

编号：HYHJ-018-HP-2022

南海天然气登陆深圳项目
环境影响报告书
(公示稿)

建设单位：中海石油（中国）有限公司海南分公司

评价单位：海油环境科技（北京）有限公司

编制时间：2024 年 6 月

编制单位和编制人员情况表

项目编号	7zjx5s		
建设项目名称	南海天然气登陆深圳项目		
建设项目类别	54—150海洋矿产资源勘探开发及其附属工程		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中海石油（中国）有限公司海南分公司		
统一社会信用代码	91460100MA5T3DJJ0F		
法定代表人（签章）	周心怀		
主要负责人（签字）	刘小刚		
直接负责的主管人员（签字）	汪金明		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	海油环境科技（北京）有限公司		
统一社会信用代码	91110114MA01Q7HP1A		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
张蓓	08351443508140037	BH008716	张蓓
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
葛蒙	工程概况与工程分析、环境影响预测与评价、环境风险分析与评价	BH053147	葛蒙
张生光	区域环境概况、环境现状调查与评价、清洁生产与总量控制、环境管理与监测计划	BH007950	张生光
张蓓	概述、总则、环境保护对策措施及其合理性分析、环境经济损益分析、项目建设与选址合理性分析、环境影响评价结论与建议、附录、附件	BH008716	张蓓

目 录

目 录	I
1 概 述	1
1.1 项目由来	1
1.2 环境影响评价工作程序	2
1.3 主要环境问题及环境影响	3
1.4 环境影响评价主要结论	4
2 总则	6
2.1 编制依据	6
2.2 评价标准	11
2.3 评价内容与评价工作重点	13
2.4 环境影响要素识别和评价因子筛选	14
2.5 评价等级与评价范围	16
2.6 环境敏感目标	18
3 工程概况与工程分析	26
3.1 建设项目基本情况	26
3.2 项目方案比选	32
3.3 工程总体开发方案	34
3.4 工程组成及施工方案	36
3.5 工程分析	43
4 区域环境概况	53
4.1 自然环境概况	53
4.2 工程海域开发利用现状	65
4.3 定向钻陆上入土点周边环境	68
4.4 主要环境敏感目标概况	70
5 环境现状调查与评价	81

5.1 水文动力环境现状调查与评价	81
5.2 地质地貌	86
5.3 海水水质现状调查及评价	90
5.4 海洋沉积物现状调查及评价	113
5.5 海洋生态环境现状调查及评价	117
5.6 渔业资源现状调查与评价	139
6 环境影响预测与评价	150
6.1 水文动力模型搭建	150
6.2 水动力环境影响分析	154
6.3 地形地貌与冲淤环境影响分析	154
6.4 海水水质环境影响预测与评价	154
6.5 海洋沉积物环境影响分析	161
6.6 海洋生态环境影响分析与评价	161
6.7 主要环境敏感目标环境影响分析与评价	169
6.8 陆域环境影响分析	176
7 环境风险分析与评价	179
7.1 风险调查及评价等级	179
7.2 风险评价工作等级	182
7.3 环境风险识别	183
7.4 油气泄漏事故概率分析	185
7.5 油气泄漏事故泄漏量估计	186
7.6 最大可信事故	187
7.7 环境风险事故影响分析	187
7.8 环境风险防范对策措施和应急方法	207
7.9 结论	216
8 清洁生产与总量控制	218
8.1 工程清洁生产分析	218
8.2 总量控制	219

9 环境保护对策措施及其合理性分析	221
9.1 施工期间环境保护对策措施	221
9.2 运营期间环境保护对策措施	228
9.3 环境保护对策措施小结	228
9.4 环保竣工验收	229
10 环境经济损益分析	230
10.1 环境保护设施和对策措施的费用估算	230
10.2 环境经济损益分析	230
10.3 社会效益分析	232
11 项目建设与选址合理性分析	234
11.1 国土空间规划符合性分析	234
11.2 海洋主体功能区规划符合性分析	237
11.3 “三线一单”符合性分析	239
11.4 产业政策符合性分析	242
11.5 环境保护规划及其他规划符合性分析	243
12 环境管理及监测计划	251
12.1 环境管理	251
12.2 环境监测计划	253
13 环境影响评价结论与建议	254
13.1 工程概况	254
13.2 主要污染源和污染物	254
13.3 功能区划及相关规划符合性	254
13.4 环境现状分析与评价	255
13.5 环境影响预测分析与评价	259
13.6 环境风险分析与评价	263
13.7 清洁生产与总量控制	263
13.8 环境保护对策措施的合理性、可行性	264
13.9 建设项目环境可行性结论	266

附录	268
附件	268

1 概述

1.1 项目由来

深圳市城市燃气负荷中心及电厂用户主要集中在中部和西部，深圳能源新增的用户光明电厂和妈湾电厂位于西部，到 2025 年深圳市全市的天然气需求量预测约***亿方。深能集团十四五规划燃煤机改燃气机共计 5 台，气量缺口 20 亿方/年，其中妈湾电厂气量缺口 4-8 亿方/年。深圳市妈湾电厂位于深圳市南山区妈湾大道，于 1989 年建成，目前有 2 台***MW 和 4 台***MW 燃煤机组。2022 年 2 月 16 日，妈湾电厂气电一期工程项目核准，计划首台机组 2024 年 6 月建成投产，第二台“十五五”期间建成投产。单台最大流量为***Nm³/h，运行时长***小时每年，两台燃机总用气量约***Nm³/a，小时流量***Nm³/h。妈湾电厂根据深圳市南海海气登陆规划和升级改造气电工程用气需求，拟定西二线、南海海气、城市管网三路气源管线作为配套供气管线，由妈湾电厂建设大铲岛至妈湾电厂管线及妈湾厂站。

保密内容，已删除。

图 1.1-1 供气总体布局示意图

南海天然气登陆深圳项目拟从崖城 13-1 气田平台至香港天然气接收站海底管道（以下简称“崖城-香港管道”）水下开孔，新建一条长约 7km 的海底管道登陆至深圳妈湾电厂。项目对完善深圳市西部天然气清洁能源保供及中国海油在粤港澳大湾区天然气布局具有重大战略意义，一方面解决了深圳西部燃气供应受城市燃气管网压力限制，将满足深圳西部未来***亿方的燃气增长需要；另一方面，海气通过新建海上长输管道登陆深圳西部，拓宽了海上天然气销售渠道，有助于南海天然气田开发效益的提升，同时实现上游海上平台气源和下游 LNG 的互联互通，既可以保障深圳市多路由供气，又可以通过深圳市高压管网实现向东莞、惠州市场延伸，促进粤港澳大湾区绿色低碳发展及中国海油上下游一体发展。

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》、《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》和《建设项目环境保护管理条例》等有关法律法规的规定，本项目应进行环境影响评价。由于本项目距离广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区较近（最

近距离约 1.5km)，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号）：“本项目海底管道属于**五十四、海洋工程——150 海洋矿产资源勘探开发及其附属工程——挖沟埋设单条管道长度 20 公里及以上或涉及环境敏感区的油气集输管道、电（光）缆工程**”，从严考虑本项目应编制环境影响报告书。

建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司 2022 年 12 月委托海油环境科技（北京）有限公司承担该项目环境影响报告书的编制工作（委托函见附件 1），海油环境科技（北京）有限公司编制完成《南海天然气登陆深圳项目环境影响报告书》。

1.2 环境影响评价工作程序

接受委托后，海油环境科技（北京）有限公司立即成立项目组，仔细研究国家和地方有关法律法规政策、导则规范、标准、相关规划文件等，根据本项目工程特征进行初步工程分析，收集环境现状调查资料及相关工程资料。

按照《环境影响评价技术导则-总纲》（HJ2.1-2021）和《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）的要求，本次环评的工作程序为：

- 接受建设单位评价任务后，评价单位对相关法规、标准及项目设计文件进行研究，识别筛选项目环境影响因子，确定环境影响评价工作等级、范围和评价重点，并根据分析和筛选结果进行现状调查及资料收集工作；
- 根据环境影响评价技术路线进行工程分析等工作，开展环境现状评价；
- 根据工程分析和环境现状调查结果，对项目产生的环境影响的范围和程度进行预测；根据预测结果形成针对本项目的环境保护对策措施、环境管理与监测、环境经济损益分析、产业政策规划符合性分析等内容；
- 完成本项目环境影响报告书后，协助建设单位送审政府主管部门，并根据环境影响报告专家审查意见对报告进行修改及报批。

在项目可行性研究报告等工程资料的基础上，编制完成了本项目环境影响报告书。并在编制过程中，与设计单位紧密配合，切实体现环评对工程设计的指导作用。工作流程见图 1.2-1。

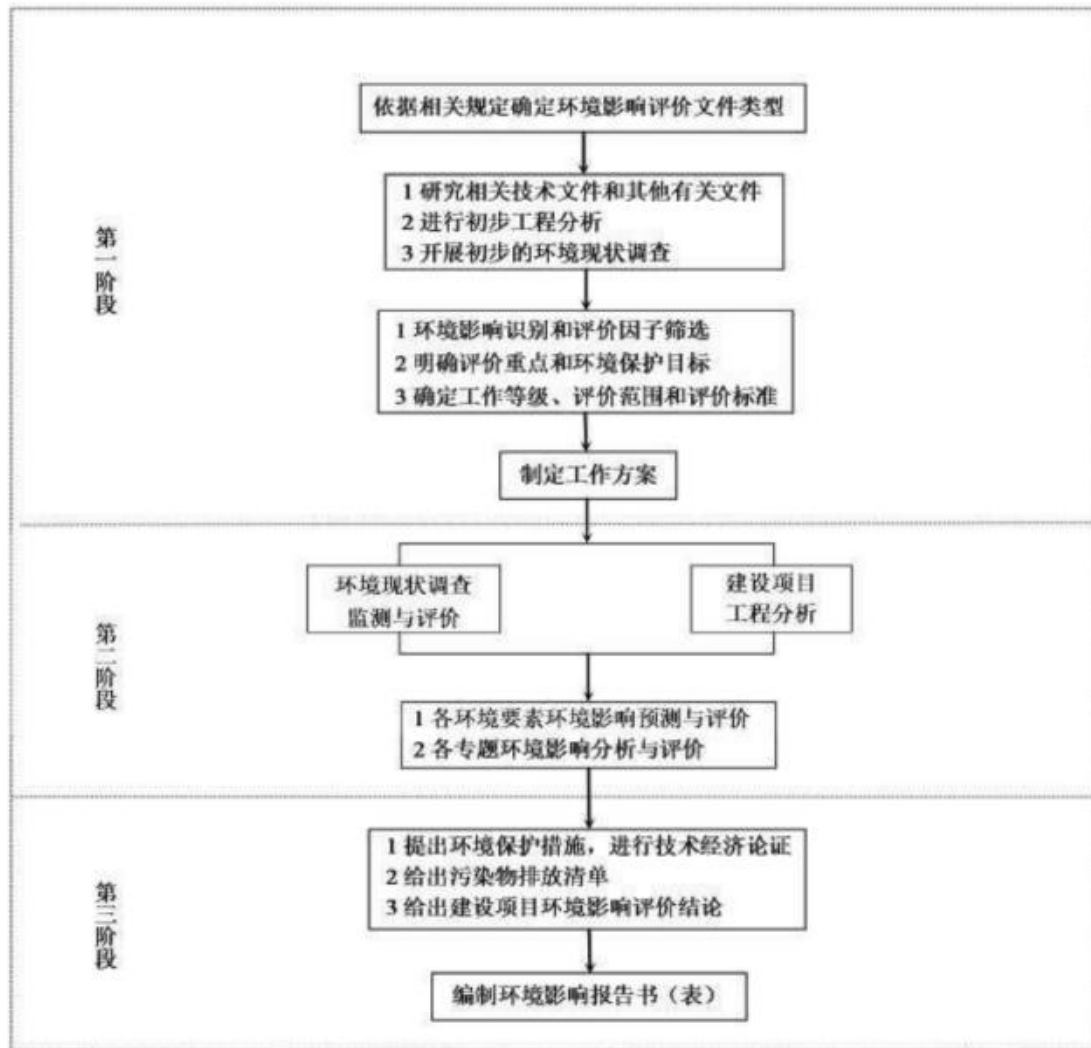


图 1.2-1 本项目环评工作流程图

1.3 主要环境问题及环境影响

本项目新建海底管道位于深圳市南山区南部海域，周围主要环境敏感目标为广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区（最近距离约 1.5km）、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区生态保护红线区（最近距离约 1.5km）、广东省中华白海豚国家重要湿地（最近距离约 1.5km）、内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）（最近距离约 5.0km）、内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）生态保护红线区（最近距离约 5.0km）、幼鱼幼虾保护区（位于其中）、南海北部幼鱼繁育场保护区（位于其中）及珠江口经济鱼类繁育保护区（最近距离约 1km）等。

本项目正常建设和生产情况下，关注的主要环境问题是施工期产生的少量悬浮物对周围海域的海水水质、沉积物和海洋生态环境的影响。在风险事故情况下，关注的主要环境问题是施工船舶燃料油泄漏事故对周围海域的环境敏感目标、海洋生

态环境、渔业资源以及渔业生产的潜在影响。

本项目为海底输气管道工程，施工期时间较短，主要施工活动为海底管道定向钻施工及配套设施设备安装。运营期间，海底输气管道不排放污染物。

根据工程特点和周围环境状况，本次环境影响评价主要关注的问题如下：

- 项目建设选址及合理性，与国土空间规划、生态保护红线、各类政策规划之间的符合性；
- 核算施工期污染物产生和排放情况，分析环保措施的可行性；
- 评价污染物对周围海域海水水质、沉积物和海洋生态环境的影响，并提出减缓措施和管理要求；
- 关注施工船舶燃料油泄漏事故对周围海域的环境敏感目标、海洋生态环境、渔业资源以及渔业生产的潜在影响，提出切实可行的环境风险防范措施和应急措施；
- 关注运营期天然气泄漏的环境风险。

1.4 环境影响评价主要结论

本项目为海底天然气输送管道工程，属于国家《产业结构调整指导目录（2024年本）》中“七、石油天然气 2.油气管网建设”，中鼓励类项目，项目建设符合国家产业政策。

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》、《深圳市国土空间总体规划（2020-2035年）（草案）》、《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》及《深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案》的相关要求。

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035年）》中生态保护红线的范围之外，海管登陆段位于城镇开发边界内，施工期及运营期均对其不产生影响，不占用大陆保有自然岸线及人工岸线，与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》相符合。

本项目较为充分的考虑了工程可能对环境的影响，管道铺设采用 7km 定向钻施工方案，并采取了一系列污染防治及环境保护措施。海上工程产生的影响主要是在施工过程中产生的少量悬浮物，其影响是短期、局部且可恢复的；管道铺设完成后，运行阶段除少量牺牲阳极的锌释放外，正常工况下不会对周边海洋环境造成影响。

工程的建设会对海洋生态和渔业资源产生一定影响和损害，需要采取有效的保护或补偿措施；拟建工程存在一定的船舶碰撞溢油风险，需要采取具有针对性的安

全保护措施和切实有效的溢油应急防范对策措施。

评价认为，在建设单位切实落实各项污染防治对策措施、生态保护对策措施，切实落实风险事故应急对策措施和应急预案的前提下，从环境保护角度考虑，项目建设可行。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律法规、规章及规范性文件

1. 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行
2. 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 9 月 1 日施行
3. 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修正
4. 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2024 年 1 月 1 日施行
5. 《中华人民共和国水污染防治法》，2018 年 1 月 1 日施行
6. 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日修正
7. 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022 年 6 月 5 日施行
8. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日实施
9. 《中华人民共和国土壤污染防治法》，2019 年 1 月 1 日施行
10. 《中华人民共和国港口法》，2018 年 12 月 29 日第三次修正
11. 《中华人民共和国渔业法》，2014 年 3 月 1 日施行
12. 《中华人民共和国野生动物保护法》，2018 年 10 月 26 日修正
13. 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月 1 日施行
14. 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012 年 7 月 1 日施行
15. 《中华人民共和国突发事件应对法》，2007 年 11 月 1 日施行
16. 《中华人民共和国海岛保护法》，2010.3.1 施行
17. 《中华人民共和国湿地保护法》，2022.6.1 施行
18. 《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
19. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行
20. 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》，中华人民共和国交通运输部令 2021 年第 24 号
21. 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院，2018 年 3

月修订

22. 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》，交通运输部令 2017 年第 15 号，2017 年 5 月 23 日起施行
23. 《交通运输部关于加强水上污染应急工作的指导意见》，交海发〔2010〕366 号
24. 《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》，交通运输部令 2019 年第 40 号
25. 《防治船舶污染海洋环境管理条例》，中华人民共和国国务院令第 561 号公布，2017 年 3 月 1 日第五次修订
26. 《中华人民共和国自然保护区条例》，国务院令第 167 号，2017 年 10 月 7 日修订
27. 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，国务院令第 645 号，2013 年 12 月 7 日修改
28. 《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》，环发〔2013〕86 号
29. 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月修订
30. 《鼓励外商投资产业目录（2020 年版）》，商务部令 2021 年第 38 号，2021 年 1 月 27 日起施行
31. 《市场准入负面清单（2022 年版）》，发改体改规〔2022〕397 号
32. 《交通运输部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
33. 《环境影响评价公众参与办法》，生态环境部令第 4 号，2019 年 1 月 1 日起施行
34. 《国家危险废物名录（2021 年版）》，生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日施行
35. 《关于做好环境影响评价制度与排污许可制衔接相关工作的通知》，环办环评〔2017〕84 号
36. 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，交海发〔2018〕168 号
37. 《海洋石油勘探开发溢油污染环境事件应急预案》，环海洋函〔2022〕27 号
38. 《铺设海底管道电缆管理规定实施办法》，1989.3

39. 《海洋工程环境影响评价管理规定》，国海规范〔2017〕7号
40. 《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，交海发〔2007〕165号
41. 《海洋自然保护区管理办法》，1995.5
42. 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境污染防治管理规定》，2017年修正
43. 《水生生物增殖放流管理规定》，中华人民共和国农业部令第20号，2009年5月1日施行
44. 《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，农渔发〔2022〕1号
45. 《海底电缆管道保护规定》，2004.3.1施行
46. 《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》，中共中央办公厅 国务院办公厅，2017.2.7
47. 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，自然资源部、生态环境部、国家林业和草原局，2022.8.16
48. 《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启动“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号）
49. 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》

2.1.2 地方法规及规范性文件

1. 《广东省环境保护条例》，2019年11月29日第二次修正
2. 《广东省水污染防治条例》，2021.1.1施行
3. 《广东省湿地保护条例》，2021.1.1施行
4. 《广东省大气污染防治条例》，2019年3月1日施行
5. 《广东省固体废物污染环境防治条例》，2019年3月1日施行
6. 《广东省人民政府关于印发<广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要>的通知》，粤府〔2021〕28号
7. 《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，粤府〔2020〕71号
8. 《广东省生态环境厅关于开展近岸海域严格控制区管控优化调整试点工作的通知》，粤环函〔2020〕420号

9. 《广东省生态环境厅关于优化调整严格控制区管控工作的通知》，粤环函〔2021〕179号
10. 《广东省深化治理港口船舶水污染物工作方案》，粤交港〔2021〕547号
11. 《关于加强船舶排放控制的通告》，惠市交发〔2018〕332号
12. 《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，中共中央办公厅、国务院办公厅，2019.11.1
13. 《关于印发〈广东省强化资源要素支撑 全力推进省重大项目开工建设的工作方案〉的通知》广东省人民政府办公厅，粤办函〔2021〕227号
14. 《广东省主体功能区产业发展指导目录（2014年本）》
15. 《深圳市产业结构调整优化和产业导向目录（2016年修订）》
16. 《深圳市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

2.1.3 功能区划及规划

1. 《全国海洋主体功能区规划》（国发〔2015〕42号）
2. 《广东省海洋主体功能区规划》
3. 《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》
4. 《深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案》
5. 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》
6. 《深圳市国土空间总体规划（2020-2035年）》（草案）
7. 《深圳市海洋环境保护规划》（2018-2035年）
8. 《“十四五”现代能源体系规划》
9. 《“十四五”海洋生态环境保护规划》
10. 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》
11. 《深圳市生态环境保护“十四五”规划》
12. 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》
13. 《深圳市海岸带综合保护与利用规划（2018—2035）》
14. 《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030年）》
15. 《深圳港总体布局规划》

2.1.4 导则、技术规范与标准

1. 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2021）
2. 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）
3. 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）
4. 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）
5. 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）
6. 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）
7. 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）
8. 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）
9. 《水运工程建设项目环境影响评价指南》（JTS/T 105-2021）
10. 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）
11. 关于发布《建设项目危险废物环境影响评价指南》的公告（环境保护部公告 2017 年第 43 号）
12. 《海水水质标准》（GB3097-1997）
13. 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）
14. 《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》
15. 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》
16. 《海洋生物质量》（GB 18421-2001）
17. 《海洋监测规范》（GB 17378.1~7-2007）
18. 《海洋调查规范》（GB/T 12763.1~11-2007）
19. 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）
20. 《建设项目海洋环境跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002 年 4 月）
21. 《船舶水污染物排放控制标准》*（GB 3552-2018）
22. 《水上溢油环境风险评估技术导则》*（JT/T 1143-2017）
23. 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
24. 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）
25. 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）
26. 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）
27. 《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022）。

备注：*由于行业适用性，部分采用

2.1.5 项目基础资料

1. 环境影响评价委托函；
2. 《南海天然气登陆深圳可行性研究项目报告》，中海油研究总院有限责任公司，2022 年 11 月
3. 《南海天然气登陆深圳项目路由选择依据说明材料》，中海油田服务股份有限公司，2023 年 07 月
4. 《南海天然气登陆深圳项目通航安全影响专题研究报告（报批稿）》，武汉理工大学，2023 年 09 月
5. 《南海天然气登陆深圳项目航道通航条件影响评价报告（报批稿）》，武汉理工大学，2023 年 07 月
6. 《南海天然气登陆深圳项目海底管道路由勘察工程地质勘察阶段性报告》，浙江华东岩土勘察设计院有限公司，2023 年 10 月
7. 建设单位提供的其他设计资料

2.2 评价标准

2.2.1 环境质量标准

根据《广东省近岸海域环境功能区划》、《深圳市近岸海域环境功能区划》、《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《深圳市海洋环境保护规划》（2018-2035 年）相关要求，本项目 6 个站位（MW29、MW30、MW47~MW50）的海水水质评采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类标准，MW31 和 MW46 站位海水水质采用第二类标准，10 个站位（MW01、MW07-MW08、MW14-MW15、MW20-MW21 和 MW25-MW27）海水水质采用第三类标准，其余 32 个站位海水水质评价参考第四类标准。

海洋沉积物按照《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》中调查站位所在功能区的海洋环境评价标准执行，其中 P1 执行第二类沉积物质量标准，P19、P20、P21、P24、P25 站位执行第一类沉积物质量标准，其余站位执行第三类标准限值，评价方式为从第一类开始评价，评价标准采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的一类标准。

本项目环境影响评价中所采用的环境质量标准见表 2.2-1。

表 2.2-1 环境质量标准

项目	采用标准	等级	适用对象
海水水质	《海水水质标准》 (GB 3097-1997)	第一类、第二类、第三类、第四类	海水水质现状评价、环境影响评价
沉积物	《海洋沉积物质量标准》 (GB 18668-2002)	第一类、第二类	海洋沉积物质量评价
海洋生物质量	《海洋生物质量》 (GB 18421-2001)	第一类	海洋生物质量评价(双壳类)
	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》	—	软体动物(非双壳类)、鱼类、甲壳类(重金属)
	《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)	—	软体动物(非双壳类)、鱼类、甲壳类(石油烃)

2.2.2 污染物排放标准

2.2.2.1 船舶污染物排放标准

本项目施工期船舶，建设过程中所产生的相关污染物的处置与排放标准见表 2.2-2。

表 2.2-2 船舶污染物处置与排放标准

污染物	采用标准	标准值	适用对象
船舶含油污水		石油类 $\leq 15\text{mg/L}$ 排放应在船舶航行中进行	施工期船舶含油污水
船舶生活污水	《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018) 73/78 防污公约 《国内航行海船法定检验技术规则(2020 年)》	采用下列方式之一进行处理，不得直接排海： a) 利用船载收集装置，排入接收设施； b) 利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放： (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， $\text{BOD}_5 \leq 50\text{mg/L}$ ， $\text{SS} \leq 150\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 2500 个/L； (2) 在 2012 年 1 月 1 日以后安装(含更换)生活污水处理装置的船舶， $\text{BOD}_5 \leq 25\text{mg/L}$ ， $\text{SS} \leq 35\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 1000 个/L， $\text{CODCr} \leq 125\text{mg/L}$ ， $\text{pH}: 6 \sim 8.5$ ，总氯(总余氯) $< 0.5\text{mg/L}$ 。 污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口。	距最近陆地 3 海里以内(含)海域的船舶生活污水
		同时满足下列条件： (1) 使用设备打碎固形物和消毒后排放； (2) 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。	3 海里 $<$ 与最近陆地间距离 ≤ 12 海里海域的船舶生活污水
		船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。	与最近陆地间距离 > 12 海里海域的船舶生活污水
船舶垃圾		禁止排海，收集并排入接收设施	作业船舶产生的塑料、废弃食用油、生活废弃物等

污染物	采用标准	标准值	适用对象
		在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。	作业船舶产生的食品废弃物
船舶大气污染物	《船舶大气污染物排放控制区实施方案》	1、船舶发动机污染物排放满足《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097-2016）中船机排气污染物排放限值要求；2019 年 1 月 1 日起应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油； 2、2015 年 3 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的施工船舶，所使用的单台发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求；	中华人民共和国管辖海域内的船舶

2.2.2.2 水污染物排放标准

陆上入土点施工期产生的废水主要为施工期的生活污水及少量生产废水等。生活污水依托妈湾电厂现有污水收集处理设施处理，排入妈湾电厂生活污水管网，最终排入市政污水管网。少量生产废水与泥浆混合后，施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运至有资质单位进行处理，均不外排。

