



编号：COES-032-HP-2020

PL19-3 油田 WHPD/WHPE 平台海管维

修更换项目

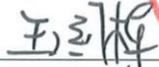
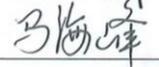
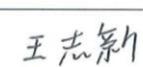
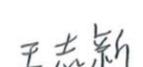
# 环境影响报告表

建设单位：中海石油（中国）有限公司蓬勃作业公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

编制时间：2021 年 03 月

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	1o1336		
建设项目名称	PL19-3油田WHPD/WHPE平台海管维修更换项目		
建设项目类别	54--150海洋矿产资源勘探开发及其附属工程		
环境影响评价文件类型	报告表		
<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 蓬勃作业公司		
统一社会信用代码	91120000717837748J		
法定代表人 (签章)	王国栋		
主要负责人 (签字)	马海峰		
直接负责的主管人员 (签字)	依朗		
<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
王志新	201905035120000005	BH021141	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王志新	海洋油气开发工程基本情况; 工程概况与分析; 污染与非污染要素分析; 环境现状分析; 环境敏感区 (点) 和环境保护目标分析; 环境影响预测分析与评价; 环境保护对策措施; 环境影响评价结论。	BH021141	

# 目录

<b>1</b>	<b>海洋油气田开发工程基本情况</b>	<b>1</b>
1.1	主要编制依据	2
1.2	执行标准	4
1.2.1	环境质量标准	4
1.2.2	污染物控制及排放标准	4
1.3	海洋油气开发工程基本情况表	6
<b>2</b>	<b>工程概况与分析</b>	<b>7</b>
2.1	项目由来	7
2.2	工程概况	7
2.2.1	地理位置	7
2.2.2	油田现有主要生产设施现状	7
2.2.3	油田开发工程回顾	14
2.2.4	原混输管道现状	17
2.2.5	拟建项目工程概况	21
2.2.6	原海管和拟更换海管对比分析	31
2.3	工程分析	31
2.3.1	施工期污染源及污染防治措施	31
2.3.2	运营期污染源及污染防治措施	35
<b>3</b>	<b>污染与非污染要素分析</b>	<b>36</b>
3.1	施工期污染与非污染损害要素分析	36
3.2	运行期污染与非污染损害要素分析	36
3.3	环境影响因子的筛选与判别	36
<b>4</b>	<b>环境现状分析</b>	<b>38</b>
4.1	海洋环境概况	38
4.1.1	气象条件	38
4.1.2	水文条件	39
4.1.3	主要自然灾害	40
4.1.4	地形地貌与冲淤环境	41
4.2	海洋环境质量现状	42
4.2.1	水环境质量现状与评价	43
4.2.2	沉积物质量现状与评价	45

4.2.3	海洋生态现状与评价.....	46
4.2.4	生物质量现状与评价.....	51
4.2.5	渔业资源现状与评价.....	52
4.3	海洋环境质量现状回顾性评价.....	59
4.3.1	海水水质状况回顾.....	59
4.3.2	沉积物质量回顾性评价.....	63
4.3.3	海洋生物生态环境回顾性分析.....	63
4.3.4	海洋生物质量状况回顾.....	67
4.3.5	渔业资源状况回顾.....	69
4.3.6	环境影响回顾性分析结论.....	69
<b>5</b>	<b>环境敏感区（点）和环境保护目标分析.....</b>	<b>71</b>
5.1	海洋环境功能区划及相关规划符合性分析.....	71
5.1.1	海洋功能区划符合性.....	71
5.1.2	相关规划符合性.....	73
5.2	主要环境敏感目标分布.....	76
<b>6</b>	<b>环境影响预测分析与评价.....</b>	<b>77</b>
6.1	水动力影响分析与评价.....	77
6.2	海底地形地貌与冲淤环境影响分析.....	77
6.3	水质影响分析与评价.....	77
6.4	沉积物影响分析与评价.....	80
6.5	海洋生态影响分析与评价.....	80
6.6	工程对海洋生物资源损害评估及补偿.....	81
6.6.1	生物资源损失评估方法及参数.....	81
6.6.2	生物资源损失评估方法及参数.....	83
6.6.3	海洋生物资源经济损失.....	84
6.6.4	小结.....	86
6.7	环境敏感目标的影响分析与评价.....	86
6.8	环境事故风险分析与评价.....	86
6.8.1	风险识别.....	86
6.8.2	溢油事故源项分析.....	87
6.8.3	最大可信事故与源强分析.....	89
6.8.4	事故后果分析与计算.....	90
<b>7</b>	<b>环境保护对策措施.....</b>	<b>101</b>
7.1	施工期污染防治措施.....	101

7.2	运营期污染防治措施.....	102
7.3	生态保护对策措施.....	103
7.4	清洁生产与总量控制.....	105
7.4.1	清洁生产.....	105
7.4.2	总量控制.....	106
7.5	事故防范措施和应急方法与对策分析.....	106
7.5.1	事故防范措施.....	106
7.5.2	溢油事故应急方案与对策.....	109
7.6	环境风险综合分析评价.....	121
7.7	海洋生态建设方案.....	121
7.7.1	政策符合性.....	121
7.7.2	污染物源头控制.....	122
7.7.3	溢油防范与应急.....	122
7.7.4	海洋生态损害及修复.....	122
7.8	环保投资估算.....	123
<b>8</b>	<b>环境影响评价结论.....</b>	<b>124</b>
8.1	环境影响评价结论.....	124
8.1.1	产业政策相符性.....	124
8.1.2	海洋功能区划相符性.....	124
8.1.3	海洋环境质量现状及环境影响分析结论.....	124
8.1.4	环境风险分析结论.....	125
8.1.5	工程环境可性性.....	126
8.2	建议.....	126
<b>9</b>	<b>预审和审查意见.....</b>	<b>127</b>
<b>10</b>	<b>审批意见.....</b>	<b>128</b>
<b>11</b>	<b>附件.....</b>	<b>129</b>

# 1 海洋油气田开发工程基本情况

PL19-3 油田位于渤海中南部海域，油田开发区域为

，西北距塘沽约 216km，东南距蓬莱市约 80km，油田范围内水深 27~33m。

PL19-3 油田一期于 2002 年 12 月底投产，海上工程设施主要包括一座 WHPA 井口平台和一艘浮式生产储油装置（后简称“明珠号”FPSO）。

PL19-3 油田二期于 2007 年陆续投产，海上工程设施主要包括立管公用设施平台（后简称 RUP 平台），WHPB/C/D/E 四座井口平台和一艘 30 万吨级浮式生产储油装置（后简称“蓬勃号”FPSO）。“蓬勃号”FPSO 于 2009 年投产后，“明珠号”FPSO 进行了撤离作业，撤离后的单点导管架改造成无人值守的 WHPM 井口平台。

PL19-3 油田 1/3/8/9 区综合调整项目建设 WHPG/V 两座井口平台和一座 CEPB 中心平台，WHPV、WHPG、CEPB 平台已于 2018 年 12 月试生产。

PL19-3 油田 4 区调整/PL19-9 油田二期开发项目建设一座 WHPK 井口平台，已于 2020 年 5 月试生产。

原 PL19-3WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管为单层海管，长度为 3.7km，于 2009 年投入使用；原 PL19-3WHPE 平台至 RUP 平台海底混输海管为单层海管，长度为 2.1km，于 2010 年投入使用。近期天津分公司在对该海管实施内检时发现其腐蚀严重，为了保障油田的安全生产，天津分公司拟选择新路由铺设 2 条新海管（WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管长度为 4.0km，WHPE 平台至 RUP 平台海底混输海管长度为 1.9km）替换原海管，原海管将就地封存。

按照《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》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》以及《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》的规定，受中海石油（中国）有限公司蓬勃作业公司委托，中海石油环保服务（天津）有限公司承担了 PL19-3 油田 WHPD/WHPE 平台海管维修更换项目的环境影响评价工作，编制环境影响报告表，报国家环境保护行政主管部门审查。

## 1.1 主要编制依据

- 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》；
- 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日修订，2015年1月1日实施）；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月4日修正，2017年11月5日实施）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日修正，2018年12月29日实施）；
- 《中华人民共和国渔业法》（2013年12月28日修正）；
- 《水生生物增殖放流管理规定》（农令部令20号，2009年5月1日施行）；
- 《关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》（农渔发〔2016〕11号）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017年10月1日实施）；
- 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会令第29号，2020年1月1日起实施）；
- 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》（国家海洋局令第1号，1983年12月29日实施）；
- 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》（国土资源部令第64号，2016年1月8日实施）；
- 《国家海洋局关于印发<国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案>的通知》（原国家海洋局，2015年4月3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》（国务院令第698号，2018年3月19日修订）；
- 《海洋油气勘探开发工程环境影响评价技术规范》（2014）；
- 《全国海洋功能区划（2011年-2020年）》（国函〔2012〕13号，2012年3月3日批准）；
- 《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》；
- 《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》；
- 《全国海洋主体功能区规划》（国发〔2015〕42号）；
- 《山东省海洋主体功能区规划》（鲁政发〔2017〕22号）；

- 《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案》（2015-2020 年）；
- 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）；
- 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2018.3.19 修正）；
- 《渤海环境保护总体规划（2008~2020 年）》；
- 《建设项目环境风险评价导则》（HJ/T 169-2018）；
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（中华人民共和国农业部，2008 年 3 月）；
- 《海底电缆管道保护规定》（国土资源部令第 24 号，2004 年 1 月）；
- 《铺设海底电缆管道管理规定》（国务院第 27 号令，1989 年 3 月）；
- 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（原国家海洋局令第 3 号，1992 年 8 月）；
- 《中华人民共和国海上交通安全法》（2016 年修正）；
- 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》（2019.5.1 起施行）；
- 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号）；
- 《水上溢油环境风险评估技术导则》\*（JT/T 1143-2017）；
- 《船舶溢油应急能力评估导则》\*（JT/877-2013）；
- 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）；
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC T 9110-2007）；
- 《海洋监测规范》（GB 17378.1~7-2007）；
- 《海洋调查规范》（GB/T 12763.1~11-2007）；
- 《渤海综合治理攻坚战行动计划》；
- 委托书（见附件 1）；
- 《蓬莱 19-3 油田二期开发工程环境影响报告书》（2004 年，中海石油研究院）；
- 《PL19-3 油田 1/3/8/9 区块综合调整项目环境影响报告书》（2016 年，中海石油环保服务（天津）有限公司）。

（备注：\*由于行业适用性，部分采用）

## 1.2 执行标准

### 1.2.1 环境质量标准

本项目相关的平台和现状调查站位位于功能区和红线区之外。按一类标准开始评价,评价至符合的标准类别。

表 1.2-1 环境质量标准

类别	采用标准		一类
海水水质	《海水水质标准》(GB3097-1997)		
海洋沉积物	《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)		
生物质量	贝类(双壳)	《海洋生物质量》(GB18421-2001)	
	软体动物(非双壳类)、 鱼类、甲壳类(重金属)	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》	
	软体动物(非双壳类)、 鱼类、甲壳类(石油烃)	《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》 (第二分册)	

### 1.2.2 污染物控制及排放标准

考虑本项目的工程及所处环境特点,确定本项目执行的污染物排放标准详见表 1.2-2。

表 1.2-2 污染物排放标准

污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
平台生活污水	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, 粪便经消毒 和粉碎等处理	海上平台生活污水
生产及生活垃圾	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	施工期生产垃圾和生活垃圾。
船舶机舱含油水	《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发(2007) 165号)、《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 2016年修改通报》	/	运回陆地处理	海上施工、生产作业船舶污染物排放
船舶食品废弃物及其它垃圾	《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)、《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 2016年修改通报》		在任何海域,应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾收集并排入接收设施。 对于食品废弃物,在距最近陆地 3 海里以内(含)的海	

污染物	采用标准	等级	标准值	适用对象
船舶生活污水			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，粉碎或磨碎直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。 船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
清洗废液	《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	原管清洗废液
施工期船舶大气污染物	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》	/	使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油	施工期船舶
含油生产水	《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T5329-2012）		石油类≤30mg/L	含油生产水回注

### 1.3 海洋油气开发工程基本情况表

工程名称	PL19-3 油田 WHPD/WHPE 平台海管维修更换项目	建设单位	中海石油（中国）有限公司 蓬勃作业公司
法人代表(签字)		建设地点	渤海中南部海域
通讯地址	天津滨海新区海川路 2121 号	联系人	依朗
邮政编码		联系电话	022-66501611
电子信箱	yilang@cnooc.com.cn	传真	
项目设立部门		文号	
项目性质	新建 改扩建√ 技术改造	工程总投资	██████████
其中环保投资	██████████	所占比例	0.22 %
报告表编制单位	中海石油环保服务（天津） 有限公司		
建设规模（按工程性质可增减下列内容）			
年生产水产生量	0m <sup>3</sup>	年生产水排放量	0m <sup>3</sup>
钻屑产生量	0m <sup>3</sup>	钻井液产生量	0m <sup>3</sup>
钻井油层钻屑产生量	0m <sup>3</sup>	钻井油层钻井液产生量	0m <sup>3</sup>
钻井油层钻屑排放量	0m <sup>3</sup>	钻井油层钻井液排放量	0m <sup>3</sup>
海域使用面积	7.0555hm <sup>2</sup>	年固体废物产生量	1.18t
滩涂使用面积	0m <sup>2</sup>	占用岸线长度	0m
悬浮沙产生量	2920.5m <sup>3</sup>		
海域挖方量	0m <sup>3</sup>	海域填方量	0m <sup>3</sup>

## 2 工程概况与分析

### 2.1 项目由来

原 PL19-3WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管为单层海管，长度为 3.7km，于 2009 年投入使用；原 PL19-3WHPE 平台至 RUP 平台海底混输海管为单层海管，长度为 2.1km，于 2010 年投入使用。

蓬勃作业公司 2020 年 1 月对 WHPD 平台至 RUP 平台和 WHPE 平台至 RUP 平台的混输海管进行了漏磁内检测。结果发现 WHPD 平台至 RUP 平台的混输海管深度超过 30% 的内部腐蚀缺陷 522 个，深度超过 30% 的外部腐蚀缺陷 34 个，WHPE 平台至 RUP 平台的混输海管深度超过 30% 的内部腐蚀缺陷 92 个，深度超过 30% 的外部腐蚀缺陷 32 个。根据内检测数据判断，海管剩余寿命较短。同时，为了确保油田的安全生产和满足油田滚动开发需要，需要更换两条混输海管（WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管长度为 4.0km，WHPE 平台至 RUP 平台海底混输海管长度为 1.9km），同时更换膨胀弯和立管，天津分公司拟将原海管原地封存。

### 2.2 工程概况

#### 2.2.1 地理位置

PL19-3 油田位于渤海中南部海域，东经 120°06'~120°8'，北纬 38°21'~38°23'，西北距塘沽约 216km，东南距蓬莱市约 80km。油田范围内海图水深 27m~33m。本工程地理位置坐标见表 2.2-1。地理位置见图 2.2-1。

表 2.2-1 工程坐标

管线起止点	平台	纬度		经度	
	WHPD				
WHPE					
RUP					

图 2.2-1 工程地理位置图

#### 2.2.2 油田现有主要生产设施现状

PL19-3 油田所在的 PL 油田群采用分期开发、分步实施的原则，现有海上设施主要包括 11 座井口平台（已建 WHPA 平台~WHPF 平台、WHPM 平台、WHPJ 平台、WHPG 平台、WHPV 平台和待建 WHPK 平台）、1 座中心处理平台（CEPB 平台）、1 座立管公用设施平台（RUP 平台）、1 座单点系泊系统（SYMS）和 1 艘 30 万吨级浮式生产储油装置（“蓬

勃号”FPSO), 以及相应的海底管道和海底电缆。

### 2.2.2.1 油田开发工程总体布置及本项目位置

PL 油田群开发工程总体布置及本项目位置见图 2.2-2。

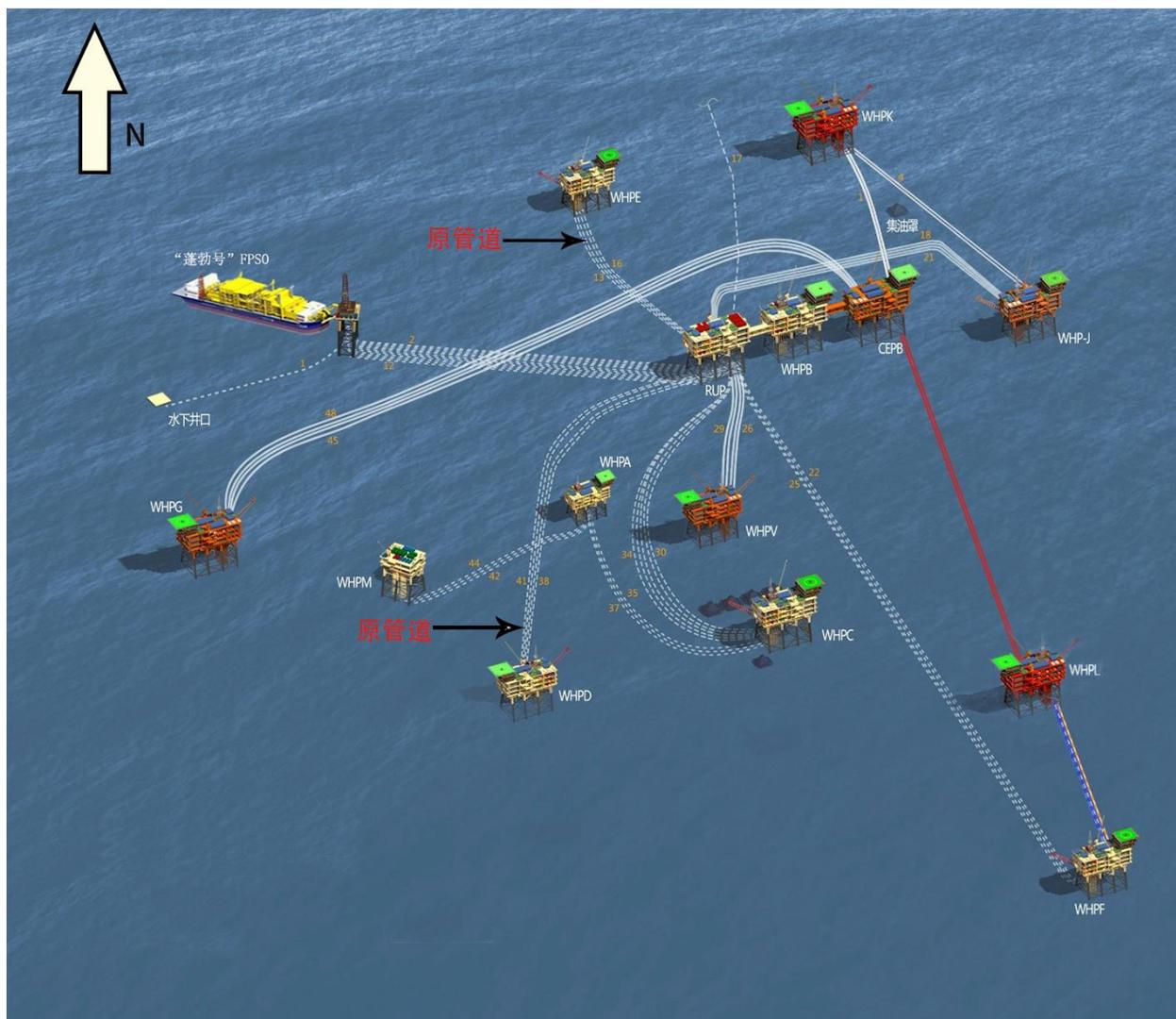


图 2.2-2 现有工程示意图

### 2.2.2.2 PL19-3/19-9/25-6 油田工程组成及物流走向

PL 油田群各井口平台均不单独设油、气、水处理设施, 油气水的处理、储存均依托“蓬勃号”FPSO 和 CEPB 平台。RUP、WHPB 和 CEPB 通过栈桥连接。

PL 油田群现有 PL19-3/19-9/25-6 油田, 其物流走向简图如下所示:



平台	<p>(DCWR)。顶层甲板的东侧设置有电气间和生活楼模块,并在生活楼模块顶部安装直升飞机坪。井口平台上的主要设备包括生产管汇和注水管汇、多相流量计、测试分离器、收发球筒以及基座式吊机;设有仪表风压缩机和1台备用发电机组。平台采用多相流量和测试分离器进行单井计量,清管发射器和接收器用于清管作业。</p> <p>井口平台上设置有水工艺/消防系统(包括注水系统、海水系统、消防系统、淡水系统、生活污水处理系统)、公用系统(热介质系统、燃料气处理系统、化学药剂系统、仪表/公用风系统、柴油系统、放空系统、开式/闭式排放系统)、电气仪控系统、配电系统、通讯系统、救逃生系统。</p> <p>WHPD平台于2009年6月投产;目前生产年限为11年,设计寿命20年。WHPE平台2010年3月投产;目前生产年限为10年,设计寿命20年。</p>	(2004年),2004年04月核准(国海环字(2004)151号)
RUP平台	<p>RUP平台,设有170人生活楼,主要功能为集输井口物流、注水加压与分配、包括发电和配电等。于2009年4月投产,目前生产年限为11年,设计寿命40年。</p>	《蓬莱19-3油田二期工程环境影响报告书》于2004年4月27日获得国家海洋局核准(国海环字(2004)151号)

表 2.2-3 原混输管线概况

路径	管道	长度 (km)	直径
WHPD—RUP	混输管道	■	■
WHPE—RUP	混输管道	■	■

(2) 公用工程及环保工程

与本平台相关的公用工程和环保工程详见表 2.2-4。

表 2.2-4 与本平台相关的公用工程和环保工程

平台	环保设施	公用/配套设施
WHPD/WHPE	生活污水处理装置	生活楼
	生活、生产垃圾收集系统	化学药剂系统
	开式排放系统	燃料气处理系统
	闭式排放	仪表/公用风系统
		柴油系统
		消防系统
RUP	生活污水处理装置	化学药剂系统
	生活、生产垃圾收集系统	燃料气处理系统
	开式排放系统	仪表/公用风系统
	闭式排放	柴油系统
		消防系统

2.2.2.4 PL 油田群平台生产物流集输工艺流程

PL 油田群各井口平台均不单独设油、气、水处理设施,油气水的处理、储存依托“蓬勃号”FPSO 和 CEPB 平台。

① CEPB 平台原油及生产水处理工艺流程

a) 生产工艺流程

进入到 CEPB 平台的物流(WHPE 平台、WHPV 平台和 WHPG 平台)在两个段塞流

捕集器进行两相分离，两个段塞流捕集器分出的液相和来自 WHPB 的一个系列混合后，进入生产加热器，加热到 60℃后进入生产分离器（即一级分离器）进行油气水三相分离，生产分离器分离出的油相和气相与来自上述两个段塞流捕集器的气相混合后，通过栈桥管线去往 RUP 平台，与 PL 油田群其他井口平台的产液混合后，输往“蓬勃号”FPSO 进行后续处理，生产分离器分离出的水相去往本平台的生产水处理系统。CEPB 平台的生产工艺流程图见图 2.2-7。

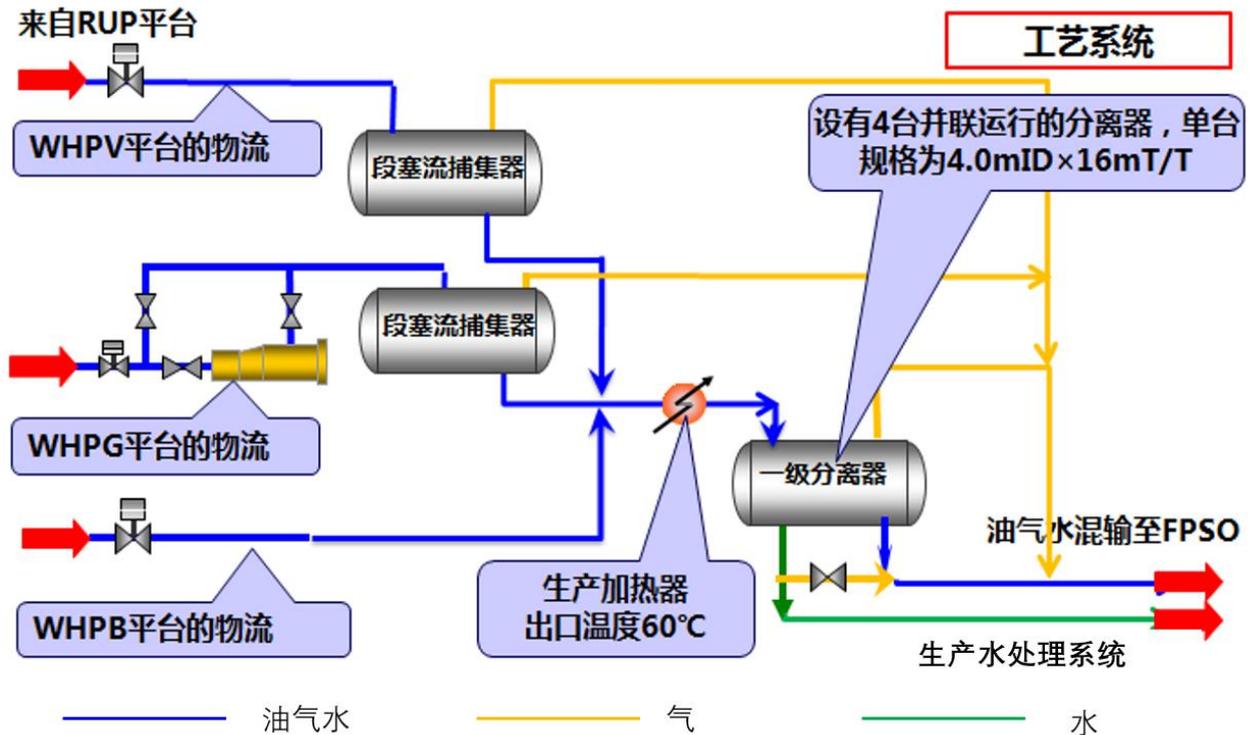


图 2.2-7 CEPB 平台生产工艺流程图

b) 燃料气处理工艺流程

CEPB 平台的燃料气系统主要为本平台燃气透平发电接收并提供燃料，燃料气系统主要设备包括燃料气接收罐、过滤器和过热器，燃料气来源为“蓬勃号”FPSO 的燃料气，在 CEPB 平台预留燃料气压缩机系统位置，以备将来为来自渤西-渤南输气管网的干气增压。

c) 生产水处理流程

CEPB 平台生产水处理系统需要处理 CEPB 平台本身分离出的生产水，以及来自“蓬勃号”FPSO 上生产水处理系统处理后的生产水和补充海水。其中来自“蓬勃号”FPSO 的生产水和补充海水只需进入核桃壳过滤器进行过滤处理。CEPB 平台生产水系统最大处理能力为 52800m<sup>3</sup>/d，采用“斜板除油器+溶气式气浮选机+核桃壳过滤器”的三级处理流程。

CEPB 平台的生产水处理流程见图 2.2-8。

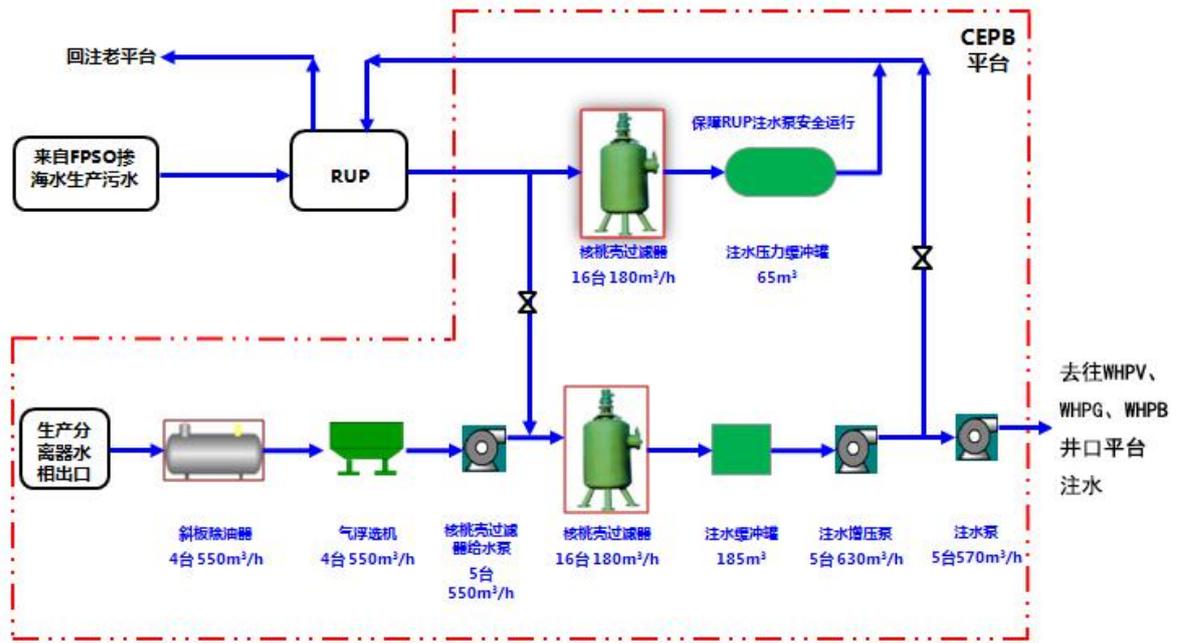


图 2.2-8 CEPB 平台生产水处理及回注流程图

② “蓬勃号”FPSO 原油及生产水处理工艺流程

a) 生产工艺流程

“蓬勃号”FPSO 上设有两套原油处理设施，每套处理设施主要由砂捕集器、游离水分离器、低压分离器等组成。来自各井口平台的物流（WHPM 平台、WHPA 平台、WHPC 平台、WHPD 平台、WHPF 平台、WHPJ 平台、WHPK 平台、WHPL 平台（已建待投产）和 WHPB 平台的一个系列）汇集到 RUP 平台后经 2 条 30” 海底管线输送到“蓬勃号”FPSO 上处理，物流首先进入砂捕集器，经沉降分离，分离出来的气体进入高压压缩机系统，分离出来的水进入生产水处理系统，分离出的含水原油经加热器加热后，进入游离水分离器进行三相分离，经沉降分离，分离出的气体进入中压压缩机系统，分离出的生产水进入生产水处理系统。从游离水分离器分离出的原油进入低压分离器进行原油稳定及脱水、脱气处理，分离出的气体进入低压压缩机入口，分离出的生产水进入生产水处理系统。从低压分离器出来的原油经冷却后进入原油舱储存。各分离器分离出的水进入生产水处理系统，经处理合格后的生产水与处理过的海水混合后输送到 RUP 平台，经 RUP 平台输送 CEPB 平台进一步处理。分离出的天然气经压缩机增压、脱水、加热后一部分用于“蓬勃号”FPSO 上的燃气透平和蒸汽锅炉，另一部分经过海底管线输送到 RUP 平台和 CEPB 平台作为透平机组的燃料，燃料气不足的部分由渤西渤南管网补充。“蓬勃号”FPSO 原油处理流程见图 2.2-9。

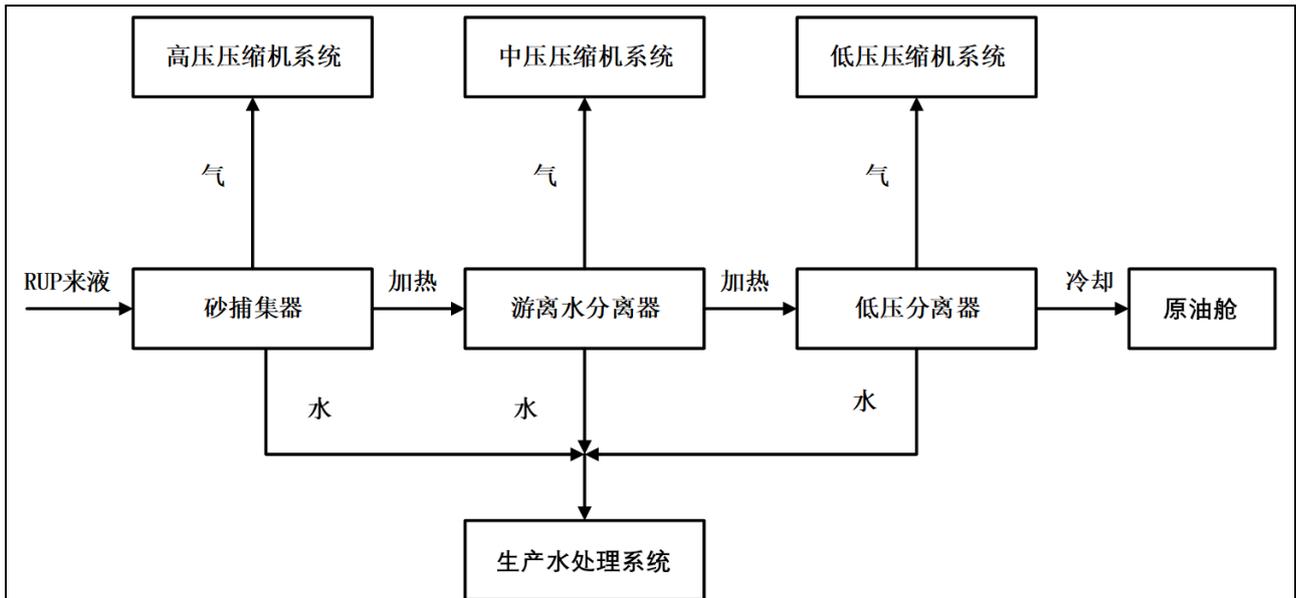


图 2.2-9 “蓬勃号”FPSO 原油处理工艺流程

b) 生产水处理流程

生产水处理流程为经过生产水闪蒸罐闪蒸后进入一级工艺水舱进行沉降，经一级工艺水舱沉降处理后，左右舷生产水经过舱壁开孔依靠液位差分别溢流至二级工艺水舱进一步沉降，而后经生产水输送泵输送至上部组块的生产水离心机进一步处理。两级水工艺舱收油槽收集的污油经舱壁开孔溢流进入雨水舱，再经舱内雨水泵送入不合格原油舱，最后与不合格原油一起经不合格原油泵送至上部组块油系统处理。处理后的生产水进入生产水缓冲罐经缓冲后与“蓬勃号”FPSO 处理后的海水混合增压输至 CEPB 平台的核桃壳过滤器进行深度处理。“蓬勃号”FPSO 的生产水处理流程见图 2.2-10。

