

上海 LNG 站线扩建项目
(浙江段) 环境影响报告书
(报批稿)

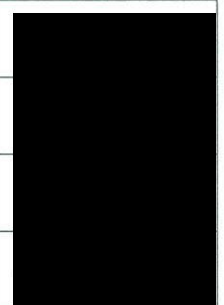
建设单位：申能洋山液化天然气有限公司

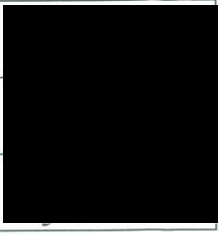
评价单位：上海勘测设计研究院有限公司

二〇二二年十一月



编制单位和编制人员情况表

项目编号	7u671r		
建设项目名称	上海LNG站线扩建项目（浙江段）		
建设项目类别	52--147原油、成品油、天然气管线（不含城市天然气管线；不含城镇燃气管线；不含企业厂区内管道）		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	申能洋山液化天然气有限公司		
统一社会信用代码	91330901MA7ERFMN9B		
法定代表人（签章）	姚珉芳		
主要负责人（签字）	吴磊		
直接负责的主管人员（签字）	区焯林		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	上海勘测设计研究院有限公司		
统一社会信用代码	91310109425010781E		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
余科平	2017035310350000003511310349	BH014422	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
俞士敏	审定	BH013252	
余科平	审核	BH014422	
张琴	第7、8章	BH011341	
叶丽君	第10、11、12章	BH013251	

张蒙生	第5、9章	BH013248	
骆蓓菁	第3、6、13章	BH018005	
季遥	第1、2、4、14章	BH017664	

目录

1	概述	1
1.1	项目背景	1
1.2	项目概况	2
1.3	环境影响评价工作过程	3
1.4	分析判定相关情况	4
1.5	关注的主要环境问题及环境影响	6
1.6	报告书主要结论	6
2	总论	7
2.1	编制依据	7
2.2	评价目的	11
2.3	评价标准	11
2.4	环评工作等级	23
2.5	评价范围	30
2.6	环境敏感保护目标	36
3	工程回顾评价	42
3.1	现有工程概况	42
3.2	现有工程环评过程	54
3.3	现有工程环保治理和达标分析	61
3.4	风险防范及环境管理情况	67
3.5	现有污染物产生及排放量	72
3.6	存在的主要环境问题及“以新带老”措施	72
3.7	工程海域环境影响回顾评价	73
4	工程概况	87
4.1	项目基本信息	87
4.2	平面布置和主要结构、尺度	90
4.3	施工方案	140
4.4	输气工艺	173
4.5	配套工程	187
4.6	项目时间进度	192
5	工程分析	195

5.1	施工期污染及非污染生态环境影响分析	195
5.2	运营期污染及非污染生态影响分析	209
5.3	环境影响要素识别和评价因子筛选	216
6	区域环境概况	221
6.1	区域自然环境概况	221
6.2	路由区海洋开发活动	244
6.3	路由海域环境敏感目标的现状与分布	258
7	环境质量现状调查与评价	277
7.1	大气环境现状调查与评价	277
7.2	声环境现状调查与评价	281
7.3	水文动力环境现状调查与评价	282
7.4	地形地貌与冲淤环境现状调查与评价	290
7.5	海水水质现状调查与评价	299
7.6	沉积物质量现状调查与评价	335
7.7	海洋生态现状调查与评价	340
7.8	生物质量现状调查与评价	372
7.9	渔业资源现状调查与评价	384
7.10	污损生物	399
7.11	陆生生态环境现状评价	400
7.12	土壤环境现状调查与评价	402
7.13	地下水环境环境状况	410
8	环境影响预测分析与评价	413
8.1	水文动力环境影响预测与评价	413
8.2	地形地貌与冲淤影响预测与评价	436
8.3	水质环境影响预测与评价	442
8.4	海洋沉积物环境响预测与评价	470
8.5	生态环境影响分析	470
8.6	大气环境影响预测与评价	486
8.7	声环境影响预测与评价	504
8.8	土壤环境影响分析	509
8.9	固体废物环境影响分析	510
8.10	对生态敏感区的影响	515

8.11	对陆生生态的影响	518
9	环境风险分析与评价	519
9.1	评价目的	519
9.2	环境风险调查	519
9.3	环境风险识别及事故情形分析	544
9.4	溢油环境风险事故影响预测分析	548
9.5	大气环境风险事故影响预测分析	567
9.6	环境风险防范及应急措施	573
10	清洁生产	594
10.1	清洁生产概述	594
10.2	本项目清洁生产评述	594
11	总量控制	597
11.1	总量控制概述	597
11.2	污染物总量控制因子识别	597
12	环境保护对策措施	598
12.1	降低悬浮沙影响的措施	598
12.2	水污染防治措施	598
12.3	固废污染治理措施	604
12.4	大气污染防治措施	606
12.5	噪声防治措施	609
12.6	管道防腐措施	610
12.7	生态影响防治措施	611
12.8	污染防治对策及监管措施	615
13	环境保护的技术经济合理性	619
13.1	环保投资估算	619
13.2	环境损益分析	620
13.3	社会效益分析	621
14	工程环境可行性分析	622
14.1	与海洋功能区划的符合性	622
14.2	与国土空间规划“三区三线”的符合性分析	635
14.3	与生态保护红线符合性分析	637

14.4	海洋主体功能区规划的符合性分析	639
14.5	与相关区域和行业规划符合性分析	641
14.6	《建设项目环境保护管理条例》“四性五不批”符合性分析	665
14.7	用海合理性分析	667
14.8	项目选址选线环境合理性分析	669
14.9	环境影响可接受性分析	674
15	环境管理与环境监测	675
15.1	环境管理	675
15.2	环境监测	676
15.3	环保验收清单	682
16	环境影响评价结论	688
16.1	工程分析结论	688
16.2	环境现状调查结论	690
16.3	环境影响评价与结论	695
16.4	清洁生产和总量控制结论	699
16.5	环保措施结论	699
16.6	公众参与结论	700
16.7	建设项目环境可行性结论	700

附件

附件 1 委托函

附件 2 国家能源局综合司《关于上海第二液化天然气站线项目有关情况的复函》
(国能综函油气[2019]184 号)

附件 3 关于推进 2021 年石油天然气基础设施重点工程有关事项的通知(发改办
能源[2021]232 号)

附件 4 国家能源局综合司关于加强 2022 年度储气能力建设有关工作的通知(国
能综通油气[2022]13 号)

附件 5 上海市人民政府 浙江省人民政府 关于加快推进上海 LNG 站线扩建项目
合作协议

附件 6 关于印发上海市天然气产供销体系建设方案的通知(沪发改能源[2018]67
号)

附件 7 交通运输部 浙江省人民政府 上海市人民政府关于宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划修订方案的批复（交规划函[2022]429 号）

附件 8 关于上海第二液化天然气站线项目输气管道工程海底路由审查意见的复函（自然资东海办函[2021]37 号文）

附件 9 舟山市自然资源和规划局关于上海 LNG 站线扩建项目用地预审与规划选址审查意见

附件 10 自然资源部办公厅关于上海 LNG 站线扩建项目用海预审意见的函（自然资办函[2022]1423 号）

附件 11 浙江省林业局关于上海 LNG 站线扩建项目涉及嵊泗列岛风景名胜区段的审批意见

附件 12 关于上海 LNG 站线扩建项目开挖土方处置的协议

附件 13 生态补偿承诺函

附图

附图 1 工程地理位置图

附图 2 工程平面布置图

附图 3 敏感目标分布图

附图 4 水深地形图

附图 5 宗海图

附录

附录 1 海水水质现状调查结果与统计

附录 2 沉积物质量现状调查结果与统计

附录 3 浮游植物名录

附录 4 浮游动物名录

附录 5 大型底栖生物名录

附录 6 潮间带大型底栖生物名录

附录 7 鱼卵、仔稚鱼名录

附录 8 游泳动物渔获物名录

附录 9 数模率定结果

1 概述

1.1 项目背景

2019 年 7 月国家能源局综合司发布《关于上海第二液化天然气站线项目有关情况的复函》（国能综函油气[2019]184 号），表明上海第二液化天然气站线项目对满足上海市清洁能源需求，保障未来天然气供应，特别是对上海市天然气储气能力建设和供气安全具有积极意义，积极支持建设。

2021 年 3 月国家发展改革委办公厅联合国家能源局综合司发布《关于加快推进 2021 年石油天然气基础设施重点工程相关事项的通知》（发改办能源[2021]232 号），要求有关省、自治区、直辖市深入贯彻中央领导同志重要指示批示精神，切实推进石油天然气产供储销体系建设，提升油气供应保障能力，文件将上海 LNG 站线扩建项目列为石油天然气基础设施重点工程。

2022 年 1 月国家能源局综合司发布《关于加强 2022 年度储气能力建设有关工作的通知》（国能综通油气[2022]13 号），要求有关省（自治区、直辖市）加快天然气产供储销体系建设工作部署，加快补齐储气能力短板，将上海 LNG 站线扩建项目列入重大项目清单。

根据《上海市能源发展“十四五”规划》及上海市天然气市场分析报告等预测和综合分析，随着上海城市和社会经济发展，能源消费量持续平稳增长，能源结构持续优化，2025 年上海天然气一次能源占比达到 17%。未来随着城市能级、产业发展水平、居民生活质量的不断提高，全社会对天然气将长期保持较为旺盛的消费需求。各领域天然气消费量保持增长趋势，预计 2025 年上海市天然气消费总量将达到 136.7 亿 m^3 左右，2030 年达到 167 亿 m^3 左右，2035 年达到 190.5 亿 m^3 左右。

一直以来上海始终保持着天然气供需的“紧平衡”。一方面，上海坚持国家宏观调控导向，不断落实蓝天保卫战、清洁控煤、气电煤平衡等专项政策下，加快天然气的利用与清洁替代工作，天然气利用得到长足发展；另一方面，作为一个资源缺乏、地处能源通道末端的特大型城市，长距离管道供应受制于气源段的保障能力、长距离管道的安全能力和管道沿线省市的消费需求等因素，海上气源则受制于气候、天气、海底管道等条件约束，上海天然气的气源保障压力将长期存

在。洋山 LNG 除了主力气源，还承担了调峰和应急气源的重要角色，目前供气量占上海市用气量的 50% 左右，高峰期达到三分之二以上，供应能力已近饱和。洋山 LNG 是上海天然气供应的主力气源和“生命线”工程。但其海底管道是联通洋山 LNG 接收站和上海城市天然气主干管网的唯一通道，一旦发生故障将对上海市能源供应和城市运行安全产生重大影响。从天然气供需总量平衡看，预计 2025 年缺口近 14 亿 m^3 ，2035 年缺口将达到近 69 亿 m^3 ，需要建设 LNG 项目来补足缺口。本项目的建设将有效提升上海市天然气储气能力，进一步完善上海天然气产供储销体系、提升城市能源安全保障，项目建设十分必要和紧迫。

2021 年 5 月，上海市人民政府与浙江省人民政府签订《关于加快推进上海 LNG 站线扩建项目的合作协议》共同推进项目建设。

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》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，建设单位委托上海勘测设计研究院有限公司（以下简称我院）承担本项目环境影响评价工作。

1.2 项目概况

本项目由码头工程、接收站工程、输气管道工程和取排水工程四部分组成。

（1）接收站工程建设规模 600 万吨/年，拟建 4 座 $22 \times 10^4 \text{m}^3$ 和 6 座 $25 \times 10^4 \text{m}^3$ 及以上 LNG 储罐、工艺装置及配套公用设施等，最大气化外输能力 $210 \times 10^4 \text{m}^3/\text{h}$ 。用地面积约 52.49hm^2 。接收站工程一次规划、分阶段实施。一阶段建设规模 300 万 t/年，拟建 4 座 $22 \times 10^4 \text{m}^3$ LNG 储罐、工艺装置及配套公用设施等，最大气化外输能力 $210 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{h}$ ，计划 2025 年建成。二阶段新增 4 座 25 万 m^3 及以上 LNG 储罐、工艺装置及配套公用设施等，计划 2027 年建成。三阶段建设规模增至 600 万 t/年，新增 2 座 25 万 m^3 LNG 储罐、工艺装置及配套公用设施等，计划 2030 年建成。

（2）扩建项目码头工程拟建 15 万吨 LNG 专用码头 1 座，码头长度 415m，主力船型 15~18 万 m^3 LNG 船，兼顾 0.5~26.6 万 m^3 LNG 船靠泊。新增用海总面积约 73.8hm^2 ，计划 2024 年建成。

（3）输气管道工程，拟建清管发送区（建于接收站内）、洋山港陆上管道和海底管道等，输气管道总长约 43.3km。其中，陆上管道长约 10.7km，海底管道

长约 32.6km。管径 1016mm，设计压力 9.2MPa，设计流量 $210 \times 10^4 \text{m}^3/\text{h}$ ，计划 2024 年建成。

（4）取排水工程，取水口位于 LNG 接收站东南侧，采用 4 个喇叭管取水头部结合自流取水管直接取水，每个喇叭管直径 DN3000，取水头部海底泥面标高约 -5m。取水管长度约为 290m。排水口位于 LNG 接收站西南侧，设置排水管 2 根，长 105m，每根设计流量为 $67200 \text{m}^3/\text{h}$ 。管径 DN3000。排水管海域底高程为 -3.06m，顶高程为 -0.06m，计划 2024 年建成。

上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）投资总额为 1542849 万元。

本次评价对象为上海 LNG 站线扩建项目的码头工程、接收站工程和输气管道工程（浙江段），接收站工程用地面积约 52.49hm^2 ，码头工程长度 415m，输气管道（浙江段）全长 43.3km。

1.3 环境影响评价工作过程

我院接受建设单位委托后，在项目所在地开展了现场踏勘、调研，向建设单位收集了项目所采用的工艺技术资料及污染防治措施技术参数等，对照国家和地方有关环境保护法律法规、标准、政策、规范及规划，核对了项目的废气、废水、固体废物等污染物的产生和排放情况，以及各项环保治理措施的可达性。委托谱尼测试集团上海有限公司于 2022 年 10 月~11 月在工程陆域开展了陆域环境监测，中国水产科学研究院东海水产研究所于 2021 年 4 月、11 月在工程海域开展了春秋两季海洋环境调查。建设单位按照《环境影响评价公众参与管理办法》要求于 2022 年 8 月 9 日在浙江政务服务网开展了第一次信息公开，9 月 13 日开展了征求意见稿公示，9 月 29 日开展了报批前公示。我院按照有关法律法规、环境影响评价技术导则和相关技术规范要求，开展了工程分析、环境质量现状评价、环境影响预测及数模模拟分析、环境风险评价、环境保护对策措施、环境管理和监测计划等报告书相关内容编制，于 2022 年 10 月完成《上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）环境影响报告书》。本环境影响评价技术路线见图 1.3-1。

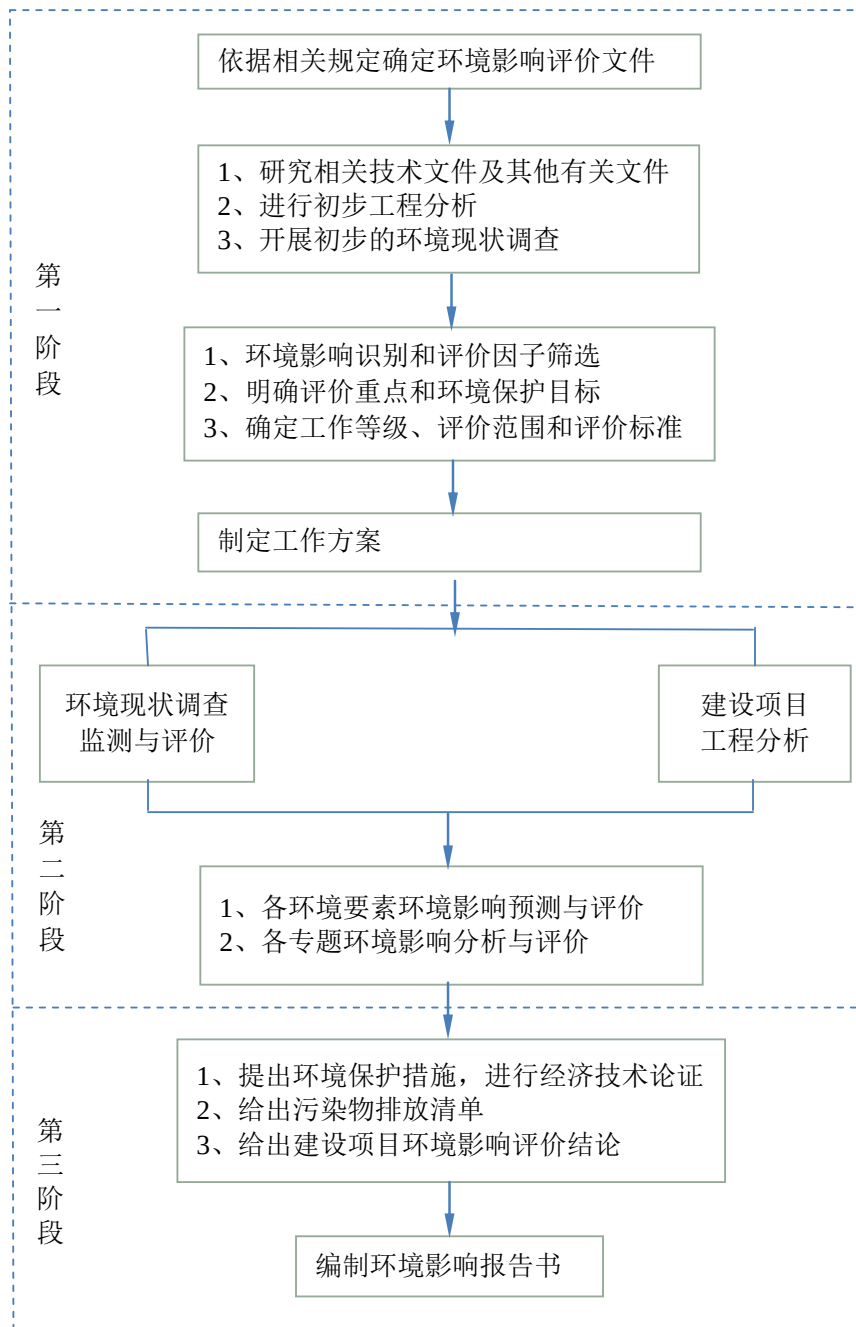


图 1.3-1 评价技术路线图

1.4 分析判定相关情况

习近平总书记提出的“四个革命，一个合作”能源发展基本国策及国家“十四五”规划纲要，均强调推动能源消费革命、供给革命、大力优化能源结构，加快清洁能源发展步伐，提升清洁能源消费比例。天然气作为高效、低碳、清洁、可靠能源，将承担“十四五”期间我国能源转型重要使命。加大天然气供应，提升天然气供应保障能力，对维护能源安全具有十分重要的战略意义。符合国家天然气

产业供给侧结构性改革的要求。

国务院印发的国发〔2013〕37 号《大气污染防治行动计划》，提出“加快调整能源结构，增加清洁能源供应”，要求京津冀、长三角、珠三角等区域力争实现煤炭消费总量负增长，加快清洁能源替代利用，加大天然气、煤制天然气、煤层气供应。利用 LNG 对优化能源结构，改善生态环境实现可持续发展具有重要意义，符合国家节能减排的政策要求。

本项目属于国家发改委发布的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》鼓励类中第七条“原油、天然气、液化天然气、成品油的储运和管道输送设施、网络和液化天然气加注设施建设”。国家《天然气利用政策（2012 版）》将城市燃气、城镇中具有应急和调峰功能的天然气储存设施、天然气热电联产项目列为优先类。本项目与国家产业、行业准入标准是相符的。

上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）接收站选址在浙江嵊泗县小洋山岛，输气管道连接小洋山与上海奉贤柘林塘，避让了石龙山生态红线，本项目工程不涉及《浙江省生态保护红线》，符合生态保护红线要求。工程建设期对工程海域海水水质、海洋生态环境造成短期不利影响，对海洋生物、渔业资源造成一定损失，但在采取生态修复补偿措施和环境保护措施后影响不大。本项目不属于环境准入负面清单中的禁止、限制类项目，与“三线一单”和“三区三线”的管理要求相符。本项目为国家鼓励类项目，不在环境准入负面清单中。

本项目输气管道路由的选址符合《全国海洋功能区划（2011-2020）》、《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》等相关海洋功能区划的管理要求，符合《浙江省海洋主体功能区规划》，避开了海洋敏感区，对现有的敏感区、敏感目标影响较小，其路由的选址是合理的。接收站工程站址符合国家能源规划和布局；有可靠的供水、供电、交通运输等系统工程依托条件，站址内无拆迁和移民；满足工程建设所需的场地面积；接收站工程和码头工程具有较好的工程地质和水文地质条件；避开地震断层、泥石流等地质灾害地区，对环境、生态平衡无影响；工程选址合理。

本项目符合《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》、《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》、《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》、《宁波一舟山港总体规划（2014-2030 年）》、《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案》及该调整方案规划环评要求。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

根据项目特点，本项目主要关注的环境问题有：

- （1）项目施工期对生态环境的影响；
- （2）项目运行期取水、冷排水对海洋环境的影响；
- （3）项目环境风险分析及防范措施。

1.6 报告书主要结论

项目符合国家和地方有关环境保护法律法规、政策及相关规划要求；生产过程中遵循清洁生产理念，所采用的各项污染防治措施技术可行、经济合理，能保证各类污染物长期稳定达标排放；预测结果表明项目所排放的污染物对周围环境和环境保护目标影响较小；通过采取有针对性的风险防范措施并落实应急预案，项目的环境风险可接受。建设单位开展的公众参与结果表明公众对项目建设表示理解和支持。综上所述，在落实本报告书中的各项环保措施以及各级生态环境主管部门管理要求的前提下，从环境影响角度分析，项目建设可行。

2 总论

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律法规及规范性文件

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订施行；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017 年 11 月 5 日修订后施行；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订施行；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018 年 1 月 1 日修订后施行；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日修订施行；
- (6) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022 年 6 月 5 日施行；
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 4 月 29 日修订；
- (8) 《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日修订；
- (9) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 7 月 1 日施行；
- (10) 《中华人民共和国节约能源法》，2018 年 10 月 26 日修订施行；
- (11) 《中华人民共和国循环经济促进法》，2018 年 10 月 26 日修订施行；
- (12) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 4 月 29 日修订；
- (13) 《中华人民共和国海岛保护法》，2010 年 3 月 1 日施行；
- (14) 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017 年 10 月 7 日修订；
- (15) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行；
- (16) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018 年 3 月 19 日修改；
- (17) 《防治船舶污染海域管理条例》，2018 年 3 月 19 日修改；
- (18) 《国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约》，国际海事组织，2004 年 2 月 13 日；
- (19) 《国际防止船舶造成污染公约（MARPOL 73/78）》，国际海事组织；
- (20) 《经 1978 年议定书修订的<1973 年国际防止船舶造成污染公约>》及 2016 年修正案，73/78 防污公约（MARPOL 73/78），国际海事组织；

- (21) 《1990 年国际油污防备、响应和合作公约》，国际海事组织，1990 年 11 月；
- (22) 《海洋工程环境影响评价管理规定》，国海规范〔2017〕7 号，2017 年 4 月；
- (23) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》生态环境部，2021 年 1 月 1 日；
- (24) 《环境影响评价公众参与办法》，生态环境部，2019 年 1 月 1 日实施。

2.1.2 地方法规及规范性文件

- (1) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》2021 年 2 月 10 日；
- (2) 《关于建设项目环境管理条例的实施意见》，浙江省环保局；
- (3) 《浙江省海洋环境保护条例》，2017 年 9 月修订；
- (4) 《浙江省海洋环境保护条例》，2017 年 9 月施行；
- (5) 《浙江省生态环境保护条例》，2022 年 8 月施行；
- (6) 《浙江省渔业管理条例》，2020 年 9 月 24 日；
- (7) 《浙江省大气污染防治条例》（2020 年修正文本），2020 年 12 月；
- (8) 《浙江省水污染防治条例》（2020 年修正文本），2020 年 12 月；
- (9) 《浙江省固体废物污染环境防治条例》（2017 修正），2020 年 10 月；
- (10) 关于印发《浙江省挥发性有机物污染整治方案》的通知，浙环发〔2013〕54 号；
- (11) 《关于切实加强建设项目环保“三同时”监督管理工作的通知》，浙环发〔2014〕26 号；
- (12) 《浙江省水生生物增殖放流工作规程》（试行），2016 年实施；
- (13) 《舟山市港口船舶污染物管理条例》，2021 年 4 月 30 日。

2.1.3 相关规划及环境功能区划

- (1) 《全国海洋功能区划（2011-2020）》，国家海洋局，2012 年 04 月 25 日；
- (2) 《全国海洋主体功能区规划》，国发〔2015〕42 号，2015 年 8 月 1 日；
- (3) 《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》，国家海洋局，2018

年 02 月 06 日；

(4) 《船舶与海上设施法定检验规则》(2011) 及 2014 年修改通报，中华人民共和国海事局，2014 年；

(5) 《中国海洋渔业水域图（第一批）》，农业部第 189 号公告，2002 年 2 月；

(6) 《关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发〔2018〕168 号），2018 年 11 月 30 日；

(7) 《浙江省海洋功能区划》(2011-2020 年)，国函[2012]163 号；

(8) 《浙江省海洋生态红线划定方案》，浙江省人民政府，2017 年 9 月；

(9) 《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》，2017 年；

(10) 《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》，2018 年；

(11) 《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》，浙发改规划〔2021〕210 号；

(12) 《浙江省“三线一单”生态环境分区管控方案》（浙政函[2020]41 号）；

(13) 《浙江省近岸海域环境功能区划（调整）》（浙环发[2001]242 号）；

(14) 《宁波-舟山港总体规划（2014-2030）》及规划环评；

(15) 《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》2016 年 3 月；

(16) 《舟山市海洋功能区划（2013-2020 年）》；

(17) 《舟山市“三线一单”生态环境分区管控方案》（舟政发[2020]24 号）；

(18) 《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划修订方案》，交通运输部 浙江省人民政府 上海市人民政府，2022 年 8 月；

(19) 《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案》，2022 年 6 月；

(20) 《嵊泗县环境空气质量功能区局部调整方案》，2022 年 7 月；

(21) 《浙江省地表水功能区水环境功能区划分方案》，2015 年；

(22) 《嵊泗县水功能区水环境功能区划分方案》，2019 年 6 月；

(23) 《舟山市嵊泗县声环境功能区划分方案》，2019 年 12 月。

2.1.4 技术导则和规范

(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》，HJ2.1-2016；

- (2) 《海洋工程环境影响评价技术导则》，GB/T19485-2014；
- (3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》，HJ2.2-2018；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》，HJ/T2.3-2018；
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》，HJ2.4-2021；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》，HJ19-2022；
- (7) 《建设项目环境风险评价技术导则》，HJ 169-2018；
- (8) 《水上溢油环境风险评估技术导则》，JT/T 1143-2017；
- (9) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC/T9110-2007；
- (10) 《海洋监测规范》GB17378.1~7-2007；
- (11) 《海洋调查规范》GB12763.1~8-2007；
- (12) 《海洋渔业资源调查规范》SC/T9403-2012；
- (13) 《近岸海域环境监测技术规范》HJ442.1-2020；
- (14) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (15) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（海洋出版社，1986）；
- (16) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）。

2.1.5 工程设计文件及相关资料

- (1) 《上海液化天然气工程接收站和输气管线项目竣工环境保护验收调查报告》，2011 年 5 月；
- (2) 《上海 LNG 海管复线工程项目可行性研究报告》，海洋石油工程股份有限公司，2022 年 9 月；
- (3) 《上海 LNG 站线扩建项目扩建项目接收站工程可行性研究分报告》，中海油石化工程有限公司，2022 年 9 月；
- (4) 《上海 LNG 站线扩建工程项目输气管道工程可行性研究报告》，中国石油天然气管道工程有限公司，2022 年 9 月；
- (5) 《陆域环境监测报告》，谱尼测试集团上海有限公司，2022 年 11 月；
- (6) 《上海 LNG 第二站线项目海洋环境影响评价补充调查专题报告（2021 年春季航次）》，中国水产科学研究院东海水产研究所，2021 年 12 月；
- (7) 《上海 LNG 第二站线项目海洋环境影响评价补充调查专题报告

（2021 年秋季航次）》，中国水产科学研究院东海水产研究所，2021 年 12 月；

（8） 《上海国际航运中心洋山深水港区小洋山北作业区四季海洋生态环境现状调查报告》，自然资源部第二海洋研究所，2021 年 5 月。

2.2 评价目的

在充分研究本项目工程方案的基础上，结合现场海洋环境调查，评价工程所在的区域周围环境现状质量水平；根据工程分析，预测与评价工程各阶段对周围环境的影响程度，以及对附近海域生态影响进行分析。从环境保护的角度，论证项目建设的可行性，并对该工程所产生的环境影响及局部生态破坏提出可行的减缓和补偿措施，为生态环境主管部门的管理提供科学依据。

2.3 评价标准

根据《全国海洋功能区划》、《浙江省海洋功能区划》和《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》，综合海域各项环境功能与环境质量目标，结合海域的开放性及其为满足海域主体港口航运、海洋捕捞及渔业保护区环境保护功能要求，确定本次评价范围内海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的标准，沉积物执行《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）标准，双壳贝类生物物质执行《海洋生物质量》（GB 18421-2001）；鱼类、甲壳类质量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的相关标准；铬、砷、石油烃按照《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的标准。

2.3.1 环境质量标准

（1）大气环境

根据《关于同意舟山市环境空气质量功能区划分方案的批复》（舟政发[1997]85号）和《嵊泗县环境空气质量功能区局部调整方案》（舟山市生态环境局嵊泗分局，2022年7月），项目位于环境空气二类区，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准，特征因子非甲烷总烃参照《大气污染物综合排放标准详解》中制定非甲烷总烃排放标准时选用的环境质量标准执行，TVOC参照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）附录D执行。

表 2.3-1 环境空气质量标准

序号	项目	平均时间	浓度限值	单位	标准来源
1	SO ₂	年平均	60	μg/m ³	GB3095-2012
		24 小时平均	150	μg/m ³	
		1小时平均	500	μg/m ³	
2	NO ₂	年平均	40	μg/m ³	
		24小时平均	80	μg/m ³	
		1小时平均	200	μg/m ³	
3	PM ₁₀	年平均	70	μg/m ³	
		1小时平均	150	μg/m ³	
4	PM _{2.5}	年平均	35	μg/m ³	
		1小时平均	75	μg/m ³	
5	O ₃	日最大8小时平均	160	mg/m ³	
		1小时平均	200	mg/m ³	
6	CO	24小时平均	4	μg/m ³	
		1小时平均	10	μg/m ³	
7	TSP	年平均	200	μg/m ³	
		24小时平均	300	μg/m ³	
8	非甲烷总烃	1小时平均	2.0	mg/m ³	大气污染物综合排放标准详解
9	TVOC	8 小时平均	0.6	mg/m ³	HJ2.2-2018
		1小时平均	1.2		

注：根据大气导则，挥发性有机物（TVOC）小时浓度标准限值取8小时平均值的2倍值。

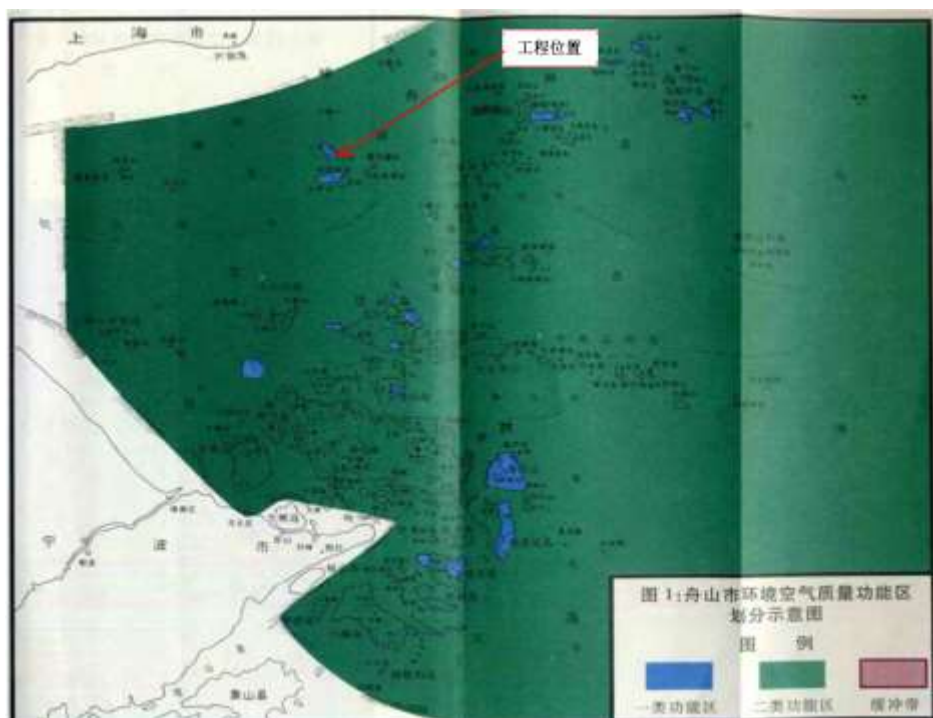


图 2.3-1 舟山市环境空气质量功能区划分示意图

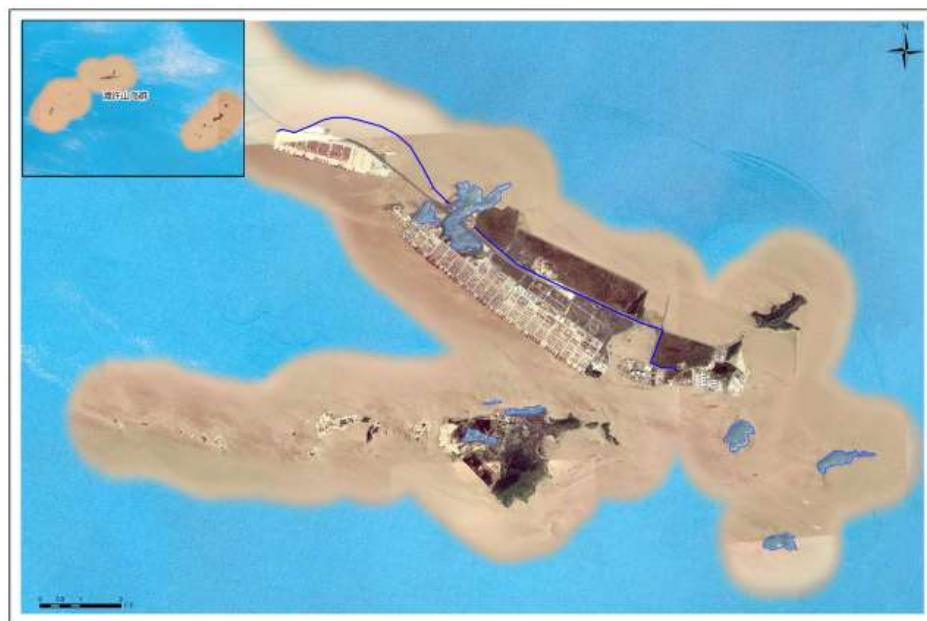


图 2.3-2 嵊泗县环境空气质量功能区划分示意图

(2) 声环境

根据《舟山市嵊泗县声环境功能区划分方案》（舟山市生态环境局嵊泗分局，2019年12月），陆上定向钻区域位于1类声环境功能区，执行1类声环境功能区标准，站场区域为3类声环境功能区，站场声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的3类区标准，交通干线两侧声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的4a类区标准。

表 2.3-2 声环境质量标准（dB（A））

颗珠山水道定向钻区域		站场		输气管道穿越、伴行公路两侧	
昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
55	45	65	55	70	55
1类		3类		4a类	

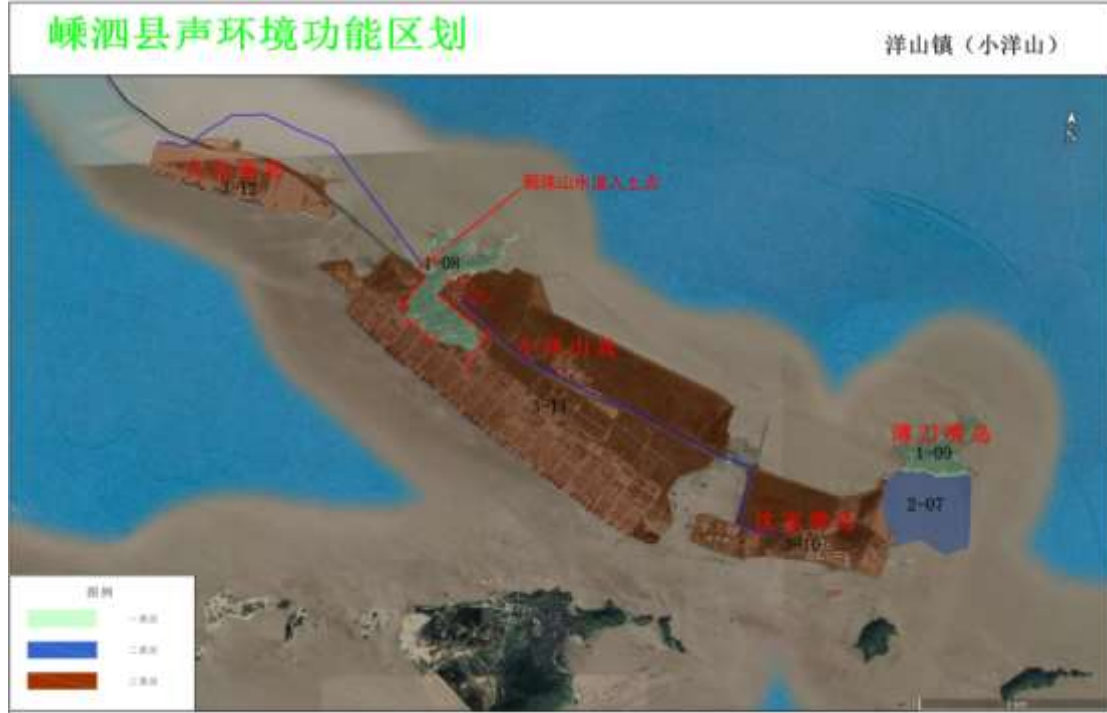


图 2.3-3 嵊泗县声环境功能区划分示意图

（3）土壤环境

站场设施永久占地评价标准采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中第二类用地土壤污染风险筛选值，土壤环境质量标准见表 2.3-3。

表 2.3-3 建设用地土壤环境质量标准

序号	指标	单位	筛选值（第二类）
1	砷	mg/kg	60
2	镉	mg/kg	65
3	铬（六价）	mg/kg	5.7
4	铜	mg/kg	18000
5	铅	mg/kg	800
6	汞	mg/kg	38
7	镍	mg/kg	900
8	四氯化碳	ug/kg	2.8
9	氯仿	ug/kg	900
10	氯甲烷	ug/kg	37000
11	1,1-二氯乙烷	ug/kg	9000
12	1,2-二氯乙烷	ug/kg	5000
13	1,1-二氯乙烯	ug/kg	66000

序号	指标	单位	筛选值（第二类）
14	顺-1,2-二氯乙烯	ug/kg	596000
15	反-1,2-二氯乙烯	ug/kg	54000
16	二氯甲烷	ug/kg	616000
17	1, 2-二氯丙烷	ug/kg	5000
18	1,1,1,2-四氯乙烷	ug/kg	10000
19	1,1,2,2-四氯乙烷	ug/kg	6800
20	四氯乙烯	ug/kg	53000
21	1,1,1-三氯乙烷	ug/kg	840000
22	1,1,2三氯乙烷	ug/kg	2800
23	三氯乙烯	ug/kg	2800
24	1,2,3-三氯丙烷	ug/kg	500
25	氯乙烯	ug/kg	430
26	苯	ug/kg	4000
27	氯苯	ug/kg	270000
28	1,2-二氯苯	ug/kg	560000
29	1,4二氯苯	ug/kg	20000
30	乙苯	ug/kg	28000
31	苯乙烯	ug/kg	1290000
32	甲苯	ug/kg	1200000
33	间二甲苯+对二甲苯	ug/kg	570000
34	邻二甲苯	ug/kg	640000
35	硝基苯	mg/kg	76
36	苯胺	mg/kg	260
37	2-氯酚	mg/kg	2256
38	苯并[a]蒽	mg/kg	15
39	苯并[a]芘	mg/kg	1.5
40	苯并[b]荧蒽	mg/kg	15
41	苯并[k]荧蒽	mg/kg	151
42	蒽	mg/kg	1293
43	二苯并[a, h]蒽	mg/kg	1.5
44	茚并[1,2,3-cd]芘	mg/kg	15
45	蔡	mg/kg	70
46	石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	mg/kg	4500

（4）地下水环境

目前工程区域地下水尚未划分功能区，地下水环境质量参照《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准，具体标准值见表 2.3-4。

表 2.3-4 地下水环境质量标准

序号	项目	III类标准值（mg/L）	备注
1	pH（无量纲）	6.5≤pH≤8.5	GB/T14848-2017 地下水质量标准
2	总硬度（以CaCO ₃ 计）	≤450	
3	溶解性总固体	≤1000	
4	硫酸盐	≤250	
5	氯化物	≤250	
6	铁	≤0.3	
7	锰	≤0.10	
8	挥发性酚类（以苯酚计）	≤0.002	
9	耗氧量（COD _{Mn} 法，以O ₂ 计）	≤3.0	
10	氨氮（以N计）	≤0.50	
11	硫化物	≤0.02	

12	亚硝酸盐（以N计）	≤ 1.00	
13	硝酸盐（以N计）	≤ 20.0	
14	氰化物	≤ 0.05	
15	汞	≤ 0.001	
16	砷	≤ 0.01	
17	镉	≤ 0.005	
18	铬（六价）	≤ 0.05	
19	铅	≤ 0.01	
20	氟化物	≤ 0.01	

（5）地表水环境

根据《浙江省地表水功能区水环境功能区划分方案》，2015 年和《嵊泗县水功能区水环境功能区划分方案》（舟山市生态环境局嵊泗分局，2019 年 6 月），工程区附近未进行地表水功能区、水环境功能区划分。



图 2.3-4 浙江省地表水环境功能区划



图 2.3-5 区划水域地理位置分布图

（6）海水水质环境

根据《浙江省海洋功能区划》（2011-2020）本项目码头位于洋山港口航运区（B2-1），根据《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》码头位于洋山四类区（ZSD04IV），海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）四类标准；根据《浙江省海洋功能区划》（2011-2020），海底输气管道主要位于嵊泗农渔业区（B1-5），海水水质执行二类标准，根据《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》输气管道主要位于舟山近岸一类区（ZSA01I），海水水质执行一类标准，根据就高原则，输气管道段监测点位执行一类标准，具体标准值见表2.3-5。

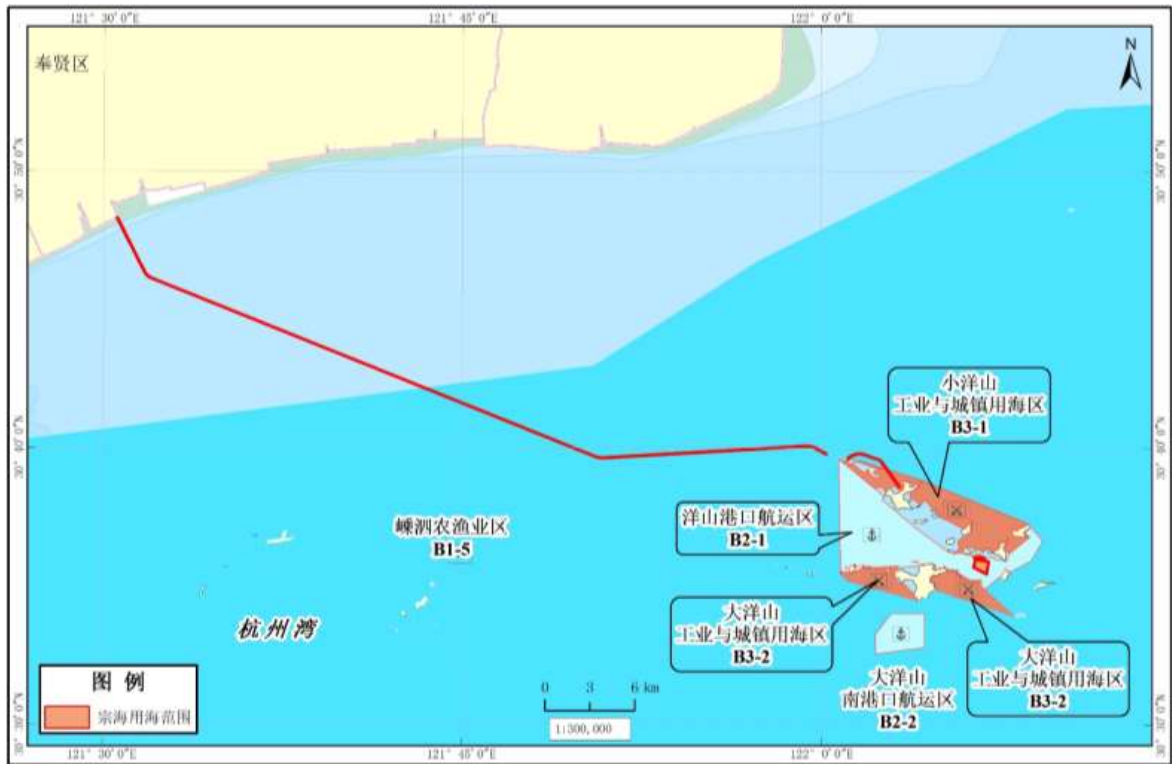


图 2.3-6 浙江省海洋功能区划图

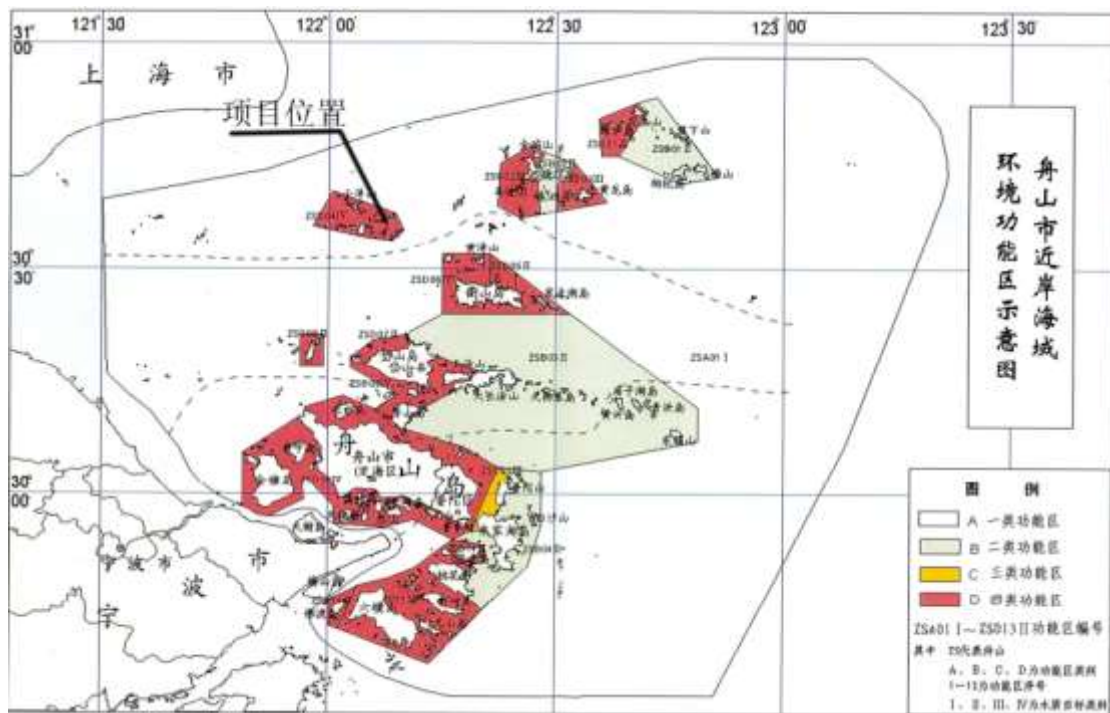


图 2.3-7 舟山市近岸海域环境功能区划图

表 2.3-5 海水水质标准

项目	一类	二类	三类	四类
悬浮物	人为增加的量 ≤ 10		人为增加的量 ≤ 100	人为增加的量 ≤ 150
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
DO	>6	>5	>4	>3
COD	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 5
无机氮	≤ 0.20	≤ 0.30	≤ 0.40	≤ 0.50
活性磷酸盐	≤ 0.015	≤ 0.030		≤ 0.045
石油类	≤ 0.05		≤ 0.30	≤ 0.50
挥发酚	≤ 0.005		≤ 0.010	≤ 0.050
硫化物（以 S 计）	≤ 0.02	≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 0.25
铜	≤ 0.005	≤ 0.010	≤ 0.050	
铅	≤ 0.001	≤ 0.005	≤ 0.010	≤ 0.050
锌	≤ 0.020	≤ 0.050	≤ 0.10	≤ 0.50
镉	≤ 0.001	≤ 0.005	≤ 0.010	
汞	≤ 0.00005	≤ 0.0002		≤ 0.0005
砷	≤ 0.020	≤ 0.030	≤ 0.050	
总铬	≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 0.20	≤ 0.50

注：除水色和pH外，其余项目的单位为mg/L。

（7）海洋沉积物环境

根据《浙江省海洋功能区划》（2011-2020）本项目码头位于洋山港口航运区，沉积物质量执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）三类标准，海底输气管道位于嵊泗农渔业区，沉积物质量执行一类标准，具体标准值详见表2.3-6。

表 2.3-6 海洋沉积物质量标准

项目	一类	二类	三类
有机碳（ $\times 10^{-2}$ ）	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 4.0
石油类（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 500.0	≤ 1000.0	≤ 1500.0
硫化物（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 300.0	≤ 500.0	≤ 600.0
铜（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 35.0	≤ 100.0	≤ 200.0
铅（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 60.0	≤ 130.0	≤ 250.0
锌（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 150.0	≤ 350.0	≤ 600.0
镉（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 0.50	≤ 1.50	≤ 5.00
汞（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 0.20	≤ 0.50	≤ 1.00
砷（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 20.0	≤ 65.0	≤ 93.0
总铬（ $\times 10^{-6}$ ）	≤ 80.0	≤ 150.0	≤ 270.0

（8）生物质量

双壳贝类生物物质执行《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中的第一类标准值；鱼类、甲壳类质量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的相关标准；铬、砷、石油烃按照《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二

分册)中规定的标准进行评价。具体评价标准见表2.3-7和表2.3-8。

表 2.3-7 双壳贝类生物质量标准（鲜重）单位：mg/kg

项目	第一类	第二类	第三类
铜≤	10	25	50(牡蛎100)
铅≤	0.1	2.0	6.0
锌≤	20	50	100(牡蛎500)
镉≤	0.2	2.0	5.0
铬≤	0.5	2.0	6.0
总汞≤	0.05	0.10	0.30
砷≤	1.0	5.0	8.0
石油烃	15	50	80
注：以贝类去壳部分的鲜重计。			

表 2.3-8 鱼类、甲壳类生物质量标准值(单位：mg/kg)

类别	铜	锌	镉	铅	总汞	石油烃
鱼类	20	40	0.6	2	0.3	20
甲壳类	100	150	2	2	0.2	20

2.3.2 污染物排放标准

(1) 污废水

施工期生活污水经生活污水设施处理后回用，运行期人员生活污水经一体化生活污水处理装置处理后回用于站场绿化，不外排，设置一处化粪池，定期清掏外运处置。施工期生产废水经隔油沉淀处理后全部回用于车辆冲洗、城市绿化和建筑施工等，回用标准执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应标准。运行期生产废水经油污水处理系统处理后回用，回用标准执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应标准。运行期接收站冷排水参照《海水冷却水排放要求》(GB / T39361-2020)，控制冷排水温降 $<5^{\circ}\text{C}$ 。

具体排放标准见表 2.3-9。

表 2.3-9 《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)

序号	项目	冲厕、车辆冲洗	城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工
1	pH	6.0~9.0	
2	色（度）	≤ 15	30
3	浊度 (NTU)	≤ 5	10
4	溶解性总固体 (mg/L)	≤ 1000	1000
5	五日生化需氧量 (BOD ₅) (mg/L)	≤ 10	10
6	氨氮 (mg/L)	≤ 5	8
7	阴离子表面活性剂 (mg/L)	≤ 0.5	0.5
8	溶解氧 (mg/L)	≥ 2	2
9	总氯 (mg/L)	出厂≥1.0, 管网末端≥0.2	
10	大肠埃希氏菌 (MPN/100mL)	≤	无

冷排水温差：参照一期工程环评审批标准为≤5℃。

(2) 大气环境

施工期扬尘执行：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中无组织排放监控浓度限制 (1.0mg/m³)。施工机械排气烟度执行《非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法》(GB36886-2018)表 1 标准，本项目海域属于《关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》(交海发〔2018〕168 号)中的长江口杭州湾沿海控制区，施工期船舶应使用硫含量≤0.5%_{m/m} 的低硫燃油。

运行期站场氮氧化物和二氧化硫参照《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)的标准执行。厂区内无组织排放监控点浓度执行《挥发性有机物无组织排放控制标准》(GB 37822-2019)规定的限值。SCV 燃烧废气执行《石油化学工业污染物排放标准》(见表 2.3-12)，食堂油烟参照《饮食业油烟排放标准（试行）》(GB18483-2001)中餐饮油烟 2.0mg/m³ 的排放限值执行。

表 2.3-10 新污染源大气污染物排放标准

污染物	最高允许排放浓度(mg/m ³)	排气筒高度(m)	最高允许排放速率(kg/h)	无组织排放监控浓度限值	
氮氧化物	240	SCV: 32	4.4	无组织排放上风向设参照点，下风向设监控点	0.12
二氧化硫	550	SCV: 32	15		0.40

表 2.3-11 挥发性有机物无组织排放标准

污染物	特别排放限值	限值含义	无组织排放监控位置
非甲烷总烃	6	监控点处 1 小时平均浓度值	在厂房外设置监控点
	20	监控点处任意一次浓度值	

表 2.3-12 大气污染物排放标准（《石油化学工业污染物排放标准》）

污染物项目	工艺加热炉（mg/m ³ ）
颗粒物	20
二氧化硫	100
氮氧化物	150

(3) 声环境

施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），见表 2.3-13。运行期参照执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准，见表 2.3-14。

表 2.3-13 建筑施工场界噪声限值（Leq）单位：dB（A）

噪声排放限值	昼间	70
	夜间	55

表 2.3-14 工业企业厂界噪声限值（Leq）单位：dB（A）

类别	昼间	夜间
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

(4) 船舶污废水和固体废弃物

输气管道铺设过程产生的各种船舶污染物的处理及排放需满足《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、《船舶与海上设施法定检验规则》（2011）及 2014 年修改通报及相关管理要求，同时考虑本项目的工程及所处环境特点，确定本项目执行的污染物排放标准见表 2.3-15。

表 2.3-15 本项目执行的船舶污染物排放标准

项目	适用海域	标准要求	标准来源
船舶污水	沿海	船舶正在航行途中，且未经稀释排放浓度不大于 15 mg/L	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、《关于 1973 年国际防止船舶造成污染公约》
	距陆地 3 海里以内	（1）在 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶： 五日生化需氧量（mg/L）：不大于 50； 悬浮物（mg/L）：不大于 150； 大肠菌群（mg/L）：不大于 2500 个/L。 （2）在 2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）	

项目		适用海域	标准要求	标准来源
			生活污水处理装置的船舶： 五日生化需氧量（mg/L）：不大于 25； 悬浮物（mg/L）：不大于 35； 大肠菌群（个/L）：不大于 1000； 化学需氧量（COD _{Cr} ）（mg/L）：125； pH 值：6~8.5； 总氯（总余氯）（mg/L）：<0.5。	的 1978 年议定书
		距最近陆地 3-12 海里海域	使用设备打碎固形物和消毒后排放；船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
		距最近陆地 12 海里以外海域	排放速率：船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	
船舶垃圾	塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物	任何海域	禁止投入水域	
	食品废弃物	距陆地 3 海里以内	禁止排放	
		距陆地 3-12 海里	经过粉碎处理后，颗粒直径小于 25mm 时，可允许在距最近陆地 3 海里之外投弃入海。	
		12 海里以外	可以排放	

（5）固体废物

一般固体废物处理处置执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2020）。危险固体废物处理处置执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及其修改单（环境保护部公告 2013 年第 36 号）。

2.4 环评工作等级

2.4.1 海洋环境

本项目涉海工程内容为 LNG 码头、海水取排水口、海堤加固、海底输气管道，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）中表 1 对各单项环境影响评价内容要求，本项目必选环境评价内容为水质环境、沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋地形地貌与冲淤环境、海洋水文动力环境、环境风险；可选环境影响评价内容为大气、噪声、固废等其他评价内容，见表 2.4-1。

表 2.4-1 海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容

建设项目类型	海洋环境影响评价内容						
	海水水质环境	海洋沉积物环境	海洋生态和生物资源环境	海洋地形地貌与冲淤环境	海洋水文动力环境	环境风险	其它评价内容
天然气储运和输送等工程	★	★	★	☆ ^d	★	★	☆
海水降温工程	★	★	★	☆	★	★	☆
天然气管道输送工程	★	★	★	☆	☆	★	☆
海上堤坝工程	★	★	★	★	★	★	☆

注：★为必选环境影响评价内容，☆为依据建设项目具体情况可选环境影响评价内容

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），本项目属原油、成品油、天然气（含 LNG、LPG）、化学及其他危险品和其他物质的仓储工程，储运、输送工程等工程。建设内容包含码头工程（拟新建 LNG 接收站专用 150000GT 装卸泊位 1 个）、输气管道工程（铺设海底输气管道 32.6km）、接收站工程（分批建设 10 座 20 万立方米及以上的 LNG 储罐及相应配套设施，吞吐量为 600 万吨/年），海水取排水量最大 161.28 万 m³/d，海堤加固（1030m），另，工程码头前沿水域为航道区，水深条件较好，无需维护性疏浚。工程涉及农渔业区等环境敏感海域，因此本评价水文动力环境、海洋水质环境、沉积物环境和生态环境综合评价等级均为 1 级，见表 2.4-2。

表 2.4-2 海洋环境评价工作等级

工程类型	本工程规模	导则定级规模	海域特征和生态环境类型	评价等级			
				水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
天然气仓储、输送工程	600 万吨/年	所以规模	生态环境敏感区	1	1	1	1
海底天然气输送管道	32.6km	管道长度大于 10km	生态环境敏感区	1	1	1	1
海水综合利用	冷排水最大 161.28 万 m ³ /d	海水用量大于 100×10 ⁴ m ³ /d	生态环境敏感区	1	1	1	1
海堤加固	1030m	长度 2km~1km	生态环境敏感区	1	2	2	1
综合评价等级				1	1	1	1

接收站所在地陆域已经形成，用海手续完备，仅需进行基础加固，海堤利用现有海堤轴线后退方案加固，不涉及围海、填海、防波堤、导流堤等工程，码头采用桩基础结构，取排水管布置于海底，不改变海岸线、海床自然性状，产生的冲刷和淤积影响轻微；根据《海洋工程环境影响评价技术导则》

（GB/T19485-2014）表 3 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据（表 2.4-3）海洋地形地貌与冲淤环境评价等级为 2 级。

表 2.4-3 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级

评价等级	工程类型和工程内容
2	面积 $50 \times 10^4 \text{m}^2 \sim 30 \times 10^4 \text{m}^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度 $2 \text{km} \sim 1 \text{km}$ ）等工程；其他类型海洋工程中较严重改变岸线、滩涂、海床自然性状和产生冲刷、淤积的工程项目

此外，参照《水运工程建设项目环境影响评价指南 JTS_T105-2021》表 2.2.2-1（表 2.4-4），判定水文动力环境评价等级为一级，海域生态影响、冲淤环境、水质和沉积物评价等级为二级。

表 2.4-4 海港建设项目评价等级划分表

港口性质	工程特性	影响区域	生态影响评价等级	水环境影响评价等级		
				水文动力环境	冲淤环境	水质和沉积物环境
油气化工码头工程	现有港区	重要生境	二	一	二	二
		一般区域	二	二	三	三

综上，综合判定水文动力环境评价、水质环境评价、沉积物环境评价、生态和生物资源环境评价评价等级均为 1 级，地形地貌与冲淤环境评价等级为二级。

2.4.2 环境空气

根据《环境影响评价技术导则-大气环境》（HJ2.2-2018）中 5.3 评价等级判别方法，利用本项目工程分析中的污染源，以及《环境影响评价技术导则-大气环境》中附录 A 推荐的估算模式（AERSCREEN）计算无组织排放非甲烷总烃最大地面浓度占标率（ $P_{\max}$ ） $<10\%$ ，根据《环境影响评价技术导则-大气环境》中表 2 评价等级判别表，确定本次评价工作等级为二级。

2.4.3 声环境

本项目建成后区域噪声增量不大。根据现场调查，接收站所在区域声环境质量较好，周边 200m 范围内无居民，受影响人口数量变化不大。根据《舟山市嵊泗县声环境功能区划分方案》，输气管穿越一类区（1-08），根据《环境影响评价技术导则-声环境》（HJ2.4-2021），确定本项目声环境评价工作等级为二级。

表 2.4-5 声环境评价等级判定依据

评价等级	判定依据		
	声环境功能区划	评价范围内敏感目标噪声级增量	受影响人口数量
一级	0 类区或对噪声有特别限制要求的保护区	>5dB (A)	显著增加
二级	1 类、2 类区	≥3dB (A)、≤5dB (A)	增加较多
三级	3 类、4 类区	<3 dB (A)	变化不大

2.4.4 土壤环境

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境》（试行）（HJ964-2018），本项目码头及接收站工程属于“交通运输仓储邮政业”中涉及危险品储罐区的码头及仓储为“II类项目”，项目用地面积为 52.49hm²，占地规模为大型（≥50hm²），项目所在地土壤敏感程度属于不敏感，根据导则表 4（表 2.4-6）污染影响型评价工作等级划分表，评价等级为二级。

外输管道（陆上部分）属于其他为“IV类项目”，IV类项目可不开展土壤环境影响评价。

表 2.4-6 土壤环境评价等级判定依据

项目类型 评价工作等级 敏感程度	I类			II类			III类		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小
敏感	一级	一级	一级	二级	二级	二级	三级	三级	三级
较敏感	一级	一级	二级	二级	二级	三级	三级	三级	-
不敏感	一级	二级	二级	二级	三级	三级	三级	-	-

注：“-”表示可不开展土壤环境影响评价工作。

综上，本工程土壤环境评价等级为二级。

2.4.5 生态环境

本项目为线性工程，陆上管道线路总长 10.7km，总占地面积 0.92km²。管道穿越小洋山东港路、能源路等工业用地。管道路由穿越小洋山北侧的嵊泗列岛风景名胜区分区洋山现代海港景区（石龙景区），未穿越其他国家公园、自然公园、自然保护区、世界自然遗迹、重要生境和生态保护红线等生态敏感区。施工工艺采用定向钻地下穿越方式，入土点、出土点均位于景区保护区界限外，在生态敏感区范围内无永久、临时占地，不占用景区，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）评价等级判定原则，本项目的生态影响评价工作等级为三级。

2.4.6 地下水环境

根据工程建设方案，工程建设内容主要包含海底输气管、陆上输气管和接收站和取排水工程四部分。

地下水环境影响评价项目类别为Ⅲ类，不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区，输气管道工程地下水环境评价等级为三级。

接收站（含取排水工程）行业类别属于 141、城市天然气供应工程，不涉及地下气库，地下水环境影响评价项目类别为Ⅳ类。根据《环境影响评价技术导则地下水》（HJ610-2016）4.1 一般性原则，Ⅳ类建设项目不开展地下水环境影响评价。

码头工程行业类别属于“S 水运”中“129、油气、液体化工码头”，项目类别属于Ⅱ类项目，项目区域地下水不涉及饮用水水源、特殊地下水资源，地下水环境敏感程度属于“不敏感”，因此码头工程地下水评价等级为三级。

综上，本项目按就高原则，地下水环境评价等级定为三级。

2.4.7 环境风险

（1）大气环境风险

1）危险物质及工艺系统危险性（P）分级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2018），危险物质及工艺系统危害性（P）应根据危险物质数量与临界量的比值（Q）和行业及生产工艺（M）确定。

① Q 值的确定

根据导则，项目生产、使用、储存过程中涉及的有毒有害、易燃易爆物质参见附录 B 确定危险物质的临界量。并根据附录 C “危险物质及工艺系统危险性（P）的分级”计算所涉及的每种危险物质在厂界内的最大存在总量与其在附录 B 中对应临界量的比值 Q。在不同厂区的同一种物质，按其在厂界内的最大存在总量计算。当只涉及一种危险物质时，计算该物质的总量与其临界量比值，即为 Q；当存在多种危险物质时，则下面公式计算物质总量与其临界量比值（Q）：

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \dots + \frac{q_n}{Q_n}$$

式中： $q_1, q_2, q_3 \dots, q_n$ ——每种危险物质的最大存在总量，t；

$Q_1, Q_2, Q_3 \dots$, ----每种危险物质的临界量, t。

当 $Q < 1$ 时, 该项目环境风险潜势为 I。

当 $Q \geq 1$ 时, 将 Q 值划分为: (1) $1 \leq Q < 10$; (2) $10 \leq Q < 100$; (3) $Q \geq 100$ 。

本项目接收站拟建 4 座 22 万 m^3 和 6 座不小于 25 万 m^3 的 LNG 储罐, 暂时按 25 万 m^3 的 LNG 储罐考虑。本项目实施后危险物质的贮存量与临界量比见表 2.4-7。由表可知, 本项目 Q 值 ≥ 100 。

表 2.4-7 本项目危险物质与临界量比值 (Q)

单元名称		规格	数量	危险化学品 品	最大储 存量/t	临界 量/t	危险物 质值 Q
输气 管道	管道	D=1016mm P=9.2MPa L=66.6km		NG	3753	10	375.3
Q 值Σ							375.3
储 罐	一阶段	22×10 ⁴ m ³	4	LNG	401896	10	40189.6
	二阶段	≥25×10 ⁴ m ³	4	LNG	456700	10	45670
	三阶段	≥25×10 ⁴ m ³	2	LNG	228350	10	22835
	储罐总计	-			1086946		108694.6
生 产 单 元	BOG 压缩机	13t/h	4	LNG	/	10	/
	再冷凝器	52t/h	1	LNG	/	10	/
	IFV 气化器	210t/h	8	LNG	/	10	/
	浸没燃烧式 气化器(SCV)	210t/h	2	LNG	/	10	/
	丙烷罐	65 m ³	1	液态丙烷	27.56	10	2.756
	柴油罐	100 m ³	1	柴油	84	2500	0.00336
Q 值Σ							109072.7
注： ①LNG 的密度取 456.7kg/m ³ ， NG 的密度取 71.8 kg/m ³ （9.2MPa）。②LNG 储罐充 装系数取 0.95。 ③丙烷密度取 424kg/m ³ 。④柴油密度取 840kg/m ³ 。⑤天然气主要成分为 甲烷，天然气临界量参考甲烷临界量。							

② M 值的确定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018) 附录 C, 本项目行业为石油天然气及其他, 且长输管道运输项目应按站场、管线分段进行评价, 因此不需对项目 M 值进行加和。本项目分为 1 段管道、涉及 1 座站场, 则 $M=20$ 为 M_2 。

表 2.4-8 建设项目 M 值确定表

序号	行业	评估依据	M 分值
管道	1	石油天然气油气管线	10
站场	1	石油天然气气库	10
	2	管道、港口/码头等涉及危险物质管道输送项目、港口/码头等	10

③ P 的确定

本项目 $Q \geq 100$, M 为 M2, 则拟建项目危险物质及工艺系统危险性均 P1。

2) 环境敏感程度 (E) 分级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018) 附录 D 对拟建项目环境敏感程度进行分级。根据管道沿线及接收站周围人口分布情况, 周边 5km 范围内涉及有居民岛大洋镇, 总人口约 1.3 万人, 小于 5 万人, 大气环境敏感程度分级属于 E2 (环境中度敏感区)。

3) 本项目环境风险潜势

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018) 中建设项目环境风险潜势划分原则, 本项目大气环境风险潜势划分为 IV。

4) 风险评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018) 中关于风险评价等级的划分方法, 见表 2.4-9。

表 2.4-9 环境风险评价工作等级划分原则

环境风险潜势	IV、IV ⁺⁺	III	II	I
评价等级	一	二	三	简单分析

本项目输送介质为天然气, 次生污染物主要为 CO, 均为气态污染物, 进入大气环境, 通过大气扩散对项目周围大气环境造成危害, 不涉及地表水和地下水环境风险。根据判定, 大气环境风险污染物环境风险潜势为 IV, 则本项目大气环境风险评价等级定为一。

(2) 地表水环境风险

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018), 本项目施工期和运行期船舶最大燃料油存在总量与其在附录 B 中对应临界量的比值 Q 小于 1, 根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018) 附录 C, $Q < 1$ 时, 项目环境风险潜势为 I, 根据导则表 1 评价等级为简单分析, 仅需要对危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性说明。

表 2.4-10 本项目 Q 值确定表

风险单元	风险物质名称	油类物质 (矿物油、柴油)		
		最大存在量 (qn)	临界量 (Qn)	最大临界量比值 (qn/Qn)
铺管船	轻质燃料油	120t	2500t	0.048
运行期 LNG 运输船	轻质燃料油	800t	2500t	0.032

但由于本项目海域涉及大戢洋产卵场保护区、嵊泗农渔业区等海洋生态环境敏感区，根据表 D.3，海洋环境功能敏感性分区为敏感 F2；根据表 D.2，本项目地表水敏感程度分级为 E1，为环境高度敏感区，危害程度按 P4 考虑，海域环境风险潜势为Ⅲ，海域风险评价等级为二级。

（3）地下水环境敏感性为不敏感 G3，包气带防污性能为 D1，地下水环境敏感程度为 E3，风险潜势为Ⅲ，风险评价等级为二级。但考虑到接收站储罐、工艺生产区均设置集液池、防渗硬化等处理，LNG 泄露极易气化，地下水风险简化评价。

表 2.4-11 环境风险评价工作等级划分原则

环境风险潜势	VI、VI ⁺	Ⅲ	Ⅱ	I
评价等级	大气一	水环境、地下水二	三	简单分析

2.5 评价范围

2.5.1 海域

（1）海洋水文动力和冲淤环境影响评价范围

本项目水文动力环境评价等级为 1 级，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19486-2014），本项目水文动力环境评价范围为一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。评价范围确定为工程西侧（海上管线）15km 范围，东侧（接收站）22km 范围。

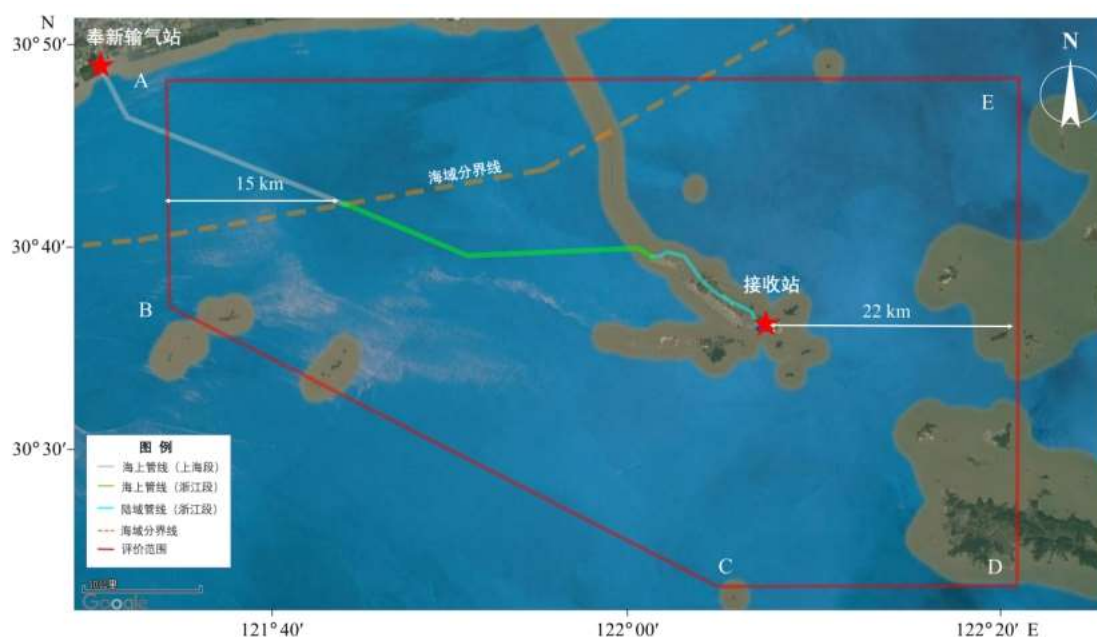


图 2.5-1 海洋水文动力和冲淤环境影响评价范围

(2) 海水水质、沉积物、海洋生态环境

海水水质、沉积物、海洋生态环境评价范围同水文动力评价范围。

表 2.5-1 各单项环境要素评价范围

序号	环境要素	评价范围	备注
1	水文动力环境	工程西侧（海上管线）15km 范围， 东侧（接收站）22km 范围。	潮流主流向一个潮周期内水质点可能达到的最大距离西侧为 15km，东侧为 22km
2	地形地貌与冲淤环境		
3	海水水质环境		
4	沉积物环境		
5	生态环境		

表 2.5-2 海域生态环境评价范围坐标信息

编号	经度	纬度
A	121°34'12.88"	30°47'46.54"
B	121°34'21.84"	30°37'5.76"
C	122°4'31.90"	30°23'47.11"
D	122°21'0.37"	30°23'49.78"
E	122°21'7.47"	30°47'51.32"

2.5.2 环境空气

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），二级评价项目大气环境影响评价范围边长取 5km，因此，评价范围分别以接收站为中心，边长为 5km 的正方形区域。



图 2.5-2 大气评价范围示意图

2.5.3 声环境

根据声环境导则，本项目声环境评价等级为三级，声环境评价范围为厂界外 200m。



图 2.5-3 声环境评价范围图

2.5.4 陆域生态

陆生生态评价范围确定为管道中心线两侧各 300m、站场周围 500m 范围，并调查距离管道两侧 1km 范围内的生态敏感点。



图 2.5-4 陆域生态评价范围图

2.5.5 地下水

工程场址为填海成陆后的区域，东侧为洋山申港国际石油储运项目，西侧为上海液化天然气项目一期工程。因此，评价范围确定为工程所在围垦区。

2.5.6 土壤

根据声环境导则，本项目土壤环境评价等级为二级，土壤环境评价范围为厂界外 200m。



图 2.5-5 土壤环境评价范围图

2.5.7 环境风险

海域管道风险评价范围确定为管道路由、接收站码头海域周围 75km 范围内海域。

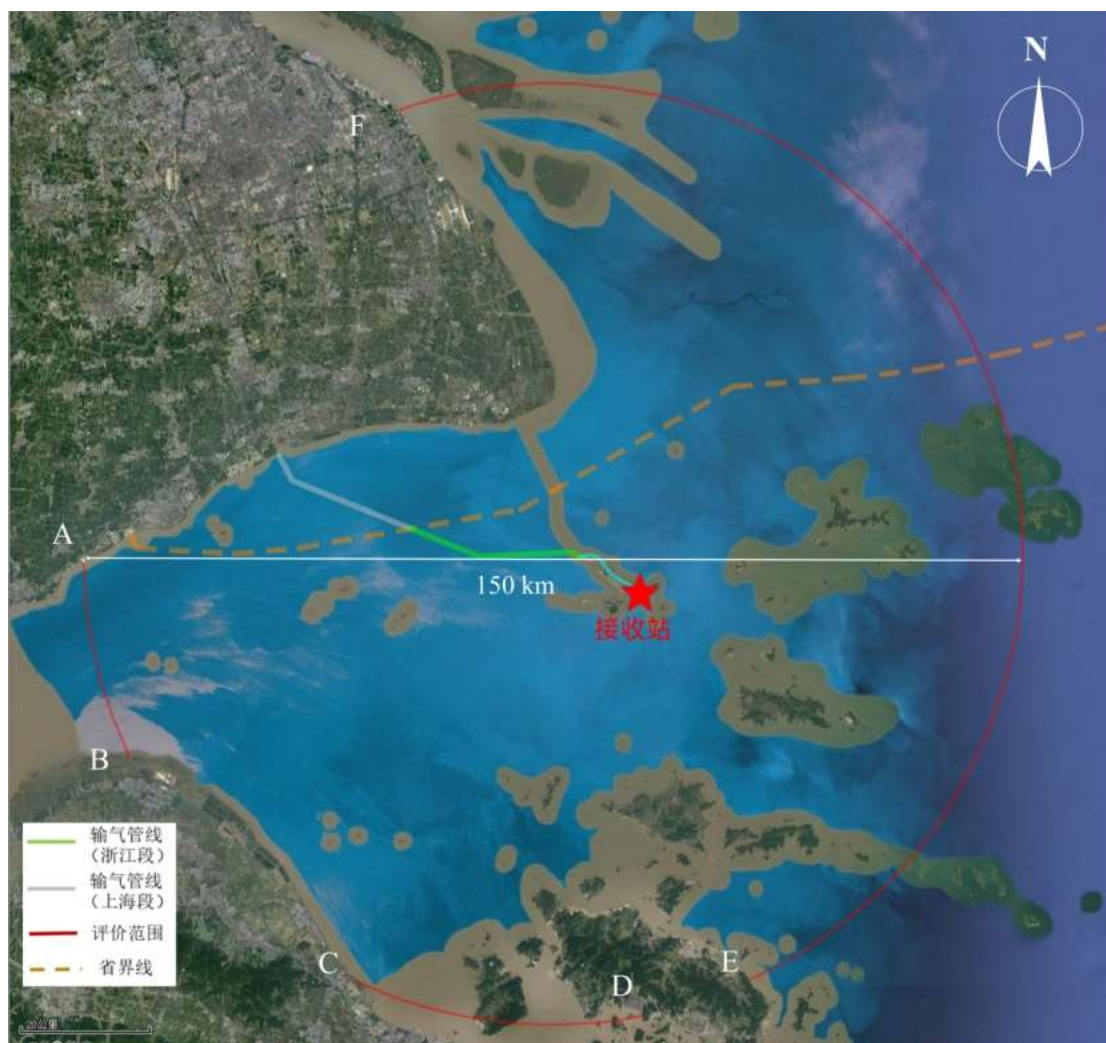


图 2.5-6 海域管线风险评价范围

表 2.5-3 海域管线风险评价范围坐标信息

编号	经度	纬度
A	121°11'19.72"	30°38'52.64"
B	121°15'49.16"	30°22'15.95"
C	121°38'28.72"	30°2'51.72"
D	122°7'6.71"	29°59'47.65"
E	122°18'6.71"	30°2'58.14"
F	121°42'41.48"	31°17'43.52"

陆域管道风险评价范围为沿线两侧各 200m 的带状区域；接收站风险评价范围为站场边界外 5km 区域。



图 2.5-7 接收站大气环境风险评价范围



图 2.5-8 陆上管道大气环境风险评价范围

2.6 环境敏感保护目标

2.6.1 海洋环境敏感目标

根据海洋功能区划及现场查勘，本项目评价范围内涉及的海洋环境敏感目标见表 2.6-1 和图 2.6-1。

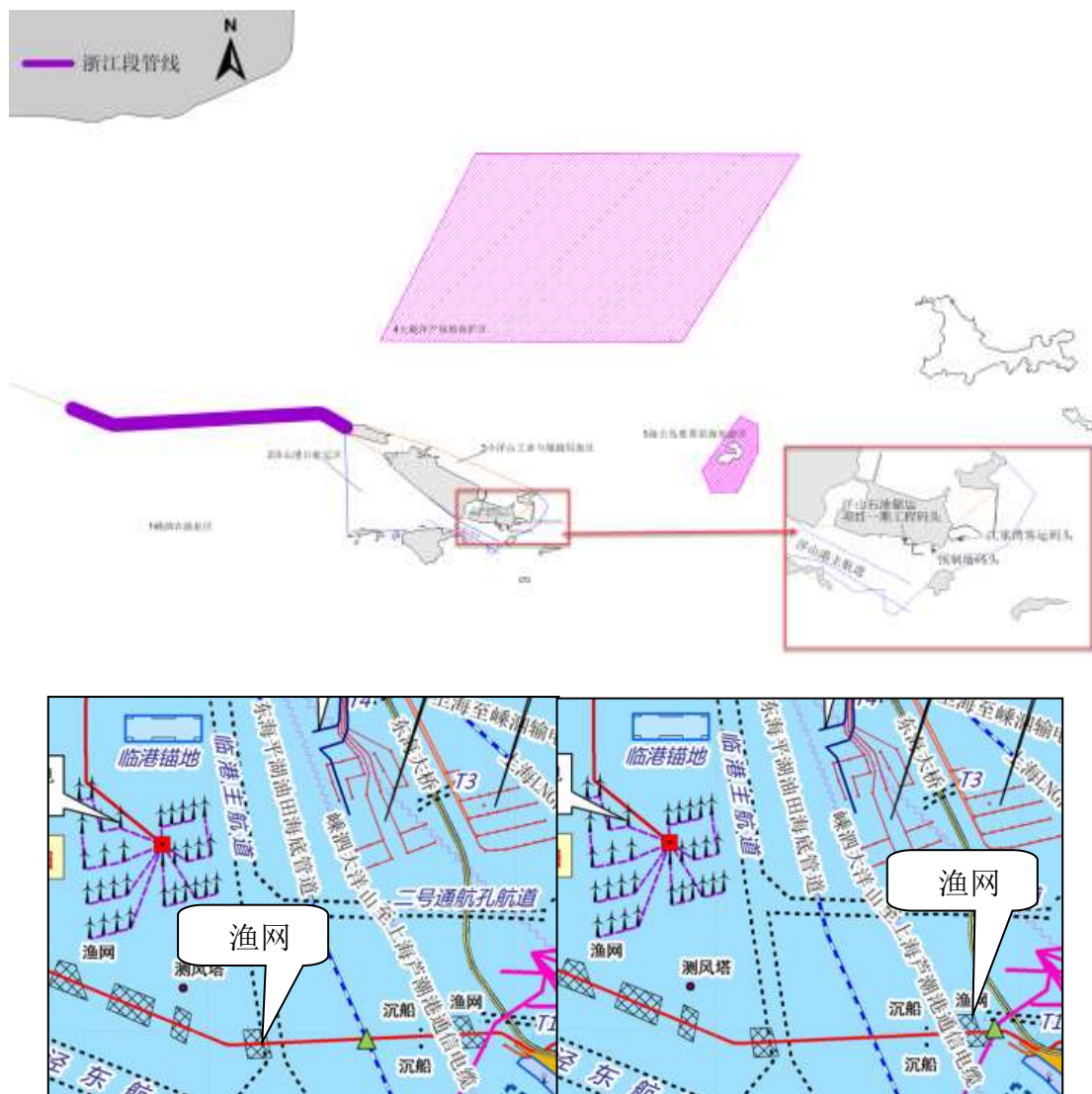


图2.6-1 海洋环境敏感目标分布图

（左为平湖油气田海上平台至上海南汇芦潮港输气管道、右为嵊泗6#风电电缆）

表 2.6-1 海洋环境敏感目标一览表

序号	名称	方位	项目距离	管理要求	保护对象
1	嵊泗农渔业区	路由穿越	/	1、严格保护鱼、虾、蟹等多种水产资源以及产卵、索饵育肥、洄游栖息场所； 2、不应造成外来物种侵害，防止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的稳定； 3、海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	海水水质、沉积物、海洋生态环境、渔业资源
2	洋山港口航运区	路由穿越	/	1、严格保护杭州湾湾口水域生态系统，防止典型生态系统的消失、破坏和退化； 2、应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，不应毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 3、海水水质质量执行不劣于第四类，海洋沉积物质量执行不劣于第三类，海洋生物质量执行不劣于第三类。	海水水质、沉积物、海洋生态环境、水动力、地形地貌
3	小洋山工业与城镇用海区	路由穿越	/	1、严格保护杭州湾湾口水域生态系统，严格控制使用海域的开发活动，减少对周边水域环境的影响； 2、应减小对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，加强岛、礁的保护，不应毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 3、海水水质质量、海洋沉积物质量、海洋生物质量维持现状水平。	海水水质、沉积物、海洋生态环境、海岛
4	大戢洋产卵场保护区	北侧	6.1km	禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工以及其他可能影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动；严格执行《中华人民共和国渔业法》、《浙江省渔业管理条例》和《渔业捕捞许可管理规定》。	鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼等鱼类资源
5	徐公岛重要滨海旅游区	接收站东北侧	15km	禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动；不得新增入海陆源工业直排口；不得破坏自然景观和人文景观资源；允许实施海岸整治和生态修复工程	海岛旅游资源
6	平湖油气田海上平台至上海南汇芦潮港输气管道	路由穿越	/	保障管线运行安全	地形地貌
7	嵊泗 6#风电电缆	路由穿越	/	保障管线运行安全	地形地貌
8	洋山石油储运项目一期工程码头	码头东侧	0.6km	保障码头正常运行	地形冲淤
9	沈家湾客运码头	码头东侧	1.9km	保障码头正常运行	地形冲淤
10	预制场码头	码头东侧	1.4km	保障码头正常运行	地形冲淤
11	洋山港主航道	码头南侧	0.7km	保障航道正常运行	地形冲淤
12	传统捕捞作业区	路由穿越	/	鳗苗、海蜇等海产品捕捞	渔业生产
13	东海带鱼国家水产种质资源保护区	码头东南侧	20km	按照环境保护法律法规及相关规划要求进行管理。保护期为每年的4月16日至7月，保护区重点保护带鱼产卵亲体和幼鱼。	主要保护对象有带鱼、大黄鱼、小黄鱼等重要经济鱼类

2.6.2 大气环境敏感目标

根据现场查勘，本项目大气评价范围内无居民区、文化区、居民聚集点等环境空气保护目标。

本项目大气风险评价范围为接收站周围 10km 的区域。则依据此调查出大气环境风险评价敏感目标，详细见表 2.6-2 和图 2.6-2。



图 2.6-2 大气环境风险敏感目标分布图

表 2.6-2 本项目涉及的大气风险敏感目标

编号	名称			坐标		保护对象	保护内容	环境功能区	相对厂址方位	相对厂界距离
				东经	北纬					
1	嵊泗县	洋山镇	石龙山生态红线	122°4'2.61"	122°4'2.61"	/	/	一类区	西北	5.4km
2			洋山现代海港景区	122°4'2.61"	122°4'2.61"	/	/	一类区	西北	5.4km
3			圣港社区	122°4'57.49"	122°4'57.49"	居民	2252 人	二类区	西北	3.5km
4			城东社区	122°4'26.68"	122°4'26.68"	居民	2594 人		西南	4.4km
5			滨海社区	122°4'30.61"	122°4'30.61"	居民	1755 人		西南	4.4km
6			雄洋社区	122°4'6.49"	122°4'6.49"	居民	549 人		西南	5.1km

2.6.3 陆域管线周边环境敏感目标

根据现场查勘,评价范围内陆域管线周边环境敏感目标包括石龙山生态红线区和嵊泗列岛风景名胜区洋山现代海港景区,详见图 2.6-3 和表 2.6-3。



图 2.6-3 陆域管线周边环境敏感目标分布

表 2.6-3 陆域管线周边环境敏感目标

编号	名称	方位	距离	管控要求	保护对象
1	石龙山生态红线	管道北侧	150m	1.按照限制开发区域进行管理。禁止新建、扩建三类工业项目,现有三类工业项目改建要削减污染物排放总量,涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的现有三类工业项目原则上结合地方政府整治要求搬迁关闭,鼓励其他现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的二类工业项目;禁止在工业功能区(包括小微园区、工业集聚点等)外新建其他二类工业项目;二类工业项目的新建、扩建、改建不得增加控制单元污染物排放总量。原有各种对生态环境有较大负面影响的生、开发建设活动应逐步退出。禁止未经法定许可在干线公路两侧规划控制范围内进行采石、取土、采砂等活动。严格限制矿产资源开发项目,确需开采的矿产资源及必须就地开展矿产加工的新改扩建项目,应以点状开发为主,严格控制区域开发规模。 2.加强区域内环境风险防控,不得损害生物多样性维持与生境保护、水源涵养与饮用水源保护、营养物质保持等生态服务功能。在进行各类建设开发活动前,应加强对生物多样性影响的评估,任何开发建设活动不得破坏珍稀野生动植物的重	生物多样性、生境保护

				要栖息地，不得阻隔野生动物的迁徙通道。推进饮用水水源保护区隔离和防护设施建设，提升饮用水水源保护区应急管理水平。完善环境突发事件应急预案，加强环境风险防控体系建设。	
2	嵊泗列岛风景名胜区 洋山现代海港景区	管道北侧	150m	风景区大气环境质量达到国家大气环境质量 I 级标准；水库水质达到或优于国标《地表水环境质量标准（GB3838-2002）》规定的国家 II 类地面水标准；污水必须全部达标处理后方可排放；环境噪音优于 0 类标准；绿化覆盖率超过 80%。	生物多样性、生境保护

3 工程回顾评价

3.1 现有工程概况

3.1.1 现有工程基本情况

1、上海液化天然气项目一期工程

项目名称：上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目。

项目组成：码头工程、接收站工程、输气干线工程。

建设单位：上海液化天然气有限责任公司。

占地：总占地 42.9ha，其中接收站占地 39.6ha（岛屿开山 18.3ha、围海造陆 21.3ha），末站和阀室共占地 3.3ha。

劳动定员：员工 173 人。

工作制度：接收站年操作天数为 365 天，8760 小时，四班二运转制。码头 LNG 船约 5~7 天到港一艘 LNG 船，年不可作业天数估算为 53 天，年可作业天数约为 312 天。

工程投资：实际工程总投资为 701315 万元，环保投资 6127.65 万元，环保投资比例为 0.87%。

2、上海 LNG 项目一期工程储罐扩建项目

为了更好的服务上海，保障上海市天然气的供应和调峰，上海液化天然气有限责任公司对上海 LNG 项目一期工程进行扩建，于 2012 年 9 月完成项目建议书。国家能源局以国能油气[2012]426 号《国家能源局关于同意上海液化天然气储罐扩建工程开展前期工作的复函》同意上海液化天然气有限责任公司开展上海 LNG 项目储罐扩建工程的前期工作。

扩建工程实施后，接收站规模不变，仍然为 $300 \times 10^4 \text{t/a}$ 。扩建工程实施后，接收站最大天然气外输能力达到 $186 \times 10^4 \text{m}^3/\text{h}$ ，外输压力 6.0~9.0MPa(G)，正常外输温度在 1°C 以上，最低不低于 0°C 。扩建工程建设 2 座有效容积 20 万 m^3 的 LNG 全容罐。扩建工程实施后，接收站 LNG 储存能力达到 89.5 万 m^3 。扩建工程增加 LNG 槽车装车系统，主要用于液体产品输出。

储罐扩建工程环境影响报告书于 2015 年 1 月获浙江省舟山市环境保护局批复（舟环建审[2015]10 号），于 2016 年 5 月获得浙江省发展和改革委员会和上海市发展和改革委员会核准（浙发改能源[2016]323 号）。目前储罐扩建工程已建成。

3.1.2 现有实际工程内容

上海 LNG 站线项目码头及接收站位于上海国际航运中心洋山深水港区北港区的小洋山东港区（现中西门堂岛）的南侧海域，站址地理坐标为北纬 $30^{\circ}36'06''$ ，东经 $122^{\circ}06'30''$ ，输气管道起自位于小洋山东港区（现中西门堂岛）的接收站，从接收站的东北侧下海，海底输气管道向东北方向绕过大指头岛浅滩转向西北，在上海东海大桥东侧南汇嘴登陆后，陆域输气管道向西沿 2 号河、现东海天然气输气管道、规划 D2 公路、规划 E7 公路至规划临港电厂北侧输气末站，出站后与上海城市天然气高压主干网系统相接，见图 3.1-1。



图 3.1-1 上海 LNG 站线项目总体布置图

上海 LNG 站线项目由港口工程、接收站工程及输气管道工程三部分组成。

港口工程中，LNG 专用码头按二期规模建设，能接卸 80,000 至 215,000 m³ LNG 船舶，设计船型为 145,000 m³ LNG 船舶。并建设工作船码头(兼重件码头)1 座。航道工程充分依托利用深水港航道设施，满足 LNG 船舶通航要求。接收站工程由 LNG 卸料、储存、气化、天然气计量和输出等设施组成，接收站由于新增储罐而产生了变更，变更环评由中国环境科学研究院（原评价单位）于 2010 年 1 月完成，同年 3 月，环境保护部对《一期工程接收站新增储罐项目补

充环境影响报告书》进行了批复（环审[2010]6 号）。据调查，实际建设内容与变更环评期完全一致。

3.1.2.1 接收站工程

现有工程接收站位于规划的上海国际航运中心洋山深水港区北港区的小洋山东港区的西南侧，即现在的中西门堂岛的南侧海域。

接收站相比原环评，新增了一座 16.5 万方的储罐，因此在 2009 年建设单位委托原环评单位中国环境科学研究院编制了环评补充报告，并于 2010 年 3 月环境保护部对补充报告进行了批复(环审变办字[2010]6 号)。据现状调查，目前实际建设内容与变更环评期、验收期一致。接收站由工艺部分、公用工程部分及辅助部分组成见表 3.1-1。

LNG 储罐布置在西门堂地质断裂带的东面，平行海堤呈两列布置上列三台 LNG 储罐（一期两个，二期一个），下列一台位于下左侧，工艺区布置在下列储罐右侧。接收站的总图布置详见图 3.1-2，接收站现状情况见图 3.1-3。

表 3.1-1 接收站现有工程组成及变化情况(一期工程)

序号	项目名称	单位	环评期	实际建设内容 (同变更环评期 和验收期)	备注
一	工艺部分				
1	规模	10 ⁴ t/a	300	300	
2	LNG 卸料	m ³ /h	3×4400、12h/船	3×4380、12h/船	
3	LNG 贮存	m ³	2×165000	3×165000	
4	BOG 回收	m ³ /h	2×4860	2×6400	备注 1
5	LNG 输送	m ³ /h	4×505	4×505	
	低压泵	m ³ /h	2×4×505	3×4×505	
6	高压泵	m ³ /h	(4+1)×462	(4+1)×472	
7	再冷凝器	t/h	1×18	1×28.7	备注 1
8	气化	t/h	IFV:4×197.6 SCV:2×99	IFV:4×205.2 SCV:2×102.6	
9	天然气送出	10 ⁴ m ³ /h	Max:104	Max:104	
10	火炬	t/h	50、高 100m	167、高 120m	备注 2
11	燃料气系统	Nm ³ /h	2×3500	2×3900	
二	公用工程				
1	海水系统	t/h	(4+1)×7020	(4+1)×7755	备注 3
2	生活水系统	t/h	10	10	
3	仪表空气及压缩空气	Nm ³ /h	2×836	2×836	
4	氮气系统				
	液氮蒸发	Nm ³ /h	420	420	最大值
5	污水处理	m ³ /h	2	40m ³ /d	
6	油水分离器	m ³ /h	20		

序号	项目名称	单位	环评期	实际建设内容 (同变更环评期 和验收期)	备注
7	供配电系统	MVA			
	事故柴油发电机	MW	1	1.25	
	备用涡轮发电机	MW	6	6.66	
三	辅助工程				
1	辅助工程	m ²	9566	17613.5	备注 4

备注 1: LNG 储罐数量增加引起需要处理的 BOG 量增加, BOG 处理流程上相关设备最大负荷需随之增加。经设计深化、核算和设备选型, 实际采用 BOG 压缩机为 6400m³/h, 再冷凝器为 28.7t/h。

备注 2: 火炬处理能力为 167t/h, 高 120 米, 处理能力的增加主要是纳入了输气管线至海管段紧急情况下的放空。共用接收站火炬, 既合理利用和充分共享站线设施和能力, 又避免了本项目再占用土地资源, 设置输气管线专用放空管。

备注 3: 环评、项目核准和前期设计阶段, 根据典型工况的工艺估算, 考虑海水泵的配置为 (4+1) × 7020 吨/小时。为确保设备能力满足运行要求, 按最极端工况结合气化器及海水泵的具体选型情况并考虑了充足余量后, 确定单台设备的能力实际配置 7755 吨/小时的海水泵 5 台, 4 用 1 备。

备注 4: 在工程实施过程中, 随着设计的深化、公司管理模式的明晰、生产运行管理需求的明确以及对外配套等要求的逐步落实, LNG 接收站站内实施的建筑物面积有较大变化。

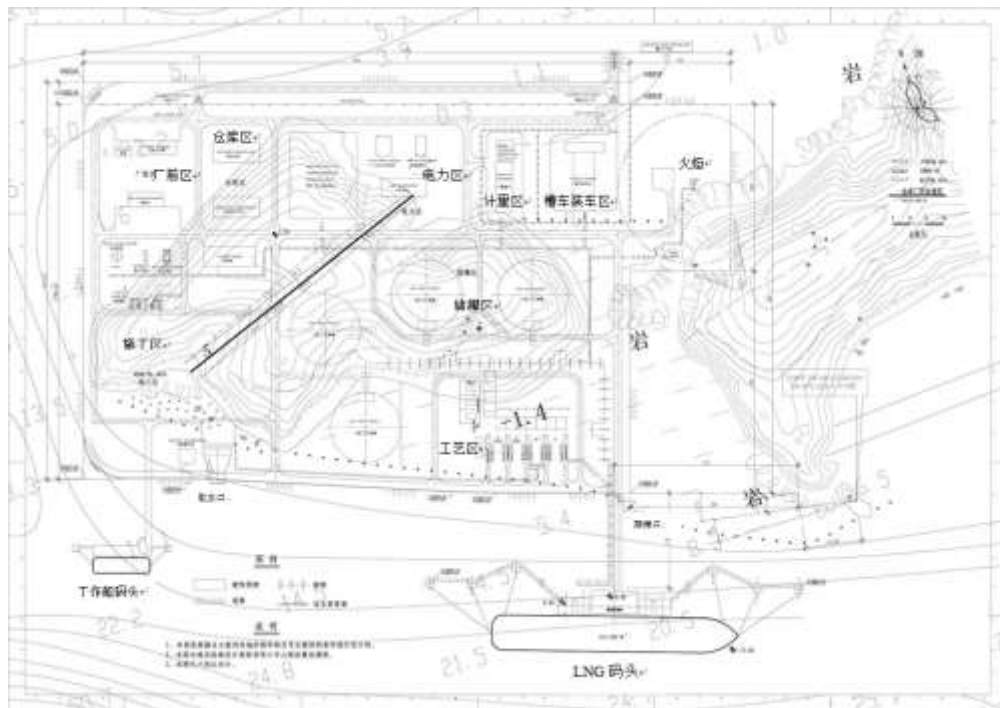


图 3.1-2 现有工程接收站及码头总平面布置图

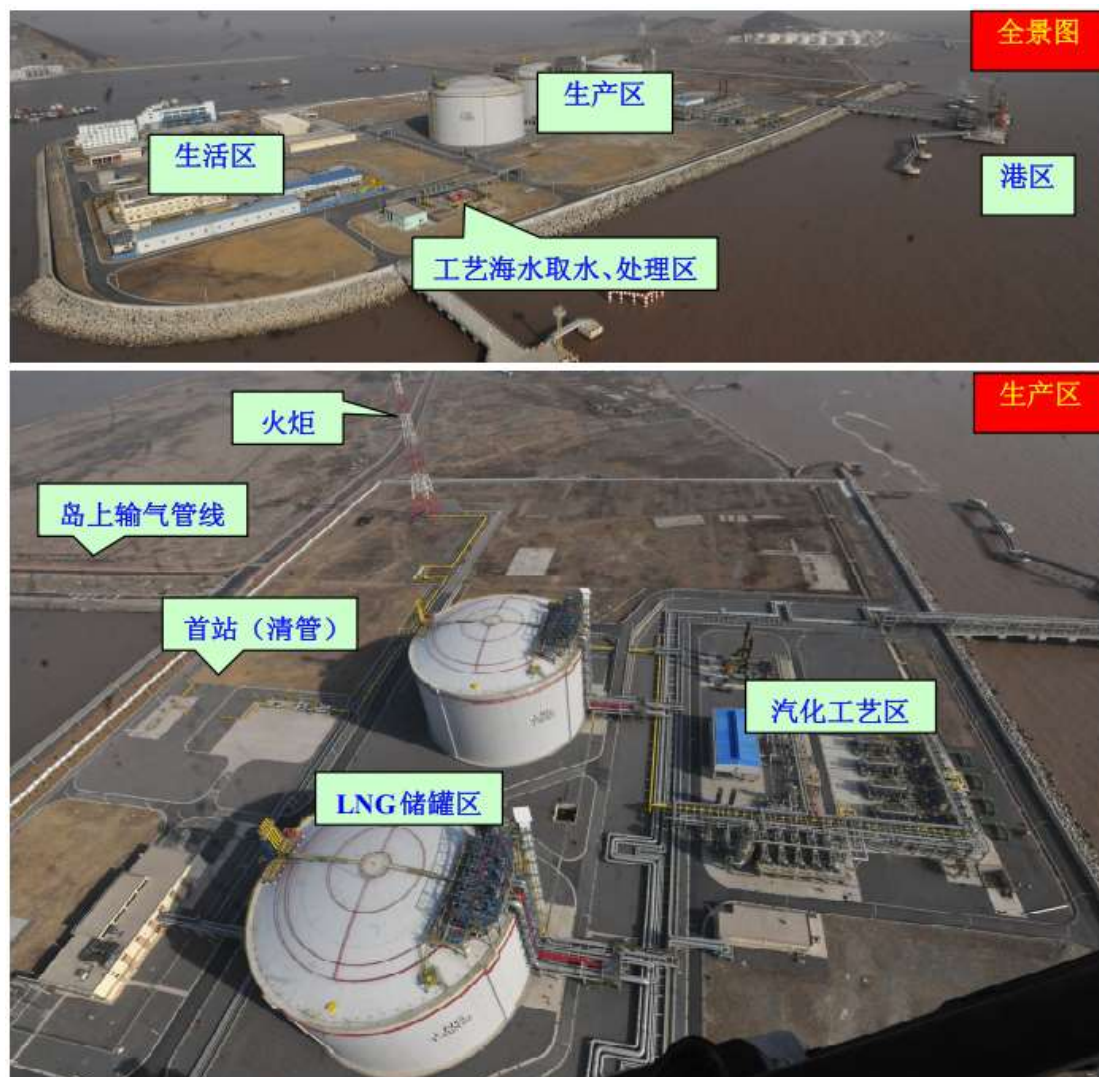


图 3.1-3 现有工程接收站工程现场情况

接收站陆域占地 39.6ha，为炸山填海形成。用地区块基本为规则矩形，场地标高为 7.66m（CD 标高）。接收站界区内由码头区、LNG 储罐区、工艺区、取水口区、公用工程区、火炬区、计量输出区、电力区和厂前办公区等 9 个区组成。道路分主、次干道，主干道宽 9m，次干道 6m。厂区设有实体闭合围墙并在北侧及西北角设置两个出入口。分述如下：

①码头区

位于接收站南侧水域，包括码头以及连接码头与陆域的栈桥。在 LNG 码头工作平台布置了 LNG 卸料臂、气体返回臂等卸料系统工艺设备和辅助设施，以及配套的码头控制室和配电室。

码头平面采用“蝶”型布置型式，泊位长 420 m，由 1 个工作平台、主副靠船墩各 2 个和 6 个系缆墩组成。码头通过栈桥与陆域连接，栈桥长度为 109m，

宽度为 15m。

②LNG 储罐区

LNG 储罐区布置于站区的东南区域，LNG 储罐区呈 Π 型，为 3 座 16.5 万立方米的预应力全包容混凝土储罐。

③工艺区

工艺区位于 LNG 储罐与南侧海堤之间，布置 BOG 压缩机、再冷凝器、LNG 高压输送泵、IFV 气化器、SCV 气化器等气化工艺设施。

④取水口区

取水口区位于接收站西南侧，气化工艺海水泵以及消防海水泵布置在海水取水池内。

⑤公用工程区

公用工程区位于接收站西侧，布置了空压系统、液氮系统、柴油系统、污水处理系统、消防稳压测试泵、淡水储罐等公用工程设施，以及中控楼及化验室、维修车间及仓库、企业专用消防站等辅助建筑。

⑥火炬区

火炬位于接收站东北角。

⑦计量输出区

计量输出区位于火炬的西南侧，布置出站天然气计量装置以及输气管道的清管器发送装置。站区工艺管道与输气管道在此相接。

⑧电力区

电力区位于计量输出区的西侧，布置主变配电站、应急柴油发电机、透平备用发电机等电力设施。

⑨厂前办公区

厂前办公区位于接收站西北角，布置行政办公楼、食堂及倒班宿舍、停车场等。

⑩规划预留

接收站一期工程为二期扩建预留了一定的扩建空间，并预留二期扩建接口，考虑了在一期工程不停车状况下进行二期扩建的可能性。另外，接收站外东侧尚有规划东扩发展的余地。

表 3.1-2 现有工程接收站一期工程主要设备一览表

系统	设备名称	设备规格	数量(台/套)
储存系统	LNG 储罐	$16.5 \times 10^4 \text{ m}^3$	3
	低压输送泵	$505 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 258m	12
BOG 处理系统	BOG 压缩机	$6400 \text{ m}^3/\text{h}$ (压缩机入口条件下) 出口压力 1.03MPaG	2
气化输出系统	高压输出泵	$472 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 2136m	5
	丙烷中间介质气化器 (IFV)	205.2 t/h	4
	浸没燃烧式气化器 (SCV)	102.6 t/h	2
火炬系统	火炬	167 t/h	1
燃料气系统	燃料气常温大气加热器	$3900 \text{ m}^3(\text{N})/\text{h}$	2
	燃料气电加热器	$3900 \text{ m}^3(\text{N})/\text{h}$	1
海水系统	海水泵	$7755 \text{ m}^3/\text{h}$	4+1
	拦污栅	$34520 \text{ m}^3/\text{h}$	2
	旋转滤网	$34520 \text{ m}^3/\text{h}$	1
	海水加氯装置	69 kg/h	1

3.1.2.2 码头工程

港口工程按两期规模一次建设，主体工程包括航道、锚地、LNG 船运输主码头、工作船码头、栈桥、港池等。

1、码头工程

现有工程 LNG 码头布置在洋山港区主航道北侧，西门堂岛以东南海域，码头端部西侧距离小岩礁 800m，东侧距离沈家湾预制品基地码头 1200m。LNG 码头呈“蝶”型布置，码头前沿线距离洋山港区进港航道中心线 708m，距离航道边线 433m，停靠的 LNG 船舶距离航道边线约 383m。

主码头泊位长 420m，栈桥长 109m、宽 15m；工作船码头泊位长 110m，栈桥长 79.5m、宽 8m；港区面积 $94 \times 10^4 \text{ m}^2$ ，标高-15m（最低潮位），泊位长 480m、宽 100m。LNG 专用码头能接卸 $8 \sim 21.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ LNG 船舶，设计船型为 $14.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ LNG 船舶，卸船速率为 $12500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。码头的总图布置详见图 3.1-2，码头现场情况见图 3.1.4。

表 3.1-3 现有工程码头工程组成及变化情况

序号	工程	规模		备注
		环评	实际（同验收期）	
1	主码头	泊位长 440m 栈桥：长 117m、宽 18m	泊位长 420m 栈桥：长 109m、宽 15m	港区为天然港池，无须疏浚。港区原预计使用 $63 \times 10^4 \text{m}^2$ ，实际申请并批准可使用面积 $94 \times 10^4 \text{m}^2$ 。
2	工作船码头	泊位长 110m 栈桥：长 79.5m、宽 7m	泊位长 110m 栈桥：长 79.5m、宽 8m	
3	港区规模	面积： $63 \times 10^4 \text{m}^2$ 标高：-14.4m（最低潮位） 泊位：长 500m、宽 100m	面积： $94 \times 10^4 \text{m}^2$ 标高：-15m（最低潮位） 泊位：长 480m、宽 100m	



图 3.1-4 现有工程码头工程现场情况

2、航道、锚地

现有工程进港航道建设规模为：自然水深段为双向通航 LNG 船和集装箱船的双向航道，宽度 650~800m；人工挖槽段维持由主航道、辅航道组成的复式航道不变，主航道为 LNG 船、3 万吨级以上油船和满载吃水 $>10.7\text{m}$ 的集装箱船舶单向航道，宽度 300m；辅航道为满载吃水 $\leq 10.7\text{m}$ 的集装箱船舶双向航道，宽度为主航道两侧各 300m。

锚地：水深 20m，直径 2000m，位于集装箱锚地东侧、进港外航道南侧水域。

3.1.2.3 输气管道工程

现有工程输气管道主要包括岛上输气管道（简称岛管，包括 LNG 接收站上的输气管道清管发送区）、海底输气管道（简称海管）、陆域输气管道（简称陆管，包括沿线截断阀室、输气末站）三部分，总长 50.8km，其中岛管 0.2km，海管 35.8km，陆管 15.0km，见图 3.1-5 和图 3.1-6，管道工程组成及规模见表 3.1-4。

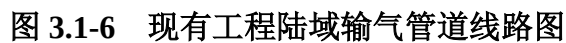
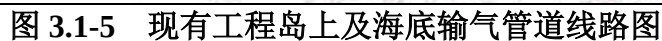


表 3.1-4 现有工程输气管道组成及变化情况

序号	工程	规模		备注
		环评	实际(同验收期)	
1	输气管线总长	51.9km	50.8km	1、与环评期相比，管线路由未发生变化，总长度减少 1.1km 属于测量误差。 2、自动截断阀室少建 2 座。原设计在首站出站、末站进站前各设一座阀室，考虑到首站、末站本身就有阀室，因此省去了此二座阀室。其余 2 座阀室位置未发生变化。 3、输气管道工程，除末站二期根据输气量情况，需要增加计量设备外。其余工程本期全部建成，二期不需增建。
	其中：岛管	0.2km	35.8km	
	海管	35.9km		
	陆管	15.8km	15.0km	
2	首站	1 座	1 座（接收站内）	
3	末站	1 座	1 座	
4	自动截断阀室	4 座	2 座	
5	阴极保护站	1 座	1 座（末站内）	
6	控制室	1 个	1 个	
7	管理机构	1 个	1 个	

3.1.3 主要原料

现有工程接收的是印尼东固气田成品 LNG，经接收站汽化后，输送的为普通天然气，主要成分是甲烷（CH₄），含有微量的乙烷、丙烷和重质碳氢化合物，含硫量极低，是一种无毒可燃的气体，详细情况见表 3.1-5。

表 3.1-5 马来西亚LNGTiga公司液化天然气组成

组分：	贫气	富气	平均
N ₂ (mol%)	0.42	0.18	0.27
C ₁ (mol%)	92.32	89.72	90.82
C ₂ (mol%)	4.09	5.62	4.97
C ₃ (mol%)	2.43	3.31	2.93
IC ₄ (mol%)	0.43	0.69	0.58
NC ₄ (mol%)	0.30	0.60	0.43
IC ₅ (mol%)	0.00	0.00	0.00
NC ₅ (mol%)	0.00	0.00	0.00
H ₂ S (ppm V)	<1	<1	<1
总硫 (mg/kg)	<5	<5	<5
固体及杂质	Nil	Nil	Nil
分子量 (kg/kmol)	17.66	18.31	18.02
再气化温度 (1.053ba)	-161.70	-160.60	-161.00
液相密度 (kg/m ³)	455.00	465.00	460.40
液相热值 (MMBtu/t)	51.26	51.20	51.25
气相密度			
0°C (kg/m ³)	0.8217	0.8529	0.8387
15.5°C (kg/m ³)	0.7771	0.8066	0.7932
20°C (kg/m ³)	0.7650	0.7941	0.7809
液气膨胀系数			
0°C LNG (m ³ /m ³)	554	545	549
15.5°C LNG (m ³ /m ³)	585	576	580

组分:	贫气	富气	平均
20°C LNG (m^3/m^3)	595	585	589
气相热值 0°C			
LHV (kJ/m^3)	40419	41960	41285
HHV (kJ/m^3)	44435	46080	45354
Wobbe 指数 (kJ/m^3)	56906	57956	57500
气相热值 15.5°C			
LHV (kJ/m^3)	38231	39687	39032
HHV (kJ/m^3)	42029	43584	42879
Wobbe 指数 (kJ/m^3)	53825	54817	54362
气相热值 20°C			
LHV (kJ/m^3)	37634	39068	38423
HHV (kJ/m^3)	41373	42904	42210
Wobbe 指数 (kJ/m^3)	52985	53962	53514

3.1.4 现有工程主要工艺

3.1.4.1 接收站工艺

现有工程接收站工艺流程采用目前国际上成熟、先进、节能的再冷凝工艺技术,它是将蒸发气压缩到较低压力与由 LNG 低压输送泵从 LNG 储罐送出的 LNG 再在冷凝器中混合。由于 LNG 加压后处于过冷状态,可以使蒸发气再冷凝,冷凝后的 LNG 经 LNG 高压输送泵加压后送到气化器气化后外输,其工艺流程见图 3.1-7。

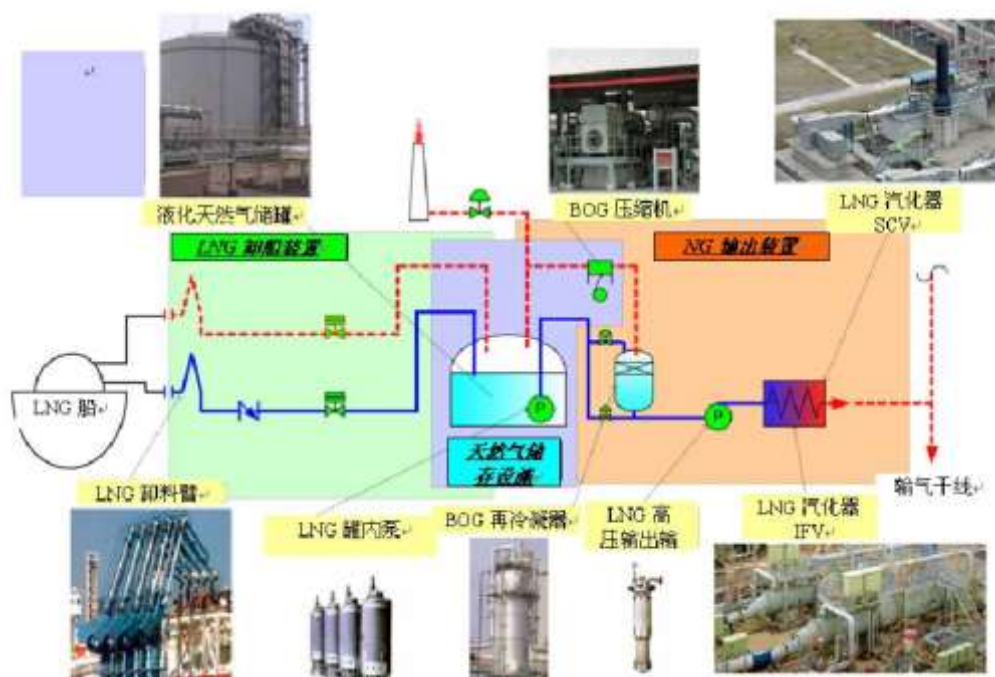


图 3.1-7 接收站工艺示意图

3.1.4.2 输气工艺

从规划用地、施工和运行来考虑，现有工程三部分管道采用相同管径，选用 $\phi 914\text{mm}$ 钢管作为输气管道。输气管道起点和终点的参数如下：

（1）输气管道设计压力

输气管道设计压力为 9.2MPa。输气管道最高操作压力为 9.0MPa。

（2）起点参数

输送起点（岛上接收站出站）操作压力：最高 9.0MPa。

正常情况下气化器出口温度：1℃。

气化器出口最低温度：0℃。

（3）终点参数

陆上末站进站压力：不低于 6.2MPa。陆上末站出站压力：6.0MPa。

3.1.5 实际运行情况

一期工程于 2009 年建成、2012 年具备达产能力。一期工程建成以来的运行台账见表 3.1-6。从 2012 年-2014 年的实际运行台账调查可以看出，一期工程的 LNG 输入、输出量以及冷排水排放量均未超出环评批复规模。

表 3.1-6 一期工程正式投产以来的运行情况

年份	2012 年			2013 年			2014 年		
月份	LNG 输入量 (万吨)	LNG 输出量 (万吨)	冷排水 (万吨)	LNG 输入量 (万吨)	LNG 输出量 (万吨)	冷排水 (万吨)	LNG 输入量 (万吨)	LNG 输出量 (万吨)	冷排水 (万吨)
1	18.8	15.3	1191.7	26.6	25.8	1333.0	36.6	28.7	1352.0
2	10.8	17.4	1107.3	18.3	15.4	787.4	24.1	28.2	1289.0
3	11.7	13.3	1135.4	18.4	26.1	1226.6	19.0	21.3	1104.3
4	24.1	16.9	1061.7	18.9	17.6	893.8	30.9	21.0	1086.0
5	11.7	13.7	1026.8	25.0	23.6	1170.4	19.3	27.9	1352.0
6	23.8	11.5	771.4	18.7	17.2	1036.6	25.0	16.1	880.1
7	5.8	14.2	782.0	24.9	22.5	1094.4			
8	11.3	16.9	972.8	19.0	22.4	1079.2			
9	25.4	17.5	902.9	18.9	16.2	782.0			
10	18.0	16.6	859.6	25.7	17.9	986.5			
11	19.2	22.0	1108.1	19.3	20.7	1103.5			
12	23.9	29.7	1382.4	24.7	35.2	1643.1			
年合计	203.6	205.3	12302.1	258.3	260.5	13136.6	154.8	143.2	7063.4
环评 批复	300	300	最大 31020 m ³ /h	300	300	最大 31020 m ³ /h	300	300	最大 31020 m ³ /h

3.2 现有工程环评过程

3.2.1 现有工程审批情况

（1）2004 年 10 月，国家发改委办公厅批复了上海 LNG 项目建议书（发改办能源[2004]1754 号）；

（2）2005 年 9 月，编制完成了《上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目环境影响报告书》（中国环境科学研究院）；

（3）2005 年 10 月，国家海洋局对一期工程项目环境影响报告书进行了核准（国海环字[2005]536 号）；

（4）2005 年 11 月，上海市环境保护局对一期工程项目环境影响报告书进行了初审（沪环保管[2005]415 号）；

（5）2005 年 12 月，国家环境保护总局对一期工程项目环境影响报告书进行了批复（环审[2005]1005 号）；

（6）2007 年 1 月，一期工程开工建设；

（7）2007 年 2 月，上海市建设和交通委员会批复了一期工程项目接收站工程建设初步设计（沪建交[2007]98 号）；

（8）2008 年 7 月，上海市建设和交通委员会批复了一期工程项目陆域工程建设初步设计（沪建交[2008]494 号）；

（9）2009 年 9 月，浙江省环境保护厅批准该项目接收站和输气管线试运行（浙环建函[2009]90 号）；

（10）2009 年 11 月，一期工程投入试运行；

（11）2010 年 1 月，编制完成了《一期工程接收站新增储罐项目补充环境影响报告书》（中国环境科学研究院）；

（12）2010 年 3 月，环境保护部对《一期工程接收站新增储罐项目补充环境影响报告书》进行了批复（环审[2010]6 号）。

3.2.2 环评及验收情况

现有工程的环评及验收情况见表 3.2-1 和表 3.2-2。

表 3.2-1 现有工程环评情况一览表

类别		内容	
环评	项目名称	上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目	上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目新增储罐项目
	环评性质	环境影响报告书	环境影响补充报告书
	环评单位	中国环境科学研究院	中国环境科学研究院
	批复单位	国家环境保护总局	环境保护部
	批文号	环审[2005]1005 号	环审变办字[2010]6 号
	批文标题	关于上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目环境影响报告书的批复	关于上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目新增储罐项目环境影响补充报告书的函
	批复时间	2005.12	2010.3
	港口工程	1.LNG 码头：泊位长 440m、栈桥长 117m、宽 18m； 2.工作船码头：泊位长 110m、栈桥长 79.5m、宽 7m； 3.港区：面积：63×10 ⁴ m ² 、标高-14.4m(最低潮位)、泊位长 500m、宽 100m。	维持原环评审批规模
	接收站	1.规模：300×10 ⁴ t/a； 2. LNG 卸料：3×4400m ³ /h、12h/船； 3. LNG 贮存：2×16.5×10 ⁴ m ³ ； 4. BOG 回收：2×4860m ³ /h； 5.再冷凝器：1×18t/h 6.天然气送出：Max104×10 ⁴ m ³ /h； 7.火炬：50t/h； 8.海水系统：(4+1)×7020 t/h	1.LNG 贮存：3×16.5×10 ⁴ m ³ ； 2. BOG 回收：2×6400 m ³ /h； 3.再冷凝器：1×28.7t/h； 4.火炬：167t/h； 5.海水系统：(4+1)×7755 t/h； 其它维持原环评审批规模
	输气管线	1.输气干线总长：51.9km； 2.首站：1 座(位于接收站内)； 3.末站：1 座	维持原环评审批规模

表 3.2-2 现有工程环保验收情况一览表

类别		内容
验收	项目名称	上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目
	验收调查单位	环境保护部环境工程评估中心
	批复单位	环境保护部
	批文号	环验[2012]6 号
	批复标题	关于上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目竣工环境保护验收意见的函
	批复时间	2012.1
	建设规模	港口工程
		接收站
		输气管线

3.2.3 现有工程环保要求落实情况

根据《上海液化天然气工程接收站和输气管线项目竣工环境保护验收调查报告》(环境保护部环境工程评估中心, 2011.5)和现状调查现有工程在设计、施工及试运营期已采取的环境保护措施, 与环境影响报告书所提出的环保措施、各级环保行政主管部门及海洋行政主管部门批复中要求的环保措施对比情况见表 3.2-3 和表 3.2-4。由表可知, 现有工程在环评和批复中提出的环境保护措施, 基本都予以落实。

表 3.2-3 现有工程环评报告所提环保措施落实情况表

分项	环保措施和要求	落实情况
设计阶段		
路由选线	1、管线力求顺直, 但尽量避免不良地质地段。尽量沿公路敷设, 以利于施工和管理。 2、应充分考虑沿线的工业、农业和水利工程的规划。 3、尽量避开居民区, 减少拆迁。必须避开易燃易爆仓库、国家重点保护单位的安全保护区。	已落实。 陆上管线基本沿公路或规划道路绿化带敷设, 尽量避免与规划的工业、农业和水利工程交叉, 涉及居民区较少; 敏感目标芦港镇穿越段也是规划道路, 并采用定向钻方式整体穿越。
环保措施	1、设计中尽量使用低噪声设备, 并附带消声、隔声措施。合理布局, 让较强噪声设备集中布置, 远离办公区。 2、火炬高 100 米, 浸没式汽化器排放烟筒高 25 米。LNG 储罐区设 LNG 收集槽及高比例泡沫发生器, 处理事故下 LNG; 设正常工况下蒸发气体回收装置, 减少气体排放。在码头与 LNG 船、引桥与陆域之间, 设紧急截断阀。	已落实。 使用了低噪声设备, 并让强噪声源区远离办公区。火炬高 120 米, 浸没式汽化器排放烟筒高 25 米; 储罐区设 LNG 收集槽、设蒸发气体回收装置; 码头与 LNG 船、引桥与陆域之间, 均设紧急截断阀。
施工阶段		
陆地生态	1、施工期不得向河道直接排放污水和固废。 2、河流、池塘施工, 应避开鱼虾类产卵期、索饵期和洄游期, 大开挖方式穿越时应尽量减少掀起泥沙, 施工结束后及时恢复原貌。 3、管沟的开挖和回填应做到分层开挖, 分层堆放, 分层回填。施工完毕后, 应恢复地貌, 做好水保, 恢复植被或复垦。	已落实。 1、施工期末向水体接排放污水和固废; 2、既有河流全部采用定向钻方式穿越; 3、管线基本沿规划道路绿化带敷设, 作业带地貌恢复较好。从现场看, 地表植被自然恢复较好 (原为湿地芦苇)。临时农田已复垦。
海洋生态	1、爆破作业应选择低潮位时段, 并避开鱼类繁殖旺季。尽量减少爆破药量, 采用延时爆破法。 2、设置吹填围堰, 合理布置溢流口, 使泥浆充分澄清。 3、尽量保持土石方平衡, 减少弃土。施工场应有足够大容积的临时储水池, 收集径流泥浆	已落实。 爆破作业在冬季进行, 避开了鱼类繁殖旺季, 并采用小药量延时爆破法。开山石料主要用于建造吹填围堰, 其余土石方全部用于填堰, 吹填时溢流口远离吹砂处, 并设置了倒滤层, 采取分批次吹填。站场施工设有泥浆水

	水澄清后排入水沟。	澄清池，澄清后排放。
水环境	1、施工单位应建立施工废水管理和处理计划，不许随意排放。 2、清管试压水，经沉降后排入附近河沟。 3、生活污水应自建小型处理装置，处理达标后排放。含油污水应设接收容器，尽量回收、加工利用。 4、加强施工船舶管理，船舶污水须由其自配的油水分离器处理达标后到指定地点排放，有漏油隐患的船舶必须修理好后方能投入使用。	基本落实。 站场施工设有泥浆水澄清池，澄清后排放；定向钻施工现场设有足够容量的泥浆收集池，定向穿越施工完成后，租用泥浆车将剩余泥浆运送到当地山垃圾填埋场，晒干回填或作耕作土用；清管试压水，经沉降后排放。施工单位以租住民房或厂房为营地，生活污水依托当地污水排放系统。施工船舶按出海船舶管理办法执行，并不得有漏油隐患。
大气环境	1、对施工料堆采取覆盖措施，施工期间定期洒水，减少扬尘。 2、粉状材料(石灰、水泥)运输采用袋装或罐装，禁止散装运输。 3、爆破作业，尽量使用零氧平衡的炸药，爆前对爆破位置喷水。	基本落实。 施工料堆放采取临时仓房，施工现场定期洒水，粉状材料运输全部采用袋装或罐装，爆破作业采用小药量延时爆破法。
声环境	1、陆域输气管道施工， 尽量避免使用强噪声机械设备、严禁夜间施工，防止噪声扰民。 2、接收站及码头施工，禁止在夜间实施爆破、打桩等强噪声作业。	已落实。 陆域输气管道，无夜间施工，离居民较近的地段采用长距离定向钻方式一次穿越，避免噪声扰民。接收站及码头施工，没有夜间爆破、打桩等强噪声作业。
固体废物	施工过程中产生的施工废弃物和生活垃圾。经收集后，均应送当地的环卫部门统一处置。	基本落实。 施工营地均设有垃圾箱，收集后由当地环卫部门处置。
环境管理	1、加强工程分包的管理。 选择环保业绩优秀的施工承包方，并在承包合同中明确规定有关环境保护条款，要求施工承包方制订环境管理方案。 2、制订并严格执行施工人员环保守则。 3、做好施工期海洋生态环境跟踪监测。 4、做好施工期环境监理	基本落实。 工程分包采取严格的招投标方式，选择环保业绩优秀的施工承包方，并要求施工承包方制订环境管理方案。分别委托上海环境监测中心和浙江环科工程监理公司，进行了施工期环境监测和环境监理。
营运阶段		
水环境	1、船舶废水按出海船舶管理办法执行，码头不接受靠港船舶任何废水排放。 2、接收站冷排水，其温度与当地海水温度差控制 5℃内。营运前进行冷排水和余氯影响试验。 3、接收站生产废水经隔油装置处理达标后排海；接收站生活污水经一体化污水处理装置处理达标后排海。 4、末站生活污水，经化粪池处理后，通过市政污水管网排入临港产业区污水处理厂。	已落实。 到港船舶不向岸上排放废水；冷排水经监测，其温度与当地海水温度差在 5℃内，委托东海水产研究所进行了冷排水和余氯影响试验；接收站生产废水经隔油装置处理后，与生活污水一并经一体化污水处理装置处理后（经监测达标）主要用于站场绿化，少量排海；末站生活污水，经化粪池处理后，排入市政管网。
固体废物	各站场生活垃圾，其中到港船舶垃圾禁止上岸排放，这些固体废弃物经收集后，均送当地的环卫部门统一处置。	到港船舶垃圾不上岸排放，各站场生活垃圾均由当地的环卫部门统一处置。

环境风险	1、在运行之前，应建立重大事故应急预案，并在安全管理中具体细化和进一步完善。 2、生产运行中，工厂应加强安全管理，建立安全巡检制度，避免不必要的事故发生。	制定了重大事故应急预案，并进行了多次相关演练。有严格的操作流程和管理制度，各站场均有门岗，出入站场有严格的管理制度。
环境管理	环境管理机构应建立环保指标考核制度，制定应急计划和建立应急机构	环境管理有明确目标，制订了事故应急预案，并有相应机构。

表 3.2-4 现有工程环评批复要求落实情况表

环保措施和要求	落实情况
国家环保总局的批复要求	
优化输气管道线路，尽量避开环境敏感区和敏感点。海域管道敷设施工中要减少爆破药量，并采用延时爆破法，减少水生生物影响。采取底栖生态修复、资源增殖放流等生态补偿措施。路与管道敷设要采取“分层开挖、分层堆放、分层回填”的方式，对回填区段及时进行生态系统恢复。各类施工活动应严格控制在用地范围内，不得随意占压、扰动和破坏地表植被。施工结束后做好土地复耕和植被恢复，防止水土流失。施工垃圾应分类收集处置。船舶固体废物应集中收集，统一处置。	已落实。 陆上管线基本沿公路或规划道路绿化带敷设，尽量避免了敏感目标；除大堤挤淤采用延时法爆破外，海管敷设基本无爆破；建设单位投入 600 万元进行了增殖放流，又补充 60 万元进行了底栖生态修复；管线基本沿规划道路绿化带敷设，作业带恢复较好；施工营地主要租用民房或厂房，为占用超范围外地；施工垃圾（包括船舶固体废物）分类收集，统一交环卫部门处置。
海域施工应在主工作船上设置污水收集罐，定期收集各作业船生活污水送到近岸的芦潮港污水处理系统处理达标后排放。运营期接收站生产废水经水隔油装置处理达标后排海。输气末站生活污水，入上海市临港产业区规划污水处理厂处理。安装余氯在线监测系统。	已落实。 所有施工船舶均按出海船舶管理规定处理污水；接收站生产废水经隔油装置处理后，与生活污水一并经一体化污水处理装置处理后（经监测达标）主要用于站场绿化，少量排海；末站生活污水，经化粪池处理后，排入市政管网；安装了余氯在线监测系统。
在吹填区内设置分隔围埝和防污屏等，使排水在吹填区内变得较为澄清再从溢流口溢出，悬浮物含量控制在 1500mg/L 左右。	基本落实。 吹填区内设置分隔围埝，吹填时溢流口远离吹砂处，并采取分批次吹填。
针对 LNG 接收站和输送各环节环境风险提出防范措施，制订应急预案。适当组织重大事故应急演练，以检验重大事故应急措施计划的可操作性及可行性。	已落实。 针对 LNG 接收站和输送各环节，制定了重大事故应急预案，并进行了多次相关演练。
开展工程环境监理，在施工招标文件、施工合同和工程监理招标文件中明确环保条款和责任，应定期向地方环保部门提交工程环境监理报告。	基本落实。 委托浙江环科工程监理公司，进行了施工期环境监理。
关于补充环评的批复意见： 项目变更后需要配套的环境保护设施及措施必须与主体工程同时建设、同时投入运营，落实增殖放流的生态补偿措施，并按照变更后的建设方案申请竣工环保验收。	已落实。 工程所有配套的环保设施及措施均与主体工程同时建设并同时投入运营，落实了增殖放流计划（投入增殖放流资金 600 万元、底栖修复资金 60 万元）。
上海市环保局的批复要求	
应高度重视建设期的环境保护和生态保护工作，项目公司应委托环境监测机构和工程监理机构	已落实。 委托上海环境监测中心对工程施工期环

实施建设期环境监测和环境监理工作。陆管和末站施工期应按《报告书》意见严格控制扬尘、噪声，施工泥浆水应经沉淀后排放，生活污水纳入市政污水管网。夜间施工应向南汇区环保局申报。	境影响进行跟踪监测（2007-2009 年）；《报告书》中意见基本得到落实。
输气末站应雨污水分流，生活污水纳入市政污水管网，由临港新城污水处理厂集中处理。输气末站内设备应合理布局，选用低噪声设备，厂界噪声应达到《工业企业厂界噪声标准》（GB12348-90）III类标准。	已落实。 末站生活污水，经化粪池处理后，排入市政管网；末站周边 200 米范围内无噪声敏感目标，站内设备选用了低噪声设备，经与广东 LNG 类似站场类比，厂界噪声应能达到《工业企业厂界噪声标准》（GB12348-90）III类标准。
项目应建立事故风险防范机制，制订应急计划，配备应急设备、器材，要将事故风险降低到最低。输气管道、阀室、末站外侧设置 50 米以上宽度的安全防护间距，在安全防护间距内不得新建住宅、学校等敏感建筑，现有居民住宅应予以搬迁。	基本落实。 制定了重大事故应急预案，并进行了多次相关演练；末站、阀室周边 50 米内无敏感目标，管线涉及敏感目标（居民）集中在芦港镇，按照 20 米安全带宽（规划道路）拆迁后，采用定向钻方式整体穿越（670 米），穿越深度在 10 米以下。
项目应按照 ISO14001 标准建立环境管理体系，按照《报告书》意见，加强环境保护管理制度的建设，建立环境监测体系和事故应急预案，严格监控施工期、运营期污染物排放情况。	全部落实。

3.2.4 竣工环保验收情况

现有工程于 2012 年 1 月通过了环境保护部的验收，验收文号为环验[2012]6 号《关于上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目竣工环境保护验收意见的函》。

总体结论：工程环境保护手续齐全，开展了施工期环境监理，基本落实了环评及批复文件提出的主要生态保护和污染防治措施，工程竣工环境保护验收合格。另外验收批复提出了一些环保要求，现状调查对验收批复要求的落实情况见表 3.2-5。

表 3.2-5 现有工程竣工环保验收批复落实情况

环保措施和要求	落实情况
对接收站冷排水口附近海域开展海洋生态环境跟踪监测和调查，根据监测结果采取底栖生态修复、资源增殖放流等生态补偿措施，合理调配工艺海水的次氯酸钠添加量和频次，开展对冷能利用方式的研究，减缓冷排水对附近海域生态系统的影响	已落实。 落实了增殖放流计划（投入增殖放流资金 600 万元、底栖修复资金 60 万元）。 经反复多次试验，合理调配调配次氯酸钠投加量，余氯浓度大幅度下降。经余氯在线监控数据显示，余氯浓度除个别时段外基本可以达到 0.2mg/L 以下。 上海液化天然气（LNG）有限责任公司于 2017 年 7 月开始使用 EGD 杀生缓蚀剂代替次氯酸钠，解决了投加次氯酸钠带来排水余氯浓度不稳定的问题。

环保措施和要求	落实情况
	本次扩建工程将新增冷能发电装置一套。
严格落实环境风险防范及应急预案	应急预案已落实，管线保安每天进行巡检，人员进行定期培训和不定期应急演练。项目运行以来，未发生过环境污染事故。
进一步加强各项环保设施的日常维护和管理，确保污染物长期稳定达标排放	制定了详细的环保设施日常管理计划，接收站污水处理设施、冷排水排放、火炬系统均运行正常，常规监测和本次回顾性监测都显示废水、废气、噪声均做到了达标排放

3.3 现有工程环保治理和达标分析

3.3.1 水环境

3.3.1.1 污废水排放情况和治理措施

接收站工艺废水为连续产生的冷排水，排放量年均均为 $14787\text{m}^3/\text{h}$ ，其污染因素为温差和余氯，根据环评建议，水质未受污染，温度差须控制在 5°C 以内排海。此外接收站和输气末站办公人员会产生生活污水，污水处理站建设情况见图 3.3-1，设备维修会产生一定含有废水，污废水的排放量和治理措施见表 3.3-1。



图 3.3-1 现有工程接收站生活污水处理系统

现有工程接收站生产废水处理系统建设情况见图 3.3-2。



图 3.3-2 现有工程接收站生产废水处理系统

表 3.3-1 现有工程污废水产生量及处理措施

设施名称	污染源位置	水量	主要污染物浓度	处理方式及去向
码头	机舱水	2m ³ /次	油类、COD、BOD ₅ 、SS	船舶自设油水分离器处理，达标排海，不得在港区排放
接收站	生活污水	28m ³ /d	NH ₃ -N: 40mg/l COD: 250mg/l BOD ₅ : 200mg/l SS: 220mg/l	经污水处理系统处理后，用于站内绿化，多余尾水经接收站西侧场界排水口排海
	设备维修含油废水及初期雨水	32 m ³ /次	石油类: ≤10mg/l	收集并经隔油处理后并入生活污水污水处理系统
	开架式海水气化器冷排水	14787 m ³ /h	排放温差: 5℃ Cl ₂ : <0.2mg/l	水质未受污染，温度差须控制在 5℃以内，直接排海
输气末站	生活污水	年产生量: 394t/a	NH ₃ -N: 40mg/l COD: 250mg/l BOD ₅ : 200mg/l SS: 220mg/l	排入临港工业区市政污水管网系统，已签署入网协议。
	站场冲洗、设备维修等		石油类（极少）、SS	排入临港工业区市政污水管网系统，已签署入网协议。

根据厂内 2021 年度污水处理站流量统计结果（表 3.3-2），月平均处理污水 1067m³，日平均处理量为 35m³。

表 3.3-2 现有工程污废水产生量统计表（2021年） 单位: m³

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
排放量	716	393	1631	1950	1022	954	929	1496	1084	840	1098	693

3.3.1.2 污废水监测及达标分析

由于末站污水排入市政管网、接收站生产废水经隔油处理后并入其生活污水处理系统继续处理,因此,只对接收站生活污水和冷排水的排放进行了监测。2010年12月14日至15日检测结果见表3.3-3至表3.3-5。

表 3.3-3 接收站冷排水温度监测结果 (单位: °C)

采样日期	采样频次	进口温度	出口温度	温差
12月14日	1	12.0	11.0	1.0
	2	12.0	10.0	2.0
	3	13.0	11.0	2.0
	4	11.0	10.0	1.0
12月15日	1	10.0	8.0	2.0
	2	8.0	7.0	1.0
	3	8.0	7.0	1.0
	4	9.0	7.0	2.0
范围		8.0-13.0	7.0-11.0	1.0-2.0
环评及批复要求		<5		

表 3.3-4 接收站冷排水出口余氯监测结果 (单位: mg/L)

采样频次	1	2	3	4	范围
12月14日	0.340	0.450	0.420	0.390	0.340-0.450
12月15日	0.150	0.190	0.110	0.250	0.110-0.250

表 3.3-5 接收站生活污水处理设施监测结果

监测点位	监测日期	监测频次	监测结果（单位：除 pH，其他为 mg/L）						
			pH	SS	COD	BOD ₅	氨氮	动植物油	石油类
接收站污水处理设施出口	12月14日	1	7.48	12	26	5.02	3.51	0.2	ND
		2	7.51	20	34	10.6	3.76	0.8	1.1
		3	7.51	23	26	9.36	3.78	1.4	0.1
		4	7.50	23	25	7.99	3.95	0.9	ND
	日均值		7.50	21	28	8.24	3.75	0.8	<0.1
	12月15日	1	7.53	28	28	6.80	3.28	0.3	ND
		2	7.52	25	20	5.08	3.28	0.2	0.1
		3	7.56	14	21	6.51	3.44	0.1	ND
		4	7.53	23	22	12.5	3.77	0.1	0.1
	日均值		7.53	23	23	7.7	3.44	0.2	<0.1
GB8978-1996 二级			6-9	150	150	30	25	15	10
超达标情况			达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

现有工程接收站冷排水温差在 1.0~2.0°C 之间,满足环评及批复限值 (温差控制在 5°C 以内) 要求。

接收站污水处理系统采用一体化有机污水处理工艺流程。主要以生物接触氧化法为主,配以隔栅清污机、初沉池、二沉池、污泥提升器、污泥浓缩和消化池、鼓风机,组成一体。接收站生活污水经污水处理系统处理后,用于站内绿化,多

余水排海。接收站每天产生约 28m^3 的生活污水，在站内通过排污管线进入地埋式一体化污水处理装置处理，达标后排海。设计处理能力 2t/h ，污水处理后达到《污水综合排放标准》中的一级标准。

3.3.2 环境空气

3.3.2.1 废气排放情况和治理措施

接收站的废气，当 IFV 维修或用气高峰调峰启动时启用 SCV，浸没燃烧式气化器有 LNG 燃烧烟气排放，排放的污染物有 NO_x 及少量的 SO_2 ；在非正常工况下，当蒸发气总管超压时，总管排放的低压天然气送火炬燃烧，燃烧后的烟气将从火炬顶排放，排放的污染物有 NO_x 和极少量的 SO_2 ；在非正常情况下，接收站部分安全阀的排放气将不送至火炬系统，就地放空，导致无组织排放。

输气干线营运期正常工况下，废气污染源主要为截断阀室无组织排放。对 LNG 管线其污染物主要为总烃等。

运营期正常情况下码头工程没有废气产生。

表 3.3-6 现有工程废气产生量及排放方式

项目组成	污染源名称	总排放量	污染物组分	排放量	排放规律	处理方式	备注
接收站	浸没燃烧式气化器烟气	$23000\text{m}^3/\text{h}$ 最大: $38000\text{m}^3/\text{h}$	CO_2 9.2% NO_x 50ppm SO_2 8mg/ m^3	NO_2 3.9kg/h SO_2 0.11kg/h	间断	经 25m 高排气筒排入大气	用于备用或调峰
	蒸发气总管超压	$420000\text{m}^3/\text{h}$	CO_2 9.2% NO_x 50ppm SO_2 微量	NO_2 43.13kg/h	间断	在 100m 高处排入大气	非正常生产时使用
	火炬点火器烟气	$140\text{m}^3/\text{h}$		NO_2 0.01kg/h	连续		
输气干线	安全阀排放	300kg/a	CH_4 96.33%	CH_4 289 kg/a	间断	高于 10m 排放	事故
	管道检修、泄漏事故排气		NO_2 少量 烟尘少量	1 次/年	间断	60m 排放	检修

3.3.2.2 环境空气监测及达标分析

对接收站(首站)、末站分别进行非甲烷总烃无组织排放监测，监测结果见表 3.3-7。

表 3.3-7 接收站、末站厂界环境空气监测结果（单位： mg/m^3 ）

监测点位		12 月 14 日			12 月 15 日		
		第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
接收站	1	0.856	1.03	0.920	0.487	0.737	0.708
	2	1.27	0.912	0.891	0.530	0.535	0.517
	3	1.25	1.26	0.791	0.433	0.430	0.552
	4	1.21	0.937	1.00	1.60	1.21	0.810
末站	1	1.15	1.17	1.01	0.573	0.823	0.632
	2	1.00	1.09	0.681	0.525	0.667	0.468
	3	1.17	1.58	1.19	1.13	0.657	0.788
	4	1.27	1.02	1.07	0.815	0.476	0.347
GB/T16297-1996		4.0					
是否达标		达标	达标	达标	达标	达标	达标

监测结果表明，所有监测点均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中新污染源监控浓度限值 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。说明接收站、末站的场厂界非甲烷总烃无组织排放均可达标。

3.3.3 固体废物

据《上海 LNG 站线项目竣工环保验收调查报告》，靠港船舶不到岸排放垃圾，接收站和末站的生活垃圾及少量的生产固废（由设备维修、清管作业等产生，主要成分为灰尘、铁屑及铁氧化物等），均依托地方环卫部门统一进行清运、处理。

3.3.4 声环境

3.3.4.1 噪声源强和治理措施

营运期的噪声源主要为各生产装置及公用工程的机泵、压缩机、鼓风机、空冷器放空，空压站放空口的瞬时噪声为 $90\sim 110\text{dB}(\text{A})$ ，其余均小于 $85\text{dB}(\text{A})$ 。火炬短期排空的噪声可达 $120\text{dB}(\text{A})$ 。

表 3.3-8 噪声污染源强及处理措施

项目组成	主要噪声设备	数量	噪声级	发生规律	处理措施
接收站	BOG 压缩机	2	85	连续	
	LNG 高压输送泵	4+1	80	连续	埋地
	LNG 低压输送泵	4+4	80	连续	全封闭（混凝土罐内）
	高压海水泵	4+1	80	连续	浸没水中
	空气压缩机	1+1	85	连续	
	柴油发电机	0+2	90		发电机房封闭
	浸没燃烧式气化器	1	85	间断	
	火炬	1	120	间断	
输气管线	管道、阀门气动等		<70	连续	
末站	调压设备	1	85	连续	

3.3.4.2 噪声监测及达标分析

选择接收站进行厂界噪声监测，结果见表 3.3-9。

表 3.3-9 接收站厂界噪声监测结果（ L_{Aeq} ，单位:dB）

监测点位		12 月 14 日		12 月 15 日	
		昼间	夜间	昼间	夜间
1	南边界外 1 米 (正对灌区压缩机)	51.3	50.7	50.8	50.0
2	西边界外 1 米 (正对空压机)	52.3	51.7	51.7	51.4
《工业企业厂界噪声标准》 (GB12348-2008)中的III类标准		65	55	65	55
是否达标		达标	达标	达标	达标

监测结果表明，接收站厂界噪声昼间夜间均达标。

3.3.5 底栖生物增殖放流

3.3.5.1 增殖放流物种和放流数量

2007-2008 年共放流缢蛏苗种 2555.2368 万粒，标志放流缢蛏 0.6845 万粒。其中：2007 年缢蛏苗种放流 1145.684 万只，规格为平均壳长 2cm，放流时间为 6 月 11 日~14 日，分 2 批放流；标志放流缢蛏 0.0245 万粒。

2008 年缢蛏苗种放流 1409.5529 万只，规格为平均壳长 1.5~2.0cm，放流时间为 5 月 10 日，分 1 批放流；标志放流缢蛏 0.66 万粒。

3.3.5.2 增殖放流效果评估

根据增殖放流跟踪调查结果对增殖放流效果进行评估。缢蛏是一种底栖性贝类，是鱼、虾、蟹类重要的饵料基础。工程区域底栖生物受到较大影响，具体表现为种类组成少，生物量低。缢蛏主要利用底层有机碎屑、微型硅藻，不会与鱼类构成食物竞争。按在天然海域的存活率为 60% 计算，12 个月后平均体重 9.13g/粒计算。

成熟后的缢蛏可进一步释放幼体，一方面作为再增殖补充群体，另一方面可为鱼、虾、蟹类生长提供优质饵料。现场监测数据表明，放流的缢蛏苗物种均有较快的生长，2007 年月均增重 0.74g/月，2008 年月均增重 0.44g/粒，2009 年没有放流，但根据 10 个阿氏网拖网站的平均资源密度(重量、尾数)为 18.323kg/km² 和 1.0771 万只/km²。说明增殖效果明显，表明缢蛏的增殖放流有利于改善水域生态群落结构，有利于水域生态环境的修复。

3.4 风险防范及环境管理情况

现有一期工程配备的集液池设置情况如下：

码头区域集液池：位于码头西侧平台，尺寸为：长×宽×深 5×5.4×1.3m；
工艺区集液池：位于接收站工艺区南侧，尺寸为：长×宽×深 9×9×3.7m，储
罐区集液池：1 座位于 2#、3#储罐之间，尺寸为：长×宽×深 9×9×3.5m；1 座
位于 1#储罐南侧，尺寸为：长×宽×深 9×9×3.5m。

风险防范及环境管理落实照片见图 3.4-1 和图 3.4-2。



图 3.4-1 现有工程接收站火炬、集液池、紧急截断阀



图 3.4-2 现有工程风险防范措施

3.4.1 现有风险防范措施调查

3.4.1.1 现有应急物资调查

现有工程应急物资配备情况如下：

消防仓库：救生衣 5 套、空气呼吸器 4 套、备用钢瓶 10 套。

运行部中央控制室：主自给式空气呼吸器 8 套、空气呼吸器备用钢瓶 10 个、码头救生圈 10 个、落水救生衣 22 件、消防专用对讲机 6 个。

作业码头控制室：救生衣 4 套、空气呼吸器 2 套。

主变电控制室：救生衣 9 套、救生圈 10 个。

3.4.1.2 管道风险防范措施

1、选择线路走向时，尽可能避开居民区以及垮塌流等不良地质段，以减少由于天然气泄漏引起的火灾、爆炸事故对居民危害；

2、对管道沿线居民区（芦港镇），采取定向钻穿越，使管线深埋 10 米以上，并提高设计系数，以增强管道抵抗外部可能造成破坏的能力，确保管道的安全、稳定运行；管道在道路伴行、有人活动区域、海管登陆处均设有明显标识，以保护管线安全。

3、为减少事故发生时的天然气释放量，在管线沿途设置了 2 座紧急截断阀室（阀室之间距离约为 8km），紧急情况下，由截断阀室及其附属设施放空事故发生地段的相邻阀室之间的天然气，减少了事故风险。

4、管道材质选用生产技术成熟、稳定可靠的管道用钢，并进行了严格的质量检验，确保优质钢管用于施工铺设；严格执行制管、施工的有关标准和规定，严格控制设备、材料和施工的质量。

5、管线外壁防腐采用三层结构聚乙烯防腐涂层，并设置了阴极保护站，使管道的腐蚀率下降，尽量避免因腐蚀穿孔发生泄漏而造成事故。

6、施工中建设单位对施工单位进行了招标，设置了施工监理，确保有管线施工丰富经验的施工单位进行优质施工。

7、对环境风险的控制，在施工期主要体现在管道和站场施工质量控制方面，为此建立了施工质量保证体系，提高施工检验人员的水平，加强检验手段；施工期间，采用超声波和 X 射线进行管口焊接质量检测。

8、制定了严格的规章制度，发现缺陷及时正确修补并做好记录。

9、施工后，按管线所经的不同区域，分别进行空气和水压试验，排除了更多的存在于焊缝和母材的缺陷，增加管道的安全性。

10、运营中，严格控制天然气的气质，定期清管，排除管内的积水和污物，以减缓、降低管道内腐蚀。

11、定期检查管道内的腐蚀情况，对严重管壁减薄的管段，及时维修更换，避免爆管事故发生。

12、定期检查管道安全保护系统（如截断阀、安全阀、放空系统等），使管道在超压时能够及时得到安全处理，使危害影响范围减小到最低程度。

13、在管道沿线设置的标桩及各类标志清楚、明确，并且其设置能从不同方向，不同角度均可看清。

14、每日检查管道施工带，查看地表情况，以及此地和附近地带的人员活动情况，及时制止对管道安全有影响的行为。

15、在管道系统投产前，制定正常、异常和紧急状态下以及维修工作中使用的操作手册，详细说明操作步骤，规定抢修进度，并对操作人员进行严格培训；定期进行安全教育活动，提高职工的安全意识、对异常事故的识别能力和处理能力，一旦事故发生，应立即通知调度室、用户及有关部门，把事故影响控制在最小范围内。

3.4.1.3 站场风险防范措施

1、接收站内利用围墙进行功能分区，将生产区和办公区分开，减少了生产区和办公区的相互干扰，减少危险隐患，同时便于生产管理。

2、接收站采用先进的工艺控制系统和安全监督系统，以保障操作人员和设备的安全，防止环境污染，确保生产设施安全、可靠、有效的运行；码头和接收站设有可燃气体和火灾检测器，可将信号传送至控制系统，并进行报警，以便采取必要的措施。

3、站内设施选用高质量、高可靠性产品，关键部件和附件充分考虑工艺过程及物料特性要求，特别是阀门等，严格保证其良好的密闭性能。

4、码头和接收站设有应急集液池，以保证泄漏事故发生时，减少液体扩散范围，控制蒸发速度。

5、各站场内设备均按照防爆等级进行设计，并按照规定采取防雷、防静电

措施、可燃性气体检测仪和火焰探测器，对站场的安全运行进行监控。

3.4.2 环境风险应急预案落实情况

上海液化天然气有限公司制订了《上海液化天然气有限责任公司生产安全事综合应急预案》、《上海液化天然气有限责任公司接收站与输气末站火灾爆炸专项应急预案》、《上海液化天然气有限责任公司接收站与输气末站天然气泄漏专项应急预案》、《上海液化天然气有限责任公司天然气管道损坏和泄漏专项应急预案》、《上海液化天然气有限责任公司环境保护专项应急预案》、《上海液化天然气有限责任公司天然气运输船靠港作业期间事故专项应急预案》等十项应急预案。该十项应急预案涵盖了企业生产经营过程中安全、消防及环保等各项应急处理。目前已在上海市安全生产监督管理局完成备案，备案号为 310452011110000001。

针对各种情况下可能的事故风险，建设单位分别组织了码头区应急演练、工艺区应急演练、输气管道应急演练等。极大地提高了单位风险应急能力，增强了全体员工的风险防范意识。

3.4.3 环境管理情况调查

上海液化天然气有限责任公司在“健康、安全及环保承诺”中指出，健康、安全和环保（以下简称“HSE”）以及每一位项目工作人员的健康至关重要，要求项目建设承包商、分包商以及工程运营商按照工程业主确定的 HSE 要求，积极贯彻高标准的 HSE 要求，在工程设计、建设和运行管理中贯彻“零排放”、“零破坏”等清洁生产的理念，实施清洁生产措施，进而降低对环境的影响。

1、设立环境管理机构

在工程管理部门设置了专门的环保机构，配备专职环保人员，负责承接建设期的环保管理工作，协助有关环保部门进行的环保验收，落实运行期的环境监测计划和事故防范措施。在接收站、码头、各管线站场等生产部门均设有环保兼职人员，负责具体的环境监督管理。

2、健全各种环境管理制度

上海 LNG 项目结合 HSE 管理，健全各种必要的环境管理制度，如环境管理任务、环境管理计划、环境监测计划、HSE 管理制度等，它们有助于提高项目 HSE 管理水平。

3.5 现有污染物产生及排放量

现有污染物产生及排放量见表 3.5-1。

表 3.5-1 现有项目污染物产生及排放量

类型	污染源	污染物	单位	产生量	消减量	排放量	工况
废水	冷排水	水量	万 m ³ /a	14787	0	14787	正常
			m ³ /h	62040	0	62040	最大
	废水（生活污水+含油废水）	水量	m ³ /a	11862.5	0	11862.5	正常
		COD	t/a	3.58	1.80	1.78	
		BOD ₅	t/a	2.04	1.69	0.36	
		SS	t/a	2.54	0.76	1.78	
		氨氮	t/a	0.36	0.06	0.30	
		石油类	t/a	0.33	0.21	0.12	
	SCV	水量	m ³ /a	157680	0	157680	非正常
	设备冷却水	水量	m ³ /h	15	0	15	正常
废气	火炬长明灯	NO _x	t/a	/	/	0.13	正常
		SO ₂	t/a	/	/	0.01	
	无组织	CH ₄	t/a	28	0	28	
		NMHC	t/a	2	0	2	
	蒸发气总管超压	NO _x	t/a	/	/	0.36	非正常
		SO ₂	t/a	/	/	0.03	
	SCV 烟气	NO _x	t/a	/	/	24.12	非正常
		SO ₂	t/a	/	/	0.69	
	储罐安全排气	CH ₄ 、NMHC	t/h	/	/	155.1	非正常
	IFV 安全阀排气	CH ₄ 、NMHC	t/h	/	/	225.7	事故
固体废物	生产固废	一般固废	t/a	2	2	0	正常
	生活垃圾	一般固废	t/a	43.8	43.8	0	
	含油废物	危险废物	t/a	2.0	2.0	0	

3.6 存在的主要环境问题及“以新带老”措施

现有工程存在问题及“以新带老”措施见表 3.6-1。

表 3.6-1 “以新带老”整改措施

现有主要环境问题	“以新带老”措施
根据《上海液化天然气工程接收站和输气管线项目竣工环境保护验收调查报告》，运行期个别时段余氯排放浓度偏高，高于 0.2mg/L。上海市环境监测中心站于 2010 年 12 月 14 日和 12 月 15 日对接收站冷排水（出口）余氯浓度进行了监测，余氯排放浓度范围分别为 0.340~0.450 和 0.110~0.250mg/L。	冷排水余氯浓度超过 0.2mg/L 的原因主要为投加次氯酸钠的量和频次需根据生产取水量和附着生物生长情况进行动态调整，在取水量大且附着生物生长较快的时段需要加大次氯酸钠单次加药量并提高加药频次，导致排水余氯排放浓度不稳定且出现超标的情况。 上海液化天然气(LNG)有限责任公司于 2017 年 7 月开始使用 EGD 杀生缓蚀剂代替次氯酸钠，EGD 杀生缓蚀剂是一种无毒无害的高效绿色环保型杀生产品，目前已在国内多家电厂和 LNG 企业得到推广。解决了投加次氯酸钠带来的排水余氯浓度不稳定的问题。

3.7 工程海域环境影响回顾评价

3.7.1 海水水质回顾性分析

为了解 LNG 一期工程建设对海水水质的影响，本节引用国家海洋局东海环境监测中心于 2005 年 4 月及 2019 年 5 月在工程海域开展的调查结果进行海水水质回顾性分析。工程前后调查点位见图 3.7.1 和图 3.7.2。

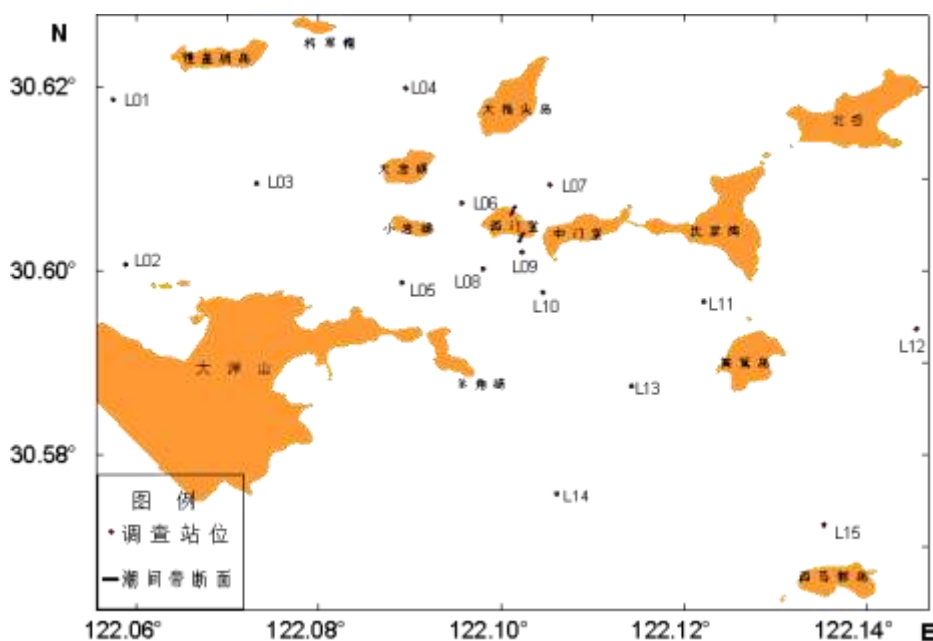


图 3.7-1 2005 年 4 月调查点位布设



图 3.7-2 2019 年 5 月调查点位布设

通过工程前后海水水质调查结果对比分析可以看出，所有调查因子中，除溶

解氧、活性磷酸盐调查结果略有上升外，其他监测项目的调查结果均呈显著下降趋势。

从超标因子结果来看，受长江径流携带的大量营养物质及沿岸陆源排污的影响，2005 年工程建设前，工程区域不符合水质要求的因子主要是无机氮、活性磷酸盐、铅和锌。其中无机氮超标较严重，为主要污染因子，评价结果为劣四类。其他因子污染程度相对较轻，活性磷酸盐评价结果为四类；铅和锌评价结果为二类。

2019 年工程建设后，监测海域所有站位 pH、溶解氧、石油类、硫化物、镉、砷、锌、铬、铜和铅均符合一类海水质量标准，主要超标因子为无机氮和活性磷酸盐，个别站位化学需氧量超标。无机氮和活性磷酸盐的评价结果与工程前的较为一致，仍为劣四类和四类；化学需氧量评价结果为三类。

综上，工程后工程海域海水水质状况较工程前略有改善，但主要超标因子仍为无机氮和活性磷酸盐，未发生显著变化。

表 3.7-1 工程前后海水水质调查结果对比

监测项目	2005 年 4 月			2019 年 5 月		
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
pH	7.38	7.82	/	7.94	8.06	/
溶解氧 (mg/L)	9.74	10.46	/	7.61	9.14	8.15
COD _{Mn} (mg/L)	0.54	0.93	0.76	0.340	2.41	1.33
无机氮 (mg/L)	0.822	1.052	0.975	0.686	1.17	0.888
活性磷酸盐 (mg/L)	0.0295	0.0426	0.0346	0.0338	0.0501	0.0398
石油类 (μg/L)	17.7	44.9	28.6	1.75	35.2	9.00
汞 (ng/L)	29.4	128.0	68.6	*	75.8	33.3
铜 (μg/L)	0.75	4.37	2.17	*	2.45	1.08
铅 (μg/L)	0.42	5.57	2.47	*	0.973	0.450
镉 (μg/L)	0.022	0.164	0.075	*	0.0589	0.0286
铬 (μg/L)	0.16	0.69	0.34	0.219	0.410	0.299
锌 (μg/L)	17.0	37.1	25.0	2.38	7.28	4.19
砷 (μg/L)	1.09	1.28	1.19	1.46	1.79	1.61
悬浮物 (mg/L)	323	2169	1055	40.4	1357	576
硫化物 (μg/L)	*	*	*	*	1.75	0.655

注：“*”表示该项目未检出，“/”表示无相关统计值

表 3.7-2 工程前后海水水质超标因子结果对比

调查时间	超标因子
2005 年 4 月	无机氮、活性磷酸盐、铅和锌
2019 年 5 月	无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量

3.7.2 冷排水回顾性分析

为调查上海液化天然气项目一期工程冷排水对海洋环境的实际影响，本节引用国家海洋局东海环境监测中心于 2019 年 5 月在排水口周边开展的冷排水扩散场监测数据资料进行既有工程冷排水海洋环境影响回顾性分析。

2019 年 5 月 21 日 11 时 30 分至 20 时，三条船舶分三个区域分别在潮水的涨憩和落憩附近时段内，对监测海域展开水温监测，获取了表层、中层和底层的监测数据，对监测海域不同时段的水温分布情况以及温降状况进行分析评价。调查点位见图 3.7-3。



图 3.7-3 2019 年上海液化天然气项目一期工程冷排水扩散场监测站位示意图

3.7.2.1 水温分布

总体来看，工程海域监测当天的水温在 20°C 左右，表层至底层水温逐渐降低，落憩时段大面水温高于涨憩时段大面水温，垂向平均值落潮比涨潮高 0.5°C 左右，垂向平均后的低温区主要集中在排水口附近，并向离岸方向和潮水流去的方向延伸，涨憩时段最大温差比落憩时段小 0.2°C 左右。涨憩、落憩时段各层水温分布如图 3.7-4~3.7-11 所示。

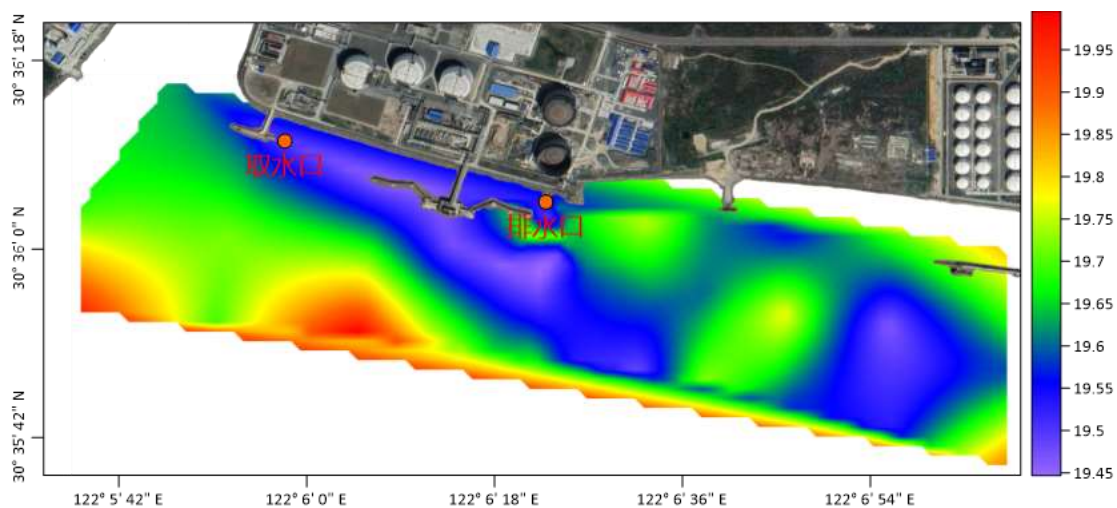


图 3.7-4 涨憩时段表层水温分布图

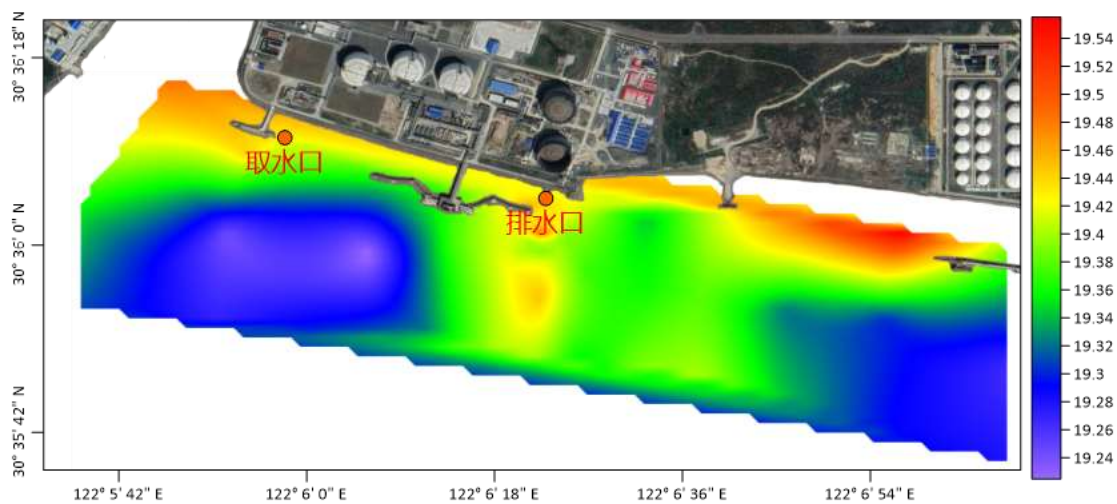


图 3.7-5 涨憩时段中层水温分布图

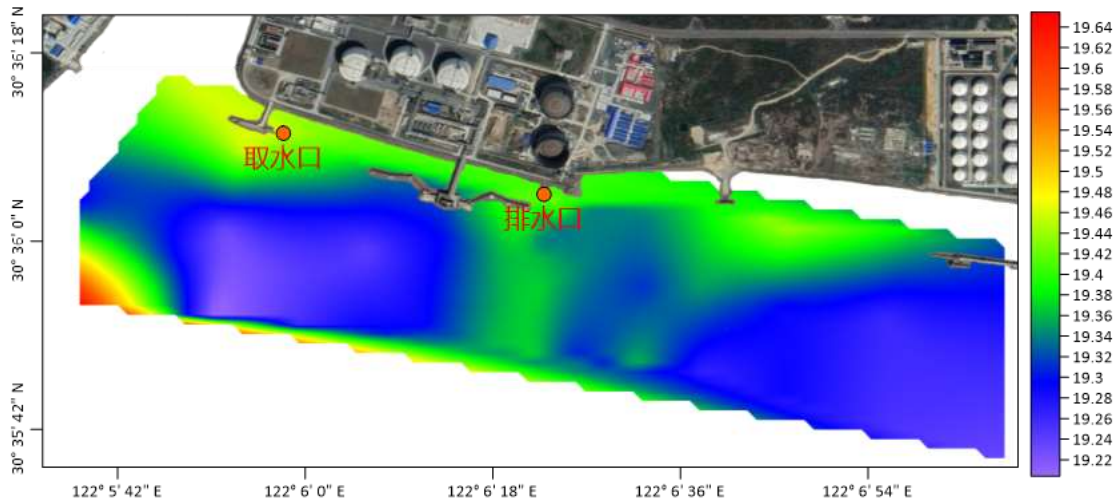


图 3.7-6 涨憩时段底层水温分布图

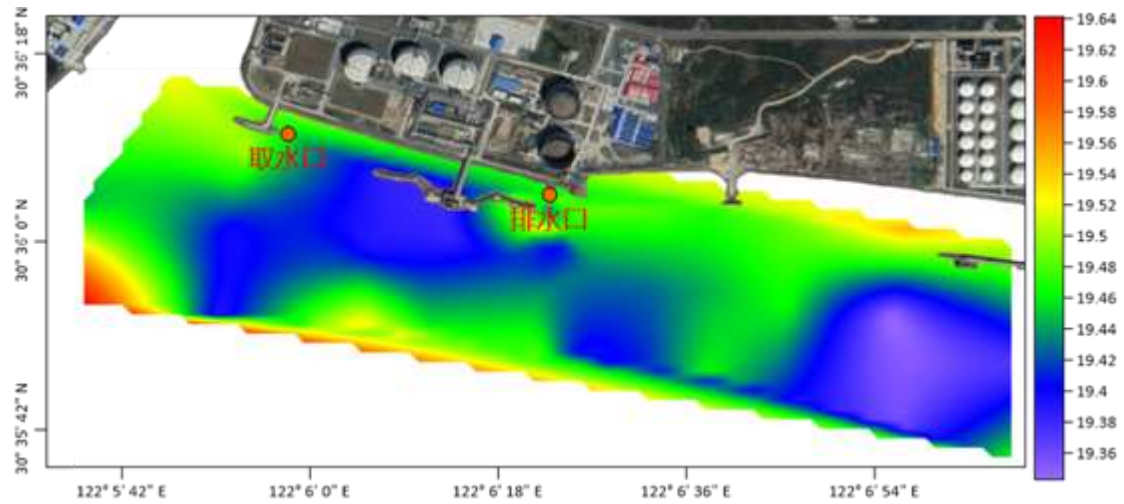


图 3.7-7 涨憩时段垂向平均水温分布图

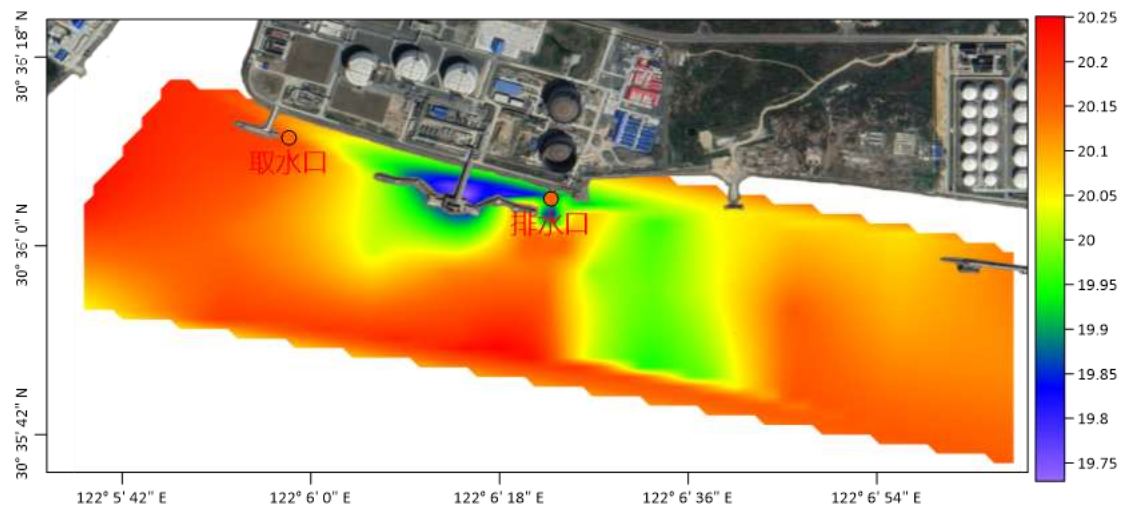


图 3.7-8 落憩时段表层水温分布图

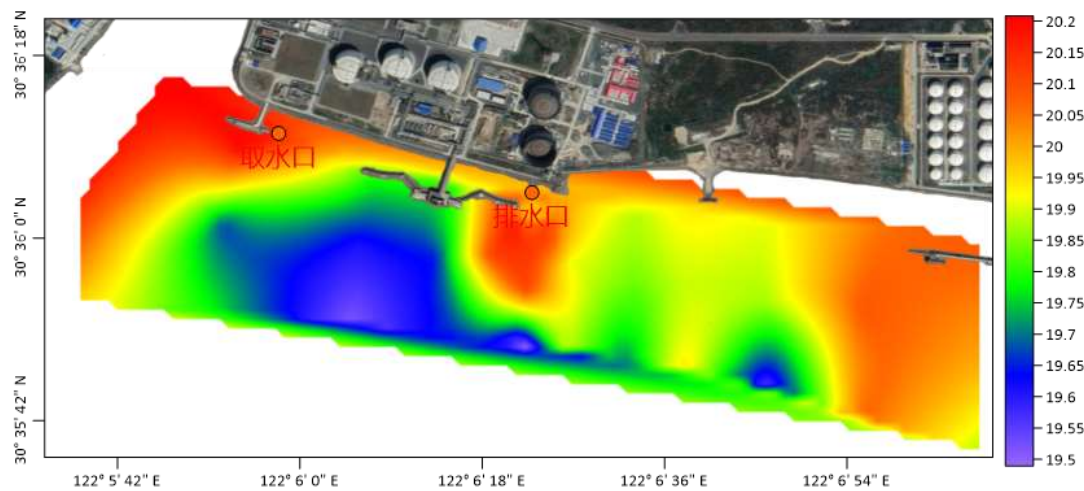


图 3.7-9 落憩时段中层水温分布图

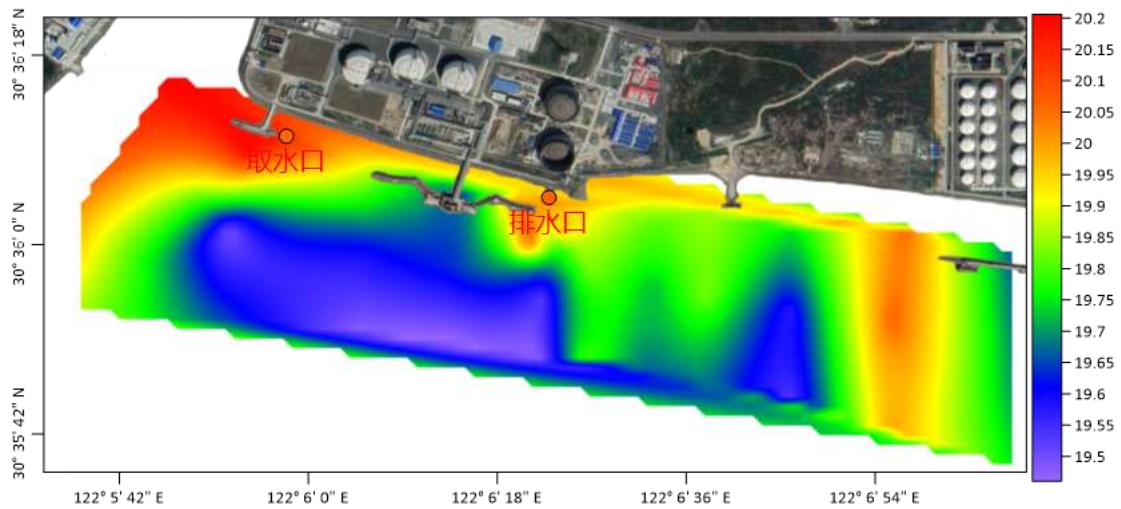


图 3.7-10 落憩时段底层水温分布图

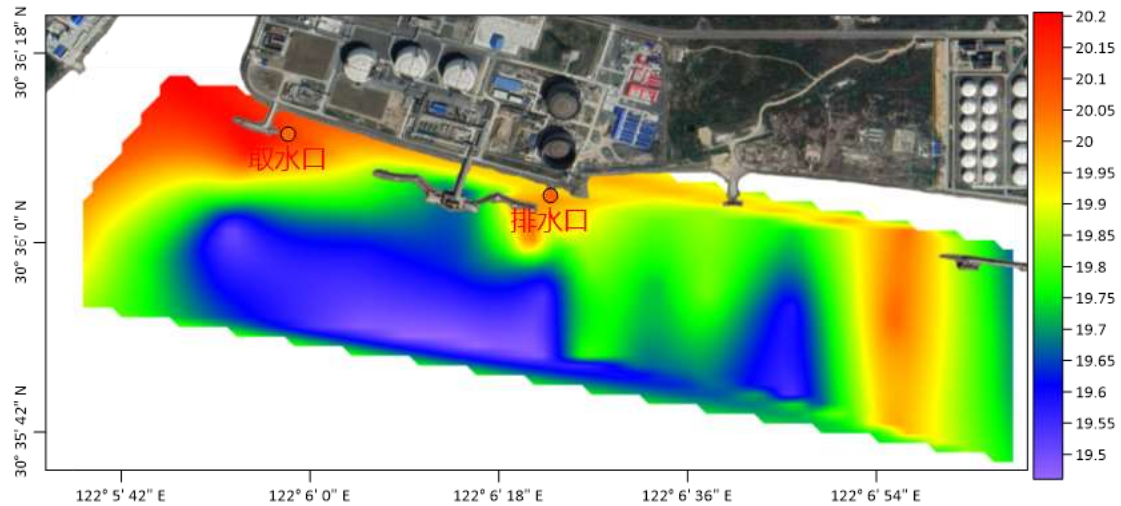


图 3.7-11 落憩时段垂向平均水温分布图

3.7.2.2 温降分布

本项目 LNG 气化用水后排海的水相比用水前为低温水，会降低排放口邻近海域的海水的水温，在潮汐、海流和自身温差扩散的共同作用下，低温海水会和周边海水进行能量的对流扩散，最终不断的改变工程邻近海域的水温分布。由于冷排水可能同时会影响到表层至底层的整体水体，因此以水体垂向平均的温度分布为反映冷排水的总体影响将更为合理，而冷排水具体造成了多少范围和多大程度的温度下降，需要涉及背景水温的选取，从上一小节涨憩和落憩的水温分布来分析，监测区域大致为一个沿岸长 2500 米、离岸 750 米左右的矩形区域，范围相对来说不大，可以认为如果抛开冷排水的影响（假定冷排水停止排放），该区域内海水温度的平面分布是趋于一致的，对水体温度作垂向平均以后，每个点的水温应该是相同的，且冷排水只有使水温降低的可能，不能使水温升高，可以假

定监测区域内存在未受冷排水影响的水体作为背景水温参考。因此，在选取不受冷排水影响的背景水温时，原则应该是在远离冷排水口的海流流来的方向上，靠近监测区域边界的位置上取一个水温最高值作为某一时段的水温背景值，将垂向平均水温场的分布减去这一背景水温后即可得到温降分布场。

下面分涨憩时段和落憩时段对监测区域的垂向平均温升分布进行简要分析。

涨憩：根据前述的背景水温的选取原则，考虑监测的实际情况，涨憩时段垂向平均水温场的背景值选取西侧离岸区域的最高水温值 19.64°C 作为涨憩时段的背景温度。涨憩时段水体垂向分布的温降分布如图 3.7-12，温降面积的分布统计情况见表 3.7-3。冷排水造成水温下降幅度超过 0.1°C 以上的（即温升值小于 -0.1°C ）分布面积为 1.58km^2 ，约占监测区域的 97.3%，未监测到水温下降幅度超过 0.3°C 的区域。

落憩：落憩时段垂向平均水温场的背景值选取西侧区域的最高水温值 20.21°C 作为落憩时段的背景温度。落憩时段水体垂向分布的温降分布如图 3.7-13，温降面积的分布统计情况见表 3.7-3。冷排水造成水温下降幅度超过 0.1°C 以上的（即温升值小于 -0.1°C ）分布面积为 1.51 km ，约占监测区域的 92.9%，水温下降幅度超过 0.4°C 的分布面积为 0.23 km ，约占监测区域的 14.3%，未监测到水温下降幅度超过 0.5°C 的区域，主要分布在排水口南侧离岸区域内。

落憩时段冷排水影响范围略小于涨憩时段，但落憩时段的冷排水影响程度明显大于涨憩时段，且落憩时段的温降等值线较涨憩时段更为密集，说明落憩时段监测范围内水体水温平面分布变化更为明显，有明显水温变化梯度，而涨憩时段水体水温分布梯度较为平缓，水体水温分布更为均匀。冷排水引起的降温效应在排水口区域附近更为明显，低温水团倾向于离岸方向和海流流去方向迁移。

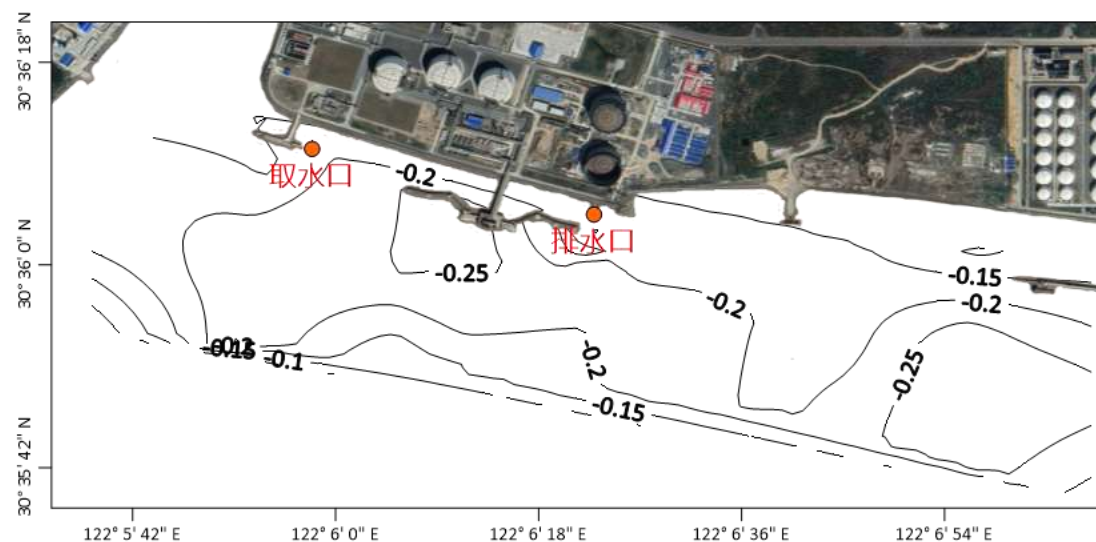


图 3.7-12 涨憩时段水体垂向平均的温降分布图

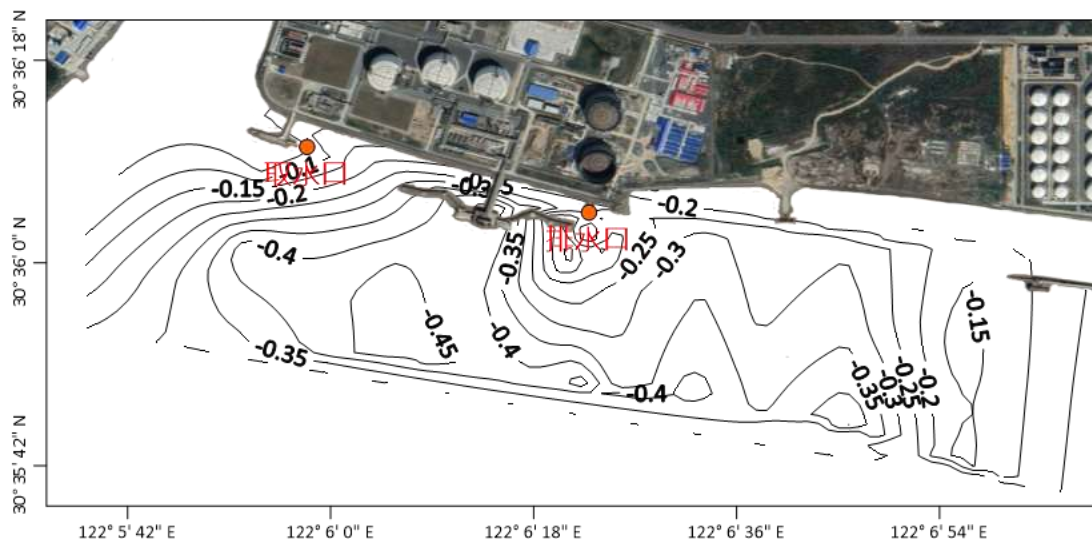


图 3.7-13 落憩时段水体垂向平均的温降分布图

表 3.7-3 水体垂向平均的温升分布统计表

温升幅度	涨憩时段		落憩时段	
°C	温升面积 (km ²)	面积占比 (%)	温升面积 (km ²)	面积占比 (%)
≤-0.1°C	0.04	2.7%	0.12	7.2%
-0.1~-0.2°C	0.85	52.6%	0.33	20.3%
-0.2~-0.3°C	0.73	44.7%	0.47	28.7%
-0.3~-0.4°C	-	-	0.48	29.6%
-0.4~-0.5°C	-	-	0.23	14.3%

同时,为了进一步了解取排口附近的温升情况,分别在涨急和落急时段对取排口附近的 T0 和 T49 站位进行了水温调查,详细监测结果见表 3.7-4。

表 3.7-4 涨落急时段取排水口温升统计表

层次	涨急时段 水温 °C			落急时段 水温 °C		
	取水口 T0	排水口 T49	温升	取水口 T0	排水口 T49	温升
表层	19.86	19.76	-0.10	19.53	19.52	-0.01
中层	19.87	19.74	-0.13	19.52	19.50	-0.02
底层	19.86	19.73	-0.13	19.51	19.49	-0.02

涨落急时段水流速度相对较大，水体平面和垂向热交换效果相对较好，从统计结果来看，涨落急时段在排水口站位相对取水口站位均监测到了不同程度的温度下降现象，涨急时段垂向平均温升为 -0.12°C ，落急时段垂向平均温升为 -0.02°C ，涨急时段温升幅度大于落急时段；涨落急时段表层至底层水温分布较为一致，温降幅度差异很小，表层温降幅度略小于中层和底层，中层和底层温降幅度相同。

综上，根据一期工程冷排水跟踪监测结果可以看出，工程冷排水总体温降幅度较小，涨憩和落憩时段水体垂向平均温降均小于 0.5°C ，工程建设冷排水对工程邻近海域的温降幅度影响较小，建议在本项目跟踪监测中加强冷排水温降监测。

3.7.3 沉积物回顾性分析

为了解上海液化天然气项目一期工程建设对工程海域沉积物的影响，本节引用国家海洋局东海环境监测中心于 2005 年 4 月及 2019 年 5 月在工程海域开展的调查结果进行沉积物回顾性分析。工程前后调查点位见图 3.7.1 和图 3.7.2。

通过工程前后沉积物调查结果对比分析可以看出，所有调查因子中，除溶铅、锌和硫化物调查结果略有上升外，其他监测项目的调查结果均呈显著下降趋势。

从超标因子结果来看，2005 年各站位沉积物评价因子均符合所在海域所需的海洋沉积物质量标准要求，附近海域底质环境质量状况良好。

2019 年工程建设后，监测海域沉积物评价结果表明，所有站位有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、锌、铬、镉、总汞和砷等监测因子均符合第一类海洋沉积物质量标准，满足所在海洋功能区的海洋沉积物质量要求，附近海域底质环境质量状况良好。

综上，工程前后工程海域附近沉积物环境质量状况未发生明显变化，调查结果均满足调查点位所在海洋功能区的海洋沉积物质量要求。

表 3.7-5 工程前后沉积物调查结果对比

监测项目	2005 年 4 月			2019 年 5 月		
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
pH	7.54	7.87	/	7.22	7.60	/
氧化还原电位 (mV)	59	480	279	81	183	/
石油类 ($\times 10^{-6}$)	11.1	275.8	69.8	3.30	7.70	4.97
有机碳 ($\times 10^{-2}$)	0.31	0.68	0.46	0.250	0.427	0.331
汞 ($\times 10^{-9}$)	23.1	64.4	42.5	33.1	52.0	40.2
铜 ($\times 10^{-6}$)	4.25	38.90	18.99	15.8	21.8	18.2
铅 ($\times 10^{-6}$)	3.88	32.50	14.38	19.8	27.4	23.6
镉 ($\times 10^{-6}$)	0.010	0.283	0.109	0.0741	0.100	0.0856
铬 ($\times 10^{-6}$)	10.3	73.6	39.9	21.7	44.1	27.9
锌 ($\times 10^{-6}$)	10.2	70.8	42.1	56.0	71.3	61.4
砷 ($\times 10^{-6}$)	6.56	11.10	9.00	6.99	11.7	8.54
硫化物 ($\times 10^{-6}$)	5.71	38.45	15.05	32.2	41.2	35.2

注：“*”表示该项目未检出，“/”表示无相关统计值

3.7.4 海洋生态影响回顾

3.7.4.1 浮游植物

(1) 种类组成

2005 年春季调查海域共鉴定出浮游植物 3 门 29 属 53 种，其中，硅藻门 27 属 51 种，占 96.2%；蓝藻门和金藻门分别为 1 属 1 种。

2019 年春季调查海域共鉴定 3 门 23 属 40 种，其中硅藻门 19 属 35 种，甲藻门 3 属 4 种，绿藻门 1 属 1 种。

2019 年春季调查浮游植物种类数较 2010 年春季相比略有下降，浮游植物均鉴定出 3 个门类，除硅藻门种类数略有下降外，甲藻种类数略有升高。

(2) 细胞丰度

2005 年春季调查海域浮游植物细胞密度均值 2.43×10^5 个/ m^3 。2019 年春季调查海域浮游植物细胞密度均值为 1.98×10^6 个/ m^3 。2019 年春季网样细胞丰度有所上升，增加幅度较小，数量级变化不大。

(3) 生物多样性

2005 年春季调查海域网样中浮游植物多样性指数均值为 2.57；2019 年春季调查海域网样中浮游植物多样性指数均值为 2.64。2019 年春季浮游植物生物多样性指数略有增加。

(4) 优势种

2005 年春季调查海域网样浮游植物优势种为中肋骨条藻、高盒形藻、具槽直链藻、布氏双尾藻等，其中中肋骨条藻和高盒形藻优势度较高。

2019 年春季调查海域网样浮游植物优势种为琼氏圆筛藻、虹彩圆筛藻、中华盒形藻、拟螺形菱形藻、布氏双尾藻、活动盒形藻和中肋骨条藻。

两次调查的浮游植物优势种（优势度 $Y \geq 0.02$ ）组成未发生明显变化，中肋骨条藻为调查海域优势物种，中肋骨条藻为典型的广温广盐性种，在近岸低盐海域数量较多，对各种生态条件有广泛的适应能力，为常见赤潮种。

（5）生物种类和群落结构

对比两次调查，浮游植物生物种类以硅藻门为优势种类，各站位物种数、生物量、密度及多样性呈现波动变化，优势种组成上以中肋骨条藻等广温广盐性种为优势种。因此，调查海域浮游植物生物种类及群落结构未发生明显变化。

3.7.4.2 浮游动物

（1）种类组成

2005 年春季调查海域共鉴定浮游动物 24 种(包括 6 种浮游幼体)，分 2 门 5 大类，以桡足类种数最多。

2019 年春季调查海域共鉴定浮游动物 6 个类群 17 种（不包括浮游幼体类 7 种），其中桡足类 8 种，腔肠动物 4 种，毛颚类 2 种，糠虾类、磷虾类和栉水母动物各 1 种。

2019 年春季调查浮游动物种类数较 2005 年春季相比未发生明显变化，种类组成上均以桡足类最多。

（2）密度与生物量

2005 年春季调查海域浮游动物生物量平均值为 62.76 mg/m^3 。2019 年春季调查海域浮游动物生物量范围为 $42.2 \sim 240.3 \text{ mg/m}^3$ ，平均生物量为 99.7 mg/m^3 。

2019 年春季调查浮游动物生物量较 2005 年春季相比均略有增加，但无显著变化。

（3）生物多样性

2005 年春季调查海域浮游动物群落多样性指数均值为 0.89。

2019 年春季调查海域浮游动物群落多样性指数、均匀度指数 (J') 和丰富度指数 (d) 的变化范围分别介于 $1.85 \sim 3.39$ 、 $0.60 \sim 0.89$ 、 $1.61 \sim 3.61$ 之间，均值分

别为 2.55、0.74 和 2.31。

2019 年春季浮游动物调查较 2010 年相比，浮游动物生物多样性指数明显增加。2019 年春季调查浮游动物群落多样性、丰富度指数均较高，表明浮游动物种类丰富，多样性较好。

（4）优势种

2005 年春季调查海域浮游动物群落共出现 4 种优势种（ $Y \geq 0.02$ ），真刺唇角水蚤均居第一优势种位置，双毛纺锤水蚤居第二优势种，虫肢歪水蚤次之。

2019 年春季调查海域浮游动物群落共出现 6 种优势种（ $Y \geq 0.02$ ），分别为真刺唇角水蚤、贝氏拟线水母、中华假磷虾、中华哲水蚤、强壮箭虫、中华胸刺水蚤。

2019 年春季调查浮游动物类群较多，2005 年以桡足类为主，真刺唇角水蚤为两次调查共有第一优势种。

（5）生物种类和群落结构

两次调查浮游动物生物种类上以桡足类为优势种类，各站位物种数、生物量、呈现波动变化。2019 年浮游动物种类丰富，多样性较好。优势种组成上由桡足类转变为桡足类、腔肠动物和毛颚动物。

3.7.4.3 底栖生物

（1）种类组成

2005 年春季调查海域共采集到底栖生物 25 种，甲壳类种数最多，为 10 种，多毛类种数为 9 种，软体类 3 种，棘皮类 2 种，纽虫 1 种。

2019 年春季调查海域共采集到底栖生物 6 个类群 13 种，其中环节动物 7 种，软体动物 2 种，甲壳动物、棘皮动物、腔肠动物和纽形动物各 1 种。

2019 年春季底栖动物调查较 2005 年相比，物种组成及种类数明显下降，甲壳动物物种种类数明显减少。

（2）栖息密度和生物量

2005 年春季调查海域底栖生物平均密度为 45 ind./m^2 ；平均生物量为 0.297 g/m^2 。

2019 年春季调查海域底栖生物平均密度为 22 ind./m^2 ；平均生物量为 0.218 g/m^2 。

2019 年春季底栖动物调查较 2005 年相比，底栖生物平均栖息密度和生物量下降。

（3）生物多样性

2005 年春季底栖生物群落多样性指数均值为 1.90。

2019 年春季底栖生物群落多样性指数、均匀度指数 (J') 和丰富度指数 (d) 的变化范围分别介于 0~2.25、0~1.00、0~0.82 之间，均值分别为 1.02、0.61 和 0.35。

2019 年春季底栖动物调查较 2005 年相比，2019 年春季调查区域的底栖生物群落多样性指数下降，表明调查海域底栖动物生态环境收到进一步扰动。

（4）优势种

2005 年春季调查海域底栖动物群落共出现 2 种优势种，为双鳃内卷齿蚕和尖叶长手沙蚕。

2019 年春季调查海域底栖动物群落共出现 4 种优势种，为亚洲帚毛虫、不倒翁虫、西方似蜚虫和寡节甘吻沙蚕。

两次调查均以多毛类为主要生物类群。

（5）生物种类和群落结构

两次调查底栖动物生物种类发生明显变化，2019 年物种数、生物量、密度及多样性呈现下降趋势，优势种组成上以多毛类为优势种。因此，调查海域底栖动物生态环境收到扰动，生物种类及群落结构发生变化。

3.7.5 海洋渔业资源回顾评价

根据《上海液化天然气项目一期工程接收站和输气管线项目环境影响报告书》2005 年 4 月渔业资源调查数据，和中国水产科学研究院东海水产研究 2018 年 4 月（春季）渔业资源现状调查数据，对工程前后海洋渔业资源情况进行回顾评价。

（1）物种组成

2005 年春季调查共鉴定渔获物 37 种不同品种，其中，鱼类 15 种，分属于 6 目 9 科，虾类 10 种，蟹类 9 种，其它品种 3 种。

2018 年春季调查共鉴定渔获物 29 种。其中头足类 1 种，口足类 1 种，虾类和蟹类各 7 种，蟹类 17 种，鱼类 13 种。

2018 年春季游泳动物调查较 2005 年相比，渔获物种类数变化不明显。

（2）资源密度

2005 年春季各测站渔获物尾数密度均值为 $10.345 \times 10^4 \text{ ind./km}^2$ ，重量密度均值为 114.39 kg/km^2 。

2018 年春季各测站渔获物尾数密度均值为 $2.42 \times 10^4 \text{ ind./km}^2$ ，重量密度均值为 152.38 kg/km^2 。

2018 年渔获物资源密度同 2005 年相比，尾数密度略有下降，重量密度略有提高。

（3）优势种

2005 年春季渔获重量优势种鱼类依次有鮟、半滑舌鳎、焦氏舌鳎、孔鰕虎鱼、龙头鱼、凤鲚等；虾类依次有葛氏长臂虾、脊尾白虾、安氏白虾、细螯虾等；蟹类有日本蟳、三疣梭子蟹和方蟹等。渔获尾数处于优势种鱼类依次有孔鰕虎鱼、凤鲚等；虾类依次有葛氏长臂虾、安氏白虾、脊尾白虾、细螯虾等；蟹类有方蟹等。

2018 年春季调查渔业资源的优势种 *IRI* 前五位的种类分别为凤鲚、三疣梭子蟹、安氏白虾、鮟和棘头梅童鱼。

由于优势种计算方法不同，可比性较差，但可以看出凤鲚、三疣梭子蟹、安氏白虾、鮟均为两个航次的优势种。

4 工程概况

4.1 项目基本信息

项目名称：上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）。

项目性质：扩建。

建设单位：申能洋山液化天然气有限公司。

设计使用寿命：运行期初定 25 年。

项目规模：上海 LNG 站线扩建项目（上海第二 LNG 站线项目）由码头工程、接收站工程、输气管道工程和取排水工程四部分组成。

（1）接收站工程，具有典型 LNG 接收站的主要功能，工程规模 600 万吨/年，拟建 4 座 $22\times 10^4\text{m}^3$ 和 6 座 $25\times 10^4\text{m}^3$ 及以上 LNG 储罐、工艺装置及配套公用设施等，最大气化外输能力 $210\times 10^4\text{m}^3/\text{h}$ ，接收站工程用地面积约 52.49hm^2 。

（2）码头工程，拟建 15 万吨 LNG 专用码头 1 座，码头长度 415m，主力船型 15~18 万 m^3 LNG 船，兼顾 0.5~26.6 万 m^3 LNG 船靠泊。新增用海总面积约 73.8hm^2 ，计划 2024 年建成。

（3）输气管道工程，拟建清管发送区（建于接收站内）、洋山港陆上管道和海底管道等，输气管道总长约 43.3km。其中，陆上管道长约 10.7km，海底管道长约 32.6km。管径 1016mm，设计压力 9.2MPa，设计流量 $210\times 10^4\text{m}^3/\text{h}$ ，计划 2024 年建成。

（4）取排水工程，取水口位于 LNG 接收站东南侧，采用 4 个喇叭管取水头部结合自流取水管直接取水，每个喇叭管直径 DN3000，取水头部海底泥面标高约 -5m。取水管长度约为 290m。排水口位于接收站西南侧，设置排水管 2 根，长 105m，每根设计流量为 $67200\text{m}^3/\text{h}$ 。管径 DN3000。排水管海域底高程为 -3.06m，顶高程为 -0.06m，计划 2024 年建成。

本项目海底管道（浙江段）与海底管道（上海段）分界点以传统行政区划为界。

本项目一次规划、分阶段实施：

一阶段建成输气管道工程及码头工程、接收站一阶段建设规模 300 万吨/年，拟建 4 座 $22\times 10^4\text{m}^3$ LNG 储罐、工艺装置及配套公用设施等，最大气化外输能力

210×10⁴Nm³/h，计划 2025 年建成。

二阶段接收站新增 4 座 25 万 m³ 及以上 LNG 储罐、工艺装置及自控仪表等配套公用设施，计划 2027 年建成。

三阶段接收站建设规模增至 600 万吨/年，新增 2 座 25 万 m³ 及以上 LNG 储罐、工艺装置及自控仪表等配套公用设施，计划 2030 年建成。项目总平面布置见附图 2。

表 4.1-1 浙江段项目建设内容一览表

分类	项目	主要项目内容	单位	数量	备注
输气管道工程	线路工程	线路长度	km	43.3	
		海底管道	km	32.6	
		陆上管道	km	10.7	
		输气规模	10 ⁴ m ³ /h	210	
		管径	mm	1016	
		压力	MPa	9.2	
	穿越工程	定向钻穿越	km	2.7	2 处，1.8km+0.9km
		公路	处	6	
		海管穿跨越	处	3	
	截断阀	截断阀	处	1	
接收站工程	阴极保护	预包装牺牲阳极	支	80	24.5kg，4 支/km
	一阶段	护岸加固	m	1030	防潮防洪标准确定为 100 年一遇
		地基处理	m ²	45.87	需回填料约 147.33 万 m ³
		LNG 储罐	×10 ⁴ m ³	4×22	
		LNG 装卸臂	m ³ /h	3×6600 (20")	
		BOG 返回臂	m ³ /h	1×19800 (20")	
		LNG 装卸臂 (小船用)	m ³ /h	2×2500 (12")	
		BOG 返回臂 (小船用)	m ³ /h	1×5000 (12")	
		低压泵	t/h	12×220	H=258m
		装船泵	m ³ /h	4×2,500	
		再冷凝器	t/h	52	
		BOG 压缩机成套包	t/h	4×13	
		高压泵	t/h	(8+1)×215	H=2136m
		气化器 (IFV)	t/h	8×210	
		气化器 (SCV)	t/h	2×210	
		火炬 (接收站泄放)	t/h	1×200	
		火炬 (管道泄放)	t/h	1×140	
		清管器	个	1	
		气体计量成套包	t/h	(3+1)×600	三用一备
		集液池	个	2	

分类	项目	主要项目内容	单位	数量	备注
	二阶段	LNG 储罐	$\times 10^4 \text{m}^3$	4 $\times$ 25	规格为 25 万 m^3 及以上
		集液池	个	2	
		低压泵	t/h	12 $\times$ 220	H=258m
	三阶段	LNG 储罐	$\times 10^4 \text{m}^3$	2 $\times$ 25	规格为 25 万 m^3 及以上
		集液池	个	1	
		低压泵	t/h	6 $\times$ 220	H=258m
码头工程	设计能力	码头吞吐量	$\times 10^4 \text{t/a}$	600	
		码头通过能力	$\times 10^4 \text{t/a}$	630	
	泊位	泊位数	个	1	
		泊位长度	m	415	
	主要结构 尺度	工作平台	m	80 $\times$ 30	
		靠船墩	m	30 $\times$ 25	2 座, 间距 110m
		系船墩	个	6	西端 3 座 d=17m, 东端 3 座 d=15m。
		引桥	m	239.4 $\times$ 15	
		集液池平台	m	10 $\times$ 10	
		控制室平台	m	34 $\times$ 31	
		补偿平台	m	A、B:25 $\times$ 25 C: 14 $\times$ 13	3 座
		火炬平台	m	45 $\times$ 45	
		火炬平台引桥	m	80.18 $\times$ 14	
辅助工程	道路工程	道路及广场	m^2	62000	
	建构筑物	建构筑物及室外设备占地面积	m^2	123600	
		综合办公楼	m	49.4 $\times$ 18.3	
		中央控制室	m	68 $\times$ 35	
		码头控制室	m	20 $\times$ 27	
		总变电站	m	38 $\times$ 64	
		BOG 压缩机厂房	m	60 $\times$ 20	
		空压制氮厂房	m	30 $\times$ 10	
		EGD 加药间	m	30 $\times$ 19.5	
		取海水泵房	m	40 $\times$ 10	
		栈桥门卫	m	7 $\times$ 5	
		执勤楼	m	73.8 $\times$ 30	
		训练塔	m	11.8 $\times$ 5.8	
		罐区变电所	m	72 $\times$ 21	
		罐区仪表间	m	72 $\times$ 21	
		分析化验室	m	18.5 $\times$ 15.5	
公用工程	给水	生产给水系统	m^3/h	470+20+20	1 套二三阶段增加规模
		生活给水系统	m^3/h	38 $\times$ 2	2 套
		工艺海水系统	m^3/h	(8+1) $\times$ 8400	八用一备
	通风	仪表空气及工厂空气系统	Nm^3/h	(1+1) $\times$ 1500	供热量 40kW
	供电	供配电系统	套	1	
		柴油事故发电机	kW	3000	6.3kV
	消防	海水消防系统	m^3/h	(2+2) $\times$ 1250	2 运 2 备

分类	项目	主要项目内容	单位	数量	备注
环保工程		淡水消防稳压泵	m ³ /h	(1+1)×50	
		淡水消防测试泵	m ³ /h	1×400	
	生活污水 处理系统	一体化生活污水处理装置	套	1	
		钢筋混凝土污水收集池	m ³	20	
		钢筋混凝土清水收集池	m ³	30	
	集液池	集液池	个	7	接收站 6 座、码头 1 座、 6.5m×6.5m×5m
	事故水池	柴油储罐事故水池	个	1	220m ³
	废气	SCV 废气	套	2	采用低氮燃烧，从 32m 排气筒排放
		柴油发电机废气	套	1	高出屋顶 1.5m 烟囱排 放（约 10m）
		食堂油烟废气	套	1	经油烟净化器处理后由 屋顶一根排气筒排放
	噪声	设备运行噪声	套	-	尽量选用低噪声设备， 对产生较大噪声和振动 的设备，采取消声、吸 声、隔声及减振、防振 措施
	固体废弃物	生活垃圾	套	1	生活垃圾、污泥委托环 卫部门集中处置
		危废暂存间	间	1 98.8m ² ×5m	污油（900-210-08）、废 润滑油（900-214-08）、 废油漆包装桶 （900-252-12）为危险 废物，暂存间暂存定期 委托有资质单位处置
总图	征地面积	接收站	m ²	524874	
	绿化	绿地率	%	15	

4.2 平面布置和主要结构、尺度

4.2.1 输气管道工程

4.2.1.1 输气管道工程路由方案比选

对于输气管道路由，有西、中、东 3 个方案，其中西方案有 2 个分支方案（见图 4.2-1），具体如下：

（1）西方案：西方案小乌龟-奉新输气站段又有 2 个分支方案。

西①方案：海底路由自小乌龟岛岛西侧洋山港四期新建人工岸线向西北入海

绕过导流堤后呈正西走向，穿越临港主航道和杭州湾 1 号捕捞区后西北转折，于奉贤南部可再生资源区西侧海域北上，至奉贤金汇塘以西的奉新超高压天然气门站相邻的柘林塘登陆，之后进入奉新输气站。该段路由总长度约 54.5km。

西②方案（推荐路由）：海底路由自小乌龟岛西侧洋山港四期新建人工岸线向西北入海在导流堤北侧通过后呈正西走向，穿越临港主航道后，在杭州湾 1 号捕捞区和奉贤南部可再生资源区之间通过，西北走向至奉贤柘林塘登陆，之后进入奉新输气站。该段路由总长度约 55.9km。

（2）中方案：中方案海底路由自沈家湾岛北侧入海后，与现有上海 LNG 海底管道平行走向，向北依次交越中日海底光缆（已废弃）、东海大桥主通航孔东侧航道、上海至嵊泗输电工程海底电缆、城市间海底光缆 C2C 3A 段、C2C 3B 段、环球海底光缆（FLAG），至东海大桥北岸现有上海 LNG 管道东侧 100m 处世纪塘登陆。该段路由总长度约 34.8km。

（3）东方案：东方案海底路由自沈家湾岛北侧入海后，转而向东北上，期间交越中日海底光缆（已废弃）、上海至嵊泗输电工程海底电缆、城市间海底光缆 C2C 3A 段、C2C 3B 段、环球海底光缆（FLAG）、亚太直达国际光缆上海南汇段（APG S4）（拟建）；路由北部与南支航道延伸段距离约 1km 平行走线，抵达南汇嘴以东可再生资源区（临港风电场一期、二期所在地）北部外缘线后，向西绕行，穿越南汇东滩围垦区后于大治河口南岸世纪塘登陆。该段路由长度总约 62.9km。



图 4.2-1 输气管道路由比选

《上海 LNG 项目第二条海底管道路由比选研究报告》通过对各路由海域区域地质、地理环境、底质类型、海底地形地貌、不良地质现象、海底冲淤和稳定性研究、气象、海洋水文、路由海域与登陆点海洋开发活动、海洋功能区划和相关规划，对 4 个方案进行综合评价和比较，推荐路由西②方案作为本项目新建小乌龟岛-奉新输气站段海底输气管道的设计路由。上海东海海洋工程勘察设计研究院现已完成西②方案的勘察。2021 年 4 月《上海第二液化天然气站线项目输气管道工程海底路由调查勘察报告》已通过专家评审并得到自然资源部东海局办公室的批复，详见自然资东海办函[2021]37 号。

表 4.2-1 海底管道路由方案比选表

内容	路由方案				比较
	西①方案	西②方案	中方案	东方案	
上海市供气保障功能	好	好	LNG 管道局部出现悬空，最差	较差	西方案好，东方案较差，中方案最差
海管长度 (km)	54.50+3.83（穿越段）	53.01+3.83（穿越段）	34.8	62.9	东方案最长，中方案最短
陆管长度 (km)	8.13+1.00（两段）	8.13+1.00（两段）	1.8	1.8	西方案最长，东、中方案最短
投资估算 (亿元)	21.13	21.93	11.44	20.43	中方案最优
入海点环境条件	小乌龟岛西侧、洋山港四期工程围堤、导流堤 石龙山西侧碎石滩	小乌龟岛西侧、洋山港四期工程围堤、导流堤 石龙山西侧碎石滩	上海 LNG 管道入海点、洋山一、二期围垦	上海 LNG 管道入海点、洋山一、二期围垦	基本相同，均需协调
登陆点环境条件	大乌龟岬湾 柘林塘海堤，远离居民区，奉新天然气门站规划位置	大乌龟岬湾 柘林塘海堤，远离居民区，奉新天然气门站规划位置	上海 LNG 管道登陆点，海堤，远离居民区、远离规划门站	大治河南侧海堤，圈围工程内、远离规划门站	西方案最优，中方案较优，东方案最差
海底地形和底质	海底平缓，淤泥质底质	海底平缓，淤泥质底质	海底平缓，淤泥质底质	海底平缓，淤泥质底质	基本相同
基岩分布	小洋山附近，为岛礁的自然延伸	小洋山附近，为岛礁的自然延伸	无基岩	无基岩	中、东方案较优
海底冲淤和稳定性	微冲刷环境			南部冲淤平衡，北部淤积	东方案较优，中、西方案略冲刷
生态红线	不穿越		穿越上海、浙江红线	穿越浙江红线	西方案符合，中、东方案不符合
海底管线	交越 2 条管线		交越 6 条管线	交越 9 条管线	西方案较优，中方案次之，东方案最差
跨海大桥	陆上穿越	陆上穿越	无影响		西方案陆域部分对大桥有影响，其它方案基本相同

内容	路由方案				比较
	西①方案	西②方案	中方案	东方案	
港区	穿越大乌龟山北侧确权海域约 580m		无影响		中、东方案优
围垦区	登陆点位于柘林塘，规划奉新门站位置		入海点位于洋山一、二期围垦内	入海点位于洋山一、二期围垦内，登陆点位于南汇东滩促淤区	西方案较优，中方案次之，东方案最差
锚地	避开了锚地，不存在影响				基本相同
航道	穿越临港新城港区进港航道，与漕泾东航道保持近 1km		穿越东海大桥主通航孔东部航道和西航路	穿越西航路，和南支航道较近	中方案较优，东、西方案次之
渔业	海区均有张网区				基本相同
洋山港陆域影响	陆上穿越	陆上穿越	陆上穿越较短		西方案影响较大，东、中方案影响较小
水文气象	潮差稍大，受风浪影响较小		潮差稍小，受风浪影响较大		西方案比东、中方案好
海洋功能区划	基本兼容	穿越奉贤海上城市保留区	兼容	兼容	西②方案影响较大
风电规划	穿越 3 处嵊泗风电规划		不穿越	穿越 1 处嵊泗风电规划	中方案较优
比选结果	推荐西②为预选路由				

4.2.1.2 海底管道工程路由方案

《上海 LNG 站线扩建项目输气管道工程海底路由调查勘察报告》于 2020 年 12 月通过了专家评审，2021 年 4 月得到自然资源部东海局办公室的批复，详见自然资东海办函[2021]37 号。结合《上海 LNG 站线扩建项目可行性研究总报告》海底管道路由方案作为论证依据。海底输气管道路由方案如下：

（1）石龙景区-大乌龟岛段（定向钻+海底管道敷设）

陆上管道采用定向钻穿越石龙景区，穿越距离 0.9km。之后采用海峡穿越（陆对海定向钻）方式入海，穿越距离 1.8km。海底管道与海峡定向钻出土点连接后，沿西南弧形铺设绕开冲刷槽和基岩，通过洋山四期北侧海域登陆大乌龟岛，敷设距离 2.9km。石龙景区-大乌龟岛段推荐路由要素见表 4.2-2，推荐路由见图 4.2-2。

（2）小乌龟岛-省市边界

海底路由自小乌龟岛西侧洋山港四期新建人工岸线向西北入海在导流堤北侧通过后呈正西走向，穿越临港主航道后至上海、浙江省市边界。

海底输气管道（浙江段）长度约 32.6km。

小乌龟岛-奉贤海域段推荐路由的要素见表 4.2-3，推荐路由图见图 4.2-3。

表 4.2-2 石龙景区-大乌龟岛段推荐路由要素表

编号	北纬	东经	备注
DWGDLD	30°39'36.714"	122°01'05.739"	大乌龟登陆点
AC1	30°39'38.080"	122°01'05.683"	
AC2	30°39'40.301"	122°01'07.667"	
AC3	30°39'44.321"	122°01'13.868"	
AC4	30°39'47.664"	122°01'21.646"	
AC5	30°39'49.372"	122°01'30.105"	
AC6	30°39'49.355"	122°01'38.791"	
AC7	30°39'47.614"	122°01'47.240"	
AC8	30°39'35.321"	122°02'27.096"	
SLSDLD	30°38'37.624"	122°03'14.870"	石龙山登陆点

表 4.2-3 小乌龟岛-奉贤海域段推荐路由要素表

编号	北纬	东经	备注
输气管道（浙江段起点）	30°41'52.290"	121°43'49.450"	
AC05	30°39'42.946"	121°50'34.044"	
AC06	30°39'41.040"	121°50'41.968"	
AC07	30°39'40.671"	121°50'50.182"	
AC08	30°40'06.087"	121°59'24.538"	
AC09	30°40'05.219"	121°59'35.533"	
AC10	30°40'01.626"	121°59'45.761"	
AC11	30°39'35.339"	122°00'37.235"	
XWGDLD	30°39'35.264"	122°00'39.111"	小乌龟登陆点

根据《上海 LNG 站线扩建项目海域使用论证报告书（报批稿）》（上海液化天然气有限责任公司），本工程输气管道工程未占用无居民海岛。



图 4.2-2 石龙景区-大乌龟岛段推荐路由图



图 4.2-4 石龙山延伸段路由图

4.2.1.3 海底管道结构方案

（1）海管结构形式

海底管道将采用非保温输送，管道直径 1016mm。通过对海底管道进行操作、安装期强度和稳定性分析，不考虑内腐蚀裕量的情况下，海底管道壁厚选择为 28.6mm，材质为 API 5L PSL2 X65，推荐选用直缝埋弧焊管，为保证铺设安装期间稳定性，海底管道外侧需要涂敷密度为 3040kg/m^3 、厚度为 120mm 的混凝土配重层。采用双组份聚酰胺固化的液态环氧树脂涂料作为管道的内减阻涂层涂料，内涂层干膜厚度 $\geq 65\mu\text{m}$ ，内涂后管道内壁的表面粗糙度应 $\leq 10\mu\text{m}$ 。

