) 船舶碰撞泄漏事故**

在生产阶段，LD29-1WHPA 平台值班船/供应船与周边油田共享；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。此外，在该海域航行的外来航船也有可能与平台设施发生碰撞。

##### **(5) 地质性溢油风险事故**

对于断裂系统十分复杂的油气田，不恰当注入会造成储层压力高压异常，若储层附近恰好存在着连通海床的自然地质断层，储层压力可能使储层流体沿附近的地质断层自储层段运移至海床而造成油气泄漏事故。此外，如油气田表层套管下深不足或固井质量差，在钻遇异常高压油气层时也可能产生地质性油气泄漏事故。本项目地质性溢油风险分析详见 8.5 节。

## 8.2.2 油气泄漏事故源项分析

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》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8.2-1。

表 8.2-1 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	$2.9 \times 10^{-6}$	$2.6 \times 10^{-6}$	次/（井·a）
注水井	-	$2.4 \times 10^{-6}$	次/（井·a）

根据工程方案，本项目拟建3口生产井，1口先期排液水源井，2口注水井，根据表8.2-1估算，生产井（包括3口生产井和1口先期排液水源井）发生井涌的概率为 $1.16 \times 10^{-5}$ 次/a，井喷的概率为 $1.04 \times 10^{-5}$ 次/a；注水井（2口）发生井喷的概率为 $4.8 \times 10^{-6}$ 次/a。LD29-1WHPA平台上生产井及注水井发生井喷的概率为 $1.52 \times 10^{-5}$ 次/a。

### （2）平台火灾

根据S.Fjeld和T.Andersen等人对北海油田事故的分析，海上生产设施各区的火灾事故发生频率：

油气传输区： $3 \times 10^{-4}$ 次/a

油气处理区： $4 \times 10^{-3}$ 次/a

储油区： $2 \times 10^{-3}$ 次/a

本工程新建平台LD29-1WHPA平台，不设油气处理设施，包括1个油气传输区，由此估算生产运营期间，火灾事故发生频率为 $3 \times 10^{-4}$ 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，泄漏溢油事故概率不高于 $3 \times 10^{-5}$ 次/a。

### （3）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 年出版的报告《PARLOC 2001: The update of Loss of containment Date for Offshore Pipeline》，该报告中统计了相关海域 1567 条海管，共 24837km，328858km·a。同时，挪威船级社 (Det Norske Veritas, DNV) 的《Riser/Pipeline Leak Frequencies, 2006》对 PARLOC2001 报告进行了修正。具体见表 8.2-2。

**表 8.2-2 不同管径的管道在不同位置的事故率统计**

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

本项目新建 1 条海底管道，为 LD29-1 WHPA→LD21-2 WHPA 平台的海底混输管道，长度为 16.1km、管径 6 英寸，输送介质为：油气水，该管道发生事故的最大概率为  $8.05 \times 10^{-3}$  次/a。

本项目新建的 1 条海底管道有两根钢材质立管，立管事故引发溢油的概率为  $1.82 \times 10^{-3}$  次/a。

综上所述，本项目取海管发生泄漏事故的概率为  $8.05 \times 10^{-3}$  次/a。

#### (4) 船舶碰撞泄漏事故

本项目与周边油田共用供应船、值班船等。此外，在该海域航行的外来航船也有可能与油田设施发生碰撞。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 8.2-3。

**表 8.2-3 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	$8.8 \times 10^{-5}$	0.17	26%	$3.9 \times 10^{-6}$
外来航船	$2.5 \times 10^{-5}$	0.17	26%	$1.1 \times 10^{-6}$

本工程中，发生船舶碰撞并造成产生重大损伤的概率为  $5.0 \times 10^{-6}$  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。

### 8.2.3 泄漏物质的理化性质

本工程溢油事故泄漏的物质包括原油和燃料油，原油的理化性质见表 8.2-4，燃料油的理化性质见表 8.2-5。

**表 8.2-4 原油理化性质及危险特性表**

类别	内容			
标识	中文名称	原油	英文名称	Petroleum; Crude oil
理化特性	外观与气味	原油是一种从地下深处开采的黄色、褐色乃至黑色的可燃性黏稠液体。胶质、沥青质含量越高，颜色越深。		
	溶解性	不溶于水，溶于苯、乙醚、三氯甲烷、四氯化碳等有机溶剂。		
	性质特点	性质因产地而异。		
	熔点 (°C)	-30~30	沸点 (°C)	-1~565
	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	■		
	爆炸极限 (%)	0.7~5	辛醇/水分配系数	2~6
	主要用途	主要用于生产汽油、航空煤油、柴油等发动机燃料以及液化气、石油脑、润滑油、石蜡、沥青、石油焦等，通过其馏分的高温热解，还用于生产乙烯、丙烯、丁烯等基本有机化工原料。		
危害信息	危险性类别	第 3 类易燃液体		
	燃烧与爆炸危险性	易燃。其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸。流速过快，容易产生和积聚静电。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃和爆炸（闪爆）。		
	活性反应	与硝酸、浓硫酸、高锰酸钾、重铬酸盐等强氧化剂接触会剧烈反应，甚至发生燃烧爆炸。		
	禁忌物	强氧化剂。		
	毒性	未见原油引起慢性中毒的报道。原油在分馏、裂解和深加工过程中的产品和中间产品表现出不同的毒性。长期接触可引起皮肤损害。		
	侵入途径	吸入，食入。		

**表 8.2-5 燃料油理化性质及危险特性表**

类别	内容				
标识	中文名称	A 燃料油	英文名称	A Fuel oil; Heavy oil A	
理化特性	外观与气味	黄色液体			
	溶解性	不溶于水		倾点 (°C)	≤-10
	冷滤点 (°C)	冬季	-13~-7	密度 (g/cm <sup>3</sup> ) (15°C)	0.833
		夏季	-3~3		
	馏程 (°C)	90%	≤350	闪点 (°C)	70~130
		95%	≥320	运动粘度 mm <sup>2</sup> /s (50°C)	2~4
	主要用途	主要用作船用柴油发动机燃料。			
危害信息	燃烧与爆炸危险性	可燃。其蒸气与空气混合能形成爆炸性混合物，遇明火、高热易燃烧或爆炸。燃烧产生有毒的一氧化碳气体。在高温火场中，受热的容器或储罐有破裂和爆炸的危险。			
	活性反应	与强氧化剂反应。			
	禁忌物	强氧化剂。			
	侵入途径	吸入，食入。			

## 8.2.4 溢油事故溢油量估计

### (1) 建设阶段溢油量

建设阶段溢油事故的主要泄放物质包括井流（原油、天然气、岩屑和钻井液）和燃料油。如前所述，发生井喷事故时，井流的喷放量很大，难以估计。以下只能给出燃料油的最大可能溢油量。取平台组块安装阶段施工船的最大储油量、钻井供应船的最大储油量以及燃料油输油软管过油量作为建设阶段的可能溢油量见表 8.2-6。

表 8.2-6 建设阶段可能溢油量

事故类型	排放物	溢油量	规模
井喷	井流	难以估算	不定
施工船舶（运输船）	燃料油	561.83m <sup>3</sup>	重大
输油软管破裂或误操作	燃料油	50m <sup>3</sup> 以下	一般

### (2) 生产阶段溢油量

根据海底管道事故统计分析结果，发生管道腐蚀穿孔、小孔泄漏的事故概率最高，发生管道断裂事故的概率相对较小；一旦管道发生泄漏事故，自动控制系统将在 30s 内启动应急关断系统，应急关断启动后，管道内压力逐渐下降，当管道内压力下降至与管道外环境压力相同时，原油将不再溢出管道。

生产阶段溢油事故的主要排放物质是原油。本项目新建 1 条 LD29-1 WHPA→LD21-2 WHPA 平台的海底混输管道，长度为 16.1km、管道内径 6 英寸，海底管道的容积约为 258.1m<sup>3</sup>。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：

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

式中：

$V_{rel}$  为原油泄漏量，bbl（1 桶=0.14 t）；

$V_{pipe}$  为管段体积，ft<sup>3</sup>（1ft<sup>3</sup>=0.0283m<sup>3</sup>）；

$f_{rel}$  为最大泄漏率，取 0.3；

$f_{GOR}$  为压力衰减系数，取 0.3；

$V_{pre-sH_{ut}}$  为截断阀关闭前泄漏量,  $bb1$ 。

本工程关闭后至压力平衡前的原油泄漏量约 20.46t。

截断阀关闭前泄漏量 ( $V_{pre-sH_{ut}}$ ) 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:  $Q_L$ ——液体泄漏速度, kg/s;

$C_d$ ——液体泄漏系数, 此值常用 0.6~0.64, 本次取值 0.63;

$A$ ——裂口面积,  $m^2$ ; 全管径泄漏则裂口面积为  $0.016 m^2$ ;

$\rho$ ——泄漏液体密度,  $kg/m^3$ ; 取本油田原油密度 [REDACTED];

$P$ ——容器内介质压力, Pa; 管道内物流设计压力为 [REDACTED];

$P_0$ ——环境压力, Pa;

$g$ ——重力加速度,  $9.81m/s^2$ ;

$h$ ——裂口之上液位高度, m; 取 0m。

假定旅大 29-1 油田 WHPA 平台附近海管发生溢油, 该处水深约 32.2m, 管道内物流设计压力 [REDACTED], 液体泄漏系数取 0.63, 在考虑全管径断裂的前提下, 根据公式计算出泄漏速度为 1040kg/s, 应急关断时间 30s, 则泄漏量为 31.20t。

综上, 关闭阀门前的泄漏量为 31.20t, 阀门关闭后至压力平衡前的泄漏量为 20.46t, 估算管道油水混合物总泄漏量约为 51.66t,  $61m^3$ 。油水混合物的含水率为 [REDACTED]。

表 8.2-7 泄漏量源强

项目	假定事故发生后至 关停时间 (s)	截断之前泄漏量 $Q_1$ (t)	关停后泄漏量 $Q_2$ (t)	管道总泄漏量 $Q_1+Q_2$ (t)
采出液	30	31.20	20.46	51.66

生产阶段具体可能溢油量见表 8.2-8。

表 8.2-8 生产阶段可能溢油量

事故类型	排放物	溢油量	规模
井喷	井流	难以估计	不定
火灾、爆炸	原油	难以估计	不定
地质性溢油	原油	难以估计	不定
海底管道破裂	油水混合物	51.66t ( $61 m^3$ )	一般
供应船破舱	燃料油	$100 m^3$	一般

### 8.2.5 环境风险与最大可信事故

根据各类事故发生概率和可能发生的溢油规模，可将油田开发工程溢油事故的相对环境风险进行归纳，参见表 8.2-9。由以上的分析/论述可知，本工程主要溢油事故来自井喷、火灾爆炸、海管/立管泄漏、地质因素、船舶碰撞等。不同的溢油事故带来的环境风险程度不同。事故风险高低通常用风险值大小来表征，风险值定义为风险概率与事故后果或危害程度的乘积。进行环境风险分析的目的是确定那些环境风险程度较高的溢油事故，从而采取相应的防范措施。

表 8.2-9 各类溢油事故环境风险判别

事故类型	规模	事故概率	环境风险值
井喷	不定	中	高
火灾、爆炸	不定	中	高
海管/立管泄漏	一般	中	高
船舶碰撞导致供应船油舱破裂	重大	很低	很低

以下就油田溢油事故中环境风险相对高的井喷、海管/立管破裂和平台火灾爆炸的环境风险进行事故树分析，以确定各种事故不同情况下的环境风险级别。按照对环境的影响程度，环境风险级别依次分为 A、B、C、D 四级。A 级表示对环境影响严重，其次为 B 和 C，D 级表示对环境无影响。

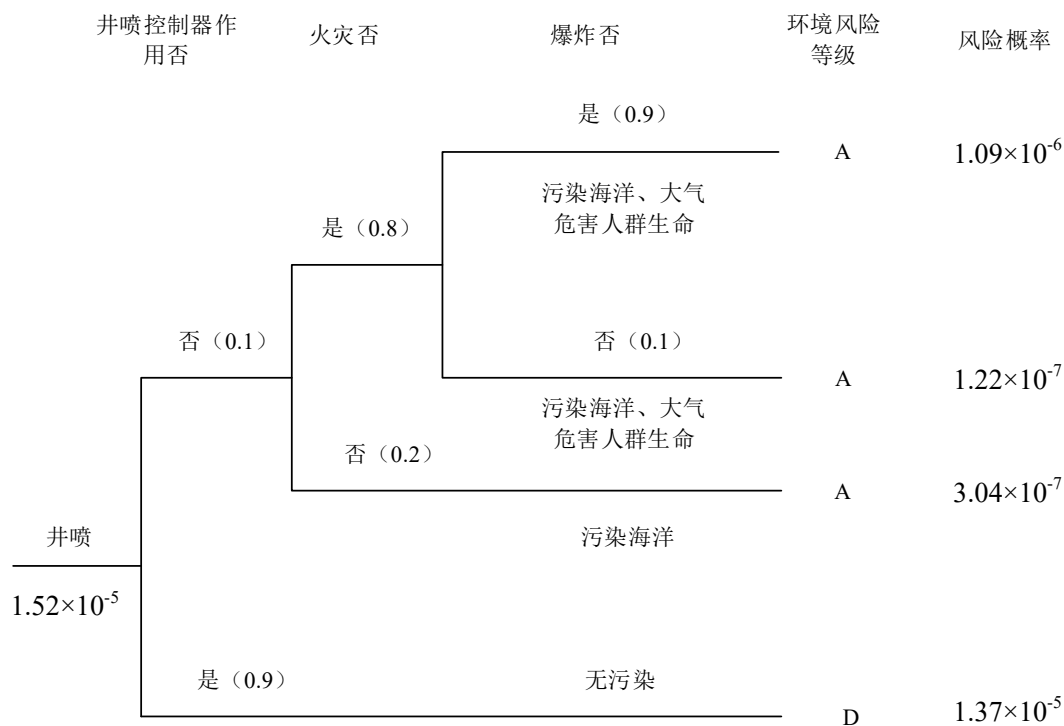


图 8.2-1 井喷事故环境风险事故树



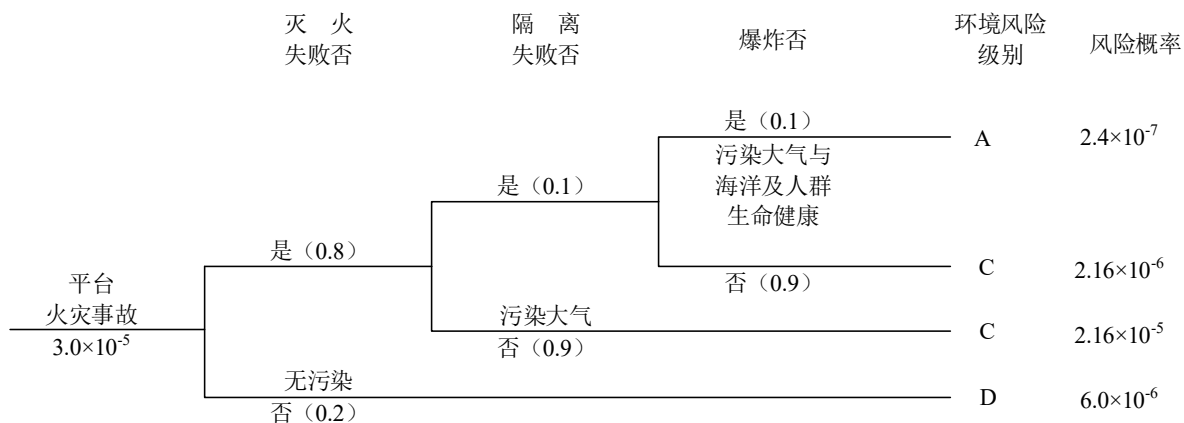


图 8.2-2 平台火灾事故环境风险事故树

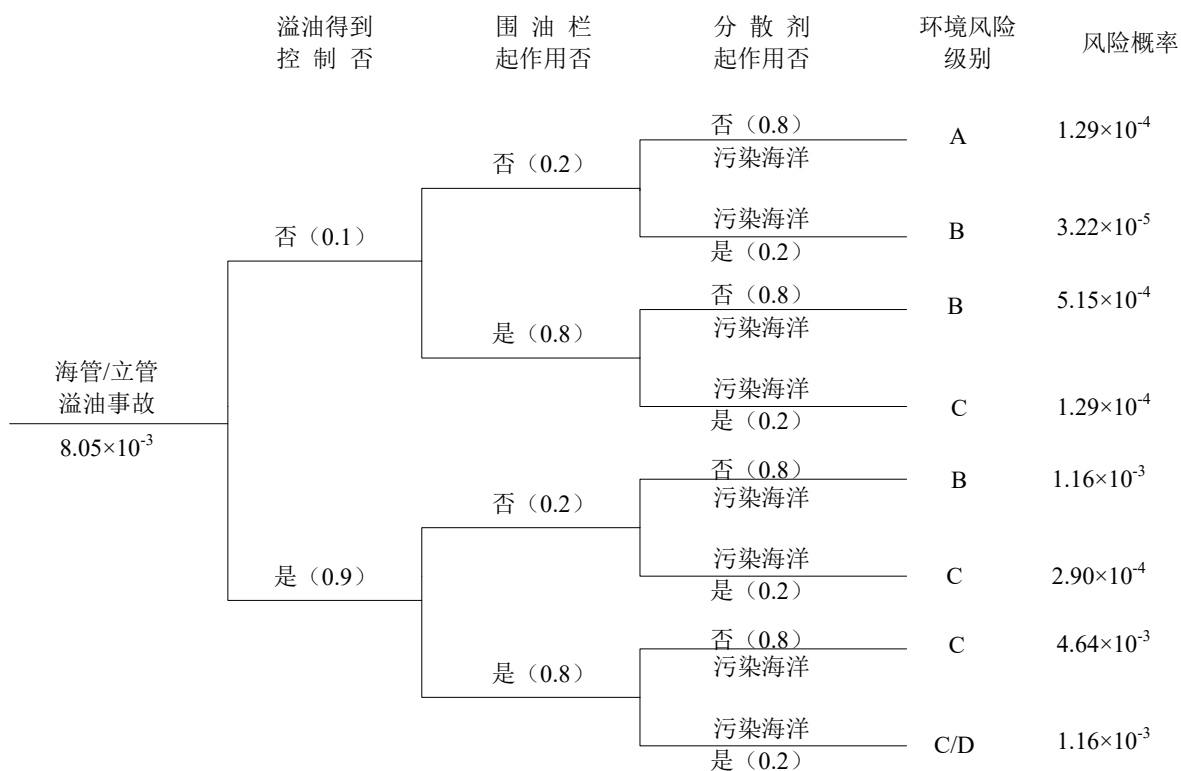


图 8.2-3 海管/立管事故环境风险事故树

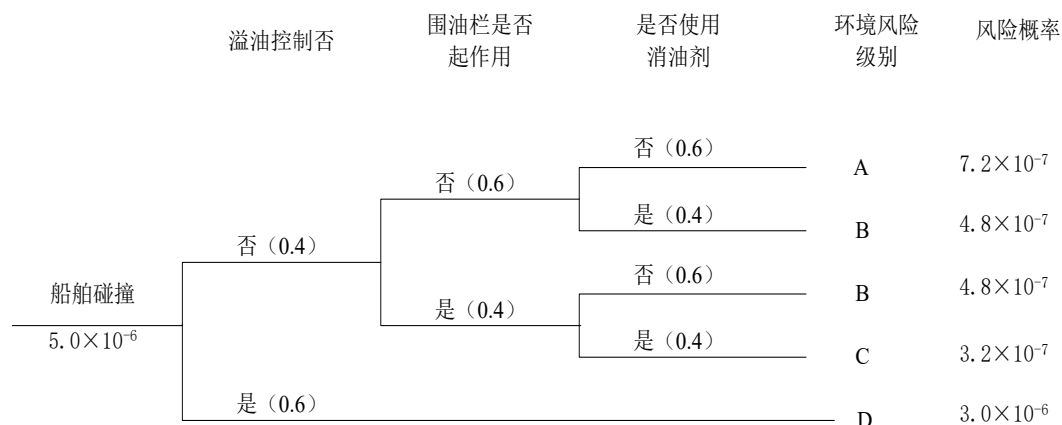


图 8.2-4 船舶碰撞溢油环境风险树

井喷事故环境风险事故树（图 8.2-1）给出，本油田开发工程发生井喷火灾-爆炸/未爆炸事故的频率分别为  $1.09 \times 10^{-6}$  次/a 和  $1.22 \times 10^{-7}$  次/a。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。

从平台火灾事故风险事故树（图 8.2-2）可以看出，只要平台火灾事故得到有效隔离，就不会引起爆炸事故，并可环境风险降至 C 级以下。只有在灭火和隔离均失败情况下才会出现 A 级环境风险，其风险概率为  $2.4 \times 10^{-7}$  次/a。

海管/立管泄漏介质主要为原油。由于其泄漏源一般在水下，因而一般情况下不会出现火灾和爆炸事故。泄漏到海面上的原油通常不会被引燃，多数情况下围油栏能够起到围油作用。只有当围油栏或溢油分散剂不起作用时，才会出现 B 级环境风险。如果泄漏得不到控制，且围油栏和溢油分散剂均不起作用时，则会出现 A 级环境风险，本项目海管/立管泄漏 A 级环境风险概率为  $1.29 \times 10^{-4}$  次/a（图 8.2-3）。

从船舶碰撞事故风险事故树（图 8.2-4）可以看出，如果泄漏得不到控制，且围油栏和溢油分散剂均不起作用时，则会出现 A 级环境风险，出现 A 级环境风险，其风险概率为  $7.2 \times 10^{-7}$  次/a。

综合事故风险概率与事故后果确定最大可信事故。本工程最大可信事故确定为生产阶段海管/立管破裂溢油，其发生概率在  $10^{-3}$ （次/a）量级。因此，确定溢油影响预测的溢油量为油水混合物 51.66t。

## 8.3 溢油漂移预测

### 8.3.1 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  $\xi$ ,  $K_H$  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  $K$ 、 $\omega$ 、 $H$ 、 $d$ 、 $z$  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：

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

其中,  $V_0$ 、 $t$ 、 $H_s$ 、 $L$  分别为溢油初始体积、时间、有效波高和波长。 $C_2$  为常数, 取作  $-2.53 \times 10^{-3} / V_{00.62}$ 。

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:

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

对  $d_i < d_e$ , 由 Stokes 定律:

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

对  $d_i > d_e$

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

式中  $g$ 、 $d_i$ 、 $\nu$ 、 $\rho_o$ 、 $\rho_w$  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:

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

式中  $A'=6.3$ ,  $B'=10.3$ ,  $T$  为油温,  $T_G$  为油的沸点曲线梯度,  $T_0$  为油的初始沸点温

度,  $\theta'$  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  $4.5 \times 10^{-6}$ ,  $K_B$  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  $\rho_o$ , 水密度为  $\rho_w$ , 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,  $\nu_o$  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:

$$\zeta = \sum_i f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_o + u)_i - \theta_i] + H_0 \quad (21)$$

其中,  $H_i$  为分潮振幅,  $\theta_i$  为分潮迟角,  $H_0$  为平均海面高度, 与风海流及密度流有关。

### 8.3.2 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, 对溢油事故发生概率的大小及溢油类型发生的危害程度分析, 选取最大可信事故海底管道溢油进行预测。

#### (2) 溢油位置的选择

考虑到海管近平台侧风险事故发生概率比海管中间安全区高, 因此选择海管近起输平台 LD29-1WHPA 处作为溢油预测点。预测点坐标为: [REDACTED]。

#### (3) 源强

根据油气泄漏风险事故分析, 对溢油事故发生概率的大小及溢油类型发生的危害程度分析, 本报告选取最大可信事故海底管道溢油进行预测。

本工程最大可信事故确定为生产阶段海管/立管破裂溢油, 其发生概率在  $10^{-3}$  次/a 量级; 按全管径断裂考虑, 则 LD29-1WHPA 至 LD21-2 WHPA 平台混输管道油水混合物泄漏量约  $61\text{m}^3$  (具体计算过程详见 8.2.4 节), 溢油持续时间为 2h。

#### (4) 常风与大风风速取值

本次溢油数值模拟主要针对平均风速与极端风速下溢油漂移情况进行模拟, 溢油数值模拟预测选取的风向及多年平均风速、最大风速取值来源于《旅大 29-1 油田开发项目工程地质勘查、工程物探调查及海洋环境基本参数调查报告》中数据, 见表 8.3-1。

表 8.3-1 溢油数值模拟扩散选取风参数

风向	NNE	ENE	E	SE	S	SW	W	NNW
最大风速(m/s)	20.68	8.94	9.15	7.88	10.47	12.9	10.85	16.98
平均风速(m/s)	9.13	3.95	3.7	4.05	5.54	6.22	5.55	6.04

### 8.3.3 污染物迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布

从图 8.3-1~图 8.3-4 可以看出: 假设情景下溢油事故发生后, 油膜在风和潮流往复涨落的共同作用下呈现出蛇形运动, 当风向与潮流方向一致时, 油膜中心运动速度较大, 可以看到油膜中心点间距较大, 而当风向与潮流方向相反时, 油膜运动方向甚至会与潮流方向相反, 在图中可以看到油膜中心点分布比较密集甚至发生重叠。在近海区域, 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。

根据预测结果（详见表 8.3-2、表 8.3-4、表 8.3-6 和表 8.3-8），在最不利条件为涨潮极风 NNE 的情景下，最大漂移距离为 186.6km，最大扫海面积为 1080.3km<sup>2</sup>，溢油扩散中的最大面积为 14.1km<sup>2</sup>；抵岸的最不利条件为落潮极风 NNW，抵岸最短时间 49.5h，残余油量为 53.7%。

表 8.3-2 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 (km<sup>2</sup>) (涨潮)

风向	风速	72h 漂移距离 (km)	72h 扫海面积 (km <sup>2</sup> )	溢油扩散中最大面积 (km <sup>2</sup> )	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	9.13	130.1	885.6	13.0	-	-	-	-	54.6
ENE	3.95	115.6	595.2	11.9	-	-	-	-	60.1
E	3.7	108.5	509.6	12.0	-	-	-	-	60.6
SE	4.05	103.5	408.9	11.6	-	-	-	-	60.1
S	5.54	108.2	389.9	11.1	67 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区)	58.6	-	-	58.0
SW	6.22	125.2	676.0	11.1	21.5 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区) 68.5 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护核心区)	67.4 57.6	-	-	57.2
W	5.55	128.1	665.2	11.3	22 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区) 66.5 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护核心区)	68.1 58.5	-	-	57.9
NNW	6.04	120.2	527.8	12.3	-	-	-	-	57.4

注：“-”表示未抵达。



表 8.3-3 不同风向、均风条件下溢油发生后 0.5h、6h、12h、18h、24h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km<sup>2</sup>) (涨潮)

风向	风速	溢油后 0.5h			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 <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)
NNE	9.13	0.8	0.1	/	8.6	32.6	76.2	19.4	70.4	70.1	32.0	151.2	66.6	43.0	191.3	64.1
ENE	3.95	0.6	0.2	/	8.1	28.3	81.2	16.1	47.6	75.4	27.7	112.3	72.0	36.8	152.5	69.5
E	3.7	0.6	0.1	/	8.1	27.5	81.7	15.7	45.5	75.9	27.0	104.8	72.5	35.9	147.0	70.0
SE	4.05	0.5	0.1	/	8.0	24.5	81.2	15.1	45.2	75.4	25.8	85.6	72.0	34.8	129.8	69.5
S	5.54	0.4	0.1	/	7.5	18.4	79.3	15.1	46.8	73.4	25.0	65.8	69.9	35.0	116.2	67.4
SW	6.22	0.4	0.1	/	6.9	14.8	78.6	16.0	52.5	72.6	25.6	82.5	69.1	37.1	144.2	66.6
W	5.55	0.5	0.2	/	6.5	14.9	79.2	16.8	60.5	73.3	27.1	91.0	69.8	38.9	150.0	67.3
NNW	6.04	0.7	0.2	/	6.7	16.8	78.8	17.9	61.8	72.8	29.1	113.0	69.3	42.9	150.0	66.9

“/”注：因溢油持续时间为 2h，0.5h 内油未完全溢出，无法计算残油量。

表 8.3-4 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 (km<sup>2</sup>) (涨潮)

风向	风速	72h 漂移距离 (km)	72h 扫海面积(km <sup>2</sup> )	溢油扩散中最大面积 (km <sup>2</sup> )	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	20.68	186.6	1080.3	14.1	-	-	-	-	49.1
ENE	8.94	117.8	827.4	12.9	-	-	-	-	54.8
E	9.15	107.3	755.1	12.0	-	-	-	-	54.6
SE	7.88	105.8	648.2	11.1	-	-	-	-	55.6
S	10.47	117.9	604.2	10.3	44 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区)	58.0	-	-	53.7
SW	12.9	157.2	922.9	10.6	12.5 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区) 33.5 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护区核心区) 68 (大连斑海豹保护生态红线区限制开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区实验区)	67.5 58.9 52.7	-	-	52.3
W	10.85	136.5	874.3	11.6	12 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区) 34 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护区核心区) 52 (猪岛、虎平岛生态红线区) 64 (大连斑海豹保护生态红线区限制开发区) 64.5 (东、西蚂蚁岛生态红线区)	69.0 59.9 56.3 54.5 54.4	67	54.1	53.4
NNW	16.69	159.7	945.0	13.0	41 (长岛自然保护区限制区) 48.5 (长岛北四岛禁止区) 49.5 (山东长岛国家级自然保护区) 71 (大竹山岛禁止区)	55.3 53.8 53.6 33.4	50.5	53.6	31.0

注：“-”表示未抵达。

表 8.3-5 不同风向、极风条件下溢油发生后 0.5h、6h、12h、18h、24h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km<sup>2</sup>) (涨潮)

风向	风速	溢油后 0.5h			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 <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)	漂移距离(km)	扫海面积(km <sup>2</sup> )	残存油量(%)
NNE	20.68	1.1	0.2	/	13.7	54.3	70.9	31.0	131.4	64.7	47.1	248.2	61.2	60.6	346.1	58.6
ENE	8.94	0.7	0.1	/	9.9	39.6	76.3	18.4	76.2	70.3	31.4	161.8	66.8	39.9	208.8	64.3
E	9.15	0.6	0.1	/	10.2	39.5	76.2	17.9	75.3	70.1	30.4	150.7	66.6	38.8	205.1	64.1
SE	7.88	0.4	0.1	/	9.2	29.6	77.1	16.0	55.1	71.1	27.2	108.5	67.5	36.2	163.7	65.0
S	10.47	0.3	0.1	/	8.6	18.8	75.4	16.4	46.9	69.3	26.9	76.6	65.7	37.9	134.3	63.2
SW	12.9	0.4	0.1	/	8.7	22.4	74.0	19.7	70.1	67.9	31.9	122.5	64.3	46.3	204.0	61.8
W	10.85	0.6	0.1	/	7.8	23.7	75.1	20.4	82.6	69.0	31.9	141.9	66.5	46.2	231.5	63.0
NNW	16.98	0.9	0.1	/	9.2	21.3	72.2	27.1	108.1	66.0	35.2	147.6	62.5	50.5	230.6	60.0

“/”注：因溢油持续时间为 2h，0.5h 内油未完全溢出，无法计算残油量。

表 8.3-6 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 (km<sup>2</sup>) (落潮)

风向	风速	72h 漂移距离 (km)	72h 扫海面积 (km <sup>2</sup> )	溢油扩散中最大面积 (km <sup>2</sup> )	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	9.13	129.1	722.1	10.3	-	-	-	-	54.6
ENE	3.95	120.9	575.8	11.4	-	-	-	-	60.3
E	3.7	113.0	511.0	11.6	-	-	-	-	60.6
SE	4.05	104.3	395.1	12.3	-	-	-	-	60.1
S	5.54	104.6	338.1	12.3	51 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区)	60.9	-	-	58.0
SW	6.22	119.3	652.5	12.3	19.5 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区)	68.4	-	-	57.2
W	5.55	130.5	694.7	11.9	18.5 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区) 63.5 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护核心区)	69.7 59.0	-	-	58.0
NNW	6.04	117.7	554.3	10.9	-	-	-	-	57.4

注：“-”表示未抵达。

表 8.3-7 不同风向、均风条件下溢油发生后 0.5h、6h、12h、18h、24h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km<sup>2</sup>) (落潮)

风向	风速	溢油后 0.5h			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 <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)
NNE	9.13	0.3	0.1	/	10.1	18.7	76.2	20.9	58.8	70.1	31.9	96.9	66.6	43.8	160.1	64.1
ENE	3.95	0.5	0.1	/	8.1	17.2	81.4	17.9	60.4	75.6	26.5	82.3	72.1	39.0	152.0	69.7
E	3.7	0.5	0.1	/	7.8	17.0	81.7	17.5	61.3	75.9	25.6	81.9	72.5	37.9	149.8	70.0
SE	4.05	0.6	0.1	/	7.6	18.5	81.2	16.8	61.7	75.4	24.4	82.3	72.0	35.8	130.9	69.5
S	5.54	0.57	0.1	/	8.0	25.1	79.3	16.4	49.8	73.4	24.1	82.0	69.9	34.2	95.9	67.4
SW	6.22	0.2	0.1	/	9.6	34.9	78.6	17.5	62.9	72.6	26.6	111.2	69.1	36.8	150.2	66.6
W	5.55	0.6	0.1	/	10.5	36.6	79.3	19.0	68.4	73.4	30.2	123.8	69.9	41.8	167.1	67.4
NNW	6.04	0.4	0.1	/	10.6	29.1	78.8	19.6	64.9	72.8	31.5	105.5	69.3	40.9	147.7	66.9

“/”注：因溢油持续时间为 2h，0.5h 内油未完全溢出，无法计算残油量。

表 8.3-8 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 (km<sup>2</sup>) (落潮)

风向	风速	72h 漂移距离 (km)	72h 扫海面积 (km <sup>2</sup> )	溢油扩散中最大面积 (km <sup>2</sup> )	首次抵敏感区所需时间 (h)	首次抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸所需时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	20.68	185.1	810.7	10.0	-	-	-	-	49.1
ENE	8.94	123.2	780.2	10.9	-	-	-	-	54.8
E	9.15	108.9	756.2	11.3	-	-	-	-	54.6
SE	7.88	101.9	640.1	12.0	-	-	-	-	55.6
S	10.47	109.1	552.9	12.8	39.5 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区)	58.9	-	-	53.7
SW	12.9	151	972.8	13.1	11 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区) 38 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护区核心区) 67 (仙浴湾旅游休闲生态红线区) 72 (大连斑海豹保护生态红线区限制开发区)	68.6 57.8 52.9 51.3	68.5	52.7	52.0
W	10.85	141.5	999.0	12.3	11 (大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区; 辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区) 30 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护区核心区) 41.5 (猪岛、虎平岛生态红线区) 61 (大连斑海豹保护生态红线区限制开发区) 70 (辽宁大连斑海豹国家级自然保护区实验区; 东、西蚂蚁岛生态红线区)	69.8 61.0 58.2 54.8 53.7	56.5	55.6	53.5
NNW	16.98	162.9	739.3	10.5	40.5 (长岛自然保护区限制区) 46 (长岛北四岛禁止区) 46.5 (山东长岛国家级自然保护区)	55.4 54.3 54.2	49.5	53.7	47.2

注：“-”表示未抵达。

表 8.3-9 不同风向、极风条件下溢油发生后 0.5h、6h、12h、18h、24h 溢油漂移距离 (km) 与扫海面积 (km<sup>2</sup>) (落潮)

风向	风速	溢油后 0.5h			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 <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)	漂移距离 (km)	扫海面积 (km <sup>2</sup> )	残存油量 (%)
NNE	20.68	0.1	0.1	/	14.9	25.9	70.9	30.9	83.0	64.7	48.1	152.5	61.2	64.5	239.1	58.6
ENE	8.94	0.5	0.1	/	8.5	19.8	76.3	20.3	75.6	70.3	29.1	113.2	66.8	43.0	197.0	64.3
E	9.15	0.6	0.2	/	7.9	20.7	76.2	19.6	82.1	70.1	27.2	118.8	66.6	40.3	206.4	64.1
SE	7.88	0.7	0.1	/	7.0	15.9	77.1	17.1	69.4	71.1	24.0	97.5	67.5	35.1	162.7	65.0
S	10.47	0.8	0.1	/	8.0	26.3	75.4	16.7	52.2	69.3	24.7	96.2	65.7	34.8	127.0	63.2
SW	12.9	0.9	0.1	/	11.5	48.0	74.0	20.9	97.1	67.9	31.8	168.0	64.3	44.1	238.3	61.8
W	10.85	0.7	0.1	/	12.8	49.4	75.1	22.2	104.0	69.0	34.9	178.3	65.5	47.3	250.2	63.0
NNW	16.98	0.3	0.2	/	16.1	44.8	72.2	27.3	102.5	66.0	44.8	186.4	62.5	52.1	236.4	60.0