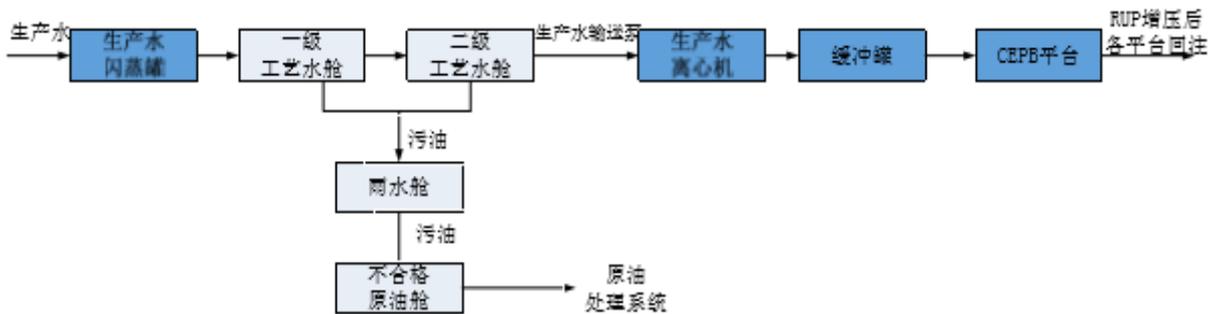


图 2.2-10 “蓬勃号”FPSO 生产水处理工艺流程

## 2.2.3 油田开发工程回顾

### 2.2.3.1 与本工程相关的环评、三同时及验收情况

表 2.2-5 与本工程相关的环评、三同时及竣工验收情况

环评批复	三同时批复	竣工验收
<p>《蓬莱 19-3 油田二期开发工程环境影响报告书》于 2004 年 2 月编制完成，2004 年 4 月获得国家海洋局核准 (国海环字〔2004〕151 号)</p> <p>2009 年由于 PL19-9 油田的加入，按照国家海洋局《关于蓬莱 19-9 油田开发环境影响评价有关问题的复函》(国海环字〔2009〕607 号)要求，对原报告书进行了修改并备案</p>	<p>《关于蓬莱 19-3 油田 C 平台环境保护设施检查批复的函》(国海环字〔2007〕416 号)；</p> <p>《关于蓬莱 19-3 油田蓬勃号 FPSO 环保设施三同时检查有关问题的复函》(国海环字〔2008〕17 号)；《关于蓬莱 19-3 油田中心平台环保设施“三同时”检查的复函》(国海环字〔2008〕416 号)；《关于蓬莱 19-3 油田二期工程 D 平台环保设施三同时检查的复函》(国海环字〔2009〕427 号)；</p> <p>《关于蓬莱 19-3 油田 E 平台环保设施三同时检查的复函》(国海环字〔2010〕74 号)</p>	<p>《国家海洋局关于蓬莱 19-3/19-9/25-6 油田环境保护设施竣工验收的批复》(国海环字〔2015〕390 号)</p>

表 2.2-6 与本工程相关的环评报告书批复情况

报告名称	审批文号	批复内容	批复要求	落实情况
《蓬莱 19-3 油田二期开发工程环境影响报告书》	国海环字【2004】151 号	<p>1、4 座井口平台 (WHPB、WHPC、WHPD、WHPE)；</p> <p>2、RUP 平台 (即中心立管模块平台)；</p> <p>3、1 座单点系泊系统及 1 艘浮式生产储油轮 (FPSO)；</p> <p>4、13 条海底管道、5 条电缆，海底管道总长约为 30.1km。</p>	<p>a: 工程建成投产后的生产污水处理系统检修时在符合有关规定的情况下可以排放外，不得排放入海；</p> <p>b: 生活污水、生活废水应当处理达标后方可排海；机舱污水运回陆地处理，严禁排放入海；</p> <p>c: 除食品废弃物外的生活垃圾和工业垃圾全部回收，运回陆地按照有关规定处理；</p> <p>d: 除钻第一口井产生的钻屑和泥浆经处理达标后可以排海，其余的泥浆和钻屑禁止排放入海；</p> <p>e: 合理安排施工时间，尽量避开渔业敏感季节；</p> <p>f: FPSO 上应配备相应的应急设备，防范溢油风险。</p>	<p>a: 工程建成后，生产水任何工况下不排海；系统故障时生产水排向不合格原油舱；</p> <p>b: 生活污水经平台及 FPSO 上的生活污水处理设施处理达标后排海；机舱含油污水全部运回陆地处理；</p> <p>c: 蓬莱油田生活垃圾和生产垃圾全部运回陆地处理；</p> <p>d: 钻屑泥浆之前为回注地层。目前非油层段钻屑泥浆经检验合格后排放入海；油层段钻屑泥浆全部运回陆地处理；钻屑泥浆不存在回注地层现象；</p> <p>e: 蓬莱油田合理安排施工时间，尽量避开了渔业敏感季节；</p> <p>f: “蓬勃号”FPSO 上配备了相应的溢油应急设备。</p>

### 2.2.3.2 故障排污及溢油情况回顾

PL19-3 油田投产至今未发生过管道溢油事故。

2011 年 6 月 PL19-3 油田 WHPB 平台、WHPC 平台处发生地质性溢油事故，9 月 2 日国家海洋局责令作业者停产整改，并提出了重新编制 PL19-3 油田开发海洋环境影响报告书，经核准后恢复生产作业的要求。

针对 WHPB 平台、WHPC 平台地质性溢油事故，建设单位已采取了以下整改措施：

#### a.加强油藏管理

建设单位根据对溢油事故的认识及分析，在避免引起新溢油事故发生的前提下，制定了短期和长期油藏管理措施，主要包括建立注水日常作业和监测系统、分层注水、关注油藏情况等措施。

#### b.制定开发生产整改方案

溢油事故发生后，按照国家海洋局的要求，建设单位委托有资质的设计单位制定了蓬莱油田群开发生产整改方案，并根据目前油藏、地层及开采现状等数据对油田开发方案（ODP）进行修订，整改方案和修订后的 ODP 中从地质油藏和钻完井两方面提出了一系列措施，以确保复产后不再发生类似溢油事故。

#### c.重新修订应急预案

溢油事故发生后，建设单位结合本次事故的经验教训，按照国家的相关规定对原《康菲石油中国有限公司溢油应急计划》和《渤海蓬莱 11/5 区块钻完井溢油应急计划》进行了修订，已报相应的海洋行政主管部门备案和审批。

2012 年 10 月 24 日，国家海洋局下发了《国家海洋局关于蓬莱 19-3 油田开发生产整改及调整工程环境影响报告书核准意见的批复》（国海环字〔2012〕716 号），2013 年 2 月 16 日，国家海洋局下发了《国家海洋局关于同意蓬莱 19-3 油田恢复油气生产作业的通知》（国海环字〔2013〕69 号），同年 2 月 26 日，PL19-3 油田正式恢复生产。正式恢复生产后未发生故障排污和溢油事故。

### 2.2.3.3 与本项目相关的溢油应急计划及备案情况

中海石油（中国）有限公司天津分公司所属蓬勃作业公司已经编制了《蓬莱油田溢油应急计划》，并于 2020 年完成了《蓬莱油田溢油应急计划》的修订，修订后的溢油应急计划于 2020 年 4 月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。本项目隶属于蓬莱油田内部管线更换，故油田应该按照备案的溢油应急计划做好各种溢油应急准备和响应。

### 2.2.3.4 现有工程存在的环保问题

PL19-3 油田现有工程不存在环保问题。

### 2.2.3.5 环保设施运行情况

#### 一、生产水

PL 油田群生产阶段的主要污染物为含油生产水，正常工况下处理后的含油生产水全部回注地层，不排海；非正常工况下，FPSO 的含油生产水排向 FPSO 不合格原油舱，从而避免生产水在注水系统故障时排海，CEPB 平台采取关井措施，含油生产水不外排。

含油生产水依托 CEPB 平台和“蓬勃号”FPSO 上的生产水处理系统处理达标后全部回注地层，不外排。根据建设单位含油生产水出水水质的监测结果，可见含油生产水监测石油类浓度均 $\leq 30\text{mg/L}$ ，均可达到《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》(SY/T5329-2012)中石油类 $\leq 30\text{mg/L}$  的标准要求。

表 2.2-7 含油生产水监测结果 单位：mg/L

月份	2019 年		2020 年	
	FPSO	CEPB 平台	FPSO	CEPB 平台
	石油类平均浓度 (mg/L)	石油类平均浓度 (mg/L)	石油类平均浓度 (mg/L)	石油类平均浓度 (mg/L)
1 月	25.6	/	24.1	27
2 月	26.3	10	26.6	18
3 月	28.1	17	25.7	28
4 月	27.1	25	25.5	29
5 月	25.2	17	20.8	22
6 月	27.3	24	24.8	24
7 月	25.4	20	26.6	28
8 月	26.1	23	22.6	26
9 月	27.4	18	13.3	15
10 月	24.9	20		
11 月	25.4	15		
12 月	25.6	24		

#### 二、生活污水

PL 油田群各生产平台及“蓬勃号”FPSO 上的生活污水处理装置，采用生化法处理。建设单位 2019 年~2020 年“蓬勃号”FPSO、WHPD 和 WHPE 平台的生活污水出水水质 COD 含量均 $\leq 300\text{mg/L}$ ，符合《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。

表 2.2-8 (a) 生活污水监测结果 单位：mg/L

月份	2019 年		2020 年	
	FPSO	CEPB 平台	FPSO	CEPB 平台
	COD 平均浓度 (mg/L)	COD 平均浓度 (mg/L)	COD 平均浓度 (mg/L)	COD 平均浓度 (mg/L)

1月	54.1	51.8	54.4	69.0
2月	68.3	77.5	64.7	57.0
3月	55.7	59.8	127.3	106.0
4月	77.7	51.8	78.0	54.0
5月	33	34.8	55.3	65.0
6月	53.2	63.6	65.0	33.0
7月	160.3	111.0	84.5	53.0
8月	61.6	92.0	70.7	18.0
9月	146	210.0	33.6	14
10月	114.7	94.0	38.5	27
11月	97.3	120.0	69.0	5
12月	129.0	115.0		

表 2.2-8 (b) 生活污水监测结果 单位: mg/L

月份	2019 年		2020 年	
	WHPD 平台	WHPE 平台	WHPD 平台	WHPE 平台
	COD 平均浓度 (mg/L)	COD 平均浓度 (mg/L)	COD 平均浓度 (mg/L)	COD 平均浓度 (mg/L)
1月	50.7	77.4	118.0	72.6
2月	54.2	58.9	50.0	/
3月	70.4	55	84.0	70.2
4月	60.0	55.4	87.9	131
5月	40.1	80.7	89.6	60.7
6月	126.0	76	59.0	47.5
7月	96.5	69.5	74.6	38.8
8月	99.5	74.1	72.7	84
9月	106.7	134.7	45.2	64.8
10月	105.3	125.7	109.8	64.2
11月	124.3	124.3	100.9	51.9
12月	173.0	136.7		

## 2.2.4 原混输管道现状

### 2.2.4.1 基本参数

PL19-3WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管为单层海管, 长度为 [REDACTED], 于 2009 年投入使用; PL19-3WHPE 平台至 RUP 平台海底混输海管为单层海管, 长度为 [REDACTED], 于 2010 年投入使用。原有海管设计参数如下表。

表 2.2-9 原混输管道参数

管道名称	WHPD 至 RUP 混输海管	WHPE 至 RUP 混输海管
结构形式	单层保温管	单层保温管
管道外径 (mm)	[REDACTED]	[REDACTED]
管长(km)	[REDACTED]	[REDACTED]
设计年限 (年)	[REDACTED]	[REDACTED]
设计压力 (MPaA)	[REDACTED]	[REDACTED]
设计最大操作压力 (kPaA)	[REDACTED]	[REDACTED]
设计温度 (°C)	[REDACTED]	[REDACTED]
保温层厚度 (mm)	[REDACTED]	[REDACTED]
防腐涂层 (FBE) 厚度 (mm)	[REDACTED]	[REDACTED]

管道名称	WHPD 至 RUP 混输海管	WHPE 至 RUP 混输海管
配重层 (mm)	■	■
内腐蚀余量 (mm)	■	■

### 2.2.4.2 原管道走向

原混输管线与已存在注水管线和燃料气管线及海缆平行铺设。所有管线全程埋设，进行后挖沟并回填，埋设管道顶部距海床表面为 1.5m。

### 2.2.4.3 原管道输送物流性质

#### 一、原油性质

##### (1) 地面原油性质

PL19-3 油田由多个断块组成，各断块之间原油性质变化较大，总体上 PL19-3 油田原油属环烷基重质原油，具三高四低特点：高密度、高粘度、高胶质；低含硫、低沥青、低蜡、低凝固点。

表 2.2-10 地面原油性质

类型	明化镇组	上馆陶组	下馆陶组
原油密度	0.942g/cm <sup>3</sup> ~0.982g/cm <sup>3</sup> , 平均 0.959g/cm <sup>3</sup>	0.924g/cm <sup>3</sup> ~0.983g/cm <sup>3</sup> , 平均 0.949g/cm <sup>3</sup>	0.904g/cm <sup>3</sup> ~0.991g/cm <sup>3</sup> , 平均 0.944g/cm <sup>3</sup>
原油粘度	119.0mPa·s~645.9mPa·s, 平均 439.5mPa·s	59.64mPa·s~3957.0mPa·s, 平均 551.7mPa·s	25.2mPa·s~2471.0mPa·s, 平均 590.0mPa·s
胶质含量	4.03%~18.81%, 平均 14.77%	2.86%~21.84%, 平均 13.81%	8.60%~20.92%, 平均 13.30%
沥青含量	1.53%~14.44%, 平均 4.41%	0.08%~13.92%, 平均 4.04%	1.03%~5.78%, 平均 2.83%
含蜡量	1.11%~6.53%, 平均 2.38%	0.93%~8.83%, 平均 3.59%	1.74%~5.60%, 平均 3.21%
凝固点	-33℃~4℃	-34℃~2℃	-32℃~-4℃
含硫量	0.33%~0.39%, 平均 0.37%	0.05%~0.47%, 平均 0.32%	0.21%~0.47%, 平均 0.29%

##### (2) 地层原油性质

PL19-3 油田 PVT 分析结果表明，地层原油属高饱和原油，除少数井点样品（如 13 区）外，地饱压差一般为 1.00MPa~2.00MPa；溶解气油比不高，15m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>~48m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>；体积系数在 1.043~1.142 间。地层原油粘度分布范围很广，从小于 10mPa·s 到大于 500mPa·s，主要储量的地层原油粘度分布在 10mPa·s~150mPa·s 之间。地层原油性质与地面流体性质相似，纵向上，大部分井区随深度增加地面流体性质变好。

#### 二、天然气性质

PL19-3 油田总体表现为甲烷含量高，属于干气，非烃类气体 CO<sub>2</sub> 广泛分布，不含或微含硫化氢。

表 2.2-11 天然气性质

类型	含量百分比
CH <sub>4</sub>	46.21%~98.64%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> -C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.74%~18.13%
N <sub>2</sub>	0.00%~4.05%
CO <sub>2</sub>	0.00%~43.92%
H <sub>2</sub> S	0.00%~1.30%
气体相对密度	0.563~1.052

2.2.4.4 原管道输送流量和输送边界条件

表 2.2-12 原 WHPD-RUP 管道输送物流流量

年	油	水	液	气
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	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				
2038				
2039				
2040				

表 2.2-13 WHPD-RUP 典型年份输送物流流量与边界条件

年份	油 m <sup>3</sup> /d	水 m <sup>3</sup> /d	气 10 <sup>4</sup> S m <sup>3</sup> /d	入口		出口	
				温度 °C	压力 kPag	温度 °C	压力 kPag
				2021			
2022							
2023							
2024							
2025							
2027							
2030							
2033							
2037							
2040							

由上表中的结果可以看出, WHPD 平台至 RUP 平台混输海管最大操作压力为 [REDACTED], 小于原海管设计时的最大操作压力 [REDACTED]。

表 2.2-14 原 WHPE-RUP 管道输送物流流量

年	油	水	液	气
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	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				
2038				
2039				
2040				

表 2.2-15 WHPE-RUP 典型年份输送物流流量与边界条件

年份	油	气	水	入口		出口	
				温度	压力	温度	压力
	m <sup>3</sup> /d	10 <sup>4</sup> S m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	°C	kPag	°C	kPag
2021							
2022							
2024							
2027							
2030							
2035							
2039							

由上表中的结果可以看出, WHPE 平台至 RUP 平台混输海管最大操作压力为 [REDACTED], 小于原海管设计时的最大操作压力 [REDACTED]。

#### 2.2.4.5 原海管交越情况

原蓬莱 19-3 油田 WHPD 至 RUP 混输管道与 WHPM 至 WHPA 平台之间的 1 条混输管线、1 条注水管线和 1 条电缆存在交越。原蓬莱 19-3 油田 WHPE 至 RUP 混输管道在近 WHPE 平台处, 与两平台之间的两条电缆存在交越, 此外, 还在 RUP 北侧约 150 米处与 WHPG 至 WHPB 平台之间的 1 条混输管线、1 条注水管线和 2 条电缆交越。原海管除平台端及交叉点区域, 埋深均为 1.5 米。

## 2.2.5 拟建项目工程概况

### 2.2.5.1 混输管道维修更换的必要性

根据原混输管道的腐蚀情况，为了保障油田的安全生产，需选择新路由铺设 2 条管道进行替换，天津分公司计划将原海管原地封存。

### 2.2.5.2 参数设计

新建混输海管具体参数见表 2.2-16。

表 2.2-16 新建海底管道相关参数

管道名称	WHPD 平台至 RUP 平台混输管线	WHPE 平台至 RUP 平台混输管线
结构形式	双层保温管	双层保温管
内管外径尺寸 (mm)	■	■
外管外径尺寸 (mm)	■	■
管长(km)	■	■
设计年限(年)	■	■
设计压力 (MPaA)	■	■
水压试验压力 (MPaA)	■	■
设计温度 (°C)	■	■
保温层厚度 (mm)	■	■
防腐涂层 (3LPE) 厚度 (mm)	■	■
内腐蚀余量 (mm)	■	■

双层保温管结构型式，截面型状如下图所示。

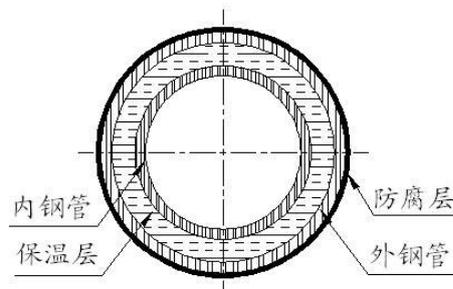


图 2.2-12 双层保温管截面示意图 (混输)

### 2.2.5.3 海管防腐

新建海管防腐内防腐按照“碳钢+腐蚀裕量+缓蚀剂”的防腐方案，腐蚀裕量为 6.4mm。

海管采用双层保温管，外管外防腐涂层采用 4.2mm3LPE 涂层。节点防腐采用于主涂层匹配的 PE 热缩带。

立管飞溅区采用 13mm 氯丁橡胶涂层，外腐蚀裕量 3mm。

海管阴极保护采用手镯阳极，并增加绝缘垫片。

### 2.2.5.4 海管输送物流量

新建海管输送物流量与原海管输送物流量相同，详见表 2.2-12 至表 2.2-15。

### 2.2.5.5 输送边界条件

新建管道输送边界条件见下表。

表 2.2-17 管道输送边界条件

名称	WHPD 平台至 RUP 平台混输管线	WHPE 平台至 RUP 平台混输管线
最高操作压力	████████	████████
最高操作温度	████████	████████
入口压力	████████	████████
入口温度	████████	████████
出口压力	████████	████████
出口温度	████████	████████

### 2.2.5.6 路由比选

#### 一、WHPD 平台至 RUP 平台混输管道

WHPD 平台至 RUP 平台新建海管沿新路由铺设、初步拟定 3 个方案，两个平台周边已建管缆众多，十分密集。

图 2.2-13 3 个方案路由比选图

各方案路由具体走向如下：

方案 1：设计路由从 WHPD 东北侧出发，经约 2000m 直线段，进入弧线段（曲率半径为 1000m），弧线段基本与原混输海管路由平行，与连接 WHPD 与 RUP 的海缆间距 20m 左右，再经 600m 直线段，在近 RUP 平台处连续跨越 WHPD 与 RUP 的 2 条电缆后到达 RUP 平台。路由中间还需要跨越 WHPA 至 WHPM 的 2 条海管 1 条海缆。路由长度约 ██████。

方案 2：设计路由从 WHPD 东北侧出发，绕过原膨胀弯区域后接约 2000m 直线段，进入弧线段（曲率半径为 1000m），弧线段基本与原混输海管路由平行，与连接 WHPD 与 RUP 的 12 寸注水管道间距 20m 左右，之后再经约 600m 直线段，在近 RUP 平台处新建路由膨胀弯跨越连接 WHPD 与 RUP 现有的 3 条膨胀弯后到达 RUP 平台。路由中间还需要跨越 WHPA 至 WHPM 的 2 条海管 1 条海缆。路由长度约 ██████。

方案 3：设计路由从 WHPD 东北侧出发，绕过原膨胀弯区域后直线铺设，在靠近 RUP 至 WHPD 系列管线时进入弧线段（曲率半径为 1000m），弧线段及之后走向基本与 RUP 至 WHPD 系列海管路由平行，之后再经约 300m 直线段，在近 RUP 平台处新建路由膨胀弯跨越连接 WHPD 与 RUP 现有的 3 条膨胀弯后到达 RUP 平台。路由中间还需要跨越 WHPA 至 WHPC 的 2 条海管 1 条海缆。路由长度约 ██████。

表 2.2-18 新路由方案比选

要素	方案 1	方案 2	方案 3	最优
海管路由长度				方案 3
跨越已建在用设施	7 次，其中：3 次平管跨越，4 次跨越平台附近海缆	6 次，其中：3 次平管跨越，3 次 RUP 侧膨胀弯侧跨越	6 次，其中：3 次平管跨越，3 次 RUP 侧膨胀弯侧跨越	方案 1
铺设施工方面	跨越位于新建管道的平管处和近平台的海缆，跨越处理相对简便，对管道保护较好	跨越管道位于近平台附近，且是新旧海管膨胀弯相护跨越，施工难度大	跨越管道位于近平台附近，且是新旧海管膨胀弯相护跨越，施工难度大	方案 1
海管安全角度	安全	膨胀弯相互跨越，运行风险高	膨胀弯相互跨越，运行风险高	方案 1
用海面积	紧贴已批准用海，减少不必要的海域占用	紧贴已批准用海，减少不必要的海域占用	需新申请海域且需要占用大片公共海域。	方案 1 方案 2
经济角度分析	不用二次勘察，跨越处理施工难度较小	需要进行预处理，施工工作量大	需要进行预处理，施工工作量大	方案 1
环境影响角度	挖沟长度最长，对沉积环境的影响最大，施工期间产生的悬浮泥沙最多，对水质和海洋生态等造成的影响大	挖沟长度较短，对沉积环境的影响最小，施工期间产生的悬浮泥沙最小，对水质和海洋生态等造成的影响最小	挖沟长度最短，对沉积环境的影响较大，施工期间产生的悬浮泥沙较多，对水质和海洋生态等造成的影响较大	方案 3
综合分析	方案 1 的路由长度长，但跨越处理施工难度最小，方案 2 的路由长度较长，施工难度较大，不安全，方案 3 的路由长度最短，但需占用大片公共海域，综合考虑跨越、铺设施工、安全、经济和风险等因素，方案 1 最优且环境影响可接受。			

综合以上信息，将方案 1 作为后续研究方案。本次环评评价对象为方案 1。

## 二、WHPE 平台至 RUP 平台混输管道

WHPE 平台至 RUP 平台新建海管沿新路由铺设、初步拟定 2 个方案，两个平台周边已建管缆众多，十分密集。

图 2.2-14 2 个方案路由比选图

各方案路由具体走向如下：

方案 1：设计路由从 WHPE 西北方向出发，绕过原膨胀弯区域，经约 400m 直线段后，进入弧线段（曲率半径为 1000m），弧线段基本与原混输海管路由平行，与连接 WHPE 与 RUP 的注水管线间距 20m 左右，之后再经约 500m 直线段，在近平台处在连续跨越 CEPB 至 WHPG2 条海管和 2 条电缆后从西南方向到达 RUP 平台，路由长度约 1.9km。

方案 2：设计路由从 WHPE 东向出发，膨胀弯绕过避让区，直线连接到 RUP 平台。在 RUP 平台约 200 余米的位置连续跨越 CEPB 至 WHPG 的 2 条海管和 2 条电缆，又连续跨越 WHPE 与 RUP 的 2 条海管和 2 条电缆，跨越长度约 200m，到达 RUP 平台，路由长度约 1.7km。

表 2.2-19 新路由方案比选

要素	方案 1	方案 2	最优
海管路由长度			方案 2
跨越已建在用设施	4 次，平管跨越	8 次，集中于新建管道膨胀弯处，离 RUP 平台根部较近	方案 1
铺设施工方面	跨越位于新建管道的平管处，跨越处理相对简便，对管道保护较好	跨越管道位于近平台附近，施工难度大	方案 1
海管安全角度	安全	占用钻井船就位外部空间，安全风险大	方案 1
用海面积	紧贴已批准用海，减少不必要的海域占用	单独路由，铺设后与其他管道之间存在大块海域无法再利用	方案 1
经济角度分析	不用二次勘察，跨越处理施工难度较小	需要进行预处理，施工工作量大	方案 1
环境影响角度	挖沟长度较长，对沉积环境的影响较大，施工期间产生的悬浮泥沙较多，对水质和海洋生态等造成的影响较大	挖沟长度较短，对沉积环境的影响小，施工期间产生的悬浮泥沙小，对水质和海洋生态等造成的影响小	方案 2
综合分析	虽然方案 2 较方案路由长度短，环境影响较小，但需占用大片公共海域，综合考虑跨越、铺设施工、安全、经济和风险等因素，方案 1 最优且环境影响可接受。		

综合以上信息，将方案 1 作为后续研究方案。本次环评评价对象为方案 1。

### 2.2.5.7 新建管道交越情况

新建 WHPD 至 RUP 混输管道在近 WHPD 平台处连续跨越 2 次 WHPD 至 RUP 电缆，在近 RUP 平台处连续跨越 WHPD 至 RUP 的 2 条电缆，路由中间还跨越 WHPA 至 WHPM 的 2 条海管和 1 条电缆。路由中间跨越点均处于埋深状态。

新建 WHPE 至 RUP 海底混输管道与原路由存在 1 处跨越，跨越 WHPG 至 CEPB 的 2 条海管和 2 条电缆。路由交越点均处于出露状态。

图 2.2-15 原 WHPD 至 RUP 混输管道与拟建混输管道位置关系示意图

图 2.2-16 原 WHPE 至 RUP 混输管道与拟建混输管道位置关系示意图

### 2.2.5.8 其他工程改造

本次海管更换项目 WHPD、WHPE 和 RUP 上部组块全压设计工艺流程没有变化。经过分析评估，为实现海管超压保护，需要对海管入口关断阀的关断控制逻辑进行调整，为此关断阀配置独立的控制单元模块和压力变送器，以实现井上安全阀和海管入口关断阀区分为互相独立的关断控制回路。完成立管安装后，对 WHPD、WHPE 和 RUP 平台海管系统及工艺管线，按照设计要求进行改造。

### 2.2.5.9 管道更换施工方案

新海管铺设、原管道封存涉及的施工工序主要有立管卡子安装、交叉点预处理，新海管铺设、新海管后挖沟、新立管及膨胀弯安装、清管试压、原海管清洗、原工艺管线部分切除、

原海管封存、平台工艺管线连接等工序，各工序施工顺序见下图。



图 2.2-17 主要施工工序的时间顺序

### 2.2.5.9.1 原管道封存方案

#### (1) 施工流程



图 2.2-18 原海管封存施工流程示意图

#### (2) 原海管清洗

原海管膨胀弯拆除回收前，需对海管内部进行清洗，清洗后的海管内水质达到国标“海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值”（GB 4914-2008）污水排放要求。施工中采用清管列车的方法对管线进行物理化学结合清洗。

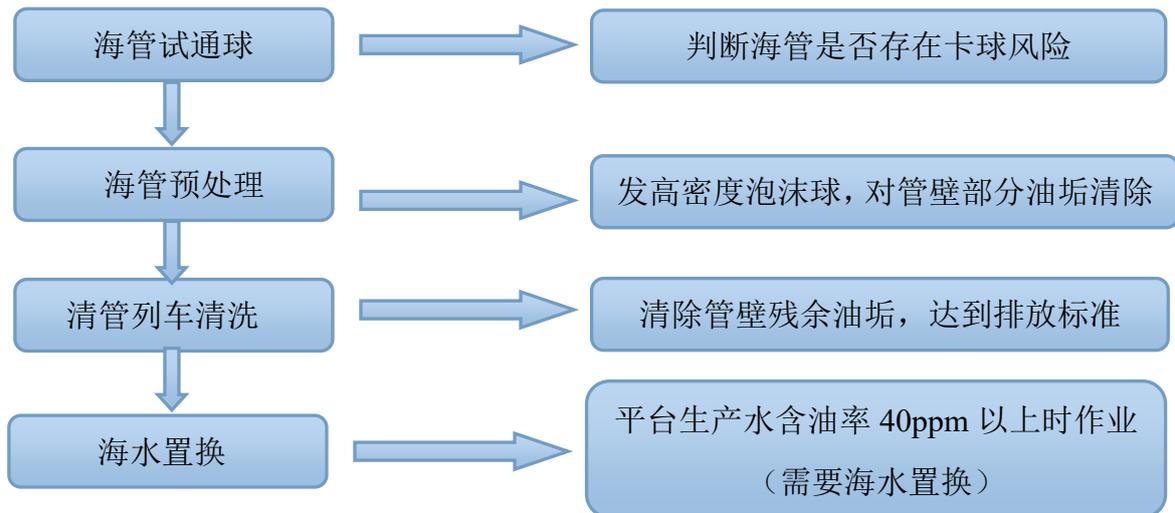


图 2.2-19 原海管清洗施工流程示意图

#### (3) 原海管工艺管线切割断开

平台甲板以上的管线由于连接设备设施较多，走向复杂，改变位置困难，故需要截断原海管立管悬挂法兰至甲板上部管线为新立管与工艺管线连接清理安装空间，新立管使用新

管线走向同甲板以上工艺管线连接。工艺管线切割后作为含油垃圾由专业的废弃物处理公司进行处置。

#### (4) 原海管封存

- 对悬挂法兰附近立管上端切割端口进行打磨处理，具备焊接条件；
- 将 24 寸盲板调整至立管断口处；
- 将盲板焊接在靠近悬挂法兰立管切割端，对原立管及海管进行整体封存。

#### (5) 处置计划

新海管铺设、立管膨胀弯安装完成，并在清管试压通过后，对原海管停产，进行管道清洗置换，然后开展管道封存相关工作。

### 2.2.5.9.2 新建混输管道施工方案

#### (1) 施工计划

提前开展平台底部障碍物调查及平管路由调查，根据调查结果进行平台及膨胀弯周围障碍物处理（如需要）；安装新立管卡子、立管和立管保护架安装；新海管与已有管缆交叉点预处理；在新海管设计路由铺设新海管；对新铺海管后挖沟；新膨胀弯安装；海管整体清管试压；膨胀弯及裸露平管摆放水泥压块、安装法兰保护器。所有工作完成后人员设备复员。

新路由设计阶段已对新路由两侧各 200m 海域进行扫测，待海上施工前计划对新路由两侧各 1.5km 区域再次扫测，明确水深、施工船舶抛锚区域管缆详细分布及海床障碍物情况。管道铺设路由为新路由，路由上没有障碍物，无需扫海。