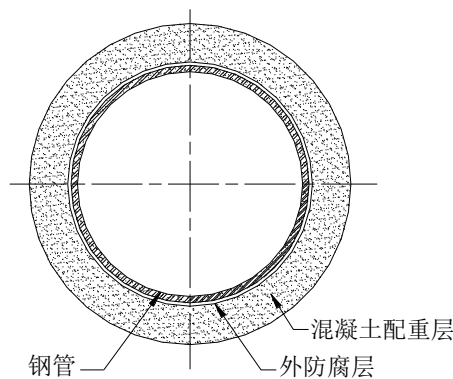


图 4.2-5 海底管道截面示意图

海底管道主要设计参数如下：

钢管规格：D1016mm×28.6mm API 5L PSL2 X65 MO 钢管；

钢管屈服强度：450MPa；钢管抗拉强度：535 MPa；

内腐蚀余量：1.5mm；

设计压力：9.2MPa；

设计温度：0℃；

试验压力：11.55MPa；

混凝土配重层密度： 3040kg/m^3 ；

⑧混凝土配重层厚度：120mm。

（2）管道管材类型

根据《海底管道系统》（SY/T 10037-2018）的规定，从经济性及安全角度出发，推荐选用直缝埋弧焊钢管。

（3）钢管的钢级选择

目前海底管道工程中，一般常用的钢级为 X56、X60 和 X65，大管径海底管道由于其控制性条件往往是施工过程或屈曲，因此钢级要求一般较高，同时受焊接工艺限制，其可焊性一般要求也较高，因此常用的钢级为 API 5LX65 MO。

（4）海管工艺参数

管道工艺设计参数见表 4.2-4。

表 4.2-4 工艺设计参数

管径 (mm)	设计压力(MPa)	设计温度 (°C)	介质密度(kg/m ³)
1016	9.2	0	0.68-0.76

（5）壁厚选择

采用 SY/T 10037-2010 为主规范进行海底管道壁厚选择，考虑内压、外压和扩展屈曲 3 种失效模式。同时结合规范要求，最小径厚比不大于 45，管道的壁厚及材质等级初步选择结果见表 4.2-5。

表 4.2-5 壁厚选择结果

工况	材料等级	最小需要壁厚(mm)			腐蚀裕量 (mm)	选择壁厚 (mm)
		内压	外压压溃	扩展屈曲		
安装期	X65	NA	11.54	18.15	NA	28.6
操作期	X65	17.62	NA	NA	1.5	
水压试验期	X65	13.20	NA	NA	NA	

（6）管道工程材料用量

本项目管道的主要工程材料用量见表 4.2-6。

表 4.2-6 管道主要材料用量

位置	钢管			防腐层 (3 层 PE)		混凝土层	
	外径 (mm)	壁厚 (mm)	等级 (API 5L)	厚度 (mm)	密度 (kg/m ³)	厚度 (mm)	密度 (kg/m ³)
管道	1016	28.6	X65	4.2	940	120	3040
材料用量 (海管用量含 2%裕量)	40493.1t			782.7m ²		71454.3t	

4.2.1.4 陆上管道工程路由方案

本项目输气管道敷设在洋山深水港区，根据区域特点，选线原则如下：遵守国家 and 地方政府有关基本建设的方针和政策；严格执行国家、行业法规、标准和规范；充分考虑管道沿线近、远期规划，管道线路与区域总体规划协调统一，同时结合本项目所经区域的地形地貌、工程地质、气候、水文、地震等自然条件等具体情况进行设计；线路走向尽量靠近或沿规划公路敷设，减少修筑施工道路和维修道路。陆上管道工程线路走向如下：

（1）LNG 接收站-石龙景区段

输气管道自 LNG 清管发送区（接收站内）接出，沿东港路北侧自东向西敷设，在东港路与能源路交口处沿东北方向在能源路东外侧敷设，考虑施工时管线安全，与上海 LNG 一期管道最小间距 29m。顶管穿越东海大道至该路北侧，继续向西北方向敷设，与电缆井保持 5m 间距，至小洋山管廊专用隧道东侧，共计 7.1km。采用定向钻穿越石龙景区，与东侧建筑物最小间距 15m，穿越距离 0.9km。管道穿越轴线避让石龙山生态红线，见图 4.2-7。之后采用陆对海定向钻（颗珠山水道定向钻）方式入海。路由走向见图 4.2-6。



图 4.2-6 LNG 接收站-石龙景区段陆上管道路由走向

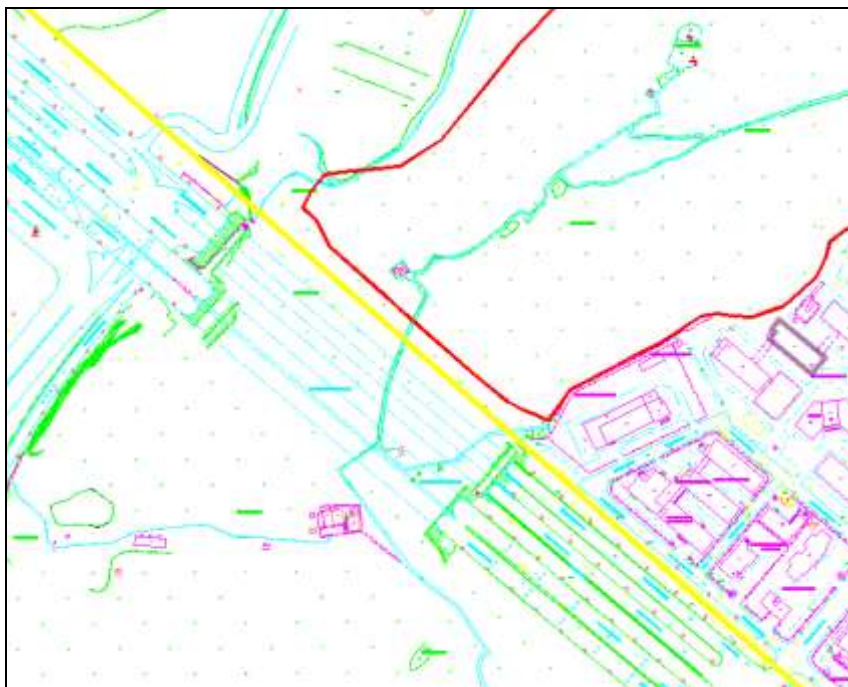


图 4.2-7 定向钻穿越轴线（黄色）避让石龙山生态红线（红色）

(2) 大乌龟岛-小乌龟岛段

海底管道在大乌龟岛海堤登陆，沿洋山港四期港区道路与挡浪墙间绿化带敷设，采用开挖+套管方式穿越东海大桥，继续沿港区道路敷设至小乌龟岛入海点，共计 0.8km。在小乌龟入海点附近设置一处截断阀。路由走向见图 4.2-8。



图 4.2-8 大乌龟岛-小乌龟岛段陆上管道路由走向

4.2.1.5 陆上管道管材方案

本项目陆上管道可采用的等级有 L415、L450 和 L485，见表 4.2-7。

表 4.2-7 陆上管道钢材比选表

P=9.2MPa D=1016mm						
L415 (X60) 管材量						
地区等级	长度(km)	计算壁厚	选取壁厚	钢管单重(kg)	耗钢量(t)	价格(万元)
四级地区	10.7	30.602	30.7	745.98	8452	7269
L450 (X65) 管材量						
地区等级	长度(km)	计算壁厚	选取壁厚	钢管单重(kg)	耗钢量(t)	价格(万元)
四级地区	10.7	28.22	28.3	689.34	7810	6717
L485 (X70) 管材量						
地区等级	长度(km)	计算壁厚	选取壁厚	钢管单重(kg)	耗钢量(t)	价格(万元)
四级地区	10.7	26.19	26.2	639.54	7246	6232

L415、L450、L485 钢级的管材量分别为 8452t、7810t 和 7246t，L485 最经济，比 L450 管节约管材费 485 万元，比 L415 管节约管材费 1037 万元。从技术角度 L415、L450 和 L485 等级的钢管都是可行的，但 L485 级的钢管投资最经济，而且安全性相对较高。因此本项目陆上管道线路用管推荐采用 L485 钢级。执行标准为《石油天然气工业管道输送系统用钢管》（GB/T 9711-2017）。

4.2.2 接收站工程

4.2.2.1 接收站平面布置

根据接收站工艺生产要求，结合拟建站址西面现有洋山 LNG 站区内相邻侧布置有 LNG 储罐、火炬等的实际，考虑将本项目的 LNG 储罐区布置在站区的西部和中部场地内，LNG 码头栈桥的登陆点位于储罐区南侧的中间位置；将工艺气化设施（含 BOG 压缩、再冷凝器、燃料气、高压泵、IFV、SCV、丙烷系统等）、计量外输区、海水取水区布置在站区东部场地内，火炬布置在码头栈桥东侧的海域内；将公用工程及其辅助生产设施（含中控室、变配电站、空压制氮站、生产及消防水、污水处理、维修间、备品备件库、化学品库、分析化验室、危废暂存间等）、综合办公楼、行政办公区（含行政办公楼、食堂及倒班宿舍等）、企业消防站等布置在站区东北部、东西狭长的场地内；将维修间和备品备件库布置在现有洋山 LNG 接收站内；站区内设置环形道路，满足货物运输、人员巡检及消防应急的通行需要。

（1）LNG 储罐区

本项目接收站内共规划 10 座 LNG 储罐，其中：一阶段建设 4 座 22 万 m^3 LNG 储罐（储罐外径为 90.0m），自西向东沿南侧岸线布置，靠近本项目码头栈桥；二阶段建设 4 座 25 万 m^3 及以上 LNG 储罐（储罐外径为 93.6m），自西向东布置在一阶段 4 座储罐的北侧；三阶段建设 2 座 25 万 m^3 及以上 LNG 储罐（储罐外径为 93.6m），布置在二阶段储罐的北侧中部；10 座 LNG 储罐组成罐区。

（2）工艺气化区

工艺气化区内，设置 BOG 低压压缩机厂房 1 座（布置 BOG 压缩机 4 台），设置 IFV8 台，设置高压泵 9 台，设置 SCV2 台，设置再冷凝器 1 台及燃料气系统，在场地北部预留冷能发电设施用地；区内中部布置南北向工艺主管廊，工艺设备在管廊东西两侧有序排列，距离南面的取海水设施区较近，节省海水供水管线的长度；整个工艺区由消防道路分割为南、中、北三部分，有利于运维管理。

（3）外输计量区

计量站是本项目的天然气外输出口，将计量站布置在工艺气化区北面的场地内，连接输气管道工程清管发送区，天然气外输管道向西出站区北围墙，沿站区北围墙外侧及东港路北侧向西至能源路向北敷设。出站后的陆上管道路由走向和设计详见 4.2.1 节。

（4）火炬

本项目火炬布置在工艺区以南、码头栈桥以东的海域内，位于工艺区和储罐区最小频率风向的上风侧；火炬塔安装在海域内水工平台上，通过栈桥与陆域相连，火炬塔高约 120m；火炬布置在海域内，可利用海域作为辐射热范围，节约了陆域用地。

本项目接收站火炬系统用于处理 BOG 总管超压排放的气体，以及下游输气管道检修时或紧急状况下，管道中残留的高压气体。因此，设两条火炬管线：

一条与 BOG 总管相连。当 LNG 储罐压力达到 26kPa(G)时，控制阀打开，超压部分气体排入火炬系统。

一条与下游输气管道相连，当下游输气管道发生故障和停产检修时，输气管道中的高压天然气经压力调节减压后进入火炬系统。

本项目接收站火炬泄放量约 200t/h，输气管道工程火炬泄放量约 140t/h。地面火炬不再适用，本项目采用高架火炬。火炬分成两个独立系统分开泄放，两系统共用 1 台火炬塔架。

（5）海水取水和排水设施

取海水泵房（内设工艺海水泵、消防水泵）和 EGD 加药间布置在站区东南角场地内，靠近南侧岸线和北面的工艺气化区，有利于取海水、供海水管道的敷设；为了尽量减少海水冷循环的影响，考虑将海水取水口和排水口之间保留足够的东西向隔离距离；海水取水暗管取水口布置在站区南侧岸线最东端的海域内，海水排放口位于站区南侧岸线最西端、与现有洋山 LNG 海水排水口相邻布置，IFV 排出的冷海水通过埋地海水管道送至站区西南角的海水消能水池溢流后向南排入南侧海域。

（6）公辅工程及其他配套设施区

接收站工程的公辅设施按照集中布置与分散布置相结合、尽量靠近服务用户的原则进行布置；将总变电站、中控室、空压制氮站、生产及消防水站、化学品库、危废暂存间等公辅设施集中布置在接收站生产区的东北侧；将罐区变电所、罐区仪表间布置在工艺气化区的东南部，服务站区南部的 LNG 储罐区；所有公辅设施均位于非爆炸危险区域内，满足接收站工艺生产和辅助生产的需要。

接收站的综合办公楼行政办公区（含行政办公楼、食堂及倒班宿舍等）、消防站等设施布置在站区东北部场地。其中，综合办公楼共 5 层，兼具行政办公、食堂和倒班宿舍功能。食堂布置在办公楼一层，倒班宿舍布置在办公楼五层。

（7）维修间和备品备件库

本项目接收站工程用地面积有限，将维修间和备品备件库布置于现有洋山 LNG 接收站内。

（8）冷能利用

根据《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案环境影响报告书（报批稿）》，在现状 10 万吨级 LNG 泊位基础上，新增 15 万吨 LNG 泊位一个，项目实施阶段继续深化冷能利用研究，合理考虑新增冷能发电装置或其他冷能利用方式。冷能综合利用应首先在保证 LNG 安全供应的基础上，结合沈家湾作业区的产业导向和规划布局，冷能回收规模必须因地制宜，与洋山深水港区的产业定位有较好的兼容性，重点研究对比适合洋山 LNG 的多用途 LNG 冷能利用方式，确定洋山 LNG 冷能利用的合理路径，进一步提高冷能利用效率。

目前已开展了相应冷能利用的研究，包括各种冷能利用方式的特点、梯级利用方式的组合，通过相关关键技术研究，研究对比适合洋山 LNG 的多用途 LNG

冷能利用方式，建立 LNG 冷能多用途梯级利用工艺模型，模拟计算、定量分析不同方式、不同工况组合下的技术经济性，确定洋山 LNG 冷能多用途梯级利用的最佳合理路径。

在具体区域应用上主要包括如下工作：

（1）对即将投产的 IFV 的冷能发电项目，开展技术经济效益综合评价，作为规划 LNG 项目决策采用冷能发电项目的进一步依据，并在 LNG 接收站内预留冷能用地位置。

（2）同步结合沈家湾作业区未来相关产业导入及用冷需求，拟在接收站北面预留地块内，逐步开展进一步冷能利用项目，包括支撑电源（燃机电厂）、冷能空分等。

（3）冷能利用拟分期逐步实施。鉴于冷能利用需要充分考虑技术的成熟及可复制推广性，及岛上产业规划和冷能需求，故本次上海 LNG 站线扩建项目暂不列冷能项目投资，但预留了冷能发电用地及相应接口，预留用地可布置 1-2 套冷能发电装置，以海水作为热源，采用低温朗肯循环系统，工作介质选用丙烷，组成闭式的低温蒸汽动力循环，利用 LNG 的优质低温冷能以及海水的低品位能产生电能，单套冷能发电装置主要设备包括气化器、透平发电机组、LPG 泵、工艺管道及阀门、控制系统及设备厂房等，单台年发电量约为 2000 万度，全部在站内消纳，约占接收站全年用电量的 15-20%，目前单台投资约 2 亿元。



图 4.2-9 本项目冷能发电区域位置示意图

（9）LNG 码头及栈桥

LNG 码头位于站区南侧海岸线以南的海域内，通过栈桥与站区陆地连接；码头不仅具备 LNG 卸船的能力，同时兼具 LNG 装船的能力；建设 15 万吨接卸码头 1 座（兼顾 0.5~26.6 万 m^3 LNG 船舶接卸靠泊），LNG 设计吞吐量为 600 万吨/年。在栈桥的补偿平台上布置 1 座码头控制室（含低压配电室）。

（10）与现有上海洋山 LNG 的互联

本项目与现有洋山 LNG 站区相邻布置，因部分工艺管线需互联互通，此分管线的交接点位于本项目接收站区用地西南侧。同时，高压外输管道需与现有洋山 LNG 天然气外输管道相联，此部分互联管线的交接点位于本项目接收站区用地北侧。

接收站工程总平面布置见图 4.2-10 及附图 2-2。



图 4.2-10 接收站工程总平面布置图

4.2.2.2 接收站主要建、构筑物设计

（1）主要建、构筑物结构形式

本项目接收站主要建、构筑物为食堂及宿舍、综合办公楼、执勤楼、训练塔、维修间、化学品库、废料暂存间、总变电所、空压制氮厂房、生产水消防水、柴油储罐、中心控制室、分析化验室、计量站、污水处理站、BOG 压缩机厂房、高压泵系统、IFV、再冷凝、SCV、LNG 收集池、丙烷系统、罐区变电所、罐区仪表间、门卫、管廊、栈桥管廊、码头控制室、码头平台等，采用钢筋混凝土框架结构，钢筋混凝土灌注桩基础。

（2）防腐蚀处理

本项目地下部分与场地土及地下水接触的钢筋混凝土灌注桩、钢筋混凝土基础、基础梁、地面以下混凝土柱等所有钢筋混凝土内均掺加钢筋阻锈剂。

基础垫层：C20，厚度 150mm。凡地面以下基础及基础梁、柱外表面与土壤接触的部分采用刷环氧沥青或聚氨酯沥青涂层的防腐蚀措施。

钢结构防腐蚀措施及防火涂装详见建筑专业。

（3）材料选用

钢筋：HRB400、HPB300，低温钢筋 HRB500DW

混凝土：垫层采用强度等级为 C20，钢筋混凝土梁、柱、板、钢筋混凝土设备基础均采用强度等级为 C40；LNG 收集池为 C50 低温混凝土。

钢材：Q355B、Q235B。

4.2.2.3 LNG 储罐外罐结构设计

（1）结构设计

根据《上海 LNG 储罐扩建工程 LNG 储罐工程岩土工程调查报告（详细勘察）》对各土层的地基承载力进行了评价。

表 4.2-8 地基承载力

土层序号及名称	地基承载力特征值 fak (kpa)
灰色淤泥质粉质黏土	40~50
褐黄~灰绿色黏土	50~60
灰黄色粉质黏土	100~120
灰黄~褐黄色粉质黏土	110~130
褐黄色粉质黏土	140~160
褐黄色辉长岩强风化层	500~600
青灰色辉长岩中风化层	1800~2000

说明:表中的 f_{ak} 是在假设条件下并根据现场试验计算得出的,仅用于地基性质的综合评价。应根据地基的实际形式、尺寸、埋藏深度和底层的影响进行设计修正。

LNG 储罐的设计使用年限为 50 年,结构安全等级为一级。

LNG 储罐结构选型方案,采用预应力混凝土全容储罐结构。

LNG 储罐基础设计等级为乙级。基础承台含有坐地式和高架空两种形式,坐地需配置底部加热装置,一般维护困难,且坐地式容易使土壤结构破坏形成冰晶体组织(致使底部土壤体积膨胀)给储罐运行带来一定潜在风险,故本项目采用高架空基础结构。

LNG 储罐基础地基处理。荷载大且对基础沉降要求严格,采用灌注桩基础。

罐体结构见图 4.2-11。

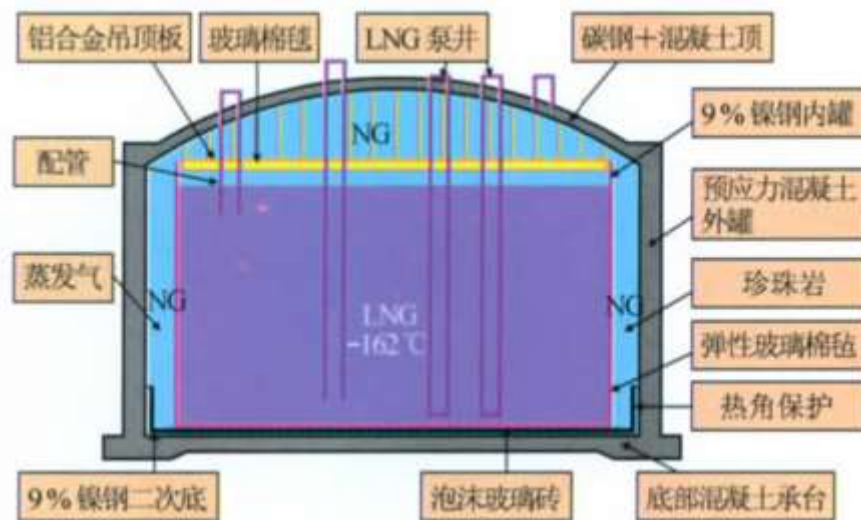


图 4.2-11 全容罐结构示意图

(2) 防腐、防火、抗低温

预应力钢筋混凝土外罐外表面,因受到海风环境影响,采用防腐蚀涂漆进行防护。

罐外配套的钢结构防火。钢结构构筑物的耐火极限不应低于 2.0h,构筑物钢结构的防火保护范围应符合 GB 50160-2008《石油化工企业防火规范》(2018 年版)的要求。应选用特种钢结构防火涂料,满足室外和室内钢结构防火涂料的理化性能指标要求,防火保护材料的耐火极限不应低于建(构)筑物钢结构构件的耐火极限。复层涂料应相互配套,底涂料应能同防锈漆配合使用,或者底层涂料自身具有防锈性能。

抗低温设计。内外罐的环形空间采用珍珠岩填充，外罐混凝土采用抗冻混凝土。

（3）材料选用

钢筋：普通钢筋采用 HRB400 级，低温钢筋：HRB500DW

混凝土：垫层采用强度等级为 C20；桩 C40；

储罐承台、外墙、穹顶均采用 C50 混凝土。

表 4.2-9 LNG 储罐外罐工程量

序号	构筑物名称	数量	占地面积 (m ²)	构筑物特征		构筑物工程量				特殊材料			备注
				结构形式	基础形式	钢结构 (t)	钢筋混凝土 (m ³)	混凝土 (m ³)	砂石 (m ³)	低温钢筋 (t)	预应力钢绞线 (t)	波纹钢套管 (t)	
1	22 万方 LNG 储罐（单罐）	4	7299	预应力钢筋混凝土	高架桩基础	1961	51399	1000	/	780	1050	80	隔震支座 360 个/座
2	25 万方 LNG 储罐（单罐）	6	7949	预应力钢筋混凝土	高架桩基础	2211	53806	1200	/	1003	1155	98	隔震支座 406 个/座

4.2.2.4 与现有上海洋山 LNG 的互联

本项目与现有洋山 LNG 站区相邻布置，因部分工艺管线需互联互通，此部分管线的交接点位于本项目接收站区用地西南侧。同时，高压外输管道需与现有洋山 LNG 天然气外输管道相联，此部分互联管线的交接点位于本项目接收站区用地北侧。

本项目通过与现有上海 LNG 码头、接收站储存和气化外输设施、输气管道等主功能设施之间设置连通管道等设施，实现上海天然气两大主力气源的互联互通。通过统筹调配，必要时切换操作相关连通管道等设施，实现两个主力气源相关互联功能的互切或互保，进一步确保并发挥 LNG 对上海市天然气持续供气和安全保供的主力气源作用。

通过两个项目之间互联互通，码头方面可实现相互卸船和装船；接收站方面可实现储存设施互通和气化设施互保；输气管道方面可实现互切或替代输送。

（1）本项目接收站与上海 LNG 接收站的联系

上海 LNG 接收站与本项目接收站间增设液相、气相和 LNG 循环等三根管

线和相应的隔断阀，实现相互备用主要在如下几个方面：

1) LNG 卸船

当任一码头出现不能接卸 LNG 状况时，通过开启 LNG 卸船管线上的联通隔断阀，可实现由另一码头向该码头后方 LNG 储罐的卸料，从而保障两个接收站 LNG 卸料的可靠性。

2) LNG 装船

本项目码头设 1 个综合工作平台，具备卸船和装船功能。现有上海 LNG 专用码头仅有 1 个码头，且不具备规模装船功能。现有上海 LNG 接收站可通过互联管线，实现向本项目 LNG 码头装船。

3) LNG 倒罐

现有上海 LNG 接收站的 4#、5#LNG 储罐和本项目一阶段 LNG 储罐内均设输送泵和装船泵，通过互联管线，可实现两座 LNG 接收站之间相互倒罐功能。

4) 互联互通必要性分析及技术可行性分析

本工程与现有工程在正常操作下独立运行，本工程对现有工程无依托内容；但是存在船舶转输、跨码头卸料及跨线外输等特殊工况，为实现功能性并提高操作便捷性进行主要的卸料管线、BOG 管线及 NG 外输管线的互联互通是十分必要的。正常操作两工程独立运行，仅在跨界卸料及外输时才进行互联操作，现有的设备选型及工艺管线核算已考虑了两接收站的互联互通下的兼容性。

针对接收站在跨界外输和卸料时存在互联互通的特殊工况，在工艺管道设有隔断阀避免串料，在控制上通过 DCS 控制逻辑来实现跨界互联互通工况下的操作控制和联锁保护，尽可能降低互联操作的影响保证操作安全，具体内容在下一阶段细化。

（2）天然气外输海底管线

本项目计划新建一条跨线将本项目和上海 LNG 两条输气管道连通，并在联通处设置隔断阀；在紧急情况下开启隔断阀，可实现两条输气管道的切换，从而提升输气管道的供气可靠性。

（3）两接收站间的互联管道接口

上海 LNG 接收站为本项目预留包括卸料总管、低压泵外输总管、BOG 总管、高压排净、低压排净的接口，位置在第一接收站扩建工程 T-0205 储罐东侧界外管廊处，预留管线接口在架空管架上，如表 4.2-10 所示。

表 4.2-10 上海LNG管道预留接口与上海LNG站线扩建项目对应表

序号	管线接口名称	上海 LNG		上海 LNG 站线扩建项目	
		PID 图纸编号	管线号	PID 图纸编号	管线号
1	卸料总管接口	SHLNG-EP-DD-DWG-TSE-PR-PI00-2012	LNG-010-1043-46"-1SP1-CC	SH-NO.2LNG-FS-DWG-PR-001-010-04	010-0045-1FL1C-46"-IC
2	BOG 总管接口	SHLNG-EP-DD-DWG-TSE-PR-PI00-2012	NG-010-1048-24"-1SP1-CC	SH-NO.2LNG-FS-DWG-PR-001-010-04	010-0028-1FL1C-26"-IC
3	LNG 低压泵外输总管接口（接口）	SHLNG-EP-DD-DWG-TSE-PR-PI00-2012	LNG-100-1047-24"-1SP1-CC	SH-NO.2LNG-FS-DWG-PR-001-010-04	010-0024-1FL1C-6"-IC
4	高压排净总管	HLNG-EP-DD-DWG-TSE-PR-PI00-2012	LNG-020-5007-8"-1SP1-CC	无	
5	低压排净总管	SHLNG-EP-DD-DWG-TSE-PR-PI00-2012	LNG-020-5008-6"-1SP1-CC	SH-NO.2LNG-FS-DWG-PR-001-010-04	010-0065-1FL1C-3"-IC
6	高压外输总管（两海底管道跨线）	SHLNG-EP-DD-DWG-TSE-PR-PI04-2012	NG-040-3107-36"-9CP1-N	SH-NO.2LNG-FS-DWG-PR-001-004	040-4021-9A1-38"
7	高压外输总管（扩建 SCV 东侧）	SHLNG-EP-DD-DWG-TSE-PR-PI00-2014	NG-100-2026-36"-9CP1-N	无	
8	槽车区 LNG 进料总管	无专用接口（有可行措施）		待规划	

4.2.3 取排水工程

取排水工程内容包括：取水口、取水管、取水泵房（含钢闸门、自动拦污格栅及旋转滤网等设备）、排水管。取水口剖面图见附图 2-5。

（1）取水口

取水口位于 LNG 接收站东南侧，采用 4 个喇叭管取水头部结合自流取水管直接取水，每个喇叭管直径 DN3000，进水端设置格栅，喇叭管采用异径管与自流取水管（DN2000/2200）连接，取水头部海底泥面标高约-5m。

取水头部至取水前池共设置 4 根自流取水管，平行敷设，管道中心距均为 7.5m，每根自流取水管长度约为 290m。

取水泵站包括取水前池、过滤池、进水池及泵室。其中取水前池分为 1#取水前池、2#取水前池，每个取水前池长度均为 14m，上游端宽度约 13.50m，下游端宽度 18.4m，扩散角度 20，池底高程-7.16m。过滤池上游端与取水前池末端衔接，下游端与进水池衔接。过滤池每孔流道进口安装液压闸门，流道依次安装

自动拦污格栅 4 台（栅条间距 50mm）及旋转滤网（网孔尺寸 3×3mm），以清除海水中漂浮物，共 4 孔。进水池前部衔接过滤池 4 孔流道出水，扩散角约 19.28°。进水池后部分为 9 个泵室。

取水泵房不设维护结构，只设顶棚。取水泵房位于取水泵站上，为钢筋混凝土柱，钢排架结构，柱距 8.4m，跨度 19.5m。建筑面积为 1672m²。

取水泵站包括取水前池及进水池，总外包尺寸长度 53.18m，宽度 40m，池顶面标高 7.66m，池底面标高-7.16m。取水前池和管道连接设置混凝土结构，长度为 185m，坡度 5%，管径 2m，管中心标高-5.46m。



图 4.2-12 码头工程平面布置图

（2）排水口

排水口位于 LNG 接收站西南侧，设置排水管 2 根，长 105m，每根设计流量为 67200m³/h。排水管采用钢管，管径 DN3000。排水管与 LNG 接收站内排水沟连接处设置连接井 16m×6m×10.76m（H）。取水口剖面图见附图 2-6。

排海水管口顶标高应位于所在海域极端最低潮位标高以下，排海水管的纵坡受海水流速限制不应过大；通过降低消能水池底标高，消能水池底标高取-3.8m，

排水管岸陆域底高程为-2.847m（当地理论最低潮面，下同）（85 高程为-5.207m），顶高程为 0.153m（85 高程为-2.207m），排水管海域底高程为-3.06m（85 高程为-5.42m），顶高程为-0.06m（85 高程为-2.42m），基面关系见图 6.1-9。

排水口选址方案比选如图 4.2-13。

方案一：排水管入海点位于接收站西南侧，距离厂界约 50m，距离现有工程排水管约 100m。

方案二：排水管入海点位于现有工程厂界内，紧邻现有工程排水管。

本次站线扩建项目的建设用地位于现有上海洋山 LNG 站区东侧，根据接收站工艺生产流程要求，新建工艺气化设施布置在站区的东部，相应新建取海水口和泵房等设施布置在站区东南角，以利于海水输送至 IFV 气化器；同时，IFV 换冷后的海水经排水管道和消能水池在站区西南角排海，排海水口与现有洋山 LNG 排海水口相距约 100m。通过对洋山 LNG 接收站内的取排海水设施能力及供电、用地等情况的调研，现有设施已无余量供给站线扩建项目，如新建取海水设施就地扩建，其距离新建气化设施区直线距离约 1800m，增加建设投资和运行能耗，且管线路由的用地受 5 号储罐及南侧护岸转角限制较难通过，施工期间还将影响到洋山 LNG 现有取排海水设施的正常运行；因此，经方案比选，推荐采用新建取排海水口及设施与洋山 LNG 现有设施分开布置的方案。

方案二在同一位置有大量冷排水入海，会导致局部区域内温降较大，对该区域海洋生态影响较大。方案一根据模型计算得其影响范围内主要温降影响小于 1℃，对海洋生物没有显著影响。从生态环境角度考虑，选择方案一为排水口推荐方案。

洋山港区验潮站位于洋山港工作船码头，依据洋山验潮站 1997 年 8 月~2008 年 12 月（连续 11 年）潮位资料统计，工程海区的潮汐特征值如下：

最高潮位	5.73m	（1997 年 8 月 18 日）
最低潮位	-0.23m	（2001 年 3 月 10 日）
平均高潮位	3.88m	
平均低潮位	1.14m	
平均海平面	2.54m	

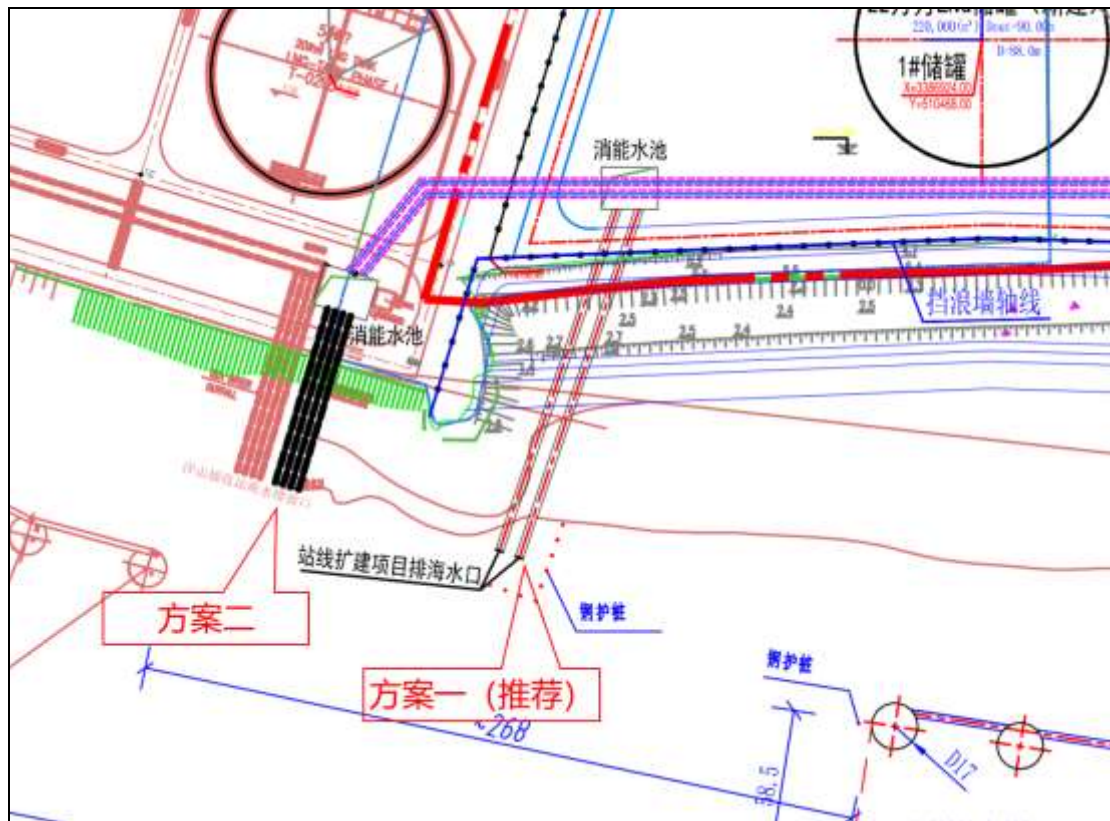


图 4.2-13 排水口选址方案比选

(3) 取排水工程选址的合理性分析

本项目取排水工程最大设计流量为 $67200\text{m}^3/\text{h}$ ，取水口中心坐标 $122^\circ06'52.06''\text{E}$ 、 $30^\circ35'57.97''\text{N}$ ，排水口中心坐标 $122^\circ06'26.20''\text{E}$ 、 $30^\circ36'02.72''\text{N}$ 。

根据“浙政办发[2021]72 号”文件有关“集成建设项目环评”的要求，推进“多评合一”，明确“同一建设项目涉及陆域环评、海域环评、辐射环评、入海入河排污口设置等多个生态环保事项的，纳入一个环评文件”。因此本评价对取排水工程选址合理性进行分析，以满足入海排污口设置相关工作内容要求。

1、独立取排水工程的平面布置合理性

本次站线扩建项目的建设用地位于现有上海第一液化天然气项目东侧，根据接收站工艺生产流程要求，新建工艺气化设施布置在站区的东部，相应新建取海水口和泵房等设施布置在站区东南角，以利于海水输送至 IFV 气化器；同时，IFV 换冷后的海水经排水管道和消能水池在站区西南角排海，排海水口与现有上海第一液化天然气项目排海水口相距约 100m。通过对上海第一液化天然气项目接收站内的取排海水设施能力及供电、用地等情况的调研，现有设施已无余量供给站线扩建项目，如考虑新建取海水设施在一期设施东侧空地上就地扩建，该场地处

在工艺区集液池蒸汽云扩散范围内，根据《石油天然气工程设计防火规范》（GB50183-2004）的规定，取海水泵房作为全厂性重要设施不能位于蒸汽云区域内；而且其距离新建气化设施区直线距离约 1800m，增加建设投资和运行能耗，且管线路由的用地受 5 号储罐及南侧护岸转角限制较难通过。如考虑新建排海水口在二期排海水口东侧就地扩建，新建消能水池与原有排水消能池和 5 号储罐集液池（火灾危险性为甲类）均贴邻布置，场地空间严重受限，且施工期间还将影响到上海第一液化天然气项目现有排海水设施的正常运行。因此，经方案比选，推荐采用新建取排海水口及设施与上海第一液化天然气项目现有设施分开布置的方案。

综上，由于需要满足防火规范要求且工程上实施难度太大，本项目无法与西侧上海第一液化天然气项目共用取排水口。

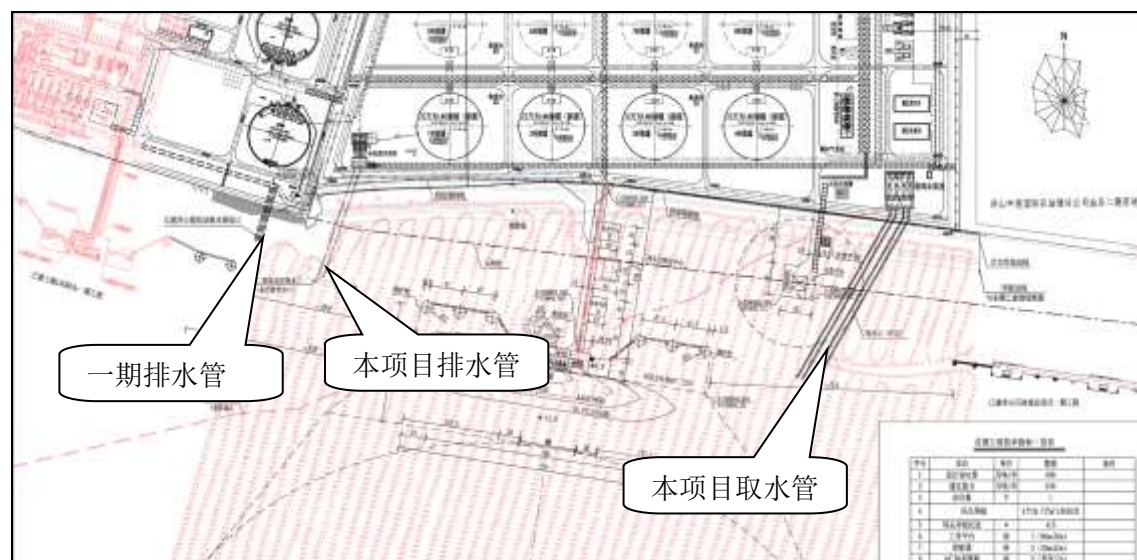


图 4.2-14 本项目与上海第一液化天然气项目取排水工程布置示意图

2、“浙环函[2018]129 号”设置要求及合理性对照分析

对照《关于开展入海排污口规范化整治提升工作的通知》（浙环函[2018]129 号）附件 1“入海排污口规范化整治提升验收标准”的要求，本项目冷排水口设置的合理性分析详见表 4.2-11。

根据上表分析，本项目取排水工程及冷排水口选址合理。在项目实施后，建设单位应落实好相关在线监测、标识标牌规范化设立以及台账管理工作，将监测结果及时上报生态环境主管部门，并定期向社会公示排口基本信息及达标情况，能够符合“浙环函 [2018]129 号”设置要求。

3、小结

综上，本项目有必要设置独立取排水工程。取排水口的选址从平面布置、排水口深度设置合理。

表 4.2-11 “浙环函[2018]129号”设置要求及合理性对照分析

序号	设置要求	合理性分析	符合性
1	未设置在自然保护区、海洋特别保护区、盐场保护区、海水浴场、滨海风景名胜、重要渔业水域和其他需要特别保护区的区域，以及不属于国家及地方相关规定不得排放污水的水域	本项目冷排口未设置在“浙环函[2018]129号”不得设置排放口的区域。冷排口位置位于“洋山四类区（ZSD04IV）”，目标水质为四类，不属于《中华人民共和国海洋环境保护法》、《近岸海域环境功能区管理办法》《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》等法律要求不得新建排污口的区域	符合
2	排污口设置的排污管道出水管口位置在低潮位线以下	根据 4.2.3 节，本项目冷排水口管内顶标高为-0.06m，低于平均低潮位 1.14m，接近最低低潮位-0.23m，内底标高-3.06m，因此冷排水口位低于平均低潮位线以下	符合
3	已完成向社区的市级以上环保行政主管部门备案手续	根据“浙政办发[2021]72 号”文件有关“集成建设项目环评”的要求，推进“多评合一”，设置论证相关要求纳入本项目环评	符合
4	未设置在一类近岸海域环境功能区区内	冷排口位置位于“洋山四类区（ZSD04IV）”，目标水质为四类，不属于一类区。	符合
5	设置在重要的环境敏感区附近，未造成环境敏感区水质超标	根据章节 8.5 和 8.10 本项目冷排口温降影响主要集中在排水口局部水域，不会对评价范围内渔业水域和周边海域的种质资源保护区等保护目标造成影响。	符合
6	直排海污染源标准排放口，排放口按规定安装流量计和在线监测设施，与环保部门联网	关联企业上海第一液化天然气项目公司同类取排水工程已设置流量和水温在线监测，并进行定期维护，取排水口流量、温度均有台账记录。 根据章节 12.2.2，本项目取排水工程要求落实冷排水流量、水温的在线监测，要求参考关联企业做法具体落实。	符合
7	排放口手工取样点位及流量监测点位符合规范		符合
8	在线监测和流量计投入使用后流量计定期校准和检定，并有维护台账		符合
9	涉氮、涉磷企业在线监测设施应包含总氮、总磷指标	本项目取排水主要污染因子为温降，且冷排口不适于《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB18486-2001），且不涉及氮磷污染物的指标与在线监测	符合
10	直排海污染源（入海排污口）建立“一源（口）一档”，同时报送设区市环保部门。建立入海排污口动态报告制度，纳入设区市环保局入海排污口信息动态管理。直排海污染源在排污单位外适当位置按规定树立入海排污口在线监测信息公示牌。在入海排污口管道入海处岸边适当位置，按规范设置入海排污口标志牌。建立入海排污口基本信息和达标情况定期公示制度	本项目排水工程要求落实流量、水温的在线监测，要求参考关联企业做法具体落实。	符合

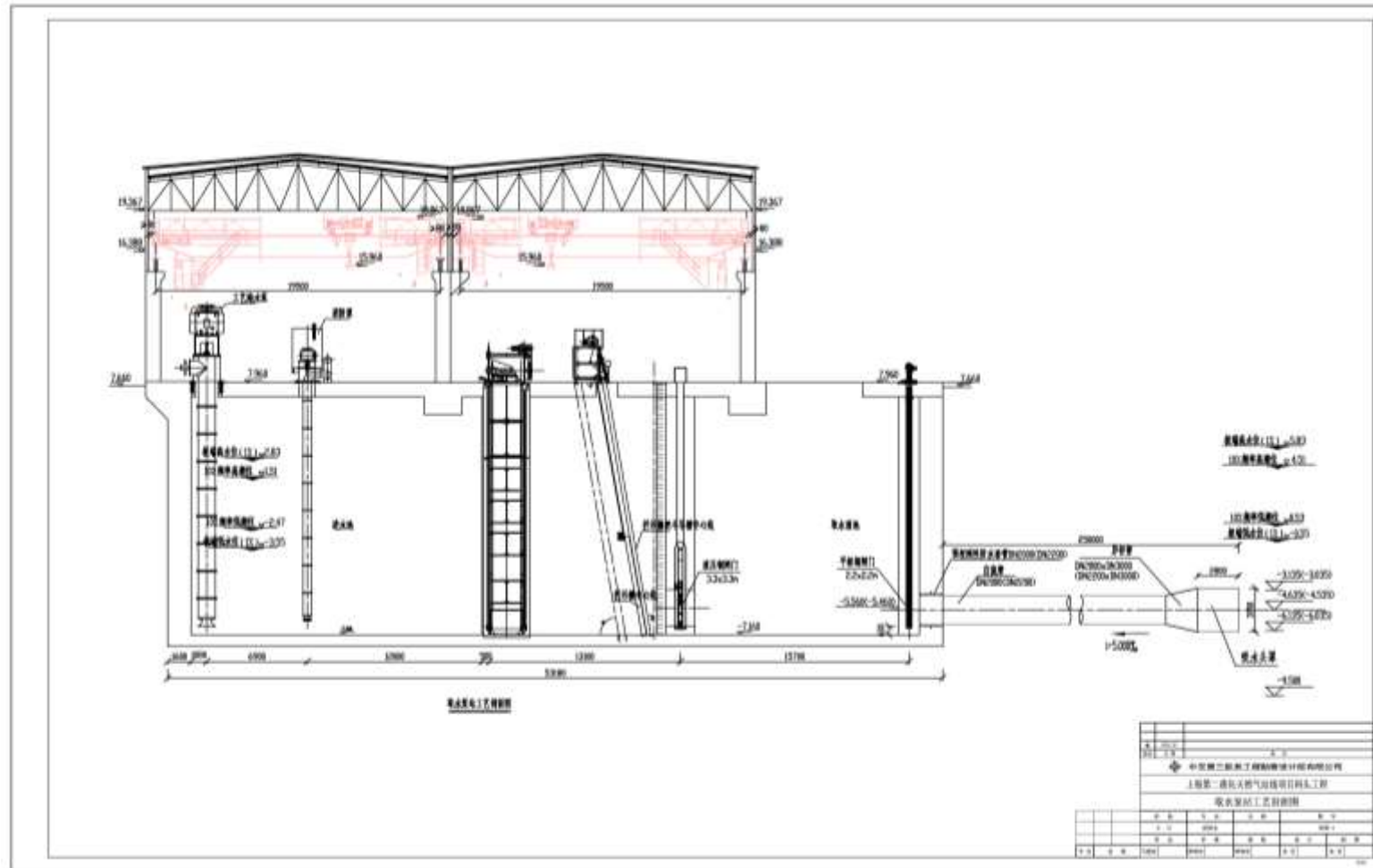


图 4.2-15 取水口结构断面图

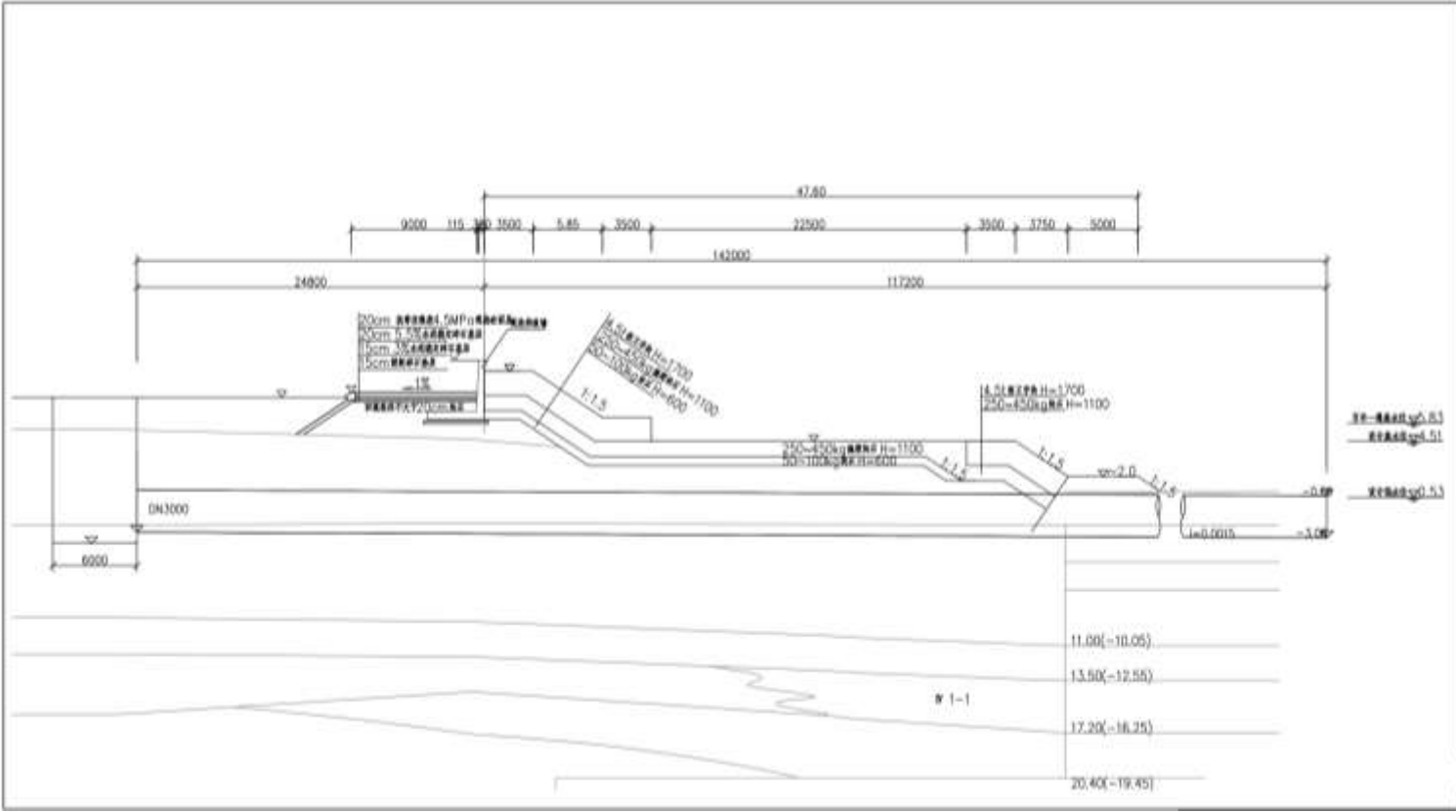


图 4.2-16 排水口结构断面图

4.2.4 码头工程

4.2.4.1 码头工程平面布置

上海 LNG 站线扩建项目码头工程的总平面布置如下：

1、码头平面布置方案

新建 15 万吨 LNG 码头 1 座，主力船型为 15~18 万 m^3 的 LNG 船舶，可满足 0.5~26.6 万 m^3 的 LNG 船舶装卸靠泊。码头方位角为 $\text{N}99^\circ\sim 279^\circ$ ，总长为 415m，采用蝶形布置，由 1 座工作平台、6 座系缆墩以及主引桥、控制室平台、集液池平台、补偿平台等组成。

工作平台尺度为 $80\text{m}\times 30\text{m}$ ，采用高桩梁板结构。工作平台采用双层布置，上层平台顶高程取 10.0m，下层带缆平台顶高程取 8.0m。2 座靠船墩分别布置在工作平台两侧，采用高桩墩式结构，每座靠船墩平面尺度均为 $30\text{m}\times 25\text{m}$ ，顶高程取 8.0m。在工作平台后方布置集液池平台一座，平台尺度为 $10\text{m}\times 10\text{m}$ ，通过 1 座联系桥与工作平台相接。

本项目包括 1#~6#系缆墩，其中东侧 1#~3#系缆墩基桩采用 $\Phi 3000\text{mm}$ 直桩嵌岩桩，墩台直径为 17m。西侧 4#~6#系缆墩基桩采用 $\Phi 1500\text{mm}$ 钢管桩，墩台直径为 15m。系缆墩顶高程均为 8.0m，靠船墩和系缆墩之间采用人行钢便桥连接。

工作平台后方布置 1 座主引桥与后方陆域相接，引桥桥面主要管廊和车道，长度 239.4m，宽度 15m。引桥面高程从 10.0m 过渡到 8.0m 与围堤平顺连接。

引桥东侧布置控制室平台一座和补偿平台两座，控制室平台尺度为 $34\text{m}\times 31\text{m}$ ，补偿平台 A、B 尺度为 $25\text{m}\times 25\text{m}$ 。

在码头后方及引桥东侧布置 1 座火炬平台，火炬平台尺度为 $45\text{m}\times 45\text{m}$ ，顶高程取 10.00m。另外在引桥东侧布置 1 座补偿平台 C，尺度为 $14\text{m}\times 13\text{m}$ ，顶高程取 10.0m。火炬平台通过 1 座引桥与后方陆域相接，火炬平台引桥长度 80.18m，宽度 14m，顶高程取 10.0m。

火炬平台和补偿平台 C 均采用高桩墩式结构，桩基均采用 $\Phi 1200\text{mm}$ 钻孔灌注桩。火炬平台引桥采用高桩梁板结构，排架间距 12m。每榀排架布置 4 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 钻孔灌注桩。引桥上部结构为现浇横梁、预制预应力空心板的结构型式。

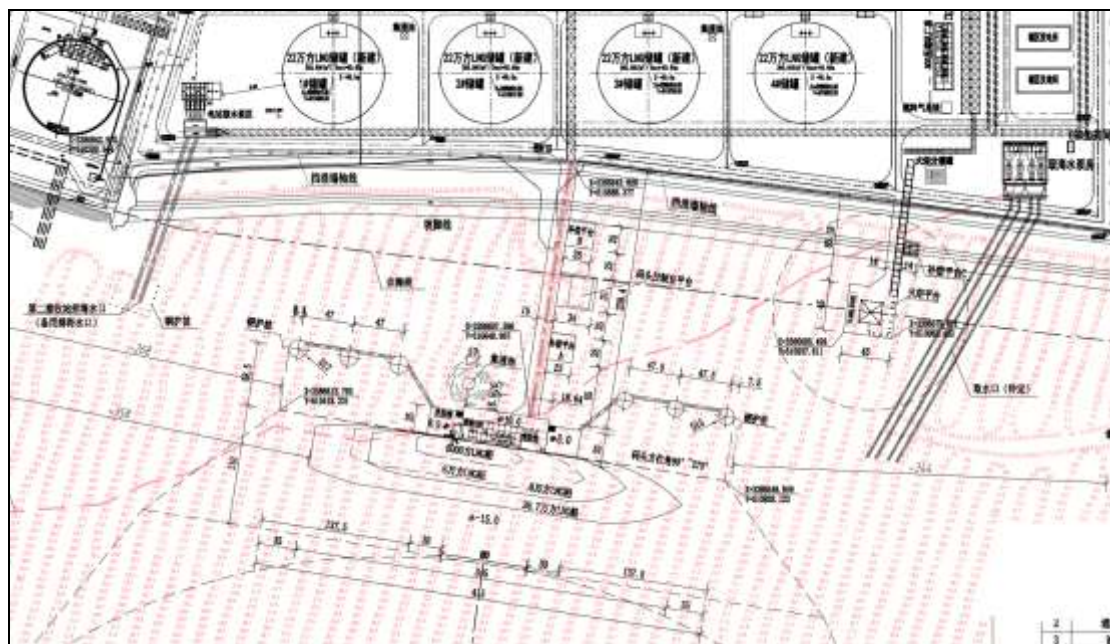


图 4.2-17 码头工程平面布置图

2、围堤及陆域形成平面布置方案

围堤沿老海堤布置堤线,围堤总长 1030m,在现状抛石场地上直接砌筑围堤。根据本项目区域的自然条件、相邻区域的地质条件,结合相关工程经验、建筑材料的来源,围堤拟采用斜坡堤的结构型式。

港区内陆域地面设计高程为+7.66m,地基加固交工面标高为+7.0m,主要功能为储罐区及计量区预留用地等。目前后方场地已经基本形成,其成陆面积约 52.49 万 m^2 。

4.2.4.2 码头工程设计

1、码头等级、设计船型尺度

(1) 码头等级

本项目建设 15 万吨 LNG 码头一座,满足 $0.5\sim 26.6$ 万 m^3 的 LNG 船舶装卸靠泊。码头吞吐量为 600 万吨/年,通过能力为 630 万吨/年。

(2) 设计船型尺度

本项目为 LNG 船舶专用码头,设计船型为 $0.5\sim 26.6$ 万 m^3 LNG 船舶,详见表 4.2-12。

表 4.2-12 LNG码头设计船型一览表

设计船型	船长(m)	型宽(m)	型深(m)	艏/艉吃水(m)	备注
267000 m ³ LNG 船舶	345	53.8	27	12.2	均为 卸船船型
263000 m ³ LNG 船舶	345	55	27	12.2	
215000 m ³ LNG 船舶	325	50	28	12	
210000 m ³ LNG 船舶	315.2	52	27	12.2	
180000 m ³ LNG 船舶	300	52	26.25	12	
147000 m ³ LNG 船舶	290	43.35	26.25	11.5	
80000 m ³ LNG 船舶	239	40	26.8	11	
60000m ³ LNG 船舶	216	35	17.5	9	装船船型
40000m ³ LNG 船舶	204	30	17	9	
30000m ³ LNG 船舶	185.2	28.1	18.5	7.5	
20000m ³ LNG 船舶	152	28	15	7.6	
10000m ³ LNG 船舶	128	19.8	11.0	6.0	
7500m ³ LNG 船舶	119.3	19.8	11	5.9	
5000m ³ LNG 船舶	99	18.2	7.8	4.8	

2、设计主尺度

（1）泊位尺度

总平面布置方案采用蝶形布置方案，码头部分主要由工作平台、2 座靠船墩和 6 座系缆墩组成。

按照《液化天然气码头设计规范》（JTS165-5-2016），泊位长度可取 1.0~1.3 倍设计船长。26.6 万 m³LNG 船设计船长为 345m。

经计算，码头工程泊位长度为 345m~449m。考虑本项目兼顾应急期反输装船功能，卸船输油臂与装船输油臂需保证一定的安全距离。因此，综合考虑后泊位长度取值 415m。

（2）工作平台和靠船墩尺度

根据《海港总体设计规范》规定，两个靠船墩中心间距可为设计船长的 30%~45%。当兼靠船型范围较大时，可设置辅助靠船墩。根据 OCIMF 规定：墩式液化天然气码头宜布置两个靠船墩，两墩中心间距可为设计船长的 25%~40%。

码头工程设计船型为 0.5~26.6 万 m³LNG 船，对于 8~26.6 万 m³ 船舶卸船作业，要求的靠船墩最大间距为 108m~155m，要求的靠船墩最小间距为 60m~87m。对于 0.5~6 万 m³LNG 船舶装船作业，要求的靠船墩最大间距为 45m~98m，要求的靠船墩最小间距为 25m~54m。考虑到本项目 LNG 泊位靠泊船型变化幅度较大，在满足主力设计船型的前提下，充分考虑兼靠最大及最小船型的靠泊适应性。

因此，码头靠船墩间距设计取用为 110m，每个靠船墩尺度为 30m×25m，满足 8~26.6 万 m³ 船型的靠泊要求。工作平台尺度确定为 80m×30m，考虑到工艺

布置要求，大船装卸臂布置在工作平台中间区域，小船装卸臂布置在工作平台偏西侧。根据船型布置情况，将工作平台兼做 0.5~6 万 m^3 LNG 船舶的靠船墩，采用高桩板梁式结构，靠船护舷隔跨布置，可以满足停靠船型差别较大的靠泊要求。

（3）系缆墩尺度

西端 3 座系缆墩直径均为 17m，东端 3 座系缆墩直径为 15m。

（4）引桥尺度

建设一座主引桥连接工作平台和后方罐区，结合围堤位置，主引桥长度 239.4m。考虑管廊与人车通行要求，主引桥宽度为 15m。

（5）集液池平台、控制室平台、火炬平台、补偿平台尺度

在码头后方布置集液池平台一座，平台尺度为 10m×10m，通过 1 座联系桥与工作平台相接。

引桥东侧布置控制室平台一座和补偿平台两座，根据总体院所提技术要求，控制室平台尺度为 34m×31m，补偿平台 A、B 尺度为 25m×25m。

（6）火炬平台

在主引桥东侧布置火炬平台、补偿平台各一座。火炬平台尺度为 45m×45m，补偿平台 C 尺度为 14m×13m。

建设一座火炬平台引桥连接火炬平台和后方陆域，引桥长度 80.18m，宽度为 14m。

（7）码头前沿停泊水域

码头前沿停泊水域宽度取最大设计船型船宽的 2 倍。前沿停泊水域宽度为 $55 \times 2 = 110\text{m}$ 。停泊水域沿码头两端以 45 度夹角向海延伸。

（8）回旋水域

本项目码头前沿水域宽阔，回旋水域设在码头前方水域。本项目回旋水域按船型 26.6 万 m^3 LNG 船舶设计，长轴取 3 倍设计船型船长为 $345\text{m} \times 3 = 1035\text{m}$ ，短轴取 2.5 倍设计船型船长为 $345\text{m} \times 2.5 = 862.5\text{m}$ ，取 863m。

3、高程设计

（1）码头前沿顶高程（当地理论最低潮面）

按照《海港总平面设计规范》，开敞式码头面高程设计应满足码头面不被波浪淹没的要求，通常不考虑码头及引桥上部结构直接承受波浪力的作用。

根据拟建码头水域的水文资料、自然条件，经计算，码头面高程为 9.84m，

参照已建洋山 LNG 接收站码头面高程，本项目码头面高程同洋山 LNG 码头面高程，取为 10.0m。

靠船墩顶面标高 8.0m。

(2) 码头前沿设计泥面高程（小洋山理论最低潮面）

码头前沿设计泥面高程=设计低水位—前沿设计水深 D

根据《液化天然气码头设计规范》，LNG 码头前沿设计水深应保证满载设计船舶在当地理论最低潮面时安全停靠。

按上述标准计算码头前沿设计水深各个泊位的码头前沿设计水深和设计泥面高程计算见表 4.2-13。

表 4.2-13 码头前沿设计水深和设计泥面高程

码头位置	满载吃水 (m)	设计水深 (m)	当地理论最低潮面 (m)	设计泥面标高 (m)
LNG 码头前沿	12.2	14.30	0.00	-14.30 取-15.00m

根据本项目水域的地形资料，该水域深水近岸，前沿水深基本可以满足设计要求。

(3) 回旋水域设计水深（小洋山理论最低潮面）

拟建码头区域天然水深较深，本项目船舶回旋水域设计泥面标高同码头前沿停泊水域的设计泥面标高，取-15.0m。

(4) 引桥面高程

引桥面高程接海段码头面高程，为 10.0m，接岸段与围堤顶高程顺接，面高程为 8.5m~10.0m。

4、水工建筑物结构方案

根据码头区域水深、水流、地质等条件，并结合区域内的施工条件，水工结构采用高桩码头结构，拟建工程部分桩基选用钢管桩，覆盖层较薄处选用直桩嵌岩桩。

(1) 工作平台

工作平台平面尺度为 80m×30m，上层作业平台顶高程取 10.0m，下层带缆平台顶高程取 8.0m。工作平台采用高桩板梁式结构，排架间距 7.5m。每榀排架共布置 6 根 Φ1200mm 钢管桩。码头上部结构为现浇横梁，预制纵向梁系，叠合面板的结构型式。

(2) 靠船墩

本项目包括两座靠船墩：1#靠船墩和 2#靠船墩，上部结构及桩基均相同。

靠船墩平面尺度为 30m×25m，顶高程取 8.0m。靠船墩采用高桩墩式结构。桩基础采用根 $\Phi 1500\text{mm}$ 钢管桩。靠船墩上部为现浇钢筋混凝土墩台，墩台厚 3m。

（3）系缆墩

①1#~3#系缆墩

1#~3#系缆墩平面尺度为 $\Phi 17\text{m}$ ，顶高程取 8.0m，结构采用高桩墩式结构。由于地基上部覆盖层较薄，基桩采用直桩嵌岩桩。每个墩台布置 4 根 $\Phi 3000\text{mm}$ 嵌岩桩，嵌岩直径 2700mm，嵌岩深度进入中等风化岩 6m。由于地基上部覆盖层较薄，在天然泥面上部抛填袋装碎石形成人工基床以提高桩基稳定性。

②4#~6#系缆墩

4#~6#系缆墩平面尺度为 $\Phi 15\text{m}$ ，顶高程取 8m，结构采用高桩墩式结构。基桩采用 $\Phi 1500\text{mm}$ 钢管桩。

（4）集液池平台

集液池平台平面尺寸 10m×10m，顶高程取 8m，结构采用高桩墩式结构。基桩采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 钢管桩。

（5）主引桥

引桥平面尺度为 239.4m×15m，顶高程取 10.0m，结构采用高桩板梁式结构。排架间距 12m。近海每榀排架布置 4 根 $\Phi 1000\text{mm}$ 钢管桩，近岸段每榀排架布置 4 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 钻孔灌注桩。引桥上部结构为现浇横梁，预制预应力空心板的结构型式。

（6）控制室平台

控制室平台平面尺度为 34m×31m，顶高程取 10.0m。控制室平台采用高桩墩式结构，基桩采用 $\Phi 1200\text{mm}$ 钻孔灌注桩。墩台厚度 2.5m。

（7）补偿平台 A

补偿平台 A 平面尺度为 25m×25m，顶高程取 10.0m。补偿平台采用高桩墩式结构，墩台厚度为 2m。近码头处补偿平台桩基采用 $\Phi 1200\text{mm}$ 钢管桩。

（8）补偿平台 B

补偿平台 B 平面尺度为 25m×25m，顶高程取 10.0m。补偿平台采用高桩墩式结构，墩台厚度为 2m。近岸处补偿平台桩基采用 $\Phi 1200\text{mm}$ 钻孔灌注桩。

4.2.4.3 火炬平台

(1) 火炬平台

火炬平台平面尺度为 45m×45m，顶高程取 10.0m。火炬平台采用高桩墩式结构桩基采用 Φ1200mm 钻孔灌注桩，墩台厚度为 3m。

(2) 火炬平台引桥

火炬平台引桥长 80.18m，宽 14m，顶高程取 10.0m。引桥采用高桩梁板结构，排架间距 12m。每榀排架布置 4 根 Φ1200mm 钻孔灌注桩。引桥上部结构为现浇横梁，预制预应力空心板的结构型式。

(3) 补偿平台 C

补偿平台 C 平面尺度为 14m×13m，顶高程取 10.0m。补偿平台采用高桩墩式结构，桩基采用 Φ1200mm 钻孔灌注桩，墩台厚度取 2m。

表 4.2-14 码头工程主要构筑物尺寸一览表

部位	单体名称	尺度	数量	顶面标高 (m) (理论最低潮面)
码头	工作平台	80m×30m	1	10.0
	1#~2#靠船墩	30m×25m	2	8.0
	1#~3#系缆墩	圆墩台，直径 17m	3	8.0
	4#~6#系缆墩	圆墩台，直径 15m	3	8.0
	集液池平台	10m×10m	1	10.0
	主引桥	239.4m×15m	1	10.0~8.0
	控制室平台	34m×31m	1	10.0
	补偿平台 A	25m×25m	1	10.0
	补偿平台 B	25m×25m	1	10.0
火炬平台	火炬平台	45m×45m	1	10.0
	火炬平台引桥	80.18m×14m	1	10.0
	补偿平台 C	14m×13m	1	10.0

4.2.4.4 码头桩基布置

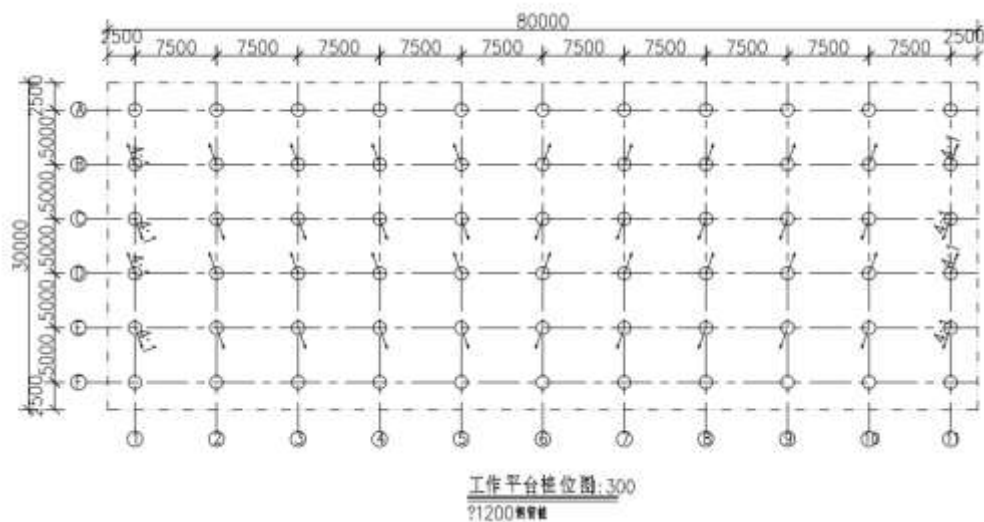


图 4.2-18 工作平台桩位图

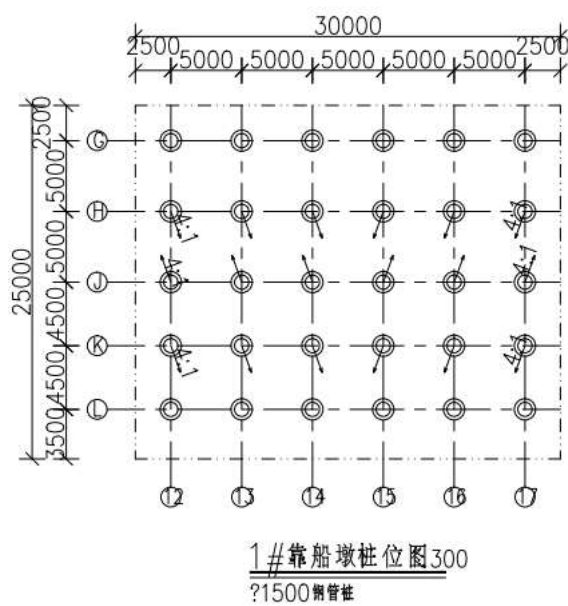


图 4.2-19 1# 靠船墩桩位图

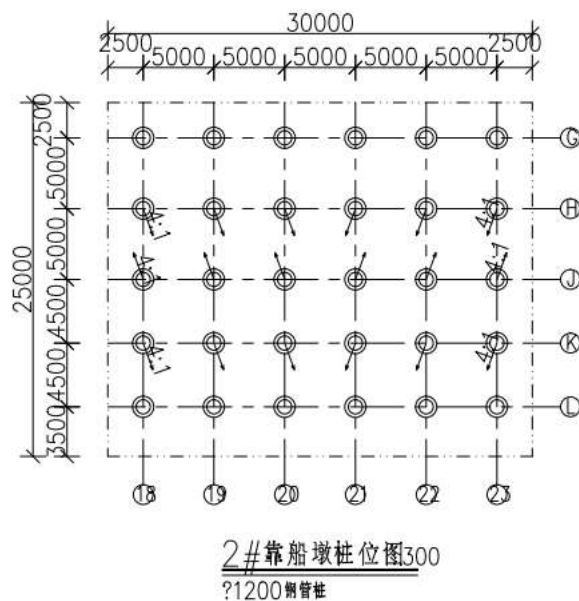


图 4.2-20 2# 靠船墩桩位图

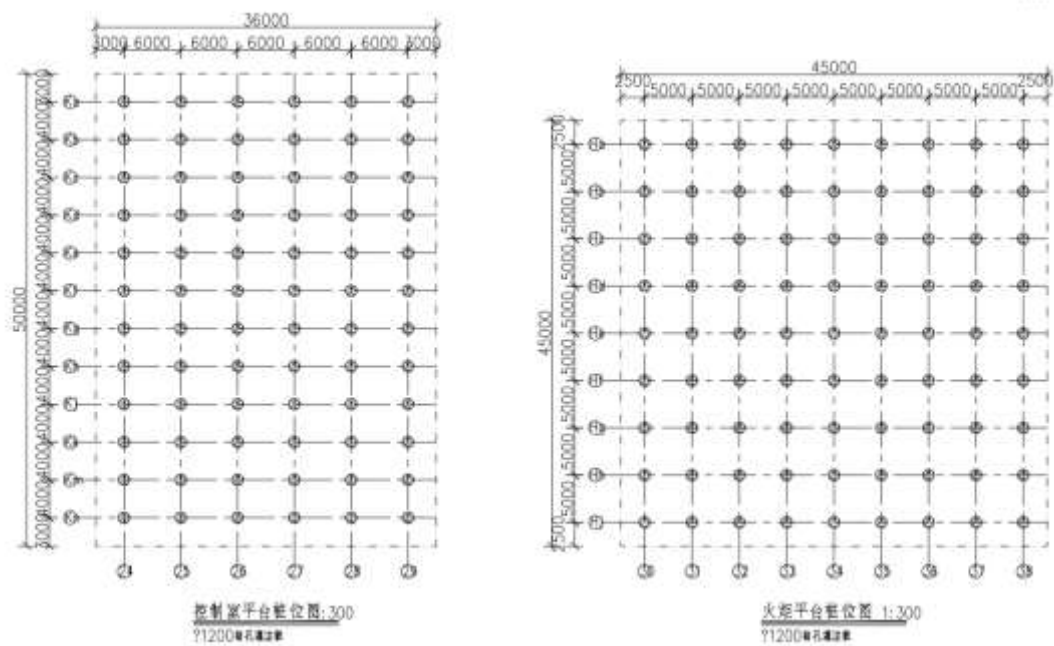


图 4.2-21 控制室和火炬平台桩位图

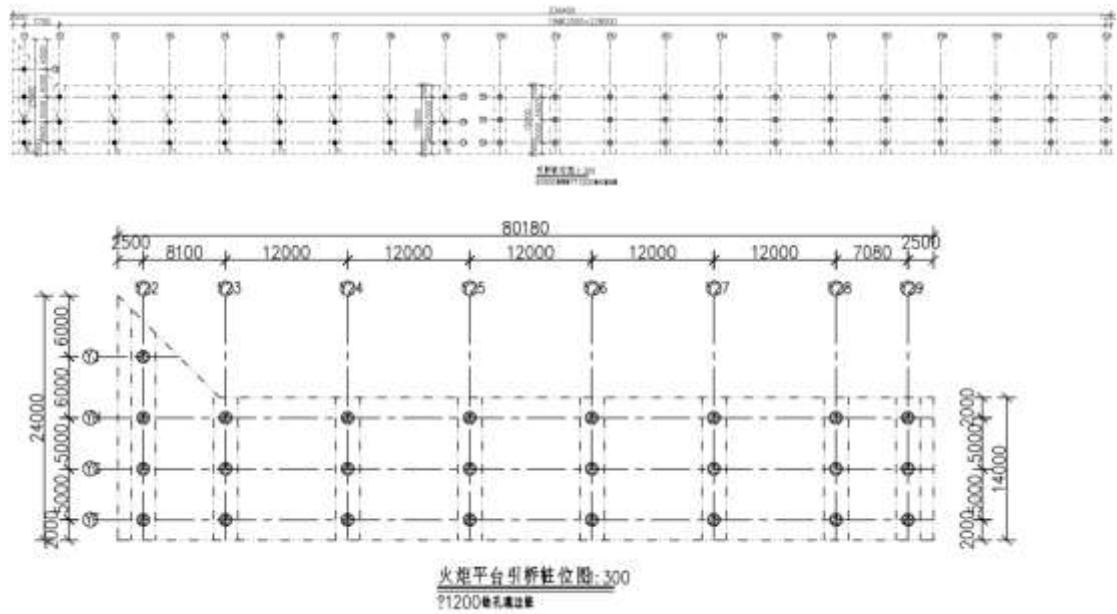


图 4.2-22 引桥和火炬平台引桥桩位图

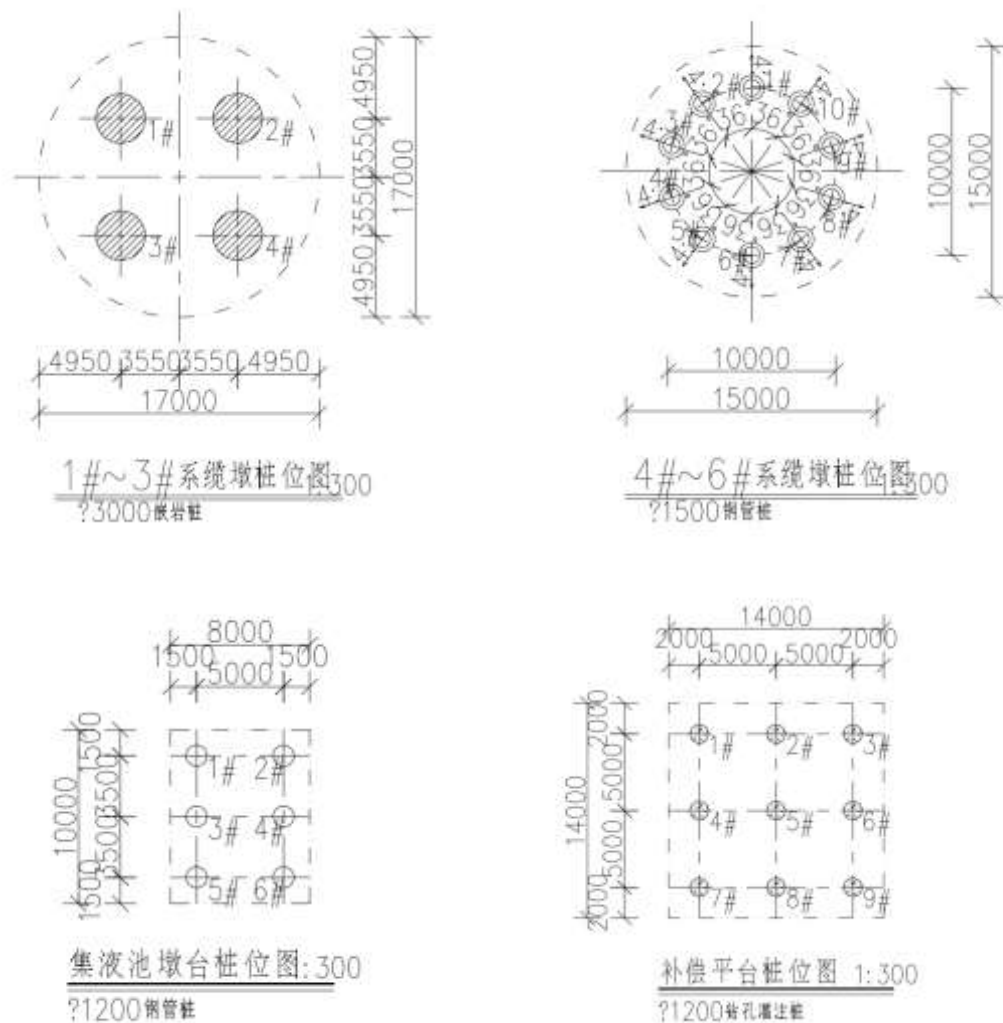


图 4.2-23 码头工程其他构筑物桩位图

4.2.4.5 航道、锚地

1、航道

（1）航道现状

本项目 LNG 船舶可利用洋山港进港主航道进港。洋山深水港区进港主航道从国际习惯航线到 A3 转向点（洋山深水集装箱港区港内水域口门小岩礁岛南侧），航程约 104km，其中 A0 转向点（马迹山航线与洋山深水港区进港航道交点）到 A3 转向点为洋山港主航道，全长 65.01km。结合《上海洋山深水港区及其附近水域通航安全管理规定》（国家海事局公告【2019】第 11 号），进港主航道由外到内分别如下：

口外航道（A0 转向点~A1 转向点航段）：航道走向 $101^{\circ}23'\sim 281^{\circ}23'$ ，航道长 31.30km，为自然水深双向航道，水深大于 20m，扫海宽度 800m。

进港外航道（A1 转向点~A2 转向点）：Y0 灯标~大小洋山岛链东口门航段，航道走向 $99^{\circ}\sim 279^{\circ}$ ，航道长 27.57km，航道宽度 650m、设计通航深度 16.5m，其中 A1-2~A2 段，长约 11.28km，设计底高程为-16.5m，其余为自然水深航道，水深大于 16.5m。

进港内航道（A2 转向点~A3 转向点）：航道走向 $118^{\circ}04'\sim 298^{\circ}04'$ ，长 9.14km，为自然水深双向航道，最大水深达 70m，航道宽度 550~650m。



图 4.2-24 洋山港进港主航道

（2）航道尺度

①设计船型

表 4.2-15 码头工程主要设计船型

设计船型	船长(m)	型宽(m)	型深(m)	艏/艉吃水(m)
26.3 万 m ³ LNG 船舶	345	55	27	12.2
26.6 万 m ³ LNG 船舶	345	53.8	27	12.2

②通航宽度

经计算，26.3 万 m³LNG 船单线通航所需宽度为 366m，26.6 万 m³LNG 船单线通航所需宽度为 361m。现有洋山港区进港主航道宽度可满足设计船型单线通航宽度要求。

③航道水深

经计算，26.3 万 m³LNG 船、26.6 万 m³LNG 船航道设计水深为 14.93m。目前洋山港区进港主航道设计水深为-16.5m，可满足本项目船舶全潮通航要求。

2、锚地

目前洋山港暂无正式 LNG 船舶锚地。

规划在进港主航道北侧、黄泽山东北侧布置洋山 LNG 一期锚地。该锚地距离 LNG 码头约 14 海里。锚地面积 2.25km²，自然水深 25~32m。待洋山港规划 LNG 一期锚地实施后，该锚地可满足本项目船舶锚泊要求

规划 LNG 港内应急锚地推荐选址位于大洋山南危险品锚位区东北角，锚地距 LNG 码头前沿约 2.2 海里。锚位采用单锚系泊方式，锚位平面按圆形布置，锚位回旋半径 R=650m。拟建锚地区域水深条件良好，约 17.8~20.0m。待规划 LNG 应急锚地实施后，该锚地可满足本项目船舶应急锚泊要求。

洋山港目前设有引航待泊锚地、小型避风锚地、南 1 号锚地等。

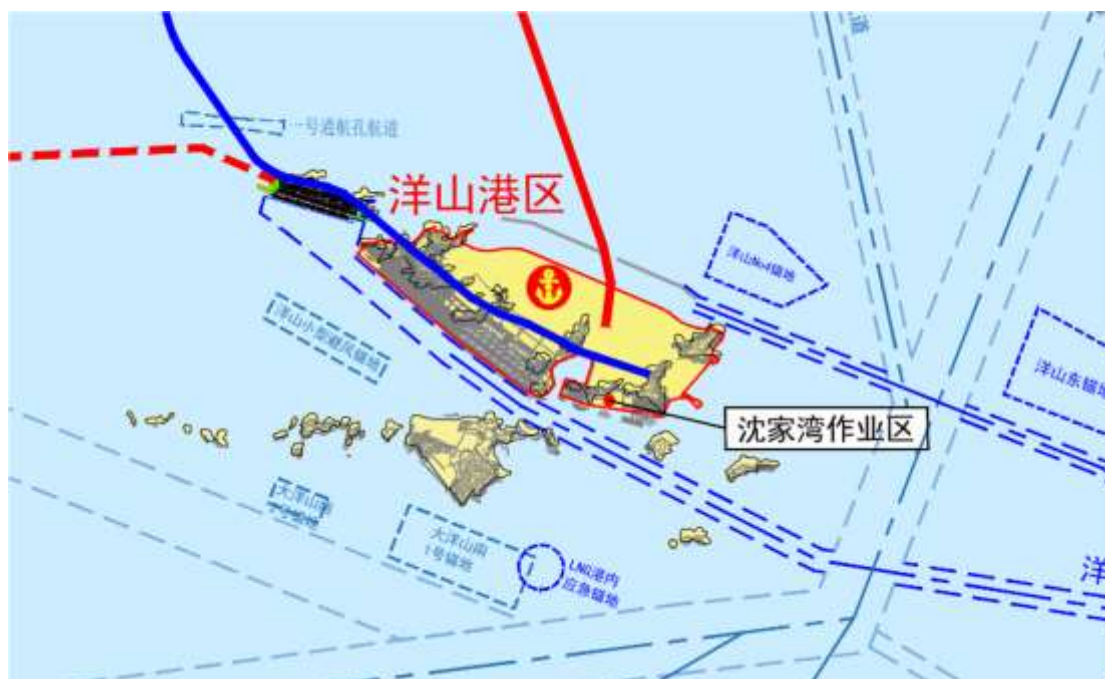


图 4.2-25 洋山港周边锚地

洋山港引航待泊锚地位于港界外的进港航道南侧，其边界为东经 122°30'27.0"、北纬 30°30'00.2"，东经 122°28'34.5"、北纬 30°30'00.2"，东经 122°28'34.5"、北纬 30°28'00.2"，东经 122°30'27.0"、北纬 30°28'00.2"，面积约 11.09km²，水深-23~-25m，可供 15 万吨级船舶引航、待泊和检验。

洋山小型避风锚地位于集装箱码头区南侧，其边界为东经 122°00'43.9"、北纬 30°37'48.0"，东经 122°00'29.0"、北纬 30°37'25.3"，东经 122°02'31.2"、北纬 30°36'24.7"，东经 122°02'46.2"、北纬 30°36'47.4"，面积约 3.02km²，水深-10~-11m，可供 1~2 万吨级船舶避风使用。

南 1 号锚地位于大洋山作业区南侧，其边界为东经 122°03'09.1"、北纬 30°34'29.8"，东经 122°02'46.6"、北纬 30°33'41.6"，东经 122°05'04.0"、北纬 30°32'53.6"，东经 122°05'26.5"、北纬 30°33'41.8"，面积约 6.32km²，水深-16~-20m，可供 10 万吨级及以下船舶待泊和避风。

洋山 LNG 一期锚地规划在进港航道北侧、黄泽山东北侧，距离 LNG 码头约 14 海里。锚地面积 2.25km²，自然水深 25~32m。

本项目 LNG 船舶锚地设计水深为 14.64m，单锚系泊面积为 0.7km²。目前洋山港暂无正式 LNG 船舶锚地，待洋山港规划 LNG 一期锚地实施后，该锚地可满足本项目船舶锚泊要求。

本项目暂不考虑另设 LNG 船避风、抗台锚地。在台风季节，进出洋山港的

LNG 船需提前获取有关台风信息，尽可能避开台风对 LNG 船舶的进出港航行、靠泊、作业影响。当台风来临前，港内 LNG 船可出海绕航，进行避风、抗台。

4.2.5 护岸加固和地基处理

4.2.5.1 护岸加固

本项目位于杭州湾外的崎岖列岛，工程点位于北岛链的西门堂岛南侧海岸，毗邻上海国际航运中心洋山深水港区，在已建洋山 LNG 一期工程东侧，拟建护岸加固长度 1030m。



图4.2-26 护岸加固平面示意图

本工程在护岸位置原已抛填块石形成自然岸坡，本次围堤加高加固主要是在原有岸坡上方进行加高并增设护面层，护岸加固工程控制在用海线范围之内（图 4.2-27），护岸加高加固施工对环境的影响较小。

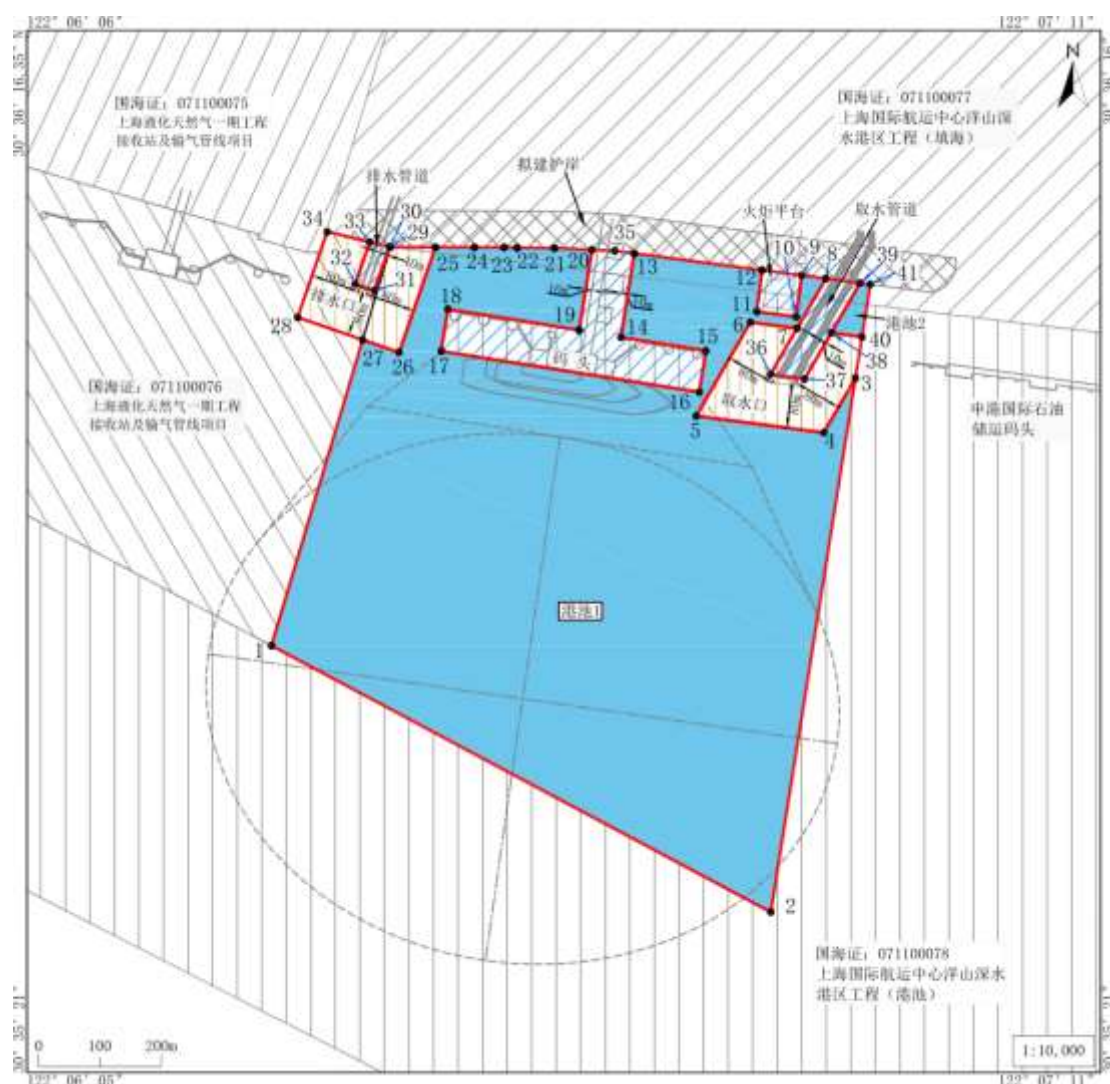


图4.2-27 护岸工程与宗海界址关系图

施工期和使用期堤顶荷载：按均布荷载 10kN/m^2 考虑。

由于本项目建成后，护岸主要防护对象为 LNG 项目。因此，根据《液化天然气码头设计规范》（JTS165-5-2021），防潮防洪标准确定为 100 年一遇，因此本项目护岸按设计潮位 100 年一遇，设计波要素 100 年一遇。护岸工程级别取 1 级。

根据《防波堤与护岸设计规范》（JTS 154-2018），允许越浪量按照 $\leq 0.01\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$ 的标准控制。

1、护岸结构方案

由于本项目前期已经抛填了一定厚度的抛石层，抛石有一定粒径，在抛石上如直接施工袋装砂袋体，可能会刺破袋体，造成漏砂。如采用袋装砂堤心，则需要先铺设碎石进行过渡，且袋装砂堤心外侧的护面块体下需设置块石垫层和碎石

垫层进行过渡。因部分堤身目前标高较高，需回填的土石方量较小，如采用袋装砂堤心，扣除块石和碎石过渡层后，袋装砂堤心实际方量较小，且施工工序复杂，因此，不建议采用袋装砂堤心。建议采用土石方抛填堤身，护岸结构采用抛石斜坡堤结构。

护岸加固在现状抛石场地上直接砌筑护岸，根据相邻区域地质资料、建筑材料来源、相关工程经验，护岸采用斜坡堤结构型式，堤心材料采用开山石方。

2、高程设计

采用《液化天然气码头设计规范》（JTS 165-5-2021）计算的挡浪墙高程。本项目计算的墙顶高程 12.1m，参照相邻护岸护面结构，按照《防波堤与护岸设计规范》（JTS 154-2018）中不大于 $0.01\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$ 的越浪量标准进行核算，挡浪墙顶高程为 10.9m。根据《液化天然气码头设计规范》5.5.3 条，护岸内侧设有排水设施时，经论证，防浪墙顶高程可适当降低。结合波浪爬高计算和越浪量计算结果，防浪墙顶高程暂定 10.9m，根据《防波堤与护岸设计规范》（JTS 154-2018）中强制性条文要求，后期需经过波浪模型试验进一步验证。

3、堤顶道路及宽度

堤顶宽度需根据护岸构造、施工工艺、施工车辆的通行情况综合确定。挡浪墙后方采用现浇混凝土道路，道路宽度 9m，路面向陆侧坡度为 1%。待地基沉降稳定后再实施混凝土面层。

因本项目前期为自然推填的岸坡，新建护岸挡浪墙后方大部分区域已回填至 7.0m 标高，只有挡浪墙后方约 1500m^2 区域尚未回填至 7.0m 标高。为满足港区建设交通运输的需要，护岸挡浪墙施工完成以后，需将挡浪墙后方标高未达到 7.0m 的区域，采用开山石回填至 7.0m 标高。挡浪墙后方采用现浇砼道路，道路宽度 9m，标高 8.0m，路面向陆侧坡度为 1%。待地基沉降稳定后再实施混凝土面层，混凝土面层采用 20cm 厚 C25 现浇砼面层，下设 20cm 5.5% 水泥稳定碎石基层 15cm 3% 水泥稳定碎石基层和 15cm 级配碎石垫层。

4、护面结构

根据设计波浪资料，计算护面块体的稳定重量为 2.59t。因护岸转折处会产生波能集中，护面块体重量应适当放大，且护岸堤头处护面块体的重量也应适当放大。已建一期南堤设计波浪要素与本项目类似，块体重量采用了 4.5t 扭王字块体，目前使用状况良好。同时在一定范围内增大块体的重量，总的材料费和施工

费用并不会显著增大。因此，拟采用和一期南堤相同的 4.5t 扭王字块体。

5、挡浪墙结构

由于堤顶高程较高，挡浪墙承受波浪力较小，因此结合护面结构型式选择混凝土结构挡浪墙，既满足防浪要求，又同时满足抗倾、抗滑的稳定要求。

6、地基处理

根据地勘资料，拟建护岸轴线下部已有抛石层厚度约 3.5m~7.4m，沿护岸向外天然淤泥层逐渐裸露出泥面，故堤身范围内不需再进行地基处理。

4.2.5.2 地基处理

1、陆域概况

港区内陆域地面设计高程为+7.66m，地基加固交工面标高为+7.0m，主要功能为储罐区及计量区预留用地等。根据 2019 年 11 月三航院所测地形图可知，如图 4.2-28 所示，目前后方场地已经基本形成，场地总面积约 52.49m²，其中场地中已形成陆域及地基处理面积约 6.62 万 m²，尚需进行陆域形成及地基处理的场地面积约 45.87 万 m²。

本次陆域形成及地基处理场地中，东港路以南有 3.3 万 m² 为原中门堂岛开山形成，其余约 24.3 万 m² 陆域为海域回填形成，回填料采用的是开山石料；东港路以北有约 18.27 万 m² 的场地也为海域回填形成。



图 4.2-28 陆域形成范围示意图

2、土方平衡设计

（1）东港路以南

根据东港路以南 27.6 万 m^2 场地的地形测图，对东港路以南场地进行土方平衡计算，具体如下：

高程系统：小洋山理论最低潮面

坐标系统：54 北京坐标系（中央子午线 $L0=122^\circ$ 坐标）

地基处理完工面高程=7.0m（根据一期工程要求）

回填区地基加固沉降补填料厚度=0.4m

开山区地基加固沉降补填料厚度=0.1m

场地清表补填厚度=0.2m

计算公式：场地平整标高=地基处理完工面高程+地基加固沉降补填料厚度+场地清表厚度。

计算结果见表 4.2-16。

表 4.2-16 东港路以南场地土方平衡计算表

项目	填方量 (m^3)	挖方量 (m^3)	备注
现有回填至+7.0m	353127	5472	自现有高程回填
清表后补填量	54550.4		按 0.2m 计
回填区加固沉降补填量	95820.8		
开山区加固沉降补填量	3320		
合计	506818.2	5472	

按照上述场地挖填方量计算结果，东港以南 27.6 万 m^2 场区扣除场内可利用的挖方量，尚需回填料约 50.13 万 m^3 。

（2）东港路以北

现阶段缺乏东港路以北场地的地形测图，场地标高暂按照+5.7m 考虑。

高程系统：小洋山理论最低潮面

坐标系统：54 北京坐标系（中央子午线 $L0=122^\circ$ 坐标）

地基处理完工面高程=7.0m（根据一期工程要求）

场地清表补填厚度=0.2m（此值为暂估值）

地基处理沉降补填料厚度=2.5m（此值为暂估值）

本项目场地平整标高根据下式进行计算

计算公式：场地平整标高=地基处理完工面高程+地基加固沉降补填料厚度+场地清表厚度。

计算结果见表 4.2-17。

表 4.2-17 东港路以北场地土方平衡计算表

项目	填方量 (m ³)	备注
清表后补填量	366200	按 0.2m 计
现有回填至+7.0m	357045	
地基处理沉降补填量	595075	
合计	988740	

按照暂定条件场地填方量计算结果，东港路以北 18.27 万 m² 的场地暂需要的回填料约 97.2 万 m²。

(3) 填料选择

合本项目现状的填料主要有开山石或宕砟。其力学性能好，经简单加固即可满足今后的使用要求，结合今后建设罐区的需求，回填料要求粒径不大于 30cm。

本工程石料需外购，通过水陆倒运至施工现场，经考察，舟山地长白岛、册子岛、佛渡岛、大衢山、小衢山、西白莲等诸多岛屿均有多家石料场，石料质量、规格、均能满足本工程要求。故本工程石料计划从上述料场中进行采购，几个较大石场情况如下：

① 舟山长白岛

长白岛距离小洋运距约 35 海里，预计总量为 100 万吨，码头泊位共计 2 个，最高吨位 5000 吨，受潮汐影响，日均吞吐量约为 2 万吨。

② 舟山册子岛

册子距离小洋运距约为 40 海里，码头泊位共计 2 个，最高吨位 5000 吨，不受潮汐影响，日均吞吐量约为 1-2 万吨。

③ 舟山佛渡岛

佛渡距离小洋运距约为 70 海里，预计总量为 50 万吨，码头泊位共计 1 个，最高吨位 5000 吨，不受潮汐响影响，日均吞吐量约为 1.5 万吨。

④ 舟山西白莲

西白莲距离小洋运距约为 65 海里，料源有山皮土，风化石，有黄包青，有纯青石质量都不一样。现场是船厂扩建开山石料大概有 100 万吨左右。一般每天正常要出料在 7000-10000 吨左右。

⑤ 舟山大衢山

大衢山距离小洋运距约为 20 海里，预计存储总量为 160 万吨，出运码头泊位共计 2 个，最高吨位 5000 吨，不受潮汐响影响，日均吞吐量约为 2 万吨。

⑥舟山小衢山

大衢山距离小洋运距约为 10 海里，海上运距最近，预计总量为 160 万吨，码头泊位共计 3 个，最高吨位 5000 吨，不受潮汐响，日均吞吐量约为 2 万吨。

以上 6 个较大型石场均位于舟山，石料储备总量及开采能供应力能够满足本工程的进度需求。相对关系及拟选定石料场分布图详见图 4.2-29。



图 4.2-29 拟选定石料场分布图

4.3 施工方案

4.3.1 输气管道施工方案

输气管道自上海 LNG 接收站阀组区接出，沿东港路北侧自东向西敷设，在东港路与能源路交口处沿东北方向在能源路东外侧敷设，穿越东海大道后向西敷设，穿越石龙景区，在景区西侧实施海峡穿越（陆对海定向钻），接海底管道敷设，在大乌龟岛海堤登陆，沿洋山港四期港区道路敷设到达小乌龟岛海底管道入海点。海底路由自小乌龟岛西侧洋山港四期新建人工岸线向西北入海在导流堤北侧通过后呈正西走向，穿越临港主航道后，在杭州湾 1 号捕捞区和奉贤南部可再生能源区之间通过，西北走向至奉贤柘林塘登陆，终于奉新输气站。

陆上管道线路（含大型穿越）长度 10.7km，设计压力 9.2MPa，管径 1016mm，

陆上管道采用 L485M 级钢管，海底管道采用 API 5L PSL2 X65 钢管。本项目共有大型定向钻穿越 2 处，长度共计 2.7km。

表 4.3-1 推荐路由位置表

序号	项目	类别	间距 (km)	累计间距 (km)
1	LNG 接收站阀组区-石龙景区	陆上管道	7.1	7.1
2	石龙山景区穿越	陆上管道陆上定向钻	0.9	8.0
3	石龙山景区穿越出土点-颗珠山水道穿越入土点	陆上管道	0.1	8.1
4	颗珠山水道穿越	陆上管道陆对海定向钻	1.8	9.9
5	颗珠山水道穿越出土点-大乌龟岛登陆点	海底管道	2.9	12.8
6	大乌龟岛登陆点-小乌龟岛入海点	陆上管道	0.8	13.6
7	小乌龟岛入海点-奉新输气站	海底管道	53	66.6



图 4.3-1 石龙景区-大乌龟岛段海底管道施工方案

4.3.1.1 海底管道登陆方案

海底管道登陆常用的方案：爬堤式、斜立管穿堤、立管桩、底拖敷设、顶管方式。

本项目海管下海点处水深约 10m，登陆区域为浅滩。

(1) 石龙景区入海方案

陆上管道采用定向钻穿越石龙景区。在定向钻出土点附近采用海峡穿越（陆

对海定向钻）方式入海，穿越距离 1.8km。

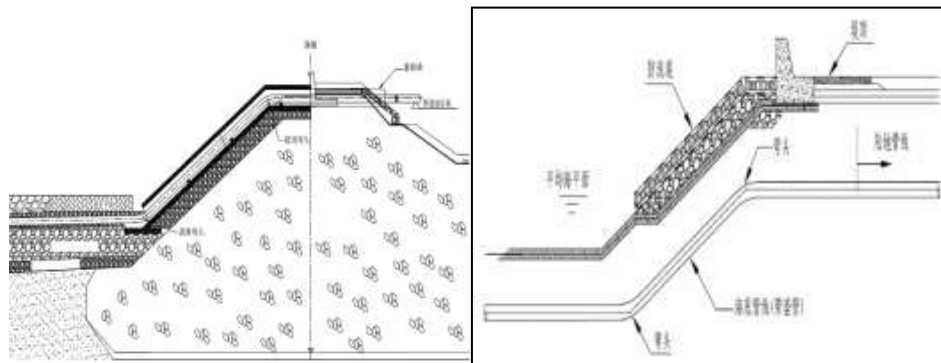
（2）大乌龟岛管道登陆方案

在登陆点布置 200 吨绞车，拖拉距离考虑 1.5km。拖拉过程海管需要绑扎浮筒。海管拖拉登陆施工完成后，可通过爬堤式方式与陆管相连接。

（3）小乌龟岛管道入海方案

根据现有资料，小乌龟岛下海点位置水深约 10m，铺管船需根据最小吃水深度要求，尽可能靠近下海点区域进行海管的起始铺设。同样，可通过爬堤方式将海管与陆管相连接。

如管道登陆点附近存在障碍物影响绞车布置，需要提前进行清理场地。



（1）爬堤式

（2）斜立管穿堤



（3）立管桩

（4）底拖敷设



（5）顶管

图 4.3-2 管道登陆方式示意图

（4）登陆段管道的保护方案

登陆段水深较浅，坡度较大，是最易受波浪、海流影响发生冲刷的区段，一般采用预挖沟+人工抛石回填方式保护。抛石厚度通常至管顶 2.0m，采用 1:3 的边坡。

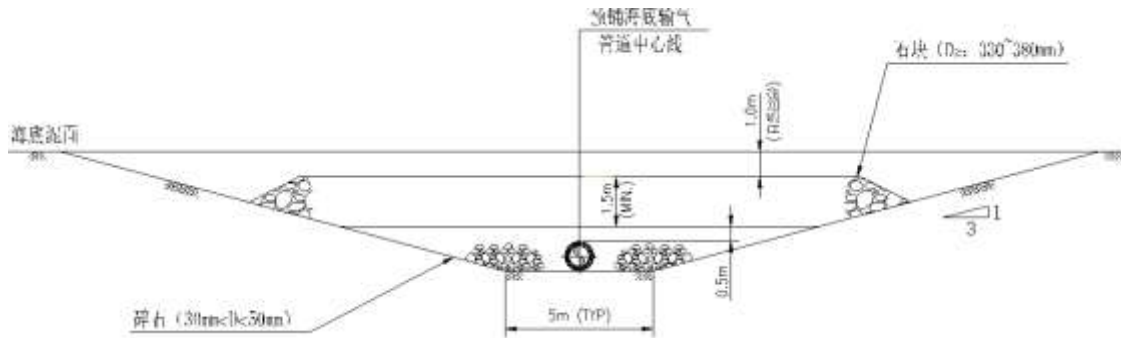


图 4.3-3 登陆段回填示意图

4.3.1.2 登陆段的拖拉安装

近岸段需要进行预开沟，并采用拖拉法进行管道安装；管道用岸上固定的绞车，拖拉管道，从铺管船上，沿已挖好的沟底拖拉，直至岸上；或者是用铺管船上的锚机，拖拉管道，从陆上，沿已挖好的沟底拖拉，直至铺管船作业位置。本阶段推荐从陆域布置绞车进行拖拉，如下图 4.3-4 所示：

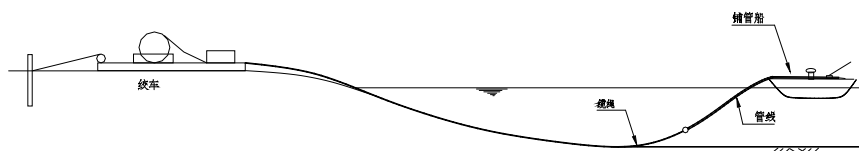


图 4.3-4 拖管法示意图

4.3.1.3 海底管道铺设方案

海底管道一般管段主要施工内容及程序如下：

（1）海底管道铺设

比选后采用铺管船进行 S 型铺设。铺管船设定在 5.5m~6.0m 水深处，奉贤登岸点处设置拖拉绞车，管道拖拉登岸后，继续铺设海管。

（2）后挖沟

在海底管道铺设在海床上之后再用水底挖沟机在海底管道底部进行挖沟作

业,基本原理是利用挖沟机产生的大流量喷冲水流对海底管道底部的土壤进行冲刷、液化,液化土壤随流冲走,从而形成管沟,管线在自重作用下沉入沟中。由于在较深的水域内,海底管道难以准确铺设到预先挖好的沟内,所以深海铺管埋设一般采用后挖沟方法。

（3）回填保护

采用后挖沟埋设防护,防止管道裸露,减少碰撞带来的损伤风险。

（4）清管

利用清管器清理管道。

（5）试压

严密性试压的压力为设计压力,即 9.2MPa。稳压时间不小于 24h,压降不大于 1%试验压力为合格,且不大于 0.1MPa 为合格。

（6）除水、干燥与惰化

当试压合格后,要进行通球扫线,并进行干燥。干燥要求详见《输气管道工程设计规范》(GB50251-2015)。

海底管道航道段主要施工内容及程序如下:

（1）预挖沟

在海底管道铺设之前预先开挖一条铺沟,然后将海底管道铺设到沟里,多用于较浅水域的短距离管线,如过河管线、登陆段部分等。

（2）海底管道铺设

比选后采用铺管船进行 S 型铺设。铺管船设定在 5.5m~6.0m 水深处,奉贤登岸点处设置拖拉绞车,管道拖拉登岸后,继续铺设海管。

（3）回填保护

本项目海底管道采用全程埋设方式保护,结合现有冲淤预测、以往项目研究结论和设计经验,对可能为冲刷区域,采用后挖沟方式埋设保护,管顶至泥面高度不小于 2.0m。对冲刷影响较小区域,拟采用后挖沟埋设防护,管顶至泥面高度不小于 1.5m。后挖沟示意图如下所示。

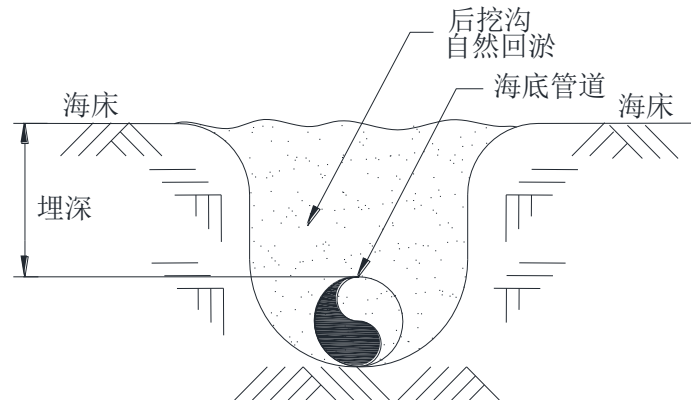


图 4.3-5 海底管道后挖沟断面示意图

(4) 清管

利用清管器清理管道。

(5) 试压

严密性试压的压力为设计压力，即 9.2MPa。稳压时间不小于 24h，压降不大于 1%试验压力为合格，且不大于 0.1MPa 为合格。

(6) 除水、干燥与惰化

当试压合格后，要进行通球扫线，并进行干燥。干燥要求详见《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）。

拟建管道为双登陆管道，且路由中间存在拐点。因此，为了保证海管的顺利对接，考虑到本项目为大口径配重薄壁管，本阶段推荐在海管路由的弯曲段通过弯头来实现两段管道的对接。

根据《上海 LNG 站线扩建项目输气管道工程航道通航条件影响评价报告》，本项目海管路由各段的推荐埋深见表 4.3-2。

表 4.3-2 海底管道（浙江段）路由铺设、埋深及回填方案

区域	范围 KP	长度	冲刷深度取值	安全富裕深度	建议埋深	预挖沟 /后挖沟	备注
		km	m				
奉贤-小乌 龟路由	34.0~37.0	3.0	1.5	/	≥2	后挖沟+自然回淤	
	37.0 (AC07) ~49.0	12.0	1.8	3	4.8	KP37~KP38 后挖沟+自然回淤； KP38~KP40 预挖沟+碎石回填； KP40~KP42 后挖沟+碎石回填； KP42~KP45 预挖沟+碎石回填； KP45~KP49 后挖沟+自然回淤；	预挖沟的 边坡: 1:3; 碎石回填 厚度 2m。
	49~50.8 (AC08)	1.8	2	3	5	KP49~KP50.8 后挖沟+自然回淤	
	50.8~52.2	1.4	1.5	/	2	KP50.8~KP52.2 后挖沟+自然回淤	

区域	范围 KP	长度	冲刷深度 取值	安全富裕深度	建议埋深	预挖沟 /后挖沟	备注
		km	m				
		52.2~53	0.8	/		2	后挖沟+自然回淤
石龙 山景区-大 乌龟岛段 路由	颗珠山水 道穿越	1.8	3.0	3.0	≥6.0	定向钻	
	颗珠山水 道穿越出 土点-大乌 龟岛登陆 点	2.9	1.5	/	≥2	后挖沟+自然回淤	

4.3.1.4 管道的清管、试压、除水、干燥、惰化

(1) 清管

管线分段清管是在管线焊接回填完毕、水压试验之前，利用空压机向管段内注入压缩空气推动清管器对管段内的杂物进行清扫并对管道内径进行变形检测的一项重要程序。清管的目的是清除焊接时留在管道内的杂物，测径的目的是检测管道存在的失圆、皱痕、凹坑或其他变形的程度。

(2) 试压

管道压力试验主要是为了检验管道结构的完整性和可靠性。管道压力试验首先要进行强度性试验，然后进行严密性试验。压力试验一般分为液压试验和气压试验，目前普遍采用液压试验。本项目拟采用液压试验进行试压。

液压试验是用液体介质进行压力试验的方法，一般用水作为试验介质，所以通常称为水压试压，水压试压应用清洁水作为介质，在特殊情况下也可以采用经过处理后的海水作为介质。

(3) 除水

深度扫水（除水）：试压推水后，采用泡沫清管器进行深度扫水作业，深度扫水规范标准要求为：在清管器发送前和接收后称测其质量，连续两个新泡沫清管器清管后增加的质量不大于(1.5DN/1000)kg 为合格。

(4) 干燥

干空气干燥法是利用露点低于-40℃的流动干空气带走管道内残留水分来达到干燥目的的方法，主要是采用干空气推动泡沫清管器反复吹扫，并进行末端露点检测，末端露点达到要求后，进行干空气填充密闭检验，检验合格后，管线进行密封保护。

管道干燥的施工方法主要有：干空气干燥法、真空干燥法、氮气干燥法、干燥剂干燥法。本项目拟采用干空气干燥法进行干燥。

干空气干燥法：目前被广泛利用，干空气干燥法有两种施工方法：第一种是直接利用干空气对管道进行吹扫——干空气吹扫法；第二种是干空气结合通泡沫球对管道进行干燥——干空气通球干燥法。从干燥效率和效果上讲，前者不如后者；从应用范围上讲，后者适用于通径管线，而前者适用于所有管线，包括变径管线、站场、阀室。

干燥管道末端排气口和阀室排气口露点符合干燥验收标准后（一般为 -20°C ），继续注入 -40°C 以下的干空气使管线置于微正压（一般为 $0.05\text{MPa}\sim 0.07\text{MPa}$ ）的环境下进行密闭实验，按照技术规范要求完成规定的密闭时间（一般为4h），检测管道末端和阀室露点符合规范要求且露点升高不超过规定范围（低于 -20°C ，变化不超过 3°C ），验收合格。

（5）惰化

氮气置换（惰化）：管道干燥完成后，往往不能马上投产，在这段时间内，管道的防腐蚀工作十分重要，为确保管道投产前管道内的干燥、清洁，通常干燥结束后将管线填充一定压力的氮气，以此来保护管道。为了投产时隔离天然气和空气接触，要向管道内注入浓度大于98%以上的氮气。

4.3.1.5 海底管道穿跨越设计

本项目推荐路由管道共存在3处交越，如图4.3-6所示：1）平湖油气田海上平台至上海南汇芦潮港的DN350输气管道；2）定海至上海通信电缆（嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆）；3）嵊泗6#风电电缆。



图 4.3-6 新建管道与管缆交越（三角标识处）位置示意图

a: 与平湖油气田管道交越、b: 与定海至上海通信电缆交越、c: 与嵊泗 6#风电电缆交越

（1）跨越平湖管线设计方案

本项目交叉处水深在 10m 左右，比选后方案选择为：临时断开已建管道缆，事后水下连接恢复，新建管道从下方穿越方案。

该方案的具体做法是：

- 1) 沿新建管道和电缆路由，在管道（或电缆）交叉点两侧各 50m 预挖沟，沟底距已建管道（或电缆）管底高度不小于 2.0m。
- 2) 已建管道停输清管，同时利用清淤设备将已建管道在交叉点附近的管段冲出，清淤长度 400m（每侧 200m），交叉点两侧各 10m 范围内已建管道管底距沟底高度不应小于 2.0m。
- 3) 清管完成后，利用水下切割将已建管道断开（已建电缆切除安装接头）。
- 4) 利用工程船的舷吊将切割后的管道吊离水面，在管端切除长度 6m 管段，然后安装法兰，下放管道。
- 5) 同样安装管道另一端的法兰。
- 6) 铺设新建管道，从已建管道断开位置穿越。
- 7) 利用水下短节连接恢复已建管道（新铺一段电缆通过接头连接）。
- 8) 已建管道试压，恢复生产（已建电缆调试）。
- 9) 管道交越区域回填覆盖。如图 4.3-7 所示。

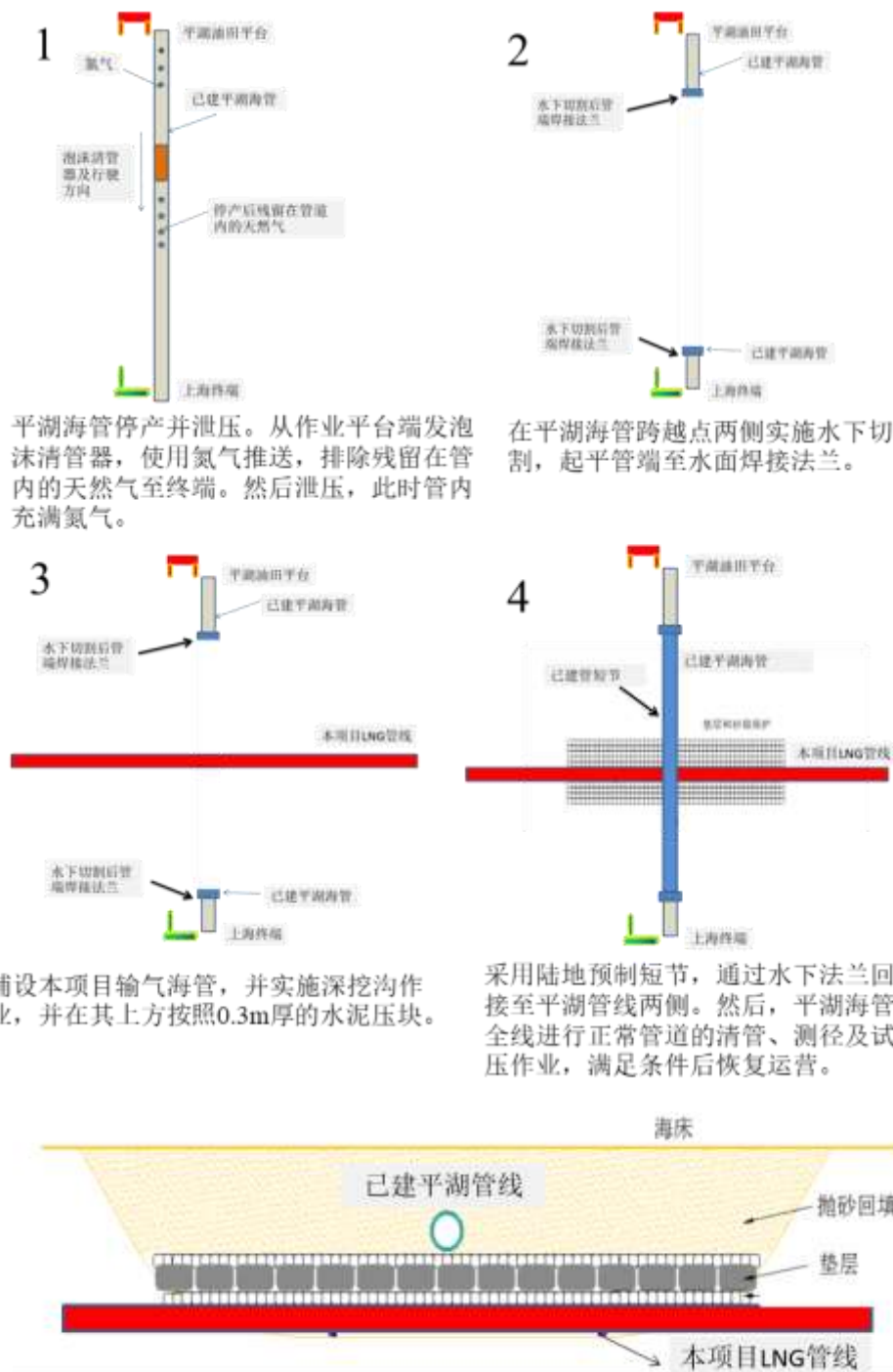


图 4.3-7 新建管道与平湖管线交叉施工布置图

(2) 跨越风电电缆设计方案

该风电电缆已投产运营，设计埋深为 3.0m。本阶段拟对电缆实施穿越段局部切割回接的施工方案。施工前，采用非接触式挖沟机对风电电缆上方的土体进行局部吹扫，实现电缆局部裸露，然后切割电缆，两端连接接头，临时弃置海床。铺设本项目 LNG 管线，后挖沟至设计深度后，在其上方铺设水泥压块，然后回接电缆，调试完成后进行抛砂回填（图 4.3-8）。

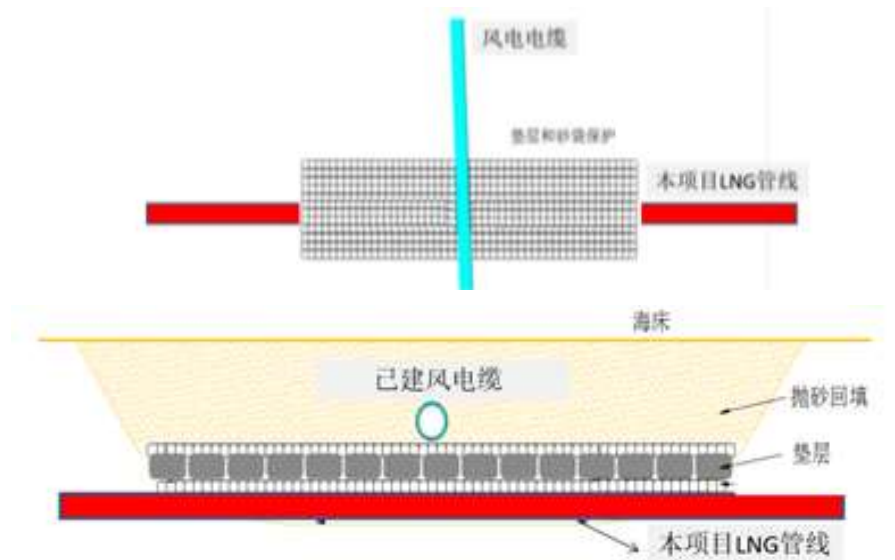


图 4.3-8 新建管道与风电电缆交叉布置图

a:俯视图、b:剖面

(3) 跨越通讯缆设计方案

由于通信光缆已废弃，为了避免直接跨越影响管道的后挖沟，可采取在铺设前进行电缆的局部切割清理。

4.3.1.6 航道段海管跨越设计

拟建海底管道将穿越临港航道。根据现有资料，临港航道目前宽度约为 1000m，平均深度约为 10m。为了避免受到通航船舶落锚破坏的风险，航道段海管应深埋保护。本阶段保守考虑，初步确定管道埋深为至管顶 4.8m。由于穿越段近似直线穿越，铺设精度控制较容易，故沟底宽可设置为 5m。航道段应全程预开沟，以保证管道得到有效的力学保护。

由于航道区域水深相对较深，因此需考虑人工开挖航道两面的过渡段（斜率初步确定为 1:20），以减缓坡度弯曲应力对管道强度的影响，其穿越示意图参见图 4.3-9。

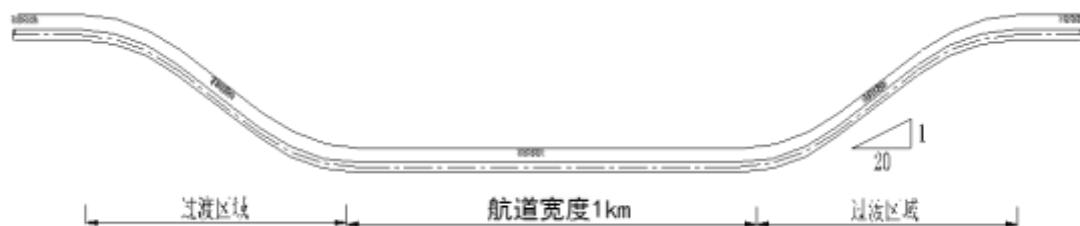


图 4.3-9 航道穿越形态示意图

航道跨越段管道上方应有多层保护，以防止锚碇的破坏。与管道接触的最底

一层的回填材料应用细砂土层，以避免对管道的损伤，上层分别为细石、粗石和石块，砂土充填石块间的缝隙，且需要回填，其典型断面参见图 4.3-10。

本阶段保守考虑，航道段采用预挖沟后铺设管道，沟深为至管底 4m，管道顶部采用碎石回填予以保护。

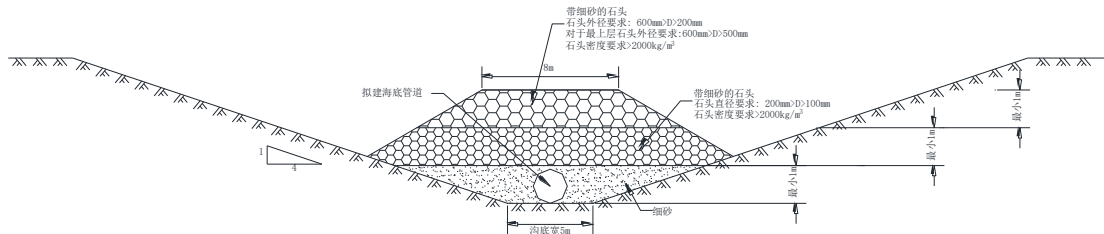


图 4.3-10 航道段挖沟回填示意图

4.3.1.7 陆上管道铺设方案

综合分析管道沿线所通过地区的实际地形情况，并考虑管道的施工难度和建成以后的管道运营安全等因素，管道采用沟埋敷设，管沟尺寸应符合《输气管道工程设计规范》（GB 50251-2015）和《油气长输管道工程施工及验收规范》（GB50369-2014）的要求。

通过对管道沿线的工程地质、水文地质条件进行综合分析，结合线路所经地区的水文、气候特点，本项目管道全部采用沟埋式敷设方式。

考虑到陆上管道沿线的地形地貌条件，要求管顶埋深不应小于 1m。对于卵石、碎石地段和石方段，管沟应超挖 0.3m，石方或碎石段管沟，在管道下沟前或沟下布管前应首先铺垫细土垫层，垫层压实后的厚度不小于 0.3m。

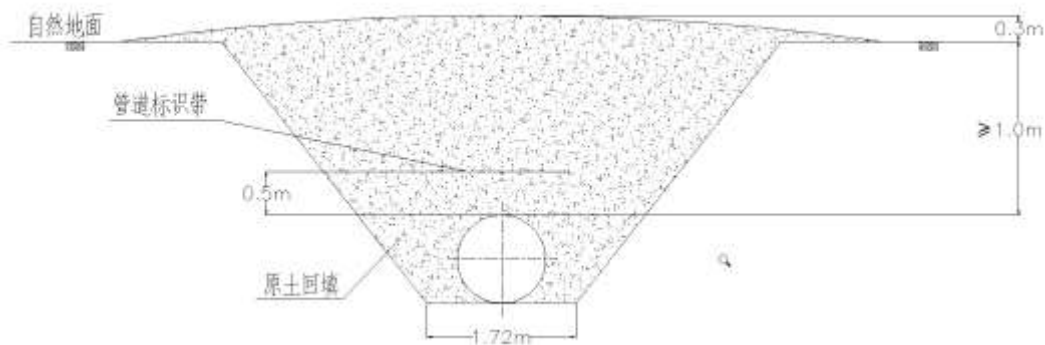


图 4.3-11 陆上管道敷设断面示意图

本项目严格控制施工作业带宽度，按有关法规和节约用地，对管道施工作业

带只进行临时性使用土地，施工完毕后应立即恢复原地貌，沿道路敷设作业带宽度 22m。

不同的地形、地貌、地质（水文）条件、人文环境、周边干扰等因素对管道设计和施工提出不同的要求。针对管道沿线通过的特殊地区：并行管道敷设段及环境敏感区等，为保证工程顺利、保质、按期完成，结合其不同特点和施工关键环节，提出相应的技术措施。

4.3.1.8 陆上公路穿跨越设计

本项目将穿越公路 6 次，穿越长度共 210m。对于管道交通繁忙的公路，采用顶进钢筋混凝土套管施工。对于交通不繁忙的公路，采用开挖+预埋套管。套管穿越公路时，套管顶的埋深不小于 1m，套管应伸出公路边沟外 3m。保护套管应采用钢筋混凝土套管，管道套管规格为 RC2000×2000 III GB11836，套管均应满足强度及稳定性要求。

海底管道在大乌龟岛海堤登陆后沿洋山港四期港区道路与挡浪墙间绿化带敷设，采用开挖+套管方式穿越东海大桥。套管管顶的埋深不小于 1.0m。保护套管采用钢筋混凝土套管。套管底部应放置在密实均匀的地层上。在穿越段两侧设置穿越标志桩。为满足《关于规范公路桥梁与石油天然气管道交叉工程管理的通知》管道与桥墩（台）的水平净距不小于 5m 的要求，玄珠北路向东调整，调整后管道外侧边缘与桥墩（台）距离为 5m，满足相关要求。

表 4.3-3 主要公路穿越统计表

序号	名称	位置	穿越长度（m）	穿越方式
1	LNG 站前路	嵊泗县洋山港	40	开挖+套管
2	东海大道	嵊泗县洋山港	60	顶管
3	东海大桥	嵊泗县洋山港	50	开挖+套管
4	无名路 1	嵊泗县洋山港	20	开挖+套管
5	无名路 2	嵊泗县洋山港	20	开挖+套管
6	无名路 3	嵊泗县洋山港	20	开挖+套管

4.3.1.9 管道穿越工程方案

本项目共有大型定向钻穿越 2 处，长度共计 2.7km。主要穿越工程统计及穿越方案见表 4.3-4。

表 4.3-4 大型定向钻穿越工程汇总表

序号	穿越名称	所在行政区划	穿越长度 (km)	穿越方式
1	石龙景区穿越	嵊泗县洋山港	0.9	定向钻
2	海峡穿越	嵊泗县洋山港	1.8	定向钻
	合计		2.7	

本项目石龙景区-大乌龟山岛段路由推荐采用石龙景区、海峡定向钻方案穿越+海洋管道敷设方案。

石龙景区两侧地形较为平坦、开阔，均能满足钻机安装场地要求，由于穿越东侧场地更大，可作为回拖场地，石龙景区西侧有水泥路，交通较便利，因此定向钻入土点选择在西岸，出土点选择在东岸。

石龙景区-大乌龟段颗珠山水道内存在多个冲刷槽，槽内最大水深约 37m。采用陆对海定向钻方式穿越可以避免冲刷对管道路由的影响。石龙景区西侧交通较便利，因此海峡定向钻入土点选择在石龙景区西岸，出土点选择在远离冲刷槽且与入土点距离 1.8km 的海床上。出土点之后采用铺管船进行 S 型铺设，西南弧形绕开冲刷槽和基岩，穿越洋山四期北侧海域，登陆大乌龟岛。海底管道敷设距离为 2.9km。

石龙景区定向钻穿越位置两岸地形较平坦、穿越地层为坚硬花岗岩，且穿越管径较大，综合考虑确定本次穿越入土角为 7°，出土角为 6°，穿越管段的水平及纵向曲率半径均为 1500D。定向钻穿越入、出土点水平间距为 0.9km。

海峡穿越地层为花岗岩、砂质粉土和粉质粘土层，且穿越管径较大(D1016)，综合考虑确定本次穿越入土角为 9°，出土角为 6°，穿越管段的曲率半径为 1500D。定向钻穿越入、出土点水平间距为 1.8km。

4.3.1.10 管道与其他地下建（构）筑物交叉

本项目陆上管道沿东海大道穿越洋山 LNG 输气管道 1 次。管道穿越已建地下建（构）筑物时，应按要求做好处理措施。

一般情况下，管道与其它埋地构筑物交叉原则上应位于先建(构)筑物的下方。

(1) 与管道交叉时，两管间净距不小于 0.3m，并在交叉位置放置废旧轮胎等方法将两管道隔离；

(2) 与电缆交叉时，管道与电缆净距不小于 0.5m，与电缆交叉时，还要对

电缆采取保护措施，如用角钢围裹住电缆，在电缆上方铺一层砖等；

(3) 与架空高压线交叉时，交叉点两侧管道要采取加强防腐措施。

4.3.1.11 邻近洋山港四期工程危化品堆场的管道敷设

洋山深水港四期工程在海底管道路由入海点处附近 4#危化品堆场。输气管道距离堆场围墙约 26m，距离最近的 9 类危化品集装箱约 70m，距离最近的 4.3 类危化品集装箱约 100m，距离最近的 5 类危化品集装箱约 150m。

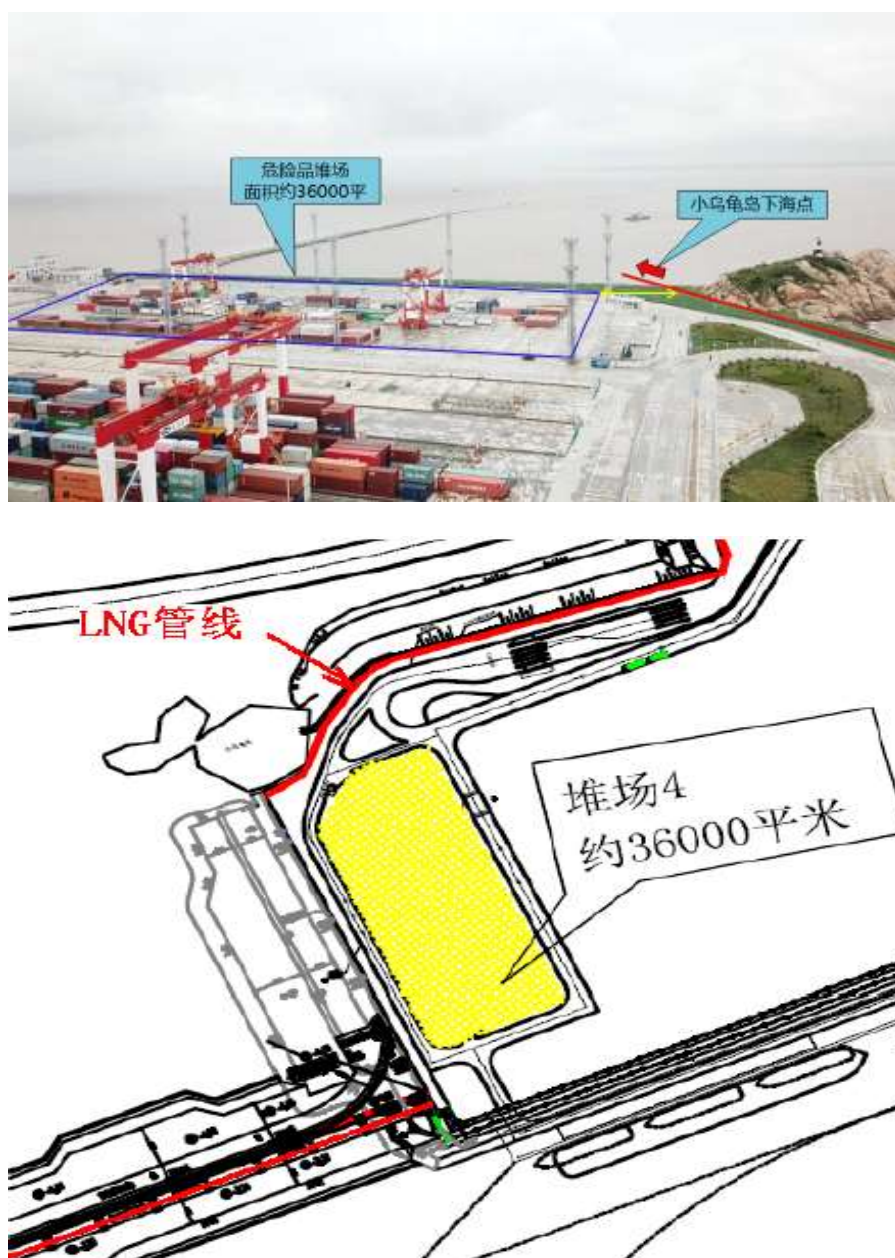


图 4.3-12 输气管道与小洋山深水港四期工程 4#危化品堆场位置

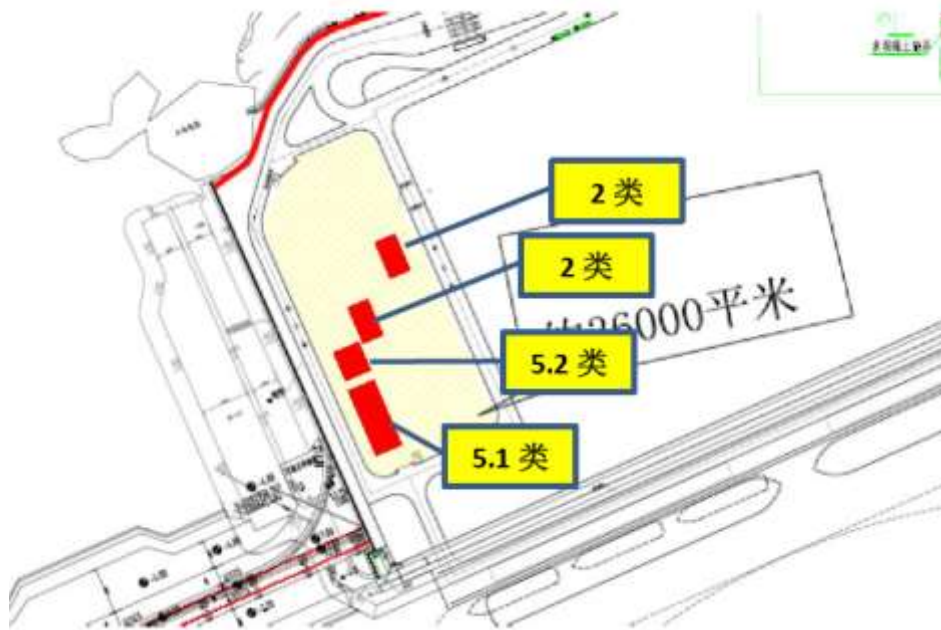


图 4.3-13 5.1 类、5.2 类、2 类危险品箱堆放位置示意图



图 4.3-14 5.1 类、5.2 类、2 类危险品箱堆放及存量示意图

该危化品堆场不直接放 1 类爆炸危化品，结合堆场各放示意图分析类，该危化品堆场存在爆炸风险的主要为 5.1 类，5.2 类及 2 类物质。5.1 类、5.2 类及 2 类物质分别折算成 TNT 当量为：5.1 类物质 868t，5.2 类物质 438t，2 类物质（100t+134t）。

减震模型如图 4.3-15 所示，使用混凝土框架来防护冲击波对 LNG 管道的作

用，使泡沫混凝土作为缓冲来降低 LNG 管道的振动速度。

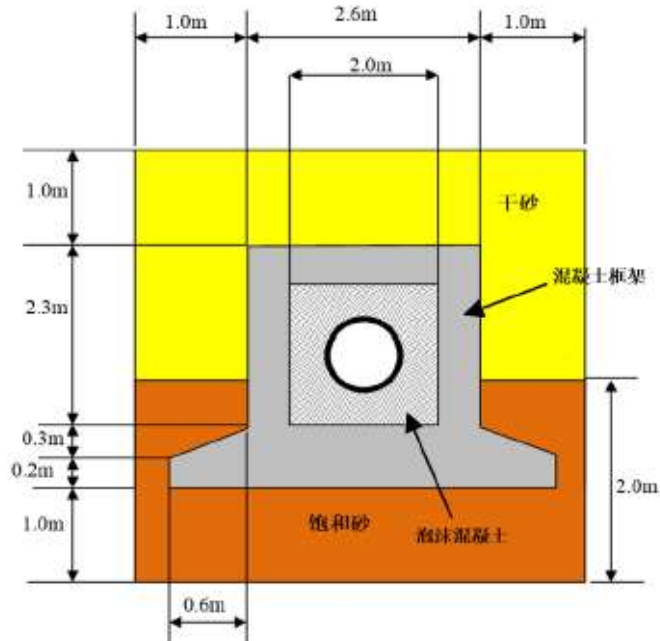


图 4.3-15 减震模型示意图

使用 Autodyn 软件对减震模型进行计算，计算结果表明减震模型很好的起到了作用，将 Z 方向的最大振速由 18.9cm/s 降到 1.75cm/s，将 R 方向的最大振速由 21.9cm/s 降到 4.4cm/s，减震模型对管道起到了很好的防护效果。管道的最大位移方向为 R 方向，位移最大值为 53mm，Z 方向的最大位移值为 24mm。R 方向的速度作用时间为 1.6s 明显高于 Z 方向的速度作用时间 1s，且管道上 R 方向的速度峰值大于 Z 方向的速度峰值，所以在防护时可适当考虑增加 R 方向泡沫混凝土的厚度。

4.3.1.12 管道防腐

本项目埋地管道采用防腐层与阴极保护相结合的联合保护方式。

- (1) 线路管道（包括冷弯管）全线采用常温型 3LPE 防腐层。
- (2) 采用无溶剂液态环氧玻璃钢涂层对不良地质段的定向钻穿越段管道的 3LPE 防腐层进行完整性防护。
- (3) 海底管道防腐涂层选用三层聚乙烯（3LPE），厚度不小于 4.2mm；管道现场节点采用热收缩带进行防腐，节点处浇筑聚氨酯泡沫填充至与混凝土平齐。

站场地上管道及金属构筑物采用氟碳多层复合型防腐结构。

4.3.1.13 施工布置

考虑到陆上管道沿线的地形地貌条件，要求管顶埋深不应小于 1m。对于卵石、碎石地段和石方段，管沟应超挖 0.3m，石方或碎石段管沟，在管道下沟前或沟下布管前应首先铺垫细土垫层，垫层压实后的厚度不小于 0.3m。

本项目严格控制施工作业带宽度，按有关法规和节约用地，对管道施工作业带只进行临时性使用土地，施工完毕后应立即恢复原地貌，沿道路敷设作业带宽度 22m。施工布置图如下。

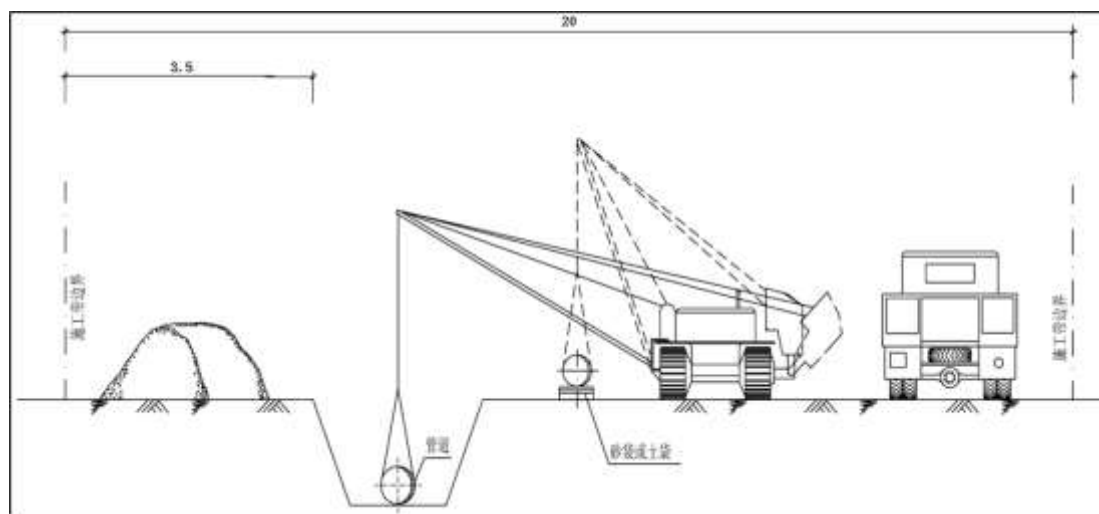


图 4.3-16 陆上管道施工布置

定向钻施工位置如图 4.3-16。石龙山景区定向钻出土点作业面积 $60\text{m} \times 60\text{m}$ ，石龙山景区定向钻入土点作业面积 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 。定向钻作业泥浆沉淀固化池位于定向钻施工场地内。

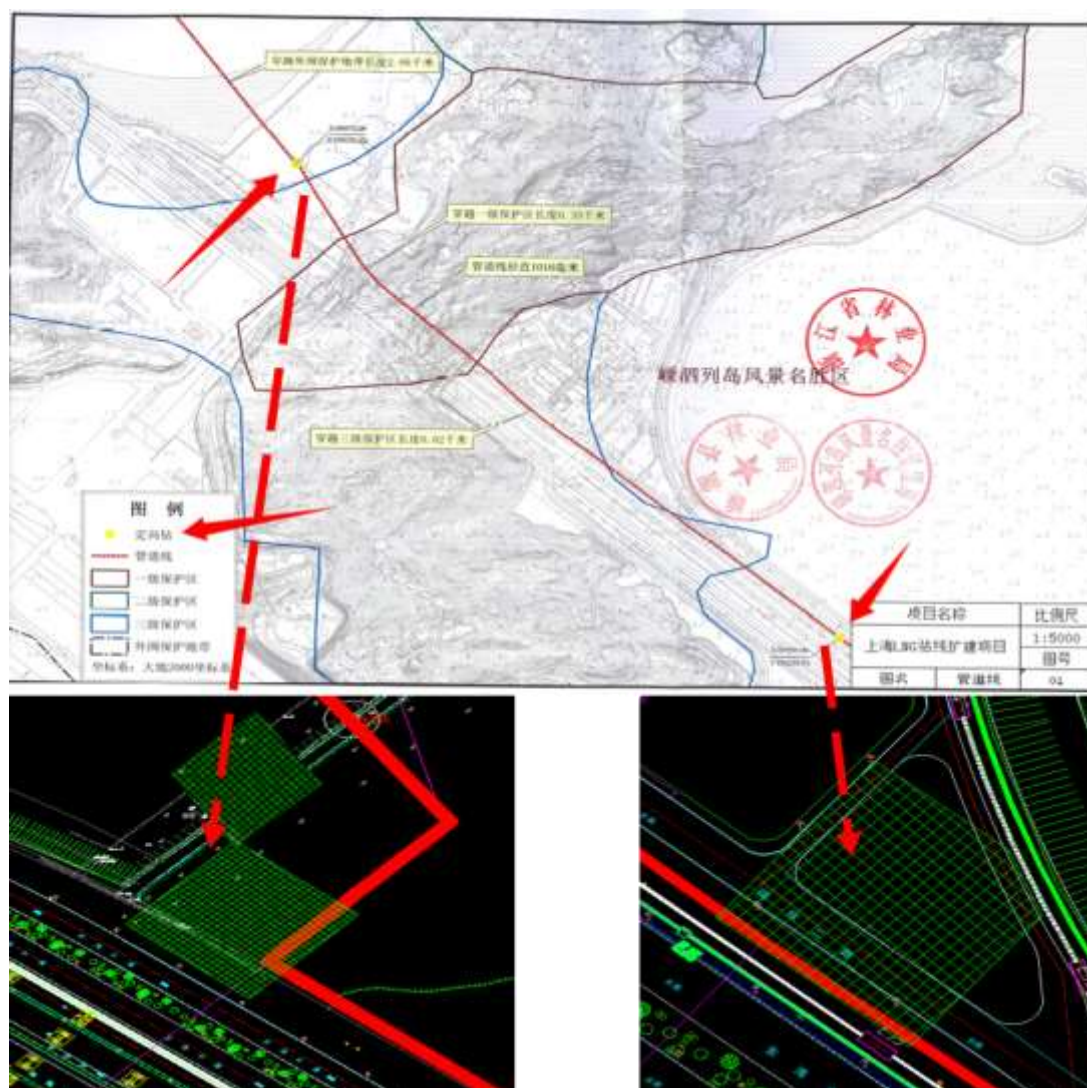


图 4.3-17 定向钻施工场地选址

4.3.1.14 主要施工船机设备

浙江沿海特别是舟山地区相应水工施工船舶众多，本项目计划使用的打桩船及石料运输平板驳（3000T~5000T 级）拟采用周边区域船只进场施工。

陆域主要施工机械为钻孔桩、液压静压桩机、旋挖机、挖掘机、汽车吊、履带吊、渣土车、推土车、压路机等。

4.3.2 接收站护岸加固及地基处理施工方案

4.3.2.1 护岸加固流程

本工程在护岸位置原已抛填块石形成自然岸坡，本次围堤加高加固主要是在原有岸坡上方进行加高并增设护面层，护岸加固工程控制在用海线范围之内，不新增用海面积，采用退潮干地施工，对海洋环境影响较小。

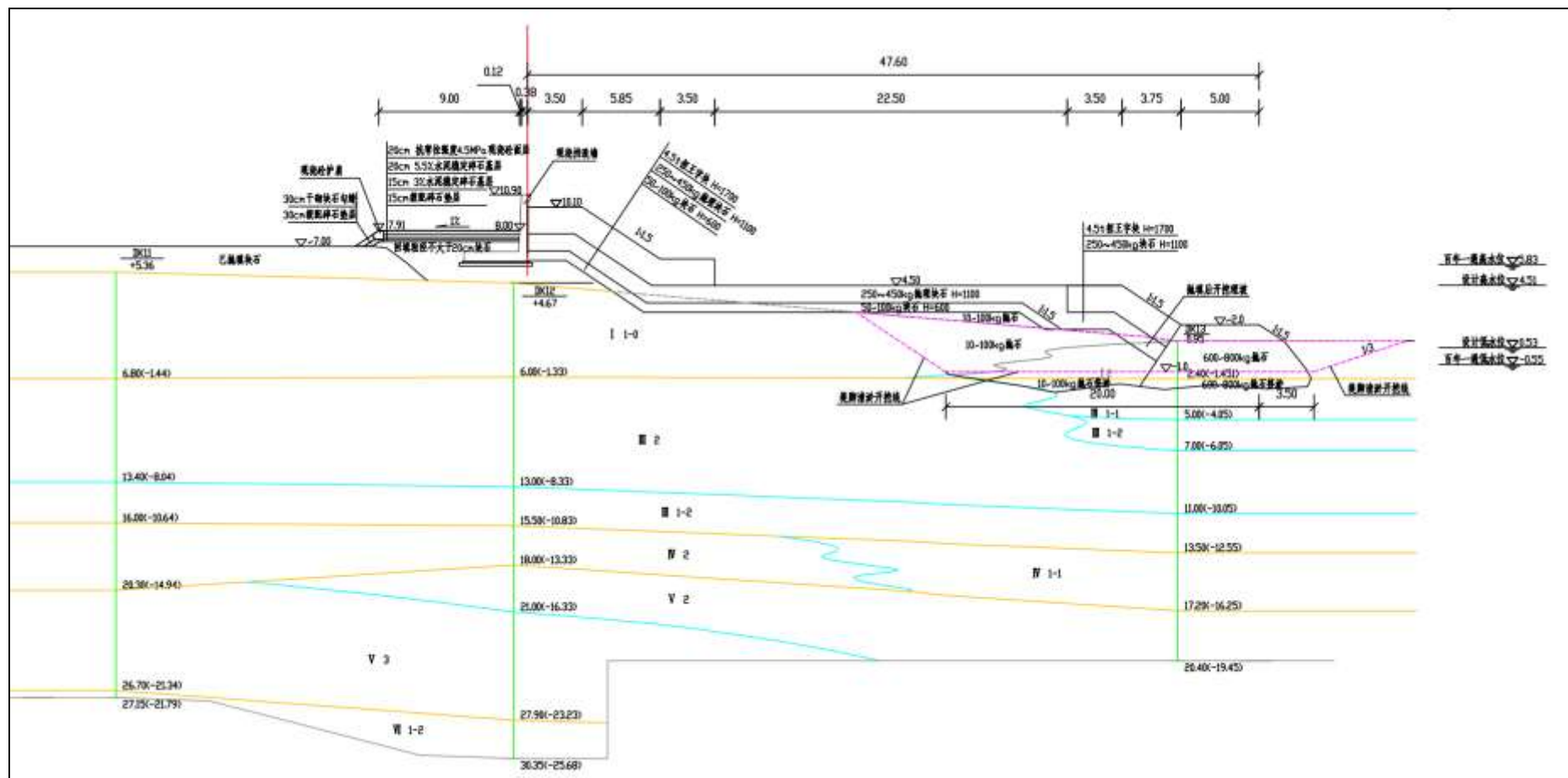


图 4.3-18 护岸截面图

（1）护坡施工

采用挖机理坡分两次进行理坡，先是对坡面进行测量放线，理完后再复测，进行精修，达到要求后便可进行护面块体安放。安放过程采用人工配合吊机定点安放。



图 4.3-19 挖机理坡



图 4.3-20 护面块体吊安

（2）防浪墙浇筑

在对防浪墙基础整理后对基础进行测量放样，接着进行模版安装，安装过程使用水准仪精确控制，在上述工序验收合格后开始混凝土浇筑，防浪墙浇筑采用 C35 钢筋混凝土。

（3）堤顶面层整平

首先采用挖机或者推土机将堤顶局部过高部位初步理平，随后铺撒 30cm 厚碎石层，最后压实。

4.3.2.2 地基处理施工方案

本工程的总体实施方案为：场地清表→回填补填料→平整→地基处理。

主要施工工艺包括强夯施工和振动碾压施工：

1) 强夯施工工艺

强夯施工步骤为场区平整——测定地面沉降标初始读数——进行点夯，每夯击一次测量贯入度——夯完后，进行地面整平、沉降观测——进行普夯——后采用振动碾压整平至设计标高。

强夯设备可采用履带式吊机或门架式吊机，借助自动脱钩器来起落夯锤。夯锤底面积为 $4.0\sim 4.5\text{m}^2$ ，夯锤内设置排气孔。在强夯施工中，配备专职测量员对每次夯击进行沉降观测，并认真做好强夯施工记录。每遍点夯结束后，应将场地整平，并及时整理出此遍普夯后土体夯沉量和普夯后土体总夯沉量。强夯时地下

水位应控制在 1.5m 以下，可在普夯区内开挖明沟，利用竹篱笆护坡且在适当位置处设置集水坑以便排水。强夯施工中靠近已有建筑物需在附近开挖防震沟，以降低普夯对建筑物的影响。

2) 振动碾压施工工艺

在碾压前进行地表整平，测量地表标高——进行一遍稳压——间隔一定时间进行第一遍振动碾压——间隔一定时间进行后续振动碾压——碾压结束后测量地表标高，到达设计标高。

振动碾压应根据设计要求，用振动压路机地面进行振动碾压。振动机械采用 20T 振动压路机，激振力>400kN。

振动碾压机一个来回为一遍，每遍碾压时间间隔不小于 4 小时，碾压搭接宽度不小于 30cm，相邻碾压遍间采用正交行驶方向交错碾压。根据现场实际情况，可考虑适当加水。振动碾压时必须做好原始资料的收集和整理，及时报验。

(1) 东港路以南场地地基处理方案

根据《上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）（接收站及码头工程）岩土工程勘察报告》（工程可行性研究阶段）的地质资料，结合投资、工期及使用要求等因素，东港路以南场地的回填区大面积地基加固方案推荐强夯法，在临近护岸结构 20m 范围内采用分层碾压方案，开山区则采用整平振动碾压法加固。

表 4.3-5 东港路以南地基处理工程量表

序号	项目	工程量	单位
1	场地清表	3.78	万 m ³
2	回填开山石	50.13	万 m ³
3	强夯区	23.96	万 m ²
4	整平振动碾压区	3.32	万 m ²
5	分层振动碾压区	1.7	万 m ²
6	监测及检测	1	项
7	新建围墙及修复	1	项
8	围墙拆除	1	项

2、东港路以北场地地基处理方案

东港路以北场地根据暂定的地质资料，推荐采用塑料排水板+堆载预压方案，堆载高度暂定 2.5m，排水板长度暂按照 35m，正方形布置，间距 1.0m×1.0m。地基处理后再用强夯密实，采用二遍点夯一遍普夯，点夯能量采用 1500kJ~3000kJ，普夯能量采用 1200kJ，每遍点夯的击数暂定 10 击，普夯每点击数暂定 2 击。夯点布置为正方形，跳档夯，夯点间距 3m。普夯后进行平整碾压。

对于场地中重要建筑物、管线、设备基础需由接收站设计单位根据基础的承

承载力、变形要求及大面积加固后地基情况，采用二次地基处理方式或桩基础另行处理。

表 4.3-6 东港路以北地基处理工程量表

序号	项目	工程量	单位
1	场地清表	3.662	万 m ³
2	回填石料	98.87	万 m ³
3	塑料排水板	833	万 m
4	强夯密实	18.27	万 m ²
5	场地内构筑物拆除	1	项
6	监测及检测	1	项
7	新建围墙	6810	m

4.3.2.3 施工期度汛方案

（1）施工船舶设备度汛措施

根据上海地区的气候特点，每年汛期有可能有 1~2 次台风，每次台风影响的时间为 13 天左右。因此在汛期 3 个月时间内施工的船只，必须经常注意天气情况，一旦台风来临，立即拖至附近可避风的港湾避风，待台风过后方可继续作业。

（2）工程度汛措施

①在汛期前应尽可能按设计断面完成护面施工。

②对未达到度汛标准的断面，应采用临时防护措施进行防护，避免抛石棱体在台汛期破坏；同时避免抛石棱体施工超前护面施工能力过多。

4.3.3 接收站施工方案

4.3.3.1 预制预装配工程

本项目工程钢筋、模板、预埋件等预制工作，在预制场完成。现场组对、拼装、焊接。

管道 $\geq 2''$ 的管道主要为直管，预制率约 35%，管道 $< 2''$ 的管道预制率约 60%，在现场进行焊接和调整。计划所有管道将先在喷涂场内进行喷砂和部分涂漆处理，随后运送至现场安装。焊接处补漆、配件喷漆和小的修补将直接在现场进行。

9%镍钢板材在生产厂家预制成型并完成坡口加工。

储罐预保冷施工中的罐底泡沫玻璃砖材料、内罐保冷层、罐壁珍珠岩层和吊顶部保冷层都将全部在现场进行施工。管道的保冷材料可大部分在预制场预制成管壳材料或直接采购成型材料进场施工。

4.3.3.2 储罐工程

为便于施工顺利进行，每座储罐周围将架立两个塔吊做为垂直运输工具，安全角度考虑，为防止塔吊把杆碰架，每一塔吊的高度都将不同。

（1）桩基工程

其中储罐工程采用钻孔灌注桩，根据对桩基的直径、工程现场环境、土地状况、工作安全等检查结果，确定钻孔方式。

（2）承台施工

混凝土浇筑前编制详细方案明确浇筑平面布置、浇筑方式、浇筑面积、程序和养护方法，大体积混凝土浇筑将充分考虑混凝土的浇筑顺序，采取必要的降温措施降低混凝土中的水化热。

（3）储罐壁施工

混凝土罐壁施工内容如下：

清洁下层表面，为浇灌新的混凝土做好准备；→放置内部模板，安装罐壁钢筋和预应力波纹管；→墙体内壁埋件安装；→墙体外壁埋件安装；→外部模板提升安装；→混凝土浇筑。

（4）储罐顶施工

环梁浇筑完毕并完成预应力张拉后开始罐顶混凝土施工，混凝土使用输送泵或者布料机配合塔吊进行浇筑，浇筑时储罐内部应增压。采用分两层浇筑或者按环向去浇筑。

（5）内罐安装工程

储罐内罐安装工程包括各防潮板安装、承压环安装、罐底板安装、罐壁板安装、罐顶骨架及顶板安装、铝吊顶安装，角保护安装、罐内管追安装工程。

根据储罐结构特点及工艺顺序，将涉及拱顶模块化预制、气压顶升施工工法、内罐环缝埋弧自动焊等施工工法，即根据现场图纸将拱顶细分为若干模块，预制完成后使用大型吊机将拱顶模块吊至罐内进行组装，组装完成后安装拱顶套管、接管、尼尔森螺栓，拱顶采用整体气吹顶升法安装。气顶升完成后进行外罐衬板安装、内罐底板、壁板安装、内罐附件安装、罐顶钢结构、电气仪表安装等工作，最后进行储罐气密性试验、水压试验和氮气置换。

4.3.3.3 管道安装工程

包括接收站区域、各个接口以及从储罐接管到界面外的管线、管道支撑。当外罐墙体和穹顶完成后即可安装管道系统。

在预制场尽可能预制大部分管道系统并对其进行喷砂和涂漆处理，随后再运送至现场安装。将按照优先顺序协同分包商一起进行的管道清洁、测试、吹扫/冲洗以及管道系统复原工作。

4.3.3.4 设备、电气和仪表安装工程

储罐工程的主要设备是位于平台顶部的罐顶吊机和罐内泵。各座储罐内的要用罐顶吊机进行安装，以减少不必要的起重机费用。

安装设备前，将对支撑的高度进行校准及螺栓的位置进行核实，同时对所有相关质量文件进行检查和存档。在装配时将使用精密工具对所有必要的部件进行检查（水平测量、校准、定位、垂直度及连接情况），也将对连接螺栓或错栓的扭矩进行检查。在所有部件安装完成并进行了检查和记录后，才可以进行最终冷态校准和螺栓扭矩检验。

电气工程将按下列主要施工顺序进行：

接地系统施工；→电缆桥架的施工；→电缆保护管施工；→盘柜安装；→电缆敷设、接线；→电气设备试验。

对电缆系统、电动机试车、控制电路的测试等工作都将各方的见证下进行。

当管道安装工程将近完工 70%后开始仪表工程安装；仪表设备就位后立即安装二次配电电缆盘和导管；所有仪表在安装前需将在分包商现场实验室内进行检查和再次校准。通常情况下，仪表工程按下列顺序进行：

电缆桥架安装和电缆敷设；→气源管线、测量管线安装；→取源部件安装；→盘柜安装；→仪表设备单体调校；→仪表回路测试；→DCS 系统安装、调试及报警联锁调试。

4.3.3.5 防腐工程

所有需要防腐的管道和配件将在预制场预制，然后进行喷砂处理（等级 SA2.5）、涂底漆、中间漆和面漆。为便于焊接，不对管道坡口端涂漆。焊接处和损坏处补漆直接在现场进行除锈（等级 St3），随后喷漆处理。进场前已经在供货

商车间内涂漆的钢结构和设备，现场对安装过程中出现的破损处进行补漆。钢结构在进场前尽量完成底漆和中间漆施工。

4.3.3.6 保冷工程

保冷工程包括：罐底和角保护保冷（庖床玻璃）、罐壁保冷（珍珠岩）、吊顶保冷（玻璃毡）、管道、配件和仪表低温保冷、动设备保冷和静设备保冷等。

罐底和角保护保冷施工必须在与内罐施工合理交叉进行。珍珠岩保冷层施工在内罐压力试验和气密测试后进行，珍珠岩保冷层将由专业分包商进行施工。

低温管道和设备保冷工程采用 PIR 保冷材料。保冷系统包括一层或多层 PIR 材料以及防潮层、金属保护层构成。玻璃纤维网格布作为主防潮层材料在最外层 PIR 上使用，在主防潮层使用之前，PIR 最外层用不锈钢绑带固定。多层复合铝膜在 PIR 出厂前预制在 PIR 上作为防潮层，在双层 PIR 保冷系统中，内层的外表面应预制多层复合铝膜，在三层 PIR 保冷系统中，中层的外表面应预制多层复合铝膜。

4.3.3.7 施工布置

接收站一二阶段施工布置见图 4.3-21，接收站三阶段施工布置见图 4.3-22。

一二阶段施工生活区位于接收站西北角，施工办公区位于生活区东侧，规划 9#，10# 罐体位置为原料堆场和预制场。

三阶段施工办公区面积减小，原料堆场移至办公区南侧，预制场位于规划 9#，10# 罐体位置北侧。

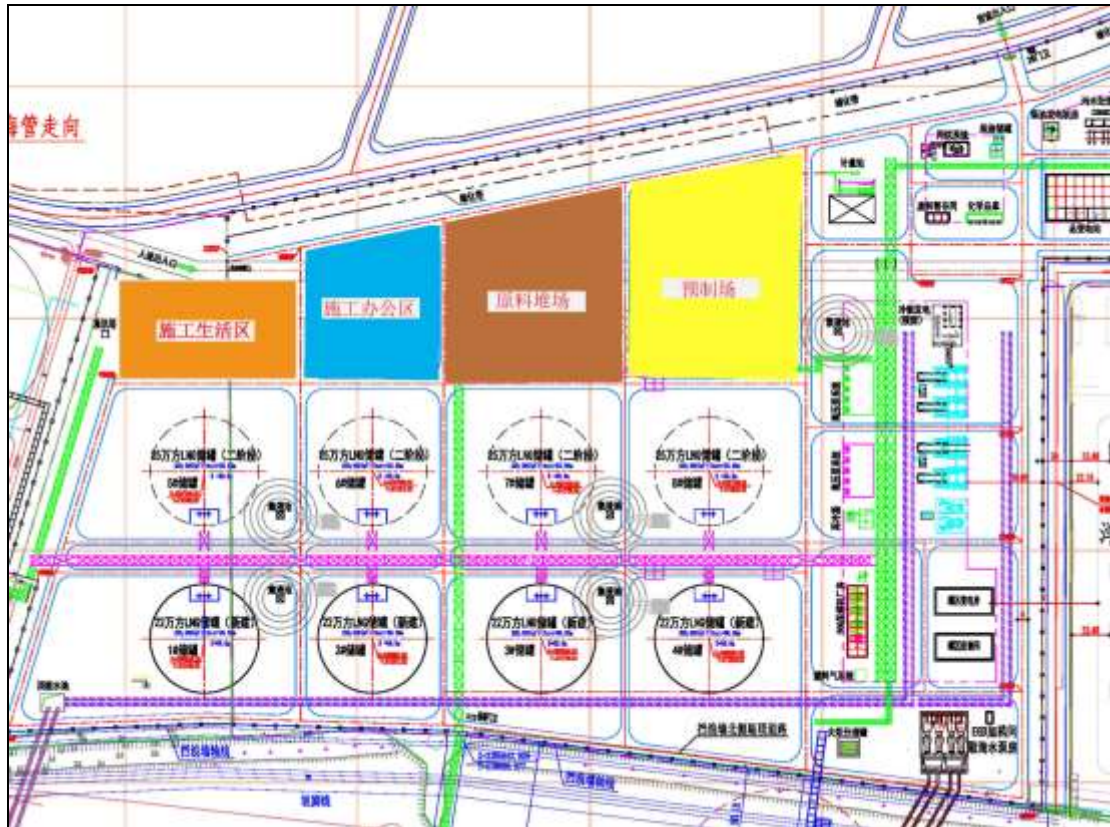


图 4.3-21 接收站一二阶段施工布置图

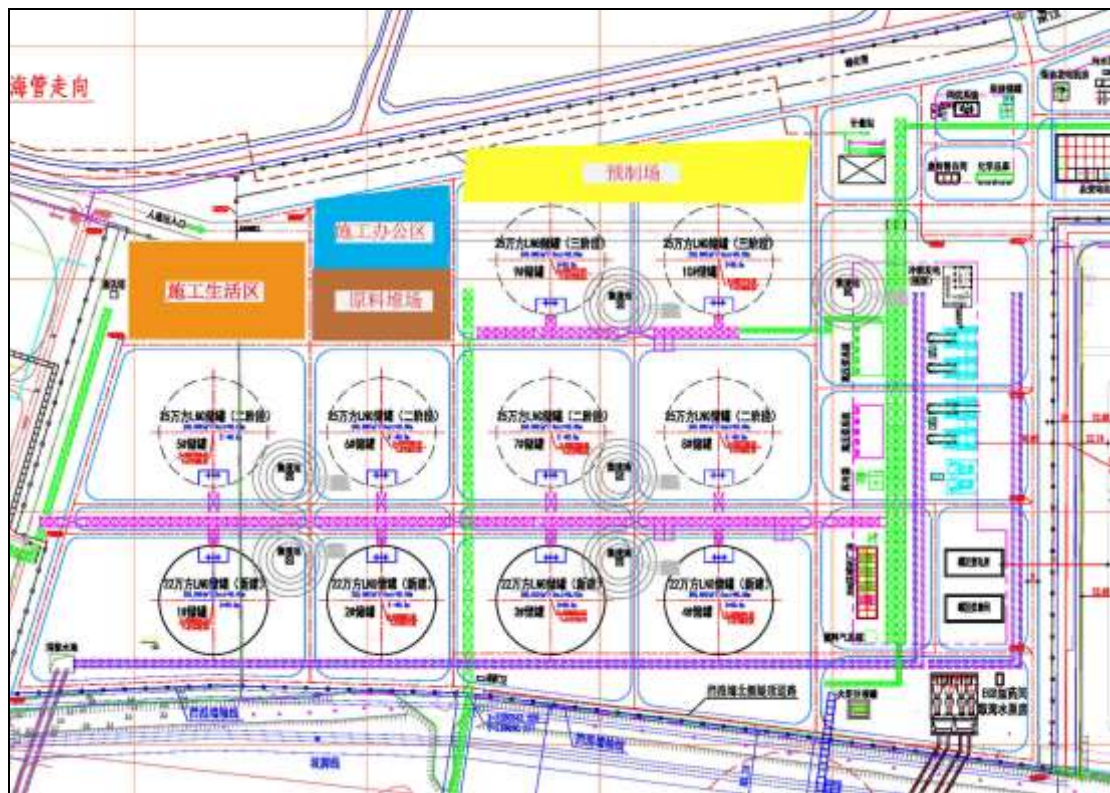


图 4.3-22 接收站三阶段施工布置

4.3.3.8 主要施工设备

表 4.3-7 接收站主要施工设备

序号	设备名称	施工场地	
1	钻孔桩	储罐工程	桩基施工
2	液压静压桩机		桩基施工
3	旋挖机		桩基施工
4	挖掘机		地基处理，土方开挖
5	汽车吊		材料吊装
6	履带吊		材料吊装
7	渣土车		地基处理
8	塔吊		材料吊装，设备吊装
9	推土车		道路施工
10	压路机		道路施工
11	叉车	工艺装置区	材料装运
12	切割机		材料切割
13	X 射线机		材料检测
14	超声波探伤仪		材料检测
15	锤击桩机		桩基施工
16	钻孔桩机		桩基施工
17	挖掘机		地基处理，土方开挖
18	渣土车		地基处理
19	推土车		地基处理，道路施工
20	压路机		道路施工
21	汽车吊		材料吊装
22	履带吊		材料吊装，设备吊装
23	叉车		材料装运
24	切割机		材料切割
25	X 射线机		材料检测
26	超声波探伤仪		材料检测

4.3.4 取排水管施工方案

4.3.4.1 取排水管

根据总平面布置，取水管长约 290m，排水管长约 105m。取排水管线采用“取排水管顶管+海上段开挖方案”的施工方案。为减少对周边已建场地和护岸的影响，取排水管陆上及近岸段拟采用顶管方案，海上段拟采用水上开挖埋管方案。

取排水管近岸段采用顶管施工工艺，顶管管材采用钢管，分节顶进，相邻管节接头采用焊接。陆域设工作井，穿过大堤后，顶管机采用水上开挖直接取出。

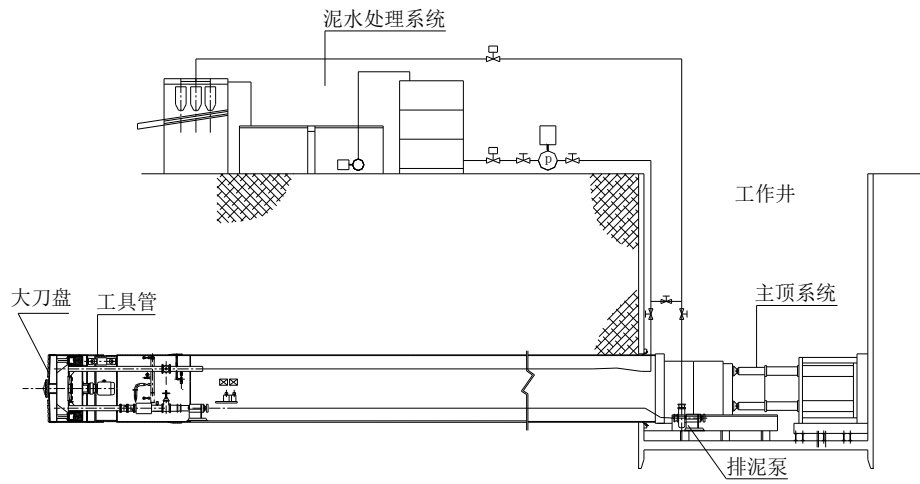


图 4.3-23 顶管机示意图



图 4.3-24 泥水平衡顶管机工具头

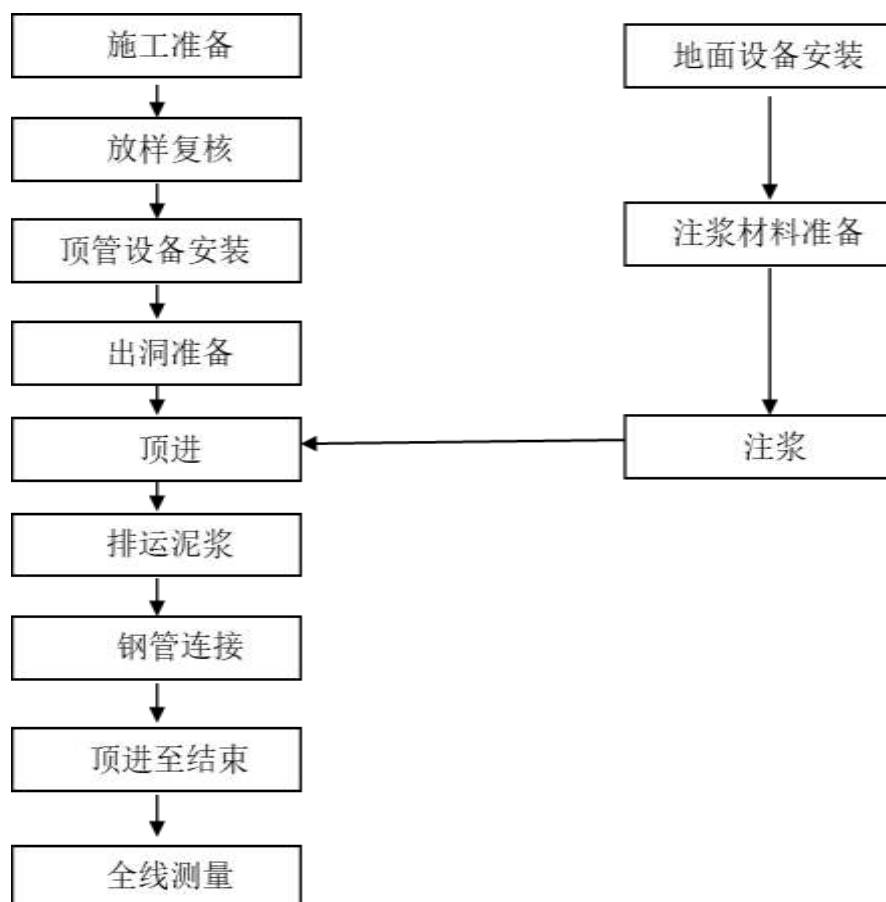


图 4.3-25 顶管流程示意图

取排水管海上段采用挖泥船水上挖沟槽埋管方案。施工工序如下：基槽开挖→铺设基床垫层→基床整平→取排水管安装→水下法兰连接→基槽分层回填。

4.3.4.2 取水头施工

取水头部基础采用钢管桩+预制横梁结构。桩基施工完成后，采用槽钢进行水下夹桩固定。横梁安装完毕后采用水下混凝土现浇孔洞，保证钢管桩与预制横梁连接完好。横梁内预埋螺栓，通过钢板与取水管安装固定。

4.3.5 码头工程施工方案

4.3.5.1 码头工程施工主要流程

1、工作平台及连接引桥、补偿平台

工作平台及连接引桥、补偿平台基础均为 $\Phi 1200\text{mm}$ 钻孔灌注桩。灌注桩施工首先搭建灌注桩工作平台→制备泥浆→埋设钢护筒→钻进成孔→吊放钢筋笼→浇筑混凝土。

2、火炬平台

火炬平台结构为现浇混凝土墩台，具体施工步骤包括模板安装→钢筋绑扎→浇筑混凝土。

3、排水管施工工艺

海堤内侧闸门井施工及闸门安装→海堤外侧清理→沟槽开挖→管道基础铺设→安装管道→沟槽回填

4、取水管施工工艺

建设临时围堰→围堰内基槽开挖→围堰内管道安装→围堰外基槽开挖→取水头部桩基施工→取水头部预制横梁安装→围堰外管道安装→拆除围堰

4.3.5.2 主要施工船机设备

浙江沿海特别是舟山地区相应水工施工船舶众多，本项目拟采用周边区域船只进场施工。本项目工作平台、系缆墩、引桥打入桩施工需采用打桩船。

本项目需配备 1~2 艘打桩船，打桩船架子高度 $\geq 80\text{m}$ ，锤型 $\geq \text{D138}$ 型柴油锤。

工作平台及引桥上部预制构件安装施工需配备 2 艘起重能力 $\geq 100\text{t}$ 的全旋转起重船。

为配合打桩船和起重船的施工，本项目需配备 2~3 艘驳船运桩及预制构件。

工作平台横梁、系缆墩、综合平台等大体积混凝土浇筑采用混凝土搅拌船施工。根据工程需要需配备 1~2 艘生产能力为 $100\text{m}^3/\text{h}$ 以上混凝土搅拌船。

为了配合打桩船和起重船的施工，1~2 艘 1600~2600HP 拖轮及 1 艘警戒船。

4.3.6 主要工程量

拟建项目主要项目工程量见表 4.3-8 至表 4.3-10。

表 4.3-8 输气管道工程主要工程量表

序号	项目	单位	数量	备注
1	线路			
1.1	海底管道长度	km	32.6	浙江段海底管长 32.6km
1.2	陆上管道长度（不含大型穿越）	km	8.0	含 2 座管线截断阀
1.3	大型穿越	处	2	穿越长度 2.7km
2	站场			
2.1	清管发送区（LNG 接收站内）	座	1	
2.2	奉新输气站	座	1	位于上海段部分（不属于本工程范围）
3	供配电			

序号	项目	单位	数量	备注
3.1	10/0.4kV 变电所	座	1	
3.2	外电线路	km	6	
4	仪表自控			
4.1	站控制系统	套	1	
4.2	计量调压系统	套	5	
4.3	自用气计量调压系统	套	1	

表 4.3-9 接收站工程主要工程量表

序号	项目名称	单位	第一阶段 规模	第二阶段 新增规模	第三阶段 新增规模	合计规模
一	工艺部分	$\times 10^4 \text{t/a}$	300	-	300	600
1.1	LNG装卸臂	m^3/h	3×6600 (20")	-	-	3×6600 (20")
	BOG返回臂	m^3/h	1×19800 (20")	-	-	1×19800 (20")
	LNG装卸臂 (小船用)	m^3/h	2×2500 (10")	-	-	2×2500 (10")
	BOG返回臂 (小船用)	m^3/h	1×5000 (10")	-	-	1×5000 (10")
1.2	LNG 储罐	$\times 10^4 \text{m}^3$	4×22	4×25	2×25	4×22+6×25
1.3	低压泵	t/h	12×220 (1.7MpaG)	12×220 (1.7MpaG)	6×220 (1.7MpaG)	30×220 (1.7MpaG)
1.4	装船泵	m^3/h	4×2,500	4×2,500	2×2,500	10×2,500
1.5	再冷凝器	t/h	52	-	-	1×52
1.6	BOG压缩机成套包	t/h	4×13	-	-	4×13
1.7	LNG气态外输能力	$\times 10^4 \text{t/a}$	600	-	-	600
	高压泵	t/h	(8+1)×215 (12MpaG)	-	-	(8+1)×215 (12MpaG)
	气化器 (IFV)	t/h	8×210	-	-	8×210
	气化器 (SCV)	t/h	2×210	-	-	2×210
1.8	火炬 (接收站 内泄放用)	t/h	1×200	-	-	1×200
	火炬 (输气管 道泄放用)	t/h	1×140	-	-	1×140
1.9	燃料气加热器	kW	1×100 (压缩机出 口) 1×250 (计 量撬入口)	-	-	1×100 (压缩机 出口) 1×250 (计量撬入口)
1.12	气体计量成 套包	t/h	(3+1)×800	-	-	(3+1)×800
1.13	清管器	个	1	-	-	1
二	公用工程					
2.1	工艺海水系统	m^3/h	(8+1) ×8400	-	-	(8+1) ×8400
2.2	生产水系统	m^3/h	1 470 (间歇)	0 20 (间歇)	0 20 (间歇)	1 510 (间歇)
2.3	生活水系统	m^3/h	2 38 (间歇)	-	-	2 38 (间歇)
2.4	仪表及工厂空气统	Nm^3/h	(1+1)×1500	-	-	(1+1)×1500
	仪表空气	Nm^3/h	800	300	150	1250
	压缩空气	Nm^3/h	0 40 (间歇)	-	-	0 40 (间歇)
	液氮 成套包 (液氮外购)	Nm^3/h	120 629 (间歇)	70 0 (间歇)	35 0 (间歇)	225 629 (间歇)
3	污水处理系统	m^3/d	50			50
4	供配电系统					

5	柴油事故发电机 (6.3kV)	kW	3000	-	-	3000
	用电负荷	kW				46996
	海水消防系统	m ³ /h	(2+1)×1250	-	-	(2+1)×1250
	淡水消防稳压泵	m ³ /h	(1+1)×50	-	-	(1+1)×50
	淡水消防测试泵	m ³ /h	1×400	-	-	1×400

表 4.3-10 码头水工结构主要工程量表

项目		单位	数量	备注
工作平台	Φ1200mm 钢管桩	根	70	
	预制混凝土总方量：1407 m ³ 现浇混凝土总方量：4221m ³			
靠船墩（2 座）	Φ1500mm 钢管桩	根	39	单墩计，共计 2 个墩子
	现浇混凝土总方量：2563×2 m ³			
系缆墩(6 座)	Φ3000mm 嵌岩桩	根	4	单墩计，共计 3 个墩子
	Φ1500mm 钢管桩	根	10	单墩计，共计 3 个墩子
	现浇混凝土总方量：688×3+538×3 m ³			
集液池平台	Φ1200mm 钢管桩	根	6	
	现浇混凝土总方量：400 m ³			
引桥	Φ1000mm 钢管桩	根	36	
	Φ1200 钻孔灌注桩	根	48	
	预制混凝土总方量：1696 m ³ 现浇混凝土总方量：5459 m ³			
控制室平台	Φ1200mm 钻孔灌注桩	根	42	
	现浇混凝土总方量：2644 m ³			
补偿平台 A	Φ1200mm 钢管桩	根	25	
	现浇混凝土总方量：1531 m ³			
补偿平台 B	Φ1200mm 钻孔灌注桩	根	25	
	现浇混凝土总方量：1257 m ³			
2、火炬平台				
火炬平台	Φ1200mm 钻孔灌注桩	根	81	
	现浇混凝土总方量：6089 m ³			
火炬平台 引桥	Φ1200mm 钻孔灌注桩	根	23	
	预制混凝土总方量：372 m ³ 现浇混凝土总方量：1810 m ³			
补偿平台 C	Φ1200mm 钻孔灌注桩	根	9	
	现浇混凝土总方量：368 m ³			

4.4 输气工艺

4.4.1 气质组分和物性

LNG 接收站的设计必须满足来自不同气源的 LNG，本项目将同时考虑贫组分和富组分。典型的 LNG 的组分及物性见表 4.4-1。

表 4.4-1 典型的LNG的组分和特性

组分:	贫组分	富组分
氮气 (mol%)	0.90	0.11
二氧化碳 (mol%)	0.00	0.00
甲烷 (mol%)	96.64	89.39
乙烷 (mol%)	1.97	5.76
丙烷 (mol%)	0.34	3.30
异丁烷 (mol%)	0.07	0.78
正丁烷 (mol%)	0.08	0.66
戊烷及以上 (mol%)	0.00	0.00
总计 (mol%)	100.00	100.00
分子量 (kg/kmol)	16.59	18.40
高热值 (MJ/kg)	54.54	54.44
低热值 (MJ/kg)	49.10	49.20
液体比重	0.437	0.467
气相密度 0°C (kg/m³)	0.74	0.82
气相密度 20°C (kg/m³)	0.69	0.76
硫化氢 (ppmV)	<3.5	<1.0
总硫含量 (ppm Vt)	<17.5	<5.0
固体杂质	Nil	Nil

合同资源国 LNG Tiga 的 LNG 规格及设计输出天然气产品规格见表 4.4-2。

表 4.4-2 MLNG Tiga的LNG规格

组分:	贫气	富气	平均
N ₂ (mol%)	0.42	0.18	0.27
C ₁ (mol%)	92.32	89.72	90.82
C ₂ (mol%)	4.09	5.62	4.97
C ₃ (mol%)	2.43	3.31	2.93
IC ₄ (mol%)	0.43	0.69	0.58
NC ₄ (mol%)	0.30	0.60	0.43
IC ₅ (mol%)	0.00	0.00	0.00
NC ₅ (mol%)	0.00	0.00	0.00
H ₂ S (ppm V)	<1	<1	<1
总硫 (mg/kg)	<5	<5	<5
固体及杂质	Nil	Nil	Nil
分子量 (kg/kmol)	17.66	18.31	18.02
再气化温度 (1.053ba)	-161.70	-160.60	-161.00
液相密度 (kg/m³)	455.00	465.00	460.40
液相热值 (MMBtu/t)	51.26	51.20	51.25
气相密度			
0°C (kg/m³)	0.8217	0.8529	0.8387
15.5°C (kg/m³)	0.7771	0.8066	0.7932
20°C (kg/m³)	0.7650	0.7941	0.7809
液化气膨胀系数			
0°C LNG (m³/m³)	554	545	549
15.5°C LNG (m³/m³)	585	576	580
20°C LNG (m³/m³)	595	585	589

根据《天然气》(GB17820-2018)，该天然气物性参数符合国家一类气质要求，天然气技术指标详见表 4.4-3。

表4.4-3 天然气技术指标

项目	一类	二类
高位发热量 (MJ/m ³)	≥34.0	≥31.4
总硫 (以硫计) (mg/m ³)	≤20	≤100
硫化氢 (mg/m ³)	≤6	≤20
二氧化碳 (%V/V)	≤32.0	≤43.0
总硫 (以硫计) (mg/m ³)	≤60	≤200
硫化氢 (mg/m ³)	≤6	≤20

4.4.2 输气工艺参数

(1) 供气压力和温度

输气管道气源为 LNG 接收站外输外输的天然气，外输气化温度 1℃，外输压力 6.5MPa~8.7MPa。

(2) 设计输量

输气管道设计小时输出量为 210×10⁴Nm³/h，折合日输出量 5040×10⁴Nm³/d。

(3) 设计压力

本项目 LNG 接收站与外输管道交接压力 6.5MPa~8.7MPa，为方便与接收站设计压力衔接，减少压力等级，输气管道工程设计压力定为 9.2MPa。

(4) 沿线高程里程

站场的里程、高程点，详见表 4.4-4。

表4.4-4 站场里程、高程表

站名	所处省自治区	里程 (km)	高程 (m)	备注
LNG 清管发送区 (接收站内)	上海	0	5	包含清管器发球功能区、出站阀组区和放空火炬，建于本项目接收站内。
奉新输气站	上海	66.6	5	新建站场，与管网公司门站合建。

(6) 管道敷设条件

本项目设计压力 9.2MPa，由 10.7km 陆上管道、32.6km 海底管道组成。陆上管道、海底管道埋设条件见表 4.4-5。

表4.4-5 输气管道埋设条件

项目	介质	温度 (°C)	导热系数 (W/m·K)	埋深 (m)
陆上管道	土壤	10 (冬季) 12 (夏季)	2	2
海底管道	海泥	11.8 (冬季) 15.9 (夏季)	3	2

(7) 输气管道管径和管材

表 4.4-6 管径比选方案

方案	管径 (mm)	投资 (亿元)	是否满足设计输量
1	914	12.85	否
2	1016	14.56	是
3	1219	18.11	是

根据技术经济比选，D1016mm 方案比 D1219mm 方案投资少 24.4%，考虑 D1219mm 的海底管道设计仍存在一定技术难度，因此本项目推荐采用管径 1016mm 方案。

表 4.4-7 管材比选方案

P=9.2MPa D=1016mm						
L415 (X60) 管材量						
地区等级	长度 km	计算壁厚	选取壁厚	钢管单重(kg)	耗钢量(t)	价格(万元)
四级地区	67	30.602	30.7	745.98	49243	36440
L450 (X65) 管材量						
地区等级	长度 km	计算壁厚	选取壁厚	钢管单重(kg)	耗钢量(t)	价格(万元)
四级地区	67	28.22	28.3	689.34	45504	34128
L485 (L485M) 管材量						
地区等级	长度 km	计算壁厚	选取壁厚	钢管单重(kg)	耗钢量(t)	价格(万元)
四级地区	67	26.19	26.2	639.54	42217	32508

从技术角度 L415、L450 和 L485 等级的钢管都是可行的，但 L485 级的钢管投资最经济，安全性相对较高。因此本项目管道线路用管推荐采用 L485M 钢级。

(8) 管内壁粗糙度

从工艺计算上分析，不设内涂层方案全线最大输量 $4248 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ ，小于设计日输量 $5040 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ ，目前推荐采用敷设内涂层方案，管内壁粗糙度为 $10\mu\text{m}$ 。

4.4.3 站场工艺

4.4.3.1 接收站工艺方案

围绕蒸发气（BOG）处理，LNG 接收站的工艺方案有两种：直接输出式和再冷凝式。直接输出式是利用天然气压缩机将 BOG 直接压缩到外输压力送至管网；再冷凝式是将 BOG 经低温压缩机加压至较低压力后，与从 LNG 储罐送出的 LNG 在再冷凝器内混合并进行冷量交换，由于 LNG 加压后处于过冷状态，可使 BOG 再冷凝，然后经高压输送泵加压后送至气化器气化后外输。

根据本项目特点，采用再冷凝式工艺。主要原因是外输压力在 6~9MPaG，再冷凝式工艺方案可充分利用 LNG 的冷量，并减少 BOG 压缩功，节省了能量。

本项目考虑了接收站多种操作工况，包括有/无卸船、装船、气态外输和船舶转输的变化影响，具体工况如下。

表 4.4-8 工况分析表

工况	有卸料/无卸料	有/无反输装船	外输量
工况一	有	无	最大输出量
工况二	有	无	最小输出量
工况三	有	无	零外输量
工况四	无	有	最大输出量
工况五	无	有	最小输出量
工况六	无	有	零外输量
工况七	无	无	最大输出量
工况八	无	无	最小输出量
工况九	无	无	零外输量

依据以上工况，同时考虑了 LNG 极端的贫、富组分和外输量市场下的设备配置，本项目主要设置了卸船/装船系统、储存系统、BOG 处理系统、气化外输系统、压缩空气系统、燃料气系统、火炬系统、氮气系统、柴油系统、丙烷储存系统等公用工程。

LNG 船抵达接收站专用码头后，LNG 经船上卸料泵增压，通过 3 台 20"液相 LNG 装卸臂（其中 1 台为液相/气相两用臂）、卸料总管进入接收站的 LNG 储罐内。在 LNG 卸船期间，由于热量的传入和储罐气相空间的变化，储罐内将会产生大量 BOG。产生的 BOG 一部分通过气相返回管线、气相返回臂返回至 LNG 运输船船舱，以平衡船舱内的压力；另一部分通过 BOG 压缩机增压进入再冷凝器冷凝后，与外输的 LNG 一起经高压输出泵、气化器外输。罐内 LNG 经低压输送泵增压，再与再冷凝器冷凝后的 LNG 一起经高压输出泵增压后，利用丙烷中介质气化器（IFV）或浸没燃烧式气化器（SCV）使 LNG 气化成天然气，计量后外输送至本项目输气管道。本项目接收站还具备装船功能。

主要工艺设备型号和数量如下：

（1）装卸系统

本项目新建 1 座 LNG 专用码头，可实现 LNG 船的装卸。卸料/装料系统的主要工艺设备是装卸臂。

综合国际 LNG 船船型大型化发展趋势以及项目成本等方面因素考虑，本项目主装卸臂推荐采用 3 台 20"卸料臂和 1 台 20"回气臂。辅助装卸臂推荐采用 2 台 12"卸料臂和 1 台 12"回气臂。

（2）储存系统

LNG 储罐作为储存系统，是大型 LNG 接收站的核心设施。

根据多年来通过对国内外各类 LNG 储罐进行的调查比较和科学研究，结合

本项目的站址地域小,对安全性要求高,工期紧和周围环境条件复杂等实际特点,按照对各种类型储罐的储罐类型在通常情况下的分析,混凝土外壁的全包容罐的安全性能、技术经济性能及综合性能均列首位。本项目推荐选用地上混凝土全容罐。

根据接收站场址土壤条件复杂,容易产生不均匀沉降,并考虑到运行费用的节约。推荐混凝土顶全容罐的桩基承台形式为架高式。

综合市场和调峰需求、产供储销体系建设要求,经过综合对比,本站建设 4 座 $22\times 10^4\text{m}^3$ 、6 座 $25\times 10^4\text{m}^3$ 及以上 LNG 混凝土全容储罐,参数如下,储罐设计压力为 $29\text{kPa(G)}\sim 1\text{kPa(G)}$,设计温度为 $-168^\circ\text{C}\sim +60^\circ\text{C}$,日蒸发率为 $0.04\sim 0.05\%$ (wt)。LNG 储罐内罐直径约为 $89\sim 92\text{m}$ 。储罐采用安全度最高的混凝土全容罐,内罐材料为 9%Ni 钢,外罐为预应力混凝土,罐顶为加强混凝土。罐底、内外罐之间的环形空间及内罐吊顶均采用绝热材料(泡沫玻璃、膨胀珍珠岩和玻璃棉)进行保冷。从安全角度出发,储罐所有的管道、仪表及电器接口均设在储罐顶部,罐壁和罐底无开孔。

若二、三阶段考虑采用有效容积更大的薄膜罐,则储备能力还有进一步提升的空间。

项目 LNG 低压输送泵的配置以接收站典型日最高小时外输量作为设计基础。本项目接收站最高气体外输量为 1680t/h ,同时考虑卸料及排净管线的 80t/h 保冷循环需求,单台泵的能力为 220t/h ,所需低压泵的数量为 8 台。LNG 低压输送泵是外输的重要设备,必须设置备用泵。本项目接收站工程分阶段建设,一阶段建设 4 座储罐,二阶段建设 4 座储罐,三阶段建设 2 座储罐。每座储罐配置 3 台低压泵,共 30 台低压泵,其中 1 台设定为一类负荷,用于接收站事故停电时的低温保冷循环。

本项目第一阶段的每座储罐中均配备 1 台装船泵,装船泵外输管道直接连接至卸料总管,实现装船。每台装船泵的能力为 $2500\text{m}^3/\text{h}$ 。

(3) BOG 处理系统

BOG 压缩机是 LNG 接收站 BOG 处理的关键设备,一般采用低温无油往复压缩机。本项目接收站第一阶段建设 4 台 BOG 压缩机,单台能力 13t/h 。正常输出状态下,压缩机 2 台工作,足以处理产生的蒸发气;卸船时,蒸发气量增大,需要 3 台压缩机同时工作,一台备用。装船时,蒸发气量最大,需要 4 台压缩机

同时工作。

接收站安装 1 台再冷凝器，处理能力 52t/h。由上下两部分组成：上部为填料塔，蒸发气和 LNG 从再冷凝器的顶部进料后，在填料塔中换热，蒸发气被冷凝液化；下部可作为 LNG 高压输送泵的缓冲罐。

（4）外输系统

气化器是实现 LNG 接收站气化功能的重要设备，气化器的合理选型和配置对保证接收站安全可靠供气、降低设备投资、节能降耗具有重要意义。LNG 接收站常用气化器主要有开架式气化器（ORV）、中间介质气化器（IFV）和浸没燃烧式气化器（SCV）等。三类气化器的比较见表 4.4-9。

表 4.4-9 气化器选择比选

气化器型式	ORV	SCV	IFV
基本结构	外部接口（LNG 入口、气化后 NG 出口及海水进出口）	水箱、加热盘管、气体燃烧室及其他附件	蒸发器、凝结器、调温器
基本单元	传热管	不锈钢盘管	传热管
中间介质	-	水	丙烷
加热介质	海水	燃料气	海水
海水腐蚀	每 5~7 年需对换热管下部重新热喷漆	不用海水	使用钛管完全耐腐蚀
海水悬浮物	<80ppm	-	-
占地	较少	最少	较少
现有设备最大能力	200 t/h	200 t/h	250t/h
使用范围	技术成熟，大量使用且运转正常	大量用于调峰负荷输出或作为备用，少量用于正常运转（欧、美）	一般用于海水质量不能满足 ORV 或冷能利用的场合
主要优点	运行和维护方便； 利用海水为热源，运行成本较低；	初期投资成本较低； 启动迅速； 热效率高； 可在寒冷条件使用	水质适应性强； 利用海水为热源，运行成本较低； 运行和维护较方便； 利于 LNG 冷能利用；
主要缺点	当水质太差、如固体悬浮物含量过高时，维护检修成本上升，甚至不能作为热源； 当海水温度低于 5℃时，初期投资显著增加	运行成本高； 需进行废水处理（pH、COD）； 运行和维护较复杂	初期投资大， 制造厂家极少， 交货周期长
使用实例	广泛使用	广泛使用	日本（20 套） 上海 LNG 接收站（8 台） 宁波 LNG 接收站（4 台）

ORV 是 LNG 接收站最常用的气化器。ORV 设备体积较大，其优势在于设计简单，可靠性高，操作费用低，维修非常方便，运行中无废气产生。利用海水气化 LNG，既节能又经济，主要能耗是工艺海水泵的电耗，运行费用仅为 SCV 的 10%左右，非常适用于正常基荷和一般调峰。

本接收站所处洋山港区海域位于长江口入海径流所夹带泥沙扩散的影响范

围内，海水最大含泥沙量达 4.0kg/m^3 ，冬半年月平均都超过 1.0kg/m^3 ，属含高泥沙量海水。根据国际上 ORV 制造厂家的一般要求和承诺，要其承诺 ORV 外涂层使用年限 5 年以上，要求海水含泥沙量不超过 80ppm（相当于 0.08kg/m^3 ）。根据使用记录，在海水含泥沙量不大于 80ppm 的条件下，ORV 防腐涂层实际有效时间约 7 至 8 年。

因此，上海 LNG 接收站的海水最大含泥沙量达到一般 ORV 海水水质基本要求的 50 倍以上、平均值也超过 10 倍。如此高的泥沙含量将很快磨蚀 ORV 的外涂层，造成频繁的维护和较高的镀锌、维修等费用。目前无制造厂商对 ORV 在如此高含泥沙量海水条件下的正常运行并维持正常使用年限能作出承诺。考虑以上情况，本接收站工程如选用 ORV 显然存在较大风险和不确定性，无法保证选用设施的适用性和安全可靠。

综上所述，ORV 在本项目接收站工程中并不适用。本项目接收站工程延续选用 IFV 作为主力气化器，以符合上海 LNG 站线扩建项目接收站工程的特点。而 SCV 由于其能耗高、运行成本高，仅适合作为应急备用以及极端低温条件下补充能力的气化器。因此，最适合本项目接收站工程的气化器选型应是 IFV 与 SCV 的相搭配的组合方案。

正常情况下，LNG 从再冷凝器直接进入 LNG 高压输送泵，加压后输送至中介质气化器或浸没燃烧式气化器。高压输送泵为电动多级液下泵，泵安装于泵筒内，泵筒相当于泵的外壳，通过进出口法兰与外部管道连接（包括电气、仪表的连接）。

高压输送泵的配置以接收站典型日最高小时外输量作为设计基础，本项目接收站一阶段建成后最高气体外输量为 1680t/h ，单台泵的能力为 215t/h ，需配置 8 台高压泵，以满足需要的再气化能力。本项目接收站一阶段建成后，高压泵数量总计为 9 台，8 用 1 备。

气化器是实现 LNG 接收站气化功能的重要设备，IFV 单台能力为 210t/h ，本项目接收站第一阶段设置 8 台，以适应本项目接收站所需的再气化能力。SCV 单台能力为 210t/h ，配备 2 台，作为应急备用以及极端低温条件下的气化能力补充。

（5）火炬系统

本项目接收站火炬系统用于处理 BOG 总管超压排放的气体，以及下游输气

管道检修时或紧急状况下，管道中残留的高压气体。因此，设两条火炬管线：

一条与 BOG 总管相连。当 LNG 储罐压力达到 26kPa(G)时，控制阀打开，超压部分气体排入火炬系统。

一条与下游输气管道相连，当下游输气管道发生故障和停产检修时，输气管道中的高压天然气经压力调节减压后进入火炬系统。

本项目接收站火炬泄放量约 200t/h，输气管道工程火炬泄放量约 140t/h。地面火炬不再适用，本项目采用高架火炬。火炬分成两个独立系统分开泄放，两系统共用 1 台火炬塔架。

（6）燃料气系统

燃料气系统用于向浸没燃烧式气化器、火炬点火装置提供燃料气并为接收站厂前区供应生活用气。

根据 SCV 配置情况，本项目接收站工程设置了 2 台设计流量为 9100Nm³/h、功率为 400kW 的燃料气电加热器，1 用 1 备。

（7）柴油系统

柴油系统主要为柴油消防水泵和事故柴油发电机提供燃料。柴油系统设有柴油储罐和柴油泵。外购柴油卸到柴油储罐储存，并通过柴油泵经管道送至柴油消防水泵和事故柴油发电机的日用罐。

（8）氮气系统

氮气消耗主要有连续用氮气和间断吹扫用氮气两种。

连续用氮气的设备主要有：BOG 压缩机密封用氮；火炬吹扫。

间断用氮气的设施主要有：卸船结束后，装卸臂和气体返回臂的吹扫；低压和高压输送泵密封用氮；吹扫 LNG 储罐的绝热空间；吹扫和置换管道、容器和其他设备。

本项目接收站配置一套能力为 700Nm³/h 的液氮成套包，配套 2 台 30m³的液氮储罐，从氮气成套设备产生的氮气皆送到氮气缓冲罐，并分配到各氮气用户。液氮外购，由液氮槽车运来。

（9）压缩空气系统

站内配置 1 套工厂风/仪表风系统，主要设备有空压机、空气干燥器、仪表风储罐等。LNG 接收站内设有空气压缩机 2 台，1 开 1 备，每台压缩机的能力为 1500Nm³/h，出口压力为 0.9MPaG；湿气缓冲罐 1 台；空气干燥器 2 套，1 开 1

备；干气储罐 1 台。

（10）丙烷系统

丙烷系统包括 1 个丙烷罐、2 台丙烷输送泵和 1 套卸料鹤管。本项目接收站中介质气化器（IFV）共用 1 套丙烷系统。在进行维护时，用丙烷罐和丙烷泵将丙烷从 IFV 中排出。使用丙烷泵还可以从丙烷罐中再把丙烷充装到 IFV 中。丙烷输送泵的操作参数：温度：-8~37℃，压力：入口 0.26/1.3MPaG；0.52/1.56MPaG。

4.4.3.2 清管发送区（接收站内）工艺方案

（1）工作参数

接收站清管发送区设计的出站压力为 6.5MPa~8.7MPa；出站温度为 1℃；输送能力为 $0\sim 5040\times 10^4\text{Nm}^3/\text{d}$ 。

（2）主要流程及功能

LNG 接收站清管发送区与外输管道连接，公用工程依托本项目接收站。

主要工艺流程和功能包括：接收 LNG 接收站来气、输往下游管道；清管器发球出站紧急截断、放空（放空火炬建于接收站内）。

为减少事故状态下天然气的损失和保护站场安全，在出站管道上设置紧急截断阀（ESD），发生事故时可关闭紧急截断阀，切断站场与下游管道的联系。LNG 接收站清管发送区的放空、排污系统依托于本项目接收站。

4.4.3.3 放空设施

（1）清管发送区放空

考虑到洋山港区沿线周边发展规划，按照《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）四级地区进行设计和线路截断阀设置，并结合根据建设单位委托 BV 公司提供的《上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）与洋山港四期危化品堆场相互影响安全分析》报告，在石龙山景区西侧入海点（8.1km 处）设置手动线路截断阀 1 座；考虑海底管道不可维修且放空量较大，原则上海底管道不考虑放空，在入海点设置截断阀隔离，即在小乌龟岛入海点（13.9km 处，即最终入海点）增设手动线路截断阀 1 座，与海管部分隔离。

考虑避免影响周边环境，该 2 处线路截断阀均推荐采用在阀井内的安装方式。本项目 LNG 接收站-小乌龟岛入海点共 13.9km 线路，在本项目 LNG 接收站

通过清管发送区至放空火炬放空。

清管发送区通过在接收站内的新建独立高架火炬，按线路放空长度 13.9km、管径 1016mm，计划放空初始压力 6.0MPa，8h 放空完毕，最大放空量 139800kg/h。放空计算结果见表 4.4-11。

表 4.4-10 放空设置表

序号	项目	类别	放空地点	间距 (km)	累计间距 (km)
1	LNG 清管发送区（接收站内）-石龙山景区	陆上管道	依托 LNG 接收站站内新建独立火炬放空	7.1	7.1
2	石龙山景区穿越	陆上管道 陆上定向钻		0.9	8.0
3	石龙山景区穿越出土点-颗珠山水道穿越入土点	陆上管道		0.1	8.1
4	颗珠山水道穿越	陆上管道 陆对海定向钻		1.8	9.9
5	颗珠山水道穿越出土点-大乌龟岛登陆点	海底管道		2.9	12.8
6	大乌龟岛登陆点-小乌龟岛入海点	陆上管道		0.8	13.6
7	小乌龟岛入海点-奉新输气站	海底管道	原则上不放空，必要时依托奉新输气站放空	53	66.6

表 4.4-11 陆上管道放空计算结果

放空时间 (h)	风速 (m/s)	最大放空量 (kg/h)	放空火炬管口口径 (mm)	放空火炬高度 (m)	最大流速 (m/s)	最大马赫数	1.58kW/m ² 热辐射强度范围 (m)	4.73kW/m ² 热辐射强度范围 (m)
8	20	139800	600	120	228	0.5	-	-

清管发送区放空阀均采用手动阀，可手动调节放空量，依托的新建高架火炬与 LNG 接收站火炬高度一致，可同时维检修。

由于接收站用地限制，清管发送区放空火炬与 LNG 接收站火炬集中布置。

（2）奉新输气站放空

奉新输气站设置放空立管高度 25m，放空管路口径 DN600。考虑到海底管线不可维修且放空量较大，原则上海底管道不考虑放空，该放空立管仅对站内进行放空，若海底管道确实需要放空时，可在奉新输气站放空，按照小乌龟岛-奉新输气站段线路长度 53km，管径 1016mm，计划放空初始压力 6.0MPa，20h 放空完毕，最大放空量 195000kg/h。放空计算结果见表 4.4-12。

表 4.4-12 海底管道放空计算结果

放空时间 (h)	风速 (m/s)	最大放空量 (kg/h)	放空立管口径 (mm)	放空立管高度 (m)	最大流速 (m/s)	最大马赫数	(50%爆炸下限) 最大扩散距离 (m)
20	20	195000	600	25	318	0.79	24.2

若 13.9km 陆上管道不通过清管发送区（接收站内）放空，全线 66.6km 管线

放空均在奉新输气站放空，则放空时间约 30h。

本项目站内放空管线上采用节流截止放空阀，在排污管线上采用排污截止阀。放空管线及排污管线均采用双阀结构，节流截止放空阀及排污阀上游设置球阀，以保证密封性，便于维修与更换。

4.4.3.4 冷能利用

LNG 在气化过程中，会释放出大量的冷能，约 830~860kJ/kg。传统 LNG 接收站的气化，采用海水作为热媒或在水下燃烧天然气产生的热量来气化 LNG，前者会对附近海域产生冷污染，后者需消耗宝贵的天然气，产生一定的废气排放。特别是前者的影响较大，且损失了 LNG 气化释放的冷能而未加以利用。

冷能利用的方式有直接和间接两种。冷能直接利用有：空气分离、冷能发电、冷冻仓库、制冰、制干冰或液态二氧化碳、海水淡化、冰雪世界、空调、低温养殖等；冷能间接利用主要有：低温粉碎、低温干燥、污水处理等。基于各种条件的限制，LNG 冷能不可能全部转化利用，目前世界 LNG 冷能平均利用率约 20%。

LNG 冷能作为高品位低温冷能，应实现梯级应用，在不同温度区间有其独特的应用方式，而且不同的项目配置，将决定冷能利用的成效。因此，仅考虑单一要素（如成本效益或市场需求）将可能使冷能利用着眼于特定的项目，造成冷能利用效率偏低；另外，如果不结合 LNG 接收站周边的产业特点及相关政策，将会使选用的利用方案缺乏未来性，不利于冷能综合利用，所以必须因地制宜。图 4.4-1 为 LNG 冷能梯级利用图。

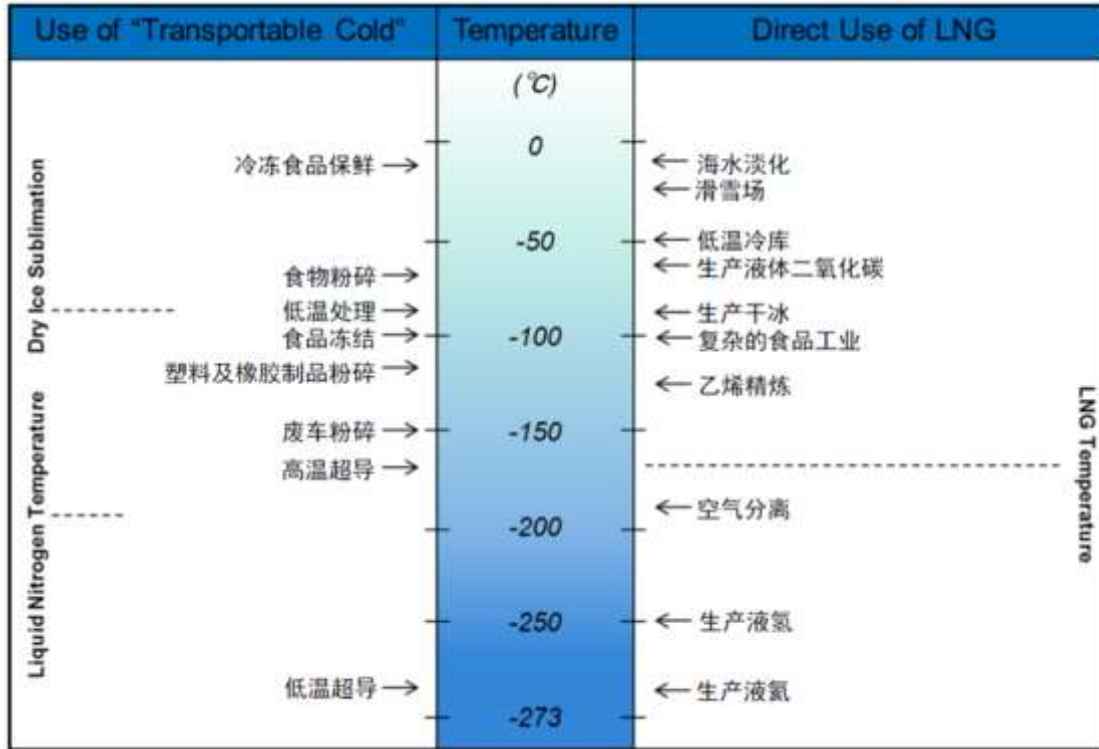


图 4.4-1 LNG冷能梯级利用图

冷能综合利用应首先在保证 LNG 安全供应的基础上，因地制宜，并与洋山深水港区的产业定位有较好的兼容性，必须与港区、保税区规划相适应。冷能回收规模必须与综合利用规模相适应，综合利用产品应该有稳定可靠的市场需求和输送途径，综合利用项目必须有市场竞争力。本报告推荐“冷能发电”冷能利用方式。

上海 LNG 储罐扩建工程正在建设基于 IFV 的冷能发电项目，主要装置为处理能力 205t/h 的 IFV，最大发电量为 4680KW 的透平发电机组，主要构架建筑物为透平发电机厂房及 IFV 配套平台，装置占地面积约 55m×35m。本项目预留位置东西向，管廊至道路约 105m，南北向 IFV 至道路约 73m，能满足同等规模冷能发电装置的用地需求。建议待上海 LNG 储罐扩建工程冷能发电项目投产后对其技术经济效益进行综合评价，可作为本项目决策采用冷能发电项目的进一步依据。

冷能发电是 LNG 接收站常用的冷能利用方式之一，发出的电量由接收站内自行消化，从而减少外电供应量，减少外电费用支出，如果接收站所在地的电价高，经济收益较好。

世界上已建有不少以天然气或 LNG 为燃料的燃气蒸汽联合循环电站。燃气

轮电站和联合循环电站不仅效率高，而且机动性好，从机组启动到满负荷运行时间短，既可作基本负荷运行，也能作调峰运行。此外，联合循环电站污染小、可靠性高。

LNG 冷量由低温焓和压力焓组成，利用这两种焓进行动力回收的途径通常有以下 3 种方式：

- ①采用低沸点工质的朗肯循环方式利用低温焓；
- ②采用单级或多级天然气直接膨胀方式利用压力焓；
- ③综合两者的联合方式。

根据冷量焓中低温焓和压力焓的相对比例，可以确定合适的焓利用方式。回收 LNG 冷能依靠动力循环进行发电是目前 LNG 冷能回收利用的重要方向，技术也相对较为成熟。

为了提高燃气轮机出力和改善其性能，也可采用不同的冷却介质（水、氟利昂、甲醇、乙二醇等），通过直接或间接方法将 LNG 气化时释放的冷能用于降低燃气轮机入口空气温度或用来冷却蒸汽轮机的排汽。在 LNG 冷能回收的循环中，通常使用海水作为热源，有学者提出利用电厂汽轮机乏气作为热源，结合天然气直接膨胀和二次冷媒动力循环，可使 LNG 冷能的回收效率达到 55% 左右。

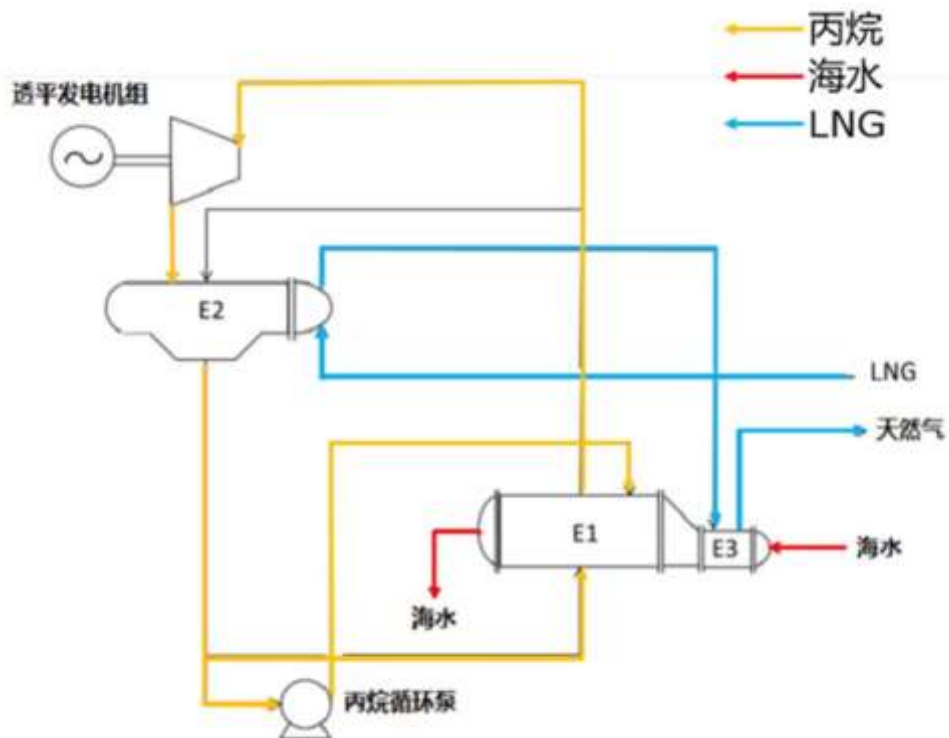


图 4.4-2 冷能发电工艺流程示意图

4.4.3.5 接收站原辅材料消耗

表 4.4-13 接收站原辅材料消耗表

名称	单位	连续 (最高峰输出时最大量)			间断（最大）		
		一阶段	二阶段 (新增)	三阶段 (新增)	一阶段	二阶段 (新增)	三阶段 (新增)
海水	m ³ /h	67320	0	0			
电	kWh	9520	152	13987			
氮气	Nm ³ /h	120	70	35	629	700	
压缩空气	Nm ³ /h	--	--		100	100	
仪表空气	Nm ³ /h	800	300	150	25	15	10
柴油	m ³ /h	--	--	--	2	-	-
生活水	m ³ /h	2	-	-	38	-	-
生产水	m ³ /h	1	-	-	470	20	20
燃料气	m ³ /h	50	-	-	9100	-	-

4.4.4 站场定员

根据初定的本项目组织机构，生产和管理人员初定 160 名。

同时，遵循资源集约、人员精简、运营高效的原则，本项目将充分发挥与上海 LNG 毗邻建设的优势，利用现有上海 LNG 的综合能力和成熟经验，探索研究委托现有上海 LNG 统一承担两个项目日常操作运行和设备管理模式，进一步优化组织机构和劳动定员。