“/”注：因溢油持续时间为 2h，0.5h 内油未完全溢出，无法计算残油量。

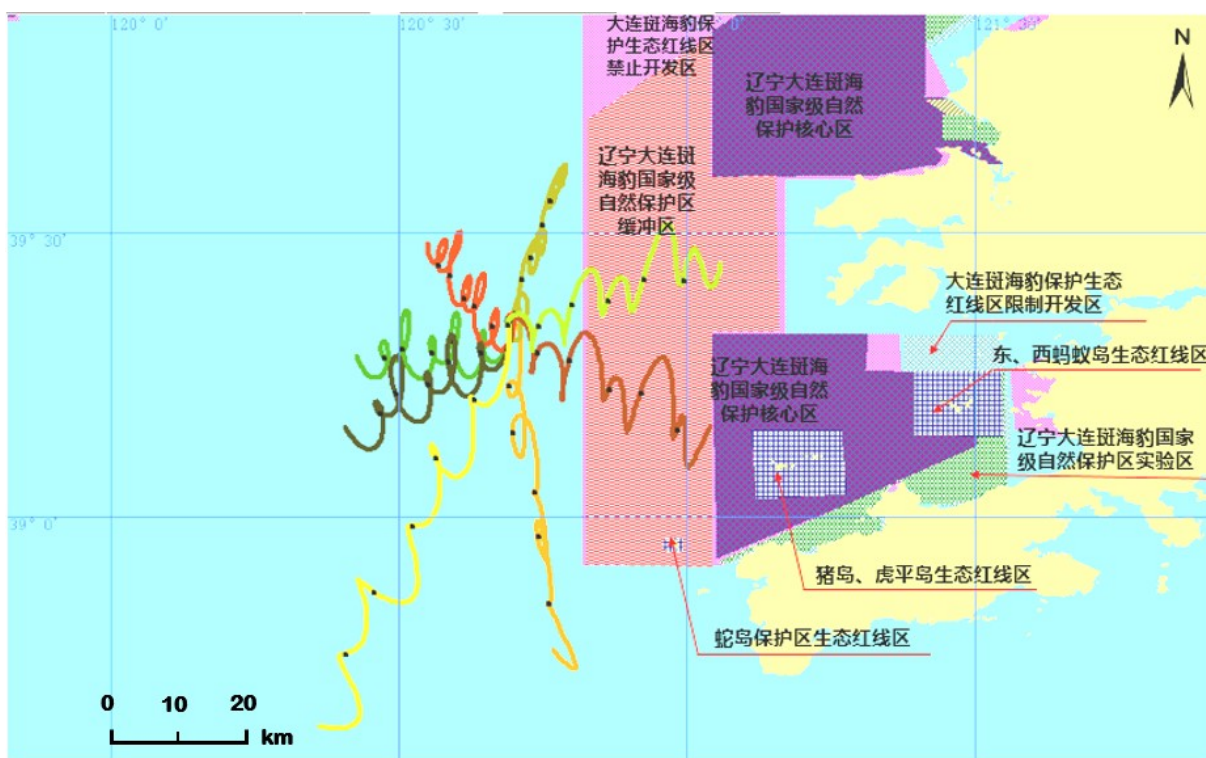


图 8.3-1 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散（落潮）

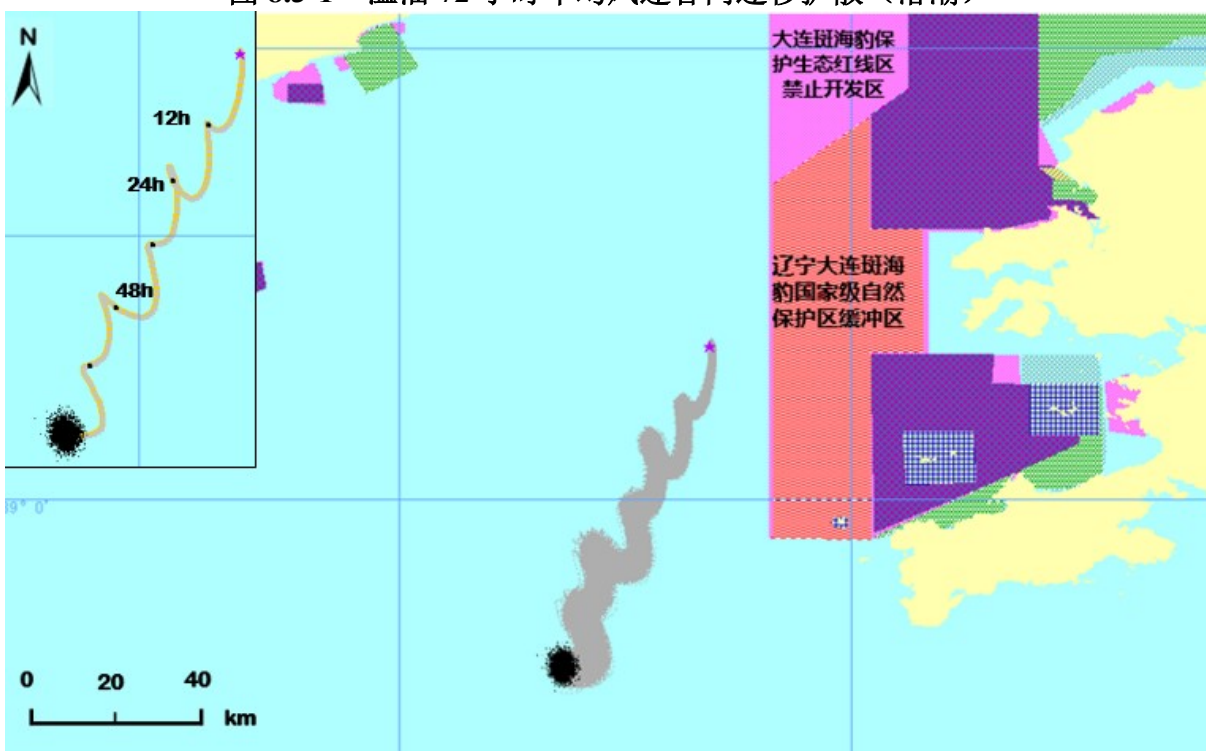


图 8.3-1(a) 均风 NNE 落潮-油膜



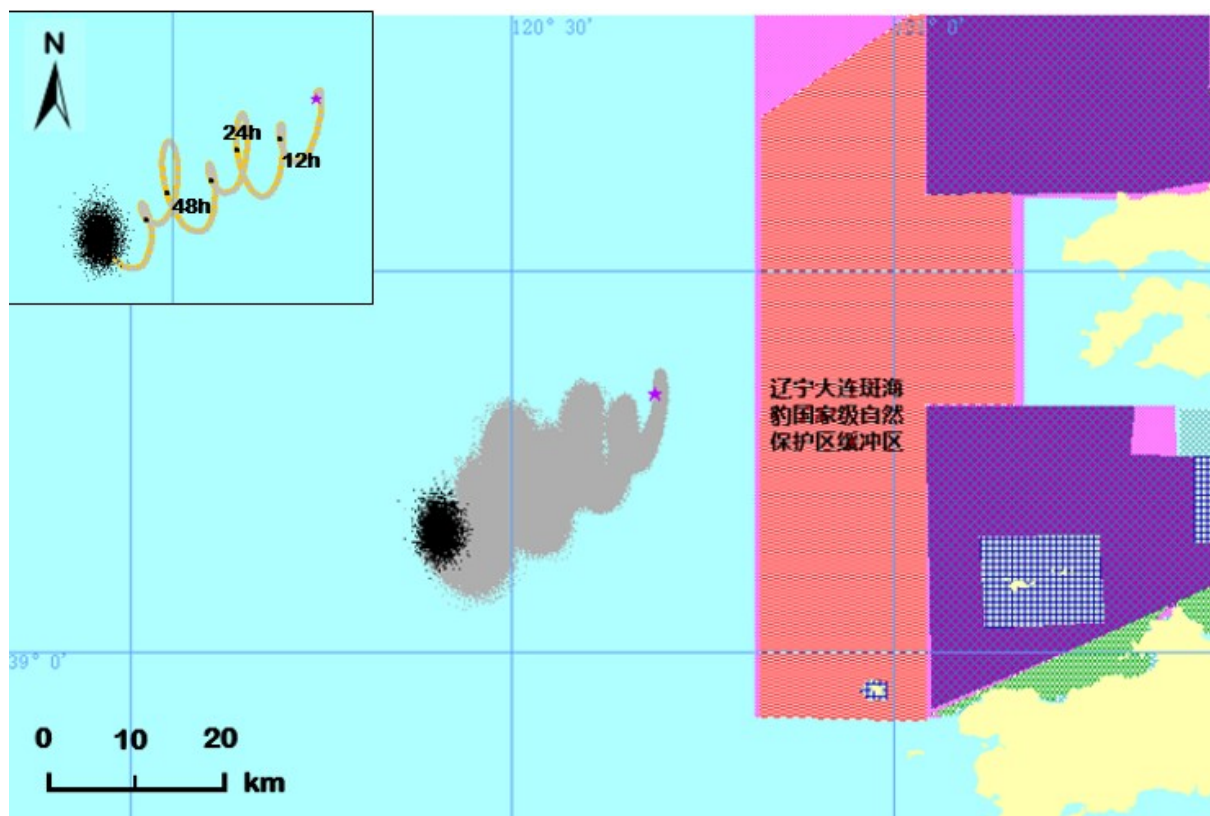


图 8.3-1(b) 均风 ENE 落潮-油膜



图 8.3-1(c) 均风 E 落潮-油膜

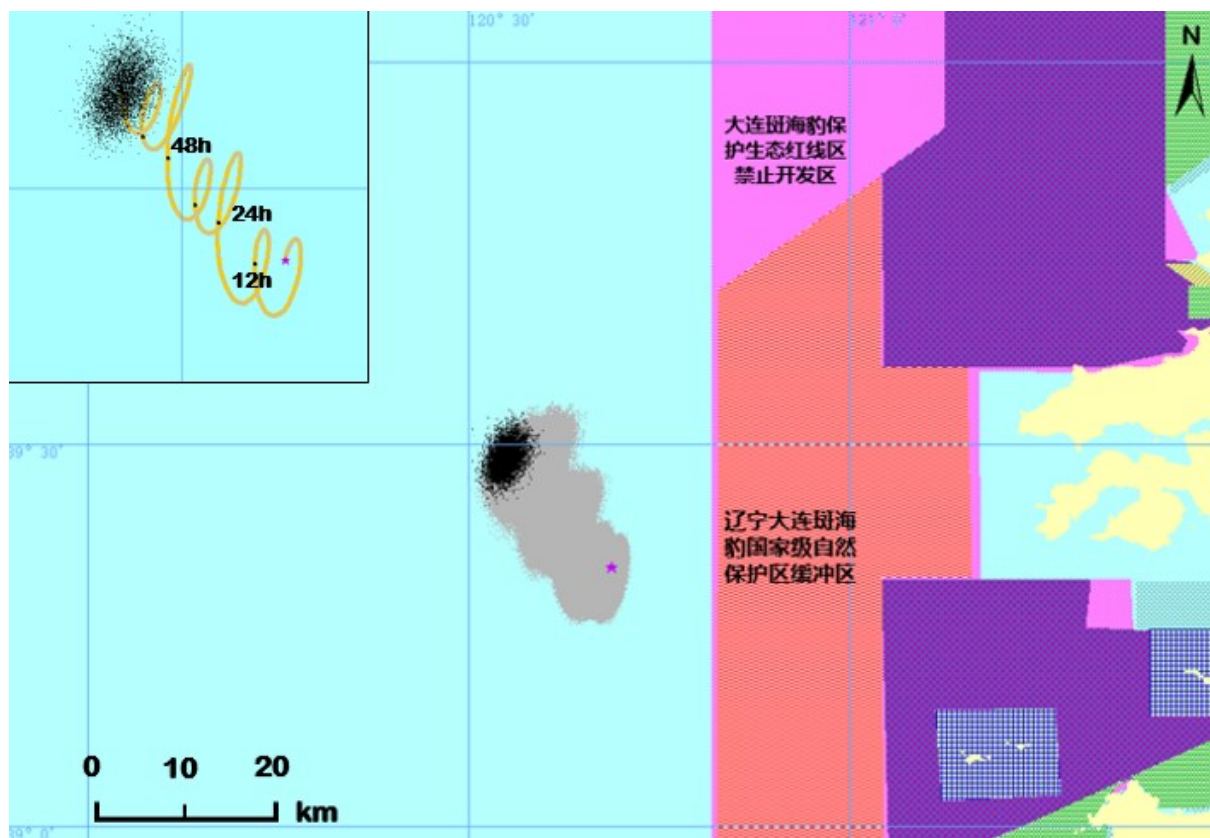


图 8.3-1(d) 均风 SE 落潮-油膜

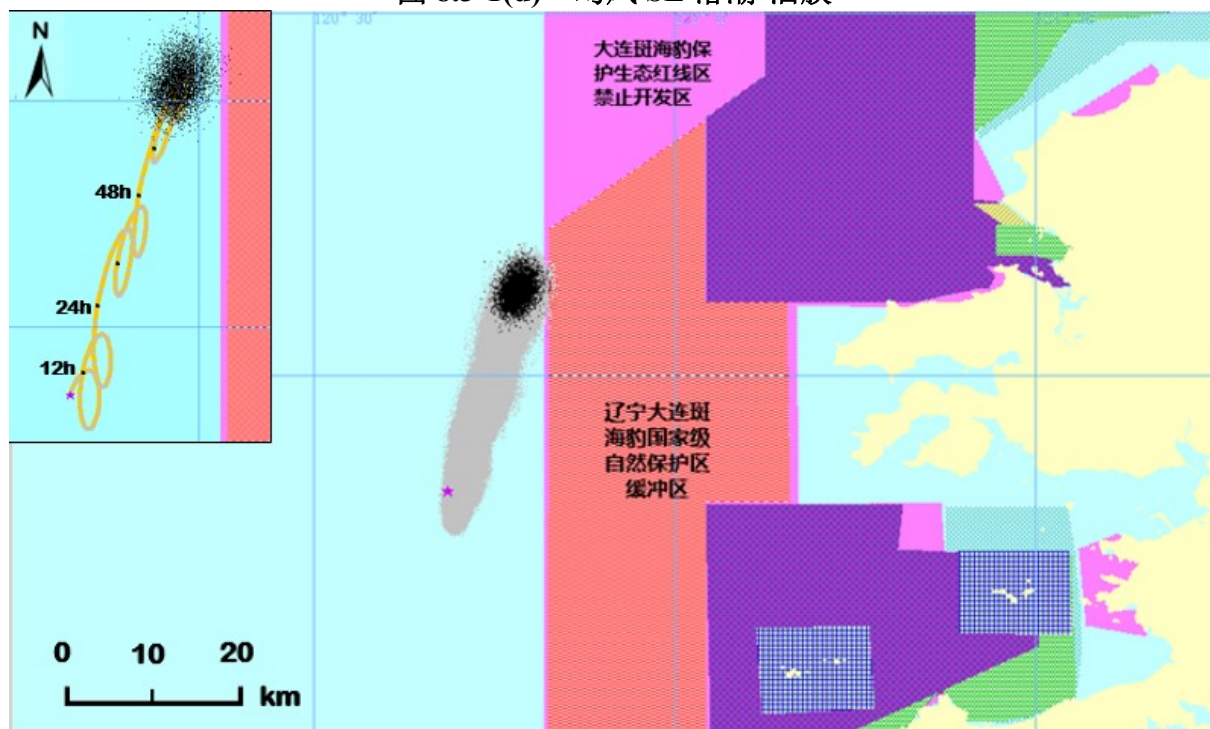


图 8.3-1(e) 均风 S 落潮-油膜



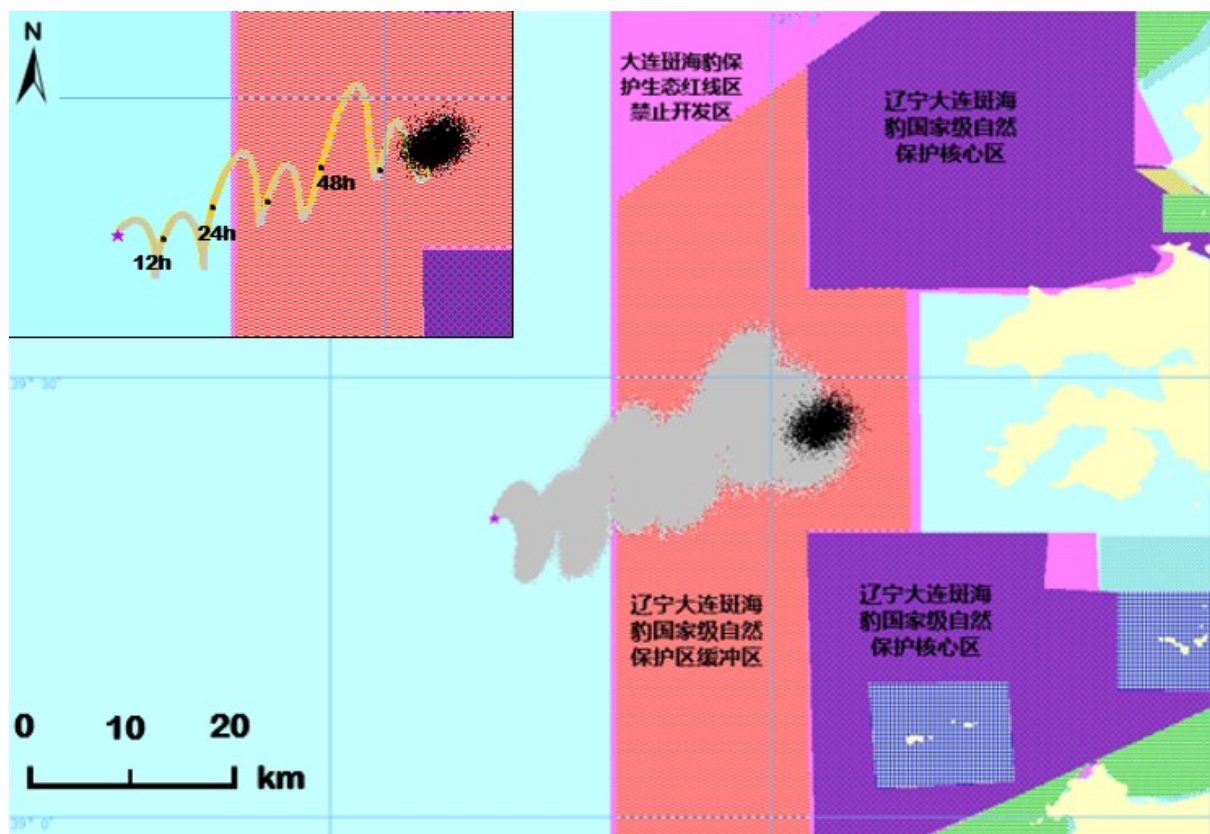


图 8.3-1(f) 均风 SW 落潮-油膜

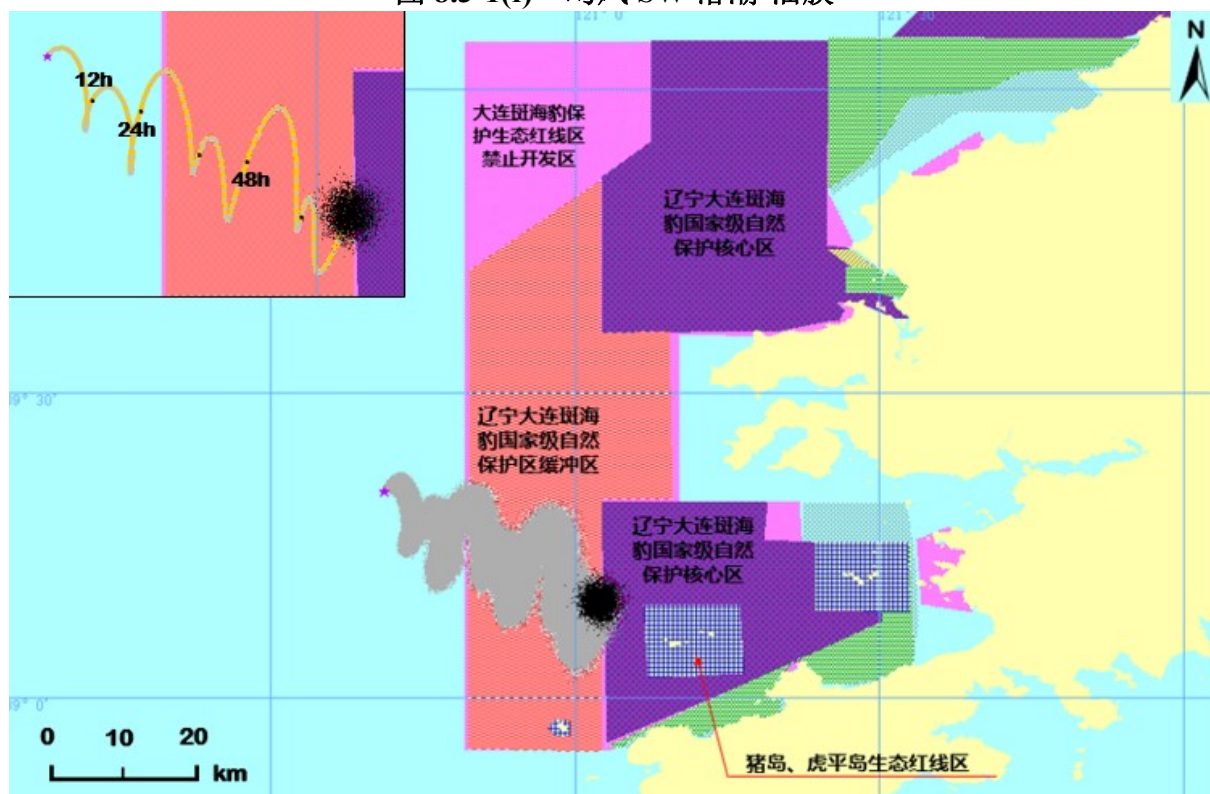


图 8.3-1(g) 均风 W 落潮-油膜

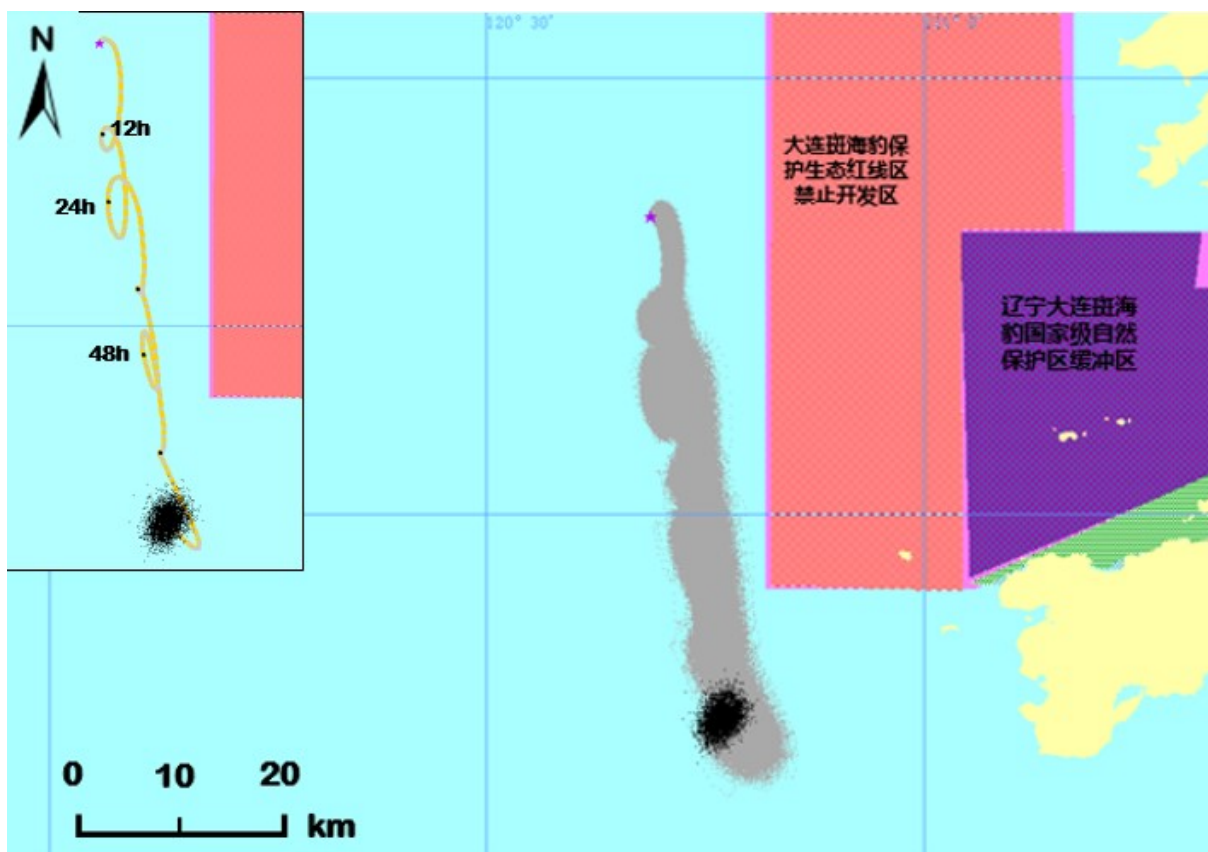


图 8.3-1(h) 均风 NNW 落潮-油膜

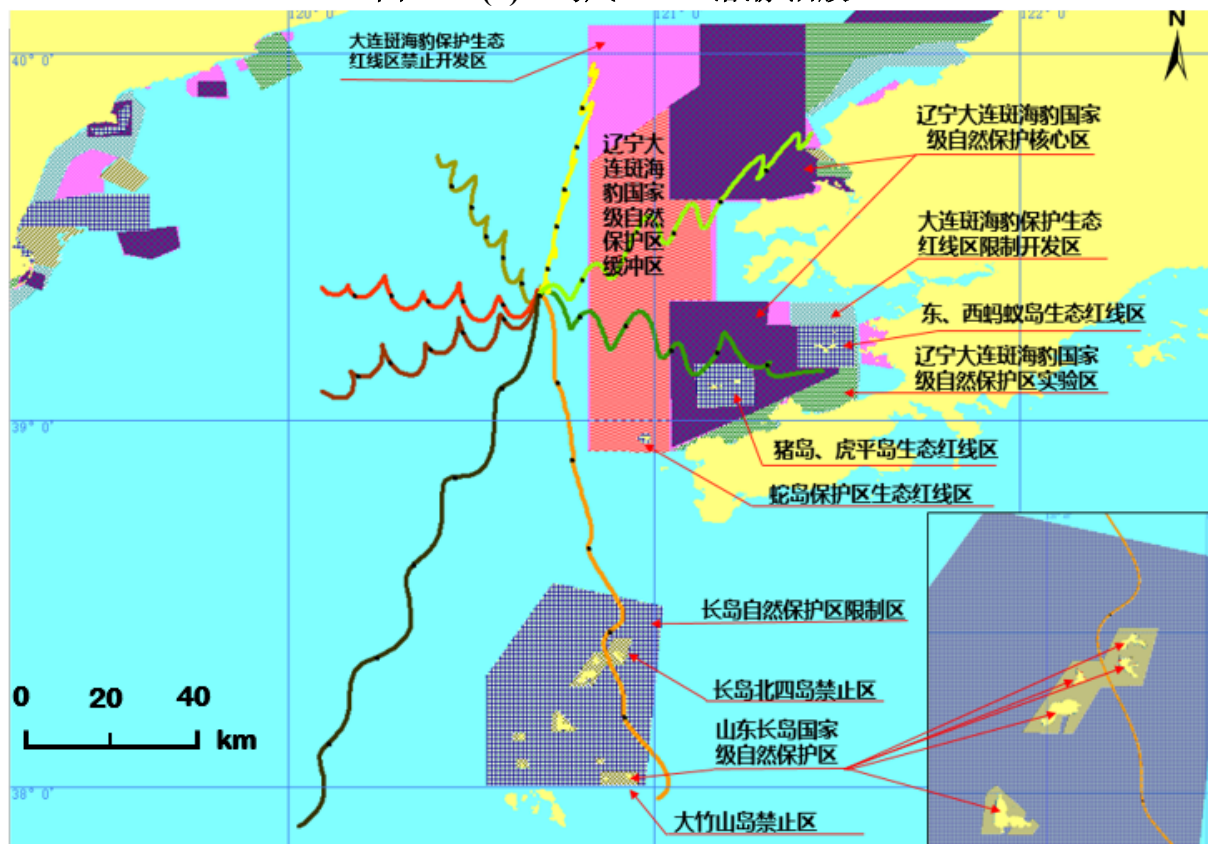


图 8.3-2 溢油 72 小时极风速各向迁移扩散（落潮）



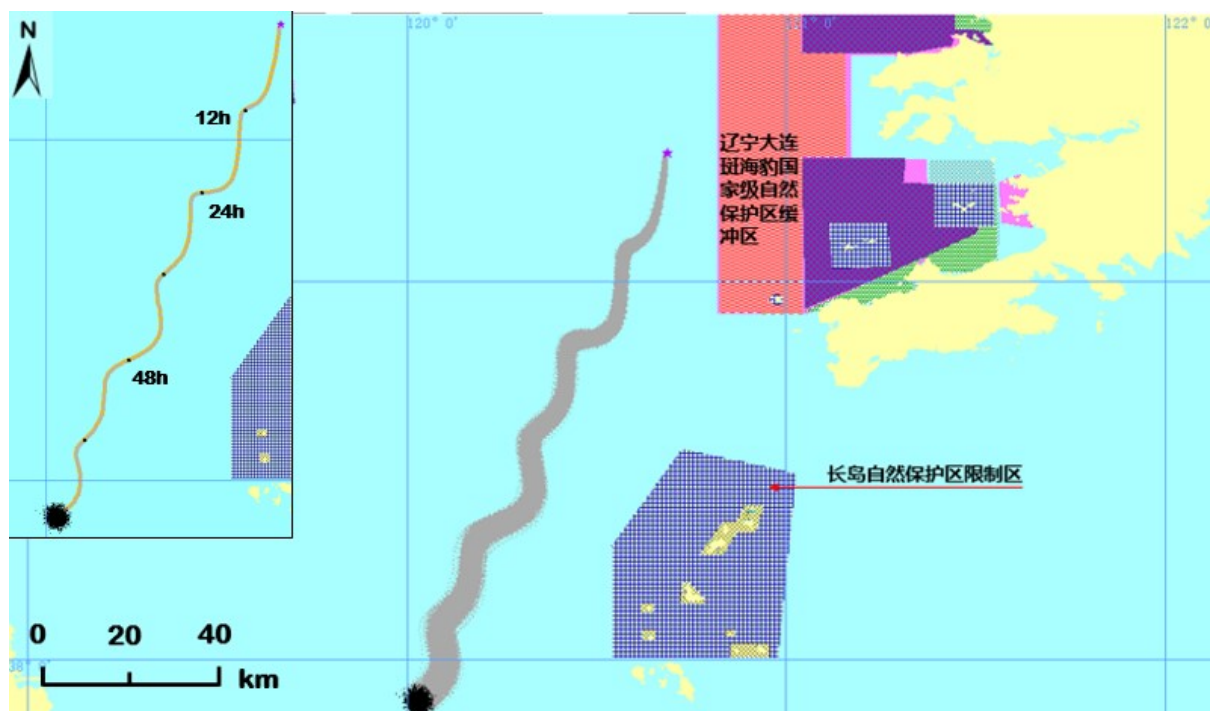


图 8.3-2(a) 极风 NNE 落潮-油膜

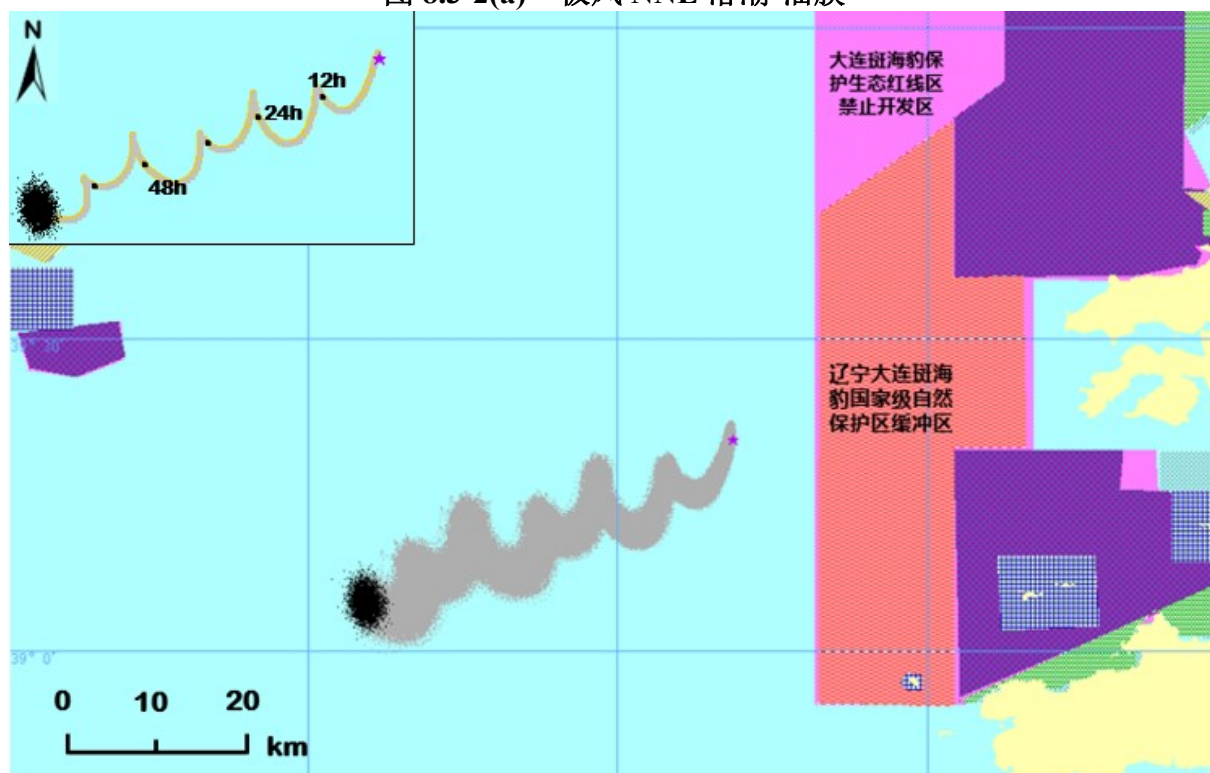


图 8.3-2(b) 极风 ENE 落潮-油膜

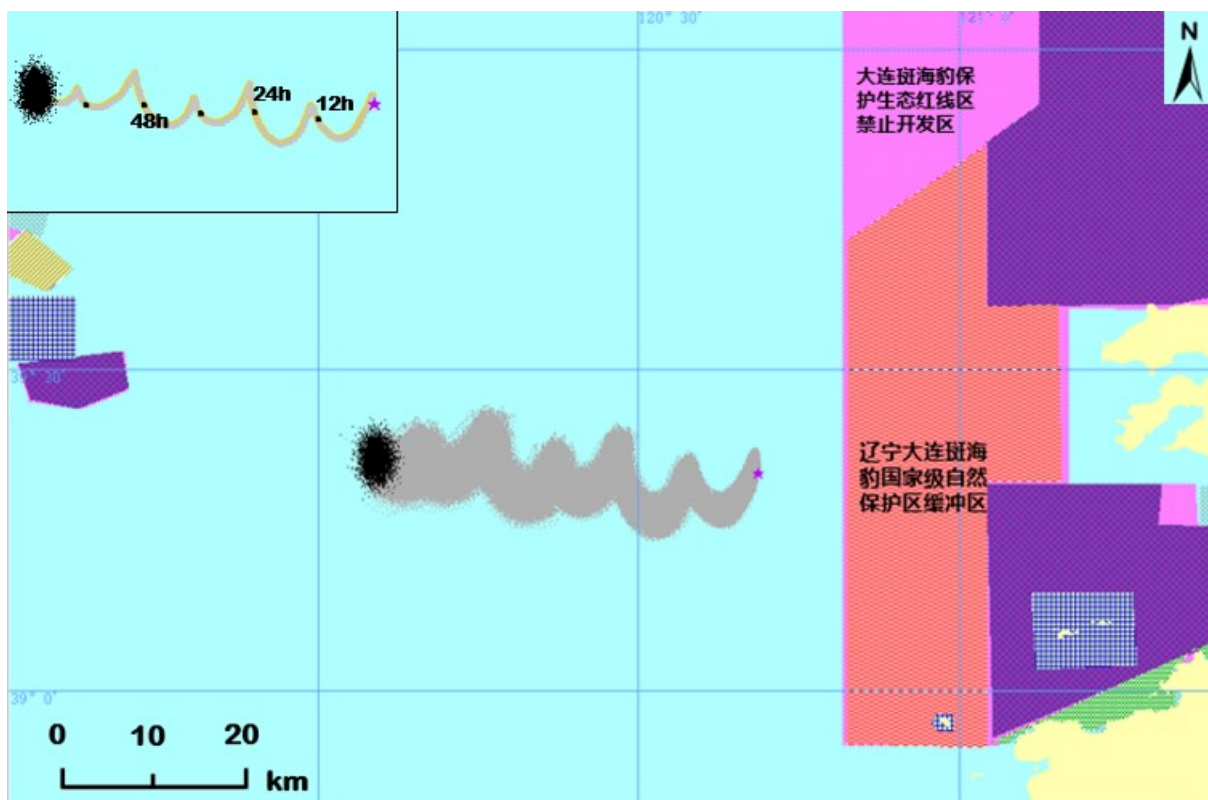


图 8.3-2(c) 极风 E 落潮-油膜

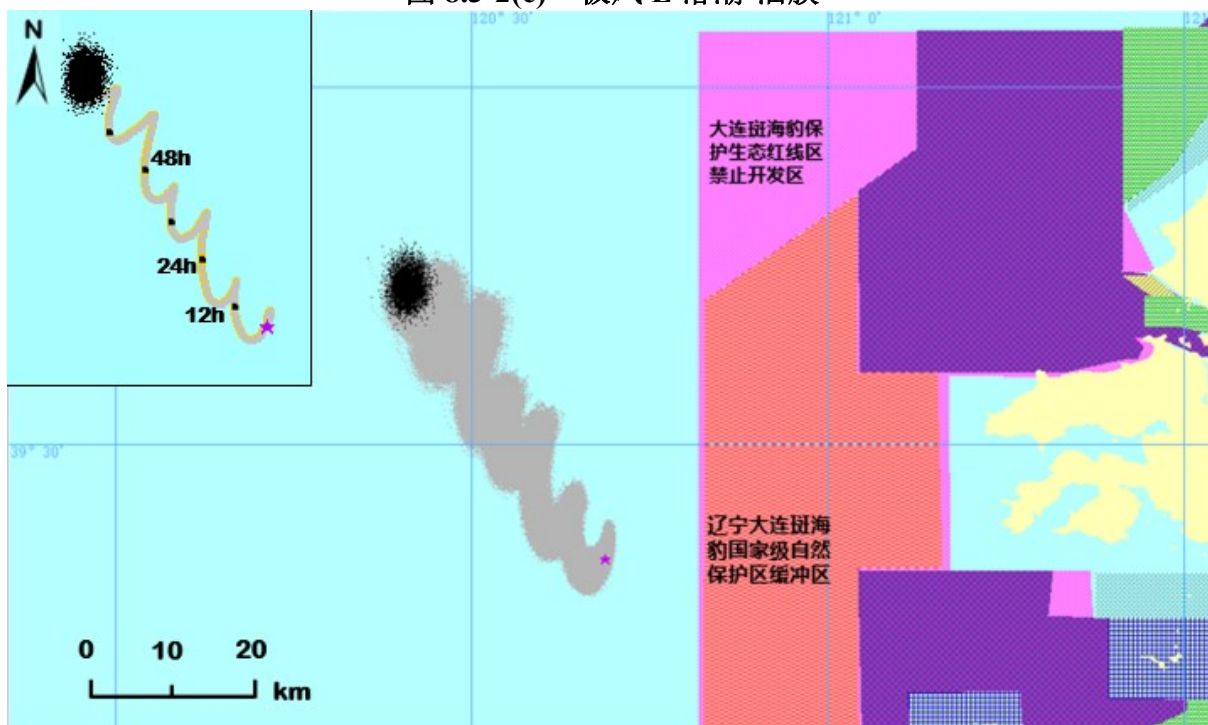