2.2.2.3 噪声

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），标准限值见表 2.2-3。

表 2.2-3 《建筑施工厂界环境噪声排放标准》单位：dB（A）

昼间 dB(A)	夜间 dB(A)
70	55

2.2.2.4 固体废物

《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；

《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；

《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）。

2.3 评价内容与评价工作重点

2.3.1 评价内容

根据环境影响识别和有关技术规范的要求，确定本次环境影响评价的评价内容主要为：

海底管道铺设阶段产生的各类环境影响对海水水质、沉积物、海洋生态环境影响评价，以及潜在的溢油事故对海水水质、海洋生态和渔业资源的影响评价。

本次评价的工程内容主要包括：

- (1) 新建 1 条长 7km 从崖城至香港管道接入点至妈湾电厂的干气输送海底管道；
- (2) 水下接入点新建带压开孔及收发球装置；
- (3) 铺设连接定向钻海上入土点与水下带压开孔点的膨胀弯；
- (4) 施工期建设临时施工围堰及临时施工平台，施工结束后拆除。

2.3.2 评价工作重点

根据本项目的特点，在对评价项目进行筛选的基础上，确定本次环境影响评价的评价重点包括：

- 生态保护红线、国土空间规划及相关规划符合性分析；
- 新建海底输气管道施工掀起的悬浮物对周围海域的海水水质、沉积物和海洋生态环境及周边环境敏感目标的影响分析；
- 环境保护对策措施及合理性分析；
- 事故风险分析、防范对策及应急措施可行性分析。

2.4 环境影响要素识别和评价因子筛选

2.4.1 环境影响要素识别

根据本项目特征和工程活动特点，采用矩阵法识别本项目的主要海洋环境影响因素，详见表 2.4-1。

表 2.4-1 本项目建设活动与海洋环境要素关系矩阵表

环境要素 作业内容		海洋环境				海洋生态			海洋资源利用			社会发展	
		水质	底质	地貌	大气	浮游生物	底栖生物	渔业资源	渔业捕捞	水产养殖	航运交通	就业	经济
建设阶段	海底管道铺设	●	●	●	●	●	●	●	●	-	●	○	○
运行阶段	天然气输送	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△
事故	天然气泄漏事故	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	-	-

注：●短期不利影响；○短期有利影响；▲长期不利影响；△长期有利影响；-为影响轻微或无影响。

由表 2.4-1 可见，本项目新建海底管道在建设和运行阶段的主要不利影响是铺设

挖沟时搅起的悬浮物对海水水质、底质和海洋生态的影响。另外，潜在的风险事故也将对海洋生态以及海洋资源利用等产生不利影响。

2.4.2 环境影响评价因子筛选

2.4.2.1 非污染影响因子分析

本项目非污染影响因子主要是项目活动对周围海域的地形地貌、航运交通、捕捞作业和海域功能的使用等造成的一定影响。不同工程活动的非污染影响因子筛选及影响程度分析见表 2.4-2。

表 2.4-2 海上工程非污染环境影响评价因子筛选

时段	工程活动	影响要素	环境影响表征	影响程度*
建设阶段	海底管道铺设	海洋生态	破坏海底，损害底栖生物	++
		地形地貌	挖沟埋设影响局部路由地貌	+
	施工船舶活动	通航环境	影响航运交通	+
		海洋生态	影响渔业捕捞作业	+
运行阶段	海底管道占用海域	海洋生态	影响渔业捕捞作业以及局部使用功能	+
注：+ 表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要的分析；				
++ 表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行分析与影响预测；				
+++ 环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点分析与影响预测。				

2.4.2.2 环境污染影响因子分析

根据对本项目各阶段污染源、污染物种类及其排放量、处理/处置方式的分析，凭借类似项目的评价经验和专业知识，通过综合判断可识别出各因子对环境的影响程度，并由此确定本项目环境影响评价的重点评价因子为铺设管道产生的悬浮物以及潜在的事故风险。不同工程活动的环境污染影响因子筛选及影响程度分析见表 2.4-3。

表 2.4-3 环境影响评价因子筛选

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度*
建设阶段	水环境	水质	管道铺设、预挖沟、抛石、打桩拔桩等产生悬浮物	++
	底质环境	底质		+
	生物生态	鱼卵/仔稚鱼		++
		底栖生物		++
		渔业资源		+
事故风险	水环境	水质	事故性泄漏对海洋生态的影响	+++
	底质环境	底质		+++

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度*
	海洋生态	海洋生物		+++
注：+ 表示环境要素所受影响程度为较小或轻微，进行简要的分析与影响预测；				
++ 表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行分析与影响预测；				
+++ 环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行重点分析与影响预测。				

2.5 评价等级与评价范围

2.5.1 评价等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），海洋工程建设项目的环评内容依照建设项目的具体类型及其对海洋环境可能产生的影响确定，见表 2.5-1。

表 2.5-1 海洋工程建设项目各单项环境影响评价内容

建设项目类型和内容	环境影响评价内容						
	海水水质环境	海洋沉积物环境	海洋生态和生物资源环境	海洋地形地貌与冲淤环境	海洋水文动力环境	环境风险	其他评价内容
海上和海底石油、天然气等管道输送工程	★	★	★	☆	☆	★	☆

由表可见，海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境的影响评价内容不是海上和海底石油、天然气等管道输送工程的必选评价内容。鉴于本项目铺设完成后对水文动力和地形地貌与冲淤环境影响轻微，不会改变工程周围海域的潮波系统，对海区的水交换能力没有影响；且本项目不涉及填海、疏浚等对水文动力环境和地形地貌与冲淤环境产生明显影响的工程内容。本次评价将对水文动力环境和地形地貌与冲淤环境影响进行简要分析。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），海上和海底石油、天然气等管道输送工程建设项目的环境影响评价等级主要根据管道长度以及所处海域的生态敏感性来确定。本项目新建海底管道长度约 7km，位于幼鱼幼虾保护区内、南海北部幼鱼繁育场保护区内，周围主要环境敏感目标主要为广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区（最近距离约 1.5km）、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区生态保护红线区（最近距离约 1.5km）、广东省中华白海豚国家重要湿地（最近距离约 1.5km）等，附近敏感目标较多，属于导则中规定的“生态环境敏感区”。因此确定本项目水质环境评价等级为 1 级，沉积物环境评价等级为 2 级，生态和生物资源环境评价等级为 1 级，见表 2.5-2。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）关于评价等级的判定要求，确定本项目的海洋环境影响评价等级为 1 级。

表 2.5-2 环境影响评价工作等级

海洋工程分类	工程类型和 工程内容	工程规模	工程所在海域 特征和生态环 境类型	评价等级		
				水质 环境	沉积物 环境	生态和生物 资源环境
海底管道、海 底电（光）缆 类工程	海底天然气 输送管道工 程	管道长度 10km~5km	生态环境敏感 区	1	2	1

大气环境、声环境、地表水环境、地下水环境、生态环境、土壤环境评价等级：本工程陆上定向钻入土点位于妈湾电厂内，施工期对大气、声、地表水、地下水、生态及土壤环境影响均较小，运营期陆上不新增设备。本评价只对大气环境、声环境、地表水环境、地下水环境、生态环境及土壤环境进行简单分析，主要提出有关的环境保护措施与对策建议。

本项目施工期和运营期涉及的主要危险物质为天然气和燃料油。根据《建设项目环境风险评价技术导则》附录 B “重点关注的危险物质及临界量”中表 B.1 中规定的临界量，天然气的临界量为 10t，油类物质的临界量为 2500t。施工期和运营期危险物质与其临界量的比值： $Q=Q_{\text{油类}}+Q_{\text{天然气}}=0.447<1$ （详见 7.2 节）。经计算 Q 小于 1。因此，该项目环境风险潜势为 I。风险评价工作等级为简单分析。但鉴于油类为重点关注的风险物质，且一旦溢油对海洋生态环境和项目周边环境敏感区影响影响较大，因此，选择施工期船舶碰撞溢油作为最大可信事故进行溢油预测，并根据预测结果进行风险防范措施可行性分析。

2.5.2 评价范围

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

本项目海洋环境影响评价等级为 1 级，一级评价项目海洋生态和生物资源调查和评价范围以主要评价因子受影响方向的扩展距离一般不能小于 8~30km；同时兼顾水文动力评价范围：垂向（垂直于工程所在海域中心的潮流主流向）距离一般不小于 5km，纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍。

综合判定本项目环评评价范围为：以工程外边缘向北、南、西各外扩 15km，向东至陆域岸线所围成的区域，评价范围如下：

表 2.5-3 评价范围控制点坐标

控制点	东经	北纬
A	***	***
B	***	***
C	***	***
D	***	***
E	***	***
F	***	***

保密内容，已删除。

图 2.5-1 评价范围示意图

2.6 环境敏感目标

本项目海底管道无环境空气、地表水、声、地下水、土壤及陆域生态环境等保护目标。周围主要环境敏感目标为广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区（最近距离约 1.5km）、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区生态保护红线区（最近距离约 1.5km）、广东省中华白海豚国家重要湿地（最近距离约 1.5km）、内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）（最近距离约 5.0km）、内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）生态保护红线区（最近距离约 5.0km）、幼鱼幼虾保护区内（位于其中）、南海北部幼鱼繁育场保护区（位于其中）、珠江口经济鱼类繁育保护区（最近距离约 1km）。本项目周边主要环境敏感目标见下表及下图。

表 2.6-1 本项目评价范围内主要环境敏感目标

序号	敏感区类型	敏感目标名称	海上入土点与其位置关系		陆上入土点与其位置关系		带压开孔点与其位置关系		主要保护对象
			方位	距离千米	方位	距离千米	方位	距离千米	
1	生态保护红线区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚、印太江豚
2		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
3		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	西	5	西南	9	西	5	植被、野生动植物等
4		深圳深圳湾地方级湿地自然公园	东北	11	东北	7	东北	11	红树林等
5		深圳湾重要滩涂及浅海水域	东北	11	东北	7.5	东北	11	滨海湿地生态系统
6		珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	东北	17	东北	14	东北	17	滨海湿地生态系统
7	国家级自然保护区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚、印太江豚
8		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
9		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	西	5	西南	9	西	5	植被、野生动植物等
10	国家重要湿地	广东省中华白海豚国家重要湿地	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚及其栖息地
11		广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
12	渔业资源保护区	幼鱼、幼虾保护区	位于其中		位于其中		位于其中		渔业资源
13		南海北部幼鱼繁育场保护区	位于其中		位于其中		位于其中		
14		珠江口经济鱼类繁育场保护区	西北	4	西	1	西北	4	

保密内容，已删除。

图 2.6-1 本项目周边主要环境敏感目标（保护区及湿地）

保密内容，已删除。

图 2.6-2 项目与广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区位置关系示意图

保密内容，已删除。

图 2.6-3 本项目与广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地位置关系示意图

保密内容，已删除。

图 2.6-4 本项目周边主要环境敏感目标（生态保护红线）

图 2.6-5 南海国家级及省级保护区分布示意图（摘自中国海洋渔业水域图（第一批））

保密内容，已删除。

图 2.6-6 珠江口经济鱼类繁育场保护区及幼鱼幼虾保护区位置示意图

保密内容，已删除。

图 2.6-7 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图（摘自中国海洋渔业水域图（第一批））

3 工程概况与工程分析

3.1 建设项目基本情况

3.1.1 项目名称与建设性质

项目名称：南海天然气登陆深圳项目

项目性质：新建

建设单位：中海石油（中国）有限公司海南分公司

建设内容：

- （1）新建1条长7km从崖城-香港管道接入点至妈湾电厂的天然气输送海底管道；
- （2）在现有管线水下接入点新建带压开孔及收发球装置；
- （3）铺设连接定向钻海上入土点与水下带压开孔点的膨胀弯；
- （4）施工期建设临时施工围堰及临时施工平台，施工结束后拆除。

3.1.2 地理位置

本项目位于深圳市南山区南部海域，项目由崖城-香港管道水下开孔，新建一条长约7km的海底管道登陆至深圳妈湾电厂，陆上入土点位于深圳妈湾电厂内部。项目沿线主体海域地形平坦，本路由区段的水深变化范围在1.7m至18.1m，地理位置见图3.1-1。

保密内容，已删除。

图3.1-1 本项目地理位置示意图

3.1.3 建设内容及规模

本项目计划由崖城-香港管道水下开孔，新建一条长约7km的海底管道登陆至深圳妈湾电厂场内新建首站（另行评价，不包含在本次评价范围内），新建海管采用定向钻方式施工，位于海床下约***m。

本项目不涉及对现有崖城-香港管道输送工艺的调整，项目建成后各海上油气田的新建或调整项目均在各个油气田开发项目中进行评价。本项目基础数据详见表3.1-1。

表 3.1-1 本项目主要工程内容

项目	南海天然气登陆深圳项目
海底管道	新建一条***长约 7.0km 的海底输气管道，位于海床下约***m，采用定向钻方式施工
膨胀弯	连接定向钻海上入土点与水下带压开孔点，长度约 279m
收发球装置	在水下带压开孔处设置一套收发球装置
临时施工围堰/平台	海上侧设置临时施工平台（50m×50m），带压开孔处设置临时围堰（40m×35m）
临时施工占地	陆上入土点位于妈湾电厂内，定向钻施工期间在妈湾电厂内需要临时施工占地（50m×30m）
新建海管设计寿命	***年
项目预计投产时间	2027 年 1 月
总投资	***万元人民币

3.1.4 现有工程情况

（1）崖城-香港管道

崖城-香港管道为崖城 13-1 AWA 平台至香港终端的***海管，全长***公里，设计寿命为***年，该管道于 1996 年投产，计划运营到***年。水深为 0~148m。因管线输送介质为干气，内腐蚀状况较为良好，2013 年对该管线进行内腐蚀直接评估（IDCA），2013 年 9 月 17 日经过专家评审结论为“香港管线内腐蚀的风险较低”。2016 年香港海管回收部分管段进行腐蚀检验与评估，内壁腐蚀速率 $\leq 0.028\text{mm/y}$ ，管道外壁未出现大面积腐蚀，局部位置有腐蚀痕迹，腐蚀速率为 0.022mm/y ，属于轻微腐蚀。也验证了香港管线的内外腐蚀状况较为良好，对管道结构无太大的影响。《崖城 13-1 天然气田开发项目环境影响报告书》于 1994 年 1 月 20 日获得国家环境保护局复函（环监〔1994〕032 号）（见附件 7），2022 年 6 月取得《关于流花 34-2 气田开发工程等 7 个项目环境保护设施竣工验收合格的函》（见附件 8）。

（2）海上油气田气源

目前，崖城-香港管道输送的天然气主要来自陵水 17-2 气田 LS17-2-10d/11d 井区（接入陵水 17-2）、文昌 9-2/9-3/10-3 气田群、陵水 25-1 气田潜力井（接入崖城平台）、东方 13-2 气田（东方 29-1 等周边潜力接入东方 13-2）等气田。

崖城 13-1 气田：崖城 13-1 气田主要生产设施包括 1 座 YC13-1APD 中心处理平台、1 座 YC13-1AWA 井口平台和 1 座 YC13-1AAP 生活平台，1 条至香港的海底管线，1 条至海南的海底管线，一座海南南山终端/码头工程和一座香港干气接收站。其中 YC13-1AWA 平台和 YC13-1AAP 平台分别与 YC13-1APD 平台通过栈桥相连。

崖城 13-1 气田于 1996 年 1 月投产。

文昌 9-2/9-3/10-3 气田群：文昌 9-2/9-3/10-3 气田群开发工程新建文昌 9-2/9-3 中心平台（WC9-2/9-3 CEP）、文昌 10-3 水下生产系统（WC10-3 SPS），及 3 条海底管道、1 条脐带缆。文昌 10-3 气田生产的物流经过 WC10-3 SPS 至 WC9-2/9-3 CEP 的海底管道输送至 WC9-2/9-3 CEP 平台，与该平台物流混合进入油气分离处理系统，处理满足要求的干气通过管道接入崖城 13-1 至香港输气管道给香港供气；分离出的油和水通过已建管道输送到 HYSY116 FPSO，处理合格的原油外输，处理达标后的生产水外排。该工程于 2021 年 7 月投产。

陵水 17-2 气田：陵水 17-2 气田包括一座具有储油功能的深水半潜式平台（LS17-2SEMI），采用水下生产系统进行开发，设有 4 个水下终端管汇（东 1 管汇、东 2 管汇、东 3 管汇、西区管汇），17 条海底管道，12 条海底脐带缆。来自各水下井口的全部井流汇集后输送到 LS17-2SEMI 平台进行处理，处理后的合格干气经增压后通过海底管道接入崖城至香港的海底输气管道进行外输，分别输往香港、珠海高栏终端和三亚南山终端；处理合格的凝析油直接进入 LS17-2SEMI 平台油舱储存，并定期通过油轮外输；分离出的含油生产水经 LS17-2SEMI 平台生产水处理系统处理达标后排海。陵水 17-2 气田于 2021 年 6 月 25 日投入试生产，设计使用年限为***年。陵水 17-2 气田 10d/11d 井区开发项目在 10d/11d 井区分别新增 2 口生产井（A12H、A13H）及其配套采油树，并新铺设 2 条海底管道、2 条海底脐带缆及 1 条海底光缆。

陵水 25-1 气田：陵水 25-1 气田新建 1 套 LS25-1 SPS 水下生产系统、1 座 YC13-1 PAP 生产支持平台（与已建 YC13-1 AWA 平台通过栈桥连接）、1 条 LS25-1 SPS 至 YC13-1 PAP 平台长***km 海底混输管道、1 条 YC13-1 PAP 平台至 LS25-1 SPS 长***km 的海底乙二醇管道、1 条 LS17-2 SEMI 至 LS25-1 SPS 长***km 的脐带缆，1 条 YC13-1 PAP 至水下隔离阀长***km 的脐带缆，以及水下生产系统各管汇间 2 条海底混输管道、2 条脐带缆和 1 条海底乙二醇管道。

东方 13-2 气田：东方 13-2 气田群包括 1 座中心平台（DF13-2 CEPB）和 1 座井口平台（DF13-2 WHPA），及平台间海底混输管道，两座平台于 2019 年建成，2021 年投产。

（3）妈湾电厂

本项目海底管道入土点位于妈湾电厂内，妈湾电厂拥有 2 座 5 万吨级煤码头和 1 座 1 万吨级油码头。妈湾电厂成立于 1989 年 9 月，妈湾电厂已建成***台国产燃煤

发电机组，总装机容量***MW，分两期建设，其中一期工程建设 1#、2#机组（***），二期建设 3#~6#机组（***）。

原能源部中南电力设计院于 1991 年编制完成了《深圳妈湾电厂（2×300MW）环境影响报告书》，原国家环保局以（91）环监建字第 006 号《关于深圳妈湾燃煤电厂环境影响评价大纲审查意见的复函》同意项目建设。一期工程建设 1#、2#机组分别于 1993 年 11 月和 1994 年 11 月投入运行，于 1997 年 3 月通过国家环保局竣工环保验收（环监验（1997）009 号）。2022 年 12 月，取得《妈湾电厂升级改造项目天然气管道接入工程》告知性备案回执（深环备【2022】018 号）（见附件 5）。

3.1.5 气源及气体组分

本项目新建管道的天然气主要来自陵水 17-2 气田 LS17-2-10d/11d 井区（接入陵水 17-2）、陵水 25-1 气田潜力井（接入崖城平台）、东方 13-2 气田（东方 29-1 等周边潜力接入东方 13-2）等，总体工程方案见图 3.1-2。

保密内容，已删除。

图 3.1-2 总体工程方案

本次新建输气管道拟输送崖城-香港管道中的合格干气，管网校核周边相关气田天然气组分见表 3.1-2。

表 3.1-2 天然气组分

组分(mol%)	LS17-2	DF13-2	YC13-1	WC9-2/9-3	LS25-1
H ₂ O	***	***	***	***	***
N ₂	***	***	***	***	***
CO ₂	***	***	***	***	***
C ₁	***	***	***	***	***
C ₂	***	***	***	***	***
C ₃	***	***	***	***	***
IC ₄	***	***	***	***	***
NC ₄	***	***	***	***	***
IC ₅	***	***	***	***	***
NC ₅	***	***	***	***	***
NC ₆	***	***	***	***	***
NC ₇	***	***	***	***	***
NC ₈	***	***	***	***	***
NC ₉	***	***	***	***	***
NC ₁₀	***	***	***	***	***

组分(mol%)	LS17-2	DF13-2	YC13-1	WC9-2/9-3	LS25-1
NC ₆₊	***	***	***	***	***

3.1.6 气量数据及管网校核

本项目新建海管投入使用后,根据预测数据,高峰可外输气量为***亿方/年(2032年),崖城-香港管网典型年输送压力见表 3.1-3。根据管网压力计算结果分析,所有计算工况的各节点的压力均未超出管道设计压力。

根据设计文件,本项目新建管道的稳态输气流量约***亿方/年,瞬时最大气流量约***亿方/年。

表 3.1-3 崖城-香港管网典型年输送压力

	气源/用户	2024.03	2024.09	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2035
气源气量	总气量 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	LS17-2 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	崖城平台 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	文昌 9/10 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	宝岛 21-1 (KP200 处接入) (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
用户气量	总用气量 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	香港用气 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	高栏用气 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	深圳总用气 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	注: 深圳调峰气 (亿方/年)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
节点压力	崖城压力 (MPaA)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	陵水压力 (MPaA)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	文昌压力 (MPaA)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	香港压力 (MPaA)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	妈湾压力 (MPaA)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	高栏压力 (MPaA)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

注: ***。

3.1.7 工程投资

本项目建设投资估算总额***万元，主要包括前期研究费、新建海底管道工程费用及弃置费用等。

3.2 项目方案比选

3.2.1 预选路由方案

本项目主要对海底管道路由进行了方案比选，通过分析妈湾电厂至深港边界海域的海洋环境、海洋开发活动以及相关的规划等资料，本项目新建海底管道在设计阶段共确定了两条路由方案，如图 3.2-1 所示。由于路由区航道、锚地、海砂无序开采等威胁管道安全性的海洋开发活动较为密集，为保障海底管道勘察、施工和后期运营的安全，本项目全程采用单定向钻双向对穿方式施工，陆上入土点位于妈湾电厂，海上入土点位于崖城-香港管道水下开孔（非香港海域）附近。

预选路由方案一：采用单定向钻双向对穿施工方案。从妈湾电厂入土点出发，全程定向钻方式施工，全长约 7km。

预选路由方案二：采用双定向钻对接施工方案，两个定向钻通过膨胀弯连接。从妈湾电厂入土点出发，沿南偏西方向延申 3.5km 到达海上对接点，而后向东南方向延申 4km 到达海上入土点，全长约 7.5km。

保密内容，已删除。

图 3.2-1 本项目预选路由示意图

3.2.2 方案比选

通过对预选路由方案海域资源环境条件以及各种利益相关者相关关系等各要素进行详细分析、论证，从施工方式、项目用海的可行性、投资的经济性、自然条件及地质稳定性、用海的协调性等方面进行分析评价，最终得出最优的海底管道路由方案，方案比选见表 3.2-1。

表 3.2-1 海底管道路由方案比选

路由方案	单定向钻方案	双定向钻方案	评价
施工方案	采用单定向钻双向对穿施工方案	采用双定向钻对接施工方案，两个定向钻通过膨胀弯连接。	两方案一致
长度	陆海水平定向钻长度为 7km	陆海定向钻长度 4km 海对海定向钻长度 3.5km	方案一较优
沿线地形条件	路由沿线主体海域地形平坦，一般段水深不超过 3m,仅在航道穿越段水深在 15-18m 之间。		两方案一致
相关利益方	定向钻下穿凯丰码头、西二线香港支线； 深圳机场至香港高速客船推荐航线； 1 处水面以上施工占地。	定向钻下穿西二线香港支线； 深圳机场至香港高速客船推荐航线； 2 处水面以上施工占地。	方案一较优
施工空间需求	妈湾电厂内空间； 崖城-香港管道南侧施工船空间。	妈湾电厂内空间； 锚地西南侧船舶施工空间； 崖城-香港管道南侧施工船空间。	方案一较优
施工机具	陆地钻机+1 座海上定向钻施工平台+带压开孔+膨胀弯施工+膨胀弯回填保护	陆地钻机+2 座海上定向钻施工平台+带压开孔+膨胀弯施工+膨胀弯回填保护+返平段预挖沟/回填保护	方案一较优
施工工期	施工工期长	两个定向钻可同时施工，施工工期短	方案二较优
综合评价	理论上技术可行但风险较高，无实施先例； 施工工期长； 海上占地协调难度相对低； 一处海上施工，环境影响相对小。	风险相对低； 施工工期相对短； 海上占地协调难度相对高； 两处海上施工，环境影响相对大。	方案一较优

经过综合分析，可简单归纳为：

（1）预选路由方案在自然条件、施工难易程度、沉积区稳定性、地质稳定因素等方面较为可行。预选路由所在海域工程环境条件较为适宜，海底地形地貌较为单一，受限制的工程地质条件不明显。

（2）预选路由方案一全程采用定向钻施工，尽可能减少拐点，符合节约和集约用海的原则。

（3）预选路由方案一全长约 7km，比方案二短约 0.5km；同时方案一避开了锚地，比方案二少一个拐点，在其他可行性、自然条件及地质稳定性等条件一致的情况下预选路由方案一更优。

综上所述，通过对路由区的工程地质条件、自然环境条件、海洋开发活动、环境保护、功能区划等的资料收集与分析，同时考虑了用海的节约和集约原则及后期对管道的保护与维护，推荐预选路由方案一作为勘察路由。本项目已完成《南海天然气登陆深圳项目路由选择说明材料（报批稿）》（***，2023 年 07 月），已取得自然资源部南海局海底管道路由调查勘测的函（见附件 2）。

3.3 工程总体开发方案

本项目计划铺设一条由崖城-香港管道水下开孔至深圳妈湾电厂的海底输气管道，在深圳妈湾电厂场内新建首站（另行评价，不包含在本次评价范围内）。新建海管采用定向钻方式施工，位于海床下约***m。项目计划于 2027 年 1 月通气投产，项目海底管道总体平面布局图见图 3.3-1~图 3.3-2，各关键点坐标如表 3.3-1 所示。