表 4.4-14 组织机构和定员编制表

序号	部门	岗位	人数
1	公司领导	总经理	1
		副总经理	4
		财务总监	1
		董秘	1
2	综合管理部		8
3	党群人事部		5
4	计划控制部		6
5	财务部		9
6	商务部		8
7	资源市场部		3
8	健康安全环保部		8
9	设备技术部		40
10	生产运行部		66
	合计		160

4.5 配套工程

4.5.1 接收站给排水

目前，洋山港区是由通过东海大桥 2 根 DN500 管线从上海输送淡水，供水能力最高为 16000 m³/d。本项目拟从洋山港市政给水管网由两路分别引入 DN200

管道，引入接收站，供生活、生产及消防用水。红线节点供水压力 $\geq 0.40\text{MPa}$ 。水质满足生活饮用水卫生标准（GB 5749-2006）。码头区的生活、生产水由接收站供给。气化器加热用水水源为海水，消防用水主水源为海水。

4.5.1.1 接收站给水系统

本项目接收站给水系统分为生产给水系统、生活给水系统、消防给水系统、工艺海水系统。

（1）生产给水系统

本系统主要供接收站各工艺装置生产冲洗用水。在公用工程区设置一个生产消防水罐，容积 1000m^3 ，设置 2 台生产水泵，单台 $Q=40\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=70\text{m}$ ，供水压力 0.7MPa ，供水温度常温。市政自来水进入生产消防水罐，通过生产水泵加压送至全厂各用水点。管网枝状布置，架空敷设。

（2）生活给水系统

本系统主要供接收站各建筑物室内人员生活用水。在公用工程区设置一个生活水罐，容积 120m^3 ，设置 2 台生活水泵，单台 $Q=40\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=70\text{m}$ ，供水压力 0.7MPa ，供水温度常温。市政自来水进入生活水罐，通过生活水泵加压送至全厂各用水点。管网枝状布置，埋地或架空敷设。外露管道采用 50mm 厚离心玻璃棉制品保温，镀锌钢丝捆绑；外加铝合金薄板保护层，自攻螺钉固定。

（3）消防给水系统

整个接收站及码头同一时间火灾次数为一次。

本项目在公用工程区设置了 1 个生产消防水罐，容积为 1000m^3 ，设置 1 台淡水消防测试泵，采用电动泵，其流量为 $540\text{m}^3/\text{h}$ ，工作压力为 1.3MPa 。

设置 2 台稳压泵，1 开 1 备，电动驱动。每台泵的流量为 $50\text{m}^3/\text{h}$ ，工作压力为 1.2MPa 。

本项目在取海水区设置 4 台海水消防泵，2 开 2 备。其中 2 台电动泵作为主泵，2 台柴油泵作为备用泵。每台泵的流量为 $1250\text{m}^3/\text{h}$ ，工作压力为 1.4MPa 。

平时采用淡水作为消防管网的稳压、测试及消防管网的清洗用水。火灾时，大量的消防用水为海水。

本项目消防水管采用钢衬水泥管，主管管径为 $30''$ ，接收站消防给水管网成环状埋地布置。接收站至码头平台采用单根 $30''$ 的消防水管供水，地上敷设。

（4）海水给水系统

海水取水一是用海水作为 LNG 气化加热用水，二是为高压消防系统提供消防水。

泵站布置在接收站南侧，采用岸边取水方式，水泵直接从海水泵池内取水，取水口设置拦污栅及旋转滤网过滤海水。为消防系统提供海水的消防水泵，其台数及单台泵参数在消防给水系统中已描述。

用于气化器 IFV 的海水泵 9 台，八用一备。单台泵参数： $Q=8400\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=40\text{m}$ ，型式为立式长轴泵。海水泵设置淡水润滑泵 2 台，单台泵参数： $Q=32\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=50\text{m}$ ，消防泵设置淡水润滑泵 2 台，单台泵参数： $Q=8\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=80\text{m}$ ，型式为立式长轴泵。为保证海水水质，防止大颗粒的泥沙和其他悬浮物进入海水取水口，在海水进入取水口设置粗细两级过滤器：拦污栅 4 台，清污机 1 套，旋转滤网 4 套。

为有效防止菌藻滋生，设置 1 套 EGD 加药装置。加药系统主要由加药箱、加药泵及其相关管路和阀门以及配套组成。安全、可靠、方便，直接加入循环水入口。

另外在海水取水口廊道入口处设 4 套钢闸门。经过 IFV 热交换后的海水，流入海水排放渠，排放到接收站西南角远离海水取水口的海域。

4.5.1.2 接收站排水系统

排水系统按清污分流的设计原则，分为清净雨水系统、生产污水系统、生活污水系统和工艺排放海水系统四个系统。

（1）清净雨水系统

主要用于收集 LNG 接收站陆域内的清净雨水，通过明沟重力流排到站内设置的雨水排海口。

（2）含油污水系统

本系统主要用于收集接收站设备清洗、冷能利用设施的排水、维修废水和污染地面的冲洗水，非连续排放，其中主要污染物为石油类及其它有机污染物和悬浮固体。系统管道采用重力流设计，经管路收集至含油污水处理场，经处理达标后排海。

（3）生活污水

本系统主要用于收集生活污水。系统管道采用重力流设计，生活污水处理装

置能力为 50m³/d。

生活污水经化粪池预处理后，进入生活污水一体化处理设施，处理达标作为中水回用。码头上厕所采用生态环保厕所，码头控制室值班人员生活污水收集后由一体式生活污水处理设施处置，无生活污水排放。

（4）工艺排放海水

本系统用于收集和排放 LNG 气化单元排出的海水，采用渠道排放的方式。海水在中间介质气化器中加热 LNG 后温度降低，就近排海将使循环的海水短路，并可能影响海洋环境，通过明沟重力流排到接收站西南角的海水排水口，远离取水口位置。

4.5.2 接收站供电

（1）外部电源状况

小洋山岛电力供应主要由国网上海电力公司（芦潮港地区 110kV 配电）通过 110kV 桥缆送至港区的中港 110KV 变电站，之后由同盛电力配送给港区和洋山 LNG，目前洋山深水港区供电依赖东海大桥 110kV 电缆，高压供电“两回路、单通道”网架薄弱。港区码头桥机等大功率设备用电负荷冲击性大、且洋山四期投运后更为严重，已影响现有洋山 LNG 设备运行和生产稳定。经过十多年的开发建设，港区用电需求不断增大，供电逐步趋紧；同时，随着运行年限增加，各类电网设施故障和检测检修导港供电可靠性下降。因此，洋山深水港区、包括现有洋山 LNG 面临的供能安全风险正在加剧，这个问题已得到上海市领导和有关部门的高度关注，目前，在上海市发改委等有关委办的指导下，完善港区供电方式、建设支撑电源等研究工作正在进行中。

（2）内部电源状况

接收站内配备一台出口电压为 6kV，容量为 2500kW 的柴油应急发电机组，在外部电源发生故障时为上述负荷提供紧急备用电源，可以满足本项目一级负荷中特别重要负荷的供电。

根据本项目的用电负荷大小，本项目选用 110kV 电压供配电，装置区内设置一座总变电站。两路 110kV 电源拟引自扬中开关站 110kV 系统的两段母线。本项目总变电站设计装设 2 台 50MVA、110/6.3kV 主变压器。6kV 系统采用单母线分段接线系统。正常两段母线分列运行（母联断开），当其中一回路电源停电

时，母联开关闭合，由另一回路电源供给全部负荷。6kV 系统主要用于向全厂的 200kW 及以上容量高压电动机及站内 6kV 配电变压器供电。

总变电站内拟装设两台 1600kVA-6/0.4kV 降压变压器，以 0.4kV 向接收站总变电所及附近工艺装置低压负荷供电；另设一台 800kVA-6/0.4kV 配电变压器，向接收站工艺装置低压一级负荷供电。0.4kV 系统采用单母线分段接线。

拟在罐区设一座罐区变电所，6kV 系统采用单母线分段接线系统，6kV 电源引自总变电站。正常两段母线分列运行（母联断开），当其中一回路电源停电时，母联开关闭合，由另一回路电源供给全部负荷。6kV 系统主要用于向工艺区、取海水泵区、储罐的 200kW 及以上容量高压电动机及站内 6kV 配电变压器供电。站内装设 2 台 1600kVA 配电变压器，以 0.4kV 向附近工艺区、储罐区低压负荷供电。0.4kV 系统采用单母线分段接线。其 6kV 电源双回路引自站内不同 6kV 母线段。

另拟在厂前区和码头分别设一座 6/0.4kV 区域变电所，分别装设 2 台 400kVA 和 2 台 630kVA 配电变压器，以 0.4kV 向厂前区及码头区低压负荷供电。0.4kV 系统采用单母线分段接线。其 6kV 电源双回路引自总变电站不同 6kV 母线段。

4.5.3 接收站消防

本项目的原料为 LNG，产品为天然气。根据《石油天然气工程设计防火规范》（GB50183-2004）对火灾危险性的分类，天然气属于甲类，LNG 属于甲 A 类。

根据本项目处理物料性质和工艺特点以及规范要求，本项目在消防设计中主要设置了消防水系统、高倍数泡沫灭火系统、干粉灭火系统、气体灭火系统、水喷雾系统、水幕系统、灭火器等消防设施。本项目设置了 1 个生产消防水罐，容积为 500 m³，采用淡水作为消防管网的稳压、测试及消防管网的清洗用水。火灾时，大量的消防用水为海水，本项目设置专门的海水消防泵，水源有保证。

本项目在以下区域设置高倍数泡沫灭火系统：LNG 罐区 LNG 集液池、工艺装置区 LNG 集液池、码头 LNG 集液池。本项目在以下区域设置固定式干粉灭火系统：LNG 罐罐顶释放阀、码头。本项目以下区域分别设置气体灭火系统：中心控制室、变电站、码头控制室。本项目在码头、LNG 罐区、工艺装置区和各建筑物内配置干粉、二氧化碳等手提式及推车式灭火器，以利于扑灭初起火灾。

接收站内共 6 座集液池、码头上一座集液池，尺寸为 $6.5\text{m} \times 6.5\text{m} \times 5\text{m}$ ，后续根据火灾危害分析 FHA 报告可能会调整。

本项目接收站和码头位于洋山深水港区。上海市消防救援总队水上支队负责整个洋山港区及东海大桥的消防应急管理工作。消防应急状态时，洋山深水港区实行区域联动消防应急救援。该两支消防队离距离上海 LNG 接收站均在 5 公里范围内，10 分钟内即可达到本项目接收站。

根据交通部港口消防站布局与建设标准规定，在洋山深水港区北港区居中岸线设立水上消防站，消防站规模为乙级，配有消拖两用拖轮 2 艘。规划至 2020 年东港区、西港区分别各增建二级消防站 1 座。

此外，本项目还在接收站厂前区北侧设置了企业消防站。

4.6 项目时间进度

4.6.1 输气管道实施进度计划

海底输气管道工程整体施工周期为 15 个月，其中浙江段施工周期为 6 个月。

陆上输气管道施工周期为 14 个月。输气管道工程在第一阶段全部完工。

具体进度安排见表 4.6-1。

表 4.6-1 输气管道工程实施进度计划

项 目	(月)时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
勘察、初步设计招标																															
勘察和初步设计及评审																															
施工图设计及施工招标																															
长周期物资采办																															
长周期物资供货																															
施工图设计及审图																															
施工许可办理																															
海管工程施工																															
陆管工程施工																															
站场工程施工																															
竣工验收																															

4.6.2 码头工程施工进度计划

码头施工周期为 13 个月，在第一阶段全部建成，码头工程施工进度安排详见表 4.6-2。

表 4.6-2 码头工程施工进度计划

码头工程\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
勘察设计招标	■	■																											
勘察/初步设计及评审		■	■	■	■	■	■	■	■																				
施工图设计							■	■	■	■	■	■																	
施工招标及许可										■	■	■	■	■															
施工准备及试桩												■	■	■	■	■													
主引桥施工															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
火炬平台及引桥施工															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
系统墩、靠船墩施工															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
各类平台施工																					■	■	■	■	■	■	■	■	■
护岸加固施工																					■	■	■	■	■	■	■	■	■
取水口施工																					■	■	■	■	■	■	■	■	■
排水口施工																					■	■	■	■	■	■	■	■	■
交工验收																												■	■

4.6.3 接收站工程实施进度计划

接收站整体建设周期约为 7 年，根据建设计划，分成 3 个建设阶段，第一阶段建设 4 座 22 万 m^3 储罐及配套设施，建设周期约为 3 年，第二阶段建设 4 座 25 万 m^3 及以上储罐及配套设施，建设周期约为 3 年，第三阶段建设 2 座 25 万 m^3 及以上储罐及配套设施，建设周期约为 3 年。具体实施进度计划见表 4.6-3。

表 4.6-3 接收站工程实施进度计划

序号	名称	时间周期
1	项目核准	2022 年 09 月
2	场平工程	2022 年 07 月-2023 年 12 月
3	初步设计及评审	2022 年 09 月-2022 年 11 月
4	长线设备采办	2022 年 11 月-2023 年 05 月
5	施工图设计	2022 年 12 月-2024 年 03 月
6	主体工程开工（储罐桩基）	2022 年 12 月
7	输气管道和输气站	2023 年 06 月-2024 年 12 月
8	接收站工程建设	2023 年 07 月-2025 年 09 月
9	码头工程建设	2023 年 08 月-2024 年 12 月
10	4 座 22 万立方米储罐建设及验收投用	2022 年 12 月-2025 年 12 月
11	4 座 25 万立方米及以上储罐建设及验收投用	2025 年 01 月-2027 年 12 月
12	2 座 25 万立方米及以上储罐建设及验收投用	2027 年 01 月-2029 年 12 月

4.6.4 总体进度计划

本项目实施计划内容主要包括项目的前期准备阶段、设计及采购阶段、施工阶段和试车和验收阶段。原则上力争“十四五”期间建成 4 座 LNG 储罐，后续 6 座储罐相继投运。

项目进度目标如下：

第一阶段：2025 年，4 座 22 万 m^3 LNG 储罐及配套设施建成投产，接收站

工程其他共用、辅助、环保设施全部建成，码头工程全部建成；

第二阶段：2027 年，4 座 25 万 m^3 及以上 LNG 储罐及配套设施建成投产；

第三阶段：2029 年，2 座 25 万 m^3 及以上 LNG 储罐及配套设施建成投产。

本工程采用分阶段投产，分阶段验收方式进行建设和运行。

本项目总体实施计划见表 4.6-4。

表 4.6-4 本项目总体实施进度计划

项目	年/季																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
勘察设计招标																														
初步设计和评审																														
施工图设计																														
施工和监理招标及施工许可																														
长周期设备和材料采购																														
长周期设备材料供货																														
4座22万方储罐及接收站工程建设																														
4座22万方储罐及接收站工程系统联调及投产																														
4座25万方及以上储罐建设及投产																														
2座25万方及以上储罐建设及投产																														

5 工程分析

5.1 施工期污染及非污染生态环境影响分析

5.1.1 施工期污染影响分析

5.1.1.1 输气管道

各平台及引桥桩基础施工通过打桩锤打桩下沉，施工时震动和挤淤导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，源强远低于管道铺设施工源强，因此不进行数模预测。

根据施工方法，本项目海底管道穿越航道段采用抓斗船预开沟方式铺设，抓斗船工作效率为 $250\text{m}^3/\text{h}$ ，源强参照公式：

$$Q=R \times M / 3600$$

Q —悬浮物源强 (kg/s)；

R —挖泥船作业效率 (m^3/h)；

M —泥沙再悬浮物率 (kg/m^3)。

其中，抓斗船抓斗充泥系数为 0.75，生产率约 $250\text{m}^3/\text{h}$ ，根据相关文献（曾建军，不同类型挖泥船作业悬浮物影响的对比分析），抓斗式挖泥船施工悬浮物泥沙的再悬浮率为 $11\sim 20\text{kg/m}^3$ ，按最不利考虑取 20kg/m^3 ，则挖泥源强为 $250 \times 20 / 3600 = 1.4\text{kg/s}$ 。根据取排水管道施工方案，海上段管道采用预挖沟铺设，悬浮物产生源强按照 1.4kg/s 计算。

本项目海底管道其余管段采用水力喷射方式铺设，埋设宽度为 1.2m ，深度为 3.2m （管径 1.2m ），铺设速度为 750m/d ，水力喷射铺设悬浮泥沙源强计算公式如下：

$$Q=L \times H \times W \times \gamma_s \times P$$

式中： Q (kg/s) 为海底悬浮泥沙强度， L 为开挖进度， γ_s 为泥沙干容重， H 为开挖深度， W 为开挖横截面宽度， P 为起沙率，即悬浮泥沙所占挖沙量比例。

泥沙干容重按照公式 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 计算， D_{50} 为表层沉积物泥沙中值粒径。根据《国家海底科学观测网东海观测子网工程海洋水文调查报告（春季）》和《国家海底科学观测网东海观测子网工程海洋水文调查报告（秋季）》，工程附近海域

底质表层以细颗粒沉积物为主，工程附近调查站位中值粒径 ϕ 值平均为 6.59，即 0.010mm，计算得到泥沙干容重为 753.4kg/m^3 。由此计算得其余管段的悬浮物源强为 $753.4\text{kg/m}^3 \times 1.2 \times 3.2 \times 750\text{m/d} \times 20\% / 24 / 3600 = 5\text{kg/s}$ 。

本项目码头基础为桩基，桩径 1.2m，壁厚约 0.02m，桩基入土深度约 40m，参考类似工程海洋环境影响报告书，本项目钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量采取如下公式进行计算：

$$M = \pi \times (0.25 \times D^2 - (0.5 \times D - d)^2) \times h \times \rho \times n$$

其中，M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：钢管桩直径，根据施工方案本项目钢管桩直径为 1.2m；

d：钢管桩厚度，根据施工方案取厚度为 0.02m；

h：桩基深度取平均值约为 40m；

ρ ：覆盖层泥沙干容重，泥沙干容重为 753.4kg/m^3 。

n：泄漏量，取 5%。

每个桩打桩施工时间约 2h。根据上述计算公式，桩基础打桩施工产生的悬浮物源强为 0.016kg/s ，计算过程如下： $3.14 \times (0.25 \times 1.2^2 - (0.5 \times 1.2 - 0.02)^2) \times 40 \times 753.4 \times 5\% / 2 / 3600 = 0.016\text{kg/s}$ 。

船舶施工作业人员的生活污水、生活垃圾；管线铺设过程焊接产生的焊接废料，作业船只产生的油污水，以及施工机械产生的噪声、尾气等，施工期产污环节见图 5.1-1。



图 5.1-1 输气管道施工产污环节分析图

(2) 陆上段输气管道

陆上输气管道分为两部分，分别为接收站-石龙景区段和大乌龟岛-小乌龟岛段。陆上段采用开挖+定向钻施工方式，施工作业带清理会对地表植被造成破坏，

管沟开挖和回填会产生一定量的弃渣，若处置不当将造成水土流失。

定向钻穿越泥浆进行回收循环利用，采用振动筛除砂，同时应采用离心机进行除泥，保证泥浆处理后的性能，维持泥浆性能的稳定。废弃泥浆采用固化深埋的方式处理。石龙山定向钻泥浆产生量约 5712m³；颗珠山水道定向钻泥浆产生量约 9386m³。

定向钻施工作业人员会产生一定量的生活污水、生活垃圾；管线铺设过程焊接产生的焊接废料，以及施工机械产生的噪声、尾气等。

（3）登陆段输气管道

本项目海底输气管道分为两部分，在石龙景区入海，大乌龟岛登陆后于小乌龟岛入海最终于上海奉贤登陆。大乌龟岛-石龙山段采用两头定向钻，中间段海管敷设方式施工。登陆方式均采用斜立管穿越。施工过程中主要污染物为施工机械产生的噪声、少量固体废弃物。

综上所述，各施工阶段悬浮物产生量统计结果见表 5.1-1。

表5.1-1 各作业阶段悬浮沙的产生量及产生速率

项目	扰动器械	路由长度 /km	扰动宽度 /m	扰动深度 /m	起沙 率	产生速率 (kg/s)
埋设作业	高压水枪	0.6	1.139	3	0.2	5.0
交越段	抓斗挖泥船	5	0.3	4	0.2	1.4

5.1.1.2 接收站

施工期会产生施工生产废水及生活污水、气态污染物如颗粒物、扬尘、车辆尾气等，噪声（施工器械如打桩机、挖掘机产生的噪声）、建筑垃圾（如焊条、废砖石等），会对附近的水环境、空气环境、声环境产生一定影响，但随着施工期的结束，施工期间的污染也随之结束。

（1）施工废气

施工期影响大气环境主要有：施工过程开挖、堆放和运输土方、使用建筑材料所产生的扬尘；施工机械和运输重型车辆的扬尘和排放的车辆尾气；设备及管道喷漆过程产生 VOCs 及焊接烟尘。

施工扬尘：类比同类项目施工现场起尘实测资料，在沙石料堆存过程中的风蚀起尘、卸料时产生的粉尘污染、道路二次扬尘、水泥拆包的粉尘污染、场地扬尘等共同作用下，未采取环保措施时，施工现场面源污染源强约为 539g/s。采取环保措施时，施工现场面源污染源强约为 140g/s。

工程器械尾气：施工期间涉及的工程机械主要包括挖掘机、推土机、装载机、叉车、压路机、摊铺机、平地机等，各器械的污染物排放（NO_x、烟尘及 VOCs）参照《第二次全国污染源普查产排污核算系数手册（试用版）》中《移动源工程机械排放系数手册》进行测算。通过合理安排工期，有效策划各工程机械的作业时间，采用高标号清洁燃料，可降低工程器械尾气对周边环境的影响。

喷漆尾气：设备、管线、储罐安装过程喷漆作业室外施工，存在无组织排放喷漆废气，本项目通过采用环保型水性油漆，可大大降低挥发性组分排放；另外由于施工现场较为空旷，扩散条件较好，预计不会对周围大气环境产生明显不利影响。

焊接烟尘：设备及管道焊接过程有焊接烟尘产生，属于无组织排放。

（2）施工污水

施工及试车期间主要废水排放为施工人员生活污水及试车期间设备及管道清洗试压废水。施工生活污水主要来自施工人员生活设施，其中主要污染物为 COD、石油类、悬浮物等。设备及管道清洗试压废水即为设备及管道的清扫和试压阶段排放的废水，废水中除含少量的铁锈等悬浮物外，没有其它污染物。

（3）施工噪声

施工中因使用各种机械工具和车辆而产生噪声污染。由于施工活动特性，施工机械型号、数量及操作时间及噪声排放强度会随施工期中变动，一般约 85~110dB(A)。

（4）施工期固体废弃物

施工期可能产生的固体废物主要包括施工过程中产生废混凝土、废钢材、废绝缘材料、废塑料等施工垃圾。施工人员生活设施产生的废物主要是生活垃圾。

5.1.1.3 码头

码头水工结构采用高桩码头结构，部分桩基选用钢管桩，覆盖层较薄处选用直桩嵌岩桩。施工过程中桩基础的施工会对底栖生物生境造成压占和破坏，造成一定数量的底栖生物生物量损失。

5.1.1.4 取排水管工程

取排水工程内容包括：取水口、取水管、取水泵房、排水管。施工船舶施工

人员的生活污水、生活垃圾，作业船只产生的油污水；陆域施工机械产生的噪声、废气，施工人员生活污水、生活垃圾等。此外，管道敷设施工会对底栖生物生境造成压占和破坏，造成一定数量的底栖生物生物量损失，见 5.1.2 节。

5.1.1.5 施工期污染物排放统计

5.1.1.5.1 海上施工

1) 机舱含油污水

机舱含油污水的主要污染物为石油类，浓度约 2500ppm。本项目施工期间施工船舶机舱含油污水产生量见表 5.1-2。

表 5.1-2 施工期间施工船舶机舱含油污水产生量表

船名	施工天数(天)	产生负荷 m ³ /(天)	产生量(m ³)
铺管船(用于平管铺设)	60	1.5	90
14000HP 拖轮(用于配合铺管船)	20	1.0	20
5000 吨自航驳(用于装载托管架和施工机具)	20	1.5	30
抛锚艇(4800HP 拖轮能力)	20	1.0	20
7000 吨自航驳(倒管船)	20	1.5	30
交通船(用于运送物资)	30	0.5	15
人员倒班船(用于运送人员)	30	0.5	15
海巡船	60	0.5	30
起重船(用于后挖沟/清管试压)	60	1.0	60
6500HP 拖轮(用于配合起重船)	30	1.5	45
抛锚艇(2600HP 拖轮能力)	30	0.5	15
3000 吨自航驳(挖沟设备、清管试压)	20	1.5	30
合计			400

本项目所使用的施工船舶为铺管船、自航驳、起重船、交通船和拖轮等施工船均配备了油污水处理装置，均可将含油污水处理达到 15mg/L。上述船舶含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制，达到如下条件的时候，才进行排放：a)船舶在航行中；b)通过船舶油污水处理装置，并达到水中含油量低于 15mg/L 之后才排放；c)禁止在特殊区域排放。

(2) 生活污水

船舶生活污水具体产生量详见表 5.1-3，生活污水主要污染物浓度见表 5.1-4，生活污水主要污染物产生量见表 5.1-5。

表 5.1-3 施工船舶生活污水产生量核算表

船名	施工人数（人）	施工天数（d）	产生负荷	产生量（m³）
铺管船（用于平管铺设）	70	60	0.1m³/ （人·d）	420
14000HP 拖轮（用于配合铺管船）	15	20		30
5000 吨自航驳（用于装载托管架和施工机具）	15	20		30
抛锚艇（4800HP 拖轮能力）	15	20		30
7000 吨自航驳（倒管船）	15	20		30
交通船（用于运送物资）	15	30		45
人员倒班船（用于运送人员）	15	30		45
海巡船	15	60		90
起重船（用于后挖沟/清管试压）	30	60		180
6500HP 拖轮（用于配合起重船）	15	30		45
抛锚艇（2600HP 拖轮能力）	15	30		45
3000 吨自航驳（挖沟设备、清管试压）	15	20		30
合计				1020

表 5.1-4 生活污水主要污染物浓度

污染物名称	SS	COD _{cr}	BOD ₅	氨氮	动植物油
浓度(mg/L)	150	300	150	25	30

表 5.1-5 生活污水主要污染物产生量

产生位置	SS	COD _{cr}	BOD ₅	氨氮	动植物油
海上施工(kg)	153	306	153	25.5	30.6

本项目施工所使用的铺管船、自航驳、起重船、交通船和拖轮等均配备相应的生活污水处理设施。本项目均在领海范围内,根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)、73/78 防污公约的相应要求,本项目施工船舶上的生活污水排入船载收集装置,生活污水委托有能力单位处置,不准排海。

(3) 固体废弃物

本项目海上施工固体废弃物主要为施工人员产生的生活垃圾,产生量见表 5.1-6。

表 5.1-6 施工船舶生活垃圾产生量核算表

船名	施工人数（人）	施工天数（d）	产生负荷	产生量（kg）
铺管船（用于平管铺设）	70	60	1.5kg/ （人·d）	6300
14000HP 拖轮（用于配合铺管船）	15	20		450
5000 吨自航驳（用于装载托管架和施工机具）	15	20		450
抛锚艇（4800HP 拖轮能力）	15	20		450
7000 吨自航驳（倒管船）	15	20		450
交通船（用于运送物资）	15	30		675
人员倒班船（用于运送人员）	15	30		675
海巡船	15	60		1350
起重船（用于后挖沟/清管试压）	30	60		2700
6500HP 拖轮（用于配合起重船）	15	30		675
抛锚艇（2600HP 拖轮能力）	15	30		675
3000 吨自航驳（挖沟设备、清管试压）	15	20		450
合计				15300

（4）废气

海域施工废气主要来自于作业船只及机械排放的柴油机尾气，主要污染物为 CO、HC、NO₂、SO₂ 等，此类废气为无组织排放，海上施工期约 60 天。

根据《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发[2018]168 号）划定的大气污染排放控制区，本项目位于长三角水域船舶排放控制区。本项目施工期间，铺管船、自航驳、起重船、交通船和拖轮等施工船舶大气污染物排放应满足该实施方案中提出的要求，控制区内自 2019 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.5%_{m/m} 的船用燃油，自 2022 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.1%_{m/m} 的船用燃油。因此，施工船舶大气污染物排放浓度较低，排放量总体不大。

（5）噪声

海上施工噪声污染源主要来源于施工船舶，由于海上施工区域距陆上敏感目标相对较远，因此海上施工噪声主要对鱼类产生一定的影响。根据类似工程，主要施工船舶噪声值见表 5.1-7。

表 5.1-7 施工船舶噪声排放情况

机械类型	产生量	水下排放量	排放方式
铺管船	1 艘	164dB	移动点源
7000 吨自航驳	1 艘	162dB	移动点源

5.1.1.5.2 陆上施工

本项目陆上施工主要为接收站、陆上输气管道埋设产生的噪声、生活污水、生活垃圾和生产废水等。

（1）废水

1）一阶段

一阶段为管道工程和 4 座 22 万 m³LNG 储罐及配套设施。

①定向钻泥浆废水

本项目定向钻穿越共 2 段，分别为石龙山景区穿越（0.9km）和颍珠山水道穿越（1.8km），泥浆总量分别为 5712m³ 和 9386m³，其中泥浆废水约 13890m³，淤泥约 1208m³。施工废水污染物以悬浮物为主。设置泥浆沉淀固化池，施工过程中的泥浆循环回用。定向钻施工完成后，剩余泥浆经沉淀、固化处理后交有资质的单位外运处置。

④ 施工污废水

主要为接收站施工产生的各类机械冲洗废水。机械冲洗废水主要含有悬浮

物、石油类等污染物，施工基地机械冲洗废水量约 $2\text{m}^3/\text{d}$ 。冲洗废水的 pH 值在 10 左右，SS 约 $1000\sim 6000\text{mg/L}$ ，石油类约 15mg/L ，浓度按最大值计算，则产生的隔油池污泥和浮油分别约为 12kg/d 和 0.03kg/d 。施工基地均需设置隔油沉淀装置，冲洗废水采取隔油沉淀处理，隔油池净尺寸为 $4.0\text{m}\times 4.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ （停留时间约 7d），钢筋混凝土结构。废水处理系统产生的沉淀污泥和隔除的浮油，均交由有资质的单位及时处理。施工废水处理后出水可全部回用于车辆冲洗、城市绿化和建筑施工等。

本项目陆域管道施工区各类机械产生少量机械冲洗废水，施工机械冲洗废水量约 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，产生的隔油池污泥和浮油分别约为 3kg/d 和 0.008kg/d 。施工区设置隔油沉淀装置，冲洗废水采取隔油沉淀处理。废水处理系统产生的沉淀污泥和隔除的浮油，均交由有资质的单位及时处理。施工废水处理后出水可全部回用于车辆冲洗、城市绿化和建筑施工等。

本项目采用液压实验进行试压，管道试压每公里用水量约为 750m^3 ，浙江段管道试压水总量为 10200m^3 。试压水为清洁水，清管后试压水无污染，经检验达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中二级标准后，在试压末端就近排放，排放位置见附图 2-4，石龙山景区入土点拟排放至雨水管网。一阶段接收站内储罐试压用水量为 9800m^3 ，达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)二级标准后在接收站排放。

表 5.1-8 管道试压水排放情况

分段水压试验编号	项目	间距(km)	水压充水位置	试压水排放量 (m^3)
1	LNG 清管发送区-石龙山景区西侧	7.1	LNG 清管发送区	5325
2	石龙山景区穿越	0.9	石龙山定向钻入土点	750
	石龙山景区穿越出土点-颗珠山水道穿越入土点	0.1		
3	颗珠山水道穿越	1.8	颗珠山水道穿越入土点	3525
	颗珠山水道穿越出土点-大乌龟岛登陆点	2.9		
4	大乌龟岛登陆点-小乌龟岛入海点	0.8	大乌龟岛登陆点	600

⑤ 施工人员生活污水

本项目陆上施工人员生活污水来源于接收站施工区现场人员产生的生活污水，这部分生活污水经生活污水处理装置处置后回用。根据工程可行性研究报告，接收站施工人数约 200 人，根据《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数

手册》，施工人员生活污水产生量按 164L/人·d 计算，每日约排放生活污水 32.8m³，施工天数约 26 个月，总量约 25584m³。

陆上管道施工生活污水主要来自定向钻施工区的施工营地，施工人员约 60 人，每人每天生活用水量按 164L/d 计，污水产生量约 9.84t/d。根据施工方案，定向钻施工天数约为 60 天，则施工期陆域定向钻生活污水总量为 590.4m³。生活污水收集后处置回用。

生活污水主要污染物产生量见表 5.1-9。

表 5.1-9 生活污水主要污染物产生量

污染物名称	SS	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	动植物油
浓度 (mg/L)	150	300	150	25	30
接收站施工 (kg/d)	4.92	9.84	4.92	0.82	0.98
陆域管道施工 (kg/d)	1.48	2.95	1.48	0.25	0.30

2) 二、三阶段

①施工污废水

主要为 LNG 储罐及配套设施施工产生的各类机械冲洗废水。施工基地机械冲洗废水量约 2m³/d。隔油池污泥和浮油分别约为 12kg/d 和 0.03kg/d。隔油沉淀装置依托一阶段设施。废水处理系统产生的沉淀污泥和隔除的浮油，均交由有资质的单位及时处理。施工废水处理后出水可全部回用于车辆冲洗、城市绿化和建筑施工等。

二阶段接收站内储罐试压用水量为 11100m³，三阶段接收站内储罐试压用水量为 5500m³，达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)二级标准后在接收站排放。

②施工人员生活污水

二、三阶段生活污水来源于 LNG 储罐及配套设施施工区现场人员产生的生活污水，这部分生活污水经污水处理装置处置后回用。根据工程可行性研究报告，二阶段施工人数约 60 人，根据《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》，施工人员生活污水产生量按 164L/人·d 计算，每日约排放生活污水 9.84m³，施工天数约 36 个月，总量约 10627.2m³。三阶段施工人数约 40 人，根据《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》，施工人员生活污水产生量按 164L/人·d 计算，每日约排放生活污水 6.56m³，施工天数约 36 个月，总量约 7084.8m³。生活污水主要污染物产生量见表 5.1-10。

表 5.1-10 生活污水主要污染物产生量

污染物名称	SS	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	动植物油
浓度 (mg/L)	150	300	150	25	30
二阶段施工 (kg/d)	1.48	2.95	1.48	0.25	0.30
三阶段施工 (kg/d)	0.98	1.97	0.98	0.16	0.20

(2) 固体废弃物

1) 一阶段

接收站、码头施工产生的固体废弃物主要为施工人员生活垃圾。陆上施工高峰期施工人数约 200 人，施工人员生活垃圾产生量按 0.5kg/人·d 计算，每日约产生生活垃圾 100kg，施工天数约 26 个月，总产生量约 78t，施工人员生活垃圾集中收集后均由环卫部门定时清运。

陆域管道施工施工人数约 60 人，施工人员生活垃圾产生量按 0.5kg/人·d 计算，每日约产生生活垃圾 30kg，施工天数约 6 个月，总产生量约 5.4t，施工人员生活垃圾集中收集后均由环卫部门定时清运。定向钻泥浆经沉淀后产生的干泥施工干泥约 1208m³，交由有资质的单位及时处理。

此外，管沟开挖土方量约 39 万方，本项目清管作业会产生少量粉尘和焊渣等固体废物。

2) 二、三阶段

二、三阶段接收站储罐施工产生的固体废弃物主要为施工人员生活垃圾。二阶段施工人数约 60 人，施工人员生活垃圾产生量按 0.5kg/人·d 计算，施工天数约 36 个月，总产生量约 32.4t；二阶段施工人数约 40 人，施工人员生活垃圾产生量按 0.5kg/人·d 计算，施工天数约 36 个月，总产生量约 21.6t。施工人员生活垃圾集中收集后均由环卫部门定时清运。

(3) 废气

施工期影响大气环境主要有：施工过程开挖、堆放和运输土方、使用建筑材料所产生的扬尘；施工机械和运输重型车辆的扬尘和排放的车辆尾气；设备及建筑物内管线喷漆过程产生 VOCs 及焊接烟尘。

施工扬尘：类比同类项目施工现场起尘实测资料，在沙石料堆存过程中的风蚀起尘、卸料时产生的粉尘污染、道路二次扬尘、水泥拆包的粉尘污染、场地扬尘等共同作用下，未采取环保措施时，施工现场面源污染源强约为 539g/s。采取

环保措施时，施工现场面源污染源强约为 140g/s。

工程器械尾气：施工期间涉及的工程机械主要包括挖掘机、推土机、装载机、叉车、压路机、摊铺机、平地机等，各器械的污染物排放（NO_x、烟尘及 VOCs）参照《第二次全国污染源普查产排污核算系数手册（试用版）》中《移动源工程机械排放系数手册》进行测算。通过合理安排工期，有效策划各工程机械的作业时间，采用高标号清洁燃料，可降低工程器械尾气对周边环境的影响。器械尾气均为无组织排放，扩散面积大、排放污染物总量小，对周围环境影响较小，本次评价不定量分析。

喷漆尾气：设备、建筑物内管线、储罐安装过程喷漆作业室外施工，存在无组织排放喷漆废气，本项目通过采用环保型水性油漆，可大大降低挥发性组分排放；另外由于施工现场较为空旷，扩散条件较好，预计不会对周围大气环境产生明显不利影响。

焊接烟尘：设备及管道焊接过程有焊接烟尘产生，属于无组织排放。

（4）噪声

1）一阶段

接收站施工主要施工设备有钻孔桩、液压静压桩机、旋挖机、挖掘机、汽车吊、履带吊、渣土车、推土车、压路机等，施工机械噪声主要位于工程现场和施工基地，根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）以及《噪声与振动控制工程手册》（马大猷主编，机械工业出版社）2 篇“噪声源”章节 2.6“建筑施工机械噪声”中的数据，上述施工机械最大声级一般在 70~90dB（A）之间。

表 5.1-11 主要施工机械噪声源强一览表

序号	噪声源	最大声级 dB（A）	测点与声源距离（m）
1	钻孔桩机	84.3	3
2	液压静压桩机	70~75	5
3	旋挖机	82~90	5
4	挖掘机	82	10
5	汽车吊	73	15
6	履带吊	71.5	15
7	渣土车	78	10
8	推土车	83~88	5
9	压路机	80~90	5
10	叉车	76	8
11	切割机	88	1
12	锤击桩机	85	15

陆域管道开挖和定向钻施工主要施工设备有水平定向钻、发电机、泥浆泵、挖掘机、振动棒、自卸汽车等，施工机械噪声主要位于工程现场和施工基地，根

据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）以及《噪声与振动控制工程手册》（马大猷主编，机械工业出版社）2 篇“噪声源”章节 2.6“建筑施工机械噪声”中的数据，上述施工机械最大声级一般在 66~81dB（A）之间。

表 5.1-12 主要施工机械噪声源强一览表

序号	机械设备名称	噪声源强（距声源 10m）
1	水平定向钻	66
2	发电机	79
3	挖掘机	82
4	泥浆泵	87
5	振动棒	81
6	自卸汽车	78

2) 二、三阶段

二、三阶段施工主要施工设备有钻孔桩、液压静压桩机、旋挖机、挖掘机、汽车吊、履带吊、渣土车、推土车、压路机等，施工机械噪声主要位于工程现场和施工基地，根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）以及《噪声与振动控制工程手册》（马大猷主编，机械工业出版社）2 篇“噪声源”章节 2.6“建筑施工机械噪声”中的数据，上述施工机械最大声级一般在 70~90dB（A）之间。

表5.1-13 主要施工机械噪声源强一览表

序号	噪声源	最大声级 dB（A）	测点与声源距离（m）
1	钻孔桩机	84.3	3
2	液压静压桩机	70~75	5
3	旋挖机	82~90	5
4	挖掘机	82	10
5	汽车吊	73	15
6	履带吊	71.5	15
7	渣土车	78	10
8	推土车	83~88	5
9	压路机	80~90	5
10	叉车	76	8
11	切割机	88	1
12	锤击桩机	85	15

表 5.1-14 施工期污染物排放情况统计表

污染因素	项目	产生量	主要污染因子	处理方式	排放去向
悬浮沙	高压水枪	5.0kg/s	SS	无	海水
	抓斗挖泥船	1.4kg/s			
废气	船舶发动机尾气	-	NO ₂ 、SO ₂	无	大气环境
	陆域施工废气	-	TSP、NO ₂ 、SO ₂	无	大气环境
废水	船舶生活污水	1020 m ³	SS、COD _{cr} 、BOD ₅ 、氨氮、动植物油	交由有能力单位处置	/
	泥浆	15098t	悬浮物	收集干化集中处理	外运处置
	机舱含油污水	400m ³	石油类	交由有资质单位处置	外运处置
	接收站生活污水	25584m ³ /10627.2 m ³ /7084.8 m ³	SS、COD _{cr} 、BOD ₅ 、氨氮、动植物油	处理，回用	回用
	陆域管道生活污水	590.4 m ³	SS、COD _{cr} 、BOD ₅ 、氨氮、动植物油	处理，回用	回用
	接收站生产废水	1560m ³ /2160 m ³ /2160 m ³	SS、石油类	按照规定处理达标后回用	回用
	陆域管道生产废水	30m ³	SS、石油类	按照规定处理达标后回用	回用
固体废物	船舶生活垃圾	15300kg	食品废弃物	收集运回港口处理	运回港口
	其他垃圾	少量	/	收集	外运处置
	接收站生活垃圾	78t/32.4t/21.6t	生活垃圾	收集	外运
	陆域管道生活垃圾	5.4t	生活垃圾	收集	外运
	管沟开挖	约 39 万方	土方	/	外运处置
	定向钻干泥	1208m ³	/	收集	外运处置
施工噪声	海域施工船舶	162~164dB	0	162~164dB	/
	陆域施工机械	75~84dB(A)	0	75~84dB(A)	/

5.1.2 施工期非污染生态影响分析

（1）输气管道（正常埋设段）作业对底栖生物的影响

海底输气管道埋设采用后冲埋方式施工，会对底栖生物生境产生破坏。本项目海底管道长 32.6km，其中正常埋设段 30.3km，冲埋宽度为 1.2m，则海管埋设破坏底栖生境面积为 3.636hm²。

（2）输气管道（预开沟埋设段）作业对底栖生物的影响

海底输气管道在穿越临港航道需采用预开沟方式施工，预开沟长度分别为 2km，预开沟宽度为 41m，则海缆预开沟施工造成底栖生境破坏面积约为 8.2hm²。

（3）输气管道交越段水泥压块对底栖生物的影响

海底管道与现有海底管道、电缆/光缆存在 3 处交越，交越处已建管道 200m 范围内（电缆 50m 范围内）采用高压水力喷射挖沟，海缆交越临时占用潮下带

底栖动物面积为 $400 \times 5 + 100 \times 5 \times 2 = 3000\text{m}^2$ 。交越处采用 5m 宽、300mm 厚水泥压块压覆，海缆交越水泥压块永久占用潮下带底栖动物面积为 $100 \times 5 \times 3 = 1500\text{m}^2$ 。

（4）输气管道（陆域埋设段）作业对地表植被的影响

陆域输气管道总长 10.7km，其中采用开沟埋设工艺施工长度为 7.8km（石龙山景区穿越段、颍珠山水道穿越段分别长 0.9km 和 1.8km，采用定向钻穿越工艺），管沟开挖宽度为 6m，则陆域埋设段施工造成地表植被影响面积约为 4.68hm^2 。

（5）码头工程、堤岸工程、取排水工程对底栖生物的影响

本项目码头引桥桩基础占用面积为 $63 \times 3 \times 3.14 \times 0.6^2 = 213.65\text{m}^2$ ；码头平台、系缆墩及靠船墩占用潮下带底栖动物面积为 $30 \times 3 \times 3.14 \times 0.6^2 + 3 \times 4 \times 3.14 \times 1.5^2 + 3 \times 3 \times 3.14 \times 0.75^2 + 4 \times 5 \times 3.14 \times 0.75^2 = 240.66\text{m}^2$ 。

接收站取水自流管永久占用面积为 $4 \times 2.2 \times 290 = 2552\text{m}^2$ ；接收站排水管永久占用面积为 $2 \times 3.0 \times 105 = 630\text{m}^2$ 。

（6）施工悬浮物对海洋生态的影响

海底输气管道埋设施工产生悬浮物对浮游植物的影响主要为：悬浮物的含量增高，增大了水体的消光系数降低光线射深度，可减低海水的透光率，一方面影响浮游植物的光合作用，在一定程度上影响水体的浮游植物的生长与繁殖，降低了海洋初级生产力；另一方面，由于悬浮物快速下沉，有部分浮游植物被携带而随之下沉，使水体中浮游植物遭受一定的损害。

悬浮物对浮游动物的影响主要表现在：一是对海水悬浮泥沙浓度的增加，可导致海水透明度和光照下降，将对浮游动物的繁殖和生长造成较大的影响，进而造成浮游动物的生物量降低；二是掀起的泥沙使海水中悬浮物含量的增高，悬浮物含量增多对浮游动物的存活和繁殖有明显的抑制作用，过量悬浮固体使其食物过滤系统和消化器官受到阻塞而导致死亡。

（7）对鱼类的影响

海底输气管道埋设过程会产生悬浮物扩散，降低水体透明度和溶解氧含量，进而对鱼类尤其是幼体产生影响；同时对底栖鱼类产生驱赶。

5.2 运营期污染及非污染生态影响分析

5.2.1 废水

接收站运营期间产生的废水主要包括海水冷排水、含油生产污水、生活污水及 SCV 排水（间歇）。本项目 LNG 运输船为外籍船舶，产生的生活污水和机舱含油污水由船舶自行处理，处理合格后外海排放。本项目装船作业为 LNG 运输备选方案，仅在输气管道无法正常保供上海时，采取运输船装船短途行驶方式保供，运输船空船装船，无压载水排放。因此，LNG 运输船和装船作业均无压舱水排放。由于运行期二、三阶段均为储罐扩建工程，污废水相较一阶段无增加。

① 海水冷排水

本项目共设置 8 台 IFV 气化器，IFV 单台能力为 210t/h，以适应本项目接收站终端所需的再气化能力，海水首先与中间介质丙烷进行换热，然后丙烷与 LNG 进行换热，在热交换过程中海水吸收冷能从而温度降低，为控制冷排水温降对水生生物产生的影响，本项目冷排水温降幅度控制在 5℃以内。

海水微生物杀生方案采用 EGD 非氧化性杀生剂，根据 EGD 供货商资料，EGD 为非氧化性双长链脂肪胺类杀菌剂（不含磷元素），分子量为 180~220；取水泵房自动投加，投加量为取水流量的 0.007‰（质量比），投加后接收站内海水系统中浓度控制在 8mg/L。产品成分 99%取自天然产物，快速且完全的生物分解，因药剂中不含磷，不会引起排海口附近海域海水中磷增加。IFV 气化器冷排水排放量为 67200m³/h，氨氮排放量约 9.00kg/h。

② SCV排水

SCV 气化器仅在应急备用及极端低温条件下需补充气化能力的工况下投用。

根据上海 LNG 接收站运行数据，SCV 气化器全年投用频率低，每三个月测试一次，测试时间持续 2h，测试期间不排水。

若 SCV 气化器在极端低温或应急调峰时长时间连续运行，会产生工艺废水，单台 SCV 气化器工艺废水产生量为 5m³/h，两台 10m³/h，SCV 气化器排水属于清净下水，作为清洁下水直接排海。

③ 生产污水

柴油储罐及柴油泵区、维修车间、槽车装车区地面冲洗水，主要污染物为石油类和悬浮物，间歇排放。含油污水产生量约 2~3m³/次，根据工艺装置废水排

放分析，油污水最大排放量约为 $5\text{m}^3/\text{d}$ 。油污水处理系统设计处理能力为 $1\text{m}^3/\text{h}$ 。根据上海 LNG 接收站一阶段工程运行现状，含油污水排放量较少，运行时基本不排放。本项目设置生产污水调节池，监测污水中石油类浓度低于 20mg/l 时，生产污水直接泵入生活污水处理系统综合处理；否则送生产污水预处理系统除油处理，处理后废油委托有资质单位处置。

④ 生活污水

接收站、码头、厂前区等人员密集活动场所产生的生活污水，主要污染物为 COD、氨氮、 BOD_5 、TN、TP 及 SS 等。根据接收站岗位设置及定员，生活污水排放量约为 $30\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水经污水处理设施处理后全部回用。

⑤ 初期污染雨水

污染区域的初期污染雨水应收集，收集量按污染区域面积与 30mm 降雨深度测算；污染成分包括石油类物质和悬浮物等。接收站内的污染区域为柴油罐四周防火堤内及柴油泵小围堰内地面区域，初期污染雨水量约 $4.5\text{m}^3/\text{次}$ ，初期雨水收集后直接送含油污水调节池，不单独设初期雨水池。

⑥ 船舶生活污水、船舶油污水

根据马可波罗公约，本项目所有 LNG 运输外轮均具备油污水和生活污水处理装置，其在 LNG 卸货过程中不排水（停泊时间一般为 24 小时）。根据海关总署颁布的《中华人民共和国海关进出境运输工具监管办法》，运输工具服务企业提供服务过程中需要接受海关监管，且根据目前的防疫形势和《国际航行船舶出入境检验检疫管理办法》等法律法规规定，应尽量减少外轮及相关人员的介质接触，目前 LNG 接收站均不接受外轮生活垃圾和污水。因此针对 LNG 运输外轮，本项目不在码头区域设置生活污水、船舶油污水接收装置。

针对其他辅助船舶，建设单位在码头配备船舶生活污水和油污水接收装置。

本项目废水排放情况见表 5.2-1。

表 5.2-1 废水排放表

序号	区域	污染源名称	排放量	处理前污染物名称及浓度	排放规律	处理方法及去向
1	接收站	生活污水	~30m ³ /d	COD _{Cr} : ~400mg/l、 BOD ₅ : ~200mg/l、 SS: ~200mg/l NH ₃ -N: ~40mg/l、 TP: ~5 mg/l	间歇	处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准后，回用
2		设备维修、地面冲洗水	5m ³ /d	石油类: 50~200 mg/l、 COD _{Cr} : 500 mg/l	间歇	根据上海 LNG 接收站一阶段工程运行现状，含油污水排放量较少，运行时基本不排放。本项目设置生产污水调节池，监测污水中石油类浓度低于 20mg/l 时，生产污水直接泵入生活污水处理系统综合处理；否则送生产污水预处理系统除油处理，处理后废油委托有资质单位处置。
3		初期雨水	~4.5m ³ /次	石油类: ~100 mg/l	间歇	
4		IFV 气化器冷排水	67200m ³ /h	温差: <5℃	连续	直接排海
5		SCV 气化器	10m ³ /h(max)	清净下水，含少量 Na ₂ CO ₃	间歇	仅在 SCV 气化器使用时排放，直接排海

5.2.2 废气

5.2.2.1 正常工况

(1) 工艺废气

正常工况下，BOG 回收不外排，本项目运行期工艺废气为火炬长明灯燃烧废气和 LNG 装卸和设备管道阀门、接口、法兰等处产生的无组织泄漏废气。

长明灯使用的燃料为天然气，燃烧产物主要为 H₂O、CO₂，还有少量的 NO_x、SO₂ 以及 TSP 等，根据设计单位提供的资料，参考现有工程火炬排放参数，NO_x、SO₂ 以及 TSP 排放浓度分别为 103mg/m³、8mg/m³、15mg/m³，烟气量为 140 m³/h，排放速率分别为 0.18kg/h、1.44×10⁻³kg/h、2.70×10⁻³kg/h，排放量分别为 0.162t/a、0.0126t/a、0.0236t/a。

(2) 食堂油烟废气

接收站内设置员工食堂，食堂烹饪煎炒时会有油烟废气产生。油烟废气经油烟净化器过滤处理后排放室外，由于排放量小，经处理后油烟废气排放浓度低，不高于《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）中餐饮油烟 2.0mg/m³ 的排放限值。

(3) 无组织废气

项目 LNG 装卸及储存过程中产生的蒸发气通过蒸发气回收系统进行回收，因此项目 BOG 基本不外排。码头及接收站产生的无组织排放主要来自设备阀门及管道、法兰接口处的挥发及储罐等处的 LNG 挥发。

LNG 的动静密封损耗主要发生在气体阀门处，根据设计资料及同类项目类比，现有工程动静密封点数量约 15000 个，根据《石油化业 VOCs 污染源排查工作指南》中相关方程法的设备泄漏系数，以及泄漏检测报告泄漏点附近浓度记录，法兰或连接件排放系数 E (kg/h/排放源) 按 $3.05 \times 10^{-6} \times c^{0.885}$ 计算 (c 为泄漏点附近浓度, ppm)，阀门排放系数 E (kg/h/排放源) 按 $1.87 \times 10^{-6} \times c^{0.873}$ 计算，零值排放速率为 6.1×10^{-7} kg/h/排放源 (法兰) 和 6.6×10^{-7} kg/h/排放源 (阀门)，根据合同资源国 LNG 天然气产品规格，甲烷含量约 90.82%，非甲烷总烃含量约为 8.91%，本项目工 NMHC 无组织排放量约为 0.008t/a~3t/a。

根据《排污许可证申请与核发技术规范 石化工业》(HJ853-2017) 中设备与管线组件密封点泄漏挥发性有机物系数，取法兰处泄漏速率 0.044kg/h/排放点，气体阀门 0.24kg/h/排放点。根据泄漏检测报告泄漏点记录，每季度检查中平均发现有 22 个密封点有轻微泄漏，泄漏点均为法兰处，现有工程 NMHC 无组织排放约为 $0.044 \times 22 \times 8760 \div 1000 \times 0.0891 = 0.756$ t/a。

类比现有工程，现有工程最大接卸能力为 300 万 t/a，实际接卸量为 200-260 万 t/a，共 3 个储罐，4 套 IFV 系统。本项目接收站共 10 个储罐，8 套 IFV 系统，本项目工 NMHC 无组织排放量约为 1.512t/a，排放速率为 0.173kg/h。

表 5.2-2 正常工况有组织废气排放表

序号	污染源名称	排放量	污染物浓度 mg/m ³			污染物产生量 t/a			处理措施	备注
			NO _x	SO ₂	TSP	NO _x	SO ₂	TSP		
1	火炬长明灯	140 Nm ³ /h	103	8	15	0.162	0.0126	0.0236	高空排放	H=120m T=800℃ D=1m
2	食堂油烟	少量	103	8	8				油烟净化器处理后排放	H=15m T=100℃ D=0.4m 4h/天

表 5.2-3 正常工况无组织废气排放表

序号	污染源	面源海拔高度 m	面源有效排放高度 m	年排放时长 h	排放量	排放速率 kg/h
					t/a	NMHC
1	接收站站场无组织废气	0	2	8760	1.512	0.173

5.2.2.2 非正常工况

本次评价的非正常工况包括极低温下 SCV 使用产生的废气、清管作业、火

炬放空以及柴油发电机组投用。SCV 使用为极端天气下保证天然气正常输送补充气化能力采取的措施；清管作业为管道清理维护作业，火炬放空指管道检修作业，均会排放出管道内少量天然气，且属于瞬时高空排放，柴油发电机组在接收站内突发停电事故时短时投用，以上非正常工况不会同时发生。

根据现有工程近五年运行情况，SCV 投入运行的时长分别为 2017 年 142h，2018 年 160h，2019 年 806h，2020 年 82h，2021 年 54 小时，SCV 仅在极端天气下投入使用。

本项目设两条火炬管线：一条与 BOG 总管相连，即当 LNG 储罐压力达到 26kPa(G)时控制阀打开，超压部分气体排入火炬系统，该火炬系统用于处理接收站内 BOG 超压排放气；另一条火炬管线与下游输气管道相连，即当下游输气管道发生故障和停产检修时，输气管道中的高压天然气经压力调节减压后进入火炬系统，该火炬用以处理输气管道故障或停产检修工况时的排放气。火炬分成两个独立系统分开泄放，两系统共用 1 座火炬塔架。参考其他 LNG 接收站工程，清管作业时间一般为 0.25h、火炬放空检修时间一般为 1h。

柴油发电机组消耗柴油速率最大为 $2\text{m}^3/\text{h}$ ，约 $1.7\text{t}/\text{h}$ ，参考《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》中柴油锅炉燃烧柴油的产污系数，含硫率取 0.8%， NO_x 、 SO_2 以及 TSP 排放速率分别为 $6.239\text{kg}/\text{h}$ 、 $25.84\text{kg}/\text{h}$ 、 $0.442\text{kg}/\text{h}$ ，烟气量为 $54000\text{m}^3/\text{h}$ ， NO_x 、 SO_2 以及 TSP 排放浓度分别为 $115\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $477\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $8.17\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 5.2-4 非正常工况废气排放表

序号	污染源名称	排放量 m³/h	污染物浓度 mg/m³			污染物产生量 kg/h			处理措施	备注
			NO _x	SO ₂	TSP	NO _x	SO ₂	TSP		
1	SCV	94680	50	8	8	4.734	0.76	0.76	直接排放	H=32m T=25℃ D=2.5m
2	柴油发电机	54000	115	477	8.17	6.239	25.84	0.442	直接排放	H=10m T=500℃ D=0.8m
序号	污染源名称	排放量	污染物浓度 mg/m³			污染物产生量 kg/h				
			NMHC			NMHC				
3	清管作业	120	69.6			8.35			高空排放	H=120m T=0℃ D=1m
4	火炬放空	32000	69.6			2227.5			高空排放	H=120m T=0℃ D=1m

5.2.2.3 事故工况

接收站储罐事故或输气管道事故时，接收站事故火炬泄放量约 195t/h，输气管道工程事故火炬泄放量约 140t/h，均为冷排放，主要污染物为天然气。

表 5.2-5 事故工况废气排放表

序号	污染源名称	排放量 m ³ /h	污染物浓度	污染物产生量	备注	
			天然气	天然气		
1	接收站事故放空	1.95×10 ⁶	-	195/h	高空排放	H=120m T=-100℃ D=1m
2	管道事故放空	1.56×10 ⁶	-	140t/h	高空排放	H=120m T=-100℃ D=1m

5.2.3 固体废弃物

生活垃圾：按照人均每天产生量 1kg 计算，生活垃圾产生量约为 160kg/d，全年运行时间 365 天，生活垃圾量 58.4t/a，生活垃圾由环卫部门统一处置。

生化污泥：生活污水处理系统运营过程产生污泥委托城市环卫部门采用吸粪车抽吸外运，生化污泥年产生量约为 45m³（含水率~98%）。

危险废物：油污水处理系统分离的污油、压缩机废液压油、废油漆包装桶等。本项目油污水处理系统分离的污油约 1t/a，压缩机废液压油产生量约 1.5t/a，含油抹布产生量约 0.2t/a，分析化验实验室废液约 1t/a，废油漆包装桶产生量约 2t/a。

海水取水泵房过滤物：海水取水泵房内设置的格栅清污机将截留大块物体，旋转滤网会过滤海水中细小悬浮物和泥沙，产生海水取水泵房过滤物。根据海水取水规模，本项目海水取水泵房过滤物产生量约为 50t/a。

运行期 LNG 外轮船舶生活垃圾等固体废物，由船舶自行处置。

针对其他辅助船舶，本项目在码头区域设置生活垃圾接收装置予以接收。

本项目接收站工程工艺装置固体废弃物排放情况见表 5.2-6。

表5.2-6 固体废弃物排放表

序号	污染源名称	产生工序	排放量 t/a
1	生活垃圾	设备维护	58.4
2	生化污泥	污水处理	45（98%含水率）
3	污油	油污水预处理	1
4	废液压油	设备维护	1.5
5	含油抹布	设备维护	0.2
6	实验室废液	实验室	1
7	油漆包装桶	设备维护	2
8	过滤物	海水过滤	50

根据《国家危险废物名录》、《危险废物鉴别技术规范》以及《危险废物鉴别

标准》进行判定，本项目固废属性判定结果见表 5.2-7。

表5.2-7 固体废物属性判定表

序号	污染源名称	产生工序	成分	是否属于危险废物	废物代码	危险特性
1	生活垃圾	设备维护	纸、塑料等	否	-	-
2	生化污泥	污水处理	污泥	否	462-001-62	-
3	污油	油污水预处理	污泥	是	900-210-08	T, I
4	废液压油	设备维护	矿物油	是	900-218-08	T, I
5	含油抹布	设备维护	废抹布、油	是	900-041-49	T, In
6	实验室废液	实验室	酸碱溶剂等	是	900-047-49	T/C/I/R
7	油漆包装桶	设备维护	油漆、金属	是	900-249-08	-
8	过滤物	海水过滤	泥沙等	否	900-999-61	T, I

表5.2-8 固体废物汇总表

序号	污染源名称	产生工序	成分	属性	废物代码	危险特性	产废周期	产生量 t/a	去向
1	生活垃圾	设备维护	纸、塑料等	一般固废	-	-	每天	58.4	环卫部门清运
2	生化污泥	污水处理	污泥	一般固废	462-001-62	-	每天	45	
3	污油	油污水预处理	污泥	危险废物	900-210-08	T, I	间歇	1	委托有资质单位处置
4	废液压油	设备维护	矿物油	危险废物	900-218-08	T, I	间歇	1.5	
5	含油抹布	设备维护	废抹布、油	危险废物	900-041-49	T, In	间歇	0.2	
6	实验室废液	实验室	酸碱溶剂等	危险废物	900-047-49	T/C/I/R	间歇	1	
7	油漆包装桶	设备维护	油漆、金属	危险废物	900-249-08	-	间歇	2	
8	过滤物	海水过滤	泥沙等	一般固废	900-999-61	T, I	每天	50	环卫部门清运

5.2.4 噪声

接收站噪声主要来自站内各种机泵、BOG 压缩机、空压机及安全阀放空（偶发）等。噪声排放见表 5.2-9。

表 5.2-9 噪声排放一览表

工况	序号	主要噪声源	数量/台套	5m 处噪声级/dB (A)	发生规律	治理措施
正常工况	1	罐内 LNG 低压泵	一阶段：12	~80	连续	罐体隔声、消声
			二阶段：12			
			三阶段：6			
	2	LNG 储罐装船泵	一阶段：4	~80	间歇	隔音处理
	3	BOG 压缩机	4	~90	连续	减振
	4	高压 LNG 输送泵	9	~85	连续	减振
	5	工艺海水泵	9	~85	连续	基础减振，室内安装
	6	空气压缩机	2	~90	连续	基础减振、室内安装、安装消音器
	7	IFV 气化器	8	85~90	连续	基础减振
	8	SCV 气化器配套鼓风机	2	~85	间歇	基础减振

工况	序号	主要噪声源	数量/台套	5m 处噪声级/dB (A)	发生规律	治理措施
	9	其他机泵	若干	~80	连续	基础减振
非正常工况	10	火炬	1 个火炬塔架, 2 个火炬筒	~105	间歇	基础减振
	11	储罐安全阀	一阶段 4、二阶段 4、三阶段 2	~100	间歇	基础减振
	12	气化器安全阀	8	~100	间歇	基础减振
事故工况 1	13	柴油发电机组	1	~90	检修	室内安装、基础减振
事故工况 2	14	海水消防泵	2 开 2 备	~80	事故	室内安装、基础减振

5.2.5 污染物排放统计

本项目建成后三本账见表5.2-10。

表 5.2-10 项目建成 “三本账”

类型	污染源	污染物	单位	排放量	本项目排放量	以新带老削减量	总体工程排放量	排放增减量
废水	冷排水	水量	万 m ³ /a	14787	2025~2034 年 13332/2035 年后 26400	0	2025~2034 年 28119/2035 年后 41187	2025~2034 年 13332/2035 年后 26400
	废水(生活污水+含油废水)	水量	m ³ /a	11862.5	12775	0	24637.5	12775
	SCV	水量	m ³ /h	15	10	0	25	10
废气	火炬长明灯	NO _x	t/a	0.13	0.162	0	0.292	0.162
		SO ₂	t/a	0.01	0.0126	0	0.0226	0.0126
	无组织	CH ₄	t/a	7.71	15.41	0	23.12	15.41
		NMHC	t/a	0.756	1.512	0	2.268	1.512
固体废物	生产固废	一般固废	t/a	2	95	0	97	95
	生活垃圾	一般固废	t/a	43.8	58.4	0	102.2	58.4
	含油废物	危险废物	t/a	2.0	5.7	0	7.7	5.7

5.3 环境影响要素识别和评价因子筛选

5.3.1 环境影响因素识别

5.3.1.1 生态环境影响

本项目对生态环境的影响主要体现在施工期，影响要素主要表征为管沟开挖、管道穿跨越、站场建设施工阶段，带来对土地表层的扰动、地貌改变、地表植被的破坏、土地利用格局变化；施工临时道路、作业带占用土地，水土流失和地表植被破坏。

运行期生态环境影响，主要为冷排水排放对局部海域水生生态的影响。

5.3.1.2 土壤环境影响

本项目对土壤环境的影响主要表现为各项施工活动对土壤的占压和破坏，包括重型施工机械的碾压、施工人员的践踏、土体的扰动等。

5.3.1.3 大气环境影响

- (1) 施工机械车辆等设备排放的废气；
- (2) 施工产生的扬尘；
- (3) 运营期站场无组织排放非甲烷总烃；
- (4) 运营期非正常工况下经放空立管排放天然气。

5.3.1.4 声环境影响

- (1) 施工期施工机械产生的机械噪声；
- (2) 运营期站场内的设备产生的机械噪声及站场输气产生的机械噪声。

5.3.1.5 固体废物影响

- (1) 施工期产生的弃土（渣）、废弃泥浆、施工垃圾和生活垃圾；
- (2) 运营期清管检修作业产生的清管废物、废含油抹布、站场职工产生生活垃圾。

5.3.1.6 海洋环境影响

在海岸线以下区域开挖铺设输气管道搅起的海底泥沙导致悬浮沙浓度增高，施工船舶排放船舶污染物对海水水质和海洋生物造成影响、穿越施工、码头建设等施工活动“三废”排放可能对海洋水环境以及海洋生态环境造成的影响。

运营期由于管道敷设在地下，进行密闭输送，管道进行防腐处理，正常情况下，不会有污染物排放，对海洋环境影响主要为冷排水排放对海洋生态和渔业资源的影响。

本项目环境影响识别见表 5.3-1，环境影响要素识别见表 5.3-2。

本项目施工期、运行期具体环境影响要素识别见表 5.3-1。

表 5.3-1 环境影响因素识别表

阶段	工程建设活动	环境影响内容
施工期	1 站场、阀室建设	①永久占地，改变土地利用功能； ②破坏地表植被。
	1.1 施工机械运行	产生机械废气和机械噪声。
	1.2 施工人员活动	产生生活污水、生活垃圾。
	2 陆上管线敷设	临时占用部分土地，短期影响土地的使用功能或类型。
	2.1 管沟开挖与回填	①破坏施工作业带内的土壤、植被和区域景观； ②可能产生废弃土石方，且堆放不当易引起水土流失； ③运输、挖填作业中产生施工扬尘。
	2.2 原材料运输	①运输车辆产生燃油尾气、噪声和扬尘； ②临时料场占用土地，短期影响土地的使用功能或类型。
	2.3 施工机械操作	产生机械燃油尾气和机械噪声。
	2.4 施工便道建设	临时占用部分土地。
	3 穿越工程施工	临时占用部分土地，短期影响土地的使用功能或类型；有少量的施工机械或设备含油污水产生。
	3.1 穿越石龙景区	①定向钻方式穿越景区会产生一定的废弃泥浆和碎石岩屑，堆放或处理不当，可能占用土地； ②施工机械在运转过程中产生噪声污染和废气。
	3.2 穿越颗珠山水道	①定向钻方式穿越水道会产生一定的废弃泥浆和碎石岩屑，堆放或处理不当，可能占用土地； ②施工机械在运转过程中产生噪声污染和废气。
	4 海底管线敷设	海洋生态环境影响
	4.1 管道冲埋	①挖掘和冲埋过程造成悬浮物扩散；②挖掘和冲埋过程造成底栖生物生境破坏
	4.2 施工船舶	①尾气排放；②运行噪声；③含油污水
	4.3 施工人员	①生活污水；②生活垃圾
	5 管道试压	试压废水污染物较少，经沉淀、过滤处理后排放。
运行期	6 管线	
	6.1 正常工况	无污染产生。
	6.2 非正常工况	不涉及非正常工况。
	7 站场	
	7.1 正常工况	①接收站工作人员的生活污水； ②站场设备运行产生的噪声； ③站场工作人员产生的生活垃圾。
	7.2 非正常工况	①系统超压和站内设备检修时经放空装置直接排放的天然气； ②清管作业产生的少量固体废物。
	8 输气管道事故	①管线发生泄漏对管线两侧环境和人员的影响； ②天然气遇明火引起火灾或爆炸事故，对事故区域环境空气质量和管线两侧人口产生的影响。

表 5.3-2 环境影响因素筛选

类别	环境要素	施工期			运营期			非正常工况		
		有利影响	不利影响	影响程度	有利影响	不利影响	影响程度	有利影响	不利影响	影响程度
自然生态环境	地形地貌	—	有	一般	—	—	—	—	—	—
	植被与水土流失	—	有	明显	—	—	—	—	有	一般
	土壤	—	有	一般	—	—	—	—	有	一般
	土地利用	—	有	明显	—	有	一般	—	—	—
	野生植物	—	有	明显	—	—	—	—	有	一般
	野生动物	—	有	明显	—	—	—	—	有	一般
	石龙景区	—	有	一般	—	—	—	—	有	一般
	海洋生态	—	有	一般	—	—	—	—	有	一般

	渔业资源	—	有	明显	—	有	一般	—	有	一般
环境质量	地表水	—	有	一般	—	有	一般	—	有	一般
	地下水	—	有	一般	—	有	一般	—	有	一般
	环境空气	—	有	一般	—	有	一般	—	有	一般
	声环境	—	有	明显	—	有	一般	—	有	一般
	土壤环境	—	有	一般	—	—	—	—	—	—
	海洋水环境	—	有	一般	-	有	一般	—	有	一般

综上，本项目对环境的影响主要为施工期对植被、土地利用、野生植物、野生动物、海洋水环境、海洋生态环境、渔业资源的影响、运行期对声环境、海洋水环境、渔业资源的影响以及非正常工况状态下对周边生态环境的影响。

5.3.2 评价因子筛选

根据建设项目的特点、环境影响的主要特征，结合区域环境功能要求、环境保护目标、评价标准和环境制约因素，筛选确定评价因子。

按照现行环境质量和排放标准以及相应的监测方法的因子选作本次评价的环境空气评价因子的原则，筛选的评价因子见表 5.3-3。

表5.3-3 环境影响评价因子一览表

序号	环境要素		评价类型	评价因子或评价对象
1	陆域环境	陆域生态	现状评价	土地利用现状、植被类型、野生动植物物种及分布
			预测评价	土地利用、植被、野生动植物
		环境空气	现状评价	SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、O ₃ 、CO、甲烷、非甲烷总烃、总烃
			预测评价	非甲烷总烃、TSP、SO ₂ 、NO _x
		声环境	现状评价	Leq (A)
			预测评价	Leq (A)
		土壤	现状评价	重金属和无机物、挥发性有机物、半挥发性有机物、其他项目等，共计 45 项
			预测评价	-
		地下水	现状评价	pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、耗氧量、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、K ⁺ 、Na ⁺ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻
			预测评价	-
		固体废物	现状评价	一般废物、危险废物
			预测评价	-
2	海域环境	海水水质	现状评价	水温、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、硫化物、悬浮物、重金属（铜、锌、铅、镉、汞、砷和总铬）
			预测评价	水温、悬浮物（SS）
		海洋沉积物环境	现状评价	氧化还原电位、有机碳、pH、硫化物、油类、重金属（铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷）、粒度
			预测评价	-

序号	环境要素	评价类型	评价因子或评价对象
	海洋生态环境	现状评价	叶绿素a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、生物质量和渔业资源
		预测评价	浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物和渔业资源
	生物质量	现状评价	石油烃、汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷
		预测评价	-
	海洋水文动力环境	现状评价	潮流流速、流向
		预测评价	潮流流速、流向
	海洋地形地貌与冲淤环境	现状评价	泥沙冲淤强度
		预测评价	泥沙冲淤强度
	固体废物	现状评价	一般废物、危险废物
		预测评价	-
	环境风险	现状评价	燃料油
		预测评价	燃料油泄漏、CO

5.3.3 评价重点

- （1）输气管道施工对海洋生态、海水水质及沉积物环境的影响评价；
- （2）输气管道施工对嵊泗农渔业区、大戢洋产卵场保护区等环境保护目标的影响评价；
- （3）接收站冷排水影响预测；
- （4）海洋生态环境保护措施；
- （5）环境事故风险评价及防范措施。

6 区域环境概况

6.1 区域自然环境概况

6.1.1 地理位置

上海 LNG 站线扩建项目由码头工程、接收站工程、输气管道工程和取排水工程四部分组成。

接收站工程和码头工程位于浙江省舟山市嵊泗县西门堂岛南侧海岸，西门堂岛位于舟山群岛西北部的崎岖列岛，长江口和杭州湾的汇合处。崎岖列岛岛屿群由以大洋山岛和小洋山岛为主的南、北两列岛链构成。码头工程位于北岛链南侧、已建上海 LNG 码头东侧岸段，西侧毗邻上海国际航运中心洋山深水港集装箱港区，东与洋山石油储运项目码头相邻，西北距芦潮港约 35km，西南距嵊泗县大洋镇人民政府所在地大洋山岛 2km，位于洋山深水港区北港区东端，地理坐标为北纬 30°36'06"、东经 122°06'30"。接收站工程位于码头工程北侧，与西侧洋山 LNG 项目接收站毗邻。



图 6.1-1 码头工程位置示意图

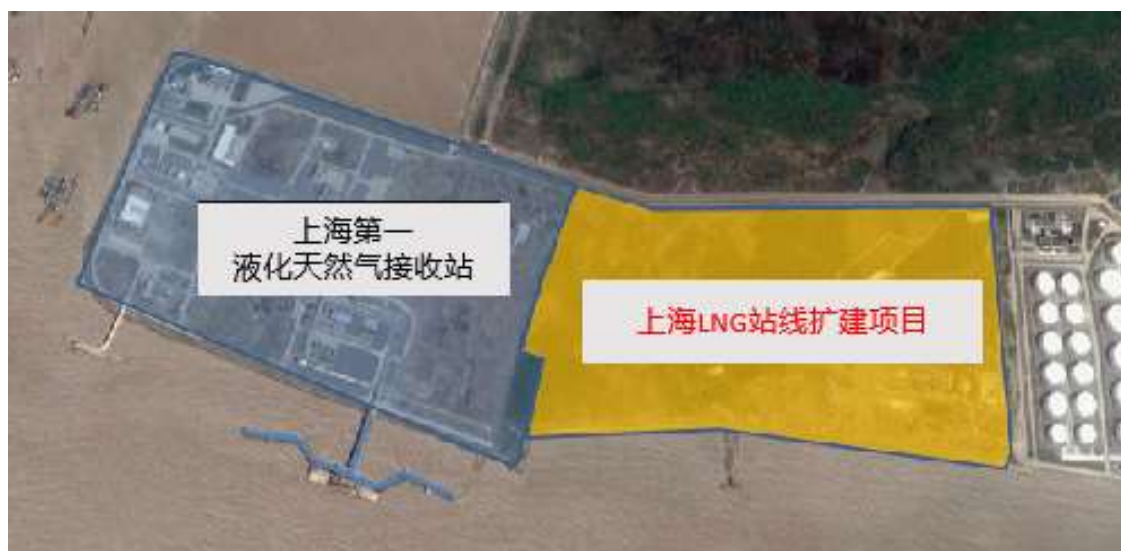


图 6.1-2 接收站工程位置示意图

输气管道自上海 LNG 接收站接出，东北方向沿能源路东外侧敷设，穿越东海大道后向西敷设，穿越石龙景区，在景区西侧实施海峡穿越（陆对海定向钻），接海底管道敷设，在大乌龟岛海堤登陆，沿洋山港四期港区道路敷设到达小乌龟岛海底管道入海点。海底路由自小乌龟岛西侧洋山港四期新建人工岸线向西北入海在导流堤北侧通过后呈正西走向，穿越临港主航道后，在杭州湾 1 号捕捞区和奉贤南部可再生能源区之间通过，西北走向至奉贤柘林塘登陆，终于奉新输气站。

6.1.2 地质构造区划及构造断裂

6.1.2.1 地质构造区

（1）接收站和码头工程区域

接收站工程和码头工程所处区域从大地构造来看属华南褶皱系的浙东南褶皱带，为丽水—宁波隆起中的新昌—定海—花鸟断隆的东北边缘向北延伸入海部分，位于江山~绍兴深断裂的南东一侧，三级构造分区属临海凹陷，四级构造分区为黄岩象山断拗。加里东运动后期，构造相对稳定，为缓慢隆起剥蚀区；晚侏罗纪（燕山晚期）大规模的岩浆侵入与火山岩喷出活动为其重要的特点。

根据上海市地质环境图集中“上海及杭州湾评估区位置构造地质略图”（见图 6.1-3）及收集的资料认为该区域位于地质构造稳定区。

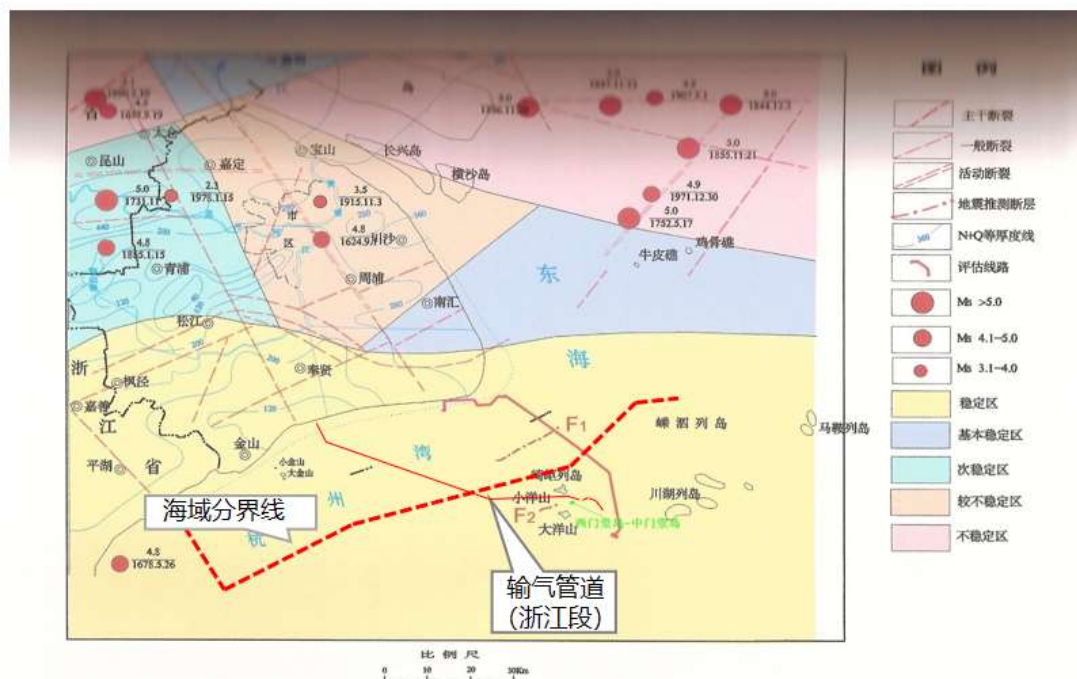


图 6.1-3 上海及杭州湾评估区位置构造地质略图

(2) 输气管路路由海域

输气管道路由工程海域位于亚欧板块东南部。按照国内学者大地构造单元的划分,工程海域横跨两个大地构造单元,即处于工程海区西北部的扬子地台(扬子地块)和东南部的华南褶皱系(浙闽地块),两者以江山—绍兴深断裂为界。

① 扬子地块

扬子地块位于合肥、武汉、成都一线以南,杭州、长沙以北长江流域地区的断块。其躯干主要位于长江流域两侧,向东经江苏滨海穿过黄海南部伸进朝鲜南部。扬子地块区的周界被岩石圈深断裂带所围限,以此与其毗邻的其它大地构造区隔开。在新元古代晋宁期(8 亿~10 亿年)的构造运动形成其基底,上部主要有南华系、震旦系、古生代、中生代的地台型沉积。

② 浙闽地块

浙闽地块西以江山—绍兴断裂与扬子块体相接,东以滨海深断裂与东海陆架盆地相邻。该带从我国浙、闽东部起,往东北伸入黄海和东海海底,其走向近于 NNE。济州岛、苏岩、舟山群岛等为该地块区在海底地形上的表现。该区海域部分在基底岩系之上覆盖有厚度为 800~1200m 的上第三系和第四系地层。

6.1.2.2 断裂

(1) 接收站和码头工程区域

陆域岩体中断裂构造不甚发育，集中于小山塘、馒头山、钥匙岬等花岗岩和火山岩交接地带。断裂方向以 NNE 向为主，均为高角度小规模断裂。如馒头山断裂、小梅山断裂、小山塘断裂等。海域断裂构造亦不甚发育，距本项目接收站相对较近的且横穿 LNG 管线的 F1 断裂距离接收站约 22km，此外主要在大、小洋山之间海域中部发育一断裂（即 F2 断裂），走向为 NE72°，倾向向北，距离本项目虽然较近，但规模相对较小，第四纪以来未见活动迹象。

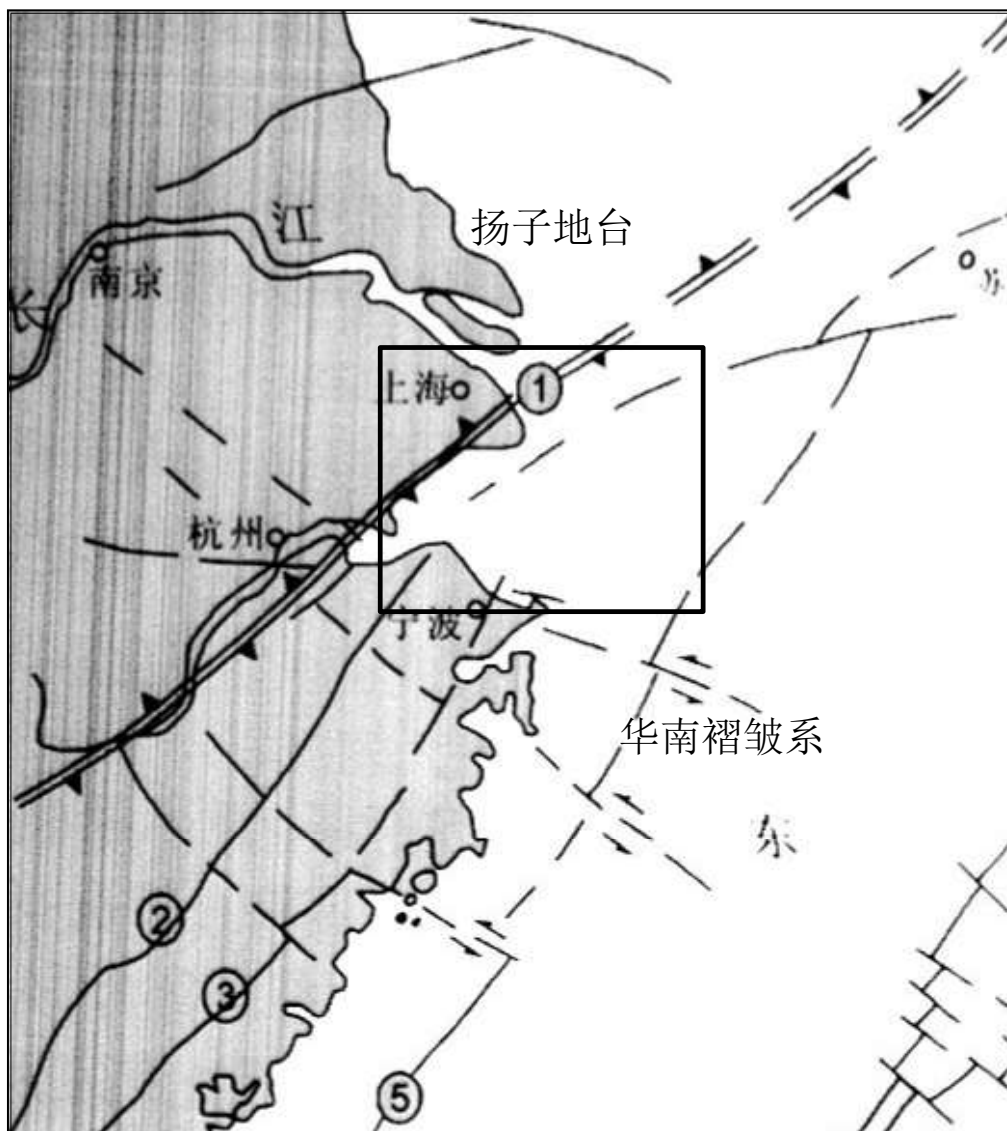


图 6.1-4 区域地质构造图（②江山—绍兴深断裂图）

(2) 输气管路路由海域

输气管道路由工程海域发育多条深断裂，主要为江山-绍兴深断裂，呈东北-

西南走向。

江山-绍兴深断裂大致沿浙赣铁路呈 NE 向展布,由西南至东北经浙江江山、穿越金衢盆地,过绍兴富盛,由杭州湾入海,并继续向东北延伸,穿过整个研究区海域。该断裂由许多规模不等的断裂组成,断层面倾向南东或北西,以北西倾向居多,倾角 $45^{\circ}\sim 88^{\circ}$ 之间。断裂形成于早元古代,经历了多期构造运动。断裂两侧在地层建造、岩浆活动和构造活动性上存在显著差异,这种差异一直维持至中生代末期。

根据现有资料,研究海域基底缺乏活动性断裂,江山-绍兴深断裂从晚更新世以来未曾活动,这有利于海底管道铺设。

6.1.3 地震活动性

工程区位于亚欧板块东南部,菲律宾板块沿日—台—菲外侧向西俯冲,俯冲带距输气路由 $650\sim 700\text{km}$ 。俯冲作用使中国东部沿海形成 NNE~SSW 向主张应力场,这种应力场能诱发基底断裂活动,产生地震,从而有可能对工程项目造成损害。工程区及邻近区域自 1500 年以来,震级 >4.7 级的地震 6 次。

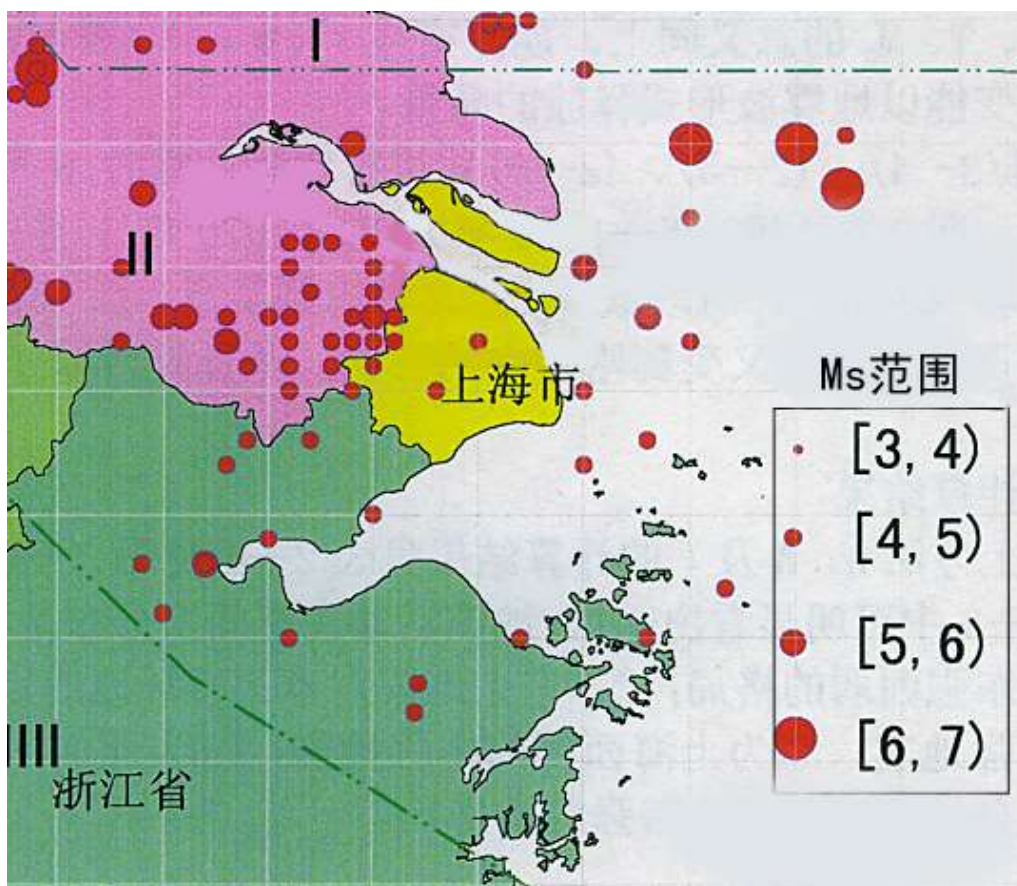


图 6.1-5 工程海域及邻区有感地震震中分布

工程区位于华南低烈度区之北东部，地震活动相对较弱，有史以来无地震破坏的记录，工程区及邻区有记录的历史和现代最大地震 5.5 级。尽管存在多条活动性断裂，但其活动性在全新世已大大减弱。根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)，本区地震基本烈度定为 VI 度。地震动峰值加速度为 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.35s。

6.1.4 地层特征

根据《上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）（可行性研究）岩土工程勘察报告》、《上海 LNG 项目反输装船工程——水工部分岩土工程勘察报告》、《上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）（接收站及码头工程）岩土工程勘察报告》、《上海液化天然气项目扩建工程接收站 LNG 储罐工程岩土工程勘察报告》，不同区域地层特征总结如下：

①接收站工程

上层 I₁₋₀ 抛石层、III₁₋₁ 灰色淤泥层、III₂ 灰色淤泥质粉质黏土层、IV₂ 灰色黏土层为不良地基土层，下部的 V₂ 灰绿~褐黄色粉质黏土层、V₃ 灰黄~褐黄色粉质黏土层、V_{3t} 杂色砂砾混黏性土层、VI₁₋₂ 灰黄色强风化辉长岩、VI₂₋₂ 青灰色辉长岩中风化层均为工程性良好的地质层。

通过对建设区域地质条件的分析，根据邻近工程的建设经验，从地质地层条件上工程的建设在技术上是可行的。

②码头工程

码头工程水域部分上层 I₁₋₀ 抛石层、I₂ 灰黄色淤泥质粉质黏土层、III₁₋₁ 灰色淤泥层、III₁₋₂ 灰色淤泥质黏土层、III₂ 灰色淤泥质粉质黏土层、III₃ 灰黄色砂混淤泥质土层、IV₁₋₁ 兰灰色粉质黏土层、IV₁₋₂ 灰色粉质黏土层、IV₂ 灰色黏土层为不良地基土层，下部的 V₂ 灰绿~褐黄色粉质黏土层、V₃ 灰黄~褐黄色粉质黏土层、V_{3t} 灰黄色砂砾混黏性土层、VI₁₋₂ 灰黄~青灰色辉长岩强风化层、VI₂₋₂ 青灰色辉长岩中风化层均为工程性良好的地质层。

码头工程陆域部分上层 I₁₋₁ 素填土层、下部 III₂ 淤泥质粉质黏土层、III_{2t} 砂混黏性土层、IV₂ 黏土层为不良地基土层，深层的 IV₃ 粉质黏土层、IV₄ 粉细砂层、V 粉质黏土层、VI₁₋₁ 砂土状强风化辉长岩层、VI₁₋₂ 碎块状强风化辉长岩层、VI₂₋₂ 中风化辉长岩层均为工程性良好的地质层。

通过对建设区域地质条件的分析，根据邻近工程的建设经验，从地质地层条件上工程的建设在技术上是可行的。

③输气管道工程

海底管道根据浅地层剖面资料，石龙景区-大乌龟段路由海域地层穿透厚度总体变化趋势为西部大、东部小，厚度一般 5m~15m，局部冲刷槽内较浅，受潮流的长期冲刷侵蚀作用影响，导致第 I 层缺失，周边岛礁较多，近岸和近礁多发育基岩，本段路由避开多处裸露；小乌龟-奉贤段路由大部分海域地层穿透较好，厚度一般 5m~10m，第 I 层主要为全新统海相淤泥质土，表层为淤泥，易于开挖，本段管道大部分都埋设在第 I 层内。

陆上管道场地浅表部以后期人工回填的抛石和冲填土为主，局部下卧第四纪全新世滨海相堆积物，主要为灰色淤泥质粉质粘土，下部为中生代燕山期侵入岩体辉长岩的风化层。

通过对建设区域地质条件的分析，根据类似工程的建设经验，从地质地层条件上输气管道的铺设在技术上是可行的。

6.1.5 不良地质

研究海域不良地质包括海底冲刷槽、浅层气以及冲刷侵蚀和浅埋基岩等。

（1）海底冲刷槽

路由附近海域冲刷槽主要有颗珠山水道冲刷槽，最深水深约 30m，本段路由在设计时采用定向穿越方式施工，一般埋于海底 10m 以下，可以避免其对管道路由的影响。

（2）浅层气

在路由勘察海域内广泛发育。浅层气气顶埋深均较浅，一般 2m~8m，气顶呈水平状、垛状、波状，或弥散状。小乌龟-奉贤段路由部分区域浅层气埋深小于 4m。

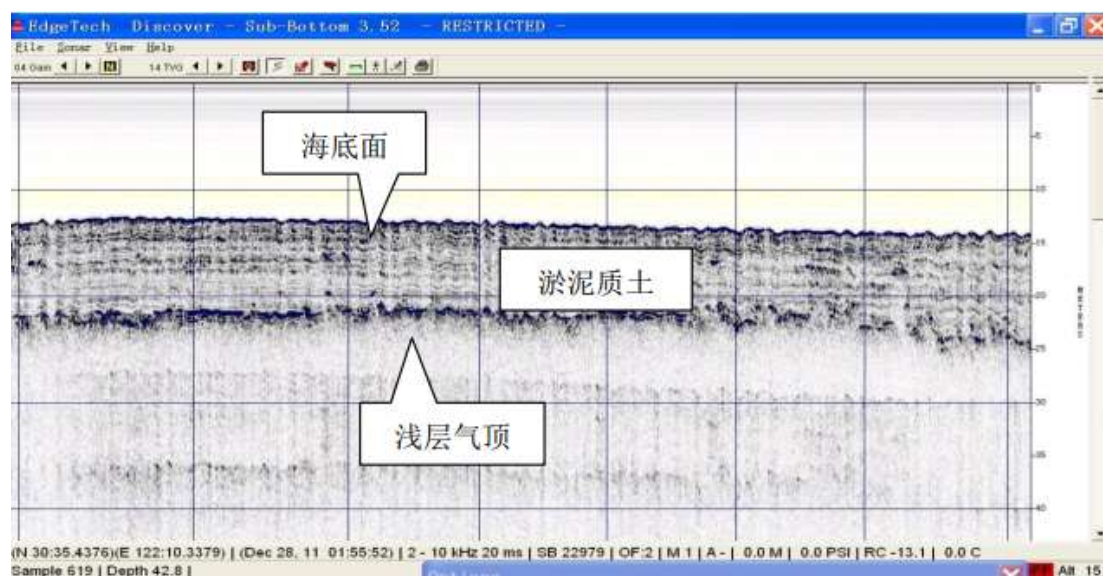


图 6.1-6 路由海域附近的水平状浅层气顶典型记录

(3) 侵蚀冲刷区

广泛分布于小乌龟-奉贤段路由东部海域，表明该海域受潮流冲刷侵蚀作用较强，海底面高低起伏，局部高差达 1m 左右。

(4) 基岩

一部分基岩为小洋山附近诸岛的水下延伸体，一般分布范围在海岸线 100m 以内。影响本项目路由的是小洋山周边的水下基岩，本项目除了穿越镬脐岛水下基岩区外，其余均已避开。路由中部海域与奉贤近岸登陆段无水下基岩分布。

(5) 障碍物

障碍物主要有渔网、沉船和海底管道。

① 渔网

勘察期间，路由海域渔网较多。渔网给路由勘察的正常开展带来了一定影响，管道施工前，需要对路由沿程的渔网进行清理。

② 沉船

2 艘沉船位于小洋山西部，其中一艘 66m×22m，距离本路由约 510m；另一艘 29m×13m，距离本路由约 330m。

6.1.6 气象条件

本章气象条件主要依据小洋山气象站实测气象资料进行分析，部分内容综合考虑小洋山气象站与邻近长期气象站（嵊泗县气象台）资料进行分析。洋山港区于 1997 年 8 月设站进行地面气象观测，气象站地理坐标为北纬 30°38′；东经

122°03′，测站海拔高度 54.4m，气压感应部分海拔高度 44.4m，风速传感器距地高度 10.9m。本项目临近水文气象测站位置如图 6.1-7 所示。



图 6.1-7 本项目临近气象水文测站位置示意图

6.1.6.1 气温

洋山地区位于亚热带季风气候区，冬冷夏热，四季分明，气温夏季最高，冬季最低。冬季受北方冷高压控制，盛行西北风，冷而干燥；夏季在西北太平洋副热带高压笼罩下，多东南风，暖热湿润；春秋是季风的转变期，多阴雨天气。

表 6.1-1 项目拟建区气温概况

项目	小洋山气象站
多年平均气温	17℃
累年极端最高气温	37.6℃ (2013.8)
累年极端最低气温	-6.1℃ (2016.1)
最高月平均气温	31.2℃ (7 月)
最低月平均气温	3.2℃ (1 月)

6.1.6.2 气压

本海区气压随季节变化明显，反映出小洋山附近地区冬、夏分别由不同的气压系统控制：冬季受大陆性冷高压边缘控制，气压值相对较高；夏季则受大陆低气压边缘控制，气压相对较低，再加之夏季热带气旋活动可达小洋山附近，使得小洋山的气压变化在夏季出现若干极低值。在气压观测时段中，小洋山出现的最低气压为 973.2hpa；最高气压 1039.9hpa。各月平均气压、平均最高气压和平均最低气压的年际变化比较小；最高气压的年际变化在冬季的 1 月、2 月、春季 3

月和夏季 7 月较大，其余各月年际变化相对较小；最低气压的年际变化则在盛夏 7、8、9 月较大，8 月的最低气压年际变化更是比季节变化的幅度还大，主要为洋山地区热带气旋活动造成。

6.1.6.3 降水

本区年平均降水量 1030.1mm。降水量的季节变化明显，表现为降水量夏季大于冬季，最大平均月总降水量出现在 6 月，10 月至翌年 1 月降水量相对较少。日降水量 $\geq 10\text{mm}$ 的日数年平均为 33 天，日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 的暴雨年均 3.6 天。

表 6.1-2 项目拟建区降水概况

项目	小洋山气象站
年平均降水量	1030.1mm
最大日降水量	207.2mm (2007.10.8)
过程最大降水量	323.8mm (2015.8.21~8.25)
年平均降雨日数	122.3d
年平均日降水量天数 $\geq 10\text{mm}$	33d
年平均日降水量天数 $\geq 25\text{mm}$	9.9d
年平均日降水量天数 $\geq 50\text{mm}$	3.6d

6.1.6.4 风况

(1) 风频、风速

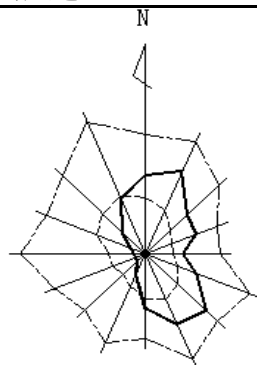
工程海区风向季节变化明显，每年 4~8 月以 SE 向风为主，9 月~翌年 2 月以 N 向风为主，3 月份因冷、暖空气交替频繁，以 SE 和 N 风为主。

根据测风资料统计，本区常风向为 NNE 向，频率为 12.1%，次常风向为 SE 向，频率为 11.0%；强风向为 NNW 向，观测期内实测最大风速为 29.1m/s（10 分钟平均，下同），次强风向为 NNE 向，实测最大风速为 24.8m/s。本区 NW~N 向风力相对较强，年平均风速均大于 5.5m/s。小洋山气象站测风资料统计见表 6.1-3 及风玫瑰图（图 6.1-8）。

表 6.1-3 小洋山气象站各向风频风速统计表

风向	最大风速 (m/s)	平均风速 (m/s)	频率 (%)
N	24.4	5.8	10.8
NNE	24.8	4.9	12.1
NE	19.8	3.4	7.6
ENE	14.9	2.7	7.0
E	14.4	2.6	4.7
ESE	21.6	3.5	7.0
SE	19.4	4.5	11.0
SSE	23.3	5.1	10.5

风向	最大风速 (m/s)	平均风速 (m/s)	频率 (%)
S	17.3	4.7	7.5
SSW	19.8	3.6	3.1
SW	16.4	3.1	1.5
WSW	18.7	3.3	1.4
W	23.8	3.6	1.4
WNW	20.4	5.0	2.2
NW	22.4	5.9	4.1
NNW	29.1	6.3	8.1
备注	10 分钟平均风速。		



最大风速 (m/s): 0.0 10.0
 平均风速 (m/s): 0.0 5.0
 风频率 (%): 0.0 6.6

图 6.1-8 小洋山气象站风玫瑰图

(2) 风级频次

根据风速资料统计, 本区<3 级风出现的频率最高, 占总观测次数的 33.44%; 其次为 3 级风, 出现频率为 30.72%; <6 级风出现的频率占总观测次数的 96.64%, 风力 ≥ 7 级的频率较低, 为 0.73%。19 年间 8 级大风出现 167 次, 9 级大风 20 次, 10 级与 11 级大风分别为 3 次和 1 次。

(3) 大风日数

本区大风多年平均日数为 16.2 天, 累年月最大大风日数为 10 天, 累年月最小大风日数为 0 天, 多年最大月平均大风日数在 12 月, 为 2.6 天, 多年最小月平均大风日数在 5 月, 为 0.3 天。

6.1.6.5 雾

本海区每年的冬、春季为多海雾季节, 大雾多出现于 1 月至 5 月, 而 7 月至 10 月则较少。根据大雾 (能见度 $\leq 1000\text{m}$) 资料统计分析, 小洋山地区大雾特征值见表 6.1-4。

表 6.1-4 项目拟建区大雾概况

项目	小洋山气象站
累年最多雾日数	59d (2010年)
累年最少雾日数	22d (2004年)
多年平均雾日数	37.9d
多年月最多雾日数	12d (3月、4月)
多年月最少雾日数	0d
过程最长延时	42 h
过程最短延时	1 min
平均大雾延时	3h55.4 min

6.1.6.6 雷暴

本区多年平均雷暴日数为 20.4 天，8 月雷暴相对频繁。2009 年累年雷暴日数最多，为 25 天，2013 年累年雷暴日数最少，为 6 天，累年月最大雷暴日数 11 天，出现在 2008 年 8 月，累年月最小雷暴日数为 0 天。

6.1.6.7 相对湿度

本区相对湿度年际变化不大，年平均相对湿度为 77.4%。月均相对湿度夏季大于冬季，累年最大月均相对湿度为 91.0%（2013 年 6 月），累年最小月均相对湿度为 61.0%（2009 年 10 月），多年平均月均相对湿度在 69.9~86.8%之间，6 月最大，12 月最小。

6.1.6.8 热带气旋、台风

本海区每年 5~11 月份均可能受到热带气旋、台风影响，其中 7~9 月份为热带气旋活动最频繁的季节，占全年影响总数的 78%。根据 1960~1995 年资料统计，平均每年 3.6 次，最多年份达 7 次，其中 8 级以上热带气旋过程 89 次，平均每年 2.4 次；风力>12 级以上的台风过程共出现 6 次，平均每 6 年出现 1 次。

根据小洋山气象站气象资料统计，共遭受热带气旋影响 39 次，平均每年约 2.1 次，其中 2003 年与 2010 年未受到影响。>12 级以上的台风过程共出现 9 次，平均每两年出现一次。

6.1.6.9 寒潮

本区每年的11月至翌年3月份常遭遇寒潮大风的影响，根据资料统计，共有 32 次达到寒潮强度，平均每年 1.7 次。其中，有 25 次风力为 7 级以上，11 次达 8 级以上。据小洋山气象站寒潮统计，寒潮期间主要风向为 NE-N-NW 向，2010 年寒潮出现次数最多。寒潮期间洋山实测最大风速大多在 15.6~25.4m/s 之间，其中 2010

年2月9日至10日寒潮期间风力较强，最大风速25.4m/s，风向为WNW向。

6.1.7 近岸水文

6.1.7.1 潮汐

(1) 基准面

本项目潮位及设计水位均以小洋山理论最低潮面为基面，各基面之间的关系见图 6.1-9。

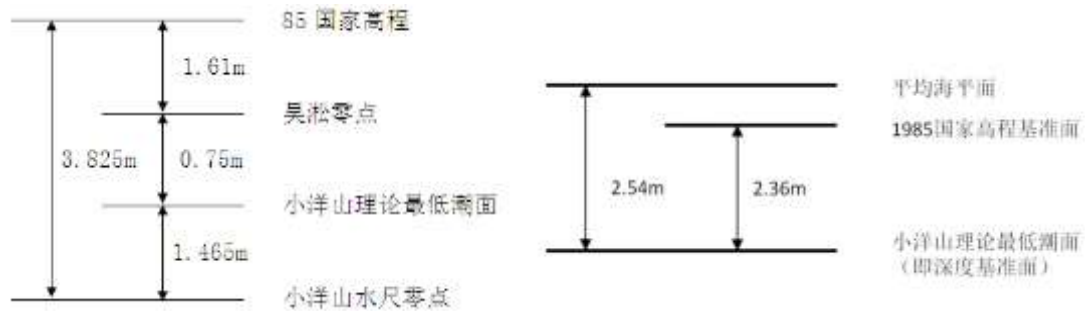


图 6.1-9 基面关系示意图

(2) 潮汐性质

本海区潮汐主要受到东海前进波控制，M2 分潮起支配作用。潮型判别系数 $(HK1+HO1)/HM2 \leq 0.5$ ，属半日潮；浅水分潮判别系数 $HM4/HM2=0.04$ ，潮汐日不等现象较为明显，有高潮不等、低潮不等和涨、落潮历时不等的现象，因此海区的潮汐类型属非正规半日浅海潮。海区潮汐强度属中等，平均涨潮历时为 5:51，平均落潮历时为 6:34。

(3) 潮位特征值

洋山港区验潮站位于洋山港工作船码头，地理坐标 3038'23"N；12202'24"E。依据洋山验潮站 1997 年 8 月~2008 年 12 月（连续 11 年）潮位资料统计，工程海区的潮汐特征值见表 6.1-5。

表 6.1-5 项目拟建区潮位特征值

项目	洋山港区验潮站
最高潮位	5.73m（1997年8月18日）
最低潮位	-0.23m（2001年3月10日）
平均高潮位	3.88m
平均低潮位	1.14m
平均海平面	2.54m
最大潮差	5.03m（2000年8月）
平均潮差	2.74m

(4) 设计水位

根据历史潮位数据，本项目设计水位见表 6.1-6。

表 6.1-6 设计水位

项目	内容
设计高水位	4.51m（高潮累积频率10%）
设计低水位	0.53m（低潮累积频率90%）
极端高水位	5.71m（重现期50年一遇）
极端低水位	-0.47m（重现期50年一遇）
100年一遇高水位	5.83m

6.1.7.2 波浪

本工程位于杭州湾与长江口的交汇处，其 SW~W 向为杭州湾南岸，偏北方向为长江口铜沙、九段沙、横沙浅段，因为水深较浅无法形成大浪；NE~SE 向由于嵊泗列岛、川湖列岛、大衢山岛、岱山岛以及舟山群岛等众多岛屿存在，对外海波浪的影响起到了较好的屏障作用。本项目依托崎岖列岛的掩护，除 ESE~SSW 向外海面较为开敞，受外海波浪影响较大，其它方向波浪相对较小。

（1）波型

本项目海域波浪以风浪为主，波浪平均周期小于 7s 的频率占 99.07%，10s 以上长周期波总计出现 11 时次，频率占 0.07%。实测最大平均周期 11.7s，对应的波高 H4%为 0.35m。

根据观音山测波资料统计表明，本海域波浪的形态以风浪为主，全年风浪(F)和无浪(C)的频率占 96%，混合浪(F/U、U/F)的频率为 4.9%，无纯涌浪(U)记录。7~8 月份混合浪出现次数相对较多，据 2005 年 7~8 月资料统计，混合浪出现共计 38 时次，频率为 15.3%。

（2）波高

根据观测时段（15 个月）资料统计，平均波高为 0.16m，波高 H4% $\leq$ 1.2m 的出现频率占 99.4%，H4% $\geq$ 1.5m 的统计频率仅为 0.33%。常浪向为 SE~SSW，频率占 79.26%，其中 SSE 向最大，频率占 29.75%；次常浪向为 SW~W 向，统计频率为 17.25%，其中 WSW 向频率最大为 6.72%。强浪向为 SSE~S 向，其中 SSE 向实测最大波高 Hmax 为 3.40m，H1/10 为 2.35m，为 2005 年 9 号台风（麦莎）和 15 号台风（卡努）期观测波高。

2004 年 7 月~2005 年 6 月（1 整年）以及 2004 年 7 月~2005 年 9 月（15 个月）波浪玫瑰图见图 6.1-10。

（3）波浪周期

根据 2004 年 7 月~2005 年 6 月（1 整年）资料统计结果，波浪平均周期为 4.09s，波浪平均周期小于 7s 的频率占 99.22%， $T > 7s$ 周期的频率占 0.78%。

另外根据 2004 年 7 月~2005 年 9 月（15 个月）资料统计，波浪平均周期为 4.10s，波浪平均周期小于 7s 的频率占 99.07%， $T > 7s$ 周期的频率占 0.92%。实测最大平均周期 11.7s，对应的波高 $H_{4\%}$ 为 0.35m，波向 NNW；其次大周期为 10.5s，对应的波高 $H_{4\%}$ 为 0.16m，波向为 SSE、S。

（4）波浪季节性变化分析

本项目海域夏季的波浪以 SE-SSE-S 向风浪为主，根据（2004 年 7 月 2 日~9 月 14 日）观测资料统计，三向合计频率达 78.2%，其中 SSE 向统计频率最多为 31.1%。而在秋、冬季，本海域的波浪主要为 SE~WSW 向浪，根据（2004 年 10 月~2005 年 3 月）资料统计，该方位的统计频率占 86.57%，同样 SSE 向频率为大，占 20.84%。在冬季，受西北强冷空气影响，本项目海域也能出现较大的波浪，2005 年 1 月 22 日 17:00 实测最大波高（ H_{max} ）为 1.99m，平均周期 4.1s。

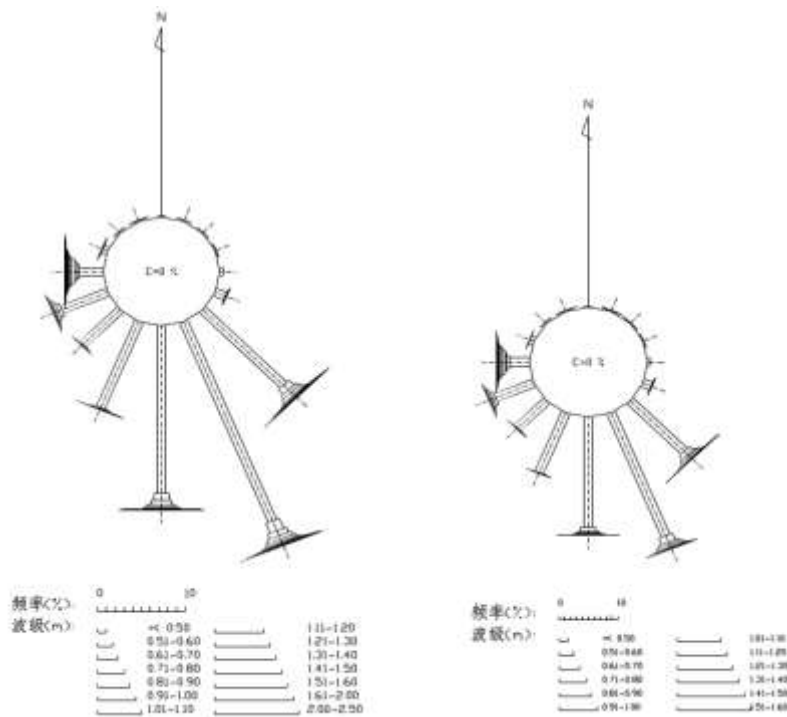


图 6.1-10 短期测波站波浪玫瑰图

（左：2004.7~2005.9；右：2004.7~2005.6）

6.1.7.3 潮流

工程海域潮流主要由太平洋潮波引起的协振动形成，属非正规浅海半日潮流。控制本海区潮波运动的是以 M2 分潮为主的东海前进潮波系统。外海潮波当到达舟山群岛东部外海，因受众多岛屿的制约，其中一支进入嵊泗岛和大衢山之间的通道后，经黄泽洋、岱衢洋、大戢洋，途经崎岖列岛海域进入杭州湾，另外一支潮波经由嵊泗以北传入长江口海区。涨潮时潮流进入崎岖列岛附近海区后，受崎岖列岛阻挡又分成三股，一股经由大、小洋山之间的潮汐主通道通过，另外两股经由崎岖列岛南、北两侧进入杭州湾。落潮时潮流受西口喇叭形的地形约束，其中进入南、北岛链间主通道的落潮流主要经东部的窄口泄出，因此主通道内落潮流较强劲，强劲的落潮流维持着南、北岛链间主通道以及中门堂~外后门深槽的水深。

6.1.8 海洋水文

6.1.8.1 潮汐

杭州湾附近海域潮汐属于非正规浅海半日潮，潮汐日不等现象比较明显。当东海前进波系统分南北两股进入杭州后，由于受喇叭形海湾地形约束变浅的影响，使潮波反射成为驻波形态。杭州湾内高潮位变化自湾口向内沿程逐渐增高，低潮位逐渐降低。根据1977~2002年实测潮位资料分析，杭州湾北岸潮汐特征见表6.1-7。

表 6.1-7 项目海域潮位特征值表

项目	芦潮港站 (m)
历史最高潮位	5.68
历史最低潮位	-1.26
平均高潮位	3.49
平均低潮位	0.23
平均潮差	3.24
最大潮差	5.92
备注：取吴淞基面为潮汐基面	

6.1.8.2 波浪

海域波浪以风浪、混合浪为主，利用周边大戢山、杨梅嘴海洋站测波资料对海区主要波要素特征进行简要论述。

(1) 波高

大戢山站多年常浪向NNE，实测最大波高7.5m ($H_{1/10}$ ，下同)；小洋山杨梅嘴强浪向为NNE向，实测波高最大3.3m。各站波高分级统计看，位于最东侧的大戢山站波高较大，杨梅嘴测波站波高相对较小。各站波高分级频率统计见表6.1-8。

表 6.1-8 项目海域各站波高 ($H_{1/10}$) 分级频率统计表

测站	波级(m)	0~0.4	0.5~1.4	1.5~2.9	3.0~4.9	5.0~7.4	≥ 7.5
大戢山	多年	28.4%	54.3%	15.4%	1.4%	0.5%	0%
杨梅嘴	1997~2001 年	61.4%	35.2%	3.5%	0%	0%	0%

(2) 波向

冬季盛行偏北浪，夏季盛行偏南浪。周边各站累年各向波浪出现的频率玫瑰图表明（见图6.1-11），海域以北偏东向的波浪为多。大戢山常浪向为NNE，次常浪向为ENE，频率分别为15.5%和11.7%；杨梅咀年最多浪向为NNE，其次为NE和N，三向频率合计25.3%。

另外从 $H_{1/10}$ 大于1.5m的大波的波向频率玫瑰图看海域的强浪向也是北偏东向。大戢山强浪向为NNE，其次为WNW和N，三向合计占全部大波出现次数的72%。杨梅咀强浪向为N，其次为NNE和WNW，合计占全部大波出现次数的76%。

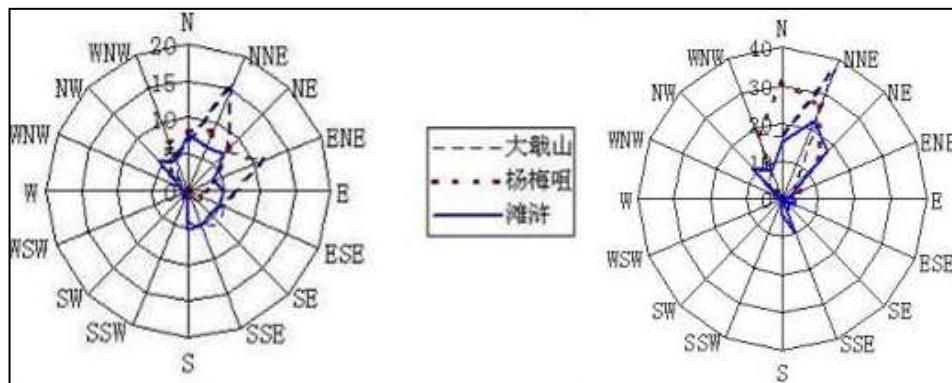


图 6.1-11 项目海域波向频率玫瑰图

（左：全部波高；右： $H_{1/10}$ 大于 1.5m）

(3) 波周期

大戢山实测最大波浪周期为7.7s。各主要来波方向距岸不同距离设计波浪要素统计见表6.1-9。

表 6.1-9 项目海域设计波浪要素统计表

波向	距岸距离	水深(m)	H ₁ %(m)	H ₄ %(m)	H ₅ %(m)	H ₁₃ %(m)	H(m)	T(s)	L(m)	C(m/s)
NNE(N E)	4km	11.9	0.76	0.64	0.61	0.51	0.32	7.76	72.7	9.37
	15km	12.6	5.81	5.06	4.92	4.24	2.83	7.76	74.1	9.55
ENE(E)	4km	11.9	3.32	2.84	2.75	2.33	1.50	8.00	75.6	9.45
	15km	12.6	2.99	2.55	2.47	2.08	1.33	8.00	77.2	9.65
SE(ESE 、SSE)	4km	11.9	3.91	3.36	3.26	2.77	1.8	6.3	54.5	8.65
	15km	12.6	3.4	2.91	2.82	2.38	1.53	6.3	55.3	8.77
SSW	4km	11.9	3.36	2.87	2.78	2.35	1.51	6.12	53.09	8.68
	15km	12.6	3.46	2.95	2.86	2.41	1.55	6.23	55.84	8.96
WSW	4km	11.9	3.33	2.85	2.76	2.33	1.50	5.94	50.24	8.46
	15km	12.6	3.52	3.01	2.91	2.46	1.58	6.17	53.95	8.74

(4) 常浪向

以各向波浪出现的年频率表征风向的频率分布情况（表 6.1-10），ENE~N~WNW 7 个方向波浪的年出现率为 19.7%，E~SE~S 5 个方向波浪的年出现率达 37.9%，其中，SE、E 向的出现率分别为 10.0%、9.4%，年常浪向为 SE、E 向，次常浪向为 ESE、S、SSE 向。总体而言，3 月~9 月的常浪向为 E~S 向，10 月到翌年 2 月常浪向总体为 ENE~NNE 向，与风向的季节变化相一致。

表 6.1-10 各向波浪出现频率统计表

波向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	2.7%	3.2%	3.4%	4.1%	9.4%	7.2%	10%	5.2%	6.1%
波向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	-
频率	1.9%	2.6%	2%	2%	1.5%	2.7%	2.1%	33.9%	-

注：资料统计年限 2005 年 4 月~2006 年 3 月。

(5) 强浪向

观测期间，H_{1/10} 波高最大为 2.5m、浪向 SE（表 6.1-11），出现在 2005 年 8 月“麦莎”台风过程，邻近站大戢山同步的 H_{1/10} 波高最大为 3.4m，浪向 E。H_{1/10} > 1.5m 的波高全年出现在 ENE、E、ESE、SE、S 5 个方向，其中 SE 向最多，其次为 ESE、E，年强浪向为 SE 向。

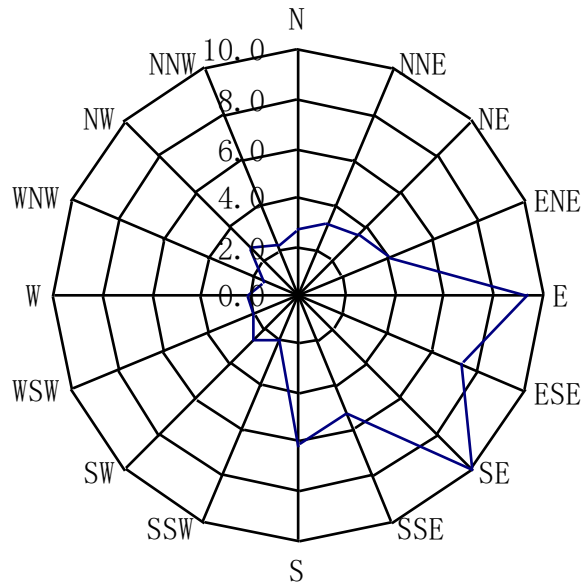


图 6.1-12 波向频率玫瑰图（2005 年 4 月~2006 年 3 月）

表 6.1-11 各向H1/10波高最大值统计表

波向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
波高	0.8m	0.8m	1.3m	1.8m	2.3m	2.4m	2.5m	1.3m
波向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
波高	1.7m	1.2m	1.2m	1.2m	1.4m	0.9m	0.7m	0.5m

注：资料统计年限 2005 年 4 月~2006 年 3 月。

（6）各量级波高的频率

H_{1/10}波高≤0.3m出现频率最多，年出现频率为51.6%，其中10月~翌年3月，各月出现频率皆大于63.7%，0.4m~0.9m的年出现频率为41.8%，≥1.0m的年频率为6.6%，>1.5m的年出现频率为1.4%，出现在4月~8月期间，>2.0m的频率为0.6%，仅出现在8月份的“麦莎”台风期间。各季及年各向各级波高出现频率详见表6.1-12。

表 6.1-12 各量级波高的频率统计表

H _{1/10} (m)	≤0.3	0.4-0.5	0.6-0.7	0.8-0.9	1.0-1.1	1.2-1.3	1.4-1.5	1.6-1.7	1.8-1.9	≥2.0
频率	51.6%	23.4%	11.6%	6.8%	3.1%	1.7%	0.4%	0.7%	0.1%	0.6%

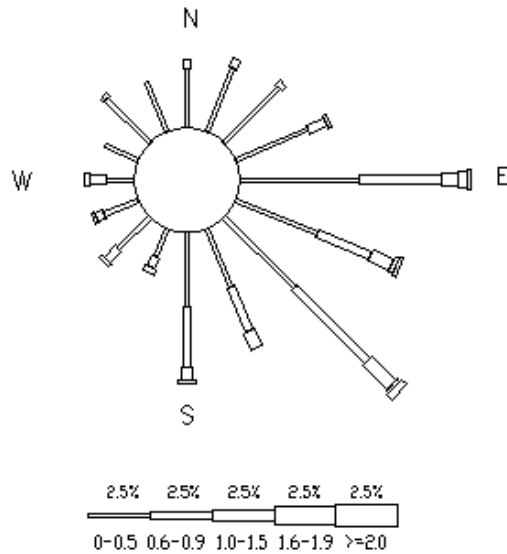


图 6.1-13 各向各级波高频率图（2005 年 4 月~2006 年 3 月）

(7) 各量级周期的频率

平均波周期在2s~4s，其中 ≤ 3.0 s出现的年频率为73.1%，3.1s~4.0s的年频率为24.8%， > 4.0 s的年频率为2.1%， > 5.0 s的平均周期仅出现一次（表6.1-13）。

表 6.1-13 各量级周期的频率统计表

$\bar{T}$	$\leq 3.0(s)$	3.1-3.5(s)	3.6-4.0(s)	4.1-4.5(s)	4.6-5.0(s)	5.1-5.5(s)
频率	73.1%	18.5%	6.3%	1.6%	0.5%	0%

6.1.8.3 潮流

潮位资料主要由各海洋站收集而来，所用潮位数据均已订正到1985国家高程基准。

(1) 潮流运动

将实测海流资料整理并绘制各站垂线流矢图（图6.1-14），以描述水文测验区潮流运动情况。

外海潮波从东南方向进入舟山群岛海域，受岛屿岸线影响，到达路由海域，沿各水道继续向西北方向传播。

路由海域的潮流均为明显的往复流，各时次的涨、落潮流方向很集中，流轴方向与岸线平行，L1站为NE-SW向，L6站偏SE-NW向，其余4站基本为E-W向。

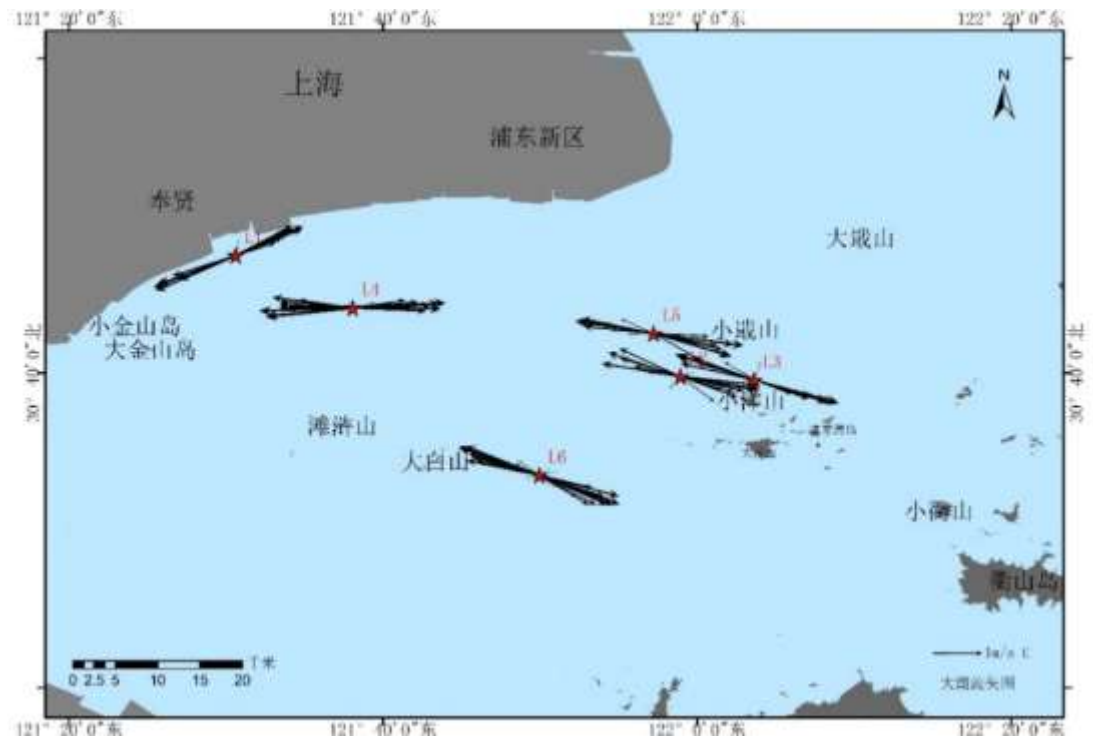


图 6.1-14 各站垂线流矢图

(2) 实测最大流速流向

实测最大流速流向是依据观测资料报表，对各层次及垂线的涨、落潮最大流速流向进行统计，结果列表 6.1-14。

表 6.1-14 实测涨落潮平均流速流向表（单位：V=cm/s、D=°）

站号	层次潮次	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂线	
		V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D
L1	涨潮	227	248	217	248	207	248	194	247	182	246	149	246	196	247
	落潮	163	68	167	68	164	67	148	67	133	67	104	67	145	68
L2	涨潮	191	293	183	291	170	290	161	278	153	279	113	286	161	279
	落潮	207	100	196	101	180	97	163	91	147	94	107	92	162	95
L3	涨潮	229	282	207	287	183	287	172	284	149	282	122	285	171	286
	落潮	187	110	208	105	207	106	200	104	179	105	117	105	184	106
L4	涨潮	210	264	227	266	225	268	214	272	180	281	129	280	197	267
	落潮	232	91	232	85	222	88	196	87	188	88	146	95	192	86
L5	涨潮	197	282	189	278	177	279	158	278	149	282	118	277	165	278
	落潮	210	101	209	99	204	98	198	96	157	95	112	108	183	98
L6	涨潮	204	288	196	290	186	291	172	288	161	290	122	288	171	289
	落潮	193	113	196	111	192	110	180	108	161	108	117	107	171	109

①实测最大流速

路由海域的海流最大值出现在滩浒岛正北侧的L4站，为232cm/s的落潮流，其涨潮流也为路由核心区内的较大值：227cm/s，颗珠山水道附近的L3站涨潮流最大为229cm/s。实测最大流速的垂向分布均为表层最大，底层最小，随深度增

加而流速减小。各站底层（距离海床1m处）最大涨、落潮流速均大于100cm/s，各站相比，最大底层潮流出现在L1站，流速为146cm/s。

②实测最大流速的流向

路由海域位于杭州湾中心及北岸海域，航道众多，调查期间的垂线强流向平面分布如下：

L1~L6站涨潮垂线强流向在247°~289°之间，落潮在68°~109°之间，各站涨、落强流向均在一条直线上。由于岸线走向的影响，L1站的涨、落强流向均明显比其他几站偏小30°左右。

③涨落潮平均流速流向

潮涨、落潮平均流速流向是一个潮周期内各时次实测涨、落潮流速流向的矢量平均，列表6.1-15。

L4站的涨落潮流垂线平均值流速在各站中均为最大，分别为139cm/s，269°和116cm/s，87°，L5站的涨潮流和L3站的落潮流为次大值。

底层潮流的涨、落潮流平均值均大于63cm/s，最大值为L4站的83cm/s。

路由海域的平均流向与强流向相差不大，对比垂线平均流向与垂线强流向看，所有站点的涨、落潮时此方向差值全部小于8°，符合性很好。从垂线平均值看，L2和L3站为涨潮流小于落潮流，其他4个站则为涨潮流大于落潮流。

表 6.1-15 实测涨落潮平均流速流向表（单位：V=cm/s、D=°）

站号	层次 潮次	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂线	
		V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D
L1	涨潮	136	249	137	250	128	250	119	248	107	247	81	244	120	248
	落潮	102	67	108	67	105	66	98	64	87	64	68	63	97	65
L2	涨潮	98	279	92	280	87	283	86	286	84	289	63	291	86	284
	落潮	112	110	118	106	111	101	102	98	93	98	69	98	102	102
L3	涨潮	112	283	112	288	112	290	110	288	103	285	79	284	106	287
	落潮	122	113	133	106	125	104	114	104	99	104	72	103	113	105
L4	涨潮	150	270	157	271	153	271	142	270	122	267	83	262	139	269
	落潮	127	86	131	86	125	87	114	87	103	88	81	89	116	87
L5	涨潮	139	281	138	280	131	279	120	279	109	278	82	277	123	279
	落潮	122	103	120	103	114	103	107	102	95	104	71	102	107	103
L6	涨潮	120	285	122	286	117	288	110	288	102	288	74	289	112	287
	落潮	118	114	119	111	118	111	115	110	104	110	72	109	109	111

(3) 余流

经实测资料分离计算，路由海域在当前季节水文气象条件下的大潮分层余流列表6.1-16和图6.1-15。

测验水域余流不大，绝大多数均为落潮流向，各站余流量值有明显差异，最大余流发生在L2站，0.2H层为24cm/s，其垂线平均余流也为各站最大，为18cm/s。余流的垂向分布基本为表层大，底层小。由于小洋山附近地形变化较大，L3站垂线上余流方向差异也较大，表底余流方向相反。L1站的余流由表至底均为涨潮方向，其他5个站的各层余流则基本为落潮方向。

表 6.1-16 余流流速流向表（单位：V=cm/s、D=°）

站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂向平均	
	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D
L1	10	269	8	278	5	292	6	304	4	280	2	283	6	285
L2	20	134	24	118	22	100	18	82	17	73	13	66	18	97
L3	12	154	14	93	12	67	7	59	2	32	1	321	7	84
L4	9	55	10	48	8	47	6	46	5	74	10	110	7	60
L5	8	118	7	130	6	127	7	129	6	154	4	158	6	133
L6	10	171	7	153	9	134	7	128	5	124	3	119	8	133

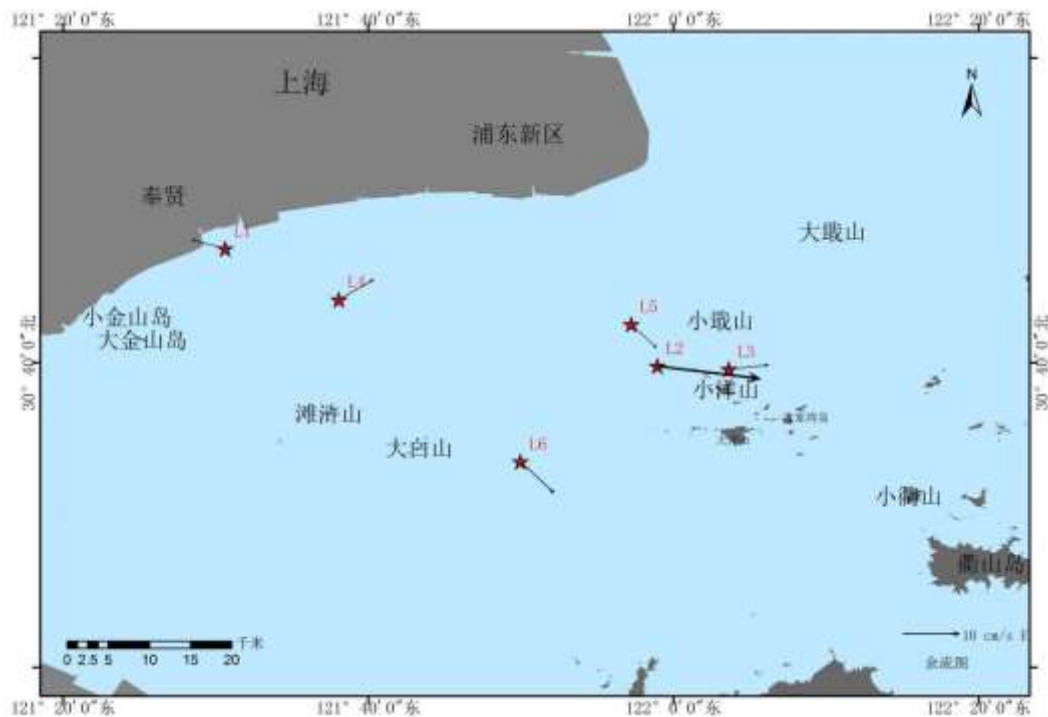


图 6.1-15 各站余流矢量图

(4) 最大可能海流

按《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015) 最大可能海流为最大可能潮流和余流的矢量和，其中最大可能潮流又为六个主要分潮流椭圆长轴的组合。表 6.1-17 为最大可能潮流迭加余流项的计算结果，总的来说最大可能海流在表层较大，随水深增加而递减。

6个定点站之中，L5站表层的最大可能海流流速最大，为276cm/s，L6站表层流速最小，为215cm/s。除L4站与L6站外（表层稍小于0.2H），其余各站的 最大可能海流流速 均为：随着水深的加大，流速值不断减小。6个站点均受杭州湾大地形的影响， 最大可能海流 均较大，垂线平均 最大可能流速 均大于217cm/s。垂线平均的最大值为L4站的240cm/s，这样的大小分布规律与实测海流情况一致。

表 6.1-17 最大可能海流流速流向表（单位：V=cm/s、D=°）

站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂向平均	
	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D
L1	240	250	241	250	227	248	213	246	193	246	150	246	213	247
L2	256	100	256	99	240	97	223	97	206	98	153	100	224	98
L3	260	103	258	104	237	107	216	106	198	103	148	104	217	105
L4	262	268	271	268	260	268	240	268	214	268	166	269	240	268
L5	276	277	267	278	246	277	229	278	201	278	158	277	231	278
L6	215	8	220	299	236	5	218	8	193	321	150	256	218	348

6.2 路由区海洋开发活动

本项目海底管道工程海域穿越南汇咀与崎岖列岛之间的大戢洋，海洋开发活动比较发达，主要有东海大桥、海底管线、港口、锚地、航道、航线和渔业生产等开发活动。

表 6.2-1 输气管道路由区海洋开发活动一览表

序号	名称	用海单位/管理单位	与本管道位置关系（最近距离）	有无影响
1	渔业活动	上海市农委、舟山市海洋与渔业局	穿越杭州湾一号捕捞区，路由沿线有鳗苗定置张网区	有
2	洋山深水港区一~四期工程	上海同盛投资（集团）有限公司 上港集团	大、小乌龟登陆点位于洋山四期围堤上	有
3	上海液化天然气（LNG）项目码头	上海液化天然气有限责任公司	路由东南侧海域，距离 7.0km	无
4	洋山申港国际石油储运有限公司码头	洋山申港国际石油储运有限公司	路由东南侧海域，距离 8.5km	无
5	沈家湾客运码头	嵊泗县交通投资有限公司	路由东侧海域，距离 8.0km	无
6	上海国际航运中心洋山深水港区小洋山北作业区（规划）	嵊泗县人民政府	石龙山登陆点东北侧约 2.2km	无
7	东海大桥通航孔航道	上海海事局	1 号通航孔最近距离 0.6km	无
8	洋山港区进港航道		最近距离 3.3km	无
9	小洋山北作业区规划航道	嵊泗县人民政府	最近距离 2.0km	无
10	洋山小型避风锚地	舟山市港航管理局、舟山海事局	距离较远	无
11	小洋山北作业区规划锚地	嵊泗县人民政府	最近距离 2.8km	无
12	东海大桥	上海同盛投资（集团）有限公司	与小乌龟山岛登陆点相距约 212m	无
13	东海平湖油田海底管道	上海石油天然气总公司	交越	有
14	定海至上海通信电缆（嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆）	中国电信股份有限公司舟山分公司	交越	有
15	上海液化天然气一期工程输气管线项目	上海液化天然气有限责任公司	最近距离 5.7km	无
16	上海液化天然气一期工程输气管线路由调整项目（拟建）	上海液化天然气有限责任公司	登陆点相距约 100m	有
17	上海至嵊泗输电工程海底电缆	浙江省嵊泗县电力公司	最近距离 15.3km	无
18	中日海底光缆系统（CJ-FOSC）（已废止）	中国电信集团公司	最近距离 3.5km	无
19	岱山至大洋山通信光缆	中国电信舟山分公司	最近距离 7.4km	无
20	泗礁至大洋山通信光缆		最近距离 6.5km	无
22	其他海缆	——	不交越	无
22	小洋山北侧物流配送中心项目填海工程	浙江浙能洋山建设开发有限公司	最近距离 1.8km	无
23	嵊泗县沈家湾东侧场地及护岸处理工程	嵊泗县交通投资有限公司	最近距离 8.2km	无
24	嵊泗县薄刀咀高端度假区陆域形成工程	嵊泗县盛港开发建设有限公司	最近距离 8.0km	无

序号	名称	用海单位/管理单位	与本管道位置关系（最近距离）	有无影响
25	小洋山北侧围垦工程（在建）	嵊泗县人民政府	最近距离 2.5km	无
26	洋山石龙景区	嵊泗县旅游局	陆上管线路由穿越石龙景区 与海管路由登陆点相距 150m	有
27	东海大桥海上风电项目一期工程	上海东海风力发电有限公司	最近距离 9.5km	无
28	东海大桥海上风电项目二期工程		最近距离 8.7km	无
29	嵊泗 5#、6#海上风电场项目（在建）	中广核（嵊泗）新能源有限公司	最近距离 2.2km	无
30	沈家湾薄刀咀防波堤工程	嵊泗县洋山开发建设管理委员会	最近距离 9.3km	无

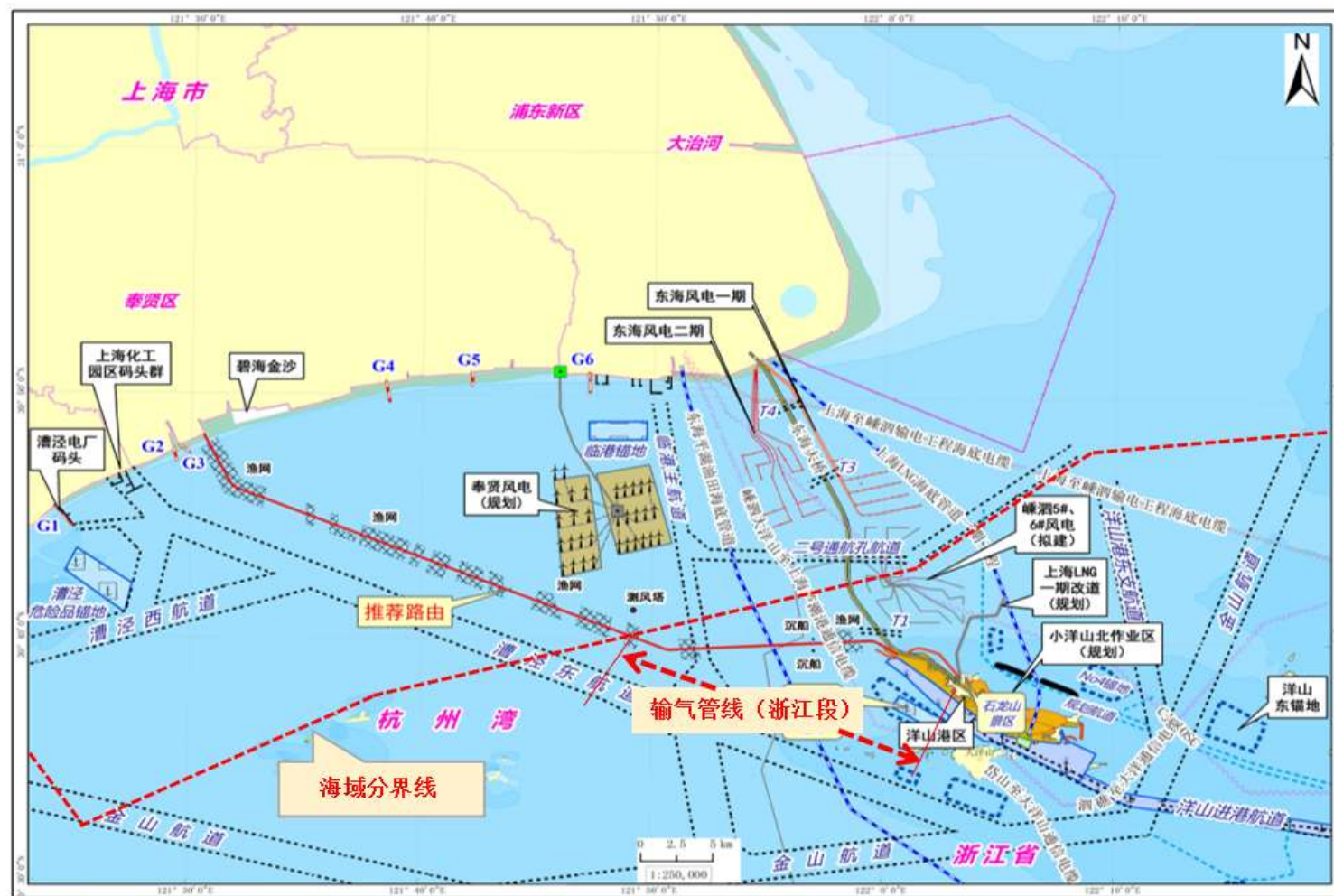


图 6.2-1 路由海域主要海洋开发活动图

6.2.1 渔业活动

洋山海域是一个重要的生产渔场，历史上是黄姑鱼、大黄鱼、白姑鱼、棘头梅童鱼、小黄鱼、黄鲫、凤鲚、刀鲚、带鱼、银鲳、鳓、龙头鱼的育幼场，是凤鲚、银鲳、鳓、白姑鱼、棘头梅童鱼等的产卵场，同时也是凤鲚、刀鲚、棘头梅童鱼产卵的洄游通道。每年除了 11 月至翌年 2 月为生产淡季外，其余各月份都有一定的生产作业规模和产量。根据社会调查和现场踏勘得知，在本项目附近海域存在有少量海洋捕捞作业，作业方式为定置张网，主要渔获对象为凤鲚、刀鲚、棘头梅童鱼、龙头鱼、海蜇、安氏白虾、脊尾白虾、三疣梭子蟹等河口性鱼虾蟹类。主要是以嵊泗县渔民为主，每年 2-5 月为主要生产季节。

根据舟山市 2018~2020 年统计年鉴，舟山市渔业生产情况统计见表 6.2-2。可见，近三年舟山市渔业产值、水产品总量、海洋捕捞产量、海水养殖逐年上升，淡水养殖产量、机动渔船艘数逐年下降，但变化幅度不大。总体来说，区域渔业生产活动较为稳定。

表 6.2-2 舟山市近年渔业生产概况

序号	分项	2017 年	2018 年	2019 年
1	渔业总产值（万元）	2262231	2484989	2536836
2	水产品总产量（吨）	1672506	1736303	1755530
2.1	海洋捕捞产量（吨）	1418229	1464072	1465530
	其中远洋渔业（吨）	382269	491268	541963
	地方渔业（吨）	1387209	1431776	1440004
2.2	海水养殖产量（吨）	242276	262788	285043
2.3	淡水养殖产量（吨）	12001	9443	4957
3	机动渔船（艘）	7333	7286	7178

根据管道的保护要求，管道铺设后在管道保护范围内不得从事养殖、抛锚、张网等可能影响管道安全的渔业生产活动。因此，本项目实施后，管道保护区内的渔业生产活动作业方式受到一定限制，但受影响海域面积很小。建议建设单位要尽早与当地政府以及渔业主管部门做好协调工作。

6.2.2 海上交通

6.2.2.1 港口

输气管道路由周边海域港口有洋山港区（小洋山、沈家湾作业区）、杭州湾北岸码头和规划的洋山港区小洋山北作业区。

（1）洋山港区小洋山作业区

洋山深水港是项目所在海域最重要的海洋开发活动。洋山深水港区 2002 年 6 月正式开工建设，遵循“封堵汉道、归顺水流、减少淤积、安全靠泊”的指导原则，科学确立了港口总体布置方案，先后封堵了北港区的大乌龟岛—一颗珠山汉道、小洋山岛—镬盖堂岛汉道、镬盖堂岛—小岩礁岛汉道，形成了 8km^2 陆域面积。2005 年 12 月建成投产一期工程 5 个集装箱泊位，2006 年 12 月建成投产二期工程 4 个集装箱泊位，2007 年 12 月建成投产三期一阶段 4 个集装箱泊位，2008 年 12 月建成投产三期二阶段 3 个集装箱泊位。至此，小洋山北港区主体工程——全长 5.6km 、设计年吞吐能力为 930 万标准箱的 16 个集装箱泊位全部顺利建成。

一期工程：港区工程的码头岸线长度 1600m ，建设 5 个可停靠第五、第六代集装箱船泊位，并可兼顾 8000 标准箱的集装箱船的靠泊，年设计吞吐能力 220 万标准箱，港区陆域面积约 1.5km^2 。2005 年 12 月 10 日建成交付使用。

二期工程：二期工程位于一期工程的西侧，二期码头岸线长 1.4km ，建设 4 个集装箱深水泊位。港区陆域面积约 80万 m^2 ，年设计吞吐能力在 210 万标准箱。2006 年 12 月 10 日建成并交付使用。

三期工程：三期工程码头岸线长度 2600m ，共建设 7 个 7~15 万吨级集装箱泊位，港区陆域纵深 $1400\text{m}\sim 1800\text{m}$ ，陆域总面积 591.35万 m^2 ，年设计通过能力为 500 万 TEU，于 2008 年 12 月建成投产。

四期工程：建设 7 个 5 至 7 万吨级的集装箱专用泊位，码头岸线总长 2800m ，陆域面积约 2km^2 ，年设计能力为 400 万 TEU，导流堤工程为四期工程的组成部分。为了满足洋山深水港区运营管理的要求，还布置若干个工作船码头。

导流堤工程位于四期工程西端，小乌龟岛以南，作用是归顺码头前沿水流，其方位角为 $\text{N}106^\circ\sim\text{N}301^\circ$ ，全长 1500m ，东端与码头驳岸及洋山深水港区四期工程西围堤相接。堤顶顶宽 $5\text{m}\sim 11.2\text{m}$ （堤根处因采用圆弧段与陆域顺接，堤顶宽度最大处为 53.1m ），底宽 $87\sim 154.1\text{m}$ ，顶标高 $5.5\text{m}\sim 8\text{m}$ 。

本路由小乌龟山岛登陆点位于洋山深水港区四期西围堤上，洋山四期西围堤南端向西建有导流堤，本项目设计管道入海后与导流堤保持一定距离。洋山深水港区一期、二期、三期工程与本路由及登陆点距离均较远，因此项目建成后不会对港区产生明显影响，但陆域管道需在港区内铺设，须做好沟通协调工作。

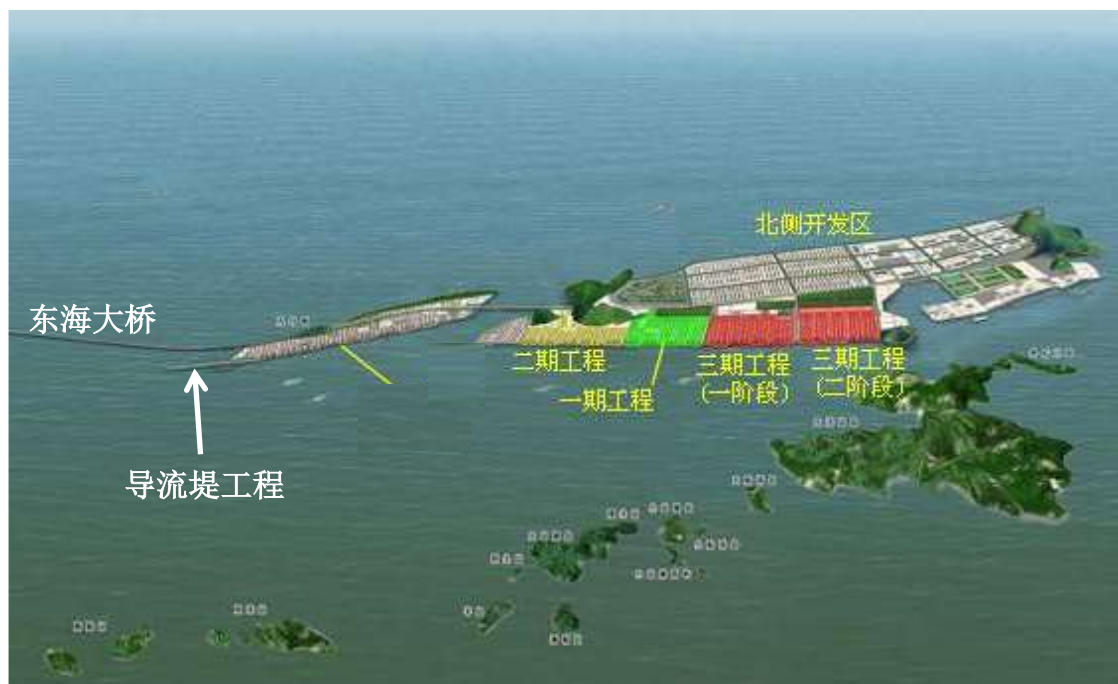


图 6.2-2 洋山港区开发情况图

（2）洋山港区沈家湾作业区

沈家湾作业区规划为危险品码头区，目前已建有洋山申港国际石油储运项目 10 万吨级（兼靠 12.5 万吨级）成品油泊位和 5000 吨级、2000 吨级泊位各 1 个。上述码头均与本项目保持有 1.5km 以上的距离，路由建设与港区的发展没有相互影响。

①上海液化天然气（LNG）项目码头

上海液化天然气（LNG）项目位于浙江省嵊泗县上海国际航运中心洋山深水港区的小洋山东港区中西门堂岛，主要由接收站、码头、港口储罐和海底输气管道等工程组成。LNG 气化后，通过海底管道送到位于上海临港新城的城市门站，与城市输气管网相连。项目分二期建设，一期建设 3 座 16.5 万 m^3 LNG 储罐，规模为每年进口 LNG 300 万吨（约 40 亿 m^3 ），建设一座最大能接卸 215000 m^3 LNG 船舶的专用码头，一座 3000 吨级的工作船码头。进港航道总长 65.41km（其中口外航道长 31.3km），设计水深 15m，可交会通航 10 万吨级 LNG 船和 10 万吨级集装箱船的双向航道设计。输气管道由 36km 海底管线和约 16km 陆上管线以及输气末站组成。一期工程于 2009 年建成投产。

本路由及登陆点距该码头约 7.0km，无影响。

②洋山申港国际石油储运有限公司码头

路由区西侧薄刀嘴岛上建有一处石油储运基地。该油库基地占地约 52 万 m²。建有一个 10 万吨级泊位（兼靠 12.5 万吨级油轮）、二个 5000 吨级泊位，二个 2000 吨级泊位。其中 10 万吨级泊位前沿水深 20m，长度 360m。设计年吞吐能力 750 万吨。

本路由及登陆点距该码头约 8.5km，无影响。

③沈家湾客运码头

沈家湾客运码头是沈家湾客运中心项目的重要组成部分，位于洋山深水港东端。沈家湾客运码头建设规模为 1000GT 级客滚船泊位一个、500 吨级高速客轮泊位 3 个及相应配套设施，并预留了远期发展余地。码头总长 200m，宽 16m~36.35m，引桥长 144m，宽 12 m，顶面标高 6.30~7.0m。防波堤长 965m，其中，与客运码头平行的长度约为 406m，为有效消减东侧波浪，给客运码头的运营提供良好的掩护条件，防波堤东侧的 559m 区段通过半径 200 m 的弧线向南侧弯折，形成反“L” 字布置形式，为客运码头的正常营运提供了可靠的安全屏障。

本路由及登陆点距该码头约 8.0km，无影响。

（3）上海国际航运中心洋山深水港区小洋山北作业区（规划）

根据《上海国际航运中心洋山深水港区小洋山北作业区规划方案》（2019 年），小洋山北作业区位于小洋山北侧，规划为集装箱支线码头区，小洋山北作业区岸线及陆域均通过围填海形成。小洋山北作业区规划岸线总长约 9.55km，其中北侧临海岸线长约 7.13km，陆域中部 LNG 海底管线两侧岸线长约 2.42km。规划陆域形成面积约 12.16km²（含护坡 12.5km²），陆域纵深约 2km，围填方式为吹填，吹填土方来自航道疏浚土。规划水域面积为 6.87 km²，规划陆域面积为 12.16km²。作业区约增加围填海面积 8.7km²，防波堤围填海面积约 1.2km²。

规划小洋山北作业区位于本路由石龙山登陆点东北侧约 2.2km，无影响。

6.2.2.2 航道

（1）洋山港区进港航道

洋山航道是大型集装箱船和洋山 LNG 船、油轮进出洋山港通道，三期进港主航道全程均为满足 10 万吨和 15 万吨级装箱船舶交汇的双向航道，有效宽度 550m，2008 年 10 月按 LNG 船通航要求开通 650m 宽航道。航道设计通航水深 16.5m，其中约 11km 的人工航槽段需疏浚维护，设计疏浚底标高-16.5m，可满

足 10 万吨级集装箱船舶全潮通行，15 万吨级集装箱船舶乘 1.2m 潮位通过。

本路由方案与位于小洋山西侧，洋山港区进港航道位于小洋山东侧，最近距离 3.3km，无影响。

（2）小洋山北作业区规划航道

小洋山北作业区规划有主航道、支航道和港内航道。近期规划自东口门规划东向航道接至洋山主航道疏浚段以外航段，作为本区主要进、出港航道，东向航道（主航道）长度 32.1km，航道宽度 450m，通航标准为 7 万吨级集装箱船限制吃水约 12.2m 乘潮双向通航。远期随着港区规模和船流密度的增大，可考虑自西口门开通西向支航道分流小型船舶。

本路由与规划西向支航道最近距离 2.0km，无影响。

6.2.2.3 锚地

根据《宁波—舟山港航道与锚地专项规划（修订稿）》（2014 年 12 月），路由附近舟山海域锚地主要有洋山小型避风锚地。

根据《上海港总体规划》（2010 年），路由附近上海海域锚地主要为临港新城作业区待泊锚地和漕泾危险品锚地。

根据《上海国际航运中心洋山深水港区小洋山北作业区规划方案》（中交第三航务工程勘察设计院，2019 年），路由附近小洋山北作业区规划有 4 个锚地。

（1）洋山小型避风锚地（XB10）

该锚地位于小洋山西南侧，锚地的主要功能为满足 1~2 万吨级船舶避风需要。锚地水深 10~12m，面积为 3km²。

（2）小洋山北作业区规划锚地

小洋山北作业区规划有 5 个锚地，洋山东锚地（≥2 万吨级船舶）、洋山 No.3、No.4 锚地（≤1 万吨级船舶）、港内锚地和原有洋山港引航待泊锚地的扩容。

本项目在选择本路由时已注意避让上述锚地区，最近的洋山 No.3 锚地（规划）与路由相距 2.8km。

6.2.2.4 跨海大桥

（1）东海大桥

东海大桥是上海国际航运中心洋山深水港区重要的配套工程，为洋山深水港集装箱疏运和供水、供电、通讯等提供服务。大桥北与芦潮港高速公路相连，南

跨杭州湾北部海域，直达浙江嵊泗小洋山岛，全长 32.5km。大桥按双向 6 车道加紧急停车带的高速公路标准设计，桥宽 31.5m，设计基准期为 100 年，最大主通航孔高出海面 40m。大桥于 2002 年 6 月开工建设，于 2005 年 5 月实现结构贯通。东海大桥在 2005 年建成通车。

本路由大、小乌龟登陆点与东海大桥最近距离分别约 150m 和 210m，进入东海大桥保护范围。

（2）沪舟跨海大通道（规划）

根据《浙江舟山群岛新区（城市）总体规划》（2012-2030 年），新区将建设以沪舟通道和甬舟第二通道组成的南北向陆路通道，路线为上海—洋山—岱山—舟山岛—册子—金塘—宁波北仑，并预留铁路建设条件。根据舟山群岛新区规划，舟沪跨海大桥也将于 2030 年前完工。该大桥设计为公路铁路两用，建成后将分别与 2008 年、2009 年通车的杭州湾跨海大桥、舟山跨海大桥“串桥成圈”。

沪舟跨海大通道规划从上海经大洋山、岱山至舟山本岛，为公铁共建通道。这条跨海大通道位于东海外海，海上段全长约 100km，目前沪舟跨海大通道在规划研究阶段。

根据现阶段确定的跨海大通道走向可知，本项目管道路由将与该跨海大通道发生交越。

6.2.3 海底管缆

工程海域的海缆和管道主要有通信电缆、输电电缆、油气管道、输水管道等。

（1）东海平湖油田海底管道项目

东海平湖油气田位于上海东南方的 29°05'00"N、124°55'00"E 处，包括从平湖油气田海上平台至上海南汇芦潮港的 DN350 输气管道和输送至岱山的 DN250 输油管道。两条管道平行，间距约 10m，呈 NW-SE 走向穿越舟山海域，属于上海石油天然气总公司。

输气管道 389km（海底 365km、陆上 24km），设计寿命 30 年，材质为 API 5LX52 级标准直缝钢管，外径为 355.66mm，壁厚为 11.13mm；管道采用煤焦油瓷器外防腐，管道外包裹 51cm 的水泥配重层，沿线安装有阳极块，管道为后挖沟埋设，于 1999 年 3 月建成投用。输油管道 304km（海底 300km、陆上 4km），设计压力 8600kPa，设计寿命 30 年，材质为 API 5L X52 级标准直缝钢管，外径

为 273.18mm，壁厚为 8.84mm，于 1998 年建成。管道全程埋设，设计埋深 1.5m，近年因海底冲淤变化较大，局部埋深较浅。

与本路由交越的是平湖油气田海上平台至上海南汇芦潮港的 DN350 输气管道。

（2）定海至上海通信电缆（嵊泗大洋山至上海芦潮港通信电缆）

大洋山至上海芦潮港通信电缆是一条联接上海和大洋山的通信电缆，于 1982 年 10 月建成投用，属于中国电信股份有限公司舟山分公司。该电缆起点位于嵊泗县大洋山圣姑岙：30°35'35"N、122°04'04"E；终点位于上海南汇芦潮港：30°52'38"N、121°51'10"E。总长度 39.2km，全程敷设。

本路由与大洋山至上海芦潮港通信电缆交越。

（3）上海液化天然气一期工程输气管道项目

上海 LNG 项目主要由 LNG 码头、LNG 接收站和海底输气管道三部分工程组成。LNG 码头位于上海洋山深水港区中西门堂岛的南侧，LNG 接收站位于中西门堂岛，LNG 海底输气管道计划为 600 万吨 LNG/年规模设计的 36"海底管道。从西门堂岛北侧入海，至南汇咀东海大桥东侧约 670m 处登陆。该输气管道于 2008 年 9 月铺设，属于上海液化天然气有限责任公司，长度约 36km。

本路由与上海液化天然气一期工程输气管道最近距离约 5.7km，无影响。

（4）上海液化天然气一期工程输气管道路由调整项目（拟建）

为配套洋山国际港口开发，满足港口用海需求，位于小洋山北侧登陆的上海 LNG 液化天然气管道（一期）需要重新调整小洋山登陆位置，目前该项目有多个方案正在细化研究。

一期管道调整与二期管道海上一般不相交。

（5）上海至嵊泗输电工程海底电缆（也称为大陆—嵊泗海底电力电缆、上海—嵊泗海底输电电缆等）

上海至嵊泗输电工程海底电缆是联接上海和浙江嵊泗的输电电缆，分为南北 2 条电缆，间距约 300m，于 2001 年 10 月建成投用，属于浙江省嵊泗县电力公司。该电缆的登陆点位于上海芦潮港 30°51'18"N、121°50'28"E，嵊泗泗礁登陆点为 30°41'59"N、122°25'25"E，总长度 59km。

上海至嵊泗输电工程海底电缆电压等级为士 50kV，外径 6.5 cm。铺设方式：分为埋设和敷设两种方式。其中，从芦潮港滩涂 30°50'52"N、121°52'24"E 至泗

礁登陆点 30°41'59"N、122°25'25"E 为埋设段，埋深 200 cm，长度 54.5km。芦潮港登陆点 30°51'18"N、121°50'28"E 至芦潮港滩涂 30°50'52"N、121°52'24"E 为敷设段，长度 4.5km。

本路由与上海至嵊泗输电工程海底电缆最近距离约 15.3m，无影响。

（6）中日海底光缆系统（CJ—FOSC）（已废止）

中日海底光缆系统是一条联接海外的大容量通信线路，于 1993 年 12 月建成投用，属于中国电信集团公司。该光缆西起上海南汇，登陆点位于 30°51'49"、121°51'18"上，至日本宫崎登陆点：32°01'25"N、131°29'51"E。总长度 1265km，中国侧全程长 700km。

该光缆有 7560 话路，通信系统规格为 SL-560 系统，光缆规格 SAM，外径为 3.1~5.15cm。铺设方式：中国侧为全程埋设，埋深 150cm。

本路由与中日海底光缆系统最近距离约 3.5m，无影响。

（7）岱山至大洋山通信光缆

该海缆属于中国电信舟山分公司。原为同轴海缆，由岱山岛长漕岬湾（跳嘴头）至大洋山里后门，全长 34km，铺设于 1982 年。2011 年重新铺设，升级改造为海底通信光缆，原来的大洋山里后门登陆点也因大岙防波堤工程影响而向西南调整约 1.6km，至大洋山南部牛头嘴海岸登陆。

本路由与岱山至大洋山通信光缆最近距离约 7.4m，无影响。

（8）泗礁至大洋通信电缆

该海缆于 1982 年 5 月建成，属舟山电信，登陆点分别位于泗礁岛西部李柱附近、大洋山里后门附近。

本路由与泗礁至大洋通信电缆最近距离约 6.5m，无影响。

（9）嵊泗县大陆（小洋山）引水工程海底管道（拟建）

嵊泗县大陆（小洋山）引水工程海底管道路由自薄刀嘴岛东湾北部小凹岸内的砾石滩入海，向东北方向至泗礁岛插旗岗西侧一小凹岸内的人工驳岸登陆，全长约 28.967km。管道输送的是清水，水管管径为 DN800，管材选用 Q235B 钢管或复合 PE 管，采用单管道输水方案，计划引水规模日均约 1 万 m³。

6.2.4 水利工程

小乌龟岛登陆点位于浙江省舟山市嵊泗县小乌龟山岛西侧洋山四期西围堤

上，与东海大桥（S2 沪芦潮高速）相距约 210m。大乌龟岛登陆点位于大乌龟岛洋山四期北围堤上。目前小乌龟山岛、大乌龟山岛与颍柱山岛之间陆域已连接，该区域为洋山深水港区四期工程，主要建设内容包括 7 个 5~7 万吨级集装箱泊位、工作船码头及必要的配套设施，占用岸线 2800m（集装箱码头岸线 2350m，工作船码头等岸线 450m），四期工程总面积约 223hm²，年设计吞吐量 400 万 TEU。洋山四期西围堤南端向西建有导流堤，全长 1500m，本项目设计管道入海后与导流堤保持一定距离。管道登陆需与相关主管部门和利益相关单位进行协商，制定有效的保护方案，并取得书面意见。

6.2.5 围填海工程

（1）小洋山北侧物流配送中心项目填海工程

位于小洋山北侧，为浙江浙能洋山建设开发有限公司所有，属于交通运输用海，用海面积 24.0047hm²，用海方式为建设填海造地，围填区主要用于洋山港区配套物流基地开发用地。

本路由与小洋山北侧物流配送中心项目填海工程最近距离约 1.8m，无影响。

（2）嵊泗县沈家湾东侧场地及护岸处理工程

嵊泗县沈家湾东侧场地及护岸处理工程属嵊泗县交通投资有限公司所有，是在沈家湾客运中心现有规模的基础上通过实施填海造地工程进行客运中心陆域规模的扩建，同时在陆域临海侧设置护岸，保护陆域不受波浪侵袭破坏，从而提供可供使用的停车场用地。该工程的建设规模为：回填 99250m² 海域面积作为停车场，并在临海侧设置 574m 长海堤护岸结构。

本路由与嵊泗县沈家湾东侧场地及护岸处理工程最近距离约 8.2m，无影响。

（3）嵊泗县薄刀咀高端度假区陆域形成工程

为嵊泗县盛港开发建设有限公司所有，属于建设填海造地用海，用海面积 34.8209hm²，用海方式为建设填海造地，主要用于高端旅游度假区开发用地。

本路由与嵊泗县薄刀咀高端度假区陆域形成工程最近距离约 8.0m，无影响。

（4）小洋山北侧围垦工程（在建）

小洋山北侧围垦工程位于小洋山岛、大指头岛、沈家湾岛和薄刀嘴岛之间海域，规划面积为 13km²，按照产业发展规划，总体功能布局为“四区、两带、一基地”，即港航物流区、保税功能区、临港产业区、综合配套服务区和南部的现

代产业景观带、北部的生态休闲景观以及小洋山西侧的游艇产业基地。产业发展定位为“两主一辅一配套”，即港航物流服务功能、自由贸易园区功能、临港产业辅助功能以及综合配套服务功能，建设成为国际港航物流基地和现代临港产业集聚区。

小洋山北侧围垦项目自 2012 年开工以来按分期围垦、分段促淤吹填成陆的原则，小洋山北侧围垦工程一期已于 2017 年 8 月交工验收。

本路由与小洋山北侧围垦工程（在建）最近距离约 1.8m，无影响。

6.2.6 旅游区

（1）小洋山石龙景区

小洋山石龙景区位于大城子山北部。景区占地面积约 1.5km^2 ，建有 4 座观景平台，由 2600 余米游览线路串联在一起，以遍布全岛千奇百怪的岩石为特色。经漫长岁月的日晒雨淋、海浪冲刷，洋山的岩石表面逐渐风化，形成了千姿百态的石景群。在众多石景之中，首推“石龙奇观”，两条长约百余米的天然巨石，酷似头西尾东，上下蜿蜒横叠的两条巨龙，栩栩如生。本路由陆上管道拟穿越石龙景区，有影响；与海管路由登陆点相距 150m，影响较小。



图 6.2-3 洋山石龙景区

6.2.7 海上风电

（1）嵊泗 2#海上风电场项目

嵊泗 2#海上风电场位于舟山市嵊泗县崎岖列岛西南侧王盘洋海域，海域使用权人为浙江浙能国电投嵊泗海上风力发电有限公司，安装总装机容量 400MW，同步配建 1 座 220kV 海上升压站和 1 座计量站，敷设 16 组 35kV 海底电缆和 2 回 220kV 海底电缆，将风电机组与升压站、计量站相连，风电场接入电缆在平湖界内。项目于 2019 年 12 月开工建设。

嵊泗 2#风电场场区位于漕泾东航道南侧，其风机与本路由最近距离约 7km，无影响。

（2）嵊泗 6#海上风电场项目（在建）

中广核嵊泗 6#海上风电场工程位于小洋山北侧，浙江省舟山市嵊泗县大衢洋海域，由中广核（嵊泗）新能源有限公司投资建设。项目 6#场区位于东海大桥东侧，东海大桥二号通航孔航道南侧，小戢山西南侧，场区呈七边形，东西长约 7.0km，南北宽约 3.1km，面积约 19.3km²。本路由与 6#风场区风机最近距离约 3km，但与风电场海缆交越，目前该海缆正在施工，设计埋深约 3m。

6.2.8 其他

输气管道路由东南侧海域有沈家湾薄刀咀防波堤工程，其位于沈家湾与薄刀咀之间的海域，西侧、北侧以沈家湾、薄刀咀山体为天然边界，南临沈家湾防波堤，西接拟建的小洋山围垦工程，东侧面朝东海。

沈家湾薄刀咀防波堤工程为嵊泗县洋山开发建设管理委员会建设，计划投资 3.1 亿元，主要包括新建 1113m 防波堤、1100m 施工便道和护底设施。防波堤结构采用抛石斜坡堤，墙顶标高 7.35m，堤顶高程 6.15m，堤顶宽 6m，工期时长 24 个月。沈家湾薄刀咀防波堤工程建成后，还能为施工船、港区工作船等提供良好的避风锚泊场所，同时有效减少东向风浪对沈家湾客运中心码头、停车场等设施影响，保护该区域内舟山多端柔性直流输电工程安全运行。

本路由与防波堤最近距离约 9.3km，无影响。

6.3 路由海域环境敏感目标的现状与分布

6.3.1 主要经济鱼类“三场一通”分布情况

2002 年 2 月，农业部首次发布《中国海洋渔业水域图》，根据各海区的海洋渔业资源调查资料、调查报告、鱼类分布图集以及相关研究成果进行编制，较详细的介绍了我国管辖水域中，鱼、虾、蟹、贝类的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道和鱼、虾、贝类、藻类及其他水生动植物的养殖场所，对加强渔业资源及其生态环境的保护和管理、维护渔业权益、促进渔业可持续发展具有重要意义。

根据中国农业部发布的《中国海洋渔业水域图》中《东海区渔业水域图（第一批）》分析本项目附近海域主要经济鱼类的分布洄游情况。

长江口中上层鱼类分布洄游情况见图 6.3-1，长江河口区鱼类主要包括刀鲚、凤鲚和日本鳗鲡幼体等。其中刀鲚属溯河性鱼类，栖息于近海，一般 1 月中旬至 4 月初开始由海入江进行生殖洄游，洄游路线有两条，一条进入北港，另一条分别进入南港的南北槽，产卵场在湖泊中，产卵后的刀鲚及幼鱼返回近海索饵越冬，索饵期 6-8 月，洄游路线在长江口分成五条入海；凤鲚是一种短距离溯河鱼类，栖息于近海，一般 4 月中旬开始沿长江口的南北槽溯江北上，进行生殖洄游，长江口区是凤鲚最主要的产卵场之一，产卵期 4-7 月。当年孵化的仔幼鱼在长江口外浅海及邻近海域育肥和越冬；日本鳗鲡幼体从海洋进入江河湖泊生长育肥，东海各河口均有分布，长江口区是日本鳗鲡幼体由海入江的主要通道，有 5-6 条洄游路线分别进入长江口的南港和北港，溯河期 1-4 月。

东海近海中上层鱼类分布洄游情况见图 6.3-2，中上层鱼类包括鲐鱼、蓝圆鲹、鳓鱼、马鲛鱼等。其中鲐鱼的产卵场主要分布于北纬 27°- 28°30'，东经 122°30' 以西、北纬 27°45'- 30°30'，东经 122°- 123°15'及北纬 34°15'，东经 121°30'以西水域，产卵期 3-5 月；索饵场主要分布于北纬 30°- 32°30'，东经 122°30'- 125°00'和北纬 32°30'- 34°20'，东经 123°- 125°30'水域，索饵期 5-10 月；越冬场主要位于北纬 25°30'- 30°和北纬 31°30'- 34°，东经 126°- 128°30'，越冬期 11-2 月。蓝圆鲹的产卵场，南起台湾海峡中南部，北到长江口，呈带状分布，其中以福建中部至浙江中部近海为主，产卵期 4-9 月；索饵场主要位于闽南粤东近岸海区 and 浙江北部近海，索饵期 7-10 月；越冬场主要位于台湾海峡中南部和台湾北部彭佳屿附近，水深 100-150m，越冬期 11-3 月。鳓鱼的主要产卵场位于福建、浙江近海水深 20-35m 水域和江苏近海的吕泗和海州湾渔场，产卵期 4-6 月；索饵场主要位于浙、闽近海，水深 36-47m 一带和北纬 31°- 32°30'，东经 123°40'以西水域，索饵期 7-11 月；越冬场主要位于浙闽近海和江苏近海，越冬期 12-3 月。马鲛鱼的主要产卵场有 6 个，分布于从福建近海到江苏海州湾，水深 20-30m 水域，产卵期 2-6 月；索饵场主要位于北纬 33°45'- 35°00'，东经 123°00'以西和北纬 29°- 33°，东经 123°以西水域，索饵期 5-11 月；越冬场主要位于浙闽近海和长江口以北的沙外、江外渔场，越冬期 12-3 月。

东海近海底层鱼类分布洄游情况见图 6.3-3，底层鱼类主要包括带鱼、大黄鱼、小黄鱼、银鲳、灰鲳等。其中带鱼的主要产卵场在北纬 28°- 31°30'，东经 122°00'- 124°00'海区，产卵期 3-8 月；主要索饵场位于海礁、长江口及黄海中南

部，水深 20-60m 范围，索饵期 8-11 月；主要越冬场在纬度 $26^{\circ}30'$ - $28^{\circ}30'$ ，水深 60-100m 范围，越冬期 12-3 月。大黄鱼的产卵场分布于从南到北 30m 以浅的河口、港湾和岛屿之间的近岸水域，主要在厦门近海、浙江岱山和吕泗近海，产卵期 4-6 月；索饵场位于上述产卵场外围，索饵期 6-10 月；越冬场主要在纬度 $30^{\circ}30'$ - $32^{\circ}30'$ ，东经 124° - $126^{\circ}00'$ 、纬度 $24^{\circ}30'$ - $30^{\circ}00'$ ，水深 30-60m 和纬度 $32^{\circ}00'$ - $34^{\circ}00'$ ，水深 50-70m 水域，越冬期 1-3 月。小黄鱼的主要产卵场主要位于纬度 28° - $29^{\circ}40'$ ，东经 $124^{\circ}00'$ 以西、纬度 $30^{\circ}40'$ - $31^{\circ}50'$ ，东经 $123^{\circ}30'$ 以西、纬度 $31^{\circ}50'$ - $33^{\circ}20'$ ，东经 $122^{\circ}30'$ 以西及纬度 $33^{\circ}30'$ - $35^{\circ}00'$ ，东经 $121^{\circ}30'$ 以西水域，产卵期 3-6 月；索饵场位于纬度 $33^{\circ}00'$ - $35^{\circ}00'$ ，东经 $122^{\circ}30'$ - $122^{\circ}40'$ 和纬度 $29^{\circ}30'$ - $33^{\circ}00'$ ，东经 $122^{\circ}00'$ - $123^{\circ}00'$ 水域，索饵期 6-10 月；越冬场主要位于纬度 $32^{\circ}30'$ - $35^{\circ}00'$ ，东经 $123^{\circ}00'$ - $125^{\circ}00'$ 、纬度 $30^{\circ}00'$ - $32^{\circ}00'$ ，东经 $124^{\circ}30'$ - $126^{\circ}00'$ 及纬度 $26^{\circ}30'$ - $29^{\circ}30'$ ，水深 60-80m 水域，越冬期 11-3 月。银鲳的产卵场位于纬度 $26^{\circ}30'$ - $35^{\circ}00'$ ，水深 30m 以内的河口附近，产卵期 4-10 月；索饵场位于上述产卵场及其附近海域，索饵期 6-11 月；越冬场主要位于纬度 $26^{\circ}30'$ - $28^{\circ}30'$ ，东经 $124^{\circ}00'$ 以东、纬度 $29^{\circ}00'$ - $32^{\circ}00'$ ，东经 $125^{\circ}30'$ - $127^{\circ}30'$ 以东及纬度 $26^{\circ}30'$ - $28^{\circ}30'$ ，东经 $122^{\circ}30'$ - $125^{\circ}30'$ 以东，水深 80-100m 水域，越冬期 1-3 月。灰鲳的主要产卵场位于纬度 $26^{\circ}30'$ - $35^{\circ}00'$ ，东经 $123^{\circ}30'$ 以西，产卵期 4-10 月；索饵场主要位于纬度 $26^{\circ}30'$ - $35^{\circ}00'$ 东经 $123^{\circ}00'$ 以西，索饵期 5-11 月；越冬场主要位于济州岛邻近水域，东海北部外海和温台外海，越冬期 12-3 月。

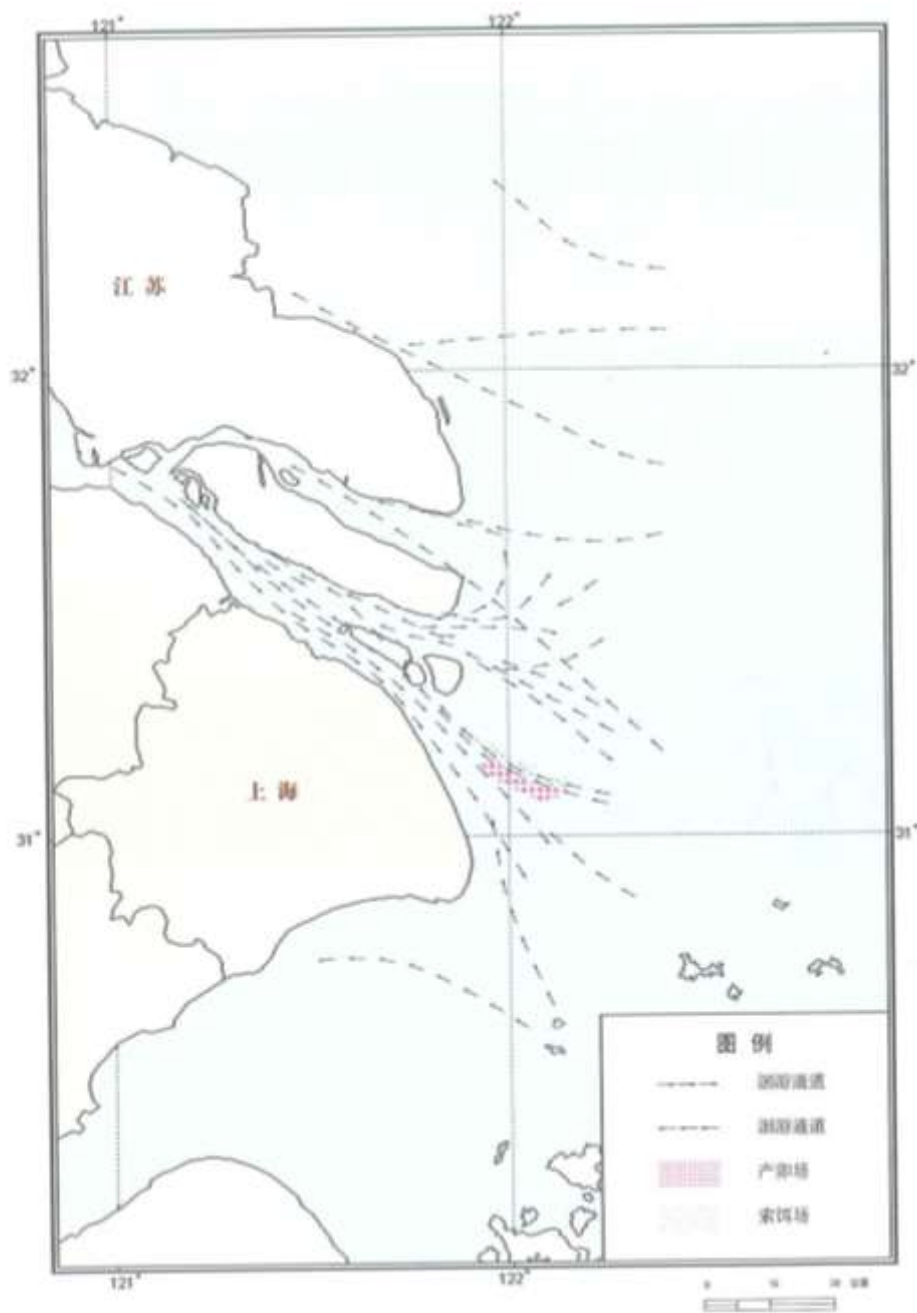


图 6.3-1 东海长江口中上层鱼类分布洄游情况示意图

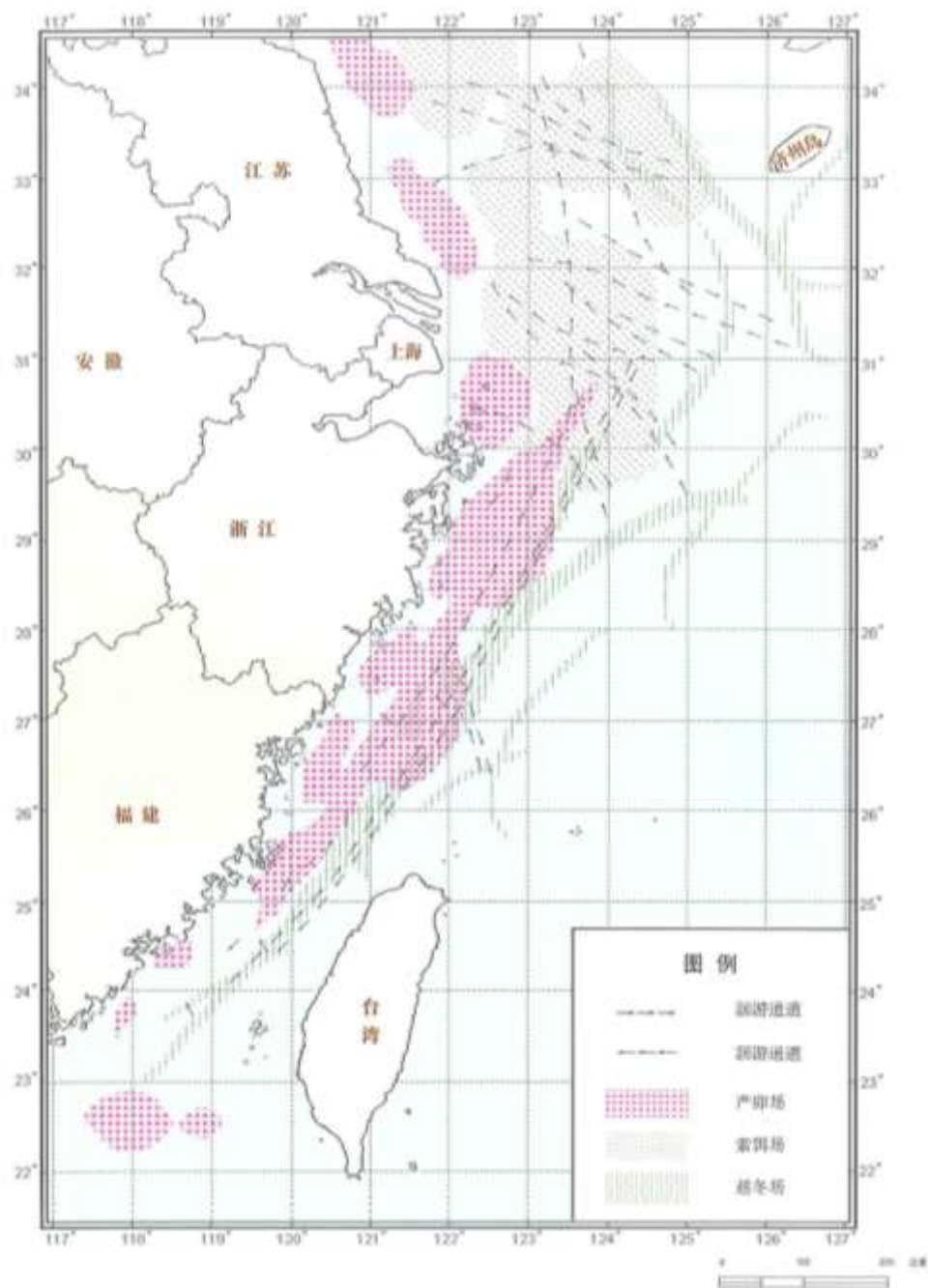


图 6.3-2 东海近海中上层鱼类分布洄游示意图

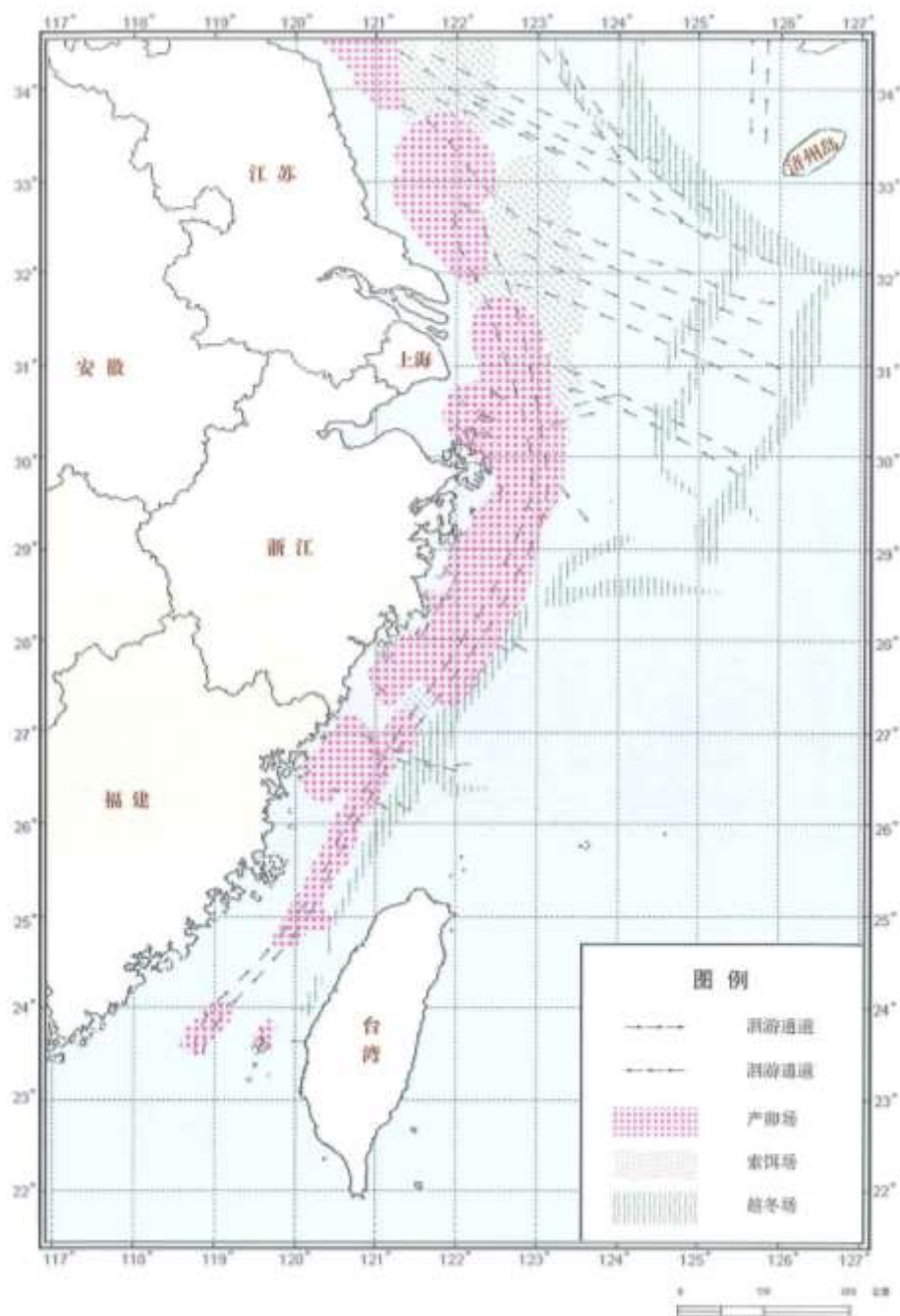


图 6.3-3 东海近海底层鱼类分布洄游示意图

(1) 大黄鱼

大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 是一种亚热带底层鱼类，结群性强，分布于东海、黄海和南海，是我国特有的捕捞对象，以东海生产为主。根据其形态特征及生态习性，可以将中国近海大黄鱼分成三个地理种群，它们在形态、寿命、种群结构、分布区和资源数量上都有明显差异。分布在雷州半岛以东的硃洲族寿命

最短，种群结构最简单，数量最小；分布在浙江和江苏南部沿海的岱巨族的种群结构最复杂，数量最多；分布在闽、粤沿海的闽一粤东族则介于两者之间。

大黄鱼为暖水性近海高度集群性洄游鱼类，主要栖息于 80m 以内的沿岸和近海水域中下层。产卵鱼群怕强光，喜逆流，喜欢分布在透明度较小的混浊水域。黎明、黄昏或大潮汛时多上浮，白昼或小潮汛时下沉。根据研究，岱衢族大黄鱼产卵场主要分布在海州湾、吕泗渔场、浙江沿海的岱衢洋、大戢洋、大目洋、猫头洋等。闽一粤东族大黄鱼产卵场主要分布在福建沿海的东引、官井洋等。产卵期均为 5~6 月，同时，大黄鱼在秋季也有产卵群体，产卵期为 9~10 月。产卵场一般位于靠近大陆的河口、内湾、岛屿近岸，水深一般不超过 20m，但在岱衢洋产卵场最深可达 20~30m，水色混浊，透明度大都在 1m 以内，底质为软泥或泥质沙，潮流较急的海域。大黄鱼在产卵结束后，就近分散在各产卵场外围、岛屿及河口区进行索饵，因此，夏秋季从吕泗渔场到闽南渔场的机轮拖网禁渔线以内均是大黄鱼重要索饵场。在东海分布的大黄鱼越冬场主要有三处，一是在大沙渔场，二是在江外、舟外渔场，三是在闽东、闽中渔场，越冬期为 1~3 月。

分布在东海的大黄鱼 1~3 月主要分布在大沙渔场，江外、舟外渔场以及闽东、闽中渔场三个越冬场越冬，但是，越冬场位置会由于年间水文要素变化而引起年间位置偏移或越冬鱼群交错。4~6 月，随着台湾暖流势力增强，沿岸海区水温升高，春季产卵群体从各个越冬场结群游向产卵场，其中，在江外、舟外渔场越冬的鱼群主群大致从东南方游向长江口北部和吕泗渔场南部，支群从偏北方向进入岱衢洋、大戢洋产卵场，还有一部分鱼群北上进入大沙渔场，混同在大沙渔场越冬的鱼群进入吕泗洋产卵，在大沙渔场越冬的鱼群除了主要进入吕泗洋产卵外，还有一些鱼群进入海州湾产卵场。在闽东、闽中渔场越冬的鱼群则主要进入浙江、福建沿海的各个产卵场产卵，其中，在闽中渔场越冬的鱼群主要进入牛山渔场产卵，在闽东渔场越冬的鱼群主要进入官井洋和东引渔场产卵，还有一部分和在浙江南部越冬的鱼群一起北上进入洞头洋、大目洋、猫头洋及岱衢洋产卵场。8~10 月，产卵后的亲鱼分散于个岛屿、河口及产卵场外围海区索饵，10 月份以后，由于北方冷空气南下，暖流势力减弱，近海水温下降，索饵群体开始进行越冬洄游，12 月份后返回各自越冬场；幼鱼则于 6~8 月，主群分布在长江口及吕泗渔场肥育成长，到 12 月份也分别返回越冬场，大黄鱼的洄游分布如图 6.3-4 所示。

本项目路由位于大黄鱼的索饵场中，在 2021 年秋季（11 月）的渔业资源拖网调查中，也捕获到了大黄鱼。

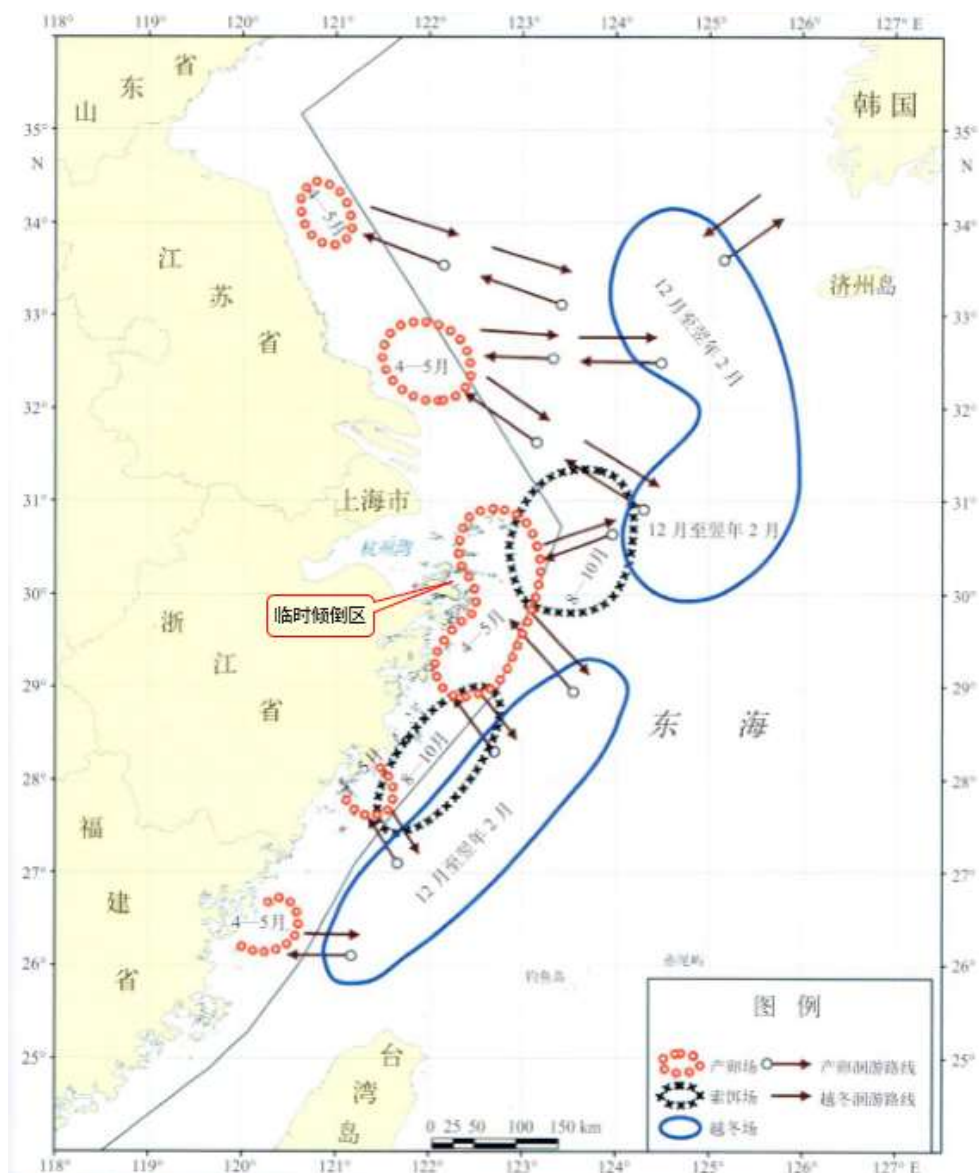


图 6.3-4 大黄鱼洄游分布示意图

(2) 凤鲚

凤鲚 (*Coilia mystus*) 是长江口和杭州湾重要的小型经济鱼类，凤鲚也是一种溯河洄游性鱼类，大多生活于沿岸浅水区或近海，平时分散活动不集群，进入繁殖期便结成大群，游向长江口、钱塘江等咸淡水区产卵。洄游距离较短，向钱塘江上溯，一般止于杭州；在长江口上溯到南通附近，一般不过江阴。产卵后亲鱼返回海洋里生活，幼鱼在河口成长，待冬季来临，水温下降便游向海洋，在海洋里越冬。凤鲚产卵持续时间较长，每年从 5 月中旬到 9 月初均有产卵个体，盛期为 5 月下旬至 6 月下旬，在钱塘江口，产卵场集中分布在杭州湾大洋山、滩浒

等岛屿附近，凤鲚的洄游分布如图 6.3-5 所示。

凤鲚是长江口、杭州湾主要经济鱼类，常与刀鲚混栖、混捕，主要捕捞季节 4 月下旬至 7 月下旬，也就是捕捞的主要是生殖群体。带籽凤鲚价格高，肉味鲜美，颇受欢迎。多为沿岸张网、流刺网、插网等作业所捕获。

本项目路由位于凤鲚的产卵场、索饵场和洄游通道上，凤鲚为本项目工程海域的重要渔业资源种类，在 2021 年春季（4 月）、秋季（11 月）的渔业资源拖网调查中，均捕获到了凤鲚，并且还分别是调查海域春秋季节的优势种。

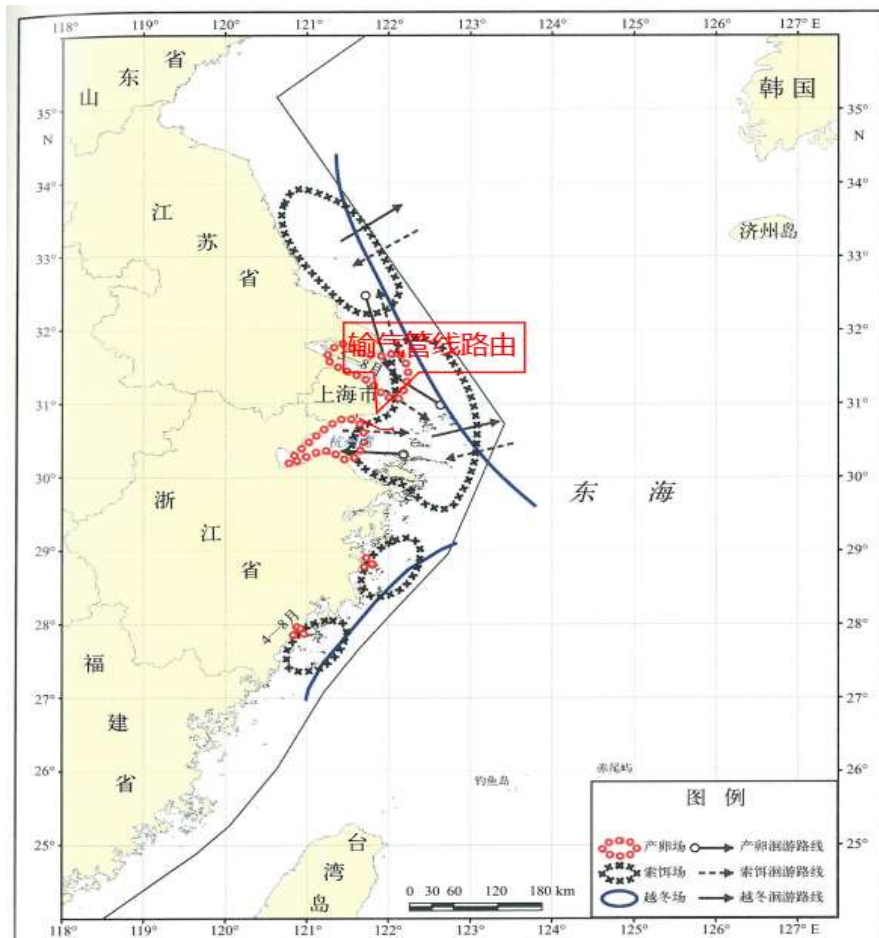


图 6.3-5 凤鲚洄游分布示意图

（3）鳊

鳊（*Miichthys miiuy*）为暖温性近海底层鱼类，集群性不强，常栖息在水深 15~70m、底质为泥或泥沙海区，或栖息于近岸岩礁、岛屿附近和河口。每年 4~5 月，鳊由外侧深水越冬场向近岸作产卵生殖洄游，到长江口、杭州湾口等河口、港湾一带产卵，产卵期为 7~8 月，产卵后分散索饵，鳊的洄游分布如图 6.3-6 所示。

在杭州湾外的金塘渔场是鲈的一个重要渔场，主要捕捞作业方式为流网和钓，也被拖网和张网所兼捕。由于鲈集群性差，群体数量不大，没有专门的作业方式进行大规模掠夺性捕捞，因此，资源相对稳定，近几年，鲈资源数量似乎有上升趋势，市场上出售鲈数量越发见多，且常见捕捞到大个体的鲈，浙江省渔业统计产量中，鲈的产量也逐年上升，2005 年浙江省鲈年产量为 10353t，到 2013 年曾达 53384t，2021 年产量为 40352t。

本项目路由穿越了鲈的产卵场和索饵场，鲈是本项目工程海域的重要渔业资源种类之一，在 2021 年春季（4 月）、秋季（11 月）的渔业资源拖网调查中，均捕获到了鲈，其中秋季还是调查海域的优势种。

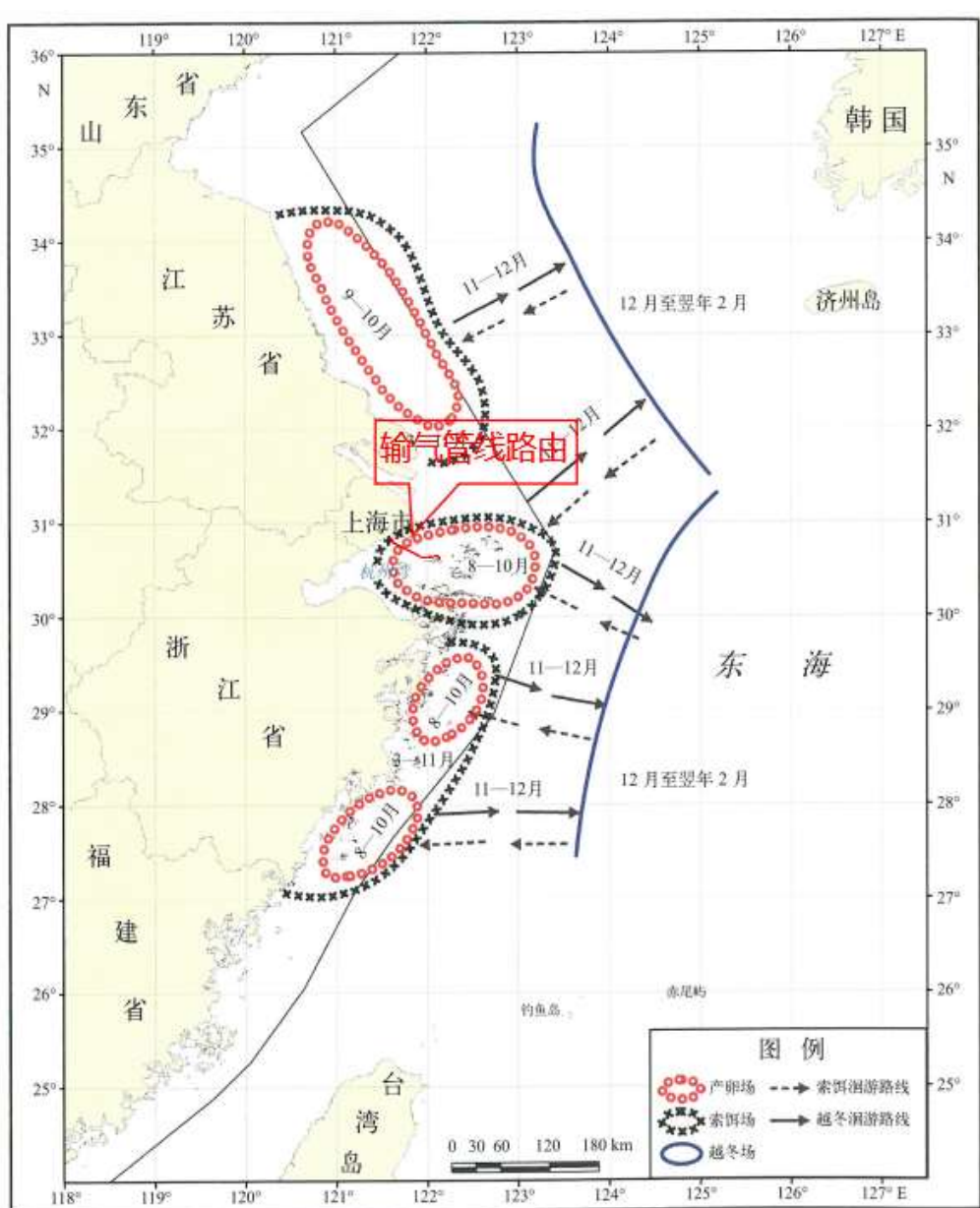


图 6.3-6 鲈洄游分布示意图

（4）白姑鱼

白姑鱼 (*Argyrosomus argentatus*) 属于暖温性近底层鱼类，是石首鱼科的一个重要的经济鱼类，也是长江口水域最重要的经济鱼类之一。根据研究，白姑鱼产卵场主要位于海湾，河口和浅滩水域。分布在东海的白姑鱼大致可以分为黄海种群和东海种群两个种群。在本项目路由海域分布的主要是东海种群。

东海种群白姑鱼主要有南、北两个越冬场，越冬期为 12 月至翌年 2 月。北部越冬场位于舟外和江外渔场，该越冬场的鱼群常与黄海越冬场鱼群相混合。东海北部鱼群春季（3~4 月）从越冬场向近海移动，于 5~9 月密集在长江口、舟山渔场产卵，6~7 月为产卵盛期，而后逐渐向北进行索饵洄游，秋末冬初，随着水温下降，鱼群转向洄游至越冬场。东海南部鱼群的越冬场大致在浙江南部至福建北部近海较深海域，鱼群沿东海南部的大陆沿岸作南北洄游，3~4 月由外侧海域向沿岸移动，5~8 月密集于闽中及舟山渔场一带产卵，仔幼鱼在产卵场附近海域索饵育肥，10 月开始掉头向南移动，回到越冬场。白姑鱼的洄游分布如图 6.3-7 所示。

本项目路由穿越了白姑鱼的产卵场，白姑鱼属于本项目工程海域的常见种类，在 2021 年春季（4 月）、秋季（11 月）的渔业资源拖网调查中，均捕获到了白姑鱼。

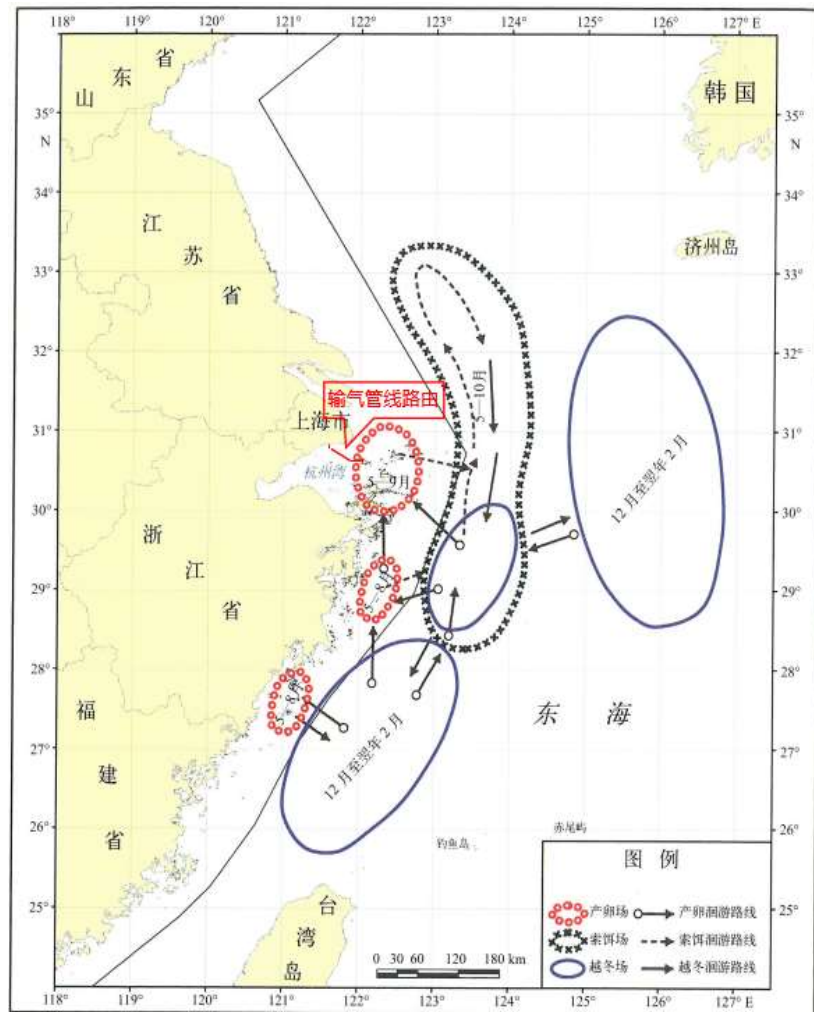


图 6.3-7 白姑鱼洄游分布示意图

(5) 三疣梭子蟹

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 是一种暖温性大型食用蟹类, 广泛分布于我国渤海、黄海、东海和南海, 国外还分布于日本、朝鲜、韩国、菲律宾、马来群岛和红海等。长江口、舟山渔场是三疣梭子蟹的主要分布区, 每年春分之后, 随着水温逐渐上升, 三疣梭子蟹的性腺发育成熟, 从越冬海区向近岸浅海作产卵洄游, 5~6 月密集在舟山、长江口 30m 以浅海域产卵, 尤其是在沙质和泥沙质海区数量为较多。产卵场底层水温为 $14^{\circ}\text{C}\sim 21.3^{\circ}\text{C}$ 、底层盐度为 $15.8\sim 30.1$ 。三疣梭子蟹的产卵期较长, 在东海北部近海主要产卵期为 4~7 月, 高峰期集中在 4 月下旬至 6 月底, 但是, 到 8 月也有一定数量的雌蟹抱卵个体, 甚至在秋冬季也能偶尔捕到抱卵亲蟹。6~8 月孵出的幼蟹分布在产卵场附近的沿岸浅海索饵肥育, 生长迅速, 10 月以后, 随着水温下降, 索饵群体开始转向较深海区作越冬洄游。冬季 1~2 月主要分布在水深 40~60m, 底

层水温 12℃以上的深水区越冬。三疣梭子蟹的洄游分布如图 6.3-8 所示。

三疣梭子蟹是东海渔业的重要捕捞对象，开发利用历史悠久，历史上以流刺网作业捕捞为主，也为拖网、张网作业所兼捕，到了 20 世纪 80 年代，随着桁杆拖虾网作业的兴起，三疣梭子蟹被兼捕数量日渐增多，特别是在 90 年代初，随着蟹笼试验成功并得到推广应用，又成为除了流刺网之外的又一种专业捕捞三疣梭子蟹的工具，经济效益明显，梭子蟹产量也逐渐上升，东海最高年产量近 20 万 t。但是，由于捕捞强度已经超过了梭子蟹资源的承载力，梭子蟹资源出现明显波动。进入 21 世纪之后，浙江省每年在杭州湾、长江口放流梭子蟹苗种几百万甚至上千万尾，并取得了明显的效果。

本项目路由位于三疣梭子蟹的重要分布海域，或者说三疣梭子蟹是本项目工程海域的重要经济种类，也是优势种类，在 2021 年春季（4 月）、秋季（11 月）的渔业资源拖网调查中，均捕获到了三疣梭子蟹，且与凤鲚一样，分别是调查海域春秋季节的优势种。

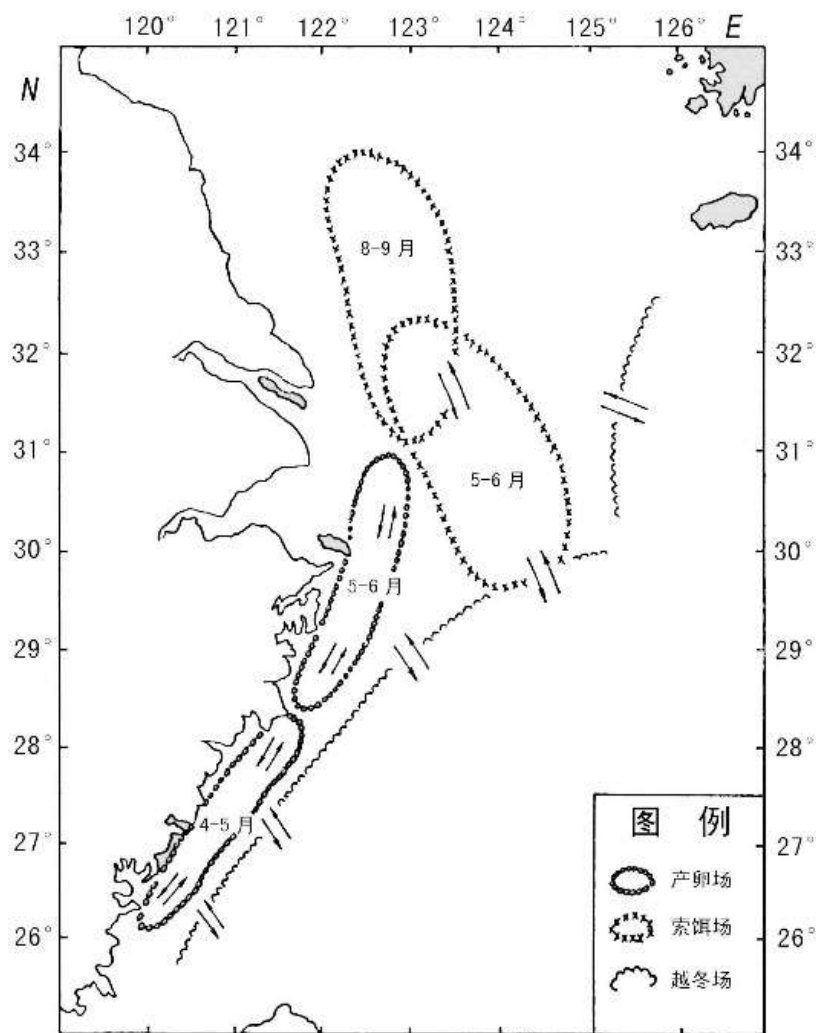


图 6.3-8 三疣梭子蟹洄游分布示意图

(6) 海蜇

海蜇 (*Rhopilema esculentum*) 是海洋中常见的具有较高经济价值的暖水性大型水母，隶属于腔肠动物门钵水母纲根口水母目海蜇属。主要分布在中国、日本、朝鲜、印度和马来西亚等沿岸海域，是近岸渔业的捕捞对象之一。在东海分布的海蜇有 5 种，即海蜇、沙海蜇、黄斑海蜇、叶腕海蜇和拟叶腕海蜇，其中以海蜇的产量为最大，历史上，其产量约占海蜇类产量的 95% 以上。杭州湾是海蜇的重要产区。

海蜇幼体发生于沿岸河口的咸淡水交汇区，幼体对盐度反应相当敏感，在 15°C~20°C 和盐度 15 左右范围内幼体迅速生长。在东海沿岸各条较大江河的河口区，均是稚蜇繁殖生长的场所，并且根据各河口区地理位置不同，海蜇的繁殖、生长和浮游路线也不相同，从而可将分布在东海各地的海蜇分为闽南群体、闽中