图 8.3-2(d) 极风 SE 落潮-油膜



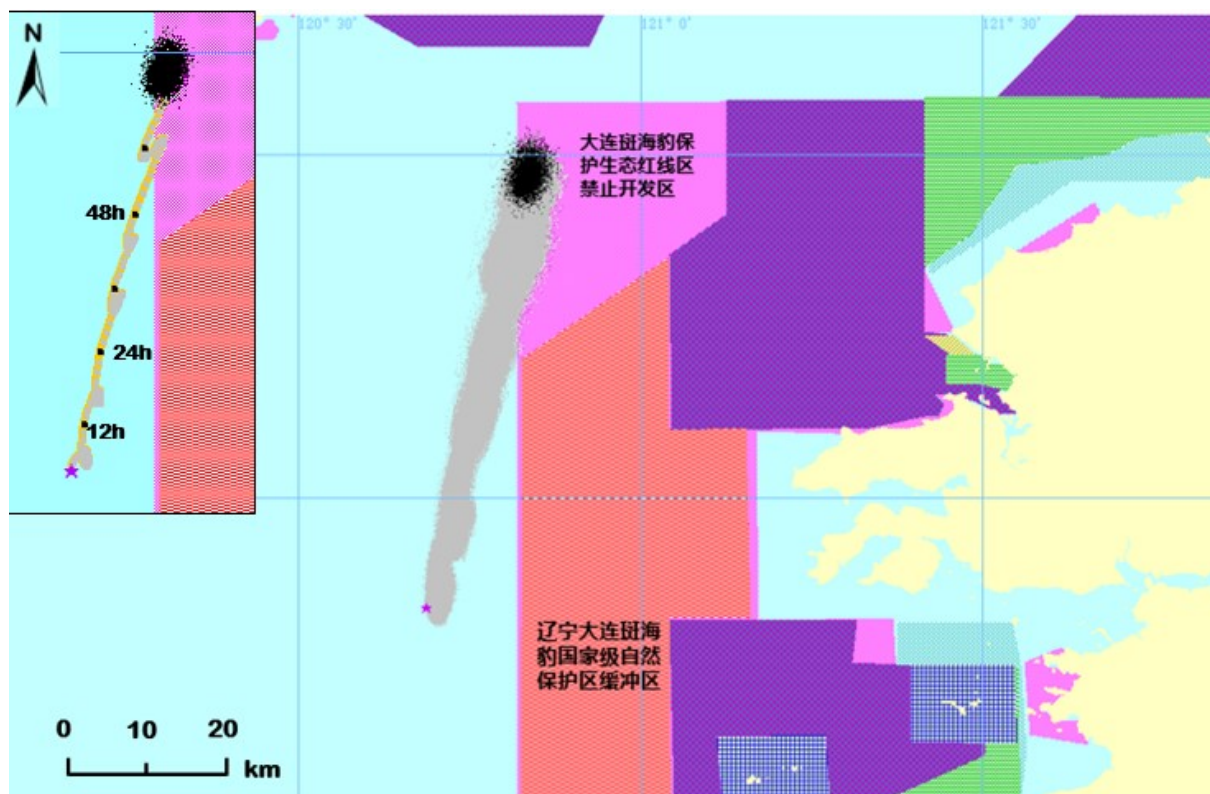


图 8.3-2(e) 极风 S 落潮-油膜

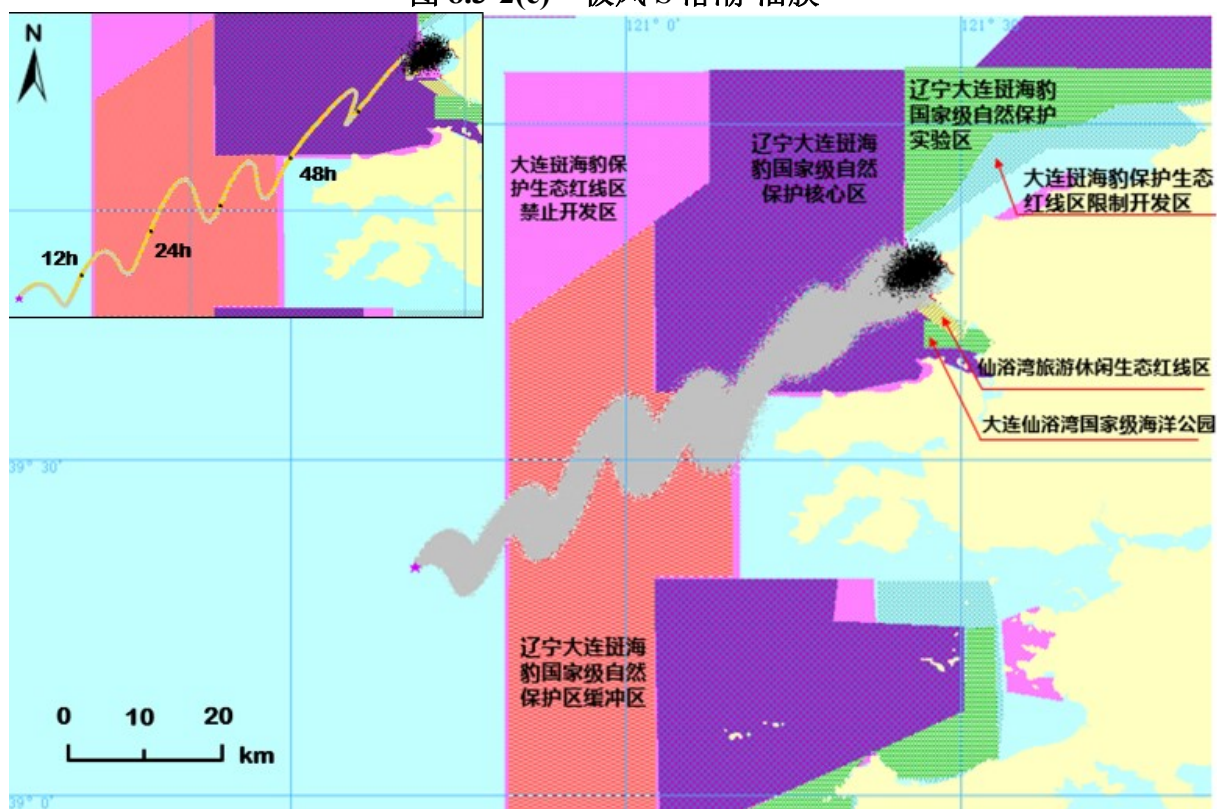


图 8.3-2(f) 极风 SW 落潮-油膜

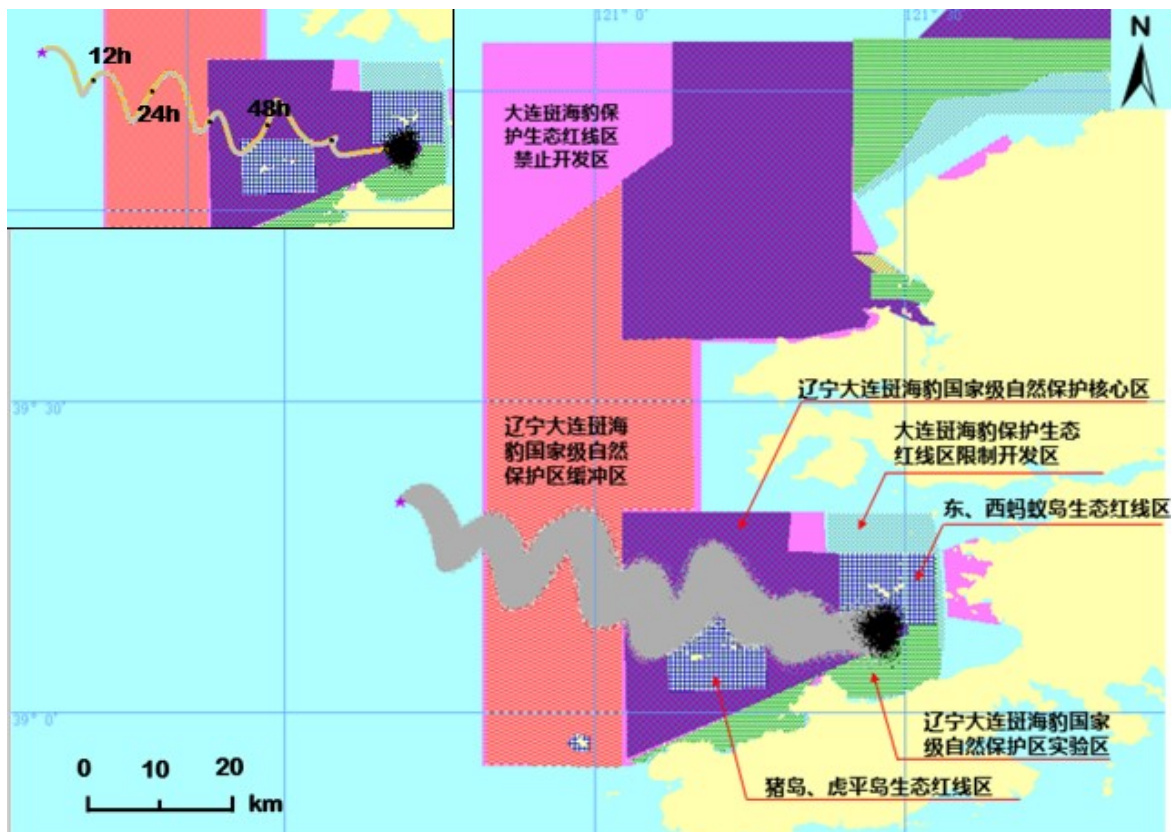


图 8.3-2(g) 极风 W 落潮-油膜

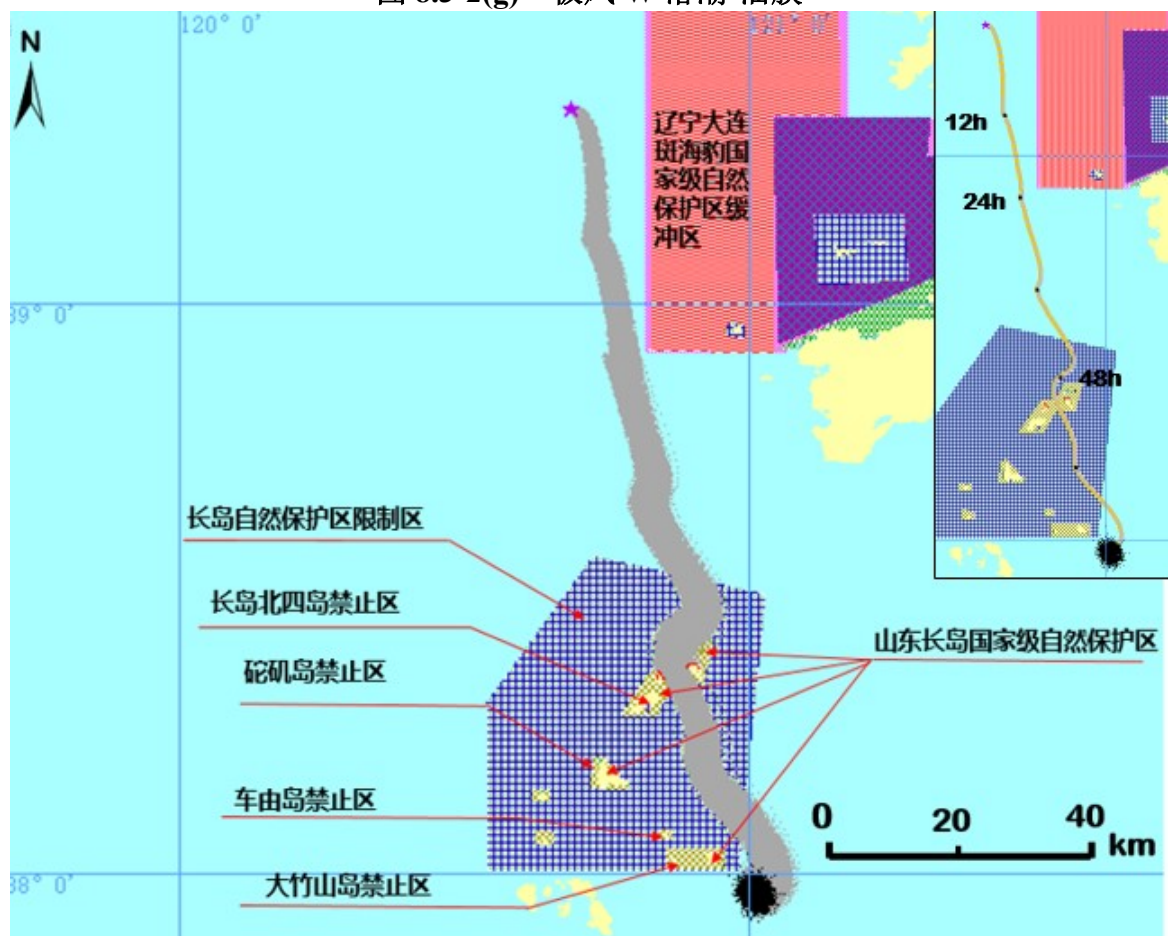


图 8.3-2(h) 极风 NNW 落潮-油膜



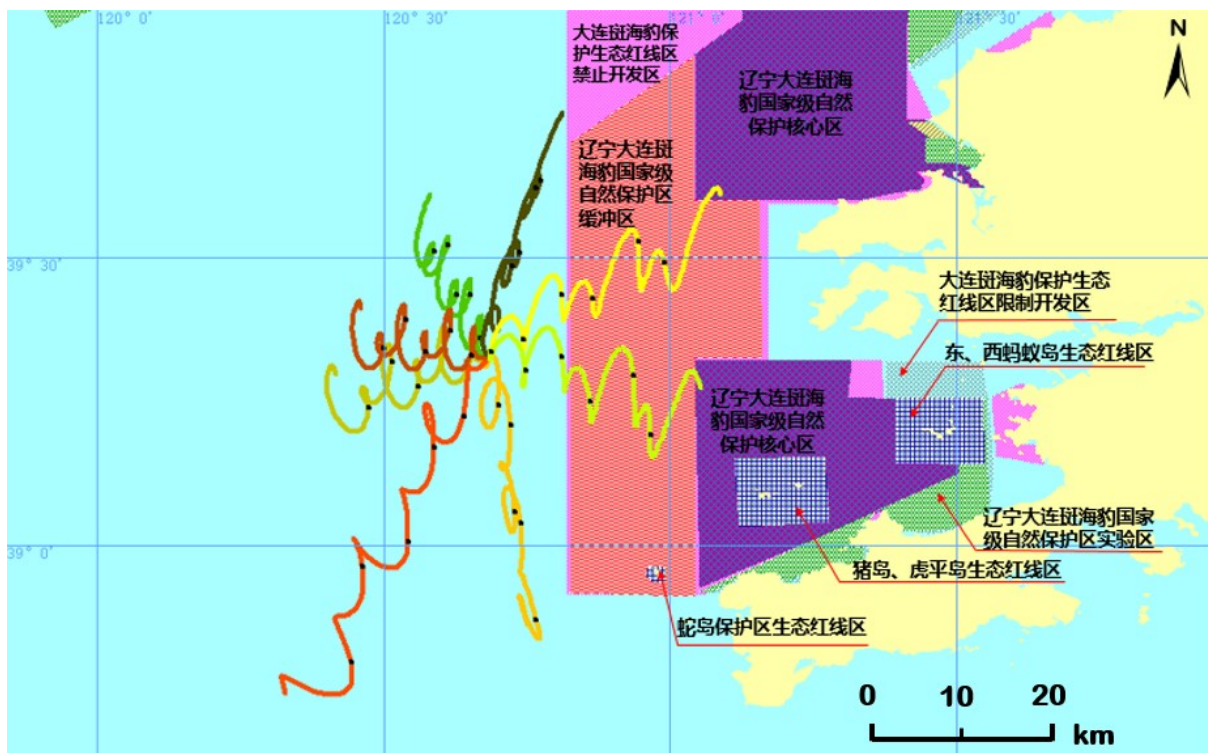


图 8.3-3 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散（涨潮）

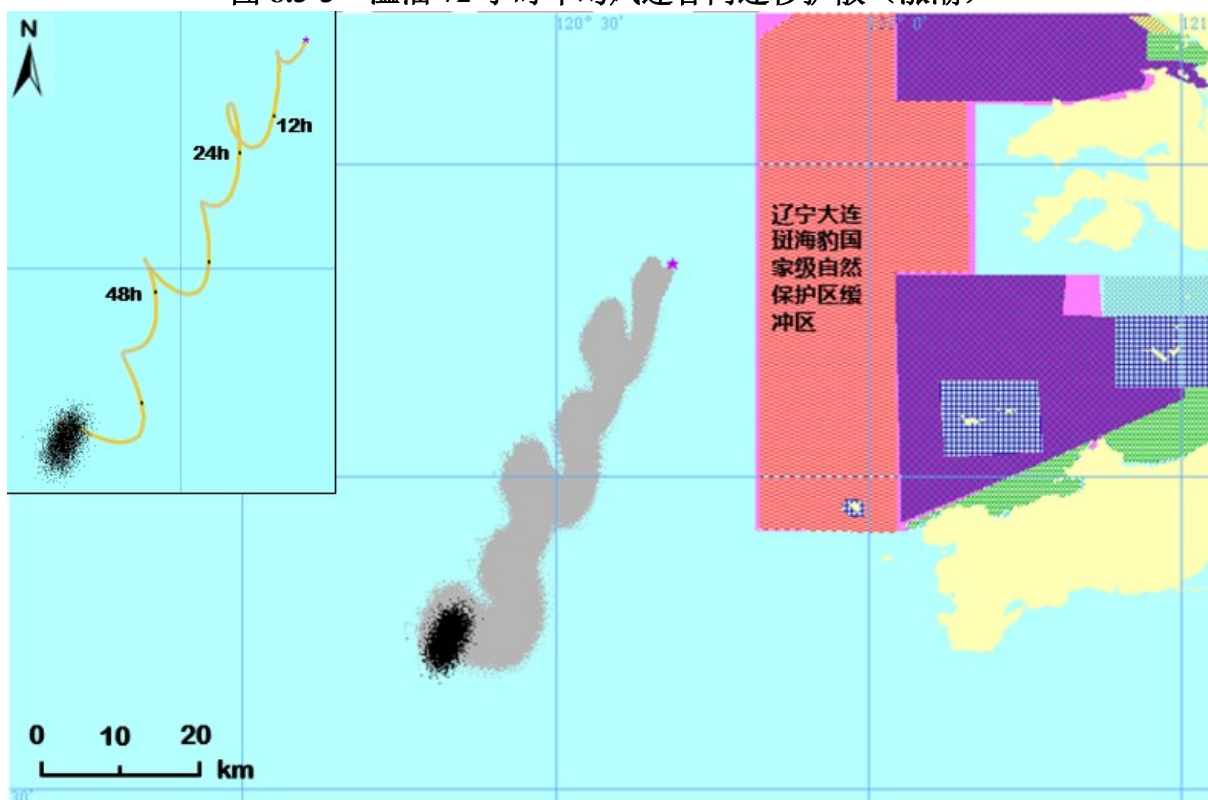


图 8.3-3(a) 均风 NNE 涨潮-油膜

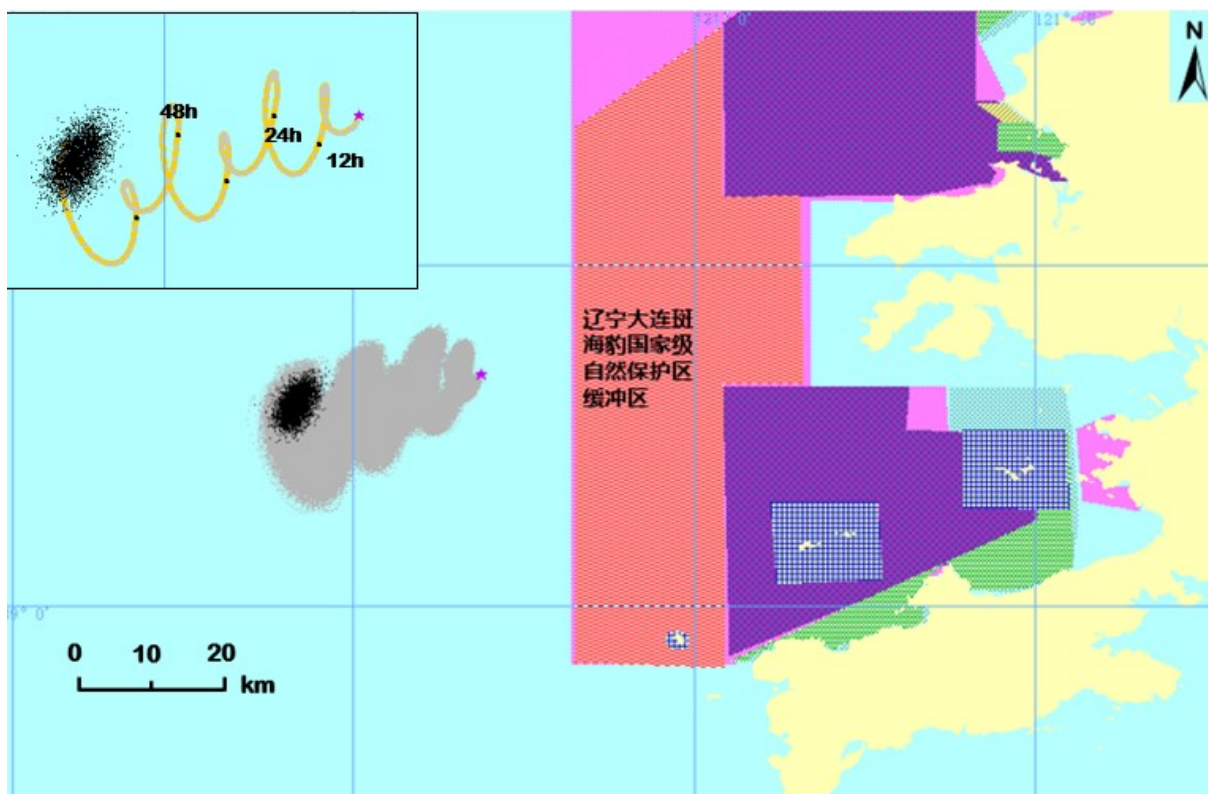


图 8.3-3(b) 均风 ENE 涨潮-油膜

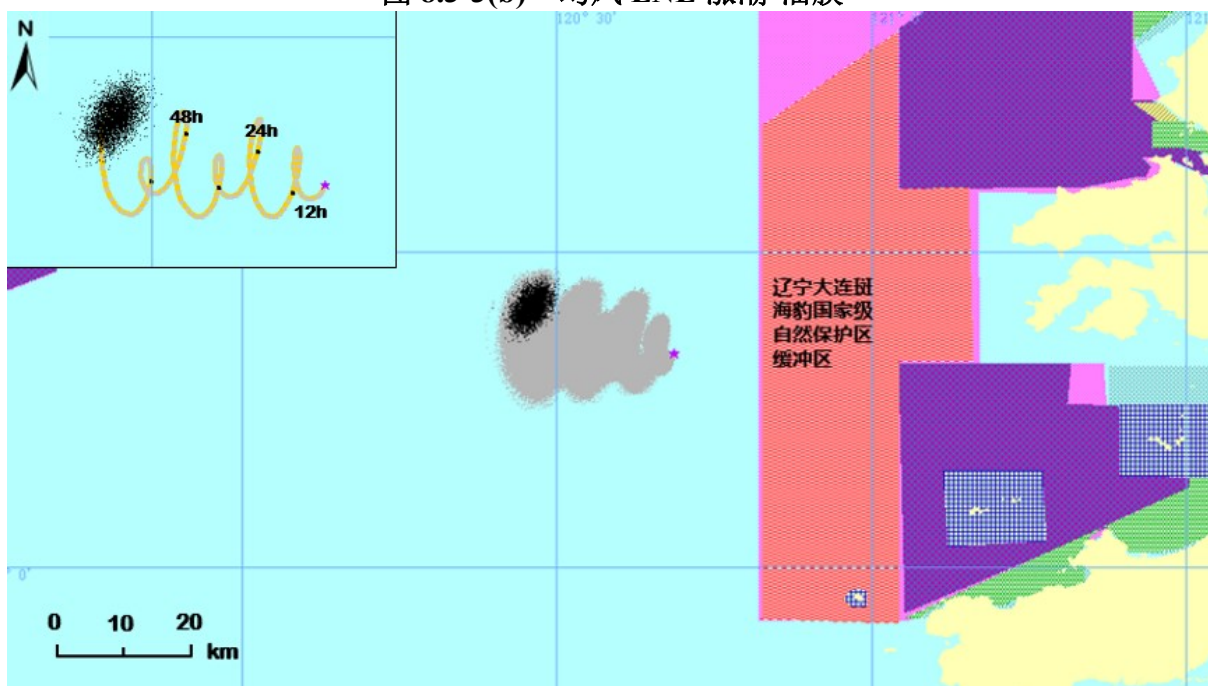


图 8.3-3(c) 均风 E 涨潮-油膜



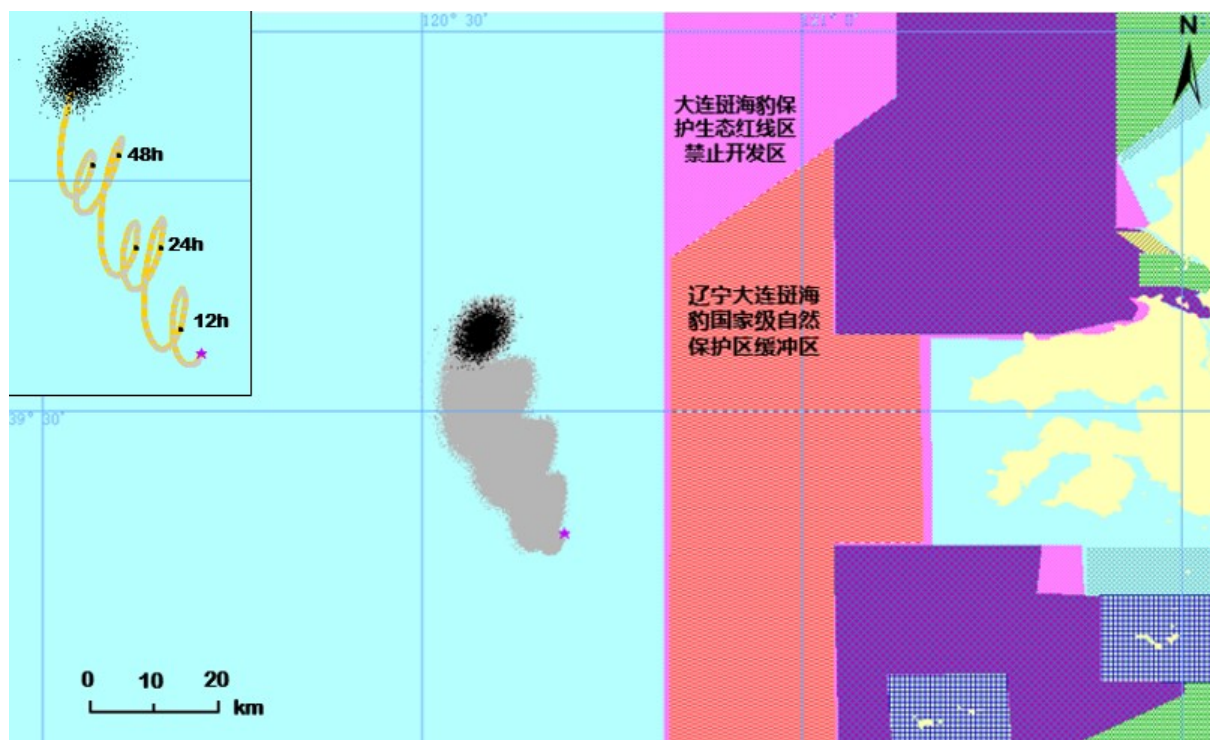


图 8.3-3(d) 均风 SE 涨潮-油膜

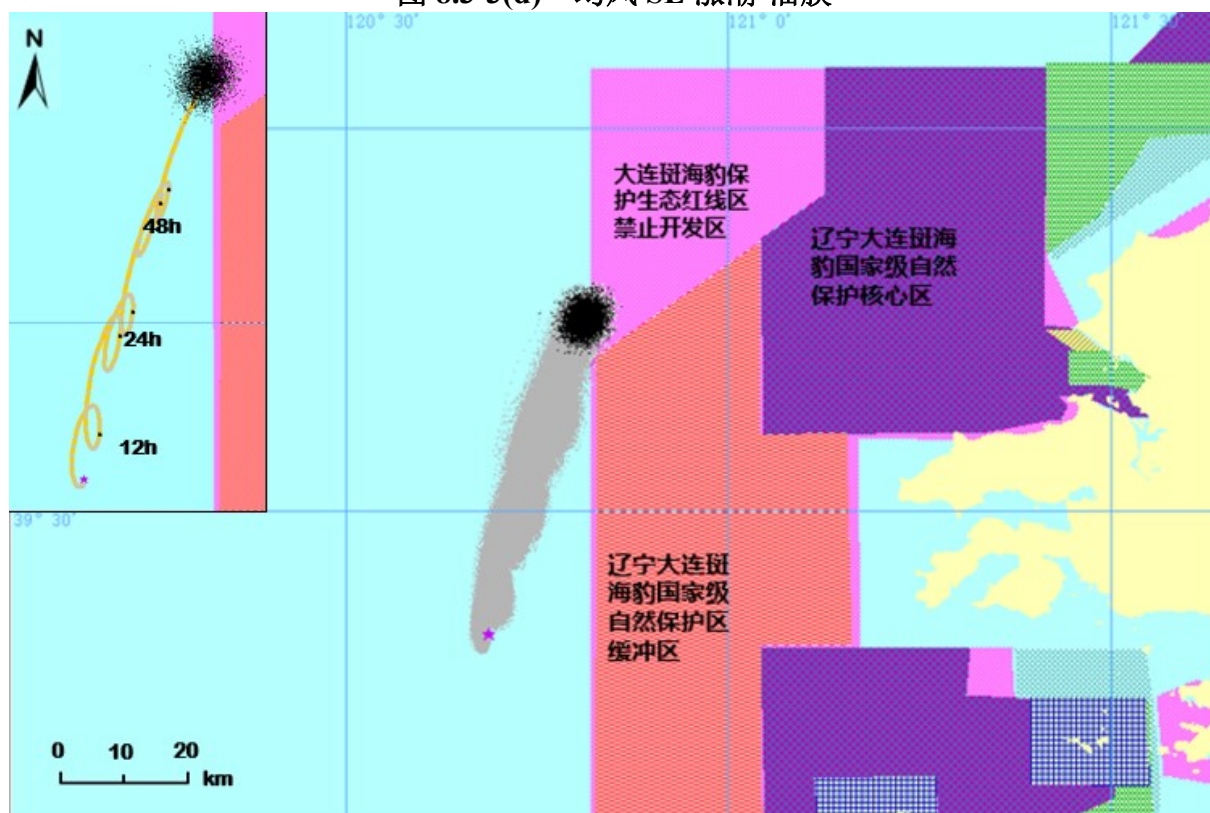


图 8.3-3(e) 均风 S 涨潮-油膜

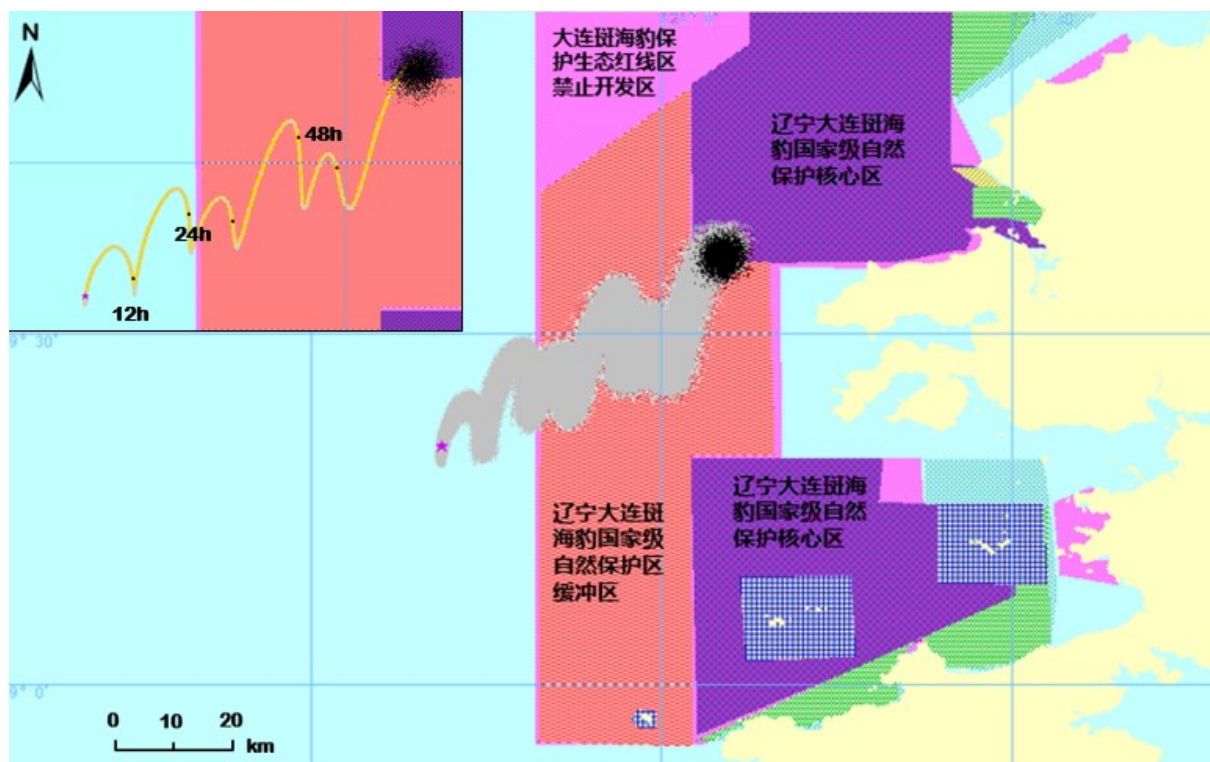


图 8.3-3(f) 均风 SW 涨潮-油膜

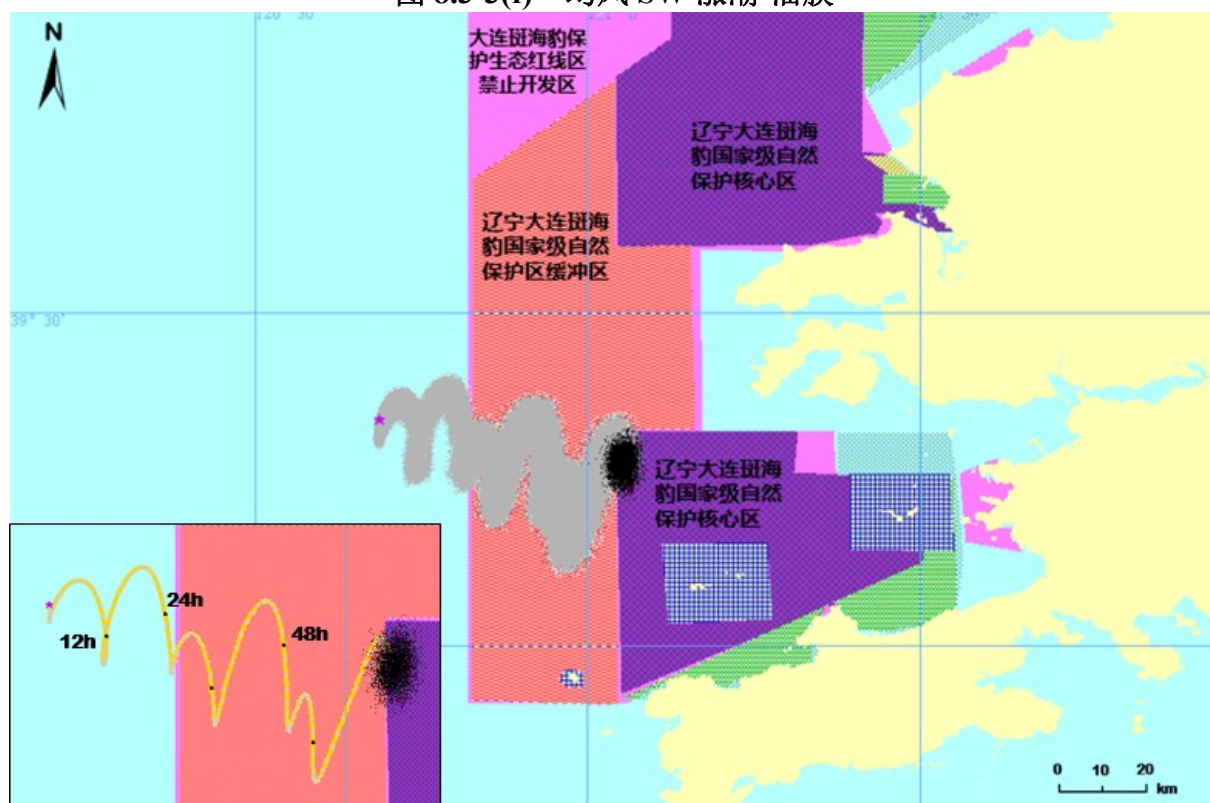


图 8.3-3(g) 均风 W 涨潮-油膜



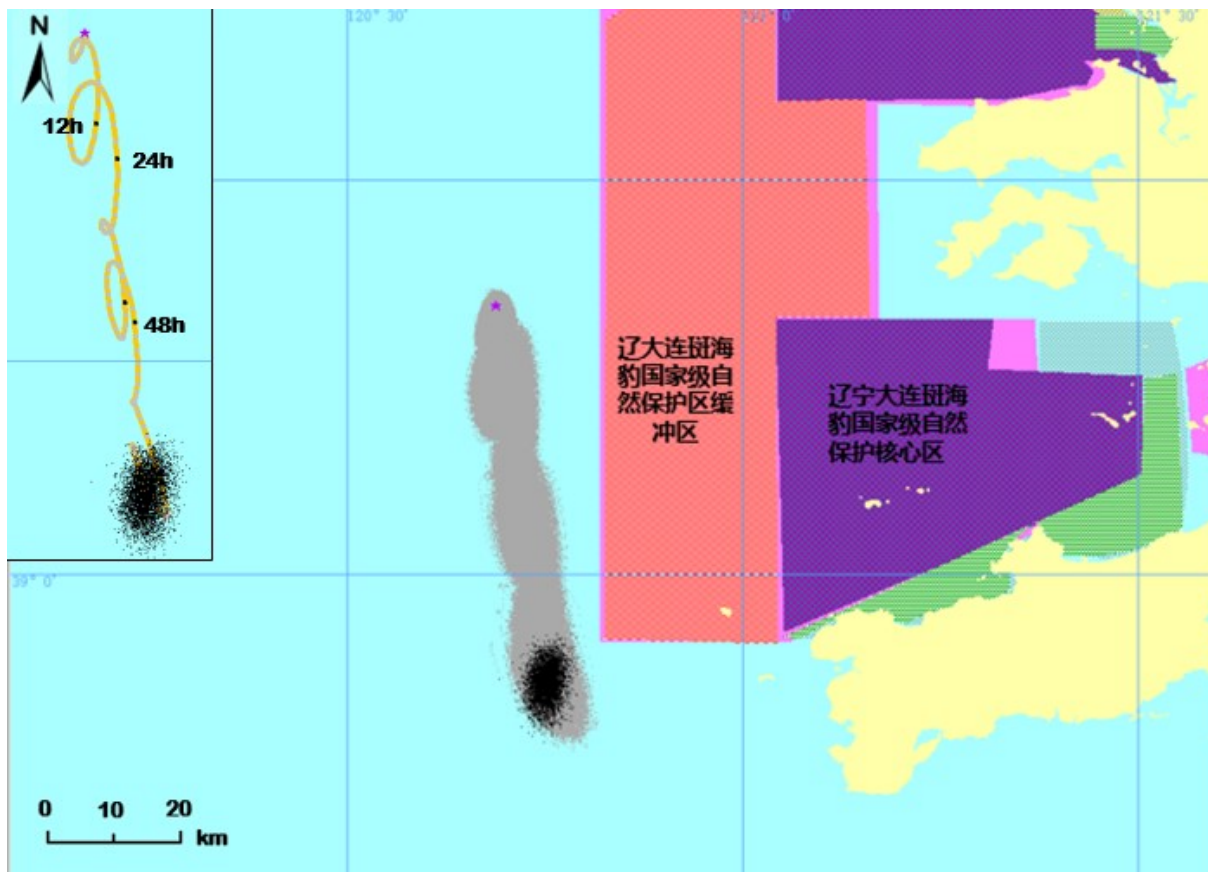


图 8.3-3(h) 均风 NNW 涨潮-油膜



图 8.3-4 溢油 72 小时极风速各向迁移扩散 (涨潮)

