编号：COES-052-HP-2016

# 曹妃甸 6-4 油田开发工程

# 环境影响报告书

中海石油环保服务（天津）有限公司

中国·北京

2018 年 9 月

# 中海石油（中国）有限公司

## 关于《曹妃甸6-4油田开发工程环境影响报告书》全本公示承诺函

生态环境部：

根据《国家海洋局关于印发〈海洋工程环境影响评价管理规定〉的通知》（国海规范〔2017〕7号）相关要求，我公司拟公示的《曹妃甸6-4油田开发工程环境影响报告书》全本已删除了涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私以及涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容。

中海石油（中国）有限公司

2018年6月11日



# 建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：中海石油环保服务（天津）有限公司

住　　所：天津港保税区东方大道88号1-105-2室

法定代表人：王亚峰

曹妃甸6-4油田开发工程环境影响报告书专用

资质等级：甲级

证书编号：国环评证 甲 字第 1109 号

有效期：2017年11月28日至2019年01月23日

评价范围：环境影响报告书甲级类别 — 化工石化医药；交通运输；海洋工程***

环境影响报告书乙级类别 — 社会服务***

环境影响报告表类别 — 一般项目***

0013890

2017年11月28日

项目名称：曹妃甸6-4油田开发工程

文件类型：环境影响报告书

适用的评价范围：海洋工程

法定代表人：王亚峰

主持编制机构：中海石油环保服务（天津）有限公司

# 曹妃甸 6-4 油田开发工程

## 环境影响报告书编制人员名单表

| 编制主持人 | | 姓名 | 职（执）业资格证书编号 | 登记（注册证）编号 | 专业类别 | 本人签名 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 张蓓 | 0009006 | A11090321000 | 海洋工程 | |
| 主要编制人员情况 | 序号 | 姓名 | 职（执）业资格证书编号 | 登记（注册证）编号 | 编制内容 | 本人签名 |
| | 1 | 张蓓 | 0009006 | A11090321000 | 总论、工程概况、结论 | |
| | 2 | 张生光 | 0011258 | A110905209 | 工程分析、环境事故风险分析与评价、环境保护对策措施 | |
| | 3 | 范丽丽 | 0011065 | A110905009 | 区域环境概况、环境质量现状调查与评价、环境保护技术经济合理性分析、环境管理与环境监测 | |
| | 4 | 闫文娟 | 00019634 | A110905902 | 环境影响预测与评价清洁生产、总量控制、海洋工程的环境可行性及海洋生态建设方案 | |

参与人员：齐莎莎、孙启猛，申立鹏 、邱照宇

# 目　录

**1 总论 ..... 1**

1.1 评价任务由来与评价目的 ..... 1

1.2 报告书编制依据 ..... 2

1.3 环境影响评价和环境质量标准 ..... 4

1.4 环境影响要素识别 ..... 7

1.5 环境敏感区和环境保护目标 ..... 8

1.6 环境影响评价工作等级 ..... 11

1.7 环境影响评价范围与评价重点 ..... 12

**2 工程概况 ..... 14**

2.1 建设项目概况 ..... 14

2.2 工程开发方案 ..... 19

2.3 海上施工方案 ..... 52

2.4 依托工程能力校核 ..... 57

**3 工程分析 ..... 61**

3.1 工程各阶段污染环节与环境影响分析 ..... 61

3.2 工程各阶段污染源强核算 ..... 63

3.3 环境影响要素和评价因子的分析与识别 ..... 72

**4 区域环境现状 ..... 73**

4.1 区域自然环境现状 ..... 73

4.2 工程海域开发利用现状 ..... 80

4.3 环境敏感目标的现状与分布 ..... 92

**5 环境质量现状调查与评价 ..... 96**

5.1 水文水动力现状调查与评价 ..... 96

5.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价 ..... 103

5.3 海水水质现状调查及评价 ..... 114

5.4 海洋沉积物现状调查及评价 ..... 134

5.5 海洋生物生态现状调查及评价 136
5.6 渔业资源现状调查与评价 158
5.7 海洋生物质量现状调查及评价 176
5.8 总结 182
**6 回顾性环境影响评价 188**
6.1 油田开发生产过程回顾 188
6.2 现有工程溢油事故回顾 192
6.3 油田周围海域环境质量回顾 192
**7 环境影响预测与评价 204**
7.1 水文动力环境影响预测与评价 204
7.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价 224
7.3 海水水质环境影响预测与评价 225
7.4 海洋沉积环境影响预测与评价 228
7.5 海洋生态环境影响预测与评价 229
7.6 主要环境敏感目标环境影响分析与评价 235
7.7 项目对通航安全的影响分析 238
**8 环境风险分析与评价 243**
8.1 环境风险危害识别与事故频率估算 243
8.2 溢油漂移预测 251
8.3 污染物迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布 255
8.4 事故后果分析 281
8.5 地质性溢油风险分析与评价 288
8.6 环境风险防范对策措施和应急方法 302
**9 清洁生产 314**
9.1 建设项目清洁生产内容与符合性分析 314
9.2 清洁生产水平分析 318
9.3 持续清洁生产建议 319

**10 总量控制 ..... 321**

10.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量 ..... 321

10.2 污染物的排放削减方法 ..... 322

10.3 污染物排放总量控制方案与建议 ..... 324

**11 环境保护对策措施 ..... 325**

11.1 建设项目建设阶段环境保护对策措施 ..... 325

11.2 建设项目生产阶段环境保护对策措施 ..... 326

11.3 建设项目海洋生态保护对策措施 ..... 328

11.4 环保竣工验收 ..... 329

11.5 污染防治措施、环境保护及生态保护措施汇总 ..... 331

**12 环境保护技术经济合理性分析 ..... 333**

12.1 环境保护设施和对策措施的费用估算 ..... 333

12.2 环境经济损失分析 ..... 333

12.3 环境保护的技术经济合理性 ..... 336

12.4 社会效益 ..... 337

**13 海洋工程的环境可行性 ..... 338**

13.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析 ..... 338

13.2 与《全国海洋功能区划（2011～2020 年）》符合性分析 ..... 339

13.3 与《河北省海洋主体功能区规划》符合性分析 ..... 340

13.4 与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》符合性分析 ..... 345

13.5 与《河北省海洋生态红线》符合性分析 ..... 352

13.6 与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析 ..... 357

13.7 产业政策相符性 ..... 363

13.8 其它相关政策符合性 ..... 363

**14 海洋生态建设方案 ..... 368**

14.1 与政策的符合性 ..... 368

14.2 污染物源头控制及溢油应急措施 ..... 369

14.3 海洋生态损害分析 370
14.4 海洋生态补偿措施 375
14.5 海洋生态保护/修复措施 375
14.6 海洋生态修复监管措施建议 378
14.7 海洋跟踪监测措施 378
**15 环境管理与环境监测 381**
15.1 环境保护管理计划 381
15.2 环境监测计划 384
**16 环境影响评价结论及建议 387**
16.1 工程分析结论 387
16.2 环境现状分析与评价结论 388
16.3 环境影响预测分析与评价结论 391
16.4 环境风险分析与评价结论 393
16.5 清洁生产和总量控制结论 394
16.6 环境保护对策的合理性、可行性结论 395
16.7 公众参与分析与评价结论 397
16.8 区域规划和政策符合性结论 397
16.9 建设项目环境可行性结论 397

# 1总论

## 1.1 评价任务由来与评价目的

### 1.1.1 评价任务由来

曹妃甸 6-4 油田（简称“CFD6-4”）为新建工程，该油田位于渤海中西部海域，西北距南堡 35-2 油田约 12.5km，东北距秦皇岛 32-6 油田约 18.0km，西距塘沽约 116.0km。平台位置处海图水深为 19.9 米。全油田动用储量 4014.73×$10^4$$m^3$，油田探明储量主要集中在馆陶组和东营组。本项目井口共计 52 口（含 39 口生产井、12 口注水井（两口注水井先期排液）、1 口水源井（后期转注水井））。

本工程拟建内容如下：新建一座中心平台 CFD6-4CEPA、1 条 CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP 的 12.5 km 输油海底管道和 1 条 CFD6-4CEPA 平台至 NB35-2CEP 平台的 12.5 km 复合海底电缆。同时，对 NB35-2CEP 平台、NB35-2WHPB 平台电气设备进行适应性改造。

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》的规定，本工程在建设前应进行环境影响评价。受中海石油（中国）有限公司天津分公司的委托，我单位承担了该工程的环境影响评价工作，并依据有关法规、导则的要求完成了《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书》。

### 1.1.2 项目建设的必要性

随着我国经济、社会的高速发展，社会生产、生活对原油的需求量大幅增长，为解决原油国内供应不足，国家采取了一系列的应对措施，包括加快转变能源发展方式、加大结构调整力度，加快发展清洁能源，优化能源结构，加快建设能源储备和输送通道，增强应急保障能力等，而加大国内原油资源的勘探开发也是应对国内原油供应缺口、维护国家能源安全的有力和可靠措施之一。

曹妃甸 6-4 油田开发工程属于海洋石油开发项目，工程位于渤海湾海域，本项目周边开发油田群包括南堡 35-2 油田、南堡 35-1 油田、秦皇岛 32-6 油田、秦皇岛 33-2、秦皇岛 33-1 油田等。 曹妃甸 6-4 油田高峰年产油约为 88 万方/年，累产油为 830 万方；该油田如成功开发，可有效带动周边区块曹妃甸 12-6 油田的开发，曹妃甸 12-6 油田可

贡献约 62 万方/年的年产量，约 745 万方的累产油量。这两个油田均属中型油田，若顺利投产，可为实现渤海 3000 万方提供有力支撑，为实现国家海洋强国战略、能源安全方针贡献力量。

本工程属于海洋石油开发项目，项目建成后能够提升渤海区域的石油开采能力，有利于缓解我国油气短缺问题，同时也为快速增长的渤海经济圈提供物质基础。

### 1.1.3 评价目的

本评价旨在查明建设项目评价范围内的环境质量现状，在全面分析建设项目施工期和营运期的主要污染因子的种类和数量的基础上，预测和评价建设项目对周围环境的影响范围和程度，阐明该项目的环境效益、经济效益和社会效益，提出相应的环境保护措施和建议，从环境保护角度论证该项目建设的合理性和可行性，为项目建设和报批提供科学依据。

## 1.2 报告书编制依据

### 1.2.1 国家法律法规

- 《中华人民共和国环境保护法》（修订）（2015.1.1 实施）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订）（2016.9.1 实施）；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（修订）（2016.11.7 修订）；
- 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002.1 实施）；
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012 年修订）（2012.2）；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2016 年 1 月 1 日实施）；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修订）；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（修订）（2016 年 11 月 7 日修订）；
- 《中华人民共和国渔业法》（修订）（2013.12.28 修订）；
- 《中华人民共和国海上交通安全法》（2016 年 11 月 7 日修订）；
- 《中华人民共和国节约能源法》（2007.10.28 修订）；
- 《中华人民共和国循环经济促进法》（2009 年 1 月）；
- 《国家发展改革委关于修改《产业结构调整指导目录 （2011 年本）》有关条款的决定》（ 2013 年 5 月 1 日起实施）。

### 1.2.2 管理条例、规定及实施办法

- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日施行）；
- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院，2017 年 3 月修订)；
- 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》（1983.12）；
- 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2017 年 3 月 1 日修正）；
- 《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法》（2016 年修订）；
- 《中华人民共和国自然保护区条例》（国务院令第 687 号，2017 年修订）；
- 《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》，1990 年 8 月 1 日；
- 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，农业部令第 1 号，1993 年 10 月 5 日；
- 《铺设海底管道电缆管理规定实施办法》（1992. 8）；
- 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》（交通部，2011.3.1 起施行）；
- 《海洋工程环境影响评价管理规定》（国海规范〔2017〕7 号）；
- 《渤海海域船舶排污设备铅封程序规定 》 (交通部交海发［2003］32 号)（2003.2.8）；
- 《海洋特别保护区管理办法》（国海发〔2010〕21 号）；
- 《中国水生生物资源养护行动纲要》(2006.2)；
- 《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》(国家海洋局,2015.4)；
- 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发[2012]98 号）；
- 《关于涉及自然保护区的开发建设项目环境管理工作有关问题的通知》（环发[1999]177 号）；
- 《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》（国发〔2011〕35 号文）。

### 1.2.3 规划、功能区划及保护规划

- 《全国海洋主体功能区规划》（2015 年 8 月）；
- 《全国海洋功能区划》（2011~2020 年）；
- 《河北省海洋功能区划（2011-2020）》；

- 《河北省海洋生态红线区划定方案》（2013-2020 年）；
- 《河北省海洋环境保护规划（2016-2020）》；
- 《河北省海洋主体功能区规划》（2018 年 3 月）。

### 1.2.4 技术导则、规范

- 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）；
- 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ/T2.3-93）；
- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009）；
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；
- 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2004）；
- 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）；
- 《海洋监测规范》（GB 17378.1～7-2007）；
- 《海洋调查规范》（GB/T 12763.1～11-2007）；
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC T 9110-2007）；
- 《建设项目海洋环境跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002.4；
- 《海洋生态损害评估技术指南》国家海洋局，2013 年 8 月。

### 1.2.5 工程技术资料

- 《曹妃甸 6-4 油田总体开发方案报告》（2017 年 8 月）；
- 建设单位提供的其它设计资料。

## 1.3 环境影响评价和环境质量标准

### 1.3.1 环境质量标准

本项目新建平台位于《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》中的“京唐港至曹妃甸农渔业区，功能区类型为“农渔业区”，功能区代码为“1-9”，其环境保护要求为：执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准，因此确定本评价采用的标准如下：

海域水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中的二类标准及《渔业水质标准》（GB11607-89）。相应的海洋沉积物质量评价执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）

中的一类标准。海洋生物质量评价执行《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中的一类标准，《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中没涉及的项目采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》（第二分册）中相应标准。标准采用情况详见表 1.3-1。

**表 1.3-1 环境质量标准**

| 项目 | 采用标准 | 等级 | 适用对象 |
|---|---|---|---|
| 海水水质 | 《海水水质标准》（GB3097-1997） | 一类、二类、三类 | 环境质量现状评价、环境影响评价 |
| | 《渔业水质标准》（GB11607-89） | / | |
| 沉积物 | 《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002） | 一类、二类 | 海洋沉积物质量评价 |
| 海洋生物 | 《海洋生物质量》（GB18421-2001） | 第一类 | 海洋生物质量评价（双壳贝类） |
| | 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》 | — | 海洋生物质量评价（软体类、甲壳类和鱼类的生物体内污染物质，除石油烃外） |
| | 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册） | — | 海洋生物质量评价（软体类、甲壳类和鱼类的生物体内石油烃） |

## 1.3.2 污染物排放标准

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

本工程所在海域属于渤海中西部海域，工程生产建设过程中产生的污染物排放标准执行情况见表 1.3-2。

**表 1.3-2 污染物排放标准**

| 污染物 | 采用标准 | 等级 | 标准值 | 适用对象 |
|---|---|---|---|---|
| 含油钻井液、含油钻屑 | 海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB 4914-2008） | 一级 | 钻井油层钻屑和钻井油层钻井液不得排放<br>禁止排放非水基钻井液钻屑 | 钻井作业排放的含油钻屑、含油钻井液 |
| 非含油钻井液、非含油钻屑 | 海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB 4914-2008） | 一级 | Hg≤1mg/kg<br>Cd≤3mg/kg | 钻井作业排放的非含油钻屑、非含油钻井液 |
| | 海洋石油勘探开发污染物生物毒性分级（GB 18420.1-2009） | 一级 | 生物毒性≥30000mg/L | |
| 生活污水 | 海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB 4914-2008） | 一级 | COD≤300mg/L | 钻井/生产作业生活污水和生产垃圾 |
| 生产/生活 | 海洋石油勘探开发污染物排放 | 一级 | 禁止排放或弃置入海 | |

| 污染物 | 采用标准 | 等级 | 标准值 | 适用对象 |
|---|---|---|---|---|
| 垃圾 | 浓度限值（GB 4914-2008） | | | |
| 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）、《2011 年国内航行海船法定检验技术规则》、《国内航行海船法定检验技术规则 2014 年修改通报》、《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018） | / | 运回陆地处理 | 船舶污染物的排放 |
| 塑料制品等生产垃圾 | 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）《2011 年国内航行海船法定检验技术规则》《国内航行海船法定检验技术规则 2014 年修改通报》 | | 禁止投入海域 | |
| 食品废弃物及其它垃圾 | | | 未经粉碎的禁止在距最近陆地 12 海里以内投弃入海。经过粉碎颗粒直径小于 25 毫米时，可允许在距最近陆地 3 海里之外投弃入海 | |
| 船舶生活污水 | | | 2012 年 1 月 1 日前安装（或更新）生活污水处理装置的船舶：BOD≤50mg/L、SS≤150mg/L、耐热大肠菌群数≤2500 个/L；<br>2012 年 1 月 1 日及以后安装（或更换）生活污水处理装置的船舶：BOD≤25mg/L、SS≤135mg/L、耐热大肠菌群数≤ 1000 个/L、CODcr≤125mg/L、pH 值:6~8.5、总氯（总余氯）<0.5mg/L。 | |

### 1.3.3 生产水回注地层指标

曹妃甸 6-4 油田注水层位位于馆陶组、东二下段和东三段，其中馆陶组平均气测渗透率 $2971.6\times10^{-3}\mu m^2$；东二段平均空气渗透率 $142.5\times10^{-3}\mu m^2$；东三段平均气测渗透率 $84\times10^{-3}\mu m^2$。为兼顾井区整体注水开发需要，以东三段平均气测渗透率为依据，根据中华人民共和国《石油天然气行业标准---碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》（SY/T 5329-2012）要求，推荐注水水质指标如表 1.3-3 所示。

表 1.3-3　曹妃甸 6-4 油田推荐注水指标

| 注入层平均空气渗透率，μm² | | 0.084。 |
|---|---|---|
| 控制指标 | 悬浮固体含量，mg/L | ≤5 |
| | 悬浮物颗粒直径中值，um | ≤3.0 |
| | 含油量，mg/L | ≤15.0 |
| | 平均腐蚀率，mm/年 | ≤0.076 |
| | SRB，个/mL | ≤25 |
| | IB，个/mL | n×10³ |
| | TGB，个/mL | n×10³ |

## 1.4 环境影响要素识别

### 1.4.1　污染环境影响要素识别

本项目海上建设阶段，铺管/缆挖沟掀起的海底泥沙等会在短时间内造成海水中悬浮物浓度增加，大颗粒泥沙最终沉降在海底，会在一定程度上改变海底沉积物性质，并对局部的底栖生物生态产生不利影响。

本项目海上生产阶段，在生产过程中产生的含油生产水将全部回注地层，不会对海洋环境产生不利影响。

此外，海上建设阶段参加作业的人员和船舶将产生少量的机舱含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾及少量生产垃圾。施工期间在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理；机舱含油污水、生产及生活垃圾运回陆地处理。环境风险事故状态下的油气泄漏，可能排放的原油会对海水水质和海洋生物造成危害。具体环境影响要素识别见表 1.4-1。

表 1.4-1　环境影响要素识别

| 开发阶段 | 污染物 | 主要污染因子 | 排放方式 | 影响对象 | 影响程度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 施工阶段 | 机舱含油污水 | 石油烃 | 运回陆地处理 | — | 无 |
| | 船舶生活污水 | COD、大肠菌群、SS | 运回陆地处理 | 水质、生态环境 | 无 |
| | 船舶垃圾 | 食品废弃物、包装物 | 运回陆地处理 | — | 无 |
| | 施工作业垃圾 | 边角料、油渣、油棉纱 | 运回陆地处理 | — | 无 |
| | 平台建设、铺管作业悬浮沙 | 悬浮沙 | 连续排放 | 水质、生态环境 | 中 |
| | 钻井液、钻屑 | 悬浮沙 | 运回陆地处理 | 水质、生态环境 | 无 |
| 生产阶段 | 工业垃圾 | 边角料、油渣、油棉纱 | 运回陆地处理 | — | 无 |
| | 生活污水 | COD | 处理达标后用于冲厕，循环使用，不排海。 | 水质、生态环境 | 无 |
| | 生活垃圾 | 食品废弃物、包装物 | 运回陆地处理 | — | 无 |

| 开发阶段 | 污染物 | 主要污染因子 | 排放方式 | 影响对象 | 影响程度 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 含油生产水 | 石油烃 | 全部注入地层 | — | 无 |
| | 管道防腐溶出物 | 锌 | 连续排放 | 水质、沉积物环境 | 小 |
| 事故状态下 | 环境风险事故下的溢油 | 石油烃 | 直接排放 | 水质环境、沉积物环境、生态环境 | 大 |

### 1.4.2 非污染环境影响要素识别

由于工程建设引起的海域生态、沉积物环境等非污染环境影响要素识别见表 1.4-2。

表 1.4-2 非污染环境影响要素识别

| 工程行为 | 影响方式 | 影响性质 | 影响对象 | 影响程度 |
|---|---|---|---|---|
| 平台建设 | 占用海域 | 长期占用 | 沉积物环境、生态环境、水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境 | 小 |
| 海底管道、电缆铺设 | 占用海域 | 临时占用 | 沉积物环境、底栖生物 | 中 |

## 1.5 环境敏感区和环境保护目标

### 1.5.1 环境保护目标

本工程 CFD6-4 CEPA 平台、CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 部分海底输油管道、CFD6-4 CEPA→NB35-2CEP 部分复合海底电缆位于《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》“京唐港至曹妃甸农渔业区【功能区代码 1-9】”，周边海洋环境执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准。

CFD6-4 CEPA→NB35-2CEP 部分海底输油管道、CFD6-4 CEPA→NB35-2CEP 部分复合海底电缆位于《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》“月坨南矿产与能源区【功能区代码 4-2】”，周边海洋环境海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量不劣于现状水平。根据《河北省海洋环境保护规划（2016-2020）》，“矿产与能源监督利用区”执行不劣于三类海水水质质量标准、不劣于二类海洋沉积物和海洋生物质量标准。

因此，确定正常作业情况下环境保护目标为工程周围海域的海水水质，沉积物质量和海洋生态。“京唐港至曹妃甸农渔业区【功能区代码 1-9】”海洋环境海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物不劣于一类标准，海洋生物质量不劣于一类标准。“月坨南矿产与能源区【功能区代码 4-2】” 海洋环境海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物不劣于二类标准，海洋生物质量不劣于二类标准。控制污染物排放不影响临近功能区的《海水水质标准》（GB3097-1997）、海洋生物质量（GB18421-2001）和海洋沉积物质量（GB18668-2002）及相关标准要求。

### 1.5.2 环境敏感目标

本次评价的主要环境敏感目标包括海洋保护区、渔业区及产卵场等。其中，距离本工程最近的海洋保护区为曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区，距 CEPA 平台约为 23km。

本工程的主要敏感区和保护目标见表 1.5-1，敏感目标分布见图 1.5-1。

**表 1.5-1 环境敏感目标分布表**

| 功能区类型 | 名称 | 方位 | 距离（km） |
|---|---|---|---|
| 海洋保护区 | 河北乐亭菩提岛诸岛海洋保护区 | 西北 | 8.9 |
| 风景旅游区 | 大清河口海岛旅游区 | 西北 | 6.7 |
| | 龙岛旅游娱乐区 | 西 | 14.1 |
| 生态红线区 | 乐亭菩提岛诸岛保护区 | 西北 | 24 |
| | 大清河口海岛旅游区 | 西北 | 6.7 |
| | 龙岛旅游区 | 西 | 14.1 |
| | 大清河口至小清河口海域沙源保护海域 | 西 | 1.8 |
| 养殖区 | 小清河口养殖区 | 西 | 约 15.3 |
| | 昌黎海域养殖区 | 东北 | 34 |
| 产卵场 | 洄游性鱼类产卵场 | 0 | 0 |
| | 白姑鱼产卵场 | 0 | 0 |
| 港口航道 | 唐山港京唐港区主航道 | 东北 | 13.1 |
| 海上风电 | 月坨岛风电场 | 西南 | 0.56 |

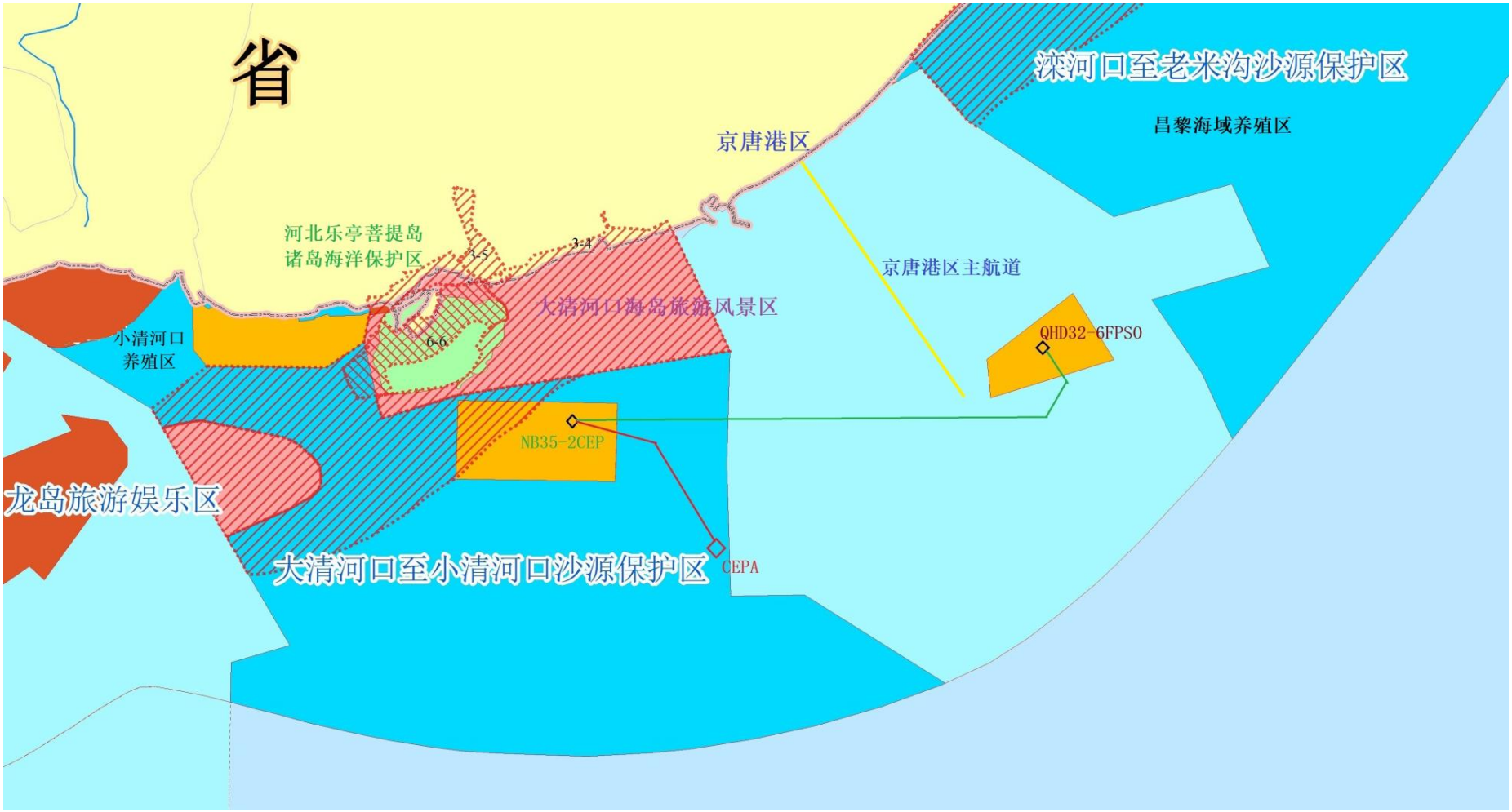



**图 1.5-1 敏感目标分布图**

### 1.5.3 污染控制目标

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

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

**钻井液、钻屑：**水基钻井液循环使用，钻完井作业完成后运回陆上处理，钻井油层钻井液运回陆上交有资质单位处理；非钻井油层钻屑运回陆上处理，钻井油层钻屑运回陆上交有资质单位处理。

**船舶含油污水：**参加作业的船舶所产生的机舱含油污水禁止在海上排放，需全部运回陆地处理。

**生活污水：**施工期间在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。运营期平台定员生活污水不排海。

**含油生产水：**正常情况下经处理达到回注水质标准后全部回注，非正常工况下，全油田停产。

**工业垃圾及生活垃圾：**工业和生活垃圾全部回收运回陆地处理。

**原油泄漏：**采取合理有效的防范措施，尽可能避免油气泄漏事故的发生。

## 1.6 环境影响评价工作等级

本工程包括海洋油（气）开发及其附属工程，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）中评价等级划分原则，确定单项海洋环境影响要素为水质环境、沉积物环境、生态环境、水文动力环境。由于本工程新建平台为透水式结构，故仅对水文动力现状进行评价、对水文动力影响只进行简要分析。其余各环境要素单项评价等级见表 1.6-1。综上，本工程的环境影响评价等级为一级。

表 1.6-1　评价等级

| 评价依据 | 工程类型 | 工程规模 | 工程所在海域和生态环境类型 | 水质环境 | 沉积物环境 | 生态和生物资源环境 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014） | 海洋油（气）开发及其附属工程 | 年产油量≤88.20 万吨 | 海洋生态环境敏感区 | 1 | 2 | 1 |
| 环境影响评价等级 | | | | 1 | 2 | 1 |

本工程涉及的主要危险物质为原油，属于易燃物质，且工程区位于生态敏感区，因此根据《建设项目环境风险评价技术导则》的要求，风险评价等级定为一级。

## 1.7 环境影响评价范围与评价重点

### 1.7.1　评价范围

根据各专题评价工作等级、污染物排放负荷和排放方式、自然环境特征及重点环境保护目标，确定环境影响评价范围。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），确定本次评价范围为：以工程用海（包括新建平台、管缆及依托工程）外缘线为起点、分别向主潮流方向及垂直主潮流方向各外扩 10km，约 29×43km 的矩形，即周围约 1247 $km^2$ 海域，评价范围见图 1.7-1。




图 1.7-1　评价范围图

## 1.7.2　评价重点

依据本油田开发工程的特点和评价海域环境特征，结合本工程分析识别出的环境影响因子和环境影响因素识别结果，确定出本工程的环境影响评价重点为：

（1）平台建设、海底管道、电缆铺设所搅起的海底悬浮泥沙对工程周围海水水质、底质、底栖生物、渔业资源及海洋生态环境的影响；给出水质、生态环境保护对策、措施。

（2）油气泄漏事故对工程周围渔业资源以及重点岸线处的自然保护区、海水养殖区等环境敏感目标的潜在影响。

（3）地质性溢油风险分析与评价。

（4）油气生产、集输等过程的清洁生产和污染防治措施的分析。

（5）溢油风险防范对策措施。

（6）依托工程环境影响回顾性分析。

# 2工程概况

## 2.1 建设项目概况

### 2.1.1 项目名称与建设性质

项目名称：曹妃甸 6-4 油田开发工程

项目性质：新建

建设单位：中海石油(中国)有限公司天津分公司

预计投产日期：2019 年 10 月 31 日

环保投资：约 3135.94 万元

年生产天数：330 天

### 2.1.2 地理位置

曹妃甸 6-4 油田位于渤海中西部海域，西北距南堡 35-2 油田约 12.5km，东北距秦皇岛 32-6 油田约 18.0km，西距塘沽约 116.0km。平台位置处海图水深为 19.9 米。地理位置图见图 2.1-1。

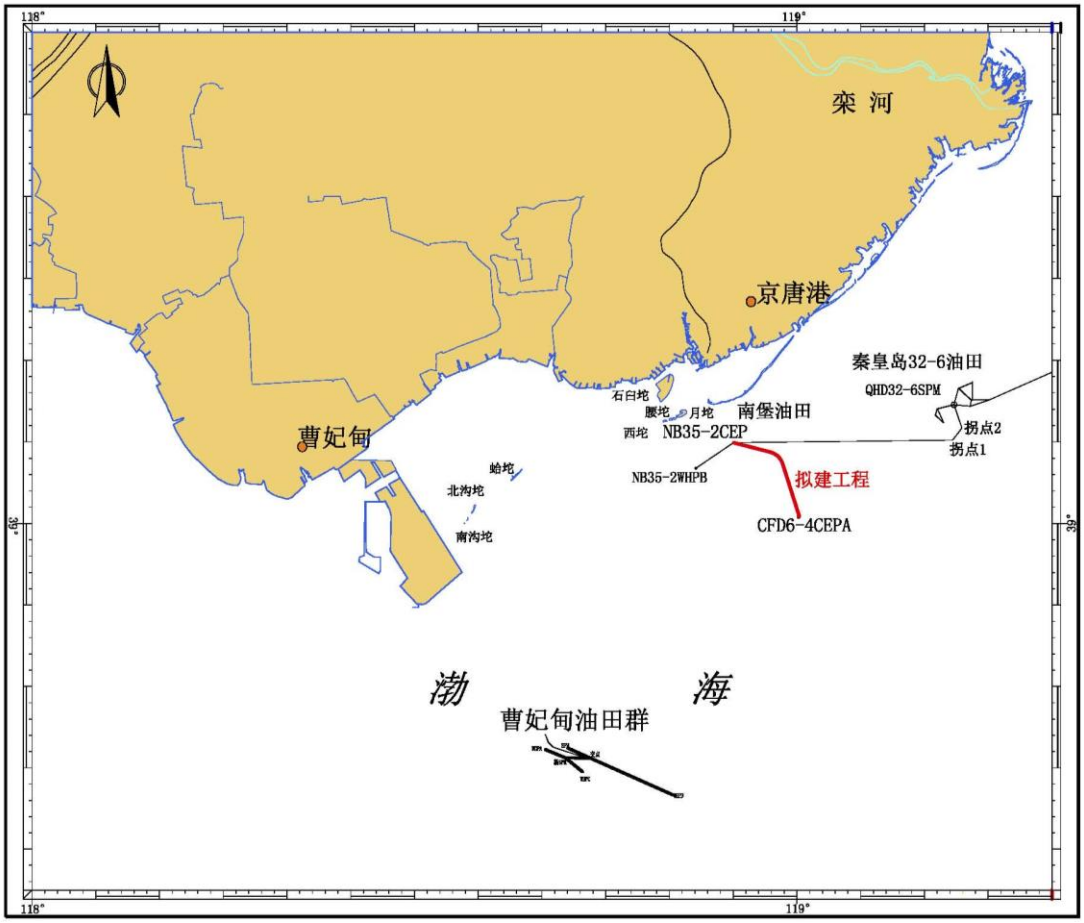



**图 2.1-1　曹妃甸 6-4 油田位置图**

曹妃甸 6-4 油田开发充分依托周边油田群已建工程设施，处理合格的原油依托已建 NB35-2CEP 平台至世纪号 FPSO 的海管外输至世纪号 FPSO 储存、外输，电力与 NB35-2CEP 电站组网后供电。

## 2.1.3　工程组成

### 2.1.3.1　工程组成概况

曹妃甸 6-4 油田开发工程的工程量主要包括新建工程和改造工程两部分。本项目工程量组成详见表 2.1-1。

**表 2.1-1　　曹妃甸 6-4 油田开发工程的工程量组成**

| 工程类型 | | 工程组成 | 装置及规模 |
|---|---|---|---|
| 新建工程 | 主体工程 | CFD6-4CEPA 平台 | CFD6-4 CEPA 是一座新建 8 腿 8 主桩 4 辅桩中心平台，采用纵向浮托。桩腿间距为 40m×（14m+14m+14m），44 井槽（含 8 个单筒双井），主要设有上层甲板、中层甲板、下层甲板及工作甲板。其上设有 80 人生活楼、180 修井机、热介质系统、透平电站、燃料气处理设施、原油处理设施、计量设施、注水系统设施、火炬及冷放空系统和公用设施等。 |
| | | 输油海底管道 | CFD6-4CEPA→NB35-2CEP，12.5km，内管钢管尺寸：219.1mm O.D. |

| 工程类型 | | 工程组成 | 装置及规模 |
|---|---|---|---|
| | | | ×14.3mm W.T.，外管钢管尺寸：355.6mm O.D.×14.3mm W.T.。 |
| | | 复合海底电缆 | CFD6-4CEPA→NB35-2CEP，12.5km， 35kV， 3C × 185mm$^2$ |
| | 环保工程 | 开/闭排系统。 | |
| | | 生产水处理系统：生产污水系统采用“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”的三级处理流程。设计规模为 7200m$^3$/d。该系统的主要设备包括：1 台 340m$^3$/h 的斜板除油器；1 台处理能力为 340m$^3$/h 的溶气式浮选机； 4 台处理能力为 120m$^3$/h 的核桃壳过滤器，其中 1 台备用；1 个 20m$^3$ 的污油罐及 2 台 30m$^3$/h 的污油泵；1 个 90m$^3$ 的污水罐及 2 台 52m$^3$/h 的污水泵，其中 1 台备用。 | |
| | | 生活污水处理系统： CFD6-4CEPA 平台上设置一套 120 人生活污水处理装置，生化电解法。 | |
| | 公用工程 | CFD6-4CEPA上设有燃料气系统、柴油系统、火炬系统、化学药剂系统、公用/仪表风系统、氮气系统及热介质系统。 | |
| 改造工程 | 依托工程 | NB35-2CEP 平台改造 | 新增清管球接收器、海缆接线箱、SF6 配电间、配电间、变压器间及 FM200 橇，对工艺电气、仪控、通讯、安全、结构、海管结构专业方向改造。 |
| | | NB35-2WHPB 平台电气设备改造 | NB35-2WHPB 平台电气设备改造。 |

### 2.1.3.2 总体布局

曹妃甸 6-4 油田新建一座中心平台（CFD6-4CEPA），井产物流处理成合格原油后，经外输泵增压，通过新建的 8"、12.5km 海底管道外输至 NB35-2CEP，与 NB35-2CEP 处理合格后的原油一起通过海底管道输送至世纪号 FPSO 进行存储及外输。

工程总体布局详见图 2.1-2。

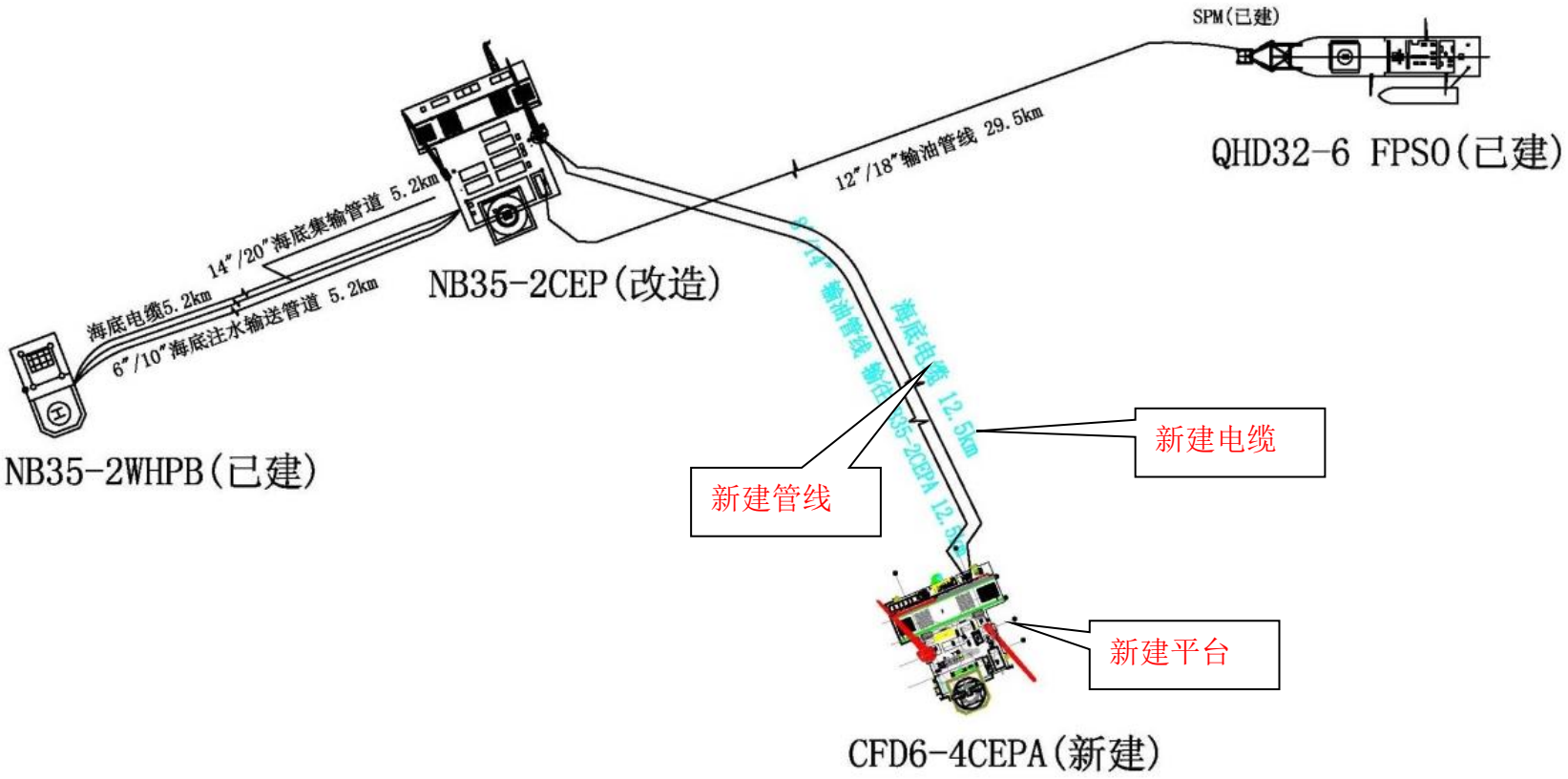



**图 2.1-2　工程总体布局示意图**

### 2.1.4 油田工程基础数据

**表 2.1-2 油田开发数据表**

| | |
|---|---|
| 新建平台名称 | CFD6-4CEPA |
| 井槽数 | 44（含 8 个单筒双井） |
| 总开发井数 | 52 口（含 39 口生产井、12 口注水井（两口注水井先期排液）、1 口水源井（后期转注水井）） |
| 平台设计寿命 | 25 年 |
| 海底管道/电缆设计寿命 | 拟建 1 条输油海底管道、1 条海底电缆，设计寿命均为 25 年。 |
| 年生产天数 | 330 天 |
| 生产年限 | 25 年 |
| 开发方式 | 注水开发 |
| 采油方式 | 电潜泵采油 |
| 钻修井方式 | 钻井船钻完井及后期打调整井，HXJ180 修井机修井 |

### 2.1.5 油田构造特征和地质油藏概况

曹妃甸 6-4 构造位于石臼坨凸起西段陡坡带，紧邻渤中西次洼，东距渤中 2-1 油田约 20.0km，西北距南堡 35-2 油田约 12.5km。曹妃甸 6-4 构造古近系整体表现为依附于石南一号边界断层发育的大型断鼻构造，划分为陡坡带、断阶带两个构造带，进一步又被派生断层分隔为多个断块。新近系整体表现为一系列继承性发育的具有断鼻背景的断块构造。

曹妃甸 6-4 油田钻井揭示的地层，自上而下分为第四系平原组，新近系明化镇组和馆陶组，古近系东营组和沙河街组。明化镇组又细分为明上段和明下段，东营组细分为东一段～东二上段、东二下段、东三段。油田的主要含油层系为明下段、馆陶组和东营组。

明下段油藏埋深海拔-1115.0～-1585.0m，埋深较浅，为中浅层油藏。馆陶组油藏埋深海拔-1680.0～-1912.5m，埋深较浅，为中浅层油藏。东营组油层在东二下段和东三段集中分布。东二下段油层主要分布在 1、3 井区，东三段油层主要分布在 1、3、5D 井区。东二下段油藏类型主要为层状构造油藏，1 井区油藏埋深海拔-2380.0～-2555.7m，3 井区油藏埋深海拔较深，为-3210.0～-3229.9m。东三段油藏类型主要为岩性-构造油藏、构造油藏，油藏埋深海拔-2880.0～-3276.0m。

## 2.2 工程开发方案

曹妃甸 6-4 油田新建一座中心平台（CFD6-4CEPA），井产物流处理成合格原油后，经外输泵增压，通过新建的 8"、12.5km 海底管道外输至 NB35-2CEP，与 NB35-2CEP 处理合格后的原油一起通过海底管道输送至世纪号 FPSO 进行存储及外输。

CFD6-4CEPA 分离出的伴生气，一部分送至燃气系统经过两级增压供透平发电机使用；一部分供给本平台热站使用。CFD6-4CEPA 接收并处理曹妃甸 6-4 油田生产水和水源井水，处理合格后直接回注本平台注水井。CFD6-4CEPA 布置上层甲板、中层甲板、下层甲板、工作甲板、80 人生活楼、HXJ180 修井机及相应工艺、公用设施；共设 44 个井槽（包含 8 个单筒双井）。

考虑未来开发需求，在 CFD6-4CEPA 平台预留一个 35kV 开关柜空间。

CFD6-4CEPA 新建电站与 NB35-2CEP 电站组网后为曹妃甸 6-4 油田和南堡 35-2 油田供电。

## 2.2.1 新建工程设施

本工程拟新建一座中心平台 CFD6-4CEPA、1 条 CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP 的 12.5 km 输油海底管道和 1 条 CFD6-4CEPA 平台至 NB35-2CEP 平台的 12.5 km 复合海底电缆。

本工程所产流体在生产管汇汇合会后进入 CEPA 平台原油处理系统，处理为合格原油后，通过新建海底管线输送经过南堡 35-2CEP 平台，与南堡 35-2CEP 平台的合格原油一起输送至世纪号储存并外输。

### 2.2.1.1 CFD6-4CEPA 中心平台方案

① 平台结构

曹妃甸 6-4 油田 CEPA 平台为新建 8 腿 8 主桩 4 辅桩中心平台，平台位置处水深为 19.9m，甲板组块海上安装采用浮托法安装。导管架工作点平面尺寸为 40m×（14m+14m+14m），井槽排列为 4×5+4×6（8 个单筒双井），主要设有上层甲板、中层甲板、下层甲板及工作甲板。其上设有 80 人生活楼、180 修井机、热介质系统、透平电站、燃料气处理设施、原油处理设施、计量设施、注水系统设施、火炬及冷放空系统和公用设施等。

本项目剖面图详见图 2.2-1。

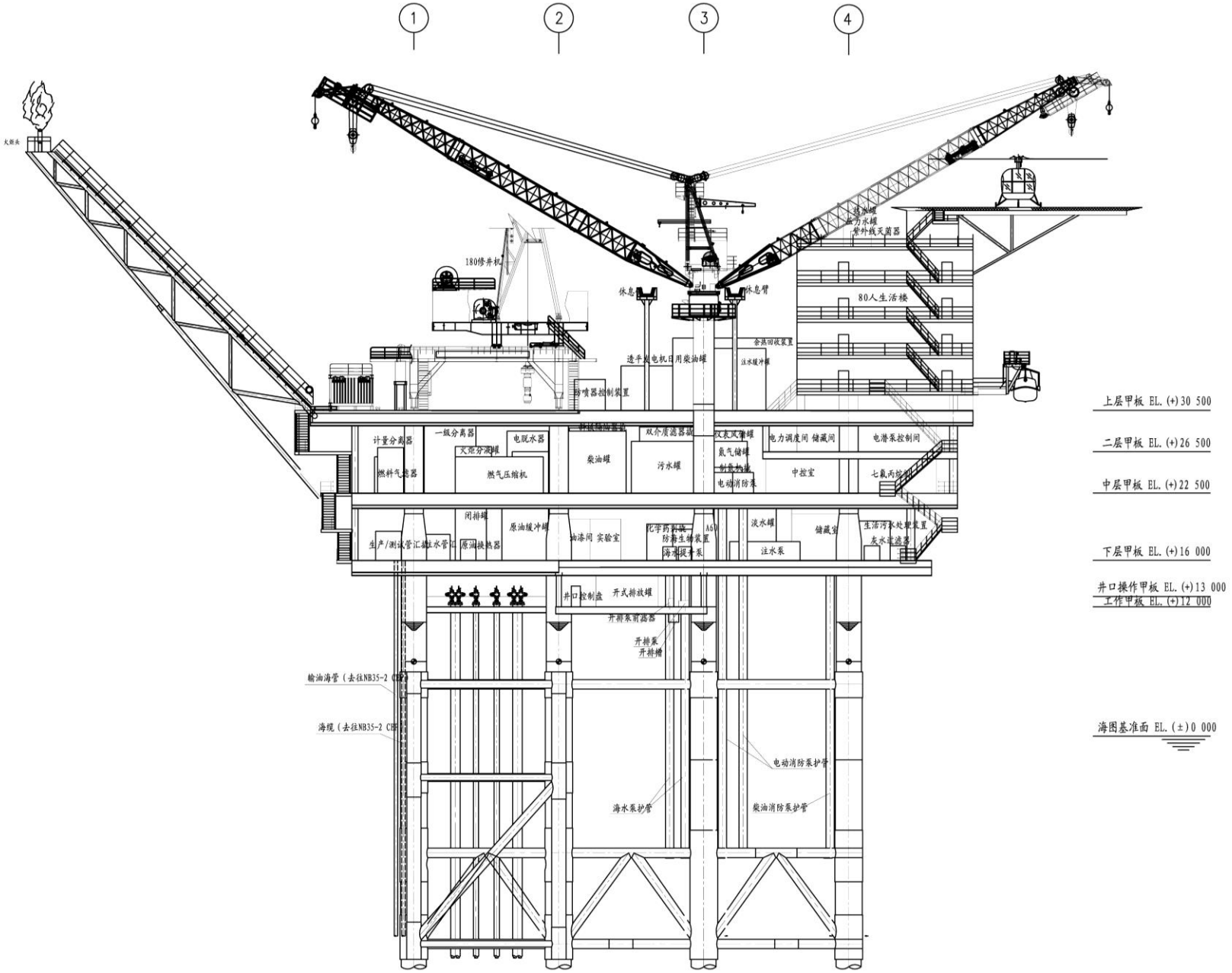



**图 2.2-1　本项目南向立面图**

**表 2.2-1　本项目甲板尺寸及主要设施一览表**

| 项目 | 甲板尺寸 | 主要设施 |
|---|---|---|
| 上层甲板 | 上层甲板的尺寸为64m×67.8m。 | 甲板东侧布置 80 人生活楼，两艘救生艇悬挂于生活楼东侧舷外。直升飞机甲板位于生活楼顶，与生活楼顶层保留 3.5 米的空间，用来放置热水罐等设备。甲板西侧是 180 修井机区域，井口区位于甲板西侧 1 轴与 2 轴之间，井槽排列方式为双井区 4×5+4×6，含 8 个单筒双井，井槽间距为 1.8m×2m。在生活楼北侧布置了一台热介质锅炉，两台透平电站、一台带补燃的废热回收，生活楼与 180 修井机之间布置了热介质膨胀罐、热介质循环泵橇、燃料油罐和透平柴油日用罐及一台注水罐及溢油回收装置，并设置了水处理装置预留区。<br>甲板北侧布置了一台能力为 20t@20m ，5t@40m 的电动吊机，南侧布置了一台能力为 20t@20m，5t@40m 的柴油吊机。为钻完井及后期修井作业和设备安装、检修时方便的使用。 |
| 中层甲板 | 中层甲板的尺度为58.5m×67.8m | 甲板的东侧设两层房间。一层房间布置了主变压器间、电潜泵变压器间、中控设备室、中央控制室、高压开关间、应急发电机间和 FM200 房间。二层房间标高 EL.(+)26.5m，布置了主开关间、电潜泵控制间、电池间、应急开关间、储藏室和电气调度间。电气房间西侧的安全区布置了公用/仪表风系统、氮气系统和两台电动消防泵。<br>在 3 轴设置 A60 防火墙以分隔危险区和非危险区。<br>3 轴西侧为危险区，用于布置燃气系统、一级分离器/加热器、计量分离器/加热器、电脱水器、生产水系统、火炬分液罐及柴油罐等。 |
| 下层甲板 | 下层甲板尺度为60m×67.8m | 甲板的东侧设一层房间，布置了柴油消防泵间、机修间、储藏室和工作间。安全区布置了注水泵、反冲洗水泵、淡水罐、淡水泵和生活污水处理装置。<br>在 3 轴设置 A60 防火墙以分隔危险区和非危险区。<br>3 轴西侧为危险区，用于布置实验室、油漆间、生产/测试/注水管汇、二级分离器、原油换热器、原油缓冲罐、清管球发射器、闭式排放罐、化学药剂橇及泵区。 |
| 工作甲板 | 工作甲板的尺寸为14m×6m | 工作甲板在 2 轴和 3 轴之间，A 轴南侧和 B 轴北侧各布置有开排罐、开排泵、开排槽和井口盘。<br>在 B 轴北侧和 A 轴南侧分别设置井口操作平台。 |

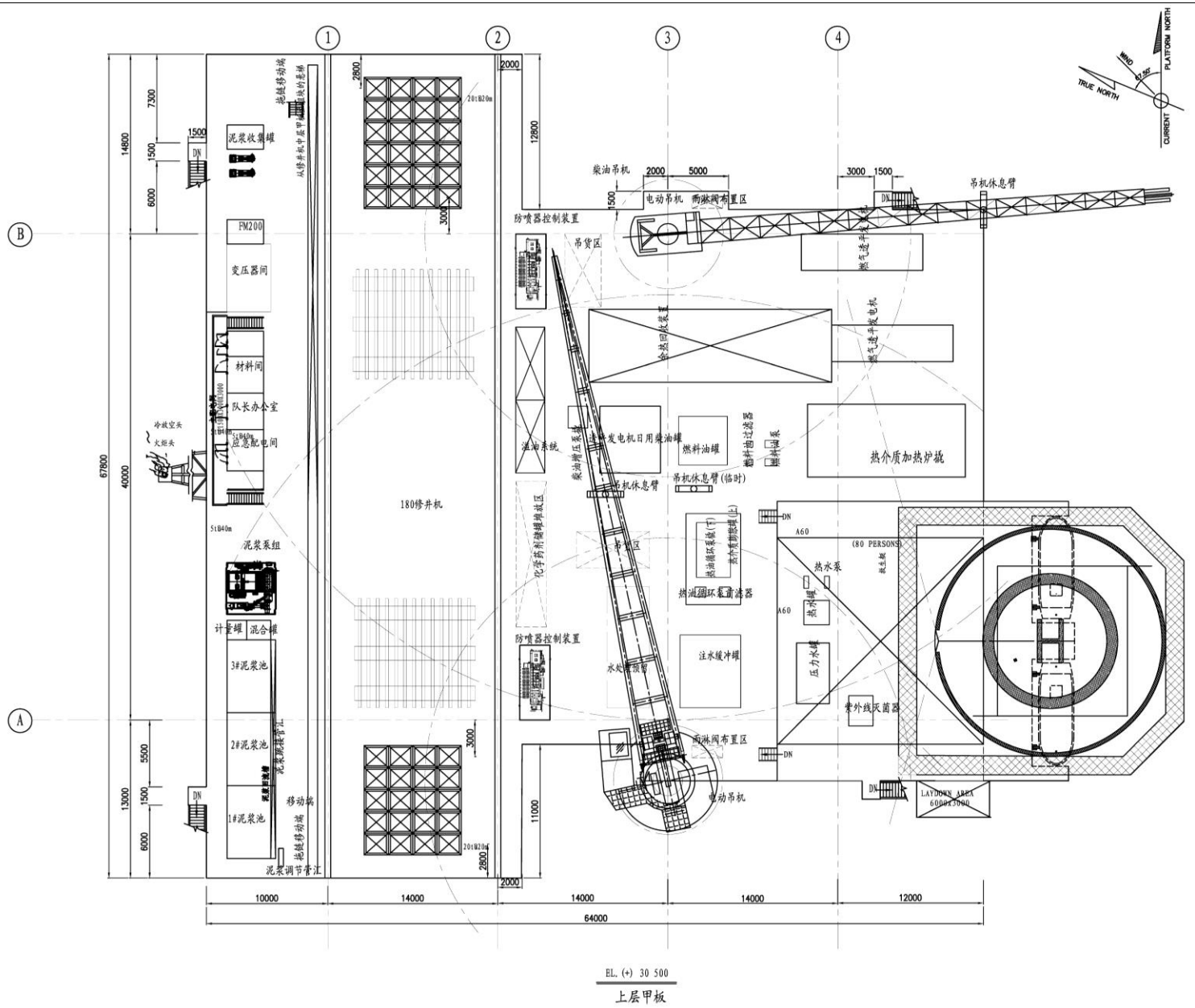



**图 2.2-2　本项目上层甲板图**

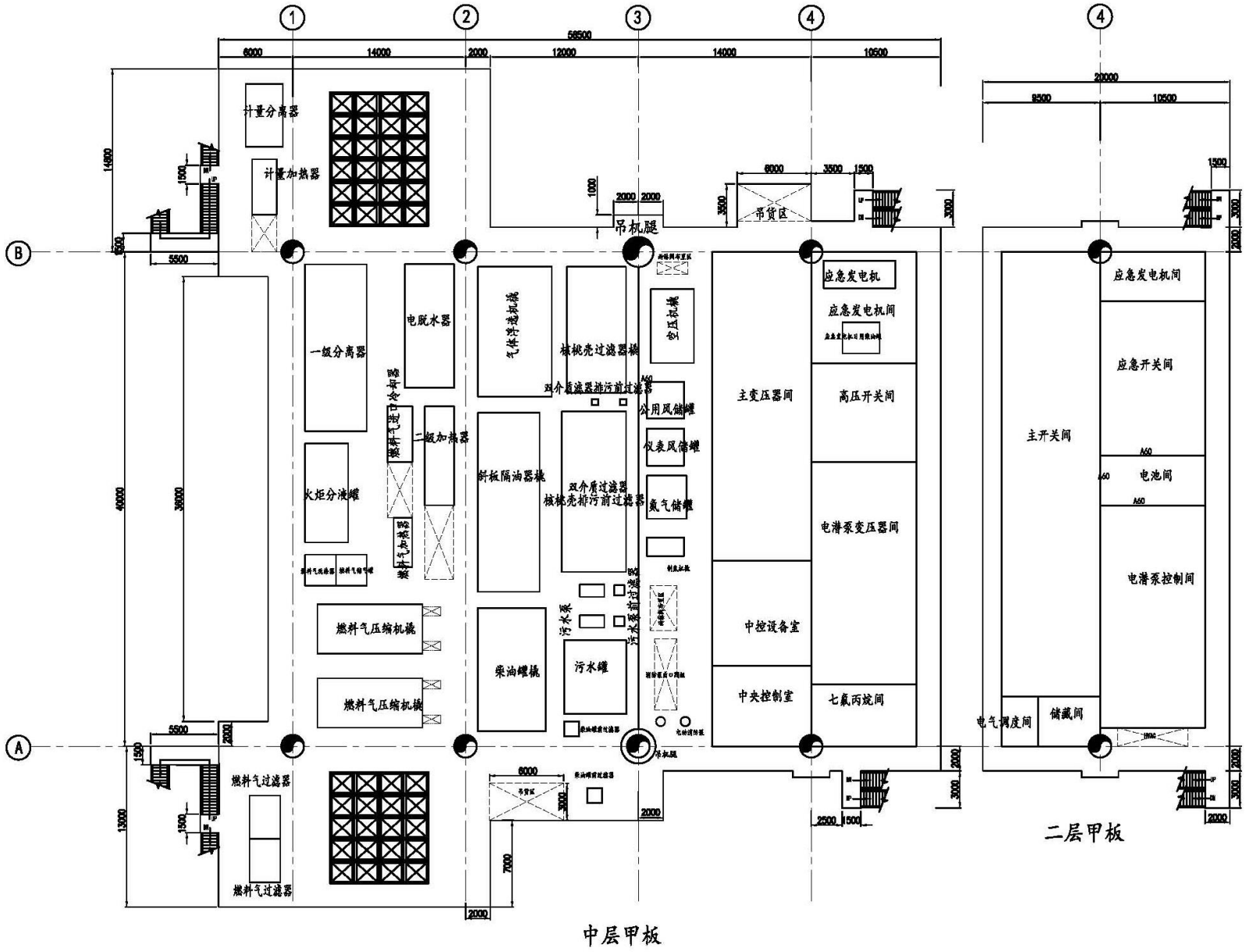



**图 2.2-3　本项目中层甲板图**

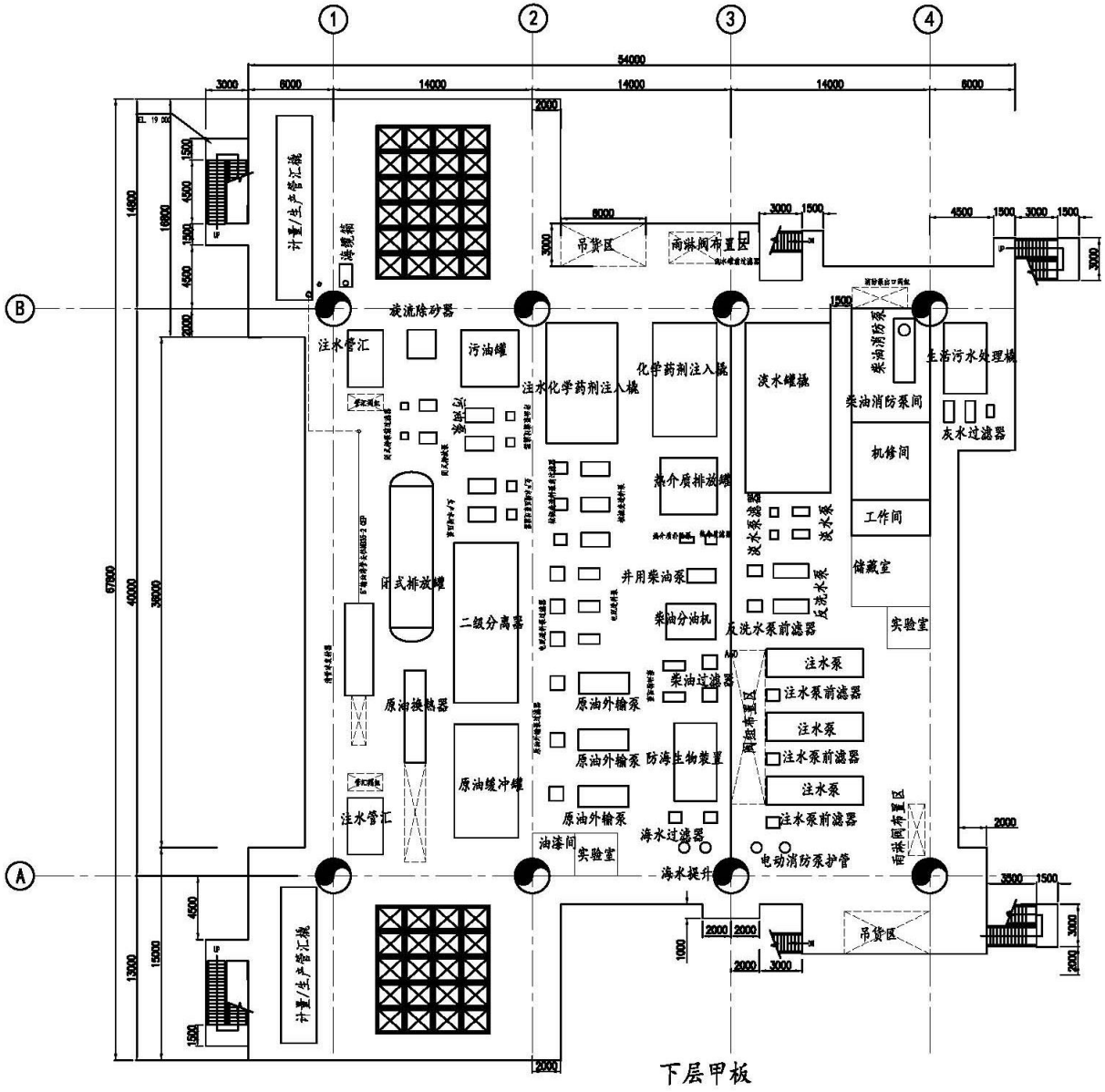



**图 2.2-4　　本项目下层甲板图**

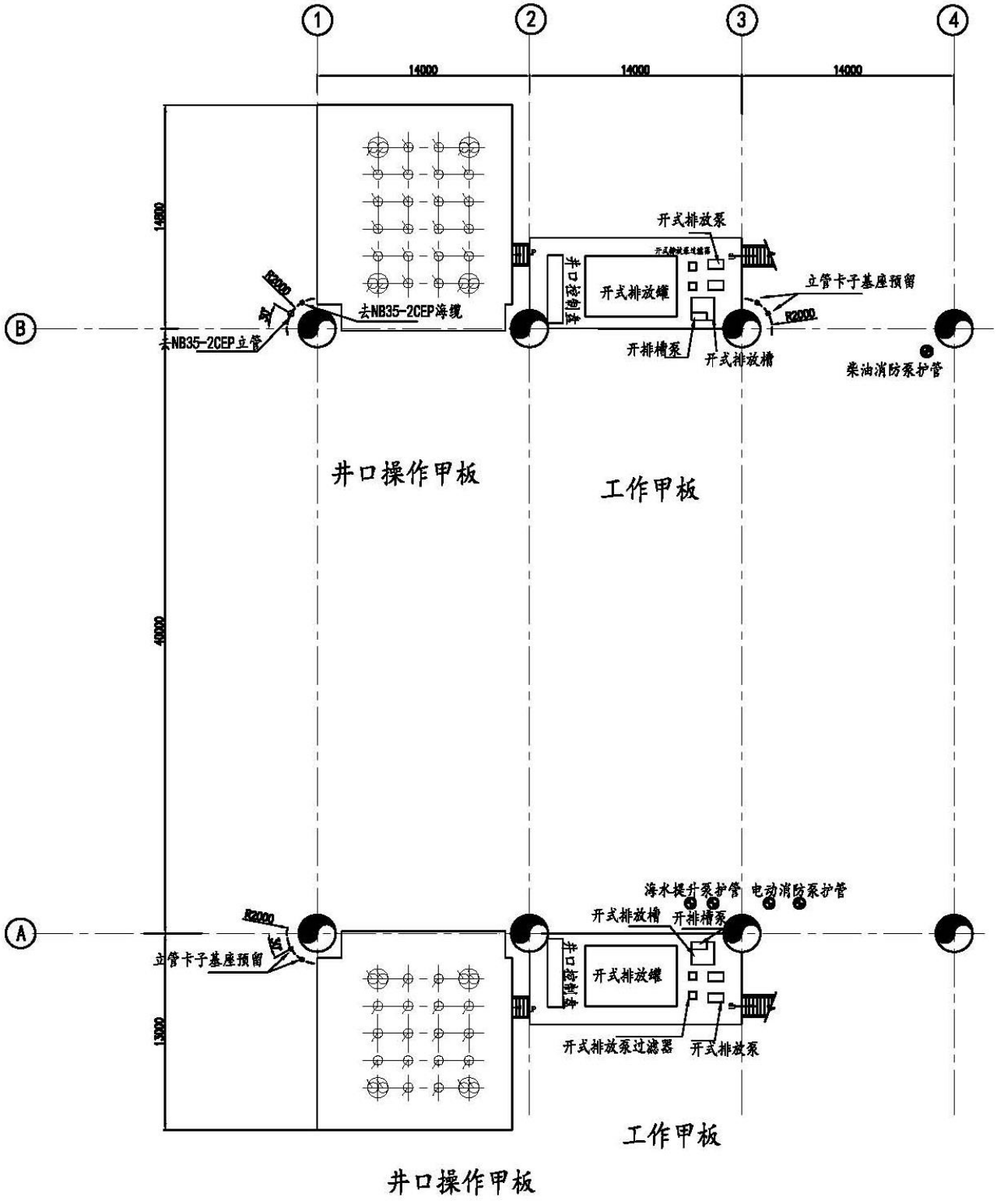



**图 2.2-5　本项目工作甲板图**

**② 平台防腐**

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

大气区的钢结构处于海洋大气中，采用高性能防腐涂层。根据新建油田所处环境的特点，要求所选用的涂层系统具有较好的耐磨、耐盐雾、耐老化、抗冲击、耐候及易于施工等性能。

飞溅区是指由于受潮汐、风和波浪的影响，平台干湿交替的区域。采用增加壁厚、高性能防腐涂层（或包覆层）与阴极保护联合保护的方法。

全浸区指飞溅区以下并包括海泥中的平台部分，采用阴极保护法。本项目采用牺牲阳极法。

### 2.2.1.2 钻完井

**① 井槽平面布置**

曹妃甸 6-4 油田 CEPA 平台分两个井口区，槽口呈 4×5+4×6 排列，共设 44 口井槽，设 8 个单筒双井，井槽间距为 1.8m×2m，可钻井 52 口。CFD6-4CEPA 平台井槽平面布置见下图。

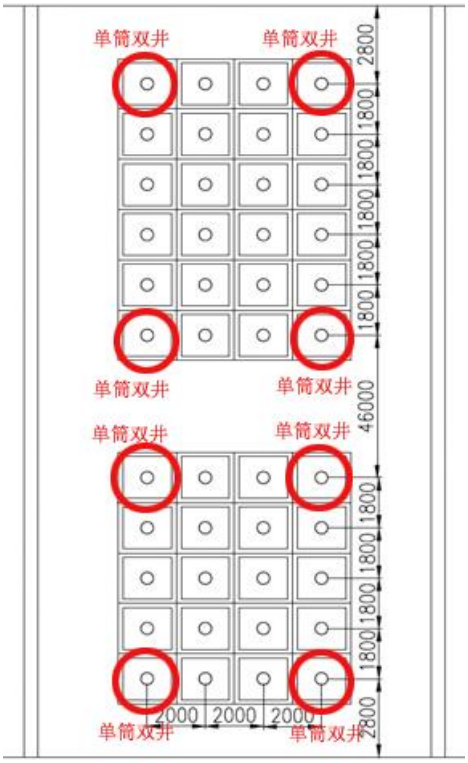



**图 2.2-6　CFD 6-4 CEPA 平台井槽平面布置图**

② 钻井基本参数

本工程共钻井 52 口，钻井基本参数见下表。

**表 2.2-2　　曹妃甸 6-4 油田钻井基本参数一览表**

| 序号 | 层位 | 井型 | 井深 | 井数 | 平均井深 | 套管尺寸(in) ×下深(m) | 具体井号 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第 1 类 | 馆陶组 | 定向井 | 3000-3500m | 3 | 3068 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×3063 | 注水井：A41/A42/A35(先水源后注水) |
| 第 2 类 | | 水平井 | 2500-3000m | 12 | 2748 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×2419+8-1/2″裸眼 ×2748 | 生产井：A26H/A27H/A28H/A30H/A31H/A33H/A34H/A36HA&A44H/A48H/A52H，A37H（瘦身） |
| 第 3 类 | | | 3000-3500m | 8 | 3179 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×2856+8-1/2″裸眼 ×3179 | 生产井：A25H/A29H/A32H/A38H/A40H /A43H/A45H/A47H |
| 第 4 类 | | | 3500-4000m | 2 | 3676 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×3234+8-1/2″裸眼 ×3676 | 生产井：A39H&A46H |
| 第 5 类 | 东营组 | 定向井 | 3000-3500m | 6 | 3266 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×3261 | 生产井：A1/A7&A49；A20（瘦身)；<br>注水井：A13/A23 |
| 第 6 类 | | | 3500-4000m | 9 | 3743 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×3039+7″×3738 | 生产井:（取心+电成像）A4/A2/A3/A6（电成像）/A9/A10<br>注水井:A5/A12/A24 |
| 第 7 类 | | | 4000-4500m | 3 | 4217 | 13-3/8″×1000+ 9-5/8″×3467+7″×4212 | 注水井:A8/A11/A51 |
| 第 8 类 | | 水平井 | 3000-3500m | 7 | 3324 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×2967+8-1/2″裸眼 ×3319 | 生产井：A14H/A15H/A16H/A19H&A50H；<br>注水井：A18H/A22H(先期排液后期注水井) |
| 第 9 类 | | | 3500-4000m | 2 | 3701 | 13-3/8″×800+ 9-5/8″×3328+8-1/2″裸眼 ×3701 | 生产井：A17H/A21H |

③ 本工程 52 口井的井号及井别

**表 2.2-3　本工程 52 口井的井号及井别一览表**

| 井区 | 井号 | 井别 | 方案 |
|---|---|---|---|
| 1 井区 | A1 | 生产井 | 推荐 |
| | A2 | 生产井 | |
| | A3 | 生产井 | |
| | A4 | 生产井 | |
| | A5 | 注水井 | |
| | A6 | 生产井 | |
| | A7 | 生产井 | |
| | A8 | 注水井 | |
| | A9 | 生产井 | |
| | A10 | 生产井 | |
| | A11 | 注水井 | |
| | A12 | 注水井 | |
| | A13 | 注水井 | |
| | A14H | 生产井 | |
| | A15H | 生产井 | |
| | A16H | 生产井 | |
| | A17H | 生产井 | |
| | A18H | 生产井（建议 5 年后适时转注，当排液时间超过 5 年后，A18H 井含水率超过 80%，单井产量低） | |
| | A19H | 生产井 | |
| | A20 | 生产井 | |
| | A21H | 生产井 | |
| | A22H | 生产井（建议 4 年后适时转注，当排液时间超过 4 年后，A22H 井含水率超过 80%，单井产量低） | |
| | A23 | 注水井 | |
| | A24 | 注水井 | |

| 井区 | 井号 | 井别 | 方案 |
|---|---|---|---|
| 1 井区 | A25H | 生产井 | 推荐 |
| | A26H | 生产井 | |
| | A27H | 生产井 | |
| | A28H | 生产井 | |
| | A29H | 生产井 | |
| | A30H | 生产井 | |
| | A31H | 生产井 | |
| | A32H | 生产井 | |
| | A33H | 生产井 | |
| | A34H | 生产井 | |
| | A35 | 水源井（初期为水源井，7 年后油田生产水已经能满足注水要求，因此 7 年后，该井转注水井） | |
| | A36H | 生产井 | |
| | A37H | 生产井 | |
| | A38H | 生产井 | |
| | A39H | 生产井 | |
| | A40H | 生产井 | |
| | A41 | 注水井 | |
| | A42 | 注水井 | |
| 潜力井 | A43H | 生产井 | 潜力 |
| | A44H | 生产井 | |
| | A45H | 生产井 | |
| | A46H | 生产井 | |
| | A47H | 生产井 | |
| | A48H | 生产井 | |
| | A49 | 生产井 | |
| | A50H | 生产井 | |
| | A51 | 注水井 | |
| | A52H | 生产井 | |

④ 转注水井的转注条件

本工程有 2 口生产井（A18、A22）后期转为注水井，1 口水源井（A35）后期转为注水井，转注水井的转注条件如下：

A18H 转注条件：建议 5 年后适时转注，当排液时间超过 5 年后，A18H 井含水率超过 80%，单井产量低。

A22H 转注条件：建议 4 年后适时转注，当排液时间超过 4 年后，A22H 井含水率超过 80%，单井产量低。

A35 转注条件：初期为水源井，7 年后油田生产水已经能满足注水要求，因此 7 年后，该井转注水井。

**表 2.2-4　本工程转注水井的转注条件一览表**

| 井号 | 井别 | 转注条件 |
|---|---|---|
| A18H | 生产井 | 建议 5 年后适时转注，当排液时间超过 5 年后，A18H 井含水率超过 80%，单井产量低。 |
| A22H | 生产井 | 建议 4 年后适时转注，当排液时间超过 4 年后，A22H 井含水率超过 80%，单井产量低。 |
| A35 | 水源井 | 初期为水源井，7 年后油田生产水已经能满足注水要求，因此 7 年后，该井转注水井。 |

### 2.2.1.3 海底管道

本工程拟建输油海底管道 1 条：CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP，长度约 12.5km。

① 管线路由布设的依据

曹妃甸 6-4 油田开发采用依托南堡 35-2 油田的全海式依托开发模式。项目新建 CFD6-4CEPA 中心处理平台，平台所产流体在生产管汇汇合会后进入新建 CEPA 平台原油处理系统，处理为合格原油后，通过新建海底管道输送到 NB35-2CEP 平台，与 NB35-2CEP 平台的合格原油一起输送至“世纪号”（FPSO）储存并外输，为保证原油顺利外输，必须新建 CFD6-4CEPA 平台至 NB35-2CEP 平台海底输油管道。

新建曹妃甸 6-4 油田中心平台 CEPA 上设置主电站，NP35-2 CEP 已有 3 台原油发电机组的出力，综合考虑燃料适用性，机组投资、占地以及可靠性等因素，在 CFD6-4 CEPA 平台新建 2 台 10000kW 主电站，通过一条 12.5km，35kV，3×185mm$^2$ 海底复合

电缆与 NB35-2CEP 平台进行电力组网，CFD6-4CEPA 平台由组网后的电网进行供电。

经校核，全电网巅峰负荷年为 2033 年，总负荷为 16345kW，曹妃甸 6-4 油田最大电负荷为 11288kW（2033 年）。考虑充分利用 NP35-2 CEP 已有 3 台原油发电机组的出力，曹妃甸 6-4 油田供电方案采取与南堡 35-2 油田组网的模式降低能源消耗，提高工作效率，故新建 CFD6-4 CEPA 至 NB35-2CEP 平台海底复合电缆实现曹妃甸 6-4 油田与南堡 35-2 油田电力组网十分必要。

为更合理的控制管道建设成本，节约安全用海，应选择距离最短的路由进行海底电缆管道工程的建设。拟建海底电缆管道路由全长 12.5km，为避开月坨岛风电场用海，设置 1 个拐点（39°03′24.538″，118°58′28.648″）。

**② 参数设计**

海底管道相关参数见下表，管道截面图见图 2.2-7。

**表 2.2-5 海底管道相关参数**

| 管线名称 | 长度 | 直径 | 设计压力 | 设计温度 | 设计寿命 | 保温层厚度 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP 输油海底管线 | 12.5km | 8″/14″ | 4850 kPa | 90℃ | 25 年 | 45mm |

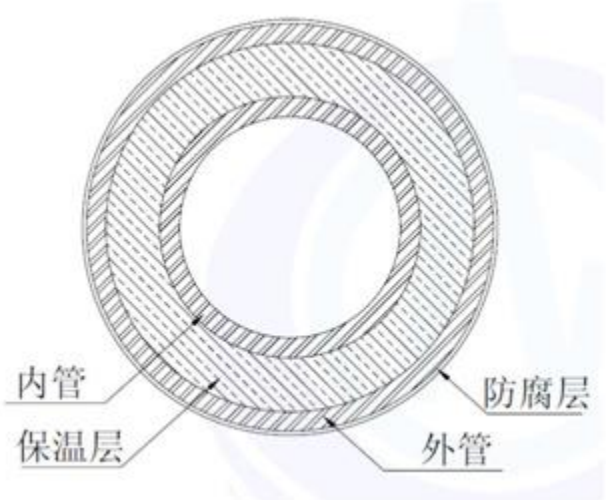



**图 2.2-7 双层保温管截面示意图**

**③ 路由图**

根据《曹妃甸 6-4 油田开发项目海底电缆管道路由调查》，本项目拟建海底管道路由详见图 2.2-8。

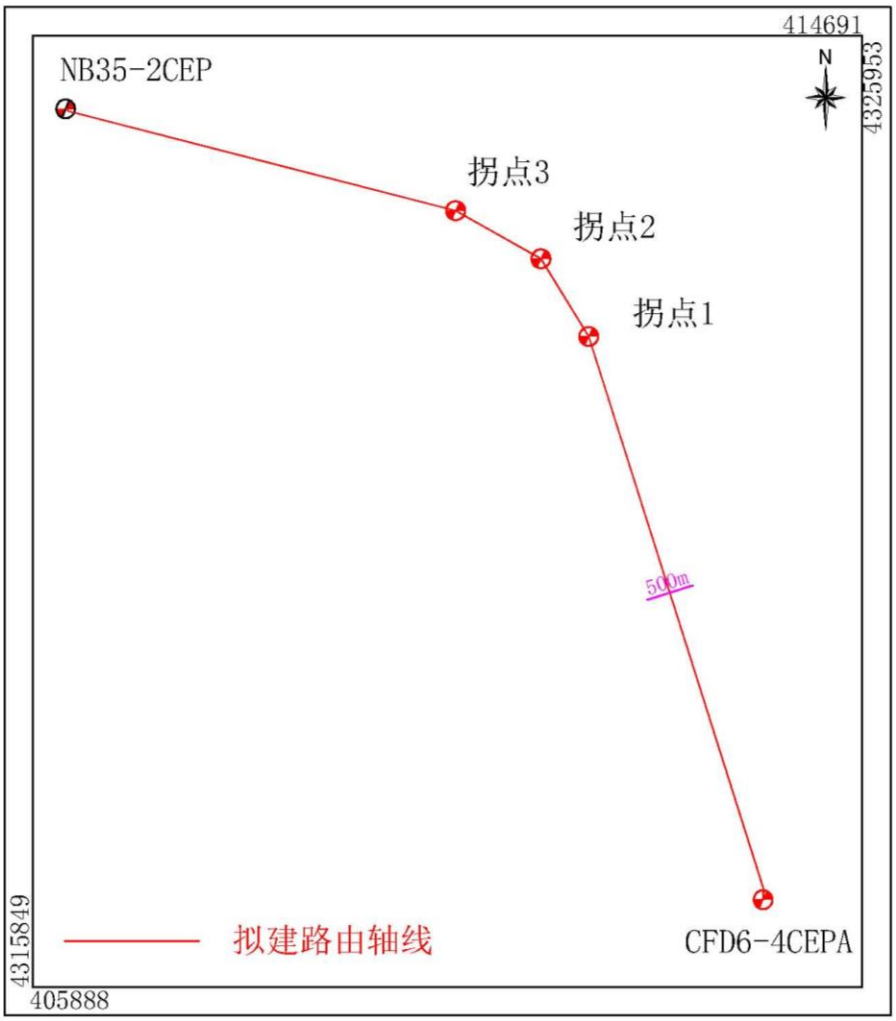



**图 2.2-8　拟建海底管道路由示意图**

**④ 海管防腐**

海底管道外管的外防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法。立管外管飞溅区采用抗冲击性能好、耐紫外线、耐磨性能好的氯丁橡胶，底层为 FBE 底漆，总厚度不小于 13.0mm，其余部分采用 3LPE 涂层系统，涂层总厚度不小于 3.1 mm。海底管道阴极保护拟采用外加电流和牺牲阳极两种类型，综合阳极性能及经济性考虑，采用手镯型铝基牺牲阳极。

**表 2.2-6　海底管道牺牲阳极用量**

| 海底管道名称 | 阳极块单重（kg） | 数量（块） | 单块阳极锌含量（kg） |
|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP 输油管线 | 70 | 180 | 2.89 |

### 2.2.1.4　海底电缆

本工程拟建海底电缆 1 条：CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP，长度约 12.5km。其相关

设计参数见下表，海底电缆截面图见图 2.2-9。

**表 2.2-7　海底电缆相关参数**

| 项目名称 | 长度 | 管径 | 额定电压 | 设计寿命 |
|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA 平台到 NB35-2CEP 平台 | 12.5km | 3×185mm$^2$ | 35kV | 25 年 |

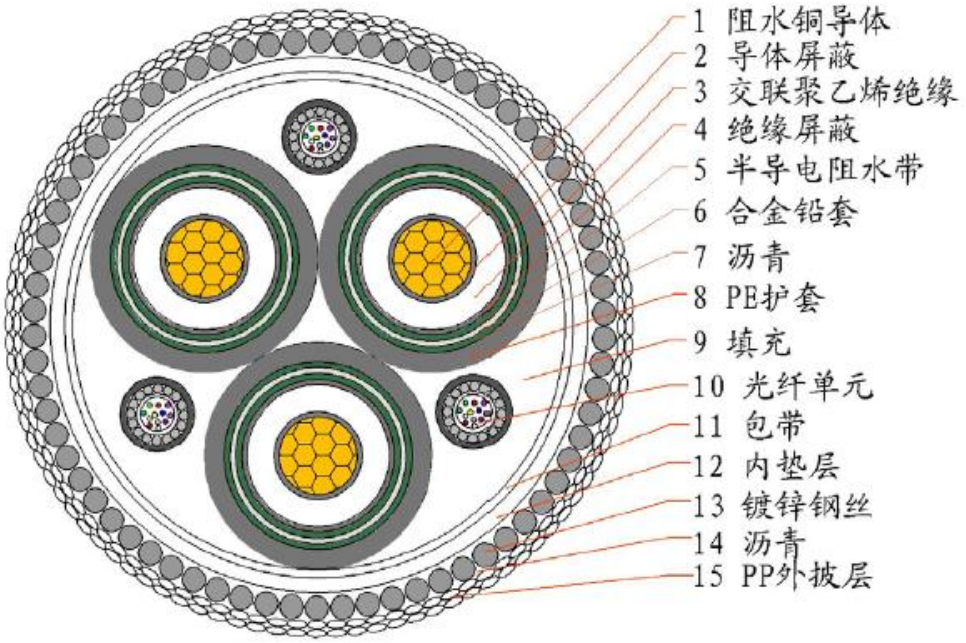



**图 2.2-9　海底光电复合缆剖面图**

## 2.2.2　生产工艺及物流集输

CFD6-4CEPA 上共设有 44 井槽，包含 8 个单筒双井，本次评价内容包含 39 口生产井，12 口注水井（两口注水井先期排液），1 口水源井（后期转注）。生产期内采用电潜泵采油。平台设置两套生产/测试管汇系统、一套计量加热器和计量分离器。

### 2.2.2.1　物流集输工艺

本工程的生产物流在 CFD6-4CEPA 平台处理成合格原油后（含水率≤0.5%wt），经外输泵增压，通过新建海底管道外输至 NB35-2CEP 平台，CFD6-4CEPA 平台合格原油不进入 NB35-2CEP 平台生产流程，直接接入到 NB35-2CEP 平台原油外输泵出口，与 NB35-2CEP 平台处理合格的原油共同进入海管外输至秦皇岛 32-6 油田的“世纪号”FPSO。

物流集输路径见下图。

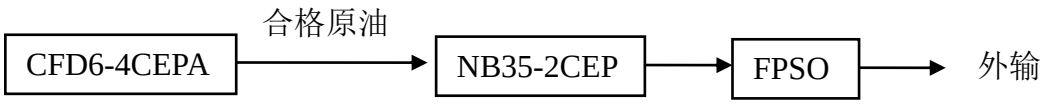



**图 2.2-10　　CFD6-4 油田物流集输路径**

#### 2.2.2.2　CFD6-4CEPA 原油生产系统

CFD6-4CEPA 所产井流物分别进入生产管汇和计量管汇。需要计量的生产井通过计量管汇经计量加热器加热到 60℃后进入计量分离器进行油、气、水三相计量。若单井温度大于 60℃，则直接经测试管汇进入测试分离器。其它各井流体在生产管汇汇合后，再与计量后的流体汇合进入原油换热器，与电脱水器处理合格后的原油换热后，进入一级分离器进行油气水三相分离。

一级分离器的停留时间最短为 10min，一级分离器分出来的天然气进入燃料气系统，分出的生产水进入生产水系统，分出的含水约 25%的原油经二级加热器加热至 90℃左右后，进入二级分离器。

二级分离器的停留时间最短为 5min，由于大部分游离水在一级分离器已经脱出，因此二级分离器主要进行原油的脱气稳定。二级分离器分出来的生产水（2022~2025 年）通过生产水增压泵回到一级分离器入口，分出的含水约 20%的原油经电脱水器进料泵进入电脱水器。

电脱水器分出的生产水返输到一级分离器入口进行回掺，处理合格后的原油（含水<0.5%wt）经原油换热器冷却至 85℃左右后，进入原油缓冲罐。

合格原油经原油缓冲罐后，进入外输泵增压至 3112kPaA 左右，然后进入海管外输。

工艺系统流程图见图 2.2-11。

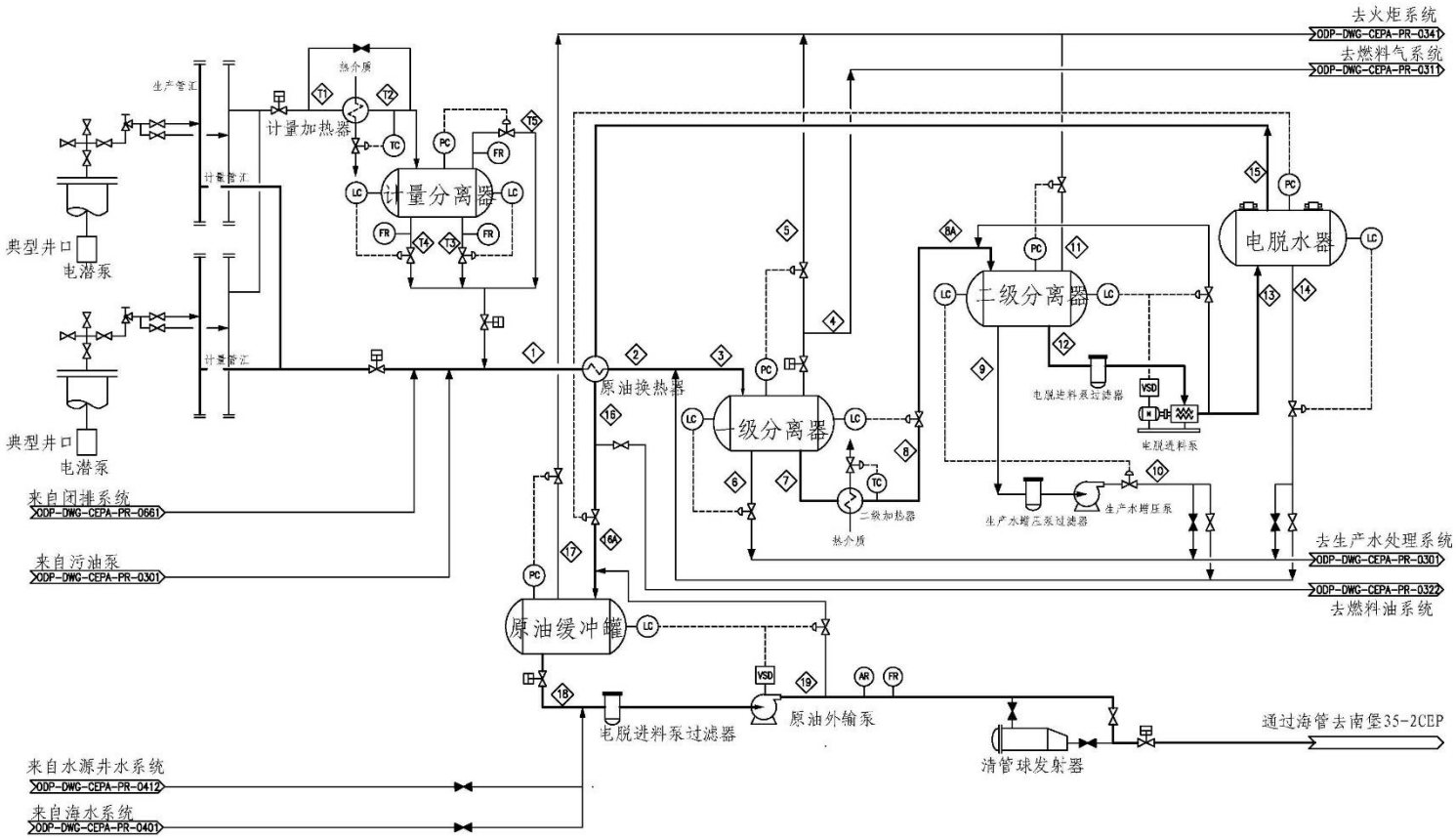



**图 2.2-11　　CFD6-4 原油处理工艺流程图**

#### 2.2.2.3 CFD6-4CEPA 燃料气处理系统

燃料气系统主要为透平发电提供燃料。燃料气系统主要设备包括燃料气冷却器、洗涤罐、压缩机、储气罐、加热器。

CFD6-4 CEPA 燃料气系统主要处理本平台所产伴生气，供燃气透平来自一级生产分离器分离出的伴生气经过燃料气进口冷却器冷却到 45℃后进入燃料气洗涤器除去液滴。2019 年至 2034 年一级分离器分出的气体进入天然气压缩机橇，经过两级压缩处理，脱水冷却至 45℃后进入天然气储气罐除去液滴，再经燃料气过滤器过滤，通过燃料气加热器加热到满足透平用天然气烃露点要求后进入透平使用。2019 年至 2025 年、2028 年至 2029 年从一级分离器分出的气进入燃料气洗涤器脱去液滴供给余热回收装置补燃使用。前期余热回收装置大修时，热介质锅炉利用伴生气供热（备用工况）。

天然气压缩系统流程见图 2.2-12。

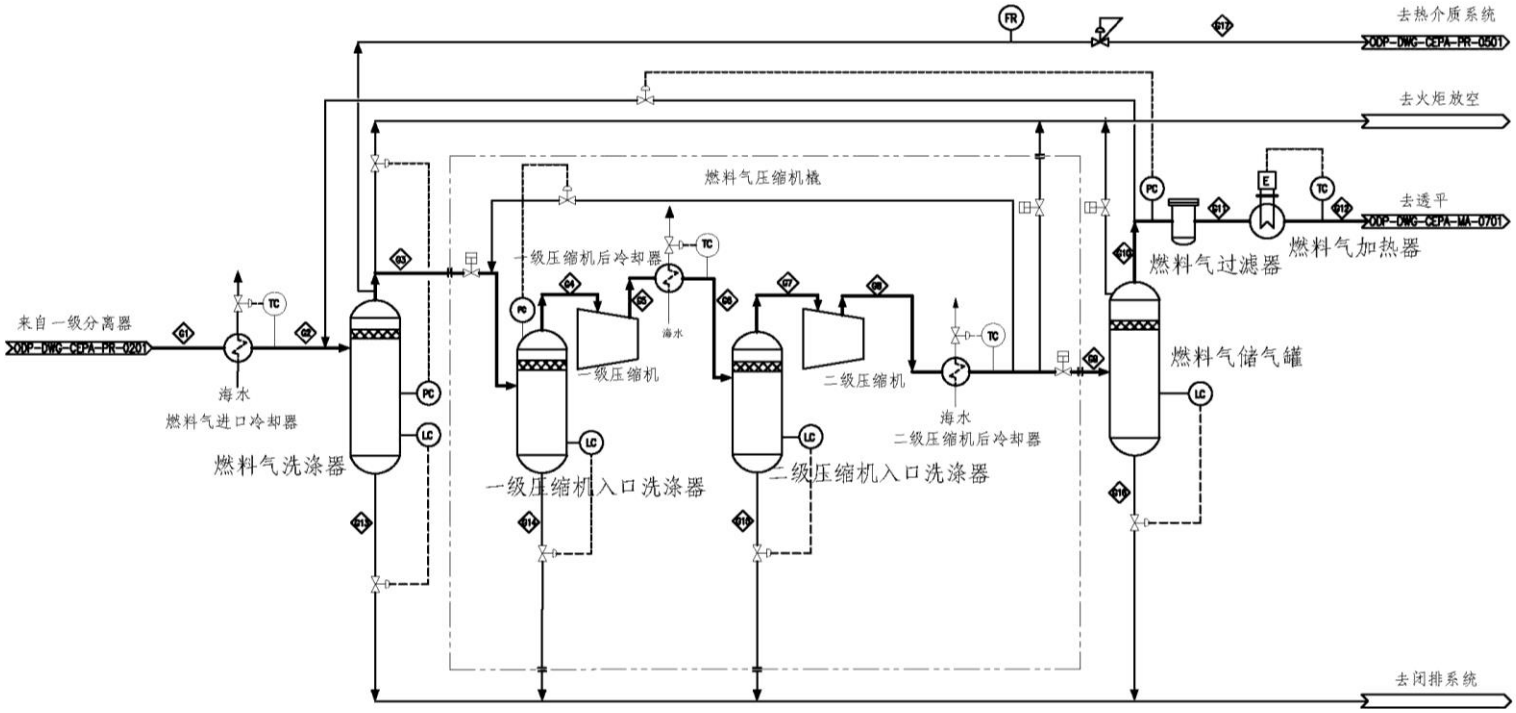



**图 2.2-12　　天然气压缩系统流程图**

#### 2.2.2.4 CFD6-4CEPA 生产水处理及注水系统

CFD6-4CEPA 平台负责接收并处理曹妃甸 6-4 油田产出的含油生产水，处理后的生产污水作为注水水源注入地层，因此该平台上设有生产污水处理系统和注水系统。

油田开发初期，注采不平衡，不足的注水量由水源井水补充，CFD6-4CEPA 平台上设有 1 口水源井（先期产水，后期转注）。CFD6-4CEPA 平台的水源井产出水无法直接进入注水系统，需要和平台上工艺系统分离出来的含油生产水一起进入生产水处理系统进行处理。

**（1） 生产水处理系统**

污水来源：平台上工艺系统分离出来的含油生产水与经旋流除砂器处理后的水源井水共同进入平台的生产水处理系统，经过生产水系统的斜板除油器、溶气式浮选机、核桃壳过滤器处理后进入注水系统进行进一步处理。

设计规模：CFD6-4CEPA 平台生产水处理系统设计规模为 8160$m^3$/d。

生产水处理工艺流程：生产水系处理统采用“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”的三级处理流程。从分离器分离出的含油生产水与经旋流除砂器处理后的水源井水混合后进入斜板除油器进行初步分离，水相进入溶气浮选机对其中的油及悬浮固体进行进一步去除，油相则进入污油罐中，与经气浮选机处理后的污油一并由污油泵打回工艺系统。经浮选机处理后的生产污水进入核桃壳过滤器中进行过滤，过滤后的生产污水进入注水系统。

系统的主要设备包括：1 台 340$m^3$/h 的斜板除油器；1 台处理能力为 340$m^3$/h 的气体浮选机； 4 台处理能力为 120$m^3$/h 的核桃壳过滤器，其中 1 台备用；1 个 20$m^3$ 的污油罐及 2 台 30$m^3$/h 的污油泵；1 个 90$m^3$ 的污水罐及 2 台 52$m^3$/h 的污水泵，其中 1 台备用。

生产水处理工艺流程详见图 2.2-13。

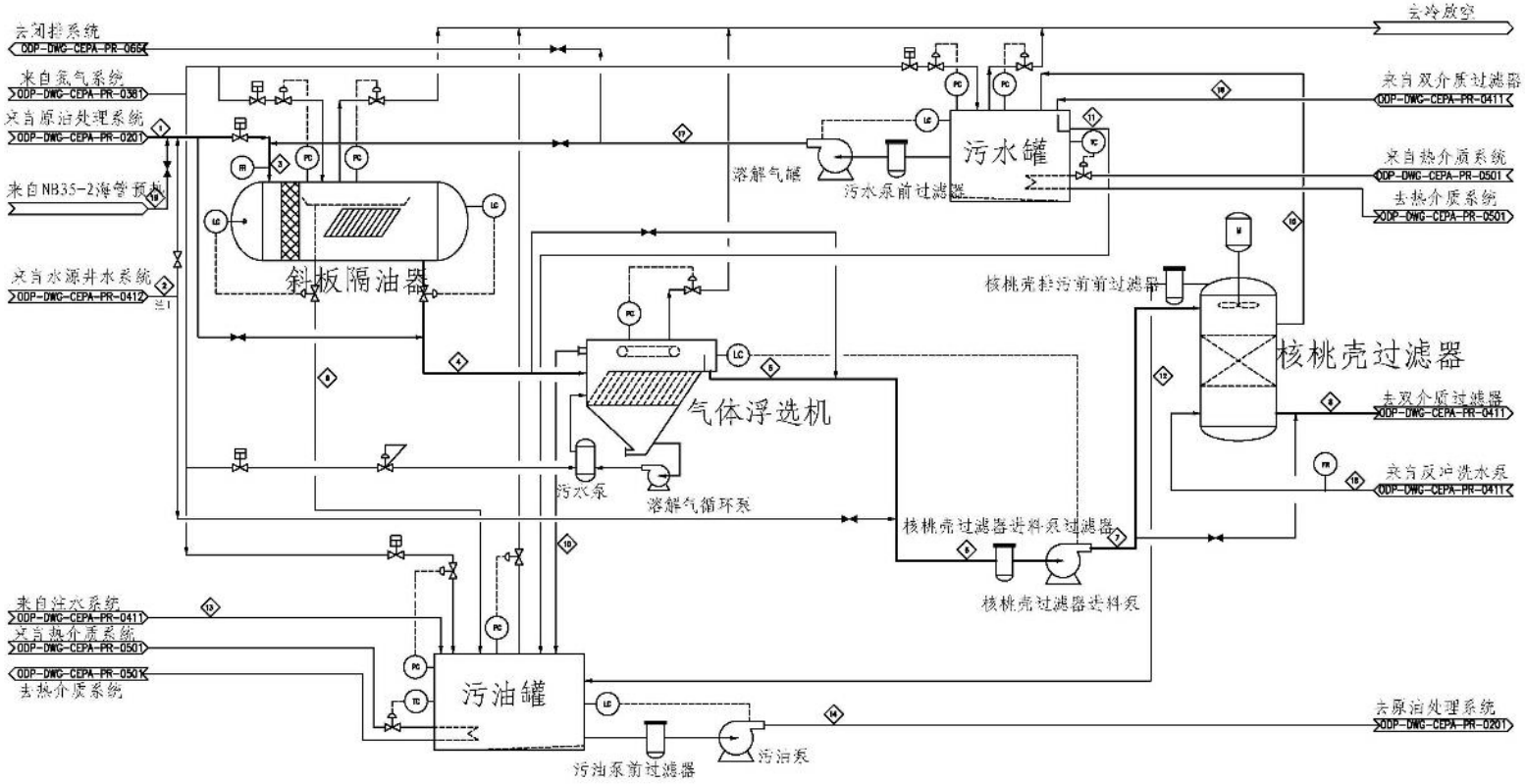



**图 2.2-13　　生产水处理系统工艺流程图**

**（2） 注水系统**

注水水源：CFD6-4 油田的注水水源来自处理达标的含油生产水、生活污水中的灰水和水源井水。

注水工艺：曹妃甸 6-4 油田的含油生产水、生活污水中的灰水和水源井水经过生产污水处理系统处理后，进入注水系统，经过双介质滤器过滤后，进入注水缓冲罐，由注水泵回注地层。

注水系统工艺流程详见图 2.2-14。

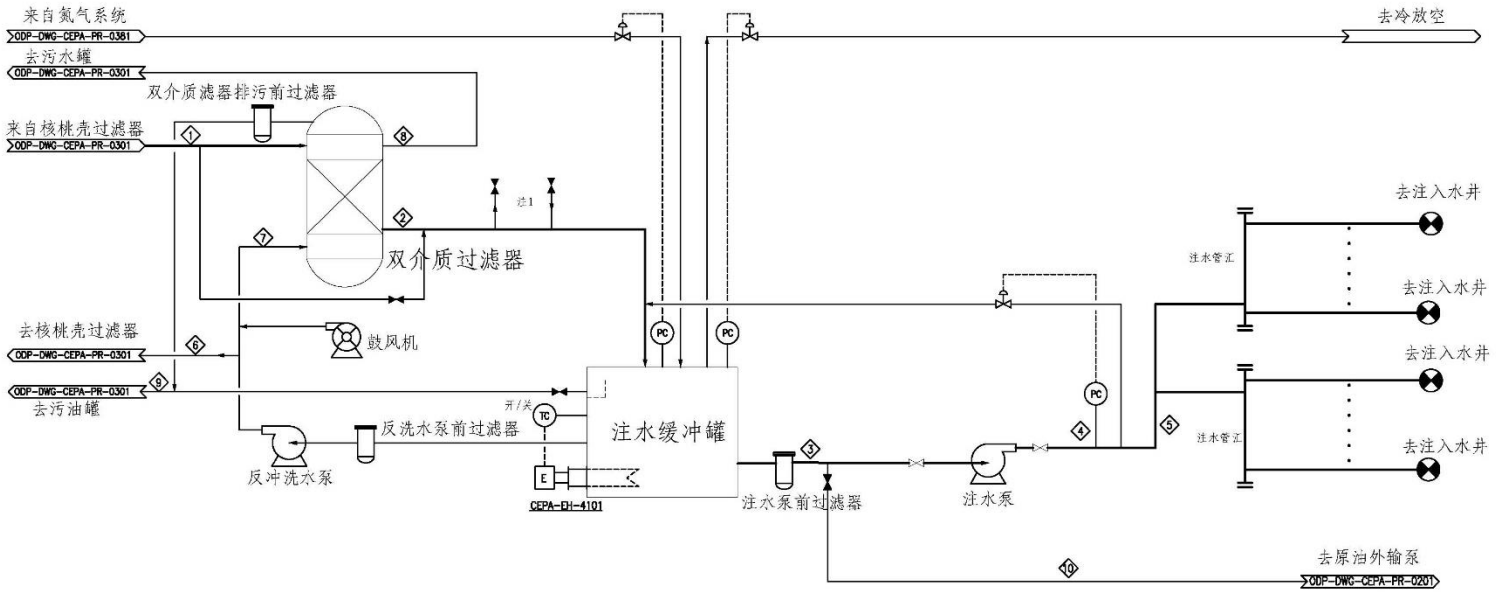



**图 2.2-14　　注水系统工艺流程图**

#### 2.2.2.5 水平衡

曹妃甸 6-4 油田污水产量预测和水量平衡见表 2.2-8。

表 2.2-8　曹妃甸 6-4 油田生产污水产量预测和水量平衡表

| 日期 | 含油生产水（1） | 掺入的生活污水（灰水）（2） | 水源井水（3） | 回注水量（4） |
|---|---|---|---|---|
| | $m^3/d$ | $m^3/d$ | $m^3/d$ | $m^3/d$ |
| 2019 | 74.20 | 33.6 | 53 | 160.8 |
| 2020 | 153.96 | 33.6 | 1609 | 1796.56 |
| 2021 | 666.65 | 33.6 | 1148 | 1848.25 |
| 2022 | 1286.08 | 33.6 | 588 | 1907.68 |
| 2023 | 1849.04 | 33.6 | 367 | 2249.64 |
| 2024 | 2460.31 | 33.6 | 16 | 2509.91 |
| 2025 | 3182.41 | 33.6 | 12 | 3228.01 |
| 2026 | 4061.51 | 33.6 | 0 | 4095.11 |
| 2027 | 4736.35 | 33.6 | 0 | 4769.95 |
| 2028 | 5346.64 | 33.6 | 0 | 5380.24 |
| 2029 | 5877.89 | 33.6 | 0 | 5911.49 |
| 2030 | 6302.73 | 33.6 | 0 | 6336.33 |
| 2031 | 6656.68 | 33.6 | 0 | 6690.28 |
| 2032 | 6846.66 | 33.6 | 0 | 6880.26 |
| 2033 | 6904.87 | 33.6 | 0 | **6938.47** |
| 2034 | 6809.71 | 33.6 | 0 | 6843.31 |
| 2035 | 6750.29 | 33.6 | 0 | 6783.89 |
| 2036 | 6743.02 | 33.6 | 0 | 6776.62 |
| 2037 | 6665.46 | 33.6 | 0 | 6699.06 |
| 2038 | 6444.53 | 33.6 | 0 | 6478.13 |
| 2039 | 5804.89 | 33.6 | 0 | 5838.49 |
| 2040 | 5149.39 | 33.6 | 0 | 5182.99 |
| 2041 | 3841.80 | 33.6 | 0 | 3875.4 |
| 2042 | 2311.51 | 33.6 | 0 | 2345.11 |
| 2043 | 1603.94 | 33.6 | 0 | 1637.54 |
| 备注 | （1）+（2）+（3）=（4） | | | |

CFD6-4CEPA 平台生产水处理系统处理的水量包括：含油生产水、生活污水中的灰水及水源井水，经生产水处理系统处理达标后回注地层。

### 2.2.3 环保工程

环保工程主要包括生产水处理系统、生活污水处理系统及开/闭排系统。

#### 2.2.3.1 生产水处理系统

设计规模：CFD6-4CEPA 平台生产水处理系统设计规模为 8160$m^3$/d。

生产水处理工艺流程：生产水系处理统采用“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”的三级处理流程。从分离器分离出的含油生产水与经旋流除砂器处理后的水源井水混合后进入斜板除油器进行初步分离，水相进入溶气浮选机对其中的油及悬浮固体进行进一步去除，油相则进入污油罐中，与经气浮选机处理后的污油一并由污油泵打回工艺系统。经浮选机处理后的生产污水进入核桃壳过滤器中进行过滤，过滤后的生产污水进入注水系统。

#### 2.2.3.2 生活污水处理系统

CFD6-4CEPA 平台上设置一套 120 人的生活污水处理装置，该装置设计处理规模为 60.5$m^3$/d。

CFD6-4CEPA 平台上含油灰水先经过除油器处理，与无油灰水一起经 50$m^3$/h 的双联篮式过滤器（1 用 1 备）处理后进入开排罐，再通过开排泵打入闭排系统，然后进入工艺处理流程。

黑水经过预处理后进入生活污水处理装置，经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）中水回用杂水指标，用于生活楼冲厕所。黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。

为避免生活污水中难降解物质累积，建议每 7 天用处理后的灰水替换循环中水作为黑水处理掺水，循环中水排入生活污水回收罐，由支持船等运回陆地处理，两台开排泵兼做生活污水输送泵。当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时，生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理。

在平台设 2 台生活污水回收罐，每个罐外型尺寸 5m×3m×3.5m。

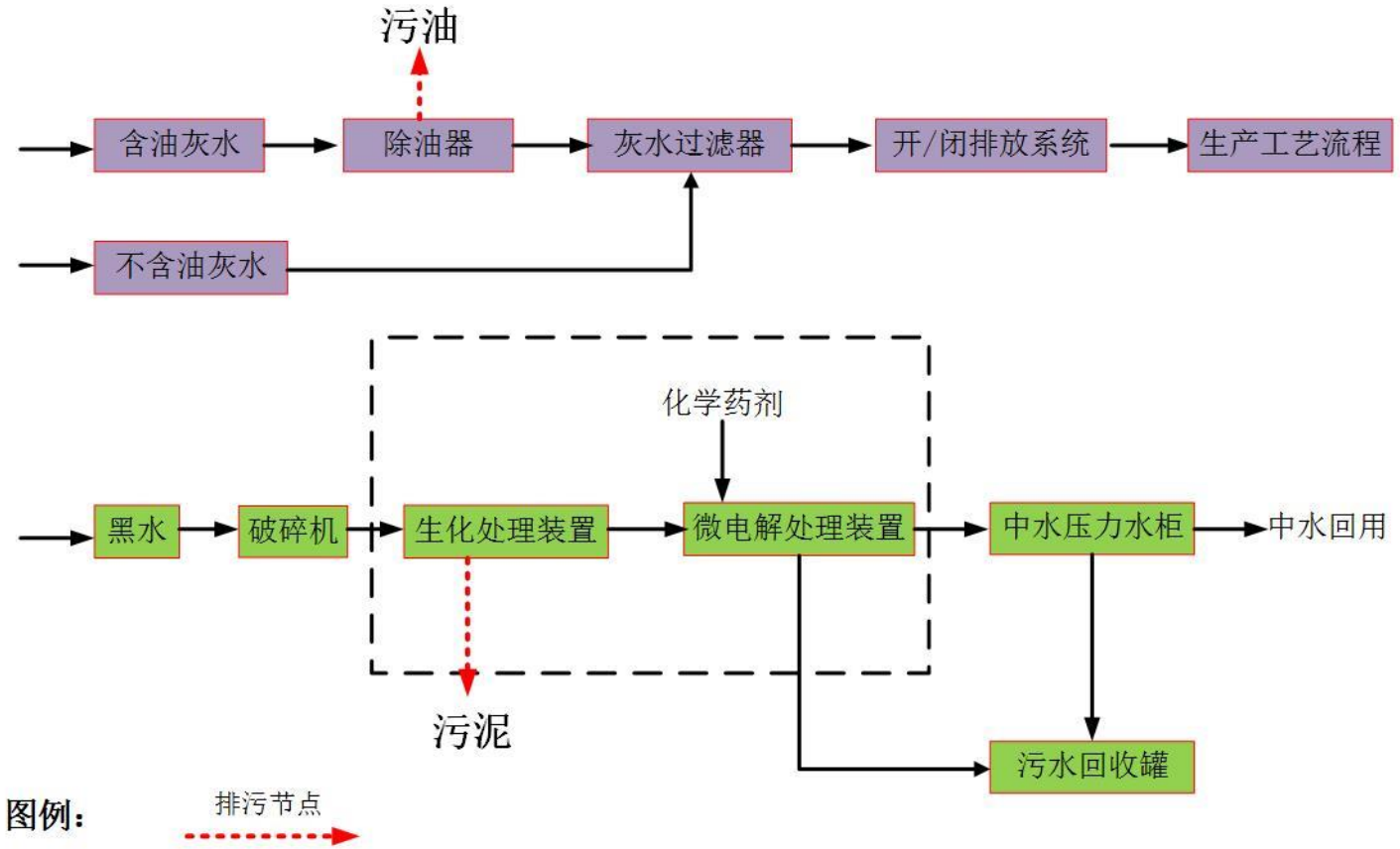



**图 2.2-15　　生活污水处理系统流程图**

#### 2.2.3.3 开式排放系统

开式排放系统主要包括开式排放罐、开式排放泵过滤器和开式排放泵。开式排放罐主要用来收集溢出液、设备冷却、冷凝水、甲板雨水和冲洗水。当开式排放罐达到一定的液位时，经过开式排放泵过滤器过滤后，再由开式排放泵将含油污水打入闭式排放罐，工作甲板的污油进入开排槽中，由开排槽泵打回开排罐中。

#### 2.2.3.4 闭式排放系统

闭排系统由闭式排放管汇、闭排罐和闭式排放泵组成。闭排罐主要收集上带压容器、管线等排放出的可燃性介质，并进行气液分离。当罐内液位上升到设定值时，闭式排放泵自动启动，将液体输送到一级分离器，进行分离处理。气体通过冷放空管排入大气。

### 2.2.4 其他公用工程

CFD6-4CEPA 平台上设有燃料气系统、柴油系统、火炬及冷放空系统、海水系统、淡水系统等公用工程。

#### 2.2.4.1 燃料气系统

CFD6-4 CEPA燃料气系统主要处理本平台所产伴生气。2019年至2034年燃料气系统主要为透平发电提供燃料。燃料气系统主要设备包括燃料气冷却器、洗涤罐、压缩机、储气罐、加热器。

#### 2.2.4.2 电源系统

CFD6-4CEPA 平台设 2 台 10000kW（@37℃）主电站，通过一条 12.5km，35kV，3×185mm$^2$ 海底复合电缆与 NB35-2CEP 平台进行电力组网，CFD6-4CEPA 平台由组网后的电网进行供电。

#### 2.2.4.3 柴油系统

CFD6-4CEPA 上的柴油系统主要包括柴油前过滤器、柴油储罐、柴油罐加热器、柴油过滤器、柴油输送泵和井用泵。

柴油由供应船定时供给，柴油用途主要有：修井机、主发电机柴油日用罐、应急发电机柴油日用罐、吊机、柴油消防泵、公用站等用户。

柴油储罐的体积按自持能力为 7 天考虑。

#### 2.2.4.4 燃料油系统

CFD6-4CEPA 上的燃料油系统主要包括燃料油罐、燃料油泵过滤器、燃料油泵、燃料油罐加热器。油田开发后期，燃料气不足时，来自原油处理系统处理合格后的原油，进入燃料油储罐，然后经过燃料油泵过滤器和燃料油泵输往热介质锅炉，供锅炉燃烧使用。

#### 2.2.4.5 火炬泄放及冷放空系统

CFD6-4CEPA 平台火炬系统主要包括带加热器的火炬分液罐、火炬筒、二氧化碳瓶橇、冷放空头和火炬头。作为 CFD6-4CEPA 平台的生产安全泄压系统，来自油、气处理系统的气体和闭式排放系统的气体经火炬系统管汇进入火炬分液罐，经过分液后的气体进入火炬头中烧掉，分出的液体通过自流进入闭式排放罐。来自放空管汇的气体经冷放空头排放。

#### 2.2.4.6 海水系统

CFD6-4CEPA 平台上设置 3 台 150$m^3$/h 的海水提升泵（2 用 1 备）、3 台处理量为 150$m^3$/h 的海水过滤器（2 用 1 备）为修井机系统、工艺系统以及冲洗甲板或设备等用户提供海水。为防止海生物在泵的入口生长，堵塞泵的吸入口，平台上设置 1 套供海水提升泵和消防泵共用的防海生物装置，拟采用间接式电解铜铝防海生物装置。

#### 2.2.4.7 淡水系统

CFD6-4CEPA 平台上淡水的主要用户包括生活用水、修井机、化学药剂配制用水、甲板冲洗用水等。平台所用淡水由供应船补充。淡水系统为修井、化学药剂配置、公用站、生活楼、洗眼站、机修间和实验室提供淡水。

淡水系统主要包括：2 个 100$m^3$ 的淡水罐；2 台 25$m^3$/h 的淡水泵（1 用 1 备）；1 个 5$m^3$ 的压力水罐；1 个 3$m^3$ 的热水罐；2 台 2$m^3$/h 的热水泵（1 用 1 备）和 1 个 40 $m^3$/h 的紫外灭菌器。

淡水由供应船输送到淡水罐中，以“淡水泵-压力水罐”的方式向平台各淡水用户加压供水，部分淡水被送至热水罐中加热至 65℃左右后送到各热淡水用户。所有送往生活楼用户的淡水均需经紫外灭菌器消毒，达到水质要求后方可使用。

### 2.2.5 现有依托工程适应性改造

曹妃甸 6-4 油田开发充分依托周边油田群已建工程设施，处理合格的原油依托已建

NB35-2CEP 平台至世纪号 FPSO 的海管外输至世纪号 FPSO 存储、外输。本次工程将对 NB35-2CEP 平台/NB35-2WHPB 电气设备进行改造。

**表 2.2-9　现有依托工程适应性改造内容一览表**

| 项目 | 改造内容 | 装置及规模 |
|---|---|---|
| 依托工程适应性改造 | NB35-2CEP 平台改造 | 新增清管球接收器、海缆接线箱、SF6 配电间、配电间、变压器间及 FM200 橇，对工艺电气、仪控、通讯、安全、结构、海管结构专业方向改造。 |
| | NB35-2WHPB 平台电气设备改造 | NB35-2WHPB 平台电气设备改造。 |

#### 2.2.5.1 NB35-2 CEP 平台改造方案

原NB35-2CEP是一座8 腿浮托平台，为适应本次项目，需要对其进行适应性改造。

（1）上层甲板

需要将原布置于EL. 31 000的救生艇整体向平台东侧移动7m，并改为布置于EL. 30 000的上层甲板；同时增设两个连接EL. 31 000甲板与EL. 30 000甲板的斜梯。平面改造图见图2.2-16。

（2）中层甲板

在中层甲板东侧、飞机甲板正下方的空间，新增16m×7m的甲板，用于布置新增的配电间；同时，在配电间正上方布置新增的变压器间；此外，在A轴南侧、2轴东侧的空余甲板处，布置新增的FM200撬。平面改造图见图2.2-17。

（3）下层甲板

在平台西侧新增20mx3m甲板，用于布置清管球接收器；在平台北侧新增2.5m×1.5m甲板，用于布置海缆接线箱。平面改造图见图2.2-18。

#### 2.2.5.2 NB35-2 WHPB 平台改造方案

为保障电网运行稳定性及供电可靠性，结合海上油田类似电力组网工程经验及目前科技发展水平，本项目设置了 EMS（Energy Management System）系统及 DMS（Dispatch Management System）系统对该电网进行管理。依据本项目的特点，EMS 系统共设三个控制站：CFD6-4CEPA 平台、NB35-2 CEP 平台为动力平台，按照中心站配置；NB35-2 WHPB 平台为负载平台，按子站配置。

NB35-2 WHPB 平台电气设备改造内容包括：南堡 35-2 WHPB 平台的 6.3KV 中压柜、10.5KV 中压柜、变压器、低压柜。

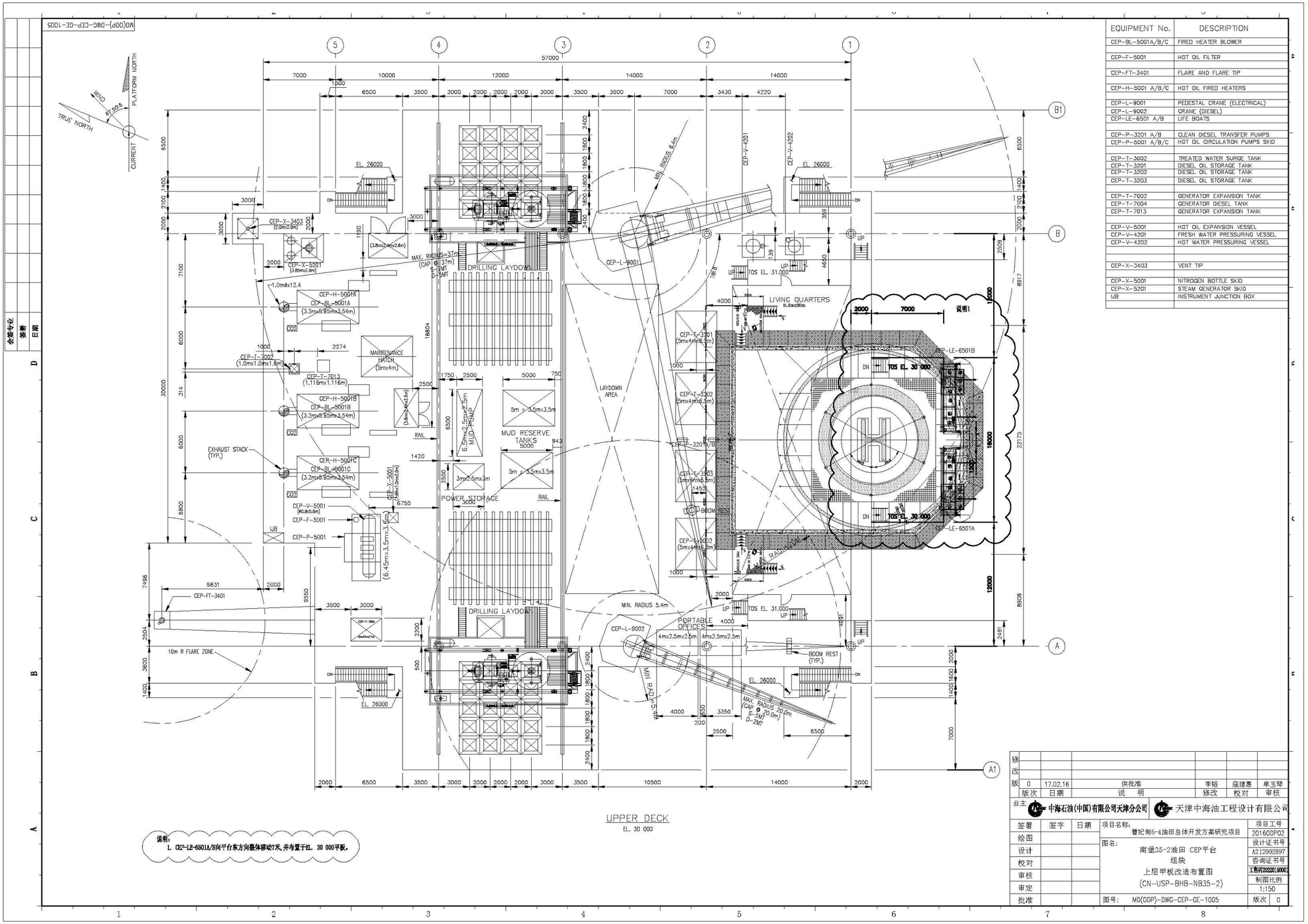



**图 2.2-16　NB35-2CEP 平台上层甲板平面改造图**

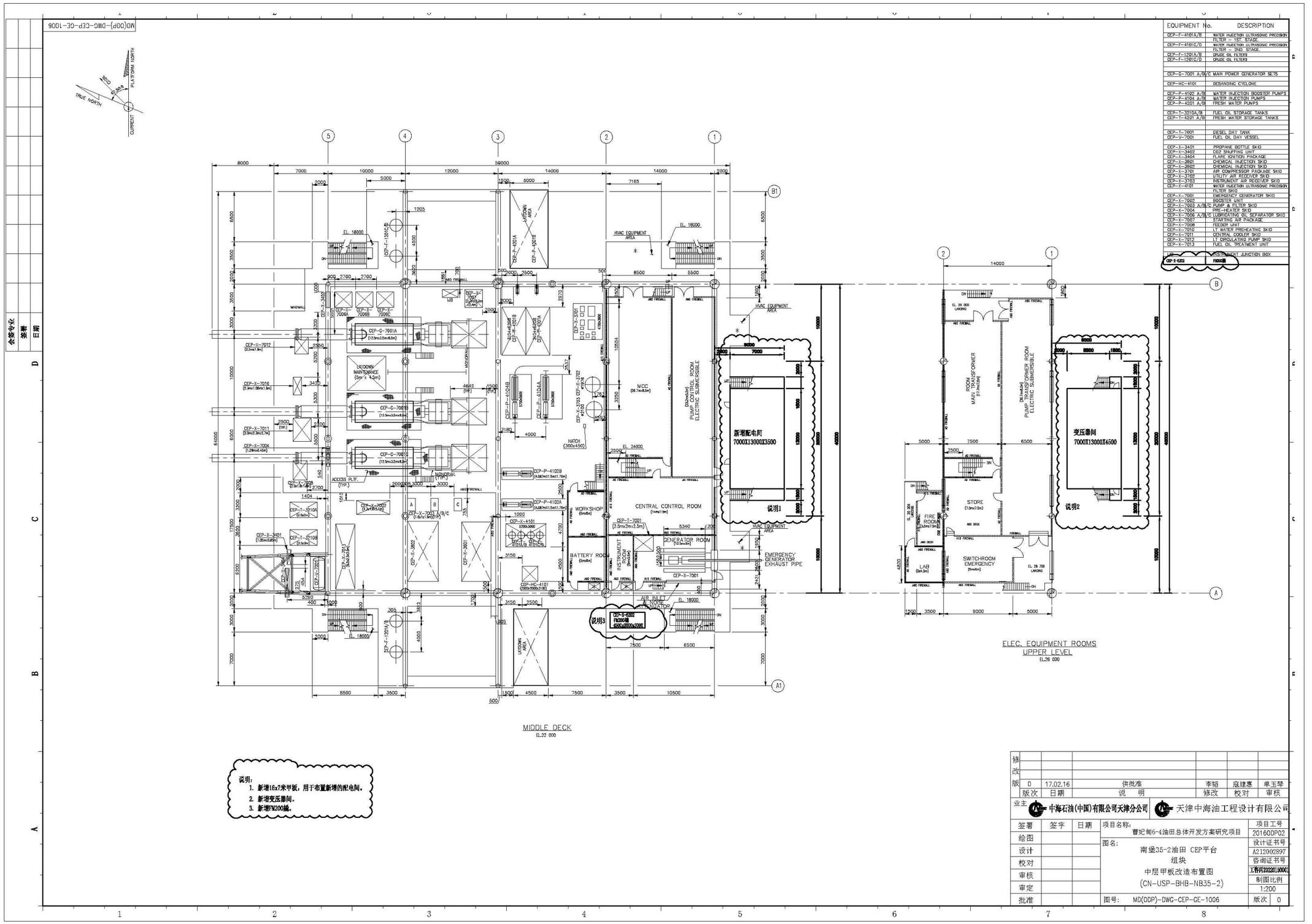
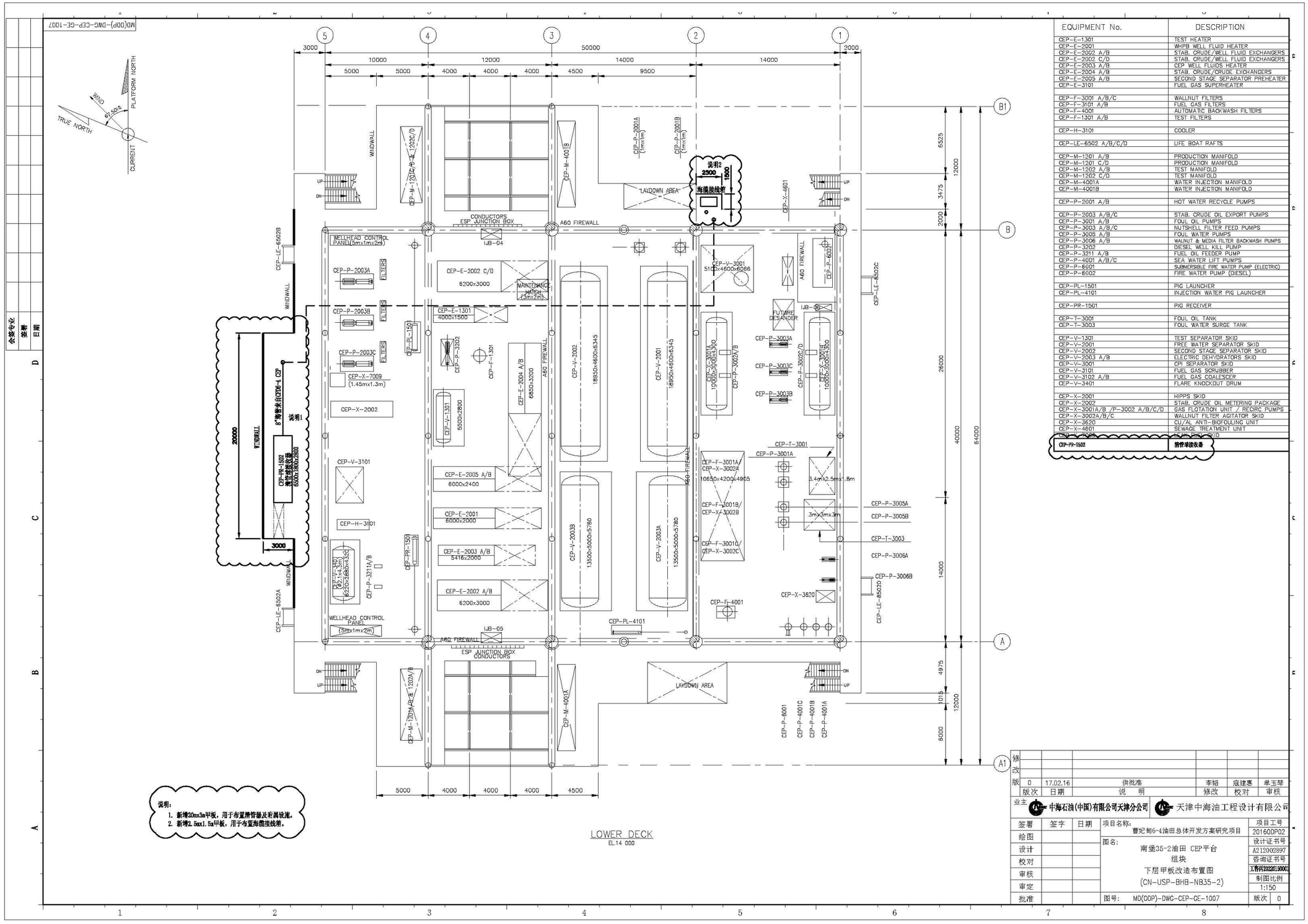



**图 2.2-17　NB35-2CEP 平台中层甲板平面改造图**




| EQUIPMENT No. | DESCRIPTION |
|---|---|
| CEP-E-1301 | TEST HEATER |
| CEP-E-2001 | WHPB WELL FLUID HEATER |
| CEP-E-2002 A/B | STAB. CRUDE/WELL FLUID EXCHANGERS |
| CEP-E-2002 C/D | STAB. CRUDE/WELL FLUID EXCHANGERS |
| CEP-E-2003 A/B | CEP WELL FLUIDS HEATER |
| CEP-E-2004 A/B | STAB. CRUDE/CRUDE EXCHANGERS |
| CEP-E-2005 A/B | SECOND STAGE SEPARATOR PREHEATER |
| CEP-E-3101 | FUEL GAS SUPERHEATER |
| | |
| CEP-F-3001 A/B/C | WALLNUT FILTERS |
| CEP-F-3101 A/B | FUEL GAS FILTERS |
| CEP-F-4001 | AUTOMATIC BACKWASH FILTERS |
| CEP-F-1301 A/B | TEST FILTERS |
| | |
| CEP-H-3101 | COOLER |
| | |
| CEP-LE-6502 A/B/C/D | LIFE BOAT RAFTS |
| | |
| CEP-M-1201 A/B | PRODUCTION MANIFOLD |
| CEP-M-1201 C/D | PRODUCTION MANIFOLD |
| CEP-M-1202 A/B | TEST MANIFOLD |
| CEP-M-1202 C/D | TEST MANIFOLD |
| CEP-M-4001A | WATER INJECTION MANIFOLD |
| CEP-M-4001B | WATER INJECTION MANIFOLD |
| | |
| CEP-P-2001 A/B | HOT WATER RECYCLE PUMPS |
| | |
| CEP-P-2003 A/B/C | STAB. CRUDE OIL EXPORT PUMPS |
| CEP-P-3001 A/B | FOUL OIL PUMPS |
| CEP-P-3003 A/B/C | NUTSHELL FILTER FEED PUMPS |
| CEP-P-3005 A/B | FOUL WATER PUMPS |
| CEP-P-3006 A/B | WALNUT & MEDIA FILTER BACKWASH PUMPS |
| CEP-P-3202 | DIESEL WELL KILL PUMP |
| CEP-P-3211 A/B | FUEL OIL FEEDER PUMP |
| CEP-P-4001 A/B/C | SEA WATER LIFT PUMPS |
| CEP-P-6001 | SUBMERSIBLE FIRE WATER PUMP (ELECTRIC) |
| CEP-P-6002 | FIRE WATER PUMP (DIESEL) |
| | |
| CEP-PL-1501 | PIG LAUNCHER |
| CEP-PL-4101 | INJECTION WATER PIG LAUNCHER |
| | |
| CEP-PR-1501 | PIG RECEIVER |
| | |
| CEP-T-3001 | FOUL OIL TANK |
| CEP-T-3003 | FOUL WATER SURGE TANK |
| | |
| CEP-V-1301 | TEST SEPARATOR SKID |
| CEP-V-2001 | FREE WATER SEPARATOR SKID |
| CEP-V-2002 | SECOND STAGE SEPARATOR SKID |
| CEP-V-2003 A/B | ELECTRIC DEHYDRATORS SKID |
| CEP-V-3001 | CPI SEPARATOR SKID |
| CEP-V-3101 | FUEL GAS SCRUBBER |
| CEP-V-3102 A/B | FUEL GAS COALESCER |
| CEP-V-3401 | FLARE KNOCKOUT DRUM |
| | |
| CEP-X-2001 | HIPPS SKID |
| CEP-X-2002 | STAB. CRUDE OIL METERING PACKAGE |
| CEP-X-3001A/B /P-3002 A/B/C/D | GAS FLOTATION UNIT / RECIRC PUMPS |
| CEP-X-3002A/B/C | WALLNUT FILTER AGITATOR SKID |
| CEP-X-3620 | CU/AL ANTI-BIOFOULING UNIT |
| CEP-X-4601 | SEWAGE TREATMENT UNIT |
| CEP-X-7009 | CHEMICAL SKID |
| CEP-FA-1502 | 清管球接收器 |

| 修改 | 版次 | 日期 | 说明 | 修改 | 校对 | 审核 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 版 | 0 | 17.02.16 | 供批准 | 李韬 | 寇建惠 | 单玉琴 |

业主：中海石油(中国)有限公司天津分公司　　天津中海油工程设计有限公司

| 签署 | 签字 | 日期 |
|---|---|---|
| 绘图 | | |
| 设计 | | |
| 校对 | | |
| 审核 | | |
| 审定 | | |
| 批准 | | |

项目名称：曹妃甸6-4油田总体开发方案研究项目　　项目工号：20160DP02

图名：南堡35-2油田 CEP平台 组块 下层甲板改造布置图 (CN-USP-BHB-NB35-2)

设计证书号：A212000897

咨询证书号：

工作内容：202201.9002

制图比例：1:150

图号：MD(ODP)-DWG-CEP-GE-1007　　版次：0

**图 2.1-18 NB35-2CEP 平台底层甲板平面改造图**

## 2.3 海上施工方案

CFD6-4 油田开发工程海上建设阶段的施工作业内容主要包括导管架和甲板上部组块等设施的海上安装、海底管道/电缆的铺设、钻完井作业以及依托设施的相关改造等。

### 2.3.1 海上设施安装

曹妃甸 6-4 油田 CEPA 平台导管架采用立式建造，陆地滑移装船，海上利用 4000 吨级浮吊吊装就位。

曹妃甸 6-4 油田 CEPA 平台组块采用分层建造，陆地滑移装船，甲板组块海上安装采用浮拖法，施工船舶使用“HYSY228”驳船浮托就位。

### 2.3.2 海底管道/电缆施工

（1）海底管道及电缆铺设：

海管拟采用 BH109 或同等能力铺管船铺设。电缆拟采用与沪救捞 62 同等能力的船舶铺设。

（2）挖沟和埋设：

管道全程埋设，采用后挖沟自然回填，拟采用与 BH106 同等能力的船舶施工。

CFD6-4CEPA 至 NB35-2CEP 输油管线，挖沟速率 528m/d，采用后挖沟回填法。沟深管顶距泥面 1.5m，底宽 1m，顶宽 2m，挖沟深度为 2m。

CFD6-4CEPA 至 NB35-2CEP 电缆采用后挖沟回填法，挖沟速率 2000m/d。沟深缆顶距泥面 1.5m，沟底宽 0.5m，顶宽 1m。

（3）立管、膨胀弯的安装布置

对于新建平台，拟在陆上预制场地将立管预制在导管架预定位置，对于已建平台，采用立管海上安装方式。对于安装在桩腿外侧的立管，应设置立管保护结构。立管、膨胀弯及海底管道之间采用水下法兰连接，对于处于落物区范围内的膨胀弯，应设置防落物撞击保护。海上安装立管、膨胀弯及清管试压可使用与 BH106 同等能力的船舶。

（4）海底管道跨越施工：

CFD6-4CEPA至NB35-2CEP输油管线和电缆与NB35-2CEP至世纪号单点混输管线分别存在一处跨越。

（5）新建电缆与已建管道/电缆跨越点处理方式：

a. 跨越点处预处理：拟建管道和电缆将跨越 BZ35-2 CEP 至世纪号单点的管道，在

新建管道和电缆铺设前需要对两处跨越点进行预处理。预处理作业时首先调查将要跨越管道和电缆的位置，然后按照跨越设计要求，在跨越管道上方铺设水泥压块，初步设计方案为沿被跨越管道路由方向铺设水泥压块长度约为 50m，宽度为 3.1m。

b. 管道铺设：跨越点预处理后进行铺管，跨越点处管道弯曲半径要满足管道强度要求。

c. 后挖沟处理：新建管道和电缆在跨越点处不挖沟。

d. 跨越点后处理：新建管道和电缆跨越处裸露部分采用水泥压块覆盖保护，沿新铺管道路由方向水泥压块，管道交越悬跨部分用沙袋填实。

### 2.3.3 钻完井作业

（1） 钻井设备及钻完井方式

钻完井设备：采用自升式悬臂梁钻井平台钻井。

钻完井方式：初期钻完井采用导管架钻井平台就位作业；组块安装后，自升式悬臂梁钻井平台再就位继续作业。

（2） 井身结构

CFD6-4 油田平台常规井和瘦身井井身结构设计见图 2.3-1 和图 2.3-5。

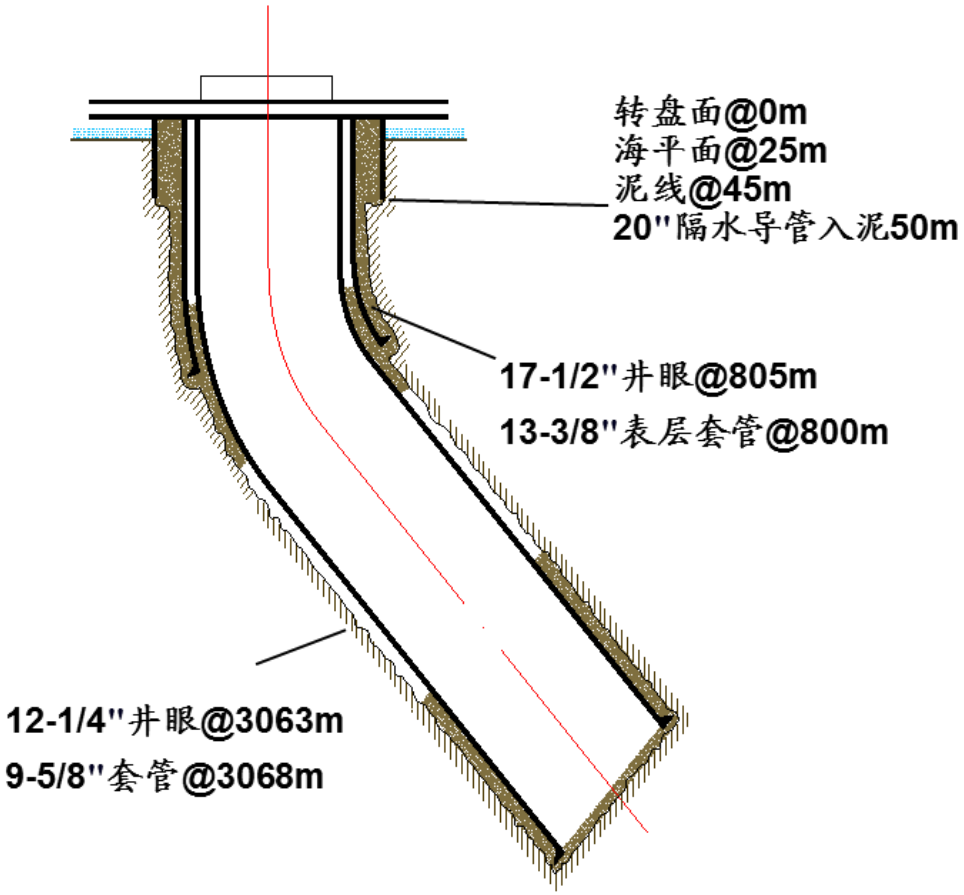



**图 2.3-1　3000-3500m 常规定向井井身结构及套管程序示意图**

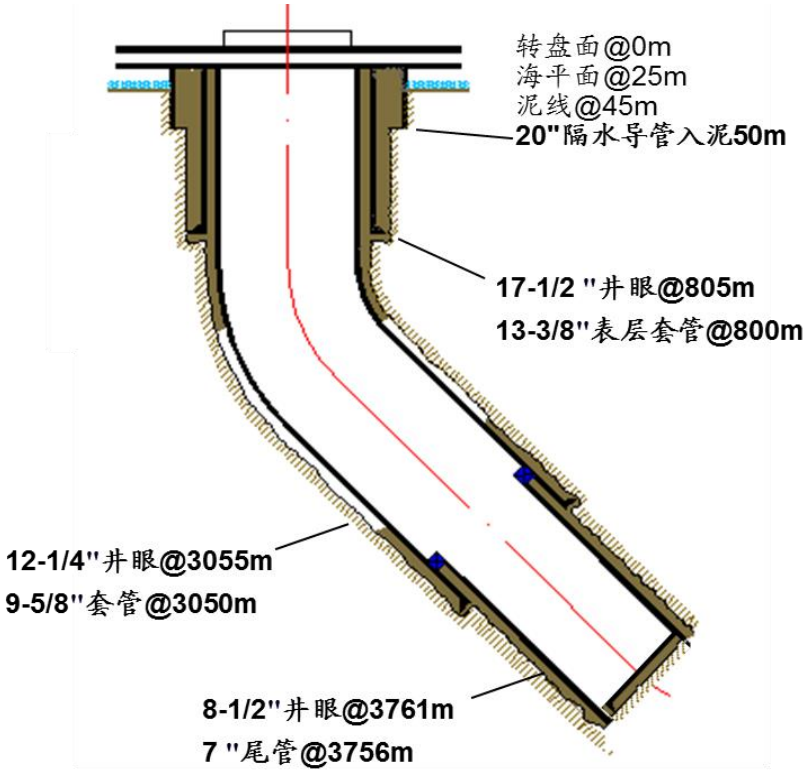



**图 2.3-2　3500-4000m 常规定向井井身结构及套管程序示意图**

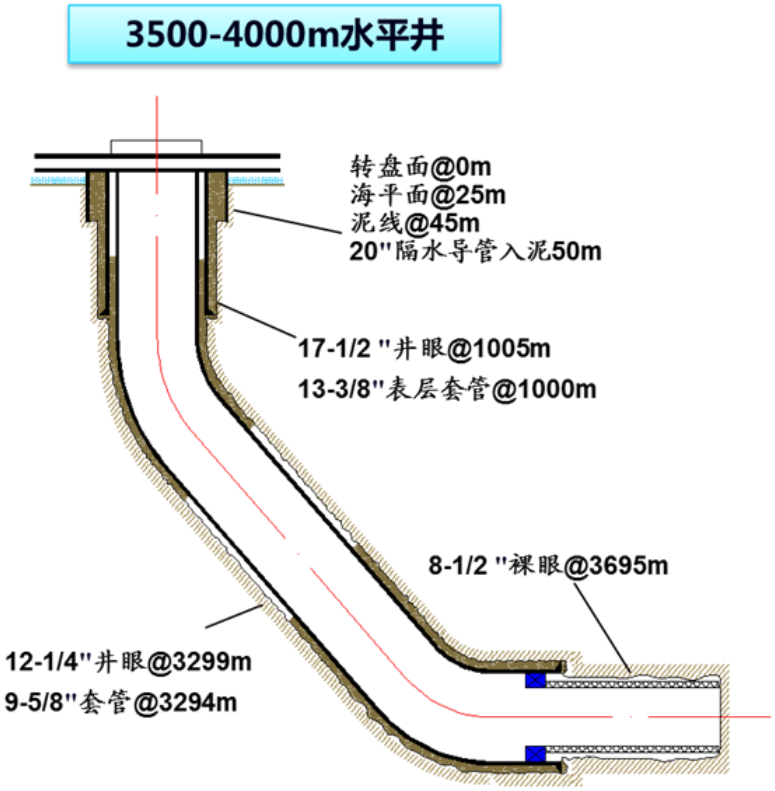



**图 2.3-3　　3500-4000m 水平井井身结构及套管程序示意图**

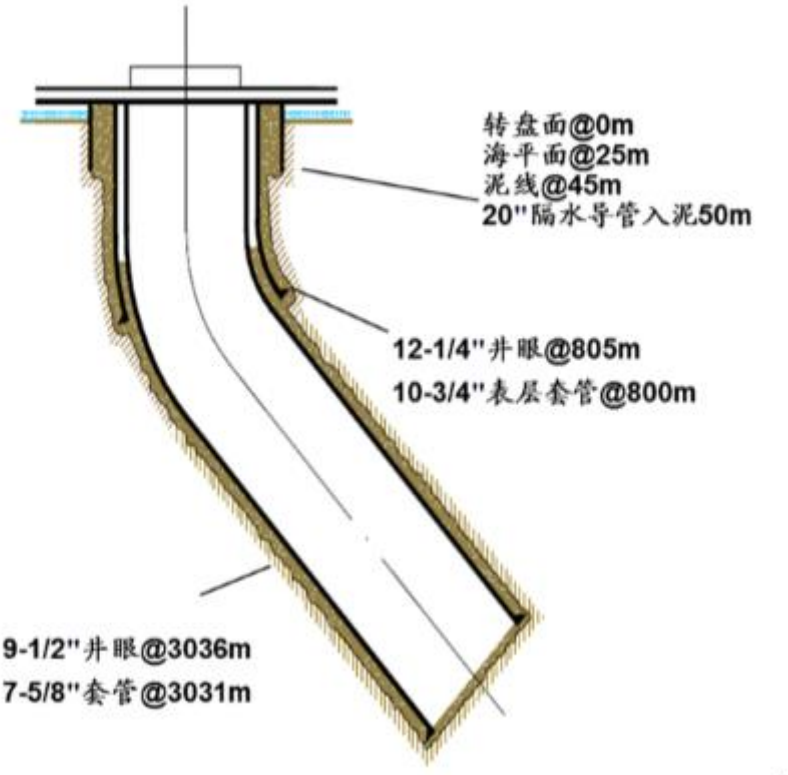



**图 2.3-4　　3000-3500m 瘦身定向井身结构及套管程序示意图**

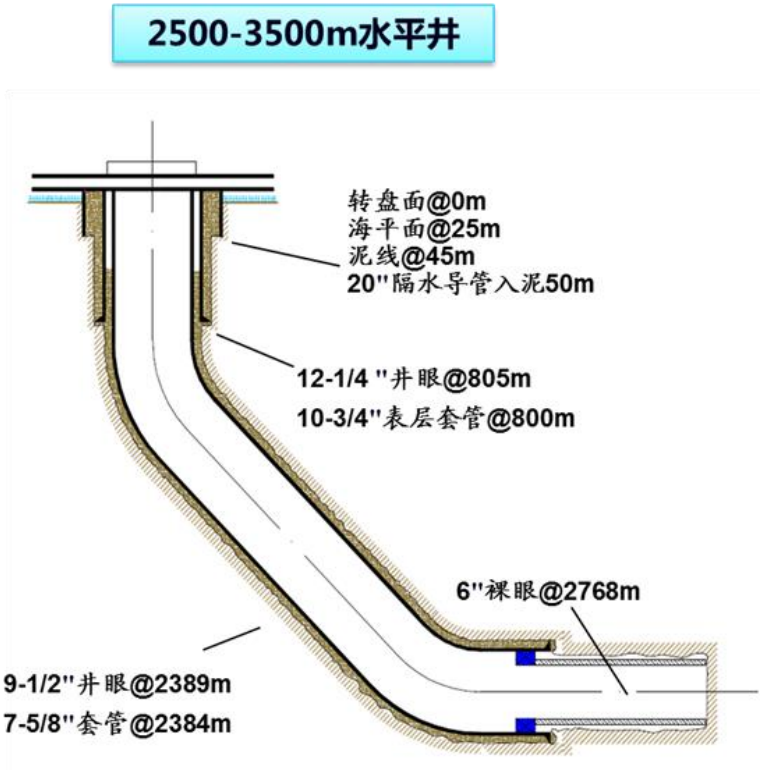



**图 2.3-5　2500-3500m 瘦身水平井身结构及套管程序示意图**

（3） 钻井液体系

钻井液采用水基钻井液体系详见下表。

**表 2.3-1　　钻井液体系组成表**

| 钻井液体系 | 成分 |
|---|---|
| 改进型有机正电胶钻井液 | 3%海水膨润土浆 |
| | 0.1%$Na_2CO_3$ |
| | 0.2%NaOH |
| | 0.3%PF-PAC LV |
| | 0.5%包被剂 PF-PLH |
| | 1.5%增粘降滤失剂 PF-VIF |
| | 2.0%PF-DYFT-II |
| | 1.5%胺基硅醇 PF-HAS |
| 氯化钾/聚合物/聚合醇钻井液 | 33%海水膨润土浆 |
| | 0.2%NaOH |
| | 0.1%$Na_2CO_3$ |
| | 0.3%PAC-LV |
| | 0.5%包被剂 PF-PLH |
| | 2%降滤失剂 PF-RS-1 |
| | 2.0%封堵剂 PF-DYFT-II |
| | 2.0%封堵剂 PF-LSF |
| | 3%聚合醇 JLX-C |
| | 5%KCl |
| | 0.10%增粘剂 XC |
| 弱凝胶无固相钻井液 | 海水 |
| | 0.2%$Na_2CO_3$ |

| | |
|---|---|
| | 0.2%碱度调节剂 PF-ACA |
| | 0.6～0.9%流型调节剂 PF-EZVIS |
| | 1.0～2.0%降滤失剂 PF-EZFLO |
| | 8%储层桥堵剂 PF-EZCARB |
| | 5%KCl |

### 2.3.4 主要施工船舶与施工人员、工期安排

施工船舶、人员及施工天数详见表 2.3-2。

**表 2.3-2 本项目施工情况一览表**

| 施工阶段 | 船舶数量（只） | 施工人数（人） | 施工天数（天） |
|---|---|---|---|
| 导管架海上安装 | 8 | 77 | 33（不含天气影响） |
| 组块海上运输、安装 | 10 | 82 | 15（不含天气影响） |
| 海底管线铺设 | 1 | 100 | 84（不含天气影响） |
| | 2 | 10 | |
| 海底电缆铺设 | 1 | 100 | 13（不含天气影响） |
| | 2 | 10 | |
| 钻完井 | 1 | 120 | 314（不含天气影响） |
| | 1 | 120 | 299（不含天气影响） |
| | 1 | 120 | 372（不含天气影响） |

### 2.3.5 施工进度计划安排

本工程主要施工阶段初步施工进度安排见下表。

**表 2.3-3 施工进度计划表**

| 序号 | 关键节点 | 计划开始时间 | 计划完成时间 |
|---|---|---|---|
| 1 | 导管架海上运输、安装 | 2018-8-14 | 2018-10-3 |
| 2 | 组块海上运输、安装 | 2019-8-15 | 2019-9-14 |
| 3 | 海管海上铺设 | 2019-4-1 | 2019-6-18 |
| 4 | 海缆海上铺设 | 2019-9-15 | 2019-9-30 |
| 5 | 第一批钻井 | 2018-10-4 | 2019-8-14 |
| 6 | 钻修机设计、建造、测试 | 2018-5-1 | 2019-6-30 |
| 7 | 海上连接、调试、联合运行（45 天） | 2019-9-15 | 2019-10-30 |
| 8 | 投产 | 2019-10-31 | |