本次海底输气管道铺设作业主要施工程序包括预调查和扫海、定向钻施工、围堰施工、水下带压开孔/连接、膨胀弯挖沟及人工回填等，工程动用的施工船舶主要包括浅水铺管船、可座底式挖沟船、多功能水下作业船、支持船、拖轮和驳船等。定向钻作业主要工序包括夯套管、钻导向孔对接、扩孔、管道回拖等，动用的施工设备主要是驳船、钻机等。

表 3.3-1 本项目新建海底输气管道关键点坐标

序号	名称	经度 E	纬度 N
1	陆上入土点	***	***
2	海上入土点	***	***
3	带压开孔点	***	***

表 3.3-2 本项目定向钻穿越的管道参数

管道参数	参数信息详情
穿越轴线	***
穿越深度	***
两侧入土点位置	***
两侧入土角度	***
曲率半径	***
避让间距	***



图 3.3-1 本项目定向钻路由总体走向示意图

保密内容，已删除。

图 3.3-2 本项目海底管道总体平面布局图

3.4 工程组成及施工方案

3.4.1 工程组成

南海天然气登陆深圳项目新建管道采用定向钻穿越方式从海床下直接穿越到深圳妈湾电厂厂区内，主要工程组成包含以下几部分。

(1) 新建 1 条长 7km 从崖城-香港管道接入点至妈湾电厂的干气输送海底管道

根据海管工艺设计参数、环境条件数据、腐蚀裕量，对新建管道进行了承压能力、压溃、扩展屈曲分析和组合应力校核，确定新建管径为***英寸，管道钢材等级选取为***钢，并确定相应壁厚参数。新建输气海底管道结构设计见表 3.4-1，管道设计参数见表 3.4-2，管道截面示意图 3.4-1。

表 3.4-1 本项目输气管道结构设计

新建管道	管长 (km)	结构型式	管道规格	材质
崖城-香港管道接入点至妈湾电厂	7	***	***	***

表 3.4-2 本项目输气管道设计参数

新建管道	输气量 (亿方/年)	管径 (in)	腐蚀裕量 (mm)	设计温度 °C	设计压力 MPa	设计寿命 (年)
崖城-香港管道接入点至妈湾电厂	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 3.4-1 新建输气管道截面示意图

(2) 水下接入点新建带压开孔及收发球装置

本项目新建崖城-香港管道接入点至妈湾电厂输气管道，起点位于崖城-香港管道 KP772.656 位置，以水下三通形式从主管道接出，长度约 7km。新建水下结构设施主要包括：1 套三通、1 套收发球装置。

表 3.4-3 本项目水下结构工程量

水下结构名称	三通基础结构钢材	三通保护罩钢材	发球筒基础结构钢材	发球筒保护罩钢材
水下结构工程量 (t)	***	***	***	***

(3) 临时施工围堰、临时施工平台及支撑架

本项目拟采用锁扣钢管桩支护止水围堰在水下带压开孔处提供干式施工环境，施工船舶机械施打外围单排钢管桩和两道内支撑形成围堰，通过对基坑抽水和适当处理后形成一个安全可靠的干式施工环境，施工完成后拆除围堰。围堰尺寸（40m×35m），围堰面积约为 1400m²。

本项目在沿海上入土点位置往南约 73m 左右设置临时海上施工平台。平台由 6 腿（桩）、甲板、水平撑和斜撑组成；平台尺寸为 50×50m；腿间距为 30×30m。底甲板高度为：10.5m。甲板上配套相应的施工器具和材料存储区域。

海上侧支撑架用于支撑定向钻套管：套管一端插入泥土中，另一端固定在定向钻施工平台的甲板上。海上侧支撑架为钢结构支撑架，包括 2 根桩和焊接在桩身的支撑横梁。在支撑架上安装套管定位装置，防止套管产生位移。

保密内容，已删除。

图 3.4-2 临时围堰及临时施工平台总体布置示意图

（4）陆上入土点临时用地

本项目陆上入土点位于妈湾电厂内部，电厂煤场南侧工艺设备区和压缩机区之间空地，距码头前沿距离约为 174m。本项目陆上入土点夯套管至岩层。临时施工占地面积 1500m²（长 50m、宽 30m），用于建设入土场地。

保密内容，已删除。

图 3.4-3 妈湾电厂入土点位置示意图

（5）防腐工程

1) 海管内防腐

新建海管输送干气，内腐蚀风险较小，采用碳钢加内腐蚀裕量方案，腐蚀裕量按 1.5mm 考虑。

2) 海管外防腐

管道外部采取外防腐涂层与阴极保护相结合的方式。

● 外防腐涂层

本项目新建海底管道采用***涂层。

● 阴极保护

本项目陆海定向钻管道采用外加电流法进行阴极保护，阴极保护站设置在妈湾

电厂陆上入土点附近。牺牲阳极设置在海上入土点附近弯管上，采用手镯型铝合金牺牲阳极，安装于陆海定向钻海上入土点附近的弯管上。在妈湾电厂陆上入土点附近设置阴极保护测试桩，监测阴极保护状态，并作为外加电流输出调节的依据；陆海定向钻穿越管道与崖城至香港主管道直接连接，不设绝缘接头。

● 水下三通及收发球装置防腐

水下三通、收发球装置、水下保护结构外防腐采用防腐层及阴极保护联合措施，防腐层采用浸没级双组分环氧涂层，阴极保护采用铝基牺牲阳极。

3.4.2 施工作业计划

本项目主要施工步骤包括预调查和扫海、海底管道定向钻穿越、膨胀弯施工及保护、围堰带压开孔施工、水下结构安装、妈湾电厂入土点施工等。本项目计划于2025年7月开始海上施工，预计2027年1月投产。海底输气管道铺设动用的施工船舶包括海上定向钻钻机平台、浅水铺管船、多功能水下作业船、支持船、拖轮和驳船等。本项目施工作业时间、作业船舶及人员见表3.4-4。

表 3.4-4 本项目主要施工作业计划

作业内容	施工船舶类型	主要施工机械	施工船舶数量	施工人数	施工天数
预调查和扫海	多功能水下作业船、支持船	相关设备	2	30	20
定向钻施工	海上定向钻钻机平台、浅水铺管船、支持船、辅助起重船	钻机、钻杆、泥浆系统、吊机等	6	80	740
围堰施工	锚系船、开底驳船	打桩机具等	6	70	180
水下带压开孔/连接	多功能水下作业船、支持船	带压开孔设备等	6	70	30
膨胀弯挖沟及人工回填	定位船、运料船、锚系船、开底驳船	挖沟机等	6	30	90
妈湾电厂入土点施工	/	水平定向钻机、泥浆泵、发电机组、挖掘机、吊车、夯管锤、空压机等	/	5	360

注：本项目施工作业计划以具体施工现场情况而定。

3.4.3 施工方案

本项目施工内容主要包含 7km 海底管道定向钻穿越，临时海上施工平台及支撑架搭建，膨胀弯及水下结构施工及保护，围堰及带压开孔施工和妈湾电厂入土点施工。

(1) 海底管道定向钻穿越

海底管道采用单定向钻双向对穿施工方案。主要施工要点如下：

夯套管：海上入土点南侧打桩并搭建平台，在平台上及陆上场地安装钻机，在海上入土点和陆上入土点夯套管至岩层。

钻导向孔对接：两侧钻机同时相向钻进，妈湾电厂入土点钻机配合海上平台钻机进行海上钻导向孔对接施工作业，在距陆上入土点***m处实施导向孔对接。

定向钻扩孔：采用两侧钻机同时正扩***m，对中间剩余部分进行反扩。

管线预制：管道回拖前铺管船在海上入土点就位进行管线焊接。

管线回拖：待完成海上入土点场地的拖拉头与扩孔器连接后，陆上钻机开始回拖，直至定向钻管道回拖结束。

保密内容，已删除。

图 3.4-4 陆-海定向钻穿越纵断面曲线示意图

1) 泥浆：

钻孔内泥浆量包括钻孔内泥浆体积和导向孔钻进阶段、扩孔阶段和回拖阶段的泥浆损耗量总和。本项目采用高性能化学泥浆，降低钻具在泥浆中的扭矩消耗，预计使用泥浆量约 7336m³。

泥浆的循环利用：在定向钻两侧均配置泥浆回收系统，并沿穿越曲线分别打入套管，孔洞里的泥浆通过套管流入平台的泥浆池内，通过泥浆回收系统对泥浆进行处理，达到循环利用的效果。

废泥浆处理：经过多次循环性能不达标的泥浆不能再使用，通过驳船拉运到陆地，交由有资质单位进行处理，避免其对当地的生态环境造成影响。

2) 清管试压

投产前通过收发球装置进行 1 次清管试压工作，陆地发球，在水下收发球装置处接球，排水干燥惰化；因输送气体为干气，运行期间不进行清管作业。

(2) 临时海上施工平台及支撑架

1) 搭建临时施工平台：

导管架和主甲板将采用陆上预制、整体吊装的方式进行安装。在海上指定位置由打桩船施打 6 根平台桩基。由自航驳将在陆上焊接好的导管架和甲板运输至桩基附近，使用起重船吊装导管架和甲板。施工平台主要布置钻机、钻具、挖掘机、泥浆罐、办公区等设施，如图 3.4-7 所示。

2) 搭建海上侧支撑架及夯套管：

支撑架采用打桩船和起重船安装，由自航驳负责运输钢管桩和预制横梁。共安装 3 套支撑架，支撑架间距 20m。套管沿支撑架顺序下放，边安装边焊接，套管在支撑架横梁上朝海床滑行，作业过程中安排 1 艘起重船配合调整套管管头的位置，使其处于支撑架横梁上。当套管在海上入土点位置着泥后，使用***t 夯管锤将套管安装进海床约***m。

保密内容，已删除。

图 3.4-5 临时施工平台立面结构示意图

保密内容，已删除。

图 3.4-6 临时施工平台立面结构示意图

保密内容，已删除。

图 3.4-7 临时施工平台平面布置示意图

3) 临时施工平台拆除：

本项目定向钻施工支持平台和海上侧支撑架为临时结构，在定向钻施工结束后，应及时进行拆除。对于浅海区域的海洋工程结构物，要求切割位置位于泥面以下***m，以保护海洋环境。

本项目定向钻施工支持平台和海上侧支撑架拆除采用外切割方式，需要进行预挖沟施工。临时施工平台预挖沟深度 4m，桩腿直径 1.5m，挖沟底直径约 3m，边坡比 1: 4，顶直径约 12m，预挖沟土方量：679m³，施工工期共约 2 天，每天施工时间按 6 小时计，开挖速度约 380m³/天。支撑架的挖方量及挖沟速度同施工平台。

施工平台上部组块拆除：定向钻施工支持平台上部组块拆除的作业顺序为：首先，将平台上的钻机主机、钻机动力站、泥浆池、折臂吊、控制室等设备进行拆除回收。其次，通过切割设备将上部组块与桩进行分离。分离后的上部组块经吊装转移至运输驳船后，运输到指定的存放位置。

施工平台桩基拆除：桩基础拆除应根据基础的型式和安装方法采用水下外切割的拆除方案。在桩基础拆除前，需清除掉桩内、外的积泥，为切割工具提供作业空间。常用的排泥方法包括吸泥法和气力提升法。桩切割完毕后，通过浮吊将切割下来的桩段转移到运输驳船上，并运输到指定的存放地点。

海床恢复：桩拆除作业完毕后，对平台位置的海床进行恢复，力求将海床恢复到施工以前的状态。

海上侧支撑架拆除：海上侧支撑架的拆除包括以下流程：1、支撑横梁拆除。将

支撑横梁从桩身上切除，并运输至指定存放位置；2、桩基础拆除，同施工平台桩基拆除；3、海床恢复。

（3）膨胀弯及水下结构施工及保护

膨胀弯预挖沟使管道顶部距离海床 3m，人工砂石回填 2m 保护；挖沟长度约 279m，预计挖方量 14229m³，回填量约 10915m³。预挖沟底宽 6m，边坡比 1:4，施工工期约 25 天，每天施工时间按 6 小时计，挖沟速度约 380m³/天。

水下三通及收发球装置预挖沟使连接膨胀弯顶部距离海床 3m，设置球阀、双隔离阀和盲法兰，上部采用钢结构罩保护并碎石回填至海床表面保护，预计挖方量 7557m³，回填量约 7557m³。预挖沟基坑底长 15m，宽 9m，边坡比 1:5，施工工期共约 15 天，每天施工时间按 6 小时计，挖沟速度约 350m³/天。

通过长臂挖泥机在海底预先开出管沟或基坑，再将膨胀弯或水下结构放至管沟或基坑内，预挖沟挖起的泥沙将运往指定倾废区倾倒。回填材料主要是砂石，采用反铲斗法抛填砂石，定位船采用锚泊定位，运料船系靠定位船，由定位船上的挖掘机从运料船上挖掘砂或碎石，挖掘机的长臂慢慢的放入水中，距离底面大概***cm 时抛填。

保密内容，已删除。

图 3.4-8 膨胀弯预挖沟示意图

（4）围堰及带压开孔施工

施工工序：板桩前施工开挖→钢板桩施打→板桩上部对拉螺栓、内部钢桁架及水平撑施工→板桩内回填黏土→围堰范围内抽水→集水坑及排水明渠施工→带压开孔区域管道施工→拆除钢板桩及场地清理。

围堰施工：

拟采用止水性能好的双排板桩回填黏土进行施工围堰，形成干式施工环境，开展带压开孔施工。围堰尺寸（40m×35m），围堰面积约为 1400m²。其中板桩长度初定 23.76m，沉桩深度约 15.0m，开挖土方量：6772.5m³，回填量土方约 3389.4m³，开挖施工工期约 18 天，回填施工工期约 2 天，每天施工时间按 6 小时计，开挖速度均 380m³/天，回填速度均 2000m³/天，回填作业在打好板桩的围堰内进行。采用钓鱼法即方驳吊机组的形式进行钢板桩振沉施工或采用长臂插板桩机上驳的方式进行钢板桩施打。

围堰范围内抽水主要采用水泵把围堰内的水进行外抽，泥沙主要沉降在围堰内，

向围堰外扩散的悬浮物极少。

跨管线围堰施工：

跨线区域先采用旋喷桩进行软基处理，在跨线区域泥面位置铺设两块 ***mm 厚的钢板作为管顶护板，当渗水量较大时外侧可以回粘土。钢板区域内的钢板桩上焊接牛腿作为限位，防止钢板桩在施打 过程中损伤管线。

带压开孔施工：

在不停输状态下采用水平三通开孔的方式，即在主管道（直径***mm）采用三通水平开孔，开孔直径***mm，将三通与支管相连接；设置海管短节，短节设 2 个 ***寸球阀；三通及球阀设置保护装置。

保密内容，已删除。

图 3.4-9 临时围堰布置示意图

围堰拆除：本项目围堰为临时结构，在带压开孔施工结束后，开始拔除锁扣钢管桩和钢板桩，拔桩时，先低功率锤击振动围堰桩，使桩身与土体发生松动之后，再加大振动锤功率，将围堰桩整根拔出。围堰拆除作业完毕后，对围堰位置的海床进行恢复，力求将海床恢复到施工以前的状态。

（5）妈湾电厂入土点

本项目陆上入土点位于妈湾电厂内部，电厂煤场南侧工艺设备区和压缩机区之间空地，距码头前沿距离约为 174m。

本项目陆上入土点涉及施工内容，包括入土场地建设、夯套管、钻孔、扩孔和回拖等，陆上入土点夯套管至岩层。临时施工占地面积 1500m²（长 50m、宽 30m）。

将设置钻机主机、泥浆系统、吊车、挖掘机等，入土点设置泥浆池。妈湾电厂入土点钻机配合海上平台钻机进行海上钻导向孔对接施工作业，待完成海上入土点场地的拖拉头与扩孔器连接后，陆上钻机开始回拖，直至定向钻管道回拖结束。

- 1) 场地建设包含四通一平、测量放线、临建布置、泥浆池砌筑、地锚坑浇筑。
- 2) 夯套管施工。
- 3) 陆上需要操作定向钻机、泥浆系统等设备进行钻孔、扩孔和回拖施工。

保密内容，已删除。

图 3.4-10 妈湾电厂入土点布置示意图

3.5 工程分析

3.5.1 产污环节与污染物分析

3.5.1.1 建设阶段

本项目建设阶段陆上入土点临时施工动用的机械设备包括水平定向钻机、泥浆泵、发电机组、挖掘机、吊车、夯管锤、空压机等。海底输气管道铺设动用的施工船舶包括海上定向钻钻机平台、开底驳船、多功能水下作业船、支持船等。建设阶段的污染物主要为定向钻作业在钻孔、扩孔过程中产生的泥浆和地层岩屑，以及参加作业的船舶和人员产生的生活污水、食品废弃物等生活垃圾，和少量的船舶含油污水、生产垃圾等。

建设阶段的产污环节及污染物种类参见图 3.5-1。



图 3.5-1 建设阶段产污环节与污染物种类

3.5.1.2 运行阶段

本项目在海上运行阶段仅有少量牺牲阳极中的锌释放对周边环境造成局部轻微影响。

3.5.2 污染物源强核算

3.5.2.1 建设阶段

本项目建设阶段产生的污染物主要包括陆上入土点临时施工产生的生产污水、生活污水、生活垃圾、生产垃圾、大气污染物和噪声等；预挖沟、打桩、拔桩及回填等产生的悬浮物，定向钻作业产生的泥浆和地层岩屑，以及作业船舶和作业人员产生的船舶含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等。

(1) 水污染源源强估算

1) 悬浮物

主要包括预挖沟、打桩、拔桩及抛石回填产生的悬浮物。

● 预挖沟悬浮物源强核算

膨胀弯、水下三通及收发球装置施工前需要预先开挖处理。

膨胀弯采用长臂挖泥船进行预挖沟，膨胀弯挖沟长度约 279m，预挖沟土方量约 14229m³，回填量约 10915m³，施工工期约 25 天，每天施工时间按 6 小时计，挖沟速度约 380m³/天。

水下三通及收发球装置采用长臂挖泥船进行预挖沟，预计开挖量约 7557m³，回填量约 7557m³，施工工期约 15 天，每天施工时间按 6 小时计，挖沟速度约 350m³/天。

根据经验公式： $S_Q = Q \times K \times R$

挖泥速率 Q (m³/h) (根据每小时按挖泥抓斗数算出工作速率，约为 63.3m³/h (取膨胀弯、水下三通及收发球装置中的最大挖沟速度 380m³/天)，泥水比按 2:3 计)； R 为泥沙密度，根据目前的试验数据，0~18m 淤泥层的干密度平均值为 0.93g/cm³；悬浮泥沙发生量 K 一般为抓泥量的 3~5%，本项目取 5%。

预挖沟源强：

$$63.3\text{m}^3/\text{h} \times 2/3 \times 0.05 \times 930\text{kg}/\text{m}^3 / 3600 = 0.55\text{kg}/\text{s}$$

悬浮物产生量：

$$= 14229\text{m}^3 \times 5\% \times 930\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-3} + 7557\text{m}^3 \times 5\% \times 930\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-3} = 1013.5\text{t}$$

● 围堰板桩前开挖悬浮物源强核算

围堰板桩施工前需要进行开挖处理。采用长臂挖泥船进行开挖，预计开挖量约 6772.5m³，施工工期约 18 天，每天施工时间按 6 小时计，挖沟速度约 380m³/天。

根据经验公式： $S_Q = Q \times K \times R$

挖泥速率 Q (m^3/h) (根据每小时按挖泥抓斗数算出工作速率, 约为 $63.3\text{m}^3/\text{h}$, 泥水比按 2:3 计); R 为泥沙密度, 根据目前的试验数据, 0~18m 淤泥层的干密度平均为 $0.93\text{g}/\text{cm}^3$; 悬浮泥沙发生量 K 一般为抓泥量的 3~5%, 本项目取 5%。

开挖源强:

$$=63.3\text{m}^3/\text{h} \times 2/3 \times 0.05 \times 930\text{kg}/\text{m}^3 / 3600 = 0.55\text{kg}/\text{s}$$

悬浮物产生量:

$$=6772.5\text{m}^3 \times 5\% \times 930\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-3} = 314.9\text{t}$$

● 打桩悬浮物源强核算

本项目需要在崖城-香港管道接入点临时搭建围堰、施工平台及支撑架。临时围堰及施工平台采用桩板, 打桩速度约 $0.625\text{m}/\text{min}$, 临时围堰双排一共 467 根钢板桩 (每个桩板宽约 0.642m , 厚度 20mm , 入泥深度 15m), 临时施工平台一共 6 个桩腿 (直径 1.5m , 入泥深度 45m), 支撑架一共 6 个桩腿 (直径 0.8128m , 入泥深度 40m)。

根据经验公式:

$$S_Q = Q \times K \times R \times \rho$$

式中:

S_Q : 为打桩作业悬浮物发生量 (kg/s), 其中临时围堰为 S_{Q1} 、临时施工平台为 S_{Q2} 、支撑架为 S_{Q3} ;

Q : 为扰动土方量, m^3/s , 其中临时围堰为 Q_1 、临时施工平台为 Q_2 、支撑架为 Q_3 , 桩截面积 (临时围堰桩板: $0.642\text{m} \times 0.02\text{m}$ 、临时施工平台桩腿: 直径 1.5m 、支撑架桩腿: 直径 0.8128m)、打桩速度约 $0.625\text{m}/\text{min}$, 打桩

$$Q_1 = 0.625 \times 0.642 \times 0.02 / 60 = 0.0001\text{m}^3/\text{s}, Q_2 = 0.625 \times (1.5/2) \times (1.5/2) \times \pi / 60 = 0.0184\text{m}^3/\text{s},$$

$$Q_3 = 0.625 \times (0.8128/2) \times (0.8128/2) \times \pi / 60 = 0.0054\text{m}^3/\text{s};$$

K : 为小于 0.063mm 的泥沙量, 根据目前的试验数据, 本次路由区域砂土层的小于 0.075mm 粒径含量为 5.6~38.9%, 平均含量为 18.75%。

R : 为泥沙起悬比, 底泥起浮比取 5%。

ρ : 为泥沙密度, 根据目前的试验数据, 0~18m 淤泥层的干密度平均值为 $0.93\text{g}/\text{cm}^3$, 0~40m 土层的干密度平均值最大为 $1.82\text{g}/\text{cm}^3$ 。

计算得, 本项目单根打桩作业悬浮物产生速率:

$$S_{Q1} = 0.0001 \times 18.75\% \times 5\% \times 930 = 0.0009\text{kg}/\text{s}$$

$$S_{Q2}=0.0184 \times 18.75\% \times 5\% \times 1820 = 0.3140 \text{ kg/s}$$

$$S_{Q3}=0.0054 \times 18.75\% \times 5\% \times 1820 = 0.0921 \text{ kg/s}$$

打桩悬浮物产生量

$$\begin{aligned} &= 2 \times 0.642 \text{ m} \times 0.02 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 467 \times 18.75\% \times 930 \text{ kg/m}^3 \times 5\% \times 10^{-3} + 2 \times (1.5 \text{ m}/2)^2 \times \pi \times 45 \text{ m} \times 6 \\ &\times 18.75\% \times 1820 \text{ kg/m}^3 \times 5\% \times 10^{-3} + 2 \times (0.8128 \text{ m}/2)^2 \times \pi \times 40 \text{ m} \times 6 \times 18.75\% \times 930 \text{ kg/m}^3 \times 5\% \times 10^{-3} \\ &= 22.1 \text{ t} \end{aligned}$$

根据施工方案，本项目临时围堰最多同时 2 根桩基打桩，单根打桩施工悬浮物最大发生量为 0.3140kg/s。

● 拔桩悬浮物源强核算

本项目围堰采用板桩拔桩拆除。

根据经验公式：

$$S_Q = \frac{(a + b) \times 2 \times h \times \varphi \times \rho}{t}$$

S_Q ：为拔桩作业悬浮物发生量（kg/s），临时围堰为 S_{Q4} ；a 为桩板长，0.642m；b 为桩板宽，0.02m；h 为钢管桩泥下深度，15m； φ 为钢管桩外壁附着泥层厚度，0.03m； ρ 为附着泥层密度，930kg/m³；t 为拔桩时间，打桩速度约 0.625m/min。故单根拔桩源强为：

$$S_{Q4} = (0.642 + 0.02) \times 2 \times 15 \times 0.03 \times 930 / (15 / 0.625 \times 60) = 0.3848 \text{ kg/s}$$

拔桩悬浮物产生量

$$= 0.642 \text{ m} \times 0.02 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 467 \times 18.75\% \times 930 \text{ kg/m}^3 \times 3\% \times 10^{-3} = 0.5 \text{ t}$$

根据施工方案，本项目临时围堰最多同时 2 根桩基拔桩，单根板桩拔桩施工悬浮物最大发生量为 0.3848kg/s。

● 管桩切割前挖沟悬浮物源强核算

本项目临时施工平台和支撑架管桩拆除前需要进行开挖处理。采用长臂挖泥船进行开挖，预计开挖量约 679m³，施工工期约 2 天，每天施工时间按 6 小时计，挖沟速度约 380m³/天。支撑架的挖方量及挖沟速度同施工平台。

根据经验公式：

$$S_Q = Q \times K \times R$$

挖泥速率 Q（m³/h）（根据每小时按挖泥抓斗数算出工作速率，约为 63.3m³/h，泥水比按 2:3 计）；R 为泥沙密度，根据目前的试验数据，0~18m 淤泥层的干密度平均值为 0.93g/cm³；悬浮泥沙发生量 K 一般为抓泥量的 3~5%，本项目取 5%。

管桩切割前挖沟源强:

$$63.3\text{m}^3/\text{h} \times 2/3 \times 0.05 \times 930\text{kg}/\text{m}^3 / 3600 = 0.5478\text{kg}/\text{s}$$

悬浮物产生量:

$$= 2 \times 679\text{m}^3 \times 5\% \times 930\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-3} = 63.2\text{t}$$

● 抛石回填施工悬浮物源强核算

为防止膨胀弯、水下三通及收发球装置挖沟区域出现风险,采用抛石回填的方式对膨胀弯、水下三通及收发球装置进行保护。膨胀弯抛石量按 7557m^3 预估,抛石回填的施工总时长约为 4 天,每天作业时间按 6 小时考虑,最大作业效率约为 $2000\text{m}^3/\text{d}$ 。水下三通及收发球装置抛石量按 10915m^3 预估,抛石回填的施工总时长约为 10 天,每天作业时间按 6 小时考虑,最大作业效率约为 $2000\text{m}^3/\text{d}$ 。