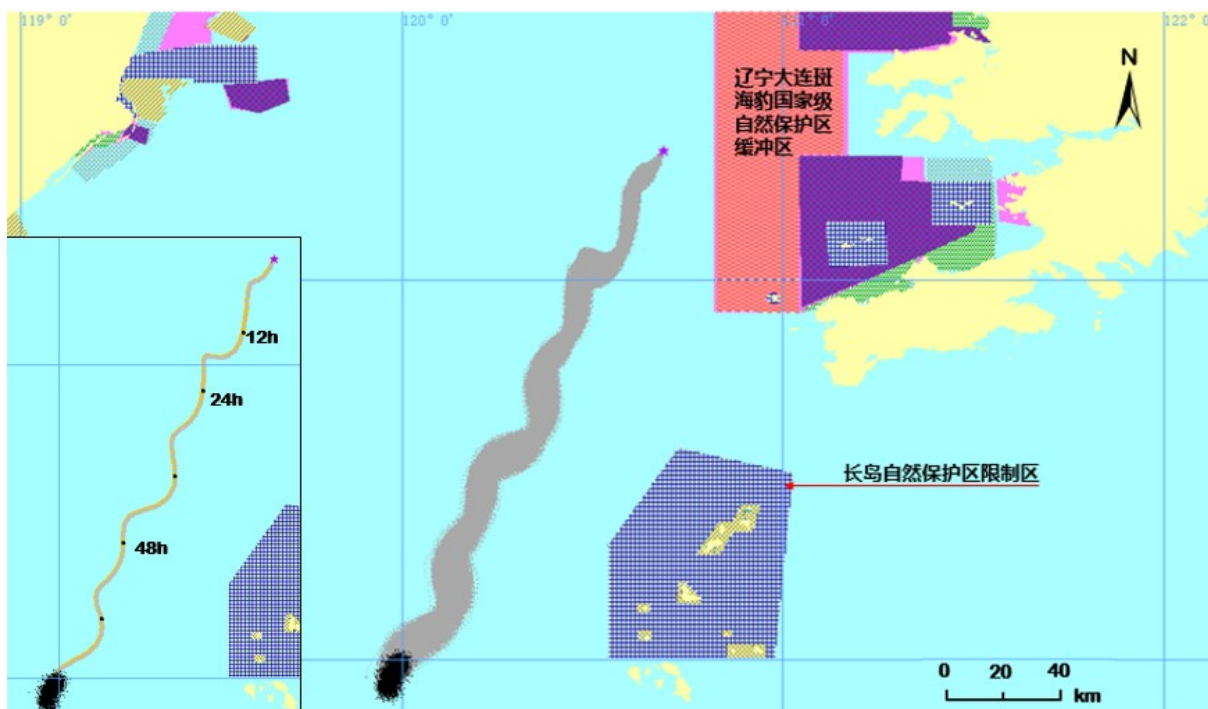


图 8.3-4(a) 极风 NNE 涨潮-油膜

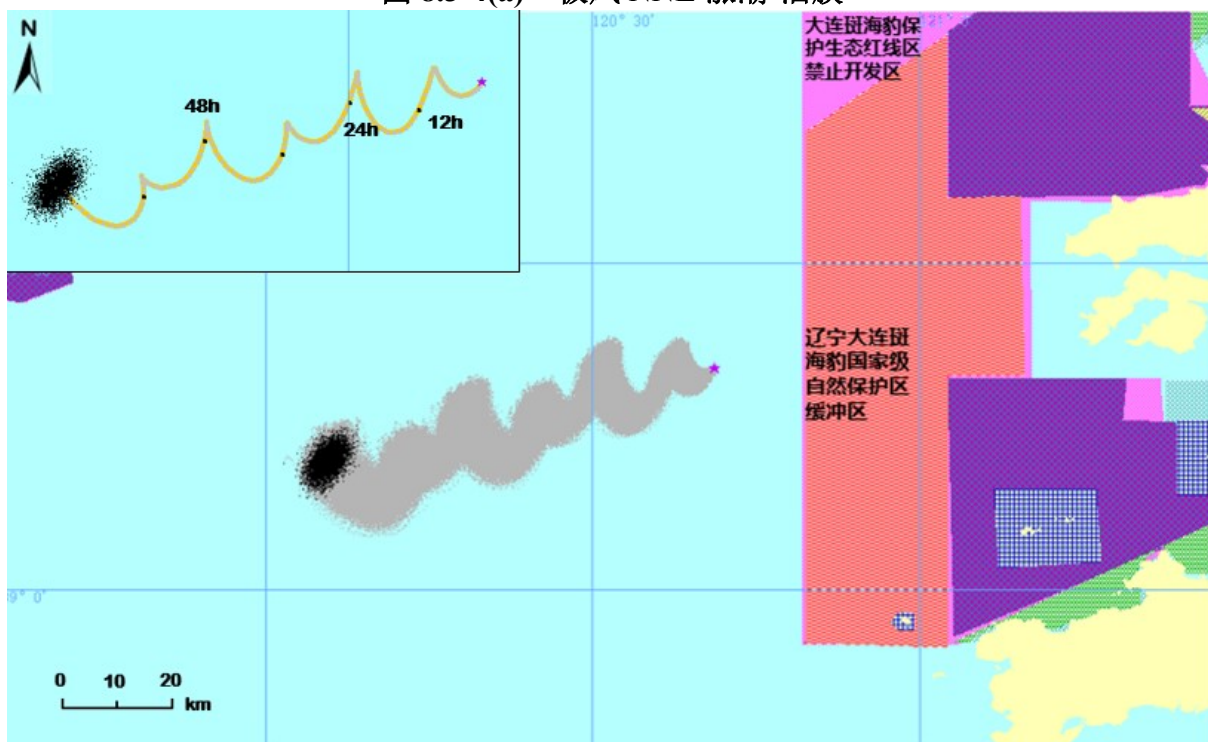


图 8.3-4(b) 极风 ENE 涨潮-油膜

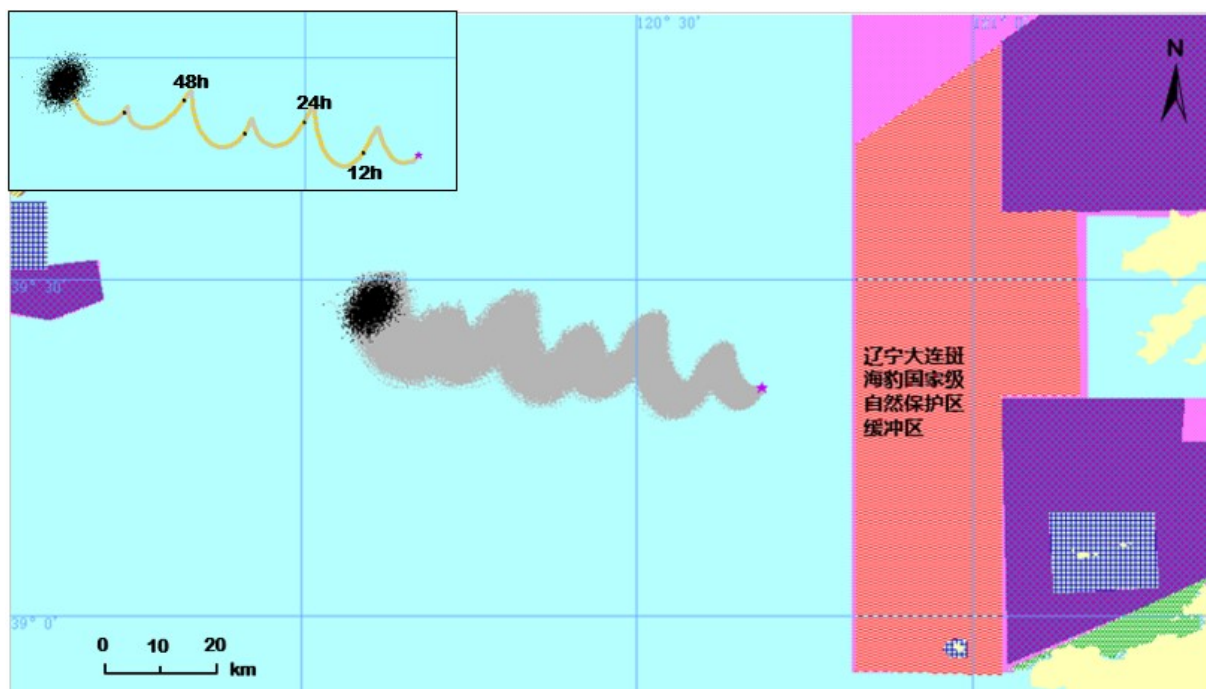


图 8.3-4(c) 极风 E 涨潮-油膜

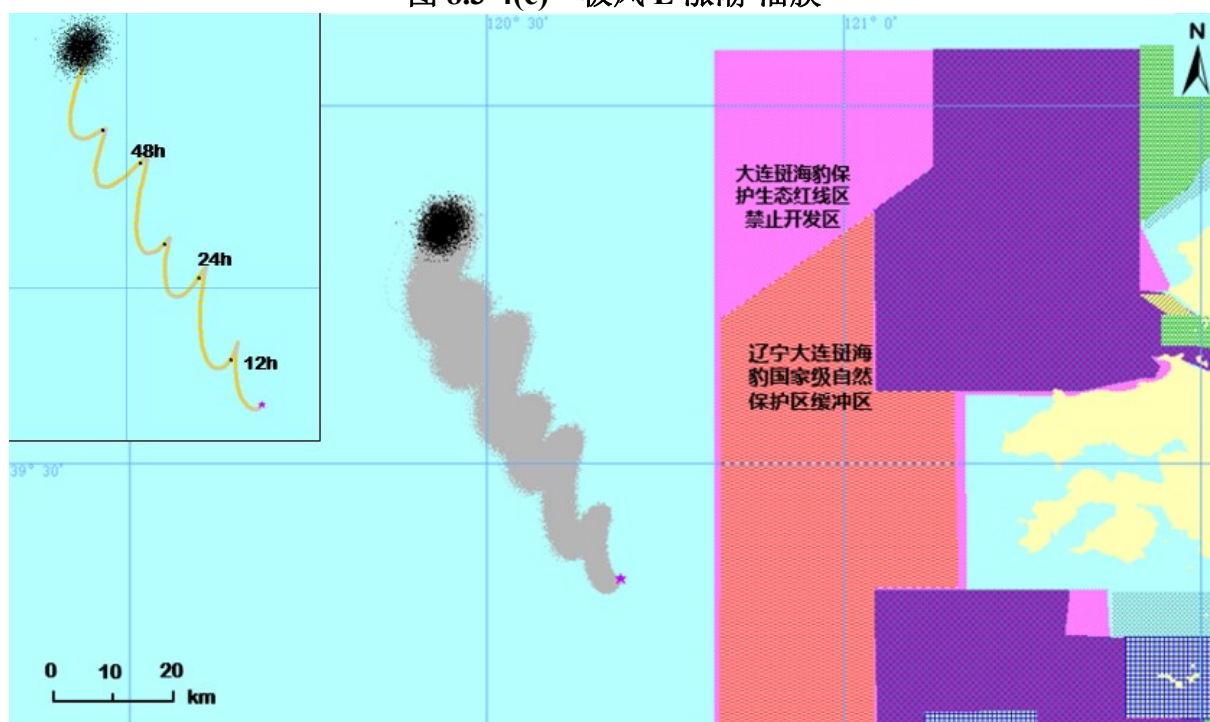


图 8.3-4(d) 极风 SE 涨潮-油膜



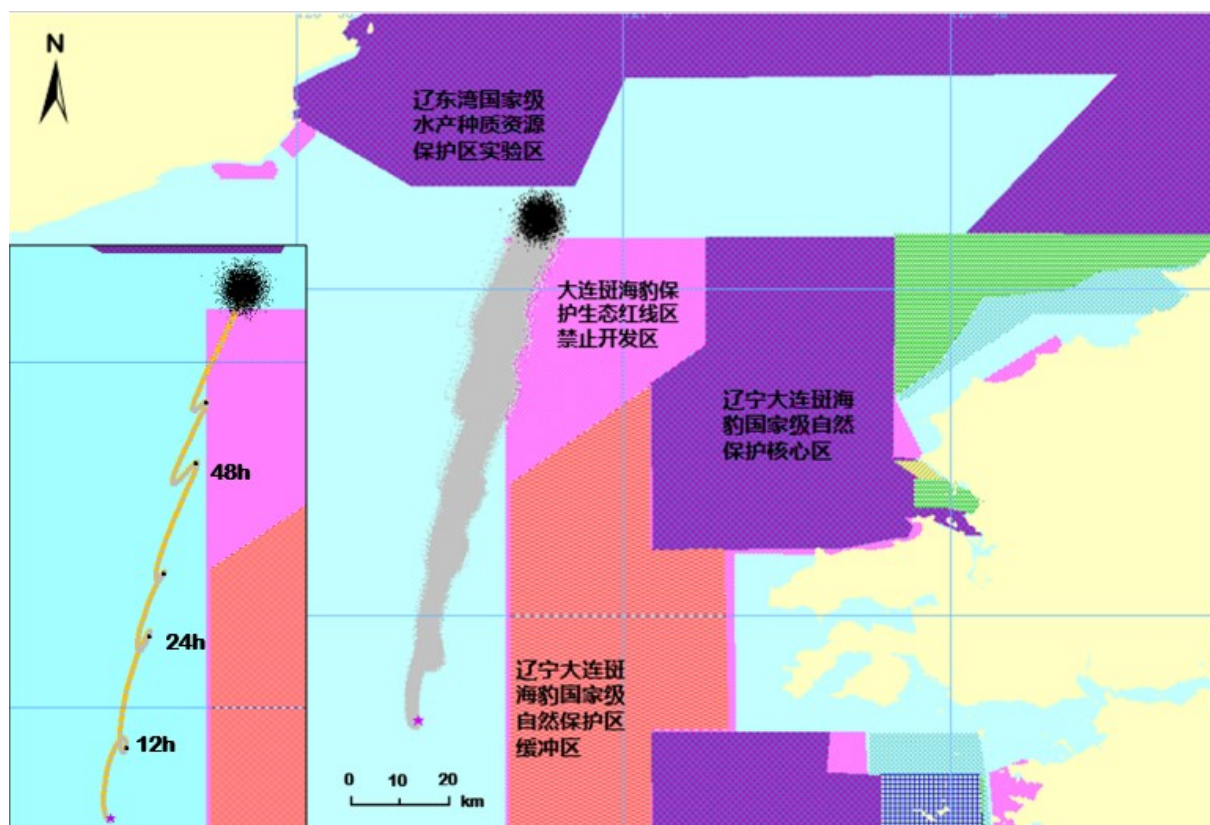


图 8.3-4(e) 极风 S 涨潮-油膜

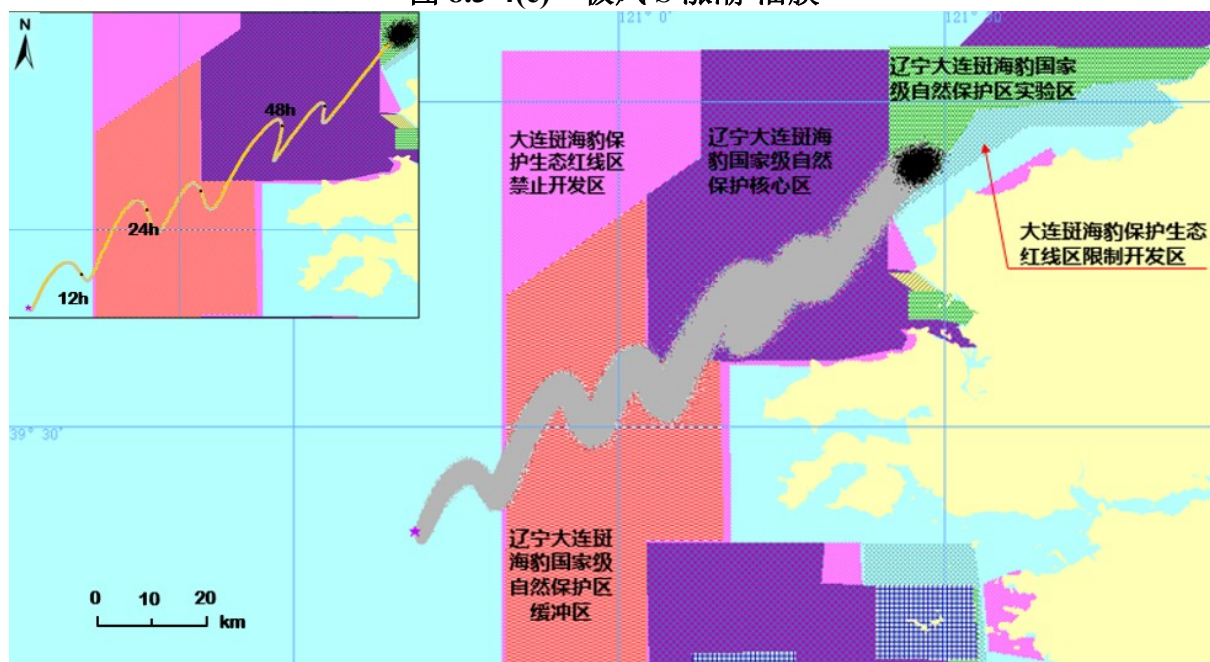


图 8.3-4(f) 极风 SW 涨潮-油膜



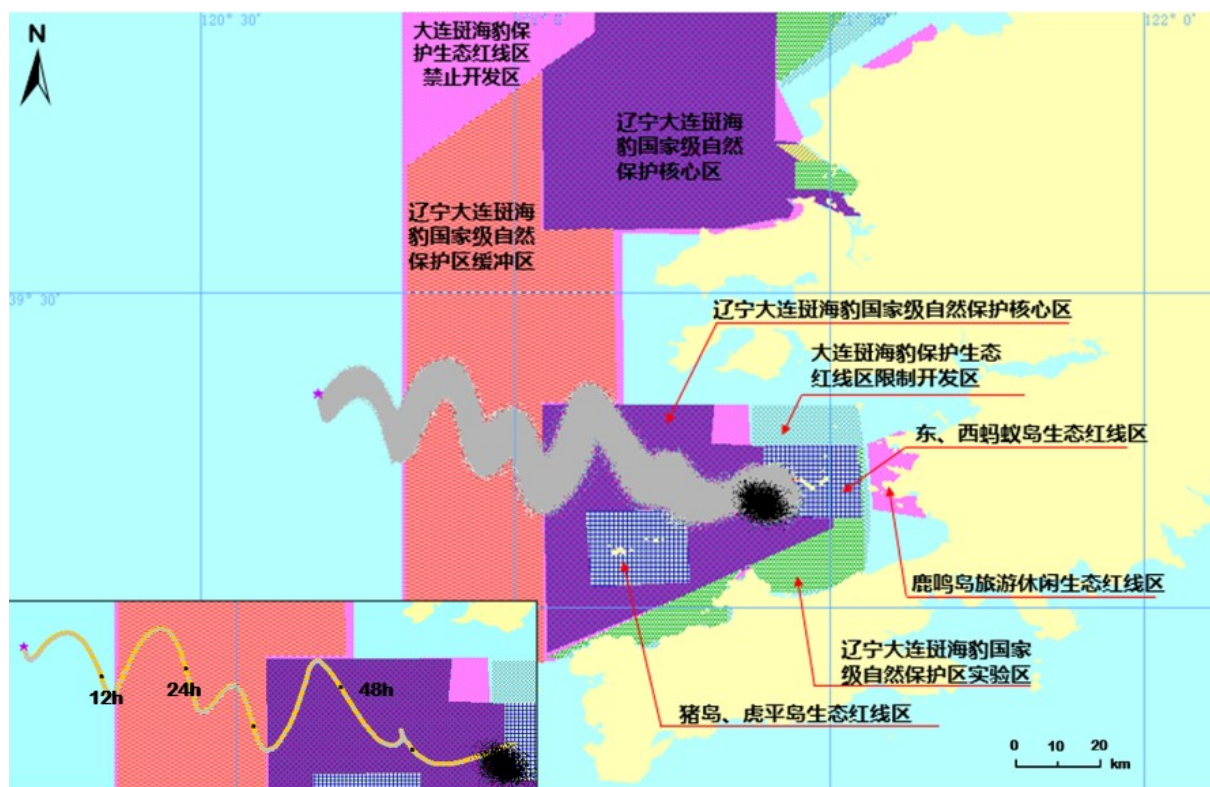


图 8.3-4(g) 极风 W 涨潮-油膜

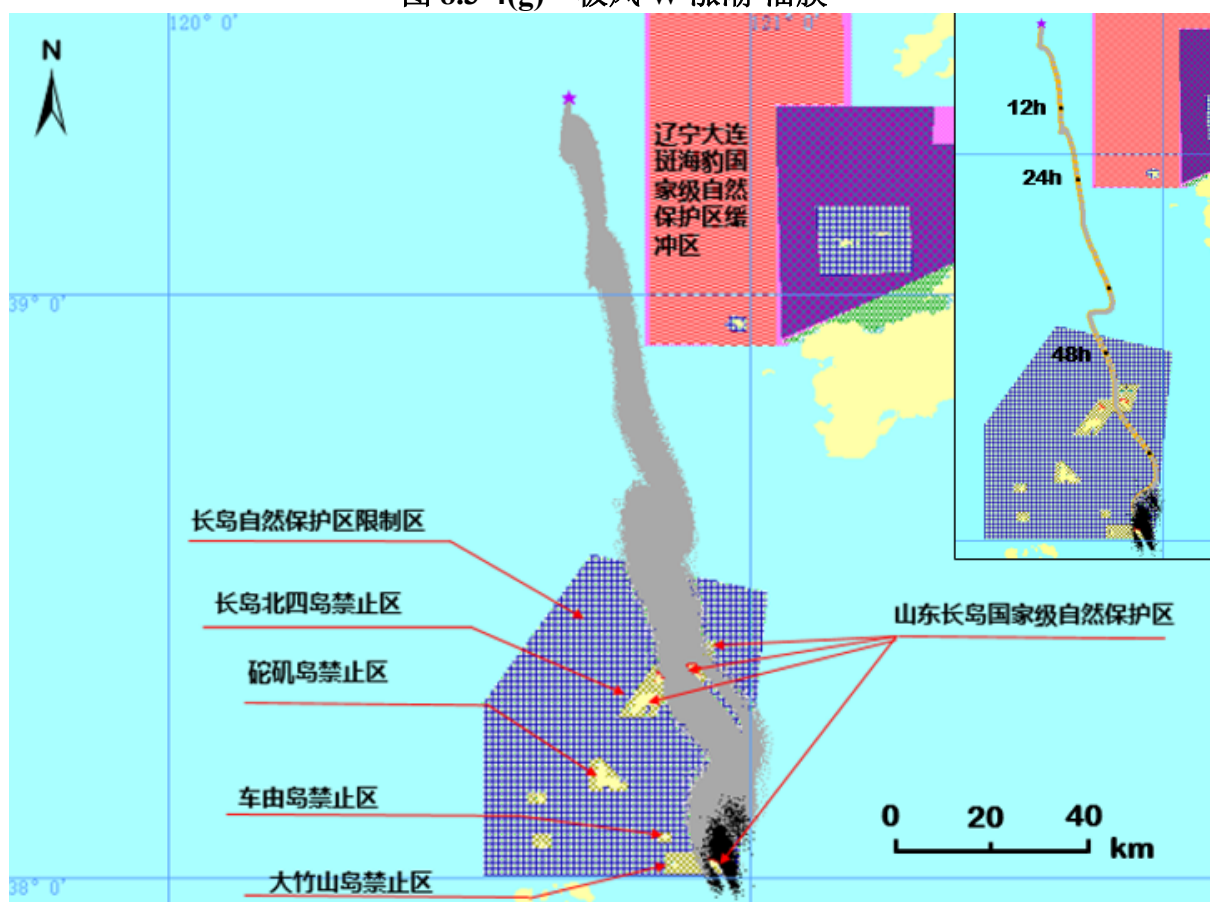


图 8.3-4(h) 极风 NNW 涨潮-油膜

## 8.4 事故后果分析

### 8.4.1 溢油对敏感区的影响分析

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。

对于本工程溢油事故而言，环境敏感区主要为辽宁大连斑海豹国家级自然保护区和山东长岛国家级自然保护区等，发生溢油后到达最近的辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区最短时间为 11h，溢油到达各敏感区时间详见表 8.4-1。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。

同时，由于本工程还位于小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵场内，毛虾的越冬场，中国对虾、鲢鱼和鳙的洄游通道上，银鲳和黄姑鱼的洄游通道边缘，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 8.4-1 溢油对周围敏感目标的影响汇总

敏感目标名称		不利条件	最短到达时间 (h)	残余油量 (%)
辽宁大连斑海豹国家级自然保护区	缓冲区	涨潮均风 S、SW、W、NW 涨潮极风 SW、W 落潮均风 S、SW、W、NW 落潮极风 SW、W	11	68.6
	核心区	涨潮均风 SW、W 涨潮极风 SW、W 落潮均风 W 落潮极风 SW、W	30	61.0
	实验区	落潮极风 W 涨潮疾风 SW	68	53.7
山东长岛国家级自然保护区		涨潮极风 NNW 落潮极风 NNW	46.5	54.2
小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵场，毛虾的越冬场，中国对虾、鲢鱼、鳙、银鲳和黄姑鱼的洄游通道		即刻到达		

### 8.4.2 溢油对生态红线区影响分析

对于本工程溢油事故而言，附近的生态红线区主要包括大连斑海豹自然保护区禁止

开发区和限制开发区、仙浴湾旅游休闲生态红线区、猪岛、虎平岛生态红线区、东、西蚂蚁岛生态红线区、长岛自然保护区限制区、长岛北四岛禁止区、大竹山岛禁止区等，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抵达红线区并造成严重污染。

本工程若在近平台一侧发生溢油，可能影响到的红线区见表 8.4-2。工程建设单位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，并保持高效、可用性，以降低溢油对红线区影响。

表 8.4-2 溢油对周围红线区的影响汇总

序号	敏感目标	不利条件	最短到达时间 (h)	残余油量 (%)
1	大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区	涨潮均风 S、SW、W、NW 涨潮极风 S、SW、W 落潮均风 S、SW、W、NW 落潮极风 S、SW、W	11	68.6
2	大连斑海豹保护生态红线区限制开发区	涨潮极风 SW、W 落潮极风 SW、W	61	54.8
3	仙浴湾旅游休闲生态红线区	落潮极风 SW	67	52.9
4	猪岛、虎平岛生态红线区	涨潮极风 W 落潮极风 W	41.5	58.2
5	东、西蚂蚁岛生态红线区	涨潮极风 W 落潮极风 W	64.5	54.4
6	长岛自然保护区限制区	涨潮极风 NNW 落潮极风 NNW	40.5	55.4
7	长岛北四岛禁止区	涨潮极风 NNW 落潮极风 NNW	46	54.3
8	大竹山岛禁止区	涨潮极风 NNW	71	33.4

### 8.4.3 溢油生态环境影响分析与评价

石油对海洋生物的直接危害一般以溶解状态、乳化状态、吸附和沉降状态等为主，其中以溶解状态毒害最大。溢油对海洋生物的影响包括物理作用和化学毒害两个方面。物理作用包括油品黏附覆盖于生物体表，导致生物丧失或减弱活动能力，堵塞生物的呼吸和进水系统，吸附悬浮物沉降而导致生物幼体失去合适的附着基质等。石油对海洋生物的化学毒害分为两类一类是大量的原油造成的急性中毒；另一类是长期的低浓度石油的毒性效应（于桂峰，2007）。

### 8.4.3.1 对浮游生物的影响

#### (1) 浮游植物

海面溢油直接粘附于浮游植物细胞上，导致浮游植物在强光等不利因素的作用下很快死亡。在溢油海域中，大量石油漂浮在水面使表层水体产生一层油膜，从而阻断了水体与大气的交换，白天浮游植物进行光合作用所需二氧化碳得不到满足，夜晚浮游植物生理代谢所需氧气也难从大气中获取，因而浮游植物的正常生理活动会受到不利影响。石油吸附悬浮物，并沉降于潮间带或浅水海底，致使一些海藻的孢子失去了合适的附着基质，浮游植物的繁殖会受到不利影响。石油对某些浮游植物种类有加速繁殖的作用，该类浮游植物可利用石油中的碳、氢等元素，从而加速了细胞的分裂速度，使溢油海域浮游植物群落的多样性指数降低，优势度增高，为赤潮的形成埋下隐患。溢油的处理过程中，经常使用到的消油剂在沉降过程中可能对浮游植物造成影响，造成浮游植物沉降。多环芳香烃碳氢化合物是最常见的石油团块的基本成分之一，其分子量很大，是石油成分中对海洋生态系统破坏性最大的化合物之一，多环芳香烃碳氢化合物能够在浮游植物的组织和器官中聚集起来，缓慢而长期地实施其毒性。由此导致，溢油发生的海域浮游植物的种类数量和细胞数量将大幅度降低。

#### (2) 浮游动物

当石油烃浓度较高时，其急性毒性影响可导致浮游动物在短期内死亡。当石油烃浓度较低时，石油烃可降低浮游动物的运动能力和摄食率，抑制浮游动物的趋化性，降低或阻抑其生殖行为，影响其正常生理功能，降低生长率。浮游动物在海洋中处于被动的游动状态，会被漂浮于海面的粘稠的溢油紧紧粘住，从而失去自由活动能力，最后随油物质一起沉入海底或冲上海滩。石油附着于浮游动物体表，还可能堵塞浮游动物的呼吸和进水系统，致使生物窒息死亡。被石油薄膜大面积覆盖着的海域，许多浮游动物，如小虾，会错把白天视为夜幕降临，本能的从水深处游向表层，导致浮游小虾会不分昼夜的滞留于海水表层。石油薄膜起到了类似日全蚀的作用，从而改变了浮游动物的正常活动习惯。以浮游植物为饵料的浮游动物，会由于浮游植物数量的减少而减少。浮游动物被许多经济性生物所食，浮游动物的群落结构、数量特征的变动，不仅直接影响着海洋渔业资源，而且石油的有毒成分可以通过生物富集和食物链传递，最终危害人类健康。浮游生物的生产力约占海洋生态系统总生产力的 95%，浮游生物受到损害，就从根本上动摇了海洋生物“大厦”的基础（张计涛，2007）。

#### 8.4.3.2 对游泳生物的影响

石油黏附于海洋鱼类、甲壳类、头足类和爬行类游泳动物体表后，可能堵塞游泳动物的呼吸系统，导致游泳动物窒息而亡。大型哺乳动物体表黏上溢油后，虽然经过一段时间自己可以清除掉，但是如果摄入体内，会损害其内脏功能。溢油对鱼类的损害尤为严重，其中又以鱼卵和幼体为甚，鱼卵和幼体对石油污染的毒性敏感程度要比成熟个体高约 100 倍（张计涛，2007）。溢油对鱼类的直接损害包括：如果污染事故发生在鱼类的产卵或孵化场，由于油的覆盖和毒害，鱼卵和幼体会被杀死；性成熟的鱼，当产卵洄游到严重油污、地理位置较窄、浅水和水交换不良处，也会被杀死；产卵场或孵化场受到严重油污，将影响鱼的怀卵数量和产卵行为，种群繁衍可能受到伤害；无脊椎动物由于逃离溢油现场的速度较鱼类慢，因此其受溢油的损害更大。油污不仅能降低甲壳类动物的摄食率和运动能力，还能抑制甲壳类动物的趋化性，阻抑或降低其生殖行为，延长其蜕皮时间，降低其生长率。溢油对甲壳动物的毒性大小与生物种类、发育阶段、油品种类等有关，对幼虫的毒性一般高于成体，炼制油的毒性一般高于原油（Wirtza K W, 2007）。因溢油污染使水域中大量的饵料生物浮游动、植物等数量减少，由此破坏了游泳生物的幼体及部分成体赖以生存的饵料基础，食物链网传递能量脱节，致使高营养级生物量下降，造成区域生态失衡。油污干扰了游泳生物正常的生理、生化机能，从而会引起病变。近些年，鱼虾贝类病害时有发生，造成了很大经济损失，水质恶化是造成病害的重要原因之一，而石油污染又是造成水质恶化的重要原因之一。石油污染物在相当长的一段时间持续影响水域生态环境，使游泳生物产生回避反应，继而使一些种类被迫改变生活习性，影响种群正常洄游、繁殖、索饵、分布，从而导致事故海域在一段时间内渔业功能衰退。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类受伤害程度轻，若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

#### 8.4.3.3 对底栖生物的影响

石油溢出后，相当一部分石油污染衍生物甚至石油颗粒会渐渐的沉入海底，底栖生物上常附着厚厚的一层石油污染物，而底栖生物基本上不做远距离迁移，所以一旦受到溢油污染，它们便难以生存。溢油中的多环芳烃（例如 PAC 和 PCB）将会影响贝类体内脂肪的代谢平衡，从而加速贝类死亡（Smolders R, 2004）。此外，溢油区域的贝类会受到氧化胁迫，从而导致贝类酶的活性受抑制，发生突变、活动减弱，繁殖力下降，

加速衰老 (Thomas R E, 2007)。因而溢油污染对底栖生物的累积效应是更主要的。附着在岸边岩石上的一些海洋生物对新鲜石油更为敏感,往往是首批牺牲者。浅滩上受石油污染过的牡蛎同样会丧生,即使活下来的也不能再食用。被石油污染过的牡蛎有一股浓浓的石油味,这股味道可以存在一个多月之久。棘皮动物对海水中的任何物质都有敏感性,对石油污染更是如此。大量观测结果表明石油污染对海星和海胆等棘皮动物的潜在威胁很大。

## 8.5 地质性溢油风险分析与评价

略

## 8.6 环境风险防范对策措施和应急方法

根据上述环境风险识别、溢油漂移预测、污染物迁移扩散影响及事故后果分析几个小节可知,项目若发生溢油事故,将会对海洋生态、渔业资源和敏感保护目标产生不利影响,为防止溢油事故的发生,需采取相应的措施减缓事故发生的概率,以及提高溢油应急能力,本节详细阐述了在设计、施工和生产运营期间采取的各项溢油风险防范对策措施和应急方法。

### 8.6.1 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。

#### 8.6.1.1 设计阶段防范措施

防止事故发生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措施,消除事故隐患,及时制止事故苗头,防止事故的发生。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,旅大 29-1 油田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。

### (1) 严格按照相关规范设计

严格按照国内外设计规范、设计标准进行工艺、结构、机电设计；设计的设备应符合安全和环境保护规范和标准。建造和海上施工安装以及竣工后进行入级检验，保证工程设施在设计使用范围内不会由于结构强度、腐蚀、柱基承载以及建筑安装工艺等问题导致结构破坏造成事故性溢油。

### (2) 设计火气监控系统

目的是为了及时、准确地探测到可能或已经发生的可燃气体泄漏事故和火情，并及时采取相应措施以保护平台人员和设施的安全。火气监控系统主要包括控制系统和现场探测、报警设备。

### (3) 设置紧急关断系统

目的是为了保护平台人员和设备的安全，防止环境污染，将事故的损失限制到最小。紧急关断系统的设计应确保：某一级别关断能启动所有较低级别关断，而不能引起较高级别的关断。在平台可燃气体泄漏、发生火灾、管道破裂、恶劣天气等不利条件下，油田可执行紧急关断。

### (4) 注重安全可靠

用国际通用规范进行危险区和非危险区划分，对危险区设计高等级防火系统。设计中配备各种易接近和易保修的设备并有备用。

### (5) 双层海管设计

新建混输管道为双层钢管，内层为输送管，外层为套管，中间为保温层，可以对输送管道进行有效的保护。

## 8.6.1.2 施工阶段防范措施

### (一) 井喷及井涌事故防范措施

预防和缓解措施包括准确分析地层压力，配比合适的泥浆，安装完备的井控装置，钻井人员经过严格的培训，加强井控演习，安装井下安全阀和井上安全阀、并时刻保证安全阀的正常工作。为防止钻、完井阶段火灾和井喷事故的发生，油田作业者考虑了如下措施：

- 加强对地层、地质资料的勘查研究，减少因认知缺乏而产生的事故；
- 严格实施钻井作业规程；
- 在钻台、泥浆池和泥浆工艺室等场所设置通风系统和烃类气体探测器，探测并

迅速扩散聚集的烃类气体；

- 安装井口防喷器；
- 井口控制安全屏蔽由机械或液压控制的监测装置组成，用来控制井喷；
- 选择优质封隔器；
- 设置消防喷淋系统，关键场所设手提灭火器；
- 在守护船上设置溢油应急设施，一旦发生井喷便启动溢油应急计划；
- 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；
- 油管强度设计采用较高的安全系数；
- 对关键岗位的操作人员进行专业技术培训，坚持持证上岗，建立健全井控管理

系统；

➤ 加强钻时观测，及时发现先兆，按正确的关井程序实行有效控制，并及时组织压井作业；

- 制定严密的溢油应急计划，一旦发生井喷便采取相应的应急措施。

目前因地层资料不足，在钻井阶段导致意外事故从而可能发生事故的防范措施如表 8.6-1。

**表 8.6-1 目前钻井阶段发生事故的防范措施**

事故类型	采取的措施
溢流	及时发现溢流现象，尽快关井，实施压井作业
井漏	观察井内变化，严格按照需要往井内补充钻井液
井涌	掌握准确的地层资料，根据地层情况配比合适的泥浆

## (二) 钻完井期间其他风险防范措施

### (1) 设备故障导致意外事故的风险防范措施

在钻、完井阶段由于设备故障可能导致意外事故从而可能引发溢油事故的推荐防范措施见表 8.6-2。

**表 8.6-2 设备故障可能导致意外事故的推荐防范措施**

事故	推荐措施
采油树损坏	按时检查和维修及时更换损坏件，合理设计、安装
套管油管柱损坏	检查管件，保证质量防止井内落物
井控管汇损坏	按时检查保养
灰罐下灰口堵塞	选择重晶石粉时注意质量，装运时注意勿将杂物带入罐中



## （2）井眼防碰预防措施

- ①表层防碰井段钻进使用牙轮钻头，采用低排量、低钻压钻井参数确保作业安全。
- ②防碰井段使用陀螺测斜，密切关注与已钻井眼的防碰扫描。
- ③在返出槽合适位置放置磁铁，并安排专人实时观察。
- ④优化现场操作措施，加强振动筛返出岩屑和井眼数据的监控，并及时用定向井软件对轨迹进行防碰计算和分析。
- ⑤钻进中若出现钻遇套管的征兆，如返出岩屑水泥含量愈来愈高，钻时变慢，钻压有增无减，钻具蹩跳严重，泵压升高，进尺变慢，MWD 的地磁场强度值数据显示异常，则立即停止钻进。

## （3）固井作业风险防范措施

- ①提高套管居中度。套管鞋附近安装扶正器保证套管居中度。
- ②改变封固方式。套管固井作业由单级双封变为单级全封，尾浆封固下部油层段，领浆填充上部井段。
- ③优化浆柱结构。固井作业水泥浆采用低密高强体系封固。采用低温早强水泥浆，缩短水泥浆稠化时间。
- ④合理设计前置液浆柱，确保清洗效果。
- ⑤合理选择隔离液。
- ⑥尽量减少套管鞋口袋。
- ⑦固井结束，在确认无回流，环空液面稳定的情况下拆井口。
- ⑧固完井拆井口后，要在 11" 油管四通上连接盲法兰封堵、油管四通翼阀安装压力表，空井期间要定期检查井口是否有压力，若发现井口带压，要及时采取措施处理。
- ⑨进行固井质量测井，确保油层段封固。

## （三）船舶碰撞防范措施

为减少施工期施工船舶事故发生的概率，并减小溢油事故后对环境造成的影响，应采取事故防范措施。

（1）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油污回收、消除等有效措施，以减少污染损害。

（2）为防止钻完井作业、施工过程可能出现的溢油风险事故，建设单位应设立事故应急机构，平时协助监督部门进行安全生产监督、检查，及时发现并排除事故。

(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) 制订必要的事故应急程序，配置相应的具有溢油回收功能的施工船舶等。一旦溢油事故发生，立即启动应急程序，并及时报告相关政府部门，对溢油进行清除，将溢油造成的损失降至最低。

(5) 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。

(6) 施工作业期间所有施工船舶须按照规定显示信号。

(7) 施工作业船舶在施工期间加强值班瞭望，施工作业人员应严格按照操作规程进行操作。

#### **(四) LD21-2WHPA、LD10-1PAPD、LD10-1CEP、LD16-3CEPA 平台改造风险防范措施**

为防止绥中 LD21-2WHPA、LD10-1PAPD、LD10-1CEP、LD16-3CEPA 平台改造导致事故的发生，油田作业者考虑了如下措施：

- 严格执行联合作业安全审核制度；作业前进行必要的安全分析；严格编制与执行作业计划；严格实施作业安全监督；
- 合理布置，确保油气生产区与施工场地保持安全距离；
- 施工单位需要对施工作业人员进行安全培训与教育，严格明火源控制，严禁平台吸烟等；
- LD21-2WHPA、LD10-1PAPD、LD10-1CEP、LD16-3CEPA 平台需根据新增设备设施及物流的接入，完善相应的安全管理制度和操作规程。

#### **8.6.1.3 生产阶段防范措施**

##### **(一) 井涌或井喷风险防范措施**

在生产阶段，井下作业、采油（气）、修井等过程中均存在发生井喷或井涌的风险。为防止井涌或井喷的发生，建设单位在采取如下措施：

- (1) 定期对设备进行安全排查，发现问题及时处理。
- (2) 加强人员培训，避免人员操做失误引发的事故。

- (3) 严格实施生产作业规程和安全规程；
- (4) 设置消防喷淋系统、二氧化碳灭火系统，关键场所设手提灭火器；
- (5) 选择优质封隔器并及时更换损坏元件；
- (6) 对关键岗位的操作人员进行专业技术培训，坚持持证上岗，建立健全井控管理系统；
- (7) 加强生产时的观测，建立监测系统，及时发现先兆，按正确的关井程序实行有效控制；
- (8) 制定严密的溢油应急计划，一旦发生井喷便采取相应的应急措施。

## (二) 海底管道/立管事故防范措施

海底管道及立管外管的防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，还留有一定的腐蚀裕量，在输送流体中加入缓蚀剂、杀菌剂进一步阻止海管内部腐蚀。作为应急措施，设置有应急关断阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。油田群新建的油气混输管道为双层钢管，内层为输送管，外层为套管，中间为保温层，可以对输送管进行有效的保护。

钢管外防腐采用防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，留有最小3.1mm的腐蚀余量。作为应急措施，设置有应急关断阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。海底管道外包一层混凝土保护层。为防止受外力撞击引起的管线破裂事故，全程挖沟埋设，埋深1.5m。严格按照设计要求进行施工，并在施工中保证焊接质量。管道铺设完成，进行扫线、清管和试压。

此外，在新建混输海底管道、输气海底管道出、入口各设置一套 CC，CP 旁路式内腐蚀监、检测装置，在生产中定期通过内腐蚀监测装置监测腐蚀情况，根据监测情况采取相应措施，包括调节缓蚀剂的种类，添加浓度及频率，或采取工艺措施如降低含水率，降低 CO<sub>2</sub> 分压等措施，并定期获取如下数据或采取如下措施：

- 细菌分析；
- 腐蚀挂片和腐蚀探头的腐蚀数据及分析；腐蚀挂片照片；
- 如果输送介质成份、操作条件发生变化，应及时采取措施，主要包括：加强检测和监测、调整缓蚀剂（品种、用量和加入方法、加入点等）、进行内腐蚀监测及腐蚀评估等；
- 根据投产后的实际生产情况，筛选缓蚀剂，采取合适的注入方法；
- 定期进行预膜和清管作业；

定期对海底管道腐蚀情况进行检测和评估，对钢质混输管道定期采用智能清管球进行检测，同时根据评估结果制定以后的检测评估计划和管理措施。

在管道铺设和运行期间，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，不定期进行海管状态监测，并建立了海管完整性的管理系统（如音波测漏系统），为海底原油管线监控提供有力保障。

### （三）平台溢油事故防范措施

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了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放，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，并设置了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。

为防止在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，并制定了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，立即停止输油作业，并及时上报，进行应急处理。

### （四）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。旅大 29-1 油田开发项目具体有以下几方面的管理措施：

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

- 5) 与海事局部门合作共建 VTS 系统。
- 6) 设定安全作业区，发布明确的航行通告和设置海图标记，划定保护界线，提醒外部船舶避免进入海上生产作业区。
- 7) 狠抓船舶抛锚管理，利用视频监控系统、光电跟踪系统做好平台、海域监控。海上船舶抛锚等大型作业需办理相关的票证，选派经验丰富的人员现场监督、带班。

#### 8.6.1.4 溢油预警机制

- 对溢油风险环节，进行危险源的辨识与更新；
- 对于海上设施（包括平台、管线、储油设施、作业船舶等）和作业流程，可能产生溢油部位安装监控装置，并对监控设施、仪表进行定期检测；
- 所有作业人员都有义务报告溢油隐患，并积极采取力所能及的措施控制隐患；
- 对于可能产生溢油的上述环节，安排人员定期进行巡视；
- 发生溢油后，要及时组织堵漏，搜集信息，按照报告流程报告和启动溢油应急响应程序。

此外，根据《渤海综合治理攻坚战行动计划》“（四）环境风险防范行动”中的“17. 海上溢油风险防范”规定：“石油勘探开发海上溢油风险防范。2019 年底前，完成海上石油平台、油气管线、陆域终端等风险专项检查，定期开展专项执法检查。加强海上溢油影响的环境监测，完善海上石油开发油指纹库。2020 年底前，完成渤海石油勘探开发海上溢油风险评估，开展海上排污许可试点工作，推动建立石油勘探开发海上排污许可制度。”及“（六）完善监测监控体系”中“按照陆海统筹、统一布局、服务攻坚的原则，加快建立与攻坚战相匹配的生态环境监测体系。加强监测能力建设，保障监测运行经费，在专用监测船舶、在线监测设施、应急处置设备等方面加大投入力度。强化渤海网格化监测和动态监视监测，建设海洋环境实时在线监控系统。实施渤海海洋生态风险监测，加强对危化品及危险废物等环境健康危害因素的监测……”，建设单位在项目施工和运营过程中，应加强海上溢油影响的环境监测，制定相应的管道保护和检测程序，定期对平台、油气管线进行不定期局部检测和定期全面检测，对油田生产风险源进行全面排查。在后续生产过程中，建设单位将严格落实环境保护主管部门要求，严格执行排污许可制度。加强监测能力建设，在专用监测船舶、在线监测设施、应急处置设备等方面加大投

入力度。并按要求编制具有针对性的溢油应急计划。

## 8.6.2 溢油事故应急处理措施

旅大 29-1 油田虽在设计、建造、施工和运行期间将采取各种预防措施，但仍有难以预料的内部或外部原因导致海上油气泄漏事故发生的可能性。这种发生概率很低，但却难以预料，仍然存在不可忽视的环境风险。因此必须在以预防为主的基础上，制定科学的应急预案并建立严格的应急程序，充分利用现有的应急处理能力和措施，尽最大能力降低海上油气泄漏的环境危害程度。

### 8.6.2.1 制定溢油应急预案

在本项目正式投产作业前，建设单位（中海石油（中国）有限公司天津分公司，以下简称“天津分公司”）应制定详细的溢油应急预案，并报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案。本项目溢油应急预案需与附近其他油田应急预案统一考虑，并纳入天津分公司应急体系中。根据《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书》（**本工程周边油田**），在旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目正式投产之前，建设单位将编制《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》。目前，旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目处于建设阶段，该项目正式投产前，将编制溢油应急计划，届时将旅大 29-1 油田纳入上述溢油应急计划统一考虑。应急预案的主要内容应包括油田作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等内容。建设单位应急组织机构和溢油应急联络流程见图 8.6-1 和图 8.6-2。

所有参加油田开发作业的钻井平台和施工船舶（供应船、值班船或工程船舶等）均需参照《防治船舶污染海洋环境管理条例》和健康安全环保管理体系的相关要求向天津分公司提供其安全应急计划和溢油应急预案。船舶发生污染事故其应急预案应符合《防治船舶污染海洋环境管理条例》规定的相关要求。

本油田发生溢油事故后，无论大小，均必须按要求尽快向上逐级汇报，并在规定时间内向政府主管部门汇报，溢油事故报告程序见图 8.6-3。

在通知天津分公司应急办公室以前完成以下应急反应程序：

任何人看到溢油都必须在安全的前提下，马上采取措施切断溢油源，并向上级报告；确保所有人员的安全。判断溢油是否有起火或爆炸的危险。如需要，关闭电源并确保停

止所有产生点火源的活动；使用吸附剂和其它现有材料，在区域周围形成一个临时围栏以阻挡溢出的油扩散；尽量防止溢油入海；报告并按小型溢油应急程序或中型溢油应急程序中的内容采取恰当的溢油应急行动。

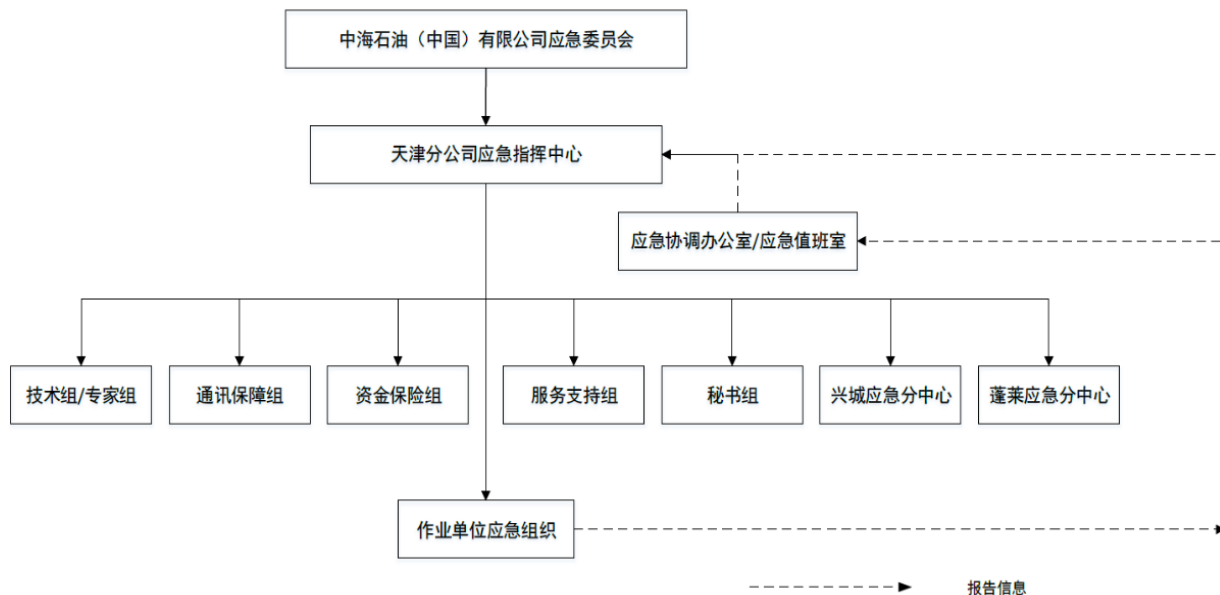


图 8.6-1 建设单位应急组织机构图

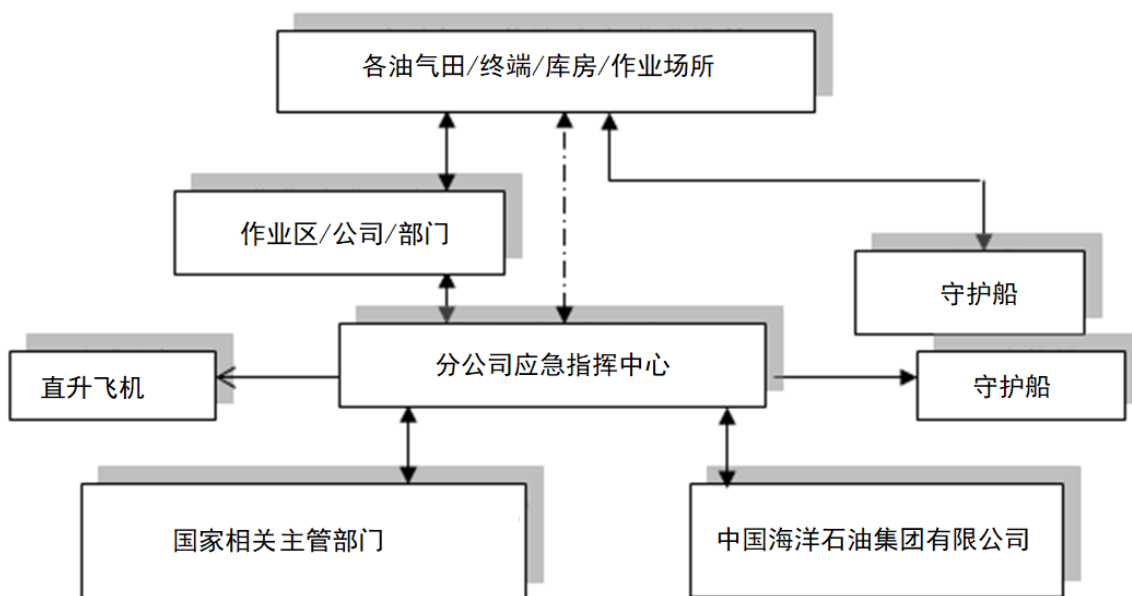


图 8.6-2 建设单位溢油应急联络流程图

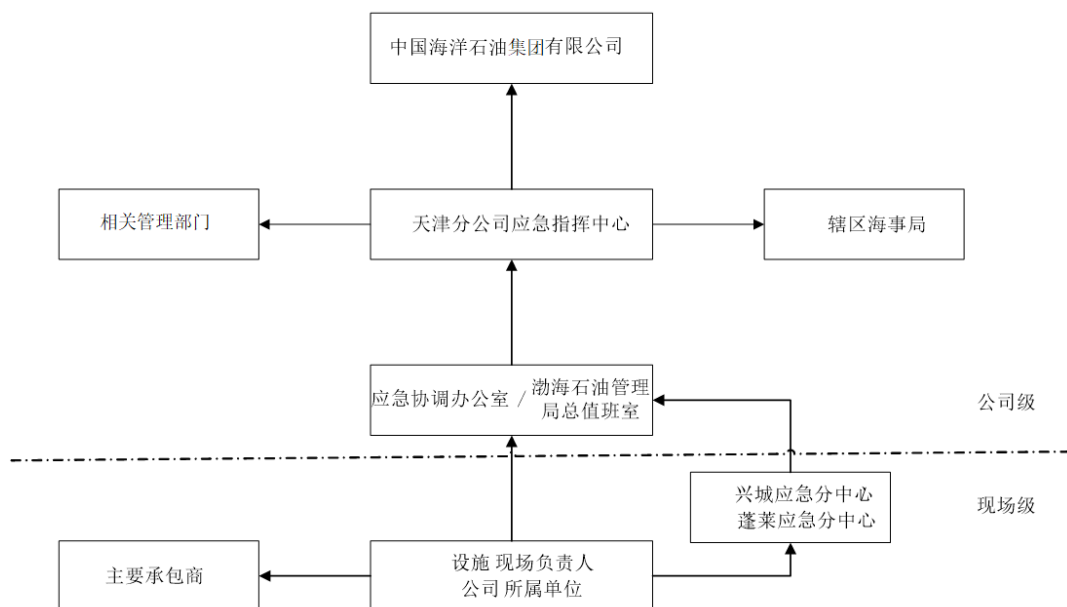


图 8.6-3 溢油事故报告程序图

### 8.6.2.2 溢油反应程序

溢油事故的应急程序是根据事故类型的大小不同而定。不同规模的溢油需要不同的级别、应急设备和人员。根据《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》的规定，溢油事故分为特别重大、重大、较大和一般四种类型。

- (1) 特别重大溢油事故，是指溢油 1000t 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 500t 至 1000t（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 100t 至 500t（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 0.1t 至 100t（含）的海洋石油勘探开发溢油事故。

对应《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》中的溢油事故分类，将应急响应设定为I级、II级、III级和IV级四个等级。

“海洋石油勘探开发溢油应急预案”相关内容目前正在修编中，各级事故应急响应启动单位以正式发布的“海洋石油勘探开发溢油应急预案”内容为准。

发生溢油事故后应及时启动本油田应急计划，由天津公司根据溢油规模启动相应级别的应急预案，旅大 29-1 油田作业者将严格按照上述要求执行。

#### (1) 一般类型溢油事故



当溢油量在 1t~100t 之间时，应及时急协调办公室报告，应急程序由海上应急组织构成，并获得天津分公司应急办公室支持。此应急反应可能需要包括环渤海溢油反应组织在内的几处溢油应急资源的支持。溢油回收清理活动可能要超出油田附近海域。