## 2.4 依托工程能力校核

曹妃甸6-4油田依托南堡35-2油田及世纪号FPSO的开发方案为：新建CFD6-4CEPA平台处理的合格原油外输至NB35-2CEP平台，与南堡35-2油田处理合格的原油混合通过原有海管（NB35-2CEP 至世纪号 FPSO 海底管道）输送至世纪号 FPSO 储存。即，

CFD6-4CEPA 平台输送合格原油至 NB35-2CEP 平台，合格原油不进入 NB35-2CEP 平台生产流程，直接接入到 NB35-2CEP 平台原油外输泵出口，与 NB35-2CEP 平台处理合格的原油共同进入海管外输至秦皇岛 32-6 油田的“世纪号”FPSO 储存及外输。

因此，本评价对依托油田原有的输油海底管道（NB35-2CEP 至世纪号 FPSO 海底管道）及世纪号 FPSO 舱容进行校核。

### 2.4.1 NB35-2CEP 至世纪号 FPSO 海底管道校核

（1） 海底管道参数

海底管道原设计参数详见表 2.4-1。

**表 2.4-1 NB35-2CEP 至世纪号 FPSO 海底管道原设计参数**

| | |
|---|---|
| 内管管径 | 12 in (323.9mm O.D×14.3 mm W.T) |
| 外管管径 | 18 in (457.2 mm O.D×10.3 mm W.T) |
| 管长 | 29.5 km |
| 最大操作压力 | 6125 kPaA |
| 最大操作温度 | 85℃ |
| 保温层厚度 | 50 mm |

（2） 海管逐年运行数据

各生产年份海底管线的运行参数详见表2.4-2。

**表 2.4-2 各年份海底管线的运行参数**

| 年份 | 入口压力 | 出口压力 | 入口温度 | 出口温度 | 出口液速 |
|---|---|---|---|---|---|
| | kPaA | kPaA | ℃ | ℃ | m/s |
| 2019 | 1385 | 800 | 74.7 | 53.7 | 0.59 |
| 2020 | 1505 | 800 | 76.1 | 56.7 | 0.66 |
| 2021 | 1448 | 800 | 75.9 | 55.7 | 0.63 |
| 2022 | 1395 | 800 | 75.6 | 54.6 | 0.60 |
| 2023 | 1359 | 800 | 75.4 | 53.8 | 0.58 |
| 2024 | 1302 | 800 | 75.0 | 52.3 | 0.54 |
| 2025 | 1207 | 800 | 73.8 | 49.2 | 0.48 |
| 2026 | 1121 | 800 | 72.3 | 45.3 | 0.42 |
| 2027 | 1021 | 800 | 70.5 | 40.9 | 0.36 |
| 2028 | 956 | 800 | 68.5 | 36.6 | 0.31 |
| 2029 | 922 | 800 | 66.3 | 33.1 | 0.27 |
| 2030 | 1790 | 800 | 65.1 | 33.0 | 0.25 |
| 2031 | 1765 | 800 | 64.2 | 33.0 | 0.24 |
| 2032 | 1725 | 800 | 63.4 | 33.1 | 0.23 |
| 2033 | 1694 | 800 | 62.9 | 33.1 | 0.22 |
| 2034 | 1665 | 800 | 62.5 | 33.0 | 0.20 |
| 2035 | 1622 | 800 | 62.3 | 33.0 | 0.19 |
| 2036 | 1611 | 800 | 61.5 | 33.0 | 0.19 |
| 2037 | 1135 | 800 | 60.9 | 33.1 | 0.18 |
| 2038 | 912 | 800 | 60.0 | 33.1 | 0.17 |
| 2039 | 847 | 800 | 59.4 | 33.0 | 0.17 |
| 2040 | 827 | 800 | 58.9 | 33.0 | 0.16 |

| 年份 | 入口压力 | 出口压力 | 入口温度 | 出口温度 | 出口液速 |
|---|---|---|---|---|---|
| | kPaA | kPaA | ℃ | ℃ | m/s |
| 2041 | 819 | 800 | 58.2 | 33.0 | 0.16 |
| 2042 | 813 | 800 | 57.5 | 33.1 | 0.16 |
| 2043 | 810 | 800 | 57.1 | 33.0 | 0.16 |

根据以上校核结果，曹妃甸 6-4 油田与南堡 35-2 油田原油掺混后，海管最大入口压力为 1790kPaA，最高入口温度为 76.1℃，满足海底管道原设计参数。

（3） 校核结果

曹妃甸 6-4 油田原油处理合格输送至南堡 35-2 油田，依托原有的 NB35-2CEP 平台至世纪号 FPSO 海底管道输送，经校核原有海底管道满足输送要求，可以依托原有海底管道。当依托海管达到设计年限后，需要进行管线检查并对输送能力进行评估，根据评估结果制定相应措施。

### 2.4.2 世纪号 FPSO 舱容校核

（1） 世纪号 FPSO 船体舱容参数

渤海世纪号 FPSO 接收来自秦皇岛 32-6 油田、秦皇岛 33-1 油田、秦皇岛 33-1 南油田、南堡 35-2 油田输送来的原油进行处理储存和外输。船体舱容参数详见下表。

**表 2.4-3 世纪号 FPSO 船体舱容参数**

| 项目 | 自持力 | 货油舱室个数 | 总舱容 | 有效舱容 |
|---|---|---|---|---|
| 规格 | 14 天 | 10 个 | 156369 $m^3$ | 149312$m^3$ |

世纪号 FPSO 船体目前总舱容为 156369 $m^3$，其中有效舱容为 149312$m^3$。货油舱室共计 10 个，目前有 3 个舱室供南堡 35-2 油田和曹妃甸 6-4 油田单独使用，有效舱容 40940$m^3$；有 7 个舱室供秦皇岛 32-6 油田、秦皇岛 33-1 油田和秦皇岛 33-1S 油田单独使用，有效舱容 108372$m^3$。

（2） 舱容校核

按照舱容的最大储存能力校核，考虑缓冲裕量数为 3 天。

由计算可知，卸油间隔在5.8天时，最大的所需舱容为40535$m^3$，小于世纪号有效舱容40940$m^3$，因此世纪号能够满足曹妃甸6-4油田接入后的储存和外输。

### 2.4.3 依托设施寿命校核

依托设施设计寿命校核详见下表。

**表 2.4-4 依托设施寿命校核**

| 编号 | 依托设施 | 投产时间 | 设计寿命 | 运行时间 | 是否超设计期服役 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | NB35-2 CEP 平台 | 2005 年 | 25 | 12 | 否 |
| 2 | 秦皇岛 32-6FPSO | 2001 年 | 25 | 16 | 否 |
| 3 | NB35-2CEP~世纪号 FPSO 输油海底管线 | 2005 年 | 25 | 12 | 否 |

# 3工程分析

## 3.1 工程各阶段污染环节与环境影响分析

### 3.1.1 海上建设阶段产污环节分析

海上施工阶段的作业内容包括海上施工/安装作业和钻完井作业等。

海上施工/安装的作业内容包括导管架就位与安装，平台安装/连接，平台上部模块安装/连接与调试，已建海上设施的适应性改造，以及海底管道、电缆的铺设等。本阶段主要污染物包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾和工业垃圾，以及铺管作业搅起的海底沉积物对海洋环境的影响。主要污染因子为 COD，主要环境影响因子为悬浮物。

钻完井过程中，主要污染物包括钻屑和钻井液、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾和工业垃圾。主要污染因子为 COD，主要环境影响因子为悬浮物。

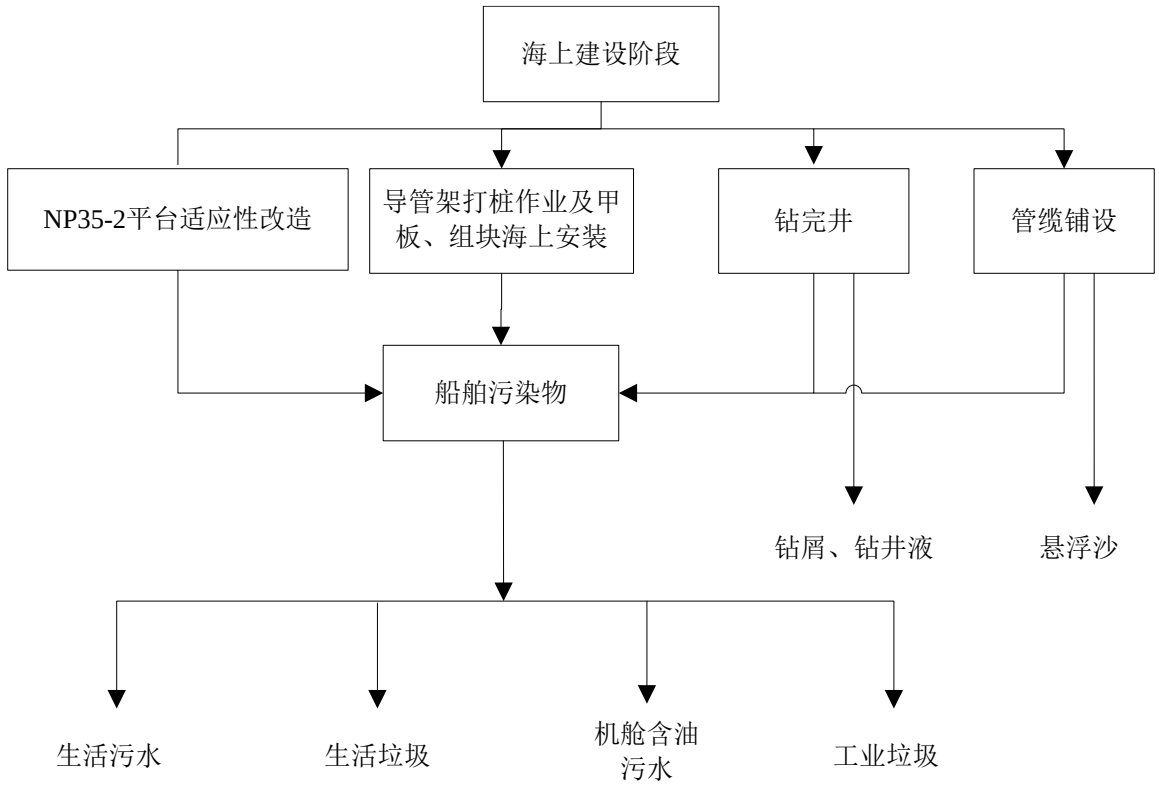



**图 3.1-1 海上建设阶段产污环节图**

### 3.1.2 营运期产污环节及污染物分析

在油田生产运营期，主要污染物为生产水、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、

工业垃圾及少量伴生天然气等。主要污染因子为石油类、COD 等。生产阶段产污环节见图 3.1-2。

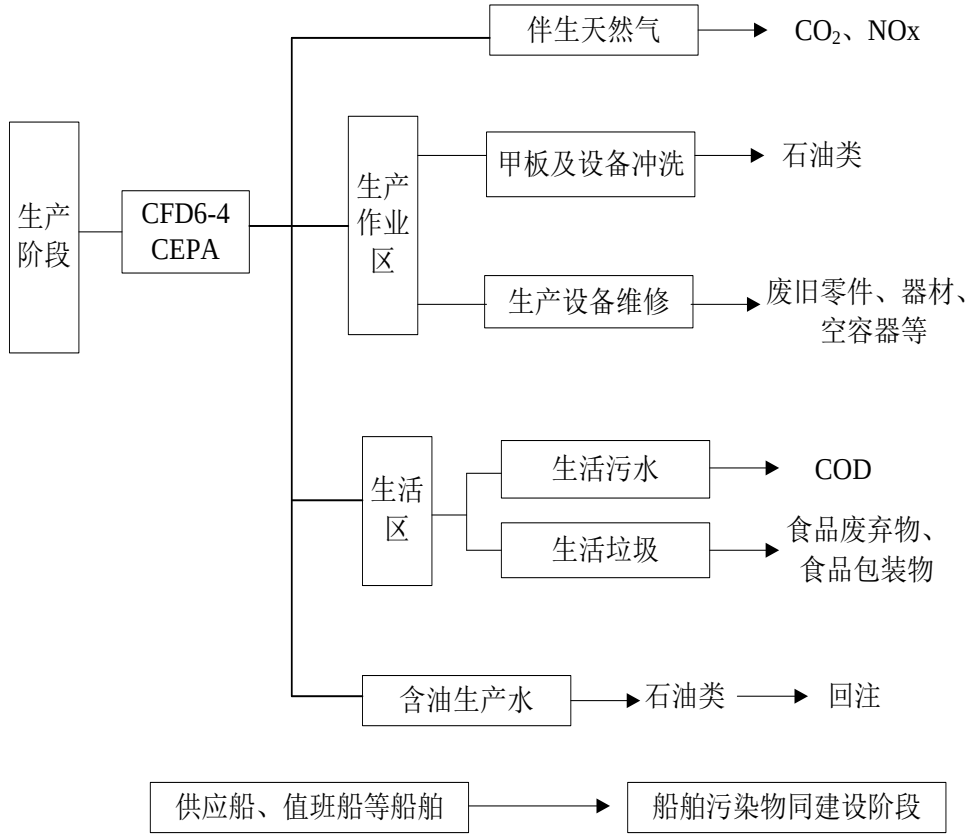



**图 3.1-2　生产阶段产污环节图**

### 3.1.3　废弃阶段

废弃阶段基本上为海上施工/安装阶段的反过程，主要工程内容包括工艺设备及输油海底管道的扫线处理、上部组块及相关设备和设施的拆卸、导管架的拆除、油井的地下封堵和水下井口的切割等。具体工程内容因废弃方式或程度不同而有所差异，需届时根据废弃工程具体方案进行详细分析。总体而言废弃阶段的主要污染物包括设备和管线清洗液、拆除的废旧设施和钢材、电缆等工业垃圾，以及施工船舶产生的机舱含油污水、施工人员产生的生活污水和生活垃圾等。按照有关法律规定，油田废弃阶段需另行进行专门的环境影响评估。

# 3.2 工程各阶段污染源强核算

## 3.2.1 海上建设阶段污染源强核算

### 3.2.1.1 钻井液、钻屑

**（1）钻井液**

**①钻井液成分**

钻井液采用水基钻井液，主要成分见表 3.2-1。

**表 3.2-1 水基钻井液体系组成表**

| 钻井液体系 | 成分 |
|---|---|
| 改进型有机正电胶钻井液 | 3%海水膨润土浆 |
| | 0.1%$Na_2CO_3$ |
| | 0.2%NaOH |
| | 0.3%PF-PAC LV |
| | 0.5%包被剂 PF-PLH |
| | 1.5%增粘降滤失剂 PF-VIF |
| | 2.0%PF-DYFT-II |
| | 1.5%胺基硅醇 PF-HAS |
| 氯化钾/聚合物/聚合醇钻井液 | 33%海水膨润土浆 |
| | 0.2%NaOH |
| | 0.1%$Na_2CO_3$ |
| | 0.3%PAC-LV |
| | 0.5%包被剂 PF-PLH |
| | 2%降滤失剂 PF-RS-1 |
| | 2.0%封堵剂 PF-DYFT-II |
| | 2.0%封堵剂 PF-LSF |
| | 3%聚合醇 JLX-C |
| | 5%KCl |
| | 0.10%增粘剂 XC |
| 弱凝胶无固相钻井液 | 海水 |
| | 0.2%$Na_2CO_3$ |
| | 0.2%碱度调节剂 PF-ACA |
| | 0.6～0.9%流型调节剂 PF-EZVIS |
| | 1.0～2.0%降滤失剂 PF-EZFLO |
| | 8%储层桥堵剂 PF-EZCARB |
| | 5%KCl |

**②源强**

钻井作业中，钻井液循环使用，钻井液在钻井结束后一次性排放。排放环节主要有 4 个：外排钻屑粘附、固井置换、提钻携带以及钻井结束后的一次性排放。估算公式如下：

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

$V_{随钻}$—外排钻屑粘附泥浆总量 $m^3$

$V_{固井}$—固井置换外排泥浆总量 $m^3$

$V_{起钻}$—起钻时外排泥浆总量 $m^3$

$V_{一次}$—钻井结束一次性外排泥浆总量 $m^3$

本工程为分批钻井，根据钻井计划钻井液排放情况见表 3.2-2。

**表 3.2-2　本工程钻井液产生情况表**

| 钻井液 | | 粘附排放（$m^3$） | 固井排放（$m^3$） | 起下钻排放（$m^3$） | 一次性排放（$m^3$） | 非钻井油层水基钻井液（$m^3$） | 钻井油层水基钻井液（$m^3$） | 水基钻井液总量（$m^3$） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2018 年 | 7 口井 | 132 | 60 | 210 | 210 | 612 | 88 | 700 |
| 2019 年 | 22 口井 | 415 | 187 | 660 | 210 | 1472 | 277 | 1749 |
| 2020 年 | 13 口井 | 245 | 111 | 390 | 210 | 956 | 164 | 1120 |
| 2021 年 | 10 口井 | 189 | 85 | 300 | 210 | 784 | 126 | 910 |
| 合计 | 52 口井 | 982 | 442 | 1560 | 840 | 3824 | 654 | 4479 |

钻井油层水基钻井液平时储存在平台泥浆池里，回收时平台利用泵将钻井液打到船舶上专用泥浆罐，由拖轮运回码头，到码头后交由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理/处置；非钻井油层水基钻井液全部回收，禁止排海。

**（2）钻屑**

钻完井过程中产生的钻屑分为钻井油层钻屑和非钻井油层钻屑两类。钻屑的排放主要取决于井身结构，据井身结构可粗略估算出排放的钻屑总量。计算公式如下：

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

V---钻屑产生体积（$m^3$）

k---系数，取 1.6

π---3.14

R---井眼半径

h---井身长度（平均井深）

根据钻井计划，本工程钻屑源强核算结果见表 3.2-3。

**表 3.2-3　钻屑产生情况一览表**

| 分类序号 | 井数 | 平均井深 | 非含油钻屑（堆体积 $m^3$） | 含油钻屑（堆体积 $m^3$） | 合计（堆体积 $m^3$） |
|---|---|---|---|---|---|
| 第 1 类 | 3 | 3068 | 972 | 146 | 1118 |
| 第 2 类 | 12 | 2748 | 3530 | 231 | 3761 |
| 第 3 类 | 8 | 3179 | 2778 | 151 | 2929 |
| 第 4 类 | 2 | 3676 | 787 | 52 | 839 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 第 5 类 | 6 | 3266 | 2087 | 292 | 2379 |
| 第 6 类 | 9 | 3743 | 3326 | 368 | 3694 |
| 第 7 类 | 3 | 4217 | 1265 | 131 | 1396 |
| 第 8 类 | 7 | 3324 | 2526 | 145 | 2671 |
| 第 9 类 | 2 | 3701 | 809 | 44 | 853 |
| 合计 | | | 18080 | 1560 | 19640 |

本工程钻井过程中产生钻屑 19640m$^3$，其中钻井油层钻屑约 1560m$^3$。钻井油层钻屑采用岩屑箱回收，岩屑箱装满后再用拖轮运回码头，到码头后全部由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理/处置；非钻井油层钻屑 18080.4m$^3$ 全部回收，禁止排海。

#### 3.2.1.2 悬浮泥沙

**（1）海底管道铺设**

拟建 1 条管道，CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道。新建海底管道采用后挖沟回填埋设法。管沟深约 1.5m，管沟底宽 1m，顶宽 2m。CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道管径 8in/14in，总管道长度 12.5km，挖沟速率为 528m/d。

该海区泥沙容重约为 1.78g/cm$^3$，此外，本项目起沙率按 15%计算。根据以下悬浮沙计算公式：

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$^2$)×每天挖沟长度（m）

搅动海底泥沙总量＝挖沟截面积(m$^2$)×海管长度（m）；

悬浮沙源强＝每天搅动海底泥沙量（m$^3$）×起沙率（15%）×泥沙容重（1.78×10$^3$kg/m$^3$）/86400(s)。

按铺设过程中的移动源连续性排放悬浮沙计算，管道产生的悬浮泥沙量约为 34793m$^3$，悬浮沙产生的最大源强为 4.54kg/s，详见表 3.2-4。

**（2）海底电缆铺设**

与海底管道相同，采用后挖沟回填埋设法。埋设深度 1.5m，管沟底宽 0.5m，顶宽 1m，长度 12.5km，挖沟速率为 2000m/d。

根据上述悬浮沙产生速率和产生量计算公式，按铺设过程中的移动源连续性排放悬浮沙计算，源强为 6.95kg/s，悬浮沙的产生量为 14063m$^3$。

**表 3.2-4　悬浮沙污染源强一览表**

| 来源 | 管径 in | 长度 km | 污染物 | 产生量 $m^3$ | 排放速率 kg/s |
|---|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道 | 8in/14in | 12.5 | 悬浮沙 | 34793 | 4.54 |
| 海底电缆 | / | 12.5 | | 14063 | 6.95 |

### 3.2.1.3 船舶污染物

海上建设阶段产生的船舶污染源包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、工业垃圾等。根据工程作业期和参与作业的船舶种类和数量，估算作业期内船舶污染物的源强。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 0.5$m^3$，海上建设阶段船舶污染物产生量详见表 3.2-5。

**表 3.2-5　施工期船舶污染物**

| 施工阶段 | 船舶数量 | 施工人数 | 施工天数 | 生活污水（$m^3$） | 生活垃圾（t） | 机舱含油污水（$m^3$） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 导管架海上安装 | 8 | 77 | 33 | 889.4 | 3.8 | 132.0 |
| 组块海上运输、安装 | 10 | 82 | 15 | 430.5 | 1.8 | 75.0 |
| 海底管线敷设 | 1 | 100 | 84 | 2940.0 | 12.6 | 42.0 |
| | 2 | 10 | 84 | 294.0 | 1.3 | 84.0 |
| 海底电缆敷设 | 1 | 100 | 13 | 455.0 | 2.0 | 6.5 |
| | 2 | 10 | 13 | 45.5 | 0.2 | 13.0 |
| 钻完井 | 1 | 120 | 314 | 13188.0 | 56.5 | 157.0 |
| | 1 | 120 | 299 | 12558.0 | 53.8 | 149.5 |
| | 1 | 120 | 372 | 15624.0 | 67.0 | 186.0 |
| 合计 | / | / | / | 46424.4 | 199.0 | 845.0 |

施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。生活垃圾全部运回陆地处理，机舱含油污水交蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理/处置。

### 3.2.1.4 其他污染物

**（1）工业垃圾**

在工程建设阶段产生的工业垃圾主要包括废弃边角料、油棉纱、包装材料等。根据以往类似工程项目的统计数据推算，本项目海上安装过程（包括平台导管架、组块的安装、安装调试等）中产生工业垃圾约 4.7t，海管/电缆铺设过程中产生工业垃圾约 6.7t，钻完井过程产生约 93t，依托平台适应性改造产生约 0.5t。此外，生产井转注水井更换管柱产生工业垃圾为 0.5t，更换的管柱运回陆地库房保存。

海上建设阶段产生工业垃圾约 104.9t，其中钻完井施工阶段的工业垃圾交由蓬莱荣

洋钻采环保服务有限公司接收处理/处置。

**（2）清洗废水**

本工程包括 2 口生产井调整为注水井，清洗废水按每口井 100m$^3$ 计算，共产生清洗废水 200m$^3$，进入生产流程，经生产水处理系统处理达标后回注。

#### 3.2.1.5 海上建设阶段污染物汇总

海上建设阶段各种污染物的产生量汇总于表 3.2-6。

**表 3.2-6 海上建设各阶段主要污染物**

| 污染物 | | 污染物的产生量 | 排放速率 | 主要污染因子 | 排放/处理方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| 钻井液 | 非钻井油层水基钻井液 | 3824m$^3$ | 0 | SS | 运回陆地处理 |
| | 钻井油层水基钻井液 | 654m$^3$ | / | 石油类 | 运回陆上交蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处理 |
| 钻屑 | 非钻井油层钻屑 | 18080m$^3$ | 0 | SS | 运回陆地处理 |
| | 钻井油层钻屑 | 1560m$^3$ | / | 石油类 | 运回陆上交蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处理 |
| 悬浮沙 | 海管铺设 | 34793m$^3$ | 5.10kg/s | SS | 连续排放 |
| | 电缆铺设 | 14063m$^3$ | 7.81kg/s | SS | |
| 生活污水 | | 46424.4m$^3$ | / | COD | 在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。 |
| 生活垃圾 | | 199.0t | / | 食品废弃物、食品包装等 | 分类收集、运回陆上处理 |
| 船舶机舱含油污水 | | 845.0m$^3$ | / | 石油类 | 铅封，运回陆上交蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处理 |
| 工业垃圾 | | 104.9t | / | 废弃边角料、油棉纱、包装材料等 | 分类收集、运回陆上处理 |
| | | 0.5t | / | 生产井转注水井更换管柱 | 运回陆地库房保存 |
| 清洗废水 | | 200m$^3$ | / | 石油类 | 处理达标后回注 |

### 3.2.2 生产阶段污染源强核算

生产阶段产生的污染物主要是生产水、甲板冲洗水、设施维修产生的工业垃圾等；此外还有参加生产作业的人员所产生的生活污水、生活垃圾等。

#### 3.2.2.1 生产水

**（1）正常工况**

根据工程概况生产水处理流程中的内容，本工程投产后，曹妃甸 6-4 油田的生产水最大产生量为 6904.87$m^3$/d（2033 年），经本平台生产水处理系统处理合格后回注地层。

**（2）非正常工况**

非正常工况下（如注水系统故障、维护、地层压力变化以及其他维护性操作时），全油田停产。

#### 3.2.2.2 天然气

CFD6-4CEPA 平台分离出的伴生气用于本平台透平发电机、供热介质锅炉使用，富余的伴生气经火炬系统燃烧。

曹妃甸 6-4 油田开发工程新建 2 台 10MW 燃气透平机组，根据厂家反馈的测算数据，单台透平机组最大排烟量为 146245 $Nm^3$/h，氮氧化物产污系数为 755mg/$Nm^3$ 排烟量。曹妃甸 6-4 油田年生产天数为 330 天，因此，曹妃甸单台透平机组 $NO_X$ 最大排放量为 874.5t/a，2 台机组 $NO_X$ 最大排放量为 1749t/a。

曹妃甸 6-4 油田开发工程新建 1 台 6000kW 直燃锅炉，根据厂家反馈，热介质锅炉满载时 NOx 单台排放量约为 9.0t/a。

根据《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》（2010 年修订版），天然气燃烧产生的 NOx 排放系数为 18.71kg/$10^4m^3$ 天然气。估算火炬燃烧产生的 NOx 排放量为 17.1 t/a。

综上，本项目 NOx 总排放量为 1775.1t/a。

#### 3.2.2.3 工业垃圾

在工程生产阶段将会产生一些工业垃圾，如废弃的零件、边角料、油棉纱、包装材料等，年产生的工业垃圾约 186t/a。

工业垃圾运回陆地交蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理。

#### 3.2.2.4 生活污水和生活垃圾

**（1）污染物产生量**

本工程正常生产阶段将有生活污水及生活垃圾产生，CFD6-4CEPA 平台上设置一套生活污水处理装置。

CEPA 平台生产定员分别为 80 人，最大定员为救生艇人数 120 人，再考虑到修井作业等大型作业等因素，因此 CEPA 平台的全年平均作业人数按照救生艇作业人数的

1.2 倍，总计 144 人进行估算。根据最新统计数据，海上平台每人每天生活污水产生量约 350L，CEPA 平台产生生活污水最大约为 50.4$m^3$/d（16632$m^3$/a），其中黑水大约占三分之一，灰水（约 33.6 $m^3$/d）经预处理后进入生产流程，处理达标后回注；黑水经过预处理后进入生活污水处理系统，达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）中水回用杂水指标，用于生活楼冲厕所。黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源。

为避免生活污水中难降解物质累积，建议每 7 天用处理后的灰水替换循环中水作为黑水处理掺水，循环中水排入生活污水回收罐，由支持船等运回陆地处理，两台开排泵兼做生活污水输送泵。当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时，生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理。

非正常工况：当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时，生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理。

生活垃圾按每人 1.5kg/d 计，生活垃圾的产生量约为 216kg/d，合 78.84t/a。生活垃圾全部运回陆地处理。黑水每 7 天产生污泥和污水量总计约 25.2$m^3$(1314$m^3$/a)，运回陆地处理。

**（2）生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析**

曹妃甸 6-4 CEPA 平台生活污水中黑水处理工艺流程和用途与绥中 36-1M 平台基本一致，黑水处理效果可参照绥中 36-1M 平台生活污水中黑水处理结果。

2015 年 9 月中海油能源发展装备技术有限公司委托谱尼测试科技（天津）有限公司对绥中 36-1M 平台生活污水处理设施进行监测，处理后的生活污水达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T8920-2002）中的冲厕水质标准，可以用于生活楼冲厕所。

**表 3.2-7 绥中 36-1M 平台生活污水中水处理结果**

| 序号 | 项目 | 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》冲厕水质标准 | 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》生活污水排放标准 | 绥中 36-1M 平台监测结果 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | COD（mg/L） | / | 300 | 14.6 |
| 2 | pH | 6.0-9.0 | / | 8.28 |

| 序号 | 项目 | 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》冲厕水质标准 | 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》生活污水排放标准 | 绥中 36-1M 平台监测结果 |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 溶解性固体（mg/L） | ≤1500 | / | 595 |
| 4 | $BOD_5$（mg/L） | ≤10 | / | 2.9 |
| 5 | 氨氮（mg/L） | ≤10 | / | 0.186 |
| 6 | 阴离子表面活性剂（mg/L） | ≤1 | / | 0.36 |
| 7 | 铁（mg/L） | ≤0.3 | / | 未检出（＜0.03） |
| 8 | 锰（mg/L） | ≤0.1 | / | 未检出（＜0.01） |
| 9 | 溶解氧（mg/L） | ≥1 | / | 8.0 |
| 10 | 总大肠菌群（mg/L） | ≤3 | / | ＜3 |

#### 3.2.2.5 海管牺牲阳极中锌的释放量

曹妃甸 6-4 油田共铺设 1 条海底管道，海底管道采用手镯型铝基牺牲阳极。海管阳级用量详见表 3.2-9。阳极块主要成分为铝，其中锌的质量含量为 2.5%~5.75%，锌在发生原电池反应后，将以锌离子形态释放到海洋环境中，使管道周围环境中锌含量略有增加。每个阳极块的重量约为 70kg，海底管道阳极块间隔约 110m。由于阳极块间隔很远，锌离子向环境释放的影响不会相互叠加，所以把每个阳极块当做一个单独的释放源。阳极块中锌含量按 4.13%考虑，海底管道设计寿命为 25a，考虑到阳极使用寿命的裕量，则单个阳极块每年释放到环境中的锌量不到 0.12kg。

**表 3.2-8 海底管道牺牲阳极用量**

| 海底管道名称 | 阳极块单重（kg） | 数量（块） | 锌含量（按 4.13%考虑）(t) | 单块阳极锌含量（kg） | 单块阳极锌释放源强（kg/a） |
|---|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP 输油管线 | 70 | 180 | 0.52 | 2.89 | 0.12 |

#### 3.2.2.6 生产阶段污染物汇总

**表 3.2-9 本工程运营期污染物产生情况一览表**

| 污染物 | | | 污染物的产生量 | 主要污染因子 | 排放/处理方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| 生产水 | | | 最大 6904.87 $m^3/d$（2033 年） | 石油类 | 处理达标后全部回注 |
| 平台甲板设备冲洗水 | | | 少量 | 石油类 | 经开、闭排系统收集后，打入原油处理系统 |
| 天然气 | | $NO_X$ | 1775.1t/a | NOx 等 | 透平发电机或热介质锅炉燃烧排放，富余部分火炬燃烧 |
| 平台 | 生活污水 | 黑水 | 5544$m^3/a$ | COD | 黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。 |
| | | 灰水 | 11088 $m^3/a$ | COD | 经处理达标后回注 |
| | 生活垃圾 | | 78.84t/a | 食品废弃物、食品包装等 | 分类收集、运回陆上处理 |
| | 生活污水处理系统污泥 | | 1314$m^3/a$ | 污泥 | 运回陆地处理 |
| | 工业垃圾 | | 186t/a | 废弃边角料、包装材料等 | 分类收集、运回陆上处理 |
| 海管牺牲阳极锌释放量 | | | 21.60kg/a | 重金属 Zn | 自然释放 |

### 3.2.3 工程各阶段海洋生态环境影响分析

本工程采油平台建设和海底管道/电缆铺设会占用部分海域，造成底栖生物的损失，生物量的损失根据工程扰动底土面积和当地底栖生物密度来估算。但海上施工时间较短，且由于海域宽阔，生物具有活动性，因此，人为活动的干扰不会根本性改变海洋生物的觅食及活动规律。施工结束后，在施工区海域会逐渐形成新的生态平衡。

海上施工阶段海底管道铺设产生的悬浮泥沙使施工区周围海水中悬浮泥沙浓度增大，透明度下降，引起浮游植物的光合作用减少，对浮游植物和浮游动物产生一定的影响和破坏作用，也会对作业区周边鱼卵仔鱼造成一定的生态损失。但由于悬浮泥沙影响的时间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮泥沙的排放，其影响将会逐渐减轻。

平台建设和管线铺设完成后对附近的局部海域水文动力和冲淤环境产生一定的影响。

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

生产运营期无污染物排放，因此不会对该区的海洋生态环境造成影响。

## 3.3 环境影响要素和评价因子的分析与识别

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》及《海洋油气勘探开发工程环境影响评价技术规范》的有关要求，结合环境影响要素识别结果，确定本工程环境影响预测评价因子。根据海域周围环境的复杂性和工程自身特点，选取以下内容进行预测分析：工程建设前后的潮流形态变化，平台建设和海底管线埋设产生的悬浮沙，事故溢油等，详见表3.3-1。

**表 3.3-1 环境影响预测评价因子一览表**

| 评价时段 | 环境影响要素 | 预测评价因子 | 工程内容及其表征 | 影响程度与分析评价深度 | 分析评价内容所在章节 |
|---|---|---|---|---|---|
| 建设阶段 | 水质环境 | 悬浮物 | 铺设管线 | +++ | 7.3 |
| | 沉积物环境 | 悬浮物 | 铺设管线 | ++ | 7.4 |
| | 生态环境 | 浮游生物 | 铺设管线 | + | 7.5 |
| | | 底栖生物 | | +++ | 7.5 |
| | 渔业资源环境 | 游泳生物、鱼卵和仔稚鱼 | 铺设管线 | ++ | 7.5 |
| | | 养殖生物 | 铺设管线 | + | 7.5 |
| | 环境敏感区 | 悬浮物 | 铺设管线 | + | 7.6 |
| 生产阶段 | 水文动力环境 | 局部海流流向和流速 | 平台安装 | + | 7.1 |
| | 海域冲淤环境 | 局部海域冲淤 | 平台安装 | + | 7.2 |
| | 沉积物环境 | 沉积物环境 | 平台 | + | 7.4 |
| | 生态环境 | 生态损失 | 铺设管线 | ++ | 7.5 |
| | 环境敏感区 | 事故溢油 | 平台 | + | 7.6 |
| 事故状态 | 水质环境 | 海底管道、平台溢油 | 风险事故下的溢油 | +++ | 8.3 |
| | 生态环境 | 海底管道、平台溢油 | 风险事故下的溢油 | +++ | 8.4 |
| | 渔业资源环境 | 海底管道、平台溢油 | 风险事故下的溢油 | +++ | 8.4 |
| | 海上环境敏感区 | 海底管道、平台溢油 | 风险事故下的溢油 | +++ | 8.3 |

注：＋表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要的分析与影响预测；
＋＋表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；
＋＋＋环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点的影响分析与影响预测。

# 4区域环境现状

## 4.1 区域自然环境现状

### 4.1.1 气象条件

#### 4.1.1.1 概述

曹妃甸油田海区地处中高纬度，属季风气候区，冬寒夏暖，四季分明。冬半年（10月至翌年3月）处于中纬度西风带东亚大槽控制之下，受冷空气和气旋活动的频繁侵袭常有大风降温天气出现；夏半年（6～9月），为北太平洋副热带高压的势力范围，6～8月为本海区雨季，降水量占全年的一半以上。

影响本海区的主要天气系统有冷空气、气旋、热带气旋及中小尺度天气系统。冷空气的主要源头为北冰洋新地岛一带，由于冷空气不断聚集于西伯利亚，形成巨大的冷高压，从每年的9月中旬到翌年的4月沿高空西北气流频繁入侵，造成该海区的西北大风。该海区的东北风来自东北平原下来的冷空气。冷锋过境时有偏北大风吹过海区，强烈的冷锋常常伴有雨雪天气和剧烈降温。

#### 4.1.1.2 风

基于收集到的2011-2015年期间曹妃甸6-4油田附近海域风场资料，统计了各月各风向的出现频率分布，详见表4.1-1和图4.1-1。

**表4.1-1 累年各方向逐月出现频率表（2011-2015）**

| 月份<br>方位 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 10.4 | 4.6 | 4.6 | 3.0 | 3.5 | 2.0 | 4.5 | 4.1 | 5.9 | 6.9 | 10.4 | 7.7 | 5.6 |
| NNE | 8.9 | 5.3 | 5.1 | 4.1 | 3.5 | 3.0 | 3.3 | 5.3 | 5.6 | 5.6 | 8.4 | 8.7 | 5.6 |
| NE | 8.1 | 7.8 | 5.6 | 8.6 | 6.3 | 6.0 | 4.5 | 6.1 | 5.3 | 5.0 | 4.6 | 5.3 | 6.1 |
| ENE | 5.0 | 9.1 | 6.4 | 7.4 | 8.8 | 10.0 | 7.5 | 6.6 | 5.9 | 5.3 | 2.7 | 2.9 | 6.5 |
| E | 4.0 | 8.0 | 6.4 | 5.5 | 6.9 | 10.3 | 7.8 | 5.5 | 6.0 | 4.9 | 2.0 | 2.3 | 5.8 |
| ESE | 2.5 | 5.6 | 6.1 | 5.3 | 5.6 | 15.5 | 7.3 | 6.0 | 4.9 | 3.1 | 1.4 | 1.4 | 5.4 |
| SE | 2.0 | 4.4 | 6.3 | 5.1 | 5.8 | 7.3 | 10.5 | 9.0 | 5.9 | 3.4 | 1.6 | 0.9 | 5.2 |
| SSE | 1.6 | 7.1 | 7.8 | 5.5 | 7.0 | 8.0 | 10.4 | 9.1 | 7.6 | 5.1 | 1.6 | 1.0 | 6.0 |
| S | 2.6 | 5.6 | 7.5 | 10.5 | 9.4 | 8.4 | 10.4 | 7.4 | 6.1 | 6.3 | 3.0 | 1.6 | 6.6 |

| 月份<br>方位 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SSW | 5.1 | 6.0 | 8.5 | 9.8 | 9.9 | 8.5 | 11.1 | 8.1 | 8.3 | 9.6 | 5.1 | 4.0 | 7.8 |
| SW | 6.3 | 7.3 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 7.3 | 8.4 | 9.6 | 9.0 | 11.0 | 6.1 | 6.3 | 8.5 |
| WSW | 5.5 | 5.5 | 6.3 | 7.3 | 5.9 | 4.0 | 4.0 | 6.4 | 6.4 | 8.4 | 8.3 | 7.0 | 6.2 |
| W | 8.0 | 6.5 | 4.1 | 5.4 | 4.0 | 2.5 | 2.9 | 4.4 | 6.0 | 6.0 | 10.7 | 11.3 | 6.0 |
| WNW | 9.8 | 6.8 | 6.1 | 6.0 | 4.8 | 2.6 | 2.4 | 4.0 | 5.9 | 7.9 | 10.3 | 12.1 | 6.5 |
| NW | 8.6 | 5.5 | 4.6 | 3.6 | 4.9 | 2.3 | 2.3 | 3.5 | 5.0 | 6.1 | 10.1 | 14.0 | 5.9 |
| NNW | 10.6 | 4.3 | 3.9 | 2.6 | 3.1 | 2.3 | 1.3 | 3.8 | 5.9 | 4.6 | 12.9 | 13.6 | 5.7 |

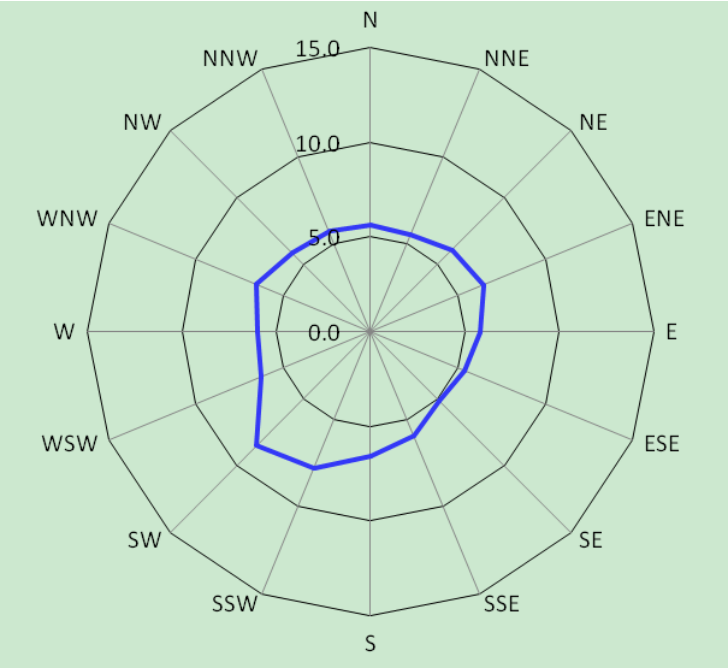



**图 4.1-1 曹妃甸 6-4 油田海域风玫瑰图**

曹妃甸 6-4 油田附近海域平均风速较小，为 3.4m/s。各月平均风速以 4 月最大，为 4.0m/s；8 月份为最小，为 2.7m/s，4 月风速偏大，主要是气旋影响的缘故。全年以 ENE 向风速较大，平均为 4.4m/s；W 向风速最小，平均为 2.3m/s。

曹妃甸 6-4 油田附近海域各月最大风速的风向以 NE 向为主，全年中有 6 个月份的最大风速为 NE 向。各月最大风速以 4 月份最大，风速为 18.4m/s，其次为 12 月，风速为 17.1m/s，风向为 NW。最大风速的最小值出现在 8 月份，为 13.7m/s。

#### 4.1.1.3 气温

曹妃甸年平均气温如下列图和表所示。2011-2015 年，年平均气温呈现逐年升高的趋势。2015 年达到最高，为 14.76℃。图和表为曹妃甸气温年极值分布，由此可以看出，2011-2015 年，最高气温出现在 2014 年，为 36.7℃，2013 年次之，为 36.5℃；最低气

温出现在 2013 年，为-13.5℃。

**表 4.1-2 曹妃甸 6-4 油田海域年平均气温分布**

| 年份 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| 平均气温（℃） | 11.33 | 12.41 | 12.4 | 13.67 | 14.76 |

**表 4.1-3 曹妃甸 6-4 油田海域年气温极值分布**

| 年份 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| 年最高值 | 28.7 | 36.3 | 36.5 | 36.7 | 35.8 |
| 年最低值 | -8 | -12 | -13.5 | -11.4 | -9.7 |

#### 4.1.1.4 降水

由于该海区处于季风气候区，因此降水量的分配具有季风气候的特征。6 月至 9 月为该海域的汛期，其中，6 至 8 月份各月的月平均降水量均大于 100mm。其中 8 月平均降水量最大，达 197.4mm；7 月次之，为 116.4mm。其他月份降水量较小，1 月最小，仅有 1.3mm。详见表 4.1-4。

**表 4.1-4 曹妃甸 6-4 油田附近海域各年各月降水量**

| 月份 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | / | 2.0 | 1.6 | 0.5 | 1.2 | 1.3 |
| 2 | / | 0.0 | 4.4 | 4.7 | 8.0 | 4.3 |
| 3 | / | 2.8 | 16.7 | 12.5 | 0.2 | 8.1 |
| 4 | / | 30.1 | 5.1 | 4.5 | 74.4 | 28.5 |
| 5 | / | 13.6 | 15.9 | 43.6 | 29.7 | 25.7 |
| 6 | / | 195.0 | 79.8 | 45.1 | 110.2 | 107.5 |
| 7 | / | 215.0 | 119.7 | 50.1 | 80.6 | 116.4 |
| 8 | / | 324.9 | 235.4 | 103.4 | 126.0 | 197.4 |
| 9 | 43.4 | 86.9 | 34.8 | 116.8 | / | 70.5 |
| 10 | 11.9 | 63.6 | 17.9 | 26.3 | / | 29.9 |
| 11 | 41.3 | 73.5 | 5.8 | 4.0 | / | 31.2 |
| 12 | 6.5 | 9.2 | 2.5 | 8.6 | / | 6.7 |
| 全年 | 103.1 | 1016.6 | 539.6 | 420.1 | 430.3 | 501.9 |
| 最大 | 43.4 | 324.9 | 235.4 | 116.8 | 126.0 | 197.4 |

降水量有明显的年际变化，最大的 2012 年达到 1016.6mm，最小的除 2011 年外（2011 年仅统计 9~12 月），2014 年降水量最小，为 420.1mm。月最大降水量出现在 2012 年 8 月，为 324.9mm。

数据统计期间，该海域最大降水量极值为 106.7mm，出现在 2012 年 7 月 26 日，大

于 50mm 的日降水量出现次数极少，历年中日最大降水量大于 100mm 的仅有 1 次，出现在 7 月。日最大降水量大于 50mm 的有 6 次，且均出现在 6-9 月。

**表 4.1-5 曹妃甸 6-4 油田附近海域最大降水量统计**

| 年＼月 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 全年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2011 | 极值 | / | / | / | / | / | / | / | / | 42.4 | 6.7 | 32.3 | 2.6 | 42.4 |
| | 日期 | / | / | / | / | / | / | / | / | 1 | 23 | 17 | 5 | 9 月 1 日 |
| 2012 | 极值 | 2 | / | 2 | 21.6 | 5.4 | 40.1 | 106.7 | 89.3 | 55.8 | 28.7 | 41.9 | 4.5 | 106.7 |
| | 日期 | 8 | / | 5 | 25 | 25 | 1 | 26 | 4 | 7 | 27 | 4 | 14 | 7 月 26 日 |
| 2013 | 极值 | 1.5 | 2.4 | 16.6 | 3.4 | 9.5 | 38.6 | 35.9 | 80.8 | 19 | 11.7 | 3.7 | 2.5 | 80.8 |
| | 日期 | 21 | 3 | 12 | 5 | 26 | 25 | 2 | 7 | 23 | 14 | 9 | 17 | 8 月 7 日 |
| 2014 | 极值 | 0.4 | 2.8 | 5.3 | 1.5 | 27.6 | 16.7 | 27.9 | 28.2 | 7.0. | 12.7 | 1.8 | 8 | 28.2 |
| | 日期 | 16 | 27 | 20 | 17/26 | 11 | 7 | 16 | 31 | 2 | 2 | 30 | 7 | 8 月 31 日 |
| 2015 | 极值 | 1.2 | 5 | 0.2 | 36.4 | 10 | 52.1 | 35.5 | 54.6 | / | / | / | / | 54.6 |
| | 日期 | 25 | 21 | 31 | 12 | 7 | 29 | 30 | 2 | / | / | / | / | 8 月 2 日 |

#### 4.1.1.5 能见度

能见度主要受雾、暴雨和降雪的影响。通过对曹妃甸近 30 年能见度观测值统计分析发现，低于 1km 的雾多发生在每年的 11 月至翌年 2 月份，此期间雾日约占全年的 77%。最长连续雾日数为 3 天。曹妃甸海域多年平均雾日 29 天，能见度低于 1km 的雾日数平均每年有 9.0 天。其中，曹妃甸港区（以唐海县站统计）能见度<1km 的雾日数年最多雾日数 37 天（1990 年），年最少雾日数 8 天（1986 年）。

### 4.1.2 水文

**（1）潮汐**

曹妃甸油田海区附近海域的潮汐，主要受黄河口外半日潮旋转潮波、秦皇岛以北外海半日潮旋转潮波和渤海海峡日潮旋转潮波三个潮波系统的影响。

潮波在传播过程中受海区地形的影响，当海区固有频率与某一主要天文分潮的频率相近时，潮波会发生共振现象．潮汐类型是根据潮型数 F=（$H_{K1}$+$H_{O1}$）/$H_{M2}$ 来划分的，潮型数 F 表示 3 个主要分潮（$M_2$、$K_1$、$O_1$）的相对重要性；根据 F 值的大小，潮汐一般可划分为 4 种类型，即：规则半日潮（-<F≤0.2），不规则半日潮（0.5<F≤2.0），不规则日潮<2.0<F<4.≤0）和规则日潮（F≥4）。

曹妃甸油田海区海域潮汐性质为不规则半日潮，其潮汐性质判别系数为 1.23～1.38。根据观测资料统计（以下潮位均以当地理论最低潮面起算）：

最高高潮位：2.91 m

最低低潮位：-1.39 m

年平均潮位：1.27 m

最大潮差：2.78 m

平均潮差：0.88 m

**（2）海浪**

由于渤海的风具有季节性变化特点，因此风浪亦具有季节性变化的特性。即从 10 月至翌年 3 月份的冬半年，盛行偏北大风，风浪较大。该海域一般在 6 级大风连续吹刮 6 小时以上可形成 2.5 米以上的大浪。在夏季 6、7、8 三个月份，风速较小，风浪相对也较小。

该海区产生灾害性大浪的天气系统主要是寒潮、气旋和台风。冬半年时常受北方冷空气寒潮的侵袭是本海区天气的一个主要特征。

寒潮是来自西伯利亚的冷空气侵袭，寒潮经过渤海时，可使海面产生 7 级乃至 9 级以上偏北风，过程降温大于 10℃，这类强寒潮，伴随地面的冷高压活动，冷高压前有一冷锋，冷锋过境则出现大风和急剧降温，这类强寒潮每年平均出现 2~3 次。该海区出现伴有偏北大风的冷空气活动一般出现在 10 月中旬至次年 4 月，此期间每 7~14 天即出现一次，冷锋过境时，海面风速一般在 6 级以上，持续时间一般 l~2 天，个别长达 3 天。分析看出，冷空气寒潮大风过境是该海区产生大浪的主要天气系统。

气旋是该海区形成大浪的另一重要天气系统。影响该海区的气旋，按产生源地分，有江淮气旋，黄河气旋和蒙古气旋，这类气旋平均每年进入渤海的为 26 个，其中夏季最多 15 个，春秋季各为约 5 个，冬季约为 1 个，当气旋进入渤海海域时，会出现海上大风天气，有时风力也能高达 9 级以上，气旋在渤海一般移速较快，持续时间较短，往往突然产生恶劣的海况，对作业产生灾害性影响，尤应引起注意。

台风是起源于热带、具有较大尺度的大气涡旋。由于该海域地理纬度较高，因而受其影响较少，据近百年的台风路径统计，台风在渤海每 3.8 年出现一次，也有一年出现二次的记载。台风移至渤海，一般强度都明显减弱，有时也有入渤海后加深加强的情况。如 1972 年 3 号台风过境时，风速达到 30m/s 以上，2005 年 9 号台风（麦莎）进入渤海时，瞬时风速也达到 31m/s。台风影响渤海的路径，总体上可分三大类。一类中心穿越山东半岛北上进入渤海，这类对渤海危害最大，自 1949~1985 年共出现 9 次；另一类中心位置偏西；再一类则偏东。

表 4.1-6 为曹妃甸油田海区附近海域各向风浪频率。由表中可以看出各向风浪频率的季节变化比较明显。

**表 4.1-6 各月各向风浪频率**

| 浪向 / 季节 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 春（4-5） | 1 | 1 | 4 | 13 | 10 | 6 | 1 | 5 | 13 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 |
| 夏（6-8） | 1 | 1 | 7 | 5 | 11 | 3 | 6 | 5 | 11 | 1 | 5 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| 秋（9-11） | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 3 | 3 | 1 | 6 | 3 | 9 | 7 | 4 | 8 | 7 | 4 |

春季（4-5 月）：春季风浪 ENE、E 和 S 向风浪频率相对较大，其中 ENE 和 S 向频率最大，各占 13%；E 向风浪出现的也较多，频率均在 10%。W-NNW 向风浪频率最小，都不超过 3%。

夏季（6-8 月）：E 向风浪频率最大，占 11%，SE 和 NE 各向风浪频率次之，为 6%和 7%。W～N 方向出现频率都不超过 1%。

秋季（9-11 月）：SW 向风浪最多，频率分别为 9%，WNW～NW 向次之，分别为 8%和 7%。

**（3）海流**

曹妃甸海区逐月流速及流向分布概率统计表详见表 4.1-7 和表 4.1-8。16 方向平均流速分布参考表 4.1-9 和图 4.1-3。易知，该工程位置海流涨潮流流向集中在 ENE~E；落潮流流向集中在 WSW。

**表 4.1-7 逐月流向分布概率统计表**

| 方向 / 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 月 | 0.7 | 1.3 | 3.1 | 24.0 | 13.1 | 3.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 2.4 | 6.9 | 30 | 6.4 | 1.5 | 0.9 | 0.7 |
| 2 月 | 1 | 1.4 | 3.7 | 26.9 | 10.9 | 2.7 | 1.4 | 0.9 | 1.3 | 1.9 | 5.9 | 29.9 | 7.8 | 1.8 | 1 | 0.8 |
| 3 月 | 1.0 | 1.7 | 4.2 | 28.1 | 9.9 | 2.3 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.8 | 5.0 | 29 | 9.3 | 2.03 | 1.0 | 1.0 |
| 4 月 | 1.0 | 1.6 | 4.5 | 27.5 | 9.9 | 2.4 | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 1.7 | 5.1 | 29.1 | 9.1 | 2 | 1.2 | 0.9 |
| 5 月 | 1.2 | 1.8 | 4.8 | 28.1 | 9.3 | 2.4 | 1.2 | 0.9 | 1.1 | 1.7 | 5.1 | 28.6 | 8.8 | 2.2 | 1.4 | 0.7 |
| 6 月 | 1.2 | 1.8 | 5.2 | 28.8 | 8.6 | 2.2 | 1.2 | 0.8 | 1.0 | 1.5 | 4.8 | 28.4 | 8.9 | 2.5 | 1.3 | 1.0 |
| 7 月 | 1.3 | 1.8 | 5.0 | 28.6 | 8.5 | 2.3 | 1.1 | 0.9 | 1.0 | 1.6 | 4.9 | 28.4 | 9.1 | 2.4 | 1.3 | 1.1 |
| 8 月 | 1.2 | 1.8 | 4.7 | 28.6 | 8.8 | 2.2 | 1.3 | 1.0 | 1.1 | 1.7 | 5.0 | 28.6 | 8.8 | 2.4 | 1.2 | 0.9 |
| 9 月 | 1.0 | 1.7 | 4.3 | 28.3 | 9.5 | 2.3 | 1.4 | 0.8 | 1.2 | 1.8 | 5.3 | 28.2 | 9.4 | 2.0 | 1.1 | 1 |
| 10 月 | 0.9 | 1.5 | 3.8 | 27.0 | 10.8 | 2.6 | 1.5 | 0.9 | 1.2 | 2.0 | 6.1 | 29.2 | 8.3 | 1.8 | 1.0 | 0.8 |
| 11 月 | 0.7 | 1.2 | 3.0 | 23.5 | 13.8 | 3.2 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 2.3 | 7.2 | 31.1 | 6.2 | 1.4 | 0.9 | 0.6 |
| 12 月 | 0.6 | 1.1 | 2.7 | 22.9 | 14.9 | 3.1 | 1.6 | 1.3 | 1.2 | 2.3 | 7.2 | 32.1 | 5.6 | 1.4 | 0.8 | 0.6 |

**表 4.1-8 逐月流速分布概率统计表**

| 流速<br>月份 | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 | 80-90 | 90-100 | 100-110 | 110-120 | >=120 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 月 | 12.2 | 19.8 | 18.4 | 16.5 | 14.3 | 10.6 | 6.0 | 1.5 | 0.2 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0 |
| 2 月 | 9.66 | 19.37 | 17.61 | 17.31 | 16.16 | 12.88 | 6.1 | 0.71 | 0.11 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0 |
| 3 月 | 10.29 | 18.67 | 16.88 | 17.3 | 16.6 | 14.67 | 4.77 | 0.54 | 0.13 | 0.05 | 0.06 | 0.01 | 0.03 |
| 4 月 | 9.88 | 19.45 | 16.7 | 17.17 | 16.78 | 14.19 | 5.01 | 0.46 | 0.17 | 0.05 | 0.06 | 0.03 | 0.04 |
| 5 月 | 9.72 | 19.94 | 18.21 | 17.26 | 14.84 | 13.99 | 5.34 | 0.52 | 0.11 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 6 月 | 9 | 20.18 | 20.44 | 15.99 | 14.51 | 13.83 | 5.54 | 0.49 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 月 | 9.15 | 19.96 | 19.9 | 16.23 | 15.38 | 12.75 | 5.96 | 0.53 | 0.1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 |
| 8 月 | 9.84 | 19.29 | 17.18 | 17.69 | 16.33 | 13.25 | 5.44 | 0.39 | 0.24 | 0.1 | 0.07 | 0.06 | 0.11 |
| 9 月 | 10.55 | 18.34 | 17.06 | 17.1 | 17.13 | 14.72 | 4.52 | 0.28 | 0.12 | 0.1 | 0.02 | 0.03 | 0.05 |
| 10 月 | 10.22 | 18.52 | 17.65 | 16.3 | 16.53 | 13.64 | 5.77 | 0.64 | 0.28 | 0.15 | 0.09 | 0.09 | 0.11 |
| 11 月 | 9.55 | 19.18 | 17.94 | 16.51 | 14.95 | 12.74 | 6.37 | 1.83 | 0.51 | 0.17 | 0.11 | 0.07 | 0.08 |
| 12 月 | 9.38 | 19.55 | 19.26 | 16.92 | 14.7 | 11.7 | 6.16 | 2.09 | 0.15 | 0.05 | 0.02 | 0 | 0.01 |

**表 4.1-9 逐月各层 16 方向平均流速（cm/s）统计**

| 方向<br>层次 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表层 | 8.2 | 10.3 | 17.4 | 42.1 | 31.2 | 15.0 | 10.7 | 9.8 | 10.0 | 12.8 | 21.1 | 42.4 | 23.7 | 11.3 | 8.4 | 7.6 |
| 中层 | 6.8 | 8.7 | 15.0 | 37.2 | 24.9 | 12.2 | 9.0 | 8.2 | 8.7 | 10.9 | 17.9 | 37.4 | 19.2 | 9.4 | 6.9 | 6.2 |
| 底层 | 6.3 | 8.2 | 14.1 | 30.8 | 18.6 | 10.6 | 8.1 | 7.5 | 7.4 | 8.4 | 13 | 30.1 | 15.8 | 8.5 | 6.5 | 5.9 |

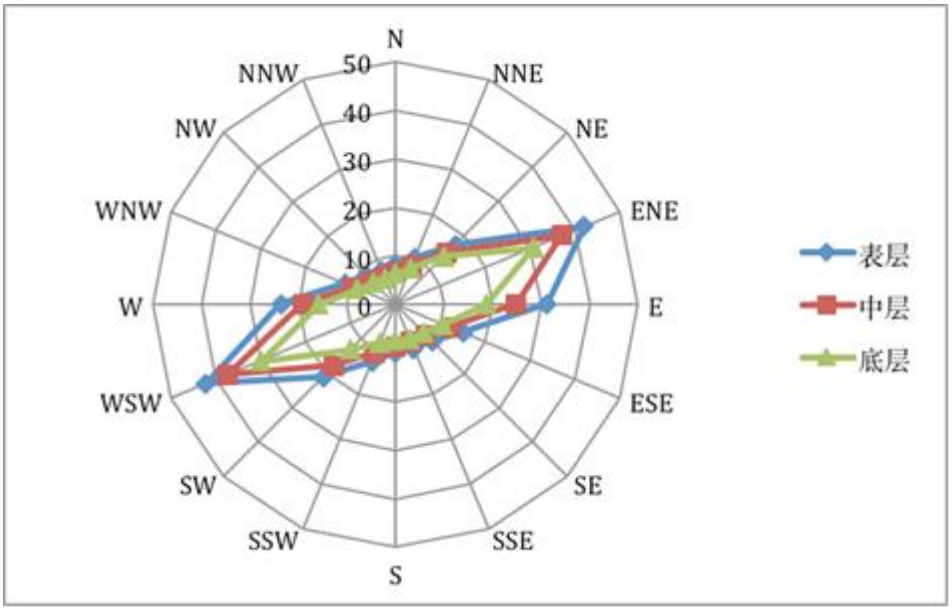



**图 4.1-3 表、中、底层各向平均流速（cm/s）分布**

## 4.1.3 海域工程地质条件

曹妃甸 6-4 油田位于石臼坨凸起西段石南一号大断层下降盘陡坡带，东侧紧邻渤中凹陷西生油次洼，成藏位置非常有利。受石南一号大断层的控制，形成了一系列近东西

向的复杂断块，具有多断块、多高点的特征。

调查区地处渤海北岸，滦河下游，属于滨海平原，由滦河冲积和海退形成。地表被新生代第四纪冲积，洪积和海相沉积物所覆盖，为典型的粉砂淤泥质海岸。自北向南倾斜，坡降平缓，依次为冲积平原，滨海平原和潮间带。场址表层分布为达几米厚的软粘土，下面是中密—高密的砂和硬的—非常硬的粘土层。

该区在大地构造上隶属乐亭坳陷，在其周围有四条断裂；东北部有北西向的滦河断裂，乐亭陷伏断裂和庞各庄陷伏断裂；西南有两条平行的北西向柏格庄断裂；西北有北东向新开口断裂；东南也有北东向打网岗断裂。这些断裂活动带纵横交错，相互影响，它们控制着地层的建造，也孕育着地震的发生与发展。由于该区地处华北地区地震活动频繁之一的唐山地区沿海南缘，据记载历史上曾发生过 6~7 级地震。近期主要受过 1945 年的滦县地震和 1976 年的唐山地震影响，该区地震裂度为 7~8 级。

南堡—大庄河一带为残余沙岛包围的海积平原海岸，调查区内有曹妃甸，蛤坨等残余沙岛，基本呈长条形 NE-SW 方向延伸。曹妃甸与南堡岸间为浅水泻湖，东西长达 21km，南北宽 16km~21km，底质为淤泥质细砂，水深 0~2m，并发育宽大的淤泥质浅滩。泻湖内以潮流作用为主，一方面受到沿岸河流和滦河来的细砂淤泥的补给而日益淤浅，另一方面因其面积很大，相应纳潮汐通道，如曹妃甸南侧的深槽水深达 10m~15m。蛤坨东侧伸向大庄河的深槽水深达 10m。

## 4.2 工程海域开发利用现状

曹妃甸 6-4 油田开发工程海域周边开发利用现状如图 4.2-1 所示，主要有港口航运、渔业生产、矿产资源开发、海上风电等。具体用海活动详见表 4.2-1 所示。

**表 4.2-1 曹妃甸 6-4 油田海域周边用海活动一览表**

| 名称 | | 最近距离（km） | 方位 |
|---|---|---|---|
| 保护区 | 河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区 | 5.7 | 西北 |
| 油气开发活动区 | NB35-2CEP 平台 | 0 | / |
| | NB35-2WHPB 平台 | 5.1 | 西 |
| | NB35-2CEP 平台至 QHD32-6SPM 海底管道 | 0 | / |
| | QHD32-6WHPA | 21.6 | 东北 |
| | QHD32-6WHPB/WHPG | 23.4 | 东北 |
| | QHD32-6WHPC/WHPH | 24.4 | 东北 |
| | QHD32-6WHPD | 22.4 | 东北 |
| | QHD32-6WHPE | 18.8 | 东北 |

| 名称 | | 最近距离（km） | 方位 |
|---|---|---|---|
| | QHD32-6WHPF | 18.6 | 东北 |
| | QHD32-6CEPI | 22.7 | 东北 |
| | QHD32-6CEPJ | 18.2 | 东北 |
| 港口航运 | 京唐港航道 | 13.1 | 东北 |
| | 1#散杂货船舶锚地 | 14.6 | 东北 |
| | 2#化工危险品船舶锚地 | 9.3 | 东北 |
| | 3#大型散货船锚地 | 1.3 | 东 |
| | 4#超大型散货船锚地 | 15.4 | 东南 |
| | 5#大型危险品船舶锚地 | 26.7 | 东南 |
| | 6#散货船舶锚地 | 27.4 | 东北 |
| | 京唐港挡沙堤 | 13 | 北 |
| | 京唐港陆域堆场、泊位 | 13.2 | 北 |
| | 秦皇岛至天津习惯航线 | 10.3 | 南 |
| 海上风电 | 唐山乐亭月坨岛海上风电场工程 | 0.56 | 西、南 |

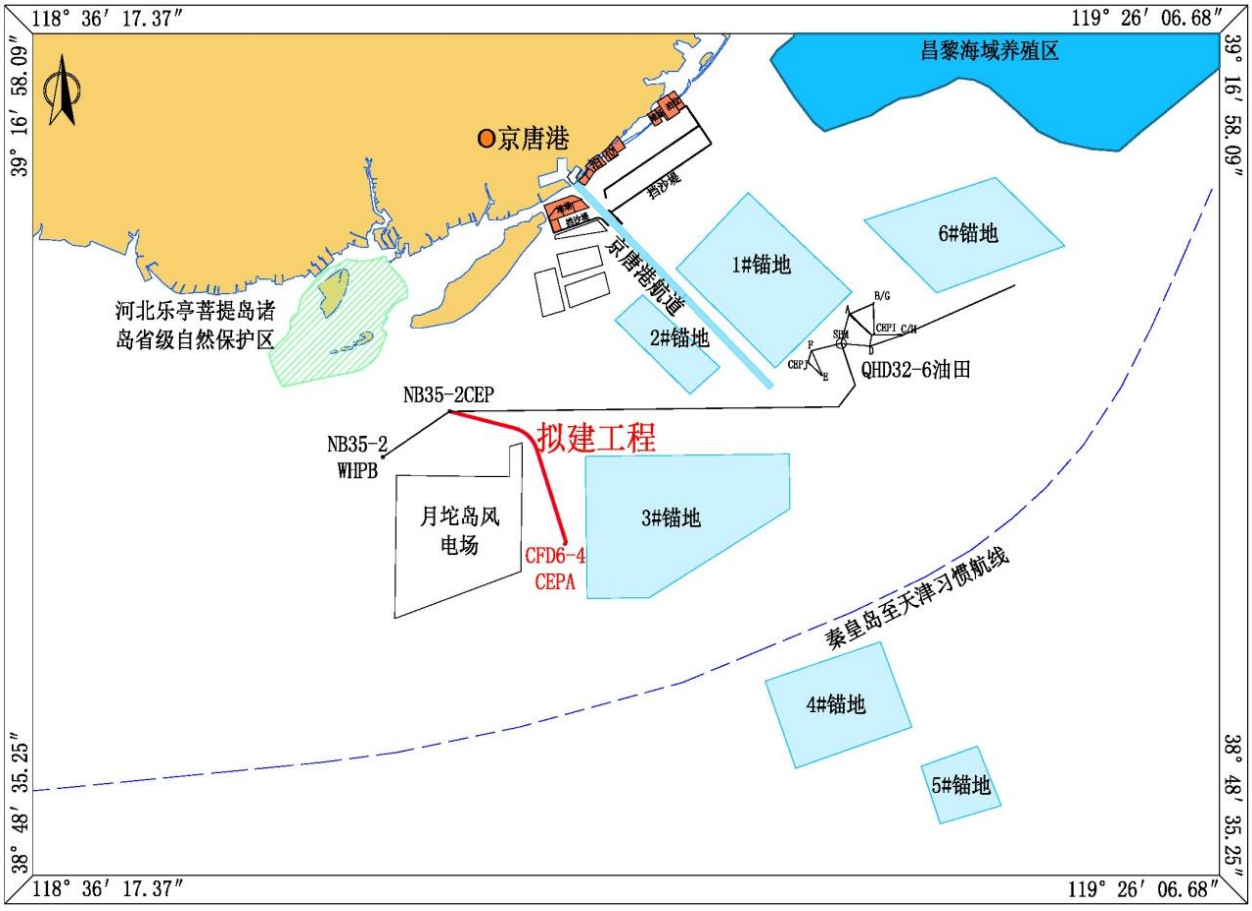



**图 4.2-1 工程海域开发利用现状图**

### 4.2.1 港口航运资源

本油田所处海域隶属于唐山市，曹妃甸 6-4 油田周边主要港口是唐山港京唐港区。见图 4.2-1。本工程 CEPA 平台距京唐港区防沙堤约为 20km，海底管线距离京唐港区防沙堤最近为 13km。

#### 4.2.1.1 港口

唐山港位于唐山市东南部沿海，下辖京唐港区和曹妃甸港区。

京唐港 1989 年 8 月动工，经过多年建设，形成了一号、二号两个港池，建成散杂、件杂、多用途、集装箱、煤炭专用、水泥专用、液化石油气专用等各种功能的 1.5-10 万吨级泊位 33 个，综合通过能力 1.5 亿吨以上，最大通航能力可乘潮进出 20 万吨船舶。京唐港自 1992 年运营以来，特别是 1998 年后，港口发展驶上了快车道，吞吐量连续 5 年保持 20%以上的速度高位攀升， 2001 年港口吞吐量一举突破 1000 万吨大关，跨入国家千万吨大港行列。货种涵盖煤炭、原盐、粮食、钢材、矿石、纯碱、水泥、集装箱等十多大类数十个品种。航线通达国内外 90 多个港口、与 30 多个国家和地区的港口建立业务往来，京唐港已发展成为服务京津唐和华北、西北地区的区域性重要港口之一，成为唐山市现有经济资源中最具辐射力和凝聚力，最有发展前景的基础性资源。2003 年 1 月，按照建立现代企业制度的要求，以唐山港口投资有限公司作为主发起人共同发起设立唐山港集团股份有限公司，成功完成了港口体制改革，为京唐港更大、更快发展解决了体制障碍。2017 年，京唐港区完成货物吞吐量 2.9 亿吨。

曹妃甸港区位于唐山市南部 70 公里南堡地区曹妃甸岛，东距京唐港 33 海里，距北京约 230 公里。港区自然条件优越，岛前西南及南侧水深条件良好，距岸 600 米处即为渤海湾主潮流通道的深槽海域。30 米水深岸线长达 6 公里之多，且不冻不淤，是渤海唯一不需要开挖航道和港池即可建设 30 万吨级大型泊位的天然港址。唐山港曹妃甸港区于 2005 年 12 月 16 日正式开港对外通航。

根据《唐山港总体规划》的规划要求，唐山港将形成以曹妃甸港区、京唐港区两大港区为支柱，分工合作、协调互动、两翼齐飞的总体发展格局。京唐港区的基本定位和主要功能是：将发展成为为腹地经济发展所需各类物资运输服务的综合性港区，为唐山市及其他腹地的通用物资转运服务；在唐山港煤炭运输中发挥辅助作用。

此外，距离曹妃甸 6-4 油田海域较远的大型港口还有秦皇岛港、天津港、黄骅港、东营港等，见图 4.2-2。




**图 4.2-2 项目周边港口示意图**

**（1）秦皇岛港**

秦皇岛港是我国北方著名的天然不冻港，位于秦皇岛市海港区，港口长年不冻、不淤，水深、浪小，是一个天然良港。1898 年开港，开港不久即成为开滦煤矿的主要出海口。

秦皇岛港是目前中国最大的能源输出港，世界第二大能源输出港，也是我国主要对外贸易综合性国际港口之一。煤炭输出量约占全国沿海煤炭输出量的 70%以上，在保证我国北煤南运和煤炭外贸出口中具有十分重要的地位。港口现有陆域 9 平方公里，港口水域 61 平方公里，锚地 54 平方公里，港口岸线 6275 米，其中生产用码头岸线总长 5516 米。港口所属共 6 个装卸公司，分布在东西两港区。

2015 年，秦港股份集装箱吞吐量达 100.27 万标准箱，较 2014 年增幅 37.73%。其中，秦皇岛港突破 50 万标准箱，同比去年增幅为 20.9%。

**（2）天津港**

天津港位于天津市海河入海口，处于京津冀城市群和环渤海经济圈的交汇点上，是中国北方最大的综合性港口和重要的对外贸易口岸。天津港是在淤泥质浅滩上挖海建港、吹填造陆建成的世界航道等级最高的人工深水港。目前天津港主航道水深已达 21 米，可满足 30 万吨级原油船舶和国际上最先进的集装箱船进出港。2013 年天津港货物吞吐量首次突破 5 亿吨，集装箱吞吐量突破 1300 万标准箱，成为中国北方第一个 5 亿吨港口。

天津港是中国北方最大的综合性港口，是世界等级最高的人工深水港。现有水陆域

面积 336 平方公里，陆域面积 131 平方公里。目前主航道水深已达-21.0 米，岸线总长 3.27 万米，拥有各类泊位总数 159 个，其中万吨级以上泊位 102 个，公共泊位岸线总长 21.5 公里，25 万吨级船舶可自由进出港，30 万吨级船舶可乘潮进出港。

**（3）黄骅港**

黄骅港位于河北省黄骅市，河北、山东两省交界处，环渤海经济圈的中部，朔黄铁路、邯黄铁路、黄万铁路、沧港铁路、黄大铁路（正建）直通港口。

黄骅港 2015 年吞吐量完成 2.45 亿吨，同比增长 46.93%。其中，集装箱吞吐量达到 60.15 万标箱，同比增长 19.87%。

黄骅港是河北冀东南地区运距最短的出海口，现已建成 20 万吨级航道和万吨级以上泊位 33 个，吞吐量连续 4 年突破亿吨。

**（4）东营港**

东营港位于渤海湾湾底西南处，黄河入海口以北约 50km 的渤海湾和莱州湾交界处，地理坐标：38°05.6′N、118°57.4′E。目前东营港由东营港区、广利港区、广北港区和刁口港区等 4 个分别独立的港区组成。其中东营港区规模最大，既为胜利油田的海上石油开发及运输服务，也承担港口的一般货物运输；广利港区原有的货运码头已改为渔船靠泊服务；广北港区货运码头因小清河航道不畅及小清河口门桥梁碍行已停止使用；刁口港区为刁口地区的货物运输服务。

目前，东营港共有生产性码头泊位 29 个，最大靠泊能力 3 万吨级，年通过能力 615 万吨、20 万人次。其中东营港区有生产性泊位 16 个，最大靠泊能力 3 万吨级，通过能力 545 万吨。广利港区有生产性码头泊位 6 个，其中 800 吨级泊位 2 个、500 吨级泊位 4 个；广北港区有生产性码头泊位 3 个，均能靠泊 1000 吨级船舶，通过能力 40 万吨。刁口港区有生产性码头泊位 4 个，均能靠泊 500 吨级船舶，通过能力 30 万吨。

#### 4.2.1.2 航道

曹妃甸 6-4 油田距离最近的航道为京唐港主航道，航道位置见图 4.2-1，其中 CEPA 平台距航道约 16.0km，海底管线距航道约 13.1km。

京唐港区现有主航道为 20 万吨级单向航道，该航道是在原有 10 万吨级单向航道（设计兼顾 5 万吨级双向航道）基础上浚深、拓宽而成，起点里程 18+000，终点里程 1+300，全长 16.7km，航道底宽 290m，有效宽度 295m，设计底标高为-20m，方位为 315°～135°，航道边坡比为 1:5，底质为沙质；里程 1+300 以内航道等级为 10 万吨级，底标

高为-15.5m。

京唐港区四港池内已经建成 20 万吨级航道。其包括直线段和弯段两部分。直线段航道方位 055°～235°，总长度约 7320m。直线段有效宽度为 195m。弯段转向角 100°，转弯半径 R 取 1700m。四港池内航道设计底标高为-20.0m（通航水深 19.5m）。该水域边坡比为 1:5。

#### 4.2.1.3 锚地

锚地是指定船舶抛锚停泊、避风、检疫、装卸货物以及供船队进行编组作业的区域。京唐港区现有各类锚地 6 块，锚地水域总面积 294.63 平方公里，锚地分布见图 4.2-1。

由图可知，曹妃甸 6-4CEPA 平台距离京唐港 3#锚地区最近，约为 1.3km。距离 2#锚地约 9.3km，距离其余 1#、4#5#、6#锚地均在 14km 以上。

京唐港 3#锚地区为大型散货船舶锚地，地理范围老米沟至湖林新河口海域，坐标为北纬 38°57'52.92"- 39°2'53.88"，东经 119°00'57.60"- 119°10'4.80"，可以为四港池和干散货作业区的泊位提供服务。

京唐港 1 号散杂货船舶锚地作为杂货作业区规划新增泊位提供锚泊服务；2 号锚地为化工危险品船舶锚地；4 号超大型散货船舶锚地为 20 万吨级以上超大型散货船锚地；5 号大型危险品船舶锚地，为港口未来的大型油轮和化工危险品船舶提供锚泊服务；6 号散货船舶锚地为预留锚地。

**表 4.2-1 京唐港区现有锚地地理坐标**

| 锚地名称 | 面积（$km^2$） | 水深（m） | 地理坐标 | 最近距离（km） |
|---|---|---|---|---|
| 1 号散杂货船舶锚地 | 67.7 | 14～15 | 39º09′40.12″N/ 119º04′45.80″E，39º12′24.10″N/ 119º08′19.34″E，39º08′46.97″N/ 119º12′54.17″E，39º06′03.13″N/ 119º09′20.64″E | 14.6 |
| 2 号化工危险品船舶锚地 | 16.95 | 14～16 | 39º07′43.47″N/ 119º02′14.95″E，39º08′41.37″N/ 119º03′27.82″E，39º06′04.45″N/ 119º06′46.69″E，39º05′07.51″N/ 119º05′32.65″E | 9.3 |
| 3 号大型散货船舶锚地 | 92 | 18.2～21.5 | 39º02′45.00″N/ 119º00′59.97″E，39º02′54.08″N/ 119º10′00.44″E，39º01′01.64″N/ 119º10′03.43″E，38º57′56.06″N/ 119º03′52.27″E，38º57′53.23″N/ 119º01′08.34″E | 1.3 |

| 锚地名称 | 面积（$km^2$） | 水深（m） | 地理坐标 | 最近距离（km） |
|---|---|---|---|---|
| 4 号超大型散货船舶锚地 | 48 | 24～25 | 38°54′40.76″N/ 119°08′56.65″E，38°56′07.96″N/ 119°14′09.42″E，38°53′04.68″N/ 119°15′32.99″E，38°51′37.54″N/ 119°10′20.42″E | 15.4 |
| 5 号大型危险品船舶锚地 | 16 | 25～25.5 | 38°51′40.24″N/ 119°15′56.90″E，38°52′23.62″N/ 119°18′33.67″E，38°50′21.20″N/ 119°19′29.17″E，38°49′37.74″N/ 119°16′52.67″E | 267 |
| 6 号散货船舶锚地 | 54 | 21 | 39°11′21.05″N/ 119°13′20.62″E，39 °12′58.89″N/ 119°19′13.98″E，39°10′25.34″N/ 119°22′25.48″E，39°08′47.66″N/ 119°16′32.26″E | 27.4 |

#### 4.2.1.4 航线

本项目位于渤海湾中西部海域，周边有多条航道及航线，主要有京唐港-长山水道，龙口-京唐港，曹妃甸-长山水道，曹妃甸-龙口等。

**（1）船舶习惯航线**

工程水域周边习惯航线为秦皇岛到天津的航线，位置关系见图 4.2-1 及图 4.2-3。

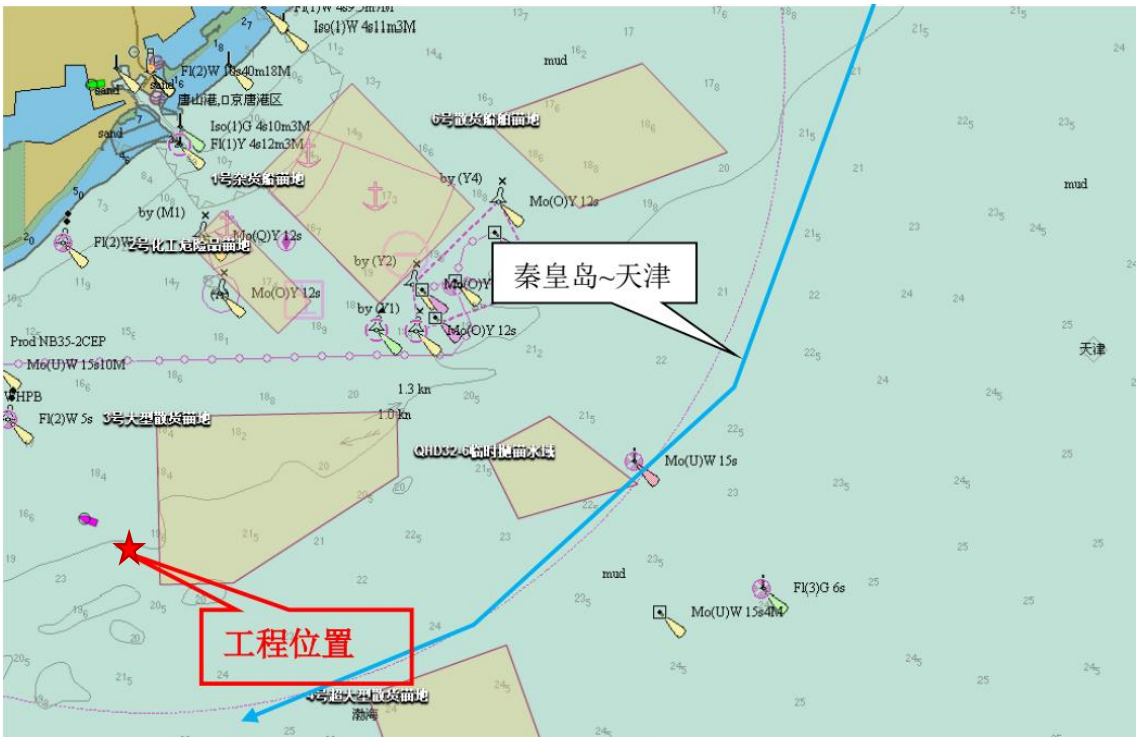



**图 4.2-3 工程周边习惯航线示意图**

本工程拟建 CDF6-4 CEPA 平台距离习惯航线中线最近距离约为 10.3km。

**（2）规划航路**

全国沿海规划路中有两条在本工程周边，一条为秦皇岛--天津航路，一条为老铁山水道-京唐港航路。

秦皇岛至天津推荐航路中心线为以下几点连线：39°37'.4N/119°43'.8E，39°20'.0N/119°43'.8E，38°55'.5N/119°24'.5E，38°48'.0N/118°45'.2E，进入到曹妃甸水域船舶定线制，从而进入天津港。从秦皇岛驶往天津的航向分别为 180°，212°和 257°，而从天津驶往秦皇岛的航向分别为 077°，032°和 000°。航路宽度 3n mile。

老铁山水道西口警戒圈取航向 289°至京唐港报告线，位置 39°03'N/119°21'。航路宽度 3n mile。




**图 4.2-4 工程水域周边全国沿海规划航路示意图**

由图可以看出，拟建 CEPA 平台距离规划航路最近距离约为 13.1km。

## 4.2.2 渔业生产

**（1）沿岸主要渔港**

项目所在海域周围丰南、乐亭、唐海、滦南所辖海域，分布着约 16 个大小不等的渔港，多数在此渔场作业，其中，中型渔港 7 个，即：浪窝口渔港，乐亭中心渔港、大清河渔港、嘴东渔港、南堡渔港、涧河渔港和黑沿子渔港、其它均为小型渔港。

**表 4.2-2 工程所在海域沿海主要渔港**

| 地 区 | 渔港数量（个） | 渔港名称 |
|---|---|---|
| 乐亭 | 8 | 浪窝口渔港，乐亭中心渔港，臭泥沟渔港，大桅渔港，二排干渔港，大清河渔港，小河子渔港、滦河口渔港 |
| 滦南 | 5 | 东河渔港，西河渔港，嘴东渔港，南堡渔港，高尚堡渔港 |
| 丰南 | 3 | 黑沿子渔港，毕家圈渔港，涧河渔港 |

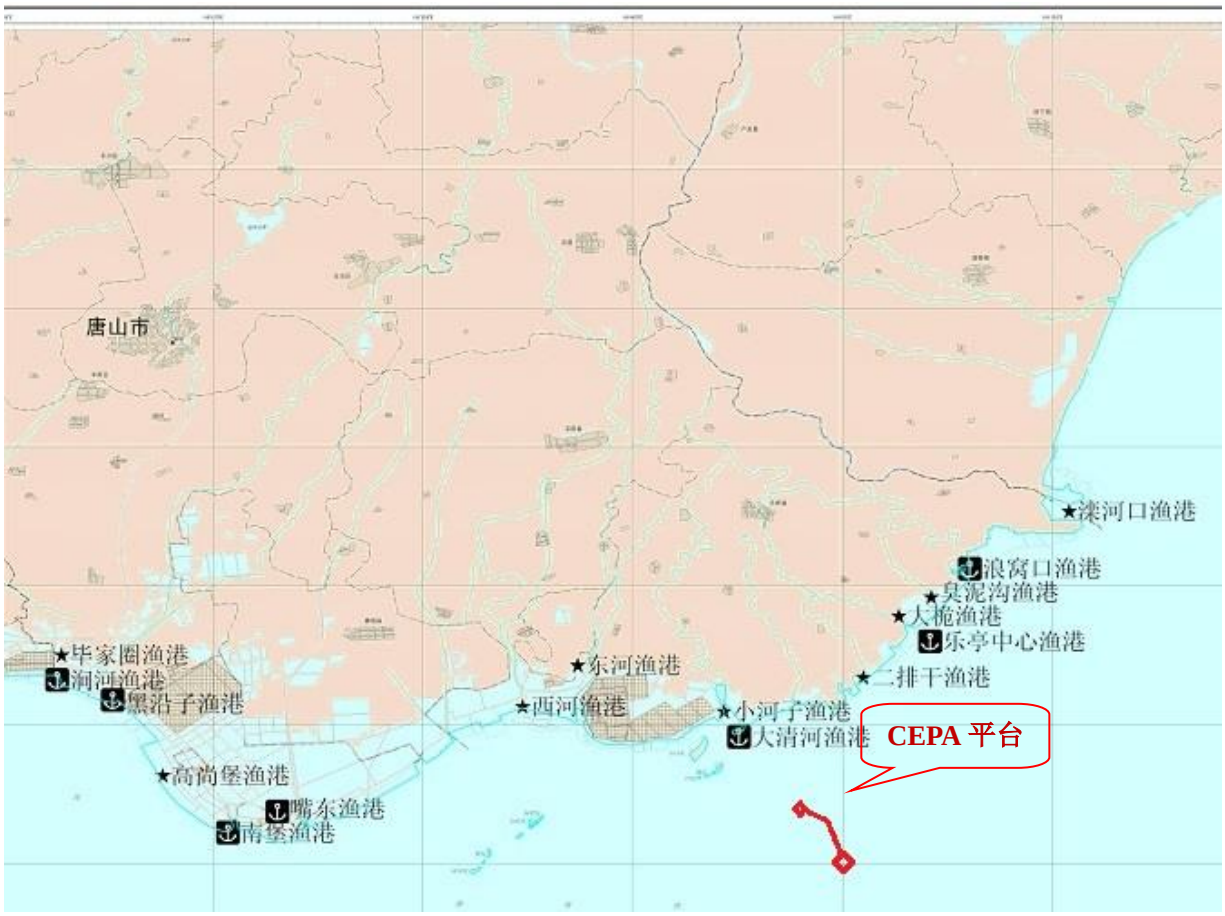



**图 4.2-5 工程海域周边渔港分布图**

**（2）海洋渔业生产及主要捕捞种类**

评价海域沿岸区市县的海洋捕捞具有悠久的历史，以近海作业为主。基于保护和合理利用资源的目的，1988 年以后易损害幼鱼的底拖网和挂网已退出渤海。

唐山市 2015 年海洋捕捞产量为 123701 吨，其中鱼类 42268 吨，占总捕捞产量的 34.17%，主要有大黄鱼、小黄鱼、玉筋鱼、带鱼、梭鱼、鲐鱼、鲅鱼、鲳鱼、鳎鱼等；虾类为 30396 吨，占 24.57%，虾姑的产量占虾类产量的 50.53%；蟹类为 8264 吨，占 6.68%，主要是三疣梭子蟹和日本蟳；贝类为 19660 吨，占 15.89%；头足类为 6378 吨，占 5.16%，主要包括乌贼、鱿鱼和章鱼；其他类为 16735 吨，占 13.53%，主要包括海蛰

等。见表 4.2-3。

**表 4.2-3 海洋捕捞产品产量（吨）（2015 年）**

| 地区 | 小计 | 鱼类 | 虾类 | 蟹类 | 头足类 | 贝类 | 其它类 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 唐山市 | 123701 | 42268 | 30396 | 8264 | 6378 | 19660 | 16735 |

**（3）海水养殖面积、品种、产量和分布**

2015 年唐山市养殖区的养殖面积总计为 62254 公顷，年总产量为 165814 吨，项目区北面浅海主要以海湾扇贝为主要，其余，滩涂池塘养殖品种主要为对虾、海参、鱼类、杂色蛤、青蛤等，见下表。

**表 4.2-4 唐山市养殖区面积、产量及品种（2015 年）**

| 品种 | 养殖面积（$hm^2$） | 产量（t） | 养殖品种 |
|---|---|---|---|
| 鱼类 | 40 | 5194 | 鲆鱼、河鲀、鲽鱼 |
| 甲壳类 | 13853 | 13457 | 南美白对虾、中国对虾、日本对虾 |
| 贝类 | 43670 | 137046 | 螺、蚶、扇贝、蛤 |
| 其他 | 4691 | 10117 | 海参、海蜇 |
| 合计 | 62254 | 165814 | - |

**（4）渔场和渔汛**

项目区海域所处海域及周边为定置网、流刺网渔场，其他周边水域为地笼、锚流网、流网、扒拉网、耙网等作业渔场。鱼汛分春汛、海蜇渔汛、对虾专捕和秋汛。

春汛主要捕捞鱼类有：梭鱼、鲻、银鲳、斑鰶、青鳞、黄鲫、虾虎鱼、小黄鱼、鲬、鳀、焦氏舌鳎和鲆碟等；头足类有：枪乌贼、日本枪乌贼、短蛸和长蛸；虾蟹类有：口虾蛄、毛虾、鹰爪虾、葛氏长臂虾、脊尾白虾、褐虾、三疣梭子蟹和日本鲟；贝类有：菲律宾蛤仔、毛蚶、海螺、牡蛎和兰蛤等。

夏季 7 月 20 日开始至 8 月初主要是海蜇渔汛，2015 年捕捞量为 12009 吨。捕捞海蜇用海蜇锚流网，网目为 120mm，只能捕海蜇，对其它渔业资源不会造成危害。

对虾专捕于 8 月 15 日开始，主要针对放流对虾专捕渔汛，一般年份 1-1.5 千吨，高产年份近 2 千吨左右（2010 年），2015 年捕捞量为 1306 吨。捕捞对虾用大目流网，只能捕对虾，对其它渔业资源不会造成危害。

**表 4.2-5 调查海域附近渔业渔汛期和捕捞方式**

| **品种** | **渔汛期（月）** | **主要捕捞方式** |
|---|---|---|
| 鲅鱼 | 4-6，9-10 | 流刺网、围网 |
| 梭鱼 | 4-5，8-9 | 流刺网、定置张网 |
| 白姑鱼 | 8-9 | 围网、定置张网 |

| 品种 | 渔汛期（月） | 主要捕捞方式 |
|---|---|---|
| 黄姑鱼 | 8-9 | 围网、定置张网 |
| 带鱼 | 8-9 | 拖网 |
| 大小黄鱼 | 8-9 | 定置张网、拖网 |
| 鳙鱼 | 5-7 | 流刺网 |
| 鲳鱼 | 4-7 | 流刺网、定置张网 |
| 鲐鱼 | 5-7 | 流刺网 |
| 鳀鱼 | 5-6 | 拖网 |
| 毛虾 | 6-8，9-10 | 定置张网 |
| 对虾 | 4-5 | 流刺网 |
| 乌贼 | 5-6 | 定置张网 |
| 海蜇 | 6-8 | 海蜇张网 |

秋汛主要捕捞的鱼类有蓝点马鲛、小黄鱼、鲬、鳞、黄鲫、黄姑、焦氏舌鳎和鲆碟等；头足类有火枪乌贼、短蛸和长蛸；虾蟹类有：中国对虾、口虾蛄、葛氏长臂虾、脊尾白虾、三疣梭子蟹和日本鲟；贝类有菲律宾蛤仔、毛蚶、海螺和牡蛎等。

**（5）渔业生产现状评价**

项目所涉及海域在河北省渔业中占有重要地位，渔业人口较多，且集中分布于沿海一带。海洋渔业中，捕捞业较为发达，而且养殖业含盖浅海养殖、滩涂养殖、池塘养殖、工厂化养殖和海水苗种生产，是我国重要的水产养殖、加工生产基地。

本工程与小清河口养殖区距离约 15.3 公里，距离昌黎海域养殖区约 34 公里。

### 4.2.3 海上风电

唐山市能源资源十分丰富，包括风能源、煤炭、油气、太阳能、地热能等多种资源，尤其突出的风能资源为开发海上风电提供了得天独厚的条件。

目前，河北建投新能源有限公司负责的唐山乐亭菩提岛海上风电场 300 兆瓦示范工程和国电电力河北新能源开发有限公司负责的国电唐山乐亭月坨岛海上风电场一期 300 兆瓦项目已经获得批准。

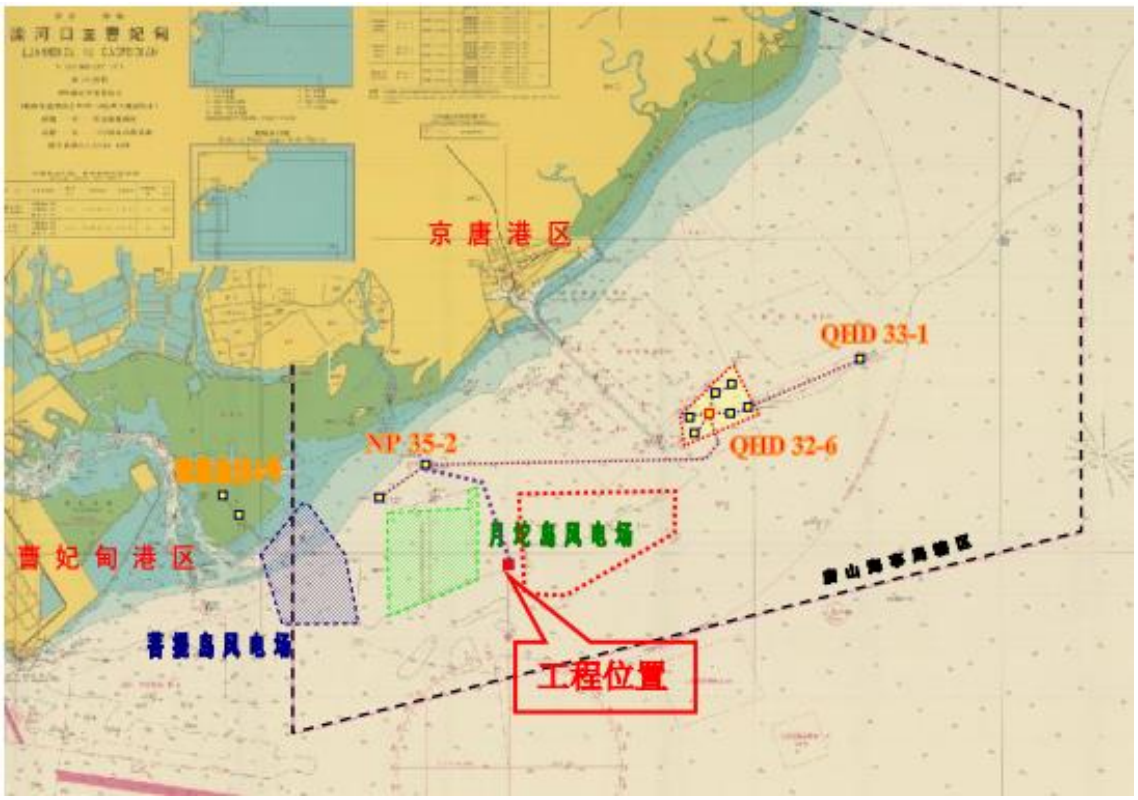



**图 4.2-5 工程附近海上风电场分布情况**

2016 年 5 月乐亭菩提岛海上风电场开始施工建设，该风电场位于唐山市京唐港与曹妃甸港之间乐亭县海域，地理位置由以下六点顺序连接：B1：39°02′22.29″N，118°47′37.99″E；B2：39°00′22.79″N，118°45′06.40″E；B3：38°56′40.99″N，118°46′23.21″E；B4：38°56′44.11″N，118°51′31.55″E；B5：39°00′29.58″N，118°50′31.19″E；B6：39°02′22.54″N，118°48′02.57″E。为不规则形状，占地约为 67.2km$^2$，装机总容量为 300MW，共安装 75 台单机容量为 4MW 常温型风电发电机组（包括 49#～54#共 6 台试验风机），风机轮毂高程 89m，叶轮直径 130m，风机之间的间距约为 750m～1650m 左右。

乐亭月坨岛海上风电场正在规划建设，该风电场位于乐亭菩提岛风电场的右侧，地理位置由以下六点顺序连接：B1：039°02′01.44″N、118°52′39.46″E；B2：039°02′01.44″N、118°57′39.44″E；B3：039°03′03.83″N、118°57′38.84″E；B4：039°03′11.429″N、118°58′12.20″E；B5：038°58′47.26″N、118°58′11.83″E；B6：038°57′07.456″N、118°52′39.48″E，为不规则形状。

本项目 CEPA 平台距离最近的月坨岛海上风电场距离约为 2.78km，海底管线距离月坨岛风电场最近距离为 0.56km。

### 4.2.4 矿产资源开发

工程周边海域矿产资源丰富，尤其是石油、天然气资源。主要分布有南堡油田、秦皇岛 32-6 油田。

（1）南堡油田

南堡 35-2 油田现有设施包括 2 座平台（NB35-2CEP 平台和 NB35-2WHPB 平台），以及 NB35-2CEP 平台至 NB35-2WHPB 平台的海底电缆管道、NB35-2CEP 平台至 QHD32-6SPM 的海底输油管道。自 2015 年起，南堡 35-2 油田最大产油量为 $39.09\times10^4m^3/a$（2017 年），最大产液量为 $184.5\times10^4m^3/a$（2021 年），最大产水量为 $162.2\times10^4m^3/a$（2024 年），最大产气量为 $599.9\times10^4\ Sm^3/a$（2017 年）。

CFD6-4 油田开发工程拟建管道、电缆依托 NB35-2CEP 平台建设，工程与 NB35-2WHPB 平台相距 5.1km。

（2）秦皇岛油田

秦皇岛 32-6 油田位于渤海的中北部，东经 119°08′～119°18′，北纬 39°02′～39°10′。西距邻近的南堡 35-2 油田约 20km，西北距京塘港约 20km。秦皇岛 32-6 油田主要生产设施包括 2 座综合处理平台（CEPI、CEPJ）、8 座井口平台（WHPA、WHPB、WHPC、WHPD、WHPE、WHPF、WHPG、WHPH）、1 座单点系泊系统 SPM、1 艘渤海世纪号 FPSO 以及相应的海底管道和电缆。

CFD6-4 油田开发工程与秦皇岛 32-6 油田现有生产设施的最近距离为 18.1km。

## 4.3 环境敏感目标的现状与分布

根据本油田开发工程所处海域的位置、开发规模和特点以及可能产生的环境影响，筛选本次评价的主要环境敏感目标包括海洋保护区、渔业区及产卵场等。本工程的主要敏感区和保护目标见表 4.3-1，敏感目标分布见图 4.3-1。

**表 4.3-1 环境敏感目标分布表**

| 功能区类型 | 名称 | 方位 | 距离（km） |
|---|---|---|---|
| 海洋保护区 | 河北乐亭菩提岛诸岛海洋保护区 | 西北 | 8.9 |
| 风景旅游区 | 大清河口海岛旅游区 | 西北 | 6.7 |
| | 龙岛旅游娱乐区 | 西 | 14.1 |
| 生态红线区 | 乐亭菩提岛诸岛保护区 | 西北 | 24 |
| | 大清河口海岛旅游区 | 西北 | 6.7 |
| | 龙岛旅游区 | 西 | 14.1 |
| | 大清河口至小清河口海域沙源保护海域 | 西 | 1.8 |
| 养殖区 | 小清河口养殖区 | 西 | 约 15.3 |
| | 昌黎海域养殖区 | 东北 | 34 |
| 产卵场 | 洄游性鱼类产卵场 | 0 | 0 |
| | 白姑鱼产卵场 | 0 | 0 |
| 港口航道 | 唐山港京唐港区主航道 | 东北 | 13.1 |
| 海上风电 | 月坨岛风电场 | 西南 | 0.56 |

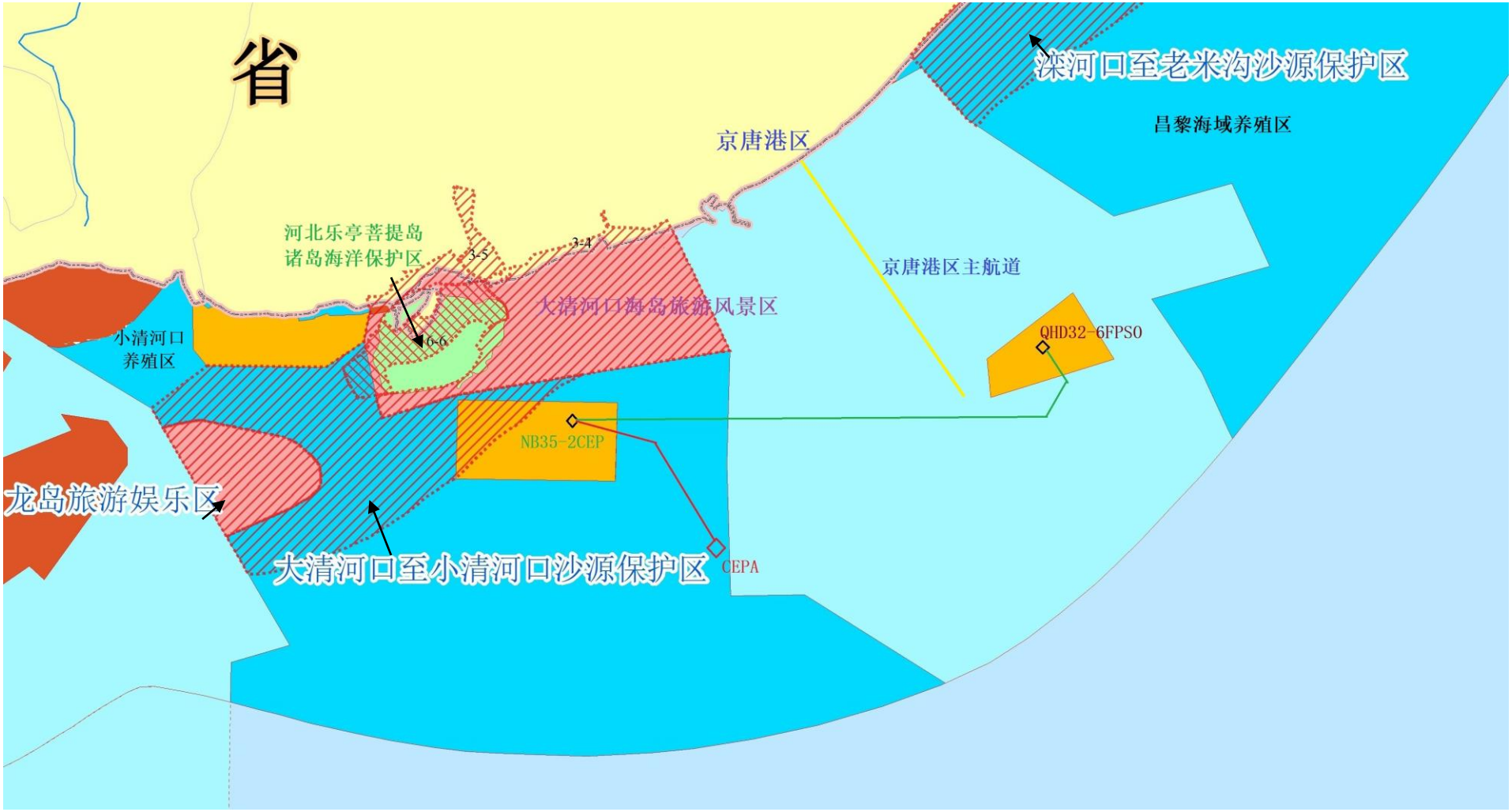



**图 4.3-1 敏感目标分布图**

### 4.3.1 河北乐亭菩提岛诸岛海洋保护区

河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区原名乐亭石臼坨诸岛省级自然保护区，是2002年5月29日经河北省人民政府批准建立的海洋自然保护区。保护面积3774.7hm$^2$，其中核心区1223.43 hm$^2$，占保护区总面积的32.41%，缓冲区993.00 hm$^2$，占26.31%，实验区1558.27 hm$^2$，占41.28%。主要保护对象为由海岛及周边海域自然生态环境、岛陆及海洋生物共同组成的海岛生态系统。

### 4.3.2 大清河口海岛旅游区

位于唐山市乐亭县海域，是河北省省级风景名胜区、AAAA 级景区，属于重要滨海旅游区，面积 11730.62 公顷，保护目标为保护地貌、植被、沙滩等海岛景观、近岸海域生态环境。

严格保护海岛地形、地貌、砂质岸滩和近岸海域生态环境，禁止采挖海砂等破坏性开发活动；禁止与旅游休闲娱乐无关的开发活动，严格按照生态环境承载能力控制旅游强度，实施固体废弃物和污水科学处置，避免对相邻的海洋保护区和生态敏感区产生影响，确保海岛及周边海域生态安全；推进“唐山湾国际旅游岛国家级海岛开发利用示范基地”建设，探索海岛生态旅游发展模式，突出资源特色，避免同质性开发，注重新能源、新材料、新技术的应用，提高海岛资源利用效率；实施海岛及周边海域综合整治，提高海岛稳定性，减缓岸滩侵蚀退化，修复海岛受损生态功能，改善海岛生态环境。

### 4.3.3 大清河口至小清河口海域沙源保护海域

位于唐山乐亭县、曹妃甸区海域，面积 13297.05 公顷，保护目标为保护海底地形地貌、海洋动力条件、海水质量。

禁止开展可能改变或影响沙源保护海域自然属性的开发建设活动；禁止在沙源保护海域内构建永久性建筑、采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动；实施严格的水质控制指标，陆源入海直排口污染物达标排放，严格控制河流入海污染物排放；实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。海水水质须符合所在海域海洋功能区的环境质量要求。

# 5环境质量现状调查与评价

为了解拟建工程海域的环境质量现状，本次环境质量现状调查与评价委托青岛环海海洋工程勘察研究院在 2015 年 10 月进行了水质、沉积物、海洋生态、生物质量和水文动力的秋季调查；2016 年 5 月进行了水质、海洋生态、生物质量春季调查。委托中国水产科学研究院黄海水产科学研究所于 2015 年 6 月和 2015 年 10 月进行了渔业资源春秋季调查。

调查资料来源汇总见表 5-1 所示。

**表 5-1　海洋环境质量现状调查资料来源一览表**

| 调查项目 | | 引用报告全称/资料 | 调查单位 | 调查时段 |
|---|---|---|---|---|
| 水文动力环境 | | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量秋季调查报告 | 青岛环海海洋工程勘察研究院 | 2015 年 10 月 |
| 地形地貌与冲淤环境 | | 曹妃甸 6-4 油田开发项目工程地勘、工程物探调查第 2 册 工程物探调查报告书（曹妃甸 6-4CEPA 平台场址） | 中海油田服务股份有限公司天津分公司 | 2016 年 12 月 |
| | | 曹妃甸 6-4 油田开发项目海底电缆管道路由调查第二册路由勘察报告 | 青岛环海海洋工程勘察研究院 | 2017 年 2 月 |
| | | 2013年度渤中海域海底管道路由勘察及水下探摸项目完工报告 | 油建海管技术服务中心 | 2013 年 12 月 |
| 水质 | 秋季 | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量秋季调查报告 | 青岛环海海洋工程勘察研究院 | 2015 年 10 月 |
| | 春季 | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量春季调查报告 | | 2016 年 5 月 |
| 沉积物 | 秋季 | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量秋季调查报告 | | 2015 年 10 月 |
| 海洋生态 | 秋季 | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量秋季调查报告 | | 2015 年 10 月 |
| | 春季 | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量春季调查报告 | | 2016 年 5 月 |
| 生物质量 | 秋季 | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量秋季调查报告 | | 2015 年 10 月 |
| | 春季 | 曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量春季调查报告 | | 2016 年 5 月 |
| 渔业资源 | 春季 | 曹妃甸 6-4 油田项目渔业资源现状调查与评价 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所 | 2015 年 6 月 |
| | 秋季 | | | 2015 年 10 月 |

## 5.1 水文水动力现状调查与评价

渤海是一个半封闭的海域，风区短，水较浅，海浪能很快地成长并达到稳定状态；海浪以风浪为主，具有明显的季节变化特征。秋、冬季该海域平均波高最大约为 0.6m~0.8m，春季平均波高 0.5m~0.7m，夏季平均波高为 0.3 m~0.5m。

根据该海域的潮位观测资料调和分析，曹妃甸 6-4 油田海域潮汐类型属于不正规半日潮，潮汐判别指数：

$$A=（H_{K1}+H_{O1}）/H_{M2}=1.22$$

收集了调查海域附近历史波浪资料（包括波高、周期等）及曹妃甸海洋站多年连续水位监测资料，由潮汐调和常数可推算出各种特征潮位的数值。

本工程海域潮汐性质为不规则半日潮，其潮汐性质判别系数为 1.23～1.38。

根据《曹妃甸 6-4 油田开发项目工程地勘、工程物探调查 第 4 册 海洋环境调查报告书》，参考该海区近期历史资料，并与附近测站基面的一致性，选择该测站平均海面以下 1.58m 为海图基准面。

由潮汐调和常数可推算出各种特征潮位的数值，具体见表 5.1-1，特征水位见图 5.1-1。

**表 5.1-1 特征水位（单位：m）**

| 特征潮位 | 相对于海图基准面的高度 |
|---|---|
| 最高天文潮位 | 2.87 |
| 平均海平面 | 1.58 |
| 最低天文潮位 | -0.17 |

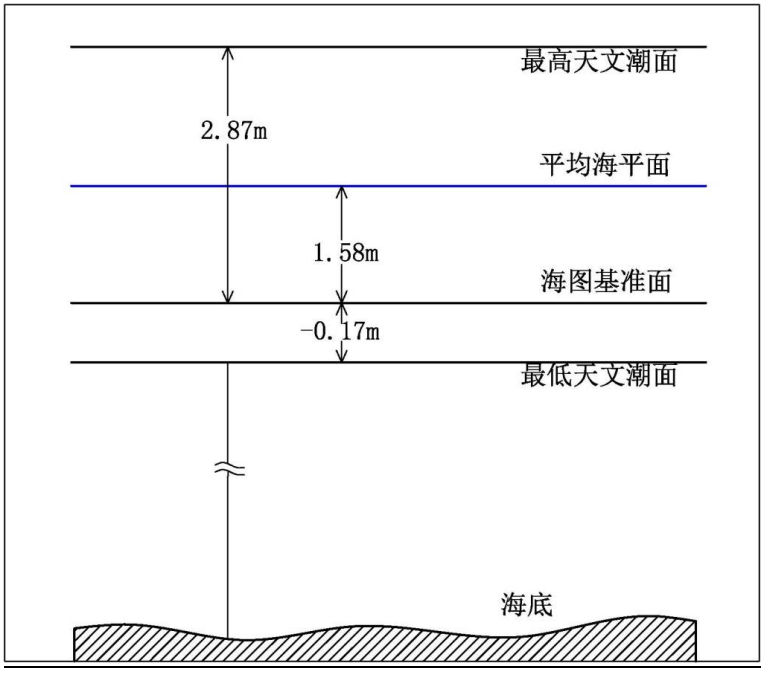



**图 5.1-1 曹妃甸 6-4CEPA 平台附近特征水位**

## 5.1.1 调查概况

青岛环海海洋工程勘察研究院对工程海域的海流进行了现场观测。

**观测方式：**六站同步周日连续观测，观测时间间隔为 1h。

**观测仪器：**使用声学多普勒海流剖面仪。

**观测日期：**2015 年 11 月 11 日至 11 月 12 日（农历九月三十至十月初一，大潮期）。

**站点布设：**见图 5.1-2。

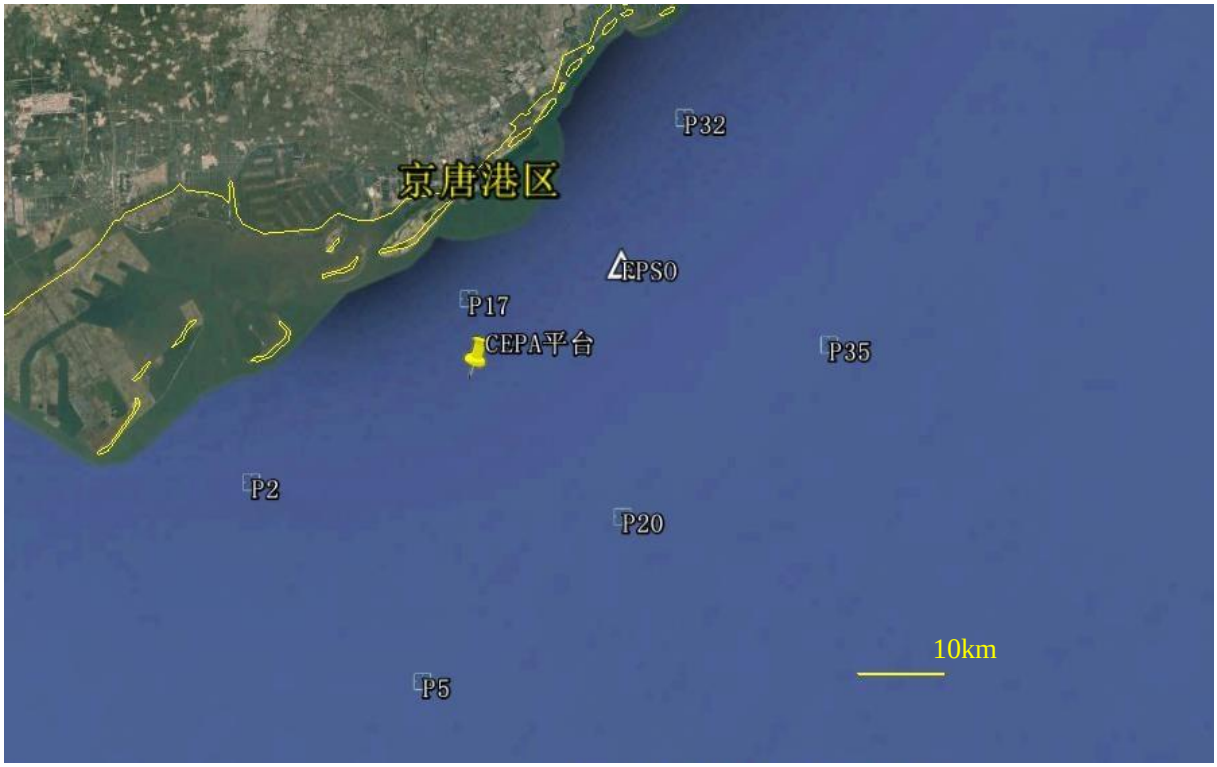



**图 5.1-2 海流观测站位布设**

## 5.1.2 流向流速出现频率

### 5.1.2.1 流向频率

根据大潮期各站海流实测资料，对流向频率进行统计，统计结果表明：各站实测海流流向相对集中，落潮流流向集中在 WSW~W 向附近，涨潮流流向集中在 NE~E 向附近。

### 5.1.2.2 流速频率

各站层、各级流速出现频率表明：各站层流速区间分布差别不大，最大流速区间在 70cm/s 左右。

### 5.1.2.3 平均流速和最大流速

平均流速和最大流速分布情况：各站平均涨、落潮流流速大小相当而各有不同，总

体上看表层、中层平均流速略大于底层平均流速；实测最大落潮流流速为 79.3 cm/s、对应流向为 267 °，出现于 P32 站表层，最大涨潮流流速为 78.3 cm/s、对应流向为 74 °，出现于 P5 站表层。

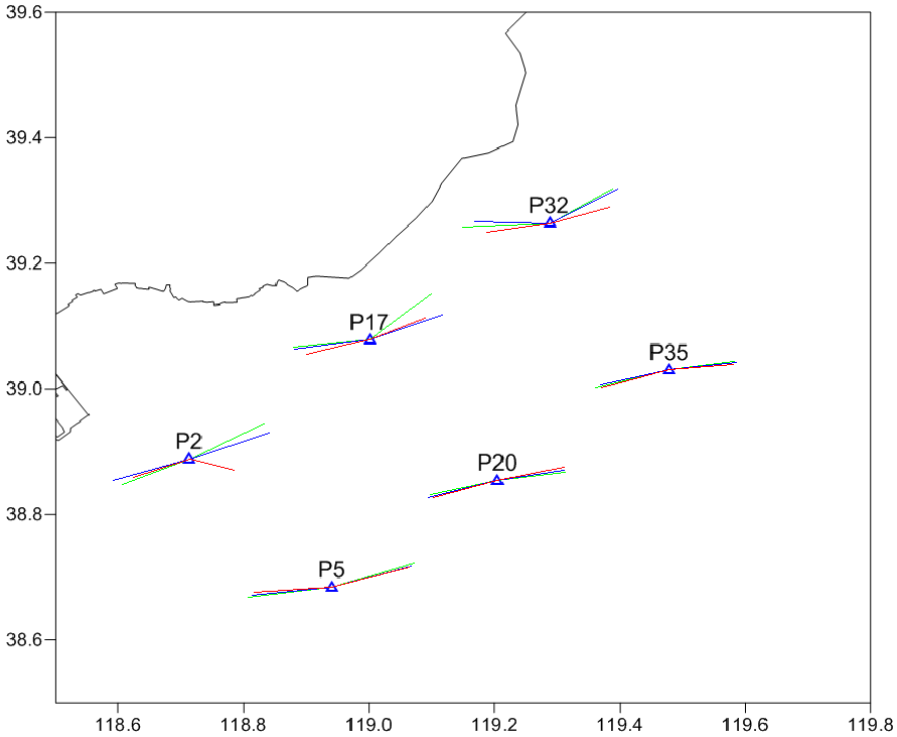



**图 5.1-3 实测最大涨落潮流矢量（表层：绿色，中层：蓝色，底层：红色）**

#### 5.1.2.4 潮流的调和分析

潮流调和分析的目的是从实际观测资料中求出各主要分潮流的调和常数，从而确定潮流的性质和特征。

根据观测的数据个数，用准调和差比法计算各分潮流的调和常数。

**（1）潮流的性质**

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

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

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

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

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

其中，$W_{M_2}$、$W_{K_1}$、$W_{O_1}$ 分别为主太阴半日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴日分潮流的椭圆长半轴。

利用潮流类型分类判别标准，根据调和计算结果，算得潮流性质比值。由表 3.4-5 可以看出，各站层以正规半日潮流居多，P20 与 P35 站为不正规半日潮流，因此观测期间本海区潮流性质属半日潮流。

**表 5.1-2　潮流性质分析结果**

| 站号 | 表层 | 中层 | 底层 |
|---|---|---|---|
| P2 | 0.37 | 0.46 | 0.37 |
| P5 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |
| P17 | 0.45 | 0.54 | 0.44 |
| P20 | 0.64 | 0.66 | 0.71 |
| P32 | 0.44 | 0.47 | 0.45 |
| P35 | 0.63 | 0.67 | 0.72 |

**（2）潮流的运动形式**

反映潮流运动形式的参量为旋转率（亦称椭圆率）K′，其值为该分潮流椭圆短轴与椭圆长的比值，其符号有“+”、“-”之分，正号表示分潮流为逆时针旋转，负号则为顺时针旋转。由表 3.4-5 得知该海区的潮流性质属半日潮流，因此主要半日分潮流（$M_2$ 和 $S_2$）的运动形式即代表了该海区潮流的运动形式。

根据计算结果各站层 $M_2$ 分潮流的椭圆率 K 值都远小于 0.5，因此观测期间本海区潮流运动形式以往复流为主。

**（3）平均最大流速与可能最大流速**

按准调和分析方法分析的结果，确定潮流椭圆要素。表 5.1-6 列出各站、各层不同潮期潮流的平均最大流速和可能最大流速矢量。

**表 5.1-3 平均最大流速和可能最大流速计算结果（单位：cm/s，°）**

| 站号 | 项目 | 平均最大流速 | | | | | | 可能最大流速 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 大潮 | | 中潮 | | 小潮 | | | |
| | | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 |
| P2 | 表层 | 73.5 | 244.6 | 57.0 | 244.6 | 40.4 | 244.6 | 114.7 | 251.6 |
| | 中层 | 66.0 | 251.4 | 51.2 | 251.4 | 36.3 | 251.4 | 113.9 | 245.5 |
| | 底层 | 48.3 | 254.6 | 37.4 | 254.6 | 26.6 | 254.6 | 77.5 | 250.3 |
| P5 | 表层 | 78.8 | 257.8 | 61.1 | 257.8 | 43.4 | 257.8 | 133.3 | 256.8 |

| 站号 | 项目 | 平均最大流速 | | | | | | 可能最大流速 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 大潮 | | 中潮 | | 小潮 | | | |
| | | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 |
| | 中层 | 75.7 | 256.0 | 58.7 | 256.0 | 41.7 | 256.0 | 126.3 | 256.0 |
| | 底层 | 72.1 | 255.9 | 55.9 | 255.9 | 39.7 | 255.9 | 119.4 | 255.1 |
| P17 | 表层 | 72.3 | 251.6 | 56.1 | 251.6 | 39.8 | 251.6 | 124.9 | 246.2 |
| | 中层 | 69.1 | 255.8 | 53.6 | 255.8 | 38.0 | 255.8 | 121.6 | 251.2 |
| | 底层 | 59.9 | 255.8 | 46.4 | 255.8 | 32.9 | 255.8 | 102.1 | 254.9 |
| P20 | 表层 | 59.1 | 256.8 | 45.8 | 256.8 | 32.5 | 256.8 | 100.8 | 259.1 |
| | 中层 | 57.9 | 256.5 | 44.9 | 256.5 | 31.8 | 256.5 | 101.0 | 258.1 |
| | 底层 | 55.1 | 256.8 | 42.7 | 256.8 | 30.3 | 256.8 | 98.3 | 259.2 |
| P32 | 表层 | 73.1 | 255.3 | 56.6 | 255.3 | 40.2 | 255.3 | 123.8 | 250.2 |
| | 中层 | 70.3 | 256.4 | 54.5 | 256.4 | 38.7 | 256.4 | 121.7 | 253.3 |
| | 底层 | 60.6 | 256.0 | 47.0 | 256.0 | 33.4 | 256.0 | 105.7 | 252.4 |
| P35 | 表层 | 59.6 | 257.2 | 46.2 | 257.2 | 32.8 | 257.2 | 100.3 | 260.4 |
| | 中层 | 58.1 | 257.1 | 45.0 | 257.1 | 32.0 | 257.1 | 101.4 | 259.5 |
| | 底层 | 55.0 | 257.1 | 42.6 | 257.1 | 30.3 | 257.1 | 98.3 | 260.0 |

### 5.1.3 余流

余流是由浅海中多种因素引起的，主要有潮汐余流（因摩阻、海底地形、边界形状种种原因使得潮流非线性现象所致）、风生流、密度流等。要把上述流动逐个分开是十分困难的，所以在这里描述的是实测的由各种流动合成的余流。由表 5.1-7 可以看出，近岸的 P17 与 P32 余流流速相对较大，其表层余流流速均超过 10 cm/s，另外近岸的 P2 站底层余流流速也超过了 5 cm/s，其余各站层余流流速较在 4 cm/s 以下；从余流流向上看，近岸的各站较为一致，均为 SW~ WNW 向，离岸各站多为 NNE~ENE 向。

**表 5.1-4 余流计算结果（单位：cm/s，°）**

| 层次 / 站号 | 表层 | | 中层 | | 底层 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 | 流速 | 流向 |
| P2 | 3.8 | 347 | 2.6 | 209 | 6.7 | 230 |
| P5 | 2.8 | 71 | 2.1 | 40 | 2.7 | 346 |
| P17 | 10.6 | 290 | 8.6 | 288 | 8.3 | 278 |
| P20 | 2.3 | 48 | 2.1 | 63 | 1.3 | 16 |
| P32 | 10.9 | 298 | 9.7 | 283 | 7.7 | 270 |
| P35 | 2.1 | 63 | 1.4 | 53 | 1.2 | 29 |

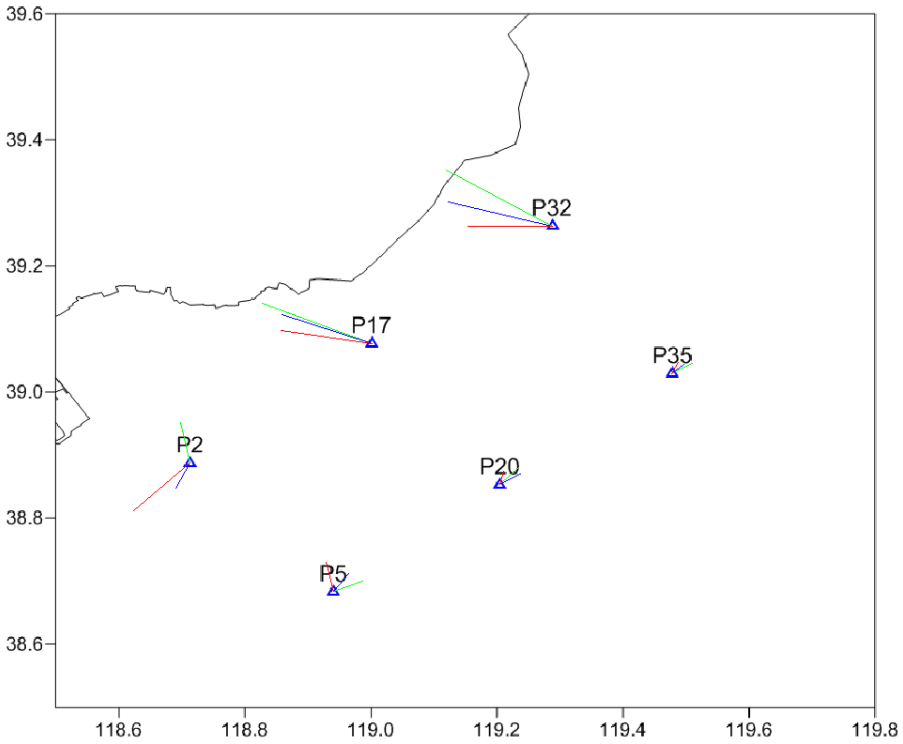



**图 5.1-4 余流矢量图（表层：绿色，中层：蓝色，底层：红色）**

### 5.1.4 海域悬沙分布特征调查与分析

周日海流观测期间，同步进行了悬沙水样采集与样品分析，各站层悬沙分布统计结果见表 5.1-8。由统计结果可以看出，除个别站位外，各站悬沙含量的最大值、最小值以及平均值基本上遵循由表层向底层逐渐增大的分布趋势，其中，悬沙含量最大值以及平均值的最大值均出现于距离岸边最近的 P17 站。

**表 5.1-5 各站层悬沙浓度统计一览表（mg/L）**

| 站号 | 层位 | 最大值 | 最小值 | 平均值 |
|---|---|---|---|---|
| P2 | 表层 | 26.2 | 6.9 | 12.7 |
| | 中层 | 35.0 | 5.4 | 16.6 |
| | 底层 | 54.6 | 12.0 | 24.0 |
| P5 | 表层 | 44.4 | 5.6 | 18.1 |
| | 中层 | 45.0 | 10.8 | 22.6 |
| | 底层 | 56.4 | 15.6 | 28.1 |
| P17 | 表层 | 35.8 | 7.0 | 16.9 |
| | 中层 | 41.0 | 11.0 | 20.3 |
| | 底层 | 57.4 | 12.4 | 28.1 |
| P20 | 表层 | 36.8 | 5.2 | 15.7 |
| | 中层 | 41.6 | 13.2 | 22.1 |
| | 底层 | 58.8 | 19.4 | 26.4 |
| P32 | 表层 | 34.4 | 6.8 | 14.3 |

| 站号 | 层位 | 最大值 | 最小值 | 平均值 |
|---|---|---|---|---|
| | 中层 | 39.8 | 9.5 | 18.4 |
| | 底层 | 47.6 | 15.3 | 26.6 |
| P35 | 表层 | 32.3 | 5.2 | 13.5 |
| | 中层 | 38.7 | 8.3 | 16.8 |
| | 底层 | 42.4 | 16.2 | 25.7 |

根据青松（渤海盐度和悬浮颗粒粒径的遥感反演及应用研究，中国海洋大学，2011 年 5 月）的研究成果分析本项目周边悬沙的粒径分级，在相关 863 课题的支持下，利用 2005 年 6 月、8 月和 9 月的渤海湾表层数据分析悬浮颗粒粒径数据，得出如下结果：渤海湾中值粒径 d（0.5）的范围是 5.310~29.181μm（平均值 10.908μm，标准偏差 5.626μm），具体见表 5.1-9。本工程所在海域的悬沙粒径分级参照渤海湾的研究成果。

**表 5.1-6 渤海湾粒径数据统计**

| 粒径/μm | Mean | SD | Max | Min |
|---|---|---|---|---|
| d（0.16） | 3.829 | 1.937 | 10.320 | 2.074 |
| d（0.25） | 6.858 | 4.944 | 22.981 | 2.801 |
| d（0.5） | 10.908 | 5.626 | 29.181 | 5.310 |
| d（0.75） | 20.241 | 8.224 | 41.496 | 10.938 |

### 5.1.5 小结

1、本海区海流以潮流为主，潮流性质属正规和不正规半日潮流；潮流运动形式以往复流为主，各站实测海流流向相对集中，落潮流流向集中在 WSW~W 向附近，涨潮流流向集中在 NE~E 向附近；

2、各站大潮期潮流平均最大流速的最大值为 78.8 cm/s，潮流的可能最大流速为 133.3 cm/s。从潮流的垂直分布情况看：各站均为流速随深度增加而递减，即表、中、底层流速依次递减；

3、观测期间，近岸的 P17 与 P32 两站余流流速最大，其表层余流流速均超过 10 cm/s，从余流流向上看，近岸的各站较为一致，均为 SW~WNW 向，离岸各站多为 NNE~ENE 向。

## 5.2 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

### 5.2.1 海底地形特征

本项目所在海域海底地形平缓，从 NB35-2 平台至 CFD6-4 油田水深逐渐变深，水深由 13m 左右逐渐增加到 20m 左右，水深范围为 13.3m～20.4m。从 NB35-2 平台到

CFD6-4 油田路由区整体坡度为 0.5‰，KP0 至 KP4.3 坡度为 0.7‰，KP6.3 至 CFD6-4 坡度为 0.4‰。

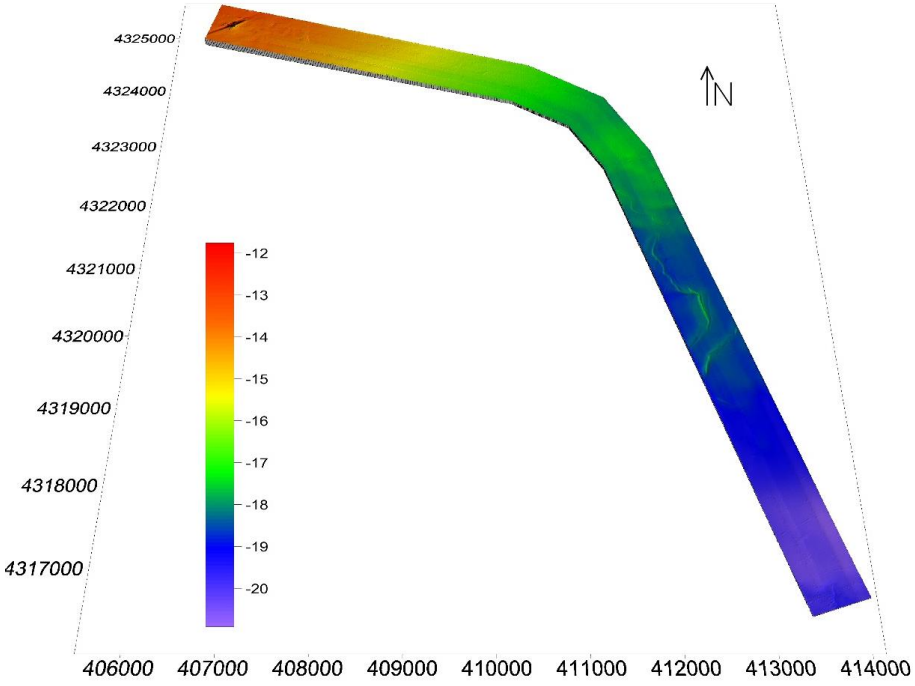
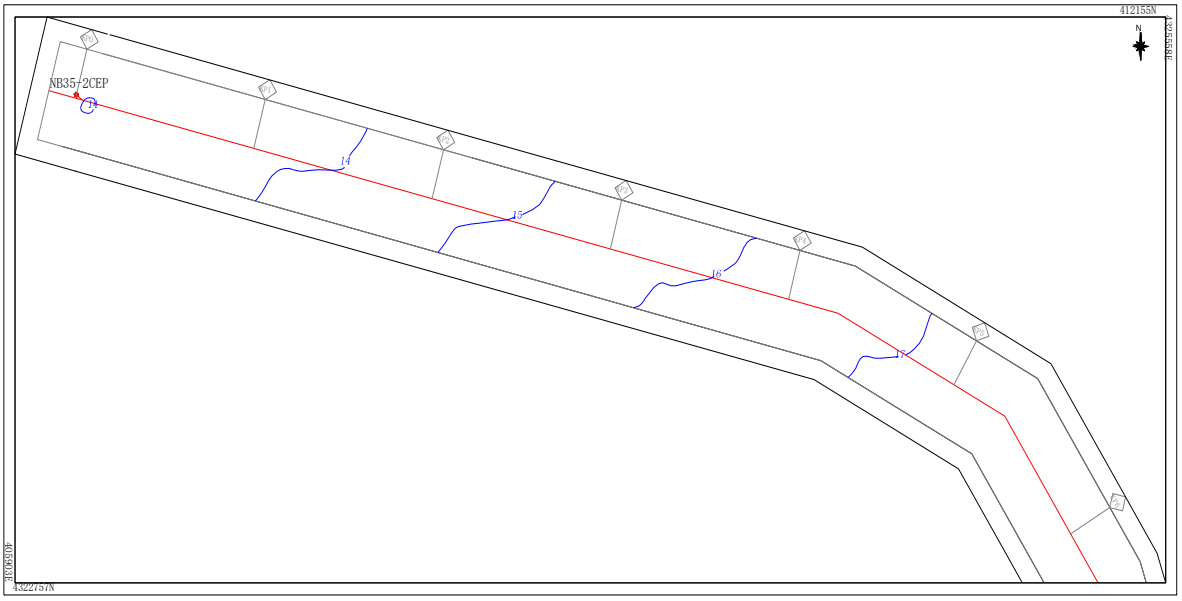



**图 5.2-1 路由区多波束测量三维地形图**



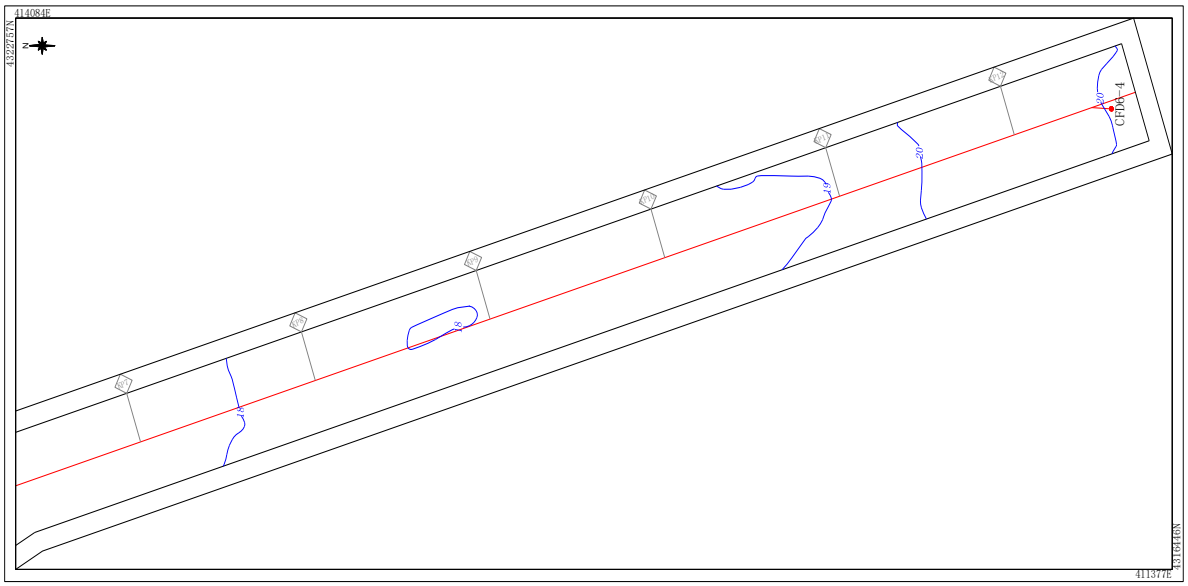



**图 5.2-2 路由区水深地形示意图**

在路由区发现三处局部海底凸起，分别位于 NB35-2CEP（KP0），KP8+500m 至 KP9，KP9+352m 至 KP9+668m，见图 5.2-3 和图 5.2-4 所示。KP0 处海底凸起宽约 12m，比周围海底高 0.4～1m。KP8+500 至 KP9 海底凸起长 520m，除北端靠向中轴线以外，基本平行路由中轴线，距中轴线约 50m，比周围海底高 0.2～0.8m。KP9+352m 至 KP9+668m 海底凸起长 330m，西南-东北走向，宽约 80m，北端距离路由中轴线 118m，比周围海底高 0.3～0.7m。

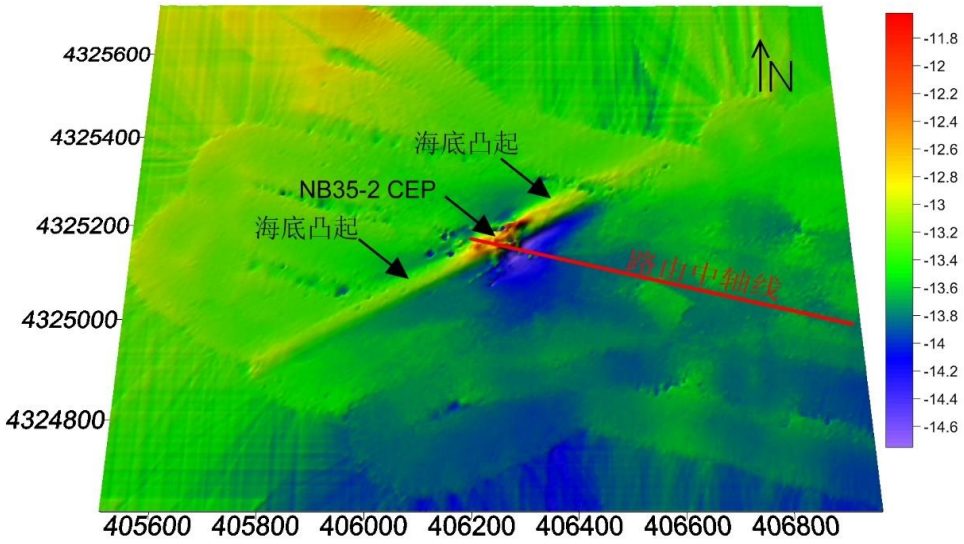



**图 5.2-3 NB35-2CEP 平台（KP0）处海底地形示意图**

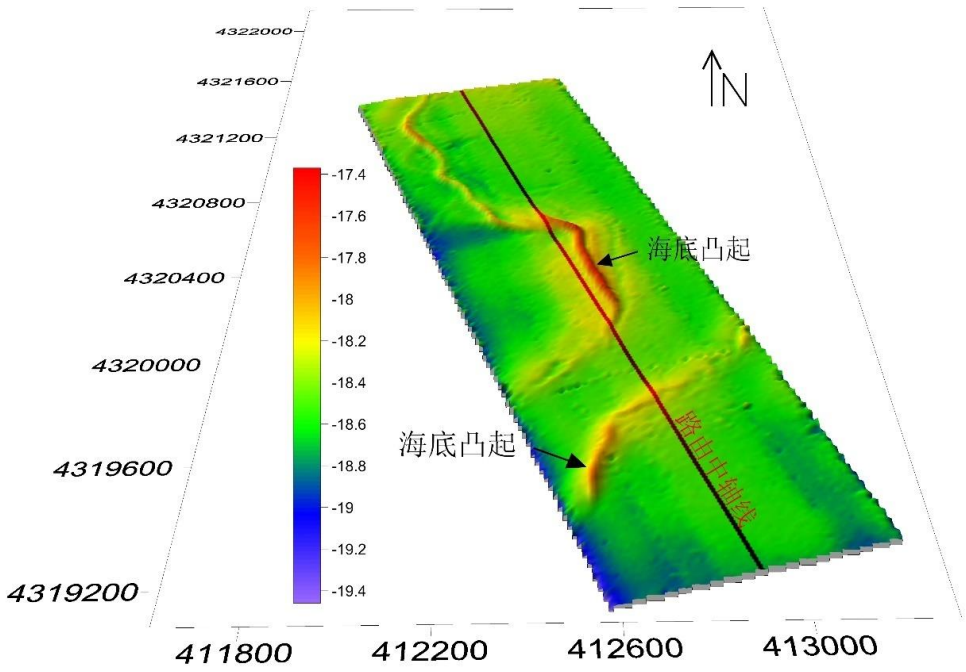



**图 5.2-4　KP8+500m 至 KP9，KP9+352m 至 KP9+668m 两处海底地形示意图**

## 5.2.2 地貌

根据地貌资料显示，在该平台场址 1km×1km 调查区域内，发现的主要地貌特征为 2 处海底扰动区。由西向东依次命名为 D1、D2。D1 距离预定 CFD6-4CEPA 井位位置为 257m，D2 距离预定 CFD6-4CEPA 井位位置为 33m。

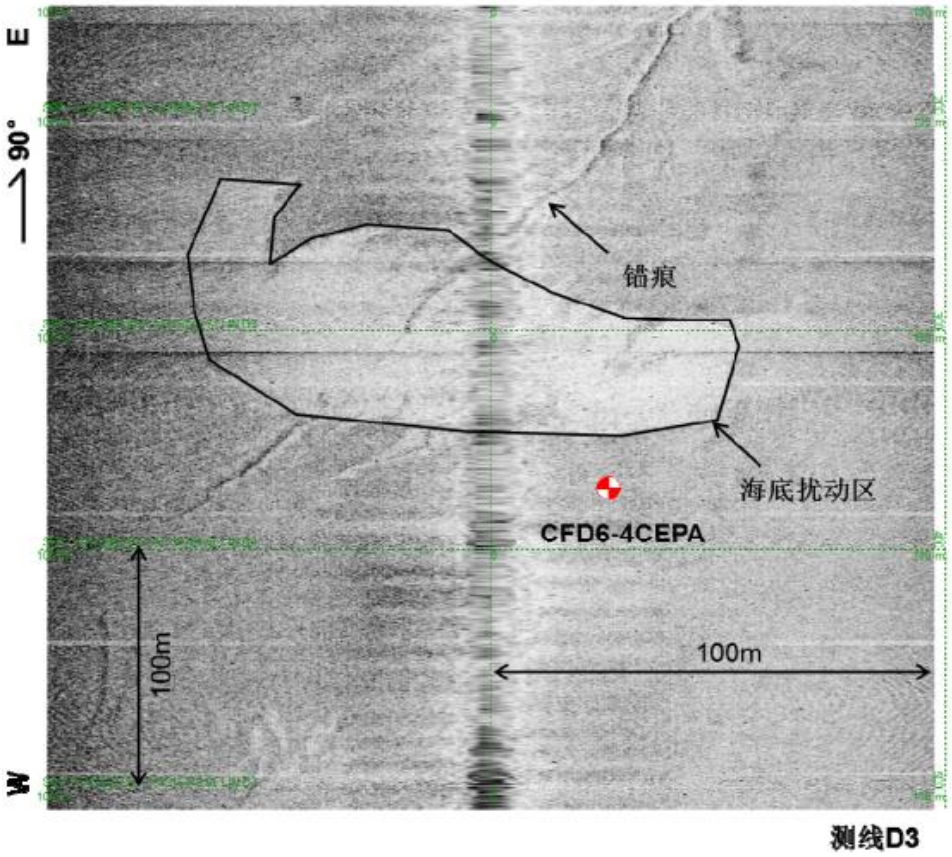



**图 5.2-5 地貌记录（测线：D3）**

另外，调查区域内其他的地貌特征为一些较小锚痕。除此以外，在调查期间未发现有对平台安装及钻井船就位有不利影响的遗弃物及障碍性物体存在。

根据地质钻孔资料可知，调查区域海底底质主要为松散到中密实的粉质细砂和细砂。

地貌详细情况详见图 5.2-6。

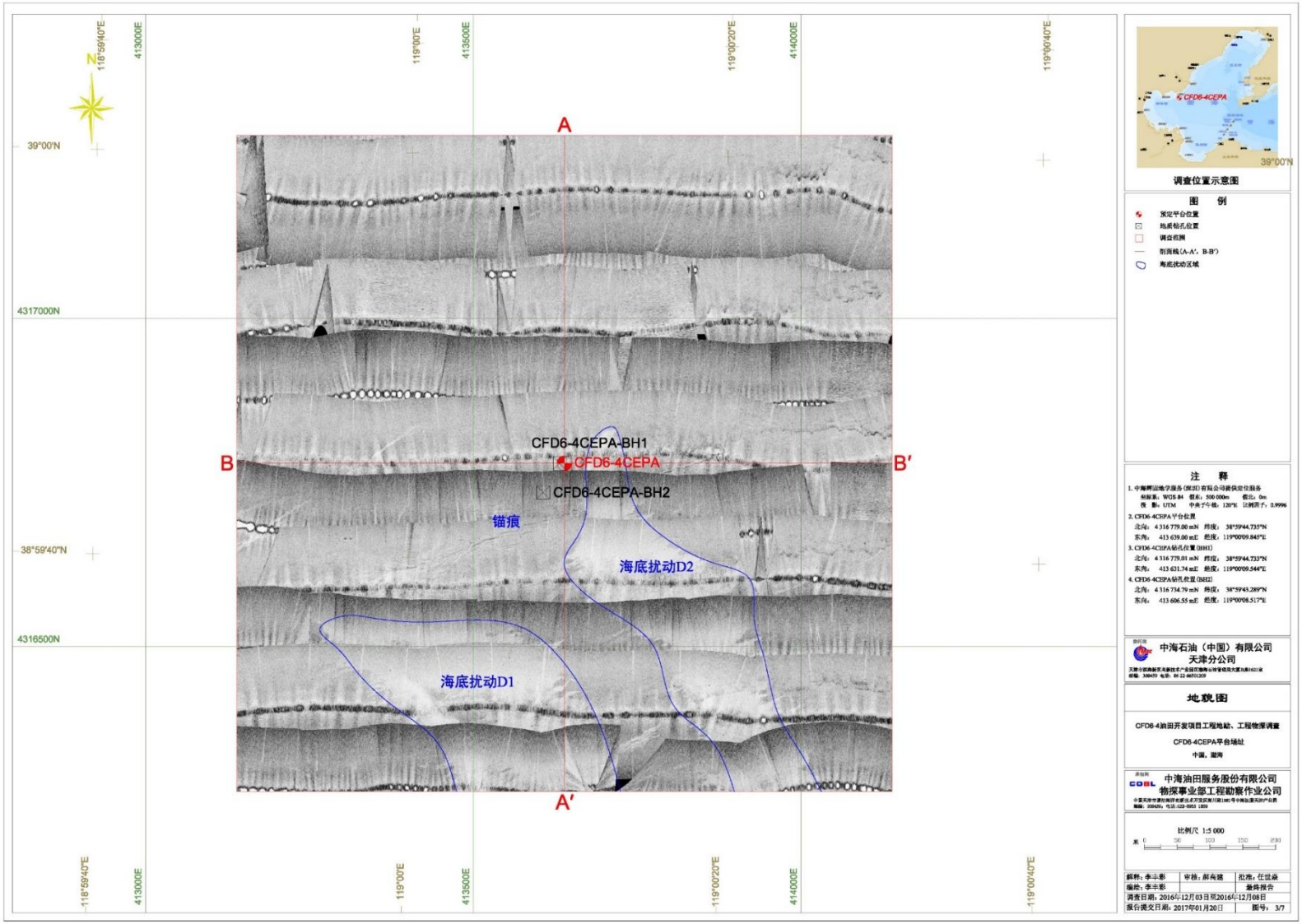



**图 5.2-6 CEPA 平台附近地貌图**

### 5.2.3 工程地质特征

表层沉积物粒度分布特征比较简单，主要以粉砂为主。平均粒径（D50）为3.98~7.49mm，分选程度等级为分选较好~分选中等。

该场区 12m 以浅的地基土自上而下划分为三层，各层特征如下：

**第①层：粉细砂**

深灰色渐变为灰褐色，钻孔 PL01 底部 2m 为黄褐色，饱和，中密，表层 2m 含少量粘粒混少量贝壳碎屑。

该层在场地中均有分布，厚度约 7.2~8.8m，埋深 0.0~1.5m，该层在三个钻孔 PL01~PL03 及柱状样 G1、G2、G3、G4 中均为直接出露，在柱状样 G1、G2 中该层上覆厚度约 1.5m 的淤泥质土及粉质黏土。该层上部 2.0~2.5m 稍显密实，现场标准贯入试验锤击数 N=23~31 击，其余部分现场标准贯入试验锤击数 N=14-18 击。

**第②层：粉质黏土**

黄褐色，饱和，稍硬，夹粉土团块。该层在场地中钻孔 PL01、PL03 有分布，层厚 7.2~8.4m，平均厚度为 2.5m。现场标准贯入试验锤击数 N＝1~2 击，微型十字板剪切强度 Su＝23.0~32.0kPa。

**第②层：粉土**

黄褐，饱和，稍密至中密，较均匀。在 PL03 孔，11.4m-12.5m 为灰褐色。PL02、PL03 钻孔内见褐色条痕。该层在场地中钻孔 PL01、PL02、PL03 有分布，埋深分别为 10.4m、8.8m、10.2m，最大揭露厚度为 3.2m。

微型十字板剪切强度 Su＝9~18kPa。

本工程区域 PL01 钻孔附近海底土体粉土层存在液化风险，液化等级为轻微。管道路由区内海底土体存在滑移可能，沉积物在部分条件下可能发生搬运，建议建设过程中采取相关保护措施。

该区沉积物为弱碱性，对钢结构的腐蚀程度定性为中腐蚀级别；该区水环境定性划分为弱碱性环境，海水腐蚀程度定性为弱腐蚀级别。

### 5.2.4 平台水深情况

平台场址 1km×1km 调查区域内海底平坦，水深变化比较小，水深值在 19.2m 至 20.6m 之间变化，调查区域水深从南向北逐渐变深。预定 CFD6-4CEPA 平台位置处的水深值为 19.9m。