群体、闽东群体、浙南群体、杭州湾群体和吕泗群体等 6 个群体。海蜇的洄游分布如图 6.3-9 所示。

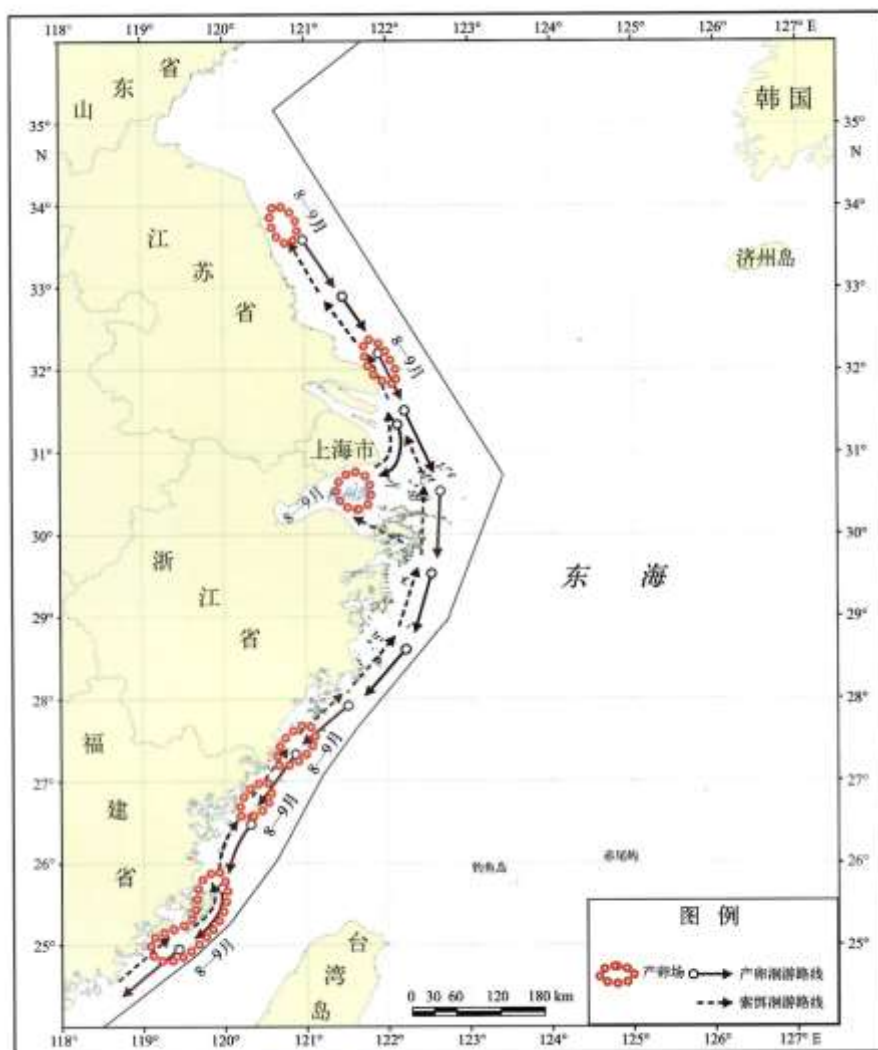


图 6.3-9 海蜇洄游分布示意图

海蜇自身游泳能力较弱,如果没有外力作用难以作长距离移动,分布在东海的各个海蜇群体的移动多是春季在偏南风的作用下,幼蜇离开繁殖场,由南向北浮游,在浮游途中,幼蜇不断摄食成长,秋季在偏北风作用下,成蜇又游离索饵场所,由北向南浮游,在浮游途中,亲着性腺发育成熟,一旦水温适宜,即行产卵,但是,杭州湾群体不同,其浮游路线主要受杭州湾环流影响,每年 5 月份左右,稚蜇在杭州湾环流的影响下漂浮游动至湾口外的嵊泗渔场。海蜇生长迅速,到 6 月中旬~7 月下旬,海蜇伞径可增至 10~20cm,约到 9 月底,海蜇伞径达 30~40cm,进入渔汛期。

在杭州湾及舟山渔场分布的海蜇群体数量,除了杭州湾群体外,还受浙南群

体的影响。浙南群体海蜇稚蜇发生于沙埭港至飞云江之间，5月中旬以后，随着偏南风增强，在风和流的作用下，幼蜇越过瓯江口，开始想北作长距离洄游索饵，6月中上旬穿过东鹿列岛和披山一带海域，平均伞径达到 25cm 左右，即成为当地的捕捞对象。此后，海蜇经鱼山列岛内侧继续北上，在六横岛以南，群体分为主群和支群两股，支群向西北移动，进入金塘海域，主群从舟山群岛外侧北上，6月下旬抵达朱家尖、普陀山外侧海域时，伞径增至 40cm 左右，形成“梅蜇”汛期，此后经青浜岛一带继续北上，7月初达到嵎泗列岛。由于该海域地处长江口南侧和钱塘江口外侧，受冲淡水的影响较大，故浙南群体海蜇到此渔场后，北上速度减慢，而后续的补充群体又不断浮游而来，并在此迂回集结较长时间，因此，历史上，在杭州湾、嵎泗渔场成为海蜇生产的重要渔场，具有汛期长、产量高的特点。8月下旬以后，由于偏北风渐趋增多增强，致使在各个索饵场索饵的海蜇，开始自北向南浮游。分布在长江口一带的，向南移动进入嵎泗渔场，和原来栖息在该海域的群体混栖，分布在泗礁西侧的，在偏北风的推动下，进入杭州湾，并逐渐南移动到金塘海域，分布在泗礁东侧的，沿着索饵浮游路线南移。在南移过程中，性腺不断发育成熟，8月底至9月，当海蜇所在海域的水温下降到 26℃左右时，亲蜇开始产卵，10月下旬产卵期接近尾声。

在长江口南侧、钱塘江口外的杭州湾，渔场自然条件优越，岛屿环列，海底平坦，水深多为 10~30m，泥沙底质，适宜海蜇集结。因此，浙南群体索饵北上到达此渔场后，停留栖息时间较长。立秋后，本渔场的土著群体——杭州湾群体也长大成为捕捞群体，补充了该渔场中的海蜇数量。因此，历史上，从“夏至-霜降”一直都有海蜇生产，根据生产高峰出现的时间，可将该渔场生产海蜇的渔汛分为 4 大旺汛阶段。即“梅蜇汛”，时间为 6 月下旬~7 月下旬，伞径以 40~50cm 为主；“伏蜇汛”，时间为 7 月下旬-8 月下旬，优势伞径为 50~70cm；“秋蜇汛”，时间为 8 月下旬~9 月下旬，优势伞径为 60~70cm；“寒露汛”，时间为 9 月下旬~10 月下旬，优势伞径为 50~65cm。

海蜇是一种一年生的大型水母，具有生长快，生命周期短，资源数量波动大，恢复能力强的特点。春季 1~2cm 的仔蜇经过 3~5 个月的生长就可以达到 40~100cm 以上，杭州湾群体的迅速生长期为 7~8 月，8 月以后，当水温从年间的最高值下降后，亲蜇性腺发育加快，蜇体生长开始减慢，产卵阶段生长基本停止，产卵后则进入衰老期，伞径收缩，生长速度出现负值，秋后多数个体均死亡、

腐烂。

对于杭州湾的海蜇开发利用历史悠久,生产工具以沿岸定置张网作业为主,流动的锚张网也有生产,但所占比重不大。在 20 世纪 60 年代,全国海蜇平均年产量为 29935t,东海区产量占 95%以上,70 年代,全国平均年产量为 21405t,东海区的产量占 81.4%,到 80 年代初,东海区的海蜇年产量为几千吨。浙江省的海蜇产量,在 60 年代要占全国的 1/2,居全国第一位;1975 年为 11000t,自 70 年代中期起,海蜇资源不断下降,1976-1980 年平均年产量为 1496t,1981-1985 年为 2705t,1987~1989 年仅为 400~600t,之后,上上下下波动在 379~7186t 之间,2015 年为 3981t。杭州湾海蜇群体与其他海域的海蜇群体相比较,数量不大。20 世纪 60 年代正常年产量为 2500~3500t,1975 年曾达 10000t,1980 年以后下降为 1000~1500t。如今,杭州湾海蜇资源逐渐衰退。衰退的主要原因,一方面是捕捞强度过大,张网数量过多,同时,不顾海蜇生长规律,提早捕捞海蜇群体,大量捕捞正处于生长期的幼蜇,譬如说,在 20 世纪 80 年代,杭州湾每年捕获幼蜇约 4000 担,约有 720 万只,造成了对海蜇资源的极大杀伤;另一方面,海蜇幼体多发生在河口区,环境污染以及降雨、大风等自然环境条件变化也是影响海蜇资源发生量的重要因素,特别是海洋污染物的增加、重金属等的超标对海蜇的生长、发育、繁殖可能存在一定程度的影响。

为了改善和增加浙江沿海海蜇的资源量,自 1981 年以来,浙江省海洋水产研究所开展了海蜇人工育苗和人工增殖放流的研究,1986 年完成海蜇全人工育苗研究,并达到中试水平。并在 1986、1987 年在象山港、杭州湾南岸等开展增殖放流试验,之后,在不同年间也进行了浙江海域的海蜇增殖放流工作,并取得良好的效果,海域海蜇资源量明显增加,2016 年,在岱山海域放流 3 亿多只。

本项目路由位于海蜇传统渔场,但是,可能是调查网具和调查时间的因素,在 2021 年春季(4 月)、秋季(11 月)的渔业资源拖网调查中,均未捕获到海蜇。

(7) 刀鲚

刀鲚(*Colia nasus*)是一种溯河洄游性鱼类,平时生活、栖息于海洋之中,每年春夏的繁殖季节,结群溯河进行生殖洄游,到钱塘江中上游产卵,产卵后亲鱼即返回沿海生活,幼鱼在江河中生长肥育一段时间,待秋季水位下落,长到 3~5cm 的幼鱼便顺流而下,径自入海,或在河口区、或咸淡水区中生长、逗留适应后再入海。

刀鲚在海洋里不集成大群，多分散在沿岸及附近海域。进入长江口附近才逐渐集成大群。多栖息在水流混浊的水域中，清水中较少。以挠足类、枝角类、轮虫等浮游动物为主要食物，此外也食小鱼的幼鱼；摄食的种类常与栖息地及鱼体大小有关，生殖洄游时停止摄食。

刀鲚是杭州湾和钱塘江的主要经济鱼类之一，具有一定的产量规模。但是，随着捕捞强度的不断增加，导致刀鲚资源从 20 世纪 80 年代后期以来，数量减少，并出现低龄化、小型化趋势；同时，上游大坝（如富春江大坝）建造、沿江水利工程兴建、水域环境污染等，改变了各产卵场的生态环境、阻隔了刀鲚上溯产卵场去产卵的通道，从而使刀鲚资源日渐衰退，现为沿岸张网、插网等作业兼捕对象。

本项目路由位于刀鲚的重要分布海域，刀鲚为该海域的重要经济种类，在 2021 年春季（4 月）、秋季（11 月）的渔业资源拖网调查中，均捕获到刀鲚，且是调查海域秋季的优势种。

（8）棘头梅童鱼

棘头梅童鱼（*Collichthys lucidus*）为暖水性近海底层小型鱼类，在我国主要分布在黄海和东海，棘头梅童鱼在黄海的越冬场有两处，一处是在石岛东南，即 $35^{\circ}\sim 36^{\circ}30'N$ 、 $123^{\circ}\sim 124^{\circ}E$ 的海域，另一处是在黄海南部，即 $32^{\circ}\sim 34^{\circ}N$ 、 $123^{\circ}\sim 125^{\circ}E$ 的海域，每年在 4~6 月，分布在机轮拖网禁渔区线以内的浅水区、河口、港湾一带产卵，产卵后就近进行索饵，秋末冬初，随着水温下降，开始向深水区移动。棘头梅童鱼在浙江沿岸分布相当普遍，群体数量较大，是长江口、杭州湾等河口区常见的小型经济食用鱼类，肉极鲜嫩。主要分布在拖网禁渔区线以内的浅水区，尤其喜栖息在有江河淡水注入的河口及海湾内侧，对温度、盐度的适应能力较强，生长迅速。与龙头鱼一样，在底层经济鱼类资源丰富时，棘头梅童鱼主要是经济鱼类的饵料鱼，资源发生量和捕获量不大，自 20 世纪 80 年代以来，由于底层经济鱼类资源衰退，捕食的敌害鱼类减少，使得棘头梅童鱼得到了充分繁殖与生长机会，资源发生量增加，渔获量呈现稳定并逐步增长趋势，每年，浙江省棘头梅童鱼捕捞产量都有几万吨。

本项目路由位于棘头梅童鱼的产卵场、索饵场及洄游通道上，棘头梅童鱼也是该海域的重要经济鱼类，在 2021 年春季（4 月）、秋季（11 月）的渔业资源拖网调查中，也均捕获到棘头梅童鱼。

6.3.2 大戢洋产卵场保护区

大戢洋产卵场保护区于 2017 年 7 月由浙江省海洋与渔业局发文（浙海渔政[2017]16 号）设立，它位于本项目工程的东北的大戢洋海域。

大戢洋产卵场保护区四至范围为以下四个拐点顺次连线形成的海域：

DJ1（122°06"00"E， 30°50"00"N） DJ2（122°20"00"E， 30°50"00"N）

DJ3（122°15"00"E， 30°43"00"N） DJ4（122°02"00"E， 30°43"00"N）

保护区面积 276 km²，主要保护种类为鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼。保护区内，每年 4 月 1 日 12 时至 8 月 16 日 12 时，禁止除钓具以外的一切作业。

本项目路由距大戢洋产卵场保护区最近距离约 6.1km。由于本项目与保护区距离较远，本项目工程建设对保护区的生态环境和生物资源造成直接影响有限。

6.3.3 传统捕捞作业区

根据上海东海海洋工程勘察设计研究院编制的《上海第二液化天然气站线项目输气管道工程海底路由调查勘察报告》本工程输气管道工程路由穿越 2 处传统张网捕捞作业区，主要捕捞对象为鳗苗、海蜇等经济海产品。



图 6.3-10 海管工程附近传统张网作业位置示意图

7 环境质量现状调查与评价

7.1 大气环境现状调查与评价

7.1.1 常规污染物调查与评价

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）要求，本项目周边大气环境的常规污染物环境质量数据采用《2021 年度嵊泗县环境质量公报》公布的嵊泗县环境质量例行监测数据（见表 7.1-1）。

表 7.1-1 2021年嵊泗县环境质量现状

污染物	年平均质量浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	标准值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	占标率（%）	达标情况
SO ₂	6	60	10.0	达标
NO ₂	14	40	35.0	达标
PM ₁₀	35	70	50.0	达标
PM _{2.5}	13	35	37.1	达标
污染物	日最大 8 小时滑动平均值的第 90 百分位质量浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	标准值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	占标率（%）	达标
O ₃	86	160	53.8	达标
污染物	24 小时平均第 95 百分位质量浓度（ mg/m^3 ）	标准值（ mg/m^3 ）	占标率（%）	达标
CO	0.4	/	/	/

根据《2021 年度嵊泗县环境质量公报》，舟山市嵊泗县 2021 年环境空气质量现状各项污染物浓度均达到《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中二级标准要求，项目所在区域为达标区域。

为进一步了解工程区域周边环境空气质量现状，引用《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整环境影响评价报告书》（报批稿）中，于 2021 年在洋山港区开展的环境空气质量监测数据。

洋山港区 2021 年环境空气质量监测结果统计见表 7.1-2。

表 7.1-2 2021 年洋山港区环境空气质量监测数据统计 浓度单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

浓度值类别	污染物名称	污染物浓度			达标情况
		变化范围	标准限值	最大值占标率	
日均浓度	二氧化硫	ND	150	-	达标
	二氧化氮	ND~48	80	60	达标
	可吸入颗粒物	14~82	150	54.7	达标

注：ND 表示未检出。

2021 年的监测结果表明，洋山港区二氧化硫未检出，二氧化氮日均浓度范围为 0~48.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可吸入颗粒物日均浓度范围为 14.0~82.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮、可吸入颗粒物日均浓度最大占标率分别为 60.0%、54.7%，均符合《环境空气质量标准》（GB3095-1996）二级标准。

7.1.2 特征污染物现状监测与评价

依据谱尼测试集团上海有限公司出具的《陆域环境监测报告》（2022 年 11 月）编制本章节。

7.1.2.1 监测时间、监测因子

（1）监测时间：2022 年 10 月 29 日~11 月 5 日连续 7 天。

（2）监测因子：甲烷、总烃、非甲烷总烃。

同时记录风向、风速、温度、气压等气象参数。

7.1.2.2 监测点位

在本项目接收站区域内布设 1 个大气监测点，监测布点和监测项目见表 7.1-3 及图 7.1-1。

表 7.1-3 特征污染物补充监测点位基本信息

监测点 位	监测点坐标		监测因子	相对厂址位置
	经度	纬度		
DQ1	122°6'44.90"东	30°36'12.70"北	甲烷、总烃、非甲烷总烃	位于厂址接收站内



图 7.1-1 接收站大气监测点位示意图

7.1.2.3 监测方法

监测和分析方法按照《环境监测技术规范》（大气部分）、《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及有关规定和要求执行。

表7.1-4 监测项目方法及最低检出浓度一览表

监测项目	分析方法	方法来源	最低检出浓度 (mg/m ³)	采样方法
甲烷	气相色谱法	HJ 604-2017	0.07	HJ 194-2017
非甲烷总烃	气相色谱法	HJ 604-2017	0.07	HJ 194-2017
总烃	气相色谱法	HJ 604-2017	0.07	HJ 194-2017

7.1.2.4 监测结果与评价

本项目接收站（DQ1）处大气环境中非甲烷总烃浓度监测结果见表 7.1-5。结果表明，接收站（DQ1）处非甲烷总烃浓度范围为 0.38 mg/m³~0.70 mg/m³，平均浓度为 0.50 mg/m³，总烃浓度范围为 1.56 mg/m³~2.30 mg/m³，平均浓度为 2.06 mg/m³，甲烷浓度范围为 1.32 mg/m³~1.54 mg/m³，平均浓度为 1.41 mg/m³，各小

时均值浓度差异较小。非甲烷总烃整体监测浓度低于《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中制定非甲烷总烃排放标准时选用的环境质量标准（ $2\text{mg}/\text{m}^3$ ）。

表 7.1-5 特征污染物监测结果

监测日期	监测时间	甲烷 (mg/m^3)	非甲烷总烃 (mg/m^3)	总烃 (mg/m^3)
2022-10-29~ 2022-10-30	小时 均值	14:00-15:00	1.32	0.70
		20:00-21:00	1.34	0.49
		02:00-03:00	1.32	0.52
		08:00-09:00	1.34	0.46
2022-10-30~ 2022-10-31	小时 均值	14:00-15:00	1.38	0.54
		20:00-21:00	1.36	0.45
		02:00-03:00	1.32	0.49
		08:00-09:00	1.32	0.38
2022-10-31~ 2022-11-01	小时 均值	14:00-15:00	1.33	0.46
		20:00-21:00	1.36	0.51
		02:00-03:00	1.34	0.56
		08:00-09:00	1.34	0.62
2022-11-01~ 2022-11-02	小时 均值	14:00-15:00	1.48	0.56
		20:00-21:00	1.49	0.46
		02:00-03:00	1.46	0.62
		08:00-09:00	1.48	0.41
2022-11-02~ 2022-11-03	小时 均值	14:00-15:00	1.35	0.55
		20:00-21:00	1.38	0.40
		02:00-03:00	1.38	0.52
		08:00-09:00	1.34	0.38
2022-11-03~ 2022-11-04	小时 均值	14:00-15:00	1.44	0.39
		20:00-21:00	1.52	0.42
		02:00-03:00	1.54	0.54
		08:00-09:00	1.50	0.59
2022-11-04~ 2022-11-05	小时 均值	14:00-15:00	1.52	0.53
		20:00-21:00	1.50	0.54
		02:00-03:00	1.46	0.45
		08:00-09:00	1.51	0.50

表 7.1-6 特征污染物环境质量现状汇总表

监测 点位	污染物	评价标准 (mg/m^3)	监测浓度范围 (mg/m^3)	最大浓度占标 率%	超标率%	达标情况
DQ2	非甲烷总烃	2	0.38~0.70	35%	0	达标
	甲烷	/	1.32~1.54	/	/	/
	总烃	/	1.56~2.30	/	/	/

综上监测结果表明，本工程区域非甲烷总烃整体监测浓度低于《大气污染物综合排放标准详解》中制定非甲烷总烃排放标准时选用的环境质量标准（ $2\text{mg}/\text{m}^3$ ）。项目所在区域特征污染物监测结果均达标。

7.2 声环境现状调查与评价

依据谱尼测试集团上海有限公司出具的《陆域环境监测报告》（2022 年 11 月）编制本章节。

7.2.1 监测时间与监测点位

（1）监测时间

于 2022 年 10 月 29 日对接收站开展一期噪声监测。监测昼夜间各进行一次。同步记录噪声源。

（2）监测点位

在接收站厂界布设 7 个测点。具体监测布点见图 7.2-1。



图 7.2-1 接收站、洋山港服务中心声环境监测点位示意图

7.2.2 监测项目与监测方法

（1）监测项目

监测因子为连续等效（A）声级。

（2）监测方法

监测方法为《声环境质量标准》（GB3096-2008）和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定的方法。主要监测仪器为多功能声级计，型号：AWA6228；编号：IE227-21。

7.2.3 监测结果与评价

声环境监测结果表明接收站厂界昼间噪声等效连续 A 声级主要介于 56dB~62dB 之间，最大等效连续声级约为 62dB，均低于 3 类声环境功能区昼间环境噪声限值（65dB），达标率 100%；夜间噪声等效连续 A 声级主要介于 47dB~51dB 之间，最大等效连续声级约为 51dB，均低于 3 类声环境功能区夜间环境噪声限值（55dB），达标率 100%。

表 7.2-1 声环境监测结果一览表

监测位置	监测时段	监测点位	监测时间	监测结果(Leq)	声环境功能区类别	主要声源
接收站	昼间	ZS1	2022-10-29 08:57	62	3 类	/
	昼间	ZS2	2022-10-29 09:33	60	3 类	/
	昼间	ZS3	2022-10-29 10:12	57	3 类	/
	昼间	ZS4	2022-10-29 09:02	56	3 类	/
	昼间	ZS5	2022-10-29 09:35	58	3 类	/
	昼间	ZS6	2022-10-29 10:08	56	3 类	/
	昼间	ZS6	2022-10-29 10:41	56	3 类	/
	夜间	ZS1	2022-10-29 22:00	51	3 类	/
	夜间	ZS2	2022-10-29 22:34	50	3 类	/
	夜间	ZS3	2022-10-29 23:07	51	3 类	/
	夜间	ZS4	2022-10-29 22:00	50	3 类	/
	夜间	ZS5	2022-10-29 22:33	47	3 类	/
	夜间	ZS6	2022-10-29 23:08	48	3 类	/
	夜间	ZS6	2022-10-29 23:42	48	3 类	/

7.3 水文动力环境现状调查与评价

本工程附近水文资料引用自然资源部第一海洋研究所编写的《上海国际航运中心洋山深水港区小洋山北作业区工程附近海域四季全潮水文测验调查报告》。

7.3.1 调查站位

自然资源部第一海洋研究所分别于 2020 年 4 月、10(11)月在项目附近海域进行了春、秋 2 季大、小潮海流多船定点同步连续观测。潮流调查站位共布设 10 个站位，编号为 V1~V10。潮位观测站布设 2 个，编号为 H1~H2。根据专题评审会专家咨询建议，秋冬季观测时将 V6 号站内移。

表7.3-1 观测时间一览表

工作日期		工作内容
春季	2020 年 4 月 9 日至 4 月 25 日	潮位观测
	2020 年 4 月 9 日至 4 月 10 日（农历三月十七至三月十八）	大潮水文观测
	2020 年 4 月 14 日至 4 月 15 日（农历三月二十二至三月二十三）	小潮水文观测
秋季	2020 年 10 月 23 日至 11 月 6 日	潮位观测
	2020 年 10 月 24 日至 10 月 25 日（农历九月初八至初九）	小潮水文观测
	2020 年 11 月 1 日至 11 月 2 日（农历九月十六至十七）	大潮水文观测

表7.3-2 各站观测项目

站位	测验项目							
	潮位	水深	海流	气象	悬沙	水温/盐度	表层沉积物	备注
H1	√							15 天
H2	√							15 天
V1		√	√		√	√	√	
V2		√	√	√	√	√	√	
V3		√	√		√	√	√	
V4		√	√		√	√	√	
V5		√	√	√	√	√	√	
V6		√	√		√	√	√	
V7		√	√		√	√	√	
V8		√	√		√	√	√	
V9		√	√		√	√	√	
V10		√	√		√	√	√	

注：√表示需进行的项目



图7.3-1 潮位站站位图



图7.3-2 春季水文测验站位图



图7.3-3 秋季水文测验站位图

7.3.2 调查结果

（1）潮流概况

浙江沿海的潮波主要由东向来的外海潮波传至近岸后，沿岸线推进。涨潮时，外海潮波由东向西传入，经过舟山群岛诸水道后，方向也由西向逐渐转为西北偏西向流经观测水域后，受到杭州湾北岸的地形控制，继续往西入杭州湾。落潮时，杭州湾下泄西向落潮流，转为东南偏东向流经观测水域后，经过舟山群岛的诸水道进入东海。观测水域的涨、落潮流受地形影响明显，由于各个测站所处位置不同，受局地地形影响，会导致流况的差异。此外，由于观测水域西接钱塘江口，北临长江口，所以各河口的径流对于观测水域的流速和其他水文要素的分布也会产生影响。

本次观测各测站的最大落潮流速多出现在低平潮附近，具有前进波特征，而最大涨潮流速多出现在高平潮和低平潮之间的半潮面，即低平潮后 2-3 小时，具有驻波特征，总体而言，外海潮波在传播至近岸的过程，是潮波形态由前进波转变为驻波的过程。因此，对于观测水域而言，东侧的各测站多表现为前进波特征，而西侧的各测站驻波特征更显著，而工程水域的潮波是一种介于前进波和驻波直接的潮波形态，或者称之为变形前进波。

（2）流速

春季实测潮流平均流速在 47~131cm/s 之间，秋季实测潮流平均流速在 41~111cm/s 之间。根据春秋季节实测结果可知，大、小潮期涨落潮流流速无明显差异，各季观测结果主要表现为落潮流强度略强。

总体而言，工程区海域观测期间流速规律一致，差异较小，春季流速略大，秋季流速略小。

（3）流向

由观测结果可知各个测站往复流特征明显，涨、落潮流主轴方向较为对称，且涨、落潮流主轴方向和水下地形的走向较为一致。受周边岛屿地形的影响，附近海域属于带有旋转性质的往复流。距离岸边较近处，测站受地形影响的涨、落潮流主轴呈西-东走向以外，其他各测站的涨、落潮流主轴均呈西北偏西-东南偏东走向。各站流向变化整体较小，流向的季节变化基本在 20° 以内。



图7.3-4 春季各站大潮期垂线平均海流矢量图



图7.3-5 秋季各站大潮期垂线平均海流矢量图



图7.3-6 春季各站小潮期垂线平均海流矢量图



图7.3-7 秋季各站小潮期垂线平均海流矢量图

（4）潮流特征

该海区潮流类型是正规半日潮流，受地形影响，浅水效应显著。

表7.3-3 潮流性质对比表

项目	站位	春季	秋季
$(W_{O1}+W_{k1})/W_{M2}$	表层	0.13~0.26	0.15~0.32
	0.2H	0.13~0.27	0.15~0.29
	0.4H	0.13~0.36	0.13~0.31
	0.6H	0.17~0.33	0.15~0.46
	0.8H	0.10~0.44	0.15~0.31
	底层	0.10~0.50	0.15~0.32

根据表 7.3-3，春秋两季潮流性质及运动形式对比表我们可以看出，春季，各站各层 M2 分潮流的|K|值在 0.01~0.23 之间；秋季，各站各层 M2 分潮流的值在 0.00~0.27 之间。

除 V3 站|K|值较大，表现为带有旋转性质的往复流，其它各站各层均表现为明显的往复流。

因本海域是正规半日潮流，讨论潮流的旋转方向时，可以 M2 分潮流的 K 值变化来讨论各站各层的潮流旋转方向，除南侧的几个站位的个别层出现逆时针旋转，其余各站各层潮流旋转方向多为顺时针旋转。

（5）余流

工程海域的余流与实测流速相比，各站余流量值不大。

春季，大潮期各站各层余流流速在 1.8~53.6cm/s 之间，小潮期余流流速在 0.1~47.2cm/s 之间。春季观测期间 V5 站位实测流向略有异常，可能是施工、地形等影响造成的，这也导致该站位余流流速较大。除了 V5 站外，其余各站各层余流流速基本在 15cm/s 以内，个别站位余流流速略大，大潮期其它各站各层余流流速在 1.8~28.7cm/s 之间，小潮期余流流速在 0.1~42.5cm/s 之间。

秋季，大潮期各站各层余流流速在 0.7~31.9cm/s 之间，小潮期各站各层余流流速在 1~20.6cm/s 之间。各站各层余流流速基本在 15cm/s 以内。

垂向上各层余流流速整体表现为由表至底逐渐减小，流向基本一致，由于风海流的影响，亦会有个别站位在垂向上各层余流的流向有偏差。

一般认为杭州湾口余流北进南出，北部余流方向为偏西方向，南部为偏东方向，但我们每季观测仅为两个周日，容易受到径流或风海流等其他因素的影响，余流流向规律不明显。

春季测量余流流向规律不明显，未体现“北进”的特点，北侧站位余流流向

偏南向，南侧的 V7、V8 和 V9 站余流流向无明显规律。

秋季观测的余流从方向来看，大潮多为东南至西南向，小潮多为东南至东北向。



图7.3-8 春季表层对比站位余流（红色-大潮，蓝色-小潮）



图7.3-9 秋季表层对比站位余流（红色-大潮，蓝色-小潮）

7.4 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

7.4.1 地形地貌

洋山港所在的崎岖列岛为天台山及其东北延伸入海部分，向东为广阔的东海大陆架海域，大地构造上属华夏褶皱系的次级构造单元华夏褶皱带新昌—花乌断陷的东北边缘。太、小洋山岛屿面积狭小，港汊众多，呈鸡爪型地貌，工程前为多岛屿、多汊道地形。在小洋山岛链封堵成陆后，小洋山北侧也进行了部分围涂，目前自西北侧杨梅嘴至东北侧薄刀嘴之间除靠近矾角附近分布有一定范围的深槽外，水下地形较为平坦。薄刀嘴-杨梅嘴矾头之间的东西向连线附近水深基本在 10m 左右，东侧稍深、西侧稍浅，以中部 LNG 管线为界，东侧 10m 等深线离岸（薄刀嘴西侧促淤潜源）约 0.5~1km，西侧 10m 等深线离岸（新隔堤）约 0.9~1.5km，其外为崎岖列岛北部>10m 的深槽，宽度约 3.5~5km。

7.4.2 海床稳定性

（1）工程区历年岸线变化

工程所在地崎岖列岛海域，近年岸线的变化主要为洋山深水港的建设，小洋山区域原有五个汊道，2002 年 6 月开工建设以来，先后封堵了小洋山~镬盖塘、大乌龟~颗珠山、镬盖塘~大指头岛三个汊道，建成一期~三期工程，四期港区驳岸线也已完成。其大致情况如下：

2002 年 4 月~2003 年 3 月：封堵小洋山族~镬盖塘汊道；

2003 年 11 月~2004 年 10 月：封堵大乌龟~颗珠山汊道；

2004 年 6 月~2005 年 4 月：封堵镬盖塘~大指头岛汊道；

2005 年 12 月、2006 年 12 月和 2008 年 12 月相继建成了一~三期工程。

2008 年 12 月-2009 年 12 月，四期工程陆域吹填于 2008 年 12 月开始，至 2009 年 5 月结束，2.35km 驳岸线于 2009 年 6 月开始施工，2009 年底基本完成，由于设计方案保留了颗珠山汊道，因此总的岸线形态变化不太。

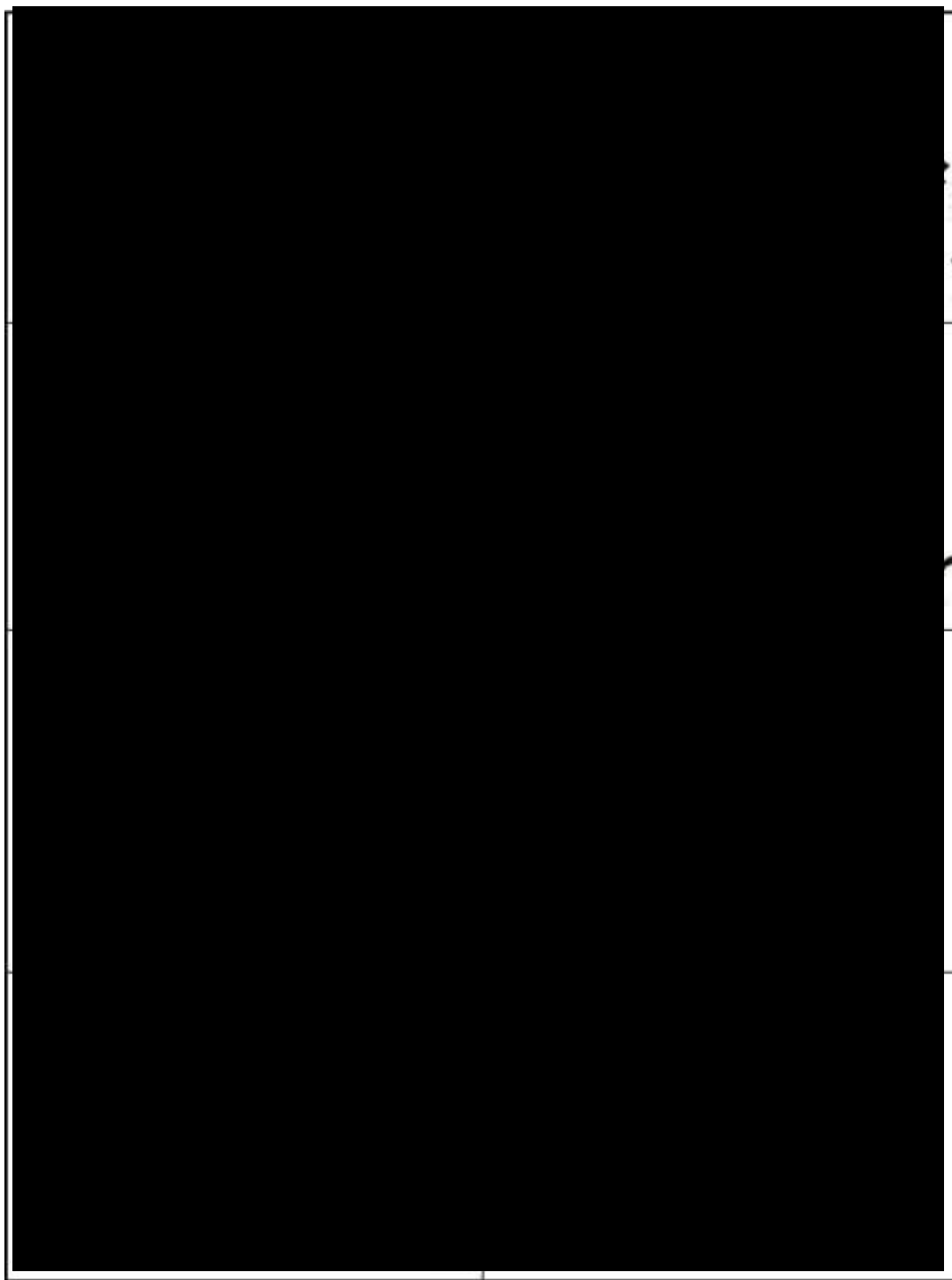


图7.4-1嵇枢列岛历年岸线变化示意图

(2) 近年海床冲淤变化

1) 水下地形冲淤变化分布

2009-2013 年 4 年间累积冲淤变化：主通道内北侧一期~二期工程水域累积淤积 0.5~1.0m 左右(4 年间累积疏浚量约 1000 万 m^3 , 实际淤积厚度大于计算值), 三期工程西侧水域累积增深 0.5~2m 左右, 四期工程水域普遍冲刷, 东侧幅度在 1.2m 左右, 西侧端部幅度在也 2m 以上、局部 4~5m;

主通道南侧水域整体淤积，偏东侧近一期~二期工程区域及偏南侧近大山塘岛区域幅度稍大，在 0.8~1.5m 左右，偏西侧幅度在 0.3~0.6m 左右；大洋山及其西侧岛链以南海域以冲刷为主，幅度约在 1m 左右；小洋山北侧整体表现为近岸淤积、离岸冲刷的形态，冲淤幅度普遍在 0.5~1.5m 左右，局部达 2.5m 上。

2013-2016 年 3 年间累积冲淤变化对比可知：主通道内北侧一期工程西侧~二期工程水域表现为增深（含疏浚影响），一期工程东侧~三期工程西侧水域有 1~1.5m 左右淤积，四期工程水域在完成一定疏浚后普遍增深 1.5~2m 左右、外围非疏浚区微冲 0.5m 左右；主通道南侧水域仍以淤积为主，幅度和范围上明显小于前 4 年，除偏东侧近一期工程区域及偏南侧近大山塘岛区域有 1m 以上幅度外，其余区域普遍在 0.6m 以下；小洋山北侧中部稍有淤积，分布也较不连续，大部分幅度不超过 1m，局部幅度在 1.5m 以上；杨梅嘴以西至小乌龟以北整体上为冲刷趋势，近岸局部有 1.5m 以上幅度，离岸基本在 0.5~1m 左右。

2016-2019 年 3 年间累积冲淤变化对比可知：主通道内北侧一期工程~二期工程水域表现为增深（含疏浚影响），三期工程附近水域冲淤交错分布，整体冲淤变化趋势不明显；主通道南侧水域的淤积趋势不明显，大洋山西北侧~大山塘东北侧局部有 0.5~1m 左右淤积，但范围较小，大山塘西北~双连山北侧部分区域发生冲刷，幅度大部分<1m；主通道西北侧四期工程航道、港池附近水深明显增深，但港池中部无明显冲淤变化（为疏浚和自然冲淤的综合影响），四期航道南侧局部水域发生 0.4~0.8m 左右微淤，范围约 1.2km*2.5km，四期港池以西水域普遍微冲 0.4~0.8m 左右；小洋山北侧西部近岸因一期围垦促淤防护堤建设，堤内普遍淤积 2m 以上，正北离岸区域总体冲淤变化不明显，而杨梅嘴附近区域整体为冲刷变化，幅度 0.5~1.5m 左右，但矾头附近局部深槽区水深变浅了 1~2.5m 左右；颍珠山西北侧近岸及北侧水域局部淤积 0.3~0.8m 左右，四期导流堤后沿淤积 2m 左右，而其西北侧离岸水域普遍冲深 0.3~1m 左右。

总体而言，扣除疏浚影响，洋山主通道和南北两侧海域 2013~2016 年及 2016~2019 年冲淤变化幅度小于 2009~2013 年，更多的水域呈现微冲、微淤变化。

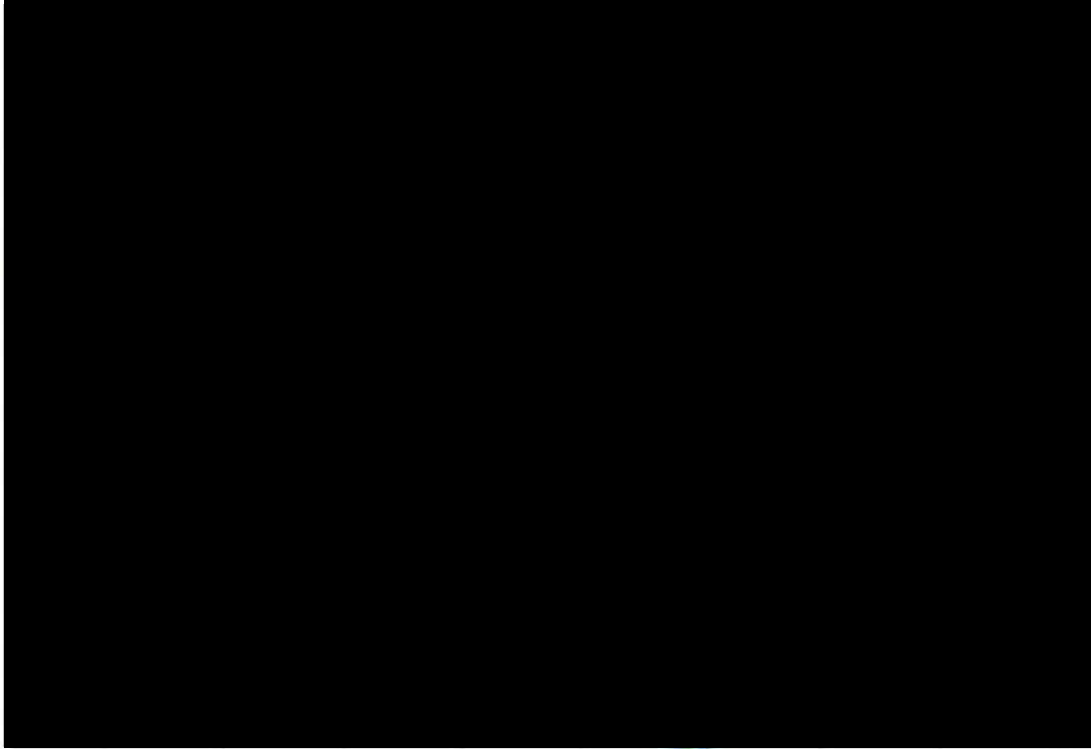


图7.4-2 2009-2013年冲淤变化

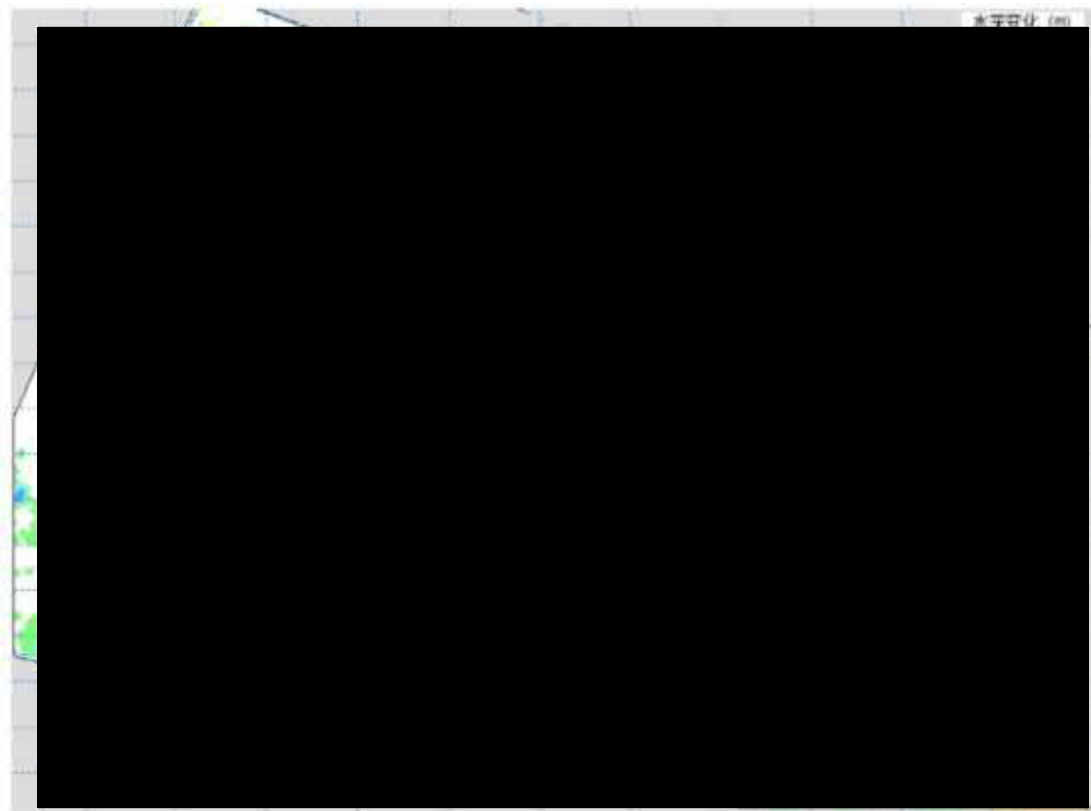


图7.4-3 2013年4月-2016年10月冲淤变化



图7.4-4 2016年10月-2019年6月冲淤变化

2) 等深线变化

2013-2019 年间，洋山附近海域各主要等深线整体较为稳定。

10m 等深线方面：主通道偏北侧的东-西走向 10m 等深线于 2015 年断开，而在 2016 年再次联通、2019 年局部向北偏移了 100~500m，且原存在的中部浅区等深线（中央沙）2015 年相对 2013 年明显缩小、2019 年基本消失（受四期航道疏浚的影响）；主通道偏南侧的 10m 等深线各年间有往复摆动情况，但总体仍微呈向东发展的趋势，最大移动距离在 300~400m 左右；主通道西侧 10m 等深线在南-北方向上稍有摆幅，最大变化距离在 200m 左右；小洋山东侧 10m 等深线变化不大；四期工程导流堤附近 10m 等深线在 2016 年向西推进了约 1km，2019 年又基本后退到原有位置以内；小洋山北侧中部 10m 等深线在 2013 年之后稍有外拓，最大幅度在 200m 左右，但 2015-2019 年间趋于稳定。

15m 等深线方面：主通道北侧及颍珠山汉道的 15m 等深线向西发展（存在疏浚影响）；四期工程连岛北侧 15m 等深线略向西扩展；主通道口门外及小洋山北侧东、西端码头外侧 15m 等深线的变化均不大，其中杨梅嘴北侧 15m 深槽东端稍有后退，蒲刀嘴北侧 15m 深槽东端向外有所扩展，其余变化相对不明显。

小洋山北侧 5m 和 10m 等深线总体稳固，局部略有外推，幅度基本在 100m

以内,如 15 年之前的近岸淤涨趋势进一步减弱、趋于平衡,仅在新隔堤北侧新建的促淤源内发生了淤积;西侧 12m 等深线端部 2015~2016 年稍向东推进了 250m 左右,北侧也有所外扩,而 2019 年其东端有所回收;东侧 12m 等深线 2015-2016 年局部向西凸出了 200-300m 左右,2019 年基本回复到原位置,但西北侧略向外扩展了 150m 左右,其余部分无明显变化;15m 和 20m 等深线的变化相对不明显,其中西侧 15m 和 20m 深槽北部 2015~2016 年稍有扩展,最大幅度 100m 左右。

2019-2022 年间,小洋山北侧 5m、10m、15m 等深线较为稳定,其中大指头西北侧 5m、10m 等深线有一定向岸调整,杨梅嘴东侧 15m 槽略向东扩展,表明该范围海床有一定增深变化。



图7.4-5 洋山深水港区2013~2019各年10m等深线变化图

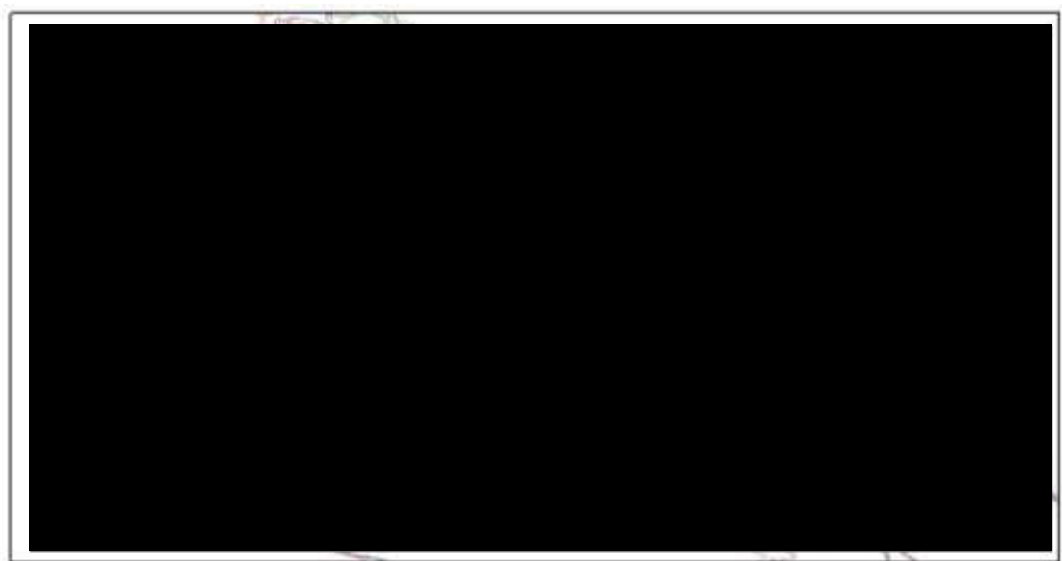


图7.4-6 洋山深水港区2013~2019各年15m等深线变化图



图7.4-7 小洋山北侧主要等深线变化（2013~2022年）

3) 断面水深变化

为进一步反映小洋山北侧海域近年水深变化情况，由东向西依次在薄刀嘴、大指头、杨梅嘴、大乌龟布置垂直于岸线方向的 4 个横断面，对比其 2013-2019 年间的水深变化。

断面 1：薄刀嘴近岸深槽年间稍有变化，槽底稍有抬高，并略向北偏移和扩展，整体变化不太；离岸平坦水域无明显变化，床面稳定。

断面 2：近岸 6m 等深线以内区域持续淤高，6~9m 范围内无明显变化，10m 以、外水域年间稍有变化，2015 年后海床面相对 2013 年有所抬高，其中离岸约 1~2km 区域 2015-2019 年基本保持 2015 年水深，而 2km 以外区域，2016-2019 年水深又有所回复，介于 2013 年和 2015 年之间水平。

断面 3：变化趋势与断面 1 相似，杨梅嘴近岸深槽 2016-2019 年相对 2013-2015 年有所抬高并向北偏移，幅度上大于薄刀嘴断面 1，但主要变化发生在 25m 以下深水范围，离岸 1km 以外的 15m~10m 水深区间内无明显变化。

断面 4：大乌龟岛北侧深槽 2016 年相对 2013-2015 年底部明显抬高，2019 年继续抬高，但变化幅度减小、位置稍北移，而离岸 400m 以外的 15~10m 水深区间内变化相对不明显，其中离岸约 300~1200m 的范围内水深略有增大，幅度基本在 0.5~1m 以内，其余区域变幅微小。

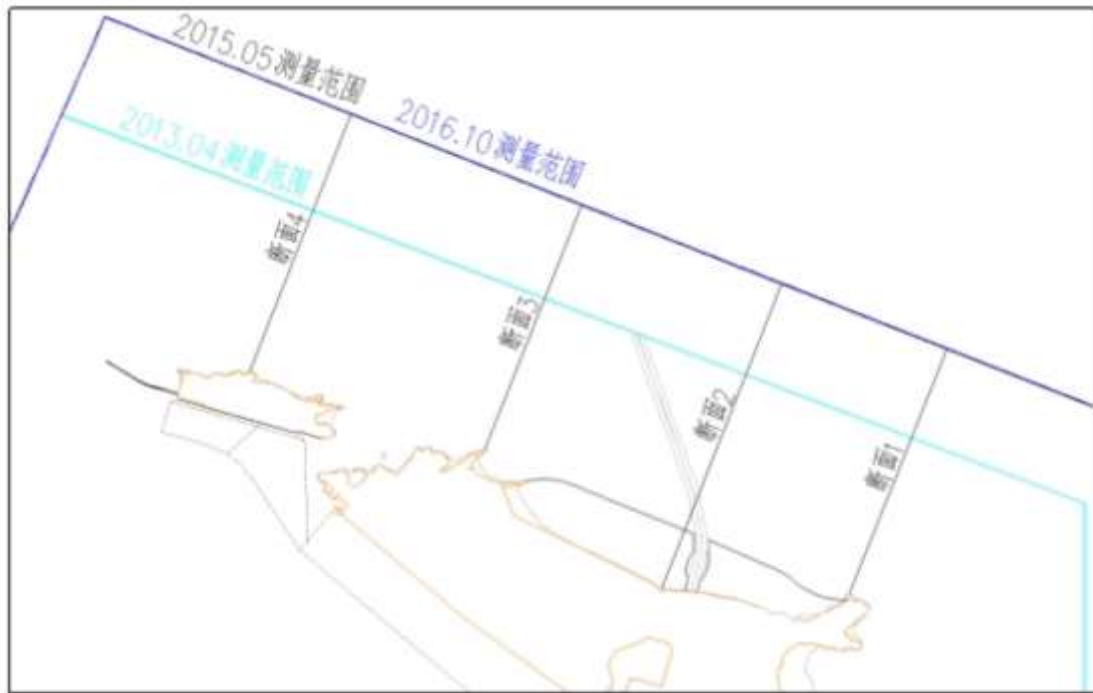


图7.4-8 小洋山北侧对比断面位置

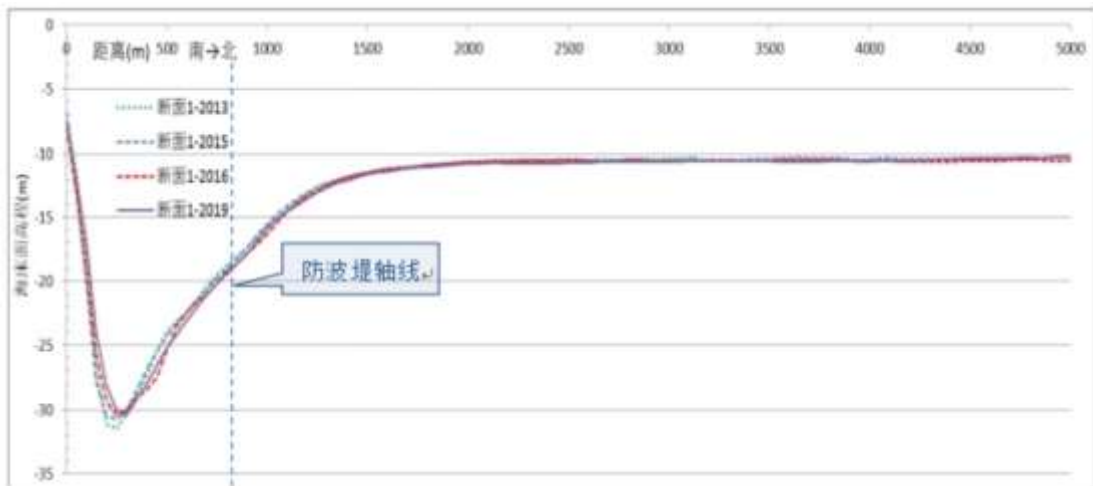


图7.4-9 断面1床面变化图

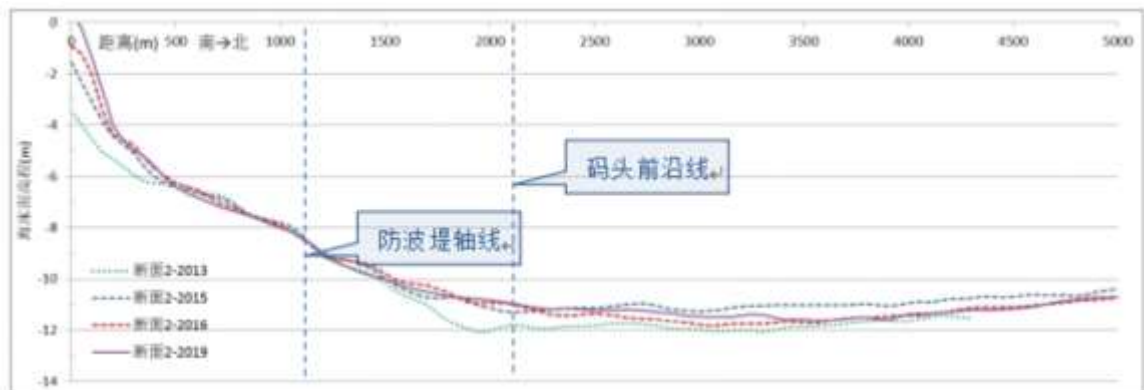


图7.4-10 断面2床面变化图

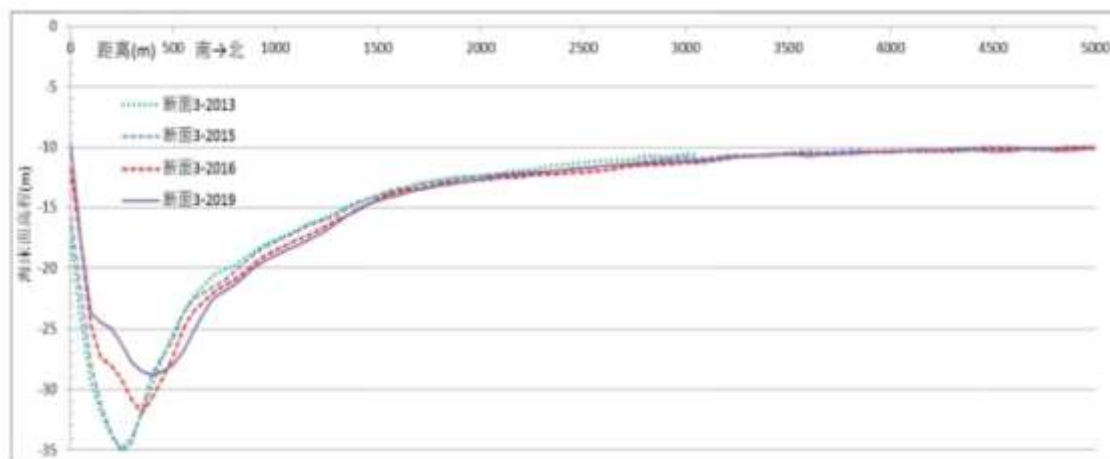


图7.4-11 断面3床面变化图

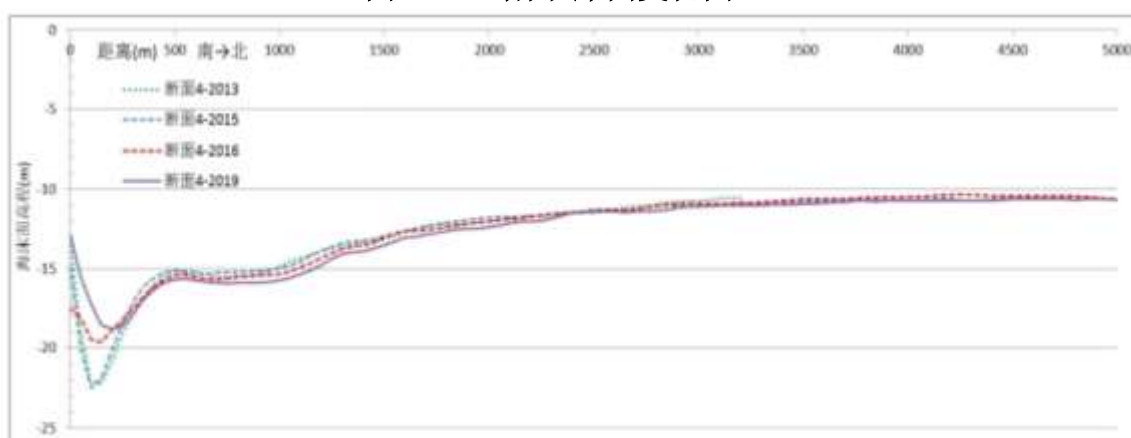


图7.4-12 断面4床面变化图

4) 小洋山北侧区域冲淤量

以薄刀嘴、大指头、杨梅嘴、大乌龟为界，向北划分为3个区域（延伸至各年测量范围边界，其中杨梅嘴-大乌龟分区不含颗珠山汊道内的区域），对小洋山北侧区域近年的冲淤变化量进行分区统计。其中，2013年4月~2015年5月间薄刀嘴-大指头-杨梅嘴以北以淤积变化占优势，杨梅嘴-大乌龟以北以冲刷变化占优势，而平均的冲淤厚度不太，在-0.16~0.21m之间，年均在-0.08~0.10m之间；而2015年5月~2016年10月期间北侧海域整体以冲刷变化稍占优势，但冲、淤量之差相对较小，年均冲刷幅度在-0.05~-0.02m左右；2016年10月-2019年6月期间，如扣除中部促淤潜堤内的淤积量（下表带*行），三个区域内的淤积、冲刷量进一步减小，全局年均冲淤强度 $<0.03\text{m}$ ；总体上，小洋山北侧2015~2019年间的海床变化幅度相对2013-2015年呈逐渐减弱趋势，冲淤变化量接近平衡。

表7.4-1 洋山北侧海床冲淤量统计

时间	区域	淤积量 (万 m ³)	冲刷量 (万 m ³)	冲淤总量 (万 m ³)	水域面积 (万 m ²)	平均冲淤 厚度 (m)	年均冲淤强 度 (m/a)
2013.04 -2015.05	薄刀嘴-大指头	396	-110	286	1364	0.21	0.10
	大指头-杨梅嘴	427	-202	225	1665	0.14	0.07
	杨梅嘴-大乌龟	247	-500	-253	1582	-0.16	-0.08
2015.05 -2016.10	薄刀嘴-大指头	155	-298	-113	1984	-0.06	-0.04
	大指头-杨梅嘴	273	-437	-164	2436	-0.07	-0.05
	杨梅嘴-大乌龟	353	-439	-86	2490	-0.03	-0.02
2016.10 -2019.06	薄刀嘴-大指头	224	-158	66	1984	0.03	0.01
	大指头-杨梅嘴	441	-317	124	2436	0.05	0.02
	大指头杨梅嘴*	270	-317	-47	2313	-0.02	-0.01
	杨梅嘴-大乌龟	350	-365	-15	2490	-0.01	0.00

7.5 海水水质现状调查与评价

7.5.1 海水水质现状调查

中国水产科学研究院东海水产研究所于 2021 年在工程附近开展的春、秋 2 季海水水质、海洋生态和渔业资源调查、1 季沉积物调查，同时引用自然资源部第二海洋研究所于 2020 年在工程附近开展的春、秋 2 季海水水质、海洋生态和渔业资源调查、1 季沉积物调查资料。

7.5.1.1 站位设置

(1) 2021 年调查

春季和秋季均布设水质调查站 35 个、海洋生态、沉积物、生物质量和渔业资源（游泳动物和鱼卵仔鱼）调查站位 21 个，潮间带调查断面 9 个，其中本项目评价范围内水质调查站位 24 个，海洋生态、渔业资源调查站位 16 个，潮间带调查断面 6 个，具体经纬度及位置和调查内容见表 7.5-1 和图 7.5-1。

表 7.5-1 2021年春、秋季海洋生态环境调查站位表

站 位	东经	北纬	海水水 质	沉积物	海洋生 态	渔业资 源	潮间带 断面
1	121°23'13.24"	30°42'07.83"	√	√	√	√	
2	121°26'59.66"	30°31'14.64"	√	√	√	√	
3	121°30'37.37"	30°46'56.90"	√	√	√	√	
4	121°31'56.76"	30°43'43.13"	√				
5	121°33'27.48"	30°40'11.11"	√	√	√	√	
6	121°34'39.89"	30°37'02.39"	√				
7	121°37'11.00"	30°30'12.86"	√	√	√	√	
8	121°39'12.00"	30°48'26.81"	√				
9	121°39'59.28"	30°45'02.18"	√	√	√	√	
10	121°40'52.88"	30°41'49.16"	√	√	√	√	
11	121°41'49.30"	30°37'18.88"	√	√	√	√	
12	121°46'51.33"	30°47'54.43"	√				

站 位	东经	北纬	海水水 质	沉积物	海洋生 态	渔业资 源	潮间带 断面
13	121°47'18.89"	30°44'19.09"	√	√	√	√	
14	121°48'06.60"	30°39'57.55"	√	√	√	√	
15	121°48'52.61"	30°35'19.86"	√	√	√	√	
16	121°50'11.49"	30°29'35.98"	√				
17	121°53'19.66"	30°48'44.06"	√				
18	121°54'29.82"	30°43'17.85"	√	√	√	√	
19	121°55'36.11"	30°35'53.62"	√	√	√	√	
20	121°57'33.96"	30°29'05.92"	√	√	√	√	
21	122°02'15.83"	30°43'51.73"	√				
22	122°02'28.29"	30°39'30.01"	√	√	√	√	
23	122°03'08.86"	30°36'12.40"	√				
24	122°02'55.45"	30°33'01.02"	√	√	√	√	
25	122°03'45.71"	30°28'34.14"	√				
26	122°10'12.39"	30°44'12.79"	√				
27	122°09'40.04"	30°37'40.78"	√	√	√	√	
28	122°04'56.05"	30°36'01.78"	√				
29	122°05'45.08"	30°35'45.64"	√	√	√	√	
30	122°06'27.17"	30°35'36.15"	√				
31	122°07'30.66"	30°35'33.40"	√	√	√	√	
32	122°10'28.65"	30°28'02.66"	√				
33	122°18'36.39"	30°44'44.98"	√	√	√	√	
34	122°19'23.27"	30°36'52.56"	√				
35	122°19'58.54"	30°28'31.96"	√	√	√	√	
C1	121°39'24.00"	30°50'44.00"					√
C2	121°30'36.88"	30°48'34.08"					√
C3	121°36'57.39"	30°50'08.39"					√
C4	122°03'11.00"	30°38'31.00"					√
C5	122°02'57.00"	30°38'20.00"					√
C6	122°06'17.00"	30°36'54.00"					√
C7	122°05'35.00"	30°36'15.00"					√
C8	122°06'11.00"	30°36'06.00"					√
C9	122°07'59.00"	30°36'51.00"					√

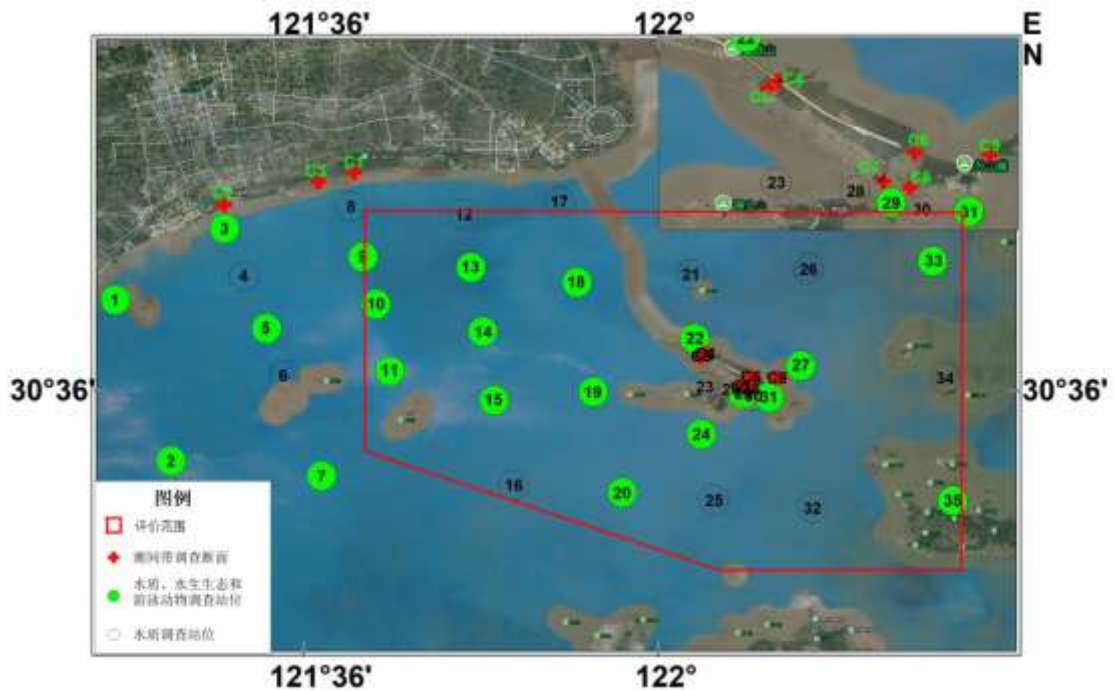


图 7.5-1 2021 年春、秋季海洋生态环境调查站位图

(2) 2020 年调查

本调查共布设海水水质调查站位 48 个、海洋沉积物调查站位 24 个，海洋生态、生物体质量和渔业资源调查站位 29 个，具体调查站位及其经纬度见表 7.5-2 和图 7.5-2。潮间带断面春季布设了 6 条(T1-T6)，秋季布设了 7 条(T1-T7)，具体见图 7.5-3。

表 7.5-2 2020 年春、秋季海洋生态环境调查站位表

站位	东经	北纬	调查内容
1	122° 9'0.27"	30°58'53.28"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
2	122°12'47.31"	30°55'20.28"	水质
3	122°16'27.64"	30°52'4.07"	水质
4	122°20'46.66"	30°48'30.93"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
5	122°26'49.37"	30°44'40.50"	水质
6	122°31'7.38"	30°39'32.08"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
7	122°27'5.59"	30°36'29.00"	水质
8	122°21'48.86"	30°40'30.43"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
9	122°16'38.53"	30°45'5.10"	水质
10	122°11'53.58"	30°48'43.70"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
11	122° 8'0.32"	30°52'22.10"	水质
12	122° 4'26.19"	30°55'32.52"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
13	121°59'13.39"	30°51'16.01"	水质、海洋生态、渔业资源
14	122° 2'21.60"	30°48'28.17"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
15	122° 5'55.55"	30°45'34.69"	水质
16	122° 9'42.15"	30°42'13.22"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
17	122°13'48.07"	30°39'13.93"	水质

站位	东经	北纬	调查内容
18	122°17'8.42"	30°36'25.84"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
19	122°20'47.21"	30°30'50.12"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
20	122°14'51.67"	30°34'23.51"	水质
21	122°10'58.87"	30°37'0.47"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
22	122° 6'53.03"	30°40'16.40"	水质、海洋生态、渔业资源
23	122° 2'46.88"	30°43'15.48"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
24	121°59'12.93"	30°46'20.03"	水质
25	121°54'7.64"	30°47'38.52"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
26	121°57'9.38"	30°44'28.52"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
27	122° 0'56.33"	30°41'40.77"	水质
28	122° 4'42.98"	30°38'30.63"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
29	122° 8'42.33"	30°35'14.79"	水质
30	122°12'28.51"	30°32'10.01"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
31	122°15'21.96"	30°26'12.25"	水质、海洋生态、渔业资源
32	122°10'5.58"	30°30'24.38"	水质
33	122° 6'45.26"	30°33'6.71"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
34	122° 1'54.14"	30°36'56.05"	水质、海洋生态、渔业资源
35	121°58'39.89"	30°40'0.49"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
36	121°55'5.90"	30°42'42.57"	水质
37	121°48'23.31"	30°42'42.75"	水质
38	121°54'26.72"	30°37'35.62"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
39	121°58'32.88"	30°34'20.08"	水质
40	122° 2'38.69"	30°30'42.09"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
41	122° 6'31.29"	30°27'20.73"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
42	122°11'34.69"	30°23'8.75"	水质
43	122° 7'15.28"	30°19'48.44"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
44	122° 1'39.58"	30°24'17.08"	水质
45	121°57'53.36"	30°27'15.98"	水质、海洋生态、渔业资源
46	121°53'54.00"	30°31'4.99"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
47	121°50'0.75"	30°34'25.97"	水质
48	121°43'57.23"	30°39'27.30"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
T1	122° 8'36.23"	30°37'15.80"	潮间带生物
T2	122° 8'23.34"	30°37'8.45"	潮间带生物
T3	122° 7'41.25"	30°36'39.78"	潮间带生物
T4	122° 6'15.62"	30°37'16.12"	潮间带生物
T5	122° 3'56.91"	30°38'42.00"	潮间带生物
T6	122° 3'22.60"	30°38'43.54"	潮间带生物
T7	121°56'19.18"	30°51'58.71"	潮间带生物

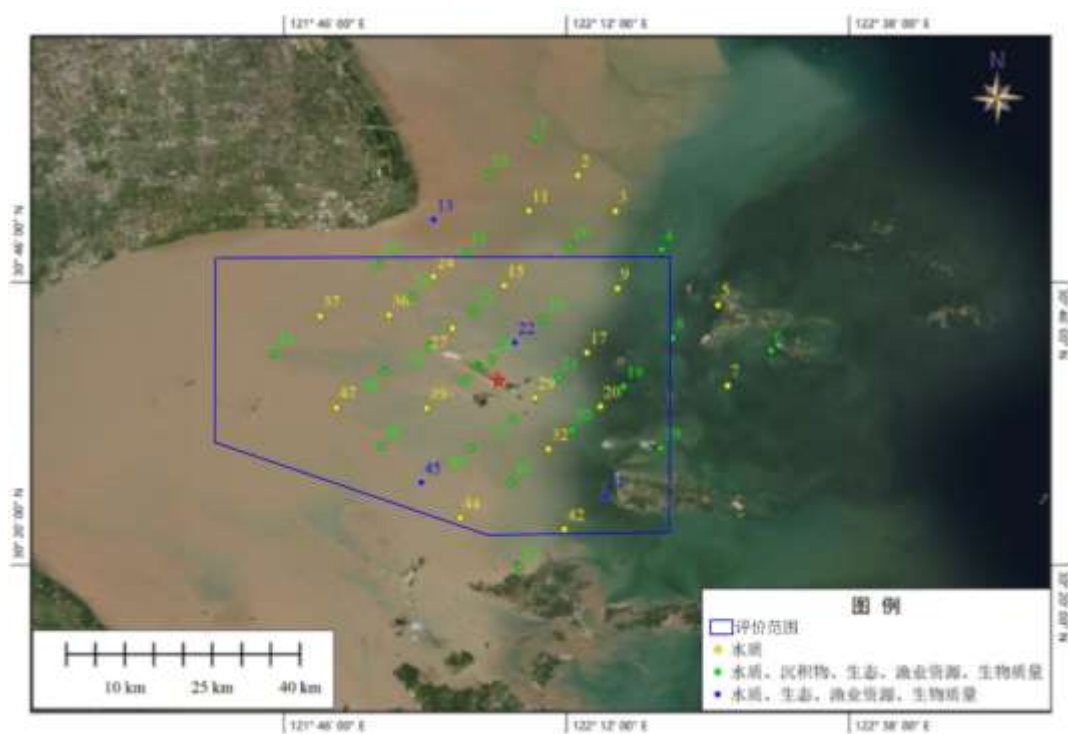


图 7.5-2 2020 年春、秋季海洋生态环境调查站位图

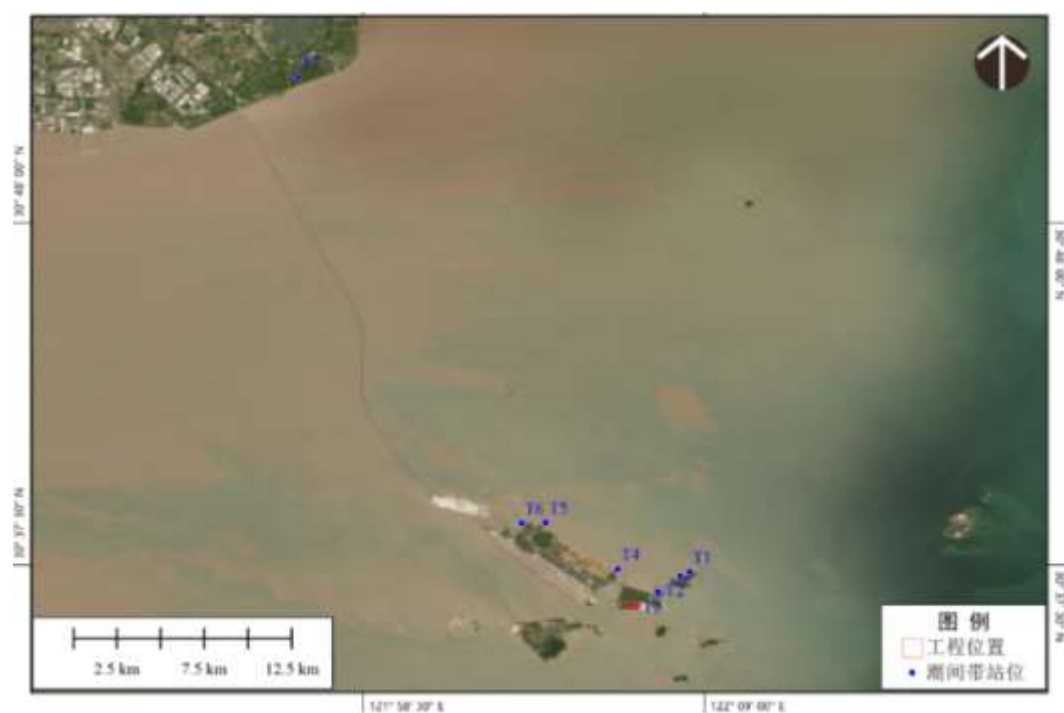


图 7.5-3 2020 年春、秋季潮间带底栖动物调查站位图

7.5.1.2 监测项目与方法

(1) 2021 年调查

春季调查，水质监测于 2021 年 4 月 17 日至 4 月 28 日进行；秋季调查时间 2021 年 11 月 24 日至 11 月 29 日进行。

水质调查项目：水温、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）、石油类、活性磷酸盐、硫化物、悬浮物、重金属（铜、锌、铅、镉、汞、砷和总铬）。

水深≤10m，只采集表层（海面以下 0.5m）样；

10m<水深≤25m，采集表层、底层样（一般取离海底 1m 的水层）；

水深>25m，采集表层、中层（水深 10m 处）和底层样。

水质指标的现场测定、海水样品的采集、保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB12763-2007)执行。水质监测项目分析方法如表 7.5-3 所示。

表 7.5-3 水质监测项目及分析方法

检测项目	分析方法	依据标准	检出限
水温	多参数水质分析仪	GB 17378.4-2007	-
盐度	多参数水质分析仪	GB 17378.4-2007	-
水深	测深绳法、船载测深仪	GB 12763.2-2007	-
pH	多参数水质分析仪	GB 17378.4-2007	-
溶解氧	多参数水质分析仪	HJ 506—2009	-
化学需氧量	碱性高锰酸钾法	GB 17378.4-2007	-
悬浮物	重量法	GB 17378.4-2007	0.1
硫化物	亚甲基蓝分光光度法	GB17378.4-2007	2
氨-氮	次溴酸盐氧化法	GB17378.4-2007	10
硝酸盐	锌镉还原法	GB17378.4-2007	0.7
亚硝酸盐	奈乙二胺分光光度法	GB17378.4-2007	0.3
活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法	GB17378.4-2007	0.7
石油类	荧光分光光度法	GB17378.4-2007	1
重金属	铜	电感耦合等离子体质谱法 HY/T 147.1-2013 (5)	0.12
	铅		0.03
	锌		0.1
	镉		0.01
	总铬		0.4
	砷		0.5
	汞	原子荧光法 GB17378.4-2007	0.007

（2）2020 年调查

春季调查，水质监测于 2020 年 4 月 19 日至 4 月 26 日进行；秋季调查时间 2020 年 10 月 16 日至 10 月 26 日进行。

水质调查项目：水温、盐度、pH 值、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、重金属（铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷）。

所有样品的采集、保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB 17378.7-2007）和《海洋调查规范》（GB12763.1-2007）的要求执行。

7.5.1.3 监测结果

(1) 2021 年调查

春季调查监测结果

温度 春季调查海域表层海水水温测值介于 20.0~25.4°C 之间，均值为 22.1°C。东侧水温略高于其西侧。

盐度 春季，调查海域表层海水盐度测值介于 10.94~22.89 之间，均值为 16.56。总体看，近岸站位盐度低于远岸站位，调查区具有明显的盐度梯度变化格局；中层海水盐度测值介于 19.81~20.14 之间，均值为 19.98；底层海水盐度测值介于 13.63~25.08 之间，均值为 19.90。

pH 值 调查海域表层海水 pH 测值介于 8.02~8.30 之间，均值为 8.14，调查海区海水 pH 从北向南略有升高，大、小洋山附近海域 pH 明显高于其他水域；中层海水 pH 测值介于 8.27~8.29 之间，均值为 8.28；底层海水 pH 测值介于 8.17~8.29 之间，均值为 8.22。

溶解氧 调查海域表层海水溶解氧测值介于 6.51~8.43mg/L 之间，均值为 7.51mg/L，含量分布较均匀；中层海水溶解氧测值介于 7.22~7.80mg/L 之间，均值为 7.51mg/L；底层海水溶解氧测值介于 6.73~7.86mg/L，均值为 7.31mg/L。

悬浮物 调查海域表层海水悬浮物测值介于 189.3~1585.5mg/L 之间，均值为 763.3mg/L；调查海域悬浮物含量变动幅度较大，由近岸向远岸站位悬浮物含量显著降低，东海大桥附近海域、滩浒山和奋斗山西南侧海域悬浮物含量显著低于其他海域；中层海水悬浮物测值介于 424.0~500.5mg/L 之间，均值为 462.3mg/L；底层海水悬浮物测值介于 207.0~1224.0mg/L 之间，均值为 541.7mg/L。

化学需氧量 调查海域表层海水化学需氧量测值介于 0.38~3.40mg/L 之间，均值为 1.73mg/L，近岸站位化学需氧量含量较高；中层化学需氧量测值介于 0.36~2.54mg/L 之间，均值为 1.45mg/L；底层化学需氧量测值介于 0.39~3.65mg/L 之间，均值为 1.45mg/L。

无机氮 表层海水无机氮测值介于 0.226~1.440mg/L 之间，均值为 0.797mg/L，最低值出现在 29 号站，最高值出现在 5 号站；高值区主要位于奋斗山及滩浒山周围水域；底层海水无机氮测值介于 0.484~1.305mg/L 之间，均值为 0.752mg/L，最低值出现在 31 号站，最高值出现在 1 号站。

活性磷酸盐： 表层海水活性磷酸盐测值介于 0.019~0.049mg/L 之间，均值

为 0.035mg/L；最低值出现在 28 号站，最高值出现在 11 号站；高值区主要位于滩浒山及畚斗山周围水域。底层海水活性磷酸盐测值介于 0.021~0.045mg/L 之间，均值为 0.033mg/L，最低值出现在 27 号站，最高值出现在 1 号站。

硫化物 表层海水硫化物测值介于 0.009~0.034mg/L 之间，均值为 0.020mg/L；调查海区硫化物含量较低，含量分布较均匀，相对高值区出现在畚斗山和滩浒山东北侧水域；中层海水硫化物测值介于 0.022~0.026mg/L 之间，均值为 0.024mg/L；底层海水硫化物测值介于 0.015~0.030mg/L 之间，均值为 0.020mg/L。

石油类 表层海水油类测值介于 0.001~0.008 mg/L 之间，均值为 0.004 mg/L，相对高值区主要位于东海大桥附近水域。

铬 调查海域表层海水铬测值介于 0.76~4.72 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 1.59 $\mu\text{g/L}$ ，调查海区海水中铬含量高值区位于滩浒山周围水域；中层海水铬测值介于 0.97~1.02 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.00 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铬测值介于 0.89~4.76 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 1.55 $\mu\text{g/L}$ 。

铜 调查海域表层海水铜测值介于 1.00~3.90 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.74 $\mu\text{g/L}$ ，调查海区表层海水中铜含量高值区位于畚斗山东侧海域，以及滩浒山北侧水域；中层海水铜测值介于 1.53~1.70 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.62 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铜测值介于 1.07~4.73 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 1.63 $\mu\text{g/L}$ 。

铅 调查海域表层海水铅测值介于 0.21~3.90 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.66 $\mu\text{g/L}$ ，海水中铅高值区位于滩浒山北侧水域；中层海水铅测值介于 0.26~0.35 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.30 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铜测值介于 0.13~1.67 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.50 $\mu\text{g/L}$ 。

镉 调查海域表层海水镉测值介于 0.040~0.275 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.101 $\mu\text{g/L}$ ，调查海区各站海水中镉含量分布较均匀；中层海水镉测值介于 0.068~0.108 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.088 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水镉测值介于 0.032~0.181 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.088 $\mu\text{g/L}$ 。

锌 调查海域表层海水锌测值介于 4.46~19.2 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 7.61 $\mu\text{g/L}$ ，调查海区表层海水中锌含量高值区位于滩浒山北侧水域；中层海水锌测值介于 3.78~9.18 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 6.48 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水锌测值介于 3.72~21.0 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 8.63 $\mu\text{g/L}$ 。

砷 调查海域表层海水砷测值介于 1.46~2.2 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.81 $\mu\text{g/L}$ ，调

查区各站砷测值总体不高，且分布较均匀；中层海水砷测值介于 1.89~2.00 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.95 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水砷测值介于 1.76~2.03 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.87 $\mu\text{g/L}$ 。

汞 调查海域表层海水汞测值介于 0.008~0.069 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.029 $\mu\text{g/L}$ ，高值区位于大、小洋山西南侧海域；中层海水汞测值介于 0.012~0.019 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.016 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水汞测值介于 0.008~0.049 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.022 $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查监测结果

温度 调查海域表层海水水温测值介于 15.1~17.5 $^{\circ}\text{C}$ 之间，均值为 16.0 $^{\circ}\text{C}$ 。

盐度 调查海域表层海水盐度测值介于 12.30~23.80 之间，均值为 17.75；中层海水盐度测值介于 19.10~19.70 之间，均值为 19.40；底层海水盐度测值介于 14.00~24.50 之间，均值为 19.05。

pH 值 调查海域表层海水 pH 测值介于 7.84~8.12 之间，均值为 8.05；中层海水 pH 测值介于 8.01~8.02 之间，均值为 8.02；底层海水 pH 测值介于 8.01~8.12 之间，均值为 8.08。。

溶解氧 表层海水溶解氧测值介于 8.65~9.12 mg/L 之间，均值为 8.90 mg/L；中层海水溶解氧测值介于 8.67~8.73 mg/L 之间，均值为 8.70 mg/L；底层海水溶解氧测值介于 8.18~8.94 mg/L，均值为 8.73 mg/L。

悬浮物 悬查海域表层海水悬浮物测值介于 14.6~506.7 mg/L 之间，均值为 158.3 mg/L；中层海水悬浮物测值介于 187.7~190.7 mg/L 之间，均值为 189.2 mg/L；底层海水悬浮物测值介于 36.6~990.0 mg/L 之间，均值为 419.7 mg/L。

COD_{Mn} 2021 年 11 月航次，表层海水化学需氧量测值介于 0.84~4.26 mg/L 之间，均值为 1.66 mg/L；中层化学需氧量测值介于 1.46~1.85 mg/L 之间，均值为 1.66 mg/L；底层化学需氧量测值介于 0.89~3.87 mg/L 之间，均值为 2.19 mg/L。

无机氮 2021 年 11 月航次，表层海水亚硝酸盐测值介于 0.002~0.006 mg/L 之间，均值为 0.004 mg/L，含量分布较均匀；底层海水亚硝酸盐测值介于 0.001~0.006 mg/L 之间，均值为 0.003 mg/L。

调查海域表层海水硝酸盐测值介于 0.564~1.424 mg/L 之间，均值为 0.881 mg/L，最低值出现在 33 号站，最高值出现在 4 号站；底层海水硝酸盐测值介于 0.436~1.112 mg/L 之间，均值为 0.795 mg/L，最低值出现在 33 号站，最高值出现在 5 号站。

调查海域表层海水氨氮测值介于 0.006~0.114 mg/L 之间,均值为 0.035 mg/L,最低值出现在 3 号站,最高值出现在 4 号站;底层海水氨-氮测值介于 0.001~0.082 mg/L 之间,均值为 0.026 mg/L,最低值出现在 19 号站,最高值出现在 4 号站。

表层海水无机氮测值介于 0.579~1.542 mg/L 之间,均值为 0.920 mg/L,最低值出现在 33 号站,最高值出现在 4 号站;中层海水无机氮测值介于 0.796~0.812 mg/L 之间,均值为 0.804 mg/L 底层海水无机氮测值介于 0.462~1.127 mg/L 之间,均值为 0.825 mg/L,最低值出现在 33 号站,最高值出现在 5 号站。

活性磷酸盐 表层海水活性磷酸盐测值介于 0.012~0.054 mg/L 之间,均值为 0.035 mg/L;最低值出现在 18 号站,最高值出现在 20 号站;底层海水活性磷酸盐测值介于 0.048~0.050 mg/L 之间,均值为 0.049 mg/L。底层海水活性磷酸盐测值介于 0.022~0.050 mg/L 之间,均值为 0.037 mg/L,最低值出现在 19 号站,最高值出现在 24 号站。

硫化物 2021 年 11 月航次,表层海水硫化物测值介于未检出(<0.0033 mg/L)~0.0143 mg/L 之间,均值为 0.0061 mg/L;中层海水硫化物均未检出(<0.0033 mg/L);底层海水硫化物测值介于未检出(<0.0033 mg/L)~0.0136 mg/L 之间,均值为 0.0078 mg/L。

油类 2021 年 11 月航次,表层海水油类测值介于 0.002~0.013 mg/L 之间,均值为 0.007 mg/L。

铬 表层海水铬测值介于 0.50~1.14 µg/L 之间,均值 0.70 µg/L;中层海水铬测值介于 0.68~1.40 µg/L 之间,均值为 1.04 µg/L;底层海水铬测值介于 0.56~1.19 µg/L 之间,均值 0.72 µg/L。

铜 表层海水铜测值介于 1.16~6.65 µg/L 之间,均值为 3.94 µg/L;中层海水铜测值介于 2.88~4.79 µg/L 之间,均值为 3.83 µg/L;底层海水铜测值介于 0.71~8.08 µg/L 之间,均值 3.52 µg/L。

铅 表层海水铅测值介于 0.25~1.82 µg/L 之间,均值为 0.69 µg/L;中层海水铅测值介于 0.39~0.70 µg/L 之间,均值为 0.54 µg/L;底层海水铅测值介于 0.20~1.42 µg/L 之间,均值为 0.65 µg/L。

镉 表层海水镉测值介于 0.036~0.403 µg/L 之间,均值 0.184 µg/L;中层海水镉测值介于 0.213~0.253 µg/L 之间,均值为 0.233 µg/L;底层海水镉测值介于 0.021~0.399 µg/L 之间,均值 0.183 µg/L。

锌 表层海水锌测值介于 4.91~17.54 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 10.37 $\mu\text{g/L}$ ；中层海水锌测值介于 11.83~12.15 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 11.99 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水锌测值介于 6.57~17.21 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 10.91 $\mu\text{g/L}$ 。

砷 表层海水砷测值介于 1.58~1.73 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.1.65 $\mu\text{g/L}$ ；中层海水砷测值介于 1.65~1.66 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.65 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水砷测值介于 1.58~1.73 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.64 $\mu\text{g/L}$ 。

汞 表层海水汞测值介于 0.022~0.049 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.038 $\mu\text{g/L}$ ；中层海水汞测值介于 0.038~0.041 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.040 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水汞测值介于 0.027~0.050 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.039 $\mu\text{g/L}$ 。

(2) 2020 年调查

2020 年春、秋季海水水质现状调查结果见附录 1-3 和附录 1-4。

春季调查监测结果

温度 调查海域表层海水温度测值介于 14.94~16.91 $^{\circ}\text{C}$ 之间，均值为 15.40；底层海水温度测值介于 14.79~15.68 之间，均值为 15.11。

盐度 调查海域表层海水盐度测值介于 12.95~27.32 之间，均值为 20.18；底层海水盐度测值介于 13.12~29.07 之间，均值为 21.18。

pH 值 调查海域表层海水 pH 测值介于 7.94~8.18 之间，均值为 8.07；底层海水 pH 测值介于 7.99~8.16 之间，均值为 8.10。

溶解氧 调查海域表层海水溶解氧测值介于 5.74~8.92 mg/L 之间，均值为 7.78 mg/L ；底层海水溶解氧测值介于 6.75~8.84 mg/L ，均值为 8.0 mg/L 。

悬浮物 调查海域表层海水悬浮物测值介于 39~1013 mg/L 之间，均值为 363.98 mg/L ；底层海水悬浮物测值介于 322.0~3301.0 mg/L 之间，均值为 1195.36 mg/L 。

化学需氧量 调查海域表层海水化学需氧量测值介于 0.08~0.96 mg/L 之间，均值为 0.42 mg/L ；底层化学需氧量测值介于 0.5~1.43 mg/L 之间，均值为 0.39 mg/L 。

无机氮 表层海水无机氮测值介于 0.656~1.544 mg/L 之间，均值为 1.167 mg/L ；底层海水无机氮测值介于 0.484~1.305 mg/L 之间，均值为 1.09 mg/L 。

活性磷酸盐： 表层海水活性磷酸盐测值介于 0.014~0.041 mg/L 之间，均值为 0.03 mg/L ；底层海水活性磷酸盐测值介于 0.014~0.043 mg/L 之间，均值为 0.029 mg/L 。

石油类 表层海水油类测值介于 0.009~0.049 mg/L 之间，均值为 0.01 mg/L。

铬 调查海域表层海水铬测值介于 0.5~2.2 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.97 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铬测值介于 0.5~2.9 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.98 $\mu\text{g/L}$ 。

铜 调查海域表层海水铜测值介于 0.8~1.9 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.41 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铜测值介于 0.7~3.63 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 1.40 $\mu\text{g/L}$ 。

铅 调查海域表层海水铅测值介于 0.19~0.72 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.42 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铜测值介于 0.21~0.67 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.38 $\mu\text{g/L}$ 。

镉 调查海域表层海水镉测值介于 0.08~0.24 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.14 $\mu\text{g/L}$ ，调查海区各站海水中镉含量分布较均匀；底层海水镉测值介于 0.08~0.3 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.14 $\mu\text{g/L}$ 。

锌 调查海域表层海水锌测值介于 5.0~20.0 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 12.43 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水锌测值介于 6.2~17.8 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 10.4 $\mu\text{g/L}$ 。

砷 调查海域表层海水砷测值介于 0.5~3.8 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.96 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水砷测值介于 0.6~3.4 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.02 $\mu\text{g/L}$ 。

汞 调查海域表层海水汞测值介于 0.03~0.049 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.038 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水汞测值介于 0.027~0.047 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.038 $\mu\text{g/L}$ 。

秋季调查监测结果

温度 调查海域表层海水水温测值介于 20.46~21.83 $^{\circ}\text{C}$ 之间，均值为为 21.10 $^{\circ}\text{C}$ ；底层海水水温测值介于 20.49~21.96 $^{\circ}\text{C}$ 之间，均值为为 21.15 $^{\circ}\text{C}$ 。

盐度 调查海域表层海水盐度测值介于 6.43~22.36 之间，均值为 12.77；底层海水盐度测值介于 6.54~23.58 之间，均值为 13.81。

pH 值 调查海域表层海水 pH 测值介于 7.97~8.16 之间，均值为 8.05；底层海水 pH 测值介于 7.98~8.19 之间，均值为 8.07。

溶解氧 调查海域表层海水溶解氧测值介于 6.27~9.82 mg/L 之间，均值为 7.53 mg/L；底层海水溶解氧测值介于 6.11~9.2 mg/L，均值为 7.26 mg/L。

悬浮物 调查海域表层海水悬浮物测值介于 113~2211 mg/L 之间，均值为 647.81 mg/L；底层海水悬浮物测值介于 644~5694 mg/L 之间，均值为 2012.7 mg/L。

COD_{Mn} 调查海域表层海水化学需氧量测值介于 0.29~1.88 mg/L 之间，均值为 1.07 mg/L；底层化学需氧量测值介于 0.2~1.77 mg/L 之间，均值为 0.99 mg/L。

无机氮 调查海域表层海水无机氮测值介于 0.267~1.587 mg/L 之间，均值为

0.98 mg/L；底层海水无机氮测值介于 0.216~1.545 mg/L 之间，均值为 0.89 mg/L。

活性磷酸盐 表层海水活性磷酸盐测值介于 0.023~0.045 mg/L 之间，均值为 0.034 mg/L；底层海水活性磷酸盐测值介于 0.022~0.051 mg/L 之间，均值为 0.032 mg/L。

石油类 表层海水石油类测值介于 0.004~0.013 mg/L 之间，均值为 0.006 mg/L。

铬 表层海水铬测值介于 0.75~1.77 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 1.3 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铬测值介于 0.87~2.3 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 1.29 $\mu\text{g/L}$ 。

铜 表层海水铜测值介于 0.9~4.6 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 2.33 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铜测值介于 1.2~3 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 2.04 $\mu\text{g/L}$ 。

铅 表层海水铅测值介于 0.18~0.84 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.39 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水铅测值介于 0.18~0.94 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.35 $\mu\text{g/L}$ 。

镉 表层海水镉测值介于 0.13~0.54 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.25 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水镉测值介于 0.08~0.47 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值 0.220 $\mu\text{g/L}$ 。

锌 表层海水锌测值介于 6.3~30.3 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 14.12 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水锌测值介于 6.1~25.8 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 13.96 $\mu\text{g/L}$ 。

砷 表层海水砷测值介于 0.9~3.3 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.36 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水砷测值介于 1.00~4.6 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 1.45 $\mu\text{g/L}$ 。

汞 表层海水汞测值介于 0.007~0.048 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.03 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水汞测值介于 0.01~0.049 $\mu\text{g/L}$ 之间，均值为 0.029 $\mu\text{g/L}$ 。

7.5.2 海水水质现状评价

7.5.2.1 评价标准与方法

水质评价采用《海水水质标准》（GB 3097-1997），进行单因子评价。评价标准详见表 7.5-4。

表 7.5-4 海水水质评价标准 mg/L （pH 除外）

评价标准 评价项目	第一类	第二类	第三类	第四类
水温（ $^{\circ}\text{C}$ ）	人为造成的海水升温夏季不超过当时当地 1°C ，其他季节不超过 2°C		人为造成的海水升温不超过当时当地 4°C	
pH 值	7.8~8.5		6.8~8.8	
悬浮物质	人为增加的量 ≤ 10		人为增加的量 $\leq$	人为增加的量 $\leq$

			100	150
DO >	6	5	4	3
化学需氧量≤	2	3	4	5
无机氮≤（以 N 计）	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.030		0.045
石油类≤	0.05		0.30	0.50
硫化物≤	0.02	0.05	0.10	0.25
铜≤	0.005	0.010	0.050	
锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
镉≤	0.001	0.005	0.010	
总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
砷≤	0.020	0.030	0.050	
汞≤	0.00005	0.0002		0.0005

采用环境质量单因子评价标准指数法进行海域水质的现状评价，所采用评价标准根据海域所处环境功能确定，分析海水中化学要素超标因子及其超标原因。

采用单因子评价方法，计算模式为：

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中： P_i —第 i 项污染因子的标准数值；

C_i —第 i 项污染因子的实测浓度；

P_i —第 i 项污染因子的评价标准值。

水质中 pH 采用下列评价模式：

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH,j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH_j > 7.0$$

式中： $S_{pH,j}$ —pH 值得指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j —pH 值实测统计代表值；

pH_{su} —评价标准中 pH 值的上限值；

pH_{sd} —评价标准中 pH 值的下限值。

水质中 DO 采用下列评价模式：

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

$$S_{DO,j} = \frac{DO_s}{DO_j} \quad DO_j \leq DO_f$$

式中：S_{DO,j}——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_s—溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_j—溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_f—饱和溶解氧浓度，mg/L，对于河流，DO_f=468/(31.6+T)；对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域，DO_f=(491-2.65S)/(33.5+T)；

水质参数标准指数≤1，表明该因子符合水质评价标准，满足功能区使用要求；标准指数>1，表明该因子超过了水质评价标准，已经不能满足功能区使用要求。

(1) 2021 年调查

根据《上海市海洋功能区划（2011-2020 年）》、《上海市水环境功能区划》和《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》及《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》，2021 年春季和秋季各调查站位与功能区划叠图见图 7.5-4(1)、图 7.5-5(1)和图 7.5-6(1)，评价标准见表 7.5-5。



图 7.5-4(1) 监测站位与浙江省海洋功能区划叠图

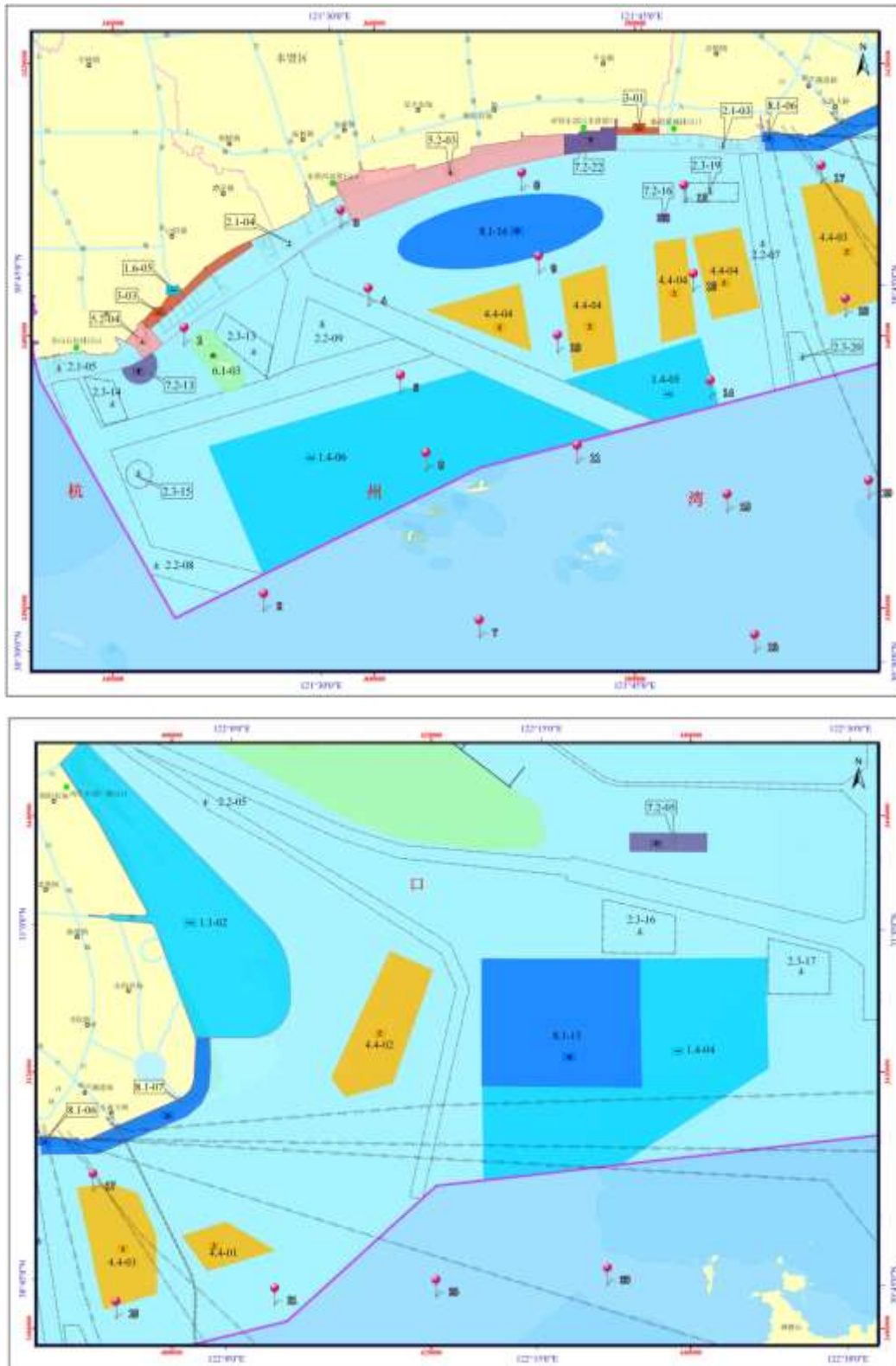


图 7.5-5(1) 监测站位与上海市海洋功能区划叠图

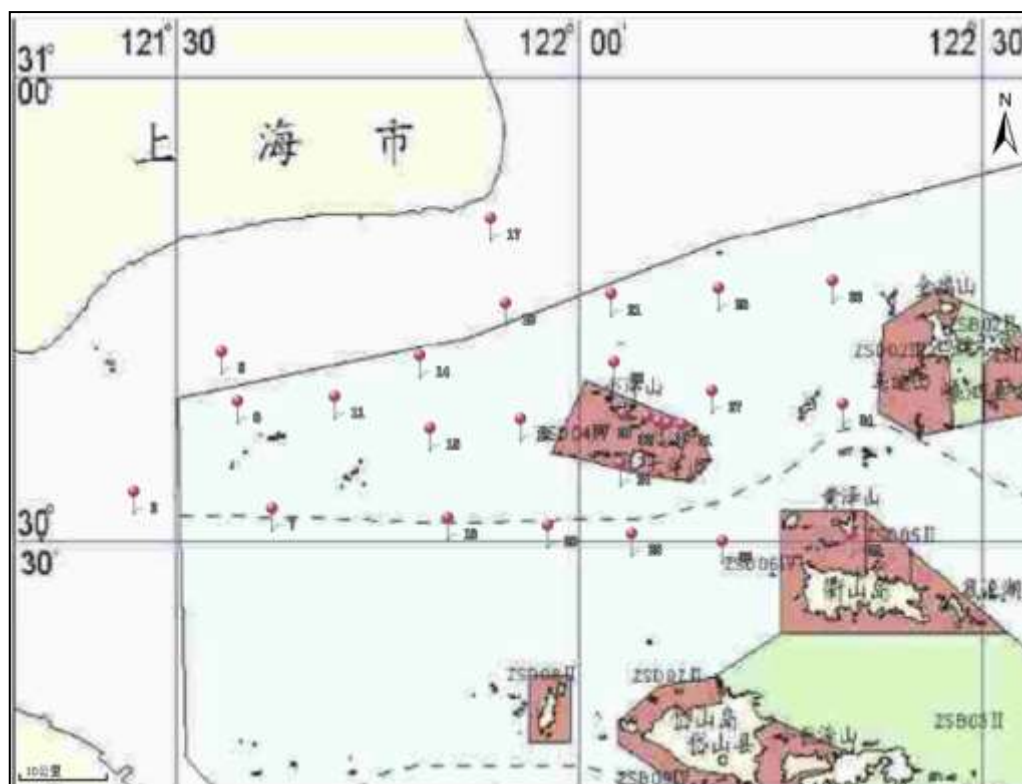


图 7.5-6(1) 监测站位与近岸海域环境功能区划叠图

表 7.5-5 各调查站位所在海洋功能区和水质评价标准

调查站位	海洋功能区	上海市水环境功能区划	舟山市近岸海域环境功能区划	评价标准
1、3、4、8、9、10、12、13、17、18	杭州湾漕泾航道区	杭州湾水域	/	水质三类、沉积物二类、生物质量三类
5、6	农渔业区 (杭州湾 2 号捕捞区)	杭州湾水域	杭州湾一类区	水质一类、沉积物二类、生物质量三类
14	农渔业区 (杭州湾 1 号捕捞区)	杭州湾水域	杭州湾一类区	水质一类、沉积物一类、生物质量不劣于现状
2、7、11、15、16、19、20、21、22、26、27、33	嵊泗农渔业区	/	舟山近岸一类区	水质一类，沉积物一类、生物质量一类
23、28、29、30、31	洋山港口航运区	/	洋山四类区	水质四类、沉积物三类、生物质量三类
24	大洋山南港口航运区	/	舟山近岸一类区	水质一类、沉积物二类、生物质量二类
25、32、34	岱山农渔业区	/	舟山近岸一类区	水质一类，沉积物一类、生物质量一类
35	岱山农渔业区	/	衢山四类区	水质二类，沉积物一类、生物质量一类

(2) 2020 年调查

根据《上海市海洋功能区划（2011-2020 年）》、《上海市水环境功能区划》和

《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》及《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》，2020 年春季和秋季各调查站位与功能区划叠图见图 7.5-4(2)、图 7.5-5(2) 和图 7.5-6(2)，评价标准见表 7.5-6。

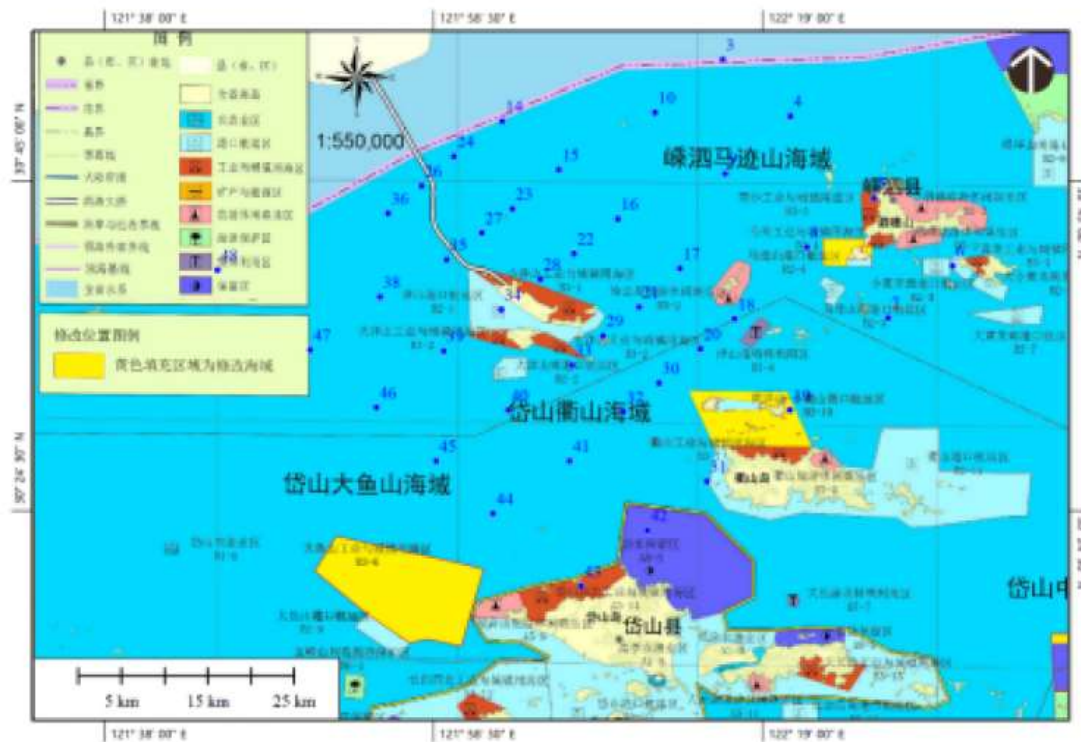


图 7.5-4 (1) 监测站位与浙江省海洋功能区划叠图

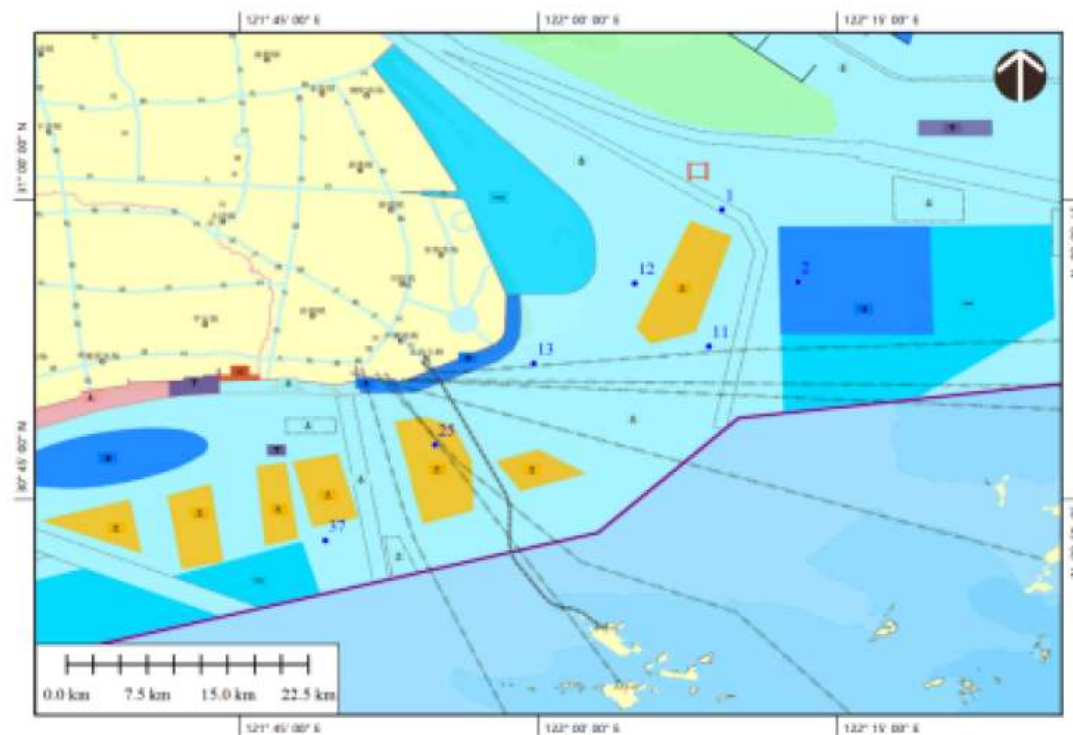


图 7.5-5 (2) 监测站位与上海市海洋功能区划叠图

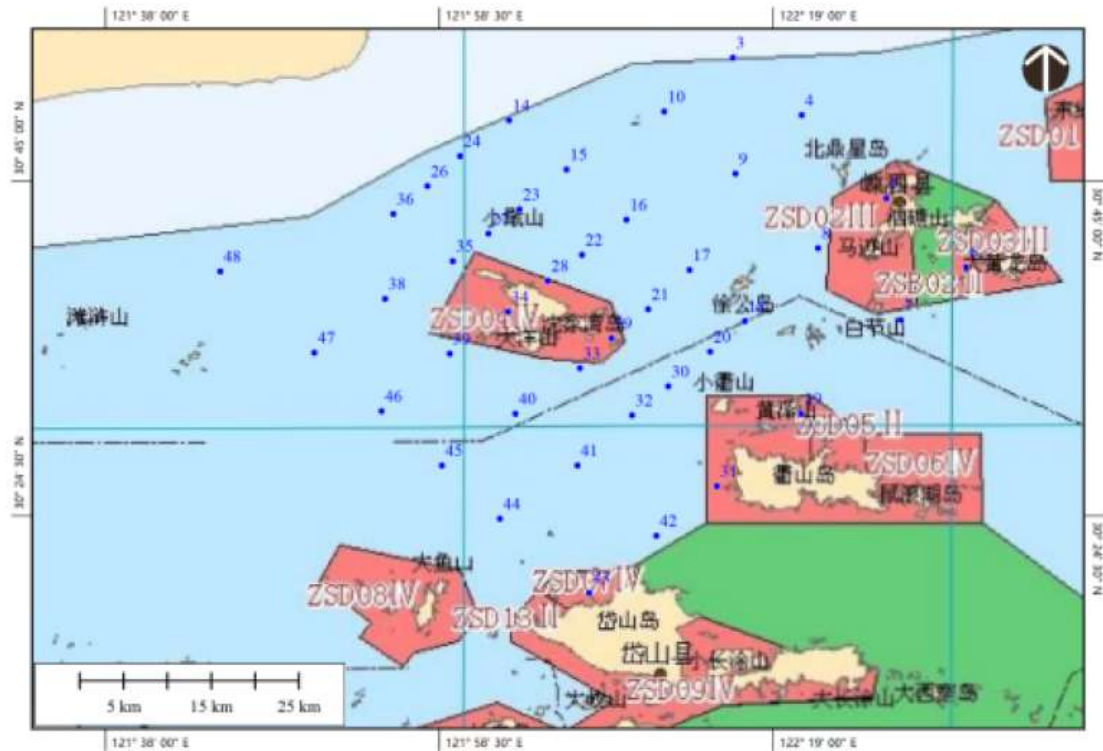


图 7.5-6（2） 监测站位与近岸海域环境功能区划叠图

表 7.5-6 各调查站位水质评价标准表

评价标准	调查站位
一类	3、4、7~10、14~18、20~24、26、27、30、32、33、35、36、38~42、44~48
二类	28、29、31
三类	1、2、5、6、11、12、13、25、37
四类	19、34、43

7.5.2.2 评价结果

（1）2021 年调查

1) 春季调查评价结果

水质环境质量评价标准采用《海水水质标准》（GB3097-1997）分级评价标准，评价结果见表 7.5-7。

评价结果表明，春季调查区域所有站位海水中溶解氧、pH、油类、铜、镉、铬和砷均符合相应环境功能区水质标准。春季调查海域主要超标指标为无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量，个别站位硫化物、铅、总汞和锌超标。其中，无机氮表层有 32 个样品超标（超标倍数为 1.35~7.2）、中层有 2 个样品超标（超标倍数分别为 1.17 和 1.64）、底层有 12 个样品超标（超标倍数为 1.19~5.25）；活性磷酸盐表层有 27 个样品超标（超标倍数为 1.03~3.27）、中层有没有样品超标、底层有 8 个样品超标（超标倍数为 1.4~2.67）；化学需氧量表层有 4 个样品超标（超

标倍数为 1.08~1.64)、中层没有样品超标、底层有 1 个站位超标 (超标倍数为 1.08); 硫化物表层有 4 个站位超标 (超标倍数为 1.1~1.66)、中层没有样品超标、底层有 4 个站位超标 (超标倍数为 1.04~1.5); 铅表层有 3 个站位超标 (超标倍数为 1.03~3.9)、中层没有样品超标、底层有 2 个站位超标 (超标倍数为 1.21~1.67); 总汞表层有 1 个站位超标 (超标倍数为 1.38)、中层和底层没有样品超标; 锌底层有 1 个站位超标 (超标倍数为 1.05)、表层和底层没有样品超标, 其余功能区内的样品均符合环境保护管理要求, 未出现超标现象。

综上, 春季调查区域所有站位海水中溶解氧、pH、油类、铜、镉、铬和砷均符合相应环境功能区水质标准。春季调查海域主要超标指标为无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量, 个别站位硫化物、铅、总汞和锌超标。无机氮表层有 32 个样品超标, 超标率为 91.43%、中层有 2 个样品超标, 超标率为 100%、底层有 12 个样品超标, 超标率为 92.3%。活性磷酸盐表层有 27 个样品超标, 超标率为 77.14%、底层有 8 个样品超标, 超标率为 61.54%。化学需氧量表层有 4 个样品超标, 超标率为 11.43%、底层有 1 个站位超标, 超标率为 3.13%。

近几年东海区海洋环境公报结果显示, 杭州湾北岸近岸海域环境状况严峻, 陆地排入海洋的污水中富含氮磷等营养物质, 使近岸海域的海水高度营养化, 无机氮、活性磷酸盐和化学需氧量超标情况显著, 本次调查区域位于近岸海域, 水质要素的基本情况与该海域整体海水环境质量现状基本一致。

2) 秋季调查评价结果

水质环境质量评价标准采用《海水水质标准》(GB3097-1997) 分级评价标准, 评价结果见表 7.5-8。

评价结果表明, 秋季调查区域所有站位海水中溶解氧、pH、油类、硫化物、锌、镉、铬、总汞和砷均符合相应环境功能区水质标准。秋季调查海域主要超标指标为无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量、铜和铅。其中, 无机氮表层所有站位 35 个样品全部超标 (超标倍数为 1.41~6.31)、中层 2 个站位的样品全部超标 (超标倍数分别为 1.59 和 1.62)、底层有 23 个样品超标 (超标倍数为 1.57~5.64); 活性磷酸盐表层有 24 个样品超标 (超标倍数为 1.09~3.6)、中层 2 个站位的样品全部超标 (超标倍数分别为 1.06 和 1.11)、底层有 15 个样品超标 (超标倍数为 1.09~3.2); 化学需氧量表层有 4 个样品超标 (超标倍数为 1.32~2.13)、中层没有样品超标、底层有 5 个样品超标 (超标倍数为 1.17~1.94); 铅表层有 6 个样品超

标（超标倍数为 1.07~1.82）、中层没有样品超标、底层有 2 个样品超标（超标倍数为 1.03 和 1.22）；铜表层有 5 个样品超标（超标倍数为 1.04~1.33）、中层没有样品超标、底层有 1 个样品超标（超标倍数为 1.58）；其余功能区内的样品均符合环境保护管理要求，未出现超标现象。

综上，秋季调查区域所有站位海水中溶解氧、pH、油类、硫化物、锌、镉、铬、总汞和砷均符合相应环境功能区水质标准。秋季调查海域主要超标指标为无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量、铜和铅。无机氮表层所有站位 35 个样品全部超标，超标率为 100%、中层 2 个站位样品全部超标，超标率为 100%、底层有 23 个样品超标，超标率为 100%。活性磷酸盐表层有 24 个样品超标，超标率为 68.57%、中层 2 个站位样品全部超标，超标率为 100%、底层有 15 个样品超标，超标率为 65.22%。化学需氧量表层有 4 个样品超标，超标率为 11.43%、底层有 5 个样品超标，超标率为 21.74%。铅表层有 6 个样品超标，超标率为 17.14%、底层有 2 个样品超标，超标率为 8.7%；铜表层有 5 个样品超标率为 14.29%、底层有 1 个样品超标，超标率为 4.35%。其余站位均符合所在功能区相应标准，未出现超标现象。

近几年东海区海洋环境公报结果显示，杭州湾北岸近岸海域环境状况严峻，陆地排入海洋的污水中富含氮磷等营养物质，使近岸海域的海水高度营养化，无机氮、活性磷酸盐和化学需氧量超标情况显著，个别站位铜和铅超标，本次调查区域位于近岸海域，水质要素的基本情况与该海域整体海水环境质量现状基本一致，与春季调查结果也较为一致。

表 7.5-7 2021年春季各评价因子单项标准指数统计表

评价标准	站位	pH			溶解氧			化学需氧量			硫化物			无机氮			活性磷酸盐			油类
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	
三类	1	0.63		0.68	0.54		0.55	0.69		0.41	0.09		0.20	3.58		3.26	1.43		1.50	0.10
一类	2	0.75			0.80			0.29			0.93			2.57			2.73			0.04
三类	3	0.66			0.55			0.55			0.20			2.23			1.13			0.10
三类	4	0.59			0.56			0.77			0.10			1.66			1.23			0.07
一类	5	0.73			0.80			0.38			0.86			7.20			3.13			0.06
一类	6	0.73			0.77			1.23			0.82			2.40			3.13			0.04
一类	7	0.71			0.82			0.28			0.77			6.14			3.07			0.04
三类	8	0.59			0.56			0.84			0.18			1.81			0.87			0.10
三类	9	0.59			0.53			0.65			0.20			1.86			0.77			0.07
三类	10	0.57			0.57			0.19			0.23			2.99			1.23			0.07
一类	11	0.73			0.85			1.08			1.50			6.46			3.27			0.06
三类	12	0.58			0.55			0.49			0.27			2.46			0.87			0.13
三类	13	0.64			0.55			0.17			0.27			1.37			1.07			0.10
一类	14	0.75			0.83			1.64			1.66			1.91			2.00			0.06
一类	15	0.76			0.92			0.85			0.95			5.38			2.47			0.04
一类	16	0.74			0.15			1.59			0.90			4.52			2.80			0.04
一类	17	0.57			0.75			0.98			0.76			4.58			1.73			0.06
三类	18	0.62			0.58			0.73			0.13			1.25			1.03			0.07
一类	19	0.71			0.92			0.41			0.93			3.69			2.47			0.04
一类	20	0.83			0.06			0.35			0.90			5.16			3.13			0.06
一类	21	0.83		0.81	0.77		0.82	0.67		0.55	0.95		1.11	3.96		3.77	2.47		2.47	0.16
一类	22	0.78		0.80	0.83		0.83	0.19		0.26	0.84		0.82	3.45		3.20	2.13		1.67	0.12
四类	23	0.72			0.39			0.26			0.10			1.11			0.67			0.01
三类	24	0.67			0.100			0.85			0.19			1.92			1.23			0.03
一类	25	0.85			0.11			0.94			1.10			2.97			1.53			0.06
一类	26	0.81		0.79	0.80		0.79	0.54		0.32	1.28		1.50	4.40		3.92	2.53		2.40	0.14
一类	27	0.85		0.85	0.81		0.85	0.48		0.30	0.73		0.73	3.29		2.65	2.13		1.40	0.14
四类	28	0.69	0.72	0.72	0.40	0.42	0.42	0.14	0.07	0.08	0.07	0.10	0.10	0.92	1.17	1.19	0.42	0.71	0.78	0.01

评价标准	站位	pH			溶解氧			化学需氧量			硫化物			无机氮			活性磷酸盐			油类
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	
四类	29	0.61		0.69	0.43		0.45	0.21		0.45	0.13		0.10	0.45		1.69	0.67		0.82	0.00
四类	30	0.68	0.71	0.72	0.39	0.38	0.39	0.33	0.51	0.68	0.12	0.09	0.07	1.47	1.64	1.49	0.67	0.78	0.84	0.00
四类	31	0.58		0.70	0.38		0.42	0.67		0.73	0.07		0.06	0.69		0.97	0.67		0.67	0.00
一类	32	0.73		0.78	0.18		0.12	0.87		0.38	0.79		1.04	2.42		3.18	1.47		1.60	0.12
一类	33	0.72		0.79	0.15		0.78	0.67		0.45	0.86		1.08	5.11		5.25	2.73		2.67	0.16
一类	34	0.79		0.79	0.78		0.84	0.39		0.47	0.98		0.95	5.89		3.72	3.13		2.27	0.14
二类	35	0.75		0.79	0.02		0.70	0.46		0.72	0.44		0.37	2.75		2.22	1.17		0.97	0.14

表 7.5-7 2021年春季各评价因子单项标准指数统计表（续上表）

评价标准	站位	铜			锌			铅			镉			铬			汞			砷		
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底
三类	1	0.05		0.04	0.08		0.08	0.06		0.12	0.01		0.02	0.01		0.02	0.24		0.09	0.04		0.04
一类	2	0.33			0.31			0.21			0.05			0.03			0.84			0.10		
三类	3	0.03			0.08			0.04			0.01			0.01			0.15			0.04		
三类	4	0.08			0.06			0.03			0.01			0.01			0.25			0.04		
一类	5	0.51			0.96			3.90			0.11			0.04			0.40			0.10		
一类	6	0.38			0.37			1.27			0.16			0.09			0.28			0.10		
一类	7	0.22			0.24			0.66			0.08			0.03			0.54			0.09		
三类	8	0.04			0.07			0.05			0.01			0.01			0.15			0.04		
三类	9	0.03			0.06			0.07			0.01			0.01			0.13			0.04		
三类	10	0.03			0.08			0.10			0.02			0.01			0.13			0.03		
一类	11	0.32			0.52			0.97			0.10			0.02			0.50			0.07		
三类	12	0.02			0.05			0.06			0.01			0.01			0.04			0.03		
三类	13	0.02			0.07			0.19			0.01			0.01			0.19			0.03		
一类	14	0.26			0.40			0.47			0.07			0.02			0.56			0.08		
一类	15	0.64			0.29			0.22			0.11			0.02			0.18			0.07		
一类	16	0.21			0.33			0.22			0.05			0.02			0.84			0.08		
一类	17	0.20			0.28			0.29			0.05			0.04			0.36			0.08		
三类	18	0.04			0.10			0.10			0.03			0.01			0.15			0.04		
一类	19	0.36			0.45			0.40			0.09			0.02			0.38			0.10		

评价标准	站位	铜			锌			铅			镉			铬			汞			砷		
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底
一类	20	0.20			0.35			0.34			0.09			0.02			1.38			0.09		
一类	21	0.20		0.21	0.22		0.19	0.34		0.25	0.09		0.06	0.03		0.02	1.00		0.58	0.09		0.09
一类	22	0.26		0.24	0.27		0.64	0.31		1.67	0.07		0.18	0.05		0.03	0.48		0.16	0.08		0.09
四类	23	0.05			0.01			0.01			0.01			0.00			0.03			0.03		
三类	24	0.03			0.12			0.03			0.01			0.01			0.23			0.04		
一类	25	0.76			0.25			0.71			0.07			0.07			0.74			0.09		
一类	26	0.31		0.29	0.66		0.75	0.33		0.46	0.10		0.13	0.02		0.02	0.24		0.36	0.10		0.09
一类	27	0.28		0.27	0.30		0.38	0.41		0.20	0.11		0.06	0.02		0.03	0.58		0.52	0.09		0.10
四类	28	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
四类	29	0.03		0.09	0.01		0.01	0.01		0.00	0.01		0.00	0.00		0.00	0.06		0.02	0.03		0.04
四类	30	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
四类	31	0.03		0.02	0.02		0.01	0.01		0.01	0.01		0.01	0.01		0.00	0.07		0.04	0.04		0.04
一类	32	0.42		0.26	0.43		0.36	0.66		0.16	0.05		0.05	0.03		0.04	0.44		0.38	0.09		0.09
一类	33	0.28		0.30	0.38		1.05	0.44		1.21	0.13		0.12	0.05		0.02	0.30		0.98	0.10		0.10
一类	34	0.31		0.25	0.41		0.39	1.03		0.14	0.28		0.05	0.03		0.02	0.18		0.58	0.09		0.09
二类	35	0.17		0.13	0.19		0.09	0.11		0.03	0.02		0.01	0.01		0.02	0.28		0.09	0.06		0.07

表 7.5-8 2021 年秋季各评价因子单项标准指数统计表

评价标准	站位	pH			溶解氧			化学需氧量			硫化物			无机氮			活性磷酸盐			油类
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表
三类	1	0.58		0.59	0.45		0.49	0.36		0.94	0.05		0.14	2.94		2.69	0.60		0.93	0.23
一类	2	0.63		0.73	0.68		0.68	0.89		1.17	0.20		0.55	4.82		4.75	1.00		2.53	0.12
三类	3	0.59		-	0.44		-	0.42		-	0.07		-	3.28		-	1.50		-	0.13
三类	4	0.59		0.59	0.45		0.45	0.38		0.90	0.08		0.09	3.86		2.66	0.97		1.10	0.13
一类	5	0.71		0.71	0.68		0.68	0.59		1.94	0.26		0.63	4.75		5.64	2.40		1.73	0.22
一类	6	0.73		0.74	0.68		0.67	1.32		1.29	0.47		0.56	4.62		4.44	2.60		3.20	0.20
一类	7	0.66		0.72	0.68		0.69	1.34		1.83	0.72		0.63	4.14		4.30	1.40		1.60	0.24
三类	8	0.61		-	0.46		-	0.39		-	0.04		-	3.02		-	0.80		-	0.33
三类	9	0.60		-	0.44		-	0.44		-	0.10		-	3.36		-	0.90		-	0.43
三类	10	0.59		0.59	0.45		0.45	0.53		0.79	0.09		0.06	2.13		2.34	0.87		0.80	0.40
一类	11	0.71		-	0.66		-	1.37		-	0.63		-	5.86		-	2.27		-	0.22
三类	12	0.57		-	0.45		-	0.34		-			-	2.17		-	0.73		-	0.30
三类	13	0.60		0.61	0.46		0.45	0.36		0.32	0.04		0.11	1.96		2.08	1.50		1.47	0.40
一类	14	0.71		-	0.66		-	2.13		-	0.50		-	6.31		-	1.60		-	0.14
一类	15	0.73		-	0.66		-	0.99		-	0.42		-	6.03		-	1.93		-	0.22
一类	16	0.74		-	0.01		-	0.70		-	0.28		-	4.16		-	1.87		-	0.16
一类	17	0.68		0.73	0.69		0.69	0.65		0.55			0.04	4.38		2.18	1.47		1.00	0.18
三类	18	0.49		0.59	0.46		0.46	0.33		0.46	0.10		0.07	2.09		2.19	0.40		1.20	0.30
一类	19	0.70		0.73	0.66		0.67	0.75		0.49	0.25			4.41		2.86	2.60		0.73	0.18
一类	20	0.75		-	0.66		-	0.61		-	0.42		-	4.57		-	3.60		-	0.12
一类	21	0.74		0.75	0.06		0.06	0.60		0.43	0.21		0.08	3.58		2.34	1.87		1.00	0.16
一类	22	0.73		0.73	0.67		0.68	0.65		0.42			-	3.95		2.51	2.80		1.40	0.06
四类	23	0.57		-	0.33			0.38			0.03			1.74			0.89			0.01
三类	24	0.59		0.58	0.443		0.45	0.43		0.45	0.07		0.12	2.29		2.27	1.70		1.67	0.17
一类	25	0.68		-	0.02			0.77			0.25			3.41			3.20			0.04
一类	26	0.69		0.71	0.06		0.02	0.57		0.65	0.28		-	3.24		2.52	2.13		2.60	0.04
一类	27	0.71		0.72	0.68		0.70	0.61		1.54	0.12		0.43	3.99		3.98	1.53		2.93	0.04
四类	28	0.47		0.56	0.34		0.00	0.40		0.39			0.03	1.65		1.60	1.00		0.89	0.00
四类	29	0.58	0.57	0.59	0.34	0.35	0.35	0.37	0.29	0.55	0.03		0.04	1.41	1.62	1.57	1.09	1.07	1.00	0.00

评价标准	站位	pH			溶解氧			化学需氧量			硫化物			无机氮			活性磷酸盐			油类
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表
四类	30	0.60	0.56	0.61	0.34	0.34	0.34	0.23	0.37	0.37			-	1.57	1.59	1.58	1.18	1.11	1.09	0.01
四类	31	0.59		0.61	0.34		0.35	0.31		0.47	0.02		0.03	1.59		1.60	1.00		1.00	0.01
一类	32	0.71			0.01		-	0.65		-	0.18		-	4.43		-	3.13		-	0.08
一类	33	0.71		0.73	0.09		0.05	0.57		0.45	0.21		0.37	2.90		2.31	2.20		2.33	0.04
一类	34	0.71		0.72	0.13		0.06	0.50		0.57			0.34	3.85		2.78	2.20		1.73	0.10
二类	35	0.74		0.72	0.02		0.58	0.28		0.34	0.21		0.22	2.36		2.61	1.47		1.43	0.06

表 7.5-8 2021 年秋季各评价因子单项标准指数统计表（续上表）

评价标准	站位	铜			锌			铅			镉			铬			汞			砷		
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底
三类	1	0.09		0.04	0.12		0.12	0.06		0.14	0.01		0.01	0.006		0.004	0.17		0.18	0.03		0.03
一类	2	0.42		0.69	0.54		0.38	0.52		0.95	0.06		0.10	0.01		0.015	0.80		0.90	0.08		0.08
三类	3	0.06		-	0.12		-	0.06		-	0.01		-	0.003		-	0.23		-	0.03		-
三类	4	0.03		0.07	0.06		0.07	0.04		0.05	0.01		0.01	0.003		0.003	0.24		0.22	0.03		0.03
一类	5	0.23		0.14	0.50		0.53	0.49		0.68	0.10		0.13	0.02		0.014	0.90		0.80	0.08		0.08
一类	6	0.74		0.27	0.25		0.38	1.32		0.48	0.07		0.09	0.01		0.012	0.74		1.00	0.09		0.09
一类	7	1.15		0.46	0.63		0.34	1.51		0.41	0.09		0.06	0.01		0.014	0.44		0.54	0.09		0.08
三类	8	0.04		-	0.10		-	0.05		-	0.01		-	0.003		-	0.16		-	0.03		-
三类	9	0.08		-	0.08		-	0.03		-	0.01		-	0.004		-	0.17		-	0.03		-
三类	10	0.10		0.04	0.13		0.09	0.03		0.03	0.01		0.01	0.003		0.003	0.19		0.21	0.03		0.03
一类	11	0.45		-	0.42		-	1.48		-	0.15		-	0.01		-	0.84		-	0.08		-
三类	12	0.07		-	0.09		-	0.04		-	0.00		-	0.003		-	0.24		-	0.03		-
三类	13	0.08		0.07	0.07		0.11	0.04		0.03	0.01		0.00	0.003		0.004	0.25		0.19	0.03		0.03
一类	14	1.26		-	0.50		-	0.26		-	0.06		-	0.01		-	0.72		-	0.08		-
一类	15	1.18		-	0.45		-	0.32		-	0.04		-	0.01		-	0.78		-	0.08		-
一类	16	1.33		-	0.59		-	0.76		-	0.27		-	0.01		-	0.76		-	0.08		-
一类	17	0.90		0.10	0.39		0.13	0.46		0.03	0.13		0.01	0.02		0.003	0.76		0.20	0.08		0.03
三类	18	0.07		0.04	0.05		0.14	0.05		0.03	0.03		0.03	0.003		0.004	0.19		0.19	0.03		0.03
一类	19	0.69		0.81	0.61		0.28	0.25		0.04	0.31		0.02	0.01		0.007	0.84		0.22	0.08		0.06

评价标准	站位	铜			锌			铅			镉			铬			汞			砷		
		表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底	表	中	底
一类	20	0.98		-	0.32		-	0.50		-	0.26		-	0.01		-	0.72		-	0.08		-
一类	21	0.92		0.46	0.56		0.18	0.27		0.05	0.23		0.05	0.01		0.006	0.72		0.23	0.08		0.06
一类	22	0.72		0.39	0.29		0.24	1.82		0.18	0.35		0.03	0.01		0.007	0.74		0.19	0.08		0.05
四类	23	0.11			0.03			0.02			0.03			0.002			0.07			0.03		
三类	24	0.06		0.10	0.14		0.09	0.10		0.13	0.02		0.02	0.004		0.004	0.20		0.20	0.03		0.03
一类	25	0.70			0.53			1.07			0.22			0.01			0.80			0.08		
一类	26	1.04		0.88	0.88		0.67	0.82		0.48	0.40		0.40	0.02		0.015	0.70		0.80	0.08		0.08
一类	27	0.62		0.85	0.21		0.72	0.16		1.22	0.06		0.24	0.01		0.016	0.21		0.90	0.06		0.08
四类	28	0.09		0.04	0.03		0.02	0.01		0.01	0.02		0.03	0.001		0.001	0.07		0.07	0.03		0.03
四类	29	0.10	0.10	0.08	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.001	0.003	0.001	0.07	0.08	0.07	0.03	0.03	0.03
四类	30	0.06	0.06	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.001	0.001	0.001	0.08	0.08	0.09	0.03	0.03	0.03
四类	31	0.03		0.05	0.01		0.01	0.01		0.01	0.03		0.03	0.002		0.002	0.08		0.06	0.03		0.03
一类	32	0.68		-	0.62		-	0.43		-	0.18		-	0.02		-	0.58		-	0.08		-
一类	33	0.68		0.31	0.45		0.51	0.66		0.91	0.37		0.40	0.01		0.017	0.62		0.66	0.09		0.08
一类	34	0.92		1.58	0.63		0.86	1.25		1.03	0.28		0.19	0.01		0.013	0.68		0.70	0.08		0.08
二类	35	0.31		0.60	0.22		0.34	0.12		0.21	0.04		0.05	0.007		0.012	0.18		0.19	0.06		0.05

（2）2020 年调查

1) 春季调查评价结果

水质环境质量评价标准采用《海水水质标准》（GB3097-1997）分级评价标准，评价结果见表 7.5-9。

2020 年 4 月水质现状评价结果可知，执行第一类海水水质标准的 33 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 93.8%；执行第二类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 71.4%；执行第三类海水水质标准的 9 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 23.5%；执行第四类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐未超标。其他站位各指标均满足相应标准。

根据生态环境部发布的《2020 年中国海洋生态环境状况公报》，2020 年浙江沿岸近岸海域为劣四类海域，主要超标指标为无机氮及活性磷酸盐(与本项目调查结果相一致)。超标原因与工程附近海域受长江与钱塘江径流夹带泥沙和营养盐的影响有关。

2) 秋季调查评价结果

水质环境质量评价标准采用《海水水质标准》（GB3097-1997）分级评价标准，评价结果见表 7.5-10。

2020 年 10 月水质现状评价结果表明，执行第一类海水水质标准的 33 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 100%，重金属锌超标率为 15.2%；执行第二类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 66.7%；执行第三类海水水质标准的 9 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 64.3%；执行第四类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐未超标。其他站位各指标均满足相应标准。

表 7.5-9 2020年春季各评价因子单项标准指数统计表

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
一类	3	s	0.69	0.59	0.08	1.27	5.64	0.26	0.360	0.460	0.700	0.035	0.130	0.570	0.026
	3	B	0.73	0.17	0.09	1.47	4.78	—	0.240	0.355	0.800	0.040	0.110	0.350	0.020
	4	s	0.73	0.14	0.25	1.27	4.21	0.18	0.380	0.625	0.700	0.040	0.120	0.690	0.014
	4	B	0.77	0.09	0.07	1.33	3.97	—	0.140	0.345	0.660	0.030	0.110	0.260	0.016
	7	s	0.69	0.24	0.25	0.93	3.28	0.14	0.260	0.495	0.800	0.035	0.100	0.380	0.022
	7	M	0.78	0.09	0.36	0.87	2.90	—	0.300	0.365	0.720	0.030	0.170	0.220	0.014
	7	B	0.77	0.10	0.20	1.00	2.57	—	0.260	0.885	0.600	0.030	0.100	0.260	0.022
	8	s	0.68	0.06	0.08	1.13	3.79	0.14	0.220	0.730	0.760	0.035	0.080	0.260	0.018
	8	B	0.77	0.12	0.05	1.00	2.53	—	0.180	0.635	0.660	0.030	0.080	0.280	0.012
	9	s	0.69	0.19	0.20	1.27	4.84	0.20	0.280	0.735	0.700	0.030	0.150	0.320	0.016
	9	B	0.77	0.03	0.12	1.13	4.07	—	0.360	0.395	0.880	0.035	0.130	0.490	0.014
	10	s	0.69	0.09	0.27	1.20	5.39	0.38	0.260	0.925	0.680	0.025	0.170	0.210	0.016
	10	B	0.74	0.19	0.47	1.33	4.48	—	0.360	0.890	0.700	0.055	0.140	0.640	0.016
	14	s	0.76	0.38	0.25	2.33	6.31	0.30	0.360	0.395	0.920	0.075	0.190	0.290	0.012
	14	B	0.73	0.17	0.25	2.47	6.40	—	0.520	0.325	0.900	0.070	0.300	0.240	0.010
	15	s	0.75	0.33	0.12	2.33	6.69	0.36	0.240	0.465	0.760	0.065	0.210	0.460	0.014
	16	s	0.72	0.53	0.23	1.47	6.18	0.98	0.320	0.440	0.760	0.030	0.130	0.190	0.018
	16	B	0.70	0.28	0.29	1.87	6.36	—	0.240	0.430	0.800	0.040	0.110	0.330	0.014
	17	s	0.69	0.32	0.09	1.53	5.26	0.08	0.240	0.610	0.720	0.035	0.200	0.450	0.018
	17	B	0.74	0.04	0.39	1.60	4.44	—	0.220	0.475	0.780	0.045	0.160	0.390	0.018
	18	s	0.73	0.19	0.05	2.00	5.29	0.32	0.380	0.890	0.660	0.050	0.150	0.290	0.016
	18	B	0.75	0.18	0.04	1.87	4.38	—	0.220	0.525	0.580	0.030	0.100	0.340	0.016
	20	s	0.73	0.27	0.11	1.87	5.53	0.34	0.380	0.730	0.780	0.050	0.110	0.390	0.018
	20	B	0.76	0.22	0.10	1.93	4.89	—	0.260	0.595	0.680	0.035	0.140	0.350	0.014
	21	s	0.75	0.16	0.20	2.53	5.37	0.20	0.240	0.305	0.680	0.190	0.140	0.360	0.014
	21	B	0.73	0.15	0.12	2.33	5.37	—	0.220	0.325	0.740	0.055	0.190	0.370	0.012
	22	s	0.71	0.25	0.32	2.47	6.10	0.18	0.180	0.480	0.740	0.050	0.240	0.250	0.020
	22	B	0.72	0.43	0.23	2.33	6.09	—	0.180	0.405	0.780	0.035	0.130	0.300	0.016
	23	s	0.73	0.38	0.35	2.53	6.15	0.18	0.240	0.250	0.940	0.050	0.240	0.580	0.010

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
	24	s	0.72	0.45	0.16	2.40	6.57	0.32	0.320	0.440	0.620	0.075	0.210	0.360	0.022
	24	B	0.72	0.23	0.29	2.20	5.55	—	0.460	0.465	0.680	0.055	0.150	0.390	0.020
	26	s	0.78	0.47	0.32	2.47	7.42	0.22	0.260	0.450	0.940	0.075	0.130	0.450	0.0 14
	26	B	0.73	0.32	0.20	2.40	6.98	—	0.700	0.680	0.820	0.075	0.100	0.450	0.0 14
	27	s	0.72	0.23	0.46	2.73	6.46	0.20	0.280	0.480	0.860	0.060	0.200	0.490	0.022
	27	B	0.72	0.15	0.24	2.53	5.93	—	0.240	0.445	0.820	0.055	0.180	0.430	0.0 18
	30	s	0.72	0.22	0.12	2.20	5.36	0.18	0.160	0.615	0.600	0.045	0.100	0.190	0.0 16
	30	B	0.74	0.21	0.08	2.07	5.31	—	0.160	0.555	0.680	0.045	0.150	0.260	0.0 14
	32	s	0.71	0.27	0.20	2.07	5.69	0.18	0.260	0.685	0.800	0.045	0.100	0.480	0.026
	32	B	0.74	0.21	0.25	2.13	5.42	—	0.300	0.495	0.640	0.060	0.140	0.300	0.020
	33	s	0.69	0.23	0.47	2.67	6.74	0.16	0.240	0.675	0.760	0.040	0.130	0.720	0.024
	33	B	0.73	0.28	0.21	2.20	5.71	—	0.720	0.860	0.760	0.075	0.120	0.480	0.048
	35	s	0.71	0.12	0.16	2.00	5.97	0.32	0.240	0.685	0.980	0.070	0.130	0.600	0.042
	35	B	0.71	0.17	0.25	2.00	5.81	—	0.220	0.650	0.940	0.065	0.160	0.670	0.022
	36	s	0.71	0.37	0.19	2.47	6.96	0.32	0.240	0.730	0.860	0.070	0.170	0.530	0.0 16
	36	B	0.72	0.38	0.04	2.33	6.31	—	0.220	0.490	0.760	0.065	0.130	0.360	0.022
	38	s	0.73	0.22	0.31	2.27	5.76	0.42	0.220	0.545	0.920	0.035	0.100	0.310	0.024
	38	B	0.71	0.29	0.16	2.87	5.26	—	0.240	0.370	0.860	0.040	0.080	0.510	0.022
	39	s	0.72	0.34	0.16	2.07	5.70	0.42	0.300	0.635	0.620	0.035	0.150	0.360	0.0 16
	39	B	0.71	0.22	0.05	2.27	5.80	—	0.280	0.565	0.780	0.055	0.100	0.380	0.024
	40	s	0.74	0.30	0.17	2.20	6.44	0.02	0.300	0.780	0.600	0.030	0.150	0.660	0.0 14
	40	B	0.74	0.31	0.25	2.20	6.64	—	0.240	0.460	0.700	0.170	0.170	0.380	0.0 14
	41	s	0.71	0.50	0.16	2.00	5.75	0.20	0.240	0.985	0.720	0.035	0.190	0.400	0.026
	41	B	0.73	0.14	0.35	2.00	6.76	—	0.220	0.540	0.780	0.045	0.120	0.340	0.0 18
	42	s	0.71	0.22	0.36	2.07	5.43	0.16	0.240	0.780	0.820	0.035	0.130	0.440	0.020
	42	B	0.73	0.19	0.20	2.00	5.61	—	0.240	0.460	0.760	0.045	0.150	0.380	0.0 18
	44	s	0.71	0.05	0.25	1.80	6.08	0.30	0.260	0.905	0.820	0.030	0.150	0.600	0.0 18
	44	B	0.72	0.22	0.12	2.20	6.53	—	0.240	0.800	0.640	0.045	0.110	0.490	0.018
	45	s	0.75	0.58	0.08	2.40	5.88	0.26	0.320	0.495	0.680	0.030	0.120	0.350	0.028
	45	B	0.73	0.30	0.39	2.53	6.65	—	0.300	0.735	0.800	0.045	0.090	0.530	0.0 18
	46	s	0.68	0.73	0.08	2.40	6.94	0.24	0.300	0.585	0.720	0.030	0.150	0.310	0.012

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
	46	B	0.71	0.44	0.25	2.13	7.16	—	0.300	0.585	0.820	0.040	0.100	0.390	0.016
	47	s	0.75	0.26	0.12	2.53	6.29	0.30	0.340	0.855	0.620	0.035	0.150	0.700	0.018
	47	B	0.71	0.30	0.05	2.60	5.51	—	0.280	0.830	0.700	0.055	0.140	0.430	0.028
	48	s	0.77	0.26	0.08	2.53	7.51	0.50	0.380	0.825	0.820	0.035	0.120	0.720	0.020
	48	B	0.72	0.39	0.05	2.20	6.93	—	0.240	0.535	0.780	0.065	0.140	0.460	0.050
最小值			0.68	0.03	0.04	0.87	2.53	0.02	0.14	0.25	0.58	0.03	0.08	0.19	0.01
最大值			0.78	0.73	0.47	2.87	7.51	0.98	0.72	0.99	0.98	0.19	0.30	0.72	0.05
超标率			0.0%	0.0%	0.0%	93.8%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
二类	28	s	0.75	0.25	0.21	1.23	3.84	0.16	0.160	0.160	0.200	0.033	0.034	0.074	0.090
	28	B	0.73	0.17	0.21	1.20	3.77	—	0.110	0.154	0.170	0.040	0.034	0.042	0.090
	29	s	0.75	0.27	0.03	1.30	3.87	0.36	0.130	0.184	0.170	0.030	0.034	0.068	0.090
	30	s	0.72	0.30	0.08	1.10	3.57	0.18	0.080	0.246	0.150	0.030	0.020	0.038	0.080
	30	B	0.74	0.28	0.05	1.03	3.54	—	0.080	0.222	0.170	0.030	0.030	0.052	0.070
	31	s	0.69	0.13	0.16	1.00	3.20	0.16	0.110	0.262	0.180	0.027	0.026	0.070	0.130
	31	B	0.74	0.24	0.11	0.83	3.56	—	0.120	0.198	0.150	0.030	0.034	0.058	0.070
最小值			0.69	0.13	0.03	0.83	3.20	—	0.080	0.154	0.150	0.027	0.020	0.038	0.070
最大值			0.75	0.30	0.21	1.30	3.87	0.36	0.160	0.262	0.200	0.040	0.034	0.074	0.130
超标率			0.0%	0.0%	0.0%	71.4%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
三类	1	s	0.57	0.65	0.12	0.93	3.25	0.03	0.032	0.057	0.195	0.0 14	0.013	0.038	0.045
	1	B	0.61	0.19	0.18	0.90	3.20	—	0.028	0.066	0.190	0.0 18	0.015	0.035	0.045
	2	s	0.58	0.21	0.08	0.77	2.99	0.03	0.038	0.079	0.225	0.020	0.011	0.047	0.050
	2	B	0.61	0.20	0.03	0.87	2.58	—	0.028	0.064	0.215	0.0 16	0.013	0.037	0.045
	5	s	0.65	0.26	0.04	0.50	2.00	0.03	0.026	0.122	0.195	0.0 14	0.009	0.044	0.055
	5	B	0.64	0.09	0.03	0.47	1.51	—	0.026	0.062	0.200	0.0 12	0.0 18	0.02 1	0.045
	6	s	0.57	0.26	0.12	0.57	1.75	0.02	0.024	0.137	0.150	0.0 14	0.0 10	0.033	0.035
	6	B	0.63	0.15	0.06	0.53	1.50	—	0.028	0.094	0.175	ND	0.021	0.021	0.040
	11	s	0.58	0.12	0.12	0.80	3.11	0.03	0.030	0.123	0.205	0.018	0.015	0.024	0.045
	11	B	0.61	0.29	0.16	0.70	2.85	—	0.026	0.073	0.205	0.022	0.018	0.045	0.050
	12	s	0.57	0.23	0.16	0.90	3.12	0.03	0.032	0.135	0.185	0.022	0.014	0.020	0.045
	12	B	0.61	0.46	0.20	0.93	3.02	—	0.022	0.070	0.195	0.014	0.019	0.042	0.045
	13	s	0.63	0.27	0.18	1.17	3.86	0.05	0.024	0.113	0.180	0.018	0.010	0.034	0.025

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
	25	s	0.58	0.43	0.02	1.33	3.58	0.05	0.022	0.070	0.225	0.024	0.015	0.035	0.110
	25	B	0.61	0.37	0.02	1.00	3.57	—	0.022	0.074	0.235	0.018	0.013	0.048	0.040
	37	s	0.66	0.30	0.06	1.27	3.42	0.06	0.032	0.157	0.160	0.030	0.014	0.060	0.035
	37	B	0.59	0.41	0.02	1.17	2.97	—	0.028	0.120	0.180	0.030	0.013	0.040	0.045
最小值			0.57	0.09	0.02	0.47	1.50	0.02	0.022	0.057	0.150	ND	0.009	0.020	0.025
最大值			0.66	0.65	0.20	1.33	3.86	0.06	0.038	0.157	0.235	0.030	0.021	0.060	0.110
超标率			0.0%	0.0%	0.0%	23.5%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
四类	19	s	0.52	0.06	0.10	0.71	2.20	0.02	0.034	0.040	0.072	0.014	0.017	0.005	0.002
	19	B	0.62	0.11	0.03	0.62	1.91		0.022	0.023	0.054	0.014	0.017	0.006	0.002
	34	s	0.57	0.01	0.18	0.62	2.13	0.05	0.032	0.037	0.090	0.026	0.018	0.012	0.002
	34	B	0.55	0.08	0.16	0.53	2.11		0.024	0.034	0.090	ND	0.011	0.009	0.006
	43	s	0.54	0.01	0.19	0.71	2.31	0.02	0.028	0.030	0.070	0.012	0.011	0.012	0.002
	43	B	0.59	0.15	0.16	0.82	2.45		0.028	0.014	0.072	0.016	0.012	0.010	0.001
最小值			0.52	0.01	0.03	0.53	1.91	0.02	0.022	0.014	0.054	ND	0.011	0.005	0.001
最大值			0.62	0.15	0.19	0.82	2.45	0.05	0.034	0.040	0.090	0.026	0.018	0.012	0.006
超标率			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

表 7.5-10 2020 年秋季各评价因子单项标准指数统计表

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
一类	3	s	0.69	0.47	0.83	2.07	1.34	0.08	0.340	0.710	0.500	0.055	0.230	0.290	0.030
	3	B	0.7 1	0.22	0.41	2.00	3.23	-	0.340	0.565	0.580	0.080	0.150	0.350	0.031
	4	s	0.72	0.53	0.23	1.60	3.28	0.12	0.440	0.625	ND	0.080	0.230	0.420	0.029
	4	B	0.73	0.18	0.10	1.60	2.58	-	0.280	0.620	0.220	0.055	0.230	0.230	0.027
	7	s	0.77	0.41	0.67	1.93	4.06	0.22	0.380	0.900	0.660	0.060	0.240	0.840	0.028
	7	M	0.79	0.53	0.52	2.13	3.87	-	0.320	0.905	0.660	0.055	0.250	0.620	0.020
	7	B	0.72	0.49	0.30	1.87	3.72	0.10	0.380	1.100	0.300	0.050	0.230	0.260	0.026
	8	s	0.73	0.50	0.38	1.60	3.25	-	0.300	0.365	0.380	0.055	0.200	0.940	0.023
	8	B	0.75	0.34	0.19	1.87	3.39	0.14	0.380	0.760	0.760	0.065	0.250	0.230	0.031
	9	s	0.76	0.48	0.34	1.47	2.71	-	0.240	0.565	0.600	0.215	0.200	0.350	0.030
	9	B	0.70	0.29	0.72	2.00	3.77	0.10	0.420	0.455	0.400	0.060	0.340	0.360	0.029
	10	s	0.71	0.52	0.63	2.80	3.25	-	0.400	0.605	0.420	0.050	0.240	0.300	0.035
	10	B	0.67	0.33	0.78	2.47	3.87	0.08	0.520	0.505	0.900	0.065	0.240	0.270	0.028
	14	s	0.67	0.17	0.67	2.07	4.00	-	0.380	0.405	0.700	0.060	0.270	0.230	0.028
	14	B	0.67	0.08	0.45	2.27	3.49	0.08	0.520	0.395	0.460	0.050	0.300	0.220	0.029
	15	s	0.65	0.22	0.55	3.40	3.78	-	0.520	0.745	0.380	0.050	0.420	0.260	0.032
	16	s	0.75	0.19	0.60	1.87	4.41	0.14	0.180	0.640	0.720	0.070	0.340	0.550	0.030
	16	B	0.75	0.44	0.53	2.00	3.43	-	0.260	0.660	0.960	0.230	0.240	0.490	0.026
	17	s	0.72	0.33	0.72	2.40	7.19	0.14	0.460	1.175	0.420	0.065	0.140	0.280	0.035
	17	B	0.71	0.41	0.45	2.27	1.28	-	0.360	0.970	0.720	0.060	0.150	0.240	0.028
	18	s	0.71	0.43	0.72	2.00	5.34	0.12	0.420	1.040	0.360	0.090	0.130	0.280	0.032
	18	B	0.72	0.46	0.7 1	1.80	5.87	-	0.400	0.970	0.620	0.075	0.080	0.280	0.029
	20	s	0.71	0.46	0.76	2.07	7.94	0.16	0.440	1.515	0.420	0.080	0.230	0.600	0.026
	20	B	0.71	0.54	0.57	1.87	4.31	-	0.420	1.005	0.460	0.065	0.190	0.180	0.021
	21	s	0.71	0.39	0.75	2.33	5.01	0.16	0.240	0.840	0.320	0.050	0.200	0.330	0.032
	21	B	0.70	0.41	0.7 1	1.67	3.77		0.580	1.000	0.920	0.080	0.240	0.540	0.031
	22	s	0.74	0.31	0.42	2.40	4.77	0.16	0.700	0.635	0.660	0.050	0.300	0.400	0.029
	22	B	0.73	0.40	0.83	1.87	3.66	-	0.520	0.690	0.360	0.055	0.430	0.520	0.028
	23	s	0.66	0.33	0.59	2.13	4.52	0.08	0.560	0.485	0.780	0.060	0.330	0.300	0.029
	24	s	0.66	0.6 1	0.59	1.80	1.08	-	0.520	0.780	0.640	0.080	0.360	0.250	0.046

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
	24	B	0.68	0.41	0.73	2.27	4.49	0.10	0.500	0.450	0.620	0.055	0.320	0.260	0.031
	26	s	0.66	0.34	0.63	2.40	3.22		0.380	0.470	0.760	0.055	0.160	0.320	0.029
	26	B	0.72	0.17	0.36	2.73	7.55	0.18	0.400	0.730	0.180	0.080	0.180	0.720	0.021
	27	s	0.75	0.25	0.39	2.20	7.73	-	0.440	1.160	0.880	0.090	0.410	0.570	0.024
	27	B	0.67	0.42	0.63	2.67	4.44	0.08	0.480	0.575	0.960	0.065	0.350	0.180	0.031
	30	s	0.67	0.16	0.25	2.40	4.06	-	0.380	0.305	0.660	0.055	0.240	0.290	0.033
	30	B	0.71	0.41	0.53	2.13	5.78	0.14	0.620	0.710	0.340	0.055	0.290	0.510	0.024
	32	s	0.71	0.50	0.55	1.80	4.39	-	0.400	1.100	0.960	0.065	0.240	0.310	0.018
	32	B	0.69	0.26	0.67	2.27	7.83	0.08	0.380	1.355	0.920	0.070	0.390	0.840	0.026
	33	s	0.69	0.30	0.66	1.87	4.78	-	0.480	1.135	0.700	0.055	0.160	0.250	0.018
	33	B	0.69	0.17	0.75	2.27	4.44	0.08	0.600	1.000	0.880	0.075	0.200	0.770	0.020
	35	s	0.69	0.42	0.75	2.00	5.80	-	0.600	0.990	0.600	0.055	0.300	0.4 10	0.030
	35	B	0.7 1	0.64	0.50	2.47	5.32	0.10	0.360	0.450	0.680	0.080	0.160	0.250	0.020
	36	s	0.72	0.59	0.44	2.53	5.43	-	0.360	0.480	0.600	0.075	0.180	0.560	0.019
	36	B	0.73	0.35	0.19	2.47	5.93	0.12	0.480	0.540	0.220	0.080	0.140	0.750	0.020
	38	s	0.74	0.49	0.52	2.33	6.19	-	0.560	1.290	0.660	0.085	0.170	0.740	0.021
	38	B	0.72	0.19	0.21	2.60	5.29	0.12	0.460	0.555	0.880	0.085	0.210	0.290	0.031
	39	s	0.74	0.2 1	0.39	2.03	6.23	-	0.340	0.480	0.200	0.065	0.140	0.220	0.021
	39	B	0.71	0.13	0.52	2.60	4.16	0.14	0.500	0.315	0.300	0.075	0.150	0.470	0.025
	40	s	0.73	0.2 1	0.29	2.13	5.67	-	0.440	0.570	0.420	0.060	0.160	0.240	0.025
	40	B	0.70	0.06	0.15	2.13	4.28	0.14	0.500	0.495	0.940	0.060	0.180	0.540	0.024
	41	s	0.69	0.12	0.35	2.00	4.57	0.08	0.320	0.580	0.600	0.080	0.160	0.280	0.028
	41	B	0.69	0.40	0.41	2.13	7.25	-	0.440	0.340	0.560	0.080	0.120	0.360	0.027
	42	s	0.70	0.28	0.75	2.07	6.49	0.10	0.340	0.900	0.620	0.065	0.160	0.220	0.017
	42	B	0.70	0.29	0.72	2.47	5.50	-	0.340	0.730	0.460	0.065	0.150	0.360	0.025
	44	s	0.69	0.27	0.38	1.87	6.10	0.10	0.460	0.785	0.740	0.075	0.180	0.310	0.016
	44	B	0.70	0.27	0.70	1.87	5.00	-	0.480	0.660	0.820	0.055	0.210	0.390	0.021
	45	s	0.69	0.15	0.52	2.47	5.56	0.12	0.480	0.405	0.400	0.105	0.150	0.400	0.023
	45	B	0.71	0.23	0.48	2.20	7.64	-	0.380	0.495	0.280	0.065	0.160	0.230	0.025
	46	s	0.70	0.12	0.48	2.33	6.12	0.12	0.560	0.6 15	0.420	0.085	0.150	0.290	0.030
	46	B	0.72	0.07	0.6 1	2.47	4.24	-	0.420	0.415	0.300	0.070	0.220	0.260	0.023

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
	47	s	0.74	0.38	0.70	3.00	5.68	0.14	0.460	0.505	0.480	0.080	0.450	0.600	0.028
	47	B	0.77	0.12	0.14	2.80	5.23	-	0.460	0.505	0.420	0.060	0.180	0.290	0.022
	48	s	0.74	0.30	0.23	2.53	5.28	0.14	0.400	0.350	0.480	0.060	0.480	0.350	0.020
	48	B	0.76	0.11	0.34	2.33	1.91	-	0.480	0.525	0.600	0.060	0.220	0.250	0.024
最小值			0.65	0.00	0.10	1.47	1.08	0.08	0.180	0.305	0.180	0.050	0.080	0.180	0.016
最大值			0.79	0.64	0.83	3.4	7.94	0.22	0.700	1.515	0.960	0.230	0.480	0.940	0.046
超标率			0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	15.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
二类	28	s	0.69	0.05	0.39	1.20	2.67	0.08	0.290	0.156	0.165	0.030	0.050	0.052	0.158
	28	B	0.67	0.24	0.27	1.27	2.48	-	0.200	0.162	0.190	0.037	0.094	0.052	0.141
	29	s	0.68	0.35	0.16	1.13	3.46	0.16	0.180	0.518	0.145	0.040	0.028	0.084	0.125
	30	s	0.70	0.43	0.47	0.83	2.74	-	0.160	0.344	0.235	0.060	0.034	0.054	0.126
	30	B	0.69	0.17	0.30	1.20	3.96	0.10	0.210	0.332	0.140	0.037	0.032	0.082	0.119
	31	s	0.69	0.16	0.42	0.93	3.48	-	0.190	0.324	0.185	0.043	0.080	0.102	0.136
	31	B	0.69	0.05	0.39	1.20	2.67	0.08	0.290	0.156	0.165	0.030	0.050	0.052	0.158
最小值			0.67	0.05	0.16	0.83	2.48	0.16	0.160	0.156	0.140	0.030	0.028	0.052	0.119
最大值			0.70	0.43	0.47	1.27	3.96	0.10	0.290	0.518	0.235	0.060	0.094	0.102	0.158
超标率			0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
三类	1	s	0.56	0.05	0.47	1.00	1.77	0.01	0.050	0.118	0.095	0.020	0.036	0.034	0.060
	2	s	0.57	0.19	0.39	1.13	1.95	0.01	0.068	0.210	0.195	0.022	0.054	0.035	0.060
	2	B	0.58	0.32	0.06	1.30	1.84	-	0.046	0.129	0.145	0.022	0.012	0.018	0.070
	5	s	0.60	0.38	0.15	0.77	1.90	0.02	0.042	0.124	0.080	0.020	0.030	0.055	0.054
	5	B	0.60	0.36	0.13	0.83	1.27	-	0.026	0.100	0.055	0.026	0.018	0.028	0.049
	6	s	0.59	0.34	0.26	1.10	2.04	0.02	0.052	0.226	0.105	0.020	0.026	0.018	0.054
	6	B	0.60	0.50	0.37	0.83	1.90	-	0.036	0.148	0.090	0.022	0.022	0.021	0.071
	11	s	0.54	0.26	0.32	1.03	2.08	0.01	0.050	0.129	0.140	0.020	0.033	0.022	0.070
	12	s	0.56	0.41	0.37	0.97	2.06	0.02	0.050	0.087	0.110	0.024	0.038	0.029	0.081
	13	s	0.54	0.28	0.35	1.10	2.06	0.01	0.054	0.113	0.170	0.022	0.037	0.034	0.067
	25	s	0.59	0.09	0.19	1.33	2.25	0.02	0.040	0.117	0.085	0.032	0.016	0.052	0.079
	25	B	0.62	0.16	0.14	1.20	2.88	-	0.040	0.094	0.065	0.028	0.015	0.040	0.066
	37	s	0.61	0.04	0.21	1.37	2.83	0.02	0.036	0.127	ND	0.066	0.014	0.018	0.064
	37	B	0.63	0.17	0.11	1.30	3.00	-	0.040	0.151	0.085	0.032	0.014	0.022	0.044

评价标准		层次	pH 值	DO	COD	硝酸盐	无机氮	石油类	铜	锌	汞	砷	镉	铅	铬
	最小值		0.54	0.04	0.06	0.77	1.27	0.01	0.026	0.087	ND	0.020	0.012	0.018	0.044
	最大值		0.63	0.50	0.47	1.37	3.00	0.02	0.068	0.226	0.195	0.066	0.054	0.055	0.081
	超标率		0.0%	0.0%	0.0%	64.3%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
四类	19	s	0.60	0.25	0.27	0.64	1.92	0.03	0.048	0.033	0.074	0.022	0.022	0.008	0.002
	34	s	0.58	0.09	0.10	0.69	2.02	0.01	0.050	0.019	0.048	0.024	0.020	0.011	0.002
	34	B	0.59	0.39	0.35	0.73	2.24	-	0.044	0.027	0.098	0.030	0.020	0.006	0.003
	43	s	0.58	0.09	0.31	0.82	2.90	0.01	0.092	0.029	0.042	0.036	0.013	0.005	0.002
	43	B	0.59	0.11	0.20	0.78	2.20	-	0.052	0.045	0.044	0.026	0.018	0.007	0.002
	最小值		0.58	0.09	0.10	0.64	1.92	0.01	0.044	0.019	0.042	0.022	0.013	0.005	0.002
	最大值		0.60	0.39	0.35	0.82	2.90	0.03	0.092	0.045	0.098	0.036	0.022	0.011	0.003
	超标率		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

7.6 沉积物质量现状调查与评价

7.6.1 沉积物现状调查

7.6.1.1 站位设置

中国水产科学研究院东海水产研究所于 2021 年 5 月 26 日至 5 月 28 日在工程附近海域内进行了海洋沉积物环境质量现状调查，共布设沉积物站位 21 个，调查站位设置详见表 7.5-1。

自然资源部第二海洋研究所于 2020 年 10 月在工程附近海域内进行了海洋沉积物环境质量现状调查，共布设沉积物站位 24 个，调查站位设置详见表 7.5-2。

7.6.1.2 监测项目与方法

(1) 调查项目

有机碳、硫化物、石油类以及重金属 Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As、Cr。

(2) 沉积物质量评价方法

沉积物质量评价采用《海洋沉积物质量》(GB18668—2002)，进行单因子评价。计算模式为：

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

式中： P_i —第 i 项污染因子的标准数值；

C_i —第 i 项污染因子的实测浓度；

S_i —第 i 项污染因子的评价标准值。

超标率：超标率=超标样品个数/总监测样品个数×100%。

(3) 评价标准

各站位执行评价标准根据调查海域所在的近岸海域环境功能区划以及海洋功能区划从严确定。

(1) 2021 年调查

表 7.6-1 各调查站位所在海洋功能区和水质评价标准

调查站位	海洋功能区	上海市水环境功能区划	舟山市近岸海域环境功能区划	评价标准
1、3、4、8、9、10、12、13、17、18	杭州湾漕泾航道区	杭州湾水域	/	水质三类、沉积物二类、生物质量三类
5、6	农渔业区	杭州湾水域	杭州湾一类区	水质一类、沉积物二类、

调查站位	海洋功能区	上海市水环境功能区划	舟山市近岸海域环境功能区划	评价标准
	(杭州湾 2 号捕捞区)			生物质量三类
14	农渔业区 (杭州湾 1 号捕捞区)	杭州湾水域	杭州湾一类区	水质一类、沉积物一类、 生物质量不劣于现状
2、7、11、15、 16、19、20、 21、22、26、 27、33	嵊泗农渔业区	/	舟山近岸一类区	水质一类，沉积物一类、 生物质量一类
23、28、29、 30、31	洋山港口航运区	/	洋山四类区	水质四类、沉积物三类、 生物质量三类
24	大洋山南港口航运区	/	舟山近岸一类区	水质一类、沉积物二类、 生物质量二类
25、32、34	岱山农渔业区	/	舟山近岸一类区	水质一类，沉积物一类、 生物质量一类
35	岱山农渔业区	/	衢山四类区	水质二类，沉积物一类、 生物质量一类

(2) 2020 年调查

表 7.6-2 各调查站位沉积物评价标准表

评价标准	调查站位
一类	4、8、10、14、16、18、21、23、26、28、30、33、35、38、40、41、46、48
二类	1、6、12、25
三类	19、43

7.6.1.3 监测结果

(1) 2021 年调查

2021 年 5 月调查区域 pH 值介于 6.87~7.98 之间，均值为 7.74。

调查区域沉积物氧化还原电位介于 103.1~115.8 mv 之间，均值为 109.9 mv。

有机碳测值介于 0.40×10^{-2} ~ 1.91×10^{-2} 之间，均值为 0.34×10^{-2} ，调查海区沉积物中总有机碳测值普遍不高，相对高值区均分布在东海大桥西侧。

硫化物测值介于未检出 ($<0.2 \times 10^{-6}$)~ 140.1×10^{-6} 之间，均值为 19.7×10^{-6} ，调查海区沉积物中硫化物测值普遍不高，最高值出现在 5 号站。

油类测值介于 7.7×10^{-6} ~ 37.4×10^{-6} 之间，均值为 20.9×10^{-6} ，调查海区沉积物中油类测值普遍不高，在近岸测值略高。

调查海域沉积物中铜测值介于 12.9×10^{-6} ~ 36.6×10^{-6} 之间，均值为 24.7×10^{-6} ，调查海区各站沉积物中铜测值差异明显，高值区主要位于调查海域西侧的 5~7 号所在断面。

锌测值介于 59×10^{-6} ~ 145×10^{-6} 之间，均值为 96×10^{-6} ，调查海区沉积物中锌测值大多在 100×10^{-6} 以上，近岸站位沉积物中锌测值相对较低。

铅测值介于 $16 \times 10^{-6} \sim 36 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 22×10^{-6} ，调查海区沉积物中铅测值分布在各站差别不大，相对高值区分别位于 7 号站和 33 号站。

镉测值介于未检出 ($<0.07 \times 10^{-6}$) $\sim 0.29 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 0.12×10^{-6} ，调查海区沉积物中镉测值分布在各站差别不大。

铬测值介于 $40 \times 10^{-6} \sim 88 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 68×10^{-6} ，高值区位于东海大桥西侧的调查海域中部水域。

汞测值介于 $0.034 \times 10^{-6} \sim 0.141 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 0.060×10^{-6} ，调查海区沉积物中汞测值分布在各站差别不大，相对高值区位于小洋山东侧的 27 号站。

砷测值介于 $3.7 \times 10^{-6} \sim 14.1 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 9.0×10^{-6} ，调查海域沉积物砷测值普遍较低，相对高值区位于东海大桥西侧的调查海域中部。

表 7.6-3 2021 年调查海域表层沉积物调查要素结果统计表 单位: mg/L

站位	氧化还原电位 (mv)	含水率 (%)	pH	油类	铬	铜	锌	砷	镉	铅	汞	硫化物	有机碳 10^{-2}
				10^{-6}									
1	112.2	0.27	7.78	26.1	69	22.6	87	8.9	0.16	19	0.034	20.1	0.759
2	111.2	0.26	6.87	36.2	49	25.5	65	8.4	0.07	21	0.054	未检出	1.71
3	108.2	0.33	7.76	24.5	58	20.4	91	6.7	0.09	16	0.049	未检出	0.752
5	112.7	0.33	7.87	31.5	86	35.3	107	12.6	0.19	28	0.067	140.1	0.962
7	105.8	0.33	7.74	34.4	88	36.6	145	14.1	0.14	36	0.034	未检出	1.91
9	108.2	0.32	7.69	18.3	83	32.4	119	11.3	0.17	25	0.057	未检出	1.44
10	104.4	0.42	7.53	17.6	74	27.8	113	9.1	0.29	19	0.044	14.8	0.527
11	110.1	0.32	7.94	12.9	74	27.8	102	9.8	0.16	21	0.036	未检出	0.751
13	112.5	0.39	7.70	24.0	76	27.7	114	11.1	0.14	24	0.052	19.4	0.739
14	114.8	0.41	7.68	32.3	84	33.7	105	11.2	0.09	24	0.080	25.2	1.04
15	103.2	0.43	7.78	7.7	71	24.6	85	9.2	0.13	27	0.047	33.5	0.404
18	113.2	0.42	7.78	20.7	73	29.4	103	10.1	0.07	20	0.082	未检出	0.869
19	115.7	0.35	7.75	7.7	59	22.8	96	8.2	0.12	19	0.049	68.5	1.29
20	103.5	0.37	7.64	8.2	65	20.8	80	8.8	0.11	18	0.057	14.3	0.638
22	112.3	0.42	7.93	17.6	40	12.9	59	3.7	0.09	18	0.063	未检出	0.422
24	111.3	0.37	7.86	19.6	69	23.2	86	9.1	0.09	20	0.053	15.6	0.406
27	109.8	0.34	7.77	37.4	55	19.7	90	7.9	0.10	24	0.141	未检出	0.545
29	112.9	0.41	7.98	19.4	70	21.1	105	8.2	未检出	20	0.052	3.8	0.544
31	106.7	0.36	7.72	9.7	68	19.6	101	8.2	0.07	20	0.090	46.4	0.561
33	103.1	0.32	7.96	13.1	68	20.2	110	8.3	0.13	30	0.054	未检出	0.401
35	115.8	0.41	7.78	19.3	46	15.3	66	3.8	0.07	19	0.057	11.4	0.953

(2) 2020 年调查

2020 年 10 月调查区域硫化物测值介于未检出 ($0.4 \sim 113.6 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 22.35×10^{-6} ，调查海区沉积物中硫化物测值普遍不高，最高值出现在 16 号站。

石油类测值介于 $1.1 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 6.0×10^{-6} ，调查海区沉积物中油类测值普遍不高。

有机碳测值介于 $0.421 \times 10^{-2} \sim 1.434 \times 10^{-2}$ 之间，均值为 0.874×10^{-2} 。

调查海域沉积物中铜测值介于 $3.4 \times 10^{-6} \sim 37.1 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 26.5×10^{-6} ，调查海区各站沉积物中铜测值差异明显。

锌测值介于 $42.5 \times 10^{-6} \sim 96.4 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 76.6×10^{-6} ，调查海区沉积物中锌测值大多在 100×10^{-6} 以下。

铅测值介于 $3.4 \times 10^{-6} \sim 98 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 27.5×10^{-6} ，调查海区沉积物中铅测值分布在各站差别不大，相对高值区位于 15 号站。

镉测值介于未检出 $0.09 \times 10^{-6} \sim 0.2 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 0.16×10^{-6} ，调查海区沉积物中镉测值分布在各站差别不大。

铬测值介于 $25.1 \times 10^{-6} \sim 72 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 56.4×10^{-6} ，相对高值区位于 41 号站。

汞测值介于 $0.004 \times 10^{-6} \sim 0.073 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 0.033×10^{-6} ，调查海区沉积物中汞测值分布在各站差别不大，相对高值区位于 28 号站。

砷测值介于 $6.2 \times 10^{-6} \sim 19.4 \times 10^{-6}$ 之间，均值为 10.3×10^{-6} ，调查海域沉积物砷测值普遍较低。

2020 年 10 月沉积物现状调查结果见附录 2-2。

7.6.2 沉积物现状评价结果

(1) 2021 年调查

沉积物调查海域评价结果详见表 7.6-4 和表 7.6-5。调查海域各站位沉积物中铅、镉、锌、汞、砷、石油类、硫化物和有机碳含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，满足所在功能区要求；铬、铜部分站位超过第一类海洋沉积物质量标准，符合第二类海洋沉积物质量标准。

表 7.6-4 沉积物单项指数计算结果（按《海洋沉积物质量》第一类）

站位	油类	铬	铜	锌	砷	镉	铅	汞	硫化物	有机碳
1	0.05	0.86	0.65	0.58	0.45	0.32	0.31	0.17	0.07	0.38
2	0.07	0.61	0.73	0.44	0.42	0.15	0.34	0.27	0.00	0.86
3	0.05	0.72	0.58	0.61	0.33	0.18	0.27	0.25	0.00	0.38
5	0.06	1.07	1.01	0.71	0.63	0.38	0.46	0.34	0.47	0.48
7	0.07	1.11	1.05	0.97	0.70	0.27	0.60	0.17	0.00	0.96
9	0.04	1.04	0.93	0.79	0.56	0.34	0.42	0.29	0.00	0.72
10	0.04	0.92	0.79	0.75	0.46	0.58	0.32	0.22	0.05	0.26
11	0.03	0.93	0.79	0.68	0.49	0.31	0.34	0.18	0.00	0.38
13	0.05	0.94	0.79	0.76	0.56	0.28	0.40	0.26	0.06	0.37
14	0.06	1.06	0.96	0.70	0.56	0.18	0.40	0.40	0.08	0.52

站位	油类	铬	铜	锌	砷	镉	铅	汞	硫化物	有机碳
15	0.02	0.89	0.70	0.57	0.46	0.25	0.44	0.24	0.11	0.20
18	0.04	0.92	0.84	0.69	0.51	0.14	0.34	0.41	0.00	0.43
19	0.02	0.74	0.65	0.64	0.41	0.23	0.32	0.25	0.23	0.65
20	0.02	0.82	0.59	0.53	0.44	0.22	0.30	0.29	0.05	0.32
22	0.04	0.50	0.37	0.39	0.19	0.19	0.29	0.32	0.00	0.21
24	0.04	0.86	0.66	0.58	0.46	0.17	0.33	0.27	0.05	0.20
27	0.07	0.69	0.56	0.60	0.40	0.21	0.40	0.71	0.00	0.27
29	0.04	0.88	0.60	0.70	0.41	0.13	0.33	0.26	0.01	0.27
31	0.02	0.85	0.56	0.67	0.41	0.13	0.33	0.45	0.15	0.28
33	0.03	0.85	0.58	0.73	0.41	0.26	0.49	0.27	0.00	0.20
35	0.04	0.57	0.44	0.44	0.19	0.14	0.32	0.29	0.04	0.48
超标站数	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
超标率 (%)	0.00	19.0	9.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 7.6-5 沉积物质量评价结果汇总

站位	油类	铬	铜	锌	砷	镉	铅	汞	硫化物	有机碳
1	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
2	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
3	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
5	一类	二类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
7	一类	二类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
9	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
10	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
11	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
13	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
14	一类	二类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
15	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
18	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
19	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
20	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
22	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
24	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
27	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
29	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
31	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
33	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
35	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类

(2) 2020 年调查

沉积物调查海域评价结果详见表 7.6-6。由评价结果可知，2020 年秋季调查期间，重金属铜在 40#和 41#站位略超出一类沉积物标准，超标率为 11.1%，超标倍数分别为 0.01 和 0.06 倍；重金属铅 18#站位超出一类沉积物标准，超标率为 5.6%，超标倍数 0.63 倍；其余监测项目均能满足所在功能区的相应评价标准要求。

表 7.6-6 沉积物单项指数计算结果

评价标准	站位	有机碳	硫化物	石油类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr
一类	4	0.64	0.151	0.015	0.76	0.35	0.55	0.38	0.075	0.36	0.77
	8	0.22	0.006	0.018	0.88	0.47	0.57	0.26	0.095	0.64	0.83
	10	0.58	0.190	0.015	0.80	0.59	0.64	0.20	0.085	0.97	0.85
	14	0.69	0.306	0.018	0.62	0.36	0.47	0.22	0.250	0.54	0.56
	16	0.72	0.035	0.016	0.71	0.39	0.55	0.22	0.245	0.68	0.68
	18	0.66	0.029	0.012	0.78	1.63	0.48	0.30	0.215	0.50	0.68
	21	0.26	0.002	0.017	0.75	0.44	0.48	0.40	0.130	0.44	0.66
	23	0.27	0.065	0.020	0.60	0.28	0.47	0.22	0.230	0.57	0.64
	26	0.52	0.030	0.004	0.82	0.49	0.56	0.34	0.200	0.55	0.86
	28	0.31	0.013	0.016	0.96	0.54	0.58	0.38	0.365	0.48	0.81
	30	0.60	0.023	0.014	0.75	0.39	0.47	0.26	0.065	0.49	0.72
	33	0.54	0.030	0.010	1.00	0.57	0.57	0.40	0.170	0.36	0.84
	35	0.36	0.017	ND	0.78	0.37	0.52	0.36	0.295	0.61	0.69
	38	0.36	0.012	0.006	0.71	0.33	0.47	0.40	0.220	0.41	0.64
	40	0.41	0.001	0.010	1.01	0.52	0.60	0.40	0.330	0.55	0.83
	41	0.32	0.004	0.011	1.06	0.59	0.61	0.38	0.115	0.46	0.90
	46	0.21	0.010	0.009	0.56	0.37	0.41	0.32	0.215	0.36	0.49
	48	0.36	0.029	0.008	0.93	0.37	0.53	0.38	0.125	0.46	0.81
最小值		0.21	0.001	ND	0.56	0.28	0.41	0.20	0.065	0.36	0.49
最大值		0.72	0.306	0.020	1.06	1.63	0.64	0.40	0.365	0.97	0.90
超标率		0.00	0.00	0.00	11.1%	5.6%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二类	1	0.26	0.227	0.005	0.24	0.17	0.19	0.07	0.032	0.16	0.33
	6	0.20	0.012	0.007	0.22	0.18	0.21	0.11	0.018	0.16	0.37
	12	0.20	0.149	0.004	0.03	0.03	0.12	0.09	0.008	0.10	0.17
	25	0.42	0.024	0.001	0.35	0.16	0.24	0.13	0.126	0.15	0.43
最小值		0.20	0.012	0.001	0.03	0.03	0.12	0.07	0.008	0.10	0.17
最大值		0.42	0.227	0.007	0.35	0.18	0.24	0.13	0.126	0.16	0.43
超标率		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
三类	19	0.14	0.002	0.006	0.13	0.11	0.12	0.03	0.011	0.12	0.20
	43	0.28	0.014	0.003	0.10	0.08	0.12	0.05	0.014	0.10	0.17
最小值		0.14	0.002	0.003	0.10	0.08	0.12	0.03	0.011	0.10	0.17
最大值		0.28	0.014	0.006	0.13	0.11	0.12	0.05	0.014	0.12	0.20
超标率		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

7.7 海洋生态现状调查与评价

7.7.1 生态现状调查

7.7.1.1 站位设置

中国水产科学研究院东海水产研究所 2021 年春季（5 月）、秋季（11 月）海洋生态环境现状调查站位设置详见表 7.5-1 和图 7.5-1。自然资源部第二海洋研究所 2020 年春季（4 月）、秋季（10 月）海洋生态环境现状调查站位设置详见表 7.5-2、图 7.5-2 和图 7.5-3。

7.7.1.2 调查项目与方法

生态调查项目包括浮游植物（Ⅲ型网）、浮游动物（Ⅰ型网）、底栖生物（定量）、鱼卵仔稚鱼（定量、定性）、潮间带生物（定量、定性）。生态调查项目各类样品的采集与分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）进行。其中：

浮游植物网样，采用浅水Ⅲ型网由底至表垂直拖网；

浮游动物网样，采用浅水Ⅰ型网由底至表垂直拖网；

底栖生物（定量），采用 0.1m² 采泥器采集底泥，每站 2（春季）、4（秋季）次，筛选生物样，上层用 2mm 网目，中层用 1mm 网目，下层用 0.5mm 网目。

鱼卵、仔稚鱼，（定量）使用浅水Ⅰ型网由底至表垂直拖网。

潮间带生物：每断面调查高、中、低潮区定性和定量样品；样品用大小为 25 cm×25 cm 的取样框随机抛投，先拾取框内滩面上的底栖生物，再挖取至 30 cm 深处内的底泥，用 0.5 mm 孔径的套筛淘洗，所获底栖生物样品放入 250 mL 或者 100 mL 的塑料瓶中，加入 75%乙醇固定保存（淹没样品），调查全部结束后装箱运回实验室分析、鉴定、称重（软体动物带壳称重）和计数。

海洋生物调查项目分析方法详见表 7.7-1。

表 7.7-1 海洋生物调查项目分析方法一览表

序号	调查项目	分析方法	方法标准
1	浮游植物	浮游生物调查	GB17378.7-2007
2	浮游动物	浮游生物调查	GB17378.7-2007
3	大型底栖生物	底栖生物调查	GB17378.7-2007
4	潮间带大型底栖生物	底栖生物调查	GB17378.7-2007
5	鱼卵仔鱼	鱼类浮游生物调查	GB17378.7-2007
6	游泳动物	渔业资源调查	SC/T9110-2007

7.7.2 生态调查现状评价

7.7.2.1 叶绿素 a 和初级生产力

（1）2020 年 4 月（春季）

本次调查期间项目附近海域叶绿素 a 和初级生产力含量见表 7.7-2。

表 7.7-2 调查海域叶绿素a和初级生产力检测结果（春季）

站位	叶绿素 a ($\mu\text{g/L}$)	初级生产力($\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$)
1	1.70	33.97
4	0.92	24.51
6	2.33	31.04
8	1.58	21.05
10	3.94	78.72
12	2.33	46.55
13	5.01	33.37
14	3.22	42.89
16	2.96	19.71
18	1.20	31.97
19	101	33.63
21	5.49	36.56
22	5.14	34.23
23	4.73	31.50
25	2.84	37.83
26	2.40	31.97
28	3.69	24.58
30	3.22	42.89
31	0.85	28.31
33	2.78	18.51
34	2.37	31.57
35	5.11	68.07
38	5.83	38.83
40	3.66	48.75
41	3.12	62.34
43	1.64	32.77
45	3.53	70.53
46	3.78	50.35
48	5.01	33.37
平均值	3.51	38.63
最小值	0.82	19.71
最大值	5.49	78.72

春季,调查海域叶绿素 a 含量范围在 $0.82\sim 5.49\ \mu\text{g/L}$ 之间,平均值为 $3.51\mu\text{g/L}$ 。从平面分布上看,叶绿素 a 浓度在调查海域呈现由东向西逐渐增大的变化趋势。

调查海域初级生产力的范围在 $19.71\sim 78.72\ \text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 之间,平均值为 $38.63\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。从平面分布看,调查海域初级生产力高值区位于调查海域北部和西南部海域。

（2）2020 年 10 月（秋季）

秋季,调查海域叶绿素 a 含量范围在 $1.26\sim 6.21\ \mu\text{g/L}$ 之间,平均值为 $3.53\mu\text{g/L}$ 。从平面分布上看,叶绿素 a 浓度由杭州湾向外海逐渐降低。

秋季,调查海域初级生产力的范围在 $8.59\sim 41.36\ \text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 之间,平均值为 $24.63\ \text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。从平面分布上看,调查海域初级生产力呈现出由西向东逐渐降

低的变化趋势。

表 7.7-3 调查海域叶绿素a和初级生产力结果统计（秋季）

站位	叶绿素 a ($\mu\text{g/L}$)	初级生产力 ($\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$)
1	2.87	19.11
4	1.26	16.78
6	1.70	22.64
8	1.80	23.98
10	2.81	18.71
12	3.09	20.58
13	3.19	21.25
14	3.50	23.31
16	1.29	8.59
18	3.03	20.18
19	4.51	30.04
21	3.53	23.51
22	1.51	10.06
23	5.14	34.23
25	4.89	32.57
26	4.26	28.37
28	2.46	16.38
30	4.54	30.24
31	3.91	26.04
33	6.02	40.09
34	4.38	29.17
35	4.00	26.64
38	6.21	41.36
40	2.90	19.31
41	3.82	25.44
43	3.44	22.91
45	2.65	17.65
46	4.10	27.31
48	5.67	37.76
平均值	3.53	24.63
最小值	1.26	8.59
最大值	6.21	41.36

7.7.2.2 浮游植物调查结果

(1) 2021 年调查

1) 春季

①种类组成

5 月，航次网样水样共鉴定出浮游植物 3 门 22 属 39 种。

其中，网样共鉴定出浮游植物 21 属 35 种，包括硅藻 18 属 31 种，占总种数的 88.6%；甲藻 1 属 2 种，占总种数的 5.7%；蓝藻 2 属 2 种，占总种数的 5.7%。

②细胞丰度及其空间分布

5 月，调查海域的浮游植物细胞丰度介于 $0.77\times 10^3\sim 191.30\times 10^3 \text{ ind./m}^3$ 之间，

均值为 16.8×10^3 ind./m³。最高值出现在 27 站，最低值出现在 14 站；整个调查海域浮游植物细胞丰度较低，大多站位细胞均在 25×10^3 ind./m³ 以下，相对高值区主要位于颗珠山至小洋山的东海大桥东侧海域。

③优势种

取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种。5 月，调查浮游植物优势种 3 种，分别为中肋骨条藻、星脐圆筛藻和琼氏圆筛藻，优势种的细胞丰度占总细胞丰度的 90.90%。

表 7.7-4 2021 年 5 月航次浮游植物优势种优势度

优势种	Y	平均细胞丰度 (ind./m ³)	占总丰度百分比 (%)
中肋骨条藻	0.30	13.07×10^3	77.8
星脐圆筛藻	0.09	1.59×10^3	9.4
琼氏圆筛藻	0.04	0.63×10^3	3.8

④多样性指数

5 月，调查水域浮游植物多样性指数 (H') 介于 0.2~2.59 之间，均值为 1.81；均匀度 (J') 介于 0.07~0.97 之间，均值为 0.65；丰富度 (d) 介于 0.39~0.88 之间，均值为 0.53；单纯度 (C) 介于 0.22~0.96 之间，均值为 0.41。

表 7.7-5 2021 年 5 月航次浮游植物生态学指标

站位	C	H'	J'	d
1	0.34	2.10	0.61	0.88
2	0.30	2.02	0.78	0.43
3	0.41	1.56	0.60	0.40
5	0.41	1.79	0.69	0.44
7	0.40	1.91	0.64	0.57
9	0.33	1.92	0.74	0.41
10	0.22	2.59	0.82	0.65
11	0.45	1.73	0.67	0.44
13	0.56	1.41	0.54	0.44
14	0.22	2.24	0.96	0.42
15	0.22	2.25	0.97	0.41
18	0.31	2.06	0.73	0.46
19	0.29	2.28	0.72	0.66
20	0.29	2.51	0.73	0.74
22	0.96	0.19	0.07	0.39
24	0.27	2.18	0.84	0.46
27	0.84	0.60	0.16	0.68
29	0.25	2.33	0.83	0.60
31	0.23	2.30	0.89	0.52
33	0.88	0.47	0.15	0.51
35	0.54	1.55	0.52	0.57
均值	0.26	1.81	0.65	0.53
范围	0.22~0.96	0.19~2.59	0.07~0.97	0.39~0.88

调查海域浮游植物多样性指数均在 3 以下，特别是东海大桥以东海域，由于

中肋骨条藻的密集出现，导致该海域数站多样性指数低于 1。

根据《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442-2008），2021 年 5 月航次浮游植物群落结构质量等级属于“差”。

2) 秋季

①种类组成

11 月，共鉴定出浮游植物 4 门 19 属 36 种。

其中，网样中共鉴定出浮游植物 19 属 34 种，包括硅藻 14 属 27 种，占总种数的 79.4%；蓝藻 3 属 3 种，占总种数的 8.8%；甲藻 1 属 2 种，占总种数的 5.9%；绿藻 1 属 2 种，占总种数的 5.9%。

②细胞密度及平面分布

11 月，调查海域的浮游植物细胞丰度介于 $2.96 \times 10^3 \sim 640.38 \times 10^3$ ind./m³ 之间，均值为 145.69×10^3 ind./m³。最高值出现在 5 站，最低值出现在 35 站。

③优势种

取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种。11 月，航次优势种为中肋骨条藻和虹彩圆筛藻，优势种的细胞丰度占总细胞丰度的 97.8%。

表 7.7-6 调查海域网样浮游植物优势种类优势度和密度

优势种	Y	平均细胞丰度 ind./m ³	占总丰度百分比 (%)
中肋骨条藻	0.96	139.33×10^3	95.6
虹彩圆筛藻	0.02	3.18×10^3	2.2
琼氏圆筛藻	—	—	—

中肋骨条藻：细胞丰度均值为 139.33×10^3 ind./m³，本种在调查海域广泛分布，出现频率为 100.0%，其细胞丰度占总细胞丰度的 95.6%，最高值出现在 5 号站（ 637.74×10^3 ind./m³）。

虹彩圆筛藻：细胞丰度均值为 3.18×10^3 ind./m³，占总细胞丰度的 2.2%；本种在调查海域广泛分布，出现频率 95.2%，最高值出现在 2 号站（ 15.57×10^3 ind./m³）。

④多样性指数

11 月，调查水域浮游植物多样性指数 (H') 介于 0.04~1.69 之间，均值为 0.61；均匀度 (J') 介于 0.02~0.56 之间，均值为 0.21；丰富度 (d) 介于 0.29~0.74 之间，均值为 0.48；单纯度 (C) 介于 0.40~0.99 之间，均值为 0.82。

调查海域浮游植物多样性指数均在 2 以下，特别是由于中肋骨条藻和彩虹圆筛藻的密集出现，导致该海域数站多样性指数低于 1。

根据《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442-2008），2021 年 11 月航次浮游植物群落结构质量等级属于“差”。

（2）2020 年调查

1) 春季

①种类组成

调查海域共采集并鉴定到浮游植物 4 大类 54 种。主要为硅藻门，有 44 种，约占浮游植物物种数的 81.48%；甲藻门有 8 种，约占浮游植物物种数的 14.81%；蓝藻门有 1 种，约占浮游植物物种数的 1.85%；金藻门有 1 种，约占浮游植物物种数的 14.81%。

②优势种

春季，调查海域浮游植物优势种（ $Y \geq 0.02$ ）共有 5 种，分别为中肋骨条藻、虹彩圆筛藻、星脐圆筛藻、中华齿状藻和琼氏圆筛藻。其中中肋骨条藻为最大优势种，优势度达到 0.62，细胞平均丰度为 6.69×10^5 cells/m³；其次是虹彩圆筛藻，优势度和平均丰度分别为 0.12 和 1.28×10^5 cells/m³。

表 7.7-7 春季浮游植物优势种的优势度和平均丰度

种名	类群	Y	平均丰度($\times 10^5$ cells/m ³)
中肋骨条藻	硅藻门	0.62	6.69
虹彩圆筛藻	硅藻门	0.12	1.28
星脐圆筛藻	硅藻门	0.05	0.50
中华齿状藻	硅藻门	0.02	0.24
琼氏圆筛藻	硅藻门	0.02	0.29

③细胞丰富分布

春季调查海域浮游植物的细胞丰度在 $4.36 \times 10^5 \sim 21.64 \times 10^5$ cells/m³ 之间，平均细胞丰度为 10.84×10^5 cells/m³，最大值出现在 23 号站位，最小值出现在 28 号站位。

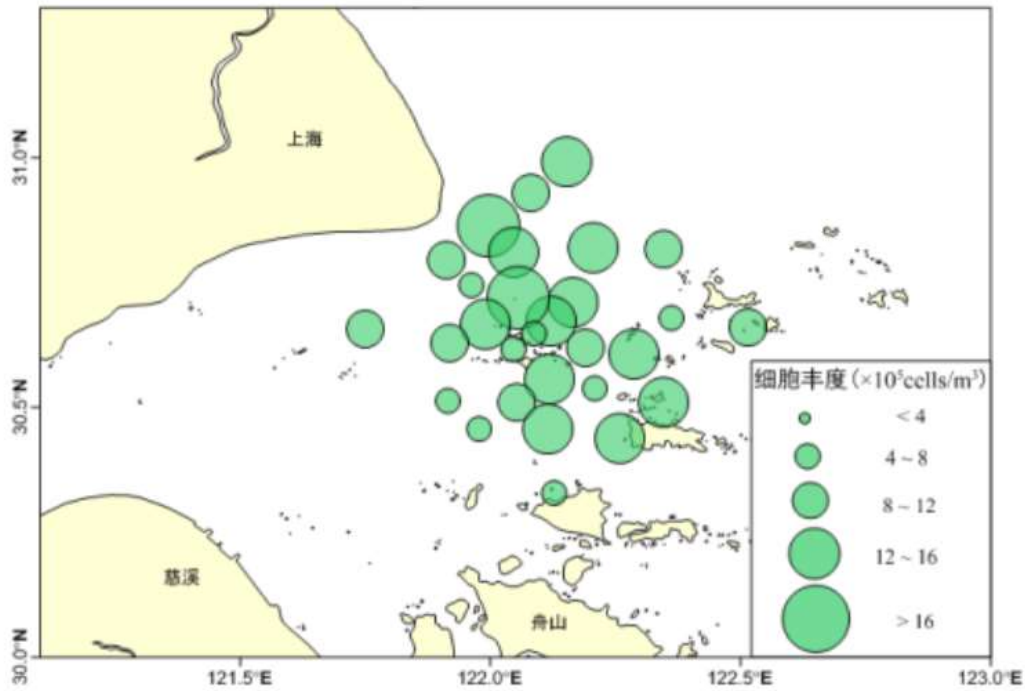


图 7.7-1 调查海域春季浮游植物细胞丰度 ($\times 10^5 \text{ cells/m}^3$)

④浮游植物多样性分析

春季，调查海域浮游植物生物多样性指数 H' 介于 1.44 到 3.00 之间，平均值为 2.22，最大值出现在 12 号站位，最小值出现在 22 号站位；均匀度 J' 介于 0.36 到 0.72 之间，平均值为 0.53，最大值出现在 28 号站位，最小值出现在 22 号站位；丰富度 d 介于 0.45 到 1.28 之间，平均值为 0.86，最大值出现在 10 号站位，最小值出现在 21 号站位；单纯度 C 介于 0.21 到 0.63 之间，平均值为 0.41，最大值出现在 22 号站位，最小值出现在 12 号站位。春季调查海域浮游植物群落多样性指数总体中等，丰富度指数和均匀度指数较低，单纯度指数中等，说明浮游植物群落结构一般。

表 7.7-8 调查海域春季浮游植物生态学参数统计表

站位	细胞丰度($\times 10^5 \text{ cells/m}^3$)	多样性 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
1	15.75	2.01	0.45	1.07	0.49
4	10.23	2.57	0.62	0.85	0.26
6	8.95	2.67	0.58	1.21	0.30
8	4.95	2.09	0.48	1.06	0.45
10	13.09	2.91	0.61	1.28	0.27
12	8.67	3.00	0.69	0.96	0.21
13	16.93	2.41	0.57	0.87	0.39
14	13.17	2.16	0.48	1.03	0.44
16	12.90	2.92	0.68	0.94	0.22
19	13.91	2.04	0.45	1.08	0.50
18	13.42	2.52	0.57	0.98	0.38

站位	细胞丰度($\times 10^5$ cells/m ³)	多样性 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
21	9.50	1.96	0.59	0.45	0.38
22	13.56	1.44	0.36	0.74	0.63
23	21.64	1.58	0.40	0.71	0.57
25	8.55	2.03	0.55	0.61	0.40
26	6.27	2.43	0.61	0.78	0.33
28	4.36	2.65	0.72	0.64	0.26
30	7.50	2.48	0.61	0.82	0.35
31	12.50	1.57	0.38	0.79	0.60
33	12.18	2.27	0.58	0.69	0.36
34	6.83	2.03	0.53	0.67	0.40
35	14.65	1.61	0.42	0.63	0.57
38	9.88	1.84	0.47	0.70	0.47
41	11.05	1.84	0.46	0.75	0.51
41	15.70	2.28	0.54	0.87	0.38
43	5.78	1.80	0.42	0.94	0.55
45	6.20	2.37	0.57	0.88	0.39
46	6.50	2.35	0.56	0.88	0.40
48	9.73	2.64	0.58	1.16	0.31
平均值	10.84	2.22	0.53	0.86	0.41
最小值	4.36	1.44	0.36	0.45	0.21
最大值	21.64	3.00	0.72	1.28	0.63

2) 秋季

①种类组成

秋季, 调查海域共采集并鉴定到浮游植物 3 门 51 种。主要为硅藻门, 共 44 种, 约占浮游植物种数的 86.27%; 甲藻门有 6 种, 约占浮游植物种数的 11.76%; 蓝藻门有 1 种, 约占浮游植物种数的 1.96%。浮游植物种类名录见表 7.7-7。

②优势种

秋季, 调查海域浮游植物优势种 ($Y \geq 0.02$) 有 5 种, 分别为中肋骨条藻、虹彩圆筛藻、星脐圆筛藻、琼氏圆筛藻和八辐辐环藻等, 其他浮游植物优势度均小于 0.02。中肋骨条藻作为最大优势种, 优势度达到 0.24, 细胞平均丰度, 1.49×10^5 cells/m³。

表 7.7-9 秋季浮游植物优势种优势度 ($Y \geq 0.02$) 和平均丰度

种名	类群	Y	平均丰度 (10^5 个/m ³)
中肋骨条藻	硅藻门	0.24	1.49
虹彩圆筛藻	硅藻门	0.17	0.87
星脐圆筛藻	硅藻门	0.17	0.84
琼氏圆筛藻	硅藻门	0.05	0.25
八辐辐环藻	硅藻门	0.02	0.17

③细胞丰度

秋季，调查海域浮游植物分布不均，站位之间细胞丰度差别较大，细胞丰度在 $1.62 \times 10^5 \text{ cells/m}^3 \sim 10.64 \times 10^5 \text{ cells/m}^3$ 之间，平均细胞丰度为 $5.08 \times 10^5 \text{ cells/m}^3$ ，最大值出现在 46 号站位，最小值出现在 6 号站位。

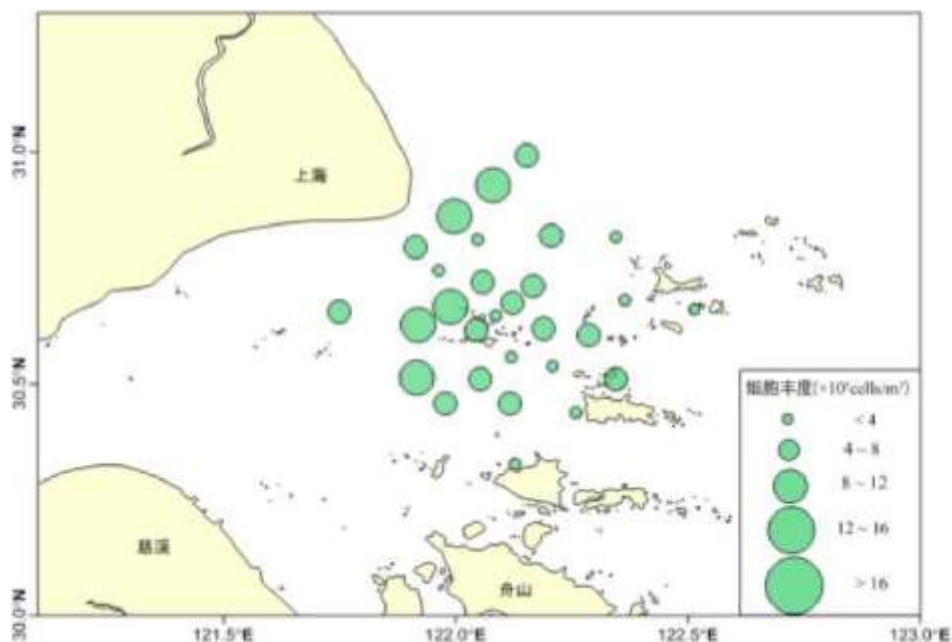


图 7.7-2 调查海域浮游植物细胞丰度 ($\times 10^5 \text{ cells/m}^3$)

④生物多样性分析

秋季，调查海域浮游植物多样性指数介于 2.06 到 3.93 之间，平均值为 3.07；均匀度介于 0.60 到 0.88 之间，平均值为 0.75；丰富度指数介于 0.42 到 1.45 之间，平均值为 0.86；单纯度介于 0.10 到 0.40 之间，平均值为 0.20。总体来说，调查海域大部分站位浮游植物群落多样性指数中等偏上，丰富度指数和均匀度指数较高，单纯度指数较低，说明浮游植物群落结构较健康。

表 7.7-10 调查海域秋季浮游植物生态学参数统计表

站位	细胞丰度($\times 10^5 \text{ cells/m}^3$)	多样性 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
1	5.29	3.04	0.76	0.79	0.18
4	2.50	3.80	0.88	1.06	0.10
6	1.62	3.08	0.83	0.69	0.17
8	1.97	3.67	0.80	1.31	0.14
10	4.33	2.93	0.73	0.80	0.21
12	10.20	2.35	0.63	0.60	0.29
13	10.50	3.93	0.80	1.45	0.11
14	3.27	3.22	0.82	0.76	0.15

站位	细胞丰度($\times 10^5$ cells/m ³)	多样性 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
16	6.44	3.28	0.76	0.98	0.18
19	4.18	3.12	0.72	1.02	0.20
18	7.50	3.40	0.81	0.87	0.14
21	4.90	3.09	0.71	1.01	0.22
22	5.40	3.07	0.74	0.89	0.19
23	4.09	2.82	0.70	0.80	0.21
25	4.68	2.22	0.62	0.58	0.31
26	2.65	3.51	0.84	0.94	0.13
28	3.15	3.50	0.86	0.88	0.11
30	2.54	3.53	0.88	0.84	0.11
31	3.19	2.68	0.69	0.77	0.29
33	3.85	3.37	0.82	0.86	0.14
34	4.23	2.06	0.60	0.54	0.40
35	8.04	2.75	0.63	1.02	0.30
38	8.09	2.33	0.61	0.66	0.32
40	6.73	2.97	0.68	1.03	0.19
41	6.25	3.46	0.80	0.99	0.13
43	1.96	3.43	0.86	0.85	0.12
45	4.80	2.29	0.72	0.42	0.26
46	10.64	2.89	0.68	0.90	0.22
48	4.46	3.12	0.80	0.75	0.16
平均值	5.08	3.07	0.75	0.86	0.20
最小值	1.62	2.06	0.60	0.42	0.10
最大值	10.64	3.93	0.88	1.45	0.40

7.7.2.3 浮游动物调查结果

(1) 2021 年调查

1) 春季

①种类组成

5 月共鉴定出浮游动物 15 大类 37 种（不含浮游幼体（虫））。其中，以桡足类的物种数最多（13 种），占总种数 35.1%；水螅水母次之（5 种），占总种数 13.5%；糠虾类（3 种），占总种数的 8.1%；管水母、栉水母、端足类、毛颚类均出现 2 种，各占总种数的 5.4%；原生动物、被囊类、枝角类、等足类、涟虫类、磷虾类、十足类和翼足类均出现 1 种，各占总种数的 2.7%。

表 7.7-11 2021 年 5 月航次浮游动物种类组成

类群	种类数	占总种数百分比 (%)	总丰度 (ind./m ³)	占丰度百分比 (%)
原生动物	1	2.7	0.02	0.06
被囊类	1	2.7	0.02	0.08
水螅水母	5	13.5	1.17	4.88
管水母	2	5.4	0.05	0.23
栉水母	2	5.4	0.45	1.89
桡足类	13	35.1	19.22	80.35
枝角类	1	2.7	0.04	0.15
等足类	1	2.7	0.09	0.38
端足类	2	5.4	0.13	0.54
糠虾类	3	8.1	0.34	1.44
涟虫类	1	2.7	0.01	0.05
磷虾类	1	2.7	0.04	0.15
十足类	1	2.7	0.03	0.12
毛颚类	2	5.4	0.29	1.20
翼足类	1	2.7	0.02	0.06
浮游幼体	-	-	2.02	8.43
总计	37	100	23.92	100

②总生物量、总丰度及其平面分布

5 月,调查海域浮游动物总生物量(含浮游幼体(虫))介于 3.03~180.86 mg/m³ 之间,均值为 40.44 mg/m³。总生物量最大值出现在 1 号站,最小值出现 13 号站。

总丰度(含浮游幼体(虫))介于 1.02~82.91 ind./m³之间,均值为 23.92 ind./m³。总丰度最大值出现在 1 号站,最小值出现在 33 号站。总丰度空间分布与生物量的空间趋势分布类似,低值区主要位于调查海域最东侧,以及滩浒山和畚斗山附近海域。各类群中,桡足类丰度最高,丰度均值为 19.22 ind./m³,占总丰度的 80.4%;浮游幼体次之,丰度均值为 2.02 ind./m³,占总丰度的 8.4%;水螅水母丰度均值为 1.17 ind./m³,占总丰度的 4.9%;其他各类总丰度均小于 1 ind./m³,占比也较低。

③优势种及分布

取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种(不含浮游幼体类)。

5 月航次调查中,共出现 4 种优势种,分别为真刺唇角水蚤、虫肢歪水蚤、太平洋纺锤水蚤和中华哲水蚤。

表 7.7-12 2021 年 5 月航次浮游动物优势种

种名	拉丁名	Y	平均丰度 (ind./m ³)	占丰度百分比 (%)
真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>	0.36	9.25	42.2
虫肢歪水蚤	<i>Tortanus vermiculus</i>	0.19	5.04	23.0
太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>	0.03	1.40	6.4
中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	0.03	1.84	8.4

④多样性指数

5 月调查水域多样性指数 (H') 介 0.92~2.83 之间, 均值为 1.90; 单纯度指数 (C) 介于 0.16~0.56 之间, 均值为 0.37; 均匀度指数 (J') 介于 0.55~1.00 之间, 均值为 0.76; 丰富度指数 (d) 介于 -1.80~3.05 之间, 均值为 1.43。

浮游动物多样性指数高值区主要位于调查海域西侧, 以及大、小洋山附近海域, 调查海域中部多样性指数相对较低。浮游动物多样性水平属于“一般”。

2) 秋季调查

11 月共鉴定出浮游动物 10 大类 31 种 (不含 5 类浮游幼体 (虫))。其中, 以桡足类出现物种数最多, 共 13 种, 占总种数 41.9%; 水螅水母次之, 出现 5 种, 占总种类数 16.1%; 糠虾类出现 3 种, 占总种数的 9.7%; 管水母、十足类和毛颚类均出现 2 种, 各占总种数的 6.5%, 其他各类包括被囊类、栉水母、端足类、翼足类出现 1 种, 占总种数的 3.2%。

②生物量、总丰度及其平面分布

11 月调查海域浮游动物总生物量 (含浮游幼体 (虫)) 介于 2.70~257.29 mg/m³ 之间, 均值为 79.51 mg/m³。总生物量最大值出现在 7 号站, 最小值出现 20 号站。

总丰度 (含浮游幼体 (虫)) 介于 1.88~207.14 ind./m³ 之间, 均值为 33.59 ind./m³。总丰度最大值出现在 3 号站, 最小值出现在 19 号站。各类群中, 桡足类为数量最为丰富, 平均丰度为 19.23 ind./m³, 占总丰度的 57.25%; 浮游幼体次之, 平均丰度为 7.93 ind./m³, 占总丰度的 23.61%; 糠虾类, 平均丰度为 3.88 ind./m³, 占总丰度的 11.56%; 水螅水母平均丰度为 1.02 ind./m³, 占总丰度的 3.03%; 其他各类总丰度均小于 0.5 ind./m³, 占比较低。

③优势种

取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种 (不含浮游幼体类)。

11 月航次调查中, 共出现 5 种优势种, 分别为真刺唇角水蚤、虫肢歪水蚤、中华胸刺水蚤、火腿许水蚤和短额刺糠虾。

表 7.7-13 调查海域浮游动物优势种统计

种名	Y	平均丰度 (ind./m ³)	占总丰度百分比 (%)
真刺唇角水蚤	0.22	6.30	24.6
虫肢歪水蚤	0.14	4.01	15.6
中华胸刺水蚤	0.13	4.08	15.9
火腿许水蚤	0.11	3.64	14.2
短额刺糠虾	0.11	3.58	13.9

真刺唇角水蚤：为第一优势种，其优势度和平均丰度分别为 0.22 和 6.30 ind./m³，在调查海域分布广泛（出现频率 90.5%），仅 19 号和 20 号站没有分布，最高值出现在 9 号站（43.33 ind./m³），占总丰度的 24.6%。高值区主要位于杭州湾内调查海域的北侧。

虫肢歪水蚤：优势度 0.14，丰度均值为 4.01 ind./m³，在调查海域广泛分布（出现频率 90.5%），仅 19 号和 33 号站没有分布，最高值出现在 3 号站（21.43 ind./m³），相对高值区位于杭州湾内的 3 号和 9 号站附近水域，占总丰度的 15.6%。

中华胸刺水蚤：优势度 0.13，丰度均值为 4.08 ind./m³，在调查海域广泛分布（出现频率 81.0%），最高值出现在 3 号站（28.57 ind./m³），空间分布与真刺唇角水蚤的分布趋势基本一致，占总丰度的 15.9%。

火腿许水蚤：优势度 0.11，丰度均值为 3.64 ind./m³，在调查海域广泛分布（出现频率 81.0%），最高值出现在 3 号站（21.43 ind./m³），高值区的空间分布趋势与虫肢歪水蚤的基本一致，占总丰度的 14.2%。

短额刺糠虾：优势度 0.11，丰度均值为 3.58 ind./m³，在调查海域广泛分布（出现频率 76.2%），最高值出现在 9 号站（33.33 ind./m³），值区的空间分布趋势与虫肢歪水蚤的基本一致，占总丰度的 13.9%。

④多样性指数

11 月调查水域香依多样性指数 (H') 介 1.50~3.24 之间，均值为 2.55；单纯度指数 (C) 介于 0.12~0.38 之间，均值为 0.21；均匀度指数 (J') 介于 0.72~1.00 之间，均值为 0.88；丰富度指数 (d) 介于 0.98~4.50 之间，均值为 2.17。浮游动物多样性水平属于“一般”。

(2) 2020 年调查

1) 春季

①种类组成

春季，调查海域共采集并鉴定到浮游动物 13 大类 63 种（包括浮游幼体）。主要为桡足类，共 28 种，占总种类数的 44.44%；其次为浮游幼体 7 种，占总种类数的 11.11%；其他种类相对较少。

②优势种

春季，调查海域浮游动物优势种 ($Y>0.02$) 共有 6 种，分别为虫肢歪水蚤、中华哲水蚤、真刺唇角水蚤、瘦拟哲水蚤、针刺拟哲水蚤和百陶箭虫。其中虫肢

歪水蚤最占优势，优势度和平均丰度分别为 0.18 和 11.55 ind./m³，占总丰度的 21.11%；其次是中华哲水蚤，优势度和平均丰度分别为 0.17 和 11.05 ind./m³，占总丰度的 20.19%。

表7.7-14 调查海域浮游动物优势种优势度和平均丰度（ind./m³）

种名	类群	Y	平均丰度	丰度占比%
虫肢歪水蚤	桡足类	0.18	11.55	21.11
中华哲水蚤	桡足类	0.17	11.05	20.19
真刺唇角水蚤	桡足类	0.08	5.15	9.40
瘦拟哲水蚤	桡足类	0.06	4.08	7.45
针刺拟哲水蚤	桡足类	0.04	3.68	6.72
百陶箭虫	毛颚类	0.03	2.10	3.83

③丰度和生物量

春季，调查海域浮游动物平均丰度和生物量见表 7.7-15。浮游动物的平均丰度在 11.50~133.75 之间，平均值为 54.72 ind./m³，最大值出现在 48 号站位，最小值出现在 45 号站位。浮游动物生物量在 5.00~409.09 mg/m³ 之间，平均值为 73.21 mg/m³，最大值出现在 8 号站位，最小值出现在 45 号站位。