### **(2) 较大类型溢油事故**

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

### **(3) 特别重大、重大溢油事故**

当发生特别重大或重大溢油事故时，要迅速上报，并根据国家相关主管部门统一指挥，按照国家重大海上溢油应急处置预案进行相应的溢油应急处理。

#### **8.6.2.3 海上溢油的处理措施**

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

##### **1、溢油回收条件**

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

##### **2、围控和机械回收**

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

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

(1) 双船作业“J”型拖带清油（如图 8.6-4）

工作船处于“J”型排列围油栏的凹形底部，将一收油机或收油网放在围油栏凹形底部收油。另一拖船拖带导引围油栏，已增大扫油宽度。

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

拖船：拖带导引围油栏。

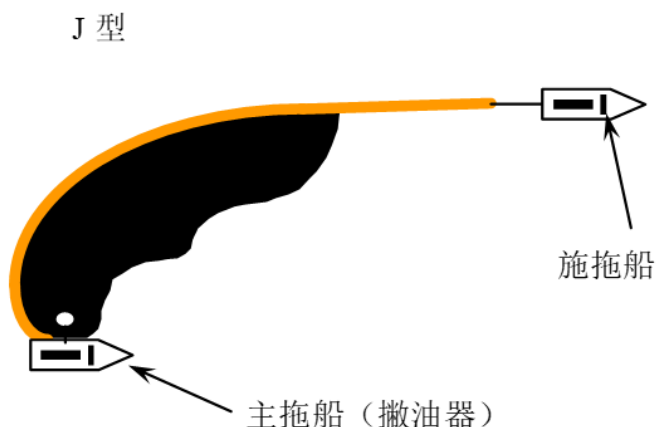


图 8.6-4 双船作业“J”型拖带

(2) 三船作业“U”型拖带清油（如图 8.6-5）

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

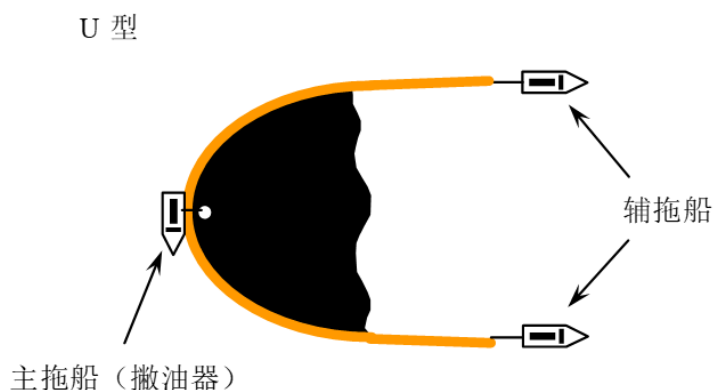


图 8.6-5 海上三船作业“U”型拖带

(3) 三船作业“V”型拖带清油

两条拖船拖带围油栏成“V”形，浮油回收船在“V”型底部收油。

海上溢油的处理效果，除溢油应急力量的强弱、能否有效快速调用、天气海况因素决定以外，溢油的性质及其季节变化也是影响海上回收和处理效果的重要因素。因此，当海上发现溢油时，应迅速分析判断溢油的性质组分等，然后根据有关技术要求、操作

规程和应急预案快速、恰当地调用合适的应急力量参与应急反应行动。

### 3、喷洒化学消油剂

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

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

在海上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）。

消油剂可以破坏油膜，使水面溢油乳化成水包油的微小微粒，进入水体。如果在浅海和滩涂的溢油中滥用，会导致二次污染，对其使用必须严格限制。

#### （1）法规要求

根据《中华人民共和国石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》第二十条规定，海面溢油首先使用机械回收，消油剂应严格控制使用，并遵守国家海洋局 2015 年 11 月 23 日发布的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》等三份规范性文件的决定的公告。

当出现下列情况之一时，不得使用消油剂：

- ①油膜厚度大于 5mm；
- ②溢油为易挥发的轻质油品，而且预计油膜迁移至敏感区域之前即可自然消散；
- ③溢油在海面呈焦油状、块状、蜡状和油包水乳状物（含水 50%以上）以及溢出油的粘度超过 5000mPa·s；
- ④海域水温低于 15℃（可在低温环境下使用的消油剂除外）；
- ⑤溢油发生在养殖区、经济鱼虾繁殖季节的区域。

此外每个溢油点（两溢油点间距小于 1000 米者为一个溢油点）的消油剂一次性使

用量不得超过规定数量。

**表 8.6-3 消油剂使用要求**

海区	一次性使用量	备注
渤海	消除1吨溢油 (普通型消油剂0.3—0.5吨)	大于10米水深

每个溢油点 24 小时内累计用量不得超过一次性用量的一倍，喷洒间隔必须大于 6 小时。

国家海洋局 2017 年 10 月 10 日发布了《国家海洋局取消“海洋石油勘探开发化学消油剂使用核准”和“海洋工程拆除或改作他用的审批”》，取消“海洋石油勘探开发化学消油剂使用核准”，拟采取以下事中事后监管措施。

### (2) 使用原则

除上述规定外，在决定使用消油剂时，还应严格遵循下述两个原则：

①溢油分散剂作为最后的手段，只有在溢油预计漂向岸边或环境敏感水域时，且由于天气和海况的原因，机械回收失败的情况下才使用。

②溢油分散剂须在海面能见到油污时才能使用，并避免向清洁的海域喷洒，一般溢油分散剂的喷洒在白天进行。

## 8.6.3 溢油应急措施有效性分析

### 8.6.3.1 油田自身溢油应急物资

鉴于本项目平台无人值守，平台不再配备溢油应急设备，项目溢油应急依托周边油田。

### 8.6.3.2 油田周边溢油应急物资

#### (一) 周边油田

LD29-1 油田周边海区可借用的应急力量包括金县 1-1 油田、绥中 36-1 油田、锦州 25-1 南油田、锦州 9-3 油田、旅大 10-1 油田等多个油田的设备。同时值班船上配置适量的溢油分散剂和喷洒装置。可由其他油田调用的回收设备见表 8.6-4。

**表 8.6-4 周边其它油田群溢油设备一览表**

单位	锦州 9-3 油田	绥中 36-1 油田	绥中 36-1 处理厂	LD10-1 油田	LD27-2/32-2 油田	JZ25-1S 油田	JX1-1 油田
存放地点	W 平台	CEP 平台	绥中码头	CEP 平台	LD32-2	CEP 平台	CEPA
油围型号	QW1100	QW1500	WGJ1100	QW1500	HRA1500	HRA1500	HRA1500

旅大 29-1 油田开发项目环境影响报告书

	厂家	青岛光明	青岛光明	青岛光明	青岛光明	天津汉海	天津汉海	天津汉海
	总长	200m	400m	680m	400m	400m	400m	400m
	工作干舷	0.36m	0.5m	0.38m	0.50m	500mm	0.5m	0.5m
	围板深度	0.56m	0.75m	0.56m	0.75m	750mm	0.7m	0.7m
	抗浪	1m	2m	1.5m	2m	3m	3m	3m
	抗风	15 m/s	20m/s	20m/s	20 m/s	20m/s	20m/s	20m/s
	抗流	3 knots	3knot	3 knots	3 knots	3 knots	3 knots	3 knots
	布放时间		25min/200m	340m/1h	25min/200m	25min/200m	25min/200m	25min/200m
	回收时间		20min/200m	340m/1h	20min/200m	20min/200m	20min/200m	20min/200m
	储存方式	集装箱、滚筒			卷筒、集装箱	集装箱、滚筒	集装箱、滚筒	集装箱、滚筒
	储存温度	-60℃至70℃	-60℃--70℃	-40/70	-60℃至70℃	-40℃至60℃	-40℃至60℃	-40℃至60℃
	工作温度	-20℃至50℃	-20℃--50℃	-20℃--60℃	-20℃至50℃	-40℃至60℃	-40℃至60℃	-40℃至60℃
	总重量	2.6t	14.5Kg/m	11kg/m	(14.5kg/m) 5.8t	2760kg	14.5Kg/m	14.5Kg/m
	生产日期		2008.03	2005.03	2004-10-1		2010.7.8	2010.7.8
动力装置	型号	PK1630C	PK1650FC	BL10	LPP30	HPP30/HPP50	HPP50	HPP50
	厂家	青岛光明	青岛光明	青岛光明	LAMOR	天津汉海	天津汉海	天津汉海
	功率	9.19KW	21 KW	18 KW	35 kw	38kw/52kw	50kw	50kw
撇油器	型号	ZSC15	ZSC30	BL-10	MINIMAX20	ZSPS30	HAF30	HAF30
	厂家	青岛光明	青岛光明	青岛光明	LAMOR	青岛光明	天津汉海	天津汉海
	重量	170Kg	480kg	120kg	105kg	470kg	210kg	210kg
	适用油品	稠油	高粘流质油	稠油	稠油		轻质油/稠油	轻质油/稠油
	撇送距离	20m		10m	20m	30m	30m	30m
	回收效率			20%	95%		95%	95%
	工作方式	转盘式	齿形转盘式	螺杆泵式	刷盘式	转盘式	刷盘式	刷盘式
	布放方式	吊机吊放	吊机吊放	吊机吊放	吊机吊放	吊机吊放	吊机吊放	吊机吊放
回收能力	20m³/h	30 m³/h	10m³/h	20m³/h	30 m³/h	30 m³/h	30 m³/h	
工作艇	型号	无	无	无	JY-GZ-7.0			
	功率				150HP			
	最大航速				>7knots			
	拖力				>1.5T			
	存放点				CEP 平台			

存储油器具	型号	FN15 浮动油囊	FN15 浮动油囊	QG-5	FN15 浮动油囊	FN5/FN10	HRFT10	HRFT10
	容积	10m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	5m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	5 m <sup>3</sup> /10 m <sup>3</sup>	10m <sup>3</sup>	10m <sup>3</sup>
	数量	3 个	6 个	2	3 个	2 套/1 套	2 套	2 套
	满载重量					20 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>
喷洒设备	数量	无	PSB50C	PSD40	1 套 (PSB50)	PSB50C	1 套 (HPS80)	1 套 (HPS80)
	厂家		青岛光明	青岛光明	青岛光明	青岛光明	天津汉海	天津汉海
	臂长		5m	10m	5m	5m	5m	6m
	喷洒速度		3t/h	4t/h	3.0t/h	3t/h	210L/min	80L/min*2
手持喷枪	数量	无	2 支	1 支 PS40	2 支	2 支	2 支	1 支
	厂家		青岛光明	青岛光明	青岛光明	青岛光明	青岛光明	德国凯驰
	最大射距		≥8 m	10 m	≥7 m	≥8m	≥8m	
	喷洒速度			40L/min	1.8t/h		25L/min	450-900 l/h
油拖网	数量				6 套	1 套	无	无
	厂家				青岛光明	青岛光明		
	长度				4.5m <sup>3</sup>	5m		
	存放方式				集装箱	集装箱		
消油剂	型号	海鸥	海鸥 4#	海鸥 4#	GM-2	GM-2	GM-2	海鸥 4#
	厂家	渤海油田化工	中海采油技术服务分公司	青岛光明	青岛光明	青岛光明	渤海油田化工	采技服
	数量	170kg/桶*6	170 kg /桶 *16 (CEP6 桶, E/F/H/G/C 平台各 2 桶)	170 kg /桶 *6	170 kg /桶*6	170KG/桶*10	170KG/桶 *5	170KG/桶 *12
其他	吸油毡	0.5 吨	0.5 吨	1 吨		500 公斤 (吸油毡)	41 包 (吸油毡)	50 包 (吸油毡)

## (二) 环保船

2011 年,“海洋石油 252”和“海洋石油 253”两艘环保船在渤海区域已运行投入使用,具有溢油应急回收、全天候雷达溢油监测、海面油污消除、货物和人员运输、海上消防等多种功能,是国内首批采用两侧内置式溢油回收设备的环保船,其溢油回收能力每小时可达 200m<sup>3</sup>,溢油回收效率高、速度快,有利于进一步增强该海域溢油应急响应能力。

## (三) 中海油专业溢油应急机构应急设施

若发生大中型溢油事故,同时可借助于中海油专业溢油应急机构-中海石油环保服务(天津)有限公司(以下简称“COES”)(该机构与天津分公司签署溢油应急协议,将提供具体的溢油应急力量,天津分公司应急指挥中心负责动员溢油回收设备、船舶、飞

机和环保人员)的溢油应急设备进行应急处置。

COES 拥有塘沽基地、绥中基地、龙口基地、深圳基地、珠海横琴基地、高栏基地、惠州基地、涠洲岛基地,各种国际先进溢油应急设备百余套,拥有专业溢油应急回收环保船九艘,四艘服务于渤海湾。COES 还与国家交通部救助打捞局签订了《应急响应资源共享与支持协议》,根据协议可以使用其船舶飞机等资源。另外,COES 同天津武警五支队签署了《海上溢油应急响应合作协议书》,通过为五支队武警官兵定期举办溢油应急知识及设备操作培训,在发生较大、重大、特别重大溢油事故时,作为后备溢油应急力量,共同抗御溢油污染。COES 北方片区以塘沽基地为中心,绥中基地和龙口基地为辅助,共同负责渤海湾内各油田发生的溢油应急反应作业。目前渤海已有四艘专业环保船(海洋石油 252/253/230/231)投入使用,实现勘探测试井液的零排放、控制污染、保护环境,达到有效降低安全风险和作业成本的最终目的。在保障海上平台日常安全、环保生产的同时,一旦渤海海域内油田发生较大、重大、特别重大溢油事故,凭借专业环保船舶的溢油处理能力和专业性能,溢油现场将能够得到快速、有效地控制。中海石油环保服务(天津)有限公司渤海湾溢油应急设备见表 8.6-5。根据中海石油环保服务有限公司渤海湾溢油应急设备配备情况,配备的撇油器的回收能力共为  $799+287+90=1176\text{m}^3$ ,储油囊容积共为  $1056\text{m}^3$ ,因此,其溢油应急设备的应急能力最大约为  $1056\text{m}^3$ 。

此外,作为三大石油化工公司应急救援联动协调小组成员,当发生溢油事故时,建设单位能按照《三大石油化工公司应急救援联动协调方案》共享中国海油和中国石油的区域溢油应急资源,当事态超过本区应急能力时,通过区域协调办向三大公司应急救援联动协调小组请求支援。



图 8.6-6 中石油、中石化、中海油三大石油公司联合应对海上溢油



表 8.6-5 中海石油环保服务有限公司渤海湾溢油应急设备一览表

序号	设备名称	类型	型号	主要参数	数量			小计
					塘沽基地	绥中基地	龙口基地	
1	围油栏 (m)	充气式	2000 型	干舷 600 吃水 1100				0
			1500 型	干舷 500 吃水 700	2000	800	800	3600
		固体式	1000 型	干舷 350 吃水 650	400		400	800
			900 型	干舷 240 吃水 490	4800	800	800	6400
			800 型	干舷 280 吃水 390		200		200
		沙滩式	WQV-1200T	干舷 400 吃水 400	400	400		800
			WQV600T	干舷 200 吃水 250	2000	400	400	2800
		防火型	WGJ900H	干舷 300 吃水 480	400	400	400	1200
小计 (m)					10000	3000	2800	15800
2	撇油器 (套)	大型	LFM450	250 m <sup>3</sup> /h、中/重质油	1			1
		中型	LSC-4C	80 m <sup>3</sup> /h、中/重质油	1	1		2
			LSC-3C	60 m <sup>3</sup> /h、中/重质油				0
			MINIMAX100	100 m <sup>3</sup> /h、中/重质油	1			1
			ALLIGATOR100	100 m <sup>3</sup> /h、中/重质油				0
			槽式轮鼓 100	100 m <sup>3</sup> /h、轻/中/重质油				0
			槽式轮鼓 50	50m <sup>3</sup> /h、轻/中/重质油	1			1
			LMS 多功能	60m <sup>3</sup> /h、轻/中/重质油	1	1	1	3
			ZSC50	50m <sup>3</sup> /h、轻/中质油				0
			LAS-125 冰区	125m <sup>3</sup> /h、中/重质油	1			
			LAS-125 冰区	125m <sup>3</sup> /h、中/重质油		1		
			YSJ-30	30m <sup>3</sup> /h、轻/中质油				0
			HAF30	30m <sup>3</sup> /h、中/重质油	2			2
		MINIMAX20	20m <sup>3</sup> /h、中/重质油			1	1	
		小型	MINIMAX12	12m <sup>3</sup> /h、中/重质油		1		1
			MINIMAX10	10m <sup>3</sup> /h、中/重质油	1			1
			HAF15	15m <sup>3</sup> /h、中/重质油				0
			HAF12	12m <sup>3</sup> /h、中/重质油	2			2
			ZK30 真空	10m <sup>3</sup> /h、轻/中质油	1		1	2
			V100 真空	10m <sup>3</sup> /h、轻/中质油	1	1		2
自吸式	10m <sup>3</sup> /h、轻/中质油	2			2			
小计 A (m <sup>3</sup> /h)					799	287	90	1176
可回收溢油	(A*0.05*24*0.8)				1248	395	67	2202
3	喷洒装置 (套)		空中喷洒	22.68m <sup>3</sup> /h				0
			PSB140	8.4m <sup>3</sup> /h	4		1	5
			PSB80	4.8m <sup>3</sup> /h	2	1		3
			PSB40	2.4m <sup>3</sup> /h				0
		小计 (m <sup>3</sup> /h)					43.2	4.8
4	消油剂 (T)		低温型	燃点 90℃ 适用-20℃~+50℃ 可生物降解性 BOD <sub>5</sub> /COD 38%	4			4
			威普	不可燃 适用常温可生物降解性 BOD <sub>5</sub> /COD47.2%		12		12
			CX-Y17	燃点>70℃ 适用常温可				0

旅大 29-1 油田开发项目环境影响报告书

			生物降解性 BOD <sub>5</sub> /COD >30%					
		富肯 2 号	燃点 >70°C 适用 -20°C ~ +50°C 可生物降解性 BOD <sub>5</sub> /COD >30%				0	
小计 (T)				4	12		16	
5	储存装置 (套)	刚性	7m <sup>3</sup> 罐	7m <sup>3</sup>	6	4	2	12
		柔性	QG5	5m <sup>3</sup>	2	2	3	7
	QG9		9m <sup>3</sup>	1	2		3	
	FN10		10m <sup>3</sup>		1	7	8	
	FN15		15m <sup>3</sup>				0	
	TPU20		20m <sup>3</sup>	4			4	
	TPU25		25m <sup>3</sup>	6			6	
	TPU100	100m <sup>3</sup>	5			5		
小计 (m <sup>3</sup> )				891	66	99	1056	
6	高压清洗机 (套)	冷/热水	HDS1000DE	水温 0°C ~ 98°C	3	1	1	5
		冷水	HD6/15C	水温 0°C ~ 30°C	2			2
	小计 (套)				5	1	1	7
7	吸附材料	吸油拖栏 (m)	SPC ENV810	Φ 200、10m/条	2000	1000	1000	4000
			羽冠 XTL260YGI	Φ 260、10m/条	280			280
			滕邦 WGW600XCB	Φ 600、10m/条	1000			1000
			XTL-220	Φ 220、3m/条		1000		1000
	小计 (m)				3280	2000	1000	6280
	吸油毛毡 (T)	SPC	400×500	0.5	0.5	0.5	1.5	
		羽冠 P4050	400×500	0			0	
		普通毛毡	500×500	1.5			1.5	
小计 (T)				2	0.5	0.5	3	



快抵达溢油点的应急力量为旅大27-2/32-2油田，平台动员时间为0.5h，加上航行时间，最快可于1.7h内到达本项目溢油点并装配溢油应急物资开展应急工作，周边其他溢油应急力量可在3h-14.7h之内陆续到位。

表 8.6-6 周边溢油应急力量抵达溢油点时间

应急力量所在地	距离 (km)	航速 (km/h)	航行时间 (h)	动员时间 (h)	到达时间 (h)
旅大 27-2/32-2 油田	24	20	1.2	0.5	1.7
旅大 10-1 油田 CEP 平台	50	20	2.5	0.5	3.0
绥中 36-1 油田 CEP 平台	69	20	3.5	0.5	4.0
金县 1-1 油田 CEPA 平台	74	20	3.7	0.5	4.2
SZ36-1 终端	100	20	5	0.5	5.5
锦州 25-1 南油田 CEP 平台	102	20	5.1	0.5	5.6
锦州 9-3 油田 CEPD 平台	157	20	7.9	0.5	8.4
COES 绥中基地	105	20	5.3	2.0	7.3
COES 龙口基地	180	20	9.0	2.0	11.0
COES 塘沽基地	253	20	12.7	2.0	14.7

#### 8.6.3.4 溢油应急能力可行性分析

LD29-1 油田自身不配备溢油应急设备，一旦发生溢油，将借助周边海区可借用的应急力量包括金县 1-1 油田、绥中 36-1 油田、锦州 25-1 南油田、锦州 9-3 油田、旅大 10-1 油田等多个油田的设备进行联合应急响应。

##### (1) 溢油围控能力

由于目前尚未发布油田的溢油应急能力评估方法，因此，本项目参照《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。

##### ①收油作业配套的围油栏数量

$$L_2 = D \times 100$$

式中： $D$ ——收油系统数量。本项目收油系统数量取 1。

经过计算，收油作业配套的围油栏数量  $L_2$  为 100m。

##### ②导流配套的围油栏数量

$$L_3 = U \times N_2$$

式中： $U$ ——一组围油栏的长度，单位为米 (m)；本项目一组围油栏的长度取 100m；

$N_2$ ——所需导流的围油栏的组数；本项目取 1。

经过计算，导流配套的围油栏数量  $L_3$  为 100m。

##### ③防护配套的围油栏数量

$$L_4 = (L_2 + L_3) \times \varphi$$

式中： $\varphi$ ——加权系数，取值区间为 0.2~0.5。环境敏感度越高，取值越大。本项目  $\varphi$  取 0.5。

经过计算，防护配套的围油栏数量  $L_4$  为 100m。

#### ④围油栏数量

围油栏数量的计算公式按下式进行：

$$L=L_2+L_3+L_4$$

式中： $L$ ——围油栏的总数量，单位为米（m）；

$L_2$ ——收油作业配套的围油栏数量，单位为米（m）；

$L_3$ ——导流配套的围油栏数量，单位为米（m）；

$L_4$ ——防护配套的围油栏数量，单位为米（m）。

经过计算，本项目溢油需要围油栏数量为 300m。项目周边多个油田配备围油栏 400m，具体见表 8.6-7，满足本项目溢油围控能力要求。

#### （2）溢油机械回收及临时储存能力

参照《船舶溢油应急能力评估导则》（JT/T 877-2013），机械回收能力按下式进行：

$$E=T \times P_1 \div [\rho \times \alpha \times Y \times 6 \times (1-\varphi_1)]$$

式中： $E$ ——收油机回收速率，单位为立方米每小时（ $m^3/h$ ）；

$T$ ——总溢油量，单位为吨（t）；取原油 49.3t；

$P_1$ ——机械回收量占总溢油量的比例（%），取值区间为 40%~60%；本项目取 60%；

$\rho$ ——回收油水混合物密度，单位为吨每立方米（ $t/m^3$ ）；本项目取 [ ]；

$\alpha$ ——收油机实际收油速率占标定收油速率的比例（%），本项目  $\alpha$  取值 7%；

$Y$ ——作业天数，单位为天（d），沿海取 3d，内河水域取 2d，本项目取 3d；

6——每天工作时间，单位为小时（h）；

$\varphi_1$ ——富余量，取 20%。

经过计算，本项目溢油需要的收油机回收速率为  $34.7m^3/h$ 。

LD29-1油田不配备溢油应急物资，周边油田溢油应急能力见表8.6-7。

表 8.6-7 油田周边溢油应急能力

序号	油田	应急物资						应急能力* (t)	反应时间 (h)
		围油栏 (m)	收油机 ( $m^3/h$ )	储油囊 ( $m^3$ )	溢油分散剂 (t)	溢油分散剂喷洒装置(L/min)	吸油毡(t)		
1	LD27-2/32-2	400	30	20	1.7	3t/h	0.5	23.9	1.7

2	LD10-1CEP	400	20	45	1.02	3t/h		42.9	3.0
3	SZ36-1CEP	400	30	90	2.72	3t/h	0.5	90.7	4.0
4	JX1-1CEPA	400	30	20	2.04	160L/min	0.5	23.9	4.2
5	SZ36-1 终端	680	10	10	1.02	4t/h	1	19.1	5.5
6	JZ25-1S CEP	400	30	20	0.85	210L/min	0.41	23.0	5.6
7	JZ9-3	200	20	30	1.02		0.5	33.4	8.4
	总计							256.9	

“\*”备注：参照《船舶溢油应急能力评估导则》(JT/T 877-2013)，应急能力选取收油机和储油囊能力中较小的数量，叠加吸油毡的吸油能力。

参照《船舶溢油应急能力评估导则》(JT/T 877-2013) 结合上述油田的溢油回收设备配备情况，计算出旅大 27-2/32-2 油田、旅大 10-1 油田、绥中 36-1 油田、金县 1-1 油田、绥中 36-1 终端、锦州 25-1 南油田、锦州 9-3 油田的溢油应急能力分别为 23.9 t、42.9t、90.7 t、23.9 t、19.1t、23.0 t、33.4 t，合计 256.9 t。因此，一旦发生溢油事故，周边可借助的溢油应急力量完全能满足本项目 51.66t 油水混合物的回收要求。

此外，还可借助中海石油环保服务有限公司渤海湾配备的溢油应急设备，该公司配备的撇油器的回收能力共为  $799+287+90=1176\text{m}^3$ ，储油囊容积为  $1056\text{m}^3$ 。

#### 8.6.4 针对斑海豹保护区及红线区的溢油应急措施有效性分析

旅大 29-1 油田距离“辽宁大连斑海豹国家级自然保护区”和生态红线区“大连斑海豹自然保护区禁止开发区和限制开发区”最近，根据“8.4 节 事故后果分析”，在本项目设定的事故情形下，溢油抵达“辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区”和生态红线区“大连斑海豹自然保护区禁止开发区”的最短时间约为 11h。

根据表 8.6-7，旅大 29-1 油田周边的金县 1-1 油田、绥中 36-1 油田、旅大 10-1 油田、锦州 25-1 南油田、旅大 27-2/32-2 油田、锦州 9-3 油田、绥中 36-1 终端的溢油应急能力合计 256.9 t，反应时间为 1.7~8.4h，而本项目 51.66t 油水混合物抵达“辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区”和生态红线区“大连斑海豹自然保护区禁止开发区”的最短时间为 11h，因此，可以满足本项目溢油回收要求，在溢油抵达“辽宁大连斑海豹国家级自然保护区”和生态红线区“大连斑海豹自然保护区禁止开发区”之前完成溢油围控和回收作业。

### 8.7 结论和建议

#### (1) 结论

本工程海上部分最主要的环境风险类型主要包括：海底管道溢油事故和平台事故溢

油。本工程最大可信事故为海底管道/立管溢油事故，选取 LD29-1WHPA 平台处作为溢油预测点，油水混合物泄漏量约为 51.66t。

根据预测分析结果，一旦发生溢油，首先影响到的是大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区及辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区，最快抵达时间为 11h，对其他环境敏感区最不利影响为：抵达辽宁大连斑海豹国家级自然保护区核心区的最短时间为 30h，抵达长岛自然保护区限制区的最短时间为 40.5h，抵达猪岛、虎平岛生态红线区的最短时间为 41.5h，抵达长岛北四岛禁止区的最短时间为 46h，抵达山东长岛国家级自然保护区的最短时间为 46.5h，抵达大竹山岛禁止区、辽宁大连斑海豹国家级自然保护区实验区、大连斑海豹保护生态红线区限制开发区、仙浴湾旅游休闲生态红线区、东、西蚂蚁岛生态红线区的最短时间均在 60h 以上。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抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位对环境风险概率较高的溢油事故予以足够重视，确保在环境安全的前提下进行海上石油开采活动。

项目 LD29-1WHPA 平台为无人平台，值班船/供应船与周边油田共享，运行期间应加强巡视。项目一旦发现溢油，可借助周边 LD27-2/32-2、绥中 36-1、旅大 10-1 等油田及中海石油环保服务有限公司（COES）的基地等外部力量开展溢油应急，最快可以在 1.7h 内对溢油进行控制，在 14.7 小时之内所有的溢油应急力量可以陆续到位。

本项目投产前，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》的相关规定制定详细的溢油应急预案。

溢油应急预案应满足实际应急要求，并报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案。本项目建成后，应按溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

## （2）建议

建议建设单位对 LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端原油海管定期进行腐蚀性检测，依据检测结果制定工程修复措施，确保输送管道的安全稳定运营。

在施工完成后，建设单位应注意对管缆路由进行定期复勘，根据复勘结果，采取相应的防护措施，保证管道运营安全。如果复勘发现管线出现裸露，则采用覆盖泥土、石块、水泥压块等措施对管线进行防护。如果出现管线悬跨，则考虑采取水泥块、石块等悬跨处下方垫放，做支撑保护，再做管线的覆盖保护治理。

## 9 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，清洁生产的目标就是增效、降耗、节能、减污，由单纯的末端治理向生产全过程贯彻，从而实现清洁生产之目的。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。

### 9.1 建设项目清洁生产内容与符合性分析

#### 9.1.1 工艺设计中采用的清洁生产与污染防治措施

(1) 优化工程开发方案，在工程设计中优化系统参数、工艺参数（压力、温度、流量）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) 设置污染物收集系统，减污及消除跑冒滴漏。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现液、设备冷却、冷凝水以及初期雨水等。从而避免开闭式排放含油污水造成环境污染，达到清洁生产之目的。

(7) 充分利用现有生产设备的富裕生产能力。本油田将依托 LD16-3CEPA 平台、LD10-1PAPD 平台工程设施进行开发，将建设活动对环境的影响降至最低，达到了清洁生产的目的。



### 9.1.2 施工过程中采取的清洁生产与污染防治措施

本工程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和混油钻井液，采用水基钻井液，从而降低非油层段钻井液排放对海水水质、沉积物及海洋生物的影响，减少了环境损害。

#### (2) 钻井液循环使用

在油田开发钻井过程中，钻井液循环使用，加强钻井过程管理，减少钻井液的使用量。

钻井过程中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、离心机等钻井液净化设备。钻井作业中，未遇油层时钻井液通过钻井平台钻井液循环系统携带出井内钻屑，首先进入平台振动筛进行筛选，钻屑（携带部分钻井液）被筛出，最后，粒径小于 2 $\mu\text{m}$  的钻井液进入钻井液泵循环使用。

#### (3) 优化施工时间

本工程铺设海管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。

#### (4) 污染物合理处置

施工过程中产生的生活垃圾、生产垃圾、油层段钻井液、油层段钻屑和船舶机舱含油污水等禁止排入海中，经收集后全部运回陆地处理/处置。

#### (5) 严格执行相关法律、法规、公约、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了《海洋环境保护法》、《海上交通安全法》、《防止船舶污染海域管理条例》、《1990 年国际油污防备、反应和合作公约》、《船舶水污染物排放控制标准》等有关的法律规定和标准。

### 9.1.3 生产过程中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) 含油生产水经 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台处理合格后，全部回注地层，无生产水外排，避免含油生产水排放造成环境污染，实现清洁生产。

(3) 分离出的天然气经处理后供 LD16-3CEPA 和 LD10-1CEP 平台透平用作燃气系

统。

(4) 运营期产生的生活垃圾和生产垃圾等禁止排入海中，分类收集后运回陆地，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理/处置。

### 9.1.4 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，同时还制定了严格的环境保护及管理制度，并设置专人、专岗进行监督和管理，以确保环境保护制度落到实处。以上这些措施规范了生产作业活动，尽最大可能避免危害环境的事件发生。这些措施主要包括：

#### (1) 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，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) 执行严格的日常管理制度

对于钻井、安装、原油生产及外输作业，制定有严格的安全环保作业规程，并严格遵守执行。

#### (4) 定期对生产设备、探测报警及紧急关断设备进行检查和维护。

## 9.2 建设项目清洁生产评价

本工程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。定量指标和定性指标分为一级指标和二级指标：一级指标为普遍性、概括性的指标；二级指标为反映油气勘探开发企业清洁生产各方面具有代表性的、易于评价考核的指标。通过对比本项目各项指标的实际达到值、评价基准值和指标的权重值，经过计算和评分，综合考评企业的清洁生产水平。

本项目钻井作业和采油作业的清洁生产指标分别见表 9.2-1 和表 9.2-2。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均可代表国内先进水平，即属“清洁生产先进企业”。

表 9.2-1 清洁生产评价指标及旅大 29-1 油田开发工程清洁生产执行情况（钻井作业）

定量指标*						本项目钻井作业评价		
一级指标	权重值	二级指标	单位	权重值 (修正值 $K_i$ )	评价基准值 ( $S_{oi}$ )	本项目实际值 ( $S_{xi}$ )	单项评价指数 ( $S_i$ )	定量评价指标的考核总分值 ( $P_i$ )
(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	98.025
		新鲜水消耗	t/100m 标准进尺	15	$\leq 25$	$\leq 25$	1	
(2) 生产技术特征指标	5	固井质量合格率	%	5	$\geq 95$	$\geq 95$	1	
(3) 资源综合利用指标	30	钻井液循环率	井深 2000m 以下	15	$\geq 40\%$	约为 70%	1.17	
			井深 2000-3000m		$\geq 50\%$			
			井深 3000m 以上		$\geq 60\%$			
		污油回收率	%	15	$\geq 90$	95%以上	1.06	
(4) 污染物产生指标	35	石油类	mg/L	8.75	$\leq 30$	施工期油层段钻屑和钻井液均运回陆地处理不外排	1	
		COD	mg/L	8.75	甲类区: $\leq 100$ 乙类区: $\leq 150$	工程位于海洋, 属于乙类区。 施工期生活污水经处理达标后排海	1	
		废弃钻井液	$m^3/100m$ 标准进尺	17.5	$\leq 10$	本项目钻井液用量约为 $3069.5m^3$ , 钻井总进尺约为 21387m, 则废弃钻井液最大约为 $14.4m^3/100m$	0.69	
定性指标*								

定量指标*				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 <sub>i</sub> )	定性评价指标的考核总分值 (P <sub>2</sub> )
(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) 生产工艺及设备要求	30	钻井设备	国内领先	5	5	
		压力平衡技术	具备欠平衡技术	5	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	
		钻井液收集设施完整性	配有收集设施, 且使钻井液不落地	5	钻井过程中配有钻井液收集设施, 防止钻井液不落地 5	
		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、离心机等钻井液净化设备。 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	
(3) 管理体系建设及清洁生产审核	35	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	
		制订节能减排工作计划		11.67	11.67	
(4) 贯彻执行环境保护法规的符合性	20	废弃钻井泥浆处置措施满足法规要求		10	油层段钻井液运回陆上委托有资质的单位处理, 非油层段钻井液按相关要求排放入海, 符合法规要求	

定量指标*				本项目钻井作业评价	
				10	
		污染物排放总量控制与减排措施情况	5	本工程施工期产生的废水和固废均合理处置。	
		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			$P_1 = \sum_{i=1}^n S_i \times K_i$ ; $P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$	<b>P=98.815</b>	
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)				<b>本项目钻井作业评定为: 清洁生产先进企业 (P≥90)</b>	

注: “\*”根据《石油和天然气开采行业清洁生产评价指标体系(试行)》, 清洁生产指标体系分为定量指标(P<sub>1</sub>)和定性指标(P<sub>2</sub>)两部分。

其中, 定量指标根据项目实际值 S<sub>xi</sub>和评价基准值 S<sub>oi</sub>进行单项评价指数计算: 对指标数值越高(大)越符合清洁生产要求的指标, 单项评价指数(S<sub>i</sub>)计算公式为  $S_i = S_{xi}/S_{oi}$ ; 对于指标数值越低(小)越符合清洁生产要求的指标, 单项评价指数(S<sub>i</sub>)计算公式为  $S_i = S_{oi}/S_{xi}$ 。

定量评价考核总分值的计算公式:

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

定性评价指标的考核分值计算公式为:

$$P_2 = \sum_{i=1}^n F_i P_2 ; \text{ 下同。}$$

企业清洁生产综合评价指数的计算公式为:  $P = 0.6P_1 + 0.4P_2$  ; 下同。

**表 9.2-2 清洁生产评价指标及旅大 29-1 油田开发工程清洁生产执行情况 (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 <sub>i</sub> )	评价基准值 (S <sub>oi</sub> )	本项目实际值 (S <sub>xi</sub> )	单项评价指数 (S <sub>i</sub> )	定量评价指标的考核总分值 (P <sub>1</sub> )
(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	110.85
(2) 资源综合利用指标	30	油井伴生气回收利用率	%	30	≥80	油井伴生气基本全部回收 100%	1.25	

定量指标					本项目采油作业评价		
(3) 污染物产生指标	40	石油类	mg/L	5	≤10	LD29-1WHPA 平台生产水经 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台处理达标后全部回注地层，不外排。 石油类≤30mg/L	0.33
		COD	mg/L	5	甲类区：≤100 乙类区：≤150	本工程运营期无生活污水排海。 COD=0	1
		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回注不外排，回用率达到100%	1.67
		油井伴生气外排率	%	10	≤20	油井伴生气基本全部回收 0	1
定性指标							
一级指标	权重值	二级指标		指标分值	本项目实际值 (F <sub>i</sub> )	定性评价指标的考核总分值 (P <sub>2</sub> )	
(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	

定量指标				本项目采油作业评价	
		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	建设项目环保“三同时”制度执行情况良好，详见第 6 章。 6.67
		建设项目环境影响评价制度执行情况		6.67	建设项目环境影响评价制度执行情况良好，详见第 6 章 6.67
		污染物排放总量控制与减排指标完成情况		6.67	本工程运营期产生的固废均运回陆地处置，运营期无生活污水排海，不涉及总量控制。 6.67
本项目清洁生产综合评价指数 (P): $P=0.6P_1+0.4P_2$ ; 其中			$P_1 = \sum_{i=1}^n S_i \times K_i$ ; $P_2 = \sum_{i=1}^n F_i$	<b>P=106.51</b>	
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)				本项目采油作业评定为: 清洁生产先进企业 (P ≥ 90)	



## 10 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。”第二十三条规定“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。”

### 10.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量

#### 10.1.1 污染物排放情况

根据第三章工程分析计算结果，确定本工程污染物排放种类、排放方式和排放量，见表 10.1-1。

表 10.1-1 本工程运营期污染物产排情况一览表

污染物		污染物的产生量	污染物的排放量	主要污染因子	排放/处理方式
生产水		██████████ ██████████	0	石油类	依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台上的生产水处理设施处理达标后全部回注地层，不外排
初期雨水		4.0m <sup>3</sup> /次	0	石油类	经开、闭系统收集后，将液体输送到海底混输管道一同进行外输
其他含油污水		少量	0	石油类	
LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台新增燃气透平发电机废气		NO <sub>x</sub> : 40.5t/a SO <sub>2</sub> : 2.54t/a	NO <sub>x</sub> : 40.5t/a SO <sub>2</sub> : 2.54t/a	NO <sub>x</sub> 、SO <sub>2</sub> 等	燃气透平发电机组燃烧排放
柴油应急发电机废气		少量	少量	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 和烟尘等	柴油应急发电机燃烧排放
平台	生产垃圾	8t/a	0	废弃边角料、包装材料等	分类收集、运回陆上交辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理

污染物		污染物的产生量	污染物的排放量	主要污染因子	排放/处理方式
	泥砂	不超过 0.54m <sup>3</sup> /d	0	泥砂	
供应船 和值班 船	生活污水	0m <sup>3</sup> /a	0m <sup>3</sup> /a	/	/
	生活垃圾	0t/a	0t/a	/	/
	机舱含油 污水	0m <sup>3</sup> /a	0m <sup>3</sup> /a	/	/
混输海管牺牲阳极 锌释放量		11.2kg/a	11.2kg/a	重金属 Zn	自然释放
平台牺牲阳极锌释 放量		79.6kg/a	79.6kg/a		

### 10.1.2 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，并根据本工程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。

生产运营期 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，平台不设生活污水处理装置，无生活污水排海，故本项目不涉及污染物排放总量控制。

## 10.2 污染物排放消减方法

### 10.2.1 含油生产水

本项目不设含油生产水处理系统，物流输送至依托工程处理达标后全部回注地层，无含油生产水外排。

### 10.2.2 生活污水

本工程新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，但会有原 LD21-2WHPA 平台的生产人员定期巡检，巡检频率约为 10 天一次，年巡检次数约为 100 次，每次 3 人，原则上巡检人员上 LD29-1WHPA 平台不隔夜。

运营期巡检人员将产生一定量的生活污水和生活垃圾。生活污水和生活垃圾均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，生活污水经 LD21-2WHPA 平台上的生活污水处理设施处理达标后排海，生活垃圾运回陆地处理。

因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。

### **10.2.3 生产垃圾**

本项目运营期产生的生产垃圾全部运回陆地进行处理，不外排。

## **10.3 污染物排放总量控制方案与建议**

本项目运营期无生活污水和含油生产水排放，无需总量控制指标，不涉及生活污水排污混合区范围。

## 11 环境保护对策措施

### 11.1 建设项目建设阶段环境保护对策措施

油田建设期产生的主要污染物有：钻屑、钻井液、悬浮沙、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾。作业者将采取以下污染防治措施，以使上述污染物的排放和处置符合国家或地方法规和标准的要求。

#### (1) 油层段钻屑、钻井液的区分方式

在钻井过程中可通过随钻测量仪器、气测录井、岩屑录井等方式进行油层段判别。根据邻井钻探情况及物探相关资料，钻前进行油层段预测，在钻开油气层前，开始收集钻井油层段钻屑和钻井油层段钻井液并单独储存处理。

#### (2) 钻屑和钻井液处理

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

钻完井产生的油层段水基钻井液平时存储在平台泥浆池里，回收时平台利用泵将钻井液打到平台上带盖的岩屑回收箱内，然后将岩屑回收箱吊装至三用料船运至葫芦岛码头，同时及时更换空岩屑箱到钻井平台备用。到码头由危废运输、处理单位辽宁绿源再生能源开发有限公司接收，使用专用运输车辆运输，车辆设置有防溢散措施，最终送至辽宁绿源再生能源开发有限公司处理。

油层段钻屑在平台上采用带盖的岩屑回收箱收集存储，然后将岩屑回收箱吊装至三用料船运至葫芦岛码头，同时及时更换空岩屑箱到钻井平台备用。到码头由危废运输、处理单位辽宁绿源再生能源开发有限公司接收，使用专用运输车辆运输，车辆设置有防溢散措施，最终送至辽宁绿源再生能源开发有限公司处理（委托协议及相关资质见附件 2 和附件 3）。

非油层段钻屑在满足《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB 4914-2008）（见表 11.1-2）和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》（GB18420.1-2009）（见表 11.1-1）的要求执行，若不符合排放要求，将随油层段水基钻井液和钻屑一起运回陆上处理。

表 11.1-1 《海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级》生物毒性容许值

项目	海区等级	生物毒性容许值/(mg/L)
非油层段水基钻井液	一级	30000

判定结果说明：判定生物毒性试验结果大于或等于生物毒性容许值，则为符合生物毒性要求；小于生物毒性容许值，则为不符合生物毒性要求，需要采取特别的措施进行处理。

表 11.1-2 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》排放浓度限值

排放污染物类型	污染参数	等级	排放要求/限值
水基钻井液和水基钻井液钻屑	含油量	一级	不得排放钻井油层钻屑和钻井油层钻井液
	Hg (重晶石中最大值)		≤1mg/kg
	Cd (重晶石中最大值)		≤3mg/kg

### (3) 机舱含油污水处理

船舶机舱含油污水属于危险废弃物 (HW08)。海上建设阶段产生的机舱含油污水用污油水系统收集，密闭存储，并按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发[2007]165号)对船舶污油水系统的排放阀以及能够替代该系统的其他系统与油污水管路直接相连接的阀门予以铅封，运至码头。到码头由危废运输、处理单位辽宁绿源再生能源开发有限公司接收，使用专用运输车辆运输，车辆设置有防溢散措施，最终送至辽宁绿源再生能源开发有限公司处理。(委托协议及相关资质见附件 2 和附件 3)。