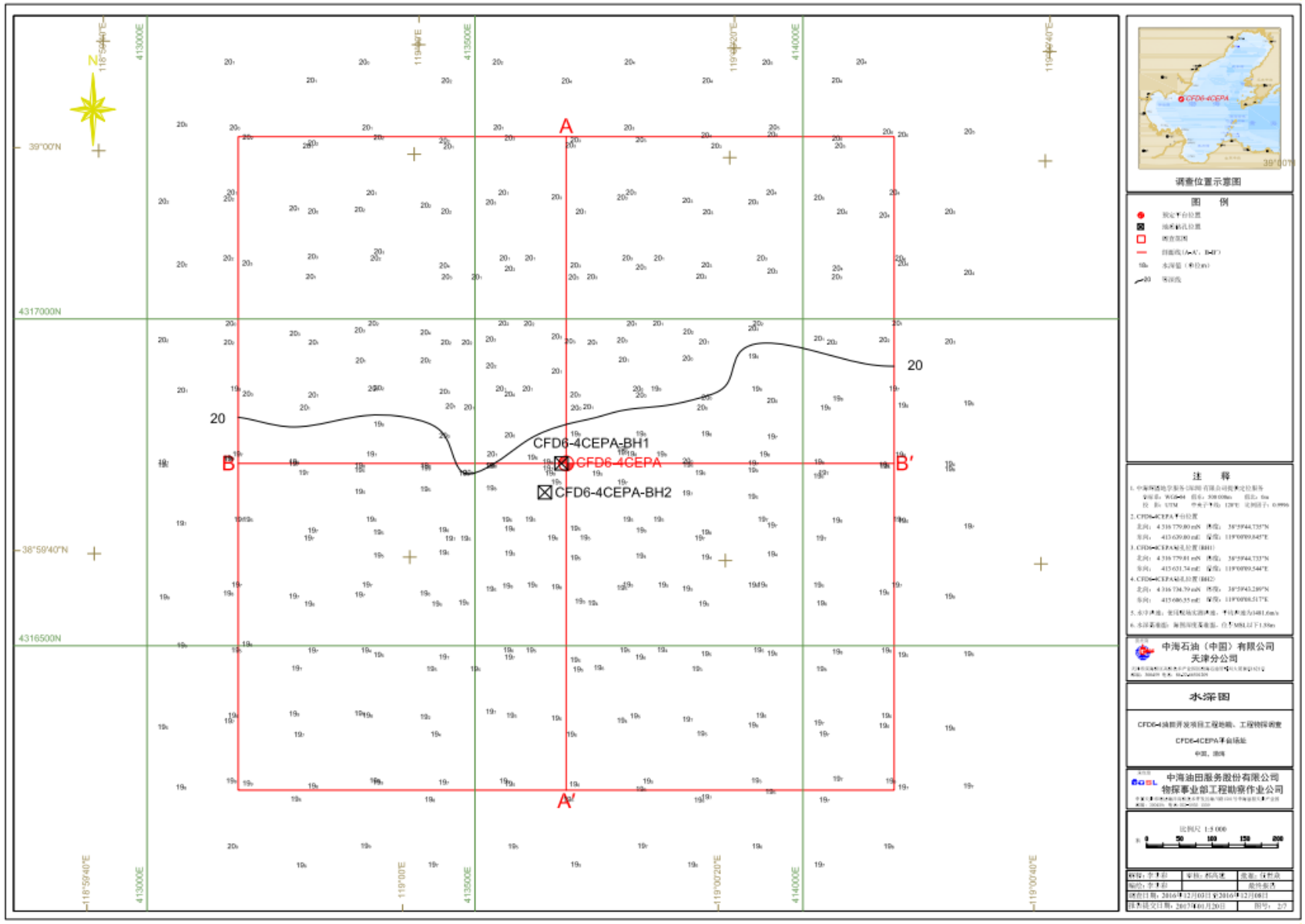



**图 5.2-7 CEPA 平台附近水深情况图**

### 5.2.5 冲淤现状

造成海床滑移的可能因素有地震、海底侵蚀，异常波浪流作用等。土体可能发生滑移应具备以下条件：

（1）地形条件：必须有一定的坡度，

（2）土质特性：主要为松散的易液化的饱和细砂和粉土，或软的欠固结黏土。

（3）水动力条件：如地震、波浪和底流的作用。

物探和地质调查资料表明，拟定海底管道路由区海底水深由 13m 左右逐渐增加到 20m 左右，水深范围为 13.3m～20.4m，从 NB35-2 CEP 平台到 CFD 6-4 油田路由区整体坡度为 0.5‰，地形存在一定的坡度；浅层沉积物主要为稍密~中密的粉细砂。

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

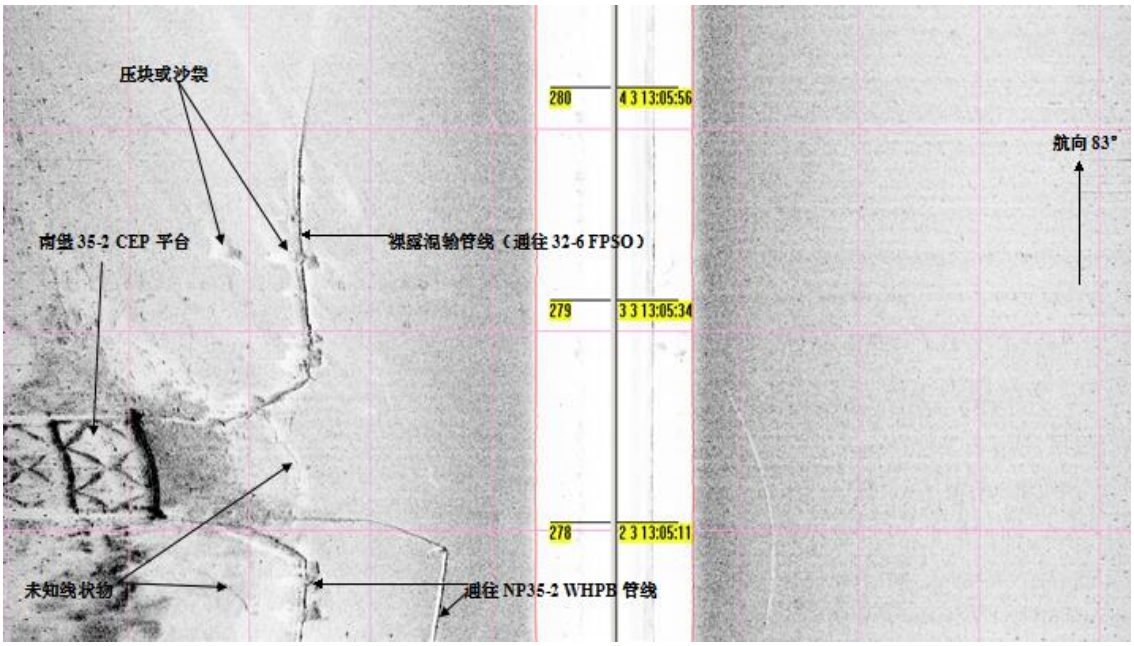
### 5.2.6 依托工程海管埋设情况

根据《2013 年度渤中海域海底管道路由勘察及水下探摸项目完工报告》，南堡 35-2CEP 至秦皇岛 32-6 FPSO 原油管线本段路由长度为 29.5km，原油管线为双层 12”/18”，基本走向为 89.2 度-->61.0 度-->29.4 度-->0 度-->341 度。

测区水深从 NP35-2 CEP 即 KP0+000 的 13.4m，逐渐变深到 KP21+500 的 20m。从 KP21+500 至 QHD32-6 FPSO，水深稳定在 19.8~20.5m 之间。

**（1）管道路由海底地貌**

在 NP35-2 CEP 平台端，发现钻井船作业留下的桩穴，管线上覆盖少量压块。



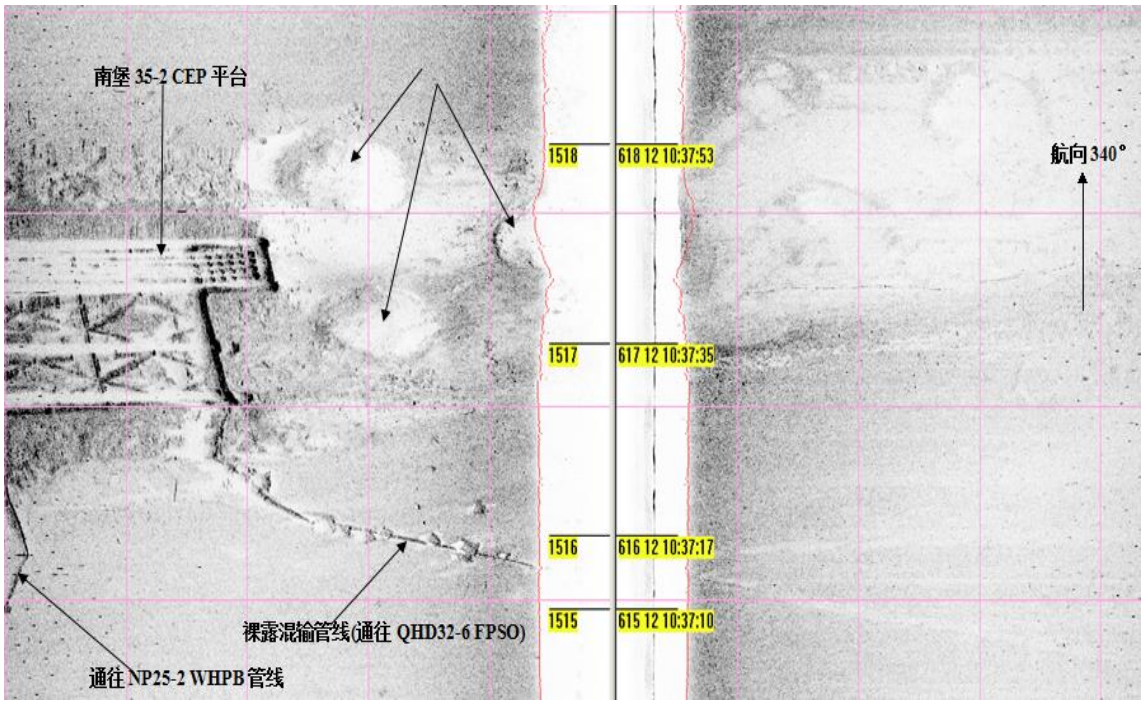



**图 5.2-8 NP35-2 CEP 平台附近地貌**

在 QHD32-6 FPSO 端，管线上覆盖有少量压块。

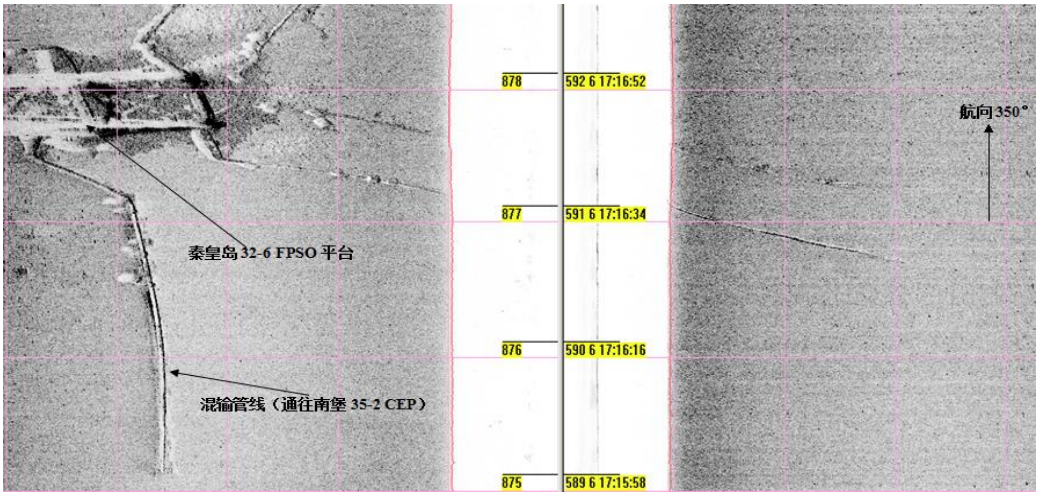



**图 5.2-9 QHD32-6 FPSO 附近地貌**

在 KP0+100~KP0+500，可看到管沟。管线路由上还发现若干小型障碍物，详细信息见下表。

**表 5.2-1 南堡 35-2 CEP 至秦皇岛 32-6FPSO 路由障碍物列表**

| 编号 | KP 值 | 东坐标(m) | 北坐标(m) | 高度(m) | 距海管距离(m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2+897 | 409178.52 | 4325170.44 | 0 | 0 |
| 2 | 5+325 | 411606.78 | 4325195.43 | 0 | 4.9 |
| 3 | 6+375 | 412655.53 | 4325213.78 | 0 | 0 |

在地貌上可看到管线有多处裸露和悬空。

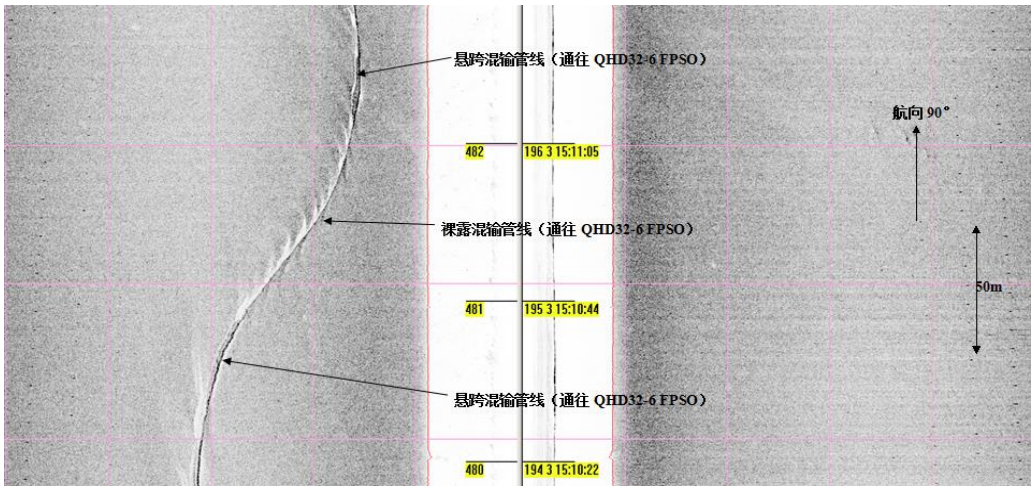



**图 5.2-10 NP35-2 CEP 至 QHD32-6 FPSO 路由 KP9+750 管线状态**

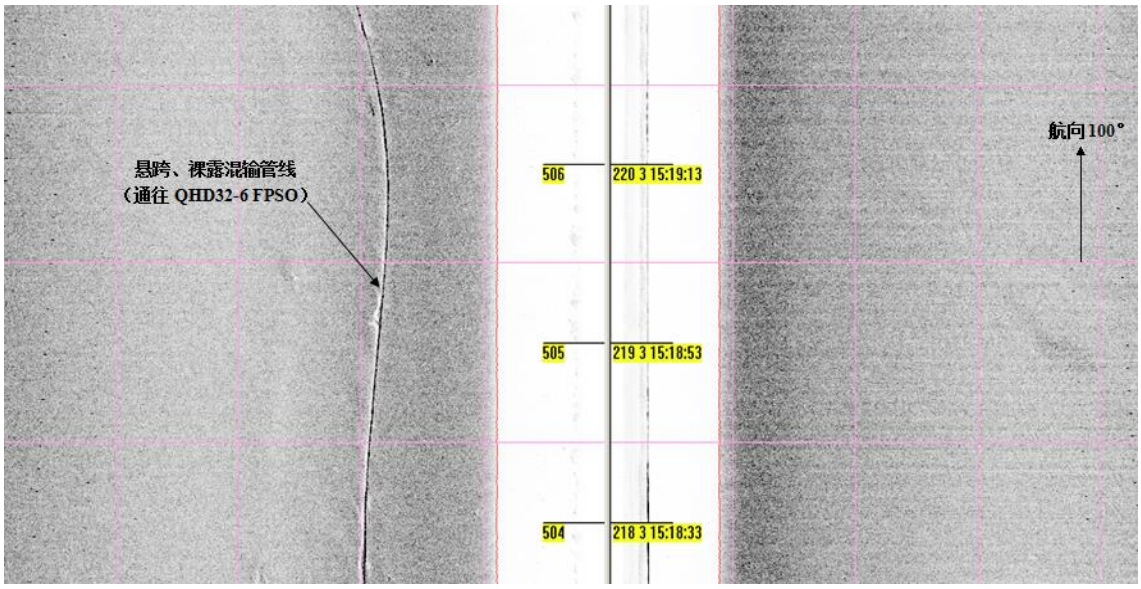



**图 5.2-11 NP35-2 CEP 至 QHD32-6 FPSO 路由 KP10+750 管线状态**

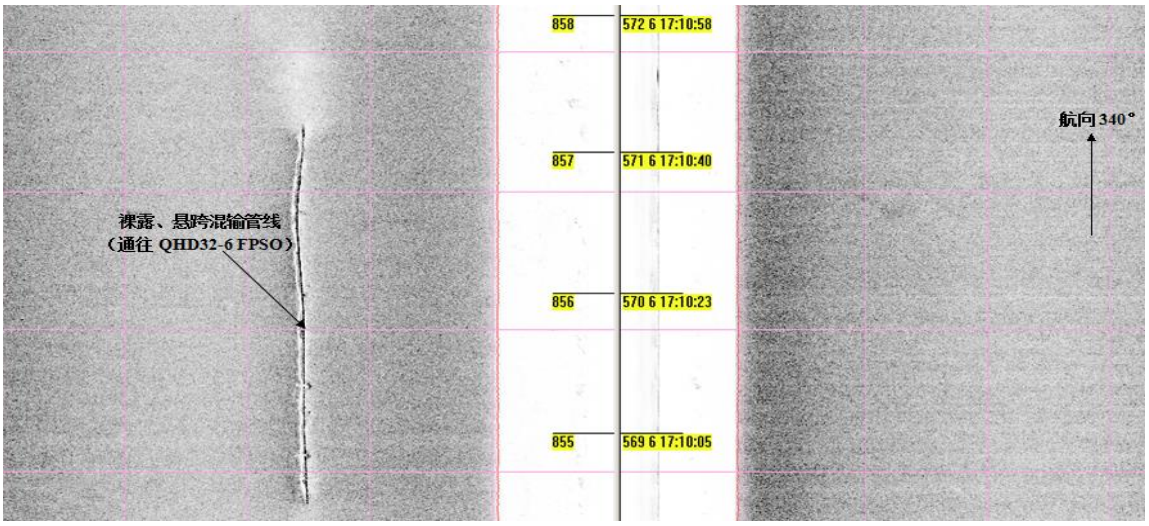



**图 5.2-12 NP35-2 CEP 至 QHD32-6 FPSO 路由 KP27+900 管线状态**

**（2）管道裸露及悬空情况**

原油管线存在 44 处裸露，裸露总长度为 1720.57m，占探测总长度的 5.92%。存在 14 处悬空，1 处位于 QHD32-6 FPSO 附近，13 处位于管线路由，总长度为 279.23m，占探测总长度的 0.96%。

**表 5.2-1 南堡 35-2 CEP 至秦皇岛 32-6 FPSO 路由段悬空管线列表**

| 序号 | 起点 KP 值 | 终点 KP 值 | 长度(m) | 最大悬空高度(m) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | KP9+676 | KP9+706 | 30.11 | 0.9 |
| 2 | KP9+725 | KP9+737 | 11.75 | 0.3 |
| 3 | KP9+757 | KP9+778 | 20.99 | 0.3 |
| 4 | KP10+443 | KP10+465 | 22.42 | 0.3 |
| 5 | KP10+749 | KP10+757 | 7.42 | 0.1 |
| 6 | KP10+940 | KP10+953 | 13.12 | 0.2 |
| 7 | KP11+027 | KP11+042 | 15.10 | 0.3 |
| 8 | KP27+669 | KP27+686 | 16.67 | 0.2 |
| 9 | KP27+842 | KP27+854 | 12.62 | 0.2 |
| 10 | KP27+857 | KP27+879 | 21.83 | 0.2 |
| 11 | KP27+884 | KP27+910 | 25.73 | 0.2 |
| 12 | KP27+916 | KP27+934 | 17.80 | 0.2 |
| 13 | KP27+946 | KP27+966 | 20.28 | 0.1 |

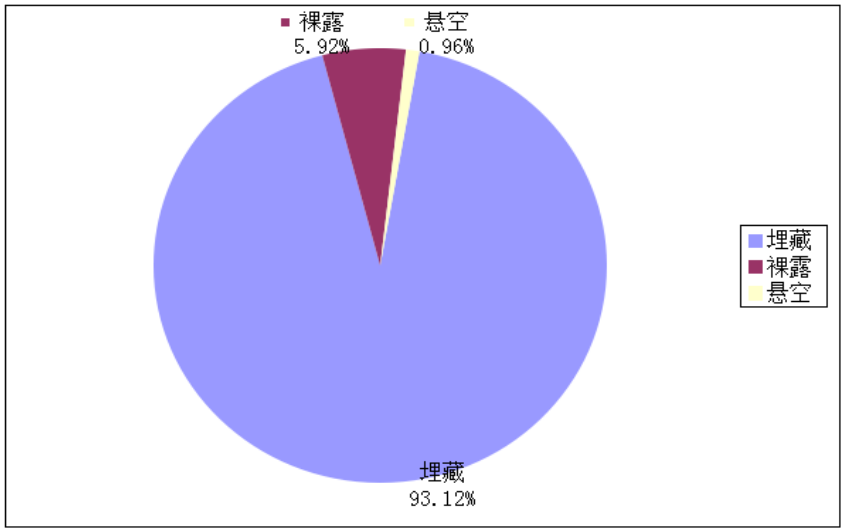



**图 5.2-13 南堡 35-2 CEP 至秦皇岛 32-6 FPSO 管线状态分布图**

## 5.3 海水水质现状调查及评价

### 5.3.1 调查概况

#### 5.3.1.1 调查站位布设

本次海洋环境质量调查站位布设根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T

19485-2014）相关要求进行，同时兼顾工程各方案。

根据工程具体情况，调查站位布设以垂直海岸为横断面，共设置 7 个断面，断面间距约 11km；以平行海岸为纵断面，共设置 5 个断面，断面间距约 10km。横纵断面交点为站点所在位置（P1~P35）。

另外在“世纪号 FPSO”周围增设 4 个监测点位（P36~P39），在可能的依托有人平台南堡 35-2 CEP 平台、秦皇岛 32-6 CEPJ 平台周边 500m 处分别布设 2 个站位（P40、P41，P42、P43），在河北省生态红线区乐亭菩提岛诸岛保护区加密布点 1 个（P44，与断面点 P11，一并作为该红线区的监测点）；在河北省生态红线区龙岛旅游区加密布点 1 个（P45，与断面点 P6，一并作为该红线区的监测点）。

布设点位总计 45 个，其中包括水质、生物生态、沉积物同步监测点位共计 23 个，水质、生物生态同步监测点位 27 个。

具体站位图见图 5.3-1。




**图 5.3-1a 调查站位总图**

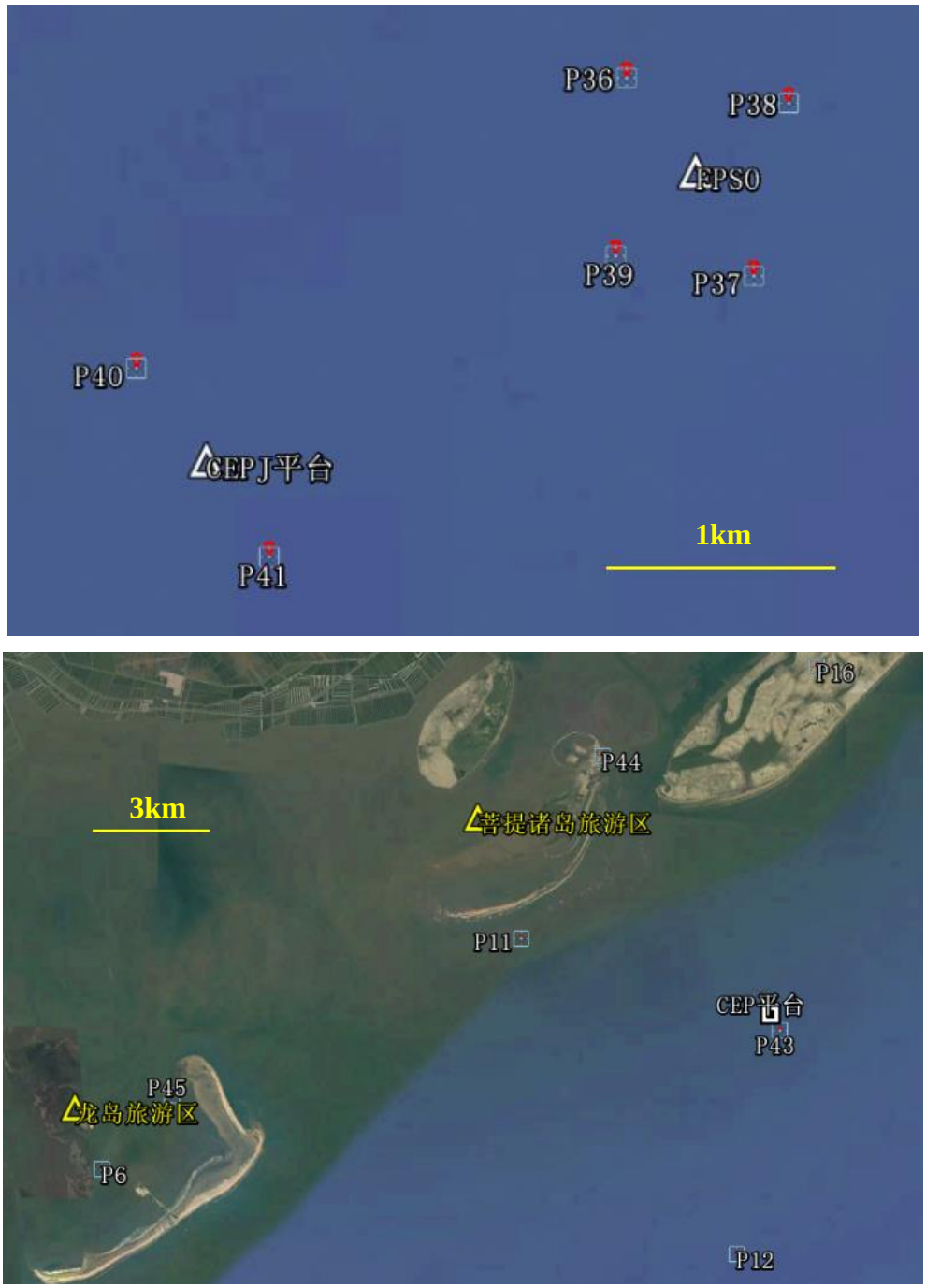



**图 5.3-1b 调查站位加密点布置图**

### 5.3.1.2 调查时间

秋季：2015 年 10 月 22 日至 23 日调查一次。

春季：2016 年 5 月 19 日至 21 日调查一次。

### 5.3.1.3 调查因子

选取水温、盐度、pH 值、COD、DO、石油类、挥发酚、硫化物、砷、总汞、

铜、铅、镉、锌、铬等 18 项进行监测分析，监测方法和分析方法见表 5.3-1。

**表 5.3-1 海水水质监测项目和分析方法**

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

#### 5.3.1.4 样品采集及调查方法

水质、沉积物、海洋生物生态、海洋生物的调查方法为现场监测法。调查中水质、沉积物、生物样品的采集保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）执行。

- 水质采样：根据现场水深决定采样层次，当水深<25m 时，采表层和底层水样；当水深≥25m，采表层、10 米水深、底层水样。
- 海洋生物采样：依据《海洋调查规范》（GB12763-2007）执行。
- 沉积物样品只采集海底表层沉积物。

## 5.3.2 水环境质量现状评价

### 5.3.2.1 评价标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997），对照《河北省海洋功能区划》（2011~2020年）中对工程临近功能区水质保护目标要求，确定各调查水质站位评价执行标准情况见表 5.3-2 和表 5.3-3。

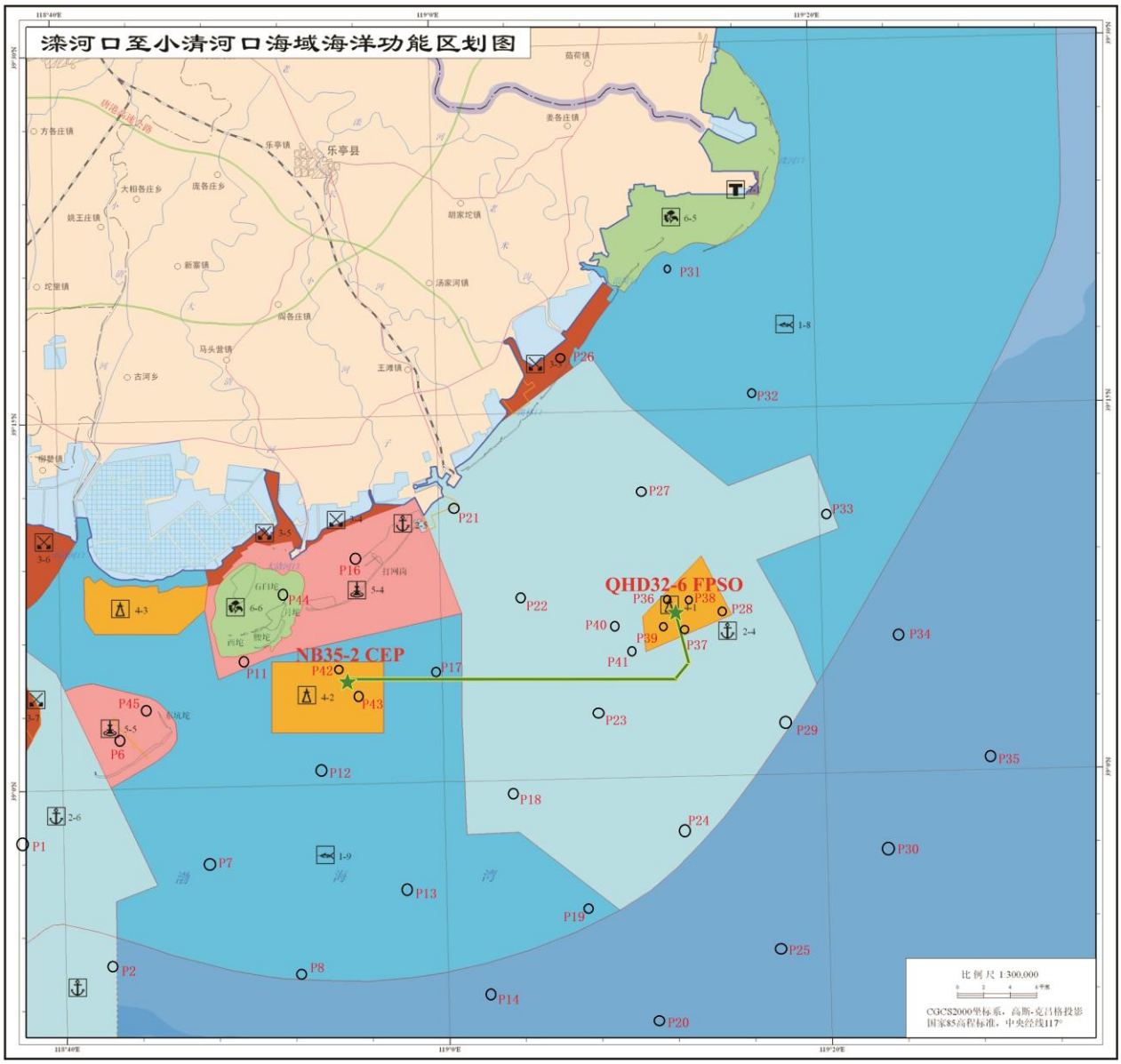



**图 5.3-2　　调查站位分布示意图**

**表 5.3-2　调查站位海水水质标准执行情况**

| 执行标准 | 站位号 | 站位所在功能区位置 | 环境保护要求 |
|---|---|---|---|
| 一类 | P3、P4、P5、P9、P10、P14、P15、P20、P25、P30、P34、P35 | 功能区划定范围之外（12个站位） | / |
| | P44 | 石臼坨诸岛海洋保护区 | 海域执行不劣于一类海水水质质量标准、海洋沉积物和海洋生物质量标准。 |
| 二类 | P1、P2 | 曹妃甸港口航运区 | 港池区执行不劣于四类海水水质质量标准、不劣于三类海洋沉积物和海洋生物质量标准，航道、锚地区执行不劣于三类海水水质质量标准、不劣于二类海洋沉积物和海洋生物质量标准，其他港用水域执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准。 |
| | P18、P21、P22、P23、P24、P27、P29、P33、P40、P41 | 京唐港港口航运区 | |
| | P6、P45 | 龙岛旅游休闲娱乐区 | 执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准。 |
| | P7、P8、P12、P13、P17、P19 | 京唐港至曹妃甸农渔业区 | |
| | P11、P16 | 大清河口海岛旅游休闲娱乐区 | |
| | P31、P32 | 滦河口农渔业区 | |
| 三类 | P26 | 京唐港东工业与城镇用海区 | 执行不劣于三类类海水水质质量标准、二类海洋沉积物和海洋生物质量标准。 |
| | P42、P43 | 月坨南矿产与能源区 | 执行不劣于现状水平海水水质质量标准（根据河北省海洋环境保护规划规定执行不劣于三类海水水质质量标准） |
| | P28、P36、P37、P38、P39 | 京唐港矿产与能源区 | |

**表 5.3-3　海水水质标准（mg/L，pH 除外）**

| 项目 | pH | DO | COD | 无机氮 | 活性磷酸盐 | 石油类 | 铜 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一类 | 7.8～8.5 | ＞6 | ≤2 | ≤0.20 | ≤0.015 | ≤0.05 | ≤0.005 |
| 二类 | 7.8～8.5 | ＞5 | ≤3 | ≤0.30 | ≤0.030 | ≤0.05 | ≤0.010 |
| 三类 | 6.8～8.8 | ＞4 | ≤4 | ≤0.40 | ≤0.030 | ≤0.30 | ≤0.050 |
| 四类 | 6.8～8.8 | ＞3 | ≤5 | ≤0.50 | ≤0.045 | ≤0.50 | ≤0.050 |
| 硫化物 | 铅 | 锌 | 镉 | 总铬 | 总汞 | 砷 | 挥发性酚 |
| ≤0.02 | ≤0.001 | ≤0.020 | ≤0.001 | ≤0.05 | ≤0.00005 | ≤0.020 | ≤0.005 |
| ≤0.05 | ≤0.005 | ≤0.050 | ≤0.005 | ≤0.10 | ≤0.0002 | ≤0.030 | ≤0.005 |
| ≤0.10 | ≤0.010 | ≤0.10 | ≤0.010 | ≤0.20 | ≤0.0002 | ≤0.050 | ≤0.01 |
| ≤0.25 | ≤0.050 | ≤0.50 | ≤0.010 | ≤0.50 | ≤0.0005 | ≤0.050 | ≤0.05 |

#### 5.3.2.2　评价方法

评价方法采用标准指数法。标准指数法的计算方法如下：

- 一般污染物

$$Pi = Ci/Co$$

式中：Pi 为 I 种污染物的污染指数，Ci 为 I 种污染物的实测浓度值（mg/L），Co

为 I 种污染物的评价标准（mg/L）。

- pH

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

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

式中：$S_{pH}$ 为 pH 值的标准指数，$pH_j$ 为 j 站位的 pH 值测定值，$pH_{su}$ 为标准中规定的 pH 值上限，$pH_{sd}$ 为标准中规定的 pH 值下限

- DO

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

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

$$DO_f=468/（31.6+T）$$

式中：$DO_f$ 为饱和溶解氧浓度，mg/L；$DO_s$ 为溶解氧的水质标准，mg/L；$DO_j$ 为溶解氧的实测值，mg/L。

#### 5.3.2.3 2015 年 10 月评价结果

选取 pH、DO、COD、石油类、活性磷酸盐、无机氮、砷、铅、锌、镉、汞、总铬 12 项作为评价因子，表 5.3-9、表 5.3-10、表 5.3-11 为表底层各评价因子指数统计表。

2015 年 10 月调查结果显示表层有 13 个站位无机氮、6 个站位磷酸盐、13 个站位铅、4 个站位镉超出所在功能区海水水质标准，中层有 6 个站位无机氮、1 个站位磷酸盐、6 个站位铅、2 个站位镉、1 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，底层有 12 个站位无机氮、4 个站位磷酸盐、12 个站位铅、7 个站位镉、2 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，其它调查因子均满足所在功能区执行的海水水质标准。

无机氮：调查水质目标区内表层 13 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 28.9%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 12 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 33.3%，符合二类海水水质标准。

磷酸盐：调查水质目标区内表层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 13.3%，符合二类海水水质标准；中层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 12.5%，符合二类海水水质标准；底层 4 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 11.1%，符合二类海水水质标准。

铅：表层 13 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 28.9%，符合二类海

水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 12 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 33.3%，符合二类海水水质标准。

镉：表层 4 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 8.9%，符合二类海水水质标准；中层 2 个站位超出超出所在功能区海水水质标准，超标率为 25%，符合二类海水水质标准；底层 7 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 19.4%，符合二类海水水质标准。

汞：中层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 12.5%，符合二类海水水质标准；底层 2 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 5.6%，符合二类海水水质标准。

**表 5.3-4　2015 年 10 月水质各污染因子标准指数表（表层）（未检出:—）**

| 站号 | DO | PH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 石油 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 0.45 | 0.40 | 0.37 | 0.80 | 0.49 | 0.73 | 0.10 | 0.32 | 0.30 | 0.19 | 0.02 | 0.14 | 0.11 | 0.46 |
| P2 | 0.44 | 0.26 | 0.28 | 0.84 | 0.54 | 0.84 | 0.10 | 0.20 | 0.24 | 0.19 | 0.05 | 0.03 | 0.11 | 0.62 |
| P3 | 0.57 | 0.29 | 0.42 | 1.22 | 0.81 | 0.86 | 0.14 | 1.06 | 0.70 | 0.76 | 0.07 | 0.56 | 0.11 | 0.46 |
| P4 | 0.58 | 0.26 | 0.58 | 1.26 | 1.17 | 0.88 | 0.18 | 1.08 | 0.40 | 0.93 | 0.07 | 0.56 | 0.12 | 0.48 |
| P5 | 0.57 | 0.29 | 0.50 | 1.25 | 1.17 | 0.80 | 0.18 | 1.06 | 0.70 | 1.02 | 0.07 | — | 0.12 | 0.48 |
| P6 | 0.45 | 0.40 | 0.32 | 0.86 | 0.40 | 0.71 | 0.08 | 0.28 | 0.28 | 0.20 | 0.014 | 0.045 | 0.07 | 0.68 |
| P7 | 0.43 | 0.31 | 0.25 | 0.84 | 0.49 | 0.77 | 0.06 | 0.25 | 0.16 | 0.16 | 0.03 | 0.045 | 0.08 | 0.58 |
| P8 | 0.45 | 0.23 | 0.32 | 0.81 | 0.36 | 0.84 | 0.06 | 0.21 | 0.26 | 0.16 | 0.04 | 0.28 | 0.08 | 0.66 |
| P9 | 0.58 | 0.23 | 0.48 | 1.24 | 0.81 | 0.88 | 0.12 | 1.07 | 0.25 | 0.72 | 0.07 | — | 0.11 | 0.70 |
| P10 | 0.58 | 0.26 | 0.46 | 1.26 | 1.08 | 0.80 | 0.18 | 1.05 | 0.55 | 0.78 | 0.07 | 0.44 | 0.12 | 0.48 |
| P11 | 0.71 | 0.31 | 0.35 | 0.83 | 0.36 | 0.80 | 0.10 | 0.30 | 0.36 | 0.20 | 0.03 | — | 0.07 | 0.30 |
| P12 | 0.29 | 0.21 | 0.28 | 0.79 | 0.58 | 0.84 | 0.10 | 0.18 | 0.16 | 0.12 | 0.04 | 0.13 | 0.10 | 0.72 |
| P13 | 0.44 | 0.23 | 0.35 | 0.86 | 0.40 | 0.86 | 0.07 | 0.22 | 0.16 | 0.11 | 0.03 | 0.14 | 0.08 | 0.56 |
| P14 | 0.37 | 0.34 | 0.42 | 1.28 | 0.80 | 0.84 | 0.18 | 1.05 | 0.6 | 0.65 | 0.06 | 0.56 | 0.11 | 0.76 |
| P15 | 0.58 | 0.29 | 0.42 | 1.28 | 1.08 | 0.77 | 0.18 | 1.27 | 0.60 | 0.66 | 0.07 | 0.30 | 0.11 | 0.58 |
| P16 | 0.44 | 0.26 | 0.35 | 0.82 | 0.45 | 0.80 | 0.09 | 0.19 | 0.14 | 0.22 | 0.03 | 0.28 | 0.07 | 0.46 |
| P17 | 0.45 | 0.29 | 0.23 | 0.84 | 0.63 | 0.84 | 0.09 | 0.26 | 0.24 | 0.14 | 0.03 | 0.32 | 0.08 | 0.66 |
| P18 | 0.43 | 0.31 | 0.28 | 0.85 | 0.49 | 0.80 | 0.06 | 0.25 | 0.26 | 0.13 | 0.03 | 0.135 | 0.07 | 0.64 |
| P19 | 0.44 | 0.26 | 0.31 | 0.80 | 0.49 | 0.71 | 0.05 | 0.18 | 0.32 | 0.17 | 0.03 | 0.14 | 0.07 | 0.48 |
| P20 | 0.57 | 0.29 | 0.48 | 1.29 | 1.17 | 0.73 | 0.13 | 1.31 | 0.65 | 0.81 | 0.07 | 0.70 | 0.11 | 0.86 |
| P21 | 0.45 | 0.29 | 0.39 | 0.86 | 0.40 | 0.77 | 0.09 | 0.25 | 0.24 | 0.20 | 0.03 | — | 0.11 | 0.64 |
| P22 | 0.45 | 0.23 | 0.25 | 0.86 | 0.58 | 0.80 | 0.10 | 0.28 | 0.26 | 0.17 | 0.03 | 0.18 | 0.08 | 0.66 |
| P23 | 0.44 | 0.31 | 0.28 | 0.83 | 0.40 | 0.88 | 0.09 | 0.18 | 0.26 | 0.20 | 0.03 | 0.14 | 0.07 | 0.76 |
| P24 | 0.45 | 0.29 | 0.31 | 0.86 | 0.36 | 0.75 | 0.05 | 0.26 | 0.28 | 0.15 | 0.04 | 0.08 | 0.08 | 0.70 |

| 站号 | DO | PH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 石油 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P25 | 0.58 | 0.31 | 0.46 | 1.28 | 0.90 | 0.77 | 0.18 | 1.06 | 0.40 | 1.00 | 0.06 | 0.84 | 0.12 | 0.70 |
| P26 | 0.36 | 0.26 | 0.28 | 0.63 | 0.54 | 0.14 | 0.02 | 0.13 | 0.17 | 0.10 | 0.01 | 0.08 | 0.05 | 0.29 |
| P27 | 0.45 | 0.31 | 0.25 | 0.84 | 0.40 | 0.84 | 0.10 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.03 | 0.12 | 0.09 | 0.48 |
| P28 | 0.35 | 0.21 | 0.23 | 0.62 | 0.45 | 0.14 | 0.02 | 0.11 | 0.15 | 0.08 | 0.01 | — | 0.05 | 0.26 |
| P29 | 0.45 | 0.29 | 0.31 | 0.83 | 0.49 | 0.86 | 0.08 | 0.18 | 0.24 | 0.16 | 0.03 | 0.18 | 0.07 | 0.58 |
| P30 | 0.58 | 0.31 | 0.48 | 1.27 | 1.26 | 0.84 | 0.18 | 1.20 | 0.50 | 0.87 | 0.05 | 0.84 | 0.11 | 0.66 |
| P31 | 0.45 | 0.31 | 0.33 | 0.83 | 0.40 | 0.69 | 0.08 | 0.25 | 0.16 | 0.21 | 0.02 | 0.11 | 0.07 | 0.68 |
| P32 | 0.45 | 0.34 | 0.31 | 0.85 | 0.36 | 0.84 | 0.09 | 0.31 | 0.20 | 0.18 | 0.02 | 0.33 | 0.08 | 0.46 |
| P33 | 0.45 | 0.31 | 0.35 | 0.83 | 0.36 | 0.91 | 0.06 | 0.21 | 0.28 | 0.21 | 0.02 | — | 0.07 | 0.48 |
| P34 | 0.37 | 0.29 | 0.47 | 1.26 | 0.98 | 0.93 | 0.24 | 1.25 | 0.75 | 1.05 | 0.06 | 0.20 | 0.18 | 0.48 |
| P35 | 0.59 | 0.26 | 0.50 | 1.22 | 0.81 | 0.88 | 0.16 | 1.22 | 0.45 | 1.07 | 0.06 | 0.90 | 0.12 | 0.64 |
| P36 | 0.56 | 0.39 | 0.18 | 0.65 | 0.40 | 0.13 | 0.02 | 0.11 | 0.15 | 0.12 | 0.02 | 0.12 | 0.04 | 0.68 |
| P37 | 0.55 | 0.30 | 0.27 | 0.65 | 0.36 | 0.13 | 0.02 | 0.11 | 0.19 | 0.07 | 0.02 | — | 0.05 | 0.25 |
| P38 | 0.55 | 0.39 | 0.17 | 0.62 | 0.58 | 0.14 | 0.02 | 0.12 | 0.13 | 0.11 | 0.02 | — | 0.05 | 0.27 |
| P39 | 0.55 | 0.36 | 0.25 | 0.62 | 0.49 | 0.13 | 0.01 | 0.11 | 0.09 | 0.09 | 0.02 | — | 0.04 | 0.26 |
| P40 | 0.44 | 0.31 | 0.29 | 0.83 | 0.58 | 0.84 | 0.08 | 0.21 | 0.24 | 0.16 | 0.04 | 0.08 | 0.07 | 0.76 |
| P41 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | 0.82 | 0.36 | 0.88 | 0.09 | 0.21 | 0.18 | 0.24 | 0.03 | 0.11 | 0.08 | 0.44 |
| P42 | 0.44 | 0.26 | 0.25 | 0.87 | 0.40 | 0.93 | 0.06 | 0.24 | 0.22 | 0.14 | 0.03 | 0.44 | 0.07 | 0.50 |
| P43 | 0.35 | 0.23 | 0.20 | 0.62 | 0.49 | 0.15 | 0.01 | 0.11 | 0.14 | 0.06 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.23 |
| P44 | 0.38 | 0.29 | 0.53 | 1.29 | 0.72 | 0.84 | 0.14 | 1.3 | 0.75 | 1.05 | 0.06 | 0.2 | 0.12 | 0.66 |
| P45 | 0.45 | 0.34 | 0.36 | 0.88 | 0.36 | 0.75 | 0.11 | 0.21 | 0.26 | 0.19 | 0.02 | 0.28 | 0.07 | 0.50 |
| 最大值 | 0.71 | 0.40 | 0.58 | 1.29 | 1.26 | 0.93 | 0.24 | 1.31 | 0.75 | 1.07 | 0.07 | 0.9 | 0.18 | 0.86 |
| 最小值 | 0.29 | 0.21 | 0.17 | 0.62 | 0.36 | 0.13 | 0.01 | 0.11 | 0.09 | 0.06 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.23 |
| 超标率 | 0 | 0 | 0 | 28.9% | 13.3% | 0 | 0 | 28.9% | 0 | 8.9% | 0 | 0 | 0 | 0 |

**表 5.3-5　2015 年 10 月水质各污染因子标准指数表（中层）（未检出:—）**

| 站号 | DO | PH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P3 | 0.59 | 0.37 | 0.44 | 1.25 | 0.99 | 0.15 | 1.07 | 0.75 | 0.86 | 0.07 | 0.10 | 0.11 | 0.54 |
| P4 | 0.58 | 0.34 | 0.54 | 1.23 | 0.99 | 0.17 | 1.16 | 0.45 | 1.01 | 0.07 | 1.30 | 0.12 | 0.58 |
| P8 | 0.44 | 0.26 | 0.28 | 0.82 | 0.54 | 0.07 | 0.23 | 0.30 | 0.17 | 0.04 | — | 0.08 | 0.64 |
| P9 | 0.59 | 0.31 | 0.50 | 1.19 | 0.99 | 0.14 | 1.13 | 0.30 | 0.82 | 0.07 | 0.56 | 0.11 | 0.68 |
| P10 | 0.58 | 0.34 | 0.48 | 1.24 | 1.17 | 0.19 | 1.11 | 0.60 | 0.82 | 0.06 | 0.70 | 0.12 | 0.46 |
| P15 | 0.59 | 0.31 | 0.40 | 1.27 | 0.81 | 0.19 | 1.34 | 0.65 | 0.76 | 0.07 | 0.10 | 0.14 | 0.60 |
| P19 | 0.45 | 0.31 | 0.29 | 0.83 | 0.67 | 0.06 | 0.19 | 0.34 | 0.16 | 0.03 | 0.05 | 0.08 | 0.56 |
| P20 | 0.59 | 0.37 | 0.52 | 1.25 | 0.99 | 0.16 | 1.49 | 0.70 | 1.02 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.38 |
| 最大值 | 0.59 | 0.37 | 0.54 | 1.27 | 1.17 | 0.19 | 1.49 | 0.75 | 1.02 | 0.07 | 1.30 | 0.14 | 0.68 |
| 最小值 | 0.44 | 0.26 | 0.28 | 0.82 | 0.54 | 0.06 | 0.19 | 0.30 | 0.16 | 0.03 | 0.05 | 0.08 | 0.38 |
| 超标率 | 0 | 0 | 0 | 75% | 12.5% | 0 | 75% | 0 | 25% | 0 | 12.5% | 0 | 0 |

**表 5.3-6　2015 年 10 月水质各污染因子标准指数表（底层）（未检出:—）**

| 站号 | DO | PH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P2 | 0.45 | 0.31 | 0.36 | 0.81 | 0.49 | 0.11 | 0.22 | 0.26 | 0.20 | 0.04 | — | 0.07 | 0.68 |
| P3 | 0.59 | 0.34 | 0.46 | 1.22 | 1.08 | 0.19 | 1.16 | 0.80 | 1.07 | 0.08 | — | 0.12 | 0.44 |
| P4 | 0.59 | 0.31 | 0.50 | 1.24 | 1.08 | 0.19 | 1.27 | 0.55 | 1.02 | 0.07 | 1.12 | 0.12 | 0.46 |
| P5 | 0.59 | 0.37 | 0.52 | 1.25 | 0.99 | 0.19 | 1.08 | 0.75 | 1.04 | 0.07 | 0.30 | 0.11 | 0.50 |
| P7 | 0.45 | 0.37 | 0.31 | 0.86 | 0.40 | 0.07 | 0.28 | 0.22 | 0.16 | 0.04 | 0.18 | 0.08 | 0.52 |
| P8 | 0.45 | 0.34 | 0.29 | 0.85 | 0.40 | 0.09 | 0.24 | 0.38 | 0.18 | 0.04 | 0.14 | 0.07 | 0.60 |
| P9 | 0.59 | 0.29 | 0.58 | 1.21 | 0.81 | 0.16 | 1.34 | 0.40 | 0.90 | 0.07 | 0.18 | 0.11 | 0.78 |
| P10 | 0.59 | 0.37 | 0.40 | 1.24 | 0.90 | 0.19 | 1.21 | 0.65 | 0.84 | 0.07 | 1.28 | 0.12 | 0.56 |
| P12 | 0.30 | 0.22 | 0.33 | 0.85 | 0.49 | 0.10 | 0.22 | 0.18 | 0.12 | 0.04 | — | 0.07 | 0.54 |
| P13 | 0.45 | 0.29 | 0.31 | 0.84 | 0.36 | 0.07 | 0.23 | 0.22 | 0.17 | 0.03 | 0.14 | 0.08 | 0.48 |
| P14 | 0.38 | 0.40 | 0.48 | 1.25 | 0.98 | 0.20 | 1.2 | 0.65 | 0.75 | 0.06 | 0.92 | 0.11 | 0.74 |
| P15 | 0.60 | 0.37 | 0.42 | 1.26 | 0.81 | 0.20 | 1.39 | 0.80 | 0.85 | 0.07 | 0.96 | 0.12 | 0.52 |
| P17 | 0.45 | 0.26 | 0.24 | 0.84 | 0.54 | 0.10 | 0.31 | 0.28 | 0.14 | 0.03 | 0.11 | 0.08 | 0.70 |
| P18 | 0.44 | 0.34 | 0.25 | 0.85 | 0.58 | 0.07 | 0.26 | 0.28 | 0.16 | 0.03 | — | 0.08 | 0.62 |
| P19 | 0.45 | 0.34 | 0.31 | 0.83 | 0.58 | 0.08 | 0.21 | 0.36 | 0.17 | 0.03 | 0.18 | 0.09 | 0.76 |
| P20 | 0.59 | 0.34 | 0.50 | 1.26 | 0.90 | 0.18 | 1.50 | 0.80 | 1.29 | 0.07 | — | 0.12 | 0.60 |
| P22 | 0.45 | 0.17 | 0.29 | 0.83 | 0.49 | 0.11 | 0.32 | 0.30 | 0.20 | 0.03 | — | 0.08 | 0.74 |
| P23 | 0.45 | 0.29 | 0.31 | 0.84 | 0.49 | 0.11 | 0.26 | 0.32 | 0.22 | 0.04 | 0.23 | 0.07 | 0.68 |
| P24 | 0.45 | 0.34 | 0.27 | 0.84 | 0.40 | 0.07 | 0.28 | 0.30 | 0.21 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.54 |
| P25 | 0.59 | 0.40 | 0.44 | 1.26 | 1.08 | 0.19 | 1.29 | 0.50 | 1.05 | 0.06 | 0.18 | 0.14 | 0.54 |
| P27 | 0.45 | 0.40 | 0.28 | 0.86 | 0.54 | 0.12 | 0.31 | 0.28 | 0.21 | 0.03 | 0.13 | 0.08 | 0.44 |
| P28 | 0.36 | 0.23 | 0.25 | 0.64 | 0.40 | 0.02 | 0.14 | 0.16 | 0.09 | 0.02 | 0.14 | 0.05 | 0.29 |
| P29 | 0.46 | 0.31 | 0.33 | 0.84 | 0.40 | 0.12 | 0.28 | 0.34 | 0.16 | 0.04 | 0.03 | 0.10 | 0.60 |

| 站号 | DO | PH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P30 | 0.59 | 0.26 | 0.42 | 1.29 | 1.08 | 0.17 | 1.37 | 0.70 | 0.87 | 0.06 | — | 0.11 | 0.62 |
| P32 | 0.45 | 0.37 | 0.32 | 0.84 | 0.58 | 0.11 | 0.34 | 0.22 | 0.21 | 0.02 | 0.03 | 0.08 | 0.46 |
| P33 | 0.45 | 0.34 | 0.29 | 0.82 | 0.40 | 0.10 | 0.23 | 0.36 | 0.23 | 0.02 | 0.14 | 0.08 | 0.70 |
| P34 | 0.37 | 0.34 | 0.50 | 1.29 | 0.62 | 0.26 | 1.45 | 0.80 | 1.05 | 0.06 | 0.76 | 0.11 | 0.48 |
| P35 | 0.58 | 0.37 | 0.48 | 1.24 | 0.72 | 0.19 | 1.37 | 0.55 | 1.08 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.34 |
| P36 | 0.56 | 0.33 | 0.19 | 0.65 | 0.54 | 0.02 | 0.13 | 0.17 | 0.13 | 0.02 | 0.13 | 0.05 | 0.33 |
| P37 | 0.58 | 0.39 | 0.26 | 0.63 | 0.58 | 0.02 | 0.15 | 0.20 | 0.09 | 0.02 | 0.28 | 0.05 | 0.43 |
| P38 | 0.56 | 0.30 | 0.19 | 0.62 | 0.54 | 0.02 | 0.16 | 0.15 | 0.11 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.26 |
| P39 | 0.55 | 0.42 | 0.23 | 0.61 | 0.36 | 0.02 | 0.14 | 0.10 | 0.09 | 0.02 | 0.08 | 0.05 | 0.23 |
| P40 | 0.45 | 0.37 | 0.27 | 0.87 | 0.49 | 0.10 | 0.22 | 0.30 | 0.19 | 0.05 | 0.03 | 0.08 | 0.62 |
| P41 | 0.45 | 0.31 | 0.31 | 0.85 | 0.54 | 0.10 | 0.27 | 0.22 | 0.38 | 0.04 | 0.04 | 0.09 | 0.48 |
| P42 | 0.56 | 0.36 | 0.20 | 0.63 | 0.54 | 0.02 | 0.15 | 0.12 | 0.07 | 0.02 | 0.08 | 0.05 | 0.22 |
| P43 | 0.36 | 0.22 | 0.23 | 0.62 | 0.54 | 0.02 | 0.11 | 0.15 | 0.07 | 0.02 | 0.12 | 0.04 | 0.35 |
| 最大值 | 0.60 | 0.42 | 0.58 | 1.29 | 1.08 | 0.26 | 1.5 | 0.80 | 1.29 | 0.08 | 1.28 | 0.14 | 0.78 |
| 最小值 | 0.30 | 0.17 | 0.19 | 0.61 | 0.36 | 0.02 | 0.11 | 0.10 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.22 |
| 超标率 | 0 | 0 | 0 | 33.3% | 11.1% | 0 | 33.3% | 0 | 19.4% | 0 | 5.6% | 0 | 0 |

#### 5.3.2.4 2016 年 5 月评价结果

选取 pH、DO、COD、石油类、活性磷酸盐、无机氮、铜、砷、铅、锌、镉、汞、总铬、挥发酚、硫化物 15 项作为评价因子，具体见各评价因子指数统计表。

2016 年 5 月调查结果显示表层有 12 个站位无机氮、6 个站位铜、12 个站位铅、1 个站位锌、1 个站位镉、11 个站位汞超出所在功能区海水水质标准；中层有 4 个站位无机氮、5 个站位铅、6 个站位汞超出所在功能区海水水质标准；底层有 9 个站位无机氮、10 个站位铅、10 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，其它调查因子均满足所在功能区执行的海水水质标准。

无机氮：调查水质目标区内表层 12 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 26.7%，符合二类海水水质标准；中层 4 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 50%，符合二类海水水质标准；底层 9 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 25%，符合二类海水水质标准。

铜：调查水质目标区内表层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 13.3%，除 P22 符合三类海水水质标准外，其余 5 个均符合二类海水水质标准。

铅：表层 12 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 26.7%，除 P22、P31 符合三类海水水质标准外，其余 10 个均符合二类海水水质标准；中层 8 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 62.5%，除 P30 符合三类海水水质标准外，其余 7 个均符合二类海水水质标准；底层 10 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 25%，除 P35 符合三类海水水质标准外，其余均符合二类海水水质标准。

锌：调查水质目标区内表层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 2.2%，符合三类海水水质标准。

镉：表层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 2.2%，符合二类海水水质标准。

汞：表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 10 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 27.8%，符合二类海水水质标准。

**表 5.3-7　2016 年 5 月水质各污染因子标准指数表（表层评价）注：（未检出：—）**

| 站号 | 层次 | DO | pH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 石油 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 | 硫化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 表层 | 0.75 | 0.68 | 0.33 | 0.71 | 0.31 | 0.76 | 0.28 | 0.27 | 0.16 | 0.09 | 0.01 | 0.30 | 0.02 | 0.46 | — |
| P2 | 表层 | 0.76 | 0.71 | 0.31 | 0.96 | 0.34 | 0.89 | 0.30 | 0.27 | 0.16 | 0.05 | 0.04 | 0.33 | 0.02 | 0.50 | — |
| P3 | 表层 | 0.92 | 0.70 | 0.48 | 1.18 | 0.75 | 0.87 | **1.29** | **1.28** | 0.40 | 0.37 | 0.04 | 1.28 | 0.12 | 0.54 | — |
| P4 | 表层 | 0.93 | 0.67 | 0.50 | 1.47 | 0.72 | 0.85 | **1.71** | **1.53** | 0.50 | 0.52 | 0.03 | 3.46 | 0.12 | 0.60 | — |
| P5 | 表层 | 0.93 | 0.68 | 0.42 | 1.05 | 0.67 | 0.79 | **1.01** | **3.73** | 1.00 | 1.17 | 0.02 | 1.26 | 0.12 | 0.62 | — |
| P6 | 表层 | 0.75 | 0.69 | 0.32 | 0.73 | 0.36 | 0.89 | 0.30 | 0.26 | 0.14 | 0.04 | 0.01 | 0.77 | 0.02 | 0.56 | 0.004 |
| P7 | 表层 | 0.76 | 0.69 | 0.29 | 0.90 | 0.40 | 0.85 | 0.34 | 0.48 | 0.14 | 0.07 | 0.04 | 0.29 | 0.02 | 0.54 | — |
| P8 | 表层 | 0.76 | 0.70 | 0.31 | 0.84 | 0.37 | 0.89 | 0.25 | 0.24 | 0.10 | 0.04 | 0.03 | 0.28 | 0.02 | 0.48 | — |
| P9 | 表层 | 0.92 | 0.70 | 0.38 | 1.30 | 0.67 | 0.85 | 0.66 | **1.63** | 0.20 | 0.23 | 0.08 | 0.92 | 0.12 | 0.56 | — |
| P10 | 表层 | 0.92 | 0.71 | 0.42 | 1.17 | 0.77 | 0.75 | 0.62 | **1.14** | 0.35 | 0.29 | 0.03 | 2.44 | 0.11 | 0.56 | — |
| P11 | 表层 | 0.75 | 0.67 | 0.20 | 0.75 | 0.30 | 0.99 | 0.25 | 0.20 | 0.12 | 0.05 | 0.02 | 0.33 | 0.07 | 0.46 | 0.004 |
| P12 | 表层 | 0.76 | 0.70 | 0.21 | 0.83 | 0.34 | 0.84 | 0.30 | 0.20 | 0.18 | 0.04 | 0.02 | 0.21 | 0.03 | 0.40 | — |
| P13 | 表层 | 0.76 | 0.68 | 0.27 | 0.78 | 0.30 | 0.82 | 0.29 | 0.25 | 0.12 | 0.07 | 0.02 | 0.21 | 0.03 | 0.44 | — |
| P14 | 表层 | 0.92 | 0.69 | 0.50 | 0.98 | 0.68 | 0.78 | 0.60 | 1.00 | 0.25 | 0.20 | 0.04 | 1.24 | 0.03 | 0.46 | — |
| P15 | 表层 | 0.92 | 0.71 | 0.48 | 1.11 | 0.67 | 0.89 | **1.27** | **2.97** | 0.70 | 0.26 | 0.05 | 2.06 | 0.11 | 0.50 | — |
| P16 | 表层 | 0.75 | 0.68 | 0.28 | 0.80 | 0.26 | 0.92 | 0.33 | 0.35 | 0.16 | 0.09 | 0.02 | 0.41 | 0.03 | 0.36 | 0.004 |
| P17 | 表层 | 0.75 | 0.69 | 0.27 | 0.81 | 0.37 | 0.92 | 0.31 | 0.46 | 0.24 | 0.08 | 0.02 | 0.40 | 0.03 | 0.44 | — |
| P18 | 表层 | 0.75 | 0.71 | 0.32 | 0.95 | 0.37 | 0.89 | 0.17 | 0.56 | 0.10 | 0.02 | 0.01 | 0.33 | 0.02 | 0.46 | 0.004 |
| P19 | 表层 | 0.75 | 0.69 | 0.28 | 0.52 | 0.35 | 0.73 | 0.23 | 0.39 | 0.14 | 0.04 | 0.01 | 0.33 | 0.04 | 0.34 | — |
| P20 | 表层 | 0.92 | 0.70 | 0.38 | 1.02 | 0.51 | 0.89 | 0.48 | **2.08** | 0.35 | 0.25 | 0.03 | 1.24 | 0.11 | 0.64 | — |
| P21 | 表层 | 0.75 | 0.70 | 0.28 | 0.81 | 0.21 | 0.82 | 0.34 | 0.22 | 0.16 | 0.05 | 0.01 | 0.41 | 0.03 | — | — |
| P22 | 表层 | 0.74 | 0.69 | 0.31 | 0.80 | 0.26 | 0.82 | **1.28** | **1.81** | **1.04** | 0.05 | 0.03 | 0.57 | 0.03 | — | — |
| P23 | 表层 | 0.74 | 0.70 | 0.28 | 0.74 | 0.31 | 0.94 | 0.47 | 0.29 | 0.24 | 0.04 | 0.01 | 0.45 | 0.03 | 0.50 | — |
| P24 | 表层 | 0.74 | 0.70 | 0.24 | 0.69 | 0.39 | 0.99 | 0.21 | 0.24 | 0.12 | 0.04 | 0.01 | 0.33 | 0.03 | — | — |
| P25 | 表层 | 0.92 | 0.69 | 0.32 | 1.13 | 0.57 | 0.96 | 0.32 | 0.77 | 0.25 | 0.18 | 0.03 | 0.84 | 0.05 | 0.34 | — |

| 站号 | 层次 | DO | pH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 石油 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 | 硫化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P26 | 表层 | 0.63 | 0.58 | 0.19 | 0.57 | 0.19 | 0.15 | 0.05 | 0.44 | 0.13 | 0.02 | 0.01 | 0.45 | 0.02 | — | 0.002 |
| P27 | 表层 | 0.75 | 0.68 | 0.29 | 0.79 | 0.23 | 0.85 | 0.52 | 0.39 | 0.18 | 0.04 | 0.01 | 0.41 | 0.03 | 0.46 | — |
| P28 | 表层 | 0.63 | 0.57 | 0.18 | 0.58 | 0.26 | 0.16 | 0.09 | 0.17 | 0.09 | 0.02 | 0.01 | 0.42 | 0.02 | 0.36 | 0.002 |
| P29 | 表层 | 0.75 | 0.71 | 0.27 | 0.66 | 0.31 | 0.89 | 0.48 | 0.69 | 0.12 | 0.07 | 0.08 | 0.40 | 0.03 | — | — |
| P30 | 表层 | 0.91 | 0.71 | 0.42 | 1.11 | 0.83 | 0.80 | 0.45 | **2.94** | 0.25 | 0.36 | 0.11 | 1.70 | 0.12 | 0.46 | — |
| P31 | 表层 | 0.74 | 0.70 | 0.32 | 0.63 | 0.30 | 0.47 | 0.37 | **1.41** | 0.54 | 0.05 | 0.01 | 0.33 | 0.03 | 0.44 | 0.005 |
| P32 | 表层 | 0.75 | 0.70 | 0.31 | 0.71 | 0.32 | 0.89 | 0.36 | 0.22 | — | 0.03 | 0.01 | 0.33 | 0.03 | 0.46 | — |
| P33 | 表层 | 0.74 | 0.70 | 0.36 | 0.79 | 0.39 | 0.82 | 0.36 | 0.64 | 0.14 | 0.06 | 0.01 | 0.57 | 0.03 | 0.42 | — |
| P34 | 表层 | 0.91 | 0.70 | 0.41 | 1.05 | 0.60 | 0.75 | **1.36** | **1.70** | 0.25 | 0.15 | 0.02 | 1.76 | 0.05 | 0.42 | — |
| P35 | 表层 | 0.91 | 0.69 | 0.50 | 1.07 | 0.62 | 0.85 | 0.83 | **3.73** | 0.40 | 0.37 | 0.02 | 1.66 | 0.12 | 0.46 | — |
| P36 | 表层 | 0.63 | 0.57 | 0.18 | 0.53 | 0.36 | 0.16 | 0.09 | 0.13 | 0.06 | 0.03 | 0.01 | 0.40 | 0.02 | — | — |
| P37 | 表层 | 0.63 | 0.58 | 0.22 | 0.48 | 0.32 | 0.16 | 0.05 | 0.38 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.43 | 0.02 | 0.11 | — |
| P38 | 表层 | 0.63 | 0.59 | 0.21 | 0.52 | 0.32 | 0.15 | 0.06 | 0.11 | — | 0.02 | 0.01 | 0.45 | 0.01 | 0.15 | — |
| P39 | 表层 | 0.62 | 0.58 | 0.23 | 0.55 | 0.32 | 0.17 | 0.11 | 0.33 | 0.07 | 0.04 | 0.01 | 0.43 | 0.02 | 0.25 | — |
| P40 | 表层 | 0.75 | 0.68 | 0.28 | 0.75 | 0.24 | 0.89 | 0.28 | 0.24 | 0.12 | 0.04 | 0.02 | 0.32 | 0.03 | 0.34 | 0.004 |
| P41 | 表层 | 0.75 | 0.68 | 0.23 | 0.84 | 0.37 | 0.87 | 0.21 | 0.29 | 0.08 | 0.04 | 0.01 | 0.21 | 0.03 | 0.46 | — |
| P42 | 表层 | 0.63 | 0.57 | 0.17 | 0.65 | 0.22 | 0.14 | 0.06 | 0.17 | 0.31 | 0.03 | 0.01 | 0.33 | 0.02 | 0.18 | — |
| P43 | 表层 | 0.63 | 0.57 | 0.19 | 0.57 | 0.32 | 0.15 | 0.13 | 0.09 | — | 0.01 | 0.01 | 0.33 | 0.02 | 0.25 | — |
| P44 | 表层 | 0.92 | 0.70 | 0.35 | 1.11 | 0.54 | 0.80 | 0.44 | 0.80 | — | 0.15 | 0.02 | 1.52 | 0.05 | 0.32 | 0.01 |
| P45 | 表层 | 0.75 | 0.70 | 0.27 | 0.79 | 0.34 | 0.82 | 0.35 | 0.48 | 0.16 | 0.06 | 0.01 | 0.49 | 0.02 | 0.52 | 0.004 |
| **最大值** | | 0.93 | 0.71 | 0.5 | 1.47 | 0.83 | 0.99 | 1.71 | 3.73 | 1.04 | 1.17 | 0.11 | 3.46 | 0.12 | • | 0.01 |
| **最小值** | | 0.62 | 0.57 | 0.17 | 0.48 | 0.19 | 0.14 | 0.05 | 0.09 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.21 | 0.01 | 0.11 | 0.002 |
| **超标率** | | 0 | 0 | 0 | 26.7% | 0 | 0 | 13.3% | 26.7% | 2.2% | 2.2% | 0 | 24.4% | 0 | 0 | 0 |

**表 5.3-8　2016 年 5 月水质各污染因子标准指数表（中层评价）注：（未检出：—）**

| 站号 | 层次 | COD | DO | PH | 无机氮 | 磷酸盐 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 | 硫化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P3 | 中层 | 0.54 | 0.93 | 0.29 | 0.93 | 0.62 | 0.54 | 1.01 | 0.35 | 0.50 | 0.02 | 1.08 | 0.11 | 0.50 | — |
| P4 | 中层 | 0.48 | 0.93 | 0.34 | 0.9 | 0.59 | 0.84 | 1.74 | 0.75 | 0.88 | 0.01 | 1.68 | 0.11 | 0.56 | — |
| P8 | 中层 | 0.29 | 0.76 | 0.31 | 0.79 | 0.35 | 0.29 | 0.46 | 0.20 | 0.07 | 0.02 | 0.38 | 0.02 | 0.50 | — |
| P9 | 中层 | 0.42 | 0.93 | 0.34 | 1.06 | 0.80 | 0.43 | 0.75 | 0.20 | 0.19 | 0.02 | 1.28 | 0.12 | 0.58 | — |
| P10 | 中层 | 0.46 | 0.93 | 0.31 | 1.17 | 0.28 | 0.57 | 1.15 | 0.25 | 0.27 | 0.03 | 2.04 | 0.11 | 0.60 | — |
| P15 | 中层 | 0.46 | 0.93 | 0.26 | 1.13 | 0.93 | 0.86 | 6.22 | 0.80 | 0.40 | 0.03 | 2.42 | 0.11 | 0.72 | — |
| P19 | 中层 | 0.27 | 0.77 | 0.37 | 0.78 | 0.41 | 0.22 | 0.21 | 0.10 | 0.04 | 0.01 | 0.50 | 0.03 | 0.34 | — |
| P20 | 中层 | 0.34 | 0.93 | 0.31 | 1.09 | 0.70 | 0.54 | 1.21 | 0.30 | 0.24 | 0.03 | 1.58 | 0.11 | — | — |
| 最大值 | | 0.54 | 0.93 | 0.37 | 1.17 | 0.93 | 0.86 | 6.22 | 0.80 | 0.88 | 0.03 | 2.42 | 0.12 | 0.72 | — |
| 最小值 | | 0.27 | 0.76 | 0.26 | 0.78 | 0.28 | 0.22 | 0.21 | 0.10 | 0.04 | 0.01 | 0.38 | 0.02 | 0.34 | — |
| 超标率 | | 0 | 0 | 0 | 50% | 0 | 0 | 62.5% | 0 | 0 | 0 | 75% | 0 | 0 | — |

**表 5.3-9　2016 年 5 月水质各污染因子标准指数表（底层评价）注：（未检出：—）**

| 站号 | 层次 | DO | PH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 | 硫化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P2 | 底层 | 0.77 | 0.29 | 0.28 | 0.94 | 0.28 | 0.23 | 0.17 | 0.14 | 0.05 | 0.04 | 0.60 | 0.02 | 0.58 | 0.004 |
| P3 | 底层 | 0.93 | 0.34 | 0.46 | **1.30** | 0.72 | 0.59 | 1.09 | 0.30 | 0.37 | 0.04 | 1.12 | 0.13 | 0.58 | 0.01 |
| P4 | 底层 | 0.93 | 0.31 | 0.48 | **1.40** | 0.62 | 0.54 | 1.00 | 0.30 | 0.35 | 0.01 | 1.22 | 0.12 | 0.66 | 0.01 |
| P5 | 底层 | 0.93 | 0.37 | 0.44 | **1.13** | 0.57 | 0.93 | 2.08 | 0.65 | 0.59 | 0.02 | 1.28 | 0.13 | 0.44 | — |
| P7 | 底层 | 0.77 | 0.26 | 0.31 | 0.86 | 0.35 | 0.40 | 0.33 | 0.26 | 0.11 | 0.03 | 0.17 | 0.02 | 0.44 | 0.004 |
| P8 | 底层 | 0.77 | 0.37 | 0.29 | 0.78 | 0.34 | 0.52 | 0.37 | 0.14 | 0.06 | 0.02 | 0.16 | 0.02 | 0.62 | 0.005 |
| P9 | 底层 | 0.94 | 0.37 | 0.46 | 1.15 | 0.93 | 0.65 | 1.05 | 0.25 | 0.22 | 0.03 | 0.92 | 0.17 | 0.66 | 0.01 |
| P10 | 底层 | 0.93 | 0.29 | 0.50 | 0.91 | 0.62 | 0.56 | 1.10 | 0.25 | 0.29 | 0.03 | 1.98 | 0.12 | 0.62 | — |
| P12 | 底层 | 0.76 | 0.69 | 0.23 | 0.77 | 0.27 | 0.25 | 0.12 | 0.10 | 0.04 | 0.02 | 0.11 | 0.03 | 0.34 | 0.004 |
| P13 | 底层 | 0.77 | 0.26 | 0.24 | 0.67 | 0.32 | 0.37 | 0.43 | 0.18 | 0.05 | 0.02 | 0.22 | 0.03 | 0.42 | 0.004 |
| P14 | 底层 | 0.92 | 0.68 | 0.59 | 1.40 | 0.54 | 0.66 | 1.75 | 0.25 | 0.20 | 0.04 | 1.12 | 0.05 | 0.64 | — |
| P15 | 底层 | 0.93 | 0.34 | 0.44 | 0.95 | 0.59 | 0.58 | 1.66 | 0.30 | 0.23 | 0.03 | 2.06 | 0.14 | 0.42 | — |
| P17 | 底层 | 0.77 | 0.40 | 0.29 | 0.88 | 0.26 | 0.30 | 0.28 | 0.14 | 0.03 | 0.01 | 0.33 | 0.03 | 0.44 | — |
| P18 | 底层 | 0.77 | 0.72 | 0.31 | 0.82 | 0.26 | 0.35 | 0.21 | 0.32 | 0.03 | 0.02 | 0.38 | 0.03 | 0.40 | 0.005 |
| P19 | 底层 | 0.77 | 0.29 | 0.28 | 0.73 | 0.39 | 0.47 | 0.54 | 0.32 | 0.07 | 0.02 | 0.40 | 0.03 | 0.46 | 0.004 |
| P20 | 底层 | 0.93 | 0.34 | 0.30 | 1.12 | 0.75 | 0.42 | 0.81 | 0.25 | 0.18 | 0.03 | 1.30 | 0.11 | 0.24 | — |
| P22 | 底层 | 0.76 | 0.34 | 0.32 | 0.82 | 0.35 | 0.47 | 0.24 | 0.20 | 0.05 | 0.01 | 0.51 | 0.03 | 0.48 | 0.004 |
| P23 | 底层 | 0.77 | 0.34 | 0.25 | 0.67 | 0.37 | 0.44 | 0.36 | 0.22 | 0.06 | 0.02 | 0.40 | 0.03 | 0.26 | 0.004 |
| P24 | 底层 | 0.77 | 0.34 | 0.24 | 0.62 | 0.31 | 0.53 | 0.61 | 0.22 | 0.04 | 0.02 | 0.28 | 0.03 | 0.52 | 0.004 |
| P25 | 底层 | 0.93 | 0.40 | 0.23 | 0.73 | 0.34 | 0.31 | 0.41 | 0.10 | 0.04 | 0.02 | 0.22 | 0.03 | 0.30 | 0.004 |
| P27 | 底层 | 0.77 | 0.37 | 0.25 | 0.77 | 0.22 | 0.62 | 0.30 | 0.14 | 0.04 | 0.01 | 0.45 | 0.03 | 0.38 | 0.004 |
| P28 | 底层 | 0.66 | 0.25 | 0.19 | 0.49 | 0.27 | 0.06 | 0.16 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.41 | 0.02 | 0.11 | 0.002 |
| P29 | 底层 | 0.77 | 0.29 | 0.23 | 0.65 | 0.34 | 0.24 | 0.64 | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.41 | 0.03 | 0.48 | 0.004 |

| 站号 | 层次 | DO | PH | COD | 无机氮 | 磷酸盐 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 | 挥发酚 | 硫化物 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P30 | 底层 | 0.92 | 0.34 | 0.38 | 1.00 | 0.72 | 0.91 | 4.14 | 0.60 | 0.36 | 0.03 | 1.64 | 0.13 | 0.44 | 0.01 |
| P32 | 底层 | 0.77 | 0.31 | 0.31 | 0.68 | 0.41 | 0.27 | 0.25 | — | 0.05 | 0.01 | 0.38 | 0.03 | 0.52 | 0.004 |
| P33 | 底层 | 0.77 | 0.34 | 0.33 | 0.67 | 0.31 | 0.67 | 0.47 | 0.14 | 0.05 | 0.01 | 0.33 | 0.03 | 0.44 | 0.004 |
| P34 | 底层 | 0.93 | 0.69 | 0.42 | 1.10 | 0.60 | 0.56 | 1.75 | 0.20 | 0.25 | 0.02 | 2.00 | 0.05 | 0.38 | 0.01 |
| P35 | 底层 | 0.93 | 0.37 | 0.38 | 1.03 | 0.65 | 0.97 | 5.65 | 0.75 | 0.41 | 0.03 | 1.64 | 0.11 | 0.38 | 0.01 |
| P36 | 底层 | 0.65 | 0.56 | 0.22 | 0.59 | 0.43 | 0.06 | 0.19 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.45 | 0.02 | 0.18 | 0.002 |
| P37 | 底层 | 0.65 | 0.57 | 0.19 | 0.52 | 0.32 | 0.04 | 0.29 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.45 | 0.02 | 0.25 | 0.0025 |
| P38 | 底层 | 0.65 | 0.58 | 0.22 | 0.51 | 0.32 | 0.06 | 0.17 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.41 | 0.02 | 0.20 | 0.0025 |
| P39 | 底层 | 0.65 | 0.57 | 0.27 | 0.54 | 0.34 | 0.08 | 0.37 | 0.06 | 0.04 | 0.01 | 0.40 | 0.02 | 0.18 | 0.0025 |
| P40 | 底层 | 0.77 | 0.34 | 0.24 | 0.74 | 0.31 | 0.22 | 0.14 | — | 0.03 | 0.01 | 0.23 | 0.03 | 0.46 | 0.005 |
| P41 | 底层 | 0.77 | 0.31 | 0.27 | 0.64 | 0.30 | 0.41 | 0.43 | 0.12 | 0.05 | 0.01 | 0.20 | 0.03 | 0.52 | 0.004 |
| P42 | 底层 | 0.65 | 0.57 | 0.19 | 0.66 | 0.23 | 0.04 | 0.13 | — | 0.02 | 0.01 | 0.22 | 0.02 | 0.22 | 0.002 |
| P43 | 底层 | 0.65 | 0.22 | 0.21 | 0.60 | 0.26 | 0.10 | 0.23 | 0.15 | 0.03 | 0.01 | 0.33 | 0.02 | 0.24 | 0.002 |
| 最大值 | — | 0.94 | 0.69 | 0.59 | 1.40 | 0.93 | 0.97 | 5.65 | 0.75 | 0.59 | 0.07 | 2.06 | 0.17 | 0.66 | 0.01 |
| 最小值 | — | 0.65 | 0.56 | 0.19 | 0.49 | 0.22 | 0.04 | 0.12 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.11 | 0.02 | 0.11 | 0.002 |
| 超标率 | — | 0 | 0 | 0 | 25.0% | 0 | 0 | 27.8% | 0 | 0 | 0 | 27.8% | 0 | 0 | 0 |

#### 5.3.2.5 超标原因

本现状调查范围内 2015 年 10 月、2016 年 5 月调查主要超标因子有无机氮、磷酸盐、铜、铅、镉、锌、总汞等。

根据《2015 年北海区海洋环境公报》：“2015 年，渤海近岸以外海域海水质量状况良好，近岸海域海水环境污染严重。渤海海水环境主要超标物质为无机氮和活性磷酸盐。无机氮是渤海劣四类水质海域的主要污染因素，冬季、秋季渤海中部局部海域活性磷酸盐超第一类海水水质标准。”调查海域无机氮、磷酸盐超标与渤海海区的海水水质情况一致。本次调查站位距离新建 6-4CEPA 最近约 6km，其余站位都在 6 公里以外，一般情况下海上石油开发工程环境影响的范围不会超过 5 公里。结合附近海域的历史调查资料，汞、铅、镉、锌的浓度均有超标现象，说明本调查海域汞、铅、镉、锌超标现象比较普遍。

## 5.4 海洋沉积物现状调查及评价

### 5.4.1 调查概况

2015 年秋季调查，布设点位总计 45 个，其中沉积物监测点位共计 23 个。2015 年 10 月大潮期，调查一次。

#### 5.4.1.1 调查因子

选取有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、铬、砷、粒度进行监测分析，监测方法和分析方法见表 5.4-1。

**表 5.4-1 沉积物监测项目和分析方法**

| 项目 | 分析方法 | 检出限 |
|---|---|---|
| 有机碳 | 重铬酸钾氧化—还原容量法 | |
| 硫化物 | 碘量法 | $4\times10^{-6}$ |
| 石油类 | 紫外分光光度法 | $3\times10^{-6}$ |
| 铜 | 火焰原子吸收分光光度法 | $2\times10^{-6}$ |
| 铅 | 火焰原子吸收分光光度法 | $3\times10^{-6}$ |
| 锌 | 火焰原子吸收分光光度法 | $6\times10^{-6}$ |
| 镉 | 火焰原子吸收分光光度法 | $0.05\times10^{-6}$ |
| 汞 | 原子荧光法 | $0.002\times10^{-6}$ |

| 项目 | 分析方法 | 检出限 |
|---|---|---|
| 铬 | 无火焰原子吸收分光光度法 | $2\times10^{-6}$ |
| 砷 | 原子荧光法 | $0.06\times10^{-6}$ |
| 粒度 | 激光粒度仪 | |

#### 5.4.1.2 评价标准

根据《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），对照《河北省海洋功能区划》（2011~2020年）中对工程临近功能区水质保护目标要求，除 P43 站位沉积物评价标准采用二类标准外，其他站位全部采用沉积物评价标准《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的一类标准，见表 5.4-2。

**表 5.4-2 沉积物质量标准**

| 项目 | 有机碳 | 硫化物 | 石油类 | 铜 | 铅 |
|---|---|---|---|---|---|
| 一类 | $2.0\times10^{-2}$ | $300.0\times10^{-6}$ | $500.0\times10^{-6}$ | $35.0\times10^{-6}$ | $60.0\times10^{-6}$ |
| 二类 | $3.0\times10^{-2}$ | $500.0\times10^{-6}$ | $1000.0\times10^{-6}$ | $100.0\times10^{-6}$ | $130.0\times10^{-6}$ |
| 项目 | 锌 | 镉 | 汞 | 铬 | 砷 |
| 一类 | $150.0\times10^{-6}$ | $0.50\times10^{-6}$ | $0.20\times10^{-6}$ | $80.0\times10^{-6}$ | $20.0\times10^{-6}$ |
| 二类 | $350.0\times10^{-6}$ | $1.50\times10^{-6}$ | $0.50\times10^{-6}$ | $150.0\times10^{-6}$ | $65.0\times10^{-6}$ |

#### 5.4.1.3 评价方法

评价方法采用标准指数法。

其中单因子污染标准指数法，按下列公式计算：

$$I_i = C_i / S_i$$

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

### 5.4.2 沉积物环境质量现状评价

选取有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、铬、砷 10 项作为评价因子，按《海洋沉积物质量》进行评价，表 5.4-3 为各评价因子指数表。

**表 5.4-3 沉积物各项评价因子标准指数统计表**

| 项目<br>站号 | 石油类 | 硫化物 | 有机碳 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 铬 | 汞 | 砷 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 0.30 | 0.27 | 0.60 | 0.23 | 0.40 | 0.39 | 0.16 | 0.45 | 0.40 | 0.32 |
| P3 | 0.37 | 0.24 | 0.39 | 0.29 | 0.40 | 0.44 | 0.22 | 0.44 | 0.41 | 0.27 |
| P5 | 0.33 | 0.25 | 0.45 | 0.31 | 0.53 | 0.54 | 0.22 | 0.53 | 0.42 | 0.26 |
| P6 | 0.32 | 0.34 | 0.65 | 0.30 | 0.26 | 0.11 | 0.18 | 0.33 | 0.44 | 0.27 |
| P11 | 0.30 | 0.26 | 0.54 | 0.40 | 0.55 | 0.56 | 0.20 | 0.49 | 0.41 | 0.27 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P13 | 0.30 | 0.25 | 0.50 | 0.37 | 0.50 | 0.44 | 0.22 | 0.55 | 0.44 | 0.25 |
| P15 | 0.31 | 0.20 | 0.40 | 0.43 | 0.46 | 0.50 | 0.24 | 0.53 | 0.47 | 0.31 |
| P21 | 0.36 | 0.32 | 0.69 | 0.16 | 0.32 | 0.21 | 0.24 | 0.34 | 0.43 | 0.25 |
| P23 | 0.33 | 0.24 | 0.48 | 0.37 | 0.57 | 0.49 | 0.24 | 0.52 | 0.40 | 0.32 |
| P25 | 0.32 | 0.22 | 0.47 | 0.44 | 0.62 | 0.66 | 0.22 | 0.53 | 0.42 | 0.35 |
| P31 | 0.29 | 0.18 | 0.38 | 0.39 | 0.47 | 0.48 | 0.24 | 0.60 | 0.42 | 0.31 |
| P33 | 0.34 | 0.30 | 0.41 | 0.49 | 0.63 | 0.59 | 0.32 | 0.63 | 0.49 | 0.27 |
| P35 | 0.30 | 0.33 | 0.49 | 0.29 | 0.42 | 0.36 | 0.16 | 0.43 | 0.44 | 0.26 |
| P37 | 0.33 | 0.32 | 0.46 | 0.32 | 0.54 | 0.45 | 0.28 | 0.45 | 0.43 | 0.26 |
| P39 | 0.29 | 0.30 | 0.48 | 0.45 | 0.64 | 0.47 | 0.28 | 0.51 | 0.49 | 0.28 |
| P41 | 0.31 | 0.19 | 0.74 | 0.33 | 0.40 | 0.37 | 0.22 | 0.41 | 0.41 | 0.30 |
| P40 | 0.33 | 0.18 | 0.44 | 0.40 | 0.56 | 0.40 | 0.26 | 0.45 | 0.45 | 0.36 |
| P36 | 0.35 | 0.22 | 0.43 | 0.34 | 0.50 | 0.41 | 0.24 | 0.45 | 0.49 | 0.32 |
| P38 | 0.32 | 0.25 | 0.43 | 0.31 | 0.46 | 0.34 | 0.22 | 0.40 | 0.49 | 0.27 |
| P42 | 0.32 | 0.20 | 0.45 | 0.54 | 0.58 | 0.52 | 0.22 | 0.50 | 0.44 | 0.27 |
| P43 | 0.16 | 0.14 | 0.31 | 0.16 | 0.22 | 0.18 | 0.07 | 0.27 | 0.20 | 0.09 |
| P44 | 0.34 | 0.26 | 0.47 | 0.32 | 0.42 | 0.33 | 0.20 | 0.47 | 0.44 | 0.28 |
| P45 | 0.34 | 0.40 | 0.48 | 0.12 | 0.30 | 0.14 | 0.10 | 0.37 | 0.47 | 0.25 |
| 最大值 | 0.37 | 0.40 | 0.74 | 0.54 | 0.64 | 0.66 | 0.32 | 0.63 | 0.49 | 0.36 |
| 最小值 | 0.16 | 0.14 | 0.31 | 0.12 | 0.22 | 0.11 | 0.07 | 0.27 | 0.20 | 0.09 |

由表可以看出调查区沉积物类型以黏土质粉砂为主。本次调查的油类、硫化物、有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷均符合所在功能区沉积物质量标准，沉积物质量状况良好。

## 5.5 海洋生物生态现状调查及评价

### 5.5.1 调查、分析与评价方法

样品的处理、分析鉴定和数据处理均按《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）与《海洋监测规范》（GB17378-2007）的技术要求进行，具体的调查分析与评价方法如下：

**1）调查与分析方法**

叶绿素 a 测定，采集各站点水样，经孔径为 0.45μm 的滤膜过滤后，将滤膜干燥冷藏保存，采用分光光度法进行分析，依次在 750nm、664nm、647nm、630nm 波长下测定吸光值，按 Jeffrey-Humphrey 的方程式计算叶绿素 a 的含量。并据此估算初级生产力。

浮游动物、植物样品分别用浅水Ⅰ和Ⅲ型浮游生物网，自底（距底 2m）至表垂直拖网取得。样品经 5%福尔马林海水溶液固定，以个体计数法进行分析。

底栖生物样品系用 0.05m$^2$ 采泥器采集，所获泥样经 0.5mm 的套筛淘洗后，挑拣全

部个体作为一个样品，生物标本浸于 75%酒精溶液中固定保存，称重在感量为 0.001g 的电子天平上进行。

**2）评价方法**

浮游生物、底栖生物群落结构分析，根据各站生物的密度和种类，分别对生物样品的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等进行统计学评价分析，计算公式为：

●香农-韦弗（Shannon-Weaver）多样性指数：

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} Pi \log_2 Pi$$

式中：$H'$为种类多样性指数，$S$ 为样品中的种类总数，$Pi$ 为第 i 种的个体数（$ni$）或生物量（$wi$）与总个体数（$N$）或总生物量（$W$）的比值（$\frac{n_i}{N}$ 或 $\frac{w_i}{W}$）。

●均匀度（Pielou 指数）：

$$J = \frac{H'}{Hmax}$$

式中：$J$ 表示均匀度，$H'$为种类多样性指数值，$Hmax$ 为 $\log_2 S$，表示多样性指数的最大值，S 为样品中总种类数。

●优势度：

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

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

●丰度（Margalef 指数）：

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

式中：$d$ 为表示丰度，$S$ 为样品中的种类总数，$N$ 为样品中的生物个体数。

## 5.5.2 叶绿素 a 与初级生产力

### 5.5.2.1 2015 年 10 月秋季

2015 年 10 月，根据水深和取样要求对调查海区 27 个调查站表层水域、3 个调查站的中层水域和 20 个站底层水域叶绿素 a 含量进行调查。调查结果见表 5.5-1。

调查海区表层叶绿素 a 含量在（0.44～3.33）mg/m$^3$ 之间，平均含量为 1.52mg/m$^3$，

最高值出现在 P5 号站，最低值出现在 P11 号站；底层叶绿素 a 含量在（0.44～3.15）mg/m$^3$，平均含量为 1.33mg/m$^3$，最高值同样出现在 P5 号站，最低值出现在 P9 号站，另外还对 P3、P9 和 P15 号站的中层水域叶绿素 a 含量进行取样调查，调查结果见表 3.3-1。同一调查站表层和底层叶绿素 a 含量相差不大。

根据《赤潮监测技术规程》（HY/T069-2005），叶绿素 a 作为判断海水营养状况的单项指标，评价范围在（1~10）μg/dm$^3$，依据这个评价标准，本次调查叶绿素 a 含量处于一般水平。

使用 Cadee 和 Hegeman（1974）简化公式，以表层叶绿素 a 的含量、海水透明度、日照时数等指数进行估算，得到该海区初级生产力在（53.72~772.53）mgC/m$^2$d 之间，平均为 259.18mgC/m$^2$d，变化幅度与表层叶绿素 a 含量变化基本一致，最高值在 P5 号站，最低值出现在 P11 号站位（见表 5.5-1）。整个调查区的初级生产力处于正常水平。

**表 5.5-1 调查海域叶绿素 a 含量和初级生产力**

| 站号 | 叶绿素 a（mg/m$^3$） | | | 初级生产力（mgC/m$^2$d） |
|---|---|---|---|---|
| | 表层 | 中层 | 底层 | |
| P1 | 2.44 | / | / | 297.92 |
| P3 | 0.88 | 0.44 | 0.88 | 214.90 |
| P5 | 3.33 | | 3.15 | 772.53 |
| P6 | 0.85 | / | / | 114.16 |
| P9 | 1.50 | 1.09 | 0.44 | 329.67 |
| P11 | 0.44 | / | / | 53.72 |
| P13 | 1.09 | / | 1.36 | 199.63 |
| P15 | 0.68 | 0.44 | 0.88 | 149.45 |
| P17 | 0.91 | / | 0.88 | 166.67 |
| P19 | 1.35 | / | 0.68 | 296.70 |
| P21 | 0.88 | / | / | 107.45 |
| P23 | 0.88 | / | 1.09 | 161.17 |
| P25 | 2.24 | / | 1.8 | 382.91 |
| P27 | 1.77 | / | 1.12 | 280.95 |
| P31 | 1.74 | / | / | 191.21 |
| P33 | 1.12 | / | 1.53 | 205.13 |
| P35 | 1.77 | / | 1.53 | 345.79 |
| P36 | 1.97 | / | 1.76 | 384.86 |
| P37 | 1.56 | / | 0.88 | 285.71 |
| P38 | 1.80 | / | 2.18 | 329.67 |
| P39 | 3.12 | / | 1.12 | 533.33 |
| P40 | 1.56 | / | 1.33 | 247.62 |
| P41 | 0.47 | / | 0.88 | 86.08 |
| P42 | 1.53 | / | 1.73 | 205.49 |
| P43 | 1.97 | / | 1.33 | 312.70 |
| P44 | 1.73 | / | / | 190.11 |

| 站号 | 叶绿素 a（mg/m³） | | | 初级生产力（mgC/m²d） |
|---|---|---|---|---|
| | 表层 | 中层 | 底层 | |
| P45 | 1.56 | / | / | 152.38 |
| 最大值 | 3.33 | 1.09 | 3.15 | 772.53 |
| 最小值 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 53.72 |

“/”表示：未检测该层海水叶绿素 a 含量。

#### 5.5.2.2 2016 年 5 月春季调查

2016 年 5 月，根据水深和取样要求对调查海区 29 个调查站表层水域、5 个调查站的中层水域和 22 个站底层水域叶绿素 a 含量进行调查。调查结果见表 5.5-2。

调查海区表层叶绿素 a 含量在（0.88～8.49）mg/m³ 之间，平均含量为 2.33mg/m³，最高值出现在 P23 号站，P19 号站次之，这两个站的表层叶绿素 a 含量明显高于其他调查站，原因可能与这两个调查站的浮游植物细胞数量较大有关。最低值出现在 P45 号站；底层叶绿素 a 含量在（0.44～8.15）mg/m³，平均含量为 1.99mg/m³，最高值同样出现在 P23 号站，P19 号站次之，最低值出现在 P39 号站，另外还对 P3、P9 、P15、P19 和 P29 号站的中层水域叶绿素 a 含量进行取样调查，调查结果见表 5.5-1。同一调查站表层和底层叶绿素 a 含量相差不大。

根据《赤潮监测技术规程》（HY/T069-2005），叶绿素 a 作为判断海水营养状况的单项指标，评价范围在（1~10）μg/dm³，依据这个评价标准，本次调查 P19 号站和 P23 号站叶绿素 a 含量明显高于其他调查站，调查海区叶绿素 a 含量整体处于一般水平。

使用 Cadee 和 Hegeman（1974）简化公式估算得到该海区初级生产力在（76.19~1041.34）mgC/m²d 之间，平均为 271.26mgC/m²d，变化幅度与表层叶绿素 a 含量变化基本一致，最高值在 P23 号站，P19 号站次之最，低值出现在 P45 号站位（见表 5.5-2）。

综上，本次调查 P19 号站和 P23 号站叶绿素 a 含量和初级生产力较高，其余调查站叶绿素 a 含量和初级生产力处于正常水平。

**表 5.5-2 2016 年 5 月调查海域叶绿素 a 含量和初级生产力**

| 站号 | 叶绿素 a（mg/m³） | | | 初级生产力（mgC/m²d） |
|---|---|---|---|---|
| | 表层 | 中层 | 底层 | |
| P1 | 1.77 | / | / | 140.48 |
| P3 | 1.83 | 2.21 | 2.68 | 237.66 |
| P5 | 2.65 | / | 2.44 | 382.40 |
| P6 | 1.77 | / | / | 153.25 |
| P7 | 4.22 | / | 0.88 | 548.05 |

| 站号 | 叶绿素 a（mg/m³） | | | 初级生产力（mgC/m²d） |
|---|---|---|---|---|
| | 表层 | 中层 | 底层 | |
| P9 | 1.09 | 1.53 | 1.29 | 157.29 |
| P11 | 1.53 | / | / | 132.47 |
| P13 | 2.01 | / | 1.80 | 232.03 |
| P15 | 1.32 | 1.77 | 0.68 | 190.48 |
| P17 | 1.80 | / | 1.32 | 207.79 |
| P19 | 8.15 | 3.65 | 6.63 | 999.64 |
| P21 | 2.28 | / | / | 197.40 |
| P23 | 8.49 | / | 8.15 | 1041.34 |
| P25 | 1.97 | / | 1.33 | 213.20 |
| P27 | 2.65 | / | 1.74 | 286.80 |
| P29 | 3.27 | 1.53 | 2.18 | 376.91 |
| P31 | 1.32 | / | / | 114.29 |
| P33 | 1.80 | / | 1.36 | 207.79 |
| P35 | 1.29 | / | 1.77 | 167.53 |
| P36 | 1.94 | / | 1.12 | 251.95 |
| P37 | 1.56 | / | 1.09 | 180.09 |
| P38 | 1.29 | / | 1.12 | 167.53 |
| P39 | 1.53 | / | 0.44 | 176.62 |
| P40 | 1.53 | / | 1.09 | 165.58 |
| P41 | 3.16 | / | 2.44 | 410.39 |
| P42 | 1.56 | / | 1.36 | 146.32 |
| P43 | 1.97 | / | 0.88 | 213.20 |
| P44 | 1.06 | / | / | 91.77 |
| P45 | 0.88 | / | / | 76.19 |
| 最大值 | 8.49 | 3.65 | 8.15 | 1041.34 |
| 最小值 | 0.88 | 1.53 | 0.44 | 76.19 |

“/”表示：未检测该层海水叶绿素 a 含量。

## 5.5.3 浮游植物

### 5.5.3.1 2015 年 10 月秋季

**1、种类组成**

2015 年 10 月，调查海区共发现浮游植物 69 种（见浮游植物种名录），隶属硅藻门、甲藻门和金藻门，其中硅藻门共发现浮游植物 57 种，占浮游植物总种类的 82.6%，甲藻门 11 种，占总种类数的 15.9%，金藻门 1 种，占总种类数的 1.5%。生态类型以广布性种为主，优势种为一种圆筛藻（*Coscinodiscus* sp.）、翼根管藻（*Rhizosolenia alata* ）和一种角毛藻（*Chaetoceros* sp.），其中一种圆筛藻优势明显。

**2、数量分布**

2015 年 10 月，调查海区浮游植物细胞数量的变化范围在（81.39~3950.10）×10⁴ 个./m³

之间，平均为 337.36×10$^4$ 个/m$^3$。最高值出现在 P23 号站位，浮游植物细胞数量明显高于其他调查站，其中一种圆筛藻的细胞数量为 3511.20×10$^4$ 个./m$^3$，占本站浮游植物细胞数量的 88.9%，明显高于其他调查站中该种的发现数量；最低值出现在 P27 号站位（表 5.5-3）。

**表 5.5-3　2015 年 10 月调查海域浮游植物种类数和细胞密度**

| 站号 | 细胞密度（×10$^4$ 个/m$^3$） |
|---|---|
| P1 | 103.32 |
| P3 | 84.63 |
| P5 | 85.40 |
| P6 | 489.37 |
| P9 | 98.40 |
| P11 | 166.92 |
| P13 | 191.10 |
| P15 | 91.39 |
| P17 | 163.40 |
| P19 | 286.24 |
| P21 | 99.98 |
| P23 | 3950.10 |
| P25 | 142.25 |
| P27 | 81.39 |
| P31 | 291.04 |
| P33 | 366.62 |
| P35 | 206.76 |
| P36 | 130.86 |
| P37 | 279.70 |
| P38 | 194.62 |
| P39 | 123.60 |
| P40 | 152.30 |
| P41 | 168.82 |
| P42 | 232.59 |
| P43 | 203.92 |
| P44 | 175.71 |
| P45 | 548.19 |
| 平均值 | 337.36 |
| 最大值 | 3950.10 |
| 最小值 | 81.39 |

**3、群落特征**

根据生物群落特征的评价标准，2015 年 10 月调查浮游植物群落的丰富度指数在 0.54~1.42 之间，平均为 1.04；多样性指数在 0.80~3.75 之间，平均为 2.78；均匀度指数的变化范围在 0.19~0.82 之间，平均为 0.62；优势度指数在 0.30 ~0.95 之间，平均为 0.61。

借鉴《海洋监测规范第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB17378.7-2007）

第 15 章“海水增养殖区监测”中的评价指标，生物多样性指数 $H'$ 值：3~4 为清洁区域，2~3 为轻度污染；1~2 为中度污染；小于 1 为重污染。依据这个指标，本次调查 92.6%的调查海域浮游植物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染或清洁区域。

**表 5.5-4　2015 年 10 月调查海域浮游来评判植物群落特征**

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P1 | 0.90 | 3.16 | 0.74 | 0.50 |
| P3 | 1.42 | 3.35 | 0.69 | 0.51 |
| P5 | 0.86 | 2.01 | 0.48 | 0.74 |
| P6 | 0.94 | 2.86 | 0.64 | 0.60 |
| P9 | 1.00 | 2.33 | 0.53 | 0.73 |
| P11 | 1.26 | 3.75 | 0.79 | 0.39 |
| P13 | 0.96 | 2.97 | 0.68 | 0.56 |
| P15 | 1.21 | 3.04 | 0.65 | 0.57 |
| P17 | 1.07 | 2.71 | 0.60 | 0.59 |
| P19 | 0.98 | 2.97 | 0.67 | 0.55 |
| P21 | 1.00 | 3.62 | 0.82 | 0.30 |
| P23 | 0.71 | 0.80 | 0.19 | 0.95 |
| P25 | 0.98 | 2.97 | 0.68 | 0.58 |
| P27 | 1.32 | 2.67 | 0.56 | 0.68 |
| P31 | 1.02 | 3.41 | 0.75 | 0.48 |
| P33 | 1.15 | 2.38 | 0.51 | 0.71 |
| P35 | 1.05 | 2.68 | 0.59 | 0.66 |
| P36 | 1.23 | 2.90 | 0.62 | 0.63 |
| P37 | 1.12 | 2.39 | 0.51 | 0.75 |
| P38 | 1.29 | 2.43 | 0.51 | 0.77 |
| P39 | 0.54 | 1.80 | 0.50 | 0.86 |
| P40 | 0.83 | 2.39 | 0.57 | 0.73 |
| P41 | 0.82 | 2.33 | 0.56 | 0.74 |
| P42 | 1.18 | 3.48 | 0.74 | 0.39 |
| P43 | 1.24 | 3.58 | 0.75 | 0.40 |
| P44 | 0.72 | 2.85 | 0.71 | 0.56 |
| P45 | 1.25 | 3.20 | 0.66 | 0.56 |
| 平均值 | 1.04 | 2.78 | 0.62 | 0.61 |
| 最大值 | 1.42 | 3.75 | 0.82 | 0.95 |
| 最小值 | 0.54 | 0.80 | 0.19 | 0.30 |

#### 5.5.3.2　2016 年 5 月春季

**1、种类组成**

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游植物 44 种（见浮游植物种名录），隶属硅藻门、甲藻门、金藻门和和蓝藻门，其中硅藻门共发现浮游植物 37 种，占浮游植物总种类的

84.1%，甲藻门 5 种（占 11.4%），金藻门和蓝藻门各 1 种（共占 4.5%）。生态类型以广布性种为主，优势种为一种丹麦细柱藻（*Leptocylindrus danicus*）和刚毛根管藻（*Rhizosolenia setigera*），其中丹麦细柱藻优势明显。

**2、数量分布**

2016 年 5 月，调查海区浮游植物细胞数量的变化范围在（1.93~689.55）×$10^4$ 个/$m^3$ 之间，平均为 47.87×$10^4$ 个/$m^3$。最高值出现在 P19 号站，P23 号站位次之，这两个站的浮游植物细胞数量明显高于其他调查站，其中丹麦细柱藻的细胞数量分别为 686.53×$10^4$ 个./$m^3$ 和 314.57×$10^4$ 个./$m^3$，分别占对应调查站浮游植物细胞数量的 99.6%和 98.3%；最低值出现在 P3 号站位（表 5.5-5）。

**表 5.5-5　2016 年 5 月调查海域浮游植物细胞数量**

| 站号 | 细胞密度（×$10^4$ 个/$m^3$） |
|---|---|
| P1 | 7.75 |
| P3 | 1.93 |
| P5 | 4.80 |
| P6 | 26.11 |
| P7 | 2.97 |
| P9 | 3.73 |
| P11 | 28.76 |
| P13 | 4.05 |
| P15 | 11.02 |
| P17 | 19.27 |
| P19 | 689.55 |
| P21 | 47.54 |
| P23 | 320.12 |
| P25 | 3.07 |
| P27 | 6.95 |
| P29 | 2.56 |
| P31 | 8.24 |
| P33 | 5.41 |
| P35 | 4.04 |
| P36 | 28.58 |
| P37 | 6.68 |
| P38 | 3.98 |
| P39 | 78.30 |
| P40 | 8.38 |
| P41 | 13.47 |
| P42 | 6.98 |
| P43 | 17.85 |
| P44 | 16.90 |
| P45 | 9.32 |
| 平均值 | 47.87 |

| 站号 | 细胞密度（×10⁴ 个/m³） |
|---|---|
| 最大值 | 689.55 |
| 最小值 | 1.93 |

**3、群落特征**

根据生物群落特征的评价标准，2016 年 5 月调查浮游植物群落的丰富度指数在 59~1.03 之间，平均为 0.77；多样性指数在 0.05~3.75 之间，平均为 2.61；均匀度指数的变化范围在 0.01~0.94 之间，平均为 0.69；优势度指数在 0.26 ~1.00（0.997）之间，平均为 0.57。

借鉴《海洋监测规范第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB17378.7-2007）第 15 章“海水增养殖区监测”中的评价指标，生物多样性指数 $H'$ 值：3~4 为清洁区域，2~3 为轻度污染；1~2 为中度污染；小于 1 为重污染。依据这个指标，2016 年 5 月春季调查，86.2%的调查海域浮游植物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染或清洁海域。

**表 5.5-6　2016 年 5 月调查海域浮游植物群落特征**

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P1 | 0.62 | 2.96 | 0.85 | 0.46 |
| P3 | 0.63 | 2.55 | 0.77 | 0.64 |
| P5 | 0.84 | 3.17 | 0.83 | 0.42 |
| P6 | 0.72 | 3.07 | 0.81 | 0.41 |
| P7 | 0.61 | 2.47 | 0.74 | 0.64 |
| P9 | 0.59 | 2.83 | 0.85 | 0.50 |
| P11 | 0.83 | 3.03 | 0.76 | 0.46 |
| P13 | 0.85 | 3.22 | 0.85 | 0.44 |
| P15 | 0.78 | 3.17 | 0.83 | 0.41 |
| P17 | 0.85 | 3.13 | 0.78 | 0.54 |
| P19 | 0.62 | 0.05 | 0.01 | 1.00（0.997） |
| P21 | 1.01 | 2.99 | 0.69 | 0.52 |
| P23 | 0.60 | 0.18 | 0.05 | 0.99 |
| P25 | 0.94 | 2.90 | 0.74 | 0.54 |
| P27 | 0.99 | 3.19 | 0.78 | 0.54 |
| P29 | 0.68 | 2.19 | 0.63 | 0.76 |
| P31 | 0.86 | 3.16 | 0.81 | 0.49 |
| P33 | 0.95 | 3.75 | 0.94 | 0.26 |
| P35 | 0.85 | 3.17 | 0.83 | 0.49 |
| P36 | 0.72 | 0.79 | 0.21 | 0.93 |
| P37 | 0.69 | 2.64 | 0.74 | 0.59 |
| P38 | 0.72 | 3.05 | 0.85 | 0.44 |
| P39 | 0.77 | 0.88 | 0.22 | 0.92 |

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P40 | 0.61 | 2.28 | 0.66 | 0.69 |
| P41 | 0.88 | 2.99 | 0.75 | 0.52 |
| P42 | 0.68 | 2.93 | 0.82 | 0.50 |
| P43 | 0.75 | 3.12 | 0.82 | 0.44 |
| P44 | 0.63 | 2.08 | 0.58 | 0.74 |
| P45 | 1.03 | 3.69 | 0.89 | 0.36 |
| 平均值 | 0.77 | 2.61 | 0.69 | 0.57 |
| 最大值 | 1.03 | 3.75 | 0.94 | 1.00 |
| 最小值 | 0.59 | 0.05 | 0.01 | 0.26 |

## 5.5.4 浮游动物

### 5.5.4.1 2015 年 10 月秋季

**（1）种类组成**

2015 年 10 月，调查海区共发现浮游动物 22 种，其中桡足类 9 种，腔肠动物 6 种，甲壳类 4 种，毛颚类、轮虫和原生生物各 1 种，另外还发现幼体 6 种（见浮游动物种名录），种类组成见图。优势种为强壮箭虫（*Sagitta crassa*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）、一种纺锤水蚤（*Acartia*sp.）。

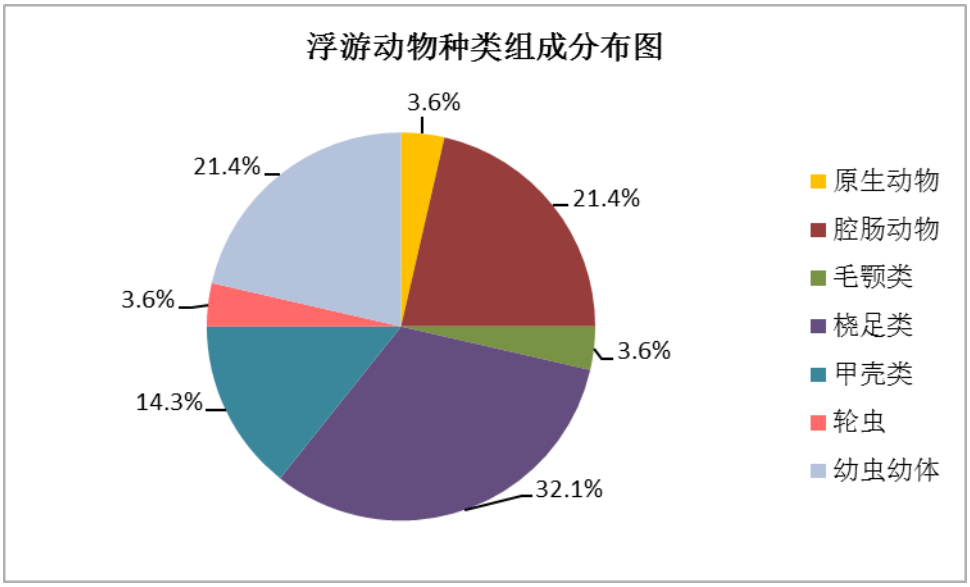



**图 5.5-1 浮游动物种类组成分布图**

**表 5.5-7 浮游动物种类组成分布表**

| 序号 | 浮游动物类别 | 在所有发现种类中所占比例 |
|---|---|---|
| 1 | 原生动物 | 3.6% |
| 2 | 腔肠动物 | 21.4% |
| 3 | 毛颚动物 | 3.6% |
| 4 | 节肢动物甲壳类（亚纲） | 14.3% |

| 序号 | 浮游动物类别 | 在所有发现种类中所占比例 |
|---|---|---|
| 5 | 节肢动物桡足类（亚纲） | 32.1% |
| 6 | 袋形动物轮虫类（纲） | 3.6% |
| 7 | 幼虫幼体 | 21.4% |

**（2）个体数量及生物量分布**

调查期间浮游动物湿重生物量的变化范围在（42.67~180.70）mg/m$^3$ 之间，平均为 88.45mg/m$^3$。最高值出现在 P6 号站位，最低值出现在 P40 号站位（表 5.5-7）。

调查海区浮游动物个体密度在（28.5~130.8）个/m$^3$ 之间，平均为 66.2 个./m$^3$，最高值出现在 P11 号站位，最低值出现在 P19 号站位（表 5.5-8）。浮游动物生物量和个体密度的在调查站之间的变化规律基本一致。

**表 5.5-8　2015 年 10 月调查海域浮游动物个体密度和生物量**

| 站号 | 生物量（mg/ m$^3$） | 个体数量（个/ m$^3$） |
|---|---|---|
| P1 | 133.74 | 108.6 |
| P3 | 106.06 | 67.2 |
| P5 | 120.29 | 79.5 |
| P6 | 180.70 | 106.7 |
| P9 | 97.08 | 66.4 |
| P11 | 161.82 | 130.8 |
| P13 | 53.61 | 31.4 |
| P15 | 65.14 | 37.2 |
| P17 | 43.65 | 32.5 |
| P19 | 57.97 | 28.5 |
| P21 | 122.27 | 118.6 |
| P23 | 49.58 | 36.8 |
| P25 | 72.67 | 110.5 |
| P27 | 76.12 | 47.7 |
| P31 | 87.36 | 62.0 |
| P33 | 133.63 | 87.2 |
| P35 | 68.71 | 57.8 |
| P36 | 87.13 | 61.6 |
| P37 | 75.57 | 54.7 |
| P38 | 61.04 | 42.4 |
| P39 | 78.91 | 65.0 |
| P40 | 42.67 | 37.6 |
| P41 | 76.10 | 55.5 |
| P42 | 46.69 | 28.6 |
| P43 | 67.54 | 83.8 |
| P44 | 107.96 | 73.6 |
| P45 | 114.24 | 75.0 |
| 平均值 | 88.45 | 66.2 |
| 最大值 | 180.70 | 130.8 |
| 最小值 | 42.67 | 28.5 |

**（3）群落特征**

根据生物群落特征的评价标准，2015 年 10 月调查各站位浮游动物丰富度指数在

0.67~2.48 之间，平均为 1.18；多样性指数在 1.39~2.57 之间，平均为 1.97；均匀度指数的变化范围在 0.49~0.88 之间，平均为 0.68；优势度指数在 0.54~0.87 之间，平均为 0.72。同样依据多样性指数 H′ 的四个等级的标准，2015 年 10 月调查浮游动物群落特征处于一般水平。

**表 5.5-9　2015 年 10 月调查海域浮游动物群落特征**

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P1 | 0.89 | 2.48 | 0.88 | 0.56 |
| P3 | 1.48 | 1.98 | 0.60 | 0.71 |
| P5 | 1.27 | 2.13 | 0.67 | 0.67 |
| P6 | 0.74 | 1.83 | 0.71 | 0.86 |
| P9 | 1.49 | 1.62 | 0.49 | 0.80 |
| P11 | 1.00 | 2.04 | 0.68 | 0.70 |
| P13 | 1.21 | 1.82 | 0.65 | 0.76 |
| P15 | 1.92 | 1.97 | 0.57 | 0.72 |
| P17 | 1.59 | 1.96 | 0.62 | 0.75 |
| P19 | 1.24 | 1.77 | 0.63 | 0.78 |
| P21 | 0.87 | 1.39 | 0.50 | 0.72 |
| P23 | 0.96 | 1.66 | 0.64 | 0.82 |
| P25 | 1.18 | 2.48 | 0.78 | 0.58 |
| P27 | 1.79 | 2.18 | 0.63 | 0.71 |
| P31 | 0.67 | 1.77 | 0.76 | 0.75 |
| P33 | 0.93 | 2.18 | 0.78 | 0.62 |
| P35 | 1.20 | 2.12 | 0.71 | 0.68 |
| P36 | 0.84 | 1.96 | 0.76 | 0.71 |
| P37 | 0.87 | 1.50 | 0.58 | 0.85 |
| P38 | 0.92 | 2.10 | 0.81 | 0.67 |
| P39 | 0.83 | 2.08 | 0.80 | 0.64 |
| P40 | 0.76 | 1.82 | 0.78 | 0.75 |
| P41 | 1.04 | 1.81 | 0.64 | 0.75 |
| P42 | 2.48 | 2.28 | 0.62 | 0.73 |
| P43 | 1.57 | 2.57 | 0.74 | 0.54 |
| P44 | 1.13 | 2.08 | 0.69 | 0.68 |
| P45 | 0.96 | 1.57 | 0.56 | 0.87 |
| 平均值 | 1.18 | 1.97 | 0.68 | 0.72 |
| 最大值 | 2.48 | 2.57 | 0.88 | 0.87 |
| 最小值 | 0.67 | 1.39 | 0.49 | 0.54 |

#### 5.5.4.2　2016 年 5 月春季

**（1）种类组成**

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游动物 14 种，其中桡足类 10 种，腔肠动物、甲壳

类、毛颚类和原生生物各 1 种，另外还发现幼体 6 种鱼卵仔鱼各一种，（见浮游动物种名录），种类组成见图。优势种为一种纺锤水蚤（*Acartia*sp.）、强壮箭虫（*Sagitta crassa*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）和中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）。

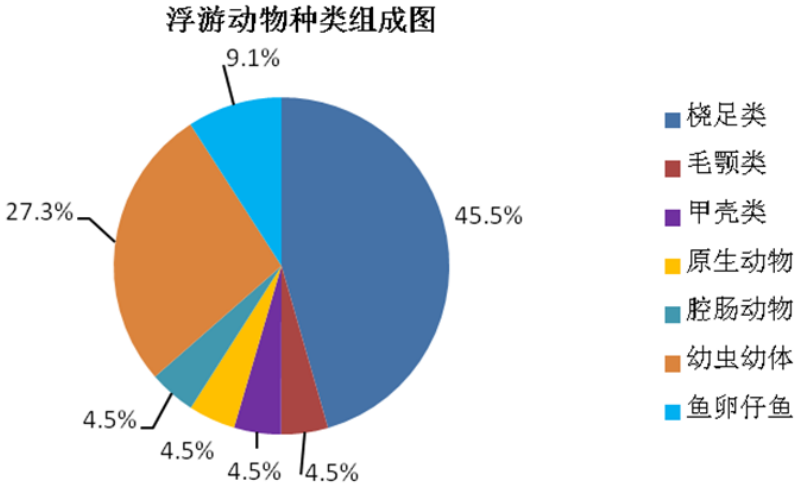



**图 5.5-2　2016 年 5 月浮游动物种类组成分布图**

**表 5.5-10　2016 年 5 月浮游动物种类组成分布表**

| 序号 | 浮游动物类别 | 在所有发现种类中所占比例 |
|---|---|---|
| 1 | 原生动物 | 4.5% |
| 2 | 腔肠动物 | 4.5% |
| 3 | 毛颚动物 | 4.5% |
| 4 | 节肢动物甲壳类（亚纲） | 4.5% |
| 5 | 节肢动物桡足类（亚纲） | 45.5% |
| 6 | 幼虫幼体 | 27.3% |
| 7 | 鱼卵仔鱼 | 9.1% |

**（2）个体数量及生物量分布**

2016 年 5 月调查海区浮游动物个体密度在（54.3~219.4）个/$m^3$ 之间，平均为 128.1 个./$m^3$，最高值出现在 P21 号站位，最低值出现在 P17 号站位。

调查期间浮游动物湿重生物量的变化范围在（47.61~210.21）mg/$m^3$ 之间，平均为 100.72mg/$m^3$。最高值出现在 P21 号站位，最低值出现在 P29 号站位。浮游动物生物量和个体密度的在调查站之间的变化规律基本一致。

**表 5.5-11　2016 年 5 月调查海域浮游动物个体密度和生物量**

| 站号 | 个体数量（个/ $m^3$） | 生物量（mg/ $m^3$） |
|---|---|---|
| P1 | 180.7 | 122.07 |

| 站号 | 个体数量（个/ $m^3$） | 生物量（mg/ $m^3$） |
|---|---|---|
| P3 | 147.0 | 98.43 |
| P5 | 134.6 | 99.81 |
| P6 | 102.0 | 97.30 |
| P7 | 83.6 | 63.20 |
| P9 | 69.2 | 51.09 |
| P11 | 158.6 | 90.86 |
| P13 | 142.2 | 89.87 |
| P15 | 122.6 | 87.48 |
| P17 | 54.3 | 79.17 |
| P19 | 77.8 | 71.11 |
| P21 | 219.4 | 210.21 |
| P23 | 124.2 | 143.08 |
| P25 | 149.3 | 131.24 |
| P27 | 66.9 | 104.79 |
| P29 | 81.3 | 47.61 |
| P31 | 170.7 | 143.79 |
| P33 | 111.1 | 72.91 |
| P35 | 177.2 | 94.76 |
| P36 | 160.0 | 104.25 |
| P37 | 59.1 | 60.36 |
| P38 | 92.7 | 65.39 |
| P39 | 91.6 | 60.92 |
| P40 | 103.7 | 117.09 |
| P41 | 175.0 | 155.77 |
| P42 | 148.5 | 104.55 |
| P43 | 181.3 | 113.08 |
| P44 | 217.8 | 155.50 |
| P45 | 111.5 | 85.20 |
| 平均值 | 128.1 | 100.72 |
| 最大值 | 219.4 | 210.21 |
| 最小值 | 54.3 | 47.61 |

**（3）群落特征**

根据生物群落特征的评价标准，2016 年 5 月调查各站位浮游动物丰富度指数在 0.69~1.47 之间，平均为 1.21；多样性指数在 1.92~2.78 之间，平均为 2.45；均匀度指数的变化范围在 0.64~0.86 之间，平均为 0.77；优势度指数在 0.42~0.79 之间，平均为 0.56。同样，依据多样性指数 H′ 的四个等级的标准，2016 年 5 月调查 93.1%的调查海域浮游动物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染海域。

**表 5.5-12　2016 年 5 月调查海域浮游动物群落特征**

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P1 | 1.07 | 2.43 | 0.77 | 0.58 |
| P3 | 1.39 | 2.46 | 0.71 | 0.56 |

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P5 | 0.99 | 2.33 | 0.78 | 0.53 |
| P6 | 1.05 | 2.53 | 0.84 | 0.59 |
| P7 | 1.10 | 2.51 | 0.84 | 0.54 |
| P9 | 1.47 | 2.75 | 0.83 | 0.47 |
| P11 | 1.09 | 2.62 | 0.83 | 0.50 |
| P13 | 1.40 | 2.53 | 0.73 | 0.48 |
| P15 | 1.30 | 2.43 | 0.73 | 0.55 |
| P17 | 1.39 | 2.05 | 0.65 | 0.68 |
| P19 | 1.11 | 2.31 | 0.77 | 0.65 |
| P21 | 1.41 | 2.44 | 0.68 | 0.64 |
| P23 | 1.01 | 1.96 | 0.65 | 0.73 |
| P25 | 1.11 | 2.37 | 0.75 | 0.53 |
| P27 | 1.15 | 1.92 | 0.64 | 0.79 |
| P29 | 1.26 | 2.23 | 0.70 | 0.67 |
| P31 | 1.08 | 2.56 | 0.81 | 0.50 |
| P33 | 1.32 | 2.53 | 0.76 | 0.52 |
| P35 | 1.47 | 2.49 | 0.69 | 0.57 |
| P36 | 1.23 | 2.78 | 0.84 | 0.42 |
| P37 | 1.36 | 2.45 | 0.77 | 0.63 |
| P38 | 1.38 | 2.53 | 0.76 | 0.50 |
| P39 | 1.07 | 2.53 | 0.84 | 0.45 |
| P40 | 1.34 | 2.67 | 0.80 | 0.51 |
| P41 | 1.07 | 2.56 | 0.81 | 0.53 |
| P42 | 0.69 | 2.20 | 0.85 | 0.60 |
| P43 | 1.33 | 2.58 | 0.75 | 0.59 |
| P44 | 1.16 | 2.70 | 0.81 | 0.51 |
| P45 | 1.18 | 2.74 | 0.86 | 0.44 |
| 平均值 | 1.21 | 2.45 | 0.77 | 0.56 |
| 最大值 | 1.47 | 2.78 | 0.86 | 0.79 |
| 最小值 | 0.69 | 1.92 | 0.64 | 0.42 |

## 5.5.5 底栖生物

### 5.5.5.1 2015 年 10 月秋季

**（1）种类组成**

2015 年 10 月秋季调查，共发现底栖生物 90 种，隶属环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和纽形动物 5 个门类。环节动物发现种类最多，共发现 42 种，占底栖生物发现总种类数的 46.7%；软体动物发现 25 种，占底栖生物发现总种类数的 27.8%；节肢动物发现 16 种，占底栖生物发现总种类数的 17.8%；棘皮动物发现 6 种，占底栖生物发现总种类数的 6.7%；纽形动物发现 1 种，共占底栖生物发现总种类数的 1.1%。种

类组成分布见图 5.5-5。优势种为多鳃齿吻沙蚕（*NePhthys polybranchia*）、小头虫（*Capitella* sp.）和独指虫（*Aricidea fragilis*）。

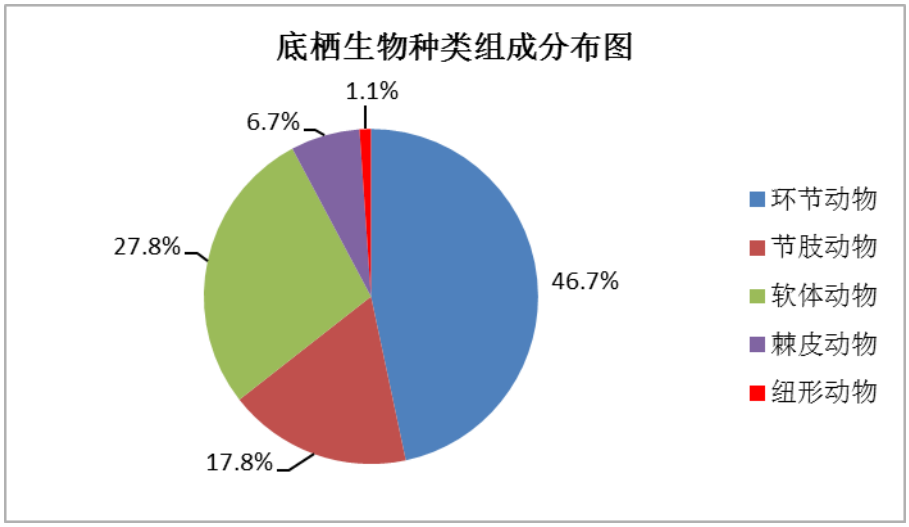



**图 5.5-3　2015 年 10 月调查海域底栖生物种类组成分布图**

**（2）栖息密度和生物量**

2015 年 10 月，调查发现底栖生物湿重生物量变化范围在（1.39~61.44）g/m$^2$ 之间，变化幅度较大，平均为 11.08g/m$^2$。最高值出现在 P3 号站，最低值出现在 P37 号站。底栖生物栖息密度变化范围在（160~2420）个/m$^2$ 之间，变化幅度较大，平均密度为 737 个/m$^2$。最高值出现在 P11 号站，最低值出现在 P35 号站（表 5.5-11）。

调查发现底栖生物生物量和栖息密度在调查站间的变化规律存在一定差异，这与发现生物个体差异有关。

**表 5.5-13　2015 年 10 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度**

| 站号 | 生物量（g/ m$^2$） | 栖息密度（个/ m$^2$） |
|---|---|---|
| P1 | 13.25 | 1600 |
| P3 | 61.44 | 900 |
| P5 | 1.71 | 440 |
| P6 | 37.31 | 860 |
| P9 | 42.67 | 1100 |
| P11 | 19.29 | 2420 |
| P13 | 30.28 | 1300 |
| P15 | 4.42 | 1190 |
| P17 | 2.24 | 410 |
| P19 | 2.69 | 640 |
| P21 | 10.20 | 710 |
| P23 | 2.24 | 250 |
| P25 | 2.64 | 530 |
| P27 | 5.84 | 580 |
| P31 | 2.27 | 870 |
| P33 | 5.15 | 870 |
| P35 | 4.85 | 160 |

| 站号 | 生物量（g/ m²） | 栖息密度（个/ m²） |
|---|---|---|
| P36 | 15.64 | 740 |
| P37 | 1.39 | 640 |
| P38 | 2.34 | 620 |
| P39 | 2.87 | 580 |
| P40 | 3.67 | 290 |
| P41 | 4.98 | 440 |
| P42 | 5.06 | 250 |
| P43 | 6.69 | 440 |
| P44 | 3.72 | 570 |
| P45 | 4.38 | 490 |
| 平均值 | 11.08 | 737 |
| 最大值 | 61.44 | 2420 |
| 最小值 | 1.39 | 160 |

**（3）群落特征**

根据生物群落特征的评价标准，2015 年 10 月调查各站位底栖生物丰富度指数在 1.19~3.11 之间，平均为 2.02；多样性指数在 2.79 ~4.41 之间，平均为 3.67；均匀度指数在 0.78~0.98 之间，平均为 0.86；优势度指数变化范围在 0.20~0.55 之间，平均为 0.36。同样，依据多样性指数 H′ 的四个等级的标准，2015 年 10 月调查 92.6%的调查海域底栖生物的多样性指数 $H'$ 均在 3 以上，属于清洁海域。

**表 5.5-14　2015 年 10 月调查海域底栖生物群落特征**

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P1 | 2.72 | 4.20 | 0.86 | 0.28 |
| P3 | 2.65 | 4.06 | 0.85 | 0.29 |
| P5 | 1.37 | 3.16 | 0.85 | 0.43 |
| P6 | 2.46 | 3.96 | 0.85 | 0.37 |
| P9 | 2.67 | 4.13 | 0.86 | 0.34 |
| P11 | 3.11 | 4.34 | 0.84 | 0.26 |
| P13 | 2.03 | 3.50 | 0.78 | 0.37 |
| P15 | 2.15 | 3.59 | 0.79 | 0.41 |
| P17 | 2.07 | 3.94 | 0.93 | 0.27 |
| P19 | 1.93 | 3.87 | 0.91 | 0.23 |
| P21 | 2.43 | 4.17 | 0.91 | 0.27 |
| P23 | 1.26 | 3.16 | 0.91 | 0.40 |
| P25 | 2.43 | 3.83 | 0.85 | 0.42 |
| P27 | 1.74 | 3.48 | 0.85 | 0.36 |
| P31 | 2.25 | 3.98 | 0.88 | 0.33 |
| P33 | 2.15 | 3.80 | 0.85 | 0.36 |
| P35 | 1.50 | 3.50 | 0.98 | 0.25 |
| P36 | 2.20 | 3.56 | 0.80 | 0.43 |
| P37 | 1.50 | 3.33 | 0.85 | 0.41 |

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P38 | 1.19 | 2.79 | 0.78 | 0.55 |
| P39 | 1.85 | 3.42 | 0.82 | 0.45 |
| P40 | 1.47 | 3.40 | 0.92 | 0.31 |
| P41 | 1.25 | 2.96 | 0.83 | 0.48 |
| P42 | 1.63 | 3.43 | 0.90 | 0.40 |
| P43 | 1.82 | 3.37 | 0.82 | 0.48 |
| P44 | 1.86 | 3.68 | 0.88 | 0.33 |
| P45 | 2.80 | 4.41 | 0.94 | 0.20 |
| 平均值 | 2.02 | 3.67 | 0.86 | 0.36 |
| 最大值 | 3.11 | 4.41 | 0.98 | 0.55 |
| 最小值 | 1.19 | 2.79 | 0.78 | 0.20 |

#### 5.5.5.2 2016 年 5 月春季

**（1）种类组成**

2016 年 5 月调查共发现底栖生物 78 种，隶属环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、纽形动物、腔肠动物、腕足动物、扁形动物、线形动物 9 个门类。环节动物发现种类最多，共发现 39 种，占底栖生物发现总种类数的 50.0%；节肢动物发现 18 种（占 23.1%）；软体动物 14 种（占 17.9%）；棘皮动物 2 种（占 2.6%）；其余动物均发现 1 种，共占底栖生物发现总种类数的 6.4%。种类组成分布见图。优势种为一种丝异须虫（*Heteromastus* sp.）、纤细长涟虫（*Iphinoe tenera*）、一种独指虫（*Aricidea* sp.）和一种小头虫（*Capitella* sp.）。

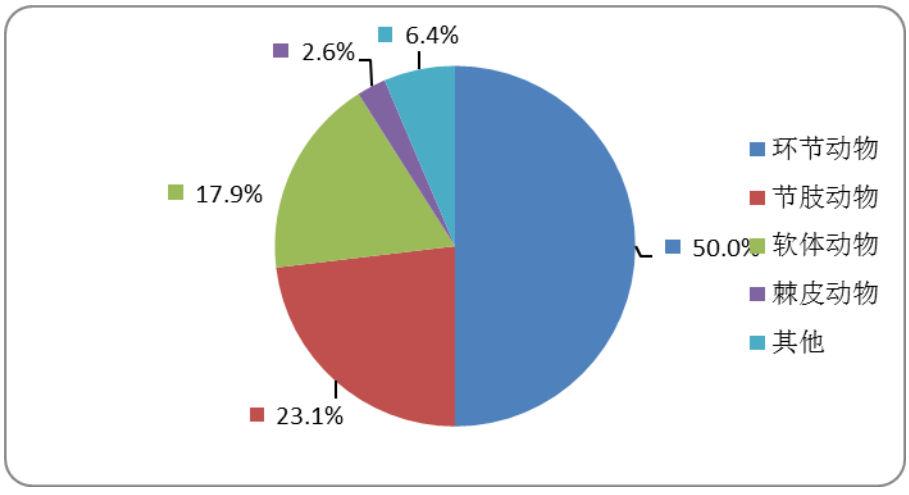



**图 5.5-4 2016 年 5 月调查海域底栖生物种类组成分布图**

**（2）栖息密度和生物量**

2016 年 5 月调查发现底栖生物湿重生物量变化范围在（0.15~160.10）g/m$^2$ 之间，变化幅度较大，平均为 10.90g/m$^2$。最高值出现在 P15 号站，该站发现个体较大的腔肠

动物（海葵，生物量 158.71 g/m$^2$，占本站生物量的 99.1%），本站之外的其他调查站之间底栖生物生物量变化幅度不大，最低值出现在 P45 号站。底栖生物栖息密度变化范围在（10~1730）个/m$^2$ 之间，变化幅度较大，平均密度为 433 个/m$^2$。最高值出现在 P1 号站，最低值出现在 P13 号站（表 5.5-15）。

调查发现底栖生物生物量和栖息密度在调查站间的变化规律存在一定差异，这与发现生物个体差异有关。

**表 5.5-15　2016 年 5 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度**

| 站号 | 栖息密度（个/ m$^2$） | 生物量（g/ m$^2$） |
|---|---|---|
| P1 | 1730 | 34.49 |
| P3 | 100 | 0.49 |
| P5 | 320 | 1.02 |
| P6 | 110 | 4.55 |
| P7 | 210 | 1.80 |
| P9 | 100 | 1.14 |
| P11 | 370 | 3.07 |
| P13 | 10 | 0.15 |
| P15 | 120 | 160.10 |
| P17 | 850 | 1.76 |
| P19 | 280 | 1.21 |
| P21 | 180 | 6.84 |
| P23 | 330 | 0.98 |
| P25 | 980 | 8.57 |
| P27 | 460 | 2.13 |
| P29 | 680 | 3.10 |
| P31 | 430 | 4.72 |
| P33 | 900 | 2.83 |
| P35 | 720 | 2.46 |
| P36 | 220 | 1.40 |
| P37 | 170 | 1.12 |
| P38 | 650 | 1.46 |
| P39 | 130 | 4.61 |
| P40 | 320 | 2.87 |
| P41 | 710 | 31.37 |
| P42 | 270 | 10.30 |
| P43 | 670 | 15.39 |
| P44 | 500 | 5.93 |
| P45 | 40 | 0.15 |
| 平均值 | 433 | 10.90 |
| 最大值 | 1730 | 160.10 |
| 最小值 | 10 | 0.15 |

**（3）群落特征**

根据生物群落特征的评价标准，2016 年 5 月调查各中 P13 号站仅发现一种生物，

群落特征指数不做计算，其余调查站底栖生物丰富度指数在 0.38~2.13 之间，平均为 1.35；多样性指数在 1.50~3.82 之间，平均为 3.08；均匀度指数在 0.77~0.95 之间，平均为 0.87；优势度指数变化范围在 0.27~0.75 之间，平均为 0.45。同样，依据多样性指数 H′ 的四个等级的标准，2016 年 5 月调查 93.1%的调查海域底栖生物的多样性指数 *H′* 均在 2 以上，属于轻度污染海域或者清洁海域。

**表 5.5-16　2016 年 5 月调查海域底栖生物群落特征**

| 站号 | 丰富度 | 多样性 | 均匀度 | 优势度 |
|---|---|---|---|---|
| P1 | 3.07 | 4.04 | 0.79 | 0.31 |
| P3 | 1.05 | 2.92 | 0.97 | 0.40 |
| P5 | 1.56 | 3.23 | 0.85 | 0.47 |
| P6 | 1.33 | 3.28 | 0.99 | 0.27 |
| P7 | 1.04 | 2.78 | 0.88 | 0.52 |
| P9 | 0.75 | 2.37 | 0.92 | 0.60 |
| P11 | 1.17 | 2.80 | 0.81 | 0.57 |
| P15 | 0.87 | 2.59 | 0.92 | 0.50 |
| P17 | 1.75 | 3.54 | 0.85 | 0.39 |
| P19 | 1.35 | 3.28 | 0.92 | 0.36 |
| P21 | 1.07 | 2.75 | 0.87 | 0.56 |
| P23 | 1.31 | 3.32 | 0.93 | 0.36 |
| P25 | 1.91 | 3.50 | 0.81 | 0.42 |
| P27 | 1.13 | 3.10 | 0.90 | 0.35 |
| P29 | 1.28 | 2.86 | 0.77 | 0.53 |
| P31 | 1.26 | 3.04 | 0.85 | 0.49 |
| P33 | 1.63 | 3.35 | 0.82 | 0.42 |
| P35 | 2.11 | 3.82 | 0.87 | 0.32 |
| P36 | 0.90 | 2.37 | 0.79 | 0.68 |
| P37 | 1.21 | 3.03 | 0.91 | 0.47 |
| P38 | 1.18 | 2.79 | 0.78 | 0.52 |
| P39 | 1.00 | 2.65 | 0.88 | 0.54 |
| P40 | 1.08 | 3.11 | 0.94 | 0.31 |
| P41 | 1.69 | 3.73 | 0.91 | 0.27 |
| P42 | 1.24 | 3.08 | 0.89 | 0.44 |
| P43 | 2.13 | 3.70 | 0.84 | 0.37 |
| P44 | 1.90 | 3.63 | 0.87 | 0.40 |
| P45 | 0.38 | 1.50 | 0.95 | 0.75 |
| 平均值 | 1.35 | 3.08 | 0.87 | 0.45 |
| 最大值 | 2.13 | 3.82 | 0.95 | 0.75 |
| 最小值 | 0.38 | 1.50 | 0.77 | 0.27 |

## 5.5.6 海洋生物生态调查小结

**（1）叶绿素 a 与初级生产力**

2015 年 10 月，调查海区表层叶绿素 a 含量在（0.44～3.33）mg/m$^3$ 之间，平均含量为 1.52mg/m$^3$；底层叶绿素 a 含量在（0.44～3.15）mg/m$^3$，平均含量为 1.33mg/m$^3$，同一调查站表层和底层叶绿素 a 含量相差不大。初级生产力在（53.72~772.53）mgC/m$^2$d 之间，平均为 259.18mgC/m$^2$d，变化幅度与表层叶绿素 a 含量变化基本一致，整个调查区的叶绿素 a 含量和初级生产力处于正常水平。

2016 年 5 月，调查海区表层叶绿素 a 含量在（0.88～8.49）mg/m$^3$ 之间，平均含量为 2.33mg/m$^3$；底层叶绿素 a 含量在（0.44～8.15）mg/m$^3$，平均含量为 1.99mg/m$^3$，同一调查站表层和底层叶绿素 a 含量相差不大。初级生产力在（76.19~1041.34）mgC/m$^2$d 之间，平均为 271.26mgC/m$^2$d，变化幅度与表层叶绿素 a 含量变化基本一致。除 P19 号站和 P23 号站叶绿素 a 含量和初级生产力较高，其余调查站叶绿素 a 含量和初级生产力处于正常水平。

**（2）浮游植物**

2015 年 10 月，调查海区共发现浮游植物 69 种，隶属硅藻门、甲藻门和金藻门。生态类型以广布性种为主，优势种为一种圆筛藻、翼根管藻和一种角毛藻。浮游植物细胞数量的变化范围在（81.39~3950.10）×10$^4$ 个./m$^3$ 之间，平均为 337.36×10$^4$ 个/m$^3$。浮游植物群落的丰富度指数在 0.54~1.42 之间，平均为 1.04；多样性指数在 0.80~3.75 之间，平均为 2.78；均匀度指数的变化范围在 0.19~0.82 之间，平均为 0.62；优势度指数在 0.30~0.95 之间，平均为 0.61。92.6%的调查海域浮游植物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染或清洁海域。

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游植物 44 种，隶属硅藻门、甲藻门、金藻门和和蓝藻门。生态类型以广布性种为主，优势种为一种丹麦细柱藻和刚毛根管藻，其中丹麦细柱藻优势明显。浮游植物细胞数量的变化范围在（1.93~689.55）×10$^4$ 个/m$^3$ 之间，平均为 47.87×10$^4$ 个/m$^3$。浮游植物群落的丰富度指数在 59~1.03 之间，平均为 0.77；多样性指数在 0.05~3.75 之间，平均为 2.61；均匀度指数的变化范围在 0.01~0.94 之间，平均为 0.69；优势度指数在 0.26 ~1.00（0.997）之间，平均为 0.57。86.2%的调查海域浮游植物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染或清洁海域。

**（3）浮游动物**

2015 年 10 月，调查海区共发现浮游动物 22 种，优势种为强壮箭虫、小拟哲水蚤、中华哲水蚤、一种纺锤水蚤。浮游动物湿重生物量的变化范围在（42.67~180.70）mg/m$^3$ 之间，平均为 88.45mg/m$^3$。浮游动物个体密度在（28.5~130.8）个/m$^3$ 之间，平均为 66.2

个./$m^3$。浮游动物生物量和个体密度的在调查站之间的变化规律基本一致。浮游动物丰富度指数在 0.67~2.48 之间，平均为 1.18；多样性指数在 1.39~2.57 之间，平均为 1.97；均匀度指数的变化范围在 0.49~0.88 之间，平均为 0.68；优势度指数在 0.54~0.87 之间，平均为 0.72。浮游动物群落特征处于一般水平。

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游动物 14 种，优势种为一种纺锤水蚤、强壮箭虫、小拟哲水蚤和中华哲水蚤。浮游动物个体密度在（54.3~219.4）个/$m^3$ 之间，平均为 128.1 个./$m^3$。浮游动物湿重生物量的变化范围在（47.61~210.21）mg/$m^3$ 之间，平均为 100.72mg/$m^3$。生物量和个体密度的在调查站之间的变化规律基本一致。浮游动物丰富度指数在 0.69~1.47 之间，平均为 1.21；多样性指数在 1.92~2.78 之间，平均为 2.45；均匀度指数的变化范围在 0.64~0.86 之间，平均为 0.77；优势度指数在 0.42~0.79 之间，平均为 0.56。浮游动物的多样性指数 *H′* 均在 2 以上，属于轻度污染海域。

**（4）底栖生物**

2015 年 10 月秋季调查，共发现底栖生物 90 种，隶属环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和纽形动物 5 个门类。优势种为多鳃齿吻沙蚕、小头虫和独指虫。底栖生物湿重生物量变化范围在（1.39~61.44）g/$m^2$ 之间，平均为 11.08g/$m^2$。栖息密度变化范围在（160~2420）个/$m^2$ 之间，平均密度为 737 个/$m^2$。底栖生物丰富度指数在 1.19~3.11 之间，平均为 2.02；多样性指数在 2.79 ~4.41 之间，平均为 3.67；均匀度指数在 0.78~0.98 之间，平均为 0.86；优势度指数变化范围在 0.20~0.55 之间，平均为 0.36。调查 92.6%的调查海域底栖生物的多样性指数 *H′* 均在 3 以上，属于清洁海域。

2016 年 5 月调查，共发现底栖生物 78 种，隶属 9 个门类。优势种为一种丝异须虫、纤细长涟虫、一种独指虫和一种小头虫。底栖生物湿重生物量变化范围在（0.15~160.10）g/$m^2$ 之间，平均为 10.90g/$m^2$。栖息密度变化范围在（10~1730）个/$m^2$ 之间，平均密度为 433 个/$m^2$。除 P13 号站仅发现一种生物不做计算，其余调查站底栖生物丰富度指数在 0.38~2.13 之间，平均为 1.35；多样性指数在 1.50~3.82 之间，平均为 3.08；均匀度指数在 0.77~0.95 之间，平均为 0.87；优势度指数变化范围在 0.27~0.75 之间，平均为 0.45。93.1%的调查海域底栖生物的多样性指数 *H′* 均在 2 以上，属于轻度污染海域或者清洁海域。

综合以上群落特征评价结果来看，本处调查海域的海洋生态环境状况良好，但是，国外有些学者认为不同生境选择多样性指数的分值有所不同（Wetsbegrtsbegr SB, Rnaasinhge JA， Dauer DM， et a1. An estuarine benthic index of biotic integrity （B-IBI）

for Chesapeake Bay［J］. Estuaries， 1997， 20（l）: 149-158.），因此，还应结合该海区的水环境及沉积物调查结果进行综合评价。

## 5.6 渔业资源现状调查与评价

### 5.6.1 渔业资源调查概况

#### 5.6.1.1 调查时间

中国水产科学研究院黄海水产研究所于 2015 年 6 月（春季）和 2015 年 10 月（秋季）对本项目周边海域进行了渔业资源调查与评价。鱼卵、仔稚鱼现场调查为 2015 年 6 月。渔业资源现场调查春季为 2015 年 6 月；秋季为 2015 年 10 月。

#### 5.6.1.2 调查站位布设

渔业资源调查站位见图 5.6-1。




**图 5.6-1 渔业资源调查站位示意图**

#### 5.6.1.3 调查方法

鱼卵仔稚鱼、游泳动物现场采样按照 GB12763.6－2007《海洋调查规范-海洋生物调查》的有关要求进行。

**（1）鱼卵、仔稚鱼**

根据《海洋调查规范》，鱼卵、仔稚鱼采集使用浅水Ⅰ型浮游生物网，网长 145cm，网口内径 80cm，筛绢为 JP120，（孔径为 0.507mm）。垂直拖网每站自底层到表层垂直拖网 1 次（定量），网口加流量计（流量计型号 834110）；水平拖网每站拖曳 10min（定性）。样品经 5%福尔马林固定，带回实验室后进行分类、鉴定和计数。

**（2）渔业资源**

游泳生物：采用底拖网进行，用主机功率 280 马力的单拖网渔船。每站拖曳时间为 1h，拖速为 2.5nm/h。网具为单船有翼单囊拖网，网宽 10m，渔获物在 20kg 以下的全部取样，渔获物在 20kg 以上的随机取 20kg 样品，样品冰鲜保存，回实验室进行鉴定分析和生物学测定，每种鱼取 50ind.，进行生物学测定。

#### 5.6.1.4 数据处理方法

**（1）渔业资源密度（重量、尾数）估算方法**

拖网资源密度的估算采用扫海面积法（唐启升，2006）。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），本报告设定拖网网具鱼类和其它类尾数、重量逃逸率逃逸率均为 0.5。渔业资源密度以各站拖网渔获量（重量、尾数）和拖网扫海面积来估算，计算式为：

$$\rho_i = C_i / a_i q$$

式中：$\rho_i$ 为第 $i$ 站的资源密度（重量：kg/km$^2$；尾数：$10^3$ ind./km$^2$）；$C_i$ 为第 $i$ 站的每小时拖网渔获量（重量：kg/h；尾数：ind./h）；$a_i$ 为第 $i$ 站的网具每小时扫海面积（km$^2$/h）（网口水平扩张宽度（km）×拖曳距离（km）），拖曳距离为拖网速度（km/h）和实际拖网时间（h）的乘积；$q$ 为网具捕获率（可捕系数，＝1－逃逸率），取 0.5。

**（2）相对重要性指数 IRI**

采用相对重要性指数 *IRI* 作为研究某种生物在群落中所占的重要性。

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

式中：$W$ 为某种类的重量占总重量的百分数；$N$ 为某种类的尾数占总尾数的百分数；$F$ 为某种类出现的站次占调查总站次的百分数。

**（3）物种多样性计算公式**

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

生物多样性特征计算公式如下：

物种丰富度指数 $d$：

$$d=（s-1）/\ln N（\text{Margalef}，\ 1958）$$

物种多样度指数 $H'$：

$$H'= -\sum p_i \ln p_i（\text{Shannon-Wiener}）$$

物种均匀度指数 $J$：

$$J=H'/\ln s（\text{Pielou}，\ 1969）$$

式中：$S$ 为样方中的种数；$N$ 为样方中的个体总数；$p_i$ 为样方中的 i 种所占的比例。

## 5.6.2 鱼类资源状况

调查区附近海域地处渤海湾湾口附近，地理环境优越，是各种海洋生物的产卵、索饵和育肥场，也是中国对虾及梭鱼增殖放流的区域，在渤海渔业中占有重要的地位。

### 5.6.2.1 种类组成和群居结构特点

调查海域春、秋 2 个航次共捕获鱼类 27 种，隶属于 7 目，16 科。鱼类名录及出现月份见表 5.6-2。

所捕获的 27 种鱼类中，暖水性鱼类有 11 种，占鱼类种数的 40.74%，暖温性鱼类有 16 种，占 59.26%；按栖息水层分，底层鱼类有 21 种，占鱼类种数的 77.78%，中上层鱼类有 6 种，占 22.22%。按越冬场分，渤海地方性鱼类有 15 种，占鱼类种数的 55.56%，长距离洄游性鱼类有 12 种，占 44.44%。按经济价值分，经济价值较高的有 10 种，占鱼类种数的 37.03%，经济价值一般的有 8 种，占 29.63%，经济价值较低有 9 种，占 33.33%。见表 5.6-3。

**表 5.6-1 调查海域鱼类名录**

| 序号 | 名称 | 目 | 科 | 2015 年 6 月 | 2015 年 10 月 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 青鳞 *Harengula zunasi* | 鲱形目 | 鲱科 | | √ |
| 2 | 斑鰶 *Clupanodon punctatus* | | | | √ |
| 3 | 赤鼻棱鳀 *Thrissa kammalensis* | | 鳀科 | | √ |
| 4 | 黄鲫 *Setipinna taty* | | | √ | √ |
| 5 | 鳀 *Engraulis japonicus* | | | | √ |
| 6 | 白姑鱼 *Argyrosomus argentatus Houttuyn* | 鲈形目 | 石首鱼科 | | √ |

| 序号 | 名称 | 目 | 科 | 2015 年 6 月 | 2015 年 10 月 |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 叫姑鱼 *Johnius belengerii* | | | √ | √ |
| 8 | 方氏云鳚 *Enedrias fangi* | | 锦鳚科 | √ | √ |
| 9 | 绵鳚 *Zoarces elongatus* | | 绵鳚科 | √ | √ |
| 10 | 短鳍鿵 *Callionymus kitaharae* | | 鿵科 | √ | √ |
| 11 | 裸项栉鰕虎鱼 *Ctenogobius gymnauchen* | | 鰕虎鱼科 | √ | |
| 12 | 矛尾刺鰕虎鱼 *Acanthogobius hasta* | | | | √ |
| 13 | 尖尾鰕虎鱼 *Chaeturichthys stigmatias* | | | √ | √ |
| 14 | 钟馗鰕虎鱼 *Triaenopogon barbatus* | | | | √ |
| 15 | 凹鳍孔鰕虎鱼 *Ctenotrypauchen chinensis* | | | √ | √ |
| 16 | 丝鰕虎鱼 *Cryptocentrus filifer* | | | √ | |
| 17 | 小带鱼 *Eupleurogrammus muticus* | | 带鱼科 | √ | |
| 18 | 鯒 *Platycephalus indicus* | 鲉形目 | 鲉科 | | √ |
| 19 | 大泷六线鱼 *Hexagrammos otakii* | | 六线鱼科 | √ | √ |
| 20 | 许氏平鲉 *Sebastods schlegelii* | | 鲉科 | √ | √ |
| 21 | 细纹狮子鱼 *Liparis tanakae* | | 狮子鱼科 | √ | |
| 22 | 焦氏舌鳎 *Cynoglossus joyneri* | 鲽形目 | 舌鳎科 | √ | √ |
| 23 | 半滑舌鳎 *Cynoglossus joyneri* | | | √ | |
| 24 | 假晴东方鲀 *Takifugu pseudommus* | 鲀形目 | 鲀科 | √ | |
| 25 | 黄鲅鳙 *Lophius litulon* | 鲅鳙目 | 鲅鳙科 | √ | √ |
| 26 | 安氏新银鱼 *Neosalanx anderssoni* | 鲑形目 | 银鱼科 | √ | |
| 27 | 大银鱼 *Protosalanx hyalocraniusAbbott* | | | | √ |