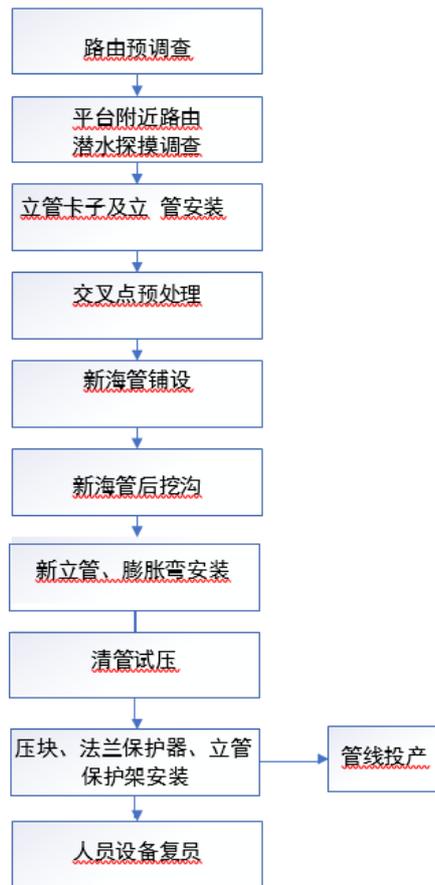


图 2.2-20 新建管道施工流程图

### (2) 前期路由调查

为了解海管路由、平台侧障碍物分布等情况，为海管更换详细设计提供基础依据，需对海管新路由进行整体调查，包括海管设计路由两侧各 200 米范围内海床地形地貌、障碍物情况，海底管道/电缆分布及埋深情况。

### (3) 铺设、挖沟

主作业船动至施工现场，船舶抛锚就位，抛锚需严格按照已批准的抛锚就位图抛锚。船舶航行至施工区域，经现场核实无误后通过定位系统指引抛锚船为主作业船抛锚就位。最终锚位由船长决定。

### (4) 平台侧潜水探摸

船舶就位完成后，潜水员下水对膨胀弯路由设计区域及海床情况，以及导管架立管卡子安装位置进行探摸。

### (5) 立管卡子安装

派遣潜水员下水对预安装位置附近的阳极进行调整，对水上水下卡子安装部位及桩腿进行清理。

### (6) 平台工艺管线改造

完成立管安装后，对 WHPD、WHPE 和 RUP 平台海管系统及工艺管线进行改造。

### (7) 交叉点预处理

新铺设海管 WHPD-RUP 与 WHPM 至 WHPA 的 1 条电缆和 2 条海管出现跨越交叉，新铺设海管 WHPE-RUP 与 CEPB 至 WHPG 的 2 条电缆和 2 条海管出现跨越交叉。

在海管正式铺设前后需要对交叉点进行处理，交叉点处理方法为：在跨越管道的海床上预铺设一层 300mm 厚混凝土压块（或柔性防护垫等方式）对已存在管道进行保护，待新海管铺设完成后再铺设一层 300mm 厚混凝土压块对新管道进行保护。

交叉点处管道铺设前需对已存在管道上部铺设混凝土压块，管道铺设后需对新建管道进行混凝土压块覆盖保护，海管铺设完成后在裸露管道上方再放置水泥压块进行覆盖保护，水泥压块厚度 0.3 米，在管道和压块之间加缓冲层保护（可选择软垫或沙袋等有效手段），其余位置采用挖沟埋设方式保护。

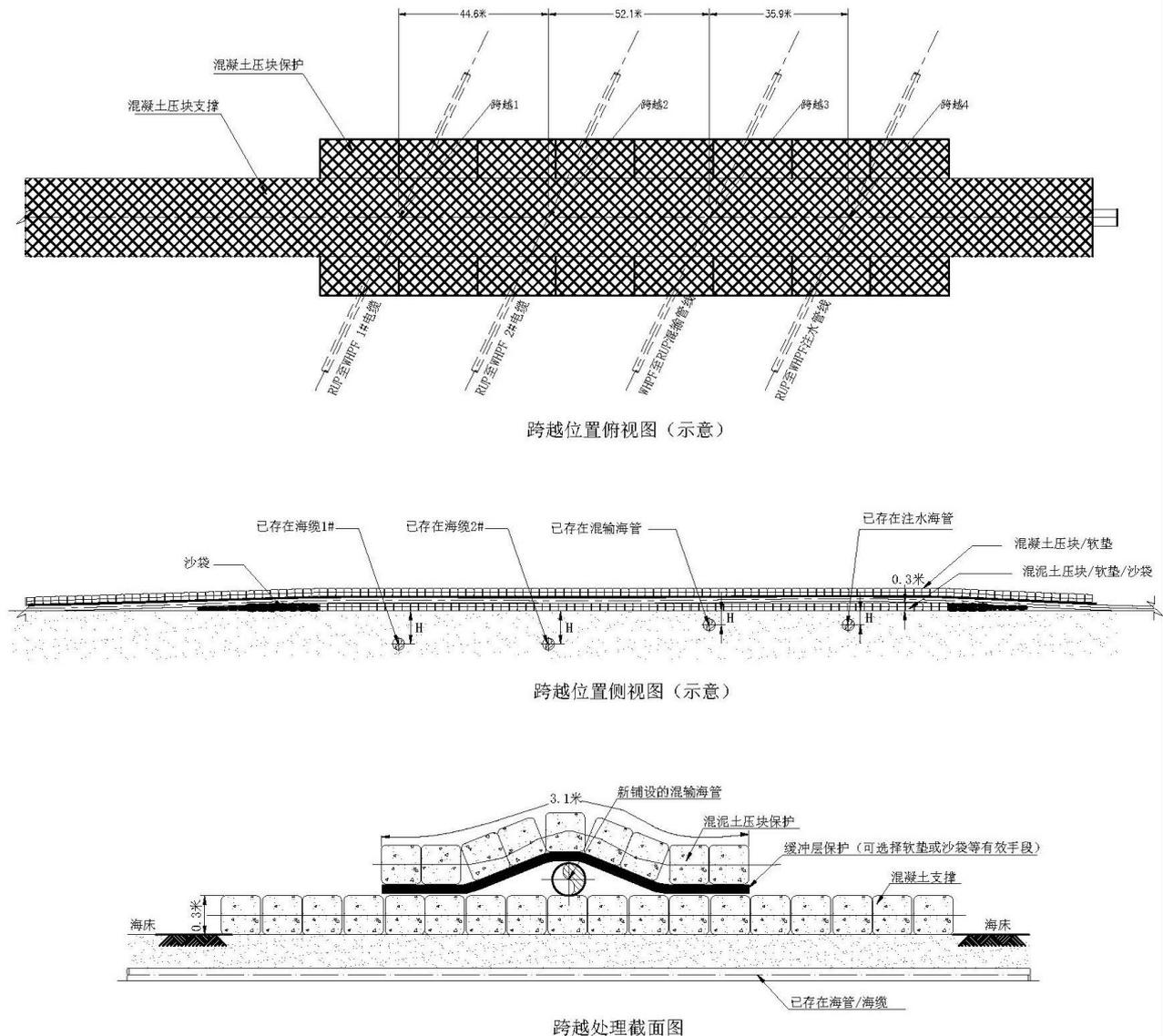


图 2.2-21 交叉点处压块保护示意图

### (8) 新管道铺设

跨越点预处理完成后,开展管道铺设作业。管道铺设采用铺管船法,铺管船能够在 30m 以内水深进行铺管作业。主作业船由 RUP 平台侧向 WHPD/WHPE 侧铺设新管线。

管道在铺管船的作业线上通过焊接、检验、防腐等工序连接起来,安装屈曲探测器;在 RUP 平台桩腿拴起始缆,连接起始缆与起始端拖拉头,将起始端铺设至海床设计路由。

管线在铺管船的作业线上通过焊接、检验、防腐等工序连接起来,然后通过操作铺管船的锚机,沿设计路由向前移船将海底管道铺至海底。海底管道铺设至设计弃管位置,进行终止铺设作业。

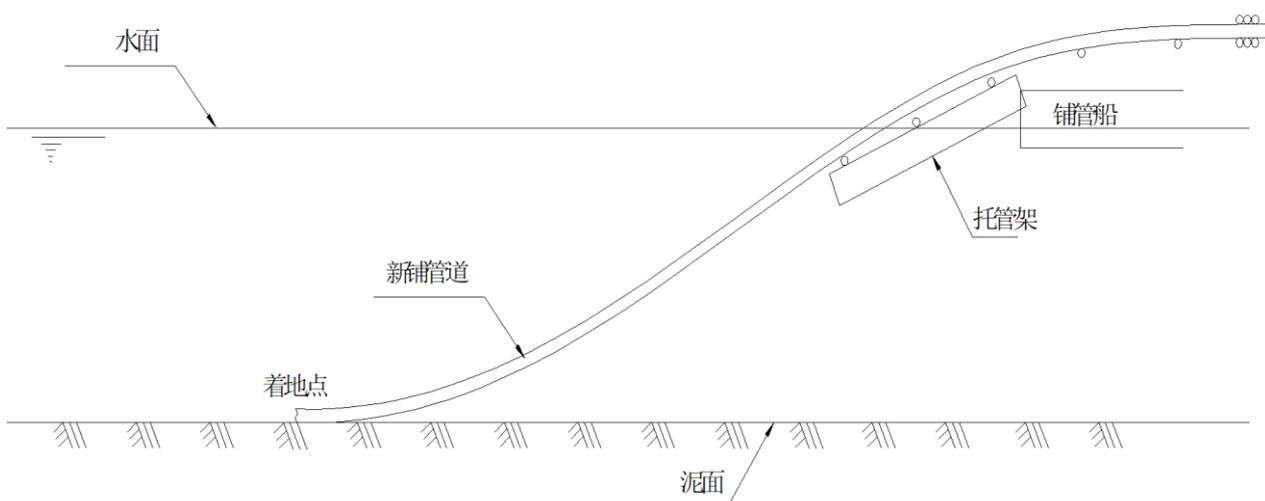


图 2.2-22 铺管示意图

### (9) 管线后挖沟

作业船在 WHPD/WHPE 侧就位开始对新铺管线进行后挖沟作业,管道埋深 1.5 米,管沟底宽 1.0m,顶宽 2.0m,挖沟速度约为 1 米/分钟。

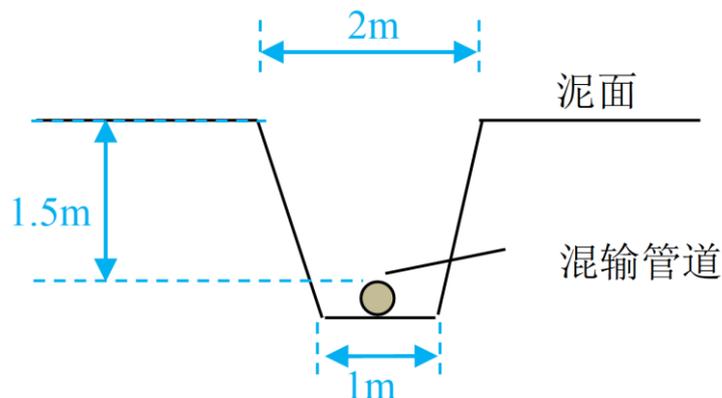


图 2.2-23 拟建海底管道埋设示意图

### (10) 立管安装

立管整体安装方式步骤:提前甲板预制完成立管,由潜水员安装立管卡子,借助吊机起吊立管并下放至指定位置,并调整好立管底部弯管朝向,用液压扳手旋紧卡子螺栓固定

立管。

(11) 膨胀弯安装

完成后挖沟作业后，开始膨胀弯安装。将预制好的膨胀弯吊装下水，连接至原海管法兰处。

(12) 新管道清洗试压

对管线进行整体清管、试压，发球端以施工船作为支持。

(13) 压块摆放、法兰、立管保护

试压合格后，对法兰处及膨胀弯悬空位置摆放沙袋填压保护和安装法兰保护器，最后摆放压块保护膨胀弯及暴露的平管，并对两侧平台新安装的立管外部安装立管保护架。

(14) 工艺管线连接

将立管与工艺管线连接，恢复生产。

(15) 人员设备复员

全部施工工作完成后，船舶、人员和设备复员。

### 2.2.5.10 主要施工船舶与施工人员、工期安排

本项目共需要投入4个工程船组开展全部海上施工工作，除1艘交通船和1艘3000吨自航驳船贯穿整个海上施工作业始终外，其余船组数量和级别如表所示。

表 2.2-20 主要施工船舶及分工

序号	船组	工作内容
1	HYSY295 级别	RUP 侧立管卡子安装、海管后挖沟
2	300T 级别起重船	平台侧立管卡子安装、立管膨胀弯安装、交叉点处理等
3	HYSY202 级别	新海管铺设
4	聚力号级别	RUP 侧立管、膨胀弯安装、清管试压支持及海管后保护

表 2.2-21 主要施工计划

施工阶段	施工船舶数量 (艘)	施工人数 (人)	施工天数 (天)	
			WHPD-RUP	WHPE-RUP
立管卡子安装	1	100	35	35
交叉点预处理	3	40	6.5	6.5
新管道铺设	4	130	23	17.5
海管后挖沟	3	40	13	7.5
膨胀弯路由清障	4	40	5	6
立管、膨胀弯安装	4	60	25.5	26.5
新管道清管试压	5	80	6	4
水下水泥压块及法兰保护器安装	5	80	22	15
原海管清洗	0	12	5	5
原海管立管切割封存	0	6	4	4

### 2.2.5.11 更换后管道输送能力

表 2.2-22 本工程实施后海底混输管线可行性分析

设施	设计使用寿命 (年)	设计压力 (kpa)	设计温度 (°C)	操作压力 (kpa)	操作温度 (°C)
WHPD-RUP					
WHPE-RUP					

### 2.2.6 原海管和拟更换海管对比分析

表 2.2-23 本工程实施前后 WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管工程变化情况对比

管道名称	原 WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管	新 WHPD 平台至 RUP 平台海底混输海管	备注
结构形式	单层保温管	双层保温管	单层变为双层
内管尺寸 (mm)			不变
外管尺寸 (mm)			增加外管
管长(km)			增加 0.3km
设计年限 (年)			不变
设计压力 (MPaA)			不变
设计温度 (°C)			不变
保温层厚度 (mm)			变小 0.4
防腐涂层厚度 (mm)			变大 3.641
内腐蚀余量 (mm)			不变

表 2.2-24 本工程实施前后 WHPE 平台至 RUP 平台海底混输海管工程变化情况对比

管道名称	原 WHPE 平台至 RUP 平 台海底混输海管	新 WHPE 平台至 RUP 平 台海底混输海管	备注
结构形式	单层保温管	双层保温管	单层变为双层
内管尺寸 (mm)			不变
外管尺寸 (mm)			增加外管
管长(km)			减少 0.2km
设计年限 (年)			不变
设计压力 (MPaA)			不变
设计温度 (°C)			不变
保温层厚度 (mm)			变小 0.4
防腐涂层厚度 (mm)			变大 3.641
内腐蚀余量 (mm)			不变

## 2.3 工程分析

### 2.3.1 施工期污染源及污染防治措施

#### 2.3.1.1 排污节点

本工程排污主要表现在施工期，即海管的铺设阶段，生产阶段本工程生产设施及污染物处理主要依托原有项目的现有设施，工程污染物在原项目的基础上不增加，因此以下主要对工程建设期进行污染物源强分析。

施工期污染影响主要来自管道埋设作业产生的悬浮沙，施工人员的生活污水、生活垃

圾，管道埋设作业产生的固体废弃物，施工船舶的机舱含油污水，海管清洗废液等。排污节点如下：

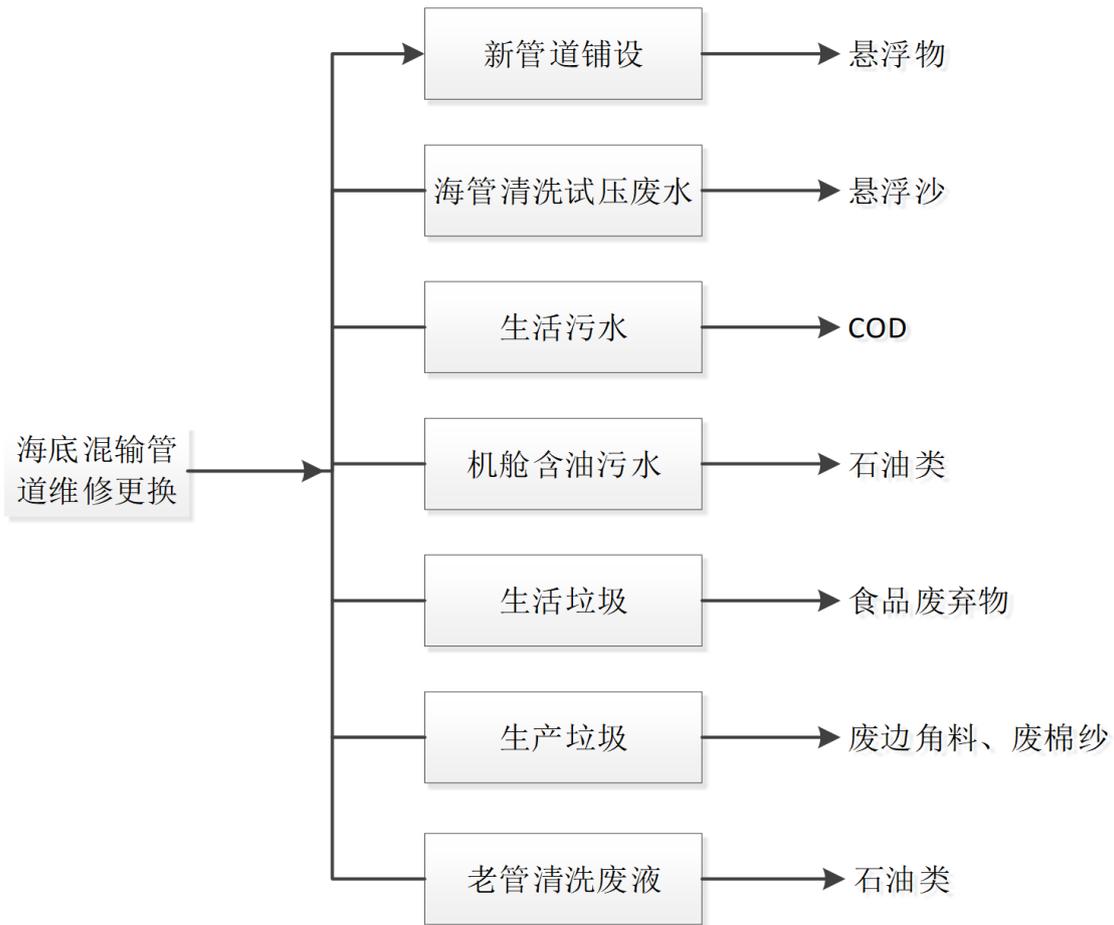


图 2.3-1 本工程施工期排污节点图

### 2.3.1.2 污染源及防治措施

#### (1) 悬浮沙

海底管道埋设在挖沟过程中，施工设备会扰动海底泥沙和沉积物，产生悬浮沙，会对海洋水质、海洋生态以及海洋生物资源产生影响。

新管道铺设到海床上后，需要对管道进行后挖沟保护。挖沟方式为水力喷冲，利用高压水冲开管道下部泥沙，使管道靠自重沉入沟中，在海流作用下泥沙逐渐回填掩埋管道。管道埋深为管顶距海床 1.5 米，顶宽 2m，底宽 1m，后挖沟设备挖沟速度 1m/min。

其计算公式如下：

挖沟深度 (m) = 1.5m + 海管外管径 (in) × 0.0254；

挖沟截面积 = (上底 + 下底) / 2 × 挖沟深度；

每天搅动海底泥沙量 = 挖沟截面积(m<sup>2</sup>) × 每天挖沟长度 (m)

搅动海底泥沙总量 = 挖沟截面积(m<sup>2</sup>) × 海管长度 (m)；

悬浮沙源强 = 每天搅动海底泥沙量 (m<sup>3</sup>) × 起沙率 × 泥沙湿容重 (1.78 × 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>) / 86400(s)。

挖沟悬浮泥沙源强核算本海域泥沙湿容重取 1.78 × 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>，起沙率按 15% 计算。

**表 2.3-1 新管道铺设挖沟悬浮沙产生量及产生速率**

管道	挖沟长度 (m)	沟顶宽 (m)	沟底宽 (m)	沟深 (m)	开挖量 (m <sup>3</sup> )	悬浮沙量 (m <sup>3</sup> )	悬浮沙产生速率 (kg/s)
WHPD-RUP	4000	2.0	1	2.2	13200	1980	14.69
WHPE-RUP	1900	2.0	1	2.2	6270	940.5	14.69

(2) 废气

废气主要来自于施工船只及机械排放的柴油机尾气，主要污染物为 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、非甲烷总烃等，此类废气为间歇排放，随着项目施工结束而结束。

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沿海控制区。施工船舶应满足《船舶大气污染物排放控制区实施方案》以及《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) 中的相关要求。

本项目由多艘船舶在不同阶段分别进行施工，对于广阔的海域影响较小。

(3) 生活污水、生活垃圾和机舱含油污水

施工阶段施工人员和船舶主要产生生活污水、机舱含油污水、生活垃圾等污染物。根据相关统计资料，生活污水的产生量按每人 350L/d，生活垃圾按每人 1.5kg/d，机舱含油污水按每船每日 0.5m<sup>3</sup>，施工阶段船舶污染物产生量详见表 2.3-2。

**表 2.3-2 施工阶段生活污水、生活垃圾和机舱含油污水汇总**

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> )
			WHPD-RUP	WHPE-RUP			
立管卡子安装	1	100	35	35	2450	10.5	35
交叉点预处理	3	40	6.5	6.5	182	0.78	19.5
新管道铺设	4	130	23	17.5	1842.75	7.8975	81
海管后挖沟	3	40	13	7.5	287	1.23	30.75
膨胀弯路由清障	4	40	5	6	154	0.66	22
立管、膨胀弯安装	4	60	25.5	26.5	1092	4.68	104
新管道清管试压	5	80	6	4	280	1.2	25
水下水泥压块及法兰保护器安装	5	80	22	15	1036	4.44	92.5
原海管清洗	0	12	5	5	42	0.18	0
原海管立管切割封存	0	6	4	4	16.8	0.072	0
合计					7382.6	31.6	409.8

施工期，生活污水经船舶生活污水处理装置和平台生活污水处理装置处理达标后排海。

生活垃圾运回陆上处理。

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程序规定》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。到码头计划由中海石油环保服务（天津）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，最终送至中海石油环保服务（天津）有限公司处理。

#### （4）生产垃圾

生产垃圾主要为铺设海管过程中产生的废弃零件、边角料、油棉纱、包装材料等和平台上切除的工艺管线，属于含油固体废弃物。

铺设海管每公里按生产垃圾 0.2t 计算，本工程铺设海管 5.9km，则施工船舶产生的生产垃圾约为 1.18t。

生产垃圾计划交由中海石油环保服务(天津)有限公司和蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处理，本项目施工期所产生的固体废弃物均不排海，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）清洗废水

##### ①新管道清管废水、试压水

新管道铺设完成后，开展清管、测径和试压工作。海管清扫工艺为海水扫线，目的在于冲洗沉积在管道底部的沙土及管道内壁浮锈。新海管清洗废液扫线时使用海水，采用直接排海的方式处理。

清管完成后，开展新管道试压工作，检查管道各连接处有无泄漏。新管使用海水试压，约 6053m<sup>3</sup>，试压合格后试压水直接排海。

##### ②原管道停输清洗废液

原管道停输后，开始对原管道进行清洗作业。清洗将产生约 6053m<sup>3</sup> 左右的废液，产生的废液为含油废水，清洗废液输送到 RUP 平台，经 RUP 平台输送到 FPSO 生产水系统进行处理。

#### （6）本工程海上施工阶段主要污染源及处理方式

施工期污染物排放及污染防治措施汇总见表 2.3-3。

**表 2.3-3 施工期污染物及污染防治措施汇总表**

污染物	污染物产生量	排放量/排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
悬浮沙	2920.5m <sup>3</sup>	14.69kg/s	悬浮泥沙	自然消散
生活污水	7382.6m <sup>3</sup>	7382.6m <sup>3</sup>	COD	经船舶生活污水处理装置和平台生活污水处理

污染物		污染物产生量	排放量/排放速率	主要污染因子	排放/处理方式
					装置处理达标后排海
生活垃圾		31.6t	/	食品废弃物、食品包装等	分类收集、运回陆上处理
机舱含油污水		409.8m <sup>3</sup>		石油类	铅封，运回陆上交由中海石油环保服务（天津）有限公司处理
生产垃圾		1.18t		废弃边角料、油棉纱、包装材料等	分类收集、运回陆上交由中海石油环保服务（天津）有限公司和蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处理
清管试压水	新海管	6053m <sup>3</sup>	6053m <sup>3</sup>	泥沙、铁锈	直接排海
清洗废液	原海管	6053m <sup>3</sup>	/	石油类	输送到生产水处理系统处理

### 2.3.2 运营期污染源及污染防治措施

本工程为原海底混输管道维修更换，混输海管更换后，依托 PL19-3 油田现有的设备设施及资源，不新增支持船舶等船舶。建设单位在运营期会由 PL19-3 油田现有值班船对整条海底管道沿途进行巡视，不定期进行局部检测和定期进行全面检测，以保证海底管道的安全。

本工程原海管原地封存，管道防腐采用原海管外管防腐层实现，管道的腐蚀速率非常缓慢，对海洋环境的影响较小。

在正常生产情况下，更换后的海底管道运营期间不产生和排放污染物，混输管道埋设在海底，与海底沉积物直接接触，腐蚀的主要发生区是在全浸区和海底泥土（海底沉积物）区，海水对金属具有强腐蚀性，但本项目管道金属外层采取了防腐措施，在一定程度上减少了海水腐蚀，避免被腐蚀破坏后重金属溶出对海水水质及沉积物的影响。

### 3 污染与非污染要素分析

#### 3.1 施工期污染与非污染损害要素分析

- (1) 施工期间生活污水排放对海水水质产生影响；
- (2) 施工期间海底管道铺设产生的悬浮沙对开发工程设施周围海水水质、海洋生态、底质以及底栖生物影响；
- (3) 施工期间船舶碰撞溢油对工程附近渔业资源、自然保护区等环境敏感目标的潜在影响。

#### 3.2 运行期污染与非污染损害要素分析

- (1) 本工程原海管原地封存，管道防腐采用原海管外管防腐层实现，管道的腐蚀速率非常缓慢，对海洋环境的影响较小。
- (2) 油气水输送过程中管道破裂溢油对工程附近内渔业资源、自然保护区等环境敏感目标的潜在影响。

#### 3.3 环境影响因子的筛选与判别

通过对本工程污染与非污染要素的分析，本工程海洋环境影响要素的识别因子的筛选见表 3.3-1，本次环境影响评价主要影响要素为施工期间悬浮沙、生活污水和溢油事故。

表 3.3-1 工程影响环境因素分析

类别	阶段	影响因素	影响因子	排放方式	影响对象	影响程度
污染与非污染环境要素	施工阶段	悬浮沙	悬浮沙	自然消散	海水、生物	小
		机舱含油污水	石油类	运回陆地处理	/	/
		船舶碰撞	溢油	溢油事故	渔业资源、自然保护区	严重
		施工船舶及施工机械尾气	二氧化硫、氮氧化物	间断排放	大气环境	小
		施工船舶及机械噪声	噪声	间断排放	声环境	小
		生活污水	COD	处理达标后排海	海水	小
		生产垃圾	废钢材、棉纱、污油及含油垃圾	运回陆地处理	/	/
		生活垃圾	食品废弃物及包装物	运回陆地处理	/	/
		清管试压水	新海管	泥沙、铁锈	直接排海	海水、生物

类别	阶段	影响因素		影响因子	排放方式	影响对象	影响程度
		清洗废液	原海管	石油类	处理达标后回注地层	海水、生物	无
	运营阶段	油气水输送		石油类	管道破损	海水、生物	大

## 4 环境现状分析

### 4.1 海洋环境概况

气候气象及水文条件引用已批复的《PL19-3 油田 4 区调整/PL19-9 油田二期开发项目环境影响报告书》(2018 年)中的相关内容。

#### 4.1.1 气象条件

##### (1) 气候

本项目所处海域具有大陆季风气候特征,属北温带亚湿润季风气候。影响该海区的天气系统包括:1)冷性反气旋和寒潮,带来大量冷空气,使当地气温急剧下降,同时带来持续大风。每年的 11 月至翌年 4 月冷空气出现频率较高,平均有 15 次/年。冷空气对作业海区的影响主要表现为强降温和大风。2)温带气旋(渤海低压),温带气旋在大陆生成后进入渤海,以春、夏季较多,在渤海常形成偏东和偏南的大风,同时伴有强降雨过程。3)热带气旋,热带气旋常带来大风、强降水和风暴增水等灾害,一般由东海或南海生成后传入渤海海域,热带气旋进入渤海海域数量较少,平均每年 1 次左右。

##### (2) 气温

本项目所处海域累年平均气温为 11.9℃。全年最低气温-16℃,最高气温 33℃。夏季最高湿球温度 30℃,夏季最低湿球温度 7℃。

##### (3) 降雨

本项目所处海域累年平均降水量为 620mm,年最大降水量 1120mm,单日最大降水量 170mm。

##### (4) 海雾

本项目所处海域累年平均雾日为 10.3 天,4 月雾日最多,为 1.7 天,10 月最少。历年雾日 4~16 天,最多发生在 1976 年,最少发生在 1974 年和 1975 年。该海域雾的持续时间大都在 4h 以内,对海上航行、作业基本无影响。

##### (5) 风

本项目所处海域常风向为 S 向,其中 SSW、S、SSE 风向年频率之和达 24.86%;其次是 NNE 向,其中 N、NNE、NE 风向年频率之和达 17.85%。

海域海面平均风速以冬半年（10~4月）较大，各月平均风速在 5.8~8.0m/s 之间。全年月平均最高出现在冷空气开始爆发的 11~12 月。夏季（7~9 月）海区各月平均风速大体相近，夏季 7 月达全年最小。图 4.1-1 为 PL19-3 油田海域的年均风玫瑰图。

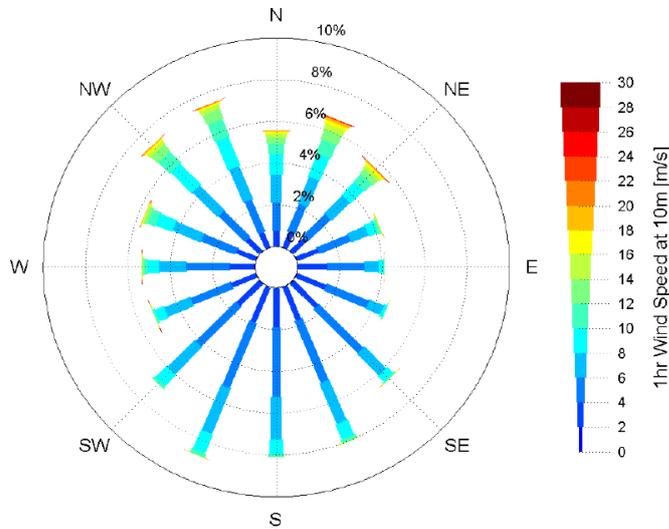


图 4.1-1 油田海域年均风玫瑰图

#### 4.1.2 水文条件

##### (1) 潮汐

根据在 PL19-3 油田立管公用平台（RUP）潮汐观测，结果显示油田海域潮位每天有两次高潮，两次低潮，且潮汐的日不等现象比较显著，既有高潮不等，又有低潮不等。调和分析结果表明，PL19-3 油田所处海域的潮汐性质指数为 0.693，属于不正规半日潮类型。

该海域的累年平均潮位为 91cm，历年年平均潮位为 84cm~95cm。累年平均潮差为 91cm，各月平均潮差为 83cm~100cm，最大值出现在 8 月，最小值出现在 1 月。

##### (2) 海流

渤海的海流一般可分为潮流、风海流和环流。冬季在强劲偏北风的驱动下，可形成较强的风海流。风海流受季节、海区和局域风的影响。

2012 年 5 月 9 日至 2012 年 5 月 17 日国家海洋局第一海洋研究所在 PL19-3/19-9/25-6 油田 WHPE 平台附近布设了一个海流观测站位，观测了表、中、底层海流。观测到的最大流速为 75cm/s，方位为 NW。结果显示，PL19-3 油田所处海域表层和底层均为不规则半日潮流，运动形式为往复流，涨潮流流速大于落潮流流速，表层余流大于底层余流。

##### (3) 海浪

PL19-3 油田所处海域的波浪主要为风浪，全年风浪向以 NNE 向为最多，其频率为 11.56%；ENE 向最少，频率不足 3.53%。风浪的大小和方向受制于风速、风区和风向。冬季

盛行偏北浪，夏季盛行偏南浪。渤海由于海域面积较小，受涌浪影响较小，但东南、东向大风所造成的涌浪会通过渤海海峡传进渤海湾。

最大波高波向四季性分布。最大波高波向：春季以 NNE 向居多，夏季以 W、WNW、NNW 向居多，秋季以 NE、NNW 向居多，冬季以 NNE、ESE 向居多。图 4.1-2 为 PL19-3 油田海域的年均波浪玫瑰图。