### (4) 生活垃圾和生产垃圾处理

施工期产生的生活垃圾和生产垃圾，分类收集后，使用三用料船集中装箱运回陆地处理，不排海，处理措施满足《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的相关要求进行回收利用或处置。

### (5) 船舶生活污水处理

海上建设阶段钻井船生活污水经船用生活污水处理装置处理后达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008)后排海；铺管船、供给船等的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。各参加作业船舶必须配备生活污水处理装置并取得相应防污证书。

### (6) 船舶大气污染物控制措施

由于本项目位于渤海，属于《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交通运输部，2018.11)规定的船舶大气污染物排放控制区中的沿海控制区。建议建设单位在施工时选择的施工船舶应满足以下条件：

①船舶发动机污染物排放满足《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097-2016）中船机排气污染物排放限值要求；2019年1月1日起应使用硫含量不大于0.5% $m/m$ 的船用燃油；

②2015年3月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的施工船舶，所使用的单台发动机输出功率超过130千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求；

③施工船舶还应严格执行其他现行国际公约和国内法律法规、标准规范关于大气污染物的排放控制要求。

同时，建议交通海事部门加强船舶施工过程中的使用监督管理，确保大气污染物排放满足要求。

#### （7）降低海底管道/电缆铺设的环境影响

海底管道/电缆铺设过程中挖起的海底沉积物随海水的运动回填于管沟，海水中的悬浮沙自然沉降于海底。铺设作业时间的选择综合考虑环境影响、工程进度和海况条件等方面的因素，注意选择适宜的海况条件，尽量缩短海底管道/电缆铺设周期，合理选择施工时间，以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

本工程位于小黄鱼、鳎、中国对虾的索饵场内，根据重要渔业资源索饵盛期的统计情况，管线挖沟作业应避开小黄鱼、鳎、中国对虾的索饵盛期9月，以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

为保证采用的措施落实到位，建设单位在施工期间应对施工单位、承包商、供应商执行国家的环保法律、法规、制度、标准、规范的情况依法进行监督检查，落实施工期间的各项环境保护要求和施工合同中的环保规定，确保本项目的建设符合有关环保法律法规的要求。

## 11.2 建设项目生产阶段环境保护对策措施

根据工程分析结果生产阶段产生的污染物主要是含油生产水、初期雨水、设施维修产生的生产垃圾等；本项目新建的LD29-1WHPA平台为无人井口平台，运营期仅来自原LD21-2WHPA平台的生产人员巡检将产生一定量的生活污水和生活垃圾，均通过塑料袋带回LD21-2WHPA平台，因巡检人员来自原LD21-2WHPA平台，因此，不会新增LD21-2WHPA平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的LD29-1WHPA平台无生活污水排海；平台未设淡水系统，因此没有甲板冲洗水。

作业者均将采取相应污染防治措施，以使上述污染物的排放和处置符合国家或地方的法规和标准的要求。

#### (1) 含油生产水处理

正常工况下，本工程投产后，旅大 29-1 油田的生产水最大产生量为 [REDACTED] (2037 年)，LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施，生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理合格，达到《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》(SY/T 5329-2012) 标准 (石油类 $\leq 30\text{mg/L}$ )。LD16-3CEPA 平台处理达标的生产水在本平台回注到地层，不外排；LD10-1PAPD 平台处理达标的生产水接入 LD10-1CEP 平台注水系统回注地层，为旅大 10-1 油田提供注水水源。

非正常工况下，可以调整油井运行频率，降低油井产出量，减少流程生产污水处理量，以保障油水处理效果，处理后的生产水全部回注地层，必要时停止生产，禁止生产水外排入海。

#### (2) 初期雨水

经计算，本项目初期雨水量为  $4.0\text{m}^3/\text{次}$ 。初期雨水经开、闭系统收集后，将液体输送到海底混输管道一同进行外输。

#### (3) 其他含油污水

其他含油污水主要包括工艺容器排放液等，平台上设置有开式/闭式排放系统，用以收集这些含油污水。

LD29-1WHPA 平台的开式排放系统，主要包括开式排放罐和开式排放泵等，用以收集处理甲板和各工艺设施区域产生的溢出液和甲板初期雨水等。当开式排放槽达到一定的液位时，由开排槽泵将含油污水打入闭式排放罐。

LD29-1WHPA 平台的闭排兼冷放空系统由闭排管汇、泄放管汇、闭排兼冷放空放罐和闭排泵组成。闭排罐兼冷放空放罐主要收集开排罐存液，污水罐内污水，维修时设备和管道的排放，带压容器、管线等排放出的可燃性介质，并进行气液分离。当罐内液位上升到设定值时，闭排泵自动启动，将液体输送到海底管道一同进行外输。气体通过冷放空管排入大气。

#### (4) 废气

##### ① 天然气

LD29-1WHPA 平台投产后油气水混合的物流直接进入管道输往 LD21-2WHPA 平台，最终在 LD16-3CEPA 平台和 LD10-1PAPD 平台将天然气分离出来，因此，本工程新建的

LD29-1WHPA 平台不涉及天然气燃烧或放空。

LD16-3CEPA 平台分离出的伴生天然气部分供平台透平发电，剩余天然气送至 LD10-1PAPD 平台进行处理；LD10-1PAPD 平台分离出的天然气进入 LD10-1CEP 燃料气系统，处理后用作透平燃料气。

本项目投产后，新增 NO<sub>x</sub> 排放量最大为 40.5t/a，SO<sub>2</sub> 排放量最大为 2.54t/a。

## ②柴油

在 LD29-1WHPA 平台上设置了柴油应急发电机。正常情况下，柴油机每月试运转一次，全年启动 12 次，柴油机试运行消耗柴油量约为 0.76m<sup>3</sup>/a；此外，失电后应急情况下，柴油应急发电机还会消耗一定量的柴油。运行期间因消耗柴油产生 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和烟尘污染物。

### (5) 泥沙

本工程共有 3 口水源井，泥砂经水源井水携带至地面，通过除砂器进行分离。最终运回陆地交辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理。

### (6) 生活污水和生活垃圾

本工程新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，但会有原 LD21-2WHPA 平台的生产人员定期巡检，巡检频率约为 10 天一次，年巡检次数约为 100 次，每次 3 人，原则上巡检人员上 LD29-1WHPA 平台不隔夜。

运营期巡检人员将产生一定量的生活污水和生活垃圾。生活污水和生活垃圾均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，生活污水经 LD21-2WHPA 平台上的生活污水处理设施处理达标后排海，生活垃圾运回陆地处理。

因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。

### (7) 生产垃圾


在工程生产阶段将会产生一些生产垃圾，如废弃的器件、边角料、油棉纱、包装材料等。运营期按每口井生产垃圾产生量约为 1t/a，则年产生的生产垃圾共约 8t/a。生产垃圾运回陆地交辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理，处理措施满足《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的相关要求。

### (8) 船舶污染物



在海上生产阶段，参加作业船舶主要为值班船和供应船，LD29-1WHPA 平台值班船/供应船与周边油田共享，且共享船舶为已有船舶，不属于本项目新增，因此，本项目不新增船舶污染物（生活污水、生活垃圾、机舱含油污水）。

表 11.1-1 辽宁绿源再生能源开发有限公司依托处理可行性分析表

污染物	总处理能力 (t/a)	本工程产生量 (m <sup>3</sup> )	处理是否可行
油层段钻屑		240.9*2.5=602.25 (2020 年, 第一批井)	是
		70.2*2.5=175.5 (2020-2021 年, 第二批井)	
		58.4*2.5=146 (2022 年, 第三批井)	
油层段钻井液		665.1*1.1=731.61 (2020 年, 第一批井)	
		450.6*1.1=495.66 (2020-2021 年, 第二批井)	
		653.6*1.1=718.96 (2022 年, 第三批井)	
船舶机舱含油污水		602.5	

注：钻井液密度按 1.10g/cm<sup>3</sup>（即为 1.10t/m<sup>3</sup>）计算；钻屑密度按 2.5g/cm<sup>3</sup>（即为 2.5t/m<sup>3</sup>）计算；船舶机舱含油污水密度按 1.0t/m<sup>3</sup> 计算。

### 11.3 建设项目海洋生态保护对策措施

#### (1) 渔业生态环境和生物资源补偿措施

本工程施工建设过程中和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。项目实施前应与有关渔业主管部门沟通和协商，对本报告中评估的渔业生物资源损失进行经济补偿。并将对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。

渔业资源的损失进行经济补偿主要用于渔业主管部门增殖放流、渔业资源养护与管理，以及进行渔业资源和渔业生态环境跟踪调查等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。在生物资源增殖放流过程中，必须坚持科学发展观，建设单位首先应委托有资质的单位进行增殖方案制定、论证和资源研究，根据项目对海洋生态环境的实际损害情况，在当地渔业主管部门的监督和协助下，有具体目标，具体计划的对生态环境和资源数量进行修复，不得在没有科学报告的情况下，贸然实施操作。

增殖放流方案和计划建议如下，以下增殖放流品种选择、放流时间、地点等工作由当地海洋和渔业主管部门监督实施：

#### A 增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

#### B 增殖放流备选品种

当地适宜增殖放流的备选品种包括：中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎、牙鲆等，放流品种和数量可根据当时、当地实际情况做适当调整，具体增殖放流方案编制在当地渔业主管部门指导下确定。

#### C 增殖放流苗种规格质量

鱼苗（如半滑舌鳎和牙鲆等）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。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

#### D 增殖放流计划及时间

建设单位后续需补偿渔业资源损失约 [ ]（已纳入环保投资预算），补偿额 [ ] 的 85%左右（ [ ] ）用于增殖放流，其中购买苗种 [ ] 万元，包括苗种检验检疫、包装费、购买苗种等，放流品种、规格、计划见表 11.3-1； [ ] 万元用于增殖放流跟踪监测； [ ] 万元用于增殖放流用车、用船，渔业资源养护及监督管理等。15%左右（ [ ] ）用于渔业资源和渔业生态环境跟踪监测。建设单位可根据实际情况实施海洋生物增殖放流，增殖放流的期限为 2~5 年，每年 1 次。每年的增殖放流工作建议安排在休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避免高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果，但是具体时间及放流地点须由当地渔业主管部门统一安排部署，并接受渔业主管部门的监督。

增殖放流、效果评估和渔业生态环境和渔业资源跟踪监测经费纳入地方渔业主管部门统筹规划实施。

表 11.3-1 增殖放流计划

生物品种	规格	拟放流数量	单价	所需金额（万元）
中国对虾	1.0cm	[ ]	[ ]	[ ]
半滑舌鳎	5.0 cm	[ ]	[ ]	[ ]
牙鲆	5.0cm	[ ]	[ ]	[ ]
三疣梭子蟹	二期扣蟹	[ ]	[ ]	[ ]

合计		
----	--	--

### (2) 采取措施将渔业损失的污染影响程度降低到最小

在设计、建造平台和铺设管线工程时，严格遵守有关设计和建造安装入级规范。以保证平台和油气管线工程结构强度、抗疲劳、防腐蚀和保持正常生产能力。为使跑、冒、滴、漏造成的污染减少到最低程度，为清洁生产建造提供保障。

施工过程中，完善环保设施，采取积极措施，同时通过合理安排施工时间，缩短施工时间，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性事故，造成悬浮泥沙外泄，及时与有关渔业主管部门联系，并采取积极的措施，将对渔业生产的影响程度降低到最小。

### (3) 避开小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵盛期

本工程位于小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵场内，根据重要渔业资源索饵盛期的统计情况，管线挖沟作业及钻完井期间非油层段钻屑和钻井液的排放应避开小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵盛期 9 月，以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

### (4) 污染源源头控制措施

本项目产生的油层段钻井液、油层段钻屑、机舱含油污水、生活垃圾和生产垃圾均运回陆上处理。运营期产生的含油生产水经依托平台处理达标后全部回注地层，不外排，生产垃圾运回陆上处理。本项目施工期及运营期产生的污染物均得到了合理妥善的处理，从源头上减少对海洋生态环境的影响。

## 11.4 环保竣工验收

建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。在环保竣工验收时，应根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定申请环境保护设施竣工验收。对本工程而言，最主要环保竣工验收内容如下：

(1) 固体废弃物分类、回收设备；

(2) 具备环境保护设施正常运转的条件，包括：经培训合格的操作人员、健全岗位操作规程及相应的规章制度，原料、动力供应等要求；

(3) 环境管理与监测计划，包括环境管理机构 and 岗位设置、环保管理规章、制度，以及监测设备和手段等。

以上施工阶段和生产阶段的污染防治措施都是目前油田应用比较成熟的方法和技

术，需要施工方、建设方认真落实，将工程建设的污染控制在最小的程度。本工程竣工后环保验收的主要内容列于下表，供相关部门竣工验收时参考。

**表 11.4-1 环保“三同时”验收清单**

内容类型	污染源	主要污染因子	环保验收措施	处理能力	依据的排放标准或相关规定
水污染物	初期雨水等	石油类	开式排放系统和闭式排放系统	--	收集初期雨水等去往开排罐，污油打入闭排罐后进入主流程
固体废弃物	生产垃圾	固体废弃物，石油类	固废贮存设施统一收集运回陆地有资质单位处理，检查相关交接手续	--	《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）中的一级标准

## 11.5 污染防治措施、环境保护及生态保护措施、风险防范措施汇总

本工程施工期、运行期采取的污染防治措施、环境保护及生态保护措施、风险防范措施汇总见表 11.5-1~表 11.5-4。

表 11.5-1 施工期污染防治措施和环境保护措施一览表

序号	污染物		污染物的产生量	污染物的排放量	主要污染因子	设备或措施	处理效果	责任落实单位
1	钻井液、钻屑	非油层段钻井液	1300.2m <sup>3</sup>	1300.2m <sup>3</sup>	SS	—	按相关要求排放入海	建设单位
		油层段钻井液	1769.3m <sup>3</sup>	0m <sup>3</sup>	石油类	运回陆上交辽宁绿源再生能源开发有限公司处理	分别收集运回陆上处理，不外排	建设单位
		非油层段钻屑	2659.9m <sup>3</sup>	2659.9m <sup>3</sup>	SS	—	按相关要求排放入海	建设单位
		油层段钻屑	369.5m <sup>3</sup>	0m <sup>3</sup>	石油类	运回陆上交辽宁绿源再生能源开发有限公司处理	分别收集运回陆上处理，不外排	建设单位
2	悬浮沙	混输海管铺设	43586m <sup>3</sup>	43586m <sup>3</sup>	SS	—	连续排放	—
		电缆铺设	24150m <sup>3</sup>	24150m <sup>3</sup>		—		—
3	废水	生活污水	17086.34m <sup>3</sup>	17086.34m <sup>3</sup>	COD	经船用生活污水处理装置处理达标后排海	生活污水经处理达标后排海	施工单位
		船舶机舱含油污水	602.5m <sup>3</sup>	0m <sup>3</sup>	石油类	铅封，运回陆上交有资质单位进行处理	按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》运回陆上处理，不外排	施工单位
		清管废水	285.3m <sup>3</sup>	285.3m <sup>3</sup>	悬浮物	—	直接排放入海	施工单位
4	固废	生活垃圾	73.23t	0 t	食品废弃物、食品包装等	设置垃圾箱，分类收集、运回陆上处理	分类收集、运回陆上处理，不外排	建设单位
		生产垃圾	67.13t (其中一般工业固体废物 49.89t, 含油危险废物 17.24t)	0 t	废弃边角料、油棉纱、包装材料等			建设单位

表 11.5-2 运行期污染防治措施和环境保护措施一览表

序号	污染物		污染物的产生量	污染物的排放量	主要污染因子	设备或措施	处理效果	落实单位
1	废水	生产水	■ ■ ■	0	石油类	LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台上的生产水处理设施 LD16-3CEPA 平台：生产水系统采用“斜板除油器+溶气气浮+核桃壳过滤器”三级处理流程，设计处理能力 ■。 LD10-1PAPD：生产水系统采用“一级旋流气浮+二级旋流气浮+核桃壳过滤器”三级处理流程，设计处理能力 ■。	依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台上到的生产水处理设施处理达标后全部回注地层（COD≤30mg/L），不外排	建设单位
		初期雨水	4.0m <sup>3</sup> /次	0	石油类	开/闭式排放系统 开式排放系统主要用来收集溢出液、初期雨水等；闭式排放罐主要收集平台上带压力容器、管线等排放出的带压流体等。	经开、闭系统收集后，将液体输送到海底混输管道一同进行外输，不外排	建设单位
		其他含油污水	少量	少量	石油类			建设单位
2	废气	LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台新增燃气透平发电机废气	NO <sub>x</sub> : 40.5t/a SO <sub>2</sub> : 2.54t/a	NO <sub>x</sub> : 40.5t/a SO <sub>2</sub> : 2.54t/a	NO <sub>x</sub> 、SO <sub>2</sub> 等	—	燃气透平发电机组燃烧排放	—
		柴油应急发电机废气	少量	少量	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 和烟尘等	—	柴油应急发电机燃烧排放	—
3	固废	平台				设置垃圾箱，分类收集、运回陆上交辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理	运回陆上处理，不排放入海	
		生产垃圾	8t/a	0	废弃边角料、包装材料等			建设单位
		泥砂	不超过	0	泥砂			建设单位

序号	污染物			污染物的产生量	污染物的排放量	主要污染因子	设备或措施	处理效果	落实单位
				0.54m <sup>3</sup> /d					

表 11.5-3 生态保护措施一览表

建设阶段	污染因子	生态保护措施	责任落实单位
施工期	悬浮沙等	<p>(1) 注意尽量缩短施工周期，合理选择施工时间，选择适宜的海况条件，同时通过优化海管/电缆工艺流程等方式提高工效，缩短海缆铺设时间，以减轻对海洋生态环境造成的损失。</p> <p>(2) 由于本工程位于小黄鱼、鳎、中国对虾的索饵场内，根据重要渔业资源索饵盛期的统计情况，管线挖沟作业及钻完井期间非油层段钻屑和钻井液的排放应避开小黄鱼、鳎、中国对虾的索饵盛期 9 月，以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。</p>	建设单位或者施工单位
运行期	石油类	<p>(1) 严格防止溢油的发生，并制定了溢油应急方案和措施，一旦发生溢油，能够及时有效的将影响范围控制在最小。</p> <p>(2) 对造成直接损害的渔业资源进行一定量的经济补偿，该补偿将用于增殖放流、渔业资源养护等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。</p>	建设单位

表 11.5-4 风险防范措施一览表

建设阶段	风险防范措施	责任落实单位
设计阶段	<p>(1) 严格按照设计标准进行精心设计，严格执行设计规范和建造安装规范；</p> <p>(2) 对易于发生泄漏的管路设置应急关断系统；</p> <p>(3) 在生产工艺区装备火焰和气体探测器，发现异常及时报警。</p>	建设单位或设计单位
施工期	<p>(1) 严格实施钻井作业规程；</p> <p>(2) 安装井下安全阀和井上安全阀；</p> <p>(3) 配备安全有效的防喷设备以及良好的压井材料、井控设备；</p> <p>(4) 对关键岗位的操作人员进行专业技术培训，坚持持证上岗，建立健全井控管理系统。</p>	建设单位或施工单位
运行期	<p>(1) 管道采取防腐涂层和阴极保护相结合的防腐方法；</p>	建设单位

- |  |  |
|--|--|
| <p>(2) 在管道铺设和运行期，发布航行通告，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；</p> <p>(3) 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；</p> <p>(4) 本项目建成投产前，编制溢油应急计划，制定详细的溢油应急预案，应急预案的主要内容应包括油田作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等。</p> <p>(5) 建议建设单位对 LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端原油海管定期进行腐蚀性检测，依据检测结果制定工程修复措施，确保输送管道的安全稳定运营。</p> <p>(6) 在施工完成后，建设单位应注意对管缆路由进行定期复勘，根据复勘结果，采取相应的防护措施，保证管道运营安全。如果复勘发现管线出现裸露，则采用覆盖泥土、石块、水泥压块等措施对管线进行防护。如果出现管线悬跨，则考虑采取水泥块、石块等悬跨处下方垫放，做支撑保护，再做管线的覆盖保护治理。</p> |  |
|--|--|



## 12 环境保护的技术经济合理性

### 12.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

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。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：凡属污染防治和环境保护所需要的专用装置和设施，应按其总投资的 100%列入环境保护投资。生产或安全需要同时又为环境保护服务的设备或设施分别按不同情况以 20%~50%比例列入环境保护投资。生态补偿预备费按 100%列入环境保护投资。

根据上述原则，将本工程环保投资设施及其直接投资费用列于表 12.1-1。本工程建设投资 ██████████，其中环保投资 ██████████，占总投资的 1.22%。

表 12.1-1 环境投资估算（万元）

平台	环保投资	总投资额	折合比率	折合环保投资
LD29-1WHPA	施工期污染物处理	██████	██████	██████
	开式排放系统	██████	██████	██████
	闭式排放系统	██████	██████	██████
海洋生态环境损失补偿费		██████	██████	██████
海洋生态服务功能损失补偿费		██████	██████	██████
合计				██████

### 12.2 环境保护的经济损益分析

#### 12.2.1 环境经济收益分析

原油价格根据中国石油天然气集团公司《建设项目经济评价参数》（2008）的要求，按 60 美元/桶计取，换算为 3036 元/吨。

本工程建设投产石油最高产量为 ██████████ ██████████，石油产量的经济效益约为 ██████████。

本工程新增含油生产水最高量为 ██████████（2036 年），含油生产水经处理合格达到回注水标准后，全部用于采油井回注，最大节约用水（新鲜水）██████████，折合经济价值约 ██████████。

## 12.2.2 环境经济损失分析

### 12.2.2.1 渔业资源损失

工程对海洋渔业生物资源的影响主要表现在（1）建设井口平台占用海域，使生物栖息地丧失；（2）铺设海底管缆，开挖管沟造成开挖区域对栖息地破坏，以及对周围区域的掩埋造成底栖生物死亡；（3）施工阶段非油层段钻井液钻屑排放及铺设海底管缆产生的悬浮泥沙对渔业生物资源损害。

根据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的规定：（1）“占用渔业水域的生物资源损害赔偿，占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿”，井口平台属永久性占用渔业水域，补偿年限按 20 年计算；（2）“一次性生物资源的损害赔偿为一次性损害额的 3 倍”，施工阶段因开挖基槽和管沟，及非油层段钻井液钻屑排放产生的悬浮沙造成的生物资源损害属一次性损害，按 3 倍进行补偿。

#### （1）鱼卵、仔稚鱼经济价值计算

##### 1) 计算公式

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，根据近三年来主要鱼类苗种平均价格，商品鱼苗的平均价格按 0.8 元/尾计算。

##### 2) 损失计算结果

###### ①管缆铺设产生的悬浮沙造成的鱼卵仔稚鱼损失

管缆铺设产生的悬浮沙造成鱼卵的损失为 ██████████，折算成商品鱼苗 ██████████，直接经济损失约为 ██████████，生态补偿按 3 倍计算，总损失为 ██████████；仔稚鱼的

损失为 [ ]，折算成商品鱼苗 [ ]，直接经济损失约为 [ ]。生态补偿按 3 倍计算，仔稚鱼的经济损失共为 [ ]。

②钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成的鱼卵仔稚鱼损失

钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放将造成鱼卵的损失为 [ ]，折算成商品鱼苗 [ ]，直接经济损失约为 [ ]，生态补偿按 3 倍计算，鱼卵的经济损失共为 [ ]；仔稚鱼的损失为 [ ]，折算成商品鱼苗 [ ]，直接经济损失约为 [ ]，生态补偿按 3 倍计算，仔稚鱼的经济损失共为 [ ]。

(2) 渔业生物经济价值计算

1) 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、底栖生物的价格接近三年，当地海洋捕捞产值与产量均值的比值计算，鱼类、头足类、甲壳类成体为 1.2 万元/t，底栖生物为 1.0 万元/t。幼鱼的价格接近三年主要鱼类苗种平均价格 0.8 元/尾计算。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）中的 7.1.2 规定，“蟹类幼体按平均成体的最小成熟规格 0.1kg/尾计算，虾类幼体按平均成体的最小成熟规格 0.005kg/尾~0.01kg/尾计算”，甲壳类幼体折算为 0.025kg/尾，价格按 40 元/kg 计算；头足类幼体折算为 0.020kg/尾，价格按 20 元/kg 计算。

2) 损失计算结果

①管缆铺设产生的悬浮沙造成的渔业资源损失

a: 鱼类

管缆铺设产生的悬浮泥沙造成鱼类成体损失为 [ ]，直接经济损失为 [ ]，生态补偿按 3 倍计算，鱼类成体资源的经济损失共为 [ ]。

管缆铺设产生的悬浮泥沙造成幼鱼损失为 [ ]，直接经济损失为 [ ]，生态补偿按 3 倍计算，幼鱼资源的经济损失共为 [ ]。

b: 头足类

管缆铺设产生的悬浮泥沙造成头足类成体损失为 [REDACTED]，直接经济损失为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，头足类成体资源的经济损失共为 [REDACTED]。

管缆铺设产生的悬浮泥沙造成头足类幼体损失为 [REDACTED]，直接经济损失为 [REDACTED]

[REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，头足类幼体资源的经济损失共为 [REDACTED]。

c: 甲壳类

管缆铺设产生的悬浮泥沙造成甲壳类成体损失为 [REDACTED]，直接经济损失为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，甲壳类成体资源的经济损失共为 [REDACTED]。

管缆铺设产生的悬浮泥沙造成甲壳类幼体损失为 [REDACTED]，直接经济损失为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，甲壳类幼体资源的经济损失共为 [REDACTED]。

②钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成的渔业资源损失

a: 鱼类

钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成的鱼类成体损失为 [REDACTED]，直接经济损失约为 [REDACTED]；生态补偿按 3 倍计算，共损失鱼类成体资源 [REDACTED]。

钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成幼鱼损失为 [REDACTED]，直接经济损失为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，幼鱼资源的经济损失共为 [REDACTED]。

b: 头足类

钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成的头足类成体损失为 [REDACTED]，经济损失约为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，共损失头足类成体资源 [REDACTED]。

钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成头足类幼体损失为 [REDACTED]，直接经济损失为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，头足类幼体资源的经济损失共为 [REDACTED]。

c: 甲壳类

钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成的甲壳类成体损失为 [REDACTED]，经济损失约为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，共损失甲壳类成体资源 [REDACTED]。

钻井阶段非油层段钻井液钻屑排放造成甲壳类幼体损失为 [REDACTED]，直接经济损失为 [REDACTED]，生态补偿按 3 倍计算，甲壳类幼体资源的经济损失共为 [REDACTED]。

(3) 底栖生物经济价值计算

1) 计算公式

底栖生物经济损失按公式计算：

$$M = W \times E$$

式中：

M—经济损失额，单位为元（元）；

W—济损生物资源损失量，单位为千克（kg）；

E—生物资源的商品价格，按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算（如当年统计资料尚未发布，可按上年度统计资料计算），单位为元每千克（元/kg）。底栖生物的价格接近三年，当地海洋捕捞产值与产量均值的比值计算，为 1.0 万元/t。

## 2) 计算结果

铺设海底管线及钻井阶段非油层段钻屑排放，造成底栖生物直接损失量为 [ ]，直接经济损失约为 [ ]。铺设海底管缆施工对底栖生物的损害属一次性损害，施工完成后经过一段时间可恢复，因此补偿费用按损失额的 3 倍计算，为 [ ]。

平台占海造成平台底栖生物直接损失量为 [ ]，直接经济损失约为 [ ]。平台属永久性占用渔业水域，补偿年限按 20 年计算，因此补偿费用按损失额的 20 倍计算，为 [ ]。

## (4) 渔业资源经济损失额合计

渔业资源经济损失额合计见表 12.2-1。

表 12.2-1 渔业资源损失经济补偿明细

工程内容	受损生物	损失量	折算鱼苗损失量	单价	直接损失（万元）	补偿（年/倍）	补偿金额（万元）
管缆铺设 悬浮 泥沙	鱼卵（粒）	[ ]	[ ]	0.8 元/尾	[ ]	3	[ ]
	仔稚鱼（尾）	[ ]	[ ]	0.8 元/尾	[ ]	3	[ ]
	鱼类成体（kg）	[ ]	[ ]	12 万元/kg	[ ]	3	[ ]
	头足类成体（kg）	[ ]	[ ]	12 万元/kg	[ ]	3	[ ]
	甲壳类成体（kg）	[ ]	[ ]	12 万元/kg	[ ]	3	[ ]
	幼鱼（尾）	[ ]	[ ]	0.8 元/尾	[ ]	3	[ ]
	头足类幼体（尾）	[ ]	[ ]	20 元/kg	[ ]	3	[ ]
	甲壳类幼体（尾）	[ ]	[ ]	40 元/kg	[ ]	3	[ ]
钻井阶段 非油 层段 钻井 液钻 屑排 放	鱼卵（粒）	[ ]	[ ]	0.8 元/尾	[ ]	3	[ ]
	仔稚鱼（尾）	[ ]	[ ]	0.8 元/尾	[ ]	3	[ ]
	鱼类成体（kg）	[ ]	[ ]	12 元/kg	[ ]	3	[ ]
	头足类成体（kg）	[ ]	[ ]	12 万元/kg	[ ]	3	[ ]
	甲壳类成体（kg）	[ ]	[ ]	12 万元/kg	[ ]	3	[ ]
	幼鱼（尾）	[ ]	[ ]	0.8 元/尾	[ ]	3	[ ]
	头足类幼体（尾）	[ ]	[ ]	20 元/kg	[ ]	3	[ ]
甲壳类幼体（尾）	[ ]	[ ]	40 元/kg	[ ]	3	[ ]	
铺设海底 管线 钻井	底栖生物（t）	[ ]	[ ]	1.0 万元/t	[ ]	3	[ ]

平台 占海 合计	底栖生物 (t)	■	■	1.0 万元/t	■	20	■
----------------	----------	---	---	----------	---	----	---

渔业生物资源损失经济补偿额共为 ■。应对对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。

### 12.2.2.2 海洋生态服务功能损失

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建设期海底管道和电缆铺设搅起的悬浮泥沙, 非油层段钻井液钻屑排放, 平台占用海域的影响, 根据“第十三章 海洋生态损害分析”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 ■。

表 12.2-2 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	气候调节 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)	■	■	■	■	■

## 12.3 环境保护的技术经济合理性

### 12.3.1 环境污染治理环保投资效益分析

本项目环境污染治理费用主要包括开/闭式排放系统等的投入。

本工程开/闭式排放系统将有效收集平台产生的污染物, 从而防止对周围海域的影响。

### 12.3.2 生态保护环保投资效益分析

本项目生态保护费用主要包括生态补偿费等的投入。

本工程施工建设过程中和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。本项目实施前与有关渔业主管部门沟通和协商, 对本报告中评估的渔业生物资源损失进行经济补偿。

生态补偿费主要用于渔业主管部门增殖放流、渔业资源养护与管理, 以及进行渔业资源和渔业生态环境跟踪调查等, 这些措施将使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。

## 12.4 社会效益

油气田的开发对国民经济的发展具有极重要的作用。油气是重要的能源之一，是工业的血液，制约着若干行业的发展。因而油气田开发不仅经济效益本身极为显著，而且可以通过解决直接和间接的就业机会带动其他相关产业的发展，具有重要的社会效益。

本工程的建设将对该区域的生物资源、渔业资源等造成一定的直接影响，但从上文分析中可以看出，其对工程周边海域生态环境的影响是暂时的、可恢复的。

本工程的开发将会对进一步带动相关产业的发展和进步（如机械制造、电子、仪表等等）起到一定的作用。平台投产后可为国家增加税收收入，增加出口创汇。使用海域与本海域的其它主要功能如渔业的兼容性也比较好，有利于海域整体资源的合理利用和最大发挥。此外，本工程在建设和生产阶段将提供一定的就业机会，有利于增强社会的系统功能，改善区域的整体环境。

因此，本工程是一项利国利民的工程，其环保设施的设置与环保投资是合理的，具有良好的经济和社会效益。

## 13 海洋工程的环境可行性

### 13.1 与海洋主体功能区划的符合性

#### 13.1.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

##### (1) 位置关系

根据国务院发布的《全国海洋主体功能区规划》(国发〔2015〕42号):“依据主体功能,将海洋空间划分为以下四类区域:优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域、禁止开发区域”。

- 优化开发区域,是指现有开发利用强度较高,资源环境约束较强,产业结构亟需调整和优化的海域。

- 重点开发区域,是指在沿海经济社会发展中具有重要地位,发展潜力较大,资源环境承载能力较强,可以进行高强度集中开发的海域。

- 限制开发区域,是指以提供海洋水产品为主要功能的海域,包括用于保护海洋渔业资源和海洋生态功能的海域。

- 禁止开发区域,是指对维护海洋生物多样性,保护典型海洋生态系统具有重要作用的海域,包括海洋自然保护区、领海基点所在岛屿等。

其中,重点开发区域包括城镇建设用海区、港口和临港产业用海区、**海洋工程和资源开发区**。

本工程为海洋油气勘探开发工程,工程周边油田包括旅大 21-2 油田、旅大 16-3 油田、旅大 27-2 油田等,属于重点开发区域中的**海洋工程和资源开发区**。海洋工程和资源开发区是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。

##### (2) 管理要求

海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好**海域使用论证和环境影响评价**,减少对周围海域生态系统的影响,避免发生重大环境污染事件。

##### (3) 符合性分析

本项目为海洋油气勘探开发工程,工程用海属于海洋工程和资源开发区中允许的“矿产资源勘探开发利用所需海域”。项目正在开展海域使用论证和环境影响评价,工



工程施工期和运营期产生的各种污染物均能得到妥善处置，从而减少对周围海域生态系统的影响；此外，根据周边油田的《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书》，在旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目正式投产之前，建设单位将编制《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》。目前，旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目处于建设阶段，该项目正式投产前，将编制溢油应急计划，届时将旅大 29-1 油田纳入上述溢油应急计划统一考虑，并将溢油应急计划上报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案。建设单位将根据备案后溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作，用以防范海上溢油等海洋环境突发污染事件，避免发生重大环境污染事件。

因此，本工程建设符合《全国海洋主体功能区规划》的要求。

### 13.1.2 与《辽宁省海洋主体功能区规划》的符合性分析

根据《辽宁省海洋主体功能区规划》【辽政发〔2017〕36号】，本油田开发工程所处海域不在辽宁省海洋主体功能区内（见图 13.1-1），工程距辽宁省海洋主体功能区中“禁止开发区”边界最近，最近距离约 30.3km，工程施工期和运营期均不会对辽宁省海洋主体功能区产生不利影响。

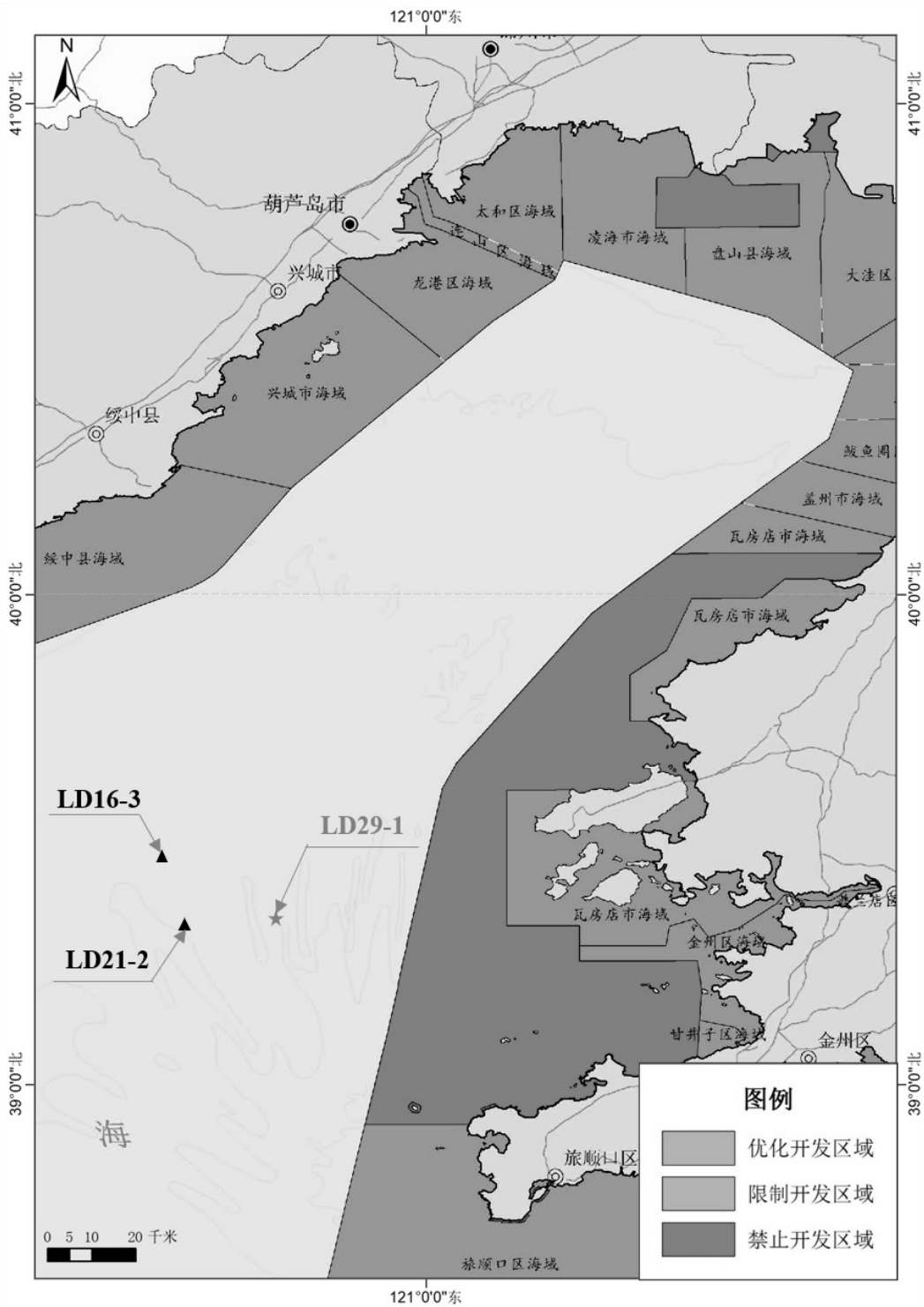


图 13.1-1 本项目与《辽宁省海洋主体功能区规划》的位置关系图

## 13.2 与海洋功能区划的符合性

### 13.2.1 与《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性分析

#### (1) 位置关系

根据《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》，本工程位于渤海辽东湾海域中南段，

属于全国海洋功能区划中的“渤海中部海域”（见图 13.2-1）。

### （2）功能定位和管理要求

该海域主要功能为**矿产与能源开发**、渔业、港口航运。**西南部、东北部海域重点发展油气资源勘探开发**，协调好油气勘探、开采用海与航运用海之间的关系。区域积极探索风能、潮流能等可再生能源和海砂等矿产资源的调查、勘探与开发。合理利用渔业资源，开展重要渔业品种的增殖和恢复。加强海域生态环境质量监测，**防治赤潮、溢油等海洋环境灾害和突发事件**。

### （3）符合性分析

**功能定位：**旅大 29-1 油田开发工程属于海洋油气开发用海，属于《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》允许范畴中的“矿产与能源开发”。

**管理要求：**项目建成后能够提升渤海区域的石油开采能力，合理开发海洋资源，有助于所在海域主导功能的发挥。本工程建设阶段产生的非油层段钻屑、非油层段钻井液排放对环境的影响属于短期、可恢复性；施工期生活污水经处理达标后排放；机舱含油污水、固体废弃物、油层段钻屑、油层段钻井液均运回陆地处理。生产阶段产生的生产水经处理达标后全部回注地层，不外排；固体废弃物运回陆地处理。因此，本项目生产阶段不会对周边海域的生态环境造成影响，建设阶段对海域生态环境的影响是短期且可恢复的。工程施工与生产开发时应注意与周边用海功能区的协调性，施工期和运营期均制定了有针对性的跟踪监测计划，加强周边海域生态环境质量监测，同时也将制定有针对性的溢油应急防范措施防止溢油事故发生。

因此，本工程建设符合《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》要求。



图 13.2-1 本项目与《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》的位置关系图

### 13.2.2 与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性分析

#### (1) 位置关系

根据《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本油田开发工程所处海域不在辽宁省海洋功能区划内（见图 13.2-2），距区划中的“大连斑海豹海洋保护区（功能区代码为 A6-05）”最近，最近距离约为 24.6km。



(2) 符合性分析

由于油田开发工程施工期和运营期均不会对辽宁省海洋功能区产生不利影响。因此，本工程建设与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》要求相协调。

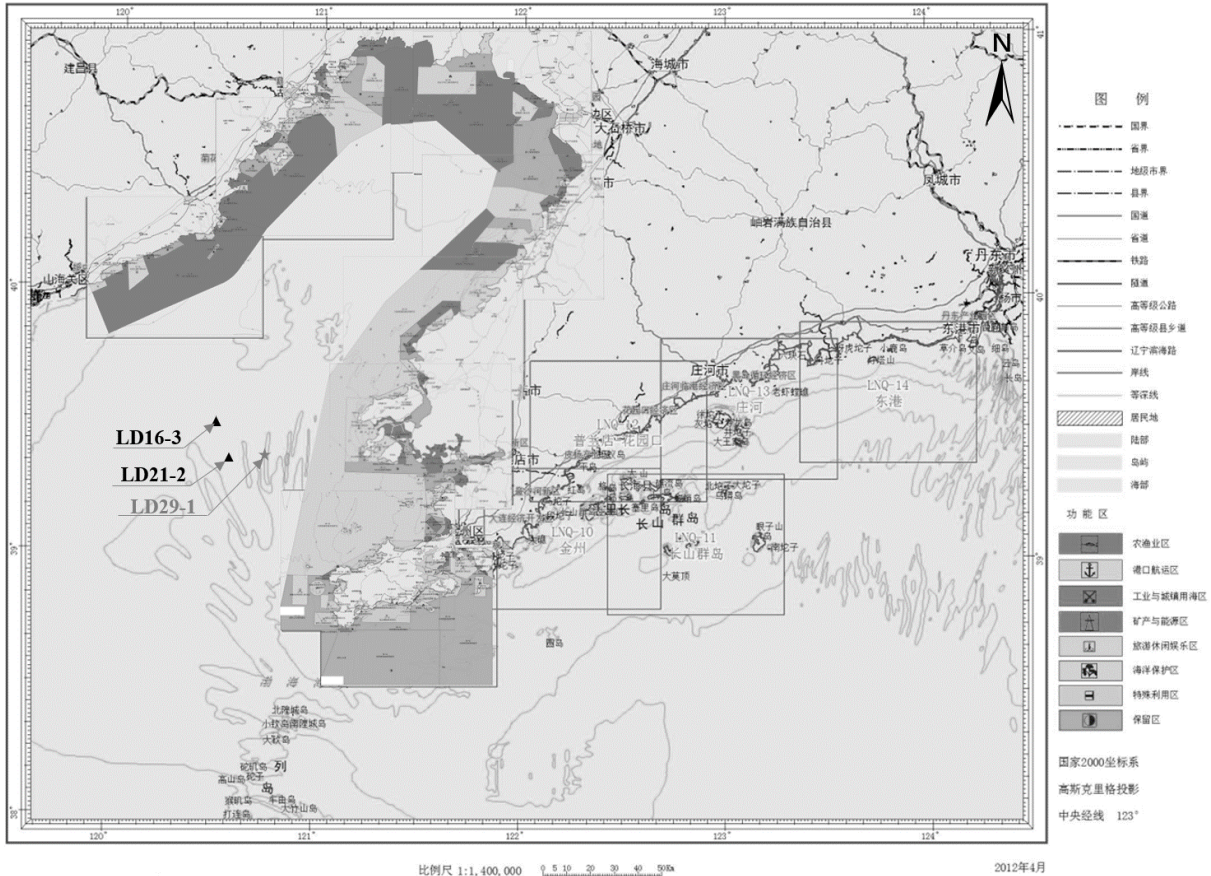


图 13.2-2 本项目与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》的位置关系图

13.3 与辽宁省海洋生态红线的符合性分析

(1) 位置关系

根据《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年），本工程新建平台距离“大连斑海豹保护生态红线区-禁止开发区”最近距离约 12.65km，不占用红线区。