**表 5.6-2 调查海域鱼类种类组成**

| 种名 | 经济价值 | | | 水层 | | 适温性 | | | 越冬场 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 较高 | 一般 | 较低 | 中上层 | 底层 | 暖水性 | 暖温性 | 冷温性 | 渤海 | 黄海 | 东海 |
| 青鳞鱼 | | + | | + | | + | | | | + | |
| 斑鰶 | | + | | + | | + | | | | + | |
| 赤鼻棱鳀 | | + | | + | | + | | | | + | |
| 鳀 | | + | | + | | + | | | | + | |
| 黄鲫 | | + | | + | | + | | | | + | |
| 短鳍鿵 | | | + | | + | | + | | + | | |
| 叫姑鱼 | + | | | | + | + | | | | + | |
| 白姑 | + | | | | + | + | | | | + | |
| 方氏云鳚 | | | + | | + | | + | | + | | |
| 安氏新银鱼 | + | | | | + | | + | | + | | |
| 大银鱼 | + | | | | + | | + | | + | | |
| 矛尾鰕虎鱼 | | + | | | + | | + | | + | | |
| 尖尾鰕虎鱼 | | | + | | + | | + | | + | | |
| 钟馗鰕虎鱼 | | | + | | + | | + | | + | | |
| 凹鳍孔鰕虎鱼 | | | + | | + | | + | | + | | |
| 丝鰕虎鱼 | | | + | | + | + | | | + | | |
| 裸项栉鰕虎鱼 | | | + | | + | + | | | + | | |

| 种名 | 经济价值 | | | 水层 | | 适温性 | | | 越冬场 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 较高 | 一般 | 较低 | 中上层 | 底层 | 暖水性 | 暖温性 | 冷温性 | 渤海 | 黄海 | 东海 |
| 许氏平鲉 | + | | | | | | + | | | + | |
| 大泷六线鱼 | + | | | | + | + | | | | + | |
| 鲬 | + | | | | + | + | | | | + | |
| 焦氏舌鳎 | | + | | | + | | + | | + | | |
| 半滑舌鳎 | + | | | | + | | + | | + | | |
| 小带鱼 | | | + | | + | | + | | | + | |
| 绵鳚 | | + | | | + | | + | | + | | |
| 假睛东方鲀 | + | | | | + | | + | | | + | |
| 细纹狮子鱼 | | | + | + | | | + | | + | | |
| 黄鲛鳚 | + | | | | + | | + | | + | | |
| 合计 | 10 | 8 | 9 | 6 | 21 | 11 | 16 | 0 | 15 | 12 | 0 |

#### 5.6.2.2 渔获物（重量、尾数）分类群组成

**（1）春季**

春季（6 月）共捕获鱼类 18 种，隶属 7 目，14 科。平均渔获量为 2952 尾/h，8.186kg/h。鱼类的优势种为尖尾虾虎鱼。按重量组成尖尾虾虎鱼（3.9 kg/ h）47.64%、焦氏舌鳎（1.865 kg/ h）22.78%、鲛鳚（0.663 kg/ h）8.10%、许氏平鲉（0.430 kg/ h）5.25%，以上 4 种鱼类占鱼类总重量的 83.77%。按数量组成为尖尾虾虎鱼为 2593 尾/h，占鱼类总数量的 87.85%。

根据渔获物分析，本次调查中幼鱼的尾数占总尾数的 83.60%，为 2468 尾/ h，生物量为 2.35kg/h。成体渔业资源的平均渔获量 484 尾/h，5.836kg/h。

**表 5.6-3 春季拖网捕获的鱼类**

| 站位 | 生物密度（尾/h） | 百分数（%） | 生物量（kg/h） | 百分数（%） |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 452 | 0.37 | 2.156 | 1.51 |
| 2 | 436 | 0.36 | 2.392 | 1.67 |
| 3 | 572 | 0.47 | 13.108 | 9.16 |
| 4 | 555 | 0.46 | 3.97 | 2.77 |
| 5 | 546 | 0.45 | 2.961 | 2.07 |
| 6 | 2901 | 4.63 | 4.50 | 5.20 |
| 7 | 201 | 0.17 | 3.882 | 2.71 |
| 8 | 7598 | 12.05 | 12.937 | 12.58 |
| 9 | 318 | 0.26 | 3.286 | 2.30 |
| 10 | 3496 | 27.04 | 13.272 | 11.58 |
| 11 | 18176 | 53.60 | 31.113 | 45.21 |
| 12 | 168 | 0.14 | 4.652 | 3.25 |
| 平均 | 2952 | — | 8.186 | — |

**（2） 秋季**

秋季（10 月）共捕获鱼类 20 种，隶属 7 目，13 科。平均渔获量 2328 尾/h，30.469kg/h。

其优势种为：尖尾虾虎鱼、许氏平鲉和焦氏舌鳎。按重量组成许氏平鲉（11.66 kg/h ）38.27%、尖尾虾虎鱼（9.87 kg/h ）32.41%、焦氏舌鳎（5.40 kg/h ）17.72%、鲬（0.89 kg/h ）2.90%和斑鰶（0.54kg/h ）1.77%，以上 5 种鱼类占鱼类总重量的 91.30%。

按数量组成为尖尾虾虎鱼（1649 尾/h ）70.85%、焦氏舌鳎（355 尾/h ）15.25%、鲽（57 尾/h ）2.43%、许氏平鲉（55 尾/h ）2.37%、短鳍衔（44 尾/h ）1.90%，以上 5 种鱼类占鱼类总重量的 92.79%。

根据渔获物分析，本次调查中幼鱼的尾数占总尾数的 41.52%，为 967 尾/h，生物量为 4.34kg/h。成体渔业资源的平均渔获量 1361 尾/h，26.131kg/h。

**表 5.6-4 秋季拖网捕获的鱼类**

| 站位 | 生物密度（尾/ $km^2$） | 百分数（%） | 生物量（kg/ $km^2$） | 百分数（%） |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 569 | 2.04 | 2.89 | 0.79 |
| 2 | 420 | 1.50 | 2.752 | 0.75 |
| 3 | 2142 | 7.67 | 24.309 | 6.65 |
| 4 | 874 | 3.13 | 9.538 | 2.61 |
| 5 | 2208 | 7.91 | 18.268 | 5.00 |
| 6 | 2574 | 9.22 | 151.605 | 41.46 |
| 7 | 478 | 1.71 | 4.005 | 1.10 |
| 8 | 1980 | 7.09 | 13.625 | 3.73 |
| 9 | 5111 | 18.30 | 26.433 | 7.23 |
| 10 | 2142 | 7.67 | 23.309 | 6.38 |
| 11 | 2796 | 10.01 | 52.665 | 14.40 |
| 12 | 6637 | 23.76 | 36.228 | 9.91 |
| 平均 | 2328 | — | 30.469 | — |

#### 5.6.2.3 资源密度评估

春季（6 月）共捕获鱼类 18 种，平均渔获量为 2952 尾/h，8.186kg/ h，72826 尾/ $km^2$，201.95kg/ $km^2$；其中幼鱼尾数为 2468 尾/h，生物量为 2.35kg/h；成体渔业资源的平均渔获量 484 尾/h，5.836kg/h。经换算幼鱼平均资源密度为 60886 尾/ $km^2$，成鱼平均资源密度为 143.97kg/ $km^2$。

秋季（10 月）共捕获鱼类 20 种，平均渔获量 2328 尾/h，30.469kg/h；其中幼鱼平均渔获数量为 967 尾/h，生物量为 4.34kg/h；成鱼平均渔获数量为 1361 尾/h，26.131kg/h。经换算幼鱼平均资源密度为 23856 尾/ $km^2$，成鱼平均资源密度为 644.65kg/ $km^2$。

根据鱼类资源调查结果，鱼类成体资源密度全年平均值为 389.16kg/ $km^2$，幼鱼为 42371 尾/$km^2$。鱼类资源资源密度丰富程度较好。

## 5.6.3 头足类资源状况

### 5.6.3.1 头足类的种类组成及优势种

调查海域的头足类主要有两种类型，一是沿岸性种类，多栖息在近岸浅海水域，个体较小，游泳速度较慢，仅做短距离移动。属于这种类型的有短蛸和长蛸。另一类型是近海性种类，多栖息于沿岸水和外海水交汇的近海水域，个体较大游泳速度较快，洄游距离较长，对环境具有较好的适应力，空间分布范围较广，如日本枪乌贼。渔获物中，头足类主要有 4 种，见表 5.6-5，优势种为日本枪乌贼。

**表 5.6-5 头足类种名录**

| 序号 | 中文名 | 拉丁文名 | 目 | 科 | 2015 年 6 月 | 2015 年 10 月 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 日本枪乌贼 | *Loligo japonica* | 枪形目 | 枪乌贼科 | √ | √ |
| 2 | 短蛸 | *Octopus ocellatus* | 八腕目 | 章鱼科 | √ | √ |
| 3 | 长蛸 | *Octopus variabilis* | 八腕目 | 章鱼科 | √ | √ |
| 4 | 双喙耳乌贼 | *Sepiola birostrata* | 乌贼目 | 耳乌贼科 | √ | |

### 5.6.3.2 渔获组成和渔获量

头足类的生命周期都较短，大部分为一年生，春夏季产卵的较多，产卵后大部分亲体死亡。调查结果显示，头足类生物量夏季多于春季。调查结果显示，头足类生物量秋季最多，冬季最少。

**（1）春季**

春季捕获头足类 4 种，平均渔获量 239 尾/h，71.56kg/ h。头足类生物量范围在 0～15.45kg/h，最高的是 8 号站，其次为 5 号站，最低的是 1 号站，见表 5.6-6。

**表 5.6-6 春季拖网捕获的头足类**

| 站位 | 生物密度（尾/h） | 百分数（%） | 生物量（kg/h） | 百分数（%） |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 2 | 20 | 0.70 | 0.168 | 0.50 |
| 3 | 20 | 0.70 | 0.154 | 0.45 |
| 4 | 775 | 26.99 | 6 | 17.69 |
| 5 | 546 | 19.02 | 2.961 | 8.73 |
| 6 | 60 | 2.09 | 1.02 | 3.01 |
| 7 | 246 | 8.57 | 3.51 | 10.35 |
| 8 | 975 | 33.96 | 15.45 | 45.55 |
| 9 | 30 | 1.04 | 0.284 | 0.84 |
| 10 | 140 | 4.88 | 0.24 | 0.71 |
| 11 | 21 | 0.73 | 2.61 | 7.70 |
| 12 | 38 | 1.32 | 1.52 | 4.48 |
| 平均 | 239 | — | 2.83 | — |

根据渔获物分析，本次调查中头足类幼体的尾数占总尾数的 28.45%，为 68 尾/h，生物量为 0.36kg/h。成体头足类的平均渔获量 2.47 kg/h，171 尾/h。

**（2）秋季**

秋季共捕获头足类 3 种，为日本枪乌贼、长蛸和短蛸，日本枪乌贼为优势种。平均资源密度为 1366 尾/h，11.87kg/h。头足类生物量范围在 1.00～42.83kg/h，最高的是 8 号站，其次为 3 号站，最低的是 2 号站，见表 5.6-7。

**表 5.6-7 秋季拖网捕获的头足类**

| 站位 | 生物密度（尾/h） | 百分数（%） | 生物量（kg/h） | 百分数（%） |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1950 | 11.89 | 8.33 | 5.85 |
| 2 | 140 | 0.85 | 1.00 | 0.70 |
| 3 | 1008 | 6.15 | 25.56 | 17.94 |
| 4 | 312 | 1.90 | 8.31 | 5.83 |
| 5 | 375 | 2.29 | 2.93 | 2.06 |
| 6 | 411 | 2.51 | 4.41 | 3.10 |
| 7 | 516 | 3.15 | 2.87 | 2.01 |
| 8 | 9474 | 57.78 | 42.83 | 30.06 |
| 9 | 77 | 0.47 | 0.8 | 0.56 |
| 10 | 998 | 6.09 | 22.31 | 15.66 |
| 11 | 675 | 4.12 | 19.76 | 13.87 |
| 12 | 460 | 2.81 | 3.36 | 2.36 |
| 平均 | 1366 | — | 11.87 | — |

根据渔获物分析，本次调查中头足类幼体的尾数占总尾数的 35.87%，为 490 尾/h，生物量为 1.60kg/h。成体头足类的平均渔获量 10.27 kg/h，876 尾/h。

#### 5.6.3.3 头足类资源数量及评估

春季（6 月）共捕获头足类 4 种，平均渔获量 239 尾/h，71.56kg/ h；其中足类幼体为 68 尾/h，生物量为 0.36kg/h。成体头足类的平均渔获量 2.47 kg/h，171 尾/h。经换算头足类幼体平均资源密度为 3564 尾/ $km^2$，成体平均资源密度为 51.48kg/ $km^2$。

秋季（10 月）共捕获头足类 3 种，平均渔获量 1388 尾/h，11.87kg/h；其中幼体平均渔获数量为 490 尾/h，生物量为 1.60kg/h；成体平均渔获数量为 876 尾/ h，10.27kg/h。经换算头足类幼体平均资源密度为 10213 尾/ $km^2$，成体平均资源密度为 214.05kg/ $km^2$。

根据鱼类资源调查结果，头足类成体资源密度全年平均值为 132.77kg/ $km^2$，幼体为 6889 尾/$km^2$。头足类资源密度丰富程度较好。

### 5.6.4 甲壳类资源状况

#### 5.6.4.1 种类组成及优势种

本次调查共捕获甲壳类 9 种，隶属于 2 目，7 科，其中虾类 6 种，蟹类 2 种，口足类 1 种。其中春季调查捕获甲壳类 8 种，秋季调查捕获甲壳类 7 种。调查海域春季的优势种为口虾蛄、葛氏长臂虾和日本鼓虾；秋季优势种为口虾蛄；从经济价值来看经济价值较高为 4 种，占种类数的 44.44%，经济价值较低的 5 种；占种类数的 55.56%，见表 5.6-8。

**表 5.6-8 甲壳类种名录**

| 序号 | 中文名 | 目 | 科 | 2015 年 6 月 | 2015 年 10 月 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 中国对虾 *Fenneropenaeus chinensis* | 十足目 | 对虾科 | | √ |
| 2 | 鲜明鼓虾 *Alpheus heterocarpus* | | 鼓虾科 | √ | √ |
| 3 | 日本鼓虾 *Alpheus japonicus* | | | √ | √ |
| 4 | 葛氏长臂虾 *Palaemon gravieri* | | 长臂虾科 | √ | √ |
| 5 | 褐虾 *C rangon crangon* | | 褐虾科 | √ | |
| 6 | 红条鞭腕虾 *Lysmata vittata* | | 藻虾科 | √ | |
| 7 | 三疣梭子蟹 *Portunus trituberculatus* | | 梭子蟹科 | √ | √ |
| 8 | 日本蟳 *Charybdis japonica* | | | √ | √ |
| 9 | 口虾蛄 *Oratosquilla oratoria* | 口足目 | 虾蛄科 | √ | √ |

#### 5.6.4.2 甲壳类的渔获组成和渔获量的季节变化

**☆ 春季**

春季（6 月）共捕获甲壳类 8 种，其中虾类 5 种，蟹类 2 种，口足类 1 种；平均渔获量为 701 尾/h，6.33kg/h；详见表 5.6-9。其优势种为口虾蛄、日本鼓虾、葛氏长臂虾。甲壳类生物量范围在 1.20～16.92kg /h，最高的是 8 号站，其次为 9 号站，最低的是 6 号站。见表 5.6-9。

根据渔获物分析，虾类幼体的尾数占总尾数的 22.46%，为 155 尾/h，生物量为 0.38kg/h，虾类成体为 535 尾/h，生物量为 5.47kg/h；蟹类均为成体为 11 尾/h，生物量为 0.48kg/ $km^2$。

**表 5.6-9 春季拖网捕获的甲壳类**

| 站位 | 生物密度（尾/h） | | 百分数（%） | | 生物量（kg/h） | | 百分数（%） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 |
| 1 | 752 | 37 | 9.08 | 28.68 | 3.78 | 1.28 | 5.39 | 22.22 |
| 2 | 824 | 23 | 9.95 | 17.83 | 2.824 | 0.92 | 4.02 | 15.97 |
| 3 | 1372 | 20 | 16.56 | 15.50 | 12.14 | 0.72 | 17.30 | 12.50 |
| 4 | 325 | 10 | 3.92 | 7.75 | 4.12 | 0.88 | 5.87 | 15.28 |
| 5 | 399 | 0 | 4.82 | 0.00 | 3.46 | 0 | 4.93 | 0.00 |

| 站位 | 生物密度（尾/h） | | 百分数（%） | | 生物量（kg/h） | | 百分数（%） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 |
| 6 | 72 | 0 | 0.87 | 0.00 | 1.2 | 0 | 1.71 | 0.00 |
| 7 | 33 | 0 | 0.40 | 0.00 | 0.456 | 0 | 0.65 | 0.00 |
| 8 | 2454 | 0 | 29.62 | 0.00 | 16.92 | 0 | 24.11 | 0.00 |
| 9 | 1048 | 6 | 12.65 | 4.65 | 14.44 | 0.31 | 20.57 | 5.38 |
| 10 | 500 | 0 | 6.04 | 0.00 | 5.73 | 0 | 8.16 | 0.00 |
| 11 | 267 | 33 | 3.22 | 25.58 | 3.66 | 1.65 | 5.21 | 28.65 |
| 12 | 238 | 0 | 2.87 | 0.00 | 1.46 | 0 | 2.08 | 0.00 |
| 平均 | 690 | 11 | — | | 5.85 | 0.48 | — | |

**☆ 秋季**

秋季（10 月）共捕获甲壳类 7 种，其中虾类 5 种，蟹类 2 种，口足类 1 种；甲壳类平均渔获量 541 尾/h，10.32kg/h；详见表 4.3-13。优势种为口虾蛄、三疣梭子蟹。甲壳类生物量范围在 1.02～31.26 kg /h，12 号站最高，其次 10 号站，2 号站最低。见表 5.6-10。

根据渔获物分析，本次调查中虾类幼体的尾数占总尾数的 20.61%，为 100 尾/h，生物量为 0.33kg/h，虾类成体为 385 尾/h，生物量为 4.59kg/h，蟹类幼体的尾数占总尾数的 12.11%，为 7 尾/h，生物量为 0.28kg/ $km^2$。

**表 5.6-10 秋季拖网捕获的甲壳类**

| 站位 | 生物密度（尾/h） | | 百分数（%） | | 生物量（kg/h） | | 百分数（%） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 | 虾类 | 蟹类 |
| 1 | 7 | 30 | 0.12 | 4.43 | 0.1 | 3.4 | 0.17 | 5.25 |
| 2 | 228 | 44 | 3.92 | 6.50 | 0.53 | 0.49 | 0.90 | 0.76 |
| 3 | 108 | 156 | 1.86 | 23.04 | 1.41 | 19.05 | 2.39 | 29.41 |
| 4 | 2824 | 76 | 48.56 | 11.23 | 7.68 | 1.84 | 13.00 | 2.84 |
| 5 | 450 | 29 | 7.74 | 4.28 | 9.1 | 2.77 | 15.40 | 4.28 |
| 6 | 279 | 27 | 4.80 | 3.99 | 3.81 | 3.6 | 6.45 | 5.56 |
| 7 | 83 | 14 | 1.43 | 2.07 | 1.58 | 1.56 | 2.67 | 2.41 |
| 8 | 41 | 14 | 0.70 | 2.07 | 0.81 | 2.015 | 1.37 | 3.11 |
| 9 | 23 | 16 | 0.40 | 2.36 | 0.13 | 2.533 | 0.22 | 3.91 |
| 10 | 118 | 156 | 2.03 | 23.04 | 1.56 | 19.05 | 2.64 | 29.41 |
| 11 | 66 | 111 | 1.13 | 16.40 | 1.33 | 8.25 | 2.25 | 12.74 |
| 12 | 1589 | 4 | 27.32 | 0.59 | 31.05 | 0.21 | 52.55 | 0.32 |
| 平均 | 485 | 56 | — | | 4.92 | 5.40 | — | |

### 5.6.4.3 甲壳类资源量评估

春季（6 月）共捕获甲壳类 8 种，平均渔获量为 701 尾/h，6.33kg/h；其中，虾类幼体的尾数为 155 尾/h，生物量为 0.38kg/h，虾类成体为 535 尾/h，生物量为 5.47kg/h；蟹

类均为成体为 11 尾/h，生物量为 0.48kg/ $km^2$。经换算虾类成体平均资源密度为 94.58kg/ $km^2$，幼体为 3230 尾/ $km^2$；蟹类均为成体资源密度为 10.00kg/$km^2$。

秋季（10 月）共捕获甲壳类 7 种，甲壳类平均渔获量 541 尾/h，10.32kg/h；其中，虾类幼体的尾数为 100 尾/h，生物量为 0.33kg/h，虾类成体的尾数为 385 尾/h，生物量为 4.59kg/h；蟹类幼体为 7 尾/h，生物量为 0.28kg/ $km^2$，成体为 49 尾/h，生物量为 5.12kg/h。经换算虾类成体平均资源密度为 95.62kg/ $km^2$，幼体为 2083 尾/ $km^2$；蟹类成体资源密度为 106.77kg/$km^2$，幼体为 146 尾/ $km^2$。

根据调查结果，虾类成体资源密度全年平均值为 95.10kg/$km^2$，幼体资源密度全年平均值为 2657 尾/$km^2$；蟹类成体资源密度全年平均值为 58.39kg/$km^2$，幼体资源密度全年平均值为 73 尾/$km^2$。甲壳类资源密度丰富程度较好。

### 5.6.5 重要渔业生物生境

本区域按栖息水层分，有中上层鱼类和底层鱼类。中上层鱼类有：斑鰶、赤鼻棱鳀、中颌棱鳀、黄鲫、蓝点马鲛、银鲳、青鳞鱼、扁颌针鱼、玉筋鱼和海龙等 10 余种；底层鱼类有：大银鱼、安氏新银鱼、梭鱼、小黄鱼、叫姑鱼、白姑鱼、方氏云鳚、短鳍鲳、绯鲳、小带鱼、裸项栉鰕虎鱼、矛尾刺鰕虎鱼、尖尾鰕虎鱼、锤馗鰕虎鱼、红狼牙鰕虎鱼、凹鳍孔鰕虎鱼、许氏平鲉、欧式六线鱼、鲬、焦氏舌鳎等 20 余种。

按洄游行种类分主要有：

a 洄游性种类：多为暖温性和暖水性种类，分布范围较大，有明显的洄游路线，少数种类作较长距离的洄游。一般春季游向近岸 30 米以内水域进行生殖活动，夏季分散索饵，秋季随着水温下降，则游向较深、较暖的水域，冬季则游出渤海越冬。这一类型种类数较少，但资源量较大。

b 地方性种类：栖息于河口、岛礁和较浅水域，随着环境的变化，作深浅季节性移动。一般春、夏季游向岸边产卵，秋冬季游向较深水域，属于这一类型的种类较多，多为暖温性及冷温性地方种群。主要有大银鱼、梭鱼、方氏云鳚、许氏平鲉、半滑舌鳎、焦氏舌鳎和各种鰕虎鱼类等。

本项目委托中国水产科学研究院黄海水产研究所进行了《曹妃甸 6-4 油田项目渔业资源现状调查与评价》，黄海水产研究所根据相关文献及长期调查数据提供了产卵场、索饵场和越冬场及洄游路线分布图

#### 5.6.5.1 洄游性鱼类

评价区内主要洄游性鱼类为黄渤海种群的暖温性鱼类，越冬场位于黄海中南部至东海北部的连青石、大沙、沙外及江外渔场。春、夏季鱼群大致分三路北上产卵洄游，各路的洄游模式特征是：一路向西偏北经长江口、吕泗外海进入山东南部日照近海产卵场产卵。秋季在海州湾、连青渔场索饵，入冬后返回越冬场；另一路向西北到达山东半岛以南近海产卵，产卵后即分布在附近海区索饵，直到进行越冬洄游；第三路鱼群的洄游路线比较长，由越冬场直接北上到达成山头外海，然后分成 2 支，一支继续向北到鸭绿江口进行产卵，另一支则折向西，经烟威外海进入渤海，分别游向莱州湾、渤海湾及辽东湾等产卵场，入秋后又分别从各湾游出渤海，返回原越冬场。属于这一类群的鱼类主要是底层鱼类有小黄鱼、蓝点马鲛、黄鲫、青鳞、斑鰶、鲽鱼等。中上层鱼类代表性种类有太平洋鲱鱼、鲽鱼、青鳞、黄鲫、斑鰶、小鳞鱵、鄂针鱼、赤鼻棱鳀等。在渤海产卵场分布为渤海湾、莱州湾、辽东湾、滦河口、南排河、大口河口一带水域，本工程位于产卵场内（图 5.6-2）。

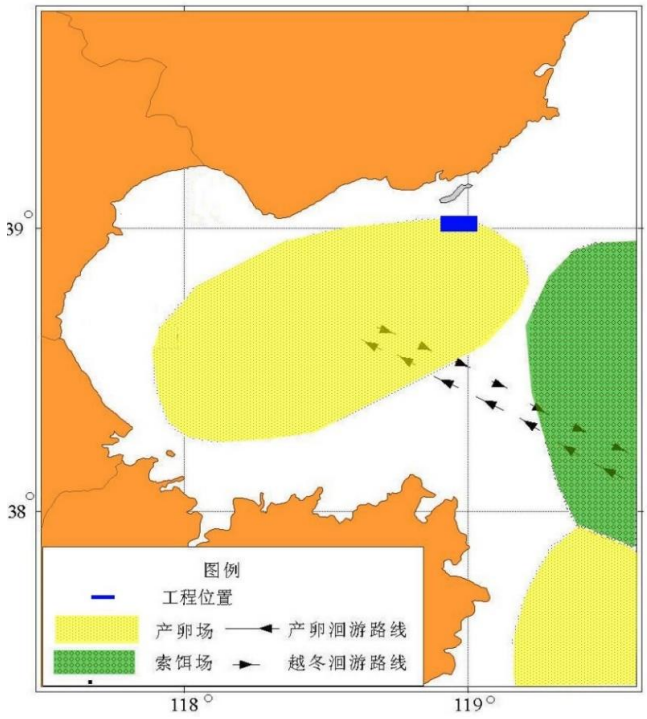



**图 5.6-2 洄游性鱼类洄游图**

### 5.6.5.2 中上层鱼类

代表性种类有太平洋鲱鱼、鲽鱼、青鳞、黄鲫、斑鰶、小鳞鱵、鄂针鱼、赤鼻棱鳀等。在渤海产卵场分布为渤海湾、莱州湾、辽东湾、滦河口、大清河口及戴河口一带水域，该工程与其产卵场有一定的距离（图 5.6-3）。

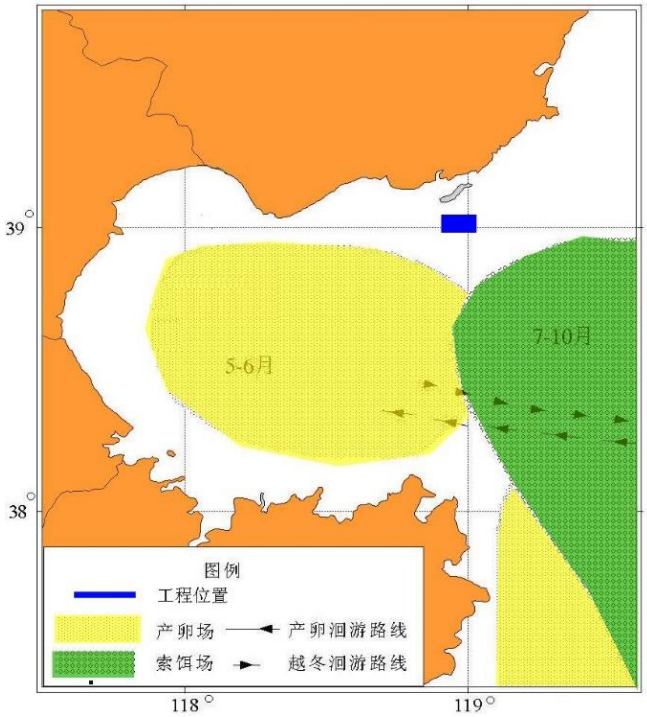



**图 5.6-3 中上层鱼类洄游分布**

### 5.6.5.3 底层鱼类

代表性种类有小黄鱼、带鱼、东方鲀类、鲈鱼、黄姑鱼、叫姑鱼、白姑鱼、梅童鱼、真鲷、鳐类、鳎类、鲆鲽类等。在渤海产卵场分布为渤海湾、莱州湾、辽东湾。该工程与其产卵场距离较远（图 5.6-4）。

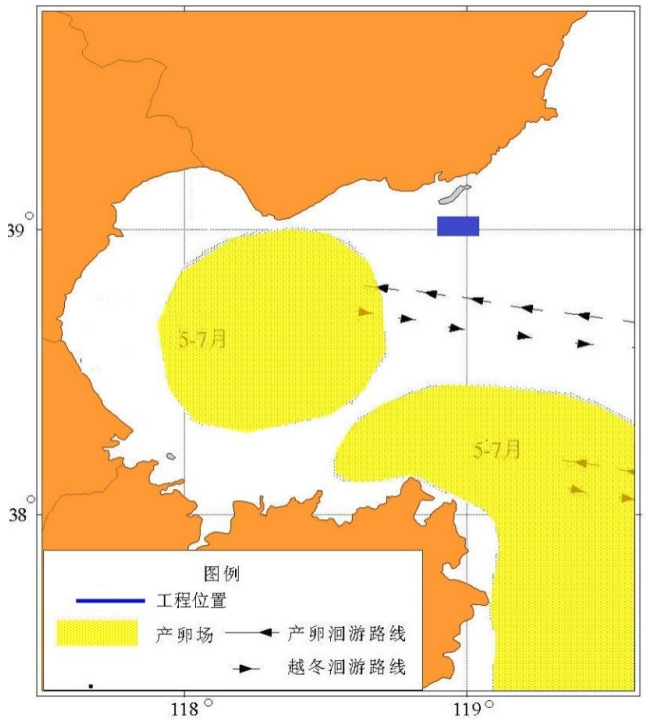



**图 5.6-4 底层鱼类洄游分布**

#### 5.6.5.4 白姑鱼

白姑鱼属石首鱼科，为暖温性底层鱼类。白姑鱼有明显的季节性洄游。白姑鱼在越冬海区停留到 4 月中、下旬，主群迅速向北、偏西方向移动。洄游鱼群的主群向北洄游，5 月上旬便可到达石岛东南及以东海域，于 5 月至 6 月上旬便可进入渤海各大河口外海区产卵，主要产卵期为 6 月前后，渤海湾为白姑鱼的主要产卵场。该工程位于其产卵场内（图 5.6-5）。

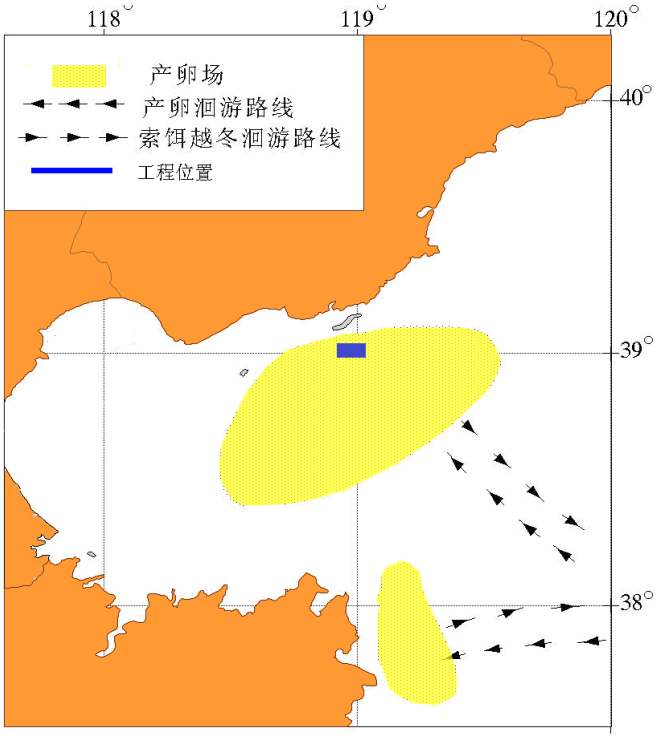



**图 5.6-5 白姑鱼洄游分布**

#### 5.6.5.5 鳀鱼

渤海几乎全年都有鳀鱼分布，近年来调查资料表明，从春到冬调查海区始终都有鳀鱼渔获。鳀鱼于 5 月份大量出现在渤海，渔获量最高，6～7 月渔获量有较大下降，9、10 月明显减少，11 月又有所上升，12 月基本消失。该工程与其产卵场有一定距离（图 5.6-6）。

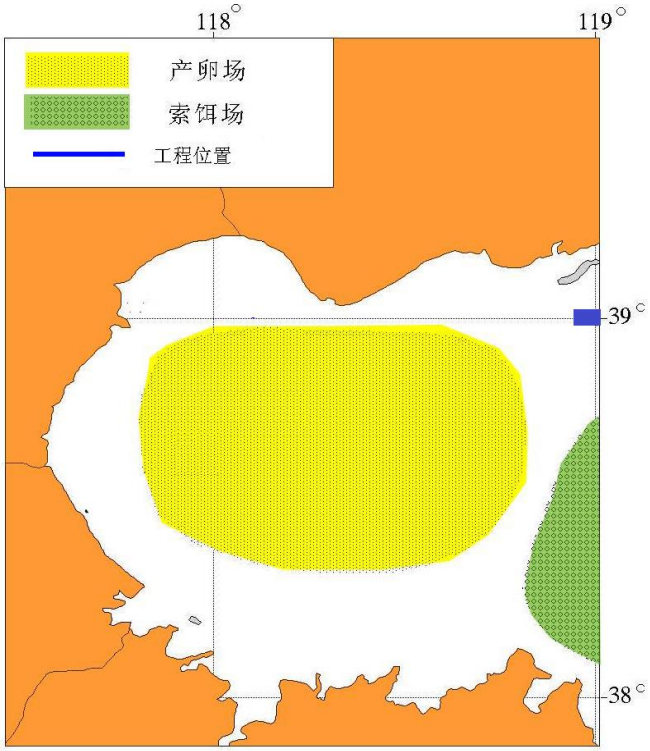



**图 5.6-6 鳀鱼洄游分布**

### 5.6.5.6 叫姑鱼

叫姑鱼属石首鱼科，为洄游性的底层鱼类。越冬期为 12 月至翌年 2 月份，2 月下旬开始北上生殖洄游，当 3 月下旬至 4 月初，当渤海海峡水温增至 4.0～4.5℃时，叫姑鱼大体沿 38°N 线向西移动入渤海。入渤海后又分为南北两路，主群进入莱州湾、渤海湾各河口产卵场，北路进入辽东湾各河口区产卵。8 月下旬鱼群逐渐向深水移动，分布很广；9 月上旬鱼群向渤海中部趋集；10 月下旬主群可达渤海海峡附近，11 月下旬黄海北部各渔场的鱼群在烟威外海与渤海外泛的鱼群汇合，自西向东集结在 38°线附近海域，12 月鱼群密集于烟威东部海区作短暂停留后，12 月中旬进入石岛东南外海的越冬场。评价区水域均有产卵场、索饵场和洄游通道分布，其产卵期为 5～7 月。该工程距离其产卵场较远（图 5.6-7）。

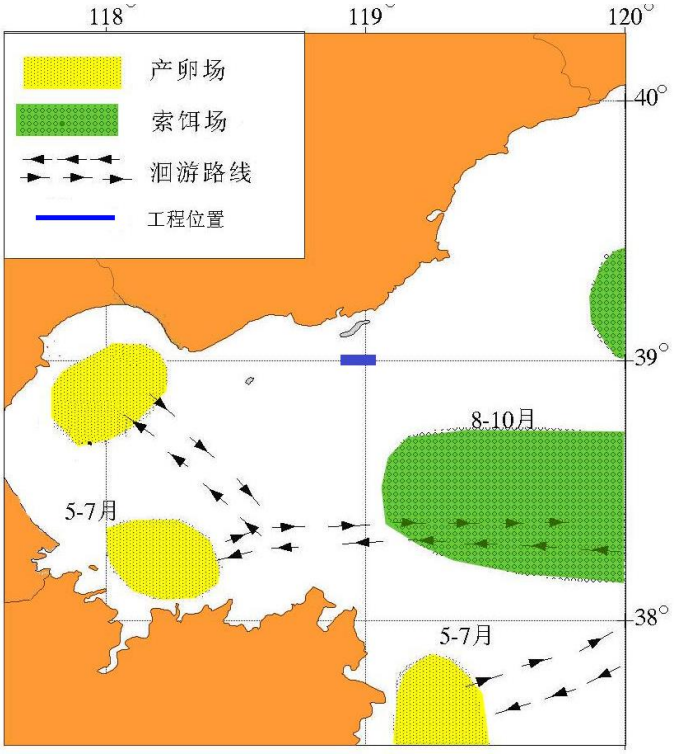



**图 5.6-7 叫姑鱼洄游分布**

### 5.6.5.7 绵鰄

绵鰄，地方名鲶鱼或光鱼，属冷温性近海底层鱼类。绵鰄不做长距离的洄游，但作浅水与深水的往返移动。冬季，绵鰄主要群体一般栖息在 40～70 水深区域，春季，绵鰄开始由深水区向近岸浅水区移动，进行索饵、育肥活动，此时绵鰄的分布较广，渤海三湾、海洋岛以北沿岸、山东半岛沿岸等均有分布，几乎遍及整个渤海湾。绵鰄的产卵期一般在 12～2 月，其产卵场在深水区。该工程与其产卵场距离较远（图 5.6-8）。

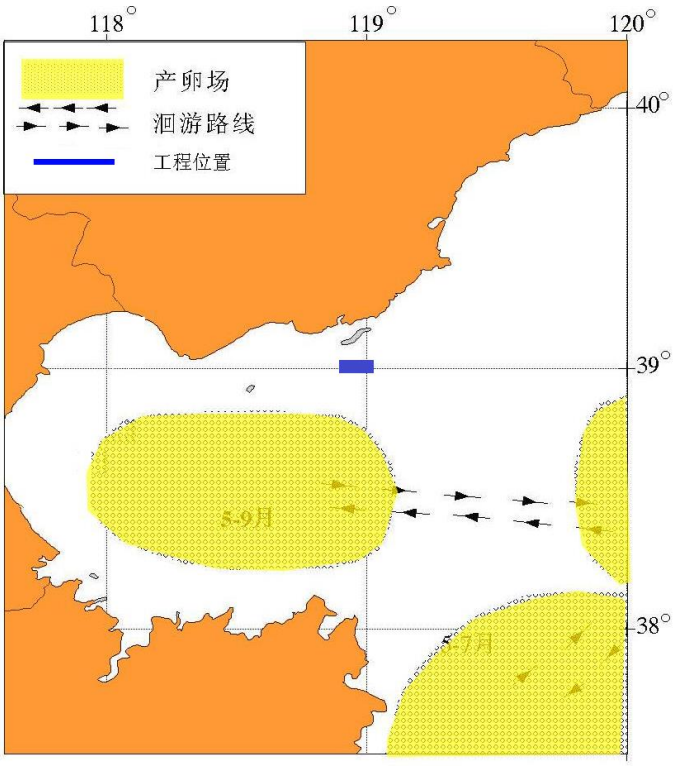



**图 5.6-8 绵鳚洄游分布**

## 5.6.6 鱼卵、仔稚鱼

### 5.6.6.1 鱼卵、仔稚鱼种类组成及优势种类重要种类和主要种类

本次调查春季共采集到鱼卵 5 种，隶属于 4 目 5 科，仔稚鱼 7 种，隶属于 6 目 7 科，秋季 10 月未采集到鱼卵仔稚鱼（表 5.6-11）。

**表 5.6-11　2015 年 6 月春季航次鱼卵仔稚鱼种类组成**

| 种类 | 鱼卵 | 仔稚鱼 |
|---|---|---|
| 斑鰶 | √ | √ |
| 鳀鱼 | √ | |
| 叫姑 | | √ |
| 尖尾鰕虎鱼 | | √ |
| 鲐 | √ | |
| 梭鱼 | | √ |
| 许氏平鲉 | | √ |
| 鰔 | √ | √ |
| 鲛鳚 | | √ |
| 焦氏舌鳎 | √ | |
| 合计 | 5 | 7 |

2015 年 6 月春季航次共采集鱼卵 1444 粒，仔稚鱼 1025 尾。经分析鉴定隶属于 7 目 10 科 10 属。鲈形目种类最多 3 种，鲱形目 2 种，其余各 1 种。

#### 5.6.6.2 数量分布

本次调查鱼卵平均密度为 0.239 粒/$m^3$；仔稚鱼的平均密度为 0.194 尾/$m^3$。

渤海是一个鱼类天然的索饵、育肥、产卵的地方。通常将渤海渔场分为辽东湾渔场、渤海湾渔场、莱州湾渔场及滦河口渔场四个次级渔场。本区位于渤海湾渔场范围内，每年 4 月，洄游性鱼类便开始进入渤海，除少数种类在渤海中部产卵外，多数种类先后进入辽东湾中部、渤海湾、莱州湾的河口近岸海区进行产卵。一般 5～6 月达到产卵高峰。

**表 5.6-12 各站位鱼卵、仔稚鱼平均密度（ind./$m^3$）**

| 站位 | 密度（粒/$m^3$） | 密度（尾/$m^3$） |
|---|---|---|
| Y1 | 0 | 0 |
| Y2 | 0 | 0 |
| Y3 | 0.25 | 0.33 |
| Y4 | 0.35 | 0.35 |
| Y5 | 0.74 | 0 |
| Y6 | 0 | 0.8 |
| Y7 | 0.59 | 0 |
| Y8 | 0.79 | 0.27 |
| Y9 | 0 | 0.36 |
| Y10 | 0.03 | 0.22 |
| Y11 | 0 | 0 |
| Y12 | 0.12 | 0 |
| 平均 | 0.239 | 0.194 |

### 5.6.7 渔业资源现状调查小结

渔业资源调查，春季（6 月）共捕获鱼类 18 种，隶属 7 目，14 科。鱼类的优势种为尖尾虾虎鱼。平均渔获量为 2952 尾/h，8.186kg/ h，72826 尾/ $km^2$，201.95kg/ $km^2$；其中幼鱼尾数为 2468 尾/h，生物量为 2.35kg/h；成体渔业资源的平均渔获量 484 尾/h，5.836kg/h。经鱼类的优势种为尖尾虾虎鱼。换算幼鱼平均资源密度为 60886 尾/ $km^2$，成鱼平均资源密度为 143.97kg/ $km^2$。

秋季（10 月）共捕获鱼类 20 种，隶属 7 目，13 科。平均渔获量 2328 尾/h，30.469kg/h；其中幼鱼平均渔获数量为 967 尾/h，生物量为 4.34kg/h；成鱼平均渔获数量为 1361 尾/h，26.131kg/h。经换算幼鱼平均资源密度为 23856 尾/ $km^2$，成鱼平均资源密度为 644.65kg/ $km^2$。

根据鱼类资源调查结果，鱼类成体资源密度全年平均值为 394.31kg/ $km^2$，幼鱼为 42371 尾/$km^2$。

2015 年春季共采集到鱼卵 5 种，隶属于 4 目 5 科，仔稚鱼 7 种，隶属于 6 目 7 科，秋季 10 月未采集到鱼卵仔稚鱼。本次调查鱼卵平均密度为 0.239 粒/$m^3$；仔稚鱼的平均密度为 0.194 尾/$m^3$。

## 5.7 海洋生物质量现状调查及评价

### 5.7.1 评价因子及分析方法

本次评价以生物体内的铬、铜、铅、锌、镉、砷、汞、石油烃作为评价因子。所有样品的采集、预处理、制备、保存和检测方法，严格按《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）执行。

**表 5.7-1 生物体质量监测项目及分析方法**

| 监测项目 | 分析方法 | 引用标准 | 检出限 |
|---|---|---|---|
| 石油烃 | 荧光分光光度法 | GB17378.6-2007 | $0.2\times10^{-6}$ |
| 铜 | 无火焰原子吸收分光光度法 | GB17378.6-2007 | $0.4\times10^{-6}$ |
| 铅 | 无火焰原子吸收分光光度法 | GB17378.6-2007 | $0.04\times10^{-6}$ |
| 镉 | 无火焰原子吸收分光光度法 | GB17378.6-2007 | $0.005\times10^{-6}$ |
| 锌 | 火焰原子吸收分光光度法 | GB17378.6-2007 | $0.4\times10^{-6}$ |
| 铬 | 无火焰原子吸收分光光度法 | GB17378.6-2007 | $0.04\times10^{-6}$ |
| 汞 | 原子荧光法 | GB17378.6-2007 | $0.002\times10^{-6}$ |
| 砷 | 原子荧光法 | GB17378.6-2007 | $0.2\times10^{-6}$ |

### 5.7.2 评价标准

由于目前国家仅颁布了贝类生物评价国家标准，而其它生物种类的国家级评价标准欠缺，只能借鉴其它标准。贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的第一类标准值，其他软体动物和甲壳类、鱼类体内污染物质（除石油烃外）含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。具体标准见表 5.7-2。

**表 5.7-2 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 软体动物（双壳类） | 0.5 | 10 | 0.1 | 20 | 0.2 | 1.0 | 0.05 | 15 |
| 软体动物（非双壳类） | / | 100 | 10.0 | 250 | 5.5 | / | 0.3 | 20 |
| 甲壳类 | / | 100 | 2.0 | 150 | 2.0 | / | 0.2 | 20 |
| 鱼类 | / | 20 | 2.0 | 40 | 0.6 | / | 0.3 | 20 |

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

生物体中铬和砷进行评价。

### 5.7.3 评价方法

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

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

式中：*Pi* 为某污染因子的污染指数，即单因子污染指数；*Ci* 为某污染因子的实测浓度；*Cio* 为某污染因子的评价标准；

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

### 5.7.4 2015 年 10 月秋季检测结果及分析评价

2015 年 10 月秋季调查中 P6 和 P45 号站按照一个调查站进行生物质量取样， P 11、P42、P43 和 P44 号站按照一个调查站进行生物质量取样，36~P41 号站按照一个调查站进行生物质量取样。检测结果见表 5.7-3。

**表 5.7-3　2015 年 10 月生物质量分析结果（鲜重）**

| 站位 | 样品名称 | 监测结果（$W\times10^{-6}$） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铬 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 砷 | 总汞 | 石油烃 |
| P1 | 脉红螺 | 0.33 | 3.9 | 0.65 | 9.8 | 0.125 | 1.7 | 0.067 | 8.9 |
| | 虾虎鱼 | 0.56 | 9.6 | 1.02 | 3.7 | 0.232 | 0.6 | 0.059 | 7.6 |
| P3 | 虾虎鱼 | 0.43 | 5.9 | 1.12 | 3.4 | 0.109 | 0.6 | 0.065 | 10.2 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.52 | 9.3 | 0.63 | 7.7 | 0.345 | - | 0.111 | 12.5 |
| P5 | 虾虎鱼 | 0.46 | 8.7 | 1.06 | 5.7 | 0.098 | 0.7 | 0.076 | 8.8 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.46 | 4.8 | 0.42 | 6.7 | 0.342 | 0.4 | 0.108 | 9.1 |
| | 口虾蛄 | 0.23 | 2.7 | - | 5.2 | 0.056 | 0.4 | 0.062 | 5.1 |
| P6/45 | 脉红螺 | 0.18 | 2.5 | 0.35 | 7.5 | 0.089 | 1.2 | 0.038 | 7.7 |
| | 虾虎鱼 | 0.56 | 6.9 | 0.89 | 3.7 | 0.186 | 0.4 | - | 4.6 |
| P9 | 舌鳎 | 0.48 | 6.6 | 1.02 | 3.8 | 0.256 | 0.8 | 0.087 | 6.6 |
| | 口虾蛄 | 0.41 | 5.6 | 0.28 | 11.2 | 0.102 | - | 0.089 | 4.7 |
| | 长蛸 | 0.32 | 11.3 | 1.28 | 12.3 | 0.083 | 0.5 | 0.065 | 5.7 |
| P11/42/43/44 | 脉红螺 | 0.25 | 3.3 | 0.52 | 8.8 | 0.101 | 1.5 | 0.056 | 9.2 |
| | 虾虎鱼 | 0.37 | 7.7 | 0.11 | 1.3 | 0.256 | 0.4 | 0.036 | 5.2 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.42 | 5.6 | 0.42 | 4.1 | 0.456 | 0.5 | 0.058 | 6.8 |
| P13 | 虾虎鱼 | 0.76 | 10.9 | 0.82 | 2.9 | 0.212 | 0.7 | 0.072 | 11.8 |
| | 舌鳎 | 0.42 | 5.3 | 0.79 | 4.8 | 0.312 | 0.5 | 0.056 | 8.8 |
| | 长蛸 | 0.56 | 18.3 | 1.98 | 19.1 | 0.774 | 1.2 | 0.145 | 10.7 |

| 站位 | 样品名称 | 监测结果（$W\times10^{-6}$） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铬 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 砷 | 总汞 | 石油烃 |
| P15 | 口虾蛄 | 0.28 | 5.8 | 0.86 | 6.8 | 0.498 | 0.6 | 0.126 | 5.2 |
| | 虾虎鱼 | 0.56 | 6.9 | 0.96 | 3.9 | 0.375 | 0.4 | 0.056 | 6.9 |
| P17 | 日本蟳 | 0.28 | 8.2 | 1.12 | 11.3 | 0.612 | 0.8 | 0.012 | 6.1 |
| | 虾虎鱼 | 0.78 | 6.6 | 1.08 | 4.8 | 0.359 | 0.5 | 0.058 | 12.7 |
| P19 | 口虾蛄 | 0.21 | 12.1 | 0.28 | 14.2 | 0.102 | 0.4 | 0.132 | 11.1 |
| | 虾虎鱼 | 0.72 | 6.8 | 0.96 | 5.2 | 0.259 | 0.5 | 0.028 | 9.3 |
| P21 | 虾虎鱼 | 0.87 | 10.3 | 1.12 | 3.8 | 0.312 | 0.6 | 0.059 | 7.6 |
| P23 | 三疣梭子蟹 | 0.87 | 8.3 | 1.06 | 12.6 | 0.128 | 0.8 | 0.068 | 10.3 |
| | 长蛸 | 0.66 | 18.8 | 2.00 | 15.2 | 0.409 | 0.8 | 0.106 | 11.7 |
| P25 | 口虾蛄 | 0.38 | 10.8 | 0.78 | 10.8 | 0.202 | 0.6 | 0.072 | 3.2 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.50 | 6.9 | 0.98 | 6.8 | 0.098 | - | 0.032 | 6.6 |
| | 舌鳎 | 0.56 | 4.5 | 0.83 | 2.9 | 0.314 | 0.5 | 0.063 | 8.9 |
| P27 | 长蛸 | 0.36 | 8.8 | 1.02 | 9.8 | 0.381 | 0.8 | 0.098 | 6.6 |
| | 虾虎鱼 | 0.46 | 6.9 | 0.98 | 5.6 | 0.226 | 0.5 | 0.061 | 8.1 |
| P31 | 虾虎鱼 | 0.69 | 8.9 | 1.19 | 3.9 | 0.336 | 0.6 | 0.065 | 6.2 |
| P33 | 舌鳎 | 0.37 | 6.8 | 0.75 | 2.5 | 0.334 | 0.4 | 0.065 | 8.8 |
| | 长蛸 | 0.32 | 8.0 | 0.89 | 10.6 | 0.316 | 0.4 | 0.117 | 6.1 |
| P35 | 三疣梭子蟹 | 0.42 | 11.2 | 1.18 | 8.8 | 0.091 | 0.5 | 0.039 | 4.7 |
| | 口虾蛄 | 0.28 | 8.8 | 0.82 | 2.8 | 0.150 | 0.4 | 0.066 | 3.8 |
| | 舌鳎 | 0.52 | 4.8 | 0.98 | 5.3 | 0.312 | 0.6 | 0.070 | 6.2 |
| P36-41 | 三疣梭子蟹 | 0.76 | 7.6 | 1.33 | 12.8 | 0.412 | 0.6 | 0.108 | 12 |
| | 长蛸 | 0.42 | 16.6 | 1.78 | 18.1 | 0.472 | 0.8 | 0.102 | 13.5 |
| | 虾虎鱼 | 0.65 | 9.8 | 1.06 | 8.7 | 0.259 | 1.1 | 0.092 | 12.1 |

注：“-”代表未检出。

采用单因子指数法，评价结果见表 5.7-4。

**表 5.7-4　2015 年 10 月调查海域生物体中残留物单因子指数评价结果**

| 站位 | 样品名称 | 监测结果（$W\times10^{-6}$） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 总汞 | 石油烃 |
| P1 | 脉红螺 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.02 | 0.22 | 0.45 |
| | 虾虎鱼 | 0.48 | 0.51 | 0.09 | 0.39 | 0.20 | 0.38 |
| P3 | 虾虎鱼 | 0.30 | 0.56 | 0.09 | 0.18 | 0.22 | 0.51 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.09 | 0.32 | 0.05 | 0.17 | 0.56 | 0.63 |
| P5 | 虾虎鱼 | 0.44 | 0.53 | 0.14 | 0.16 | 0.25 | 0.44 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.05 | 0.21 | 0.04 | 0.17 | 0.54 | 0.46 |
| | 口虾蛄 | 0.03 | - | 0.03 | 0.03 | 0.31 | 0.26 |
| P6/45 | 脉红螺 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.13 | 0.39 |
| | 虾虎鱼 | 0.35 | 0.45 | 0.09 | 0.31 | - | 0.23 |
| P9 | 舌鳎 | 0.33 | 0.51 | 0.10 | 0.43 | 0.29 | 0.33 |
| | 口虾蛄 | 0.06 | 0.14 | 0.07 | 0.05 | 0.45 | 0.24 |
| | 长蛸 | 0.11 | 0.13 | 0.05 | 0.02 | 0.22 | 0.29 |
| P11/42/43/44 | 脉红螺 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.19 | 0.46 |
| | 虾虎鱼 | 0.39 | 0.06 | 0.03 | 0.43 | 0.12 | 0.26 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.06 | 0.21 | 0.03 | 0.23 | 0.29 | 0.34 |

| 站位 | 样品名称 | 监测结果（$W\times10^{-6}$） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 总汞 | 石油烃 |
| P13 | 虾虎鱼 | 0.55 | 0.41 | 0.07 | 0.35 | 0.24 | 0.59 |
| | 舌鳎 | 0.27 | 0.40 | 0.12 | 0.52 | 0.19 | 0.44 |
| | 长蛸 | 0.18 | 0.20 | 0.08 | 0.14 | 0.48 | 0.54 |
| P15 | 口虾蛄 | 0.06 | 0.43 | 0.05 | 0.25 | 0.63 | 0.26 |
| | 虾虎鱼 | 0.35 | 0.10 | 0.03 | 0.63 | 0.19 | 0.35 |
| P17 | 日本蟳 | 0.08 | 0.56 | 0.08 | 0.31 | 0.06 | 0.31 |
| | 虾虎鱼 | 0.33 | 0.54 | 0.12 | 0.60 | 0.19 | 0.64 |
| P19 | 口虾蛄 | 0.12 | 0.14 | 0.09 | 0.05 | 0.66 | 0.56 |
| | 虾虎鱼 | 0.34 | 0.48 | 0.13 | 0.43 | 0.09 | 0.47 |
| P21 | 虾虎鱼 | 0.52 | 0.56 | 0.10 | 0.52 | 0.20 | 0.38 |
| P23 | 三疣梭子蟹 | 0.08 | 0.53 | 0.08 | 0.06 | 0.34 | 0.52 |
| | 长蛸 | 0.19 | 0.20 | 0.06 | 0.07 | 0.35 | 0.59 |
| P25 | 口虾蛄 | 0.11 | 0.39 | 0.07 | 0.10 | 0.36 | 0.16 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.07 | 0.49 | 0.05 | 0.05 | 0.16 | 0.33 |
| | 舌鳎 | 0.23 | 0.42 | 0.07 | 0.52 | 0.21 | 0.45 |
| P27 | 长蛸 | 0.09 | 0.10 | 0.04 | 0.07 | 0.33 | 0.33 |
| | 虾虎鱼 | 0.35 | 0.49 | 0.14 | 0.38 | 0.20 | 0.41 |
| P31 | 虾虎鱼 | 0.45 | 0.60 | 0.10 | 0.56 | 0.22 | 0.31 |
| P33 | 舌鳎 | 0.34 | 0.38 | 0.06 | 0.56 | 0.22 | 0.44 |
| | 长蛸 | 0.08 | 0.09 | 0.04 | 0.06 | 0.39 | 0.31 |
| P35 | 三疣梭子蟹 | 0.11 | 0.59 | 0.06 | 0.05 | 0.20 | 0.24 |
| | 口虾蛄 | 0.09 | 0.41 | 0.02 | 0.08 | 0.33 | 0.19 |
| | 舌鳎 | 0.24 | 0.49 | 0.13 | 0.52 | 0.23 | 0.31 |
| P36-41 | 三疣梭子蟹 | 0.08 | 0.67 | 0.09 | 0.21 | 0.54 | 0.60 |
| | 长蛸 | 0.17 | 0.18 | 0.07 | 0.09 | 0.34 | 0.68 |
| | 虾虎鱼 | 0.49 | 0.53 | 0.22 | 0.43 | 0.31 | 0.61 |
| 最大值 | | 0.55 | 0.67 | 0.22 | 0.63 | 0.66 | 0.68 |
| 最小值 | | 0.03 | - | 0.02 | 0.02 | - | 0.16 |
| 超标率 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注：“-”代表未检出；由于本次调查采集到生物质量样品均为双壳类以外的其他生物体，因此未对铬和砷进行评价。

2015 年 10 月秋季调查获取的鱼类、甲壳类和非双壳类软体动物体内的铬、铜、锌、砷、镉、汞、铅、石油烃含量均不超过《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；石油烃含量不超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

## 5.7.5 2016 年 5 月春季检测结果及分析评价

本次调查中 P6 和 P45 号站按照一个调查站进行生物质量取样， P 11、P40~P44 号站按照一个调查站进行生物质量取样，P36~P39 号站按照一个调查站进行生物质量取样。检测结果见表 5.7-5。

**表 5.7-5　2016 年 5 月生物质量分析结果（鲜重）**

| 站位 | 样品名称 | 监测结果（$W\times10^{-6}$） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铬 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 砷 | 总汞 | 石油烃 |
| P1 | 扁玉螺 | 0.86 | 5.9 | 0.98 | 15.8 | 0.256 | 0.9 | 0.123 | 6.7 |
| | 虾虎鱼 | 0.46 | 9.6 | 0.98 | 10.8 | 0.098 | 1.1 | 0.102 | 7.6 |
| P3 | 虾虎鱼 | 0.43 | 4.7 | 1.22 | 7.9 | 0.109 | 0.6 | 0.095 | 9.2 |
| | 口虾蛄 | 0.52 | 9.8 | 0.39 | 10.2 | 0.545 | - | 0.111 | 12.5 |
| P5 | 舌鳎 | 0.28 | 6.6 | 1.02 | 3.8 | 0.366 | 0.8 | 0.187 | 6.6 |
| | 口虾蛄 | 0.23 | 3.7 | - | 5.2 | 0.656 | 0.4 | 0.062 | 12.3 |
| P6/45 | 脉红螺 | 0.18 | 2.5 | 0.35 | 7.5 | 0.089 | 1.2 | 0.038 | 7.7 |
| | 虾虎鱼 | 0.56 | 4.3 | 0.89 | 10.7 | 0.186 | 0.4 | 0.102 | 10.6 |
| P7 | 虾虎鱼 | 0.76 | 5.6 | 1.12 | 8.8 | 0.112 | 0.8 | 0.152 | 10.6 |
| | 长蛸 | 0.64 | 17.2 | 2.56 | 17.6 | 0.563 | 0.8 | 0.112 | 9.6 |
| P9 | 虾虎鱼 | 0.72 | 1.7 | 0.32 | 5.6 | 0.259 | 1.9 | 0.077 | 3.9 |
| | 口虾蛄 | 0.41 | 5.6 | 0.68 | 11.2 | 0.102 | - | 0.089 | 4.7 |
| P11/ P40~P44 | 脉红螺 | 0.33 | 4.3 | 0.52 | 25.9 | 0.158 | 1.2 | 0.106 | 9.8 |
| | 扁玉螺 | 0.62 | 7.7 | 0.88 | 10.2 | 0.121 | 0.9 | 0.134 | 5.8 |
| | 舌鳎 | 0.89 | 8.3 | 1.23 | 16.8 | 0.262 | 1.2 | 0.096 | 12.8 |
| | 虾虎鱼 | 0.37 | 7.7 | 0.11 | 6.3 | 0.256 | 0.4 | 0.036 | 8.2 |
| P13 | 虾虎鱼 | 0.76 | 10.9 | 0.82 | 2.9 | 0.212 | 0.7 | 0.072 | 11.8 |
| | 舌鳎 | 0.42 | 5.1 | 0.99 | 8.8 | 0.502 | 1.1 | 0.136 | 8.8 |
| P15 | 口虾蛄 | 0.28 | 5.8 | 0.86 | 6.8 | 0.498 | 0.6 | 0.126 | 5.2 |
| | 舌鳎 | 0.42 | 5.3 | 0.79 | 4.8 | 0.312 | 0.5 | 0.096 | 8.8 |
| | 虾虎鱼 | 0.56 | 6.9 | 0.96 | 3.9 | 0.375 | 0.4 | 0.056 | 6.9 |
| P17 | 口虾蛄 | 0.28 | 8.2 | 1.12 | 11.3 | 0.612 | 0.8 | 0.012 | 6.1 |
| | 虾虎鱼 | 0.88 | 4.6 | 1.08 | 8.8 | 0.392 | 0.5 | 0.098 | 12.2 |
| P19 | 口虾蛄 | 0.21 | 12.1 | 0.28 | 14.2 | 0.102 | 0.4 | 0.132 | 11.1 |
| | 长蛸 | 0.66 | 18.8 | 2 | 15.2 | 0.409 | 0.8 | 0.106 | 11.7 |
| | 虾虎鱼 | 0.7 | 6.8 | 0.66 | 6.2 | 0.259 | 0.5 | 0.058 | 9.3 |
| p21 | 脉红螺 | 0.58 | 2.9 | 0.39 | 8.5 | 0.088 | 1.2 | 0.128 | 8.7 |
| | 虾虎鱼 | 0.45 | 6.9 | 0.89 | 4.7 | 0.186 | 0.6 | 0.096 | 4.6 |
| P23 | 口虾蛄 | 0.28 | 8.2 | 1.12 | 11.3 | 0.612 | 0.8 | 0.012 | 6.1 |
| | 虾虎鱼 | 0.49 | 6.6 | 1.08 | 4.8 | 0.359 | 0.5 | 0.058 | 12.7 |
| | 长蛸 | 0.66 | 18.8 | 2 | 15.2 | 0.409 | 0.8 | 0.106 | 11.7 |
| P25 | 口虾蛄 | 0.38 | 10.8 | 0.78 | 10.8 | 0.202 | 0.6 | 0.072 | 3.2 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.5 | 6.9 | 0.98 | 6.8 | 0.098 | - | 0.032 | 6.6 |
| | 虾虎鱼 | 0.78 | 4.6 | 1.28 | 4.8 | 0.396 | 0.6 | 0.078 | 9.6 |
| P27 | 长蛸 | 0.26 | 8.8 | 1.62 | 5.3 | 0.221 | 0.8 | 0.108 | 3.9 |
| | 虾虎鱼 | 0.46 | 6.9 | 1.26 | 5.6 | 0.326 | 0.5 | - | 8.1 |
| P29 | 口虾蛄 | 0.28 | 8.8 | 0.82 | 2.8 | 0.15 | 0.4 | 0.066 | 3.8 |
| | 虾虎鱼 | 0.65 | 3.9 | 0.85 | 10.3 | 0.259 | 1.1 | 0.122 | 10.8 |
| P31 | 舌鳎 | 0.42 | 5.3 | 0.79 | 4.8 | 0.312 | 0.5 | 0.056 | 8.8 |
| | 虾虎鱼 | 0.63 | 8.9 | 1.09 | 3.9 | 0.336 | 0.6 | 0.065 | 6.2 |
| P33 | 舌鳎 | 0.37 | 6.8 | 0.95 | 4.5 | 0.334 | 0.4 | 0.065 | 8.8 |
| | 口虾蛄 | 0.28 | 10.8 | 0.77 | 10.8 | 0.262 | - | 0.102 | 4.2 |
| P35 | 三疣梭子蟹 | 0.42 | 10.2 | 1.18 | 8.8 | 0.091 | 0.5 | - | 4.7 |

| 站位 | 样品名称 | 监测结果（$W\times10^{-6}$） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铬 | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 砷 | 总汞 | 石油烃 |
| | 口虾蛄 | 0.58 | 6.3 | 0.83 | 3.8 | 0.153 | 0.8 | 0.096 | 3.8 |
| | 虾虎鱼 | 0.69 | 8.9 | 1.19 | 3.9 | 0.336 | 0.6 | 0.065 | 6.6 |
| P36-39 | 口虾蛄 | 0.39 | 8.8 | 1.02 | 10.3 | 0.259 | 0.4 | 0.063 | 8.5 |
| | 长蛸 | 0.82 | 15.3 | 2.06 | 15.2 | 0.489 | 1.6 | 0.192 | 15.3 |
| | 虾虎鱼 | 0.36 | 9.8 | 0.98 | 8.8 | 0.323 | 0.9 | 0.072 | 8.8 |

注：“-”代表未检出。

采用单因子指数法，评价结果见表 5.7-6。

**表 5.7-6　2016 年 5 月调查海域生物体中残留物单因子指数评价结果**

| 站位 | 样品名称 | 评价结果 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 总汞 | 石油烃 |
| P1 | 扁玉螺 | 0.06 | 0.10 | 0.06 | 0.05 | 0.41 | 0.34 |
| | 虾虎鱼 | 0.48 | 0.49 | 0.27 | 0.16 | 0.34 | 0.38 |
| P3 | 虾虎鱼 | 0.24 | 0.61 | 0.20 | 0.18 | 0.32 | 0.46 |
| | 口虾姑 | 0.10 | 0.20 | 0.07 | 0.27 | 0.56 | 0.63 |
| p5 | 舌鳎 | 0.33 | 0.51 | 0.10 | 0.61 | 0.62 | 0.33 |
| | 口虾蛄 | 0.04 | - | 0.03 | 0.33 | 0.31 | 0.62 |
| P6/45 | 脉红螺 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.13 | 0.39 |
| | 虾虎鱼 | 0.22 | 0.45 | 0.27 | 0.31 | 0.34 | 0.53 |
| P7 | 虾虎鱼 | 0.28 | 0.56 | 0.22 | 0.19 | 0.51 | 0.53 |
| | 长蛸 | 0.17 | 0.26 | 0.07 | 0.10 | 0.37 | 0.48 |
| P9 | 虾虎鱼 | 0.09 | 0.16 | 0.14 | 0.43 | 0.26 | 0.20 |
| | 口虾蛄 | 0.06 | 0.34 | 0.07 | 0.05 | 0.45 | 0.24 |
| P11/ P40~P44 | 脉红螺 | 0.04 | 0.05 | 0.10 | 0.03 | 0.35 | 0.49 |
| | 扁玉螺 | 0.08 | 0.09 | 0.04 | 0.02 | 0.45 | 0.29 |
| | 舌鳎 | 0.42 | 0.62 | 0.42 | 0.44 | 0.32 | 0.64 |
| | 虾虎鱼 | 0.39 | 0.06 | 0.16 | 0.43 | 0.12 | 0.41 |
| P13 | 虾虎鱼 | 0.55 | 0.41 | 0.07 | 0.35 | 0.24 | 0.59 |
| | 舌鳎 | 0.26 | 0.50 | 0.22 | 0.84 | 0.45 | 0.44 |
| P15 | 口虾蛄 | 0.06 | 0.43 | 0.05 | 0.25 | 0.63 | 0.26 |
| | 舌鳎 | 0.27 | 0.40 | 0.12 | 0.52 | 0.32 | 0.44 |
| | 虾虎鱼 | 0.35 | 0.48 | 0.10 | 0.63 | 0.19 | 0.35 |
| P17 | 口虾姑 | 0.08 | 0.56 | 0.08 | 0.31 | 0.06 | 0.31 |
| | 虾虎鱼 | 0.23 | 0.54 | 0.22 | 0.65 | 0.33 | 0.61 |
| P19 | 口虾蛄 | 0.12 | 0.14 | 0.09 | 0.05 | 0.66 | 0.56 |
| | 长蛸 | 0.19 | 0.20 | 0.06 | 0.07 | 0.35 | 0.59 |
| | 虾虎鱼 | 0.34 | 0.33 | 0.16 | 0.43 | 0.19 | 0.47 |
| p21 | 脉红螺 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.43 | 0.44 |
| | 虾虎鱼 | 0.35 | 0.45 | 0.12 | 0.31 | 0.32 | 0.23 |
| P23 | 口虾姑 | 0.08 | 0.56 | 0.08 | 0.31 | 0.06 | 0.31 |
| | 虾虎鱼 | 0.33 | 0.54 | 0.12 | 0.60 | 0.19 | 0.64 |
| | 长蛸 | 0.19 | 0.20 | 0.06 | 0.07 | 0.35 | 0.59 |
| P25 | 口虾蛄 | 0.11 | 0.39 | 0.07 | 0.10 | 0.36 | 0.16 |
| | 三疣梭子蟹 | 0.07 | 0.49 | 0.05 | 0.05 | 0.16 | 0.33 |

| 站位 | 样品名称 | 评价结果 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 铜 | 铅 | 锌 | 镉 | 总汞 | 石油烃 |
| | 虾虎鱼 | 0.23 | 0.64 | 0.12 | 0.66 | 0.26 | 0.48 |
| P27 | 长蝝 | 0.09 | 0.16 | 0.02 | 0.04 | 0.36 | 0.20 |
| | 虾虎鱼 | 0.35 | 0.63 | 0.14 | - | - | 0.41 |
| P29 | 口虾蛄 | 0.09 | 0.41 | 0.02 | 0.08 | 0.33 | 0.19 |
| | 虾虎鱼 | 0.20 | 0.43 | 0.26 | 0.43 | 0.41 | 0.54 |
| P31 | 舌鳎 | 0.27 | 0.40 | 0.12 | 0.52 | 0.19 | 0.44 |
| | 虾虎鱼 | 0.45 | 0.55 | 0.10 | 0.56 | 0.22 | 0.31 |
| P33 | 舌鳎 | 0.34 | 0.48 | 0.11 | 0.56 | 0.22 | 0.44 |
| | 口虾蛄 | 0.11 | 0.39 | 0.07 | 0.13 | 0.51 | 0.21 |
| P35 | 三疣梭子蟹 | 0.10 | 0.59 | 0.06 | 0.05 | - | 0.24 |
| | 口虾蛄 | 0.06 | 0.42 | 0.03 | 0.08 | 0.48 | 0.19 |
| | 虾虎鱼 | 0.45 | 0.60 | 0.10 | 0.56 | 0.22 | 0.33 |
| P36-39 | 口虾蛄 | 0.09 | 0.51 | 0.07 | 0.13 | 0.32 | 0.43 |
| | 长蝝 | 0.15 | 0.21 | 0.06 | 0.09 | 0.64 | 0.77 |
| | 虾虎鱼 | 0.49 | 0.49 | 0.22 | 0.54 | 0.24 | 0.44 |
| 最大值 | | 0.55 | 0.64 | 0.42 | 0.84 | 0.66 | 0.77 |
| 最小值 | | 0.03 | - | 0.02 | 0.02 | - | 0.16 |
| 超标率 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注：“-”代表未检出；由于本次调查采集到生物质量样品均为双壳类以外的其他生物体，因此未对铬和砷进行评价。

2016 年 5 月调查获取的鱼类、甲壳类和非双壳类软体动物体内的铬、铜、锌、砷、镉、汞、铅、石油烃含量均不超过《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；石油烃含量不超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

## 5.8 总结

### 5.8.1 水文水动力调查结果

本海区海流以潮流为主，潮流性质属正规和不正规半日潮流；潮流运动形式以往复流为主，各站实测海流流向相对集中，落潮流流向集中在 WSW~W 向附近，涨潮流流向集中在 NE~E 向附近；各站大潮期潮流平均最大流速的最大值为 78.8 cm/s，潮流的可能最大流速为 133.3 cm/s。从潮流的垂直分布情况看：各站均为流速随深度增加而递减，即表、中、底层流速依次递减；观测期间，近岸的 P17 与 P32 两站余流流速最大，其表层余流流速均超过 10 cm/s，从余流流向上看，近岸的各站较为一致，均为 SW~WNW 向，离岸各站多为 NNE~ENE 向。

### 5.8.2 海水水质调查结果

2015 年 10 月调查结果显示表层有 11 个站位无机氮、6 个站位磷酸盐、11 个站位铅、3 个站位镉超出所在功能区海水水质标准，中层有 6 个站位无机氮、1 个站位磷酸盐、6 个站位铅、2 个站位镉、1 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，底层有 10 个站位无机氮、4 个站位磷酸盐、10 个站位铅、6 个站位镉、2 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，其它调查因子均满足所在功能区执行的海水水质标准。

无机氮：调查水质目标区内表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 10 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 27.8%，符合二类海水水质标准。磷酸盐：调查水质目标区内表层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 13.3%，符合二类海水水质标准；中层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 12.5%，符合二类海水水质标准；底层 4 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 11.1%，符合二类海水水质标准。铅：表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 10 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 27.8%，符合二类海水水质标准。镉：表层 3 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 6.7%，符合二类海水水质标准；中层 2 个站位超出超出所在功能区海水水质标准，超标率为 25%，符合二类海水水质标准；底层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 16.7%，符合二类海水水质标准。汞：中层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 12.5%，符合二类海水水质标准；底层 2 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 5.6%，符合二类海水水质标准。

2016 年 5 月调查结果显示表层有 11 个站位无机氮、5 个站位铜、11 个站位铅、1 个站位锌、1 个站位镉、9 个站位汞超出所在功能区海水水质标准；中层有 4 个站位无机氮、5 个站位铅、6 个站位汞超出所在功能区海水水质标准；底层有 7 个站位无机氮、8 个站位铅、8 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，其它调查因子均满足所在功能区执行的海水水质标准。

无机氮：调查水质目标区内表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 4 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 50%，符合二类海水水质标准；底层 7 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标

率为 19.4%，符合二类海水水质标准。铜：调查水质目标区内表层 5 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 11.1%，符合二类海水水质标准。铅：表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 5 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 62.5%，符合二类海水水质标准；底层 8 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 22.2%，符合二类海水水质标准。锌：调查水质目标区内表层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 2.2%，符合三类海水水质标准。镉：表层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 2.2%，符合二类海水水质标准。汞：表层 9 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 20%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 8 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 22.2%，符合二类海水水质标准。

### 5.8.3 海洋沉积物调查结果

调查区沉积物类型以黏土质粉砂为主。本次调查的油类、硫化物、有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷均符合所在功能区沉积物质量标准，沉积物质量状况良好。

### 5.8.4 海洋生物生态调查结果

（1）叶绿素 a 与初级生产力

2015 年 10 月，调查海区表层叶绿素 a 含量在（0.44～3.33）mg/m$^3$ 之间，平均含量为 1.52mg/m$^3$；底层叶绿素 a 含量在（0.44～3.15）mg/m$^3$，平均含量为 1.33mg/m$^3$，同一调查站表层和底层叶绿素 a 含量相差不大。初级生产力在（53.72~772.53）mgC/m$^2$d 之间，平均为 259.18mgC/m$^2$d，变化幅度与表层叶绿素 a 含量变化基本一致，整个调查区的叶绿素 a 含量和初级生产力处于正常水平。

2016 年 5 月，调查海区表层叶绿素 a 含量在（0.88～8.49）mg/m$^3$ 之间，平均含量为 2.33mg/m$^3$；底层叶绿素 a 含量在（0.44～8.15）mg/m$^3$，平均含量为 1.99mg/m$^3$，同一调查站表层和底层叶绿素 a 含量相差不大。初级生产力在（76.19~1041.34）mgC/m$^2$d 之间，平均为 271.26mgC/m$^2$d，变化幅度与表层叶绿素 a 含量变化基本一致。除 P19 号站和 P23 号站叶绿素 a 含量和初级生产力较高，其余调查站叶绿素 a 含量和初级生产力处于正常水平。

（2）浮游植物

2015 年 10 月，调查海区共发现浮游植物 69 种，隶属硅藻门、甲藻门和金藻门。生

态类型以广布性种为主，优势种为一种圆筛藻、翼根管藻和一种角毛藻。浮游植物细胞数量的变化范围在（81.39~3950.10）×$10^4$ 个./$m^3$ 之间，平均为 337.36×$10^4$ 个/$m^3$。浮游植物群落的丰富度指数在 0.54~1.42 之间，平均为 1.04；多样性指数在 0.80~3.75 之间，平均为 2.78；均匀度指数的变化范围在 0.19~0.82 之间，平均为 0.62；优势度指数在 0.30~0.95 之间，平均为 0.61。92.6%的调查海域浮游植物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染或清洁海域。

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游植物 44 种，隶属硅藻门、甲藻门、金藻门和和蓝藻门。生态类型以广布性种为主，优势种为一种丹麦细柱藻和刚毛根管藻，其中丹麦细柱藻优势明显。浮游植物细胞数量的变化范围在（1.93~689.55）×$10^4$ 个/$m^3$ 之间，平均为 47.87×$10^4$ 个/$m^3$。浮游植物群落的丰富度指数在 59~1.03 之间，平均为 0.77；多样性指数在 0.05~3.75 之间，平均为 2.61；均匀度指数的变化范围在 0.01~0.94 之间，平均为 0.69；优势度指数在 0.26 ~1.00（0.997）之间，平均为 0.57。86.2%的调查海域浮游植物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染或清洁海域。

（3）浮游动物

2015 年 10 月，调查海区共发现浮游动物 22 种，优势种为强壮箭虫、小拟哲水蚤、中华哲水蚤、一种纺锤水蚤。浮游动物湿重生物量的变化范围在（42.67~180.70）mg/$m^3$ 之间，平均为 88.45mg/$m^3$。浮游动物个体密度在（28.5~130.8）个/$m^3$ 之间，平均为 66.2 个./$m^3$。浮游动物生物量和个体密度的在调查站之间的变化规律基本一致。浮游动物丰富度指数在 0.67~2.48 之间，平均为 1.18；多样性指数在 1.39~2.57 之间，平均为 1.97；均匀度指数的变化范围在 0.49~0.88 之间，平均为 0.68；优势度指数在 0.54~0.87 之间，平均为 0.72。浮游动物群落特征处于一般水平。

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游动物 14 种，优势种为一种纺锤水蚤、强壮箭虫、小拟哲水蚤和中华哲水蚤。浮游动物个体密度在（54.3~219.4）个/$m^3$ 之间，平均为 128.1 个./$m^3$。浮游动物湿重生物量的变化范围在（47.61~210.21）mg/$m^3$ 之间，平均为 100.72mg/$m^3$。生物量和个体密度的在调查站之间的变化规律基本一致。浮游动物丰富度指数在 0.69~1.47 之间，平均为 1.21；多样性指数在 1.92~2.78 之间，平均为 2.45；均匀度指数的变化范围在 0.64~0.86 之间，平均为 0.77；优势度指数在 0.42~0.79 之间，平均为 0.56。浮游动物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染海域。

（4）底栖生物

2015 年 10 月秋季调查，共发现底栖生物 90 种，隶属环节动物、软体动物、节肢动

物、棘皮动物和纽形动物 5 个门类。优势种为多鳃齿吻沙蚕、小头虫和独指虫。底栖生物湿重生物量变化范围在（1.39~61.44）g/m$^2$ 之间，平均为 11.08g/m$^2$。栖息密度变化范围在（160~2420）个/m$^2$ 之间，平均密度为 737 个/m$^2$。底栖生物丰富度指数在 1.19~3.11 之间，平均为 2.02；多样性指数在 2.79 ~4.41 之间，平均为 3.67；均匀度指数在 0.78~0.98 之间，平均为 0.86；优势度指数变化范围在 0.20~0.55 之间，平均为 0.36。调查 92.6%的调查海域底栖生物的多样性指数 $H'$ 均在 3 以上，属于清洁海域。

2016 年 5 月调查，共发现底栖生物 78 种，隶属 9 个门类。优势种为一种丝异须虫、纤细长涟虫、一种独指虫和一种小头虫。底栖生物湿重生物量变化范围在（0.15~160.10）g/m$^2$ 之间，平均为 10.90g/m$^2$。栖息密度变化范围在（10~1730）个/m$^2$ 之间，平均密度为 433 个/m$^2$。除 P13 号站仅发现一种生物不做计算，其余调查站底栖生物丰富度指数在 0.38~2.13 之间，平均为 1.35；多样性指数在 1.50~3.82 之间，平均为 3.08；均匀度指数在 0.77~0.95 之间，平均为 0.87；优势度指数变化范围在 0.27~0.75 之间，平均为 0.45。93.1%的调查海域底栖生物的多样性指数 $H'$ 均在 2 以上，属于轻度污染海域或者清洁海域。

### 5.8.5 渔业资源调查结果

渔业资源调查，春季（6 月）共捕获鱼类 18 种，隶属 7 目，14 科。鱼类的优势种为尖尾虾虎鱼。平均渔获量为 2952 尾/h，8.186kg/ h，72826 尾/ km$^2$，201.95kg/ km$^2$；其中幼鱼尾数为 2468 尾/h，生物量为 2.35kg/h；成体渔业资源的平均渔获量 484 尾/h，5.836kg/h。经鱼类的优势种为尖尾虾虎鱼。换算幼鱼平均资源密度为 60886 尾/ km$^2$，成鱼平均资源密度为 143.97kg/ km$^2$。

秋季（10 月）共捕获鱼类 20 种，隶属 7 目，13 科。平均渔获量 2328 尾/h，30.469kg/h；其中幼鱼平均渔获数量为 967 尾/h，生物量为 4.34kg/h；成鱼平均渔获数量为 1361 尾/h，26.131kg/h。经换算幼鱼平均资源密度为 23856 尾/ km$^2$，成鱼平均资源密度为 644.65kg/ km$^2$。

根据鱼类资源调查结果，鱼类成体资源密度全年平均值为 394.31kg/ km$^2$，幼鱼为 42371 尾/km$^2$。

2015 年春季共采集到鱼卵 5 种，隶属于 4 目 5 科，仔稚鱼 7 种，隶属于 6 目 7 科，秋季 10 月未采集到鱼卵仔稚鱼。本次调查鱼卵平均密度为 0.239 粒/m$^3$；仔稚鱼的平均密度为 0.194 尾/m$^3$。

### 5.8.6 海洋生物质量调查结果

2015 年 10 月秋季及 2016 年 5 月春季两次调查，获取的鱼类、甲壳类和非双壳类软体动物体内的铬、铜、锌、砷、镉、汞、铅、石油烃含量均不超过《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；石油烃含量不超过《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

# 6回顾性环境影响评价

## 6.1 油田开发生产过程回顾

### 6.1.1 南堡 35-2 油田工程简介

南堡 35-2 油田于 2005 年 9 月投入生产，主要工程包括南区的一座井口平台（NB35-2WHPB 平台，以下简称 WHPB 平台）和北区的一座中心平台（NB35-2CEP 平台，以下简称 CEP 平台）；1 条 WHPB 平台到 CEP 平台的海底双层混输管道、1 条 CEP 平台到 WHPB 平台双层注水管道、1 条动力/光纤复合海底电缆和 1 条 CEP 平台到秦皇岛 32-6 油田浮式生产储油装置（FPSO）的海底双层原油输送管道。

本次工程的生产物流在 CFD6-4CEPA 平台处理成合格原油后（通过新建海底管道外输至 NB35-2CEP 平台，CFD6-4CEPA 平台合格原油不进入 NB35-2CEP 平台生产流程，直接接入到 NB35-2CEP 平台原油外输泵出口，与 NB35-2CEP 平台处理合格的原油共同进入海管外输至秦皇岛 32-6 油田的“世纪号”FPSO。因此 本次工程依托 NB35-2 平台到秦皇岛 32-6 油田浮式生产储油装置（FPSO）的海底双层原油输送管道。

**表 6.1-1 南堡 35-2 油田主要设施组成情况**

| 编号 | 工程内容 | 平台结构/管线起止点 | 定员 | 生产方式 | 主要设施/长度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 南堡 35-2 WHPB 平台 | 一座井口平台 | 80 人 | 电潜泵采油 | 主要生产设施包括井口管汇、测试分离器、应急发电机、清管球发射器、平台吊机及其它辅助生产及公用设施等；生产井 23 口、注水井 6 口、水源井 2 口。 |
| 2 | 南堡 35-2 CEP 平台 | CEP 平台是一座综合平台，具有油水处理、输送、动力和生活功能，主要处理系统包括：原油处理系统、燃料气处理系统、火炬及放空系统、生产水处理系统、注水系统、化学药剂 | 80 人 | 电潜泵及螺杆泵采油 | 主要生产设施有井口设施、计量分离器、自由水分离器、二级分离器、加热器、换热器、电脱水器、原油外输泵、立式撇油器、气体浮选机、核桃壳过滤器、注水泵、燃气过滤器、火炬分液罐、双燃料发电机组、热介质锅炉、空压机等其它辅助生产及公用设施等；生产井 23 口、注水井 7 口、水源井 1 口；平台设计处理能力为：原油 $100\times10^4m^3/a$，生产水 $275\times10^4m^3/a$，天 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 注入系统、开排系统、闭式排放系统，以及公用系统等。 | | | 然气 1200×10$^4$ m$^3$/a，注水 166.3×10$^4$ m$^3$/a。 |
| 3 | 混输管线 | 南堡 35-2WHPB→南堡 35-2CEP | —— | —— | 14″/20″，5.2km |
| 4 | 输油管线 | 南堡 35-2CEP→秦皇岛 32-6 油田浮式生产储油装置（FPSO） | —— | —— | 12″/18″，29.5 km |
| 5 | 注水管线 | 南堡 35-2CEP→南堡 35-2WHPB | —— | —— | 6″/10″，5.2km |
| 6 | 海底电缆 | 南堡 35-2WHPB~南堡 35-2CEP | —— | —— | 5.2km |

### 6.1.2 渤海世纪号 32-6 FPSO 储油设施

本次工程物流处理合格后输往秦皇岛 32-6 油田的渤海世纪号 FPSO 进行外输，本工程主要依托 FPSO 的储油能力。渤海世纪号 FPSO 于 2001 年 10 月投产，主要功能是处理来自井口平台的物流、储存原油和卸原油到穿梭船以及为井口平台提供注水及电力。

### 6.1.3 南堡 35-2 油田环保手续执行情况

（1）《南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书》于 2003 年 4 月编制完成，于 2003 年 5 月获得国家海洋局批复（国环海字[2003]174 号）。

（2）南堡 35-2 油田开发工程通过了环境保护设施三同时检查，于 2005 年 8 月获得了国家海洋局的批复（国海环字[2005]355 号）。

（3）南堡 35-2 油田开发工程通过了环境保护设施竣工验收，于 2009 年 6 月获得了国家海洋局的批复（国海环字[2009]428 号）。

**表 6.1-2 相关报告书批复要求及落实情况**

| 序号 | 批复要求 | 落实情况 |
|---|---|---|
| 《关于南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书审批意见的复函》（国海环字[2003]174 号） | | |
| 1 | 工程位于生态环境比较脆软的渤海海域，应根据国家对渤海综合整治的要求严格控制主要污染物的排放总量和排放浓度，同意暂按照报告书中“污染物总量控制指标建议”执行；排污混合区应当控制在以排放口为中心 500 米半径以内海域。钻井作业中应当使用无毒、无油水基泥浆并循环使用，含油的钻屑和泥浆全部运回陆地按照有关规定处理，严禁排放入海。 | 本项目含油污水不排海，仅有少量生活污水经处理达标后排放，排污混合区可控制在 500 米范围内；调整井钻井过程中使用无毒、无油水质泥浆，并循环使用；钻井产生的含油钻屑和泥浆全部运回陆地由有资质单位处理。 |
| 2 | 工程所处海域离岸较近，且沿岸环境敏感目标较多，突发性海上溢油事故对海水养殖区、盐田和海洋自然保护区等敏感区影响较大，应当制定切实可行的溢油应急计划，配备相应的溢油应急设备，防范溢油风险。在制定溢油应急计划时，除考虑海上的溢油应急和回收措施外，还应考虑溢油抵岸的应急和清油回收措施。发生溢油事故时，应尽快采取应急反应措施，并立即报告国家海洋局北海分局，同事通报渔业、海事、军队等有关部门。 | 针对可能发生的风险天津分公司已制定了详细的溢油应急计划并获得国家海洋主管部门的批准。 |

### 6.1.4 环保设施运行情况回顾

（1）生活污水处理设施运行情况

南堡 35-2 油田 CEP 平台近三年生活污水经处理后的排放浓度浓度详见表 6.1-3。根据监测结果可知，生活污水经处理后 COD 含量≤300mg/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 6.1-3 2015~2017 年南堡 35-2 油田 CEP 平台生活污水处理后的排放浓度浓度**

| 年、月 | | COD 平均浓度（mg/L） | 年、月 | | COD 平均浓度（mg/L） |
|---|---|---|---|---|---|
| 2015 年 | 1 月 | 76.3 | 2016 年 | 1 月 | 35.3 |
| | 2 月 | 67.7 | | 2 月 | 53.85 |
| | 3 月 | 92.4 | | 3 月 | 94.5 |
| | 4 月 | 72.7 | | 4 月 | 82.2 |
| | 5 月 | 36.55 | | 5 月 | 93.45 |
| | 6 月 | 48.9 | | 6 月 | 53.9 |
| | 7 月 | 29.95 | | 7 月 | 32.35 |
| | 8 月 | 30 | | 8 月 | 39.2 |
| | 9 月 | 36.3 | | 9 月 | 56.8 |
| | 10 月 | 38.2 | | 10 月 | 45.55 |
| | 11 月 | 111 | | 11 月 | 37.4 |
| | 12 月 | 39.15 | | 12 月 | 54.3 |
| 2017 年 | 1 月 | 95.45 | 2017 年 | 7 月 | 121 |
| | 2 月 | 80 | | 8 月 | 113.5 |
| | 3 月 | 64.9 | | 9 月 | 103.5 |
| | 4 月 | 160 | | 10 月 | 105.5 |
| | 5 月 | 165 | | 11 月 | 204.5 |
| | 6 月 | 190.5 | | 12 月 | |

南堡 35-2CEP 平台生活污水处理效果波动的主要原因：

a）取样期间生活污水菌种浓度处于最佳值，处理效果较好；反之，处理效果稍差。

b）取样时间处于平台用水量较少期间，处理效果较好；反之，处理效果稍差。

c）取样期间平台人数较少，处理效果较好；反之，处理效果稍差。

（2）含油生产水处理设施运行情况

根据南堡 35-2CEP 平台的例行环境监测报表中的监测数据（见表 6.1-4）可知：生产水处理设施处理效果良好，出水石油类含量≤30mg/L，符合《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T5329-2012）中的石油类≤30mg/L 的标准要求。处理后的含油生产水出水浓度详见下表。

**表 6.1-4　CEP 平台处理后生产水石油类浓度**

| 监测时间 | NB35-2CEP | | |
|---|---|---|---|
| | 2015 年 | 2016 | 2017 |
| | 抽检浓度(mg/L) | 抽检浓度(mg/L) | 抽检浓度(mg/L) |
| 1 月 | 10.0 | 10.0 | 13.8 |
| 2 月 | 9.0 | 10.0 | 11.9 |
| 3 月 | 9.0 | 8.0 | 12.6 |
| 4 月 | 9.0 | 9.0 | 13.4 |
| 5 月 | 8.0 | 7.0 | 16.7 |
| 6 月 | 9.0 | 8.0 | / |
| 7 月 | 10.0 | 9.0 | / |
| 8 月 | 9.6 | 10.0 | / |
| 9 月 | 10.0 | 8.0 | / |
| 10 月 | 10.6 | 10.0 | / |
| 11 月 | 11.0 | / | / |
| 12 月 | 10.8 | / | / |

## 6.2 现有工程溢油事故回顾

南堡 35-2 油田及依托工程在生产过程中，严格执行中海油天津分公司各项安全环保制度。自投产至今，未发生过井喷溢油事故。海管运行至今，未发生过破裂泄漏事故。

## 6.3 油田周围海域环境质量回顾

本项目新建 CEPA 中心平台的物流处理成合格原油后，经外输泵增压，通过新建 12.5km 海底管道外输至南堡 35-2CEP，与南堡 35-2CEP 处理合格后的原油一起通过海底管道输送至世纪号 FPSO 进行存储及外输。

为回顾曹妃甸 6-4CEPA、南堡 35-2CEP 及秦皇岛 32-6FPSO 周围海域环境质量，海水水质、沉积物、生物生态现状回顾采用 2002 年 6 月、2007 年 2 月（水质、沉积物）及 2006 年 5 月（生物生态）、2015 年 10 月（沉积物）及 2016 年 5 月（水质、海洋生态）等多次调查结果进行分析比较。历次调查站位布设见图 6.3-1。

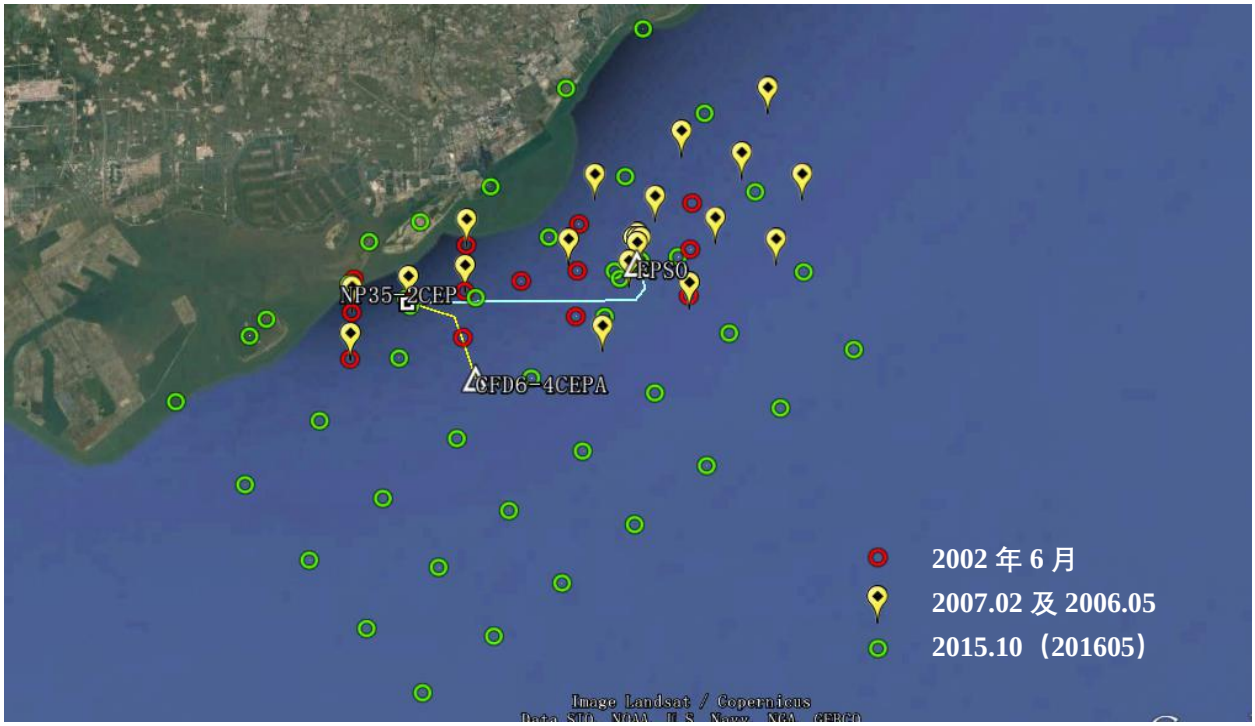



**图 6.3-1 本项目所在海域海洋环境质量历次调查站位示意图**

渔业资源采用 1998-2001 历史资料、2005 年 5 月、2015 年 6 月两次调查的结果进行比较。两次渔业调查站位布设见图 6.3-2。

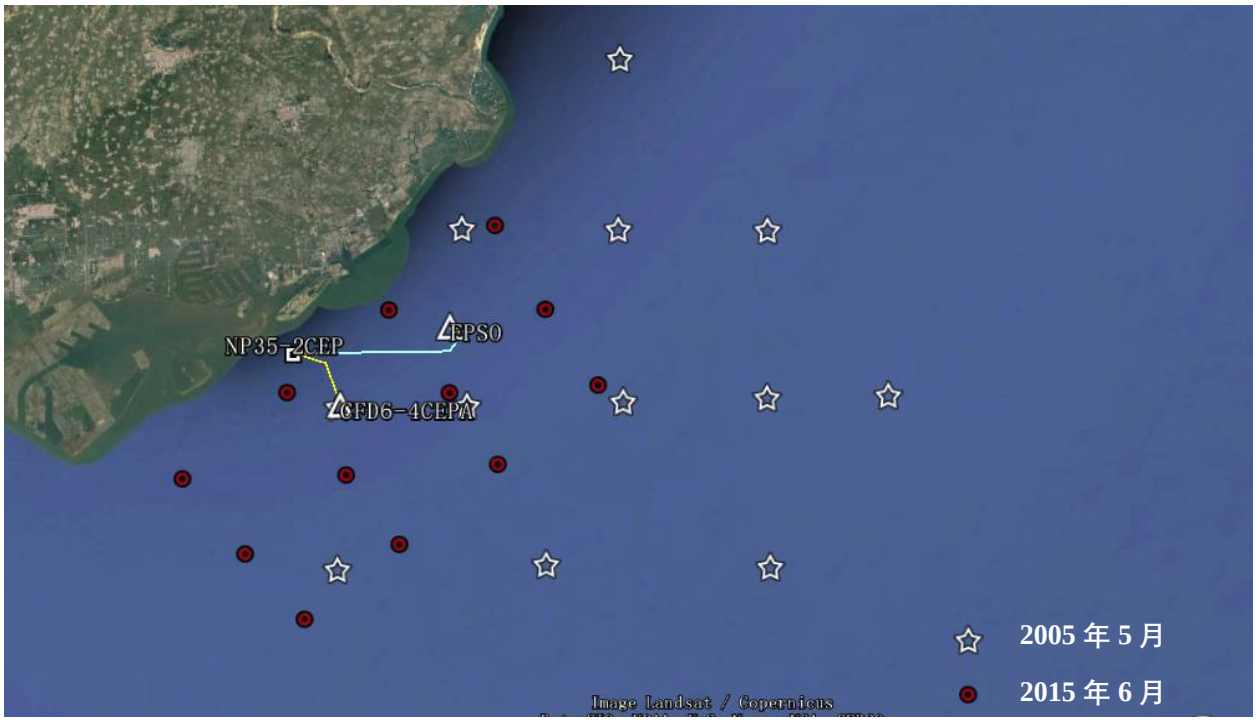



**图 6.3-2 本项目所在海域渔业资源历次调查站位示意图**

由图可知，历史调查站位能够反映本项目同海域在不同时期的海洋环境质量，能够通过对比分析较客观地反映南堡 35-2 油田同海域在开发建设前后对周围海域环境的影

响程度。

历史调查资料来源见表 6.3-1。

**表 6.3-1 环境状况历史调查资料来源一览表**

| 调查项目 | 引用报告书全称 | 调查单位 | 调查时段 | 站位数 |
|---|---|---|---|---|
| 海水水质 | 南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书》 | 国家海洋局北海监测中心 | 2002 年 6 月 | 15 |
| | 《南堡 35-2 油田开发工程环保设施竣工验收监测报告》 | 国家海洋局天津海洋环境监测中心站 | 2007 年 2 月 | 6 |
| | 《曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量春季调查报告》 | 青岛环海海洋工程勘察研究院 | 2016 年 5 月 | 45 |
| 沉积物 | 《南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书》 | 国家海洋局北海监测中心 | 2002 年 6 月 | 15 |
| | 《南堡 35-2 油田开发工程环保设施竣工验收监测报告》 | 国家海洋局天津海洋环境监测中心站 | 2007 年 2 月 | 6 |
| | 《曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量秋季调查报告》 | 青岛环海海洋工程勘察研究院 | 2015 年 10 月 | **45** |
| 生物生态 | 《南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书》 | 国家海洋局北海监测中心 | 2002 年 6 月 | 15 |
| | 《秦皇岛 33-1 油田开发工程环境影响报告》 | 国家海洋局北海监测中心 | 2006 年 5 月 | 17 |
| | 《曹妃甸 6-4 项目海洋环境质量春季调查报告》 | 青岛环海海洋工程勘察研究院 | 2016 年 5 月 | 45 |
| 渔业资源 | 《南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书》 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所 | 收集 1998-2001 历史资料 | / |
| | 《秦皇岛 33-1 油田开发工程环境影响报告》 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所 | 2005 年 5 月 | 12 |
| | 《曹妃甸 6-4 项目渔业资源现状调查与评价》 | 中国水产科学研究院黄海水产研究所 | 2015 年 6 月 | 12 |

### 6.3.1 水环境质量回顾性评价

2002 年调查海水水质评价因子为 pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、活性磷酸盐、无机氮、挥发酚和硫化物共 8 项；

2007 年调查海水水质评价因子为 pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、活性磷酸盐、无机氮、挥发酚共 7 项；

2016 年调查海水水质评价因子为 pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、活性磷酸盐、无机氮、砷、铅、锌、镉、汞、总铬、铜、挥发酚、硫化物共 15 项。

其中 2002 年、2007 年、2010 年调查水质采样层次均为表层和底层两层，2016 年调查水质采样层次为表层、中层和底层三层，本次水质回顾性分析只比较表层和底层，历次海水水质调查结果对比统计结果见表 6.3-2。

**表 6.3-2 历次调查海水水质调查结果对比统计表**

| 调查时间 | | 2002 年 6 月 | | 2007 年 2 月 | | 2016 年 5 月 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 表层 | 底层 | 表层 | 底层 | 表层 | 底层 |
| pH 值 | 范围 | 8.09~8.17 | 8.07~8.16 | 7.93~8.01 | 7.91~7.97 | 8.01~8.07 | 8.01~8.09 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溶解氧（mg/L） | 范围 | 7.36~8.93 | 7.58~8.77 | 9.82~10.8 | 10.03~10.86 | 6.30~6.42 | 6.30-6.37 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 化学需氧量（mg/L） | 范围 | 0.76~1.42 | 0.77~1.46 | 0.86~1.5 | 0.94~1.62 | 0.60-1.08 | 0.60~1.16 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 活性磷酸盐（μg/L） | 范围 | 2.17~20.46 | 1.86~10.23 | 19.8~24.1 | 9.91~38.2 | 5.8-12.4 | 6.6-14.0 |
| | 超标率 | 6.7% | 0 | 100% | 83.3% | 0 | 0 |
| 无机氮（μg/L） | 范围 | 13.72~198.38 | 19.32~69.86 | 316.23~532.55 | 309.69~420.69 | 156.3-293.3 | 181.9-283.4 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 100% | 100% | 88.9% | 83.3% |
| 石油类（μg/L） | 范围 | 1.06~35.0 | - | 20.8~46.8 | - | 23.5-49.4 | - |
| | 超标率 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| 总汞（μg/L） | 范围 | - | - | - | - | 0.042-0.173 | |
| | 超标率 | - | - | - | - | 88.9% | 0.022-0.120 |
| 铜（μg/L） | 范围 | - | - | - | - | 1.61-12.75 | 75.0% |
| | 超标率 | - | - | - | - | 20.0% | 0 |
| 铅（μg/L） | 范围 | - | - | - | - | 0.77-9.05 | 0.55-5.65 |
| | 超标率 | - | - | - | - | 86.7% | 88.9% |
| 锌（μg/L） | 范围 | - | - | - | - | 4-52 | 4-16 |
| | 超标率 | - | - | - | - | 8.89% | 0 |
| 镉（μg/L） | 范围 | - | - | - | - | 0.11-1.17 | 0.13-0.59 |
| | 超标率 | - | - | - | - | 2.2% | 0 |
| 铬（μg/L） | 范围 | - | - | - | - | 0.54-9.00 | 0.45-7.42 |
| | 超标率 | - | - | - | - | 0 | 0 |
| 砷（μg/L） | 范围 | - | - | - | - | 2.1-3.0 | 2.1-3.3 |
| | 超标率 | - | - | - | - | 0 | 0 |
| 硫化物（μg/L） | 范围 | 未检出~0.24 | 未检出~0.31 | 未检出 | 未检出 | 0.211-0.237 | 0.211-0.264 |
| | 超标率 | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 挥发酚（μg/L） | 范围 | 未检出~2.36 | 未检出~2.36 | 未检出~0.02 | 未检出~0.02 | 1.1-3.6 | 1.1-3.3 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

结果表明，调查海域海水水质的环境质量总体较好，历次调查中 pH 值、溶解氧、

化学需氧量、石油类、铬、砷、硫化物和挥发酚浓度均满足海水水质一类标准。活性磷酸盐、无机氮、总汞、铜、铅、锌、镉均有不同程度的超标。

历次调查结果中**磷酸盐**除 2016 年未超标，其他 2 次调查结果均有不同程度的超标，2002 年表层活性磷酸盐符合海水水质二类标准，2007 年表层符合海水水质二类标准，底层符合海水水质三类标准；

历次调查结果**无机氮**除 2002 年未超标，其他 2 次调查结果均有不同程度的超标，2007 年调查结果明显高于其他两次调查结果，2007 年无机氮符合海水水质四类标准，2016 年表、底层均符合海水水质二类标准；

2016 年调查结果中**总汞、**铜、**铅、**锌、**镉**均有不同程度超标，其中**汞、镉**符合海水水质二类标准，铜、**铅、**锌符合海水水质三类标准。

综上可知，该海域历次调查结果基本一致，本油田建成运营期间，不向海域排放污染物；无机氮长期以来就是渤海海域的主要污染因子，其超标现象与本油田工程开发无直接关系。

### 6.3.2 沉积物质量回顾性评价

本项目所在海域的 2002 年和 2007 年调查沉积物评价因子为铅、铬、石油类、硫化物、锌和有机碳共 6 项；2015 年调查海水水质评价因子为汞、铜、镉、铅、铬、石油类、硫化物、锌、砷和有机碳共 10 项。沉积物采样层次均为表层。历次海洋沉积物调查数据对比统计结果见表 6.3-3。

**表 6.3-3 历次调查沉积物调查结果对比统计**

| 评价项目 | 统计值 | 2002 年 6 月 | 2007 年 2 月 | 2015 年 10 月 |
|---|---|---|---|---|
| 汞（×10$^{-6}$） | 范围 | - | - | 0.08~0.10 |
| | 超标率 | - | - | 0 |
| 铜（×10$^{-6}$） | 范围 | - | - | 4.23~18.86 |
| | 超标率 | - | - | 0 |
| 铅（×10$^{-6}$） | 范围 | 5.41~10.36 | 7.01~9.72 | 15.68~38.10 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 |
| 镉（×10$^{-6}$） | 范围 | - | - | 0.05~0.16 |
| | 超标率 | - | - | 0 |
| 铬（×10$^{-6}$） | 范围 | 2.45~18.61 | 10.4~13.7 | 26.70~50.75 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 |
| 石油类（×10$^{-6}$） | 范围 | 未检出~11.6 | 16.8~26.7 | 144.05~184.25 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 |
| 硫化物（×10$^{-6}$） | 范围 | 1.97~203.24 | 62.3~112.0 | 54.53~118.76 |

| 评价项目 | 统计值 | 2002 年 6 月 | 2007 年 2 月 | 2015 年 10 月 |
|---|---|---|---|---|
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 |
| 锌（$\times10^{-6}$） | 范围 | 10.50~16.12 | 11.8~13.2 | 15.98~98.41 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 |
| 砷（$\times10^{-6}$） | 范围 | - | - | 5.03~7.24 |
| | 超标率 | - | - | 0 |
| 有机碳（$\times10^{-2}$） | 范围 | 0.08~1.44 | 1.42~1.57 | 0.75~1.47 |
| | 超标率 | 0 | 0 | 0 |

调查海域海洋沉积物的环境质量总体较好，历次调查均满足海洋沉积物一类标准。

历次调查沉积物调查结果显示，2015 年调查较前 2 次调查铅、铬、锌、石油类浓度上升；有机碳浓度变化不大；汞、铜、镉、砷等其他污染物在前两次未调查。

根据工程分析结果，结合海上石油开发工程特点，曹妃甸 6-4 油田的开发及经营活动过程中不会产生和排放铅、铬类污染物，因此铅、铬因子浓度的升高与本工程建设无必然联系。本次评价范围内有多条海底管线，牺牲阳极会释放少量的锌，主要存在于管道路由两侧的海底底土里，影响范围较小。本工程在施工期和运营期均无石油类的排放，因此水质石油类浓度的升高与本工程建设无必然联系，但石油类作为油田开发的特征污染物，仍需密切关注其变化情况。

### 6.3.3 海洋生物生态环境回顾性分析

（1）叶绿素 a

本项目所在海域的叶绿素 a 历次调查结果对比分析统计结果见表 6.3-4。

**表 6.3-4 历次调查叶绿素 a 调查结果对比统计**

| 调查时间 | | 叶绿素 a（$mg/m^3$） | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 表层 | 10m | 底层 |
| 2002 年 6 月 | 范围 | 0.560~2.906 | - | 0.679~1.786 |
| | 平均值 | 2.029 | - | 1.309 |
| 2006 年 5 月 | 范围 | 1.43~6.99 | - | 1.44~12.29 |
| | 平均值 | 4.42 | - | 6.68 |
| 2016 年 5 月 | 范围 | 0.88~8.49 | 1.53-3.65 | 0.44-8.15 |
| | 平均值 | 2.33 | 2.14 | 1.99 |

由表 6.3-4 可见，总体而言，历次调查中 2006 年调查表层和底层叶绿素 a 含量平均值最高，最低是 2002 年。

（2）浮游植物

本项目所在海域的浮游植物历次调查结果对比分析统计结果见表 6.3-5。

**表 6.3-5 历次调查浮游植物调查结果对比统计**

| 调查时间 | 种类数 | 个体数量（$10^4$ 个/$m^3$） | | 多样性指数 | | 均匀度 | | 丰度 | | 优势度 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 2002 年 6 月 | 26 种 | 3~41 | 15.2 | 0.11~2.71 | 1.24 | 0.07~0.69 | 0.36 | 0.11~0.91 | 0.51 | 0.54~1.00 | 0.84 |
| 2006 年 5 月 | 38 种 | 9.5~432.6 | **131.9** | 0.54~2.91 | 2.05 | 0.15~0.69 | 0.51 | 1.00~1.87 | **1.39** | 0.56~0.93 | 0.74 |
| 2016 年 5 月 | **44 种** | 1.93-689.55 | 47.87 | 0.05-3.75 | 2.61 | 0.01-0.94 | 0.69 | 0.59-1.03 | 0.77 | 0.26-1.00 | 0.57 |

由表可见，历次调查中浮游植物的种类数、多样性指数和均匀度平均值 2016 年最高，2002 年最低；个体数量、丰度平均值 2006 年最高，2002 年最低；优势度平均值 2002 年最高，2016 年最低。

（3）浮游动物

本项目所在海域的浮游动物历次调查结果对比分析统计结果见表 6.3-6。

**表 6.3-6 历次调查浮游动物调查数据对比统计**

| 调查时间 | 种类数 | 生物量（mg/$m^3$） | | 生物密度（个/$m^3$） | | 多样性指数 | | 均匀度 | | 丰度 | | 优势度 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 2002 年 6 月 | 16 种 | 150~650 | 322.1 | 32.0~345.3 | 167.0 | 0.8~2.0 | 1.4 | 0.3~0.6 | 0.5 | 0.6~1.4 | 0.9 | 0.7~0.9 | 0.9 |
| 2006 年 5 月 | 8 种 | 21.8~781.6 | 260.4 | 18.6~1033.7 | 311.8 | 1.01~2.08 | 1.40 | 0.42~0.77 | 0.59 | 0.43~0.82 | 0.58 | 0.71~0.97 | 0.87 |
| 2016 年 5 月 | 14 种 | 47.61-210.21 | 100.72 | 54.3-219.4 | 128.1 | 1.92-2.78 | 2.45 | 0.64-0.86 | 0.77 | 0.69-1.47 | 1.21 | 0.42-0.79 | 0.56 |

由表可见，历次调查中浮游动物的种类数 2002 年最高，2006 年最低；生物量、优势度平均值 2002 年最高，2016 年最低；生物密度平均值 2006 年最高，2016 年最低；多样性指数、丰度平均值 2016 年最高，2006 年最低；均匀度平均值 2016 年最高，2002 年最低。

（4）底栖生物

本项目所在海域的底栖生物历次调查结果对比分析统计结果见表 6.3-7。

**表 6.3-7 历次调查底栖生物调查数据对比统计**

| 调查时间 | 种类数 | 生物量（g/$m^2$） | | 生物密度（个/$m^2$） | | 多样性指数 | | 均匀度 | | 丰度 | | 优势度 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 2002 年 6 月 | 97 种 | 6.36~33.04 | 14.63 | 536~1440 | 870.5 | 3.92~4.87 | 4.41 | 0.77~0.90 | 0.84 | 2.78~5.34 | 3.92 | 0.17~0.42 | 0.29 |

| 调查时间 | 种类数 | 生物量（g/m²） | | 生物密度（个/m²） | | 多样性指数 | | 均匀度 | | 丰度 | | 优势度 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 2006 年 5 月 | 48 种 | 0.70~15.80 | 4.69 | 60~490 | 186 | 1.79~4.06 | 3.13 | 0.84~1.00 | 0.93 | 0.51~2.13 | 1.30 | 0.22~0.67 | 0.38 |
| 2016 年 5 月 | 78 种 | 0.15-160.10 | 10.90 | 10-1730 | 433 | 1.50-3.82 | 3.08 | 0.77-0.95 | 0.87 | 0.38-2.13 | 1.35 | 0.27-0.75 | 0.45 |

由表可见，历次底栖生物调查的种类数、生物量、生物密度、多样性指数、丰度平均值 2002 年最高，2006 年最低；均匀度平均值 2006 年最高，2002 年最低；优势度平均值 2016 年最高，2002 年最低。

（5）生物质量

本项目所在海域的生物质量历次评价结果对比分析统计结果见表 6.3-8。

**表 6.3-8 历次调查生物质量调查结果对比统计（×10⁻⁶ 湿重）**

| 调查时间 | 生物种类 | Cu | Pb | Zn | Cd | Cr | As | Hg | 石油烃 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 标准 | 贝类（一类） | 10 | 0.1 | 20 | 0.2 | 0.5 | 1 | 0.05 | 15 |
| | 软体动物 | 100 | 10 | 250 | 5.5 | 5.5 | 10 | 0.3 | 20 |
| | 甲壳类 | 100 | 2 | 150 | 2 | 1.5 | 8.0 | 0.2 | 20 |
| | 鱼类 | 20 | 2 | 40 | 0.6 | 1.5 | 5.0 | 0.3 | 20 |
| 2002 年 6 月 | 鱼类 | - | 0.01 | - | - | 0.18 | - | - | 0.71 |
| | 软体动物 | - | 0.02 | - | - | 0.14 | - | - | 8.18 |
| 2006 年 5 月 | 甲壳类 | - | 0.14 | - | - | 0.649 | - | - | 3.89 |
| | 鱼类 | - | 0.154 | - | - | 0.105 | - | - | - |
| | 贝类 | - | **0.13** | - | - | 0.102 | - | - | 10.9 |
| 2016 年 5 月 | 扁玉螺 | 5.9 | 0.98 | 15.8 | 0.256 | 0.86 | 0.9 | 0.123 | 6.7 |
| | 虾虎鱼 | 9.6 | 0.98 | 10.8 | 0.098 | 0.46 | 1.1 | 0.102 | 7.6 |
| | 虾虎鱼 | 4.7 | 1.22 | 7.9 | 0.109 | 0.43 | 0.6 | 0.095 | 9.2 |
| | 口虾蛄 | 9.8 | 0.39 | 10.2 | 0.545 | 0.52 | - | 0.111 | 12.5 |
| | 舌鳎 | 6.6 | 1.02 | 3.8 | 0.366 | 0.28 | 0.8 | 0.187 | 6.6 |
| | 口虾蛄 | 3.7 | - | 5.2 | 0.656 | 0.23 | 0.4 | 0.062 | 12.3 |
| | 脉红螺 | 2.5 | 0.35 | 7.5 | 0.089 | 0.18 | 1.2 | 0.038 | 7.7 |
| | 虾虎鱼 | 4.3 | 0.89 | 10.7 | 0.186 | 0.56 | 0.4 | 0.102 | 10.6 |
| | 虾虎鱼 | 5.6 | 1.12 | 8.8 | 0.112 | 0.76 | 0.8 | 0.152 | 10.6 |
| | 长蛸 | 17.2 | 2.56 | 17.6 | 0.563 | 0.64 | 0.8 | 0.112 | 9.6 |
| | 虾虎鱼 | 1.7 | 0.32 | 5.6 | 0.259 | 0.72 | 1.9 | 0.077 | 3.9 |
| | 口虾蛄 | 5.6 | 0.68 | 11.2 | 0.102 | 0.41 | - | 0.089 | 4.7 |
| | 脉红螺 | 4.3 | 0.52 | 25.9 | 0.158 | 0.33 | 1.2 | 0.106 | 9.8 |
| | 扁玉螺 | 7.7 | 0.88 | 10.2 | 0.121 | 0.62 | 0.9 | 0.134 | 5.8 |
| | 舌鳎 | 8.3 | 1.23 | 16.8 | 0.262 | 0.89 | 1.2 | 0.096 | 12.8 |
| | 虾虎鱼 | 7.7 | 0.11 | 6.3 | 0.256 | 0.37 | 0.4 | 0.036 | 8.2 |
| | 虾虎鱼 | 10.9 | 0.82 | 2.9 | 0.212 | 0.76 | 0.7 | 0.072 | 11.8 |
| | 舌鳎 | 5.1 | 0.99 | 8.8 | 0.502 | 0.42 | 1.1 | 0.136 | 8.8 |
| | 口虾蛄 | 5.8 | 0.86 | 6.8 | 0.498 | 0.28 | 0.6 | 0.126 | 5.2 |
| | 舌鳎 | 5.3 | 0.79 | 4.8 | 0.312 | 0.42 | 0.5 | 0.096 | 8.8 |

| 调查时间 | 生物种类 | Cu | Pb | Zn | Cd | Cr | As | Hg | 石油烃 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 虾虎鱼 | 6.9 | 0.96 | 3.9 | 0.375 | 0.56 | 0.4 | 0.056 | 6.9 |
| | 口虾蛄 | 8.2 | 1.12 | 11.3 | 0.612 | 0.28 | 0.8 | 0.012 | 6.1 |
| | 虾虎鱼 | 4.6 | 1.08 | 8.8 | 0.392 | 0.88 | 0.5 | 0.098 | 12.2 |
| | 口虾蛄 | 12.1 | 0.28 | 14.2 | 0.102 | 0.21 | 0.4 | 0.132 | 11.1 |
| | 长蛸 | 18.8 | 2 | 15.2 | 0.409 | 0.66 | 0.8 | 0.106 | 11.7 |
| | 虾虎鱼 | 6.8 | 0.66 | 6.2 | 0.259 | 0.7 | 0.5 | 0.058 | 9.3 |
| | 脉红螺 | 2.9 | 0.39 | 8.5 | 0.088 | 0.58 | 1.2 | 0.128 | 8.7 |
| | 虾虎鱼 | 6.9 | 0.89 | 4.7 | 0.186 | 0.45 | 0.6 | 0.096 | 4.6 |
| | 口虾蛄 | 8.2 | 1.12 | 11.3 | 0.612 | 0.28 | 0.8 | 0.012 | 6.1 |
| | 虾虎鱼 | 6.6 | 1.08 | 4.8 | 0.359 | 0.49 | 0.5 | 0.058 | 12.7 |
| | 长蛸 | 18.8 | 2 | 15.2 | 0.409 | 0.66 | 0.8 | 0.106 | 11.7 |
| | 口虾蛄 | 10.8 | 0.78 | 10.8 | 0.202 | 0.38 | 0.6 | 0.072 | 3.2 |
| | 三疣梭子蟹 | 6.9 | 0.98 | 6.8 | 0.098 | 0.5 | - | 0.032 | 6.6 |
| | 虾虎鱼 | 4.6 | 1.28 | 4.8 | 0.396 | 0.78 | 0.6 | 0.078 | 9.6 |
| | 长蛸 | 8.8 | 1.62 | 5.3 | 0.221 | 0.26 | 0.8 | 0.108 | 3.9 |
| | 虾虎鱼 | 6.9 | 1.26 | 5.6 | 0.326 | 0.46 | 0.5 | - | 8.1 |
| | 口虾蛄 | 8.8 | 0.82 | 2.8 | 0.15 | 0.28 | 0.4 | 0.066 | 3.8 |
| | 虾虎鱼 | 3.9 | 0.85 | 10.3 | 0.259 | 0.65 | 1.1 | 0.122 | 10.8 |
| | 舌鳎 | 5.3 | 0.79 | 4.8 | 0.312 | 0.42 | 0.5 | 0.056 | 8.8 |
| | 虾虎鱼 | 8.9 | 1.09 | 3.9 | 0.336 | 0.63 | 0.6 | 0.065 | 6.2 |
| | 舌鳎 | 6.8 | 0.95 | 4.5 | 0.334 | 0.37 | 0.4 | 0.065 | 8.8 |
| | 口虾蛄 | 10.8 | 0.77 | 10.8 | 0.262 | 0.28 | - | 0.102 | 4.2 |
| | 三疣梭子蟹 | 10.2 | 1.18 | 8.8 | 0.091 | 0.42 | 0.5 | - | 4.7 |
| | 口虾蛄 | 6.3 | 0.83 | 3.8 | 0.153 | 0.58 | 0.8 | 0.096 | 3.8 |
| | 虾虎鱼 | 8.9 | 1.19 | 3.9 | 0.336 | 0.69 | 0.6 | 0.065 | 6.6 |
| | 口虾蛄 | 8.8 | 1.02 | 10.3 | 0.259 | 0.39 | 0.4 | 0.063 | 8.5 |
| | 长蛸 | 15.3 | 2.06 | 15.2 | 0.489 | 0.82 | 1.6 | 0.192 | 15.3 |
| | 虾虎鱼 | 9.8 | 0.98 | 8.8 | 0.323 | 0.36 | 0.9 | 0.072 | 8.8 |

注：*表示其样品采集量不足，不能满足全部分析项目的测定要求。

由上表可见，调查海域历次调查结果中，2002 年和 2016 年各底栖生物体内的检测指标均符合相应标准；2006 年贝类的铅出现超标现象，其他因子未超标。

历次调查结果中甲壳类、鱼类和软体动物类体内铅含量稍有上升；甲壳类体内铬含量变化不大，鱼类和软体动物类体内铬含量有所上升；鱼类、甲壳类体内石油烃含量上升，软体动物类体内石油烃含量变化不大。

根据工程分析结果结合海上石油开发工程特点，曹妃甸 6-4 油田的开发及经营活动过程中不会产生和排放铅、铬等污染物，因此铅、铬因子浓度的升高与本工程建设无必然联系。石油类是曹妃甸 6-4 油田的特征污染物，因此建议密切关注海水中石油烃含量变化，并严格遵守生产过程中的规定，确保不向海中排放石油类污染物。

## 6.3.4 渔业资源回顾性分析

渔业资源采用收集 1998-2001 历史资料、2005 年 5 月、2015 年 6 月 2 次调查的结果进行比较。

### 6.3.4.1 鱼卵、仔稚鱼资源状况

鱼卵、仔稚鱼资源状况历次评价结果对比见表 6.3-9。

**表 6.3-9 历次调查鱼卵、仔稚鱼资源调查结果对比统计**

| 调查时间 | 鱼卵 | | | 仔稚鱼 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 种类数 | 密度（粒/$m^3$） | | 种类数 | 密度（尾/$m^3$） | |
| | | 范围 | 平均值 | | 范围 | 平均值 |
| 1998-2001 历史资料 | - | - | - | - | - | - |
| 2005 年 5 月 | 11 | 0-4 | 2.78 | 8 | 0-2 | 0.68 |
| 2015 年 6 月 | 5 | 0-0.79 | 0.43 | 7 | 0-0.36 | 0.25 |

2005 年 5 月共捕获鱼卵 11 种，出现频率和密度较大的种类为斑鰶、棘头梅童鱼、鳀、鲬、短鳍红娘鱼、黄鲫、白姑鱼、蓝点马鲛、赤鼻棱鳀、青鳞沙丁鱼、小带鱼等。评价海域鱼卵密度分布在 0～4.0 粒/$m^3$，平均为 2.78 粒/$m^3$。2015 年 6 月共采集到鱼卵 5 种，鱼卵密度分布在 0～0.79 粒/$m^3$，平均为 0.43 粒/$m^3$。

2005 年 5 月共捕获仔稚鱼 8 种，评价海域仔稚鱼分布密度在 0～2.0 尾/$m^3$，平均值为 0.68 尾/$m^3$。2015 年 6 月共采集到仔稚鱼 7 种，隶属于 6 目 7 科，仔稚鱼的密度范围 0～0.36 尾/$m^3$，平均密度为 0.247 尾/$m^3$。

根据调查结果可知，2005 年到 2015 年 10 年间 2 次调查评价海域范围内的鱼卵和仔稚鱼的密度均呈现下降趋势，渔业资源呈现萎缩趋势。该海域内较为发达的捕捞业是造成渔业资源萎缩的重要原因。

### 6.3.4.2 鱼类资源状况

本项目所在海域鱼类资源历次调查结果对比分析见表 6.3-10。

**表 6.3-10 历次调查鱼类资源调查结果对比统计**

| 调查时间 | 种类数 | 生物密度（尾/h） | | 生物量（kg/h） | | 尾数密度（尾/$km^2$） | | 重量密度（kg/$km^2$） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 1998-2001 历史资料 | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2005 年 5 月 | 22 | - | - | - | - | - | 3578 | - | 196 |
| 2015 年 6 月 | 18 | 168~18176 | 2952 | 2.156~31.11 | 8.19 | - | 72826 | - | 202 |

在 2003 年《南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书》中，中国水产科学研究院黄

海水产研究所通过资料收集法，根据 1998-2001 年承担的“渤海增值生态基础调查研究”和“渤海近岸生态系统环境与生物群落”等资料，得出在本海域相对重要性指标（IRI）大于 10 的主要鱼类有 19 种，种类有黄鲫、斑鰶、赤鼻棱鳀、鳀鱼、银鲳、蓝点马鲛、小带鱼、矛尾鰕虎鱼、尖海龙、皮氏叫姑鱼、鲈鱼、梭鱼等，主要渔业资源以洄游性种类为主，数量分布具有明显的季节性。

2005 年 5 月调查，捕获的鱼类种类主要有 22 种，在重量组成中，占 1%以上的种类有：黄鲫、小黄鱼、赤鼻棱鳀、小带鱼、斑鰶等。2005 年春季鱼类平均尾数密度和重量密度分别为 3578 尾/$km^2$ 和 196kg/$km^2$。

2015 年 6 月共捕获鱼类 18 种，隶属 7 目，14 科。平均渔获量为 2952 尾/h，8.19kg/h。其渔获生物量（kg/h）组成为：尖尾虾虎鱼（47.64%）、焦氏舌鳎（22.78%）、鲅鳚（8.10%）、许氏平鲉（5.25%），以上 4 种鱼类占鱼类总重量的 83.77%。春季 12 个调查站位的平均资源密度 72826 尾/ $km^2$，201.95kg/ $km^2$。

由 2005 年和 2015 年 2 次调查结果可知，生物种类数略有减少，但尾数密度增加，重量密度变化不大，结合工程分析，本项目对鱼类资源的影响较小。

#### 6.3.4.3 头足类资源状况

本项目所在海域头足类资源状况历次评价结果对比分析结果见表 6.3-11。

**表 6.3-11 历次调查头足类资源调查结果对比统计**

| 调查时间 | 种类数 | 生物密度（尾/h） | | 生物量（kg/h） | | 尾数密度（尾/$km^2$） | | 重量密度（kg/$km^2$） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 1998-2001 历史资料 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2005 年 5 月 | 2 | - | - | - | - | - | 1057 | - | 41.1 |
| 2015 年 6 月 | 4 | 0~975 | 239 | 0~15.45 | 2.83 | - | 4981 | - | 58.98 |

根据 1998-2001 年所收集资料，评价海域周年拖网渔获物中头足类共有 8 种，主要种类为火枪乌贼、曼氏无针乌贼、日本枪乌贼、长蛸和短蛸，主要优势种为火枪乌贼。

2005 年 5 月共捕获头足类 2 种，即火枪乌贼、双喙耳乌贼。优势种为火枪乌贼。平均重量密度和尾数密度分别为 1057 尾/$km^2$ 和 41.1kg/$km^2$。

2015 年 6 月共捕获头足类 4 种，优势种为日本枪乌贼。平均渔获量 239 尾/h，2.83kg/h，平均资源密度为 4981 尾/ km2，58.98kg/ $km^2$。

根据 2 次调查结果可知，2015 年 6 月头足类资源的种类数、尾数密度（尾/$km^2$）、重量密度（kg/$km^2$）指标都高于 2005 年。

#### 6.3.4.4 甲壳类资源状况

本工程所在海域甲壳类资源状况历次调查结果对比分析见表 6.3-12。

**表 6.3-12 历次调查甲壳类资源调查结果对比统计**

| 调查时间 | 种类数 | 生物密度（尾/h） | | 生物量（kg/h） | | 尾数密度（尾/$km^2$） | | 重量密度（kg/$km^2$） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 1998-2001 历史资料 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2005 年 5 月 | 9 | - | - | - | - | - | 8784 | - | 88.6 |
| 2015 年 6 月 | 8 | 33~2454 | 701 | 1.2~16.92 | 6.33 | - | 14608 | - | 131.91 |

根据 1998-2001 年所收集资料，评价海域虾类的主要种类为中国对虾、虾姑、鹰爪虾和中国毛虾。

2005 年 5 月调查共捕获甲壳类 9 种，即褐虾、葛氏长臂虾、口虾蛄、日本鼓虾、鲜明鼓虾、中国对虾、鹰爪糙对虾、日本蟳、泥脚隆背蟹。平均重量密度指数和尾数密度指数分别为 8784 尾/$km^2$ 和 88.6kg/$km^2$。

2015 年 6 月共捕获甲壳类 8 种，其优势种为口虾蛄、日本鼓虾、葛氏长臂虾。平均渔获量为 701 尾/h，6.33kg/h；平均资源密度为 14608 尾/ $km^2$，131.909kg/ $km^2$。

根据调查结果可知，2015 年 6 月调查甲壳类生物的尾数密度（尾/$km^2$）、重量密度（kg/$km^2$）平均值均高于 2005 年。

# 7环境影响预测与评价

## 7.1 水文动力环境影响预测与评价

### 7.1.1 海流模型

海水运动是海中污染物输运的载体，为此在预测污染物扩散前需利用流体动力学基本方程组计算该油田海域的流场，明确其潮流的运动特性，进而计算建设项目的排海污染物对海洋水质的影响。

#### 7.1.1.1 流体动力学基本方程组

本文采用三维有限体积数值模式 FVCOM 进行数值模拟，这个模型在理论和数值计算方面基本解决了浅海陆架、河口物理海洋和生态动力学模型中最棘手的复杂几何岸界拟合和计算有效性的难题，已成功地应用于美国的乔治亚、南卡、麻州等的一些河口以及 Geogia Bank、五大湖和我国的渤海等海域。

sigma 坐标下三维非线性潮波运动方程为：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial Du}{\partial x}+\frac{\partial Dv}{\partial y}+\frac{\partial \omega}{\partial \sigma}=0$$

$$\frac{\partial uD}{\partial t}+\frac{\partial u^2D}{\partial x}+\frac{\partial uvD}{\partial y}+\frac{\partial u\omega}{\partial \sigma}-fvD$$
$$=-gD\frac{\partial \zeta}{\partial x}-\frac{gD}{\rho_o}[\frac{\partial}{\partial x}(D\int_{\sigma}^{0}\rho d\sigma')+\sigma\rho\frac{\partial D}{\partial x}]+\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}(K_m\frac{\partial u}{\partial \sigma})+DF_x$$

$$\frac{\partial vD}{\partial t}+\frac{\partial uvD}{\partial x}+\frac{\partial v^2D}{\partial y}+\frac{\partial v\omega}{\partial \sigma}+fuD$$
$$=-gD\frac{\partial \zeta}{\partial y}-\frac{gD}{\rho_o}[\frac{\partial}{\partial y}(D\int_{\sigma}^{0}\rho d\sigma')+\sigma\rho\frac{\partial D}{\partial y}]+\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}(K_m\frac{\partial v}{\partial \sigma})+DF_y$$

$$\frac{\partial \theta D}{\partial t}+\frac{\partial \theta uD}{\partial x}+\frac{\partial \theta vD}{\partial y}+\frac{\partial \theta \omega}{\partial \sigma}=\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\mathrm{K}_h\frac{\partial \theta}{\partial \sigma}\right)+D\hat{H}+DF_\theta$$

$$\frac{\partial TD}{\partial t}+\frac{\partial TuD}{\partial x}+\frac{\partial TvD}{\partial y}+\frac{\partial T\omega}{\partial \sigma}=\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}(K_h\frac{\partial T}{\partial \sigma})+D\hat{H}+DF_T$$

$$\frac{\partial SD}{\partial t}+\frac{\partial SuD}{\partial x}+\frac{\partial SvD}{\partial y}+\frac{\partial S\omega}{\partial \sigma}=\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}(K_h\frac{\partial S}{\partial \sigma})+DF_S$$

$$\frac{\partial q^2 D}{\partial t}+\frac{\partial q^2 uD}{\partial x}+\frac{\partial q^2 vD}{\partial y}+\frac{\partial q^2 \omega}{\partial \sigma}=2D\left(P_S+P_b-\varepsilon\right)+\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\mathrm{K}_q\frac{\partial q^2}{\partial \sigma}\right)+DE_q$$

$$\frac{\partial q^2 lD}{\partial t}+\frac{\partial q^2 luD}{\partial x}+\frac{\partial q^2 lvD}{\partial y}+\frac{\omega}{D}\frac{\partial q^2 l\omega}{\partial \sigma}$$

$$=lE_1D\left(P_S+P_b-\frac{W\%}{E_1}\varepsilon\right)+\frac{1}{D}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\mathrm{K}_q\frac{\partial q^2 l}{\partial \sigma}\right)+DF_l$$

$$\rho=\rho\left(T,S,P\right)$$

$$DF_x\approx\frac{\partial}{\partial x}\left[2A_mH\frac{\partial u}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[A_mH\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

$$DF_y\approx\frac{\partial}{\partial x}\left[A_mH\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[2A_mH\frac{\partial v}{\partial y}\right]$$

$$D\left(F_\theta,F_S,F_{q^2},F_{q^2l}\right)\approx\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(A_hH\frac{\partial}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(A_hH\frac{\partial}{\partial y}\right)\right]\left(\theta,S,q^2,q^2l\right)$$

其中：g 为重力加速度；f=2Ωsinφ 为柯氏参数；Ω 为地转角速度；φ 为地理纬度；ζ 为自静止水面算起的水位高度；h 为自静止水面算起的水深；D=h+ζ；u、v、w 为流速，p 为压强，ρ 为海水密度。

#### 7.1.1.2 边界条件

海面边界条件：

$$\left(\frac{\partial u}{\partial \sigma},\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right)=\frac{D}{\rho_o K_m}\left(\tau_{sx},\tau_{sy}\right),\quad \omega=\frac{\hat{E}-\hat{P}}{\rho},\quad \frac{\partial T}{\partial \sigma}=\frac{D}{\rho c_p K_h}\left[Q_n(x,y,t)-SW(x,y,0,t)\right]$$

$$\frac{\partial S}{\partial \sigma}=-\frac{S(\hat{P}-\hat{E})D}{K_h\rho}$$

海底边界条件：

$$\left(\frac{\partial u}{\partial \sigma},\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right)=\frac{D}{\rho_o K_m}\left(\tau_{bx},\tau_{by}\right)$$

$$\omega=\frac{Q_b}{\Omega}$$

$$\frac{\partial T}{\partial \sigma}=\frac{A_H D\tan\alpha}{K_h-A_H\tan^2\alpha}\frac{\partial T}{\partial n}$$

$$\frac{\partial S}{\partial \sigma}=\frac{A_H D\tan\alpha}{K_h-A_H\tan^2\alpha}\frac{\partial S}{\partial n}$$

固体侧边界条件：

$$v_n=0;\quad \frac{\partial T}{\partial n}=0;\quad \frac{\partial S}{\partial n}=0$$

在开边界上水位边界条件：

$$\zeta=\sum f_C H_C\cos\left[\omega_C+(V_0+u)_C-g_C\right]$$

这里 H 和 g 分别是调和常数的振幅和迟角，下标 C 代表着 M2、S2、K1、O1 四个分潮中的一个。$\omega$代表着分潮频率，f 为交点因子，u 为交点订正角，$V_0$是天文潮的初位相。

#### 7.1.1.3 计算海域及网格设置

本项目所建立的海域数学模型计算域为整个渤海，模拟采用非结构三角网格，由 8898 个节点和 17200 个三角单元组成。为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况，保证后续污染物浓度分布的计算精度，将本工程附近海域进行局部加密，最小空间步长约为 30m。垂向采用 sigma 分层，共分为 3 层。

模型水深资料采用航保部海图及工程区附近海域实测水深地形测量资料。网格及水深分布见图 7.1-1。

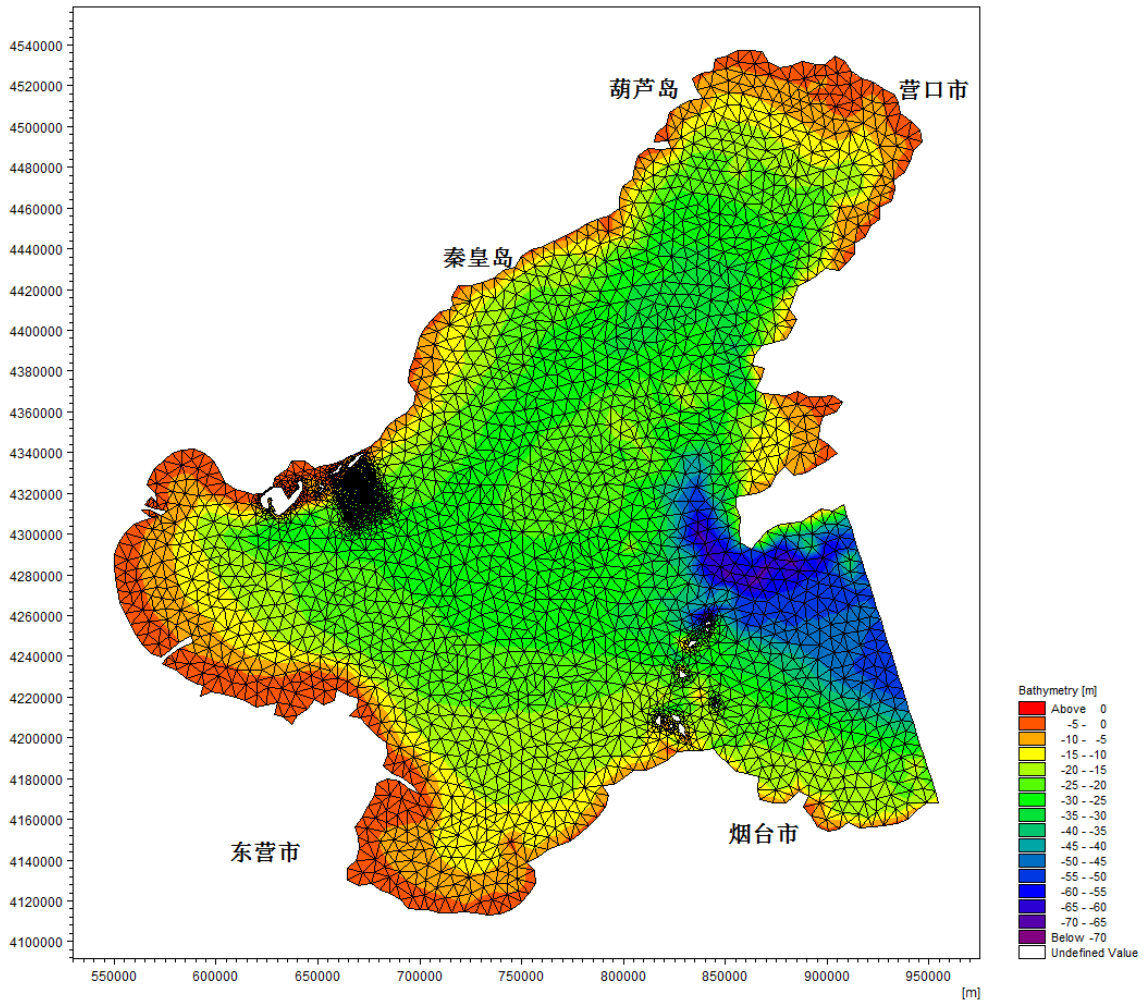



**图 7.1-1　大海域网格设置及水深地形**

## 7.1.2　潮流及潮位的验证

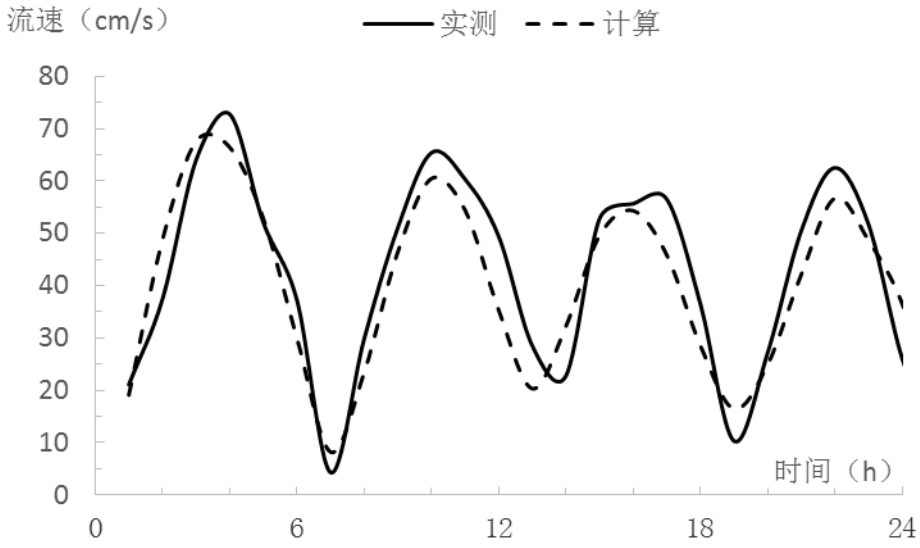
在计算海域中，引用青岛环海海洋工程勘察研究院于 2015 年 11 月 11 日 15 时~12 日 14 时的潮流潮位实测资料与数值计算结果进行验证。各监测点坐标如表 7.1-1 所示，点位布设如图 7.1-2 所示，图 7.1-3~7.1-10 分别为各站位潮流、潮位验证曲线。

**表 7.1-1　验证点坐标位置**

| 站位号 | 坐标 | | 验证项目 |
|---|---|---|---|
| | 北纬 | 东经 | |
| P2 | 38°53'10.80" | 118°42'48.50" | 潮流 |
| P5 | 38°40'54.35" | 118°56'27.45" | 潮流、潮位 |
| P17 | 39°04'33.33" | 119°00'04.29" | 潮流 |
| P20 | 38°51'07.31" | 119°12'18.03" | 潮流、潮位 |
| P32 | 39°15'43.50" | 119°17'15.78" | 潮流 |
| P35 | 39°01'41.33" | 119°28'44.10" | 潮流 |


京唐港区
P32
EPS0
P17
CEPA平台
P35
P2
P20
P5

**图 7.1-2　验证点位图**


流速（cm/s）
实测
计算
80
70
60
50
40
30
20
10
0
时间（h）
0
6
12
18
24

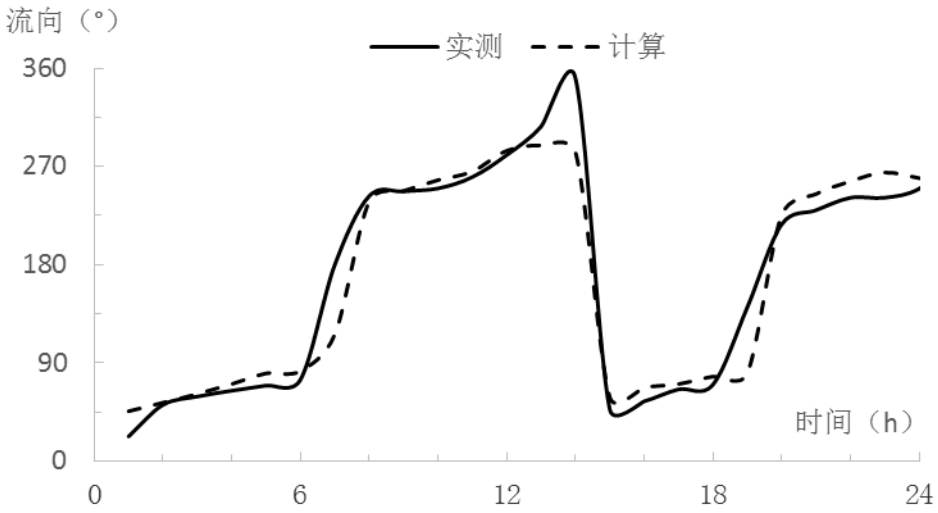
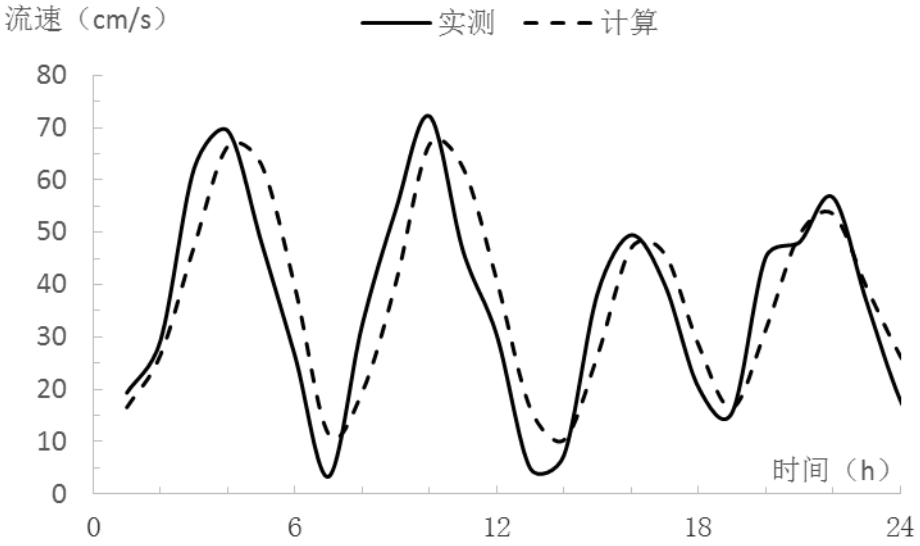



**图 7.1-3a　P2 站位潮流验证曲线（表层）**



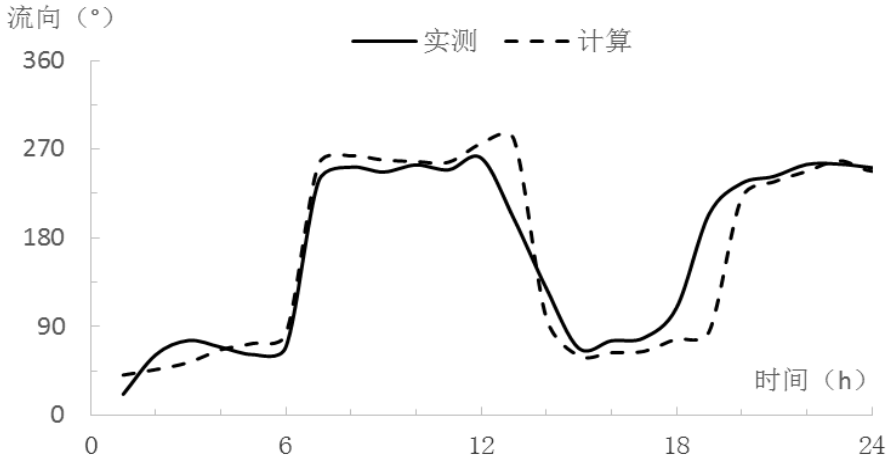
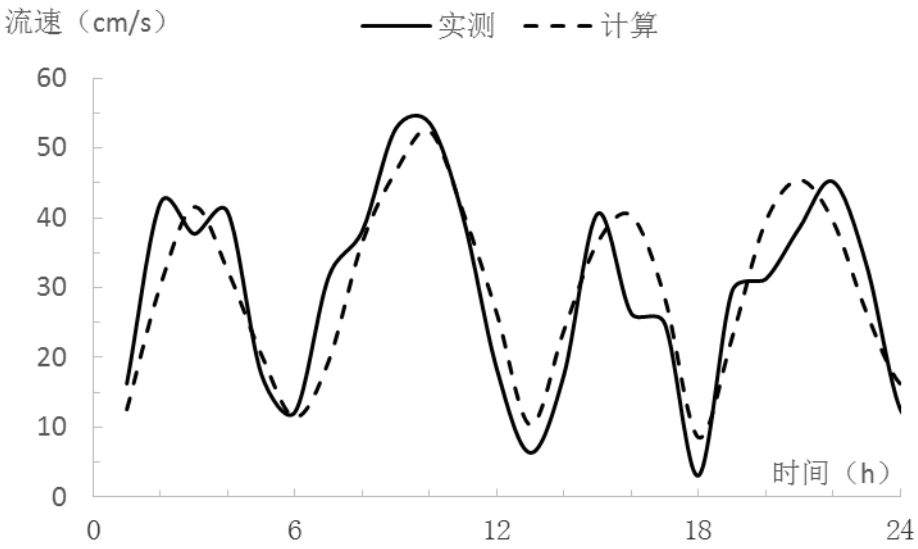