抛石理论不含泥,最大含泥量按 5% 计,该部分泥土进入海水后形成悬浮泥沙的比率按 20% 计算(其余 80% 很快沉降),泥土密度取 $930\text{kg}/\text{m}^3$ 。则抛石过程中产生的入海悬浮泥沙量约 $0.86\text{kg}/\text{s}$ 。

悬浮物产生量

$$= 7557\text{m}^3 \times 5\% \times 20\% \times 930\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-3} + 10915\text{m}^3 \times 5\% \times 20\% \times 930\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-3} = 171.8\text{t}$$

2) 船舶水污染物

● 船舶含油污水

根据统计资料,大型施工船舶含油污水产生量通常在 $(0.3 \sim 0.5)\text{m}^3/(\text{船} \cdot \text{日})$,小型施工船舶含油污水产生量通常在 $(3 \sim 5)\text{m}^3/(\text{船} \cdot \text{月})$ 。本项目海管铺设作业采用的浅水铺管船等大型施工船舶含油污水产生量按 $0.5\text{m}^3/(\text{船} \cdot \text{日})$ 估算,拖轮、支持船、驳船等小型施工船舶含油污水产生量按 $5\text{m}^3/(\text{船} \cdot \text{月})$ 估算,则海管铺设阶段船舶含油污水产生量约 1793.3m^3 。

● 船舶生活污水

海管铺设阶段生活污水平均每人每天按 0.35m^3 计算,估算海管海上铺设阶段产生的生活污水总计约为 24325m^3 。

3) 海底管道试压及清洗废水

在项目正式投用前需进行管道试压、清洗,会产生管道试压及清洗废水。根据设计,本项目试压介质为无腐蚀性淡水。清管水量约为 4254m^3 。由于此时管道还未投用,较为清洁,其污染物主要为少量铁锈、泥沙、悬浮物等,全部排海。

4) 陆上入土点施工

● 生活污水

本项目陆上入土点临时施工期间施工人员约 5 人，时间约 360 天。本项目不设施工营地，用水标准按 60L/人·d 计，生活污水折污系数取 0.89，则施工人员生活污水产生量约 0.27m³/d，共 97.2m³。生活污水依托妈湾电厂现有污水收集处理设施处理，排入妈湾电厂生活污水管网，最终排入市政污水管网。

● 生产废水

施工机械、设备等维修过程及施工场地冲洗会产生少量含油污水，主要污染物为石油类。少量生产废水与泥浆混合后，施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到当地环保部门指定的填埋场，均不外排。

(2) 大气污染源源强估算

本项目施工期对大气环境产生影响的主要有物料运输、装卸等过程中产生的扬尘以及施工机械、设备、车辆、船舶产生的尾气。施工过程中上述大气污染物产生量不大，且影响范围有限、污染时间较短，施工中断或停止，污染随之消失，故在后面的评价中不进行定量评价。

1) 扬尘

本项目施工过程中的扬尘主要产生于少量物料运输、装卸过程，扬尘产生量较小，在采取洒水降尘、对运输车辆及裸露的场地进行覆盖、道路硬化、加强管理等措施后，产生的扬尘对周边大气环境产生的影响较小。

2) 施工机械、车辆、船舶等尾气

各施工机械、车辆、船舶等以柴油、汽油为燃料，施工过程中会产生一定量的燃油废气，主要污染物为 NO_x、SO₂、颗粒物、CO 等。根据交通运输部《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），本项目位于沿海控制区，船舶应使用硫含量不大于 0.5%_{m/m} 的船用燃油；生态环境部、工业和信息化部、海关总署《关于实施重型柴油车国六排放标准有关事宜的公告》（公告 2021 年 第 14 号），自 2021 年 7 月 1 日起，全国范围全面实施重型柴油车国六排放标准。本项目距离环境敏感点较远，在加强施工管理，确保燃料符合国家和广东省规定的质量标准、排放标准，施工机械、车辆废气对周边大气环境产生的影响较小，且随着施工结束、影响随之消失。

(3) 噪声污染源源强估算

本项目按常规施工方法，施工期对声环境的影响主要是施工机械、设备、车辆、

船舶噪声，主要噪声源强在 85~105dB(A)之间，具体见下表。

表 3.5-1 施工期主要噪声源及源强一览表

序号	噪声源	最大声级 dB(A)	测点与声源距离(m)	数量	降噪方式
1	水平定向钻机	95	1	若干	选用低噪声的施工设备，合理安排施工时间、加强维护保养等
2	泥浆泵	85	1	若干	
3	发电机组	90	1	若干	
5	挖掘机	90	1	若干	
6	吊车	95	1	若干	
7	夯管锤	95	1	若干	
8	空压机	95	1	若干	
9	打桩船	95	1	若干	
10	各种车辆	95~105	1	若干	

(3) 固体废物源强估算

1) 海底管道铺设作业

● 泥浆

根据穿越长度、管径及地质情况，本项目定向钻预估需使用泥浆量约 7336m³，使用的泥浆全部回收处理后循环利用。

本项目计划在定向钻两侧均配置泥浆回收系统，并沿穿越曲线分别打入套管，孔洞里的泥浆通过套管流入平台的泥浆池内，通过泥浆回收系统对泥浆进行处理，达到循环利用的效果。经过多次循环性能不达标的泥浆不能再使用，通过驳船拉运到陆地，施工完毕后剩余泥浆运回陆上交由有资质单位进行处理。

● 地层岩屑

在定向钻钻进及扩孔时将带出少量地层岩屑。钻进时地层岩屑的产生量主要取决于钻孔长度和尺寸，本次定向钻铺设共长约 7km，考虑 10%的钻孔余量，可估算本项目定向钻钻进所产生的地层岩屑总量约为 1957m³（堆体积）。钻孔完成后，将利用扩孔器进行扩孔，扩孔带出的地层岩屑约 3568m³（堆体积）。共产生地层岩屑约 5525m³（堆体积）。

定向钻施工中产生的岩屑随泥浆返输回驳船或陆上入土点附近的沉浆池，陆上部分将在施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位进行处理。

● 弃土弃渣

根据前述膨胀弯、临时围堰及施工平台等挖填方数据，本项目挖泥土方量约 29916.5m³，回填量约 23219.4m³，回填土方全部采用外购方式，故本项目预计产生

弃土约 29916.5m³，抛泥船为平板驳船，按照《海洋倾倒物质评价规范 疏浚物》（GB 30980-2014）相关要求，经理化检验确定类别与处置方式后，经有关部门许可后，外抛至指定的抛泥区进行倾倒。

2) 船舶污染物

● 生活垃圾

施工船舶产生的生活垃圾主要是食品废弃物和食品包装物等。生活垃圾按 1.5kg/(人·日) 计算，其中食品废弃物按 1kg/(人·日) 计算；其它生活垃圾按 0.5kg/(人·日) 计算。由此估算出本项目海管铺设阶段共产生生活垃圾约 104.3t。

● 生产垃圾

施工船舶产生的生产垃圾主要包括废弃的零件和包装材料等，根据统计资料，大型施工船舶生产垃圾产生量通常在 5t/a，小型施工船舶生产垃圾产生量通常在 0.5t/a。据此估算，本项目海管铺设阶段共产生生产垃圾约 40.52t。

3) 陆上入土点施工

● 生活垃圾

生活垃圾产生量按照每人 1.5kg/d 计算，本项目施工期间施工人员约 5 人，时间约 360 天。产生施工高峰期生活垃圾最大量约 7.5kg/d，共产生生活垃圾约 2.7t。陆上入土点临时施工处配备垃圾桶或垃圾箱，生活垃圾经收集后送环卫部门统一处理。

● 生产垃圾

在施工阶段，将产生一些固体废弃物，如开挖的渣土、废弃的零件、边角料、包装材料、含油固废等。施工现场设置垃圾箱/袋，及时将产生的生产垃圾分类收集存放，分别投放到指定的垃圾处理场所，渣土外运至指定的渣土消纳场，可回收的进行回收处理。施工机械维修、保养期间产生的废机油，属于危险废物，定期委托有资质的单位处理。

(4) 建设阶段污染源强汇总

建设阶段各种污染物汇总见下表。

表 3.5-2 本项目建设阶段污染物汇总

污染物		产生量	主要污染因子	排放/处理方式
水下构筑物施工	预挖沟 (t)	1013.5	悬浮物	严格按照施工方案施工，加强管理
	围堰板桩前挖沟 (t)	314.9		
	围堰打桩 (t)	22.1		

污染物		产生量	主要污染因子	排放/处理方式
	围堰拔桩（t）	0.5		
	管桩切割前挖沟（t）	63.2		
	抛石回填（t）	171.8		
管道试压及清洗废水（m³）		4254	少量铁锈、泥沙、悬浮物等	全部排海
船舶含油污水（m³）		1793.3	石油类	处理达标后，在船舶航行中排放
陆上施工生产污水		少量	石油类	少量生产废水与泥浆混合后，施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位处理，均不外排
定向钻泥浆（m³）		7336	悬浮物	海上部分用驳船运回陆地，与陆上部分一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位进行处理，均不外排
地层岩屑（m³）		5525	悬浮物	
生活污水（m³）	船舶	24325	COD 等	处理达标后排放，严格执行船舶水污染物排放控制标准
	陆上入土点	97.2	COD 等	生活污水依托妈湾电厂现有污水收集处理设施处理，排入妈湾电厂生活污水管网，最终排入市政污水管网
生活垃圾（t）	船舶	104.3	食品废弃物、食品包装等	食品废弃物在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎至直径不大于 25mm 后排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可排放。食品包装物等运回陆地处理
	陆上入土点	2.7	食品废弃物、食品包装等	陆上入土点临时施工处配备垃圾桶或垃圾箱，生活垃圾经收集后送环卫部门统一处理
生产垃圾（t）	船舶	40.52	废旧器件、油棉纱等	运回陆地处理
	陆上入土点	少量	开挖渣土、废弃的零件、废机油等	分类收集存放，渣土外运至指定的渣土消纳场，废机油等危险废物定期委托有资质的单位处理
	海上预挖沟（m³）	29916.5	弃土弃渣	通过驳船运送到指定的抛泥区进行倾倒
大气	扬尘	少量	TSP	加强管理、洒水降尘
	尾气	少量	NOx	燃料符合标准要求加强管理
		少量	SO ₂	
		少量	颗粒物	
		少量	CO	
噪声（dB(A)）		85~105	施工机械、设备、车辆、船舶噪声	选用低噪声的施工设备，合理安排施工时间、加强维护保养等

3.5.2.2 运行阶段

本项目在运行阶段仅有少量牺牲阳极中的锌释放对周边环境造成局部轻微影响。本项目采用铝基牺牲阳极，其中锌的质量含量为 2.5%~5.75%（保守考虑取 5.75%）。锌在发生原电池反应后，将以锌离子形态释放到海底沉积物环境中，使管道周围沉积物环境中锌含量略有增加。

本项目海底管道采用强制电流法进行阴极保护，阴极保护站设置在管道入土点区域。仅在水下三通和收发球装置处设置阳极块，阳极块总净重约为***t，设计寿命***年。锌离子向环境释放的影响不会相互叠加。经核算阳极块每年释放到沉积物中锌量最大约为***kg/a，详见下表。

表 3.5-3 牺牲阳极用量及释放到环境中的锌含量

名称	设计寿命	阳极块总净重	锌含量	阳极锌含量	阳极锌年释放量
水下三通和收发球	***	***	***	***	***

4 区域环境概况

4.1 自然环境概况

自然环境概况资料引自***。

4.1.1 气候概况

本项目位于深圳市南山区南部海域，处于亚热带季风气候区，冬季受东北季风影响，盛行东北风，夏季受东南季风影响，盛行东南风；冬无严寒，夏无酷暑，降水量和热量丰沛，但季节分布不均，干湿季分明。

根据路由所处海域，利用***2018年1月至2019年12月的气象资料对路由海域的气象特征进行分析。海洋站与本项目位置关系见下图。

保密内容，已删除。

图 4.1-1 海洋站与本项目位置关系图

4.1.1.1 气温

根据***每日4次的气温数据及当日最高和当日最低数据进行统计，得到路由海域附近各月的最高、最低和平均气温状况，如下表所示。

表 4.1-1 ***各月最高、最低和平均气温（2018~2019年） 单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最高	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最低	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均	17.0	18.1	21.0	24.1	26.9	29.0	29.7	29.4	29.1	26.6	23.5	19.1	24.5

路由区年平均气温为24.5℃，年最高气温达36.8℃，出现在8月，年最低气温为5.8℃，出现在2月。5~10月是路由区较热的月份，月平均气温均高于26.0℃；1月是路由区最冷的月份，月平均气温为16.8℃。气温的年较差，即最热月与最冷月平均气温的差值，为12.7℃。3~6月气温持续上升，每月升温接近3℃；8月以后气温逐月下降，以10~12月降幅最大，最大降幅达到4.4℃。

4.1.1.2 降水

路由海域受海洋暖湿气流影响，具有相对充足的水汽来源和水汽输送条件，降水主要来自于季风、热带气旋和热带辐合等多种系统形成的降水条件，年降水量较

丰富。根据***2018~2019年的日降水资料统计，路由海域各月均有降水，年平均降水量为1693.7mm。

降水量的季节变化非常明显，夏季降水量多，冬季降水量少。每年5月~9月为雨季，多年月平均降水量为239.0mm，集中了全年85%的降水量，其中8月降水量最大，为426.9mm。10月至翌年3月为旱季，降水量仅占全年的15%，12月降水量最少，仅为9.6mm。

年平均降水日数为117天，每年5月~9月降水日均超过10天，其中8月降水日最多，为21天，7月次之，为17天，10月至翌年2月降水日较少，其中11月降水日最少，为3天。

表 4.1-2 ***2018~2019 年各月降水量统计

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
降水量 (mm)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
降水日 (d)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

4.1.1.3 风况

根据路由海域附近***2018年1月~2019年12月逐时风资料进行统计分析，路由海域***年平均风速为3.4m/s，年最多风向为E。各月平均风速中，7月平均风速最大，平均值为4.8m/s，12月最小，为2.7m/s。

全年最大风速为28.5m/s，出现在9月，全年风速极大值为40.6m/s。根据横澜岛自动气象站多年的风观测资料统计，该海域历年最大风速为65.0m/s，出现在1999年9月16日，受“约克”台风影响；次大风速为58.1m/s，出现在1968年8月21日，受“雪丽”台风影响。

表 4.1-3 ***各月风速、风向统计特征 (m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均风速	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最大风速	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
极大风速	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最多风向	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

表 4.1-4 ***各级各向风频率分布 (m/s)

风级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
1 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
2 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

风级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
3 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
4 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
5 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
6 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
7 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
8 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
9 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
10 级	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
各级频率	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均风速	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最大风速	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 4.1-2 *** 2018~2019 年累年风速风向玫瑰图

路由海域全年风向以 E-ENE 和 SW 方向为主，分别占风向频率的 24.4%、10.4% 和 10.8%，主风向为 E 向。6 月~7 月，路由海域附近主风向为 SW 向。

4.1.2 水文条件

4.1.2.1 潮汐

根据***2018~2019 年的潮位资料统计，潮汐特征值见下表。

表 4.1-5 ***2018~2019 年潮汐特征统计 (cm)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均潮位	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均高潮位	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均低潮位	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最高潮位	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最低潮位	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均潮差	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最大潮差	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
涨潮历时 (小时)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
落潮历时 (小时)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

此海区的潮汐是由南海潮汐波系统在珠江口复杂的海岸轮廓和海底地形影响下形成的，主要特征是既受天文潮所制约，又具有河口潮汐的特点。据调和常数计算得到，***的潮汐判别数 F 为 1.2，说明本海区的潮汐类型为不正规半日潮，即在一

个太阳日内有两次高潮和两次低潮，而且相邻的高潮或低潮的潮位和潮时不相等。

根据***2018-2019年2年间月最高、最低水位统计可知，月最高潮位出现在9月份，为3.15m，最低潮位为-1.08m，出现在5月份，多年平均潮位为0.53m。一月至四月平均潮位小幅度下降，之后缓慢升高，六月、七月份和八月份能潮位持平，9月出现全年最高值，之后又逐渐下降。这与整个南海区多年海平面的季节变化趋势一致。

4.1.2.2 波浪

由于波浪观测资料限制，根据***2017年1~12月每日4次的波浪资料，从波型、波向、波高和周期几个方面对路由海域的波浪特征进行统计分析。

实测波浪的波型可分为风浪F、风浪为主的混合浪F/U、涌浪U、涌浪为主的混合浪U/F和混合浪FU。根据波浪类型的年出现频率，路由区波浪是以涌浪为主的混合浪，其出现频率为96.4%，混合浪出现频率为3.2%，以风浪为主的混合浪出现频率为0.3%。

下为***波浪玫瑰图。由图可以看到：对于涌浪而言，其主波向为SE向，年出现频率为46.4%；对于风浪而言，其主波向为ESE向，其年出现频率为19.7%，此外，N向、E向和SE向的年出现频率亦可达到16.5%、17.8%和17.9%。

路由海域波高、周期等信息如下表所示。结果显示：该海域的1/10大波波高在1.2m~1.5m之间，年平均值为1.4m。受台风影响，观测期间于2017年8月23日出现最大波高为4.5m的混合浪，波向为SSE向。各月的波浪平均周期在4.9s~5.4s之间，年平均值为5.3s。

保密内容，已删除。

图 4.1-3 ***波浪玫瑰图

表 4.1-6 ***2018~2019 年潮汐特征统计 (cm)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最大波高 (m)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
1/10 大波波高 (m)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均周期 (s)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

4.1.2.3 海流

海洋中由各种因素引起的海水运动称之为海流。通常又将海流分为由天体引潮力引起的潮流和由水文、气象等非天文因素引起的非潮流，它们在海洋中所占的成

分因地因时而异。一般来说，大洋中的海流以非潮流为主，而我国近海的海流以潮流为主。海流是塑造海底地形演变的主要外动力之一，它对海洋工程基础设施影响较大。

***于 2019 年 4 月 21 日~22 日在路由附近海域进行了表、中、底三层海流大潮期观测。

保密内容，已删除。

图 4.1-4 表层海流平面分布玫瑰图

保密内容，已删除。

图 4.1-5 0.6H 层海流平面分布玫瑰图

保密内容，已删除。

图 4.1-6 底层海流平面分布玫瑰图

保密内容，已删除。

图 4.1-7 C1 站海流过程矢量图

保密内容，已删除。

图 4.1-8 C2 站海流过程矢量图

保密内容，已删除。

图 4.1-9 C3 站海流过程矢量图

保密内容，已删除。

图 4.1-10 C4 站海流过程矢量图

保密内容，已删除。

图 4.1-11 C5 站海流过程矢量图

海流的流态来看，各站各层涨落潮特征明显，海流具有往复流特征。从表层到底层，各站各层海流形态较为相似，涨潮海流方向范围为 NW~NE，落潮海流方向范围为 SW~SE，底层流向范围比表层流向范围向两侧有所扩大。北侧 C1 站表现出明显的南北向往复流特征。南侧 C5 站位于内伶仃岛东边，海流流向也表现出与内伶仃岛平行，为流向 NW 和 SE 的往复流。中部 C2、C3、C4 站位于矾石浅滩上，往复流特征不如 C1 和 C5 站明显。各站实测海流呈现不正规半日潮流特征。各站的涨潮期流速和落潮期流速相近。各站涨、落潮流的主流向上，对称性强，涨、落潮流向几乎呈一直线，其流态呈现往复流运动形式的基本属性。各站各层涨落潮特征明显。大潮观测期间的主要风向为 SE~SW，各站各层海流为明显的涨落潮流，由此可见，

观测海区的海流主要受潮流的影响。

从流速来看，大潮期海流流速较大，各站的落潮期流速大于涨潮期流速。***。

本海区内最大可能潮流流速和对应的流向受地形影响，理论最大可能潮流流速的最大值出现在***。

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之外，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。调查海区余流介于 4.2cm/s～35.4cm/s。大潮期各站的余流最大值为 35.4cm/s，出现在 C4 站表层。各站各层底层余流流速比其余各层流速小。这是由于底摩擦耗能的结果，近海海底余流一般要小于表层。受潮流和径流的影响，各站表层余流方向基本上是 S~SE。

保密内容，已删除。

图 4.1-12 余流平面分布图

表 4.1-7 余流流速及流向

测站	测层	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	表层	***	***
	0.6H	***	***
	底层	***	***
C2	表层	***	***
	0.6H	***	***
	底层	***	***
C3	表层	***	***
	0.6H	***	***
	底层	***	***
C4	表层	***	***
	0.6H	***	***
	底层	***	***
C5	表层	***	***
	0.6H	***	***
	底层	***	***

4.1.2.4 海水温度、盐度

根据***2018 年 1 月~2018 年 12 月的逐时海表温度数据进行统计分析，结果如下表所示。路由海域位于亚热带，表层海水温度较高，全年平均值为 24.6℃，观测期间的最高温度为 31.4℃，出现在 7 月，而最低温度为 14.1℃，出现在 2 月。

表 4.1-8 ***2018 年各月表层海水温度

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最大值 (°C)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值 (°C)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

平均值 (°C)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

根据***2018年1月~2018年12月的逐时海表盐度数据进行统计分析,结果如下表所示。***盐度受到入海径流的影响,季节差异明显。冬季,降水以及入海径流减少,盐度较高,平均为29.7~31.6;夏季,降水以及入海径流增大,盐度较低,平均为17.2~21.3;年平均盐度为25.2。观测期间的最大盐度为34.1,出现在10月,而最小盐度为7.4,出现在7月。

表 4.1-9 ***2018 年各月表层海水盐度

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最大值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

4.1.3 主要自然灾害

4.1.3.1 热带气旋

对路由区域影响最大的灾害性天气为热带气旋。据统计,在1976年~2018年的43年间,对路由附近海域造成10级以上重大影响的热带气旋共有151个,按国际惯例划分,其中台风93个,强热带风暴58个。在这些热带气旋中,大部分来自西北太平洋,其余源自南海。据统计,43年中,影响路由附近海域的热带气旋最早发生在5月17日(0601chanchu),最晚在10月13日(8314joe)。43年中,7、8、9三个月影响工程海域的热带气旋最多,占83.78%。在这43年中,产生严重影响的热带气旋集中发生在1993年,有4个达到台风强度并严重影响路由海域,其中9302是强台风,近中心附近最大风速可达60m/s。2008年也有4个热带气旋影响了工程海域。直接登陆珠江口海域且造成12级特大影响的有8309、8903、8908、9108、9316、0313、1713。其中,1713号强台风生成于西北太平洋,经巴士海峡进入南海,并最终登陆广东,实测最大风速为48m/s。

4.1.3.2 地震

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2010),深圳地区的地震动峰值加速度为0.1g。路由预选区位于滨海、河源、阳江三个地震带的过渡地段,地震强度不高。珠江口外潜在震源区包括担杆列岛、万山群岛、高栏列岛和川岛群岛。该区与南澎潜在震源区有相似的构造背景,新构造运动强烈,发育有NEE向滨海强活动断裂带,NE向海丰、深圳,NW向西江、沙角、广海等弱活动断裂与之交汇,构造上

位于珠江口盆地断陷区与华南大陆断隆区的分界处,断块差异升降运动显著。地震活动的时空分布存在自东而西,又由西而东的多次往返。本区的地震震源深度较浅,一般仅有 5km~10km,地震强度一般不高,但烈度达到Ⅶ度。

管线路由区域位于南海北部滨海地震带,这是华南沿海一条较强的地震活动带,分布在沿海岛链的外侧,位于水深 30~50m 以浅的地区。据不完全统计,南海北部沿海自 1067 年以来,4^{3/4} 级以上的地震发生了百余次,其中 8.0 级以上 1 次,7^{3/4} 级两次,6^{3/4} 级~7.0 级 6 次,6.0 级~6^{1/2} 级 12 次,5^{1/2} 级~5^{3/4} 级 14 次,4^{3/4} 级~5^{1/4} 级 65 次。广东省地震局在综合研究了南海区海陆地震资料后指出,担杆岛南面海域是发生地震的危险区,预测震中烈度可达 10 度,影响香港、深圳、大亚湾的烈度可达Ⅶ度。深圳属于该地震带的外带,与深圳关系较密切的西江地震构造带和莲花山地震构造带对深圳范围内产生破坏性地震或强震的可能性不大;即使外围发生强震,预计对深圳产生的影响一般不会高于Ⅵ度。根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2010),深圳地区的地震动峰值加速度为 0.1g,震源深度一般较浅,大多为 5-10km,地震强度一般不高。建议下一阶段对场地进行地震安全性评价专题研究工作,最终的场地抗震设防参数以场地的地震安全性评价报告为准。

根据国家地震台网数据,从 1970 年 1 月 4 日至今,路由预选区 30km 范围内无地震记录,区域范围内(小于 100km)近期记录地震以中小震为主,地震震级小于 5 级。

4.1.4 地质概况

4.1.4.1 路由区域地质背景

路由预选区地处南海地块与华南地块的北东东向拼接线上,属南海北部地壳的不稳定区,位于华南褶皱系的中部-珠江三角洲断陷区。北界为高要-惠来深断裂带,南界为珠外拗陷北缘隆断带,北西以北东向的紫金-博罗大断裂为界,东南为莲花山断裂带的东断裂束。区内地质构造复杂,岩浆活动频繁,构造形变以断裂构造为主。

路由区地处南海地块与华南地块的北东东向拼接线上,属南海北部地壳的不稳定区。位于华南褶皱系的中部-珠江三角洲断陷区。北界为高要-惠来深断裂带,南界为珠外拗陷北缘隆断带,北西以北东向的紫金-博罗大断裂为界,东南为莲花山断裂带的东断裂束。区内地质构造复杂,岩浆活动频繁,构造形变以断裂构造为主。