(2) 符合性分析

由于油田开发工程施工期和运营期正常运行情况下不会对大连斑海豹保护生态红线区产生不利影响，本工程建设与《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年）要求相协调。

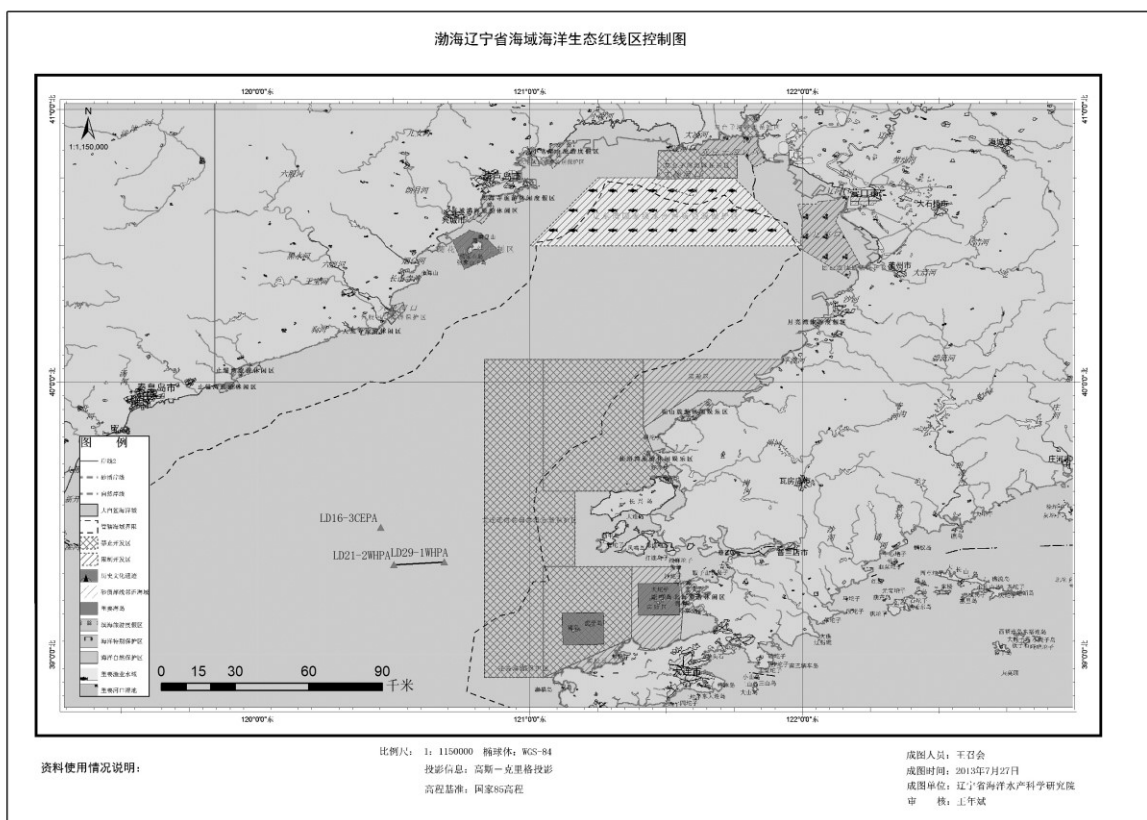


图 13.3-1 项目与《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》的位置关系图

### 13.4 与辽宁大连斑海豹国家级自然保护区符合性

#### (1) 位置关系

根据环境保护部《关于发布河北小五台山等 4 处国家级自然保护区面积、范围及功能区划的函》（环生态函[2017]181 号），辽宁大连斑海豹国家级自然保护区面积、范围和功能区划已进行调整，调整范围见图 13.4-1。由图可以看出，本工程所处海域不在辽宁大连斑海豹国家级自然保护区功能区划，距离保护区最近距离为 12.65km。

#### (2) 符合性分析

本次工程施工期和运营期产生的污染物均得到合理处置，混输管道及海底电缆施工时悬浮泥沙扩散超一类水质标准的范围离管道最远距离在 0.70km 以内，非油层段钻井液排放时产生的悬浮沙超一类海水水质标准的范围离排放点的最大距离为 0.53km，非油层段钻屑排放时产生的悬浮沙超一类海水水质标准的范围离排放点的最大距离为 0.11km，均小于与保护区的最近距离 12.65km，因此，本项目的实施和运行不会对辽宁大连斑海豹国家级自然保护区产生不利影响。

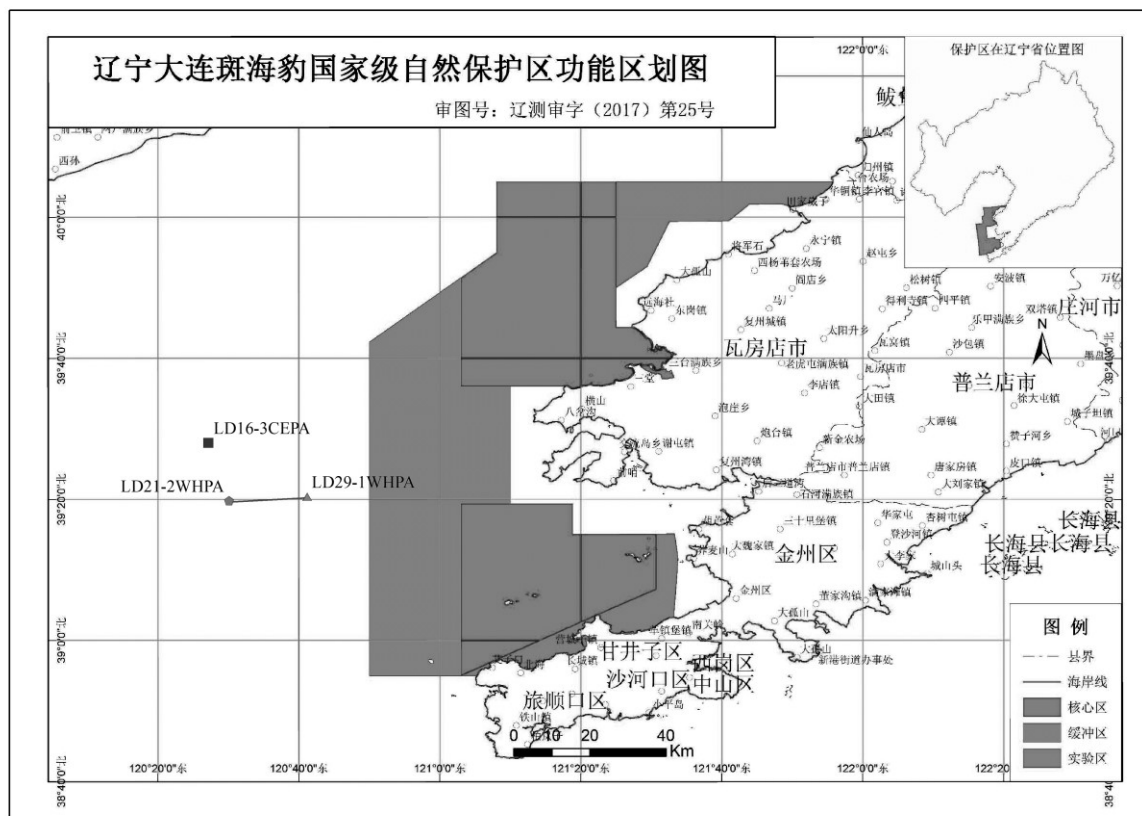


图 13.4-1 本项目与辽宁大连斑海豹国家级自然保护区的位置关系

## 13.5 与环境保护规划及其他相关规划的符合性

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

#### (1) 相关要求

根据《全国海洋生态环境保护规划（2017年-2020年）》，第五节基本原则提到：“——坚持绿色发展、源头护海。坚持“绿水青山就是金山银山”，处理好发展与保护关系，推动海洋经济绿色发展，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系和绿色技术创新体系，用最小的资源消耗和环境代价换取最大的发展效益，从源头上预防海洋生态破坏和环境污染。”

#### (2) 符合性分析

本工程施工期间产生的油层段钻井液、油层段钻屑、船舶机舱含油污水、生产垃圾和生活垃圾收集后全部运回陆地处理；生活污水经处理达标后排海。运营期产生的生产垃圾运回陆上处理；含油生产水经处理达标后全部回注地层，不外排。工程施工期和运营期产生的污染物均将得到合理处置，做到从源头上预防海洋生态破坏和环境污染。同

时，针对施工期和运营带来的生物资源和生态服务功能损失进行了分析，并核算了补偿金额。因此，与《全国海洋生态环境保护规划（2017年-2020年）》相符合。

### 13.5.2 与《渤海环境保护总体规划（2008-2020年）》的符合性分析

#### （1）相关要求

根据《渤海环境保护总体规划（2008-2020年）》（2009年），“要加强海洋工程污染防治和保护区建设，提高倾废管理水平，强化油气开发区的环境管理，加强溢油应急技术支持及保障能力，建立渤海污染防治与生态保护系统，力求通过5年~15年的治理，使渤海环境保护工作上一个新台阶”等内容。

#### （2）符合性分析

本工程施工期间产生的油层段钻井液、油层段钻屑、船舶机舱含油污水、生产垃圾和生活垃圾收集后全部运回陆地处理；生活污水经处理达标后排海；运营期产生的生产垃圾运回陆上处理；含油生产水经处理达标后全部回注地层，不外排；工程施工期和运营期污染物均将得到合理处置。此外，本项目溢油应急计划将纳入在建油田的《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》统筹考虑，并上报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案，备案后的溢油应急计划必须满足本项目溢油应急的需求，建设单位根据备案后溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。本工程在施工和运营过程中重视海上环境保护工作，因此，与《渤海环境保护总体规划（2008-2020年）》（2009年）相符合。

### 13.5.3 与《渤海综合治理攻坚战行动计划》的符合性

2018年11月30日，根据生态环境部发展改革委自然资源部印发《渤海综合治理攻坚战行动计划》的通知：为全面贯彻党中央、国务院决策部署，落实《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》（中发〔2018〕17号）的要求，打好渤海综合治理攻坚战，加快解决渤海存在的突出生态环境问题，制定了《渤海综合治理攻坚战行动计划》。

#### （1）《渤海综合治理攻坚战行动计划》的相关要求

根据《渤海综合治理攻坚战行动计划》“（二）海域污染治理行动”中的“9.船舶污染治理”规定：“严格执行《船舶水污染物排放控制标准》，限期淘汰不能达到污染物排放标准的船舶，严禁新建不达标船舶进入运输市场；规范船舶水上拆解，禁止冲滩拆解。



依法报废超过使用年限的运输船舶。**禁止船舶向水体超标排放含油污水，继续实施渤海海区船舶排污设备铅封管理制度。**”

根据《渤海综合治理攻坚战行动计划》“(二) 海域污染治理行动”中的“11.海洋垃圾污染防治”规定：“…**严厉打击向海洋倾倒垃圾的违法行为，禁止垃圾入海**…”。

根据《渤海综合治理攻坚战行动计划》“(三) 生态保护修复行动”中的“13.生态保护修复行动”规定：**划定并严守渤海海洋生态保护红线**，实施最严格的围填海管控，强化渤海岸线保护，强化自然保护地选划和滨海湿地保护。

根据《渤海综合治理攻坚战行动计划》“(三) 生态保护修复行动”中的“15.海洋生物资源养护”规定：“**大力养护海洋生物资源**。…。鼓励建立以人工鱼礁为载体、底播增殖为手段、增殖放流为补充的海洋牧场示范区。严格执行伏季休渔制度，并根据渤海渔业资源调查评估状况，适当调整休渔期，逐步恢复渔业资源”。

根据《渤海综合治理攻坚战行动计划》“(四) 环境风险防范行动”中的“17.海上溢油风险防范”规定：“**石油勘探开发海上溢油风险防范**。2019 年底前，完成海上石油平台、油气管线、陆域终端等风险专项检查，定期开展专项执法检查。加强海上溢油影响的环境监测，完善海上石油开发油指纹库。2020 年底前，完成渤海石油勘探开发海上溢油风险评估，开展海上排污许可试点工作，推动建立石油勘探开发海上排污许可制度。”

## (2) 符合性分析

本工程位于渤海湾海域，属于海洋矿产资源勘探开发及其附属工程，不涉及围填海工程。

工程所处海域不在辽宁省海洋主体功能区、辽宁省海洋功能区划内，油田开发工程施工期和运营期均不会对上述功能区产生不利影响；同时，根据《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年），本工程距离“大连斑海豹保护生态红线区-禁止开发区”最近约 12.65km，与辽宁大连斑海豹国家级自然保护区所涉海洋生态红线管控要求不冲突。

施工期和运营期污染物均将得到有效的处理处置，不存在向海洋倾倒垃圾的违法行为。施工期，机舱含油污水属危险废弃物（HW08），根据《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，运回陆上交由有资质单位接收处理。施工钻井船产生的生活污水经船用生活污水处理装置处理后达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB 4914-2008）后排海，铺管船、供给船等船舶产生的生活污水经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）后排海。生活垃圾、生产垃圾全部运回陆上交由

有资质单位接收处理。施工期间主要的污染物是非油层段钻屑和非油层段钻井液，但其影响是暂时的、可恢复的。针对施工期带来的生物资源损失进行了分析，并核算了补偿金额，在后续生产过程中建设单位会采取相应生态补偿措施，并对重要渔业品种实施增殖放流，可以维持海洋生物资源可持续利用。

此外，本项目溢油应急计划将纳入在建油田的《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》统筹考虑，并上报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案，备案后的溢油应急计划必须满足本项目溢油应急的需求，建设单位根据备案后溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作，以防范海上溢油等海洋环境突发污染事件。同时，建设单位制定了相应的管道保护和检测程序，定期对平台、油气管道进行不定期局部检测和定期全面检测，对油田生产风险源进行全面排查。在后续生产过程中，建设单位将严格落实环境保护主管部门要求，严格执行排污许可制度。

综上，工程建设与《渤海综合治理攻坚战行动计划》的相关要求不冲突。

### 13.5.4 与《辽宁省海洋生态环境保护规划（2016-2020 年）》的符合性分析

#### （1）位置关系

《辽宁省海洋生态环境保护规划（2016-2020 年）》中依据《全国海洋功能区划》以及《辽宁省海洋功能区划》，结合辽宁省海洋自然环境特点和海洋经济发展需求，将全省海域划分为辽东湾西部、辽东湾北部、辽东半岛西部、辽东半岛南部、辽东半岛东部、长山群岛 6 个规划区。

#### （2）相关要求

根据辽宁省海洋生态环境保护规划的要求，辽东半岛西部规划区区域生态环境保护重点和生态环境保护主要任务见表 13.5-1。

#### （3）符合性分析

通过分析，本工程距离辽宁大连斑海豹国家级自然保护区最近约 12.65km。工程建设和运营严格落实国家关于海洋环境保护的法律、法规和标准，施工期和运营期污染物均得到有效处理，落实海洋生态保护措施，有效保护周边水域环境。根据预测，混输管道及海底电缆施工时悬浮泥沙扩散离管道最远距离在 0.70km 以内，非油层段钻井液预测离排放点的最大距离为 0.53km，非油层段钻屑离排放点的最大距离为 0.11km，均小于与辽宁大连斑海豹国家级自然保护区的最近距离 12.65km，不会对辽宁大连斑海豹国家级自然保护区的海洋生态环境产生影响。同时，本工程制定了施工期跟踪监测计

划,加强对工程周边海域生态环境质量监测。本工程拟开展增殖放等生态保护保护措施。本项目溢油应急计划将纳入在建油田的《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》统筹考虑并上报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案,备案后的溢油应急计划必须满足本项目溢油应急的需求,建设单位根据备案后溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作,有效防范海上溢油等海洋环境突发污染事件,确保周围海域海洋生态环境安全。

综上所述,工程建设符合《辽宁省海洋生态环境保护规划(2016-2020年)》。

表 13.5-1 工程建设与《辽宁省海洋生态环境保护规划（2016-2020 年）》的符合性

海洋生态环境 保护分区	区域生态环境保护 重点	生态环境保护主要任务	政策符合性分析
辽东半岛西部 规划区	<p>加强大连斑海豹国家级自然保护区、辽宁蛇岛老铁山国家级自然保护区邻近海域生态环境监测、保护与修复；改善养殖海域水质、底质和生物环境质量；整治修复金州湾、普兰店湾、葫芦山湾、复州湾等生态环境和岛礁生态系统；保护斑海豹等珍稀生物物种。</p>	<p>加强对金州湾、普兰店湾、复州湾、葫芦山湾环境污染治理；开展石油化工企业及核电企业风险预警管理与评估；重点关注长兴岛临近海域褐潮、绿潮、水母灾害等新型生态灾害，加强监视监测与防治研究；</p>	<p>本工程距离辽宁大连斑海豹国家级自然保护区最近约 12.65km。</p> <p>工程施工期间，钻井油层段钻屑、钻井油层段水基钻井液、生产垃圾、生活垃圾、机舱含油污水全部运回陆上交由有资质单位进行处理；非油层段钻屑和非油层段水基钻井液按照要求进行排海；生活污水经生活污水处理装置处理达标后排海。运营期，生产垃圾全部运回陆上处理，含油生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台上的生产水处理系统处理达标后全部回注不外排，本项目新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，运营期仅来自原 LD21-2WHPA 平台的生产人员巡检将产生一定量的生活污水和生活垃圾，均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。施工期和运营期污染物均得到有效的处理处置，有效保护周边水域环境。</p> <p>根据预测，混输管道及海底电缆施工时悬浮泥沙扩散离管道最远距离在 0.70km 以内，非油层段钻井液预测离排放点的最大距离为 0.53km，非油层段钻屑离排放点的最大距离为 0.11km，均远小于与辽宁大连斑海豹国家级自然保护区的最近距离 12.65km，工程建设不会对辽宁大连斑海豹国家级自然保护区的海洋生态环境产生影响。同时，本工程制定了施工期跟踪监测计划，加强对工程周边海域生态环境质量监测。</p> <p>针对施工期和运营带来的生物资源和生态服务功能损失进行了分析，并核算了补偿金额。本工程拟开展增殖放养等生态保护保护措施。</p> <p>本项目溢油应急计划将纳入在建油田的《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》统筹考虑，并上报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案，备案后的溢油应急计划必须满足本项目溢油应急的需求，建设单位根据备案后溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作，有效防范海上溢油等海洋环境突发污染事件，确保周围海域海洋生态环境安全。</p>

### 13.5.5 与《关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》的符合性分析

2017年5月18日,国家海洋局印发《国家海洋局关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》的通知(国海发[2017]7号),本项目与该通知的符合性分析见下表。

表 13.5-2 本工程与“国海发[2017]7号”文的符合性分析

序号	相关要求	符合性分析	是否相符
三、 加强海洋空间资源利用管控	坚持生态用海,严格执行海洋主体功能区规划、海洋功能区划、海洋生态红线等管控措施,提高生态环境准入门槛,禁止严重过剩产能以及高耗能、高污染、高排放项目用海,推动海域资源利用方式向绿色化、生态化转变。	①本项目符合《全国海洋主体功能区规划》、《全国海洋功能区划》、《全国海洋生态环境保护规划》、《辽宁省海洋功能区划》及《辽宁省海洋生态环境保护规划》、《辽宁省(渤海海域)海洋生态红线区划定报告》等的管控措施。	符合
	建立健全海洋开发利用活动生态补偿制度。暂停选划临时性海洋倾倒区,启动倾倒区规划编制,按照科学合理经济安全的原则,调整完善海洋倾倒区布局,禁止倾倒除海上疏浚物外的废弃物。	②本项目不属于高耗能、高污染、高排放的项目,针对本项目制定了生态补偿;且本项目不涉及倾倒废弃物问题。	符合
	暂停受理、审核渤海内围填海项目,暂停受理、审批渤海内区域用海规划,暂停安排渤海内的年度围填海计划指标,稳妥处理好政策衔接问题。深入开展渤海围填海项目后评估工作,重点对渤海围填海生态环境影响进行综合评价,为制定渤海生态环境综合整治和围填海管控措施提供依据。	③工程内容不涉及围填海。	符合
六、 加强海洋生态环境风险防控	从严管控渤海海上油气勘探开发、炼化、滨海核电等涉海重大工程环境风险,全面排查溢油、危险化学品泄漏、放射性污染等环境风险隐患,完善分类分级的海上应急监测及处置预案,在石化基地、油气平台、危化品储存区、滨海核电设施等邻近海域部署快速监测能力和应急处物资设备。开展海洋环境突发事件风险评估和风险区划,构建风险信息库,建立信息共享机制。	①建设单位将按照《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》的要求编制溢油应急预案,并纳入在建油田的旅大 21-2/旅大 16-3 油田溢油应急预案,统筹考虑,并将编制的溢油应急预案上报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案。	符合
	加强赤潮(褐潮)、绿潮、水母旺发等海洋生态灾害形成机理以及海洋自然灾害对生态环境的影响研究,分区分级建设海洋生态灾害应急监测体系,完善海洋生态灾害应急预案,提高海洋环境预警报和生态灾害的监测预警水平。	②本项目按照备案后的溢油应急预案开展好各种溢油应急准备和响应工作,备案后的溢油应急预案可以满足本项目的溢油应急响应。	符合

### 13.6 与国家产业政策的符合性分析

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。

### 13.7 “三线一单”符合性分析

环境保护部在 2016 年 10 月印发了《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150 号），以改善环境质量为核心，以全面提高环评有效性为主线，以创新体制机制为动力，以“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”（以下简称“三线一单”）为手段，强化空间、总量、准入环境管理，划框子、定规则、查落实、强基础，不断改进和完善依法、科学、公开、廉洁、高效的环评管理体系。

本工程与“三线一单”符合性情况见下表。通过分析：本项目与“三线一单”相符。

表 13.7-1 本工程与“三线一单”符合性分析

区域	相关要求	本项目情况	符合性
生态保护红线	除受自然条件限制、确实无法避让的铁路、公路、航道、防洪、管道、干渠、通讯、输变电等重要基础设施项目外，在生态保护红线范围内，严控各类开发建设活动，依法不予审批新建工业项目和矿产开发项目的环评文件。	本项目位于《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》中的红线区以外。	符合
环境质量底线	项目环评应对照区域环境质量目标，深入分析预测项目建设对环境质量的影响，强化污染防治措施和污染物排放控制要求。	本工程建设阶段的非油层段钻屑、非油层段钻井液及施工人员生活污水的达标排放对环境的影响属于短期、可恢复性；机舱含油污水、固体废弃物、油层段钻屑、油层段钻井液均运回陆地处理。生产阶段含油生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台处理达标后全部回注地层，不外排；固体废弃物运回陆地处理，不会影响区域环境质量。	符合

资源利用上线	相关规划环评应依据有关资源利用上线，对规划实施以及规划内项目的资源开发利用，区分不同行业，从能源资源开发等量或减量替代、开采方式和规模控制、利用效率和保护措施等方面提出建议，为规划编制和审批决策提供重要依据。	本项目运行阶段消耗一定量的电源，项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。	符合
环境准入负面清单	要在规划环评清单式管理试点的基础上，从布局选址、资源利用效率、资源配置方式等方面入手，制定环境准入负面清单，充分发挥负面清单对产业发展和项目准入的指导和约束作用。	本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中的鼓励类项目。	符合

## 13.8 海洋生态建设方案

2015 年 7 月，国家海洋局印发《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案》（2015-2020 年）（以下简称《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。

### 13.8.1 与政策的符合性

#### 13.8.1.1 与规划、区划的符合性

通过 13.1~13.5 节的分析，本工程位于渤海辽东湾海域中南段，属于重点开发区域，工程建设符合《全国海洋主体功能区规划》的定位。

旅大 29-1 油田开发工程属于海洋油气开发用海，属于《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》允许范畴中的“矿产与能源开发”，符合《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》要求。

根据《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本油田开发工程所处海域不在辽宁省海洋功能区划内，工程施工期和运营期均不会对辽宁省海洋功能区产生不利影响。

根据《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年），本工程不在辽宁省海洋生态红线区内，因此，工程施工期和运营期均不会对辽宁省海洋生态红线区产生影响。

### 13.8.1.2 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”，因此，工程建设符合国家产业政策。

## 13.8.2 污染物源头控制及溢油应急措施

### 13.8.2.1 污染物源头控制措施

本工程施工期钻井阶段钻井液循环使用，非油层段钻屑、非油层段钻井液直接排放入海；油层段钻屑、油层段钻井液、生活垃圾、生产垃圾、船舶机舱含油污水均运回陆地处理。

本项目新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，运营期仅来自原 LD21-2WHPA 平台的生产人员巡检将产生一定量的生活污水和生活垃圾，均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海；运营期产生的生产垃圾运回陆地处理；含油生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理达标后全部回注，不外排。

### 13.8.2.2 溢油防范与应急

在本项目正式投产作业前，建设单位（中海石油（中国）有限公司天津分公司，以下简称“天津分公司”）应制定详细的溢油应急预案，并报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案。本项目溢油应急预案需与附近其他油田应急预案统一考虑，并纳入天津分公司应急体系中。根据《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告



书》，在旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目正式投产之前，建设单位将编制《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》。目前，旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目处于建设阶段，该项目正式投产前，将编制溢油应急计划，届时将旅大 29-1 油田纳入上述溢油应急计划统一考虑。

### 13.8.3 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 月海洋局颁布】、《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、施工期悬浮泥沙、施工期非油层段水基钻井液和钻屑对水质、沉积物的影响，对海洋生物资源损失量进行估算。

（2）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。

#### 13.8.3.1 海洋生物资源损失

##### （1）对浮游生物的影响

工程施工期间管缆铺设和平台建设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

在铺管期间，挖起来的沉积物被堆积在管沟两侧，在挖沟结束后，在海水运移作用下将逐渐回填于管沟。因此，对底质的直接影响就是由于挖起和覆盖，改变了原有的沉积环境，破坏了底栖生物的栖息地。

##### （3）对渔业资源的影响

渔业资源经济损失额合计见表 13.8-1。

表 13.8-1 渔业资源损失经济补偿明细

工程内容	受损生物	损失量	折算鱼苗损失量	单价	直接损失 (万元)	补偿 (年/倍)	补偿金额 (万元)
管缆 铺设 悬浮 泥沙	鱼卵 (粒)	■	■	0.8 元/尾	■	3	■
	仔稚鱼 (尾)	■	■	0.8 元/尾	■	3	■
	鱼类成体 (kg)	■	■	12 万元/kg	■	3	■
	头足类成体 (kg)	■	■	12 万元/kg	■	3	■
	甲壳类成体 (kg)	■	■	12 万元/kg	■	3	■
	幼鱼 (尾)	■	■	0.8 元/尾	■	3	■
	头足类幼体 (尾)	■	■	20 元/kg	■	3	■
	甲壳类幼体 (尾)	■	■	40 元/kg	■	3	■
钻井 阶段 非油 层段 钻井 液钻 屑排 放	鱼卵 (粒)	■	■	0.8 元/尾	■	3	■
	仔稚鱼 (尾)	■	■	0.8 元/尾	■	3	■
	鱼类成体 (kg)	■	■	12 元/kg	■	3	■
	头足类成体 (kg)	■	■	12 万元/kg	■	3	■
	甲壳类成体 (kg)	■	■	12 万元/kg	■	3	■
	幼鱼 (尾)	■	■	0.8 元/尾	■	3	■
	头足类幼体 (尾)	■	■	20 元/kg	■	3	■
	甲壳类幼体 (尾)	■	■	40 元/kg	■	3	■
铺设 海底 管线 钻井	底栖生物 (t)	■	■	1.0 万元/t	■	3	■
平台 占海	底栖生物 (t)	■	■	1.0 万元/t	■	20	■
合计							

渔业生物资源损失经济补偿额共为 ■。应对对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。

### 13.8.3.2 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海底管道和电缆铺设搅起的悬浮泥沙, 非油层段钻井液钻屑排放, 平台占用海域的影响, 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 7 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( $\text{km}^2$ );

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( $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ )。

2017年11月该海区初级生产力平均为 $33.11\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ,2018年4月该海区初级生产力平均为 $78.18\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ,两季平均初级生产力为 $55.64\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ,本工程铺设混输管道和电缆影响面积按照超一类平均面积分别为 $12.42\text{km}^2$ 和 $9.25\text{km}^2$ ,管缆的施工影响时间分别为10.73d和8.05d;钻井液循环使用间断排放,钻屑在钻井期间连续排放,从不利角度出发以钻屑排放评估对海洋生态系统服务功能影响,根据工程分析,钻屑排放时长约为190d,根据预测结果钻屑超一类最大面积为 $0.011\text{km}^2$ 。超一类范围内浮游植物损失率按50%,根据上述公式评估氧气生产量的损失为:

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 [REDACTED]。

## (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运回陆地处理, 生产水处理合格回注地层, 只有少量生活污水、部分非油层段钻井液和钻屑排放, 因此, 这里仅考虑气候调节功能损失量。

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 ( $mg/m^2 \cdot d$ )。

2017 年 11 月该海区初级生产力平均为  $33.11mgC/m^2 \cdot d$ , 2018 年 4 月该海区初级生产力平均为  $78.18mgC/m^2 \cdot d$ , 两季平均初级生产力为  $55.64mgC/m^2 \cdot d$ , 本工程铺设混输管道和电缆影响面积按照超一类平均面积分别为  $12.42km^2$  和  $9.25km^2$ , 管缆的施工影响时间分别为 10.73d 和 8.05d; 钻井液循环使用间断排放, 钻屑在钻井期间连续排放, 从不利角度出发以钻屑排放评估对海洋生态系统服务功能影响, 根据工程分析, 钻屑排放时长约为 190d, 根据预测结果钻屑超一类最大面积为  $0.011km^2$ , 超一类范围内浮游植物损失率按 50%, 根据上述公式评估固定二氧化碳的量的损失为:

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 [REDACTED]。

### (3) 海洋文化服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋文化服务评估内容主要考虑休闲娱乐、科研服务。休闲娱乐服务评估主要考虑评估海域以自然海洋景观为主体的海洋旅游景区；休闲娱乐的物质质量采用海洋旅游景区的年旅游人数评估，若旅游人数很少可不进行该项评估。科研服务的物质质量宜采用公开发表的以评估海域为调查研究区域或实验场所的海洋类科技论文数量进行评估。

关于休闲娱乐服务，本工程所处海域非旅游区，无大量人员来此观光旅游，从不利情况出发按照平台占有海域面积进行休闲娱乐价值损失评估，采用成果参照法，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休闲娱乐功能为 6438 元/a.hm<sup>2</sup>，本项目平台占用海洋面积按投影面积外扩 50m 计算，为 1.6hm<sup>2</sup>，平台占用海域时间 20a，则估算本工程休闲娱乐价值损失约为 [REDACTED]

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；关于该海域的科研成果及其科研经费不易统计，因此这里采用成果参照法，按照平台占有海域面积进行科研服务价值损失评估，根据陈仲新和张新时等(2000)对我国生态效益价值的估算，我国单位面积生态系统的平均科研价值 382 元/hm<sup>2</sup>，本项目占用海洋面积按投影面积外扩 50m 计算，为 1.6hm<sup>2</sup>，平台占用海域时间 20a，据此估算本工程造成科研服务功能损失约为： [REDACTED]

### (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



织、管理。增殖放流工作应坚持增殖与保护并重的原则，增殖放流品种的选择应遵循生物多样性、生物安全、技术可行和兼顾效益原则。设增殖放流领导小组，根据农业部水生生物增殖放流规划、资金安排等，结合省渔业环境容量、苗种供应等实际，组织相关部门拟定增殖放流计划。

在生物资源增殖放流过程中，必须坚持科学发展观，建设单位首先应委托有资质的单位进行增殖方案制定、论证和资源研究，根据项目对海洋生态环境的实际损害情况，在当地海洋主管部门的监督和协助下，有具体目标，具体计划的对生态环境和资源数量进行实施，不得在没有科学报告的情况下，贸然实施操作。

增殖放流方案和计划建议如下，**以下增殖放流品种选择、放流时间、地点等工作由当地海洋和渔业主管部门监督实施：**

#### A 增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

#### B 增殖放流备选品种

当地适宜增殖放流的备选品种包括：中国对虾、三疣梭子蟹、半滑舌鳎、牙鲆等，放流品种和数量可根据当时、当地实际情况做适当调整，具体由当地海洋和渔业主管部门统一部署。

#### 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。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

#### D 增殖放流计划

建设单位后续需补偿渔业资源损失约 [ ]（已纳入环保投资预算），补偿额（ [ ] ）的 85%左右（ [ ] ）用于增殖放流，其中购买苗种 [ ]，包括苗种检验检疫、包装费、购买苗种等； [ ] 用于增殖放流跟踪监测； [ ] 用于增殖放流用车、用船，渔业资源养护及监督管理等。15%左右 [ ] 用于渔

业资源和渔业生态环境跟踪监测。建设单位可根据实际情况实施海洋生物增殖放流，增殖放流的期限为 2~5 年，每年 1 次。每年的增殖放流工作建议安排在休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避免高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果，但是具体时间及放流地点须由当地渔业主管部门统一安排部署，并接受渔业主管部门的监督。

增殖放流、效果评估和渔业生态环境和渔业资源跟踪监测经费纳入地方渔业主管部门统筹规划实施。

#### 13.8.4.4 海洋生态补偿措施

本工程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、海洋生态等损失进行补偿，并纳入工程环保投资。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)，估算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 ██████████，建议此部分资金用于海洋生物资源的增殖放流。

#### 13.8.5 海洋生态保护监管措施建议

海洋生态保护、恢复和补偿措施主要以增殖放流和人工鱼礁等方式开展。

海洋生态的保护、恢复或补偿措施的责任主体为建设单位，建设单位应按照生态损害进行生态补偿，缴纳一定生态补偿费用，由当地海洋和渔业行政主管部门按照规定负责实施，相关行政管理部门应进行验收和监管。

海洋生态保护工作应从施工第一年每年开始每年进行，具体保护措施、地点、时间均由当地海洋与渔业主管部门统一安排部署。海洋与渔业主管部门须抽调相关处室人员组成现场监督小组，对海洋生态保护措施实施进行监督和管理。

#### 13.8.6 海洋跟踪监测措施

##### 13.8.6.1 施工期跟踪监测

###### (1) 污染源监测

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。



## (2) 环境质量现状跟踪监测

本项目施工期排放的污染物为钻井阶段的非含油钻屑、非含油钻井液 (Hg 和 Cd)、铺设管缆搅起的悬浮泥沙 (SS) 及施工过程中的生活污水 (COD)。由于石油类是油田开发工程的特征因子, 因此, 将其纳入施工期跟踪监测项目中。根据污染物的特点, 制定施工期的跟踪监测计划。

### ①监测项目:

海水水质: COD、SS、石油类、重金属 (汞、镉)

海洋沉积物: 石油类、重金属 (汞、镉)

②监测站位: 总计布设 6 个站位。建议以 LD29-1WHPA 平台为中心, 在距离平台 500m 范围内布设 4 个监测点位。在 LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台长 16.1km 的海底管缆路由两侧布置 2 个监测点位。

③监测时间: 施工结束后进行一次监测。

④监测方法: 监测工作应委托有资质监测单位承担, 按照《海洋监测规范》(GB17378-2007) 规定的有关方法进行。

## 13.8.6.2 运营期跟踪监测

### (1) 正常工况下污染源监测

含油生产水: LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施, 生产水主要依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理达标后全部回注地层, 不外排。回注前采用《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》(SY/T5329-2012) 中的方法监测悬浮固体含量、悬浮物颗粒直径中值、含油量等水质指标。

生活污水: LD29-1WHPA 平台为无人井口平台, 不设生活污水处理设施, 无生活污水排放。

因此, 新建的 LD29-1WHPA 平台不单独设置污染源监测。

### (2) 环境质量现状跟踪监测

本项目评价的平台为无人井口平台, 无生活污水排海。LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施, 生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理达标后全部回注地层, 不外排。在正常生产作业期间本项目新建的 LD29-1WHPA 平台没有生活污水和生产水排放。

根据工程特点和周边环境敏感目标环境管理要求, 本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表 13.8-3。

**表 13.8-3 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、重金属（总汞、砷、铜、铅、锌、镉和总铬）	《海洋监测规范》 GB17378.4-2007	在平台周边 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、重金属（总汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷）	《海洋监测规范》 GB17378.5-2007		

### （3）管线跟踪调查

为了保证安全作业和防止海洋环境污染，还需要定期（建议 3-5 年/次）对本工程管缆进行路由复勘，以便及时了解管缆路由水深变化情况，电缆走向、埋深、悬跨等运行中的实际情况，并根据勘察结果采取相应的维护措施，以便及早发现隐患，及时处理，防止事故发生，以保障工程的安全正常运行。

## 14 环境管理与环境监测

### 14.1 环境管理

#### 14.1.1 环境管理的任务和内容

环境管理是保护环境、控制污染的重要措施之一。本油田开发工程环境管理的任务和主要内容为：

- 1、贯彻执行国家环境保护法规和标准；
- 2、组织制定和修改与本油田有关的环境保护政策、规章和制度，并监督执行；
- 3、检查本油田环境保护设备、设施或装置的运行状态；
- 4、组织和领导本油田的环境监测工作；
- 5、组织开展本油田环境保护工作人员的技术培训和演习；
- 6、组织编写和填写政府部门要求的各种环境保护报告和记录；
- 7、为政府执法人员检查工作提供方便。

#### 14.1.2 机构及岗位的设置

##### 14.1.2.1 组织机构与定员

作为本油田开发工程的建设单位——中海石油（中国）有限公司天津分公司（下称天津分公司），将严格按照国家环保法律标准和中海油总公司颁发的一系列环保规定、办法来开展环境保护管理工作，并已经形成一套完整系统的环保管理机构 and 环境保护管理体系。

天津分公司的油田作业环保工作实行总经理负责制，天津分公司的总经理为第一责任者，主管生产的安全总监（副总经理）直接领导全公司的安全环保工作。公司环保工作作为二级记负责制，对各级公司实行目标管理。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油田作业环境保护工作。各级环保管理机构和管理人员通过对所属油田和其它工程设施的环保检查、宣传教育、人员培训等一系列制度和措施，实施对环保工作的科学有效管理。（其组织机构见下图 14.1-1）。

旅大 29-1 油田开发项目设油矿总监一名，负责油田的安全生产和油田环境保护的直接领导工作。在油矿总监下面设健康安全环保监督一名，在油矿总监和陆上基地环保

管理人员的监督和领导下，具体负责本油田的安全环保管理和监督工作。（其组织机构见下图 14.1-2）。

油田还将设立安全领导小组和应急领导小组，由油矿总监担任组长，生产监督、各岗位监督和安全环保监督任小组成员，负责油田的安全环保处理的应急组织、指挥工作。

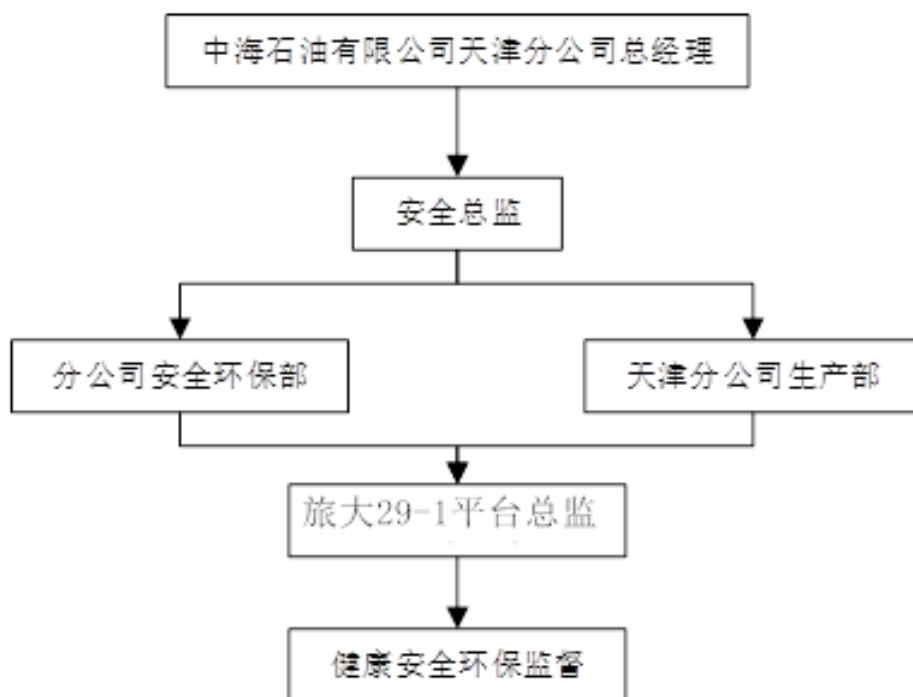


图 14.1-1 天津分公司环境保护管理机构图

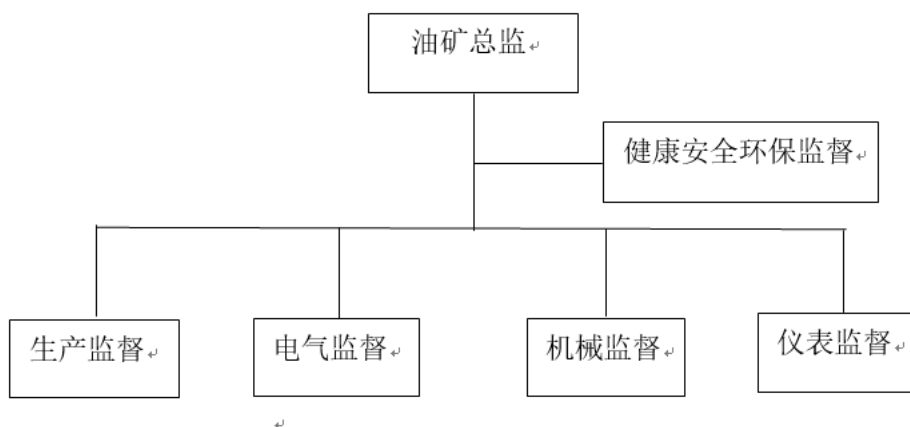


图 14.1-2 旅大 29-1 油田开发项目环境保护管理机构图

#### 14.1.2.2 海上主要人员的岗位职责

##### (1) 油矿总监

全面负责油田/平台的安全生产和环保工作，负责技术管理与培训，处理临时发生的生产、安全和环保等各种问题，并采取应急处理措施。

##### (2) 安全监督

负责落实全油田安全和环保工作的各项制度及规定；协助制定应急计划；对内外人员进行安全、环保教育；监督、纠正各种违章作业和操作，一旦发生事故立即赶赴现场查明原因，提出处理意见；做好污染处理设备和安全消防设施的定期检查和检测；对污水排放和垃圾处理进行监督。

### (3) 生产监督

认真执行油井管理措施和油田经理的工作指令；确保原油生产按计划完成和污水处理达到规定指标；熟练操作包括污染治理设备在内的各种工艺设备，指导有关人员处理故障。

## 14.1.3 环境保护管理制度

在 LD29-1WHPA 平台生产期间，上级管理部门将建立并执行下列管理制度。

### 14.1.3.1 环保监督检查制度

每月对海上生产设施进行安全环保抽查，各部门不定期地进行安全生产和环境保护自检，检查存在的隐患和问题，及时加以妥善处理或向有关领导汇报，提出整改措施和计划。每年都采取综合检查和专项检查相结合、监督检查与自我检查相结合、定期检查与动态检查相结合等方式，进行全方位、全过程的安全环保监管。综合检查方面，落实巡回检查、“日、周、月”检、夜查、要害部位专项检查和节前检查。突出抓好问题整改复查为主要内容的检查，促进了安全环保管理整体水平的提升。