**图 7.1-3b　P2 站位潮流验证曲线（中层）**



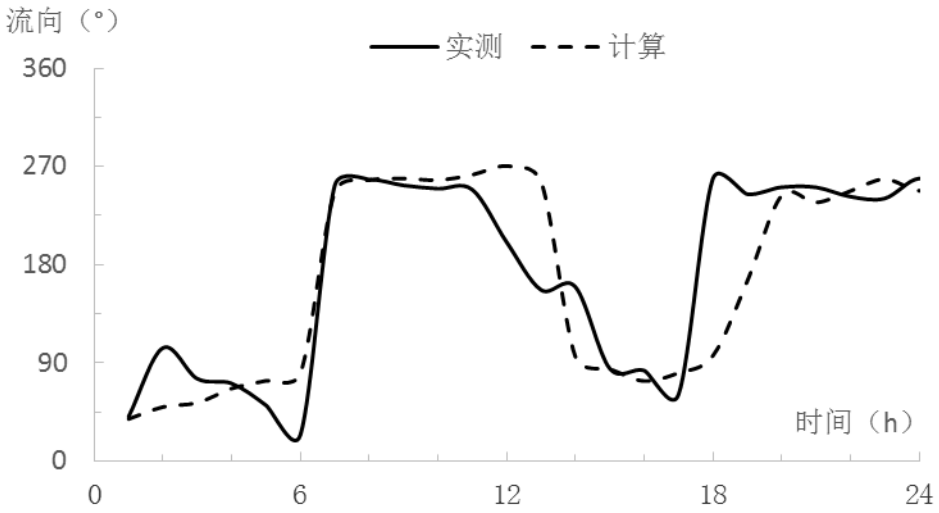



**图 7.1-3c　P2 站位潮流验证曲线（底层）**

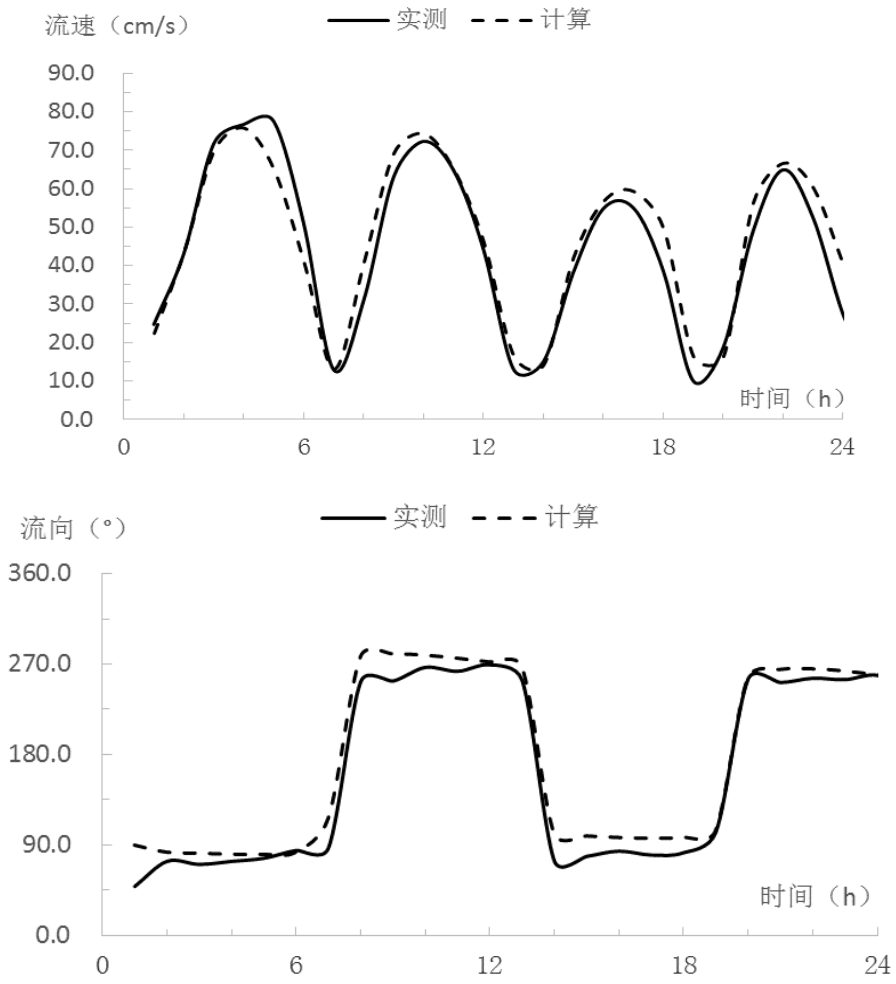



**图 7.1-4a　P5 站位潮流验证曲线（表层）**

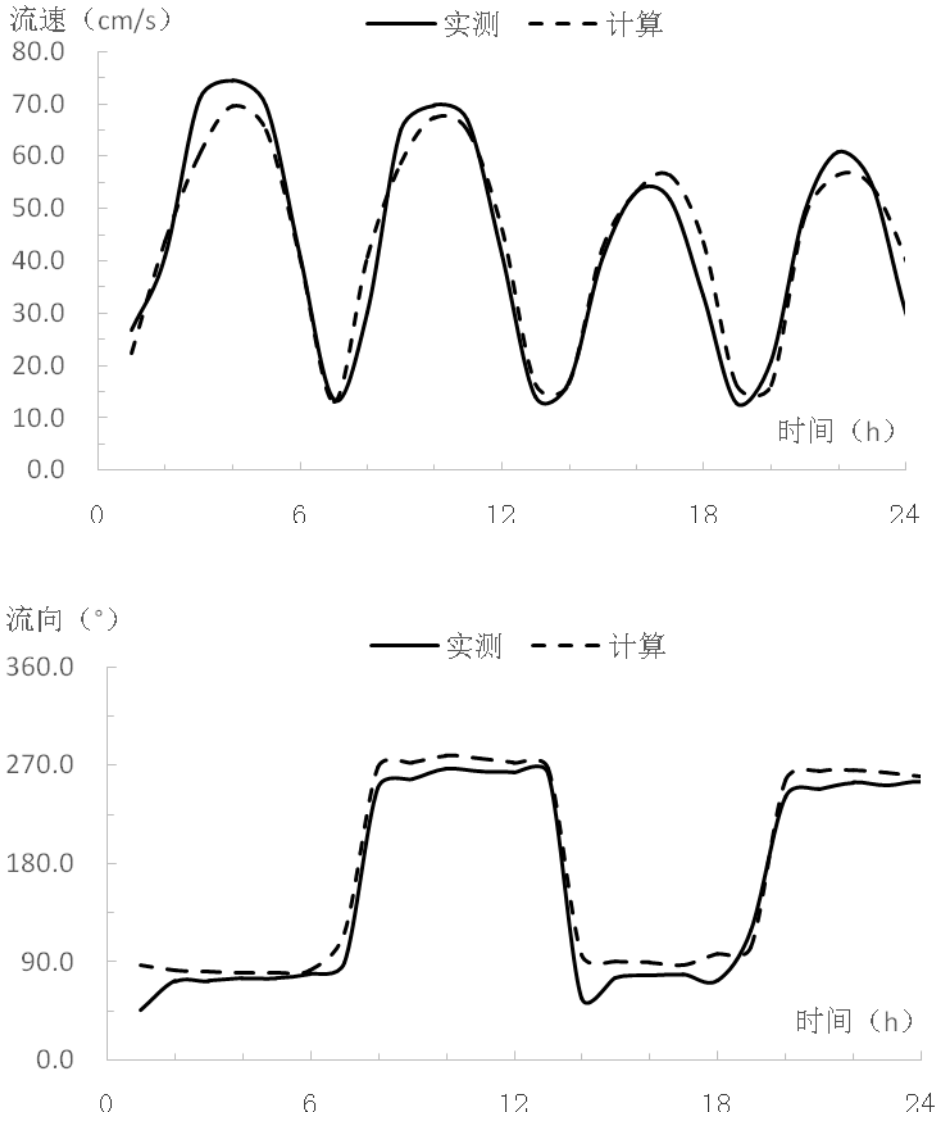
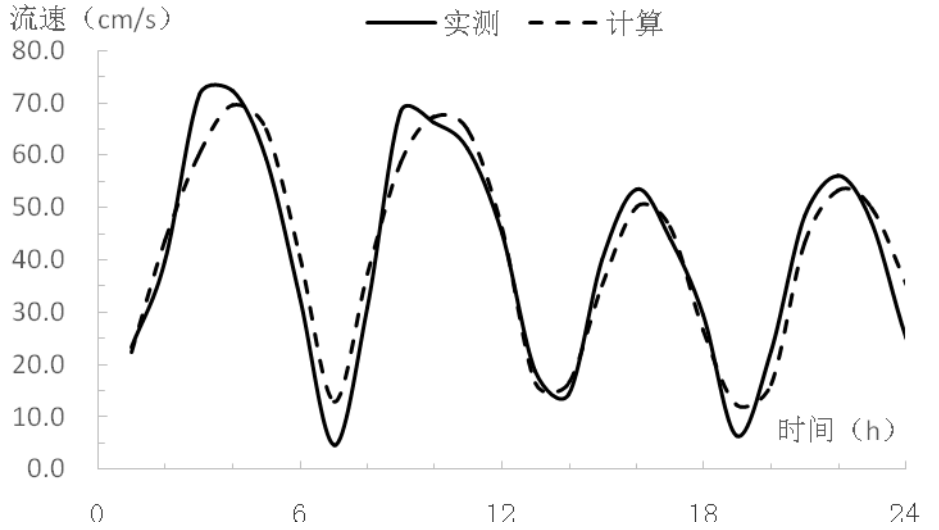



**图 7.1-4b　P5 站位潮流验证曲线（中层）**



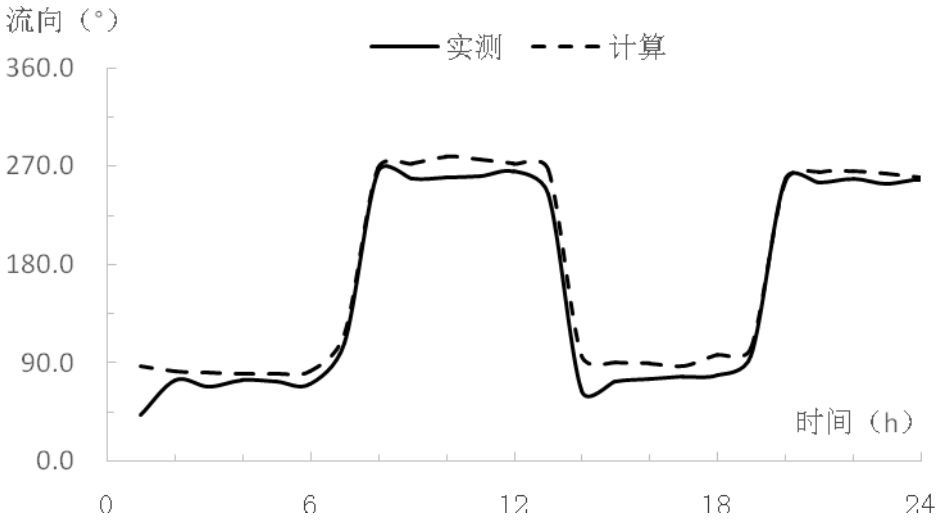



**图 7.1-4c　P5 站位潮流验证曲线（底层）**

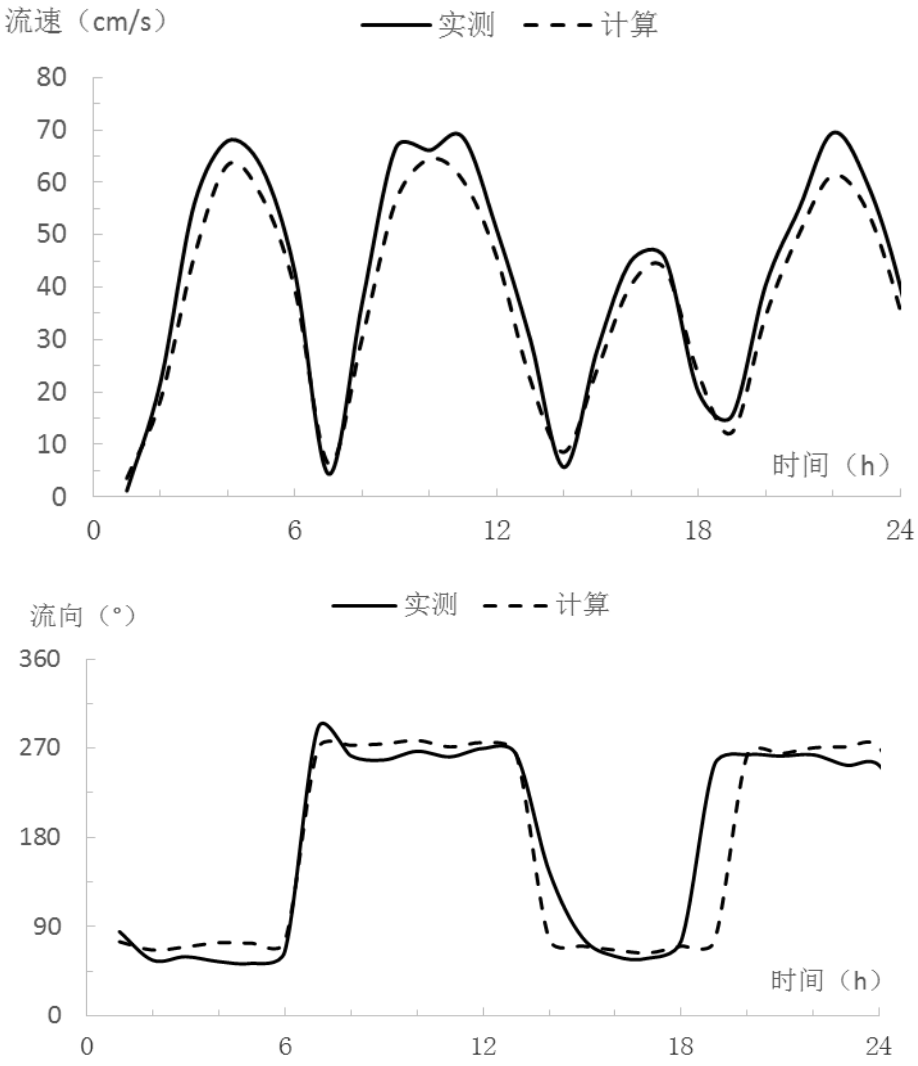



**图 7.1-5a　P17 站位潮流验证曲线（表层）**

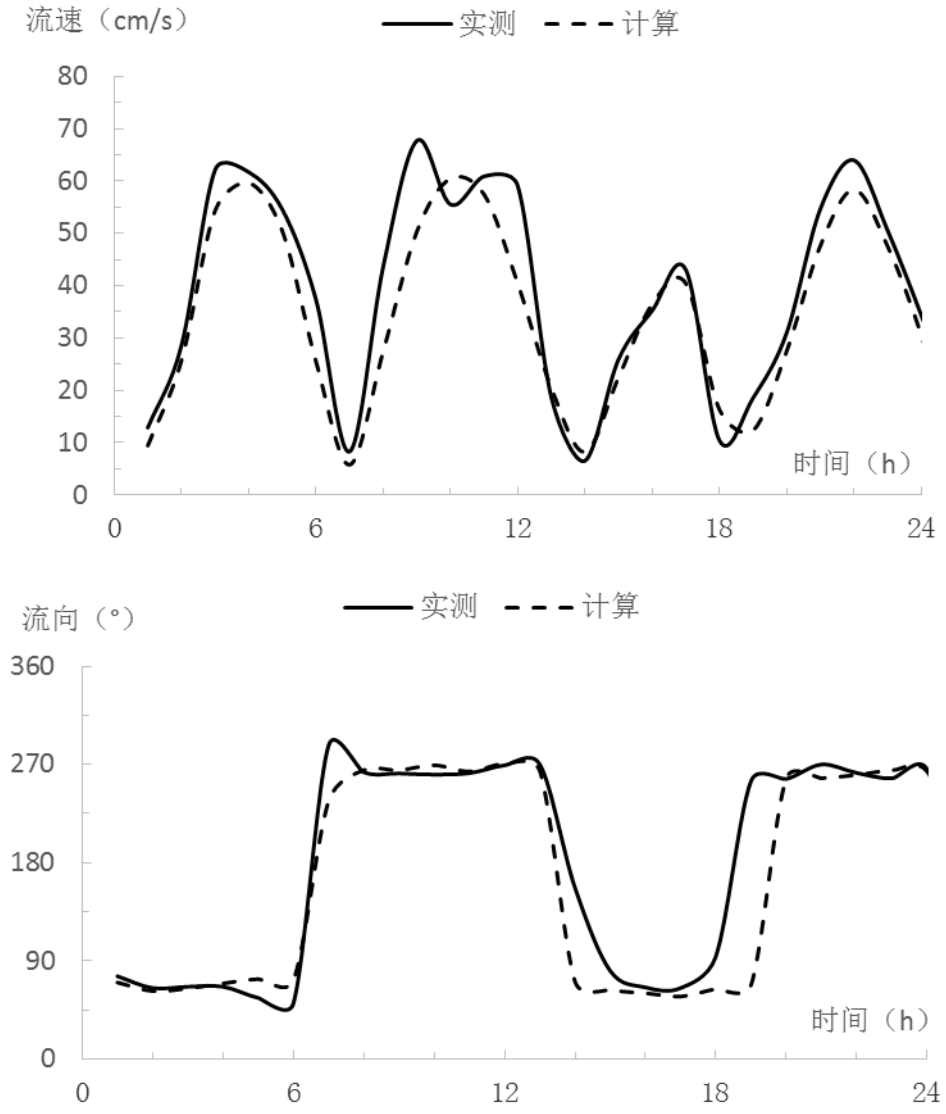
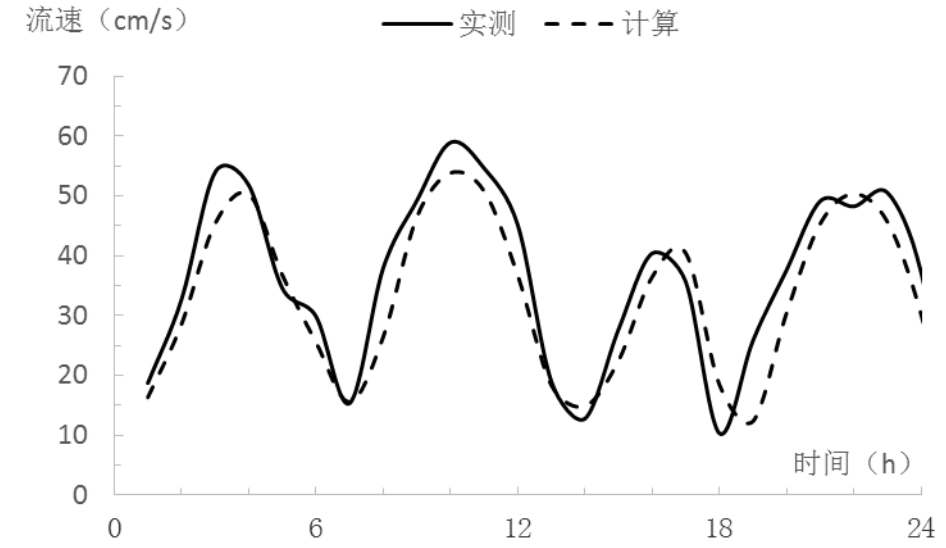



**图 7.1-5b　P17 站位潮流验证曲线（中层）**



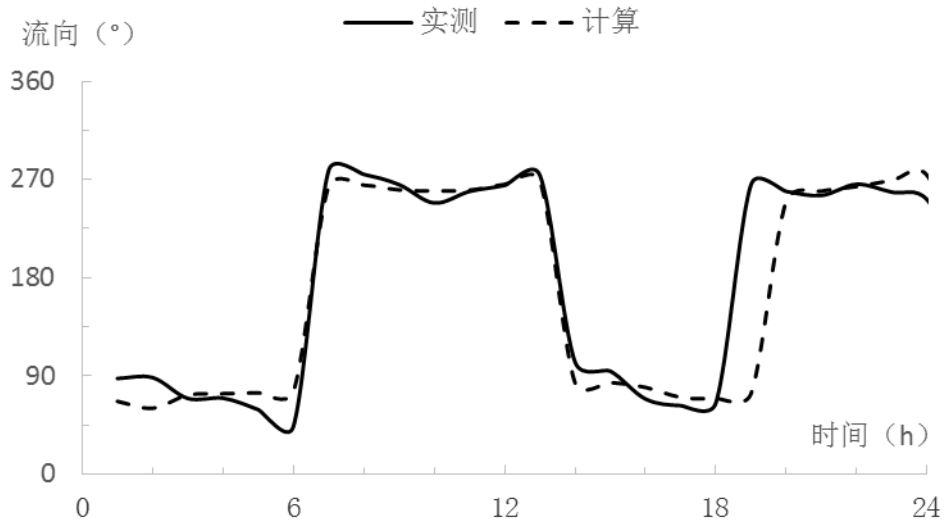



**图 7.1-5c　P17 站位潮流验证曲线（底层）**

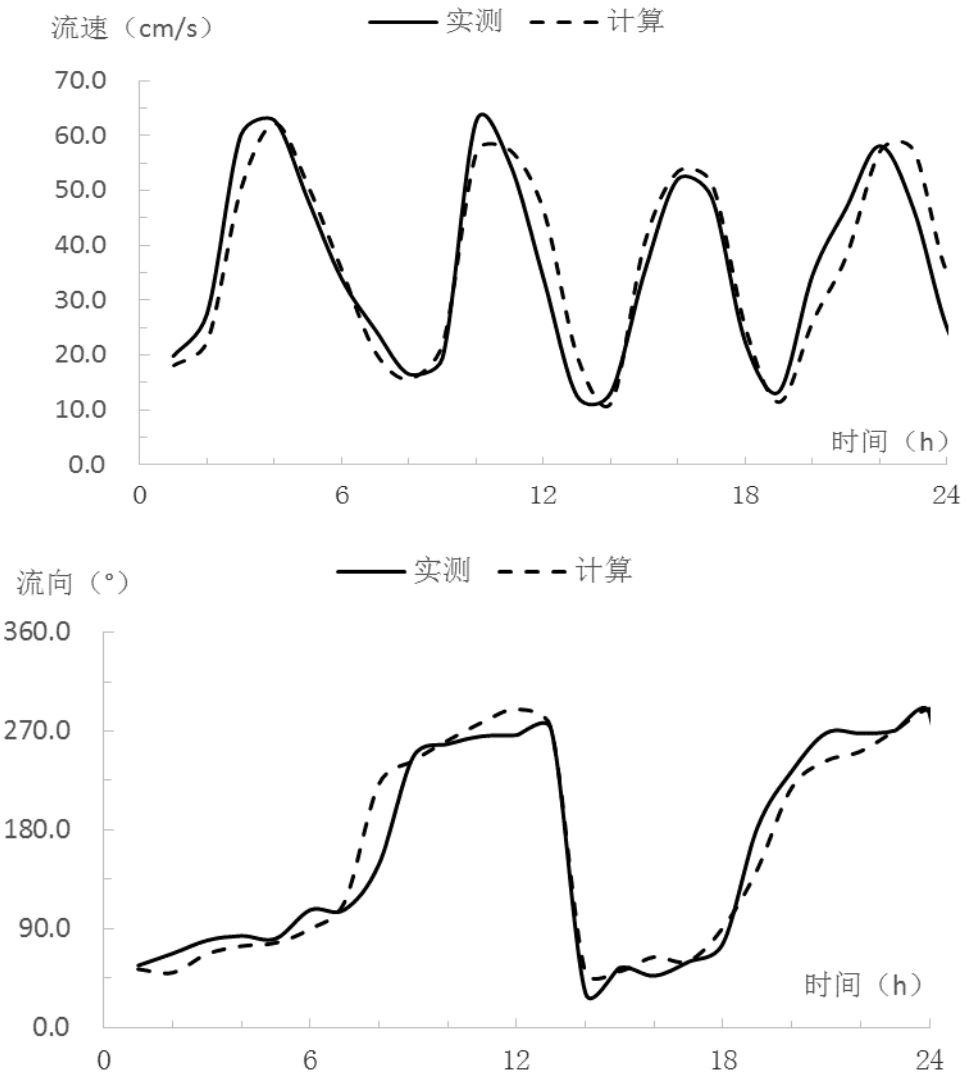



**图 7.1-6a　P20 站位潮流验证曲线（表层）**

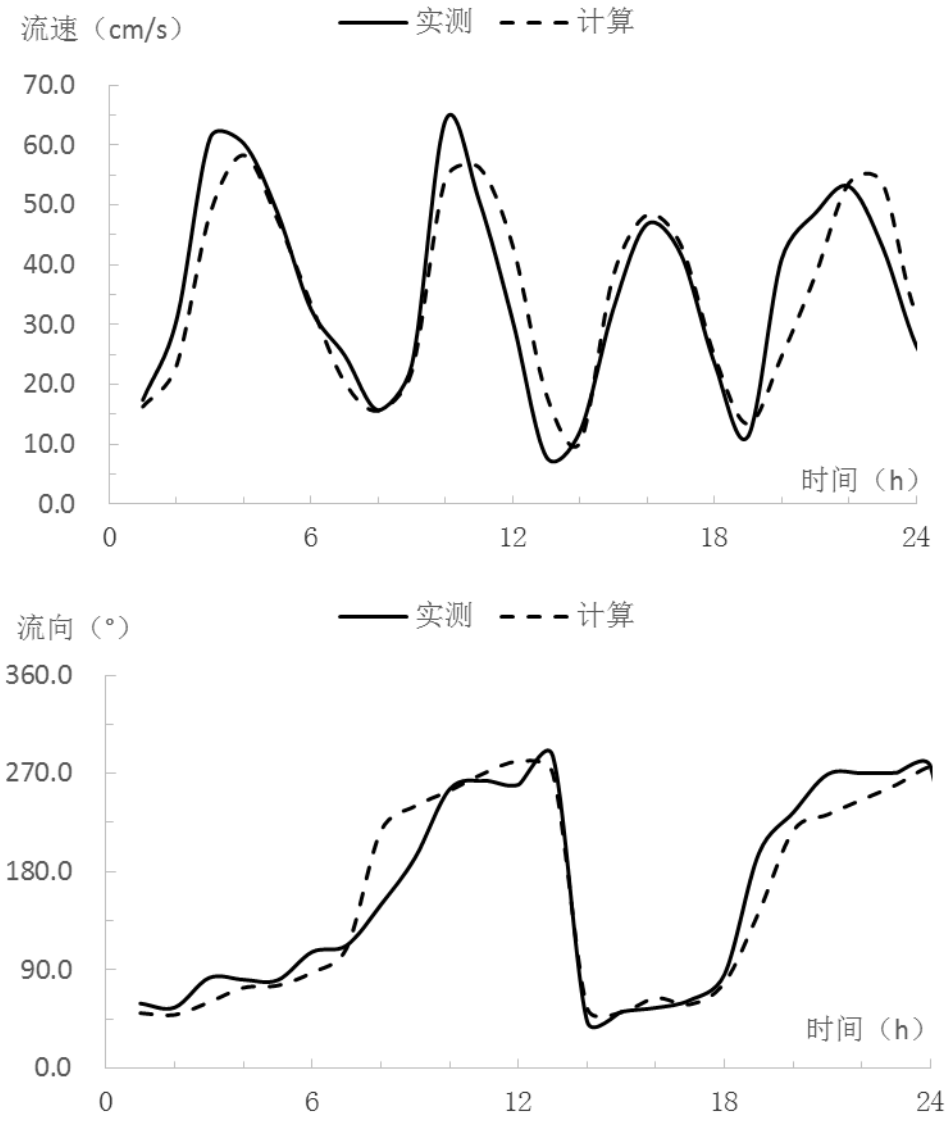
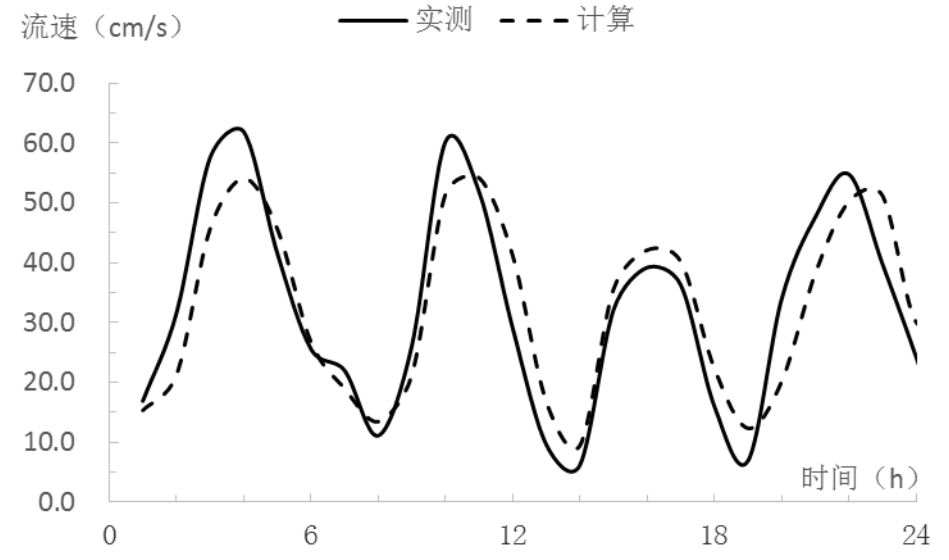



**图 7.1-6b　P20 站位潮流验证曲线（中层）**



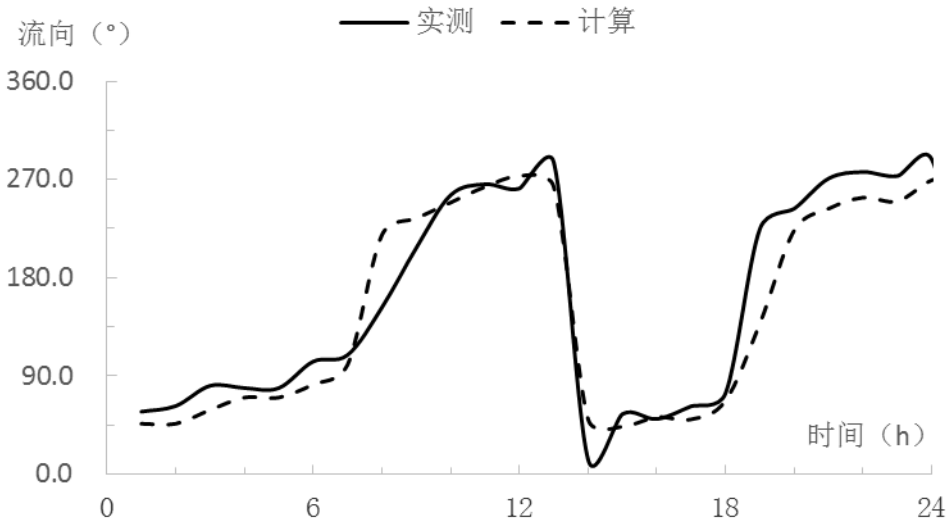



**图 7.1-6c　P20 站位潮流验证曲线（底层）**

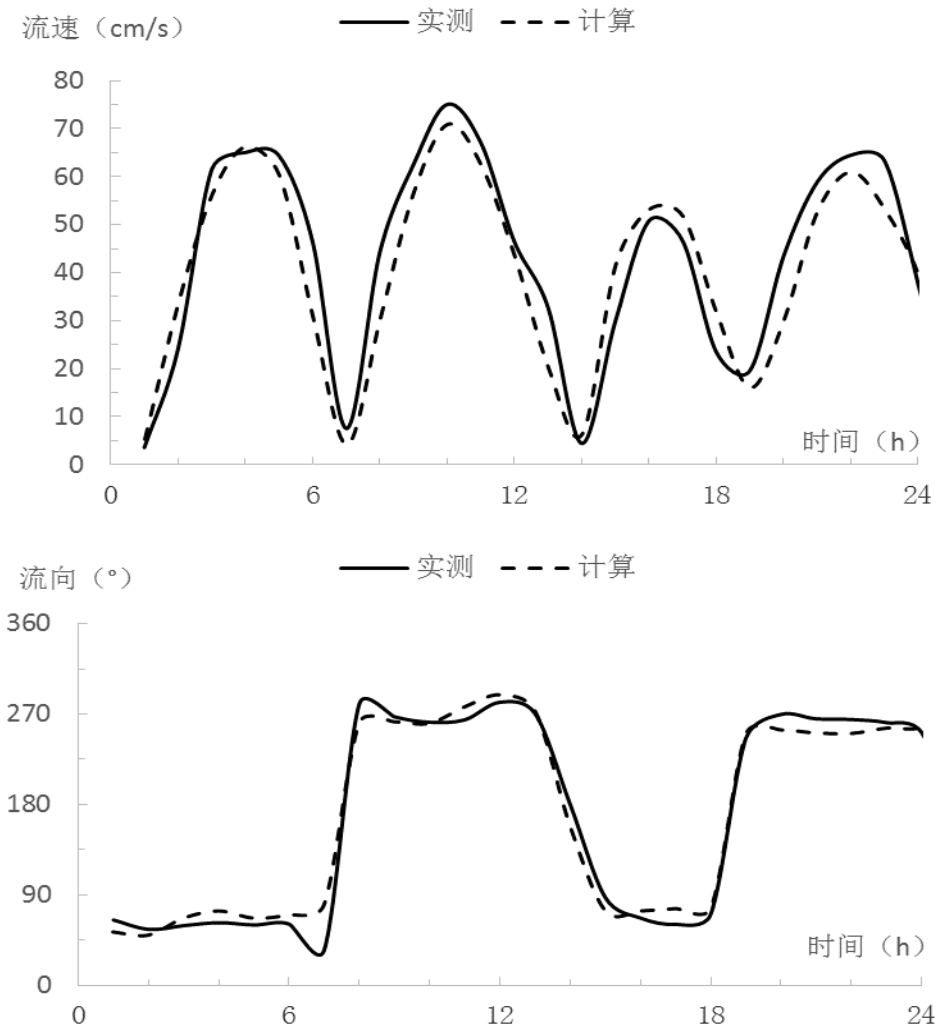



**图 7.1-7a　P32 站位潮流验证曲线（表层）**

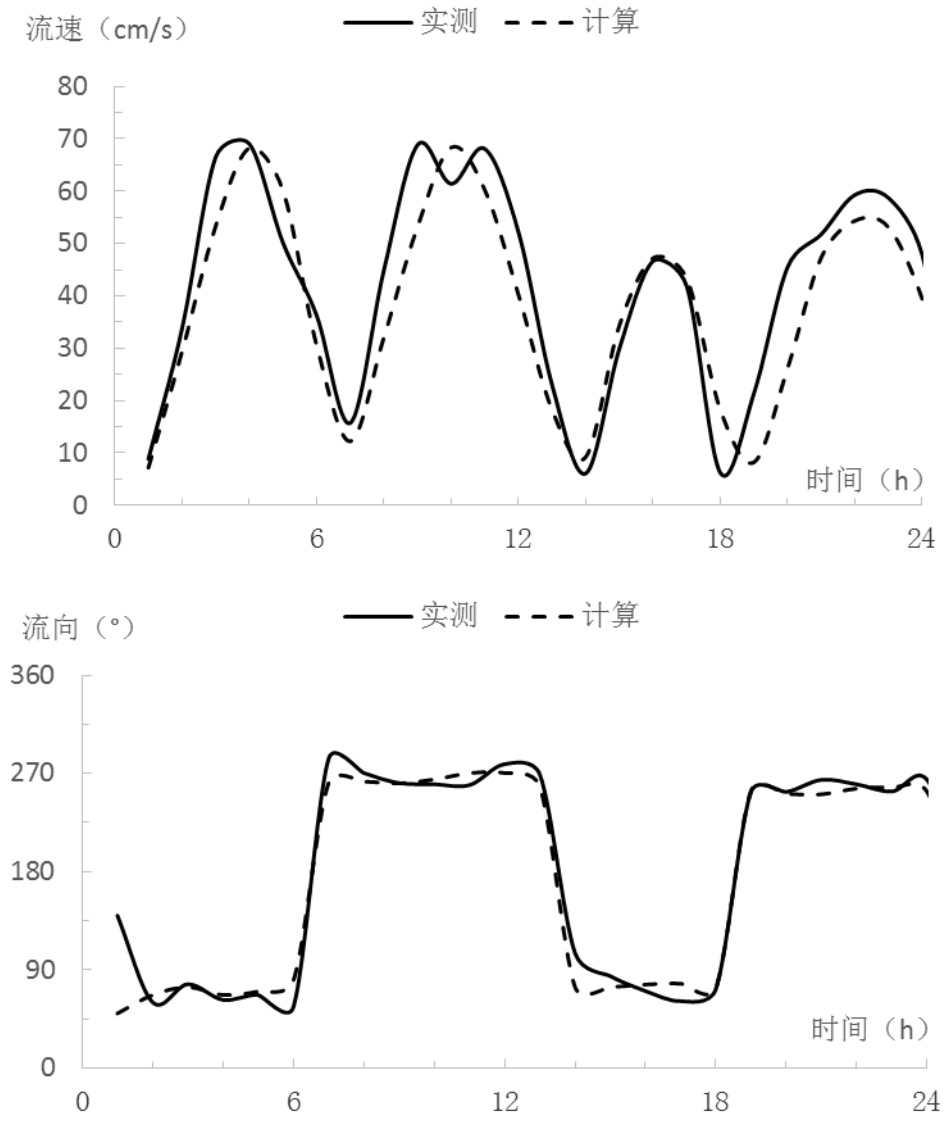
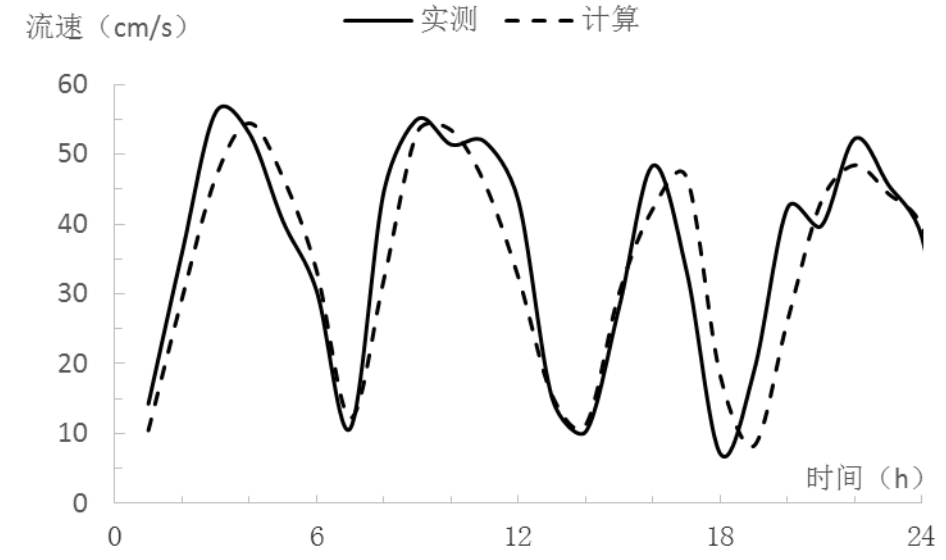



**图 7.1-7b　P32 站位潮流验证曲线（中层）**



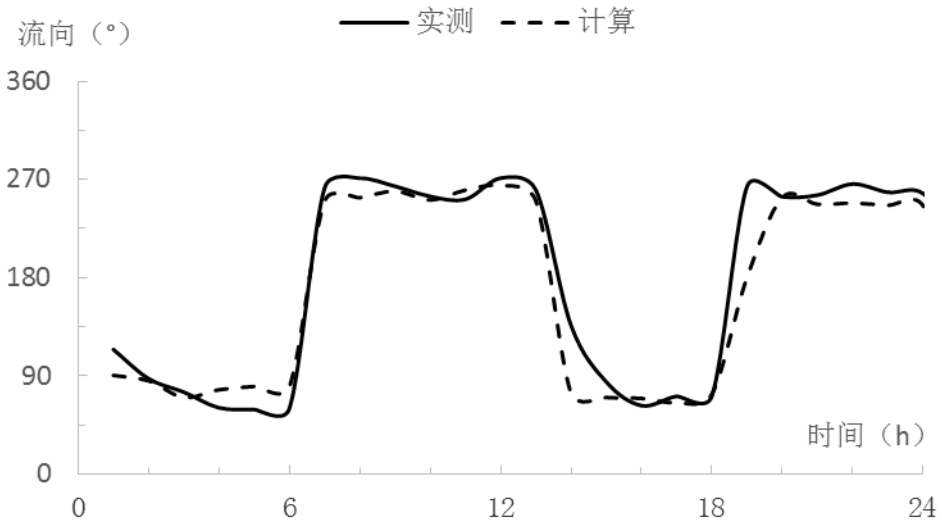



**图 7.1-7c　P32 站位潮流验证曲线（底层）**

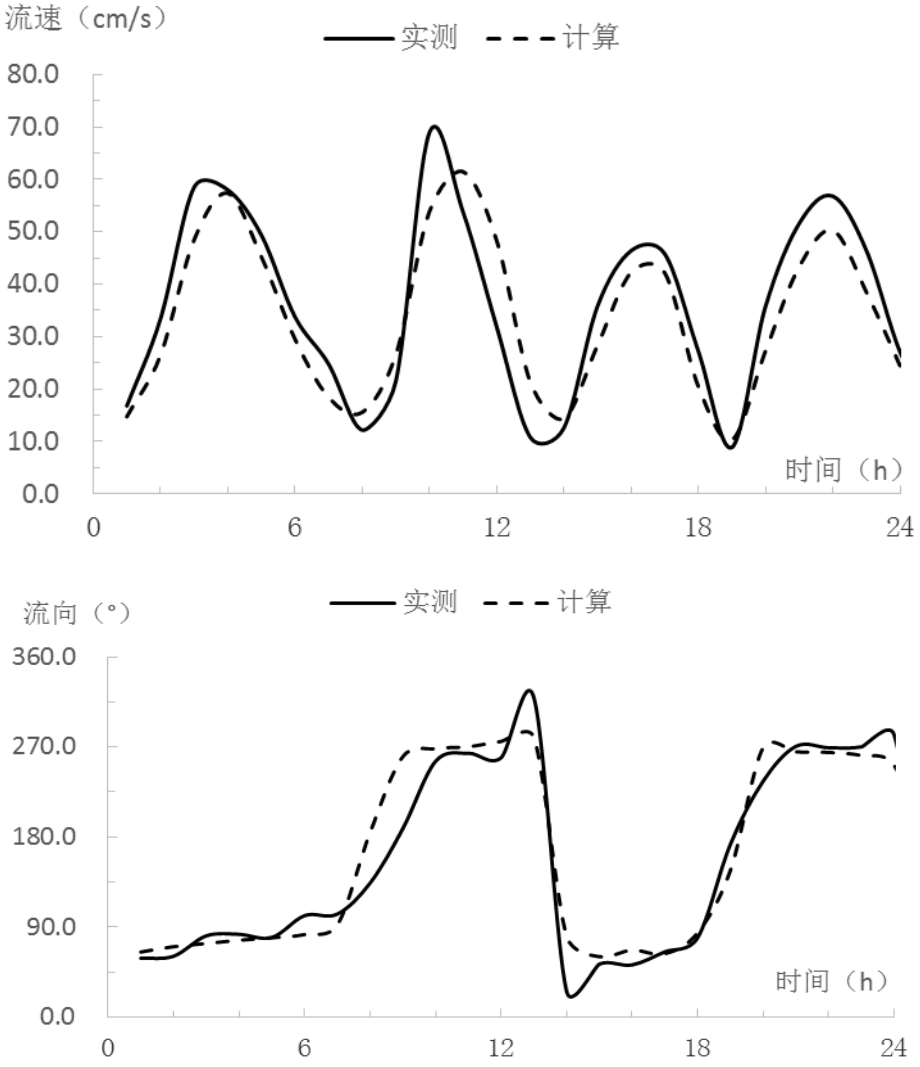



**图 7.1-8a　P35 站位潮流验证曲线（表层）**

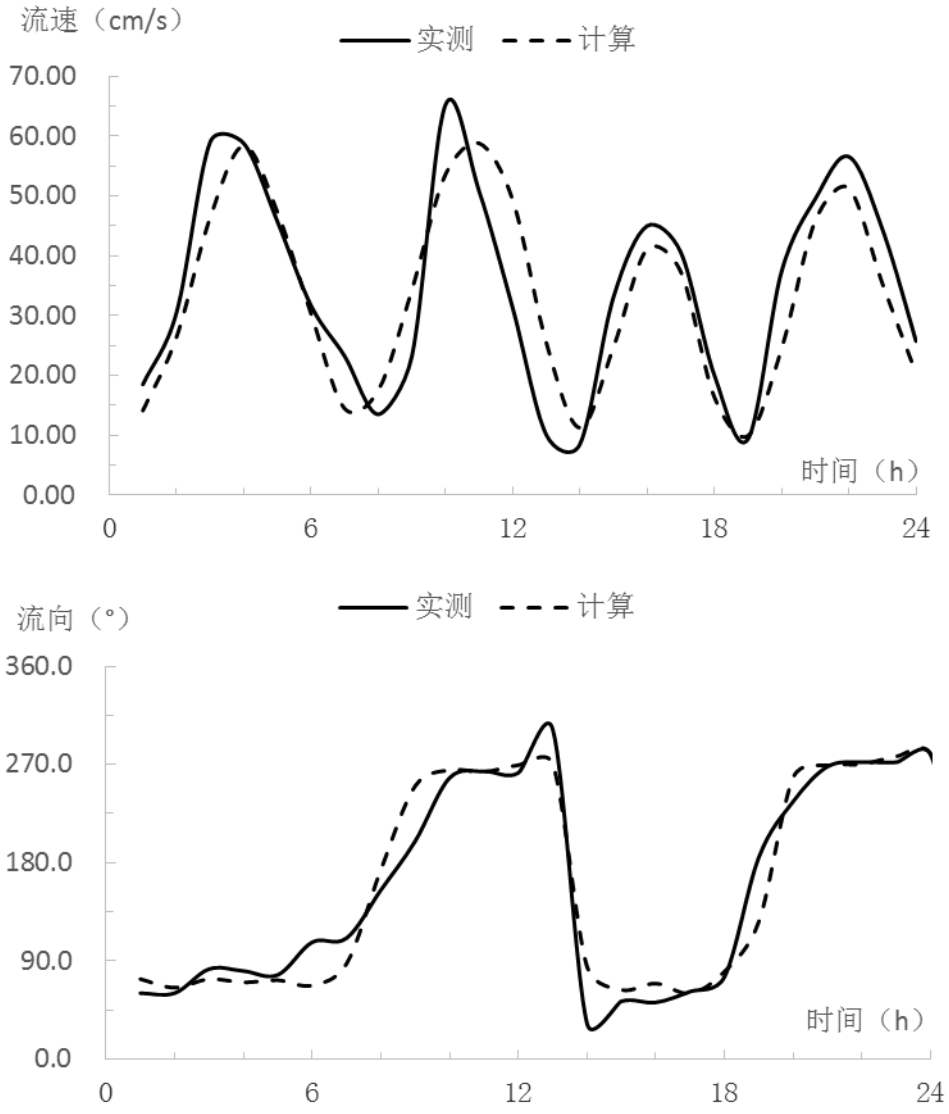
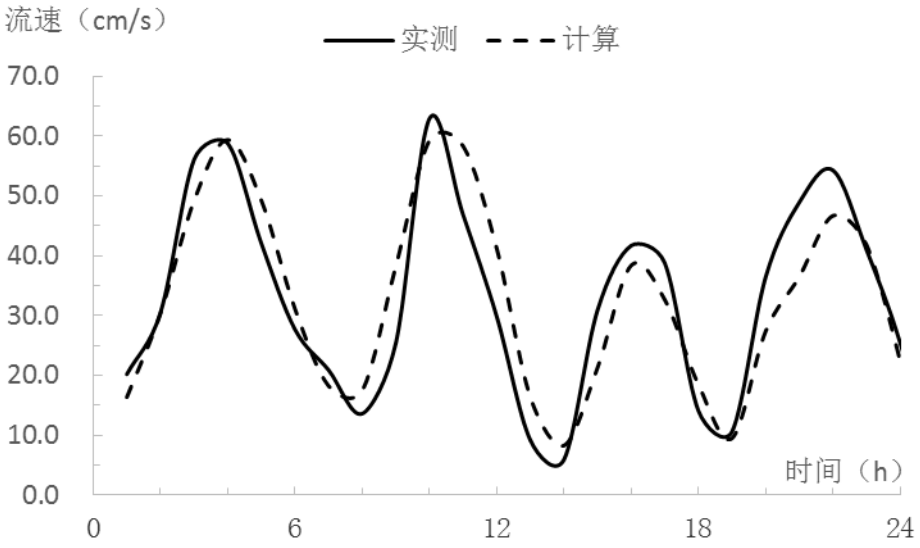



**图 7.1-8b　P35 站位潮流验证曲线（中层）**



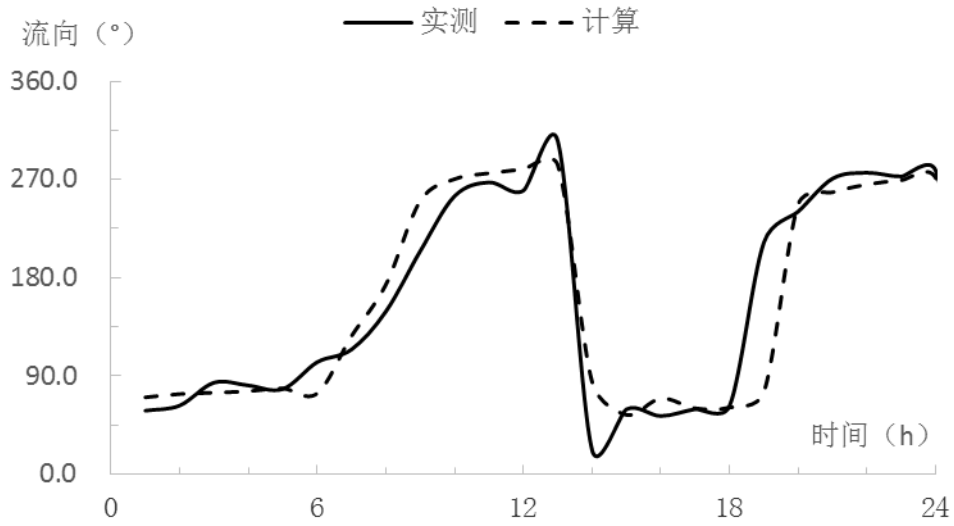



**图 7.1-8c　P35 站位潮流验证曲线（底层）**

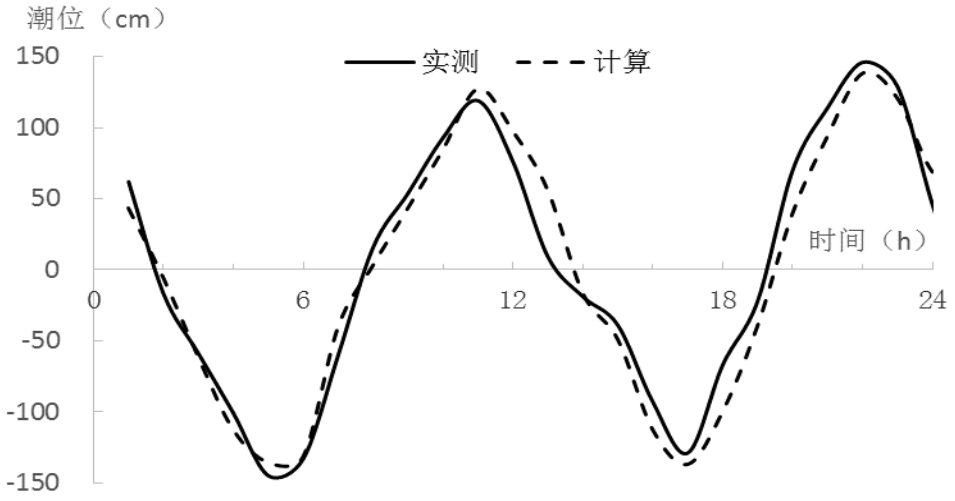



**图 7.1-9　P5 站位潮位验证曲线**

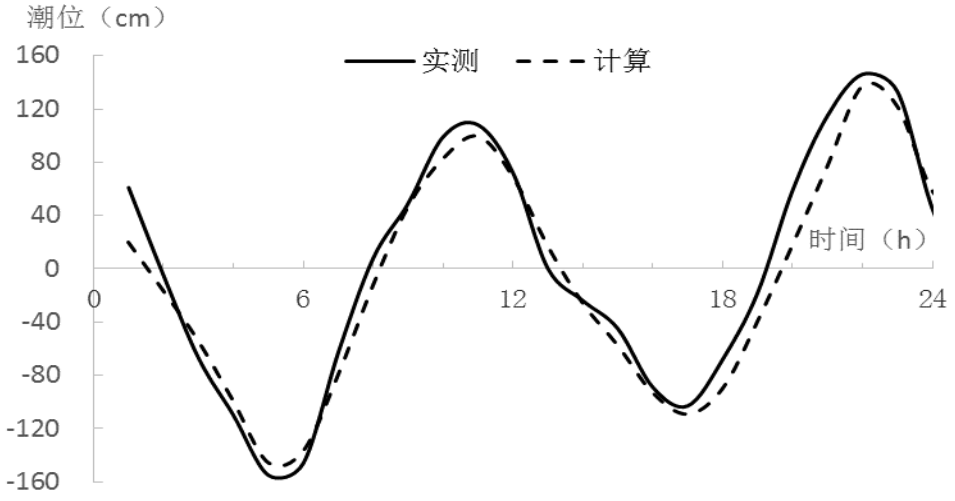



**图 7.1-10　P20 站位潮位验证曲线**

由验证曲线可以看出，转流发生的时刻计算值与实测基本一致。潮位振幅与位相的计算值与实测值也基本吻合。验证结果表明，流速的大小以及方向，转流发生时刻的计算值与实测值基本一致；潮位振幅和位相计算值亦与实测值基本一致。潮位和潮流的验证结果表明建立的潮流模型是可行的，适合本海区。

### 7.1.3 潮流计算结果

渤海潮流结构在垂向上基本一致，速度自表至底减小，因此为节省篇幅，本报告仅给出表层的潮流场。图 7.1-11 至图 7.1-12 分别为大潮时涨潮中间时和落潮中间时的渤海表层的潮流场，图 7.1-13 至图 7.1-14 为大潮时涨潮中间时和落潮中间时的工程附近海域表层的潮流场。由图可以看出，项目附近海域基本为往复流，大潮时，涨潮中间时，项目附近多数区域的潮流基本是 NE-SW 流向；落潮中间时，项目附近多数区域的潮流基本是 SW-NE 流向，小潮时潮流场结构与大潮时基本相同。

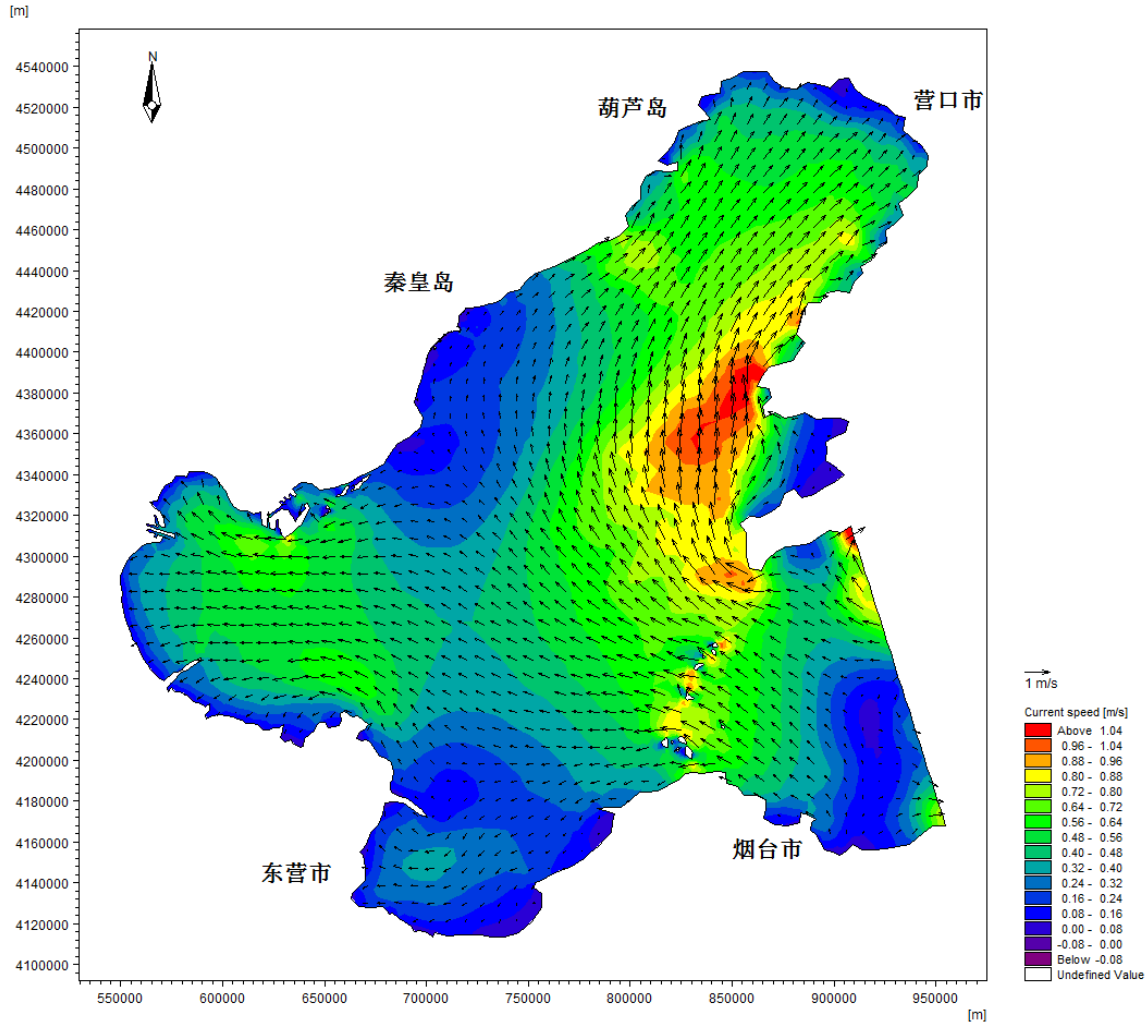



**图 7.1-11　渤海涨潮中间时潮流场（大潮时，表层）**

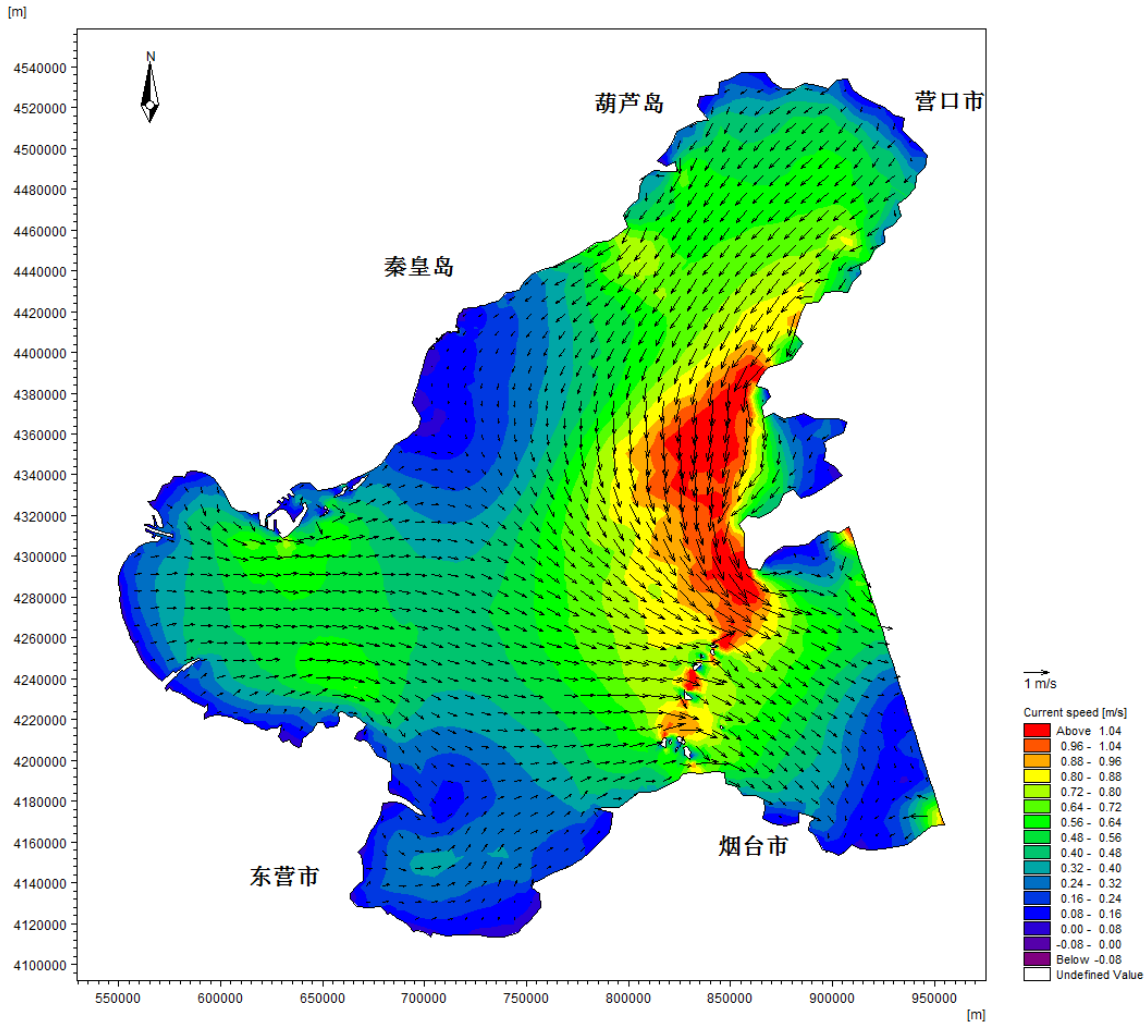



**图 7.1-12　渤海落潮中间时潮流场（大潮时，表层）**

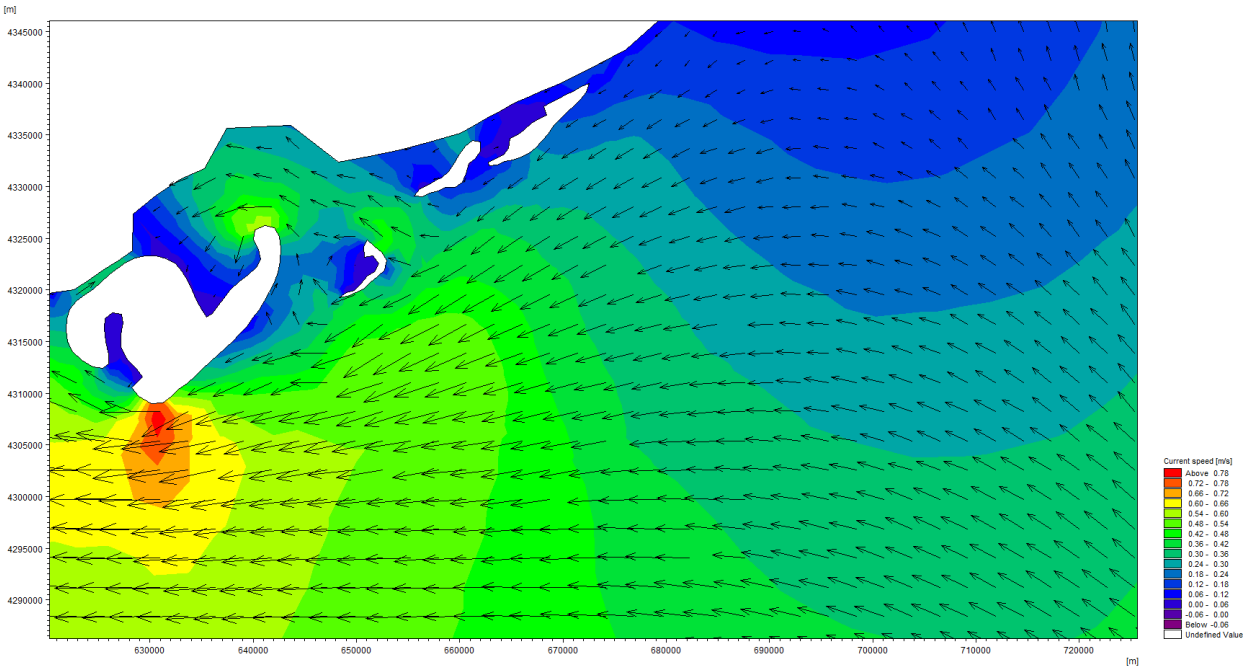



**图 7.1-13　工程附近海域涨潮中间时潮流场（大潮时，表层）**

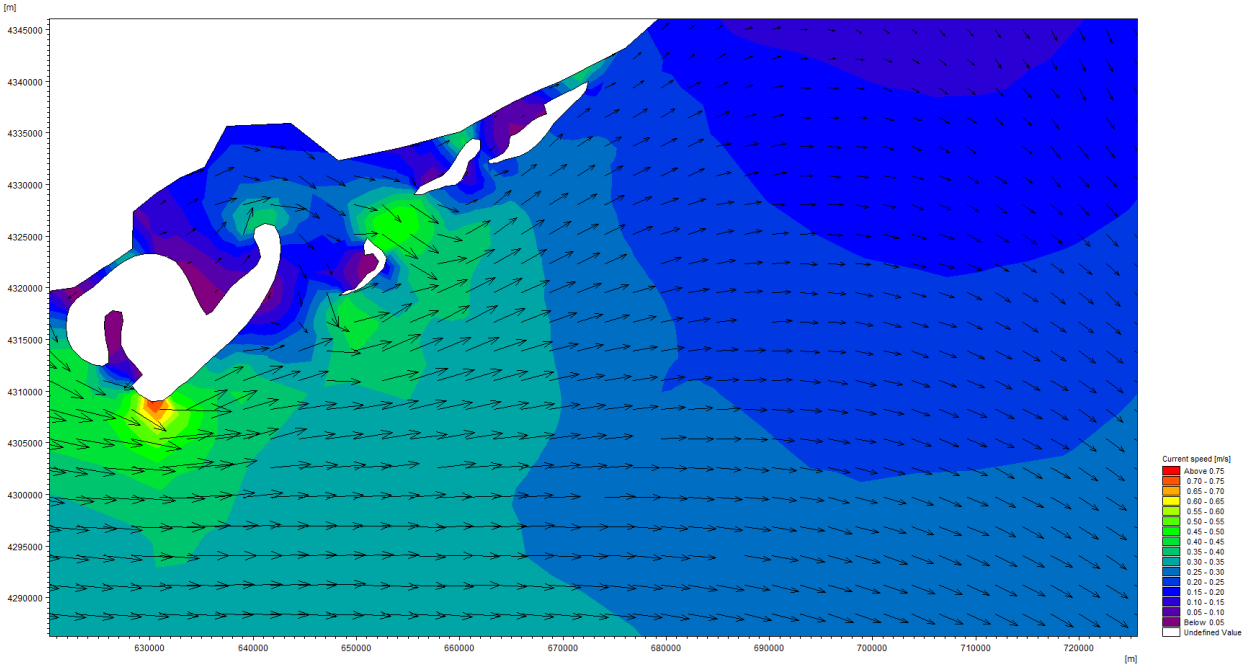



**图 7.1-14　工程附近海域落潮中间时潮流场（大潮时，表层）**

### 7.1.4　工程对流场的影响分析

拟建工程包括水下生产系统的运输与安装、钻井完井、海底管道的铺设。由于平台为透水式结构，水下生产系统的尺寸较小，井口平台等对周边的水动力环境影响很小；海底管线埋于海底以下 1.5m，挖起的泥沙在底层流作用下自然回填管沟，对底层流影响很小。

## 7.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

本工程海域海底是典型的低平粉砂质特征，海底平坦，广阔，多年变化不大。自海岸向海渐深，水深变化缓慢。平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，水下生产系统的尺寸较小，平台建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。海底管线埋在海底，施工期掀起的悬浮泥沙在水流的作用下逐渐沉积在管沟周围，由于悬浮泥沙的产生量较小，加上潮流长时间的输沙作用，不容易淤积，对海底地貌的影响较小。因此，本工程的建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。

## 7.3 海水水质环境影响预测与评价

### 7.3.1 悬浮物运动方程

悬浮物质为颗粒态，它随着海水运动的同时，将在海水中沉降，并最终淤积于海底，这一特性决定了它的影响范围和影响时间是有限的。

施工掀扬起的海底悬浮泥沙，悬浮物输移－扩散过程由以下方程表示：

$$\frac{\partial C}{\partial t}+u\frac{\partial C}{\partial x}+v\frac{\partial C}{\partial y}+w\frac{\partial C}{\partial z}-\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial C}{\partial x})-\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial C}{\partial y})-\frac{\partial}{\partial z}(D_z\frac{\partial C}{\partial z})=S_m-\alpha\omega C$$

C 为悬浮物浓度（mg/L）；$D_x$、$D_y$、$D_z$ 分别是 $x$、$y$、$z$ 方向上的水平涡动扩散系数，由 Elder 公式得出，本项目预测时取 0.01m$^2$/s；$S_m$ 是悬浮物排入的源强；$\alpha$：泥沙颗粒沉降几率，决定于湍流强度和悬浮质点粒径；

$\omega$ 悬浮颗粒的沉降速度，各污染物沉降速度根据中值粒径按下列公式求得：

$$\omega=\frac{(\rho_s-\rho_\omega)}{18\rho_\omega\upsilon}gd_{50}^2$$

$\rho_\omega$、$\rho_s$、$g$ 分别为海水、泥沙干密度和重力加速度，$\upsilon$ 是海水分子运动粘性系数，$d_{50}$ 是沙粒中径。本项目预测时管线悬浮沙沉降速度为 0.055mm/s。

在实际计算时由于只计算增量，故未考虑再悬浮现象。

悬浮物的淤落条件，决定于水流速度和悬浮颗粒的扬动流速。利用扬动流速 $u_f$ 的计算公式求得：

$$u_f=12.76\sqrt{\frac{\rho_s-\rho}{\rho}gd}$$

其中 $\rho$、$\rho_s$、$g$、$d$ 分别为海水、泥沙密度和重力加速度与泥沙粒径。本项目预测时管线悬浮沙扬动流速速度约为 0.41m/s。

当流速大于 $u_f$ 时，悬浮物颗粒不会淤落；只有在流速小于 $u_f$ 时段，悬浮物才会淤落。流速小于 $u_f$ 的出现频率即悬浮颗粒沉降的几率α。

边界条件：

固边界上，$\frac{\partial C}{\partial n}=0$

开边界上，$\frac{\partial C}{\partial t}+V_n\frac{\partial C}{\partial n}=0$ 出流段；$C(x,y,t)=0$ 入流段。

## 7.3.2 施工期悬浮泥沙扩散预测

### 7.3.2.1 预测源强及参数

本工程拟建一条海底输油管道，一条海底电缆。根据工程分析，该海区泥沙主要为砂质粉土和粉土，干容重约为 1.78 g/cm$^3$，起沙率按 15%计算，各管道、电缆铺设过程中产生的悬浮泥沙源强见表 7.3-1。

**表 7.3-1 悬浮泥沙污染源强一览表**

| 来源 | 长度（km） | 污染物 | 产生量（m$^3$） | 排放速率（kg/s） |
|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道 | 12.5 | 悬浮泥沙 | 34793 | 4.54 |
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底电缆 | 12.5 | | 14063 | 6.95 |

### 7.3.2.2 预测结果

本报告悬浮泥沙预测按铺设过程中的移动源连续性排放，由于管线较长，施工周期也较长，因此本报告未考虑不同潮流时刻排放的影响，按大潮时开始施工进行预测，取模拟时间内各个网格的浓度最大值绘制等值线。由于输油管道与海底电缆位置相同，铺设期间悬浮沙扩散趋势一致，为节省篇幅本报告只给出输油管道悬浮泥沙扩散范围图，输油管道铺设时悬浮泥沙浓度分布的包络线情况见图 7.3-1，图中等值线由外向内所代表的浓度依次是 10mg/L、100mg/L、150mg/L。

作业期间悬浮泥沙超标包络线面积、离管线最远距离见表 7.3-2。表 7.3-3 给出了输油管道和海底电缆施工期间悬浮泥沙超标倍数 Bi≤1、1＜Bi≤4、4＜Bi≤9、9＜Bi 的包络线面积。

由计算知，输油管道施工期间表层超一（二）类水质的包络面积为 6.89km$^2$，无超三类、超四类水质；中层超一（二）类水质影响的包络线面积为 11.07km$^2$，超三类水质包络线面积为 0.97km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.41km$^2$；底层超一（二）类水质影响的包络线面积为 18.32km$^2$，超三类水质包络线面积为 1.55km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.69km$^2$。超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为 1.26km。

海底电缆施工期间表层超一（二）类水质的包络面积为 4.91km$^2$，无超三类、超四类水质；中层超一（二）类水质影响的包络线面积为 9.11km$^2$，超三类水质包络线面积为 0.74km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.23km$^2$；底层超一（二）类水质影响的包络线面积为 13.28km$^2$，超三类水质包络线面积为 1.21km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.36km$^2$。超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为 0.97km。

施工期间输油管道和海底电缆引起的悬浮泥沙超一（二）类水质包络线在距离生态红线最近方向上的影响距离为 0.52km。

由表 7.3-2 可以看出，管道、电缆施工作业分别停止 11.4 h、9.2 h 后，整个海域满足一类海水水质标准。

**表 7.3-2　输油管道和海底电缆施工期间悬浮泥沙预测结果（km²）**

| | | 超一（二）类 | 超三类 | 超四类 | 离管线最远距离（km） | 恢复一类水质时间（h） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道 | 表 | 6.89 | —— | —— | 1.26 | 11.4 |
| | 中 | 11.07 | 0.97 | 0.41 | | |
| | 底 | 18.32 | 1.55 | 0.69 | | |
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底电缆 | 表 | 4.91 | —— | —— | 0.97 | 9.2 |
| | 中 | 9.11 | 0.74 | 0.23 | | |
| | 底 | 13.28 | 1.21 | 0.36 | | |

**表 7.3-3　不同超标倍数包络面积（km²）**

| | | Bi≤1 | 1＜Bi≤4 | 4＜Bi≤9 | Bi>9 |
|---|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道 | 表 | 3.53 | 2.03 | 1.33 | 0 |
| | 中 | 5.17 | 2.98 | 1.95 | 0.97 |
| | 底 | 8.59 | 4.94 | 3.24 | 1.55 |
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底电缆 | 表 | 2.52 | 1.45 | 0.95 | 0 |
| | 中 | 4.29 | 2.47 | 1.62 | 0.74 |
| | 底 | 6.18 | 3.56 | 2.33 | 1.21 |

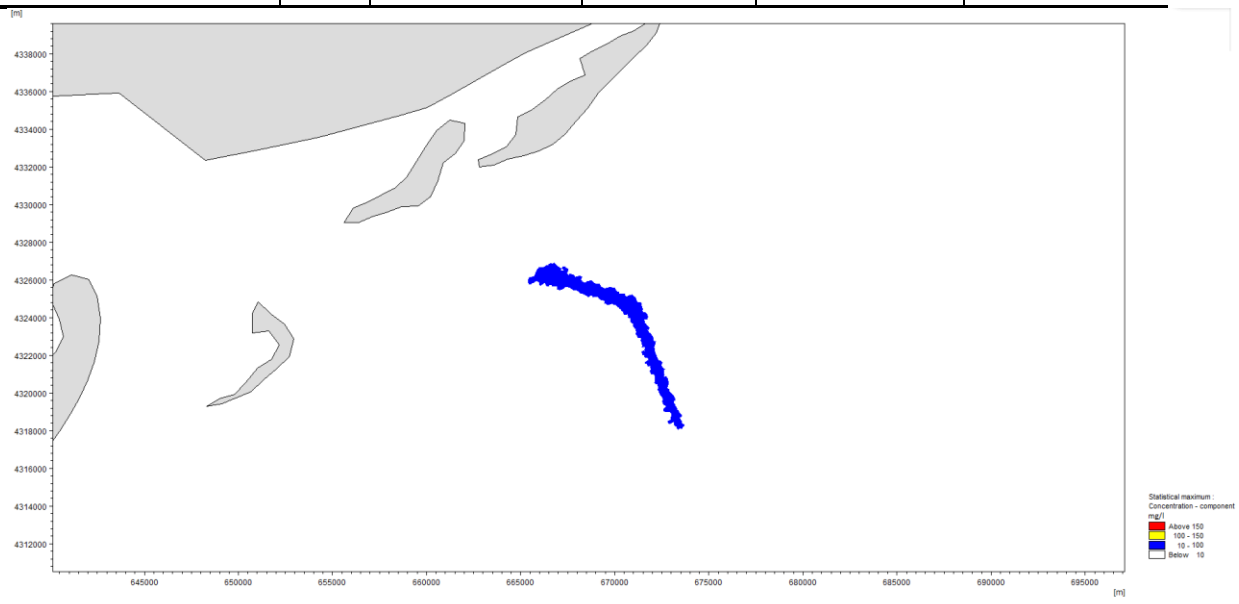



**图 7.3-1　CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道表层悬浮泥沙扩散范围**

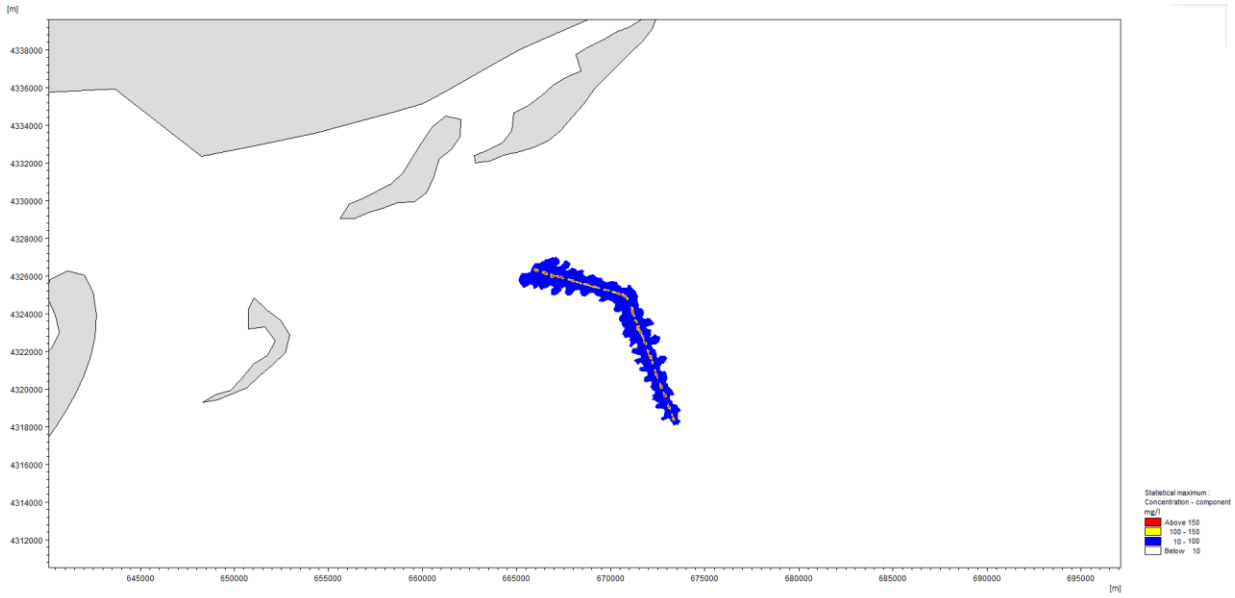



**图 7.3-2　CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道中层悬浮泥沙扩散范围**

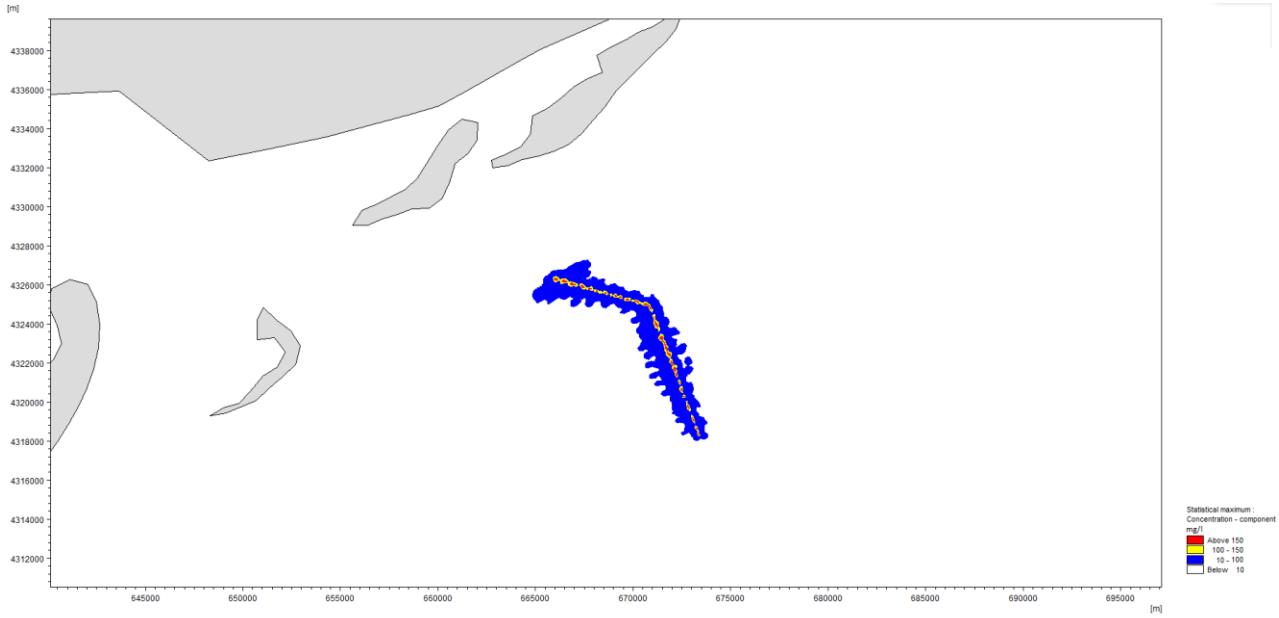



**图 7.3-3　CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道底层悬浮泥沙扩散范围**

## 7.4 海洋沉积环境影响预测与评价

### 7.4.1　平台建设对沉积环境的影响分析

由于平台均采用钢导管结构，因此施工期平台对沉积物环境的影响较小，仅桩腿处沉积物环境改变。

### 7.4.2 海底管线建设对沉积环境的影响分析

#### 7.4.2.1 建设期间海底管线施工对沉积环境的影响分析

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沉积物被挖起和覆盖，其中管沟开挖的影响面积是 0.025km$^2$，覆盖的影响面积是 0.5km$^2$。此范围内的底栖生物短期内受到破坏，并使沉积物类型部分分选、位移、重组和松动，但对于广阔的海域来讲，影响范围很小，且经过一段时间海流冲刷能够恢复到埋设之前的状态。由此可知，管道埋设对沉积物影响很小。

#### 7.4.2.2 生产期间海底管道防腐对沉积环境的影响分析

海底管道防腐对海洋环境的污染主要来自牺牲阳极金属中的锌泄漏。根据工程分析，CFD6-4 油田共铺设 1 条海底输油管道，设计寿命为 25 年，共使用 180 块阳极块进行保护。海域中将有 180 个这样的点源。每个阳极块的重量约为 70kg，锌含量按 4.13%考虑，则单个阳极每年释放到环境中的锌不到 0.12kg，每个点源影响范围按半径 5m，影响深度 1.5m 计算，叠加沉积物现状调查的锌平均背景值（66.19×10$^{-6}$），则海管在 25 年后周围沉积物中锌含量最大为 66.76×10$^{-6}$，小于海洋沉积物质量标准的第一类标准值 150×10$^{-6}$，因此海管防腐采用的牺牲阳极不会引起沉积物中的锌污染。

## 7.5 海洋生态环境影响预测与评价

### 7.5.1 海洋生态环境的影响

#### 7.5.1.1 工程对浮游生物的影响

本工程海底管道和电缆铺设搅起的小颗粒轻物质悬浮于水中，将使海水浑浊度增加，透明度降低，致使光合作用降低，从而影响浮游植物的繁殖生长，基础生产力将受到影响。但由于底质多以粉砂和砂质粉砂为主，沉积物粒径较粗，水中悬浮物沉降速度快，运移规模也小，沉积物悬浮时间较短，因此挖沟而引起的海水透明度会很快得到恢复。

#### 7.5.1.2 对浮游动物的影响分析

浮游植物生产的产物基本上要通过浮游动物这个环节才能被其他动物所利用，浮游

动物通过摄食影响或控制初级生产力，同时其种群动态变化又可能影响许多鱼类和其他动物资源群体的生物量。海底电缆铺设挖起的悬浮沙将增加海水的浑浊度，减少了透光层的厚度，使生物合成量减少，同时使整个水层的浮游植物的生产力水平下降，对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。但这种影响是短时期的，完成作业之后，通过一系列的稀释、吸附、沉淀或扩散等海洋环境的物理过程，从而恢复浮游生物的正常生存环境。

#### 7.5.1.3 工程对底栖生物资源的影响评价

铺设海底管道、电缆挖沟所破坏的海底面积及在沟两侧所堆积的挖沟泥沙对底栖生物造成毁灭性破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏施工现场周围海底部分底栖生物并影响沿管道、电缆一带的海底生态环境，对底栖生物的影响主要是对底栖生物的掩埋作用。

堆积在管沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填于管沟。但挖沟所破坏的海底海床以及在沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物并影响沿电缆一带的海底生态环境。但随着施工结束以及时间的推移，电缆路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。

### 7.5.2 海洋渔业资源损害评估

本工程对渔业资源的主要影响因素为：管道和电缆铺设。

#### 7.5.2.1 生物损失量评估方法

生物量损失计算参照中华人民共和国农业部发布的水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中的有关规定进行。

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

1）一次性损失计算方法：

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

式中：

$W_i$——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾（尾）、个（个）、千克(kg)；

$D_{ij}$——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾

/km²）、个平方千米（个/km²）、千克平方千米（kg/km²）；

$S_j$——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

$K_{ij}$——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；

n——某一污染物浓度增量分区总数。

2）持续性损失计算方法

当污染物浓度增量区域存在时间超过 15 d 时，应计算生物资源的累计损害量。计算以年为单位的生物资源的累计损害量按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

$M_i$——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

$W_i$——第 i 种类生物资源一次平均损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

T——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），各类生物的损失率取值如下。

**表 7.5-1　污染物对各类生物损失率**

| 污染物 i 的超标倍数（Bi） | 各类生物损失率（%） | | |
|---|---|---|---|
| | 鱼卵和仔稚鱼 | 成体 | 幼体 |
| Bi≤1 倍 | 5 | 1 | 5 |
| 1＜Bi≤4 倍 | 10 | 5 | 10 |
| 4＜Bi≤9 倍 | 30 | 10 | 30 |
| Bi ≥9 倍 | 50 | 20 | 50 |

3）底栖生物损失计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），底栖生物损失按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

$W_i$—第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），这里指底栖生物和潮间带生物资源受损量。

$D_i$—评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、

尾（个）每立方千米[尾（个）/km$^3$]或千克每平方千米（kg/km$^2$）。在此为底栖生物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$^2$）或立方千米（km$^3$）。本报告中指铺设海底电缆开挖海底面积。

#### 7.5.2.2 生物量损失计算参数

根据现状调查资料选取本次生物损失量计算的参数，具体参数如表 7.5-2 所示。

**表 7.5-2 生物量取值**

| 种类 | 春季密度 | 秋季密度 | 计算取值 |
|---|---|---|---|
| 底栖生物(g/m$^2$) | 10.90 | 11.08 | 10.99 |
| 鱼卵（粒/m$^3$） | 0.239 | —— | 0.239 |
| 仔稚鱼（尾/m$^3$） | 0.194 | —— | 0.194 |
| 鱼类成体（kg/m$^2$） | 143.97 | 644.65 | 394.31 |
| 头足类成体（kg/m$^2$） | 51.48 | 214.05 | 132.77 |
| 甲壳类成体（kg/m$^2$） | 104.58 | 202.39 | 153.49 |
| 幼鱼（尾/km$^2$） | 60886 | 23856 | 42371 |
| 头足类幼体（尾/ km$^2$） | 3564 | 10213 | 6889 |
| 甲壳类幼体（尾/ km$^2$） | 3230 | 2229 | 2730 |

#### 7.5.2.3 工程对底栖生物资源的影响评价

工程对底栖生物的影响主要是在施工阶段，管线铺设期间，挖起来的沉积物被堆积在管沟两侧，在挖沟结束后，在海水运动作用下将逐渐回填于缆沟。因此，对底质的直接影响就是由于挖起和覆盖，改变了原有的沉积环境，破坏了底栖生物的栖息地。

估算挖沟掘起的沉积物对沟两边的覆盖宽度大约各 20m（20m 处的覆盖厚度小于 2cm），调查海域底栖生物调查结果（平均值）10.99g/m$^2$，计算海管（电缆）施工造成的底栖生物损失量，离管沟 10m 以内的底栖生物按 100％损失计算，10m～20m 间的底栖生物按 50％损失计算（下同）。具体各段计算见表 7.5-3。

**表 7.5-3 本工程造成的底栖生物的损失量**

| 影响环节 | | 影响面积（m$^2$） | 密度（g/m$^2$） | 损失率（％） | 损 失 量（t） |
|---|---|---|---|---|---|
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道 | 管沟开挖 | 25000 | 10.99 | 100 | 0.27 |
| | 离管沟 10m 内 | 250000 | | 100 | 2.75 |
| | 离管沟 10~20m | 250000 | | 50 | 1.37 |
| CFD6-4CEPA→NB35-2CEP 海底电缆 | 管沟开挖 | 12500 | | 100 | 0.14 |
| | 离管沟 10m 内 | 250000 | | 100 | 2.75 |
| | 离管沟 10~20m | 250000 | | 50 | 1.37 |
| 合计 | | | | | 8.65 |

#### 7.5.2.4 施工阶段悬浮泥沙对渔业生物资源的影响评价

本次工程新铺设海底输油管道和海底电缆各一条，悬浮泥沙浓度增量区域存在时间不超过 15 d 时，所以按一次性损失计算。计算时将底层、中层、表层超标面积取平均，水深取全部水深（16.6m），本工程悬浮泥沙扩散对渔业生物资源造成的损失估算见表 7.5-4、表 7.5-5。

**表 7.5-4 悬浮沙扩散对渔业生物损失量的估算（海底输油管道）**

| 生物资源 | 影响面积（$km^2$） | | 损失率 | 损失量（ind.或 kg） |
|---|---|---|---|---|
| 鱼卵 | Bi≤1 | 5.76 | 5% | 1142611 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 10% | 1317177 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 30% | 2582777 |
| | Bi>9 | 0.84 | 50% | 1666308 |
| 仔稚鱼 | Bi≤1 | 5.76 | 5% | 927475 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 10% | 1069173 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 30% | 2096480 |
| | Bi>9 | 0.84 | 50% | 1352568 |
| 鱼类成体 | Bi≤1 | 5.76 | 1% | 23 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 5% | 65 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 10% | 86 |
| | Bi>9 | 0.84 | 20% | 66 |
| 头足类成体 | Bi≤1 | 5.76 | 1% | 8 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 5% | 22 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 10% | 29 |
| | Bi>9 | 0.84 | 20% | 22 |
| 甲壳类成体 | Bi≤1 | 5.76 | 1% | 9 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 5% | 25 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 10% | 33 |
| | Bi>9 | 0.84 | 20% | 26 |
| 幼鱼 | Bi≤1 | 5.76 | 5% | 12203 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 10% | 14067 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 30% | 27584 |
| | Bi>9 | 0.84 | 50% | 17796 |
| 头足类幼体 | Bi≤1 | 5.76 | 5% | 1984 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 10% | 2287 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 30% | 4484 |
| | Bi>9 | 0.84 | 50% | 2893 |
| 甲壳类幼体 | Bi≤1 | 5.76 | 5% | 786 |
| | 1＜Bi≤4 | 3.32 | 10% | 906 |
| | 4＜Bi≤9 | 2.17 | 30% | 1777 |
| | Bi>9 | 0.84 | 50% | 1147 |

**表 7.5-5　悬浮沙扩散对渔业生物损失量的估算（海底电缆）**

| 生物资源 | 影响面积（km²） | | 损失率 | 损失量（ind.或 kg） |
|---|---|---|---|---|
| 鱼卵 | Bi≤1 | 4.33 | 5% | 858942 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 10% | 987883 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 30% | 1940059 |
| | Bi>9 | 0.65 | 50% | 1289405 |
| 仔稚鱼 | Bi≤1 | 4.33 | 5% | 697217 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 10% | 801880 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 30% | 1574776 |
| | Bi>9 | 0.65 | 50% | 1046630 |
| 鱼类成体 | Bi≤1 | 4.33 | 1% | 17 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 5% | 49 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 10% | 64 |
| | Bi>9 | 0.65 | 20% | 51 |
| 头足类成体 | Bi≤1 | 4.33 | 1% | 6 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 5% | 17 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 10% | 22 |
| | Bi>9 | 0.65 | 20% | 17 |
| 甲壳类成体 | Bi≤1 | 4.33 | 1% | 7 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 5% | 19 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 10% | 25 |
| | Bi>9 | 0.65 | 20% | 20 |
| 幼鱼 | Bi≤1 | 4.33 | 5% | 9173 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 10% | 10550 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 30% | 20719 |
| | Bi>9 | 0.65 | 50% | 13771 |
| 头足类幼体 | Bi≤1 | 4.33 | 5% | 1491 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 10% | 1715 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 30% | 3368 |
| | Bi>9 | 0.65 | 50% | 2239 |
| 甲壳类幼体 | Bi≤1 | 4.33 | 5% | 591 |
| | 1＜Bi≤4 | 2.49 | 10% | 680 |
| | 4＜Bi≤9 | 1.63 | 30% | 1335 |
| | Bi>9 | 0.65 | 50% | 887 |

### 7.5.2.5　生物损失量小结

综上，本项目建设造成的海洋生物资源损失量汇总见表 7.5-6。

**表 7.5-6　海洋生态环境损失汇总**

| 生物名称 | 管线铺设 | 悬浮沙 | 合计 |
|---|---|---|---|
| 底栖生物（t） | 8.65 | / | 8.65 |
| 鱼卵（粒） | / | 11785161.70 | 11785161.70 |

| 生物名称 | 管线铺设 | 悬浮沙 | 合计 |
|---|---|---|---|
| 仔稚鱼（尾） | / | 9566198.20 | 9566198.20 |
| 鱼类成体（t） | / | 0.422 | 0.422 |
| 头足类（t） | / | 0.142 | 0.142 |
| 甲壳类（t） | / | 0.164 | 0.164 |
| 幼鱼（尾） | / | 125863.06 | 125863.06 |
| 头足幼体（尾/$km^2$） | / | 20462.32 | 20462.32 |
| 甲壳类幼体（尾/$km^2$） | / | 8109.47 | 8109.47 |

## 7.6 主要环境敏感目标环境影响分析与评价

### 7.6.1 项目对周围海域开发活动的影响分析

本工程位于渤海湾西部，周边的港口航运资源、渔业资源丰富，已基本进行了综合开发利用。港口区和渔业资源区距离本工程均较远，不会对其产生影响。

### 7.6.2 项目对《河北省海洋生态红线》的影响分析

本工程距离《河北省海洋生态红线》内的大清河口海岛旅游区（编号 7-4）和沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）较近，其中距离大清河口至小清河口海域沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）最近距离为 1.8km，距离大清河口海岛旅游区 6.7km。本工程距离《河北省海洋生态红线》中其他敏感目标较远，其中工程距河北乐亭菩提岛诸岛海洋保护区 8.9km，距离龙岛旅游娱乐区 14.1km，距离乐亭菩提岛诸岛保护区 24km，距离乐亭菩提岛诸岛保护区 24km。

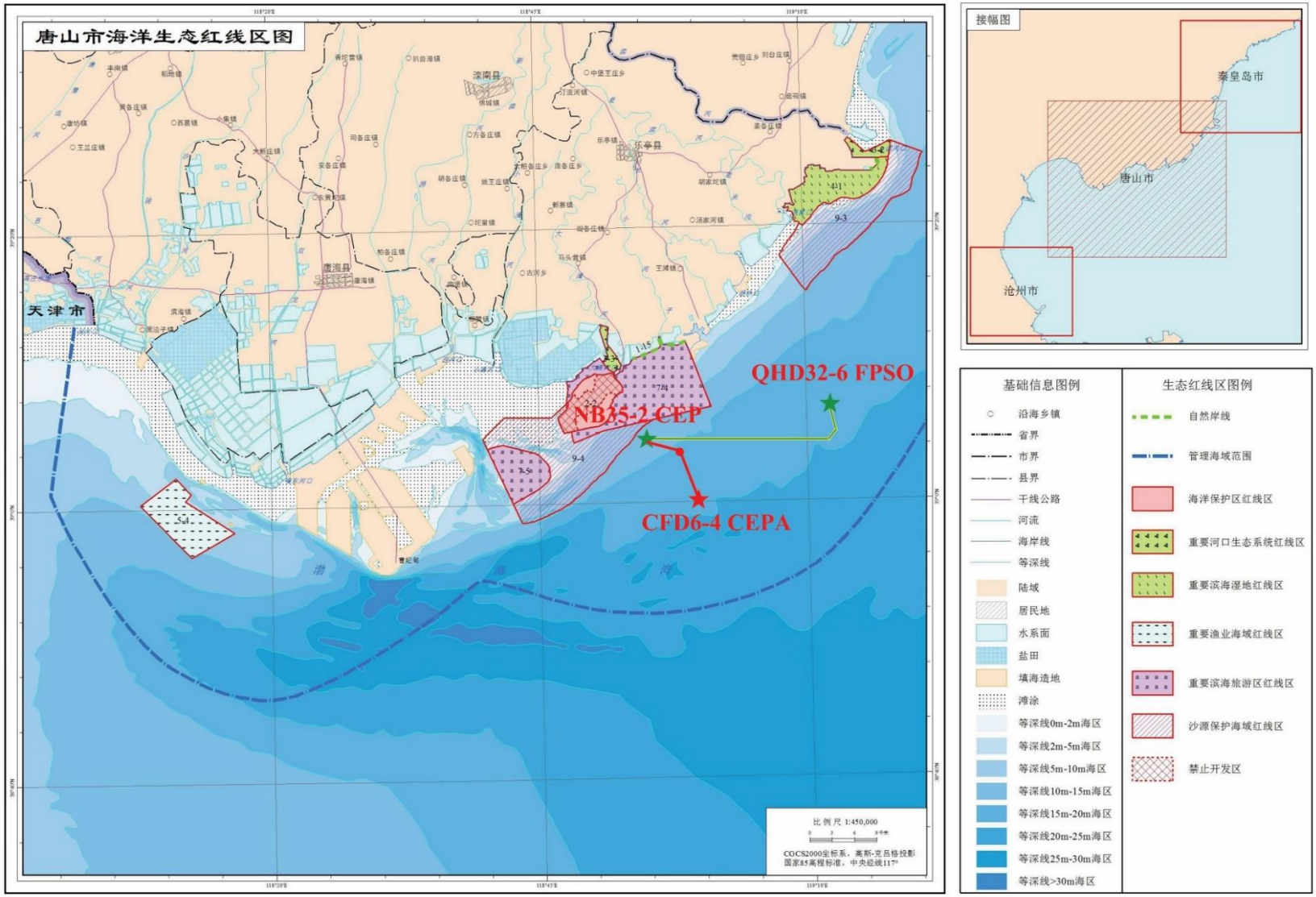



**图 7.6-1　工程与河北省海洋生态红线区位置关系图**

本工程施工期、运营期污染物均得到有效处理处置，其中施工期钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理。正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。

本工程距离《河北省海洋生态红线》的最近距离为 1.8km，本工程施工期管线铺设搅起海底悬浮沙，施工期间输油管线和海底电缆引起的悬泥沙超一（二）类水质包络线在距离生态红线最近方向上的影响距离为 0.52km，且由于悬浮泥沙为短期排放，最长约 11h 可恢复至一类水质，不会对沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）产生影响。本项目施工期不会对《河北省海洋生态红线》产生污染影响。工程运营期，正常工况下，无污染物排海；非正常工况下，全油田停产。

综上，本工程施工及运营不会对《河北省海洋生态红线》产生污染影响。

### 7.6.3 对周围其他敏感目标的影响分析

逐渐恢复满足一类海水水质标准，施工阶段避开产卵盛期，对海洋渔业的影响很小。

本工程施工期、运营期污染物均得到有效处理处置，其中施工期钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。

本项目委托中国水产科学研究院黄海水产研究所进行了《曹妃甸 6-4 油田项目渔业资源现状调查与评价》，黄海水产研究所根据相关文献及长期调查数据提供了产卵场、索饵场和越冬场及洄游路线分布图。根据调查，本工程位于洄游性鱼类产卵场与白姑鱼产卵范围内，鱼卵和仔稚鱼的产卵盛期是在每年的 6 月份。根据预测结果：输油管道及海底电缆施工时悬浮泥沙离管线最远距离在 1.26km 以内，但当悬浮物停止排放后，海

水水质将

### 7.6.4 项目对养殖区的影响

本工程距离小清河口养殖区 15.3km，距离昌黎海域养殖区 34km。根据输油管道及海底电缆产生的悬浮泥沙扩散结果，离管线最远距离在 1.26km，不会对养殖区产生影响。

## 7.7 项目对通航安全的影响分析

本章节内容参考《曹妃甸 6-4 油田开发工程通航安全影响咨询报告》。

### 7.7.1 工程与周边习惯航线的影响分析

本工程拟建平台附近习惯航线主要为秦皇岛至天津航线。本工程拟建平台距离距离习惯航线中线（宽度约为 3.7km）最近距离约为 6.5km，相互之间影响较小。但有部分进出辽东湾的船舶会在本工程附近通航，本工程与这部分船舶相互影响较大，业主单位应配备足够的导助航设施，派守护船在平台附近巡航等安全保障措施应对这些船舶与平台之间的影响。但有部分进出 3 号锚地的船舶会在本工程附近通航，本工程与这部分船舶相互影响较大，业主单位应配备足够的导助航设施，派守护船在平台附近巡航等安全保障措施应对这些船舶与平台之间的影响。

此外，平台周边有部分渔船和未安装 AIS 的船舶航行，这部分船舶较少，船舶吨位较小，同样以渔船为主。为防止渔船等小型船舶对油田平台发生碰撞而相互受损、渔网挂在平台上造成事故、拖网或抛锚影响海底管道和电缆的安全，建议在海底管道和电缆两侧申请设置保护区，并派守护船在平台附近巡航，禁止在保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底管道和电缆安全的海上作业。当有渔船等其他船舶将对平台、海管或海缆产生威胁时，平台巡检人员可对其进行喊话，或用守护船对其进行驱赶，防止对拟建工程的安全产生影响。

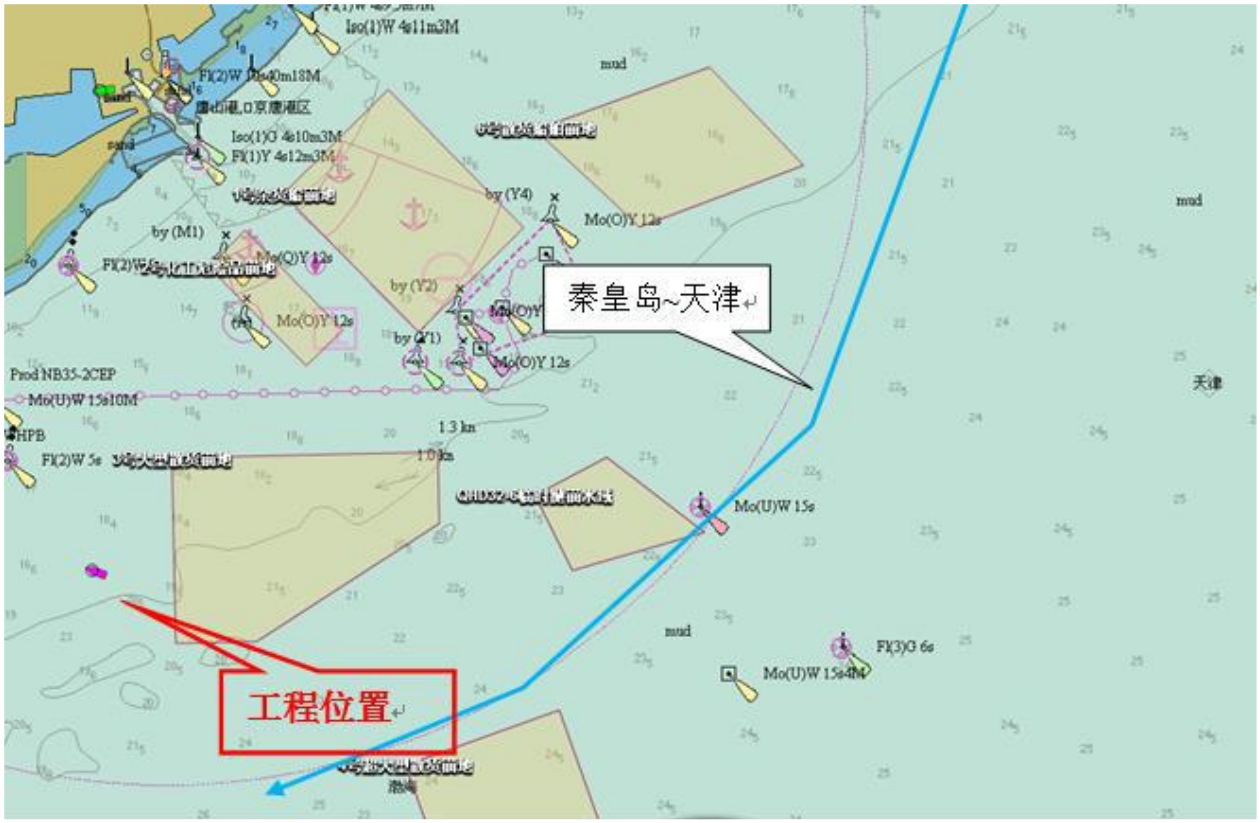



**图 7.7-1　拟建平台与周边习惯航线位置关系示意图**

## 7.7.2　工程与规划航路的影响分析

本工程拟建平台附近关系较为密切的规划航路与拟建平台的位置关系见图 7.7-2，拟建平台距离规划航路最近距离约为 13.1km，平台的建设对附近规划航路的影响较小。

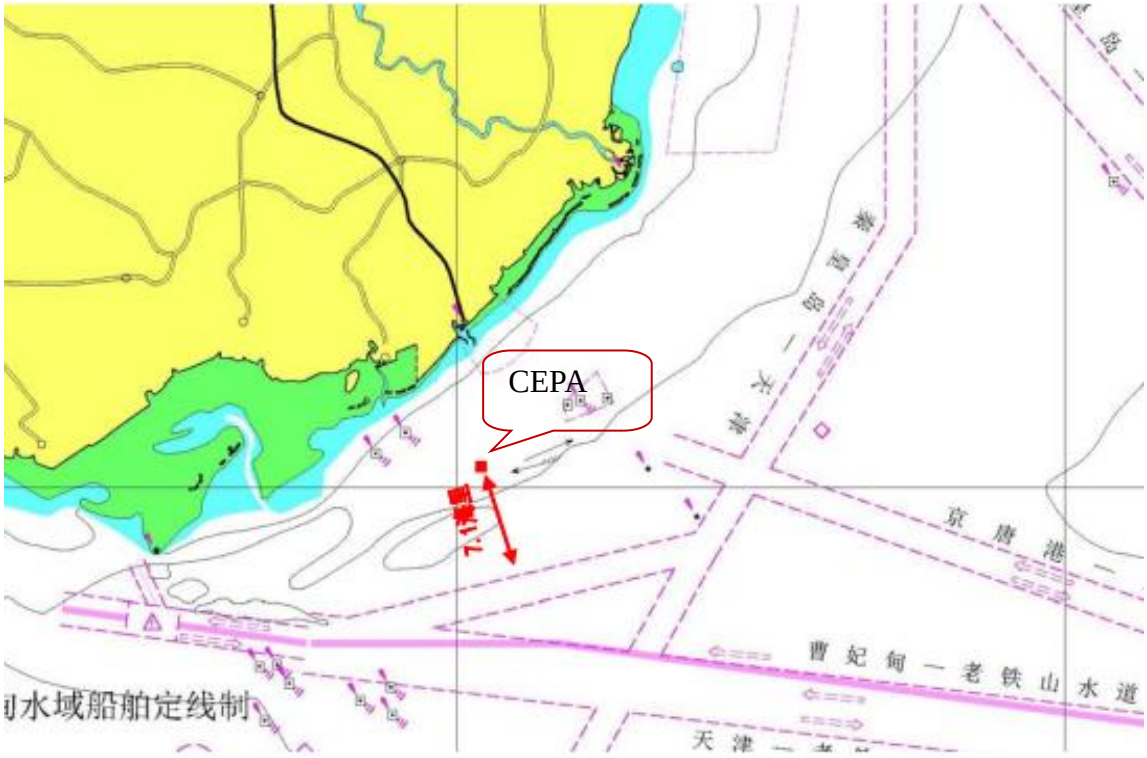



图 7.7-2 拟建平台与规划航路位置关系示意图

### 7.7.3 本工程与军事演习区的影响分析

本工程拟建平台与军事演习区的位置关系见图 7.7-3，最近距离为 28.2km，距离较远，相互影响较小。

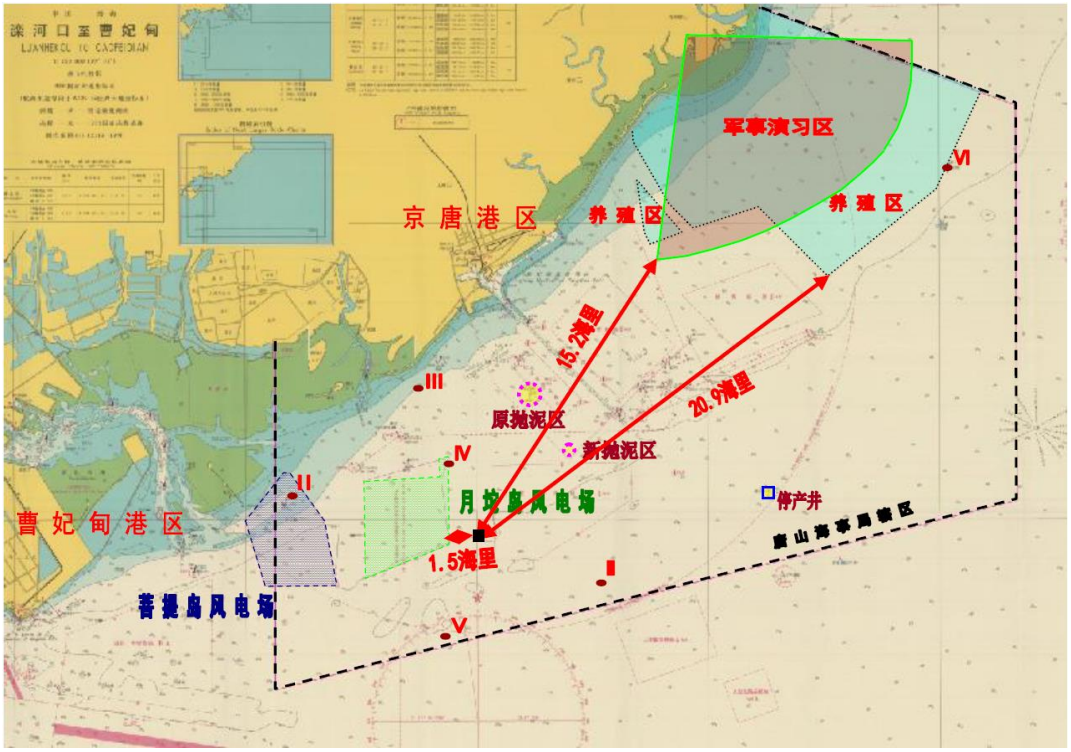



图 7.7-3 拟建平台与军事演习区和风电场位置关系示意图

### 7.7.4 项目对风电场的影响分析

本工程拟建平台与乐亭月坨岛海上风电场的位置关系见图 7.2-3，本项目 CEPA 平台距离最近的月坨岛海上风电场距离约为 2.78km，海底管线距离月坨岛风电场最近距离为 0.56km，相互影响较小。

### 7.7.5 与港口设施、功能的相互影响分析

距本工程最近的港口为唐山港京唐港区（详见图 7.2-4）。本工程距京唐港区约为 13km。由于本工程距京唐港区较近，势必会对京唐港区的发展和建设有一定影响。

距离本工程距最近的锚地为京唐港区 3 号大型散货船舶锚地，最近距离约为 1.3km，本工程海区常风向：SW，强风向：NE。当锚地船舶受强风向 NE 风影响出现船舶走锚现象时，船舶走锚方向会飘向本工程水域，影响到本工程拟建平台。

为避免京唐港区 3 号大型散货船舶锚地船舶与本工程之间的影响，项目组提出以下建议。

（1）业主单位与有关单位协调沟通调整京唐港区 3 号大型散货船舶锚地的范围或位置，使锚地在满足港口发展需求的同时尽量增加油田平台与锚地之间的安全距离。

（2）业主单位在平台建设时安装航标 AIS 等助航设施，警示过往船舶；配备 VHF、UHF、SSB 等通信设施，及时与来往船舶沟通。

（3）本工程各海上设施在建造、安装时应充分考虑防撞性能，配装导管架、碰垫等防撞设施。

（4）业主单位应该制定相应的专项应急预案，应对京唐港区 3 号大型散货船舶锚地船舶与本工程之间的影响。

（5）安排专人值守，及时与抛锚船舶和 VTS 协调沟通，合理安排锚泊船的锚位。

（6）本油田应配备 1-2 艘油田守护船值守，当发现 3 号大型散货船舶锚地锚泊船有向本工程区域走锚的迹象时及时与之沟通，并做好应急顶推的准备，防止走锚船向本工程平台和管线区域走锚。

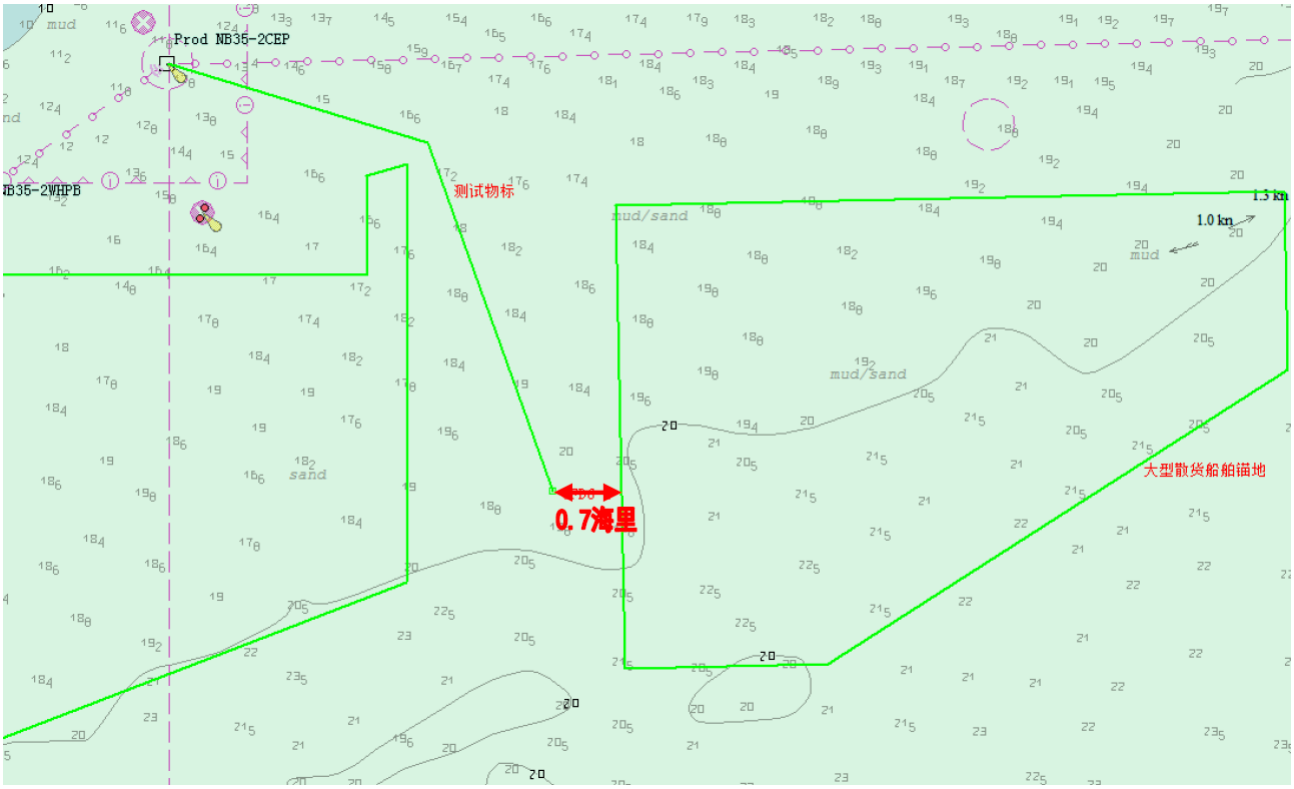



**图7.2-4 工程距附近锚地情况图**

## 7.7.6 对监管系统、船舶通讯信号的影响分析

本工程处于京唐港 VTS 系统覆盖区域内，由于本工程的钻井平台所处的海区船舶通航流量较大，为了便于船用导航雷达及早发现平台的存在，增加平台助航标志的综合效能，在助航标志设置方面，必要时可考虑设置附加的助航标志，如雷达应答器、雷达信标等无线电航标。这些设备的技术和使用都已很成熟，不会对 VTS 系统和其他船舶通讯信号造成干扰。

本工程位于京唐港区 3 号大型散货船锚地附近，最近距离为 1.3km，本工程与京唐港区 3 号大型散货船锚地较近，工程的建设增加了 VTS 的海事监管的难度

# 8环境风险分析与评价

## 8.1 环境风险危害识别与事故频率估算

在海上油田开发过程中，由于涉及大量易燃、易爆石油和天然气产品，加上油田开发工艺、设备运行的复杂性，因而存在着发生油气泄漏、火灾和爆炸等重大事故的潜在风险，它们会严重危害环境以及人群生命和健康。因此，溢油风险分析与评价专题是本次环境影响评价的工作重点之一。

### 8.1.1 油气泄漏事故风险识别

#### 8.1.1.1 海上建设阶段的油气泄漏事故风险识别

**（1）井涌或井喷**

在钻、完井作业中，由于钻井液比重失调、防喷措施不当及其他误操作活动导致地层压力欠平衡或静液柱降低导致欠平衡而引起循环液漏失等原因，可能导致发生井涌。若不及时控制或控制不当，可能引发井喷事故。伴随井喷可能释放大量的原油和烃类物质，当烃类物质聚集到爆炸浓度后，遇明火可能引发平台火灾、爆炸，对周围海域环境产生严重威胁。

发生井喷的主要原因是地层压力过高、且钻井液比重失调以及防井喷措施不当。一旦发生井喷，将会有钻井液、原油和天然气物质喷出，损害周围生态环境。

**（2）船舶碰撞**

在钻完井阶段主要有拖轮、供应船，船舶与钻井平台和周围设施之间可能因设备故障、人员操作失误等原因发生碰撞，从而可能导致船舶储油设施发生泄漏。供应船的储油舱一般设置在中部侧舷，一般只有在发生碰撞情况下，储油舱才有可能损坏。而供应船通常系泊于钻井船附近，实际上是不太可能发生碰撞的。即使由于操作失误而发生碰撞，也是供应船的尾部与钻井船中上部碰撞，不会损坏储油舱。

**（3）输油软管破裂**

钻完井阶段，在供应船进行输油时操作失误或输油软管破裂可能造成燃料油泄漏，由于输油作业有严格的操作规定，输油软管定期更换，同时输油软管较短，内部存油量很小，输油作业时供应船与受油设施均有人值班监视，一旦发生事故立即关泵停输，因

此不会造成大规模泄漏。

#### 8.1.1.2 生产阶段的油气泄漏事故风险识别

**（1）井涌或井喷**

正常生产作业过程中，发生井涌或井喷的概率较小。在修井作业中，由于修井液比重失调、防喷措施不当及其他误操作等原因，可能导致发生井涌，若不及时控制或控制不当，可能引发井喷事故。伴随井喷释放的有油品和大量烃类物质，当烃类物质聚集到爆炸浓度后，遇明火可能引发平台火灾、爆炸。

**（2）平台溢油事故**

生产阶段，井口平台上进行油气输送作业时，可能由于设备或人为误操作等原因引起油气泄漏，当泄漏物浓度聚集达到爆炸极限时遇到诸如静电起火、机械撞击起火或吸烟等明火便酿成火灾和爆炸，从而导致事故升级，可能造成油品泄漏入海。

**（3）海管、立管溢油事故**

海底管道与立管可能因穿孔、破裂等事故导致油气泄漏。研究表明，导致海底管道与立管事故的内部原因有管道腐蚀、材料缺陷等；外部原因有海面失落重物的撞击、渔船拖网或误抛锚、人员误操作、自然灾害等。

**（4）地质性溢油风险事故**

对于断裂系统十分复杂的油气田，不恰当注入会造成储层压力高压异常，若储层附近恰好存在着连通海床的自然地质断层，储层压力可能使储层流体沿附近的地质断层自储层段运移至海床而造成油气泄漏事故。此外，如油气田表层套管下深不足或固井质量差，在钻遇异常高压油气层时也可能产生地质性油气泄漏事故。地质性溢油风险分析详见 8.5 节。

**（5）船舶碰撞**

在运营阶段主要有值班船、供应船，船舶与平台和周围设施之间可能因设备故障、人员操作失误等原因发生碰撞，从而可能导致船舶储油设施发生泄漏。供应船的储油舱一般设置在中部侧舷，一般只有在发生碰撞情况下，储油舱才有可能损坏。

### 8.1.2 油气泄漏事故源项分析

由于海上油田工程开发作业过程中引发溢油事故的因素复杂，加上已掌握的统计数据有限，要对所有事故的发生概率做定量分析是十分困难的，本节事故概率分析主要参考国际油气生产商协会（OGP）编制的《风险评估数据指南》（2010 年 3 月版）。《风险

评估数据指南》归纳整理了挪威科学工业研究基金会（SINTEF）、挪威船级社（Det Norske Veritas）等机构统计的海油工程事故数据。主要数据涵盖了英国大陆架、北海、墨西哥湾等海域石油开采工程中的井涌、井喷、储罐泄漏、海底管道与立管泄漏、船舶碰撞等事故概率。本节借助于《风险评估数据指南》中的数据，结合本油田工程特点对开发生产过程中可能导致较严重溢油事故的可能性进行定量定性分析。

**（1）井涌或井喷**

《风险评估数据指南》统计了 1980~2005 年美国墨西哥湾外大陆架、英国大陆架、挪威海域等海域发生的井喷事故，其中常规油井发生井涌和井喷的概率见表 8.1-1。

**表 8.1-1　常规油井井涌和井喷事故概率**

| 井别 | 事故频率 | | |
|---|---|---|---|
| | 井涌 | 井喷 | 单位 |
| 生产井 | $2.9\times10^{-6}$ | $2.6\times10^{-6}$ | 次/（井·a） |

根据工程方案，本项目生产井数为 41 口，根据表 7.1-1 估算，生产井发生井涌的概率为 $1.19\times10^{-4}$ 次/a，井喷的概率为 $1.07\times10^{-4}$ 次/a。

**（2）平台火灾**

根据 S.Fjeld 和 T.Andersen 等人通过对北海油田的事故分析，给出了海上生产设施各区的火灾事故发生频率：

井口区，约为 $1.0\times10^{-3}$ 次/年

油气处理区，约为 $4.0\times10^{-3}$ 次/年

储油区，约为 $2.0\times10^{-3}$ 次/年

油气输送区，约为 $3.0\times10^{-4}$ 次/年

分离器区，约为 $4.0\times10^{-4}$ 次/年

本工程包括一个井口区，一个油气处理区，一个油气输送区，一个油气分离区，由此估算生产运营期间，火灾事故发生频率为 $5.7\times10^{-3}$ 次/年。由火灾引起溢油事故概率至少比火灾事故概率低一个数量级，因此，泄漏溢油事故概率不高于 $5.7\times10^{-4}$ 次/ a。

**（3）海底管道/立管油气泄漏事故**

海底管道突发事故风险，主要是指海底管道在生产运营期间，因长期受海流冲刷、海水腐蚀、过往船只误锚、拖锚及地震等环境因素的影响，存在着潜在的被损坏的风险。其中因海水腐蚀造成的海底管道事故的可能性较小。

根据莫特麦克唐（Mott McDonald）公司 2003 年出版的报告《PARLOC 2001： The

update of Loss of containment Date for Offshore Pipeline》，该报告中统计了相关海域 1567 条海管，共 24837km，328858km·a。同时，挪威船级社（Det Norske Veritas， DNV）的《Riser/Pipeline Leak Frequencies， 2006》对 PARLOC2001 报告进行了修正。具体见表 8.1-2。

**表 8.1-2 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 | $5.0\times10^{-4}$ | 次/ km a |
| | 输送处理后的油气，钢管管径≤24 英寸 | $5.1\times10^{-5}$ | 次/km a |
| | 输送处理后的油气，管径＞24 英寸 | $1.4\times10^{-5}$ | 次/km a |
| 立管 | 钢管—管径≤16 英寸 | $9.1\times10^{-4}$ | 次/ a |
| | 钢管—管径>16 英寸 | $1.2\times10^{-4}$ | 次/ a |
| | 软管 | $6.0\times10^{-3}$ | 次/ a |

本项目新建长度为 12.5km、管径 8″/14″的曹妃甸 6-4CEPA 至南堡 35-2CEP 输油海底管线，该管道发生事故的最大概率为 $6.38\times10^{-4}$ 次/a。

**（4）船舶碰撞泄漏事故**

平台附近主要有供应船、值班船等。此外，在该海域航行的外来航船也有可能与油田设施发生碰撞。根据《风险评估数据指南》（2010），船舶与平台等油田设施发生碰撞的概率见表 8.1-3。

**表 8.1-3 船舶碰撞概率**

| 船舶类型 | 碰撞频率（世界范围） | 亚洲地区分配系数 | 造成重大损伤 | 碰撞概率 |
|---|---|---|---|---|
| 本油田船舶 | $8.8\times10^{-5}$ | 0.17 | 26% | $3.9\times10^{-6}$ |
| 外来航船 | $2.5\times10^{-5}$ | 0.17 | 26% | $1.1\times10^{-6}$ |

本工程中，发生船舶碰撞并造成产生重大损伤的概率为 $5.0\times10^{-6}$ 次/a。发生重大损伤不一定会引起溢油事故，因此，船舶碰撞引发溢油事故的概率将更小。

## 8.1.3 溢油事故溢油量估计

**（1）建设阶段溢油量**

建设阶段溢油事故的主要泄放物质包括井流（原油、天然气、岩屑和钻井液）和燃料油。如前所述，发生井喷事故时，井流的喷放量很大，难以估计。以下只能给出燃料油的最大可能溢油量。取钻井装置、供应船和最大储油量以及燃料油输油软管过油量作为钻井阶段的可能溢油量见表 8.1-4。

**表 8.1-4　建设阶段可能溢油量**

| 事故类型 | 排放物 | 溢油量（t） | 规模 |
|---|---|---|---|
| 井喷 | 井流 | 难以估算 | 不定 |
| 供应船储油舱破裂 | 燃料油 | 50m$^3$ | 重大 |
| 输油软管破裂或误操作 | 燃料油 | 50m$^3$ 以下 | 一般 |

**（2）生产阶段溢油量**

生产阶段溢油事故的主要排放物质可能是原油。本项目输送物流油品的含水率为＜0.5%，新建CFD6-4CEPA至NB35-2CEP海底混输管道管径8英寸，管线长度约为12.5km，海底管道的容积约为 405m$^3$（油量为 403m$^3$）。当海底管道发生泄漏事故时，在 30s 内将启动自动关断系统，关断后管道内部分原油会缓慢漏出。生产阶段具体可能溢油量见表 8.1-5。

①假定曹妃甸 6-4 油田 CEPA 平台附近海管发生溢油，该处水深约 19.9m，管道内物流压力 4850kPa，环境压力 303kPa，液体泄漏系数取 0.64。在考虑小孔（1cm）泄漏的前提下，溢油持续时间为 4h，根据公式计算得出管道溢油量为 65t（74m$^3$）。

②假定南堡 35-2 油田 CEP 平台附近海管发生溢油，该处水深约 12m，管道内物流压力 4850kPa，环境压力 222kPa，液体泄漏系数取 0.64。在考虑小孔（1cm）泄漏的前提下，溢油持续时间为 4h，根据公式计算得出管道溢油量为 66t（75m$^3$）。

同时，综合考虑溢油关断、封堵及溢油应急响应时间，最终确定管道溢油量为100m$^3$，油膜漂移预测时间为溢油后的 72h。

本报告管道原油泄漏量根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004）中推荐的液体泄漏速率公式计算:

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

式中：$Q_L$——液体泄漏速度，kg/s；

$C_d$——液体泄漏系数，此值常用 0.6～0.64。

A——裂口面积，m$^2$；

P——容器内介质压力，Pa；

$P_0$——环境压力，Pa；

g——重力加速度。

h——裂口之上液位高度，m。

**表 8.1-5　生产阶段可能溢油量**

| 事故类型 | 排放物 | 溢油量（$m^3$） | 规模 |
|---|---|---|---|
| 井喷 | 井流 | 难以估计 | 不定 |
| 火灾、爆炸 | 原油 | 难以估计 | 不定 |
| 地质性溢油 | 原油 | 难以估计 | 不定 |
| 海底管道破裂 | 原油 | 100 | 较大 |

### 8.1.4 环境风险与最大可信事故

根据各类事故发生概率和可能发生的溢油规模，可将油田开发工程溢油事故的相对环境风险进行归纳，参见表 8.1-6。由以上的分析/论述可知，本工程主要溢油事故来自井喷、火灾爆炸、海管/立管泄漏、地质因素、船舶碰撞等。不同的溢油事故带来的环境风险程度不同。事故风险高低通常用风险值大小来表征，风险值定义为风险概率与事故后果或危害程度的乘积。进行环境风险分析的目的是确定那些环境风险程度较高的溢油事故，从而采取相应的防范措施。

**表 8.1-6　各类溢油事故环境风险判别**

| 事故类型 | 规模 | 事故概率 | 环境风险值 |
|---|---|---|---|
| 井喷 | 不定 | 中 | 高 |
| 火灾、爆炸 | 不定 | 中 | 高 |
| 海管/立管泄漏 | 较大 | 中 | 高 |
| 船舶碰撞导致供应船油舱破裂 | 重大 | 很低 | 很低 |

以下就油田溢油事故中环境风险相对高的井喷、海管/立管破裂和平台火灾爆炸的环境风险进行事故树分析，以确定各种事故不同情况下的环境风险级别。按照对环境的影响程度，环境风险级别依次分为 A、B、C、D 四级。A 级表示对环境影响严重，其次为 B 和 C，D 级表示对环境无影响。

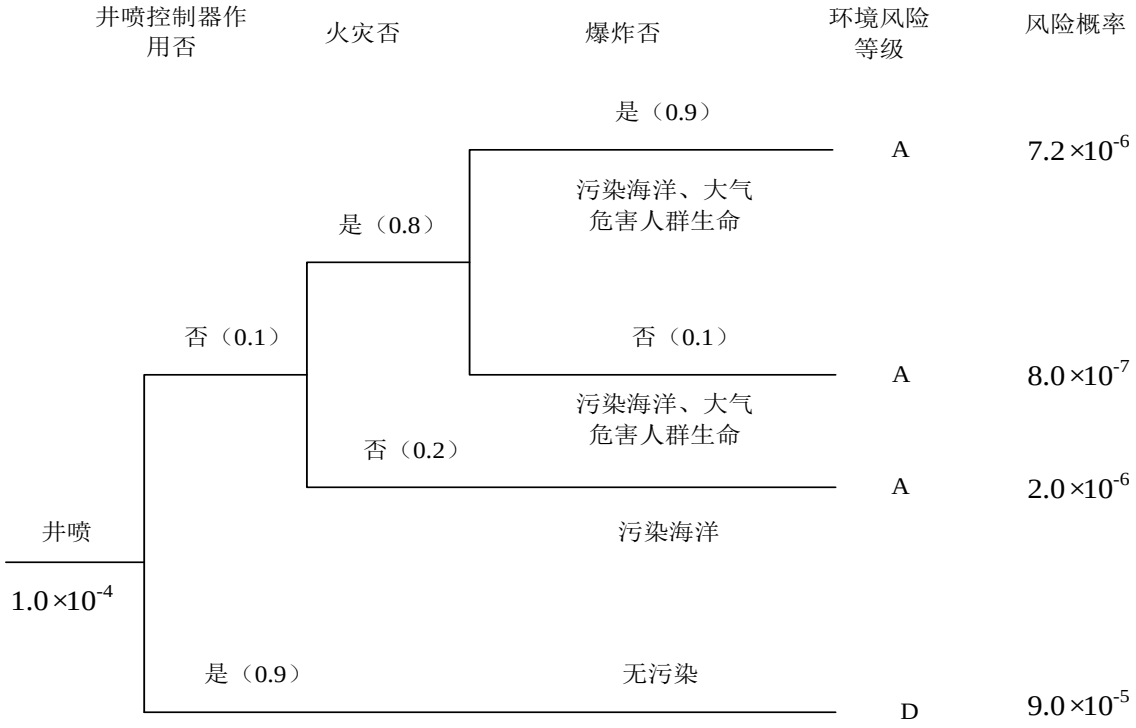



**图 8.1-1　井喷事故环境风险事故树**

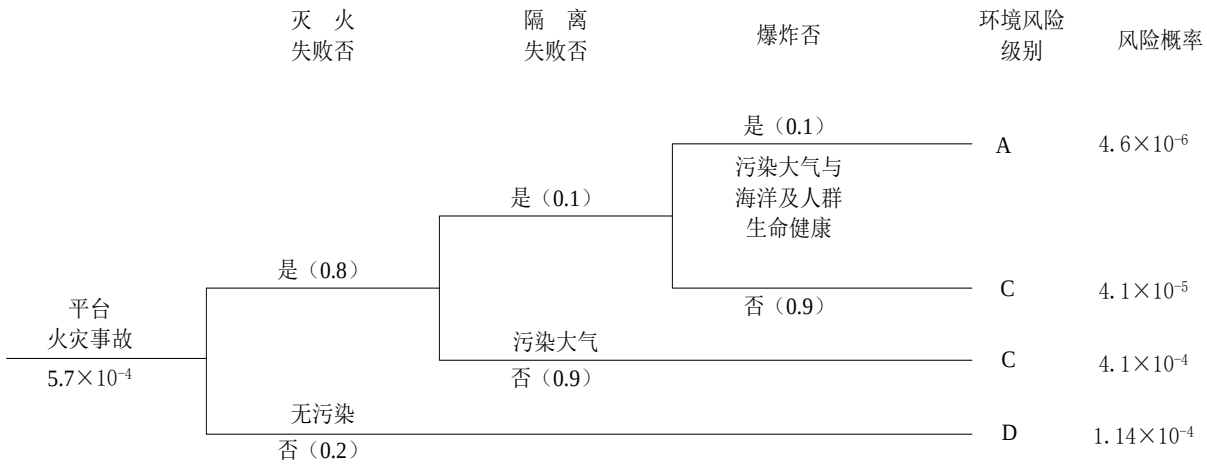



**图 8.1-2　平台火灾事故环境风险事故树**

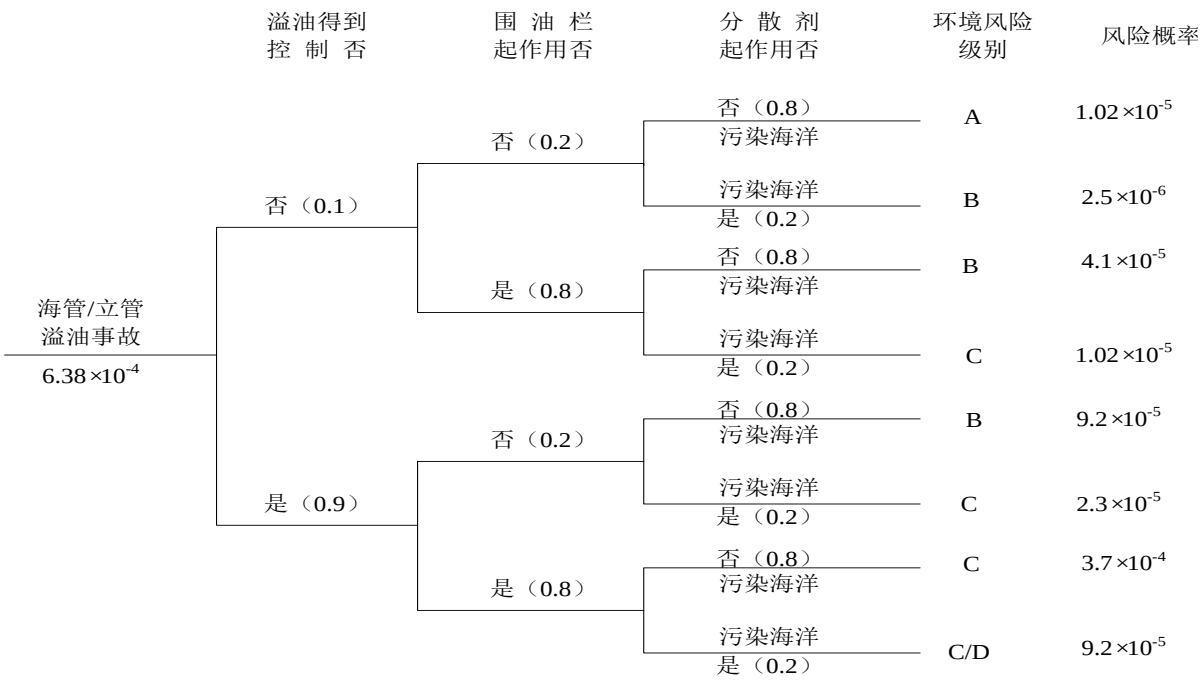



**图 8.1-3　海管/立管事故环境风险事故树**

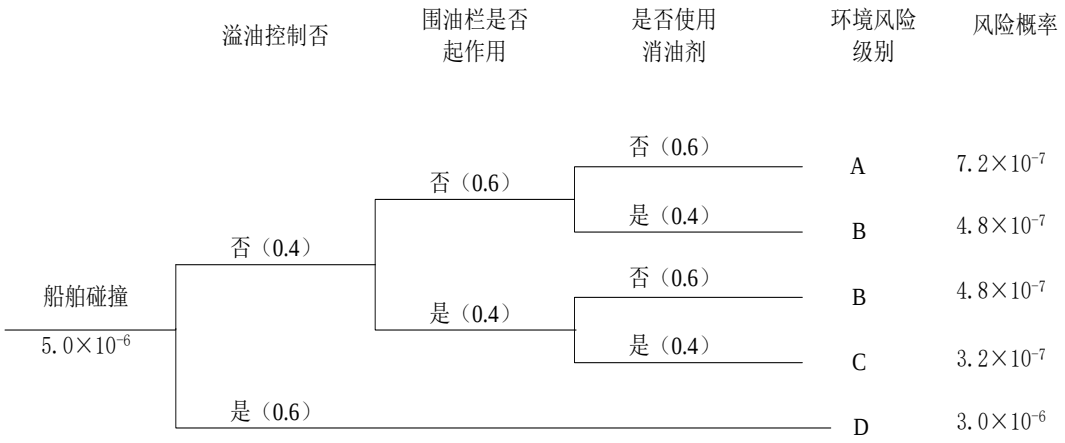



**图 8.1-4　船舶碰撞溢油环境风险树**

井喷事故环境风险事故树（图 8.1-1）给出，本油田开发工程发生井喷火灾-爆炸/未爆炸事故的频率分别为 $7.2\times10^{-6}$ 次/a 和 $8.0\times10^{-7}$ 次/a。在发生井喷而未发生火灾情况下，井喷物将全部进入海洋，故环境风险级别为 A。当井喷引起火灾和爆炸事故时，虽然部分井喷物被燃烧，减少了进入大气和海洋的总量，但是火灾和爆炸事故将可能引起事故升级，因此井喷而导致火灾和爆炸时的环境风险级别也为 A。

从平台火灾事故风险事故树（图 8.1-2）可以看出，只要平台火灾事故得到有效隔离，就不会引起爆炸事故，并可将环境风险降至 C 级以下。只有在灭火和隔离均失败情

况下才会出现 A 级环境风险，其风险概率为 $4.6\times10^{-6}$ 次/a。

海管/立管泄漏介质主要为原油。由于其泄漏源一般在水下，因而一般情况下不会出现火灾和爆炸事故。泄漏到海面上的原油通常不会被引燃，多数情况下围油栏能够起到围油作用。只有当围油栏或溢油分散剂不起作用时，才会出现 B 级环境风险。如果泄漏得不到控制，且围油栏和溢油分散剂均不起作用时，则会出现 A 级环境风险，本项目海管/立管泄漏 A 级环境风险概率为 $1.02\times10^{-5}$ 次/a（图 8.1-3）。

从船舶碰撞事故风险事故树（图 7.1-4）可以看出，如果泄漏得不到控制，且围油栏和溢油分散剂均不起作用时，则会出现 A 级环境风险，出现 A 级环境风险，其风险概率为 $7.2\times10^{-7}$ 次/a。

综合事故风险概率与事故后果确定最大可信事故。本工程最大可信事故确定为生产阶段海管/立管破裂溢油，其发生概率在 $10^{-4}$（次/a）量级。因此，确定溢油影响预测的溢油量为 $100m^3$。

## 8.2 溢油漂移预测

### 8.2.1 溢油预测模式

溢油进入水体后发生扩展、漂移、扩散等油膜组分保持恒定的输移过程和蒸发、溶解、乳化等油膜组分发生变化的风化过程，在溢油的输移过程和风化过程中还伴随着水体、油膜和大气三相间的热量迁移过程，而黏度、表面张力等油膜属性也随着油膜组分和温度的变化发生变化。本工程二维溢油模型拟采用的是国际上得到广泛应用的“油粒子”模型，该模型可以很好地模拟上述物理化学过程，另外，“油粒子”模型是基于拉格朗日体系具有高稳定性和高效率的特点。“油粒子”模型就是把溢油离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，油膜就是由这些大量的油粒子所组成的“云团”。首先计算各个油粒子的位置变化、组分变化、含水率变化，然后统计各网格上的油粒子数和各组分含量可以模拟出油膜的浓度时空分布和组分变化。

假设包括背景流场和波浪净流在内的表层流已知流速分量为 $U_b$，$V_b$，而不确定方法表示湍流的随机扩散由随机游动速度 U′和 V′表示，则每一个油粒子的漂移速度为：

$$\begin{aligned} U &= U_b + U' \\ V &= V_b + V' \end{aligned} \quad (1)$$

油粒子在嵌套漫游网格内的水平迁移则可表示为：

$$x^{n+1} = x^n + U_b{}^{n+\frac{1}{2}}\Delta t + \xi\sqrt{6K_H\Delta t} + O(\Delta t^2)$$
$$y^{n+1} = y^n + V_b{}^{n+\frac{1}{2}}\Delta t + \xi\sqrt{6K_H\Delta t} + O(\Delta t^2) \quad (2)$$

对时间 t 方向上采用中心差分，能够保证上述差分方程的二阶精度。上式中 ξ，$K_H$ 分别代表［-1,1］区域上的均匀分布随机数和水平方向上的湍流涡动粘性系数。

波浪净流的量值较小，因为溢油油膜的覆盖使海面变得较为平坦。它可根据二阶 Stokes 波理论由下式给出：

$$u_{wave} = \frac{K\omega H^2}{8sh^2(Kd)}ch(2Kz_0) \quad (3)$$

式中 K、ω、H、d、z 分别代表波数，波圆频率、波高、水深和油粒子所处的深度。

波浪的主要作用并不在于波浪净流，因为它较背景流场要小得多。波浪作用主要在于搅动水面，及由破碎引起溢油入水。溢油入水体积可写为：

$$\frac{V_e}{V_0} = 1 - e^{C_2 tHs^2/L} \quad (4)$$

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$-2.53\times10^{-3}/V_{00.62}$。

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：

$$\frac{V_e}{V_0} = 1 - e^{C_2 tHs^2/L} \quad (6)$$

Hs、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 de，则有：

$$de = \frac{9.52\nu^{2/3}}{g^{1/3}(1-\rho_o/\rho_W)^{1/3}} \quad (7)$$

对 di<de，由 Stokes 定律：

$$W_L = gd_i^{\,2}(1-\rho_o/\rho_W)/18\nu \quad (8)$$

对 di>de

$$W_L = [\frac{8}{3} g d_i (1-\rho_o / \rho_W)]^{1/2} \quad (9)$$

式中 g、$d_i$、ν,、$\rho_o$、$\rho_W$ 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：

$$F_V = \ln[1 + B'(\frac{T_G}{T})\theta' e^{(A'-B'\frac{T_0}{T})}]\frac{T}{B'T_G} \quad (11)$$

式中 A′=6.3，B′=10.3，T 为油温，$T_G$ 为油的沸点曲线梯度，$T_o$ 为油的初始沸点温度，θ′为挥发系数由下式确定：

$$\theta' = CW^{0.78} tA / V_o \quad (12)$$

C 为常数，W 风速，t 时间，A 油膜面积，Vo 初始溢油体积。乳化程度由含水率 $Y_W$ 表示，依据 Mackay（1980）：

$$Y_W = \frac{1}{K_B}[1 - e^{-K_A K_B (1+W)^2 t}] \quad (13)$$

其中 $Y_W$ 为乳化物含水量（%），$K_A$ 取 4.5×10-6, KB 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：

$$V_i = V_o(1 - F_{Vi}) / (1 - Y_{wi}) \quad (14)$$

设乳化前油密度为 $\rho_O$，水密度为 $\rho_W$，则乳化后油密度：

$$\rho_* = (1 - Y_W)\rho_o + Y_W \cdot \rho_W \quad (15)$$

蒸发对油密度的影响为：

$$\rho = （0.6\rho_o - 0.34)F_V + \rho_o \quad (16)$$

综合挥发、乳化影响，油密度表达为：

$$\rho = (1 - Y_W)[(0.6\rho_O - 0.34)F_V + \rho_O] + Y_W \cdot \rho_W \quad (17)$$

忽略油粘性随温度的变化，即仅考虑乳化、挥发的影响，乳化将增加油的粘性：

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

挥发对油粘性的影响为：

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

综合挥发、乳化作用，油粘性变化表示为：

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

其中，$v_o$ 为初始时油膜的运动粘性系数。

开边界条件

在开边界处，给定水位，水位采用岸边验潮站观测资料求得潮汐调和常数输入计算，可以计算得到海区内部的结果：

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

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。

### 8.2.2 预测模式中有关参数的设定

**（1）溢油类型**

根据油气泄漏风险事故分析，对溢油事故发生概率的大小及溢油类型发生的危害程度分析，本报告选取最大可信事故海底管道溢油进行预测。

**（2）溢油位置的选择**

考虑到海管近平台侧风险事故发生概率比海管中间安全区高，因此选择海管近起输平台 CFD6-4CEPA 处作为溢油预测点。预测点坐标为：119℃00′09.461″，38℃59′44.890″。

海管近终点平台南堡 35-2 油田 CEP 平台（39°04′14.27″N，118°54′58.02″E）处距离大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）较近，约 18km，为了解溢油对红线区的影响，选择南堡 35-2 油田 CEP 平台作为溢油预测点。

**（3）油品性质**

本项目输送物流为合格原油，密度为 0.878t/ $m^3$。

**（4）源强**

本工程最大可信事故确定为生产阶段海管/立管破裂溢油，其发生概率在 $10^{-4}$ 次/a 量级。本项目输送物流油品的含水率为＜0.5%，新建 CFD6-4CEPA 至 NB35-2CEP 海底混输管道管径 8 英寸，管线长度约为 12.5km，海底管道的容积约为 405$m^3$（油量为 403$m^3$）。当海底管道发生泄漏事故时，在 30s 内将启动自动关断系统，关断后管道内部

分原油会缓慢漏出。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，确定溢油影响预测的溢油量约 100m$^3$。计算过程详见 8.1.3。

**（5）潮型与潮时**

选择大潮期的涨潮时刻和落潮时刻作为典型时刻。

**（6）常风与大风风速取值**

本海域全年平均风速和最大风速参考《南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书》，选取情况见表 8.2-1。每一种风况均考虑涨潮与落潮的情况。

**表 8.2-1 溢油数值模拟扩散选取风参数**

| 风向 | S | NW | SW | E | SE | SSE | WSW | NE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均风速(m/s) | 4.4 | 2.9 | 4.7 | 4.3 | 5.2 | 5.2 | 4.8 | 8 |
| 最大风速(m/s) | 12.6 | 15.4 | 13.5 | 16.9 | 17.1 | 12.6 | 11.6 | 14.6 |

## 8.3 污染物迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布

### 8.3.1 CFD6-4CEPA 平台作为溢油预测点

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

均风和极风条件下 72 小时内的溢油预测结果如表 8.3-1~8.3-4 与图 8.3-1~8.3-4 所示，典型的油膜扫海图件图 8.3-5~8.3-11。海底管线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。

在均风条件下，涨潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 70.7km，扫海面积为 244.8km$^2$，残余油量为 8.1%；NW 风向上 72 小时的漂移距离 89.6km，扫海面积为 368.5km$^2$，残余油量为 63.4%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 76.8km，扫海面积为 268.4km$^2$，残余油量为 61.5%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 107.5km，扫海面积为 298.6km$^2$，残余油量为 61.9%；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 54.6km，扫海面积为 188.7km$^2$，于 32.0 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 50.4km，扫海面积为 170.0km$^2$，于 36.0 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 78.0km，扫海面积为 306.3km$^2$，残余油量为 61.4%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 123.6km，扫海面积为 591.1km$^2$，残余油量为 59.4%。

在均风条件下，落潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 77.9km，扫海面积为 258.9km$^2$，于 68.0 小时抵岸；NW 风向上 72 小时的漂移距离 94.7km，扫海面积为 366.8km$^2$，残余油量为 63.4%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 80.4km，扫海面积为 249.3km$^2$，残余油量为 61.5%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 110.5km，扫海面积为 319.3km$^2$，残余油量为 61.9%；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 63.8km，扫海面积为 225.8km$^2$，于 36.0 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 56.9km，扫海面积为 189.5km$^2$，于 39.0 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 81.4km，扫海面积为 285.2km$^2$，残余油量为 61.4%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 123.6km，扫海面积为 591.1km$^2$，残余油量为 59.4%。

在极风条件下，涨潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 39.0km，扫海面积为 117.4km$^2$，于 18.0 小时抵岸；NW 风向上 72 小时的漂移距离 141.3km，扫海面积为 835.2km$^2$，残余油量为 56.8%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 109.2km，扫海面积为 654.4km$^2$，残余油量为 57.4%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 77.7km，扫海面积为 316.3km$^2$，于 37.0 小时抵岸；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 32.1km，扫海面积为 30.0km$^2$，于 12.0 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 30.0km，扫海面积为 75.5km$^2$，于 15.5 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 98.4km，扫海面积为 583.3km$^2$，残余油量为 58.0%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 143.9km，扫海面积为 827.2km$^2$，残余油量为 57.0%。

在极风条件下，落潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 36.7km，扫海面积为 96.4km$^2$，于 20.5 小时抵岸；NW 风向上 72 小时的漂移距离 144.6km，扫海面积为 821.4km$^2$，残余油量为 56.8%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 107.2km，扫海面积为 618.4km$^2$，残余油量为 57.4%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 83.7km，扫海面积为 279.6km$^2$，于 40.0 小时抵岸；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 36.6km，扫海面积为 86.9km$^2$，于 11.0 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 31.5km，扫海面积为 76.6km$^2$，于 15.0 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 97.7km，扫海面积为 569.5km$^2$，残余油量为 58.0%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 148.0km，扫海面积为 882.6km$^2$，残余油量为 57.0%。

**表 8.3-1　不同风向、均风情况下溢油发生后 72h 溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速（m/s） | 潮汐情况 | 72h 漂移距离（km） | 72h 扫海面积（$km^2$） | 72h 油膜面积（溢油扩散中最大面积，$km^2$） | 首次抵敏感区所需时间（h） | 首次抵敏感区前残余油量（%） | 首次抵岸所需时间（h） | 首次抵岸前残余油量（%） | 72 小时残存油量（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 4.4 | 涨潮 | 70.7 | 244.8 | 15.2 | —— | —— | —— | —— | 8.1 |
| | | 落潮 | 77.9 | 258.9 | 16.1 | | —— | 68.0 | 18.3 | 抵岸 |
| NW | 2.9 | 涨潮 | 89.6 | 368.5 | 14.6 | —— | —— | —— | —— | 63.4 |
| | | 落潮 | 94.7 | 366.8 | 14.6 | —— | —— | —— | —— | 63.4 |
| SW | 4.7 | 涨潮 | 76.8 | 268.4 | 14.3 | —— | —— | —— | —— | 61.5 |
| | | 落潮 | 80.4 | 249.3 | 14.3 | —— | —— | —— | —— | 61.5 |
| E | 4.3 | 涨潮 | 107.5 | 298.6 | 14.2 | 33.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>48.0[龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 62.3<br>60.6 | —— | —— | 61.9 |
| | | 落潮 | 110.5 | 319.3 | 14.8 | 29.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>42.0[龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 63.0<br>61.1 | —— | —— | 61.9 |
| SE | 5.2 | 涨潮 | 54.6 | 188.7 | 12.6 | —— | —— | 32.0 | 64.1 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 63.8 | 225.8 | 14.6 | —— | —— | 36.0 | 58.2 | 抵岸 |
| SSE | 5.2 | 涨潮 | 50.4 | 170.0 | 15.7 | 20.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 64.2 | 36.0 | 59.3 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 56.9 | 189.5 | 13.8 | 21.5[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 63.8 | 39.0 | 50.1 | 抵岸 |
| WSW | 4.8 | 涨潮 | 78.0 | 306.3 | 14.4 | —— | —— | —— | —— | 61.4 |
| | | 落潮 | 81.4 | 285.2 | 14.4 | —— | —— | —— | —— | 61.4 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NE | 8.0 | 涨潮 | 116.7 | 534.2 | 14.3 | —— | —— | —— | —— | 59.4 |
| | | 落潮 | 123.6 | 591.1 | 14.4 | —— | —— | —— | —— | 59.4 |