伶仃洋及其周围岩浆活动十分活跃,尤其是燕山运动构成了典型的具花岗结构

或斑状结构的岭南花岗岩系。岩浆活动多沿断裂带发生，在几组断裂的复合、交会上最为剧烈。本区的下伏基岩多由花岗岩组成，浅埋出露或深潜深藏，构成了不同程度的风化岩带。

项目所在区域构造以断裂为主，可分为北北东-北东、北东东、北西等不同方向的区域性断裂构造，其中距离项目区较近的区域性断裂主要有：（1）莲花山断裂带 F6、（2）虎门-东博寮海峡断裂 F11、（3）狮子洋断裂 F12、（4）白坭-沙湾断裂 F13、（5）淇澳-桂山岛东断裂 F14。

保密内容，已删除。

图 4.1-13 区域地质构造图

表 4.1-10 区域断裂特征表

断裂名称	编号	走向	区内长度 (km)	最新活动时间	最新活动性质	备注
四会-吴川断裂	***	***	***	***	***	
从化-阳江断裂	***	***	***	***	***	
邵武-河源断裂	***	***	***	***	***	
紫金-博罗断裂	***	***	***	***	***	
翠亨-田头断裂	***	***	***	***	***	
莲花山断裂	***	***	***	***	***	
潮州-汕尾断裂	***	***	***	***	***	
滨海断裂带	***	***	***	***	***	
珠江口断裂带	***	***	***	***	***	
高要-惠来断裂带	***	***	***	***	***	
虎门-东博寮海峡断裂	***	***	***	***	***	
狮子洋断裂	***	***	***	***	***	
白坭-沙湾断裂	***	***	***	***	***	
淇澳-桂山岛断裂	***	***	***	***	***	
西江断裂	***	***	***	***	***	
那扶-镇海湾断裂带	***	***	***	***	***	

4.1.4.2 路由区域工程地质条件

拟建南海天然气登陆深圳项目海底管道定向钻入土点布置在妈湾电厂内，属人工地貌，周边由原来的潮间带经人工回填为陆域，场区地面较为平坦，部分场地堆土高度达到 6m，距离北侧晾煤棚约 50m，距离东侧传送带约 19m，距离岸线约 67.5m。

根据多波束测量结果显示，本路由区段的水深变化范围在 1.7m 至 18.1m，整体可以分为深圳港赤湾港区、矾石浅滩区、铜鼓航道区和南端浅滩区，路由区内航道和浅滩造成了水深有较大变化，最大高差达到约 13m，同时海底面未见明显障碍物，且本项目全程采用定向钻施工，海底地貌和海底面状况对路由施工没有影响。

4.1.4.3 海底底质工程地质特征

根据国标《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）和《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021），本项目陆域区域场地类别为Ⅱ类，基本地震动峰值加速度为0.10g，相当于地震基本烈度Ⅶ度；陆域区域Ⅱ类场地基本地震动加速度反应谱特征周期为0.35s，设计地震分组为第一组。场地类别为Ⅱ类，设计特征周期为0.35s。

海域部分Ⅱ类场地基本地震动加速度反应谱特征周期为0.40s，设计地震分组为第二组。根据《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021），场地类别为Ⅲ类，设计特征周期为0.55s。Ⅲ类场地地震动峰值加速度调整系数为1.25，故本场区（Ⅲ类场地）地震动峰值加速为0.125g。最终的场地抗震设防参数以场地的地震安全性评价报告为准，设计可参考使用。

本项目拟建管道存在淤泥质软弱土，主要为②1a淤泥，②1b层淤泥。根据行标《软土地区岩土工程勘察规程》（JGJ83-2011）第6.3.4条，按抗震设防烈度7度考虑，当等效剪切波速 V_{sc} 大于90m/s时，依据工程经验可不考虑震陷影响。本地区抗震设防烈度为7度，场区20m深度范围内分布有饱和的稍密①2层填砂，海域有饱和的③1中砂层，根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016年版）的判定，本场地土地基的液化等级为轻微~中等，液化土层为①2层填砂和③1层中砂。

依据拟建工程场区区域地质构造背景和拟建场地的工程地质条件，工程区区域构造稳定性较好，场区存在厚度较大的软弱土，属对建筑抗震不利地段。依据《城乡规划工程地质勘察规范》（GJJ 57-2012）8.2章节场地稳定性评价进行综合判定，拟建工程场地属稳定性差场地。依据《城乡规划工程地质勘察规范》（GJJ 57-2012）附录C进行判定：拟建场地建设适宜性分类属适宜性差场地，需采取相关措施。

拟建该段管道山地段地表海水对混凝土结构具有中等腐蚀性，在长期浸水作用下对钢筋混凝土结构中钢筋具弱腐蚀性，在干湿交替作用下对钢筋混凝土结构中钢筋具有中等腐蚀性，对钢结构具有中等腐蚀性。场区内地下水对混凝土结构具有微腐蚀性，在长期浸水作用下对钢筋混凝土结构中钢筋具有微腐蚀性，在干湿交替作用下对钢筋混凝土结构中钢筋具有中等腐蚀性，对钢结构具有中等腐蚀性。

场区内定向钻入土点地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具有弱腐蚀性。

拟建定向穿越管道附近地层主要为定向穿越管道穿越地层主要为①1层填石、②

1a 层淤泥、②1b 层淤泥、②3 层黏土、③1 层中砂、③2 层中粗砂、⑤1 层粗砾砂、⑧层砂质黏性土、⑨1 层全风化含砾砂岩、⑨2 层强风化含砾砂岩、⑨3 层中风化含砾砂岩、⑨4 层微风化含砾砂岩、⑩1 层全风化混合花岗岩、⑩2 层强风化混合花岗岩、⑩3 层中风化混合花岗岩和⑩4 层微风化混合花岗岩，海域上部的淤泥质图土质较均匀，工程性能较差、容易穿越。陆域入土点上部的填土层和穿越段下部的中密~密实的中砂~砾砂层和全风化~中风化混合花岗岩穿越有一定的难度，可能会出现卡钻、漏浆、塌孔等问题，应引起设计和施工单位重视，建议采用合适的施工工艺穿越该段。

4.1.4.4 小结

(1) 根据钻探结果和该区域的地形、地貌、地质条件等分析，拟建场地除发现液化砂土外，未发现不良的地质作用，场地较为稳定，适宜本项目建设。

(2) 勘察场地揭露到的特殊性岩土为软土、残积土。

a、淤泥，流塑，含少量有机质，其具有含水率高、压缩性高、孔隙比大，灵敏度高、稳定性极差，地基承载力低。

b、淤泥质土，流塑，其具有含水率高、压缩性高、孔隙比大，灵敏度高、稳定性极差，地基承载力低。

(3) 场地地面下 20m 深度范围内在钻孔 ZK1 中的 4 中砂、ZK5 中的 5 粗砂、ZK6 中的 3-1 粉砂及 ZK8 中的 4 中砂层具轻微液化趋势。

4.1.5 地形地貌与冲淤环境

4.1.5.1 区域地形地貌

伶仃洋是华南最大的河口湾，地势由湾顶向湾口倾斜，呈漏斗形态向南张开。海底地形在东西方向起伏相间、地形变化大。内伶仃洋地形主要受滩槽影响，水下地形水深线大致沿水道呈***方向分布。区内地形坡降最大可达***，最小为***。内伶仃洋水下地形格局为“三滩两槽”，从西向东依次为：西滩、东槽（伶仃水道）、中滩（矾石浅滩）、西槽（矾石水道）和东滩。

西滩水深最浅，最大水深近 8m。东槽为主要航道，最大水深为 15m。水道南北水深变化小；东西向则表现为陡坡，坡降较大。该水道在北部与西槽相交，汇合成内伶仃洋最大的川鼻水道。中滩即中部浅滩，水深为 2m-5m，其中大部分为 3m-5m，处于东槽和西槽之间。中滩南北长约 40km，可分为三段：北段为伶仃洋拦江沙，中

段为矾石浅滩，南段为铜鼓浅滩。西槽呈北宽南窄状，水深变化较小，多在 7-8m 之间，最大水深可达 16m，东滩沿内伶仃洋东岸分布，水深多小于 3m，地形变化较小。

预选路由方案主要位于中滩的矾石浅滩，并穿矾石水道、大铲湾-蛇口湾港口航运区。路由区的地貌类型主要包括槽沟、沙波、洼地和浅滩。

保密内容，已删除。

图 4.1-14 路由区地形地貌

南海天然气登陆深圳海管路由起于深圳市的妈湾电厂，终于崖城 13-1 气田输气管道靠近香港海域边界附近新建的水下三通，妈湾电厂登陆点主要是花岗岩和基岩地形；水下三通附近海域主要为由侵蚀-剥蚀构造形成的低海拔平缓高丘陵，以浅埋基岩为主，根据 2017 年***海图成果，路由区图载水深多在 2m 左右，个别地点在低潮时能浅至 1m 以内。

4.1.5.2 冲淤环境

珠江水系主要由西江、北江和东江组成，多年平均径流量约 3020 亿 m^3/a ，平均含沙量 $0.28\text{kg}/\text{m}^3$ ，平均输沙量约 8800 万 t/a 。其中以西江径流量和输沙量最大，分别占 76%和 86%，北江次之，分别占 12.7%和 9.2%，东江最小仅占 7.3%和 3.3%。上述三江下泄的径流量，进入珠江三角洲后，经伶仃洋四大口门入海的径流量和输沙量，合计占 55.3%和 41.6%，即径流量为 1670 亿 m^3/a ，输沙量为 3664 万 t/a ，其中洪季输入的径流量和输沙量约占全年输入总量的 80%和 90%。

伶仃洋四大口门三个位于伶仃洋西部，在下泻的径流与科氏力作用下，在整个伶仃洋海域，含沙量分布是西北高、东南低，河口大于两槽，上段大于下段，底层大于表层，洪季大于枯季。悬沙多数在西部浅滩落淤，导致伶仃洋西滩有逐渐向东、南扩淤的趋势。

1954 年至 1971 年的历史海图对比结果显示，近半个世纪以来，伶仃洋海区整体以缓慢淤积为主，平均淤积速率（年平均淤积厚度）为 $2.0\text{cm}/\text{a}$ ，水平分布上各区域的淤积速率略有不同，西滩淤积强度最大，多数区域淤积速率为 $2.3\sim 7.0\text{cm}/\text{a}$ ，中滩淤积强度次之，多数区域淤积速率为 $2.3\sim 4.5\text{cm}/\text{a}$ ，东滩淤积强度最小，多数区域淤积速率小于 $2.3\text{cm}/\text{a}$ 。

工程区域为水深较浅的浅滩，珠江口西侧口门下泄的泥沙在较大程度上影响本海域。周边地区涉海工程的相关资料分析结果显示，本浅滩水域的泥沙含量较大，年平均含沙量大约为 $0.25\text{kg}/\text{m}^3$ ，香炉湾海域的自然水深较小，很小的风浪就能起到

掀沙的作用，因此，风浪掀沙也是本浅滩区水体含沙量较大的重要原因之一。

落淤在海床上的泥沙被风浪再次掀起后被潮流带至香炉湾等动力较弱的区域沉积。特别是台风影响或登陆本海域时，大的风浪将使得本浅滩水体的含沙量大幅度增加。

乔彭年在《珠江河口湾伶仃洋淤积的初步研究》中指出：洪水期虽有淤有冲，但以淤为主；在枯水期，径流势力减弱，潮流势力相对增强，伶仃洋的动力以潮流为主，因落潮流大于涨潮流，伶仃洋经常出现冲刷，因此，枯水期多以冲刷为主。

珠江水系夹带着上流大量的泥沙，由于潮水的顶托和岛屿的阻拦作用在珠江口海域整体呈现淤积状态，但在珠江口东岸局部可能会出现侵蚀现象。海底管道在登陆点登陆后，建议业主对管道采取一定保护措施，避免自然、人为对管道造成的破坏。建议路由初勘和详勘阶段，增加海床冲淤活动性专题分析，以充分把握该区域路由海床

4.2 工程海域开发利用现状

本节内容引用自《南海天然气登陆深圳项目海管路由桌面选择依据说明材料》（***，2023年07月）及《南海天然气登陆深圳项目通航安全影响专题研究报告》（***，2023年9月）。

4.2.1 港口、航道及锚地

4.2.1.1 港口

深圳港被九龙半岛分隔，由东、西部两大港口群组成，现已建成东部的盐田、下洞、沙鱼涌和西部的蛇口、赤湾、妈湾、大铲湾、东角头、机场等9个港区和大鹏LNG等专用码头。截至2016年底，深圳港共有各类生产性泊位121个（其中万吨及以上泊位71个），码头岸线总长约28.7km，货运通过能力约3.2亿吨；其中，专业化集装箱泊位44个，集装箱通过能力52650万TEU。

东部港口群主要位于大鹏湾内，水深、湾阔、淤积少、掩护条件好，建港条件得天独厚，背靠深圳市盐田、龙岗区，邻近惠州、东莞市，地理位置优越。其中，盐田港区以集装箱运输为主；下洞港区、秤头角为油气、LNG等能源运输专用港区；沙鱼涌、核电码头则主要为周边区域件杂货及重件运输服务。

西部港口群主要位于深圳湾和珠江口东岸，水域宽浅，风浪小，建港条件较好。

直接依托深圳市南山、宝安区，紧邻珠江三角洲腹地，并便于内河驳运，区位优势突出。其中，蛇口、赤湾、妈湾三大港区以集装箱运输为主，兼顾散杂货、油品及客运；东角头、机场及其它零星分布的内河码头则主要为地方客货运输服务。大铲湾港区位于珠江口东岸及深圳市宝安中心区，接壤“前海深港现代服务业合作区”，背靠华南及珠三角经济腹地。大铲湾港区规划陆域面积约 10.28 平方公里，分为码头区、辅建区、配套区、后方堆场等四大功能区。

2016 年深圳港共完成货物吞吐量 2.1 亿吨，其中集装箱吞吐量 2398 万 TEU，自 1990 年以来年均递增速度分别达到了 11.5% 和 29.7%，是同期我国沿海发展最快的港口之一。集装箱货物在总吞吐量中所占比重超过 80%，是我国沿海集装箱货物占比最高的干线港。港口货物运输主要集中在蛇口、妈湾、赤湾、盐田和大铲湾等 5 大港区，2016 年上述港区的货物总吞吐量和集装箱吞吐量分别占全港的 94% 和 100%。

4.2.1.2 航道

根据相关资料，管道路由穿越的航道有深圳西部港区公共航道、铜鼓航道、矾石水道下段。

1、西部港区公共航道

西部港区公共航道全长 8.93 公里，航道有效宽度 270 米-510 米，航道底标高-17.5 米，可通航 20 万吨级集装箱船，每年均由市交通运输局组织对航道进行维护性疏浚，确保航道维护至设计水深和宽度条件。

保密内容，已删除。

图 4.2-1 西部港区公共航道

2、铜鼓航道

铜鼓航道位于伶仃浅滩南端，自珠江口大屿海峡北端至深圳西部警戒区水域，连接深圳西部港区与伶仃航道，分为南航段、中航段和北航段，为人工航道。航道南段与伶仃航道重叠，航道北端连接深圳西部港区水域。铜鼓航道全长 22.8km。铜鼓航道呈折线布置：铜鼓航道南段航程约 6.3km，航道轴线为***；铜鼓航道中段航程约 12.8km，航道轴线为***；铜鼓航道北段航程约 3.7km，航道轴线为***。

2019 年 10 月 16 日，深圳海事局发布了深圳铜鼓航道通航实测水深为 17.5m 的航行水深通告。至此，铜鼓航道达到设计通航宽度 270m。设计水深-17.5m，满足 20 万吨级船舶通航。每年均由市交通运输局组织对航道进行维护性疏浚，确保航道维护至设计水深和宽度条件。

本项目建设的海上围堰平台位于深圳前往香港、珠海、澳门的客船交通流之中，围堰平台占用一定范围的海域，是海上碍航物，对附近通行船舶造成一定影响，会在一定程度上改变该客船航路的设置。

保密内容，已删除。

图 4.2-2 本项目附近航迹

4.2.1.3 锚地

1、现状锚地

深圳港西部水域共有 10 个锚地，主要供进出港船舶候泊、联检、引航、装卸货物和防台之用

保密内容，已删除。

图 4.2-3 工程位置附近现状锚地

2、规划锚地

西部水域范围内共规划 12 个锚地：蛇口小船锚地、东角头锚地、大铲锚地维持现状；根据航道建设情况相应调整黄田 3 号、矾石防台锚地、普通货船锚地、液货船锚地、大屿山 1 号锚地、大屿山 2 号锚地、孖洲西危险品锚地位置和规模；在孖洲岛附近水域新设 3 个系泊浮筒供无动力船防台用；在蛇口警戒区附近增设应急锚地。

保密内容，已删除。

图 4.2-4 本项目与规划应急锚地 SZ9 位置图

虽然本海区的海上交通非常繁忙，航线较为复杂，但其为水上活动，对管道安全不会造成威胁。船舶航行对管道的铺设及维修过程有一定的影响，但只要注意采取防范措施应可避免。船只下锚，其铁锚能穿过海底的软沉积物，会危及管道安全，其穿越深度取决于铁锚的重量、大小、形状和被掷下时的高度等；而下锚后的拖曳，特别是在强季候风的情况下，其影响更大。铁锚对正常埋深 3m 的管道有很大的威胁，本项目全程采用定向钻施工，海管位于海床以下***m，对锚地没有影响。

4.2.2 项目周边已有海底管道情况

本工程海管路由与西气东输二线香港支线管道、崖城-香港管道有交越，西气东输二线香港支线管道、崖城-香港管道埋深约***m，在交越处本工程海管埋深分别为***m 和***m。

保密内容，已删除。

图 4.2-5 本项目与周边已有海管位置关系

4.2.3 社会经济概况

根据《深圳市 2022 年国民经济和社会发展统计公报》，2022 年深圳地区生产总值 32387.68 亿元，比上年增长 3.3%。其中，第一产业增加值 25.64 亿元，增长 0.8%；第二产业增加值 12405.88 亿元，增长 4.8%；第三产业增加值 19956.16 亿元，增长 2.4%。第一产业增加值占全市地区生产总值比重为 0.1%，第二产业增加值比重为 38.3%，第三产业增加值比重为 61.6%。人均地区生产总值 183274 元（按年平均汇率折算为 27248 美元），比上年增长 3.2%。

全年战略性新兴产业增加值合计 13322.07 亿元，比上年增长 7.0%，占地区生产总值比重 41.1%。其中，新一代电子信息产业增加值 5811.96 亿元，增长 2.6%；数字与时尚产业增加值 3327.74 亿元，增长 8.8%；高端装备制造产业增加值 538.98 亿元，增长 5.1%；绿色低碳产业增加值 1730.62 亿元，增长 16.1%；新材料产业增加值 364.74 亿元，增长 21.9%；生物医药与健康产业增加值 676.78 亿元，增长 6.7%；海洋经济产业增加值 871.26 亿元，增长 11.5%。

全市年末常住人口 1766.18 万人。其中，常住户籍人口 583.47 万人，占常住人口比重 33.0%；常住非户籍人口 1182.71 万人，占比重 67.0%。

全年居民消费价格比上年上涨 2.3%。工业生产者出厂价格上涨 1.7%。工业生产者购进价格上涨 2.6%。

全年完成一般公共预算收入 4012.27 亿元，剔除留抵退税因素后同口径下降 0.6%。一般公共预算支出 4997.24 亿元，增长 9.3%。

4.3 定向钻陆上入土点周边环境

根据《南海天然气登陆深圳项目海管路由桌面选择依据说明材料》（***，2023 年 07 月），定向钻陆上入土点（登陆点）位于深圳市南山区前海妈湾电力有限公司卸煤码头靠近北侧区域，位于妈湾电厂内，该处定向钻方案定向管道保护层顶部位于 1985 国家高程基准以下***m，附近为大量码头装卸装备和设施，码头前沿长期停有大型货运船舶。妈湾电厂登陆点位置示意如图 4.3-1 所示。



图 4.3-1 登陆点位置示意图

登陆点所在区域整体地势较平缓，向海侧为直立式码头，四周建有大量的厂房建筑和码头基础设施，距离登陆点南不远处有一人工蓄水池，临近水池有成片煤炭堆放场地。登陆点所在码头全貌图见图 4.3-2 所示。

整个登陆点岸段所在位置周边均为人工岸线，无岸滩，周边无明显植被分布。登陆段南侧为深圳赤湾集装箱码头，北侧为妈湾港口码头，均为直立式货运装卸码头。登陆点交通较为便利，向东行驶 300m 可直达妈湾大道和右炮台路，距离深圳地铁赤湾站约 2km。登陆点直线距离约 700m 处建有小南山公园。位于登陆点西北侧 4km 处有个海岛，分别为大铲岛和孖洲。登陆点现状卫星影像及周边现状照片见图 4.3-3。

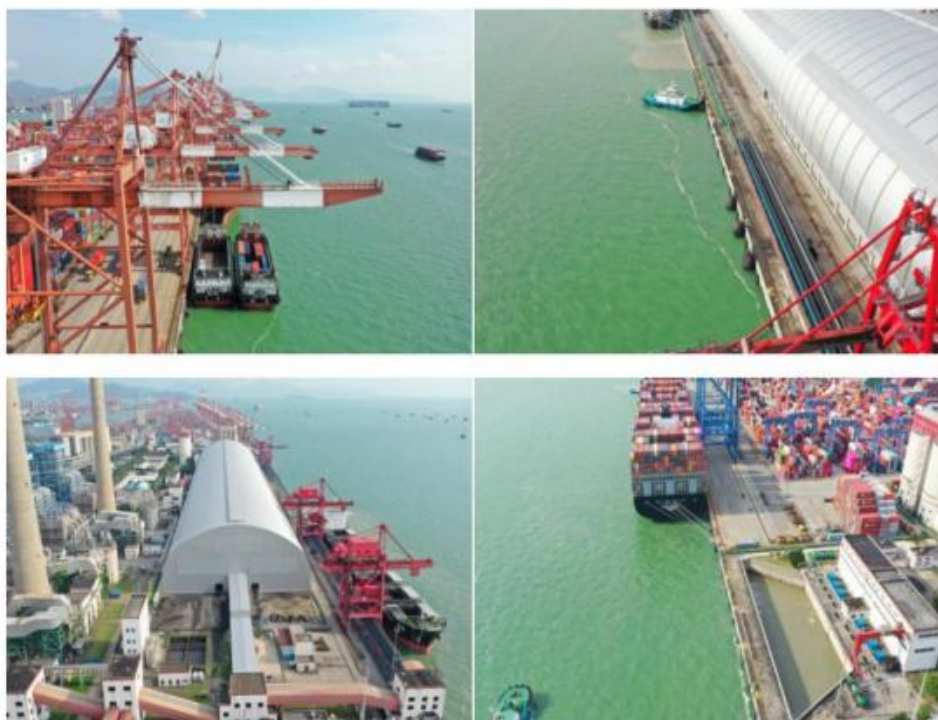


图 4.3-2 登陆点所在码头全貌



图 4.3-3 登陆点周边现状

4.4 主要环境敏感目标概况

4.4.1 广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区

4.4.1.1 保护区概况

珠江口中华白海豚国家级自然保护区始建于 1999 年 10 月（粤办函〔1999〕583

号），2003年6月升级为国家级自然保护区（国办发〔2003〕54号），主管部门是广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理局。珠江口中华白海豚国家级自然保护区位于珠江口北端，属珠海市水域范围内，总面积460平方公里，东界线为粤港水域分界线，西界线为东经***，南界线为北纬***，北界线为北纬***。

①核心区：面积140km²，东边以香港特别行政区边界为界，西边为东经***，南北范围为北纬***；是原生自然景观最好的地方，是遗传基因库的精华所在，需采取绝对的保护措施，免受人为的干扰破坏。核心区作为深入研究生态系统自然演化的场所，可为人们提供各种标准的“本底”资料。因此，禁止任何船只进入该区域内从事可能对资源造成直接危害或不良影响的活动；若确因科学研究需要进入该区域的，须向保护区管理局申请。

②缓冲区：面积128km²，东边以香港特别行政区边界为界，西边为东经***，南北范围为北纬***；位于核心区的周围，其作用是保护核心区免受外界的影响和破坏，起到一定的缓冲作用。经广东省海洋与渔业局批准，在保护区管理局统一规划和引导下，可有计划地组织经济开发活动。

③实验区：面积192km²，东边为东经***，西至为东经***。位于保护区的边缘，以发展本地区特色的生产经营为主，如发展自然保护区野生动物饲养与驯化等，建立资源多层次综合利用的生态良性循环体系。经保护区管理局批准，可在划定范围内适当组织生态旅游、科学考察、教学实习等活动，但不得危害资源和污染环境。

本工程位于保护区北侧，海上定向钻入点距离保护区的核心区5.2km，距离缓冲区约1.5km，距离实验区15.5km。

保密内容，已删除。

图 4.4-1 本项目与珠江口中华白海豚国家级自然保护区位置关系

主要保护物种：中华白海豚被列入国家一级重点保护物种，印太江豚被列为国家二级重点保护物种。

4.4.1.2 珠江口中华白海豚的资源数量及分布

本节引用《2023年珠江口中华白海豚资源生态调查报告》，报告编制单位为***，调查时间为2023年12月。

本次调查中海豚的目击情况见下图。从本次观测结果来看，海豚的目击位置主要在内伶仃岛至桂山镇海域。在深圳大铲岛附近海域没有目击到中华白海豚。

结合观测中拍摄的照片，目前总共识别出中华白海豚26头，识别的个体基本涵

盖各个年龄段，种群完整。

本次调查观测截线总长度约为 296km，在观测中共发现了 7 个白海豚群体，群体目击率为 2.37，观测到的群体大小 1~13 头，个体目击率为 11.10。

调查数据显示，观测到的 26 头白海豚中，处于中年期的最多，有 9 头，占总的 34.62%；其次为青年时期，有 6 头，占 23.08%；儿童期以及老年期的白海豚占比较小，为 11.54%。

保密内容，已删除。

图 4.4-2 2023 年 12 月调查中华白海豚目击位置

保密内容，已删除。

图 4.4-3 2023 年 12 月中华白海豚聚群大小

根据 2023 年调查数据结果，目击超过 10 头的聚群 53 次，占目击次数的 6.4%，主要分布在青州岛附近水域和大屿山西岸（粤港水域边界）水域，内伶仃岛和淇澳岛周边水域也有少量分布，而内伶仃中部水域（港珠澳大桥沿线水域）只有极少数分布在西人工岛附近。