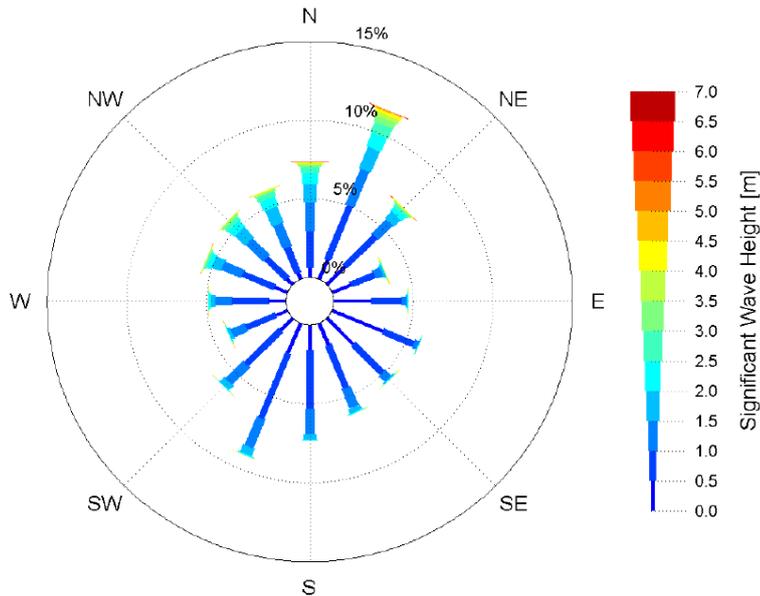


图 4.1-2 油田海域年均波浪玫瑰图

#### (4) 水温

海域的水温具有季节性变化特点，冬季在 12 月至 3 月，水温为全年最低；夏季在 6 至 9 月，水温为全年最高，中层会出现温跃层；其中以 8 月份 5m 层的水温最高，为 27°C，底层的最高水温也出现在 8 月份，为 23°C。冬季 5m 层 2 月份的水温最低，一般年份为 0~0.5°C，底层为 0.8~1.2°C。在常年偏冷的年份该海域的最低水温可达 -1.2°C~-1.7°C。

#### (5) 盐度

渤海盐度较低，海区东部至渤海海峡最高，而近岸区域较低。冬季渤海沿岸的海水盐度比夏季的海水盐度低。

该海域盐度变化幅度不大，其中表层变化范围是 30.027~32.573；中层变化范围是 30.334~32.618；底层变化范围为 30.546~32.639。各层垂直方向变化不明显。

### 4.1.3 主要自然灾害

#### (1) 海冰

每年冬季，渤海都有大量海冰形成。海冰的形成一方面是由气候原因（低温天气）造成的，另一方面是由渤海本身的结构特点决定的，渤海大陆架、海滩较浅，易结冰；同时，多

条淡水河流汇入渤海，海水比重较小，更易结冰。根据资料统计，辽东湾北部大致在十一月中旬开始结冰。翌年三月下旬冰情结束；莱州湾南部大致在十二月上旬开始结冰，翌年三月上旬冰情结束。

莱州湾一般年份仅在河口附近出现固定冰，严重的 1967~1968 年，东岸固定冰宽度达 10m；平均冰厚 15cm，最大冰厚为 20cm；1936 年西岸的固定冰宽度达 30 多 km，莱州湾沿岸大部分区域的冰堆积现象很轻，一般年份只在个别河口、浅滩处有堆积冰，高度不足 1m，最大达 2m。

#### (2) 风暴潮

风暴潮是发生在近岸的一种严重海洋灾害，它是由强风或气压骤变等强烈的天气系统对海面作用导致水位急剧升降的现象，又称风暴增水，常给沿海一带带来危害。在渤海，风暴潮主要在渤海湾、莱州湾发育，发生于春秋季节。油田海域最高天文潮位相对于平均海平面的高度为 1.75m，最低天文潮位相对于平均海平面的高度为 0.06m，五十年一遇极端高水位相对于平均海面的高度为 3.15m。

渤海海域由风暴所引起的增减水是十分显著的。总的来看，夏半年比较小，冬半年较大，这主要是由于冬、夏半年气象条件不同所致。夏半年只有在台风作用下才会出现大的增水。但台风影响渤海的情况不多，一般 3-5 年才会出现一次。冬半年主要是寒潮的影响，由于每年渤海都有若干次强寒潮出现，故该海域在冬半年增减水较夏半年频繁、幅度大，该海域增水的幅度一般在 0.2~1.1m，减水的幅度一般为-0.2~-0.9m。

#### (3) 地震

PL19-3 油田周边主要发育三组断裂，近场区位于北东向郯庐断裂带和北西向张家口-北京-渤海活动断裂带交汇部位，地质构造复杂，现代构造运动强烈，地震活跃。

### 4.1.4 地形地貌与冲淤环境

#### (1) 区域地质构造

区域地质构造资料引自《PL19-3 油田 1/3/8/9 区综合调整项目可行性研究报告》。PL19-3 油田位于渤海湾盆地东部渤南低凸起带中段的东北端，发育在郯庐断裂带上。渤南低凸起北邻渤中、渤东凹陷，西南~东南被黄河口、庙西凹陷环绕，是渤海有利的油气富集区之一，具有优越的油气聚集成藏的地质条件。

#### (2) 水深地形

本节中区域地形地貌引自《蓬莱 19-3 油田 4 区蓬莱 19-9 油田二期综合调整开发工程海域使用论证报告书(报批稿)》(2016 年 12 月)青岛环海海洋工程勘察研究院。PL19-3 WHPD、

PL19-3WHPE 和 RUP 平台周边区域水深和地貌资料引自《蓬莱 19-3 油田 1/3/8/9 区综合调整项目海域使用论证报告书（报批稿）》（2016 年 6 月）中国科学院南海海洋研究所。

拟建工程位于渤海湾中部，莱州湾北侧海域，平面形态近四边形，属于浅海堆积平原，水深 27.0~33.0m，为一较浅的大型盆地。地形平坦开阔，坡度较平缓，为 0.05‰~0.14‰。盆地向东，即海峡方向微倾斜，靠近海峡区，水深约以 0.1‰的坡度从 28m 逐渐递增至 36m。渤海中央盆地与渤中坳陷位置大致吻合。其西、南两侧是与之衔接无垠的渤海湾与莱州湾三角洲平原。虽然它处在渤海环流的宁静区，但是它夹持于海峡与渤海湾之间，所以，潮流的选运作用使得人海物质沉淀后不断遭受粗化，其表层沉积物基本以粉砂质为主，近海峡侧并有细砂覆盖。

根据收集已有资料，PL19-3 WHPD、PL19-3WHPE 和 RUP 平台周边区域内海底平坦，水深变化平缓，没有明显的局部起伏，水深在 27.5m 至 28.0m 之间变化，全区的水深变化较为平缓，平均坡度约为 0.14‰。平台周边区域内主要地貌特征为：钻井船桩腿坑痕迹、已建平台、已建管缆、集油罩、海底异常反射、锚沟和锚痕。

## 4.2 海洋环境质量现状

本工程水质、沉积物和海洋生物生态（包括生物质量）调查数据引用《蓬莱 25-6 油田 3 井区开发可行性研究-秋季环境质量现状调查与评价报告》。调查内容包括水质、沉积物和海洋生物生态调查，调查单位为国家海洋局北海环境监测中心，调查时间为 2018 年 11 月 13 日~11 月 15 日，水质调查站位 25 个，沉积物调查站位 17 个，海洋生物调查站位 17 个，生物质量调查站位 12 个。渔业资源现状主要根据中国水产科学研究院黄海水产研究所和山东省海洋资源与环境研究院调查资料以及相关的科研成果、文献资料等，调查时间为 2018 年春季（5 月）。调查站位选取见图 4.2-1~图 4.2-2 和表 4.2-1~表 4.2-2。

图 4.2-1 海洋水质、沉积物、海洋生物生态调查站位示意图

表 4.2-1 海洋水质、沉积物、海洋生物生态调查站位

站位	纬度	经度	调查项目
P1			水质、沉积物、海洋生物
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
P6			水质
P7			水质、沉积物、海洋生物
P8			水质、沉积物、海洋生物
P9			水质、沉积物、海洋生物

站位	纬度	经度	调查项目
P10			水质
P11			水质、沉积物、海洋生物
P12			水质、沉积物、海洋生物
P13			水质、沉积物、海洋生物
P14			水质、沉积物、海洋生物
P15			水质、沉积物、海洋生物
P16			水质
P17			水质、沉积物、海洋生物
P18			水质、沉积物、海洋生物
P19			水质、沉积物、海洋生物
P20			水质
P21			水质、沉积物、海洋生物
P22			水质
P23			水质、沉积物、海洋生物
P24			水质
P25			水质、沉积物、海洋生物

#### 4.2.1 水环境质量现状与评价

##### (1) 评价因子

选取 pH、DO、COD、石油类、活性磷酸盐、无机氮、铜、砷、铅、锌、镉、汞、总铬、挥发性酚、硫化物 15 项作为评价因子。

##### (2) 评价标准

调查站位均位于功能区划和红线区以外，所以本次调查范围内所有站位（25 个站位）海水水质评价将从《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类海水水质标准开始评价，评价至符合某类标准为止。

表 4.2-2 海水水质标准

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

挥发性酚	≤ 0.005 mg/L	≤ 0.010 mg/L	≤ 0.050 mg/L
------	--------------	--------------	--------------

图 4.2-2 现状调查点位与《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的位置关系图

图 4.2-3 现状调查点位与《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020 年）》的位置关系图

图 4.2-4 现状调查点位与《山东省海洋生态环境保护规划（2018-2020 年）》的位置关系图

图 4.2-5 现状调查点位与《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》的位置关系图

(4) 评价结果

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

功能区划定范围外的 25 个站位中有 2 个站位活性磷酸盐、6 个站位无机氮、25 个站位铅、24 个站位锌、1 个站位汞满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准要求；2 个站位无机氮满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准要求；其余各评价因子均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准要求。

表 4.2-3 秋季调查超出第一类水质标准的因子及站位

评价因子	表层	10m 层	底层	汇总	符合标准
活性磷酸盐	P20、P22	/	/	P20、P22（2 个）	满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准要求。
	/	P13、P16、P22、P23	P7、P11	P7、P11、P13、P16、P22、P23（6 个）	
无机氮	/	/	P24	/	满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准要求。
	/	P24	/	P24、P25（2 个）	满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准要求。
	/	P25	/		
铅	P1~P10、P12~P17、P19~P25	P1~P5、P7~P20、P22、P25	P1、P4、P6~P11、P13~P25	P1~P25（25 个）	满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准要求。
锌	P1、P3、	P1、P2、	P1~P5、P10~P12、	P1~P12、P14~P25（24	标准要求。

	P5~P7、 P10~P12、 P14~P22、 P24	P4~P6、 P8~P10、 P14、P16、 P18~P20、 P22、P25	P14、P16、P18、 P21~P23	个)	
汞	/	P1	/	P1 (1个)	

表 4.2-4 表层秋季水质实测结果统计表

表 4.2-5 中层秋季水质实测结果统计表 (10m)

表 4.2-6 底层秋季水质实测结果统计表

表 4.2-7 表层秋季水质标准指数结果统计表

表 4.2-8 中层秋季水质标准指数结果统计表 (10m)

表 4.2-9 底层秋季水质标准指数结果统计表

## 4.2.2 沉积物质量现状与评价

### (1) 评价因子

本次选取石油类、硫化物、有机碳、铜、铅、汞、铬、镉、砷、锌 10 项作为评价因子。

### (2) 评价标准

从第一类沉积物质量标准开始评价，针对超标评价因子，评价至符合某类标准为止。

表 4.2-10 海洋沉积物质量标准

项目	第一类	引用标准
有机碳	$\leq 2.0 \times 10^{-2}$	《海洋沉积物质量》 (GB18668-2002)
硫化物	$\leq 300.0 \times 10^{-6}$	
石油类	$\leq 500.0 \times 10^{-6}$	
汞	$\leq 0.20 \times 10^{-6}$	
铜	$\leq 35.0 \times 10^{-6}$	
铅	$\leq 60.0 \times 10^{-6}$	
锌	$\leq 150.0 \times 10^{-6}$	
镉	$\leq 0.50 \times 10^{-6}$	
铬	$\leq 80.0 \times 10^{-6}$	
砷	$\leq 20.0 \times 10^{-6}$	

### (3) 评价结果

在调查海域内，沉积物监测要素均符合一类沉积物质量标准，调查海域内沉积物环境质量状况良好。

表 4.2-11 沉积物实测结果统计表

表 4.2-12 沉积物各项评价因子标准指数统计表

### 4.2.3 海洋生态现状与评价

与水质和沉积物现状调查同步，进行了叶绿素 a 含量及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物等海洋生物生态现状调查。

#### (1) 叶绿素 a 含量及初级生产力

##### a) 叶绿素 a

2018 年 11 月，调查海域的表层叶绿素 a 变化范围为(0.73~1.65)ug/L，平均值为 1.09ug/L。最高值出现在 P23 号站，最低值出现在 P13 号站。

调查海域的 10m 层叶绿素 a 变化范围为 (0.58~1.97) ug/L，平均值为 1.07ug/L。最高值出现在 P25 号站，最低值出现在 P13 号站。

调查海域的底层叶绿素 a 变化范围为 (0.42~1.63) ug/L，平均值为 0.97ug/L。最高值出现在 P19 号站，最低值出现在 P17 号站。

本次调查中各层次叶绿素 a 浓度正常，各水层叶绿素分布相对较为均匀。

##### b) 初级生产力

2018 年 11 月调查海域的初级生产力变化范围为 (153.18~423.19) mg·C/(m<sup>2</sup>·d)，平均值为 274.45mg·C/(m<sup>2</sup>·d)。最高值出现在 P14 号站，最低值出现在 P7 站，初级生产力平均水平指示为中低水平。

**表 4.2-13 调查海域各测站初级生产力 (mg·C/m<sup>2</sup>·d) 及各层次叶绿素值 (μg/L) 统计**

#### (2) 浮游植物

##### ①种类组成

2018 年 11 月，调查海域共鉴定浮游植物 72 种 (类)，其中硅藻门 55 种，占浮游植物出现种数的 76.39%，角毛藻属 (*Chaetoceros* spp.) 出现 20 种，是硅藻门中种类最多的类群，占硅藻物种组成的 36.36%；甲藻门 16 种，占种类组成的 22.22%；金藻门 1 种，占 1.39%。调查海域浮游植物种类组成以近海广温、广盐种类为主，硅藻在种类组成中占优势。

##### ②密度

2018 年 11 月，调查海域的浮游植物总密度变化范围为 (9.71~1135.02) ×10<sup>4</sup> 个/m<sup>3</sup>，平均值为 128.27×10<sup>4</sup> 个/m<sup>3</sup>。最高值出现在 P19 号站，最低值出现在调查海域 P13 号站。

**表 4.2-14 浮游植物种数、总密度及优势种密度**

##### ③优势种

2018 年 11 月调查，浮游植物优势种类包括细弱圆筛藻 (*Coscinodiscus subtilis*)、三角

角藻 (*Ceratium tripos*) 以及格氏圆筛藻 (*Coscinodiscus granii*)，其密度分别占浮游植物总密度的 52.9%、14.4% 以及 8.2%，其中细弱圆筛藻为绝对的优势种。

细弱圆筛藻站位出现率为 76%，各站出现的细胞数变化范围在  $(0.0\sim 803.8)\times 10^4$  个/m<sup>3</sup> 之间，平均为  $67.8\times 10^4$  个/m<sup>3</sup>。最高值出现在 P19 号站。

#### ④群落特征

各站位浮游植物样品的多样性指数 ( $H'$ ) 在 1.12~3.05 之间波动，平均值为 2.17。最小值出现在 P5 站，该站位由于细弱圆筛藻高密度出现，成为该站位绝对优势种类 (其出现密度占总密度的 82.3%)，最大值出现在 P23 站。

均匀度 ( $J$ ) 在 0.24~0.59 之间波动，平均值为 0.44。最小值出现在 P19 站，最大值出现在 P8 站。

丰度 ( $d$ ) 在 1.06~2.11 之间波动，平均值为 1.51。最小值出现在 P5 站，最大值出现在 P7 站。

优势度 ( $D_2$ ) 在 0.61~0.96 之间波动，平均值为 0.75。最小值出现在 P8 站，最大值出现在 P19 站。

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评价结果。按照上述等级分类标准，2018 年 11 月评价海域浮游植物多样性指数均值为 2.17，说明调查海域浮游植物生境质量一般。

综合上述群落特征指数，调查海域浮游植物种类 72 种，多样性指数平均为 2.17，群落结构正常。

**表 4.2-15 浮游植物多样性指数、均匀度、丰度和优势度**

### (3) 大型浮游动物

#### ①种类组成

2018 年 11 月，调查海域浅水 I 型网所获浮游动物共有 29 种(类)，包括水螅水母 6 种，占浮游动物种类组成的 20.69%；节肢动物门 8 种 (其中桡足类 6 种，端足类、十足类各 1 种)，占浮游动物种类组成的 27.59%；幼虫幼体 12 种，占 41.38%；被囊类 2 种，占 6.90%；毛颚类 1 种，占 3.45%。浮游幼体幼虫是调查海域的大型浮游动物主要组成类群。

#### ②生物量

浮游动物生物量以浅水 I 型网所获大型浮游动物生物量为准。

2018年11月,调查海域大型浮游动物生物量(湿重)变化范围在(1.58~463.33)mg/m<sup>3</sup>之间,平均生物量为155.60 mg/m<sup>3</sup>。最高值出现在P8号站,最低值出现在P25站。

### ③密度

调查海域浅水I型网所获大型浮游动物生物密度变化范围在(2.1~145.2)个/m<sup>3</sup>之间,平均生物密度为76.9个/m<sup>3</sup>。最高值出现在P11站,最低值出现在P25站。

表 4.2-16 大型浮游动物种类数、生物密度及优势种密度统计表

### ④优势种

2018年11月,调查海域大型浮游动物中占优势的种类为强壮箭虫(*Sagitta crassa*)、大西洋五角水母(*Muggiaea atlantica*)和中华哲水蚤(*Clalnus sinicus* Brodsky),其密度分别占浮游动物总密度的29.6%、25.0%和23.2%。

#### a: 强壮箭虫

该种的站位出现率为100.0%,各站出现的密度变化范围在(1.3~53.6)个/m<sup>3</sup>之间,平均为22.7个/m<sup>3</sup>。最高值出现在P11站,最低值出现在P25站。

#### b: 大西洋五角水母

该种的站位出现率为100.0%,各站出现的密度变化范围在(0.3~52.5)个/m<sup>3</sup>之间,平均为19.2个/m<sup>3</sup>。最高值出现在P15站,最低值出现在P25站。

#### c: 中华哲水蚤

该种的站位出现率为94.0%,各站出现的密度变化范围在(0.0~58.4)个/m<sup>3</sup>之间,平均为17.8个/m<sup>3</sup>。最高值出现在P12站,最低值出现在P25站。

### ⑤群落特征

大型浮游动物样品的多样性指数在1.32~2.79之间波动,平均值为2.25。最小值出现在P25站,最大值出现在P19站。

均匀度在0.57~0.83之间波动,平均值为0.66。最小值出现在P12和P15站,最大值出现在P25站。

丰度在1.19~2.39之间波动,平均值为1.82。最小值出现在P13站,最大值出现在P1站。

优势度在0.53~0.86之间波动,平均值为0.69。最小值出现在P19站,最大值出现在P25站。

2018年11月调查大型浮游动物群落多样性指数均值为2.25,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,调查海域大型浮游动物生境质量一般。

综合上述群落特征指数,调查海域大型浮游动物多样性指数平均为2.25,均匀度和丰

度以及优势度指数没有明显异常，表明该海域大型浮游动物群落结构正常。

**表 4.2-17 大型浮游动物各站群落特征参数统计**

(4) 中小型浮游动物

①种类组成

2018 年 11 月，调查海域浅水 II 型网所获浮游动物共有 32 种（类），包括节肢动物 14 种（其中桡足类 12 种，端足类 1 种，钩虾 1 种），占浮游动物种类组成的 43.75%；水螅水母 4 种，占 12.50%；幼虫幼体 10 种，占 31.25%；毛颚类 2 种，占 6.25%；被囊和原生动物各 1 种，各占 3.13%。甲壳类是调查海域的主要组成类群。

②密度

调查海域浅水 II 型网所获的中小型浮游动物生物密度变化范围为  $(1.42\sim 7.20) \times 10^4$  个/ $m^3$ ，平均值为  $4.25 \times 10^4$  个/ $m^3$ 。最高值出现在 P23 站，最低值出现在 P3 站。

**表 4.2-18 中小型浮游动物种类数、总密度及优势种密度统计表**

③优势种

2018 年 11 月，调查海域中小型浮游动物中占优势的种类为夜光虫(*Noctiluca scintillans*)，其密度占浮游动物总密度的 83.8%。

该种的站位出现率为 100%，各站出现的密度变化范围在  $(0.9\sim 6.2) \times 10^4$  个/ $m^3$  之间，平均为  $3.56 \times 10^4$  个/ $m^3$ 。最高值出现在 P23 站，最低值出现 P3 号站。

④群落特征

中小型浮游动物样品的多样性指数在 0.64~1.84 之间波动，平均值为 1.13。最小值出现在 P5 站，最大值出现在 P3 站。

均匀度在 0.15~0.46 之间波动，平均值为 0.28。最小值出现在 P5 站，最大值出现在 P3 站。

丰度在 0.89~1.26 之间波动，平均值为 1.08。最小值出现在 P25 站，最大值出现在 P9 站。

优势度在 0.78~0.94 之间波动，平均值为 0.89。最小值出现在 P3 站，最大值出现在 P23 站。

2018 年 11 月调查中小型浮游动物群落多样性指数均值为 1.13，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，调查海域中小型浮游动物生境质量为差。

综合上述群落特征指数，调查海域中小型浮游动物出现 32 种，多样性指数平均为 1.13，

多样性指数一般，主要与各站位夜光虫高密度出现有关。

表 4.2-18 中小型浮游动物各站群落特征参数统计

### (5) 底栖生物

#### ① 种类组成

2018 年 11 月，调查海域共鉴定底栖生物 48 种(类)，隶属于纽形、环节、软体、节肢、棘皮共 5 个门类，其中，环节动物 32 种，占底栖生物种类组成的 66.67%；节肢动物 6 种，占 12.50%；软体动物 7 种，占 14.58%；纽形动物 2 种，占 4.17%；棘皮动物 1 种，占 2.08%。环节动物是调查海域底栖生物的主要组成类群。底栖生物种类分布以 P9 站最多，为 19 种。

#### ② 生物量组成与分布

2018 年 11 月，调查海域的底栖生物总生物量变化范围为 (0.5~68.8) g/m<sup>2</sup>，平均值为 8.4 g/m<sup>2</sup>。最高值出现在 P19 站，最低值出现在 P9 站。

生物量组成以软体棘皮动物最占优势，平均值为 3.8g/m<sup>2</sup>，占底栖生物生物量组成的 45.2%，其次为环节动物，占 30.9%，第三位为软体动物，占 19.0%。

#### ③ 密度组成与分布

2018 年 11 月，调查海域的底栖生物总生物密度变化范围为 (300~1280) 个/m<sup>2</sup>，平均值为 697.1 个/m<sup>2</sup>。最高值出现在 P25 站，最低值出现在 P19 站。

底栖生物密度组成以环节占明显优势，平均值为 590.6 个/m<sup>2</sup>，占总密度的 84.7%；其次为节肢动物，平均密度为 58.8 个/m<sup>2</sup>，占 8.4%；第三位为软体动物，占 5.3%。

单种密度超过总密度 5%的底栖生物有寡鳃齿吻沙蚕 (*Nephtys oligobranchia*)、双唇索沙蚕 (*Lumbrineris cruzensis*)、不倒翁虫 (*Sternaspis sculata*)、花冈勾毛虫 (*Sigambra hanaokai*) 和头角泥钩虾 (*Eriopisella propagatio*)。这 5 种的密度占底栖生物总密度的 64.6%，其中寡鳃齿吻沙蚕在密度比例和出现频率上都是最占优势的种类。

表 4.2-20 各站位大型底栖生物生物密度和生物量调查结果

#### ④ 群落特征指数

调查海域底栖生物样品的多样性指数在 2.82~3.63 之间波动，平均值为 3.19。最小值出现在 P13 站，最大值出现在 P11 站。

均匀度在 0.71~0.93 之间波动，平均值为 0.85。最小值出现在 P25 站，最大值出现在 P11 站。

丰度在 1.02~1.85 之间波动，平均值为 1.38。最小值出现在 P18 站，最大值出现在 P9 站。

优势度在 0.31~0.59 之间波动，平均值为 0.44。最小值出现在 P11 站，最大值出现在 P5 站。

2018 年 11 月调查底栖生物群落多样性指数均值为 3.19，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，调查海域底栖生物生境质量优良。

综合上述群落特征指数，调查海域底栖生物的多样性指数、均匀度及丰度均较高，优势度较低，表明该海域底栖生物群落结构较好，底质环境质量状况良好。

表 4.2-21 底栖生物各站群落参数值统计

#### 4.2.4 生物质量现状与评价

##### (1) 评价因子

本次评价以生物体内的铬、铜、铅、锌、镉、砷、总汞、石油烃作为评价因子。

##### (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)规定的标准值，软体动物(非双壳类)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。

表 4.2-22 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)(第一类标准值)	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	150	2.0	/	0.2	20
鱼类	/	20	2.0	40	0.6	/	0.3	20

注: 由于贝类(双壳类)以外的其他生物体中铬和砷无评价标准，因此不对贝类(双壳类)以外的其他生物体中铬和砷进行评价。

##### (3) 调查结果

本次调查 17 个站位，共监测 34 个生物体内铜、铅、锌、镉、铬、砷、汞 和石油烃的含量。生物样品主要为日本枪乌贼(*Loligo japonica*)、黄鲫(*Setipinna tenuifilis*)、矛尾虾虎鱼(*Chaemrichthys stigmatias*)和短吻红舌鲷(*Cynoglossus joyneri*)。其中，黄鲫、矛尾虾虎鱼和短吻红舌鲷属于鱼类，日本枪乌贼属于软体动物。

表 4.2-23 调查海域生物质量分析结果(湿重 10<sup>-6</sup>)

##### (4) 评价结果

生物体质量评价结果表明:

①软体动物（非双壳类）、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。

②软体动物（非双壳类）、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 4.2-24 海洋生物质量单因子指数评价统计

## 4.2.5 渔业资源现状与评价

### 4.2.5.1 调查站位

本项目选取已批复的《PL25-6 油田 3 井区开发项目环境影响报告书》中的渔业资源调查数据。渔业资源现状主要根据中国水产科学研究院黄海水产研究所和山东省海洋资源与环境研究院调查资料以及相关的科研成果、文献资料等，调查时间为 2018 年春季（5 月）。

表 4.2-25 渔业资源调查站位坐标及调查项目

站位	经度 (E)	纬度 (N)	调查内容
1			游泳动物、鱼卵仔稚鱼
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

图 4.2-6 渔业资源调查站位图

### 4.2.5.2 鱼类

#### (1) 种类组成和生物特点

2018 年春季调查共出现鱼类 37 种，其中，中上层鱼类 8 种，占 21.6%，近底层鱼类 7 种，占 18.9%，底层鱼类 22 种，占 59.5%。无优势种；重要种有斑鲷、青鳞小沙丁鱼、赤鼻棱鯧、六丝钝尾虾虎鱼、鲷、方氏锦鲷、短吻红舌鲷、矛尾虾虎鱼；常见种有细纹狮子鱼、小黄鱼、黄鲫、中华栉孔虾虎鱼、大泷六线鱼、普氏细棘虾虎鱼。按经济价值高低区分，经济价值较高的种类有 9 种，占鱼类种类数的 24.3%，包括褐牙鲆、花鲈、银鲳、许氏平鲈、小黄鱼、蓝点马鲛和鮫等；经济价值一般种类 7 种，占 18.9%，包括大泷六线鱼、斑鲷、高眼鲷和鲷等；经济价值较低种类 21 种，占 56.8%，包括黄鲫、斑尾刺虾虎鱼、六丝钝尾虾虎鱼、方氏锦鲷、赤鼻棱鯧、细纹狮子鱼、青鳞小沙丁鱼和鲷等。

## (2) 渔获组成

2018 年春季调查渔获量范围为 36~984 尾/h, 0.45~4.65kg/h, 平均值为 231 尾/h, 1.70kg/h。春季调查幼鱼尾数占总尾数的 12.4%, 平均幼鱼密度为 29 尾/h, 平均生物量 0.09kg/h。鱼类成体平均生物量为 1.61 kg/h。

**表 4.2-26 拖网捕获的鱼类**

## (3) 鱼类资源量评估

2018 年春季鱼类平均资源量为 60.00kg/km<sup>2</sup>, 其中鱼类成体平均资源量为 56.86kg/km<sup>2</sup>, 幼鱼平均资源密度为 1011 尾/km<sup>2</sup>。

**表 4.2-27 2018 年春季各站位鱼类资源量**

### 4.2.5.3 头足类

#### (1) 种类组成及优势种

2018 年春季调查共出现头足类 4 种, 优势种为火枪乌贼, 常见种为双喙耳乌贼、短蛸和长蛸。按经济价值区分, 共出现经济价值较高的头足类 2 种, 为长蛸、短蛸; 经济价值一般的头足类为火枪乌贼 1 种; 经济价值较低的头足类为双喙耳乌贼 1 种。

#### (2) 头足类渔获量分布

春季调查头足类生物量变化范围在 0.02~1.16 kg/h, 平均值为 0.33 kg/h; 头足类生物密度范围在 2~50 尾/h, 平均值为 18 尾/h。根据渔获物分析, 春季调查头足类幼体尾数占总尾数的 13.4%, 幼体平均密度为 2.4 尾/h, 生物量为 0.01 kg/h, 头足类成体平均生物量为 0.32kg/h。

**表 4.2-28 拖网捕获的头足类**

#### (3) 头足类资源量评估

2018 年春季头足类平均资源量为 11.65kg/km<sup>2</sup>, 其中头足类成体平均资源量为 11.30kg/km<sup>2</sup>, 幼体平均资源密度为 85 尾/km<sup>2</sup>。

**表 4.2-29 各站位头足类资源量**

### 4.2.5.4 甲壳类

#### (1) 种类组成

2018 年春季调查春季调查共捕获甲壳类 16 种, 包括虾类 11 种, 蟹类 5 种。虾类按经济价值分, 经济价值较高的有 2 种, 为口虾蛄和鹰抓虾; 经济价值一般的有 6 种, 为葛氏长臂虾、日本鼓虾、鲜明鼓虾、脊尾白虾、大螯蛄虾; 经济价值较低的有 4 种, 为红条鞭腕虾、疣背深额虾、长足七腕虾和日本褐虾。蟹类按经济价值区分, 经济价值较高三疣梭子蟹

和日本蟳 2 种；其余经济价值均较低。

#### (2) 甲壳类渔获量分布

2018 年春季调查虾类生物量变化范围在 0.32~12.21kg/h，平均值为 3.09kg/h；生物密度范围在 40~2713 尾/h，平均值为 989 尾/h。蟹类生物量变化范围在 0~0.39kg/h，平均值为 0.17kg/h；生物密度范围在 0~33 尾/h，平均值为 14 尾/h。根据渔获物分析，调查中虾类幼体的尾数占虾类总尾数的 14.72%，虾类幼体平均生物密度为 146 尾/h，生物量为 0.27kg/h，虾类成体生物密度平均为 843 尾/h，生物量平均为 2.82kg/h；蟹类幼体尾数占虾类总尾数的 8.54%，蟹类幼体平均生物密度为 1.2 尾/h，生物量为 0.012 kg/h，蟹类成体生物密度平均为 13 尾/h，平均生物量为 0.16 kg/h。

表 4.2-30 拖网捕获的甲壳类

#### (3) 甲壳类资源量评估

2018 年春季调查海域虾类平均资源量为 109.05kg/km<sup>2</sup>，其中，虾类成体资源量为 99.80kg/km<sup>2</sup>，虾类幼体平均资源密度为 5138 尾/km<sup>2</sup>。蟹类平均资源量为 6.00kg/km<sup>2</sup>，其中，蟹类成体资源量为 5.58kg/km<sup>2</sup>，蟹类幼体平均资源密度为 42 尾/km<sup>2</sup>。

表 4.2-31 各站位甲壳类资源量

### 4.2.5.5 鱼卵、仔稚鱼

#### (1) 种类组成

2018 年春季调查所获鱼卵 8 种，分别为斑鲈、鲢、焦氏舌鲷、蓝点马鲛、青鳞小沙丁鱼、许氏平鲉、矛尾鰕虎鱼、方氏锦鲷。仔稚鱼 5 种，分别为斑鲈、青鳞小沙丁鱼、矛尾鰕虎鱼和许氏平鲉。

#### (2) 资源密度

2018 年春季调查的 12 个站位中，有 11 个站位捕获到鱼卵，出现频率为 91.7%，鱼卵密度范围为 0~0.74 粒/m<sup>3</sup>，平均值为 0.40 粒/m<sup>3</sup>。春季调查的 12 个站位中，有 9 个站位捕获到仔稚鱼，出现频率为 75%，仔稚鱼密度变化范围为 0~0.47 尾/m<sup>3</sup>，平均密度为 0.19 尾/m<sup>3</sup>。

表 4.2-32 调查海域鱼卵、仔稚鱼密度

### 4.2.5.6 重要渔业生物生境

#### (1) 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°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。本项目距白姑鱼洄游通道最近约7.0km。

#### 图 4.2-7 白姑鱼产卵场和洄游通道分布

##### (2) 鲢

鲢属鲢科，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。5月主要在莱州湾及秦皇岛外海，6月主要分布在渤海中部，7月密集北移，集中于辽东湾和渤海中部，8月分布和7月基本一致，9月莱州湾和渤海湾鲢完全消失，密集区移到秦皇岛外海和辽东湾，10月分布在辽东湾和黄河口外，11月在莱州湾再次出现密集中心，12月仅在渤海中部有少量分布。产卵期是6月上、中旬。本项目位于鲢索饵场内。