表7.7-15 调查海域春季浮游动物种数、平均丰度和生物量的分布

站位	种类数 (N)	平均丰度 (ind./m ³)	生物量 (mg/ m ³)
1	19	114.00	50.00
4	12	44.09	9.09
6	14	89.55	104.55
8	16	106.82	409.09
10	18	81.82	254.55
12	12	36.67	22.22
13	11	99.29	42.86
14	10	56.11	38.89
16	14	39.50	20.00
18	16	55.00	80.77
19	17	91.36	113.64
21	10	25.50	15.00
22	9	36.67	11.11
23	13	60.00	42.86
25	9	38.18	9.09
26	11	27.73	22.73
28	13	29.64	14.29
30	16	23.33	37.50
31	17	59.17	66.67
33	10	18.18	36.36
34	17	43.33	62.50
35	11	33.08	346.15
38	12	100.00	41.67

站位	种类数 (N)	平均丰度 (ind./m ³)	生物量 (mg/ m ³)
40	10	27.73	45.46
41	15	55.50	100.00
43	12	12.86	26.19
45	6	11.50	5.00
46	10	36.50	20.00
48	11	133.75	75.00
平均值	13	54.72	73.21
最小值	6	11.50	5.00
最大值	19	133.75	409.09

④浮游动物多样性分析

春季, 调查海域浮游动物生物多样性指数 H' 介于 2.21 到 3.63 之间, 平均值为 2.97, 最大值出现在 1 号站位, 最小值出现在 33 号站位; 均匀度 J 介于 0.64 到 0.94 之间, 平均值为 0.82, 最大值出现在 33 号站位, 最小值出现在 48 号站位; 丰富度 d 介于 1.42 到 3.30 之间, 平均值为 2.15, 最大值出现在 30 号站位, 最小值出现在 48 号站位; 单纯度 C 介于 0.10 到 0.31 之间, 平均值为 0.18, 最大值出现在 6 号站位, 最小值出现在 30 和 34 号站位。春季调查海域浮游动物群落多样性指数总体较高, 丰富度指数和均匀度指数较高, 单纯度指数较低, 说明浮游植物群落结构良好。

表7.7-16 调查海域浮游动物生态学参数统计表

站位	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰富度 d	单纯度 C
1	3.63	0.85	2.63	0.11
4	2.76	0.77	2.01	0.23
6	2.53	0.67	2.00	0.31
8	3.36	0.84	2.23	0.13
10	3.47	0.83	2.68	0.13
12	3.30	0.92	2.12	0.12
13	2.50	0.72	1.51	0.27
14	2.51	0.75	1.55	0.28
16	3.10	0.82	2.45	0.16
18	3.03	0.76	2.59	0.18
19	3.32	0.81	2.46	0.13
21	2.95	0.89	1.93	0.16
22	2.63	0.83	1.54	0.21
23	3.05	0.82	2.03	0.18
25	2.49	0.78	1.52	0.23
26	2.76	0.80	2.09	0.21
28	3.10	0.84	2.45	0.17
30	3.55	0.89	3.30	0.10
31	2.90	0.71	2.72	0.25
33	3.13	0.94	2.15	0.13
34	3.62	0.88	2.94	0.10
35	3.15	0.91	1.98	0.13

站位	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰富度 d	单纯度 C
38	2.78	0.78	1.66	0.20
40	2.90	0.87	1.88	0.16
41	3.41	0.87	2.42	0.12
43	3.08	0.86	2.99	0.16
45	2.21	0.86	1.42	0.25
46	2.68	0.81	1.73	0.22
48	2.23	0.64	1.42	0.29
平均值	2.97	0.82	2.15	0.18
最小值	2.21	0.64	1.42	0.10
最大值	3.63	0.94	3.30	0.31

2) 秋季

①种类组成

秋季，调查海域共采集并鉴定到浮游动物 14 大类 61 种（包括浮游幼体）。主要为桡足类，共 25 种，占总种类数的 40.98%；其次为水螅水母 10 种，占总种类数的 16.39%；其他种类相对较少。

②优势种

秋季，调查海域浮游动物优势种共有 6 种，分别为真刺唇角水蚤、太平洋纺锤水蚤、针刺拟哲水蚤、背针胸刺水蚤、虫肢歪水蚤和中华哲水蚤。其中真刺唇角水蚤最占优势，优势度和平均丰度分别为 0.23 和 25.39 ind./m³，占总丰度的 23.47%；其次是太平洋纺锤水蚤，优势度和平均丰度分别为 0.10 和 14.69 ind./m³，占总丰度的 13.58%。

表7.7-17 调查海域浮游动物优势种优势度和平均丰度（ind./m³）

序号	种名	类群	Y	平均丰度	丰度占比%
1	真刺唇魚水蚤	桡足类	0.23	25.39	23.47
2	太平洋纺锤水蚤	桡足类	0.10	14.69	13.58
3	针刺拟哲水蚤	桡足类	0.07	9.89	9.14
4	背针胸刺水蚤	桡足类	0.05	8.24	7.61
5	虫肢歪水蚤	桡足类	0.04	9.21	8.51
6	中华哲水蚤	桡足类	0.03	5.01	4.63

③平均丰度和生物量

秋季，调查海域浮游动物平均丰度和生物量见表 7.7-18。浮游动物的平均丰度在 15.00~436.00 ind./m³ 之间，平均值为 108.19 ind./m³，最大值出现在 12 号站位，最小值出现在 26 号站位。浮游动物生物量在 30.00~355.00 mg/m³ 之间，平均值为 120.78 mg/m³，最大值出现在 33 号站位，最小值出现在 21 号站位。

表7.7-18 调查海域秋季浮游动物种数、平均丰度和生物量的分布表

站位	种类数 (N)	平均丰度 (ind./m ³)	生物量(mg/m ³)
1	14	155.71	64.29
4	12	50.00	32.73
6	16	121.92	81.15
8	15	57.78	70.83
10	16	108.67	231.67
12	14	436.00	160.00
13	20	430.71	168.57
14	20	143.18	61.36
16	15	173.89	90.00
18	12	56.36	130.91
19	15	92.14	61.43
21	9	24.50	30.00
22	19	108.00	68.50
23	10	86.36	69.09
25	12	33.18	139.09
26	7	15.00	73.85
28	21	142.31	66.54
30	21	100.00	108.57
31	16	118.46	205.77
33	13	54.50	355.00
34	9	19.55	170.45
35	10	28.33	84.17
38	9	56.82	37.27
40	14	90.45	175.00
41	19	95.50	116.50
43	17	140.33	345.00
45	11	98.00	87.50
46	11	62.73	81.82
48	10	39.17	135.42
平均值	14	108.19	120.78
最小值	7	15.00	30.00
最大值	21	436.00	355.00

④生物多样性分析

秋季，调查海域浮游动物生物多样性指数 H' 介于 1.81 到 3.78 之间，平均值为 3.03，最大值出现在 28 号站位，最小值出现在 23 号站位；均匀度 J' 介于 0.55 到 0.93 之间，平均值为 0.81，最大值出现在 26 号站位，最小值出现在 23 号站位；丰富度 d 介于 1.37 到 3.01 之间，平均值 2.05，最大值出现在 30 号站位，最小值出现在 38 号站位；单纯度 C 介于 0.09 到 0.44 之间，平均值为 0.16，最大值出现在 23 号站位，最小值出现在 28 号站位。秋季调查海域浮游动物群落多样性指数总体较高，丰富度指数和均匀度指数较高，单纯度指数较低，说明浮游动物群落结构健康。

表7.7-19 调查海域浮游动物生态学参数统计表

站位	多样性指数 H'	均匀度 J'	丰富度 d	单纯度 C
1	2.85	0.75	1.79	0.19
4	2.85	0.79	1.95	0.18
6	3.23	0.81	2.16	0.14
8	3.00	0.77	2.39	0.17
10	3.05	0.76	2.23	0.16
12	2.70	0.71	1.48	0.21
13	3.54	0.82	2.17	0.11
14	3.44	0.80	2.65	0.12
16	3.28	0.84	1.88	0.13
18	2.53	0.71	1.89	0.24
19	3.16	0.81	2.15	0.15
21	2.78	0.88	1.73	0.17
22	3.49	0.82	2.66	0.12
23	1.81	0.55	1.40	0.44
25	3.10	0.86	2.19	0.14
26	2.61	0.93	1.54	0.18
28	3.78	0.86	2.80	0.09
30	3.39	0.77	3.01	0.13
31	3.37	0.84	2.18	0.13
33	3.17	0.86	2.08	0.13
34	2.78	0.88	1.87	0.17
35	2.97	0.89	1.87	0.15
38	2.57	0.81	1.37	0.21
40	2.99	0.79	2.00	0.17
41	3.48	0.82	2.74	0.14
43	3.36	0.81	2.38	0.13
45	2.89	0.84	1.51	0.16
46	2.92	0.84	1.67	0.15
48	2.87	0.86	1.70	0.17
平均值	3.03	0.81	2.05	0.16
最小值	1.81	0.55	1.37	0.09
最大值	3.78	0.93	3.01	0.44

7.7.2.4 底栖生物调查结果

(1) 2021 年调查

1) 春季

① 种类组成

5 月调查海域共采集并鉴定到大型底栖生物 5 大类 20 种。其中主要为多毛类，共 10 种，占总种类数的 50%;其次为棘皮动物门和软体动物，分别为 4 种和 3 种，占总种类数的 20%和 15%;星虫动物门 2 种，占总种类数的 10%;甲壳类最少，仅 1 种，占总种类数的 5%。

表 7.7-20 2021 年 5 月航次潮下带大型底栖动物生态特征

类群	种数		栖息密度 (个/m ²)		生物量 (g/m ²)	
	N	占总种数百分比 (%)	均值	占栖息密度百分比 (%)	均值	占生物量百分比 (%)
环节动物	14	77.8	30.476	84.2	0.085	78.8
节肢动物	2	11.1	4.286	11.8	0.005	4.9
棘皮动物	1	5.6	0.476	1.3	0.014	12.8
纽形动物	1	5.6	0.952	2.6	0.004	3.5
总计	18	100.0	36.190	100.0	0.108	100.0

② 栖息密度、生物量组成与空间分布

5 月在 21 个海洋生态调查站中, 在 15 个站的底泥样品中分拣出大型底栖动物。

调查水域大型底栖动物生物量介于 0.00~0.68g/m² 之间, 均值为 0.108g/m²。其中, 环节动物平均生物量最高, 均值为 0.085g/m²; 最高生物量出现在 19 号站, 主要由寡节甘吻沙蚕所贡献 (0.57g/m²)。高值区主要分布在唐脑山以西海域, 以及大洋山以南海域; 3~7 号站所在断面、东海大桥以东海域的大型底栖生物生物量相对较低。

调查水域大型底栖动物栖息密度介于 0.0~110.0 个/m² 之间, 均值为 36.19 个/m²。环节动物平均栖息密度最高, 均值为 30.476 个/m², 最高栖息密度出现在 19 号站 (主要由日本长手沙蚕和寡节甘吻沙蚕构成) 和 31 号站 (主要由丝异须虫和扇毛虫科所构成)。高值区主要分布在近东海大桥的左侧海域, 大、小洋山附近海域, 以及大衢山以北近岸海域。

③ 优势种

取按生物量和栖息密度计算的优势度均值 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种。

5 月底泥采集样品中优势种为日本长手沙蚕和寡节甘吻沙蚕。

表 7.7-21 2021 年 5 月航次潮下带大型底栖生物优势种生态特征

优势种	Y	出现频率 (%)	栖息密度 (个/m ²)		生物量 (g/m ²)	
			均值	%	均值	%
日本长手沙蚕	006	23.8	9.524	26.3	0.019	17.3
寡节甘吻沙蚕	0.02	19.1	3.810	10.5	0.030	27.9

⑥ 多样性指数

5 月潮下带大型底栖生物多样性指数 (H') 介于 0.00~2.00 之间, 均值为 0.74; 单纯度指数 (C) 介于 0.00~1.00 之间, 均值为 0.39; 均匀度指数 (J') 介于 0.58~1.00 之间, 均值为 0.87; 丰富度指数 (d) 介于 0.00~0.56 之间, 均值为 0.26。

整个调查水域大型底栖生物多样性指数较低（大多站位多样性指数均在 2 以下），特别是在调查海域西侧的 1~9 号站，多样性指数均在 1 以下；相对高值区主要分布在调查海域中部的 14 号附近海域。

表 7.7-22 2021 年 5 月航次潮下带大型底栖生物生态学指标

站位	单纯度 C	多样性 H'	均匀度 J'	丰富度 d
1	0.56	0.92	0.92	0.20
2	0.68	0.72	0.72	0.18
3	0.00	0.00	无	无
5	0.00	0.00	无	无
7	0.00	0.00	无	无
9	1.00	0.00	无	0.00
10	0.50	1.00	1.00	0.23
11	0.50	1.00	1.00	0.23
13	0.50	1.00	1.00	0.23
14	0.25	2.00	1.00	0.56
15	0.50	1.00	1.00	0.23
18	0.52	1.36	0.68	0.45
19	0.50	0.99	0.99	0.15
20	0.66	0.92	0.58	0.30
22	0.00	0.00	无	无
24	0.50	1.00	1.00	0.23
27	0.00	0.00	无	无
29	0.72	0.65	0.65	0.17
31	0.36	1.68	0.84	0.44
33	0.00	0.00	无	无
35	0.44	1.37	0.86	0.35
均值	0.39	0.74	0.87	0.26
范围	0.00~1.00	0.00~2.00	0.58~1.00	0.00~0.56

2) 秋季

①种类组成

11 月，调查区域潮下带底泥样品中共鉴定大型底栖生物 17 种，分属 3 门。其中环节动物为绝对优势类群，共有 15 种，占底栖动物总种数 88.2%；节肢动物 2 种，占总种数的 5.9%；纽形动物 1 种，占总种数 5.9%。

②密度、生物量分布

11 月在 21 个海洋生态调查站的底泥样品中均分拣出大型底栖动物。

调查水域大型底栖动物生物量介于 0.01~1.29 g/m² 之间，均值为 0.14 g/m²。其中，环节动物平均生物量最高，均值为 0.18 g/m²。最高生物量出现在 19 号站，

主要由多齿围沙蚕所贡献（ 1.28 g/m^2 ）。

调查水域大型底栖动物栖息密度介于 $10.00\sim 120.00$ 个/ m^2 之间，均值为 46.19 个/ m^2 。环节动物平均栖息密度最高，均值为 56.67 个/ m^2 。最高栖息密度出现在 24 号站，主要由齿吻沙蚕属（ 70.00 个/ m^2 ）构成。

③优势种

取按生物量和栖息密度计算的优势度均值 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种。

11 月底泥采集样品中优势种共 4 种，为齿吻沙蚕属、寡节甘吻沙蚕、长手沙蚕科和纽形动物。

表7.7-23 调查海域底栖生物优势种统计

优势种	Y	出现频率 (%)	栖息密度 (个/ m^2)		生物量 (g/m^2)	
			均值	%	均值	%
齿吻沙蚕属	0.14	42.9	14.76	32.0	0.02	12.4
寡节甘吻沙蚕	0.05	42.9	5.24	11.3	0.01	5.7
长手沙蚕科	0.04	33.3	5.71	12.4	0.01	7.7
纽形动物	0.03	28.6	4.29	9.3	0.01	5.7

④多样性指数

11 月潮下带大型底栖生物多样性指数(H')介于 $0.00\sim 2.00$ 之间，均值为 1.13 ；单纯度指数(C)介于 $0.25\sim 1.00$ 之间，均值为 0.53 ；均匀度指数(J')介于 $0.62\sim 1.00$ 之间，均值为 0.92 ；丰富度指数(d)介于 $0.00\sim 0.60$ 之间，均值为 0.29 。

整个调查水域大型底栖生物多样性指数较低（大多站位多样性指数均在 2 以下）。

(2) 2020 年调查

1) 春季

① 种类组成

4 月，调查海域共采集到大型底栖生物 5 大类 20 种。其中多毛类 10 种，占总种类数的 50%；其次为棘皮动物和软体动物，分别为 4 种和 3 种，占总种类数的 20%和 15%；星虫动物 2 种，占总种类数的 10%；甲壳类仅 1 种，占总种类数的 5%。

② 栖息密度、生物量组成与空间分布

4 月，大型底栖生物的栖息密度在 $0\sim 220$ ind./ m^2 之间，平均值为 34 ind./ m^2 ，最大值出现在 26 站位，13 个站位未采集到底栖生物。大型底栖生物生物量在 $0.00\sim 40.00$ g/m^2 之间，平均值为 1.85 g/m^2 ，最大值出现在 1 号站位。

表 7.7-24 2020 年 5 月航次潮下带大型底栖动物密度和生物量

站位	种类数	栖息密度 (ind./m ²)	生物量 (g/m ²)
1	1	40	40.00
4	4	120	1.79
6	4	120	1.92
8	0	0	0
10	0	0	0
12	0	0	0
13	2	40	1.00
14	2	60	0.92
16	0	0	0
18	0	0	0
19	1	20	0
21	2	40	1.00
22	2	40	1.00
23	0	0	0
25	2	40	1.00
26	3	220	1.32
28	0	0	0
30	1	20	0
31	1	20	0
33	0	0	0
34	2	40	1.00
35	2	60	0.92
38	2	40	1.00
40	0	0	0
41	0	0	0
43	0	00	0
45	0	0	0
46	0	0	0
48	2	60	0.92
平均值	1	34	1.85
最小值	0	0	0
最大值	4	220	40.00

③ 优势种

4 月，调查海域大型底栖生物优势种 ($Y \geq 0.02$) 共有 2 种，均为多毛类，分别为圆锯齿吻沙蚕和不倒翁虫。其中不倒翁虫优势度和平均栖息密度分别为 0.039 和 7.59 ind./m²，圆锯齿吻沙蚕的优势度和平均栖息密度分别为 0.020 和 4.83 ind./m²。

④ 多样性指数

4 月，调查海域大型底栖生物多样性指数区间为 0.00~1.00，平均值为 0.39，最大值出现在 13、21、22、25、34、38 等站位，均匀度区间为 0.00~0.43，平均值为 0.10，最大值出现在 4 和 6 号站位；丰富度指数区间为 0.00~1.00，平均值为 0.34，最大值出现在 1、19、30、31 等站位；单纯度区间为 0.00~7.80，平均值为 1.11，最大值出现在 4 号站位。春季调查海域大型底栖生物多样性指数总体

偏低，丰富度指数和均匀度指数低，单纯度指数高，说明大型底栖生物群落受到扰动。

表 7.7-25 2020 年 5 月航次潮下带大型底栖生物生态学指标

站位	多样性 H'	均匀度 J'	丰富度 d	单纯度 C
1	0	0	1.00	0.40
4	0.90	0.43	0.33	7.80
6	0.96	0.43	0.28	1.00
8	0	0	0	0
10	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	1.00	0.19	0.50	0.40
14	0.92	0.17	0.56	0.60
16	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	1.00	2.20
21	1.00	0.19	0.50	0.40
22	1.00	0.19	0.50	3.40
23	0	0	0	0
25	1.00	0.19	0.50	0.40
26	0.83	0.26	0.44	3.80
28	0	0	0	0
30	0	0	1.00	0.20
31	0	0	1.00	0.20
33	0	0	0	0
34	1.00	0.19	0.50	7.20
35	0.92	0.17	0.56	0.40
38	1.00	0.19	0.50	2.40
40	0	0	0	0
41	0	0	0	0
43	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0.40
48	0.92	0.17	0.56	1.00
平均值	0.39	0.10	0.34	1.11
最小值	0	0	0	0
最大值	1.00	0.43	1.00	7.80

2) 秋季

① 种类组成

10 月，调查海域共采集并鉴定到大型底栖生物 8 大类 41 种。其中甲壳类和多毛类，各 10 种，各占总种数的 24.39%；其次为软体动物，共 8 种，占总种数的 19.51%；鱼类 6 种，占总种数的 14.63%；棘皮动物 4 种，占总种数的 9.76%；节肢动物、腔肠动物和星虫动物各 1 种，占总种类数的 2.44%。

② 密度、生物量分布

10 月，调查海域大型底栖生物栖息密度和生物量见表 7.7-26。大型底栖生

物的栖息密度在 0~620ind./m² 之间，平均值为 90ind./m²，最大值出现在 4 站位，40 号站位未采集到底栖生物。大型底栖生物生物量在 0.00~20.88g/m² 之间，平均值为 2.37 g/m²，最大值出现在 10 号站位。

表 7.7-26 2020 年 5 月航次潮下带大型底栖动物密度和生物量

站位	种类数	栖息密度 (个/m ²)	生物量 (g/m ²)
1	2	60	0.06
4	7	620	10.40
6	2	60	0.40
8	4	140	1.20
10	2	40	20.88
12	2	80	0.80
13	1	80	0.60
14	1	20	2.20
16	4	140	1.20
18	1	20	12.40
19	2	60	1.00
21	3	60	4.40
22	2	100	0.80
23	6	200	5.20
25	1	20	1.60
26	1	20	0.40
28	1	20	0.20
30	2	80	0.60
31	2	100	0.60
33	4	200	1.10
34	1	40	0.20
35	1	20	0.20
38	2	140	0.40
40	0	0	0.00
41	2	40	0.40
43	2	60	0.40
45	2	40	0.40
46	3	140	0.60
48	1	20	0.20
平均值	2	90	2.37
最小值	0	0	0.00
最大值	7	620	20.88

③ 优势种

10 月，调查海域大型底栖生物优势种 ($Y \geq 0.02$) 共有 4 种，均为多毛类，分别为双鳃内卷齿蚕、异足索沙蚕、长吻吻沙蚕和不倒翁虫。其中双鳃内卷齿蚕最占优势，优势度和平均栖息密度分别为 0.140 和 28.28ind./m²，异足索沙蚕的优势度和平均栖息密度分别为 0.053 和 17.24ind./m²。

表7.7-27 调查海域底栖生物优势种统计

序号	种名	类群	Y	平均栖息密度 (ind./m ²)	密度占比%
1	双鳃内卷齿蚕	多毛类	0.140	28.28	31.30
2	异足索沙蚕	多毛类	0.053	17.24	19.08
3	长吻吻沙蚕	多毛类	0.034	11.03	12.21
4	不倒翁虫	多毛类	0.026	7.59	8.40

④ 多样性指数

10 月，调查海域大型底栖生物多样性指数区间为 0.00~2.45，平均值为 0.80，最大值出现在 23 号站位；均匀度区间为 0.00~1.00，平均值为 0.27，最大值出现在 21 号站位；丰富度指数区间为 0.00 至 0.65，平均值为 0.18，最大值出现在 23 号站位；单纯度区间为 0.00~1.00，平均值为 0.63。秋季调查海域大型底栖生物多样性指数总体偏低，丰富度指数和均匀度指数低，单纯度指数高，说明大型底栖生物群落受到扰动。

表 7.7-28 2020 年 10 月航次潮下带大型底栖动物密度和生物量

站位	多样性 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
1	0.92	0.92	0.17	0.56
4	1.79	0.64	0.62	0.44
6	0.92	0.92	0.17	0.56
8	1.84	0	0.42	0.31
10	1.00	0	0.19	0.50
12	0.81	0	0.16	0.63
13	0	0	0	1.00
14	0	0	0	1.00
16	1.66	0	0.42	0.39
18	0	0	0	1.00
19	0.92	0.92	0.17	0.56
21	1.58	1.00	0.34	0.33
22	0.97	0.97	0.15	0.52
23	2.45	0	0.65	0.20
25	0	0	0	1.00
26	0	0	0	1.00
28	0	0	0	1.00
30	0.81	0.81	0.16	0.63
31	0.97	0.97	0.15	0.52
33	1.57	0	0.39	0.42
34	0	0	0	1.00
35	0	0	0	1.00
38	0.59	0.59	0.14	0.76
40	0	0	0	0.00
41	1.00	0	0.19	0.50
43	0.92	0	0.17	0.56

站位	多样性 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
45	1.00	0	0.19	0.50
46	1.56	0	0.28	0.35
48	0	0	0	1.00
平均值	0.80	0.27	0.18	0.63
最小值	0	0	0	0
最大值	2.45	1.00	0.65	1.00

7.7.2.5 潮间带生物调查结果

(1) 2021 年调查

1) 春季

① 种类组成

5 月潮间带样品中（定量和定性）共鉴定出大型底栖生物 5 大类 51 种。定量样品中共鉴定 5 大类 42 种，甲壳动物最多，共 17 种，占总种类数的 40.5%；软体动物 15 种，占 35.7%；环节动物 8 种，占 19.0%；其他动物 2 种（纽形动物和鱼类各 1 种），占 4.8%。定性样品中共鉴定 4 大类 27 种，甲壳动物最多，共 15 种，占 55.6%；软体动物 8 种，占 29.6%；环节动物 1 种，占 3.7%；其他动物（鱼类）3 种，占 11.1%。

表 7.7-29 2021 年 5 月航次潮间带大型底栖生物种类组成

类群	定量		定性		总计	
	种数	百分比 (%)	种数	百分比 (%)	种数	百分比 (%)
甲壳动物	17	40.48	15	55.56	23	45.10
软体动物	15	35.71	8	29.63	15	29.41
环节动物	8	19.05	1	3.70	8	15.69
其他动物	2	4.76	3	11.11	5	9.80
总计	42	100	27	100	51	100

② 栖息密度、生物量组成与空间分布

5 月总栖息密度介于 0.00 ind./m²~968.00 ind./m² 之间，均值为 248.79 ind./m²；总生物量介于 0.00 g/m²~3609.25 g/m² 之间，均值为 312.98 g/m²。栖息密度和生物量均以软体动物占优势，均值分别为 153.68 ind./m² 和 270.70 g/m²，分别占总栖息密度和总生物量均值的 61.8% 和 86.5%；栖息密度主要由中间拟滨螺和齿纹蜆螺构成，生物量则主要由近江牡蛎构成。最高栖息密度和最高生物量分别出现在 C2 断面的高潮区和 C4 断面的低潮区，分别为 968.00 ind./m² 和 3609.25 g/m²，本航次调查在 C2 断面和 C9 断面的低潮区未检测出大型底栖生物。

③优势种

取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种。

5 月潮间带大型底栖生物优势种为中间拟滨螺，优势度为 0.02，出现频率为 11.11%，其栖息密度均值为 54.81 ind./m²，占总栖息密度均值的 22.03%。

表7.7-30 2021年5月航次潮间带大型底栖生物优势种生态特征

优势种	Y	出现频率 (%)	栖息密度 (ind./m ²)	
			均值	百分比 (%)
中间拟滨螺	0.02	11.11	54.81	22.03

④多样性指数

5 月潮间带大型底栖生物多样性指数 (H') 介于 0.38~2.70 之间，均值为 1.51；单纯度指数 (C) 介于 0.21~0.86 之间，均值为 0.45；均匀度指数 (J') 介于 0.38~1.00 之间，均值为 0.78；丰富度指数 (d) 介于 0.14~1.21 之间，均值为 0.45。

2) 秋季

①种类组成

潮间带采集样品共鉴定出潮间带生物 6 个类群 37 种，节肢动物为优势类群，包括 11 种，占底栖动物总物种数 37.9%；环节动物 8 种，占总物种数 27.6%；软体动物 7 种，占总物种数 24.1%；脊索动物 2 种，占总物种数 6.9%；纽形动物 1 种，占总物种数 3.5%。

②密度、生物量分布

11 月总栖息密度介于 7.00~864.00 ind./m² 之间，均值为 153.06 ind./m²；总生物量介于 0.53~886.84 g/m² 之间，均值为 118.53 g/m²。栖息密度和生物量均以节肢动物占优势，均值分别为 65.09 ind./m² 和 75.37 g/m²，分别占总栖息密度和总生物量均值的 41.7% 和 55.8%。最高栖息密度和最高生物量分别出现在 C8 断面的低潮区和 C5 断面的中潮区，分别为 864.00 ind./m² 和 886.84 g/m²。

③优势种

取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种。

11 月潮间带大型底栖生物优势种共 2 种，为齿吻沙蚕属和白脊管藤壶。

齿吻沙蚕属：优势度为 0.12，出现频率为 37.0%，其栖息密度均值为 48.59 ind./m²，占总栖息密度均值的 31.8%；生物量均值为 0.39 g/m²，占总生物量均值的 0.3%。

白脊管藤壶：优势度为 0.06，出现频率为 18.5%，其栖息密度均值为 46.61 ind./m²，占总栖息密度均值的 30.5%；生物量均值为 43.90 g/m²，占总生物量均值的 37.0%。

表 7.7-31 2021 年 11 月航次潮间带大型底栖生物优势种生态特征

优势种	优势度 Y	出现频率 (%)	栖息密度 (ind./m ²)		生物量 (g/m ²)	
			均值	%	均值	%
齿吻沙蚕属	0.12	37.04	48.59	31.75	0.39	0.33
白脊管藤壶	0.06	18.52	46.61	30.45	43.90	37.04

④多样性指数

11 月潮间带大型底栖生物多样性指数(H')介于 0.00~2.51 之间，均值为 1.18；单纯度指数(C)介于 0.20~1.00 之间，均值为 0.58；均匀度指数(J')介于 0.16~1.00 之间，均值为 0.80；丰富度指数(d)介于 0.00~1.27 之间，均值为 0.41。

各断面多样性指数均值呈 C7 断面<C3 断面<C6 断面<C4 断面<C5 断面<C8 断面<C9 断面<C2 断面<C1 断面；同一断面中，低潮区多样性指数相对较低。

(2) 2020 年调查

1) 春季

① 种类组成

4 月，调查断面共采集并鉴定到潮间带生物 33 种。其中软体动物 14 种，占总种数的 42.42%，甲壳类 13 种，占总种数的 39.39%；多毛类 4 种，占总种数的 12.12%；鱼类和腔肠动物各 1 种，分别占总种数的 3.03%。

② 栖息密度、生物量组成

调查断面潮间带生物栖息密度和生物量水平分布差异不大。6 条调查断面潮间带生物栖息密度在 80.00~234.67ind./m² 之间，平均值为 152.89ind./m²，T1 断面栖息密度最高，其次为 T6 断面；调查断面潮间带生物的生物量在 14.45~98.61g/m² 之间，平均值为 42.92g/m²，最大值位于 T6 断面，其次为 T1 断面。

表 7.7-32 调查海域潮间带生物栖息密度和生物量

断面	种类数	栖息密度(ind./m ²)	生物量 (g/m ²)
T1	10	234.67	63.04
T2	10	117.33	33.49
T3	8	80.00	14.45
T4	10	154.67	19.36
T5	9	101.33	28.53
T6	11	229.33	98.61
平均值	8	80.00	14.45
最小值	11	234.67	98.61
最大值	9.5	152.89	42.92

③ 优势种

调查断面潮间带生物共有 4 个优势种 ($Y \geq 0.02$), 分别为短滨螺、粗糙滨螺、齿纹蜃螺和双齿围沙蚕。其中短滨螺最占优势, 其优势度为 0.122, 平均栖息密度为 84ind./m², 其次为粗糙滨螺, 其优势度为 0.076, 平均栖息密度为 35ind./m²。

表 7.7-33 2020 年 5 月航次潮间带大型底栖生物优势种生态特征

序号	优势种	Y	栖息密度 (ind./m ²)
1	短滨螺	0.122	84
2	粗糙滨螺	0.076	35
3	双齿围沙蚕	0.035	24
4	齿纹蜃螺	0.070	32

④ 多样性指数

6 条调查断面潮间带生物多样性指数介于 2.68 到 3.08 之间, 平均值为 2.90; 均匀度指数介于 0.78 到 0.94 之间, 平均值为 0.89, 丰富度介于 1.11 到 1.31 之间, 平均值为 1.21; 单纯度指数介于 0.14 到 0.25 之间, 平均值为 0.17。调查断面潮间带生物多样性指数中等偏上, 均匀度和丰富度指数较高, 单纯度指数较低, 这说明调查期间项目附近海域潮间带生物物种多样, 群落结构合理稳定, 环境较好。

表 7.7-34 2020 年 5 月潮间带大型底栖动物生态学参数统计表

站位	多样性指数 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
T1	2.89	0.87	1.14	0.17
T2	3.08	0.93	1.31	0.14
T3	2.68	0.89	1.11	0.19
T4	3.05	0.92	1.24	0.14
T5	2.97	0.94	1.20	0.15
T6	2.70	0.78	1.28	0.25
平均值	2.90	0.89	1.21	0.17
最小值	2.68	0.78	1.11	0.14
最大值	3.08	0.94	1.31	0.25

2) 秋季

① 种类组成

10 月，调查断面共采集并鉴定到潮间带生物 7 大类 58 种。其中主要为软体动物和甲壳动物，分别为 22 种和 21 种，分别占总种类数的 37.93%和 36.21%，其他类群种数较少。

② 栖息密度、生物量组成

调查断面潮间带生物栖息密度和生物量水平分布差异不大。7 条调查断面潮间带生物栖息、密度在 112.00~250.67ind./m² 之间，平均值为 165.52ind./m²，T6 断面栖息密度最高，其次为 T1 断面。其中，高潮带栖息密度大小顺序为 T7>T1>T2=T6>T3=T4=T5，中潮带栖息密度大小顺序为 T7>T1>T4=T2=T5=T6>T3，低潮带栖息密度大小顺序为 T6>T1>T7>T3=T4>T2>T5。

7 条调查断面潮间带生物的生物量在 12.32~51.41g/m² 之间，平均值为 28.83g/m²，最大值位于 T6 断面，其次为 T2 断面。其中，高潮带生物量大小顺序为 T7>T4>T6>T5>T1>T2>T3，中潮带生物量大小顺序为 T6>T2>T5>T1>T7>T3>T4，低潮带生物量大小顺序为 T6>T1>T7>T2>T3=T4>T5。

表 7.7-35 调查海域潮间带生物栖息密度(ind./m²)和生物量(g/m²)

断面	种数	参数	高	中	低	平均值
T1	12	栖息密度	144	240	256	213.33
		生物量	8.8	52.96	31.2	30.99
T2	13	栖息密度	128	160	96	128.00
		生物量	7.68	79.36	22.72	36.59
T3	8	栖息密度	96	144	112	117.33
		生物量	5.6	20.48	10.88	12.32
T4	10	栖息密度	96	176	112	128.00
		生物量	12.8	16.8	10.88	13.49
T5	12	栖息密度	96	160	80	112.00
		生物量	9.44	53.12	9.12	23.57
T6	13	栖息密度	128	160	464	250.67
		生物量	10.24	87.04	56.96	51.41
T7	8	栖息密度	176	244	208	209.33
		生物量	33.92	42.08	24.32	33.44
平均值	10.86	栖息密度	123.43	183.43	189.71	165.52
		生物量	12.64	50.26	23.73	28.83

③ 优势种

调查断面潮间带生物共有 5 个优势种 ($Y \geq 0.02$), 分别为短滨螺、粗糙滨螺、双齿围沙蚕、齿纹蜆螺和焦河蓝蛤。其中短滨螺最占优势, 其优势度为 0.087, 平均栖息密度为 50.29 ind./m², 其次为粗糙滨螺, 其优势度为 0.059, 平均栖息密度为 34.29 ind./m²。

表 7.7-36 2020 年 10 月航次潮间带大型底栖生物优势种生态特征

序号	优势种	Y	栖息密度 (ind./m ²)
1	短滨螺	0.087	50.29
2	粗糙滨螺	0.059	34.29
3	双齿围沙蚕	0.043	29.71
4	齿纹蜆螺	0.047	27.43
5	焦河蓝蛤	0.032	55.43

④ 多样性指数

7 条调查断面潮间带生物多样性指数介于 2.07 到 3.50 之间, 平均值为 3.05; 均匀度指数介于 0.69 到 0.98 之间, 平均值为 0.89%; 丰富度介于 0.91 到 1.71 之间, 平均值为 1.35; 单纯度指数介于 0.09 到 0.36 之间, 平均值为 0.16。调查断面潮间带生物多样性指数、均匀度和丰富度指数较高, 单纯度指数较低, 调查期间项目附近海域潮间带生物物种多样, 群落结构合理稳定, 环境较好。

表 7.7-37 2020 年 10 月潮间带大型底栖动物密度和生物量

站位	多样性指数 H'	均匀度 J	丰富度 d	单纯度 C
T1	3.11	0.87	1.42	0.16
T2	3.43	0.93	1.71	0.11
T3	2.90	0.97	1.02	0.14
T4	3.19	0.96	1.29	0.12
T5	3.50	0.98	1.62	0.09
T6	3.12	0.84	1.51	0.16
T7	2.07	0.69	0.91	0.36
平均值	3.05	0.89	1.35	0.16
最小值	2.07	0.69	0.91	0.09
最大值	3.50	0.98	1.71	0.36

7.8 生物质量现状调查与评价

7.8.1 生物质量现状调查

7.8.1.1 站位设置

东海水产研究所 2021 年春季（4 月）和秋季（11 月）生物质量调查站位设置详见表 7.5-1 和图 7.5-1。自然资源部第二海洋研究所 2020 年春季（4 月）和秋季（10 月）生物质量调查站位设置详见表 7.5-2 和图 7.5-2。

7.8.1.2 监测项目与方法

东海水产研究所生物质量春季调查时间为 2021 年 4 月 17~24 日，秋季调查时间为 2021 年 11 月 24~29 日；自然资源部第二海洋研究所生物质量春季调查时间为 2020 年 4 月 19~26 日，秋季调查时间为 2020 年 10 月 16~26 日。调查均与同期海水水质、海洋生态和渔业资源调查同步实施，样品的采集、保存、运输与分析均按《海洋调查规范》(GB12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)进行。分析项目为石油烃、重金属（汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷）和含水率。分析方法如 7.8-1 所示。

表 7.8-1 生物质量分析方法

检测项目		分析方法	依据标准
石油烃		荧光分光光度法	GB 17378.6-2007
重金属	铜 mg/kg	电感耦合等离子质谱法	GB 5009.268-2016
	铅 mg/kg	电感耦合等离子质谱法	GB 5009.268-2016
	锌 mg/kg	电感耦合等离子质谱法	GB 5009.268-2016
	镉 mg/kg	电感耦合等离子质谱法	GB 5009.268-2016
	铬 mg/kg	电感耦合等离子质谱法	GB 5009.268-2016
	汞 mg/kg	电感耦合等离子质谱法	GB 5009.268-2016
	砷 mg/kg	电感耦合等离子质谱法	GB 5009.268-2016

7.8.1.3 监测结果

(1) 2021 年调查

1) 春季

从 2021 年 4 月游泳动物拖网渔获物中选取 41 个样品作为生物质量的检测对象。其中，鱼类样品 20 个，甲壳类样品 21 个（虾类 3 个和蟹类 18 个）。检测结果如下：

石油烃 生物体石油烃残留量介于未检出~12.96 mg/kg, 均值为 2.43 mg/kg, 最高值出现在 11 号站的焦氏舌鳎样品中。其中, 鱼类样品石油烃平均残留量为 2.68 mg/kg, 甲壳类样品石油烃残留量均值为 2.43 mg/kg。

铬 生物体铬残留量介于未检出 (<0.05 mg/kg) ~0.153 mg/kg, 均值为0.06 mg/kg, 最高值出现在35号站凤鲚样品中。其中, 鱼类和甲壳类样品铬残留量均值为0.06 mg/kg。

铜 生物体铜残留量介于0.219~15.2 mg/kg, 均值为5.40 mg/kg, 最高值出现在18号站的三疣梭子蟹样品中。其中, 鱼类样品铜残留量均值为0.720 mg/kg, 远低于甲壳类样品铜残留量均值 (9.89 mg/kg)。

锌 生物体锌残留量介于1.96~26.0 mg/kg, 均值为11.1 mg/kg, 最高值出现在19号站的三疣梭子蟹样品中。其中, 鱼类样品锌残留量均值为6.03 mg/kg, 明显低于甲壳类样品锌残留量均值 (16.4 mg/kg)。

砷 生物体砷残留量介于1.25~8.68 mg/kg, 均值为3.98 mg/kg, 最高值出现在2号站的三疣梭子蟹样品中。其中, 鱼类样品砷残留量均值为2.22 mg/kg, 明显低于甲壳类样品砷残留量均值 (5.70 mg/kg)。

镉 生物体镉残留量介于0.0026~0.928 mg/kg, 均值为0.250 mg/kg, 最高值出现在20号站的口虾蛄样品中。其中, 鱼类样品镉残留量均值为0.0407 mg/kg, 明显低于甲壳类样品镉残留量均值 (0.451 mg/kg)。

汞 生物体总汞残留量介于0.002~0.0392 mg/kg, 均值为0.0170 mg/kg, 最高值出现在27号站的黄鲫样品中。其中, 鱼类样品总汞残留量均值为0.0167 mg/kg, 甲壳类样品总汞残留量均值为0.0180 mg/kg。

铅 生物体铅残留量介于未检出 (<0.02 mg/kg) ~1.18 mg/kg, 均值为 0.11 mg/kg, 最高值出现在 29 号站的黄鲫样品中。其中, 鱼类样品铅残留量均值为 0.12 mg/kg, 甲壳类样品铅残留量均值为 0.10 mg/kg。

表 7.8-2 2021 年 4 月海洋生物质量检测结果 单位: mg/kg

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
2	凤鲚	4.44	未检出	1.00	8.01	2.72	0.0539	0.0138	未检出
15	凤鲚	1.64	0.0679	0.735	9.08	2.65	0.0433	0.0127	0.0587
19	凤鲚	2.85	0.0873	1.63	11.1	2.64	0.0904	0.0101	0.0465
33	凤鲚	1.02	0.0645	0.675	10.6	2.07	0.0415	0.0126	0.0257
35	凤鲚	3.72	0.153	1.13	12.8	2.67	0.0630	0.0131	0.163
27	黄鲫	4.44	未检出	0.867	8.13	3.08	0.0277	0.0392	0.0726
29	黄鲫	4.24	0.0718	1.29	5.32	3.08	0.0606	0.0208	1.18
1	焦氏舌鳎	3.53	0.0666	0.467	4.11	2.90	0.0171	0.0216	0.0318

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
7	焦氏舌鳎	1.21	0.0824	0.940	3.89	2.98	0.0364	0.0249	0.117
10	焦氏舌鳎	3.15	0.0667	0.617	5.11	2.72	0.0257	0.0380	0.0403
11	焦氏舌鳎	12.96	0.127	0.551	7.94	1.95	0.0277	0.0298	0.0769
20	宽体舌鳎	1.53	0.0686	0.268	1.96	3.13	0.00258	0.0183	0.161
3	拉氏狼牙虾虎鱼	1.77	0.0817	0.562	6.24	1.55	0.0254	0.0176	0.0723
13	龙头鱼	0.72	0.0607	0.350	3.99	1.43	0.0343	0.00525	0.0316
18	龙头鱼	1.05	未检出	0.667	2.91	1.25	0.0631	0.00507	0.0494
24	龙头鱼	2.04	0.0646	0.842	3.93	1.84	0.0599	0.00915	0.0484
27	龙头鱼	0.92	未检出	0.324	3.35	1.43	0.0288	0.00555	0.0867
33	龙头鱼	0.76	未检出	0.591	4.22	1.31	0.0672	0.00762	0.0278
22	银鲳	0.64	0.0660	0.679	5.20	1.56	0.0361	0.0121	0.0216
31	银鲳	0.99	未检出	0.219	2.68	1.52	0.00967	0.0173	未检出
5	安氏白虾	4.00	未检出	9.20	8.64	4.62	0.425	0.00373	未检出
14	安氏白虾	2.74	未检出	5.26	7.41	4.86	0.235	0.00200	0.0750
20	口虾蛄	3.17	0.0781	7.23	9.99	4.01	0.928	0.00638	0.0343
31	日本蟳	0.43	未检出	8.95	20.8	6.30	0.124	0.0184	未检出
1	三疣梭子蟹	未检出	未检出	9.29	15.7	4.97	0.648	0.0160	0.0312
2	三疣梭子蟹	1.50	0.0884	11.2	14.00	8.68	0.541	0.0206	0.0959
3	三疣梭子蟹	1.39	0.0520	7.20	14.2	5.11	0.429	0.0180	0.0237
5	三疣梭子蟹	1.08	未检出	13.7	15.2	6.84	0.492	0.0141	0.0510
7	三疣梭子蟹	3.16	0.0937	10.5	18.2	5.22	0.500	0.0212	0.0367
9	三疣梭子蟹	2.31	未检出	8.22	24.0	4.22	0.510	0.0163	未检出
10	三疣梭子蟹	2.04	0.123	6.94	15.2	3.79	0.354	0.0314	0.287
11	三疣梭子蟹	2.40	未检出	9.63	20.1	5.52	0.384	0.0261	0.0288
13	三疣梭子蟹	0.42	未检出	10.3	14.0	5.40	0.344	0.0152	0.317
14	三疣梭子蟹	1.36	未检出	15.1	20.1	7.25	0.508	0.0157	0.0204
15	三疣梭子蟹	2.39	0.0877	12.7	17.4	5.60	0.530	0.0220	0.109
18	三疣梭子蟹	1.49	0.112	15.2	17.7	6.98	0.546	0.0239	0.0880
19	三疣梭子蟹	2.50	0.102	9.59	26.00	5.46	0.289	0.0266	0.549
22	三疣梭子蟹	6.03	0.0815	9.69	13.0	5.13	0.332	0.0122	0.220
24	三疣梭子蟹	5.18	未检出	9.65	15.2	6.44	0.611	0.0172	0.0245
29	三疣梭子蟹	未检出	0.0685	7.53	14.1	5.40	0.528	0.0241	0.0371
35	三疣梭子蟹	2.39	未检出	9.93	14.7	6.82	0.193	0.0130	未检出

2) 秋季

从 2021 年 11 月游泳动物拖网渔获物中选取 38 个样品作为生物质量的检测对象。其中，鱼类样品 18 个，甲壳类样品 20 个（虾类 3 个和蟹类 18 个）。检测结果如下：

石油烃 生物体石油烃残留量介于 0.18~2.58 mg/kg，均值为 1.26 mg/kg，最高值出现在 35 号站的口虾蛄样品中。其中，鱼类样品石油烃平均残留量为 1.35 mg/kg，甲壳类样品石油烃残留量均值为 1.18 mg/kg。

铬 生物体铬残留量介于未检出(<0.05 mg/kg)~0.130 mg/kg，均值为 0.0470 mg/kg，最高值出现在 15 号站棘头梅童鱼样品中。其中，鱼类和甲壳类样品铬残留量均值分别为 0.0444 mg/kg 和 0.0505 mg/kg。

铜 生物体铜残留量介于 0.0960~23.7 mg/kg，均值为 4.41 mg/kg，最高值出

现在35号站的口虾蛄样品中。其中，鱼类样品铜残留量均值为0.237 mg/kg，远远低于甲壳类样品铜残留量均值（8.25 mg/kg）。

锌 生物体锌残留量介于2.58~28.0 mg/kg，均值为10.4 mg/kg，最高值出现在33号站的日本蟳样品中。其中，鱼类样品锌残留量均值为4.04 mg/kg，明显低于甲壳类样品锌残留量均值（16.4 mg/kg）。

砷 生物体砷残留量介于0.418~7.79 mg/kg，均值为3.11 mg/kg，最高值出现在33号站的日本蟳样品中。其中，鱼类样品砷残留量均值为1.54 mg/kg，明显低于甲壳类样品砷残留量均值（4.63 mg/kg）。

镉 生物体镉残留量介于0.0101~0.875 mg/kg，均值为0.200 mg/kg，最高值出现在35号站的口虾蛄样品中。其中，鱼类样品镉残留量均值为0.0176 mg/kg，明显低于甲壳类样品镉残留量均值（0.369 mg/kg）。

汞 生物体总汞残留量介于未检出（<0.0010 mg/kg）~0.0172 mg/kg，均值为0.00343 mg/kg，最高值出现在31号站的孔虾虎鱼样品中。其中，鱼类样品总汞残留量均值为0.00345 mg/kg，甲壳类样品总汞残留量均值为0.00343 mg/kg。

铅 生物体铅残留量介于未检出（<0.02 mg/kg）~0.819 mg/kg，均值为0.153 mg/kg，最高值出现在2号站的三疣梭子蟹样品中。其中，鱼类样品铅残留量均值为0.170 mg/kg，甲壳类样品铅残留量均值为0.136 mg/kg。

表 7.8-3 2021年11月海洋生物质量检测结果 单位：mg/kg

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
10	半滑舌鳎	0.79	0.0774	0.134	4.82	1.46	0.0101	0.00579	未检出
24	半滑舌鳎	1.97	未检出	0.247	2.58	1.57	0.0158	0.00382	0.0882
29	半滑舌鳎	0.97	未检出	0.281	5.94	4.33	0.0224	0.00742	0.216
2	鲳鱼	1.20	未检出	0.10	3.96	0.899	0.0165	0.003310	0.13800
13	鲳鱼	1.60	未检出	0.193	4.90	0.763	0.0125	0.00456	0.0453
5	棘头梅童鱼	1.13	0.0502	0.20	2.81	0.504	0.0145	0.00444	未检出
7	棘头梅童鱼	1.70	0.0563	0.36	3.8	0.674	0.0160	未检出	0.0520
9	棘头梅童鱼	1.28	0.0539	0.243	3.05	0.696	0.01600	未检出	0.0767
15	棘头梅童鱼	2.08	0.130	0.137	2.71	0.418	0.0207	0.00104	0.245
18	棘头梅童鱼	1.09	未检出	0.187	3.34	0.624	0.0188	0.00304	0.692
19	棘头梅童鱼	1.04	未检出	0.130	2.80	0.432	0.0113	0.00247	0.0887
20	棘头梅童鱼	1.40	未检出	0.483	5.08	0.740	0.0283	未检出	0.116
33	棘头梅童鱼	2.19	0.06070	0.3	4.3	0.786	0.0268	0.00101	0.6020
1	焦氏舌鳎	0.97	0.05410	0.16	3.3	3.09	0.014	未检出	0.2780
11	焦氏舌鳎	0.93	0.0672	0.293	4.13	2.88	0.0201	未检出	0.276
27	焦氏舌鳎	1.59	未检出	0.2	3.0	2.37	0.0108	0.00322	未检出
35	焦氏舌鳎	0.71	未检出	0.27	3.2	2.81	0.0193	0.00227	未检出
31	孔虾虎鱼	1.73	未检出	0.403	8.95	2.63	0.0232	0.017200	0.111
19	安氏白虾	1.08	未检出	6.44	11.2	2.54	0.280	0.00429	0.153

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
1	葛氏长臂虾	0.42	0.0578	4.750	11.40	5.03	0.1440	0.0011	0.031
7	葛氏长臂虾	1.04	0.086	3.190	8.42	3.34	0.0679	0.004640	未检出
15	葛氏长臂虾	0.65	未检出	3.83	12.0	5.11	0.0843	未检出	未检出
22	葛氏长臂虾	0.41	未检出	6.78	11.3	5.96	0.168	0.00813	0.0467
27	葛氏长臂虾	1.83	未检出	4.220	10.90	5.27	0.09220	未检出	0.0593
35	口虾蛄	2.58	未检出	23.700	18.10	4.24	0.8750	0.00314	0.0573
33	日本蟳	1.65	未检出	19.70	28.0	7.79	0.307	0.00257	0.054
2	三疣梭子蟹	1.45	未检出	7.6900	21.40	5.69	0.376	0.00544	0.819
3	三疣梭子蟹	1.12	未检出	10.00	19.5	5.20	0.394	0.00134	0.04
5	三疣梭子蟹	2.55	0.0875	8.120	12.60	3.42	0.473	0.00105	未检出
9	三疣梭子蟹	1.72	0.1090	6.290	15.50	3.85	0.408	0.00191	0.0861
10	三疣梭子蟹	1.28	0.0777	7.24	16.00	3.82	0.348	0.00235	0.0692
11	三疣梭子蟹	0.18	0.0732	8.71	19.0	3.57	0.257	0.00519	0.0304
13	三疣梭子蟹	1.98	0.0732	7.77	15.7	3.75	0.564	0.00370	0.0401
14	三疣梭子蟹	0.76	未检出	6.68	20.4	4.28	0.334	0.00339	0.457
18	三疣梭子蟹	0.59	未检出	7.25	17.6	4.19	0.432	0.00329	0.0244
20	三疣梭子蟹	0.65	0.120	7.27	19.1	5.45	0.649	0.00200	0.630
24	三疣梭子蟹	0.38	未检出	7.31	17.0	4.75	0.667	0.00693	0.0756
29	三疣梭子蟹	1.09	未检出	6.64	16.8	3.30	0.362	0.00682	0.0367

(2) 2020 年调查

1) 春季

从 2020 年 4 月游泳动物拖网渔获物中选取 29 个样品作为生物质量的检测对象。其中，鱼类样品 11 个，甲壳类样品 18 个。检测结果如下：

石油烃 生物体石油烃残留量介于 2.4~11.2 mg/kg，均值为 6.34 mg/kg，最高值出现在 26 号站的日本蟳样品中。其中，鱼类样品石油烃平均残留量为 3.97 mg/kg，甲壳类样品石油烃残留量均值为 7.78 mg/kg。

铬 生物体铬残留量介于 0.064~0.45 mg/kg，均值为 0.23 mg/kg，最高值出现在 35 号站三疣梭子蟹样品中。其中，鱼类样品铬残留量均值为 0.16 mg/kg，甲壳类样品铬残留量均值为 0.28 mg/kg。

铜 生物体铜残留量介于 0.12~8.01 mg/kg，均值为 3.33 mg/kg，最高值出现在 31 号站的日本蟳样品中。其中，鱼类样品铜残留量均值为 0.475 mg/kg，远低于甲壳类样品铜残留量均值（5.08 mg/kg）。

锌 生物体锌残留量介于 1.2~26.3 mg/kg，均值为 14.0 mg/kg，最高值出现在 8 号站的日本蟳样品中。其中，鱼类样品锌残留量均值为 4.11 mg/kg，明显低于甲壳类样品锌残留量均值（20.04 mg/kg）。

砷 生物体砷残留量介于 0.18~1.86 mg/kg，均值为 1.04 mg/kg，最高值出现在 8 号站的日本蟳样品中。其中，鱼类样品砷残留量均值为 0.28 mg/kg，甲壳类样品砷残留量均值为 1.50 mg/kg。

镉 生物体镉残留量介于0.06~0.26 mg/kg，均值为0.116 mg/kg，最高值出现在43号站的三疣梭子蟹样品中。其中，鱼类样品镉残留量均值为0.081 mg/kg，低于甲壳类样品镉残留量均值（0.137 mg/kg）。

汞 生物体总汞残留量介于0.0098~0.0732 mg/kg，均值为0.0439 mg/kg，最高值出现在8号站的日本蟳样品中。其中，鱼类样品总汞残留量均值为0.0220 mg/kg，甲壳类样品总汞残留量均值为0.0573 mg/kg。

铅 生物体铅残留量介于未检出（<0.02 mg/kg）~0.132 mg/kg，均值为 0.054 mg/kg，最高值出现在 19 号站的三疣梭子蟹样品中。其中，鱼类样品铅残留量均值为 0.025 mg/kg，甲壳类样品铅残留量均值为 0.072 mg/kg。

表 7.8-4 2020 年 4 月海洋生物质量检测结果 单位：mg/kg

种类	种名	站位	铜	铅	锌	镉	汞	砷	铬	石油烃
			mg/kg							
鱼类	刀鲚	1	0.12	0.018	2.1	0.060	0.0192	0.18	0.214	2.4
	刀鲚	18	0.23	0.035	3.4	0.073	0.0254	0.25	0.202	2.6
	刀鲚	48	0.40	0.052	5.2	0.073	0.0421	0.33	0.238	4.8
	凤鲚	14	0.20	0.020	1.4	0.064	0.0189	0.20	0.278	3.7
	棘头梅童鱼	4	0.13	0.023	2.3	0.066	0.0098	0.23	0.118	3.9
	棘头梅童鱼	6	0.17	0.025	1.7	0.067	0.0114	0.21	0.140	4.1
	棘头梅童鱼	40	0.19	0.032	1.2	0.072	0.0156	0.20	0.197	5.2
	鲷鱼	21	1.06	0.017	5.7	0.092	0.0265	0.36	0.092	4.1
	鲷鱼	22	0.86	0.027	6.6	0.087	0.0291	0.34	0.064	5.3
	鲷鱼	38	0.84	0.011	9.1	0.128	0.0236	0.43	0.075	3.4
	鲷鱼	45	1.03	0.012	6.5	0.109	0.0203	0.38	0.090	4.2
	日本蟳	8	6.70	0.044	26.3	0.126	0.0732	1.86	0.199	7.4
	日本蟳	10	7.51	0.051	20.6	0.116	0.0664	1.57	0.232	6.1
	日本蟳	26	6.81	0.055	21.8	0.074	0.0582	1.43	0.207	11.2
	日本蟳	31	8.01	0.040	19.9	0.120	0.0614	1.63	0.231	5.2
蟹类	三疣梭子蟹	12	4.19	0.071	20.0	0.107	0.0714	1.43	0.256	8.8
	三疣梭子蟹	13	4.36	0.066	21.5	0.102	0.0672	1.38	0.271	6.7
	三疣梭子蟹	16	4.01	0.102	18.6	0.118	0.0533	1.48	0.234	6.0
	三疣梭子蟹	19	4.38	0.132	17.5	0.123	0.0616	1.30	0.321	8.9
	三疣梭子蟹	23	4.40	0.092	20.0	0.126	0.0468	1.65	0.282	9.1
	三疣梭子蟹	25	5.39	0.080	17.6	0.120	0.0454	1.48	0.251	7.6
	三疣梭子蟹	28	4.59	0.065	20.9	0.139	0.0521	1.70	0.314	8.3
	三疣梭子蟹	30	5.07	0.069	16.7	0.116	0.0470	1.51	0.272	6.6
	三疣梭子蟹	33	4.92	0.078	22.0	0.146	0.0547	1.30	0.220	7.3
	三疣梭子蟹	34	4.33	0.067	23.3	0.179	0.0683	1.65	0.333	8.1
	三疣梭子蟹	35	6.32	0.053	25.2	0.141	0.0501	1.44	0.450	6.7
	三疣梭子蟹	41	3.46	0.078	15.2	0.164	0.0458	1.25	0.307	8.1
	三疣梭子蟹	43	3.10	0.091	17.5	0.260	0.0573	1.43	0.290	10.2
	三疣梭子蟹	46	3.83	0.067	16.1	0.189	0.0504	1.55	0.276	7.8

2) 秋季

从 2020 年 10 月游泳动物拖网渔获物中选取 29 个样品作为生物质量的检测对象。其中，鱼类样品 25 个，甲壳类样品 4 个。检测结果如下：

石油烃 生物体石油烃残留量介于 12.2~21.5 mg/kg，均值为 16.4 mg/kg，最高值出现在 25 号站的刀鲚样品中。其中，鱼类样品石油烃平均残留量为 16.3 mg/kg，甲壳类样品石油烃残留量均值为 16.9 mg/kg。

铬 生物体铬残留量介于（0.031~1.307 mg/kg，均值为0.2526 mg/kg，最高值出现在22号站棘头梅童鱼样品中。其中，鱼类和甲壳类样品铬残留量均值分别为0.2597 mg/kg和0.2078 mg/kg。

铜 生物体铜残留量介于未检出（<0.08 mg/kg）~38.76 mg/kg，均值为4.10 mg/kg，最高值出现在34号站的拟穴青蟹样品中。其中，鱼类样品铜残留量均值为0.471 mg/kg，远低于甲壳类样品铜残留量均值（25.89 mg/kg）。

锌 生物体锌残留量介于3.05~43.93 mg/kg，均值为10.55 mg/kg，最高值出现在19号站的拟穴青蟹样品中。其中，鱼类样品锌残留量均值为6.45 mg/kg，明显低于甲壳类样品锌残留量均值（36.16 mg/kg）。

砷 生物体砷残留量介于未检出（<0.04 mg/kg）~1.46 mg/kg，均值为0.27 mg/kg，最高值出现在10号站的刀鲚样品中。其中，鱼类样品砷残留量均值为0.23 mg/kg，甲壳类样品砷残留量均值为0.52 mg/kg。

镉 生物体镉残留量介于0.034~0.413 mg/kg，均值为0.115 mg/kg，最高值出现在33号站的三疣梭子蟹样品中。其中，鱼类样品镉残留量均值为0.092 mg/kg，明显低于甲壳类样品镉残留量均值（0.255 mg/kg）。

汞 生物体总汞残留量介于0.005~0.298 mg/kg，均值为0.0316 mg/kg，最高值出现在35号站的鲳鱼样品中。其中，鱼类样品总汞残留量均值为0.0337 mg/kg，甲壳类样品总汞残留量均值为0.0143 mg/kg。

铅 生物体铅残留量介于 0.024~0.596 mg/kg，均值为 0.201 mg/kg，最高值出现在 26 号站的银鲳样品中。其中，鱼类样品铅残留量均值为 0.20 mg/kg，甲壳类样品铅残留量均值为 0.213 mg/kg。

表 7.8-5 2020年10月海洋生物质量检测结果 单位：mg/kg

种类	种名	站位	铜	铅	镉	锌	汞	砷	铬	石油烃
			鲜重：mg/kg							
鱼类	棘头梅童鱼	1	0.23	0.031	0.054	4.02	0.009	0.06	0.097	15.1
	棘头梅童鱼	6	0.34	0.163	0.050	4.45	0.015	0.11	0.347	14.7
	棘头梅童鱼	13	0.57	0.383	0.123	7.61	0.025	ND	0.465	15.3
	棘头梅童鱼	16	1.18	0.495	0.119	16.75	0.047	0.16	0.047	13.9
	棘头梅童鱼	21	0.70	0.277	0.086	10.41	0.049	0.06	0.131	18.0
	棘头梅童鱼	22	0.44	0.064	0.119	8.79	0.018	0.07	1.307	15.5

	棘头梅童鱼	23	0.30	0.024	0.067	4.75	0.009	0.05	0.112	15.4
	棘头梅童鱼	28	0.28	0.176	0.051	4.27	0.009	0.09	0.499	15.4
	棘头梅童鱼	38	0.18	0.248	0.062	4.54	0.010	0.11	0.096	15.3
	棘头梅童鱼	40	0.08	0.122	0.056	3.95	0.005	0.04	0.031	16.6
	龙头鱼	4	0.41	0.233	0.050	4.01	0.005	0.05	0.150	17.9
	龙头鱼	18	0.44	0.035	0.090	5.01	0.010	0.06	0.066	17.4
	刀鲚	10	0.19	0.281	0.034	4.05	0.016	1.46	0.672	21.3
	刀鲚	12	0.44	0.096	0.124	9.08	0.079	0.07	0.069	18.9
	刀鲚	25	0.48	0.275	0.102	8.48	0.025	0.64	0.093	21.5
	刀鲚	30	0.61	0.112	0.099	5.34	0.027	0.44	0.131	13.4
	鲞鱼	14	0.15	0.081	0.049	5.23	0.006	0.09	0.860	19.2
	鲞鱼	31	0.22	0.214	0.123	3.74	0.022	<0.04	0.602	15.4
	鲞鱼	35	2.58	0.346	0.208	11.83	0.298	0.32	0.229	15.0
	鲞鱼	41	<0.08	0.312	0.087	3.90	0.005	0.06	0.049	14.3
	鲞鱼	43	0.69	0.102	0.241	9.69	0.060	0.82	0.063	15.7
	鲞鱼	45	0.15	0.075	0.063	3.05	0.010	0.12	0.099	15.0
	鲞鱼	46	0.21	0.061	0.069	4.58	0.043	0.13	0.114	15.7
	鲞鱼	48	0.17	0.187	0.064	3.22	0.019	0.23	0.033	14.2
	银鲳	26	0.27	0.596	0.119	10.42	0.021	0.05	0.131	17.6
蟹类	日本蟳	8	26.01	0.198	0.251	23.97	0.015	0.57	0.321	12.2
	拟穴青蟹	19	32.35	0.130	0.241	43.93	0.008	0.77	0.173	18.4
	拟穴青蟹	34	38.76	0.280	0.113	43.74	0.011	0.54	0.036	19.7
	三疣梭子蟹	33	6.44	0.243	0.413	32.99	0.017	0.19	0.301	17.4

7.8.2 生物质量现状评价

7.8.2.1 评价标准和方法

鱼类和甲壳类重金属评价标准依据《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，石油烃评价标准依据《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册），对湿样中各要素的含量（鲜重）进行分析评价，标准限值见表 7.8-6。湿样样品含量=干样样品含量×（1-含水率）。

表 7.8-6 海洋生物质量标准值（鲜重）（单位：mg/kg）

项目	贝类*			软体动物**	甲壳类**	鱼类**
	一类标准	二类标准	三类标准			
铬≤	0.5	2.0	6.0	5.5	1.5	1.5
铜≤	10	25	50	100	100	20
锌≤	20	50	100	250	150	40
砷≤	1.0	5.0	8.0	10	8	5
镉≤	0.2	2.0	5.0	5.5	2.0	0.6
总汞≤	0.05	0.10	0.30	0.3	0.2	0.3
铅≤	0.1	2.0	6.0	10	2.0	2.0
石油类	15	50	80	20	20	20

注：*引用《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的标准。

**引用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的标准，石油类引用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的标准。

生物质量要素采用单因子评价方法，计算模式为：

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

式中： P_i —第 i 项污染因子的标准数值；

C_i —第 i 项污染因子的实测浓度；

S_i —第 i 项污染因子的评价标准值。

超标率：超标率=超标样品个数/总监测样品个数×100%。

7.8.2.2 调查及评价结果

(1) 2021 年调查

1) 春季

对调查海域的鱼类和甲壳类海洋生物质量（鲜重）进行单因子评价，评价指数和超标率如表 7.8-7 所示。本次获取的海洋生物中，除个别样品中砷超标，超标率 2.44%外，其余指标均未超标。

表 7.8-7 2021 年 4 月海洋生物质量单项指数评价结果

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
2	凤鲚	0.22	0.02	0.05	0.20	0.54	0.09	0.05	0.01
15	凤鲚	0.08	0.05	0.04	0.23	0.53	0.07	0.04	0.03
19	凤鲚	0.14	0.06	0.08	0.28	0.53	0.15	0.03	0.02
33	凤鲚	0.05	0.04	0.03	0.27	0.41	0.07	0.04	0.01
35	凤鲚	0.19	0.10	0.06	0.32	0.53	0.11	0.04	0.08
27	黄鲫	0.22	0.02	0.04	0.20	0.62	0.05	0.13	0.04
29	黄鲫	0.21	0.05	0.06	0.13	0.62	0.10	0.07	0.59
1	焦氏舌鳎	0.18	0.04	0.02	0.10	0.58	0.03	0.07	0.02
7	焦氏舌鳎	0.06	0.05	0.05	0.10	0.60	0.06	0.08	0.06
10	焦氏舌鳎	0.16	0.04	0.03	0.13	0.54	0.04	0.13	0.02
11	焦氏舌鳎	0.65	0.08	0.03	0.20	0.39	0.05	0.10	0.04
20	宽体舌鳎	0.08	0.05	0.01	0.05	0.63	0.00	0.06	0.08
3	拉氏狼牙虾虎鱼	0.09	0.05	0.03	0.16	0.31	0.04	0.06	0.04
13	龙头鱼	0.04	0.04	0.02	0.10	0.29	0.06	0.02	0.02
18	龙头鱼	0.05	0.02	0.03	0.07	0.25	0.11	0.02	0.02
24	龙头鱼	0.10	0.04	0.04	0.10	0.37	0.10	0.03	0.02
27	龙头鱼	0.05	0.02	0.02	0.08	0.29	0.05	0.02	0.04
33	龙头鱼	0.04	0.02	0.03	0.11	0.26	0.11	0.03	0.01
22	银鲳	0.03	0.04	0.03	0.13	0.31	0.06	0.04	0.01
31	银鲳	0.05	0.02	0.01	0.07	0.30	0.02	0.06	0.01
5	安氏白虾	0.20	0.02	0.09	0.06	0.58	0.21	0.02	0.01
14	安氏白虾	0.14	0.02	0.05	0.05	0.61	0.12	0.01	0.04
20	口虾蛄	0.16	0.05	0.07	0.07	0.50	0.46	0.03	0.02
31	日本蟳	0.02	0.02	0.09	0.14	0.79	0.06	0.09	0.01
1	三疣梭子蟹	0.01	0.02	0.09	0.10	0.62	0.32	0.08	0.02
2	三疣梭子蟹	0.07	0.06	0.11	0.09	1.09	0.27	0.10	0.05
3	三疣梭子蟹	0.07	0.03	0.07	0.09	0.64	0.21	0.09	0.01
5	三疣梭子蟹	0.05	0.02	0.14	0.10	0.86	0.25	0.07	0.03

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
7	三疣梭子蟹	0.16	0.06	0.11	0.12	0.65	0.25	0.11	0.02
9	三疣梭子蟹	0.12	0.02	0.08	0.16	0.53	0.26	0.08	0.01
10	三疣梭子蟹	0.10	0.08	0.07	0.10	0.47	0.18	0.16	0.14
11	三疣梭子蟹	0.12	0.02	0.10	0.13	0.69	0.19	0.13	0.01
13	三疣梭子蟹	0.02	0.02	0.10	0.09	0.68	0.17	0.08	0.16
14	三疣梭子蟹	0.07	0.02	0.15	0.13	0.91	0.25	0.08	0.01
15	三疣梭子蟹	0.12	0.06	0.13	0.12	0.70	0.27	0.11	0.05
18	三疣梭子蟹	0.07	0.07	0.15	0.12	0.87	0.27	0.12	0.04
19	三疣梭子蟹	0.13	0.07	0.10	0.17	0.68	0.14	0.13	0.27
22	三疣梭子蟹	0.30	0.05	0.10	0.09	0.64	0.17	0.06	0.11
24	三疣梭子蟹	0.26	0.02	0.10	0.10	0.81	0.31	0.09	0.01
29	三疣梭子蟹	0.01	0.05	0.08	0.09	0.68	0.26	0.12	0.02
35	三疣梭子蟹	0.12	0.02	0.10	0.10	0.85	0.10	0.07	0.01
超标样品数		0	0	0	0	1	0	0	0
超标百分比 (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	0.00	0.00	0.00

2) 秋季

对调查海域的鱼类和甲壳类海洋生物质量（鲜重）进行单因子评价，评价指数和超标率如表 7.8-8 所示。本航次样品石油烃、铬、铜、锌、砷、镉、汞和铅残留量全部符合《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》中的参考值。

表 7.8-8 调查海域秋季海洋生物质量评价结果

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
10	半滑舌鳎	0.04	0.05	0.01	0.12	0.29	0.02	0.02	—
24	半滑舌鳎	0.10	—	0.01	0.06	0.31	0.03	0.01	0.04
29	半滑舌鳎	0.05	—	0.01	0.15	0.87	0.04	0.02	0.11
2	鲳鱼	0.06	—	0.00	0.10	0.18	0.03	0.01	0.07
13	鲳鱼	0.08	—	0.01	0.12	0.15	0.02	0.02	0.02
5	棘头梅童鱼	0.06	0.03	0.01	0.07	0.10	0.02	0.01	—
7	棘头梅童鱼	0.08	0.04	0.02	0.09	0.13	0.03	—	0.03
9	棘头梅童鱼	0.06	0.04	0.01	0.08	0.14	0.03	—	0.04
15	棘头梅童鱼	0.10	0.09	0.01	0.07	0.08	0.03	0.00	0.12
18	棘头梅童鱼	0.05	—	0.01	0.08	0.12	0.03	0.01	0.35
19	棘头梅童鱼	0.05	—	0.01	0.07	0.09	0.02	0.01	0.04
20	棘头梅童鱼	0.07	—	0.02	0.13	0.15	0.05	—	0.06
33	棘头梅童鱼	0.11	0.04	0.01	0.11	0.16	0.04	0.00	0.30
1	焦氏舌鳎	0.05	0.04	0.01	0.08	0.62	0.02	—	0.14
11	焦氏舌鳎	0.05	0.04	0.01	0.10	0.58	0.03	—	0.14
27	焦氏舌鳎	0.08	—	0.01	0.07	0.47	0.02	0.01	—
35	焦氏舌鳎	0.04	—	0.01	0.08	0.56	0.03	0.01	—
31	孔虾虎鱼	0.09	—	0.02	0.22	0.53	0.04	0.06	0.06
19	安氏白虾	0.05	—	0.06	0.07	0.32	0.14	0.02	0.08
1	葛氏长臂虾	0.02	0.04	0.05	0.08	0.63	0.07	0.01	0.02
7	葛氏长臂虾	0.05	0.06	0.03	0.06	0.42	0.03	0.02	—
15	葛氏长臂虾	0.03	—	0.04	0.08	0.64	0.04	—	—
22	葛氏长臂虾	0.02	—	0.07	0.08	0.75	0.08	0.04	0.02
27	葛氏长臂虾	0.09	—	0.04	0.07	0.66	0.05	—	0.03
35	口虾蛄	0.13	—	0.24	0.12	0.53	0.44	0.02	0.03
33	日本蟳	0.08	—	0.20	0.19	0.97	0.15	0.01	0.03

站位	种类	石油烃	铬	铜	锌	砷	镉	汞	铅
2	三疣梭子蟹	0.07	—	0.08	0.14	0.71	0.19	0.03	0.41
3	三疣梭子蟹	0.06	—	0.10	0.13	0.65	0.20	0.01	0.02
5	三疣梭子蟹	0.13	0.06	0.08	0.08	0.43	0.24	0.01	—
9	三疣梭子蟹	0.09	0.07	0.06	0.10	0.48	0.20	0.01	0.04
10	三疣梭子蟹	0.06	0.05	0.07	0.11	0.48	0.17	0.01	0.03
11	三疣梭子蟹	0.01	0.05	0.09	0.13	0.45	0.13	0.03	0.02
13	三疣梭子蟹	0.10	0.05	0.08	0.10	0.47	0.28	0.02	0.02
14	三疣梭子蟹	0.04	—	0.07	0.14	0.54	0.17	0.02	0.23
18	三疣梭子蟹	0.03	—	0.07	0.12	0.52	0.22	0.02	0.01
20	三疣梭子蟹	0.03	0.08	0.07	0.13	0.68	0.32	0.01	0.32
24	三疣梭子蟹	0.02	—	0.07	0.11	0.59	0.33	0.03	0.04
29	三疣梭子蟹	0.05	—	0.07	0.11	0.41	0.18	0.03	0.02
超标样品数		0	0	0	0	0	0	0	0
超标百分比 (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：“—”代表未检出不做评价

(2) 2020 年调查

1) 春季

对调查海域的鱼类和甲壳类海洋生物质量（鲜重）进行单因子评价，评价指数和超标率如表 7.8-9 所示。本航次样品石油烃、铬、铜、锌、砷、镉、汞和铅残留量全部符合《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》中的参考值。

表 7.8-9 2020 年 4 月海洋生物质量单项指数评价结果

种类	种名	站位	铜	铅	锌	镉	汞	砷	铬	石油烃
鱼类	刀鲚	1	0.01	0.01	0.05	0.10	0.06	0.04	0.14	0.12
	刀鲚	18	0.01	0.02	0.09	0.12	0.08	0.05	0.13	0.13
	刀鲚	48	0.02	0.03	0.13	0.12	0.14	0.07	0.16	0.24
	凤鲚	14	0.01	0.01	0.04	0.11	0.06	0.04	0.19	0.19
	棘头梅童鱼	4	0.01	0.01	0.06	0.11	0.03	0.05	0.08	0.20
	棘头梅童鱼	6	0.01	0.01	0.04	0.11	0.04	0.04	0.09	0.21
	棘头梅童鱼	40	0.01	0.02	0.03	0.12	0.05	0.04	0.13	0.26
	鲢鱼	21	0.05	0.01	0.14	0.15	0.09	0.07	0.06	0.21
	鲢鱼	22	0.04	0.01	0.17	0.15	0.10	0.07	0.04	0.27
	鲢鱼	38	0.04	0.01	0.23	0.21	0.08	0.09	0.05	0.17
	鲢鱼	45	0.05	0.01	0.16	0.18	0.07	0.08	0.06	0.21
蟹类	日本蟳	8	0.07	0.02	0.18	0.06	0.37	0.37	0.13	0.37
	日本蟳	10	0.08	0.03	0.14	0.06	0.33	0.31	0.15	0.31
	日本蟳	26	0.07	0.03	0.15	0.04	0.29	0.29	0.14	0.56
	日本蟳	31	0.08	0.02	0.13	0.06	0.31	0.33	0.15	0.26
	三疣梭子蟹	12	0.04	0.04	0.13	0.05	0.36	0.29	0.17	0.44
	三疣梭子蟹	13	0.04	0.03	0.14	0.05	0.34	0.28	0.18	0.34
	三疣梭子蟹	16	0.04	0.05	0.12	0.06	0.27	0.30	0.16	0.30
	三疣梭子蟹	19	0.04	0.07	0.12	0.06	0.31	0.26	0.21	0.45
	三疣梭子蟹	23	0.04	0.05	0.13	0.06	0.23	0.33	0.19	0.46
	三疣梭子蟹	25	0.05	0.04	0.12	0.06	0.23	0.30	0.17	0.38
	三疣梭子蟹	28	0.05	0.03	0.14	0.07	0.26	0.34	0.21	0.42
	三疣梭子蟹	30	0.05	0.03	0.11	0.06	0.24	0.30	0.18	0.33
	三疣梭子蟹	33	0.05	0.04	0.15	0.07	0.27	0.26	0.15	0.37

	三疣梭子蟹	34	0.04	0.03	0.16	0.09	0.34	0.33	0.22	0.41
	三疣梭子蟹	35	0.06	0.03	0.17	0.07	0.25	0.29	0.3	0.34
	三疣梭子蟹	41	0.03	0.04	0.10	0.08	0.23	0.25	0.2	0.41
	三疣梭子蟹	43	0.03	0.05	0.12	0.13	0.29	0.29	0.19	0.51
	三疣梭子蟹	46	0.04	0.03	0.11	0.09	0.25	0.31	0.18	0.39
超标样品数			0	0	0	0	0	0	0	0
超标百分比 (%)			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2) 秋季

对调查海域的鱼类和甲壳类海洋生物质量（鲜重）进行单因子评价，评价指数和超标率如表 7.8-10 所示。本次获取的海洋生物中，除个别样品中石油烃超标，超标率 6.90%外，其余指标均未超标。

表7.8-10 调查海域秋季海洋生物质量评价结果

种类	种名	站位	铜	铅	镉	锌	汞	砷	铬	石油烃
鱼类	棘头梅童鱼	1	0.01	0.02	0.09	0.10	0.03	0.01	0.06	0.76
	棘头梅童鱼	6	0.02	0.08	0.08	0.11	0.05	0.02	0.23	0.74
	棘头梅童鱼	13	0.03	0.19	0.20	0.19	0.08	—	0.31	0.77
	棘头梅童鱼	16	0.06	0.25	0.20	0.42	0.16	0.03	0.03	0.70
	棘头梅童鱼	21	0.04	0.14	0.14	0.26	0.16	0.01	0.09	0.90
	棘头梅童鱼	22	0.02	0.03	0.20	0.22	0.06	0.01	0.87	0.78
	棘头梅童鱼	23	0.02	0.01	0.11	0.12	0.03	0.01	0.07	0.77
	棘头梅童鱼	28	0.01	0.09	0.09	0.11	0.03	0.02	0.33	0.77
	棘头梅童鱼	38	0.01	0.12	0.10	0.11	0.03	0.02	0.06	0.77
	棘头梅童鱼	40	0.004	0.06	0.09	0.10	0.02	0.01	0.02	0.83
	龙头鱼	4	0.02	0.12	0.08	0.10	0.02	0.01	0.10	0.90
	龙头鱼	18	0.02	0.02	0.15	0.13	0.03	0.01	0.04	0.87
	刀鲚	10	0.01	0.14	0.06	0.10	0.05	0.29	0.45	1.07
	刀鲚	12	0.02	0.05	0.21	0.23	0.26	0.01	0.05	0.95
	刀鲚	25	0.02	0.14	0.17	0.21	0.08	0.13	0.06	1.08
	刀鲚	30	0.03	0.06	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.67
	鲢鱼	14	0.01	0.04	0.08	0.13	0.02	0.02	0.57	0.96
	鲢鱼	31	0.01	0.11	0.20	0.09	0.07	—	0.40	0.77
	鲢鱼	35	0.13	0.17	0.35	0.30	0.99	0.06	0.15	0.75
	鲢鱼	41	—	0.16	0.14	0.10	0.02	0.01	0.03	0.72
	鲢鱼	43	0.03	0.05	0.40	0.24	0.20	0.16	0.04	0.79
	鲢鱼	45	0.01	0.04	0.10	0.08	0.03	0.02	0.07	0.75
	鲢鱼	46	0.01	0.03	0.12	0.11	0.14	0.03	0.08	0.79
	鲢鱼	48	0.01	0.09	0.11	0.08	0.06	0.05	0.02	0.71
	银鲳	26	0.01	0.30	0.20	0.26	0.07	0.01	0.09	0.88
蟹类	日本蟳	8	0.26	0.10	0.13	0.16	0.07	0.11	0.21	0.61
	拟穴青蟹	19	0.32	0.07	0.12	0.29	0.04	0.15	0.12	0.92
	拟穴青蟹	34	0.39	0.14	0.06	0.29	0.05	0.11	0.02	0.99
	三疣梭子蟹	33	0.06	0.12	0.21	0.22	0.09	0.04	0.20	0.87
超标样品数			0	0	0	0	0	0	0	2
超标百分比 (%)			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.90

注：“—”代表未检出不做评价

7.9 渔业资源现状调查与评价

7.9.1 站位布设

春季和秋季共布设渔业资源（游泳动物和鱼卵仔鱼）调查站位 29 个，具体经纬度及位置见表 7.5-2 和图 7.5-2。

7.9.2 调查时间与调查频率

渔业资源调查分春秋两季，春季渔业资源调查时间为调查时间为 2020 年 4 月 19~26 日，秋季调查时间为 2020 年 10 月 16~26 日。

7.9.3 调查内容及分析方法

7.9.3.1 调查内容

调查内容包括鱼卵和仔稚鱼种类组成、数量分布和优势种，渔获物种类组成、小时渔获、资源密度、优势种及多样性。

7.9.3.2 调查方法

按照《海洋渔业资源调查规范》和《海洋调查规范》的要求，采用单拖网调查（网口有效宽度为 8 m）。

拖网拖曳时间以拖网着底或纲拉紧时为起始时间，至起网收纳时为结束时间来计算，每站作业时间为 0.5 h，拖速为 2.5 节左右。

对渔获物进行分物种渔获重量和尾数统计，记录网产量、拖网时间、船速等，并对每个物种进行现场生物学测定（体长、体重、成幼体等）。疑难样品用甲醛固定保存后带回实验室分析鉴定。

各项目调查与分析方法按 GB17378.7《海洋监测规范》中的“近海污染生态调查和生物监测”及 GB12763.6《海洋调查规程》中“海洋生物调查”的有关要求进行。资源密度的计算执行中华人民共和国水产行业标准（SC/T9110-2007）。对全部渔获物进行分种类渔获重量和尾数统计。

7.9.3.3 分析方法

（1）鱼卵仔鱼

计算单位体积鱼卵、仔稚鱼分布密度。

$$V = \frac{N}{S \times L} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V ——鱼卵、仔稚鱼分布密度，单位为个每立方米（个/ m^3 ）、尾每立方米（尾/ m^3 ）；

N ——每网鱼卵、仔稚鱼数量，单位为（个、尾）；

S ——网口面积，单位为平方米（ m^2 ）；

L ——绳长，单位为米（ m ）。

（2）游泳动物

调查水域各调查站现存相对资源密度（生物量、丰度）的估算采用面积法，依各站拖网渔获量(生物量、丰度)值和拖网扫海面积来估算，计算式为：

$$D = C/q \times a \dots\dots\dots (2)$$

式中： D 为渔业资源密度，表示尾数密度时，单位为，尾/ km^2 ，表示重量密度时为 kg/km^2 ； C 为平均每小时拖网渔获量，单位为尾/网.h 或 $kg/网.h$ ； a 为每小时网具取样面积，单位为 $km^2/网.h$ ；调查所使用网具水平扩张 10m，每站拖曳 0.5 小时，拖速为 2.5 节左右； q 为网具捕获率。

Shannon-Wiener 多样性指数，计算式如下：

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i \dots\dots\dots (3)$$

式中： H' -物种的多样性指数； S -样品中的种类总数；当表示尾数多样性时， P_i -第 i 种的个体数(n_i)与总个体(N)之比值；当表示重量多样性时， P_i -第 i 种的重重量(w_i)与总重量(W)之比值。

丰度：表示群落中种类丰富度的指数，计算公式如下：

$$d = \frac{S-1}{\log_2 N} \dots\dots\dots (4)$$

式中： d —丰度； S -样品中的种类总数； N -总个体数或总重量。

均匀度：反映群落生物种数的均匀程度，计算公式如下：

$$J = \frac{H'}{\log_2 s} \dots\dots\dots (5)$$

式中： H' -物种的多样性指数； S -样品中的种类总数。

表 7.9-1 多样性指数分级评价标准

指数范围	级别	评价状态
$H' > 3$	丰富	物种种类丰富，个体分布均匀
$2 < H' \leq 3$	较丰富	物种丰富度较高，个体分布比较均匀
$1 < H' \leq 2$	一般	物种丰富度较低，个体分布比较均匀
$0 < H' \leq 1$	贫乏	物种丰富度低，个体分布不均匀
$H' = 0$	极贫乏	物种单一，多样性基本丧失

7.9.3.4 鱼卵、仔稚鱼调查结果

1、春季

1) 种类组成

本次调查垂直拖网所采集并鉴定到的鱼卵 3 目 4 科 4 种 5 粒,仔稚鱼共 3 目 5 科 5 种 11 尾。鱼卵种类最多的为中华小公鱼，仔稚鱼种类最多的为大黄鱼和鲢，详见表 7.9-2。

表7.9-2 调查海域春季鱼卵、仔稚鱼名录

序号	种类	学名	发育阶段		出现号站位
			鱼卵	仔稚鱼	
一	鲈形目	Perciformes			
(一)	石首鱼科	Sciaenidae			
1	大黄鱼	<i>Larimichthys crocea</i>	√	√	30、31、41、43
(二)	鰕鳃鱼科	Gobiidae			
2	鰕鳃鱼属	<i>Gobiidae</i> sp.		√	13、41
二	鲷形目	Mugiliformes			
(三)	鲷科	Mugilidae			
3	鲷	<i>Liza haematocheila</i>		√	19、38、41
三	鲽形目	Pleuronectiformes			
(四)	鲽科	Bothidae			
4	鲽科属	<i>Bothidae</i> sp.	√		46
四	鲱形目	Clupeiformes			
(五)	鲱科	Engraulidae			
5	中华小公鱼	<i>Stolephorus chinensis</i>	√	√	16、18、40、45
(六)	鲱科	Clupeidae			
6	鳙鱼	<i>Ilisha elongata</i>	√	√	43、48

2) 密度分布

调查海域春季鱼卵、仔稚鱼密度分布详见表 7.9-3。鱼卵密度在 0-0.50 尾/ m^3 之间，平均值为 0.07 尾/ m^3 。仔稚鱼密度在 0-1.50 尾/ m^3 之间，平均值为 0.17 尾/ m^3 。

表7.9-3 调查海域春季鱼卵、仔稚鱼密度分布（垂直拖网）

站位	鱼卵 (粒/m ³)	鱼卵 (粒/网)	仔稚鱼 (尾/m ³)	仔稚鱼 (尾/网)
1	0.00	0	0.00	0
4	0.00	0	0.00	0
6	0.00	0	0.00	0
8	0.00	0	0.00	0
10	0.00	0	0.00	0
12	0.00	0	0.00	0
13	0.00	0	0.71	1
14	0.00	0	0.00	0
16	0.50	1	0.00	0
18	0.00	0	0.38	1
19	0.00	0	0.45	1
21	0.00	0	0.00	0
22	0.00	0	0.00	0
23	0.00	0	0.00	0
25	0.00	0	0.00	0
26	0.00	0	0.00	0
28	0.00	0	0.00	0
30	0.00	0	0.42	1
31	0.42	1	0.00	0
33	0.00	0	0.00	0
34	0.00	0	0.00	0
35	0.00	0	0.00	0
38	0.00	0	0.42	1
40	0.00	0	0.45	1
41	0.00	0	1.50	3
43	0.24	1	0.24	1
45	0.50	1	0.00	0
46	0.50	1	0.00	0
48	0.00	0	0.42	1
平均值	0.07	0.17	0.17	0.38
最小值	0.00	0	0.00	0
最大值	0.50	1	1.50	3

2、秋季

1) 种类组成

本次调查垂直拖网所采集并鉴定到的鱼卵 2 目 2 科 2 种 2 粒, 仔稚鱼共 2 目 2 科 2 种 2 尾, 见表 7.9-4。

表7.9-4 调查海域秋季鱼卵、仔稚鱼名录

序号	种类	学名	发育阶段		出现站位
			鱼卵	仔稚鱼	
一	鲈形目	Perciformes			
(一)	石首鱼科	Sciaenidae			
1	棘头梅童鱼	<i>Collichthys lucidus</i>		√	10
(二)	鰕鳃鱼科	Gobiidae			
2	鰕鳃鱼属	<i>Gobiidae</i> sp.	√		30
二	鲱形目	Clupeiformes			
(三)	鳀科	Engraulidae			
3	中华小公鱼	<i>Stolephorus chinensis</i>	√	√	14、22

(2) 密度分布

调查海域秋季 22 号和 30 号站位采集到鱼卵，其密度分别为 0.5 粒/m³ 和 0.36 粒/m³，整个调查海域秋季鱼卵平均密度为 0.03 粒/m³。

调查海域秋季 10 号和 14 号站位采集到仔稚鱼，其密度分别为 0.56 尾/m³ 和 0.45 尾/m³，整个调查海域秋季仔稚鱼平均密度为 0.03 尾/m³。

7.9.3.5 游泳动物调查结果

1、春季

（1）种类组成

春季调查海域所获的拖网渔获物，经分析共鉴定出游泳生物 38 种，其中，鱼类有 19 种，占总种类数的 50%；虾类有 12 种，占总种类数的 31.58%；蟹类有 7 种，占总种类数的 18.42%。各调查站位种类分布不均，其中 27 号和 39 号站位种类最多，均为 15 种；其次是 30 号站位，为 14 种；种类最少的站位出现在 23 号站位，仅有 4 种。

（2）渔获物分类群组成

调查结果表明，鱼类重量占总渔获重量的百分比约为 45.23%，虾类占 3.88%，蟹类占 50.88%；鱼类尾数占总渔获尾数的百分比约为 20.83%，虾类占 50.60%，蟹类占 28.57%。其中，重量百分比是蟹类占优势，而尾数百分比是虾类占优势。

（3）现存资源密度

调查海域各类群渔业资源重量密度平均值为 152.59kg/km²。其中，鱼类为 66.36kg/km²；虾类为 6.51kg/km²；蟹类为 79.73kg/km²。调查海域各类群渔业资源尾数密度平均值为 13.19×10³ind./km²。其中鱼类为 2.64×10³ind./km²；虾类为 6.79×10³ind./km²；蟹类为 3.76×10³ind./km²。

表7.9-5 调查海域春季不同类群渔业资源密度（重量、尾数）

类群		资源密度重量 (kg/km ²)	资源密度尾数 (10 ³ ind./km ²)
鱼类		66.36	2.64
虾类	虾类	6.51	6.79
	蟹类	79.73	3.76
总计		152.59	13.19

根据渔业资源密度估算方法计算得出调查海域不同调查站位的渔业资源密度（重量、尾数），如表 7.9-6 所示。

调查海域各站位渔业资源重量密度分布在 15.00-616.84 kg/km² 之间，平均值

为 152.59 kg/km^2 。渔业资源重量密度最高的是 19 号站位，最低的是 48 号站位。其中 1 号、4 号、8 号、14 号、16 号、18 号、19 号、21 号、38 号和 41 号站位均高于调查海域的平均重量密度。见图 7.9-1。

调查海域各站位渔业资源尾数密度分布在 $1.33\text{--}41.47 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 之间，平均值为 $13.19 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。渔业资源尾数密度最高的是 34 号站位，最低的是 45 号站位。其中 1 号、4 号、8 号、12 号、14 号、16 号、18 号、19 号、22 号、26 号、28 号、33 号、34 号、41 号和 43 号站位高于调查海域的平均尾数密度。见图 7.9-2。

表7.9-6 春季调查海域各站位渔业资源密度（重量、尾数）

调查站位	密度重量 (kg/km^2)	密度尾数 (10^3 ind./km^2)
1	433.56	32.97
4	285.79	18.00
6	28.44	6.85
8	174.16	14.86
10	26.75	1.78
12	34.62	14.79
13	28.36	13.10
14	256.95	14.62
16	256.63	22.14
18	435.02	15.81
19	616.84	18.29
21	192.89	20.34
22	131.60	16.03
23	49.44	8.72
25	92.06	4.97
26	53.98	17.85
28	49.48	17.35
30	49.48	7.33
31	102.86	9.43
33	82.06	15.58
34	124.75	41.47
35	19.24	5.40
38	290.66	7.55
40	147.91	4.99
41	294.37	21.53
43	43.78	15.25
45	58.36	1.33
46	50.19	5.05
48	15.00	6.95
平均值	152.59	13.19
最小值	15.00	1.33
最大值	616.84	41.47

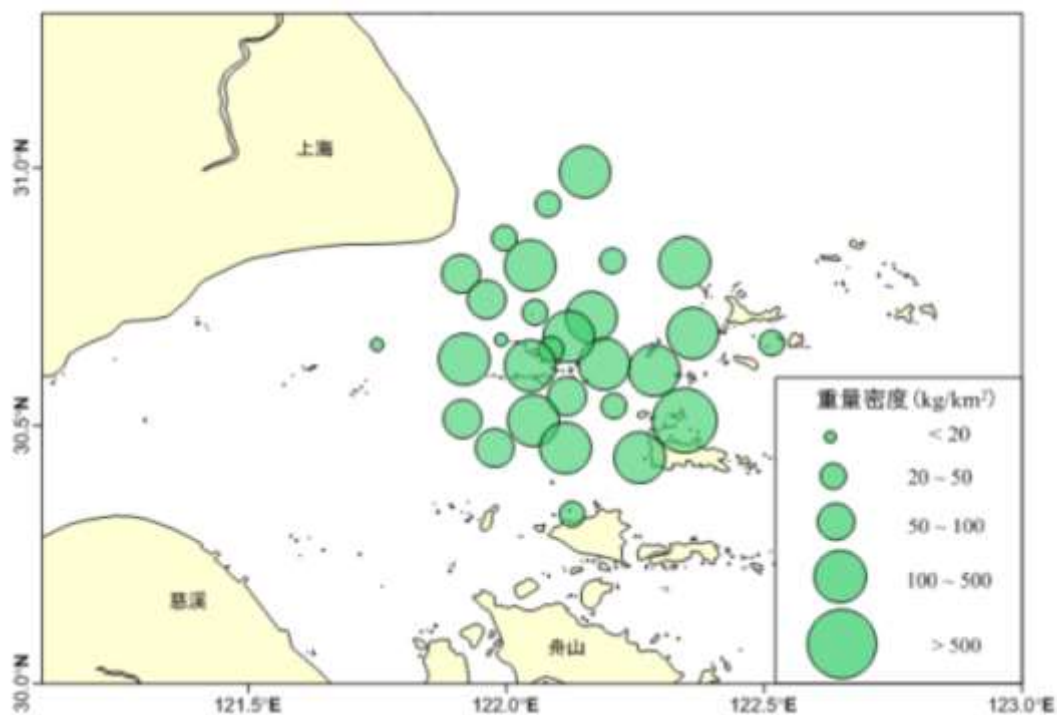


图7.9-1 调查海域春季渔业资源重量分布图

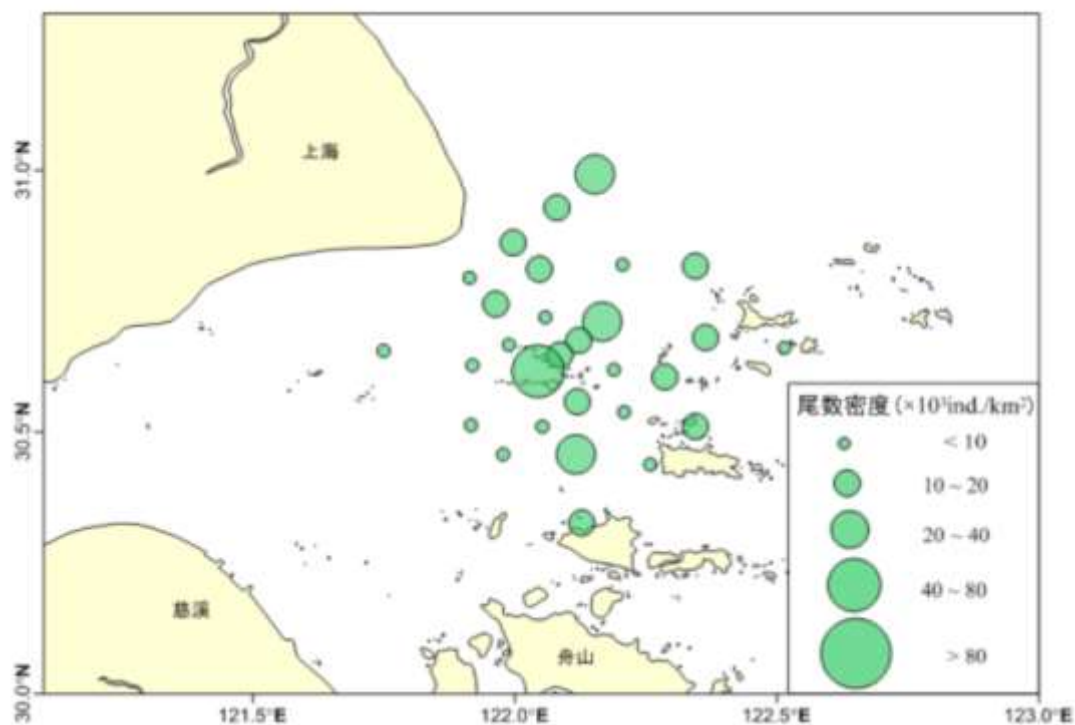


图7.9-2 调查海域春季渔业资源尾数分布图

(4) 优势种

春季调查海域优势种为三疣梭子蟹、鮑、安氏白虾和葛氏长臂虾等共计 4 种，常见种为日本鼓虾、日本蟳、刀鲚、焦氏舌鳎、凤鲚、拉氏狼牙虾虎鱼、中

华绒螯蟹和中华栉孔虾虎鱼等共计 8 种，优势种和常见种相对重要性指数值（IRI）见表 7.9-7。

表7.9-7 调查海域春季优势种和常见种相对重要性指数值（IRI）

类群	种类	N%	W%	F%	IRI
蟹类	三疣梭子蟹	23.10	42.92	96.55	6374.69
鱼类	鮟	3.95	28.13	86.21	2765.81
虾类	安氏白虾	24.21	0.99	89.66	2259.38
虾类	葛氏长臂虾	15.55	1.67	100.00	1721.47
虾类	日本鼓虾	9.06	0.77	82.76	813.50
蟹类	日本蟳	2.23	6.55	51.72	454.58
鱼类	刀鲚	4.34	1.93	58.62	367.99
鱼类	焦氏舌鳎	1.44	6.14	41.38	313.70
鱼类	凤鲚	3.90	1.25	37.93	195.37
鱼类	拉氏狼牙虾虎鱼	1.79	0.80	58.62	152.01
蟹类	中华绒螯蟹	2.98	1.31	34.48	147.80
鱼类	中华栉孔虾虎鱼	1.65	0.80	55.17	135.41

（5）渔获种类的体长、体重及幼体比例

春季，调查海域的鱼类平均体长为 10.17cm，虾类为 3.68cm，蟹类为 6.05cm。鱼类平均体重为 27.82g，虾类为 0.98g，蟹类为 22.81g。鱼类平均幼体比例为 40.50%，虾类为 10.92%，蟹类为 26.41%，见表 7.9-8。

表7.9-8 拖网分类群平均体童、体长和幼体比例

类群	平均体长（cm）	平均体重（g）	幼体比%
鱼类	10.17	27.82	40.50
虾类	3.68	0.98	10.92
蟹类	6.05	22.81	26.41

调查海域不同种类渔获物体重范围、平均体童、体长范围、平均体长及幼体比例，如表 7.9-9 所示。

表7.9-9 不同渔获种类的体长、体重分布与幼体比例

类群	种名	体长（cm）		体重（g）		幼体比 %
		范围	均值	范围	均值	
鱼类	带鱼	10.5	10.50	16.7	16.70	0.00
	刀鲚	3.5-31.9	7.65	0.3-112.5	5.11	44.10
	凤鲚	5.0-17.5	3.88	0.4-21.5	1.75	29.82
	黄姑鱼	8.8	8.80	11.8	11.80	100.00
	黄鲫	5.4-14.8	12.70	1.6-43.5	26.56	10.00
	棘头梅童鱼	10.1-18.0	12.83	19.2-91.5	38.12	0.00
	焦氏舌鳎	4.5-61.2	8.31	0.4-1682.5	50.63	11.76
	拉氏狼牙虾虎鱼	6.3-15.8	6.77	1.3-11.3	3.07	2.25
	龙头鱼	6.2-16.6	9.87	0.7-29.8	6.45	40.48
	矛尾虾虎鱼	2.6-10.8	8.45	0.2-8.5	5.05	25.00
	中华海鲇	15.9	15.90	50.2	50.20	0.00
	髯缟虾虎鱼	3.7-10.1	6.34	1.0-28.5	7.96	44.44
	横带髯鲷	14.8-19.2	17.07	146.8-223.5	194.90	0.00

	鲷	3.9-6.2	4.45	0.6-1.6	0.97	100.00
	鲷鱼	17.2	17.20	60.0	60.00	0.00
	鲷	2.8-66.9	7.10	0.2-3655.6	85.58	87.19
	中华栉孔虾虎鱼	5.7-13.6	9.87	1.7-13.7	5.91	7.58
	鲷形鳗虾虎鱼	8.5-10.3	9.23	2.1-3.8	2.83	100.00
	黄鲛鳗	2.5-5.4	2.73	0.5-6.1	1.81	100.00
蟹类	日本蟳	2.1-8.2	3.84	2.3-108.7	27.45	14.43
	三疣梭子蟹	2.1-15.4	1.93	0.6-122.5	7.49	22.80
	中华虎头蟹	5.3	5.30	49.3	49.30	0.00
	中华绒螯蟹	1.0-5.8	1.56	0.2-133.3	9.49	84.78
	狭额绒螯蟹	1.3-1.7	1.50	1.0-2.8	1.86	0.00
	绒毛细足蟹	0.8-0.8	0.80	0.2-0.3	0.25	0.00
	拟穴青蟹	5.9-13.9	9.93	38.7-612.3	280.80	33.33
虾类	安氏白虾	1.9-4.59	0.63	0.1-1.4	0.11	11.48
	葛氏长臂虾	2.0-6.3	1.33	0.1-6.7	0.48	11.95
	哈氏仿对虾	3.0-3.7	3.37	0.6-1.0	0.80	0.00
	脊尾白虾	3.8-7.2	6.17	1.3-6.5	3.70	0.00
	口虾蛄	4.5-13.7	4.52	1.5-33.7	4.21	30.51
	日本鼓虾	2.0-4.8	1.69	0.1-4.2	0.60	4.76
	鲜明鼓虾	3.4-4.2	3.77	0.8-2.0	1.33	0.00
	中国毛虾	2.4-3.7	3.00	0.2-0.5	0.33	0.00
	周氏新对虾	7.5	7.50	5.8	5.80	0.00
	窝纹网虾蛄	6.3-8.9	7.84	2.9-9.2	7.04	0.00
	细螯虾	2.3-4.3	3.39	0.3-1.0	0.59	0.00
	脊单肢虾	1.7-2.2	1.99	0.3-1.1	0.48	0.00

(6) 物种多样性指数

调查海域春季各站位物种多样性指数如表 7.9-10 所示。

调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为 2.42 (1.24-3.48); 丰富度指数 (d) 均值为 0.76 (0.36-1.30); 均匀度指数 (J') 均值为 0.71 (0.44-0.89); 单纯度指数 (C) 均值为 0.27 (0.12-0.61)。

调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 1.82 (0.45-2.95); 丰富度指数 (d) 均值为 1.59 (0.53-2.69); 均匀度指数 (J') 均值为 0.52 (0.19-0.80); 单纯度指数 (C) 均值为 0.43 (0.16-0.86)。

表7.9-10 调查站位春季各站位物种（尾数密度、重量密度）多样性

站位	密度重量 (kg/km^2)				密度尾数 ($10^3\text{ind.}/\text{km}^2$)			
	C	H'	J'	d	C	H'	J'	d
1	0.18	2.90	0.71	1.07	0.29	2.54	0.62	1.83
4	0.15	3.17	0.81	0.99	0.20	2.72	0.70	1.72
6	0.13	3.18	0.83	1.02	0.23	2.68	0.70	2.69
8	0.12	3.48	0.82	1.30	0.23	2.79	0.66	2.42
10	0.33	2.12	0.76	0.56	0.71	0.95	0.34	1.27
12	0.27	2.55	0.77	0.65	0.24	2.55	0.77	1.76
13	0.22	2.76	0.75	0.88	0.16	2.95	0.80	2.49
14	0.33	2.03	0.64	0.58	0.54	1.20	0.38	1.00
16	0.26	2.55	0.60	1.25	0.55	1.55	0.37	2.25
18	0.32	2.21	0.62	0.79	0.44	1.60	0.45	1.26

站位	密度重量 (kg/km ²)				密度尾数 (10 ³ ind./km ²)			
19	0.20	2.81	0.69	1.13	0.50	1.57	0.38	1.73
21	0.28	2.02	0.87	0.36	0.86	0.45	0.19	0.53
22	0.18	2.71	0.75	0.79	0.60	1.38	0.39	1.56
23	0.33	2.00	0.60	0.69	0.44	1.77	0.53	1.60
25	0.21	2.50	0.83	0.57	0.55	1.24	0.41	1.07
26	0.21	2.85	0.75	0.92	0.27	2.61	0.69	2.26
28	0.18	2.86	0.77	0.85	0.27	2.44	0.66	2.13
30	0.27	2.14	0.71	0.55	0.60	1.21	0.40	1.24
31	0.24	2.44	0.71	0.76	0.40	1.78	0.52	1.50
33	0.61	1.24	0.44	0.43	0.68	1.01	0.36	0.94
34	0.19	2.75	0.74	0.78	0.29	2.54	0.69	1.72
35	0.13	3.09	0.89	0.81	0.26	2.60	0.75	2.34
38	0.32	2.25	0.71	0.62	0.35	1.66	0.52	0.98
40	0.22	2.58	0.75	0.81	0.60	1.28	0.37	1.39
41	0.31	2.06	0.60	0.69	0.44	1.60	0.46	1.22
43	0.49	1.52	0.51	0.50	0.50	1.54	0.51	1.28
45	0.32	2.06	0.80	0.48	0.52	1.12	0.43	0.85
46	0.31	2.05	0.65	0.65	0.63	1.24	0.39	1.42
48	0.57	1.39	0.46	0.55	0.25	2.21	0.74	1.79
平均	0.27	2.42	0.71	0.76	0.43	1.82	0.52	1.59
幅度	0.12-0.61	1.24-3.48	0.44-0.89	0.36-1.30	0.16-0.86	0.45-2.95	0.19-0.80	0.53-2.69

2、秋季

(1) 种类组成

秋季调查海域所获的拖网渔获物，经分析共鉴定出游泳生物 49 种，其中，鱼类有 27 种，占总种类数的 55.10%；虾类有 13 种，占总种类数的 26.53%；蟹类有 9 种，占总种类数的 18.37%。各调查站位种类分布不均，其中 4 号站位种类最多，为 22 种；其次是 46 号站位，为 22 种；种类最少的站位出现在 18 号站位，仅有 6 种。

(2) 渔获物分类群组成

调查结果表明，鱼类重量占总渔获重量的百分比约为 74.86%，虾类占 7.86%，蟹类占 17.28%；鱼类尾数占总渔获尾数的百分比约为 24.59%，虾类占 69.49%，蟹类占 2.92%。其中，重量百分比是鱼类占优势，而尾数百分比是虾类占优势。见表 7.9-11。

表7.9-11 渔获物（重量、尾数）分类群百分比组成

类群		重量百分比 (%)	尾数百分比 (%)
鱼类		74.86	24.59
虾类	虾类	7.86	69.49
	蟹类	17.28	5.92
总计		100.00	100.00

(3) 现存资源密度

调查海域各类群渔业资源重量密度平均值为 $265.46\text{kg}/\text{km}^2$ 。其中，鱼类为 $190.49\text{kg}/\text{km}^2$ ；虾类为 $31.43\text{kg}/\text{km}^2$ ；蟹类为 $43.54\text{kg}/\text{km}^2$ 。调查海域各类群渔业资源尾数密度平均值为 $55.11 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ 。其中鱼类为 $11.26 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ；虾类为 $41.66 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ；蟹类为 $2.20 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ 。

表7.9-12 调查海域秋季不同类群渔业资源密度（重量、尾数）

类群		资源密度重量 (kg/km^2)	资源密度尾数 ($10^3\text{ind.}/\text{km}^2$)
鱼类		190.49	11.26
虾类	虾类	31.43	41.66
	蟹类	43.54	2.20
总计		265.46	55.11

根据渔业资源密度估算方法计算得出调查海域不同调查站位的渔业资源密度（重量、尾数），如表 7.9-13 所示。

调查海域各站位渔业资源重量密度分布在 $16.28\text{--}1925.15\text{kg}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $265.46\text{kg}/\text{km}^2$ 。渔业资源重量密度最高的是 46 号站位，最低的是 13 号站位。其中 1 号、4 号、10 号、14 号、30 号、31 号和 46 号站位均高于调查海域的平均重量密度。见图 7.9-3。

调查海域各站位渔业资源尾数密度分布在 $1.18\text{--}300.96 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ 之间，平均值为 $55.11 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ 。渔业资源尾数密度最高的是 10 号站位，最低的是 18 号站位。其中 1 号、4 号、10 号、14 号、16 号、38 号、41 号、43 号和 46 号站位高于调查海域的平均尾数密度。见图 7.9-4。

表7.9-13 秋季调查海域各站位渔业资源密度（重量、尾数）

调查站位	密度重量 (kg/km^2)	密度尾数 ($10^3\text{ind.}/\text{km}^2$)
1	502.28	225.16
4	1142.96	63.44
6	47.69	13.21
8	227.67	53.52
10	305.97	300.96
12	50.24	8.81
13	16.28	2.72
14	657.80	157.54
16	233.26	83.43
18	38.30	1.18
19	236.12	27.20
21	91.53	29.92
22	148.62	10.28
23	35.42	8.10
25	70.93	11.81
26	81.31	18.63

调查站位	密度重量 (kg/km ²)	密度尾数 (10 ³ ind./km ²)
28	52.63	14.79
30	365.92	6.10
31	280.97	44.52
33	229.81	5.78
34	85.94	9.97
35	81.12	15.26
38	206.03	118.32
40	122.56	19.07
41	92.16	80.28
43	90.96	92.32
45	47.39	15.41
46	1925.15	117.75
48	231.27	42.72
平均值	265.46	55.11
最小值	16.28	1.18
最大值	1925.15	300.96

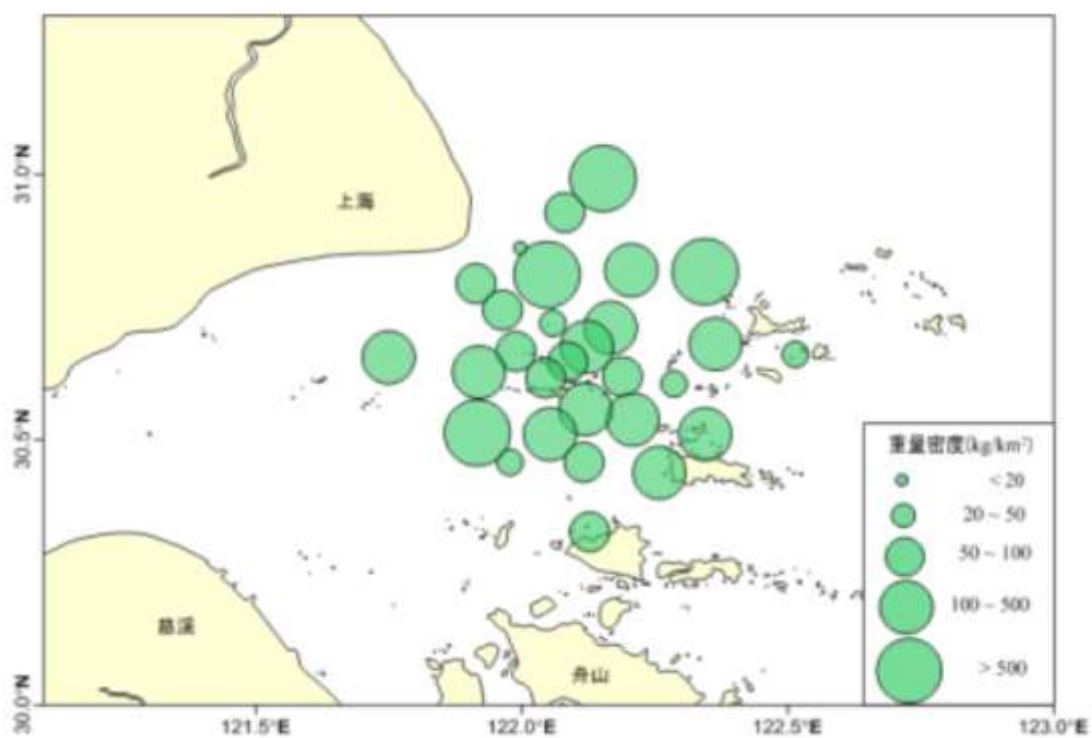


图7.9-3 调查海域秋季渔业资源重量分布图

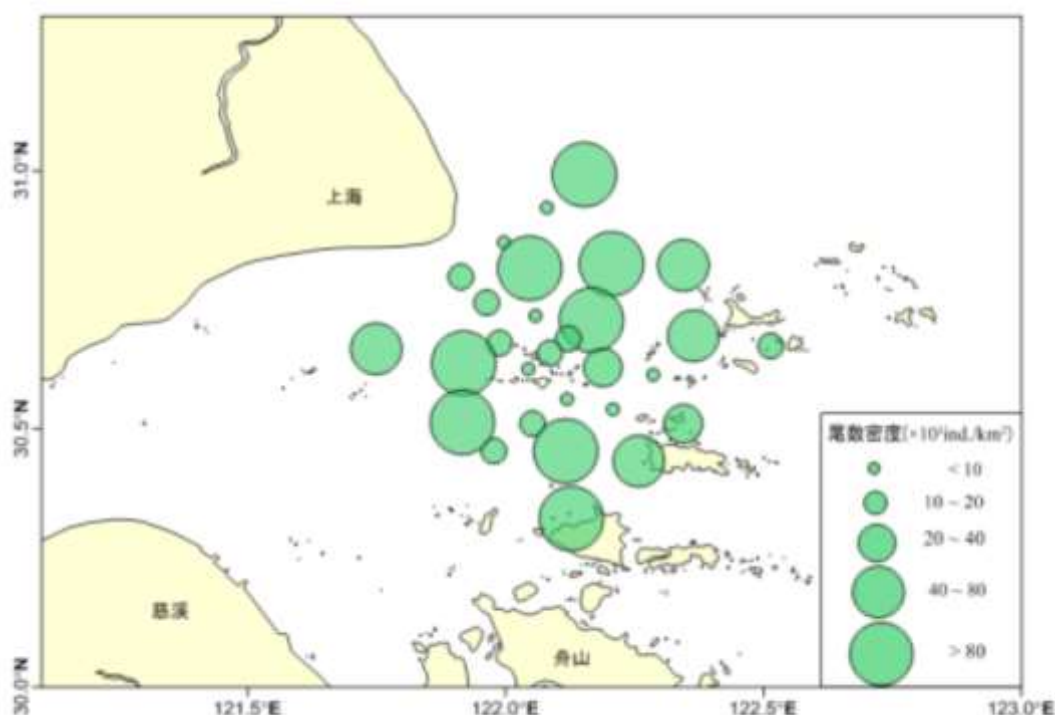


图7.9-4 调查海域秋季渔业资源尾数分布图

(4) 优势种

秋季调查海域优势种为安氏白虾、葛氏长臂虾、棘头梅童鱼、龙头鱼、三疣梭子蟹和鳊等共计 6 种，常见种为凤鲚、日本蟳、焦氏舌鳎、脊尾白虾、刀鲚、中华栉孔虾虎鱼、中国鲂、口虾蛄和日本鼓虾等共计 9 种，优势种和常见种相对重要性指数值（*IRI*）见表 7.9-14。

表7.9-14 调查海域秋季优势种和常见种相对重要性指数值（*IRI*）

类群	种类	<i>N</i> %	<i>W</i> %	<i>F</i> %	<i>IRI</i>
虾类	安氏白虾	50.58	6.38	62.07	3535.37
虾类	葛氏长臂虾	19.02	3.18	96.55	2142.87
鱼类	棘头梅童鱼	2.89	10.72	93.10	1267.68
鱼类	龙头鱼	5.50	5.40	100.00	1089.81
蟹类	三疣梭子蟹	3.17	8.08	93.10	1047.31
鱼类	鳊	1.89	15.33	58.62	1009.70
鱼类	凤鲚	5.68	2.64	62.07	516.33
蟹类	日本蟳	0.69	5.89	58.62	385.71
鱼类	焦氏舌鳎	0.42	4.94	68.97	369.56
虾类	脊尾白虾	3.29	0.82	79.31	326.28
鱼类	刀鲚	1.61	2.38	79.31	316.72
鱼类	中华栉孔虾虎鱼	0.98	1.04	82.76	167.17
鱼类	中国鲂	0.01	23.82	6.90	164.36
虾类	口虾蛄	0.98	1.01	72.41	144.09
虾类	日本鼓虾	1.26	0.23	75.86	113.24

(5) 渔获种类的体长、体重及幼体比例

秋季,调查海域的鱼类平均体长为 10.06cm,虾类为 4.22cm,蟹类为 5.65cm。鱼类平均体重为 21.14g,虾类为 0.79g,蟹类为 20.25g。鱼类平均幼体比例为 32.26%,虾类为 17.39%,蟹类为 45.58%,见表 7.9-17。

表7.9-15 拖网分类群平均体童、体长和幼体比例

类群	平均体长 (cm)	平均体重 (g)	幼体比%
鱼类	10.06	21.14	32.26
虾类	4.22	0.79	17.39
蟹类	5.65	20.25	45.58

调查海域不同种类渔获物体重范围、平均体童、体长范围、平均体长及幼体比例,如表 7.9-16 所示。

表7.9-16 不同渔获种类的体长、体重分布与幼体比例

类群	种名	体长 (cm)		体重 (g)		幼体比%
		范围	均值	范围	均值	
鱼类	白姑鱼	3.0-6.7	4.78	0.2-5.1	2.02	100.00
	带鱼	8.8	8.81	14.4	14.40	100.00
	刀鲚	4.4-33.5	6.55	0.5-135.6	5.15	23.41
	凤鲚	4.0-15.1	1.65	0.3-14.5	0.61	20.38
	海鳗	8.1-20.8	17.47	9.3-280.7	140.07	22.22
	黄姑鱼	5.1-8.2	6.46	1.5-9.7	4.59	91.67
	黄鲫	5.9-16.7	5.91	1.9-47.8	7.20	16.28
	棘头梅童鱼	2.5-15.4	6.49	0.6-71.4	13.54	10.76
	尖海龙	11.6	11.60	0.4	0.40	0.00
	焦氏舌鳎	5.6-60.7	13.76	0.9-1365.8	56.06	10.23
	拉氏狼牙虾虎鱼	9.2-12.8	10.61	3.1-7.3	4.49	0.00
	龙头鱼	4.7-21.4	2.43	0.4-80.6	1.54	32.73
	矛尾虾虎鱼	5.4-12.2	8.69	1.6-21.5	5.93	18.75
	中国鲳	34.1-86.3	60.20	1561.7-25016.5	13289.10	0.00
	髯缟虾虎鱼	2.6-9.9	5.22	0.3-22.8	5.82	80.00
	横带髯鲷	9.1-9.9	9.63	33.6-39.2	36.90	33.33
	睛尾蝌蚪虾虎鱼	5.7-7.9	6.98	1.7-4.8	3.40	0.00
	银鲳	7.0-12.3	9.71	16.7-74.0	39.28	12.50
	鲉	2.3-51.7	4.42	0.2-1835.5	49.13	90.88
	中华栉孔虾虎鱼	3.4-13.7	6.56	0.2-17.2	3.40	18.75
	尖头黄鳍牙鲷	3.0-10.8	2.59	0.3-20.7	2.38	98.18
	黄吻棱鲷	5.13-9.1	7.13	1.3-6.2	3.75	50.00
	鳊鱼	5.1-17.5	7.56	1.2-59.7	10.55	42.11
	鳊形鳗虾虎鱼	4.9-13.3	9.50	0.7-6.3	3.00	50.00

	黄鳍东方鲀	6.0-9.8	7.33	7.3-36.4	14.40	0.00
	中国大银鱼	2.5-2.8	2.63	0.2-0.4	0.25	0.00
	康氏侧带小公鱼	4.7-7.9	5.40	0.6-2.8	1.24	80.00
蟹类	红线黎明蟹	4.3	4.30	13.2	13.20	0.00
	矛形梭子蟹	3.9	3.87	2.5	2.50	100.00
	日本关公蟹	1.8-3.3	2.50	4.3-11.4	8.10	0.00
	日本蟳	1.9-8.5	3.82	1.3-115.6	30.61	24.63
	三疣梭子蟹	2.0-17.8	2.31	0.6-308.6	7.96	50.66
	中华绒螯蟹	1.1-2.1	1.53	0.2-1.4	0.88	100.00
	狭额绒螯蟹	2.9	2.90	7.9	7.90	0.00
	绒毛细足蟹	0.7-1.0	0.85	0.1-0.4	0.23	0.00
	拟穴青蟹	6.6-14.7	10.08	55.5-481.6	198.23	0.00
虾类	安氏白虾	2.0-4.8	3.09	0.1-2.8	0.02	14.38
	鞭腕虾	2.2-2.9	2.62	0.3-0.7	0.43	0.00
	葛氏长臂虾	1.6-6.0	0.50	0.1-4.3	0.19	16.96
	哈氏仿对虾	3.2-5.7	3.93	0.2-3.6	0.89	0.00
	脊尾白虾	2.9-9.2	0.98	0.3-6.5	0.41	40.25
	巨指长臂虾	2.8-3.1	2.95	1.1-1.6	1.35	0.00
	口虾蛄	3.2-12.7	5.19	0.3-32.7	3.58	32.95
	日本鼓虾	1.6-4.8	1.48	0.2-2.9	0.48	15.98
	细巧仿对虾	2.6-3.9	3.20	0.2-0.6	0.45	33.33
	鲜明鼓虾	3.2-3.5	3.35	0.7-1.2	0.95	0.00
	中国毛虾	2.2-3.3	2.89	0.2-0.5	0.31	0.00
	周氏新对虾	5.1-7.0	6.30	2.9-59	4.69	0.00
	窝纹网虾蛄	4.5-8.7	6.66	1.2-8.8	3.99	0.00

(6) 物种多样性指数

调查海域春季各站位物种多样性指数如表 7.9-17 所示。

调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为 2.35 (1.09-3.56); 丰富度指数 (d) 均值为 0.98 (0.49-1.38); 均匀度指数 (J') 均值为 0.61 (0.29-0.91); 单纯度指数 (C) 均值为 0.33 (0.12-0.66)。

调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 2.53 (0.71-3.49); 丰富度指数 (d) 均值为 2.07 (0.95-3.07); 均匀度指数 (J') 均值为 0.65 (0.16-0.85); 单纯度指数 (C) 均值为 0.28 (0.11-0.82)。

表7.9-17 调查站位春季各站位物种（尾数密度、重量密度）多样性

站位	密度重量 (kg/km ²)				密度尾数 (10 ³ ind./km ²)			
	<i>C</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>d</i>	<i>C</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>d</i>
1	0.25	2.59	0.60	1.07	0.14	3.28	0.76	2.12
4	0.12	3.56	0.79	1.38	0.11	3.49	0.77	2.17
6	0.16	3.12	0.78	1.10	0.26	2.73	0.68	2.69
8	0.36	2.29	0.54	1.15	0.14	3.34	0.79	2.30
10	0.66	1.09	0.29	0.66	0.33	2.29	0.62	1.45
12	0.30	2.41	0.70	0.76	0.21	2.62	0.76	1.77
13	0.17	3.04	0.85	0.96	0.26	2.51	0.70	2.73
14	0.28	2.35	0.62	0.75	0.22	2.68	0.70	1.39
16	0.27	2.46	0.58	1.10	0.14	3.22	0.76	2.29
18	0.22	2.35	0.91	0.49	0.35	1.91	0.74	0.95
19	0.20	3.05	0.72	1.22	0.17	2.87	0.67	2.28
21	0.43	2.09	0.48	1.35	0.21	2.71	0.62	3.07
22	0.19	3.05	0.80	0.98	0.34	2.18	0.57	1.80
23	0.24	2.61	0.71	0.92	0.23	2.56	0.69	2.33
25	0.18	3.05	0.83	0.89	0.16	3.00	0.81	1.95
26	0.25	2.77	0.71	0.99	0.12	3.33	0.85	2.21
28	0.20	2.74	0.82	0.65	0.22	2.63	0.79	1.57
30	0.18	2.91	0.84	0.80	0.72	0.99	0.29	1.17
31	0.37	2.14	0.50	1.17	0.21	2.65	0.62	2.21
33	0.60	1.48	0.43	0.80	0.41	1.65	0.48	1.27
34	0.16	3.05	0.80	0.98	0.29	2.30	0.61	2.02
35	0.19	2.94	0.74	1.08	0.19	2.90	0.72	2.37
38	0.54	1.44	0.33	1.13	0.25	2.66	0.61	2.47
40	0.51	1.69	0.47	0.77	0.22	2.41	0.67	1.59
41	0.44	1.71	0.41	1.04	0.15	3.20	0.77	2.60
43	0.48	1.55	0.37	1.03	0.20	2.86	0.69	2.61
45	0.66	1.25	0.32	1.01	0.39	2.11	0.54	2.52
46	0.40	1.84	0.41	1.25	0.82	0.71	0.16	1.92
48	0.54	1.56	0.37	1.11	0.51	1.64	0.39	2.16
平均	0.33	2.35	0.61	0.98	0.28	2.53	0.65	2.07
幅度	0.12-0.66	1.09-3.56	0.29-0.91	0.49-1.38	0.11-0.82	0.71-3.49	0.16-0.85	0.95-3.07

7.10 污损生物

本次勘察期间对路由小乌龟登陆点、大乌龟登陆点、石龙山登陆点、奉贤登陆点附近堤坝等进行污损生物定性采样。调查发现调查区域大型污损生物主要包括近江牡蛎、团聚牡蛎、僧帽牡蛎、鳞立藤壶、纹藤壶、齿纹蜆螺等。污损生物种类组成以广布种为主，同时具有河口低盐种特征。该海域全年都有污损生物附着生长，6-9 月为附着高峰期。

7.11 陆生生态环境现状评价

7.11.1 土地利用现状

接收站地处浙江省嵊泗县，位于上海国际航运中心洋山深水港区原中西门堂岛区，洋山 LNG 接收站东侧、洋山石油储运项目油品二阶段罐区西侧的规划预留用地内。接收站南侧为洋山深水港进港航道、东侧为油品码头、西侧为现有一期 LNG 接收站、北侧为港区未来规划用地。

本工程其他土地占 64.07%，草地占 34.03%，交通运输用地占 1.44%，水域及水利设施用地占 0.41%。从占地性质看，永久占地 79.41%，临时占地 20.02%。

主体工程占地以其他土地为主，未占用耕地，不会对农业生产造成影响。工程也未占用林地，占用的草地主要为杂草地。

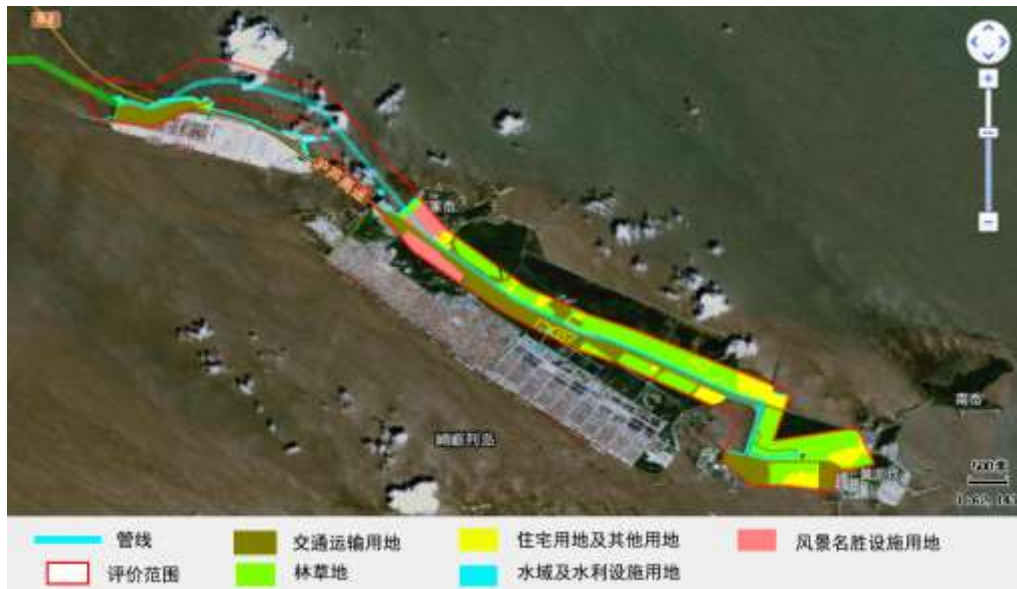


图 7.11-1 土地利用类型图

7.11.2 植被现状调查与评价

嵊泗县的植被可分为天然植被和人工植被两大类。海岛植被总面积 4115.1hm²，植被覆盖率为 60.5%。针叶林是海岛植被的主体，森林植被共有 2770.5hm²，占海岛总面积的 40.7%，占天然植被面积的 73.2%左右，其中黑松林最多，杉木林次之。阔叶林面积仅 8hm²，主要有麻栎林和苦栎林两种，零星分布部分山脚下。

项目区内多为吹填地带，多为一年生草本植物，无林地、乔木植被覆盖。根据生态系统组成情况，接收站周边植被较为稀疏，多为荒地和野生草本植被。陆

上管道沿线的洋山石龙景区风景区范围内的植被主要是些草丛，灌丛，还有栽培的经济林植被、果园植被和作物植被。其余段管线两侧多为小蓬草、五节芒、一枝黄花等草本植物及荒地为主。



图 7.11-2 工程区域植被现状图

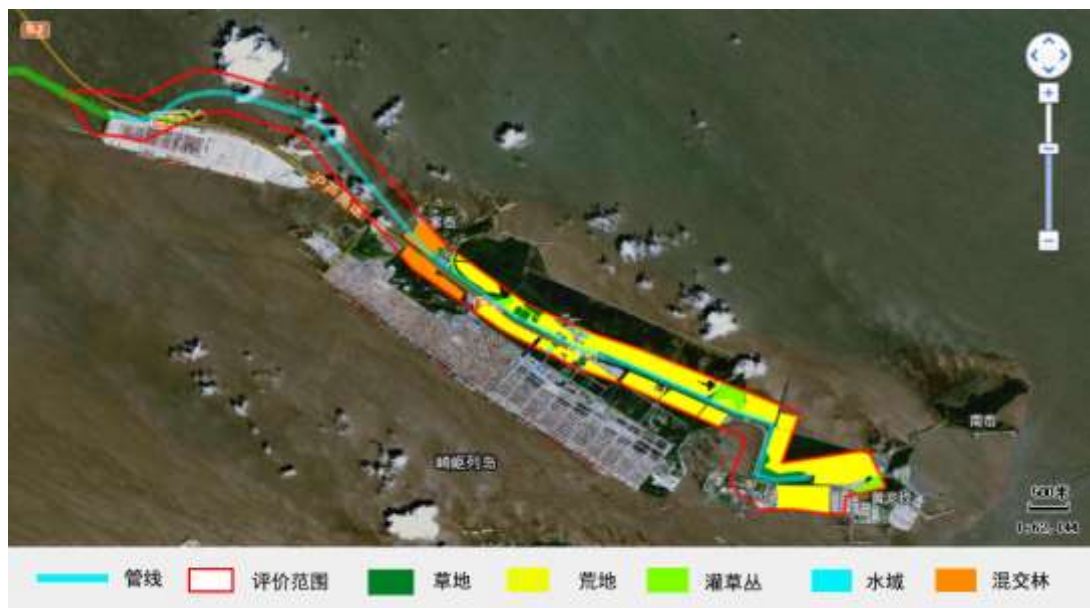


图 7.11-3 植被类型图

7.11.3 动物现状调查与评价

本项目区域多为未开发区域，受人类活动影响较小。主要生存的动物以野生动物为主。主要野生动物种类见下表。

表 7.11-1 主要野生动物概表

类别	动物名称
鸟类	麻雀、小白鹭等
兽类	鼠、刺猬
两栖类	中华蟾蜍、黑斑蛙
虫类	蝴蝶、蜻蜓、蟋蟀、蜘蛛、螳螂、金龟子等

7.12 土壤环境现状调查与评价

依据谱尼测试集团上海有限公司出具的《陆域环境监测报告》（2022 年 11 月）编制本章节。

7.12.1 监测时间与监测点位

（1）监测时间

2022 年 10 月 30 日在接收站、陆上管线处开展一期土壤环境监测。

（2）监测点位

接收站罐区设置 3 个柱状样、1 个表层样点；陆上管线沿线设置 2 个表层样点，在 0-0.2m 取样。监测点位详细信息见表 7.12-1。

表 7.12-1 现状监测布点位置与类型

测点区域	测点名称	测点位置	测点坐标	测点类型
接收站	tr3	占地范围内	30°36'13.00"北 122°6'36.48"东	场内 柱状样
	tr4	占地范围内	30°36'12.56"北 122°6'52.54"东	场内 柱状样
	tr5	占地范围内	30°36'12.72"北 122°6'45.26"东	场内 表层样
	tr6	占地范围内	30°36'23.24"北 122°7'6.49"东	场内 柱状样
路上管线	tr1	占地范围外	30°38'0.87"北 122°4'3.44"东	场外 表层样
	tr2	占地范围外	30°37'21.10"北 122°5'22.63"东	场外 表层样



图 7.12-1 土壤环境监测点位示意图

7.12.2 监测项目与监测方法

(1) 监测项目

监测项目包括《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中表 1 基本项目的 45 项。

(2) 监测与分析方法

监测项目分析及仪器设备见表 7.12-2 和表 7.12-3。

表 7.12-2 监测项目方法及最低检出浓度一览表

监测项目	分析方法	方法来源	最低检出浓度	采样方法
砷	原子荧光法	HJ 680-2013	0.01 mg/kg	HJ/T 166-2004
镉	石墨炉原子吸收 分光光度法	GB/T 17141-1997	0.01 mg/kg	
铬(六价)	碱消解比色法	US EPA METHOD 060A:1996& US EPA METHOD 7196A:1992	0.5 mg/kg	
铜	火焰原子吸收分 光光度法	HJ 491-2019	1 mg/kg	
铅	石墨炉原子吸收 分光光度法	GB/T 17141-1997	0.1 mg/kg	
汞	原子荧光法	HJ 680-2013	0.002 mg/kg	
镍	火焰原子吸收分 光光度法	HJ 491-2009	3 mg/kg	
挥发性有机物	气相色谱-质谱法	HJ 605-2011	——	
半挥发性有机物	气相色谱-质谱法	HJ 834-2017	——	

表 7.12-3 仪器设备信息一览表

仪器设备	仪器型号	仪器编号
原子荧光光谱仪	SK-2003A	IE111-04/IE111-05
原子吸收光谱仪	AAS (900Z, PE)	IE002-09
AAS (Agilent 240FS AA)	IE002-08	
紫外-可见分光光度计	UV-1800	IE006-07
气相色谱-质谱联用仪	7890B-5977B	IE175-34
7890A-5975MSD	IE175-07	

7.12.3 监测结果与评价

(1) 评价标准与方法

评价标准：《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）（GB 36600-2018）筛选值（第二类用地）。

评价方法：采用单项污染指数法，即第 i 项污染指数 $S_i = C_i / C$ 。式中 C_i 为第 i 项调查值， C 为沉积物标准值。

(2) 评价结果

土壤环境现状监测及评价结果见表 7.12-4 和表 7.12-5。监测结果表明，工程区域土壤环境质量现状总体较好，重金属指标数据、挥发性有机物数据和半挥发

性有机无数据均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）（GB 36600-2018）筛选值（第二类用地），对人体健康的风险可以忽略。

表 7.12-4 土壤环境监测结果

监测项目		监测站点											
		tr1	tr2	tr5	tr3			tr4			tr6		
		0~0.2 m	0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6 m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6 m	0.6~1.0 m
重金属 mg/kg	砷	7.51	5.72	7.78	5.14	7.57	3.74	1.88	1.6	1.67	5.75	6.1	6.03
	镉	0.12	0.13	0.27	0.18	0.43	0.08	0.11	0.12	0.19	0.13	0.22	0.12
	铬(六价)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	铜	17	10	30	22	44	25	26	27	41	26	28	23
	铅	27	18.8	31.3	25.0	47.7	17.5	22.8	23.6	23	26.2	70.1	24.8
	汞	0.016	0.014	0.05	0.036	0.038	0.011	0.012	0.011	0.010	0.062	0.076	0.043
	镍	14	15	26	18	22	11	6	6	7	22	20	20
挥发性 有机物 µg/kg	四氯化碳	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
	氯仿	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
	氯甲烷	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
	1,1-二氯乙烷	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	1,2-二氯乙烷	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
	1,1-二氯乙烯	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
	顺-1,2-二氯乙烯	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
	反-1,2-二氯乙烯	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4
	二氯甲烷	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
	1,2-二氯丙烷	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
	1,1,1,2-四氯乙烷	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	1,1,2,2-四氯乙烷	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	四氯乙烯	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4
	1,1,1-三氯乙烷	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
	1,1,2-三氯乙烷	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	三氯乙烯	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2

监测项目		监测站点											
		tr1	tr2	tr5	tr3			tr4			tr6		
		0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m
	1,2,3-三氯丙烷	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	氯乙烯	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
	苯	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9
	氯苯	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	1,2-二氯苯	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
	1,4-二氯苯	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
	乙苯	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	苯乙烯	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
	甲苯	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3
	间二甲苯+对二甲苯	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	邻二甲苯	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
半挥发性有机物 mg/kg	硝基苯	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09
	苯胺	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	2-氯酚	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
	苯并（a）芘	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	苯并（b）荧蒽	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	苯并（k）荧蒽	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	蒽	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	二苯并（a,h）蒽	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	萘	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09

表 7.12-5 土壤环境评价结果

监测项目		监测站点											
		tr1	tr2	tr5	tr3			tr4			tr6		
		0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m
重金属 mg/kg	砷	0.125	0.095	0.130	0.086	0.126	0.062	0.031	0.027	0.028	0.096	0.102	0.101
	镉	0.002	0.002	0.004	0.003	0.007	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002
	铬(六价)	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044
	铜	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001
	铅	0.034	0.024	0.039	0.031	0.060	0.022	0.029	0.030	0.029	0.033	0.088	0.031
	汞	0.0004	0.0004	0.0013	0.0009	0.0010	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0016	0.0020	0.0011
	镍	0.016	0.017	0.029	0.020	0.024	0.012	0.007	0.007	0.008	0.024	0.022	0.022
挥发性 有机物 µg/kg	四氯化碳	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023
	氯仿	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061	0.00061
	氯甲烷	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
	1,1-二氯乙烷	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007
	1,2-二氯乙烷	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013
	1,1-二氯乙烯	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008
	顺-1,2-二氯乙烯	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
	反-1,2-二氯乙烯	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013	0.000013
	二氯甲烷	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
	1,2-二氯丙烷	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011
	1,1,1,2-四氯乙烷	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006
	1,1,2,2-	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009

监测项目		监测站点											
		tr1	tr2	tr5	tr3			tr4			tr6		
		0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m
	四氯乙烷												
	四氯乙烯	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
	1,1,1-三氯乙烷	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8	0.000000 8
	1,1,2-三氯乙烷	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021
	三氯乙烯	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021
	1,2,3-三氯丙烷	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
	氯乙烯	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163	0.001163
	苯	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238	0.000238
	氯苯	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002
	1,2-二氯苯	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
	1,4-二氯苯	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038	0.000038
	乙苯	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021	0.000021
	苯乙烯	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4	0.000000 4
	甲苯	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5	0.000000 5
	间二甲苯+对二甲苯	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1	0.000001 1
	邻二甲苯	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9	0.000000 9
半挥发性有机	硝基苯	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059	0.00059
	苯胺	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019	0.00019

监测项目		监测站点											
		tr1	tr2	tr5	tr3			tr4			tr6		
		0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m	0~0.2m	0.2~0.6m	0.6~1.0m
物 mg/kg	2-氯酚	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
	苯并（a） 芘	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333
	苯并（b） 荧蒹	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667
	苯并（k） 荧蒹	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667	0.00667
	蒽	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033	0.00033
	二苯并 （a,h）蒽	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004
	苯	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667	0.01667

7.13 地下水环境环境状况

依据谱尼测试集团上海有限公司出具的《陆域环境监测报告》（2022 年 11 月）编制本章节。

7.13.1 监测时间与监测点位

（1）监测时间

2022 年 10 月 30 日在接收站开展一期地下水环境监测。

（2）监测点位

在项目所在区域布设 3 个地下水水质监测点、6 个地下水水位监测点。监测点位图见图 7.13-1。



图 7.13-1 地下水监测点位图

7.13.2 监测项目

水位、水质（pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、耗氧量、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{-} ）。

7.13.3 分析方法

分析方法见表 7.13-1。

表 7.13-1 地下水分析方法表

项目	方法	检验依据
pH 值	玻璃电极法	《水和废水监测分析方法》（第四版）
耗氧量	酸性高锰酸钾法	GB/T11892-1989
六价铬	二苯碳酰二肼分光光度法	GB/T 7467-1987
铁	邻菲罗啉分光光度法	《水和废水监测分析方法》（第四版）
锰	高碘酸钾分光光度法	GB11906-1989
汞	冷原子荧光法	《水和废水监测分析方法》第四版
砷	二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法	GB/T7485-1987
氯化物	硝酸银滴定法	GB/T11896-1989
氟化物		
硫酸盐	铬酸钡光度法	《水和废水监测分析方法》（第四版）
氨氮	纳氏试剂分光光度法	HJ 535-2009
亚硝酸盐氮	分光光度法	GB7493-1987
硝酸盐氮	紫外分光光度法	《水和废水监测分析方法》（第四版）

7.13.4 监测结果

地下水环境监测及评价结果见表 7.13-2~表 7.13-4。

表 7.13-2 地下水监测点水位

采样点位	检测项目	检测结果	单位
dxs1	水位	2.70	m
dxs2	水位	2.00	m
dxs3	水位	3.00	m
dxs4	水位	2.50	m
dxs5	水位	2.40	m
dxs6	水位	2.20	m

表7.13-3 地下水阴阳离子监测结果 单位(mg/L)

项目	dxs1	dxs2	dxs3
K ⁺	35.1	72.4	25.4
Na ⁺	3.51×10 ³	3.82×10 ³	1.51×10 ³
Ca ²⁺	424	344	81.3
Mg ²⁺	540	540	131
CO ²⁻	315	347	393
HCO ⁻	<0.7	<0.7	<0.7
Cl ⁻	8.17×10 ³	8.36×10 ³	2.78×10 ³
SO ₄ ²⁻	923	988	366

表7.13-4 地下水环境监测及评价结果

检测项目	单位	dxs1	达标情况	dxs2	达标情况	dxs3	达标情况
pH 值	/	7.5	是	7.4	是	8.2	是
耗氧量	mg/L	1.31	是	2.42	是	2.92	是
六价铬	mg/L	<0.004	是	<0.004	是	<0.004	是
铁	mg/L	<0.01	是	<0.01	是	<0.01	是
锰	mg/L	15.5	否	8.10	否	1.88	否
汞	ug/L	<0.00004	是	<0.00004	是	<0.00004	是
砷	ug/L	0.0004	是	0.0009	是	0.0008	是
氯化物	mg/L	8.17×10^3	否	8.36×10^3	否	2.78×10^3	否
氟化物	mg/L	1.70	否	1.02	否	4.08	否
硫酸盐	mg/L	923	否	988	否	366	否
氨氮	mg/L	0.34	是	2.10	否	0.14	是
亚硝酸盐氮	mg/L	0.020	是	0.013	是	<0.003	是
硝酸盐氮	mg/L	0.022	是	0.020	是	<0.004	是
挥发酚	mg/L	0.0055	否	0.0048	否	0.0041	否
氰化物	mg/L	<0.001	是	<0.001	是	<0.001	是
溶解性固体总量	mg/L	1.60×10^4	否	1.72×10^4	否	5.72×10^3	否
总大肠菌群	MPN/L	5.2×10^5	否	2.1×10^5	否	2.0×10^4	否
细菌总数	CFU/mL	1.2×10^4	否	1.2×10^5	否	3.4×10^3	否

由表可见，测点的 pH、耗氧量、六价铬、铁、汞、砷、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮均能符合Ⅲ类标准，主要超标因子为锰、氯化物、氟化物、硫酸盐、挥发酚、溶解性固体总量、总大肠菌群和细菌总数。超标原因可能受项目所在区域历史填海物料影响。

8 环境影响预测分析与评价

8.1 水文动力环境影响预测与评价

8.1.1 数学模型

8.1.1.1 基本方程

为预测与评价本项目码头建设对海域水文动力环境的影响，本评价采用 MIKE 21 Flow Model FM HD 模块搭建二维潮流数学模型。该模型采用的潮流控制方程为垂向平均的二维浅水方程。

连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad 8.1-1$$

动量方程：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} \\ &= f\bar{v}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) + hu_sS \\ & \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} \\ &= -f\bar{u}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + hv_sS \end{aligned} \quad 8.1-2$$

其中， t 表示时间； x, y 为 Cartesian 坐标系； η 为水位； d 为静水深； h 为总水深，表达式为 $h = \eta + d$ ； $\bar{u}$ ， $\bar{v}$ 分别为沿水深平均的 x 和 y 方向上速度分量，表达式分别为 $\bar{u} = \frac{1}{h} \int_{-d}^{\eta} u dz$ ， $\bar{v} = \frac{1}{h} \int_{-d}^{\eta} v dz$ ； f 为科氏力参数，表达式为 $f = 2\Omega \sin\phi$ ，其中， Ω 为地球自转角速率， ϕ 为地理纬度； g 为地球重力加速度； ρ 为水密度； ρ_0 为水的参考密度； τ_{sx} ， τ_{sy} 为风应力分量； τ_{bx} ， τ_{by} 为底部应力分量； S_{xx} ， S_{xy} ， S_{yx} ， S_{yy} 为辐射应力分量； p_a 为当地大气压； S 为源汇项的流量； u_s ， v_s 为源汇项的水流速度分量； T_{xx} ， T_{xy} ， T_{yx} ， T_{yy} 为横向应力分量，表

达式分别为 $T_{xx} = 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x}$, $T_{xy} = T_{yx} = A \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right)$, $T_{yy} = 2A \frac{\partial \bar{v}}{\partial y}$, A 为水平涡流粘度系数。

8.1.1.2 计算范围及网格设置

考虑到项目所在海域受岛屿、浅海地形等的影响，因此，需要采用模型嵌套的方式来模拟该海域的潮流场，采用大、小二层计算域嵌套，大模型为小模型提供水动力边界条件。大模型计算范围为长江口、杭州湾大范围海域，西起长江口徐六泾，北至江苏吕四，南至浙江石浦，东至 $123^{\circ}54'$ ，整个计算范围东西长约 350km，南北长约 310km。为较好地拟合长江口、杭州湾复杂多变的岸线形态和众多岛屿形状，采用无结构三角形网格对计算范围进行网格剖分，并且由外海向工程海域网格逐渐加密。其中，外海网格尺寸约 5km，长江口近岸海域最小网格尺寸 200m，杭州湾近岸海域网格尺寸约 1km。整个大模型网格节点数为 59984，单元数为 112269。大模型范围图见图 8.1-1。

小模型为工程区附近海域，东西长约 109km，南北长约 64km。为满足工程计算的精度，采用网格局部加密的方法，从外海至工程区域网格尺寸逐渐减小，其中外海网格尺度为 2km，洋山岛及周边网格尺寸为 200~500m，工程周边其他码头局部加密至 20~30m。根据本项目构筑物设计方案，在模型中，将工程水工建筑物桩基基础按等面积原则概化成不透水网格，其中码头引桥、码头平台、补偿平台、集液平台、火炬平台桩基位置网格为 4.4m（将 4~6 个桩基基础概化成 1 个基础），间距为 11~31m，系缆墩处网格为 15m。本项目东西两侧现有码头采用加大阻水糙率方式来模拟桩基群的阻水效应。

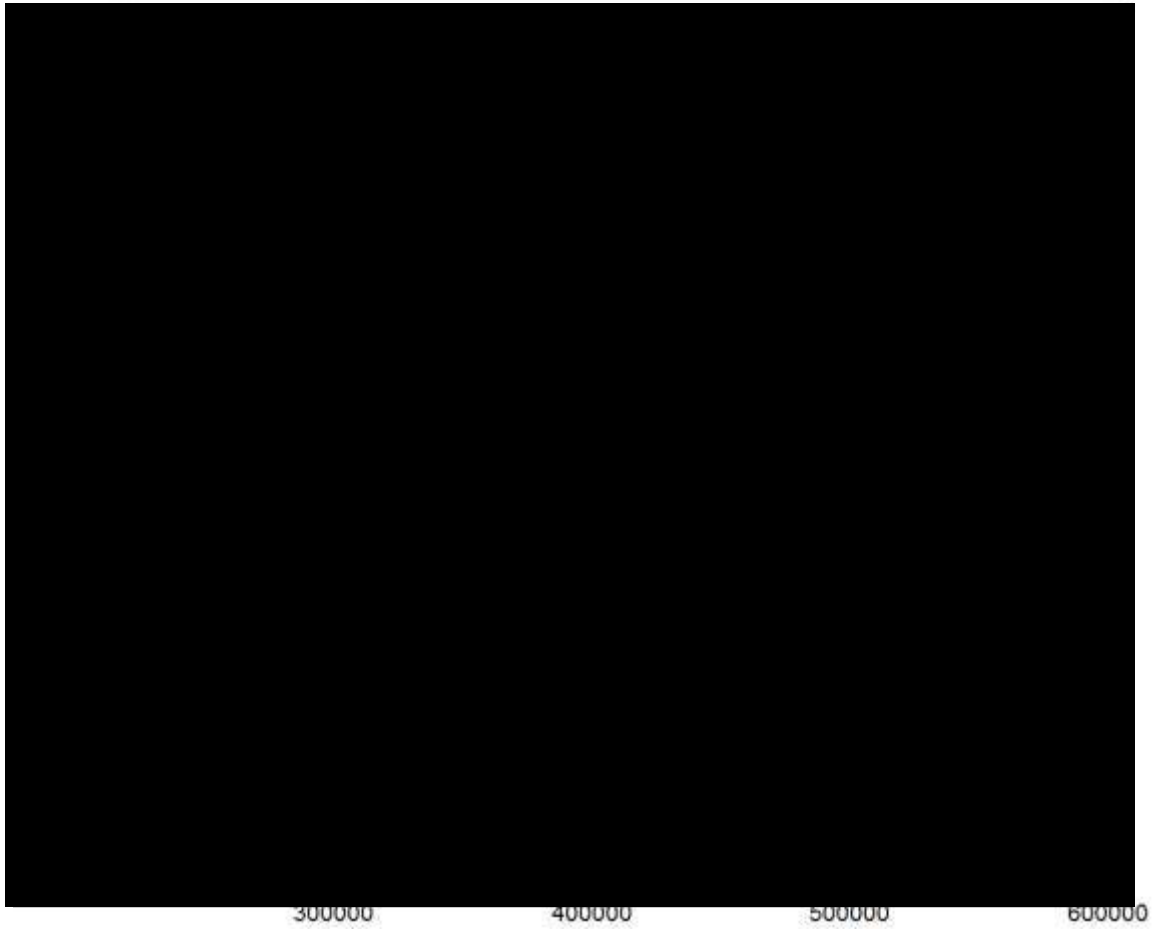


图 8.1-1 长江口杭州湾大范围模型网格图

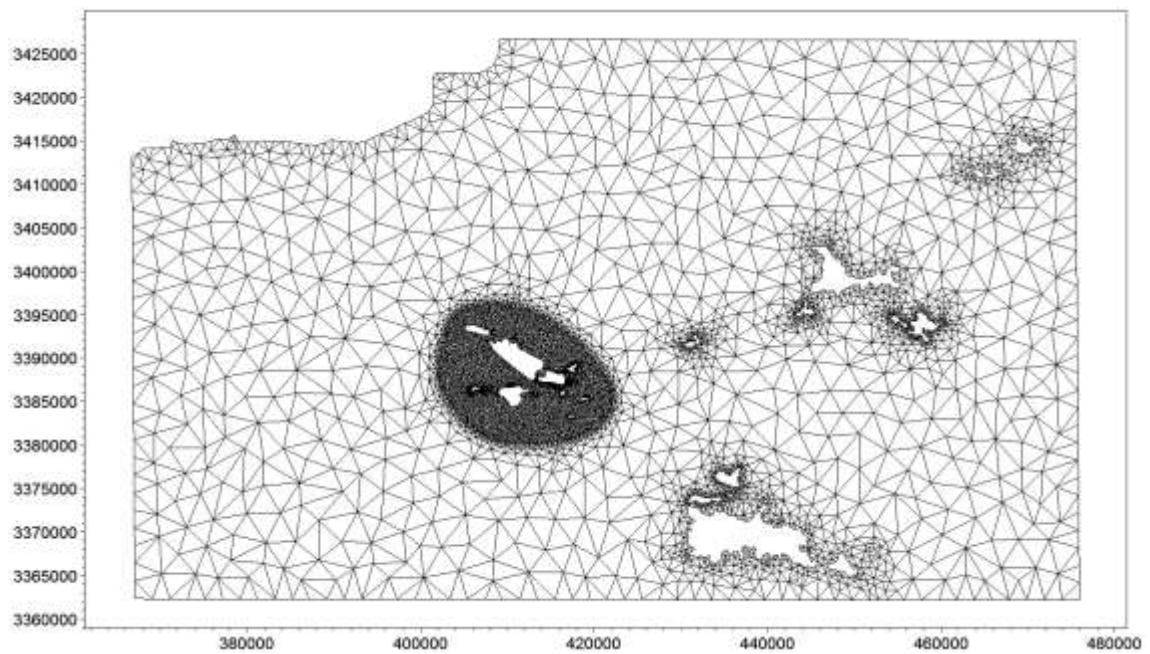


图 8.1-2 小模型网格图

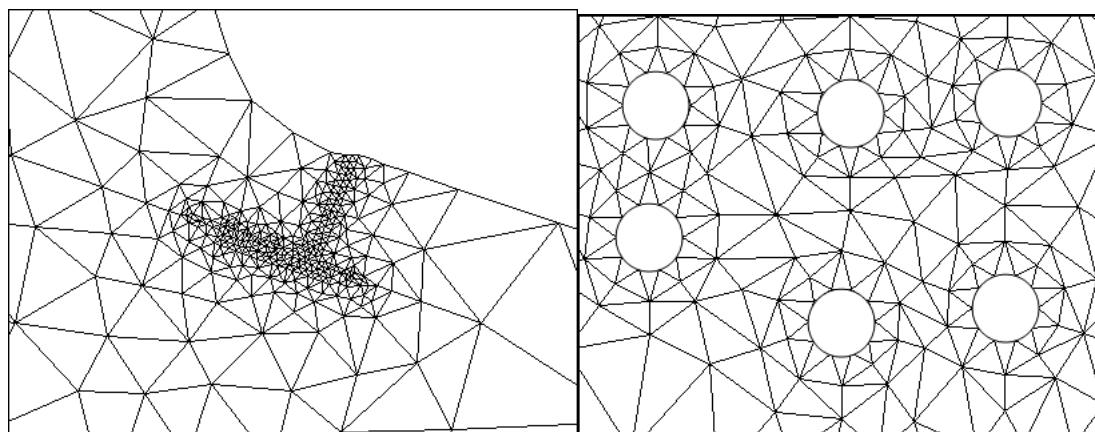


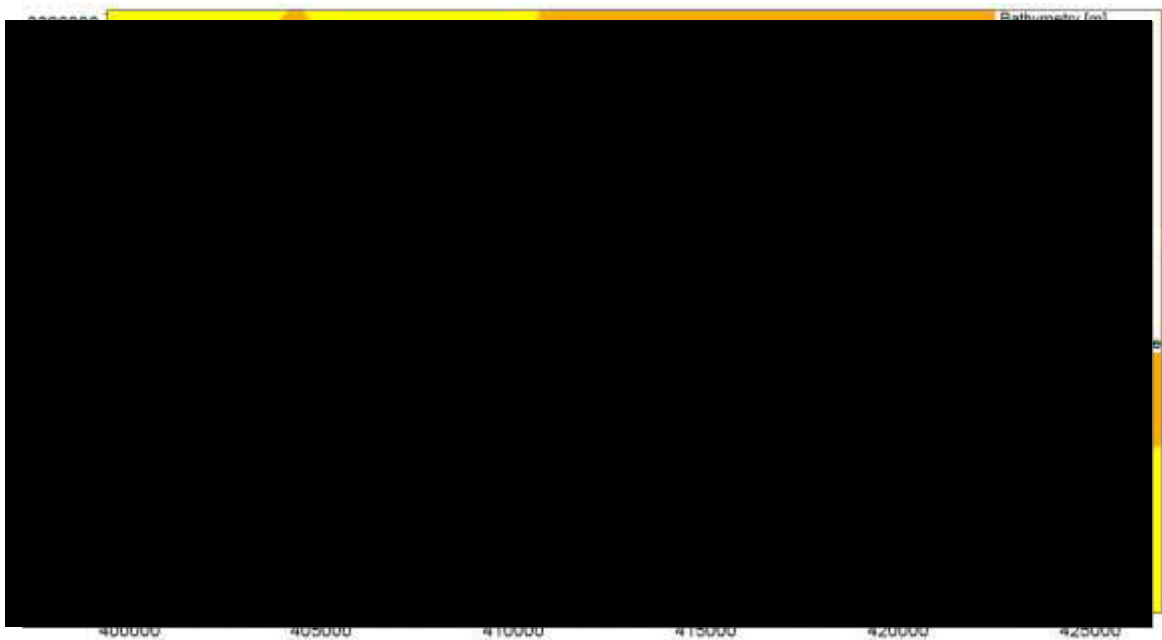
图 8.1-3 工程区附近局部网格图（左：工程周边码头；右：本项目码头桩基）

8.1.1.3 地形处理

进行数学模型计算时，依据本项目周边实测地形、海军航海保证部出版的相关海图和其它相关水下量测地形确定水深，并将水深统一换算至当地平均海平面基面（基面关系见图 6.1-9）。其中本项目管道路由沿线地形采用 2019 年 5 月实测地形，小洋山小乌龟岛附近采用外海采用 2018 年 11 月 1:2000 实测地形，本项目码头周边地形采用 2018 年 9 月 1:1000 实测地形，长江口北支采用 2013 年 1:60000 海图资料，吴淞口至新开港、长江口北港南港水道、北、南槽水道采用 2017 年 1:60000 海图资料，长江口南部、工程所在大范围海域采用 2017 年 1:130000 海图资料，漕泾化工区码头附近岸采用 2012 年 1:30000 海图资料，采用三角插值的方法将高程散点插值到各网格节点。模型地形及工程区域附近地形图见图 8.1-4 和图 8.1-5。



图 8.1-4 模型地形图



(a) 本项目码头附近地形图



(b) 本项目管道路由附近地形图

图 8.1-5 工程区附近地形图

8.1.1.4 定解条件

(1) 初始条件：采用静流条件起算。

(2) 边界条件：大模型共设 3 个外海潮位开边界，1 个流量开边界。流量开边界为长江口徐六泾边界和杭州湾流量开边界，徐六泾边界根据大通逐日径流量数据换算得到，杭州湾流量边界给定多年冬季和夏季月平均径流量；模型北、东、南 3 个开边界采用全球潮汐模型计算提供的潮位边界。小模型共设 4 个潮位开边界，由大模型计算结果提供。

(3) 风：模型中考虑风的强迫作用，风场数据取自于 NCEP，大气气压取 1013hPa，风摩擦阻力设定随着风速变化。

(4) 源项：考虑一期取排水口位置及取排水量，在一期取排水口位置分别设置一个源强点，取水流量为负，排水流量为正，流量数据根据 2019 年取排水流量设置；在本项目取排水口位置分别设置一个源强点，取水流量为负，排水流量为正。流量数据如下：

表 8.1-1 本项目及一期工程取排水流量 单位：m³/h

月份	一期工程取排水量（2019 年）	本项目取排水量预测	本项目工作负荷预测值
1 月	24444.9393	67200	100%
2 月	16958.3289	40735.05199	60.62%
3 月	16851.4322	45655.87064	67.94%
4 月	15316.6176	45063.29161	67.06%
5 月	13746.4244	37514.73857	55.83%

月份	一期工程取排水量(2019 年)	本项目取排水量预测	本项目工作负荷预测值
6 月	17237.5598	40187.58633	59.80%
7 月	18552.0668	47887.66309	71.26%
8 月	18426.0856	49191.77523	73.2%
9 月	12944.3332	35954.92482	53.5%
10 月	13540.9081	34734.54672	51.69%
11 月	18715.8167	52090.75119	77.52%
12 月	20055.452	58326.76798	86.80%

本项目冬季(1月)取排水流量取 $18.67\text{m}^3/\text{s}$ ，一期工程取排水流量取 $6.79\text{m}^3/\text{s}$ ，
 本项目夏季(8月)取排水流量取 $13.66\text{m}^3/\text{s}$ ，一期工程取排水流量取 $5.12\text{m}^3/\text{s}$ 。

8.1.1.5 参数取值

(1) 糙率

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与水深、床面形态、植被条件等因素有关，经调试，根据各海域的不同特点，糙率 n 取值为 $0.009\sim 0.02$ 。

(2) 涡粘系数

涡粘系数采用 smagorinsky 公式。

$$E_s = C_s^2 l^2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right] \quad 8.1-4$$

式中： u, v 分别为 x, y 方向的流速分量(m/s)； l 为网格间距； C_s 为 Smagorinsky 常数，计算时通过输入 C_s 的值来计算涡粘系数， C_s 可以取 0.25 到 1.0 之间的数，本报告取软件默认参数为 0.28 。

(3) 模型计算时间步长

模型采用的时间步长为变时间步长， t 在 $0.01\text{s}\sim 30\text{s}$ 之间，冬、夏季模型计算时长各 1 个月。

8.1.2 数学模型率定验证

为使建立的潮流模型能较好的模拟预测工程区的潮流场，需对模型进行参数率定和验证。采用 2018 年 9 月在长江口、舟山群岛及其毗邻的东海西北部海域进行的秋季海洋水文测验资料对模型进行率定，采用工程区域 2019 年 1 月大、小潮潮流实测数据对模型进行验证，实测站位详见图 8.1-6，潮位和流速、流向率定验证结果见附录 9。率定和验证结果表明：长江口、杭州湾大范围内的潮位

站及工程附近潮位站的计算潮位和实测值基本吻合，潮流点的计算流速、流向和实测值也吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差大部分在 20% 以内，个别站点计算流速与实测流速的误差稍大（可能由于地形资料和边界条件的偏差引起），所建立的长江口、杭州湾大范围海域潮流数学模型合理可信，基本反映了长江口、杭州湾海域整体的潮流运动规律，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。总体上说，模型模拟结果基本反映了的工程周边海域的潮流流态及潮汐特征，可用于工程水文动力影响的预测。

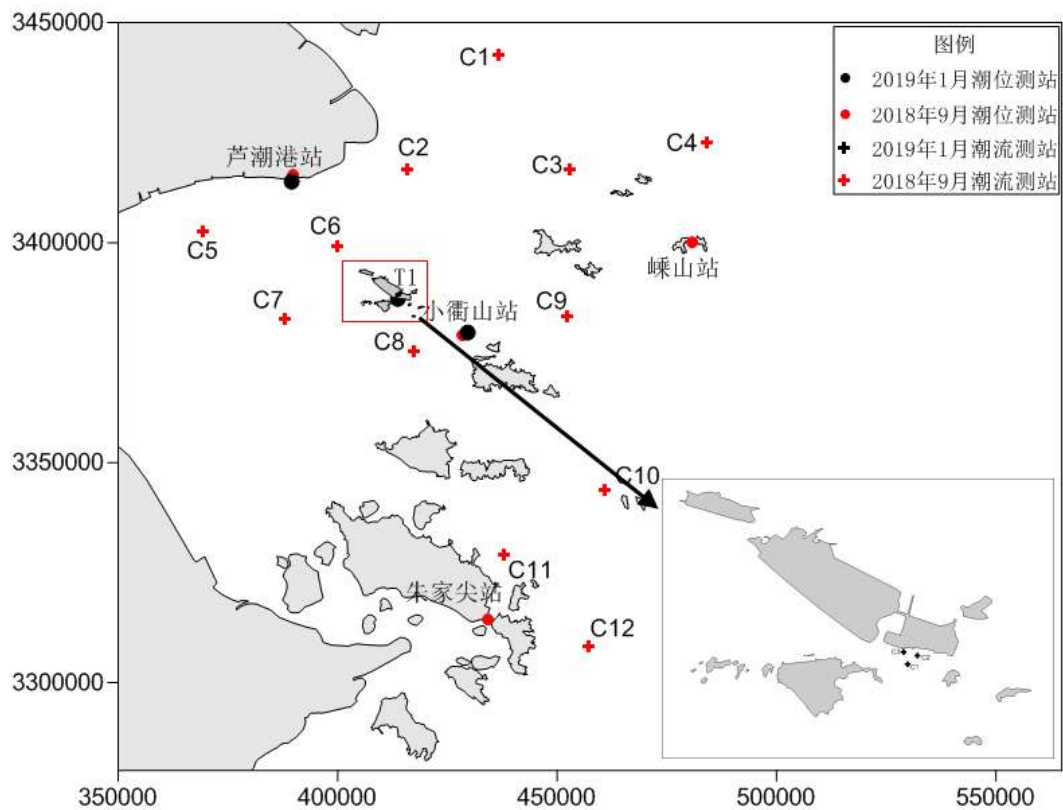


图 8.1-6 验证站位图

8.1.3 现状潮流场分析

计算了工程前大潮潮流场，长江口杭州湾大范围工程前大、小潮涨落急流场图见图 8.1-7~8.1-8，工程前小模型大潮涨、落急流场图见图 8.1-9 和图 8.1-10，工程附近海域大潮涨、落急流场图见图 8.1-11 和图 8.1-12。

从大模型涨落急流场图可以看出，涨潮时，潮波从太平洋琉球群岛分两支进入东中国海，一支沿西北偏西方向进入浙江沿海，另一支则由西北经东海，继而进入黄海。来自东海的涨潮流流向近海时，受水下地形的影响，潮波发生变形，到达南汇浅滩后又受陆域边界的影响，产生南、北两支分流，北支涨潮流进入长

江口，南支涨潮流则进入杭州湾；进入杭州湾北岸（芦潮港至金汇港一线）的涨潮流主流向为西向，其中贴岸部分涨潮流受岸线约束，逐渐从西向西南方向运动。落潮时，杭州湾北岸（芦潮港至金汇港一线）落潮流基本上与涨潮流相反，在湾内主流向为东向，沿岸落潮流基本上与岸线平行，出杭州湾口后，其北翼的落潮流与长江口南岸的落潮流在南汇东滩汇合，向东南方向的外海流去。南汇浅滩是长江口与杭州湾涨潮流的分流咀和落潮流的汇流区。杭州湾海域潮流受局部岛屿影响很大，流向基本上受岸线控制，又具有独自特定的变化。由图可以看出，海域大范围流态与以往的研究成果一致，即模拟的流场基本能够正确反映实际的流场特征。

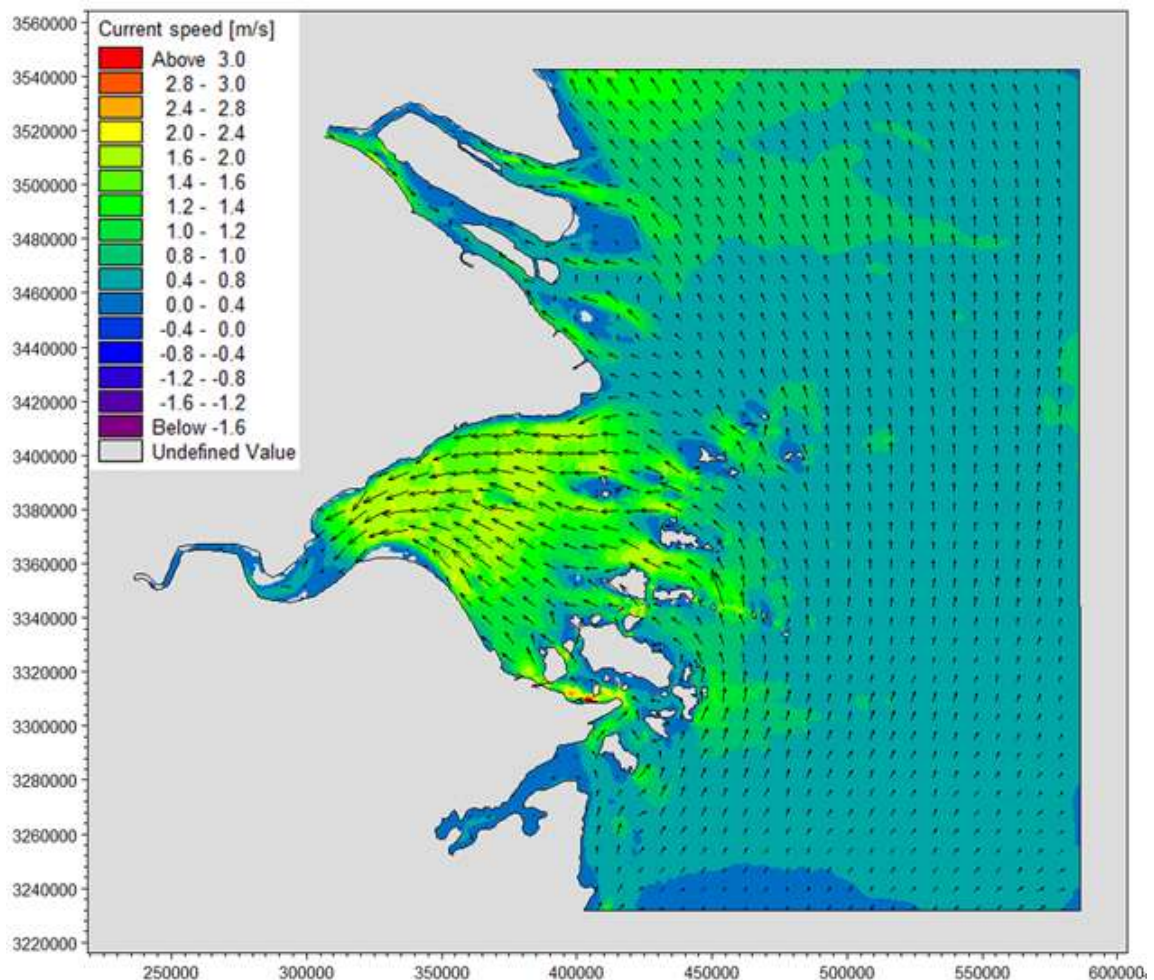


图 8.1-7 大模型大潮涨急流场图

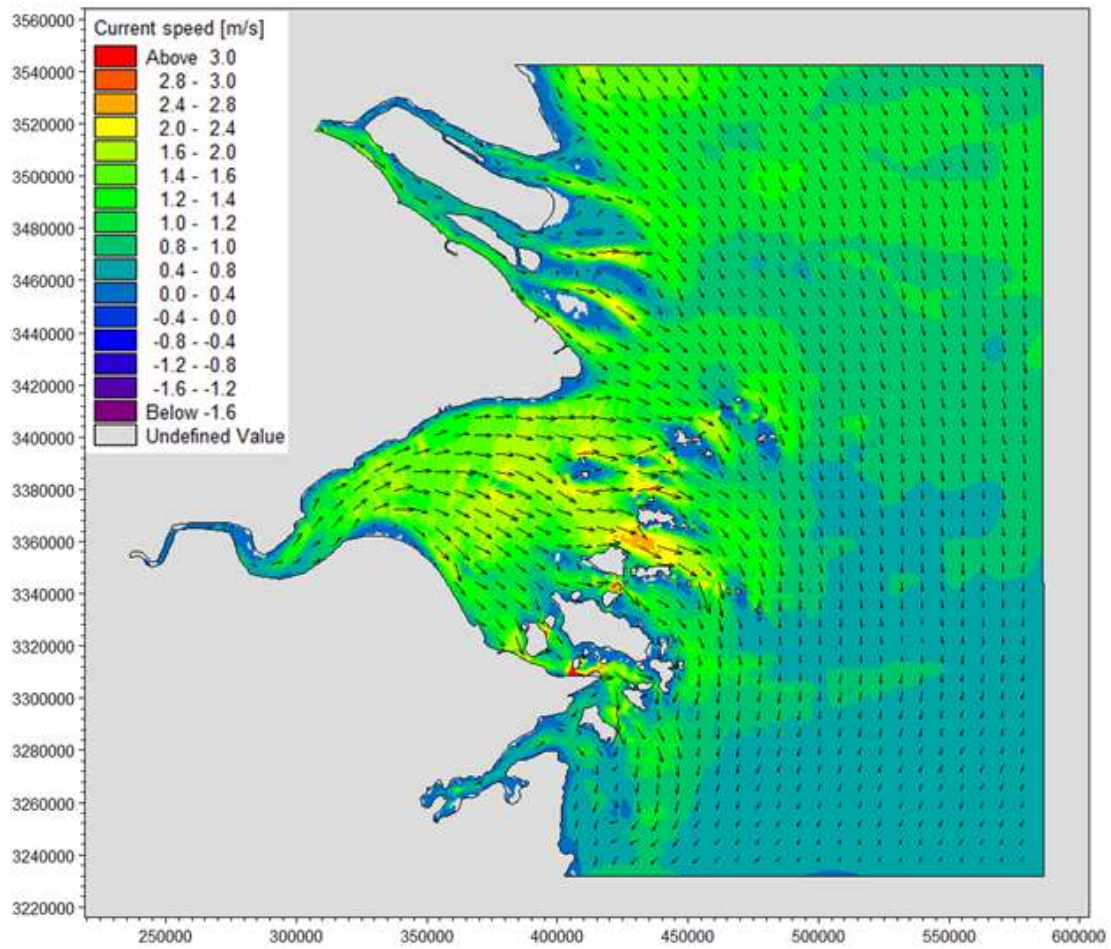


图 8.1-8 大模型大潮落急流场图

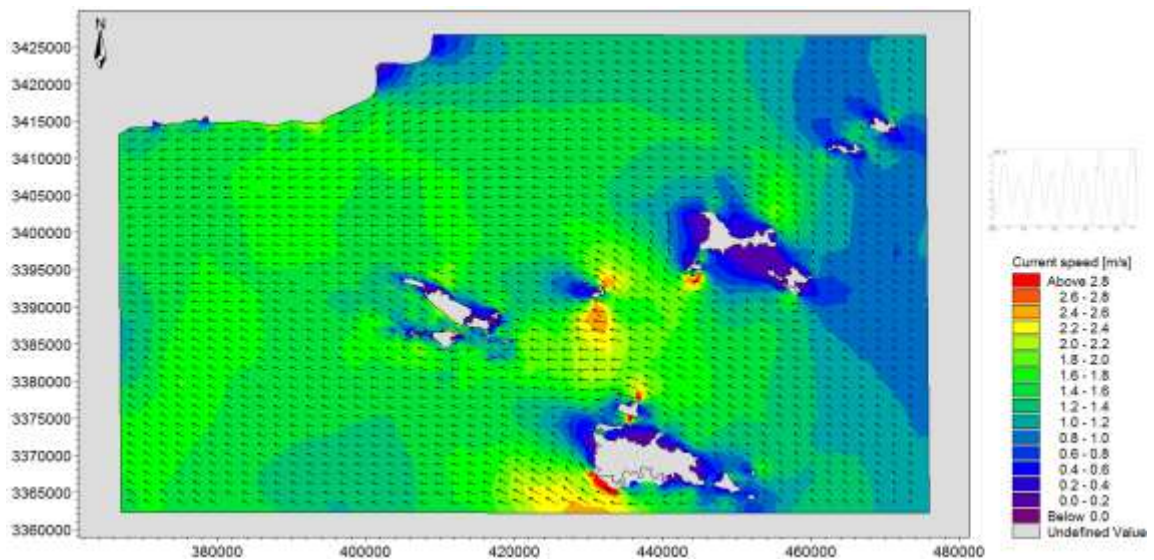


图 8.1-9 小模型涨急流场图（工程前）

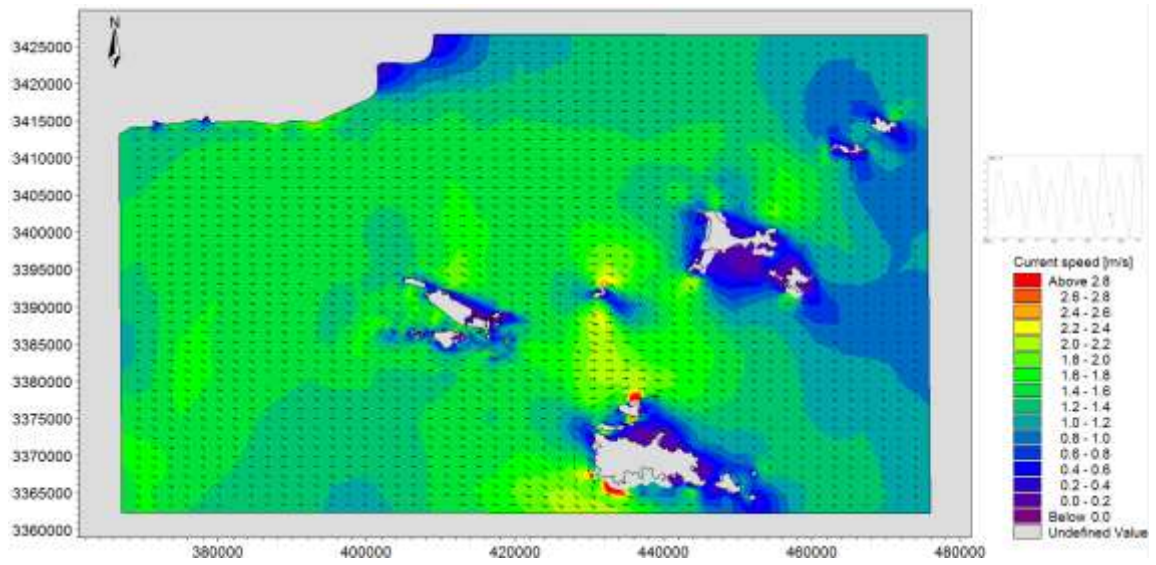


图 8.1-10 小模型落急流场图（工程前）

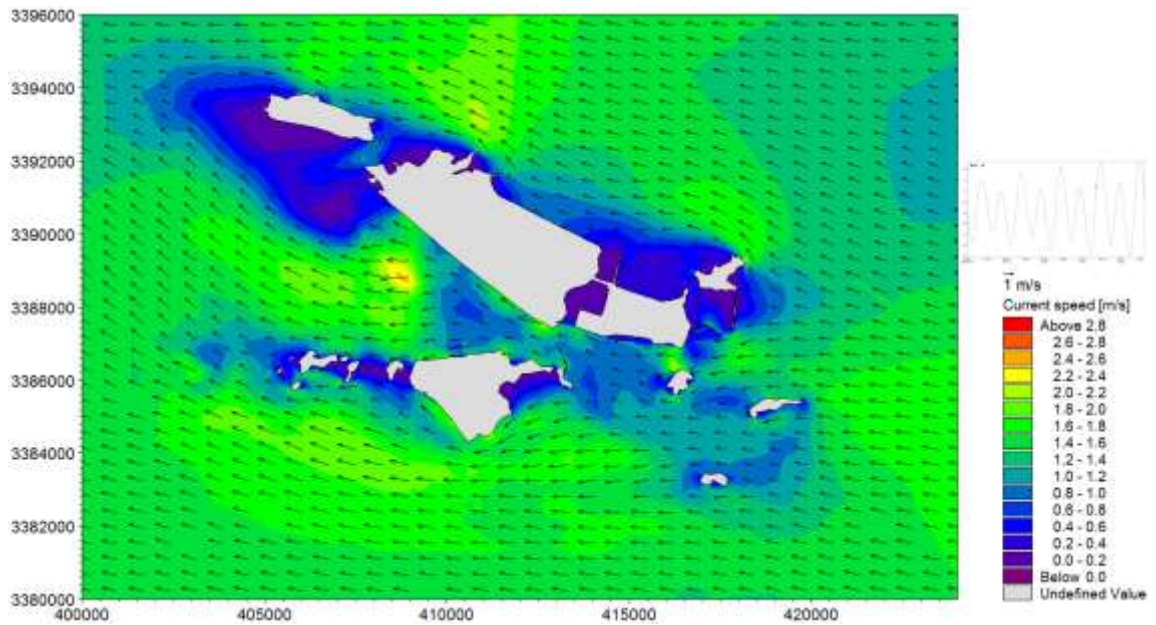


图 8.1-11 工程附近海域大潮涨急流场图（工程前）

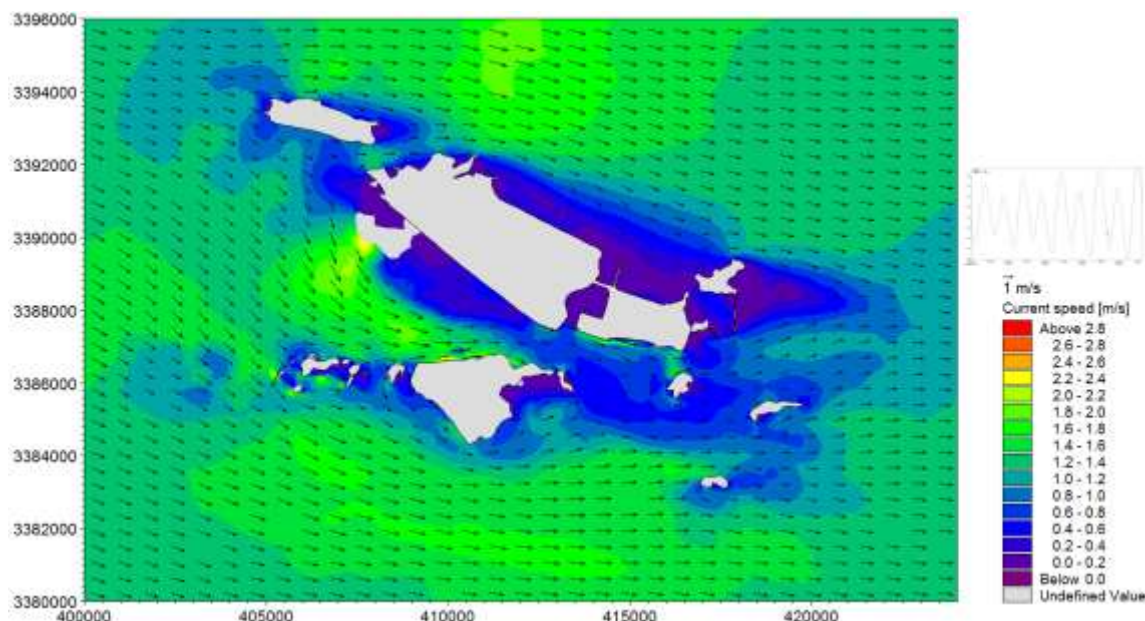


图 8.1-12 工程附近海域大潮落急流场图（工程前）

由上述图件可以看出：本项目位于杭州湾北岸的洋山港海域，从小模型涨落急流场图（图 8.1-9~8.1-10）可以看出，工程附近海域潮流运动表现为明显的往复流特征。受杭州湾北部岸线的控制，工程海域前沿附近海域基本表现为贴岸流，沿西南和东北方向往复流动。

涨潮时，来自东海的涨潮流到达南汇浅滩后受陆域边界的影响，产生南、北两支分流，北支涨潮流进入长江口，南支涨潮流则进入杭州湾；进入杭州湾北岸（芦潮港至金汇港一线）的涨潮流主流向为西-西南向；落潮时，海水基本沿涨潮路线原路返回，工程区域落潮流向为东南-东向。涨潮平均流向基本在 $205^{\circ}\sim 220^{\circ}$ 之间，落潮平均流向基本在 $120^{\circ}\sim 160^{\circ}$ 之间。工程海域涨潮平均流速在 $1\sim 1.5\text{m/s}$ 左右，落潮平均流速在 $0.9\sim 1.3\text{m/s}$ 左右。

8.1.4 工程后潮流场分析

计算了工程后同时段大潮工况潮流场，工程后小模型大潮涨、落急流场图见图 8.1-13 和图 8.1-14，工程附近海域局部放大涨落急流场图见图 8.1-15 和图 8.1-16。

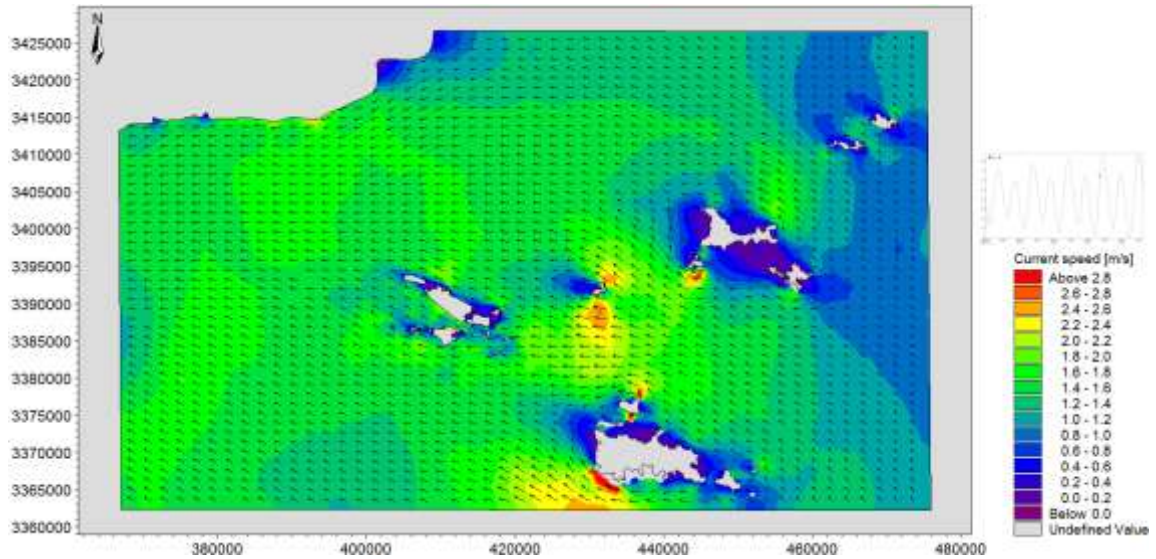


图 8.1-13 小模型涨急流场图（工程后）

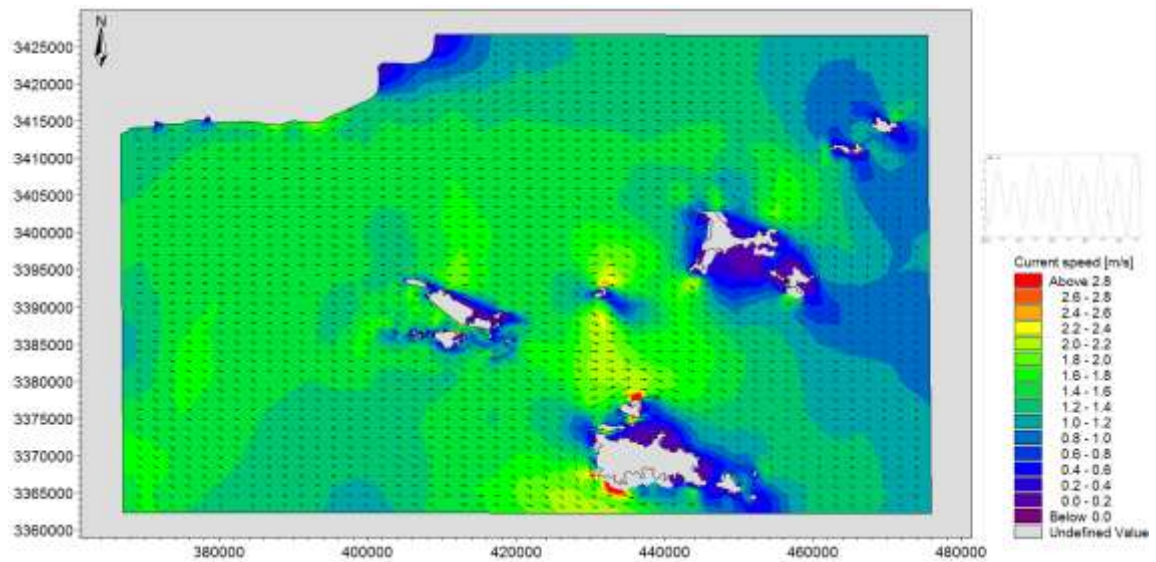


图 8.1-14 小模型落急流场图（工程后）

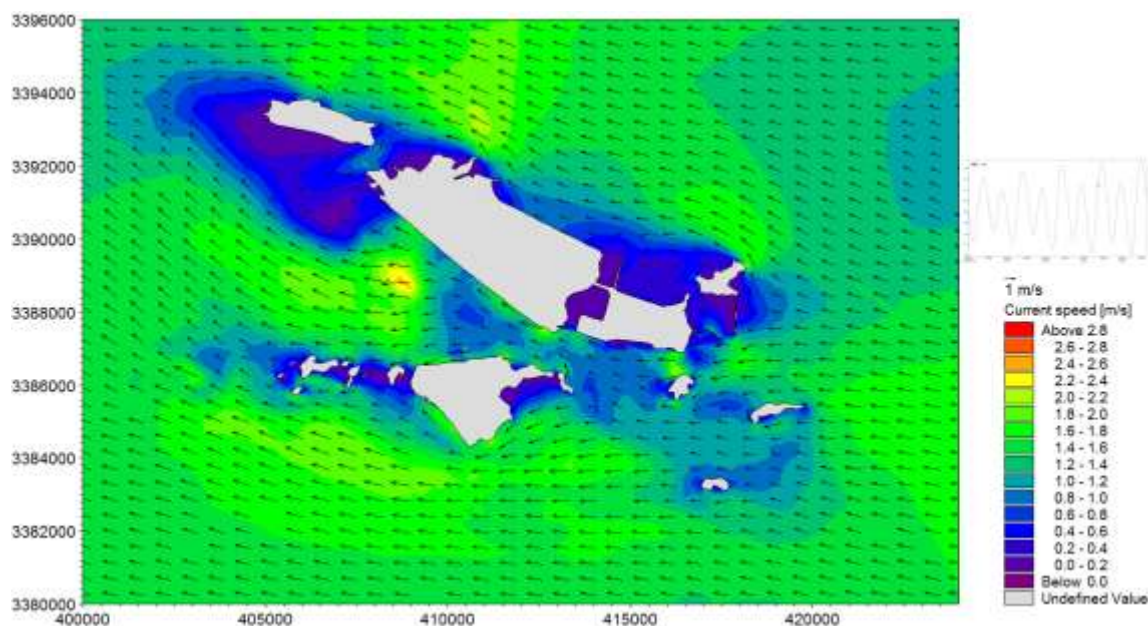


图 8.1-15 工程附近海域涨急流场图（工程后）

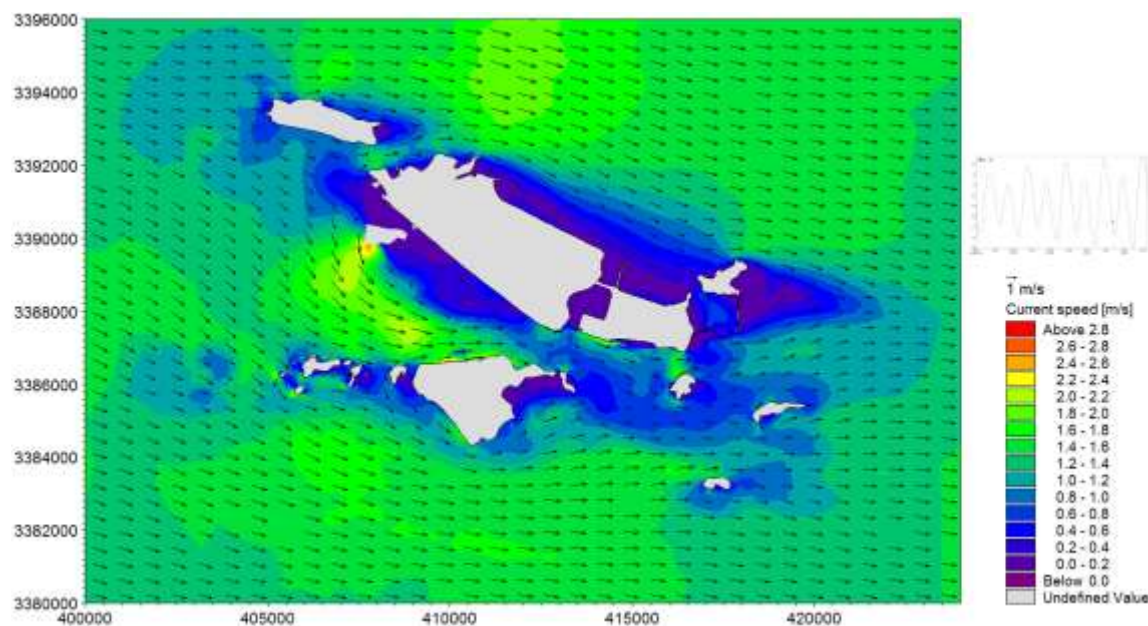


图 8.1-16 工程附近海域落急流场图（工程后）

对比工程前后大范围和工程局部涨落急流场图发现，本项目码头建设后，对
流场基本没有影响，仅在码头及靠岸处流速略有减小。

8.1.5 工程建设对潮流动力的影响

8.1.5.1 对海域潮流动力的影响

为量化工程建设对流速流向的影响，根据数模计算结果，计算工程建设前后
大潮涨潮平均流速和落潮平均流速，并用工程后涨潮平均流速和落潮平均流速减
去工程前涨潮平均流速和落潮平均流速，得到工程建设前后大潮涨潮平均流速和

落潮平均流速变化图，分别见图 8.1-17、图 8.1-18。

由图可见，本项目码头、引桥、平台等下部桩基数量较多，影响相互叠加，形成群桩效应，码头附近流速均有所减小，引桥根部和码头前沿流速有所增大，且落急流速变幅较涨急流速变幅大。

涨潮时，流速变化在 0.05m/s 以上的区域集中在涨潮方向距离码头引桥边界 1.3km 范围、落潮方向距离码头引桥边界 0.65km 范围内和码头前沿 75m 范围内，流速减小幅度在 0.05~0.6m/s，其中 0.3m/s 以上变幅集中在桩基涨潮方向 330m 范围和落潮方向 200m 范围内。码头前沿流速增大幅度在 0.05~0.1m/s，引桥根部流速增幅在 0.05m/s 以内。

落潮时，流速变化在 0.05m/s 以上的区域集中在涨潮方向距离码头引桥边界 0.5km 范围、落潮方向距离码头引桥边界 1.2km 范围内和码头前沿 100m 范围内，流速减小幅度在 0.05~0.75m/s，其中 0.3m/s 以上变幅集中在桩基涨潮方向 240m 范围和落潮方向 650m 范围内。码头前沿流速增大幅度在 0.05~0.1m/s，引桥根部流速增幅在 0.05~0.2m/s。

由于工程位于小洋山岛南侧凹槽内，工程垂直于涨落潮流方向，对两侧潮流阻碍较明显，尤其是对落潮流阻碍较大，流速减小明显。

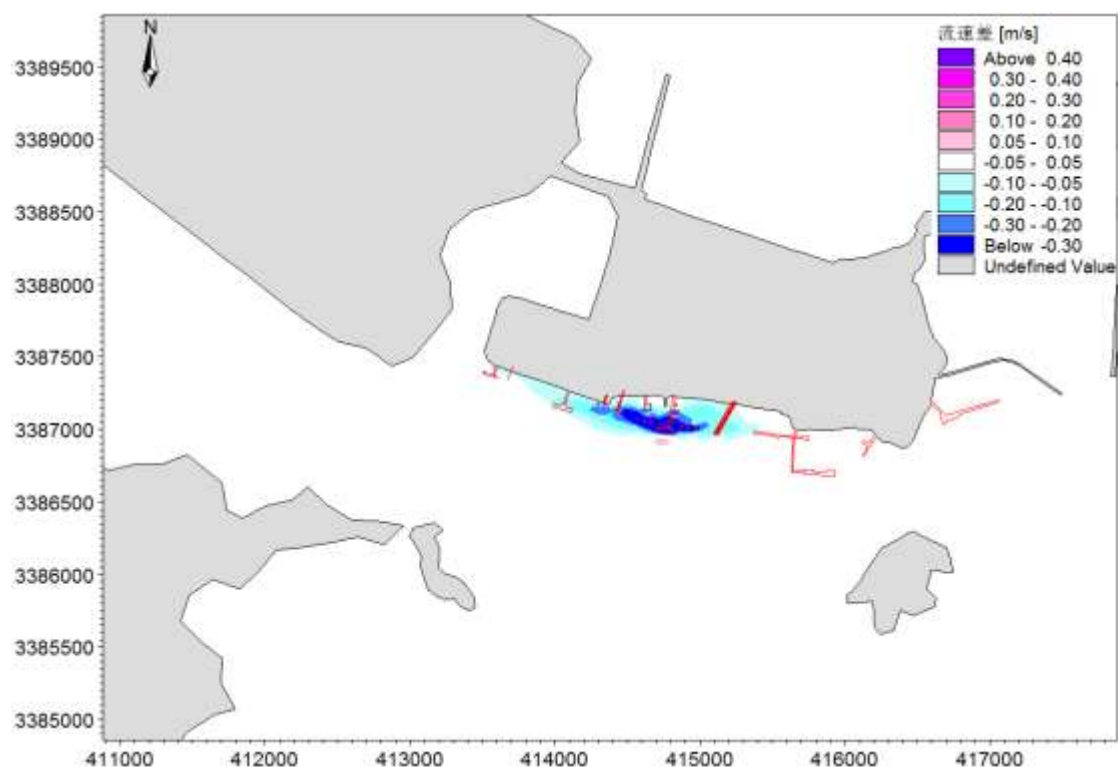


图 8.1-17 工程海域大潮涨潮平均流速变化图

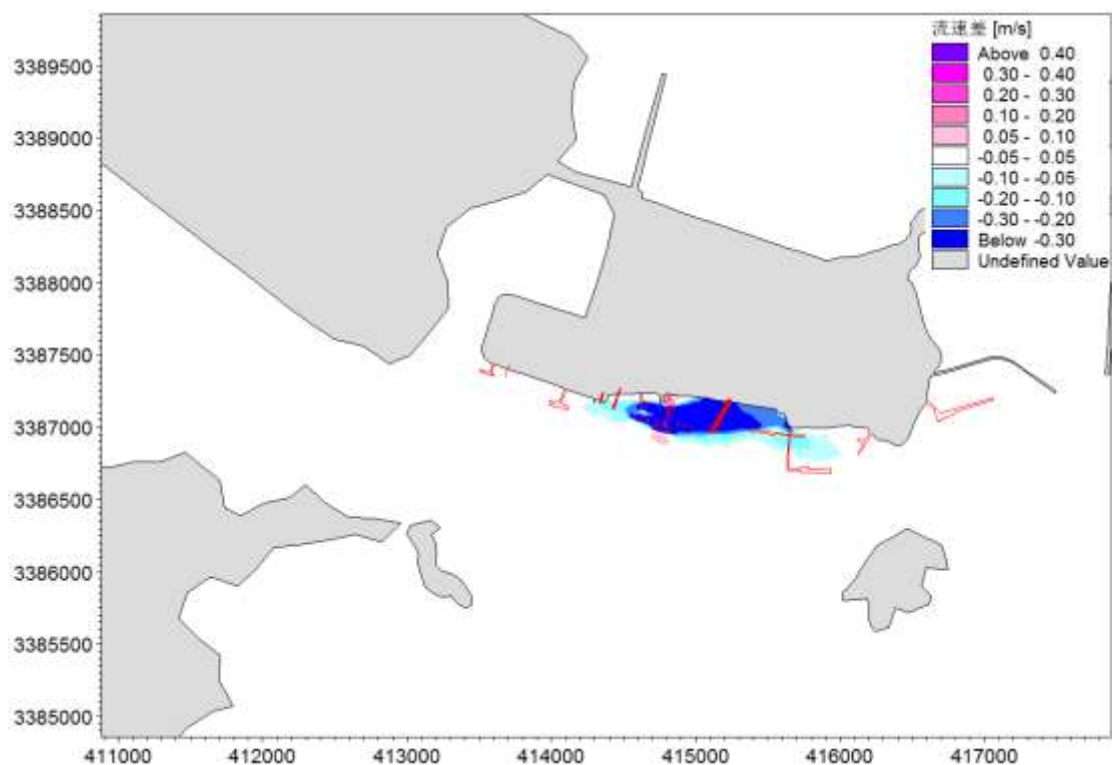


图 8.1-18 工程海域大潮落潮平均流速变化图

在工程附近及周边海域分别选取一些代表点，点位及编号分别见图 8.1-19 和图 8.1-20，以分析工程前后的潮位和流速变化情况。

表 8.1-2~表 8.1-5 比较了各典型代表点工程前后的大潮涨落潮平均流速的变化，其中，流速变率被定义为：

$$\text{变率} = \frac{(\text{工程后流速} - \text{工程前流速})}{\text{工程前流速}} \times 100\%$$

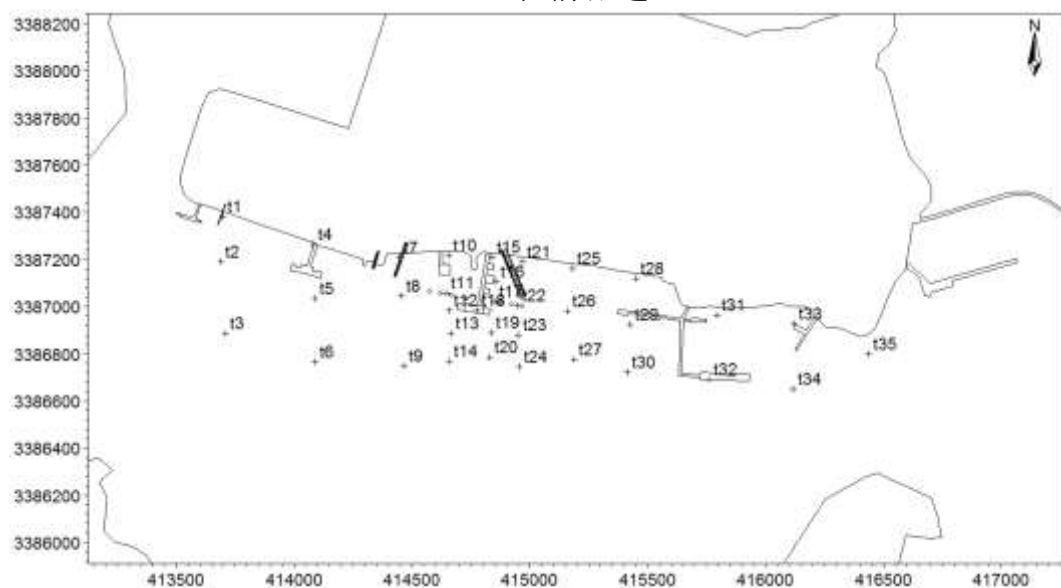


图 8.1-19 工程前后工程附近潮流流速比较分析点

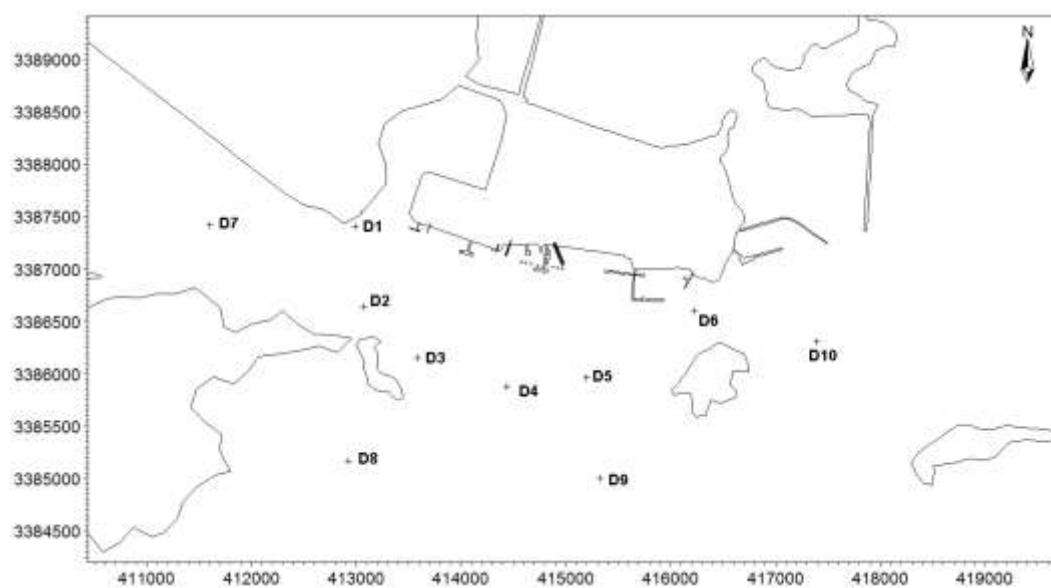


图 8.1-20 工程前后大范围海域潮流流速比较分析点

表 8.1-2 工程前后大范围海域大潮涨潮平均流速变化

点位	现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率(%)	流向差值(°)
	大小(m/s)	角度(°)	大小(m/s)	角度(°)			
D1	0.911	272.1	0.907	272.2	-0.004	-0.5%	0.1
D2	0.662	259.0	0.662	259.1	0.001	0.1%	0.0
D3	0.528	293.1	0.531	293.1	0.002	0.5%	0.0
D4	0.530	270.2	0.533	269.9	0.002	0.4%	-0.2
D5	0.562	262.7	0.562	261.8	0.001	0.1%	-0.8
D6	1.023	238.6	1.021	239.0	-0.002	-0.2%	0.4
D7	0.549	268.2	0.549	268.2	0.000	-0.1%	0.0
D8	0.866	229.6	0.866	229.7	0.000	0.0%	0.1
D9	0.644	257.2	0.644	257.2	0.000	0.0%	-0.1
D10	0.638	243.4	0.637	243.3	-0.001	-0.1%	-0.1

表 8.1-3 工程前后大范围海域大潮落潮平均流速变化

点位	现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率(%)	流向差值(°)
	大小(m/s)	角度(°)	大小(m/s)	角度(°)			
D1	0.728	97.8	0.726	97.8	-0.002	-0.3%	0.0
D2	0.573	152.1	0.573	152.1	0.000	0.0%	0.0
D3	0.428	184.8	0.429	184.8	0.002	0.4%	0.1
D4	0.404	163.8	0.408	164.0	0.004	1.0%	0.2
D5	0.511	162.0	0.518	161.7	0.007	1.4%	-0.3
D6	0.924	133.2	0.908	132.8	-0.016	-1.7%	-0.4
D7	0.537	144.9	0.536	144.9	0.000	-0.1%	0.0
D8	0.741	114.1	0.740	114.1	0.000	0.0%	0.0
D9	0.478	153.6	0.479	153.5	0.002	0.4%	-0.1
D10	0.504	142.7	0.498	142.2	-0.007	-1.3%	-0.5

表 8.1-4 工程前后工程区附近海域大潮涨潮平均流速变化

位置	现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率(%)	流向差值(°)
	大小(m/s)	角度(°)	大小(m/s)	角度(°)			
t1	0.942	289.8	0.891	289.9	-0.051	-5.5%	0.1
t2	0.759	294.9	0.750	295.5	-0.009	-1.2%	0.6
t3	0.654	297.7	0.654	298.0	0.000	0.0%	0.3
t4	0.615	299.1	0.553	299.3	-0.063	-10.2%	0.2
t5	0.547	289.0	0.539	290.9	-0.008	-1.5%	1.9
t6	0.574	292.7	0.576	293.7	0.002	0.3%	1.0
t7	0.167	218.1	0.115	234.9	-0.052	-31.3%	16.9
t8	0.595	281.4	0.419	291.2	-0.177	-29.7%	9.8
t9	0.580	283.4	0.593	284.0	0.014	2.4%	0.6
t10	0.104	261.33	0.054	292.1	-0.050	-48.0%	30.8
t11	0.675	241.9	0.139	208.4	-0.536	-79.4%	-33.5
t12	0.570	277.1	0.361	263.8	-0.210	-36.8%	-13.3
t13	0.553	278.5	0.592	277.6	0.039	7.0%	-0.9
t14	0.586	281.0	0.610	279.6	0.024	4.0%	-1.4

位置	现状		工程后		流速差值 (m/s)	流速变率 (%)	流向差值 (°)
	大小 (m/s)	角度 (°)	大小 (m/s)	角度 (°)			
t15	0.102	270.9	0.105	285.6	0.003	2.8%	14.8
t16	0.424	260.9	0.177	285.5	-0.247	-58.2%	24.6
t17	0.765	273.3	0.194	305.3	-0.571	-74.6%	32.0
t18	0.587	277.0	0.108	236.6	-0.480	-81.7%	-40.3
t19	0.569	279.5	0.594	273.0	0.025	4.4%	-6.6
t20	0.595	280.0	0.615	276.5	0.020	3.3%	-3.5
t21	0.192	272.9	0.113	272.2	-0.079	-41.2%	-0.6
t22	0.831	213.0	0.135	238.2	-0.695	-83.7%	25.1
t23	0.574	278.1	0.567	272.5	-0.007	-1.2%	-5.5
t24	0.593	279.1	0.599	276.2	0.006	1.0%	-2.9
t25	0.287	277.4	0.225	259.8	-0.061	-21.4%	-17.6
t26	0.661	274.4	0.560	270.7	-0.101	-15.3%	-3.8
t27	0.580	274.9	0.575	273.4	-0.004	-0.8%	-1.5
t28	0.264	280.1	0.245	279.4	-0.020	-7.4%	-0.7
t29	0.604	273.2	0.585	271.6	-0.019	-3.1%	-1.6
t30	0.606	272.3	0.607	271.5	0.001	0.1%	-0.8
t31	0.604	269.7	0.600	269.6	-0.003	-0.6%	-0.1
t32	0.655	266.7	0.654	266.4	0.000	0.0%	-0.3
t33	0.625	280.3	0.623	280.2	-0.002	-0.4%	-0.1
t34	1.077	266.9	1.074	266.9	-0.002	-0.2%	-0.1
t35	0.769	259.1	0.767	259.1	-0.001	-0.2%	0.0

表 8.1-5 工程前后工程区附近海域大潮落潮平均流速变化

位置	现状		工程后		流速差值 (m/s)	流速变率 (%)	流向差值 (°)
	大小 (m/s)	角度 (°)	大小 (m/s)	角度 (°)			
t1	0.978	107.0	0.961	107.1	-0.017	-1.7%	0.0
t2	0.778	105.6	0.774	105.6	-0.004	-0.5%	0.0
t3	0.589	110.2	0.588	110.3	-0.001	-0.1%	0.1
t4	0.905	117.5	0.885	117.5	-0.019	-2.1%	0.0
t5	0.668	107.8	0.661	107.9	-0.007	-1.1%	0.1
t6	0.567	108.1	0.566	108.6	-0.002	-0.3%	0.5
t7	0.171	43.8	0.180	53.6	0.009	5.1%	9.8
t8	0.751	97.1	0.689	101.9	-0.062	-8.3%	4.8
t9	0.640	105.7	0.641	107.8	0.001	0.1%	2.1
t10	0.102	97.4	0.111	93.1	0.009	8.6%	-4.3
t11	0.815	120.4	0.191	148.9	-0.624	-76.6%	28.5
t12	0.598	99.6	0.547	111.0	-0.051	-8.5%	11.4
t13	0.616	100.7	0.633	106.9	0.018	2.9%	6.2
t14	0.657	103.1	0.671	106.3	0.014	2.1%	3.2
t15	0.067	73.3	0.149	94.3	0.082	122.0%	21.0
t16	0.985	88.2	0.177	116.0	-0.808	-82.0%	27.8
t17	0.825	95.6	0.273	126.4	-0.552	-66.9%	30.8
t18	0.641	100.2	0.153	155.0	-0.487	-76.1%	54.8
t19	0.636	98.8	0.674	99.4	0.038	5.9%	0.6

位置	现状		工程后		流速差值 (m/s)	流速变率 (%)	流向差值 (°)
	大小 (m/s)	角度 (°)	大小 (m/s)	角度 (°)			
t20	0.659	100.7	0.685	102.2	0.025	3.9%	1.5
t21	0.271	89.4	0.117	113.0	-0.154	-56.8%	23.6
t22	0.828	93.2	0.140	73.0	-0.688	-83.1%	-20.2
t23	0.642	97.8	0.621	96.2	-0.021	-3.3%	-1.6
t24	0.644	99.8	0.662	100.1	0.018	2.8%	0.2
t25	0.524	97.4	0.166	102.3	-0.357	-68.2%	4.9
t26	0.838	88.9	0.498	107.6	-0.340	-40.6%	18.7
t27	0.610	95.5	0.606	95.7	-0.004	-0.6%	0.2
t28	0.506	98.4	0.224	107.5	-0.282	-55.8%	9.1
t29	0.710	95.5	0.641	87.8	-0.069	-9.7%	-7.7
t30	0.576	95.3	0.594	93.0	0.018	3.0%	-2.3
t31	0.628	87.2	0.597	87.7	-0.030	-4.9%	0.5
t32	0.599	89.6	0.591	86.7	-0.008	-1.3%	-2.9
t33	0.623	102.4	0.594	102.3	-0.029	-4.6%	-0.1
t34	0.994	86.6	0.975	85.8	-0.019	-1.9%	-0.8
t35	0.691	88.8	0.670	88.6	-0.021	-3.1%	-0.1

由表 8.1-2 和表 8.1-3 可知，工程周边大范围海域所选取的代表点处大潮涨潮平均流速最大减幅约 0.004m/s，大潮落潮平均流速最大减幅约 0.016m/s，最大涨落急流速变率分别为-0.5%和-1.7%，流向变化不超过 1°，影响较小。

由表 8.1-4 和表 8.1-5 可知，工程建设对海域的潮流影响主要集中在工程区附近，离工程区越远，潮流影响越小，引桥根部和码头前沿流速增大，涨落潮方向受桩基掩蔽处流速减小。工程附近海域所选取的代表点处大潮涨潮平均流速最大减幅约 0.695m/s，最大增幅约 0.039m/s，大潮落潮平均流速最大减幅约 0.808m/s，最大增幅约 0.082m/s，大潮涨潮平均流速增大变率在 0.0%~7.4%，大潮涨潮平均流速减小变率在 -0.2%~-83.7%，大潮落潮平均流速增大变率在 0.1%~122%，大潮落潮平均流速减小变率在 -0.1%~-83.1%。靠近桩基的点涨落潮平均流向变化较大，最大流向变幅达到 54.8°。

涨潮时，t10、t11 点位于涨潮方向的背水面，受桩基阻水作用，流速减小，变率在 -29.7%~-31.3%，流向变化 9.8°~16.9°；t16~t18、t22 位于桩基基础之间或桩基迎水面处，流速减小，变率达 -58.2%~-83.7%，流向变化最大达 40.3°，变化明显；贴岸处流速亦有减小，t21、t25 变率在 -21.4%~-41.2%。

落潮时，引桥根部 t7、t10、t15 和码头前沿 t13、t14、t19、t20 受中间桩基阻水、水流向两边流动影响，流速有所增大，变率在 2.1%~122%，最大流向变幅达约 21°；t11、t16~t18、t22 位于桩基基础之间或桩基背水面处，流速减小，