保密内容，已删除。

图 4.4-4 目击中华白海豚年龄组成

本次调查基于截线观测法，结合基于标志法的个体识别观测完成了珠江口海域珍稀保护动物中华白海豚的监测。并结合相关历史资料分析，得到以下主要结论：

（1）调查期间主要在内伶仃岛至桂山岛海域观测到中华白海豚，总共识别出 26 头中华白海豚。

（2）观测到的海豚主要分布于前湾附近海域，处于中华白海豚保护区缓冲区附近，而在核心区域较少看见中华白海豚，只发现 2 头。

（3）群体目击率为 2.37，个体目击率为 11.10，中华白海豚在该区域活动频繁。

（4）观测到的海豚中，中年期个体占比最高，显示出良好的种群年龄结构。

（5）珠江口中华白海豚种群较稳定，但其核心栖息地在保护区内呈现下降趋势，有必要对目前的保护区范围和功能区分作出一些优化调整，以适应当前的栖息地变化格局。强化保护措施以维持其栖息地的完整性和可持续性。

4.4.1.3 印太江豚

印太江豚（*Neophocaena phocaenoides*）属于国家二级保护动物。印太江豚通常栖于咸淡水交界的海域，也能在大小河川的下游地带等淡水中生活。主要以鱼类为

食，也摄食虾类和头足类等动物。

（1）形态特征

印太江豚别名江猪、海猪，属鲸偶蹄目鼠海豚科。体较小，体长 100cm~230cm。头部钝圆，额部前凸；背部无鳍，沿背部中央有一条背脊，位于体背后部 75%~90% 处，接近尾部。体背面有成列的疣粒从背中部延伸至尾柄，形成疣粒区。背脊较低而宽，其疣粒区宽 4.8~12.0cm，上有 10~17 列疣粒。鳍肢中等大。体暗灰至中灰色，口缘和喉部有浅色斑。每侧上下颌各有 15~22 枚铲状的齿。鳍状肢呈镰刀形。整个身体苍白灰色，在背部和两侧有淡蓝色。最大体长 1.7 米。

（2）生物学特征

印太江豚的食物包括小型鱼类、甲壳类、头足类软体动物等。雌性和雄性在 4~6 岁时性成熟，大致每 2 年产 1 仔，妊娠期 11 个月，哺乳期 6~7 个月，幼豚出生时体长 60~80cm。

（3）行为习性

印太江豚常成 1~5 头的群，可集成 20 头左右的群。游泳时很少出现空中行为，通常仅在水面短暂显示背部，只在追逐猎物或社会活动时偶尔全身跃出水面或举尾。

（4）地理分布

印太江豚主要分布于印度洋和东南亚的浅水区，即西起波斯湾，东至台湾海峡（王俊等，2021），在我国则主要分布在南海至台湾海峡（见图 4.4-5），近年在北部湾海域的涠洲岛（邵武军等，2021）和合浦（崔赫翊，2023）以及广东汕头海域的南澎列岛（余丹，2021）均有发现。但目前对珠江口的印太江豚的研究较少，珠江口海域印太江豚的分布仍待研究。

保密内容，已删除。

图 4.4-5 我国印太江豚的分布示意图

（参考左口和蒋忆文献绘制）

在 2023 年 12 月的调查中，没有目击到印太江豚。

4.4.2 广东内伶仃福田国家级自然保护区

广东内伶仃岛-福田自然保护区建于 1984 年 10 月，1988 年 5 月晋升为国家级自然保护区，总面积 921.64 公顷，主要保护对象为猕猴、鸟类和红树林，由内伶仃岛和福田红树林两个区域组成，两者为海域分割，是两个相对独立的生态系统。

其中：①内伶仃岛位于珠江口伶仃洋东侧，地理位置为东经***北纬***之间，

面积为 554 公顷（高潮位 480 公顷）。内伶仃岛保存着较完好的南亚热带常绿阔叶林。植物种类繁多，有维管植物 619 种，其中白桂木、野生荔枝等为国家 2 级重点保护植物；野生动物资源也十分丰富，主要保护对象为国家二级保护兽类猕猴，总数达 1200 多只，此外还有水獭、穿山甲、黑耳鸢、蟒蛇、虎纹蛙等重点保护动物。

②福田红树林区域是全国唯一处在城市腹地、面积最小的国家级森林和野生动物类型的自然保护区，位于深圳湾东北部，东起新州河口，西至海滨生态公园，南达滩涂外海域和深圳河口，北至广深高速公路，沿海岸线长约 9 公里，平均宽度约 0.7 公里，地理坐标位东经***，北纬***，总面积为 367.64 公顷。福田保护区中红树林的面积约 100 公顷，具有丰富的生物多样性，有高等植物 175 种，其中红树林植物 16 种，本地自然生长的红树林植物 12 种，如海漆、秋茄、桐花树、白骨壤、老鼠勒、木榄等。红树林保护区也是重要的鸟类栖息地，共有鸟类约 200 种，其中 23 种为国家重点保护鸟类，如卷羽鹈鹕、海鸬鹚、白琵鹭、黑脸琵鹭、黄嘴白鹭、鸮、黑嘴鸥、褐翅鸦鹃等。

广东内伶仃岛-福田国家级自然保护区的功能区划如下：

（一）核心区

①内伶仃岛区域

核心区面积为 177.8 公顷，占全岛 32.1%。坐落在南峰坳-尖峰山-东角山的山脊线以南和西南部，至环岛公路为界。该区动物种类较多，也是猕猴集中的区域。野果、阔叶食性植物主要集中在该区；水源也比较充足，全岛 6 条溪流有 4 条在该区域。

②福田红树林区域

核心区分二块，总面积 122.2 公顷，占保护区福田红树林区域总面积的 33.3%。核心区是保护区（红树林部分）的主体和核心，该地是红树林生长最茂盛地区，是许多冬候鸟包括黑脸琵鹭等濒危鸟类的栖息地和觅食地，也是当地多种鸟类的繁殖地。

（二）缓冲区

①内伶仃岛区域

该区分三块，面积为 193.1 公顷，占全岛面积的 34.9%。

②福田红树林区域

缓冲区分为两块，共计面积 116.58 公顷，占保护区福田红树林区域总面积的

31.7%。缓冲区范围内的基围鱼塘，芦丛洼地，是从湿地到陆地的过渡地带，小生境复杂多样，因此鸟类种群出现多样化，该区是各种动物及鸟类盘旋飞翔觅食区。

（三）实验区

①内伶仃岛区域

实验区区分三块，分布在岛上的东湾、南湾和蕉坑湾，面积为 183.1 公顷，占 33.0%。

该区的地势开阔，主要为灌丛、果园、台湾相思林、松林占多，沿岸风景好，三个海湾均适宜开展科普环保教育为主要内容的生态旅游活动。

②福田红树林区域

实验区具体范围在保护区的西面，面积 123.26 公顷，占保护区红树林区域总面积的 33.5%。

广东内伶仃福田国家级自然保护区位于本工程西侧，距本工程最近距离约 5.0km。

4.4.3 珠江口海洋保护区

根据《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年），珠江口海洋保护区与珠江口中华白海豚国家级自然保护区位置一致，其海域使用管理要求为：1. 相适宜的海域使用类型为特殊用海；2. 严格按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理；3. 对海洋保护区内的用海活动，进行海域生态环境动态监测。海洋环境保护要求为：1. 保护中华白海豚及其生境；2. 维持海洋生态环境和生物多样性，防止关键生境破碎和退化；3. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

本工程位于保护区北侧，海上定向钻入土点距保护区距离约为 1.5km。

4.4.4 国家重要湿地

根据《国家林业和草原局关于发布 2020 年国家重要湿地名录的通知》（林湿发〔2020〕53 号），本项目附近有 2 处国家重要湿地，分别为广东省中华白海豚国家重要湿地以及广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地。湿地保护方式为国家级自然保护区。

4.4.4.1 广东省中华白海豚国家重要湿地

广东省中华白海豚国家重要湿地，东至粤港水域分界线；西至近珠海市区沿岸；南至牛头岛；北至珠江口海域内伶仃岛。总面积 46000.00 公顷，湿地面积 38578.17 公顷，湿地类型包括近海与海岸湿地 1 类。主要保护对象为中华白海豚及其栖息地。

4.4.4.2 广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地

广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地，东至新洲河口；西至沙河口海滨生态公园；南至滩涂外海域和深圳河口；北至广深高速公路。总面积 367.64 公顷，湿地面积 352.73 公顷，湿地类型包括近海与海岸湿地、人工湿地 2 类。主要保护对象为 1) 红树林及其生态系统；2) 黑脸琵鹭、黑尾塍鹬、白腰杓鹬等珍稀濒危物种及其栖息地。

4.4.5 生态红线区

根据《广东省海洋生态红线》（粤府函〔2017〕275 号，广东省人民政府，2017 年 10 月），共划定 13 类、268 个海洋生态红线区，是广东省海洋生态安全的基本保障和底线，必须严守，不得突破。本项目主要依据最新“三区三线”划定成果进行判定。

根据《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号，2022 年 10 月），广东省“三区三线”划定成果已于 2022 年 10 月正式启用，本项目位于“三区三线”划定成果的范围之外，距离最近的广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区生态保护红线区约 1.5km。本项目不涉及大陆保有自然岸线。

保密内容，已删除。

图 4.4-6 本项目与广东省“三区三线”划定成果位置关系

4.4.6 渔业资源保护区

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）》（农业部第 189 号公告）中的南海国家级及省级保护区分布示意图和南海北部幼鱼繁育场保护区示意图，本项目所处海域为幼鱼幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、珠江口经济鱼类繁育保护区。

4.4.6.1 幼鱼幼虾保护区

根据中华人民共和国农业部第 189 号公告（2002.2.8）《中国海洋渔业水域图（第

一批)》中的图4(南海国家级及省级保护区分布示意图),幼鱼幼虾保护区包括伶仃岛、万山群岛-20m等深线以内的水域,禁渔期为每年的3月1日至5月31日。主要保护要求为在保护期内将禁止保护区内除刺网、钓具和笼捕外所有渔业捕捞作业。

本工程全部位于幼鱼幼虾保护区内。

4.4.6.2 南海北部幼鱼繁育场保护区

根据中华人民共和国农业部第189号公告(2002.2.8)《中国海洋渔业水域图(第一批)》中的《南海区渔业水域图(第一批)说明》,南海北部及北部湾沿岸40米等深线、17个基点连线以内水域为南海北部幼鱼繁育场保护区,保护期为1~12月即全年保护。

本工程全部位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

4.4.6.3 珠江口经济鱼类繁育保护区

珠江口经济鱼类繁育场保护区范围从珠海市金星门水道的铜鼓角起,经内伶仃岛东角咀至深圳市妈湾下角止三点连线以北,广州市番禺区的莲花山至东莞市的新沙两点连线以南的水域,保护珠江河口经济鱼虾等的繁殖和生长,主要保护对象为经济鱼类亲体。保护期为每年的农历4月20日至7月20日。保护期内禁止除刺网、钓具和笼捕外所有渔业捕捞作业。

本工程陆上入土点距离珠江口经济鱼类繁育保护区1km,海上入土点及带压开孔点距离珠江口经济鱼类繁育保护区4km。

4.4.6.4 鲈鱼产卵场

根据中华人民共和国农业部第189号公告(2002.2.8)《中国海洋渔业水域图(第一批)》,鲈鱼产卵场珠江口近海区位于东经***,北纬***,水深30-80米,产卵期1-3月。

本工程海上入土点距离鲈鱼珠江口近海产卵场最近约50km。

保密内容，已删除。

图 4.4-7 南海国家级及省级保护区分布（摘自中国海洋渔业水域图（第一批））

保密内容，已删除。

图 4.4-8 经济鱼类繁育场保护区及幼鱼幼虾保护区位置

保密内容，已删除。

图 4.4-9 南海北部幼鱼繁育场保护区范围（摘自中国海洋渔业水域图（第一批））

保密内容，已删除。

图 4.4-10 珠江口鲈鱼产卵场范围示意图

4.4.7 主要环境敏感目标

本项目周边主要环境敏感目标见下表及下图

表 4.4-1 本项目周边主要环境敏感目标

评价范围	序号	敏感区类型	敏感目标名称	海上入土点 与其位置关系		陆上入土点 与其位置关系		带压开孔 点与其位置关系		主要保护对象
				方位	距离 千米	方位	距离 千米	方位	距离 千米	
评价范围内	1	生态保护红线区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚、印太江豚
	2		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
	3		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	西	5	西南	9	西	5	植被、野生动植物等
	4		深圳深圳湾地方级湿地自然公园	东北	11	东北	7	东北	11	红树林等
	5		深圳湾重要滩涂及浅海水域	东北	11	东北	7.5	东北	11	滨海湿地生态系统
	6		珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	东北	17	东北	14	东北	17	滨海湿地生态系统
	7	国家级自然保护区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚、印太江豚
	8		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
	9		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	西	5	西南	9	西	5	植被、野生动植物等
	10	国家重要湿地	广东省中华白海豚国家重要湿地	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚及其栖息地
	11		广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
	12	渔业资源保护区	幼鱼、幼虾保护区	位于其中		位于其中		位于其中		渔业资源
	13		南海北部幼鱼繁育场保护区	位于其中		位于其中		位于其中		
	14		珠江口经济鱼类繁育场保护区	西北	4	西	1	西北	4	
评价范围外	15	生态保护红线区	万顷沙重要滩涂及浅海水域	西北	22.5	西北	19	西北	22.3	滨海湿地生态系统
	16		广州中山交界重要渔业资源产卵场	西北	17	西北	15	西北	17	渔业资源
	17		珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	西北	19	西	19	西北	19	红树林湿地、猕猴、鸟类及海岛生态环

评价范围	序号	敏感区类型	敏感目标名称	海上入土点 与其位置关系		陆上入土点 与其位置关系		带压开孔 点与其位置关系		主要保护对象
				方位	距离 千米	方位	距离 千米	方位	距离 千米	
										境
	18		珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	西南	25	西南	27	西南	25	滨海湿地生态系统
	19		情侣路近岸重要滩涂及浅海水域	西南	26	西南	30	西南	26	滨海湿地生态系统
	20		广东珠海横琴国家湿地自然公园（试点）	西南	50	西南	55	西南	50	滨海湿地生态系统
	21		广东中山翠亨国家湿地公园	西北	29	西	28.5	西北	29	滨海湿地生态系统
	22		珠海万山群岛地方级自然保护区	南	41	南	48	南	41	海岛生态系统和生物多样性
	23		万山群岛重要渔业资源产卵场	南	26	南	33	南	26	渔业资源
	24		狮子洋-虎门-蕉门水道重要河口	西北	43	西北	37	西北	43	河口生态系统
	25		东莞黄唇鱼地方级自然保护区	西北	45	西北	40	西北	45	黄唇鱼
	26	地方级自然保护区	珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	西北	19	西	19	西北	19	红树林湿地、猕猴、鸟类及海岛生态环境
	27		珠海万山群岛地方级自然保护区	南	41	南	48	南	41	海岛生态系统和生物多样性
	28		东莞黄唇鱼地方级自然保护区	西北	45	西北	40	西北	45	黄唇鱼
	29	产卵场	鲐鱼产卵场	南	50	南	55	南	50	鲐鱼

保密内容，已删除。

图 4.4-11 本项目周边主要环境敏感目标（保护区）

保密内容，已删除。

图 4.4-12 本项目周边主要环境敏感目标（生态红线区）

5 环境现状调查与评价

表 5-1 调查资料来源一览表

调查项目	引用报告书全称	调查单位	调查时段	调查站位
水文动力	***	***	2022 年 4 月	***
水质	***	***	2022 年 4 月	***
	***	***	2022 年 11 月	***
沉积物	***	***	2022 年 11 月	***
生物生态	叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、生物质量	***	2022 年 4 月	***
		***	2022 年 11 月	***
	潮间带生物	***	2022 年 4 月	***
		***	2022 年 11 月	***
渔业资源	***	***	2022 年 4 月	***
	***	***	2021 年 9 月	***

5.1 水文动力环境现状调查与评价

5.1.1 水文动力调查概况

根据项目需要,为了解工程海域水动力状况,本项目引用***于 2022 年 4 月 1 日至 4 月 2 日(农历三月初一至三月初二,大潮期)在该海区设立 6 个测流点进行海流观测,并应用卫星导航系统 GPS 进行定位,进行了连续 25h 的周日海流观测。观测时间间隔为 1h,分表、中、底三层,表层在水面以下 0.5m,中层是在水深的 0.6 倍处,底层为海底上 0.5m。资料的整理、分析按照规范的相关要求进行。有关信息参看表 5.1-1,调查站位见图 5.1-1 和图 5.1-2。

表 5.1-1 水文动力调查站位坐标

调查站位	经度	纬度	调查项目
V1	***	***	潮流
V2	***	***	潮流
V3	***	***	潮流
V4	***	***	潮流
V5	***	***	潮流
V6	***	***	潮流
W1	***	***	潮位
W2	***	***	潮位

保密内容，已删除。

图 5.1-1 水文动力调查站位图

5.1.2 海流分析

5.1.2.1 海流过程线

根据春季流速、流向观测记录过程线，将实测海流数据进行适当地修正后，绘制流速、流向过程曲线。由春季各站流速过程线可以看出，海流流速在垂向上整体表现出由表层至底层逐渐减小特点，表层流速较大、中层次之、底层最小。

保密内容，已删除。

图 5.1-2 V1 站流速流向过程曲线

保密内容，已删除。

图 5.1-3 V2 站流速流向过程曲线

保密内容，已删除。

图 5.1-4 V3 站流速流向过程曲线

保密内容，已删除。

图 5.1-5 V4 站流速流向过程曲线

保密内容，已删除。

图 5.1-6 V5 站流速流向过程曲线

保密内容，已删除。

图 5.1-7 V6 站流速流向过程曲线

5.1.2.2 海流平面分布

各站各层实测海流表现出较强的往复性流动，涨急时刻流向为偏 N 向，落急时刻流向为偏 S 向。各站流速值分布显示航道附近流速大于近岸区域，总体表现为 $V5 > V1 > V3 > V6 > V4 > V2$ ，其中 V5 站涨急时刻最大流速为 62cm/s，流向为

327°，落急时刻最大流速为 100cm/s，流向为 153°；V1 站涨急时刻最大流速为 97cm/s，流向为 318°，落急时刻最大流速为 66cm/s，流向为 141°。从平面分布上来看，各站流速整体表现出表层大于中层大于底层的特点。

保密内容，已删除。

图 5.1-8 实测表层流速矢量图

保密内容，已删除。

图 5.1-9 实测中层流速矢量图

保密内容，已删除。

图 5.1-10 实测底层流速矢量图

5.1.3 潮流分析

5.1.3.1 潮流性质

潮流通常分为正规半日潮流、不正规半日潮流、不正规日潮流及正规日潮流。

其标准是：

$$0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 0.5$$

为正规半日潮流

$$0.5 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 2.0$$

为不正规半日潮流

$$2.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}} \leq 4.0$$

为不正规日潮流

$$4.0 < \frac{W_{K_1} + W_{O_1}}{W_{M_2}}$$

为正规日潮流

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

在春季各站的潮型系数中，各站潮型判别数既有小于 0.5，又有大于 0.5 小于 2 的情况，潮流性质为正规或不正规半日潮流。整体来看，工程海域属于正规到不正规半日潮流。

表 5.1-2 潮流性质分析结果

站号	表层	中层	底层
V1	***	***	***

V2	***	***	***
V3	***	***	***
V4	***	***	***
V5	***	***	***
V6	***	***	***

5.1.3.2 潮流的运动形式

潮流的运动形式分旋转流和往复流，通常以椭圆率 K 的绝对值大小来判断，当 $|K|=1$ 时，潮流椭圆成圆形，各方向流速相等，为纯旋转流；当 $|K|=0$ 时，潮流椭圆为一直线，海水在一直线上往返流动，为典型往复流。 $|K|$ 值通常在 0-1 之间， $|K|$ 值越大，旋转流的形式越显著， $|K|$ 值越小，往复流的形式越显著。

由于观测海域基本为半日潮流类型，因此，主要以 M_2 分潮流的椭圆率来对潮流运动形式作近似分析。各分潮流椭圆率计算结果见下表。

潮流的旋转方向，通常是以旋转率 K 前面的符号来判断。 K 前面为“+”，表示潮流逆时针旋转（左旋）， K 前面为“-”，说明潮流是顺时针旋转（右旋）。

各站的潮流椭圆率 $|K|$ 值均较小，各站各层 M_2 分潮流的 $|K|$ 值在 0~0.50 之间，各站潮流运动形式以往复流为主。

表 5.1-3 各站各层 M_2 分潮流的 k 值表

站号	表层	中层	底层
V1	***	***	***
V2	***	***	***
V3	***	***	***
V4	***	***	***
V5	***	***	***
V6	***	***	***

5.1.4 最大可能流速

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

测区春季潮流最大可能流速 V1 站表层最大，为 112.5cm/s，方向为 147°。

春季测区水质点的最大可能运移距离 V1 站表层最大，为 17580.2m。水质点可能最大运移距离的远近与潮流最大可能流速的大小是相对应的，潮流最大可能流速越大，水质点最大可能运移距离就越远。

表 5.1-4 平均最大流速和可能最大流速计算结果（单位：cm/s，°）

项 目	可能最大流速	可能最大运移距离
-----	--------	----------

		流速(cm/s)	方向(°)	距离 (m)	方向(°)
V1	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
V2	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
V3	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
V4	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
V5	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***
V6	表层	***	***	***	***
	中层	***	***	***	***
	底层	***	***	***	***

5.1.5 余流

在余流流速分布上,本次观测海域春季各站各层余流流速在 2.4~20.6cm/s 之间,最大余流流速出现在 V1 站的表层,流向为 321.5°。在垂向分布上来看,余流流速大部分表现出表层大于中层大于底层的特点,但在个别站位也有反常,出现表层流速较小的情况。

表 5.1-5 余流计算结果

项 目		春季	
站位	层次	流速(cm/s)	方向(°)
V1	表层	***	***
	中层	***	***
	底层	***	***
V2	表层	***	***
	中层	***	***
	底层	***	***
V3	表层	***	***
	中层	***	***
	底层	***	***
V4	表层	***	***
	中层	***	***
	底层	***	***
V5	表层	***	***
	中层	***	***
	底层	***	***
V6	表层	***	***
	中层	***	***
	底层	***	***

保密内容，已删除。

图 5.1-11 余流分布图

5.1.6 小结

(1) 海流流速在垂向上整体表现出由表层至底层逐渐减小特点，表层流速较大、中层次之、底层最小。

(2) 各站各层实测海流表现出较强的往复性流动，涨急时刻流向为偏 N 向，落急时刻流向为偏 S 向。各站流速值分布显示航道附近流速大于近岸区域。从平面分布上来看，各站流速整体表现出表层大于中层大于底层的特点。

(3) 整体来看，工程海域属于正规到不正规半日潮流。

5.2 地质地貌

5.2.1 水深地形

根据《南海天然气登陆深圳项目调查勘测报告》（***，2023 年 7 月），本路由区段的水深变化范围在 1.7m 至 18.1m，整体可以分为深圳港赤湾港区、矾石浅滩区、铜鼓航道区和南端浅滩区。

保密内容，已删除。

图 5.2-1 路由区地形剖面图

深圳港赤湾港区，路由范围为 KP0.19 至 KP2.7，水深范围在 14m~18m，整体较为平缓，坡度较小，局部由于疏浚造成的条状起伏，高差小于 1m。

矾石浅滩区，路由范围为 KP2.7 至 KP3.7，从浅滩边缘约 17m 至浅滩之上约 7.5m，在浅滩边缘有约 8m 的高差，边缘处的坡度达到 15°。

铜鼓航道区，路由范围为 KP3.7 至 KP4.8，水深基本都在 17m 左右，比较平坦，局部存在推测为疏浚或拖痕造成的条带状起伏，起伏的高差在 0.5m 以内。

南部浅滩区，路由范围为 KP4.8 至 KP6.901，浅滩边缘约有 13m 的水深高差，坡度约有 15°，浅滩之上水深基本在 3m~4m，局部有小的起伏，另外在西气东输香港段海域，存在管道挖沟区，还未完全回淤，沿路由存在 60m~110m 宽，深约 1m 的管沟。

保密内容，已删除。

图 5.2-2 深圳港赤湾港区地形图

保密内容，已删除。

图 5.2-3 矾石浅滩地形图

保密内容，已删除。

图 5.2-4 路由区坡度图

保密内容，已删除。

图 5.2-5 铜鼓航道地形图

保密内容，已删除。

图 5.2-6 南端浅滩地形图

5.2.2 侧扫声纳特征

根据侧扫声纳探测资料揭露，路由区大部分处于航道和浅滩海域，海底面状况较为简单，发现少量的拖痕、航道疏浚形成的耙痕、疑似散石，未见其他障碍物。

拖痕在整个路由区均有发现，在浅滩上较为密集，推测为渔业捕捞的拖痕或者是锚痕，在航道区有少量分布，推测为走锚形成的锚痕。

耙痕在航道的边缘有较多揭露，包括深圳港赤湾港区和铜鼓航道的边缘，基本平行于航道分布，且相互交错重叠，显示为多次的疏浚所致。

疑似散石主要分布在浅滩之上，分布没有规律，尺寸也大小不一，出露海底小于 0.5m。

另外在南端的浅滩上，由于西气东输香港支线的存在，该管道铺设形成的管沟，仍未完全回淤，经多波束和侧扫声纳揭露，存在约 1m 的管沟，在侧扫声纳资料上有明显的显示。

保密内容，已删除。

图 5.2-7 典型侧扫声纳图像（拖痕）

保密内容，已删除。

图 5.2-8 典型侧扫声纳图像（码头桩基及耙痕）

保密内容，已删除。

图 5.2-9 典型侧扫声纳图像（散石）

保密内容，已删除。

图 5.2-10 典型侧扫声纳图像（西气东输香港段管沟）

5.2.3 地层剖面特征

本项目管道全程采用定向钻施工工艺，因此本次地层调查分别使用浅地层剖面和中地层剖面设备，对路由区的地层进行探测，根据浅地层剖面和中地层剖面资料揭露，路由区的地层共揭露三个地层界面，分别为 R0、R1 和 R2，所对应的地层分别为层 A、层 B 和层 C。