**表 8.3-2　不同风向、均风条件下溢油发生后不同时刻溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速 | 潮汐情况 | 最大漂移距离（km） | 漂移距离（km） | | | | | 扫海面积（$km^2$） | | | | | 残存油量（%） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h |
| S | 4.4 | 涨潮 | 70.7 | 5.6 | 11.0 | 28.4 | 57.1 | 70.7 | 10.0 | 26.8 | 82.3 | 199.2 | 244.8 | 75.1 | 71.2 | 67.5 | 63.9 | 8.1 |
| | | 落潮 | 77.9 | 5.3 | 16.7 | 23.2 | 55.3 | 77.9 | 8.9 | 40.3 | 60.6 | 172.6 | 258.9 | 75.1 | 71.2 | 69.0 | 64.6 | 抵岸 |
| NW | 2.9 | 涨潮 | 89.6 | 4.5 | 11.2 | 28.7 | 59.1 | 89.6 | 7.5 | 29.8 | 92.9 | 219.1 | 368.5 | 76.7 | 72.8 | 68.9 | 65.4 | 63.4 |
| | | 落潮 | 94.7 | 6.7 | 16.4 | 30.0 | 62.0 | 94.7 | 12.4 | 42.1 | 89.9 | 216.1 | 366.8 | 76.7 | 72.8 | 68.9 | 65.4 | 63.4 |
| SW | 4.7 | 涨潮 | 76.8 | 6.2 | 10.3 | 26.7 | 52.7 | 76.8 | 11.0 | 20.4 | 69.2 | 158.0 | 268.4 | 74.9 | 71.0 | 67.0 | 63.5 | 61.5 |
| | | 落潮 | 80.4 | 4.1 | 16.2 | 27.9 | 55.4 | 80.4 | 7.2 | 37.7 | 67.7 | 149.5 | 249.3 | 74.9 | 71.0 | 67.0 | 63.5 | 61.5 |
| E | 4.3 | 涨潮 | 107.5 | 3.2 | 12.4 | 31.8 | 69.6 | 107.5 | 6.1 | 33.1 | 87.5 | 203.4 | 298.6 | 75.2 | 71.3 | 67.4 | 63.9 | 61.9 |
| | | 落潮 | 110.5 | 8.6 | 16.4 | 32.5 | 71.0 | 110.5 | 14.2 | 34.9 | 84.2 | 201.7 | 319.3 | 75.2 | 71.3 | 67.4 | 63.9 | 61.9 |
| SE | 5.2 | 涨潮 | 54.6 | 4.8 | 12.7 | 32.3 | 54.3 | 54.6 | 8.6 | 34.3 | 110.5 | 188.5 | 188.7 | 74.5 | 70.6 | 66.6 | 抵岸 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 63.8 | 7.4 | 17.3 | 33.5 | 62.8 | 63.8 | 11.7 | 42.1 | 106.8 | 225.5 | 225.8 | 74.5 | 70.6 | 66.6 | 抵岸 | 抵岸 |
| SSE | 5.2 | 涨潮 | 50.4 | 5.5 | 12.1 | 26.0 | 31.1 | 50.4 | 9.7 | 31.5 | 103.3 | 103.0 | 170.0 | 74.5 | 70.6 | 66.6 | 抵岸 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 56.9 | 6.3 | 17.4 | 32.4 | 56.4 | 56.9 | 10.3 | 42.5 | 103.5 | 188.8 | 189.5 | 74.5 | 70.6 | 66.6 | 抵岸 | 抵岸 |
| WSW | 4.8 | 涨潮 | 78.0 | 6.3 | 10.6 | 26.9 | 52.9 | 78.0 | 10.3 | 23.9 | 78.1 | 180.8 | 306.3 | 74.8 | 70.9 | 66.9 | 63.4 | 61.4 |
| | | 落潮 | 81.4 | 4.3 | 16.3 | 28.2 | 55.6 | 81.4 | 7.6 | 39.3 | 73.1 | 168.4 | 285.2 | 74.8 | 70.9 | 66.9 | 63.4 | 61.4 |
| NE | 8.0 | 涨潮 | 116.7 | 2.5 | 14.5 | 24.6 | 76.4 | 116.7 | 4.4 | 40.6 | 97.1 | 309.4 | 534.2 | 72.8 | 68.9 | 64.9 | 61.4 | 59.4 |
| | | 落潮 | 123.6 | 11.3 | 17.1 | 36.2 | 79.0 | 123.6 | 22.0 | 40.2 | 110.1 | 323.6 | 591.1 | 72.8 | 68.9 | 64.9 | 61.4 | 59.4 |

**表 8.3-3　不同风向、极风情况下溢油发生后 72h 溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速（m/s） | 潮汐情况 | 72h 漂移距离（km） | 72h 扫海面积（$km^2$） | 72h 油膜面积（溢油扩散中最大面积，$km^2$） | 首次抵敏感区所需时间（h） | 首次抵敏感区前残余油量（%） | 首次抵岸所需时间（h） | 首次抵岸前残余油量（%） | 72 小时残存油量（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 12.6 | 涨潮 | 39.0 | 117.4 | 11.1 | 10.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | —— | 18.0 | 64.3 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 36.7 | 96.4 | 10.9 | —— | —— | 20.5 | 62.7 | 抵岸 |
| NW | 15.4 | 涨潮 | 141.3 | 835.2 | 13.6 | —— | —— | —— | —— | 56.8 |
| | | 落潮 | 144.6 | 821.4 | 13.6 | —— | —— | —— | —— | 56.8 |
| SW | 13.5 | 涨潮 | 109.2 | 654.4 | 13.8 | 30.0（昌黎海域养殖区）<br>60.0（昌黎海域国家级水产种质资源保护区） | 61.7<br>58.2 | —— | —— | 57.4 |
| | | 落潮 | 107.2 | 618.4 | 13.8 | 33.0（昌黎海域养殖区）<br>60.5（昌黎海域国家级水产种质资源保护区） | 61.2<br>58.1 | —— | —— | 57.4 |
| E | 16.9 | 涨潮 | 77.7 | 316.3 | 11.8 | 9.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>13.0[龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 63.4<br>61.8 | 37.0 | 44.5 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 83.7 | 279.6 | 15.0 | 12.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>13.0[龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 62.2<br>61.0 | 40.0 | 51.0 | 抵岸 |
| SE | 17.1 | 涨潮 | 32.1 | 85.2 | 9.0 | 11.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 36.1 | 12.0 | 28.7 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 36.6 | 86.9 | 8.4 | —— | —— | 11.0 | 66.8 | 抵岸 |
| SSE | 12.6 | 涨潮 | 30.0 | 75.5 | 9.8 | 9.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 64.9 | 15.5 | 62.4 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 31.5 | 76.6 | 10.0 | 9.5[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）] | 64.6 | 15.0 | 66.0 | 抵岸 |
| WSW | 11.6 | 涨潮 | 98.4 | 583.3 | 13.7 | —— | —— | —— | —— | 58.0 |
| | | 落潮 | 97.7 | 569.5 | 13.8 | —— | —— | —— | —— | 58.0 |
| NE | 14.6 | 涨潮 | 143.9 | 827.2 | 14.2 | 60.0（辽东湾渤海湾莱州湾 | 57.9 | —— | —— | 57.0 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 国家级水产种质资源保护区渤海湾核心区） | | | | |
| | | 落潮 | 148.0 | 882.6 | 14.3 | 63.5（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） | 57.7 | —— | —— | 57.0 |

**表 8.3-4　不同风向、极风条件下溢油发生后不同时刻溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速 | 潮汐情况 | 最大漂移距离（km） | 漂移距离（km） | | | | | 扫海面积（$km^2$） | | | | | 残存油量（%） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h |
| S | 12.6 | 涨潮 | 39.0 | 9.9 | 17.1 | 39.0 | 39.0 | 39.0 | 16.9 | 40.7 | 117.4 | 117.4 | 117.4 | 71.1 | 67.1 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 36.7 | 6.7 | 22.2 | 36.7 | 36.7 | 36.7 | 12.4 | 55.1 | 96.4 | 96.4 | 96.4 | 71.1 | 67.1 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 |
| NW | 15.4 | 涨潮 | 141.3 | 10.8 | 21.6 | 47.0 | 94.6 | 141.3 | 22.4 | 60.6 | 183.1 | 487.8 | 835.2 | 70.3 | 66.3 | 62.4 | 58.8 | 56.8 |
| | | 落潮 | 144.6 | 10.6 | 26.0 | 51.0 | 100.9 | 144.6 | 17.4 | 72.2 | 194.4 | 502.6 | 821.4 | 70.3 | 66.3 | 62.4 | 58.8 | 56.8 |
| SW | 13.5 | 涨潮 | 109.2 | 11.2 | 14.8 | 37.6 | 74.8 | 109.2 | 22.2 | 35.5 | 143.4 | 379.4 | 654.4 | 70.8 | 66.8 | 62.9 | 59.4 | 57.4 |
| | | 落潮 | 107.2 | 3.0 | 20.2 | 35.4 | 71.1 | 107.2 | 4.8 | 51.8 | 129.5 | 349.6 | 618.4 | 70.8 | 66.8 | 62.9 | 59.4 | 57.4 |
| E | 16.9 | 涨潮 | 77.7 | 7.6 | 24.9 | 48.5 | 77.7 | 77.7 | 13.9 | 66.0 | 160.8 | 316.3 | 316.3 | 69.9 | 65.9 | 45.6 | 抵岸 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 83.7 | 15.9 | 21.8 | 50.2 | 83.7 | 83.7 | 22.9 | 49.3 | 166.0 | 279.6 | 279.6 | 69.9 | 65.9 | 54.8 | 抵岸 | 抵岸 |
| SE | 17.1 | 涨潮 | 32.1 | 10.6 | 32.1 | 32.1 | 32.1 | 32.1 | 21.1 | 85.2 | 85.2 | 85.2 | 85.2 | 69.9 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 36.6 | 12.9 | 36.6 | 36.6 | 36.6 | 36.6 | 26.9 | 86.9 | 86.9 | 86.9 | 86.9 | 69.9 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 |
| SSE | 12.6 | 涨潮 | 30.0 | 9.1 | 18.5 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 14.5 | 47.0 | 75.5 | 75.5 | 75.5 | 71.1 | 67.1 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 |
| | | 落潮 | 31.5 | 8.7 | 22.2 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 17.2 | 56.8 | 76.6 | 76.6 | 76.6 | 71.1 | 67.1 | 抵岸 | 抵岸 | 抵岸 |
| WSW | 11.6 | 涨潮 | 98.4 | 10.2 | 13.9 | 33.2 | 66.5 | 98.4 | 16.7 | 30.5 | 114.1 | 316.0 | 583.3 | 71.4 | 67.4 | 63.5 | 59.9 | 58.0 |
| | | 落潮 | 97.7 | 3.3 | 19.2 | 33.1 | 64.9 | 97.7 | 5.7 | 48.4 | 116.5 | 310.9 | 569.5 | 71.4 | 67.4 | 63.5 | 59.9 | 58.0 |
| NE | 14.6 | 涨潮 | 143.9 | 5.3 | 21.7 | 48.1 | 98.1 | 143.9 | 10.7 | 60.6 | 180.3 | 486.3 | 827.2 | 70.5 | 66.5 | 62.6 | 59.0 | 57.0 |
| | | 落潮 | 148.0 | 15.3 | 20.6 | 47.6 | 99.1 | 148.0 | 33.1 | 60.0 | 184.0 | 509.3 | 882.6 | 70.5 | 66.5 | 62.6 | 59.0 | 57.0 |

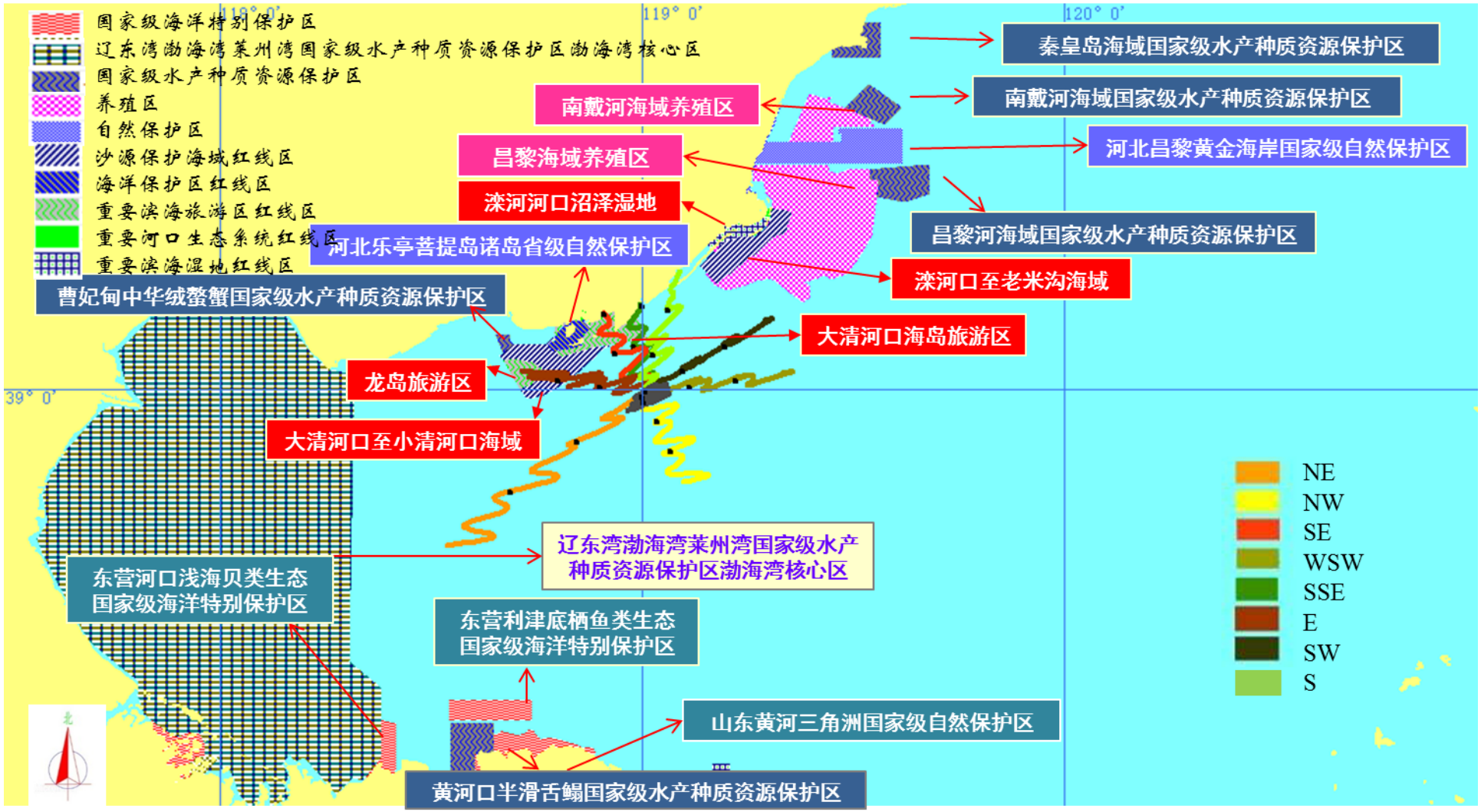



**图 8.3-1　100m$^3$ 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散（涨潮）**

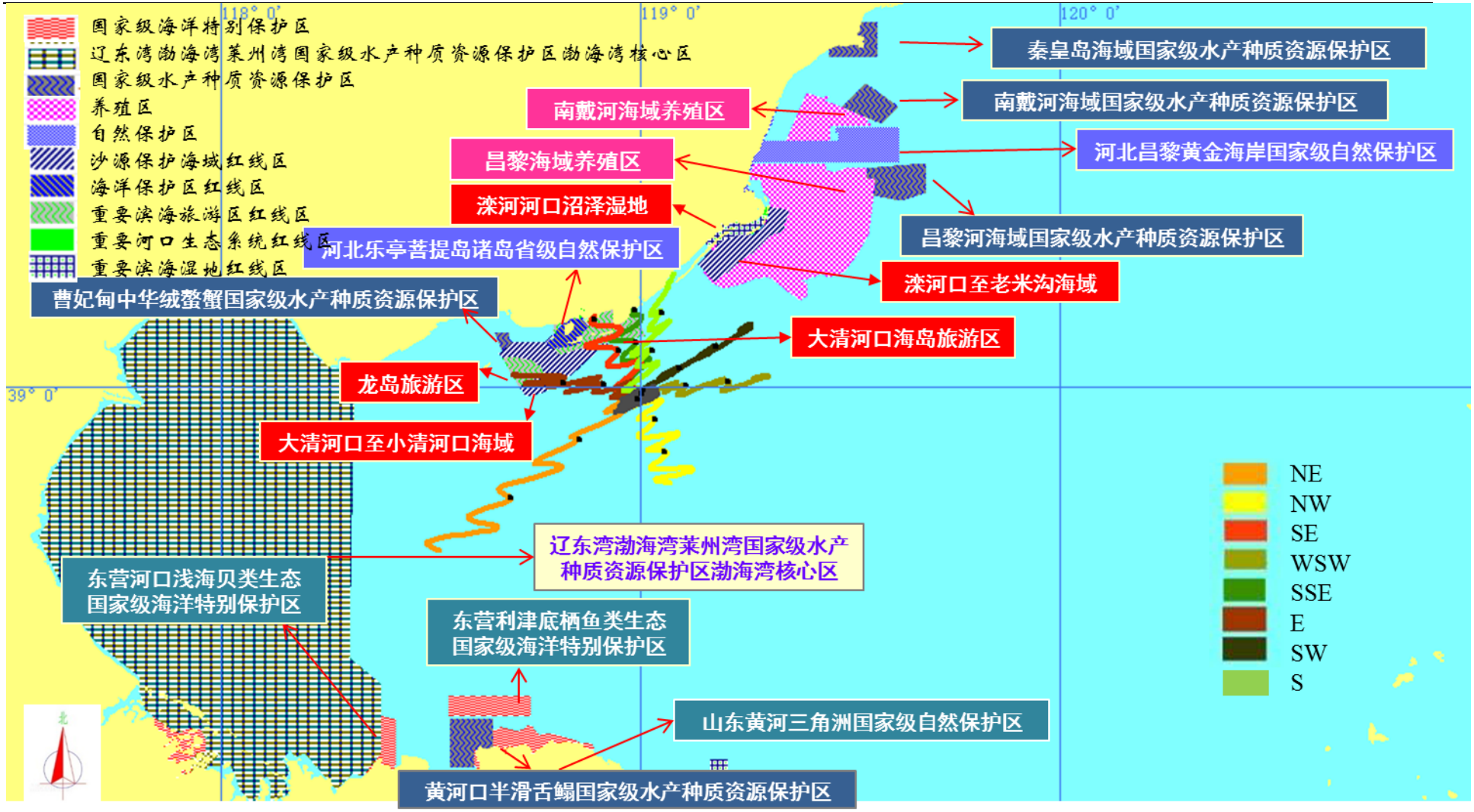



**图 8.3-2　100m$^3$ 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散（落潮）**

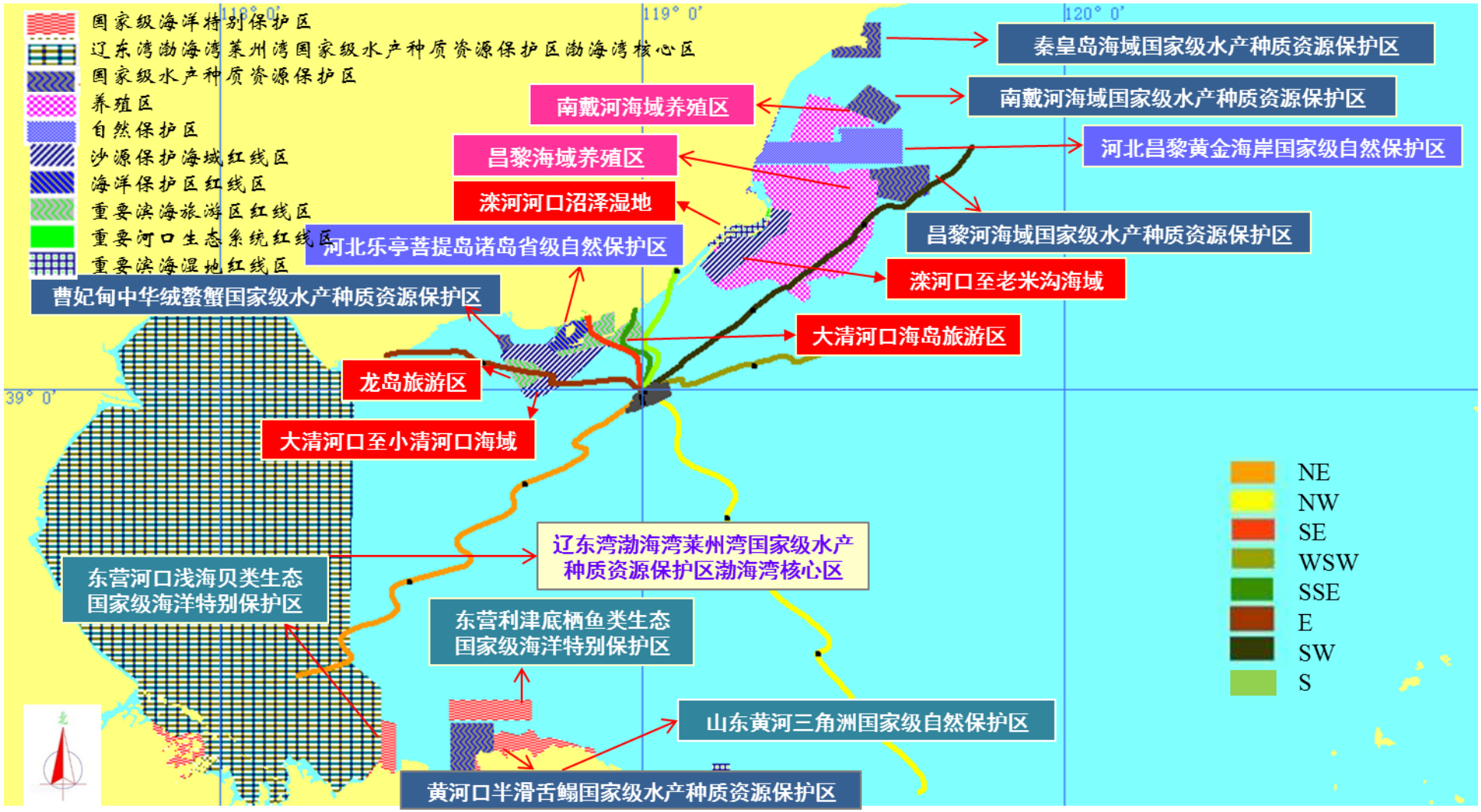



**图 8.3-3　100m$^3$ 溢油 72 小时极大风速各向迁移扩散（涨潮）**

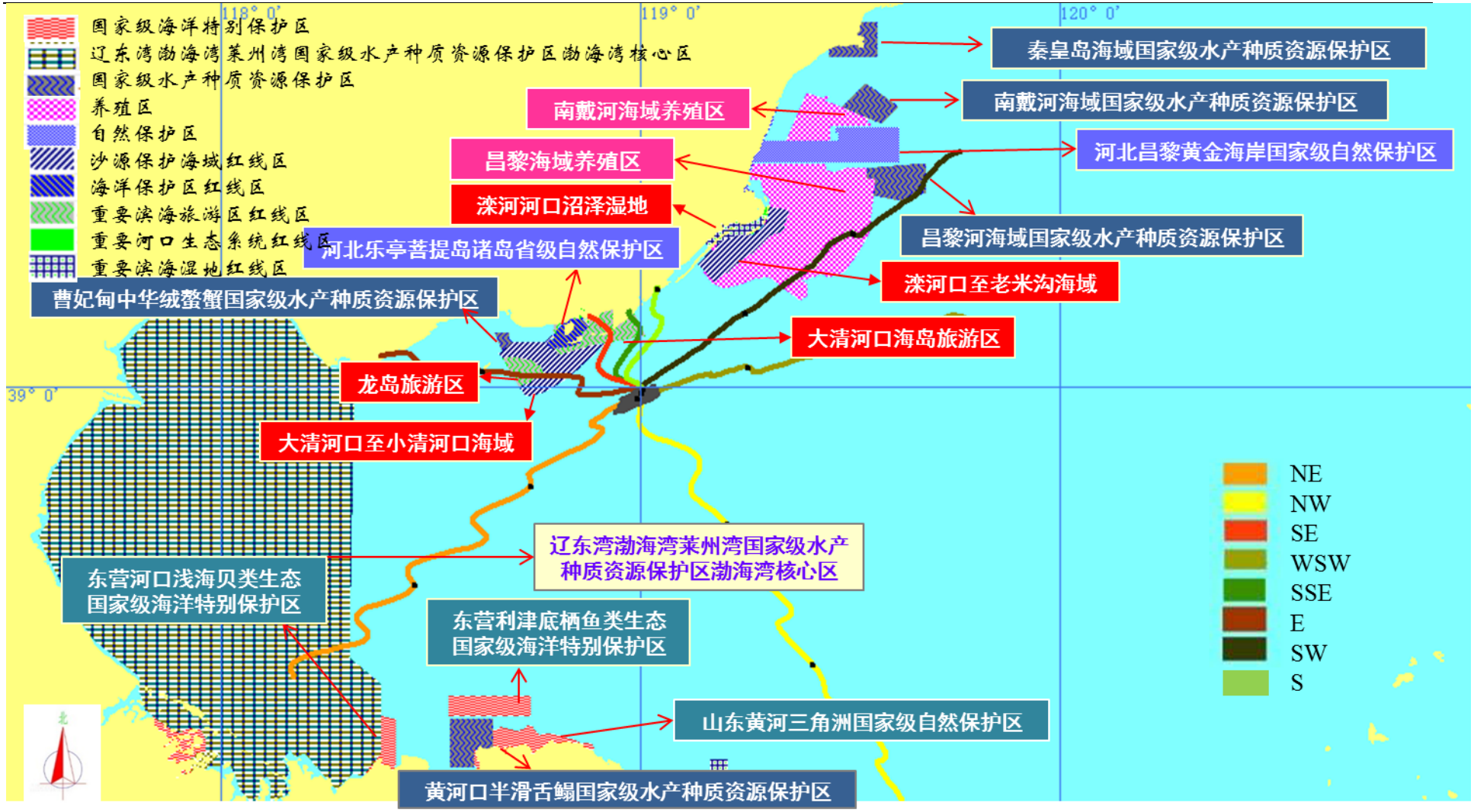



**图 8.3-4　100 $m^3$ 溢油 72 小时极大风速各向迁移扩散（落潮）**

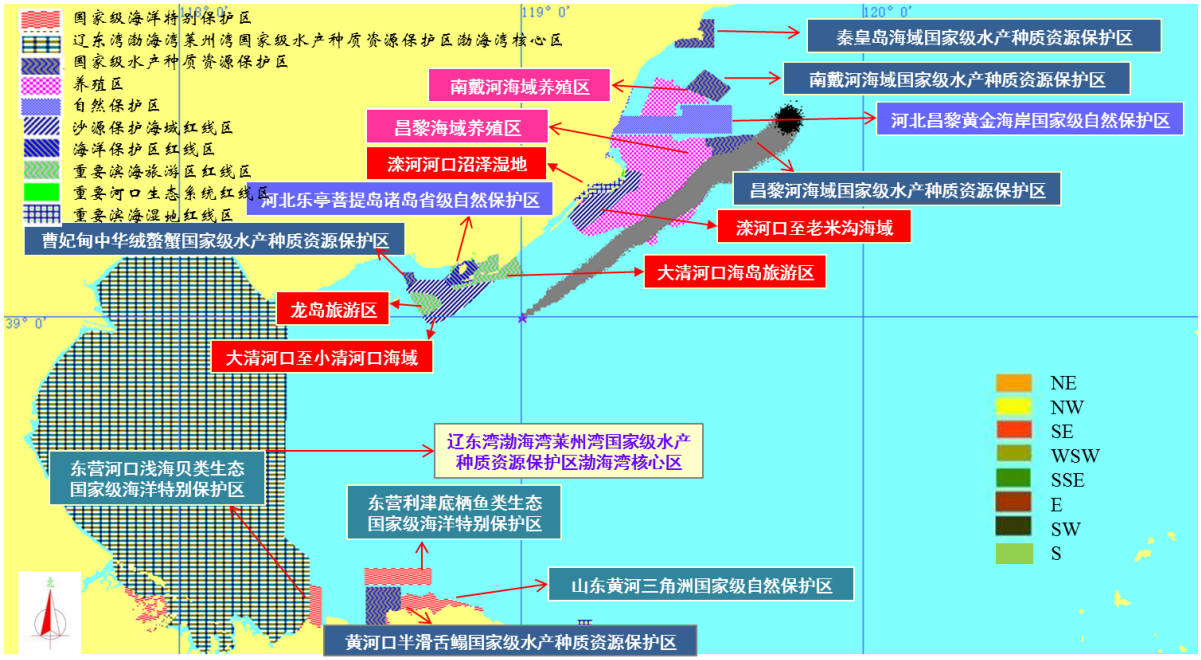



**图 8.3-5　SW 极风涨潮油膜扫海图**

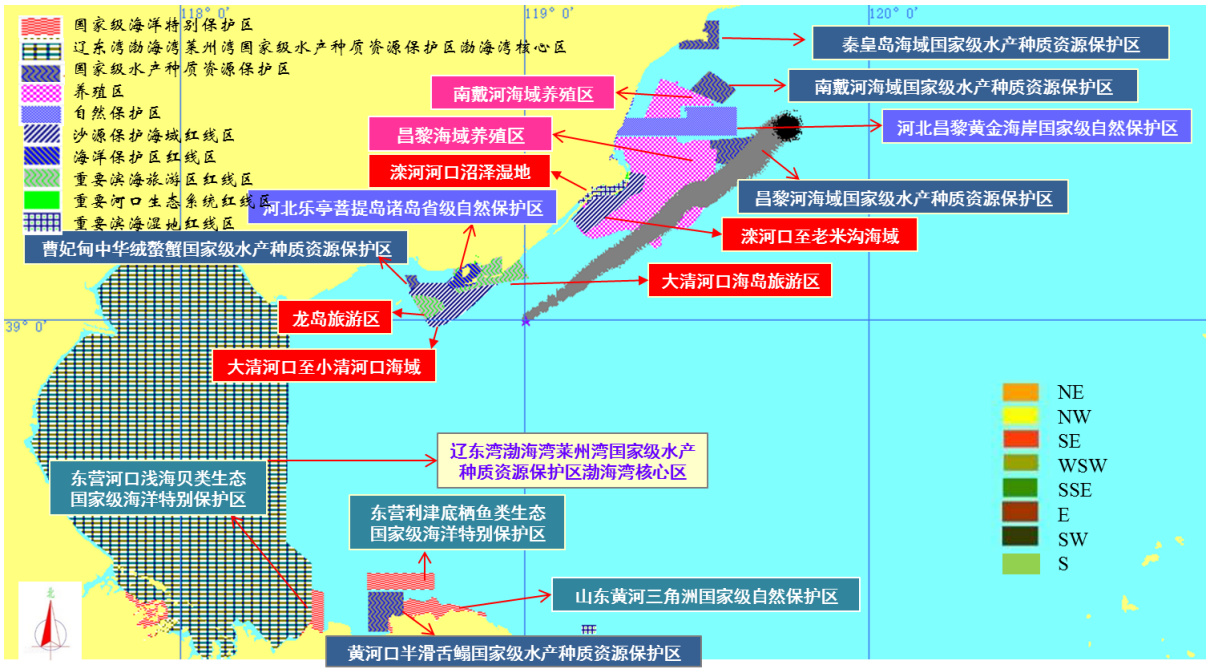



**图 8.3-6　SW 极风落潮油膜扫海图**

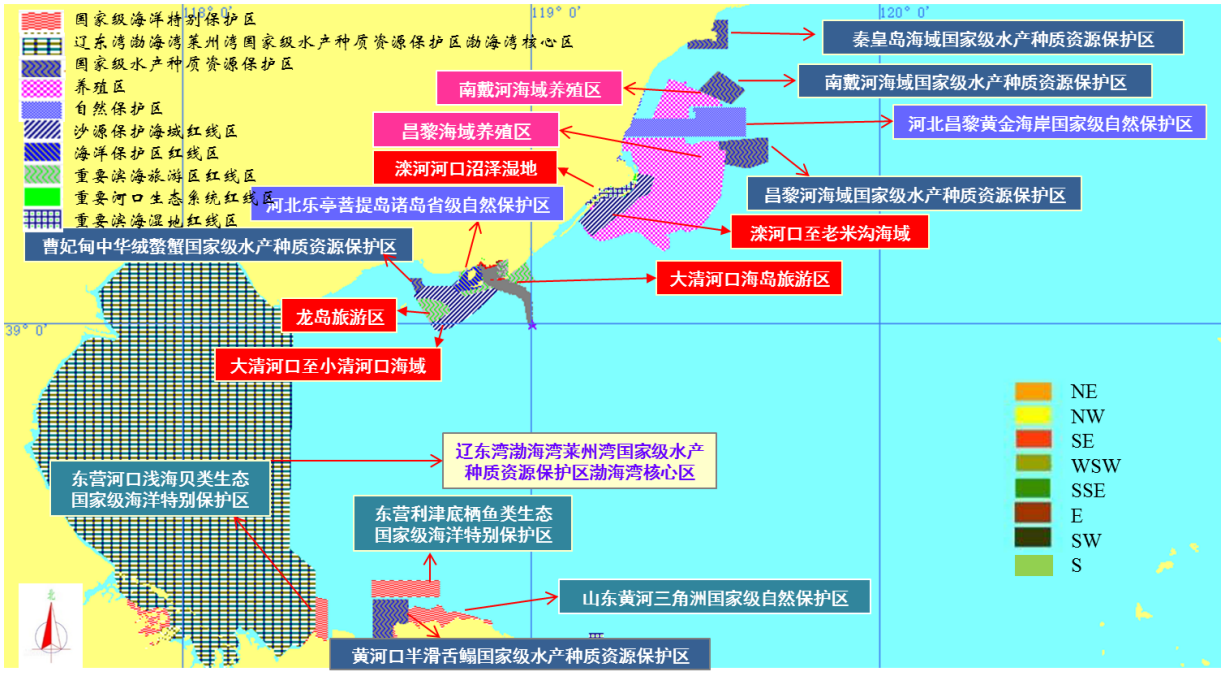



**图 8.3-7　SE 极风涨潮油膜扫海图**

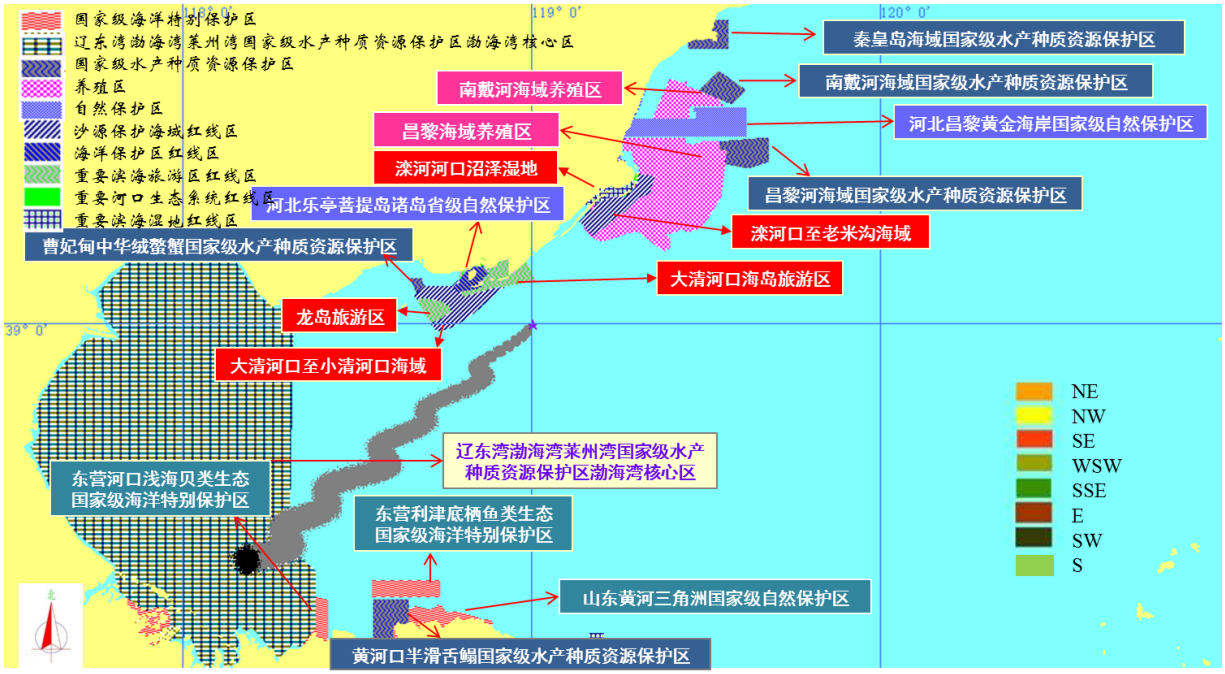



**图 8.3-8　NE 极风涨潮油膜扫海图**

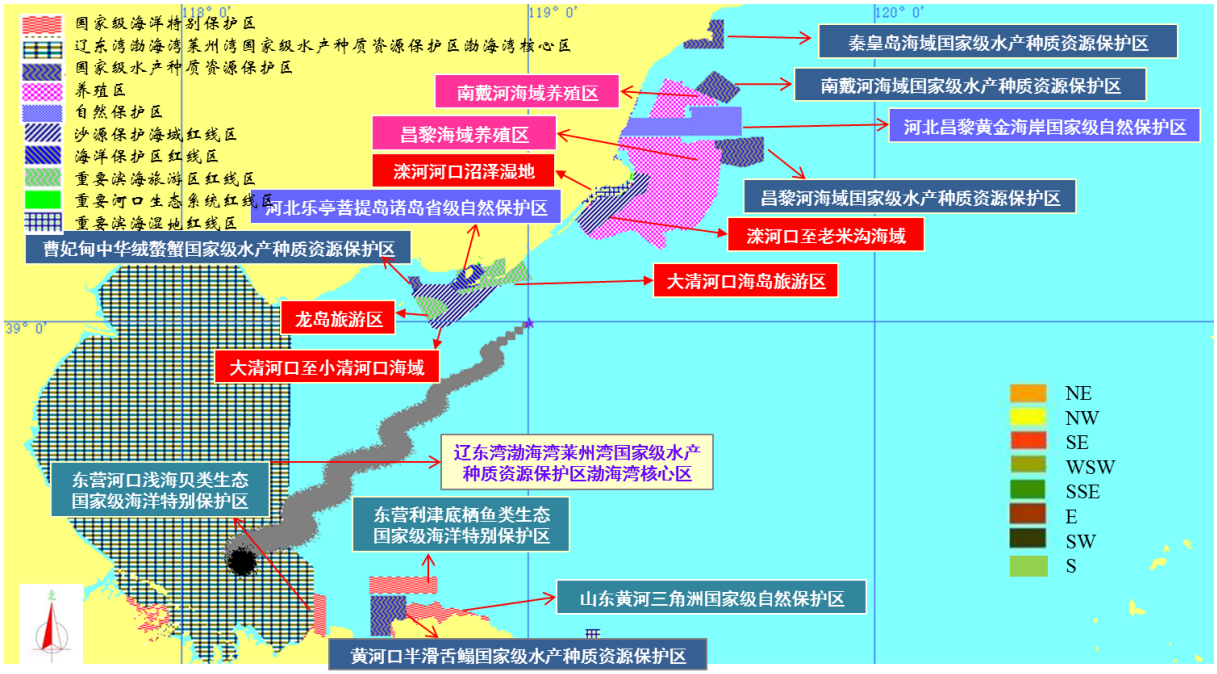



**图 8.3-9　NE 极风落潮油膜扫海图**

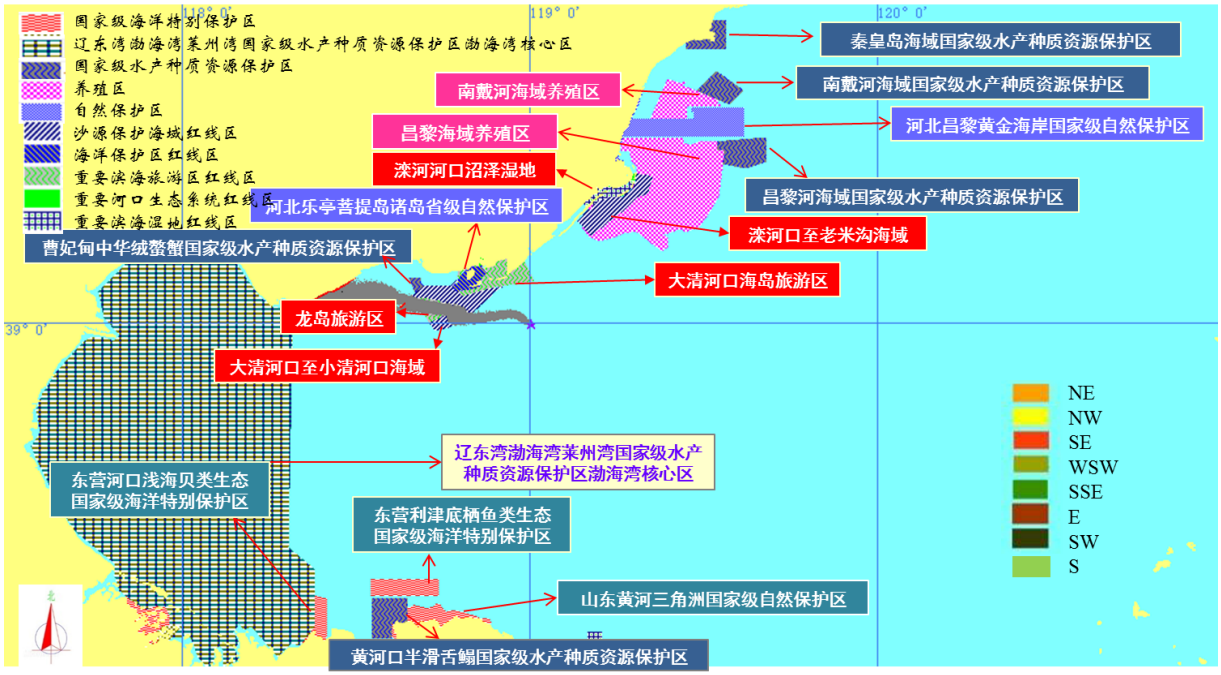



**图 8.3-10　E 极风涨潮油膜扫海图**

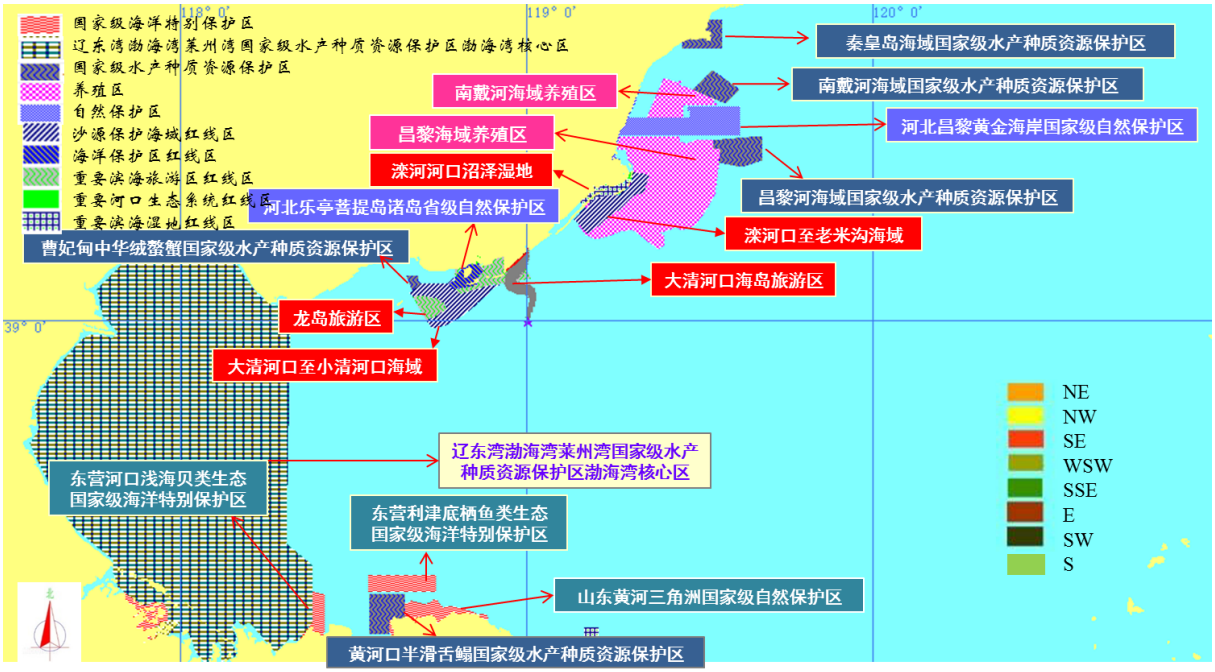



**图 8.3-11　SSE 极风涨潮油膜扫海图**

## 8.3.2 NB35-2CEP 平台作为溢油预测点

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

均风和极风条件下 72 小时内的溢油预测结果如表 8.3-5~8.3-8 与图 8.3-12~8.3-15 所示。海底管线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。

在均风条件下，涨潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 43.8km，扫海面积为 151.5km$^2$，于 40.0 小时抵岸；NW 风向上 72 小时的漂移距离 142.2km，扫海面积为 530.7km$^2$，残余油量为 26.6%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 126.2km，扫海面积为 307.7km$^2$，残余油量为 23.9%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 156.0km，扫海面积为 358.5km$^2$，残余油量为 23.3%；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 47.0km，扫海面积为 167.8km$^2$，于 7.0 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 41.7km，扫海面积为 140.1km$^2$，于 6.5 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 123.0km，扫海面积为 390.5km$^2$，残余油量为 23.8%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 166.4km，扫海面积为 763.8km$^2$，残余油量为 21.0%。

在均风条件下，落潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 57.8km，扫海面积为 132.7km$^2$，于 15.5 小时抵岸；NW 风向上 72 小时的漂移距离 133.2km，扫海面积为 506.9km$^2$，残余油量为 26.6%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 118.2km，扫海面积为 298.9km$^2$，残余油量为 23.9%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 152.7km，扫海面积为 285.1km$^2$，于 14.5 小时抵岸；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 38.2km，扫海面积为 122.6km$^2$，于 11.5 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 35.4km，扫海面积为 106.7km$^2$，于 13.0 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 116.0km，扫海面积为 402.1km$^2$，残余油量为 23.8%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 160.2km，扫海面积为 712.9km$^2$，残余油量为 21.0%。

在极风条件下，涨潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 26.0km，扫海面积为 99.3km$^2$，于 4.0 小时抵岸；NW 风向上 72 小时的漂移距离 161.1km，扫海面积为 1357.5km$^2$，残余油量为 17.5%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 113.6km，扫海面积为 875.0km$^2$，残余油量为 11.5%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 72.1km，扫海面积为 235.0km$^2$，于 22.5 小时抵岸；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 29.8km，扫海面积为 95.9km$^2$，于 3.5 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 24.1km，扫海面积为 95.7km$^2$，于 3.5 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 111.7km，扫海面积为 653.4km$^2$，残余油量为 19.0%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 178.9km，扫海面积为 1234.8km$^2$，残余油量为 17.8%。

在极风条件下，落潮时，若发生溢油，S 风向上 72 小时的漂移距离为 30.4km，扫海面积为 86.8km$^2$，于 8.0 小时抵岸；NW 风向上 72 小时的漂移距离 166.2km，扫海面积为 1328.8km$^2$，残余油量为 17.5%；SW 风向上 72 小时的漂移距离为 115.2km，扫海面积为 855.5km$^2$，残余油量为 24.3%；E 风向上 72 小时的漂移距离为 67.5km，扫海面积为 259.2km$^2$，于 9.5 小时抵岸；SE 风向上 72 小时的漂移距离为 15.8km，扫海面积为 69.2km$^2$，于 4.0 小时抵岸；SSE 风向上 72 小时的漂移距离 24.7km，扫海面积为 76.1km$^2$，于 6.5 小时抵岸；WSW 风向上 72 小时的漂移距离为 112.7km，扫海面积为 668.4km$^2$，残余油量为 19.0%；NE 风向上 72 小时的漂移距离为 172.7km，扫海面积为 1215.6km$^2$，残余油量为 17.8%。

**表 8.3-5　不同风向、均风情况下溢油发生后 72h 溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速（m/s） | 潮汐情况 | 72h 漂移距离（km） | 72h 扫海面积（$km^2$） | 72h 油膜面积（溢油扩散中最大面积，$km^2$） | 首次抵敏感区所需时间（h） | 首次抵敏感区前残余油量（%） | 首次抵岸所需时间（h） | 首次抵岸前残余油量（%） | 72 小时残存油量（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 4.4 | 涨潮 | 43.8 | 151.5 | 11.1 | 4.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>6.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>7.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 45.3<br>42.2<br>41.0 | 8.5 | 40.0 | —— |
| | | 落潮 | 57.8 | 132.7 | 11.0 | 6.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>14.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）] | 42.2<br>35.6 | 15.5 | 35.4 | —— |
| NW | 2.9 | 涨潮 | 142.2 | 530.7 | 10.2 | 5.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）] | 45.0 | —— | —— | 26.6 |
| | | 落潮 | 133.2 | 506.9 | 11.0 | —— | —— | —— | —— | 26.6 |
| SW | 4.7 | 涨潮 | 126.2 | 307.7 | 9.5 | 5.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>12.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区） | 43.2<br>36.7 | —— | —— | 23.9 |
| | | 落潮 | 118.2 | 298.9 | 10.1 | 7.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>55.5（昌黎海域养殖区） | 40.6<br>25.7 | —— | —— | 23.9 |
| E | 4.3 | 涨潮 | 156.0 | 358.5 | 10.4 | 4.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>7.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>18.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区）<br>20.5（曹妃甸中华绒螯蟹国家 | 45.4<br>41.1<br>34.2<br>33.3 | 18.5 | 34.2 | 23.3 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 级水产种质资源保护区） | | | | |
| | | 落潮 | 152.7 | 285.1 | 10.3 | 3.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>7.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>14.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区）<br>38.0（曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区） | 35.8<br>41.1<br>36.0<br>8.4 | 14.5 | 36.0 | —— |
| SE | 5.2 | 涨潮 | 47.0 | 167.8 | 11.1 | 3.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>5.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>6.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 39.8<br>42.6<br>41.2 | 7.0 | 40.6 | —— |
| | | 落潮 | 38.2 | 122.6 | 11.2 | 2.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>6.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>14.5（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 25.1<br>41.2<br>13.2 | 11.5 | 36.8 | —— |
| SSE | 5.2 | 涨潮 | 41.7 | 140.1 | 11.4 | 3.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>4.5[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>6.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 39.8<br>43.5<br>41.2 | 6.5 | 41.2 | —— |
| | | 落潮 | 35.4 | 106.7 | 11.1 | 2.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>5.5[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区） | 25.1<br>41.9 | 13.0 | 35.8 | —— |
| WSW | 4.8 | 涨潮 | 123.0 | 390.5 | 9.8 | 5.5[大清河口至小清河口海 | 42.3 | —— | —— | 23.8 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 域（沙源保护海域红线区）] | | | | |
| | | 落潮 | 116.0 | 402.1 | 10.1 | —— | —— | —— | —— | 23.8 |
| NE | 8.0 | 涨潮 | 166.4 | 763.8 | 10.2 | 4.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）] | 41.1 | —— | —— | 21.0 |
| | | 落潮 | 160.2 | 712.9 | 10.9 | 13.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）] | 32.9 | —— | —— | 21.0 |

**表 8.3-6　不同风向、均风条件下溢油发生后不同时刻溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速 | 潮汐情况 | 最大漂移距离（km） | 漂移距离（km） | | | | | 扫海面积（$km^2$） | | | | | 残存油量（%） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h |
| S | 4.4 | 涨潮 | 43.8 | 9.1 | 23.0 | —— | —— | —— | 26.4 | 66.8 | —— | —— | —— | 42.2 | 37.0 | —— | —— | —— |
| | | 落潮 | 57.8 | 11.9 | 23.1 | 40.4 | —— | —— | 22.8 | 49.1 | 100.4 | —— | —— | 42.2 | 37.0 | 32.0 | —— | —— |
| NW | 2.9 | 涨潮 | 142.2 | 8.9 | 21.7 | 46.3 | 95.1 | 142.2 | 24.2 | 67.1 | 162.9 | 350.9 | 530.7 | 44.4 | 39.3 | 34.3 | 29.4 | 26.6 |
| | | 落潮 | 133.2 | 11.5 | 23.2 | 44.3 | 89.5 | 133.2 | 29.3 | 68.0 | 141.7 | 324.0 | 506.9 | 44.4 | 39.3 | 34.3 | 29.4 | 26.6 |
| SW | 4.7 | 涨潮 | 126.2 | 8.2 | 22.0 | 44.9 | 88.9 | 126.2 | 19.1 | 49.4 | 97.8 | 197.3 | 307.7 | 41.8 | 36.7 | 31.7 | 26.8 | 23.9 |
| | | 落潮 | 118.2 | 12.4 | 23.7 | 43.6 | 84.1 | 118.2 | 20.8 | 47.5 | 80.4 | 183.5 | 298.9 | 41.8 | 36.7 | 31.7 | 26.8 | 23.9 |
| E | 4.3 | 涨潮 | 156.0 | 10.3 | 22.6 | 49.1 | 105.2 | 156.0 | 22.8 | 49.4 | 115.6 | 231.5 | 358.5 | 42.3 | 37.1 | 32.1 | 26.0 | 23.3 |
| | | 落潮 | 152.7 | 10.5 | 23.2 | 47.2 | 101.9 | 152.7 | 19.3 | 48.7 | 105.2 | 201.6 | 285.1 | 42.3 | 37.1 | 30.0 | 4.0 | 3.1 |
| SE | 5.2 | 涨潮 | 47.0 | 10.3 | 23.6 | —— | —— | —— | 31.0 | 70.4 | —— | —— | —— | 41.2 | 34.4 | —— | —— | —— |
| | | 落潮 | 38.2 | 11.2 | 23.0 | —— | —— | —— | 24.6 | 61.9 | —— | —— | —— | 41.2 | 35.8 | —— | —— | —— |
| SSE | 5.2 | 涨潮 | 41.7 | 9.8 | 23.6 | —— | —— | —— | 31.3 | 71.9 | —— | —— | —— | 41.2 | 33.9 | —— | —— | —— |
| | | 落潮 | 35.4 | 11.7 | 22.5 | —— | —— | —— | 25.8 | 58.6 | —— | —— | —— | 41.2 | 36.1 | —— | —— | —— |
| WSW | 4.8 | 涨潮 | 123.0 | 8.0 | 21.5 | 44.2 | 86.6 | 123.0 | 19.3 | 51.6 | 120.1 | 258.3 | 390.5 | 41.7 | 36.6 | 31.6 | 26.6 | 23.8 |
| | | 落潮 | 116.0 | 12.4 | 23.9 | 43.5 | 82.8 | 116.0 | 23.4 | 57.2 | 110.5 | 255.1 | 402.1 | 41.7 | 36.6 | 31.6 | 26.6 | 23.8 |
| NE | 8.0 | 涨潮 | 166.4 | 11.3 | 23.4 | 51.8 | 109.1 | 166.4 | 25.4 | 72.9 | 193.2 | 448.7 | 763.8 | 38.9 | 33.8 | 28.8 | 23.9 | 21.0 |
| | | 落潮 | 160.2 | 10.1 | 22.7 | 47.7 | 103.4 | 160.2 | 29.3 | 59.8 | 148.5 | 404.1 | 712.9 | 38.9 | 33.8 | 28.8 | 23.9 | 21.0 |

**表 8.3-7　不同风向、极风情况下溢油发生后 72h 溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速（m/s） | 潮汐情况 | 72h 漂移距离（km） | 72h 扫海面积（$km^2$） | 72h 油膜面积（溢油扩散中最大面积，$km^2$） | 首次抵敏感区所需时间（h） | 首次抵敏感区前残余油量（%） | 首次抵岸所需时间（h） | 首次抵岸前残余油量（%） | 72 小时残存油量（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | 4.4 | 涨潮 | 26.0 | 99.3 | 11.3 | 2.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>5.5（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 27.2<br>33.1 | 4.0 | 35.6 | —— |
| | | 落潮 | 30.4 | 86.8 | 10.3 | 1.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>3.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区） | 18.1<br>31.5 | 8.0 | 34.8 | —— |
| NW | 2.9 | 涨潮 | 161.1 | 1357.5 | 12.7 | —— | —— | —— | —— | 17.5 |
| | | 落潮 | 166.2 | 1328.8 | 12.3 | —— | —— | —— | —— | 17.5 |
| SW | 4.7 | 涨潮 | 113.6 | 875.0 | 11.5 | 4.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>5.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>23.0（昌黎海域养殖区）<br>32.0 [滦河口至老米沟海域（沙源保护海域红线区）]<br>57.0（河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区）<br>57.5（昌黎海域国家级水产种质资源保护区） | 39.2<br>37.5<br>26.2<br>23.9<br>12.5<br>12.5 | —— | —— | 11.5 |
| | | 落潮 | 115.2 | 855.5 | 10.9 | 4.5[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）]<br>18.5（昌黎海域养殖区） | 38.3<br>27.8<br>27.6<br>24.5 | —— | —— | 24.3 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 19.0 [滦河口至老米沟海域（沙源保护海域红线区）]<br>29.5[滦河河口沼泽湿地（重要滨海旅游区红线区）]<br>52.5（昌黎海域国家级水产种质资源保护区） | 20.3 | | | |
| E | 4.3 | 涨潮 | 72.1 | 235.0 | 12.3 | 2.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>4.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>5.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区）<br>6.5（曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区） | 26.2<br>38.0<br>36.3<br>34.3 | 22.5 | 25.3 | —— |
| | | 落潮 | 67.5 | 259.2 | 10.2 | 1.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>6.5[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>10.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区）<br>12.0（曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区） | 12.8<br>34.3<br>30.5<br>11.7 | 9.5 | 31.8 | —— |
| SE | 5.2 | 涨潮 | 29.8 | 95.9 | 11.1 | 1.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>2.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>4.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 17.5<br>21.9<br>37.8 | 3.5 | 30.2 | —— |
| | | 落潮 | 15.8 | 69.2 | 9.8 | 1.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>2.5[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区） | 12.8<br>26.1 | 4.0 | 34.1 | —— |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SSE | 5.2 | 涨潮 | 24.1 | 95.7 | 10.7 | 2.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）<br>5.0（河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区） | 22.7<br>36.4 | 3.5 | 31.5 | —— |
| | | 落潮 | 24.7 | 76.1 | 9.6 | 1.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>3.0[大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区） | 18.1<br>31.5 | 6.5 | 36.5 | —— |
| WSW | 4.8 | 涨潮 | 111.7 | 653.4 | 10.8 | —— | —— | —— | —— | 19.0 |
| | | 落潮 | 112.7 | 668.4 | 10.1 | 40.5（昌黎海域养殖区） | 23.0 | —— | —— | 19.0 |
| NE | 8.0 | 涨潮 | 178.9 | 1234.8 | 11.8 | 4.5[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>46.0（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） | 37.9<br>20.9 | —— | —— | 17.8 |
| | | 落潮 | 172.7 | 1215.6 | 10.8 | 14.0[大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）]<br>51.0（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） | 29.4<br>20.1 | —— | —— | 17.8 |

**表 8.3-8　不同风向、极风条件下溢油发生后不同时刻溢油漂移距离（km）与扫海面积（$km^2$）**

| 风向 | 风速 | 潮汐情况 | 最大漂移距离（km） | 漂移距离（km） | | | | | 扫海面积（$km^2$） | | | | | 残存油量（%） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h | 6h | 12h | 24h | 48h | 72h |
| S | 4.4 | 涨潮 | 26.0 | 11.2 | —— | —— | —— | —— | 48.8 | —— | —— | —— | —— | 32.1 | —— | —— | —— | —— |
| | | 落潮 | 30.4 | 14.4 | —— | —— | —— | —— | 45.7 | —— | —— | —— | —— | 36.5 | —— | —— | —— | —— |
| NW | 2.9 | 涨潮 | 161.1 | 12.1 | 28.1 | 56.7 | 111.5 | 161.1 | 67.4 | 178.9 | 442.0 | 923.4 | 1357.5 | 35.4 | 30.2 | 25.2 | 20.3 | 17.5 |
| | | 落潮 | 166.2 | 15.0 | 30.2 | 57.7 | 114.8 | 166.2 | 72.4 | 177.4 | 389.4 | 894.0 | 1328.8 | 35.4 | 30.2 | 25.2 | 20.3 | 17.5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SW | 4.7 | 涨潮 | 113.6 | 7.9 | 24.7 | 42.4 | 78.7 | 113.6 | 29.4 | 90.6 | 191.5 | 498.6 | 875.0 | 36.1 | 30.9 | 25.9 | 13.3 | 11.5 |
| | | 落潮 | 115.2 | 15.7 | 26.2 | 42.9 | 80.5 | 115.2 | 29.3 | 68.3 | 152.0 | 477.3 | 855.5 | 36.1 | 30.9 | 25.9 | 20.9 | 18.1 |
| E | 4.3 | 涨潮 | 72.1 | 16.0 | 27.0 | 60.5 | —— | —— | 41.8 | 86.6 | 218.6 | —— | —— | 34.9 | 29.7 | 23.9 | —— | —— |
| | | 落潮 | 67.5 | 9.9 | —— | —— | —— | —— | 26.2 | —— | —— | —— | —— | 34.9 | —— | —— | —— | —— |
| SE | 5.2 | 涨潮 | 29.8 | 15.5 | —— | —— | —— | —— | 55.5 | —— | —— | —— | —— | 13.3 | —— | —— | —— | —— |
| | | 落潮 | 15.8 | 12.9 | —— | —— | —— | —— | 53.2 | —— | —— | —— | —— | 27.2 | —— | —— | —— | —— |
| SSE | 5.2 | 涨潮 | 24.1 | 12.5 | —— | —— | —— | —— | 54.9 | —— | —— | —— | —— | 26.3 | —— | —— | —— | —— |
| | | 落潮 | 24.7 | 13.4 | —— | —— | —— | —— | 47.3 | —— | —— | —— | —— | 36.5 | —— | —— | —— | —— |
| WSW | 4.8 | 涨潮 | 111.7 | 7.3 | 22.5 | 43.8 | 80.1 | 111.7 | 21.4 | 71.3 | 170.2 | 394.3 | 653.4 | 36.9 | 31.8 | 26.8 | 21.8 | 19.0 |
| | | 落潮 | 112.7 | 14.7 | 26.8 | 44.8 | 80.2 | 112.7 | 26.2 | 70.9 | 158.7 | 392.2 | 668.4 | 36.9 | 31.8 | 26.8 | 21.8 | 19.0 |
| NE | 8.0 | 涨潮 | 178.9 | 14.1 | 27.0 | 59.9 | 122.4 | 178.9 | 37.0 | 103.7 | 281.9 | 726.3 | 1234.8 | 35.7 | 30.5 | 25.5 | 20.6 | 17.8 |
| | | 落潮 | 172.7 | 10.2 | 24.0 | 52.3 | 114.8 | 172.7 | 41.3 | 89.9 | 236.7 | 697.1 | 1215.6 | 35.7 | 30.5 | 25.5 | 20.6 | 17.8 |

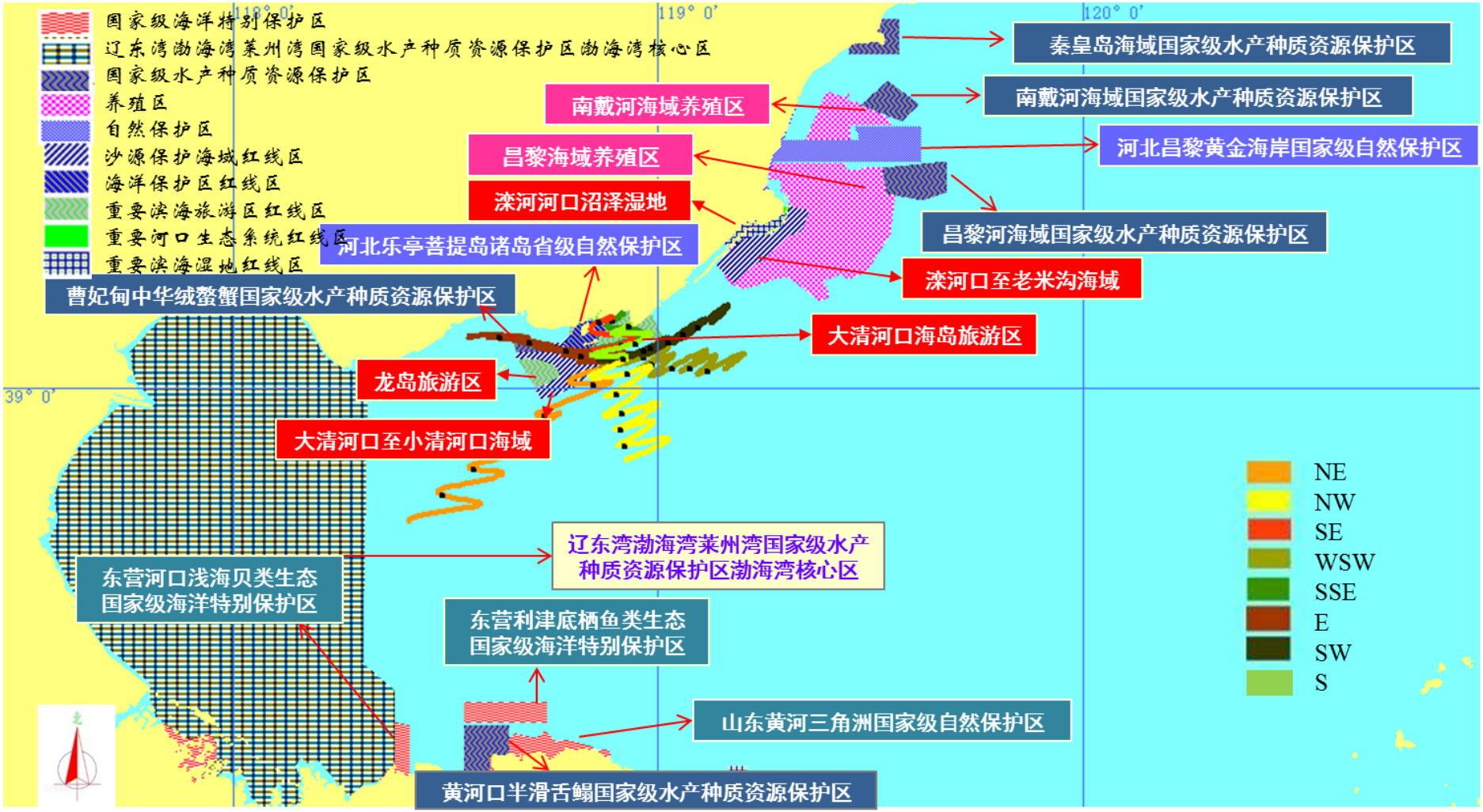



**图 8.3-12　100m³ 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散（涨潮）**

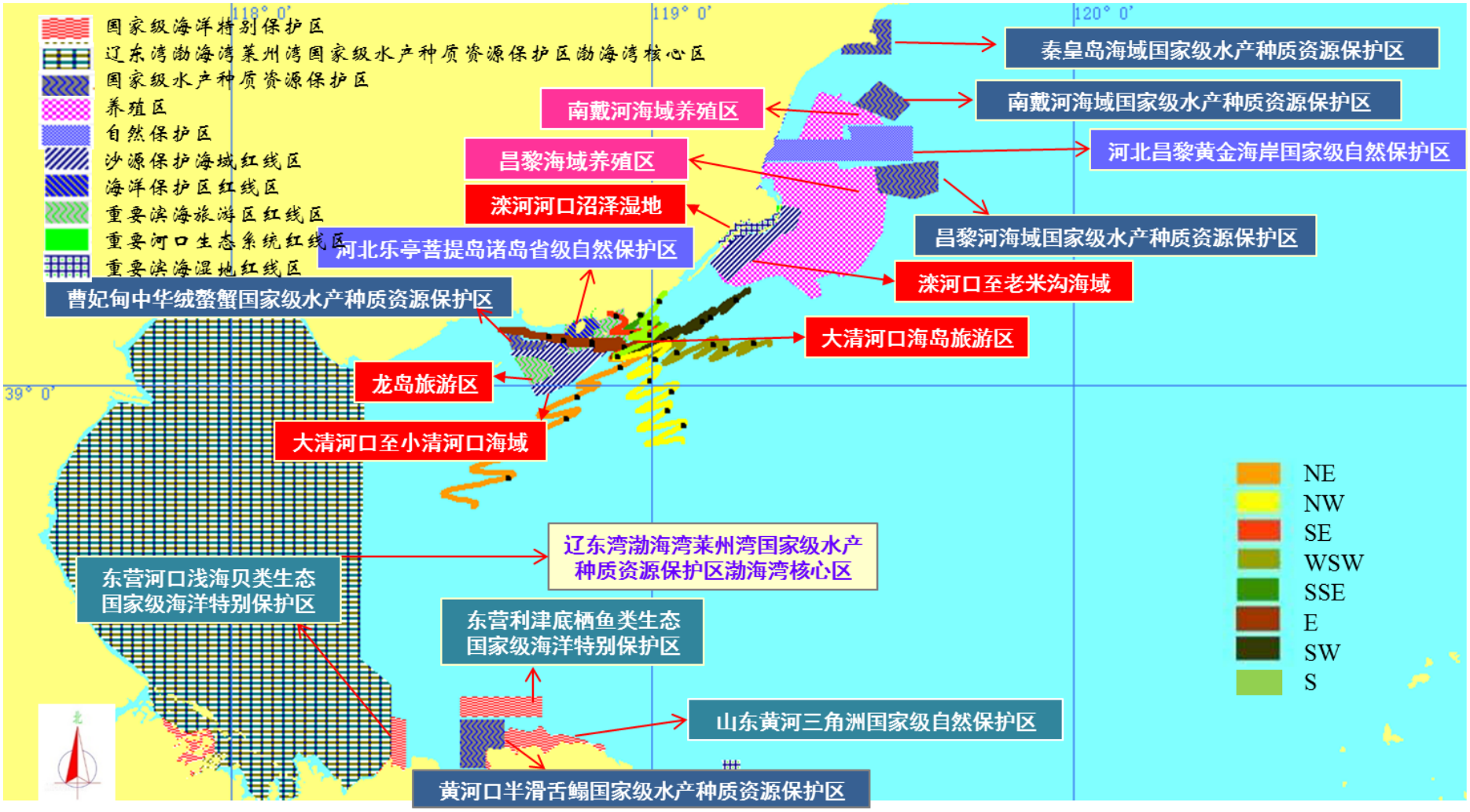



**图 8.3-13　100m³ 溢油 72 小时年均风速各向迁移扩散（落潮）**

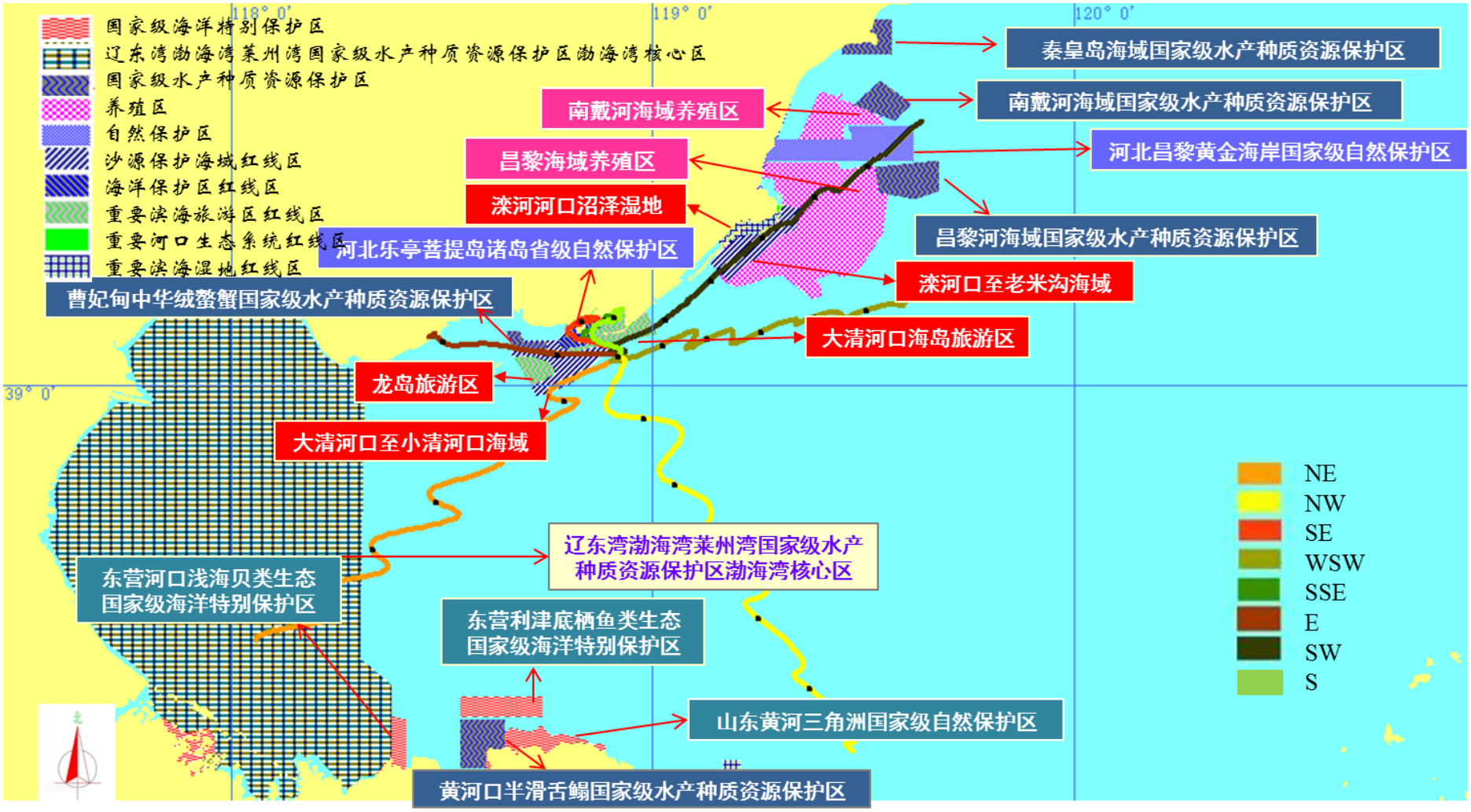



**图 8.3-14　100m³ 溢油 72 小时极大风速各向迁移扩散（涨潮）**

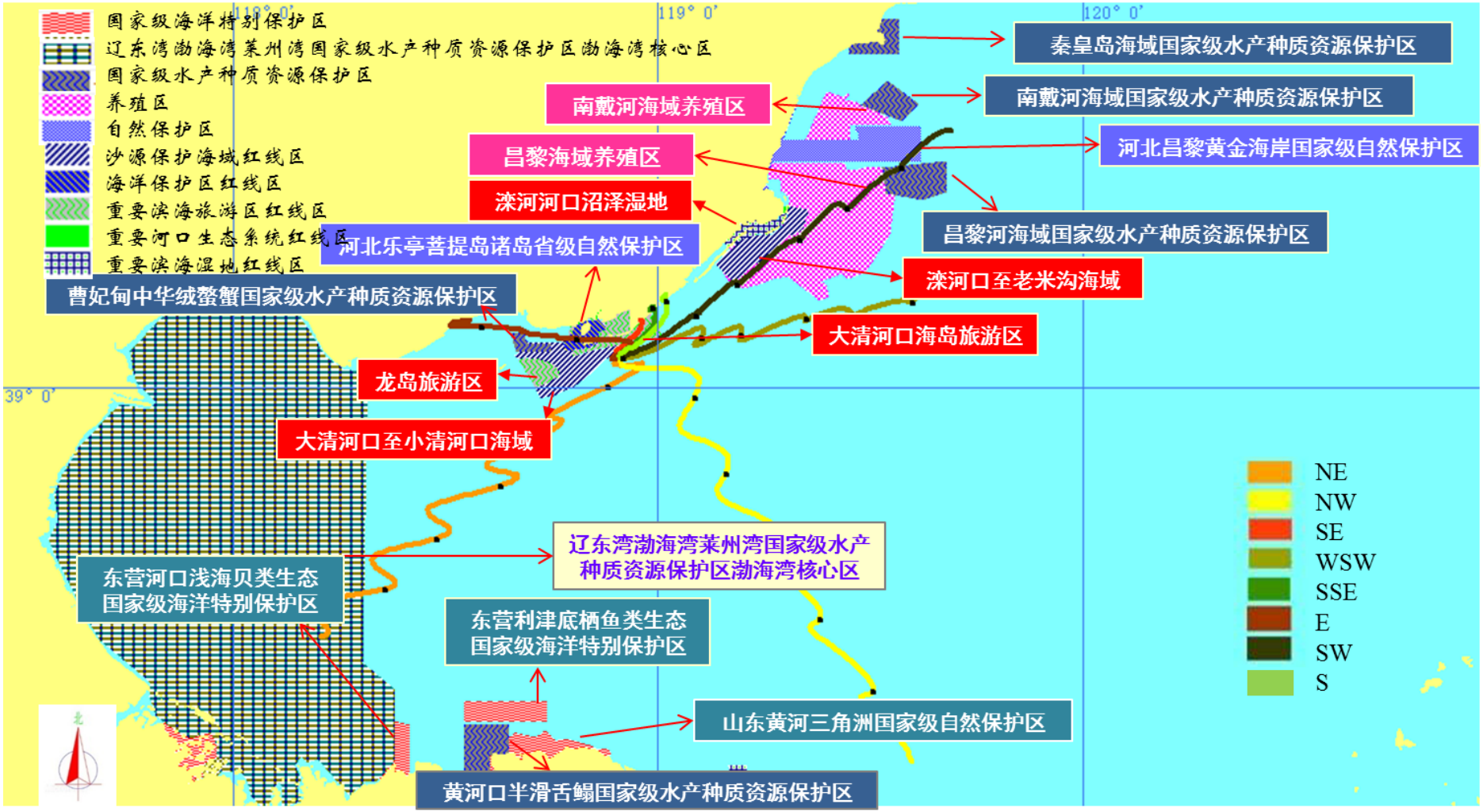



**图 8.3-15　100m³ 溢油 72 小时极大风速各向迁移扩散（落潮）**

## 8.4 事故后果分析

### 8.4.1 溢油抵达敏感区时间及分析

无论油膜是否抵达岸边，都会对海洋环境以及渔业产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。研究表明，一旦溢油到达敏感区域会对敏感区域对造成很大损害，敏感区域生态环境将历经几到十几年才能恢复：湿地生态系统的恢复需要约 15 年时间，砂质海滨生态的恢复需要约 3 年时间。

对于本工程溢油事故而言，环境敏感区主要包括河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区、河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区和昌黎海域国家级水产种质资源保护区、辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区渤海湾核心区等，一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将会抵达敏感区并造成严重污染，在平台建设和海管生产运营过程中，应加强管理，杜绝事故的发生。本项目需配备足够的溢油应急反应设施，并保持高效、可用性，使溢油在抵达附近环境敏感区域之前得以有效控制、回收。

本项目可能影响到的敏感目标见表 8.4-1。工程位于洄游性鱼类产卵场和白姑鱼产卵场中，一旦发生溢油事故将即刻抵达，抵达大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）的最短时间为 1.0 小时，抵达大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）的最短时间为 2.0 小时，抵达河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区的最短时间为 4.0 小时，抵达曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区的最短时间为 6.5 小时，抵达龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）的最短时间为 13.0 小时，抵达昌黎海域养殖区的最短时间为 18.5 小时，抵达昌黎海域国家级水产种质资源保护区的最短时间为 52.5 小时，抵达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的最短时间为 46.0 小时。

**表 8.4-1　CFD6-4CEPA 平台作为溢油点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（%） |
|---|---|---|---|
| 洄游性鱼类产卵场 | 即刻抵达 | | |
| 白姑鱼产卵场 | 即刻抵达 | | |
| 大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区） | 均风 E 涨潮、落潮<br>极风 E 涨潮、落潮 | 9.5 | 63.4 |
| 龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区） | 均风 E 涨潮、落潮<br>极风 E 涨潮、落潮 | 13.0 | 61.8 |
| 大清河口海岛旅游区 | 均风 SSE 涨潮、落潮 | 9.0 | 64.9 |

| 敏感目标 | 不利条件 | 到达时间（h） | 残余油量（%） |
|---|---|---|---|
| （重要滨海旅游区红线区） | 极风 S 涨潮<br>极风 SSE 涨潮、落潮 | | |
| 昌黎海域养殖区 | 极风 SW 涨潮、落潮 | 30.0 | 61.7 |
| 昌黎海域国家级水产种质资源保护区 | 极风 SW 涨潮、落潮 | 60.0 | 58.2 |
| 河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区 | 极风 SE 涨潮 | 11.0 | 36.1 |
| 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 NE 涨潮、落潮 | 60.0 | 57.9 |

**表 8.4-2　NB35-2CEP 平台作为溢油点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（%） |
|---|---|---|---|
| 洄游性鱼类产卵场 | 即刻抵达 | | |
| 白姑鱼产卵场 | 即刻抵达 | | |
| 大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区） | 均风 S、E、SE、SSE、NE 涨潮、落潮<br>均风 NW、SW、WSW 涨潮<br>极风 S、E、SE、SSE、NE 涨潮、落潮<br>极风 SW 涨潮 | 1.0 | 34.1 |
| 大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区） | 均风 S、SW、E、SE、SSE 涨潮、落潮<br>极风 S、SW、E、SE、SSE 涨潮、落潮 | 2.0 | 30.2 |
| 滦河口至老米沟海域（沙源保护海域红线区） | 极风 SW 涨潮、落潮 | 19.0 | 27.6 |
| 滦河河口沼泽湿地（重要滨海旅游区红线区） | 极风 SW 落潮 | 29.5 | 24.5 |
| 昌黎海域养殖区 | 均风 SW 落潮<br>极风 SW 涨潮、落潮<br>极风 WSW 落潮 | 18.5 | 27.8 |
| 曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区 | 均风 E 涨潮、落潮<br>极风 E 涨潮、落潮 | 6.5 | 34.3 |
| 昌黎海域国家级水产种质资源保护区 | 极风 SW 涨潮、落潮 | 52.5 | 20.3 |
| 河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区 | 均风 S、SSE 涨潮<br>均风 E、SE 涨潮、落潮<br>极风 S、SE、SSE 涨潮<br>极风 E 涨潮、落潮 | 4.0 | 37.8 |
| 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 NE 涨潮、落潮 | 46.0 | 20.9 |

### 8.4.2 溢油对《河北省海洋生态红线》影响分析

本工程与《河北省海洋生态红线》位置关系见图 8.4-1。

本工程溢油事故对《河北省海洋生态红线》中的敏感目标可能的影响见表 8.4-3 和

8.4-4。工程溢油抵达大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）的最短时间为 1.0 小时，抵达大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）的最短时间为 2.0 小时，抵达河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区的最短时间为 4.0 小时，抵达龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）的最短时间为 13.0 小时，抵达滦河口至老米沟海域（沙源保护海域红线区）的最短时间为 19.0 小时，抵达滦河河口沼泽湿地（重要滨海旅游区红线区）的最短时间为 29.5 小时。

**表 8.4-3　CFD6-4CEPA 平台作为溢油点对《河北省海洋生态红线》敏感目标影响**

| 《河北省海洋生态红线》敏感目标 | 不利条件 | 到达时间（h） | 残余油量（%） |
|---|---|---|---|
| 大清河口至小清河口海域（编号“9-4”） | 均风 E 涨潮、落潮<br>极风 E 涨潮、落潮 | 9.5 | 63.4 |
| 龙岛旅游区（“编号 7-5”） | 均风 E 涨潮、落潮<br>极风 E 涨潮、落潮 | 13.0 | 61.8 |
| 大清河口海岛旅游区（编号“7-4”） | 均风 SSE 涨潮、落潮<br>极风 S 涨潮<br>极风 SSE 涨潮、落潮 | 9.0 | 64.9 |
| 河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区（编号“2-2”） | 极风 SE 涨潮 | 11.0 | 36.1 |

**表 8.4-4　NB35-2CEP 平台作为溢油点《河北省海洋生态红线》敏感目标影响**

| 敏感目标 | 不利条件 | 到达时间（h） | 残余油量（%） |
|---|---|---|---|
| 大清河口至小清河口海域（编号“9-4”） | 均风 S、E、SE、SSE、NE 涨潮、落潮<br>均风 NW、SW、WSW 涨潮<br>极风 S、E、SE、SSE、NE 涨潮、落潮<br>极风 SW 涨潮 | 1.0 | 34.1 |
| 大清河口海岛旅游区（编号“7-4”） | 均风 S、SW、E、SE、SSE 涨潮、落潮<br>极风 S、SW、E、SE、SSE 涨潮、落潮 | 2.0 | 30.2 |
| 滦河口至老米沟海域（编号“9-3”） | 极风 SW 涨潮、落潮 | 19.0 | 27.6 |
| 滦河河口沼泽湿地（“编号 4-1”） | 极风 SW 落潮 | 29.5 | 24.5 |
| 河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区（编号“2-2”） | 均风 S、SSE 涨潮<br>均风 E、SE 涨潮、落潮<br>极风 S、SE、SSE 涨潮<br>极风 E 涨潮、落潮 | 4.0 | 37.8 |

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，在平台建设和海管生产运营过程中，应加强管理，杜绝事故的发生。本项目需配备足够的溢油应急反应设施，并保持高效、可用性，使溢油在抵达附近环境敏感区域之前得以有效控制、回收。

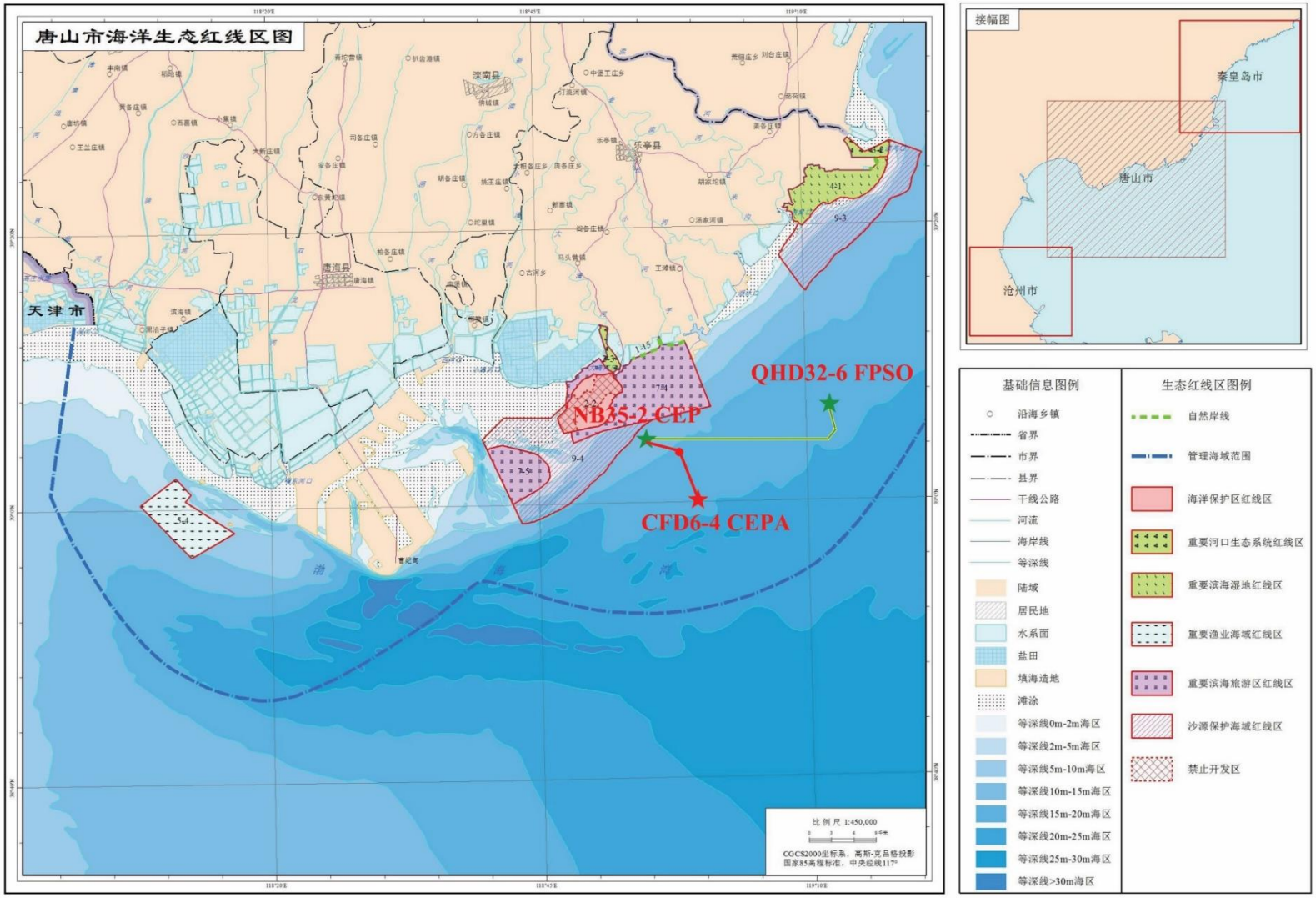



**图 8.4-1 工程与河北省海洋生态红线区位置关系图**

### 8.4.3 溢油环境影响分析与评价

石油对海洋生物的直接危害一般以溶解状态、乳化状态、吸附和沉降状态等为主，其中以溶解状态毒害最大。溢油对海洋生物的影响包括物理作用和化学毒害两个方面。物理作用包括油品黏附覆盖于生物体表，导致生物丧失或减弱活动能力，堵塞生物的呼吸和进水系统，吸附悬浮物沉降而导致生物幼体失去合适的附着基质等。石油对海洋生物的化学毒害分为两类一类是大量的原油造成的急性中毒；另一类是长期的低浓度石油的毒性效应（于桂峰，2007）。

#### 8.4.3.1 对浮游生物的影响

（1）浮游植物

海面溢油直接粘附于浮游植物细胞上，导致浮游植物在强光等不利因素的作用下很快死亡。在溢油海域中，大量石油漂浮在水面使表层水体产生一层油膜，从而阻断了水体与大气的气体交换，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，致使一些海藻的抱子失去了合适的附着基质，浮游植物的繁殖会受到不利影响。石油对某些浮游植物种类有加速繁殖的作用，该类浮游植物可利用石油中的碳、氢等元素，从而加速了细胞的分裂速度，使溢油海域浮游植物群落的多样性指数降低，优势度增高，为赤潮的形成埋下隐患。溢油的处理过程中，经常使用到的消油剂在沉降过程中可能对浮游植物造成影响，造成浮游植物沉降。多环芳香烃碳氢化合物是最常见的石油团块的基本成分之一，其分子量很大，是石油成分中对海洋生态系统破坏性最大的化合物之一，多环芳香烃碳氢化合物能够在浮游植物的组织和器官中聚集起来，缓慢而长期地实施其毒性。由此导致，溢油发生的海域浮游植物的种类数量和细胞数量将大幅度降低。

（2）浮游动物

当石油烃浓度较高时，其急性毒性影响可导致浮游动物在短期内死亡。当石油烃浓度较低时，石油烃可降低浮游动物的运动能力和摄食率，抑制浮游动物的趋化性，降低或阻抑其生殖行为，影响其正常生理功能，降低生长率。浮游动物在海洋中处于被动的游动状态，会被漂浮于海面的粘稠的溢油紧紧粘住，从而失去自由活动能力，最后随油物质一起沉入海底或冲上海滩[2]。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[3]。以浮游植物为饵料的浮游动物，会由于浮游植物数量的减少而减少。浮游动物被许多经济性生物所食，浮游动物的群落结构、数量特征的变动，不仅直接影响着海洋渔业资源，而且石油的有毒成分可以通过生物富集和食物链传递，最终危害人类健康。浮游生物的生产力约占海洋生态系统总生产力的 95%，浮游生物受到损害，就从根本上动摇了海洋生物“大厦”的基础（张计涛，2007）。

#### 8.4.3.2 对游泳生物的影响

石油黏附于海洋鱼类、甲壳类、头足类和爬行类游泳动物体表后，可能堵塞游泳动物的呼吸系统，导致游泳动物窒息而亡。大型哺乳动物体表黏上溢油后，虽然经过一段时间自己可以清除掉，但是如果摄入体内，会损害其内脏功能。溢油对鱼类的损害尤为严重，其中又以鱼卵和幼体为甚，鱼卵和幼体对石油污染的毒性敏感程度要比成熟个体高约 100 倍（张计涛，2007）。溢油对鱼类的直接损害包括：如果污染事故发生在鱼类的产卵或孵化场，由于油的覆盖和毒害，鱼卵和幼体会被杀死；性成熟的鱼，当产卵洄游到严重油污、地理位置较窄、浅水和水交换不良处，也会被杀死；产卵场或孵化场受到严重油污，将影响鱼的怀卵数量和产卵行为，种群繁衍可能受到伤害；无脊椎动物由于逃离溢油现场的速度较鱼类慢，因此其受溢油的损害更大。油污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。溢油对甲壳动物的毒性大小与生物种类、发育阶段、油品种类等有关，对幼虫的毒性一般高于成体，炼制油的毒性一般高于原油（Wirtza K W，2007）。因溢油污染使水域中大量的饵料生物浮游动、植物等数量减少，由此破坏了游泳生物的幼体及部分成体赖以生存的饵料基础，食物链网传递能量脱节，致使高营养级生物量下降，造成区域生态失衡。油污干扰了游泳生物正常的生理、生化机能，从而会引起病变。近些年，鱼虾贝类病害时有发生，造成了很大经济损失，水质恶化是造成病害的重要原因之一，而石油污染又是造成水质恶化的重要原因之一。石油污染物在相当长的一段时间持续影响水域生态环境，使游泳生物产生回避反应，继而使一些种类被迫改变生活习性，影响种群正常洄游、繁殖、索饵、分布，从而导致事故海域在一段时间内渔业功能衰退。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类受伤害程度轻，若发

生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

#### 8.4.3.3 对底栖生物的影响

石油溢出后，相当一部分石油污染衍生物质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蛹同样会丧生，即使活下来的也不能再食用。被石油污染过的牡蛞有一股浓浓的石油味，这股味道可以存在一个多月之久。棘皮动物对海水中的任何物质都有敏感性，对石油污染更是如此。大量观测结果表明石油污染对海星和海胆等棘皮动物的潜在威胁很大。

#### 8.4.3.4 对微生物的影响

海洋微生物在海洋生态系统中占有重要地位，它不仅是分解者，积极参与污染物质净化和物质循环，而且也是许多海洋生物的饵料。许多细菌是能运动的，它们具有化学感受器，对化学物质有正的或负的趋化性，而石油能抑制细菌的化学感受器的感受力。Griffiths 等人对原油对北极亚海洋沉积物中微生物酶系长期影响的试验结果表明，受污染微生物的磷酸酯酶、壳二糖酶、纤维素酶、昆布多糖酶的活性明显降低，而一淀粉酶、藻烷酸酶的活性增强。据试验，Ippm 的新鲜的 Cook 原油明显降低了微生物对氮的固定、反硝化率及氧化还原电位，提高了 $CO_2$ 和 $CH_4$ 的生长率。而风化的原油除没有降低反硝化率外，对微生物的代谢活性的影响与新鲜原油相似。

#### 8.4.3.5 对生态过程的影响

海面溢油阻断了水体与大气的气体交换，从而直接影响了浮游植物、底栖植物进行的光合作用；溢油污染造成海域浮游植物、底栖植物的种类、数量急剧减少，导致事故海域所进行的光合作用生态过程整体减弱；溢油污染对海域浮游生物、游泳生物及底栖生物损害的同时，也减弱了海域生态系统中的呼吸作用；生物泵作用是浮游生物、游泳生物及底栖生物共同实现的碳从海洋表层向深层转移的生态过程，溢油污染对海洋生物

的损害，必然会影响海洋生态系统的生物泵作用；溢油污染将会严重影响微生物的趋化能力、酶的活性及代谢活性，也必然会影响海洋生态系统的分解作用；溢油污染对海洋生物的损害是普遍性的，对这些海洋生物的损害是难免的，因而对生态系统钙化作用的影响也同样难免；溢油污染对海洋底栖动物会产生巨大的威胁，底栖动物中的底内动物种群在海洋基质中的钻空和摄食活动将会减弱，生物扰动过程将受到削弱；硝化作用、反硝化作用和固氮作用等共同组成的海洋中的氮循环过程，以及生物转移、生物吸收、生物转化等生态过程，是海洋生态系统内浮游生物、游泳生物及底栖生物中各组分、各不同的食物链营养级之间相互协作，共同完成的生态过程。溢油对海洋生物的损害，必将会影响这些生态过程的实现，削弱生态过程的效果。

## 8.5 地质性溢油风险分析与评价

本节内容引自建设单位编制的《曹妃甸 6-4 油田总体开发方案地质性溢油风险分析》专题报告，包括断裂特征、油藏类型、油田压力、地质性溢油风险和防范措施等内容。

### 8.5.1 断裂特征

曹妃甸 6-4 油田位于石臼坨凸起西段石南一号大断层下降盘陡坡带，东侧紧邻渤中凹陷西生油次洼，成藏位置非常有利。

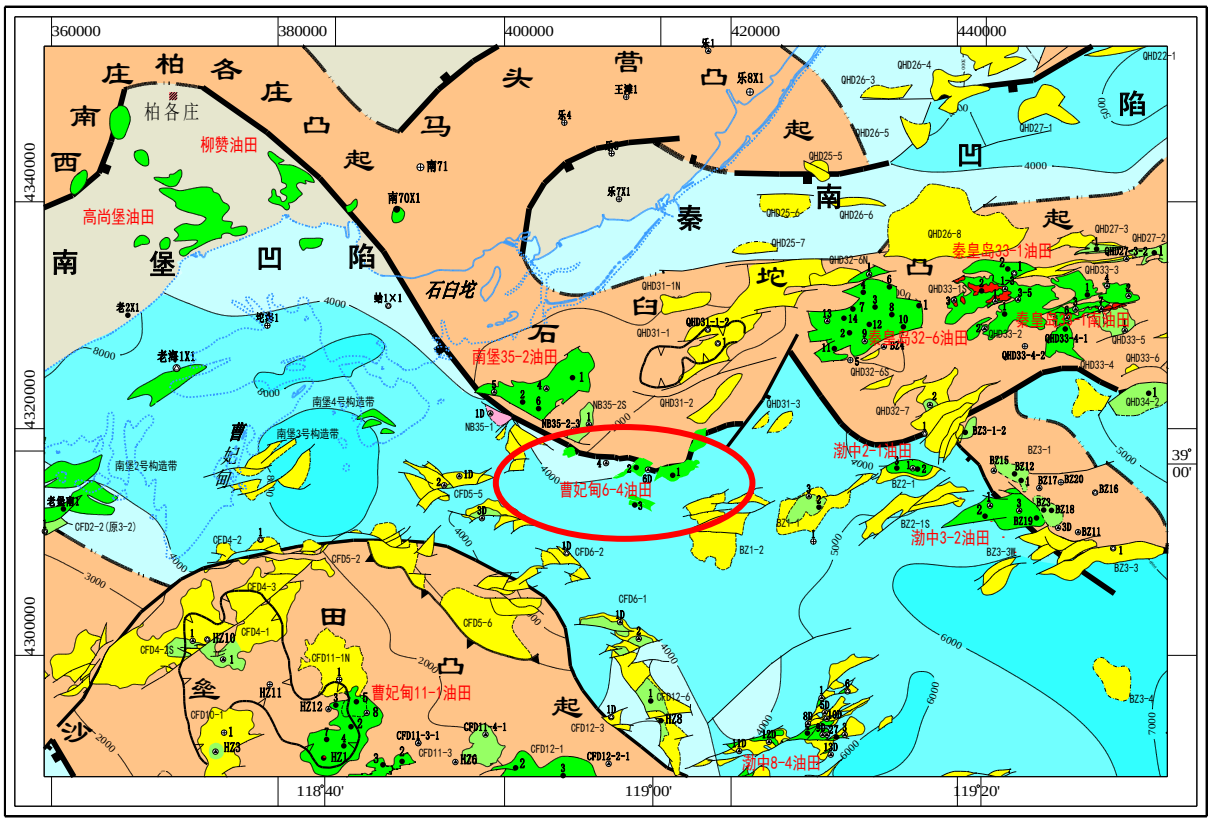



**图 8.5-1 曹妃甸 6-4 油田构造位置图**

曹妃甸 6-4 构造受控于北东向右旋走滑应力和北西向左旋走滑应力的双重控制，断裂比较发育。依据现有的三维地震资料，在研究区范围内共解释出 100 多条断层，均为正断层 。将研究区范围内断层按活动期次和规模可分为四类。第一类为石南一号边界断层，第二类为长期活动断层，第三类为早期活动断层，第三类为晚期活动断层。以下选取部分主要断层进行描述：

石南一号边界断层（F01）：断层长期活动，断至基底。受北东、北西两组走滑应力的作用，石南一号边界断层在研究区内具有分段性，东段为北东走向，中段为两组应力的交汇区，西段为北西走向，延伸较长，大于 23km，控制全区的构造形成和演化、沉积、油气运移，同时控制圈闭的整体形态。

长期活动断层（F10、F18、F28、F30、F34、F46）：发育时期早，活动时间长，断至基底，延伸长度 3～9km，垂直断距 100m 以上，控制圈闭的形成和演化，有沟通油源的作用。其中 F30 和 F34 为二台阶断层，将曹妃甸 6-4 构造分隔成为陡坡带和断阶带，F10 和 F18 将陡坡带进一步分割成多个具有断鼻背景的复杂断块。

早期活动断层（F02～F09、F11～F14、F16～F17、F19～F27、F29、F31～F33、F35～F37、F40～F41、F43、F47～F54）：发育时期早，活动时间短，主要控制古近系圈闭的

形成，多为北东和北西走向，延伸长度 1～8km 之间。

晚期活动断层（F15、F38～F39、F42、F44～F45、F55～F60）：发育时期晚，多为北东走向，延伸长度 1～6km 之间。主要控制新近系圈闭的形成，并使新近系圈闭复杂化，同时对新近系油气运聚和再分配起一定控制作用。

### 8.5.2 油藏类型

曹妃甸 6-4 油田位于石臼坨凸起西段石南一号大断层下降盘陡坡带，东南侧紧邻渤中凹陷西生油次洼，成藏条件非常有利。通过油源对比分析研究认为该油田原油为成熟油，油品好，来源于渤中西次洼沙河街组烃源岩。该区长期活动大断层沟通了深部油源，油气沿主断裂向上运移，在深层圈闭中聚集成藏；派生的次级断层对油气进行二次分配，沿着优势输导层和次级断层向上和横向运移，在浅层圈闭中聚集成藏，为近源晚期快速成藏。

新近系明化镇组下段整体构造较为平缓，纵向上，油层主要分布在Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ油组，且存在多套流体系统，平面上，油层主要分布在 5D、7 井区，测井解释油层累计厚度 31.4～39.1m，油层单层厚度薄，横向变化快。油藏类型为岩性-构造油藏和岩性油藏，油藏埋深海拔-1115.0～-1585.0m，埋深较浅，为中浅层油藏。

新近系馆陶组整体构造较为平缓，纵向上，油层主要分布在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ油组，且存在多套流体系统，平面上，油层主要分布在 1、2、5D 井区，测井解释油层累计厚度 2.8～47.8m，储层厚度大，横向分布稳定。油藏类型主要为层状构造油藏，油藏埋深海拔-1680.0～-1912.5m，埋深较浅，为中浅层油藏。

古近系东营组断裂系统发育，各井区由石南一号边界断层控制，受断层分割成多个具有断鼻背景的断块构造。纵向上，油层在东二下段和东三段集中分布，且存在多套流体系统；平面上，东二下段油层主要分布在 1、3 井区，测井解释油层累计厚度 4.7～31.8m，东三段油层主要分布在 1、3、5D 井区，测井解释累计油层厚度 31.5～146.1m。东二下段油藏类型主要为层状构造油藏，1 井区油藏埋深海拔-2380.0～-2555.7m，3 井区油藏埋深海拔较深，为-3210.0～-3229.9m。东三段油藏类型主要为岩性-构造油藏、构造油藏，油藏埋深海拔-2880.0～-3276.0m。

油藏剖面见图 8.5-2～图 8.5-6。

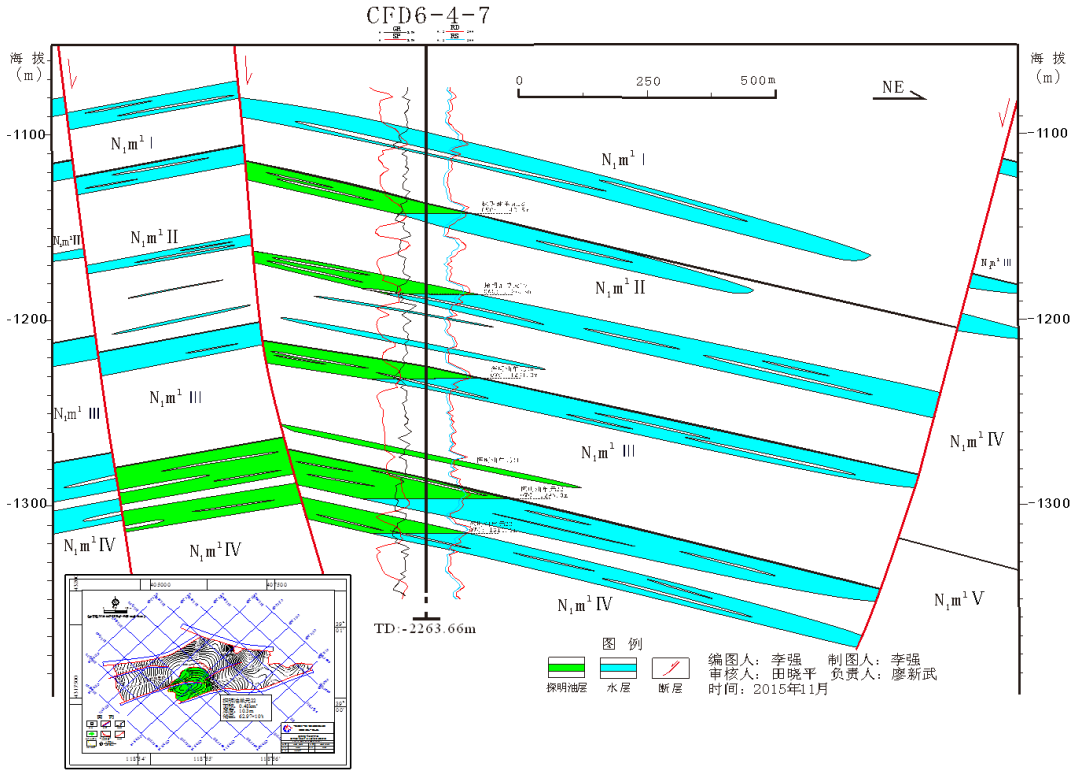



**图 8.5-2　曹妃甸 6-4 油田过 CFD6-4-7 井明下段油藏剖面图**

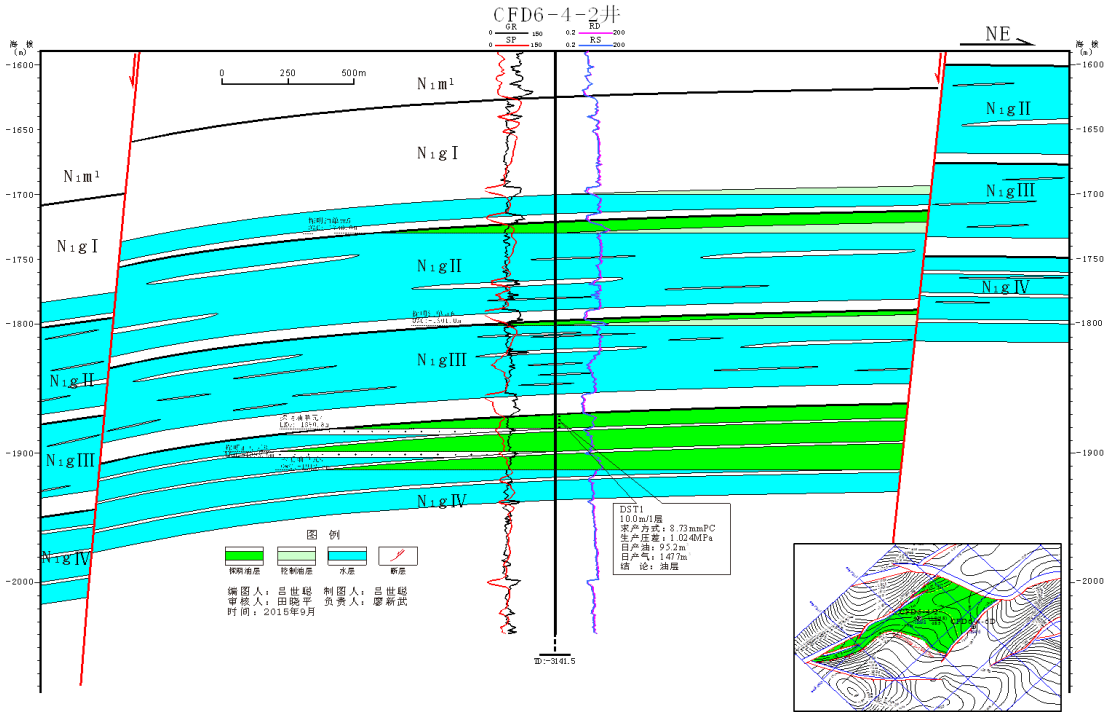



**图 8.5-3　曹妃甸 6-4 油田过 CFD6-4-2 井馆陶组油藏剖面图**

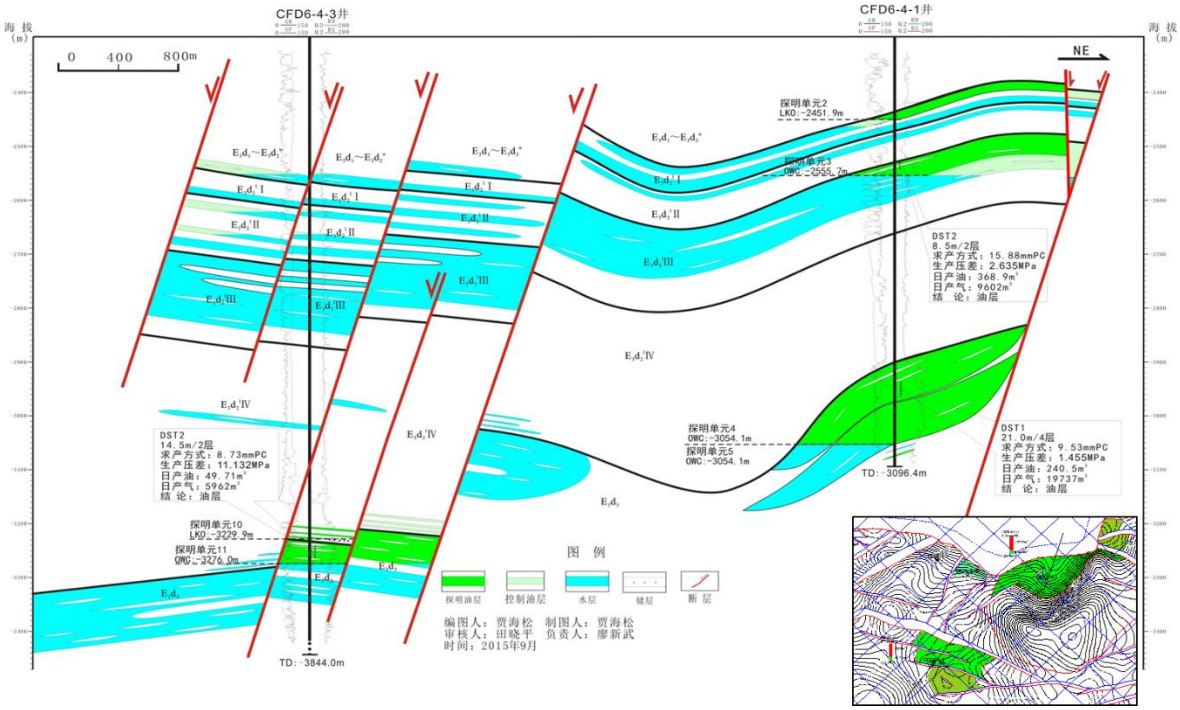



**图 8.5-4　曹妃甸 6-4 油田过 CFD6-4-3～CFD6-4-1 井东营组油藏剖面图**

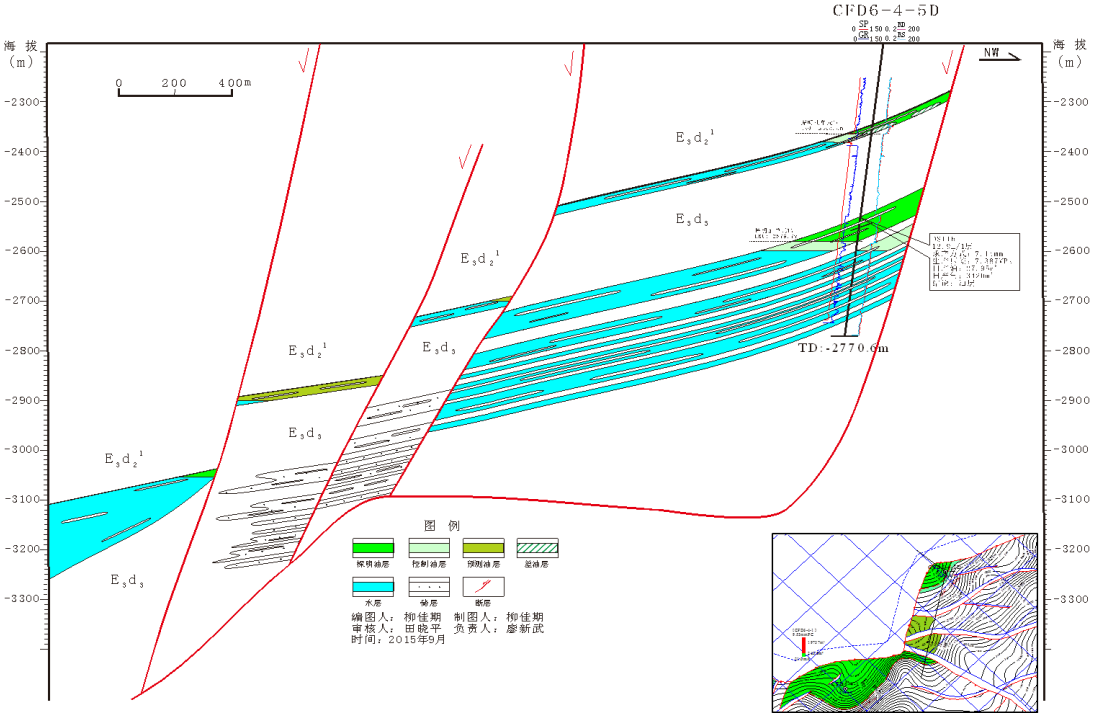



**图 8.5-5　曹妃甸 6-4 油田过 CFD6-4-5D 井东三段油藏剖面图**

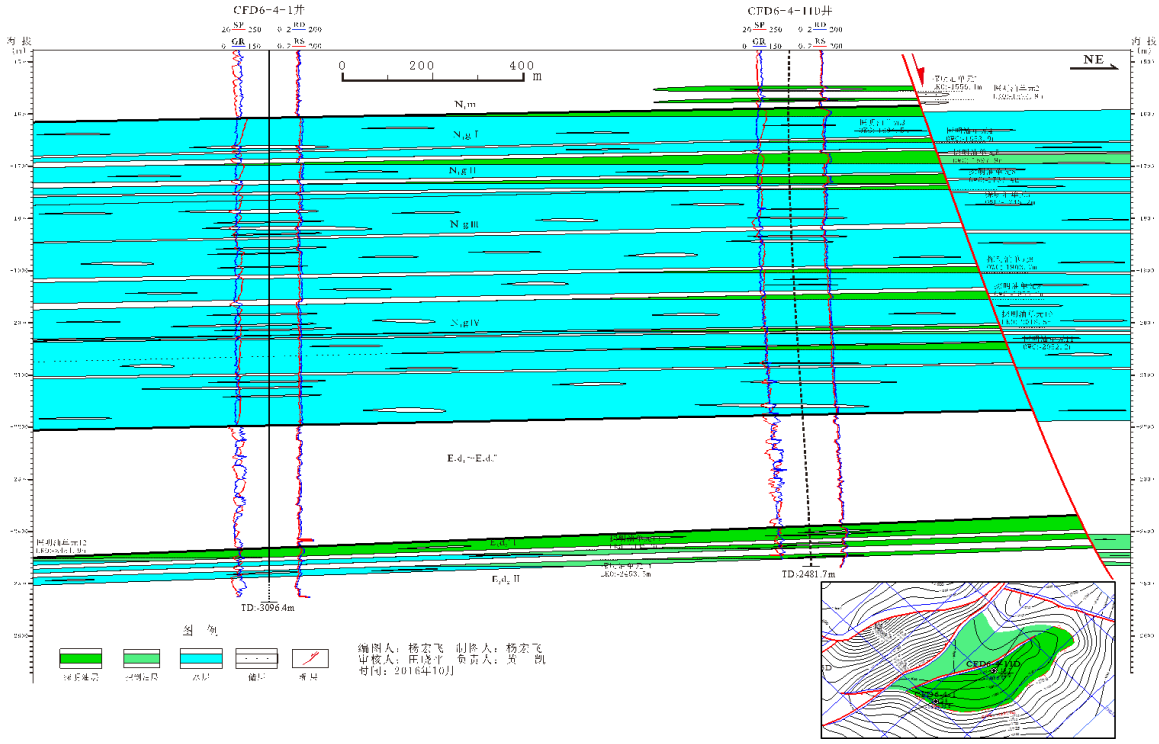



**图 8.5-6　曹妃甸 6-4 油田过 CFD6-4-5D 井东三段油藏剖面图**

## 8.5.3 注水方案分析

### 8.5.3.1 开发方案

全油田动用储量 4014.73×10$^4$m$^3$，全油田共计 52 口井（表 8.5-1）（含 39 口生产井，12 口注水井（2 口注水井先期排液），1 口水源井（后期转注水井）），单井控制储量 77.21×10$^4$m$^3$，高峰年产油 88.20×10$^4$m$^3$，高峰采油速度 2.2%，累产油量 941.50×10$^4$m$^3$，采收率 23.5%，高峰年产气 0.47×10$^8$ m$^3$/a，累积产气 4.38×10$^8$m$^3$。

**表 8.5-1　曹妃甸 6-4 油田开发井井别**

| 井区 | 井号 | 井别 | 方案 |
|---|---|---|---|
| 1 井区 | A1 | 生产井 | 推荐 |
| | A2 | 生产井 | |
| | A3 | 生产井 | |
| | A4 | 生产井 | |
| | A5 | 注水井 | |
| | A6 | 生产井 | |
| | A7 | 生产井 | |
| | A8 | 注水井 | |
| | A9 | 生产井 | |
| | A10 | 生产井 | |
| | A11 | 注水井 | |
| | A12 | 注水井 | |

| 井区 | 井号 | 井别 | 方案 |
|---|---|---|---|
| | A13 | 注水井 | |
| | A14H | 生产井 | |
| | A15H | 生产井 | |
| | A16H | 生产井 | |
| | A17H | 生产井 | |
| | A18H | 生产井（建议 5 年后适时转注，当排液时间超过 5 年后，A18H 井含水率超过 80%，单井产量低） | |
| | A19H | 生产井 | |
| | A20 | 生产井 | |
| | A21H | 生产井 | |
| | A22H | 生产井（建议 4 年后适时转注，当排液时间超过 4 年后，A22H 井含水率超过 80%，单井产量低） | |
| | A23 | 注水井 | |
| | A24 | 注水井 | |
| 2 井区 | A25H | 生产井 | |
| | A26H | 生产井 | |
| | A27H | 生产井 | |
| | A28H | 生产井 | |
| | A29H | 生产井 | |
| | A30H | 生产井 | |
| | A31H | 生产井 | |
| | A32H | 生产井 | |
| | A33H | 生产井 | |
| | A34H | 生产井 | |
| | A35 | 水源井（初期为水源井，7 年后油田生产水已经能满足注水要求，因此 7 年后，该井转注水井） | |
| | A36H | 生产井 | |
| | A37H | 生产井 | |
| | A38H | 生产井 | |
| | A39H | 生产井 | |
| | A40H | 生产井 | |
| | A41 | 注水井 | |
| | A42 | 注水井 | |
| 潜力井 | A43H | 生产井 | 潜力 |
| | A44H | 生产井 | |
| | A45H | 生产井 | |
| | A46H | 生产井 | |
| | A47H | 生产井 | |
| | A48H | 生产井 | |
| | A49 | 生产井 | |
| | A50H | 生产井 | |
| | A51 | 注水井 | |
| | A52H | 生产井 | |

#### 8.5.3.2 注水方式

（1）根据油藏工程研究结果和开发设计要求，开发方案中的定向注水井均采用分层注水，各层以采定注，各层累计注采比小于 1.0，确保注水安全。

（2）其中 A18H，建议 5 年后适时转注，当排液时间超过 5 年后，A18H 井含水率超过 80%，单井产量低。A22H，建议 4 年后适时转注，当排液时间超过 4 年后，A22H 井含水率超过 80%，单井产量低。A35 井，初期为水源井，7 年后油田生产水已经能满足注水要求，因此 7 年后，该井转注水井。

#### 8.5.3.3 油田压力保持水平

曹妃甸 6-4 油田设计采油井最小井底流压为 6.000MPa，为安全考虑，破裂压力选取为经验公式计算结果的 85%。油田、砂体注采平衡（地下体积），累计注采比小于 1.0。

**表 8.5-2 曹妃甸 6-4 油田注水井原始地层压力预测表**

| 井名 | A22H | A18H | A23 | A24 | A5 | A8 | A11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原始地层压力（MPa） | 24.27 | 25.36 | 24.55 | 24.52 | 28.77 | 29.87 | 30.05 |
| 井名 | A12 | A13 | A35 | A41 | A42 | A51 | - |
| 原始地层压力（MPa） | 29.82 | 29.04 | 18.81 | 18.07 | 18.12 | 18.68 | - |

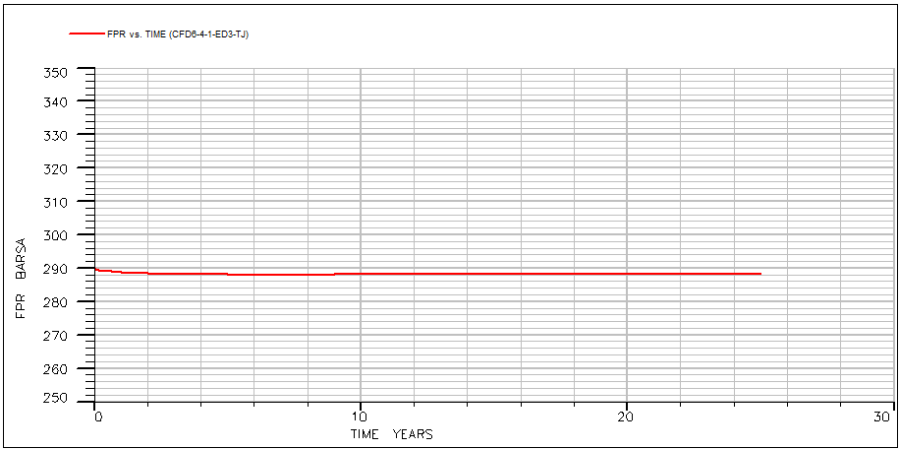



**图 8.5-7 曹妃甸 6-4 油田 1 井区东三段地层压力历年保持水平曲线**

以曹妃甸 6-4 油田 1 井区东三段地层压力随时间变化为例，说明油田压力保持水平（图 8.5-7），注水后，地层压力逐渐恢复至保持平衡。对比初始地层压力和目前地层压力，其地层压力均未出现高压区，累计生产 25 年，地层平均压力降低 0.83～0.89MPa。

#### 8.5.3.4 最大井口注入压力

根据曹妃甸 6-4 油田油藏潜力方案，共有 13 口注水井（其中 2 口注水井先期排液，1 口水源井后期转注水井），注水层位包含东三下段、东二段及馆陶组。

应用《曹妃甸 6-4 油田井壁稳定性研究》专题成果，取破裂压力梯度 0.017~0.018MPa/m，预测单井井底破裂压力，见表 8.5-3。

**表 8.5-3 注水井井底破裂压力（单位 MPa）**

| 井号 | 完钻井深 | 破裂压力梯度 MPa/m | 地层破裂压力 MPa |
|---|---|---|---|
| A5 | -2870 | 0.017 | 51.14 |
| A8 | -3070 | 0.017 | 54.71 |
| A11 | -3054 | 0.017 | 54.42 |
| A12 | -3035 | 0.017 | 54.08 |
| A13 | -2940 | 0.017 | 52.39 |
| A18H | -2526 | 0.018 | 46.18 |
| A22H | -2415 | 0.018 | 44.15 |
| A23 | -2509 | 0.018 | 45.86 |
| A24 | -2524 | 0.018 | 46.14 |
| A35 | -1862 | 0.018 | 33.91 |
| A41 | -1905 | 0.018 | 34.69 |
| A42 | -1904 | 0.018 | 34.67 |
| A51 | -2663 | 0.017 | 48.14 |

安全系数取 0.85，计算单井最大井底允许注入压力，结合对应注水量在选定油管尺寸下的沿程摩阻，按照分层注水井前期研究阶段注水井最大井口注入压力公式计算单井最大井口注入压力，其中 A8 井对应的最大井口注入压力最高，其值为 17.60MPa。

从满足配注要求和保证地层不被压裂，并结合注水能耗综合考虑，推荐曹妃甸 6-4 油田平台注水井在采用推荐油管尺寸后，最大井口注入压力见表 8.5-4。

**表 8.5-4 曹妃甸 6-4 油田平台最大井口注入压力**

| 平台名称 | 最大井口注入压力（MPa） |
|---|---|
| CEPA | 17.60 |

注水过程中合理控制注水压差及井口注入压力可以避免压破地层导致溢油的风险。对于不同的注水层段，可使用配水器节流实现不同注水层段的协调注水。井口注入压力与注水井实际注入量有较大的关系，在生产过程中需要根据注水井实际注入量进行实时计算。各层实际配注量与油管摩阻、配水器的节流压降关系密切，当注入量改变时将影

响油管摩阻与配水器的节流能力，从而造成某一层的实际注入压力超过或低于设计值，因此在生产过程中需加强各层吸水能力的监测，当注入量发生变化时，需对井下配水器嘴后的压力重新进行计算并对井口注入压力进行修正。注入过程加强水质监测，重点实行井口的水质指标监测管理。

### 8.5.4 注水溢油风险分析

在开发方案编制阶段，由地震、地质专业进行地层断层的预测，初步明确了开发井同周边断层的关系。根据地质研究结果，优化钻井轨迹设计，避开钻遇延伸到海底或接近海底的地质断层，合理设计套管程序、固井方案和注水压力，规避了注水溢油风险。

### 8.5.5 地质性溢油风险及预防措施

#### 8.5.5.1 地质性溢油风险

在曹妃甸 6-4 油田范围内，利用现有的三维地震资料，并借助浅层三维地震资料的方差切片，对油田范围内的全部断层进行逐条排查，识别出风险断层，并将风险断层分为四类（如图 8.5-8）：

a、断层直接从目的层段延伸到海底的，断层颜色涂红；

b、浅层断至海底但未断至目的层的断层，与 a 类断层相搭接，断层颜色涂绿；

c、断层未断至海底，但断至目的层并向上搭接到 a 类断层上的，断层颜色涂蓝；

d、浅层断至海底但未断至目的层的断层，断层颜色涂粉。

在这四类断层中，风险最大的断层为 a 类，其次为 b、c 和 d 类断层。

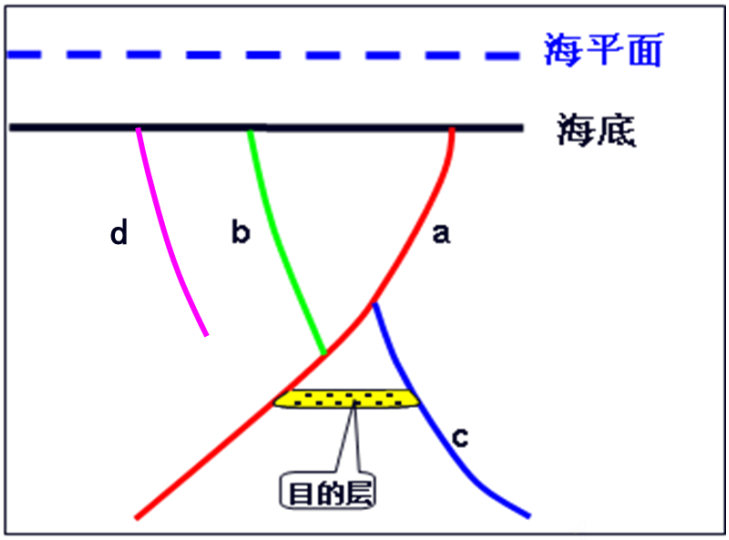



**图 8.5-8　曹妃甸 6-4 油田构造风险断层类型示意图**

通过风险断层排查，在曹妃甸 6-4 油田范围内排查出 52 条风险断层。其中 a 类断层有 38 条（F1、F18～F20、F28、F34、F38～F39、F42、F44～F46、F55～F67、F70～F73、F75、F77～F79、F81～F82、F86～F88），c 类断层有 5 条（F10、F13、F30、F76、F89），见附图 7.5-9~图 7.5-10。这些断层为重点关注的溢油风险断层。根据油气成藏理论分析，这些断层目前具有封堵性。注水过程中合理控制注水压差及井口注入压力可以避免压破地层导致溢油的风险。

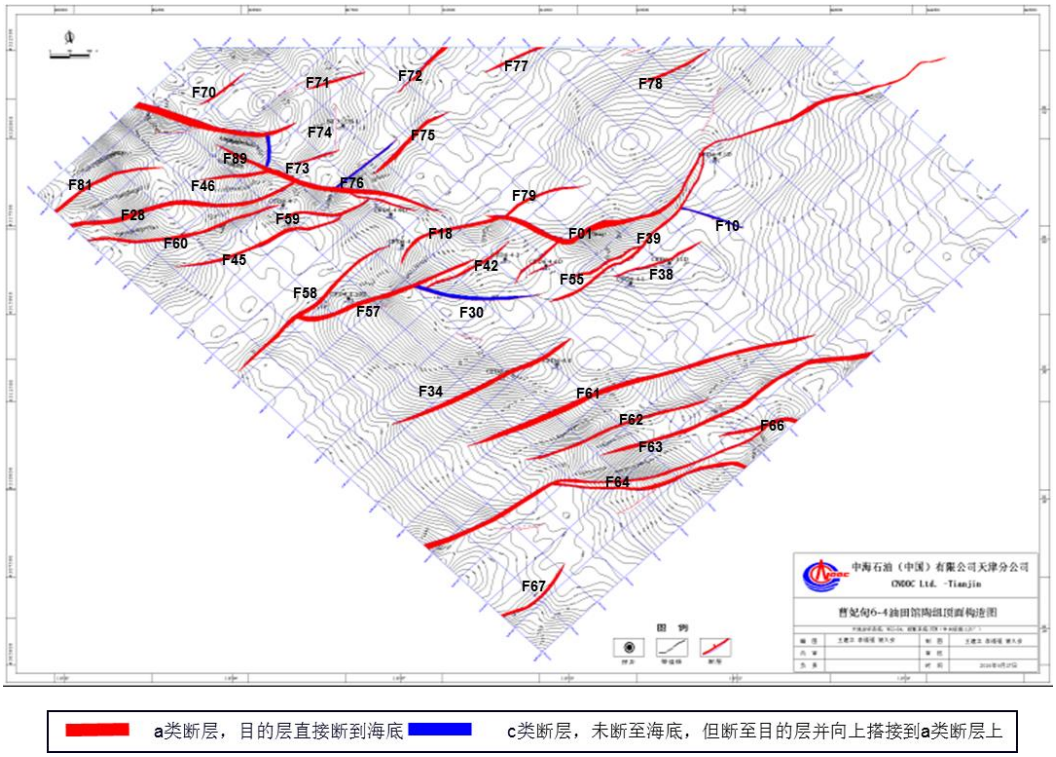



**图 8.5-9　曹妃甸 6-4 油田馆陶组顶面风险断层平面分布图**

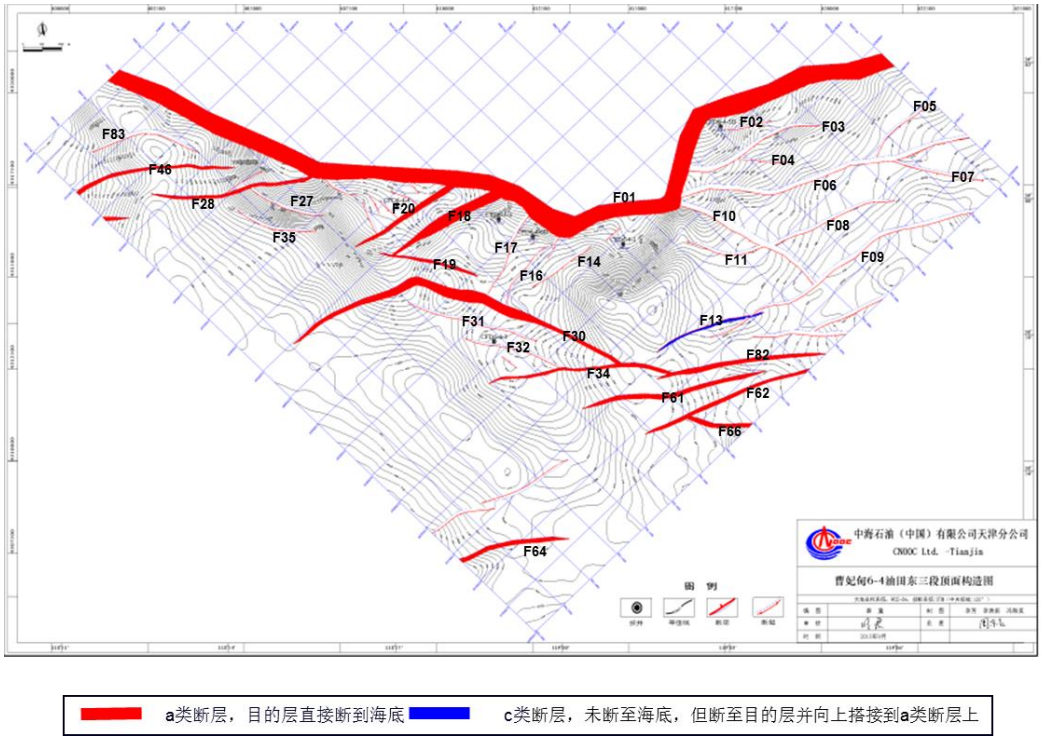



**图 8.5-10　曹妃甸 6-4 油田东三段顶面风险断层平面分布图**

为了分析开发井与断层空间关系，根据目的层段的构造图，对推荐注水井在目的层段与邻近断层之间的距离进行了统计（见表 8.5-5）。2 井区 3 口注水井（A35、A41、A42）在目的层段与风险断层的距离为 210～570m；1 井区 10 口注水井（A12、A23、A24 、A51、A38、A13、A5 、A8、A12、A11）在目的层段与风险断层的距离为 310～1180 米。

**表 8.5-5　注水井在目的层段与邻近断层之间的距离统计**

| 井区 | 井号 | 井别 | 具体层位 | 海拔（m） | 距离风险断层最小距离（m） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 井区 | A22H | 注水井 | 东二下段 I 油组 | -2415 | 610 |
| | A51 | 注水井 | 东二下段 I 油组 | -2465 | 310 |
| | A23 | 注水井 | 东二下段III油组 | -2560 | 580 |
| | A24 | 注水井 | 东二下段III油组 | -2580 | 600 |
| | A18H | 注水井 | 东二下段III油组 | -2510 | 630 |
| | A13 | 注水井 | 东三段 | -2940 | 310 |
| | A5 | 注水井 | 东三段 | -2870 | 460 |
| | A8 | 注水井 | 东三段 | -3070 | 390 |
| | A12 | 注水井 | 东三段 | -3035 | 1110 |
| | A11 | 注水井 | 东三段 | -3055 | 1180 |

| 井区 | 井号 | 井别 | 具体层位 | 海拔（m） | 距离风险断层最小距离（m） |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 井区 | A35 | 注水井 | 馆陶组Ⅳ油组 | -1860 | 210 |
| | A41 | 注水井 | 馆陶组Ⅳ油组 | -1882 | 570 |
| | A42 | 注水井 | 馆陶组Ⅳ油组 | -1879 | 260 |

#### 8.5.5.2 地质性溢油风险防范措施

为避免曹妃甸 6-4 油田发生由于不恰当注入引起的地质性油气泄漏事故，建议从如下几个方面进一步加强对钻/完井作业、注水作业的管理，预防类似事故的发生。

**一、钻、完井方案采取的风险防范措施**

根据地质研究结果优化钻井轨迹设计，事先识别并尽可能使注入井避开通海底或接近海底的地质断层；

事先识别压力异常地层，合理设计套管程序，制定有针对性的井控预案并加强随钻监测；

在钻完井作业过程中备足钻井液材料，以备及时、妥善的处理可能遇到的溢流和井涌；

对于碰撞风险点，加强钻进过程的跟踪与监测，根据碰撞风险征兆判断是否具有碰撞风险；

利用防碰模拟软件，对轨迹进行跟踪分析；

加强现场测量，提高轨迹精度；

对于碰撞风险点以上井段，利用陀螺进行轨迹复测；

利用地层标定，来消除上部误差椭圆。

**二、注水井采取的风险防范措施**

海上注水井安全井控措施主要由井口安全阀、封隔器、注水井口、井口控制盘等构成。井口安全阀安装于注水井口上，井下封隔器用来封闭油管和套管环空。井口安全阀由安全阀井口控制盘统一控制；

严格按设计注入压力和注入量进行注水作业。制定注水系统日常作业和监控程序，进行注水压力和注水量的监测，一旦发现注水压力和流量异常立刻停止注水，查明原因并采取相应措施；

优化注入水量和采出液量，实现注采平衡，从而保持地层压力稳定；

对因水质等原因导致的注入压力高的注水井及时实施解堵等措施，缓解注入压力高

的问题；

对于注水井实行分层注水、精细注水管理措施，维持每一井区、每套储层的注采平衡，杜绝局部超注超压；

制定注水系统日常作业和监控程序，实时监测注水压力和注水量，一旦发现注水压力异常，立即停止注水，待查明原因并采取相应措施后再恢复注水作业；

油井动态监测，确保注采平衡，避免有注无采情况发生。

**三、注水井压力监测系统**

在油田的生产管理中，应严格按照中国海洋石油总公司《海上油气田开发井动态监测资料录取要求》执行，做到随时监测注水地层的压力变化，严格把注水地层的压力控制在安全生产压力（地层破裂压力）以下。对于瞬时高值以及异常状况及时分析，确保安全生产。及时关注、排查注入压力高的注水井，在后续的工作中将继续针对不同的情况分析其原因，并采取以下有效的措施来确保油田的安全生产：

动态监测系统：根据录取资料要求，综合考虑油田开发需要，按照固定与非固定监测井点相结合，兼顾油田高部位与低部位、油田边部与内部的方针，确定油田动态监测系统；

单井注入压力、注入量跟踪：全天监测计量注入井注入压力及注入量变化，当记录值突变，注水出现异常时，及时跟踪分析并与现场沟通，采取有效措施，恢复注水井正常注入；

日常动态分析：油藏动态人员日常跟踪注水井注入量及注入压力变化情况，结合油井动态，综合分析注水井动态变化，出现问题，及时提出压力、产液剖面、吸水剖面等动态监测需求及酸化等解堵措施，并与现场沟通，确保安全注水；

月度动态分析：根据注水井周边受效油井生产动态变化适时配注，实施月度配注制度，及时调整注水井的配注量及注聚试验井的注聚浓度，并分析月度含水上升率、存水率等开发效果评价指标，避免出现注水井注水量过大或注聚浓度过高导致的注入压力过高现象；

注水管理措施：对于注水井实施精细化管理，优化注水，通过酸化、调剖与分层配注（地面分注）等措施相结合，维持井组均衡开采，杜绝地层出现局部高压的情况。

### 8.5.6 浅层气风险及对策

通过已钻井和浅层（埋深小于 1000 米）地震剖面特征进行对比分析认为，目前已

钻井未钻遇气层，同时通过地震资料显示未见明显的浅层气地震响应特征，因此在设计平台处的浅层（埋深小于 1000 米）在剖面上存在浅层气的可能性较小；但不排除新钻开发井钻遇浅层气的风险。

实施过程中一旦出现浅层气，应对措施为，现场配环形防喷器及分流器备用，并配制足够量稠膨润土浆和重泥浆。

### 8.5.7 结论

综上所述，通过地质条件、油藏工程、钻完井方案、注水方式等方面的综合分析，曹妃甸 6-4 油田施工过程中和后续生产过程中发生地质性油气泄漏事故的可能性不大。在采取严密、适当的安全防范措施后，本工程施工和生产过程中的地质性溢油风险是可控的。

为避免发生由于不恰当注入引起的地质性油气泄漏事故，建议建设单位进一步加强对钻/完井作业和注水作业的管理，尽量避免发生类似事故。

## 8.6 环境风险防范对策措施和应急方法

根据上述环境风险识别、溢油漂移预测、污染物迁移扩散影响及事故后果分析几个小节可知，若发生溢油事故，将会对海洋生态、渔业资源和敏感保护目标产生不利影响，为防止溢油事故的发生，需采取相应的措施减缓事故发生的概率，以及提高溢油应急能力。

### 8.6.1 事故防范措施

防止溢油事故发生的最有效的途径就是从工程设计、施工建造和安装以及生产管理上采取有效的防范措施，消除事故隐患，及时制止事故苗头，尽可能避免油气泄漏事故的发生，以防止环境风险溢油事故对海洋环境的污染。

#### 8.6.1.1 设计阶段防范措施

防止事故发生最有效的途径就是从工程设计、施工、建造和安装以及生产管理上采取有效措施，消除事故隐患，及时制止事故苗头，防止事故的发生。严格按照设计标准进行精心设计，正确地应用设计规范和建造安装规范是油田各系统结构强度、稳性和抗疲劳程度的基本保证。为此，曹妃甸 6-4 油田的设计根据相关的国家法律、法规，采用了相应国内规范、标准以及国际通用规范和标准。实施这些规范和标准可以保证工程设计、建造和安装质量，是确保安全生产的关键步骤。针对管道交越段，确定被交越管线

的材质，保证本工程在交越处采用相关的保护材料。

#### 8.6.1.2 施工阶段防范措施

预防和缓解措施包括准确分析地层压力配比合适的泥浆、安装完备的井控装置，钻井人员经过严格的培训，加强井控演习。安装井下安全阀和井上安全阀，并时刻保证安全阀的正常工作。为防止钻、完井阶段火灾和井喷事故的发生，油田作业者考虑了如下措施：

- 严格实施钻井作业规程；
- 在钻台、泥浆池和泥浆工艺室等场所设置通风系统和烃类气体探测器，自动探测并迅速扩散聚集的烃类气体；
- 油管强度设计采用较高的安全系数；
- 井口控制安全屏蔽由机械或液压控制的监测装置组成，用来控制井喷；
- 选择优质封隔器并及时更换损坏元件；
- 开钻之前制定周密的钻井计划；
- 配备安全有效的防喷设备以及良好的压井材料、井控设备；
- 对关键岗位的操作人员进行专业技术培训，坚持持证上岗，建立健全井控管理系统；
- 加强钻时观测，及时发现先兆，按正确的关井程序实行有效控制，并及时组织压井作业；
- 设置消防喷淋系统，关键场所设手提灭火器；
- 制定严密的溢油应急计划，一旦发生井喷便采取相应的应急措施；
- 针对管道交越，在路由勘探过程中，会精确定位交越的具体位置，并确定交越角度，交越的角度尽量控制在 90 度左右。

#### 8.6.1.3 海底管道事故防范措施

为海底管道选择有利的路由位置，尽量减少用海面积。海底管道和立管的设计，以国际上认可的规范和标准为依据，其寿命均为30年。海底管道及立管外管的防腐采取防腐涂层与阴极保护的联合保护方法，还留有一定的腐蚀裕量，在输送流体中加入缓蚀剂、杀菌剂进一步阻止海管内部腐蚀。作为应急措施，设置有应急关断阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。油田群新建的油气混输和输油海底管道均为双层钢管，内层为输送管，外层为套管，中间为保温层，可以对输送管进行有效的保护。

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，还留有最小2mm的腐蚀余量。作为应急措施，设置有应急关断阀，在紧急情况下可以进行紧急关断保护。海底管道外包一层混凝土保护层。为防止受外力撞击引起的管线破裂事故，全程挖沟埋设，埋深1.5m。严格按照设计要求进行施工，并在施工中保证焊接质量。管道铺设完成，进行扫线、清管和试压。

施工阶段将严格执行海底管道铺设程序，将管道埋深埋实。在管道铺设和运行期间，发布明确的航行通告和设置海图标记，划定保护界线，由值班船不定期地沿途巡视，防止渔船拖网或过往的各种船只因抛锚等损伤管道。不定期进行局部检查和定期进行全面检查，可以及早发现隐患，及时处理，防止事故发生。

在海底管道生产运行期间，确保海管的高低压保护装置运行正常，并实施监测海管进出口端的压力值及变化趋势，不定期进行海管状态监测，并建立了海管完整性的管理系统（如音波测漏系统），为海底原油管线监控提供有力保障。

为了保证安全作业和防止海洋环境污染，每 3~5 年定期对本工程海底管道进行路由复勘，以便及时了解海底管道路由水深变化情况，管道走向、埋深、悬跨等运行中的实际情况，并根据勘察结果采取相应的维护措施防止海管悬跨的发生，以保障工程的安全正常运行。

#### 8.6.1.4 生产设施事故防范措施

为确保油田生产阶段的安全生产，油田在设计阶段充分考虑了油田各部分的保护措施并提供防火、防爆保护，提供充分的消防设备；精心考虑各部分的合理布放，对危险区采取有效的隔离措施来降低危险程度；对易于发生泄漏的管路全部根据最大压力和最高温度设计，并设置了相应的应急关断系统。在生产工艺区装备火焰和气体探测器，以监测工艺流程中的火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。

为防止在供应船卸载燃料油在接受燃料油作业时发生输油软管泄漏，作业者定期对输油软管进行安全检测，对输油软管进行定期保养维护，并制定了切实可行的输油作业操作规程，一旦发现输油作业有滴漏现象，立即停止输油作业，并及时上报，进行应急处理。

#### 8.6.1.5 船舶碰撞事故防范措施

作业者制定了相应的保护和检测程序，由值班船对平台周围进行巡视，驱散在安全区范围内作业的渔船，确保平台设施的安全性。按照《海上固定平台安全规则》的要求

在平台上设置助航标识灯、障碍灯、雾笛、平台标志牌等。

为有效减少船舶碰撞事故的发生，有必要对船舶碰撞事故进行预防和综合控制。船舶管理者对安全航行进行计划、组织、指挥、协调和控制等活动，以达到保护人员安全和防止溢油事件发生的目的。曹妃甸 6-4 油田具体有以下几方面的管理措施：

1) 认真学习《海上避碰规则》，严格遵守航行法规；

2) 充分利用听觉、雷达以及适合当时环境和情况下的一切有效手段，保持不间断瞭望；

3) 使用安全航速；

4) 配齐必要的助航仪器（海上作业已配备 AIS 船舶防撞系统）；

#### 8.6.1.6 溢油预警机制

- 对溢油风险环节，进行危险源的辨识与更新；
- 对于海上设施（包括平台、管线、储油设施、作业船舶等）和作业流程，可能产生溢油部位安装监控装置，并对监控设施、仪表进行定期检测；
- 所有作业人员都有义务报告溢油隐患，并积极采取力所能及的措施控制隐患；
- 对于可能产生溢油的上述环节，安排人员定期进行巡视；

发生溢油后，要及时组织堵漏，搜集信息，按照报告流程报告和启动溢油应急程序。

### 8.6.2 事故状态下红线区应对措施

在曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，作业者将制定详细的溢油应急计划，用于保障海上设施和人员的生命安全及健康，保护海洋各类资源及海洋环境。事故状态下，作业者将按照应急计划迅速开展各项应急救援工作，把事故危害减少到最低程度，减低或减免对红线区的影响。

溢油应急事故应急处理措施详见 8.6.3 章节。

### 8.6.3 溢油事故应急处理措施

曹妃甸 6-4 油田开发工程，虽在设计、建造、施工和运行期间将采取各种预防措施，但仍有难以预料的内部或外部原因导致海上油气泄漏事故发生的可能性。这种发生概率很低，但却难以预料，仍然存在不可忽视的环境风险。因此必须在以预防为主的基础上，配备适当的应急设备，制定科学的应急预案并建立严格的应急程序，并充分利用现有的

应急处理能力和措施，尽最大能力降低海上油气泄漏的环境危害程度，降低或避免对周边生态环境产生污染影响。

#### 8.6.3.1 制定溢油应急计划

在曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，建设单位（中海石油（中国）有限公司天津分公司，以下简称“天津分公司”）将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案。曹妃甸 6-4 油田开发工程溢油应急计划需与附近其他油田应急计划统一考虑，并纳入天津分公司应急体系中。应急计划的主要内容应包括油田作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等。天津分公司和曹妃甸 6-4 油田应急组织机构见图 8.6-1 和图 8.6-2。

所有参加油田开发作业的钻井平台和施工船舶（供应船、值班船或工程船舶等）均需参照《防治船舶污染海洋环境管理条例》和健康安全环保管理体系的相关要求向天津分公司提供其安全应急计划和溢油应急计划。船舶发生污染事故其应急计划应符合《防治船舶污染海洋环境管理条例》规定的相关要求。

本油田发生溢油事故后，无论大小，均必须按要求尽快向上逐级汇报，并在规定时间内向政府主管部门汇报，溢油事故报告程序见图 7.6-3。

在通知天津分公司应急办公室以前完成以下应急反应程序：

任何人看到溢油都必须在安全的前提下，马上采取措施切断溢油源，并向上级报告；确保所有人员的安全。判断溢油是否有起火或爆炸的危险。如需要，关闭电源并确保停止所有产生点火源的活动；使用吸附剂和其它现有材料，在区域周围形成一个临时围栏以阻挡溢出的油扩散；尽量防止溢油入海；报告并按小型溢油应急程序或中型溢油应急程序中的内容采取恰当的溢油应急行动。