### 14.1.3.2 安全、环保会议制度

每月召开一次安全、环保例会，分析总结安全生产和安全、环保制度执行情况；查找安全环保问题和隐患，制定相应的安全环保措施；传达上级有关指示和安全、防火及环保等方面的文件。

### 14.1.3.3 安全环保宣传教育制度

充分利用各种宣传工具，通过各种渠道，积极及时地宣传国家有关安全环保管理规定和安全环保知识，对所有工作人员进行安全环保知识教育，提出安全环保要求，讲清注意事项。

### 14.1.3.4 环保奖惩制度

为加强环境保护管理，制定油田工作人员的奖金与安全生产和环境保护工作挂钩的

制度，对在安全环保方面成绩突出的班组或个人进行奖励，反之对不严格执行安全环保有关规定，违反安全环保工作制度的有关人员将扣除奖金。在评选先进、表彰奖励工作中，实行安全环保否决制度。

#### 14.1.3.5 大力加强环保隐患治理和环保科技工作

在环保科技工作方面，重点开展三项工作：一是针对海上盗油、污染海洋环境的问题，开展了雷达监测技术研究工作，加大监控力度，保护海洋环境，目前该项目已投入运行；二是开展油田海域溢油追踪溯源技术研究，为分清溢油事故责任者提供科学依据，同时在溢油事故状态下，能有效模拟溢油漂移轨迹和路径；三是在平台安装电视监控系统，发现异常及时排除，给环保管理注入了新的科技含量。

#### 14.1.3.6 切实加强平台环保管理工作

海上平台空间小，一旦出现溢油，就可能对海洋环境造成严重污染，为此采油厂坚持“预防为主”的思想，切实强化管理，避免污染事故发生。在平台环保管理方面，采油厂重点强化以下几个方面的管理：一是加强巡回检查和了望制度的落实，定期检查平台设施，发现事故苗头，及时采取措施；二是加强平台防污设施的管理，重点是生活污水处理设施的管理，通过定期维护保养，切实做到全部处理、达标排放；三是加强化学消油剂的使用管理，严格控制使用消油剂，避免二次污染；四是建立完善海陆防范监控体系，同时加强海上日常监控管理。

## 14.2 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是定期监测各工程设施上外排污染物的排放浓度，掌握达标情况，为加强环境保护管理、保证污染处理设备正常运转提供科学依据；分析外排污染物浓度和排放量的变化规律；为制定污染控制措施和环保管理提供依据。本工程的环境监测计划依据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》制定。

### 14.2.1 环境监测计划

#### 14.2.1.1 施工期跟踪监测

##### (1) 污染源监测

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。

#### （2）环境质量现状跟踪监测

本项目施工期排放的污染物为钻井阶段的非含油钻屑、非含油钻井液（Hg 和 Cd）、铺设管缆搅起的悬浮泥沙（SS）及施工过程中的生活污水（COD）。由于石油类是油田开发工程的特征因子，因此，将其纳入施工期跟踪监测项目中。根据污染物的特点，制定施工期的跟踪监测计划。

##### ①监测项目：

海水水质：COD、SS、石油类、重金属（汞、镉）

海洋沉积物：石油类、重金属（汞、镉）

②监测站位：总计布设 6 个站位。建议以 LD29-1WHPA 平台为中心，在距离平台 500m 范围内布设 4 个监测点位。在 LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台长 16.1km 的海底管道路由两侧布置 2 个监测点位。

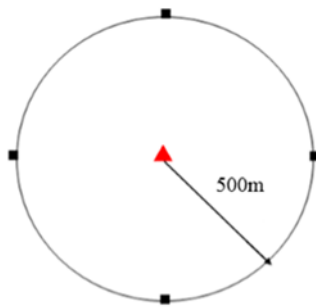


图 14.2-1 平台环境影响跟踪监测站位布设示意图

③监测时间：施工结束后进行一次监测。

④监测方法：监测工作应委托有资质监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

#### 14.2.1.2 运营期跟踪监测

##### （1）正常工况下污染源监测

含油生产水：LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施，生产水主要依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理达标后全部回注地层，不外排。回注前采用《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》（SY/T5329-2012）中的方法监测悬浮固体含量、

悬浮物颗粒直径中值、含油量等水质指标。

生活污水：LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，不设生活污水处理设施，无生活污水排放。

因此，新建的 LD29-1WHPA 平台不单独设置污染源监测。

### (2) 环境质量现状跟踪监测

本项目评价的平台为无人井口平台，无生活污水排海。LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施，生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理达标后全部回注地层，不外排。在正常生产作业期间本项目新建的 LD29-1WHPA 平台没有生活污水和生产水排放。

根据工程特点和周边环境敏感目标环境管理要求，本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表 14.2-1 和图 14.2-2。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-1 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、重金属（总汞、砷、铜、铅、锌、镉和总铬）	《海洋监测规范》GB17378.4-2007	在平台周边 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、重金属（总汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷）	《海洋监测规范》GB17378.5-2007		

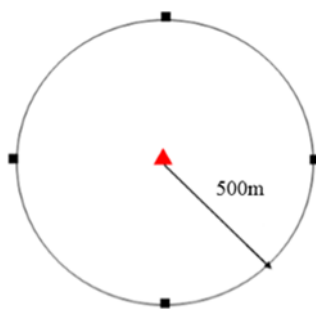


图 14.2-2 生产阶段海洋环境监测站位布设示意图

### (3) 管线跟踪调查

为了保证安全作业和防止海洋环境污染，还需要定期（建议 3-5 年/次）对本工程管缆进行路由复勘，以便及时了解管缆路由水深变化情况，电缆走向、埋深、悬跨等运行中的实际情况，并根据勘察结果采取相应的维护措施，以便及早发现隐患，及时处理，防止事故发生，以保障工程的安全正常运行。



### 14.2.2 事故监测计划

配合政府部门对防污染设备的检查工作，以及在事故状态下配合有关部门作好对事故的跟踪监测。

发生溢油事故时除在常规监测站位进行水质监测外，根据事故性质、事故影响的大小，视具体情况增加对海洋生态环境、海洋生物质量、沉积物环境的监测，站位布设根据实际情况进行调整。可采用有偿服务的方式委托海洋行政主管部门认可的监测单位开展环境事故跟踪监测。

### 14.2.3 监测机构职能

其主要职能如下：

(1) 负责指导、监督各采油厂海上、陆上油田生产设施外排污染物的监测化验工作；

(2) 定期、不定期地对各海上、陆上油田生产设施排污口的外排污染物进行监测和检查；

(3) 分析所排污染物的变化规律，为平台环保管理、制定污染控制措施和保持污染物处理设备正常运转提供依据；

(4) 协同有关部门对新建设施上的污染防治设备进行竣工验收监测和效果鉴定；

(5) 对监测、化验人员进行业务指导和培训，对化验设备进行检查和校定；

(6) 负责平台污染事故的监测及报告。

## 15 环境影响评价结论及建议

### 15.1 工程分析结论

#### 15.1.1 工程概况

旅大 29-1 油田位于渤海东部海域，[REDACTED]，西距旅大 21-2 油田约 16.1km，西南距已开发油田旅大 27-2 油田约 22km，西北距旅大 16-3 油田约 22km，油田范围内平均水深 32.2m。

旅大 29-1 油田采用注水开发方式，本工程拟建内容如下：

(1) 新建一座 4 腿无人井口平台 (LD29-1 WHPA)：平台上设置 6 个井槽 (2 个单筒双井)、注水设施、公用系统、电气房间、吊机、应急机、简易厕所等。

(2) 新建 1 条海底混输管线：新建 1 条 6"/12"，由 LD29-1 WHPA 平台至 LD21-2 WHPA 平台的 16.1km 的双层保温混输海底管道。

(3) 新建 1 条海底电缆：由 LD21-2 WHPA 平台至 LD29-1 WHPA 平台的 16.1km 的复合海底电缆 (规格为  $3C \times 50\text{mm}^2$ )。

(4) 对 LD21-2 WHPA、LD10-1PAPD、LD10-1CEP 和 LD16-3 CEPA 平台进行适应性改造：在 LD21-2WHPA 平台下层甲板新增 1 台混输收球筒和一个海缆接线箱，在生活楼顶层设置扫海雷达系统；在 LD10-1PAPD 平台上层甲板和下层甲板增加相应的火气探测设备；在 LD10-1CEP 平台下层甲板更换原平台四台原油外输泵和一台原油计量撬，在工作甲板更换原平台原油发球筒；在 LD16-3CEPA 平台上层甲板新增一个变压器间和一个 FM200 撬；新增一台组网变压器、一面变压器软启柜和一台变压器接地电阻。

本工程建设投资 [REDACTED]，其中环保投资 [REDACTED]，占总投资的 1.22%。

#### 15.1.2 工程分析

海上施工阶段包括平台安装/连接，依托海上设施的适应性改造，以及海底管道、电缆的铺设、钻完井等。本阶段主要污染物包括铺设管缆作业搅起的海底沉积物、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、生产垃圾、钻完井过程中产生的钻屑和钻井液等。

本工程钻井过程中共产生钻井液  $3069.5\text{m}^3$ ，其中油层段钻井液约为  $1769.3\text{m}^3$ ，非油层段钻井液约为  $1300.2\text{m}^3$ 。产生钻屑  $3029.4\text{m}^3$ ，其中油层段钻屑约  $369.5\text{m}^3$ ，非油层段钻屑约为  $2659.9\text{m}^3$ 。油层段钻屑、油层段钻井液运回陆地由辽宁绿源再生能源开发有限

公司接收处理/处置，非油层段钻屑、非油层段钻井液经所在海区主管部门批准后排放入海；海底混输管道和海底电缆施工期悬浮沙的产生总量分别约为 43586m<sup>3</sup>、24150m<sup>3</sup>。海上施工期间共产生机舱含油污水 602.5m<sup>3</sup>，生活污水 17086.34m<sup>3</sup>，生活垃圾 73.23t，生产垃圾 67.13t。混输海管投产前清管废水产生量约为 285.3m<sup>3</sup>。

油田生产运营期主要污染物为生产水、生产垃圾、泥沙、初期雨水等。据生产预测，本工程最大产水量为 [REDACTED]，正常生产情况下，经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理合格后，LD16-3CEPA 平台处理达标的生产水在本平台回注地层，不外排；LD10-1PAPD 平台处理达标的生产水接入 LD10-1CEP 平台注水系统回注地层，为旅大 10-1 油田提供注水水源。非正常工况下平台停产，生产水不排海。运营期间生产垃圾产生量为 8t/a；泥沙产生量不超过 0.54m<sup>3</sup>/d。初期雨水产生量为 4.0m<sup>3</sup>/次，经开、闭系统收集后，将液体输送到海底混输管道一同进行外输。

## 15.2 环境现状分析与评价结论

### 15.2.1 海水水质现状

#### 15.2.1.1 2018 年 4 月调查结果

2018 年 4 月调查结果显示，pH、DO、COD、石油类、铜、锌、镉、总铬、砷、挥发性酚、硫化物均满足一类海水水质标准，活性磷酸盐、无机氮、铅、汞超出一类海水水质标准。本次对超标因子活性磷酸盐、无机氮、铅、汞四个因子依据《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准和三类水质标准进行深度评价，以了解工程附近海域海水水质现状情况。

（1）表层 28 个调查站位中，有 4 个无机氮调查站位、1 个活性磷酸盐站位、9 个铅调查站位和 12 个总汞调查站位超过《海水水质标准》（GB3097-1997）一类水质标准要求，但全部满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准要求。

（2）10m 层 15 个调查站位中，有 2 个无机氮调查站位、9 个铅调查站位和 6 个总汞调查站位超过《海水水质标准》（GB3097-1997）一类水质标准要求，但全部满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准要求。

（3）底层 28 个调查站位中，有 1 个无机氮调查站位、16 个铅调查站位和 8 个总汞调查站位超过《海水水质标准》（GB3097-1997）一类水质标准要求，但全部满足《海水水质标准》（GB3097-1997）二类水质标准要求。

### 15.2.1.2 2017 年 11 月调查结果

2017 年 11 月调查结果显示, pH、DO、COD、活性磷酸盐、石油类、铜、锌、镉、总铬、砷均满足一类海水水质标准, 无机氮、铅、汞超出一类海水水质标准。本次对超标因子无机氮、铅、汞三个因子依据《海水水质标准》(GB3097-1997) 二类水质标准和三类水质标准进行深度评价, 以了解工程附近海域海水水质现状情况。

#### (1) 表层

①表层 28 个调查站位中, 有 26 个无机氮调查站位、28 个铅调查站位和 16 个总汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求。

②依据二类水质标准进行评价, 表层 28 个调查站位中, 所有站位铅和总汞浓度满足二类水质标准; 13 个无机氮调查站位超出二类水质标准, 最大浓度超标率 1.137, 超标率为 46.43%。

③依据三类水质标准进行评价, 所有超标因子均满足三类水质标准要求。

#### (2) 10m 层

①10m 层 17 个调查站位中, 有 16 个无机氮调查站位、17 个铅调查站位和 9 个总汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求;

②依据二类水质标准进行评价, 10m 层 17 个调查站位中, 所有站位铅和总汞满足二类水质标准, 有 5 个无机氮调查站位超出二类水质标准, 最大浓度超标率 1.100, 超标率为 29.41%。

③依据三类水质标准进行评价, 所有超标因子均满足三类水质标准要求。

#### (3) 底层

①底层 28 个调查站位中, 有 27 个无机氮调查站位、28 个铅调查站位和 20 个总汞调查站位超过《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类水质标准要求。

②依据二类水质标准进行评价, 底层 28 个调查站位中, 所有站位铅和总汞满足二类水质标准, 有 7 个无机氮调查站位超出二类水质标准, 最大浓度超标率 1.113, 超标率为 25.00%。

③依据三类水质标准进行评价, 所有超标因子均满足三类水质标准要求。

### 15.2.2 海底沉积物现状

根据《旅大 29-1 油田开发项目海底电缆管道路由调查勘测报告》, 路由区表层土质主要由粉砂质砂组成。

2017 年 11 月调查结果显示, 本次调查沉积物中有机碳、硫化物、油类、汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷均未超过国家一类沉积物质量标准, 沉积物质量状况良好。

### 15.2.3 海洋生态现状

#### 15.2.3.1 叶绿素 a 和初级生产力

##### (1) 叶绿素 a

2018 年 4 月调查结果显示: 表层叶绿素 a 变化范围 (0.44~2.27)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 均值为  $1.08\text{mg}/\text{m}^3$ ; 10m 层叶绿素 a 变化范围 (0.44~1.42)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 均值为  $0.72\text{mg}/\text{m}^3$ ; 底层叶绿素 a 变化范围 (0.24~2.95)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 均值为  $1.11\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2017 年 11 月调查结果显示: 表层叶绿素 a 变化范围 (0.24~0.88)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 均值为  $0.54\text{mg}/\text{m}^3$ ; 10m 层叶绿素 a 变化范围 (0.20~0.85)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 均值为  $0.48\text{mg}/\text{m}^3$ ; 底层叶绿素 a 变化范围 (0.17~0.71)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 均值为  $0.52\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据营养质量状态指数 (NQI), 2018 年 4 月调查海域表层 NQI 值为 1.26, 10m 层 NQI 值为 1.13, 底层 NQI 值为 1.22; 2017 年 11 月调查海域表层 NQI 值为 1.17, 10m 层 NQI 值为 1.08, 底层 NQI 值为 1.13。说明调查海域处于贫营养状态。

##### (2) 初级生产力

2018 年 4 月调查海域现场初级生产力为 (31.75~163.78)  $\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 均值为  $78.18\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

2017 年 11 月调查海域现场初级生产力为 (14.65~53.72)  $\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 均值为  $33.11\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

调查海区初级生产力整体处于正常水平。

#### 15.2.3.2 浮游植物现状

2018 年 4 月, 海洋生态现状调查共鉴定浮游植物 70 种, 其中硅藻 56 种, 甲藻 12 种, 金藻 2 种。优势种分别为布氏双尾藻 (*Ditylum brightwellii*)、角毛藻 (*Chaetoceros sp.*) 和密联角毛藻 (*Chaetoceres densus*)。调查海区浮游植物细胞密度变化范围在 (481500~3792200) 个/ $\text{m}^3$  之间, 平均值为 2030021 个/ $\text{m}^3$ 。

2017 年 11 月, 调查共鉴定浮游植物 53 种, 其中硅藻 44 种, 甲藻 9 种。优势种分别为圆筛藻 (*Coscinodiscus sp.*)、夜光藻 (*Noctiluca scintillans*) 和角毛藻 (*Chaetoceros sp.*)。调查海区浮游植物细胞密度变化范围在 (26628~306000) 个/ $\text{m}^3$  之间, 平均值为

111265 个/m<sup>3</sup>。

2018 年 4 月评价海域多样性指数均值为 3.29, 2017 年 11 月评价海域多样性指数平均值为 3.44, 说明调查海域浮游植物生境质量优良。同时, 2018 年 4 月和 2017 年 11 月多样性指数均大于 3, 说明调查海域浮游植物群落结构稳定性较好。

### 15.2.3.3 浮游动物现状

2018 年 4 月, 海洋生态调查共鉴定浮游动物 22 种 (不包括 9 种浮游幼体、鱼卵)。其中, 桡足类 8 种, 水母类 5 种, 端足类 4 种, 涟虫类 2 种, 原生动物、毛颚类、多毛类各 1 种。占优势种前三位的分别为腹针胸刺水蚤 (*Centropages abdominalis*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 和强壮箭虫 (*Sagitta crassa*)。调查海区浮游动物湿重生物量的变化范围在 (55.58~413.78) mg/m<sup>3</sup> 之间, 均值为 206.85mg/m<sup>3</sup>; 浮游动物个体密度在 (201.1~1019.8) 个/m<sup>3</sup> 之间, 均值为 616.3 个/m<sup>3</sup>。

2017 年 11 月, 调查共鉴定浮游动物 27 种 (不包括 6 种浮游幼体、鱼卵)。其中, 桡足类 14 种, 水母类 8 种, 被囊动物 2 种, 端足类、原生动物、毛颚类各 1 种。占优势种前三位的分别为强壮箭虫 (*Sagitta crassa*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 和真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*)。调查海区浮游动物湿重生物量的变化范围在 (18.00~266.58) mg/m<sup>3</sup> 之间, 均值为 89.81mg/m<sup>3</sup>; 浮游动物个体密度在 (7.2~73.7) 个/m<sup>3</sup> 之间, 均值为 42.0 个/m<sup>3</sup>。

2018 年 4 月调查浮游动物群落多样性指数均值为 1.30; 2017 年 11 月调查浮游动物群落多样性指数均值为 1.74。根据《近岸海域环境监测规范》(HJ442-2008) 中生物多样性指数评价指标, 调查海域浮游动物生境质量差, 浮游动物群落结构稳定性一般。

### 15.2.3.4 底栖生物现状

2018 年 4 月, 调查海区共发现大型底栖生物 85 种, 隶属于环节动物、节肢动物、软体动物、棘皮动物、纽形动物、线形动物和腔肠动物。其中环节动物发现种类 40 种, 节肢动物发现 23 种, 软体动物发现 15 种, 棘皮动物发现 4 种, 纽形动物发现 1 种, 线形动物发现 1 种, 腔肠动物发现 1 种。底栖生物湿重生物量变化范围在 (0.59~72.77) g/m<sup>2</sup> 之间, 平均为 15.05g/m<sup>2</sup>; 栖息密度变化范围在 (120~860) 个/m<sup>2</sup> 之间, 平均密度为 536 个/m<sup>2</sup>。

2017 年 11 月, 调查共发现大型底栖生物 82 种, 隶属于环节动物、节肢动物、软体动物、棘皮动物、纽形动物和腔肠动物。其中环节动物发现种类 41 种, 节肢动物发现

21 种，软体动物发现 15 种，棘皮动物发现 3 种，纽形动物发现 1 种，腔肠动物发现 1 种。底栖生物湿重生物量变化范围在 (2.16~150.54) g/m<sup>2</sup> 之间，平均为 23.74 g/m<sup>2</sup>；栖息密度变化范围在 (240~1060) 个/m<sup>2</sup> 之间，平均密度为 539 个/m<sup>2</sup>。

2018 年 4 月调查海域底栖生物多样性指数平均值为 4.04，2017 年 11 月调查海域底栖生物多样性指数平均值为 3.78，说明调查海域底栖生物生境质量优良。同时，2018 年 4 月和 2017 年 11 月多样性指数均大于 3，说明调查海域底栖生物群落结构稳定性较好。

#### 15.2.3.5 小结

调查海区叶绿素 a 含量处于贫营养状态，浮游植物、大型底栖生物群落结构稳定性较好，浮游动物群落结构稳定性一般。

#### 15.2.4 生物质量现状

2018 年 4 月和 2017 年 11 月两次调查捕获的甲壳类和鱼类体内污染物质含量（重金属铜、锌、镉、汞和铅）均满足《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，石油烃含量满足《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。

#### 15.2.5 渔业资源

##### 15.2.5.1 鱼卵仔稚鱼

2017 年 6 月调查，共采集到鱼卵和仔稚鱼 13 种（鱼卵 10 种，仔稚鱼 6 种）。鱼卵的平均密度为 0.790 ind./m<sup>3</sup>。仔稚鱼的密度为 0.349 ind./m<sup>3</sup>。

2018 年 9 月调查，共采集到鱼卵和仔稚鱼 9 种（鱼卵 5 种，仔稚鱼 6 种）。鱼卵的平均密度为 0.29 ind./m<sup>3</sup>，仔稚鱼平均密度为 0.37 ind./m<sup>3</sup>。

##### 15.2.5.2 渔业资源现状

###### (1) 鱼类

2017 年 6 月航次捕获鱼类 17 种。6 月航次调查渔业资源优势种共有 6 种，其中鱼类 2 种，为短吻红舌鲷和黄鲛鲷。鱼类成体的资源密度为 29.659kg/km<sup>2</sup>，幼鱼的资源密度为 443ind/km<sup>2</sup>。

2018 年 9 月航次捕获鱼类 24 种。9 月航次调查渔业资源优势种共有 7 种，其中鱼类 3 种，为矛尾虾虎鱼、短吻红舌鲷和细纹狮子鱼。鱼类成体的资源密度为 125.49kg/km<sup>2</sup>，

幼鱼的资源密度为 3316ind/km<sup>2</sup>。

### (2) 甲壳类

2017 年 6 月航次捕获甲壳类 16 种，2017 年 6 月航次调查渔业资源优势种共有 6 种，其中甲壳类 3 种，分别为口虾蛄、日本蟳和泥足隆背蟹。甲壳类成体的资源密度为 78.5745kg/km<sup>2</sup>，幼体的资源密度为 3511ind/km<sup>2</sup>。

2018 年 9 月航次捕获甲壳类 21 种，9 月航次调查渔业资源优势种共有 7 种，其中甲壳类 3 种，为口虾蛄、葛氏长臂虾、日本蟳。甲壳类成体的资源密度为 196.46kg/km<sup>2</sup>，幼体的资源密度为 4011ind/km<sup>2</sup>。

### (3) 头足类

2017 年 6 月调查共捕获头足类 3 种，2017 年 6 月航次调查渔业资源优势种共有 6 种，其中头足类 1 种，为长蛸。头足类成体的资源密度为 3.218kg/km<sup>2</sup>，幼体的资源密度为 48ind/km<sup>2</sup>。

2018 年 9 月调查共捕获头足类 4 种，9 月航次调查渔业资源优势种共有 7 种，其中头足类 1 种，为火枪乌贼。头足类成体的资源密度为 12.41kg/km<sup>2</sup>，幼体的资源密度为 34ind/km<sup>2</sup>。

## 15.2.6 油田海域环境状况回顾性分析结论

### (1) 海洋环境质量现状回顾性评价结论

经 2016 年~2018 年共计 4 次在旅大 29-1 油田海域及周边海域的环境质量现状调查回顾分析，得出如下结论：

除少部分调查站位的海水水质出现超标现象以外，本海域大部分调查站位的海水水质、所有站位的沉积物均处于稳定状态，均满足相应的标准限值。

除 2016 年 5 月部分贝类体内镉、砷重金属超标外；其他历次调查海洋生物质量均处于稳定状态，均满足相应的标准限值。

调查海域各期调查中海洋生物的生物量、生物密度、种类数、优势种有一定变化，但与油田开发工程无必然的相关性，项目周边海洋生态基本处于正常范围内。

旅大 29-1 油田投产后生产水经依托平台处理达标后全部回注不外排，平台为无人值守平台，不会产生和排放生活污水，因此，不会对本油田海域的海水水质、沉积物和海洋生物质量造成较大影响，但建设单位应加强环境管理与监测，并做好环境风险防范措施和应急预案，防止溢油事故对海洋环境的影响和破坏。



## (2) 渔业资源现状回顾性评价结论

从整体水平分析，调查海域渔业资源状况良好。

## 15.3 环境影响预测分析与评价结论

### 15.3.1 水文动力环境影响分析

拟建工程包括导管架和平台安装、钻井完井、海底管缆的铺设。由于平台为透水式结构，对周边的水动力环境影响很小；海底管缆埋于海底以下 1.5m，挖起的泥沙在底层流作用下自然回填管沟，对底层流影响很小。

### 15.3.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

本工程海域海底平坦，广阔，多年变化不大。自海岸向海渐深，水深变化缓慢。平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，平台建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。海底管缆埋在海底，施工期掀起的悬浮泥沙在水流的作用下逐渐沉积在管沟周围，由于悬浮泥沙的产生量较小，加上潮流长时间的输沙作用，不容易淤积，对海底地貌的影响较小。因此，本工程的建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。

### 15.3.3 水质环境影响评价

#### 15.3.3.1 施工期对水质环境影响评价结论

##### (1) 海底混输管道/电缆

由计算知，由于本项目区域水深较深，施工期间表层均无超海水水质标准区域。LD29-1WHPA 平台至 LD21-2WHPA 平台混输管道中层超悬浮物一（二）类海水水质标准（悬浮物增量 $\geq 10\text{mg/l}$ ）的总包络面积为  $15.45\text{ km}^2$ ；无超三类海水水质标准（悬浮物增量 $\geq 100\text{mg/l}$ ）、超四类海水水质标准（悬浮物增量 $\geq 150\text{mg/l}$ ）水质；底层超悬浮物一（二）类海水水质标准的总包络线面积为  $21.82\text{ km}^2$ ；超三类海水水质标准的总包络线面积为  $2.65\text{ km}^2$ ；超四类海水水质标准的总包络线面积为  $0.95\text{ km}^2$ ；超一（二）类海水水质标准的范围距管道的最大距离为  $0.70\text{ km}$ 。管道施工作业停止 7h 后，整个海域满足一类海水水质标准。

LD21-2WHPA 平台至 LD29-1WHPA 平台海底电缆中层超悬浮物一（二）类海水水质标准的总包络面积为  $10.35\text{ km}^2$ ；无超三类海水水质标准、超四类海水水质标准水质；底层超悬浮物一（二）类海水水质标准的总包络线面积为  $17.40\text{ km}^2$ ；超三类海水水质标

准的总包络线面积为 1.95 km<sup>2</sup>；超四类海水水质标准的总包络线面积为 0.71 km<sup>2</sup>；超一（二）类海水水质标准的范围距管道的最大距离为 0.60 km。管道施工作业停止 6h 后，整个海域满足一类海水水质标准。

### （2）非油层段钻井液

根据计算，非油层段钻井液对海洋环境的影响主要在表层，中层、底层无超标水域。

各年份非油层段钻井液排放表层超一（二）类海水水质标准的总包络线面积均为 0.41km<sup>2</sup>，超三类海水水质标准的总包络线面积为 0.02km<sup>2</sup>，超四类海水水质标准的总包络线面积为 0.003km<sup>2</sup>。超一（二）类海水水质标准的范围离排放点的最大距离为 0.53km，停止排放恢复到一类水质所需最大时间约为 5h。

### （3）非油层段钻屑

根据计算，非油层段钻屑对海洋环境的影响主要在表层，中层、底层无超海水水质标准水域。

非油层段钻屑表层超悬浮物一（二）类海水水质标准的包络面积为 0.011km<sup>2</sup>，无超三类、超四类海水水质标准海域。超悬浮物一（二）类海水水质标准的范围距平台最大距离为 0.11km，覆盖 2cm 厚度区域的面积为 0.01km<sup>2</sup>，停止排放后 2h 整个海域可恢复到一类水质。

#### 15.3.3.2 运营期对水质环境影响评价结论

工程建成投产后，所产物流经混输管线输送至 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台进行处理，达标后全部回注地层，不外排，本次新建平台为无人井口平台，平台不设生活污水处理设施，运营期无生活污水排放，因此，本次工程运营期正常工况下不会对海洋水质环境产生影响。

非正常工况下，可以调整油井运行频率，降低油井产出量，减少流程生产污水处理量，以保障油水处理效果，处理后的生产水全部回注地层，必要时停止生产，禁止生产水外排入海。

#### 15.3.4 沉积物环境影响评价

由于平台均采用钢导管结构，因此施工期平台对沉积物环境的影响较小，但平台桩腿部分由于深插入海中，施工过程中因打桩沉积物环境全部改变。

钻井液与钻屑入海后，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。在海流作用下大部分钻屑沉积在作业平

台 200m 以内，沉积面积不超过 0.01km<sup>2</sup>。将会使覆盖区域的沉积物类型有所变化，并可能使沉积物中有机质等污染物的含量有所升高。

本工程管缆施工过程沉积物被挖起和覆盖，其中管/缆沟开挖的影响面积是 0.056km<sup>2</sup>，覆盖的影响面积是 1.288km<sup>2</sup>。此范围内的底栖生物短期内受到破坏，并使沉积物类型发生一定的变化。

运营期海管防腐采用的牺牲阳极释放量较少，基本不会引起沉积物中的锌污染。

### 15.3.5 对海洋环境敏感目标的影响分析

由于本工程运营期含油生产水依托 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台处理达标后全部回注地层，不排海；本次新建平台为无人井口平台，平台不设生活污水处理设施，运营期无生活污水排放；因此对敏感目标的影响主要在施工期。

本工程位于小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵场内，毛虾的越冬场，中国对虾、鳊鱼和鲮的洄游通道上，银鲳和黄姑鱼的洄游通道边缘。根据预测结果：海底混输管道及海底电缆施工、非油层段钻井液和非油层段钻屑排放时产生的悬浮沙超一（二）类海水水质标准的范围离管道最远距离分别约 0.70km、0.53km、0.11km 以内，对“三场一通道”会产生一定的影响，但施工结束后悬浮沙恢复到一类水质的时间约为 7h，悬浮沙造成的影响在施工结束后短时间内可以恢复，因此本工程的建设对重要经济生物资源的“三场一通道”的影响是暂时且可恢复的。建议项目尽量缩短工期、合理选择施工期，以降低对“三场一通道”的影响。

由于本工程位于小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵场内，根据重要渔业资源索饵盛期的统计情况，管线挖沟作业及钻完井期间非油层段钻屑和钻井液的排放应避免小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵盛期 9 月，以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

工程距离辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区和大连斑海豹保护生态红线区-禁止开发区最近约为 12.65km，环境敏感目标距离项目较远，可认为本项目建设和运行对其无影响。

### 15.3.6 海洋生态影响分析与评价结论

本工程建设造成底栖生物损失量为 [ ]，鱼卵损失量为 [ ] 粒、仔稚鱼 [ ] 尾、鱼类成体 [ ]、头足类成体 [ ]、甲壳类成体 [ ]、幼鱼 [ ]、头足类幼体 [ ]、甲壳类幼体 [ ]。

## 15.4 环境风险分析与评价结论

本工程海上部分最主要的环境风险类型主要包括：海底管道溢油事故和平台事故溢油。本工程最大可信事故为海底管道/立管溢油事故，选取 LD29-1WHPA 平台处作为溢油预测点，油水混合物泄漏量约为 51.66t。

根据预测分析结果，一旦发生溢油，首先影响到的是大连斑海豹保护生态红线区禁止开发区及辽宁大连斑海豹国家级自然保护区缓冲区，最快抵达时间为 11h，对其他环境敏感区最不利影响为：抵达辽宁大连斑海豹国家级自然保护区核心区的最短时间为 30h，抵达长岛自然保护区限制区的最短时间为 40.5h，抵达猪岛、虎平岛生态红线区的最短时间为 41.5h，抵达长岛北四岛禁止区的最短时间为 46h，抵达山东长岛国家级自然保护区的最短时间为 46.5h，抵达大竹山岛禁止区、辽宁大连斑海豹国家级自然保护区实验区、大连斑海豹保护生态红线区限制开发区、仙浴湾旅游休闲生态红线区、东、西蚂蚁岛生态红线区的最短时间均在 60h 以上。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抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位对环境风险概率较高的溢油事故予以足够重视，确保在环境安全的前提下进行海上石油开采活动。

项目 LD29-1WHPA 平台为无人平台，值班船/供应船与周边油田共享，运行期间应加强巡视。项目一旦发现溢油，可借助周边 LD27-2/32-2、绥中 36-1、旅大 10-1 等油田及中海石油环保服务有限公司（COES）的基地等外部力量开展溢油应急，最快可以在 1.7h 内对溢油进行控制，在 14.7 小时之内所有的溢油应急力量可以陆续到位。

本项目投产前，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》的相关规定制定详细的溢油应急预案。

溢油应急预案应满足实际应急要求，并报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案。本项目建成后，应按溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

## 15.5 清洁生产和总量控制结论

### 15.5.1 清洁生产结论

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

水平均可代表国内先进水平，即属“清洁生产先进企业”。

### 15.5.2 总量控制结论

本工程无生活污水和含油生产水排放，因此，不涉及总量控制指标。

## 15.6 环境保护对策的合理性、可行性结论

### 15.6.1 海上建设阶段环境保护措施

(1) 施工期生活垃圾要求按规定收集运回陆地统一处理。不准向渤海排放，减少对海洋环境的污染。

(2) 施工期产生的非油层段钻屑、非油层段钻井液排放时，要严格控制非油层段钻屑和非油层段钻井液的排放速率，选择有利于污染物扩散的时期排放，尽量减少钻屑与钻井液排放引起的入海悬浮沙增加的影响面积，最大限度地减少对海洋生物的影响。

(3) 所产生的船舶机舱含油污水铅封后运回陆上处理，计划交由辽宁绿源再生能源开发有限公司处理。

(4) 海上建设阶段钻井船生活污水经船用生活污水处理装置处理后达到《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》(GB 4914-2008) 后排海；铺管船、供给船等的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。

(5) 建设阶段产生的生产垃圾(主要为废弃的零件、边角料、油棉纱、包装材料等)全部运回陆地处理，禁止排海，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的要求进行回收利用或处置。

### 15.6.2 运营阶段污染防治措施

#### 15.6.2.1 含油生产水处理

LD29-1WHPA 平台无生产水处理设施，生产水经依托的 LD16-3CEPA 和 LD10-1PAPD 平台生产水处理系统处理合格，达到《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》(SY/T 5329-2012) 标准(石油类 $\leq 30\text{mg/L}$ )。LD16-3CEPA 平台处理达标的生产水在本平台回注到地层，不外排；LD10-1PAPD 平台处理达标的生产水接入 LD10-1CEP 平台注水系统回注地层，为旅大 10-1 油田提供注水水源。

### 15.6.2.2 生活污水和生活垃圾处理

本工程新建的 LD29-1WHPA 平台为无人井口平台，但会有原 LD21-2WHPA 平台的生产人员定期巡检，巡检频率约为 10 天一次，年巡检次数约为 100 次，每次 3 人，原则上巡检人员上 LD29-1WHPA 平台不隔夜。

运营期巡检人员将产生一定量的生活污水和生活垃圾。生活污水和生活垃圾均通过塑料袋带回 LD21-2WHPA 平台，生活污水经 LD21-2WHPA 平台上的生活污水处理设施处理达标后排海，生活垃圾运回陆地处理。

因巡检人员来自原 LD21-2WHPA 平台，因此，不会新增 LD21-2WHPA 平台生活污水和生活垃圾的产生量；且本工程新建的 LD29-1WHPA 平台无生活污水排海。

在海上生产阶段，参加作业船舶主要为值班船和供应船，LD29-1WHPA 平台值班船/供应船与周边油田共享，且共享船舶为已有船舶，不属于本项目新增，因此，本项目不新增船舶污染物（生活污水和生活垃圾）。

### 15.6.2.3 生产垃圾处理

LD29-1WHPA 平台运营期产生的生产垃圾和泥沙全部运回陆地，委托辽宁绿源再生能源开发有限公司接收处理。

## 15.6.3 生态保护措施及建议

本工程施工建设过程中和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。采取的生态保护措施如下：

(1) 项目实施前应与有关渔业主管部门沟通和协商，对本报告中评估的渔业生物资源损失进行经济补偿。并将对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。渔业资源的损失进行经济补偿主要用于渔业主管部门增殖放流、渔业资源养护与管理，以及进行渔业资源和渔业生态环境跟踪调查等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。

(2) 本项目位小黄鱼、鳊和中国对虾的索饵场内，因此本工程施工作业应尽量缩短施工周期，合理选择作业时间。根据重要渔业资源索饵盛期的统计情况，管线挖沟作业及钻完井期间非油层段钻屑和钻井液的排放应避开小黄鱼、鳊、中国对虾的索饵盛期 9 月，以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

(3) 施工过程中，完善环保设施，并采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，对突发性事故，及时与有关渔业主管部门联系，并采取积极的措施，将对渔业损失

的污染影响程度降低到最小。

## 15.7 公众参与分析与评价结论

针对本项目的建设，建设单位（中海石油（中国）有限公司天津分公司）于 2019 年 9 月 19 日在中国海洋在线网站进行了本项目第一次公众参与信息公示，公示网址为：<http://www.oceanol.com/content/201909/19/c89915.html>。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任何公众来信、邮件、传真及电话。

2020 年 1 月，《旅大 29-1 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海洋在线网站进行公示，公示时间为 2020 年 1 月 8 日至 2020 年 1 月 20 日，公示网址为：<http://www.oceanol.com/content/202001/08/c92113.html>；建设单位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 1 月 8 日和 2020 年 1 月 15 日。征求意见稿媒体公示期间，建设单位还选取了项目海域附近的居民区进行现场张贴公示，公示时间为 2020 年 1 月 8 日至 2020 年 1 月 20 日。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 3 月 10 日在中国海洋在线网站上公开了环境影响报告书全文（未包含国家秘密、商业秘密、个人隐私等依法不应公开内容）和公众参与说明文本全文，公示网址为：<http://www.oceanol.com/content/202003/10/c92891.html>。

## 15.8 区域规划和政策符合性结论

（1）本项目为油气资源勘探开发工程，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）中鼓励类建设项目，其建设符合国家产业政策。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。

（2）本项目符合《全国海洋主体功能区规划》（2015）、《全国海洋功能区划（2011-2020）》、《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》的相关要求，符合《辽宁省（渤海海域）海洋生态红线区划定报告》（2014 年）、《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《辽宁省海洋主体功能区规划》、《辽宁省海洋生态环境保护规划（2016-2020 年）》的相关要求。

## 15.9 建设项目环境可行性结论

(1) 拟建工程施工期间，平台建设、管道电缆铺设等对海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境的影响属于短期行为，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。

(2) 拟建工程存在一定溢油风险，溢油事故一旦发生会对生态和环境造成严重危害后果，拟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。在本项目正式投产作业前，建设单位（中海石油（中国）有限公司天津分公司）应制定详细的溢油应急预案，并报生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局备案。本项目溢油应急预案需与附近其他油田应急预案统一考虑，并纳入天津分公司应急体系中。根据《旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书》，在旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目正式投产之前，建设单位将编制《旅大 21-2/旅大 16-3 区域溢油应急计划》。目前，旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目处于建设阶段，该项目正式投产前，将编制溢油应急计划，届时将旅大 29-1 油田纳入上述溢油应急计划统一考虑。备案后的溢油应急计划必须满足本项目溢油应急的需求，建设单位根据备案后溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作，用以防范海上溢油等海洋环境突发污染事件，避免发生重大环境污染事件。

(3) 建议建设单位对 LD10-1CEP 至绥中 36-1 终端原油海管定期进行腐蚀性检测，依据检测结果制定工程修复措施，确保输送管道的安全稳定运营。

(4) 在施工完成后，建设单位应注意对管缆路由进行定期复勘，根据复勘结果，采取相应的防护措施，保证管道运营安全。如果复勘发现管线出现裸露，则采用覆盖泥土、石块、水泥压块等措施对管线进行防护。如果出现管线悬跨，则考虑采取水泥块、石块等悬跨处下方垫放，做支撑保护，再做管线的覆盖保护治理。

综上，评价认为，只要不发生油气泄漏事故，本项目对周边的环境影响程度将是可接受的。在建设单位切实落实了各项污染防治对策措施、生态保护对策措施，切实落实风险事故应急对策措施和应急预案的前提下，从环境保护角度考虑，工程建设可行。



## 16 环境影响报告书附件

### 附件 1 委托书

### 环境影响评价委托书

中海石油环保服务（天津）有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》及《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法规的要求，中海石油（中国）有限公司天津分公司特委托贵公司承担旅大 29-1 油田开发项目环境影响评价工作，具体事宜见合同。

特此委托！

中海石油（中国）有限公司天津分公司

2019年9月17日



附件 2 固废处置服务合同及危险废物转移联单

附件 3 危险废物经营许可证

附件 4 相关环评批复及竣工验收批复

(1)《中华人民共和国生态环境部关于旅大 21-2/旅大 16-3 区域开发项目环境影响报告书的批复》(环审[2018]52 号)

(2)《国家海洋局关于旅大 4-2/5-2/10-1 油田开发工程环境影响报告书核准意见的复函》(国海环字[2004]29 号)

(3)《国家海洋局关于旅大 4-2/5-2/10-1 等油田环境保护设施竣工验收的复函》(国海环字[2007]153 号)

(4)《国家环境保护总局关于绥中 36-1 油田整体开发工程环境影响报告书的批复》(环函[1999]361 号)

(5)《国家海洋局关于对绥中 36-1 油田整体开发工程环保设施竣工验收批复的函》(国海环字[2004]448 号)

(6)《国家海洋局关于绥中 36-1 油田整体开发工程终端处理厂环保设施竣工验收批复的函》(国海环字[2005]38 号)

附件 5 现状调查 CMA 报告

附件 6 中英文注释表

序号	英文简称	中文名称
1	LD29-1WHPA 平台	旅大 29-1 油田井口平台 A (本项目新建)
2	LD10-1WHPA 平台	旅大 10-1 油田井口平台 A (已建)
3	LD10-1CEP 平台	旅大 10-1 油田中心处理平台 (已建)
4	LD10-1WHPB 平台	旅大 10-1 油田井口平台 B (已建)
5	LD10-1WHPC 平台	旅大 10-1 油田井口平台 C (已建)
6	LD10-1PAPD 平台	旅大 10-1 油田生产辅助平台 D (在建)
7	LD16-3CEPA 平台	旅大 16-3 油田中心处理平台 A (在建)
8	LD16-3WHPB 平台	旅大 16-3 油田井口平台 B (在建)
9	LD21-2WHPA 平台	旅大 21-2 油田井口平台 A (在建)
10	LD21-2WHPB 平台	旅大 21-2 油田热采井口平台 B (在建)
11	LD4-2WHPB 平台	旅大 4-2 油田井口平台 B (已建)
12	SZ36-1WHPM 平台	绥中 36-1 油田井口平台 M (已建)