R0：为海底反射界面，振幅强、连续性好，其起伏形态反映了海底地形的变化。

R1：为中-强振幅反射，连续性较好，为层 A 的底界面。在浅滩海域，层 A 的厚度约为 2m~4m，在航道海域，厚度一般在 4m~8m，局部约为 2m，推测该层为松散至稍密的细沙或软塑至可塑的粘土或砂质粘土。

R2：为中-强振幅反射，在航道海域连续性较好，浅滩处由于水深太浅，多次波较为严重，同时可能浅滩处砂层分布较厚，未能揭露 R2 界面，该界面为明显的侵蚀不整合界面，为层 B 的底界面，推测层 B 主要为可塑至硬塑的粘土或砂质粘土。该界面起伏较大，根据资料显示，应经受过冲蚀或风化，其下伏地层应为基底，内部未见层理。

R2 界面以下为基底层 C，从调查结果来看，疑似基底埋藏深度主要为 20m~30m，最大埋深约 45m、最小埋深约 5m，基底顶标高约为 23m~55m（理论最低潮面），整体来看基底顶面起伏变化较大。

经过对浅地层剖面和中地层剖面数据的综合分析和解释，绘制了地层剖面图。

在路由的北部码头附近，KP0.483-KP0.548，发现有疑似古河道，位于测区在路由上的宽度约 65m，古河道埋深约 3m~7m（标高约 18m~22m，理论最低潮面）。

此外，测区航道范围内受人类疏浚等活动影响，上部浅层沉积序列被破坏，存在多期次沉积扰动现象；下部沉积层受影响相对较小，沉积序列连续为自然沉积。

保密内容，已删除。

图 5.2-11 中地层剖面数据解译

保密内容，已删除。

图 5.2-12 典型浅剖图像（疑似古河道）

5.2.4 已建管线探测

在本项目路由的出土点，存在两条管道，分别为崖城 13-1 和西气东输香港段管道。崖城 13-1 全长***km，直径***，年输送***亿立方米，西气东输香港段起于大铲岛，至香港龙鼓滩输气站，管径***mm，设计压力为***MPa，线路总长***km。

根据浅地层剖面调查，在调查区域内崖城 13-1 管道的埋深约为 1m~4m，在浅地层剖面图上有清晰的揭露；西气东输香港段管道埋藏较深，全程有埋石保护，在管道挖沟海域回淤地层有明显揭露，埋石基本被回淤层掩埋，埋深约 1m~6m。

保密内容，已删除。

图 5.2-13 西气东输香港段埋石回淤及崖城 13-1 管道

保密内容，已删除。

图 5.2-14 西气东输香港段输管道和崖城 13-1 管道测量结果

5.2.5 路由区不良地质现象

路由所处海区的工程地质条件较好，沉积物结构较稳定。已有资料表明，路由区内不良地质现象主要为入土段附近的砂土液化以及入土段、出土段的软土震陷，但影响均较小。

5.3 海水水质现状调查及评价

5.3.1 调查概况

5.3.1.1 调查时间

春季调查时间：2022 年 3 月 31 日至 4 月 5 日。

秋季调查时间：2022 年 11 月 24 日至 11 月 26 日。

5.3.1.2 调查站位布设

春季调查在妈湾电厂周边海域布设海洋生态环境调查站位 50 个，其中海水水质调查站位 50 个、海洋沉积物 26 个站位、海洋生态调查监测站位 30 个，潮间带断面 6 个，渔业资源调查站位和生物体质量站位各 30 个。

秋季调查在南海天然气登陆电厂周边海域布设海水水质调查站位 28 个、海洋沉积物站位 17 个、海洋生态调查站位 17 个，潮间带断面 3 个，生物质量站位 17 个。

保密内容，已删除。

图 5.3-1 工程海域 2022 年春季环境质量现状调查站位布设

表 5.3-1 工程海域 2022 年春季调查站位及调查项目

站位	坐标		调查项目						
	东经	北纬	水质	水质执行标准	沉积物	沉积物执行标准	海洋生态（含渔业资源）		
							生物质量	浮游、底栖	潮间带
MW01	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	
MW02	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW03	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW04	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW05	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW06	***	***	▲	第四类					
MW07	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	
MW08	***	***	▲	第三类					
MW09	***	***	▲	第四类					
MW10	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW11	***	***	▲	第四类					
MW12	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW13	***	***	▲	第四类					
MW14	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	
MW15	***	***	▲	第三类			▲	▲	
MW16	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW17	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW18	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW19	***	***	▲	第四类					
MW20	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	
MW21	***	***	▲	第三类					
MW22	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW23	***	***	▲	第四类					
MW24	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW25	***	***	▲	第三类					
MW26	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	
MW27	***	***	▲	第三类					
MW28	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW29	***	***	▲	第一类					
MW30	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	
MW31	***	***	▲	第二类	▲	第三类	▲	▲	
MW32	***	***	▲	第四类					
MW33	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW34	***	***	▲	第四类			▲	▲	
MW35	***	***	▲	第四类					
MW36	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW37	***	***	▲	第四类					
MW38	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW39	***	***	▲	第四类					
MW40	***	***	▲	第四类					
MW41	***	***	▲	第四类					
MW42	***	***	▲	第四类			▲	▲	

站 位	坐标		调查项目						
	东 经	北 纬	水 质	水质执行标准	沉 积 物	沉积物执行标准	海洋生态(含渔业资源)		
							生物质量	浮游、底栖	潮间带
MW43	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW44	***	***	▲	第四类			▲	▲	
MW45	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	
MW46	***	***	▲	第二类					
MW47	***	***	▲	第一类					
MW48	***	***	▲	第一类					
MW49	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	
MW50	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	
C1	***	***							▲
C2	***	***							▲
C3	***	***							▲
C4	***	***							▲
C5	***	***							▲
C6	***	***							▲

表 5.3-2 2022 年春季海水水质项目分析方法

项 目	分 析 方 法	主 要 仪 器	引用标准	检出限	
水温	海洋监测规范 第 4 部分：海水分析(水温 表层水温表法) (GB 17378.4-2007)	多功能水质参数仪 YSI	GB 17378.4-2007	/	
pH 值	海洋监测规范 第 4 部分：海水分析(pH pH 计法)(GB 17378.4-2007)			/	
盐度	海洋监测规范 第 4 部分：海水分析(盐度盐度计法) (GB 17378.4-2007)			/	
溶解氧	溶解氧 便携式溶解氧仪法 《水和废水监测分析方法》(第四版) 国家环境保护总局(2002 年)		《水和废水 监测分析方法》(第四版) 国家环境保 护总局(2002 年)	/	
汞	海洋监测规范 第 4 部分：海水分析 (原子荧光法)(GB 17378.4-2007)	原子荧光光度计 BAF2000	GB 17378.4-2007	7×10 ⁻⁶ mg/L	
砷				3×10 ⁻⁴ mg/L	
锌	海洋监测规范 第 4 部分：海水分析 (阳极溶出伏安法) (GB 17378.4-2007)	多功能极谱仪		1.2×10 ⁻³ mg/L	
铜				6×10 ⁻⁴ mg/L	
铅				3×10 ⁻⁴ mg/L	
镉				9×10 ⁻⁵ mg/L	
总铬	海洋监测规范 第 4 部分：海水分析 (总铬 无火焰原子吸收分光光度 法)(GB 17378.4-2007)	原子吸收分光光度 计			4×10 ⁻⁴ mg/L
镍	海洋监测规范 第 4 部分：海水分析 (镍 无火焰原子吸收分光光度 法)(GB 17378.4-2007)				5×10 ⁻⁴ mg/L
悬浮物	海洋监测规范 第 4 部分：海水分 析(悬浮物 重量法)	天平 CPA225D			2mg/L

项 目	分 析 方 法	主 要 仪 器	引用标准	检出限
	(GB 17378.4-2007)			
化学需氧量	海洋监测规范 第4部分：海水分析(化学需氧量 碱性高锰酸钾法)(GB 17378.4-2007)	滴定仪		0.5mg/L
石油类	海洋监测规范 第4部分：海水分析(油类 紫外分光光度法)(GB 17378.4-2007)	紫外分光光度计		0.8μg/L
硫化物	海洋监测规范 第4部分：海水分析(硫化物 亚甲基蓝分光光度法)(GB 17378.4-2007)	分光光度计 722		0.2μg/L
活性磷酸盐	海洋监测规范 第4部分：海水分析(无机磷 磷钼蓝分光光度法)(GB 17378.4-2007)	分光光度计 722		0.0010mg/L
亚硝酸盐	海洋监测规范 第4部分：海水分析(亚硝酸盐 萘乙二胺分光光度法)(GB 17378.4-2007)	分光光度计 S22PC	GB 17378.4-2007	0.003mg/L
硝酸盐	海洋调查规范 第4部分：海水化学要素调查(11 硝酸盐测定 铋镉还原法)(GB 12763.4-2007)			0.006mg/L
氨氮	海洋监测规范 第4部分：海水分析(氨 次溴酸盐氧化法)(GB 17378.4-2007)			0.006mg/L

保密内容，已删除。

图 5.3-2 工程海域 2022 年秋季环境质量现状调查站位布设

表 5.3-3 工程海域 2022 年秋季调查站位及调查项目

站位	坐标		调查项目						
	东经	北纬	水质	水质执行标准	沉积物	沉积物执行标准	海洋生态		
							生物质量	浮游、底栖	潮间带
P1	***	***	▲	第三类	▲	第二类	▲	▲	\
P2	***	***	▲	第四类	\	\	\	\	\
P3	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	\
P4	***	***	▲	第四类	\	\	\	\	\
P5	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	\
P6	***	***	▲	第四类	\	\	\	\	\
P7	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	\
P8	***	***	▲	第三类	\	\	\	\	\
P9	***	***	▲	第四类	\	\	\	\	\
P10	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	\
P11	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	\
P12	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	\
P13	***	***	▲	第四类	\	\	\	\	\
P14	***	***	▲	第二类	▲	第三类	▲	▲	\
P15	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	\
P16	***	***	▲	第四类	\	\	\	\	\
P17	***	***	▲	第二类	\	\	\	\	\

站位	坐标		调查项目						
	东经	北纬	水质	水质执行标准	沉积物	沉积物执行标准	海洋生态		
							生物质量	浮游、底栖	潮间带
P18	***	***	▲	第一类	\	\	\	\	\
P19	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	\
P20	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	\
P21	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	\
P22	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	\
P23	***	***	▲	第四类	▲	第三类	▲	▲	\
P24	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	\
P25	***	***	▲	第一类	▲	第一类	▲	▲	\
P26	***	***	▲	第一类	\	\	\	\	\
P27	***	***	▲	第三类	▲	第三类	▲	▲	\
P28	***	***	▲	第四类	\	\	\	\	\
C1	***	***	\	\	\	\	\	\	▲
C2	***	***	\	\	\	\	\	\	▲
C3	***	***	\	\	\	\	\	\	▲

表 5.3-4 2022 年秋季海水项目分析方法

项 目	分 析 方 法	主 要 仪 器	检 出 限
水深	水深测量 《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007（4.8）	测深仪 SM-5A	---
水色	比色法 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007（21）	水色计 PS-TSJ	---
水温	表层水温表法 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007（25.1）	水温计	---
透明度	透明圆盘法 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007（22）	塞氏盘 PS-T8	---
盐度	盐度计法 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007（29.1）	实验室盐度计 HWYDA-1	---
pH 值	pH 计法 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007（26）	便携式 pH 计 pHBJ-260F	---
悬浮物	重量法 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007（27）	SQP 型电子天平 225D-1CN	---
溶解氧	电化学探头法 《水质 溶解氧的测定》 HJ 506-2009	溶解氧仪 美国 YSI 550A	---
化学需氧量	碱性高锰酸钾法 《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007	---	0.15mg/L

项 目	分 析 方 法	主 要 仪 器	检 出 限
	(32)		
活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (39.1)	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	0.001mg/L
氨氮	靛酚蓝分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (36.1)	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	0.005mg/L
硝酸盐氮	镉柱还原法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (38.1)	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	0.003mg/L
亚硝酸盐氮	萘乙二胺分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (37)	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	0.0009mg/L
石油类	紫外分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (13.2)	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	3.5μg/L
锌	火焰原子吸收分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (9.1)	原子吸收分光光度计 WFX-130B	3.1μg/L
铜	无火焰原子吸收分光光度法《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (6.1)	原子吸收分光光度计 WFX-200	0.2μg/L
铅	无火焰原子吸收分光光度法《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (7.1)	原子吸收分光光度计 WFX-200	0.03μg/L
汞	原子荧光法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (5.1)	原子荧光光度计 AFS-8230	0.007μg/L
砷	原子荧光法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (11.1)	原子荧光光度计 AFS-8230	0.5μg/L
总铬	无火焰原子吸收分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (10.1)	原子吸收分光光度计 WFX-200	0.4μg/L
镉	无火焰原子吸收分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (8.1)	原子吸收分光光度计 WFX-200	0.01μg/L
硫化物	亚甲基蓝分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (18.1)	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	0.2μg/L
挥发性酚	4-氨基安替比林分光光度法 《海洋监测规范 第4部分:海水分析》GB 17378.4-2007 (19)	紫外可见分光光度计 T6 新世纪	1.1μg/L

5.3.1.3 调查因子

海水水质：水深、水色、水温、盐度、透明度、悬浮物质（SS）、pH、溶解氧（DO）、无机氮（TIN：硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、化学需氧量（COD）、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、总铬（Cr）、汞（Hg）、

砷（As）、硫化物、挥发性酚、石油类。

沉积物：粒度、含水率、有机碳、硫化物、铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、汞（Hg）、砷（As）、石油类。

海洋生态：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物的种类组成、个体数量、生物量及栖息密度、分布、多样性指数和均匀度等。

生物质量：铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、铬（Cr）、总汞（Hg）、砷（As）、石油烃。

5.3.1.4 调查方法

海水水质：除石油类只取表层水样外，其余项目的采集均按以下要求进行：当水深小于 10 米时，采集表层水样；当水深大于 10 米小于 25 米时，采集二层水样。按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的要求采集水样和进行样品分析。

沉积物：沉积物调查站位布设与水质调查站位同步，采取表层样。按照《海洋调查规范》（GB12763-2007）和《海洋监测规范》（GB/T17378-2007）的要求采集样品和进行样品分析。

海洋生态：海洋生物调查站位与水质调查站位同步。按照《海洋调查规范》（GB12763-2007）和《海洋监测规范》（GB/T17378-2007）的要求采集样品和进行样品分析。

5.3.2 调查结果

春季（2022 年 4 月）及秋季（2022 年 11 月）海水水质调查结果下列表格。

表 5.3-5 2022 年 4 月水质实测结果统计表

站位	水深	层次	盐度	透明度	水温	溶解氧	pH 值	悬浮物	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	氨氮	无机氮	化学需氧量	活性磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	镍	硫化物	石油类
	m		‰	cm	℃	mg/L		mg/L																μg/L
MW01	20.9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW02	22.7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW03	17.8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW04	18.9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW05	8.4	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW06	16.8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW07	4.3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW08	3.2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW09	3.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW10	18.3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW11	18.3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW12	23.1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW13	22.2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW14	19.9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

南海天然气登陆深圳项目环境影响报告书

站 位	水深	层次	盐度	透明度	水温	溶解氧	pH 值	悬浮物	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	氨氮	无机氮	化学需氧量	活性磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	镍	硫化物	石油类
	m		‰	cm	℃	mg/L		mg/L																μg/L
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW15	19.2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW16	9.8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW17	12.9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW18	19.3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW19	11.7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW20	3.7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW21	2.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW22	5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW23	5.7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW24	19.9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW25	11.2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW26	12.1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW27	8.7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW28	21.1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW29	8.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

南海天然气登陆深圳项目环境影响报告书

站 位	水深	层次	盐度	透明度	水温	溶解氧	pH 值	悬浮物	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	氨氮	无机氮	化学需氧量	活性磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	镍	硫化物	石油类
	m		‰	cm	℃	mg/L		mg/L																μg/L
MW30	7.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW31	9.1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW32	23.2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW33	24.7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW34	23.8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW35	6.8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW36	6.4	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW37	15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW38	20.3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW39	22.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW40	22.1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW41	15.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW42	6.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW43	8.5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW44	22.2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

站位	水深	层次	盐度	透明度	水温	溶解氧	pH值	悬浮物	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	氨氮	无机氮	化学需氧量	活性磷酸盐	汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬	镍	硫化物	石油类
	m		‰	cm	℃	mg/L		mg/L															μg/L	
MW45	19.3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW46	4.7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW47	6	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW48	7.8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW49	9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW50	8.4	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

注：“/”表示无数据。

表 5.3-6 2022 年 11 月水质实测结果统计表

站位	层次	温度	pH 值	盐度	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	活性磷酸盐	石油类	无机氮	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	硫化物	挥发性酚
		℃		‰	(mg/L)									(μg/L)								
P1	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P2	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P3	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	中	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	底	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P4	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P5	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P6	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	底	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P7	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	底	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P8	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P9	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	底	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

站位	层次	温度	pH值	盐度	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	活性磷酸盐	石油类	无机氮	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	硫化物	挥发性酚
		℃		‰	(mg/L)									(μg/L)								
P13	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P16	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P17	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P18	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	底	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	底	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P26	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P28	表	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

站位	层次	温度	pH 值	盐度	悬浮物	溶解氧	化学需氧量	活性磷酸盐	石油类	无机氮	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	硫化物	挥发性酚
		℃		‰	(mg/L)										(μg/L)							
	底	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

5.3.3 水环境质量现状评价

5.3.3.1 评价因子筛选

水质评价因子为：pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、石油类、无机氮、活性磷酸盐、汞、铜、铅、锌、镉、砷、总铬、硫化物、挥发性酚 15 项作为评价因子。

5.3.3.2 评价标准

2022 年 4 月春季调查根据《广东省近岸海域环境功能区划》、《深圳市近岸海域环境功能区划》、《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《深圳市海洋环境保护规划》（2018-2035 年）相关要求，按照相同区域取严格要求的标准，本项目 6 个站位（MW29、MW30、MW47~MW50）的海水水质评采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类标准，MW31 和 MW46 站位海水水质采用第二类标准，10 个站位（MW01、MW07-MW08、MW14-MW15、MW20-MW21 和 MW25-MW27）海水水质采用第三类标准，其余 32 个站位海水水质评价参考第四类标准。

表 5.3-7 2022 年 4 月春季海水水质评价执行标准

点位名称	海水水质执行标准	依据
MW01	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW02	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW03	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW04	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW05	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW06	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW07	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW08	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW09	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW10	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW11	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW12	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW13	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW14	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW15	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW16	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW17	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW18	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW19	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW20	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW21	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW22	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW23	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW24	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》

MW25	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW26	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW27	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW28	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW29	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
MW30	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
MW31	第二类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW32	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW33	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW34	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW35	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW36	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW37	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW38	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW39	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW40	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW41	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW42	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW43	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW44	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW45	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
MW46	第二类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
MW47	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
MW48	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
MW49	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
MW50	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》

保密内容，已删除。

图 5.3-3 2022 年 4 月春季海水水质评价执行标准位置图

2022 年 11 月秋季调查根据《广东省近岸海域环境功能区划》、《深圳市近岸海域环境功能区划》、《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《深圳市海洋环境保护规划》（2018-2035 年）相关要求，本项目 7 个站位（P18、P19、P20、P21、P24、P25、P26）的海水水质评价采用《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第一类标准，P14 和 P17 站位海水水质采用第二类标准，7 个站位（P1、P8、P10、P11、P12、P22、P27）海水水质采用第三类标准，其余 12 个站位海水水质评价参考第四类标准。

表 5.3-8 2022 年 11 月秋季海水水质评价执行标准

点位	海水水质执行标准	依据
P1	第三类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P2	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
P3	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
P4	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P5	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
P6	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
P7	第四类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P8	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P9	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》

P10	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P11	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P12	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P13	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
P14	第二类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P15	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018 2035 年）》
P16	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018 2035 年）》
P17	第二类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P18	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P19	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P20	第一类	《广东省海洋功能区划（2011 2020 年）》
P21	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P22	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P23	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018-2035 年）》
P24	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P25	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P26	第一类	《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》
P27	第三类	《广东省近岸海域环境功能区划》和《深圳市近岸海域环境功能区划》
P28	第四类	《深圳市海洋生态环境保护规划（2018 2035 年）》

保密内容，已删除。

图 5.3-4 2022 年 11 月秋季海水水质评价执行标准位置图

表 5.3-9 海水水质标准(mg/L, pH 除外)

项目	pH	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	石油类	挥发性酚	硫化物
一类	7.8~8.5	>6	≤2	≤0.20	≤0.015	≤0.05	≤0.005	≤0.020
二类	7.8~8.5	>5	≤3	≤0.30	≤0.030	≤0.05	≤0.005	≤0.050
三类	6.8~8.8	>4	≤4	≤0.40	≤0.030	≤0.30	≤0.010	≤0.100
四类	6.8~8.8	>3	≤5	≤0.50	≤0.045	≤0.50	≤0.050	≤0.250
项目	锌	镉	总铬	汞	砷	铅	铜	
一类	≤0.020	≤0.001	≤0.05	≤0.00005	≤0.020	≤0.001	≤0.005	
二类	≤0.050	≤0.005	≤0.10	≤0.0002	≤0.030	≤0.005	≤0.010	
三类	≤0.10	≤0.010	≤0.20	≤0.0002	≤0.050	≤0.010	≤0.050	
四类	≤0.50	≤0.010	≤0.50	≤0.0005	≤0.050	≤0.050	≤0.050	

5.3.3.3 评价方法

水质参数评价方法采用标准指数法和超标统计法。

(1) 标准指数法

①一般污染物：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i —— i 项污染物的标准指数

C_i —— i 项污染物的实测浓度

S_i —— i 项污染物评价标准

②DO：

$$S_{DO, j} = DO_s / DO_j, DO_j \leq DO_r$$

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

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_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$ ；

S——实用盐度符号，量纲为 1；

T——水温，℃。

③pH：

$$P_i = (7.0 - pH_i) / (7.0 - pH_x) \text{ 当 } pH \leq 7.0$$

$$P_i = (pH_i - 7.0) / (pH_s - 7.0) \text{ 当 } pH > 7.0$$

式中： P_i ——pH 的污染指数；

pH_i ——pH 的实测浓度值；

pH_x ——水质标准中 pH 值下限；

pH_s ——水质标准中 pH 值上限；

$$IpH_i = |C_i - 8.15| / (C^+ - 8.15)$$

式中： IpH_i ——pH 值的标准指数

C^+ ——pH 评价标准上限值

C_i ——pH 的实测值

(2) 超标统计法：统计超标样品的数量及超标率百分数。

5.3.3.4 评价结果

(1) 2022 年 4 月春季

调查海域各调查站位海水样品中的 13 项评价因子：pH、化学需氧量、溶解氧、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硫化物、石油类的单项标准指数均小于 1，各调查站点上述评价指标均满足站位海水水质标准。

调查海域各调查站点海水样品的无机氮和活性磷酸盐有超标情况，无机氮的单项标准指数变化范围介于 0.84~5.7，均值为 2.19，4 个超标站位未达到目标要求的第一类海水水质标准，2 个超标站位未达到目标要求的第二类海水水质标准，10 个超标站位未达到目标要求的第三类海水水质标准，27 个超标站位未达到目标要求的第四类海水水质标准。最大超标倍数 4.7，超标率 86%。

活性磷酸盐标准指数变化范围介于 0.51~1.73，均值为 0.82。4 个超标站位未达

到目标要求的第一类海水水质标准, 4 个超标站位未达到目标要求的第三类海水水质标准。最大超标倍数 0.73, 超标率 16%。

(2) 2022 年 11 月秋季

调查海域各调查站位海水样品中的 14 项评价因子: pH、化学需氧量、溶解氧、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、活性磷酸盐、硫化物、挥发性酚、石油类的单项标准指数均小于 1, 各调查站点上述评价指标均满足站位海水水质标准。

调查海域各调查站点海水样品的无机氮有超标情况, 无机氮的单项标准指数变化于 0.76~3.80, 均值为 1.61。不满足站位要求为第一类水质标准的站位有 8 个, 不满足站位要求为第二类水质标准的站位有 1 个, 不满足站位要求为第三类水质标准的站位有 6 个, 不满足站位要求为第四类水质标准的站位有 8 个。最大超标倍数 2.80, 超标率 82.14%。

5.3.3.5 超标原因分析

深圳市生态环境局近 10 年发布的《深圳市生态环境状况公报》(2012-2022 年) 报告显示, 深圳西部近岸海域海水水质劣于第四类标准, 主要污染物为无机氮和活性磷酸盐, 本项目海域 2022 年春季海水调查结果显示主要以无机氮污染为主, 与公报相符合。本项目调查海域位于深圳西部海域, 无机氮污染水平分布呈现靠珠江口中部海域及靠深圳西部沿岸区域较高, 调查海域中部区域相对较低的特征, 主要受珠江流域上游携带外源污染物入海的影响, 此外也存在深圳西部沿海、香港元朗、屯门直排入海污染物及周边海域污染物的影响。此外, 海水无机氮的分布还与大气沉降、海洋潮流、上升流和涡动扩散等的作用有关。

表 5.3-10 2022 年 4 月海水水质评价结果表

评价因子	pH	DO	DIN	COD	PO ₄ ³⁻ -P	As	Hg	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	硫化物	石油类
单项 标准 指数 值 Q_{ij}	MW01	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW02	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW03	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW04	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW05	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW06	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW07	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW08	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW09	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MW30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

评价因子	pH	DO	DIN	COD	PO ₄ ³⁻ -P	As	Hg	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	硫化物	石油类
MW31	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW32	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW35	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW37	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW39	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW40	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW41	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW46	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW47	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW48	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超标率%	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