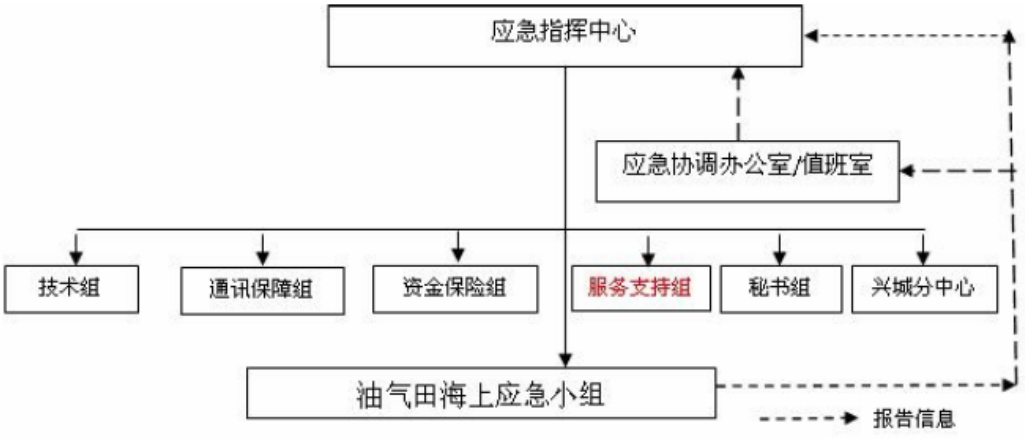



**图 8.6-1 天津分公司应急组织机构**

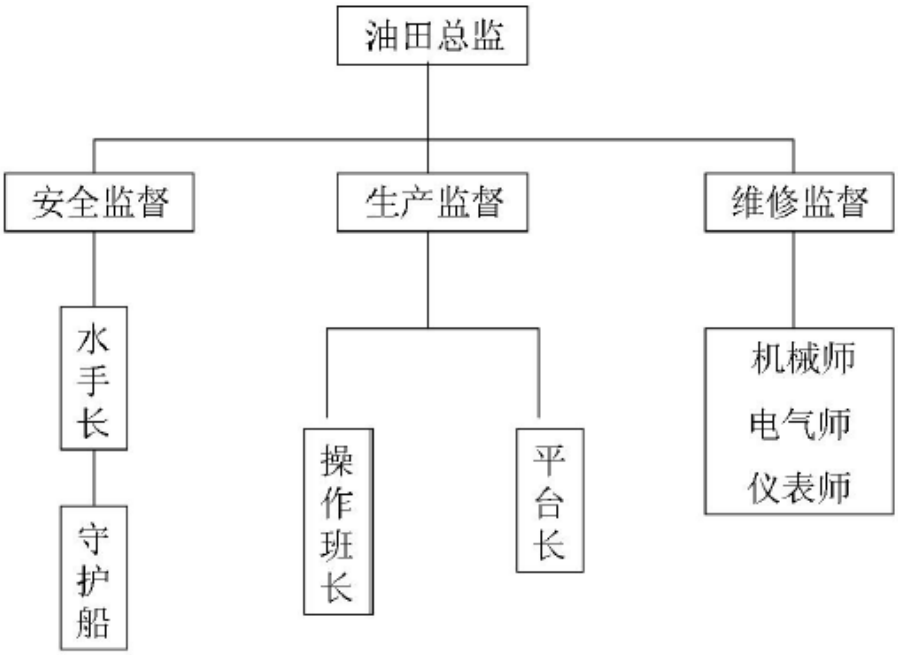



**图 8.6-2　曹妃甸 6-4 油田溢油应急组织机构**

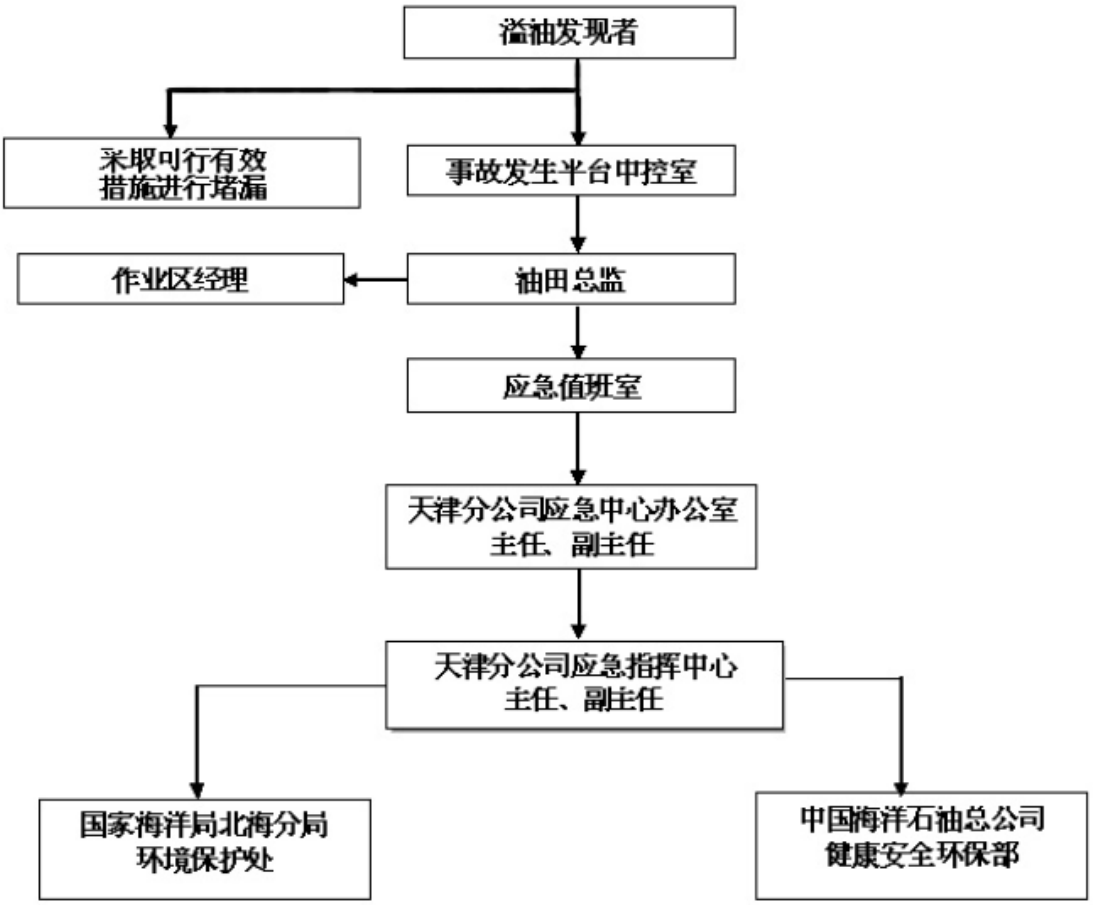



**图 8.6-3　溢油事故报告程序图**

#### 8.6.3.2 溢油反应程序

溢油事故的应急程序是根据事故类型的大小不同而定。不同规模的溢油需要不同的级别、应急设备和人员。根据《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》的规定，溢油事故分为特别重大、重大、较大和一般四种类型。

（1）特别重大溢油事故，是指溢油 1000t 以上的海洋石油勘探开发溢油事故；

（2）重大溢油事故，是指溢油 500t 至 1000t（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；

（3）较大溢油事故，是指溢油 100t 至 500t（含）的海洋石油勘探开发溢油事故；

（4）一般溢油事故，是指溢油 0.1t 至 100t（含）的海洋石油勘探开发溢油事故。

对应《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》中的溢油事故分类，将应急响应设定为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级和Ⅳ级四个等级。发生特别重大、重大溢油事故后，由国家海洋局分别启动Ⅰ级、Ⅱ级应急响应，海区分局组织成立现场指挥部，由国家海洋局统一指挥。同时，国家海洋局报告国家重大海上溢油应急处置部际联席会议，提请启动国家重大海上溢油应急处置预案。发生较大、一般溢油事故后，国家海洋局海区分局分别启动Ⅲ级、Ⅳ级应急响应，负责分局溢油应急响应工作的组织、指挥、实施及信息发布等工作。

发生溢油事故后应及时启动本油田应急计划，由天津公公司根据溢油规模启动相应级别的应急预案，曹妃甸 6-4 油田开发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，将首先依靠曹妃甸 6-4 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。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将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。

#### 8.6.3.3 配备溢油应急设备

本工程新建的 CFD6-4CEPA 平台将配备适量的消油剂和吸油毛毡等，配备的溢油应急设备见表 8.6-1。另外，曹妃甸 6-4 油田周边海区可借用的应急力量包括南堡 35-2 油田在 CEP 平台和秦皇岛 32-6 油田等多个油田的设备。同时值班船上配置适量的溢油分散剂和喷洒装置。发生 10t 以下溢油事故时，立足于作业者装备在曹妃甸 6-4 油田的溢油应急力量实现自救。

**表 8.6-1　曹妃甸 6-4 油田配备的溢油应急设备**

| 应急设备 | 存放 CFD6-4CEPA 平台 |
|---|---|
| 围油栏 | 400m |
| 围油栏动力站 | 1 套 |
| 充吸气机 | 1 套 |
| 撇油器 | 1 套 |
| 储油囊 | 2 套 |
| 高压清洗机 | 1 套 |
| 吸油毛毡 | 1t |
| 消油剂 | 3t |
| 消油剂喷洒装置 | 1 套 |

当发生 10t 以上的溢油事故时，可借助外部力量与内部应急力量相结合共同应急，可由其他油田调用的回收设备如表 8.6-2 和表 8.6-3。

**表 8.6-2　南堡 35-2 油田 CEP 平台溢油应急设备**

| 序号 | 设备名称 | 数量/规格 |
|---|---|---|
| 1 | 围油栏 | 2 条×100m， QW1500 充气式橡胶围油栏 |
| 2 | 动力装置 | PK1650FC 动力站 |
| 3 | 撇油器 | 1 套，ZSC30 齿形转盘收油机 |

| 序号 | 设备名称 | 数量/规格 |
|---|---|---|
| 4 | 浮式储油囊 | 2 个，5m³/个，FN5 |
| 5 | FGC 充吸气机 | 最大风量/750m³/h；最大风压/6100Pa |
| 6 | 消油剂喷洒装置 | 1 套，PSB50C |
| 7 | 高温清洗装置 | SC780 高压热水清洗机 |
| 8 | 电瓶充电装置 | 1 套 |
| 9 | 集装箱 | 2 个 |
| 10 | 消油剂 | GM-2 型，20 桶 |

**表 8.6-3 秦皇岛 32-6 油田 FPSO 溢油应急设备**

| 序号 | 设备名称 | 数量/规格 |
|---|---|---|
| 1 | 围油栏 | 2×200m |
| 2 | 撇油器 | 1 套 |
| 3 | 溢油分散剂喷洒装置 | 2 套 |
| 4 | 储油罐 | 3 个 |
| 5 | 油拖网 | 2 个 |
| 6 | 收油袋 | 6 个 |
| 7 | 手动喷枪 | 2 个 |
| 8 | 围油栏工作艇 | 1 艘 |
| 9 | 动力块 | 1 套 |
| 10 | 吊机 | 1 台 |
| 11 | 溢油分散剂 | 1t |
| 12 | 吸油材料 | 1t |

（一）环保船

2011 年，“海洋石油 252”和“海洋石油 253”两艘环保船在渤海区域已运行投入使用，具有溢油应急回收、全天候雷达溢油监测、海面油污消除、货物和人员运输、海上消防等多种功能，是国内首批采用两侧内置式溢油回收设备的环保船，其溢油回收能力每小时可达 200m³，溢油回收效率高、速度快，有利于进一步增强该海域溢油应急响应能力。

（二）中海油专业溢油应急机构应急设施

若发生大中型溢油事故，同时可借助于中海油专业溢油应急机构（该机构与天津分公司签署溢油应急协议，将提供具体的溢油应急力量，天津分公司应急指挥中心负责动员溢油回收设备、船舶、飞机和环保人员）的溢油应急设备进行应急处置，其油应急设备如下。

**表 8.6-4　中海石油环保服务有限公司北方片区溢油应急设备表**

| 序号 | 设备名称 | 生产厂家 | 规格型号 | 数量 | 性能 | 存放地 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 撇油器 | LAMOR 公司 | LSC-4 | 1 套 | 80m³/h | 塘沽基地 |
| 2 | 撇油器 | LAMOR 公司 | Minimax10 | 1 套 | 10m³/h | 塘沽基地 |
| 3 | 撇油器 | LAMOR 公司 | Minimax100 | 1 套 | 100m³/h | 塘沽基地 |
| 4 | 撇油器 | RO-CLEAN 公司 | ALLIGATOR100 | 1 套 | 60m³/h | 塘沽基地 |
| 5 | 撇油器 | 青岛光明 | ZK30 真空式 | 1 套 | 大于 3m³ / h | 塘沽基地 |
| 6 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP53 | 2 套 | 功率 53kw，风冷柴油机 | 塘沽基地 |
| 7 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP20 | 1 套 | 功率 21kw，风冷柴油机 | 塘沽基地 |
| 8 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP6 | 1 套 | 功率 4.6kw，风冷柴油机 | 塘沽基地 |
| 9 | 动力装置 | RO-CLEAN 公司 | DSPP50 | 1 套 | 功率 50kw，风冷柴油机 | 塘沽基地 |
| 10 | 围油栏 | DESMI 公司 | RO-BOOM1500 | 400m | 吃水 0.7m，干舷 0.5m | 塘沽基地 |
| 11 | 围油栏 | LAMOR 公司 | FOB1000 | 400m | 吃水 0.35m，干舷 0.65m | 塘沽基地 |
| 12 | 消油剂喷洒装置 | 青岛光明 | PSB80 | 2 套 | 喷洒 4.8m³/h | 塘沽基地 |
| 13 | 储油囊 | DESMI 公司 | 10m³ | 1 套 | 储油 10m³/套 | 塘沽基地 |
| 14 | 储油罐 | LAMOR 公司 | 9m³ | 2 套 | 储油 9m³/套 | 塘沽基地 |
| 15 | 储油囊 | 青岛光明 | FN10 浮动油囊 | 1 套 | 储油 10m³/套 | 塘沽基地 |
| 16 | 储油罐 | 青岛光明 | QG5 | 2 套 | 储油 5m³/套 | 塘沽基地 |
| 17 | 储油罐 | 青岛光明 | QG9 | 2 套 | 储油 9m³/套 | 塘沽基地 |
| 18 | 储油罐 | 大港泓锋泰公司 | HFT007L | 5 套 | 储油 7m³/套 | 塘沽基地 |
| 19 | 清洗机 | LAMOR 公司 | HDS 1000DE | 2 套 | 产生高压热水或蒸汽 | 塘沽基地 |
| 20 | 吸油拖栏 | 青岛华海 | XTL-Y220 | 200m | 吸油能力 22KG/M | 塘沽基地 |
| 21 | 撇油器 | LAMOR 公司 | LMS 多功能 | 1 套 | 60m³/h | 龙口基地 |
| 22 | 撇油器 | LAMOR 公司 | Minimax20 | 1 套 | 20m³/h | 龙口基地 |
| 23 | 撇油器 | 青岛光明 | ZK30 真空式 | 1 套 | 大于 3m³ / h | 龙口基地 |
| 24 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP53 | 1 套 | 功率 53kw，风冷柴油机 | 龙口基地 |
| 25 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP30 | 1 套 | 功率 35 kw，风冷柴油机 | 龙口基地 |
| 26 | 围油栏 | 青岛光明 | QW1500 | 400m | 吃水 0.75m，干舷 0.50m | 龙口基地 |
| 27 | 围油栏 | 青岛光明 | GWJ800 | 200m | 吃水 0.28m，干舷 0.45m | 龙口基地 |
| 28 | 储油囊 | 青岛光明 | FN10 浮动油囊 | 3 套 | 储油 10m³/套 | 龙口基地 |
| 29 | 储油囊 | 青岛光明 | FN5 浮动油囊 | 1 套 | 储油 5m³/套 | 龙口基地 |
| 30 | 储油罐 | 青岛光明 | QG5 | 1 套 | 储油 5m³/套 | 龙口基地 |
| 31 | 清洗机 | LAMOR 公司 | HDS 1000DE | 1 套 | 产生高压热水或蒸汽 | 龙口基地 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | 消油剂喷洒装置 | 青岛光明 | PSB40 | 1 套 | 喷洒 2.4 吨/H | 龙口基地 |
| 33 | 储油罐 | 大港泓锋泰公司 | HFT007L | 3 套 | 储油 7m³/套 | 龙口基地 |
| 34 | 撇油器 | LAMOR 公司 | LSC-4 | 1 套 | 80m3/h | 绥中基地 |
| 35 | 撇油器 | LAMOR 公司 | LMS 多功能 | 1 套 | 60m³/h | 绥中基地 |
| 36 | 撇油器 | LAMOR 公司 | Minimax10 | 1 套 | 10m³/h | 绥中基地 |
| 37 | 撇油器 | VIKOMA 公司 | MINI-VAC | 1 套 | 11m³/h | 绥中基地 |
| 38 | 围油栏 | 汉海公司 | HRA1500 | 400m | 吃水 0.7m，干舷 0.5m | 绥中基地 |
| 39 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP30 | 1 套 | 功率 35kw，风冷柴油机 | 绥中基地 |
| 40 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP53 | 1 套 | 功率 53kw，风冷柴油机 | 绥中基地 |
| 41 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP50D | 2 套 | 功率 53kw，风冷柴油机 | 绥中基地 |
| 42 | 动力装置 | LAMOR 公司 | LPP6 | 1 套 | 功率 4.6kw，风冷柴油机 | 绥中基地 |
| 43 | 围油栏 | 青岛光明 | GWJ800 | 200m | 吃水 0.28m，干舷 0.45m | 绥中基地 |
| 44 | 消油剂喷洒装置 | 青岛华海 | PS80 | 1 套 | 喷洒 4.8m³/h | 绥中基地 |
| 45 | 清洗机 | LAMOR 公司 | HDS 1000DE | 1 套 | 产生高压热水或蒸汽 | 绥中基地 |
| 46 | 储油罐 | 青岛光明 | QG5 | 2 套 | 储油 5m³/套 | 绥中基地 |
| 47 | 吸油拖栏 | 青岛华海 | XTL-Y220 | 200m | 吸油能力 22KG/M | 绥中基地 |

#### 8.6.3.4 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。

曹妃甸 6-4 油田开发工程配置有现代化的内部和外部通讯设备，能满足应急需要。利用内部通讯网络和广播设备，油田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和直升机均可通过配置在油田内部的专用设施进行通讯联络。

#### 8.6.3.5 应急反应时间

曹妃甸6-4油田按照自身情况配置了足以应对10t以内的溢油事件的溢油应急资源及设备，在发生溢油事件的第一时间里即可展开现场海上溢油的围控和回收作业。当发生10t以上溢油事件，或随着溢油事态发展需要时，及时向应急协调办公室报告，由应急协调办公室组织、协调周边油气田及陆地的溢油应急资源设备及环保人员进行下一步的海上溢油清理作业。

作业现场发生溢油事故时，曹妃甸6-4CEPA、南堡35-2CEPA与秦皇岛32-6FPSO可进行联合应急响应，设备与人员动员时间是2个小时，原油终端设备与人员动员时间为2小时，航行时间为4~5个小时。

#### 8.6.3.6 小结

曹妃甸 6-4 油田的溢油应急能力完全可以应对 10t 以下的一般溢油应急事故，在发生溢油事件的第一时间里即可展开现场海上溢油的围控和回收作业。尽管发生溢油事故概率很低，但仍然存在不可忽视的溢油事故风险，曹妃甸 6-4 油田为此做好了充分准备，在预防为主的基础上，平台上配备了适当的溢油应急设备，守护船舶每天 24 小时在平台附近昼夜值守，一旦发生溢油突发事件，曹妃甸 6-4 油田溢油应急小组立即启动应急程序，按照既定的溢油应急方案快速有效地进行部署；同时，通知守护船在第一时间内将平台上溢油设备进行装载，展开应急行动；另外，曹妃甸 6-4 油田附近的南堡 35-2 油田和秦皇岛 32-6 油田可在第一时间进行协助，实现资源互补，从而在发生溢油事件时做到资源调用便捷、反应迅速，尽可能将溢油的影响降至最低

# 9清洁生产

清洁生产的基本手段是改进工艺技术、强化企业管理，最大限度地提高资源、能源的利用水平，改变产品体系，争取废物最少排放及将环境因素纳入服务中去；对必须排放的污染物，采用低费用、高效能的净化处理设备和“三废”综合利用的措施进行最终的处理和处置。清洁生产涉及项目的初期设计、建设项目的实施、项目建成后的管理。

《中华人民共和国清洁生产促进法》第二条明确规定：“清洁生产，是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。”

## 9.1 建设项目清洁生产内容与符合性分析

### 9.1.1 建设阶段采用的清洁生产措施

（1）采用环保型天然聚合物钻井液

钻井用泥浆（钻井液）可分为油基钻井液、水基钻井液和混油钻井液。本工程钻井作业过程中，不使用毒性较大的油基钻井液和混油钻井液，选择了无毒的环保型天然聚合物水基钻井液，从源头上避免对环境损害。同时，钻井油层段水基钻井液、钻井油层段钻屑、非钻井油层段水基钻井液、钻井非油层段钻屑全部运回陆上处理，不排海，避免对海洋生态环境造成影响。

（2）钻井液循环使用

在油田开发钻井过程中，水基钻井液循环使用。研究表明，环保型天然聚合物水基钻井液性能优越，抗杂质污染性能良好，钻井液使用寿命长。水基钻井液循环使用可有效减少钻井液的使用量。

（3）严格执行相关法律、法规、公约、标准

施工阶段，参加海上施工的船舶及其有关人员应严格执行《海洋环境保护法》、《海上交通安全法》、《防止船舶污染海域管理条例》、《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》(GB3552-2018)、《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》等有关的法律规定和标准。施工期间，生活垃圾、生活污水、机舱含油污水、工

业垃圾全部运回陆地处理，不排海。

（4）执行严格的日常管理制度

对于钻井、安装、原油生产及外输作业，制定有严格的安全环保作业规程，并严格遵守执行。本项目在建设阶段，选用了无毒或低毒的水基钻井液并循环使用，建设过程中严格执行相关法律法规，减少污染物的排放，达到了清洁生产的目的。

## 9.1.2 运营阶段采用的清洁生产措施

### 9.1.2.1 先进的工艺及技术路线

CFD 6-4 油田的生产过程中，生产物流处理将采用自动化控制程度高的全密闭工艺流程，所选用的技术和设备均为在国内外先进和成熟的技术和设备，并在渤海多个油田开发过程中已有成功的应用。

在 CFD6-4 CEPA 平台原油生产工艺系统中的主要设备和管线处均设置了相应的压力、温度和液位安全保护装置。如在井口装置、出油管线和生产管汇上安装了低压传感器和压力安全阀，避免由于压力、液位和温度异常产生的事故隐患，避免带压流体的跑、冒、滴、漏。

在 CFD6-4 CEPA 平台上设置有中控室，并设置独立的控制系统，功能包括井口控制、生产过程控制、应急关断和火气探测报警及控制。并实现对 CFD6-4 CEPA 平台进行集中监控。与控制系统相对应，还设置了自动报警及相应的设备单元关断、生产系统关断和全面关断等不同级别的紧急关断系统。一旦出现问题，可根据不同事故的级别自动启动相应级别的紧急关断系统，将危害和损失降至最低程度。

以上生产工艺流程的全过程运行状态、以及各种自动控制系统、声光报警系统、紧急关断系统的工作状态，在控制室均可以一目了然，从而保证油田生产过程清洁生产的顺利进行。

### 9.1.2.2 生产过程中的清洁生产措施

（1）含油生产水

本项目的含油污水经 CFD6-4 CEPA 平台生产水处理系统“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”三级处理流程处理达标后，经由注水系统全部回注地层，正常情况下不排放入海。非正常工况下（如注水系统故障、维护、地层压力变化以及其他维护性操作时），全油田停产。

（2）生活污水

本项目运营期产生的生活污水最大约为 50.4$m^3$/d（16632$m^3$/a），其中黑水大约占三分之一，灰水经预处理后进入生产流程，处理达标后回注；黑水经过预处理后进入生活污水处理装置，经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）中水回用杂水指标，用于生活楼冲厕所。黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。非正常工况下，当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时，生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理。

本工程将生活污水中的灰水处理合格后回注地层，黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。非正常工况下生活污水运回陆上处理，避免排放对海洋环境造成的影响，达到清洁生产的目的。

（3）利用伴生气作为燃料

CFD6-4 CEPA 平台分离出的伴生气经过压缩及脱水后，部分供给本平台透平发电机使用，部分供热介质锅炉使用，富余的伴生气经火炬系统燃烧。本项目天然气组分中无硫组分，因而天然气发电产生的主要污染物为氮氧化物，采用天然气作为燃料比采用其它燃料大大减少了大气污染物的排放。

（4）开式/闭式排放系统收集废水

开式排放系统主要包括开式排放罐、开式排放泵过滤器和开式排放泵，闭排系统主要包括闭式排放管汇、闭排罐和闭式排放泵。开式排放罐主要用来收集甲板冲洗水、初期雨水等含油废水。这些废液虽然产生量少且零星排放，但其对环境的危害亦不可忽视，此部分也纳入油田生产设施设计当中，基于重力分离原理的开式/闭式排放罐是其中的主要设备。这些设备收集废含油液体，避免造成环境污染，达到清洁生产的目的。

（5）固体废弃物运回陆地处理

在工程建设和运营阶段会产生一些工业垃圾，如废弃的零件、边角料、油棉纱、包装材料等。平台上安排处理这些少量垃圾的设备是不经济的。因此将这些工业、生活垃圾运回陆地处理，达到了减少污染物产生的目的。

（6）完备的事故预防与处理措施

平台上各工艺流程的关键设备以及井底等部位设置有压力、液位和温度监控/报警系统，一旦出现异常情况可启动单元或生产关断。

（7）溢油应急设备

CFD6-4 油田开发工程，虽在设计、建造、施工、运行期间采取各种预防措施，但

仍有难以预料的内部或外部原因导致海上溢油事故发生的可能性。这种可能性很小又难以预料的突发性事故，环境风险大，污染可能会很严重。在以预防为主的基础上，制定溢油应急计划并取得备案，配置足够的溢油应急设备设施，尽最大能力降低海上溢油的风险和由此造成的海洋污染。

（8）节能措施

为充分利用能源，本工程采用以下节能工艺措施和节能设备：

①海上集输管线利用井口压力自流处理设施，不采用增压措施，提高了系统集输效率。

②利用平台伴生天然气发电。

③利用发电机的发电的余热加热工艺介质。

④原油管线、设备保温，减少了热量损失。

⑤平台原油管线采用自限式电伴热，降低能耗。

⑥海底注水管线内防腐采用光滑度高的玻璃鳞片涂料，海底管线敷设采取弹性敷设，尽可能减少平台上管线的变向、变径，并采用低阻力阀门、仪表。

（9）减轻噪声污染的对策措施

①设计时，在设备选型方面要考虑选用低噪声的设备。

②对噪声较大的压缩机、风机等设备，单独布置在压缩机房内，压缩机厂房内不设置操作间，风机进出口配有消音器等。

③工艺装置、加热炉和锅炉等的蒸汽或压力气体的放空，选用适用于该种气体特性的放空消音器。

④为降低火炬的噪声，选用低噪声火炬头。

⑤管道设计与调节阀的选型考虑防止振动和噪声，避免赶到截面突变；管道与强烈振动的设备连接处选用柔性接头；对辐射强噪声的管道，应采取隔声、消声措施。

#### 9.1.2.3 现场管理中的清洁生产控制措施

在原油生产过程中，对于各项操作均有明确的作业规程，同时还制定了严格的环境保护及管理制度。以上这些措施规范了生产及施工作业活动，尽最大可能避免危害环境的事件发生：

①实行环境保护会议制度。平台上定期举行的安全环保会议，对生产中发现的环保问题，研究整改措施，提出工作要求。

②污染物排放均按国家有关规定填写登记表。

③定期对生产设备、探测报警及紧急关断设备进行检查维护。

## 9.2 清洁生产水平分析

我国目前还未正式发布海洋石油开采行业的清洁生产技术要求，本工程清洁生产指标分析借鉴《清洁生产技术要求 石油天然气开采业-稠油开采（征求意见稿）》部分指标进行分析，具体技术要求内容见表 9.2-1，本工程清洁生产指标分析见表 9.2-2。

清洁生产技术要求内容指标分三级：

一级指标：达到国际上同行业清洁生产先进水平。国际先进指标采用公开报道的国际先进水平。

二级指标：达到国内同行业清洁生产水平，采用公开报道的国内先进水平，并参考有关的统计数据。

三级指标：达到国内一般清洁生产水平，即基本要求。

**表 9.2-1 石油天然气开采业-稠油开采清洁生产技术要求内容**

| 清洁生产指标等级 | 一级 | 二级 | 三级 |
|---|---|---|---|
| 一、生产工艺与装备要求 | | | |
| 1.使用的钻井液 | 可生物降解的钻井液 | 水基钻井液 | 油基钻井液 |
| 2.井控装置 | 具备 | 具备 | 具备 |
| 3.防止井场落地原油产生的措施 | 井口具备油回收设施 | 具备防止原油落地设施 | 具备落地原油回收措施 |
| 4.原油集输流程 | 密闭，并具备轻烃回收设施 | 密闭 | 半密闭 |
| 二、资源能源利用指标 | | | |
| 1.采油耗新鲜水，t/t 原油 | ≤3.0 | ≤5.0 | ≤7.0 |
| 2.采油综合能耗，kg 标煤/t 采出液 | ≤20 | ≤60 | ≤130 |
| 三、污染物产生指标(末端处理前) | | | |
| 1.钻井废水，t/100m 进尺 | ≤10 | ≤30 | ≤70 |
| 2.钻井废弃泥浆，t/100m 进尺 | ≤1.0 | ≤2.0 | ≤6.0 |
| 3.落地原油，kg/t 原油 | ≤1.0 | ≤2.0 | ≤5.0 |
| 四、废物回收利用指标 | | | |
| 1.采油废水回用率，% | ≥95 | ≥70 | ≥40 |
| 2.钻井泥浆循环率，% | ≥95 | ≥80 | ≥50 |
| 五、环境管理要求 | | | |
| 1.生产管理 | 对能源资源消耗和污染物产生实行严格的定额管理，考核机制健全 | 能源资源消耗实行定额管理，考核机制 | 能源资源消耗实行定额管理 |

| 清洁生产指标等级 | 一级 | 二级 | 三级 |
|---|---|---|---|
| | | 健全 | |
| 2.环境管理制度 | 通过 ISO14001 环境管理体系认证 | 建立并运行健康、安全和环境(HSE)管理体系 | 环境管理制度完善、原始记录及统计数据齐全 |

**表 9.2-2　本项目清洁生产水平分析**

| 清洁生产指标 | 本工程情况描述 | 等级 |
|---|---|---|
| 一、生产工艺与装备要求 | | |
| 使用的钻井液 | 水基钻井液 | 二级 |
| 井控装置 | 各井具备井控装置 | 一级 |
| 防止井场落地原油产生的措施 | 阀门和连接处均为密封，钻井甲板上设有围堰和开式排放系统回收落地原油。 | 一级 |
| 原油集输流程 | 采用管道输送生产方式的平台为密闭生产。 | 一级 |
| 二、资源能源利用指标 | | |
| 采油耗新鲜水，t/t 原油 | 1.25，≤3.0 | 一级 |
| 采油综合能耗，kg 标煤/t 采出液 | 采油综合能耗 33.37kgce/t，低于 60kgce/t | 二级 |
| 三、废物回收利用指标 | | |
| 采油废水回用率，% | 采油废水处理后全部回注地层 | 一级 |
| 钻井泥浆循环率，% | 水基泥浆循环使用率通常为 65~70%。部分源于地层、井壁粘附漏失。 | 三级 |
| 四、环境管理要求 | | |
| 生产管理 | 能源资源消耗实行定额管理，考核机制健全 | 二级 |
| 环境管理制度 | 建立并运行 HSE 管理体系 | 二级 |

本工程在生产工艺与装备要求方面有三项指标达到一级，资源能源利用指标一项指标为一级，废物综合利用等指标采油废水回收率达到一级，环境管理要求方面均达到二级。本工程清洁生产水平基本达到国内清洁生产先进水平，绝大多数达到国际先进水平，总体清洁生产水平为二级，达到了“国内同行业清洁生产水平”。因此从清洁生产角度分析，本工程可行。

## 9.3 持续清洁生产建议

（1）建立和完善清洁生产组织

清洁生产既是一个动态、相对的概念，也是一个连续的过程。因而需要有一个固定的机构、稳定的工作人员来组织和协调这方面的工作，以巩固已取得的清洁生产成果，并使清洁生产工作持续地开展下去。建立和完善清洁生产组织具体要做到：

①明确任务：清洁生产组织机构的任务有以下四个方面：一是组织协调并监督实施本次审核提出的清洁生产方案；二是经常性地组织对组织职工的清洁生产教育和培训；三是选择下一轮清洁生产审核重点，并启动新的清洁生产审核；四是负责清洁生产活动的日常管理。

②落实归属：企业根据自身的实际情况具体掌握，可考虑以下几种形式：一是单独设立清洁生产办公室，直接归属厂区负责人领导；二是在环保部门中设立或技术部门中设立清洁生产机构；三是在管理部门或技术部门中设立清洁生产机构。不论是以何种形式设立的清洁生产机构，组织的高层领导要有专人直接领导该机构的工作。

③确定专人：确定专人负责须有以下能力：一是熟练掌握清洁生产审计知识；二是熟悉企业的环保情况；三是了解企业的生产和技术情况；四是要有较强的工作协调能力；五是要有较强的工作责任心和敬业精神。

（2）建立和完善清洁生产管理制度

建立和完善清洁生产管理制度包括把审计成果纳入企业的日常管理轨道，建立激励机制和保证稳定的清洁生产资金来源等。

（3）制定持续清洁生产计划

制定清洁生产计划，使清洁生产有组织、有计划地在企业中进行下去。持续清洁生产计划包括：清洁生产审计工作计划；清洁生产方案的实施计划；清洁生产新技术的研究与开发计划；组织职工的清洁生产培训计划等。

# 10总量控制

根据《国务院关于环境保护若干问题的决定》精神中“一控双达标”的目标，建设项目要实施清洁生产，污染物排放要实行全过程控制。在保证污染物排放达标的基础上，主要污染物排放总量要控制在国家规定的排放总量控制指标之内。因此，拟建工程主要污染物排放在实施浓度控制的同时，必须实行总量控制。在污染物排放达标的前提下，给出污染物排放总量控制建议值。

《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》第六条规定：“国家海洋主管部门根据国家重点海域污染物排海控制指标，分配重点海域海洋工程污染物排海控制数量。”第二十三条规定“污水离岸排放不得超过国家或地方规定的排放标准。在实行污染物排海总量控制的海域，不得超过污染物排海总量控制指标。”

## 10.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量

### 10.1.1 污染物排放情况

根据第三章工程生产阶段产污环节与污染物分析计算结果，确定本工程生产期间的污染物排放种类、排放方式和排放量，见表 10.1-1。

**表 10.1-1 生产阶段主要污染物**

| 污染物 | | | 污染物产生量 | 污染物排放量 | 主要污染因子 | 排放/处理方式 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 生产水 | | | 最大 6904.87 $m^3/d$（2033 年） | 0 | 石油类 | 处理达标后全部回注 |
| 平板设备冲洗水 | | | 少量 | 0 | 石油类 | 经开、闭系统收集后，打入原油处理系统 |
| 天然气 | | $NO_X$ | 1775.1t/a | 1775.1t/a | NOx 等 | 透平发电机或热介质锅炉燃烧排放，富余部分火炬燃烧 |
| 平台 | 生活污水 | 黑水 | 5544$m^3/a$ | 0 | COD | 黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。 |
| | | 灰水 | 11088 $m^3/a$ | 0 | COD | 经预处理后进入生产流程，处理达标后回注 |
| | 生活垃圾 | | 78.84t/a | 0 | 食品废弃物、食品包装等 | 分类收集、运回陆上处理 |
| | 工业垃圾 | | 186t/a | 0 | 废弃边角料、包装材料等 | 分类收集、运回陆上处理 |
| 海管锌释放量 | | | 21.60kg/a | 21.60kg/a | 重金属 Zn | 自然释放 |

### 10.1.2 污染物总量控制因子选择

《水污染防治行动计划》指出：“实施近岸海域污染防治方案，重点整治黄河口、长江口、闽江口、珠江口、辽东湾、渤海湾、胶州湾、杭州湾、北部湾等河口海湾污染。沿海地级及以上城市实施总氮排放总量控制。研究建立重点海域排污总量控制制度”。

根据《“十三五”生态保护规划》可知，污染物总量控制因子为 COD、氨氮、$SO_2$、$NO_x$、挥发性有机物（重点地区重点行业）、总氮（重点地区）。通过分析本工程的特征污染物和所在海域环境现状，选择海域总量控制的受控污染物。

本工程运营阶段的主要污染物是含油生产水、甲板冲洗水、设施维修产生的工业垃圾等；此外还有参加生产作业的人员所产生的生活污水、生活垃圾等。本工程投产后，正常工况下含油生产水经处理后全部回注地层，不外排；非正常工况下，全油田停产。生活污水中的灰水经预处理后进入生产流程，处理达标后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。非正常工况下（当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时），生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理。

综上，项目不涉及污染物总量控制因子。

## 10.2 污染物的排放削减方法

### 10.2.1 含油生产水

本项目含油生产水产生总量随产能变化调整，最大产生量为 6904.87$m^3$/d（2033 年）。生产污水系统采用“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”的三级处理流程，本项目含油生产水经拟建 CFD6-4 CEPA 平台生产污水处理设施处理达标后回注地层。项目产生的含油生产水经其处理后，石油类污染物得到削减。处理达标的生产水回注地层，无含油生产水外排。非正常工况下（如注水系统故障、维护、地层压力变化以及其他维护性操作时），全油田停产。

### 10.2.2 生活污水

**（1）生活污水处理措施**

本工程投产后，CFD6-4 CEPA 平台生活污水最大产生量约为 50.4$m^3$/d（16632$m^3$/a）。

其中黑水大约占三分之一，灰水经预处理后进入生产流程，处理达标后回注；黑水经过预处理后进入生活污水处理系统，达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）中水回用杂水指标，用于生活楼冲厕所。黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不外排。

在平台设 2 台生活污水回收罐，每个罐外型尺寸 5m×3m×3.5m。非正常工况下（当海上油气生产设施生产系统停产致使开/闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时），生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理，不外排。

**（2）生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析**

曹妃甸 6-4 CEPA 平台生活污水中黑水处理工艺流程和用途与绥中 36-1M 平台基本一致，黑水处理效果可参照绥中 36-1M 平台生活污水中黑水处理结果。

2015 年 9 月中海油能源发展装备技术有限公司委托谱尼测试科技（天津）有限公司对绥中 36-1M 平台生活污水处理设施进行监测，处理后的生活污水达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T8920-2002）中的冲厕水质标准，可以用于生活楼冲厕所。

**表 10.2-1 绥中 36-1M 平台生活污水中水处理结果**

| 序号 | 项目 | 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》冲厕水质标准 | 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》生活污水排放标准 | 绥中 36-1M 平台监测结果 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | COD（mg/L） | / | 300 | 14.6 |
| 2 | pH | 6.0-9.0 | / | 8.28 |
| 3 | 溶解性固体（mg/L） | ≤1500 | / | 595 |
| 4 | $BOD_5$（mg/L） | ≤10 | / | 2.9 |
| 5 | 氨氮（mg/L） | ≤10 | / | 0.186 |
| 6 | 阴离子表面活性剂（mg/L） | ≤1 | / | 0.36 |
| 7 | 铁（mg/L） | ≤0.3 | / | 未检出（＜0.03） |
| 8 | 锰（mg/L） | ≤0.1 | / | 未检出（＜0.01） |
| 9 | 溶解氧（mg/L） | ≥1 | / | 8.0 |
| 10 | 总大肠菌群（mg/L） | ≤3 | / | ＜3 |

### 10.2.3 生产垃圾及生活垃圾

在工程生产阶段将会产生一些工业垃圾，如废弃的零件、边角料、油棉纱、包装材料等，年产生的工业垃圾约 186t/a。生活垃圾按每人 1.5kg/d 计，生活垃圾的产生量约为 216kg/d，合 78.84t/a。生产垃圾和生活垃圾均运回陆地处理，不外排。

## 10.3 污染物排放总量控制方案与建议

### 10.3.1 污染物排放总量控制

本工程投产后，含油生产水产生总量随产能变化调整，最大产生量为 6904.87$m^3$/d（2033 年）。正常生产情况下处理达标的含油生产水回注地层，非正常工况下，全油田停产；生活污水中的灰水经预处理后进入生产流程，处理达标后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。非正常工况下（当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时），生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理，不外排。

综上，本项目不涉及污染物排放总量。

### 10.3.2 排污混合区建议

我国目前的水环境标准体系，建立在功能分区的基础上，对于不同的功能分区执行相应类别的水质标准。不同的水环境功能区对污染物的环境容量规定有较大的差别，因此，污染物的排放总量控制指标与工程所在地区周围环境的功能区划密切相关。要确定外排污染物的总量控制指标，需先要划分出周围海域环境功能区的范围。

本工程投产后，正常生产情况下，生产水在 CFD6-4 CEPA 平台处理达到《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T 5329-2012）（石油类≤15mg/L）后回注，无生产水排放；非正常工况下，全油田停产。

本工程投产后，正常生产情况下，生活污水中的灰水经预处理后进入生产流程，处理达标后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。非正常工况下（当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时），生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理，不外排。

综上，本项目不涉及排污混合区。

# 11环境保护对策措施

## 11.1 建设项目建设阶段环境保护对策措施

油田建设期产生的主要污染物有：钻屑、钻井液、悬浮沙、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾和工业垃圾。本工程施工期、运营期污染物均得到有效处理处置，其中施工期钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。

（1）钻屑和钻井液处理

本工程钻井阶段采用水基钻井液，水基钻井液循环使用。钻井油层段水基钻井液平时储存在平台泥浆池里，回收时平台利用泵将钻井液打到船舶上专用泥浆罐，由拖轮运回码头，到码头后交由有资质单位接收处理/处置；非钻井油层段水基钻井液也全部回收，禁止排海。钻井油层段钻屑采用岩屑箱回收，岩屑箱装满后再用拖轮运回码头，到码头后全部由有资质单位接收处理/处置；非钻井油层段钻屑也全部回收，禁止排海。

（2）船舶污染物

海上建设阶段产生的船舶污染源包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、工业垃圾等。施工期间在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。生活垃圾全部运回陆地处理，机舱含油污水运回陆地交蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理/处置。

（3）垃圾处理

施工期产生的生活垃圾和工业垃圾，分类收集，集中装箱运回陆地交由有资质单位处理。

（4）清洗废水

清洗废水进入生产流程，经生产水处理系统处理达标后回注。

（5）悬浮沙

海底管道/电缆铺设过程中挖起的海底沉积物随海水的运动回填于管沟，海水中的悬浮沙自然沉降于海底。铺设作业时间的选择综合考虑环境影响、工程进度和海况条件等方面的因素，注意选择适宜的海况条件，尽量缩短海底管道/电缆铺设周期，合理选择施

工时间，施工作业应避开该海域主要洄游性鱼类（例如白姑鱼）的产卵盛期（6 月），以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

为保证采用的措施落实到位，建设单位在施工期间应对施工单位、承包商、供应商执行国家的环保法律、法规、制度、标准、规范的情况依法进行监督检查，落实施工期间的各项环境保护要求和施工合同中的环保规定，确保本项目的建设符合有关环保法律法规的要求。

## 11.2 建设项目生产阶段环境保护对策措施

根据工程分析结果，生产阶段产生的主要污染物有：含油生产水、生活污水、生活垃圾和工业垃圾、锌等。作业者均将采取相应污染防治措施，以使上述污染物的排放和处置符合国家或地方的法规和标准的要求。运营期含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理。正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。

（1）含油生产水处理

正常工况下，含油生产水经生产水处理系统处理后，进入注水系统，全部回注地层；非正常工况下（如注水系统故障、维护、地层压力变化以及其他维护性操作时），全油田停产。

①生产水处理流程

生产污水处理系统采用“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”的三级处理流程。从分离器分离出的生产污水与经旋流除砂器和脱气罐处理后的水源井水混合后进入斜板除油器进行初步分离，水相进入溶气浮选机对其中的油及悬浮固体进行进一步去除，油相则进入污油罐中，与经气浮选机处理后的污油一并由污油泵打回工艺系统。经浮选机处理后的生产污水进入核桃壳过滤器中进行过滤，过滤后的生产污水进入注水系统。

②处理能力

项目含油生产水设施的设计规模为 8160$m^3$/d。在本项目建成后，由于水源井水需要进入生产污水系统进行处理，所以生产污水设施按照注水量进行设计。CFD6-4 CEPA 平台潜力方案需处理最大水量在 2033 年，最大量为 6904.87$m^3$/d，小于生产水系统设计能力，因此项目生产水系统处理设施能满足要求。

（2）生活污水

**① 生活污水处理措施**

工程运营期间，曹妃甸 6-4 CEPA 平台产生生活污水最大约为 50.4$m^3$/d（16632$m^3$/a），其中黑水大约占三分之一，灰水经预处理后进入生产流程，处理达标后回注；黑水经过预处理后进入生活污水处理装置，经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）中水回用杂水指标，用于生活楼冲厕所。黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。非正常工况下（当海上油气生产设施生产系统停产致使开排和闭排系统无法接收生活灰水时、生活污水处理装置出现故障等应急工况时），生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理，不外排。

**②生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析**

曹妃甸 6-4 CEPA 平台生活污水中黑水处理工艺流程和用途与绥中 36-1M 平台基本一致，黑水处理效果可参照绥中 36-1M 平台生活污水中黑水处理结果。

2015 年 9 月中海油能源发展装备技术有限公司委托谱尼测试科技（天津）有限公司对绥中 36-1M 平台生活污水处理设施进行监测，处理后的生活污水达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T8920-2002）中的冲厕水质标准，可以用于生活楼冲厕所。

**表 11.2-1 绥中 36-1M 平台生活污水中水处理结果**

| 序号 | 项目 | 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》冲厕水质标准 | 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》生活污水排放标准 | 绥中 36-1M 平台监测结果 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | COD（mg/L） | / | 300 | 14.6 |
| 2 | pH | 6.0-9.0 | / | 8.28 |
| 3 | 溶解性固体（mg/L） | ≤1500 | / | 595 |
| 4 | $BOD_5$（mg/L） | ≤10 | / | 2.9 |
| 5 | 氨氮（mg/L） | ≤10 | / | 0.186 |
| 6 | 阴离子表面活性剂（mg/L） | ≤1 | / | 0.36 |
| 7 | 铁（mg/L） | ≤0.3 | / | 未检出（＜0.03） |
| 8 | 锰（mg/L） | ≤0.1 | / | 未检出（＜0.01） |

| 序号 | 项目 | 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》冲厕水质标准 | 《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》生活污水排放标准 | 绥中 36-1M 平台监测结果 |
|---|---|---|---|---|
| 9 | 溶解氧（mg/L） | ≥1 | / | 8.0 |
| 10 | 总大肠菌群（mg/L） | ≤3 | / | ＜3 |

（3）其他含油污水

CFD6-4 CEPA 平台上设置开式排放系统和闭式排放系统。平台的甲板冲洗水等含油污水进入开/闭排放系统，进入原油处理系统进行处理。

（4）固体废弃物

本工程生产过程中产生的生产垃圾和生产垃圾运回陆地交有资质单位接收处理/处置。

## 11.3 建设项目海洋生态保护对策措施

（1）施工作业避开保护区主要保护物种的繁育期和敏感期

本项目位于洄游性鱼类和白姑鱼的产卵场内，且位于京唐港至曹妃甸农渔业区。工程建设阶段，钻井油层段水基钻井液、钻井非油层段水基钻井液、钻井油层段钻屑、钻井非油层段钻屑、工业垃圾、生活垃圾和船舶污染物全部运回陆地处理，不排海。本工程施工作业应尽量缩短施工周期，合理选择作业时间，海底管道和电缆施工应尽可能避开白姑鱼的产卵盛期（6 月），以降低和缓解对渔业资源的影响。

（2）由于工程位于白姑鱼产卵场，建设单位应加强设备管理、严格操作规程、减少人为失误，从根本上将事故发生概率降到最低，务必将防范事故发生的措施放在首要位置。施工过程中加强对施工队伍的管理，制定严格的环保规章制度，严禁随意丢弃、违规倾倒的行为。

（3）建设单位必须具备控制溢油的有效手段和措施。一旦溢油事故发生，应及时向主管部门通报情况，并立即采取一切措施将溢油控制在最小范围内。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。

（4）制定施工期船舶安全和防溢油措施，施工船舶配备必要的导助航等安全保障设施，合理调配施工船舶，加强值班、瞭望工作，合理安排工期，避免恶劣天气施工，减少船舶碰撞溢油事故的发生。大型船舶配备必要的溢油应急设备。

（5）渔业环境和生物资源补偿措施

本工程造成的渔业资源损失金额约 252.68 万元，建设单位应将此部分费用纳入环保投资，此项费用主要用于海洋生物资源的增殖放流、海洋生物资源的养护与管理、人工鱼礁及相关研究、监测工作等。

（6）生态服务损失补偿措施

本工程造成的海洋生态服务功能损失金额约 108.26 万元。建议建设单位将此部分费用也纳入环保投资。建设单位可以根据自己补偿的资金情况，项目所在海域的实际情况，有选择参与到渤海湾的海洋生态修复工作中来，建议建设单位与当地的海洋与渔业主管部门积极沟通协调，配合相关科学研究进行海洋生态系统的修复工作，支持海洋主管部门生态保护宣传教育基地的建设等。

## 11.4 环保竣工验收

建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。在环保竣工验收时，应根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定申请环境保护设施竣工验收。对本工程而言，主要环保竣工验收内容如下：

（1）平台生活污水和含油生产水处理装置处理效果及回收情况；

（2）固体废弃物分类、回收设备；

（3）具备环境保护设施正常运转的条件，包括：经培训合格的操作人员、健全岗位操作规程及相应的规章制度，原料、动力供应等要求；

（4）环境管理与监测计划，包括环境管理机构和岗位设置、环保管理规章、制度，以及监测设备和手段等。

以上施工阶段和生产阶段的污染防治措施都是目前油田应用比较成熟的方法和技术，需要施工方、建设方认真落实，将工程建设的污染控制在最小的程度。本工程竣工后环保验收的主要内容列于表 11.4-1，供相关部门竣工验收时参考。

**表 11.4-1　环保“三同时”验收清单**

| 内容类型 | 污染源 | 主要污染因子 | 环保验收措施 | 处理能力 | 处理去向 |
|---|---|---|---|---|---|
| 水污染物 | 生活污水 | COD | CEPA 平台设置一套生活污水处理装置 | CEPA：60.5$m^3$/d； | 处理达标后用于生活楼冲厕所，循环使用，不排海。 |
| | 含油生产水 | 石油类 | CEPA 平台设置 1 套“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”生产水处理装置 | 8160$m^3$/d | 处理达标后全部回注，不外排 |
| | 平台甲板设备冲洗水、初期雨水 | 石油类 | 开式排放系统和闭式排放系统 | -- | 经开/闭排系统，打入生产流程 |
| 固体废弃物 | 生活垃圾 | 食品废弃物及其他生活垃圾 | 分类收集后运回陆地交处理，检查相关交接手续 | -- | 全部运回陆上处理 |
| | 工业垃圾 | 固体废弃物，石油类 | 分类收集后运回陆地交由有资质单位处理/处置，检查相关交接手续 | -- | |

## 11.5 污染防治措施、环境保护及生态保护措施汇总

本工程施工期、运行期采取的污染防治措施、环境保护及生态保护措施汇总见表 11.5-1、表 11.5-2。

**表 11.5-1 施工期污染防治措施、环境保护及生态保护措施一览表**

| 建设阶段 | 序号 | 污染源 | | 污染因子 | 设备或措施 | 数量 | 处理效果 | 责任落实单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 施工期 | 1 | 废水 | 船舶含油污水 | 石油类 | 铅封，运回陆地处理 | / | 运回陆地处理 | 施工单位 |
| | | | 生活污水 | COD | 施工期间在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。 | / | 运回陆地处理 | 施工单位 |
| | 2 | 钻屑、钻井液 | 钻井油层段钻屑、水基钻井液 | 石油类 | 运回陆地处理 | / | 运回陆上交蓬莱荣洋钻采有限公司处理 | 建设单位 |
| | | | 钻井非油层段钻屑、水基钻井液 | SS | 运回陆地处理 | / | 运回陆上交蓬莱荣洋钻采有限公司处理 | 建设单位 |
| | | 悬浮沙 | 海管、电缆铺设 | SS | - | / | 直接排放 | 建设单位 |
| | 3 | 固废 | 工业垃圾 | 废弃边角料、油棉纱、包装材料等 | 运回陆地处理 | / | 分类收集、运回陆上处理 | 建设单位 |
| | | | 生活垃圾 | 食品废弃物等 | 运回陆地处理 | / | | |
| | 4 | 生态环境 | 注意尽量缩短施工周期，合理选择施工时间，选择适宜的海况条件，同时通过优化海底海管/电缆工艺流程等方式提高工效，缩短铺设时间避开该海域主要洄游性鱼类产卵盛期（6 月），以减少对鱼卵和仔鱼的影响。 | | | | | 建设单位或者施工单位 |

**表 11.5-2　运行期污染防治措施、环境保护及生态保护措施一览表**

| 建设阶段 | 序号 | 污染源 | | 污染因子 | 设备或措施 | 数量 | 新建或依托 | 处理效果 | 工程设计或环评要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 运行期 | 1 | 废水 | 含油生产水 | 石油类 | 由 CFD6-4CEPA 平台的“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”含油生产水处理装置进行处理 | 1 套 | 新建 | 处理达标后全部回注地层，不排海 | 建设单位 |
| | | | 平台甲板设备冲洗水、初期雨水 | 石油类 | 开闭排系统 | 1 套 | 新建 | 经开、闭系统收集后，进入原油处理系统 | |
| | | | 生活污水 | COD | 新建生活污水处理装置 1 套，处理后 COD≤300mg/L | 1 套 | 新建 | 处理达标后用于生活楼冲厕所,不排海。 | |
| | 2 | 固废 | 工业垃圾 | 废弃料等 | -- | -- | 依托 | 分类收集，运回陆地交由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处理 | 建设单位 |
| | | | 生活垃圾 | 食品废弃物等 | -- | -- | 依托 | 分类收集，运回陆上处理 | 建设单位 |
| | 3 | 生态环境 | 石油类 | （1）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。<br>（2）对造成直接损害的渔业资源进行一定量的经济补偿，该补偿将用于增殖放流、渔业资源养护等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。 | | | | | 建设单位 |

# 12环境保护技术经济合理性分析

## 12.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

环境保护费用系指环境保护固定设施及其投资费用和维护设施及其他为环保投资的年费用。环境保护投资主要包括一次性环境设施投资及其相关操作费用和辅助费用。环境保护投资主要包括一次性环境设施投资及其相关操作费用和辅助费用。根据《海上油（气）田开发工程环境保护设计规范》（SY/T10047-2003），在确定环境保护投资费用时，对环境保护设施及其投资按如下原则划分：凡属污染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 12.1-1。本工程总投资 141743 万元，其中环保投资 3135.94 万元，占总投资的 2.21%。

**表 12.1-1 环境保护设施项目及投资估算（万元）**

| 平台 | 环境保护设备 | 设备投资 | 折合比率 | 折合环保投资 |
|---|---|---|---|---|
| CFD6-4 CEPA | 开式排放系统 | 266 | 100% | 266 |
| | 闭式排放系统 | 328 | 100% | 328 |
| | 生产污水处理系统 | 1933 | 50% | 966 |
| | 生活污水处理系统 | 360 | 100% | 360 |
| | 注水系统 | 1511 | 50% | 756 |
| | 火炬系统 | 198 | 50% | 99 |
| 渔业资源损失补偿费 | | / | 100% | 252.68 |
| 海洋生态服务功能损失补偿费 | | / | 100% | 108.26 |
| 合计 | | | | 3135.94 |

## 12.2 环境经济损失分析

本工程造成的环境经济损失主要包括渔业资源损失和海洋生态服务功能损失，共计约 360.94 万元。其中包括渔业资源损失金额约 252.68 万元，海洋生态服务功能损失金额约 108.26 万元。

### 12.2.1 渔业资源损失

工程对海洋渔业生物资源的影响主要表现在：（1）建设井口平台占用海域，使生物栖息地丧失；（2）铺设海底管线，开挖管沟造成开挖区域对栖息地破坏，以及对周围区域的掩埋造成底栖生物死亡；（3）施工阶段悬浮泥沙对渔业生物资源损害。

根据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》的规定：（1）“占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿”，井口平台属永久性占用渔业水域，补偿年限按 20 年计算；（2）“一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍”，施工阶段因开挖基槽和管沟，及铺设海底管缆产生的悬浮沙造成的生物资源损害属一次性损害，按 3 倍进行补偿。

#### 12.2.1.1 鱼卵、仔稚鱼经济价值计算

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵、仔稚鱼经济价值按下式计算：

$$M = W \times P \times E$$

式中：$M$ 为鱼卵、仔稚鱼经济损失金额（元）；$W$ 为鱼卵、仔稚鱼损失量（个，尾）；$P$ 为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（%）；$E$ 为成活鱼苗的商品价格，根据近三年来主要鱼类苗种平均价格，商品鱼苗的平均价格按 1.0 元/尾计算。

施工阶段造成鱼卵的损失为 11785162 粒，折算成商品鱼苗 117852 尾，直接经济损失约为 11.785 万元，总损失为 35.36 万元；

仔稚鱼的损失为 9566198 尾，折算成商品鱼苗 478309 尾，直接经济损失约为 47.831 万元，仔稚鱼的经济损失共为 143.49 万元。

#### 12.2.1.2 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：$M_i$ 为第 i 类渔业生物资源的经济损失额（元）；$W_i$ 为第 i 类渔业生物资源的损失量（kg）；$Ei$ 为生物资源的商品价格，鱼类、底栖生物的价格按 1.0 万元/t 计算。甲壳类价格按 40 元/kg 计算；头足类按 30 元/kg 计算。

**a：鱼类**

施工阶段共造成鱼类成体损失为 0.42t，直接经济损失为 0.42 万元，生态补偿按 3

倍计算，鱼类成体资源的经济损失共为 1.26 万元。

**b：幼鱼**

施工阶段共造成幼鱼损失为 125863 尾，直接经济损失为 12.58 万元，生态补偿按 3 倍计算，幼鱼资源的经济损失共为 37.74 万元。

**c：头足类**

施工阶段共造成头足类损失为 0.14t，直接经济损失为 0.42 万元，生态补偿按 3 倍计算，头足类成体资源的经济损失共为 1.26 万元。

**d：头足类幼体**

施工阶段共造成头足类幼体损失为 20462 尾，直接经济损失为 1.23 万元，生态补偿按 3 倍计算，头足类幼体资源的经济损失共为 3.69 万元。

**e：甲壳类**

施工阶段共造成甲壳类损失为 0.164t，直接经济损失为 0.66 万元，生态补偿按 3 倍计算，甲壳类成体资源的经济损失共为 1.98 万元。

**e：甲壳类幼体**

施工阶段共造成甲壳类幼体损失为 8109 尾，直接经济损失为 0.65 万元，生态补偿按 3 倍计算，甲壳类幼体资源的经济损失共为 1.95 万元。

#### 12.2.1.3 底栖生物经济价值计算

底栖生物经济损失按公式计算：

$$M = W \times E$$

式中：$M$—经济损失额，单位为元（元）；$W$—济损生物资源损失量，单位为千克（kg）；$E$—生物资源的商品价格，按主要经济种类当地当年的市场平均价或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算（如当年统计资料尚未发布，可按上年度统计资料计算），单位为元每千克（元/kg）。底栖生物的价格按1.0万元/t计算。

施工造成底栖生物直接损失量为 8.65t，直接经济损失约为 8.65 万元。铺设海底管缆施工对底栖生物的损害属一次性损害，施工完成后经过一段时间可恢复，因此补偿费用按损失额的 3 倍计算，为 25.95 万元。

#### 12.2.1.4 渔业资源经济损失额合计

渔业资源经济损失额合计见表 12.2-1。

**表 12.2-1　渔业资源损失经济补偿明细**

| 序号 | 受损生物 | 生物损失量 | 直接损失（万元） | 补偿倍数（倍） | 补偿金额（万元） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 底栖生物（t） | 8.65 | 8.65 | 3 | 25.95 |
| 2 | 鱼卵（粒） | 11785162 | 11.785 | 3 | 35.36 |
| 3 | 仔稚鱼（尾） | 9566198 | 47.831 | 3 | 143.49 |
| 4 | 鱼类成体（t） | 0.42 | 0.42 | 3 | 1.26 |
| 5 | 头足类（t） | 0.14 | 0.42 | 3 | 1.26 |
| 6 | 甲壳类（t） | 0.16 | 0.66 | 3 | 1.98 |
| 7 | 幼鱼（尾） | 125863 | 12.58 | 3 | 37.74 |
| 8 | 头足幼体（尾/$km^2$） | 20462 | 1.23 | 3 | 3.69 |
| 9 | 甲壳类幼体（尾/$km^2$） | 8109 | 0.65 | 3 | 1.95 |
| 合计 | | | | | 252.68 |

渔业生物资源损失经济补偿额共为 252.68 万元，应将对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。

### 12.2.2 海洋生态服务功能损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋生态系统服务功能主要包括海洋供给服务、海洋调节服务、海洋文化服务、海洋支持服务共 4 个部分。

本工程对海洋生态系统服务功能的影响主要是建设期海底管道和电缆铺设以及平台占用海域的影响。根据“第 13 章 13.4 海洋生态文明建设方案”计算结果，本工程造成海洋供给服务价值损失、海洋调节服务价值损失、海洋文化服务价值损失和海洋支持服务价值损失共计约 108.26 万元。

海洋生态服务功能损失详见下表。

**表 12.2-2　海洋生态服务功能损失一览表**

| 序号 | 损失功能 | 损失金额（万元） |
|---|---|---|
| 1 | 海洋供给服务价值 | 7.32 |
| 2 | 海洋调节服务价值 | 26.1449 |
| 3 | 海洋文化服务价值 | 13.3 |
| 4 | 海洋支持服务价值 | 61.5 |
| 合计 | | 108.2649 |

## 12.3 环境保护的技术经济合理性

### 12.3.1 环境污染治理环保投资效益分析

本项目环境污染治理费用主要包括平台生活污水处理系统、开/闭式排放系统、应急关断系统、溢油应急设备等的投入。

本工程投产后，生活污水经平台生活污水处理装置处理达到《城市污水再生利用　城市杂用水水质》（GBT　18920-2002）中水回用杂水指标，用于生活楼冲厕所，不排海。

本工程开/闭式排放系统将有效收集平台产生的污染物，从而防止对周围海域的影响。

本工程配备的溢油应急设备将严格防止溢油的发生，一旦发生溢油，能够及时有效的将影响范围控制在最小。

### 12.3.2 生态保护环保投资效益分析

本项目生态保护费用主要包括生态补偿费等的投入。

本工程施工建设过程中和油田生产过程中将对周围海域的渔业资源和海洋生态造成不可避免的影响。本项目实施前与有关渔业主管部门沟通和协商，对本报告中评估的渔业生物资源损失进行经济补偿。

生态补偿费主要用于渔业主管部门增殖放流、渔业资源养护与管理，以及进行渔业资源和渔业生态环境跟踪调查等，这些措施将使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。

## 12.4　社会效益

油气田的开发对国民经济的发展具有极重要的作用。油气是重要的能源之一，是工业的血液，制约着若干行业的发展。因而油气田开发不仅经济效益本身极为显著，而且可以通过解决直接和间接的就业机会带动其他相关产业的发展，具有重要的社会效益。

本工程的建设将对该区域的生物资源、渔业资源等造成一定的直接影响，但从上文分析中可以看出，其对工程周边海域生态环境的影响是暂时的、可恢复的。

本工程的开发将会对进一步带动相关产业的发展和进步（如机械制造、电子、仪表等等）起到一定的作用。平台投产后可为国家增加税收收入，增加出口创汇。使用海域与本海域的其它主要功能如渔业的兼容性也比较好，有利于海域整体资源的合理利用和最大发挥。此外，本工程在建设和生产阶段将提供一定的就业机会，有利于增强社会的系统功能，改善区域的整体环境。

因此，本工程是一项利国利民的工程，其环保设施的设置与环保投资是合理的，具有良好的经济和社会效益。

# 13海洋工程的环境可行性

## 13.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析

根据国务院发布的《全国海洋主体功能区规划》（国发[2015]42 号）：“依据主体功能，将海洋空间划分为以下四类区域：优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域、禁止开发区域”。

- 优化开发区域，是指现有开发利用强度较高，资源环境约束较强，产业结构亟需调整和优化的海域。
- 重点开发区域，是指在沿海经济社会发展中具有重要地位，发展潜力较大，资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域。
- 限制开发区域，是指以提供海洋水产品为主要功能的海域，包括用于保护海洋渔业资源和海洋生态功能的海域。
- 禁止开发区域，是指对维护海洋生物多样性，保护典型海洋生态系统具有重要作用的海域，包括海洋自然保护区、领海基点所在岛屿等。

本工程位于《全国海洋主体功能区规划》中的重点开发区域，属于海洋工程和资源开发区。海洋工程和资源开发区，是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发的相关要求为“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。支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。”

本工程位于渤海湾海域，本项目周边已开发油田包括南堡 35-2 油田，南堡 35-1 油田、秦皇岛 32-6 油田群，秦皇岛 33-2、秦皇岛 33-1 油田等，本项目全油田动用储量 4014.73×$10^4$$m^3$，项目将依托周边油田群进行建设和开发，本区域位于油田开发的重点区域，属于海洋工程和资源开发区。油田开发在经济社会发展中具有重要地位，发展潜力较大，且该区域资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域。

本工程目前正在开展海域使用论证和环境影响评价工作。本次新建平台属于透水性结构，工程施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工

期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。本工程运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。通过采取上述措施后，本项目建设阶段和运营阶段对工程所在海域无影响。

本工程与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析见表 13.1-1。通过分析，本工程用海与《全国海洋主体功能区规划》（国发〔2015〕42 号）相符合。

**表 13.1-1　本工程与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析**

| 区域 | 相关要求 | 本工程情况 | 符合性 |
|---|---|---|---|
| 重点开发区域 | 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。 | 本工程目前正在开展海域使用论证和环境影响评价工作。<br>平台属于透水性结构。施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理。正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。通过采取上述措施，本项目建设和运营阶段对工程所在海域无影响。<br>曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案，应急计划的主要内容包括油田作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等。采取上述措施后，避免发生重大环境污染事件。 | 符合 |
| | 支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。 | 不涉及 | 符合 |

## 13.2 与《全国海洋功能区划（2011～2020 年）》符合性分析

根据《全国海洋功能区划》（2011-2020），本工程位于《全国海洋功能区划》（2011-2020）的“渤海湾海域”。“渤海湾海域”包括唐山滦河口至冀鲁海域分界毗邻

海域，主要功能为港口航运、工业与城镇用海、矿产与能源开发。天津港、唐山港、黄骅港及周边海域重点发展港口航运。唐山曹妃甸新区、天津滨海新区、沧州渤海新区等区域集约发展临海工业与生态城镇。区域积极发展滩海油气资源勘探开发。加强临海工业与港口区海洋环境治理，维护天津古海岸湿地、大港滨海湿地、汉沽滨海湿地及浅海生态系统、黄骅古贝壳堤、唐山乐亭石臼坨诸岛等海洋保护区生态环境，积极推进各类海洋保护区规划与建设。稳定提高盐业、渔业等传统海洋资源利用效率。开展滩涂湿地生态系统整治修复，提高海岸景观质量和滨海城镇区生态宜居水平。区域实施污染物排海总量控制制度，改善海洋环境质量。

本次工程为海洋矿产资源勘探开发，与“渤海湾海域”中的矿产与能源开发功能相符合。工程施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。本工程运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理。正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。

工程建设不增加渤海海域污染物排放总量，本项目建设对工程所在海域无影响。同时，项目建成后能够提升渤海区域的石油开采能力，有利于缓解我国油气短缺问题，同时也为快速增长的渤海经济圈提供必要的物质基础。工程生产开发时，应注意与周边海洋功能区的协调性，重点保护海洋生态环境。

综上分析，本项目的建设与《全国海洋功能区划》（2011-2020）对工程所在海域的功能定位相符合。

## 13.3 与《河北省海洋主体功能区规划》符合性分析

根据 2018 年 3 月河北省人民政府发布的《河北省海洋主体功能区规划》：“依据《全国海洋主体功能区规划》对河北省海域主体功能定位，充分考虑海洋资源环境承载能力、现有开发强度和发展潜力，将全省海域划分为优化开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。”

本工程在《河北省海洋主体功能区规划》的位置见图 13.3-1 和图 13.3-2，本工程与《河北省海洋主体功能区规划》的符合性分析见表 13.3-1。

本工程周边已开发的油田包括秦皇岛 32-6 油田群、南堡 35-2 油田、南堡 35-1 油田、秦皇岛 33-1 油田和秦皇岛 33-2 油田等，因此项目属于《河北省海洋主体功能区规划》中限制开发区域中的“其他点状开发的区域”，所在海域隶属于《河北省海洋主体功能区规划》中的海洋资源开发区。

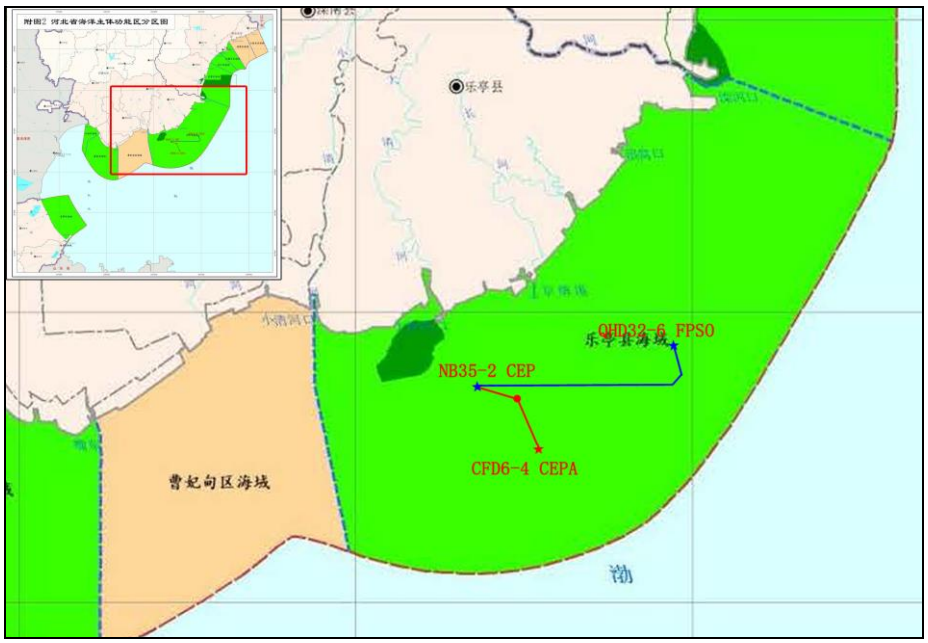



**图 13.3-1　本工程在《河北省海洋主体功能区分区图》的位置**

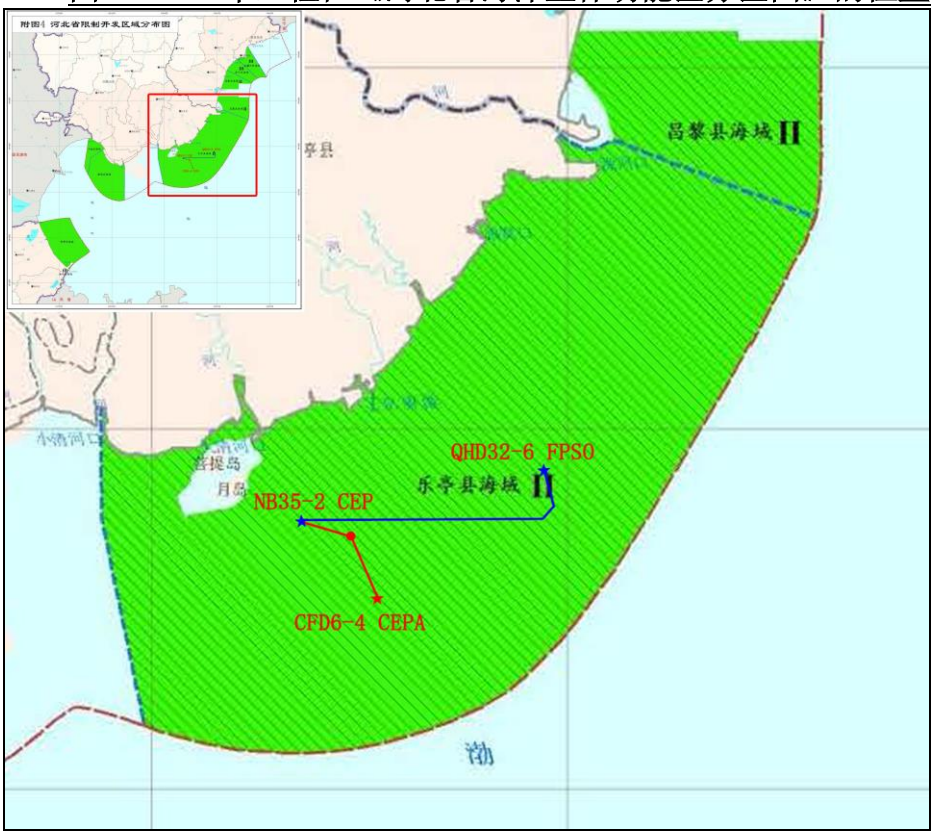



**图 13.3-2　本工程在《河北省限制开发区域分布图》的位置**

通过分析，CFD6-4 油田开发工程依托周边油田群进行开发，所在海域属于海洋资源开发区。该区域海洋资源环境承载能力较强、开发潜力较大，可以进行高强度集中开发的海域。

本项目属于海洋资源开发区，工程建设不涉及围填海工程，不占用岸线，同时开展了海域使用论证和环境影响评价工作；工程建设和运营严格执行海洋油气勘探开采环境管理的相关要求，制定了施工和运营期的海洋环境监测计划，对工程周边海域实施严格的环境监控。正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案。建设单位严格落实溢油应急计划，并按照备案的溢油应急计划设置溢油应急设备和设施，有效防范海上溢油等海洋环境突发污染事件，确保周围海域海洋生态环境安全。符合《河北省海洋主体功能区规划》的开发方向和发展重点。

综上所述，工程建设与《河北省海洋主体功能区规划》相符合。

**表 13.3-1　本工程与《河北省海洋主体功能区规划》的符合性分析**

| 区域 | 用海类型 | 相关要求 | | 符合性分析 |
|---|---|---|---|---|
| 其他点状开发的区域 | 海洋资源开发区 | 功能定位 | 国家重要的海陆综合交通物流枢纽，华北、西北地区对外开放的重要门户，国际先进的合成材料、生物医药和装备制造业基地，承接京津产业转移合作平台，新能源基地。 | 本项目全油田动用储量 $4014.73\times10^4m^3$，油田开发在经济社会发展中具有重要地位，且该区域海洋资源环境承载能力较强、开发潜力较大，属于海洋资源开发区。工程建设为区域发展提供必要的能源支持。<br>综上，项目建设符合该区域的功能定位。 |
| | | 开发方向 | **据点式集约开发：**严格控制开发活动规模和范围，统筹规划港区、临港产业区、新能源基地及配套基础设施等建设，形成现代海洋产业集群，加强建设项目选址评估和论证，集约高效利用岸线和海域空间。 | 项目依托周边油田群进行开发，所在海域属于海洋资源开发区域。本工程不占用岸线，同时开展了海域使用论证和环境影响评价工作。该区域资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域，集约高效利用海域空间。<br>综上，项目建设符合“据点式集约开发”的相关要求。 |
| | | | **强化围填海管理：**实施围填海总量控制和计划管理，科学选择围填海位置和方式，优先利用围填海存量资源，对围而不填、填而不建区域，暂缓审批新增围填海项目。 | 不涉及围填海工程 |
| | | | **控制环境风险：**加强开发活动环境影响评价，对开发项目施工和运营过程，实施严格的环境监控。建立海洋灾害和环境突发事件应急响应机制，提高防灾减灾和应对突发事件的能力。 | 工程开展了海域使用论证和环境影响评价工作。根据工程海域的环境特点制定了施工和运营期的海洋环境监测计划，对工程周边海域实施严格的环境监控。曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案，应急计划的主要内容包括油田作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等。采取上述措施后，可有效提高防灾减灾和应对突发事件的能力，避免发生重大环境污染事件。<br>综上，项目建设符合“控制环境风险”的相关要求。 |
| | | 发展重点 | 海洋资源开发区是指国家批准建设的海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。重点开发油气和海上风电资源，合理控制油气开采围填海规模，强化油气开发项目海域使用论证和环境影响评价。 | 工程用海方式为海洋矿产资源勘探开发用海，不涉及围填海工程。本工程开展了海域使用论证和环境影响评价工作。 |
| | | | 严格执行海洋油气勘探开采环境管理要求，制定海洋环境灾害应急预案和快速反应系统，防范海上溢油等海洋环境突发污染事件，确保周围海域海洋生态环境安全。 | 工程建设和运营严格执行海洋油气勘探开采环境管理的相关要求。曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案。建设单位严格落实溢油应急计划，并按照备案的溢油应急计划设置溢油应急设备和设施，有效防范海上溢油等海洋环境突发污染事件，确保周围海域海洋生态环境安全。 |

| 区域 | 用海类型 | 相关要求 | | 符合性分析 |
|---|---|---|---|---|
| | | | 支持海洋可再生能源开发利用，遵循深水远岸布局原则，科学论证与规划海上风电和海洋可再生能源综合利用。 | 工程用海方式为海洋矿产资源勘探开发用海，工程开展了海域使用论证和环境影响评价工作。建设单位已经分别与国电电力河北新能源开发有限公司、唐山港口实业集团有限公司进行沟通、协商，对方均表示对工程积极支持，确保本工程与其他利益相关者协调发展。 |

## 13.4 与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》符合性分析

CFD6-4 CEPA 平台位于《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》“京唐港至曹妃甸农渔业区【功能区代码 1-9】”，CFD6-4 CEPA→NB35-2 CEP 海底输油管道、CFD6-4 CEPA→NB35-2 CEP 复合海底电缆经过“京唐港至曹妃甸农渔业区【功能区代码 1-9】”和“月坨南矿产与能源区【功能区代码 4-2】”，其中海底管道和电缆分别有约 10km 位于“京唐港至曹妃甸农渔业区【功能区代码 1-9】”。拟建工程与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》的位置关系见图 13.4-1。“京唐港至曹妃甸农渔业区”和“月坨南矿产与能源区”登记表见图 13.4-2 和图 13.4-3。

依据《河北省海洋功能区划（2011～2020 年）》，从“京唐港至曹妃甸农渔业区”和“月坨南矿产与能源区”的用途管制要求与环境保护要求两个方面进行了逐条分析，详细内容见表 13.4-1。

CFD6-4 CEPA 平台位于京唐港至曹妃甸农渔业区，海管和电缆分别有约 10km 位于该农渔业区。京唐港至曹妃甸农渔业区为开放式养殖用海区，面积为 71210.85hm$^2$，该区域以近海作业为主，本工程 CEPA 平台距京唐港区防沙堤约为 20km，海底管线距离京唐港区防沙堤最近为 13km。本项目用海总面积为 65.3536hm$^2$，其中 CFD6-4 CEPA 平台用海面积为 3.1470hm$^2$，CFD6-4 CEPA 平台至 NB35-2 CEP 平台的海底管道、电缆用海面积为 62.2066hm$^2$，占该农渔业区面积的 0.092%，本项目占用海域面积很小，且海管和电缆采用挖沟埋设的方式，埋深为 1.5m，运营期不会对海洋环境产生影响，本项目施工期和运营期无污染物排海。经调查，目前渤海已禁止底拖网捕捞行为。综上考虑，工程建设不会影响渔业用海主导功能，不会影响养殖用海和渔港航道用海需求，可以满足该海域的海域使用管理要求。

新建平台为透水式结构，且占用海域较小，管缆为后挖沟埋设，埋深为 1.5m。工程用海不会改变该海域自然属性。本工程施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。工程施工期和运营期无污染物排海，无污染海

域环境的活动，不会对海水水质质量、海洋沉积物质量和海洋生物质量产生影响。

新建输油管道和电缆经过“月坨南矿产与能源区”的长度约 2.5km，属于油气开采工业用海，用海类型与该海域的功能定位相一致，管缆铺设不会改变该海域自然属性。施工期和运营期均无污染物排放，不会对毗邻海域的环境产生影响。

本工程正式投产前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案，并在施工期和运营期均采取溢油风险防范措施以防范海上溢油等海洋环境突发污染事故，确保周围海域海洋环境及生态安全，避免恶化周边海洋环境质量。

本工程距离“京唐港港口航运区【功能区代码 2-4】”最近 1.4km，距离“大清河口海岛旅游休闲娱乐区【功能区代码 5-4】”最近 3.0km，距离“石臼坨诸岛海洋保护区【功能区代码 6-6】”最近 6.0km。根据数值模拟结果，施工期悬浮沙扩散超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为 1.26km，而工程距离周边功能区的距离大于等于 1.4km；运营期工程无污染物排放。因此，工程不会对周边海洋功能区产生影响。因此工程建设可以满足该海域的环境保护要求。

综上分析，本工程与《河北省海洋功能区划（2011-2020）》相符合。

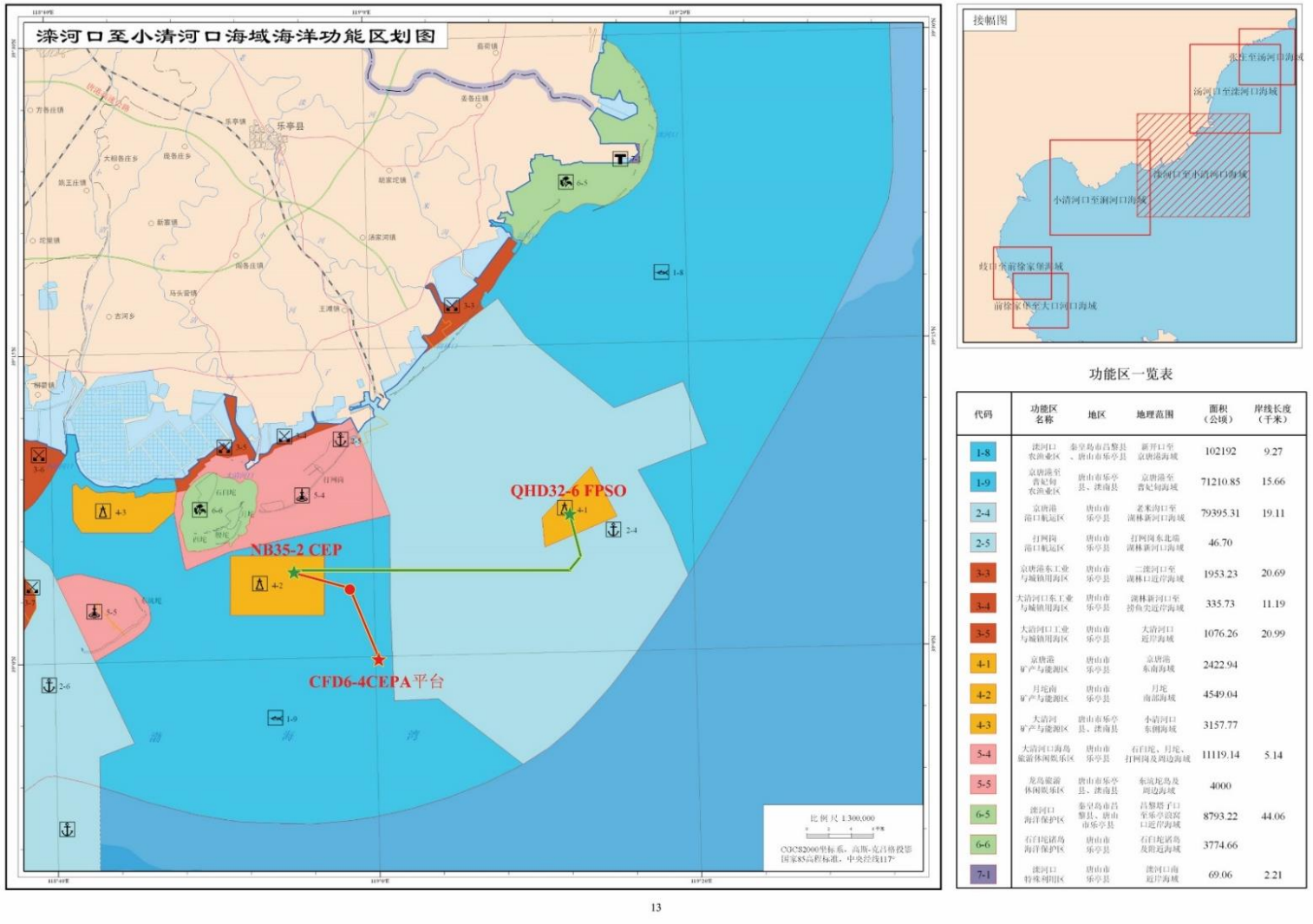
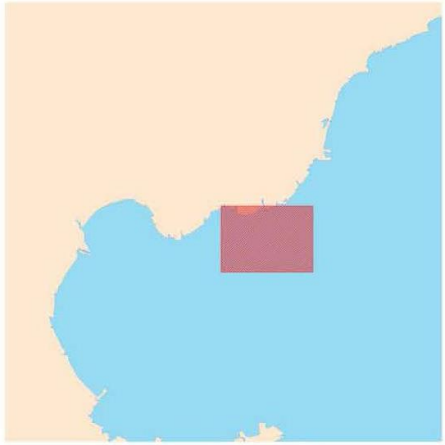



**图 13.4-1　本工程在《河北省海洋功能区划（2011-2020 年）》位置示意图**

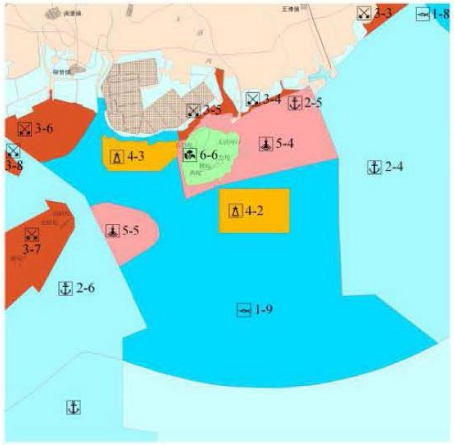
## 海洋基本功能区登记表

| 序号 | 33 | 代码 | 1-9 | 功能区类型 | 农渔业区 |
|---|---|---|---|---|---|
| 功能区名称 | | 京唐港至曹妃甸农渔业区 | | | |
| 地区 | | 唐山市乐亭县、滦南县 | | | |
| 地理范围 | | 京唐港至曹妃甸海域（38°51′57.6″N～39°11′10.08″N,118°35′55.22″E～119°9′2.9″E） | | | |
| 面积（公顷） | | 71210.85 | | | |
| 岸线长度（公里） | | 15.66 | | | |
| 海域使用管理要求 | 用途管制 | 用海类型为渔业用海；重点保障开放式养殖用海和渔港航道用海需求；养殖生产活动须保证海上航运安全；小清河口（大庄河口）海域开发利用须保障行洪安全。 | | | |
| | 用海方式控制 | 严格限制改变海域自然属性。 | | | |
| | 海域整治 | 实施底播养殖区综合整治，合理布局养殖空间，控制养殖密度；实施河口海域综合整治，提高港址资源质量，降低对毗邻区域的环境影响。 | | | |
| 海洋环境保护要求 | 生态保护重点目标 | 保护青蛤、四角蛤蜊、光滑蓝蛤等潮间带底栖生物和滨海湿地、海水质量。 | | | |
| | 环境保护 | 禁止进行污染海域环境的活动；防止外来物种侵害，防治养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能稳定；执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准。 | | | |

功能区位置图



功能区范围图




- 33 -

**图 13.4-2　京唐港至曹妃甸农渔业区登记表**

## 海洋基本功能区登记表

| 序号 | 32 | 代码 | 4-2 | 功能区类型 | 矿产与能源区 |
|---|---|---|---|---|---|
| 功能区名称 | | 月坨南矿产与能源区 | | | |
| 地区 | | 唐山市乐亭县 | | | |
| 地理范围 | | 月坨南部海域（39°2′6.59″N～39°5′6.12″N,118°50′59.57″E～118°56′56.89″E） | | | |
| 面积（公顷） | | 4549.04 | | | |
| 岸线长度（公里） | | | | | |
| 海域使用管理要求 | 用途管制 | 用海类型为工业（油气开采）用海，非生产区兼容渔业用海；重点保障油气开采设施建设用海需求；生产区禁止与油气开采作业无关、有碍生产和设施安全的活动，非生产区的渔业生产活动须保障油田作业船舶通行安全。 | | | |
| | 用海方式控制 | 严格限制改变海域自然属性，允许以平台式、透水构筑物或非透水构筑物方式建设油气勘采和储运设施。 | | | |
| | 海域整治 | 实施环境综合整治，降低对毗邻区域的环境影响。 | | | |
| 海洋环境保护要求 | 生态保护重点目标 | 保护海洋生态环境。 | | | |
| | 环境保护 | 严格控制生产过程中废弃物的排放，制定油气泄漏应急预案和快速反应系统，减少对海洋水动力环境、海底地形地貌的影响；确保毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区的海洋环境及海域生态安全；海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量不劣于现状水平。 | | | |

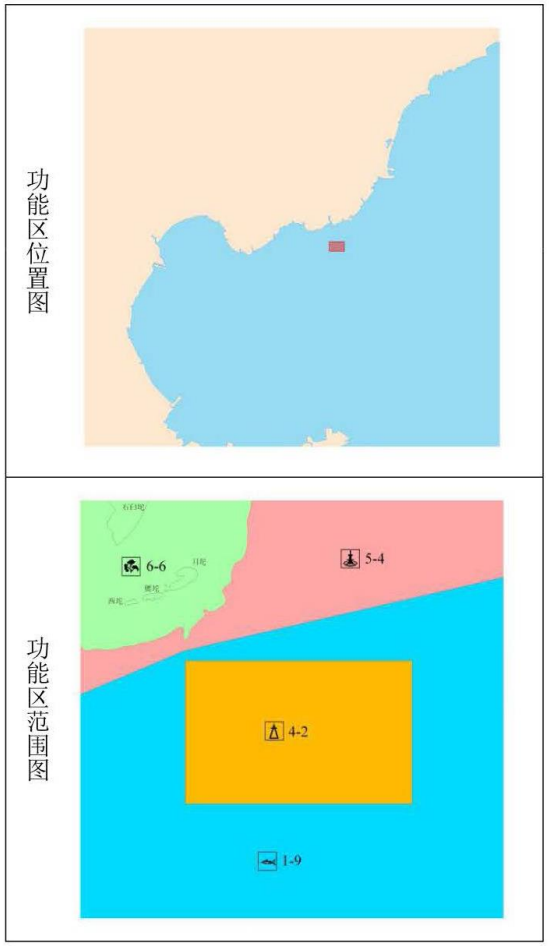



**图 13.4-3　月坨南矿产与能源区登记表**

**表 13.4-1　与《河北省海洋功能区划（2011-2020 年）》符合性分析**

| 类别 | 工程内容 | 与功能区位置关系 | 项目 | 相关要求 | | 符合性分析 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 新建平台 | CFD6-4 CEPA 平台、CFD6-4 CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道及复合海底电缆 | 位于京唐港至曹妃甸农渔业区内 | 海域使用管理要求 | 用途管制 | 用海类型为渔业用海；重点保障开放式养殖用海和渔港航道用海需求；养殖生产活动须保证海上航运安全；小清河（大庄河口）海域开发利用须保障行洪安全。 | CFD6-4 CEPA 平台位于京唐港至曹妃甸农渔业区，海管和电缆分别有约 10km 位于该农渔业区。京唐港至曹妃甸农渔业区为开放式养殖用海区，面积为 71210.85hm$^2$，该区域以近海作业为主，本工程 CEPA 平台距京唐港区防沙堤约为 20km，海底管线距离京唐港区防沙堤最近为 13km。本项目用海总面积为 65.3536hm$^2$，其中 CFD6-4 CEPA 平台用海面积为 3.1470hm$^2$，CFD6-4 CEPA 平台至 NB35-2 CEP 平台的海底管道、电缆用海面积为 62.2066hm$^2$，占该农渔业区面积的 0.092%，本项目占用海域面积很小。本项目施工期和运营期无污染物排海。经调查，目前渤海已禁止底拖网捕捞行为。同时，管线和电缆为后挖沟埋设，埋深为 1.5m。综上考虑，工程建设不会影响渔业用海主导功能，不会影响养殖用海和渔港航道用海需求。<br>**结论：符合** |
| | | | | 用海方式控制 | 严格限制改变海域自然属性。 | 平台为透水式结构，且占用海域较小；管缆为后挖沟埋设，埋深为 1.5m。工程用海不会改变该海域自然属性。<br>**结论：符合** |
| | | | | 海域整治 | 实施底播养殖区综合整治，合理布局养殖空间，控制养殖密度；实施河口海域综合整治，提高港址资源质量，降低对毗邻海域环境影响。 | 本工程不涉及养殖，且不位于河口海域。本工程施工期和运营期在该功能区无污染物排海，不会对毗邻海域环境产生影响。<br>**结论：符合** |
| | | | 海洋环境保护要求 | 生态保护重点目标 | 保护青蛤、四角蛤蜊、光滑蓝哈等潮间带底栖生物和滨海湿地、海水质量。 | 本工程不位于潮间带和滨海湿地，不会对青蛤、四角蛤蜊、光滑蓝哈等潮间带底栖生物和滨海湿地产生影响。<br>本工程施工期和运营期在该功能区无污染物排海，不进行污染海域环境的活动，不会对海水水质质量产生影响。<br>**结论：符合** |
| | | | | 环境保护 | 禁止进行污染海域环境的活动，防止外来物种侵害，防治养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利 | **施工期：**含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；同时，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收， |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 用，保持海洋生态系统结构和功能稳定；执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准。 | 定期由船舶运回陆上进行处理。<br>**运营期：**含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。<br>本工程施工期和运营期无污染物排海，无污染海域环境的活动，不会对海水水质质量、海洋沉积物质量和海洋生物质量产生影响。<br>**结论：符合** |
| 新建管线 | CFD6-4 CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道及复合海底电缆 | 穿越月坨南矿产与能源区 | 海域使用管理要求 | 用途管制 | 用海类型为工业（油气开采）用海，非生产区兼容渔业用海；重点保障油气开采设施建设用海需求；生产区禁止与油气开采作业无关、有碍生产和设施安全的活动。 | 根据《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》，新建输油管道和电缆经过“月坨南矿产与能源区”，属于海洋矿产资源勘探开发工程，为油气开采工业用海，工程用海与该海域的功能定位相一致。<br>**结论：符合** |
| | | | | 用海方式控制 | 严格限制改变海域自然属性，允许以平台、透水构筑物或非透水构筑物方式建设油气勘采和储运设施。 | 海管和电缆为后挖沟埋设，埋深为 1.5m。工程用海不会改变该海域自然属性。<br>**结论：符合** |
| | | | | 海域整治 | 实施环境综合整治，降低对毗邻海域的环境影响。 | 海管和电缆在施工期和运营期均无污染物排放，不会对毗邻海域的环境产生影响。<br>**结论：符合** |
| | | | 海洋环境保护要求 | 保护海洋生态环境。<br>严格控制生产过程中废弃物的排放，制定油气泄漏应急预案和快速反应系统，减少对海洋水动力环境、海底地形地貌的影响；确保毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区的海洋环境及海域生态安全；海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量不劣于现状水平。 | | 海管和电缆在生产过程中无污染物排放。<br>在本工程正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案，并在施工期和运营期均采取溢油风险防范措施以防范海上溢油等海洋环境突发污染事故，确保周围海域海洋环境及生态安全，避免恶化周边海洋环境质量。<br>**结论：符合** |

## 13.5 与《河北省海洋生态红线》符合性分析

河北省海洋局 2014 年 2 月发布《河北省海洋生态红线》（冀海发〔2014〕4 号），生态红线范围为河北省所辖海域、海岛、海岸线以及相邻陆域的重要海洋生态功能区、生态敏感区和生态脆弱区，具体包括海洋保护区、重要河口生态系统、重要滨海湿地、重要渔业海域、特殊保护海岛、自然景观与历史文化遗迹、重要滨海旅游区、重要砂质岸线和沙源保护海域。海洋生态红线基期年为 2012 年；有效期限为 2014-2020 年。

本工程 CFD6-4 CEPA 平台、输油管道和海底电缆，依托工程 NB35-2CEP 平台、NB35-2CEP 至“世纪号”FPSO 海底输油管道和“世纪号”FPSO 均位于河北省海洋生态红线区外。本工程与河北省海洋生态红线区位置关系见图 13.5-1。工程附近海域河北省海洋生态红线区见表 13.5-1。本工程与《河北省海洋生态红线》符合性分析见表 13.5-2。

本工程距离《河北省海洋生态红线》内的大清河口海岛旅游区（编号 7-4）和沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）较近，其中海底输油管道终点和电缆起点（NB35-2 CEP 平台 B2 桩腿）距离沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）最近距离为 1.8km。

本工程施工期、运营期污染物均得到有效处理处置，其中施工期钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。

本工程施工期管线铺设搅起搅起海底悬浮沙，施工期间输油管线和海底电缆引起的悬泥沙超一（二）类水质包络线在距离生态红线最近方向上的影响距离为 0.52km。且由于悬浮泥沙为短期排放，最长约 11h 可恢复至一类水质，不会对红线区产生影响。

根据环境质量现状调查结果，2015 年 10 月和 2016 年 5 月该海域水质符合所在功能区水质标准要求，工程施工和运营均不会影响到生态红线区，不会对生态红线区海域海洋生态环境造成影响。所以，工程建设与《河北省海洋生态红线》相符合。

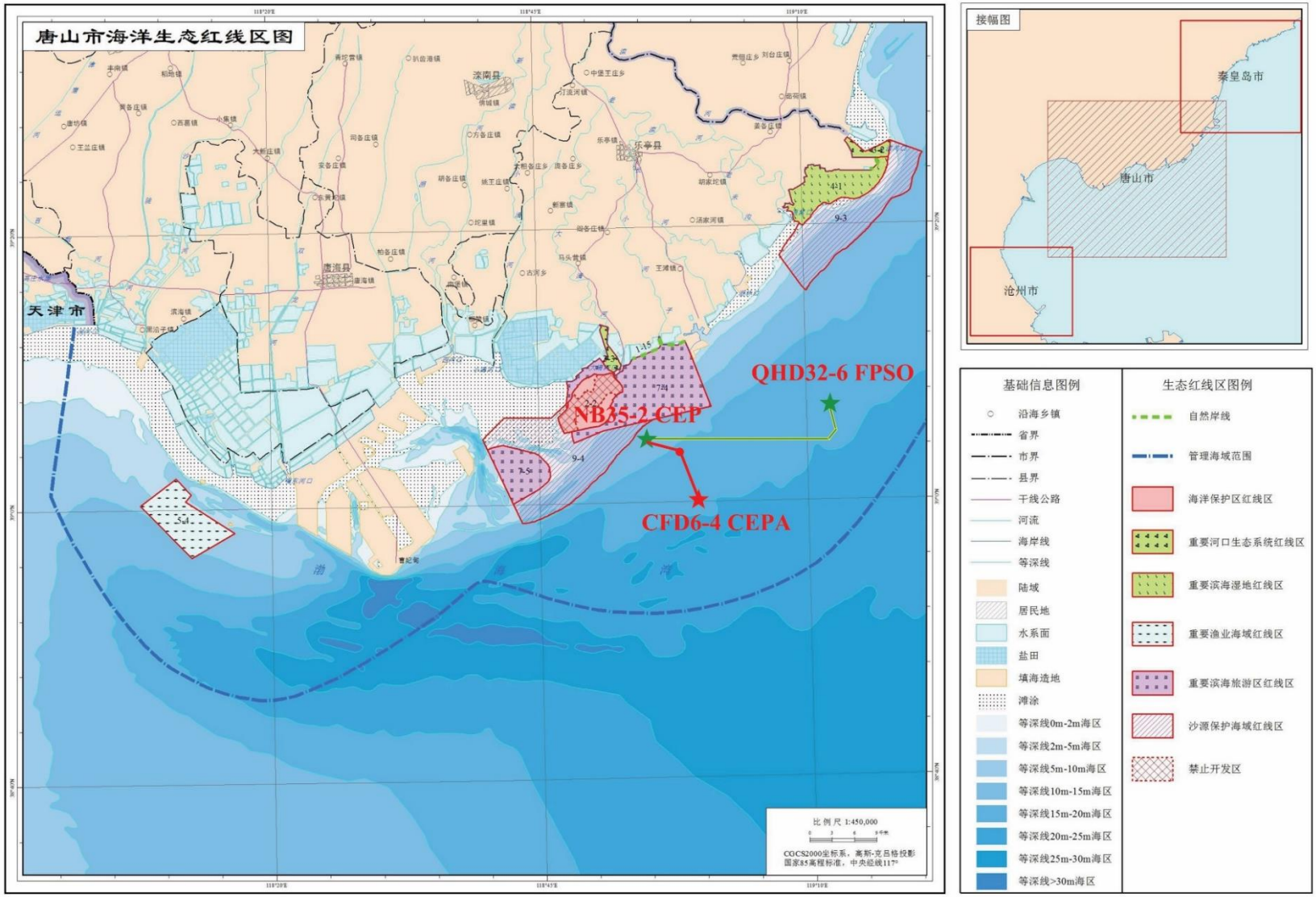



**图 13.5-1　工程与河北省海洋生态红线区位置关系图**

**表 13.5-1　工程附近海域河北省海洋生态红线区登记表**

| 编号 | 类型 | 名称 | 行政隶属 | 面积（公顷） | 岸线长度 | 保护目标 | 管控措施 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7-4 | 重要滨海旅游区 | 大清河口海岛旅游区 | 唐山市乐亭县 | 11730.62 | / | 保护地貌、植被、沙滩等海岛景观、近岸海域生态环境 | 严格保护海岛地形、地貌、砂质岸滩和近岸海域生态环境，禁止采挖海砂等破坏性开发活动；禁止与旅游休闲娱乐无关的开发活动，严格按照生态环境承载能力控制旅游强度，实施固体废弃物和污水科学处置，避免对相邻的海洋保护区和生态敏感区产生影响，确保海岛及周边海域生态安全；推进“唐山湾国际旅游岛国家级海岛开发利用示范基地”建设，探索海岛生态旅游发展模式，突出资源特色，避免同质性开发，注重新能源、新材料、新技术的应用，提高海岛资源利用效率；实施海岛及周边海域综合整治，提高海岛稳定性，减缓岸滩侵蚀退化，修复海岛受损生态功能，改善海岛生态环境。 | 省级风景名胜区、AAAA 级景区 |
| 9-4 | 沙源保护海域 | 大清河口至小清河口海域 | 唐山乐亭县、曹妃甸区 | 13297.05 | / | 保护海底地形地貌、海洋动力条件、海水质量。 | 禁止开展可能改变或影响沙源保护海域自然属性的开发建设活动；禁止在沙源保护海域内构建永久性建筑、采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动；实施严格的水质控制指标，陆源入海直排口污染物达标排放，严格控制河流入海污染物排放；实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。海水水质须符合所在海域海洋功能区的环境质量要求。 | |

**表 13.5-2　与《河北省海洋生态红线》符合性分析**

| 功能区 | 保护目标 | 与本项目最近距离 | | 本项目情况 | 符合性 |
|---|---|---|---|---|---|
| 7-4 大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区） | 保护地貌、植被、沙滩等海岛景观、近岸海域生态环境 | CFD6-4 CEPA 平台 | 12.5km | 本平台为透水式导管架结构，距岸约 20km，工程用海不会改变所在海域自然属性，不会对海岛地形、地貌、岸滩和近岸海域生态环境产生影响，不涉及挖沙等破坏性活动，平台距离该红线区 12.5km，不会对红线区的旅游休闲娱乐活动产生影响。<br>施工期间钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。本工程运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理。正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。工程施工期和运营期无污染物排放，不会对周边生态红线区产生影响。 | 符合 |
| | | 海底输油管道、电缆 | 3km | 本工程海底输油管道和电缆采用后挖沟埋设，埋深为 1.5m，不改变该海域自然属性，不会对海岛地形、地貌、岸滩和近岸海域生态环境产生影响，不涉及挖沙等破坏性活动，管线距离红线区最近约 3km，不会对该区域的旅游休闲娱乐活动产生影响。<br>管线施工期间，固废和污水均得到科学处理和处置，施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。管线铺设搅起的悬浮沙短期排放，超一类水质最大影响距离 0.52km，在施工停止后 11h 可恢复一类水质标准，不会对该红线区产生影响。工程运营期间，正常工况下，无污染物排放，不会对海水水质质量、海洋沉积物质量和海洋生物质量产生影响。 | |
| 9-4 大清河口至小清河口海域（沙源保护海域） | 保护海底地形地貌、海洋动力条件、海水质量。 | CFD6-4CEPA 平台 | 13km | 本平台为透水式导管架结构，工程用海不会改变所在海域自然属性，不会对海岛地形、地貌、岸滩和近岸海域生态环境产生影响，不涉及挖沙、围填海、倾废等破坏性活动，平台距离该红线区 13km，不会对该区域产生影响。<br>施工期间钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。正常工况下，工程建设对本红线区无影响。<br>海域现状满足海洋环境质量满足二类海水水质质量标准，满足所在功能区京唐港至曹妃甸农渔业区的环境质量要求。工程施工期和运营均无污染物排放，可确保工程建设和运营不会破坏/恶化海水水质现状。 | 符合 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 海底输油管道、电缆 | 1.8km | 本工程海底输油管道和电缆采用后挖沟埋设，埋深为 1.5m，不改变该海域自然属性，不会对海岛地形、地貌、岸滩和近岸海域生态环境产生影响，不涉及挖沙、围填海、倾废等破坏性活动，管线距离红线区最近约 1.8km。不会对该区域产生影响。<br>管线施工期间，固废和污水均得到科学处理和处置。施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。管线铺设搅起的悬浮沙短期排放，根据施工期悬浮泥沙预测，超一类水质最大影响距离 0.52km，在施工停止后 11h 可恢复一类水质标准，不会对该红线区产生影响。工程运营期间，正常工况下，无污染物排放，不会对海水水质质量、海洋沉积物质量和海洋生物质量产生影响。<br>管线附近调查站位海水水质监测因子均符合二类海水水质质量标准，满足所在功能区京唐港至曹妃甸农渔业区、月坨南矿产与能源区的环境质量要求。工程施工期和运营均无污染物排放，可确保工程建设和运营不会破坏/恶化海水水质现状。 | |

## 13.6 与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析

根据《河北省海洋环境保护规划（2016-2020 年）》：依据《河北省海洋功能区划（2011-2020 年）》对各类海洋基本功能区的环境保护要求和《河北省海洋生态红线》对各类海洋生态红线区的管控要求，结合河北省海洋自然环境条件、经济社会发展和生态文明建设的需求，将规划区域划分为重点保护区、控制性保护利用区和监督利用区 3 类海洋环境保护管理区。

CFD 6-4 CEPA 平台位于控制性保护利用区，属于该区的重要海洋生态功能区中的京唐港至曹妃甸渔业资源利用区，CFD 6-4 CEPA 平台至 NB 35-2 CEP 平台的管缆同时穿过京唐港至曹妃甸渔业资源利用区和矿产与能源监督利用区（月坨南矿产与能源监督利用区），其中分别管线、电缆分别有约 10km 位于控制性保护利用区，其余 2.5km 位于监督利用区。本工程与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）的相对位置见图 13.6-1。

**（1）控制性保护利用区**

是指生态功能重要，生态环境敏感、脆弱，需要对开发利用活动的内容、方式和强度进行约束的区域。包括重要海洋生态功能区和生态敏感区。

★渔业资源利用区

共划分 5 个区，总面积 282512 公顷。包括洋河口至新开口、滦河口、京唐港至曹妃甸、曹妃甸至涧河口和歧口至前徐家堡渔业资源利用区。

**管控要求：**禁止进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；加强重要渔业品种养护，维持海洋生物资源可持续利用；按照海洋资源环境承载能力控制海水养殖和捕捞强度，防治海水养殖污染，防范外来物种侵害，保持海洋生态系统结构和功能稳定。洋河口至新开口、滦河口和京唐港至曹妃甸渔业资源利用区 10 米等深线以内海域禁止开展构建永久性建筑、采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动。养殖区执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准，捕捞区执行一类海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量标准。

**（2）监督利用区**

是指海洋开发活动较集中，需加强海洋环境监督管理，防治开发活动污染损害海洋环境的区域。包括工业与城镇监督利用区、港口航运监督利用区、矿产与能源监督利用区、渔业基础设施监督利用区和海洋倾废监督利用区。

★矿产与能源监督利用区

矿产与能源监督利用区共划分 7 个区，总面积 21996 公顷。包括京唐港、月坨南、大清河、南堡西、黑沿子东、涧河口西和歧口东矿产与能源监督利用区。

**管控要求：**油气勘采区严格执行海洋油气勘探、开采中的环境管理要求，制定海洋环境灾害应急预案和快速反应系统，防范海上溢油等海洋环境突发污染事故，确保周围海域海洋环境及生态安全，执行不劣于三类海水水质质量标准、不劣于二类海洋沉积物和海洋生物质量标准。

工程建设与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）的符合性分析见表 13.6-1。

通过分析，CFD6-4 CEPA 平台位于京唐港至曹妃甸农渔业区，海管和电缆分别有约 10km 位于该农渔业区，属于控制性保护利用区。根据该区域的管控要求进行分析，本海域京唐港至曹妃甸农渔业区为开放式养殖用海区，面积为 71210.85hm$^2$，该区域以近海作业为主，本工程 CEPA 平台距京唐港区防沙堤约为 20km，海底管线距离京唐港区防沙堤最近为 13km。本项目用海总面积为 65.3536hm$^2$，其中 CFD6-4 CEPA 平台用海面积为 3.1470hm$^2$，CFD6-4 CEPA 平台至 NB35-2 CEP 平台的海底管道、电缆用海面积为 62.2066hm$^2$，占该农渔业区面积的 0.092%，本项目占用海域面积很小。本项目施工期和运营期无污染物排海。经调查，目前渤海已禁止底拖网捕捞行为。同时，管线和电缆为后挖沟埋设，埋深为 1.5m。项目建设运营不会有碍渔业生产。

本工程施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。所以工程施工期和运营期均无污染物排放，确保工程建设和运营不会破坏/恶化海水水质、沉积物和海洋生物质量现状。因此，项目建设和运营不会污染水域环境，不会进一步恶化该海域的环境质量。

报告书针对施工期和运营带来的生物资源和生态服务功能损失进行了分析，并核算了补偿金额，在后续生产过程中建设单位会采取相应生态补偿和修复措施，并对重要渔业品种实施增殖放流，可以维持海洋生物资源可持续利用。建设单位在项目投产前制定相应的应急计划并报主管部门进行备案，以防范海上溢油等海洋环境突发污染事故。

综上分析，本项目满足“控制性保护利用区”的管控要求。因此工程与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）相关管控要求相符合。

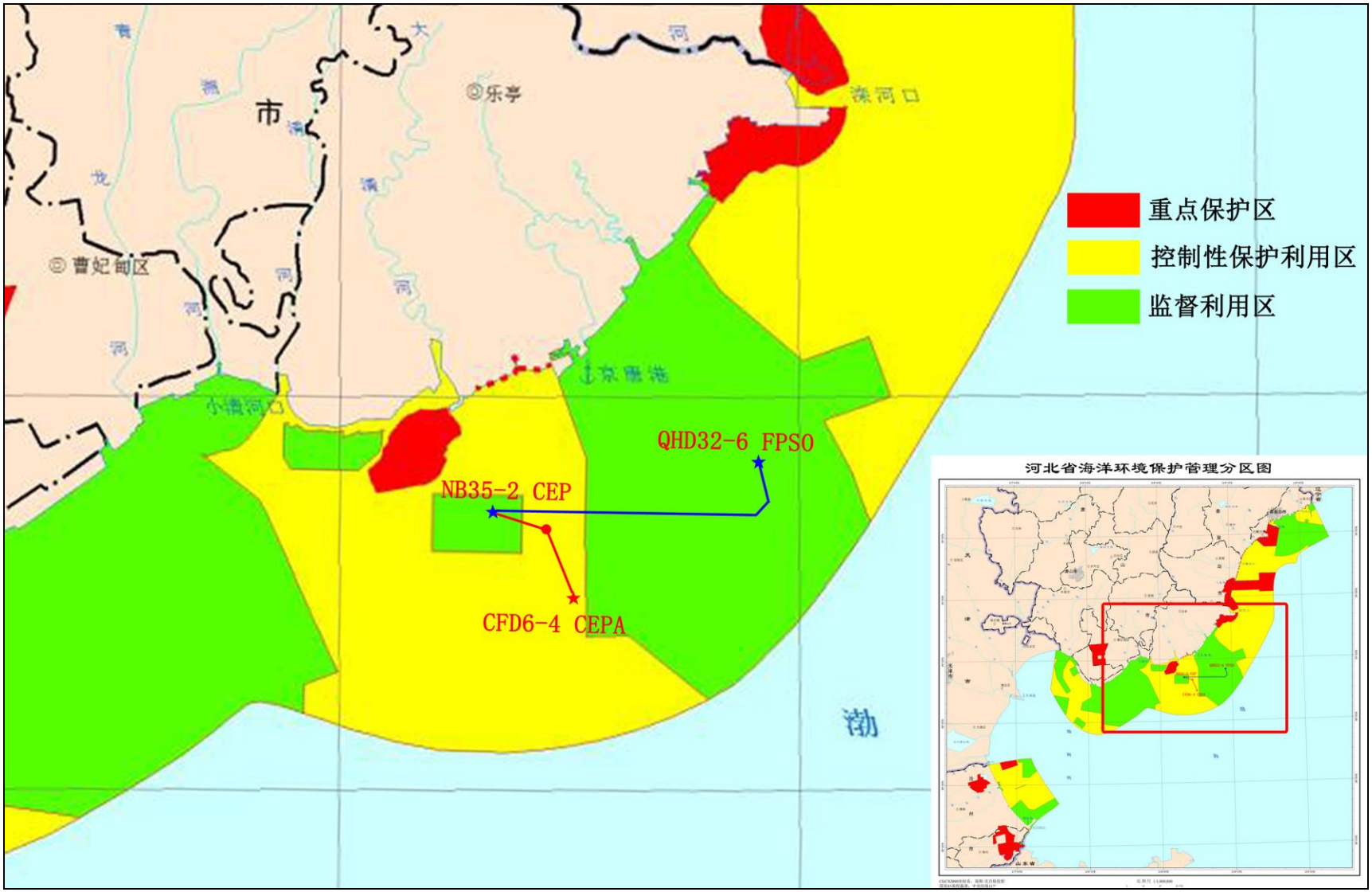



**图 13.6-1　本工程与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）相对位置图**

**表 13.6-1　工程建设与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析**

| 类别 | 工程内容 | 海洋环境保护管理区 | 管控要求 | 符合性分析 |
|---|---|---|---|---|
| 新建平台 | CFD6-4 CEPA 平台、CFD6-4 CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道及复合海底电缆 | 位于控制性保护利用区，属于该区的重要海洋生态功能区中的京唐港至曹妃甸渔业资源利用区 | 禁止进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动； | CFD6-4 CEPA 平台位于京唐港至曹妃甸农渔业区，海管和电缆分别有约 10km 位于该农渔业区。京唐港至曹妃甸农渔业区为开放式养殖用海区，面积为 71210.85hm$^2$，该区域以近海作业为主，本工程 CEPA 平台距京唐港区防沙堤约为 20km，海底管线距离京唐港区防沙堤最近为 13km。本项目用海总面积为 65.3536hm$^2$，其中 CFD6-4 CEPA 平台用海面积为 3.1470hm$^2$，CFD6-4 CEPA 平台至 NB35-2 CEP 平台的海底管道、电缆用海面积为 62.2066hm$^2$，占该农渔业区面积的 0.092%，本项目占用海域面积很小。本项目施工期和运营期无污染物排海。经调查，目前渤海已禁止底拖网捕捞行为。同时，管线和电缆为后挖沟埋设，埋深为 1.5m。工程建设不会有碍渔业生产。<br>本工程施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。施工期和运营期均无污染物排海。<br>综上所述，本项目建设不会有碍渔业生产或污染水域环境。满足“禁止进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动”的管控要求。 |
| | | | 加强重要渔业品种养护，维持海洋生物资源可持续利用； | 平台为透水性结构，工程施工期和运营均无污染物排放，且针对施工期和运营带来的生物资源和生态服务功能损失进行了分析，并核算了补偿金额，在后续生产过程中建设单位会采取相应生态补偿和修复措施，并对重要渔业品种实施增殖放流，可以维持海洋生物资源可持续利用。<br>综上所述，可以满足“加强重要渔业品种养护，维持海洋生物资源可持续利用”的管控要求。 |
| | | | 按照海洋资源环境承载能力控制海水养殖和捕捞强度，防治海水养殖污染，防范外来物种侵害，保持海洋生态系统结构和功能稳 | 本工程不涉及海水养殖和捕捞。工程施工期和运营均无污染物在该区域排放，采取一系列措施之后，确保工程建设和运营不会污染周边海域水质。本工程不会引入外来物种，因此可保持海洋生态系统结构和功能稳定。<br>综上所述，可以满足“按照海洋资源环境承载能力控制海水养殖和捕捞强度， |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 定。 | 防治海水养殖污染，防范外来物种侵害，保持海洋生态系统结构和功能稳定”的管控要求。 |
| | | | 洋河口至新开口、滦河口和京唐港至曹妃甸渔业资源利用区 10 米等深线以内海域禁止开展构建永久性建筑、采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动。 | 新建 CFD6-4 CEPA 平台周边海域水深约为 19.9m，工程属于油气开发，不涉及采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动。<br>综上所述，可以满足“洋河口至新开口、滦河口和京唐港至曹妃甸渔业资源利用区 10 米等深线以内海域禁止开展构建永久性建筑、采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动”的管控要求。 |
| | | | 养殖区执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准，捕捞区执行一类海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量标准。 | 施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。所以工程施工期和运营期均不会对海洋环境产生影响。确保工程建设和运营不会破坏/恶化海水水质、沉积物和海洋生物质量现状。从而满足“养殖区执行不劣于二类海水水质质量标准、一类海洋沉积物和海洋生物质量标准，捕捞区执行一类海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量标准”的管控要求。 |
| 新建管线 | CFD6-4 CEPA→NB35-2CEP 海底输油管道及复合海底电缆 | 矿产与能源监督利用区（月坨南矿产与能源监督利用区） | 油气勘采区严格执行海洋油气勘探、开采中的环境管理要求，制定海洋环境灾害应急预案和快速反应系统，防范海上溢油等海洋环境突发污染事故，确保周围海域海洋环境及生态安全 | 项目在施工期和运行期严格执行海洋油气勘探开发的相关管理要求，采取溢油风险防范措施并制定相应的应急计划并报主管部门进行备案，以防范海上溢油等海洋环境突发污染事故，确保周围海域海洋环境及生态安全。应急计划的主要内容包括油田作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等。<br>综上所述，可以满足“油气勘采区严格执行海洋油气勘探、开采中的环境管理要求，制定海洋环境灾害应急预案和快速反应系统，防范海上溢油等海洋环境突发污染事故，确保周围海域海洋环境及生态安全”的管控要求。 |
| | | | 执行不劣于三类海水水质质量标准、不劣于二类海洋沉积物和海洋生物质量标准。 | 海域现状满足海洋环境质量满足三类海水水质质量标准、满足类类海洋沉积物和海洋生物质量标准要求，工程施工期和运营均无污染物排放，可确保工程建设和运营不会破坏/恶化海水水质、沉积物和海洋生物质量现状，从而确保工程海域“执行不劣于三类海水水质质量标准、不劣于二类海洋沉积物和海洋生物质量标准。” |

## 13.7 产业政策相符性

本项目为海洋油气勘探开采项目的附属工程。属于《国家发展改革委关于修改《产业结构调整指导目录 （2011 年本）》有关条款的决定》（2013 年修正）中鼓励类“常规石油、天然气勘探及开采”，本项目的建设符合国家产业政策。

## 13.8 其它相关政策符合性

### 13.8.1 与《国家海洋局关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》符合性分析

2017 年 5 月 18 日，国家海洋局印发《国家海洋局关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》的通知（国海发[2017]7 号），本项目与该通知的符合性分析见下表。

**表 13.8-1　本工程与“国海发[2017]7 号”文符合性分析**

| 序号 | 相关要求 | 符合性分析 | 是否相符 |
|---|---|---|---|
| 三、加强海洋空间资源利用管控 | 坚持生态用海，严格执行海洋主体功能区规划、海洋功能区划、海洋生态红线等管控措施，提高生态环境准入门槛，禁止严重过剩产能以及高耗能、高污染、高排放项目用海，推动海域资源利用方式向绿色化、生态化转变。建立健全海洋开发利用活动生态补偿制度。暂停选划临时性海洋倾倒区，启动倾倒区规划编制，按照科学合理经济安全的原则，调整完善海洋倾倒区布局，禁止倾倒除海上疏浚物外的废弃物。<br>暂停受理、审核渤海内围填海项目，暂停受理、审批渤海内区域用海规划，暂停安排渤海内的年度围填海计划指标，稳妥处理好政策衔接问题。深入开展渤海围填海项目后评估工作，重点对渤海围填海生态环境影响进行综合评价，为制定渤海生态环境综合整治和围填海管控措施提供依据。 | 经分析，本项目符合《全国海洋主体功能区划》、《河北省海洋功能区划（2011-2020）》、及《河北省海洋生态环境保护规划》等管控措施。<br>工程内容不涉及围填海项目。 | 符合 |
| 六、加强海洋生态环境风险防控 | 从严管控渤海海上油气勘探开发、炼化、滨海核电等涉海重大工程环境风险，全面排查溢油、危险化学品泄漏、放射性污染等环境风险隐患，完善分类分级的海上应急监测及处置预案，在石化基地、油气平台、危化品储存区、滨海核电设施等邻近海域部署快速监测能力和应急处置物资设备。开展海洋环境突发事件风险评估和风险区划，构建风险信息库，建立信息共享机制。<br>加强赤潮（褐潮）、绿潮、水母旺发等海洋生态灾害形成机理以及海洋自然灾害对生态环境的影响研究，分区分级建设海洋生态灾害应急监测体系，完善海洋生态灾害应急预案，提高海洋环境预警报和生态灾害的监测预警水平。 | 在曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案。溢油应急方面的内容应与《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》相衔接。 | 符合 |

### 13.8.2与《渤海环境保护总体规划（2008-2020 年）》的符合性

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。”

本工程采取了很多节能减排措施，重视海上环境保护工作，在曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划和应急体系，并报主管部门备案。按照备案的溢油应急计划在平台上设有应急关断系统、配备了溢油应急设备。因此项目建设符合《渤海环境保护总体规划（2008~2020 年）》提出的要求。

### 13.8.3与《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》的符合性

《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》指出：坚持陆上和海上并重，巩固老油田，开发新油田，突破海上油田，大力支持低品位资源开发，建设大庆、辽河、新疆、塔里木、胜利、长庆、渤海、南海、延长等 9 个千万吨级大油田。

加快海洋石油开发。按照以近养远、远近结合，自主开发与对外合作并举的方针，加强渤海、东海和南海等海域近海油气勘探开发，加强南海深水油气勘探开发形势跟踪分析，积极推进深海对外招标和合作，尽快突破深海采油技术和装备自主制造能力，大力提升海洋油气产量。

本项目对曹妃甸油田群进行开发建设，投产后有利于区域油田开发生产，所以工程建设符合《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》的要求。

### 13.8.4与《中国水生生物资源养护行动纲要》的符合性

根据《中国水生生物资源养护行动纲要》：“**重点渔业保护** 坚持并不断完善禁渔区和禁渔期制度。针对重要渔业资源品种的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等主要栖息繁衍场所及繁殖期和幼鱼生长期等关键生长阶段，设立禁渔区和禁渔期，对其产卵群体和补充群体实行重点保护。继续完善海洋伏季休渔、长江禁渔期等现有禁渔区和禁渔期制度，并在珠江、黑龙江、黄河等主要流域及重要湖泊逐步推行此项制度……**水域污染与生态灾害防治** 各地区、各有关部门要建立污染减量排放和达标排放制度，严格控制污染物向水体排放。健全水域污染事故调查处理制度，建立突发性水域污染事故调查处理快速反应机制，规范应急处理程序，提高应急处理能力，强化污染水域环境应急监

测和水产品质量安全检测工作，通过实施工程、生物、技术措施，减少污染损害，通过暂停养殖纳水、严控受污染的水产品上市等应急措施，尽量降低突发事故造成的渔业损失，保障人民群众食用安全……**工程建设资源与生态补偿** 完善工程建设项目环境影响评价制度，建立工程建设项目资源与生态补偿机制，减少工程建设的负面影响，确保遭受破坏的资源和生态得到相应补偿和修复。对水利水电、围垦、海洋海岸工程、海洋倾废区等建设工程，环保或海洋部门在批准或核准相关环境影响报告书之前，应征求渔业行政主管部门意见；对水生生物资源及水域生态环境造成破坏的，建设单位应当按照有关法律规定，制订补偿方案或补救措施，并落实补偿项目和资金。相关保护设施必须与建设项目的主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。”根据《农业部关于调整海洋伏季休渔制度的通告》（农业部通告[2017 年]3 号）：“北纬 35 度以北的渤海和黄海海域为 5 月 1 日 12 时至 9 月 1 日 12 时”。

本项目位于洄游性鱼类和白姑鱼的产卵场内，且位于京唐港至曹妃甸农渔业区。

工程施工期，含油和非含油钻屑、含油和非含油钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。本工程运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理。正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。工程建设和运营期间，无污染物排放。为了进一步落实《中国水生生物资源养护行动纲要》的要求，海底管道和电缆施工应尽量缩短施工周期，合理选择作业时间，避开该海域主要洄游性鱼类产卵盛期（6 月），以减少对鱼卵和仔鱼的影响。同时，建设单位在项目实施前应与有关渔业主管部门沟通和协商，对本报告中评估的渔业生物资源损失进行经济补偿，并将对渔业资源的补偿费用纳入环保投资。渔业资源的损失进行经济补偿主要用于渔业主管部门增殖放流、渔业资源养护与管理，以及进行渔业资源和渔业生态环境跟踪调查等，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。所以，工程建设坚决落实《中国水生生物资源养护行动纲要》的相关要求，不会对《中国水生生物资源养护行动纲要》产生影响。

### 13.8.5 与《河北沿海地区发展规划》的符合性

根据《河北沿海地区发展规划》（发改地区[2011]2592 号）（2011），应推进能源基

础设施建设，“加快南堡油田、渤海湾油气资源开发，加大非常规天然气资源勘查及开采力度”，“利用深水大港、滩涂荒地、矿产资源等优势，积极承接京津产业转移和城市功能疏解，推动京津需要转移的石油化工、装备制造、特色农业等产业向沿海地区集聚。支持京津大型企业参与沿海地区开发建设，共建临港产业基地”。

曹妃甸 6-4 油田周边已开发的油田群包括秦皇岛 32-6 油田群、南堡 35-2 油田、南堡 35-1 油田、秦皇岛 33-1 油田和秦皇岛 33-2 油田等，本项目全油田动用储量 4014.73×$10^4m^3$，油田开发在经济社会发展中具有重要地位，且该区域海洋资源环境承载能力较强、开发潜力较大。本项目将依托周边油田群进行建设和开发，是区域油田群整体开发的重要组成部分。因此，本工程建设符合《河北沿海地区发展规划》（2011）的要求。

### 13.8.6与《唐山港总体规划（修订）》的符合性

2015 年 5 月，河北省政府批准实施了《唐山港总体规划（修订）》，唐山港在原有曹妃甸港区、京唐港区的基础上，新辟丰南港区，形成唐山港“一港三区”的整体格局。其中，京唐港区将发展成为以唐山市及其他腹地地区各类物资的中转运输为主的大型综合性港区，形成唐山港重要的综合运输枢纽和乐亭新区的重要依托。港区功能定位为：京唐港区将发展为乐亭新区、唐山市及腹地各类物资中转运输服务的大型综合性港区，是唐山港重要的综合运输枢纽和乐亭新区的重要依托；将为临港冶金、煤化工、装备制造等大型重化工业服务；在唐山港煤炭、铁矿石运输中发挥重要辅助作用。

《唐山港总体规划（修订）》就港口总体规划、港区水域、港界、港口配套设施和环境保护进行规划，其中港区水域规划指出随着大型散货专业化泊位的建设。京唐港区外海主航道满足 20 万吨级船舶单向通航标准。随着大型散货专业化泊位的建设，未来京唐港区航道等级将提升至 25～30 万吨级。拟在现有主航道东侧，单独为六港池开辟第二条航道（10 万吨级）。京唐港区规划了 1#、2#、3#、4#、5#、6#号锚地。本工程在《京唐港区水域规划图》的位置见图 13.8-1。

本油田所处海域隶属于唐山市，曹妃甸 6-4 油田周边主要港口是唐山港京唐港区。本工程距京唐港区约 20.4km，距离丰南港约 70km，距离最近的京唐港 3#锚地区约 1.1km，距离其他锚地较远，距离规划航路最近距离约 13.1km。正常工况下，本工程对京唐港和丰南港的运营和规划建设影响较小，工程建设与《唐山港总体规划（修订）》相符合。

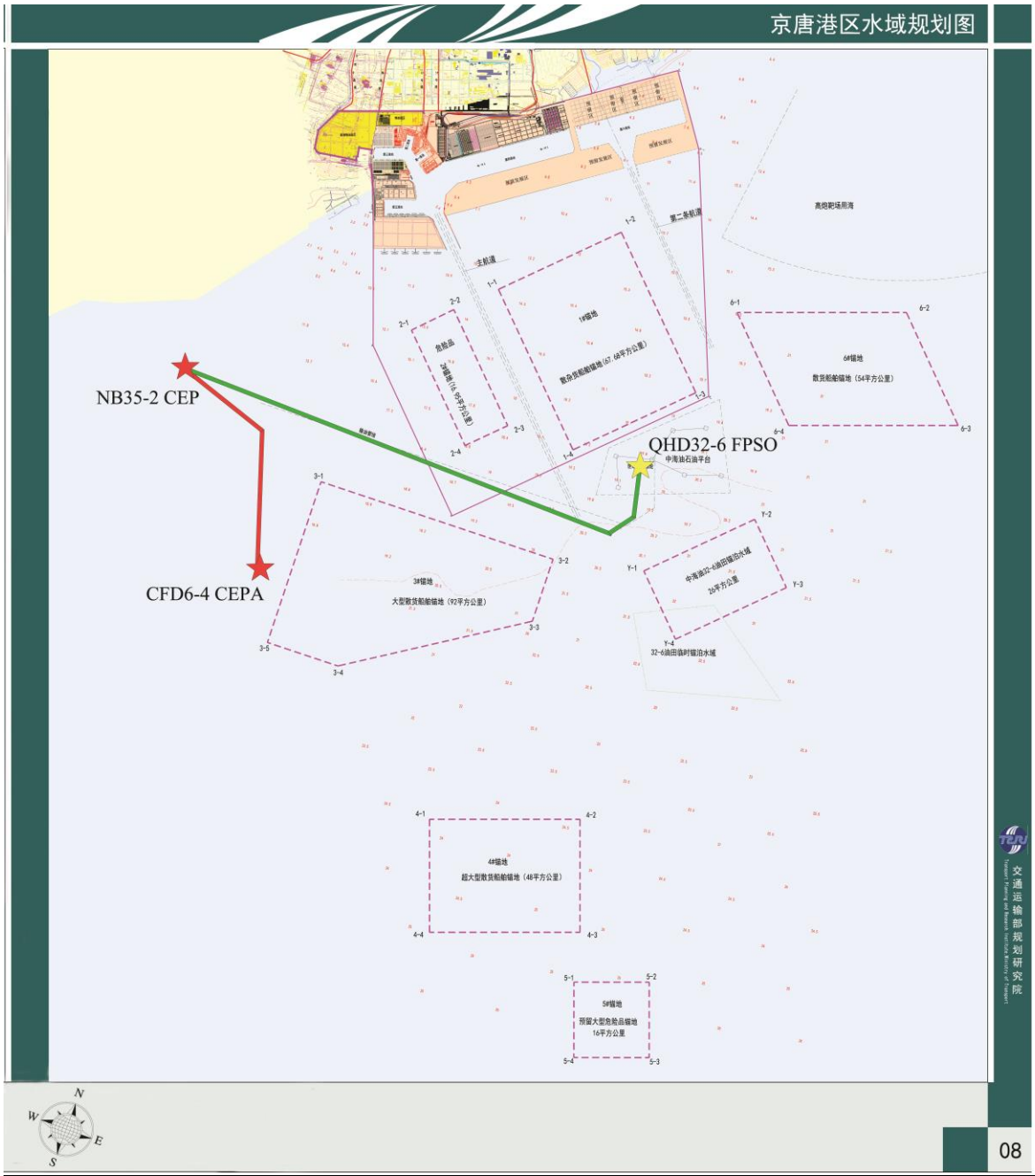



**图 13.8-1　本工程在《京唐港区水域规划图》的位置示意图**

# 14海洋生态建设方案

2015 年 7 月，国家海洋局印发《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案》（2015-2020 年）（以下简称《实施方案》），要求各单位把落实《实施方案》当作“十三五”期间海洋事业发展的重要基础性工作抓实抓牢，将海洋生态文明建设贯穿于海洋事业发展的全过程和各方面，推动海洋生态文明建设上水平、见实效。

生态建设的原则如下：

（1）可持续发展原则：以可持续发展理论为指导，科学规划、合理利用、积极保护，构建生态安全格局，努力实现资源可持续利用，增强生态环境对社会经济发展的保障能力。

（2）经济效益、社会效益与生态效益相协调的原则：积极促进经济、社会与生态环境之间的良性循环，实现经济、社会、生态环境之间的良性互动，达到社会经济发展与生态环境保护“双赢”。

（3）集约与和谐原则：在生态优先的基础上，以经济建设为重点，整合区域资源优势，注重跑道建设与生态环境建设的结合，确保生态系统结构完整性、生态过程连续性，实现系统结构与功能的和谐。

## 14.1 与政策的符合性

### 14.1.1与规划、区划的符合性

通过“第 13 章 海洋工程的环境可行性”章节的分析，本工程位于渤海湾海域，本项目周边已开发油田包括南堡 35-2 油田，南堡 35-1 油田、秦皇岛 32-6 油田群，秦皇岛 33-2、秦皇岛 33-1 油田等。项目将依托周边油田群进行建设和开发，本区域属于重点开发区域，属于海洋工程和资源开发区。工程建设符合《全国海洋主体功能区规划》的定位，符合其海域使用管理要求。

曹妃甸 6-4 油田开发工程属于海洋油气开发用海，属于《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》允许范畴中的“矿产与能源开发”，本工程符合《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》要求。

根据《河北省海洋生态红线》，本工程位于生态红线区以外。工程距离《河北省海

洋生态红线》内的大清河口海岛旅游区（编号 7-4）和沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）较近，其中海底输油管道终点和电缆起点（NB35-2 CEP 平台 B2 桩腿）距离沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）最近距离为 1.8km。本工程施工期和运营期产生的污染物均得到合理处置，无污染物排放。本工程施工期管线铺设搅起搅起海底悬浮沙，施工期间输油管线和海底电缆引起的悬泥沙超一（二）类水质包络线在距离生态红线最近方向上的影响距离为 0.52km。且由于悬浮泥沙为短期排放，最长约 11h 可恢复至一类水质，不会对红线区产生影响。

### 14.1.2产业政策的符合性

《产业结构调整指导目录》(2011 年本)（修正）中关于海洋方面的鼓励类项目包括石油、天然气行业(石油、天然气勘探及开采，天然气水合物勘探开发，原油、天然气、成品油的储运和管道输送设施及网络建设，油气伴生资源综合利用，提高油气田采收率、生产安全保障技术和设施、生态环境恢复和污染防治工程技术开发和利用），本工程属于鼓励类“常规石油、天然气勘探与开采”项目，项目类型符合国家产业政策要求。

## 14.2 污染物源头控制及溢油应急措施

### 14.2.1污染物源头控制

CFD 6-4 油田开发项目施工期间产生的钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期，含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。工程建设和运营期间，污染物得到了有效的处理或处置，无污染物排海。

### 14.2.2溢油防范与应急

在本项目正式建成投产之前，建设单位应按照《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》和《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》的相关规定，对溢油应急计划进行编制，编制的内容主要包括，溢油事故等级及各级溢油事故的响应程序和溢油防范措施等，溢油应急方面的内容应与《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》相衔接，将本工程及其附属工程的溢油

应急管理纳入计划中，并将溢油应急计划上报海洋局备案。同时建议在溢油应急计划中明确本工程配备的溢油应急设备，可以保证一旦发生溢油在有效时间内做出响应，当发生不同程度的溢油事故时，通过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。

应急计划的主要内容应包括作业区情况、应急组织体系、溢油风险分析、事故处置方案和溢油应急能力等。

## 14.3 海洋生态损害分析

根据 2013 年 8 月海洋局颁布的《海洋生态损害评估技术导则》（GB/T34546.1-2017）、《海洋生态资本评估技术导则》（GB/T28058-2011）及农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的相关阐述，本次评价工程对海洋生态损害主要体现在以下方面：

（1）工程占用海域、施工期悬浮泥沙对水质、沉积物的影响，从而导致海洋生物资源损失。

（2）油田开发工程对海洋服务功能（环境容量）造成的损失。

### 14.3.1 海洋生物资源损失

工程施工期间，管线铺设和平台建设使周围海水中悬浮物增大。一方面影响浮游植物的光合作用，在一定程度上影响水体的浮游植物的生长与繁殖；另一方面，由于悬浮物快速下沉，有部分浮游植物被携带而随之下沉，使水体中浮游植物遭受一定的损害。同时也会减少透光层的厚度，使生物合成量减少，同时对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。

工程施工改变了原有的沉积环境，破坏了底栖生物的栖息地；海底输油管线和海底电缆产生的悬浮泥沙扩散超标对鱼卵、仔稚鱼、幼鱼、头足类幼体、虾类幼体和蟹类幼体及渔业资源成体造成的生物量损失。

参考农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，根据计算结果可知：底栖生物损失量为 8.65t，鱼卵损失量为 11785162 粒，仔稚鱼损失量为 9566198 尾，鱼类成体损失 0.422t，头足类损失 0.142t，甲壳类损失 0.164t，幼鱼损失 125863 尾，头足幼体损失 20462 尾/$km^2$，甲壳类幼体 8109 尾/$km^2$。

拟建工程占用海域和施工期间造成的生物资源损失换算成生态补偿金共 252.68 万

元，并纳入环保投资。

## 14.3.2海洋生态服务功能损失评估

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋生态系统服务功能主要包括海洋供给服务、海洋调节服务、环境容量价值、海洋文化服务、海洋支持服务共5个部分，下面评估本工程对上述服务功能造成的损失。

本工程对海洋生态系统服务功能的影响主要是建设期海底管道和电缆铺设以及平台占用海域的影响，下面评估上述活动对海洋生态系统服务功能的损失。

### 14.3.2.1 海洋供给服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋供给服务评估指标主要考虑渔业供给（养殖生产、捕捞生产）和氧气生产。由于本工程所处海域没有养殖生产，对捕捞生产的影响有限，且生物资源损失已根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行了评估，因此这里仅考虑氧气生产影响。

氧气生产的物质量采用海洋植物通过光合作用过程生产氧气的数量进行评估，包括浮游植物初级生产力提供的氧气和大型藻类初级生产提供的氧气，本项目生态调查未调查到大型藻类，在此仅计算浮游植物产生的氧气量。氧气生产的物质量计算公式为：

$$Q_{O_2} = Q'_{O_2} \times S \times N \times 10^{-3} + Q''_{O_2}$$

式中：

$Q_{O_2}$ －氧气生产的物质量，单位为吨（t）；

$Q'_{O_2}$ －单位时间单位面积水域浮游植物产生的氧气量，单位为毫克每平方米每天（mg/m$^2$ d）；

$S$－评估海域的水域面积，单位为平方千米（km$^2$）；

N- 时间天数，（d）；

$Q''_{O_2}$ －大型藻类产生的氧气量，单位为吨每年（t/a）；

浮游植物初级生产提供氧气的计算公式为：

$$Q'_{O_2} = 2.67 \times Q_{PP}$$

$Q_{PP}$ －浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米每天（mg/m$^2$ d）。

2016年5月调查初级生产力平均值为271.26mg C/(m$^2$ d)，2015年10月调查初级生产力平均值为 259.18mg C/(m$^2$ d)，两季平均初级生产力为 265.22mg C/(m$^2$ d)，本工程

铺设海底管道影响面积按照超一（二）类最大面积 18.32km$^2$，挖沟长度约为 12.5km，挖沟速度平均每天 0.528km，则挖沟作业时间为 12.5/0.528=23.7d，即铺设海底管道和电缆对海洋生态系统服务功能影响时长为 23.7d；海底电缆影响面积按照超一（二）类最大面积 13.28km$^2$，铺设长度约为 12.5km，铺设速度平均每天 2.0km，则铺设作业时间为 12.5/2=6.25d，即铺设海底电缆对海洋生态系统服务功能影响时长为 6.25d；超一类范围内浮游植物损失率按 50%，根据上述公式评估氧气生产量的损失为：

$$Q_{O_2} = 2.67 \times Q_{pp} \times S \times N \times 10^{-3}$$

$$=2.67\times265.22\times18.32\times23.7\times10^{-3}\times50\%+2.67\times265.22\times13.28\times6.25\times10^{-3}\times50\%$$

$$=183.12\text{（t）}$$

根据王燕等人的研究，工业制氧平均价格为 400 元/t，则本工程影响氧气生产价值为 7.32 万元。

#### 14.3.2.2 海洋调节服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋调节服务评估主要考虑气候调节和废弃物处理。本工程生产垃圾和生活垃圾运回陆地处理，生产水处理合格回注地层，只有少量悬浮沙排放，因此，这里仅考虑气候调节功能和上述污染物排放造成的环境容量损失。

气候调节物质量评估采用的方法是基于海洋植物（浮游植物和大型藻类）固定二氧化碳的原理计算，物质量等于评价海域的水域面积乘于单位面积水域浮游植物和大型藻类固定二氧化碳的量。本项目生态调查未调查到大型藻类，在此仅计算浮游植物固定二氧化碳的量。气候调节的物质量计算公式为：

$$Q_{CO_2} = Q'_{CO_2} \times S \times N \times 10^{-3} + Q''_{CO_2}$$

式中：

$Q_{CO_2}$ －气候调节的物质量，单位为吨每年（t）；

$Q'_{CO_2}$ －单位时间单位面积水域浮游植物固定的二氧化碳量，单位为毫克每平方米每天（mg/ m$^2$ d）；

$S$－评估海域的水域面积，单位为平方千米（km$^2$）；

N- 时间天数，（d）；

$Q''_{CO_2}$ －大型藻类固定的二氧化碳量，单位为吨每年（t/a）；

浮游植物固定二氧化碳量的计算公示为：

$$Q'_{CO_2} = 3.67 \times Q_{PP}$$

$Q_{PP}$ —浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米每天（mg/ $m^2$ d）.