#### 图 4.2-8 鲢产卵场、索饵场和洄游通道分布

##### (3) 黄姑鱼

黄姑鱼属石首鱼科，广泛分布于渤、黄、东、南海沿海及日本西部和韩国沿岸水域。为洄游性的暖温性底层鱼类，是洄游到渤海的重要经济鱼类之一。黄姑鱼5月出现于渤海，主群进入黄河口海区产卵，另有部分游向辽东湾大凌河口和滦河口海区产卵场。产卵后的鱼群在各产卵场附近水域分散索饵。6~7月产卵后密集鱼群消失，仅莱州湾、黄河口有数量不多的分布，8月莱州湾出现幼鱼密集中心，9~10月幼鱼数量增多，分布面进一步扩大，整个莱州湾、黄河口以及辽东湾南部均有分布，11月基本消失。黄姑鱼的产卵期为5~6月。本项目位于黄姑鱼的洄游通道上。

#### 图 4.2-9 黄姑鱼产卵场和洄游通道分布

##### (4) 中国毛虾

###### 1) 生活习性

中国毛虾在世界上分布范围较窄，仅分布于渤海和我国、朝鲜的黄海沿岸，以及我国东

海、南海沿岸，其它海域尚未发现。毛虾是一种生长迅速、生命周期短、繁殖力强、世代更新快、游泳能力弱的小型虾类，在生态习性上属于浮游动物类群，随潮流推移而游动于沿岸、河口和岛屿一带。适温范围为 11~25℃，适盐范围为 30~32‰。具有昼夜垂直与季节水平移动的特性，常年多生活于水质较肥的水域，不作长距离洄游。毛虾在莱州湾小型经济虾类资源中占有重要地位，常成群栖息于河口、港湾以及岛屿周围，水深不超过 20 米的泥沙底质浅海。

渤海所产毛虾全部是中国毛虾。目前，世界上已发现的毛虾共 17 种。我国分布有 6 种，即中国毛虾、日本毛虾、红毛虾、锯齿毛虾，中型毛虾和普通毛虾。我国以中国毛虾的产量最高，其次是日本毛虾，但日本毛虾和其它种类毛虾的产量远少于中国毛虾。中国毛虾属广温低盐种，喜栖息于盐度较低、透明度低的近岸河口水域，是我国沿海定置渔业的主要捕捞对象，其中渤海的产量最高。

## 2) 中国毛虾的世代和群体结构

### ①世代

分布于渤海的中国毛虾由两个独立的群体组成，即辽东湾群和渤海西部群。渤海区中国毛虾一年里产生两个世代。越冬的毛虾在 5 月下旬到 7 月中旬期间产卵，产卵盛期为 6 月。在这段时间里出生的毛虾称夏世代（或第一世代）。夏世代毛虾因生活在水温较高的季节里，生长速度较快，并且迅即发育成熟。夏世代毛虾的产卵期在每年的 7 月下旬到 9 月下旬，盛产卵期为 8 月。夏世代毛虾亲虾体长约比越年毛虾小 5mm 左右。由夏世代繁殖产生的后代则称为秋世代（或第二世代）。越年毛虾繁殖后大部分死亡消失；夏世代亲体经生殖后则有一部分能继续生存下来，并同秋世代一道度过冬季，成为来年夏世代的亲体。因中国毛虾一年产生两个世代，加之亲体生殖后出现死亡，所以它的寿命较短：短者仅有两个月；长者也不逾年。

### ②群体结构

因为毛虾的生命较短，加之一年里产生两个世代，所以捕捞群的群体结构比较简单。渤海区毛虾的渔期分春秋二汛：春汛自 3 月上旬到 6 月下旬；秋汛自 8 月下旬至 12 月上中旬（由于繁殖保护期的更改，春汛结束的时间和秋汛开始的时间相应有所变动）。春汛捕越年虾群，即上一年毛虾的秋世代和夏世代；秋汛捕的是当年的秋世代和夏世代。

## 3) 分布和移动

中国毛虾栖息于海水的中下层，夏季有时也上升到表层；春夏秋三季在分布区内随涨落潮往复。虽则它因游泳能力较弱，不进行远距离洄游，但也有明显的季节性定向移动。在渤海区，中国毛虾形成两部分独立的群体，通称辽东湾群和渤海西部群。辽东湾群终年不离开

辽东湾。

评价区域内的毛虾属渤海西部群，渤海西部群毛虾在渤海中西部的深水区越冬。2月下旬开始向近岸移动，分布范围广大。在向近岸移动过程中分为两支：南支向莱州湾移动，进入黄河口附近海区索饵、产卵；北支先移向大清河口渔场，最后进入黄骅歧口沿海。黄河口以西海区毛虾渔期在3月中下旬开始，5月中旬以后，开始是大体长毛虾，以后包括中型毛虾接近沿岸区产卵。6月份是越年虾群的产卵盛期，南堡、海河口、大口河口和莱州湾西部近岸水域也都是越年毛虾的产卵场。7月下旬后，剩余的越年虾群和夏世代幼虾离开近岸浅水区向较深水域转移，分布范围扩大，在渤海湾的中西部形成了中心渔场。8月虾群分布区不变，但已是夏世代毛虾的产卵盛期。9月份毛虾继续向前移动，产卵场扩大到渤海湾东部黄河口和大清河口附近海区。11月下旬，随着水温下降，渤海湾南部毛虾由西向东和东北移动集中，莱州湾西部毛虾向东北部集中，12月上旬起，虾群渐向越冬场转移。

毛虾为我国特有种类，我国沿海均有分布，尤以渤海沿岸产量最多。渤海西部毛虾群分布区较广，它是河北省、山东省惠民、昌潍地区以及天津市沿海架子网、橛张网等定置渔具的主要捕捞对象。渤海渔汛期为3~6月及9~12月。

#### 4) 洄游习性

毛虾具有明显的季节性移动。在渤海区，中国毛虾形成辽东湾群和莱州湾春汛所捕的毛虾属渤海西部群。渤海西部群毛虾在渤海中西部的深水区越冬，3月下旬开始向近岸移动，进入黄河口附近。5月中旬以后，大中型毛虾先后接近沿岸区产卵，6月份为产卵盛期。7月上旬后剩余的越年虾群利夏世代幼虾移向深水区，这种洄游习性形成春汛生产的依据，在进行春汛生产时，应合理安排生产，使资源得以持续利用。本项目距中国毛虾索饵场最近约8.8km。

### 图 4.2-10 中国毛虾产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道分布

#### (5) 蓝点马鲛

蓝点马鲛属鲛科，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。本项目距蓝点马鲛洄游通道最近约8.8km。

**图 4.2-11 蓝点马鲛产卵场和洄游通道分布**

(6) 三疣梭子蟹

梭子蟹属甲壳纲十足目梭子蟹科，因头胸甲呈梭子形，甲壳的中央有三个突起，所以又称“三疣梭子蟹”。为暖温性多年生大型蟹类动物，我国沿海均有分布，也是我国最大的一种蟹类。善于游泳，也会掘泥沙，常潜伏海底或河口附近，性凶猛好斗，繁殖力强，生长快。雄性脐尖而光滑，螯长大，壳面带青色；雌性脐圆有绒毛，壳面呈赭色，或有斑点。梭子蟹头胸甲梭形，宽几乎为长的 2 倍；头胸甲表面覆盖有细小的颗粒，具 2 条颗粒横向隆及 3 个疣状突起；额具 2 只锐齿；前侧缘具 9 只锐齿，末齿长刺状，向外突出。螯脚粗壮，长度较头胸甲宽长；长节棱柱形，雄性长节较修长，前缘具 4 锐棘。

梭子蟹的生殖活动分交配和产卵 2 次进行，7~8 月是越年蟹交配的盛期，当年生蟹的交配盛期在 9~10 月，可是直至翌年 6 月中旬产卵季节，仍有一定数量的幼蟹尚未交配。交配以后的雌体大量摄食，性腺迅速发育，至 11 月初离开近岸进行越冬洄游；翌年 4 月下旬底层水温升至 12℃时梭子蟹开始产卵，这时 60%以上梭子蟹雌体已经抱卵，卵块呈鲜艳的桔黄色，随着卵子的发育，约经 20 多天至 5 月下旬，卵子逐渐变为褐色或黑灰色，表示即将进入散仔孵化期，第一次散仔时间为 5 月底~6 月初；6 月中旬开始出现第二次产卵高峰，大部分雌体又开始抱卵，第二次抱卵孵化时间较第一次大为缩短，6 月下旬卵块即变为褐黑色并相继散仔。梭子蟹一般每年 2 次产卵，两次产卵的间隔时间为 45 天左右。本项目距三疣梭子蟹的越冬场最近约 8.4km。

**图 4.2-12 三疣梭子蟹产卵场和洄游通道分布**

(7) 中国对虾

①生活习性

中国对虾又称东方对虾，属节肢动物门，甲壳纲，十足目，对虾科，对虾属。是我国分布最广的对虾类，中国对虾属广温、广盐性、一年生暖水性大型洄游虾类，雄虾俗称“黄虾”，一般体长 155 毫米，体重 30—40 克；雌虾俗称“青虾”，一般体长 190 毫米，体重 75—85 克。对虾全身由 20 节组成，头部 5 节、胸部 8 节、腹部 7 节。除尾节外，各节均有附肢一对。平时在海底爬行，有时也在水中游泳。

②洄游情况

渤海湾对虾每年秋末冬初，便开始越冬洄游，到黄海东南部深海区越冬；翌年春北上，形成产卵洄游。4 月下旬开始产卵，怀卵量 30-100 万粒，雌虾产卵后大部分死亡。卵经过

数次变态成为仔虾，仔虾约 18 天经过数十次蜕皮后，变成幼虾，于 6—7 月份在河口附近摄食成长。5 个月后，即可长成 12cm 以上的成虾，9 月份开始向渤海中部及黄海北部洄游，形成秋收渔汛。其渔期在 5 月中旬至 10 月下旬。本项目海域位于中国对虾的索饵场内。

图 4.2-13 中国对虾索饵场和洄游通道分布

### 4.3 海洋环境质量现状回顾性评价

本次评价引用的历史调查资料概况见表 4.3-1。

2012年11月调查布设27个调查站位，其中水质调查站位27个，沉积物、海洋生态和生物质量调查站位18个。调查站位见图4.3-1。

2015年11月调查共设25个调查站位，其中水质调查站位25个，沉积物和海洋生态调查站位17个，生物质量调查站位12个。调查站位见图4.3-1。

2018年11月调查共设25个调查站位，其中水质调查站位25个，沉积物、海洋生态和生物质量调查站位17个。调查站位见图4.3-1。

表 4.3-1 本次评价引用的历史调查资料概况

编号	资料来源	调查时间	站位数	调查单位	调查单位资质	本次评价引用因子
1	《蓬莱 19-9 油田综合调整海洋环境影响环境质量现状调查报告》	2012 年 11 月	27 个水质调查站位，18 个沉积物、海洋生态和生物质量调查站位	青岛环海海洋工程勘察研究院	有 CMA 认证	水质、沉积物、海洋生态、生物质量
2	《PL19-3 油田 4 区调整/PL19-9 油田二期开发项目环境影响报告书》	2015 年 11 月	25 个水质调查站位，17 个沉积物和海洋生态调查站位，12 个生物质量调查站位	国家海洋局北海环境监测中心	有 CMA 认证	
3	《蓬莱 25-6 油田 3 井区开发可行性研究-秋季环境质量现状调查与评价报告》	2018 年 11 月	25 个水质调查站位，17 个沉积物、海洋生态和生物质量调查站位	国家海洋局北海环境监测中心	有 CMA 认证	

图 4.3-1 各期调查站位图

#### 4.3.1 海水水质状况回顾

(1) 各要素调查结果

**pH:** 2012 年 11 月、2015 年 11 月和 2018 年 11 月的调查结果略有波动，均在正常范围之内。三次调查结果显示，调查海域的海水 pH 均符合第一类海水水质标准要求。

**溶解氧:** 2015 年 11 月、2012 年 11 月和 2018 年 11 月调查结果显示，调查海域的海水

表层、中层和底层的溶解氧浓度均符合第一类海水水质标准要求。

**化学需氧量：**2015年11月调查结果显示，调查海域表层、中层和底层水体中的化学需氧量均符合第一类海水水质标准；2012年11月调查结果显示，调查海域表层和底层水体中的化学需氧量均符合第一类海水水质标准；2018年11月调查海域的表、中、底层海水化学需氧量均符合第一类海水水质标准。

**磷酸盐：**2012年11月调查结果显示，调查海域表层和底层水体中磷酸盐均符合第一类海水水质标准；2015年11月调查结果显示，调查海域表、中、底层水体中磷酸盐超标率分别为36.0%、32.0%和32.0%；2018年11月调查结果显示，调查海域的磷酸盐污染程度有所降低，调查海域仅在表层水体中存在磷酸盐超标现象，超标率为8.0%，但均符合第二（三）类海水水质标准。

**无机氮：**2012年11月调查结果显示，调查海域表层和底层水体中无机氮超标率均为100.0%；2015年11月调查结果显示，调查海域表、中、底层水体中无机氮超标率分别为12.0%、32.0%和16.0%；2018年11月调查结果显示，调查海域表层无机氮符合第一类海水水质标准，中层和底层水体中无机氮超标率分别为24.0%和12.0%，除P24和P25站中层超第二类海水水质标准，符合第三类海水水质标准外，其余均符合第二类海水水质标准。

**石油类：**本次调查结果与2012年11月、2015年11月调查结果相比，2018年11月石油类标准指数有所升高。2012年、2015年和2018年调查海域表层水体中石油类浓度均符合第一类海水水质标准。

**铜：**2012年11月、2015年11月和2018年11月的调查结果基本持平，均在正常范围之内。三次调查结果显示，调查海域的海水铜浓度均符合一类海水水质标准要求。

**铅：**2012年11月调查结果显示，调查海域表层和底层水体中铅的超标率均为100.0%；2015年11月调查结果显示，调查海域表、中、底层水体中铅的超标率分别为60.0%、40.0%和28.0%；2018年11月调查结果显示，调查海域表、中、底层水体中铅的超标率分别为92.0%、84.0%和84.0%。2018年调查海域表、中、底层水体铅的污染程度相较于2012年有所降低。

**锌：**2012年11月调查结果显示，调查海域表层和底层水体中锌的超标率均为3.7%；2015年11月调查结果显示，调查海域表、中、底层水体中锌的超标率均为24.0%、12.0%和24.0%；2018年11月调查结果显示，调查海域表、中、底层水体中锌超标率分别为72.0%、60.0%和56.0%。2018年相较于历史调查结果锌污染程度有所升高。

**镉：**2012年11月、2015年11月和2018年11月调查结果基本持平，三次调查结果显示，调查海域的海水镉浓度均符合一类海水水质标准要求。

**铬：**2012年11月、2015年11月和2018年11月调查结果基本持平，三次调查结果显示，调查海域的海水铬浓度均符合一类海水水质标准要求。

**汞：**2012年11月调查结果显示，调查海域表层和底层水体中汞的超标率均为100.0%；2015年11月调查结果显示，调查海域表、中、底层水体中汞的超标率均为16.0%；2018年11月调查结果显示，调查海域仅在中层水体中存在汞超标现象，超标率为4.0%。2018年相较历史调查结果，汞污染程度有所降低。

**砷：**2012年11月、2015年11月和2018年11月调查结果基本持平，三次调查结果显示，调查海域的海水砷浓度均符合一类海水水质标准要求。

**硫化物：**2012年11月、2015年11月和2018年11月调查结果基本持平，三次调查结果显示，调查海域的海水硫化物浓度均符合一类海水水质标准要求。

**挥发酚：**2012年11月、2015年11月和2018年11月调查结果相比基本持平，三次调查结果显示，调查海域的海水挥发酚浓度均符合一类海水水质标准要求。

通过类比分析可知，磷酸盐、无机氮以及重金属铅、锌、汞的污染问题仍是调查海域存在的主要污染问题。

**表4.3-2 水质各要素单因子标准指数值对比表（表层）**

类比项目	2012年11月				2015年11月				2018年11月			
	最小值	最大值	平均值	超标率(%)	最小值	最大值	平均值	超标率(%)	最小值	最大值	平均值	超标率(%)
pH												
DO												
COD												
磷酸盐												
无机氮												
油类												
铜												
铅												
锌												
镉												
铬												
汞												
砷												
硫化物												
挥发酚												

注：未调查用“-”表示。

表4.3-3 水质各要素单因子标准指数值对比表（10m层）

类比项目	2012年11月				2015年11月				2018年11月			
	最小值	最大值	平均值	超标率(%)	最小值	最大值	平均值	超标率(%)	最小值	最大值	平均值	超标率(%)
pH												
DO												
COD												
磷酸盐												
无机氮												
铜												
铅												
锌												
镉												
铬												
汞												
砷												
硫化物												
挥发酚												

注：未调查用“-”表示。

表4.3-4 水质各要素单因子标准指数值对比表（底层）

类比项目	2012年11月				2015年11月				2018年11月			
	最小值	最大值	平均值	超标率(%)	最小值	最大值	平均值	超标率(%)	最小值	最大值	平均值	超标率(%)
pH												
DO												
COD												
磷酸盐												
无机氮												
铜												
铅												
锌												
镉												
铬												
汞												
砷												
硫化物												
挥发酚												

注：未调查用“-”表示。

(2) 小结

分析结果表明，调查海域海水质量状况与历史状况基本相同，调查因子相对于历史状况均有不同程度的升高或降低。2018年11月调查活性磷酸盐超标率较2015年有所降低；2018年11月调查无机氮、铅和汞的超标率较2012年有所降低。2018年11月调查锌的超标率相较于历史调查结果有所升高。

### 4.3.2 沉积物质量回顾性评价

表层沉积物质量状况回顾同样选用 2012 年 11 月、2015 年 11 月和 2018 年 11 月共三次沉积物调查资料，对本海区沉积物环境质量比较分析。沉积物质量评价因子包括：石油类、汞、铜、铅、镉、铬、锌、砷、硫化物和有机碳。沉积物评价采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的第一类海洋沉积物质量标准。相关调查数据的对比分析统计结果如表 4.3-5 所示。

对比分析结果显示：三次调查表层沉积物中的有机碳、硫化物、铅、锌、镉、汞、铬均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中规定的第一类海洋沉积物质量标准限值的要求，调查海区沉积物质量较好。

表 4.3-5 沉积物标准指数（最大值）对比表

项目	2012 年 11 月			2015 年 11 月			2018 年 11 月		
	最大值	最小值	超标率%	最大值	最小值	超标率%	最大值	最小值	超标率%
石油类	■	■	■	■	■	■	■	■	■
铜	■	■	■	■	■	■	■	■	■
铅	■	■	■	■	■	■	■	■	■
镉	■	■	■	■	■	■	■	■	■
铬	■	■	■	■	■	■	■	■	■
锌	■	■	■	■	■	■	■	■	■
汞	■	■	■	■	■	■	■	■	■
砷	■	■	■	■	■	■	■	■	■
硫化物	■	■	■	■	■	■	■	■	■
有机碳	■	■	■	■	■	■	■	■	■

注：未调查用“-”表示。

### 4.3.3 海洋生物生态环境回顾性分析

根据 2012 年 11 月、2015 年 11 月和 2018 年 11 月三次海洋生态和生物质量调查资料，对本海区海洋生态和生物质量进行比较分析。

海洋生物生态质量评价因子包括：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、生物质量。

#### (1) 叶绿素a及初级生产力

叶绿素a及初级生产力数据的对比分析统计结果列于表4.3-6。三次秋季调查结果对比：

三次调查中，2018年11月调查叶绿素a含量平均值高于2012年11月和2015年11月调查。2018年11月和2012年11月调查初级生产力高于2015年11月。



优势种			

### (3) 浮游动物

由于2012年11月调查浮游动物未分别给出大型浮游动物和中小型浮游动物调查结果，因此仅对2015年11月和2018年11月调查结果进行对比分析。两次秋季调查结果对比：

#### ①大型浮游动物

与2015年秋季调查结果相比，本次调查大型浮游动物种类数有所增加，因此多样性指数也高于历史调查结果，本次调查平均生物量高于2015调查结果，生物密度及优势种与历史调查结果差异不大。

#### ②中小型浮游动物

与2015年秋季调查结果相比，本次调查中小型浮游动物种类数和密度平均值均有所增加，但由于夜光虫的大量出现使得本次调查多样性指数低于历史调查结果，本次调查优势种类与历史调查相比较单一，2015年秋季该海域中小型浮游动物优势种为3种，本次调查仅为1种，即夜光虫。

表 4.3-8 大型浮游动物资料汇总

分析内容		2015年11月	2018年11月
种类数			
浮游动物种类组成			
生物量 (mg/m <sup>3</sup> )	范围		
	平均值		
个体数量 (个/m <sup>3</sup> )	范围		
	平均值		
群落特征			
优势种			



--	--	--	--

#### 4.3.4 海洋生物质量状况回顾

历史调查均根据《海洋监测规范》的有关规定，进行生物体内的铜、铅、锌、镉、铬、砷、总汞、石油烃的分析。其中贝类（双壳）评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）中一类标准；其他软体动物（非双壳类）、鱼类及甲壳类执行《全国海岸带和海涂资源综合调整简明规程》及《第二次全国海洋污染基线调查技术规范》（第二分册）中的标准。

三次调查生物质量均未出现超标现象，表明该海域此类经济生物近年来未受到重金属和石油烃污染。

表 4.3-11 油田附近海域生物质量监测结果对比表

调查时间	站位	样品名称	检测项目							
			Cr	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	石油烃
2012年11月	P1	三疣梭子蟹	■	■	■	■	■	■	■	■
	P1	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
	P1	蝦虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P2	三疣梭子蟹	■	■	■	■	■	■	■	■
	P2	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
	P3	脉红螺	■	■	■	■	■	■	■	■
	P3	蝦虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P3	鰺鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P4	三疣梭子蟹	■	■	■	■	■	■	■	■
	P4	蝦虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P4	斑鯽	■	■	■	■	■	■	■	■
	P5	日本蟳	■	■	■	■	■	■	■	■
	P5	蝦虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P6	脉红螺	■	■	■	■	■	■	■	■
	P6	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
	2015年11月	P1	短蛸	■	■	■	■	■	■	■
P1		日本鼓虾	■	■	■	■	■	■	■	■
P3		长蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
P5		长蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
P5		矛尾刺虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
P5		日本鼓虾	■	■	■	■	■	■	■	■
P7		长蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
P7		六丝矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
P9		黄鮟鱇	■	■	■	■	■	■	■	■
P12		大泷六线鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
P14	短蛸	■	■	■	■	■	■	■	■	
P14	日本鼓虾	■	■	■	■	■	■	■	■	

	P14	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
	P17	短蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
	P17	黑君	■	■	■	■	■	■	■	■
	P19	六丝矛尾虾 虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P19	日本鼓虾	■	■	■	■	■	■	■	■
	P21	黑君	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	蓝无壳侧鳃	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	日本鼓虾	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	焦氏舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
	P23	六丝矛尾虾 虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P25	长蛸	■	■	■	■	■	■	■	■
	P25	焦氏舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
	P25	口虾蛄	■	■	■	■	■	■	■	■
2018 年 11 月	P5	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P5	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P3	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P3	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P1	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P1	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P9	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P9	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P8	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P8	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P7	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P7	短吻红舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
	P14	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P14	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P13	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P13	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P12	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P12	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P11	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P11	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P15	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P15	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P19	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P19	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P18	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P18	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
	P17	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P17	短吻红舌鳎	■	■	■	■	■	■	■	■
	P25	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■
	P25	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■
P23	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■	
P23	矛尾虾虎鱼	■	■	■	■	■	■	■	■	
P21	日本枪乌贼	■	■	■	■	■	■	■	■	
P21	黄鲫	■	■	■	■	■	■	■	■	

注：“-”表示未检出。

### 4.3.5 渔业资源状况回顾

渔业回顾资料采用海油研究总院《PL19-3 油田 4 区调整/PL19-9 油田二期开发项目环境影响报告书》中的 2015 年 5 月 14 个站位的调查数据和中国水产科学研究院黄海水产研究所和山东省海洋资源与环境研究院在本海区 2018 年 5 月 12 个站位的调查数据。

图 4.3-2 渔业资源回顾站位图

种类数：2018 年 5 月调查鱼类种类数高于 2015 年 5 月调查，两次调查头足类种类数一致，2018 年 5 月调查甲壳类、鱼卵、仔稚鱼种类数均低于 2015 年 5 月调查。

渔获量和密度：2018 年 5 月调查鱼类、头足类、甲壳类（虾类成体、蟹类成体、蟹类幼体）、鱼卵平均密度均低于 2015 年 5 月调查。2018 年 5 月调查甲壳类（虾类幼体）、仔稚鱼平均密度高于 2015 年 5 月调查。

表 4.3-12 调查海区鱼类调查结果的比较

项目	2015 年 5 月	2018 年 5 月
种类数	■	■
平均密度	■	■

表 4.3-13 调查海区头足类调查结果的比较

项目	2015 年 5 月	2018 年 5 月
种类数	■	■
平均密度	■	■

表 4.3-14 调查海区甲壳类调查结果的比较

项目	2015 年 5 月	2018 年 5 月
种类数	■	■
平均密度	■	■

表 4.3-15 调查海区鱼卵仔稚鱼调查结果的比较

项目	2015 年 5 月	2018 年 5 月
种类数	■	■
平均密度	■	■

### 4.3.6 环境影响回顾性分析结论

通过对 PL19-3 油田周边海域环境质量回顾分析，得出以下结论：

(1) 经 2012 年~2018 年共计三次在 PL19-3 油田周边海域的环境质量调查回顾分析，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

有调查站位的沉积物和生物质量处于稳定状态，均满足相应的标准限值。

(2) 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，工程周边海洋生态基本处于正常范围内。

(3) 调查海域各期调查中渔业资源调查结果总体一致。

## 5 环境敏感区（点）和环境保护目标分析

### 5.1 海洋环境功能区划及相关规划符合性分析

#### 5.1.1 海洋功能区划符合性

##### （一）与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析

根据《全国海洋主体功能区规划》（2015年8月1日），本项目位于重点开发区域中海洋工程与资源开发区。“海洋工程和资源开发区”的定义为“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。”该区域要求“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”。

本项目位于“内水和领海主体功能区—重点开发区域”，通过工程分析、环境现状分析、环境影响分析等方面开展环境影响评价工作，本工程仅在施工期对周边海洋环境造成短暂的影响，不会增加长期环境影响。施工期产生的生活污水经处理达标后排放，固体废物和船舶机舱含油污水运回陆上处理；同时优化施工进度计划，避开工程海域主要经济鱼类的产卵盛期，油田各期开发过程中均进行了海域使用论证和环境影响评价。此外，建设单位制定了溢油应急计划；定期监测各设施外排污染物的排放浓度；依托现有跟踪监测计划，定期对工程所在海域的海水水质、沉积物、海洋生物生态进行跟踪监测，跟踪监测执行情况见7.7.4.3节。因此，本工程建设符合《全国海洋主体功能规划》。

##### （二）与《山东省海洋主体功能区规划》的协调性分析

根据山东省人民政府发布的《山东省海洋主体功能区规划》【鲁政发〔2017〕22号】：按照不同区域的海洋资源环境承载能力、现有开发强度和未来发展潜力，遵循全国海洋主体功能区布局，在衔接陆域主体功能区的基础上，对每一主体功能区进行综合评价，将全省海洋国土空间分为优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类区域。

本工程位于《山东省海洋主体功能区规划》之外，相对位置关系见图5.1-1。距离最近的区域为“长岛县海域”，XXXXXXXXXX。

本工程最远影响距离为1.02km，本工程建设不会破坏海岸线和海岛的生态环境，不与该区域的功能定位相冲突，与《山东省海洋主体功能区规划》相协调。

图 5.1-1 本工程与《山东省海洋主体功能区规划》的位置示意图

### （三）与《全国海洋功能区划》的符合性分析

根据《全国海洋功能区划（2011~2020年）》，本工程位于渤海中部海域。渤海中部海域是我国重要的海洋矿产资源利用区域，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。

本项目铺设2条海底管道，属于矿产与能源开发，因此，本工程符合《全国海洋功能区划（2011~2020年）》的要求。

### （四）与《山东省海洋功能区划》的协调性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020）》，本项目位于山东省海洋功能区划范围之外，见图5.1-2。距离最近的功能区为“A1-12 长岛北农渔业区”。

本工程最远影响距离为1.02km，本工程建设与《山东省海洋功能区划》相协调。

### 图 5.1-2 本工程与《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》的位置示意图

### （五）与《山东省渤海海洋生态红线区划定方案》的协调性分析

根据山东省人民政府发布的《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》【鲁政办发（2013）39号】，本工程位于山东省渤海海洋生态红线区外，见图5.1-3。距离最近的功能区为“XZ1-6 长岛自然保护区限制区”，该区域的管控措施为按照《中华人民共和国自然保护区条例》和《海洋自然保护区管理办法》进行管理。

本工程最远影响距离为1.02km，本工程建设与《山东省渤海海洋生态红线区划定方案》相协调。

### 图 5.1-3 本工程与《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》的位置示意图

### （六）与《山东省海洋生态环境保护规划》的协调性分析

《山东省海洋生态环境保护规划（2018~2020）》将山东省海域规划成自然保护地、海洋特别保护区、重要河口生态系统、重要滨海湿地、重要渔业海域、特别保护海岛、自然景观与历史文化遗迹、重要砂质岸线及邻近海域、沙源保护海域、重要滨海旅游区、一般渔业海域、一般滨海旅游区、保留区、港口航运区、工业与城镇用海区、矿产与能源区、特殊利用区等17类341个分区，进行分区管控。

本项目位于《山东省海洋生态环境保护规划（2018~2020）》之外，

相对关系见图 5.1-4。本工程最远影响距离为 1.02km，本工程建设与《山东省海洋生态环境保护规划（2018~2020）》相协调。

图 5.1-4 本工程与《山东省海洋生态环境保护规划（2018~2020）》的位置示意图

## 5.1.2 相关规划符合性

### （一）国家产业政策符合性分析

本工程为油田混输管道更换项目，为海洋油气勘探开采项目的附属工程，属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中鼓励类“常规石油、天然气勘探及开采”，因此，本项目的建设符合国家产业政策。

### （二）渤海环境保护总体规划（2008-2020年）

2009年发布的《渤海环境保护总体规划》中提出要“有效控制船舶、港口污染，进一步加强石油平台和倾废监管”，加强海洋工程污染防治和保护区建设，强化油气开发区的环境管理，要“在石油平台上设置溢油探测，以监测油气开发区的污染发生及处理状况”，要“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，建设渤海污染防治与生态保护系统，力求通过5~15年的治理，使渤海环境保护工作上一个新台阶”等内容。

本项目施工期间生产垃圾和生活垃圾分类收集后全部运回陆地处理。此外，中海石油（中国）有限公司蓬勃作业公司已制订溢油应急计划，并提交原国家海洋主管部门备案。根据应急计划，油田作业者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，生产工艺系统中设置了自动报警及相应的应急单元关断系统，并按照应急计划配备了溢油应急设备。

因此，本项目与《渤海环境保护总体规划（2008-2020年）》相符合。

### （三）中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，十三五期间，将建设现代能源体系，推动能源结构优化升级，加强陆上和海上油气勘探开发，有序开放矿业权，积极开发天然气、煤层气、页岩油（气）。拓展蓝色经济空间，科学开发海洋资源，加强海洋资源勘探与开发。本项目属于海上油气开发工程，符合国家十三五规划纲要的要求。

### （四）山东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要

根据《山东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，十三五期间山东省将实施建设海洋强省战略，其中对完善海洋经济体系的描述中明确指出，要“大力发展深水海洋资

源开采、海洋可再生能源、海上浮式石油、海上后勤补给等装备，打造海工装备制造产业集群。加大海洋油气勘探力度，有序推进海上风电基地建设，积极推进潮汐、潮流等海洋能利用产业化进程。加快海洋化工集聚、集约、精细化发展，推动企业兼并重组，建设盐化工一体化示范工程。实施海上石油钻井平台、港口深水航道、防波堤、跨海桥隧、海底线路管道和设备安装等重大海洋工程。”本工程属于海上油气田开发项目附属工程，工程开发建设将使该区域油气资源得到有效利用，将促进工程周边地区相关产业（如石油化工业、港口航运业、装备制造业、建筑业等）的发展，带动当地国民经济发展，符合山东省十三五规划纲要的要求。

#### （五）能源发展战略行动计划（2014-2020年）

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

#### （六）全国海洋生态环境保护规划（2017年-2020年）

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。

——坚持质量改善、协力净海。以着力解决群众反映强烈的突出环境问题、改善海洋生态环境质量根本，抓好区域一流域一海域的联防联控与系统治理，坚持污染防治和生态修复并举，确保海洋生态环境质量企稳向好，坚决打赢海洋生态环境污染治理的攻坚战。”

本工程施工期间产生的船舶机舱含油污水、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，混输管道铺设产生的悬浮沙影响范围小，影响时间短暂且可恢复。运营期无污染物产生。工程施工期和运营期产生的污染物均得到合理处置，做到了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进行了分析，并核算了补偿金额。本工程拟制定生态修复计划，开展增殖放等生态修复措施，做到了坚持污染防治和生态修复并举。因此，与《全国海洋生态环境保护规划（2017年-2020年）》相符合。

### （七）渤海综合治理攻坚战行动计划

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，生态环境部、发展改革委、自然资源部制定了《渤海综合治理攻坚战行动计划》。