变率达-76.1%~-83.1%，流向变化最大达 83°，变化明显；受码头和引桥掩蔽作用，贴岸处 t21、t25、t28 点流速均减小明显，变率在-55.8%~-68.2%，最大流向变幅达约 23.6°。

总体上，本项目的建设对大范围海域潮流特性影响较小，周边海域大潮涨落潮平均流速变幅基本在 2%以内，流向变化不超过 1°；工程建设后，码头、引桥及各平台内部流速减小，掩蔽区流速减小，引桥根部和码头前沿流速略有增大。

8.1.5.2 对海域潮汐特征的影响

工程前后各测点潮位变化见表 8.1-6。

表 8.1-6 工程前后工程区附近海域大潮高、低潮位比较

点号	高潮位 (m)			低潮位(m)			潮差(m)		
	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值
t1	1.392	1.393	0.001	-1.556	-1.556	0.000	2.948	2.949	0.001
t2	1.390	1.390	0.000	-1.541	-1.541	0.000	2.931	2.931	0.000
t3	1.388	1.389	0.000	-1.538	-1.538	0.000	2.927	2.927	0.000
t4	1.387	1.388	0.001	-1.525	-1.524	0.000	2.912	2.913	0.001
t5	1.391	1.391	0.000	-1.536	-1.536	0.000	2.927	2.927	0.000
t6	1.389	1.389	0.000	-1.534	-1.534	0.000	2.924	2.923	0.000
t7	1.390	1.387	-0.003	-1.544	-1.537	0.007	2.934	2.924	-0.010
t8	1.390	1.389	-0.001	-1.536	-1.534	0.003	2.926	2.922	-0.004
t9	1.388	1.387	-0.001	-1.535	-1.534	0.001	2.923	2.922	-0.001
t10	1.387	1.386	-0.001	-1.521	-1.524	-0.003	2.908	2.910	0.002
t11	1.388	1.385	-0.003	-1.534	-1.530	0.004	2.923	2.915	-0.007
t12	1.388	1.385	-0.003	-1.536	-1.531	0.005	2.924	2.916	-0.008
t13	1.387	1.386	-0.001	-1.536	-1.535	0.001	2.923	2.921	-0.002
t14	1.387	1.386	-0.001	-1.534	-1.534	0.000	2.921	2.920	-0.001
t15	1.387	1.387	0.000	-1.568	-1.534	0.034	2.955	2.921	-0.034
t16	1.387	1.389	0.002	-1.559	-1.535	0.023	2.946	2.925	-0.021
t17	1.386	1.388	0.002	-1.537	-1.539	-0.002	2.923	2.927	0.004
t18	1.387	1.385	-0.002	-1.536	-1.542	-0.006	2.923	2.927	0.004
t19	1.385	1.386	0.000	-1.535	-1.538	-0.003	2.920	2.923	0.003
t20	1.385	1.385	0.000	-1.533	-1.535	-0.002	2.919	2.920	0.001
t21	1.386	1.386	0.000	-1.557	-1.534	0.023	2.943	2.920	-0.024
t22	1.384	1.382	-0.002	-1.539	-1.541	-0.001	2.923	2.923	0.000
t23	1.384	1.385	0.001	-1.535	-1.537	-0.002	2.919	2.922	0.003
t24	1.384	1.384	0.000	-1.532	-1.534	-0.002	2.916	2.918	0.002
t25	1.384	1.384	0.000	-1.536	-1.537	-0.001	2.920	2.921	0.001
t26	1.383	1.383	0.000	-1.540	-1.541	-0.001	2.923	2.924	0.001
t27	1.382	1.383	0.000	-1.532	-1.535	-0.002	2.915	2.917	0.002
t28	1.381	1.382	0.000	-1.523	-1.535	-0.012	2.904	2.917	0.013
t29	1.380	1.380	0.000	-1.527	-1.535	-0.008	2.907	2.915	0.008
t30	1.381	1.381	0.000	-1.527	-1.530	-0.003	2.908	2.910	0.003
t31	1.374	1.374	0.000	-1.536	-1.529	0.007	2.910	2.904	-0.006
t32	1.375	1.375	0.000	-1.525	-1.526	0.000	2.901	2.901	0.000
t33	1.366	1.366	0.000	-1.524	-1.525	0.000	2.890	2.891	0.001

点号	高潮位 (m)			低潮位(m)			潮差(m)		
	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值	现状	工程后	差值
t34	1.355	1.355	0.000	-1.547	-1.546	0.001	2.902	2.901	-0.001
t35	1.370	1.371	0.000	-1.531	-1.530	0.001	2.901	2.901	-0.001
D1	1.384	1.384	0.000	-1.545	-1.545	0.000	2.929	2.929	0.000
D2	1.378	1.378	0.000	-1.538	-1.538	0.000	2.917	2.916	0.000
D3	1.389	1.389	0.000	-1.535	-1.535	0.000	2.924	2.924	0.000
D4	1.384	1.384	0.000	-1.528	-1.529	0.000	2.913	2.913	0.000
D5	1.379	1.379	0.000	-1.525	-1.526	0.000	2.904	2.904	0.000
D6	1.358	1.358	0.000	-1.545	-1.544	0.001	2.903	2.901	-0.001
D7	1.389	1.389	0.000	-1.554	-1.554	0.000	2.943	2.943	0.000
D8	1.391	1.391	0.000	-1.552	-1.552	0.000	2.943	2.943	0.000
D9	1.374	1.374	0.000	-1.519	-1.519	0.000	2.893	2.893	0.000
D10	1.369	1.369	0.000	-1.514	-1.514	0.000	2.883	2.883	0.000

由上表可以看出：本项目建设后，工程区周边海域高潮位变化幅度不超过 3mm，低潮位变化幅度最大约 3cm，潮差变化幅度最大约 3cm，潮位和潮差变幅较大的点位于引桥东侧，受桩基基础阻水作用，落潮时水量减少，低潮位增高，潮差变小；大范围海域高低潮位变化幅度不超过 1mm，潮差变幅不超过 1mm，本项目的建设对大范围海域的潮位基本没有影响。

8.1.5.3 工程建设对海域周边敏感目标的影响

本项目码头南侧为洋山港主航道，西侧从西往东分别为现有上海第一液化天然气工作船码头和接收站码头、海水排放口，东侧为已建的洋山石油储运项目一期工程码头、预制场码头、沈家湾客运码头等水文敏感目标。在敏感目标受影响最大处选取代表点，根据模型计算，代表点涨落潮平均流速流向变化见表 8.1-7 和表 8.1-8。

从表可见，本项目建设对周边码头、一期已建取排水口及拟建取排水口的流速均造成减小，洋山港主航道流速略有增加，其中本项目取排水口流速减小幅度最大，流速变率在-14.7%~-75.7%，流向改变最大约 20.9°；一期工程各码头流速影响幅度在-1.9%~-59.7%，流向改变最大约 4.1°；周边其余码头流速影响不大，基本在 5%以内。洋山港主航道涨落潮平均流速变化约 0.5%~1.4%，流向变化在 3°以内，影响较小。

由此可见，本项目码头及引桥建设对本项目取排水口和现有码头影响较大，运行期需做好水文观测。

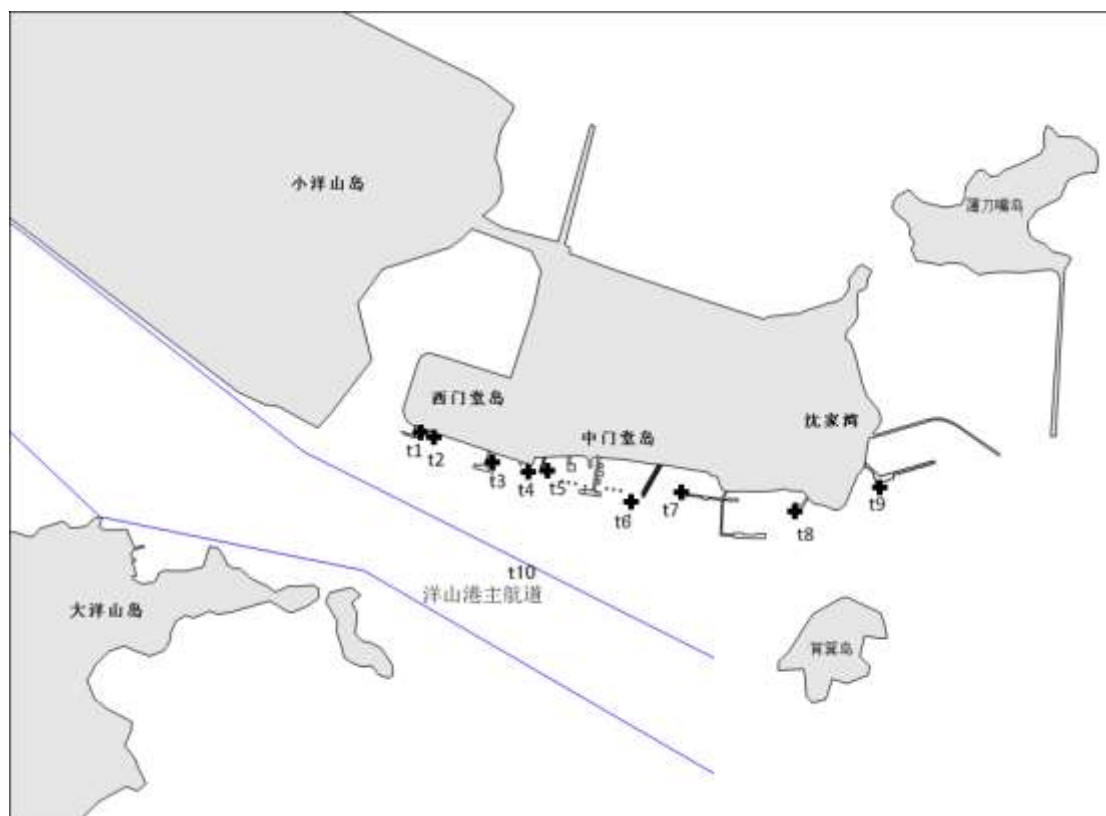


图 8.1-21 工程周边水文敏感目标位置示意图

表8.1-7 工程前后水文敏感目标大潮涨潮平均流速变化

序号	敏感目标	现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率(%)	流向差值(°)
		大小(m/s)	角度(°)	大小(m/s)	角度(°)			
t1	上海第一液化天然气工作船码头	0.942	232.3	0.891	232.4	-0.051	-5.4%	0.1
t2	一期工程海水取水口	0.921	232.1	0.873	232.3	-0.048	-5.2%	0.2
t3	上海第一液化天然气接收站码头	0.821	237.6	0.704	238.3	-0.117	-14.2%	0.7
t4	一期工程海水排水口	0.801	220.7	0.571	223.2	-0.230	-28.7%	2.5
t5	本项目海水排水口	0.640	220.1	0.320	222.1	-0.320	-50.0%	2.1
t6	本项目海水取水口	0.442	271.0	0.268	261.7	-0.174	-39.4%	-9.3
t7	洋山石油储运项目一期工程码头	0.411	267.7	0.345	271.7	-0.066	-16.0%	4.1
t8	预制场码头	0.901	250.9	0.899	251.4	-0.002	-0.2%	0.5
t9	沈家湾客运码头	0.481	252.3	0.473	252.0	-0.008	-1.6%	-0.3
t10	洋山港主航道	0.551	271.5	0.559	268.4	0.008	1.4%	-3.1

表8.1-8 工程前后水文敏感目标大潮落潮平均流速变化

序号	敏感目标	现状		工程后		流速差值(m/s)	流速变率(%)	流向差值(°)
		大小(m/s)	角度(°)	大小(m/s)	角度(°)			
t1	上海第一液化天然气工作船码头	0.885	152.7	0.868	152.7	-0.017	-1.9%	0.1
t2	一期工程海水取水口	0.984	152.4	0.968	152.5	-0.016	-1.6%	0.1
t3	上海第一液化天然气接收站码头	1.103	158.3	1.069	158.8	-0.035	-3.1%	0.5
t4	一期工程海水排水口	1.229	105.1	1.130	88.9	-0.099	-8.1%	-16.2
t5	本项目海水排水口	1.093	103.6	0.932	114.8	-0.161	-14.7%	11.2
t6	本项目海水取水口	0.853	95.4	0.207	116.4	-0.645	-75.7%	20.9
t7	洋山石油储运项目一期工程码头	0.533	136.5	0.215	138.2	-0.318	-59.7%	1.7
t8	预制场码头	0.814	145.4	0.772	145.2	-0.041	-5.1%	-0.2
t9	沈家湾客运码头	0.197	174.4	0.190	166.4	-0.007	-3.5%	-8.0
t10	洋山港主航道	0.554	154.4	0.556	155.3	0.003	0.5%	0.9

8.2 地形地貌与冲淤影响预测与评价

8.2.1 工程海域的冲淤变化影响分析

从潮流模型计算结果分析可知，本项目实施对流态的影响主要在工程 1.5km 范围内，而对离工程区较远的海域流态影响较小。因此，可初步分析认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，距工程区较远处冲淤影响则较小。为进一步确定本项目对周围海域冲淤变化的影响，采用近岸海域海洋工程已有广泛应用的半经验半理论的回淤强度公式进行冲淤估算。

8.2.1.1 冲淤计算公式

根据《上海 LNG 站线扩建项目（浙江段）码头工程水文测验分析报告》（中交第三航务工程勘察设计院有限公司，2019 年 6 月），工程海域各测站悬沙粒径整体差异较小，在大潮期间实测中值粒径平均为 0.0083m。根据曹祖德结合泥沙分类标准给出的建议：将泥沙中值粒径在 0.031~0.125mm 的海岸定义为粉沙质海岸， $D_{50} < 0.031\text{mm}$ 的海岸为淤泥质海岸， $D_{50} > 0.125\text{mm}$ 的海岸为砂质海岸，本项目海域属于淤泥质，因此本评价采用曹祖德、肖辉等人研究的冲淤计算模式进行冲淤估算（潮流作用下淤泥质海床冲淤演变预测及应用，曹祖德、肖辉，2009 年），该模式已被广泛应用于海洋工程冲淤估算中。该模式利用二维潮流数值计算模型得到工程前后流场分布变化，再利用该估算公式，计算得到各计算区域的冲淤强度。最终平衡淤积厚度计算公式如下：

$$P_{\text{zong}} = H_1 \left(1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{2/3} \right) \quad (8.2-1)$$

第一年冲淤厚度计算公式如下：

$$P = \frac{\alpha \omega S t}{\gamma_c} \left(1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_1 - P} \right) \right) \quad (8.2-2)$$

式中， P 为冲、淤厚度，正为淤积，负为冲刷； ω 为泥沙沉速， α 为沉降几率； S 为水体平均含沙量 (kg/m^3)； t 为淤积历时 (s)； γ_c 为泥沙干容重； V_1 、 V_2 分别为工程实施前后计算流速 (m/s)。 H_1 、 H_2 分别为工程实施前后水深 (m)， $H_2 = H_1 - P$ 。

将 $H_2 = H_1 - P$ 带入公式 (8.2-2) 可得：

$$P = \frac{\alpha \omega S t}{\gamma_c} \left(1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{H_1}{H_1 - P} \right) \right) \quad (8.2-3)$$

令： $\beta = \frac{\alpha \omega S}{\gamma_c}$ ， $K = \frac{V_2}{V_1}$ ， 则式 (8.4-3) 变为：

$$\frac{P^2}{\beta t} - \left(\frac{H_1}{\beta t} + 1 \right) P - H_1 (K^2 - 1) = 0 \quad (8.2-4)$$

对公式 (8.4-4) 求解，可得到 P 的两个解：

$$P = 0.5 \left[(H_1 + \beta t) - \sqrt{(\beta t - H_1)^2 + 4\beta t K^2 H_1} \right] \quad (8.2-5)$$

$$P = 0.5 \left[(H_1 + \beta t) + \sqrt{(\beta t - H_1)^2 + 4\beta t K^2 H_1} \right] \quad (8.2-6)$$

$t \rightarrow \infty$ 时，式 (8.2-6) 所得 $P \rightarrow \infty$ ，此解不符合实际情况，应舍去。

因此，式 (8.2-5) 为年冲淤解。

含沙量场 S 参考沈淇等人推到的洋山港区挟沙力公示进行计算（沈淇，顾峰峰，戚定满等. 洋山港区域挟沙力公式研究[J]. 水运工程, 2013(11):83-86.），根据其研究，洋山港海域涨潮时挟沙力公式为 $S = 4.3355(U^3 / H)^{0.5793}$ ，落潮时挟沙力公式为 $S = 3.2413(U^3 / H)^{0.4416}$ ，式中 U 为涨落潮流速， H 为水深。

根据文献（刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，2012年），对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。本次计算 ω 采用 0.0004m/s。

泥沙干容重按照公式 $\gamma_c = 1750D_{50}^{0.183}$ 计算， D_{50} 为泥沙中值粒径，工程海域悬沙平均中值粒径约为 0.0083mm，计算得到泥沙干容重为 728kg/m³。

泥沙沉降机率 α 取值根据潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算（窦国仁, 1963）文献中推荐公式：

$$\alpha = 0.5 + \Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right) \quad (8.2-7)$$

其中函数 $\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$ 根据机率积分，可查表得到； ω 为泥沙沉速， σ 为脉动流速均方根， $\sigma = 1.25 \frac{u\sqrt{g}}{C}$ ， C 为谢才系数，工程区域谢才系数平均为 75； g 为重力加速度； u 为断面平均流速，工程区域大潮平均流速平均为 0.6m/s。计算得到工程区域沉降几率约为 0.54。

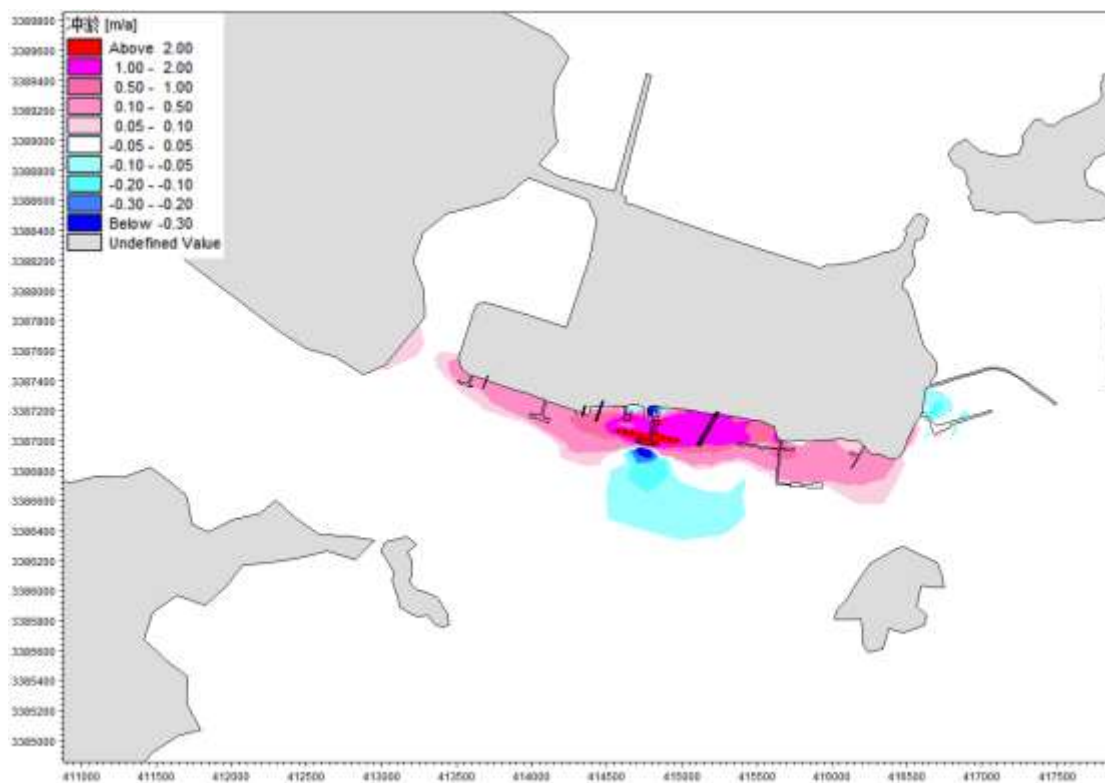
表 8.2-1 $\frac{\omega}{\sigma}$ 与 $\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$ 关系表（窦国仁, 1963 年）

$\frac{\omega}{\sigma}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$	0.04	0.08	0.120	0.155	0.190	0.225	0.260	0.290	0.315	0.340

采用 8.1 节水动力模型计算出的工程前后大潮平均流速的变化对淤积进行估算。大潮平均流速的计算采用算术平均法，即分别对大潮时段内的涨潮过程流速和落潮过程流速进行算术平均，得出涨潮平均流速和落潮平均流速，再取平均值得出潮平均流速。忽略工程前后含沙量的变化。

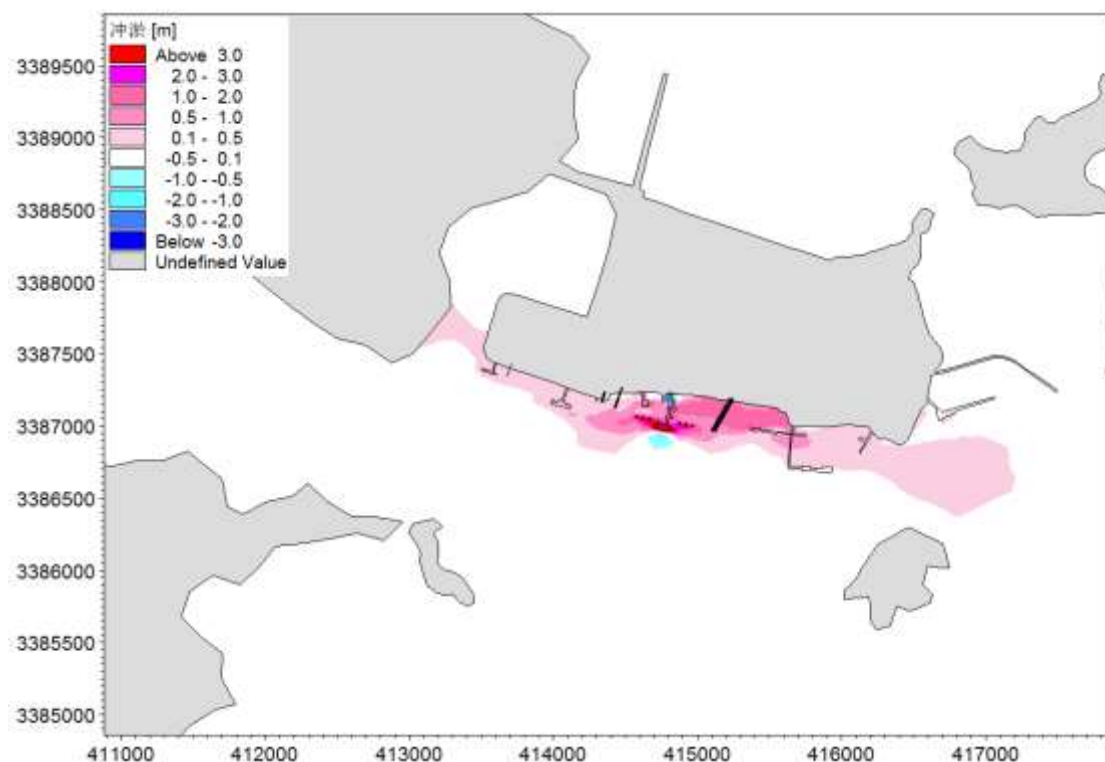
8.2.1.2 计算结果

根据 8.2.1.1 小节冲淤计算模式，采用冬季半月潮平均流速的变化对工程实施后的冲淤变化进行估算，计算得出海床年冲淤和平衡冲淤变化平面分布情况，分别见图 8.2-1 和 8.2-2。



注：+为淤积、-为冲刷。

图 8.2-1 工程区附近海床年冲淤变化平面分布图



注：+为淤积、-为冲刷。

图 8.2-2 工程区附近海床平衡冲淤变化平面分布图

由图 8.2-1 和图 8.2-2 可见，码头工程实施后引桥根部和码头前沿 30m~600m 范围内为主要的冲刷区域，最大年冲刷幅度为-0.5m，码头平台、引桥及两侧掩

蔽区为主要的淤积区域，最大年淤积幅度为 1.7m。冲刷幅度大于 0.1 m/a 的区域集中在引桥根部和码头前沿 30m~300m 范围内，淤积幅度大于 0.1m/a 的区域集中在码头东西两侧 1.5km 范围内，淤积幅度大于 0.5m/a 的区域集中在码头东西两侧 750m 范围内，淤积幅度大于 1m/a 的区域集中在码头桩基基础附近。

随着冲淤过程的深入和地形向适应工程实施后动力环境方向的调整，其冲淤强度将逐年较小。冲淤平衡后，引桥根部和码头前沿 25m~1.5km 范围内为主要的冲刷区域，引桥根部最大冲刷幅度约为-3m，码头前沿冲刷幅度较小，仅前沿少部分区域达到-1m，其余区域冲刷幅度在-0.5m~-1m。码头平台、引桥及两侧掩蔽区为主要的淤积区域，最大淤积幅度约 3m，淤积幅度大于 0.1m 的区域集中在码头东西两侧 2km 范围内，淤积幅度大于 0.5m/a 的区域集中在码头东西两侧 800m 范围内，淤积幅度大于 1m/a 的区域集中在码头桩基基础附近。

根据《上海液化天然气有限责任公司上海 LNG 项目储罐扩建工程环境影响报告书（报批稿）》，本项目一期码头建设前，工程附近最大 2004 年~2007 年期间淤积幅度在 1m~3m（图 8.2-3），年均淤积幅度在 0.25m~0.75m，一期码头建设后 2007 年~2010 年期间淤积幅度在 3m~5m（图 8.2-4），年淤积幅度在 0.75m~1.25m，工程导致的淤积幅度约在 0.5m/a。

根据本项目预测结果，本项目实施后码头东西两侧 750m 范围外淤积幅度在 0.5m/a 以下，750m 范围内淤积幅度在 0.5m~1m/a，大于 1m 的区域主要是集中在桩基群附近，预测结果与实测的结果相比相差不大，仅桩基群附近预测值偏大，这是由本项目桩基基础众多，而且每个桩基础直径很小，因此数模无法做到概化每一个桩基础，所以本项目模拟时将多个桩基础按等面积的原则概化成 1 个阻水单元，因此，水动力和冲淤影响计算结果是偏大偏保守的，且由于码头工程冲淤变化采用半经验半理论公式进行计算，一些参数的选取采用经验值，会存在一定误差，在后续运行期当加强对码头工程周边海域的冲淤监测，以真实反映工程引起的冲淤变化。

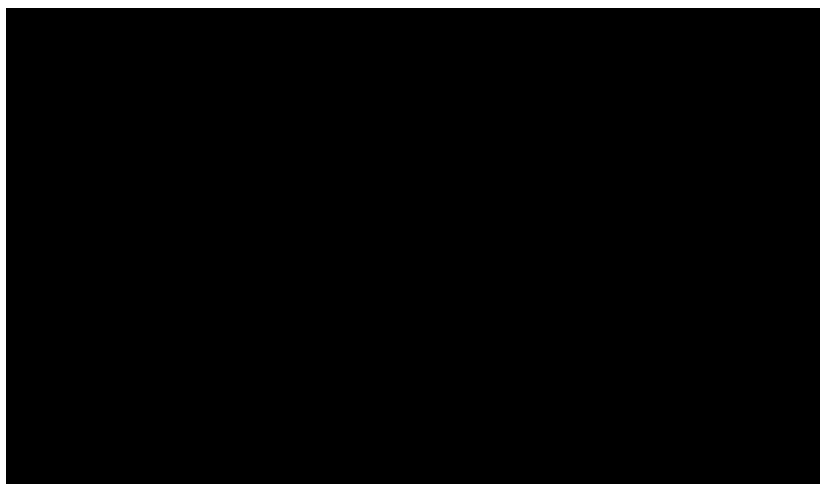


图 8.2-3 2004~2007 年工程海域冲淤图

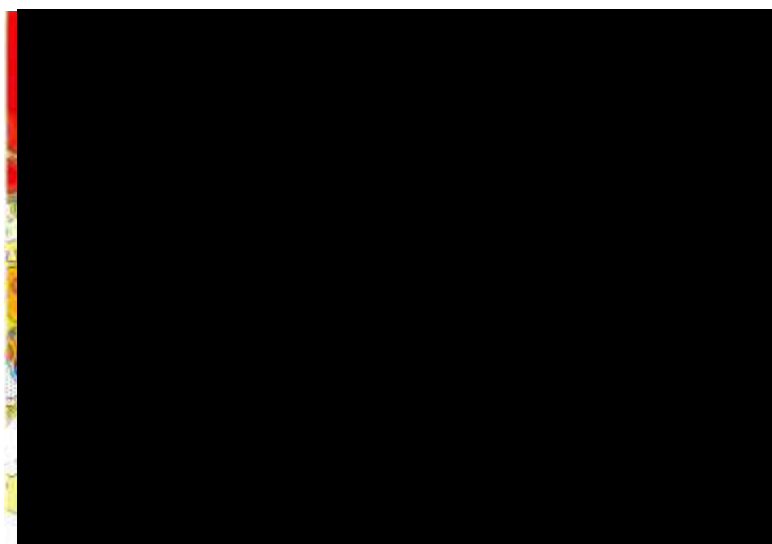


图 8.2-4 2007~2010 年工程海域冲淤图。

8.2.2 冲淤变化对敏感目标的影响

本项目管道运行期不会对周边水文敏感目标产生影响，本项目码头南侧为洋山港主航道，西侧从西往东分别为现有上海第一液化天然气工作船码头和接收站码头、海水排放口，东侧为已建的洋山石油储运项目一期工程码头、预制场码头、沈家湾客运码头等水文敏感目标。在敏感目标受影响最大处选取代表点，根据模型计算，代表点年冲淤和平衡冲淤见表 8.3-1。

从表可见，本项目建设对周边码头、一期已建取排水口及拟建取排水口附近基本造成淤积影响，沈家湾客运码头北侧和洋山港主航道略有冲刷，其中一期工程海水排水口、本项目海水取排水口、洋山石油储运项目一期工程冲淤变化较大，平衡淤积幅度在 0.58m~1.62m，其余码头淤积影响在 0.15m~0.42m。洋山港主航

道基本呈现冲刷，最大平衡冲刷幅度可达 0.32m，基本不会对该航道产生淤积影响。在后续运行期当加强对周边码头区域和洋山港主航道的冲淤监测，及时做好水深维护，以免影响周边码头和航道的正常通航。

表 8.2-2 工程前后水文敏感目标冲淤变化

序号	敏感目标	年冲淤	平衡冲淤
1	上海第一液化天然气工作船码头	0.14	0.15
2	一期工程海水取水口	0.14	0.20
3	上海第一液化天然气接收站码头	0.16	0.42
4	一期工程海水排水口	0.28	0.58
5	本项目海水排水口	0.6	0.69
6	本项目海水取水口	0.75	0.80
7	洋山石油储运项目一期工程码头	0.6	1.62
8	预制场码头	0.15	0.15
9-1	沈家湾客运码头南侧	0.06	0.15
9-2	沈家湾客运码头北侧	-0.1	-0.15
10	洋山港主航道	-0.06	-0.32

8.3 水质环境影响预测与评价

8.3.1 施工期悬浮物扩散影响预测与评价

管道敷设时，预挖沟法和水力喷射法均会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。

本项目管道路由所在海域水深基本在 10~16m（平均海平面）之间，不考虑风的瞬时效应时，上、下水层的流速虽有差异，但分层现象并不明显。悬浮物扬起进入受纳水体后，水体中悬浮物浓度将产生一个梯度，在风、浪及海水涡动的垂向搅拌作用下，迅速与周围水体充分掺混稀释，使垂向污染物浓度梯度迅速减小，乃至可以忽略其垂向浓度梯度的存在。因此将海水视为单一水体，在潮流计算模型的基础上，采用沿水深平均的平面二维非恒定流和物质扩散数学模型来描述悬浮物的运动形态。

本次悬浮物扩散影响计算仍采用 MIKE21 模拟软件，与前述水文动力模型进行耦合计算，预测工程施工产生的悬浮物随流扩散对周围海域水质的影响。

8.3.1.1 基本方程

悬浮物扩散方程：

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + \frac{\partial(uhC)}{\partial x} + \frac{\partial(vhC)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + hF_s - kC \quad 8.3-1$$

其中：

x 、 y —空间水平坐标轴；

u 、 v — x 、 y 轴向流速；

t — 时间变量；

h — 水深；

D_x 、 D_y — 沿 x 、 y 方向的紊动扩散系数；

c — 沿水深平均的人为升高悬浮物浓度；

F_S — 污染物源项， $F_S=\sigma/(A \cdot h)$ ， σ 为悬浮物源强（g/s）， A 为源强所在计算节点的控制面积；

$k=\alpha\omega$ ， α —泥沙沉降机率；

ω — 为泥沙沉降速度（m/s）。

8.3.1.2 计算范围及网格设置

悬浮泥沙模型与前述水动力模型耦合计算，因此计算范围与水动力模型一致。为合理描述悬浮物浓度场，在搭建悬浮物模型时，将排放源处网格局部加密，悬浮物影响范围内计算网格尺寸约为 50m。图 8.3-1 为悬浮物模型计算网格。

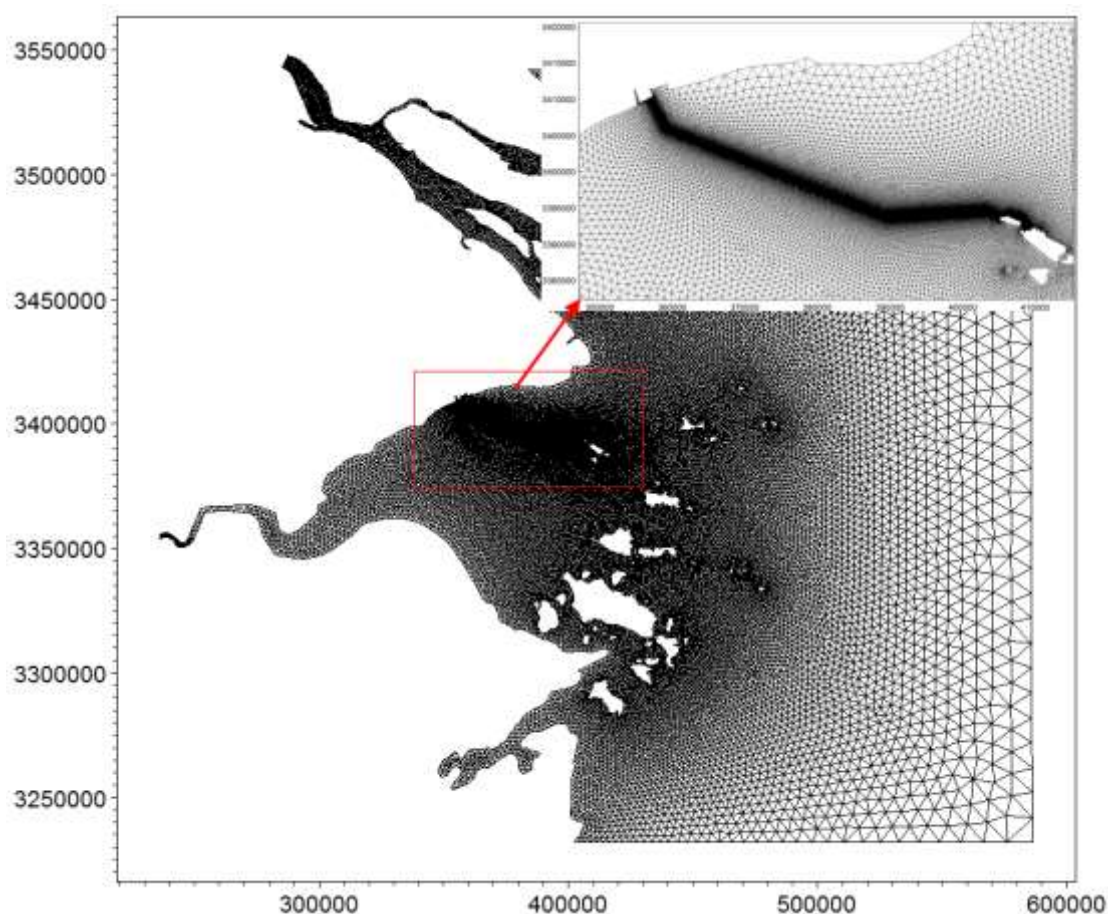


图 8.3-1 悬浮物模型计算网格

8.3.1.3 浓度场定解条件

(1) 初始条件

$$C(x, y, 0) = C_0(x, y)$$

式中 C_0 为计算初始时刻各计算单元的浓度值，取为 0。

(2) 边界条件

对于岸边界： $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$ ，岸边界的法向浓度梯度为 0。

对于开边界，流入计算域时：

$$C(x, y, t) = C^*(x, y, t) = 0$$

考虑到预测计算的是悬浮物增量，取流入计算域的边界浓度值为 0；

流出计算域时：

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + \frac{\partial(huC)}{\partial x} + \frac{\partial(hvC)}{\partial y} = 0$$

8.3.1.4 计算参数

（1）糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

（2）模型计算时间步长

模型采用的时间步长为变时间步长， Δt 在 0.01s~30s 之间。

（3）水平扩散

水平扩散采用比例涡粘系数（用水流涡粘系数乘以比例因子），比例因子采用模型推荐值 1。

（4）泥沙沉降速度

施工引起的悬浮泥沙来自表层沉积物，因此泥沙沉降速度根据表层沉积物粒径计算得到。引用《国家海底科学观测网东海观测子网工程海洋水文（春、秋两季）调查报告》（上海东海海洋工程勘察设计院，2018 年 6 月）中 C5、C6 号测站沉积物中值粒径资料，工程附近海域底质表层以细颗粒沉积物为主，底质表层沉积物均为粘土质粉砂类型，春季 C5、C6 号测站底质中值粒径 ϕ 值分别为 6.65 和 7.16，秋季 C5、C6 号测站底质中值粒径 ϕ 值分别为 6.59 和 5.95，则平均中值粒径为 6.59，即 0.010mm。根据文献（刘家驹，淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，2012 年），对于粒径小于 0.03mm 的淤泥质泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速。因此， ω 采用 0.0004m/s。

（5）泥沙沉降机率

泥沙沉降机率 α 取值根据潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算（窦国仁，1963）文献中推荐公式，见式 8.2-7。

本项目管道沿线谢才系数相差不大，在 72~79 之间，奉贤登陆段靠岸处流速在 0.4m/s 左右，至 A2 段流速增大到 0.77m/s，A2~A3 段断面平均流速在 0.77~0.82m/s，A3~A4 段断面平均流速在 0.77~0.65m/s，A4~A5 段断面平均流速在 0.65~0.17m/s，B1~B2 段断面平均流速在 0.68~0.73m/s，B2~B3 段断面平均流速在 0.18~0.58m/s，可以看出近岸段和离岸段流速相差较大，经计算，奉贤登陆段流速取 0.4m/s，其他区域近岸段流速取 0.2m/s，离岸段流速取 0.7m/s。经计算，各区段沉降机率相差不大，均为 0.54。

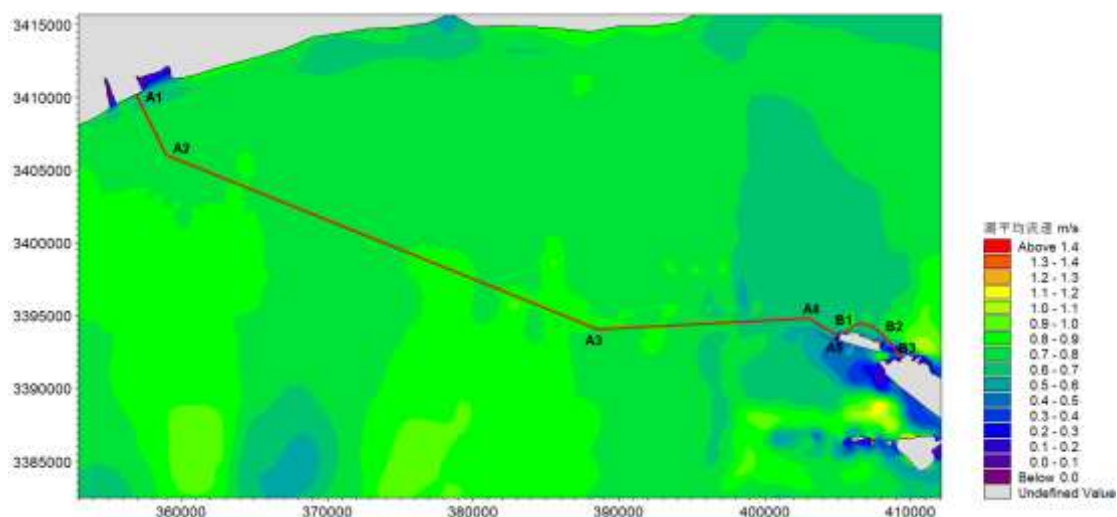


图 8.3-2 管道路由沿线潮平均流速

8.3.1.5 施工方式及源强

各平台及引桥桩基础施工通过打桩锤打桩下沉，施工时震动和挤淤导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，源强远低于管道铺设施工源强，因此不进行数模预测。

根据施工方法，本项目海底管道穿越航道段采用抓斗船预开沟方式铺设，抓斗船工作效率为 250m³/h，源强参照公式：

$$Q=R \times M / 3600$$

Q—悬浮物源强（kg/s）；

R—挖泥船作业效率（m³/h）；

M—泥沙再悬浮物率（kg/m³）。

其中，抓斗船抓斗充泥系数为 0.75，生产率约 250m³/h，根据相关文献（曾建军，不同类型挖泥船作业悬浮物影响的对比分析），抓斗式挖泥船施工悬浮物泥沙的再悬浮率为 11~20kg/m³，按最不利考虑取 20kg/m³，则挖泥源强为 250×20/3600=1.4kg/s。根据取排水管道施工方案，海上段管道采用预挖沟铺设，悬浮物产生源强按照 1.4kg/s 计算。

本项目海底管道其余管段采用水力喷射方式铺设，埋设宽度为 1.2m，深度为 3.2m（管径 1.2m），铺设速度为 750m/d，水力喷射铺设悬浮泥沙源强计算公式如下：

$$Q=L \times H \times W \times \gamma_s \times P$$

式中：Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，L 为开挖进度， γ_s 为泥沙干容重，H 为开挖深度，W 为开挖横截面宽度，P 为起沙率，即悬浮泥沙所占挖沙量比例。

泥沙干容重按照公式 $\gamma_d = 1750D_{50}^{0.183}$ 计算， D_{50} 为表层沉积物泥沙中值粒径。根据《国家海底科学观测网东海观测子网工程海洋水文调查报告（春季）》和《国家海底科学观测网东海观测子网工程海洋水文调查报告（秋季）》，工程附近海域底质表层以细颗粒沉积物为主，工程附近调查站位中值粒径 ϕ 值平均为 6.59，即 0.010mm，计算得到泥沙干容重为 753.4kg/m³。由此计算得其余管段的悬浮物源强为 753.4kg/m³×1.2×3.2×750m/d×20%/24/3600=5kg/s。

本项目码头基础为桩基，桩径 1.2m，壁厚约 0.02m，桩基入土深度约 40m，参考类似工程海洋环境影响报告书，本项目钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量采取如下公式进行计算：

$$M = \pi \times (0.25 \times D^2 - (0.5 \times D - d)^2) \times h \times \rho \times n$$

其中，M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：钢管桩直径，根据施工方案本项目钢管桩直径为 1.2m；

d：钢管桩厚度，根据施工方案取厚度为 0.02m；

h：桩基深度取平均值约为 40m；

ρ ：覆盖层泥沙干容重，泥沙干容重为 753.4kg/m³。

n：泄漏量，取 5%。

每个桩打桩施工时间约 2h。根据上述计算公式，桩基础打桩施工产生的悬浮物源强为 0.016kg/s，计算过程如下：3.14×（0.25×1.2²-（0.5×1.2-0.02）²）×40×753.4×5%/2/3600=0.016kg/s。

8.3.1.6 预测点设置

考虑到不同管段施工方式不同，在管道路由沿线选取若干典型排放点进行悬浮物扩散计算，典型排放点包括了穿越航道段的两端和管道其他段的转折点，悬浮物排放点位置示意图见图 8.3-3。

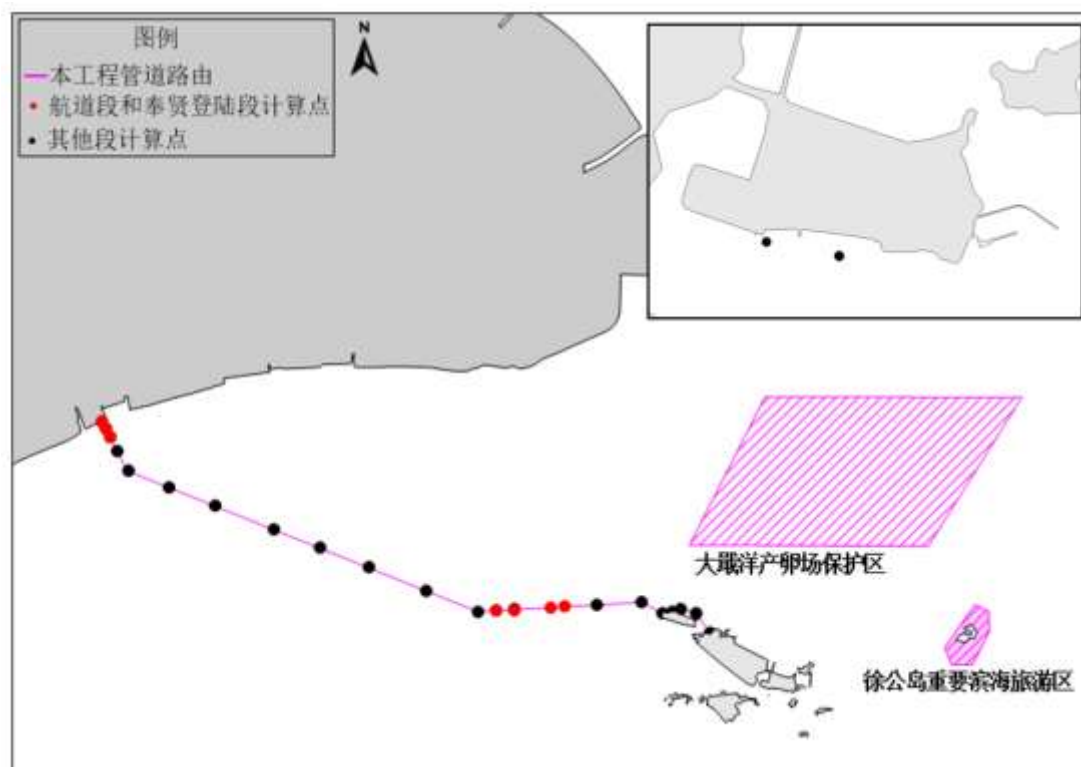


图 8.3-3 悬浮物扩散排放源示意图

8.3.1.7 预测结果与分析

选择完整的自然半月潮（包含一个大潮、中潮和小潮）进行施工期悬浮物扩散计算，整个半月潮内悬浮物扩散最大影响范围及面积包络线分别见图 8.3-4 和图 8.3-5。

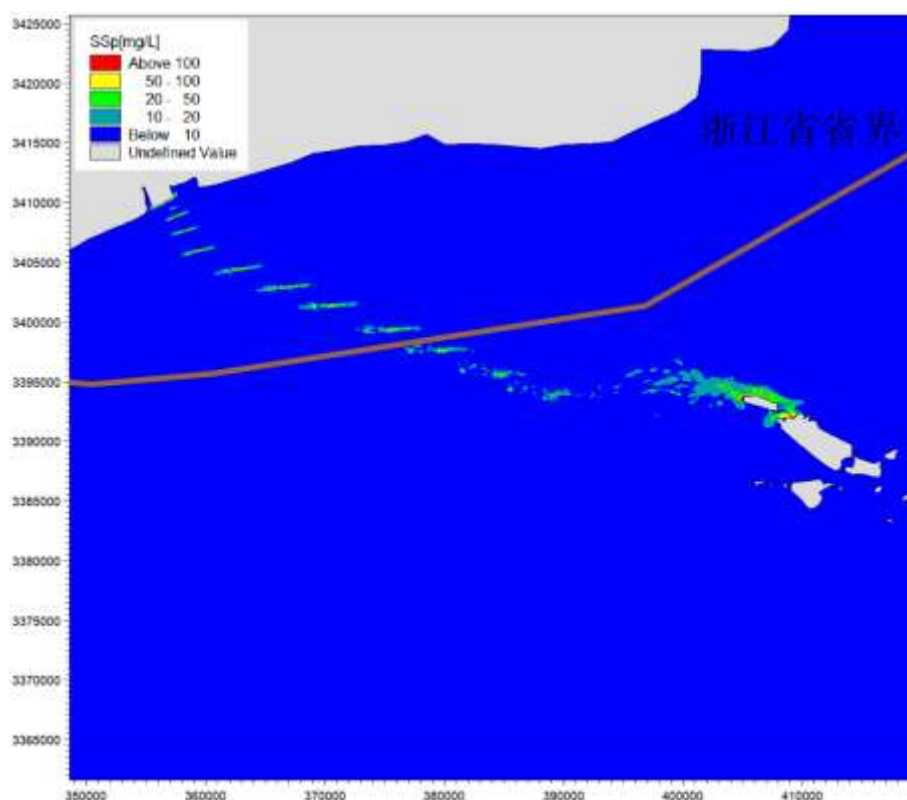


图 8.3-4 施工期各典型点悬浮物扩散最大影响范围

表 8.3-1 给出了浙江省界内施工期悬浮物增量值最大可能影响总面积。本次计算分别统计了 $>10\text{mg/L}$ 、 $>20\text{mg/L}$ 、 $>50\text{mg/L}$ 、 $>100\text{mg/L}$ 等浓度增量范围的包络面积。

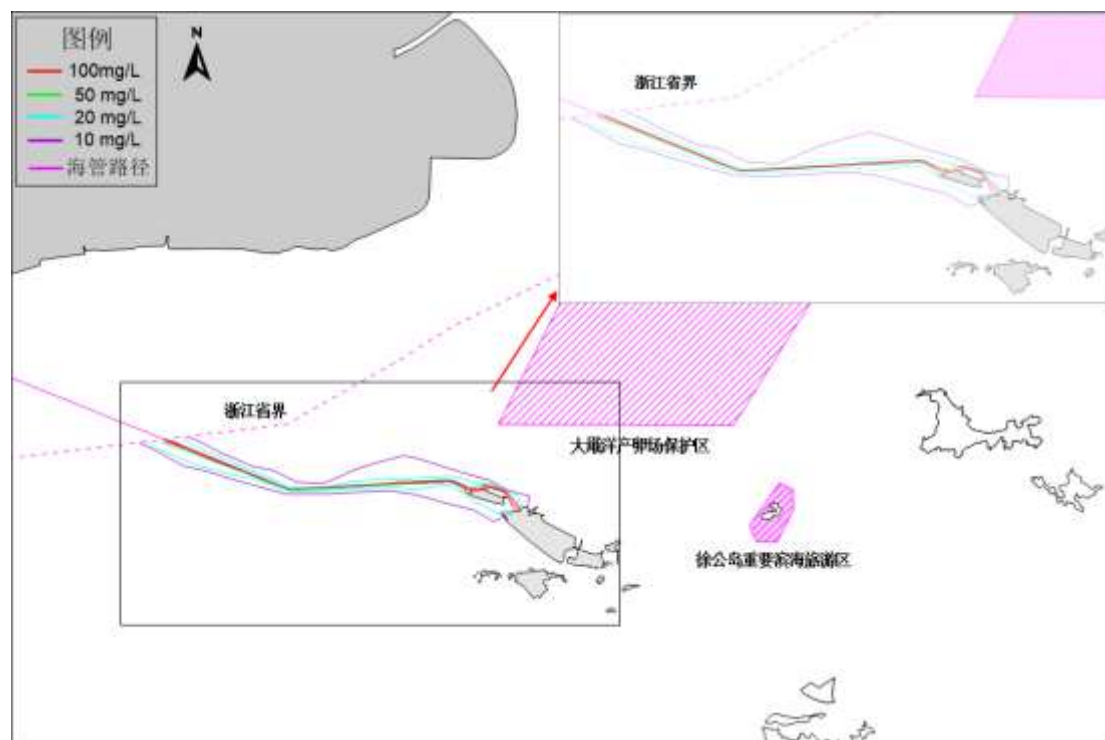


图 8.3-5 施工悬浮物扩散最大影响包络范围

表 8.3-1 施工期悬浮物增量值最大可能影响总面积 (km²)

悬浮物增量值	>100 mg/L	>50mg/L	>20mg/L	>10mg/L
海底管道影响面积	4.13	10.51	32.57	71.96
取排水管道	/	0.01	0.03	0.04
总影响面积	4.13	10.52	32.60	72.00

注：“/”代表小于 0.01km²

从以上图表中可以看出：

(1) 施工点周围悬浮泥沙在逐渐沉降的过程中颗粒逐级细化，细颗粒泥沙可随海流输移至更远的海域。人为增加悬浮物高浓度面积较小，而低浓度区的面积相对较大。

(2) 浙江省界内海底管道施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 4.13km²，大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 10.51km²，大 20mg/L 的最大可能影响面积为 32.57km²，大 10mg/L 的最大可能影响面积为 71.96km²；取排水管道施工产生悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积小于 0.01km²，大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 0.01km²，大 20mg/L 的最大可能影响面积为 0.03km²，大 10mg/L 的最大可能影响面积为 0.04km²。

根据管道的施工方式，采用典型排放点的概化计算模式，得到的悬浮物扩散范围是保守的，偏于安全。此外，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时。在悬浮物扩散源强附近取 1 个点，输出这个点的悬浮物增量过程线，如图 8.3-6 所示，图中第 25 小时停止施工，可以看到，施工结束后悬浮物扩散增量在 1 小时内迅速减小至 10mg/L 以下。因此，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后数小时内（与源强、施工结束的时刻有关），人为增加的悬浮物浓度迅速衰减至 10mg/L 以下。

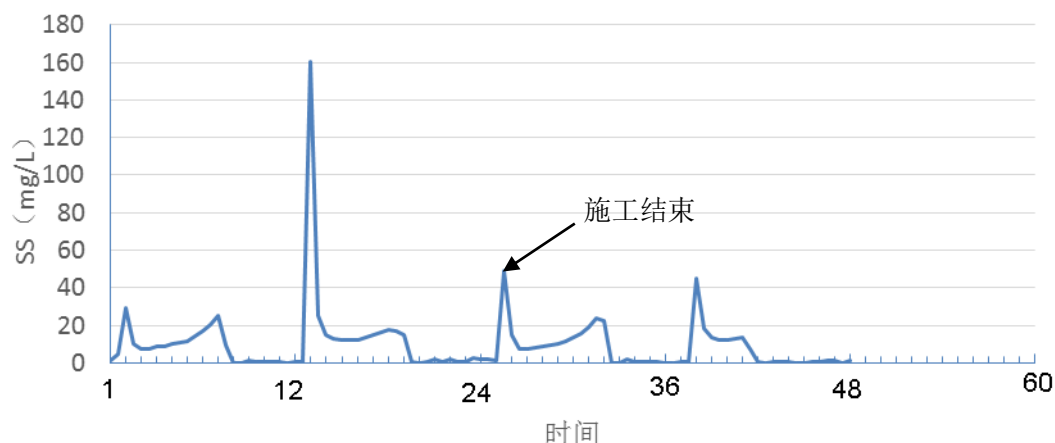


图 8.3-6 悬浮物扩散增量过程线

8.3.1.8 悬浮泥沙扩散对海域敏感目标的影响

工程海域周边的海洋水质敏感目标有红线区、捕捞区、渔业区、旅游娱乐区等，根据模型计算，工程管道施工期间在敏感目标区产生的最大悬浮物浓度增量见表 8.3-2。

表 8.3-2 管道施工在敏感目标处的最大悬浮物增量（单位：mg/L）

序号	敏感目标	最大悬浮物增量
1	嵊泗农渔业区	586.46
2	徐公岛重要滨海旅游区	0.48
3	大戢洋产卵场保护区	0.58
4	东海带鱼水产种质资源保护区	<0.01

从表 8.3-2 统计结果可见，工程施工对海域周围距离较近的敏感目标存在一定影响，由于本项目管道穿越嵊泗农渔业区，悬浮浓度增量最高可达 586.46mg/L，会对其水质造成短期不利影响。对其他敏感目标影响不大。

虽然工程管道开挖期间对工程附近敏感目标海水水质产生了不利影响，但对其造成的悬浮物影响是暂时的，随着施工结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值。

8.3.2 其他污水影响分析

本项目包括海上施工和陆上施工，施工期污水主要为施工废水、船舶油污水和施工人员生活污水。

（1）施工废水

陆上施工主要为 2 段定向钻穿越工程，分别为石龙山景区穿越（0.9km）和

颗珠山水道穿越（1.8km），泥浆总量分别为 5712 m³ 和 9386 m³，其中泥浆废水约 13890m³，干泥约 1208m³。设置泥浆沉淀固化池，施工过程中的泥浆循环回用。定向钻施工完成后，剩余泥浆经过沉淀处理，上澄清液体达到规定的要求后排放，泥浆经固化处理后交由资质的单位外运至垃圾填埋场进行填埋处理。

（2）船舶油污水

海上施工，施工期施工船舶油污水产生总量约为 400m³，主要污染物是石油类。本项目所使用的施工船舶均配备了油水处理装置，船舶含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制，达到如下条件的时候，才进行排放：a)船舶在航行中；b)通过船舶油污水处理装置，并达到水中含油量低于 15mg/L 之后才排放；c)禁止在特殊区域排放。

（3）施工人员生活污水

海上施工，施工高峰期每日生活污水量约为 25m³，主要污染物为 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、SS 和动植物油。本项目施工所使用的铺管船、自航驳、起重船、交通船和拖轮等均配备相应的生活污水处理设施。本项目施工船舶上的生活污水排入船载收集装置，不排海。

陆上施工，生活污水来源于施工区现场人员产生的生活污水，根据工程分析，陆上施工每日约排放生活污水 32.8m³，主要污染物为 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、SS 和动植物油，这部分污水委托有资质的单位清运处置，不外排，不会对周边海洋环境造成影响。

（2）码头桩基直径较小，施工产生的悬浮物源强 0.016kg/s 相对于海底管道源强很小。因而，在桩基施工产生悬浮物影响范围上，通过类比相同类型项目并结合施工经验，10mg/L 影响范围以桩基周边 100m 范围考虑，计算得到桩基施打产生的 10mg/L 影响范围面积约 0.153km²。

（3）EGD 对海水水质的影响

EGD 不含季铵盐，不含卤素，不含苯环及芳香族类，不含氧化剂，不含硫化物，不含磷酸盐及衍生物，不含重金属产品成分 99%取自天然产物，快速且完全的生物分解，符合国家排放标准，不会污染环境。50ppm 浓度 EGD 在水中的半降解时间为 22 小时，全降解时间为 96 小时。因此，本项目 EGD 不会对海水水质产生影响。

8.3.3 运行期水质影响预测与评价

在液化天然气接收和气化过程中，需要使用海水提供热能，导致 LNG 接收站向海洋中排放大量温度相对较低的海水，引起一定范围内海水温度异常变化，而温度作为重要的理化指标，直接影响海洋生物生长和繁殖过程，是海洋生态系统的重要影响因子。

为此本评价通过分析接收站冷排水温度、水量和排放时序等相关资料，运用 MIKE21 对流扩散模型对本项目海域温度进行数值模拟，计算接收站冷排水的输运、扩散行为，得到海水温度场温降分布情况，分析接收站冷排水对附近海域海水温度的影响程度。

8.3.3.1 基本方程

温度计算方程如下：

$$\frac{\partial hT}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}T}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) - h\bar{H} + hST_s \quad 8.3-2$$

D_x 、 D_y 为温度的横向和纵向扩散系数，热扩散的横向和纵向热扩散系数尚无明确的计算方法。在实际水域中，需进行现场观测确定。鉴于现场实测难度大等因素，根据数学模型计算和实测取水口温升值的对比，本模型横向和纵向热扩散系数参考相关文献，按 $D_x=D_y=\alpha\kappa(u^2+v^2)^{0.5}D$ 进行计算，其中， $\alpha=5.93$ ， κ 为卡曼常数，取为 0.4。 T_s 为排（取）水温升； C_p 为水的比热，取为 4200J/(kg°C)； $\bar{H}$ 为与空气热交换引起的源项，包括蒸发散热、对流扩散、长波辐射和短波辐射等，本项目换热源项用经验公式来计算，即 $h\bar{H} = \frac{KT}{\rho C_p}$ ，其中 K 为水面综合散热系数，即单位水面面积单位时间单位温差的散热量。

8.3.3.2 计算范围及网格设置

温度计算模型与前述水动力模型耦合计算，因此计算范围和网格设置与水动力模型一致。引桥、码头平台、补偿平台、火炬平台桩基处最小网格约 4.4m，取排水口附近区域网格间距约为 15m。

8.3.3.3 参数取值

水面综合散热系数根据《工业循环水冷却设计规范》，采用通用公式：

$$K = \alpha \left(\frac{\partial e_s}{\partial T_s} + b \right) + 4\varepsilon \sigma (T_s + 273)^3 + \frac{1}{\alpha} (b\Delta T + \Delta e)$$

式中： α 为水面蒸发系数； T_s 为水面水温； T_a 为水面以上 1.5m 处气温； ΔT 为 T_s 与 T_a 之差； e_s 为水温 T_s 时的相应水面饱和水汽压； e_a 为水面以上 1.5m 处的水汽压； Δe 为 e_s 与 e_a 之差； b 为 Bowen 比系数； ε 为水面长波灰体辐射系数， σ 为 Stefan—Boltzman 为常数。按厂址海域气象条件计算得到夏季海面的综合散热系数 K 值为 $44.3\text{w/m}^2\text{°C}$ ，冬季海面的综合散热系数 K 为 $23.3\text{w/m}^2\text{°C}$ 。

其余参数设置与水动力模型一致。

8.3.3.4 模型验证

采用 2018 年 9 月和 2019 年 1 月潮流实测数据对模型进行验证，从而评估模型的可靠，具体验证情况见第 8.3.2 节。另外，采用《2019 年春季上海 LNG 一期海底管线工程海洋生态环境补充跟踪监测报告》（国家海洋局东海环境监测中心，2019 年 12 月）对一期工程温降分布的监测结果进行验证，具体分析见 8.5.3.8 节。

8.3.3.5 冷排水计算方案

（1）取排水工程方案

推荐的本项目 LNG 接收站的取水口布置在靠近海岸线的东侧，位于接收站火炬区南侧，水深在 -10 m 左右（小洋山理论最低潮面），排水口布置在陆域 LNG 接收站的西南侧，与现有洋山 LNG 海水排水口相邻布置，距离现状岸线约 100m，水深均在 0.5m 左右（小洋山理论最低潮面），取、排水口之间直线距离约 710m。



图 8.3-7 取排水口位置示意图

(2) 计算条件

1) 取排水流量

本项目冬季(1月)取排水流量取 $18.67\text{m}^3/\text{s}$, 一期工程取排水流量取 $6.79\text{m}^3/\text{s}$, 本项目夏季(8月)取排水流量取 $13.66\text{m}^3/\text{s}$, 一期工程取排水流量取 $5.12\text{m}^3/\text{s}$ 。

2) 冷排水温降

海水取水与排水间温差 $<5^{\circ}\text{C}$, 冷排水温降取为 -5°C 。

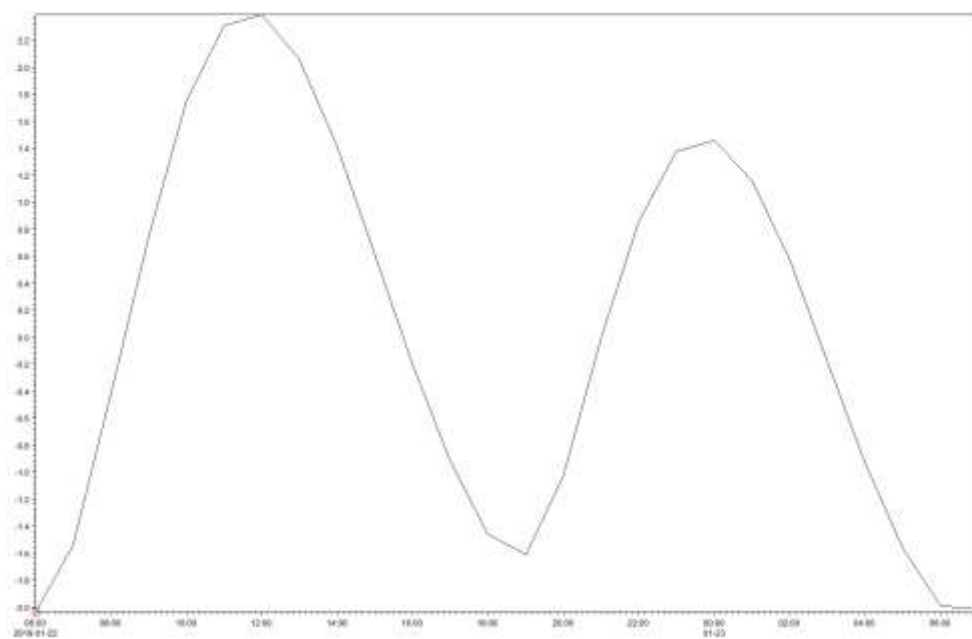
3) 计算潮型

洋山港区验潮站位于洋山港工作船码头, 地理坐标 $30^{\circ}38'23''\text{N}$; $122^{\circ}02'24''\text{E}$ 。依据洋山验潮站 1997 年 8 月~2008 年 12 月(连续 11 年)潮位资料统计, 该站的累积频率为 90%和 10%的潮差为 1.58m 和 3.79m, 分别对应于小潮和大潮。

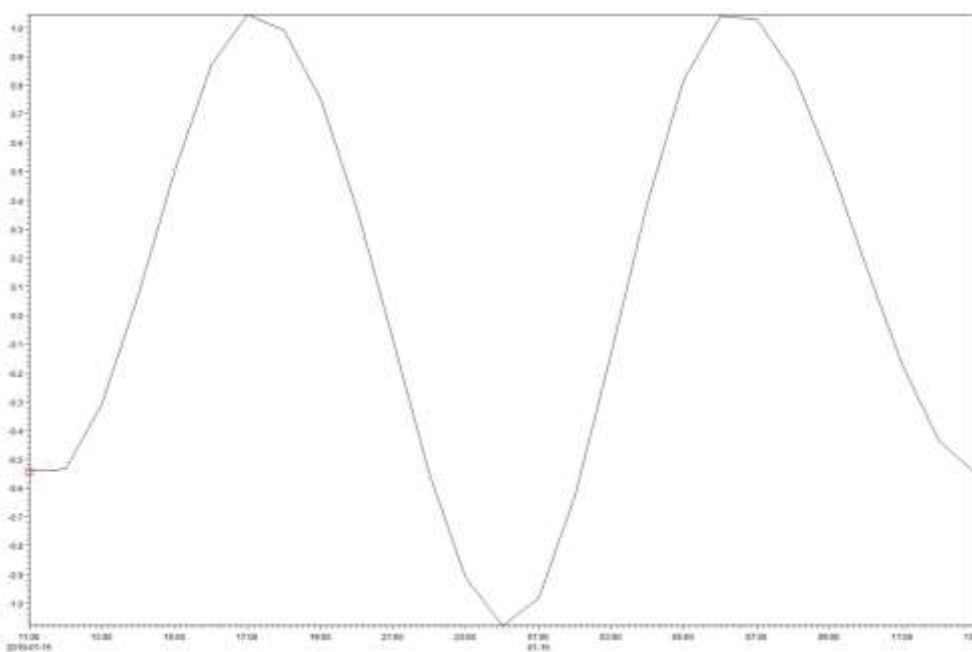
本模型计算了 2019 年 1 月和 7~8 月大潮、小潮和半月潮进行计算, 计算时长为 1 个月, 半月潮选择计算时间段的第二个半月潮, 大、小潮及半月潮潮位过程线见图 8.3-8 和图 8.3-9, 本项目冬季大潮最大日潮差 4.0m, 小潮最大日潮差为 2.1m, 夏季大潮最大日潮差 4.1m, 小潮最大日潮差为 2.1m, 冬季、夏季大小潮潮差均可以满足潮差保证率的要求。温度初始场利用 2016 年实测温度、盐度资料, 结合“渤海、黄海、东海海洋图集(水文分册)”数值化的资料插值得到。计算工程见表 8.3-3。

表 8.3-3 冷排水计算方案

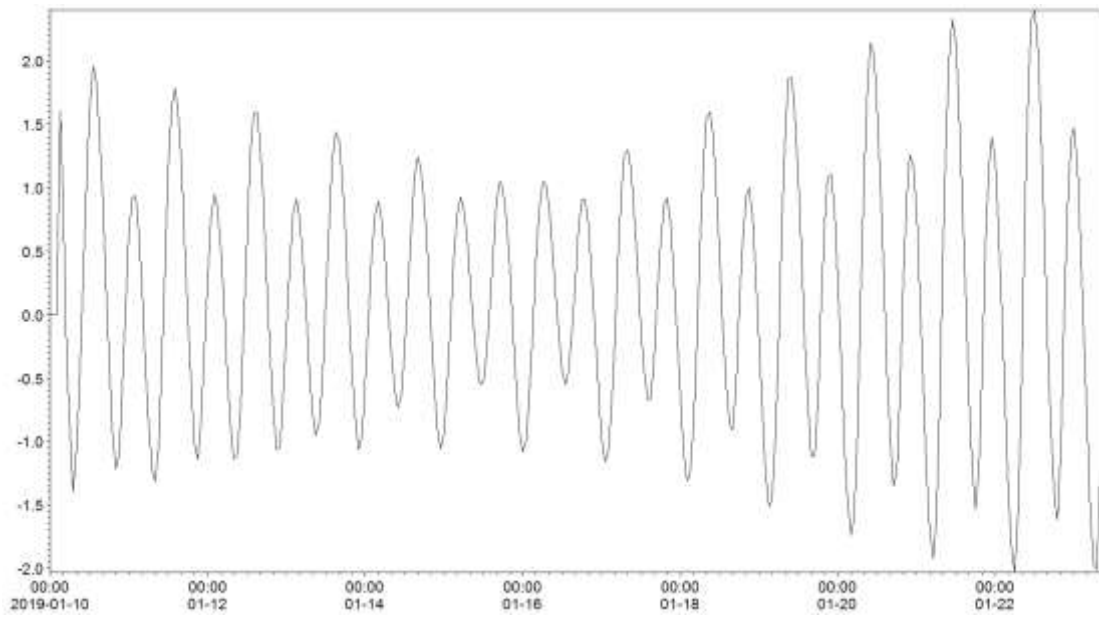
工况		计算季节	潮型	排水口	温差 ($^{\circ}\text{C}$)	流量 (m^3/s)
背景工况	工况 1	夏季	大、小潮和 半月潮	无排水口	/	0
	工况 2	冬季				
本项目前	工况 3	夏季	大、小潮和 半月潮	现有排水口	-5°C	5.12
	工况 4	冬季				6.79
本项目后	工况 5	夏季	大、小潮和 半月潮	现有排水口 +本项目拟 建排水口	-5°C	13.66
	工况 6	冬季				18.67



(a) 冬季大潮

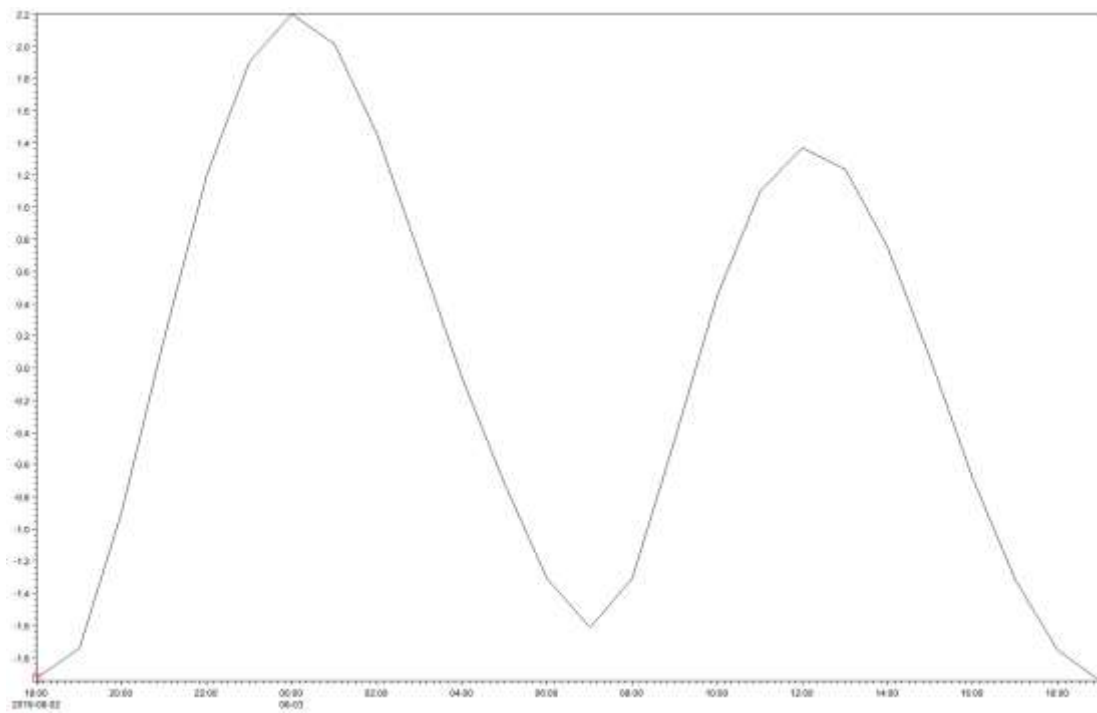


(b) 冬季小潮

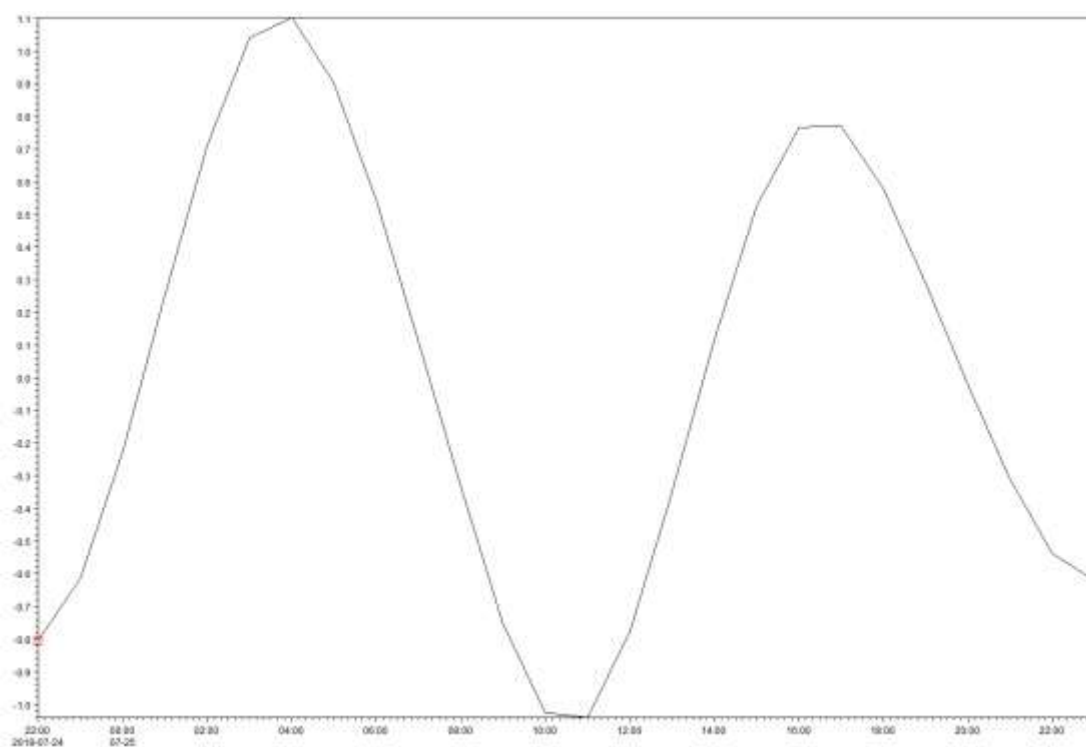


(c) 冬季半月潮

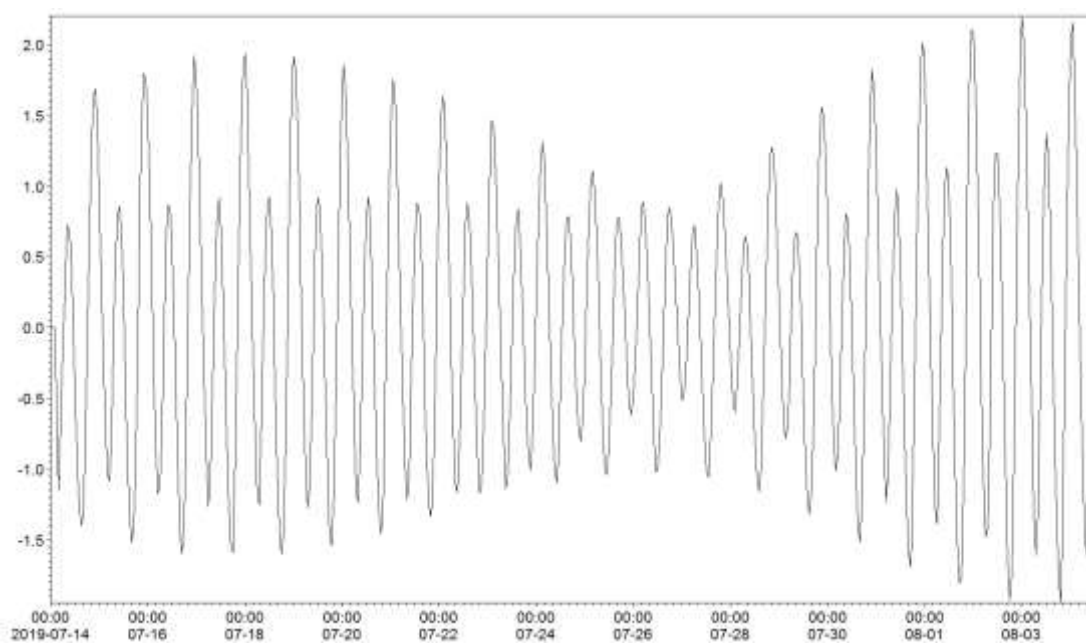
图 8.3-8 潮位过程线



(a) 夏季大潮



(b) 夏季小潮



(c) 夏季半月潮

图 8.3-9 潮位过程线

8.3.3.6 冷排水计算结果及分析

典型大、小潮取计算时段内最后一个大、小潮的结果进行统计分析，连续潮取最后一个半月潮的计算结果进行统计分析，根据计算结果重点分析各级温降包络面积。表 8.3-3 和表 8.3-4 给出了各种工况条件下， -0.1°C 、 -1°C 、 -2°C 、 -3°C 、

-4℃的包络面积统计。各种工况的温降包络图见图 8.3-10~图 8.3-15。

排水口位于东西门堂岛、大洋山岛之间进港航道靠岸海域，距离岸线距离约 100m，涨潮时潮流从东南方向传入，从筲箕岛、西马鞍山岛之间水域水道流入的水流受大洋山岛的阻挡一部水流向西北流入东西门堂岛、大洋山岛之间进港航道，冷排水也沿涨潮流方向西北方向运动。落潮时冷排水随落潮流向东南方向流出。冷排水影响的范围在西门堂岛西侧拐角区域及排放口东南侧附近海域，并有部分冷排水进入小洋山岛和西门堂岛之围成的湾内。

受西北-东南方向往复流影响，冬季冷排水对排水口东西两侧水域均有一定的影响， $<-0.1^{\circ}\text{C}$ 的分布范围主要集中在排水口附近近岸 2km 范围内水域，呈扁长状沿岸低温带。但由于本项目排水口附近水域水深条件较好，冷排水能迅速扩散，温降基本小于 1° 。

工程实施后夏季冷排水向涨潮、落潮方向运动规律与冬季工程实施后情况基本一致，温降超过 1°C 的区域面积比冬季相同工况下大， $<-0.1^{\circ}\text{C}$ 的分布范围主要集中在排水口附近近岸 2.8km 范围内水域。温降超过 1°C 的区域面积最大约 0.1990km^2 ，温降超过 4°C 的范围很小，基本集中在排水口附近，面积最大约 0.0003km^2 。



图 8.3-10 本项目冬季大潮温降分布



图 8.3-11 本项目冬季小潮温降分布



图 8.3-12 本项目冬季半月潮温降分布

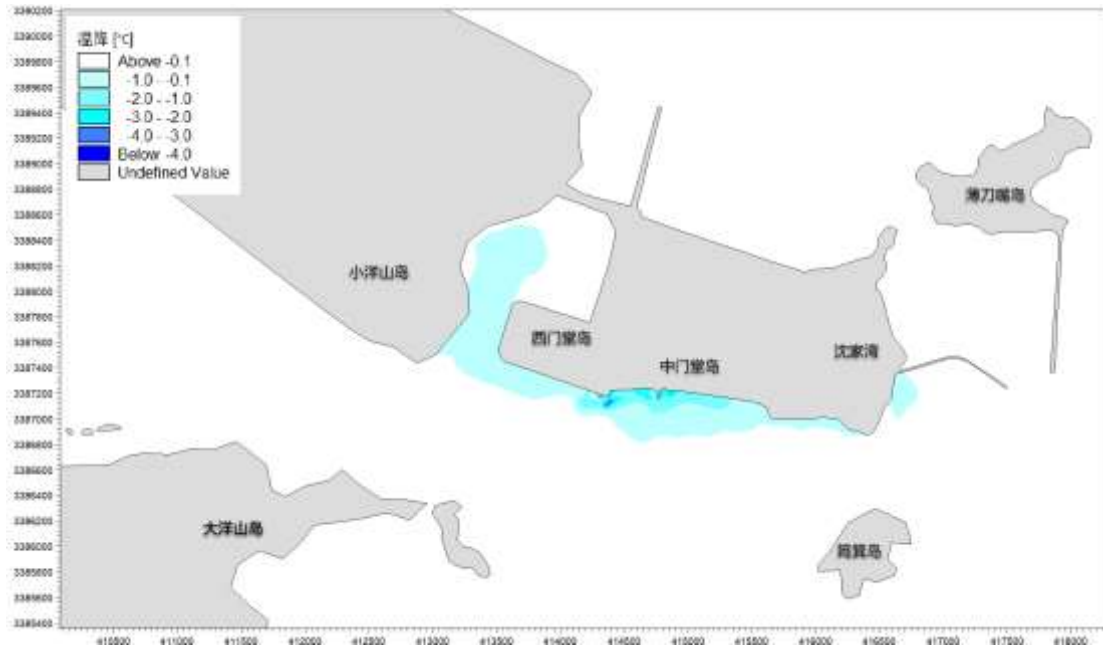


图 8.3-13 本项目夏季大潮温降分布

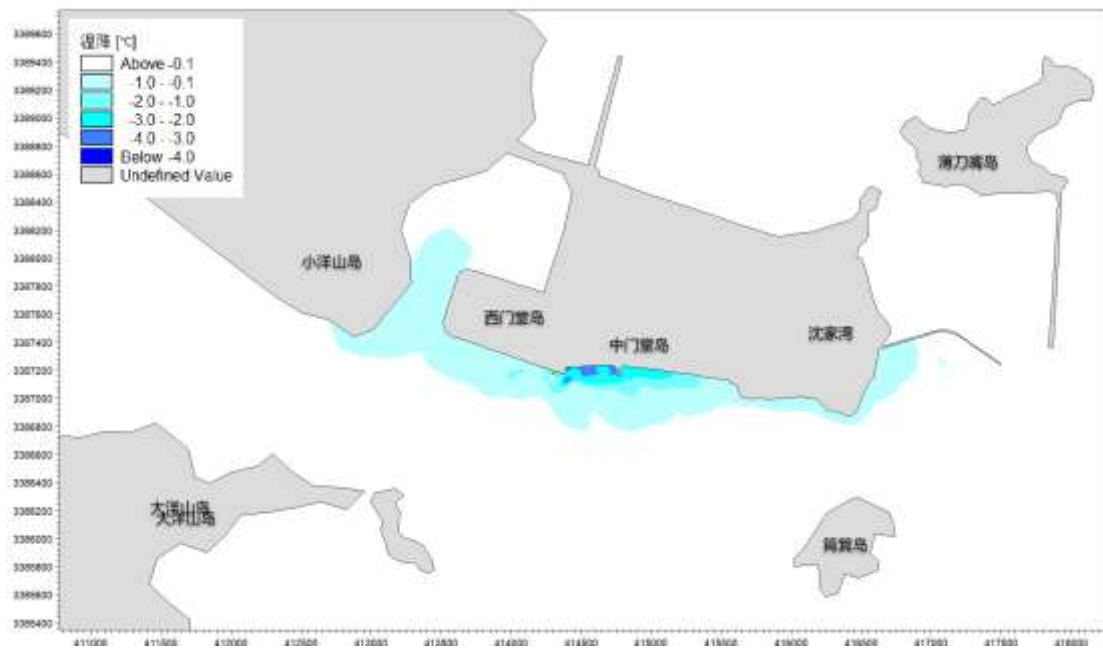


图 8.3-14 本项目夏季小潮温降分布

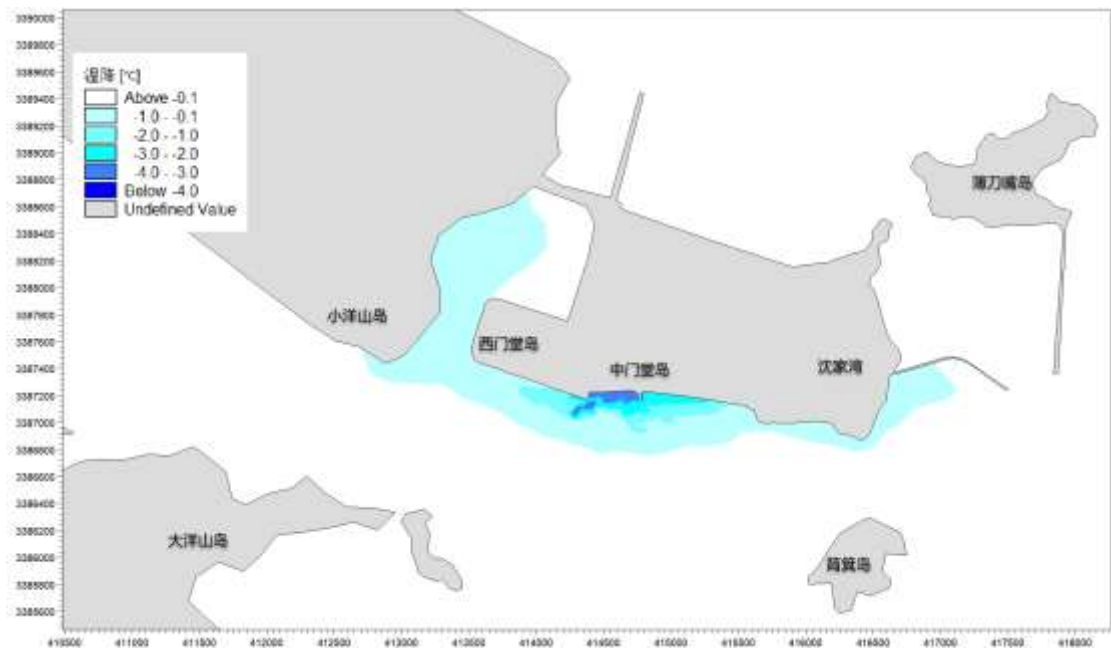


图 8.3-15 夏季半月潮温降分布

表8.3-4 垂线平均最大温降包络线覆盖面积 单位：km²

潮型	温降				
	≤-4℃	≤-3℃	≤-2℃	≤-1℃	≤-0.1℃
冬季大潮	<0.0001	<0.0001	0.0017	0.0145	0.6641
冬季小潮	<0.0001	<0.0001	0.0017	0.0242	0.8182
冬季半月潮	<0.0001	<0.0001	0.0036	0.0297	1.1562
夏季大潮	0.0001	0.0021	0.0490	0.1378	1.1283
夏季小潮	0.0001	0.0180	0.0747	0.1573	1.2739
夏季半月潮	0.0003	0.0355	0.1056	0.2528	1.6197

表8.3-5 温降包络面积和扩散最远距离 单位：km

潮型	温降									
	≤-4℃		≤-3℃		≤-2℃		≤-1℃		≤-0.1℃	
	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
冬季大潮	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.03	0.69	1.38	2.02
冬季小潮	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.03	0.39	1.55	2.14
冬季半月潮	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.14	<0.01	0.37	1.58	2.25
夏季大潮	<0.01	0.01	<0.01	0.13	0.06	0.63	0.17	1.03	1.53	2.53
夏季小潮	<0.01	0.01	<0.01	0.54	0.04	0.94	0.32	1.06	1.58	2.85
夏季半月潮	<0.01	0.03	0.13	0.54	0.14	0.97	0.41	1.10	1.58	2.79

8.3.3.7 叠加影响及分析

图 8.3-16~图 8.3-21 为工程叠加情况下在冬季和夏季大潮、小潮和半月潮的温降包络图，表 8.3-6 和表 8.3-7 统计了各级温降的影响面积及其分别在涨潮、落潮方向的最大影响距离。叠加一期工程冷排水后，冷排水向涨潮、落潮方向运

动规律与工程实施后情况基本一致，温降范围明显增大，叠加情况下温降超过 1°C 的区域面积最大约 0.3084 km^2 ，温降超过 4°C 的面积最大约 0.0296 km^2 。



图 8.3-16 冬季大潮温降分布（叠加一期后）

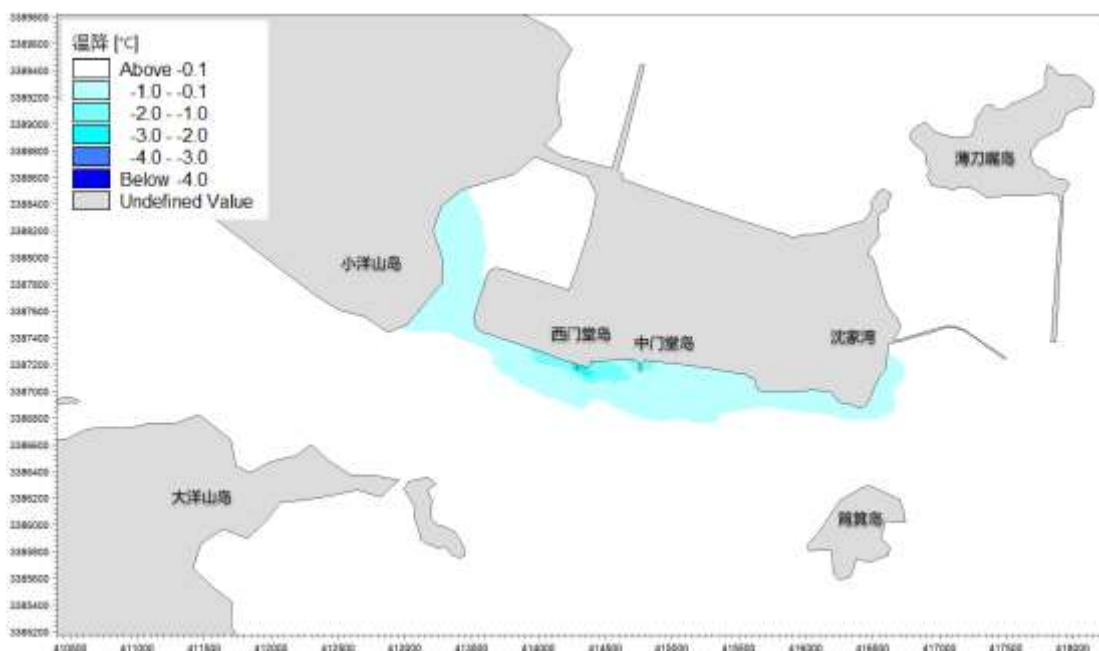


图 8.3-17 冬季小潮温降分布（叠加一期后）

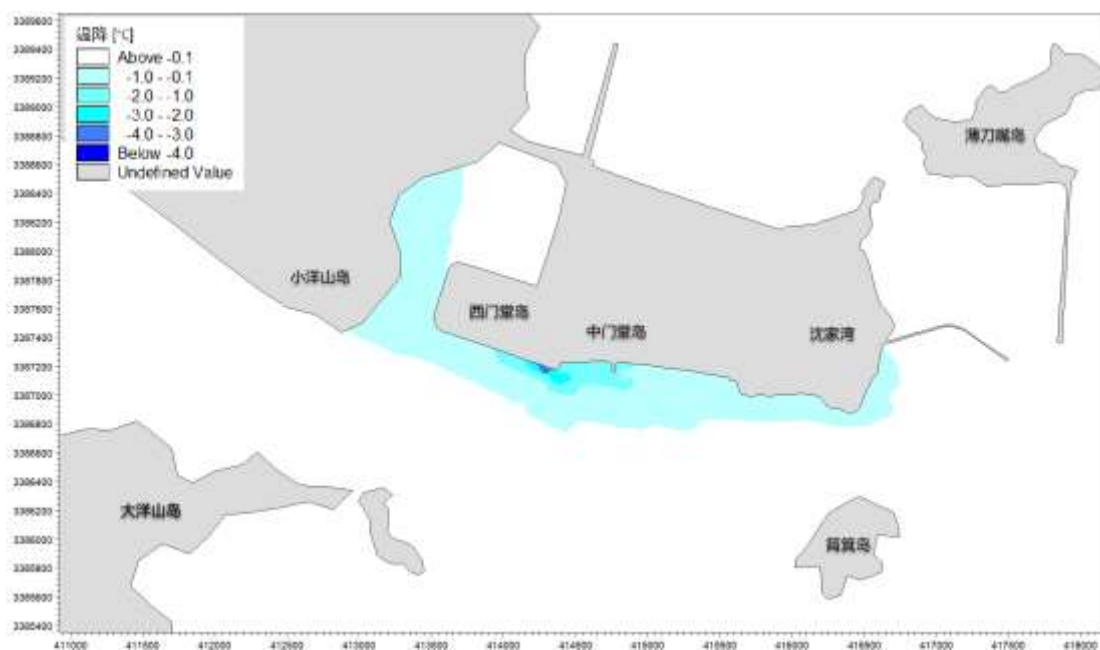


图 8.3-18 冬季半月潮温降分布（叠加一期后）

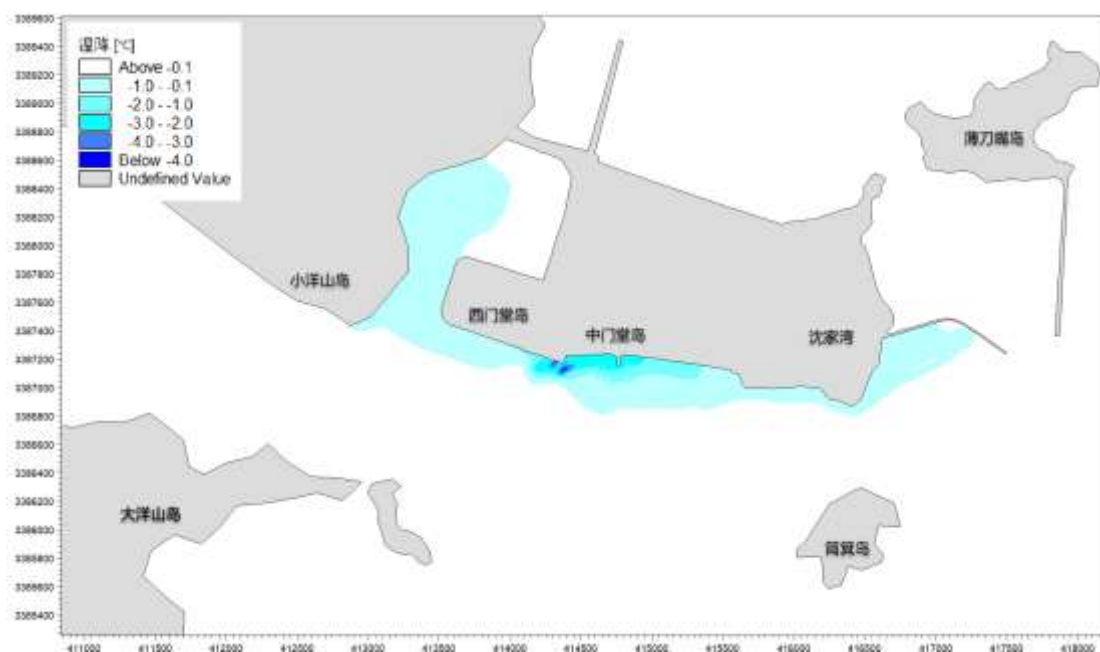


图 8.3-19 夏季大潮温降分布（叠加一期后）

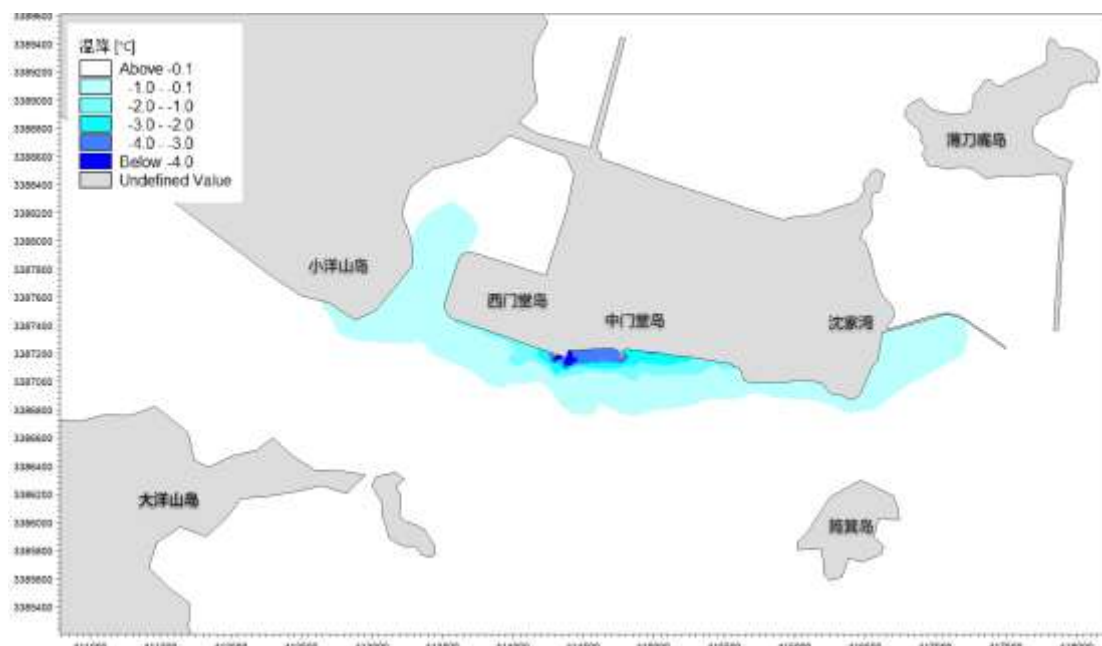


图 8.3-20 夏季小潮温降分布（叠加一期后）

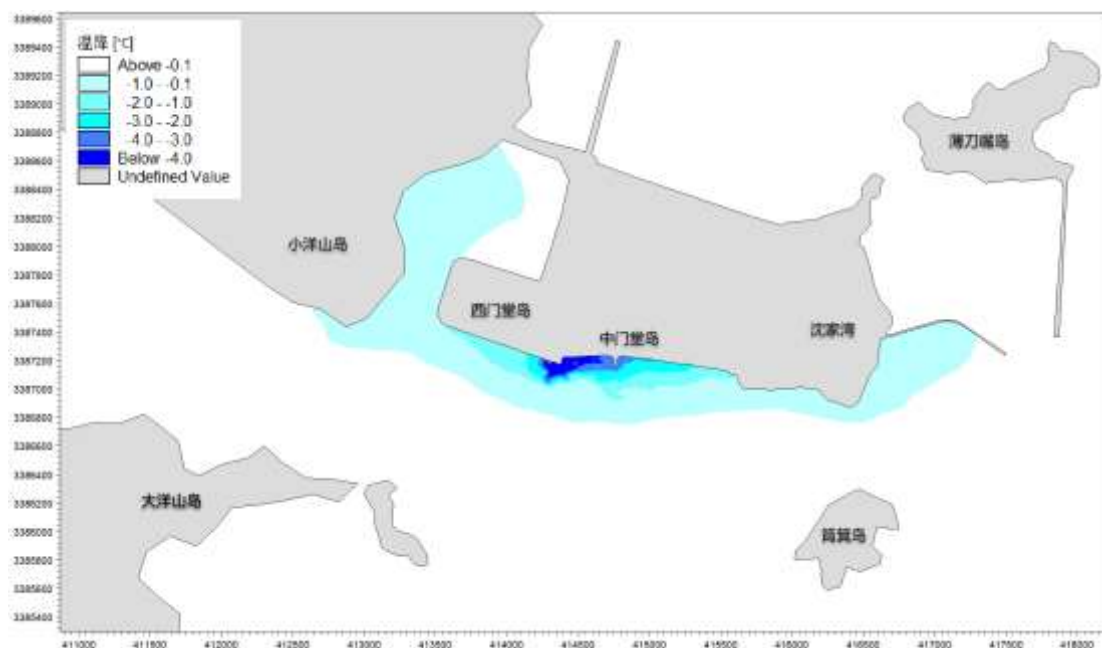


图 8.3-21 夏季半月潮温降分布（叠加一期后）

表 8.3-6 叠加一期后垂线平均最大温降包络线覆盖面积 单位: km²

潮型	温降				
	≤-4°C	≤-3°C	≤-2°C	≤-1°C	≤-0.1°C
冬季大潮	0.0001	0.0012	0.0048	0.0448	1.1000
冬季小潮	0.0001	0.0020	0.0067	0.0809	1.1726
冬季半月潮	0.0004	0.0054	0.0194	0.1342	1.3918
夏季大潮	0.0015	0.0086	0.0645	0.1672	1.5154
夏季小潮	0.0090	0.0505	0.1073	0.2354	1.5203
夏季半月潮	0.0296	0.0682	0.1398	0.3084	2.0411

表 8.3-7 叠加一期后温降包络面积和扩散最远距离 单位：km

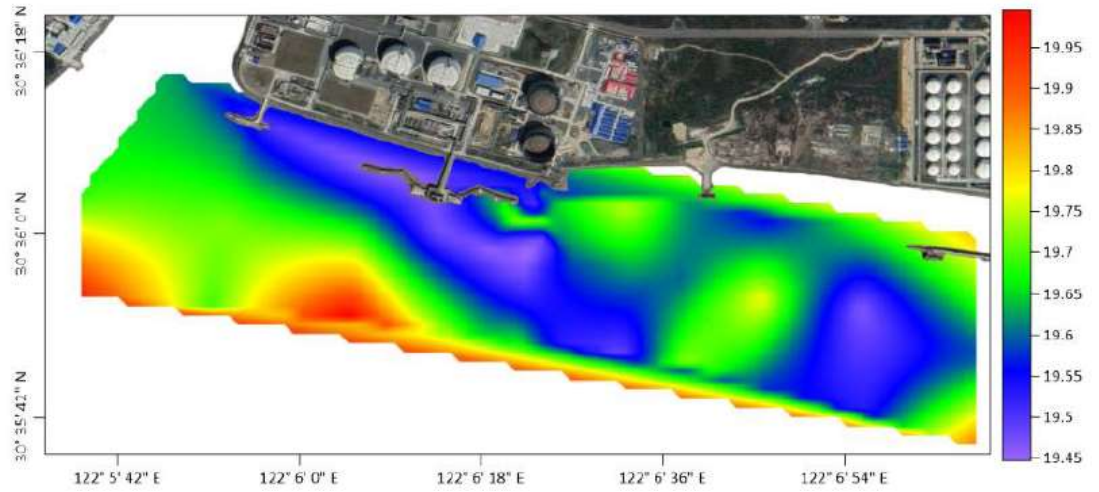
潮型	温降									
	$\leq -4^{\circ}\text{C}$		$\leq -3^{\circ}\text{C}$		$\leq -2^{\circ}\text{C}$		$\leq -1^{\circ}\text{C}$		$\leq -0.1^{\circ}\text{C}$	
	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
冬季大潮	0.01	0.00	0.01	0.11	0.03	0.11	0.06	0.69	1.48	2.40
冬季小潮	0.01	0.00	0.01	0.11	0.06	0.11	0.37	0.60	1.48	2.45
冬季半月潮	0.02	0.01	0.06	0.11	0.15	0.18	0.37	0.69	1.48	2.46
夏季大潮	0.00	0.12	0.06	0.19	0.12	0.66	0.30	1.06	1.58	2.95
夏季小潮	0.02	0.19	0.05	0.74	0.12	0.97	0.76	1.31	1.58	2.91
夏季半月潮	0.09	0.39	0.13	0.74	0.15	1.01	0.76	1.32	1.58	2.97

8.3.3.8 冷排水数模计算结果与实测结果的对比

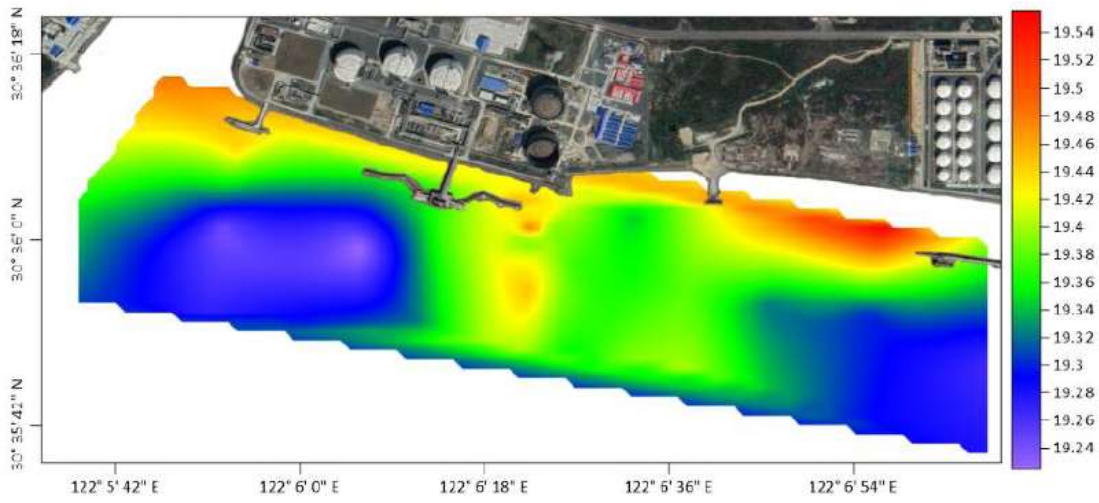
国家海洋局东海环境监测中心在 2019 年 5 月 21 日对沿岸 2500m、离岸 750m 左右的矩形监测海域开展了水温表中底层的涨落憩水温监测（《2019 年春季上海 LNG 一期海底管线工程海洋生态环境补充跟踪监测报告》，2019 年 12 月），监测点位如图 8.3-22 所示。根据表层、中和底的水温空间分布，表层、中和底的水温空间分布状况有一定差异，表层的相对低温区（图中蓝紫色域）主要分布集中在排水口西侧的较小区域内，排水口东南也有部分温略低西侧的较小区域内，中层的相对低温区主要分布在监测海域的中西侧的离岸区域，底层的相对低温区分布分布情形与中层相似，范围比中层略大，垂向平均后的相对低温区与中底层分布情形相近，范围进一步增加。



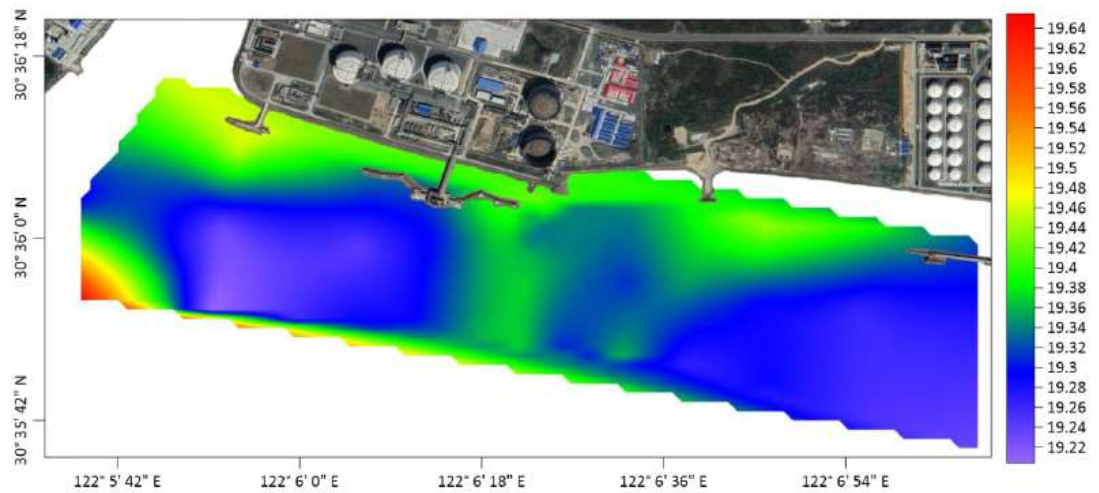
图 8.3-22 2019 年春季上海 LNG 一期工程附件冷排水扩散监测站位示意图



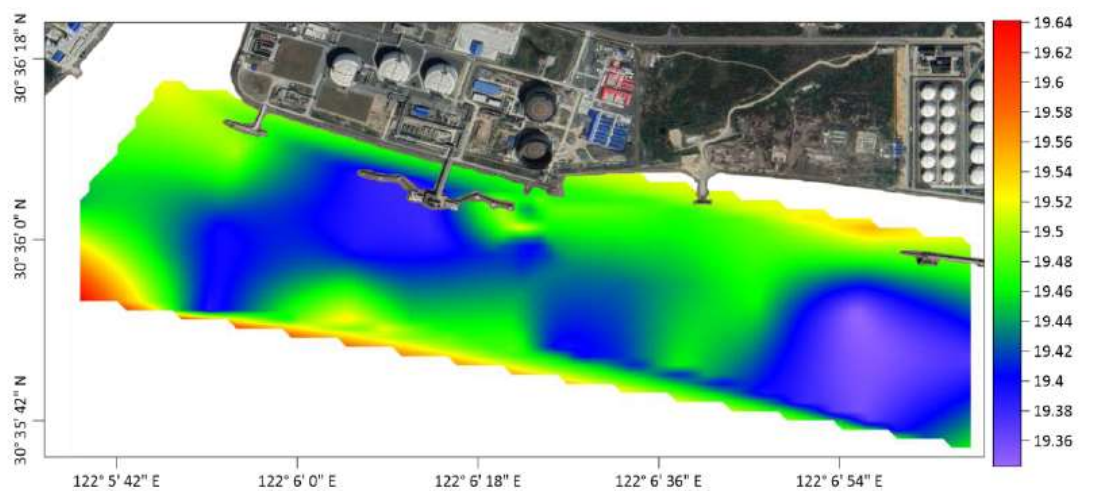
表层



中层

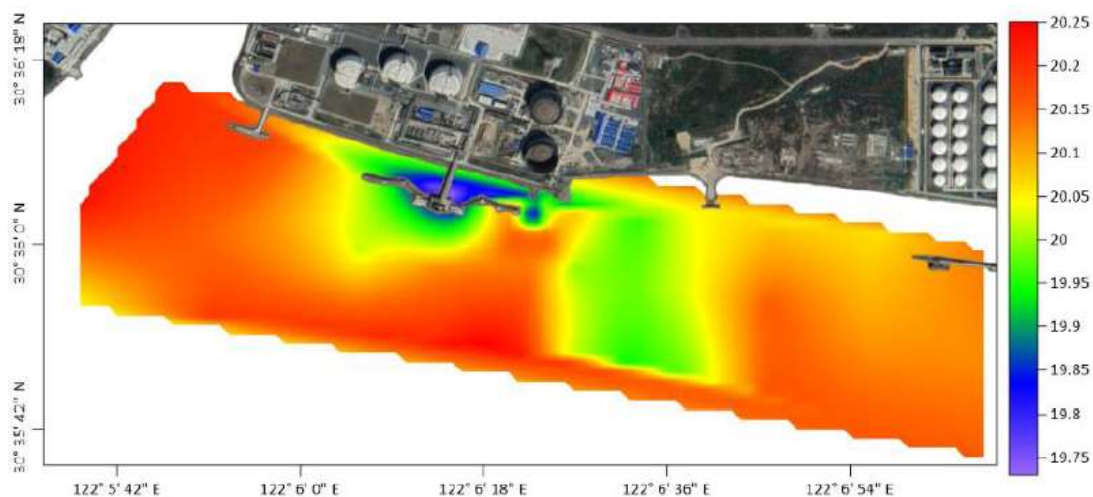


底层

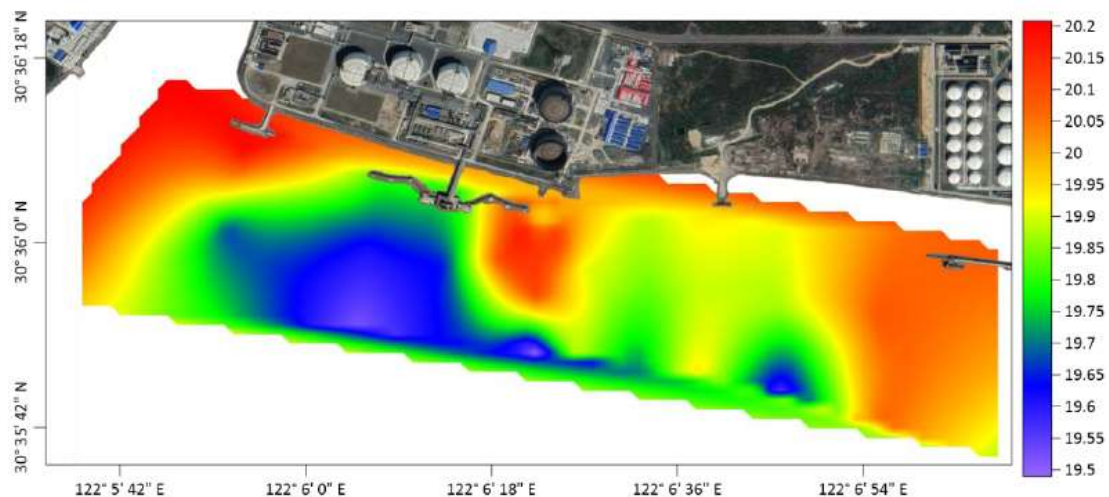


垂向平均

图 8.3-23 涨憩时段水温分布



表层



中层

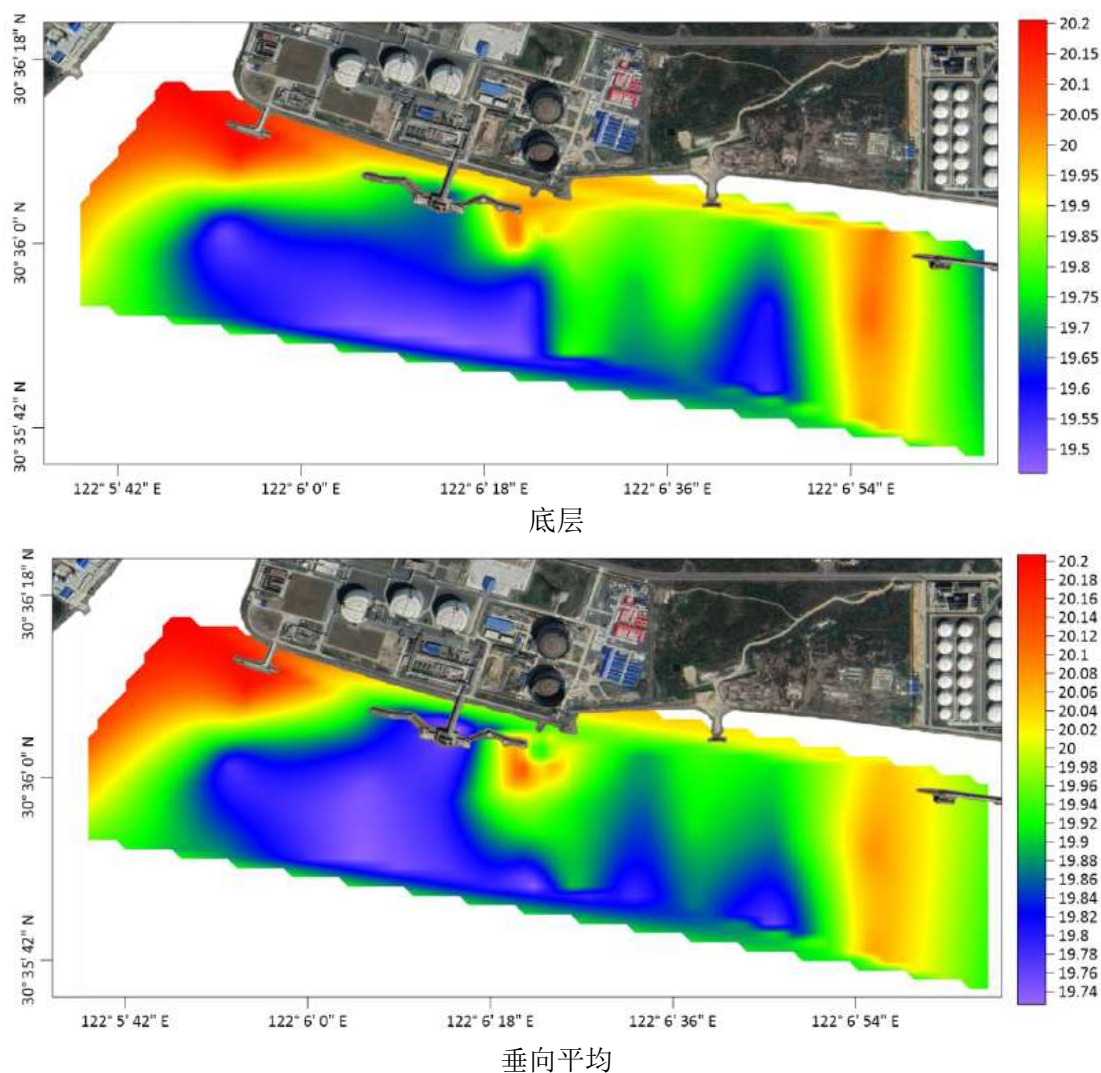


图 8.3-24 落憩时段水温分布

在选取不受冷排水影响的背景水温时，是在远离冷排水口的海流流来的方向上，靠近监测区域边界的位置上取一个水温最高值作为某一时段的水温背景值，将垂向平均水温场的分布减去这一背景水温后即得到温升分布场。因此涨憩时段垂向平均水温场的背景值选取西侧离岸区域的最高水温值 19.64℃作为涨憩时段的背景温度。落憩时段垂向平均水温场的背景值选取西侧区域的最高水温值 20.21℃作为落憩时段的背景温度。

根据监测结果，涨憩时冷排水造成水温下降幅度超过 0.1℃以上的（即温升值小于-0.1℃）分布面积为 1.58km²，未监测到水温下降幅度超过 0.3℃的区域；落憩时冷排水造成温度下降幅度超过 0.1℃以上的分布面积为 1.51km²，水温下降幅度超过 0.4℃的分布面积为 0.23km²，未监测到水温下降幅度超过 0.5℃的区域，温升值小于-0.1℃的区域主要分布在排水口东西两侧 2.5km 范围和南侧离岸 750m 范围内。

根据温降预测结果，一期项目实施后温度下降幅度超过 0.1°C 以上的区域面积最大约为 1.1km^2 ，本项目实施后温度下降幅度超过 0.1°C 以上的区域面积最大约为 1.6197km^2 ，与上述实测结果量级基本一致，通过实测数据验证了本模型综合散热系数等参数取值较为合理。

8.3.3.9 冷排水对敏感目标的影响

本项目排水口位于洋山港口航运区，周边温度敏感目标主要为一期取水口和二期工程取水口，无其他敏感目标。根据模型计算，本项目冷排水造成的一期取水口和二期工程取水口最大温降分别约为 -0.6°C 和 -0.36°C ，叠加一期排水后，冷排水造成的一期取水口和二期工程取水口最大温降分别约为 -0.9°C 和 -0.45°C 。

8.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

8.4.1 施工期对沉积物环境影响分析

挖掘船在预开挖段进行开挖作业和铺管船在铺管作业时喷射式挖沟所搅起的海底沉积物被堆积在管沟两侧，在施工结束后，海底沉积物在海水运动作用下将回填于管沟，因此施工对底质的直接影响是泥沙的冲起和覆盖。

本项目对海洋沉积物影响经过一段时间海流的自然冲刷能够恢复到埋设之前的状态，本项目施工期对海洋沉积物影响较小。

8.4.2 运行期工程防腐对沉积物环境影响分析

定向钻穿越段管道采用无溶剂液态环氧玻璃钢涂层防腐，线路管道（包括冷弯管）全线采用常温型 3LPE 防腐层，不会因为管体腐蚀而污染海洋沉积物环境。工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

8.5 生态环境影响分析

本项目对海洋生态环境产生的影响主要体现在海底管道埋设段施工期搅起的悬浮泥沙对周围海域生物资源造成一定的影响；运行期水工构筑物长期压占造成底栖生物损失；运行期取水卷载效应、冷排水对渔业资源的影响等。

8.5.1 施工期生态环境影响分析

（1）施工期悬浮物对浮游生物的直接影响

浮游植物是海洋有机质的主要生产者，它是浮游动物的基础饵料，也是海洋

食物网结构的基础环节,在海洋生态系统的物质循环与基础能量转换过程中起着重要作用。本项目管道铺设施工对海底产生扰动,将会引起海水中的悬浮物浓度增加,浊度加大,透明度降低,直接影响浮游植物光合作用的效率,从而导致局部海域浮游植物的生物量减少。

据有关研究结果,悬浮泥沙含量增多对浮游桡足类的存活和繁殖有明显的抵制作用,过量悬浮固体使其食物过滤系统和消化器官受到堵塞,当悬浮泥沙含量达到 300mg/L 以上时,影响特别显著。当水中悬浮浓度突然增高时,在超标区域内的浮游动物无法逃避高浓度悬浮泥沙的污染影响,有可能大部分或全部死亡。由于施工时悬浮泥沙为连续排放,中心区域悬浮含量过高,从而削减了海水真光层厚度,在一定程度上影响了水体中的初级生产力,浮游生物量下降,进而影响以浮游植物为饵料的浮游动物,其单位水体中拥有的生物量也必然相应地减少,因而影响整个食物链的各个环节。

本项目（浙江段）管道施工对浮游生物的影响面积为 72.00km²（悬浮物浓度>10mg/L），平均水深 13m，受影响的浮游植物数量 4.10×10^{13} 个，在此范围内浮游植物平均生长速率约降低 10%，受影响的浮游动物生物量为 22.04t。码头桩基施工对浮游生物的影响面积为 0.153km²（悬浮物浓度>10mg/L），平均水深 10m，受影响的浮游植物数量 6.71×10^{10} 个，受影响的浮游动物生物量为 0.02t。管道铺设造成的悬浮沙增量在施工结束后 1d 内即可恢复，随着施工的结束，悬浮物浓度逐步降低，其对浮游生物的影响将逐渐消失。且由于浮游生物为短生命周期生物，施工结束浮游生物损失可凭借其短周期和较强的繁殖力迅速恢复其原有的数量和种群。

（2）施工期管道敷设及码头建设对底栖动物影响

海底管道的敷设对其周围底栖生物造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏施工现场周围海底部分底栖生物并影响沿管道一带的海底生态环境，对底栖生物的影响主要是对底栖生物的搅起和掩埋作用，将对大部分底栖生物带来影响。施工结束后，随着时间的推移，底栖生态会逐渐得到恢复。

底栖生物的损失量按下式计算：

$$W=D \times S \times K$$

式中：W 为底栖生物一次性损失量，单位千克（kg）；D 为底栖生物资源密度，单位为（kg/km²）；S 为施工扰动的面积，单位为平方千米（km²）；K 为因

施工扰动造成的底栖生物资源损失率（%）。

对照本项目施工方案，浙江段海底管线长度约 32.6km，其中正常埋设段 30.3km，冲埋宽度为 1.2m，则海管埋设破坏底栖生境面积为 3.636hm²。海底输气管道在穿越临港航道需采用预开沟方式施工，预开沟长度分别为 2km，预开沟宽度为 41m，则海缆预开沟施工造成底栖生境破坏面积约为 8.2hm²。海底管道与现有海底管道、电缆/光缆存在 3 处交越，交越处已建管道 200m 范围内（电缆 50m 范围内）采用高压水力喷射挖沟，海缆交越临时占用潮下带底栖动物面积为 $400 \times 5 + 100 \times 5 \times 2 = 3000\text{m}^2$ 。交越处采用 5m 宽、300mm 厚水泥压块压覆，海缆交越水泥压块永久占用潮下带底栖动物面积为 $100 \times 5 \times 3 = 1500\text{m}^2$ ，则海底管道施工造成潮下带底栖生物栖息地面积损失为 $(36360 + 82000 - 100 \times 3 \times 1.2) + 1500 = 119230\text{m}^2$ 。接收站取水自流管永久占用底栖动物面积为 $4 \times 2.2 \times 290 = 2552\text{m}^2$ ；接收站排水管永久占用底栖动物面积为 $2 \times 3.0 \times 105 = 630\text{m}^2$ ；引桥基础占用潮下带底栖动物面积为 $63 \times 3 \times 3.14 \times 0.6^2 = 213.65\text{m}^2$ ；码头平台、系缆墩及靠船墩占用潮下带底栖动物面积为 $30 \times 3 \times 3.14 \times 0.6^2 + 3 \times 4 \times 3.14 \times 1.5^2 + 3 \times 3 \times 3.14 \times 0.75^2 + 4 \times 5 \times 3.14 \times 0.75^2 = 240.66\text{m}^2$ 。

根据东海水产研究所自然资源部第二海洋研究所调查数据，潮下带底栖动物采用 2020 年和 2021 年春季、秋季底栖生物生物量平均值 1.117g/m² 进行计算。本项目对潮下带底栖生物生境的临时影响年限按 3 年补偿，长期占用影响年限按 20 年补偿，底栖动物价格按 10000 元/t 计，可初步计算得管道敷设导致底栖动物经济损失为 2.755 万元。底栖生物具体影响面积、生物量损失及经济损失见表 8.5-1。

表 8.5-1 底栖生物的影响损失估算表

影响性质	项目名称	潮下带影响面积(m ²)	底栖生物生物量(g/m ²)	直接损失量(t)	经济损失(万元)	影响年限	累计经济损失(万元)
临时占用	海缆交越	3000	1.117	0.00335	0.00335	3	0.0101
永久占用	管道压占、水泥压块	119230	1.117	0.1332	0.1332	20	2.6636
	取水管、排水管、引桥及码头	3636.31	1.117	0.00406	0.00406	20	0.0812
总计							2.755

（3）施工期悬浮物对渔业资源的直接影响

施工过程中产生的悬浮物将在一定范围内形成高浓度扩散场，悬浮物在许多方面对鱼类产生不同的影响。首先是悬浮微粒中含有大小不同、从几十微米到十余微米的矿质颗粒，悬浮微粒过多时将导致水体混浊度增大，透明度降低，不利于天然饵料的繁殖生长。其次水体中大量存在的悬浮物会造成鱼类呼吸困难和窒息现象，因为悬浮物微粒随鱼的呼吸动作进入鳃部，会沉积在鳃瓣鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且会阻断气体交换，严重时导致窒息。

悬浮颗粒还会对海洋生物仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡，大量悬浮物会造成水体严重缺氧而导致生物死亡。不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。

根据王云龙等(1999)长江口疏浚泥悬沙对中华绒螯蟹早期发育的试验结果，当悬沙浓度为 8g/L 时，不会对中华绒螯蟹的交配、产卵和胚胎发育造成影响。在原肠期以前，胚胎成活率几乎为 100%，但当胚胎发育至色素形成期会产生一定程度的影响，试验结果三组数据表明最大死亡率为 60~70%，最小为 5~10%，平均为 30%。此外在自然环境中，由于悬沙量增加，降低水中透光率，从而引起浮游植物生产量的下降，进而影响以浮游植物为食的浮游动物的丰度，间接影响溞状幼体和大眼幼体的摄食率，最终影响其发育和变态。

泥沙入海引起海水中悬浮物增加，会对游泳鱼类的正常生理行为产生影响，由于海洋生物的“避害”反应，工程附近海域自然生长的游泳动物将变少。

①施工悬浮物影响面积

施工悬浮泥沙主要产生在海底管道铺设工序。根据渔业水质标准，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应 $\leq 10\text{mg/L}$ ，若悬浮物浓度增量大于 10mg/L ，可能对鱼类生长造成影响。浙江段施工引起的悬浮泥沙扩散浓度为 $10\sim 20\text{mg/L}$ 、 $20\sim 50\text{mg/L}$ 、 $50\sim 100\text{mg/L}$ 、 $>100\text{mg/L}$ 的叠加包络线面积分别为 39.4km^2 、 22.08km^2 、 6.39km^2 、 4.13km^2 。在工程施工悬浮物影响范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生部分死亡。另外，大部分成鱼可以回避，但幼体由于运动能力较弱无法及时有效躲避高浓度悬浮物水体，会出现一定比例的死亡。

②生物损失率取值

依据《建设项目对海洋生物资源影响评估技术规程》（SC/T9110-2007），鱼卵生长到商品鱼苗按1%成活率计，仔稚鱼生长到商品鱼苗按5%成活率计。

表 8.5-2 工程施工对渔业资源损失评估

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	浮游动物	浮游植物
$Bi \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < Bi \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < Bi \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$Bi \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50
注： 1. 污染物i的超标倍数 (Bi)，指超出《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标倍数最大的污染物为评价依据； 2. 损失率指污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数； 3. 本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。 4. 本表对 pH、溶解氧参数不适用。				

③生物密度取值

本次渔业资源损失量的计算采用自然资源部第二海洋研究所2020年4月、10月的调查数据，浙江段海域平均水深约13m，则鱼卵密度平均值为0.65ind./m²，仔稚鱼密度平均值为1.3ind./m²。鱼类、虾类（虾蛄类）及蟹类幼体的尾数密度采用2020年第二海洋研究所春秋两季调查平均值进行估算，分别是2351ind./km²、3993ind./km²和998ind./km²。

④经济损失估算

依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），鱼卵折成鱼苗按1%成活率计，仔鱼折成鱼苗按5%成活率计；鱼类、虾类（虾蛄类）及蟹类幼体个体均按100%成活率计，鱼类、蟹类幼体按100g/尾计，虾蛄类（虾蛄类）幼体按5g/尾计，鱼苗价格按照近年舟山市增殖放流鱼苗平均价格0.3元/ind进行计算，渔业资源价格按市场价格为10000元/t，经济损失按3年计算，

则施工期浙江段渔业资源直接经济损失共计为77.96万元。上述渔业资源生物量损失随着施工的结束,慢慢可以得到恢复,因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

表 8.5-3 工程施工悬浮物扩散对渔业资源损失估算

	渔业资源	资源密度	损失率	损失量 (尾)	折成鱼苗存 活率	折算成鱼苗和重 量损失(尾)	商品规格重量 (g/尾)	单价	经济损失 (万元)
悬浮物扩散 浓度为 10~20mg/L (39.40km ²)	鱼卵	0.65ind./m ²	5%	1280500	1%	12805		0.3 元/尾	0.38
	仔鱼	1.30ind./m ²	5%	2561000	5%	128050		0.3 元/尾	3.84
	鱼类幼体	2351ind./km ²	5%	4631	100%	4631	100	10000 元/t	0.46
	蟹类幼体	998ind./km ²		1966	100%	1966	5		0.20
	虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km ²		7866	100%	7866	100		0.04
	合计								4.92
悬浮物扩散 浓度为 20~50mg/L (22.08km ²)	鱼卵	0.65ind./m ²	20%	2870400	1%	28704		0.3 元/尾	0.86
	仔鱼	1.30ind./m ²	20%	5740800	5%	287040		0.3 元/尾	8.61
	鱼类幼体	2351ind./km ²	10%	5191	100%	5191	100	10000 元/t	0.52
	蟹类幼体	998ind./km ²		2203	100%	2203	5		0.22
	虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km ²		8817	100%	8817	100		0.04
	合计								10.26
悬浮物扩散 浓度为 50~100mg/L (6.39km ²)	鱼卵	0.65ind./m ²	40%	1661400	1%	16614		0.3 元/尾	0.50
	仔鱼	1.30ind./m ²	40%	3322800	5%	166140		0.3 元/尾	4.98
	鱼类幼体	2351ind./km ²	20%	3004	100%	3004	100	10000 元/t	0.30
	蟹类幼体	998ind./km ²		1275	100%	1275	5		0.13
	虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km ²		5103	100%	5103	100		0.03
	合计								5.94
悬浮物扩散 浓 度>100mg/L (4.13km ²)	鱼卵	0.65ind./m ²	50%	1342250	1%	13422.5		0.3 元/尾	0.40
	仔鱼	1.30ind./m ²	50%	2684500	5%	134225		0.3 元/尾	4.03
	鱼类幼体	2351ind./km ²	30%	2913	100%	2913	100	10000 元/t	0.29
	蟹类幼体	998ind./km ²		1236	100%	1236	5		0.12
	虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km ²		4947	100%	4947	100		0.02
	合计								4.87
3 年总计									77.96

（4）码头桩基础施工对渔业资源的影响

码头桩基础施工的悬浮物影响范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生部分死亡。另外，大部分成鱼可以回避，但幼体由于运动能力较弱无法及时有效躲避高浓度悬浮物水体，会出现一定比例的死亡。资源密度等参数取值同前述章节，码头平均水深 10m，经济损失按 3 年计算，则本项目施工期桩基础施工造成鱼卵、仔鱼经济损失分别为 0.014 万元、0.138 万元，造成鱼类、虾类（虾蛄类）、蟹类及虾蛄类幼体经济损失分别为 0.011 万元、0.005 万元、0.001 万元，合计 0.17 万元。

表 8.5-4 施工期桩基础悬浮物造成的渔业资源损失

影响面积 km ²	生物类群	资源密度	损失率	损失量 (尾)	折成鱼苗存活率	影响年限	经济损失 (万元)
0.153	鱼卵	0.05ind./m ³	20%	15300	1%	3	0.014
	仔鱼	0.1ind./m ³		30600	5%	3	0.138
	鱼类幼体	2351ind./km ²	10%	36	100%	3	0.011
	蟹类幼体	998ind./km ²		15	100%	3	0.005
	虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km ²		61	100%	3	0.001
合计							0.17

（5）对鱼类重要栖息地及“三场一通”的影响分析

本项目位于小洋山附近海域，海底管道穿越白姑鱼产卵场、凤鲚索饵场产卵场和索饵场。工程建设对鱼类产卵场和索饵场的影响主要表现管道敷设产生的增量悬沙、冷排水及卷吸效应对海洋生物的影响。在施工期，工程对产卵场和索饵场的影响是负面的，主要是海底管道敷设产生的增量悬沙，对白姑鱼和凤鲚等重要经济鱼类的饵料产生不利影响，然而这种影响是临时的将随着施工结束消失，且经济鱼类的产卵场、索饵场功能作用有季节性特征。管道敷设高峰期应尽量避免经济鱼类产卵盛期，工程建设对白姑鱼和凤鲚等重要经济鱼类摄食的影响较有限。总体上，工程施工期对鱼类产卵场、索饵场会有一定的负面影响。施工期管道敷设属于短期、可逆影响，且影响程度在可以接受范围，可通过进一步优化施工方案，避开鱼类产卵、繁殖等敏感时段，进一步降低施工期对渔业资源的影响。

8.5.2 运行期生态环境影响分析

（1）运行期冷排水及卷吸效应对浮游生物的影响

水温是影响浮游生物生长、发育、群落组成和数量变化等因素中重要的环境因子。浮游植物数量决定了海域初级生产力的大小，浮游生物是某些鱼、虾、贝

类的饵料，影响着渔业资源的潜存量。研究表明，温降影响浮游植物的代谢活动，生化反应率降低，降低浮游植物的生长和物质积累，这种现象并未破坏藻类的细胞，经过几个小时(不超过一昼夜)，浮游植物的光合作用就能恢复。对浮游动物而言，水体下降小于 3℃ 时，多数情况下不会对其种群有不利影响。

研究发现，卷吸效应引起冷却水团中浮游藻类和浮游动物的机械损伤率分别为 12~27%和 55%。冷却水排海后，大约经过 3 天，浮游藻类可恢复原有的数量，而浮游动物的恢复期约 1~6 天。据此分析，LNG 取水系统产生的卷吸效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，会使取水团中浮游生物量有所减少，降低海洋初级生产力。但由于浮游生物的生殖周期短，繁殖快，其损伤后的恢复也较快，因此，卷吸效应造成的损伤对海区浮游生物总量和种群结构等影响不大。

（2）运行期冷排水对底栖动物的影响

根据调查，多数贝类的适温范围为 15~30℃ 左右。在适温范围内，温度降低将可能影响贝类的生长发育。在适温范围内，若遇到温度突然剧变，使贝类一时无法适应亦会导致其滞育或死亡。因此，在夏季高温季节，冷海水排放对贝类的影响相对较小，甚至可能会促进贝类的生长发育，但在温度较低季节，冷海水排放将对贝类产生较大的影响，可能导致贝类滞育或死亡。温降对其他底栖动物的影响有待进一步研究。

（3）运行期对渔业资源的直接影响

①冷排水对渔业资源的影响

鱼类在不同的发育阶段往往对温度条件有不同的要求，繁殖和发育时期的要求特别严格，许多海洋动物需在特定的水温条件下产卵。一方面，如果水温低于适温范围，将会抑制鱼类的新陈代谢和生长发育，如果超过其忍受限度，则会导致死亡。另一方面，鱼类能感受到环境水温的微弱变化，对低于适温范围的低温水体，具有回避反应，这使许多鱼类进行远距离的适温回游，这种回避现象排除了冬季幼鱼和成鱼受到冷威胁的可能性。此外，水温的变化会影响鱼类的产卵，影响渔期的迟早、渔场的变动，影响渔获量。

在夏季，适当的温度降低，对鱼类的生物是有利的，而在冬季的温降，对鱼类的生长是不利的。温降大于环境 4~5℃ 的区域，渔获物减少较明显。在温降为 4~5℃ 的区域，冬季渔获量将降低，而夏季则将有所恢复；在温降为 2~3℃ 的区域，冬季将出现低渔获量，但夏、春季出现高渔获量；而温降低于 2℃ 的区域的

影响将不明显。对于大多数暖水性鱼类来说，温降 1℃基本上在其适温范围内，一般不会对鱼类的生长造成影响。此外，虾仔的适应温度为 20~32℃。在夏、秋季节期间，接收站冷排水引起的温降对本海域的虾类不会有明显的不利影响，虾类都能正常生长繁殖；在冬、春季低温季节，温降达 3℃以上时，虾类幼体的生长可能会受到抑制，其存活率可能会降低，虾类的成年个体多数会回避低温区，从而影响温降场内的对虾捕获量。

由于《海水水质标准》未对温降做出规定，故参考《地表水环境质量标准》和相关实验研究结果，分别按照温降 2.0℃的标准进行生物资源损害评估。根据模型计算，本项目冷排水造成的温降超过 2.0℃的最大区域面积为 0.1056km²，损失率参照同类项目计算，温降超过 2.0℃鱼卵、仔鱼的损失率为 50%，游泳动物成体损失率为 5%，游泳动物幼体损失率为 20%。工程海域鱼卵、仔稚鱼密度平均值分别为 0.05ind./m³和 0.1ind./m³，鱼类、虾类（虾蛄类）及蟹类幼体的尾数密度分别是 2351ind./km²、3993ind./km²和 998ind./km²，游泳动物成体重量密度为 141.33kg/km²。依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），鱼卵折成鱼苗按 1%成活率计，仔鱼折成鱼苗按 5%成活率计，成鱼成活率按 100%计。上述影响为运行期长期影响，因此影响年限按 20 年进行计算，鱼苗价格按照 2020 年舟山市增殖放流鱼苗平均价格 0.3 元/ind 进行计算，渔业资源价格按 10000 元/t 计算，鱼类、蟹类幼体按 100g/尾计，虾类、虾蛄类幼体按 5g/尾计，则本项目运行期冷排水造成鱼卵、仔鱼经济损失分别为 0.160 万元、1.598 万元，造成鱼类、虾类（虾蛄类）及蟹类幼体经济损失分别为 0.100 万元、0.043 万元、0.009 万元，造成游泳动物（成鱼）经济损失为 0.015 万元，合计 1.92 万元。

表 8.5-5 运行期冷排水造成的渔业资源损失

影响面积 km ²	生物类群	资源密度	损失率	损失量 (尾、kg)	折成鱼苗存活率	影响年限	经济损失 (万元)
0.1056	鱼卵	0.05ind./m ³	50%	26625	1%	20	0.160
	仔鱼	0.1ind./m ³		53250	5%	20	1.598
	鱼类幼体	2351ind./km ²	20%	50	100%	20	0.100
	蟹类幼体	998ind./km ²		21	100%	20	0.043
	虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km ²		85	100%	20	0.009
	游泳动物（成体）	141.33kg/km ²	5%	0.753	100%	20	0.015
合计							1.92

②卷吸效应对渔业资源的影响

本项目运行期对渔业资源的影响主要是取水口取水产生卷吸效应造成水生生物死亡，由于鱼卵仔鱼无游泳回避能力或游泳回避能力弱。根据建设单位提供的取水量资料，本项目 2025~2034 年 10 年平均取水量为 13332 万 m^3/a ，2035~2044 年 10 年平均取水量为 26400 万 m^3/a ，工程海域鱼卵、仔稚鱼密度平均值分别为 0.05ind./ m^3 和 0.1ind./ m^3 ，鱼类、虾类（虾蛄类）及蟹类幼体的尾数密度分别是 2351ind./ km^2 、3993ind./ km^2 和 998ind./ km^2 。依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），鱼卵折成鱼苗按 1%成活率计，仔鱼折成鱼苗按 5%成活率计。上述影响为运行期长期占用，影响年限按 20 年补偿，鱼苗价格按照近年舟山市增殖放流鱼苗平均价格 0.3 元/ind 进行计算，渔业资源价格按市场价格为 10000 元/t 进行计算，鱼类、蟹类幼体按 100g/尾计，虾类、虾蛄类幼体按 5g/尾计，则本项目运行期取水造成鱼卵、仔鱼经济损失分别为 67.52 万元、675.18 万元，造成鱼类、虾类（虾蛄类）及蟹类幼体经济损失分别为 71.85 万元、30.50 万元和 6.10 万元，合计 851.15 万元。

表 8.5-6 运行期2025~2035年后年输气量和取水量汇总表

类别	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035 及以后
外输量(万 t/a)	100	130	160	210	270	340	380	430	480	530	600
取水量(万 m^3/a)	4400	5720	7040	9240	11880	14960	16720	18920	21120	23320	26400

表 8.5-7 运行期鱼卵、仔鱼和渔业资源损失汇总表

影响源项	取水量 (万 m³/a)	渔业资源	资源密度	折成鱼苗 存活率	折算成鱼苗 损失(尾)	影响 年限	经济损失 (万元)	
卷吸 效应	13332	鱼卵	0.05 ind./m³	1%	66660	10	20.00	
		仔鱼	0.1ind./m³	5%	666600	10	199.98	
		合计						219.98
		鱼类幼体	2351ind./km²	100%	24110	10	24.11	
		蟹类幼体	998ind./km²	100%	10235	10	10.23	
		虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km²	100%	40950	10	2.05	
		合计						36.39
	26400	鱼卵	0.24 ind./m³	1%	132000	10	47.52	
		仔鱼	0.49ind./m³	5%	1320000	10	475.20	
		合计						522.72
		鱼类幼体	2351ind./km²	100%	47743	10	47.74	
		蟹类幼体	998ind./km²	100%	20267	10	20.27	
		虾类（虾蛄类）幼体	3993ind./km²	100%	81089	10	4.05	
		合计						72.06
合计							851.15	

（4）对鱼类重要栖息地及“三场一通”的影响分析

国内有关报道认为，卷吸效应造成幼鱼致死率与幼鱼的体长有关，两者呈负相关关系。鱼体长在 14~40mm 范围内，体长每增加 1mm，幼鱼因卷吸而造成的死亡率减少约 3%。据有关资料，进入冷却水系统的鱼卵残废率为 40.7%，仔鱼的残废率为 43.8%。本项目取水口位于白姑鱼和凤鲚产卵场内，取水过程对进入气化系统的鱼卵、仔鱼的影响是较大的。由于海洋鱼类具有繁殖能力强、产卵多的特点，且受到海洋自然环境多种因素的影响，鱼卵、仔鱼自然死亡率很高。另外本项目取水量相对于整个海域水体而言，取水量不大，则取水过程对整个海域的鱼卵、仔鱼有一定的影响，但范围相对较小。

综上所述，工程运行期对鱼类产卵场、索饵场会有一定的负面影响。运行期工程取水量不大，取水过程卷吸效应对取水海域的鱼卵、仔鱼和游泳动物幼体有一定的影响，冷排水温降会对但范围相对较小，对整个海域鱼类三场一通不会造成明显影响；接收站冷排水引起的温降不会对本海域的鱼类三场一通产生明显的不利影响。

（5）EGD 杀生缓蚀剂对海洋生物的影响

EGD 杀生缓蚀剂属阳离子型有机胺类表面活性剂，具有双长链基型阳离子的表面活性剂，可形成双分子膜，以膜层来保护系统。EGD 杀生缓蚀剂杀生机理比较独特，它不是采用一般的毒杀原理，而是在水中利用其阳离子的特性，与通常呈阴离子状态的细胞紧紧吸附，在物体表面上建立封闭性极好的有机双分子膜，由于其长链分子的加一端具有较强的憎水性，实现保护管路的作用。另外，EGD 杀生缓蚀剂具有降解速度快的特点，可在 22h 内实现半降解，96h 内实现全降解，是一种无毒无害的高效绿色环保型杀生产品。目前 EGD 杀生缓蚀剂已在国内多家电厂和 LNG 企业得到推广。

根据国家海洋局第二海洋研究所《EGD 杀生缓蚀剂对海洋生物的影响分析报告》（2016 年 11 月），该报告通过在一定浓度下检测 EGD 杀生缓蚀剂对四种常见海洋桡足类的毒理效应，结果表明针胸刺水蚤、捷氏歪水蚤、精致真刺水蚤在 1ppm EGD 杀生缓蚀剂的浓度作用下，1h 内死亡率为 0，其他低浓度组（0.001-0.1ppm）的死亡率均与对照组无显著差异，在 10ppm 的 EGD 杀生缓蚀剂作用下 15min 和 30min 时的死亡率分别介于 1.1~3.3%和 3.3~8.9 之间；中华哲水蚤耐受性较强，10ppm 浓度下 1h 内无死亡，其他低浓度组（0.001-0.1ppm）的

死亡率均与对照组无显著差异。

根据 EGD 杀生缓蚀剂应用情况，见图 8.5-1，10ppm 浓度在冷却系统的停留时间小于 30min，而 10ppm 的 EGD 杀生缓蚀剂在 30min 内对桡足类的致死率仅为 0~8.9%，EGD 杀生缓蚀剂在出口的最大排放浓度不超过 1ppm，且排出后经扩散及降解持续降低，即 1ppm 浓度的停留时间少于 1h，而 1ppm 浓度对四种桡足类 1h 的致死率为 0，其他更低浓度在 96h 内则对桡足类无明显致死性。因此，本项目使用 EGD 杀生缓蚀剂作为海水冷却水系统的杀生处理剂，其排放浓度小于等于 1ppm，对排放海域海洋生物几乎无影响。

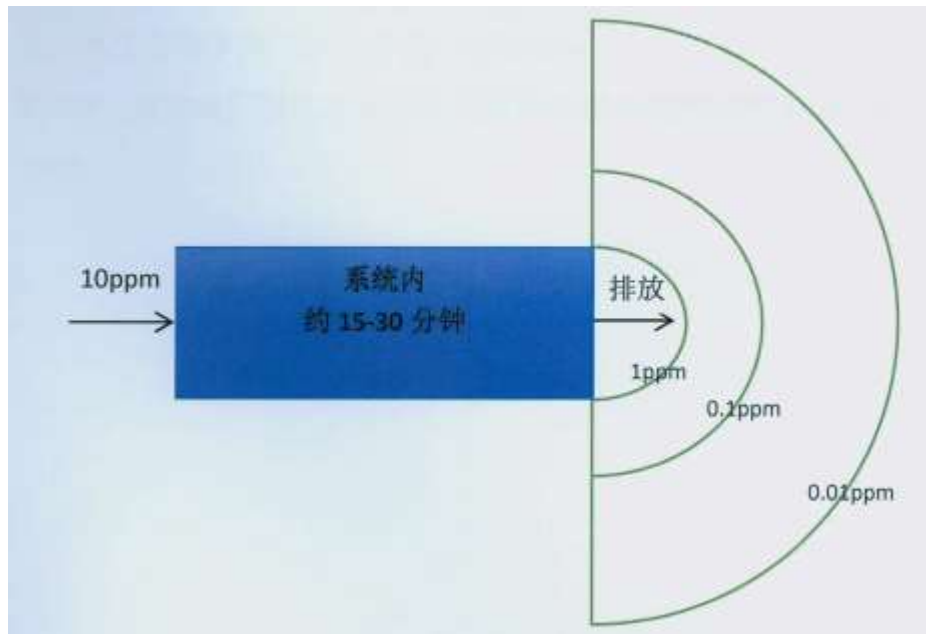


图 8.5-1 EGD 杀生缓蚀剂应用情况示意图

浙江省医学科学院于 2004 年 7 月对 EGD 杀菌灭藻剂进行了大鼠急性经口毒性试验，剂量为 5000mg/kg，实验结果表明，根据中华人民共和国卫生部《消毒技术规范（2002 年）版》急性经口毒性分级标准，EGD 杀菌灭藻剂的雌雄鼠经口毒性均属实际无毒级。因此，本项目海水冷却水系统使用 EGD 杀生缓蚀剂不会对海域哺乳动物造成影响。

8.5.3 生物资源损失汇总

根据前述计算，将本项目施工期及运行期对海域生物资源影响的经济价值进行汇总，约合计为 933.96 万元，具体见表 8.5-8。

表 8.5-8 海域生物资源影响损失汇总表

时段	环境损失	影响因素	金额（万元）
施工期	底栖生物	海缆交越	0.010
	渔业资源	码头桩基施工	0.17
	渔业资源	管道开挖悬浮物扩散影响	77.96
小计			78.14
运行期	底栖生物	管道压占、水泥压块、取水管、排水管、引桥及码头	2.75
	渔业资源	冷排水	1.92
	渔业资源	卷吸效应	851.15
小计			855.82
合计			933.96

8.5.4 对海洋生态系统服务功能的影响预测与评价

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T28058-2011)，工程建设对海洋生态系统服务功能的影响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。该影响是长期的、局部的和不可逆的。

8.5.4.1 海洋供给服务

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，因此本工程对海洋供给服务的影响主要考虑氧气生产。

氧气生产的物质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，氧气生产的物质质量计算公式为：

$$Q_{O_2} = Q'_{O_2} \times S \times 365 \times 10^{-3} + Q''_{O_2}$$

式中：

Q_{O_2} ——氧气生产的物质质量，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/m²·d）；

S——评估海域的水域面积，单位为平方千米（km²）；

Q''_{O_2} ——大型藻类产生的氧气量，单位为吨每年（t）；

本工程海域不在大型海藻场分布范围内，本次损失评估仅计算浮游植物初级生产提供氧气量。计算公式为：

$$Q'_{O_2} = 2.67 \times Q_{PP}$$

式中：

Q_{PP} ——浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米天（ $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ）。

根据周边海域环境质量调查结果，本工程评价海域初级生产力平均 $31.63 \text{mg} \cdot \text{C}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，工程前 10 年平均取水量为 $13332 \text{m}^3/\text{a}$ ，后 10 年平均取水量为 $26400 \text{m}^3/\text{a}$ ，本工程影响以 20 年计，造成的氧气生产损失为 12.25t。根据王燕等人的研究，工业制氧平均价格为 400 元/t，则损失价值为 0.49 万元。

本工程评价海域初级生产力平均 $31.63 \text{mg} \cdot \text{C}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，本项目（浙江段）管道施工对浮游生物的影响面积为 72km^2 （悬浮物浓度 $> 10 \text{mg}/\text{L}$ ），码头桩基施工对浮游生物的影响面积为 0.153km^2 （悬浮物浓度 $> 10 \text{mg}/\text{L}$ ），受损率按 10% 计算，则施工期悬浮物泥沙造成的造成的氧气生产损失为 4.15t，损失价值约 0.17 万元。

8.5.4.2 海洋调节服务

本工程为围填海工程，基本无弃土弃渣，施工人员生活垃圾等运回陆地处理。因此，本工程海洋调节服务仅考虑气候调节功能损失。

气候调节物质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。气候调节的物质质量计算公式为

$$Q_{CO_2} = Q'_{CO_2} \times S \times N \times 10^{-3} + Q''_{CO_2}$$

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每平方米每天（ $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ）；

S ——评估海域的水域面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

N ——时间天数，（d）；

Q''_{CO_2} ——大型藻类固定的二氧化碳量，单位为吨每年（t）；

本工程海域不在大型海藻场分布范围内，本次损失评估仅计算浮游植物固定

二氧化碳的量。计算公式为：

$$Q_{CO_2}' = 3.67 \times Q_{PP}$$

式中 Q_{PP} ——浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米每天 ($mg/m^2 \cdot d$)。

根据环境质量现状调查结果，本工程评价海域初级生产力平均 $1.63mg \cdot C/m^2 \cdot d$ 。则工程海域二氧化碳吸收量为 16.83t。

固定二氧化碳的成本取碳税率及造林成本价格的平均值，目前国际上通用的碳税率通常为瑞典的碳税率 150 美元/t，约合 1000 元/t，我国造林成本为 250 元/t，取平均值 625 元/t。本工程造成的气候调节损失价值为 1.05 万元。

本项目（浙江段）管道施工对浮游生物的影响面积为 $72km^2$ （悬浮物浓度 $>10mg/L$ ），码头桩基施工对浮游生物的影响面积为 $0.153km^2$ （悬浮物浓度 $>10mg/L$ ），受损率按 10% 计算，则施工期悬浮物泥沙造成的造成的候调节损失为 5.72t，损失价值约 0.36 万元。

8.5.4.3 海洋文化服务

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。休闲娱乐的物质质量采用海洋旅游景区的年旅游人数评估，若旅游人数很少可不进行该项评估。科研服务的物质质量宜采用公开发表的以评估海域为调查研究区域或实验场所的海洋类科技论文数量进行评估。

关于科研服务，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，按照项目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为 382 元/公顷，本工程占用海域面积 $74.8hm^2$ ，则本工程建设造成的海洋科研文化服务功能损失价值约为 2.86 万元/a，填海区占用海域以 20 年计，则损失价值为 57.14 万元。

8.5.4.4 海洋支持服务

根据《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T28058-2011)，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。

参考“杨圣云、潘伟然等.福建省海湾数模与环模研究-深沪湾研究报告”，福建省深沪湾海洋生态系统单位面积的生物多样性维持价值为 0.21 万元/($hm^2 \cdot a$)。

本工程永久占用海域面积 10.94hm^2 ，则本工程填海区造成生物多样性维持功能价值损失约为 2.29 万元/a，填海区占用海域以 20 年计，则损失价值为 45.95 万元。

8.6 大气环境影响预测与评价

8.6.1 施工期大气环境影响分析

8.6.1.1 码头和接收站施工期大气环境影响分析

施工大气污染源主要为地面开挖、土石堆放、混凝土搅拌等施工和运输车辆行驶产生的扬尘（粉尘）；接收站工程焊接施工过程中产生的焊接烟尘；喷漆过程中产生的挥发性有机物；施工机械、船舶和运输车辆排放的尾气，尾气中的主要污染物为 NO_x 、CO、非甲烷总烃等。这些污染物将对环境空气造成一定程度的污染，但这种污染是短期的，工程结束后，将消失。本次评价主要利用同类项目的建设经验和监测结果，类比分析本项目施工期对周围大气环境的影响。

（1）施工场地面源粉尘影响分析

施工场地产生的扬尘（粉尘）污染主要取决于施工作业方式、材料堆放以及风力等因素。类比同类项目施工现场起尘实测资料，在沙石料堆存过程中的风蚀起尘、卸料时产生的粉尘污染、道路二次扬尘、水泥拆包的粉尘污染、场地扬尘等共同作用下，未采取环保措施时，施工现场面源污染源强约为 539g/s 。采取环保措施时，施工现场面源污染源强约为 140g/s 。

（2）运输车辆粉尘影响分析

施工阶段汽车运输过程中，会产生扬尘污染。扬尘量、粒径大小等与多种因素有关，如路面状况、车辆行驶速度、载重量。

施工阶段汽车运输过程中，会产生扬尘污染。扬尘量、粒径大小等与多种因素有关，如路面状况、车辆行驶速度、载重量、天气情况等。其中风速、风向等天气状况直接影响扬尘的传输方向和距离。由于汽车运输过程中产生的扬尘时间短、扬尘落地快、影响范围主要集中在运输道路两侧，对路边 30m 范围以内的影响较大，而且成线形污染，路边的 TSP 浓度可达 10mg/m^3 ，随着距离的增加浓度逐渐减小。拟建项目主要运输线路为港区主干路，与敏感保护目标的距离均在 30m 以上，故汽车运输扬尘对周边的环境空气影响程度和范围较小，影响时间也较短。本项目汽车经过的道路采用硬化处理，在道路定时洒水抑尘、车辆不

要装载过满并采取密闭或遮盖措施条件下,可大大减少运输扬尘对周围环境空气的影响。

（3）焊接烟尘大气环境影响分析

拟建项目焊丝及焊剂所用少,焊烟产生量较小,且持续时间短,加之项目所在区域场地开阔、扩散条件极好。因此,施工期间焊接烟尘对周围环境影响较小。

（4）挥发性有机物大气环境影响分析

拟建项目漆料用量小,持续时间短,加之项目所在区域场地开阔、扩散条件极好。因此,施工期间喷漆产生的挥发性有机物对周围环境影响较小。

（5）施工机械、船舶、运输车辆尾气大气环境影响分析

施工过程中,作为流动污染源的施工机械、船舶、运输车辆将有少量的燃烧尾气产生,主要污染物为 NO_x 、 CO 、非甲烷总烃等。由于废气量较小,且施工现场均在人口分布较少的空旷地段,有利于空气的扩散,同时废气污染源具有间歇性和流动性,因此对局部地区的环境影响较轻。拟建项目与最近大气环境敏感保护目标较远,因此,施工机械、船舶、运输车辆尾气对周围敏感保护目标影响较小。

综上,拟建项目码头和接收站施工期间粉尘,焊接烟尘,喷漆产生的挥发性有机物,施工机械、船舶、运输车辆尾气对周围大气环境影响较小,可以为环境所接受。

8.6.1.2 输气管道施工期大气环境影响分析

陆上管线施工废气污染源主要来自地面开挖、回填、土石堆放和运输车辆行驶产生的扬尘（粉尘）、及施工机械（柴油机）、运输车辆排放的废气,废气中的主要污染物为 SO_2 、 NO_x 、非甲烷总烃等。

海底管线施工废气污染源主要来自施工船舶和施工机械的燃烧尾气排放,主要污染物为 NO_x 、 CO 、非甲烷总烃等。这些污染物将对环境空气造成一定程度的污染,但这种污染是短期的,工程结束后,将不复存在。本报告主要利用同类工程的建设经验和监测结果,类比分析施工期对沿线和站场周围大气环境的影响。

（1）扬尘（粉尘）的影响分析

本项目的扬尘（粉尘）主要产生于三个部分：管沟及站场的地面清理、开挖、

填埋、土石方堆放等施工活动，以及车辆运输过程产生的扬尘（粉尘）。施工期间产生的扬尘（粉尘）污染主要取决于工作业方式、材料的堆放以及风力等因素。

管道及站场的地面清理、开挖、填埋、土石方堆放等过程分段进行，施工时间较短，作业带内产生的扬尘（粉尘）为无组织面源排放，根据类似工程的实际现场调查：在大风情况下施工现场下风向 1m 处扬尘浓度可达 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以上，25m 处为 $1.53\text{mg}/\text{m}^3$ ，下风向 60m 范围内 TSP 浓度超标。但由于施工过程为分段进行，施工时间较短，在严格执行分层开挖、分层回填的操作制度、避免长距离施工、工程措施与生物措施相结合的条件下，总体而言，管线施工作业扬尘污染是短时的，且影响不会很大，各大气保护目标在管线施工期内受到施工尘的影响较小。

施工阶段汽车运输过程中，也会产生扬尘污染。扬尘量、粒径大小等与多种因素有关，如路面状况、车辆行驶速度、载重量、天气情况等。其中风速、风向等天气状况直接影响扬尘的传输方向和距离。由于汽车运输过程中产生的扬尘时间短、扬尘落地快、影响范围主要集中在运输道路两侧，而各大气保护目标与施工场地距离 60m 以上，故汽车运输扬尘对周边的环境空气影响程度和范围较小，影响时间也较短。如果采用硬化道路、道路定时洒水抑尘、车辆不要装载过满并采取密闭或遮盖措施，可大大减少运输扬尘对周围环境空气的影响。

工程施工场地 60m 内敏感目标较少，只要采取合理化管理、控制作业面积、土堆适当喷水、土堆和建筑材料遮盖、围金属板、大风天停止作业等措施，施工扬尘对周围敏感目标的影响可以降至最低。

（2）施工机械尾气影响分析

陆上管道施工期间，运输汽车、管线在定向钻和顶管穿越等大型机械施工中，由于使用柴油机等设备，将产生燃烧烟气，主要污染物为 SO_2 、 NO_2 、非甲烷总烃等。但由于废气量较小，且施工现场大多在野外，有利于空气的扩散，同时废气污染源具有间歇性和流动性，因此对局部地区的环境影响较轻。

海底管道施工过程中，作为流动污染源的施工船舶和施工机械将有少量的燃烧尾气产生，主要污染物为 NO_x 、CO、非甲烷总烃等。由于废气量较小，且施工现场均在海上，有利于空气的扩散，同时分段施工和作业，废气污染源具有间歇性和流动性，因此对周边地区的环境影响较轻，施工机械、船舶尾气对周围敏感保护目标影响较小。

（3）对环境敏感区影响分析

管道路由经过嵊泗农渔业区、洋山港口航运区等功能区和石龙山生态红线等敏感区，施工时对大气环境影响主要体现在施工扬尘和施工船舶、施工机械及车辆尾气方面。工程采取以下措施降低对环境敏感区大气环境的影响程度：

①环境敏感区内施工机械采用高标准油品，降低施工机械尾气污染物排放强度，减轻对环境空气的影响程度；

②对开挖土方进行苫盖，并辅以洒水抑尘措施，降低土方堆放时产生扬尘污染；

③加强施工区的管理，建筑材料的堆场应定点定位，并采取防尘、抑尘措施，以减少建设过程中使用的建筑材料在装卸、堆放、搅拌过程中的粉尘外逸，降低工程建设对当地的空气污染；

④用汽车运输易起尘的物料时，要加盖篷布、控制车速，防止物料洒落和产生扬尘；卸车时应尽量减少落差，减少扬尘；运输车辆进出的主干道应定期洒水清扫，保持车辆出入口路面清洁、润湿，并放慢行车速度，以减少地面扬尘污染；

⑤施工现场设置围栏或部分围栏，缩小施工扬尘的扩散范围。

⑥避免在大风季节以及暴雨时节施工，尽可能缩短施工时间，提高施工效率，减少地表裸露的时间；遇有大风天气时，避免进行挖掘、回填等大土方量作业或采取喷水抑尘措施。

本项目在施工过程中，在落实以上措施的同时，应注意加强对施工队伍的管理，如建立施工规章制度，选用通过 ISO14000 认证的施工单位等。

由于敏感区内开挖埋管过程为逐段进行，施工期较短，在加强管理的情况下，施工期对环境敏感区大气环境影响不大，且随着施工期的结束影响随之消失。

运输扬尘一般在尘源道路两侧30m的范围，施工中产生的少量废气只会影响作业场地附近局部环境，影响范围都较小。这些影响都是短期的、局部的，会随着施工作业结束而逐步消失。且建设单位和施工单位在工程建设过程中加强大气环境保护工作，通过洒水抑尘、冲洗车辆、硬化路面、优化施工方式等措施，将施工过程造成的大气污染影响程度降到最低。

8.6.2 运行期大气环境影响分析

8.6.2.1 评价区污染气象特征

工程位于中纬度地区，属亚热带南缘的海洋性气候，季风显著，雨量较充沛，春季多海雾，夏、秋季节多台风，冬季少冰雪。洋山港区于1997年8月设站进行地面气象观测，气象站地理坐标为北纬30°38'；东经122°03'，测站海拔高度54.4m，气压感应部分海拔高度44.4m，风速传感器距地高度10.9m，与接收站厂址较近，且其地形、下垫面条件与厂址有相似之处。本节气象条件主要参考小洋山气象站实测气象资料。

长期气象要素统计结果见下表。

表 8.6-1 小洋山气象站主要气象要素统计结果

项目	数值
多年平均气温	17℃
极端最高气温	37.6℃ (2013.8)
极端最低气温	-6.1℃ (2016.1)
多年平均风速	4.53m/s
最大风速	29.1m/s
多年平均相对湿度	77.4%
多年平均降水量	1030.1mm

根据评价区长期气象资料统计，本区常风向为 NNE 向，频率为 12.1%，次常风向为 SE 向，频率为 11.0%；强风向为 NNW 向，观测期内实测最大风速为 29.1m/s（10 分钟平均，下同），次强风向为 NNE 向，实测最大风速为 24.8m/s。本区 NW~N 向风力相对较强，年平均风速均大于 5.5m/s。小洋山气象站测风资料统计见表 8.6-2 及风玫瑰图（图 8.6-1）。

表 8.6-2 小洋山气象站各向风频风速统计表

风向	最大风速 (m/s)	平均风速 (m/s)	频率 (%)
N	24.4	5.8	10.8
NNE	24.8	4.9	12.1
NE	19.8	3.4	7.6
ENE	14.9	2.7	7.0
E	14.4	2.6	4.7
ESE	21.6	3.5	7.0
SE	19.4	4.5	11.0
SSE	23.3	5.1	10.5
S	17.3	4.7	7.5
SSW	19.8	3.6	3.1
SW	16.4	3.1	1.5
WSW	18.7	3.3	1.4
W	23.8	3.6	1.4

风向	最大风速 (m/s)	平均风速 (m/s)	频率 (%)
WNW	20.4	5.0	2.2
NW	22.4	5.9	4.1
NNW	29.1	6.3	8.1
备注	10 分钟平均风速。		

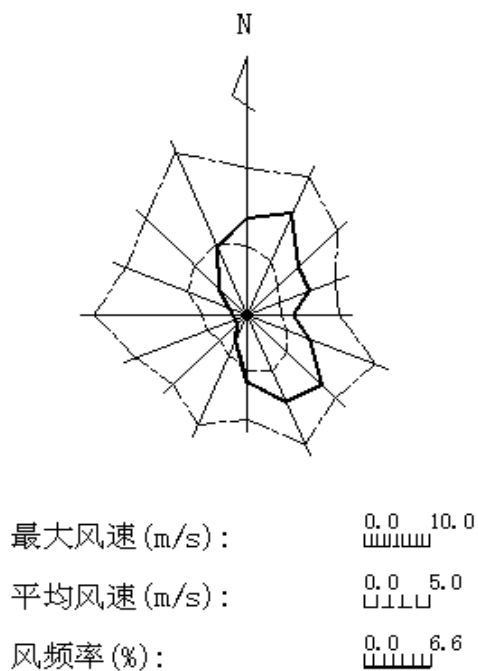


图 8.6-1 小洋山气象站风玫瑰图

8.6.2.2 正常工况大气环境影响分析

(1) 污染源参数

根据工程分析, 正常工况下接收站废气污染源为火炬长明灯燃烧废气和站场无组织排放的非甲烷总烃。污染源排放参数见下表。

表 8.6-3 本项目正常工况大气污染源参数

序号	污染源	坐标		底部海拔高度 m	火炬等效高度 m	等效出口内径 m	烟气温度 °C	等效烟气流速 m/s	年排放小时数 h	排放工况	燃烧物质及热释放速率			排放速率 kg/h		
		X	Y								燃烧物质	燃烧速率 kg/h	总热释放速率 cal/s	NO _x	SO ₂	TSP
1	火炬长明灯	122.13999	30.601022	0	122	0.15	800	20	8760	正常	天然气	11.4	47800	0.018	1.44×10 ⁻³	2.70×10 ⁻³

表 8.6-4 本项目面源大气污染源参数

序号	污染源	面源各顶点坐标		面源海拔高度 m	面源有效排放高度 m	年排放时长 h	排放工况	排放速率 kg/h
		X	Y					NMHC
1	接收站站场无组织废气	122.12089138	30.59918070	0	2	8760	正常	0.173
		122.12093459	30.60326393					
		122.12695635	30.60409014					
		122.12594945	30.60625276					
		122.12067747	30.60405859					
		122.11390375	30.60336064					
		122.11364617	30.59973941					

（2）大气扩散模式的选择

本评价选取《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）推荐的估算模式AERSCREEN对本项目的大气环境评价工作进行分级。根据项目工程分析结果，选择正常排放的主要污染物及排放参数，采用估算模式计算各污染物的最大影响程度，然后按评价工作分级判据进行分级。

（3）模式主要参数及选项

估算模式运行中主要计算参数及选项见下表。由于岛屿面积较小，加上离大陆距离较远，形成海陆风的不利气象条件的可能性较小，因此计算中不适用海岸线熏烟扩散模式。

表 8.6-5 本项目大气估算模式参数选择

站场名称	参数		取值
接收站	城市/农村选项	城市/农村	农村
		人口数（城市选项时）	--
	最高环境温度（℃）		37.6
	最低环境温度（℃）		-6.1
	土地利用类型		水面
	区域湿度条件		潮湿
	是否考虑地形	考虑地形	不考虑
		地形数据分辨率（m）	90
	是否考虑	考虑岸线熏烟	否
		岸线距离（m）	/
		岸线方向（°）	/

（4）评价因子和评价标准

评价因子为接收站：SO₂、NO_x、TSP。

运行期站场厂界无组织非甲烷总烃《大气污染物综合排放标准详解》中非甲烷总烃排放标准（2mg/m³）。根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，NO_x 的评价标准为 0.25mg/m³（小时平均），SO₂ 的评价标准为 0.50mg/m³（小时平均），TSP 的评价标准为 0.30mg/m³（小时平均）。

（5）估算结果

具体预测结果见表8.6-6，正常运营时，接收站火炬燃烧排放产生的NO_x、SO₂下风向最大浓度贡献值占环境标准的比例均低于1%，项目厂界外2.5km范围内无大气环境敏感目标，火炬燃烧废气排放对环境的影响较小。接收站无组织排放非甲烷总烃下风向最大浓度贡献值占厂界标准的比例小于10%。

表 8.6-6 接收站正常工况大气预测结果

编号	距离	火炬					
		NO _x		SO ₂		TSP	
		下风向浓度 ug/m ³	占标率%	下风向浓度 ug/m ³	占标率%	下风向浓度 ug/m ³	占标率%
1	10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	75	0.0004	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
5	100	0.0015	0.0006	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
6	200	0.0071	0.0028	0.0006	0.0001	0.0010	0.0003
7	300	0.0263	0.0105	0.0021	0.0004	0.0038	0.0013
8	400	0.0448	0.0179	0.0036	0.0007	0.0065	0.0022
9	500	0.0530	0.0212	0.0042	0.0008	0.0077	0.0026
10	600	0.0541	0.0216	0.0043	0.0009	0.0079	0.0026
11	700	0.0532	0.0213	0.0043	0.0009	0.0077	0.0026
12	800	0.0511	0.0204	0.0041	0.0008	0.0074	0.0025
13	900	0.0489	0.0196	0.0039	0.0008	0.0071	0.0024
14	1000	0.0465	0.0186	0.0037	0.0007	0.0068	0.0023
15	2500	0.0269	0.0108	0.0022	0.0004	0.0039	0.0013
...							
最大落地浓度点	610	0.0541	0.0216	0.0043	0.0009	0.0079	0.0026
D _{10%} 最远距离 m		未出现		未出现		未出现	
无组织废气							
编号	距离	NMHC					
		下风向浓度 ug/m ³			占标率%		
1	10	54.73			2.7363		
2	25	57.35			2.8677		
3	50	60.03			3.0014		
4	75	62.64			3.1322		

5	100	65.20	3.2600
6	200	74.93	3.7468
7	300	84.91	4.2456
8	400	94.66	4.7331
9	500	98.34	4.9170
10	600	94.23	4.7116
11	700	88.85	4.4423
12	800	83.28	4.1640
13	900	78.07	3.9037
14	1000	73.43	3.6718
15	2500	43.75	2.1877
...			
最大落地浓度点	482	98.68	4.9339
D _{10%} 最远距离 m		未出现	

(6) 评价等级与评价范围判定

根据《环境影响评价技术导则-大气环境》(HJ2.2-2018)中5.3评价等级判别方法,本项目运行期正常工况下排放大气污染物 NO_x 、 SO_2 和TSP最大地面浓度占标率($P_{\max}$) $<1\%$,无组织排放非甲烷总烃最大地面浓度占标率($P_{\max}$) $<10\%$,确定环境空气评价工作等级为二级。评价范围为厂址为中心边长为5km的矩形区域。二级评价项目不进行进一步预测与评价,只对污染物排放量进行核算。

(7) 污染物排放量核算

本项目接收站废气排放量见表8.6-7~表8.6-9。

表 8.6-7 本项目大气污染物有组织排放量核算表

序号	污染源	污染物	核算排放浓度 mg/m ³	核算排放速率 kg/h	核算年排放量 t/a
1	火炬	NO _x	103	0.018	0.162
		SO ₂	8	1.44×10 ⁻³	0.0126
		TSP	15	2.70×10 ⁻³	0.0236
有组织排放总计					
有组织排放		NO _x			0.162
		SO ₂			0.0126
		TSP			0.0236

表 8.6-8 本项目大气污染物无组织排放量核算表

序号	产污环节	污染物	主要污染防治措施	国家或地方污染物排放标准		年排放量 t/a
				标准名称	浓度限值 mg/m^3	
1	接收站无组织废气	NMHC	密闭装卸 LADR 检测	《大气污染物综合排放标准详解》	2	1.512
无组织排放总计						
无组织排放总计			NMHC		1.512	

表 8.6-9 本项目大气污染物年排放量核算表

序号	污染物	年排放量 t/a
1	NO_x	0.162
2	SO_2	0.0126
3	TSP	0.0236
4	NMHC	1.512

(8) 达标分析

本项目正常工况下的有组织废气为火炬燃烧排放。火炬排放能满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的排放标准的要求。本项目有组织废气达标排放。

根据计算结果,本项目非甲烷总烃无组织最大排放浓度可以满足《大气污染物综合排放标准详解》的要求,本项目无组织排放厂界达标。

（9）厂界空气影响分析

通过上述估算可知，有组织排放 NO_x 、 SO_2 、TSP的落地浓度均较低，远小于厂界浓度限值，本项目有组织排放达标。非甲烷总烃无组织最大排放浓度可以满足《大气污染物综合排放标准详解》的要求，无组织排放厂界达标。项目运行期污染物排放对周围环境空气影响较小。

根据《环境影响评价技术导则-大气环境》（HJ2.2-2018）中的规定，对照AERSCREEN模式的预测结果，本项目排放的污染物中，厂界非甲烷总烃的浓度低于厂界浓度限值，厂界外 NO_x 、 SO_2 、TSP、非甲烷总烃的1小时平均浓度低于环境质量浓度限值，因此本项目不用设置大气环境保护距离。

8.6.2.3 非正常工况大气环境影响评价

本次评价的非正常工况包括极低温下SCV使用产生的废气、清管作业、火炬放空以及柴油发电机组投用，参考其他LNG接收站工程，清管作业时间一般为0.25h、火炬放空检修时间一般为1h，非正常工况污染源参数见表8.6-10。

SCV使用为极端天气下保证天然气正常输送补充气化能力采取的措施；清管作业为管道清理维护作业，火炬放空指管道检修作业，均会排放出管道内少量天然气，且属于瞬时高空排放，柴油发电机组在接收站内突发停电事故时短时投用。以上非正常工况不会同时发生。

接收站部分非正常工况大气预测结果见表8.6-11。

表 8.6-10 非正常工况点源污染源参数

序号	污染源	坐标		排气筒 底部高 度 m	排气筒 高度 m	排气筒 出口内 径 m	烟气流 速 m/s	废气排放 量 Nm ³ /h	出口温 度 ℃	年排 放时 长 h	排放工 况	排放速率 kg/h			
		X	Y									NO _x	SO ₂	TSP	NMHC
1	SCV	122.115716	30.603606	0	32	2.5	2.68	94680	25	-	非正常	4.734	0.76	0.76	
2	柴油发电机	122.116624	30.606644	0	10	0.8	11.00	54000	500		非正常	6.239	25.84	0.442	
3	清管作业	122.113999	30.601022	0	120	1	0.05	120	0	-	非正常				8.35
4	火炬放空	122.113999	30.601022	0	120	1	11.33	32000	0	-	非正常				2227.5

表 8.6-11 接收站部分非正常工况大气预测结果

SCV							
编号	距离	NO _x		SO ₂		TSP	
		下风向浓度 ug/m ³	占标率%	下风向浓度 ug/m ³	占标率%	下风向浓度 ug/m ³	占标率%
1	10	0.8500	0.3400	0.1365	0.0273	0.1238	0.0413
2	25	8.5001	3.4000	1.3646	0.2729	1.2379	0.4126
3	50	14.0670	5.6268	2.2583	0.4517	2.0486	0.6829
4	75	11.9290	4.7716	1.9151	0.3830	1.7372	0.5791
5	100	12.7130	5.0852	2.0410	0.4082	1.8514	0.6171
6	200	15.8580	6.3432	2.5459	0.5092	2.3094	0.7698
7	300	14.3730	5.7492	2.3075	0.4615	2.0932	0.6977
8	400	12.4910	4.9964	2.0053	0.4011	1.8191	0.6064
9	500	9.9133	3.9653	1.5915	0.3183	1.4437	0.4812
10	600	8.0680	3.2272	1.2952	0.2590	1.1750	0.3917
11	700	7.7763	3.1105	1.2484	0.2497	1.1325	0.3775
12	800	41.5650	16.6260	6.6729	1.3346	6.0532	2.0177
13	900	53.1200	21.2480	8.5279	1.7056	7.7359	2.5786
14	1000	43.3400	17.3360	6.9578	1.3916	6.3117	2.1039
15	2500	20.5330	8.2132	3.2964	0.6593	2.9902	0.9967
...							
最大浓度	869	54.4230	21.7692	8.7371	1.7474	7.9257	2.6419
柴油发电机							
编号	距离	NO _x		SO ₂		TSP	
		下风向浓度 ug/m ³	占标率%	下风向浓度 ug/m ³	占标率%	下风向浓度 ug/m ³	占标率%
1	10	2.6749	1.0700	11.0786	2.2157	0.1895	0.0842
2	25	6.9628	2.7851	28.8378	5.7676	0.4933	0.2192
3	50	21.5490	8.6196	89.2493	17.8499	1.5266	0.6785
4	75	36.2770	14.5108	150.2481	30.0496	2.5700	1.1422
5	100	51.4570	20.5828	213.1189	42.6238	3.6455	1.6202
6	200	90.0780	36.0312	373.0751	74.6150	6.3815	2.8362
7	300	254.3000	101.7200	1053.2316	210.6463	18.0158	8.0070
8	400	61.2570	24.5028	253.7075	50.7415	4.3397	1.9288

9	500	251.3000	100.5200	1040.8065	208.1613	17.8033	7.9126
10	600	318.5800	127.4320	1319.4594	263.8919	22.5697	10.0310
11	700	502.6600	201.0640	2081.8616	416.3723	35.6108	15.8270
12	800	439.8600	175.9440	1821.7635	364.3527	31.1617	13.8497
13	900	385.4700	154.1880	1596.4970	319.2994	27.3085	12.1371
14	1000	316.2800	126.5120	1309.9335	261.9867	22.4068	9.9586
15	2500	205.6400	82.2560	851.6970	170.3394	14.5685	6.4749
...							
最大浓度	663	567.6300	227.0520	2350.9471	470.1894	40.2136	17.8727
火炬放空							
编号	距离	NMHC					
		下风向浓度 ug/m³				占标率%	
1	10	0.0000				0.0000	
2	25	0.0000				0.0000	
3	50	1.6951				0.0848	
4	75	69.66				3.4831	
5	100	240.02				12.00	
6	200	8595.00				429.75	
7	300	12581.00				629.05	
8	400	13775.00				688.75	
9	500	14355.00				717.75	
10	600	13714.00				685.70	
11	700	13069.00				653.45	
12	800	12252.00				612.60	
13	900	11402.00				570.10	
14	1000	10540.00				527.00	
15	2500	4973.60				248.68	
...							
最大浓度	524	14395.00				719.7500	
清管作业							
编号	距离	NMHC					
		下风向浓度 ug/m³				占标率%	

1	10	0.0000	0.0000
2	25	0.0000	0.0000
3	50	0.1933	0.0097
4	75	2.4716	0.1236
5	100	5.5248	0.2762
6	200	42.2220	2.1111
7	300	72.5700	3.6285
8	400	64.2630	3.2132
9	500	59.7130	2.9857
10	600	57.3750	2.8687
11	700	53.0490	2.6524
12	800	48.2250	2.4113
13	900	41.8130	2.0907
14	1000	40.0140	2.0007
15	2500	18.6840	0.9342
...			
最大浓度	302	72.5710	3.6286

根据预测结果，清管作业时，非甲烷总烃最大浓度贡献值占标准限值的3.6%，对环境影响较小。火炬放空时，非甲烷总烃最大浓度贡献值占标准限值的比例超过100%，对大气环境的影响较大。

极低气温时投入SCV运行，SCV燃烧废气的NO_x最大浓度贡献值占标准限值的22%，SO₂最大浓度贡献值占标准限值的1.7%，对环境有一定的影响。

柴油发电机投入运行时，NO_x和SO₂最大浓度贡献值占标准限值均超过了100%，TSP最大浓度贡献值占标准限值的18%，对周围大气环境有较大影响。

因此，本次评价建议在维护检修等非正常工况时，优化工艺减少排放；做好极端气候预警及相关应急预案，减少SCV运行排放；做好电气线路检测和维护，做好停电后维修预案，减少停电情况发生，减少停电时间，减少柴油发电机投入运行的次数和时间。

8.6.2.4 大气环境影响评价自查表

表 8.6-12 建设项目大气环境影响评价自查表

工作内容		自查项目						
评价等级 与范围	评价等级	一级 ☐		二级 ☒			三级 ☐	
	评价范围	边长=50km ☐		边长 5~50km ☐			边长=5km ☒	
评价因子	SO ₂ +NO _x 排放量	≥2000t/a ☐		500~2000t/a ☐			<500t/a ☒	
	评价因子	基本污染物 (NO _x 、SO ₂ 、TSP) 其他污染物 (NMHC)						包括二次 PM _{2.5} ☐ 不包括二次 PM _{2.5} ☒
评价标准	评价标准	国家标准 ☒		地方标准 ☐		附录 D ☐		其他标准 ☐
现状评价	环境功能区	一类区 ☐		二类区 ☐			一类区和二类区 ☒	
	评价基准年	(2021) 年						
	环境空气质量现状 调查数据来源	长期例行监测数据 ☐		主管部门发布的数据 ☒			现状补充监测 ☒	
	现状评价	达标区 ☒					不达标区 ☐	
污染源调查	调查内容	本项目正常排放源 ☒ 本项目非正常排放源 ☒ 现有污染源 ☐		拟替代的污染源 ☐		其他在建、拟建 项目污染源 ☐		区域污染源 ☐
大气环境 影响预测 与评价 (不涉及)	预测模型	AERMOD ☐	ADMS ☐	AUSTAL2000 ☐	EDMS/AED T ☐	CALPUFF ☐	网格模型 ☐	其他 ☐
	预测范围	边长 ≥50km ☐		边长 5~50km ☐			边长=5km ☐	
	预测因子	预测因子 ()					包括二次 PM _{2.5} ☐ 不包括二次 PM _{2.5} ☐	
	正常排放短期浓度 贡献值	$C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 ≤100% ☐					$C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 >100% ☐	
	正常排放年均浓度 贡献值	一类区	$C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 ≤10% ☐				$C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 >10% ☐	
		二类区	$C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 ≤30% ☐				$C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 >30% ☐	
	非正常排放 1h 浓度 贡献值	非正常持续时长 () h		$C_{\text{非正常}}$ 占标率 ≤100% ☐			$C_{\text{非正常}}$ 占标率 >100% ☐	
	保证率日平均浓度和 年平均浓度叠加值	$C_{\text{叠加}}$ 达标 ☐					$C_{\text{叠加}}$ 不达标 ☐	
区域环境质量的整体 变化情况	k ≤ -20% ☐					k > -20% ☐		
环境监测 计划	污染源监测	监测因子: (甲烷、非甲烷总烃、总烃)			有组织废气监测 ☐ 无组织废气监测 ☒		无监测 ☐	
	环境质量监测	监测因子: (NO _x 、SO ₂ 、甲烷、非甲烷 总烃、总烃)			监测点位数 (2)		无监测 ☐	
评价结论	环境影响	可以接受 ☒ 不可以接受 ☐						
	大气环境防护距离	距 (/) 厂界最远 (/) m						
	污染源年排放量	SO ₂ : (0.0126) t/a		NO _x : (0.162) t/a		颗粒物: (0.0236) t/a		VOCs: (1.512) t/a

注: “□”为勾选项, 填“√”; “()”为内容填写项

8.7 声环境影响预测与评价

8.7.1 施工期声环境影响分析

(1) 噪声源强分析

①接收站施工

本项目主要施工设备有钻孔桩、液压静压桩机、旋挖机、挖掘机、汽车吊、履带吊、渣土车、推土车、压路机等，施工机械噪声主要位于工程现场和施工基地，根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）以及《噪声与振动控制工程手册》（马大猷主编，机械工业出版社）2 篇“噪声源”章节 2.6“建筑施工机械噪声”中的数据，上述施工机械最大声级一般在 70~90dB（A）之间。

表 8.7-1 主要施工机械噪声源强一览表

序号	噪声源	最大声级 dB（A）	测点与声源距离（m）
1	钻孔桩机	84.3	3
2	液压静压桩机	70~75	5
3	旋挖机	82~90	5
4	挖掘机	82	10
5	汽车吊	73	15
6	履带吊	71.5	15
7	渣土车	78	10
8	推土车	83~88	5
9	压路机	80~90	5
10	叉车	76	8
11	切割机	88	1
12	锤击桩机	96	15
序号	噪声源	最大声级 dB（A）	测点与声源距离（m）
1	钻孔桩机	84.3	3
2	液压静压桩机	70~75	5
3	旋挖机	82~90	5
4	挖掘机	82	10
5	汽车吊	73	15
6	履带吊	71.5	15
7	渣土车	78	10
8	推土车	83~88	5
9	压路机	80~90	5
10	叉车	76	8
11	切割机	88	1
12	锤击桩机	85	15

②定向钻和陆域管道施工

陆域管道开挖和定向钻施工主要施工设备有水平定向钻、发电机、泥浆泵、挖掘机、振动棒、自卸汽车等，施工机械噪声主要位于工程现场和施工基地，根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）以及《噪声与振动控制

工程手册》（马大猷主编，机械工业出版社）2 篇“噪声源”章节 2.6“建筑施工机械噪声”中的数据，上述施工机械最大声级一般在 66~81dB（A）之间。

表 8.7-2 主要施工机械噪声源强一览表

序号	机械设备名称	噪声源强（距声源 10m）
1	水平定向钻	66
2	发电机	79
3	挖掘机	82
4	泥浆泵	87
5	振动棒	81
6	自卸汽车	78

（2）声环境影响预测模型

本项目施工中各施工机械相对分散，施工机械噪声可视为点声源，根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)推荐的点声源噪声衰减模式，估算距声源不同距离处的噪声值，预测模式如下：

$$L_A(r) = L_A(r_0) - 20\lg(r/r_0) - \Delta L$$

式中： $L_A(r)$ ——距声源 r （m）处的 A 声级，dB；

$L_A(r_0)$ ——距声源 r_0 处的 A 声功率级，dB；

r ——测点与声源的距离，m；

r_0 ——测点距离机械的距离，m；

ΔL ——其它因素引起的噪声衰减量，dB。

（3）施工场界噪声达标分析

根据上述预测方法计算出各种施工噪声源作业时不同距离的噪声预测值，表 8.7-3 列出了部分高噪声设备对环境的影响范围。

表 8.7-3 接收站主要施工设备在不同距离噪声预测值

序号	施工设备	距声源不同距离（m）								
		10m	20m	50m	100m	150m	200m	300m	400m	500m
1	钻孔桩机	73.84	67.82	59.86	53.84	50.32	47.82	44.30	41.80	39.86
2	液压静压桩机	66.98	60.96	53.00	46.98	43.46	40.96	37.44	34.94	33.00
3	旋挖机	79.98	73.96	66.00	59.98	56.46	53.96	50.44	47.94	46.00
4	挖掘机	82.00	75.98	68.02	62.00	58.48	55.98	52.46	49.96	48.02
5	汽车吊	76.52	70.50	62.54	56.52	53.00	50.50	46.98	44.48	42.54
6	履带吊	75.02	69.00	61.04	55.02	51.50	49.00	45.48	42.98	41.04
7	渣土车	78.00	71.98	64.02	58.00	54.48	51.98	48.46	45.96	44.02
8	推土车	78.98	72.96	65.00	58.98	55.46	52.96	49.44	46.94	45.00
9	压路机	78.98	72.96	65.00	58.98	55.46	52.96	49.44	46.94	45.00
10	叉车	79.98	73.96	66.00	59.98	56.46	53.96	50.44	47.94	46.00
11	切割机	68.00	61.98	54.02	48.00	44.48	41.98	38.46	35.96	34.02
12	锤击桩机	88.52	82.50	74.54	68.52	65.00	62.50	58.98	56.48	54.54

表 8.7-4 陆域管道和定向钻施工噪声影响距离预测结果 单位: dB(A)

施工机械设备	距声源不同距离 (m) 处的噪声值									
	10	30	50	100	150	200	250	300	350	400
水平定向钻	66	56.5	52.0	46.0	42.5	40.0	38.0	36.5	35.1	34.0
发电机	79	69.5	65.0	59.0	55.5	53.0	51.0	49.5	48.1	47.0
挖掘机	82	72.5	68.0	62.0	58.5	56.0	54.0	52.5	51.1	50.0
泥浆泵	87	77.5	73.0	67.0	63.5	61.0	59.0	57.5	56.1	55.0
振动棒	81	71.5	67.0	61.0	57.5	55.0	53.0	51.5	50.1	49.0
自卸汽车	78	68.5	64.0	58.0	54.5	52.0	50.0	48.5	47.1	46.0

根据《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011), 施工场界昼间噪声限值为 70dB(A), 夜间限值为 55dB(A)。夜间施工不得进行捶打、敲击和切割等产生高噪声的作业, 本项锤击桩机等禁止夜间使用。由表 8.7-4 可知, 在无遮挡的情况下, 单一施工机械的噪声, 昼间最远在距施工场地 100m 处可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 昼间的要求, 夜间最远在距施工场地 500m 处可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 夜间的要求。本项目施工噪声大多为不连续性的, 其影响是暂时的, 随着施工作业结束而消除。工程区域 200m 范围内无居民区、学校、医院、养老院等声环境敏感目标, 因此, 拟建工程施工期间对周围声环境影响较小。

8.7.2 运行期声环境影响分析

8.7.2.1 运行期主要噪声源分析

本项目运行过程中各种设施的运作会产生噪声, 建设单位在设计阶段考虑了对各类声源设备的隔声降噪, 拟针对不同特征的声源设备采取配套的噪声治理措施。各主要高噪设备的噪声相关参数及噪声污染防治措施及降噪效果见表 8.7-5。

表 8.7-5 运行期噪声源强一览表

工况	序号	主要噪声源	数量/台套	5m 处噪声级/dB(A)	措施	降噪后噪声级/dB(A)
正常工况	1	罐内 LNG 低压泵	一阶段: 12	~80	罐体隔声、消声	60
			二阶段: 12			
			三阶段: 6			
	2	LNG 储罐装船泵	一阶段: 4	~80	隔音处理	65
	3	BOG 压缩机	4	~90	减振	75
	4	高压 LNG 输送泵	9	~85	减振	70
	5	工艺海水泵	9	~85	基础减振, 室	65

					内安装	
	6	空气压缩机	2	~90	基础减振、室内安装、安装消音器	65
	7	IFV 气化器	8	85~90	基础减振	78
	8	SCV 气化器配套鼓风机	2	~85	基础减振	75
	9	其他机泵	若干	~80	基础减振	70
非正常工况	10	火炬	1 个火炬塔架，2 个火炬筒	~105	基础减振	90
	11	储罐安全阀	一阶段 4、二阶段 4、三阶段 2	~100	基础减振	85
	12	气化器安全阀	8	~100	基础减振	85
事故工况 1	13	柴油发电机组	1	~90	室内安装、基础减振	70
事故工况 2	14	海水消防泵	2 开 2 备	~80	室内安装、基础减振	60

8.7.2.2 预测模式

本次模拟采用声场仿真软件 Cadna/A 进行，工程一般为 24h 连续运行，噪声源稳定。运行期噪声采用 Cadna/A 软件中的点声源模式进行计算，公式如下：

$$L_A(r)=L_A(r_0)-20\lg(r/r_0)-\Delta L$$

式中： $L_A(r)$ ——距声源 $r(m)$ 处的 A 声级，dB；

$L_A(r_0)$ ——距声源 r_0 处的 A 声功率级，dB；

r ——测点与声源的距离，m；

r_0 ——测点距离机械的距离，m；

ΔL ——其它因素引起的噪声衰减量，dB。

对多声源采用下式进行叠加公式：

$$L_P=10\lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{Pi}}$$

式中： L_P ——点声源的的叠加值，dB；

L_{Pi} ——第 i 个点声源的声压级，dB。

8.7.2.3 评价标准

本项目接收站厂界执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 3 类标准，即昼间 65dB (A)；夜间 55dB (A)。

8.7.2.4 预测评价结果

(1) 正常工况

运行期正常工况下接收站噪声预测结果见下表 8.7-6、图 8.7-1，预测考虑了

一期工程东侧噪声设备对本工程的叠加影响。



图 8.7-1 接收站噪声预测结果

表 8.7-6 正常工况接受站四侧厂界的噪声预测值

编号	位置	预测贡献值 dB (A)	背景值 (昼/ 夜)	昼间评价标 准 dB (A)	达标 情况	夜间评价标 准 dB (A)	达标情况
Z1	东侧厂界外 1m	32.7	44.2/39.8	65	达标	55	达标
Z2	东北侧厂界外 1m	32.5	44.8/37.9		达标		达标
Z3	北侧厂界外 1m	33.1	48.8/42.1		达标		达标
Z4	西北侧厂界外 1m	24.8	53.6/42.6		达标		达标
Z5	西侧厂界外 1m	25.4	48.8/43.6		达标		达标
Z6	南侧厂界外 1m	34.9	47.1/41.4		达标		达标

根据预测结果可知，接收站噪声在四周厂界的贡献值均远低于环境标准限值，因此接收站产生的噪声对周边环境噪声贡献较小，厂界昼、夜间噪声预测值能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

（3）非正常工况

运行期非正常工况下接收站噪声预测结果见表 8.7-7、图 8.7-2，预测考虑了一期工程东侧噪声设备对本工程的叠加影响。



图 8.7-2 接收站噪声预测结果

表 8.7-7 非正常工况接受站四侧厂界的噪声预测值

编号	位置	预测贡献值 dB (A)	背景值（昼/ 夜）	昼间评价标 准 dB (A)	达标 情况	夜间评价标 准 dB (A)	达标情况
Z1	东侧厂界外 1m	41.5	44.2/39.8	65	达标	55	达标
Z2	东北侧厂界外 1m	40.6	44.8/37.9		达标		达标
Z3	北侧厂界外 1m	42.3	48.8/42.1		达标		达标
Z4	西北侧厂界外 1m	36.6	53.6/42.6		达标		达标
Z5	西侧厂界外 1m	36.9	48.8/43.6		达标		达标
Z6	南侧厂界外 1m	41.1	47.1/41.4		达标		达标

根据预测结果可知，非正常工况下接收站噪声在四周厂界的贡献值均低于环境标准限值，厂界昼、夜间噪声预测值能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

8.8 土壤环境影响分析

8.8.1 施工期土壤环境影响分析

施工期土壤环境污染源主要包括：生活污水和工业废水若直接排放会渗透进入土壤，影响土壤环境。固体废物在堆放过程中经雨水冲刷或产生的渗滤液进入土壤，能改变土质和土壤结构，危害土壤环境。此外在工程施工建设过程中，土地大量裸露，土壤极易受到侵蚀。

施工期间现场作业期间施工人员产生的生活污水处理,可通过修建移动式厕所,收集、储存并转运至生活污水处理系统进行处理。陆域施工时选用先进的设备、机械,减少工业废水的产生;对渗漏到土壤中的油污应及时利用刮削装置收集封存,运至有资质的处理场集中处理;在施工场地及机械维修场所设临时隔油设施,含油污水收集后集中处理或回用,处理过的工业废水回用对土壤环境影响较小。固体废物堆放场地进行防雨、防渗、防油处理。合理安排施工进度,避免雨天施工,对易侵蚀土地在雨天进行覆盖。

施工期对土壤环境的影响是短期的和局部的,施工结束后影响消失,通过采取上述减缓措施,施工期不会对土壤环境产生明显影响。

8.8.2 运行期土壤环境影响分析

运行期土壤环境的主要污染源是工业废气中的污染物,通过降水、扩散和中和作用降落至地面,渗透进入土壤,进而影响土壤环境。但这类影响整体较小,可通过减少工业废气的排放进一步降低对土壤环境的影响。运行期场站生活污水、工业废水等经集中处理后排放,对土壤环境影响较小。因此,运行期不会对土壤环境产生明显的影响。建议园区持续开展土壤环境质量跟踪监测,及时掌握园区土壤环境质量。

综上所述,本项目施工期、运行期对土壤环境影响较小,采取积极有效的措施后都能够满足国家和地方有关的法律、法规,并符合区域环境质量的要求。

8.9 固体废物环境影响分析

8.9.1 施工期固体废物环境影响分析

本项目施工期固体废物主要包括废弃泥浆、工程施工产生的弃土弃渣和施工废料、施工人员的生活垃圾。

(1) 废弃泥浆环境影响分析

废弃泥浆来自定向钻施工过程,在定向钻穿越施工过程中在定向钻穿越施工过程中所用泥浆有成孔和护孔壁性能,起清扫钻屑、传递动力、降低钻进及回拖阻力等作用。本项目定向钻穿越共 2 段,分别为石龙山景区穿越(0.9km)和颗珠山水道穿越(1.8km),泥浆总量分别为 5712m^3 和 9386m^3 ,其中泥浆废水约 13890m^3 ,干泥约 1208m^3 。

定向钻所用泥浆主要由膨润土和水组成，并掺入适量的 Na_2CO_3 等添加剂，呈弱碱性，具有较高的膨胀性和较强的粘度，本身无毒无害无污染。

在钻孔和扩孔过程中，从钻孔返回的泥浆过滤出钻屑及杂质后可重复使用。管线回拖过程中泥浆的消耗量最大，回拖前需用泥浆充满整个钻孔，在管线回拖过程的前半段，管线的逐渐入孔，受管线的挤压作用，泥浆从入土点的钻孔涌出，在管线回拖过程中，泥浆随管线从出土点钻孔流出。故管线回拖前，需先在出入土点附近分别挖好废弃泥浆池并采取防渗措施，准备接纳废弃泥浆；但禁止在生态红线区、湿地等敏感区域内设置泥浆池，要求施工单位采用泥浆罐代替。管线回拖成功后，产生的废弃泥浆流入预先挖成的废弃泥浆池和回拖发送沟内，到施工结束后废弃泥浆由施工单位回收，泥浆池及时填埋，进行地貌和植被恢复。

为减少废弃泥浆的产生，减轻废弃泥浆的排放对周围环境的影响，施工过程中应对废弃泥浆的使用、处理处置进行全过程的管理和控制，具体措施如下：施工现场设置专门的配浆区，不得向环境中溢流；施工前需在两岸出入土点附近分别挖好泥浆池；从钻孔返回的泥浆过滤出钻屑和杂质后，尽可能重复利用，减少废弃泥浆的产生量；施工期间严格操作规程，合理制定操作参数，防止施工过程中出现跑浆等事故。

定向钻施工的入土点和出土点均选在陆上，并便于施工的场地。由于废弃泥浆主要成分为膨润土，非有毒有害物质，其土壤渗透性差，呈弱碱性，施工完成后作为固体废弃物处理，干重量很少，且属于第Ⅱ类一般工业固体废物，因此对土壤环境的影响较小，对施工地点的局部环境不会产生明显的不利影响，废弃泥浆池必须设置在生态敏感区范围之外，废弃泥浆池对环境的影响也不大。

（2）弃土弃渣环境影响分析

施工过程中土石方主要来自管沟开挖、穿跨越、修建施工便道以及输气工艺站场。管道开挖方量约 39 万方，委托有资质单位外运处置。

在建设中土石方量依据各类施工工艺分段进行调配，按照地貌单元及不同施工工艺分别进行平衡，尽量做到土石方平衡。在绿化带开挖时，熟土（表层耕作土）和生土（下层土）分开堆放，管沟回填按生、熟土顺序堆放，保护耕作层。回填后管沟上方留有自然沉降余量（高出地面 0.3m~0.5m），多余土方就近平整。

工程弃土是施工过程中产生的多余的泥土和碎石，其性质与产生地点泥土和碎石的性质基本相同。采取表土剥离集中堆放在临时弃渣场四周，临时堆土用土

袋进行挡护，及时进行恢复。

在采取以上环境保护措施的情况下，工程弃渣对环境的影响较小。

（3）施工废料环境影响分析

施工废料主要有建筑碎砖头、废水泥等建筑材料废弃物和包装袋、废旧设备、油漆桶等。施工船舶也会产生废弃零件、铁屑、船体上的沉积物、更新的绳索、油污等船舶保养废弃物。

施工废料部分可回收利用，建筑垃圾采取“集中收集、分类处理、尽量回用”的原则，建筑碎砖头、废水泥等用于平铺路面和绿化，减少对周边环境的影响。剩余废料依托环卫部门统一处理。对于船舶保养维修产生的油污等集中收集后委托有资质单位进行处理。船舶垃圾处理情况要记录在《船舶垃圾记录簿》上。

施工废料可全部得到有效的处理和处置，对环境的影响较小。

（4）生活垃圾环境影响分析

生活垃圾主要有食品废弃物、食品包装材料、衣物等日常生活垃圾。此外施工船舶也会产生厨余、破损包装物等一般生活垃圾。

对于上述固体垃圾将采取分类收集，分别处理的措施。陆上施工人员生活垃圾在施工区集中收集，船舶生活垃圾靠岸后定点集中收集，收集后均由环卫部门定时清运，对周围环境影响较小。

综上，施工期固体废物对周边环境的影响是短期的和局部的，施工结束后影响消失，对施工期的固体废物经过分类收集，分别处理的措施后，不会对海洋环境及工程周边环境产生明显影响。

表 8.9-1 土壤环境影响评价自查表

工作内容		完成情况				备注
影响识别	影响类型	污染影响型 ☒ ; 生态影响型 ☐ ; 两种兼有 ☐				
	土地利用类型	建设用地 ☒ ; 农用地 ☐ ; 未利用地 ☐				
	占地规模	(52.49) hm ²				
	敏感目标信息	敏感目标 ()、方位 ()、距离 ()				
	影响途径	大气沉降 ☐ ; 地面漫流 ☐ ; 垂直入渗 ☐ ; 地下水位 ☐ ; 其他 ☐ (无影响)				
	全部污染物					
	特征因子	/				
	所属土壤环境影响评价项目类别	I 类 ☐ ; II 类 ☒ ; III 类 ☐ ; IV 类 ☒				
敏感程度	敏感 ☐ ; 较敏感 ☐ ; 不敏感 ☒					
评价工作等级		一级 ☐ ; 二级 ☒ ; 三级 ☐				
现状调查内容	资料收集	a) ☒ ; b) ☐ ; c) ☒ ; d) ☐				
	理化特性					
	现状监测点位		占地范围内	占地范围外	深度	
		表层样点数	1	2	0.2m	
		柱状样点数	3			
现状监测因子	《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》 (GB36600-2018) 中基本项目的45项					
现状评价	评价因子	《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》 (GB36600-2018) 中基本项目的45项				
	评价标准	GB 15618 ☐ ; GB 36600 ☒ ; 表 D.1 ☐ ; 表D.2 ☐ ; 其他 ()				
	现状评价结论	达标				
影响预测	预测因子					
	预测方法	附录 E ☐ ; 附录 F ☐ ; 其他 ()				
	预测分析内容	影响范围 () 影响程度 ()				
	预测结论	达标结论: a) ☒ ; b) ☐ ; c) ☐ 不达标结论: a) ☐ ; b) ☐				
防治措施	防控措施	土壤环境质量现状保障 ☐ ; 源头控制 ☒ ; 过程防控 ☒ ; 其他 ()				
	跟踪监测	监测点位	监测指标		监测频次	
	信息公开指标					
评价结论		建设项目对土壤环境的影响可接受				
注 1: “ ☐ ”为勾选项, 可 ☒ ; “()”为内容填写项; “备注”为其他补充内容。						
注 2: 需要分别开展土壤环境影响评级工作的, 分别填写自查表。						

8.9.2 运行期固体废物环境影响分析

本项目运行期固体废物主要为接收站工作人员生活垃圾、生活污水处理系统运营过程产生污泥、海水取水泵房过滤物、油污水处理系统分离的污油、压缩机废液压油、分析化验实验室废液、废油漆包装桶等。

生活垃圾：按照人均每天产生量 1kg 计算，生活垃圾产生量约为 160kg/d，全年运行时间 365 天，生活垃圾量 58.4t/a，生活垃圾由环卫部门统一处置。到港船舶为外籍船舶，生活垃圾不在港区排放。

生化污泥：生活污水处理系统运营过程产生污泥委托城市环卫部门采用吸粪车抽吸外运，生化污泥年产生量约为 45m³（含水率~98%）。

危险废物：油污水处理系统分离的污油、压缩机废液压油、废油漆包装桶等。本项目油污水处理系统分离的污油约 1t/a，压缩机废液压油产生量约 1.5t/a，含油抹布产生量约 0.2t/a，分析化验实验室废液约 1t/a，废油漆包装桶产生量约 2t/a。

海水取水泵房过滤物：海水取水泵房内设置的格栅清污机将截留大块物体，旋转滤网会过滤海水中细小悬浮物和泥沙，产生海水取水泵房过滤物。根据海水取水规模，本项目海水取水泵房过滤物产生量约为 50t/a。

（1）固废储存场所(设施)环境影响

本项目一般工业固废按照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)相关要求储存，生活垃圾暂存于专用垃圾桶；危险固废暂存于危废暂存间，按照相应规范要求设计建设，需满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及修改单的要求。危险废物库区采取防雨、防漏、防渗措施，并设立危险固废标识牌。采取以上措施后，项目产生各类固废暂存过程中对周边环境的影响不大。

要求企业建立独立的台帐制度，产生的危废分类堆放，并及时委托具备相应类别处置资质的危废处置单位进行处置，贮存期限不得超过国家规定；同时危险废物转移应严格按照《危险废物转移联单管理办法》、《浙江省危险废物交换和转移管理办法》及其他相关规定，执行危险废物转移联单制度。固废接收单位应持有相应固废处置的资质，确保该固废有效处置，避免二次污染产生。

（2）运输过程产生的环境影响

运输过程的环境影响减轻以避让为主，要求外运处置的一般固废、危废运输过程中应避开办公区、生活区及周边敏感点密集道路，降低对周边环境的影响。

危险废物外运需采用专门密闭车辆，防止散落和流洒。危废外运需选择周边敏感点尽量少的路线，防止运输途中对敏感点造成污染影响。同时危废运输车辆上需安装 GPS 定位系统，一旦运输车辆发生事故，可及时进行救援，并及时处理外泄危废。运输车辆需有危废运输资格证，驾驶员亦需持证上岗。在此情况下，公司危废运输过程对环境基本不会产生污染影响。

（3）固废收集、处置过程环境影响分析

废机油、实验废液、含油抹布、手套委托有资质单位安全处置，
落实危险废物转移联单制度；

生活垃圾和污泥、过滤物委托环卫部门清运。

综上分析，该项目运行期厂内产生的各类固体废物在落实上述措施后，均可得到有效的处理和处置，不会对周边环境产生影响。

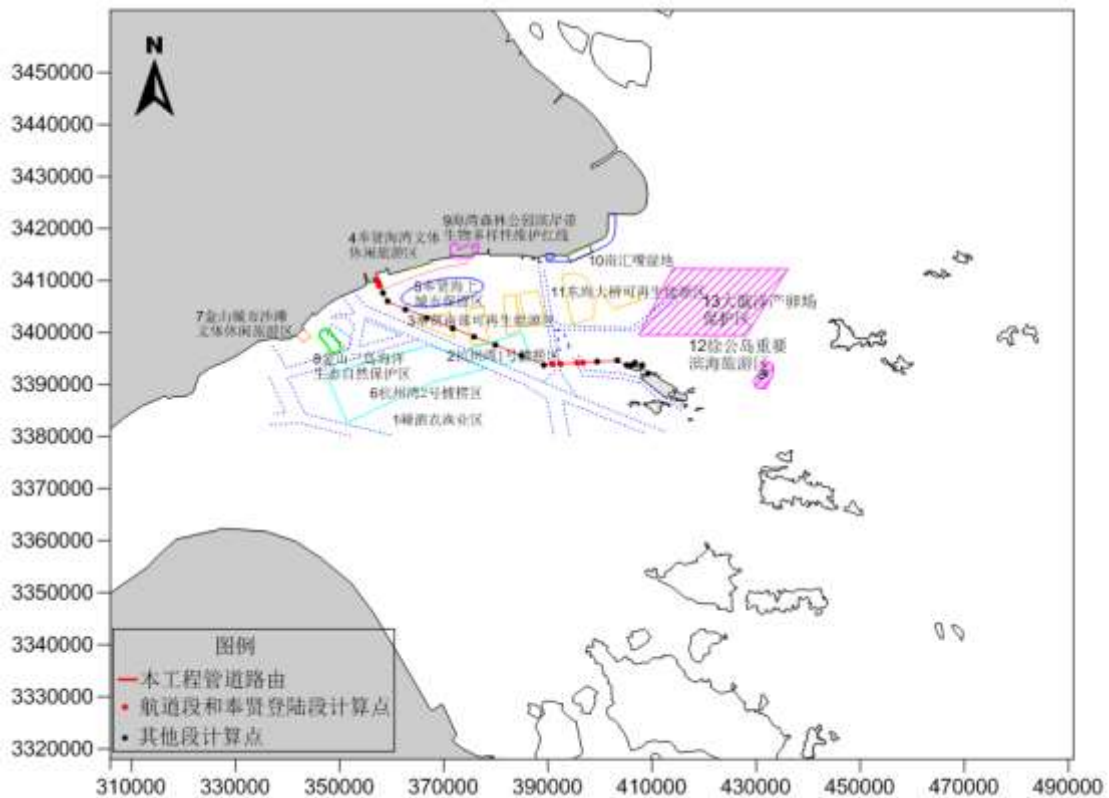
8.10 对生态敏感区的影响

本项目对海域生态敏感目标影响主要是施工期产生的悬浮泥沙扩散影响和运行期排水口附近冷排水造成的温度变化影响。工程周边海域保护区主要有红线区、捕捞区、渔业区、旅游娱乐区等。

8.10.1 对嵊泗农渔业区的影响

8.10.1.1 与工程位置关系

本项目管道穿越嵊泗农渔业区，详见图 8.10-1。



8.10.1.2 施工期影响分析

工程管道施工期间会引起悬浮泥沙的扩散。悬浮泥沙会降低海水的透明度，影响浮游植物的光合作用，使鱼类资源的生产力有所下降。根据施工悬浮泥沙自然扩散数值模拟结果，浙江省大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 72km^2 ，施工期间嵊泗农渔业区悬浮浓度增量最高为 586.46mg/L ，会对其水质造成短期不利影响。但对其造成的悬浮物影响是暂时的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，悬浮物产生的影响是可恢复的。

8.10.1.3 运行期影响分析

本项目运行期对周边环境的影响主要是排水口附近冷排水造成的温度变化。根据模型计算，本项目冬季冷排水造成的最大温降约 1.2°C ，温降大于 1°C 的面积最大约 0.011km^2 。温度变幅和影响面积都较小，满足《海水水质标准》中“人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1°C ，其它季节不超过 2°C ”的管控要求，不会对嵊泗农渔业区产生明显影响。

8.10.2 对徐公岛重要滨海旅游区的影响

徐公岛重要滨海旅游区位于本项目施工东侧，具体位置见图 8.10-1。

本项目对徐公岛重要滨海旅游区的影响主要来自于施工期悬浮泥沙的扩散。根据施工悬浮泥沙自然扩散数值模拟结果，施工期间徐公岛重要滨海旅游区悬浮浓度增量为 0.48mg/L，满足《海水水质标准》中第一类水质标准的悬浮物质人为增加量 $\leq 10\text{mg/L}$ 的要求。而且悬浮泥沙影响是暂时的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值。综上所述，项目施工不会对徐公岛重要滨海旅游区产生明显影响。

本项目运行期间对徐公岛重要滨海旅游区无明显影响。

8.10.3 对大戢洋产卵场保护区的影响

大戢洋产卵场保护区位于本项目施工东北侧，具体位置见图 8.10-1。

大戢洋产卵场保护区的影响主要来自于施工期悬浮泥沙的扩散。根据施工悬浮泥沙自然扩散数值模拟结果，施工期间大戢洋产卵场保护区悬浮浓度增量为 0.58mg/L，满足《海水水质标准》中第一类水质标准的悬浮物质人为增加量 $\leq 10\text{mg/L}$ 的要求。而且悬浮泥沙影响是暂时的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值。综上所述，项目施工不会对大戢洋产卵场保护区产生明显影响。

本项目运行期间对大戢洋产卵场保护区无明显影响。

8.10.4 对传统捕捞作业区的影响分析

本工程输气管道工程路由穿越 2 处传统张网捕捞作业区，主要捕捞对象为鳗苗、海蜇等经济海产品。本项目管道铺设施工对海底产生扰动，将会引起海水中的悬浮物浓度增加，浑浊度加大，透明度降低，直接影响浮游植物光合作用的效率，从而导致局部海域浮游植物的生物量减少。泥沙入海引起海水中悬浮物增加，会对游泳鱼类的正常生理行为产生影响，由于海洋生物的“避害”反应，工程附近海域自然生长的游泳动物将变少。随着施工的结束，悬浮物浓度逐步降低，其对海域生态环境的影响将逐渐消失。因此本项目对捕捞作业区影响较小。

8.10.5 对石龙山景区的影响

石龙山景区（嵊泗县嵊泗列岛风景名胜区生态保护红线）位于嵊泗列岛风景

名胜区洋山现代海港景区，施工时对大气环境影响主要体现在施工扬尘、施工机械及车辆尾气方面。工程涉及风景名胜区长度 970m，其中一级保护区 350m，三级保护区长度 620m。采用定向钻工艺从洋山现代海港景区地下 25m 深度处穿越，除施工期对景区大气环境产生局部短时影响外，对石龙山景区（嵊泗县嵊泗列岛风景名胜区生态保护红线）和嵊泗列岛风景名胜区洋山现代海港景区影响不大。2022 年 3 月 4 日浙江省林业局发布《浙江省林业局关于上海 LNG 站线扩建项目涉及嵊泗列岛风景名胜区段的审批意见》（浙景审字[2022]4 号）（附件 11），同意项目建设。