2016 年 5 月调查初级生产力平均值为 271.26mg C/($m^2$ d)，2015 年 10 月调查初级生产力平均值为 259.18mg C/($m^2$ d)，两季平均初级生产力为 265.22mg C/($m^2$ d)，本工程铺设海底管道影响面积按照超一（二）类最大面积 18.32$km^2$，挖沟长度约为 12.5km，挖沟速度平均每天 0.528km，则挖沟作业时间为 12.5/0.528=23.7d，即铺设海底管道和电缆对海洋生态系统服务功能影响时长为 23.7d；海底电缆影响面积按照超一（二）类最大面积 13.28$km^2$，铺设长度约为 12.5km，铺设速度平均每天 2.0km，则铺设作业时间为 12.5/2=6.25d，即铺设海底电缆对海洋生态系统服务功能影响时长为 6.25d；超一类范围内浮游植物损失率按 50%，根据上述公式评估固定二氧化碳的量的损失为：

$$Q_{O_2} = 3.67 \times Q_{pp} \times S \times N \times 10^{-3}$$

$$= 3.67 \times 265.22 \times 18.32 \times 23.7 \times 10^{-3} \times 50\% + 3.67 \times 265.22 \times 13.28 \times 6.25 \times 10^{-3} \times 50\%$$

=251.7(t)

二氧化碳吸收价值用碳税法计算，瑞典的碳税率在国际上被普遍认可，这里采用这一税率，即 150 美元/t(C)，约合人民币 1000 元/t(C)，因此，本工程造成的气候调节损失为 25.17 万元。

#### 14.3.2.3 环境容量价值损失

污染物排放造成的环境容量价值损失采用替代成本法进行评估，计算公式如下：

$$V_{sw} = Q_{swt} \times P_w \times N \times 10^{-4}$$

其中，$V_{sw}$ --废弃物处理的价值量，万元；

$Q_{swt}$ ---废弃物处理的物质量，t/a；

$P_w$---废弃物处理的单价，元/t；

N---废弃物排放年限，a。

污染物排放量根据第二篇工程分析结果，施工期仅有悬浮泥沙和生活污水排海，运营期只有少量锌排放。生活污水 COD 浓度根据《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008），每一污染当量的取费标准根据国海环字[2003]214 号文件，由此计算本工程排污造成的环境容量损失约为 9749 元，污染物排放造成的环境容量损失见表 14.3-1。

**表 14.3-1　污染物排放造成的环境容量损失**

| 污染物 | 排放量（t） | 浓度含量 | | 物质量（kg） | 单价（元/kg） | 损失价值（元） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 建设阶段生活污水 | 46424.4 | COD | 300mg/L | 13927.32 | 0.7 | 9749 |

#### 14.3.2.4 海洋文化服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋文化服务评估内容主要考虑休闲娱乐、科研服务。休闲娱乐服务评估主要考虑评估海域以自然海洋景观为主体的海洋旅游景区；休闲娱乐的物质量采用海洋旅游景区的年旅游人数评估，若旅游人数很少可不进行该项评估。科研服务的物质量宜采用公开发表的以评估海域为调查研究区域或实验场所的海洋类科技论文数量进行评估。

关于休闲娱乐服务，本工程所处海域非旅游区，无大量人员来此观光旅游，从不利情况出发按照平台占有海域面积进行休闲娱乐价值损失评估，采用成果参照法，根据谢高地等对我国生态系统各项生态服务价值的研究结果，我国水域生态系统单位面积的休闲娱乐功能为 6438 元/a.hm$^2$，本项目新建 CFD 油田 CEPA 平台占用海洋面积按投影面积外扩 50m 计算，为 0.785hm$^2$，平台占用海域时间 25a，则估算本工程休闲娱乐价值损失约为

$$0.785\times25\times6438\times10^{-4}=12.6\text{（万元）}$$

关于科研服务，本工程所处海域未设置专门的实验场所或科研基地；关于该海域的科研成果及其科研经费不易统计，因此这里采用成果参照法，按照平台占有海域面积进行科研服务价值损失评估，根据陈仲新和张新时等(2000)对我国生态效益价值的估算，我国单位面积生态系统的平均科研价值 382 元/hm$^2$，本项目新建 CEPA 平台占用海洋面积按投影面积外扩 50m 计算，为 0.785hm$^2$，平台占用海域时间 25a，据此估算本工程造成科研服务功能损失约为：

$$0.785\times25\times382\times10^{-4}=0.7\text{（万元）}$$

#### 14.3.2.5 海洋支持服务价值损失

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)，海洋支持服务评估内容主要考虑物种多样性维持、生态系统多样性维持。

根据谢高地等对我国生态系统各项生态服务价值的研究结果，我国水域生态系统单位面积的生物多样性维持价值为 8686 元/(hm$^2$.a)，本工程输油管线区超一类最大面积为

18.32km$^2$（1832hm$^2$），影响时间 23.7d（0.0649a），本工程海底电缆区超一类最大面积为 13.28km$^2$（1328hm$^2$），影响时间 6.25d（0.0171a），按照污染所造成的最高生物损失率 50%，估算排污影响造成生物多样性维持功能价值损失约为：

1832×0.0649×8686×10-4×50%+1328×0.0171×8686×10-4×50%=61.50（万元）

#### 14.3.2.6 海洋生态服务功能损失合计

综上以上计算结果，本工程造成海洋供给服务价值损失、海洋调节服务价值损失、海洋文化服务价值损失和海洋支持服务价值损失共计 108.26 万元。

## 14.4 海洋生态补偿措施

本工程设生态补偿资金对工程施工及运营过程中造成的海洋生物资源、海洋生态等损失进行补偿，并纳入工程环保投资。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），估算本项目在生产建设过程中可能造成的海洋生物资源损失补偿费用约 252.68 万元；根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)进行估算，海洋生态服务价值损失约为 108.26 万元。损失价值建议采用以生态补偿金的形式进行补偿，此部分资金建议用于海洋生物资源的增殖放流、海洋生物资源的养护与管理，人工鱼礁及相关研究、监测工作等。

此外，本工程的生态补偿费用还包括海洋生态环境监测费用约 50 万元，用于本项目竣工验收（试运行）以及投产后对周围海洋环境进行监测，使海洋生物资源和海洋生态环境得到尽快恢复和可持续利用，这部分费用均已列入项目投资中。

## 14.5 海洋生态保护/修复措施

### 14.5.1 建设期海洋生态保护/修复措施

本工程在建设阶段对生态环境产生影响的因子主要为海底管道、电缆的铺设作业产生的悬浮沙，本工程海底管道、电缆均采用后挖沟自然回填的方式，海水中的悬浮沙自然沉降于海底。铺设作业时间的选择综合考虑环境影响、工程进度和海况条件等方面的因素，注意选择适宜的海况条件，尽量缩短海底管道/电缆铺设周期，合理选择施工时间，施工作业应避开该海域主要洄游性鱼类（例如白姑鱼）的产卵盛期（6 月），以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

## 14.5.2 运营期海洋生态保护/修复措施

### 14.5.2.1 海洋生态保护措施

（1）在运营阶段，严格落实各项环保措施，正常工况下，无污染物排海，非正常工况下，全油田停产。

（2））一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将会抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位对环境风险概率较高的溢油事故予以足够重视，确保在环境安全的前提下进行海上石油开采活动。

（3）建设单位应按照《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》和《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》的相关规定，编写溢油应急计划并备案。

（4）加强对施工队伍的管理，制定严格的环保规章制度，严禁随意丢弃、违规倾倒的行为。

（5）曹妃甸 6-4 油田需按照备案的溢油应急计划配备足够的溢油应急设备设施。一旦溢油事故发生，应及时向主管部门通报情况，并立即采取一切措施将溢油控制在最小范围内。若需要采用化学消油剂处理溢油，应事先征得海洋主管部门同意。

### 14.5.2.2 运营期建议采取的修复措施

**1、增殖放流，恢复海洋生物资源**

建设单位应根据工程建设对海洋生态环境可能造成的影响，结合工程所在海域的海洋生物种类分布特征和目前人工育苗、增殖放流技术，对工程附近海域损失的海洋生物资源投入资金加以修复。

增殖放流应按照《水生生物增殖放流管理规定》确定放流品种和增殖放流的组织、管理。增殖放流工作应坚持增殖与保护并重的原则，增殖放流品种的选择应遵循生物多样性、生物安全、技术可行和兼顾效益原则。设增殖放流领导小组，根据农业部水生生物增殖放流规划、资金安排等，结合河北省渔业环境容量、苗种供应等实际，组织相关部门拟定增殖放流计划。

在生物资源增殖放流过程中，必须坚持科学发展观，建设单位首先应委托有资质的单位进行增殖方案制定、论证和资源研究，根据项目对海洋生态环境的实际损害情况，在当地海洋主管部门的监督和协助下，有具体目标，具体计划的对生态环境和资源数量进行修复，不得在没有科学报告的条件下，贸然实施操作。

增殖放流方案和计划建议如下：

A 增殖放流品种选择原则

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

B 增殖放流备选品种

当地适宜增殖放流的备选品种包括：小黄鱼、大黄鱼、鲅鱼、钝尾虾虎鱼、蓝圆鲹、细螯虾、龙头鱼、银鲳、三疣梭子蟹、曼氏无针乌贼等，具体由海洋主管部门统一部署。

C 增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 2.5cm 以上；贝苗壳长应在 0.5cm 以上。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

D 增殖放流计划

在施工期间根据实际情况开始实施海洋生物增殖放流，增殖放流的期限为 5 年，每年 1 次。每年的增殖放流工作安排在渤海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避开高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果，但是具体时间由当地海洋与渔业主管部门统一安排部署。

**2、积极参与渤海湾的海洋生态修复工作**

建设单位可以根据自己补偿的资金情况，项目所在海域的实际情况，有选择参与到渤海湾的海洋生态修复工作中来，建议建设单位与当地的海洋与渔业主管部门积极沟通协调，建议参与的工作如下：

①配合相关科学研究进行海洋生态系统的修复

在考虑生态环境承载力的前提下制定项目所在海域的海洋生态恢复目标、生态恢复评价体系、生态恢复技术规范；在政府主导下，配合开展海洋生态环境修复工程及项目；例如可以创新性地建立项目所在海域的海洋生态恢复专用资金制度、海洋生态恢复专门管理机关等进行海洋生态系统的修复工作。

②支持海洋主管部门生态保护宣传教育基地的建设

近年来，由于海洋渔业的过度开发捕捞、各种非法、违规捕捞作业的屡禁不止，水

产养殖业的不规范生产管理，以及对海洋资源的无序无度开发等原因，造成许多鱼种的野生鱼苗数量急剧下降，滨海湿地环境受到严重破坏等。为提高海洋生态保护意识，普及相关法律法规知识，建议建设单位支持海洋主管部门建立海洋生态保护宣传教育基地，开展以海洋生态环境保护为主题的宣传教育活动，向公众介绍保护区、保护物种的科普知识、宣传海洋生态保护相关的法律、法规及生物多样性保护的重要性，唤起社会各阶层广泛参与水生野生动物的保护工作，提高公众的海洋生态环境保护意识。

③加强监测，促进修复

工程运营阶段还应加强海洋生态环境管理，成立专门的海洋生态环境监测和管理部门，根据制定的海洋生态环境监测方案，定期对海洋生态环境开展跟踪监测，掌握工程区附近海域生态环境变化规律和趋势，对海洋环境风险和突发事件进行监测评估。同时在条件允许的情况下依托科研项目开展生态修复试验，有效促进生态环境的恢复，提升区域生态适宜性。

## 14.6 海洋生态修复监管措施建议

海洋生态保护、恢复和补偿措施主要以增殖放流和人工鱼礁等方式开展。

海洋生态的保护、恢复或补偿措施的责任主体为建设单位，建设单位应按照生态损害进行生态补偿，缴纳一定生态补偿费用，由当地海洋行政主管部门按照规定负责实施。国家海洋局或受其委托的海洋行政管理部门应进行验收和监管。

海洋生态修复工作应从施工第一年开始每年进行，具体修复措施、地点、时间均由当地海洋与渔业主管部门统一安排部署。海洋与渔业主管部门须抽调相关处室人员组成现场监督小组，对海洋生态修复措施实施进行监督和管理，同时应建立专项基金，海洋生态修复的科研工作。相关部门应对生态补偿金的征收、使用情况进行监管和审查，确保专款专用，使生态补偿工作切实落实到实处。

## 14.7 海洋跟踪监测措施

### 14.7.1 施工期跟踪监测计划

在施工作业期间，除海管电缆挖沟搅起悬浮泥沙外，其余污染物包括钻井液、钻屑、施工船舶生活污水、机舱含油水、工业垃圾、生活垃圾、清洗废水等，均运回陆地或回注得到妥善处置，不在油田海域排放。

本项目环境监测的范围为新建平台及海底管线路由周边海域，其重点是施工阶段海

底管线埋设产生的悬浮物所能影响的范围和距离，重点监测施工区域的水质环境和沉积物环境。

a、监测范围及站位布设

施工期环境跟踪监测在 CFD6-4CEPA 至南堡 35-3CEP 海底管线两侧各布设一个站位，其中一个站位在平台附近 500m 范围内，可依据实际情况进行调整。

b、海水水质监测计划

监测项目：水深、水温、pH、悬浮物（SS）、溶解氧（DO）、COD、无机氮、磷酸盐、石油类、总汞（Hg）、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）。

监测频率：施工期间监测一次或施工结束后监测一次。

监测方法：采样监测工作由有资质监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

c、海洋沉积物监测计划

监测项目：粒度、石油类、总汞（Hg）、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、砷（As）。

监测频率：施工期间监测一次或施工结束后监测一次。

监测方法：监测工作应委托有资质监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。




**图 14.7-1 施工期跟踪监测站位示意图**

## 14.7.2 运营期跟踪监测计划

在本项目建成投产以后，含油生产水经处理合格后回注地层；生活污水经处理合格后回用；甲板冲洗水等其他含油污水收集进入处理系统；固体废物运回陆地处理；海底管道采取有效的防腐措施，除阴极保护牺牲阳极有少量重金属锌析出外，运营期不产生其他污染物，对工程海域的海洋水质及沉积物基本不产生影响。故不需单独设立监测计划。

### 14.7.2.1 运营期正常工况下污染源监测

在正常生产作业期间，需对含油生产水进行监测和计量。

**含油生产水**：生产水经生产水处理系统处理达标后回注地层，回注前采用《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》（SY/T5329-2012）中的方法监测含油浓度、含氧量、固体悬浮物、粒径等水质指标。

平台设有检测设备及专职检测人员，负责对污染源的日常监测。

### 14.7.2.2 运营期事故污染源监测

配合政府部门对防污染设备的检查工作，以及在事故状态下配合有关部门作好对事故的跟踪监测。

发生溢油时除在常规监测站位进行监测外，还应增加站位对污染海域进行监测，增加的站位根据实际情况进行调整。

完成单位：委托有资质部门进行监测。

## 14.7.3 跟踪路由勘察

由于海底管道、管线运行或铺设过程中受到物理、化学、机械等因素的影响，可能会存在不同程度的腐蚀、损伤、变形、冲刷、偏移、悬跨等各种缺陷和现象。

为了保证安全作业和防止海洋环境污染，项目建成运营后，需要定期对油田的海底管道、管线进行路由勘察，以便及时了解海底管线的走向、埋深、悬跨、冲淤等运行中的实际情况，并根据勘察结果采取相应的维护措施，以保障管线的安全正常运行。

# 15环境管理与环境监测

## 15.1 环境保护管理计划

### 15.1.1 环境管理的任务和内容

环境管理是控制污染、保护环境的重要内容。为了做好环境保护工作，加强对本油田环保设施运行和维护管理、控制外排污染物对海洋环境的影响程度，建设单位成立了专门机构进行环境保护管理工作。本油田的环境管理主要任务和内容包括如下。

- 贯彻执行中华人民共和国的环境保护法规、政策和标准；
- 组织制定和修改与本油田有关的环境保护政策、规章和制度，并监督执行；
- 检查油田的环保设备、设施及仪器；
- 制订环境监测计划，并组织执行；
- 组织开展专业技术培训；
- 组织编写和填写政府部门要求的各种环境保护报告和记录；
- 配合管理部门的环境监测和检查。

### 15.1.2 健康、安全和环保政策

健康、安全和环保是整个公司不同管理级别人员的责任。公司的所有员工和承包商在工作中都要遵守公司 HSE 政策，包括：

- 遵循并积极支持公司关于健康安全环保的政策、程序和标准；
- 为员工提供实现健康安全环保目标的必要设施、知识和资源；
- 向承包商提供相关的安全和健康信息，要求其对员工进行培训以确保作业安全，同时保护环境，防止污染；
- 与本地政府部门和各关联方共同协作，在现有法律、法规的基础上，制定规则和标准以促进安全、健康和环保。

### 15.1.3 环境保护管理机构设置

为了落实各项环境保护管理制度和污染防治措施，应该建立环境保护管理机构。环保机构的职责范围是：负责建立和完善各项环保制度；监督环保规章制度的执行；负责监测计划的实施；监视监测区的环境质量；以及负责与环保部门的联系等。

中海石油（中国）有限公司天津分公司在工程建设、钻完井和油田生产期间负责环境管理工作，并严格执行公司健康安全环保管理体系。环保工作实行总经理负责制。

### 15.1.4环境保护管理制度

环境保护是我国的一项基本国策。天津分公司在石油勘探开发作业和油气生产过程中，遵守国家环境保护法律、法规、条例和规定，严格执行海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值（GB4914-2008），结合油田开发的特点，制定了相关的管理措施和制度，实施全过程的环境保护管理，减少海洋环境的污染损失。本工程将执行以下各项安全环保管理制度：

- ✧ 安全环保例会制度；
- ✧ 安全环保宣传教育制度；
- ✧ 安全环保检查制度；
- ✧ 培训与演习制度；
- ✧ 安全环保奖惩制度。

### 15.1.5 施工期环境管理

为确保各项环保措施的落实，最大限度地减轻施工作业对环境的影响，本项目在施工期间要实施 HSE 管理。施工期 HSE 管理主要工作是施工现场环境监察，主要任务为：

（1）宣传国家和地方有关环境方面的法律、法规；

（2）落实环评报告书及施工设计中的环保措施；

（3）及时发现施工中新出现的环境问题，提出改善措施；

（4）记录施工中环境工作状况，建立环保档案，为竣工验收提供基础资料；

施工期 HSE 管理重点监理内容：

（1）施工人员是否超越施工活动范围。

（2）垃圾、废物是否有指定地点堆放，是否及时清理。

施工期 HSE 管理目的：防止污染海洋水体和水生生态环境。

### 15.1.6 运营期环境管理

环境管理工作主要围绕以下几个方面进行：协助有关环保部门进行环境保护设施的竣工验收工作；定期进行环保安全检查和召开有关会议；对领导和职工进行环保安全方面的培训；制定各种可能发生事故的应急计划，定期进行演练；配备各种必要的维护、抢修器材和设备，保证在发生事故时能及时到位；主管环保人员应参加生产调度和管理

工作会议，针对生产运行中存在的环境污染问题，向公司领导和生产部门提出建议和技术处理措施；在项目运营期，环境管理除了应抓好日常站场各项环保设施的运行和维护工作之外，工作重点应针对管道破裂、海上溢油等重大事故的预防和处理；重大环境污染事故不同于一般的环境污染，它没有固定的排放方式和排放途径，具有发生突然、危害严重等特点，必须制订相应的事故预防措施、事故应急措施以及恢复补偿措施等。

#### 15.1.6.1 正常工况环境管理

（1）环保监督检查制度

环保管理人员定期到海上平台进行检查，查看各种防污设备、设施和器材的使用与运转情况是否良好，检查有关文书和证件是否齐全，防污记录簿和防污染季度报表的填写是否正确和上报是否及时。海上安全监督/生产监督对当班期间所进行的工作进行监督，就违反或可能违反环境保护法规、政策和程序的事件提出劝告，对环保设备、设施和器材的使用和维护情况进行日常检查，发现问题及时解决。

（2）安全/环保会议制度

定期举行安全监督参加的安全/环保会议和每日生产例会，分析总结安全、环保制度执行情况；查找安全环保问题和隐患，针对问题提出防治措施；传达并贯彻公司有关指示和安全、环保方面的规定。

（3）培训与演习制度

平台上的所有操作人员必须经过环境保护/安全培训，获得海上石油作业安全救生培训等有效的证书才能上岗。建设单位将定期在平台上进行溢油应急演习，以熟悉应急程序和设备的操作。

#### 15.1.6.2 事故风险的预防与管理

（1）制订应急预案

做好突发性自然灾害的预防工作。密切与地震、水文和气象部门之间的信息沟通，及时制定完善的对策；制定平台区风险事故应急计划；建立平台区风险事故应急系统。方案应经有关部门协商和认同，一旦发生事故时，可以有效协调实施。应急计划应包括控制事故蔓延、减少影响范围的具体行动计划：包括救护措施，保护站场内人员和财产、设备及周围环境安全所必须采取的措施和办法。

制定溢油应急计划，需与附近其他油田应急计划统一考虑，并纳入天津分公司应急体系中。应急计划内容详见环境风险分析与评价章节。

（2）对事故隐患进行监护

对事故隐患进行监护，掌握事故隐患的发展状态，积极采取有效措施，防止事故发生。在目前技术、财力等方面能够解决的，要通过技术改造或治理，尽快消除事故隐患，防止事故发生；对目前消除事故隐患有困难的，应从管理和技术两方面对其采取严格的现场监护措施，在管理上要加强制度的落实，严格执行操作规程，加强巡回检查和制定事故预案。

综上，建设单位拟执行的环境管理计划内容全面，涵盖了环境管理的内容、任务、机构设置、管理制度、检测设备、人员配置、岗位职责等内容，涵盖了项目生产的各个环节，具有针对性和可操作性。

## 15.2 环境监测计划

环境监测的主要任务是定期监测各工程设施上外排污染物的排放浓度，掌握达标情况，为加强环境保护管理、保证污染处理设备正常运转提供科学依据；分析外排污染物浓度和排量的变化规律，为制定污染控制措施和环境管理提供依据。

接受并密切配合主管部门的定期监测，积累数据资料，搞好环境统计工作，为治理工作现状和今后工作改进提高依据。企业应建立环境监测机构，配备必要的仪器设备，重点进行污水处理系统运行效果的日常监测。为了解和掌握建设项目在其施工期和运营期对海洋水文动力、水质、沉积物和生物的影响，评价其影响范围和影响程度，应委托当地国家海洋局认可的具备海洋环境监测相应资质的监测机构完成工程附近海域的定期监测工作。

### 15.2.1施工期环境监测计划

在施工作业期间，除海管电缆挖沟搅起悬浮泥沙外，其余污染物包括钻井液、钻屑、施工船舶生活污水、机舱含油水、工业垃圾、生活垃圾、清洗废水等，均运回陆地或回注得到妥善处置，不在油田海域排放。

本项目环境监测的范围为新建平台及海底管线路由周边海域，其重点是施工阶段海底管线埋设产生的悬浮物所能影响的范围和距离，重点监测施工区域的水质环境和沉积物环境。

（1）监测范围及站位布设

施工期环境跟踪监测在 CFD6-4CEPA 至南堡 35-3CEP 海底管线两侧各布设一个站

位，其中一个站位在平台附近 500m 范围内，可依据实际情况进行调整。




**图 15.2-1 施工期跟踪监测站位示意图**

（1）海水水质监测计划

监测项目：水深、水温、pH、悬浮物（SS）、溶解氧（DO）、COD、无机氮、磷酸盐、石油类、总汞（Hg）、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）。

监测频率：施工期间监测一次或施工结束后监测一次。

监测方法：采样监测工作由有资质监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

（2）海洋沉积物监测计划

监测项目：粒度、石油类、总汞（Hg）、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、砷（As）。

监测频率：施工期间监测一次或施工结束后监测一次。

监测方法：监测工作应委托有资质监测单位承担，按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）规定的有关方法进行。

## 15.2.2运营期环境监测计划

本项目建成投产以后，含油生产水经处理合格后回注地层；生活污水经处理合格后回用；甲板冲洗水等其他含油污水收集进入处理系统；固体废物运回陆地处理；海底管道采取有效的防腐措施，除阴极保护牺牲阳极有少量重金属锌析出外，运营期不产生其他污染物，对工程海域的海洋水质及沉积物基本不产生影响。故不需单独设立监测计划。

#### 15.2.2.1 运行期正常工况下污染源监测

在正常生产作业期间，需对含油生产水进行监测和计量。

**含油生产水：**生产水经生产水处理系统处理达标后回注地层，回注前采用《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》（SY/T5329-2012）中的方法监测含油浓度、含氧量、固体悬浮物、粒径等水质指标。

平台设有检测设备及专职检测人员，负责对污染源的日常监测。

#### 15.2.2.2 运行期事故污染源监测

配合政府部门对防污染设备的检查工作，以及在事故状态下配合有关部门作好对事故的跟踪监测。

发生溢油时除在常规监测站位进行监测外，还应增加站位对污染海域进行监测，增加的站位根据实际情况进行调整。

完成单位：委托有资质部门进行监测。

#### 15.2.2.3 跟踪路由勘察

由于海底管道、管线运行或铺设过程中受到物理、化学、机械等因素的影响，可能会存在不同程度的腐蚀、损伤、变形、冲刷、偏移、悬跨等各种缺陷和现象。

为了保证安全作业和防止海洋环境污染，项目建成运营后，需要定期对油田的海底管道、管线进行路由勘察，以便及时了解海底管线的走向、埋深、悬跨、冲淤等运行中的实际情况，并根据勘察结果采取相应的维护措施，以保障管线的安全正常运行。

# 16环境影响评价结论及建议

## 16.1 工程分析结论

### 16.1.1 工程概况

曹妃甸 6-4 油田位于渤海中西部海域，西北距南堡 35-2 油田约 12.5km，东北距秦皇岛 32-6 油田约 18.0km，西距塘沽约 116.0km，平台位置处水深为 19.9m。

曹妃甸 6-4 油田采用注水开发方式，依托现有南堡 35-2 油田、世纪号 FPSO 相关设施。

本工程拟建内容如下：新建一座中心平台 CFD6-4CEPA、1 条 CFD6-4CEPA 至 NB35-2 CEP 的 12.5 km 输油海底管道和 1 条 CFD6-4CEPA 平台至 NB35-2CEP 平台的 12.5 km 复合海底电缆。同时，对 NB35-2CEP 平台、NB35-2WHPB 平台电气设备进行适应性改造。

本工程总投资 141,743 万元，其中环保投资 3135.94 万元，占总投资的 2.21%。

### 16.1.2 工程分析

海上施工/安装的作业内容包括导管架就位与安装，平台安装/连接，已建海上设施的适应性改造，以及海底管道、电缆的铺设、钻完井等。本阶段主要污染物包括铺管作业搅起的海底沉积物、机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、工业垃圾及钻完井过程中产生的钻屑和钻井液等。

本工程钻井过程中共产生钻井液 4478$m^3$，其中钻井油层钻井液约 654$m^3$。产生钻屑 19640.4$m^3$，其中钻井油层钻屑约 1560$m^3$。钻井油层钻屑、钻井液运回陆地由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理/处置，非钻井油层钻屑、钻井液运回陆上处理；海底管道施工期悬浮沙的产生总量约为34793$m^3$,海底电缆施工期悬浮沙的产生量为14063 $m^3$。海上施工期间共产生机舱含油污水 845.0$m^3$，生活污水 46424.4$m^3$，生活垃圾 199.0t，工业垃圾 104.9t，均运回陆上处理，不排海。

油田生产运营期主要污染物为生产水、生活污水、生活垃圾、工业垃圾等。据生产预测，本工程最大产水量为 6904.87 $m^3$/d（2033 年），正常生产情况下，生产水处理达标后全部回注，无生产水排放。非正常工况下，全油田停产。

## 16.2 环境现状分析与评价结论

### 16.2.1 海水水质现状

水质评价因子有 15 项（水温、盐度、pH 值、COD、DO、石油类、挥发酚、硫化物、砷、总汞、铜、铅、镉、锌、铬）。

2015 年 10 月调查结果显示表层有 11 个站位无机氮、6 个站位磷酸盐、11 个站位铅、3 个站位镉超出所在功能区海水水质标准，中层有 6 个站位无机氮、1 个站位磷酸盐、6 个站位铅、2 个站位镉、1 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，底层有 10 个站位无机氮、4 个站位磷酸盐、10 个站位铅、6 个站位镉、2 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，其它调查因子均满足所在功能区执行的海水水质标准。

无机氮：调查水质目标区内表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 10 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 27.8%，符合二类海水水质标准。

磷酸盐：调查水质目标区内表层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 13.3%，符合二类海水水质标准；中层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 12.5%，符合二类海水水质标准；底层 4 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 11.1%，符合二类海水水质标准。

铅：表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 10 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 27.8%，符合二类海水水质标准。

镉：表层 3 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 6.7%，符合二类海水水质标准；中层 2 个站位超出超出所在功能区海水水质标准，超标率为 25%，符合二类海水水质标准；底层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 16.7%，符合二类海水水质标准。

汞：中层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 12.5%，符合二类海水水质标准；底层 2 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 5.6%，符合二类海水水质标准。

2016 年 5 月调查结果显示表层有 11 个站位无机氮、5 个站位铜、11 个站位铅、1

个站位锌、1 个站位镉、9 个站位汞超出所在功能区海水水质标准；中层有 4 个站位无机氮、5 个站位铅、6 个站位汞超出所在功能区海水水质标准；底层有 7 个站位无机氮、8 个站位铅、8 个站位汞超出所在功能区海水水质标准，其它调查因子均满足所在功能区执行的海水水质标准。

无机氮：调查水质目标区内表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 4 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 50%，符合二类海水水质标准；底层 7 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 19.4%，符合二类海水水质标准。

铜：调查水质目标区内表层 5 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 11.1%，符合二类海水水质标准。

铅：表层 11 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 24.4%，符合二类海水水质标准；中层 5 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 62.5%，符合二类海水水质标准；底层 8 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 22.2%，符合二类海水水质标准。

锌：调查水质目标区内表层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 2.2%，符合三类海水水质标准。

镉：表层 1 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 2.2%，符合二类海水水质标准。

汞：表层 9 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 20%，符合二类海水水质标准；中层 6 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 75%，符合二类海水水质标准；底层 8 个站位超出所在功能区海水水质标准，超标率为 22.2%，符合二类海水水质标准。

### 16.2.2 海底沉积物现状

2015 年 10 月调查结果显示:调查区沉积物类型以黏土质粉砂为主。本次调查的油类、硫化物、有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷均符合所在功能区沉积物质量标准，沉积物质量状况良好。。

### 16.2.3 浮游植物现状

2015 年 10 月，调查海域共发现浮游植物 69 种，隶属硅藻门、甲藻门和金藻门。调查海区浮游植物细胞数量的变化范围在（81.39~3950.10）$\times 10^4$ 个./$m^3$ 之间，平均为

337.36×$10^4$ 个/$m^3$。

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游植物 44 种，隶属硅藻门、甲藻门、金藻门和蓝藻门。调查海区浮游植物细胞数量的变化范围在（1.93~689.55）×$10^4$ 个/$m^3$ 之间，平均为 47.87×$10^4$ 个/$m^3$。

### 16.2.4 浮游动物现状

2015 年 10 月，调查海区共发现浮游动物 22 种，优势种为强壮箭虫（*Sagitta crassa*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）、一种纺锤水蚤（*Acartia* sp.）。个体密度在（28.5~130.8）个/$m^3$ 之间，平均为 66.2 个./$m^3$，生物量的变化范围在（28.5~130.8）mg/$m^3$ 之间，平均为 66.2 个/$m^3$。

2016 年 5 月，调查海区共发现浮游动物 14 种，优势种为一种纺锤水蚤（*Acartia* sp.）、强壮箭虫（*Sagitta crassa*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）和中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）。调查海区浮游动物个体密度在（54.3~219.4）个/$m^3$ 之间，平均为 128.1 个./$m^3$，调查期间浮游动物湿重生物量的变化范围在（47.61~210.21）mg/$m^3$ 之间，平均为 100.72mg/$m^3$。

### 16.2.5 底栖生物现状

2015 年 10 月秋季，调查共发现底栖生物 90 种，隶属环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物和纽形动物 5 个门类。优势种为多鳃齿吻沙蚕（*Nephthys polybranchia*）、小头虫（*Capitella* sp.）和独指虫（*Aricidea fragilis*）。生物湿重生物量变化范围在（1.39~61.44）g/$m^2$ 之间，平均为 11.08g/$m^2$。

2016 年 5 月调查共发现底栖生物 78 种，隶属环节动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、纽形动物、腔肠动物、腕足动物、扁形动物、线形动物 9 个门类。优势种为一种丝异须虫（*Heteromastus* sp.）、纤细长涟虫（*Iphinoe tenera*）、一种独指虫（*Aricidea* sp.）和一种小头虫（*Capitella* sp.）。底栖生物湿重生物量变化范围在（0.15~160.10）g/$m^2$ 之间，变化幅度较大，平均为 10.90g/$m^2$。底栖生物栖息密度变化范围在（10~1730）个/$m^2$ 之间，平均密度为 433 个/$m^2$。

### 16.2.6 生物质量现状

2015 年 10 月秋季及 2016 年 5 月春季两次调查，获取的鱼类、甲壳类和非双壳类软体动物体内的铬、铜、锌、砷、镉、汞、铅、石油烃含量均不超过《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；石油烃含量不超过《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。

### 16.2.7 鱼卵仔稚鱼

2015 年春季共采集到鱼卵 5 种，隶属于 4 目 5 科，仔稚鱼 7 种，隶属于 6 目 7 科，秋季 10 月未采集到鱼卵仔稚鱼。本次调查鱼卵平均密度为 0.239 粒/$m^3$；仔稚鱼的平均密度为 0.194 尾/$m^3$。

### 16.2.8 渔业资源现状

2015 年春、秋 2 个航次共捕获鱼类 27 种，隶属于 7 目，16 科。

春季（6 月）共捕获鱼类 18 种，隶属 7 目，14 科。鱼类的优势种为尖尾虾虎鱼。平均渔获量为 2952 尾/h，8.186kg/ h，72826 尾/ $km^2$，201.95kg/ $km^2$；其中幼鱼尾数为 2468 尾/h，生物量为 2.35kg/h；成体渔业资源的平均渔获量 484 尾/h，5.836kg/h。经鱼类的优势种为尖尾虾虎鱼。换算幼鱼平均资源密度为 60886 尾/ $km^2$，成鱼平均资源密度为 143.97kg/ $km^2$。

秋季（10 月）共捕获鱼类 20 种，隶属 7 目，13 科。平均渔获量 2328 尾/h，30.469kg/h；其中幼鱼平均渔获数量为 967 尾/h，生物量为 4.34kg/h；成鱼平均渔获数量为 1361 尾/h，26.131kg/h。经换算幼鱼平均资源密度为 23856 尾/ $km^2$，成鱼平均资源密度为 644.65kg/ $km^2$。

根据鱼类资源调查结果，鱼类成体资源密度全年平均值为 394.31kg/ $km^2$，幼鱼为 42371 尾/$km^2$。

## 16.3 环境影响预测分析与评价结论

### 16.3.1 水文动力环境影响分析

拟建工程包括水下生产系统的运输与安装、钻井完井、海底管道的铺设。由于平台为透水式结构，水下生产系统的尺寸较小，井口平台等对周边的水动力环境影响很小；海底管线埋于海底以下 1.5m，挖起的泥沙在底层流作用下自然回填管沟，对底层流影响很小。

### 16.3.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

本工程海域海底是典型的低平粉砂质特征，海底平坦，广阔，多年变化不大。自海岸向海渐深，水深变化缓慢。平台采用钢制桩腿结构，为透水式结构，水下生产系统的尺寸较小，平台建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。海底管线埋在海底，施工期掀

起的悬浮泥沙在水流的作用下逐渐沉积在管沟周围，由于悬浮泥沙的产生量较小，加上潮流长时间的输沙作用，不容易淤积，对海底地貌的影响较小。因此，本工程的建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小。

### 16.3.3 水质环境影响评价

输油管道施工期间表层超一（二）类水质的包络面积为 6.89km$^2$，无超三类、超四类水质；中层超一（二）类水质影响的包络线面积为 11.07km$^2$，超三类水质包络线面积为 0.97km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.41km$^2$；底层超一（二）类水质影响的包络线面积为 18.32km$^2$，超三类水质包络线面积为 1.55km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.69km$^2$。超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为 1.26km。

海底电缆施工期间表层超一（二）类水质的包络面积为 4.91km$^2$，无超三类、超四类水质；中层超一（二）类水质影响的包络线面积为 9.11km$^2$，超三类水质包络线面积为 0.74km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.23km$^2$；底层超一（二）类水质影响的包络线面积为 13.28km$^2$，超三类水质包络线面积为 1.21km$^2$，超四类水质海域包络线面积为 0.36km$^2$。超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为 0.97km。

管道、电缆施工作业分别停止 11.4 h、9.2 h 后，整个海域满足一类海水水质标准。

### 16.3.4 沉积物环境影响评价

由于平台均采用钢导管结构，因此施工期平台对沉积物环境的影响较小，但平台桩腿部分由于深插入海中，施工过程中因打桩沉积物环境全部改变。

运营期海管防腐采用的牺牲阳极释放量较少，不会引起沉积物中的锌污染。

### 16.3.5 对海洋环境敏感目标的影响分析

本工程位于洄游性鱼类产卵场与白姑鱼产卵范围内，鱼卵和仔稚鱼的产卵盛期是在每年的 6 月份。根据预测结果：输油管道及海底电缆施工时悬浮泥沙离管线最远距离在 1.26km 以内，但当悬浮物停止排放后，海水水质将逐渐恢复满足一类海水水质标准，施工阶段避开产卵盛期，对海洋渔业的影响很小。

本工程施工期、运营期污染物均得到有效处理处置，其中施工期钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期间，在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将施工期产生的生活污水全部回收，定期由船舶运回陆上进行处理。运营期含油生产水处理达标后回注；生活污水中的灰水进入生产流程，处理合格后回注；黑水经处理为合格中水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循

环使用，不排海；生活垃圾和工业垃圾运回陆上处理；正常工况下，工程运营期无污染物排海。非正常工况下，全油田停产。

本工程距离《河北省海洋生态红线》内的大清河口海岛旅游区（编号 7-4）和沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）较近，其中距离大清河口海岛旅游区 6.7km，距离大清河口至小清河口海域沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）（编号 9-4）最近距离为 1.8km。本工程施工期管线铺设搅起海底悬浮沙，施工期间输油管线和海底电缆引起的悬泥沙超一（二）类水质包络线在距离生态红线最近方向上的影响距离为 0.52km。且由于悬浮泥沙为短期排放，最长约 11h 可恢复至一类水质，不会对沙源保护海域（大清河口至小清河口海域）产生影响。

本工程距离河北乐亭菩提岛诸岛海洋保护区 8.9km，距离龙岛旅游娱乐区 14.1km，距离乐亭菩提岛诸岛保护区 24km，距离乐亭菩提岛诸岛保护区 24km。根据预测结果：输油管道及海底电缆施工时悬浮泥沙离管线最远距离在 1.26km 以内，以上环境敏感目标距离项目较远，本项目建设不会对其产生污染影响。

### 16.3.6 海洋生态影响分析与评价结论

本工程造成的生物损失为：底栖生物损失量为 8.65t，鱼卵损失量为 11785161.70 粒，仔稚鱼损失量为 9566198.20 尾，渔业资源损失量约 0.422t，幼鱼损失 125863.06 尾，头足类损失 0.142t，甲壳类损失 0.164t。

## 16.4 环境风险分析与评价结论

本工程海上部分最主要的环境风险类型主要包括：海底管道溢油事故、平台事故溢油和船舶碰撞事故。工程位于洄游性鱼类产卵场和白姑鱼产卵场中，一旦发生溢油事故将即刻抵达，抵达大清河口至小清河口海域（沙源保护海域红线区）的最短时间为 1.0 小时，抵达大清河口海岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）的最短时间为 2.0 小时，抵达河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区的最短时间为 4.0 小时，抵达曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区的最短时间为 6.5 小时，抵达龙岛旅游区（重要滨海旅游区红线区）的最短时间为 13.0 小时，抵达昌黎海域养殖区的最短时间为 18.5 小时，抵达昌黎海域国家级水产种质资源保护区的最短时间为 52.5 小时，抵达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的最短时间为 46.0 小时。本油田开发工程注水开采方式的安全设计满足现行法律法规规范的要求，其因注水导致地层高压引发溢油的

危险性是可控的。

本项目从工程设计、施工建造和安装以及生产管理上采取有效的防范措施，消除事故隐患，及时制止事故苗头，尽可能避免油气泄漏事故的发生，以防止环境风险溢油事故对海洋环境的污染。施工阶段的防范措施包括：准确分析地层压力配比合适的泥浆、安装完备的井控装置，钻井人员经过严格的培训，加强井控演习。安装井下安全阀和井上安全阀，并时刻保证安全阀的正常工作。为确保油田生产阶段的安全生产，油田在设计阶段充分考虑了油田各部分的保护措施并提供防火、防爆保护，提供充分的消防设备；精心考虑各部分的合理布放，对危险区采取有效的隔离措施来降低危险程度；对易于发生泄漏的管路全部根据最大压力和最高温度设计，并设置了相应的应急关断系统。在生产工艺区装备火焰和气体探测器，以监测工艺流程中的火情和可燃气体浓度，发现异常及时报警。

本工程新建的 CFD6-4CEPA 平台将配备适量的消油剂和吸油毛毡等溢油应急设备。另外，曹妃甸 6-4 油田周边海区可借用的应急力量包括南堡 35-2 油田在 CEP 平台和秦皇岛 32-6 油田等多个油田的设备。同时值班船上配置适量的溢油分散剂和喷洒装置。“海洋石油 252”和“海洋石油 253”两艘环保船在渤海区域已运行投入使用，具有溢油应急回收、全天候雷达溢油监测、海面油污消除、货物和人员运输、海上消防等多种功能，是国内首批采用两侧内置式溢油回收设备的环保船，溢油回收效率高、速度快，有利于进一步增强该海域溢油应急响应能力。

在曹妃甸 6-4 油田开发工程正式投产作业前，建设单位将制定详细的溢油应急计划，并报主管部门备案。溢油应急方面的内容应与《国家海洋局海洋石油勘探开发溢油应急预案》相衔接。

## 16.5 清洁生产和总量控制结论

### 16.5.1 清洁生产结论

本工程在建设阶段选用无毒的生产原料，通过物料的循环利用减少污染物排放。在生产过程中采用先进的生产技术，油气生产尽量使用清洁能源，采取多项节能措施；平台设有漏油收集设施，防止原油跑冒滴漏；全过程实施严格的环境保护及管理制度。在建设阶段和生产阶段产生的污染物均得到有效的处理。污染物的排放和处置符合国家或地方法规和标准的要求。综合评价本工程清洁生产水平基本达到国内清洁生产先进水平，绝大多数达到国际先进水平，因此从清洁生产角度分析，本工程可行。

### 16.5.2 总量控制结论

本工程无总量控制因子。

## 16.6 环境保护对策的合理性、可行性结论

### 16.6.1 海上建设阶段环境保护措施

（1）钻屑和钻井液：采用水基钻井液，水基钻井液循环使用。钻完井作业完成后水基钻井液及非钻井油层钻屑运回陆上处理，不排海。钻井油层钻井液和钻井油层钻屑运回陆地交由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理。

（2）船舶污染物：海上建设阶段产生的船舶污染源包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、工业垃圾等。施工期间在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。生活垃圾全部运回陆地处理，机舱含油污水运回陆地交蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司接收处理/处置。

（3）生活垃圾和工业垃圾：分类收集，集中装箱运回陆地交由有资质单位处理。

（4）海底管道/电缆铺设过程中挖起的海底沉积物随海水的运动回填于管沟，海水中的悬浮沙自然沉降于海底。铺设作业时间的选择综合考虑环境影响、工程进度和海况条件等方面的因素，注意选择适宜的海况条件，尽量缩短海底管道/电缆铺设周期，合理选择施工时间，施工作业应避开该海域主要洄游性鱼类（例如白姑鱼）的产卵盛期（6月），以减轻对渔业资源和海洋生态环境的影响。

### 16.6.2 运营阶段污染防治措施

**（1）含油生产水处理**

根据工程概况生产水处理流程中的内容，本工程投产后，曹妃甸 6-4 油田的生产水最大产生量为 6904.87$m^3$/d（2033 年），经本平台生产水处理系统处理合格后回注地层。非正常工况下，全油田停产。处理后的生产水水质符合《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T 5329-2012）中石油类含量≤15mg/L 的要求。非正常工况下，全油田停产。

**（2）生活污水处理**

拟建 CFD6-4CEPA 平台上设一套生活污水处理装置。CFD6-4CEPA 平台上含油灰水先经过除油器处理，与无油灰水一起经 50$m^3$/h 的双联篮式过滤器（1 用 1 备）处理后进入开排罐，再通过开排泵打入闭排系统，然后进入工艺处理流程。黑水经处理为合格中

水后，主要用于生活楼冲厕，剩余部分作为回掺处理黑水的水源，循环使用，不排海。非正常工况下，生活污水进入污水罐，由值班船运回陆地处理，不排海。

**（3）固体废弃物处理**

工业垃圾、生活垃圾全部运回陆地，委托有资质单位接收处理。

### 16.6.3 生态保护措施及建议

（1）施工作业避开保护区主要保护物种的繁育期和敏感期

本项目位于洄游性鱼类和白姑鱼的产卵场内，且位于京唐港至曹妃甸农渔业区。工程建设阶段，钻井油层段水基钻井液、钻井非油层段水基钻井液、钻井油层段钻屑、钻井非油层段钻屑、工业垃圾、生活垃圾和船舶污染物全部运回陆地处理，不排海。本工程施工作业应尽量缩短施工周期，合理选择作业时间，海底管道和电缆施工应尽可能避开白姑鱼的产卵盛期（6 月），以降低和缓解对渔业资源的影响。

（2）由于工程位于白姑鱼产卵场，建设单位应加强设备管理、严格操作规程、减少人为失误，从根本上将事故发生概率降到最低，务必将防范事故发生的措施放在首要位置。施工过程中加强对施工队伍的管理，制定严格的环保规章制度，严禁随意丢弃、违规倾倒的行为。

（3）建设单位必须具备控制溢油的有效手段和措施。一旦溢油事故发生，应及时向主管部门通报情况，并立即采取一切措施将溢油控制在最小范围内。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。

（4）制定施工期船舶安全和防溢油措施，施工船舶配备必要的导助航等安全保障设施，合理调配施工船舶，加强值班、瞭望工作，合理安排工期，避免恶劣天气施工，减少船舶碰撞溢油事故的发生。大型船舶配备必要的溢油应急设备。

（5）渔业环境和生物资源补偿措施

本工程造成的渔业资源损失金额约 252.68 万元，建设单位应将此部分费用纳入环保投资，此项费用主要用于海洋生物资源的增殖放流、海洋生物资源的养护与管理、人工鱼礁及相关研究、监测工作等。

（6）生态服务损失补偿措施

本工程造成的海洋生态服务功能损失金额约 108.26 万元。建议建设单位将此部分费用也纳入环保投资。建设单位可以根据自己补偿的资金情况，项目所在海域的实际情况，有选择参与到渤海湾的海洋生态修复工作中来，建议建设单位与当地的海洋与渔业主管

部门积极沟通协调，配合相关科学研究进行海洋生态系统的修复工作，支持海洋主管部门生态保护宣传教育基地的建设等。

## 16.7 公众参与分析与评价结论

建设单位分别于 2017 年 2 月 16 日和 2017 年 4 月 11 日进行了公众参与公示，两次公示期间均未收到相应的反馈意见。

建设单位在项目第二次信息公示后，进行了现场问卷调查，本次问卷调查工作共发放个人问卷 124 份，回收有效个人问卷 116 份，总体回收率为 93.5%。此次公众参与的问卷调查对象覆盖了距离本项目较近的王滩镇、南堡二村、八里村、捕鱼尖村和郗三家子村。受访群体涵盖了社会较多阶层，具有代表性，能够反映可能受本项目影响的公众的心声。

根据公众参与分析报告，虽然大多数公众都认为该油田的建设会对渔业生产、海洋环境、事故风险等方面产生不同程度的影响。在落实环评报告中提出的各项环保措施和溢油风险防范措施的基础上，62.1%的受访群众对本项目的建设表示支持，37.9%的受访群众不表态，无反对意见。

## 16.8 区域规划和政策符合性结论

（1）本项目属于国家鼓励类建设项目，符合国家的产业政策和能源政策。工程拟采用的施工设备、工艺和节能、减排对策措施符合清洁生产的要求。

（2）本项目符合“《全国海洋功能区划（2011-2020）》、《全国海洋主体功能区规划》、《河北省海洋主体功能区规划》、《河北省海洋功能区划（2011~2020年）》、《河北省海洋环境保护规划（2016-2020年）》的相关要求。

（3）本项目位于《河北省海洋生态红线》规划范围之外，项目建设符合河北省海洋生态红线的相关管理规定。

## 16.9 建设项目环境可行性结论

（1）拟建工程施工期间，平台建设、管道电缆铺设等对海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境的影响属于短期行为，工程建设和营运对周边海域的水文动力和冲淤环境的影响较小。

（2）拟建工程存在一定溢油风险，溢油事故一旦发生会对生态和环境造成严重危

害后果，拟采取具有针对性的安全保护措施和切实有效的溢油应急防范对策措施。

（3）建设单位在油田生产运营过程中严格落实本报告中提出的各项环境保护措施和溢油风险防范措施的基础上，从环境保护角度讲，本项目是可行的。

# 17 环境影响报告书附件

附件 1 ：环境影响评价委托书

附件 2 ：关于京唐港区油田和港口建设发展专题工作会议纪要

附件 3 ：固体废物回收处置服务合同

附件 4： 蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司危险废弃物经营许可证

附件 5 ：《关于南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书审批意见的复函》（国海环字[2003]174 号）

附件 6： 《关于对南堡 35-2 油田环境保护设施“三同时”检查的复函》（国海环字[2005]355 号）

附件 7 ：《关于南堡 35-2 油田环保设施竣工验收的复函》（国海环字[2009]428 号）

附件 8：南堡 35-2CEP 平台防污记录表

附件 9：国家海洋局生态环境保护司关于《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书》有关问题的函（海环函【2017】177 号）

附件 10：国家海洋局生态环境保护司意见（海环函【2017】177 号）修改说明

附件 11：国家海洋局生态环境保护司关于《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书》有关问题的函（海环函【2018】111 号）

附件 12：国家海洋局生态环境保护司意见（海环函【2018】111 号）修改说明

附件 13：专家评审意见

附件 14：专家评审意见修改说明

附件 15：专家复核意见

附件 1：环境影响评价委托书

# 环境影响评价委托书

中海石油环保服务（天津）有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》及《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法规的要求，中海石油（中国）有限公司天津分公司特委托贵公司承担曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响评价工作，具体事宜见合同。

特此委托！

中海石油（中国）有限公司天津分公司

2016 年 11 月 18 日

附件 2：关于京唐港区油田和港口建设发展专题工作会议纪要

# 中海石油（中国）有限公司天津分公司
# 唐山港口实业集团有限公司

## 关于京唐港区油田和港口建设发展专题工作会议纪要

2015 年 7 月 10 日，唐山海事局组织中海石油（中国）有限公司天津分公司（以下简称天津分公司）与唐山港口实业集团有限公司（以下简称唐山港集团）一同在天津市滨海新区海洋石油大厦 B 座 B111 室召开油田建设、港口发展、海事监管专题工作会议，三方就唐山港京唐港区及周边海域的油田开发和港口建设区域协同发展进行商讨，并就有关事宜达成一致意见，现形成会议纪要如下：

一、建立区域协同发展的合作机制

为保障海上油田及港口建设通航安全，促进海洋区域经济协调发展，唐山海事局积极协调并推进天津分公司与唐山港集团的区域协同发展。

本着互相支持、共同发展的原则，天津分公司与唐山港集团就唐山港及周边区域的“油田开发建设生产”和“港口建设发展”相互可能存在的影响事宜，积极协商，努力寻求解决办法。

二、关于京唐港区 25 万吨规划航道建设事宜

（一）为支持地方港口建设和经济发展，天津分公司作为利益方，原则上同意以下相关事宜：

1、同意唐山港集团拟规划实施的京唐港区 25 万吨级航道建设项目，并积极给予支持和配合。

2、同意将与航道交叉的海底输油管线改造，满足京唐港区航道建设要求，结合《唐山港总体规划（修订版）》预留远期发展空间。

3、同意与唐山港集团就海底输油管线改造相关事宜（含改造费用等）尽快协商。

4、鉴于目前油田外输船舶大部分在京唐港区公用锚地锚泊，同意调整 QHD32-6 油田临时锚泊水域范围，以满足京唐港区航道建设需要。

5、考虑到京唐港区主航道改变方位的困难性，针对拟建航道横穿待开发 BZ2-1 油田一事，由天津分公司渤西作业公司与开发部共同就 BZ2-1 油田开发建设重新进行可行性研究，尽可能考虑将 BZ2-1 油田选址取在航道边缘或外缘的位置，重新评估油田开发的经济效益。

（二）为保障天津分公司的区域协同发展利益，唐山港集团同意并支持以下事宜：

1、同意并支持 BZ2-1 油田有可能在规划的 25 万吨航道边缘进行的勘探、开发及建设方案；

2、由于规划 25 万吨航道起点位置距离在生产的 BZ3-2 油田较近，同意采取有效措施，保障油田的安全生产。

三、关于 CFD6-4 区域与京唐港三号锚地重叠的解决方案。

天津分公司重点勘探的 CFD6-4 区域位于京唐港三号大型散货船锚地内，在保障通航安全情况下，唐山港集团原则上同意天津分公司在锚地内的勘探作业。

根据 CFD6-4 区域内的勘探结果及储量分析，后续若需开发建设 CFD6-4 油田，唐山港集团原则上同意将三号锚地进行位置调整，以满足油田建设需要。

四、其他有关事宜

天津分公司海上油田勘探开发如涉及唐山港集团利益方，在保障通航安全前提下，唐山港集团原则上同意并支持天津分公司在航道附近 、锚地内及附近进行拖航、勘探作业，具体事宜具体商议。

为促进区域协同发展，利益双方进行生产规划和建设时，本着互相支持、理解的原则，应提前征求对方意见，并对相关事宜积极协商，相互促进支持。

五、唐山海事局作为该区域海事主管机关，在保障通航安全前提下，同意并支持天津分公司与唐山港集团就协同发展达成的以上合作事宜。

**出席：**唐山海事局：胡文新、杨艳飞

中海石油（中国）有限公司天津分公司：夏庆龙、石建荣、张德林、王昕、李凯宝、滕威、徐洪才、赵树涛、唐硕、王生、王宝妮

唐山港口实业集团有限公司：宣国宝、李立东、马学东、王国增、葛兵

中海石油（中国）有限公司天津分公司

唐山港口实业集团有限公司　　2015 年 07 月 15 日

附件 3：固体废物回收处置服务合同

# 龙口基地危险废弃物 HW08 类泥浆、钻屑等回收处置服务合同

（合同编号：CCL2015TJDYYST0886）

SAP号：3000025060

甲方：中海石油（中国）有限公司天津分公司

乙方：蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司

签订地点：天津塘沽

签订时间：2015 年 12 月

# 第四部分　附件

**附件一：工作内容和要求**

中海石油（中国）有限公司天津分公司在海上油气勘探、开发、生产活动中将产生含油污水、含油泥浆、钻屑、生活垃圾等废弃物。随着新环保法的颁布实施，海上环保要求更加严格，公司需严格执行国家、地方各级环境保护部门要求，对海上产生的固体废弃物进行回收处置，工作内容及要求如下。

**一、工作内容**

1、回收包括但不限于海上钻完井平台、FPSO、勘探开发修井等各作业点（以下简称“各作业点”）运回的废弃物，主要如下：

| 序号 | 类别 |
|---|---|
| 1 | 国家危险废物名录HW08类：含油泥浆、钻屑、完井液、试油采出液、常规测试液等。 |

★回收数量以实际为准。

2、乙方负责综合垃圾回收箱、有害垃圾回收箱、油罐、岩屑油砂回收箱、危险废物专用回收箱、气瓶回收架等的日常需要和维护保养，包括但不限于以下工作：

（1）依照甲方物流管理要求，制定固体废物回收用具的清洁标准，对于不满足清洁标准的综合垃圾回收箱、有害垃圾回收箱、油罐、岩屑油砂回收箱、危险废物专用回收箱、气瓶回收架等应及时除锈刷漆、翻新涂层，确保箱体整洁干净。对于除锈翻新涂层回收用具要做好相关数据统计。

（2）按照健康安全环保要求，根据所装的固体废物的类别，对所有综合垃圾回收箱、有害垃圾回收箱、油罐、岩屑油砂回收箱、危险废物专用回收箱、气瓶回收架等箱体涂上规定的颜色并标明第三方鉴定日期，箱体上要有固定标识和分类文字说明，标明周转箱具应装废弃物的种类。不得随意改变回收用具的涂层颜色。

（3）对所有周转箱具按要求加盖，底部不得有排水孔，不得造成漏泄。

（4）对所有发生破损的周转箱具及时维修，保证满足使用要求。垃圾箱每年至少一次除锈刷漆。

（5）固体废物回收用具（特别是综合垃圾回收箱和有害垃圾回收箱）每使用一次，就必须进行一次清洗、消毒处理，防止疾病传播，确保回收用具整洁美观。

（6）设专人负责回收用具使用的周转管理，确保各作业点日常作业的需要。随着各作业点和作业量的增加，及时增加安全合格的回收用具投入周转使用，满足各作业点作业需求。

（7）定期维护保养，及时涂新箱体、警示标识、固定标识和分类文字说明，定期做好回收用具、吊索具、箱体及其吊点和箱盖等各处的安全检查和海油安办认可的第三方检测单位定期检测，并取得法规规定的检验合格证书，确保回收处置作业的安全。

3、乙方必须认真做好海上钻完井及修井作业返回的钻井岩屑、油砂、泥浆、含油含化学药剂污水等的数量统计。

4、乙方每月向甲方提供上一个月接收和处理固体废物的种类和数量报表，作为付款凭证之一。

附件 4：蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司危险废物经营许可证



# 危险废物经营许可证

（副本）

编　　号：鲁危证 33 号

法人名称：蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司

法定代表人：臧运波

住所：山东省蓬莱市刘家沟镇昆明路西

经营设施地址：山东省蓬莱市刘家沟镇昆明路西

核准经营方式：收集、贮存、利用、处置***

核准经营危险废物类别及规模：含油污水（HW08：071-001-08，251-001-08)50000 吨/年、含油岩屑和油脂残渣[HW08：071-001-08，251-(002-012)-08]20000 吨/年、泥浆（HW08：071-002-08）20000 吨/年、其他废物（HW49：900-041-49）12000 吨/年、废乳化液（HW09：900-005-09，900-006-09，900-007-09）200 吨/年、焚烧危险废物（HW08：071-001-08，900-210-08，HW49：900-041-49）18000 吨/年***

主要处置方式：油水分离、焚烧***

有效期限：2017 年 6 月 16 日至 2022 年 6 月 22 日

## 说　明

1. 危险废物经营许可证是经营单位取得危险废物经营资格的法律文件。
2. 危险废物经营许可证的正本和副本具有同等法律效力，许可证正本应放在经营设施的醒目位置。
3. 禁止伪造、变造、转让危险废物经营许可证。除发证机关外，任何其他单位和个人不得扣留、收缴或者吊销。
4. 危险废物经营单位变更法人名称、法定代表人和住所的，应当自工商变更登记之日起 15 个工作日内，向原发证机关申请办理危险废物经营许可证变更手续。
5. 危险废物经营单位变更危险废物类别，新、改、扩建原有危险废物经营设施的，经营危险废物超过批准经营规模 20%以上的，危险废物经营单位应当重新申请领取危险废物经营许可证。
6. 危险废物经营许可证有效期届满，危险废物经营单位继续从事危险废物经营活动的，应当于危险废物经营许可证有效期届满前 30 个工作日向原发证机关申请换证。
7. 危险废物经营单位终止从事危险废物经营活动的，应当对经营设施、场所采取污染防治措施，并对未处置的危险废物作出妥善处理，并在 20 个工作日内向发证机关申请注销。
8. 转移危险废物，必须按照国家有关规定填报《危险废物转移联单》。

发证机关（公章）

2017 年 6 月 16 日

仅限曹妃甸6-4油田开发工程环境影响评价用

附件 5：《关于南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书审批意见的复函》（国海环字[2003]174 号）

# 国家海洋局

国海环字〔2003〕174号

## 关于南堡35-2油田开发工程环境影响报告书审批意见的复函

中国海洋石油总公司：

你公司《关于报送南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书预审意见的函》（海油函安[2003]20 号）悉。经研究，对报送的《南堡 35-2 油田开发工程环境影响报告书（报批稿）》（以下简称“报告书”）提出审批意见函复如下：

一、经审查，报告书基本符合国家环境保护有关法律法规的要求，可以作为编制可行性研究报告和开展初步设计的依据。从环境保护角度分析，在报告书所提出的各项污染防治及应急措施得到落实的前提下，同意该工程的建设。

二、报告书可作为编制可行性研究报告和开展初步设计的依据。初步设计环境保护篇章应根据经批准的环境影响报告书编

写，按有关规定进行审查。

三、为减轻该工程对海洋环境的影响，建设单位应认真落实报告书中所提出的各项污染防治措施、对策及建议，在工程建设和生产过程中应做到：

1. 工程位于生态环境比较脆弱的渤海海域，应根据国家对渤海综合整治的要求严格控制主要污染物的排放总量和排放浓度，同意暂按报告书中“污染物总量控制指标建议”执行；排污混合区应当控制在以排放口为中心 500 米半径以内海域。钻井作业中应当使用无毒、无油水基泥浆并循环使用，含油的钻屑和泥浆全部运回陆地按照有关规定处理，严禁排放入海。

2. 工程所处海域离岸较近，且沿岸环境敏感目标较多，突发性海上溢油事故对海水养殖区、盐田和海洋自然保护区等敏感区影响较大，应当制定切实可行的溢油应急计划，配备相应的溢油应急设备，防范溢油风险。在制定溢油应急计划时，除考虑海上的溢油应急和回收措施外，还应考虑溢油抵岸的应急和清油回收措施。发生溢油事故时，应尽快采取应急反应措施，并立即报告国家海洋局北海分局，同时通报渔业、海事、军队等有关部门。

3. 工程海上施工作业应当尽量避开鱼类、毛虾及海蜇的产卵、幼仔发育等渔业敏感季节。加快施工进度，缩短工程周期，最大限度地减少对渔业资源和渔业生产的影响；工程建设过程中，建设单位应当按照有关法规的要求，加强施工期的监控管理，

并将工程进展情况及时通报国家海洋局北海分局.

4. 运营期间应当加强海上设施和海底管道的环境管理工作，制定相应的环保管理制度和检测制度，避免事故对海洋环境的污染损害.

5. 加强施工作业人员和平台工作人员安全环保知识和法规培训，提高环境保护和法律意识，进一步明确有关环境保护的责任.

四、工程建设应严格执行环境保护“三同时”制度. 试运行前应当按照法律规定申请检查批准；正式投入生产前应按照规定程序申请环保设施竣工验收.

五、该工程所使用的石油平台及其它附属设施，在废弃处置前应按照有关规定报国家海洋局审批.

六、国家海洋局北海分局负责工程建设和生产期间环境保护的监督管理.

二〇〇三年五月二十一日

主题词：海洋　石油　环评　意见　函

抄送：国家发改委，交通部海事局，农业部渔业局，全军环办，中国海监总队，北海分局，河北省海洋局，中海石油（中国）有限公司，中海石油工程设计公司。

国家海洋局海洋环境保护司　　2003 年 6 月 4 日印发

校对人：许丽娜　　打印 25 份

附件 6：《关于对南堡 35-2 油田环境保护设施“三同时”检查的复函》（国海环字[2005]355 号）

# 国 家 海 洋 局

国海环字[2005]355 号

## 关于对南堡 35-2 油田环境保护设施“三同时”检查的复函

中海石油(中国)有限公司天津分公司：

你公司“关于申请对南堡 35-2 油田投产前环境保护设施进行检查的函”(中海油函津[2005]5 号)收悉。按照《中华人民共和国海洋环境保护法》的有关规定，我局对该油田海上各平台的生产水处理系统、生活污水处理装置、开式和闭式排放系统、各类垃圾和废弃物处理设施以及溢油应急设备的配备情况等进行了检查。经检查，认为该油田的环境保护设施已按照有关规定和环评报告书的要求配备到位，准予投入试运行。

请你公司在试运行期间加强环境保护管理，认真落实各项环境保护措施，并在正式投入生产前按照有关规定申请环境保护设施的竣工验收。

二 00 五年八月十二日

附件 7：《关于南堡 35-2 油田环保设施竣工验收的复函》（国海环字[2009]428 号）

09/11 2008 16:41 FAX 00861064015057 CNOOC/HSE + TJ 002/002

2009.11.12

# 国家海洋局

国海环字〔2009〕428号

## 关于南堡35-2油田环保设施竣工验收的复函

中海石油（中国）有限公司：

你公司《关于申请南堡35-2油田开发工程环保设施竣工验收的函》（中海油函[2009]4号）及《南堡35-2油田开发工程环境保护设施竣工验收监测报告》收悉。经研究，同意南堡35-2油田的环境保护设施通过竣工验收，准予正式投入生产。请你公司在生产中严格遵守国家环境保护的有关规定，加强环境保护管理，认真贯彻国家节能减排政策，落实各项环保措施和溢油应急计划。同时，要加强环保设施的管理和维护，确保其运行效果。

国家海洋局

二〇〇九年六月二十九日

部委[2009]第47号 001

健康安全环保部(印) 07-03

09/11 2008 18:42 FAX 008810840150S7 CNOOC/HSE + TJ 001/002

主题词：海洋 油田 环保 验收 函

抄送：北海分局，中国海监总队。

国家海洋局海洋环境保护司 2009 年 6 月 30 日印发

校对人：胡松琴 打印 18 份

附件 8：南堡 35-2CEP 平台防污记录表

# 海 上 平 台 防 污 染 记 录 表
# daily antipollution record for oil platform on the sea

作业者 operator: 中海石油(中国)有限公司天津分公司渤西作业公司

平台名称 platform name: 南堡35-2CEP 2017 年(year) 1 月(month)

| 日期 | 机舱含油污水排放 discharge of bilge water | | | | 生活污水入海量 amount of sewage water discharged to sea ($m^3$) | 生活垃圾 domestic refuse | | 工业垃圾量 industrial refuse | | 泥浆排放 discharge of drilling mud | | 岩屑排放 discharge of drill cuttings | | 环境污染事故情况 environmental pollution accident | | 清油剂 oil dispersant | | | 填表人姓名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 国家标准范围内排放 | | 超过国家标准排放 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| day | 浓度 (毫克/升) concentration (mg/l) | 数量 (立方米) amount ($m^3$) | 浓度 (毫克/升) concentration (mg/l) | 数量 (立方米) amount ($m^3$) | | 数量 (立方米) amount ($m^3$) | 处理方式 ways of treatment | 数量 (立方米) amount ($m^3$) | 处理方式 ways of treatment | 泥浆入海量 quantity of mud disposed ($m^3$) | 泥浆含油量 percentage of oil mud (mg/l) | 岩屑入海量 quantity of chips disposed ($m^3$) | 岩屑含油量 percentage of oil in the chips (mg/l) | 是/否 yes/no | 污染物入海量 quantity of pollutant the sea ($m^3$) | 使用数量 quantity of used dispersant (kg) | 用途 purpose | 型号 type | name of person completing the form |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | 2 | 运回陆地 | 2 | 运回陆地 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 贾宝龙 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | 2 | 运回陆地 | 2 | 运回陆地 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | 2 | 运回陆地 | 2 | 运回陆地 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | 何凯 |
| 累计 | | 0 | | 0 | 160.6 | 6 | | 6 | | 0 | | 0 | | | 0 | 0 | | | |
| 油气田产量 output of oil and field | | | | | | 油： 14124.92 $m^3$ 气： 448365 $m^3$ | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 77.81% | | | | | | | | | | | | | |

平台经理签字 platform manager signature

2018 年(year) 3 月(month) 22 日(day)

国家海洋局北海分局印制

printed by North China Sea Branch of SOA

附件 9：国家海洋局生态环境保护司关于《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书》有关问题的函（海环函【2017】177 号）

国家海洋局生态环境保护司

海环函〔2017〕177 号

# 关于《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书》有关问题的函

中海石油（中国）有限公司：

你公司报送的《关于呈报<曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书（送审稿）的报告>》）（中海油安〔2017〕182 号）收悉。经审查，报告书存在以下问题：

一、工程建设与海洋功能区划和环境保护规划不符

（一）工程排污方案不符合《河北省海洋功能区划（2011-2020 年）》京唐港至曹妃甸农渔业区“禁止进行污染海域环境的活动”的管控要求。

（二）工程排污方案不符合《河北省海洋环境保护规划（2016-2020 年）》京唐港至曹妃甸渔业资源利用区“禁止进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动”的要求。

二、报告书中海洋功能区划登记表信息与实际情况不符

经核实，该工程位于《全国海洋功能区划（2011-2020 年）》“渤海湾海域”，报告书误判为位于“辽西冀东海域”。此外，报告书海洋功能区划符合性分析中 5 个功能区区域管控要求缺失，且“京唐港港口航运区”用途管控要求被改写为“兼容工业用海”。

根据《海洋环境保护法》第四十七条规定，海洋工程建设项目必须符合全国海洋主体功能区规划、海洋功能区划、海洋环境保护规划和国家有关环境保护标准。鉴于以上问题，该工程尚不具备环境可行性，现予以退回。如工程确需建设，应按照海洋功能区划的要求调整开发方案并修改报告书，按程序重新报我局审批。

国家海洋局生态环境保护司

2017 年 7 月 31 日

抄送：海洋咨询中心

部委[2017]第80号 001

健康安全环保部 08-03

附件 10：国家海洋局生态环境保护司意见（海环函【2017】177 号）修改说明

| 序号 | 海洋局生态环境保护司意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| 1 | 工程排污方案不符合《河北省海洋功能区划（2011-2020 年）》京唐港至曹妃甸农渔业区“禁止进行污染海域环境的活动”的管控要求 | 采纳 | 工程排污方案进行调整。<br>施工期：钻屑、钻井液、工业垃圾、生活垃圾、机舱含油污水运回陆上处理；施工期主要污染物为悬浮泥沙和生活污水，悬浮泥沙自然消散，生活污水处理达标后排放。悬浮沙和施工生活污水随施工结束而结束。<br>运营期：正常工况下，无污染物排海，非正常工况下，全油田停产。 |
| 2 | 工程排污方案不符合《河北省海洋环境保护规划（2016-2020 年）》京唐港至曹妃甸渔业资源利用区“禁止进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动”的要求。 | 采纳 | |
| 3 | 报告书海洋功能区划登记表信息与实际情况不符 | 采纳 | 已核对并进行了修改。工程位于《全国海洋功能区划》（2011-2020）的“渤海湾海域”。详见“13.1.1”章节。 |

附件 11：国家海洋局生态环境保护司关于《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书》有关问题的函（海环函【2018】111 号）

国家海洋局生态环境保护司

海环函〔2018〕111 号

# 关于《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书》有关问题的函

中海石油（中国）有限公司：

你公司报送的《关于再次呈报<曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书（送审稿）>的报告>》（中海油安〔2018〕20 号）收悉。经审查，请按以下意见对报告书进行修改：

一、补充报告书中本工程与《全国海洋主体功能区规划》、《河北省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《河北省海洋环境保护规划（2016-2020 年）》和《河北省海洋生态红线》的符合性分析，给出依据和明确结论，补充工程在建设、运营以及事故状态下对红线区具体影响和对策措施。

二、请结合本工程所在海域的实际情况，进一步完善生态建设方案，提出有针对性和可操作性的生态修复措施。

三、其他按照《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书专家评审意见》进行修改。

国家海洋局生态环境保护司

2018 年 1 月 13 日

抄送：海洋咨询中心

部委[2018]第49号 001

健康安全环保部 04-18

附件 12：国家海洋局生态环境保护司意见（海环函【2018】111 号）修改说明

国家海洋局生态环境保护司意见（海环函【2018】111 号）修改说明

| 序号 | 海洋局生态环境保护司意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| 一 | 补充报告书中本工程与《全国海洋主体功能区规划》、《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》、《河北省海洋环境保护规划（2016~2020）》和《河北省海洋生态红线》的符合性分析，给出依据和明确结论， | 采纳 | 详见“13.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析”、“13.4 与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》符合性分析”、“与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析”和“13.5 与《河北省海洋生态红线》符合性分析”章节。 |
| | 补充工程在建设、运营以及事故状态下对红线区具体影响和对策措施。 | 采纳 | 详见“7.6.2 项目对《河北省海洋生态红线》的影响分析”、“8.4.2 溢油对《河北省海洋生态红线》影响分析”和“8.6.3 事故状态下红线区应对措施”章节。 |
| 二 | 请结合本工程所在海域的实际情况，进一步完善生态建设方案，提出有针对性和可操作性的生态修复措施。 | 采纳 | 详见“14.5 海洋生态保护/修复措施”和“14.6 海洋生态修复监管措施建议”章节。 |
| 三 | 其他按照《曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书专家评审意见》进行修改 | 采纳 | 详见评审意见修改说明（附件 14 和附件 16） |

# 附件 13：专家评审意见

## 曹妃甸6-4油田开发工程环境影响报告书评审意见

2018年3月7日，国家海洋局海洋咨询中心在北京主持召开《曹妃甸6-4油田开发工程环境影响报告书》（以下简称“报告书”）评审会。中国海警指挥中心、国家海洋局北海分局、河北省海洋局、中海石油（中国）有限公司、中海石油（中国）有限公司天津分公司（建设单位）、中海石油环保服务（天津）有限公司（评价单位）、中海石油（中国）有限公司天津分公司渤海石油研究院等部门和单位代表与会。会议邀请7位专家组成专家组（名单附后）。与会专家和代表听取了建设单位关于工程情况的介绍和评价单位关于报告书主要内容的汇报，经深入讨论和认真审议，形成审查意见如下：

**一、工程概况与工程分析**

**1.** 工程概况

曹妃甸6-4油田位于渤海中西部海域，西北距南堡35-2油田约12.5km，东北距秦皇岛32-6油田约18.0km，西距塘沽约116.0km，油田水深19.9m。

为开发油田探明储量，本工程新建一座中心平台CFD 6-4CEPA，铺设1条12.5 km长CFD 6-4CEPA平台至NB 35-2CEP平台的海底输油管线，1条12.5km长CFD 6-4CEPA平台至NB35-2CEP平台的复合海底电缆。同时，对NB 35-2CEP、NB35-2 WHPB两座平台进行适应性改造。

CFD 6-4CEPA平台导管架采用立式建造，陆地滑移装船，在海上利用4000吨级浮吊吊装就位；平台组块采用分层建造，陆地滑移装船；甲板组块在海上安装采用浮拖法，施工船舶使用驳船浮托就位。

本工程新建平台大气区采用高性能防腐涂层，飞溅区采用增加壁厚、高性能防腐涂层（或包覆层）与阴极保护联合保护的方法，全浸区采用牺牲阳极保护法。平台设计寿命 25 年。

CFD 6-4CEPA平台是一座新建8腿8主桩4辅桩中心平台，包括上、中、下三层及工作甲板。设有80人生活楼、修井机、热介质系统、透平发电机、燃料气处理设施、原油处理设施、计量设施、注水系统设施、火炬及冷放空系统和公用设施等。平台上布置两个井口区，共有44井槽（含8个单筒双井），可钻52口井。

本工程实施的52口井中，有41口生产井（含2口后期转注井）、10口注水井、

1口水源井（后期转注水井）。初期钻完井采用导管架钻井平台作业，组块安装后，利用自升式悬臂梁钻井平台作业。钻井作业过程中，选择天然聚合物水基钻井液，油田通过注水及天然能量开发，电潜泵采油。

新铺管线全程埋设，采用后挖沟自然回填法进行施工。对本工程新建平台，拟在陆上预制场地将立管预制在导管架预定位置，对已建平台，采用立管海上安装方式。新铺电缆采用后挖沟回填法进行施工。新铺管线、电缆设计寿命25年。

本工程新铺输油管线和电缆与NB 35-2 CEP至世纪号单点混输管线，分别存在一处跨越。沿被跨越管线路由方向铺设水泥压块，新铺管线和电缆在跨越点处不挖沟，在跨越处裸露部分采用水泥压块覆盖保护，交越悬跨部分用沙袋填实。

新铺海底管线外管外防腐采取防腐涂层与阴极保护联合方法。海底管线阴极保护拟采用外加电流和牺牲阳极两种类型。

NB 35-2 CEP平台改造：（一）对上层甲板置于EL. 31 000的救生艇整体向平台东侧移动7m，改为布置于EL. 30 000，增设两个连接EL. 31 000甲板与EL. 30 000甲板的斜梯；（二）在中层甲板东侧、飞机甲板正下方的空间，新增16m×7m·甲板，用于布置清管球接收器；在平台北侧新增2.5m×1.5m甲板，用于布置海缆接线箱。对NB 35-2WHPB平台有关电气设备进行相关改造。

（2）工程物流集输工艺

CFD 6-4 CEPA 平台生产井物流在生产管汇汇合，与电脱水器处理合格的原油换热后，进入一级分离器进行油气水三相分离。一级分离器分离出的天然气进入燃料气系统，分离出的生产水进入生产水系统，分离出含水约 25%的原油经二级加热器加热至 90℃左右后，进入二级分离器，分离出的生产水（2022~2025 年）通过生产水增压泵回到一级分离器入口，分离出含水约 20%的原油经电脱水器进料泵进入电脱水器。

电脱水器分离出的生产水返输到一级分离器入口进行回掺，处理合格后原油通过海底管线输往 NB 35-2CEP 平台，与 NB 35-2 CEP 平台处理合格原油共同输往秦皇岛 32-6 油田“世纪号”FPSO。

CFD 6-4 CEPA平台生产水处理工艺采用“斜板除油器+溶气式浮选机+核桃壳过滤器”三级处理流程。分离出的油相进入污油罐中，与经气浮选机处理后的污油一并打回工艺系统，处理合格后生产污水进入注水系统。

经校核，本工程实施后，油田依托海底管线的输送量均未超出原设计各项指标。

本工程总投资141743万元，其中环保投资3058.57万元。工程实施后油田油、气、水最高年产量分别为88.20（$10^4m^3/a$）、4659.00（$10^4m^3/a$）、227.86（$10^4m^3/a$）。

**评审组认为，工程概况介绍较清楚。**

**建议：（1）对本工程52口井中的生产井、注水井、水源井的井别，分别进行标注；（2）补充转注水井的转注条件。**

**2.** 工程分析

本项目的主要污染物包括海上平台钻完井产生的钻井液、钻屑，海底电缆、管线施工产生的悬浮泥沙，其他施工设备等机舱含油污水、生活污水、生活垃圾、生产垃圾、清洗废水等；海上工程生产阶段所产生的含油生产水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等。

海上工程新建CFD6-4 CEPA平台建设阶段：钻屑总量19640 $m^3$，其中非钻井油层钻屑总量18080 $m^3$，运回陆地处理不排放；钻井油层钻屑总量合计1560 $m^3$，运回陆上交由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司统一处置。钻井液总量4479 $m^3$，其中非油层水基钻井液总量3824 $m^3$，运回陆地处理不排放，油层水基钻井液总量654 $m^3$，运回陆上交由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司处置。海底电缆铺设搅动泥沙总量为14063 $m^3$，产生的悬浮泥沙源强为7.8 kg/s；海底管线搅动泥沙总量约34793 $m^3$，悬浮泥沙源强约5.1 kg/s。施工船舶机舱含油污水产生量为845 $m^3$，经铅封后运回陆地处理；生活污水产生量46424 $m^3$，处理达标后运出农渔业功能区内排放；生活垃圾产生量为199 t，工业垃圾产生量为104 t，均运回陆地进行处理；注水井清洗废水产生量200 $m^3$，进入生产流程处理达标后回注。

海上生产阶段：新增含油生产水最大产生量约6904 $m^3/d$，在本平台处理达到注水水质要求后回注地层；平台新增生活污水量合计16632 $m^3/a$（50.4 $m^3/d$），其中灰水（33.6 $m^3/d$）经预处理后进入生产流程，处理达标后回注，黑水（16.8 $m^3/d$）经预处理后进入生活污水处理系统，达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）中水回用杂水指标，回用于生活楼冲厕所，不排海，循环中水定期排入生活污水回收罐，由支持船等运回陆地处理；产生生活垃圾78 t/a，生产垃圾186 t/a，全部运回陆地由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司统一处置；全部

牺牲阳极的锌释放量为9.6kg/a。守护船产生机舱含油水96m$^3$/a，生活垃圾11t/a，生产垃圾1 t/a，全部运回陆地处理，生活污水2555 m$^3$/a，处理达标后运出农渔业功能区内排放。平台伴生天然气燃烧产生氮氧化物排放量87.2t/a。

**评审组认为，工程分析较清楚。**

**建议：（1）补充生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析；（2）补充生活污水回收罐容积要求；（3）明确施工期生活污水的排放海域。**

**二、区划与规划符合性分析**

**1.** 海洋功能区划符合性分析

依据《河北省海洋功能区划（2011～2020年）》，工程拟建平台位于京唐港至曹妃甸农渔业区，拟建管线穿越京唐港至曹妃甸农渔业区和月坨南矿产与能源区，符合月坨南矿产与能源区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求。根据报告书及评审会上提供的补充材料，工程开发方案污染物零排放与京唐港至曹妃甸农渔业区的海域使用管理和海洋环境保护要求不冲突，项目建设总体符合《河北省海洋功能区划（2011～2020年）》。

**2.** 主体功能区规划符合性分析

根据报告书及评审会上提供的补充材料，本项目位于《全国海洋主体功能区规划》的重点开发区域，属于重点开发区域中的矿产资源勘探开发利用项目，工程建设符合《全国海洋主体功能区规划》。

3. 生态红线符合性分析

项目位于河北省划定的生态红线区之外，对生态红线区无影响，项目用海符合《河北省海洋生态红线》的要求。

4. 海洋环境保护规划符合性分析

根据报告书及评审会上提供的补充材料，本项目位于《河北省环境保护规划（2016-2020）》的控制性保护利用区的渔业资源利用区和矿产与能源监督利用区，与该区的管控要求相协调，项目建设符合《河北省环境保护规划（2016-2020）》。

**5.** 其他相关规划符合性分析

项目符合国家相关产业政策，根据《产业结构调整指导目录（2011年本）》（2013年修正），本项目属鼓励类的“常规石油、天然气勘探与开采”项目；与《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》相协调。

**评审组认为，海洋功能区划符合性分析及相关规划协调性分析需完善。**

**建议：（1）依据《河北省海洋功能区划（2011～2020年）》主导功能的用海方式，完善项目与京唐港至曹妃甸农渔业区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求的符合性分析；补充项目与周边海洋功能区的海域使用管理要求与海洋环境保护要求的符合性分析；（2）依据《河北省海洋生态红线》，明确项目与周边海洋生态红线区的距离，补充项目与周边红线区管控措施的符合性分析；（3）依据《全国海洋主体功能区规划》，核实项目所属区域，完善其符合性分析内容；（4）补充项目与《河北省海洋主体功能区规划》的符合性分析；（5）依据《河北省环境保护规划（2016～2020年）》，明确项目位置，从项目所在区的管控要求，进行符合性分析，补充图件。**

**三、评价技术方法和路线**

**1.** 评价范围

报告书确定本项目的环境影响评价范围为：以本工程新建及依托主要工程设施外缘为起点海向外扩10km与陆域所包围的海域，为本项目正常作业下的环境影响评价范围，评价面积约为1247km$^2$。

**评审组认为，评价范围界定合理。**

**2、**评价重点

本项目的评价重点为：（1）管道电缆铺设和平台建设产生的悬浮泥沙对工程海域海水水质、沉积物质量和海洋生态环境的影响和生态保护措施；（2）油气泄漏事故风险及其对工程区周围生物生态、重点岸线处的自然保护区、海水养殖区等环境敏感目标的潜在影响；（3）溢油事故（包括油气集输、地质性溢油）风险防范对策及应急措施可行性分析；（4）依托工程环境影响回顾性分析。

**评审组认为，评价重点确定合理。**

**3、**评价等级

报告书依据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB19485-2014）确定的海水水质、海洋生态和生物资源环境影响评价等级为1级；海洋沉积物质量评价等级为2级；海洋海洋水文动力环境和地形地貌与冲淤环境影响评价等级为3级；环境风险评价等级为一级。

**评审组认为，评价等级判定准确。**

**4、**评价标准

（1）环境质量标准

海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第一类标准和渔业水质标准（GB11607-89）；海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）的第一类标准；海洋生物质量中贝类执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）的第一类标准，其他海洋生物执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》的相应标准。

（2）污染物排放标准

建设和生产阶段生活污水、生活垃圾和生产垃圾的排放执行《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）的一级标准；非含油钻井液和钻屑的排放执行《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）和《海洋石油勘探开发污染物生物毒性》（GB18420-2009）的一级标准；含油钻井液和钻屑执行《海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值》（GB4914-2008）的一级标准，不能海洋排放；船舶机舱含油污水的排放执行《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，船舶生活污水、生活垃圾排放执行《船舶污染物排放标准》（GB3552-1983）的要求。

**评审组认为，评价标准确定合理。**

**5、**主要环境保护目标及环境敏感区

本项目周围环境敏感区主要包括：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、河北乐亭菩提岛诸岛海洋保护区、曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区、昌黎海域养殖区、昌黎海域国家级水产种质资源保护区、南戴河海域国家级水产种质资源保护区、南戴河海域养殖区等。评价范围内的敏感目标主要是曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区，正常作业情况下的环境保护目标为评价海域内的海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量及工程周围重要的养殖区和渔业水域。

**评审组认为，环境保护目标及环境敏感区需完善。**

**建议将评价范围内航道、海上风电、水产养殖、旅游开发等列为环境敏感区。**

**四、环境质量现状与评价**

**1.** 环境现状资料来源及与相关规范符合性

本项目水文动力环境现状调查资料共六站同步海流观测资料，调查单位为青岛环海海洋工程勘察研究院，测于2015年11月11日至11月12日。地形地貌与冲淤环境现状调查资料引自《曹妃甸6-4油田开发项目工程地勘、工程物探调查（第2册）》和《工程物探调查报告书（曹妃甸6-4CEPA平台场址）》以及《曹妃甸6-4油田开发项目海底电缆管道路由调查第二册路由勘察报告》，前两者的调查单位为中海油田服务股份有限公司天津分公司，测于2016年12月，后者调查单位为青岛环海海洋工程勘察研究院，测于2017年2月。

青岛环海海洋工程勘察研究院于2016年5月在工程附近海域布设45个站位，其中海水水质、海洋生物同步调查站位29个；于2015年10月在工程附近海域布设45个站位，其中海水水质、沉积物、海洋生物同步调查站位23个，海水水质、海洋生物同步调查站位27个，上述调查资料出示了CMA检测报告。

渔业资源调查数据主要来源于中国水产科学研究院黄海水产研究所于2015年5月和10月调查资料以及相关的科研成果、文献资料等，上述资料提供了专题报告。

**评审组认为，水文动力、海水水质、海洋沉积物、生物质量、海洋生态和渔业资源现状调查资料站位、频次符合《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）的资料要求。**

**2.** 海洋水文动力环境现状与评价

工程海域潮汐类型属于不正规半日潮类型。潮流运动形式以往复流为主，落潮流流向集中在WSW～W，涨潮流流向集中在NE～E。海域平均涨、落潮流流速基本相当，表层、中层平均流速略大于底层平均流速，实测最大落潮流流速为79.3 cm/s，对应流向为267°，最大涨潮流流速为78.3 cm/s，对应流向为74°，两者均出现于测站表层。海域余流流速最大可达10.9 cm/s，多数在4 cm/s以下。海域测站各层平均的悬沙含量在12.7mg/L～28.1 mg/L。

**评审组认为，工程海域的海洋水文动力环境现状与评价较完善。**

**建议补充工程海域实测潮位统计特征值，明确天文潮特征值的高程基准。**

**3.** 海洋地形地貌与冲淤环境现状与评价

本项目所在海域海底地形平缓，自NB35-2平台至CFD6-4平台路由区水深逐渐变深，水深范围为13.3m～20.4m。路由区存在三处局部海底凸起，比周围海底

高0.2m～1m，平台场址调查区域内水深在 19.2m ～ 20.6m，发现2处海底扰动区和一些较小锚痕。海底底质主要为松散到中密实的粉质细砂和细砂，12 m以浅的地基土自上而下划分为三层，分别为粉细砂、粉质黏土和粉土。

**评审组认为，工程海域的海洋地形地貌与冲淤环境现状与评价较合理。建议补充管线路由区的冲淤环境现状分析。**

**4.** 海水水质环境现状与评价

2015年10月pH、DO、COD、石油类、砷、总铬、铜、挥发酚、锌在表、中、底层的调查中符合一类水质标准，磷酸盐、汞、镉、铅在表、中、底层部分站位超出一类水质标准，无机氮超标率为100%，磷酸盐、总汞、镉、铅、无机氮符合二类水质标准。

2016年5月pH、DO、COD、石油类、磷酸盐、砷、总铬、挥发酚、硫化物在表、中、底层的调查中符合一类水质标准，无机氮、铜、铅、锌、镉、汞在表、中、底层部分站位超出一类水质标准，无机氮、镉、汞符合二类水质标准，铜、铅、锌符合三类水质标准。

**5.** 海洋沉积物环境现状与评价

2015 年10月调查结果显示本项目所在海域沉积物中汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物及有机碳的含量均符合所在功能区的海洋沉积物质量标准，调查海域沉积物环境总体良好。

**评审组认为，海水水质和海洋沉积物质量现状调查与评价较客观。**

**6.** 海洋生态环境（包括渔业资源）现状与评价

2015年10月，调查海域共发现浮游植物69种，调查海区浮游植物细胞数量的平均为337.36×$10^4$个/$m^3$。2016年5月，调查海区共发现浮游植物44种，调查海区浮游植物细胞数量平均为47.87×$10^4$个/$m^3$。2015年10月，调查海区共发现浮游动物22种，生物量平均为66.2个/$m^3$。2016年5月，调查海区共发现浮游动物14种，生物量平均为100.72mg/$m^3$。2015年10月秋季，调查共发现底栖生物90种，生物湿重生物量平均为11.08g/$m^2$。2016年5月调查共发现底栖生物78种，底栖生物栖息密度平均密度为433个/$m^2$。

2015年10月秋季及2016年5月春季两次调查，获取的鱼类、甲壳类和非双壳类软体动物体内的铬、铜、锌、砷、镉、汞、铅、石油烃含量均不超过《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；石油烃含量不超过《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。

2015年春季共采集到鱼卵5种，鱼卵平均密度为0.239粒/$m^3$；仔稚鱼的平均密度为0.194尾/$m^3$。2015年春、秋2个航次共捕获鱼类27种，鱼类成体资源密度全年平均值为394.31kg/$km^2$，幼鱼为42371尾/$km^2$。

**评审组认为，生物质量、海洋生态和渔业资源现状调查与评价较客观。**

**五、回顾性评价**

**1.** 开发生产现状及环境影响评价文件核准情况回顾

南堡35-2油田于2005年投产，设计年限为20年。现有海上设施主要包括南堡35-2WHPB平台（井口平台）、南堡35-2 CEP平台（综合平台）、35-2WHPB→南堡35-2CEP混输管线、南堡35-2CEP→秦皇岛32-6油田浮式生产储油装置（FPSO）输油管线和南堡35-2WHPB→南堡35-2CEP海底电缆。

国家海洋局于2005年3月批准了《南堡35-2油田开发工程环境影响报告书》，于2009年6月批复了该项目竣工环境保护验收。

**2.** 主要环保设施及污染物排放情况回顾

根据报告提供的数据，南堡35-2WHPB平台产生的含油生产水依托南堡35-2CEP平台上的生产水处理系统处理达标后，全部回注地层，出水石油类含量≤30mg/L，符合《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SY/T5329-2012）中的石油类≤30mg/L的标准要求，未出现生产水非正常工况排海的情况。WHPB和CEP平台的生活污水经各自生活污水处理装置处理后的污水主要监测指标均小于《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。

**3.** 溢油事故回顾

报告书提出，南堡35-2油田及依托工程自投产至今，未发生过井喷溢油事故。海管运行至今，未发生过溢油泄漏事故。

**4.** 工程所在海域海洋环境质量回顾评价

报告现状回顾采用2002年6月、2007年2月（水质、沉积物）及2006年5月（生物生态）、2015年10月（沉积物）及2016年5月（水质、海洋生态）等多次调查结果进行分析比较。

调查海域海水水质的环境质量总体较好，历次调查中pH值、溶解氧、化学需氧量、石油类、铬、砷、硫化物和挥发酚浓度均满足海水水质一类标准。活性磷酸盐、无机氮、总汞、铜、铅、锌、镉均有不同程度的超标。海域海洋沉积物的环境质量总体较好，历次调查均满足海洋沉积物一类标准。

历次调查中叶绿素a在2006年调查表层和底层含量平均值最高，最低是2002年。浮游植物的种类数、多样性指数和均匀度平均值2016年最高，2002年最低。浮游动物的种类数2002年最高，2006年最低；生物量、优势度平均值2002年最高，2016年最低。底栖生物调查的种类数、生物量、生物密度、多样性指数、丰度平均值2002年最高，2006年最低。生物质量2002年和2016年各底栖生物体内的检测指标均符合相应标准；2006年贝类的铅出现超标现象，其他因子未超标。

渔业资源采用收集1998-2001历史资料、2005年5月、2015年6月2次调查的结果进行比较。2005年到2015年10年间2次调查评价海域范围内的鱼卵和仔稚鱼的密度均呈现下降趋势，渔业资源呈现萎缩趋势。

**评审组认为，回顾性环境影响分析基本清楚。**

**建议：（1）补充近3年平台含油生产水和生活污水监测数据；（2）合理分析生活污水处理效果波动较大的原因，提出生活污水处理装置或检测方法整改的要求；（3）补充环保数据运营管理台账。**

**六、环境影响分析预测**

**1.** 海洋水文动力环境影响分析预测

拟建工程包括水下生产系统的运输与安装、钻井完井、海底管道的铺设。由于平台为透水式结构，水下生产系统的尺寸较小，井口平台等对周边的水动力环境影响很小；海底管线埋于海底以下1.5 m，挖起的泥沙在底层流作用下自然回填管沟，对底层流影响很小。

**评审组认为，海洋水文动力环境影响分析较合理。**

**2.** 海洋地形地貌与冲淤环境影响分析预测

本工程平台为透水式结构，平台建设对地形地貌与冲淤环境的影响较小；海底管线埋在海底，施工期掀起的悬浮泥沙在水流的作用下逐渐沉积，对海底地貌的影响较小。

**评审组认为，海洋地形地貌与冲淤环境影响分析预测结论可信。**

**3.** 海水水质环境影响分析预测

工程对水质的影响为施工期海底管道和电缆铺设施工产生的悬浮泥沙增加以及达标的生活污水排海，利用三维数值模拟方法进行影响预测。输油管道施工期间表层超一（二）类水质的包络面积为6.89km$^2$，中层超一（二）类水质影响的包络线面积为11.07km$^2$，底层超一（二）类水质影响的包络线面积为18.32km$^2$，超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为1.26km，铺设作业停止后约11.4h，海域恢复到原海水水质。海底电缆施工期间表层超一（二）类水质的包络面积为4.91km$^2$，中层超一（二）类水质影响的包络线面积为9.11km$^2$，底层超一（二）类水质影响的包络线面积为13.28km$^2$，超一（二）类水质的海水离管线方向上影响的最大距离为0.97km，铺设作业停止后约9.2h，海域恢复到原海水水质。

**评审组认为，海水水质环境影响预测结果需完善。**

**建议：（1）依据工程海域管线铺设的施工工艺、悬沙与底沙的差异、沉积物干容重，核实挖沟施工的悬浮物源强；（2）补充说明三维潮流泥沙计算软件的应用情况及其对浓度增量扩散模拟的处理方式；（3）补充说明水质预测计算所采用的潮汐条件、泥沙沉降几率和沉降速度量值，并说明其合理性，核实电缆和管道铺设施工对海域的水质影响。**

**4.** 海洋沉积物环境影响分析预测

铺设海管和海缆对沉积物环境的影响主要是沟渠的开挖和覆盖，搅动的海底泥沙自然回填沟渠，覆盖的影响面积为0.5 km$^2$，使沉积物重组和松动。海底管道防腐采用牺牲阳极措施。

**评审组认为，海洋沉积物环境影响预测分析较合理。**

**建议：（1）明确海管与海缆铺设施工对沉积物影响的结论；（2）核实海底管道防腐措施不会引起沉积物中锌污染的依据。**

**5.** 海洋生态环境（包括渔业资源）影响分析预测

本工程对海洋生态影响的主要因素是海上钻完井钻屑/钻井液的排放和铺设海底电缆掀起的悬浮沙，导致局部海域范围内的悬浮物浓度超标，影响水体中浮游动植物的生长与繁殖，对鱼卵、仔稚鱼和游泳动物产生一定的影响，并造成底栖生物的掩埋、覆盖等。

本工程海底管道、电缆铺设及钻井液、钻屑的排放造成的生物损失为：底栖

生物损失量为8.65t，鱼卵损失量为1.20×10$^7$粒，仔稚鱼损失量为9.74×10$^6$尾，渔业资源损失量约0.440t，幼鱼损失1.32×10$^5$尾，头足类损失0.148t，甲壳类损失0.172t。工程造成的渔业生物资源损失经济补偿额为252.68万元。

**评审组认为，海洋生态环境（渔业资源）影响分析预测内容较完善。**

**6.** 主要环境保护目标和周围海域开发活动的影响分析预测

曹妃甸6-4油田开发工程附近海域有海洋保护区、渔业区及产卵场等，本项目位于洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵场范围内，建设期排放的悬浮物（钻井液、钻屑、悬浮沙）对鱼卵和渔业资源有一定影响，曹妃甸中华绒螯蟹国家级水产种质资源保护区距CEPA平台约为23km。

由于本工程运营期含油生产水全部回注地层，不排海，对敏感目标的影响主要在施工期。根据预测结果，施工期悬浮泥沙排放的最大影响距离（以超一类海水水质标准的最大距离计）为1.06km，当悬浮物停止排放11.4小时内，海水水质将恢复至本底水平，施工阶段悬浮泥沙的排放和对周围海域造成的影响均是短暂的、可恢复的。排放的生活污水中COD不影响平台所在的农渔业功能区海水水质。

**评审组认为，对主要环境保护目标和周围海域开发活动的影响需完善。**

**建议：（1）补充说明产卵场、索饵场和越冬场及洄游路线分布图的来源依据或引用出处；（2）完善洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵场和航道等敏感目标的影响分析结论。**

**七、环境事故风险分析与评价**

**1.** 环境风险分析预测

本项目建设阶段可能发生的溢油事故包括井涌或井喷、输油软管破裂、船舶碰撞等，生产阶段可能发生的事故包括井涌/井喷、平台溢油、海管与立管泄漏等。本项目最大可信事故确定为生产阶段海管与立管破裂溢油，选择海管近CFD6-4 CEPA平台处作为溢油点，溢油量取100 m$^3$，采用“粒子法”模型进行预测。事故发生后，S、E、SE和SSE风向下油膜在72小时内均可能抵岸，最快抵岸时间约为11 h，油膜扫海面积可达882.6 km$^2$。溢油发生后油膜抵达河北乐亭菩提岛诸岛省级自然保护区的最短时间为11.0 h，抵达昌黎海域养殖区的最短时间为30.0 h，抵达昌黎海域国家级水产种质资源保护区的最短时间为60.0 h，抵达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的最短时间为60.0 h。无论油膜是否抵

达岸边，都会对海洋环境以及渔业产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。

**评审组认为，溢油环境风险分析预测内容较完善。**

**建议：（1）补充说明溢油源强计算的参数选取依据，并核实溢油量；（2）补充溢油发生后对产卵场的影响；（3）给出不同管道位置发生溢油后油膜到达环境敏感区（包括海洋生态红线区）的时间；（4）根据管道路由区所在海域的海洋主导功能的用海方式，进一步完善输油管线的风险影响分析，据此提出相应的风险防范措施。**

**2.** 风险防范对策措施

本工程的建设将从设计、施工、建造、安装及生产管理上采取有效措施：将严格执行国家有关法规、规范和标准，遵循国际通用规范和标准，以保证工程设计、建造和安装质量；制定严格的各项操作和管理规程、防范措施，以确保设施安全正常运行，防止油气泄漏事故发生；针对海底管道及立管的设计、施工，防止井喷、火灾，海管、立管的泄漏，以及船舶的碰撞等事故，按国际标准制定详细的规定及措施；制订了溢油事故应急预案。

**评审组认为，风险防范对策措施较完善。**

**3.** 地质性溢油风险分析

根据《曹妃甸6-4油田总体开发方案报告—地质性溢油风险分析》，油田位于渤海中西部海域，石臼坨凸起南部。油田钻井揭示的地层，自上而下为第四系平原组、新近系明化镇组和馆陶组、古近系东营组和沙河街组。本工程主力油层主要分布在1井区东营组、馆陶组，2井区馆陶组。

根据地震资料对油田范围内分布的断层进行排查分析，其中有38条从目的层直接断到海底。通过油藏分析表明，油田断块之间独立成藏、油水界面存在差异，表明这些断层目前具有封堵性。油田馆陶组为辫状河沉积，储层横向分布稳定，属于构造块状油藏；东二下段为辫状河三角洲沉积，砂体横向展布稳定，属于构造层状油藏。

本工程针对馆陶组底水油藏水体能量较充足的特点，采用天然能量开发。对东营组边水油藏以定向井为主，注水开发。本工程设计的13口注水井(包括1口后期转注水井)在目的层段与断层距离在210～1180m。根据地层破裂压力的85%确

定注水井最大注入压力，注水开发层位注采比1.0左右。对注水井实施精细化管理，优化注水，维持井组均衡开采。

通过对油田地质条件、油藏工程、钻采方案、注入方案综合分析，本工程地质性溢油风险可控。

**评审组认为，地质性溢油风险分析较客观。**

**4.** 地质性溢油风险防范措施

项目实施阶段：加强随钻地质研究，及时调整井位和射孔，规避钻采风险。对于所有过断层的井，采用固井水泥浆封固断层，确保井筒完整性。现场备足堵漏材料，确保施工安全。

生产阶段：实施精细注水管理，对注水井实行分层注水。严格按设计注入压力和注入量进行注水作业，加强注水压力和注水量的监测优化注入水量和采出液量，实现注采平衡，保持地层压力稳定。制定注水系统日常作业和监控程序，实时监测注水压力和注水量，一旦发现注水压力异常，立即停止注水，待查明原因并采取相应措施后再恢复注水作业。

**评审组认为，风险防范措施具有可操作性。**

**建议补充本工程应对浅层气风险的预案。**

**八、环境保护对策措施**

**1.** 清洁生产分析

本项目钻井作业均将采用水基钻井液，对钻井液循环使用。新铺设的海底管线、海底电缆施工采用后挖沟自然回填施工方式。施工期生活污水处理后，不在平台所在海域排放。施工期的生产垃圾和生活垃圾运回陆地处理。

工程在生产过程中，生产物流处理均将采用自动化控制程度高的全密闭工艺流程。新建平台上设有开/闭式排放系统，用于收集溢出液、设备冷却、冷凝水、甲板雨水和冲洗水，带压容器、管线等排放出的可燃性介质，并进行气液分离。本项目含油生产水处理达标后，全部回注地层；生活污水不排海，其中灰水处理达标后回注地层，黑水处理达标后回用，部分黑水进入污水罐后，并且运回陆地处理。出现非正常工况时，油田停产。营运期的生产垃圾和生活垃圾运回陆地处理。

工程在建设和生产阶段产生的污染物均得到有效处理，排放和处置符合清洁

生产原则。

**评审组认为，清洁生产分析较客观。**

**建议按照评审会上补充材料，梳理完善清洁生产分析内容。**

**2.** 污染防治对策措施（总量控制）

钻井过程中产生的油层钻井液和钻屑收集后，全部运回陆地由蓬莱荣洋钻采环保服务有限公司统一处置。非油层钻井液和钻屑全部运回陆地处理，不得向海域排放。施工船舶机舱含油污水执行《沿海海域船舶排污设备铅封程序规定》的要求，运回陆地处理；施工船舶生活污水处理达标后运出农渔业功能区排放；生活垃圾和生产垃圾等集中运回陆地；注水井清洗废水进入生产流程处理达标后回注。

正常工况下，新增含油生产水在本平台经斜板除油器等三级处理流程处理（8160$m^3$/d），达到注水水质要求后回注地层，非正常工况时平台停产；平台设60.5$m^3$/d的生活污水处理装置一座，平台新增生活污水量合计16632 $m^3$/a（50.4 $m^3$/d），其中灰水（33.6 $m^3$/d）经预处理后进入生产流程，处理达标后回注，黑水（16.8$m^3$/d）经预处理后进入生活污水处理系统，达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）中水回用杂水指标，回用于生活楼冲厕所,不排海，循环中水定期排入生活污水回收罐，由支持船等运回陆地处理；生活垃圾、生产垃圾全部运回陆地处置；守护船产生机舱含油水、生活垃圾、生产垃圾全部运回陆地处理，生活污水处理达标后，运出农渔业功能区后排放。平台设有开/闭式排放系统收集初期雨水后泵入油气集输系统，最终进入含油生产水处理设施进行处理。

报告书提出，调整方案后的本平台含油生产水全部回注，生活污水不排海，无需申请总量控制指标和排污混合区。

**评审组认为，污染防治对策措施具有可操作性，不申请总量控制指标。**

**建议：（1）补充生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析；（2）补充生活污水回收罐容积要求。**

**3.** 生态保护对策措施

（1）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。

（2）施工过程中应注意尽量缩短施工周期，合理选择施工时间。

（3）本项目对项目施工及运营过程中造成的海洋生物资源、海洋生态功能等损害进行补偿，在相关主管部门的指导下，结合实际需要选择生态修复、补偿等项目进行。

**评审组认为，生态保护对策措施需完善。**

**建议：（1）核实需避开洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵期的月份；（2）完善渔业环境和生物资源补偿措施相关内容；（3）完善生态损失补偿措施。**

**九、生态建设方案评价**

报告书从与规划区划和产业政策符合性、生态环境适宜性（对工程海域水动力环境的影响、对地形地貌冲淤环境、水质和沉积物环境、对通航和海洋敏感目标的影响等）、海洋环境监管与污染防治（污染物源头控制、溢油应急响应）等方面提出了海洋生态文明建设方案，包括海洋生态损害分析、海洋生物资源损失、海洋生态服务功能损失、海洋生态保护/修复监管措施、海洋生态补偿措施、海洋环境监测方案等。

**评审组认为，生态建设方案需完善。**

**建议从工程建设与海洋功能区划的符合性、海洋环境跟踪监测等方面完善生态建设方案。**

**十、环境管理与监测**

本工程的环境管理与监测将纳入中海石油（中国）有限公司天津分公司的健康环境管理体系，中海石油（中国）有限公司天津分公司环境保护管理机构对曹妃甸6-4油田开发作业区的环境保护工作实行全过程、程序化的管理。

中海石油（中国）有限公司天津分公司建立了完善的环境保护监督管理制度，设置专人负责环境保护工作，实行定岗定员和岗位责任制，明确了环境管理机构职能和环境管理要求，分别提出了施工期和生产阶段环境管理具体要求，并制定了环境事故风险应急预案。

报告书建议建设单位按照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的要求制定监测计划，正常作业期间设置专业实验室和人员进行钻井液及钻屑的含油浓度和生物毒性监测、回注生产水中含油浓度、固体悬浮物含量等监测和平台生活污水中的化学需氧量（COD）含量监测；工程建设和运营期进行海域跟踪监测，

明确运营期监测范围和站位布设、监测内容、监测方法及频次等内容；设计新建生产平台500m范围内沿主潮流方向上、下各设1个站位，监测内容包括海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物生态等；监测频率为项目投产后3~5 年内进行一次环境影响监测。

**评审组认为，环境管理计划合理，环境监测计划需完善。**

**建议根据工程海域的环境特点，补充制定施工阶段（包括海底电缆管道施工、平台建设和钻/完井阶段）海洋环境监测计划，明确监测范围、监测内容、监测站位数、监测频次等，重点监测悬浮泥沙、氮、磷、有机物等特征污染物。**

**十一、评审结论**

**1.** 报告书编制质量

报告书编制较规范，编制依据较充分，评价目的明确；技术路线和方法合理，评价标准正确，评价范围合理，评价内容较全面，评价重点确定合理；环境保护目标、环境敏感目标确定较准确。评价因子识别较全面，揭示的主要环境问题清楚。

拟建工程概况和工程分析较全面，依托工程概况较清楚，项目所在区域海洋环境现状介绍内容需梳理，开发利用活动内容分析较完善；海水水质、水文动力、沉积物、海洋生态和渔业资源的调查数据满足环境现状评价和影响预测的需要，工程海域海洋环境现状分析评价方法合理，评价结果客观。海洋环境影响预测方法合理，预测分析内容需完善。依托工程海洋环境影响回顾性分析内容较完善；环境事故风险分析内容较全面，地质性溢油事故风险分析内容较客观，环境风险防范对策措施较完善；污染防治措施具有可行性，生态保护措施较完善。总量控制核算清楚，清洁生产分析内容分析较合理。海洋生态建设方案需完善，工程建设与海洋功能区划与相关规划的符合性分析内容需完善，海洋环境跟踪监测方案需完善。

报告书给出的评价结论总体可信，经补充完善并经专家复核后，可作为海洋主管部门核准的依据。

**2.** 项目环境可行性

拟建工程符合《河北省海洋功能区划（2011－2020年）》的要求，属于国家产业政策中的鼓励类项目，符合国家能源政策。拟采用的生产工艺和设备符合清

洁生产要求。

评价海域的海水水质、沉积物质量、海洋生物质量良好，渔业资源较丰富；周边海洋生态环境敏感；工程建设期的主要环境影响为海底管道和电缆施工产生的悬浮物，以及生活污水达标排放、施工船舶污染物对海洋环境和生态的影响，其影响属于短期可恢复性，但对海洋生态和渔业资源会产生一定的损害，需要采取有效的保护或补偿措施。所有钻井液与钻屑运回陆地处理，不向海排放。运营期生产水处理达标后回注，不排海，生活污水中的灰水经处理达标后回注、黑水处理达标后循环利用及运回陆地处理，不排海。

拟建工程距周边环境敏感区较近，发生风险事故的潜在生态损害和环境危害后果严重，需制定有针对性的风险防范对策措施和应急预案，以保证工程在施工和运营过程中的溢油风险可控。同时制定有效的生态建设方案，使工程建设对海洋环境影响最小。

综上所述，从海洋环境保护角度考虑，工程建设可行。

此评审意见以咨询中心存档为准。

评审组长：

2018年3月7日

# 曹妃甸 6-4 油田开发工程环境影响报告书专家意见签字表

| 姓名 | 工作单位 | 职称 | 分　工 | 签　名 |
|---|---|---|---|---|
| 黄海军 | 中国科学院海洋研究所 | 研究员 | 生态建设方案评价；评审结论 | |
| 常亚青 | 大连海洋大学 | 教授 | 环境现状资料符合性；海水水质、海洋沉积物、海洋生态环境现状与评价；海洋生态环境影响分析预测；主要环境保护目标和周围海域开发活动的影响分析预测；生态保护对策措施 | |
| 黄世昌 | 浙江省<br>水利河口研究院 | 教高 | 环境现状资料符合性；海洋水文动力、海洋地形地貌与冲淤环境现状与评价；海洋水文动力、海洋地形地貌与冲淤、海水水质、海洋沉积物环境影响分析预测；环境风险分析预测 | |
| 贾　泓 | 国家海洋信息中心 | 研究员 | 区划及规划符合性分析；风险防范对策措施 | |
| 蒋欣慰 | 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 | 高工 | 工程分析；回顾性评价；污染防治对策措施（总量控制） | |
| 谭　敏 | 国家海洋环境监测中心 | 高工 | 评价技术方法和路线；环境管理与监测 | |
| 张春贺 | 中国地质调查局<br>油气资源调查中心 | 教高 | 工程概况；地质性溢油风险分析与对策措施；清洁生产分析 | |

# 海洋工程项目环境影响报告书

# 专家评审意见表

工程名称：曹妃甸6-4油田开发工程

建设单位：中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

评审专家：黄海军

评审日期：2018 年 3 月 7 日

**国家海洋局制**

# 海洋工程项目环境影响报告书专家评审意见表

| 姓名 | 黄海军 | 职务、职称 | 研究员 | 专业 | 海洋地质 |
|---|---|---|---|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 1. 工程项目是否符合海洋功能区划、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划；<br>工程项目符合国家产业政策、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划； | | | | |
| | 2. 工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定是否准确，是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》要求；<br>工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定准确，符合《海洋工程环境影响评价技术导则》要求； | | | | |
| | 3. 工程概况是否清楚，工程分析是否透彻；揭示的污染与非污染环境问题是否准确、全面，有无大的遗漏；<br>工程概况较清楚，工程分析透彻；揭示的污染与非污染环境问题准确、全面，无大的遗漏； | | | | |
| | 4. 现状调查站位的数量、布设是否合理，调查内容、频率、时间是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据是否可靠；引用的数据、资料是否清楚、准确，是否明确了引用的数据、资料来源和时间；<br>现状调查站位的数量、布设合理，调查内容、频率、时间符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据可靠；引用的数据、资料清楚、准确，明确了引用的数据、资料来源和时间； | | | | |
| | 5. 环境现状分析评价内容是否全面，评价方法是否合理，评价结果是否准确可信；<br>环境现状分析评价内容较全面，依托工程的海洋环境回顾性分析内容较全面，海洋环境现状评价方法合理，评价结果基本可信； | | | | |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 6. 环境影响预测分析评价内容是否全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择是否合理、正确，预测评价结果是否准确、可信；<br>环境影响预测分析评价内容较完善，采用的预测模式（方法）、参数的选择正确，预测评价结果可信； |
| | 7. 环境事故风险分析评价内容是否全面，采用的预测方法、模式是否合理、正确，预测结果是否准确、可信，应急处理措施和对策分析是否合理、可行；<br>环境事故风险分析评价内容较全面，采用的预测方法、模式正确，预测结果基本可信，应急处理措施和对策分析合理、可行； |
| | 8. 清洁生产分析是否合理、正确，是否认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等是否具有科学性和可操作性，对设计和管理是否有指导意义，是否可以作为海洋环境保护和监督管理的依据；<br>清洁生产分析合理、正确，认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等具有科学性和可操作性，对设计和管理有指导意义，可以作为海洋环境保护和监督管理的依据； |
| | 9. 总量控制（允许排放量计算等）分析是否合理，给出的污染物总量和污染物削减措施是否明确、合理；<br>总量控制（允许排放量计算等）分析内容合理，给出的污染物总量和污染物削减措施明确、合理； |
| | **10. 是否同意报告书的综合评价结论；是否同意工程建设。请先明确是否同意，再阐述理由。**<br>**同意报告书的综合评价结论；同意工程建设。工程建设与河北省海洋功能区划和国家产业政策相符合，对周围海域的敏感目标的影响主要在建设期，运营期影响很小。工程建设对缓解我国能源短缺有积极作用。** |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 11. 报告书突出的优点和特点；报告书存在的问题及缺点，以及需要修改、补充和完善的内容。<br><br>梳理生活垃圾、含油污水排放标准；<br>梳理全国海洋主体功能区规划符合性分析内容；<br>补充工程建设与河北省海洋主体功能区规划的符合性分析内容；<br>梳理报告书中黑水处理工艺的相关内容，使其具有一致性；给出最后运回陆地处理的数量，完善工程分析内容；<br>完善工程周围海域敏感目标的现状分析内容，补充产卵场的相关情况；<br>跟踪监测中增加路由区冲淤监测内容，增加施工期海洋环境监测内容；<br>替换危废处置合同；<br>补充黑水处理工艺与效果分析内容；<br>完善工程开发附近海洋的海洋开发现状；<br>分析施工期生活污水处置方案进一步优化的可行性；<br>补充河北省海洋环境保护规划图、表；<br>补充说明拟建管线路由布设的依据；<br>认真梳理报告书中的文字等内容。<br><br>评审专家签名：<br>2018 年 3 月 7 日 |

国家海洋局制表

# 海洋工程项目环境影响报告书

# 专家评审意见表

工程名称：曹妃甸6-4油田开发工程

建设单位：中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

评审专家：常亚青

评审日期：2018 年 3 月 7 日

国家海洋局制

# 海洋工程项目环境影响报告书专家评审意见表

| 姓名 | 常亚青 | 职务、职称 | 教授 | 专业 | 海洋生物 |
|---|---|---|---|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 1. 工程项目是否符合海洋功能区划、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划；<br>工程项目与《全国海洋功能区划（2011-2020）》和《河北省海洋功能区划（2011-2020）》的符合性需进一步完善，工程项目符合国家的产业政策和能源政策，符合河北省海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划。 | | | | |
| | 2. 工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定是否准确，是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》要求；<br>工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定准确，符合《海洋工程环境影响评价技术导则》要求。 | | | | |
| | 3. 工程概况是否清楚，工程分析是否透彻；揭示的污染与非污染环境问题是否准确、全面，有无大的遗漏；<br>工程概况基本清楚，工程分析较透彻；揭示的污染与非污染环境问题准确、全面，无大的遗漏。 | | | | |
| | 4. 现状调查站位的数量、布设是否合理，调查内容、频率、时间是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据是否可靠；引用的数据、资料是否清楚、准确，是否明确了引用的数据、资料来源和时间；<br>现状调查站位的数量、布设合理，调查内容、频率、时间是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据资料提供了 CMA 报告、数据可靠；引用的个别渔业数据、资料需说明来源，其他资料明确了引用的数据、资料来源和时间。 | | | | |
| | 5. 环境现状分析评价内容是否全面，评价方法是否合理，评价结果是否准确可信；<br>环境现状分析评价内容较全面，评价方法合理，评价结果准确、可信。 | | | | |

—1—

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 6. 环境影响预测分析评价内容是否全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择是否合理、正确，预测评价结果是否准确、可信；<br>环境影响预测分析评价内容较全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择合理、正确，预测评价结果准确、可信 |
| | 7. 环境事故风险分析评价内容是否全面，采用的预测方法、模式是否合理、正确，预测结果是否准确、可信，应急处理措施和对策分析是否合理、可行；<br>环境事故风险分析评价内容较全面，采用的预测方法、模式合理、正确，预测结果较准确、可信，应急处理措施和对策分析需进一步完善。 |
| | 8. 清洁生产分析是否合理、正确，是否认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等是否具有科学性和可操作性，对设计和管理是否有指导意义，是否可以作为海洋环境保护和监督管理的依据；<br>清洁生产分析较合理、正确，认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等具有科学性和可操作性，对设计和管理有一定指导意义，可以作为海洋环境保护和监督管理的依据。 |
| | 9. 总量控制（允许排放量计算等）分析是否合理，给出的污染物总量和污染物削减措施是否明确、合理；<br>总量控制（允许排放量计算等）分析合理，给出的污染物总量和污染物削减措施明确、合理。 |
| | **10. 是否同意报告书的综合评价结论；是否同意工程建设。请先明确是否同意，再阐述理由。**<br>同意工程建设。<br>报告书给出的评价结论基本可信，同意其综合评价结论。<br>工程对于我国海洋能源开发具有重要的意义，工程总体符合海洋功能区划，其环境影响主要是工程施工造成的悬浮物的短期影响，对周边环境影响较小。 |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 11. 报告书突出的优点和特点；报告书存在的问题及缺点，以及需要修改、补充和完善的内容<br><br>报告书建议修改、完善的内容：<br>1. 工程与海洋功能区划的符合性分析应有针对性，应明确落实；<br>2. 重新论述工程与《河北省海洋环境保护规划（2016-2020）》的符合性分析内容；<br>3. 核实需避开洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵期的月份；<br>4 核实工程周边敏感目标的距离，完善对敏感目标的影响分析相关内容；<br>5、完善施工期环境监测计划相关内容；<br>6、补充说明产卵场、索饵场和越冬场及洄游路线分布图的来源依据或引用出处；<br>7、完善洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵场和航道等敏感目标的影响分析结论；<br>8、完善渔业环境和生物资源补偿措施相关内容；<br>8、从工程建设与海洋功能区划的符合性方面完善生态建设方案；<br>9、完善海管和海缆环境风险分析及措施。<br><br>评审专家签名：<br>2018 年 3 月 7 日 |

国家海洋局制表

# 海洋工程项目环境影响报告书

# 专家评审意见表

工程名称：曹妃甸 6-4 油田开发项目

建设单位：中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

评审专家：黄世昌

评审日期：2018 年 3 月 7 日

**国家海洋局制**

# 海洋工程项目环境影响报告书专家评审意见表

| 姓　　名 | 黄世昌 | 职务、职称 | 教授级高工 |
|---|---|---|---|
| 专　　业 | 海岸动力学 | 日　　期 | 2018 年 3 月 7 日 |

评审主要内容及意见

1. 工程项目是否符合海洋功能区划、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划；

本工程平台和部分管线所在区域处在《河北省海洋功能区划（2011～2020）》的农渔业区，现开发利用方案符合相关海域管理要求与环境保护要求，项目建设符合国家产业政策。

2. 工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定是否准确，是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；

水动力、水质生态的评价内容、评价等级、评价标准判定准确，符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求，主要环境问题中工程建设对航道、锚地、风电等工程的影响需深化，重点保护对象等判定准确。

3. 工程概况是否清楚，工程分析是否透彻；揭示的污染与非污染环境问题是否准确、全面，有无大的遗漏；

工程概况较清楚，工程分析较透彻，揭示的污染与非污染环境问题较准确，较全面，无重大的遗漏。

4. 现状调查站位的数量、布设是否合理，调查内容、频率、时间是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据是否可靠；引用的数据、资料是否清楚、准确，是否明确了引用的数据、资料来源和时间；

水文调查站位、水质和沉积物现状调查站位数量和布设较合理，调查内容、频率、时间符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据可靠，引用的数据、资料是清楚、准确。

5. 环境现状分析评价内容是否全面，评价方法是否合理，评价结果是否准确、可信；

环境现状分析评价内容较全面，评价方法基本合理，评价结果较准确、可信。冲淤环境现状评价需完善。

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 6. 环境影响预测分析评价内容是否全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择是否合理、正确，预测评价结果是否准确、可信；<br><br>环境影响预测分析评价内容较全面，水动力和冲淤预测分析合理、正确，水质预测评价需完善。 |
| | 7. 环境事故风险分析评价内容是否全面，采用的预测方法、模式是否合理、正确，预测结果是否准确、可信，应急处理措施和对策分析是否合理、可行；<br><br>环境事故风险分析评价内容较全面，采用的预测方法合理，预测结果总体可信，应急处理措施和对策分析基本合理、可行。 |
| | 8. 清洁生产分析是否合理、正确，是否认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等是否具有科学性和可操作性，对设计和管理是否有指导意义，是否可以作为海洋环境保护和监督管理的依据；<br><br>清洁生产分析较完善，给出的环境保护对策措施较完善，对于设计和管理有指导意义，作为海洋环境保护和监督管理的依据。施工期海洋监测计划需完善。 |
| | 9. 总量控制（允许排放量计算等）分析是否合理，给出的污染物总量和污染物削减措施是否明确、合理；<br><br>总量控制分析合理。 |
| | 10. 公众参与调查给出的工程概况介绍中是否包含了工程项目的主要环境影响问题，内容介绍是否客观真实，利益相关者比例是否合适，调查结果分析是否全面、合理；<br><br>/ |
| | **11. 是否同意报告书的综合评价结论；是否同意工程建设。请先明确是否同意，再阐述理由。**<br><br>同意报告书的总体评价结论，同意工程建设。主要原因如下：本项目处于农渔业区，依托南堡油田群的新建工程，不改变海域自然属性，铺设区海域不宜底播养殖和船只抛锚，对海域总体的开放养殖影响较小，与河北省海洋功能区划相符合。项目生产阶段实施无污水排放，施工期污水处理达标后移至允许海域排放，路由区仅管线埋设引起的悬沙增加，与河北省海洋环境保护规划相符合。拟建工程存在一定溢油风险和通航船只的碰撞风险，需采取安全保护措施和溢油应急防范对策措施，管线应加大埋深，减少风险。从环境保护角度讲，本项目是可行的。 |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 12. 报告书突出的优点和特点；报告书存在的问题及缺点，以及需要修改、补充和完善的内容<br><br>报告书建议修改、完善的内容：<br>（1）补充工程海域实测潮位统计特征值，明确天文潮特征值的高程基准。<br>（2）补充管线路由区的冲淤环境现状分析。<br>（3）水质预测：1）依据工程海域管线敷设的施工工艺、悬沙与底沙的差异和沉积物干容重，核实挖沟施工的悬浮物源强；2）补充说明三维潮流泥沙计算软件的应用情况及其对浓度增量扩散模拟的处理方式；补充说明水质预测计算所采用的潮汐条件、泥沙沉降几率和沉降速度量值，并说明其合理性，核实电缆和管道铺设施工对海域的水质影响；3）明确施工期生活污水达标排海的影响分析。<br>（4）明确海管与海缆铺设施工对沉积物影响的结论。<br>（5）溢油分析：1）补充说明溢油源强计算的参数选取依据，并核实溢油量；2）补充分析油膜在主要环境敏感区的滞留时间及油膜厚度，并根据油品组份分析油膜残留量的合理性；3）补充溢油发生后对产卵场的影响；4）分析不同管道位置发生溢油后油膜到达环境敏感区和海洋生态红线区的时间变化。<br>（6）补充完善本项目与全国海洋主体功能区规划和河北海洋主体功能区规划、项目周边海洋功能区划的符合性分析，补充施工期悬浮泥沙对生态红线区的影响分析。<br><br>评审专家签名：<br><br>2018年3月7日 |

国家海洋局制表

# 海洋工程项目环境影响报告书

# 专家评审意见表

工程名称：曹妃甸6-4油田开发工程

建设单位：中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

评审专家：贾泓

评审日期：2018 年 3 月 7 日

国家海洋局制

# 海洋工程项目环境影响报告书专家评审意见表

| 姓名 | 贾泓 | 职务、职称 | 研究员 | 专业 | 海洋管理 |
|---|---|---|---|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 1. 工程项目是否符合海洋功能区划、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划；<br>项目建设总体符合国家相关产业政策和海洋功能区划，并与《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》等相关规划相协调。 | | | | |
| | 2. 工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定是否准确，是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》要求；<br>工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定较准确，总体符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的基本要求。 | | | | |
| | 3. 工程概况是否清楚，工程分析是否透彻；揭示的污染与非污染环境问题是否准确、全面，有无大的遗漏；<br>工程概况较清楚、工程分析较透彻；揭示的污染与非污染环境问题基本准确；无大的遗漏。 | | | | |
| | 4. 现状调查站位的数量、布设是否合理，调查内容、频率、时间是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据是否可靠；引用的数据、资料是否清楚、准确，是否明确了引用的数据、资料来源和时间；<br>现状调查站位的数量、布设、调查内容、频率、时间总体符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据可靠；引用的数据、资料清楚，明确了引用的数据、资料来源和时间。 | | | | |
| | 5. 环境现状分析评价内容是否全面，评价方法是否合理，评价结果是否准确可信；<br>环境现状分析评价内容较全面。评价方法合理，评价结果基本可信。 | | | | |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 6. 环境影响预测分析评价内容是否全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择是否合理、正确，预测评价结果是否准确、可信；<br>环境影响预测分析评价内容较全面，采用的预测方法合理。预测评价结果总体可信。 |
| | 7. 环境事故风险分析评价内容是否全面，采用的预测方法、模式是否合理、正确，预测结果是否准确、可信，应急处理措施和对策分析是否合理、可行；<br>环境事故风险分析评价内容较全面，预测结果较合理，应急处理措施和对策分析总体可行。 |
| | 8. 清洁生产分析是否合理、正确，是否认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等是否具有科学性和可操作性，对设计和管理是否有指导意义，是否可以作为海洋环境保护和监督管理的依据；<br>清洁生产分析合理，执行了有关法规；给出的环境保护对策具有可操作性。对海洋环境保护和监督管理有一定的指导意义。 |
| | 9. 总量控制（允许排放量计算等）分析是否合理，给出的污染物总量和污染物削减措施是否明确、合理；<br>总量控制分析较完善，给出的污染物总量和污染物削减措施基本合理。 |
| | **10. 是否同意报告书的综合评价结论；是否同意工程建设。请先明确是否同意，再阐述理由。**<br>报告书应根据专家意见，进行认真修改完善后，本人同意报告书的综合评价结论，工程建设可行。<br>理由：项目建设总体符合海洋功能区划和国家相关产业政策和《河北省海洋生态红线》，并与《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》等相关规划相协调；评价范围内的生态环境质量现状总体良好。工程实施对周围海域的环境影响程度较小，从海洋环境保护角度考虑，工程建设可行。 |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 11. 报告书突出的优点和特点；报告书存在的问题及缺点，以及需要修改、补充和完善的内容<br><br>报告书建议修改、完善的内容：<br><br>1、梳理1.2报告书编制依据，如，补充《河北省海洋环境保护规划（2016-2020）》以及报告中引用的资料等。<br>2、报告书应阐述项目建设的必要性。<br>3、依据《河北省海洋功能区划（2011～2020年）》，针对污染物排放问题，完善项目与京唐港至曹妃甸农渔业区的管理要求的符合性分析，明确零排放；补充项目与周边海洋功能区的海域使用管理要求与海洋环境保护要求的符合性分析。<br>4、梳理项目与相关规划符合性分析内容，补充与港口规划的符合性分析。<br>5、依据《河北省海洋生态红线》，完善项目与周边海洋生态红线区的距离，补充项目与周边红线区管控措施的符合性分析；P336在表13.1-3中补充本项目与红线区的距离。<br>6、依据《全国海洋主体功能区规划》，核实项目所属区域，完善其分析内容。<br>7、补充项目与《河北省海洋主体功能区规划》的符合性分析。<br>8、依据《河北省环境保护规划（2016～2020年）》，明确项目位置，从项目所在区的管控要求，进行符合性分析；补充标注项目位置的环境保护图。<br>9、P337 13.1.5调整为与《河北省环境保护规划（2016～2020年）》符合性分析。<br>10、补充项目所在海域的开发利用现状图。<br>11、完善项目与《中国水生生物资源养护行动纲要》的符合性分析。<br>12、进一步完善报告书中生态建设方案的分析内容。<br>13、按照环评导则要求，完善报告书中的图表，给出清晰地图件，梳理报告书文字等。<br><br>评审专家签名：<br>2018年3月7日 |

国家海洋局制表

# 海洋工程项目环境影响报告书

# 专家评审意见表

工程名称：曹妃甸6-4油田开发工程

建设单位：中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

评审专家：蒋欣慰

评审日期：2018 年 3 月 7 日

国家海洋局制

# 海洋工程项目环境影响报告书专家评审意见表

| 姓名 | 蒋欣慰 | 职务、职称 | 高工、副总工 | 专业 | 海洋工程 |
|---|---|---|---|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 1. 工程项目是否符合海洋功能区划、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划；<br>工程位于河北省海洋功能区划的农渔业区和矿产能源区，对农渔业功能区的基本功能不会产生不可逆的影响，调整后的污染防治措施满足海域环境管控要求，总体对海洋功能区影响可控 | | | | |
| | 2. 工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定是否准确，是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》要求；<br>工程评价内容、等级、范围、标准判断总体合理，主要环境问题和重点保护目标较准确，符合导则要求 | | | | |
| | 3. 工程概况是否清楚，工程分析是否透彻；揭示的污染与非污染环境问题是否准确、全面，有无大的遗漏；<br>工程概况清楚，工程分析较透彻，揭示的污染与非污染环境问题无大的遗漏 | | | | |
| | 4. 现状调查站位的数量、布设是否合理，调查内容、频率、时间是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据是否可靠；引用的数据、资料是否清楚、准确，是否明确了引用的数据、资料来源和时间；<br>现状调查站位布设符合导则要求，数据可靠，引用数据说明了来源 | | | | |
| | 5. 环境现状分析评价内容是否全面，评价方法是否合理，评价结果是否准确可信；<br>环境现状分析内容较全面，评价方法合理，结果总体可信 | | | | |

—1—

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 6. 环境影响预测分析评价内容是否全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择是否合理、正确，预测评价结果是否准确、可信；<br>环境影响预测分析评价内容较全面，预测模式、参数选择合理，结果总体可信 |
| | 7. 环境事故风险分析评价内容是否全面，采用的预测方法、模式是否合理、正确，预测结果是否准确、可信，应急处理措施和对策分析是否合理、可行；<br>环境事故风险分析评价内容需完善，采用的模式合理，预测结果基本可信，应急处理措施合理 |
| | 8. 清洁生产分析是否合理、正确，是否认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等是否具有科学性和可操作性，对设计和管理是否有指导意义，是否可以作为海洋环境保护和监督管理的依据；<br>清洁生产分析合理；调整后的环境保护对策、治理措施具有可操作性，可作为海洋环境监管的依据 |
| | 9. 总量控制（允许排放量计算等）分析是否合理，给出的污染物总量和污染物削减措施是否明确、合理；<br>调整后的总量控制分析、污染物总量和削减措施合理 |
| | **10. 是否同意报告书的综合评价结论；是否同意工程建设。请先明确是否同意，再阐述理由。**<br>同意报告书综合评价结论，同意工程建设。<br>本工程对河北省海洋功能区划的农渔业区的基本功能不会产生不可逆的影响，调整后的污染防治措施能满足功能区的环境保护管理要求，因此同意工程建设。但工程输油管线应加大埋深，减轻可能产生的环境风险。 |

—2—

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 11. 报告书突出的优点和特点；报告书存在的问题及缺点，以及需要修改、补充和完善的内容<br><br>报告书建议修改、完善的内容：<br>（1）补充生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析；<br>（2）补充生活污水回收罐容积要求；<br>（3）补充近3年平台含油生产水和生活污水监测数据；<br>（4）合理分析生活污水处理效果波动较大的原因，提出生活污水处理装置或检测方法整改的要求；<br>（5）补充环保数据运营管理台账；<br>（6）结合所在海域养殖等渔业用海方式、用海规划及实际用海情况调查，完善海洋功能区划符合性分析，明确对功能区划主导功能的影响结论；<br>（7）补充海洋功能区划的主导功能用海方式对输油管线风险影响分析内容，从加大埋深等、设立防护标记等设计角度，减少输油管线破裂环境风险。<br><br>评审专家签名：<br>2018年3月7日 |

国家海洋局制表

# 海洋工程项目环境影响报告书

# 专家评审意见表

工程名称：曹妃甸6-4油田开发工程

建设单位：中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

评审专家：

评审日期：2018 年 3 月 7 日

**国家海洋局制**

# 海洋工程项目环境影响报告书专家评审意见表

| 姓名 | 张春贺 | 职务、职称 | 教授级高级工程师 | 专业 | 油气勘探 |
|---|---|---|---|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 1. 工程项目是否符合海洋功能区划、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划；<br><br>工程项目符合海洋功能区划、区域海洋经济发展规划和当地经济和社会发展规划； | | | | |
| | 2. 工程项目的评价内容、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定是否准确，是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》要求；<br><br>工程项目的评价内容完善、评价等级、评价范围、评价标准、主要环境问题和重点保护对象等判定总体准确，符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求； | | | | |
| | 3. 工程概况是否清楚，工程分析是否透彻；揭示的污染与非污染环境问题是否准确、全面，有无大的遗漏；<br><br>工程概况较清楚，工程分析较透彻；揭示的污染与非污染环境问题较准确、全面，无大的遗漏； | | | | |
| | 4. 现状调查站位的数量、布设是否合理，调查内容、频率、时间是否符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据是否可靠；引用的数据、资料是否清楚、准确，是否明确了引用的数据、资料来源和时间；<br><br>现状调查站位的数量、布设较合理，调查内容、频率、时间符合《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求；现状调查数据总体可靠；引用的数据、资料较清楚、准确，明确了引用的数据、资料来源和时间； | | | | |
| | 5. 环境现状分析评价内容是否全面，评价方法是否合理，评价结果是否准确可信；<br><br>环境现状分析评价内容较全面，评价方法较合理，评价结果总体准确、可信； | | | | |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 6. 环境影响预测分析评价内容是否全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择是否合理、正确，预测评价结果是否准确、可信；<br><br>环境影响预测分析评价内容较全面，采用的预测模式（方法）、参数的选择较合理、正确，预测评价结果较准确、可信； |
| | 7. 环境事故风险分析评价内容是否全面，采用的预测方法、模式是否合理、正确，预测结果是否准确、可信，应急处理措施和对策分析是否合理、可行；<br><br>环境事故风险分析评价内容总体全面，采用的预测方法、模式总体合理、正确，预测结果总体准确、可信，应急处理措施和对策分析总体合理、可行； |
| | 8. 清洁生产分析是否合理、正确，是否认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等是否具有科学性和可操作性，对设计和管理是否有指导意义，是否可以作为海洋环境保护和监督管理的依据；<br><br>清洁生产分析较合理、正确，认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、建议等具有科学性和可操作性，对设计和管理有指导意义，可以作为海洋环境保护和监督管理的依据； |
| | 9. 总量控制（允许排放量计算等）分析是否合理，给出的污染物总量和污染物削减措施是否明确、合理；<br><br>总量控制（允许排放量计算等）分析合理，给出的污染物总量和污染物削减措施较明确、合理； |
| | 10. **是否同意报告书的综合评价结论；是否同意工程建设。请先明确是否同意，再阐述理由。**<br><br>同意报告书的综合评价结论；同意工程建设。<br><br>建设单位在油田建设、生产运营过程中严格落实本报告中提出的各项环境保护措施和溢油风险防范措施的基础上，从环境保护角度讲，本项目是可行。 |

评审主要内容及意见

11. 报告书突出的优点和特点；报告书存在的问题及缺点，以及需要修改、补充和完善的内容

报告书建议修改、完善的内容：

1）对本工程新建平台上生产井、水源井、注水井的井型分别进行列表、图示；

2）补充本工程应对浅层气风险的预案。

评审专家签名：

2018 年 3 月 7 日

国家海洋局制表

# 海洋工程项目环境影响报告书

# 专家评审意见表

工程名称：曹妃甸 6-4 油田开发工程

建设单位：中海石油（中国）有限公司天津分公司

环评单位：中海石油环保服务（天津）有限公司

评审专家：谭　敏

评审日期：2018 年 03 月 07 日

**国家海洋局制**

# 海洋工程项目环境影响报告书专家评审意见表

| 姓　名 | 谭 敏 | 职务、职称 | 高 工 | 专 业 | 海洋化学 |
|---|---|---|---|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 1. 工程项目符合河北省海洋功能区划针对工程海域的功能管控和环境管理要求，报告书对工程与区域海洋经济发展规划和社会经济发展适宜性分析较全面。 | | | | |
| | 2. 工程项目的评价等级、评价范围、评价标准等判定准确，评价内容、主要环境问题和重点保护对象等判定较完善； | | | | |
| | 3. 工程概况较清楚，工程分析较完善； | | | | |
| | 4. 现状调查站位的数量、布设较合理，调查内容、频率、时间符合相关技术规范的要求；现状调查数据可靠；引用的数据、资料较清楚，引用的数据、资料来源和时间明确； | | | | |
| | 5. 环境现状分析评价内容较全面，评价方法合理，评价结果客观；回顾影响分析内容较全面； | | | | |
| 评审主要内容及意见 | 6. 环境影响预测分析评价应增加评价区内航道、风电场等影响分析内容，采用的预测方法合理，污染物排放环境影响预测评价结果可信； | | | | |
| | 7. 环境事故风险分析评价内容较全面，采用的风险事故环境影响预测方法合理，溢油对海洋环境影响预测结果可信，提出的溢油应急处理措施和对策分析具有一定的可操作性；地质性溢油风险分析及其风险防范措施可行。 | | | | |
| | 8. 清洁生产分析合理，工程设计、施工和环境管理认真执行了有关法规；给出的环境保护对策、治理措施、环境保护建议等具有一定可操作性，对工程环境保护设计和海洋环境管理具有指导意义，可以作为海洋环境保护和监督管理的依据； | | | | |
| | 9. 总量控制（允许排放量计算等）分析方法合理，内容较全面，报告书给出的污染物总量和混合区建议依据较充分； | | | | |
| | **10. 是否同意报告书的综合评价结论；是否同意工程建设，请先明确是否同意，再阐述理由。**<br>同意报告书的综合评价结论，报告书工程概况、工程污染分析和环境影响评价较全面，海洋功能区划和相关规划符合性分析较完善，环保措施和风险防范措施分析合理，报告书经进一步完善后可作为管理部门核准该项目的技术依据。<br>同意工程建设。本项目是海洋矿产资源开发项目，项目建设对保障国家能源需求具有重要意义。本工程根据国家相关海洋工程管理要求，明确工程运营期所有污染物均不向海洋排放，符合《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》对该海域的功能管控和环境管理要求。工程建设对区域海洋生态红线区不产生影响，工程建设主要在建设期对海洋环境产生一定影响，工程存在溢油风险，需切实落实环境风险防范措施和应急预案。综上，从海洋环境保护角度，工程建设可行。 | | | | |

| | |
|---|---|
| 评审主要内容及意见 | 11. 报告书突出的优点和特点；报告书存在的问题及缺点，以及需要修改、补充和完善的内容。<br>建议：<br>（1）补充清晰的评价范围海域开发利用现状图和环境敏感区分布图（包括航道、锚地、风电、水产养殖、旅游、生态红线区、保护区等）；<br>（2）将评价范围内航道、风电、水产养殖、旅游开发等列为环境敏感区；<br>（3）根据工程海域的环境特点，补充制定施工阶段（包括海底电缆管道施工、平台建设和钻/完井阶段）海洋环境监测计划，明确监测范围、监测内容、监测站位数、监测频次等，重点监测悬浮泥沙、氮、磷、有机物等特征污染物。<br><br>评审专家签名：<br>2018 年 03 月 07 日 |

国家海洋局制表

附件 14：专家评审意见修改说明

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| 一、工程概况与工程分析<br>1、工程概况 | | | |
| （1） | 对本工程 52 口井中的生产井、注水井、水源井的井别，分别进行标注 | 采纳 | 详见第 2 章“2.2.1.2 钻完井”章节中的“③本工程 52 口井的井号及井别”。目前项目尚未确定 52 口井中的生产井、注水井、水源井对应的井槽图，详细的井槽图将在初步设计阶段确定。 |
| （2） | 补充转注水井的转注条件 | 采纳 | 已补充，见“2.2.1.2 钻完井”章节中的“④转注水井的转注条件”。 |
| 2、工程分析 | | | |
| （1） | 补充生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析 | 采纳 | 已补充，详见第 3 章“3.2.2.4 生活污水和生活垃圾”中的“（2）生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析” |
| （2） | 补充生活污水回收罐容积要求 | 采纳 | 已补充，“在平台设 2 台生活污水回收罐，每个罐外型尺寸 5m×3m×3.5m。” 详见第 2 章“2.2.3.2 生活污水处理系统”章节内容。 |
| （3） | 明确施工期生活污水的排放海域 | 采纳 | 施工期间在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。 |
| 二、区划与规划符合性分析 | | | |
| （1） | 依据《河北省海洋功能区划（2011～2020 年）》主导功能的用海方式，完善项目与京唐港至曹妃甸农渔业区的海域使用管理要求和海 | 采纳 | 已完善，详见第 13 章“13.4 与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》符合性分析”章节内容。 |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| | 洋环境保护要求的符合性分析；补充项目与周边海洋功能区的海域使用管理要求与海洋环境保护要求的符合性分析； | | |
| （2） | 依据《河北省海洋生态红线》，明确项目与周边海洋生态红线区的距离，补充项目与周边红线区管控措施的符合性分析； | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.5 与《河北省海洋生态红线》符合性分析”章节内容。 |
| （3） | 依据《全国海洋主体功能区规划》，核实项目所属区域，完善其符合性分析内容； | 采纳 | 已完善，详见第 13 章“13.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析”章节内容。 |
| （4） | 补充项目与《河北省海洋主体功能区规划》的符合性分析； | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.3 与《河北省海洋主体功能区规划》符合性分析”章节内容。 |
| （5） | 依据《河北省环境保护规划（2016～2020 年）》，明确项目位置，从项目所在区的管控要求，进行符合性分析，补充图件。 | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.6 与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析”章节内容和图件。 |
| 三、评价技术方法和路线 | | | |
| （1） | 建议将评价范围内航道、海上风电、水产养殖、旅游开发等列为环境敏感区。 | 采纳 | 已补充，见 4.3 节表 4.3-1 敏感目标分布情况。 |
| 四、环境质量现状与评价 | | | |
| （1） | 补充工程海域实测潮位统计特征值，明确天文潮特征值的高程基准。 | 采纳 | 已补充，见 5.1 节水文现状调查，表 5.1-1 及图 5.1-1。 |
| （2） | 补充管线路由区的冲淤环境现状分析。 | 采纳 | 已补充，见 5.2.5 节冲淤现状。 |
| 五、回顾性评价 | | | |
| （1） | 补充近 3 年平台含油生产水和生活污水监测数据； | 采纳 | 已补充，详见第 6 章“6.1.4 环保设施运行情况回顾 （1）生活污水处理设施运行情况”内容 |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| （2） | 合理分析生活污水处理效果波动较大的原因，提出生活污水处理装置或检测方法整改的要求； | 采纳 | 已分析，详见第 6 章“6.1.4 环保设施运行情况回顾 （1）生活污水处理设施运行情况”内容 |
| （3） | 补充环保数据运营管理台账。 | 采纳 | 已补充，详见附件 8：南堡 35-2CEP 平台防污记录表 |
| 六、环境影响分析预测 | | | |
| （1） | 依据工程海域管线铺设的施工工艺、悬沙与底沙的差异、沉积物干容重，核实挖沟施工的悬浮物源强； | 采纳 | 已核实，详见 7.3.2.1 章节。 |
| （2） | 补充说明三维潮流泥沙计算软件的应用情况及其对浓度增量扩散模拟的处理方式； | 采纳 | 已补充，见 7.1.1.1 与 7.3.2.2 章节。 |
| （3） | 补充说明水质预测计算所采用的潮汐条件、泥沙沉降几率和沉降速度量值，并说明其合理性，核实电缆和管道铺设施工对海域的水质影响。 | 采纳 | 已补充与核实，见 7.3.1 和 7.3.2 章节。 |
| （4） | 明确海管与海缆铺设施工对沉积物影响的结论； | 采纳 | 已明确，见 7.4.2 章节。 |
| （5） | 核实海底管道防腐措施不会引起沉积物中锌污染的依据。 | 采纳 | 已核实，见 7.4.2.2 章节。 |
| （6） | 补充说明产卵场、索饵场和越冬场及洄游路线分布图的来源依据或引用出处； | 采纳 | 已补充，见 7.6.3 章节。 |
| （7） | 完善洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵场和航道等敏感目标的影响分析结论。 | 采纳 | 已完善，见 7.6 章节。 |
| 七、环境事故风险分析与评价 | | | |
| （1） | 补充说明溢油源强计算的参数选取依据，并核实溢油量； | 采纳 | 已补充，见 8.1.3（2） |
| （2） | 补充溢油发生后对产卵场的影响； | 采纳 | 已补充，见 8.4.1 |
| （3） | 给出不同管道位置发生溢油后油膜到达环境敏感区（包括海洋生态红线区）的时间； | 采纳 | 已补充，见 8.4.1、8.4.2 章节 |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| （4） | 根据管道路由区所在海域的海洋主导功能的用海方式，进一步完善输油管线的风险影响分析，据此提出相应的风险防范措施。 | 采纳 | 已补充，见8.6.1.3 |
| （5） | 补充本工程应对浅层气风险的预案。 | 采纳 | 已补充，见8.5.6 |
| 七、环境保护对策措施<br>1. 清洁生产分析 | | | |
| （1） | 按照评审会上补充材料，梳理完善清洁生产分析内容。 | 采纳 | 已梳理。施工期生活污水不排海。 |
| 2. 污染防治对策措施（总量控制） | | | |
| （1） | 补充生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析； | 采纳 | 已补充，详见第 10 章“10.2.2 生活污水 （2）生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析”内容。 |
| （2） | 补充生活污水回收罐容积要求。 | 采纳 | 已补充。“在平台设 2 台生活污水回收罐，每个罐外型尺寸 5m×3m×3.5m。” |
| 3. 生态保护对策措施 | | | |
| （1） | 核实需避开洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵期的月份； | 采纳 | 已核实，避开白姑鱼产卵盛期 6 月。 |
| （2） | 完善渔业环境和生物资源补偿措施相关内容； | 采纳 | 已完善，详见“11.3 建设项目海洋生态保护对策措施”内容。 |
| （3） | 完善生态损失补偿措施。 | 采纳 | 已完善，详见“11.3 建设项目海洋生态保护对策措施”内容。 |
| 八、生态建设方案评价 | | | |
| （1） | 从工程建设与海洋功能区划的符合性、海洋环境跟踪监测等方面完善生态建设方案。 | 采纳 | 已完善，详见“14.1 与政策的符合性”和“14.7 海洋跟踪监测措施”章节内容。 |
| 九、环境管理与监测 | | | |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| （1） | 根据工程海域的环境特点，补充制定施工阶段（包括海底电缆管道施工、平台建设和钻/完井阶段）海洋环境监测计划，明确监测范围、监测内容、监测站位数、监测频次等，重点监测悬浮泥沙、氮、磷、有机物等特征污染物。 | 采纳 | 已补充，见 15.2.1 节施工期环境监测计划。 |
| 黄海军 | | | |
| 1 | 梳理生活垃圾、含油污水排放标准； | 采纳 | 已梳理。 |
| 2 | 梳理全国海洋主体功能区规划符合性分析内容； | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析”章节内容。 |
| 3 | 补充工程建设与河北省海洋主体功能区规划的符合性分析内容； | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.3 与《河北省海洋主体功能区规划》符合性分析”章节内容。 |
| 4 | 梳理报告书中黑水处理工艺的相关内容，使其具有一致性；给出最后运回陆地处理的数量，完善工程分析内容； | 采纳 | 已梳理，“黑水每 7 天产生污泥和污水量总计约 25.2 方，运回陆地处理。”详见第 3 章“3.2.2.4 生活污水和生活垃圾 （1）污染物产生量”内容。 |
| 5 | 完善工程周围海域敏感目标的现状分析内容，补充产卵场的相关情况； | 采纳 | 已补充，敏感目标现状见 4.3 节，产卵场见 5.6.5 节。 |
| 6 | 跟踪监测中增加路由区冲淤监测内容，增加施工期海洋环境监测内容； | 采纳 | 已补充，运营期增加跟踪路由勘察，见 15.2.2.3 节；施工期监测见 15.2.1 节。 |
| 7 | 替换危废处置合同； | 采纳 | 已替换，见附件 4 |
| 8 | 补充黑水处理工艺与效果分析内容； | 采纳 | 黑水处理工艺详见第 2 章“2.2.3.2 生活污水处理系统”内容。 |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| | | | 黑水处理效果分析，详见第 3 章“3.2.2.4 生活污水和生活垃圾”中的“（2）生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析” |
| 9 | 完善工程开发附近海洋的海洋开发现状； | 采纳 | 已补充，见 4.2 节海域开发利用现状。 |
| 10 | 分析施工期生活污水处置方案进一步优化的可行性； | 采纳 | 已优化。施工期间在施工船舶或平台上设置污水回收罐，将产生的生活污水全部回收，定期由船舶运送回陆地处理。 |
| 11 | 补充河北省海洋环境保护规划图、表； | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.6 与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析”章节内容和图件。 |
| 12 | 补充说明拟建管线路由布设的依据； | 采纳 | 已补充，详见第 2 章“2.2.1.3 海底管道①　管线路由布设的依据”内容。 |
| 13 | 认真梳理报告书中的文字等内容。 | 采纳 | 已梳理。 |
| 贾泓 | | | |
| 1 | 梳理 1.2 报告书编制依据，如，补充《河北省海洋环境保护规划（2016-2020）》以及报告中引用的资料等。 | 采纳 | 已梳理，详见“1.2 报告书编制依据” |
| 2 | 报告书应阐述项目建设的必要性。 | 采纳 | 详见“1.1.2 项目建设的必要性” |
| 3 | 依据《河北省海洋功能区划（2011～2020 年）》，针对污染物排放问题，完善项目与京唐港至曹妃甸农渔业区的管理要求的符合性分析，明确零排放；补充项目与周边海洋功能区的海域使用管理要求与海洋环境保护要求的符合性分析。 | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.4 与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》符合性分析”章节内容。 |
| 4 | 梳理项目与相关规划符合性分析内容，补充与港口规划的符合性分析。 | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.8.6 与《唐山港总体规划（修订）》的符合性”章节内容。 |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| 5 | 依据《河北省海洋生态红线》，完善项目与周边海洋生态红线区的距离，补充项目与周边红线区管控措施的符合性分析；P336 在表 13.1-3 中补充本项目与红线区的距离。 | 采纳 | 已完善，详见第 13 章“13.5 与《河北省海洋生态红线》符合性分析”章节内容。 |
| 6 | 依据《全国海洋主体功能区规划》，核实项目所属区域，完善其分析内容。 | 采纳 | 已完善，详见第 13 章“13.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析”章节内容。 |
| 7 | 补充项目与《河北省海洋主体功能区规划》的符合性分析。 | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.3 与《河北省海洋主体功能区规划》符合性分析”章节内容。 |
| 8 | 依据《河北省环境保护规划（2016～2020 年）》，明确项目位置，从项目所在区的管控要求，进行符合性分析；补充标注项目位置的环境保护图。 | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.6 与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析”章节内容和图件。 |
| 9 | P337 13.1.5 调整为与《河北省环境保护规划（2016～2020 年）》符合性分析。 | 采纳 | 已调整，详见“13.6 与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析” |
| 10 | 补充项目所在海域的开发利用现状图。 | 采纳 | 已补充，见 4.2 节海域开发利用现状，图 4.2-1。 |
| 11 | 完善项目与《中国水生生物资源养护行动纲要》的符合性分析。 | 采纳 | 已完善，详见第 13 章“13.8.4 与《中国水生生物资源养护行动纲要》的符合性”章节内容。 |
| 12 | 进一步完善报告书中生态建设方案的分析内容。 | 采纳 | 已完善，详见“14 海洋生态建设方案”章节内容。 |
| 13 | 按照环评导则要求，完善报告书中的图表，给出清晰地图件，梳理报告书文字等。 | 采纳 | 已梳理 |
| 常亚青 | | | |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| 1 | 工程与海洋功能区划的符合性分析应有针对性，应明确落实； | 采纳 | 已补充，详见第 13 章“13.4 与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》符合性分析”章节内容。 |
| 2 | 重新论述工程与《河北省海洋环境保护规划（2016-2020）》的符合性分析内容； | 采纳 | 已重新论述，详见第 13 章“13.6 与《河北省海洋环境保护规划》（2016-2020 年）符合性分析”章节内容。 |
| 3 | 核实需避开洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵期的月份； | 采纳 | 已核实，避开白姑鱼产卵盛期 6 月。 |
| 4 | 核实工程周边敏感目标的距离，完善对敏感目标的影响分析相关内容； | 采纳 | 已核实距离，见表 4.3-1。敏感区影响分析见 7.6 节。 |
| 5 | 完善施工期环境监测计划相关内容； | 采纳 | 已补充，见 154.2.1 节施工期监测。 |
| 6 | 补充说明产卵场、索饵场和越冬场及洄游路线分布图的来源依据或引用出处； | 采纳 | 已补充，见 7.6.3 章节 |
| 7 | 完善洄游性鱼类（包括白姑鱼）产卵场和航道等敏感目标的影响分析结论； | 采纳 | 已完善，见 7.6.3 章节 |
| 8 | 完善渔业环境和生物资源补偿措施相关内容； | 采纳 | 已完善，详见“11.3 建设项目海洋生态保护对策措施” |
| 9 | 从工程建设与海洋功能区划的符合性方面完善生态建设方案； | 采纳 | 已完善，详见“14.1 与政策的符合性”章节内容。 |
| 10 | 完善海管和海缆环境风险分析及措施。 | 采纳 | 详见 8.6.1.3 |
| 黄世昌 | | | |
| 1 | 补充工程海域实测潮位统计特征值，明确天文潮特征值的高程基准。 | 采纳 | 已补充，见 5.1 节水文现状调查，表 5.1-1 及图 5.1-1。 |
| 2 | 补充管线路由区的冲淤环境现状分析。 | 采纳 | 已补充，见 5.2.5 节冲淤现状。 |
| 3 | 水质预测：1）依据工程海域管线敷设的施工工艺、悬沙与底沙的差异和沉积物干容重，核实挖沟施工的悬浮物源强；2）补充说明 | 采纳 | 1）已核实，见 7.3.2.1 章节；2）已补充，见 7.1.1.1、7.3.1 和 7.3.2 章节； |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
| --- | --- | --- | --- |
| | 三维潮流泥沙计算软件的应用情况及其对浓度增量扩散模拟的处理方式；补充说明水质预测计算所采用的潮汐条件、泥沙沉降几率和沉降速度量值，并说明其合理性，核实电缆和管道铺设施工对海域的水质影响；3）明确施工期生活污水达标排海的影响分析。 | | 3）施工期生活污水运回陆上处理，不排海。 |
| 4 | 明确海管与海缆铺设施工对沉积物影响的结论。 | 采纳 | 已明确，见 7.4.2 章节。 |
| 5 | 溢油分析：1）补充说明溢油源强计算的参数选取依据，并核实溢油量；2）补充分析油膜在主要环境敏感区的滞留时间及油膜厚度，并根据油品组份分析油膜残留量的合理性；3）补充溢油发生后对产卵场的影响；4）分析不同管道位置发生溢油后油膜到达环境敏感区和海洋生态红线区的时间变化。 | 采纳 | 1）已补充核实，见 8.1.3（2）；2）已补充，见 8.3；3）已补充，见 8.4.1；4）已补充，详见 8.2.2 和 8.3、 8.4 章节。 |
| 6 | 补充完善本项目与全国海洋主体功能区规划和河北海洋主体功能区规划、项目周边海洋功能区划的符合性分析，补充施工期悬浮泥沙对生态红线区的影响分析。 | 采纳 | 已补充，详见“13.1 与《全国海洋主体功能区规划》符合性分析”、“13.3 与《河北省海洋主体功能区规划》符合性分析”和“13.5 与《河北省海洋生态红线》符合性分析”章节内容。 |
| 蒋欣慰 | | | |
| 1 | 补充生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析； | 采纳 | 已补充，详见“10.2.2 （2）生活污水处理装置达标可行性和可靠性分析” |
| 2 | 补充生活污水回收罐容积要求； | 采纳 | 已补充，在平台设 2 台生活污水回收罐，每个罐外型尺寸 5m×3m×3.5m。 |
| 3 | 补充近 3 年平台含油生产水和生活污水监测数据； | 采纳 | 已补充，详见“6.1.4 环保设施运行情况回顾” |
| 4 | 合理分析生活污水处理效果波动较大的原因，提出生活污水处理装置或检测方法整改的要求； | 采纳 | 已分析，详见“6.1.4 环保设施运行情况回顾” |

| 序号 | 评审专家组意见 | 是否采纳 | 修改说明 |
|---|---|---|---|
| 5 | 补充环保数据运营管理台账； | 采纳 | 已补充，详见附件 8 |
| 6 | 结合所在海域养殖等渔业用海方式、用海规划及实际用海情况调查，完善海洋功能区划符合性分析，明确对功能区划主导功能的影响结论； | 采纳 | 已完善，详见第 13 章“13.4 与《河北省海洋功能区划（2011~2020 年）》符合性分析”章节内容。 |
| 7 | 补充海洋功能区划的主导功能用海方式对输油管线风险影响分析内容，从加大埋深等、设立防护标记等设计角度，减少输油管线破裂环境风险。 | 采纳 | 已补充，详见 8.6.1.3 章节 |
| 谭 敏 | | | |
| 1 | 补充清晰的评价范围海域开发利用现状图和环境敏感区分布图（包括航道、锚地、风电、水产养殖、旅游、生态红线区、保护区等）； | 采纳 | 已补充，海域开发利用现状图见图 4.2-1，敏感目标见图 4.3-1。 |
| 2 | 将评价范围内航道、风电、水产养殖、旅游开发等列为环境敏感区； | 采纳 | 已补充，见表 4.3-1。 |
| 3 | 根据工程海域的环境特点，补充制定施工阶段（包括海底电缆管道施工、平台建设和钻/完井阶段）海洋环境监测计划，明确监测范围、监测内容、监测站位数、监测频次等，重点监测悬浮泥沙、氮、磷、有机物等特征污染物。 | 采纳 | 已补充施工期监测计划。见 15.2.1 节。并补充详细的监测内容。 |
| 张春贺 | | | |
| 1 | 对本工程新建平台上生产井、水源井、注水井的井型分别进行列表、图示； | 采纳 | 详见第 2 章“2.2.1.2 钻完井”章节中的“③本工程 52 口井的井号及井别”。目前项目尚未确定 52 口井中的生产井、注水井、水源井对应的井槽图，详细的井槽图将在初步设计阶段确定。 |
| 2 | 补充本工程应对浅层气风险的预案。 | 采纳 | 已补充，详见 8.5.6 |

附件 15：专家复核意见

## 海洋环境影响报告书修改稿复核意见表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="2">曹妃甸 6-4 油田开发工程</td><td>建设单位</td><td colspan="2">中海石油（中国）有限公司天津分公司</td></tr>
<tr><td>评价单位</td><td colspan="2">中海石油环保服务（天津）有限公司</td><td>评审日期</td><td colspan="2">2017 年 4 月 25 日</td></tr>
<tr><td>专家姓名</td><td>黄海军</td><td>职称/职务</td><td>研究员</td><td>专业</td><td>海洋地质</td></tr>
<tr><td colspan="6">审核内容：<br>1、报告书修改稿是否已按评审意见进行修改，修改内容是否存在重大遗漏；<br>2、工程概况与工程分析内容是否全面、清晰；<br>3、海洋环境现状调查资料是否满足规范要求并按评审意见修改完善；<br>4、海洋环境影响预测分析与溢油环境风险分析是否已按评审意见修改完善；<br>5、您是否同意报告书修改稿的内容和结论，是否同意工程建设；<br>6、其他意见和建议。</td></tr>
<tr><td colspan="6">审核意见：<br>1、报告书修改稿已按照 2017 年 7 月 6 日评审会和 2018 年 3 月 7 日报告报批稿专家审核意见进行了修改，修改内容不存在重大遗漏；<br>2、工程概况与工程分析内容全面、清晰；<br>3、海洋环境现状调查资料满足规范要求并已按相关评审意见进行了修改完善；<br>4、海洋环境影响预测分析与溢油环境风险分析已按评审意见修改完善；<br>5、同意报告书修改稿的内容和结论，同意工程建设；<br>6、其他意见和建议：无。<br><br>专家签名：<br><br>2018 年 4 月 25 日</td></tr>
</table>

# 海洋环境影响报告书修改稿复核意见表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="3">曹妃甸 6-4 油田开发工程</td><td>建设单位</td><td colspan="2">中海石油（中国）有限公司天津分公司</td></tr>
<tr><td>评价单位</td><td colspan="3">中海石油环保服务（天津）有限公司</td><td>评审日期</td><td colspan="2">2018 年 3 月 7 日</td></tr>
<tr><td>专家姓名</td><td>贾泓</td><td>职称/职务</td><td>研究员</td><td>专业</td><td colspan="2">海洋管理</td></tr>
<tr><td colspan="7">审核内容：</td></tr>
<tr><td colspan="7">审核意见：<br>报告书（复核稿）已按照专家评审意见进行了修改和补充，修改和补充的内容较完善，无重大遗漏。<br>报告书（复核稿）完善了项目工程概况和工程分析；完善了项目与《河北省海洋功能区划（2011～2020 年）》、《全国海洋主体功能区规划》、《河北省海洋生态红线》、《河北省环境保护规划（2016～2020 年）》的符合性分析；补充了项目与《河北省海洋主体功能区规划》的符合性分析内容；梳理完善了与相关规划的符合性分析。<br>报告书给出的结论总体可信，同意报告书（复核稿）的内容和结论，同意工程建设。<br><br>专家签名：贾泓<br>2018 年 4 月 18 日</td></tr>
</table>