项目施工期，船舶机舱含油污水根据《沿海海域船舶排污设备铅封程序规定》，运回陆上交由有资质单位接收处理。施工期间产生的生活污水经船舶和平台上的生活污水处理装置处理达标后排海。生活垃圾、生产垃圾全部运回陆上处理，不向海洋倾倒垃圾。项目不涉及围填海、不涉及生态红线。管道铺设挖沟采取尽量避开海洋生物保护期等措施。目前建设单位正在开展环境影响评价工作，并提出了生态补偿方案及生态保护措施。建设单位已经编制了《蓬莱油田溢油应急计划》，建设单位根据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，建设单位制定相应的管道保护和检测程序，定期对混输管线进行不定期局部检测和定期全面检测。

综上所述，工程建设符合《渤海综合治理攻坚战行动计划》的相关要求。

**表 5.1-1 项目与渤海综合治理攻坚战行动计划符合性分析**

文件要求		符合性分析	是否相符
（二） 海域污染治理行动	9.船舶污染治理 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。	项目施工期，船舶机舱含油污水根据《沿海海域船舶排污设备铅封程序规定》，运回陆上交由有资质单位接收处理。施工期间产生的生活污水经船舶和平台上的生活污水处理装置处理达标后排海。	符合
	11.海洋垃圾污染防治 …。严厉打击向海洋倾倒垃圾的违法行为，禁止垃圾入海…	生活垃圾、生产垃圾全部运回陆上处理，不向海洋倾倒垃圾。	
（三） 生态保护修复行动	13.生态保护修复行动 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	项目不涉及围填海。 不涉及生态保护红线。	
	15.海洋生物资源养护 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。	管道铺设挖沟采取尽量避开海洋生物保护期等措施。目前建设单位正在开展环境影响评价工作，并提出了生态补偿方案及生态保护措施。	

文件要求		符合性分析	是否相符
(四) 环境风险防范行动	17.海上溢油风险防范 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。	建设单位已经编制了《蓬莱油田溢油应急计划》,建设单位根据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,建设单位制定相应的管道保护和检测程序,定期混输管道进行不定期局部检测和定期全面检测。	

## 5.2 主要环境敏感目标分布

根据本油田开发工程所处海域的位置、开发规模和特点、所采取的污染防治措施,并借鉴其它海上油田开发工程的实践经验,可知本油田开发工程在正常海上施工期和生产运营期,将对海洋环境造成局部、轻微影响。但在溢油事故发生时,可能会对周围海域和附近环境敏感目标造成严重影响。

PL19-3 油田附近海域主要环境敏感目标分布见表 5.2-1 和图 5.2-1~图 5.2-2。本项目距离敏感目标较远,周边 20km 内的敏感目标主要为渔业“三场一通道”。

表 5.2-1 环境敏感目标统计

敏感区类型	敏感目标名称		相对本项目		主要保护对象	敏感期
			方位	最近距离 (km)		
渔业“三场一通道”	索饵场	鳀索饵场	位于其中		鳀	/
		中国对虾索饵场	位于其中		中国对虾	/
	洄游通道	黄姑鱼洄游通道	位于黄姑鱼洄游通道上		黄姑鱼	/

图 5.2-1 环境敏感目标分布 (保护区)

图 5.2-2 环境敏感目标分布 (红线区)

## 6 环境影响预测分析与评价

根据工程分析，施工期污染物为悬浮沙、机舱含油污水、新管清洗试压水、原海管清洗废液、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等。机舱含油污水、生活垃圾和生产垃圾运回陆地处理；悬浮沙自然回填消散；生活污水经施工船舶和平台的生活污水处理装置处理达标后排海；原海管清洗废液输送到生产水处理系统处理；新海管清洗试压水直接排海。生产运行期无污染物产生。

因此，施工期机舱含油污水、清洗废液、生活垃圾和生产垃圾等对海洋环境不会产生影响。本报告重点论述施工期产生的悬浮沙、清管试压水和生活污水对海洋环境的影响。

### 6.1 水动力影响分析与评价

本工程铺设 2 条管道埋于海床以下 1.5m，挖沟挖起的泥沙在海流和重力作用下自然回填，施工结束后基本恢复原来的海底沉积物环境。海底管道路由区地形比较平坦，地质和海洋环境相对比较稳定，一般不会发生冲刷和重力作用下的滑移。因此，工程的建设对附近海域的水动力状况（包括潮汐、海流、波浪、余流，纳潮量等）和泥沙输移基本不产生影响。

### 6.2 海底地形地貌与冲淤环境影响分析

本工程铺设 2 条管道埋于海床以下 1.5m，挖沟挖起的泥沙在海流和重力作用下自然回填，施工结束后基本恢复原来的海底沉积物环境。铺设海底管道挖起的海底泥沙短时间堆积于海底管道两侧，在海流和重力作用下回填于管沟和缆沟，海底管道路由区沉积物环境基本可以恢复。根据油田海域海底地质、地貌及冲刷现状，海底管道路由区地形比较平坦，地质和海洋环境相对比较稳定，一般不会发生冲刷和重力作用下的滑移。工程不会对邻近海域的海底地形地貌以及冲淤环境造成明显的不良影响。

### 6.3 水质影响分析与评价

#### （1）悬浮泥沙的影响

本项目新建管道 WHPD~RUP、WHPE~RUP 混输海管与《PL19-3 油田 1/3/8/9 区块综合调整项目环境影响报告书》(批复见附件 6)中 WHPV 平台~RUP 平台的注水管道走向相似，《PL19-3 油田 1/3/8/9 区块综合调整项目环境影响报告书》中采用平面二维数值模型研究工

程海域的潮流场运动及海域污染物扩散影响。WHPV 平台~RUP 平台的注水管道施工产生的悬浮泥沙的影响为数值模拟预测结果。

根据工程分析，本项目管道铺设施工时悬浮沙主要产生在后挖沟作业环节，管道后挖沟作业采用射流式挖沟机，按平均铺设速度 1m/min，本项目新建管道 WHPD~RUP、WHPE~RUP 与 WHPV~RUP 的管道走向相似，其对海洋环境中水质的影响预引用铺设 WHPV~RUP 管道时悬浮泥沙排放的预测结果进行类比分析，类比情况见表 6.3-1。

表 6.3-1 引用和类比条件比较

工程类型	管道走向	长度	平均水深	潮流	悬浮泥沙	
					排放量 (m <sup>3</sup> )	排放速率 (kg/s)
本工程 WHPD~RUP 混输管道	■	■	■	■	■	■
本工程 WHPE~RUP 混输管道	■	■	■	■	■	■
《PL19-3 油田 1/3/8/9 区块综合调整项目环境影响报告书》中 WHPV~RUP 注水管道	■	■	■	■	■	■



图 6.3-1 类比对象与本项目的相对位置关系

《PL19-3 油田 1/3/8/9 区块综合调整项目环境影响报告书》中预测结果：

PL19-3 油田附近的潮流由东偏南向西偏北方向流动。PL19-3 WHPV 至 PL19-3 RUP 混输海底管道施工期间超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为 1.02km；影响的总面积（包络线面积）为 2.38km<sup>2</sup>；超三类水质包络线面积分别为 0.20km<sup>2</sup>；超四类水质海域包络线面积分别为 0.11km<sup>2</sup>。海底管道施工作业停止 12.2h 整个海域满足一类海水水质标准。具体结果见表 6.3-2 和表 6.3-3。

**表 6.3-2 悬浮泥沙预测结果**

海底管道	超一（二）类 (km <sup>2</sup> )	超三类 (km <sup>2</sup> )	超四类 (km <sup>2</sup> )	离管线最远距离 (km)	恢复一类水质时间 (h)
PL19-3 WHPV 至 RUP 注水管道	2.38	0.20	0.11	1.02	12.2

**表 6.3-3 不同超标倍数包络面积(km<sup>2</sup>)**

海底管道	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi>9
PL19-3 WHPV 至 RUP 注水管道	0.90	0.91	0.38	0.20

**本工程引用和类比分析结果：**本工程管道走向与类比对象相似，且止于同一个点，悬浮泥沙排放的水动力条件不变，且排放速率均小于类比对象，根据管道长度保守估计类比本项目管道铺设造成的悬浮泥沙扩散的影响结果，具体见表 6.3-4 和表 6.3-5。

**表 6.3-4 本次工程悬浮泥沙类比影响结果**

海底管道	超一（二）类 (km <sup>2</sup> )	超三类 (km <sup>2</sup> )	超四类 (km <sup>2</sup> )	离管线最远距离 (km)	恢复一类水质时间 (h)
PL19-3 WHPD 平台至 RUP 平台混输管道	5.95	0.50	0.28	1.02	12.2
PL19-3 WHPE 平台至 RUP 平台混输管道	2.83	0.24	0.13	1.02	12.2

**备注：按长度进行类比结果**

**表 6.3-5 不同超标倍数包络面积(km<sup>2</sup>)**

海底管道	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi>9
PL19-3 WHPD 平台至 RUP 平台混输管道	2.25	2.28	0.95	0.50
PL19-3 WHPE 平台至 RUP 平台混输管道	1.07	1.08	0.45	0.24

**备注：按长度进行类比结果**

(2) 施工期清洗废液和清管试压水对水质影响分析

本工程施工期清洗废液经生产水处理系统处理达标后回注地层，不会对海水水质环境产生影响。

清管试压水为海水，目的在于冲洗沉积在管道底部的沙土及管道内壁浮锈。不属于含油污水，试压合格后试压水直接排海，对海水水质环境影响较小。

(3) 施工期生活污水对水质影响分析

本工程施工期产生的生活污水经施工船舶和平台上的生活污水处理设施处理达到标后排海，且污水仅在施工期排放，影响是暂时的，因此，本工程施工期的生活污水对海水水质环境影响很小。

## 6.4 沉积物影响分析与评价

根据《PL19-3 油田 1/3/8/9 区块综合调整项目环境影响报告书》中施工期间对沉积物的影响结果，在铺管期间，挖起来的沉积物被堆积在管沟两侧，挖沟结束后，在海水运动作用下将逐渐回填于管沟。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，本工程管道施工过程中沉积物被挖起和覆盖，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。

**本工程类比分析结果：**本项目工程区与类比工程区距离较近，海洋水文动力条件及海底表层沉积物类型在很大程度上具有相似性，管道铺设后挖沟作业与类比对象施工工艺相同，因此，本工程施工搅起的悬浮沙覆盖 2cm 厚度的范围不会超过 0.24km<sup>2</sup>。

## 6.5 海洋生态影响分析与评价

本工程对生态环境的影响主要表现为施工期管道铺设产生的悬浮泥沙对浮游生物、底栖生物、鱼卵、仔稚鱼和渔业资源造成的损害。

### (1) 对浮游生物的影响分析与评价

由于海底管道铺设采用高压水冲射挖沟作业，掀起的小颗粒轻物质悬浮于水中，使海水浑浊度增加，透明度降低，致使光合作用降低，影响浮游植物的生长繁殖，基础生产力将受到影响。但由于底质多以粉砂质为主，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。

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。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。

### (2) 对底栖生物的影响分析与评价

挖沟所破坏的海底面积及管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线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。

本项目铺设海底管线阶段对底栖生物主要的影响是挖沟所破坏的海底对底栖生物的直接破坏及作业时所搅起的沉积物引起悬浮物超标。按照预测结果，铺设海管悬浮沙覆盖范围内底栖生物可能受到一定程度的掩埋。

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管沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成较大的破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物并影响沿管线一带的海底生态环境。但随着施工结束以及时间的推移，管线路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。

### （3）对鱼卵和仔稚鱼的影响分析与评价

海域悬浮物含量超标，对渔业资源的影响是多方面的，它不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮物颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍有水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低；悬浮物含量超标能使浮游植物繁殖受阻，导致水域基础生产力下降，减少鱼类的饵料生物，从而影响到鱼类的正常索饵；另外，悬浮物超标还会改变鱼类的洄游和摄食行为。由于本工程施工期间悬浮物影响范围较小和时限较短，工程所在海域鱼类的规避空间大，因此施工悬浮物对该海域渔业资源的影响不大。

### （4）小结

针对施工对海洋生态产生的影响，加快施工进度、缩短施工时间。同时，施工过程中，应完善环保设施，采取积极措施，严格按照达标排放，尽量减少污染物质对海洋环境的影响。

## 6.6 工程对海洋生物资源损害评估及补偿

### 6.6.1 生物资源损失评估方法及参数

依据 SC/T 9110-2007 中的 6.4.2 节评估方法，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。本项目管道铺设挖沟悬浮沙排放持续时间小于 15 天，因此，按一次性平均受损量评估。评估的生物资源包括底栖生物和渔业资源（鱼卵、仔稚鱼、鱼类、甲壳类和头足类）。

#### （一）一次性平均受损量评估方法

当污染物浓度增量超过《渔业水质标准》（同《海水水质标准》第一类标准）标准值时，其损害按以下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

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

$D_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源密度，单位为尾/平方千米、个/平方千米或千克/平方千米（kg/km<sup>2</sup>）；

$S_j$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区面积，单位为平方千米（km<sup>2</sup>）；

$K_{ij}$ ——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（%）；生物资源损失率取值参见该标准附录 B；

$n$ ——某一污染物浓度增量分区总数。

## （二）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>)。本报告中指悬浮沙覆盖厚度不小于 2cm 的区域面积。

## （三）各类生物的损失率

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），生物损失率见表。

表 6.6-1 渔业资源损失率

污染物超标倍数（ $B_i$ ）	各类生物损失率（%）		
	鱼卵、仔稚鱼	游泳动物幼体	游泳动物成体
$B_i \leq 1$ （10~20mg/L）	5	5	1
$1 < B_i \leq 4$ （20~50mg/L）	5	5	5
$4 < B_i \leq 9$ （50~100mg/L）	30	30	10
$B_i \geq 9$ （>100mg/L）	50	50	20

(四) 生物资源密度

渔业资源生物密度取自 2018 年 5 月的调查数据。

表 6.6-2 渔业生物密度

种类	2018 年 5 月
鱼卵 (粒/m <sup>3</sup> )	0.4
仔稚鱼 (尾/m <sup>3</sup> )	0.19
幼鱼 (尾/km <sup>2</sup> )	1011
头足类幼体 (尾/km <sup>2</sup> )	85
甲壳类幼体 (尾/km <sup>2</sup> )	5180
鱼类成体 (kg/km <sup>2</sup> )	56.86
头足类成体 (kg/km <sup>2</sup> )	11.30
甲壳类成体 (kg/km <sup>2</sup> )	105.38

(五) 超标面积取值和水深

根据 6.3 节悬浮沙扩散类比测结果, 超标面积见表 6.6-3, 计算水深取 27.5 米。

表 6.6-3 悬浮沙超标面积及覆盖面积(km<sup>2</sup>)

管道	超标倍数	0~1	1~4	4~9	≥ 9	覆盖厚度>2cm 面积
	两条管道合计	3.32	3.36	1.40	0.74	

### 6.6.2 生物资源损失评估方法及参数

(一) 混输管道铺设对底栖生物的损失估算

悬浮沙覆盖厚度>2cm 的影响范围内损失率按 100%计, 根据现状资料, 底栖生物密度为 8.4 g/m<sup>2</sup>, 采用悬浮沙覆盖厚度不小于 2cm 的区域面积进行损失计算。

表 6.6-4 混输管道铺设造成底栖生物损失量估算

管线	覆盖厚度>2cm		底栖生物损失量(t)
	面积(km <sup>2</sup> )	损失率%	
两条管道合计	0.24	100	2.02

(二) 混输管道铺设对渔业生物的损失估算

按一次性平均受损量公式估算本工程混输管道铺设对渔业生物资源造成的损失, 具体结果见表 6.6-5。

表 6.6-5 施工期悬浮泥沙排放造成的渔业资源损失量

类别	资源密度	悬浮泥沙超标倍数 (Bi)	悬浮泥沙超标面积 (km <sup>2</sup> )	损失率 (%)	损失量
鱼卵	0.4 粒/m <sup>3</sup>	Bi≤1	3.32	5	1826000 粒
		1<Bi≤4	3.36	5	1848000 粒
		4<Bi≤9	1.40	30	4620000 粒
		>9	0.74	50	4070000 粒
仔稚鱼	0.19 尾/m <sup>3</sup>	Bi≤1	3.32	5	867350 尾
		1<Bi≤4	3.36	5	877800 尾
		4<Bi≤9	1.40	30	2194500 尾
		>9	0.74	50	1933250 尾

幼鱼	1011 尾/km <sup>2</sup>	Bi≤1	3.32	5	168 尾
		1<Bi≤4	3.36	5	170 尾
		4<Bi≤9	1.40	30	425 尾
		>9	0.74	50	374 尾
头足类幼体	85 尾/km <sup>2</sup>	Bi≤1	3.32	5	14 尾
		1<Bi≤4	3.36	5	14 尾
		4<Bi≤9	1.40	30	36 尾
		>9	0.74	50	31 尾
甲壳类幼体	5180 尾/km <sup>2</sup>	Bi≤1	3.32	5	860 尾
		1<Bi≤4	3.36	5	870 尾
		4<Bi≤9	1.40	30	2176 尾
		>9	0.74	50	1917 尾
鱼类成体	56.86kg/km <sup>2</sup>	Bi≤1	3.32	1	1.89kg
		1<Bi≤4	3.36	5	9.55 kg
		4<Bi≤9	1.40	10	7.96 kg
		>9	0.74	20	8.42 kg
头足类成体	11.3kg/km <sup>2</sup>	Bi≤1	3.32	1	0.38 kg
		1<Bi≤4	3.36	5	1.90 kg
		4<Bi≤9	1.40	10	1.58 kg
		>9	0.74	20	1.67 kg
甲壳类成体	105.38kg/km <sup>2</sup>	Bi≤1	3.32	1	3.50 kg
		1<Bi≤4	3.36	5	17.70 kg
		4<Bi≤9	1.40	10	14.75 kg
		>9	0.74	20	15.60 kg

表 6.6-6 本工程造成的海洋生物资源损失量

生物种类	损失量
底栖生物 (t)	2.02
鱼卵 (粒)	12364000
仔稚鱼 (尾)	5872900
幼鱼 (尾)	1136
头足类幼体 (尾)	96
甲壳类幼体 (尾)	5822
鱼类成体 (kg)	27.82
头足类成体 (kg)	5.53
甲壳类成体 (kg)	51.55

### 6.6.3 海洋生物资源经济损失

工程对海洋生物资源的影响主要表现在施工阶段管道铺设产生的悬浮沙对渔业生物资源损害，以及对周围区域的掩埋造成底栖生物死亡。

本节将根据类比分析结果和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)，估算本工程在建设过程中对海洋生物资源可能造成的损害。

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》的规定：“一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍”，施工阶段悬浮泥沙排放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

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵、仔稚鱼经济价值按公式（1）计算：

$$M = W \times P \times E \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$M$ ——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额；

$W$ ——鱼卵和仔稚鱼损失量；

$P$ ——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（%）；

$E$ ——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渔业生物经济价值计算

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，为 ■■■/t。幼鱼的价格接近三年主要鱼类苗种平均价格 ■■■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 ■■■元/kg 计算；头足类幼体折算为 0.020kg/尾，价格按 ■■■元/kg 计算。

本工程海洋生物资源经济损失额合计见表 6.6-7。

表 6.6-7 本工程造成的海洋生物资源价值估算

生物种类	损失量	成活率	单价	补偿年限	补偿金额（万元）
底栖生物（t）	2.02	100%	1.2 万/t	3 倍	■■■
鱼卵（粒）	12364000	1%	0.8 元/尾		■■■
仔稚鱼（尾）	5872900	5%	0.8 元/尾		■■■
幼鱼（尾）	1136	100%	0.8 元/尾		■■■
头足类幼体（尾）	96	100%	0.8 元/尾		■■■
甲壳类幼体（尾）	5822	100%	0.8 元/尾		■■■
鱼类成体（kg）	27.82	100%	1.2 万/t		■■■
头足类成体（kg）	5.53	100%	30 元/kg		■■■

甲壳类成体 (kg)	51.55	100%	40 元/kg		
合计					

### 6.6.4 小结

根据本节对工程施工对海洋生态的影响分析与评价，施工期间悬浮泥沙的排放期很短，影响范围有限，且排放后短时间内即可恢复到一类水质水平。本工程悬浮泥沙的排放期造成底栖生物损失估算不超过 2.02t，鱼卵损失量不超过 12364000 粒，仔稚鱼损失量不超过 5872900 尾，幼鱼损失量不超过 1136 尾，头足类幼体损失量不超过 96 尾，甲壳类幼体不超过 5822 尾，鱼类成体损失量不超过 27.82kg，头足类成体不超过 5.53kg，甲壳类成体损失量不超过 51.55kg。

施工期间产生的悬浮沙影响范围较小，时限较短，对浮游生物、底栖生物和渔业资源影响很小，故本工程施工对海洋生态环境的影响是可接受的。

## 6.7 环境敏感目标的影响分析与评价

根据环境敏感目标识别结果，PL19-3 油田距离敏感目标距离较远。根据前述类比分析，本工程悬浮沙增量超过 10mg/L 的影响范围较小，最远影响距离为 1.02km。因此，工程对周边环境敏感目标基本不产生影响。

## 6.8 环境事故风险分析与评价

### 6.8.1 风险识别

本工程在施工和生产阶段有可能导致油气泄漏的事故包括施工船舶碰撞溢油事故、新建管道跨越现存海管时导致现存原油管道泄漏风险、原混输管道清管作业引起的溢油事故、海底管道与立管破裂泄露、以及海底管道封存后漂离原地的风险等。

#### 6.8.1.1 施工期风险识别

##### (1) 船舶碰撞溢油

施工期主要使用施工船舶作业，最可能发生的风险事故是船舶碰撞溢油事故。在施工阶段主要有铺管船、管线吹扫船舶、挖沟船舶、立管膨胀弯安装船等，船舶与过往船只、平台及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。

##### (2) 施工对交越管线造成损坏引起的溢油事故风险

本工程拟建管道将与原海缆发生跨越。施工时若射流式挖沟机刀片触碰到已建管缆，容易对管缆造成损伤，引发停电或溢油事故。此外，跨越点处理时如果对管缆位置定位不准

确，也可能导致水泥压块及两侧沙袋填实区覆盖位置偏离设计就位点，致使原管道承受荷载大于设计值而发生管道破裂溢油。

### (3) 原混输管道清管作业引起的溢油事故

原有混输管道清管作业时，可能因为清管器后压力过大造成管道破裂，从而导致油气泄漏。在实施清管作业时，应随时掌握推球压差的变化情况，保证将清管器后压力控制在允许最高工作压力以下，以防止压力过大造成管道破裂，从而导则油气泄漏。

## 6.8.1.2 运营期风险识别

### (1) 海管与立管破裂溢油事故

海底输油管道可能因穿孔、破裂等事故导致油气泄漏。导致海底管道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、施工船舶误抛锚、人员误操作、自然灾害等。

### (2) 海底管道封存后漂离原地的风险

本次拟更换的混输管道为挖沟方式埋设，根据填埋工艺，海底管道距离海床表面为 1.5m，仅在管道两侧平台端管道埋深较小，生产运营期间对海底管道进行定期的外勘监测，对裸露和悬空段，采取抛沙作业填补沙袋等方式进行处理，因此原海管漂离原地的可能性较小。

## 6.8.2 溢油事故源项分析

### 6.8.2.1 船舶碰撞事故风险分析

平台附近主要有值班船等。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 6.8-1。

表 6.8-1 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  $5 \times 10^{-6}$  次/a。发生重大损伤不一定会引起溢油事故，根据“2.2.5.10 主要施工船舶与施工人员、工期安排”，本项目施工环节船舶较少，因此，船舶碰撞引发溢油事故的概率将更小。

### 6.8.2.2 海底管道/立管泄漏事故风险分析

#### (1) 施工期

建设单位在实施清管作业时，可控制推球压差的变化情况，保证将清管器后压力控制在允许最高工作压力以下，以防止压力过大造成管道破裂导则油气泄漏。

#### (2) 运营期

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 6.8-2。

**表 6.8-2 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, 钢管管径>24 英寸	$1.4 \times 10^{-5}$	次/km·a

本项目新建 2 条海底混输管道, 管径小于 24"。根据计算结果, 本项目海管发生泄漏事故的概率约为  $5.0 \times 10^{-4} \times 5.9 = 2.8 \times 10^{-3}$  次/a。

### 6.8.2.3 溢油事故溢油量估算

#### (1) 施工阶段溢油量

施工期可能的溢油事故类型为船舶碰撞事故。施工期间主要使用的船舶有浮吊船、驳船、铺管船、铺缆船、拖轮。根据不同类型船舶的使用频次和船舶调配情况, 分析船舶碰撞溢油的可能性。

铺管船施工作业有驳船和拖轮辅助作业, 但交叉作业时间较短, 辅助船舶使用数量较少, 发生碰撞溢油的可能性较小。而施工过程中, 驳船主要用于运送物料, 拖轮多为“三用功能船”, 船舶使用频繁, 与其他船舶交叉作业的时间较长, 发生碰撞溢油的可能性相对较大。因此, 本项目以驳船的燃料油舱的单舱最大舱容作为施工船舶碰撞漏油量。驳船的单舱最大舱容为  $126\text{m}^3$  因此, 施工船舶碰撞最大可能泄漏量取  $126\text{m}^3$  (燃料油)。

**表 6.8-3 施工阶段可能溢油量**

事故类型	排放物	溢油量 (t)	规模
施工船舶储油舱破裂	燃料油	$126\text{m}^3$	较大

#### (2) 生产运营阶段溢油量

生产阶段溢油事故的主要排放物质可能是原油。本项目 WHPD 至 RUP 海底管道输送原油的含水率最小 88%, 海底输油管道管径 609.6mm, 管道长度约为 4.0km, 本项目 WHPE 至 RUP 海底管道输送原油的含水率最小 89%, 海底输油管道管径 609.6mm, 管道长度约为 1.9km。当海底管道发生泄漏事故时, 在 30s 内将启动自动关断系统, 关断后管道内部分原油会缓慢漏出。同时, 综合考虑紧急关断时间、原油在管道内凝结、海水压力等特性, 以此估算溢油量。因 WHPD 至 RUP 海底混输管道比 WHPE 至 RUP 海底混输管道最小含水率小, 且管道长, 本项目仅计算 WHPD 至 RUP 海底混输管道的溢油量。

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：

$$V_{rel} = 0.1781 \cdot V_{pipe} \cdot f_{rel} \cdot f_{GOR} + V_{pre-s} H_{ut}$$

式中： $V_{rel}$  为原油泄漏量，bbl（1 桶=0.14 t）； $V_{pipe}$  为管段体积， $ft^3$ （ $1ft^3=0.0283m^3$ ）； $f_{rel}$  为最大泄漏率，取 0.3； $f_{GOR}$  为压力衰减系数，取 0.3； $V_{pre-s} H_{ut}$  为截断阀关闭前泄漏量，bbl。

截断阀关闭前泄漏量根据《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：

考虑到海管埋深较浅处风险事故发生概率比埋深较深处更高，因此选择输点 WHPD 平台处作为溢油预测点，该处水深约 27.5m，管道设计压力为 14.272MPa，液体泄漏系数取 0.6。在考虑管道截面 100%断裂泄漏的前提下，根据公式计算得出管道溢油量为 32003kg/s，同时，海管泄漏后紧急关断时间为 30s，截断阀关闭前泄漏量为 62.46t。

$$Q_L = C_d A \rho \sqrt{\frac{2(P - P_0)}{\rho} + 2gh}$$

式中： $Q_L$  为液体泄漏速度，kg/s； $C_d$  为液体泄漏系数，此值常用 0.6~0.64； $A$  为裂口面积， $m^2$ ； $P$  为容器内介质压力，Pa； $P_0$  为环境压力，Pa； $g$  为重力加速度； $h$  为裂口之上液位高度，m。

综合阀门关闭后至压力平衡前的泄漏量、截断阀关闭前泄漏量与最小含水率（约 88%）计算，本项目海底管道破裂溢油量约 114t。

生产阶段具体可能溢油量见表 6.8-4。

**表 6.8-4 生产阶段可能溢油量**

事故类型	排放物	溢油量 (t)	规模
海底管道破裂	原油	114	较大

### 6.8.3 代表性事故与源强分析

溢油事故后果的严重程度与溢油规模密切相关。因此，可以用不同类型溢油事故的溢油量大小来表征溢油事故后果的严重程度。由以上的分析/论述可知，本工程建设和生产阶段的主要溢油事故来自船舶碰撞和海底管道及立管破裂。不同的溢油事故带来的环境风险程度不同。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，见表 6.8-5。

表 6.8-5 各类溢油事故环境风险判别

事故类型	溢油规模	事故概率 (次/年)	环境风险
船舶碰撞	中	$5 \times 10^{-6}$	较大
海底管道/立管破裂	小	$1.55 \times 10^{-3}$	较大

针对本工程的特点,海底管道/立管破裂事故发生概率较船舶碰撞大,且环境风险较大,因此,确定海底管道/立管破裂溢油事故为代表性事故。

## 6.8.4 事故后果分析与计算

### 6.8.4.1 溢油漂移扩散预测

#### (1) 拟采用溢油预测模式

本项目溢油预测模拟采用的中国海油自主研发的“中国近海海上溢油预测预警及应急决策支持系统”,已经在近百个环评项目和实际溢油事故中进行了良好应用。溢油预测系统嵌套了自然资源部第一海洋研究所的水动力快速预报模型,数值计算区域范围覆盖中国近海(经度  $105^{\circ}$ - $130^{\circ}$ , 纬度  $16^{\circ}$ - $41^{\circ}$ ),其计算过程中采用矩形网格计算,水动力网格分辨率设置为  $1/24^{\circ} \times 1/24^{\circ}$ ,其准确性可以满足溢油预测的要求。

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：

$$z^{n+1} = z^n + (W_b + W_L)^{n+\frac{1}{2}} \Delta t + \xi \sqrt{6K_v \Delta t} + o(\Delta t^2) \quad (10)$$

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：

$$\theta' = C W^{0.78} t A / V_o \quad (12)$$

$C$  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：

$$\nu_* = \nu \cdot \exp[2.5 Y_w / (1 - 0.654 Y_w)] \quad (18)$$

挥发对油粘性的影响为：

$$\nu = \nu_o \cdot 10^{4 F_V} \quad (19)$$

综合挥发、乳化作用, 油粘性变化表示为：

$$\nu = \nu_o \cdot 10^{4 F_V} \cdot \exp[2.5 Y_w / (1 - 0.654 Y_w)] \quad (20)$$

其中， $v_0$ 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：

$$\zeta = \sum_i f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_0 + u)_i - \theta_i] + H_0 \quad (21)$$

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。

(2) 预测模式中有关参数的设定

1) 溢油位置

根据工程实际情况与溢油事故概率分析计算，选择起输点近 WHPD 平台处 [REDACTED] 为溢油位置。

2) 源强

本次溢油量取运营期海管泄漏的 114t 进行模拟，油膜漂移预测时间为溢油后的 72h。

3) 油品性质

根据本油田的原油性质，密度为 904~991kg/m<sup>3</sup>。

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《蓬莱 19-3 油田 3 区北调整井（蓬莱 19-3 油田明珠轮单点系泊改造项目）环境影响报告书》中 PL19-3 油田所在局部海域多年统计气象资料，见表 6.8-6。

表 6.8-6 溢油数值模拟扩散选取风参数

风向	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
极值风速 (m/s)	32.1	30.8	30.5	30.3	30.7	28.1	28.8	27.2
平均风速 (m/s)	6.0	10.2	5.7	5.7	8.5	5.8	6.6	6.0

(3) 溢油可能影响的敏感目标

表 6.8-7 环境敏感目标统计

类型	主要敏感目标名称	方位	最近距离 (km)
自然保护区	大连斑海豹国家级自然保护区	东北	88
	山东长岛国家级自然保护区	东南	54
	山东黄河三角洲国家级自然保护区	西北	90
特别保护区	东营利津底栖鱼类生态国家级海洋特别保护区	西	121
	蓬莱登州浅滩国家级海洋生态特别保护区	东南	65
	莱州浅滩国家级海洋生态特别保护区	西南	97
	东营黄河口生态国家级海洋特别保护区	西南	67

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 莱州湾保护区	南	75
	黄河口半滑舌鳎国家级水产种质资源保护区	西	127
	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区 渤海湾保护区	西	150
红线区	长岛自然保护区限制区	东	39
	龙口渔业海域限制区	南	56
	招远渔业海域限制区	南	66
	莱州—招远砂质岸线海域	南	89
	东营黄河口生态限制区	西南	68
	东营莱州湾禁止区	西南	118
	东营莱州湾限制区	西南	124
	广饶—寿光沙蚕类生态限制区	西南	126
	广饶—寿光沙蚕类生态禁止区	西南	144
	小清河滨海湿地限制区	西南	145
	寿光沙蚕单环刺螠近江牡蛎渔业海域限制区	西南	145
大连斑海豹保护生态红线区	东北	88	
渔业“三场一通道”	鳀索饵场	位于其中	
	中国对虾索饵场	位于其中	
	黄姑鱼洄游通道	位于其中	

#### (4) 溢油数值模拟预测结果及分析

由溢油扩散轨迹及油膜图可以看出，溢油事故发生后，油膜在风和潮流往复涨落的共同作用下呈现出蛇形运动，当风向与潮流方向一致时，油膜中心运动速度较大，可以看到油膜中心点间距较大；而当风向与潮流方向相反时，油膜运动方向甚至会与潮流方向相反，在图中可以看到油膜中心点分布比较密集甚至发生重叠。