8.11 对陆生生态的影响

本工程陆上段施工采用开挖+定向钻施工方式，施工过程中基础开挖和临时堆土，对地面扰动大，改变和破坏了本区域原有地貌、植被和土壤结构。工程建设过程中如果不采取有效的防护措施，将对原有植被造成破坏，可能带来的水土流失等影响。

本工程扰动地表的面积均在占地范围内。根据施工组织设计，本工程临时施工场地占地约 3.22 hm²，占地土地类型为草地，且工程施工临时场地不占用风景名胜区。根据现状调查结果，工程区域周边植被较为稀疏，多为荒地和野生草本植被，工程周边不涉及名木古树及珍稀保护动植物。工程建设不会对野生动物活动造成明显阻隔，也不会影响其种群数量。

总体而言，对陆生生态影响较小。

9 环境风险分析与评价

9.1 评价目的

环境风险评价目的是通过调查,分析事故类型、事故原因及事故发生的概率,对可能发生的事故及其可能所造成的对外界环境影响的程度、范围及后果进行预测与评价,提出合理可行的防范、应急与减缓措施,以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

9.2 环境风险调查

9.2.1 环境风险源调查

根据调查及设计单位提供资料,对照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录 B《重点关注的危险物质及临界量》和《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018),本项目施工期涉及的风险物质为施工船舶携带的轻质柴油,运行期涉及的风险物质为 LNG 和重质柴油。

本项目施工期采用的最大吨位施工船舶为 5000t,根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》,非邮轮船舶燃油最大携带量可使用船舶总吨推算,一般可取船舶总吨的 8%~12%(本评价按照 10%计算)。根据《船舶工业统计报表制度》附录三载重吨与总吨转换系数表和方法,5000t 级以下散货船的转换系数为 0.76。按满载考虑,5000t 级自航甲板驳船实际载油量约为 380t,根据调查及设计单位提供资料,施工期铺缆船使用的油品类型为轻质柴油;运行期常见 LNG 运输船最大载油量为 800t,油品类型为重质柴油。

根据工程设计资料,本项目设计船型为 8~26.6 万 m^3 的 LNG 船舶,兼顾应急期的 LNG 装船。LNG 船舶装船和卸船时可能发生 LNG 泄露,遇火源燃烧爆炸事故。

本项目接收站拟建 4 座 22 万 m^3 和 6 座不小于 25 万 m^3 的 LNG 储罐,液化天然气标准液密度为 $0.4567\text{t}/\text{m}^3$,则接收站天然气最大存在总量 108.6946 万 t。接收站罐体可能存在 LNG 泄露,遇火源燃烧爆炸事故。

9.2.2 环境敏感目标概况

根据 2.3.2.6 小节,本项目风险评价范围为码头区域及管道路由周围 50km 范

围内的海域。则依据此调查出环境风险评价敏感目标，详细见表 9.2-1 和图 9.2-1。

表9.2-1 环境风险保护目标

类别	环境敏感特征			
	序号	敏感目标名称	海水水质类别	与本项目最近距离
海水	1	嵊泗农渔业区	第二类	路由穿越
	2	大戢洋产卵场保护区	第一类	6.1km
	3	徐公岛重要滨海旅游区	第三类	35km
	4	泗礁重要滨海旅游区	第三类	47km
	5	白节山群岛旅游区	第三类	46km
	6	王盘山重要渔业海域	/	47km
	7	九龙山重要滨海旅游区	/	41km
	8	五峙山鸟岛省级海洋自然保护区实验区/ 五峙山鸟岛省级海洋自然保护区核心区和 缓冲区	第一类	45.3 km
	9	双合山旅游休闲娱乐区	/	30.7km
	10	岱衢洋重要渔业海域	/	46.4 km
	11	大长涂旅游休闲娱乐区	第三类	43.7 km
	12	秀山东南湿地	/	46.2 km
海水环境敏感程度 E 值				E1



图 9.2-1 敏感目标分布图

9.2.3 事故概率统计分析

9.2.3.1 接收站事故案例调查

（1）美国俄亥俄州克利夫兰市调峰站 LNG 储罐爆炸

1944 年，美国俄亥俄州克利夫兰市的一个调峰站的 LNG 储罐发生事故，当时，LNG 储罐仅仅运行了几个月就突然破裂，溢出约 4542m³ 的 LNG。由于防护堤不能满足要求而被淹没，液化天然气流进街道和下水道。液化天然气在下水道气化引起爆炸，将井盖抛向空中，下水管线炸裂。此次爆炸波及 14 个街区，财产损失巨大，其中有 200 辆轿车完全毁坏和 136 人丧生。损失惨重。这次事故的原因主要有以下几个方面的因素：第一，储罐在交接检验的时候，发现附近罐底产生了一道裂缝。人们没有去调查裂缝的成因，只是对该罐进行了简单的修补后即投入运行。第二，没有采取泄压措施，导致储罐内压力迅速增高而累积能量，以至产生爆炸。第三，罐的材料是 3.5%镍钢，它不适宜低温工作。

（2）英国曼彻斯特调峰站 LNG 储罐爆炸

1993 年 10 月，英国曼彻斯特，BG 公司 Partington LNG 调峰站在 LNG 储罐内有存液时，以每天不到 150 吨的较慢速度充装密度较轻的 LNG，在充装完毕后 68 天突然发生翻滚事故。翻滚事故的原因：新 LNG 的密度比存液小 13kg/m³，形成了分层；采用上进液方式，并且密度较小的 LNG 易积聚在上层而压制下层液的蒸发；Partington 站是调峰型操作，因此充装后在长达 68 天的时间中，使形成分层的密度趋于一致有了足够的时间，为翻滚创造了条件。

（4）阿尔及利亚 LNG 厂爆炸

2004 年，阿尔及利亚的 LNG 厂发生爆炸，导致 101 人伤亡，其中 27 人死亡、74 人受伤，事故原因目前尚不能确认由 LNG 直接引起，但 LNG 的安全性仍再次遭受了严峻考验。LNG 工程发生火灾、爆炸事故案例见下表。

由表可知，LNG 接收站的安全、危害性不容忽视，一旦发生事故，若处理不当，后果严重。

表 9.2-2 LNG 类似工程火灾、爆炸事故案例

序号	时间	地点	伤亡人数	事故描述
1	1944.10	Cleveland, Ohio	136 人死亡	peak-shaving 厂 LNG 储罐发生泄漏，泄漏到街道的下水系统。储罐采用低镍钢制造，导致合金在低温下发生脆裂。
2	1964	Arzew, Algeria	无	装载 LNG 时，闪电击中船的通风管，点燃通过通风系统排放的蒸气。火焰被立即通过连接通风管的氮气扑灭。
3	1969	Portland, Oregon	未报道	LNG 储罐在建设期发生爆炸。LNG 还没有输入罐内，事故原因是拆除了隔绝与 LNG 储罐相连的天然气管道的盲板，导致天然气流入罐内。
4	1972.7	MontrealEast, Quebec, Canada	未报道	在 LNG 工厂的解霜操作时发生从压缩机到氮气管线的回流。氮气管线上的阀门没有关闭。引起压缩机超压，天然气通过氮气总管进入控制室(允许操作员吸烟)，当一个操作员点烟时发生爆炸。
5	1973.2	StatenIsland, NewYork	37 人死亡	修理空储罐内部时起火，罐内压力迅速增高，导致罐上水泥顶被顶起，落在罐内，导致罐内作业的建筑工人死亡。
6	1979.10	CovePoint, Maryland	1 人死亡，1 人重伤，损失 300 万美元	天然气泄漏导致发生爆炸。
7	1983.4	Bontang, Indonesia	未报道	由于放空管线上的阀门关闭，导致热交换器超压发生爆炸，热交换器设计操作压力是 25.5psig，热交换器破裂失效发生爆炸时的气体压力达 500psig。

9.2.3.2 水上船舶碰撞事故统计分析

根据浙江海事局官网发布的海上事故调查报告，2015 年至 2020 年，舟山、宁波海域发生的船舶碰撞事故 50 起，触礁事故 3 起（见表 9.2-3）。在所有 53 起事故中，涉及施工作业船的事故占 2 起，在事故总数中占比 3.8%，年平均发生约 0.33 起；涉及油船的事故占 5 起，在事故总数中占比 9.4%，年平均发生近 1 起。其中，溢油事故包含 3 起，2 起溢油事故为油船触礁引起（溢油量分别为 0.338t 和 62.5t），1 起溢油事故为集装箱船相互碰撞引起（溢油量为 190t），碰撞事故引起的溢油占总碰撞事故的 2%。

表 9.2-3 2015-2020 年宁波、舟山海域近年船舶事故统计（浙江海事局官网）

年份	事故总数	船舶类型	事故统计	
			事故原因	数量
2015	5	货船、油船、渔船等	碰撞	4
			触礁	1
2016	6	货船、油船、渔船等	碰撞	6
			触礁	0
2017	4	货船、油船、渔船、施工船等	碰撞	4
			触礁	0
2018	11	货船、油船、渔船等	碰撞	10
			触礁	1
2019	11	货船、油船、渔船等	碰撞	10
			触礁	1

年份	事故总数	船舶类型	事故统计	
			事故原因	数量
2020	16	货船、油船、渔船等	碰撞	16
			触礁	0

因此，综合宁波、舟山海域事故统计来看，工程海域在 2015 至 2020 年期间，发生船舶碰撞事故 50 起，年平均碰撞事故 8.3 起，因碰撞发生溢油事故的有 1 起，溢油事故约占碰撞事故的 2.0%，与施工船有关的碰撞事故有 2 起，但未发生溢油，碰撞后发生火灾、爆炸事故事件为 0。

9.2.3.3 LNG 船舶运输泄露的事故统计分析

从整个 LNG 运行情况看，LNG 至今已有五十年的商业化历史。是当今世界能源供应中增长速度最快的产业。世界上开采出来天然气有 20%以国际贸易的形式被销售。这 20%的国际贸易天然气中的 75%系用管道进行输送，以 LNG 形式的 25%是用船只进行运输。LNG 船采用双层船体设计，保证在发生撞船、触礁等事故时，不发生泄漏。据报道，自 1965 年至 2005 年间发生 LNG 航运事故共 24 起，记录见表 9.2-4。根据该记录，24 起 LNG 的航运事故中有 11 起发生了 LNG 泄漏，其中 2000 年以后的有 2 次，其中 1 次是装船，1 次是卸船。

表9.2-4 LNG航运事故记录

事故发生年	事故发生地	事件描述	LNG 泄漏	损坏情况
2005	海上	发动机失效	无	小修
2004	海上	触底	无	船壳和保冷层损坏
2003	海上	齿轮箱问题	无	大修
2003	船厂	气化器爆炸	无	一死，一伤
2003	锚地	气化器爆炸	无	气化器损坏
2002	装船	溢漏	有	甲板裂
2002	海上	与潜艇碰撞	无	轻度船壳损坏
2001	海上	与散货船相撞	无	轻度船壳损坏
2001	卸船	泄漏	有	船舱顶部裂缝
1990	海上	船壳疲劳	无	结构裂缝
1989	装船	断缆	有	船壳损坏

事故发生年	事故发生地	事件描述	LNG 泄漏	损坏情况
1985	卸船	阀门联结失败	有	甲板裂
1985	港内	舵齿轮失灵	无	无
1980	港内	搁浅	无	船壳坏
1980	海上	脱轴顶舵	无	艏轴裂
1979	海上	搁浅	无	船体严重受损
1979	卸船	阀漏	有	船甲板和舱盖裂
1979	卸船	阀漏	有	船甲板裂
1977	装船	溢漏	有	无
1977	海上	阀失效	有	无
1974	港内	触底	无	无
1971	卸船	压力增加	有	货船损坏
1965	解阀	阀漏	有	甲板裂
1965	装船	溢漏	有	甲板, 舱盖裂

9.2.3.4 溢油事故统计分析

本节引用了生态环境部 2019 年 7 月批复的《东南亚-日本二号（SJC2）海缆项目中国段环境影响报告书》（浙江省环境科技有限公司）关于我国 2002 年-2016 年船舶溢油事故的统计结果。

图 9.2-2（a）为我国 1990 年至 2001 年泄漏量超过 50t 的溢油事故的分布范围，图 9.2-2（b）为 2002 年至 2016 年之泄漏量超过 10t 的溢油事故的分布范围，在图中呈现的这两类事故中，对事故发生地点的经纬度坐标有明确记录的共有 107 起。2002 年至 2016 年船舶事故的统计数据显示以下特征：

（1）图 9.2-2 中显示，从 1990 年至 2016 年，我国船舶泄漏事故的发生地点基本沿我国的海岸线分布，极少部分位于远海和内河流域。由于图 9.2-2（b）显示的是泄漏量大于 10t 的溢油事故，该图显示的事故空间位置分布特征更为明显，即大部分溢油事故都发生在环渤海、山东半岛、长三角、珠三角以及台湾海峡西侧附近。这些区域是我国经济发达、航线繁忙的区域。

（2）对 107 起事故做进一步分析，可发现关于我国泄漏量大于 10t 的溢油事故的更多特点，在溢油量大于 10t 的事故中，10-100t 的事故占到一半以上，达 57.01%。将 1990 年至 2016 年这段时间内的事故按发生时间的先后顺序排序，并以五年为一个时间段，统计溢油事故在各时间段内发生的次数（图 9.2-3（a）），为使每一个时间段的长度都为五年，我国泄漏量大于 10t 的溢油事故在 21 世纪

初的前五年达到最多，共发生 37 起，之后，事故量呈逐渐下降的趋势；在各时间段内，发生事故最少的时间段是 2010 年至 2015 年，其次是 1996 年至 2000 年。

（3）在历次事故中，泄漏的油料种类各不相同（图 9.2-3（b）），其中最为常见的是燃料油，其次为重油，原油泄漏事故最少。由此可见，各类船舶自身携带的燃油泄漏是船舶事故中危害较为严重的类型。

（4）就引起溢油的原因而言，碰撞无疑是最重要的因素，62.62%的事故都是由于碰撞引起的，其次为搁浅（7.48%）。

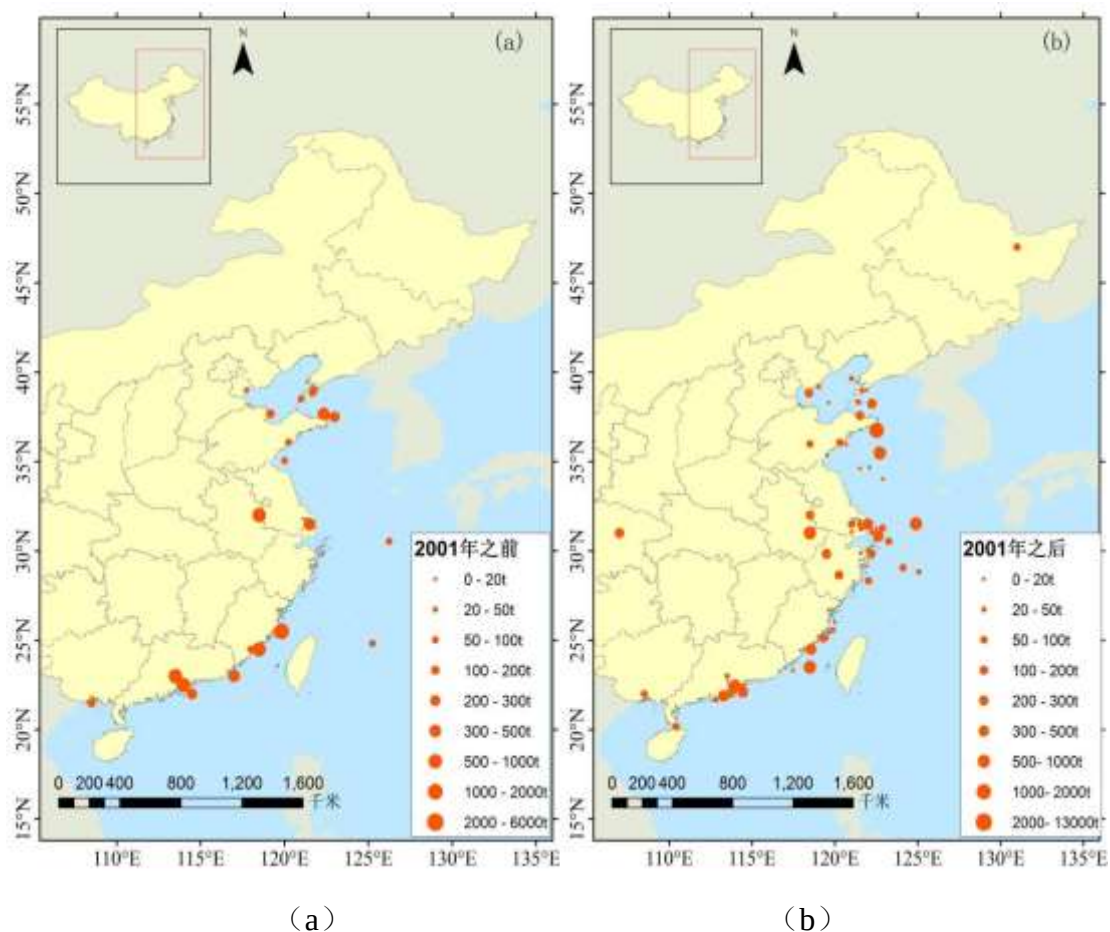


图 9.2-2 我国溢油事故分布图

注：（a）我国 1990-2001 年泄漏量超过 50t 的事故（b）我国 2002-2016 年泄漏量超过 10t 的事故

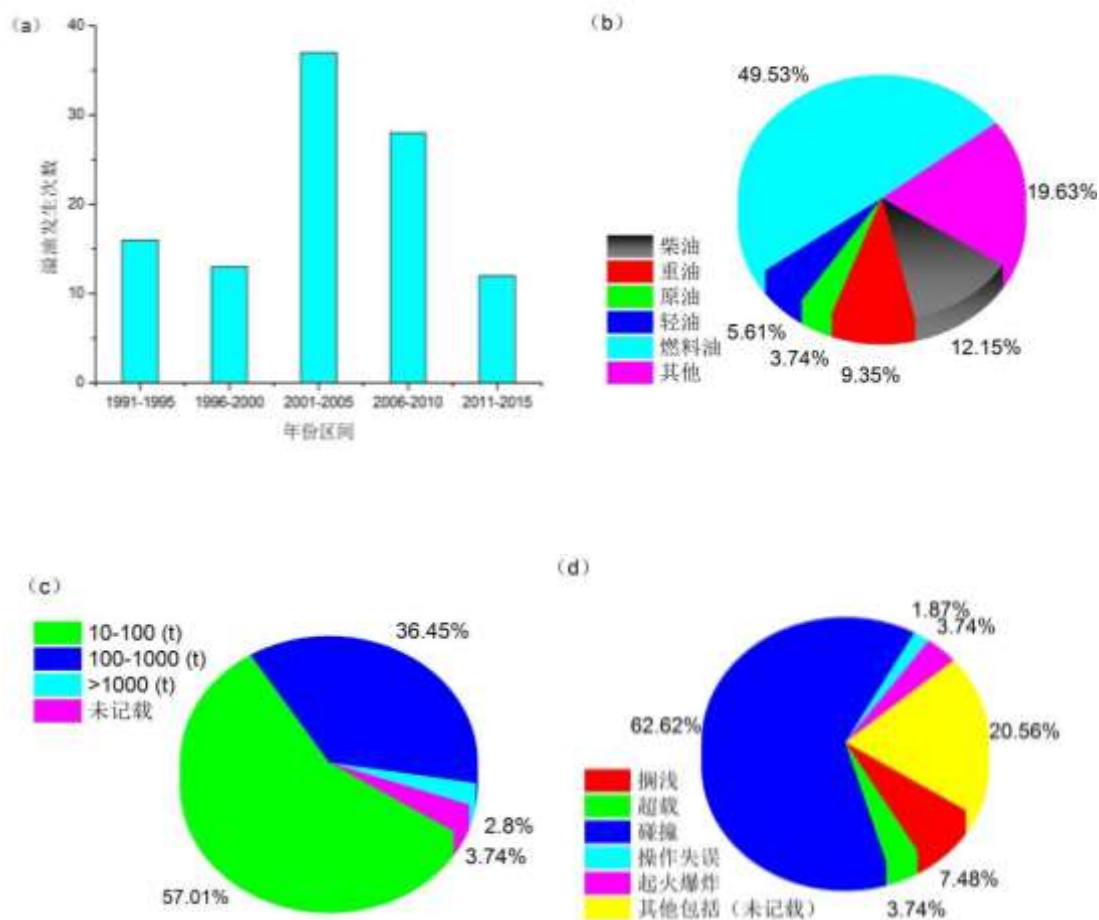


图 9.2-3 我国船舶溢油事故特点

注：(a) 不同时间段内的溢油发生次数；(b) 泄漏的不同油品各自所占比例；(c) 不同溢油量各自所占的比例；(d) 引起溢油的不同原因各自所占的比例。

9.2.3.5 管道泄露事故统计分析

(1) 欧洲

欧洲是天然气工业发展比较早，也是十分发达的地区，经过几十年的发展和建设，该地区的跨国管道已将许多欧洲国家相连，形成了密集复杂的天然气网络系统。为了更有效地掌握输气管道事故发生的频率和原因，1982 年开始，6 家欧洲气体输送公司联合开展了收集所属公司管道事故的调查工作。这项工作得到了各大输气公司的积极响应，并据此成立了一个专门组织即欧洲输气管道事故数据组织(EGIG)。目前，EGIG 已经涵盖了 17 家欧洲主要天然气管道运营单位，管道长度约 $14.3 \times 10^4 \text{ km}$ (管道压力 $\geq 1.5 \text{ MPa}$ ，包括 DN100mm 以下的管道)。这个数据库已经在世界各地的燃气管道安全分析中广泛应用，对提高管道安全发挥了重要作用。

1) 事故率统计

2018 年 3 月, EGIG 发布了“10th EGIG report”, 对 1970 年~2016 年共 47 年间该组织范围内所辖的输气管道的事故进行统计分析。根据该报告, 1970 年~2016 年间, 共发生事故 1366 起, 每年事故发生次数统计见图 9.2-4。

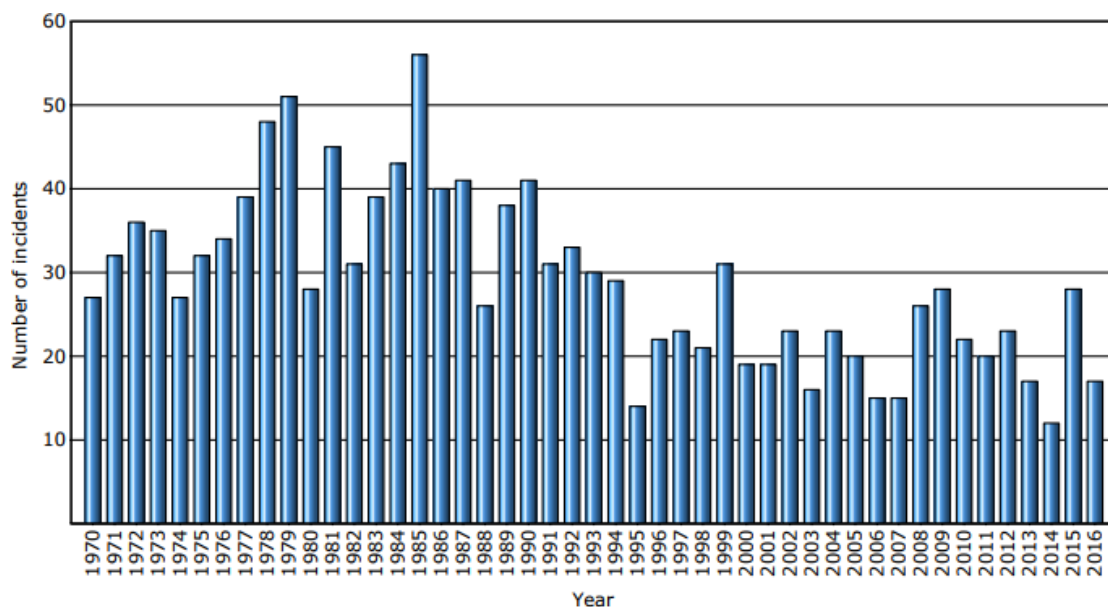


图 9.2-4 历年事故次数统计（1970-2016）

根据泊松分布定律, EGIG 对在 1970~2016 年 47 年的时间段, 1970~2007 年 38 年的时间段、近 40 年、近 30 年、近 20 年、近 10 年及 2009~2013 年的 5 年时间段内管道事故率进行统计, 结果见表 9.2-5。总事故率为 $0.33/(1000\text{km}\cdot\text{a})$, 与 1970~2010 年间总事故率 $0.35/(1000\text{km}\cdot\text{a})$ 相比进一步降低。2009-2013 年事故率仅为 $0.16/1000 (1000\text{km}\cdot\text{a})$ 。

此外, 对 1970~2013 年期间以及 2009~2013 年期间事故率的变化统计情况见图 9.2-5。

表9.2-5 不同时段事故率统计

统计时段	统计年数	事故次数	统计管道总长(km·a)	事故率(1000km·a)
1970-2007	38	1173	3.15×10^6	0.372
1970-2010	41	1249	3.55×10^6	0.351
1970-2013	44	1309	3.98×10^6	0.329
1970-2016	47	1366	4.41×10^6	0.310
1977-2016	40	1143	4.12×10^6	0.278
1987-2016	30	723	3.44×10^6	0.210
1997-2016	20	418	2.53×10^6	0.165
2007-2016	10	208	1.39×10^6	0.150
2012-2016	5	97	0.72×10^6	0.136

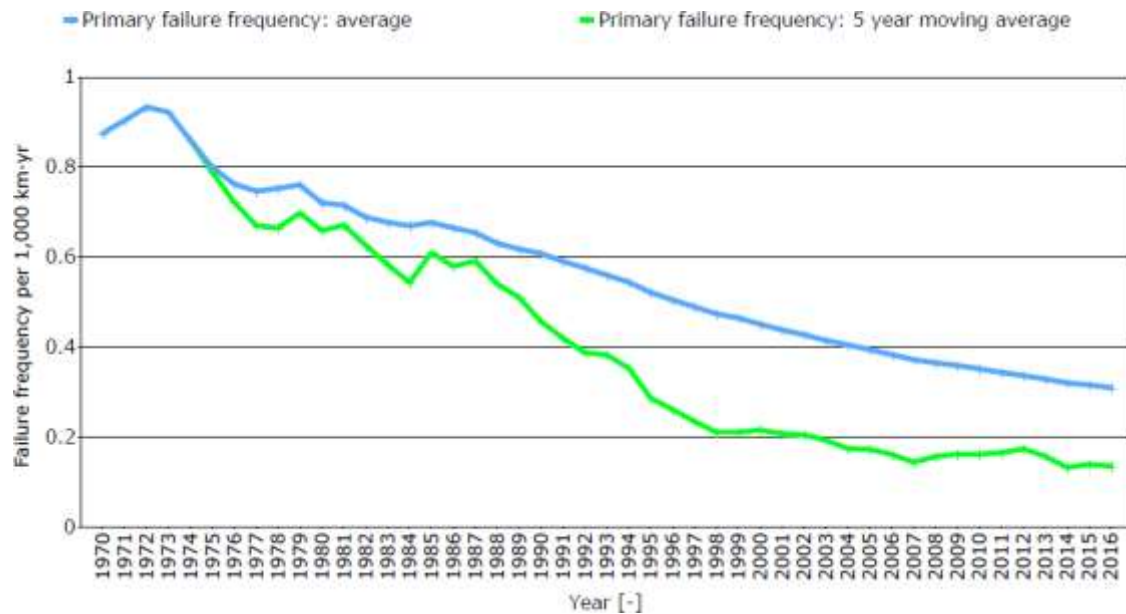


图 9.2-5 事故率变化趋势 (EGIG)

由图 9.2-5 可见, 1970-2016 年逐年管道事故率和 5 年移动事故率均呈稳步下降的趋势。逐年管道事故率从 0.87/1000 (1000km•a) (1970 年) 下降为 0.31/1000 (1000km•a) (2016 年)。5 年移动事故率也从 0.86/ (1000km•a) 下降至 0.14/1000 (1000km•a)。管道事故率正在逐年下降, 这主要归功于输气管道的焊接技术、安全管理、自动控制等技术不断完善的结果。

2) 事故原因统计

根据统计, 欧洲输气管道事故主要原因为第三方破坏。近十年来, 第三方破坏约占事故总数的 28.37%; 其次是腐蚀, 所占比例为 25%; 第三是施工和材料缺陷, 占总数的 17.79%, 地基位移、其他原因和误操作分居第 4~6 位, 详见图 9.2-6。前三项事故原因不仅是造成欧洲输气管道事故的主要因素, 而且也是整个世界管道工业中事故率最高的三大因素。

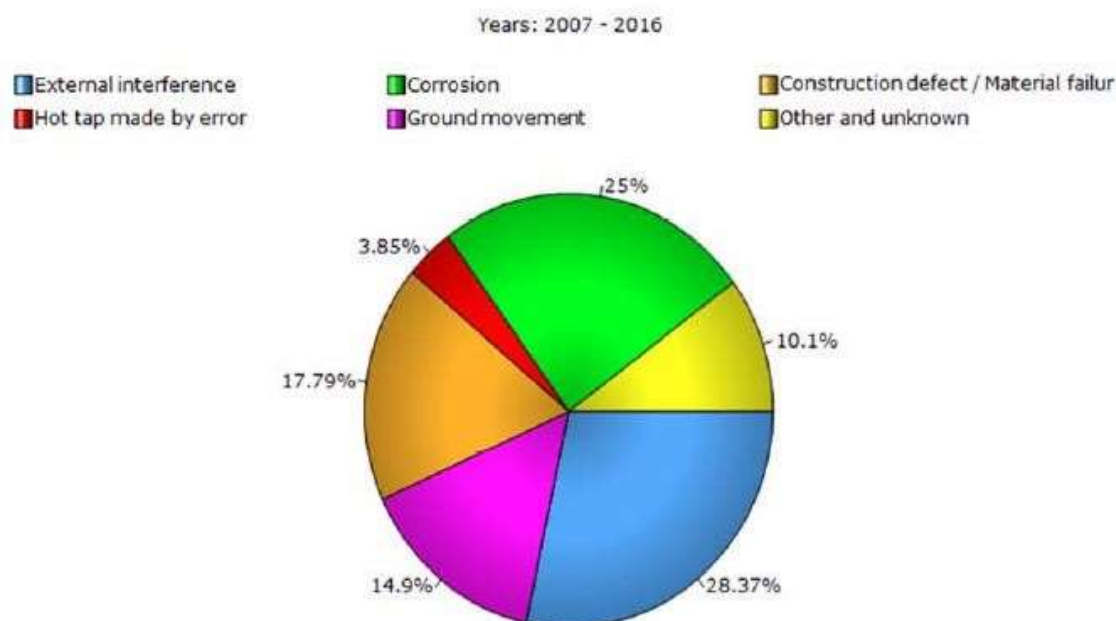


图 9.2-6 欧洲输气管道事故原因统计（2007-2016）

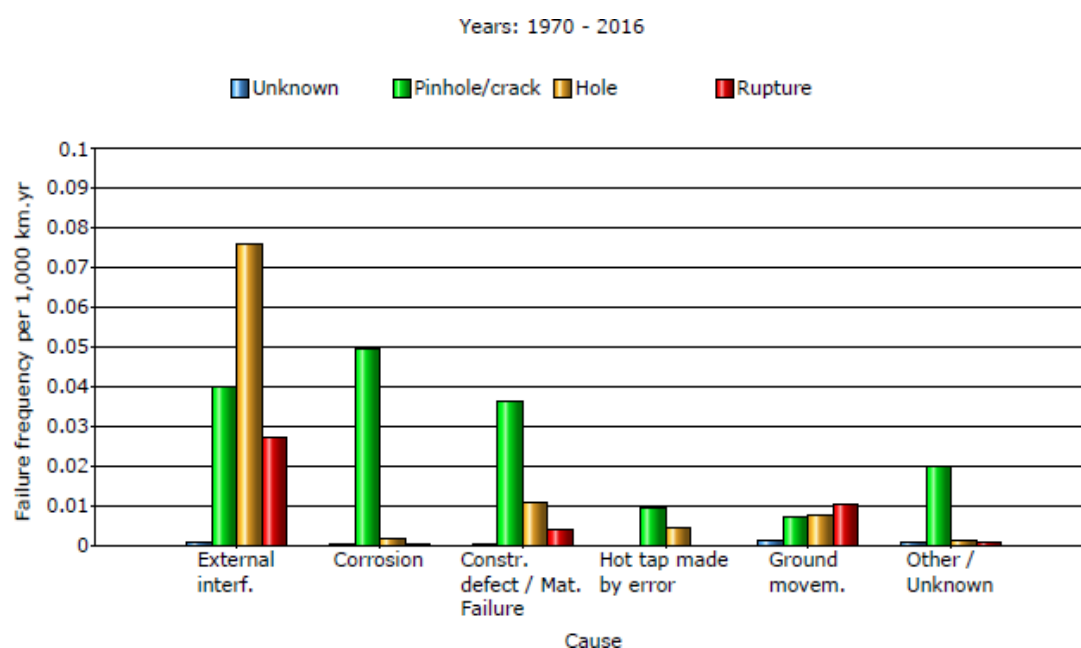


图 9.2-7 不同原因导致的各种类型泄漏事故率统计（2007-2016）

图 9.2-7 和表 9.2-6 展示了不同事故原因导致的各种泄漏孔径的事故率数值。虽然近年来事故有所下降,但是对于某种孔径的泄漏来说,其产生原因依然没变。导致穿孔事故和破裂事故的原因依然主要是第三方破坏,针孔泄漏依然主要是由腐蚀导致的。

表9.2-6 不同原因导致的各种类型泄漏事故率统计（2007-2016）

泄漏孔径类型	事故率					
	第三方破坏	腐蚀	施工/材料缺陷	热损伤	地基位移	其他未知原因
破裂	0.0058	0.0000	0.0022	0.0000	0.0065	0.0007
穿孔	0.0195	0.0007	0.0014	0.0014	0.0079	0.0014
针孔	0.0166	0.0353	0.0224	0.0043	0.0065	0.0123
未知	0.0007	0.0014	0.0007	0.0000	0.0014	0.0007

①第三方破坏

第三方破坏指的是由外在原因或由第三方以及不可抗拒的外力而引发的管道事故，它是造成欧洲输气管道事故的首要原因，近十年来约占事故总数的28.37%。随着对如何防止第三方破坏的重视，1970~2016年由第三方破坏引发的事故率已降至0.144/1000（1000km•a）。

EGIG 调查结果还显示管道事故的发生频率与管道直径、埋深和壁厚均有关系。图 9.2-8~图 9.2-10 分别列出了因第三方破坏引发的不同泄漏形式的管道事故率与不同管径、埋深和壁厚的关系。

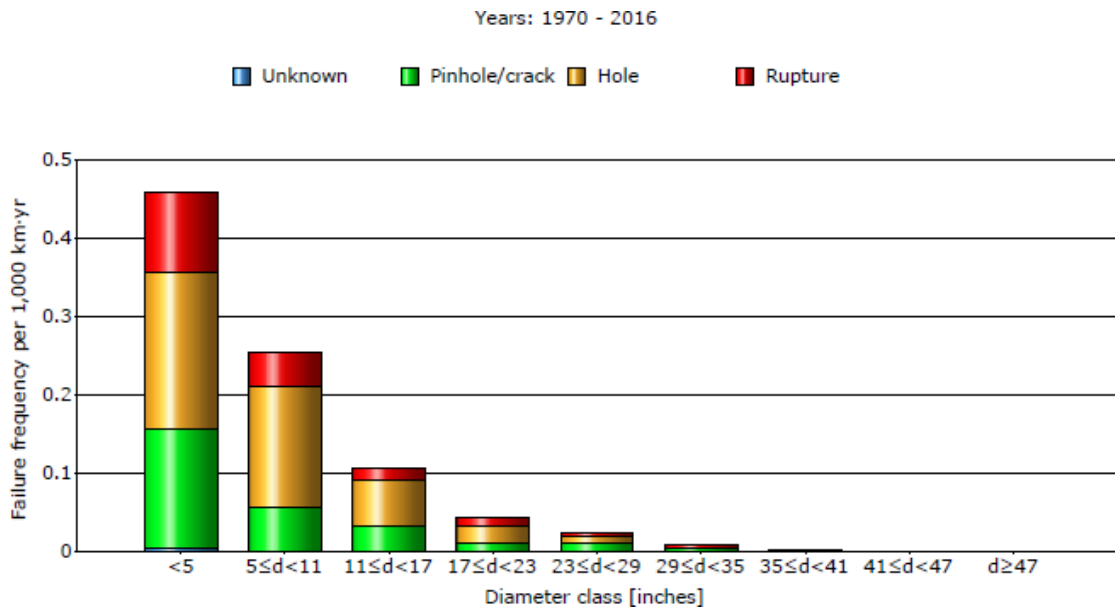


图 9.2-8 不同管径管道因第三方破坏导致的各类泄漏事故率统计（1970-2016）

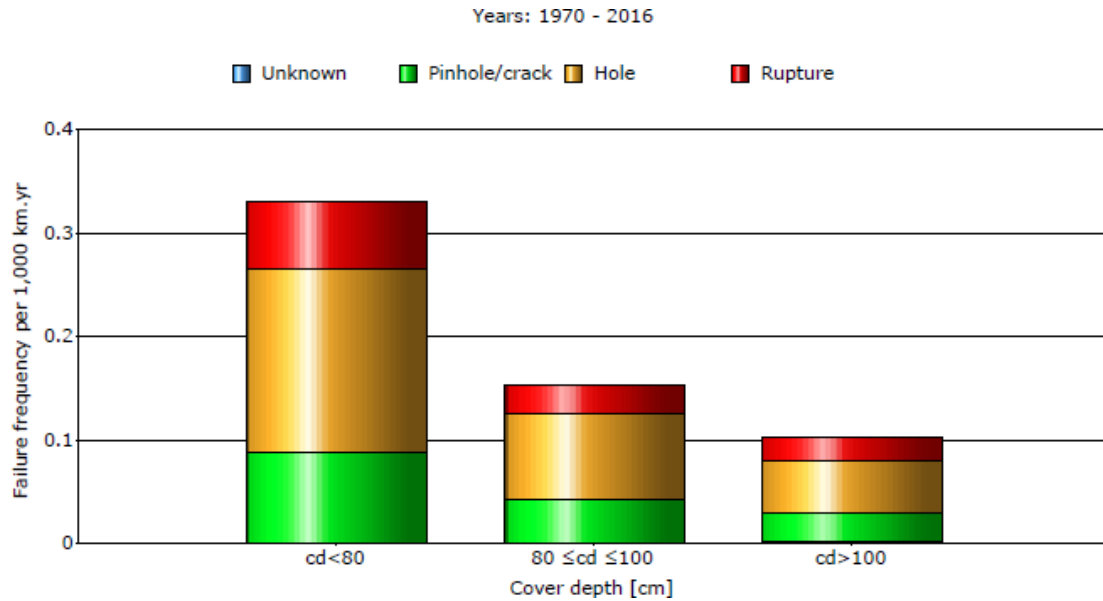


图 9.2-9 不同埋深的管道因第三方破坏导致的各类泄漏事故率统计
(1970-2016)

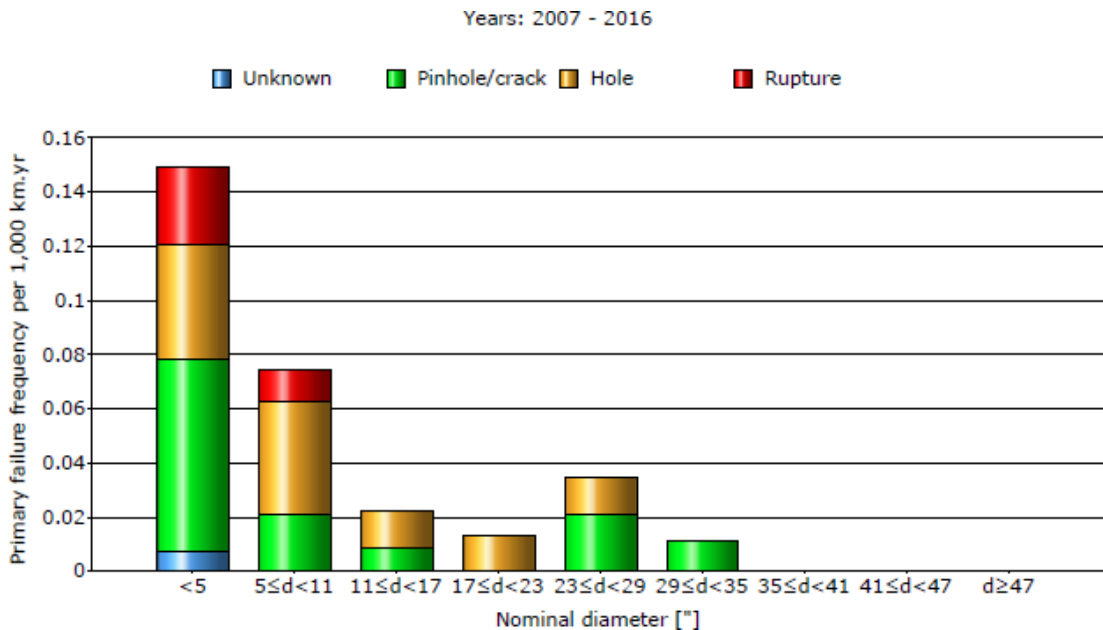


图 9.2-10 不同壁厚管道因第三方破坏导致的各类泄漏事故率统计 (1970-2016)

从图 9.2-8~图 9.2-10, 我们可以得出以下结论: 事故发生的频率是与管道的壁厚和直径大小有着直接的关系, 较小管径的管道, 其事故发生频率高于较大管径管道的事故发生频率, 因为管径小, 管壁相应较薄, 容易出针孔或孔洞, 所以薄壁管的事故率明显高于厚壁管; 管道埋深也与事故率有着密切的关系, 随着管道埋深的增加, 管道事故发生率明显下降, 这是因为埋深增加可以减少管道遭受外力影响和破坏的可能性; 此外, 管径越小、埋深越浅、壁厚越薄的管道受到第

三方破坏后，造成管道破裂和穿孔的几率就越大。

②腐蚀

腐蚀也是欧洲输气管道泄漏的主要原因之一，且通常发生在薄壁管上，根据 EGIG 的统计结果，近十年来腐蚀引发的事故率排在第二位，占总数的 24%。图 9.2-11~图 9.2-13 给出了在腐蚀条件下管道发生事故概率与管道建设年代、防腐层类型和壁厚之间的关系。

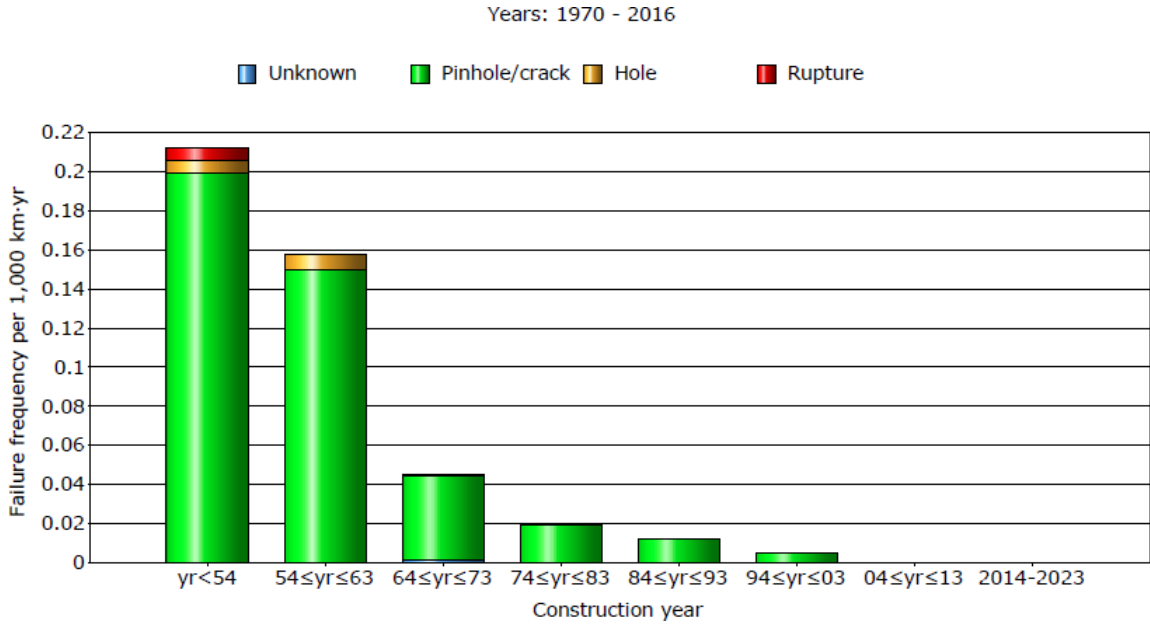


图 9.2-11 不同年代建设的管道因腐蚀导致的各类泄漏事故率统计（1970-2016）

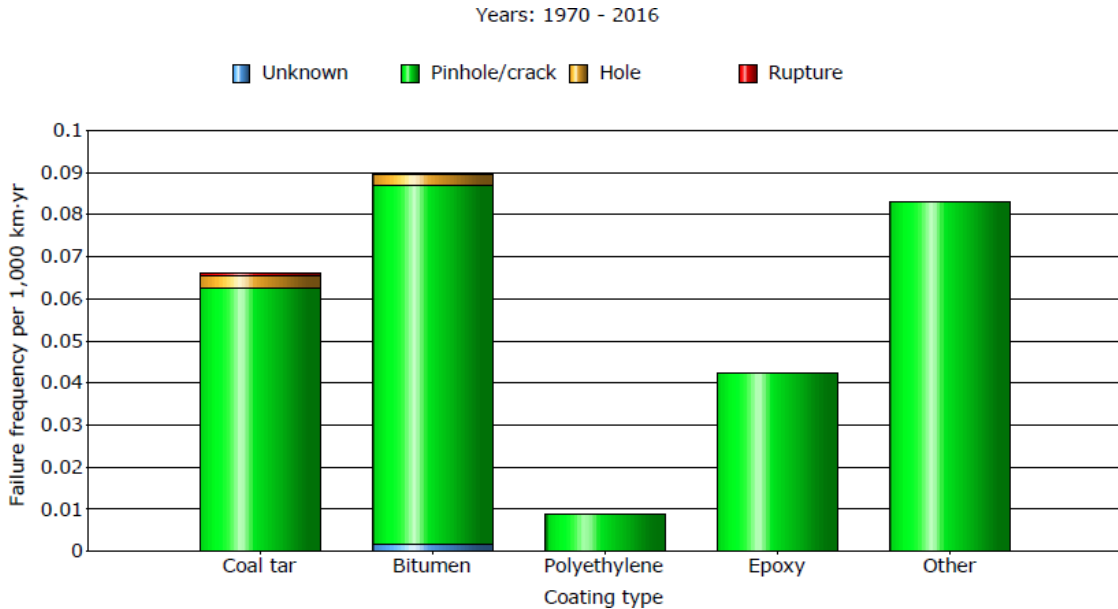


图 9.2-12 不同防腐层的管道因腐蚀导致的各类泄漏事故率统计（1970-2016）

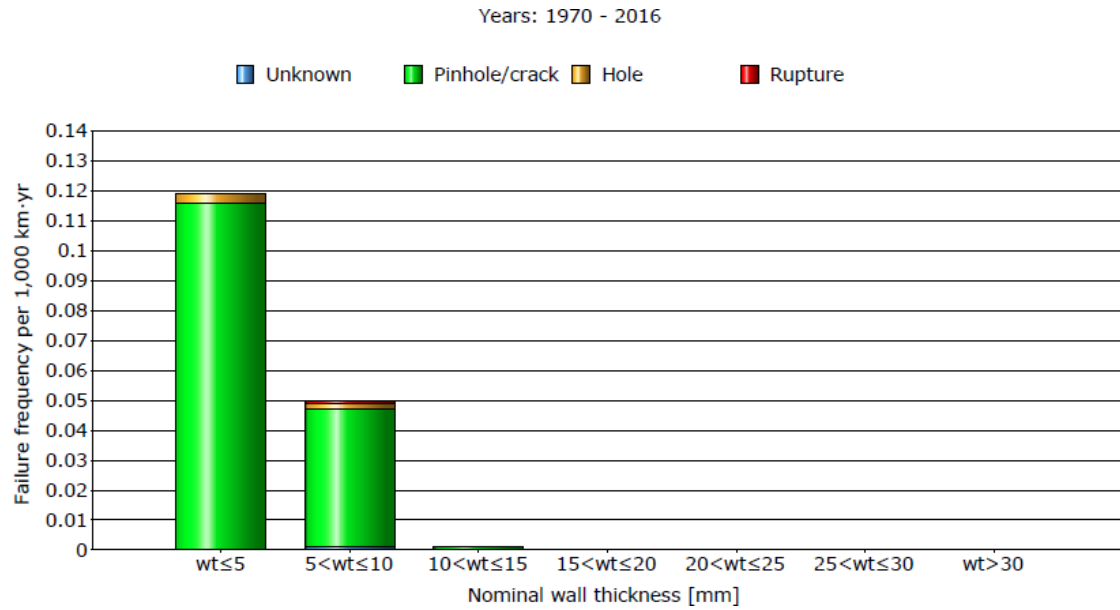


图 9.2-13 不同壁厚的管道因腐蚀导致的各类泄漏事故率统计（1970-2016）

从以上的统计结果可知，早期建设的管道，主要采用沥青作为防腐层，事故率较高；近年来，大多数管道采用诸如聚乙烯类材料的现代涂层，腐蚀事故率明显下降；聚乙烯涂层于其他类型涂层相比，可大大降低管道的腐蚀事故率。

腐蚀事故率随着管道壁厚增加而下降，主要原因为：腐蚀过程跟时间有关，管壁越薄越容易因腐蚀而损坏，管壁越厚的管道，发生腐蚀损坏所需要的时间较长，因此也就有更多的机会被检测到。

EGIG 还对腐蚀事故有关的两个方面的数据进行了统计，分别为腐蚀发生位置（内腐蚀、外腐蚀、未知未知）和腐蚀类型（全面腐蚀、点状腐蚀、裂纹腐蚀）。具体见图 9.2-14。

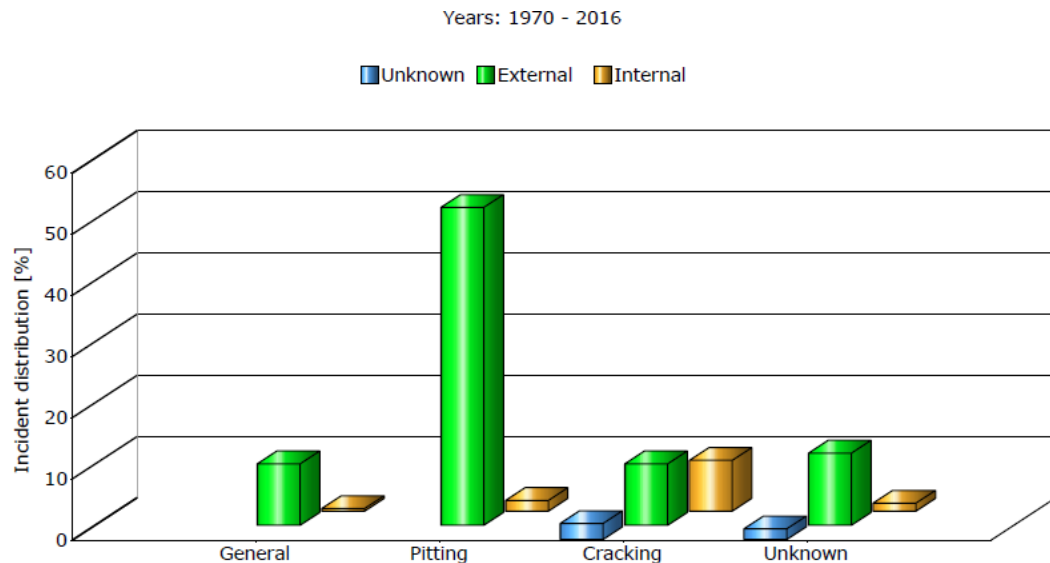


图 9.2-14 管道腐蚀发生位置及腐蚀类型统计（1970-2016）

根据统计得知,点状腐蚀是最普遍的腐蚀类型,几乎所有带有点状腐蚀的事故都发生在管道的外表面。裂纹腐蚀是第二大腐蚀类型,且在管道内外表面均有发生。近年来,所有的裂纹腐蚀均发生在管道外表面。全面腐蚀及金属表面出现均匀腐蚀的现象,这种类型的腐蚀通常在管道外表面被检测到。

③施工缺陷及材料缺陷

根据 EGIG 的统计,近十年(2007 年-2016 年)来,施工和材料缺陷在欧洲输气管道事故因素中占第三位,所占比例为 17%。EGIG 对 1954 年以来因施工和材料缺陷导致的事故进行了调查(见图 9.2-15 和图 9.2-16,表明 1963 年以前建设的管道此类原因导致的事故频率相对较高,但是近年来由于管道建设标准不断提高,并采用了更加严格的检测、试压手段和技术,此类事故发生率明显下降。图 9.2-17 对各种等级管材,因材料缺陷导致的各种类型泄漏孔径的事故率进行了统计。

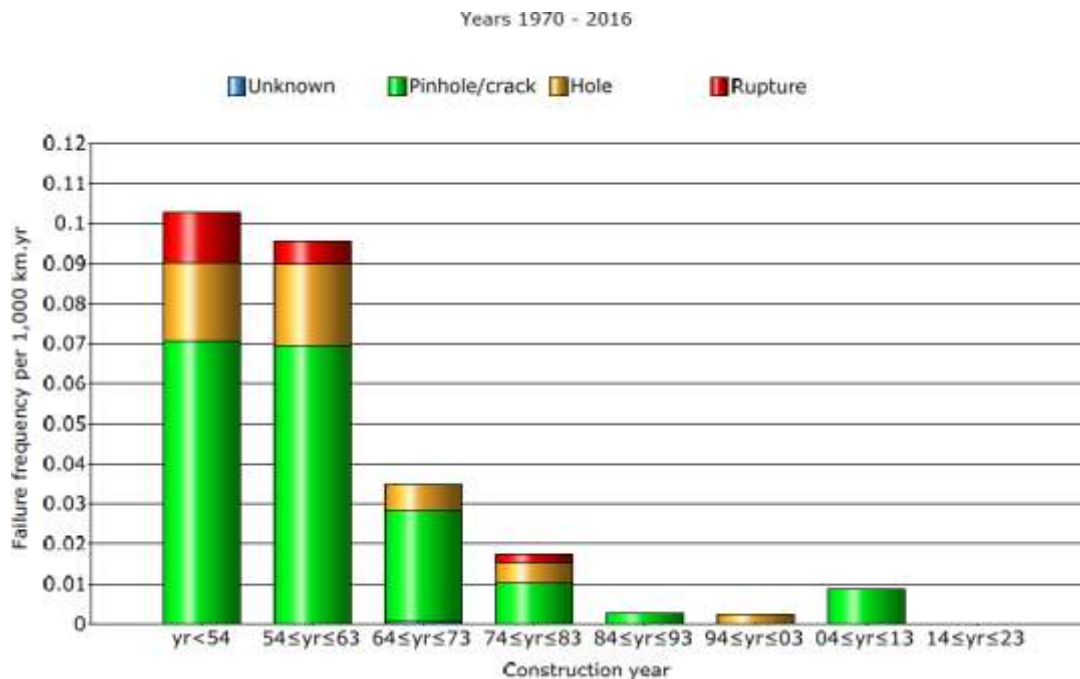


图 9.2-15 不同年限的管道因施工缺陷导致的泄漏事故率统计（1970-2016）

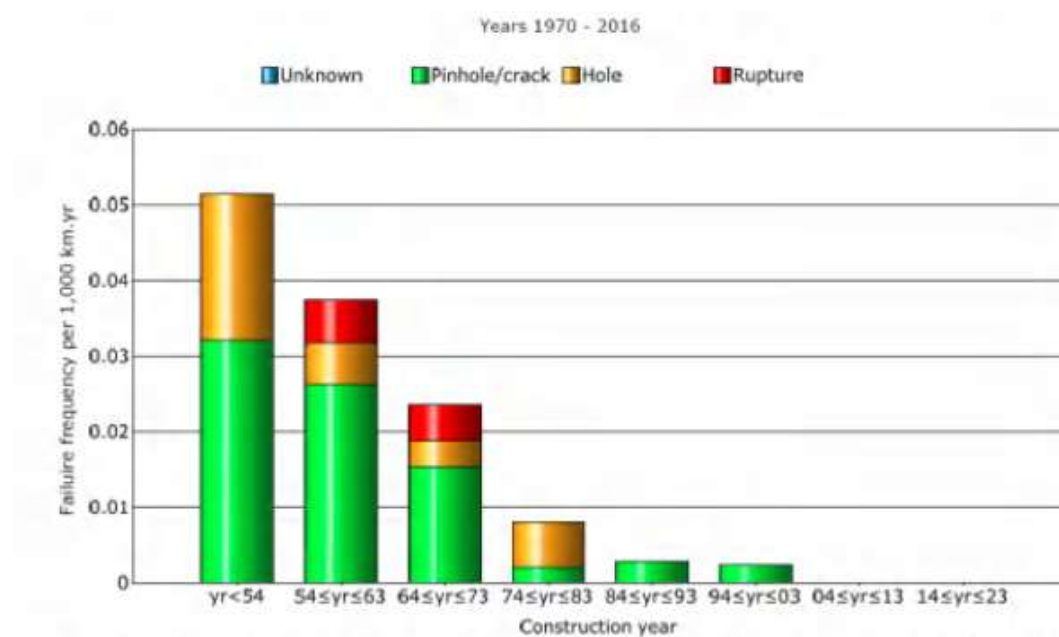


图 9.2-16 不同年限的管道因材料缺陷导致的泄漏事故率统计（1970-2016）

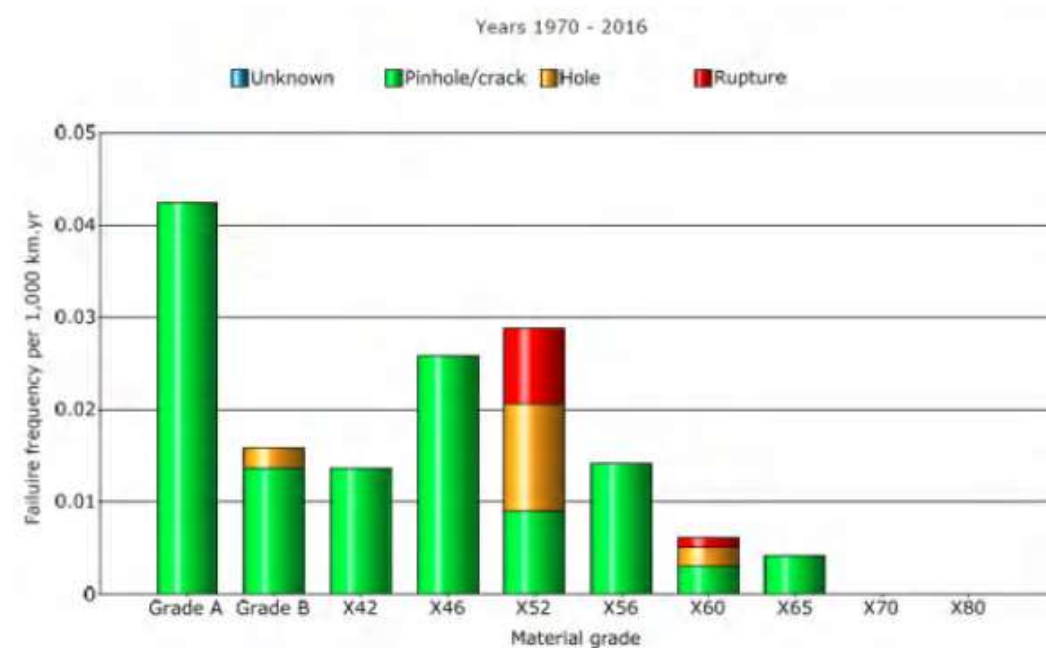


图 9.2-17 不同等级管材的管道因材料缺陷导致的泄漏事故率统计（1970-2016）

④热损伤

图 9.2-18 对各种管径管道因热损伤造成的事故率进行了统计，并对出各种类型泄漏孔径的事故率也进行了区分。总的来说，热损伤事故率随管径增大而降低，并且对于各种泄漏孔径的事故率而言均是如此。

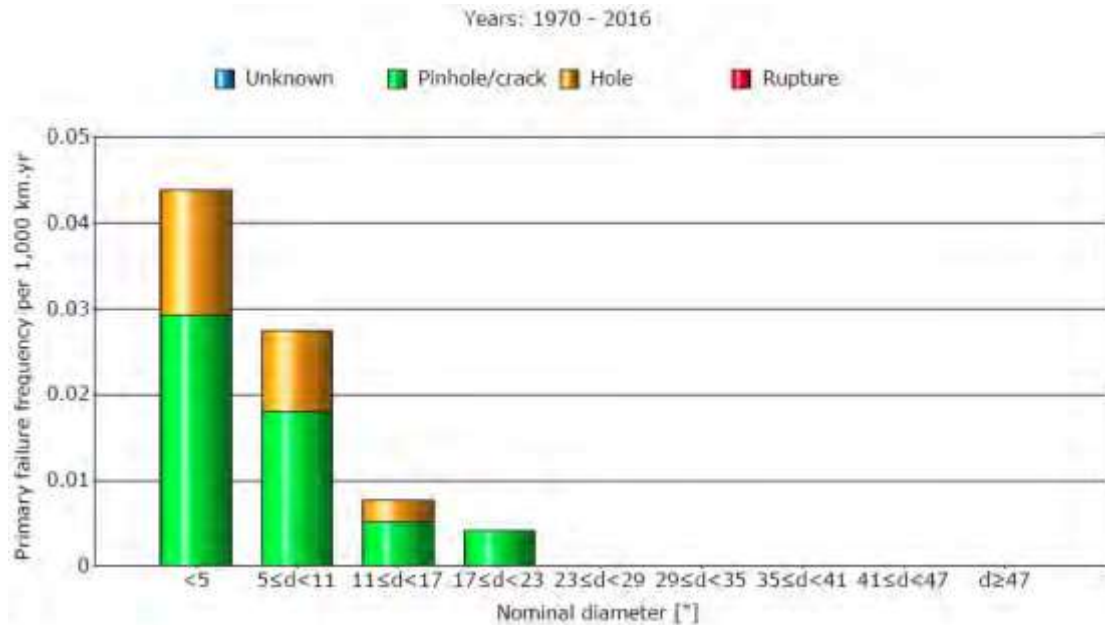


图 9.2-18 不同管径的管道因热损伤导致的泄漏事故率统计（1970-2016）

⑤地基位移

地基位移在近十年的管道事故原因中，大概占比 15%。1970 年-2016 年期间，各种管径管道因地基位移导致的各种类型泄漏孔径事故率统计见图 9.2-19。统计表明，1970-2016 年期间，由地基位移导致的事故率随管径增大而降低。47 英寸以上管径的管道只发生过一次地基位移事故。

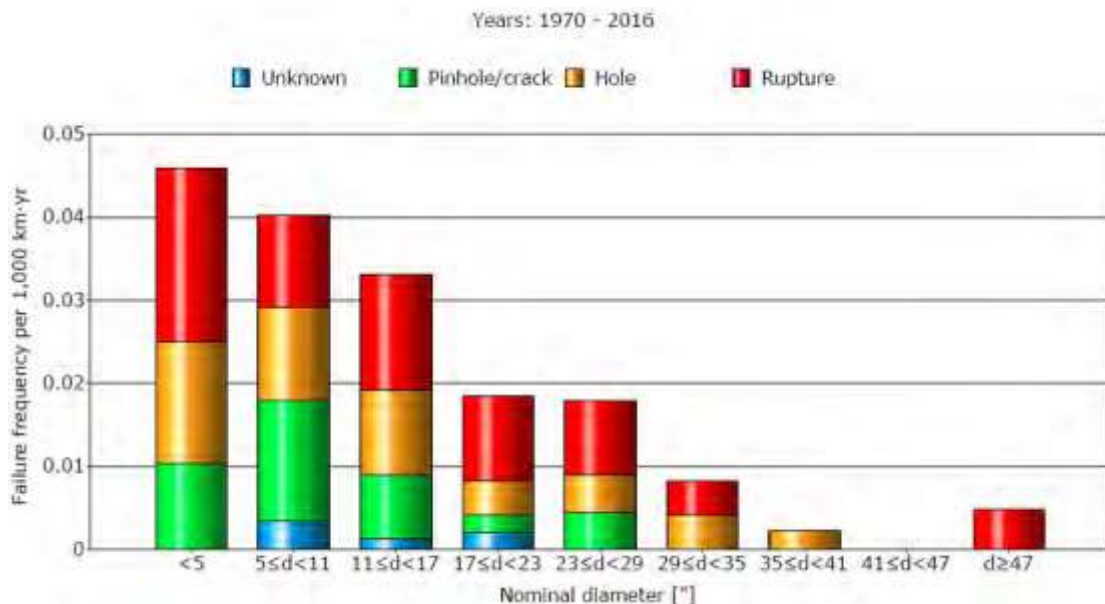


图 9.2-19 不同管径的管道因地基位移导致的泄漏事故率统计（1970-2016）

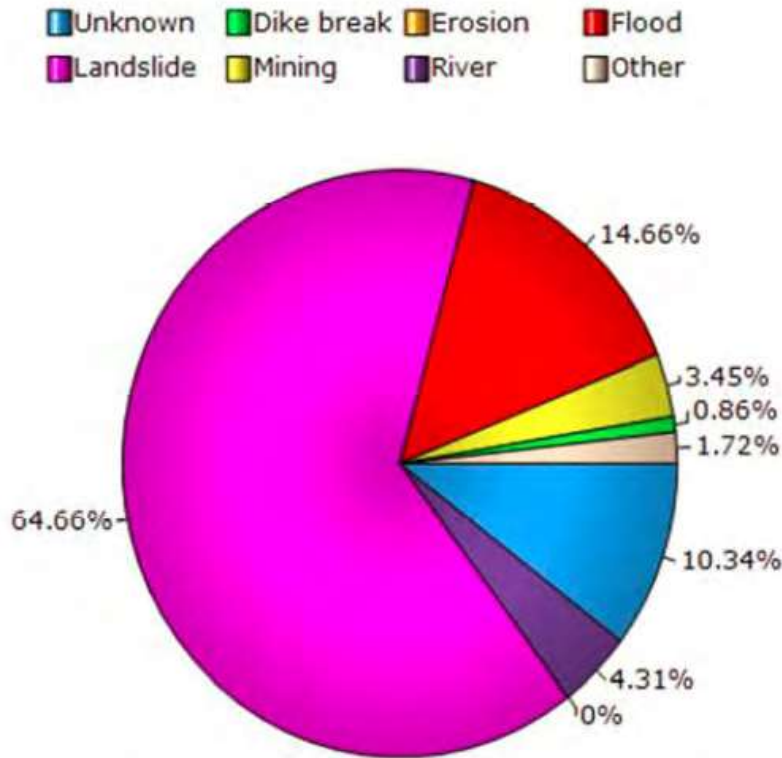


图 9.2-20 导致地基位移事故的具体原因统计

地基位移事故产生的原因很多，图 9.2-20 对地基位移事故具体原因进行了统计。统计表明，滑坡是导致地基位移最主要的原因，占比在 60%以上。

⑥其他未知原因

在 EGIG 统计目录中，被划入“其他未知原因”的事故中，29.3%的事故原因是雷击。1970-2016 年期间，EGIG 数据库中记录有 29 起跟雷击有关的事故，事故率相当于 0.0066/1000km·a。EGIG 对雷击事故导致的泄漏孔径进行调查，发现 29 起雷击事故中，其中 27 起为针孔泄漏，另外 2 起为穿孔泄漏。

迄今为止，还没有由地震导致的事故记录。

(2) 美国

OPS(Office of Pipeline Safety)是美国联邦政府指定的输油和输气管道管理部门，管道事故资料较详实。

表 9.2-7 所列为 1991~2015 年美国陆上输气管道事故统计。

表9.2-7 美国陆上输气管道事故统计

年份	长度		事故数次	伤亡数 (人)		财产损失 (美元)	事故危害伤亡 /(次·km·a)
	英里	km		死亡	受伤		
1991	285295	459125	59	0	11	\$11,054,638	4.06×10 ⁻⁷
1992	283071	455546	50	3	14	\$10,020,965	7.46×10 ⁻⁷

年份	长度		事故数次	伤亡数 (人)		财产损失 (美元)	事故危害伤亡 (次·km·a)
	英里	km		死亡	受伤		
1993	285043	458720	81	1	16	\$17,582,268	4.58×10^{-7}
1994	293438	472230	52	0	15	\$41,386,306	6.11×10^{-7}
1995	288846	464840	41	0	7	\$6,818,250	3.67×10^{-7}
1996	285338	459194	62	1	5	\$10,947,086	2.11×10^{-7}
1997	287745	463068	58	1	5	\$10,056,885	2.23×10^{-7}
1998	295606	475719	72	1	11	\$34,165,324	3.50×10^{-7}
1999	290097	466853	42	2	8	\$16,526,834	5.10×10^{-7}
2000	293716	472677	65	15	16	\$15,206,371	1.01×10^{-6}
2001	284914	458512	67	2	5	\$12,095,165	2.28×10^{-7}
2002	297186	478261	57	1	4	\$15,878,905	1.83×10^{-7}
2003	295523	475585	81	1	8	\$45,406,172	2.34×10^{-7}
2004	296953	477886	83	0	2	\$10,573,343	5.04×10^{-8}
2005	294783	474394	106	0	5	\$190,703,949	9.94×10^{-8}
2006	293718	472680	107	3	3	\$31,024,319	1.19×10^{-7}
2007	294938	474644	87	2	7	\$43,589,848	2.18×10^{-7}
2008	297268	478393	94	0	5	\$111,992,088	1.11×10^{-7}
2009	298842	480926	92	0	11	\$43,988,350	2.49×10^{-7}
2010	299358	481770	107	10	61	\$591,011,499	1.38×10^{-6}
2011	299729	482367	118	0	1	\$116,643,232	1.76×10^{-8}
2012	298571	480503	104	0	7	\$53,504,535	1.40×10^{-7}
2013	298336	480125	106	0	2	\$48,412,595	3.93×10^{-8}
2014	297909	479438	132	1	1	\$47,858,707	3.16×10^{-8}
2015	297424	478658	143	6	14	\$48,732,502	2.92×10^{-7}
平均值	293346	472085	82.6	2.0	9.8	\$63,407,205	3.31×10^{-7}

从统计结果可以看出，在 1991 年~2015 年的 25 年里，美国输气管道共发了 2066 次事故，年平均事故率约为 82.6 次，事故率平均为 1.75×10^{-4} 次/(km·a)，事故伤亡率平均为 3.31×10^{-7} 次/(km·a)。

(3) 前苏联

前苏联的石油天然气工业在 80 年代得到了迅猛发展，这一时期建设的输气管道包括著名的乌连戈依-中央输气管道系统，它把西伯利亚天然气输送到了西欧。前苏联输气管道在几十年的运营中，出现过各种类型的事故，表 9.2-8 列出的是 1981 年到 1990 年期间发生事故的统计结果。各种事故原因统计分析结果列于表 9.2-9。

表9.2-8 1981 年~1990 年前苏联输气管道事故统计数据

年份	事故次数	事故原因								
		外部腐蚀	内部腐蚀	外部干扰	材料缺陷	焊接缺陷	施工缺陷	设备缺陷	违反操作规程	其他原因
1981	88	36	3	15	14	7	11	1	/	1
1982	55	22	3	9	6	5	5	1	/	4
1983	76	39	4	8	10	3	7	/	1	4

年份	事故次数	事故原因								
		外部腐蚀	内部腐蚀	外部干扰	材料缺陷	焊接缺陷	施工缺陷	设备缺陷	违反操作规程	其他原因
1984	87	28	12	9	9	13	9	/	3	4
1985	96	34	5	14	16	13	7	3	2	2
1986	82	21	10	16	10	8	10	2	2	3
1987	93	22	9	26	7	12	6	2	4	5
1988	54	17	4	7	9	4	4	2	3	4
1989	67	11	2	17	10	10	4	5	3	5
1990	54	18	/	6	9	6	2	1	4	8

表9.2-9 1981 年~1990 年前苏联输气管道事故原因分析

事故原因	事故次数	占总事故的比例(%)
腐蚀	300	39.9
其中：外部腐蚀	(300)	(33.0)
内部腐蚀	(0)	(6.9)
第三方破坏	0	16.9
材料缺陷	0	13.3
焊接缺陷	0	10.8
施工和设备缺陷	82	10.9
其中：施工缺陷	(82)	(8.6)
设备缺陷	(17)	(2.3)
违反操作规程	(17)	2.9
其他原因	40	5.3
合计	752	100

(4) 国内管道事故统计分析

川渝地区经过四十余年的天然气勘探开发，目前已成为我国重要的天然气工业基地，从 60 年代开始相继建成了川渝地区南半环供气系统并与 1989 年建成的北半环供气系统相连接，形成了环形输气干线，盆地内至今已建成输气管道约有 5890km，承担着向川、渝、滇、黔三省一市的供气任务，是西南三省一市经济发展的命脉。表 9.2-10 列出了 1969 年~1990 年四川天然气管道事故统计结果。

表9.2-10 1969年~1990年四川天然气管道事故统计

事故原因	事故次数	事故率(%)
腐蚀	67	43.22
其中：内腐蚀	(46)	(29.67)
外腐蚀	(21)	(13.55)
施工和材料缺陷	60	38.71
其中：施工质量	(41)	(26.45)
制管质量	(19)	(12.26)
不良环境影响	22	14.20
人为破坏及其他原因	6	3.87
合计	155	100

从表 9.2-10 中可以看出，在 1969 年~1990 年的 21 年间，四川输气管道共发生 155 次事故，其中腐蚀引发的有 67 次，占事故总数的 43.22%，是导致事故的

首要原因；施工和材料缺陷事故共有 60 次，占总数的 38.71%，仅次于腐蚀因素而列于事故原因的第二位；由不良环境影响而导致的事故有 22 次，占到事故总数的 14.20%，位居第三。从表中统计结果可以看出，在统计期间造成输气管道事故的主要原因分别是腐蚀、施工和材料缺陷及不良环境影响。这一统计结果与国外统计结果有相类似的地方，同样表明腐蚀及施工和材料缺陷是影响管道安全运行的主要因素。

表 9.2-11 给出了川渝南北干线净化气管道事故类型的统计数据。纳入统计的天然气管道事故是指由于各种原因导致管道破损、造成天然气泄漏并影响正常输气的意外事件。统计的输气管道为川渝南北干线净化气输送管道及其支线。其管径为 325mm~720mm，壁厚 6mm~12mm，运行压力 0.5MPa~6.4MPa，管道总长 1621km。

由表 9.2-11 统计结果显示，在 1971 年~1998 年间，川渝南北干线净化气输送管道中，因腐蚀引起的管道事故均居各类事故之首，共发生了 65 起，占全部事故的 44.8%；其次是材料失效及施工缺陷，次数与腐蚀事故相当，这两项占输气管道事故的 80%左右；由外部影响和不良环境影响而导致的事故各有 10 次和 5 次，分占事故总数的 6.9%和 3.4%，位居第三、四位。

表9.2-11 川渝南北干线净化气输送管道事故统计（1971年~1998年）

事故原因	事故次数				百分比（%）
	71~80（年）	81~90（年）	91~98（年）	合计	
局部腐蚀	12	37	16	65	44.8
管材及施工缺陷	32	19	12	63	43.5
外部影响	1	2	7	10	6.9
不良环境影响	1	3	1	5	3.4
其他	0	2	0	2	1.4
合计	46	63	36	145	100

从上两个表中统计结果可以看出，在统计期间造成输气管道事故的主要原因分别是腐蚀、施工和材料缺陷、外力及不良环境影响。这一统计结果与国外统计结果有相类似的地方，同样表明腐蚀及施工和材料缺陷是影响管道安全运行的主要因素。外力影响虽然比例不高，但有逐年上升的趋势，特别是第三者破坏即人为盗气造成的管道损伤。进入 90 年代以后，随着我国经济飞速发展，地方保护主义及社会环境的变化造成管道侵权事件频频发生，在管道上人为打孔盗油盗气的情况急剧上升，严重危害管道安全，并造成巨大的财产损失，已引起了人们的高度重视。面对第三者破坏愈演愈烈的情况，如何保证本项目不受或少受人为破坏就显得非常重要。

（5）国内外输气管道事故比较

1) 事故率

由于不同的国家对事故率的统计标准有一定的差异,而且在同一个国家也并不是所有的事故都能得到准确和及时的上报。欧洲、美国、前苏联地区的管道事故率对比见表 9.2-12。

表9.2-12 欧洲、美国、前苏联输气管道事故率对比

地区或国家	纠正的事故数(10^{-3} 次/(km·a))
欧洲	0.33
美国	0.17
前苏联	0.46

2) 事故原因

比较上述国家和地区输气管道的事故原因,发现尽管事故原因在不同国家所占比例不同,即引起事故的原因排序不同,但结果基本相同,即主要为外力影响、腐蚀、材料及施工缺陷三大原因。

在欧洲和美国,外部影响是造成管道事故的首要原因;在欧洲较小直径管道受外部影响的程度一直高于大直径管道,这主要与管壁厚度与管道埋深有密切关系,随着大直径管道建设数量的增多,外部影响造成的管道事故在欧洲已有所下降;在美国,外部影响造成的管道事故占到全部事故的 50%以上。前苏联外部影响造成的事故占总数的 16.9%,排在腐蚀原因之后,是第二位事故原因。从以上结果可以看出,外部影响是造成世界输气管道事故的主要原因。

比较结果也同时显示,在每年的管道事故中,腐蚀造成的事故比例也比较大。前苏联 1981 年到 1990 年期间因腐蚀造成的事故有 300 次,占全部事故 39.9%,居该国输气管道事故原因的首位;在美国,1987 年到 2006 年的统计数据中,腐蚀发生了 231 次,占总数的 20.3%,是造成事故的第三位原因;在欧洲,1970 年到 2004 年腐蚀事故率为 16.91%,事故原因排序与美国相同,排在外部影响和材料及施工缺陷之后,位居第三。加拿大的事故中,腐蚀是第一位的原因,所占比例有 45%,其中均匀腐蚀是 27%,应力腐蚀 18%。

材料失效和施工缺陷在美国和欧洲是事故原因的前几位的因素。在美国,材料缺陷或结构损坏引发的事故有 275 次,占全部事故的 24.2%;欧洲同类事故占总事故的 16%。在前苏联,因材料缺陷、焊接缺陷和施工缺陷导致的事故次数分别是 100 次(13.3%)、81 次(10.8%)和 82 次(10.9%),合计事故率为 35%,

超过了外部影响的比率（16.9%）。由此可见，材料失效和施工缺陷对管道安全运行的危害是比较大的。

9.2.4 事故发生概率

（1）溢油事故发生概率

根据 9.2.3.1 节分析，碰撞是引发溢油最重要的因素，62.62%的事故都是由碰撞引起的，其次为搁浅（7.48%），因此本项目只考虑碰撞事故引发的溢油环境风险，不考虑搁浅等其他因素引起的环境风险。

根据上海市海事局和浙江海事局发布的 2017 年至 2020 年，上海港和浙江海域进出港船舶总数见表 9.2-13，平均每年船舶进出港数量约为 5481836 艘次，结合 9.2.3.1 节年均碰撞事故 15 起，得到船舶碰撞事故概率基础值为 $15/5481836=2.73\times 10^{-6}$ 。

本项目铺管船 1 艘，运行期最多可停靠 26.6 万 m^3 LNG 船舶 1 艘，根据 9.2.3.3 节分析，碰撞导致溢油事故的比例约在 2.3%，则本项目与过往船舶碰撞导致本项目船舶发生溢油的概率为： $2.73\times 10^{-6}\times 2\times 2.3\%=1.26\times 10^{-8}$ 。

（2）与油轮碰撞导致油轮溢油的概率

根据《国家海底科学观测网项目东海海底观测子网工程航道通航条件影响评价报告》（上海中交水运设计研究有限公司，2020 年 12 月）中 2020 年 3 月（开渔期）和 6 月（禁渔期）工程海域船舶流量观测资料，本项目海域油轮占比约 12%，30 万吨油轮占比约 1%，假设进出港油轮中载油油轮数量为 1/2，则本项目船舶与 30 万吨载油油轮相撞并发生溢油的概率为 $2.73\times 10^{-6}\times 1\%\times 1/2\times 2.3\%=8.6\times 10^{-11}$ 。

因此，船舶发生碰撞后，本项目船舶发生溢油的概率最大，为 1.26×10^{-8} ，与 30 万吨载油油轮相撞并导致油轮发生溢油的概率为 8.6×10^{-11} ，概率太小，因此本项目溢油环境风险以本项目船舶发生溢油为最大可信事故。

表 9.2-13 2017-2020 年上海港船舶进出港艘次

	上海港船舶进出港艘次	浙江海域船舶进出港
2017	2930450	1541981
2018	3625636	1652376
2019	4111480	1827499
2020	4208988	2028937
总计	14876554	7050793

（3）LNG 船舶泄露事故概率

参考类似报告，从 1996 年至 2005 年每年的 LNG 船次大约为 700 次推算，自 1965 年至 2005 年，总船次为 30000 次，自 1965 年至 2005 年间发生 LNG 航运事故共 24 起，船只的事故概率为 $24/30000=8\times 10^{-4}/a$ ，24 起 LNG 的航运事故中有 11 起发生了 LNG 泄漏，其中 2000 年以后的有 2 次，其中 1 次是装船，1 次是卸船，则发生泄漏的概率约为 $4\times 10^{-4}/a$ 。类比分析，本项目 LNG 船舶发生 LNG 泄漏的事故概率为 4×10^{-4} ，以装船和卸船发生。

（4）管道和接收站 LNG 储罐泄露事故概率

管道和接收站 LNG 储罐泄露事故概率参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ139-2018）附录 E 中的概率。

表9.2-14 泄漏频率表

部件类型	泄漏模式	泄漏概率
反应器/工艺储罐/气体储罐/塔器	泄漏孔径为10mm孔径	$1.00\times 10^{-4}/a$
	10min内储罐泄漏完	$5.00\times 10^{-6}/a$
	储罐全破裂	$5.00\times 10^{-6}/a$
常压单包容储罐	泄漏孔径为10mm孔径	$1.00\times 10^{-4}/a$
	10min内储罐泄漏完	$5.00\times 10^{-6}/a$
	储罐全破裂	$5.00\times 10^{-6}/a$
常压双包容储罐	泄漏孔径为10mm孔径	$1.00\times 10^{-4}/a$
	10min内储罐泄漏完	$1.25\times 10^{-8}/a$
	储罐全破裂	$1.25\times 10^{-8}/a$
常压全包容储罐	储罐全破裂	$1.00\times 10^{-8}/a$
内径 $\leq 75\text{mm}$ 的管道	泄漏孔径为10%孔径	$5.00\times 10^{-6}/(\text{m}\cdot\text{a})$
	全管径泄漏	$1.00\times 10^{-6}/(\text{m}\cdot\text{a})$
$75\text{mm}<\text{内径}\leq 150\text{mm}$ 的管道	泄漏孔径为10%孔径	$2.00\times 10^{-6}/(\text{m}\cdot\text{a})$
	全管径泄漏	$3.00\times 10^{-7}/(\text{m}\cdot\text{a})$
内径 $> 150\text{mm}$ 的管道	泄漏孔径为10%孔径（最大50mm）	$2.40\times 10^{-6}/(\text{m}\cdot\text{a})$
	全管径泄漏	$1.00\times 10^{-7}/(\text{m}\cdot\text{a})$
泵体和压缩机	泵体和压缩机最大连接管泄漏孔径为10%孔径（最大50mm）	$5.00\times 10^{-4}/a$
	全管径泄漏	$1.00\times 10^{-4}/a$
装卸臂	装卸臂连接管泄漏孔径为10%孔径（最大50mm）	$3.00\times 10^{-7}/h$
	装卸臂连接管全管径泄漏	$3.00\times 10^{-8}/h$
装卸软管	装卸软管连接管泄漏孔径为10%孔径（最大50mm）	$4.00\times 10^{-5}/h$
	装卸软管连接管全管径泄漏	$4.00\times 10^{-6}/h$

本项目由于管线较长，以全管径泄漏作为管道的最大可信事故，发生全管径泄漏的概率为 $1.00\times 10^{-7}/(\text{m}\cdot\text{a})$ 。

接收站 LNG 储罐全破裂的概率为 $5.00\times 10^{-6}/a$ ，本次评价以 10min 内储罐泄漏完作为接收站的最大可信事故。

9.3 环境风险识别及事故情形分析

9.3.1 物品危险性识别

对照《危险化学品目录（2015 年版）》、《危险货物品名表》（GB12268-2012），本项目涉及到的危险物质为液化天然气（LNG，主要成分为甲烷）、施工船舶和运输船舶所使用的柴油，柴油为易燃液体，LNG 为易燃气体。

（1）天然气危险特性

LNG 属于液化烃，天然气经过低温液化后即得到液化天然气，其组成绝大部分为甲烷，液化天然气具有低温、易挥发、易燃易爆，并具有热膨胀性、汽化性、易扩散性以及静电荷集聚性。泄漏的天然气容易挥发，单位体积的液化天然气气化后，体积将扩大 625 倍，当天然气的体积浓度为 5%~14%时就可以被引燃或引爆。液化天然气属于低毒性物质，但空气中甲烷含量过高可使人因缺氧引发窒息。天然气具体特性如下：

易燃性：天然气中主要组份闪点低、最小点火能小、燃烧速率快，是燃烧危险性很大的货种。根据《石油化工企业设计防火规范》，天然气火灾危险等级为甲类。

易爆性：天然气能与空气形成爆炸性混合物，且爆炸极限范围宽，爆炸下限较低，由于本项目后期建设的管线设计压力高，为 9.0MPa，一旦发生泄漏，短时间内会有大量天然气泄漏到空气中，在特定条件下，在泄漏源周围有可能形成爆炸性天然气团，遇火源将发生爆炸甚至“爆轰”。

易扩散性：天然气中主要组份甲烷气体密度比空气小，泄漏后不易留在低凹处，有较好的扩散性。加之本项目后期建设的管线设计压力高、输送温度较低，一旦发生泄漏，泄漏的天然气将迅速扩散，并随空气流动，扩散距离远，扩散面宽，一处点燃波及一片，并向泄漏点扩散燃烧。

（2）丙烷

表 9.3-1 丙烷理化性质及危险特性表

物质名称：丙烷		英文名称：propane	
危险性类别：第 2.1 类易燃气体		危险货物编号：21011	UN 编号：1978
物化特性			
熔点（℃）	-187.6	沸点（℃）	-42.1
溶解性	微溶于水，溶于乙醇、乙醚。		
相对密度（空气=1）	1.56	饱和蒸气压（kPa）	53.32（-55.6℃）
燃烧热（kJ/mol）	2217.8		
相对密度（水=1）	0.58（-44.5℃）	外观与气味	无色气体，纯品无臭。

火灾爆炸危险数据					
闪点（℃）	-104	爆炸极限（%）	上限 9.5	下限 2.1	建筑火险分级甲
临界温度（℃）	96.8	临界压力（MPa）	4.25	燃烧性	本品易燃。
灭火剂	雾状水、泡沫、二氧化碳、干粉。				
灭火方法	切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭泄漏处的火焰。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。				
危险特性	易燃气体。与空气混合能形成爆炸性混合物，遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与氧化剂接触猛烈反应。气体比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇火源会着火回燃。				
反应活性数据					
稳定性：稳定	聚合危险性：不聚合	禁忌物：强氧化剂、卤素	有害燃烧产物：一氧化碳、二氧化碳。		
健康危害数据					
侵入途径	吸入、经皮吸收				
急性毒性	LD50	无资料	LC50	无资料	
健康危害					
本品有单纯性窒息及麻醉作用。人短暂接触 1%丙烷，不引起症状；10%以下的浓度，只引起轻度头晕；接触高浓度时可出现麻醉状态、意识丧失；极高浓度时可致窒息。					
泄漏紧急处理					
迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，并进行隔离，严格限制出入。切断火源。建议应急处理人员戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服。尽可能切断泄漏源。用工业覆盖层或吸附/吸收剂盖住泄漏点附近的下水道等地方，防止气体进入。合理通风，加速扩散。喷雾状水稀释、溶解。构筑围堤或挖坑收容产生的大量废水。如有可能，将漏出气用排风机送至空旷地方或装设适当喷头烧掉。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。					
运输注意事项：					
本品铁路运输时限使用耐压液化气企业自备罐车装运，装运前需报有关部门批准。采用钢瓶运输时必须戴好钢瓶上的安全帽。钢瓶一般平放，并将瓶口朝同一方向，不可交叉；高度不得超过车辆的防护栏板，并用三角木垫卡牢，防止滚动。运输时运输车辆应配备相应品种和数量的消防器材。装运该物品的车辆排气管必须配备阻火装置，禁止使用易产生火花的机械设备和工具装卸。严禁与氧化剂、卤素等混装混运。夏季应早晚运输，防止日光曝晒。中途停留时应远离火种、热源。公路运输时要按规定路线行驶，勿在居民区和人口稠密区停留。铁路运输时要禁止溜放。					
储存注意事项：					
储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不宜超过 30℃。应与氧化剂、卤素分开存放，切忌混储。采用防爆型照明、通风设施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。储区应备有泄漏应急处理设备。					
操作注意事项：					
密闭操作，全面通风。操作人员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。远离火种、热源，工作场所严禁吸烟。使用防爆型的通风系统和设备。防止气体泄漏到工作场所空气中。避免与氧化剂、卤素接触。在传送过程中，钢瓶和容器必须接地和跨接，防止产生静电。搬运时轻装轻卸，防止钢瓶及附件破损。配备相应品种和数量的消防器材及泄漏应急处理设备。					
包装类别：052					
包装方法：钢质气瓶。					
废弃处置：用焚烧法处置。					
急救措施					
皮肤接触					
眼睛接触					
吸入	迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。				
食入					
防护措施					
职业接触限值	中国 MAC(mg/m³)：未制定标准			前苏联 MAC(mg/m³)：300	
工程控制	生产过程密闭，全面通风。				
呼吸系统防护	一般不需要特殊防护，但建议特殊情况下，佩戴自吸过滤式防毒面具（半面罩）。				
身体防护	穿防静电工作服。	手防护	戴一般作业防护手套。	眼防护	一般不需要特殊防护，高浓度接触时可戴安全防护眼镜。
其 它	工作现场严禁吸烟。避免长期反复接触。进入罐、限制性空间或其它高浓度区作业，须有人监护。				

(2) 柴油风险性识别

柴油特性详见表 9.3-2。

表9.3-2 柴油理化性质、危险性、毒性一览表

物质	CAS	理化性质	急性毒性	生态毒性	危险性
柴油	68334-30-5	外观与性状：有色透明液体； 熔点（℃）：0； 沸点（℃）：30~208； 闪点（℃）：≥60； 饱和蒸气压（kPa）：5.5（-31.8℃）； 密度：0.84 g/cm ³ ； 相对蒸气密度（空气=1）：/； 分解温度（℃）：/； 引燃温度（℃）：/； 爆炸上限/下限（%（V/V））：1.5~4.5； 溶解性：难溶于水，易溶于醇和其他有机溶剂。	LD50>5000mg/kg（大鼠经口）	石油烃对浮游植物的 96h LC50 均值为 13.13 mg/L；对浮游动物的 96h-LC50 均值为 28.26 mg/L；对贝类的 96h-LC50 均值为 5.89 mg/L；对甲壳类的平均 96h-LC50 均值为 4.65 mg/L；对鱼类的 96h-LC50 为 19.32mg/L。	3 易燃液体

9.3.2 生产过程危险性识别

(1) 溢油事故环境风险

由于本项目管道路由与临港主航道、洋山西航道交越，施工船舶将在施工时增加航道区船舶密度，加大了船舶碰撞等事故发生机率，存在施工船舶操作不当引起的船舶碰撞溢油事故环境风险。

运行期 LNG 船舶进行靠离泊及掉头作业时，需要拖轮进行协助，正常航行时采用自航方式，拖轮监护。船舶在靠、离码头过程中，由于操作不当，造成船体与码头相撞，或在码头前沿水域或者在航道上航行过程中，项目船舶与其它船舶发生碰撞，造成燃料油泄漏。

(2) 天然气泄漏事故

船舶在靠、离码头过程中，由于操作不当，造成船体与码头相撞，或在码头前沿水域或者在航道上航行过程中，项目船舶与其它船舶过往船舶发生碰撞，造成天然气泄漏；LNG 运输船上管道阀门、法兰、接口等发生破损，装卸作业过程中可能由于操作过失或设备故障，均可能会导致泄漏事故发生。

输气管道腐蚀、材料缺陷导致破损、遭到第三方破坏、地基位移或误操作等均可能引起输气管道发生泄漏事故。

(3) 天然气火灾爆炸事故

泄漏后的天然气在遇到明火源时会发生火灾爆炸事故，主要类型包括：天然

气泄漏到地面或水面上形成液池后，被点燃产生的池火；天然气管道因介质泄漏而被点燃产生的喷射火；天然气泄漏后经蒸发、扩散，在开阔地带形成可燃性蒸气云，然后遇到点火源而引发的闪火；障碍/密闭空间内 LNG 蒸气云被点燃产生的蒸气云爆炸事故；高压天然气管线等由于外部火灾烘烤或其他原因，猛然破裂时可能引发的火球（BLEVE）事故等。

9.3.3 风险物质扩散途径的识别

根据项目物质危险性识别、生产系统危险性识别以及事故资料统计，本项目危险物质在事故情形下对环境的影响途径：船舶柴油泄漏污染事故主要是柴油直接泄漏入海，对海洋生态环境和水质环境产生影响。本项目泄漏产生的天然气和燃烧后产生的 CO 为气态污染物，进入大气环境，通过大气扩散对周围大气环境造成危害。

9.3.4 风险识别结果

根据上述风险识别，本项目环境风险主要考虑施工期和运行期船舶柴油泄漏发生溢油、接收站和码头发生 LNG 泄漏、泄漏的天然气遇明火发生火灾爆炸引发的伴生污染物的影响。本项目环境风险识别汇总如下：

表 9.3-3 建设项目环境风险识别表

序号	风险源	主要风险物质	环境风险类型	环境影响途径	可能受影响的环境敏感目标
1	施工船舶	轻质柴油	泄露	直接进入海水水体	海水水质
2	运行期 LNG 运输船舶	重质柴油	泄露	直接进入海水水体	海水水质
3	LNG 运输船舶、接收站储罐、管道	天然气	泄露及火灾爆炸引起的次生环境风险	大气	周边居民区

9.3.5 环境风险事故情形分析

本项目最主要的环境风险类型主要包括：海上施工船舶碰撞引起的燃料油泄漏，运行期 LNG 船舶或拖轮与其他船舶发生碰撞引起的溢油事故环境风险，以及运行期 LNG 泄漏发生火灾、爆炸风险。

（1）大气环境风险事故情形设定

码头前沿及码头引桥根部均设置有快速切断阀，事故泄漏后，可确保事故后

30 秒内自动切断阀门，LNG 泄漏量按最不利的卸船过程中发生装卸臂脱落或管线断裂事故，按照最大装卸效率考虑为 $3000\text{m}^3/\text{h}$ ，LNG 密度为 $430\text{kg}/\text{m}^3$ ，因此 LNG 单船最大卸船效率为 $1290\text{t}/\text{h}$ 。按 30s 考虑，泄漏总量约为 10.75t ，考虑包括气动阀门到装卸臂之间 LNG 的热量蒸发和质量蒸发过程，持续时间约 15min 。

（2）溢油风险事故情形设定

本项目施工期采用的吨位最大船舶为 5000t ，根据《船舶污染海洋环境风险评价技术规范》，非邮轮船舶燃油最大携带量可使用船舶总吨推算，一般可取船舶总吨的 $8\%\sim 12\%$ （本评价按照 10% 计算）。根据《船舶工业统计报表制度》附录三载重吨与总吨转换系数表和方法， 5000t 级以下散货船的转换系数为 0.76 。按满载考虑， 5000t 级自航甲板驳船实际载油量约为 380t ，按拥有 4 个油舱考虑，单舱最大载油量为 95t 。本项目施工期溢油风险按 100t 考虑。

考虑到本项目管道施工穿越临港主航道和洋山西航道，考虑到临港主航道与洋山西航道距离较近，且临港主航道船舶进出更为频繁，因此施工期溢油风险预测的溢油点选择在管道路由与临港主航道交越处，溢油量取 100t 。

运行期 LNG 船设计船型为 15 万吨，最大载油量为 800t ，含 5 个油舱，单舱最大载油量为 200t 。正常情况下，LNG 船采用自航，由于 LNG 船受风面积大，风压影响大，为保证船舶进出港及靠离泊安全，船舶进行靠离泊及掉头作业时，需要拖轮进行协助，拖轮为 2 艘 5000HP 和 3 艘 4000HP ，载油量均远小于 LNG 的最大载油量。因此，运行期最大可信事故考虑期 LNG 船溢油事故，溢油量取 200t ，溢油点位置取在洋山港主航道最靠近码头处，见图 9.2-1。

9.4 溢油环境风险事故影响预测分析

9.4.1 预测模型

海上溢油的扩散行为受气象条件和潮流特征等环节条件以及溢油本身化学性质的影响，会经历拓展、漂移及风化等复杂过程。溢油刚发生时，油膜主要在海中进行扩展过程，持续时间较短，随后在海中进行漂移和风化过程，持续时间较长。目前对溢油数值模拟研究的方法基本有两种，一种是基于对流扩散方程，将油膜视作一般污染物；另一种是“油粒子”模型，采用拉格朗日随机走动法和粒子云团来描述溢油过程。“油粒子”模型将油膜分散成大量油粒子，油膜视为这些“油粒子”组成的粒子云团，该方法可以较好地反应海上溢油在各种

环境因素影响下的行为情况，目前在溢油研究中被广泛使用。

本次计算采用丹麦水利研究所 DHI 开发的 MIKE21/3 OS 模块进行溢油的数值模拟，其基本原理是基于拉格朗日体系，模拟溢油在海水中的扩展、漂移、风化等过程，并且能全面反应油膜的漂移轨迹、扫海面积以及溢油物理化学属性的改变情况，是国际上应用较广的溢油预测模型模拟系统之一。

在模型中油被分为两部分：轻质挥发部分(分子量小于 160g/mol，沸点小于 300°C)和重质部分(分子量大于 160g/mol，沸点 300°C 以上)，石蜡和沥青作为油中的特殊成分，不参与降解、蒸发和溶解过程。模型中油被离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，每个粒子都在模型被单独计算。溢油发生后，油残留物的化学组分变化是物理和生物过程的结果、这通常称为油的风化过程，在模型中油的风化过程主要包括蒸发、扩散、乳化、溶解、沉降、感光氧化和生物降解等，过程示意图见图 9.4-1。

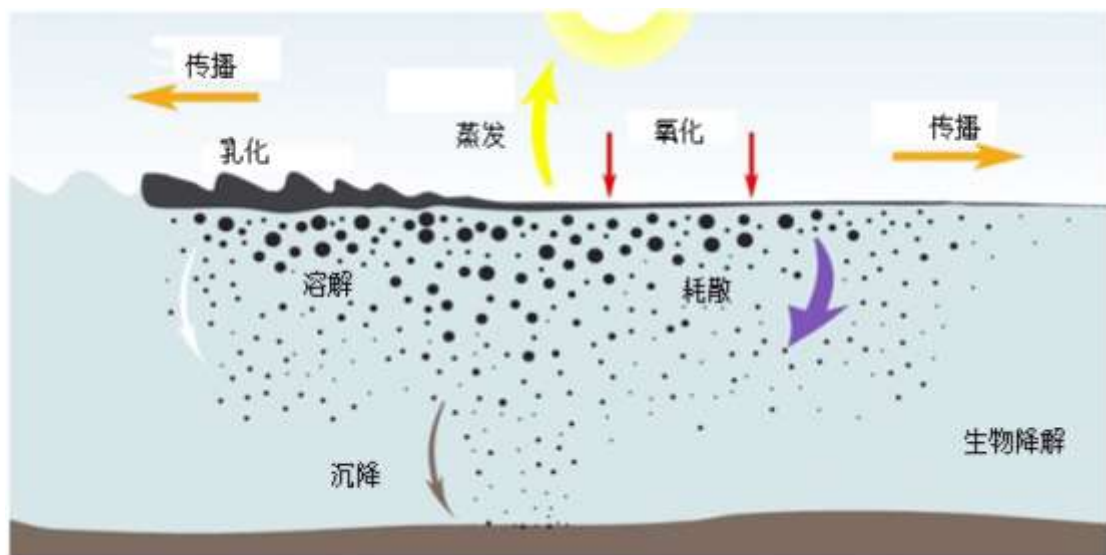


图 9.4-1 溢油风化过程示意图

（1）扩展过程

溢油的扩展过程主要受重力、粘力和表面张力的影响。模型采用的是修正的 Fay 重力-粘性力公式计算油膜的扩展过程：

$$\frac{dA_0}{dt} = K_a A_0^{1/3} \left(\frac{V_0}{A_0} \right)^{4/3}$$

$$V_0 = R_0^2 \pi h_0$$

式中， A_0 为油膜扩展面积， V_0 为溢油体积， K_a 为系数， h_0 为油膜初始厚度，取 10cm， t 为时间。

（2）漂移过程

“油粒子”模型将漂移过程分为对流和紊动扩散两个主要过程，在每个计算步长内，油粒子的变化都是这两个过程综合作用下的结果。

1、对流过程

油粒子在潮流和风力的作用下产生对流位移，可以表示为：

$$U_p = U_s + C_w \cdot U_w \cdot \sin(\theta - \pi + \theta_w)$$

$$V_p = V_s + C_w \cdot U_w \cdot \cos(\theta - \pi + \theta_w)$$

式中， U_p 、 V_p 分别为油粒子在 x 、 y 方向的对流移动分速度； U_s 、 V_s 分别是表面流速在 x 、 y 方向的分速度； U_w 为海面上 10m 处的风速； θ 为风向角； C_w 为风漂移系数，一般取值为 0.03~0.04 之间，本模型取值为 0.03； θ_w 为风偏转角，可表示为：

$$\theta_w = \beta \exp\left(\frac{\alpha |U_w|^3}{g \gamma_w}\right)$$

其中， $\alpha = -0.3 \times 10^{-8}$ ； $\beta = 28.38'$ ； g 为重力加速度； γ_w 为运动粘度。本模型取模型默认值， $\theta_w = 28^\circ$ 。

2、紊流扩散过程

每个油粒子的空间是由水流的随机脉动所导致的，对于二维的情况，可以将随机走动的距离形式表示为：

$$\Delta S_\alpha = R \cdot \sqrt{6D_\alpha \cdot \Delta t}$$

其中 ΔS_α 为在 α 方向上的一个时间步长内可能扩散走动的距离， D_α 为 α 方向上的扩散系数， R 为 -1 到 1 的随机数。

（3）溢油风化过程

溢油的风化包括蒸发、乳化以及溶解等过程。其过程十分复杂，与溢油自身属性、温度、风、阳光等许多因素有关。

1、蒸发过程

油类蒸发指液态的石油烃变成气态造成油膜与空气间进行物质交换的过程，油类的蒸发受油品本身及环境因素影响，油品本身性质决定着油类在水中的蒸发率，油膜厚度、风场及温度、水温、风速计太阳辐射等因素也影响着油类的蒸发。油膜蒸发是风化过程的主要部分，大多数原油的蒸发量可达 40%，蒸发数量一

般占总溢油量的 20%~40%。蒸发率由下式表达：

$$N_i^e = K_{ei} \cdot P_i \cdot \frac{M_i}{\rho_i} / (RT)$$

式中： N_i^e 为蒸发率， P 为蒸汽压， i 为不同的油组分， R 为气体常数， K_{ei} 为物质传输系数， M 为分子量， T 为温度， ρ 为油组分密度， K_{ei} 由下式估算：

$$K_{ei} = K \cdot A_0^{0.045} \cdot Sc_i^{-2/3} \cdot U_w^{0.78}$$

其中， K 为蒸发系数， Sc 为蒸汽 Schmidt 数，模型取 2.7。

2、乳化过程

乳化是油与水经过扰动作用后混合在一起，油膜被打碎成油滴不断向水体运动，同时卷吸海水形成黑褐色的乳化物。这种乳化物可以长期漂浮于海上，体积、粘度和比重都比原来大得多，这是由于其吸收了大量海水的原因。溢油的乳化会极大影响到扩散、蒸发等其它过程，严重地妨碍了溢油的清理工作。溢油的乳化受油膜厚度、水流紊动作用以及环境条件等的影响。

油膜的乳化包括形成水包油型及油包水型两个物化过程。在溢油发生最初的时刻，扩散是最主要的运动方式，由于其是一种物理过程，油膜在自身伸展压缩运动及水流和风浪的扰动下破碎，将油膜分散成各种粒径的油滴，油滴进入水中，形成水包油型乳化。从油膜中扩散到水中的油量损失可由下式计算：

a. 形成水包油乳化物的过程

溢油在海上的扩散过程中，水流的紊动作用将油膜打碎成油滴，油滴分散到水体后进而形成了水包油的乳化物。这些乳化物表面化学性质稳定，可以防止油滴返回油膜。在静风条件下油膜的伸展压缩运动是主要的分散作用力，而在大风的情况下波浪破碎是主要因素。溢油的损失量计算为：

$$D = D_a + D_b$$

$$D_a = \frac{0.11(1+U_w)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_0 h_s \gamma}$$

式中， D_a 为油类进入到水中的分量， D_b 为进入水体后没有返回的分量， μ_0 为油的粘度， γ 为油和水的表面张力。

油粒子返回油膜速率为：

$$\frac{dV_0}{dt} = D_a (1 - D_b)$$

b. 形成油包水乳化物的过程

当水进入油类中，形成油包水型乳化，会增加油类的含水率。油类含水率变化由下式得出：

$$\begin{aligned} \frac{dY_w}{dt} &= R_a - R_b \\ R_a &= K_a (Y_w^{\max} - Y_w) \frac{(1 + U_w)}{\mu_0} \\ R_b &= K_b Y_w \frac{1}{A_s \cdot \mu_0 \cdot W_a} \end{aligned}$$

其中， R_a 、 R_b 分别为水的吸收速率和释放速率， A_s 为溢油的沥青含量， W_a 为溢油的石蜡含量， Y_w 为乳化物含水率， $Y_w^{\max}$ 为最大含水率， K_a 、 K_b 分别为吸收系数和释放系数。 $Y_w^{\max}$ 取值为 0.75。

3、溶解

溢油有微弱的溶于水的特性，主要是低碳的轻油组分溶解于水。在整个溢油扩散的过程中其溶解量通常不会超过溢油总量的 1%，可以忽略不计。但考虑到溶解于水中的溢油具有一定的毒性，溢油扩散数值模拟中需要进行溶解量的计算。

溶解率可表示为：

$$\begin{aligned} \frac{dV_{di}}{dt} &= K_{di} \cdot X_i \cdot C_i^s A_0 \frac{M_i}{\rho_i} \\ K_{di} &= 2.36 \cdot 10^{-6} e_i \\ e_i &= \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \end{cases} \end{aligned}$$

其中， V_{di} 为溢油溶解量， K_{di} 为溶解传质系数， X_i 为摩尔分数， C_i^s 为溶解度， M 为摩尔质量。

（4）溢油物理化学性质的变化

进入水体的溢油的物理化学性质会随着乳化和蒸发等过程的进行而不断地发生变化。在“油粒子”模型中，溢油的浓度和厚度都以粒子的体积以及网格面积表示。本模型考虑了溢油的密度、粘度和热容量的变化。

施工期溢油具体参数设置见表 9.4-1。

表9.4-1 溢油模型参数设置表

参数名称	取值	说明
溢油类型	柴油	
源强	100t	
轻组分油密度	755kg/m ³	
重组分油密度	940kg/m ³	
水的运动粘性系数	1.14e ⁻⁰⁰⁶ m ² /s	
20℃下油的动力粘度	1.4cP	
风漂移系数 Cw	0.03	对流过程
风偏向角 θw	28°	对流过程
乳化率	2.1e ⁻⁰⁰⁶ s/m ²	乳化过程
油的乳化物最大含水率 Ywmax	0.75	乳化过程
吸收系数 Ka	5e ⁻⁰⁰⁷	乳化过程
释出系数 Kb	1.2e ⁻⁰⁰⁵	乳化过程
传质系数 K _{di}	2.36e ⁻⁰⁰⁶	溶解过程
蒸发系数 K	0.06	蒸发过程
蒸汽 Schmidt 数 Sc	2.7	蒸发过程
油品组分	轻组分油（重量低于 160 克/摩尔，沸点远低于 300 摄氏度）	50%
	重组分油（重量超过 160 g / mol，沸点高于 300℃）	40%
	油中的蜡质（保守）	8%
	油中沥青质含量（保守）	2%

运行期溢油具体参数设置见表 9.4-2。

表9.4-2 溢油模型参数设置表

参数名称	取值	说明
溢油类型	重质柴油	
源强	200t	
轻组分油密度	755kg/m ³	
重组分油密度	940kg/m ³	
水的运动粘性系数	1.14e-006m ² /s	
20℃下油的动力粘度	1.4cP	
风漂移系数 Cw	0.03	对流过程
风偏向角 θw	28°	对流过程
乳化率	2.1e-006 s/m ²	乳化过程
油的乳化物最大含水率 Ywmax	0.75	乳化过程
吸收系数 Ka	5e-007	乳化过程
释出系数 Kb	1.2e-005	乳化过程
传质系数 K _{di}	2.36e-006	溶解过程
蒸发系数 K	0.06	蒸发过程
蒸汽 Schmidt 数 Sc	2.7	蒸发过程
油品组分	轻组分油（重量低于 160 克/摩尔，沸点远低于 300 摄氏度）	40%
	重组分油（重量超过 160 g / mol，沸点高于 300℃）	50%
	油中的蜡质（保守）	8%
	油中沥青质含量（保守）	2%

9.4.2 溢油源强及位置

根据 9.3.5 环境风险事故情形分析，施工期溢油风险预测的溢油点选择在管道路由与临港主航道交越处，溢油量取 100t。运行期溢油风险预测的溢油点选择在洋山港主航道最靠近码头处，溢油量取 200t。见图 9.2-1。

9.4.3 溢油计算工况

溢油形式主要分为瞬时和连续溢油，一般而言，溢油量的 10%为瞬时溢油，90%为连续溢油。结合本项目实际情况，预测以燃料油作为油品的主要代表，考虑连续 1h 溢油的情况，以大潮作为主要的潮流形式。

溢油期间，风作用不可忽略，因而计算工况需考虑风向、风速的影响。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T 1143-2017），溢油计算工况通常需考虑冬季主导风、夏季主导风以及不利风向，主导风向风速取年平均风速。工程海区风向季节变化明显，每年 4~8 月以 SE 向风为主，9 月~翌年 2 月以 N 向风为主，3 月份因冷、暖空气交替频繁，以 SE 和 N 风为主。年平均风速取 5.5m/s，不利风向考虑溢油点与敏感目标相对位置设置，具体见表 9.4-3。

表9.4-3 溢油计算工况

工况	溢油发生时刻	溢油点	风速(m/s)	风向	备注
工况 1	涨憩	溢油点 1	5.5	SE	常规工况
工况 2	落憩				
工况 3	涨憩			N	
工况 4	落憩				
工况 5	涨憩	溢油点 2	5.5	SE	
工况 6	落憩				
工况 7	涨憩			N	
工况 8	落憩				
工况 9	涨憩	溢油点 1	13.8	SW	针对大戢洋产卵场保护区的不利工况
工况 10	落憩	溢油点 1		ENE	针对王盘山重要渔业海域、九龙山重要滨海旅游区的不利工况
工况 11	涨憩	溢油点 2		NW	针对岱衢洋重要渔业海域、大长涂旅游休闲娱乐区、秀山东南湿地的不利工况
工况 12	落憩	溢油点 2		NNE	针对双合山旅游休闲娱乐区、五峙山鸟岛省级海洋自然保护区的不利工况
工况 13	涨憩	溢油点 2		W	针对徐公岛旅游休闲娱乐区、白节山群岛旅游区、泗礁重要滨海旅游区等的不利工况

9.4.4 溢油计算结果

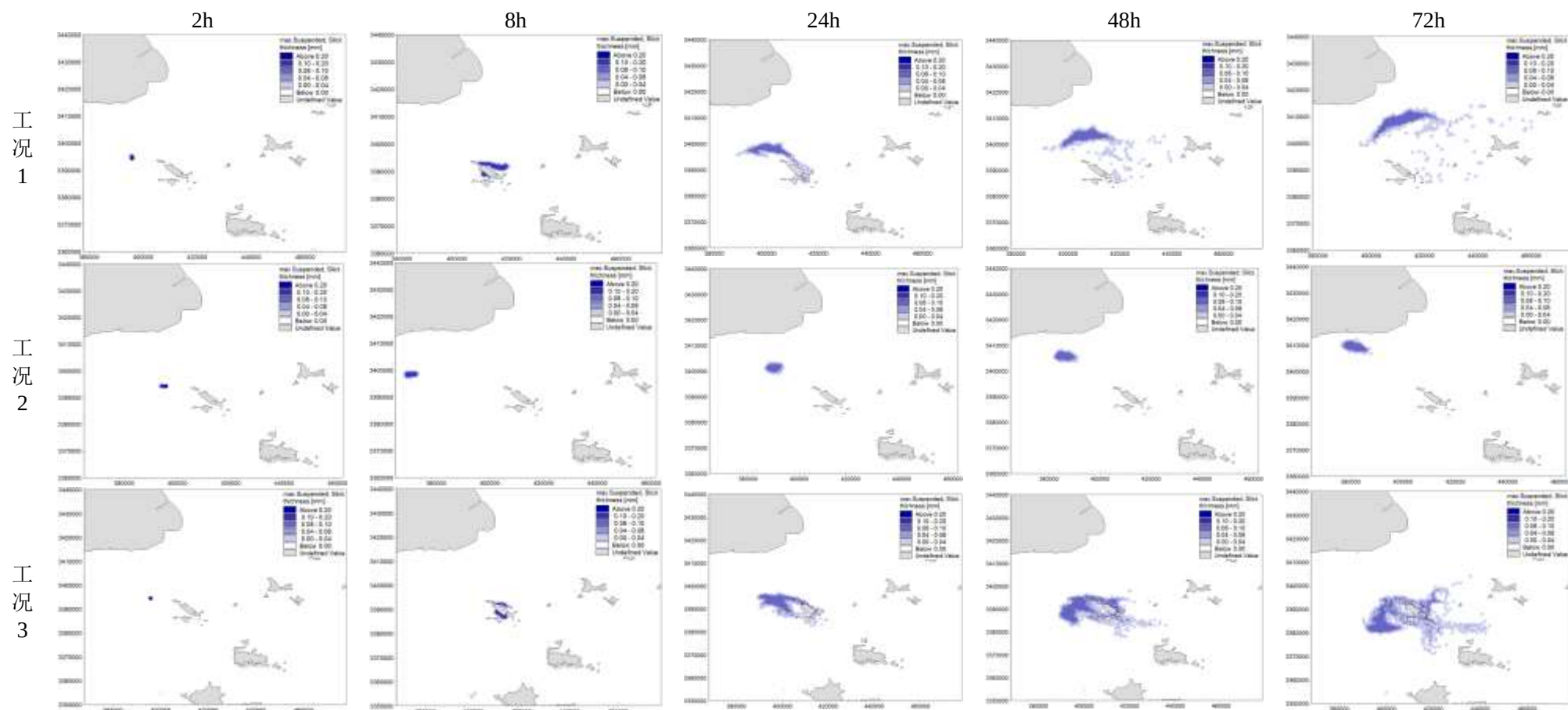
根据各种工况计算的结果，表 9.4-4 给出了各种工况下溢油发生后各时刻油膜面积及 72h 油膜总扫海面积，表 9.4-5 给出了各种工况下油膜最大漂移距离，图 9.4-2 给出了各工况下典型时刻油膜扫海范围，图 9.4-3 给出了各工况下油膜 72h 的运动轨迹图。

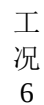
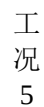
表9.4-4 油膜扫海面积随时间变化 单位: km²

工况时间/h	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	工况 9	工况 10	工况 11	工况 12	工况 13
2h	1.63	2.29	1.18	2.28	3.38	5.47	3.59	5.13	2.07	2.77	3.41	5.13	3.33
8h	21.05	9.02	13.42	9.60	29.08	38.70	28.38	35.16	8.65	10.08	24.18	33.90	26.16
24h	52.97	19.67	91.58	26.49	107.24	100.44	64.55	109.79	16.09	24.08	67.11	64.66	130.64
48h	74.22	25.65	174.90	44.83	276.83	132.02	137.08	185.45	14.50	38.90	124.53	120.77	295.07
72h	90.00	29.49	219.09	51.13	373.56	154.06	178.92	259.26	14.39	48.86	198.63	180.91	363.97
72h 总扫海面积	1585.93	476.22	1406.87	383.41	2220.87	2241.84	1291.70	1523.67	479.11	386.49	1578.34	923.59	2184.53

表9.4-5 油膜最大漂移距离 单位: km

工况时间/h	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	工况 9	工况 10	工况 11	工况 12	工况 13
72h 最大漂移距离	70.60	32.22	58.46	36.54	61.77	64.53	52.32	40.72	46.84	57.94	75.75	51.73	66.61

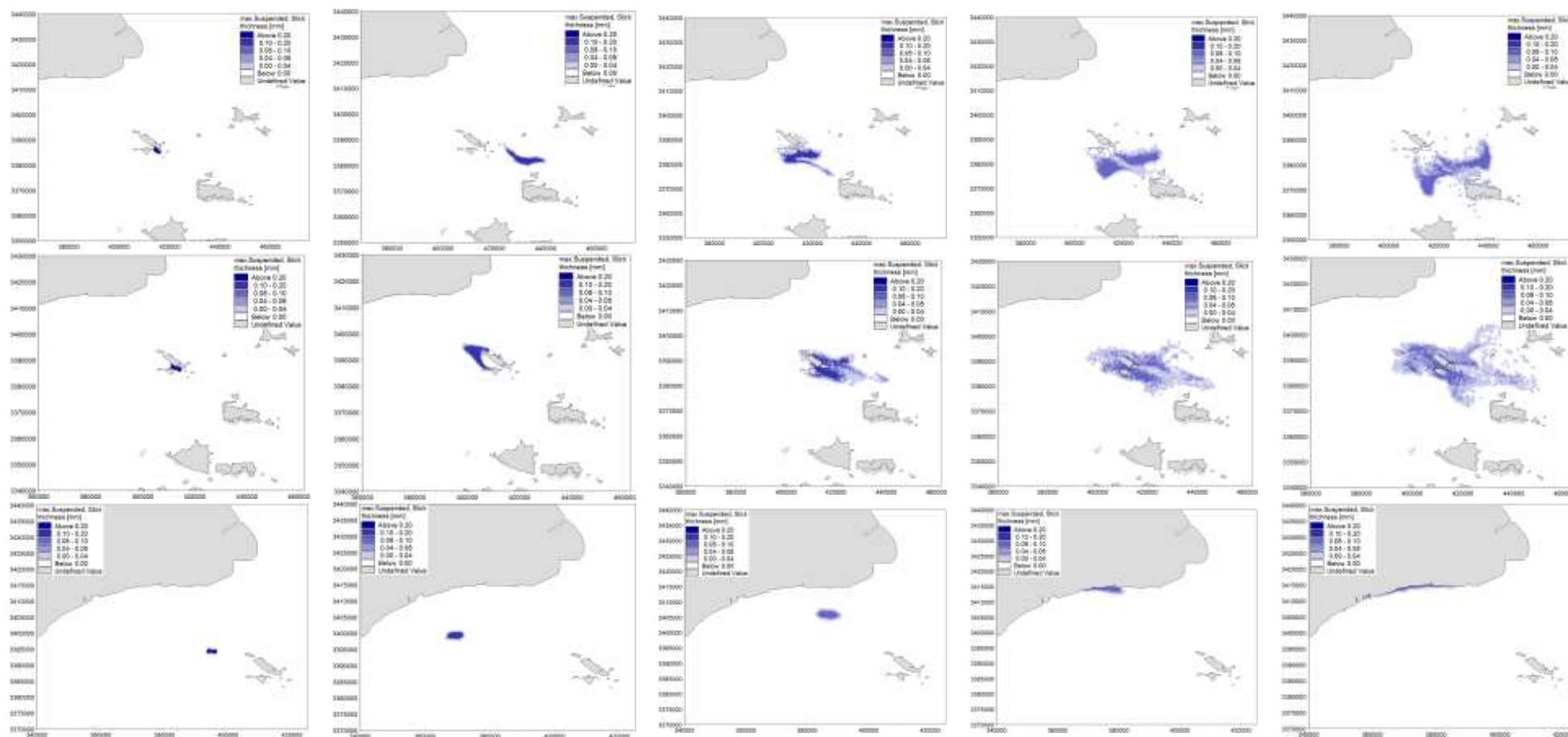




工况 7

工况 8

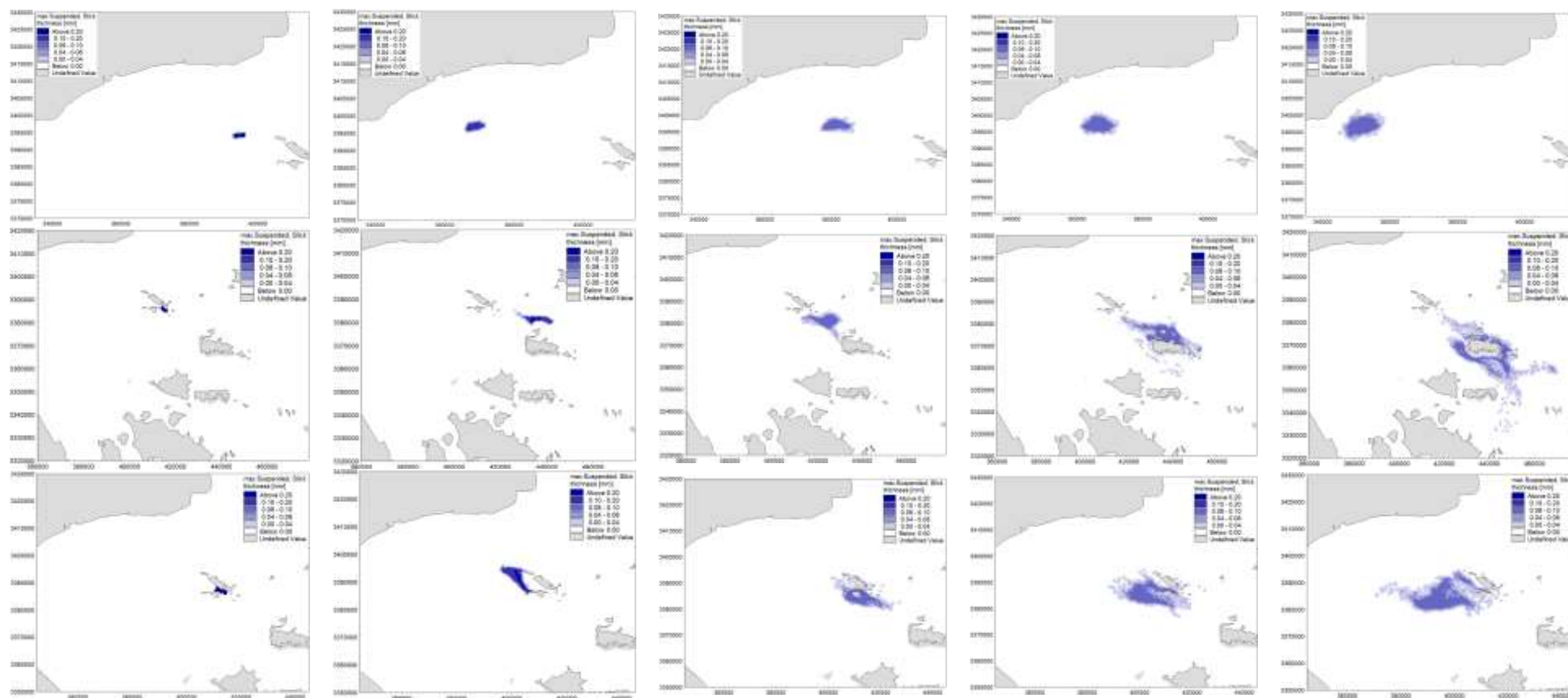
工况 9



工况 10

工况 11

工况 12



工况
13

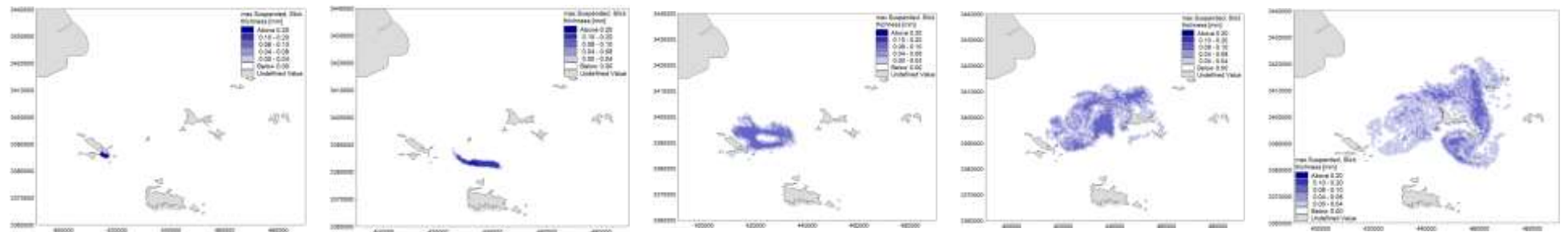
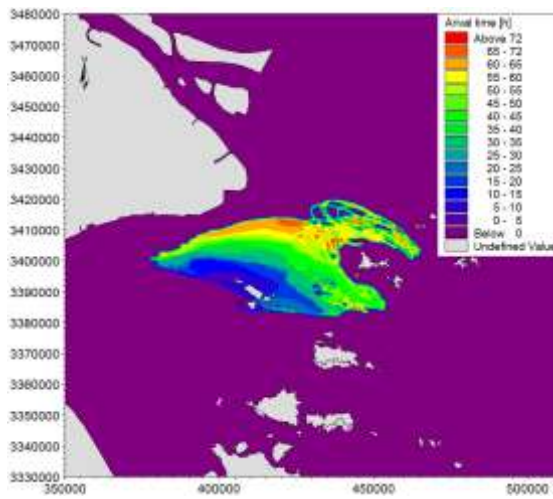
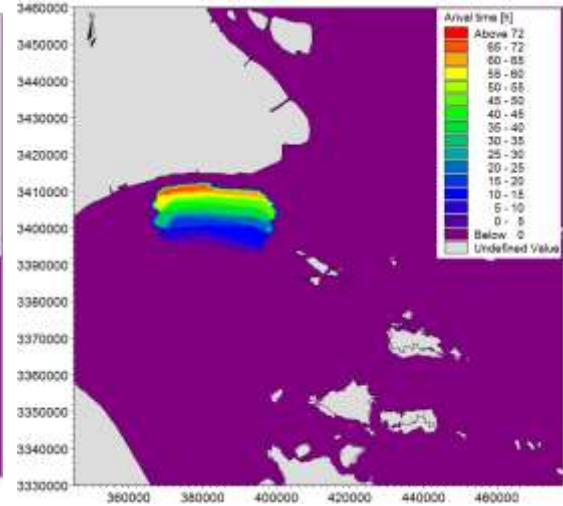


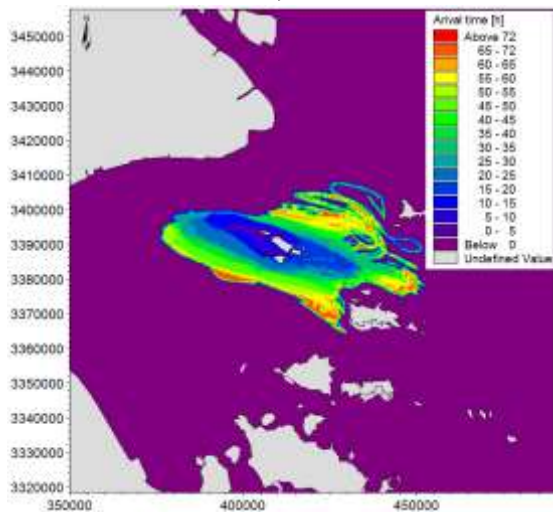
图 9.4-2 各种工况下典型时刻油膜瞬时运动分布图



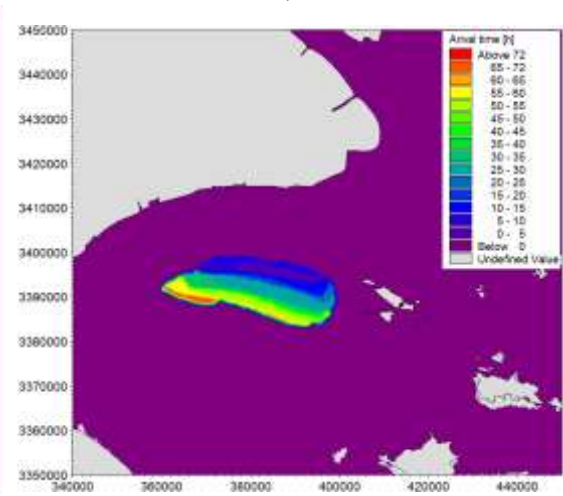
工况 1



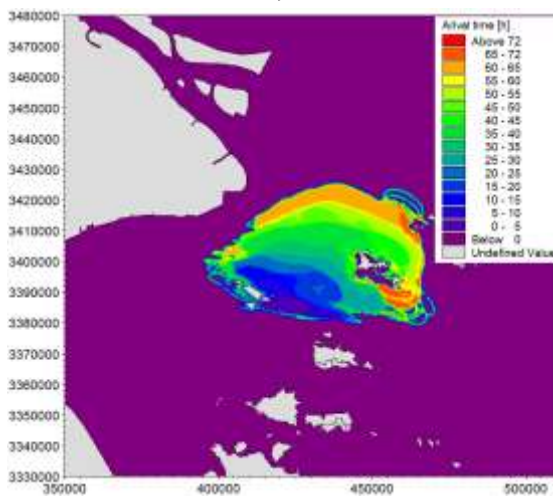
工况 2



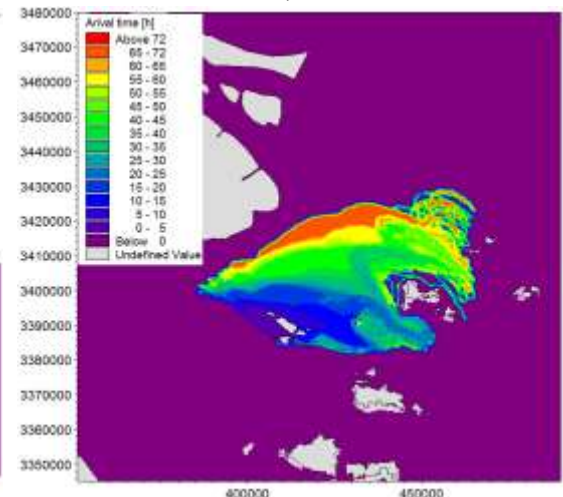
工况 3



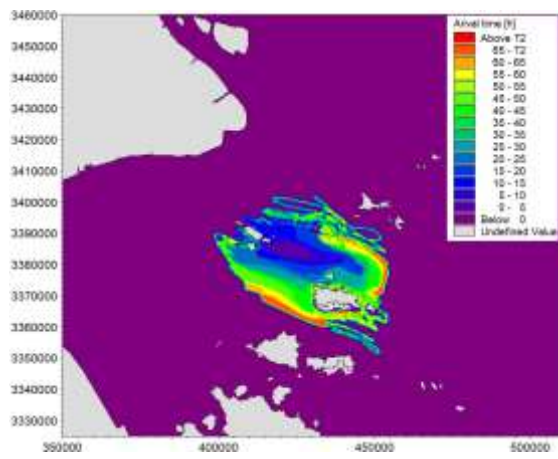
工况 4



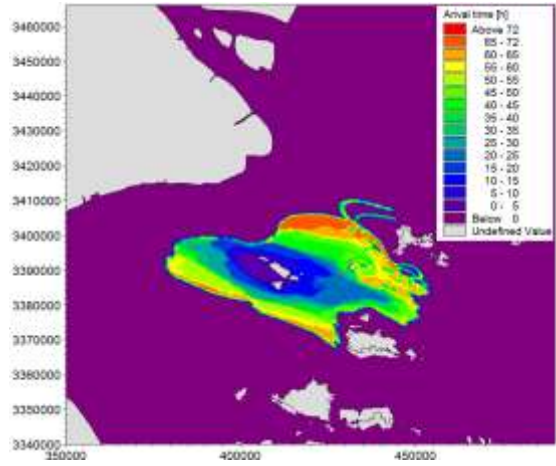
工况 5



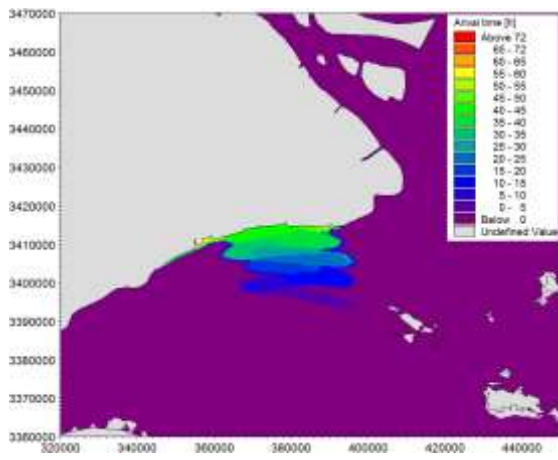
工况 6



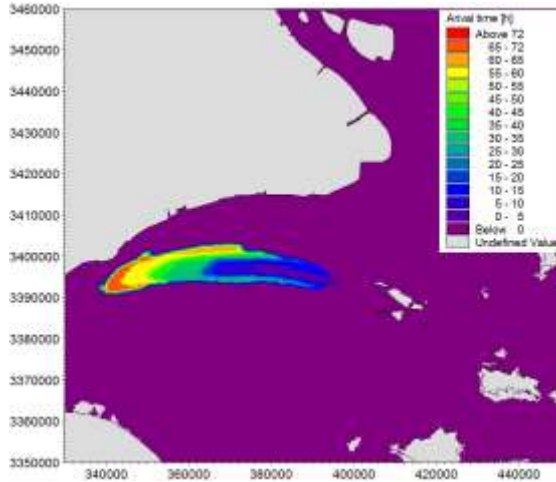
工况 7



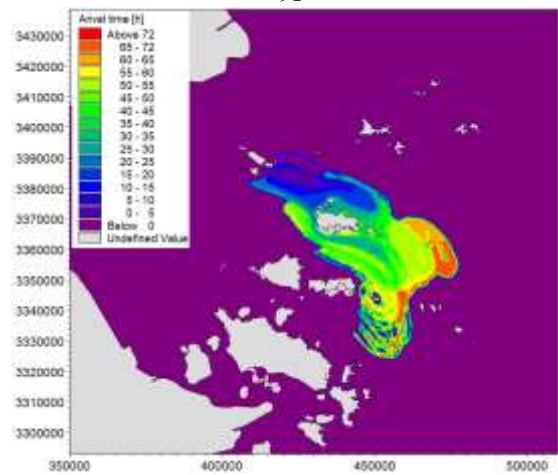
工况 8



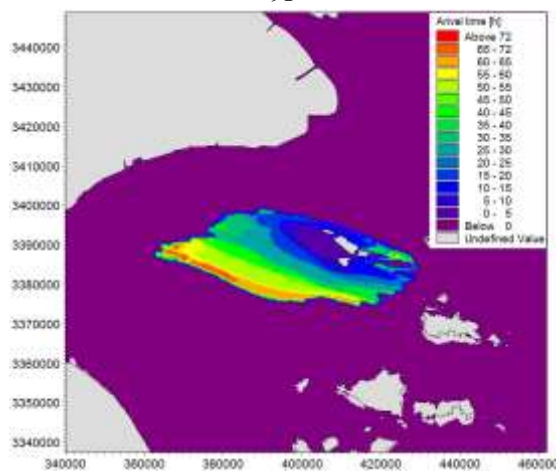
工况 9



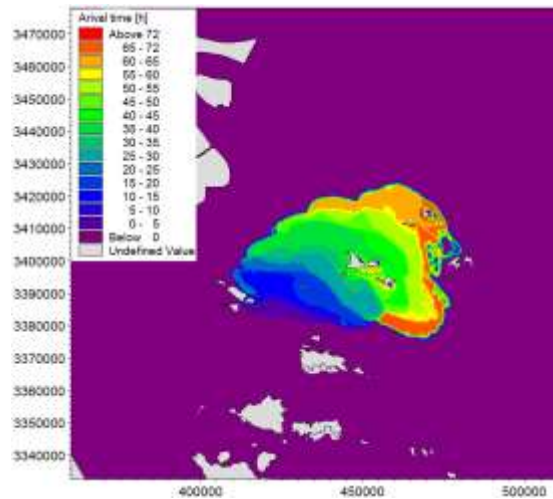
工况 10



工况 11



工况 12



工况 13

图 9.4-3 各工况条件下 72h 油膜运动轨迹

（1）溢油计算结果影响分析

从各工况油膜运动轨迹图可以看出，不同风向对油膜运动轨迹和扩散面积影响十分明显。

常规工况条件下，风速相对较小。溢油发生后，在常风向北风作用下，油膜主要受潮流影响作往复运动，同时受风的影响，整体向风的方向漂移。

不利工况条件下，风速较大，达到13.8m/s。在涨落潮流和风速作用下油膜扩散距离较远。

（2）溢油对各敏感区影响分析

本项目海域周边的敏感目标有海洋保护区、旅游休闲娱乐区、农渔业区等敏感目标，一旦发生溢油事故将会对这些区域发生不利影响，通过分析溢油各种工况下的计算结果，给出了溢油发生后油膜到达敏感地区的时间，具体见表9.4-6。

由于溢油点位于嵊泗农渔业区，一旦发生溢油事故，将首先对渔业区产生影响；在不利风况及潮型条件下，溢油事故发生后，油膜到达杭州湾捕捞区的最短时间约为2.5h，到达白节山群岛旅游区、徐公岛重要滨海旅游区、大戢洋产卵场保护区的最短时间分别约为12h~17h。因此，由于本项目周边海洋保护区及旅游休闲娱乐区较多，溢油风险敏感目标较多，发生溢油事故后，油膜在较短的时间内可到达周边敏感目标，溢油事故的应急处置工作难度较大。因此，应严格加强施工期施工船舶和运行期运输船舶的安全管理，杜绝事故的发生。同时要加强突发事件的风险防范和应急处置能力建设，一旦发生溢油事故，应尽快采取阻拦措施，并组织人员进行油品的回收工作，尽量减小污染。

表9.4-6 溢油对敏感目标的影响

序号	敏感目标	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8	工况 9	工况 10	工况 11	工况 12	工况 13
1	嵊泗农渔业区	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h
2	大戢洋产卵场保护区	16h	/	49h	/	15h	17h	60h	41h	/	/	/	/	22h
3	徐公岛重要滨海旅游区	30h	/	29h	/	16.5h	12h	17h	23h	/	/	17h	/	15h
4	泗礁重要滨海旅游区	/	/	/	/	39h	65h	/	/	/	/	/	/	33h
5	白节山群岛旅游区	41h	/	54h	/	18h	21h	29h	57h	/	/	/	/	17h
6	王盘山重要渔业海域	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7	九龙山重要滨海旅游区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	五峙山鸟岛省级海洋自然保护区实验区/五峙山鸟岛省级海洋自然保护区核心区和缓冲区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
9	双合山旅游休闲娱乐区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	岱衢洋重要渔业海域	/	/	/	/	/	/	54h	/	/	/	30h	/	/
11	大长涂旅游休闲娱乐区	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12	秀山东南湿地	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

9.4.5 溢油事故对海洋生态和渔业影响分析

溢油事故发生后，油品在发生湍流扰动下形成乳化水滴进入水体，将会对海洋生态和渔业资源造成危害。主要体现在以下几个方面的影响：

（1）对鸟类的危害

海面上的溢油对鸟类的危害最大，尤其是潜水摄食的鸟类。这些鸟类接触到油膜后，羽毛会因浸吸油类而失去防水、保温能力，丧失飞行和游泳能力。鸟类还会因摄取溢油而造成内脏的损伤，最终因饥饿或中毒死亡。在溢油事故发生时海鸟所受的危害是相当严重的（张舒，2011；吴传雯，2014）。

（2）对浮游生物的危害

浮游生物是最容易受污染的海洋初级生物，一方面，由于它们对油类的毒性特别敏感，所以即使在很低浓度的溢油情况下它们也会被污染；另一方面，浮游生物与水体连成一体，浮游生物会将大量的海面浮油吸收。此外，海面油膜对阳光的遮蔽作用会影响一些需要进行光合作用浮游生物，无法进行光合作用的浮游生物最终将腐败变质，而变质的浮游生物又会危及以它们为食的其他较高级的海洋生物的生存（张舒，2011）。

（3）对底栖生物的影响

溢油后，相当一部分石油污染衍生物甚至石油颗粒会渐渐的沉入海底，底栖生物上常附着厚厚的一层石油污染物，使其难以生存。被石油污染过的牡蛎有一股浓浓的石油味，这股味道可以存在一个多月之久。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。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。“达姆毕科·马鲁”油船失事以后，观察结果证实，原来生存着大量海星和海胆的海区，遭受石油污染后的6年以内，没有发现海星、海胆重新活动，表明石油污染对海星和海胆等棘皮动物的潜在威胁是很大的（吴传雯，2014；MOHHHH A, BOHTOB, 1995）。

沈新强等（2008）对2006年4月在舟山沿岸发生的溢油事故对渔业资源的损害评估中指出，油污在潮流作用下，粘附在岛礁、岸滩，使潮间带底栖动物受到严重污染而导致死亡或失去实用价值。

（4）对渔业资源的影响

石油不同组分中，低沸点的芳香烃对一切生物具有毒性，高沸点芳香烃具有

长效毒性。陈民山和范贵旗（1991）研究了胜利原油对海洋鱼类胚胎及仔鱼的毒性效应结果表明，原油可抑制胚胎的孵化，导致孵化仔鱼的发育畸形和大量死亡；沈新强等（2008）对 2006 年 4 在舟山沿岸发生的溢油事故对渔业资源的损害评估中指出，溢油导致在该范围内鱼卵、仔鱼因高浓度的油含量而全部死亡，幼鱼 70% 死亡，大部分成鱼回避，但也有少量成鱼因来不及回避而被污染，导致死亡或失去实用价值。

9.5 大气环境风险事故影响预测分析

9.5.1 最大可信事故

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ139-2018）的定义，最大可行事故是基于经验统计分析，在一定可能性区间内发生的事故中，造成危害最严重的事故。

考虑到本项目环境风险影响主要是爆炸火灾事故后对环境次生影响，因此最大可信事故选择主要考虑本项目管道可控节点内沿线人口分布情况及天然气在线量和周边敏感程度情况。最大可行事故设定如下：

（1）输气管道

事故概述：由于第三方原因管道断裂，天然气泄漏，形成混合易燃气，遇火源燃烧爆炸。

（2）接收站

事故概述：由于第三方原因管道断裂，天然气泄漏，形成混合易燃气，遇火源燃烧爆炸。

9.5.2 事故源强确定

9.5.2.1 泄漏事故源强确定

根据 ALOHA 风险模拟程序，管道断裂事故天然气释放速率见表 9.5-1，阀门关闭后的天然气释放速率见图。

表9.5-1 最大可信事故的源项

风险源	最小可控制节点距离 (km)	最大平均释放速率 (kg/min)	总泄漏总量 (kg)	泄漏时间 (min)
输气管道	15.3	327000	1276927	48.6
接收站	0.6	7620	7648	1

9.5.2.2 火灾爆炸事故次生污染物源强确定

输气管段、站场发生天然气泄漏，极易引发火灾。天然气瞬时大量泄漏，易产生不完全燃烧，会产生 CO，气体中有害杂质，诸如硫化物会转化为含氧化合物（SO_x），火焰温度超过 800℃以上时，会产生 NO_x。

由于拟建管道输送的天然气硫含量较低，泄漏燃烧产生的 SO₂ 污染物浓度有限（ $>120\text{mg/m}^3$ ），不会产生伤害阈值浓度和造成事故周围环境 SO 污染物显著增加和超标；由于泄漏事故时，天然气不完全燃烧，产生的 CO 污染物量较大，事故地区周围有限范围内的环境空气中 CO 浓度会有明显增高，本次评价仅对次生的 CO 进行预测评价。

参照《北京环境总体规划研究》（第二卷）中天然气燃烧产生的污染物的参数进行计算：CO 的产生系数为 0.35g/m³ 天然气。

拟建项目管道破裂，天然气泄漏发生火灾爆炸事故时，天然气的泄漏速率采用 ALOHA 风险模拟程序进行模拟，产生 CO 的源项见表 9.5-2。

表9.5-2 天然气燃烧伴生污染物CO排放源项

风险源	事故地点	天然气最大泄漏速率 (kg/min)	CO 最大值速率 (kg/min)
管线	输气管道	327000	160.74
站场	接收站	7620	3.75

9.5.3 大气风险事故影响预测

9.5.3.1 大气毒性终点浓度选取

本次环境风险评价采用的标准体系见表 9.5-3。

表9.5-3 火灾伴生大气污染物的评价标准

污染物	项目	标准 (mg/m ³)	损害特征	来源
CO	毒性终点浓度-1	380	当大气中危险物质浓度低于该限值时，绝大多数人员暴露 1h 不会对生命造成威胁，当超过该限值时，有可能对人群造成生命威胁	《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 H
	毒性终点浓度-2	95	当大气中危险物质浓度低于该限值时，暴露1h 一般不会对人体造成不可逆的伤害，或出现的症状一般不会损伤该个体采取有效防护措施的能力	
CH ₄	毒性终点浓度-1	260000	当大气中危险物质浓度低于该限值时，绝大多数人员暴露 1h 不会对生命造成威胁，当超过该限值时，有可能对人群造成生命威胁	
	毒性终点浓度-2	150000	当大气中危险物质浓度低于该限值时，暴露1h 一般不会对人体造成不可逆的伤害，或出现的症状一般不会损伤该个体采取有效防护措施的能力	

9.5.3.2 天然气泄漏事故的影响分析

（1）预测模型

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ139-2018）附录 G 中的公式进行计算，本次评价采用 AFTOX 模式进行计算。

LNG 泄露后引发闪火，闪火产生的烟团初始密度小于空气密度，属于轻质气体，因此本次评价选择 AFTOX 模型进行预测 AFTOX 模型适用于平坦地形下中质气体和轻质气体排放以及液池蒸发气体的扩散模拟，可模拟连续排放和瞬时排放，液体或气体，地面源或高架源，点源或面源的指定位置浓度，下风向最大浓度及其位置等，可满足本次评价需求。

（2）气象条件

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），本项目大气风险为一级评价，选取最不利气象条件及事故发生地的最常见气象条件分别进行后果预测。最不利气象条件为风速取 1.5m/s，大气稳定度取 F 类，温度 25℃，相对湿度 50%；最常见气象条件为风速取 4.5m/s，大气稳定度取 D 类，温度 17℃，相对湿度 77%。

（3）预测参数

天然气管道断裂后，气流的抬升高度直接影响到预测结果，为此收集了天然气管道事故的有关报道并咨询了部分安全评价单位，多数大孔径、高压力管道断裂时天然气气流的喷射高度可达 60m 以上。本报告偏保守考虑，管道以抬升高度为 50m，站场以抬升高度 20m 进行预测评价。

由于管道采用气动阀门关段，截断速度为每秒 1 寸，根据管道直径计算切断时间。拟建项目管道完全截断，需要 36s。完全截断管段后采用 ALOHA 风险模拟程序进行预测，确定管道泄漏后各时段及对应源强。

本项目一般计算点的设置为：网格间距 500m 范围内 5m，500m 范围外 50m。

表 9.5-4 泄漏事故大气风险预测模型主要参数表

参数类型	选项	接收站事故		管道事故	
基本情况	事故源经度/°	122.11916077	122.11916077	122.01777157	122.01777157
	事故源纬度/°	30.60228047	30.60228047	30.65575829	30.65575829
	事故源类型	泄漏	泄漏	泄漏	泄漏
气象参数	气象条件类型	最不利气象	最常见气象	最不利气象	最常见气象
	风速/(m/s)	1.5	5.8	1.5	5.8
	环境温度/℃	25	16.7	25	16.7

参数类型	选项	接收站事故		管道事故	
其他参数	相对湿度/%	50	80	50	80
	稳定度	F	D	F	D
	地表粗糙度/m	1.3	1.3	1.3	1.3
	是否考虑地形	否	否	否	否
	地形数据精度/m	/	/	/	/

（3）预测结果及分析

各管段或站场内管道发生天然气泄漏事故时，甲烷的最大落地浓度预测结果详见表 9.5-5。

表9.5-5 天然气（甲烷）泄漏的预测结果

情景设定	气象条件	抬升高度 (m)	风速 (m/s)	大气稳定度	最大落地浓度 (mg/m ³)	最大浓度落地 点距离 (m)	影响半径 (m)	
							毒性终点 浓度-1	毒性终点 浓度-2
输气管道	最不利气象	50	1.5	F	32300	4020	无	无
	最常见气象	50	4.5	D	24970	2230	无	无
接收站	最不利气象	20	1.5	F	8340	1380	无	无
	最常见气象	20	4.5	D	6450	765	无	无

由表 9.5-4 可知：最大管存量控制节点管道发生断裂事故和站场最大气体藏量发生泄漏事故，在设定预测条件下，均未出现甲烷毒性终点浓度-1（260000mg/m³）和毒性终点浓度-2（150000mg/m³），由此可以推断拟建项目输气管道各节点管道发生断裂事故和各站场发生泄漏事故，均不会产生毒性终点浓度。

9.5.3.3 伴生污染物的影响分析

（1）预测模式

本节预测模式与上节预测模式一致，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ139-2018）附录 G 中的公式进行计算，本次评价采用 AFTOX 模式进行计算。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），本项目大气风险为一级评价，选取最不利气象条件及事故发生地的最常见气象条件分别进行后果预测。最不利气象条件为风速取 1.5m/s，大气稳定度取 F 类，温度 25℃，相对湿度 50%；最常见气象条件为风速取 4.5m/s，大气稳定度取 D 类，温度 17℃，相对湿度 77%。

利用 ALOHA 风险模拟程序模拟了选定段管道和站场泄漏着火后的火焰高

度。由于最大落地浓度与烟气的抬升高度成反比例关系，因此本报告偏保守考虑，管道和站场以抬升高度为 ALOHA 风险模拟程序模拟火焰高度的 1/2 进行预测评价。

本项目一般计算点的设置为：网格间距 500m 范围内 5m，500m 范围外 50m。

表 9.5-6 火灾事故大气风险预测模型主要参数表

参数类型	选项	接收站事故		管道事故	
基本情况	事故源经度/°	122.11916077	122.11916077	122.01777157	122.01777157
	事故源纬度/°	30.60228047	30.60228047	30.65575829	30.65575829
	事故源类型	火灾	火灾	火灾	火灾
气象参数	气象条件类型	最不利气象	最常见气象	最不利气象	最常见气象
	风速/(m/s)	1.5	5.8	1.5	5.8
	环境温度/°C	25	16.7	25	16.7
	相对湿度/%	50	80	50	80
	稳定度	F	D	F	D
其他参数	地表粗糙度/m	1.3	1.3	1.3	1.3
	是否考虑地形	否	否	否	否
	地形数据精度/m	/	/	/	/

(2) 预测结果及分析

各管段或站场内管道发生天然气泄漏燃烧事故时，伴生 CO 的最大落地浓度预测结果详见表 9.5-7。

表9.5-7 火灾伴生大气污染 CO 预测结果

情景设定	气象条件	抬升高度(m)	风速(m/s)	大气稳定度	最大落地浓度(mg/m³)	最大浓度落地距离(m)	影响半径(m)	
							毒性终点浓度-1	毒性终点浓度-2
输气管道	最不利气象	70	1.5	F	2.63	5001	无	无
	最常见气象	70	4.5	D	2.29	2774	无	无
接收站	最不利气象	26	1.5	F	1.45	3612	无	无
	最常见气象	26	4.5	D	1.26	1522	无	无

由表 9.5-7 可见，由上表可见：最大管存量控制节点单元发生断裂事故和站场最大气体发生泄漏事故，遇火燃烧产生次生污染物，在设定预测条件下，均未出现毒性终点浓度-1（380mg/m³）和毒性终点浓度-2（95mg/m³），由此可以推断拟建项目输气管道各节点控制单元发生断裂事故和各站场发生泄漏事故，均不会产生 CO 毒性终点浓度。

9.5.3.4 风险影响分析

（1）水环境风险影响分析

由于天然气密度比空气小，沸点极低（ -161.5°C ），且几乎不溶于水，在事故状态下，即一旦输气管道穿越水道处发生破裂，天然气对水质的直接影响很小，但管道的维修和维护将会对海域水环境造成一定的影响，通过严格管理，规范施工，可以将影响降低到最小。

（2）大气环境风险影响分析

由于天然气密度比空气小，且几乎不溶于水，在事故状态下，即一旦输气管道穿越水道处发生破裂，天然气泄漏到空气中，快速上升，在高空逸散。

发生火灾时，除一氧化碳外，还会生成氮氧化物和二氧化硫，对周围空气产生不利影响。同时火灾控制引燃其他物体时，也可能产生其他污染气体，对大气环境产生影响。

（3）对环境敏感区风险影响分析

拟建项目穿越了嵊泗农渔业区、洋山港口航运区等各功能区和各类生态红线等敏感区。由于在上述敏感区为海底管道，且天然气密度比空气小，沸点极低（ -161.5°C ），且几乎不溶于水，在事故状态下，即一旦输气管道穿越处发生破裂，天然气对水质的直接影响很小，但管道的维修和维护将会对上述海域水环境造成一定的影响，通过严格管理，规范施工，可以将影响降低到最小。

（4）其他风险影响分析

如果在处理泄漏事故时，由于误操作引发火灾、爆炸，发生火灾的地方为绿化带等植被茂密地区，在一定的气象条件下还可能引发大火，这会给当地的生态环境造成极大的破坏。在管道经过绿化带段，分别采取营造生物防火带、加强瞭望、巡视等措施，严格规范管道维修、维护操作规程等措施，防止事故或处理事故时引起火灾。

由于环境风险具有突发性和破坏性（有时甚至为灾难性）的特点，所以必须采取措施加以防范，加强控制和管理是杜绝、减轻和避免环境风险的有效办法。沿线要加大力度进行《中华人民共和国石油天然气管道保护法》（2010年10月1日）的宣传，强化“保护管道安全就是保护沿线群众自身安全”的教育，并密切与地方有关部门共同协调保护管道，以法律来约束管道保护中的违规行为，做到有法可依，有法必依，严惩罪犯，确保管道长期安全稳定运行。管道建设管理方还

应与沿线各级地方政府、各基础设施所属管辖单位协调配合,进行事故应急演练,通过宣传、教育、演练等手段加强沿线居民、相关企事业单位、相关人员的事故防范意识和能力,正确采取各种应急措施的能力,以将事故损失降低到最小。

事故状态下,主要影响是天然气泄漏,伴生或次生火灾爆炸事故。由于天然气属于易燃易爆危险物品,其管线的泄漏环境为开放环境,不易形成爆炸性蒸气云,多数形成火灾,会对保护区内的人员和周围环境产生破坏性的影响。主要影响表现在:

①直接伤害保护区内的生物资源,包括动物、植物、微生物等。

②改变土壤的温度、结构、理化性质、肥力、土壤微生物含量等。

③改变野生动物的栖息环境、食源、种间竞争关系、野生动物之间的捕食与被捕食关系等。

④对植物的影响表现为直接伤害、促进、引起植物种群和群落的变化。根据国际国内的类比调查,同类天然气输送管路工程运行阶段发生泄漏引起爆炸、火灾的几率非常低。尽管如此,在该工程的运行阶段,对其发生的风险应给予足够的重视,采取必要的防范、防护措施,主要从施工阶段和运行阶段采取防护措施。

事故产生的影响一般在半径 200m 范围内,影响时间相对较短,从管线沿线植被分布来看,该区域基本为栽培植被和草地植被,另有小面积的灌木林地,有林地相对较少,因此对植被造成的破坏损失量较小,但是在植被敏感地段发生事故时,应加强对抢维修作业的管理,把环境影响降到最低程度。

9.6 环境风险防范及应急措施

9.6.1 总图布置和管道路由优化

(1) 接收站工程各设施及与接收站装置之间的间距,严格按照《石油天然气工程设计防火规范》(GB50183-2004)、《液化天然气(LNG)生产、储存和装运》(GB/T20368-2012)和《建筑设计防火规范(2018年版)》(GB50016-2014)规定进行布置,满足防火间距要求。码头工程各设施及与装置之间的间距,严格按照《液化天然气码头设计规范》(JTS 165-5-2009)等规范或标准执行,满足防火间距要求。

(2) 站场内利用道路和围墙进行功能分区,将生产区和生产管理区分开,以减少生产区和生产管理区的相互干扰,降低危险隐患。罐区、管线区域等生产

区域禁止种植任何植物，绿化树种主要种植在工作人员生活区域。

(3) 工程道路布置满足总平面布置的要求、符合生产、货物运输和消防要求，合理组织人流、物流，避免人、车混流。站内道路的路网均布，成环形布置。道路在装置区、储罐区均设置环形消防通道，满足两条消防通道之间的距离在有效的消防服务半径以内。已建道路与建筑物轴线平行布置。站内道路采用双车道，储罐区和装置区的环形消防道路路面内沿转弯半径，满足运输及消防车辆的通行要求。

(4) 输气管道选择线路走向时，充分考虑沿线所经过区域的规划布局，避开了居民区和城镇繁华区、城镇规划区、工矿区和自然保护区，避开居民区以及不良地质地段、复杂地质地段、地震活动断裂带和灾害地质段，确保管道长期安全运行。

(5) 根据《输气管道工程设计规范》(GB50251—2015)的要求，输气管道通过的地区，应按沿线居民户数和建筑物的密集程度，划分为四个地区等级，并依据地区等级作出相应的管道、阀室间距设计。

(6) 管道与地面构筑物的最小间距符合《石油天然气工程设计防火规范》(GB50183-2004)、《输气管道工程设计规范》(GB50251-2015)等规范要求。

9.6.2 施工期溢油风险防范及应急措施

为减少事故发生的概率，并减小溢油事故后对环境造成的影响，应采取以下事故防范措施：

(1) 本项目施工作业前，需根据《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》要求，向洋山海事局申请，并核定安全作业区，发布海上航行警告、航行通告。书面申请应当作业或者活动方案，包括基本概况、进度安排、施工作业图纸、活动方式，可能影响的水域范围，参与的船舶、海上设施或者内河浮动设施及其人员等，法律、行政法规规定需经其他有关部门许可的，还应当包括与作业或者活动有关的许可信息。

(2) 海上航行警告、航行通告发布后，施工单位必须按照海事管理机构许可的作业或者活动内容、水域范围和使用核准的船舶、海上设施或者内河浮动设施进行作业或者活动，不得妨碍其他船舶的正常航行。

(3) 施工船舶及施工机械应当按照有关规定在明显处昼夜显示规定的号灯

号型。施工船舶配备有效的通信设备，作业或者活动期间指派专人警戒，并在指定的频道上守听。

（4）船舶在海上发现有碍海上航行安全的情形，应当尽快向海事主管部门报告。报告内容应当包括：发现时间、地点和被发现物的状况。

（5）协助相关部门作好作业船舶的调度工作，严格执行有关操作规程，避免船舶的碰撞。制定严格的船舶施工作业制度和操作规程，尽量杜绝事故的发生。

（6）合理安排施工作业面，在有船舶通过时，提前采取避让的措施。施工作业船舶在施工期间加强值班瞭望，施工作业人员应严格按照操作规程进行操作。

（7）制订必要的事故应急预案，并在施工前报主管部门备案；施工船舶需配置相应的应急事故处理设施。一旦溢油事故发生，立即启动应急程序，并及时与海事局溢油事故通讯处取得联系，对溢油进行清除，将溢油造成的损失降至最低。

9.6.3 输气管道施工期事故风险防范措施

（1）施工阶段一般性风险防范措施

①严格保证各类建设材料的质量，严禁使用不合格产品。

②施工过程中加强监理，确保涂层、管道接口焊接等工程施工质量。

③制定严格的规章制度，发现缺陷及时正确修补并做好记录。

④建立施工质量保证体系，提高施工检验人员水平，加强检验手段。

⑤进行水压实验，严格排除焊缝和母材缺陷。

⑥选择有丰富经验的单位进行施工，并有优秀的第三方对其施工质量进行强有力的监督，减少施工误操作。

（2）管道与其他油气管道并行安全措施

施工单位应提前向管道运营单位提出施工申请，并签署安全生产管理协议后方可施工，运营单位应派人现场监督；作业带扫线前，应探明已建管道的准确位置，做出明显标识，并设置隔离带；施工作业带应在隔离带以外，靠近已建管道一侧作为堆土场地，另一侧用于施工机具通行。

施工时，严禁车辆及施工机具在已建管道上方随意穿行，应集中几处通过，并在通过处加设盖板对管道进行保护，应注意保护已建管道的地表设施，对损坏

的应予以及时修复；管沟采用液压破碎锤开挖管沟，管沟深度按设计要求超挖 0.3m，超挖部分回填细土或铺垫编织袋；

施工单位应编制详细的施工组织设计，应包括在役管道的定位、施工方案、组织机构、施工计划、HSE 管理、应急预案、对在役管道的保护措施等方面内容，以保证在役管道的安全。

管道出站与 LNG 一期管道并行敷设，长度 1km。由于目前关于管道间并行间距的国家标准及行业标准尚未发布，因此并行间距参照《油气管道并行敷设技术规范》（Q/SY 1358-2010）相关规定执行。管道与已建管道并行敷设时采取的安全措施：

本项目与已建管道在不受限制地段，土方段的并行间距一般不应小于 6m，受地形、地物或规划限制地段的并行管道，采取安全措施后净距可小于 6m。由于本项目并行段用地紧张，建议按 4m 考虑。平原和缓丘地段，使已建管道位于在管沟开挖土石方堆放侧，防止施工机具频繁碾压已建管道。套管穿越公路时，套管间最小距离不应小于 5m（如 1 期涵洞足够大，可共同敷设的，管间距不应小于 0.5m）。

（3）管道与公路交叉安全措施

①对于穿越规划区管段提高设计系数，三层 PE 加强级防腐，每 50m 设置 1 处加密桩。

②穿越段根据现场情况设置警示桩和警示牌。

③穿越段管道除 100%射线照相检验外，还需进行 100%的超声波探伤。

④带套管穿越公路时，为减少套管穿越对路基的影响，要求套管顶的埋深 $\geq 1.2\text{m}$ （如果公路部门对管道埋深有特殊要求，按照公路部门要求完成），套管伸出公路边沟外 2m。无套管穿越公路时，管顶的埋深 $\geq 1.2\text{m}$ ，穿越管道用管满足设计规范的有关要求。保护套管采用钢承口钢筋混凝土套管，对于管径 1016mm 的管道，按 DRCP III 2000X2000 JC/T640~2010 执行。

采用顶管法穿越公路，为保证施工后路面不出现塌陷影响行车安全，一般对套管上部空隙采用注水泥浆的方法，使管道顶部及侧面增加抗压强度，增强路面基础的稳定性和抗压强度。

（4）管道防腐

①线路管道阴极保护采用牺牲阳极进行永久性保护。

②线路管道外防腐层采用三层 PE 外防腐结构；普通线路段补口采用带配套底漆的常温型辐射交联聚乙烯热收缩带；定向钻穿越段管道采用加强级三层 PE，部分定向钻穿越段管道防腐层外加环氧玻璃钢进行机械防护。定向钻段管道补口采用环氧玻璃钢。

③站内埋地管道设置区域阴极保护系统。

9.6.4 运行期输气管道泄漏风险防范措施

（1）严格控制输送天然气的气质，定期清管，排除管内的积水和污物，以减轻管道内腐蚀；

（2）定期进行管道壁厚的测量，对严重减薄的管段，及时维修更换，避免爆管事故的发生；

（3）每半年检查管道安全保护系统(如截断阀、安全阀、放空系统等)，使管道在超压时能够得到安全处理，使危害影响范围减小到最低程度。

（4）本项目管道的标志桩、警示牌等标识单独设置，每条管道的标志桩位置准确，标识清晰、醒目、便于区分；管道管顶上方 0.5m 处埋设耐腐蚀材料的标识带，标识带宽度为 0.65m，标识带注明管道的名称、介质、压力、警示词语、联系电话等信息。在公路穿越点的标志不仅清楚、明确，并且其设置应能从不同方向，不同角度均可看清。

（5）加大巡线频率，提高巡线的有效性；每天检查管道施工带，查看地表情况，并关注在此地带的人员活动情况，发现对管道安全有影响的行为，应及时制止、采取相应措施并向上级报告。

（6）严格按照有关规范进行海底管道放空设计及运行期间的监测以应对突发事故。应按照 GB50251 规范进行管道放空设计，同时应定期对海底管道进行检测，对检测资料进行分析、记录整理，以便及时发现并排除事故隐患。

（7）站场事故放空时，应注意防火。

在运行期，建设单位应加强与相关规划管理的沟通，协助规划部门做好管道、场站周边的规划。按《中华人民共和国石油天然气管道保护法》的要求，在管道线路中心线两侧各 5m 范围内，禁止种植乔木、灌木、藤类、芦苇、竹子或者其他根系深达管道埋设部位可能损坏管道防腐层的深根植物；禁止取土、采石、用火、堆放重物、排放腐蚀性物质、使用机械工具进行挖掘施工；禁止挖塘、修渠、

修晒场、修建水产养殖场、建温室、建家畜棚圈、建房以及修建其他建筑物、构筑物。

对于海底管道，由于靠近管道路由海域的各种海上活动较为频繁，对运行期间的管道带来破坏风险。应与有关政府部门沟通，在本项目海底管道两侧各 50m 区域，禁止船只抛锚、钻探及非法采泥等一切海上活动，降低人为因素造成的海底管道破坏所带来的环境风险。

9.6.5 运行期接收站和码头泄露风险防范措施

9.6.5.1 泄露风险防范措施

（1）装卸作业

应对所有靠岸船舶制定具体的系泊方案。LNG 终端作业者在开始传输前，应书面确认满足要求。确认文件可被岸上 LNG 装卸部门检查。传输前检查合格后，应在合格声明文本上签字，方可开始 LNG 传输作业。

传输前，船舶传输和陆上终端负责人应各自检查相关设备，确保传输设备处于良好工作状态。按要求完成检查后，船上和陆上的负责人员应会晤并确定传输程序，核实船岸联系，审查应急响应程序。应设置警示标志和路障，表明传输作业在进行中。

作业前应检查所有接口密闭不漏。装卸臂装卸作业时，所有法兰孔须有螺栓连接。不参与装卸作业的装卸臂须有盲板。装卸臂作业前应进行置换，传输完成后装卸臂应彻底排空。

应制定在传输区内或附近可能发生的潜在事故的应急预案。应急预案包括：消防设备和系统及其操作程序，包括注明所有应急设施的位置图；LNG 泄漏响应程序，包括应急响应机构的联系信息。

（2）LNG 溢出防范

应通过拦蓄设施(堤)、地形或其他方式把溢出的 LNG 引到集液池，易燃液体储罐不应设在 LNG 储罐拦蓄区内，并采取措施防止 LNG 通过排水系统外流。

（3）设备维修保养、腐蚀控制

按规定进行设备维修、保养、更换易损及老化部件，防止跑冒滴漏发生。

对地下或水下部件，应至少每年检查一次阴极保护；对干扰接头应至少每年检查一次；对外露受大气腐蚀的部件应进行检查，间隔不超过 3 年；防止有涂层

或缓蚀剂部件内腐蚀，应在最易发生腐蚀的部位设置内腐蚀监测器件，如挂片或探头，内腐蚀监测器件应至少每年检查 2 次。一旦通过检查或其他方式发现腐蚀，应采取必要控制措施和腐蚀监测，确保正常工作。

（4）禁止在站内管道上方及近旁动工开挖和修建建筑物，不得在站内管道上方及近旁从事其它生产活动。

（5）制定严格的运行操作规程制度，对操作人员进行岗位培训，防止误操作带来的风险事故。

（6）按要求开展 LDAR 泄露检测与修复。

9.6.5.2 污染应急对策措施

事故发生后应立即启动应急响应程序，并采取相应措施，应首先防止扩散，以控制环境影响的范围，同时也为后续的清理工作创造有利条件，以减轻对环境的影响程度。包括关闭系统、隔绝泄漏区域、保护人身安全、隔离火源并尽快处理蒸汽云团。为控制 LNG 溢出和预防火灾，措施主要有探测、设备停机、控制及消防灭火等。

（1）探测

快速鉴定 LNG 排放(液体或蒸汽)的类型、溢出位置、溢出后的扩散情况、LNG 蒸汽或火势的移动方向。通过人工检查或探测器来确定 LNG 泄漏，通过声音(液体或气体的流动)、沸腾、结霜、气味(如果加了气味的话)帮助检查 LNG 的泄漏位置，迅速判断装置是否需要立即停机修复泄漏处。

（2）设备停机

当 LNG 系统发生泄漏时，停止设备运转可以阻止 LNG 进一步泄漏。当监测系统发出警报时，设备会自动关闭或由工作人员关闭，事故区域要进行隔离。

如果发生火灾，通常情况下，首先应该设法切断燃料源。

（3）控制

如果 LNG 蒸汽在室内发生泄漏，通风和消除点火源是首要的措施，并使用通风机连续的通风，将 LNG 蒸汽排出。

对于大型设备产生的火灾，首先控制火焰的传播。控制排放出的 LNG 或火势，可减少财产的损失和人员的伤亡。

（4）消防灭火

消防的主要目的是扑灭火源或防止火焰扩散。消防装备主要使用化学干粉灭火器、高膨胀泡沫灭火器或其它装备。

根据液化天然气的特性，本项目设置了包括消防站、消防水系统、高倍数泡沫灭火系统、干粉灭火系统、灭火器、火灾报警系统、可燃气体探测系统等消防设施。

9.6.5.3 事故废水风险防范措施

接收站储罐区和码头区均设置集液池及泄漏收集系统；泄漏收集系统的导液沟和集液池应为开敞式设计；集液池应能承受所收集的液化天然气的全部静压头，且不应渗漏，还应承受液化天然气快速冷却、火灾、地震、风、雨的影响；泄漏收集系统应设置雨水排水设施及防止泄漏的液化天然气进入雨水系统的措施；泄漏收集系统的设计泄漏量、集液池的隔热距离和扩散隔离区的计算应符合《石油天然气工程设计防火规范》GB50183 的有关规定。

（1）集液池设置

接收站内共 6 座集液池、码头上一座集液池，尺寸为 $6.5\text{m} \times 6.5\text{m} \times 5\text{m}$ ，后续根据火灾危害分析 FHA 报告可能会调整。集液池内设低温报警系统，配套高倍数泡沫消防系统。

（2）泄漏的 LNG 处置

储罐区和码头分别设置集液池，泄漏事故发生时将泄漏的 LNG 通过设置的导流沟收集至集液池内，以防止泄漏 LNG 四处溢流。同时每个集液池均设置高倍数泡沫系统，当低温探测器探测到集液池有泄漏的 LNG 后，即自动向集液池喷射高倍数泡沫混合液，以减少 LNG 气化。为避免泡沫的二次污染采用环保绿色的消防泡沫。

（3）柴油罐事故应急池

由于拟建项目设有集液池，因此运营过程中可能泄露的 LNG 会被集液池收集、容纳。本工程能够进入到事故水池中的消防废水为柴油罐系统消防废水。

基于柴油储罐核算事故水池容积消防强度 15L/S ，消防历时 4h；储罐容积 50m^3 ，防火堤为 $10\text{m} \times 10\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，核算柴油储罐事故水池有效容积为 220m^3 。

9.6.6 台风风险分析及防范措施

本项目位于长江三角洲及舟山群岛海域和东海陆架海域。根据地区的气候特点，每年汛期有可能有 1~2 次台风，每次台风影响的时间为 13 天左右。一旦台风来袭，常常会带来大风大雨的天气，大气能见度差，同时海面掀起大浪，特别是与天文大潮重叠时将伴有风暴潮。灾害性波浪和风暴潮来袭带来的强大动能将有可能冲垮各水工结构。而提前做好防备，则该类风险的危害可以避免。建设单位应时常关注气象信息，当得知有风暴潮、台风等灾害性天气时，要及时做好灾前各项准备工作，将灾害性天气带来的损失降至最低；并在灾后做好修复工作，使 LNG 码头得以继续正常使用。具体应做好以下对策措施：

（1）施工期台风来临前，施工船舶拖至工程附近可避风的港湾避风，待台风过后，方可继续作业；运行期台风来临，码头停止装卸作业，避免船舶在大风天气下碰撞码头造成码头结构损坏及船舶溢油事故的发生。

（2）加强对码头重点部位、重要设施、设备物资的灾前检查，发现问题，及时纠正；做好码头配件设施的防风、加固工作。

（3）加强对灾害性天气条件下码头交通安全监管，严格遵守有关航行规定，不超过安全适航抗风等级开航，避免在恶劣天气和危及航行安全的情况下航行。

9.6.7 应急预案

9.6.7.1 海上船舶污染事故专项应急预案

上海市人民政府办公室于 2017 年印发《上海海上船舶污染事故专项应急预案（2017 版）》的通知，在管辖范围内发生海上船舶污染事故或者可能造成上海市管辖海域污染的，预防和应急处置工作参照执行本预案。该预案明确了污染海洋事件应急反应工作的组织指挥、监测预警、应急响应、后期处置以及应急保障等内容。预案根据溢油的数量将海上溢油事件险情分为四级，根据溢油时间险情的等级，执行对应的应急措施。

（1）应急预案纲要

油品泄漏将对海域环境产生严重的污染损害，事故发生后，能否迅速而有效的做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用。因此，本工程应根据可能发生的风险事故类型制订应急预案，并报主管部门审批通过后开始施工。

本工程应建立相关应急反应部门的应急通讯联络机制，制订本单位对突发污染事故的应急反应对策。本工程突发事故应急预案纲要见表 9.6-1，供制订预案参考。

建议建设单位参考本报告提出的应急预案纲要，制定污染事故应急预案，编制的应急预案应与主管海事的应急预案进行衔接，列入海事联系方式。当污染事故发生时，该公司有关人员应迅速将准确的事故信息上报至上海市海事局，并根据海事部门的指示，按照制定好的应急预案开展应急清污行动。当施工船舶的应急力量不足时，应请求海事统一调配周边应急力量，共同完成事故风险控制工作。

事故发生后，马上通知相关部门（环保部门、海事部门等），对于海域事故而言，优先保护附近的敏感目标。

表 9.6-1 本工程应急预案纲要

序号	项目	内容及要求
1	总则	
2	应急计划区	作业区
3	应急组织	建立本工程的应急反应组织机构，包括建立单位内的应急反应领导小组，落实各级上级主管部门
4	预案分级响应条件	将污染事故分成一般、较大、重大、特大污染事故 一般污染事故自行处理，较大、重大、特大污染事故启动上级预案，接受上级应急反应部门的领导
5	报警、通讯联络方式	规定应急状态下的报警通讯方式、通知方式
6	应急救援保障	主要依靠上海沿岸区域应急力量
7	紧急处置措施	制订应对各种突发情况的一般处置措施与程序
8	事故应急救援关闭程序与恢复措施	规定应急状态终止程序 规定事故现场善后处理，恢复措施 规定邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
9	应急培训计划	制订培训与演练计划
10	公众教育和信息	对邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息
11	附件	应急联络方式，包括本单位应急反应人员、专业应急救援队伍、敏感目标管理单位、上级应急主管部门等的有效联系方式 预案编制与更新等

（2）应急指挥、救援机构职责和分工

成立污染事故应急救援“指挥领导小组”，小组由总指挥、现场指挥组成：下设应急救援队伍。当现场发生重大事故时，以指挥领导小组为领导核心，应急救援队伍为救援骨干，全面负责污染救援的组织指挥和救援控制。

应急救援队伍由现场值班主管、主办、领班、现场人员组成。

指挥领导小组的职责：(1)负责本单位“预案”的制订、修改；(2)组建应急救

援专业队伍，并组织实施和演练；(3)检查督促做好重大事故的预防措施和应急救援的各项准备工作。

指挥部的职责：(1)发生事故时和事故处理完毕后，分别由指挥部发布和解除应急救援命令、信号；(2)组织指挥救援队伍实施救援行动；(3)及时向有关部门单位发出救援请求；(4)组织事故调查，总结应急救援工作经验教训。

应急救援队伍的职责：(1)各施工人员都负有事故应急救援的责任；(2)应急救援队伍是防泄漏污染应急救援的骨干力量，其任务主要是担负污染事故的现场救援以及尽最大努力防止污染扩散，将污染危害程度在最短时间里控制在最小范围内。

(3) 应急救援保障

本工程主要依托社会的应急设备，应与周边企业、清污公司、应急设备库建立联络机制。

根据上海海事部门提供的最新数据，目前洋山深水港区已配备有部分防污器材和设备，港区应急清污力量主要依靠港区内船舶所携带的防污器材和辖区内备案污染物作业船舶，具备在短时间控制、清除油污染的设备及能力，港区应急救援力量可在较短时间内抵达事故现场，若需调用长江口内港区清污力量抵达事故现场耗时较长。此外，当储备应急物资不足时，建设单位应迅速向社会支持保障力量求救并向搜救中心办公室报告，由搜救中心办公室协调应急物资。工程海域及附近防污染应急船舶、设备、物资配备详见表 9.6-2。

表 9.6-2 工程海域及附近防污染应急船舶、设备、物资配备表

主管部门	存放地点	物资类别	物资名称	计量单位	数量
洋山深水港区	/	清污船	清污船	艘	30
		防污器材	侧挂式收油机	台	10
			转盘式收油机	台	1
			充气式橡胶围油栏	m	2200
			固体浮子式橡胶围油栏	m	2000
			围油索	m	500
			吸油毡	kg	4050
			消油剂	kg	9590
			储油罐	套	2
			浮动油囊	t	1
			船用消油剂喷洒装置	套	1
			手持式消油剂喷洒装置	套	2
洋山港口建设指挥部	上海深水港二期码头内	防污器材	转盘式收油机	台	1
			固体浮子式橡胶围油栏	m	2000
			围油索	m	300
			吸油毡	kg	1000

主管部门	存放地点	物资类别	物资名称	计量单位	数量
			消油剂	kg	1000
			浮动油囊	kg	1000
			储油罐	套	2
			手持式消油剂喷洒装置	套	2
上海水域环境发展公司（东安水上溢油应急中心有限公司）	沪环货 501	防污器材	绳塞式收油机	台	1
			橡胶充气式围油栏	m	200
			吸油毡	kg	500
			消油剂	kg	750
	沪环货 301	防污器材	轻型收油机	台	1
			橡胶充气式围油栏	m	200
			吸油毡	kg	200
			消油剂	kg	625
	环生一号	防污器材	动态斜面分截式收油机	台	1
			橡胶充气式围油栏	m	200
			吸油毡	kg	200
			消油剂	kg	500
中石化中海船舶燃料供应有限公司	海供 411	防污器材	绳塞式收油机	台	1
			橡胶充气式围油栏	m	200
			吸油毡	kg	500
			消油剂	kg	575
			喷洒装置	套	1

（4）建立事故应急反应计划和应急反应措施

考虑到溢油对海域环境的严重污染损害，建立快速科学有效的海上污染防治和应急反应体系是非常必要的。事故发生后，能否迅速而有效的做出事故应急反应，对于控制污染、减少污染对生态环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为了将事故造成的损失降低到最低限度，制订和实施应急计划是唯一的选择。

1) 应急计划主要内容

- ①明确组织指挥机构；
- ②绘制该地区环境资源敏感图，确定重点优先保护区域；
- ③加强溢出物污染跟踪监测，建立科学的污染预报分析等应急决策支持系统，能够进行事故危害范围和程度的计算机动态模拟、评估与显示；
- ④了解周边清污设备器材储备，建立清污设备器材储备；
- ⑤加强清污人员训练；
- ⑥建立通畅有效的指挥通讯网络。

2) 事故应急反应措施

本工程事故应急反应措施应在以下几个方面做好工作：

- ①建立健全的应急反应的组织指挥系统

②应急响应设施、设备的配备

了解海区的应急响应设施、设备配备情况，建立畅通的联络通道。

③应急防治队伍及演习

根据本工程的特点，为减少人员及日常开支，除充分利用海事局系统应急防治力量。

④应急通讯联络

为确保本工程船舶突发性溢油污染事故的报告、报警和通报，以及应急响应各种信息能及时、准确、可靠的传输，必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通讯网络，包括与上海海事局应急响应指挥系统联络，因为往往在应急响应过程中，能否及时对事故进行通报是决定整个反应过程和消除污染效果成败的关键

⑤应急监视监测

事故的应急监视系统是通过监视手段，及时发现船舶溢油泄漏，迅速确定船舶事故发生的位置、性质、规模等，为应急反应对策措施及方案的选定提供依据。

3) 污染事故控制现场操作预案

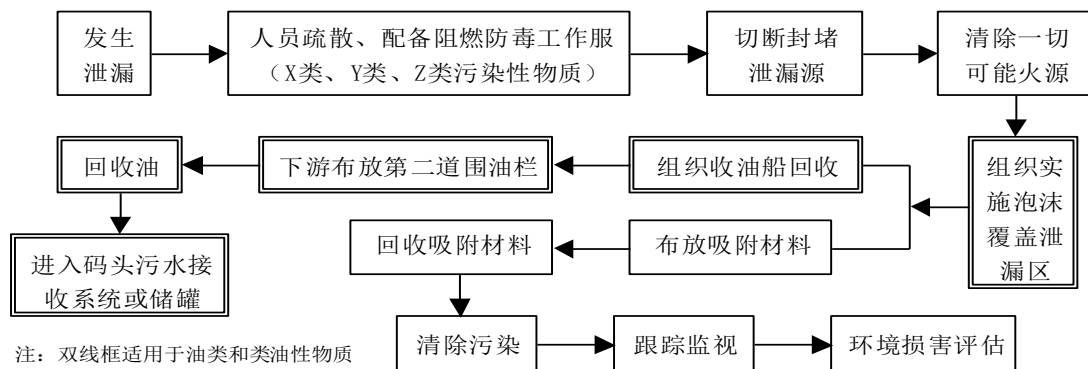


图 9.6-1 污染事故控制现场围控操作预案

4) 事故后的污染清除、生态风险控制及恢复措施

①污染评估

在进行溢油泄漏应急事故的生态风险防控与污染清除工作之前，首先对事故作出以下评估：

可能受到威胁的环境敏感区和易受损资源以及需要保护的优先次序；

本地区应急响应的人力、设备、器材是否能满足应急反应的需要。

②应急响应行动

根据对应急事故的评估，应急指挥部应立即作出事故防控的应急对策：

指挥机构在接到报警后，根据初步情况，对外通报、联系支援；

采取措施防止可能引发的火灾、爆炸事故，如果船舶发生了溢出事故，根据溢出位置和原因，采取堵漏、拖浅等措施控制泄漏；派遣船艇对溢出物周围海域实行警戒或交通管制，监视溢出物的扩散。

对可能受到污染威胁的高生态风险的环境敏感区和易受损资源采取优先保护措施，如在事故点周围、下风、下流向铺设围油栏，阻止溢出物扩散和向敏感点转移；如事故点控制无效，应在到达敏感目标前，在保护区的外围，再设第二套防护的围油栏，防止第一套围油栏未围住的泄漏物进入保护区。

对溢出事故水域和周围水域、沿岸进行监测；

根据溢出物的性质和规模，迅速调动应急防治队伍、应急防治设备、器材等以及必要的后勤支援；

组织协调海事、救捞、环保、海洋、水产、军队、公安、消防、气象、医疗等部门投入应急活动；

根据溢出物的类型、规模、溢出物的种类、溢出物扩散的方向、周围海域、大气的环境，指定具体的应急清除作业方案。

③污染清除及恢复措施

溢出事故清除作业是应急反应的直接现场作业，在现场指挥部的统一指挥下，组织调动人力物力，投入清除作业。

清除作业实际发生在两种场合，一是海上清除作业，一是岸线清除作业，根据具体情况选择清除作业方法和使用的设备。

清除作业包括溢出物的围控、回收、分散、固化、沉降、焚烧和生物降解等处理方法。

清除设备器材主要有围油栏、围油栏铺设船、浮油回收船、撇油器、油拖网、吸油材料、溢油分散剂及其喷洒装置、固化剂、浮动油囊、油驳、铲车高压冲洗机等。

对于海上污染，通常采用机械围栏和回收、喷洒化学分散剂和现场焚烧为主要清除技术，吸附及其他处理技术为辅助清除技术。

对于岸线污染，主要采用人工清除、吸附回收和机械清除等物理清除方法，可采取收刮、高压水清洗，岸域沙土中污染渗入严重时应采用换土换沙等方法，

以恢复岸边滩涂的清洁和自然生态的美观。

9.6.7.2 大气及其他事故应急预案

本工程应根据《关于印发<企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法(试行)>的通知》(环发[2015]4 号), 可借鉴国内已建和在建输气管道及站场工程特点和编制应急预案的经验, 并结合本工程特点制定环境风险应急预案, 并在试生产前完成备案。

(1) 应急预案总体框架

应急预案总体框架见图 9.6-2, 事故应急预案主要内容及要求见表 9.6-3。

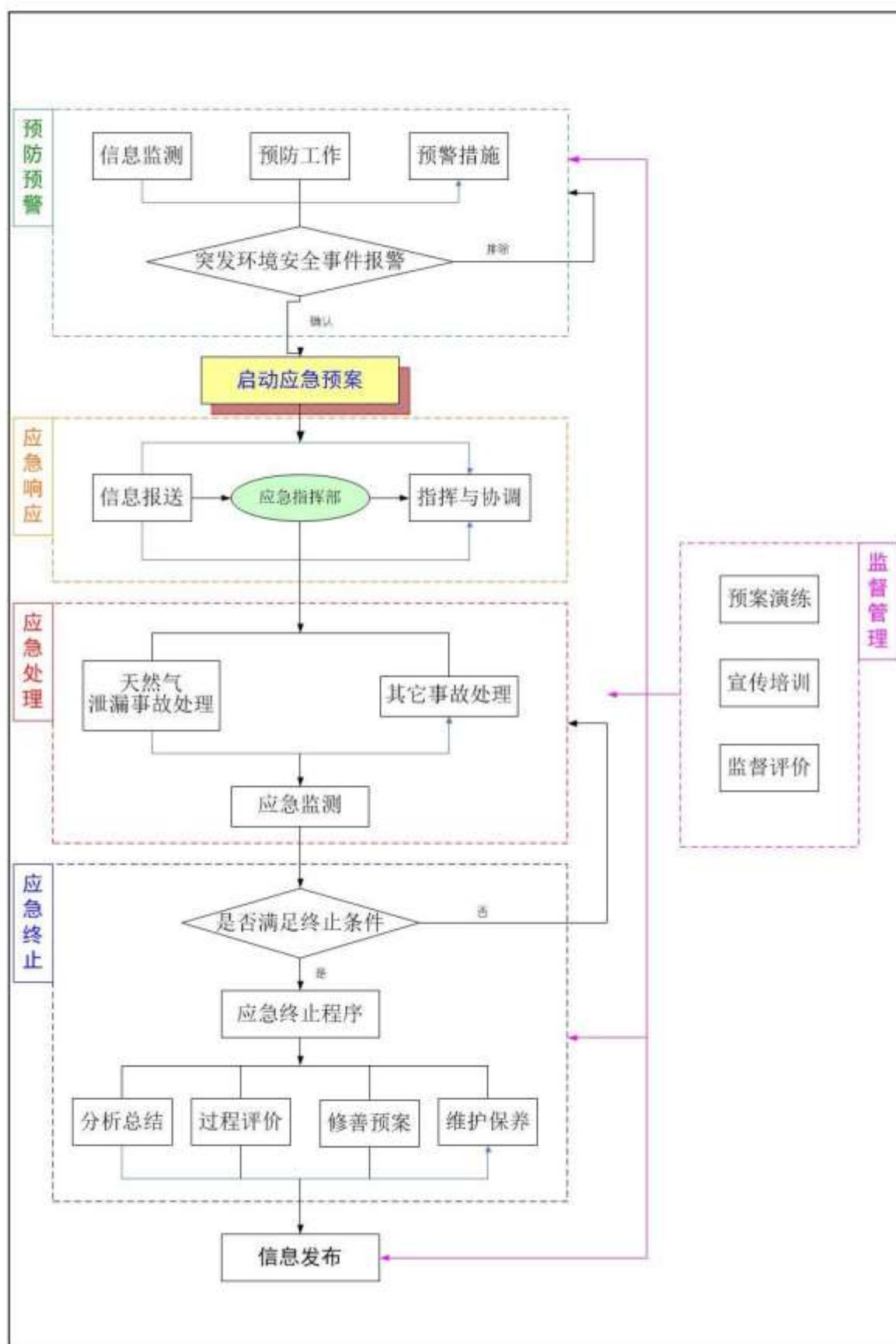


图 9.6-2 应急预案总体框架

表 9.6-3 事故应急预案主要内容及要求

序号	项目	内容及要求
1	总则	
2	应急组织与职责	1)应急组织机构必须能够识别本辖区及下属单位可能发生的事故险情，并有对事故做出正确处理的能力； 2)全面负责站场和管线的安全生产运行，负责制定应急抢险的原则以及编制各类可能发生的工程事故的应急计划，对装置的紧急停工及事故处理做出预案。
3	应急教育与应急演练	1)应急组织机构应做好对各岗位人员的培训，以加强日常应急处理能力的培养和提高； 2)向本站场的职工大力宣传有关生产安全操作规程和人身安全防范知识，减少无意识和有意识的违章操作。对职工进行应急教育，特别是工艺站场的操作人员，向他们提供有关物料的化学性质及其必要的资料。 3)对应急计划中有关的每一个人的职责要有明确分工，对每一项具体的应急计划都要进行定期演练，做到有条不紊，各负其责，确保发生事故时能立即赶赴现场，进行有效的处理和防护工作。 4)与消防队进行定期的信息交流，建立正常的执勤制度，并定期开展消防演习。
4	应急设施、设备与器材	配备必要的抢修、抢险及现场保护、清理的物资和设备，特别是在发生火灾、爆炸危险性较高的敏感区域附近，应急设备不但要事先提供、早作准备，而且应定期检查，使其一直保持能够良好使用的状态。
5	应急通讯联络	配备畅通的通讯设备和通讯网络，如手机、对讲机、事故广播、卫星电话等，一旦发生事故，就要采取紧急关停、泄压等控制事故和减轻事故影响所必须采取的行动，同时与有关抢险、救护、消防、公安等部门联系，迅速取得援助，并在最短时间内赶到事故现场抢修和处理，以使事故的影响程度降到最低
6	应急抢险	1)谁来报警、如何报警； 2)谁来组织抢险、控制事故； 3)事故抢险和控制方法的要求以及应急器材的使用、分配等； 4)除自己必备的救护设备外，还应考虑到一旦发生重大伤亡事故情况下所需要的医疗救护，应事前和有关医院、交通等部门约定事故情况下的救援措施； 5)要有专门的人员来组织现场人员撤离，并有保护事故现场、周围可能受影响的职工、居民及周围的设备、邻近的建筑物的措施
7	应急监测	1)发生天然气泄漏事故时，应急监测的主要内容是对周围大气环境监测和站场空气中有毒有害物质浓度的监测； 2)发生有毒有害物质泄漏事故后，应委托劳动卫生部门进行现场监测，并写出事故影响报告，以确定事故影响的范围、程度，为制定应急策略提供依据。
8	应急安全与保卫	应制定事故情况下安全、保卫措施，必要时请公安部门配合，防止不法分子趁火打劫。
9	事故后果评价及应急报告	对事故后果进行评价，确定事故影响范围、危险程度，并写出事故后果评价报告及事故的应急报告，为以后的应急计划提供准确有用的资料。
10	应急状态终止与恢复措施	规定应急状态终止程序 事故现场善后处理、恢复措施 邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施
11	公众教育和信息	对管道及站场邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息预案编制与更新等
12	附件	与应急事故有关的多种附件材料的准备和形成

（2）应急预案的编制目的

应体现规范事发后的应对工作，提高事件应对能力，避免或减轻事件影响，加强企业与政府应对工作衔接。

（3）应急预案的适用范围

应明确预案适用的主体、地理或管理范围、事件类别、工作内容。

（4）应急预案的工作原则

体现：符合国家有关规定和要求，结合本单位实际；救人第一、环境优先；先期处置、防止危害扩大；快速响应、科学应对；应急工作与岗位职责相结合等。

（5）应急预案的内容

突发环境事件应急预案及其相关文件，包括环境应急预案及其编制说明、环境风险评估报告、环境应急资源调查报告等文本。环境应急预案可包括综合预案、专项预案、现场处置预案或其他形式预案。

（6）应急预案的体系

以预案关系图的形式，说明本预案的组成及其组成之间的关系、与生产安全事故预案等其他预案的衔接关系、与地方人民政府环境应急预案的衔接关系，辅以必要的重点内容说明。

（7）事件分级

参照《国务院办公厅关于印发国家突发环境事件应急预案的通知》（国办函[2014]119号）、《企业突发环境事件风险分级方法》（HJ941-2018）以及管线经过地区突发环境事件应急预案中的突发环境事件分级标准，结合项目的实际情况，按照突发事件性质、社会危害程度、可控性和影响范围，将企业突发环境事件分级。

（8）组织指挥机制

组织指挥机制应包括以下内容：

①以应急组织体系结构图、应急响应流程图的形式，说明组织体系构成、应急指挥运行机制，配有应急队伍成员名单和联系方式表。

②明确组织体系的构成及其职责。一般包括应急指挥部及其办事机构、现场处置组、环境应急监测组、应急保障组以及其他必要的行动组。

③明确应急状态下指挥运行机制，建立统一的应急指挥、协调和决策程序。

④根据突发环境事件的危害程度、影响范围、周边环境敏感点、企业应急响

应能力等，建立分级应急响应机制，明确不同应急响应级别对应的指挥权限。

⑤说明企业与政府及其有关部门之间的关系。明确政府及其有关部门介入后，企业内部指挥协调、配合处置、参与应急保障等工作任务和责任人。

（9）监测预警

建立企业内部监控预警方案，明确监控信息的获得途径和分析研判的方式方法，明确企业内部预警条件，预警等级，预警信息发布、接收、调整、解除程序、发布内容、责任人。明确企业内部事件信息传递的责任人、程序、时限、方式、内容等，包括向协议应急救援单位传递信息的方式方法。

（10）信息报告

明确企业向人民政府及其环保等部门报告的责任人、程序、时限方式、内容等，辅以信息报告格式规范。明确企业向人民政府及其环保等部门报告的责任人、程序、时限方式、内容等，辅以信息报告格式规范。明确企业向可能受影响的居民、单位通报的责任人、程序、时限、方式、内容等。从企业通报决策人、通报负责人到周边居民、单位负责人之间信息传递的方式、方法及内容，内容一般包括事件已造成或者可能造成的污染情况、居民或单位避险措施等。

（11）应急监测

按照《突发环境事件应急监测技术规范》（HJ589-2010）等有关要求，确定排放口和厂界气体监测一般原则，为针对具体事件情景制定监测方案提供指导；根据管线发生污染物事件的地点、泄漏物和次生污染物的种类、风向，迅速选择监测点。

监测点设置：以事故点为中心，在下风向按一定间隔的扇形或圆形布点，并根据污染物的特性在不同高度采样，同时在事故点的上风向适当位置布设对照点；在可能受污染的居民住宅区或人群活动区等敏感点必须设置采样点，采样过程中应注意风向变化，及时调整采样点位置。

监测项目：当只发生泄漏时，监测甲烷；当泄漏后发生火灾时，监测燃烧次生污染物 CO 和甲烷。

监测频次：按事件级别制定监测频次，对大型事件应对相关敏感点进行紧急高频次监测（至少 1 次/h），并随着事件的处理及污染物浓度的降低，逐步降低监测频次，直至环境空气质量恢复正常水平。

（12）现场处置

根据环境风险评估报告中的风险分析和情景构建内容，说明应对流程和措施，体现：企业内部控制污染源-研判污染范围-控制污染扩散-污染处置应对流程和措施。

体现必要的企业外部应急措施、配合人民政府的响应措施及对人民政府应急措施的建议。

涉及大气污染的，应重点说明受威胁范围、组织公众避险的方式方法，涉及疏散的一般应辅以疏散路线图；如果装备风向标，应配有风向标分布图。

分别说明可能的事件情景及应急处置方案，明确相关岗位人员采取措施的时间、地点、内容、方式、目标等。

将应急措施细化、落实到岗位，形成应急处置卡。配有厂区平面布置图，应急物资表及其分布图。

（13）应急终止

结合本单位实际，说明应急终止的条件和发布程序。

（14）事后恢复

说明事后恢复的工作内容和责任人，一般包括：现场污染物的后续处理；环境应急相关设施、设备、场所的维护；配合开展环境损害评估、赔偿、事件调查处理等。

（15）保障措施

说明环境应急预案涉及的人力资源、财力、物资以及其他技术、重要设施的保障。

（16）预案管理

安排有关环境应急预案的培训和演练，明确环境应急预案的评估修订要求。

在落实以上措施的前提下，项目环境风险可防控。

表 9.6-4 环境风险评价自查表

工作内容		完成情况							
风险调查	危险物质	名称	燃料油	天然气					
		存在总量/t	920t	1086946t					
	环境敏感性	大气	500m 范围内人口数 <500 人				5km 范围内人口数 13000 人		
			每公里管段周边 200m 范围内人口数（最大）					<200 人	
		地表水	地表水功能敏感性		F1 ☐		F2 ☒		F3 ☐

			环境敏感目标分级	S1 ☒	S2 ☐	S3 ☐											
		地下水	地下水功能敏感性	G1 ☐	G2 ☐	G3 ☒											
			包气带防污性能	D1 ☒	D2 ☐	D3 ☐											
物质及工艺系统危险性	Q 值	Q<1 ☐	1≤Q<10 ☐	10≤Q<100 ☐	Q>100 ☒												
	M 值	M1 ☐	M2 ☒	M3 ☐	M4 ☐												
	P 值	P1 ☒	P2 ☐	P3 ☐	P4 ☐												
环境敏感程度	大气	E1 ☐	E2 ☒	E3 ☐													
	地表水	E1 ☒	E2 ☐	E3 ☐													
	地下水	E1 ☐	E2 ☐	E3 ☒													
环境风险潜势	IV+ ☐	大气 IV ☒	海域、地下水 III ☒	II ☐	I ☐												
评价等级	大气一级 ☒		海域、地下水二级 ☒	三级 ☐	简单分析 ☐												
风险识别	物质危险性	有毒有害 ☒		易燃易爆 ☒													
	环境风险类型	泄漏 ☒		火灾、爆炸引发伴生/次生污染物排放 ☒													
	影响途径	大气 ☒		地表水 ☒	地下水 ☐												
事故情形分析	源强测定方法	计算法 ☒	经验估算法 ☐	其他估算法 ☐													
风险预测与评价	大气	预测模型	SLAB ☐	AFTOX ☒	其他 ☐												
		预测结果	大气毒性终点浓度-1 最大影响范围__/_m														
			大气毒性终点浓度-2 最大影响范围__/_m														
	地表水	最近环境敏感目标__ 嵊泗农渔业区 __, 到达时间__ 0 __h															
	地下水	下游厂区边界到达时间__/_d															
重点风险防范措施	制订必要的事故应急预案,并在施工前报主管部门备案;施工船舶需配置相应的应急事故处理设施。一旦溢油事故发生,立即启动应急程序,并及时与海事局溢油事故通讯处取得联系,对溢油进行清除,将溢油造成的损失降至最低。																
评价结论与建议	风险可接受																
注:“□”为勾选项,“__”为填写项。																	

10 清洁生产

10.1 清洁生产概述

根据《中华人民共和国清洁生产促进法》，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。

清洁能源的具体特征主要包括：资源量丰富、环境友好、技术经济可行等。广义上的清洁能源主要包括水能、太阳能、风能、天然气等。

10.2 本项目清洁生产评述

10.2.1 产品分析

本项目为 LNG 项目，天然气是一种低碳、高校的清洁能源，营运过程中无“三废”产生，天然气燃烧所产生的 SO_2 、 NO_x 和 CO_2 的排放量分别为燃煤、燃油排放量的 19.2%和 42.1%，极大地降低了对环境空气的污染，具备清洁生产特征。LNG 的推广使用有利于推进上海市能源消费结构转型与优化，构建清洁低碳、安全高效的能源体系，促进清洁能源的使用。

10.2.2 输送工艺

在输送工艺方面，采用管道输送天然气，可以达到从源头上减轻环境污染的作用，符合国家节能减排的要求；输气管道运输的能耗和成本远小于铁路、公路运输，且不受地形、气候、运力紧张、季节的影响；损耗和成本、输送产品的质量也更有保证，同样符合国家清洁生产的相关要求。进一步优化工艺方案，减小能源消耗；采用节能设施，减少能耗；采用合理的防腐方式，保证管道运输的安全性；采用管道完整性管理，提高整体运营水平。

10.2.3 生产设备和设施

使用世界上较为先进的 SCADA 自动控制系统，使输送介质的工艺条件实现由计算机自动控制，减少了由于人工控制而产生的生产损耗，可最大限度地减少由于事故引发的环境污染事故，减少事故停运及天然气损失，提高生产技术水平、操作效率和经济效率。站内设备选用密闭性能好，使用寿命长，能耗低的阀门及分离、计量、调压设备，既降低了能耗，又避免了天然气的损耗。上述生产设备

和设施选择符合国家清洁生产的相关要求。

10.2.4 资源能源的节约

节能是国家经济发展的一项长远战略方针，应贯彻在企业全部工作之中。本项目主要消耗的能源是电和燃料气。站内设备选用密闭性能好，使用寿命长，能耗低的阀门及分离、计量、调压设备，既降低了能耗，又避免天然气的损耗。在港区建成以后，企业成立专门节能办公室，加强生产调度指挥，建立和完善岗位责任制和能源消耗定额管理制度，提高能源利用率。加强能源计量管理，配备准确可靠的能源计量器具，对耗能设备实行严格的计量管理，促进节能减排工作的开展。上述措施符合国家清洁生产的相关要求。

10.2.5 施工期运营期清洁生产

采取加强施工管理，规范施工过程，实施环境监理；确定合理的施工带宽度，减少临时占地对环境的破坏；采用先进、合理的施工方式，减少对环境的污染和破坏；采取必要措施减少施工期扬尘对沿线居民的影响；减少施工营地建设，减少污染物排放；作好生态恢复，水土保持等工作。在运营期，做好废气、废水、固废的达标排放工作，尽可能选择低噪声设备，满足清洁生产的要求。同时，针对施工期和运行期产生的一些环境影响，采取了清洁生产和环境保护措施。

10.2.6 施工船舶清洁生产

本项目施工船只污染物处置办法严格遵守 73/78 防污公约有关要求，对污、废水及固体废弃物进行严格管理。

10.2.6.1 船舶固体废弃物管理

（1）施工船将根据 73/78 防污公约附则 V 的要求，建立《船舶垃圾管理计划》，对船舶垃圾进行了分类收集、储存和管理。

（2）塑料垃圾（包括混有塑料制品的垃圾）、含油抹布、除食物之外的固体废弃物全部保存在船上，到达港口时会委托有资质单位处理，并将情况记录在《船舶垃圾记录簿》上。

（3）严禁在特殊区域倾倒任何船舶垃圾。

10.2.6.2 船舶油污水管理

（1）施工船根据 73/78 防污公约附则 I 的要求，安装满足公约要求的船舶油污水处理装置，并获得由船级社颁发的《国际船舶防止油污染证书》。

（2）船级社每年对该装置的维护保养及运行情况进行检验。同时，港口国

海事主管当局不定期地对其进行检查。

（3）船员对船舶油污水处理装置进行定期的维护保养。船员按要求定期对船舶油污水处理装置进行检查和监控以确保该装置的正常运行。

（4）禁止船舶在码头港口及锚地排放油污水到海洋。

（6）含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制，达到如下条件的时候，才进行排放：a)船舶在航行中；b)通过船舶油污水处理装置，并达到水中含油量低于 15mg/L 之后才排放；c)禁止在特殊区域排放。

（7）船上根据公约的要求建立《船舶油污应急计划》，并备有应急器材如：吸油毡，围油栏等。

（8）船长是《船舶油污应急计划》的总负责人，负责油污染事故的处理。同时，船上也建立了应急小组，并进行了分工如：有负责同主管机关及有关各方联络的，有进行海上围油和收集工作的等等。每半年，船长会组织船员按该计划进行演习和操练，并总结和提高。

10.2.6.3 船舶生活污水处理

（1）项目所使用的施工船舶需持有由船级社颁发的《国际船舶防止生活污水污染证书》，配备有生活污水储存舱或相应的生活污水处理设施，对生活污水进行消毒和处理符合标准后可排海。

（2）船级社每年对该装置的维护保养及运行情况进行检验。同时，港口国海事主管当局也不定期地对其进行检查。

（3）船员对船舶生活污水处理装置进行定期的维护保养。船员按要求定期对船舶生活污水处理装置进行投药、检查和监控以确保该装置的正常运行。

本项目施工作业船舶所采用的污染物处置设备符合国家和国际有关污染物处置排放规定，符合清洁生产要求。

综上所述，本项目产品分析、设备设施选择、施工期营运期分析、施工船舶等多方面均符合国家清洁生产的相关要求。

11 总量控制

11.1 总量控制概述

污染物排放总量控制是以环境质量目标为基本依据,对区域内各污染源的污染物的排放总量实施控制,将某一控制区域作为一个完整的系统,采取措施将排入这一区域的污染物总量控制在一定数量之内,以满足该区域的环境质量要求。在实施总量控制时,污染物的排放总量应小于或等于允许排放总量。

总量控制方案的确定,应在考虑区域总量控制目标及环境质量、环境功能和环境管理要求的基础上,结合项目的实际条件和污染控制措施的经济技术可行性进行。目前,国家实施污染物总量控制的基本程序是:由各级政府层层分解、下达区域控制指标,各级政府再根据辖区内企业发展状况和污染防治规划情况,给企业分解、下达具体控制指标。

国家提出的“总量控制”实际上是区域性的,也就是说,当不可避免地增加污染物排放时,应对同行业或区域内进行污染物排放量削减,使区域内污染源的污染物排放负荷控制在一定的数量内,使污染物的受纳水体、空气等的环境质量可达到规定的环境目标。

11.2 污染物总量控制因子识别

根据《关于印发〈建设项目主要污染物排放总量指标审核及管理暂行办法〉的通知》(环发[2014]197号)等总量控制有关文件的规定,结合本项目污染特征和工程分析结果,本项目纳入总量控制的污染因子为 SO_2 、 NO_x 、颗粒物、挥发性有机物。

本项目新增主要污染物见表 11.2-1。总量来源在嵊泗县范围内调剂。

表11.2-1 本项目新增主要污染物总量情况

项目		新增排放量 (t/a)	总量控制建议 (t/a)
污染物			
废气污染物	SO_2	0.0126t/a	0.0126t/a
	NO_x	0.162t/a	0.162t/a
	颗粒物	0.0236t/a	0.0236t/a
	挥发性有机物	1.512t/a	1.512t/a

12 环境保护对策措施

12.1 降低悬浮沙影响的措施

海底管道施工、取排水及码头工程在施工开工前应对施工设备进行严格的检查，做好施工设备的日常维修检查工作，保持挖泥设备的良好运行和密闭性；严格控制施工船舶数量，按照施工计划采用挖泥船进行作业，不得随意增加施工船舶数量，增加悬浮泥沙源强；合理安排施工船舶位置、挖泥进度，尽量减少挖泥作业对底质的搅动强度和范围；在水动力条件减弱时进行施工，降低悬浮泥沙的影响，严禁在水动力条件活跃的大风浪条件下进行施工，尽量选取在低平潮时进入海底管道施工，最大限度的减少悬浮泥沙对海洋环境的影响程度。

12.2 水污染防治措施

12.2.1 施工期水污染防治措施

（1）生活污水处理

陆域施工时施工人员食宿采用现场施工板房方式；码头施工、接收站、陆域管道施工现场作业期间施工人员产生的生活污水经生活污水处理装置后回用。

（2）含油污水处理

陆域施工时选用先进的设备、机械，有效地减少“跑、冒、漏、滴”的数量及机械维修次数，从而减少含油污水的产生量。发生“跑、冒、漏、滴”突发事件时，采用固态吸油材料（如棉纱、木屑、吸油纸等），将废油收集转化到固态物质中，对渗漏到土壤中的油污应及时利用刮削装置收集封存，运至有资质的处理场集中处理；在施工场地及机械维修场所设临时隔油设施，含油污水收集后经隔油、除渣等处理后，油类及 SS 等污染物浓度降低并监测达标后，可作为施工作业面的喷洒降尘用水，严禁含油污水直接排入水体中；合理规划施工场地的临时供、排水设施，采取有效措施消除跑、冒、滴、漏现象。

（3）船舶污水处理

施工期使用的船舶应严格执行《防治船舶污染海洋环境管理条例》和《船舶水污染物排放控制标准》。施工船舶含油污水设置油污储存舱(或容器)，按照地方环保部门及海事部门的要求，油污陆域接收后由有资质的危废处置企业接收处

置。施工船舶应配备适量的化学消油剂、吸油剂等物资，以防止发生船舶的小范围溢油事故的发生；为预防大规模溢油事故，建议建设单位与专业清污公司保持紧密联系，制定相应的应急预案。施工船舶应尽可能使用耗油低、排气量小的船舶；施工船使用柴油做动力时，采用高标号油作为燃料油。船舶上产生的生活污水储存在污水收集仓内，委托有能力单位处置。

（4）管道试压、储罐试压水处理

本项目采用液压实验进行分段试压，管道试压每公里用水量约为 750m^3 ，浙江段管道试压水总量为 24500m^3 。试压水为清洁水，清管后试压水无污染，经检验达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中二级标准后，就近排海，石龙山入土点试压水纳入市政雨水管网。接收站内储罐试压用水量为 264000m^3 ，达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)二级标准后在接收站排放。

（5）施工废水处理

拟在接收站施工区和定向钻施工区设置施工污水收集和集中处理系统，处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中相应用途的回用标准后储存回用。

①处理工艺

根据本项目各施工区施工废水特点，施工区废水处理均可采用具有基础投资少，运行成本低的常规混凝沉降处理。在施工工段废水相对集中地附近设预沉池，沉淀去除易沉降的大颗粒泥沙，如有含油生产废水进入，则先经隔油处理，隔油池净尺寸为 $4.0\text{m}\times 4.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ （停留时间约 7d），钢筋混凝土结构，再与经预沉淀的含泥沙生产废水一并进行混凝沉淀处理。混合废水先进入初沉池，经沉淀后废水中的 SS 去除率可达到 85%左右，再投加混凝剂，如有必要需投加助凝剂，混凝沉淀后去除废水中的较细的泥沙颗粒，SS 去除率可达到 90%以上。各沉淀池产生的污泥定期清理外运。

②回用措施

除了在工程施工期间对施工废水进行必要的处理外，还应采取施工废水经处理后就近进行重复利用，可用于洒水降尘、绿植浇灌、道路冲洗、出入工区的车辆轮胎冲洗等。

12.2.2 运行期水污染防治措施

本项目废水排放系统按清污分流原则进行设计，排水系统分为生活污水系统、生产污水系统及雨水系统。

生活污水收集系统：主要是办公行政楼、综合辅助楼、执勤楼及控制室内厕所排放的污水，经化粪池预处理后由埋地生活污水管线收集，分别重力自流排入接收站内生活污水处理系统，食堂油污水经隔油处置后纳入生活污水处理系统。处理达标后作为中水供厂区绿化使用。

生产污水收集系统：生产污水主要为厂区内少量的含油废水，由埋地生产废水管线收集，设置生产污水调节池，监测污水中石油类浓度低于 20mg/l 时，生产污水直接泵入生活污水处理系统综合处理；否则通过重力自流排入厂区内油污水处理系统，预处理后再进入生活污水处理系统，最终处理达标后作为中水供厂区绿化用水。处理后废油委托有资质单位处置。

柴油罐区发生事故时可能受到污染，柴油储罐事故水池有效容积为 220m^3 ，消防水或污染雨水需进行收集和处理。本项目海水排水系统：主要收集 IFV 排放的海水冷排水，海水经 IFV 换热后温差不超过 5°C ，通过埋地管道排到 LNG 接收站西南侧的海水排放口，海水排放量共计 $67200\text{m}^3/\text{h}$ 。

雨水排水系统：雨水系统主要收集厂区内的清净雨水。雨水排水系统由道路雨水口收集，经雨水排水管道排至厂区西侧海域。引堤和码头上的雨水直接排海。

船舶污染物控制：到港 LNG 运输外轮自行处理产生的生活污水和油污水。其他辅助船舶产生的生活污水和油污水由建设单位在码头配备接收装置接收。

（1）生活污水处理

本项目拟采用生化处理方式，处理设备选用一体化生活污水处理装置（主要包括生活污水处理橇、消毒设施）。一体化污水处理装置是一种较常见的污水处理设施，具有占地面积小、可成套供应及出水水质稳定可靠等特点，广泛用于处理住宅小区、村庄、集镇、车站、飞机场、海港码头、船舶废水以及与生活污水类似的各种工业有机污水。因此，本项目选用一体化污水处理装置处理接收站的生活污水是经济合理、技术可行的。

本项目生活污水排放量约 $30\text{m}^3/\text{d}$ ，考虑生活污水排放的波动性，生活污水处理系统设计处理能力为 $50\text{m}^3/\text{d}$ ，主体处理工艺为：生活污水和除油后的生产废水排入调节池均质均量后，由污水提升泵送至一体化生活污水处理装置，污水

经缺氧、三级生物接触氧化和沉淀处理完成有机物去除和脱氮过程，好氧区混合液经硝化液回流泵回流至缺氧区以实现反硝化脱氮；二沉池出水自流至清水池，经泵提升至瓷砂过滤器过滤处理，过滤器进水管线设置聚合氯化铝（PAC）及聚丙烯酰胺（PAM）投加口，达到化学除磷的目的，过滤器出水加药消毒后自流至回用水池，处理出水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准及《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准后，作为厂区绿化回用，不外排。

接收站内绿化面积为 63990m²，根据《室外给水设计标准》(GB50013-2018) 中 4.0.6 条，浇洒绿地用水按照 1.0~3.0L/m²·d，绿化用水量为 64~192m³/d，按照 4~5d 浇洒一次考虑，本项目的产生的回用水可得到完全利用，不外排。

（2）油污水处理

含油污水主要为接收站区域地面冲洗水、维修车间地面冲洗水，产生量约 2~3m³/次，间歇排放。根据工艺装置废水排放分析，考虑到不可预见排水量，油污水处理系统设计处理能力为 1m³/h。

油污水处理系统工艺流程简介如下：来自生产装置的含油污水经过格网分离去除漂浮物后，进入油污水调节池均质均量后，经泵提升至油水分离器和过滤器进行二级除油。油污水处理系统安装油分在线检测仪，监控设备除油效率及排水中石油类浓度，确保排水中石油类浓度低于 5mg/L；除油后的污水送至生活污水处理系统进一步处理。

油水分离器分离所得的污油排至污油罐，污油定期通过污油泵提升至外输槽车或包装桶内，送至有资质单位进行处理。

另外，根据 LNG 接收站实际运营数据，油污水处理设施投用频率较低，本项目运营时可取样监测生产污水调节池内污水石油类浓度，监测污水中石油类浓度低于 20mg/L 时，生产污水直接泵入生活污水处理系统综合处理；否则送生产污水预处理系统除油处理。

（3）SCV 装置排水

本项目配套 2 台 SCV 气化器，仅在应急调峰或冬季极端低温条件下补充气化能力的工况下启动。根据上海 LNG 接收站运行数据，SCV 气化器全年投用频率低，每三个月测试一次，测试时间持续 2h，测试期间不排水。