在海区潮流性质固定的前提下，风向风速的变化对于溢油漂移扩散结果起决定性的作用，体现在模拟结果中：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。

均风和极风条件下 72 小时内的溢油预测结果如表 6.8-7~6.8-8 与图 6.8-2~6.8-9 所示。溢油在不同的风向风速和潮汐情况下，漂移距离、扫海面积与残存油量不同。

表 6.8-7 不同参数下海管破裂溢油漂移距离与扫海面积（均风）

风向	风速	潮汐情况	最大漂移距离 (km)	漂移距离 (km)					扫海面积 (km <sup>2</sup> )					残存油量 (%)				
				6h	12h	24h	48h	72h	6h	12h	24h	48h	72h	6h	12h	24h	48h	72h
N	6.0	涨潮	82.4	7.1	12.0	29.5	57.3	83.0	15.1	36.2	127.8	300.9	492.4	63.3	59.3	53.6	52.0	49.8
		落潮	80.2	6.6	11.4	27.2	56.2	80.1	14.2	35.1	125.1	300.5	490.5	63.0	58.6	55.7	51.6	49.3
NE	10.2	涨潮	100.5	7.0	15.0	35.0	70.1	103.4	13.0	49.0	153.1	379.1	668.1	61.1	57.0	55.2	50.3	48.2
		落潮	97.0	6.3	14.0	34.2	68.0	99.2	13.2	46.0	149.0	386.9	660.3	60.2	56.3	55.2	49.8	47.7
E	5.7	涨潮	80.3	3.4	10.0	27.0	55.0	83.1	7.2	29.4	87.1	210.7	345.7	63.0	59.2	54.7	51.9	49.8
		落潮	81.3	3.1	9.3	26.1	54.1	82.0	7.0	28.3	85.1	208.9	344.6	63.0	58.9	53.6	51.4	49.5
SE	5.7	涨潮	84.6	2.7	9.5	26.4	56.2	84.2	5.1	29.0	92.1	211.7	345.0	63.3	59.2	55.8	52.0	49.8
		落潮	82.5	2.1	8.3	25.1	54.1	85.0	4.4	28.0	92.0	210.4	340.4	62.9	59.0	55.3	51.6	49.3
S	8.5	涨潮	96.8	4.6	12.2	31.6	65.0	98.8	9.6	43.0	137.2	340.6	567.3	61.7	57.8	54.1	50.3	48.2
		落潮	95.8	4.0	11.5	30.1	62.9	97.6	9.1	41.1	135.1	335.6	560.9	61.2	57.3	53.6	49.8	47.7
SW	5.8	涨潮	84.5	5.6	11.0	27.5	55.1	87.0	13.2	33.0	100.6	250.7	423.2	63.1	59.2	55.7	51.9	49.8
		落潮	83.6	5.3	10.2	26.6	55.0	86.1	11.3	32.1	97.6	243.7	420.5	62.8	58.7	54.7	52.0	49.3
W	6.6	涨潮	80.3	7.6	12.0	28.0	55.3	82.0	17.1	32.2	93.1	232.3	403.1	62.9	58.8	53.6	51.6	48.2
		落潮	79.8	6.7	11.0	26.2	54.0	81.1	16.0	30.0	89.4	232.9	400.1	62.2	58.1	55.8	50.3	47.7
NW	6.0	涨潮	82.4	7.7	12.1	28.4	57.1	84.0	17.2	33.4	117.1	291.9	481.5	63.1	59.0	55.3	49.8	49.8
		落潮	80.3	7.0	11.1	26.1	55.0	82.2	15.3	29.5	116.9	286.6	445.6	62.9	58.9	54.1	51.9	49.5

表 6.8-8 不同参数下海管破裂溢油漂移距离与扫海面积（极风）

风向	风速	潮汐情况	最大漂移距离 (km)	漂移距离 (km)					扫海面积 (km <sup>2</sup> )					残存油量 (%)				
				6h	12h	24h	48h	72h	6h	12h	24h	48h	72h	6h	12h	24h	48h	72h
N	32.1	涨潮	116.7	21.8	41.0	85.1	抵岸 (32.5)	-	42.1	123.9	356.4	423.1 (34.5)	-	56.0	52.3	48.3	-	-
		落潮	106.8	19.3	40.3	84.0	抵岸 (34)	-	41.0	123.6	350.4	412.8 (34)	-	56.6	52.6	48.7	-	-
NE	30.8	涨潮	180.6	18.2	37.9	80.0	156.6	抵岸 (57)	46.0	140.6	357.4	845.3	867.2 (57)	56.2	52.3	48.2	44.9	-
		落潮	178.0	17.1	37.1	78.3	150.9	抵岸 (56)	44.5	134.0	360.5	840.9	860.2 (56)	56.6	53.0	49.1	44.3	-

E	30.5	涨潮	230.6	15.0	37.2	78.9	156.2	236.1	30.0	105.4	287.2	567.5	680.3	56.1	52.6	48.8	45.0	42.8
		落潮	223.9	13.3	35.2	77.0	150.4	231.9	28.0	100.3	280.3	560.7	673.5	56.2	52.9	48.3	44.6	42.4
SE	30.3	涨潮	160.2	13.4	36.0	76.1	145.2	抵岸 (57)	34.0	113.6	310.7	581.7	742.8 (57)	56.6	52.6	48.8	2.4	-
		落潮	156.1	12.3	35.3	73.4	140.6	抵岸 (57)	33.2	112.9	301.4	561.9	734.0 (57)	56.1	52.3	48.3	1.6	-
S	30.7	涨潮	201.1	15.0	37.1	80.1	150.2	抵岸 (65)	35.1	120.7	365.3	601.4	661.3 (65)	56.6	52.6	48.7	44.7	-
		落潮	200.9	14.1	35.2	78.3	146.3	抵岸 (64)	33.1	124.4	350.6	591.6	650.3 (64)	56.1	52.3	48.2	44.4	-
SW	28.1	涨潮	200.8	16.7	35.6	75.6	148.5	抵岸 (65)	43.1	130.6	392.4	954.5	1009.6 (65)	56.0	53.0	49.1	45.2	-
		落潮	195.3	15.6	34.1	72.1	140.9	抵岸 (63)	41.0	123.2	384.4	950.2	979.4 (63)	56.6	52.3	48.3	44.1	-
W	28.8	涨潮	223.1	19.5	38.0	75.6	150.1	223.1	42.3	100.9	271.4	567.1	689.3	56.2	52.6	48.7	45.1	42.7
		落潮	220.8	18.7	36.3	73.4	145.2	220.8	42.2	93.7	262.8	556.2	668.7	56.6	52.3	48.2	44.6	42.1
NW	27.2	涨潮	97.3	19.3	36.5	74.5	抵岸 (34)	-	54.0	117.4	350.6	410.6 (34)	-	56.1	53.0	49.1	-	-
		落潮	96.3	18.0	33.4	73.0	抵岸 (32)	-	51.2	120.3	345.0	401.8 (32)	-	56.2	52.6	48.6	-	-
														52.9				

图 6.8-2 各向均风条件下涨潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（保护区）

图 6.8-3 各向均风条件下落潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（保护区）

图 6.8-4 各向极风条件下涨潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（保护区）

图 6.8-5 各向极风条件下落潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（保护区）

图 6.8-6 各向均风条件下涨潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（红线区）

图 6.8-7 各向均风条件下落潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（红线区）

图 6.8-8 各向极风条件下涨潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（红线区）

图 6.8-9 各向极风条件下落潮时溢油 72 小时各向迁移扩散图（红线区）

#### 6.8.4.2 溢油抵达敏感区时间及分析

对于本工程溢油事故而言，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。

表 6.8-9 溢油对周围敏感目标的影响汇总

敏感目标		不利条件	到达时间 (h)	残余油量 (%)
保护区	山东长岛国家级自然保护区	极风 W 落潮 极风 W 涨潮 均风 W 落潮 均风 W 涨潮	19	51.3
	东营黄河口生态国家级海洋特别保护区	极风 NE 落潮 极风 NE 涨潮	31	48.1
	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾实验区	极风 NE 落潮 极风 NE 涨潮	31	49.0
	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾核心区	极风 NE 落潮 极风 NE 涨潮	46	45.3
	大连斑海豹国家级自然保护区	极风 SW 落潮 极风 SW 涨潮	35.5	48.5
	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区渤海湾核心区	极风 E 落潮 极风 E 涨潮	62.5	43.4
红线区	长岛自然保护区限制区	极风 W 落潮、极风 W 涨潮 均风 W 落潮、均风 W 涨潮	14	51.1
	龙口渔业海域限制区	极风 N 落潮、极风 N 涨潮 均风 N 落潮、均风 N 涨潮	15	50.8
	招远渔业海域限制区	极风 N 落潮、极风 N 涨潮	20	48.4
	莱州—招远砂质岸线海域	极风 N 落潮、极风 N 涨潮	28	48.0
	东营黄河口生态限制区	极风 NE 落潮、极风 NE 涨潮	28	48.4
	大连斑海豹保护生态红线区-禁止开发区	极风 SW 落潮、极风 SW 涨潮	36.5	48.3

大连斑海豹保护生态红线区-限制开发区	极风 SW 落潮、极风 SW 涨潮	57.5	46.6
东营莱州湾禁止区	极风 NE 落潮、极风 NE 涨潮	39	45.5
东营莱州湾限制区	极风 NE 落潮、极风 NE 涨潮	41	44.7
寿光沙蚕单环刺螠近江牡蛎渔业海域限制区	极风 NE 落潮、极风 NE 涨潮	48	44.6

#### 6.8.4.3 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）。

##### （一）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，降低或抑制其生殖行为，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）。

### （二）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。油污染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。溢油对甲壳类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物、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。

### （三）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。

#### **6.8.4.4 环境风险综合分析评价**

本工程海上部分最主要的环境风险类型主要包括：船舶碰撞事故和海管与立管破裂溢油事故。

本项目溢油后最快抵达的敏感目标为龙口渔业海域限制区（红线区），抵达时间约为 15h，PL 油田内部调用溢油应急能力的应急响应时间约为 1h，外部可调用的资源（BZ28-1、BZ34-1、BZ34-2/4、BZ25-1、龙口基地、塘沽基础等）到达时间 4~14h。另外，在 PL 油田群附近海域有 1 艘专业环保船（海洋石油 257），一旦发生溢油事故，可尽快到达事故地点执行任务，结合周边的溢油应急能力可以满足本项目溢油应急需求。

针对可能发生的风险蓬勃作业公司已制定了详细的溢油应急计划并获得原国家主管部门的备案。一旦发生溢油事故，应严格按照溢油应急计划开展各种准备和响应工作。

## 7 环境保护对策措施

### 7.1 施工期污染防治措施

本项目施工期污染影响主要来自管道埋设作业产生的悬浮沙，施工作业人员的生活污水和生活垃圾，管道埋设作业产生的固体废弃物，原管道清洗产生的清洗废液，新管道试压产生的试压水，施工船只产生的机舱含油污水，以及施工船舶、机械产生的噪声、尾气等。

#### (1) 悬浮沙

海底管道铺设过程搅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，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。

#### (2) 船舶污染物

海上施工阶段产生的船舶污染源包括机舱含油污水、生活污水和生活垃圾等。

①船舶生活污水根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)相应标准，依托施工船生活污水处理装置进行处理，处理达标后依照标准进行排海(船速不低于4节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率)。施工船舶上生活污水收集储量可供100~340人使用，施工期间有多艘船舶，且施工时间较短，可根据实际情况调配施工人数和船舶，无需依托平台的生活污水处理设施，也不会发生船舶在停泊期间排放经处理的生活污水的情况。

②船舶生活垃圾在船上分类收集后，全部运回陆地处理；

③船舶机舱含油污水按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》铅封后运回陆上处理，由中海石油环保服务(天津)有限公司进行处理，中海石油(中国)有限公司蓬勃作业公司已经与中海石油环保服务(天津)有限公司签订了长期服务协议。

④船舶废气：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沿海控制区。施工船舶应满足以下条件：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)船机排气污染物第一阶段排放限值要求；使用硫含量不大于0.5% $m/m$ 的船用燃油；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；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。

### （3）生活污水和生活垃圾处置措施

本工程原管清管封存过程中产生的生活污水依托平台上的生活污水处理设施处理达标后排海，生活垃圾运回陆上处理。

### （4）固体废物处置措施

施工期生产垃圾主要为铺设海管过程中产生的废弃零件、边角料、油棉纱、包装材料等，属于含油固体废弃物。根据《国家危险废物管理名录》（环境保护部令第39号），废弃的含油抹布、劳保用品属于危险废物豁免管理清单，可以混入生活垃圾处理，全过程不按危险废物管理。本工程铺设海管产生的生产垃圾约为1.18t。

生产垃圾计划交由中海石油环保服务(天津)有限公司和蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处理，本项目施工期所产生的固体废弃物均不排海，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）清管废液、试压水

原管清管废液为含油污水约6053 m<sup>3</sup>，进入生产水处理系统进行处理，处理达到《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T5329-2012）中石油类≤30mg/L的标准要求后回注地层。

新管清扫工艺为海水扫线，目的在于冲洗沉积在管道底部的沙土及管道内壁浮锈。不属于含油污水，试压合格后试压水直接排海。

## 7.2 运营期污染防治措施

本工程在正常生产情况下，PL19-3WHPD/WHPE平台物流经过本项目海底混输管道输送至PL19-3RUP平台，通过海底管道输送到FPSO和CEPB平台进行集中处理。正常作业期间管道不会对周围环境造成影响。

本项目原混输管线为单层保温管，防水帽长时间在海水中浸泡容易出现渗漏情况，从而导致海管外腐蚀。新铺设的混输管线采用双层保温管并采取一定的内外防腐措施，设计寿命为20年，该技术方案成熟可靠，无工艺缺陷，可靠性已在海上多个油田长期运行验证，因此海底管道由于材料缺陷和腐蚀原因引起破损、泄漏的可能性很小。为防止外力的损害，管道埋于泥面以下，埋深不小于1.5m。建设单位还制定了相应的管道保护和监测程序，由油田现有值班船对管道沿途进行巡视，对海底管道不定期进行局部检测和定期进行全面检测，以保证海底管道的安全。

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，并建立海管完整性的管理系统。

每年定期对管道进行清管作业，以减少腐蚀等原因对管道的影响。严格按照设计要求进行施工，并在施工中保证海底管道焊接质量。管道铺设完成，要进行扫线、清管和试压。作为应急措施，在海底管道两端设置应急关断阀，紧急情况下可以进行应急关断保护。

依据主动防御、准确测报、防范未然、规避事故的原则方针，建立一套安防系统，对海底管缆、附近的目标进行实时监测，当发现海面船只航行在油田平台重要区域内时，安防系统发出报警信号等措施，降低油田设施被外部不明船只在附近施工、作业或抛锚等危险行为造成破坏的风险。安防系统由平台安防探测设备（红外成像监视仪、海面定位雷达、AIS 船舶自动识别设备）、水下安防探测设备（主被动监测声纳）和安防监控中心组成。在海底管线监控配备船舶 AIS 预警系统的基础上增加音波测漏系统，为海底原油管线监控提供有力保障。

一旦发生突发性的海底管道破裂，造成原油泄漏，则会对周边海域环境造成一定的危害。引起海底管道事故发生的外部原因有海面失落重物的撞击、渔船拖网或船舶抛锚以及自然灾害，内部原因有管道腐蚀、材料缺陷，此外还有人员误操作等原因。

建设单位必须具备控制溢油的有效手段和措施。一旦溢油事故发生，应及时向主管部门通报情况，并立即采取一切措施将溢油控制在最小范围内。若需要采用化学消油剂处理溢油，应遵守《海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定》相关要求。

### 7.3 生态保护对策措施

#### （1）合理安排施工时间，完善施工工艺

本项目施工作业应合理选择作业时间，

完善施工工艺，严格控制施工作业范围，避免恶劣海况作业；挖沟阶段控制挖泥速率，降低悬浮泥沙产生速率，减少悬浮泥沙扩散对水质、生物生态环境的影响。

#### （2）渔业资源补偿

鉴于工程施工建设过程中将对周围海域的渔业资源和海洋生态造成不可避免的影响，建设单位需与渔业行政管理部门协商，选择合理的放流时间、品种和规模，通过人工增殖放流等措施进行生态修复和补偿。生态补偿的具体措施由建设单位与当地渔业行政主管部门协商决定。

#### （3）增殖放流

目前，海洋生物资源损失的经济补偿主要用于增殖放流、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。

增殖放流工作应按照“《水生生物增殖放流管理规定》（农业部第 20 号令），确定放流品种和增殖放流的组织、管理。在生物资源增殖放流过程中，建设单位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。

针对本项目，建议与油田其他项目统一执行，增殖放流方案和计划建议如下：

#### ①增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

#### ②增殖放流备选品种

根据《农业部关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》：“各省（区、市）原则上应在所列物种范围内选择适合本地区放流物种，如确需放流不在此范围内的物种，需经省级渔业主管部门组织专家充分论证并报我部渔业渔政管理局备案”。根据《农业部关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》附件中“渤海增殖放流分水域适宜性评价表”，选择当地适宜增殖放流的备选品种包括：中国对虾、三疣梭子蟹、海蜇、褐牙鲆、半滑舌鳎等，在渔业主管部门监督指导下开展。

表 7.3-1 渤海增殖放流分水域适宜性评价表

所属海区	重要放流海域	行政区域	面积 (km <sup>2</sup> )	适宜放流物种
黄河口及莱州湾海区	莱州湾	山东东营、潍坊、烟台	6966	中国对虾、三疣梭子蟹、海蜇、褐牙鲆、圆斑星鲈、半滑舌鳎、鲛、许氏平鲈、黑鲷、文昌鱼*

#### ③增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 3cm 以上；虾苗体长应在 1cm 以上；贝苗壳长应在 1cm 以上。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

#### ④增殖放流计划

本工程施工对海洋生物资源造成的损失金额将全部用于增殖放流，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。

环境保护及污染防治措施汇总表见表 7.3-2。

**表 7.3-2 环境保护及污染防治措施汇总表**

阶段	污染源	污染因子	措施	处理效果
施 工 期	船舶含油污水	石油类	铅封，运回陆地处理	运回陆地，不排海
	生活污水	COD	依托生活污水处理装置处理	处理达标后排海
	新管清洗试压水	悬浮沙	直接排海	
	原管清洗废液	石油类	输送到生产水处理系统处理	不排海
	海管铺设	SS	自然沉降	自然沉降
	生产垃圾	废弃边角料、油棉纱、包装材料	运回陆地处理	符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》
	生活垃圾	食品废弃物等	运回陆地处理	
	生态保护措施	缩短施工周期，合理选择施工时间，选择适宜的海况条件，优化管道铺设工艺，减少对重要经济鱼类的影响。		
运营期	石油类	严格防止溢油的发生，并配有完备的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。		

## 7.4 清洁生产与总量控制

### 7.4.1 清洁生产

#### (1) 先进的工艺与设备

本次工程挖沟阶段使用水力喷冲式挖沟船，能够有效减少海底悬浮泥沙产生量和扩散范围，降低对海水水质的影响；铺管阶段使用的铺管船是针对海底管道施工不断提高的定位和埋设要求而专门设计的，船上配备有 GPS 和水深记录仪等通信导航系统、动态定位 DP 系统及定位控制设备等，能够有效提高定位精度，准确、及时地完成管道铺设。

#### (2) 采用先进的施工方式

施工单位结合工程施工特性、工程海域自然条件等合理划分施工区段、合理安排施工工期，采用科学管理方式，做到降低能耗，减少污染。这些都符合清洁生产的原则，同时又是行之有效的污染防治措施。

为减小环境影响，施工过程中将控制挖泥船工作效率，减少悬浮泥沙对海洋水质及生态环境的影响。

#### (3) 污染物产生及污染防治措施

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。

施工期生活垃圾、船舶产生的机舱含油污水、生产垃圾等均全部运回陆地处理，没有排海；生活污水依托施工船舶和平台上的生活污水处理装置处理达标后排海。各种船舶污染物环境管理措施通过环境管理人员设置、污染物处理记录、及对违规人员的处罚等规定保障其顺利实施。

本项目为海底混输管道维修更换，运营期间不排放污染物，对所在海域水质、沉积物环境的影响较小。

#### (4) 执行严格的日常环境管理制度

对于海管理设施工作业，制定了严格的安全环保作业规程，并严格遵守执行。

通过对本项目生产工艺与装备、污染物产生以及环境管理等先进性比较分析可知，本项目在生产工艺与装备、施工工艺及环境管理等方面均考虑了清洁生产的要求。通过与其它同类项目施工工艺的对比，铺设海底管道产生的污染物相对较小，污染物的管理也处于国内同类项目领先水平。

### 7.4.2 总量控制

本项目不涉及总量控制要求。

## 7.5 事故防范措施和应急方法与对策分析

### 7.5.1 事故防范措施

溢油防范工作为工程施工期的工作重点，将溢油的防范内容纳入施工期各个环节。将溢油风险最大限度的减少，并对可能出现的溢油状况制定详尽的应急措施。

#### 7.5.1.1 施工期船舶碰撞风险防范措施

为防止本项目船舶发生溢油风险事故，减少事故发生概率，并减小溢油事故后对环境造成的影响，应重点增加应急值守的要求，驱散在安全区范围内作业的渔船。此外还应采取以下溢油事故防范措施：

(1) 施工前，事先向相关海区的区域主管机关申请发布海上航行警告、航行通告。书面申请应当包括下列内容：活动起止日期和每日活动时间；活动内容和活动方式；参加活动的船舶、设施和单位的名称；活动区域；安全措施。

(2) 海上航行警告、航行通告发布后，施工单位必须在国家主管机关核准的时间和区域内进行活动；需要变更活动时间或者改换活动区域的，应当依照航行警告和航行通告管理规定，重新申请发布海上航行警告、航行通告。

(3) 协助相关部门做好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) 施工时, 严格落实施工方案采取的防护措施, 在施工区域前方 500 米后方 300 米范围内禁止通航, 前后分别设置护航船舶进行警戒。除在施工安全作业区设置警戒灯浮和警戒船舶守护外, 要求施工船舶在夜间航行中按规定在明显易见处显示相应的信号, 尤其在锚链入水处显示灯光信号并用探照灯提示。

(5) 合理安排施工作业面, 严格按照施工组织设计和安排的施工作业区进行施工, 每天定时向项目部报告工程进展情况和施工安全情况, 通报作业区的施工船舶分布情况, 严禁施工船舶随意穿越其他作业区; 禁止施工船舶将锚位抛出作业区; 禁止施工船舶未按计划施工。严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区, 严禁无关船舶进入施工作业水域, 并提前、定时发布航行公告。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, 所有施工船舶须按照国际信号管理规定显示信号。

(6) 一般的风浪条件下, 大型的非机动船可在施工海域锚泊抵御, 但小型船舶应及时进港避风, 遇有大风影响, 所有船只均应撤离施工海域。

(7) 为防止新海管铺设与原海管封存作业过程可能出现的溢油风险事故, 施工前应设立本项目事故应急机构, 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, 当事船舶立即采取制止和消除污染的有效措施, 迅速控制当事船舶的污染源。如关闭有关阀门、封堵甲板出水孔(缝)、投放吸附材料(吸油毡或棉胎、木屑等)、收集泄漏油污等。同时向公司主管部门及海事部门等其他主管部门报告, 项目部接报告后迅速调集附近船舶, 运送防污器材和救援队伍到达现场, 在海事人员组织下, 采用围(铺设围油栏)一投(投放吸油材料)一喷(喷洒消油剂)一收(回收已落油污、已吸附的吸油材料)的方式消除污染。

目前一艘专业环保船(海洋石油 257)服务于 PL 油田群, 其收油能力为 200m<sup>3</sup>/h, 收油舱为 852.2 m<sup>3</sup>, 为施工期间的溢油风险事故提供保障。

(8) 施工期在更换海管两侧及两端设置临时浮标, 予以安全指示, 以杜绝施工船对其他各类船舶的风险影响, 杜绝事故发生。

(9) 制订必要的施工期事故应急程序, 配置相应的应急事故处理设施, 如围油栏、吸油毡等。一旦溢油事故发生, 第一时间开展现场应急对溢油进行清除, 将溢油造成的损失降至最低, 事故风险程度超出现场应急能力时, 根据上级应急中心指示启动中海石油(中国)有限公司天津分公司相关应急预案。

(10) 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。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，如配备 AIS 船舶防撞系统。

(11) 当船舶发生交通事故致使船体破损进水时，首先查明进水部位、进水量及初步分析进水原因；启动污水泵，通用泵或压载泵进行排水抢救工作；采取停车或减速措施，用车舵配合将漏损部位置于下风侧，以减少进水量；在采取堵漏措施的同时，尽一切努力确保发电机及电动机不被水淹，以保证电器的工作正常；定时量水，不断观察和记录前后吃水和干舷高度的变化，判断险情的发展和大量进水对船舶稳性及浮力的影响；若进水严重和情况紧急，船舶应当请求第三方援助，并尽可能择地抢滩；若船舶确定堵漏无效，面临沉没时，有权宣布弃船，并按照《弃船专项应急预案》执行。船舶发生事故有沉没危险，船员离船前，应当尽可能关闭所有货舱（柜）、油舱（柜）管系的阀门，堵塞货舱（柜）、油舱（柜）通气孔。

#### **7.5.1.2 施工期对交越管线造成损坏引起的溢油事故风险防范措施**

工程方案中明确新建管道与已建管缆交越处不进行挖沟作业，采用覆盖水泥压块的方式覆盖原管缆，新建海管铺设于水泥压块之上，然后在新建管线上再铺设水泥压块进行保护。

为精确操作跨越点处理作业，本工程跨越点处理前由潜水员在给定的交叉点位置坐标，打点记录，然后再安装水泥压块，最后还要对水泥压块实际位置在定位系统上打点标识。

通过上述措施，能够确保新建海管与原有管道和电缆之间不直接接触，并确保原海管上覆荷载在设计范围内，使原有管道得到最大程度的保护。综合分析，本工程跨越施工交越管线造成损坏引起的溢油事故的概率较低。

#### **7.5.1.3 生产阶段海底管道事故防范措施**

海底管道的设计以国际上认可的规范和标准为依据，其寿命均为 20 年。海底管道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。

钢管外防腐采用环氧树脂、牺牲阳极联合保护，内防腐除采用内涂层和阴极保护以外，还留有 3mm 的腐蚀余量。为防止受外力撞击引起的管道破裂事故，本项目海底管道全程控

沟埋设或回填，埋深不小于 1.5m。严格按照设计要求进行施工，并在施工中保证施工质量。管道铺设完成，进行扫线、清管和试压。

在海底管道生产运行期间，重点为巡视要求，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，检查的内容包括管道在位状态、水面以上部分防腐状态、管道两端附件、悬空治理情况、立管保护与固定装置等，并建立海管完整性的管理系统（如音波测漏系统），为海底原油管道监控提供有力保障。

定期对管道进行清管作业，以减少腐蚀等原因对管道的影响。

## **7.5.2 溢油事故应急方案与对策**

### **7.5.2.1 应急组织机构**

天津分公司和本工程应急组织机构见图 7.5-1 和图 7.5-2，蓬勃作业公司陆地溢油事故应急管理流程见图 7.5-3。

所有参加开发作业的施工船舶（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》和质量健康安全环境管理体系的相关要求向天津分公司提供其安全应急预案和溢油应急计划。船舶发生污染事故的应急预案应符合《防治船舶污染海洋环境管理条例》规定的相关要求。

本项目发生溢油事故后，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 7.5-4。

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；报告并按溢油应急程序中的内容采取恰当的溢油应急行动。

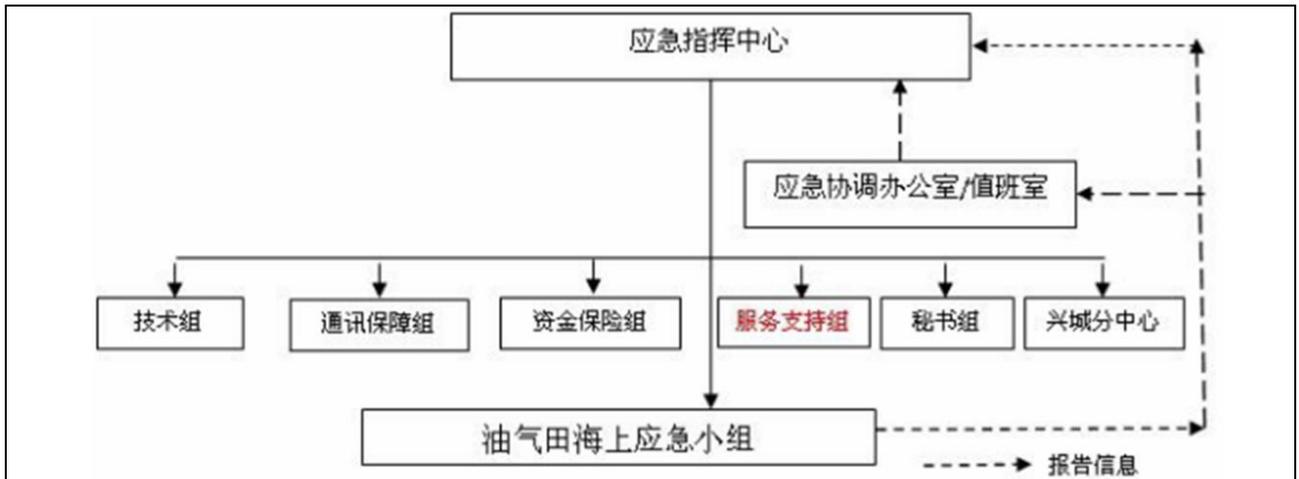


图 7.5-1 天津分公司应急组织机构



图 7.5-2 本工程溢油应急组织机构

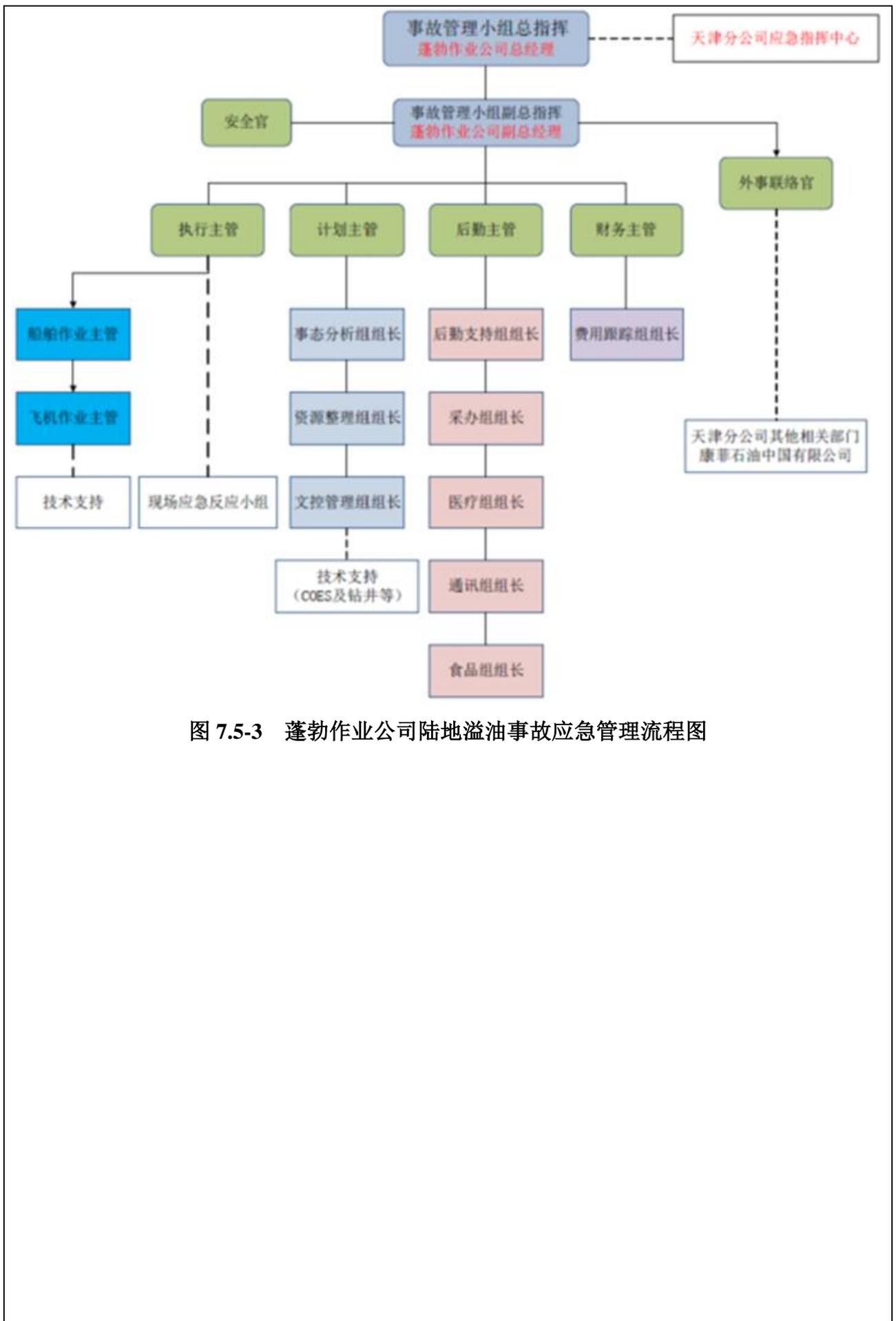


图 7.5-3 蓬勃作业公司陆地溢油事故应急管理流程图

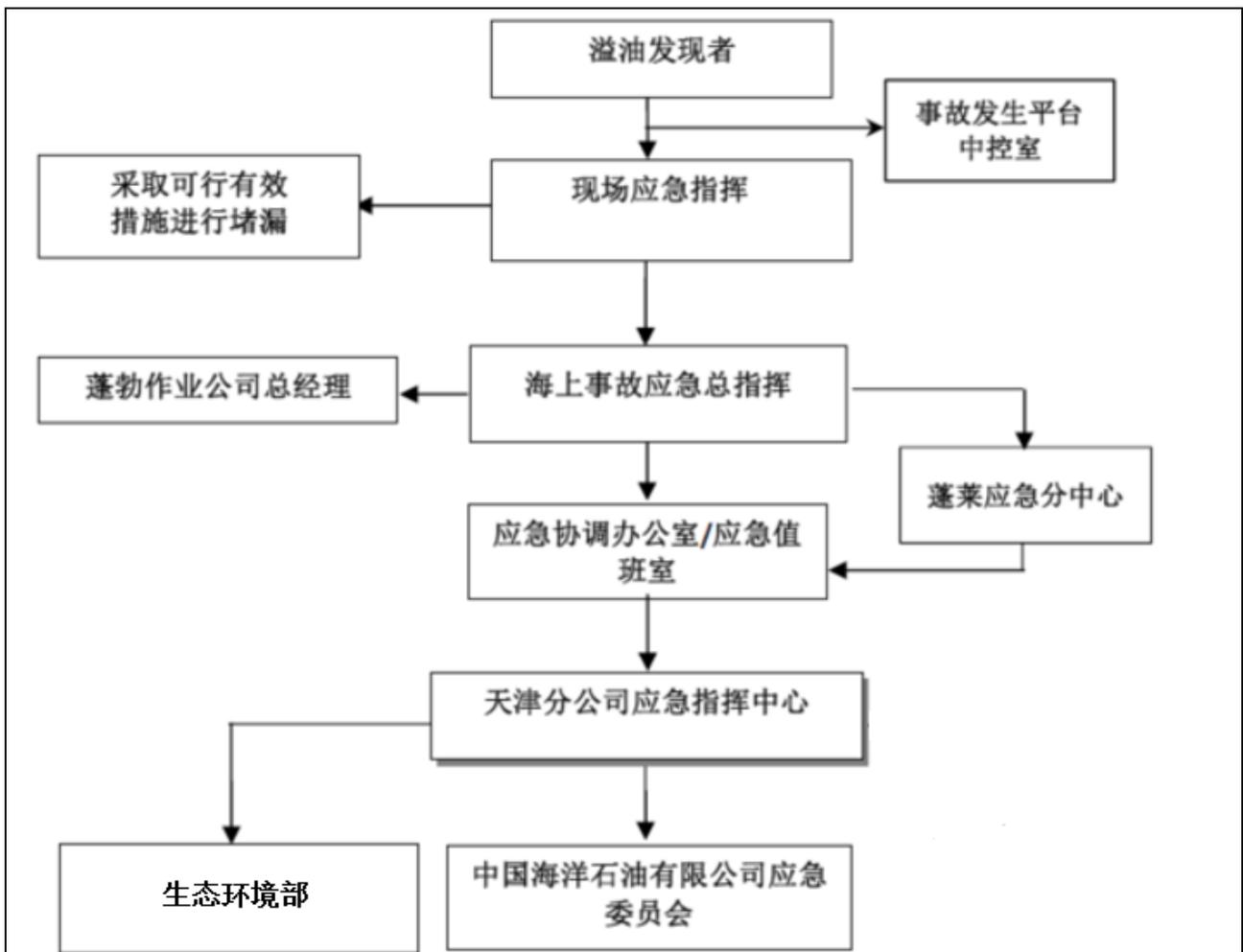


图 7.5-4 溢油事故报告程序图

### 7.5.2.2 应急反应程序

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》第 1.5 节的规定，溢油事故分为特别重大、重大、较大和一般四级：

- (1) 特别重大溢油事故，是指溢油 1000 吨以上的海洋石油勘探开发溢油事故；
- (2) 重大溢油事故，是指溢油 500 吨至 1000 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；
- (3) 较大溢油事故，是指溢油 100 吨至 500 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；
- (4) 一般溢油事故，是指溢油 0.1 吨至 100 吨（含）的海洋石油勘探开发溢油事故。

“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，由天津分公司根据溢油规模启动相应级别的应急预案，本工程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 10t 以内时，将首先依靠 PL19-3 油田的溢油应急组织和设备组织实施。一艘守护船、供应船、作业区管理层以及其他人员作为海上现场溢油应急小组的支持。油田总监作为溢油应急总指挥，发生溢油后，油田总监与天津分公司应急办公室协调处理。天津分公司应急办公室应保持与海上联系，并在必要时随时准备援助海上现场溢油管理小组。

当溢油量在 10t~100t 之间时，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。事故初期应急负责人仍是油田总监或其替代人员，直到陆地溢油组织指挥人员抵达海上接替他。

### (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。此类型溢油反应中，油田总监作为事故初期应急负责人，并将会被迅速赶到的溢油反应组织负责人替换，以使油田总监得以处理人员和设施问题。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，并根据国家海洋局统一指挥，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。

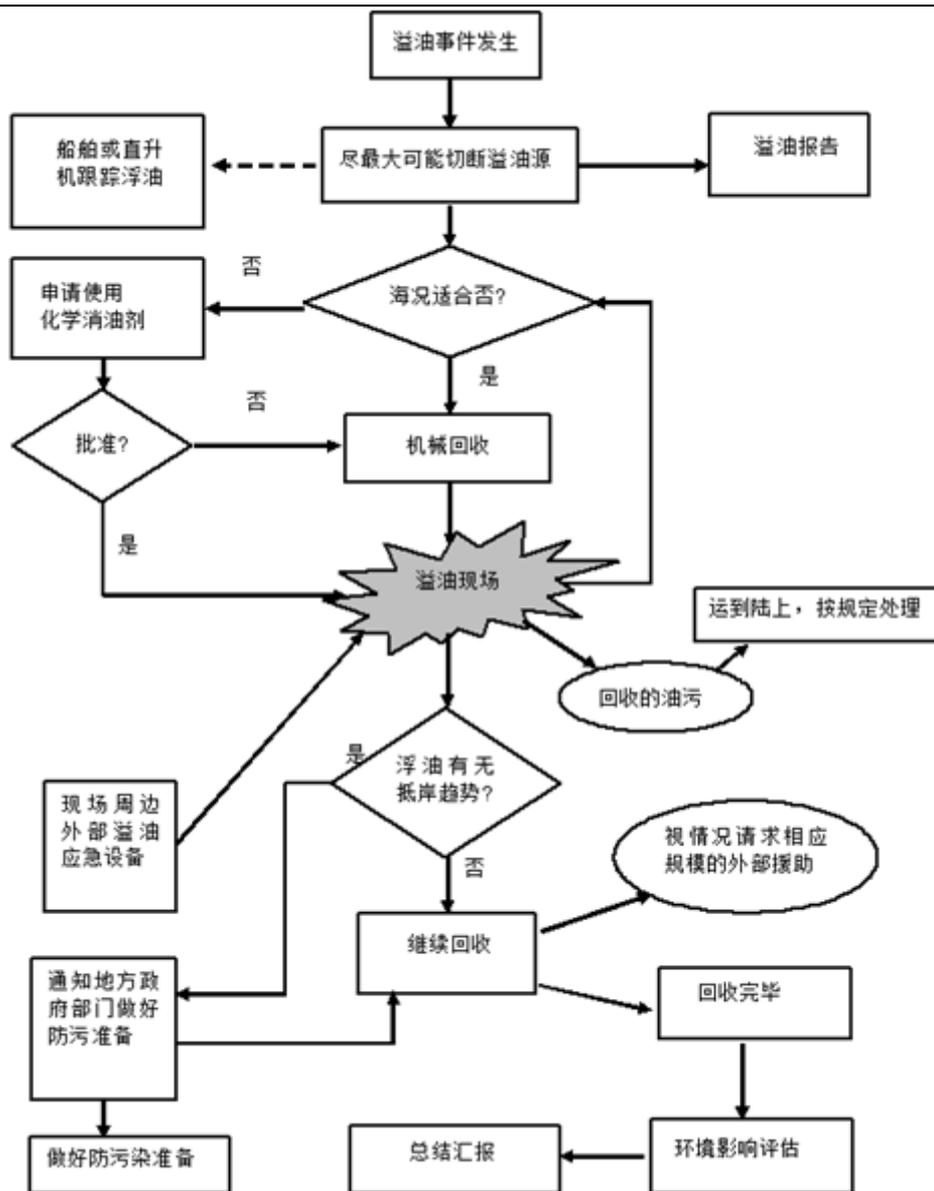


图 7.5-5 溢油应急程序

### 7.5.2.3 应急设施的配备情况

#### (1) 油田自身的设施配备

在 PL 油田群作业过程中，如果海上设施发生溢油，所有存放在 FPSO 的溢油反应设备将用来回收溢油。表 7.5-1 中所列的溢油回收设备将被存储于两个 20 英尺的集装箱中，18 桶消油剂存放在 FPSO 上。

表 7.5-1 溢油应急设备

序号	设备名称	规格型号	数量	存放地点
1	围油栏	Ro-Boom 1500 型围油栏	400m	“蓬勃号” FPSO
2	撇油器	Lamor Mini Max 100 型撇油器	1 台	
3	消油剂喷洒设备		1 套	
4	消油剂	青岛光明 GM-2	18 桶 170 升/桶	
5	吸油毡、吸油拖栏		大量	

6	储油袋	10m <sup>3</sup> /套	2套	
7	吸油拖栏		200m	值班船
8	围油栏	快速布放围油栏	200m	CEPB 平台
9		橡胶围油栏	400m	
10	撇油器		1套	
11	消油剂喷洒设备		1套	
12	消油剂		1.5t	
13	吸油拖栏		250m	
14	吸油毛毡		0.5t	

注：PL 油田溢油应急设备配置参考《蓬莱油田溢油应急计划》，并结合油田实际配备的溢油应急设备情况。

### (2) 环保船

环保船具有溢油应急回收、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，实现控制污染、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。

目前一艘专业环保船（海洋石油 257）服务于 PL 油田群，其收油能力为 200m<sup>3</sup>/h，渤海投入使用的专业专业环保船还有 4 艘（海洋石油 252/253/230/231），其回收能力均为 200m<sup>3</sup>/h。

### (3) 可外借的应急能力

中海石油环保服务有限公司是为渤海海域油气勘探开发作业者提供溢油应急服务的专业队伍，是一支专业性较强的队伍，是 PL19-3 油田从事钻井的关键溢油应急力量。

中海石油环保服务有限公司（COES）结合国际溢油技术的发展，根据我国渤海的油品特性，在国际溢油响应专家帮助下对设备进行了合理地配置，具体的设备配置情况详见表 7.5-2~7.5-5。

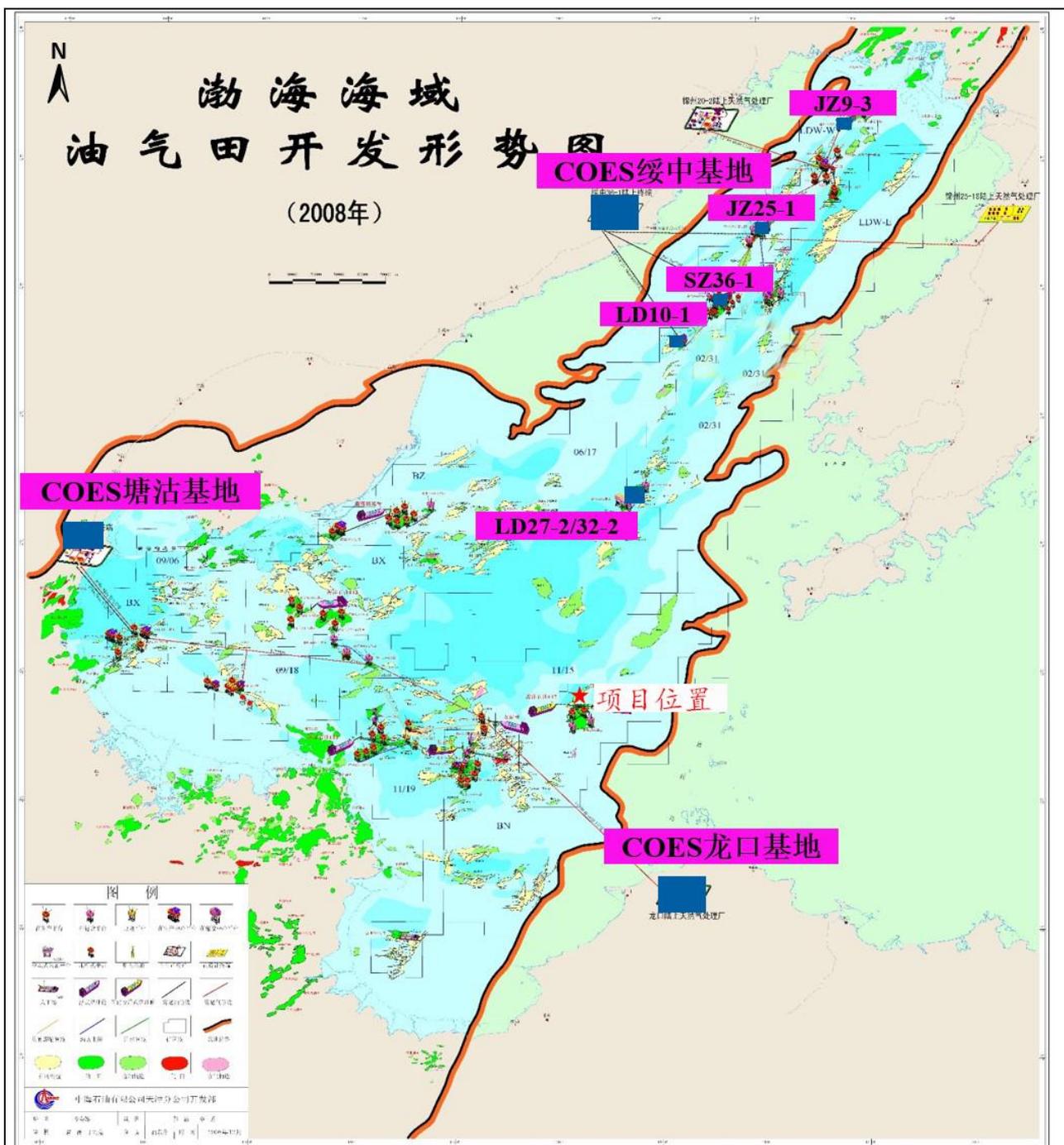


图 7.5-6 应急资源分布图

表 7.5-2 中海石油环保服务有限公司（COES）溢油应急设备资源

序号	设备名称	类型	型号	主要参数	数量			小计
					塘沽基地	缓中基地	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	8.4	56.4	
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 可生物降解性 BOD <sub>5</sub> /COD>30%				0
			富肯 2 号	燃点>70℃适用-20℃~+50℃ 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
6	高压清洗机 (套)	冷/热水	HDS1000DE	水温 0℃~98℃	3	1	1	5
		冷水	HD6/15C	水温 0℃~30℃	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		

表 7.5-3 天津分公司溢油应急设备清单

单位		渤中 34-1 油田	渤中 28-1 油田	渤中 34-2/4 油田	渤中 25-1 油田
存放地点		CEPA	友谊号	CEPA	海洋石油 113
栏 围油	型号	HRA1500	QW1500	HRA1500	HOB1500
	总长	200m	400m	400m	200m*2
器 撇油	型号	LMS 收油机	LMS 收油机	HAF30	MINIMAX20
	回收能力	60 m <sup>3</sup> /h	60 m <sup>3</sup> /h	30m <sup>3</sup> /h	20m <sup>3</sup> /h
具 存 储 油 器	型号	FN3 浮动油囊	FN3 浮动油囊		FN10 浮动油囊
	容积	3 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	10m <sup>3</sup> /套
	数量	2 套	2 套	2 套	4 套
设 备 喷 洒	数量	1 套	1 套	1 套	1 套
	喷洒速度	3t/h	3t/h	4.8t/h	2.4t/h
喷 手 枪 持	数量	1 套	2 支	2	2 支
	喷洒速度		1.8t/h		1.8 t/h 支
剂 消 油	型号	GM-2	GM-2	GM-2	青岛光明 GM-2
	数量	170kg/桶*20	4590 公斤	1620kg	170kg/桶*10
其他	吸油毡	500 公斤	100 公斤	50 箱	吸附材料 2 卷, 型号: ENV150, 性能: 96cm×44m

#### 7.5.2.4 通讯联络方式

应急反应时间的快慢与通讯系统完善与否是密切相关的。油田内部和外部通讯系统均为现代化通讯设备, 能满足应急需要。

利用内部通讯网络和广播设备, PL 油田群内部各岗位之间可进行高质量通话; 与其它油田及天津分公司基地之间可借助卫星与微波通讯设备进行联络, 甚至可以通过陆地转接与世界各地进行通讯联络。油田内部与服务船舶可通过配置在油田内部的专用设施进行通

讯联络。

### 7.5.2.5 反应时间可行性分析

以下溢油应急响应时间均引自《蓬莱油田溢油应急计划》。

#### (1) 现场溢油应急资源响应时间

①“蓬勃号”FPSO 储油轮和值班船上放置应急设施，到达区块内的平台附近的船舶航行时间均在 0.5h 内，现场溢油应急力量的动员时间 0.5h，PL 油田内部调用溢油应急能力的应急响应时间约为 1h。

#### (2) 外借应急力量响应时间

①从龙口供应基地到达 PL19-3 油田的船舶航行时间约为 4-5h，加上 2h 陆上基地人员、设备动员、装船时间，实际到达上述油田从事应急反应的时间约为 6-7h。

②从塘沽供应基地到达 PL19-3 油田的船舶航行时间约为 11—12h，加上 2h 陆上基地人员、设备动员、装船时间，实际到达上述油田从事应急反应的时间约为 13—14h。

③若直升机 PL 起飞，机组人员的动员时间约为 1h，飞行到油田现场的时间约需半小时。

④若直升飞机从天津起飞，机组人员的动员时间约为 1h，飞行到油田现场的时间约需 1.5—2.5 h。

表 7.5-4 外部资源到达时间

出发地	目的地	距离 (km)	航时 (小时)	动员时间 (小时)	到达时间 (小时)
环保公司龙口基地	PL19-3 油田	80	4-5	2	6-7
环保公司塘沽基地		235	11-12	2	13-14

表 7.5-5 “蓬勃号”FPSO 应急周围资源协调时间

设施	周边油田设施	距离 (km)	航行时间 (小时)	动员时间 (小时)	到达时间 (小时)
“蓬勃号” FPSO	BZ 28-1	42	2.5	1.5	4.0
	BZ 34-1	57	3.5	1.5	5.0
	BZ34-2/4	74	4.5	1.5	6.0
	BZ 25-1	85	5	1.5	6.5

### 7.5.2.6 应急能力估算

由于目前尚未发布油田的溢油应急能力评估方法，本项目主要根据海洋油气开发工程现场溢油应急适用情况、在部分参照《船舶溢油应急能力评估导则》(JT/T 877-2013)的基础上进行溢油应急能力的估算。

#### (1) 围控与防护能力

海洋油气开发工程发生溢油事故后，通过布设围油栏等措施对水面溢油进行控制，防止

溢油扩散，辅助溢油回收和清除，以及防止对敏感目标造成影响。围油栏对溢油的围控、导流和防范作用，要通过适当的布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，U形拖带时，在前面两艘拖带船同时并进的同时，第三艘船舶则应根据两艘拖船行进的速度，始终处于U形的底部外侧，利用撇油器对U形底部聚集的油膜进行回收作业。此时，围油栏长度与油膜面积存在如下关系：

$$V=L^2\div(2\times\pi)\times d\times(1-\phi)$$

式中，

V——油膜体积， $m^3$ ；

L——围油栏长度，m；

$\pi$ ——圆周率，无量纲；

d——油膜厚度，单位米（m），取0.005m；

$\phi$ ——富余量，取20%；

本报告预设情景溢油量114t，约 $120m^3$ ，油膜厚度按照0.005m计算，则围控上述溢油量需要围油栏434m，PL油田群配备的围油栏数量为1000m，满足本项目溢油围控能力要求。

### （2）回收与清除能力

机械回收能力按下式进行：

$$E=V\div(\alpha\times h)$$

式中：E——收油机回收速率，单位为立方米每小时（ $m^3/h$ ）；

V——总溢油量，单位为方（ $m^3$ ）；

$\alpha$ ——回收油量占回收液体总量的比例（%），20%-80%，取20%；

h——回收工作时间，单位为小时（h），取12h；

本项目需收油机回收速率为 $50m^3/h$ 。

### （3）临时储存能力

一般情况下，临时储存能力应满足收油机工作12h回收的油水混合物储存需求，则本项目临时能力应至少为 $1440m^3$ 。

#### 7.5.2.7 应急能力可行性分析

PL油田群、中海石油环保服务有限公司基地配备的应急设备如下：

围油栏：PL油田群围油栏1000m，中海石油环保服务有限公司龙口、塘沽、绥中基地围油栏15800m。

① 机械回收能力：PL 油田群收油能力至少 100m<sup>3</sup>/h，基地回收能力为 1176m<sup>3</sup>/h。

② 临时储油能力：PL 油田群至少可以储存 20m<sup>3</sup>，基地储油囊至少可储存 1056m<sup>3</sup>。

PL 油田群溢油应急物资存放于 FPSO 和 CEPB 平台上，结合 7.5.2.5 节和 7.5.2.6 节，针对本项目预测的 114t 溢油，PL 油田群、中海石油环保服务有限公司塘沽基地、绥中基地、龙口基地目前配备的溢油应急设备量可以满足本项目溢油应急能力的要求。另外，在 PL 油田群附近海域有 1 艘专业环保船（海洋石油 257），一旦发生溢油事故，可尽快到达事故地点执行任务，结合周边的溢油应急能力可以满足本项目溢油应急需求。

## 7.6 环境风险综合分析评价

本工程海上部分最主要的环境风险类型为船舶溢油事故和海管/立管破裂溢油事故。根据本项目的溢油预测结果，一旦发生溢油事故，将最快在 15h 影响到龙口渔业海域限制区（红线区），根据本次风险应急力量的可行性分析结果，本项目及项目所依托的应急力量最快可在 2h 内进行应急，根据应急力量能力分析结果，应急力量可以满足本项目所设定的代表性事故情景。

建设单位已制订溢油应急计划并备案。建设单位应针对可能发生的风险，应对现有溢油应急计划进行修编，并报生态环境部备案。建设单位应按照溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

## 7.7 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。为此，本项目在实施过程中应积极落实《实施方案》中的相关要求，具体如下。

### 7.7.1 政策符合性

通过前面相关章节对工程与“《全国海洋主体功能区规划》、《全国海洋功能区划》（2011-2020）、《山东省海洋主体功能区规划》、《山东省海洋功能区划》（2011-2020 年）和《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020 年）》、《山东省海洋生态环境保护规划（2018~2020）》、《产业结构调整指导名录》（2011 年本，2013 年修正）、《渤海环境保护总体规划（2008-2020 年）》、《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《山

东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》和《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》”的符合性分析结果可知，本次工程与工程所在海域的功能定位相符合，符合其海域使用管理要求，并与其规划的相关定位相符合，且不涉及海洋生态红线区。

### 7.7.2 污染物源头控制

本工程生活污水经处理达标后排海，但排放量较小；生活垃圾、生产垃圾和机舱含油污水全部运回陆地处理交有资质单位处理，不排海。

### 7.7.3 溢油防范与应急

当发生不同程度的溢油事故时，通过油田自身设备与周围其他溢油设备的联动响应，确保能够满足溢油事故时的应急需要。在工程设计、建设和运营阶段均制定并严格实施溢油事故防范措施，力争最大限度地杜绝溢油事故的发生，防范对海洋环境的污染。

### 7.7.4 海洋生态损害及修复

#### 7.7.4.1 生态损害

本工程悬浮泥沙的排放期造成底栖生物损失估算不超过 2.02t，鱼卵损失量不超过 12364000 粒，仔稚鱼损失量不超过 5872900 尾，幼鱼损失量不超过 1136 尾，头足类幼体损失量不超过 96 尾，甲壳类幼体不超过 5822 尾，鱼类成体损失量不超过 27.82kg，头足类成体不超过 5.53kg，甲壳类成体损失量不超过 51.55kg。

#### 7.7.4.2 生态修复

本次工程属于油田设施的维修项目，海洋生物资源损失的经济补偿全部用于增殖放流、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。

1) 工程实施前应与当地渔业主管部门沟通和协商，生态补偿的具体措施由建设单位与当地渔业行政主管部门协商决定，以便渔业主管部门用于增殖放流、渔业资源养护与管理，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。

2) 工程施工作业应尽量缩短施工周期。

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。

#### 7.7.4.3 生态监测

本项目运营期不涉及污染物排放，PL 油田群已有跟踪监测计划，建议将本工程纳入到元有跟踪监测计划之中，依托现有跟踪监测计划，定期对工程所在海域的海水水质、沉积物、海洋生物生态（包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、生物质量）进行跟踪

监测。

## 7.8 环保投资估算

环境保护费用系指环境保护固定设施及其投资费用和维护设施及其他为环保投资的年费用。环境保护投资主要包括一次性环境设施投资及其相关操作费用和辅助费用。本工程的环保投资主要用于固废处置及生态补偿等措施。根据《海上油（气）田开发工程环境保护设计规范》（SY/T10047-2003），在确定环境保护投资费用时，对环境保护设施及其投资按如下原则划分：

凡属污染治理和环境保护需要的专用设备、装置、监测仪器等，其投资按 100%列入环境保护投资。生产需要同时又为环境保护服务的设备或设施分别按不同情况以 20%~50%比例列入环境保护投资。生态补偿预备费按 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 7.8-1。本工程建设投资 ██████████，其中环保投资 ██████████，占总投资的 0.22%。

表 7.8-1 主要环境保护投资估算（万元）

项目		总投资额	折合比率	折合环保投资（万元）
施工期	生活垃圾	██████	100%	██████
	生产垃圾	██████	100%	██████
	机舱含油污水	██████	100%	██████
	海洋生物资源损失补偿费用	██████	100%	██████
总计				██████

## 8 环境影响评价结论

### 8.1 环境影响评价结论

#### 8.1.1 产业政策相符性

本工程为油田混输管道更换项目，为海洋油气勘探开采项目的附属工程，属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中鼓励类“常规石油、天然气勘探及开采”，因此，本项目的建设符合国家产业政策。

#### 8.1.2 海洋功能区划相符性

本工程位于渤海中南部，工程用海属于油气资源勘探开发用海，工程建设与“《全国海洋主体功能区规划》、《全国海洋功能区划》（2011-2020）符合其海域使用管理要求，工程位于《山东省海洋主体功能区规划》、《山东省海洋功能区划》（2011-2020年）和《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》”管辖范围之外，且不涉及海洋生态红线区，与相关管理要求相协调。

#### 8.1.3 海洋环境质量现状及环境影响分析结论

##### （1）水质

功能区划定范围外的25个站位中有2个站位活性磷酸盐、6个站位无机氮、25个站位铅、24个站位锌、1个站位汞满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类水质标准要求；2个站位无机氮满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第三类水质标准要求；其余各评价因子均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类水质标准要求。

（2）沉积物：2018年11月沉积物调查，沉积物监测要素均符合一类沉积物质量标准，调查海域内沉积物环境质量状况良好。

（3）生物质量：2018年11月调查中各站位所获的生物体内各项评价因子均满足相应的标准，没有出现超标现象。

##### （4）生物生态

①叶绿素a：调查海域的表层叶绿素a变化范围为(0.73~1.65)ug/L，平均值为1.09ug/L；10m层叶绿素a变化范围为(0.58~1.97)ug/L，平均值为1.07ug/L；底层叶绿素a变化范围为(0.42~1.63)ug/L，平均值为0.97ug/L。

②初级生产力：调查海域的初级生产力变化范围为（153.18~423.19） $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为  $274.45\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

③浮游植物：调查海域本次调查共鉴定浮游植物 72 种，浮游植物总密度变化范围为（9.71~1135.02） $\times 10^4$  个/ $\text{m}^3$ ，平均值为  $128.27\times 10^4$  个/ $\text{m}^3$ 。优势种类包括细弱圆筛藻、三角角藻以及格氏圆筛藻。

④浮游动物：调查海域浅水 I 型网所获浮游动物共有 29 种（类），大型浮游动物生物量（湿重）变化范围在（1.58~463.33） $\text{mg}/\text{m}^3$  之间，平均生物量为  $155.60 \text{mg}/\text{m}^3$ ，生物密度变化范围在（2.1~145.2）个/ $\text{m}^3$  之间，平均生物密度为 76.9 个/ $\text{m}^3$ 。优势种为强壮箭虫、大西洋五角水母和中华哲水蚤。调查海域浅水 II 型网所获浮游动物共有 32 种（类），中小型浮游动物生物密度变化范围为（1.42~7.20） $\times 10^4$  个/ $\text{m}^3$ ，平均值为  $4.25\times 10^4$  个/ $\text{m}^3$ ；优势种为夜光虫。

⑤底栖生物：调查海域共鉴定底栖生物 48 种（类），底栖生物总生物量变化范围为（0.5~68.8） $\text{g}/\text{m}^2$ ，平均值为  $8.4 \text{g}/\text{m}^2$ ；总生物密度变化范围为（300~1280）个/ $\text{m}^2$ ，平均值为  $697.1$  个/ $\text{m}^2$ 。

#### （5）渔业资源

2018 年春季调查海区共捕获鱼类 37 种；鱼类成体平均资源量为  $56.86\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼鱼平均资源密度为  $1011$  尾/ $\text{km}^2$ 。共捕获头足类 4 种；头足类成体平均资源量为  $11.30\text{kg}/\text{km}^2$ ，幼体平均资源密度为  $85$  尾/ $\text{km}^2$ 。共捕获甲壳类 16 种；虾类成体资源量为  $99.80\text{kg}/\text{km}^2$ ，虾类幼体平均资源密度为  $5138$  尾/ $\text{km}^2$ 。蟹类成体资源量为  $5.58\text{kg}/\text{km}^2$ ，蟹类幼体平均资源密度为  $42$  尾/ $\text{km}^2$ 。共采集到鱼卵 8 种，仔稚鱼 5 种；鱼卵平均密度为  $0.40$  粒/ $\text{m}^3$ ；仔稚鱼的平均密度为  $0.19$  尾/ $\text{m}^3$ 。

鱼类无优势种；头足类优势种为火枪乌贼。

### 8.1.4 环境风险分析结论

本工程海上部分最主要的环境风险类型为船舶溢油事故和海管/立管破裂溢油事故。根据本项目的溢油预测结果，一旦发生溢油事故，将最快在 15h 影响到龙口渔业海域限制区（红线区），根据本次风险应急力量的可行性分析结果，本项目及项目所依托的应急力量最快可在 2h 内进行应急，根据应急力量能力分析结果，应急力量可以满足本项目所设定的代表性事故情景。

建设单位已制订溢油应急计划并备案。建设单位应针对可能发生的风险，应对现有溢油应急计划进行修编，并报生态环境部备案。建设单位应按照溢油应急计划开展好各种溢油

应急准备和响应工作。

### **8.1.5 工程环境可性性**

本工程对海洋环境产生的影响主要是在施工期，但影响是有限的、短期且可恢复的；投入运营后，生产设施不增加，污染物种类不变，污染物排放量不超过原环评总量批复水平。因此，在积极落实本报告表提出的防治措施的情况下，本工程建设可行。

## **8.2 建议**

(1) 施工单位在施工过程中，应积极采取有效措施，尽量缩短工期，选择有利于污染物扩散的时期排放。

(2) 加强设备、管线及各项污染防治措施的定期检修和维护工作。

(3) 建设单位应针对可能发生的风险，对现有溢油应急计划进行修编，并报生态环境部备案。本工程施工期和运营期应按照溢油应急计划开展好各种溢油应急准备和响应工作。

## 9 预审和审查意见

<p>预审意见:</p>          <p>预审单位公章</p> <p>经办人(签名):</p> <p>年 月 日</p>
<p>审查意见:</p>          <p>审查部门公章</p> <p>经办人(签名):</p> <p>年 月 日</p>

## 10 审批意见

审批意见：

经办人（签字）：

审批部门公章

年 月 日

## 11 附件

- 1、委托书
- 2、中海石油环保服务（天津）有限公司危险废物经营许可证及固体废弃物回收处置服务合同
- 3、中海石油环保服务（天津）有限公司渤海油田危险废物回收处置及船舶清舱服务合同
- 4、关于蓬莱 19-3 油田二期开发工程环境影响报告书核准意见的复函 [REDACTED]
- 5、国家海洋局关于蓬莱 19-3/19-9/25-6 油田环境保护设施竣工验收的批复 [REDACTED]
- 6、国家海洋局关于 PL19-3 油田 1/3/8/9 区块综合调整项目环境影响报告书的批复 [REDACTED]
- 7、溢油应急计划备案登记表
- 8、CMA 报告