若 SCV 气化器在极端低温或应急调峰时长时间连续运行，会产生工艺废水。

SCV 气化器排水为天然气燃烧烟气中水蒸气冷凝液，pH 呈 6~9 中性，属于清净水，类比国内多个接收站，基本上是作为清洁下水直接排海。

（4）IFV 气化器海水冷排水

①海水温降控制措施

IFV 气化器工作过程中，首先海水和中间介质丙烷进行换热，然后丙烷与 LNG 进行换热，在热交换过程中海水吸收冷能从而温度降低，为控制冷排水温降对水生生物产生的影响，本项目冷排水温降幅度控制在 5℃以内。

控制海水温降在 5℃以内的工程措施：在气化器海水进口、出口管道上安装温度表，设置低温报警功能，当报警信号发出后，调节气化器海水入口管线上的阀门开度，增大海水流量或者减小气化器上 LNG 入口管线上阀门开度，减小 LNG 流量，确保海水温降在 5℃以内。海水冷排水排放口处设置了温度在线监测仪，可实施监测冷排水的温度变化情况。

下阶段结合现 LNG 接收站冷能发电示范项目和小洋山岛产业规划，深化冷能利用方案，开展冷能利用研究，接收站内已预留冷能利用土地，重点开展冷能发电，预留土地可布置 1-2 套冷能发电装置，以海水作为热源，采用低温朗肯循环系统，工作介质选用丙烷，组成闭式的低温蒸汽动力循环，利用 LNG 的优质低温冷能以及海水的低品位能产生电能，年发电量约为 2000 万度，全部在站内消纳，约占接收站全年用电量的 15-20%，单台投资约 2 亿元；站外结合岛上产业规划，开展冷库等冷能利用方式研究，逐步提高冷能利用率，减缓工程取排水对区域生态环境的影响。

②海水杀生方案

本项目海水微生物杀生药剂采用 EGD 非氧化性杀生缓释剂。EGD 杀生缓蚀剂为有机胺类杀生剂，有效成分为天然双长链脂肪胺；EGD 杀生剂杀生机理为：EGD 杀生缓蚀剂分子结构是一种双长链的有机胺类，一端是亲水基团，另一端是憎水基团，与水生物接触时，亲水基团会紧密结合水生物，把另一端对外，形成憎水的表面，阻止水中氧的传送，使水生物窒息死亡。

EGD 加药装置设计运行加药浓度区间为 8~10ppm（海生物生长期 4-11 月建议采用 10ppm 浓度加药，冬季 12-3 月海生物生长缓慢，可适当降低加药浓度至 8ppm），加药时长为 40min。目前 EGD 海水杀生方案在浙江 LNG 接收站、珠海 LNG 接收站、上海 LNG 接收站、青岛董家口 LNG 接收站、浙江国华宁海电厂

项目等均有应用。

（5）初期污染雨水及清洁雨水收集排放

污染区域的初期污染雨水应收集，收集量按污染区域面积与 30mm 降雨深度测算；污染成分包括石油类物质和悬浮物等。接收站内的污染区域为柴油罐四周防火堤内及柴油泵小围堰内地面区域，初期污染雨水量约 $4.5\text{m}^3/\text{次}$ ，考虑到柴油储罐与含油污水调节池毗邻布置，不单独设初期雨水池，初期污染雨水送入生产污水调节池。

接收站其他区域清净雨水分区域采用雨水篦子收集到暗管，通过排水口集中排放。

（6）船舶污水

到港 LNG 专用船不携带压载水，也不存在洗舱水问题，船舶产生的污水主要是机舱油污水和船舶生活污水。对于船舶污水的处理，本项目 LNG 运输船应遵循《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》（1983 年 12 月 29 日国务院公布）、《国际防止船舶造成污染公约》（MARPOL73/78）及《船舶污染物排放标准》等有关规定。

本项目 LNG 运输外轮，均具备生活污水和油污水处理装置（马可波罗公约），其在 LNG 卸货过程中不排水（停泊时间一般为 24 小时）。LNG 接收站不接受外轮船舶机舱油污水和船舶生活污水，产生的生活污水和机舱含油污水由船舶自行处理。

针对其他辅助船舶产生的生活污水和油污水，由建设单位在码头配备接收装置接收。

（7）LNG 集液池

LNG 罐区、装车区和工艺区均考虑设置集液池，接收站内共 6 座集液池、码头上一座集液池，尺寸为 $6.5\text{m}\times 6.5\text{m}\times 5\text{m}$ ，后续根据火灾危害分析 FHA 报告可能会调整。泄漏的 LNG 收集到集液池内，以防止泄漏的 LNG 四处溢流。同时，每个收集池均设置高倍数泡沫系统，当低温探测器或火焰探测器探测到收集池内有泄漏的 LNG 后，即自动向收集池内喷射高倍数泡沫混合液，以控制 LNG 的气化速度。高倍数泡沫覆盖泄漏燃烧的 LNG，一方面其封闭效应使得大量的高倍数泡沫以密集状态封闭了火灾区域，防止新鲜空气流入，使火焰熄灭；另一方面其蒸气效应（指火焰的辐射热使其附近的高倍数泡沫中的水蒸发变成水蒸

气，吸收大量的热量）阻挡了火焰对泄漏 LNG 的热传递，从而降低了 LNG 的气化速度，使 LNG 安全气化。

高倍数泡沫发泡比例高，灭火后残留于集液池的水量少，少量的残余液体蒸发消除。

12.3 固废污染物治理措施

12.3.1 施工期固废治理措施

施工期的固体废物主要包括船舶生活垃圾、接收站生活垃圾、陆域管道生活垃圾、管沟开挖土方（海底输气管道预挖沟土方）和定向钻干泥。对施工期固体废物应采取“集中收集、分类处理、尽量回用”的原则。施工期垃圾由各施工单位负责处理，不得随意抛弃或填埋。

建设单位与嵊泗星源再生资源利用开发有限公司签订相关协议，海底输气管道预挖沟土方由嵊泗星源再生资源利用开发有限公司接收，用于料场恢复回填使用等使用。

在施工现场设置垃圾收集箱，垃圾要求分类收集，定期或不定期进行清理。避免施工垃圾、生活垃圾随地丢弃而污染环境。

施工过程中泥浆不得随意排放，应由专门的泥浆池统一收集储存。泥浆池要按照规范设置，其容积考虑 30% 的余量，以防雨水冲刷外溢，泥浆池底要采用可降解防渗透膜进行防渗处理，保证泥浆不渗入地下，到施工结束后剩余泥浆经 pH 调节为中性后，经固化处理收集后，委托有资质单位外运处置。

对于海上作业固体废弃物和生活垃圾，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回运至港口委托处理，不排放，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

12.3.2 运行期固废治理措施

（1）生活垃圾

生活垃圾统一收集后委托环卫部门进行接收、处置。

（2）污水处理系统污泥

一体化生活污水处理装置运行过程中会有极少量污泥产生，由于处理对象主要为生活污水，污泥为一般固体废弃物，可委托环卫部门由吸粪车抽吸外运。

（3）海水取水泵房过滤物

海水取水泵房内设置的格栅清污机将截留大块物体，旋转滤网会过滤海水中细小悬浮物和泥沙，产生海水取水泵房过滤物，属于一般固废，委托市政环卫部门统一处理。

（4）危险废物

本项目产生的危险废物包括：BOG 压缩机、空压机维修和保养产生的废机油，含油污水处理系统产生的废油泥及污油、分析化验室产生的实验室废液、废油漆包装桶类，在接收站内收集、暂存后，定期委托有危险废弃物处理资质的企业进行处置，按规定办理转运手续。

接收站内配套建设危废暂存间，按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单要求建设，委托有相应资质的单位定期清运处置。

本项目建设一处危废暂存库，主要的设计、堆放、运行与管理要求包括：

①危险废物贮存设施的选址与设计原则

设施底部必须高于地下水最高水位。应避免建在溶洞区或易遭受严重自然灾害如洪水、滑坡，泥石流、潮汐等影响的地区。应建在易燃、易爆等危险品仓库、高压输电线路防护区域以外。应位于居民中心区常年最大风频的下风向。

②危险废物贮存设施(仓库式)的设计原则

地面与裙脚要用坚固、防渗的材料建造，建筑材料必须与危险废物相容。必须有泄漏液体收集装置、气体导出口及气体净化装置。设施内要有安全照明设施和观察窗口。用以存放装载液体、半固体危险废物容器的地方，必须有耐腐蚀的硬化地面，且表面无裂隙。应设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量或总储量的 1/5。不相容的危险废物必须分开存放，并设有隔离间隔断。

③危险废物的堆放

基础必须防渗，防渗层为至少 1m 厚粘土层(渗透系数 $\leq 10^{-7}$ cm/s)，或 2mm 高密度聚乙烯，或至少 2mm 厚的其它人工材料，渗透系数 $\leq 10^{-10}$ cm/s。

堆放危险废物的高度应根据地面承载能力确定。衬里放在一个基础或底座上。衬里要能够覆盖危险废物或其溶出物可能涉及到的范围。衬里材料与堆放危险废物相容。在衬里上设计、建造浸出液收集清除系统。

应设计建造径流疏导系统，保证能防止 25 年一遇的暴雨不会流到危险废物

堆里。危险废物堆内设计雨水收集池,并能收集 25 年一遇的暴雨 24 小时降水量。危险废物堆要防风、防雨、防晒。

④危险废物贮存设施的运行与管理

危险废物产生者和危险废物贮存设施经营者均须作好危险废物情况的记录,记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留 3 年。

⑤危险废物贮存设施的安全防护与监测

危险废物贮存设施都必须按 GB15562.2 的规定设置警示标志。危险废物贮存设施周围应设置围墙或其它防护栅栏。危险废物贮存设施应配备通讯设备、照明设施、安全防护服装及工具,并设有应急防护设施。

本项目暂存间为单层建筑,地面做防渗处理,渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-10} \text{cm/s}$,房间内设置导排沟和集液坑,室内地面坡向排水沟。危废暂存间为封闭式仓库,按照防渗、防雨、防晒、防扬散、防盗、防流失要求进行设计,库房内根据存放物料的类别设置可燃气体报警仪、有毒气体报警仪、机械通风、安全照明及淋浴洗眼器等设施;危废暂存间内设置机械通风设施,废气经收集后,经过净化处理后排放;危废暂存间出入口以及内部设置视频监控,可实现全景视频监控,记录危险废物入库、出库活动以及仓库内部危险废物贮存情况,监控影像送入主控室。危废间可以满足项目产生的危废暂存需求。

(5) 船舶固废

本项目 LNG 运输船为外籍船舶,均具备生活垃圾收集处理装置(马可波罗公约),其在 LNG 卸货过程中(停泊时间一般为 24 小时)产生的生活垃圾由船上设施收集,不在港排放。

针对其他辅助船舶,建设单位在码头配备接收装置进行接收。

12.4 大气污染防治措施

12.4.1 施工期大气污染防治措施

施工工地要严格做到六个百分百,即施工场地周边 100%围挡、物料堆放 100%覆盖、出入车辆 100%冲洗、施工现场地面 100%硬化、拆迁工地 100%湿法作业、渣土车辆 100%密闭运输;定期清扫施工场地的洒落物,在干燥天气时

辅以洒水抑尘等措施。施工场地应进行封闭围挡。对主要运输道路进行硬化处理，减轻二次扬尘污染。零散材料堆放场地等施工场地地面硬化。水泥采用成品散装水泥槽罐车统一配送。汽车运输土方，砂石料加盖篷布，施工现场管理人员严格控制行车车速；沙石、水泥和物料的装卸时注意控制落差，大风条件下停止现场施工；施工结束时，应及时对施工占用场地进行植被恢复，减少扬尘产生的途径和可能性。

施工期加强施工设备维修保养管理，避免相关机械设备带病、超负荷等非正常工况下产生的废气；建筑材料切割、抛丸工序设置在专用工棚内，减少烟尘排放；合理设置施工营地，施工队伍临时食堂使用清洁的液化气作为燃料；建筑单位应加强喷涂作业期间的管理，工程分包时提出喷涂期间 VOCs 源头控制及过程控制的要求：优先采用符合国家标准的高 VOCs 含量的涂料、胶黏剂、清洗剂等，采用高无气喷涂、空气辅助无气喷涂等涂装工艺；通过上述措施，控制喷涂期间 VOCs 无组织排放对周边环境的影响。

12.4.2 运行期大气污染防治措施

（1）事故工况火炬燃烧烟气

项目 LNG 装卸及储存过程中产生的蒸发气通过蒸发气回收系统进行回收，因此项目 BOG 基本不外排。本项目接收站火炬系统用于处理 BOG 总管超压排放的气体，以及下游输气管道检修时或紧急状况下，管道中残留的高压气体。因此，本项目设两条火炬管线：一条与 BOG 总管相连。当 LNG 储罐压力达到 26kPa(G)时，控制阀打开，超压部分气体排入火炬系统。

除下列情况外，所有压力安全阀和接收站安全阀排放的气体全部排到 BOG 总管：

- ①IFV 安全阀就地放空；
- ②码头液体管线上热膨胀安全阀就地放空；
- ③LNG 储罐上压力安全阀放空直接排到大气。

另一条火炬管线与下游输气管道相连。当下游输气管道发生故障和停产检修时，输气管道中的高压天然气经压力调节减压后进入火炬系统。

火炬分液罐设置在火炬上游低点位置，以防 BOG 中夹带液滴带入火炬，分液罐配有电加热器。为防止空气进入火炬及两条火炬管线，应连续向火炬头通入

低流量氮气，维持系统微正压。

本项目接收站火炬泄放量约 200t/h，输气管道工程火炬泄放量约 160t/h。分成两个独立系统分开泄放，两系统共用 1 台火炬塔架。正常操作时，所有低压泄放气体均排火炬，火炬上游设火炬分液罐。火炬检修应选择在储罐压力较低时进行。火炬检修期间，低压放空气体皆排入 BOG 总管，当 BOG 总管发生超压时，可通过 LNG 储罐上安全阀排至大气，因此，火炬不设备用。

火炬长明灯燃烧烟气：火炬系统设有长明灯，正常生产过程中，火炬长明灯排放少量烟气， NO_x 浓度约 $103\text{mg}/\text{m}^3$ ， NO_x 排放速率为 $0.014\text{kg}/\text{h}$ ，烟气经 120m 高的火炬排入大气， NO_x 排放量和排放速率均能满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中的二级排放标准的要求。

（2）SCV 燃烧烟气

本项目设置 2 台 SCV 气化器，仅在应急调峰或冬季极端低温条件下补充气化能力的工况下启动，根据上海 LNG 接收站现有设施运营数据，SCV 气化器未连续投用，每三个月试机一次，持续时间 2h。

SCV 气化器以天然气为燃料，运行时排放燃烧烟气 $47340\text{m}^3/\text{h}$ （单台 SCV 测试，最大排放量），主要污染物为 NO_x 。SCV 气化器燃烧烟气组成类比现有及在建工程 SCV 气化器， $\text{NO}_x < 50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $\text{SO}_2 < 8\text{mg}/\text{m}^3$ ， NO_x 及 SO_2 排放速率分别为 $2.367\text{kg}/\text{h}$ 及 $0.38\text{kg}/\text{h}$ ，排气筒高度为 32m，采用低氮燃烧器实施源头控氮措施后高空排放，烟气排放满足《石油化学工业污染物排放标准》（GB31571-2015）中工艺加热炉排放限值要求。

（3）柴油发电机组及消防水泵烟气

当发生停电或火灾事故时，柴油发电机组、消防水泵紧急投用，柴油设备运行过程中会产生柴油燃烧尾气，主要污染物为 NO_x 、未燃尽碳氢化合物及颗粒物。柴油燃烧尾气仅在事故工况下排放，持续时间短暂，尾气通过高出机房屋顶 1.5m 处排气筒排放，对大气环境产生的影响较小。

（4）食堂油烟

本项目设有职工食堂，在厨房烹饪期间会产生油烟废气。接收站食堂使用的燃料为天然气，炉灶燃烧烟气间歇排放（按每日排放 4h 计）；烹饪期间产生的油烟通过高效静电油烟净化器进行净化处理。

设备运行时噪音小，阻力小，运行成本很低，净化效率高，经检测，油烟净

化率高于 90%。

（5）安全阀冷排放空

IFV、SCV 超压和 LNG 储罐急速超压时，会有甲烷直接排入大气，排放量和事故大小情况和安全阀起跳的个数有关。安全阀冷排气按估算的最大量考虑，单台储罐安全阀冷排量为 190.95t/h、IFV 和 SCV 的安全阀冷排量均为 210t/h。

（6）清管作业废气

清管周期是由管道输送介质的性质、输送效率和输送压差等因素决定的，接收站一般每年进行 1~2 次清管作业，清管作业天然气排放量少且瞬时排放，对环境的影响较小。

（7）减少无组织排放废气的工艺措施

无组织排放源主要来自码头接卸、储罐装卸过程、站场输送过程中的挥发损失。工程采用了以下措施，减少无组织废气排放，如 LNG 船舶采用密闭装卸工艺、LNG 储罐设置超压保护设施、槽车装卸车采用密闭装卸工艺及氮气吹扫方案、加强运行管理维护，开展设备泄漏监测与修复等。

（8）泄漏监测

按照浙江省工业企业挥发性有机物泄漏监测与修复（LDAR）技术要求及相关技术导则要求，运行期实施 LADR 管理体系。

12.5 噪声防治措施

12.5.1 施工期噪声防治措施

施工机械设备选型上尽量采用低噪声机械设备，部分高噪声施工机械通过排气管消音器和隔离发动机振动部件的方法降低噪声；打桩等高噪声施工集中在白天，无夜间高噪声施工行为；加强对施工机械设备的维修、保养，减少噪声产生；合理疏导进入施工区的车辆，减少汽车会车时的鸣笛噪声。施工期的噪声影响是短暂的，会随着施工过程的结束而停止；通过采取上述措施后，可降低施工噪声对周边环境的影响。

12.5.2 运行期噪声防治措施

项目运行期正常工况下产生的噪声主要有装卸机泵、压缩机、气化器等设备产生的机械噪声等，项目通过选用低噪声、少振动的设备，对产生较大噪声和振

动的设备，采取消声、吸声、隔声及减振等措施降低噪声对环境的影响。经预测，接收站厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）表 1 中 3 类标准，措施可行。

（1）设计中尽量选用低噪声、少振动的设备，如选用低噪声的离心式压缩机、电动机、泵等。

（2）对产生较大噪声和振动的设备，采取消声、吸声、隔声及减振、防振措施，如设置封闭房间、隔声罩、消音器等，使操作环境中的噪声值达到规范要求。空压机、海水泵等噪声设备室内安装，空压机进出口设置柔性连接及消音器，降低振动和空气动力性噪声。

（3）BOG 压缩机出入口管道局部包覆保冷降噪材料，降低设备外壁辐射噪声（包覆长度为 30 倍管道直径，即入口管线为 15m，出口管线为 10m）；在 BOG 压缩机出入口管道处设置刚性支架，避免管道和设备产生共振，可有效避免共振产生的噪声影响；BOG 压缩机电机外设置封闭式防护罩，可减少设备外壁辐射噪声。

（4）对试车放空、正常开停车放空、正常生产放空、事故放空等气体排放所产生的噪声，超过允许值时，采取在排放口设置消音器来降低噪声值。

（5）设计时合理控制管道流速，以降低噪声。

（6）调节阀、节流装置分配适当的压差，避免压差过大产生噪声。

（7）加强对设备的经常性维护和保养，维持设备在较低噪声水平，以降低噪声设备对周围环境的影响。

（8）设计管道布架时，考虑最佳位置，以减少振动。

（9）为防噪声污染，接收站内的职工生活和工作场所的建设应采用隔声吸音材料，门、窗均按隔声门、窗的要求设计。

（10）厂区总体布置中统筹规划，注重防噪声间距，合理布置噪声敏感区中的建筑物功能和合理调整建筑物平面布局，把非噪声敏感建筑物或房间靠近噪声源，噪声敏感建筑物或房间远离噪声源，并在厂区、厂前区及厂界围墙内外广泛设置绿化带。

12.6 管道防腐措施

（1）海底管道

目前，国际上通用三种涂层：熔结环氧(FBE)、煤焦油瓷漆和三层聚乙烯(丙烯)。融熔环氧膜厚小，容易破损，不适合选作带混凝土配重的管道；煤焦油瓷漆和三层聚乙烯可以选作防腐涂层，由于煤焦油瓷漆施工过程污染较重,应用受到一定限制。三层 PE 既保持了熔结环氧的附着力强、耐阴极剥离好、柔性好、抗土壤化学腐蚀、电绝缘性能好等优点，又保持了聚乙烯层耐磨、抗冲击等优点，是一种比较理想的管道防腐涂层。

本项目海底管道防腐涂层推荐选用三层聚乙烯(3LPE)，厚度不小于 4.2mm；管道现场节点采用热收缩带进行防腐，节点处浇筑聚氨酯泡沫填充至于混凝土平齐。防腐涂层具有优良耐盐、耐酸碱性能，对海水水质基本无污染影响。

（2）地上管道

工艺站场内管道的外防腐层除具有一般防腐层所应当具有的性能外，还应当具有以下几个显著特点：能适应现场的施工环境（如温度、湿度等）；易于现场涂覆作业，质量易于控制；对环境的污染小；耐土壤应力（仅埋地管道外防腐层）；具有良好的耐阴极剥离性能（仅埋地管道外防腐层）；对于地上的管道和设施的防腐层，应当能适应站场所在地区的天气，如极端温度、昼夜温差、日光曝晒、雨雪风沙等的侵蚀。

本项目工艺站场内露空设备、管道采用涂装氟碳防腐层的方案防腐，氟碳防腐层体系的耐水性、耐候性、耐老化性能优异，寿命较长，对周边环境基本无污染影响。

（3）陆上地下管道

本项目对站场内埋地钢质管道的防腐层设计如下：与干线管道管径相同的进站管道、出站管道采用与干线管道相同的外防腐层，即采用加强级 3LPE 外防腐层；其它埋地管道（包括这些管道的补口），均采用无溶剂液体环氧防腐，实干后再外缠聚丙烯增强编织纤维防腐胶带（55%搭接）加强防腐。

所选防腐涂层耐受性好，寿命较长，能满足项目使用年限要求，且对周边环境基本无污染影响。

12.7 生态影响防治措施

本项目采取的优化施工工艺、合理安排施工、有效的污染物处理措施、有针对性的环境管理措施以及生态补偿措施等均为有效的生态影响防治措施，主要体

现在如下方面：

（1）优化施工工艺

工程施工对海域周围距离较近的敏感目标存在一定影响，由于本项目管道穿越嵊泗农渔业区，对水质影响最大，悬浮浓度增量最高可达 586.46mg/L，会对其水质造成短期不利影响。

虽然工程管道开挖期间对工程附近敏感目标海水水质产生了不利影响，但对其造成的悬浮物影响是暂时的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，且工程登陆段采用预开沟方式施工，大大减小了悬浮物发生源强，有利于对近岸敏感区的水质保护。

（2）生态补偿

1）增殖放流

国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施。通过增殖放流，可以迅速弥补本项目施工等因素对海洋渔业资源造成的损失。

为减少项目建设对渔业资源的综合影响，建设单位应在渔业主管部门的指导下，制定增殖放流计划，在工程建成后采取以底栖和潮下带生物增殖及渔业资源生物增殖放流为主的生态修复补偿措施，增殖放流品种优先选取海域的常见种和优势种。确保增殖放流的资金不少于本项目造成的生物资源损失金额。

1）组织形式

实施主体：申能洋山液化天然气有限公司（建设单位）；

监督单位：舟山市渔业主管部门。

2）技术路线

A、生态补偿和生态修复品种的筛选方法

当前，生态补偿和生态修复品种的选择尚缺乏完善的规范，在生态补偿和生态修复的过程中如果对种类或种质控制不严，则会对放流和修复海域的原良种质量、遗传多样性等产生破坏，因此，对工程所在海域的生态补偿和生态修复种类筛选应遵循以下原则：①“技术可行”原则。生态补偿和修复种类在人工繁殖、暂养，增殖放流技术上是可行的；生态补偿地环境适合。②“生物安全”原则。生态

补偿和修复种类必须是在本海域自然生长的土著种，不会对其他种类带来伤害；生态补偿和修复幼体必须是野生亲体繁殖的子一代或子二代苗种，确保遗传多样性的稳定，防止生态补偿和修复种群对自然种群的遗传污染。③“生物多样性”原则。保护生物多样性的最基本途径是就地保护自然生境，在物种的自然环境中维持一个可生存种群。在生态补偿种类选择时应首先考虑资源衰退较严重或濒临灭绝的物种。对于虽有较大经济价值，但自然种群密度较高的物种不应作为首选的对象。④“兼顾效益”原则。生态补偿和生态修复种类本身要有较高的经济价值，实施生态补偿和生态修复后能产生较好的生态、社会 and 经济效益。

B、生态补偿和生态修复地点的筛选方法

生态补偿和生态修复地点的选择直接关系到生态补偿品种的存活率和生态修复的后期效果，因此，对工程所在海域的生态补偿修复地点的筛选应遵循以下原则：①“原地就近”原则。生态补偿和修复一般是指建设项目施工对海洋生态环境造成一定的负面影响而开展的对受损海域进行生物资源损害赔偿和修复活动，所以原则上要求生态补偿和修复工作要在生物资源损害地进行。如由于建设项目的影 响造成原地补偿效果不佳或者暂时不适宜开展生态补偿工作，可选择在建设项目临近的区域进行。同时地点的选择，还应有利于苗种运输，保证存活率。②“环境适应”原则。开展生态补偿和生态修复地的本底调查，选择盐度适宜、饵料丰富、远离排污口、水质符合国家渔业水质标准和补偿种的保护区、产卵场、幼鱼栖息地、索饵场等地方开展生态补偿工作。③“生态容量适宜”原则。生态补偿地的生态容量也是一个必须考虑的因素，如果生态补偿数量太少，形成了不了规模效应，生态补偿数量太多则会对水域生态环境造成压力，所以需要 对生态补偿地的生态容量进行正确评估。④“易于宣传教育”原则。生态补偿和生态修复不仅可以使海洋环境得到改善，还可以使建设单位自觉保护海洋生态环境的意识得到进一步加强，因此生态补偿和生态修复的地点选择应该符合便于开展宣传海洋环境保护的原则。

C、生态补偿和生态修复品种的确定和适宜性分析

根据本项目的实际情况，结合工程海域海洋生物的特点，本报告建议采取增殖放流方式作为该海域的生态修复方案，增殖放流的主要品种可选择大黄鱼、大竹蛏、彩虹明樱蛤、三疣梭子蟹、海蜇等，增殖放流地点可选择在本项目附近海域。具体放流数量、时间、地点及放流品种等应按照经评审的增殖放流实施方案

确定。增殖放流后应进行增殖放流效果跟踪调查，提出放流效果的调查分析报告。

（3）加强渔业资源和生态保护宣传

在进行海洋生物增殖放流，举行仪式，以保护海域生态环境为主题，一方面加强社会环境保护教育，另一方面树立项目建设单位的环保形象。

（4）合理安排施工期

海域施工应尽量避免鱼类繁育的高峰季节(4~6月)，凤鲚产卵盛期为5月中旬至6月底，不同鱼类产卵期和产卵场各有差异，可通过合理安排施工进度，在不同鱼类的产卵期避开产卵场，待其产卵期结束后进入产卵场施工，或者降低施工强度，最大程度的减少对生态环境保护目标和敏感保护目标的影响。

加强对施工人员的管理，制定严格的环保规章制度，教育船舶工作人员，一旦发现大型海洋生物，应主动避让，并停止施工，用驱赶的方法将其驱逐出作业海域，再进行作业。

为减少对海洋生物的干扰，对大噪声施工作业，在作业的初始期发出轻声，待游泳动物避开后再进行正常的施工作业。

根据悬浮沙、溢油等的浓度、扩散范围的模拟、预测数据，当产生不可避免的事故时，应及时告知海洋和渔业管理部门，按照规定进行生态补偿或经济补偿；施工避免在雨天、台风等不利气象条件下进行，尽量缩短施工对海域水质影响的时间和程度。

（5）冷排水处理措施

运行期海水取水口区位于接收站南侧，工艺海水泵以及消防海水泵布置在海水取水池内。为降低海水取水时对海洋生态环境的影响，项目设计时采取的措施如下：在冷排水取水口设旋过滤网，拦污栅和移动清污机，阻拦海水中的生物被动吸入和受损伤；工程设计进水流速应采取小于海域评价流速的措施，避免水生生物被动吸入受损；取水头设计应在一定深度，以尽可能避免水生生物的洄游场所和表层浮性鱼卵、仔鱼吸入。为确保海水冷排水对周围海域水生生物的影响在可控范围之内，工程设计时在海水排水口处安装在线监测仪实时监控排水温度，监测结果反馈至中控系统，实现与工艺装置连锁，一旦发现温降排放不满足排放要求，则从源头上对工艺参数进行调整，并最终实现海水冷排水达标排放。

（6）陆生生态防治措施

1) 严格限制施工范围，不得随意扩大工程占地范围，加剧对工程周边陆生

植被的破坏面积。

2) 加强生态环境及生物多样性保护的宣教和管理力度, 使施工人员充分认识到保护野生动物的重要性。施工期间如遇常见野生动物应进行避让或保护性驱赶, 禁止捕猎, 施工如误伤野生动物, 应立即送往兽医站等动物医疗机构进行救治。

3) 施工前建设单位需结合风景名胜区的保护要求落实景区的生态保护措施, 将对风景名胜区的影响降至最低; 对于景观影响程度较强和中等地段, 施工期应当进行施工围挡隔离; 施工临时设施尽量不在风景名胜区内设置, 必须设置时需远离景点; 预制场、渣土堆放场、材料堆放场等临时工程不得设置在风景区范围内。

4) 施工结束后, 应及时对输气管道及接收站周围进行恢复, 根据立地条件, 选择乡土植物种, 并采取适地适树的原则, 尽可能减少敷设输气管道开挖和建设对该区域植被和景观的破坏。

12.8 污染防治对策及监管措施

根据以上工程各阶段的污染防治措施分析, 总结污染防治对策及监管措施一览表如下。建设单位和施工单位需按照表中要求, 配合相关部门的监督和管理。

表 12.8-1 环境保护对策措施一览表

序号	环境保护 对策措施	项目	具体内容	预期效果
1	水污染防治	施工期生活污水	经一体化生活污水处理装置处理后回用	处理回用
		施工期含油污水	在施工场地及机械维修场所设临时隔油设施, 含油污水收集经隔油、除渣等处理后作为降尘用水; 突发事件时, 采用吸油材料将废油收集转化到固态物质中, 委托有资质单位处理	油污水不外排入水体中, 处理后废油委托有资质单位处置
		施工期船舶污水	施工船舶含油污水设置油污储存舱, 船舶上产生的生活污水储存在污水收集仓内, 靠岸后分别收集处理	统一收集处理, 不外排入海
		运行期生活污水	建立生活污水处理系统, 各处生活污水经化粪池预处理后由埋地生活污水管线收集至生活污水处理系统, 食堂油污水经隔油处置后纳入生活污水处理系统。	处理达标后作为中水供厂区绿化使用, 处理后废油委托处置
		运行期含油废水	由埋地生产废水管线收集, 分别重力自流排入厂区内油污水处理系统, 预处理后再进入生活污水处理系统处理	处理达标后作为中水供厂区绿化使用, 废油委托有资质单位外运处置

序号	环境保护 对策措施	项目	具体内容	预期效果
		运行期船舶污水	LNG 运输外轮产生的生活污水和机舱含油污水由船舶自行处理；其他辅助船舶产生的生活污水和含油污水由建设单位在码头配备接收装置接收。	禁止在本港区水域直接排放
		雨水收集	接收站内的污染区域雨水送入生产污水调节池处理，其他区域清净雨水分区域收集后直接排海	污染雨水处理达标后作为中水供厂区绿化使用
		冷能利用	开展冷能利用专项设计，采用新增冷能发电或其他利用方式，提高利用率	提高冷能利用率，降低生态环境影响
2	固废污染治理	施工期废弃土石方	就近平整	就近平整利用，严禁随意抛弃
		施工期生活垃圾	在施工现场设置垃圾收集箱，垃圾要求分类收集，定期或不定期进行清理	分类处理，尽量回用，避免随地丢弃而污染环境
		施工期船舶垃圾	对于海上作业固体废弃物和生活垃圾，应在施工船舶上设置专门的收集装置，统一收集并运回港口委托处理	收集处理，对海洋环境无二次污染
		运行期生活垃圾	统一收集后委托环卫部门进行接收、处置	由环卫部门收集处置，不外排
		运行期船舶垃圾	LNG 运输外轮产生的生活垃圾由船舶自行处理；其他辅助船舶产生的生活垃圾由建设单位在码头配备接收装置接收。	禁止在本港区水域直接排放
		运行期危废	接收站内配套建设危废暂存间，统一管理，记录危险废物入库、出库活动	委托有资质单位处置，按规定办理转运手续
3	大气污染防治	施工期扬尘	定期清扫施工场地的洒落物，在干燥天气时辅以洒水抑尘等措施；施工场地应进行封闭围挡；对主要运输道路、材料堆放场地等进行硬化处理；沙石、水泥和物料的装卸时注意控制落差，大风条件下停止现场施工；施工结束时，应及时对施工场地进行植被恢复	达标排放
		施工期气态污染物	加强施工设备维修保养管理，避免非正常工况下产生的废气；施工队伍临时食堂使用清洁的液化气作为燃料；加强喷涂作业期间的管理，控制喷涂期间 VOCs 排放对周边环境的影响。	达标排放
		SCV 燃烧烟气	采用低氮燃烧器实施源头控氮措施后高空排放，排气筒高度为 32m，污染物产生量为 $\text{NO}_x 4.734\text{kg/h}$ 、 $\text{SO}_2 0.76\text{kg/h}$ 、 $\text{TSP} 0.76\text{kg/h}$ 。	满足《石油化学工业污染物排放标准》中表 4 大气污染物排放限值工艺加热炉要求
		无组织排放	LDAR 泄露监测，BOG 气体回收，无组织排放量约 1.512t/a。	非甲烷总烃满足厂界标准；厂区内无组织排放监控点浓度执行《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 7822-2019）规定的限值

序号	环境保护 对策措施	项目	具体内容	预期效果
		食堂油烟	通过高效静电油烟净化器进行净化处理	满足《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）排放限值要求
4	噪声防治	施工期噪声	施工机械设备选型上尽量采用低噪声机械设备，部分高噪声施工机械通过排气管消音器和隔离发动机振动部件的方法降低噪声。	符合噪声排放标准
		运行期噪声	设计中尽量选用低噪声、少振动的设备；对产生较大噪声和振动的设备，采取消声、吸声、隔声及减振、防振措施；工作场所的建设应采用隔声吸音材料，门、窗均按隔声门、窗的要求设计；合理布置噪声敏感区中的建筑物功能和合理调整建筑物平面布局，并在厂区、厂前区及厂界围墙内外广泛设置绿化带。	符合噪声排放标准
5	生态影响 防治	生态补偿	海洋生物人工放流增殖技术，人工放流种类以本海域的常见经济贝类、鱼、虾类为主。具体放流工作根据经评审的增殖放流实施方案落实	海洋生态恢复
		施工安排	合理安排施工期，海域施工尽量避开鱼类繁育的高峰季节(4~6月)，或降低施工强度，以最大程度的减少对生态环境保护目标和敏感保护目标的影响；施工避免在雨天、台风等不利气象条件下进行，尽量缩短施工对海域水质影响的时间和程度	减少对海洋环境和海洋生态的影响
		冷排水排放	工程设计时在海水排水口处安装在线监测仪实时监控排水温度，一旦发现温降排放不满足排放要求，则从源头上对工艺参数进行调整，并最终实现海水冷排水达标排放	达标排放
		其他	加强对施工人员的管理，制定严格的环保规章制度，陆域输气管道埋设后及时回填并对植被进行恢复，减少水土流失	
		环境管理和跟踪监测	采取施工期运行期影响跟踪监测	对工程环境影响进行跟踪监测
6	环境 风险防范 措施	施工期溢油风险防范	制订事故应急预案，报主管部门备案；施工船舶需配置相应的应急事故处理设施等	防控海域船舶溢油风险
		输气管道施工期事故风险防范	穿越段根据现场情况设置警示桩和警示牌等	防控输气管道施工事故风险
		运行期输气管道泄漏风险防范	定期检查管道安全保护系统；严格控制输送天然气的气质，定期清管；本项目管道的标志桩、警示牌等标识单独设置等	防控输气管道泄漏风险
		运行期接收站和码头泄露风险防范	应急预案，泄漏收集集液池、柴油罐事故应急池等，设备维修保养、腐蚀控制等	防控接收站和码头泄露风险防范

13 环境保护的技术经济合理性

13.1 环保投资估算

根据本项目建设及运营特征，本项目的的主要环境保护投资为施工期预挖沟土方处置费、生活垃圾及建筑垃圾收集处置费、海域生态补偿费用及环境监测监理费用；运行期污水管网建设费用、大气防治措施建设费用、海洋生态缓解和补偿费用。

本项目概算投资总额为1542849万元，估算总环保投资为3262万元，占工程总投资的0.21%。其中各分项环保投资预算见表13.1-1。

表 13.1-1 本项目环保投资估算（单位：万元）

序号	项目	费用
一	环境保护及补偿措施	934
1	生态损失补偿	934
二	环境监测措施	460
	施工期	180
1	施工期卫生防疫监测费	30
	输气管道	60
2	海洋水质监测	20
3	沉积物监测	10
4	海洋生态和渔业资源监测	20
5	环境风险监测	10
	接收站码头一阶段	60
6	大气监测、噪声监测	5
7	试压水	5
8	海洋水质监测	20
9	沉积物监测	10
10	海洋生态和渔业资源监测	20
	接收站二阶段	15
11	大气监测、噪声监测、生产废水、试压水	15
	接收站三阶段	15
12	大气监测、噪声监测、生产废水、试压水	15
	运行期	280
	运行期一二阶段	80
13	海洋水质监测	20
14	沉积物监测	10
15	海洋生态和渔业资源监测	30
16	冲淤观测费	10
17	大气监测、噪声监测	5
18	污废水水质	5
	运行期三阶段	200
19	海洋水质监测	60
20	沉积物监测	40
21	海洋生态和渔业资源监测	60
22	冲淤观测费	20

23	大气监测、噪声监测	10
24	污水水质	10
三	环境保护措施	155
1	冷排水检测系统	50
2	火炬系统	计入工程投资
3	无组织废气控制	计入主体投资
4	SCV 烟气排放	计入工程投资
5	溢油风险防范设施配备	100
6	运行期生活污水收集和处理装置	计入工程投资
7	生产废水收集和处理装置	计入工程投资
8	噪声缓解设施	计入主体投资
9	食堂油烟净化装置	5
10	危废暂存间	计入工程投资
11	厂区绿化	/
12	冷能利用	根据冷能利用专项设计确定投资
四	环境保护临时措施	330
1	施工生产、生活污水收集和处理	50
2	空气影响减免措施	20
3	噪声影响减免措施	20
4	固体废弃物处理	60
5	预挖沟土方处置费	100
6	水生态保护措施	30
7	其他临时工程	50
五	独立费用	1033
1	工程环境管理费	135
2	工程环境监理费	135
3	科研勘察设计咨询费	113
4	环境保护竣工验收及相关费用	300
5	环境影响评价、监测及相关费用	350
六	基本预备费	350
合计		3262

由投资估算可以看出，本项目的环保投资基本可满足污染防治的需求，又有环境风险等情况追加投资的余地，环保投资具有一定的经济合理性和可行性。

13.2 环境损益分析

13.2.1 项目建设的环境正效益

（1）减少大气污染物排放

天然气是目前最为清洁的燃料，其他燃油、燃煤相对于燃气突出的问题就是 SO_2 和烟尘污染较为明显，有关研究结果表明，使用天然气发电基本不向大气环境中排放 SO_2 ， NO_x 的排放量只有燃煤排放量的 19.2%。本项目替代燃煤、燃油有利于环境空气质量改善。

（2）降低由空气污染引起的疾病

根据国内外环境统计资料介绍，环境空气污染可导致的环境疾病主要有慢

性气管炎、哮喘、肺癌等。污染区（按 SO_2 超过国家二级标准考虑）比清洁区慢性气管炎发病率高 9.4%，比清洁区肺心病发病率高 11%。

（3）减少由于运输带来的环境污染

管道运输是一种安全、稳定、高效的运送方式。由于天然气主要采用管道密闭输送，运输中不会对环境造成污染。而利用煤炭或石油、主要靠车船运输，运输中会产生一定量的大气污染物。因此，利用天然气减少了运输对环境的污染问题。

13.2.2 项目建设的环境负效益

本项目施工期建设对环境的影响主要是悬浮泥沙对海洋生物资源的影响，运行期对环境的影响主要是取水口取水产生卷吸效应对生物资源的影响。

本项目施工期建设对环境的影响主要是悬浮泥沙对海洋生物资源的影响，运行期对环境的影响主要是取水口取水产生卷吸效应对生物资源的影响。

本项目施工期渔业资源直接经济损失总计为 78.14 万元，运行期冷排水造成鱼卵仔鱼等经济损失为 1.92 万元，卷吸效应造成鱼卵仔鱼等经济损失为 851.15 万元，压占造成底栖生物经济损失为 2.75 万元，总共造成损失 933.96 万元。

13.3 社会效益分析

（1）与燃油相比，天然气作为清洁能源，在现今的生产生活中发挥着重要的作用。本项目的建设，可以有效的提升天然气在上海市的使用范围，改善上海市周边地区的环境质量。实现上海市经济与环境的双赢。

（2）由于我国天然气资源相对贫乏，本项目的建立，可以促进我国更快的建立起多元化、国际化的天然气供应渠道，促进国内能源资源合理分配和战略储备。

14 工程环境可行性分析

14.1 与海洋功能区划的符合性

14.1.1 与全国海洋功能区划符合性分析

《全国海洋功能区划（2011-2020）》的区划期限为 2011 年至 2020 年，目前已超期；由于缺少新规划（区划），本报告暂时沿用《全国海洋功能区划（2011-2020）》进行区划符合性分析。

《全国海洋功能区划（2011-2020）》将我国管辖海域划分为渤海、黄海、东海、南海和台湾以东海域共 5 大海区，29 个重点海域。

本项目位于长江三角洲及舟山群岛海域和东海陆架海域。长江三角洲及舟山群岛海域主要功能为港口航运、渔业、海洋保护和旅游休闲娱乐，区域实施污染物排海总量控制制度，改善海洋环境质量。杭州湾、宁波—舟山海域重点发展港口航运业、临港工业、海洋旅游和海洋渔业，支持浙江舟山群岛新区建设，推进海岛开发开放，加强油气等矿产资源的勘探、开采。东海陆架海域为我国重要的海洋矿产与能源利用和海洋渔业资源利用区域，区域重点加强上升流区、鱼类产卵场、索饵场等重要海洋生态系统保护与管理；加强海洋环境监测，防治溢油等海洋环境灾害和突发事件发生；维护重要国际航运水道和海底管线设施安全。

本项目海底输气管道工程建设已充分考虑了环境保护要求，工程仅在施工期占用海域，运行期不影响船舶航行和航运安全，并通过加强管理、合理安排施工工序、做好通航安全保障措施等防范溢油风险的发生。工程施工期将在短期内造成一定海域底层一定区域的悬浮物浓度增加，但影响是短暂的，施工结束后将会逐步恢复至本底，不会对海洋生态和渔业资源造成长期不利影响。本项目码头工程符合本区域发展区划。

综上所述，本项目的建设与《全国海洋功能区划（2011-2020）》相符。

14.1.2 与浙江省海洋功能区划符合性分析

《浙江省海洋功能区划》（2011-2020 年）的区划期限为 2011 年至 2020 年，目前均已超期；浙江省尚未发布涵盖海域空间的国土空间规划，由于缺少新规

划（区划），本报告暂时沿用《浙江省海洋功能区划》（2011-2020 年）进行区划符合性分析。

根据海洋功能区划，本项目码头工程位于洋山港口航运区，管道穿越浙江海域的小洋山工业与城镇用海区、嵊泗农渔业区后进入上海，登陆上海奉贤地区，码头周边的海洋功能区还有大洋山工业与城镇用海区、大洋山南港口航运区。本项目所在海域海洋功能区划见图 14.1-1，功能区管理规定见表 14.1-1。

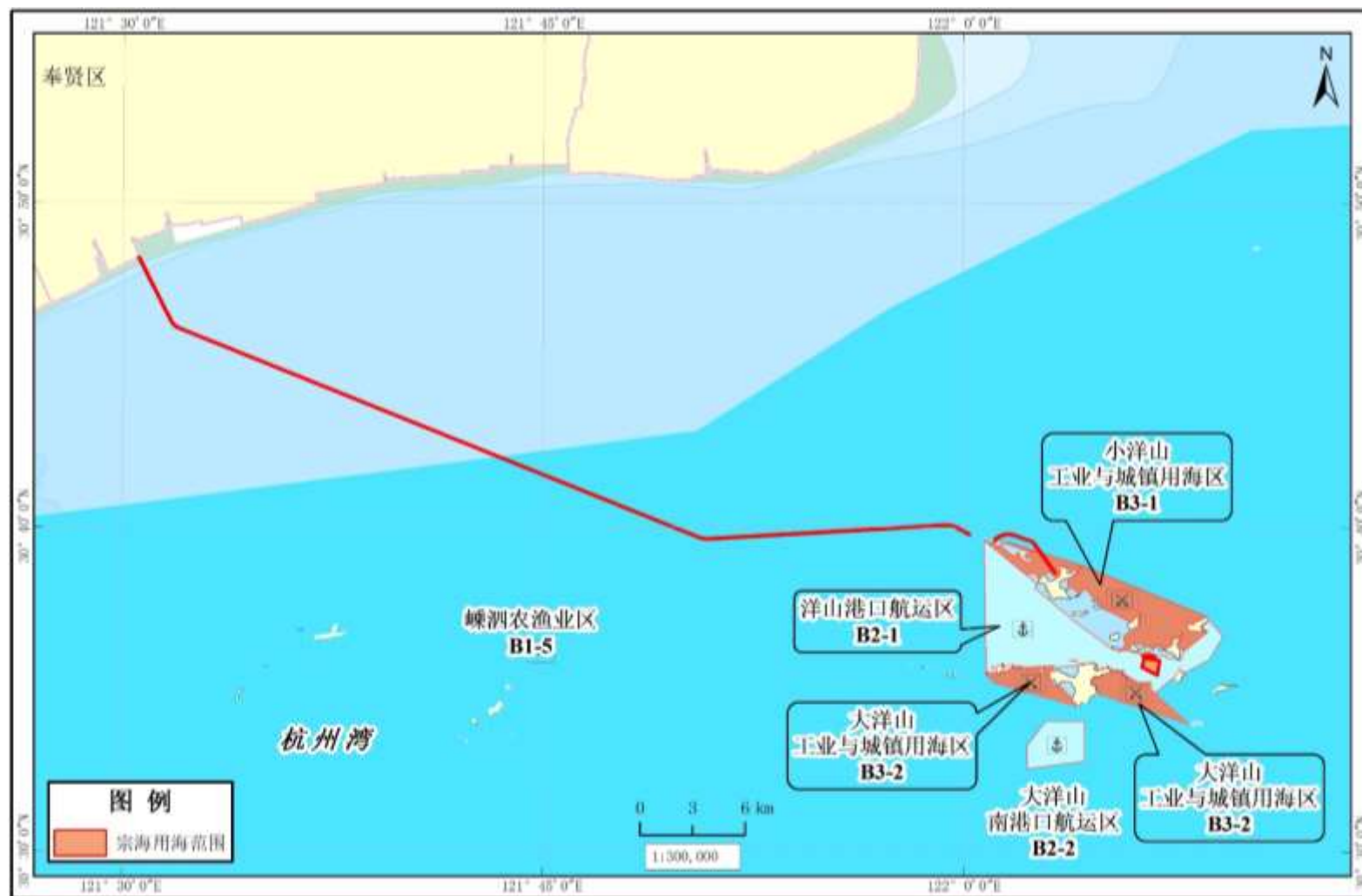


图 14.1-1 项目所在海域海洋功能区划图（浙江海域）

表 14.1-1 项目所在海域海洋功能区登记表

功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	管理要求		位置关系
				海域使用管理	海洋环境保护	
浙江海域						
洋山港口航运区	嵊泗县	小洋山南侧与大洋山岛北侧之间海域（西至东经 122°00'43″，南至北纬 30°34'56″，东至东经 122°09'13″，北至北纬 30°39'39″）	港口航运区	1、重点保障港口用海、航道和锚地，在不影响港口航运基本功能前提下，兼容工业用海、城镇建设用海和旅游娱乐用海，未开发前可兼容渔业用海； 2、允许适度改变海域自然属性； 3、优化港区平面布局，节约集约利用海域资源； 4、改善水动力条件和泥沙冲淤环境，加强港区环境动态监测。	1、严格保护杭州湾湾口水域生态系统，防止典型生态系统的消失、破坏和退化； 2、应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，不应毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 3、海水水质质量执行不劣于第四类，海洋沉积物质量执行不劣于第三类，海洋生物质量执行不劣于第三类。	码头工程位于该功能区
大洋山工业与城镇用海区	嵊泗县	大洋山附近围垦区域（西至东经 122°00'48″，南至北纬 30°33'56″，东至东经 122°08'03″，北至北纬 30°35'46″）	工业与城镇用海区	1、重点保障工业、城镇、港口用海，在未开发前可兼容渔业用海； 2、允许改变海域自然属性； 3、优化围填海平面布局，鼓励增加人工岸线曲折度和长度，将海洋环境整治、生态建设与围填海相结合，节约集约利用海域资源； 4、严格论证围填海活动，保障合理填海需求，填海范围不得超过功能区前沿线，区内水域面积不得少于功能区面积的 12%，填海规模接受国家和省海洋部门指标控制； 5、维持水动力条件稳定，提高防洪功能； 6、施工期间必须采取有效措施降低对周边功能区的影响； 7、加强对海域使用的动态监测。	1、严格保护杭州湾湾口水域生态系统，严格控制使用海域的开发活动，减少对周边水域环境的影响； 2、应减小对海洋水动力环境，岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，加强岛、礁的保护，不应毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 3、海水水质质量、海洋沉积物质量、海洋生物质量维持现状水平。	邻近码头工程，相距约 900m
大洋山南港口航运区	嵊泗县	大洋山南侧海域（西至东经 122°02'15″，南至北纬 30°32'36″，东至东经 122°04'18″，北至北纬 30°34'03″）	港口航运区	1、重点保障锚地； 2、禁止改变海域自然属性。	1、应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，不应毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 2、海水水质质量执行不劣于第三类，海洋沉积物质量执行不劣于第二类，海洋生物质量执行不劣于第二类。	邻近码头工程，相距约 4.5km
小洋山	嵊泗县	小洋山岛北侧（西至东经	工业与	1、重点保障工业、城镇、港口用海，在未开发	1、严格保护杭州湾湾口水域生态系统，严格	部分管

功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	管理要求		位置关系
				海域使用管理	海洋环境保护	
工业与城镇用海区		122°00'43", 南至北纬 30°36'12", 东至东经 122°08'39", 北至北纬 30°39'39")	城镇用海区	前可兼容渔业用海; 2、允许改变海域自然属性; 3、优化围填海平面布局, 鼓励增加人工岸线曲折度和长度, 将海洋环境整治、生态建设与围填海相结合, 节约集约利用海域资源; 4、严格论证围填海活动, 保障合理填海需求, 填海范围不得超过功能区前沿线, 区内水域面积不得少于功能区面积的 12%, 填海规模接受国家和省海洋部门指标控制; 5、维持水动力条件稳定, 提高防洪功能; 6、施工期间必须采取有效措施降低对周边功能区的影响; 7、加强对海域使用的动态监测。	控制使用海域的开发活动, 减少对周边水域环境的影响; 2、应减小对海洋水动力环境, 岸滩及海底地形地貌形态的影响, 防止海岸侵蚀, 加强岛、礁的保护, 不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响; 3、海水水质质量、海洋沉积物质量、海洋生物质量维持现状水平。	道位于该功能区, 长度约 1.8km
嵊泗农渔业区	嵊泗县	嵊泗县近海海域 (西至东经 121°30' 22", 南至北纬 30°23'44", 东至东经 123°23'41", 北至北纬 30°57'16")	农渔业区	1、重点保障渔业用海和捕捞用海, 在不影响农渔业基本功能前提下, 兼容交通运输用海和旅游娱乐用海; 2、除渔业基础设施外, 禁止改变海域自然属性。	1、严格保护鱼、虾、蟹等多种水产资源以及产卵、索饵育肥、洄游栖息场所; 2、不应造成外来物种侵害, 防止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的稳定; 3、海水水质质量执行不劣于第二类, 海洋沉积物质量执行不劣于第一类, 海洋生物质量执行不劣于第一类。	部分管道位于该功能区, 长度约 32.1km

14.1.2.1 项目用海对海洋功能区的影响分析

本上海 LNG 站线扩建项目码头工程位于上海国际航运中心洋山深水港区沈家湾作业区内，码头周边功能区主要是洋山港口航运区、大洋山南港口航运区、小洋山工业与城镇用海区、大洋山工业与城镇用海区、嵊泗农渔业区。管道周边的功能区主要是小洋山工业与城镇用海区、嵊泗农渔业区。

（1）洋山港口航运区

本项目的码头工程位于洋山港口航运区，该功能区“重点保障港口用海、航道和锚地”。

本项目码头工程采用对潮流通过影响较小的桩基结构，无填海或非透水构筑物用海，对所在海域潮流动力影响较小。根据数模计算，流速减小范围基本在涨落潮方向 1.5km 范围内，总体而言对大范围海域潮流特性影响较小，周边海域流速变幅基本在 2% 以内，流向变化不超过 1°。本工程码头、引桥、平台等下部桩基数量较多，影响相互叠加，形成群桩效应，导致本码头附近流速均有所减小，引桥根部和码头前沿流速有所增大，本码头周边已建码头有一定程度的淤积，申港国际石油储运码头冲淤变化较大，平衡淤积幅度在 1.62m，其余码头淤积影响在 0.15m~0.42m。因此，本码头建设对洋山港口航运区的潮流动力和冲淤环境影响较小。

根据《上海 LNG 站线扩建项目码头工程航道通航条件影响评价》，本码头回旋水域占用了航道，但在落实一系列安全保障措施后，不会对现状及规划航道产生不利影响，因此，本码头用海对功能区现状航道条件的影响较小。本码头建成后用于 LNG 船靠泊船舶进出港航路、进出港交通组织、船舶靠离泊方式均与现有洋山 LNG 码头一致，对通航安全影响较小，对功能区现有的港口用海活动影响较小。

因此，本项目建设对洋山港口航运区造成的水动力冲淤环境影响可接受，对功能区水深地形条件和通航环境现状影响较小，对功能区港航用海功能的开发利用无不利影响。

（2）大洋山南港口航运区

该功能区位于大洋山南侧，距离本项目码头工程约 4.5km，该功能区“重点保障锚地”。

根据数模计算，本项目对该处的潮流动力和冲淤环境无影响，有利于维护该功能区的水深地形条件，不影响该处“锚地”功能的开发。本项目建设对该功能区无影响。

（3）小洋山工业与城镇用海区

小洋山工业与城镇用海区位于小洋山北侧，本项目有约 1.8km 管道位于该功能区，码头工程距离该功能区约 1km。

小洋山工业与城镇用海区“重点保障工业、城镇、港口用海”，允许围填海。本项目码头工程建成后对该区域的水动力冲淤环境无明显影响，不会造成严重的冲刷等，不影响该区域实施围填海等方式的开发建设。

本项目管道工程的石龙景区-大乌龟山岛段由于穿越海峡，因此该段自石龙景区西侧至颗珠山附近海域采用定向钻方式进行管道施工，该段基本位于小洋山工业与城镇用海区，由于管道位于泥面以下，管道建成后对该功能区后续开发利用无影响。管道工程的石龙山登陆段设置了截断阀井，该截断阀井位于已填成陆但未确权的海域上，截断阀井用海方式为非透水构筑物，是小洋山工业与城镇用海区允许的用海方式，并且由于其位于已实际成陆区域，其建设不会对周边现状海域产生影响。管道工程对小洋山工业与城镇用海区的后续开发利用无影响

因此，本项目建设对小洋山工业与城镇用海区无影响。

（4）大洋山工业与城镇用海区

大洋山工业与城镇用海区位于大洋山岛周围，本项目码头工程与该功能区最近距离约 900m。

大洋山工业与城镇用海区也是“重点保障工业、城镇、港口用海”，允许围填海的功能区。本项目码头工程与管道工程的建设对该功能区的填海开发无影响。

（5）嵊泗农渔业区

本项目管道工程约 32.1km 位于嵊泗农渔业区，码头工程与该功能区最近距离约 1.2km。嵊泗农渔业区是“重点保障渔业用海和捕捞用海”并“兼容交通运输用海和旅游娱乐用海”的功能区。

本项目码头工程不在该功能区，码头施工建设活动及运营期船舶靠泊及 LNG 输送对海上捕捞或养殖等用海活动影响较小。码头工程运营期间排水口附近冷排水造成的温度变化，根据模型计算，本工程实施后夏季冷排水温降范围较冬季略大，夏季 $<-1.0^{\circ}\text{C}$ 的分布范围主要集中在排水口附近近岸 1.1km 范围内水

域，温降超过 1°C 的区域面积最大约 0.1990km^2 。模型计算结果显示，本工程运营期取排水以及叠加洋山 LNG 取排水所导致的温度变幅和影响面积都较小，基本位于洋山港口航运区，不会导致嵊泗农渔业区海水温度受本工程排水影响。除冷排水外，运营期间码头产生的含油生产污水、生活污水不排放入海，排放入海的 SCV 排水（间歇）为清下水，仅含少量 Na_2CO_3 ，基本不影响海水水质。因此，本项目码头工程泗农渔业区水质环境和渔业资源产生明显影响，对嵊泗农渔业区的基本功能影响较小。

本项目管道工程部分位于嵊泗农渔业区，管道两侧一定距离内设置保护范围，根据《海底电缆管道保护规定》，保护范围内禁止底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，这将减少该功能区可供渔业捕捞、养殖的海域空间。

工程管道施工期间会引起悬浮泥沙的扩散。悬浮泥沙会降低海水的透明度，影响浮游植物的光合作用，使鱼类资源的生产力有所下降。根据施工悬浮泥沙自然扩散数值模拟结果，施工期间嵊泗农渔业区悬浮浓度增量最高为 586.46mg/L ，大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 71.96km^2 ，会对其水质造成短期不利影响。但该影响是暂时的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，悬浮物产生的影响是可恢复的。嵊泗农渔业区受管道施工期水质影响而导致的渔业资源损失可采取生态修复措施而进行补偿，从而降低管道的施工期影响。

综合考虑，本项目对嵊泗农渔业区的影响主要是管道保护范围内禁止捕捞、张望、养殖等活动，保护区范围内对渔业和捕捞活动的部分方式有一定限制，但管道保护区范围相比 564658hm^2 的嵊泗农渔业区是极少的，该影响程度可接受。

14.1.2.2 项目用海与海洋功能区管制要求符合性分析

本上海 LNG 站线扩建项目主要包括码头工程和管道工程。码头工程建于上海国际航运中心洋山深水港区沈家湾作业区内，码头周边功能区主要是洋山港口航运区、大洋山南港口航运区、小洋山工业与城镇用海区、大洋山工业与城镇用海区、嵊泗农渔业区。管道周边的功能区主要是小洋山工业与城镇用海区、嵊泗农渔业区。

《中华人民共和国海域使用管理法》第一章第四条规定：“国家实行海洋功

能区划制度，海域使用必须符合海洋功能区划。”现就码头和管道所在的各功能区的管控要求分别进行符合性分析。

根据海洋功能区划编制技术要求，海底管线不属于排他使用的用海项目，不再设专门的功能区。因此，只要管道符合所涉及功能区的海域使用管理和海洋环境保护要求，即可认为其符合海洋功能区划。本管道工程的建设对其所经过功能区影响较小，不影响各功能区主导功能的用海现状和进一步开发利用，管道用海活动是各用海区兼容的，符合各功能区用途管制要求，因此不再重复分析管道工程与海域用途管制要求的符合性。

（1）洋山港口航运区

本码头工程位于洋山港口航运区，现就洋山港口航运区管理要求进行符合性分析。

1) 海域用途管制要求——重点保障港口用海、航道和锚地，在不影响港口航运基本功能前提下，兼容工业用海、城镇建设用海和旅游娱乐用海，未开发前可兼容渔业用海。

本项目为上海 LNG 站线扩建项目，用海类型为工业用海，为本功能区兼容用海类型。本项目对周边码头、航道的水动力条件的水深地形条件影响较小；码头回旋水域部分占用了洋山港主航道，但在落实一系列安全保障措施后，不会对现状及规划航道产生不利影响。因此本功能区港口航运功能基本不受影响。

因此码头工程符合本功能区用途管制。

2) 用海方式控制——允许适度改变海域自然属性。

本项目码头工程用海方式包括：透水构筑物（码头、火炬平台）、港池（港池）、取排水口（取排水口）、海底电缆管道（取排水管），均有利于维护海域自然属性，无填海或非透水构筑物等。

因此码头工程符合本功能区用海方式控制要求。

3) 其他海洋开发活动管理要求——优化港区平面布局，节约集约利用海域资源；改善水动力条件和泥沙冲淤环境，加强港区环境动态监测。

本码头工程位于上海洋山 LNG 项目一期工程与洋山石油储运项目一期工程码头之间，根据《上海国际航运中心沈家湾洋山深水港区沈家湾作业区规划调整方案》，该段岸线即规划为 LNG 扩建项目。本项目与西距已建上海第一液化天然气接收站码头约 268m，东侧与已建的申港国际石油储运码头约 344m，码头前沿

与洋山进港航道内航道边线最近距离约为 618m，满足《液化天然气码头设计规范》（JTS 165-5-2016）中安全距离的要求。码头采用蝶形布置，卸船平台前沿线方位角 N99°~279°，与洋山进港主航道平顺衔接，方便 LNG 船舶靠离泊操纵，因此本项目平面布置与航道走向衔接性良好。

根据《上海 LNG 站线扩建项目码头工程航道通航条件影响评价》，本码头前沿线布置充分考虑了地形、水流、泥沙回淤等自然因素，卸船平台与洋山进港主航道平顺衔接，方便 LNG 船舶靠离泊操纵，能充分发挥洋山主航道的功能。本项目船舶回旋水域半径、停泊水域宽度、航道通航宽度、航道设计水深等与通航有关的技术参数符合《海港总体设计规范》、《液化天然气码头设计规范》相关要求。本码头工程的平面布置是合理的。

根据数模计算结果，本项目对周边码头、航道的水动力条件的水深地形条件影响较小。本项目建成后将开展包括水动力冲淤环境在内的环境跟踪监测。因此码头工程符合本功能区其他海洋开发活动管理要求。

4) 环境保护要求——严格保护杭州湾湾口水域生态系统，防止典型生态系统的消失、破坏和退化；应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响。

码头工程施工建设时由于桩基结构的施工有一定的悬浮泥沙扩散影响，但该影响导致的生物生态损失是可逆、可恢复的，随着码头建设完工，水质环境逐步恢复，生物生态环境可逐步复原。码头运营期间排水口附近冷排水造成温度变化，根据模型计算，本工程实施后相同工况下夏季冷排水范围较冬季略大，夏季温降超过 1°C 主要在码头涨落潮方向 1.1km 距离内，冬季在码头涨落潮方向 120m 距离内。温度变幅和影响面积都较小，满足《海水水质标准》中第一类标准“人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1°C，其它季节不超过 2°C”，不会对海域生态环境产生大范围的显著影响。

本码头建成后，根据数模计算，码头、引桥及各平台内部流速减小，掩蔽区流速减小，引桥根部和码头前沿流速略有增大，码头近岸有一定程度的淤积，本码头取排水口平衡淤积幅度分别是 0.80、0.69m，海岸无冲刷、侵蚀趋势。本码头工程建成后，潮流流速减小幅度在 0.05m/s 以上的集中在码头东西两侧（涨落潮方向）1.5km 以内，冲淤幅度大于 0.05 m/a 的区域也集中在码头东西两侧 1.5km 范围内，本项目的建设对大范围海域潮流特性、冲淤环境影响较小，不会对毗邻

海洋基本功能区的环境质量产生影响。

因此码头工程符合本功能区环境保护要求。

5) 海洋环境质量管理要求——海水水质质量执行不劣于第四类，海洋沉积物质量执行不劣于第三类，海洋生物质量执行不劣于第三类。

码头工程施工、运营期的生活污水、船舶油污水等均不入海，采用纳管或集中收集处理，基本不影响海洋环境。码头工程施工期因桩基施工会导致悬浮泥沙扩散，但该影响导致的水质影响、生物生态损失是可逆、可恢复的，随着码头建设完工，水质环境逐步恢复，生物生态环境也可逐步恢复。码头运营期间排水口附近冷排水造成温度变化，根据模型计算，本工程实施后冬季冷排水温降基本小于 1°C ，夏季温降略大于冬季温度变幅和影响面积都较小，满足《海水水质标准》中第一类标准“人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1°C ，其它季节不超过 2°C ”。

因此码头工程符合本功能区海洋环境质量管理要求。

（2）大洋山南港口航运区

该功能区位于大洋山南侧，距离本项目码头工程约 4.5km，该功能区“重点保障锚地”。

根据数模计算，本项目对该处的潮流动力和冲淤环境无影响，有利于维护该功能区的水深地形条件，不影响该处“锚地”功能的开发。本项目建设对该功能区无影响。

（3）大洋山工业与城镇用海区

大洋山工业与城镇用海区位于大洋山岛周围，本项目码头工程与该功能区最近距离约 900m。

大洋山工业与城镇用海区也是“重点保障工业、城镇、港口用海”，允许围填海的功能区。本项目码头工程与管道工程的建设对该功能区的填海开发无影响。

（4）小洋山工业与城镇用海区

小洋山工业与城镇用海区位于小洋山北侧，本项目有约 1.8km 管道位于该功能区。

1) 用海方式控制——允许改变海域自然属性。

管道工程用海方式为海底电缆管道，管道基本埋于泥面以下，未改变海域自然属性，无填海或非透水构筑物等。

因此管道工程符合本功能区用海方式控制要求。

2) 其他海洋开发活动管理要求——优化围填海平面布局，鼓励增加人工岸线曲折度和长度，将海洋环境整治、生态建设与围填海相结合，节约集约利用海域资源；严格论证围填海活动，保障合理填海需求，填海范围不得超过功能区前沿线，区内水域面积不得少于功能区面积的 12%，填海规模接受国家和省海洋部门指标控制；维持水动力条件稳定，提高防洪功能；施工期间必须采取有效措施降低对周边功能区的影响；加强对海域使用的动态监测。

以上管理要求主要针对功能区内以填海方式进行海洋开发的活动中，管道工程不涉及围填海施工。位于本功能区的管道由于跨越颗珠山水道，存在若干冲刷槽，因此该段管道施工采用定向钻，管道位于泥面以下，施工期间仅产生泥浆水，并且泥浆水可通过收集进行无害化处理，管道施工对周边环境无影响，对周边功能区也无影响。本项目建成后将开展竣工验收、环境跟踪监测等。

因此管道工程符合本功能区其他海洋开发活动管理要求。

3) 环境保护要求——严格保护杭州湾湾口水域生态系统，严格控制使用海域的开发活动，减少对周边水域环境的影响；应减小对海洋水动力环境，岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，加强岛、礁的保护，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响。

由于管道工程位于本功能区段采用定向钻，管道施工期间对周边海域环境及生态基本无影响；管道建成后由于深埋于泥面以下，对海域水动力环境、地形地貌等也无影响；该段管道的登陆点分别位于小乌龟岛洋山四期港区西围堤、大乌龟岛北围堤，均为人工岸线，不影响岛、礁的自然岸线形态。

因此管道工程符合本功能区环境保护要求。

4) 海洋环境质量管理要求——海水水质质量、海洋沉积物质量、海洋生物质量维持现状水平。

由于管道工程位于本功能区段采用定向钻，施工期间功能区海水水质、沉积物质量、生物质量可维持现状。

因此管道工程符合本功能区海洋环境质量管理要求。

(5) 嵊泗农渔业区

本项目管道工程约 32.1km 位于嵊泗农渔业区。

1) 用海方式控制——除渔业基础设施外，禁止改变海域自然属性。

管道工程用海方式为海底电缆管道，管道基本埋于泥面以下，未改变海域自然属性，无填海或非透水构筑物等。

因此管道工程符合本功能区用海方式控制要求。

2) 环境保护要求——严格保护鱼、虾、蟹等多种水产资源以及产卵、索饵育肥、洄游栖息场所；不应造成外来物种侵害，防止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的稳定。

本管道工程的建设产生的环境影响主要是由施工期管道铺设采用的水力喷射法冲沟导致泥沙悬浮扩散，该影响是短期可逆的，此外，本项目无其他产污环节。管道埋于泥面以下，不占用、破坏产卵、索饵育肥、洄游栖息场所。管道运营期间仅输气活动，不排污或引入外来物种。总体而言管道铺设结束后对生态环境、生物资源、生态系统基本无影响。

因此管道工程符合本功能区环境保护要求。

3) 海洋环境质量管理要求——海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。

管道工程施工期间由于悬浮泥沙扩散，短期内水质恶化，但该影响是暂时性的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值。管道建成后对环境基本无影响。

因此管道工程基本符合本功能区海洋环境质量管理要求。

通过分析，本项目的码头工程和管道工程用海不会对其所在基本功能造成不可逆转的改变，与周边的功能区无功能排他性。综合海域使用管理和海洋环境保护要求，符合《浙江省海洋功能区划（2011—2020 年）》的要求。

14.1.3 与《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》符合性分析

根据《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》，调整后全市 20800 平方千米海域共划定 19 个近岸海域环境功能区，其中一类区 1 个，面积 16353.87 平方千米，占海域总面积的 78.62%；二类区 4 个，面积 2458.58 平方千米，占海域总面积的 11.82%；三类区 1 个，面积 40.83 平方千米，占海域总面积的 0.20%；四类区 13 个，面积 1946.72 平方千米，占海域总面积的 9.36%。

本项目位于洋山四类区（编号 ZSD04 IV），水质保护目标为四类海水水质标准。该功能区位于大、小洋山及附近岛屿近岸海域，海域面积 118.27 平方千

米，各节点位置分别为：A（30°40'37"N，122°00'40"E）、B（30°37'34"N，122°09'04"E）、C（30°35'07"N，122°09'48"E）、D（30°33'48"N，122°08'22"E）、E（30°34'12"N，122°04'44"E）、F（30°35'44"N，121°57'53"E）。该功能区海域的主要使用功能为港口开发。

本项目施工悬沙扩散会对工程附近水质造成短暂的不良影响，但其影响是暂时的、可恢复的，施工结束后，悬浮物影响会逐渐消失，不会对功能区水质产生影响。运营期的生活污水、船舶油污水等均不入海，对海水水质无影响，本项目海水微生物杀生药剂采用 EGD 非氧化性杀生缓释剂，有效成分为天然双长链脂肪酸胺，但根据其他类似工程经验，投加 EGD 对水质影响小。运营期间排水口附近冷排水造成温度变化，根据模型计算，本工程实施后冬季冷排水温降基本小于 1℃，夏季温降略大于冬季温度变幅和影响面积都较小，满足《海水水质标准》中第四类标准“人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃”。本项目运行期本项目对该处的潮流动力和冲淤环境无影响，有利于维护该功能区的水深地形条件，不影响该处港口开发功能。

因此，本项目符合《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》的管理要求。

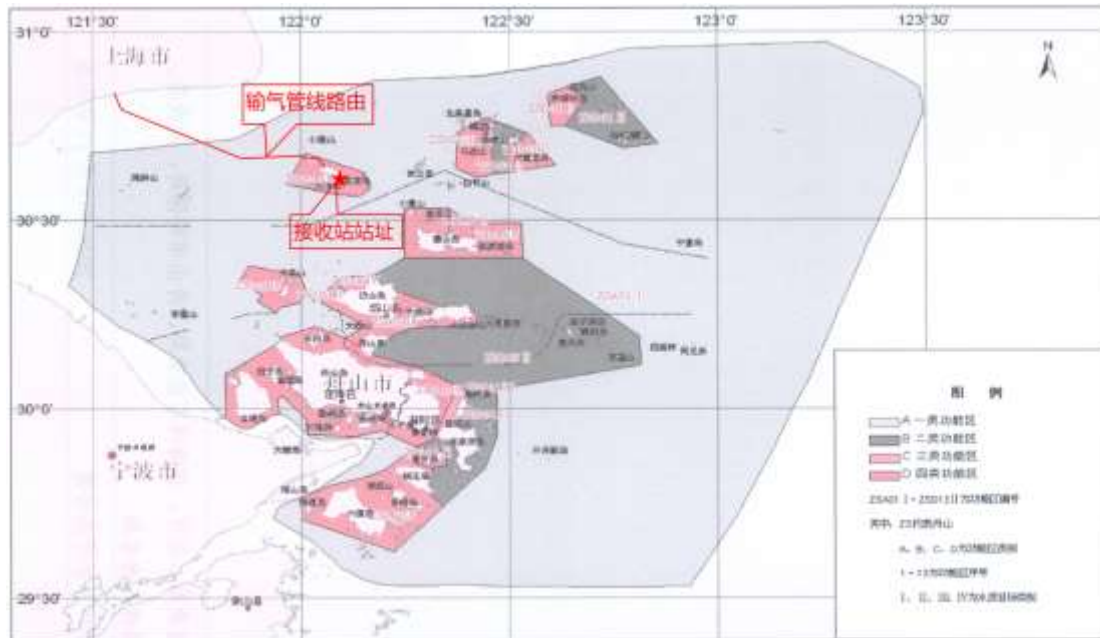


图 14.1-2 本项目与《舟山市近岸海域环境功能区划调整方案》位置关系图

14.2 与国土空间规划“三区三线”的符合性分析

经本工程总平面布置图与《国土空间规划“三区三线”》叠图研判，本工程附近共有 2 处生态保护红线，分别为工程东北侧的大戡洋产卵场保护区生态保护

红线和陆域输气管道东北侧的嵊泗县嵊泗列岛风景名胜区生态保护红线，工程与其最近距离分别为 6.1km 和 150m。根据预测分析，项目施工期悬浮物扩散对大戢洋产卵场保护区生态保护红线无影响；陆上管线靠近嵊泗县嵊泗列岛风景名胜区生态保护红线段采用定向钻地下穿越，入土点与出土地均位于红线区外，因此管道施工对红线区影响不大。

综上所述，本工程与《国土空间规划“三区三线”》是相符的。



图 14.2-1 本项目与三区三线位置关系示意图



图 14.2-2 本项目与三区三线位置关系示意图

14.3 与生态保护红线符合性分析

《浙江省海洋生态红线划定方案》（浙政办发〔2017〕103 号）结合浙江实际情况，将海洋生态红线区分为禁止类和限制类。禁止类是指红线区内禁止开展任何形式的开发建设活动的区域，主要包括海洋自然保护区的核心区和缓冲区、海洋特别保护区的重点保护区和预留区以及特别保护海岛中的领海基点岛；限制类指红线区内除禁止类以外的其他区域，主要包括海洋自然保护区的实验区、海洋特别保护区的生态与资源恢复区和适度利用区、重要河口生态系统、重要滩涂湿地、重要滨海旅游区、重要海岛等重要海洋生态功能区、生态敏感区和生态脆弱区。

本项目的码头工程不在生态红线范围内，不占用自然岸线；本项目的管道工程（浙江段）未穿越浙江省各海洋生态红线，距离最近的 33-Xe02 大戢洋产卵场保护区 6.1km。

本项目符合《浙江省海洋生态红线划定方案》。

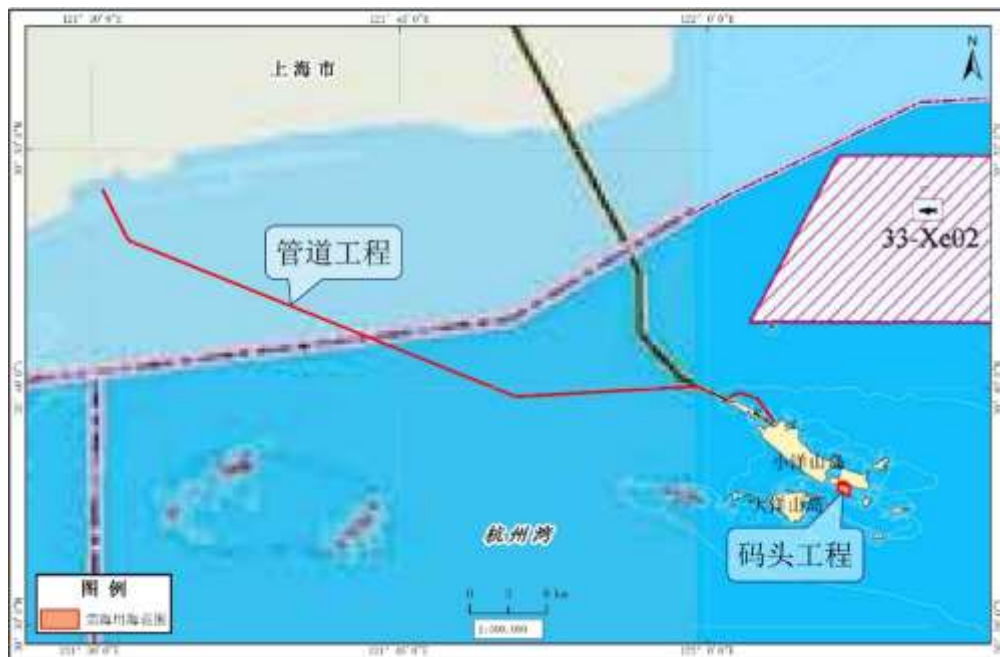


图 14.3-1 本项目与红线区（《浙江省海洋生态红线划定方案》，局部）关系图



图 14.3-2 本项目与自然岸线（《浙江省海洋生态红线划定方案》，局部）关系图

14.4 海洋主体功能区规划的符合性分析

14.4.1 与全国海洋主体功能区规划符合性分析

国家海洋局在 2015 年 8 月印发了《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》（国发〔2015〕42 号），根据该通知，将我国海洋主体功能区分为内水和领海主体功能区、专属经济区和大陆架及其他管辖海域主体功能区两大部分。海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。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、限制开发区域和禁止开发区域。

根据《全国海洋主体功能区规划》，本项目位于长江口及其两翼海域，为优化开发区域。长江口及其两翼海域的发展方向为“整合长三角港口资源，推动港口功能调整升级，发展现代航运服务体系，提高上海国际航运中心整体水平。发展生态养殖和都市休闲渔业。控制临港重化工业规模。严格落实长江经济带及长江流域相关生态环境保护规划，加大长江中下游水环境治理力度。加强杭州湾、长江口等海域污染综合治理和生态保护。严格海洋倾废、船舶排污监管，加强海洋环境监测，完善台风、风暴潮等海洋灾害预报预警和防御决策系统。”

本项目为液化天然气输气项目，天然气项目建设符合国家能源发展战略，有助于优化能源结构，减轻污染物排放，改善环境质量，降低 PM_{2.5} 浓度具有明显的作用。与“严格落实长江经济带及长江流域相关生态环境保护规划，加大长江中下游水环境治理力度。加强杭州湾、长江口等海域污染综合治理和生态保护”相一致，本项目除施工过程悬浮泥沙中会对周边海域生态环境产生短期影响外，施工及运营期不向海洋排放其他污染物，不涉及围填海、岸线破坏等问题，对于海洋的影响是临时性的。码头工程的建设也符合港口和航运发展规划。

综上所述，本项目的建设符合《全国海洋主体功能区划》对项目所在海域的管理要求。

14.4.2 与浙江省海洋主体功能区规划符合性分析

根据《浙江省海洋主体功能区规划》，管道和码头都位于“嵊泗海域限制开发区域”，该功能区“为生态多样性保护型重点海洋生态功能区，重点保障渔业基础设施、旅游基础设施、社会民生、港口航运等用海，积极发展现代渔业、海洋旅

游业，保障优质海产品供应，借助海洋旅游促进渔民转产转业。保障城镇和工业用海，支持小洋山港区合理拓展港口腹地，建设高附加值集装箱港区。严格限制新增围填海，逐步消化大小洋山已围填海工程。不断优化海洋生态环境，加快形成节约能源资源和保护海洋生态环境的产业结构、发展方式和消费模式，打造独具特色的‘美丽海岛’。加强嵊泗马鞍列岛国家级海洋特别保护区、大戢洋产卵场保护区、海礁产卵场保护区的保护，严格按照法定要求保护，加强禁渔期管理，严格限定作业方式，对产卵场实行最小可捕标准、最小网目尺寸标准等措施，重点保护鲳鱼、大黄鱼、鳓鱼、小黄鱼等经济物种。”

本项目是上海洋山 LNG 项目一期工程的扩建，本项目接收站等工程充分利用小洋山已围填成陆区域进行工程建设，码头工程（包括 LNG 码头、火炬平台、取排水管）充分利用小洋山港口航运资源。码头工程和管道工程施工期仅有少量的悬浮泥沙扩散影响；运营期间，码头和管道用海无环境污染，仅冷排水影响，根据数模计算，冬季冷排水造成的最大温降约 1.2°C ，温降大于 1°C 的面积最大约 0.011km^2 。温度变幅和影响面积都较小，满足《海水水质标准》第一类海水水质要求，对小洋山港区以外的海域环境影响较小。本项目的建设符合“嵊泗海域限制开发区域”的管理要求和发展导向，符合《浙江省海洋主体功能区规划》。

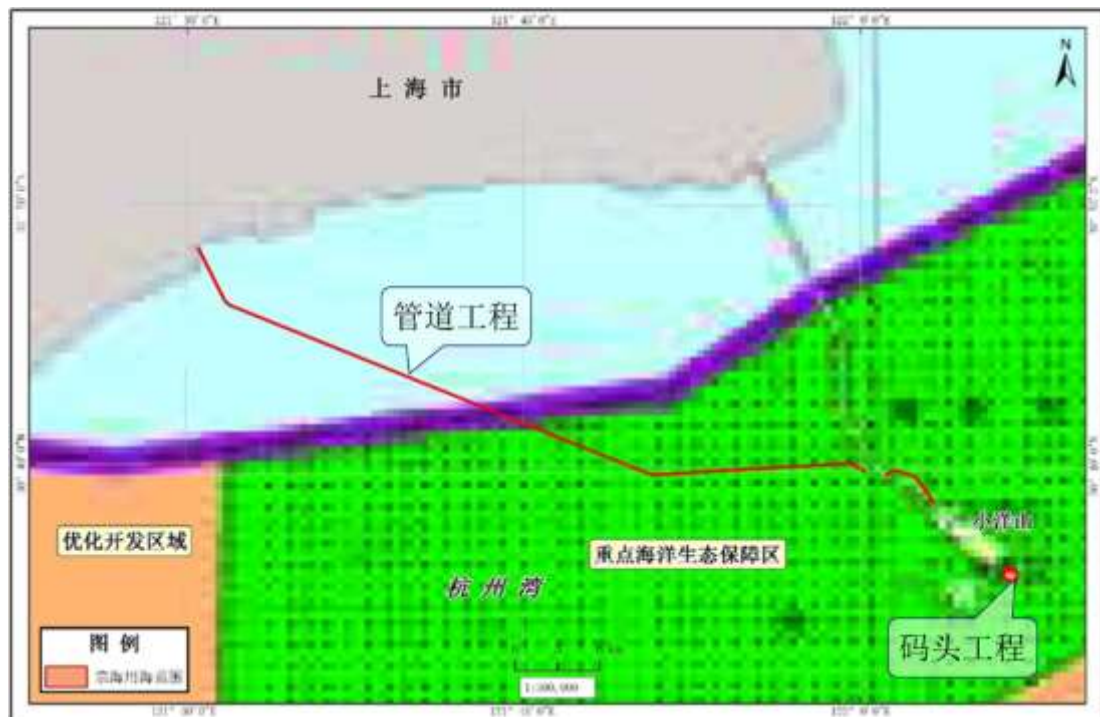


图 14.4-1 本项目与浙江省海洋主体功能区位置关系图

14.5 与相关区域和行业规划符合性分析

14.5.1 《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》

根据《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》，浙江省海岸线保护等级分为严格保护、限制开发和优化利用三个类别。优化利用是“为促进高效、集约利用海岸线，支撑海洋经济和产业集聚区发展，实现海岸线利用的最大社会、经济效益，对人工化程度较高、开发利用条件好的岸段，实行优化利用。”

LNG 管道工程（在浙江海域）有 3 处登陆点，小乌龟岛登陆点位于洋山四期港区的西围堤上，大乌龟岛登陆点位于大乌龟岛北围堤上，石龙山登陆点位于石龙山西侧岬湾内已人工围垦的成陆区域，3 处登陆点均位于人工岸线。大乌龟岛登陆点属于颍珠山岛岸段，石龙山登陆点属于小洋山岸段，两段岸段保护等级均为“优化利用”，围填海控制要求均为“可围填海”，管道工程未占用海岛自然岸线，管道施工建设对邻近的自然岸线无影响。管道工程符合《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》。

本项目码头工程位于“沈家湾岛南岸段”（编号 356），该岸段保护等级为“优化利用”，围填海控制要求为“可围填海”，“沈家湾岛南岸段”实际是由“洋山深水港区围填海工程”建设形成的人工岸线。码头工程用海方式包括透水构筑物（码头、引桥等）、港池、取排水口，部分改变海域自然属性，占用了一定的海底空间，符合该段岸线“允许改变岸滩或海底形态和生态功能，允许围填海”的管理要求；码头工程位于洋山港口航运区，充分利用了 LNG 扩建工程接收站场区前沿水域及岸线，合理布置了蝶形码头、火炬平台、引桥、4 根取水管、2 根排水管等配套设施，符合该段岸线“在符合海域功能前提下，经严格科学论证，优化开发布局，实现海岸线集约高效利用”的管理要求；码头工程用海方式包括透水构筑物、港池、取排水口等，未明显改变地形地貌，不设阻水构筑物，基本不影响近岸水动力条件，对码头所在的洋山港口航运区和周边大、小洋山工业与城镇用海区等无不利影响，符合该段岸线“开发利用活动不应对周边水道水动力条件产生不利影响，不应对本功能区和周边功能区的基本功能产生不利影响”的管理要求。因此，码头工程符合《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》。

因此本项目符合《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》。

14.5.2 《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》

《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》根据海岛资源环境保护要求和经济社会发展需求,有居民海岛按整岛主导功能定位分为综合利用岛、港口物流岛、临港工业岛、清洁能源岛、滨海旅游岛、现代渔业岛、海洋科教岛、海洋生态岛等 8 类,无居民海岛规划为特殊保护类和一般保护类 2 个二级类,其中特殊保护类划分为国家权益海岛、自然保护区内海岛、海洋特别保护区内海岛、其他重要保护海岛 4 个三级类;一般保护类划分为保留类海岛和限制开发类海岛 2 个三级类。

本项目码头工程位于“小洋山岛”沈家湾南岸,码头后方陆域位于“洋山深水港区围填海工程”的填海范围内,码头和港池位于上海国际航运中心洋山深水港区工程的港池范围内。小洋山为有居民海岛,功能定位为港口物流岛。小洋山岛保护和管理要求“在符合海域功能前提下,优化开发布局,实现岸线集约高效利用,保护与合理利用港口资源。制定完善船舶溢油事故等海洋污染应急预案,加强船舶溢油事故、化学品泄漏或爆炸事故等监测观测、应急救助设施建设,保护海岛及周边海域生态环境。”本码头工程为 LNG 站线扩建项目的海域配套设施,本项目码头及陆域场址位于上海 LNG 一期工程东侧,本项目充分利用该处的港口岸线资源布置了 LNG 码头工程,码头工程包括蝶形码头、火炬平台、引桥、取水管、排水管等,平面布置合理,岸线利用集约高效;本项目相应制定了船舶溢油事故应急预案,以及环境跟踪监测方案,保护码头及管道所在海域的生态环境现状。本项目的建设符合小洋山岛的功能定位,符合保护和管理要求。

本项目 LNG 管道工程（在浙江海域）有 3 处登陆点,小乌龟岛登陆点位于洋山四期港区的西围堤上,大乌龟岛登陆点位于大乌龟岛北围堤上,石龙山登陆点位于石龙山西侧岬湾内已人工围垦的成陆区域,不占用大乌龟岛和小乌龟岛自然岸线。此外由于“洋山深水港区围填海工程”的实施,小乌龟岛、大乌龟岛和石龙山已与小洋山岛连接。LNG 管道工程（浙江段）穿越嵎泗崎岖列岛南岛群,嵎泗崎岖列岛南岛群（II-15）属于一般保护型,实行保护优先、适度开发的总体方针,保护和管理要求“严格限制改变或影响岸线自然属性和地形地貌的开发建设活动,保护岸线的自然属性。根据国家重大建设项目、省级重点项目、公共基础设施、公益事业和国防建设安排,适度发展港口航运和临港产业。在符合海域功能前提下,优化开发布局,实现岸线集约高效利用,保护与合理利用港口资源。

利用海岛应尽量减少对海岛环境的破坏，注重海岛水土防治，严禁污染物直接排海，保护海岛及周边海域生态环境。”本项目管道工程穿越大乌龟岛和小乌龟岛，但未占用该岛及岛屿岸线，未改变岸线自然属性，对海岛环境影响较小；陆上段管道主要采用沟埋式敷设方式，穿越石龙景区拟采用定向钻穿越方案，有利于保护景区环境现状；本项目建成后，管道用于燃气运输，无污染物直接排海。因此本项目管道工程的建设符合嵊泗崎岖列岛南岛群的主导功能，符合保护和管理要求。

本项目码头工程所在海岛为小洋山岛沈家湾，该岛为有居民海岛，且对周边的无居民海岛的自然属性和地形地貌无影响。LNG 管道穿越无居民岛群，但未占用无居民海岛——大乌龟岛和小乌龟岛，且与其保持 10m 以上距离。LNG 管道登陆点位于人工海堤上，且采用顶管的方式施工，不改变无居民岛群岸线的自然属性和地形地貌，管道建设不会对崎岖列岛南岛群造成不利影响。

本项目的建设符合小洋山岛和嵊泗崎岖列岛南岛群的功能定位，满足保护和管理要求，此外本项目的建设有利于保障能源供应和城市运行安全，因此，本项目符合《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》。



图 14.5-1 本项目所在岸段（《浙江省海岸线保护与利用规划（2016—2020 年）》，大陆海岛，舟山 01）

表 14.5-1 浙江省海岸线保护与利用规划节选

岸段编号	行政区	岸段名称	起止位置	长度	保护等级	围填海控制	管理要求	所处功能区	本项目位置
352	嵊泗县	颗珠山岛岸段	整岛岸线	8.27	优化利用	可围填海	1、允许改变岸滩或海底形态和生态功能,允许围填海;2、在符合海域功能前提下,经严格科学论证,优化开发布局,实现海岸线集约高效利用;3、开发利用活动不应应对周边水道水动力条件产生不利影响,不应对本功能区和周边功能区的基本功能产生不利影响。	洋山港口航运区(B2-1)	管道的大乌龟岛登陆点位于该岸段
353	嵊泗县	小洋山岸段	122.0925°,30.6037°~122.1057°,30.6231°	21.34	优化利用	可围填海	1、允许改变岸滩或海底形态和生态功能,允许围填海;2、围填海占用自然岸线须占补平衡;3、在符合海域功能前提下,经严格科学论证,优化开发布局,实现海岸线集约高效利用;4、开发利用活动不应应对周边水道水动力条件产生不利影响,不应对本功能区和周边功能区的基本功能产生不利影响。	洋山港口航运区(B2-1)、小洋山工业与城镇填海区(B3-1)	管道的石龙山岛登陆点位于该岸段
356	嵊泗县	沈家湾岛南岸段	122.0984°,30.6039°~122.1295°,30.6107°	4.76	优化利用	可围填海	1、允许改变岸滩或海底形态和生态功能,允许围填海;2、围填海占用自然岸线须占补平衡;3、在符合海域功能前提下,经严格科学论证,优化开发布局,实现海岸线集约高效利用,同时加强海岛、礁保护;4、开发利用活动不应应对周边水道水动力条件产生不利影响,不应对本功能区和周边功能区的基本功能产生不利影响。	洋山港口航运区(B2-1)	码头工程位于此岸段

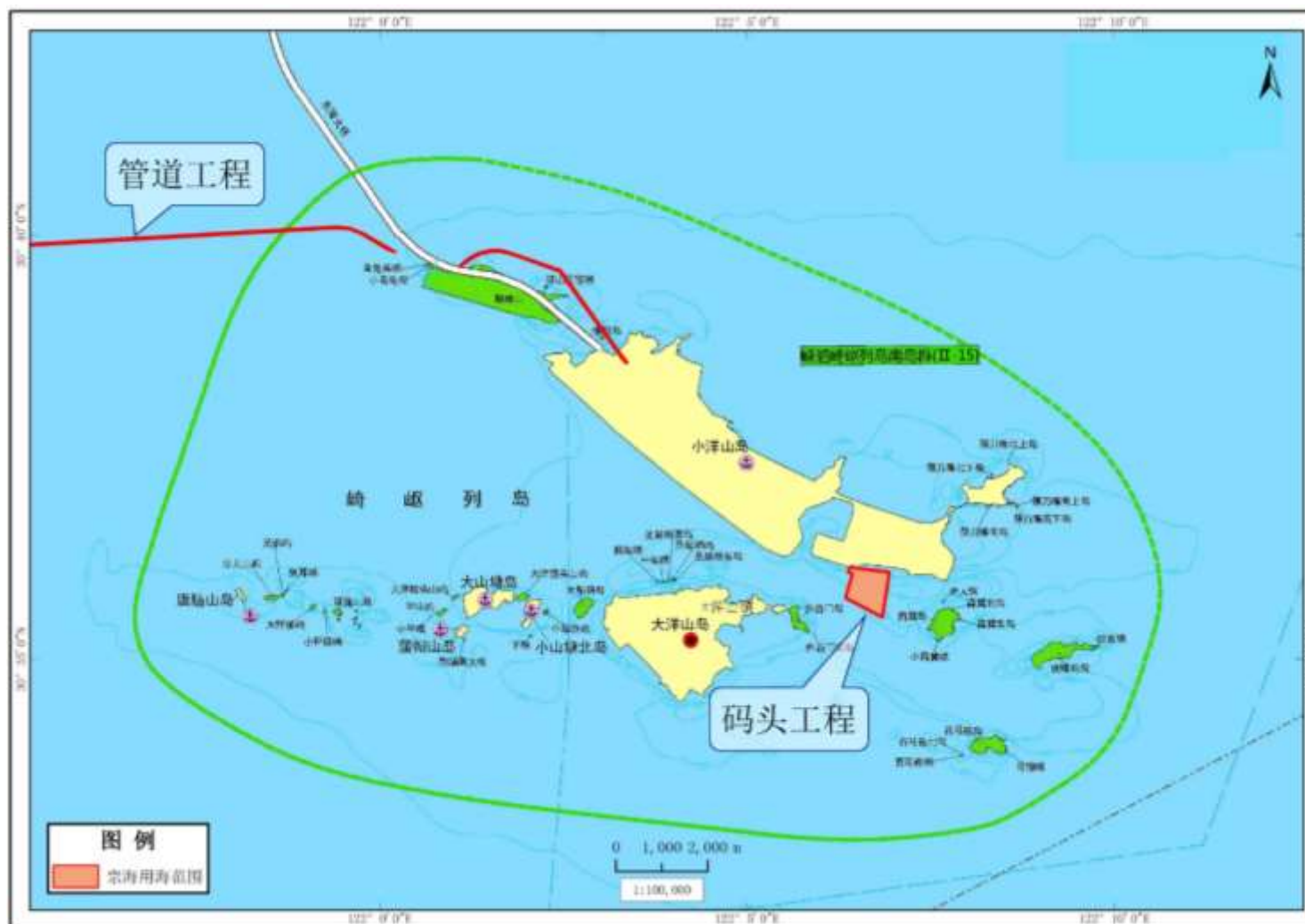


图 14.5-2 本项目与海岛（《浙江省海岛保护规划》，分幅七）位置关系图

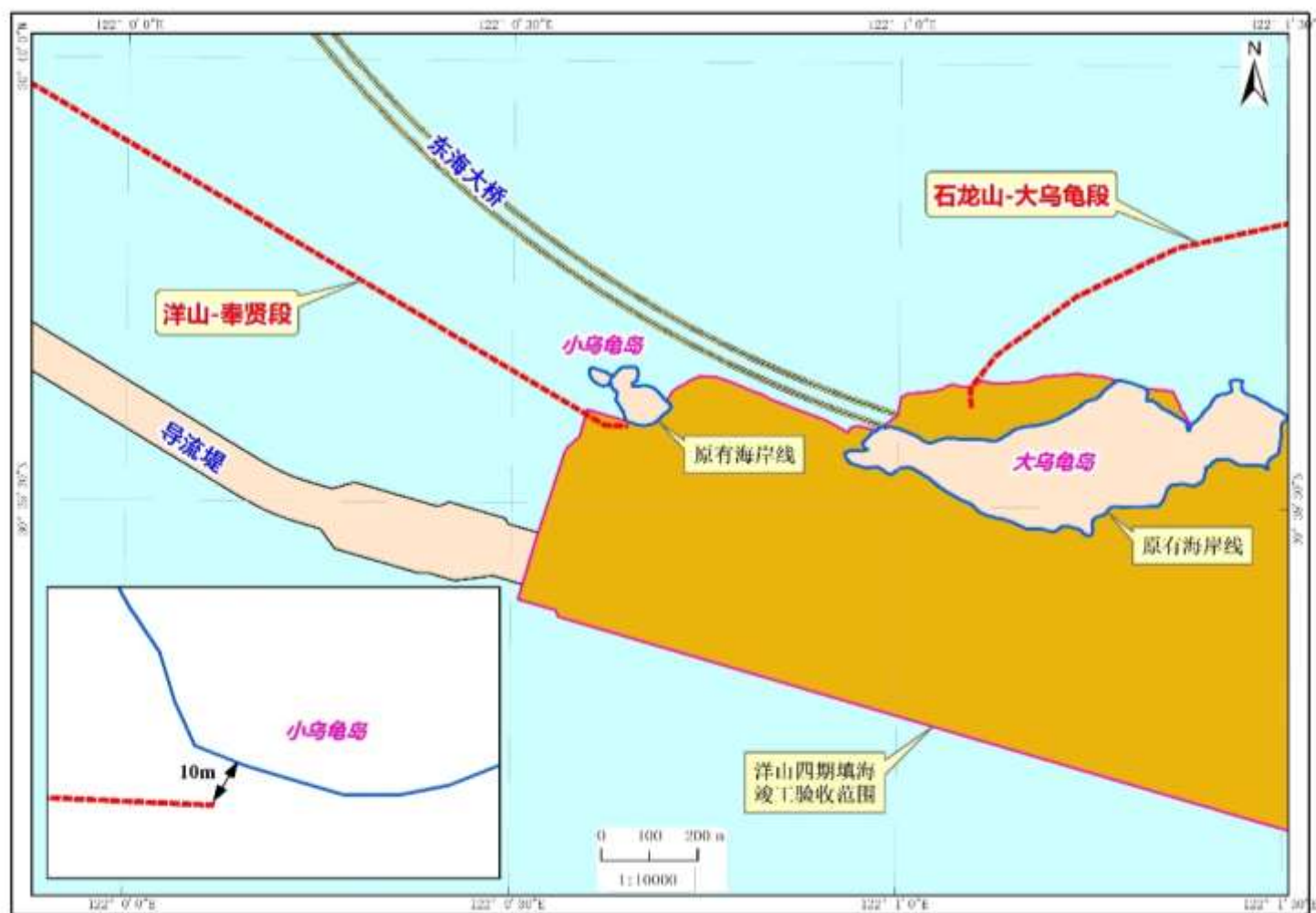


图 14.5-3 本项目与《浙江省海岛保护规划》中大小乌龟岛位置关系图

表 14.5-2 舟山市有居民海岛

序号	海岛名称	所处行政区	岸线长度	海岛面积	户籍人口	海岛及其周边海域自然属性	保护和利用现状	海岛功能定位	保护和管理要求
21	小洋山岛	舟山市嵊泗县	40456	14924286	1	位于舟山市嵊泗县西部海域，崎岖列岛的北部，大洋山岛北侧。岛上出露岩石为燕山晚期侵入的钾长花岗岩和花岗岩。丘陵地貌为主，植被以黑松林和草丛为主。岛上危崖夹峙，奇石相随，十步一景，五步一观，旅游资源丰富。	岛上主要产业为交通运输业和渔业。岛现已填海连岛建成国内最大的集装箱码头，东南侧建有 LNG 码头及罐区，东侧为小洋山交通码头，有客轮通泗礁山、岱山、衢山、舟山等岛。小洋山港区为国务院正式批准设立我国第一个保税港区洋山保税港区的一部分。小洋山深水港建有 30 个集装箱深水泊位，年吞吐量超过 1500 万标箱。有小观音山摩崖群等旅游景点。有东海大桥与上海相连。	港口物流岛。在海岛及周边海域生态环境保护的基础上，适度发展国际集装箱储运、中转以及相关的增值加工、贸易、分拨、配送等物流增值服务；借助跨海大桥与上海相连接的有利交通条件，发展旅游观光业。	在符合海域功能前提下，优化开发布局，实现岸线集约高效利用，保护与合理利用港口资源。制定完善船舶溢油事故等海洋污染应急预案，加强船舶溢油事故、化学品泄漏或爆炸事故等监测观测、应急救援设施建设，保护海岛及周边海域生态环境。

14.5.3 《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》

嵊泗县人民政府于 2020 年 9 月 11 日发布了《嵊泗县人民政府关于印发《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知》（嵊政发[2020]10 号）。

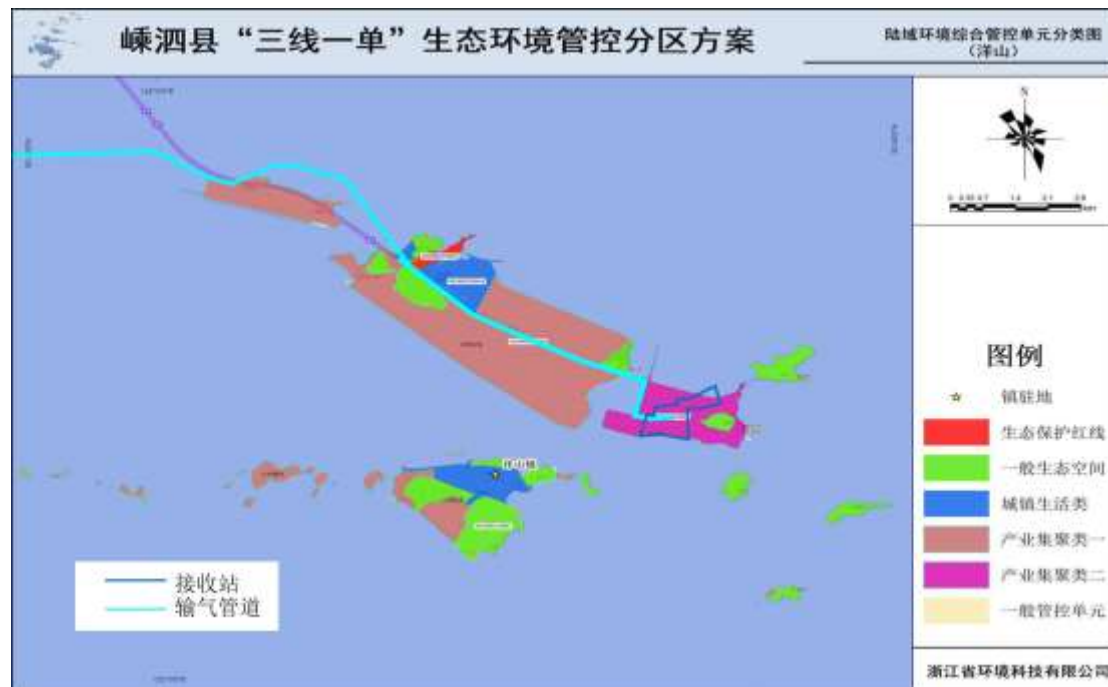


图 14.5-4 嵊泗县“三线一单”生态环境管控分区方案（洋山）



图 14.5-5 嵊泗县“三线一单”生态环境管控分区方案（海域）

14.5.3.1 生态保护红线

本项目接收站工程接收站工程和码头工程位于浙江省舟山市嵊泗县西门堂岛南侧海岸，输气管道自接收站内接出，沿东港路北侧自东向西敷设，采用定向钻穿越石龙景区，与东侧建筑物最小间距 15m，穿越距离 0.9km。管道穿越轴线避让石龙山生态红线。之后采用陆对海定向钻（颗珠山水道定向钻）方式入海。在大乌龟岛海堤登陆，沿港区道路敷设至小乌龟岛入海点

工程拟建地不在当地饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护区内，管线已避让石龙山生态红线，工程建设不涉及生态红线区。

项目建设与生态保护红线相符。

14.5.3.2 环境质量底线

本项目施工期产生的污染物在采取相应的污染防治措施后对所在区域基本无污染影响。运营期废气经采取措施后能达标排放，不会触及环境质量底线要求；生活污水用一体化生活污水处理装置处理，处理出水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准及《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准后，作为厂区绿化用水回用，不外排；含油污水经油水分离器分离后排至污油罐，污油定期通过污油泵提升至外输槽车或包装桶内，送至有资质单位进行处理；噪声经各降噪措施后能达标排放，项目所处区域声环境能维持现状；本项目废气不含重金属和持久性有机污染物，罐区、危废间等做到防渗要求。不会对土壤环境产生影响。

因此，本项目建设符合环境质量底线要求

14.5.3.3 资源利用上限

本项目不属于高耗能、高污染型，本项目生活用水依托洋山港市政给水管网，气化器加热用水水源为海水，消防用水主水源为海水；电力负荷依托地区电网供给。项目建设及运营消耗一定量的电能、水资源等能源和资源，项目建成后可以有效提升天然气的使用范围，本项目替代燃煤、燃油有利于当地环境空气质量改善；同时管道运输是一种安全、稳定、高效的运送方式，运营期资源能耗低，而利用煤炭或石油，主要靠车船运输，运输中会产生大量的能源。

因此，项目的水、气等资源利用不会突破区域资源利用上限。

14.5.3.4 环境管控单元划定

本项目为天然气接收储运项目，不属于《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》的工业项目分类；根据《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》接收站位于浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元（ZH33092220097）；码头工程位于洋山港口区重点管控单元（ZH33090020033）；管道工程路由经过嵊泗小洋山重点管控单元（ZH33092220097）、浙江省舟山市嵊泗洋山重点管控单元（ZH33092220098）。

（1）浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元（ZH33092220097）管控要求如下：

①空间布局约束

禁止新建、扩建不符合园区发展（总体）规划的其他三类工业建设项目。优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。

②污染物排放管控

严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。

③环境风险防控

定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境与健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。

④资源开发效率要求

推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。

（2）浙江省舟山市嵊泗洋山重点管控单元（ZH33092220098）管控要求如下：

①空间布局约束

除经批准专门用于三类工业集聚的开发区（工业区）外，禁止新建、扩建三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。

②污染物排放管控

严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。

③环境风险防控

定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境与健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。

④资源开发效率要求

推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。

（3）洋山港口区重点管控单元（ZH33090020033）管控要求如下：

①空间布局约束

禁止在港区、锚地、航道、通航密集区以及公布的航路内进行与航运无关、有碍航行安全的活动；严禁在规划港口航运区内建设其他永久性设施。加强舟山港港口综合治理，减少对周边功能区环境影响。维护和改善港口航运区原有的水动力和泥沙冲淤环境。

本项目为天然气站线项目，为石油天然气基础设施重点工程，不属于三类工业项目，符合浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元和浙江省舟山市嵊泗洋山重点管控单元空间布局约束要求，本项目码头工程为天然气运载码头，经模拟预测，对水动力和泥沙冲淤环境基本无影响，符合洋山港口区重点管控单元空间布局约束要求。

本项目接收站运营期废气经采取措施后能达标排放，不会触及环境质量底线

要求；生活污水用一体化生活污水处理装置处理，处理出水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准及《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准后，作为厂区绿化用水回用，不外排；含油污水经油水分离器分离后排至污油罐，污油定期通过污油泵提升至外输槽车或包装桶内，送至有资质单位进行处理；噪声经各降噪措施后能达标排放，项目所处区域声环境能维持现状；本项目废气不含重金属和持久性有机污染物，罐区、危废间等做到防渗要求。不会对土壤环境产生影响。符合浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元污染物排放管控要求。输气管道运营期无污染物排放，符合浙江省舟山市嵊泗洋山重点管控单元污染物排放管控要求。

本项目接收站工程各设施及与接收站装置之间的间距，严格按照《石油天然气工程设计防火规范》（GB50183-2004）、《液化天然气（LNG）生产、储存和装运》（GB/T20368-2012）和《建筑设计防火规范（2018 年版）》（GB50016-2014）规定进行布置，满足防火间距要求。站场内利用道路和围墙进行功能分区，将生产区和生产管理区分开，以减少生产区和生产管理区的相互干扰，降低危险隐患。罐区、管线区域等生产区域禁止种植任何植物，绿化树种主要种植在工作人员生活区域。工程道路布置满足总平面布置的要求、符合生产、货物运输和消防要求。输气管道严格控制输送天然气的气质，定期清管，排除管内的积水和污物，定期进行管道壁厚的测量，对严重减薄的管段，及时维修更换，避免爆管事故的发生；合理设置本项目管道的标志桩、警示牌等标识，加强巡视，减少人为损坏管道风险。本项目符合浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元和浙江省舟山市嵊泗洋山重点管控单元环境风险防控要求。

本项目生活用水依托洋山港市政给水管网，气化器加热用水水源为海水，消防用水主水源为海水，落实节水要求，积极推进节水节能措施，本项目符合浙江省舟山市嵊泗小洋山重点管控单元和浙江省舟山市嵊泗洋山重点管控单元资源开发效率要求。

因此，本项目符合环境管控单元划定要求。

综上，本项目符合《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》。

14.5.4 《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》

根据《浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划》文件内容，浙江省海洋生态

环境保护“十四五”规划的总体目标为：到 2025 年，近岸海域环境质量稳中有升；新增岸线整治修复长度达到 74km；海洋生态安全得到有力保障，大陆自然岸线保有率不低于 35%，海岛自然岸线保有率不低于 78%；临海亲海空间品质有效提升，海岸带生态显著恢复，基本建成 10 个“美丽海湾”、10 个海岛公园；增殖放流水生生物苗种 100 亿单位；划定海洋自然保护地面积占全省海域总面积的比例不低于 10%。

本项目路由避开了浙江省海域海洋生态保护区、海洋生态红线区，且与上述区域的距离相对较远。本项目在施工过程中产生的悬浮泥沙会影响持续时间较短，且运行期不会对工程沿线海域水文动力、地形冲淤、海水水质、沉积物及海洋生态环境等造成长期不利影响。

本项目管线路由方案登陆点位于“嵎泗小洋山虎啸蛇岛群岸段”，属于优化利用类别，管道属于海底工程用海-电缆管道用海，用海不改变海域自然属性。路由部分穿越无居民岛群，并利用大乌龟岛、小乌龟岛作为登陆点，在施工结束后，采取岸线就地生态修复的措施，减少对占用岸线的影响，管道建设不会对无居民海岛造成不利影响。

在落实相应环保措施控制对海洋水质、生态环境及生物资源的影响，采取必要的生态修复补偿措施后，项目建设具备符合浙江省海洋生态环境保护“十四五”规划要求。

14.5.5 《嵎泗列岛风景名胜区总体规划（2011-2025）》

嵎泗列岛风景名胜区是 1988 年被国务院批准为国家重点风景名胜区，同年，第一版《嵎泗列岛风景名胜区总体规划》编制完成，对风景名胜区的保护、建设和管理都起到了非常重要的作用。随着嵎泗县经济社会的发展，特别是上海国际航运中心洋山深水港区工程建设，嵎泗县委委托中国城市规划设计研究院对《嵎泗列岛风景名胜区总体规划》进行修编，2011 年 4 月，住房和城乡建设部受国务院委托，批复了《嵎泗列岛风景名胜区总体规划（2011-2025）》。修编后的总规内容如下：

①规划期限：2010——2025 年，其中近期：2010 年——2013 年，远期：2014 年——2025 年。远景为 2025 年以后。

②风景区性质：以“碧海奇岩，金沙渔火”为主要景观特色，融海洋文化与

海岛民俗风情为一体，以观光游览、休闲度假和科教活动为主要功能的列岛型国家级风景名胜区。

③风景区范围：嵊泗列岛风景名胜区规划调整后的面积为 37.26 平方公里，其中陆域面积 32.30 平方公里，海域面积 4.96 平方公里（其中沙滩面积 1.06 平方公里，海水面积 3.90 平方公里）。其中洋山景区除大、小洋山外，规划保留的岛礁共 5 个，分别为薄刀嘴岛、西马鞍岛、大山塘岛、蒲帽山以及圣姑礁。小洋山本岛上的风景区范围调整为：北侧和东侧沿海岸线并包括部分西岙沙滩的海域范围，西侧至现状居民点后方的山体陡坎以上，自西向南则主要以 60 米等高线为界，调整后的面积约 1.62 平方公里。

④风景区空间布局与功能分区

泗礁休闲度假景区：景区范围包括泗礁本岛、黄龙岛、马迹山及邻近岛礁，白节山、半边山为景区“飞地”，景区面积共 19.65 平方公里。

洋山现代海港景区：景区范围包括大洋山、小洋山及其邻近的薄刀嘴、蒲帽山、圣姑礁等岛礁，景区面积共 3.78 平方公里。

嵊山渔港民俗景区：景区范围包括嵊山岛、枸杞岛等，东海基点海礁属本景区，是景区的“飞地”，景区面积共 8.85 平方公里。

花鸟灯塔揽胜景区：景区范围包括花鸟岛、彩旗山、上下三横山、鸡笼山、大小青山、海横头、鳗局岛、鳗头山、篷礁等诸岛礁，景区面积共 4.98 平方公里。

⑤核心景区划定

基湖核心景区：位于泗礁岛，包括全部基湖沙滩及临近岛礁里外小山，面积约 41.1 公顷。

南长涂核心景区：位于泗礁岛，包括全部南长涂沙滩及临近岛礁龙眼山，面积约 51.6 公顷。

大悲山核心景区：位于泗礁岛，包括自大悲山山顶向东南方向延伸直至海滨的山体范围，面积约 46.4 公顷。

东海云龙核心景区：位于黄龙岛，包括元宝石（东海云龙）所在的尖刀山以及尖刀山与其东侧的帽顶山所围合的山谷，面积约 14.7 公顷。

石龙奇观核心景区：位于小洋山，是指小观音山以北、不包括施家岙在内的大城子山的山体范围，面积约 42.9 公顷。

山海奇观核心景区：位于枸杞岛，包括游览道路以西、风景区范围内的全部山体，面积约 13.0 公顷。

东崖绝壁核心景区：位于嵎山岛，是指嵎山岛东部自后岭头屿直至挨洋门头的海崖及其后方 100 米左右范围内的自然山体，面积约 51.7 公顷。

花鸟灯塔核心景区：位于花鸟岛，是指庙冲后山山脊线以北、包括花鸟灯塔在内的山体范围，面积约 36.9 公顷。

核心景区环境管理要求：

风景区大气环境质量达到国家大气环境质量 I 级标准；水库水质达到或优于国标《地表水环境质量标准（GB3838-2002）》规定的国家 II 类地面水标准；污水必须全部达标处理后才可排放；环境噪音优于 0 类标准；绿化覆盖率超过 80%。

引用《上海 LNG 站线扩建项目涉及嵎泗列岛风景名胜区选址论证报告》内容：项目占用嵎泗列岛风景名胜区的洋山现代海港景区，项目涉及嵎泗列岛风景名胜区的洋山现代海港景区的一级保护区（石龙奇观核心景区）、三级保护区及外围保护地带。本项目以敷设输气管道的形式从地下 25 米深度穿越嵎泗列岛风景名胜区的洋山现代海港景区的一级保护区（石龙奇观核心景区）、三级保护区及外围保护地带，穿越长度分别为 0.35 千米、0.62 千米与 2.05 千米，与景区总体范围长度相比，所占比例极小。经评价分析，项目对风景名胜区的土地资源，动、植物资源，地表水质的影响极小。进行了项目区与景区景观风貌协调、景观视线的分析，结果表明，项目区建设对景观的影响很小。通过分析，本项目输气管道线路地面投影外两侧各 1 千米内涉及嵎泗列岛风景名胜区的洋山现代海港景区的 13 个景源与两个外部交通码头及一个内部交通跨海大桥，不涉及人文资源点及居民点，游客观赏人数虽多，但项目以敷设输气管道的形式从地下 25 米深度穿越嵎泗列岛风景名胜区的洋山现代海港景区，故本项目建设对景源、人文资源点、内外交通、游客游赏及周边居民的影响都极小。

因此，本项目符合《嵎泗列岛风景名胜区总体规划（2011-2025）》的管控要求。

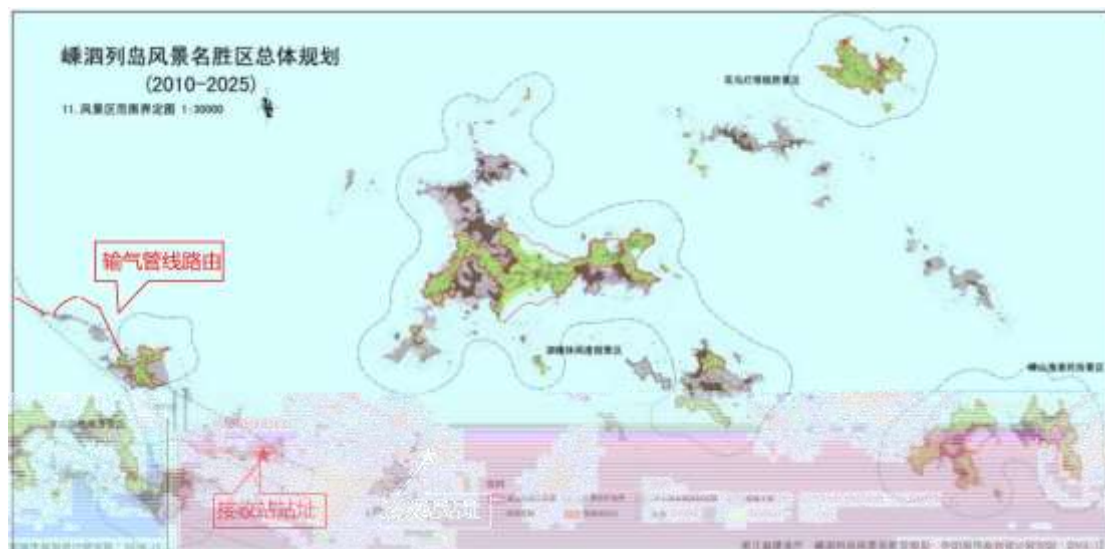


图 14.5-6 嵊泗列岛风景名胜区范围图

14.5.6 《浙江省海上风电场工程规划报告》

根据《浙江省海上风电场工程规划报告（报批稿）》，2030 年浙江省海上风电场规划海域面积 1673km²，规划装机容量为 647 万 kW。根据各海上风电场分布特点，将其划分为大衢洋海域、舟山东部海域、宁波象山海域、台州海域和温州海域等 5 个海上风电建设区域。

本项目 LNG 管道穿越规划嵊泗 5# 3 区海上风电场，该风电场 2030 年展望 15 万 kW，规划海域面积 49km²，但目前尚未有明确建设期限，路由管道深埋于海底，对风电场场址有一定影响，后期风电场进行风机布设时需要将风机桩基位置避开管道保护区，建议在风电场开发建设时做好沟通协调，合理布置风机及场区支路由即可，LNG 管道基本符合《浙江省海上风电场工程规划报告》。



图 14.5-7 本项目位置与《浙江省海上风电场工程规划》位置关系

14.5.7 《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》

根据《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》，本项目的码头工程位于洋山港区。洋山港区定位以集装箱干线运输为主，兼顾液化天然气和成品油运输，具备保税、物流、加工贸易等综合服务功能，是宁波-舟山港的主要港区。港区范围包括大小洋山岛及周边岛屿，划分为小洋山、沈家湾、大洋山三个作业区。

①小洋山作业区：以大乌龟、颍珠山、小洋山、镬盖堂及大岩礁等诸岛形成的岛链为基础进行平面布置。小洋山作业区集装箱泊位总长 8.74km，纵深 0.6~1.2km，规划陆域面积 9.8km²，共可布置集装箱专业化泊位 24 个。根据洋山客运的需求，规划在西部布置洋山客运中心。

②沈家湾作业区：小岩礁以东至中门堂沈家湾段 3.8km 岸线规划为液体散货泊位区。目前已建洋山申港国际石油储运有限公司 10 万吨级成品油码头 1 个，5000 吨级、2000 吨级成品油泊位各 2 个，上海液化天然气有限公司 10 万吨级 LNG 码头 1 个。沈家湾以东岸线规划为客运码头区，岸线长 400m，已建客运码头泊位 5 个。

③大洋山作业区：包括大山塘、大小贴饼岛、大洋山、箬箕岛、虎啸蛇岛等岛屿，初步规划作业区形成港口岸线 13.7km，规划陆域面积 17.1km²，但因产业

规划等均尚未进行深入研究，仍存在较大的不确定性。

本项目即为上述规划中 LNG 码头的扩建项目建设，码头工程位于沈家湾作业区的上海洋山 LNG 项目一期工程与洋山石油储运项目一期工程码头之间，该段岸线规划为液体散货泊位区，本码头工程的性质与功能基本符合规划。此外，本项目的输气管道穿过小洋山作业区北侧，未穿越其港区、航道和锚地，小乌龟岛登陆点北距小乌龟岛约 10m，位于洋山四期港区的西围堤上，对小洋山作业区无影响。因此本项目符合《宁波—舟山港总体规划（2014-2030 年）》。

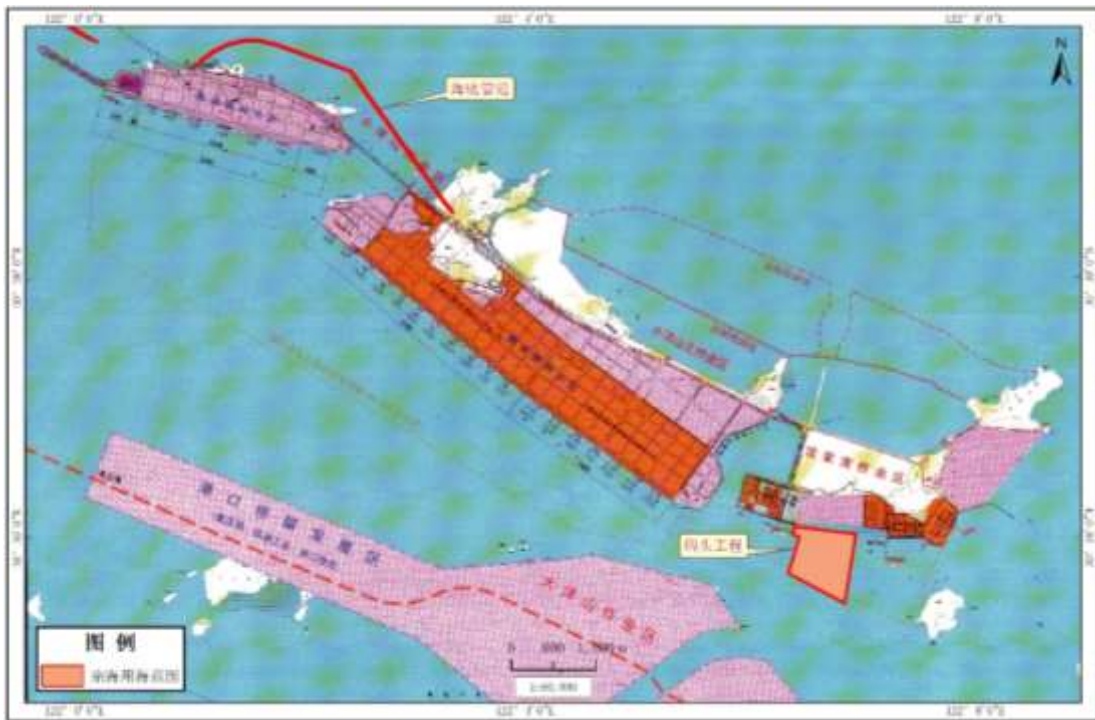


图 14.5-8 本项目与《宁波—舟山港总体规划（2014-2030 年）》位置关系

14.5.8 《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案（报批稿）》

洋山深水港区以集装箱干线运输为主，兼顾 LNG 和成品油运输，具备保税、物流等综合服务功能，是宁波-舟山港的主要港区。其中本项目所在沈家湾作业区 3.8 公里岸线规划为危险化学品码头区，本项目新建 LNG 码头一座，位于已建现有洋山 LNG 码头与洋山石油储运项目一期工程码头之间，本项目的性质与功能基本符合《宁波-舟山港总体规划》中对沈家湾作业区的定位和要求。

2020 年 4 月 14 日沪浙联合向交通运输部上报《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案》，同意本项目分别纳入规划宁波舟山港总体

规划和上海港总体规划，6月8日调整方案通过了交通运输部组织的部省联合审查。8月30日交通运输部联合浙江省人民政府和上海市人民政府对规划调整方案进行了批复（附件7）。

调整方案将《宁波-舟山港总体规划（2014-2030年）》中规划的沈家湾作业区小岩礁以东至中门堂沈家湾段 3.8km 液体散货泊位区岸线，自西向东调整为 LNG 泊位区、液体散货泊位区、客运泊位区。规划调整方案中明确在上海第一液化天然气（洋山 LNG）接收站码头东侧，规划 15 万 GT 的 LNG 泊位（兼顾 26.6 万 m³ LNG 船舶）1 个。因此，本项目码头工程与《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案》相符合。



图 14.5-9 沈家湾作业区规划方案调整图

14.5.9 《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案环境影响报告书》

交通运输部规划研究院编制的《宁波-舟山港总体规划环境影响报告书》已于 2009 年 1 月通过国家环保部主持的审查，2009 年 5 月获得国家环保部审查意见（环审[2009]523 号）。为支持扩建项目优先保障上海天然气供应，确保完成上海天然气年度供应，对沈家湾作业区规划调整进行了环境影响评价工作，2022 年 6 月通过生态环境部审查。

本报告将其中的生态环境影响主要结论、环境风险评价主要结论、规划建议

和评价总结论归纳、引述如下。

1、生态环境影响主要结论

报告书认为：本作业区规划实施后，对陆域生态系统影响不大。对海域生态系统的影响主要在于码头施工期产生的悬浮物及营运期冷排水的影响。沈家湾作业区规划调整不涉及疏浚和围填海活动，总体对海域生态系统影响不大。本规划方案实施对海洋保护区、水产种质资源保护区、风景名胜区和滨海旅游区等生态敏感区的影响不大，但是当船舶发生溢油事故时，油膜能漂移至渔业水域、旅游资源等敏感目标，对敏感目标生态环境造成一定影响。因此，应强船舶污染事故的风险防控，防止船舶溢油等对渔业水域水质造成不利影响。同时，船舶航行在保护区内时，应做好安全防范措施，严禁污水排放，以改善海洋环境质量。舟山海区特别是舟山外海分布有较广泛的鱼类三场，作业区规划方案建设时应尽量避开鱼类产卵繁殖期，并加强后续的跟踪评价及生态补偿，以降低对渔业资源的影响。

2、主要规划建议

（1）加强冷能利用。在项目实施阶段继续深化冷能利用研究，合理考虑新增冷能发电装置或其他冷能利用方式，在现有冷能利用装置基础上进一步提高冷能资源利用率，落实资源循环综合利用的方式、规模，保证冷能用地，最大限度减缓对区域环境、海洋生态的不良影响。冷能利用可分期逐步实施提高利用效率，2026 年冷能利用规模达到 30%，2030 年达到 60%，2035 年达到 80%。

（2）加强环境风险防范。沈家湾作业区规划调整方案实施后，港口吞吐量将有所增加，船舶污染事故风险有增加的趋势。建议作业区进一步完善环境风险管理与应急反应系统，加强溢油应急能力建设和船舶通航安全管理，增加环境风险管理机构，按照海事、生态环境、海洋部门的要求，加强风险管理，提高应急能力水平。

（3）完善应急事故池建设。优化油码头应急事故池等风险防范设施布局、增加规模、保障用地，按照单罐最大罐容（5 万立方）建设相匹配的应急事故池，保障风险防范措施有效运行。

（4）加强水污染防治。规划实施阶段，沈家湾作业区 LNG 码头、油品码头、散杂货码头、客运码头污水经处理后回用，不得排放。港口企业应进一步加强船舶水污染物的接收、转运和处置工作。

（5）加强大气污染防治。强化挥发性有机物、粉尘等污染治理，油品码头及其罐区、LNG 码头及其罐区应分别采取油气回收、蒸发气（BOG）回收等严格防治措施，干散货装卸、堆存应进一步提升绿色工艺技术水平，优先采取全封闭措施。严格控制船舶大气污染物排放，码头应按规定同步配套建设岸电设施，鼓励建设配套的清洁能源供应设施。

（6）严格管控围填海，加强海洋生态保护和修复。严格落实《国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》（国发〔2018〕24 号），除国家重大战略项目外，全面停止新增围填海，依法依规处理围填海历史遗留问题。加强海洋生态保护修复，建立渔业资源损害补偿机制，定期开展增殖放流等生态修复工作。

（7）增加船舶压载水岸上接收装置。依法依规加强船舶压载水及沉积物管理，防止外来物种入侵。

（8）本次评价遵循清洁生产、循环经济、可持续发展等原则，针对规划可能引起的环境影响，从各环境要素提出了相应的环境保护措施和生态补偿方案的宏观要求和建议。建议下一层次环评进行时，针对具体项目的保护措施和补偿方案的需要在项目环评中予以细化和明确。

（9）提高运输组织效率及港口装卸效率，以减少锚地的待泊船舶数量，从而降低对水生生物生境的扰动。

（10）在规划实施过程中，应落实本次评价针对各环境要素提出的环境保护措施，按报告书要求进行环境监测和跟踪评价。

3、规划环评总结论（引述）

沈家湾作业区规划调整方案在不占用自然岸线资源的前提下对沈家湾作业区规划进行局部调整，在现有洋山 LNG 码头东侧新增 15 万吨 LNG 泊位 1 个，取消原规划 10 万吨级成品油码头西侧大型油品泊位规划，降低了环境风险。新增方案不进行围填海，作业区船舶进出港利用现有航道。作业区建设符合上海港总体规划、宁波-舟山港总体规划、舟山市土地利用总体规划的布局要求，与浙江省生态保护红线、浙江省海洋生态红线、浙江省海洋功能区划、舟山市海洋功能区划等相协调。沈家湾作业区规划在规划目标、规划规模、岸线利用、港口空间布局方面均具有较好的环境合理性。

总体上看，在严格落实本次评价提出的各种环境保护措施、提高风险事故应

急能力、加强环境监测和跟踪评价，并有效控制环境污染的基础上，规划实施不会给区域环境承载力带来较大压力，生态影响和环境污染能够得到控制。从环境保护角度分析，沈家湾作业区规划调整方案是可行的。

4 相符性分析

本项目的建设与《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案》及调整方案规划环评的相符性分析见表 14.5-3，本项目符合《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案》及调整方案规划环评的相管理要求。

表 14.5-3 与宁波—舟山港总体规划环评及其审查意见的相符性分析

序号	相关文件要求	本项目对应情况	符合性
	规划环评		
1	LNG 码头区产生的生活污水经已建一体化污水处理站处理后回用于港区绿化，不排放；生产废水可经收集后通过油水分离器处置后排入已建一体化生活污水污水处理站处置，经已建一体化污水处理站处理后回用于港区绿化，不排放。污油泥由有资质的单位进行接收处置。	本项目生接收站内含油污水、生活污水纳入本工程的污水处理系统。分离出的污油委托有资质单位处置。	符合
2	应选用耗油低、污染物排放量少型号的汽车。维修保养应严格执行 I/M 制度，使汽车和机械设备维持良好的工作状态，以降低车辆、装卸机械燃油产生的尾气。到港船舶应燃用污染物含量和排放量能够满足公约要求的船舶燃料，提高港装卸货物效率，减少船舶废气的排放。	选购排放污染物少的环保型高效装卸机械和车辆。使用合格的燃料油，并设法使其充分燃烧，减少尾气中污染物的排放量。	符合
3	垃圾应按不同危害性实施废物分类收集管理，同时按照相关的环境保护法规定要求进行处置。	接收站内垃圾集中收集后委托相关单位处置。	符合
4	规划调整会对海洋生态环境产生影响，为了保证生态环境的可持续发展，在港口施工结束后，港口企业有义务和责任出资对附近海域进行生态补偿。	已划定合理的生态补偿费用，用于增殖放流等生态补偿活动。	符合
	审查意见		
1	合理控制港口开发规模与强度，不得占用依法应当禁止开发的区域，优先避让其他生态环境敏感区域，采取严格的生态保护和修复措施，改善区域、海域的生态环境质量。	本项目为 LNG 的储运项目，建设地位于洋山港区。未占用禁止开发区域。	符合
2	提高岸线利用效率，节约集约利用岸线土地等资源，优化整合生产岸线水陆空间和码头资源，提升码头泊位规模化、专业化、集约化水平和利用效率。	本项目位于沈家湾作业区，计划建设 LNG 码头。新建 15 万吨 LNG 码头 1 座，主力船型为 15~18 万 m ³ 的 LNG 船舶，可满足 0.5~26.6 万 m ³ 的 LNG 船舶装卸靠泊。	符合
3	严守生态红线，码头锚地及其附属设施不得布局在生态保护红线内。	本项目码头锚地及其附属设施不在生态保护红线内。	符合

4	在项目实施阶段继续深化冷能利用研究,合理考虑新增冷能发电装置或其他冷能利用方式,在现有冷能利用装置基础上进一步提高冷能资源利用率,落实资源循环综合利用的方式、规模,保证冷能用地,最大限度减缓对区域环境、海洋生态的不良影响。	已预留冷能利用用地,初步预计以冷能发电方式开展冷能利用。	符合
5	进一步加大船舶安全航线和风险防范的力度,制定风险应急系统建设方案,不断完善应急反应预案,建立健全应急反应体系	1、接收站内利用围墙进行功能分区,将生产区和办公区分开,减少了生产区和办公区的相互干扰,减少危险隐患,同时便于生产管理。 2、接收站采用先进的工艺控制系统和安全监督系统,以保障操作人员和设备的安全,防止环境污染,确保生产设施安全、可靠、有效的运行 3、站内设施选用高质量、高可靠性产品,关键部件和附件充分考虑工艺过程及物料特性要求,特别是阀门等,严格保证其良好的密闭性能。 4、接收站和码头设有应急集液池,以保证泄漏事故发生时,减少液体扩算范围,控制蒸发速度。 5、各站场内设备均按照防爆等级进行设计,并按照规定采取防雷、防静电措施、可燃性气体检测仪和火焰探测器,对站场的安全运行进行监控。 6、按照要求制订了相关应急预案,在试生产前完成备案。	符合

14.6 《建设项目环境保护管理条例》“四性五不批”符合性分析

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(中华人民共和国第 682 号令)第九条“四性”和第十一条“五不批”的相关规定。本报告对相关内容进行分析,具体可行性分析见表 14.6-1。

表 14.6-1 工程“四性五不批”符合性分析一览表

内容		本项目情况	符合性
四性	项目建设可行性	工程所在区域符合环境空气、地表水、近岸海域、声环境及海洋等功能区划要求;各类污染物收集经治理后可做到长期稳定的达标排放,污染物排放符合国家、省规定的主要污染物排放总量控制指标;造成的环境影响符合工程所在地环境功能区划确定的环境质量要求,符合《舟山市嵊泗县“三线一单”生态环境分区管控方案》管控要求。工程选址符合《宁波—舟山港总体规划(2014-2030 年)》、《宁波舟山港(上海国际航运中心)沈家湾作业区规划调整方案》等规划要求;符合国家和省市产业政策的要求;在采取完善的风险防范措施,环境风险在可承受范围内;符合浙江省环境影响评价公众参与的相关要求。综上,本工程的建设满足环境可行性要求	符合
	环境影响分析预测	本评价大气环境影响评价采用《环境影响评价技术导则 大气	符合

	评估的可靠性	环境》(HJ2.2-2018)中的 AERSCREEN 模型估算后进行评价;海洋环境影响根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)进行了环境影响分析;噪声预测选用《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2021)推荐仿真软件 Cadna/A 进行评价;固废影响根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》的要求进行了定性描述分析;土壤环境影响采用《环境影响评价技术导则土壤环境(试行)》(HJ964-2018)进行定性描述分析;风险评价根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)要求进行分析评价,选用的方法均按照相应导则要求。因此,工程环境影响分析预测评估是可靠的。	
	环境保护措施的有效性	工程为天然气储运工程,运行期废气排放达标,不外排污水,排放的污染物均为常见的污染物,对于这些污染物的治理技术目前非常成熟,因此从技术上分析,只要切实落实环评报告提出的各项污染防治措施,各类污染物均可得到有效控制并能做到达标排放或不对外排放,其环境保护措施是可靠、有效的。	符合
	环境影响评价结论的科学性	本报告结论客观、过程公开、评价公正,评价过程均依照环评相关技术导则、技术方法等进行,综合考虑建设项目实施后对各种环境因素可能造成的影响,环评结论是科学的,	符合
五不批	(一)建设项目类型及其选址、布局、规模等不符合环境保护法律法规和相关法定规划	工程类型及选址、布局、规模等均符合环境保护法律法规,并符合《宁波舟山港(上海国际航运中心)沈家湾作业区规划调整方案》、《浙江省海岛保护规划(2017-2022年)》及《国土空间规划“三区三线”》等规划要求。	不属于不批的情况
	(二)所在区域环境质量未达到国家或者地方环境质量标准,且建设项目拟采取的措施不能满足区域环境质量改善目标管理要求	工程所在区域大气环境、声环境、土壤环境及地表水环境均能满足国家或地方环境质量标准规定要求;近岸海域水环境部分指标存在超标现象,近岸海域海水水质无机氮等指标未能达到水质保护目标要求,工程污水不外排,因此工程的建设不会加重纳污海域的污染;其次,废气经处理后可稳定达标排放,不会降低周边大气环境质量;工程合理规划厂区布局,对高噪声设备采取隔声减振、消声等有效的噪声治理措施,确保厂界噪声达标排放。工程在采取积极有效的污染防治措施后可满足区域环境质量的改善目标管理要求。	不属于不批的情况
	(三)建设项目采取的污染防治措施无法确保污染物排放达到国家和地方排放标准,或者未采取必要措施预防和控制生态破坏。	工程排放的污染物均为常见的污染物,经采取积极有效的污染防治措施后,各类污染源均可得到有效控制并能做到稳定长期达标排放。	不属于不批的情况
	(四)改建、扩建和技术改造项目,未针对项目原有环境污染和生态破坏提出有效防治措施。	工程为扩建项目,建设过程将按严格落实本报告提出的各项污染防治措施,并对现有污染防治措施不足之处进行提升改造,确保有项目不对周围环境的污染和生态破坏,运行期个别时段余氯排放浓度偏高,高于 0.2mg/L,上海液化天然气(LNG)有限责任公司于 2017 年 7 月开始使用 EGD 杀生缓蚀剂代替次氯酸钠,解决了投加次氯酸钠带来的排水余氯浓度不稳定的问题。。	不属于不批的情况
	(五)建设项目的环境影响报告书、环境影响报告表的基础资料数据明显不实,内容存在重大缺陷、遗漏,或者环境影响评价结论不明确、不合理	本报告采用的基础资料数据均采用项目方实际建设申报内容,环境监测数据均由正规资质单位监测取得;报告内容根据多次内部审核和外部专家评审指导,不存在重大缺陷和遗漏	不属于不批的情况

14.7 用海合理性分析

根据《上海 LNG 站线扩建项目海域使用论证报告书》，上海 LNG 站线扩建项目用海包括部分码头工程和输气管道工程，码头工程用海单元包括码头、港池、火炬平台、取水管道、取水口和排水口，输气管道工程用海单元为海底输气管道和截断阀井，用海类型为工业用海中的其他工业用海。码头和火炬平台用海方式为透水构筑物，港池的用海方式为港池、蓄水等；取水口、排水口用海方式为取、排水口；取水管道和海底输气管道的用海方式为海底电缆管道；截断阀井的用海方式为非透水构筑物。

14.7.1 用海面积

根据《上海 LNG 站线扩建项目海域使用论证报告书》论证结果，本项目共申请用海 194.1693hm²，其中码头工程申请用海面积为 73.8hm²，含透水构筑物用海 3.7619hm²，港池、蓄水等用海 61.9871hm²，取、排水口用海 5.1919hm²，海底电缆管道 0.3048hm²；输气管道工程申请用海面积为 122.9236hm²，含海底管道用海 122.8508hm²，非透水构筑物用海 0.0728hm²，其中浙江段海底管道用海约 50.39hm²。

14.7.2 岸线占用

（1）码头工程

码头工程新申请用海部分内界址线与上海国际航运中心洋山深水港区工程（转让部分）（国海证 071100077）外界址线无缝衔接，码头工程新申请用海部分不占用海岸线。从岸线的管理上，码头工程所在的沈家湾作业区小岩礁以东至中门堂沈家湾段 3.8km 岸线规划为液体散货泊位区，项目使用的岸线均落于上述规划的港口岸线范围内。

（2）输气管道工程

海底管道（浙江段）有石龙山、大乌龟、小乌龟四个登陆点，登陆点涉及岸线占用。石龙山登陆点位于小洋山的石龙景区西侧的岙湾内，湾内为小洋山国际航运中心配套设施工程（图斑编号为 330922-0029-01，围而未填），此围填海工程在海域法实施之前已建成，取得围垦许可证，但尚未取得土地证。石龙山登陆点采用定向钻穿越的施工方式，不会影响或者改变该段岸线的属性，也不会对地

形地貌造成破坏，不实际使用岸线，考虑管道登陆点两侧保护范围各 10m，石龙山登陆点占用自然岸线 21.9m。

大乌龟登陆点位于洋山深水港区四期工程北围堤上，未占用无居民海岛一大乌龟岛，且与其保持 10m 以上距离。海底管道暂按斜立管方式登录洋山深水港区四期工程北围堤，具体需与海堤所有方及管理方协商确定。考虑管道登陆点两侧保护范围各 10m，登陆点占用人工岸线 39.1m。

小乌龟登陆点位于洋山深水港区四期工程的西围堤上，未占用无居民海岛一小乌龟岛，且与其保持 10m 以上距离。海底管道暂按斜立管方式登录洋山深水港区四期工程西围堤，具体需与海堤所有方及管理方协商确定。考虑管道登陆点两侧保护范围各 10m，登陆点占用人工岸线 24.3m。

综上所述，本项目管道登陆点采用了目前较为先进和成熟的施工方式，在满足工程实际需要的同时尽量减少了对岸线的占用，共占用岸线 85.3m，均为人工岸线，项目占用岸线合理。

14.7.3 用海期限

本工程用海周期较长，码头工程设计年限为 50 年，工程建设期为 1.5 年，因此从工程设计及生产实践需要角度，码头工程拟申请用海 50 年是合理的，输气管道设计寿命为 40 年，工程建设期 1 年，因此从工程设计及生产实践需要角度，输气管道共工程拟申请用海 40 年是合理的。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，“海域使用权最高期限，按照下列用途确定：（一）养殖用海十五年；（二）拆船用海二十年；（三）旅游、娱乐用海二十五年；（四）盐业、矿业用海三十年；（五）公益事业用海四十年；（六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年”。

因此输气管道工程申请用海 40 年符合《中华人民共和国海域使用管理法》。

因此，本工程申请用海期限合理。海域使用权期限届满后，如需继续使用海域，且工程完好，应再申请续期。

综上所述，本项目用海合理可行，符合相关管理要求。

14.8 项目选址选线环境合理性分析

14.8.1 输气管道路由

（1）登陆点

本项目输气管道路由为石龙山、大乌龟山岛、小乌龟岛、奉贤柘林塘。奉贤柘林塘登陆点位于奉贤柘林塘海堤上；大乌龟岛登陆点位于大乌龟岛北围堤上，向南距离东海大桥约 50m，向西距离约 150m；小乌龟岛入海点位于四期港区的西围堤上，北距小乌龟岛约 20m，西围堤长约 400m，南侧为港区驳岸和导流堤；石龙山入海点位于小洋山的石龙景区西侧的岙湾内，湾口西北朝向，宽约 500m，现已人工围垦成陆地，碎石覆盖，地形较平坦。

路由登陆点和入海点附近海堤海域开阔，周边没有明显障碍物或临海工程设施；底质为粉砂和砂质为主，适宜管道铺设；各登陆点和入海点选址符合该海域功能，也能起到提高海域利用效率的作用。

（2）工程地质条件

本项目输气管道路由区地震活动影响总体较弱，工程海域横跨两个大地构造单元，即处于工程海区西北部的扬子地台（扬子地块）和东南部的华南褶皱系（浙闽地块），输气管路路由海域基底缺乏活动性断裂，其中江山-绍兴深断裂从晚更新世以来未曾活动，这有利于海底管道铺设。

石龙景区-大乌龟段路由海域地层厚度一般 5m~15m，受潮流的长期冲刷侵蚀作用影响，导致第 I 层缺失，周边岛礁较多，本段路由避开多处裸露；小乌龟-奉贤段路由大部分海域地层穿透较好，厚度一般 5m~10m，第 I 层主要为全新统海相淤泥质土，表层为淤泥，易于开挖，本段管道大部分都埋设在第 I 层内。经路由选线选址，项目路由区地层有利于海底管道铺设。

（3）海洋功能区

本项目输气管道路由位于东海海域，工程路由从选线选址上充分考虑避让海洋保护区、生态敏感区等重要区域，符合《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》的管理要求，与《宁波-舟山港总体规划（2014-2030 年）》、《浙江省海洋生态红线划定方案》等无冲突，仅在工程施工期可能对海洋环境、渔业生产和航运产生一定的影响，可通过采取补偿、管理等措施予以缓解。

（4）渔业活动

本项目输气管道路由选线已尽量考虑避让长江口传统渔场区，但仍不可避免穿越部分传统渔业捕捞区。输气管路工程路由海域附近渔业的作业方式主要有张网和流刺网，张网打桩入土深度一般 1m~3m 左右，流刺网作业时入土深度为 30cm 左右；此外钓笼作业使用的渔具与海底面大多不接触，对管道的影 响不大。

为避免张网等捕捞活动对海底管道的安全性产生影响，从设计角度调整海底管道深埋，结合宣传和监管等措施，可有效减少渔业捕捞活动对海底管道的影 响。

（5）海上交通

本项目输气管道路由穿越临港新城港区进港航道，穿越段水深约 10m，航道水深满足设计通航水深要求，无需疏浚，但是工程建设对临港新城港区进港航道有一定影响，建设单位应征求上海海事局等管理单位意见，做好施工安全措施，取得行政许可，同时为避免船舶应急锚泊威胁海缆安全，交越段管道埋深以泥面以下不小于 3.0m 为宜。

本项目输气管道路由小乌龟山岛登陆点位于洋山深水港区四期西围堤上，洋山四期西围堤南端向西建有导流堤，本项目设计管道入海后与导流堤保持一定距离。洋山深水港区一期、二期、三期工程与本路由及登陆点距离均较远，因此项目建成后不会对港区产生明显影响，但陆域管道需在港区内铺设，须做好沟通协调工作。

本项目在选择路由时已注意避让周边锚地区，最近的洋山 No.3 锚地（规划）与路由相距 2.8km。

本项目输气管道路由大、小乌龟登陆点与东海大桥最近距离分别约 150m 和 210m，进入东海大桥保护范围。沪舟跨海大通道规划从上海经大洋山、岱山至舟山本岛，为公铁共建通道，目前在规划研究阶段，根据现阶段确定的跨海大通道走向可知，本项目管道路由将与该跨海大通道发生交越。施工时做好施工安全措施，做好沟通协调工作，可避免对东海大桥的影响以及与沪舟跨海大通道的影 响。

（6）海底管线

工程海域的海缆和管道主要有通信电缆、输电电缆、油气管道、输水管道等。与本路由交越的是平湖油气田海上平台至上海南汇芦潮港的 DN350 输气管道、大洋山至上海芦潮港通信电缆和嵊泗 6#风电电缆。

交越会影响本项目光缆的埋深，可采用加强对交越点的光缆监管、维护等措

施来保证本项目光缆的安全运行。

综合登陆点、工程地质条件、海洋功能区、渔业活动、海上交通和海底管线等要素的分析结果可知，本项目输气管道路由的选址符合相关海洋功能区划的管理要求，避开了海洋敏感区，对现有的敏感区、敏感目标影响较小，其路由的选址是合理的。

14.8.2 码头选址

本项目码头工程位于浙江省舟山市嵊泗县、舟山群岛北部的崎岖列岛。崎岖列岛岛屿群由以大洋山岛和小洋山岛为主的南、北两列岛链构成。本项目位于北岛链南侧、已建上海 LNG 码头东侧岸段，西侧毗邻上海国际航运中心洋山深水港集装箱港区，东与洋山石油储运项目码头相邻，地理坐标为北纬 30°36'06"、东经 122°06'30"。

本项目码头工程岸线位于崎岖列岛北岛链南侧、已建上海 LNG 码头东侧岸段，西侧毗邻上海国际航运中心洋山深水港集装箱港区，东与洋山石油储运项目码头相邻，航道水深较好，占用岸线 415m。岸线使用性质为港口岸线，建设目的是为社会用户提供装卸、堆存等公共服务。本项目严格按照《液化天然气码头设计规范》并结合本项目特点进行岸线长度计算取值，满足设计规范要求。本项目根据航运距离，合理确定设计船型并进行靠泊船型组合，以尽量减少岸线长度，协调上下游码头前沿线位置关系，满足集约化布置原则。本项目码头工程根据《海港总体设计规范》和《港口与航道水文规范》等规范并结合本项目水域特点，码头前停泊水域取值 2 倍船宽、船舶回旋水域取值 2.5~3 倍船长，回旋水域与航道合理衔接，可满足通航安全要求，同时对周边岸线船舶进港靠泊作业不会产生影响。

码头工程所处区域位于地质构造稳定区，场地范围内没有晚更新世以来活动断裂通过，不会发生由断裂活动导致的场地地表地质灾害，有利于工程建设。码头工程水域部分和陆域部分土层下层均为工程性良好的地质层。通过对建设区域地质条件的分析，根据邻近工程的建设经验，从地质地层条件上工程的建设在技术上是可行的。

拟建项目码头工程的建设总体上符合《宁波-舟山港总体规划》，符合海洋功能区划和国家产业政策。通过对工程地点的水文、气象等自然条件的调查、研究

和对本项目总平面布置、基础结构等的分析，根据邻近工程的建设经验，充分考虑现有的外部协作条件、施工技术，认为拟建项目码头工程的选址是合理的。

14.8.3 接收站选址

目前接收站用地范围能源路以南部分为基本规整的多边形。包括 LNG 码头区、LNG 储罐区、工艺区、计量外输区、海水取水口区、公用工程区、火炬区、电力区、中控区等。用地范围内分为东西两部分：西部为工艺区、海水取水口区、码头区、火炬区、电力区、中控区、公用工程区等组成；东部主要为储罐区。

本项目接收站工程与西侧洋山 LNG 项目接收站毗邻，具有良好的外部环境条件和站内依托条件，站址选择在洋山深水港区 LNG 接收站东扩开发，能充分利用洋山港深水良港条件、港区基础设施条件。

本项目接收站工程拟建场地位于洋山深水港能源港区，是以港区总体规划为基础，符合港区总体规划和地方管理部门的规定；符合国土整治和利用政策，以节约土地、少占耕地、尽可能减少拆迁和移民为原则。有利于产业合理布局和资源合理配置；有利于环境保护、生态平衡和可持续发展，有利于工程建设、运行和产品运输；有利于公用工程供给；有利于依托已建设施以节省投资、降低生产成本，提高经济效益。

本项目接收站工程东西两侧均为油气企业，西侧为洋山 LNG 接收站，东侧为石油库，相邻企业为同属或相近性质企业，从站场选址上较为合理。

本项目接收站工程所处区域位于地质构造稳定区，场地范围内没有晚更新世以来活动断裂通过，不会发生由断裂活动导致的场地地表地质灾害，有利于工程建设。本项目接收站工程土层下层均为工程性良好的地质层。通过对建设区域地质条件的分析，根据邻近工程的建设经验，从地质地层条件上工程的建设在技术上是可行的。

综上所述，本项目接收站工程站址及新征用地选择合理，具有以下特点：

符合国家能源规划和布局，与区域规划和港口规划相衔接；有可靠的供水、供电、交通运输等系统工程依托条件；满足工程建设所需的场地面积；具有较好的工程地质和水文地质条件；避开地震断层、泥石流等地质灾害地区；对环境、生态平衡无影响；站址内无拆迁和移民。

14.8.4 取排水口选址



图 14.8-1 取排水口位置示意图

本项目 LNG 接收站的取水口布置在靠近海岸线的东侧，位于接收站火炬区南侧，水深在-10m 左右（小洋山理论最低潮面）。取海水泵房（内设工艺海水泵、消防水泵）和 EGD 加药间布置在站区东南角场地内，靠近南侧岸线和北面的工艺气化区。取水口和取水泵房的布置有利于取海水、供海水管道的敷设。

为了尽量减少海水冷循环的影响，本项目海水取水暗管取水口布置在站区南侧岸线最东端的海域内，排水口布置在陆域 LNG 接收站的西南侧，与现有洋山 LNG 海水排水口相邻布置，距离现状岸线约 100m，取、排水口之间直线距离约 710m。根据 8.3.3 节中的分析，本项目冷排水造成取水口最大温降约为-0.36℃，叠加一期排水后，冷排水造成的取水口最大温降约为-0.45℃，取水口基本不受冷排水温度影响，因此，取水口的位置选取合理。

排水口位于东西门堂岛、大洋山岛之间进港航道靠岸海域，距离岸线距离约 100m。受西北-东南方向往复流影响，冬季冷排水对排水口东西两侧水域均有一定的影响， $<-0.1^{\circ}\text{C}$ 的分布范围主要集中在排水口附近近岸 2km 范围内水域，本项目排水口附近水域水深条件较好，冷排水能迅速扩散，温降基本小于 1° 。夏季冷排水温降超过 1°C 的区域面积最大约 0.1990km^2 ，温降超过 4°C 的范围很小，基本集中在排水口附近，面积最大约 0.0003km^2 。叠加一期工程冷排水后，叠加情况下温降超过 1°C 的区域面积最大约 0.3084km^2 ，温降超过 4°C 的面积最大约 0.0296km^2 。影响面积小，排水口周边无其他敏感目标，对周边海洋环境、海洋生态和渔业资源的影响较小，对环境的影响程度在可以接受的范围。

另一方面，根据模型计算，本项目冷排水造成一期取水口最大温降约为 -0.6°C ，叠加一期排水后，冷排水造成的一期取水口最大温降约为 -0.9°C ，一期取水口位于基本不受冷排水温度影响，因此，排水口的位置选取合理。

综上所述，本项目取水口和排水口选址可确保冷排水对环境的影响较小，对本项目取水口和一期取水口影响较小，因此取水口和排水口的位置选取合理。

14.9 环境影响可接受性分析

本项目位于东海海域，登陆点和入海点分别位于石龙山、大乌龟山岛、小乌龟岛、奉贤柘林塘，海底管线工程建设主要占用海底，不影响该区域海洋主导功能的发挥，码头和接收站工程位于洋山深水港能源港区，符合《宁波-舟山港总体规划》，符合海洋功能区划和国家产业政策。

本项目距离最近的海洋保护区相对较远，项目施工及运营对保护区产生影响较小。

工程建设的环境影响体现在施工期海底管道埋设对海洋生态、渔业资源和水质等的影响，以及码头和接收站施工对近海水质生态和陆域生态的影响。除施工过程中悬浮泥沙中会对周边海域生态环境产生短期影响外，施工船舶的废水、固废污染物等均统一运回港口处理或按照管理要求达标排放，对海洋环境影响程度和范围均较小，属于短期和可恢复性质。对保护区及所在海域的环境基本无影响。码头和接收站施工的废水、固废污染物等均统一回收处理，对周边环境的影响较小。

施工期施工作业会产生一定噪声，采取相应的环境缓解措施后，能满足施工噪声限值要求，且施工期的噪声影响是短暂的，会随着施工过程的结束而停止。

工程建设期存在船舶发生溢油等环境事故风险，但概率较小。同时对于施工船舶溢油等突发事件也有相应的应急预案和防范措施。

项目在正常运营条件下，接收站、码头和站场会产生生活污水、生产污水等，建设污水管网和生活污水处理系统，分别收集和预处理后，作为中水供厂区绿化使用，对周边环境的影响很小。接收站运行会产生燃烧烟气，经烟气处理装置，可满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中的二级排放标准的要求和《石油化学工业污染物排放标准》（GB31571-2015）中工艺加热炉排放限值要求。

在液化天然气接收和气化过程中，需要使用海水提供热能，LNG 接收站会向海洋中排放大量温度相对较低的海水。工程设计时在海水排水口处安装在线监测仪实时监控排水温度，一旦发现温降排放不满足排放要求，则从源头上对工艺参数进行调整，并最终实现海水冷排水达标排放。根据模型计算，本项目冬季冷排水造成的最大温降约 1.2°C ，温降大于 1°C 的面积最大约 0.011km^2 ，对周边海洋环境、海洋生态和渔业资源的影响较小。

运行期噪声主要来自设备运行噪声，在采取相应和环境缓解措施后，运行噪声对区域环境影响较轻微。

综上所述，在建设单位切实落实报告书提出的环境保护对策措施和建议，落实施工期和运行期污染防治对策措施的前提下，从海洋环境保护角度考虑，工程对环境的影响是可接受的。

15 环境管理与环境监测

15.1 环境管理

环境管理是环境保护的重要组成部分。通过严格的环境管理，可以有效地预防和控制生态破坏和环境污染，保护人们生产和生活健康有序地进行，保障社会经济可持续发展。目前，环境管理已逐渐形成一项制度，任何一个可能造成较大环境影响的建设项目或一个可能造成较大环境影响的单位，都应设置一个环境管理机构，建立一套有效的环境管理办法，负责实施该项目或该单位的环境管理和监督。

15.1.1 建设单位环境管理机构设置

为做好本项目环境保护工作，本项目设置环境管理机构，建立 HSE 管理体系，成立 HSE 管理委员会，负责监督和管理本项目施工期与营运期的环境保护措施的制定、落实等管理工作，负责环境工程的施工监理、监督、检查与验收，负责营运期的环境监测、事故防范和环境保护管理。

HSE 管理委员会的主要职责是：

- （1）贯彻执行国家和地方环境保护方面的方针、政策及法律、法规；
- （2）组织制定本企业的环境保护规章制度和标准，做好环境教育和宣传工

作，提高各级管理人员和操作人员的环境保护意识，加强员工和施工单位对环境污染防治的责任心，并监督检查执行；

（3）负责体系建立和实施过程中的监督、协调、人员培训和文件管理等工作；

（4）明确各部门在环境管理工作中应负的职责；

（5）制定出切实可行的环境污染防治办法和措施及改善环境质量的计划，并监督严格执行；

（6）负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查；

（7）负责有关环保文件、技术资料的收集建档；

（8）负责各种应急预案和环境管理及监测计划的制定和校审工作，并负责事故的应急处理和善后事宜；

（9）及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本项目建设有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议；

本项目环境管理岗位应按专人专岗进行设置。

15.1.2 施工期对船舶作业污染物管理

（1）根据《国际船舶防止海洋污染公约》附则 V 的要求，要求所有施工船舶建立《船舶垃圾管理计划》，对船舶垃圾进行了分类收集、储存和管理，《船舶垃圾管理计划》实施的总负责人是船长，具体负责人是大副。

（2）禁止船舶在码头港口及锚地排放油污水到海洋。定期对作业船舶进行维护和保养，防止污染事故的发生，施工产生的杂物进行陆域处理，严禁排海；

（3）严格根据《国际船舶防止海洋污染公约》附则 I 的要求，对排放进行严格控制。

（4）要求所有施工船舶船上根据公约要求建立《船舶油污应急计划》，并备有应急器材如：吸油毡，围油栏等。船长是《船舶油污应急计划》的总负责人，负责油污染事故的处理，并建立应急小组，定期由船长组织船员按该计划进行演习和操练，并总结和提高。

15.2 环境监测

环境监测在环境管理中占有重要作用。本项目力求通过环境监测，提供被监

测区的监测数据，了解和监视该区域环境现状，评价该区域环境质量，为环境管理部门进行有效环境管理提供依据。同时通过监测，还可以对被监测区域存在的一些潜在污染情况做出及时反应，预报预警污染事故发生的可能性，以便环境管理机构能及时采取相应措施，防患于未然。

制定环境监测计划的目的是，通过短期或长期的监测，了解项目可能产生的主要环境影响，并分析在环评阶段可能未被识别，而在施工、运行期间逐渐暴露出的潜在影响，以便及时修订环境保护行动计划，将不利影响减少到最低程度。

（1）环境监测机构

本项目不设置专门的环境监测机构，相关的环境监测工作可依托接收站区的分析化验室，不能监测的项目可委托当地有资质的环境监测单位承担监测任务。

（2）环境（污染物）监测

环境监测是环保工作的重要组成部分，它是监督检查“三废”排放、正确评价环境质量和污染治理设施性能必不可少的手段。

环境监测任务为：定期监测建设项目排放的污染物是否符合国家和地方所规定的排放标准；分析所排污染物的变化规律，为制定污染控制措施提供依据；负责污染事故的监测及报告。

（3）监测计划

环境监测计划应包括项目的建设期施工期、运行期及服务期满后所必需的环境监测有关内容。监测计划的内容要根据现行的环境保护法规、标准和项目对环境产生的主要环境影响和经济条件而定，一般包括下列几个方面：选择合适的监测对象和环境要素；确定监测范围；选择监测方法；经费预算及实施机构等。

15.2.1 施工期环境监测

本项目施工期环境监测主要包括大气环境监测、海域水质监测、噪声监测、海洋生态环境监测和环境风险监测等。其中对施工期输气管道监测站位的布设详见表 15.2-1、表 15.2-2 和图 15.2-1，施工期接收站监测站位布设详见表 15.2-3、图 15.2-2。

表15.2-1 施工期输气管道环境监测计划一览表

监测内容	监测位置和布点	监测项目	监测频率
海域水质	管道路由与周边敏感目标共布设 9 个点	海水温度、pH、DO、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工高峰期监测一次（春季或秋季）
沉积物	管道路由与周边敏感目标共布设 4 个点	重金属、石油类	施工高峰期监测一次（春季或秋季）
海洋生态环境	管道路由与周边敏感目标共布设 4 个点	叶绿素 a、海洋生物（浮游生物、底栖生物）的种类组成和生物量及生物质量等项目	施工高峰期监测一次（春季或秋季）
渔业资源	管道路由与周边敏感目标共布设 4 个点	渔业资源种类数、资源量等	
环境风险	事故点等敏感区	石油类	事故初期、中期、恢复期各监测 1 次，根据事故影响程度及范围，可按实际情况加密监测

表 15.2-2 施工期输气管道监测站点一览表

序号	经度	纬度	监测项目
1	121°47'18.89"	30°44'19.09"	水质
2	121°48'06.60"	30°39'57.55"	水质、沉积物、生态、渔业资源
3	121°48'52.61"	30°35'19.86"	水质
4	121°54'29.82"	30°43'17.85"	水质、沉积物、生态、渔业资源
5	121°55'2.44"	30°39'13.90"	水质、沉积物、生态、渔业资源
6	121°55'36.11"	30°35'53.62"	水质
7	122°02'15.83"	30°43'51.73"	水质
8	122°02'28.29"	30°39'30.01"	水质、沉积物、生态、渔业资源
9	122°03'08.86"	30°36'12.40"	水质

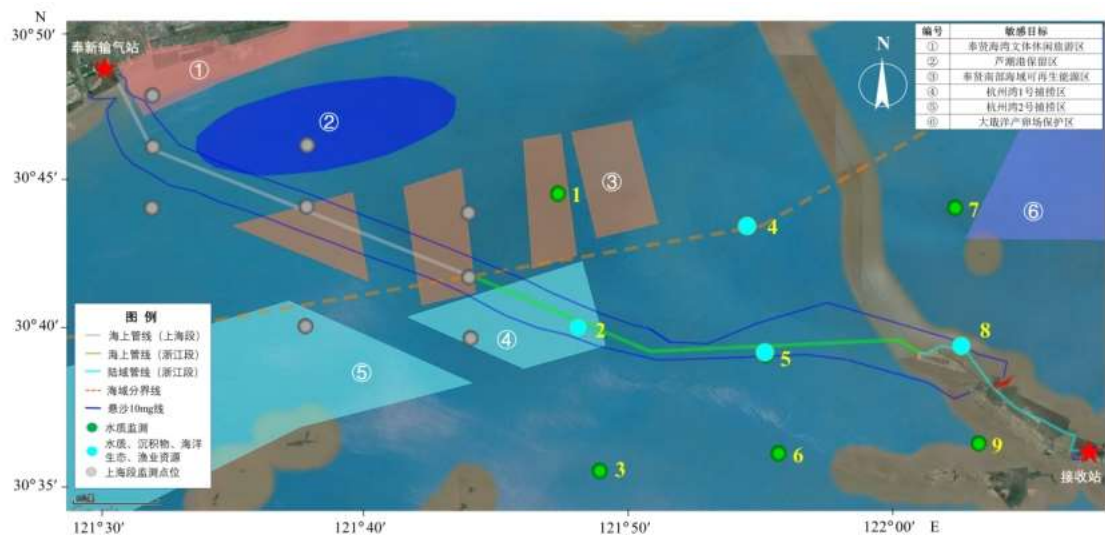


图 15.2-1 施工期输气管道监测站点位置示意图

表15.2-3 施工期接收站环境监测计划一览表

监测阶段	监测内容	监测位置和布点	监测项目	监测频率
一阶段	大气环境	上下风向厂界各布设 1 个监测点	TSP、PM ₁₀	施工高峰期监测一次
	噪声	接收站、定向钻施工场地四周各布设 1 个监测点	等效连续 A 声级	施工高峰期监测一次
	施工区生产废水	接收站、定向钻施工场地	pH、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工高峰期监测一次
	试压水排口	试压水排口处	pH、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工期监测一次
	海域水质	码头区域、取排水口处、港池口门处等水域共设 6 个监测点	海水温度、pH、DO、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工期开展春秋季节监测
	沉积物	预挖沟区域及周边影响区域共设 3 个监测点	重金属、石油类	与水质监测同步开展
	海洋生态环境	预挖沟区域及周边影响区域共设 3 个监测点	叶绿素 a、海洋生物（浮游生物、底栖生物和潮间带生物）的种类组成和生物量等项目	
	渔业资源	预挖沟区域及周边影响区域共设 3 个监测点	渔业资源种类数、资源量等	
二阶段	大气环境	上下风向厂界各布设 1 个监测点	TSP、PM ₁₀	施工高峰期监测一次
	噪声	接收站施工场地四周各布设 1 个监测点	等效连续 A 声级	施工高峰期监测一次
	施工区生产废水	接收站施工场地	pH、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工高峰期监测一次
	试压水排口	试压水排口处	pH、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工期监测一次
三阶段	大气环境	上下风向厂界各布设 1 个监测点	TSP、PM ₁₀	施工高峰期监测一次
	噪声	接收站施工场地四周各布设 1 个监测点	等效连续 A 声级	施工高峰期监测一次
	施工区生产废水	接收站施工场地	pH、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工高峰期监测一次
	试压水排口	试压水排口处	pH、COD、石油类、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐、SS	施工期监测一次

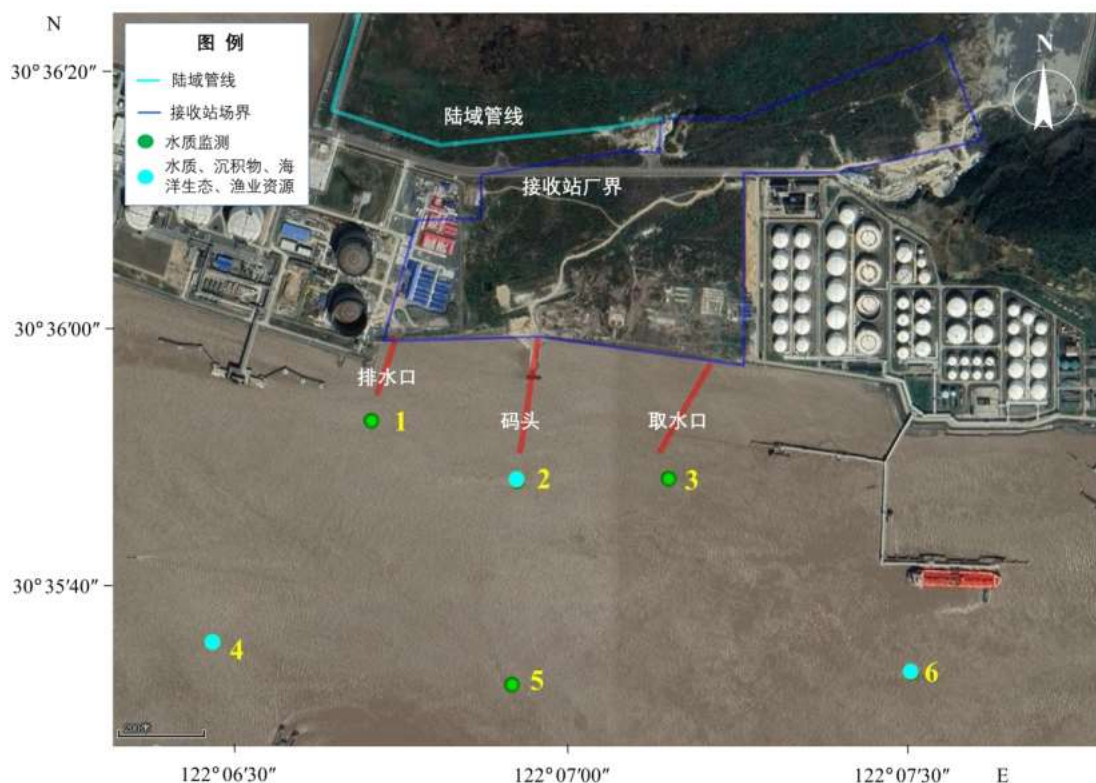


图 15.2-2 施工期接收站监测点位示意图

15.2.2 运行期环境监测

本项目运行期环境监测主要包括水下地形冲淤变化监测、环境质量监测、污染源监测等多个方面。监测位置、监测项目和监测频次详见表 15.2-4、表 15.2-5。监测点位详见图 15.2-3。

表15.2-4 运行期环境监测计划一览表

运行阶段	内容		监测位置及布点	监测项目	监测频次
一阶段、二阶段	地形地貌监测	冲淤变化	在工程实施后主要冲刷区域（码头前沿）布设 1 个监测点	水下地形冲淤变化情况	竣工后监测一次，运行 5 年后监测一次
	环境质量监测	大气环境	接收站厂界上下风向各布设 1 个监测点	PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、NO _x 、甲烷、非甲烷总烃、总烃	各阶段竣工后监测一次
		噪声	接收站、码头共布设 4 个监测点	等效连续 A 声级	各阶段竣工后监测一次
		海域水质	冷海水排放口及周边水域共布设 19 个监测点	水温（同步监测）、pH、COD、BOD ₅ 、石油类	各阶段竣工后监测一次
		沉积物	冷海水排放口及周边水域共布设 8 个监测点	pH、重金属、石油类	
		海洋生态	冷海水排放口及周边水域共布设 8 个监测点	叶绿素 a、海洋生物（浮游生物、底栖生物）的种类组成和生	

三阶段	地形地貌监测			物量及生物质量 (EGD) 等项目	各阶段竣工后监测一次
		渔业资源	冷海水排放口及周边水域共布设 8 个监测点	渔业资源种类、栖息密度、生物量、多样性	
		污水水质	污水处理设施排放口附近设 1 个监测点	ss、pH、高锰酸盐指数、氨氮、石油类	
	环境质量监测	冲淤变化	在工程实施后主要冲刷区域（码头前沿）布设 1 个监测点	水下地形冲淤变化情况	竣工后监测一次，运行 5 年后监测一次
		大气环境	接收站厂界上下风向各布设 1 个监测点	PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、NO _x 、甲烷、非甲烷总烃、总烃	竣工后监测一次，运行 2 年后监测一次
		噪声	接收站、码头共布设 4 个监测点	等效连续 A 声级	竣工后监测一次，运行 2 年后监测一次
		海域水质	冷海水排放口及周边水域共布设 19 个监测点	水温、pH、COD、BOD ₅ 、石油类	竣工后第一年春秋季各监测一次，运行 2 年后春秋季各监测一次
		沉积物	冷海水排放口及周边水域共布设 8 个监测点	pH、重金属、石油类	
		海洋生态	冷海水排放口及周边水域共布设 8 个监测点	叶绿素 a、海洋生物（浮游生物、底栖生物）的种类组成和生物量及生物质量 (EGD) 等项目	
		渔业资源	冷海水排放口及周边水域共布设 8 个监测点	渔业资源种类、栖息密度、生物量、多样性	
		污水水质	污水处理设施排放口附近设 1 个监测点	ss、pH、高锰酸盐指数、氨氮、石油类	竣工后监测一次，运行 2 年后监测一次

表 15.2-5 运行期接收站监测站点一览表

序号	经度	纬度	监测项目	备注
1	122°06'58.44"	30°36'12.77"	噪声	厂界
2	122°06'43.84"	30°36'03.39"	噪声	厂界
3	122°07'16.05"	30°36'03.72"	噪声	厂界
4	122°06'56.20"	30°35'57.54"	噪声	厂界
5	122°07'12.57"	30°36'12.90"	污水水质	污水排放口
6	122°05'40.00"	30°36'00.00"	水质	
7	122°05'45.08"	30°35'45.64"	水质、沉积物、生态、渔业资源	
8	122°05'40.00"	30°35'40.00"	水质	
9	122°06'15.00"	30°35'50.00"	水质	
10	122°06'15.00"	30°35'40.00"	水质、沉积物、生态、渔业资源	
11	122°06'15.00"	30°35'30.00"	水质	
12	122°06'42.00"	30°35'54.30"	水质	排水口
13	122°06'42.00"	30°35'50.00"	水质、沉积物、生态、渔业资源	
14	122°06'42.00"	30°35'40.00"	水质、沉积物、生态、渔业资源	
15	122°06'42.00"	30°35'30.00"	水质	

序号	经度	纬度	监测项目	备注
16	122°06'55.19"	30°35'50.00"	水质、冲淤变化	码头前沿
17	122°07'08.00"	30°35'50.00"	水质	取水口
18	122°07'08.00"	30°35'40.00"	水质、沉积物、生态、渔业资源	
19	122°07'08.00"	30°35'30.00"	水质	
20	122°08'20.00"	30°35'50.00"	水质	
21	122°08'20.00"	30°35'40.00"	水质、沉积物、生态、渔业资源	
22	122°08'20.00"	30°35'30.00"	水质	
23	122°7'30.50"	30°35'32.28"	水质、沉积物、生态、渔业资源	
24	122°06'30.00"	30°36'30.00"	水质、沉积物、生态、渔业资源	



图 15.2-3 运行期接收站监测点位示意图

15.3 环保验收清单

根据项目工程分析，本项目污染物排放清单见表 15.3-1。

建设单位是竣工环境保护验收工作的责任主体，对验收内容、结论和公开信息的真实性、准确性和完整性负责。根据本项目建设实施各个阶段的环境影响及污染物排放特征，本项目竣工后，环保验收的主要内容列于表 15.3-2，供有关部门竣工验收时参考。

表 15.3-1 项目污染物排放清单

时段	污染因素	项目	产生量	主要污染因子	治理措施
施工期	悬浮沙	高压水枪	5.0kg/s	SS	无
		抓斗挖泥船	1.4 kg/s		
	废气	船舶发动机尾气	-	NO ₂ 、SO ₂	无
		陆域施工废气	-	TSP、NO ₂ 、SO ₂	无
	废水	船舶生活污水	1020 m ³	SS、COD _{cr} 、BOD ₅ 、氨氮、动植物油	交由有能力单位处置生活污水排入船载收集装置，交由有能力单位处置
		泥浆	15098t	悬浮物	收集干化集中处理，交由有资质单位处置
		机舱含油污水	400m ³	石油类	配备油水处理装置，船舶含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制
		接收站生活污水	25584m ³ /10627.2 m ³ /7084.8 m ³	SS、COD _{cr} 、BOD ₅ 、氨氮、动植物油	生活污水处理设施，回用
		陆域管道生活污水	590.4 m ³	SS、COD _{cr} 、BOD ₅ 、氨氮、动植物油	生活污水处理设施，回用
		接收站生产废水	1560m ³ /2160 m ³ /2160 m ³	SS、石油类	处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准后回用
		陆域管道生产废水	30m ³	SS、石油类	
	固体废物	船舶生活垃圾	15300kg	食品废弃物	收集运回港口处理
		其他垃圾	少量	/	收集
		接收站生活垃圾	78t/32.4t/21.6t	生活垃圾	交由环卫部门处置
		陆域管道生	5.4t	生活垃圾	交由环卫部门处置

		活垃圾			
		管沟开挖	约 39 万方	土方	交由有资质单位处置
		定向钻干泥	1208m ³	/	交由有资质单位处置
	施工噪声	海域施工船舶	162~164dB	水下噪声	选择低噪声的桩基施工工艺，采取隔声降噪措施
		陆域施工机械	75~84dB(A)	陆域噪声	
	运行期	生活污水	30 m ³ /d	COD、氨氮、BOD ₅ 、TN、TP 及 SS 等	处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准后，回用
		设备维修、地面冲洗水	5m ³ /d	石油类和悬浮物	/
		SCV 排水	10m ³ /h(max)	工艺废水	仅在 SCV 气化器连续使用时排放，直接排海
		初期污染雨水	~4.5m ³ /次	石油类	集中收集隔油沉淀后进入生活污水处理系统综合处理后回用
		海水冷排水	67200m ³ /h（max）	IFV 冷排水	直接排海
	废气	火炬常明灯	NO _x 0.162t/a、 SO ₂ 0.0126t/a、TSP 0.0236t/a	NO _x 、SO ₂ 、TSP	高空排放
		食堂油烟	较小	食堂油烟	经油烟净化器处理后排放
		接收站站场无组织废气	0.173kg/h	甲烷	正常工况
		管道事故放空	1.95×10 ⁶ m ³ /h	甲烷	非正常工况高空排放
		接收站事故放空	1.56×10 ⁶ m ³ /h	甲烷	非正常工况高空排放
		清管作业	120m ³ /h	NMHC	高空排放
		火炬放空（检修）	32000 m ³ /h	甲烷	高空排放
		SCV 燃烧烟气	94680m ³ /h (2 台，max)	NO _x 、SO ₂ 、TSP	采用低氮燃烧器实施源头控氮措施后高空排放
		柴油发电机、柴油消防水	54000Nm ³ /h	NO _x 、SO ₂ 、CH 化合物及 TSP 等	接收站内突发停电事故时短时投用

	固体废物	泵			
		生活垃圾	58.4 t/a	生活垃圾	委托城市环卫部门集中处置
		生化污泥	45 t/a	污泥	委托城市环卫部门集中处置
		过滤物	50 t/a	海水过滤	委托城市环卫部门集中处置
		危险废物	~5.7 t/a	油污水处理系统分离的污油、压缩机废液压油、分析化验实验室废液、废油漆包装桶等	委托有危废处理资质的单位处理
	噪声	罐内 LNG 低压泵	~80 dB (A)	连续	罐体隔声、消声
		LNG 储罐装车泵	~80 dB (A)	间歇	隔音处理
		BOG 压缩机	~90 dB (A)	连续	
		LNG 储罐装车泵	~80 dB (A)	间歇	隔音处理
		BOG 压缩机	~90 dB (A)	连续	减振
		高压 LNG 输送泵	~85 dB (A)	连续	减振
		工艺海水泵	~85 dB (A)	连续	基础减振，室内安装
		空气压缩机	~90 dB (A)	连续	基础减振、室内安装、安装消音器
		IFV 气化器	85~90 dB (A)	连续	基础减振
		SCV 气化器配套鼓风机	~85 dB (A)	间歇	基础减振
		其他机泵	~80 dB (A)	连续	基础减振
		火炬	~105 dB (A)	间歇	基础减振
		储罐安全阀	~100 dB (A)	间歇	基础减振
		气化器安全阀	~100 dB (A)	间歇	基础减振
		柴油发电机组	~90 dB (A)	检修	室内安装、基础减振
		海水消防泵	~80 dB (A)	事故	室内安装、基础减振

表 15.3-2 “三同时”环保竣工验收清单

实施时段	环境影响要素	排放标准或要求	竣工验收内容和要求
施工期	水质	在施工场地三级化粪池，对生活污水收集、储存和初步处理，生活污水委托能力单位处置。含油污水收集经隔油、除渣等处理后作为降尘用水；突发事件时，采用吸油材料将废油收集转化到固态物质中，运至有资质的处理场处理。船舶上产生的生活污水储存在污水收集仓内，靠岸后分别收集处理。	验收接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整
	大气	施工场地及时清扫、洒水抑尘；封闭施工场地；运输车辆采取遮盖、密闭措施；当风速过大时停止施工作业；加强施工设备的维护和保养；加强喷涂作业期间的管理；施工结束时，应及时对施工场地进行植被恢复；	检查施工期大气环境监测是否达标
	噪声	选取低噪声的设备；加强设备维护保养工作；打桩等高噪声施工集中在白天；	检查施工期声环境监测是否达标
	固体废物	施工期开挖土方委托有资质单位处置；生活垃圾分类收集集中处理；施工船舶应配备的垃圾收集装置，收集并运回运至港口委托处理；施工危废收集后委托有资质的危废处置企业接收处理	验收接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整；
	海洋生态	加强管理，合理安排施工期，落实对渔业资源损失赔偿和渔民生产补偿	检查是否落实措施
	环境管理和环境监理	建设单位于施工单位是否设置环境管理职能机构，并配备有专职人员；是否落实施工环境监理要求，建设单位与施工环境监理单位签订的相关合同文件；施工期环境监理的相关记录文件等。	
	环境监测	跟踪监测的落实情况	
运行期	施工安全保护	保证施工船舶的安全航行	检查是否设置相应警示船或警示标志
	水质	生活污水收集至生活污水处理系统，处理达标后回用。站内污染区域雨水送入生产污水调节池处理，其他区域清净雨水分区域收集后直接排海。废油委托有资质单位外运处置。建设单位应按规划环评要求指标分期实施冷能利用工程，增加规模。	检查是否落实措施
	固废	生活垃圾统一收集后委托环卫部门进行接收、处置；站内配套建设危废暂存间，统一管理，记录危险废物入库、出库活动；	验收接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整； 危废暂存间建设合规；
	大气	食堂油烟通过高效油烟净化器进行净化处理； 事故工况火炬燃烧烟气满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中的二级排放标准的要求； LADR 泄漏监测管理体系	检查是否落实措施

	噪声	对产生较大噪声和振动的设备，采取消声、吸声、隔声及减振、防振措施；合理布置噪声敏感区中的建筑物功能和合理调整建筑物平面布局，并在厂区、厂前区及厂界围墙内外广泛设置绿化带	检查是否落实措施
	海洋生态	工程设计时在海水排水口处安装在线监测仪实时监控排水温度，一旦发现温降排放不满足排放要求，则从源头上对工艺参数进行调整，并最终实现海水冷排水达标排放	检查是否落实措施
	环境监测计划执行情况	实施制定的环境监测计划	环境监测计划执行情况

16 环境影响评价结论

16.1 工程分析结论

上海 LNG 站线扩建项目是由申能洋山液化天然气有限公司投资建设的 LNG 项目。项目由码头工程、接收站工程、输气管道工程和取排水工程四部分组成：扩建项目接收站工程建设规模 600 万吨/年，拟建 4 座 $22\times 10^4\text{m}^3$ 和 6 座 $25\times 10^4\text{m}^3$ 及以上 LNG 储罐、工艺装置及配套公用设施等，最大气化外输能力 $210\times 10^4\text{m}^3/\text{h}$ ，用地面积约 52.49hm^2 ；扩建项目码头工程，拟建 15 万吨 LNG 专用码头 1 座，码头长度 415 米，主力船型 15~18 万立方米 LNG 船，兼顾 0.5~26.6 万立方米 LNG 船靠泊，新增用海总面积约 73.8 公顷；输气管道工程，拟建清管发送区（建于接收站内）、洋山港陆上管道和海底管道等，输气管道总长约 43.3km。其中，陆上管道长约 10.7km，海底管道长约 32.6km，管径 1016mm，设计压力 9.2MPa，设计流量 $210\times 10^4\text{m}^3/\text{h}$ 。取水口位于 LNG 接收站东南侧，采用 4 个喇叭管取水头部结合自流取水管直接取水，每个喇叭管直径 DN3000，取水头部海底泥面标高约 -5m，取水管长度约为 290m。排水口位于接收站西南侧，设置排水管 2 根，长 105m，管径 DN3000。排水管海域底高程为 -3.06m，顶高程为 -0.06m。

输气管道施工期污染影响主要来自挖掘船在预开挖段进行开挖作业时产生的悬浮物扩散和铺管船在铺管作业时喷射式挖沟产生的悬浮物扩散。交越段抓斗式挖泥船施工悬浮物泥沙源强为 1.4kg/s ，其余管段铺设的悬浮物源强为 5kg/s 。陆上段采用开挖+定向钻施工方式，施工作业带清理会对地表植被造成破坏，管沟开挖和回填会产生一定量的弃渣，若处置不当将造成水土流失，石龙山定向钻泥浆产生量约 5712m^3 ；颗珠山水道定向钻泥浆产生量约 9386m^3 。海管登陆方式均采用斜立管穿越。施工过程中主要污染物为施工机械产生的噪声、少量固体废弃物。船舶机舱含油污水产生总量约为 400m^3 ，船舶施工生活污水产生总量约为 1020m^3 ，生活垃圾产生总量约为 15300kg ，海域施工废气主要来自于作业船只及机械排放的柴油机尾气，主要污染物为 CO、HC、 NO_2 、 SO_2 等，海上施工期约 60 天，施工船舶大气污染物排放浓度较低，排放量总体不大，施工船舶噪声值为 164dB 和 162dB。陆上管道施工生活污水产生总量约为 590.4m^3 ，生活垃圾产生总量约为 6000kg ，施工干泥约 1208m^3 ，交由有资质的单位及时处理。陆域施工废

气主要来自施工机械、车辆运转产生的燃油废气和地面开挖等产生的扬尘。类比类似项目，陆上施工噪声源强在70~90dB(A)。

接收站施工会产生施工生产废水及生活污水、废气，噪声、固体废弃物等。施工及试车期间主要废水排放为施工人员生活污水及试车期间设备及管道清洗试压废水。施工期影响大气环境主要有：施工过程开挖、堆放和运输土方、使用建筑材料所产生的扬尘；施工机械和运输重型车辆的扬尘和排放的车辆尾气；喷漆过程产生 VOCs 及焊接烟尘。施工噪声污染由于施工活动特性，施工机械型号、数量及操作时间及噪声排放强度会随施工期中变动，一般约 70~90dB(A)。固体废物主要包括废混凝土、废钢材、废绝缘材料、废塑料等施工垃圾，以及施工人员生活垃圾。

海底输气管道埋设采用后冲埋方式施工，会对底栖生物生境产生破坏。本项目海底管道长 32.6km，其中正常埋设段 30.3km，冲埋宽度为 1.2m，则海管埋设破坏底栖生境面积为 3.636hm²，海缆预开沟施工造成底栖生境破坏面积约为 8.2hm²，海缆交越水泥压块永久占用潮下带底栖动物面积为 100×5×3=1500m²。陆域埋设段施工造成地表植被影响面积约为 4.68 hm²。海底输气管道埋设施工产生悬浮物会对浮游动植物和鱼类产生影响。码头施工过程中桩基础的施工会对底栖生物生境造成压占和破坏，造成一定数量的底栖生物生物量损失。

运营期间接收站产生的废水主要包括：海水冷排水、含油生产污水、生活污水及 SCV 排水（间歇）。IFV 气化器冷排水约 67200m³/h，作为同期建设的电厂循环水系统给水，回收部分冷能后，排海。设备维修、地面冲洗水等含油生产污水 2~3m³/d，工作人员生活污水约 30m³/d。正常工况下，除火炬长明灯少量烟气、食堂烟气外，几乎没有烃类物质释放到大气环境中。火炬系统长明灯及食堂炉灶燃用天然气，排放的烟气中主要污染物是 NO_x，火炬长明灯延期排放量约 140Nm³/h，食堂烟气约 48.6 Nm³/h。生活垃圾产生量约为 160kg/d，全年运行时间 365 天，生活垃圾量 58.4t/a。生活污水处理系统运营过程产生污泥委托城市环卫部门采用吸粪车抽吸外运，生化污泥年产生量约为 45m³（含水率~98%）。类比同等规模的 LNG 接收站，油污水处理系统分离的污油、齿轮油、废柴油、分析化验实验室废液、废油漆包装桶等危险废物产生量约 5.7t/a。接收站噪声主要来自站内各种机泵、BOG 压缩机、空压机及安全阀放空（偶发）等，噪声源强在 80~100dB(A)。

16.2 环境现状调查结论

16.2.1 大气环境

2022 年 10 月 29 日~11 月 5 日在接受站个布设一个大气监测站位,开展非甲烷总烃、总烃和甲烷的监测。结果表明,接收站(DQ1)处非甲烷总烃浓度范围为 $0.38\text{ mg/m}^3\sim 0.70\text{ mg/m}^3$, 平均浓度为 0.50 mg/m^3 , 总烃浓度范围为 $1.56\text{ mg/m}^3\sim 2.30\text{ mg/m}^3$, 平均浓度为 2.06 mg/m^3 , 甲烷浓度范围为 $1.32\text{ mg/m}^3\sim 1.54\text{ mg/m}^3$, 平均浓度为 1.41 mg/m^3 。非甲烷总烃低于《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)中规定的周界外浓度最高点(非甲烷总烃 2 mg/m^3)。

16.2.2 声环境

2022 年 10 月 29 日在接收站厂界及洋山港服务中心设 7 个测点。结果表明接收站厂界昼间噪声等效连续 A 声级主要分布在 56 dB ~62 dB 之间, 最大等效连续声级约为 62 dB, 均低于 3 类声环境功能区昼间环境噪声限值(65 dB), 达标率 100%; 夜间噪声等效连续 A 声级主要分布在 47 dB ~51 dB 之间, 最大等效连续声级约为 51 dB, 均低于 3 类声环境功能区夜间环境噪声限值(55 dB), 达标率 100%。

16.2.3 海洋水文动力和地形地貌冲淤环境

自然资源部第一海洋研究所分别于 2020 年 4 月、10(11)月在项目附近海域进行了春、秋 2 季大、小潮海流多船定点同步连续观测。

春季实测潮流平均流速在 $47\sim 131\text{cm/s}$ 之间, 秋季实测潮流平均流速在 $41\sim 111\text{cm/s}$ 之间。根据春秋两季实测结果可知, 大、小潮期涨落潮流流速无明显差异, 各季观测结果主要表现为落潮流强度略强。总体而言, 工程区海域观测期间流速规律一致, 差异较小, 春季流速略大, 秋季流速略小。各站流向变化整体较小, 流向的季节变化基本在 20° 以内。海域是正规半日潮流, 讨论潮流的旋转方向时, 可以 M2 分潮流的 K 值变化来讨论各站各层的潮流旋转方向, 除南侧的几个站位的个别层出现逆时针旋转, 其余各站各层潮流旋转方向多为顺时针旋转。工程海域的余流与实测流速相比, 各站余流量值不大。春季测量余流流向规律不明显, 未体现“北进”的特点, 北侧站位余流流向偏南向, 南侧的 V7、V8 和 V9 站余流流向无明显规律。秋季观测的余流从方向来看, 大潮多为东南

至西南向，小潮多为东南至东北向。

路由海域地形总体为两端登陆段水深较浅，路由中部海域（KP1~KP51）水深平缓，一般 10~16m。根据浅地层剖面资料，大部分路由海域地层穿透较好，厚度一般 5m~10m，局部最大穿透可达 15m。路由海域的浅地层可以分成上下两层（第 I 层和第 II 层），本段管道大部分都埋设在第 I 层内。

扣除疏浚影响，洋山主通道和南北两侧海域 2013~2016 年及 2016~2019 年冲淤变化幅度小于 2009~2013 年，更多的水域呈现微冲、微淤变化。

16.2.4 海水水质及沉积物环境

（1）2021 年调查

根据 2021 年 4 月和 11 月海水水质调查结果，春季调查区域所有站位海水中溶解氧、pH、油类、铜、镉、铬和砷均符合相应环境功能区水质标准。春季调查海域主要超标指标为无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量，个别站位硫化物、铅、总汞和锌超标。无机氮表层有 32 个样品超标，超标率为 91.43%、中层有 2 个样品超标，超标率为 100%、底层有 12 个样品超标，超标率为 92.3%。活性磷酸盐表层有 27 个样品超标，超标率为 77.14%、底层有 8 个样品超标，超标率为 61.54%。化学需氧量表表层有 4 个样品超标，超标率为 11.43%、底层有 1 个站位超标，超标率为 3.13%。秋季调查区域所有站位海水中溶解氧、pH、油类、硫化物、锌、镉、铬、总汞和砷均符合相应环境功能区水质标准。秋季调查海域主要超标指标为无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量、铜和铅。无机氮表层所有站位 35 个样品全部超标，超标率为 100%、中层 2 个站位样品全部超标，超标率为 100%、底层有 23 个样品超标，超标率为 100%。活性磷酸盐表层有 24 个样品超标，超标率为 68.57%、中层 2 个站位样品全部超标，超标率为 100%、底层有 15 个样品超标，超标率为 65.22%。化学需氧量表表层有 4 个样品超标，超标率为 11.43%、底层有 5 个样品超标，超标率为 21.74%。铅表层有 6 个样品超标，超标率为 17.14%、底层有 2 个样品超标，超标率为 8.7%；铜表层有 5 个样品超标率为 14.29%、底层有 1 个样品超标，超标率为 4.35%。

调查海域各站位沉积物中铅、镉、锌、汞、砷、石油类、硫化物和有机碳含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，满足所在功能区要求；铬、铜部分站位超过第一类海洋沉积物质量标准，符合第二类海洋沉积物质量标准。

（2）2020 年调查

根据 2020 年 4 月和 10 月海水水质调查结果，春季调查区域执行第一类海水水质标准的 33 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 93.8%；执行第二类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 71.4%；执行第三类海水水质标准的 9 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 23.5%；执行第四类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐未超标。其他站位各指标均满足相应标准。秋季执行第一类海水水质标准的 33 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 100%，重金属锌超标率为 15.2%；执行第二类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 66.7%；执行第三类海水水质标准的 9 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐超标率 64.3%；执行第四类海水水质标准的 3 个站位中无机氮超标率为 100%，活性磷酸盐未超标。其他站位各指标均满足相应标准。

调查海域各站位沉积物中铅、镉、锌、汞、砷、石油类、硫化物和有机碳含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，满足所在功能区要求；铬、铜部分站位超过第一类海洋沉积物质量标准，符合第二类海洋沉积物质量标准。

16.2.5 海洋生态环境

（1）2021 年调查

2021 年 5 月航次共鉴定出浮游植物 3 门 22 属 39 种，丰度均值为 16.8×10^3 ind./m³，优势种 3 种分别为中肋骨条藻、星脐圆筛藻和琼氏圆筛藻；共鉴定出浮游动物 15 大类 37 种，总生物量均值为 40.44 mg/m³，分别为真刺唇角水蚤、虫肢歪水蚤、太平洋纺锤水蚤和中华哲水蚤；共鉴定大型底栖生物 18 种，生物量均值为 0.108 g/m²，优势种为日本长手沙蚕和寡节甘吻沙蚕；共鉴定出大型底栖生物 5 大类 51 种，总栖息密度均值为 248.79 ind./m²，优势种为中间拟滨螺；共采集到 6 种（类）鱼卵，隶属于 4 科；采集到 9 种仔稚鱼，隶属于 6 科，定量样品中仅采集到 21 枚鱼卵，共 5 种；采集到 48 尾仔稚鱼，共 7 种。共出现游泳动物 39 种，隶属 2 门 8 目 18 科 29 属，小时渔获尾数均值为 708 尾/网·h，现存资源密度尾数均值为 3.4377 万尾/km²。其中，鱼类资源密度尾数均值为 0.6768 万尾/km²，虾类资源密度尾数均值为 2.3121 万尾/km²，蟹类资源密度尾数均值为

0.4428 万尾/km²，口足类资源密度尾数均值为 0.0060 万尾/km²。生物质量除个别样品中砷超标，超标率 2.44%外，其余指标均未超标。

2021 年 11 月共鉴定出浮游植物 4 门 19 属 36 种，丰度介于均值为 145.69×10^3 ind./m³，优势种为中肋骨条藻和虹彩圆筛藻；共鉴定出浮游动物 10 大类 31 种，总生物量均值为 79.51 mg/m³，5 种优势种分别为真刺唇角水蚤、虫肢歪水蚤、中华胸刺水蚤、火腿许水蚤和短额刺糠虾；共鉴定大型底栖生物 17 种，生物量均值为 0.14 g/m²，优势种共 4 种为齿吻沙蚕属、寡节甘吻沙蚕、长手沙蚕科和纽形动物；共鉴定出潮间带生物 6 个类群 37 种，总栖息密度均值为 153.06 ind./m²，优势种为齿吻沙蚕属和白脊管藤壶；定量和定性样品中均未采集到鱼卵，定量样品中采集到 1 种仔稚鱼，为有明银鱼；定性样品中未采集到仔稚鱼。共出现游泳动物 36 种，隶属 2 门 10 目 21 科 32 属，小时渔获尾数均值为 1099 尾/网·h，现存资源密度尾数均值为 4.4808 万尾/km²。其中，鱼类资源密度尾数均值为 1.8671 万尾/km²，虾类资源密度尾数均值为 1.2887 万尾/km²，蟹类资源密度尾数均值为 1.1516 万尾/km²，口足类资源密度尾数均值为 0.1735 万尾/km²。本航次样品石油烃、铬、铜、锌、砷、镉、汞和铅残留量全部符合《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》中的参考值。

（2）2020 年调查

2020 年 4 月春季航次调查海域叶绿素 a 平均值为 3.51μg/L，初级生产力平均值为 38.63mgC/m²·d。共鉴定出浮游植物 4 大类 54 种，丰度均值为 10.84×10^5 cells/m³；优势种有 5 种，分别为中肋骨条藻、虹彩圆筛藻、星脐圆筛藻、中华齿状藻和琼氏圆筛藻；春季调查海域浮游植物群落多样性指数总体中等，丰富度指数和均匀度指数较低，单纯度指数中等，说明浮游植物群落结构一般。春季调查共鉴定出浮游动物 13 大类 63 种，总生物量均值为 73.21 mg/m³，调查海域浮游动物优势种（Y>0.02）共有 6 种，分别为虫肢歪水蚤、中华哲水蚤、真刺唇角水蚤、瘦拟哲水蚤、针刺拟哲水蚤和百陶箭虫。浮游动物群落多样性指数总体较高，丰富度指数和均匀度指数较高，单纯度指数较低，说明浮游植物群落结构良好。春季调查共鉴定大型底栖生物 5 大类 20 种，栖息密度均值为 34 ind./m²，生物量均值为 0.108 g/m²，优势种为圆锯齿吻沙蚕和不倒翁虫；多样性指数总体偏低，丰富度指数和均匀度指数低，单纯度指数高，说明大型底栖生物群落受到扰动。春季调查共采集鉴定潮间带生物 33 种，栖息密度均值为 152.89ind./m²，生

物量平均值为 42.92g/m^2 。优势种为短滨螺、粗糙滨螺、齿纹蜒螺和双齿围沙蚕；潮间带生物多样性指数中等偏上，生物质量中石油烃、铬、铜、锌、砷、镉、汞和铅残留量全部符合《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》中的参考值。

2020 年 10 月秋季航次调查海域叶绿素 a 平均值为 $3.53\mu\text{g/L}$ ，初级生产力平均值为 $24.63\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。共鉴定出浮游植物 3 门 51 种，丰度均值为 $5.08\times 10^5\text{cells/m}^3$ ；优势种有 5 种，分别为中肋骨条藻、虹彩圆筛藻、星脐圆筛藻、琼氏圆筛藻和八辐辐环藻；春季调查海域浮游植物群落多样性指数中等偏上，丰富度指数和均匀度指数较高，单纯度指数较低，说明浮游植物群落结构较健康。秋季调查共鉴定出浮游动物 14 大类 61 种，平均丰度为 108.19 ind./m^3 ，总生物量均值为 120.78 mg/m^3 ；优势种（ $Y>0.02$ ）共有 6 种，分别为真刺唇角水蚤、太平洋纺锤水蚤、针刺拟哲水蚤、背针胸刺水蚤、虫肢歪水蚤和中华哲水蚤。浮游动物群落多样性指数总体较高，丰富度指数和均匀度指数较高，单纯度指数较低，说明浮游动物群落结构健康。秋季调查共鉴定大型底栖生物 8 大类 41 种，栖息密度均值为 90 ind./m^2 ，生物量均值为 2.37 g/m^2 ，优势种为双鳃内卷齿蚕、异足索沙蚕、长吻吻沙蚕和不倒翁虫；多样性指数总体偏低，丰富度指数和均匀度指数低，单纯度指数高，说明大型底栖生物群落受到扰动。秋季调查共采集鉴定潮间带生物 7 大类 58 种，栖息密度均值为 165.52 ind./m^2 ，生物量平均值为 28.83g/m^2 。优势种为短滨螺、粗糙滨螺、双齿围沙蚕、齿纹蜒螺和焦河蓝蛤；潮间带生物多样性指数较高。生物质量除个别样品中石油烃超标，超标率 6.90%外，其余指标均未超标。

16.2.6 土壤环境

2022 年 10 月 30 日在接收站、路上管线处开展一期土壤环境监测，接收站设置 3 个柱状样点、1 个表层样点；小洋山陆上管线工程设置 2 个表层样点。监测结果表明，工程区域土壤环境质量现状总体较好，重金属指标数据、挥发性有机物数据和半挥发性有机无数据均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）（GB 36600-2018）筛选值（第二类用地），对人体健康的风险可以忽略。

16.2.7 地下水环境

2022 年 10 月 30 日在接收站开展一期地下水环境监测。监测结果表名测点的 pH、耗氧量、六价铬、铁、汞、砷、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮均能符合Ⅲ类标准，主要超标因子为锰、氯化物、氟化物、硫酸盐、挥发酚、溶解性固体总量、总大肠菌群和细菌总数。超标原因可能受项目所在区域历史填海物料影响。

16.3 环境影响评价与结论

16.3.1 大气环境影响分析结论

施工大气污染源主要为地施工和运输车辆行驶产生的扬尘；焊接烟尘；喷漆尾气；施工机械和运输车辆排放的尾气，尾气中的主要污染物为 NO_x 、CO、 SO_2 等。这些污染物将对环境空气造成一定程度的污染，但这种污染是短期的，工程结束后将消失。运输扬尘一般在尘源道路两侧30m的范围，施工现场面源污染源强约为539g/s，采取环保措施时，施工现场面源污染源强约为140g/s，且只会影响作业场地附近局部环境，影响范围都较小；项目焊丝及焊剂所用少，焊烟产生量较小，且持续时间短；项目漆料用量小，持续时间短，施工期间焊接和喷漆对周围环境影响较小。项目与最近大气环境敏感保护目标较远，因此，施工机械、运输车辆尾气对周围敏感保护目标影响较小。

根据工程分析，正常工况下接收站废气污染源为火炬长明灯燃烧废气和站场无组织排放的非甲烷总烃。火炬长明灯燃烧废气主要污染物为 NO_x 、 SO_2 ，排放速率分别为 0.018 kg/h 和 0.00144kg/h，无组织排放的非甲烷总烃速率为 0.173 kg/h，预测结果表明，正常运营时，接收站火炬燃烧排放产生的 NO_x 、 SO_2 下风向最大浓度贡献值占环境标准的比例均低于 1%，项目厂界外 2.5km 范围内无大气环境敏感目标，火炬燃烧废气排放对环境的影响较小。接收站无组织排放非甲烷总烃下风向最大浓度贡献值占厂界标准的比例小于 10%。

综上所述，本工程施工期、运行期对大气环境的影响较小，采取积极有效的措施后都能够满足国家和地方有关的法律、法规，并符合区域环境功能区的要求。

16.3.2 水动力影响分析结论

本项目海洋工程仅包括管道铺设和码头，本项目浙江段海底管道采用水力喷射方式铺设，埋设宽度为 1.2m。施工过程中海底沉积物大部分将回落到沟内和

扩散到水体中，海底沉积物会将管沟掩埋，而不需要填埋工作。届时会有部分淤泥堆积在沟坎两侧，估计约有一半当时就回落到沟内和扩散到水体中，几天内沟两侧边缘上可能会有 20~30cm 高的堆积物，随着每日两次涨潮、落潮水流冲刷作用，堆积物逐渐坍塌趋于平缓。本项目施工过程中引起的临时性堆积物不多，在几个潮周期以后会逐渐消除，恢复海底原状，不会对沉积环境构成影响，短暂的局部轻微堆积影响是可以接受，并且是可逆的。从总体上来看工程建设前后流场几乎没有变化。因此本项目对水动力环境无影响，管线铺设后流场基本无变化。

本项目码头建设对大范围海域潮流特性影响较小，周边海域大潮涨落潮平均流速变幅基本在 2% 以内，流向变化不超过 1°；工程建设后，码头、引桥及各平台内部流速减小，掩蔽区流速减小，引桥根部和码头前沿流速略有增大。

综上所述，本项目对水动力环境影响多为码头工程局部位位置，且影响幅度较小，管线铺设后海域流场基本无变化。

16.3.3 水质影响分析结论

浙江省内施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 4.13km²，大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 10.52km²，大 20mg/L 的最大可能影响面积为 32.60km²，大 10mg/L 的最大可能影响面积为 72km²。施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，施工结束后数小时内（与源强、施工结束的时刻有关），人为增加的悬浮物浓度迅速衰减至 10mg/L 以下。

海上施工，施工期施工船舶油污水产生总量约为 400m³，主要污染物是石油类。本项目所使用的施工船舶均配备了油水处理装置，船舶含油污水经处理满足相关规定后对排放进行严格控制。海上施工，施工高峰期生活污水量约为 7m³/d，主要污染物为 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、SS 和动植物油。本项目施工所使用的铺管船、自航驳、起重船、交通船和拖轮等均配备相应的生活污水处理设施。本项目施工船舶上的生活污水排入船载收集装置，不排海。陆上施工，生活污水来源于施工区现场人员产生的生活污水，根据工程分析，陆上施工每日约排放生活污水 32.8m³，主要污染物为 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、SS 和动植物油，这部分污水委托有资质的单位清运处置，不外排，不会对周边海洋环境造成影响。

本项目运营期间产生的废水主要为接收站、码头、厂前区等人员密集活动场所产生的生活污水，主要污染物为 COD、氨氮、BOD₅、TN、TP 及 SS 等。根

据接收站岗位设置及定员，生活污水排放量约为 $30\text{m}^3/\text{d}$ 。这部分污水委托有资质的单位清运处置，不外排，不会对周边海洋环境造成影响。

因此本项目施工期对水质环境影响小，且随着施工的结而消失，运营期对水质环境无影响。沉积物影响分析结论。

挖掘船在预开挖段进行开挖作业和铺管船在铺管作业时喷射式挖沟所搅起的海底沉积物被堆积在管沟两侧，在施工结束后，海底沉积物在海水运动作用下将回填于管沟，因此施工对底质的直接影响是泥沙的冲起和覆盖。

本项目对海洋沉积物影响经过一段时间海流的自然冲刷能够恢复到埋设之前的状态，本项目施工期对海洋沉积物影响较小。

线路管道（包括冷弯管）全线采用常温型 3LPE 防腐层，不会因为管体腐蚀而污染海洋沉积物环境。工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

16.3.4 生态环境结论

本项目对海洋生态环境产生的影响主要体现在海底管道埋设段施工期搅起的悬浮泥沙对周围海域生物资源造成一定的影响；运行期水工构筑物长期压占造成底栖生物损失；运行期取水卷载效应、冷排水对渔业资源的影响等。

施工期对海洋生态环境的影响主要是海底管道敷设造成底栖生物损害，施工产生的悬浮泥沙增量降低海域初级生产力，对浮游生物、鱼卵、仔稚鱼和游泳生物等产生不良影响并导致生物资源损失；本项目天然气输气工程，虽然存在运行期泄漏风险，但再采取相关措施情况下，本项目运行期不会对鱼类产卵场、索饵场产生负面影响，不会对鱼类三场一通造成影响。

运行期取水系统产生的卷吸效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，会使取水团中浮游生物量有所减少，降低海洋初级生产力。冷海水排放将对贝类产生较大的影响，可能导致贝类滞育或死亡。运行期工程取水量不大，取水过程卷吸效应对取水海域的鱼卵、仔鱼和游泳动物幼体有一定的影响。冷排水温降会对但范围相对较小，对整个海域鱼类三场一通不会造成明显影响；接收站冷排水引起的温降不会对本海域的鱼类三场一通道有明显的不良影响。

接收站工程施工占地会使土地利用类型及地表植被结构的改变，施工道路开通及施工期间工程运输导致区域植被及相应的土地利用类型的改变。接收站周边无珍稀保护及名木古树的分布，工程占地范围内将破坏部分植被，但均未次生杂

草，且数量有限，故影响较小。接收站非正常工况下如果发生液化天然气泄漏，会很快扩散，在没有遇到明火发生爆炸、火灾情况下，不会对生态环境造成危害。如遇到明火引起爆炸火灾事件，则对接收站周边植被可能造成较大面积的破坏。根据现状调查，周边植被为常见种，无保护植物，也无保护动物分布，仅可能造成动植物在数量上的损失，因此，对生态环境影响不大。

16.3.5 土壤环境影响分析结论

施工期土壤环境污染源主要包括污废水排放、固废堆积和裸露土地侵蚀等。通过采取生活污水集中收集处理，工业废水处理回用、固废堆放场地防雨、防渗、防油处理等措施后，施工期对土壤环境的影响较小。运行期土壤环境主要污染源为工业废气大气沉降和污废水排放。通过加强管控、定期维修，污废水统一收集处理等措施，会缓解对土壤环境的影响。因此，项目的施工和运行不会对土壤环境产生明显的影响。

16.3.6 固体废物环境影响分析结论

本工程施工期固体废物主要包括建筑垃圾、生活垃圾。对于上述固体垃圾将采取分类收集，分别处理的措施，对周围环境影响较小。施工期固体废物对周边环境的影响是短期的和局部的，施工结束后影响消失，对施工期的固体废物经过分类收集，分别处理的措施后，不会对海洋环境及工程周边环境产生明显影响。本工程运行期主要的固废污染源为码头作业人员产生的生产、生活垃圾。生活垃圾分类收集后由环卫部门统一处理，油污、污泥等收集后委托有资质单位进行处理，一般不会造成区域的污染影响。站场一般不产生危险废物，如检修等维修废品可交危险固废专业处理机构处置。清管废渣和检修粉尘收集后，作为一般工业固废外运填埋处置。不会对周边环境产生影响。综上所述，本工程施工期、运行期固体废物对周边环境的影响较小，采取积极有效的措施后都能够满足国家和地方有关的法律、法规，并符合区域环境功能区的要求。

16.3.7 环境风险分析与评价结论

本项目可能发生的风险为施工期船舶碰撞导致溢油事故和输气管道、储气罐泄漏导致燃烧爆炸事故。

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

很快抵达生态敏感区并造成严重污染。本项目海上施工作业时间短，施工船舶在采取加强瞭望，合理安排施工作业面，同时项目施工主要在外海，施工船舶发生事故概率较低，可能溢油量有限，距离陆地和近海海域保护区较远，区域溢油应急防备能力较强，风险总体可控。

最大管存量控制节点管道发生断裂事故和站场最大气体藏量发生泄漏事故，在设定预测条件下，均未出现甲烷毒性终点浓度-1（ $260000\text{mg}/\text{m}^3$ ）和毒性终点浓度-2（ $150000\text{mg}/\text{m}^3$ ），由此可以推断拟建项目输气管道各节点管道发生断裂事故和各站场发生泄漏事故，均不会产生毒性终点浓度。由于天然气密度比空气小，沸点极低（ -161.5°C ），且几乎不溶于水，在事故状态下，即一旦输气管道穿越河流处发生破裂，天然气对水质的直接影响很小。事故产生的影响一般在半径200m 范围内，影响时间相对较短，从管线沿线植被分布图来看，该区域基本为栽培植被和草地植被，另有小面积的灌木林地，有林地相对较少，因此对植被造成的破坏损失量较小。

16.4 清洁生产和总量控制结论

本项目在产品生产、施工设备设施选择、节能管理、施工期营运期分析等方面均考虑了清洁生产的要求。本项目纳入总量控制的污染因子为 SO_2 、 NO_x 、颗粒物、挥发性有机物。

16.5 环保措施结论

施工期本项目的污染物排放主要来自管道埋设作业产生的悬浮沙、作业人员的生活污水、生活垃圾、机械和船舶产生的含油污水、作业噪声、废弃土石方和建筑垃圾等；运行期本项目的污染物排放主要来自烟气排放、冷排水、生活污水、生活垃圾、生产污水等。

施工期可以选择在海况较好、潮流缓慢的时期进行施工，最大限度的减少悬浮泥沙对海洋环境的影响程度。

施工船舶的废水、固废污染物等均统一运回港口处理或按照管理要求达标排放，对海洋环境影响程度和范围均较小，对保护区及所在海域的环境基本无影响。码头和接收站施工的废水、固废污染物等均统一回收处理，对周边环境的影响较小。施工期施工作业会产生一定噪声，采取相应的环境缓解措施后，能满足施工噪声限值要求。

项目在正常运营条件下，接收站、码头和站场会产生生活污水、生产污水等，生活污水处理系统，分别收集和预处理后，作为中水供厂区绿化使用，对周边环境的影响很小。接收站运行会产生燃烧烟气，经烟气处理装置后可达标排放。

在液化天然气接收和气化过程中，LNG 接收站向海洋中排放大量温度相对较低的海水，引起一定范围内海水温度异常变化。工程设计时在海水排水口处安装在线监测仪实时监控排水温度，一旦发现温降排放不满足排放要求，则从源头上对工艺参数进行调整，并最终实现海水冷排水达标排放。运行期噪声主要来自设备运行噪声，在采取相应和环境缓解措施后，运行噪声对区域环境影响较轻微。本项目采取的优化选址选线、合理安排施工、有效的污染物处理措施、有针对性的环境管理措施、以及生态补偿措施等均为有效的生态影响防治措施。

16.6 公众参与结论

建设单位于 2022 年 8 月 9 日在浙江省人民政府网（<http://zs.zjzwfw.gov.cn/col/col1460295/index.html>）开展了首次环境影响评价信息公示，公示截止日期为 2022 年 8 月 23 日，发布时间在 10 个工作日内；并于 2022 年 8 月 9 日在本工程评价范围内张贴了公告，公示截止日期为 2022 年 8 月 23 日，发布时间在 10 个工作日内；于 2022 年 9 月 13 日浙江省人民政府网进行网络公示，9 月 20 日在《舟山日报》上进行报纸公示，发布时间在 10 个工作日内；9 月 29 日在浙江省人民政府网开展了报批前公示。

16.7 建设项目环境可行性结论

（1）结论

本项目属于国家《产业结构调整指导目录》（2019 年本）（2021 修订版）中的鼓励类项目，符合产业政策；符合相关区域发展规划、行业发展规划及区域功能、生态环境保护、生态保护红线、“三线一单”管控方案要求。工程建设可有效缓解上海市天然气供需矛盾，加快天然气产供储销体系建设。在全面落实本报告书提出的各项污染防治对策和生态环境保护措施的基础上，工程建设及运营过程对周边环境的影响可降至最低，经分析论证，不会造成区域环境质量下降。因此，从生态环境保护的角度分析，项目建设是可行的。

（2）建议

1、严格落实施工期、运行期环境跟踪监测，掌握工程施工和运行实际产生的环境影响。

2、落实生态补偿，降低对生态环境的影响。

3、按照《宁波舟山港（上海国际航运中心）沈家湾作业区规划调整方案环境影响报告书》的要求逐步落实冷能利用方案。