备注：当检出率占样品数的 1/2 以上（包括 1/2）或不足 1/2 时，未检出部分分别按检出限的 1/2 和 1/4 量值参与统计。

表 5.3-11 2022 年 11 月海水水质评价结果表

评价因子		pH	DO	DIN	COD	PO ₄ ³⁻ -P	As	Hg	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	硫化物	石油类	挥发性酚
单 项 标 准 指 数 值 Q _{ij}	P1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P4	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P6	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P8	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P13	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P16	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P17	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P18	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P26	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

	P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	P28	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最大值		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
超标率%		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

5.4 海洋沉积物现状调查及评价

5.4.1 调查概况

2022 年 11 月海洋环境质量调查时与水质调查同步进行了沉积物的现状调查，调查时间、范围、站位布设详见 5.3 节，共调查了 17 个沉积物站位，站位布设见图 5.3-1。

调查因子包括石油类、硫化物、有机碳、铜、铅、汞、铬、镉、砷、锌、粒度。监测方法和分析方法见表 5.4-1。

表 5.4-1 沉积物监测项目和分析方法

项目	分析方法	检出限
有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	/
硫化物	碘量法	4×10^{-6}
石油类	紫外分光光度法	3×10^{-6}
铜	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	3×10^{-6}
锌	火焰原子吸收分光光度法	6×10^{-6}
镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.05×10^{-6}
汞	原子荧光法	0.002×10^{-6}
铬	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
砷	原子荧光法	0.06×10^{-6}
粒度	激光粒度仪	/

5.4.2 调查结果

2022 年 11 月沉积物监测结果见表 5.4-2。

表 5.4-2 沉积物实测结果统计表

站 位	含水率	有机碳	硫化物	石油类	砷	汞	铬	铜	锌	镉	铅
	%	%	$(\times 10^{-6})$								
P1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

5.4.3 沉积物环境质量现状评价

5.4.3.1 评价因子

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

5.4.3.2 评价标准

海洋沉积物按照《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》中调查站位所在功能区的海洋环境评价标准执行，其中 P1 执行第二类沉积物质量标准，P19、P20、P21、P24、P25 站位执行第一类沉积物质量标准，其余站位执行第三类标准限值，评价方式为从第一类开始评价，评价标准采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中的一类标准，见表 5.4-3。

表 5.4-3 沉积物质量标准

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

5.4.3.3 评价方法

评价方法采用标准指数法。

其中单因子污染标准指数法，按下列公式计算：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中：

I_i —— i 项污染物的质量指数；

C_i —— i 项污染物的实测浓度；

S_i —— i 项污染物评价标准；

I_i 是无量纲量，其大小描述被测样品的质量状况。

5.4.3.4 评价结果

调查海域沉积物各评价因子的标准指数值及统计结果分别见表 5.4-4。

本项目秋季调查所有站位均满足功能区沉积物质量目标要求，其中 P1 满足第二

类沉积物质量标准，P19、P20、P21、P24、P25 站位满足第一类沉积物质量标准，其余站位满足第三类标准限值，沉积物质量状况良好。

表 5.4-4 2022 年 11 月沉积物质量评价结果

站位	有机碳	硫化物	石油类	砷	汞	铬	铜	锌	镉	铅
P1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P5	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P7	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

注：“/”表示原始数据未检出。

5.5 海洋生态环境现状调查及评价

5.5.1 调查概况

5.5.1.1 调查时间、范围与站位布设

海洋生态现状调查与水质、沉积物调查同时进行，调查时间、范围、站位布设详见 5.3 节。其中，2022 年 4 月布设 30 个生物调查站位、2022 年 11 月布设 17 个生物调查站位。

5.5.1.2 调查方法

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

①叶绿素 a：按照水质采样层次，每层用采水器采集水样 1000mL，加 10g/L 碳酸镁溶液，过滤后的滤膜用 90%（体积比）丙酮提取叶绿素，应用分光光度法测定。

②浮游植物：浮游植物样品用浅水 III 型浮游生物网（网口面积 0.1m²，网口直径 37cm，网长为 140cm）由海底垂直拖曳至海面。每站只采集 1 次，采集到的样品加入约 5%样品体积的中性甲醛溶液，然后带回实验室进行鉴定和计数。

③浮游动物：浮游动物样品用浅水 II 型浮游生物网（网口面积 0.08m²，网口直径 31.6cm，网长为 140cm）由海底垂直拖曳至海面。每站只采集 1 次，采集到的样品加入约 5%样品体积的中性甲醛溶液，带回实验室进行湿重生物量称重，用镜检分析法和个体计数法进行鉴定和计算。

④大型底栖生物：底栖生物使用采泥器采样。定量样品用 0.1m²采泥器采集，每站采泥 2 次，泥样倒入孔径为 0.5mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有生物，装入含有 5%甲醛溶液的样品瓶中。所有样品带回实验室进行种类鉴定，多毛纲残体或藻类不记个数。

⑤潮间带生物：潮间带生物每条断面分高中低潮区，在各潮区中硬质区域布设 2 个站，软质区域布设 4 个站，各站采集 25×25 cm 的样方，经孔径为 0.5 mm 的套筛冲洗，捡取全部生物样品，加入样品体积的 95%乙醇溶液现场固定，带回实验室鉴定、计数并称重（湿重）。

⑥生物质量：在各调查站位使用底拖网网具（网长 32m，网口高度 8m，网宽 12m，网衣孔径 4cm）采样 1 次，调查船在距调查站位前约 2~4 海里时放网，每次放网 1

张。拖网开始时间：从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起；起网时间：停船起网绞车开始收曳纲时止。将渔获物进行收集带回实验室进行分析，同时从各站中选取足量的有代表性的优势种带回实验室，单独分袋、冰冻保存，取可食部分分析。在采样时考虑采样工具对待测项目的影响，不能使用一般的铁质工具和镀锌、镀铬工具，采集到的样品现场用海水冲洗干净。

5.5.1.3 评价方法

(1) 初级生产力

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，按联合国教科文组织（UNESCO）推荐的下列公式估算：

$$P = \frac{Chla \cdot Q \cdot D \cdot E}{2}$$

式中：P—现场初级生产力（mg·C/(m²·d)）；Chla—真光层内平均叶绿素 a 含量（mg/m³）；Q—不同层次同化指数算术平均值，取 7.5（参考柯志新发表的《珠江口浮游植物叶绿素 a 和初级生产力的季节变化及其影响因素》）；D—昼长时间（h），根据季节和海区情况取 12.5h；E—真光层深度（m），取透明度的 3 倍。

(2) 生物群落特征的评价使用 Sharrnon-wiener（1963）的多样性指数计算公式、Pielous（1969）均匀度计算公式和 Margalef（1958）丰富度计算公式。浮游植物、浮游动物、渔业资源游泳生物的种类多样性（H'）、均匀度（J）和丰富度（d）的计算公式如下：

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

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

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

式中：H'—多样性指数；J—均匀度；Pi=ni/N（ni 是第 i 个物种的个体数，N 是全部物种的个数）；S—为种类数；d—丰富度。

优势种的优势度有多种方法表示，这里用两种计算公式表示一个站上的优势度和整个海区的优势度：

对于某一个站上的优势度可用百分比表示，

$$D = n_i/N \cdot 100\%$$

式中：D — 第 i 种的百分比优势度； n_i — 第 i 种的数量；N — 该站群落中所有种的数量。

对于某一区域的优势度，计算公式为：

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

式中： n_i 为第 i 种的数量； f_i 为该种在各站出现的频率；N 为群落中所有种的数量。

渔业资源游泳生物的单纯度指数（C）计算公式如下：

$$C = \sum (n_i/N)^2$$

式中，C—表示单纯度指数；N—为群落中所有物种丰度或生物量， n_i 为第 i 个物种的丰度或生物量。

生物群落特征的多样性评价参照《水生态监测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价（试行）》（HJ1296-2023），按照多样性指数和均匀度的值分为优秀、良好、中等、较差、很差五个等次。

表 5.5-1 评价分级参考

分级	优秀	良好	中等	较差	很差
H'	$H' > 3.0$	$2.0 < H' \leq 3.0$	$1.0 < H' \leq 2.0$	$0 < H' \leq 1.0$	$H' = 0$
J	$0.8 < J \leq 1$	$0.5 < J \leq 0.8$	$0.3 < J \leq 0.5$	$0 < J \leq 0.3$	$J = 0$

生物质量评价采用单项标准指数法和超标统计法，评价公式与海水水质相同。

5.5.2 叶绿素 a 及初级生产力

5.5.2.1 2022 年 4 月现状调查评估

对调查海区 30 个站位的叶绿素 a 含量进行调查，调查结果见表 5.5-2。

调查海域叶绿素 a 变化范围（0.57~6.66） mg/m^3 ，均值为 1.78 mg/m^3 。调查海域初级生产力变化范围：（49.61~1639.66） $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 320.07 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

表 5.5-2 秋季叶绿素 a 和初级生产力监测结果表

站位	叶绿素 a 浓度	初级生产力
	(mg/m^3)	($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
MW01	***	***
MW02	***	***
MW03	***	***
MW04	***	***

站位	叶绿素 a 浓度	初级生产力
	(mg/m ³)	(mg·C/(m ² ·d))
MW05	***	***
MW07	***	***
MW10	***	***
MW12	***	***
MW14	***	***
MW15	***	***
MW16	***	***
MW17	***	***
MW18	***	***
MW20	***	***
MW22	***	***
MW24	***	***
MW26	***	***
MW28	***	***
MW30	***	***
MW31	***	***
MW33	***	***
MW34	***	***
MW36	***	***
MW38	***	***
MW42	***	***
MW43	***	***
MW44	***	***
MW45	***	***
MW49	***	***
MW50	***	***
最小值	***	***
最大值	***	***
平均值	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-1 2022 年 4 月调查海域叶绿素 a 及初级生产力分布图

5.5.2.2 2022 年 11 月现状调查评估

对调查海区 17 个站位的叶绿素 a 含量进行调查，调查结果见表 5.5-3。

调查海域叶绿素 a 变化范围 (0.57~3.59) mg/m³，均值为 1.59mg/m³。调查海域初级生产力变化范围：(43.57~407.42) mg·C/(m²·d)，平均值为 184.15mg·C/(m²·d)。

表 5.5-3 春季叶绿素 a 和初级生产力检测结果表

站位	叶绿素 a 浓度	初级生产力
	(mg/m ³)	(mg·C/(m ² ·d))
P1	***	***
P3 表	***	***
P3 底	***	***
P5	***	***
P7	***	***

P10	***	***
P11 表	***	***
P11 底	***	***
P12	***	***
P14	***	***
P15	***	***
P19	***	***
P20	***	***
P21	***	***
P22	***	***
P23	***	***
P24 表	***	***
P24 底	***	***
P25 表	***	***
P25 底	***	***
P27	***	***
最小值	***	***
最大值	***	***
平均值	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-2 2022 年 11 月调查海域叶绿素 a 及初级生产力分布图

5.5.3 浮游植物

5.5.3.1 2022 年 4 月现状调查评价

(1) 种类组成

调查海域共出现浮游植物 7 门 56 属 121 种。硅藻种类最多，有 39 属 92 种，占总物种数的 76.03%；甲藻有 11 属 22 种，占总物种数的 18.18%；绿藻有 1 属 1 种，占总物种数的 0.83%；蓝藻有 1 属 1 种占总物种数的 0.83%；金藻有 2 属 2 种，占总物种数的 1.65%；黄藻有 1 属 1 种，占总物种数的 0.83%；隐藻有 1 属 2 种，占总物种数的 1.65%。

(2) 数量分布

调查海域浮游植物个体数量变化范围介于 $(0.41\sim 26.23) \times 10^5 \text{ ind./m}^3$ 之间，平均密度为 $3.37 \times 10^5 \text{ ind./m}^3$ 。

表 5.5-4 调查海域 2022 年 4 月浮游植物生物密度和种类数 ($\times 10^6 \text{ ind./m}^3$)

站位	蓝藻门	隐藻门	甲藻门	硅藻门	绿藻门	金藻门	黄藻门	总密度
MW01	***	***	***	***	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***	***	***	***	***

MW04	***	***	***	***	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***	***	***	***	***
MW26	***	***	***	***	***	***	***	***
MW28	***	***	***	***	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***	***	***	***	***
MW31	***	***	***	***	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***	***
总和	***	***	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-3 2022 年 4 月调查海域浮游植物生物密度分布图

(3) 群落多样性水平

调查海区浮游植物优势种为菱软海链藻（0.21）、中肋骨条藻（0.13）、星脐圆筛藻（0.04）、琼氏圆筛藻（0.04）、夜光藻（0.03）、蛇目圆筛藻（0.03）、虹彩圆筛藻（0.02）、斑点海链藻（0.02）、细弱海链藻（0.02）和热带骨条藻（0.02）。

调查海域中各站位浮游植物多样性指数变化范围介于（0.74~2.95）之间，平均值为 2.42，最大值出现在 MW45，最小值出现在 MW49；均匀度变化范围介于（0.22~0.90）之间，平均值为 0.75，最大值出现在 MW31 和 MW30，最小值出现在 MW49；丰富度指数变化范围介于（1.22~3.05）之间，平均值为 2.07，最大值出现在 MW18，最小值出现在 MW36 和 MW43。以上指标显示该海区生态环境良好，群落结构较稳定。

表 5.5-5 调查海域 2022 年 4 月浮游植物群落特征

站号	种数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
MW01	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***
MW04	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***
MW26	***	***	***	***
MW28	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***
MW31	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***

5.5.3.2 2022 年 11 月现状调查评价

(1) 种类组成

调查海域共出现浮游植物 5 门 51 属 108 种。硅藻种类最多，有 40 属 92 种，占总物种数的 85.19%；甲藻有 8 属 12 种，占总物种数的 11.11%；绿藻有 1 属 2 种，占总物种数的 1.85%；蓝藻有 1 属 1 种占总物种数的 0.93%；金藻有 1 属 1 种,占总物种数的 0.93%。

(2) 数量分布

调查海域浮游植物个体数量变化范围在 $(0.36\sim7.71) \times 10^6 \text{ ind./m}^3$ 之间，平均密度为 $1.57 \times 10^6 \text{ ind./m}^3$ 。

表 5.5-6 调查海域 2022 年 11 月浮游植物生物密度和种类数 ($\times 10^6 \text{ind./m}^3$)

站位	蓝藻门	甲藻门	硅藻门	绿藻门	金藻门	总密度
P1	***	***	***	***	***	***
P3	***	***	***	***	***	***
P5	***	***	***	***	***	***
P7	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***
总和	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-4 2022 年 11 月调查海域浮游植物生物密度分布图

(3) 群落多样性水平

调查海区浮游植物优势种为热带骨条藻 (0.21)、柔弱角毛藻 (0.10)、中肋骨条藻 (0.08)、旋链角毛藻 (0.08)、菱软海链藻 (0.06)、布氏双尾藻 (0.03)、伏氏海线藻 (0.02)。本次调查未发现《国家重点保护野生动物名录》、《国家重点保护野生植物名录》《中国外来入侵物种名单》中记录的物种。

查海域中各站位浮游植物多样性指数变化范围在 (1.71~3.00) 之间, 平均值为 2.52, 最大值出现在 P21, 最小值出现在 P27; 均匀度变化范围在 (0.48~0.85) 之间, 平均值为 0.71, 最大值出现在 P23, 最小值出现在 P27; 丰富度指数变化范围在 (1.70~3.55) 之间, 平均值为 2.49, 最大值出现在 P3, 最小值出现在 P25。以上指标显示该海区生态环境良好, 群落结构较稳定。

表 5.5-7 调查海域春季浮游植物群落特征

站号	种数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')	丰富度 (d)
P1	***	***	***	***
P3	***	***	***	***
P5	***	***	***	***
P7	***	***	***	***
P10	***	***	***	***
P11	***	***	***	***

P12	***	***	***	***
P14	***	***	***	***
P15	***	***	***	***
P19	***	***	***	***
P20	***	***	***	***
P21	***	***	***	***
P22	***	***	***	***
P23	***	***	***	***
P24	***	***	***	***
P25	***	***	***	***
P27	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***

5.5.4 浮游动物

5.5.4.1 2022 年 4 月现状调查评价

(1) 种类组成

调查该海域共鉴定出浮游动物 11 大类 68 种。其中，桡足类种类最多，有 33 种，占总种数的 48.53%；其次是阶段性浮游幼体有 13 种，占 19.12%；刺胞动物有 6 种，占 8.82%；其余类群的种类数相对较少，多在 5 种以下。

(2) 个体密度及生物量分布

调查海域浮游动物的生物量变化介于 (2.5~614.9) mg/m³ 之间，平均 154.5 mg/m³；密度变化介于 (260.71~22400.01) ind./m³ 之间，平均 4484.73 ind./m³。

表 5.5-8 调查海域秋季浮游动物个体密度和生物量

站号	生物量 (mg/m ³)	密度 (ind./m ³)				
		被囊类	桡足类	阶段性浮游幼体	其他类群	合计
MW01	***	***	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***	***	***
MW04	***	***	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***	***	***
MW26	***	***	***	***	***	***
MW28	***	***	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***	***	***

站号	生物量 (mg/m ³)	密度 (ind./m ³)				
		被囊类	桡足类	阶段性浮游幼体	其他类群	合计
MW31	***	***	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-5 2022 年 4 月调查海域浮游动物生物密度和生物量图

(3) 群落多样性水平

调查海域的浮游动物优势种为小拟哲水蚤(0.27)、长腹剑水蚤属未定种(0.199)、强额孔雀水蚤(0.166)、住囊虫属未定种(0.022)、多毛类幼体(0.021)。

调查海域各站位浮游动物的种类多样性指数介于(2.04~3.25)之间,平均值为2.72;均匀度介于(0.44~0.69)之间,平均值为0.6;丰富度指数介于(1.34~3.36)之间,平均值为1.99。以上指标显示该海区生态环境良好,群落结构较稳定。

表 5.5-9 调查海域秋季浮游动物群落特征

站位	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
MW01	***	***	***
MW02	***	***	***
MW03	***	***	***
MW04	***	***	***
MW05	***	***	***
MW07	***	***	***
MW10	***	***	***
MW12	***	***	***
MW14	***	***	***
MW15	***	***	***
MW16	***	***	***
MW17	***	***	***
MW18	***	***	***
MW20	***	***	***
MW22	***	***	***
MW24	***	***	***
MW26	***	***	***
MW28	***	***	***
MW30	***	***	***

站位	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
MW31	***	***	***
MW33	***	***	***
MW34	***	***	***
MW36	***	***	***
MW38	***	***	***
MW42	***	***	***
MW44	***	***	***
MW43	***	***	***
MW45	***	***	***
MW49	***	***	***
MW50	***	***	***
最小值	***	***	***
最大值	***	***	***
平均值	***	***	***

5.5.4.2 2022 年 11 月现状调查评价

(1) 种类组成

调查该海域共鉴定出浮游动物 8 大类 56 种。其中，桡足类种类最多，有 29 种，占总种数的 51.79%；其次是阶段性浮游幼体有 12 种，占 21.43%；刺胞动物有 6 种，占 10.71%；其余类群的种类数相对较少，多在 5 种以下。

(2) 个体密度及生物量分布

调查海域浮游动物的生物量变化在 (114.68~1194.77) mg/m^3 之间，平均 602.06 mg/m^3 ；密度变化在 (8315.09~225982.14) $\text{ind.}/\text{m}^3$ 之间，平均 82889.74 $\text{ind.}/\text{m}^3$ 。

表 5.5-10 调查海域 2022 年 11 月浮游动物个体密度和生物量

站号	生物量 (mg/m^3)	密度 ($\text{ind.}/\text{m}^3$)				
		刺胞动物	桡足类	阶段性浮游幼体	其他类群	合计
P1	***	***	***	***	***	***
P3	***	***	***	***	***	***
P5	***	***	***	***	***	***
P7	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***

P25	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-6 2022 年 11 月调查海域浮游动物生物密度和生物量图

(3) 群落多样性水平

调查海域的浮游动物优势种为强额孔雀水蚤（0.25）、桡足类无节幼体（0.18）、简长腹剑水蚤（0.14）、刺尾纺锤水蚤（0.05）、中华矮隆哲水蚤（0.05）、蔓足类无节幼体（0.05）、短角长腹剑水蚤（0.02）、多毛类幼体（0.02）。本次调查未发现《国家重点保护野生动物名录》、《国家重点保护野生植物名录》、《中国外来入侵物种名单》中记录的物种。

调查海域各站位浮游动物的种类多样性指数在（1.90~3.69）之间，平均值为 3.03；均匀度在（0.52~0.89）之间，平均值为 0.76；丰富度指数在（0.69~2.47）之间，平均值为 1.55。以上指标显示该海区浮游动物多样性优秀，均匀度良好，群落结构较稳定。

表 5.5-11 调查海域春季浮游动物群落特征

站位	多样性指数 (H')	均匀度 (J')	丰富度 (d)
P1	***	***	***
P3	***	***	***
P5	***	***	***
P7	***	***	***
P10	***	***	***
P11	***	***	***
P12	***	***	***
P14	***	***	***
P15	***	***	***
P19	***	***	***
P20	***	***	***
P21	***	***	***
P22	***	***	***
P23	***	***	***
P24	***	***	***
P25	***	***	***
P27	***	***	***
最小值	***	***	***
最大值	***	***	***
平均值	***	***	***

5.5.5 底栖生物

5.5.5.1 2022 年 4 月现状调查评价

(1) 种类组成

共获底栖生物 10 大类 170 种，其中种类最多的是环节动物，共 68 种，占总种类数的 40%；节肢动物种类数次之，共 46 种，占总种类数的 27.06%；软体动物 36 种，占总种类数的 21.18%；刺胞动物有 7 种，占总种数的 4.12%；棘皮动物和脊索动物均有 4 种，各占总种数的 2.35%；星虫动物有 2 种，占总种数的 1.18%；帚虫动物、纽形动物和螯虫动物均有 1 种，各占总种数的 0.59%。

(2) 栖息密度和生物量分布

春季海洋生态调查底栖生物生物量变化范围介于 (0.01~524.93) g/m² 之间，平均生物量为 83.765g/m²，栖息密度变化范围介于 (5~13355) ind./m² 之间，平均栖息密度为 1063.33ind./m²。

保密内容，已删除。

图 5.5-7 2022 年 4 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度图

表 5.5-12 调查海域 2022 年 4 月底栖生物生物量和栖息密度

站号	栖息密度 (ind./m ²)	生物量 (g/m ²)
MW01	***	***
MW02	***	***
MW03	***	***
MW04	***	***
MW05	***	***
MW07	***	***
MW10	***	***
MW12	***	***
MW14	***	***
MW15	***	***
MW16	***	***
MW17	***	***
MW18	***	***
MW20	***	***
MW22	***	***
MW24	***	***
MW26	***	***
MW28	***	***
MW30	***	***
MW31	***	***
MW33	***	***
MW34	***	***
MW36	***	***
MW38	***	***
MW42	***	***
MW43	***	***
MW44	***	***

站号	栖息密度 (ind./m ²)	生物量 (g/m ²)
MW45	***	***
MW49	***	***
MW50	***	***
最小值	***	***
最大值	***	***
平均值	***	***

(3) 群落多样性水平

春季海洋生态调查底栖生物的优势种为凸壳肌蛤和昆士兰稚齿虫，优势度指数为 0.13 和 0.062。

底栖生物种类栖息密度多样性指数的变化范围介于 (0~4.82) 之间，平均值为 2.88；均匀度的变化范围介于 (0.02~1) 之间，平均值为 0.72；丰富度的变化范围介于 (0.32~5.78) 之间，平均值为 3.15。以上指标显示该海区生态环境良好，群落结构较稳定。

表 5.5-13 调查海域春季底栖生物群落特征

站位	栖息生物多样性指数			
	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
MW01	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***
MW04	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***
MW26	***	***	***	***
MW28	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***
MW31	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***

站位	栖息生物多样性指数			
	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
均值	***	***	***	***

5.5.5.2 2022 年 11 月现状调查评价

(1) 种类组成

调查海域各站位共获底栖生物 11 大类 143 种，其中种类最多的是环节动物，共 73 种，占总种类数的 51.05%；节肢动物种类数次之，共 39 种，占总种类数的 27.27%；软体动物 19 种，占总种类数的 13.29%；刺胞动物 3 种，占总种类数的 2.1%；棘皮动物 2 种，占总种类数的 1.4%；扁形动物、脊索动物、纽形动物和帚虫动物各 1 种，占总种类数的 0.7%。

(2) 栖息密度和生物量分布

秋季海洋生态调查底栖生物生物量变化范围介于 (0.35~612.13) g/m² 之间，平均生物量为 43.61g/m²，栖息密度变化范围介于 (55~1195) ind./m² 之间，平均栖息密度为 375.59ind./m²。

表 5.5-14 调查海域 2022 年 11 月底栖生物生物量和栖息密度

站号	栖息密度 (ind./m ²)	生物量 (g/m ²)
P1	***	***
P3	***	***
P5	***	***
P7	***	***
P10	***	***
P11	***	***
P12	***	***
P14	***	***
P15	***	***
P19	***	***
P20	***	***
P21	***	***
P22	***	***
P23	***	***
P24	***	***
P25	***	***
P27	***	***
最小值	***	***
最大值	***	***
平均值	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-8 2022 年 11 月调查海域底栖生物生物量和栖息密度图

(3) 群落多样性水平

秋季海洋生态调查底栖生物的优势种为昆士兰稚齿虫和奇异稚齿虫，优势度指

数分别为 0.15 和 0.1。本次调查未发现《国家重点保护野生动物名录》、《国家重点保护野生植物名录》、《中国外来入侵物种名单》中记录的物种。

秋季海洋生态调查底栖生物种类栖息密度多样性指数的变化范围介于（1.76~4.87）之间，平均值为 3.64；均匀度的变化范围介于（0.43~0.95）之间，平均值为 0.81；丰富度 d 的变化范围介于（1.37~6.06）之间，平均值为 3.89。栖息生物量多样性指数的变化范围介于（0.03~3.62）之间，平均值为 2.48；均匀度的变化范围介于（0.01~0.88）之间，平均值为 0.55；丰富度的变化范围介于（1.37~6.06）之间，平均值为 3.89。以上指标显示该海区生态环境优秀，群落结构较稳定。

表 5.5-15 调查海域秋季底栖生物群落特征

站位	栖息密度多样性指数			栖息生物量多样性指数		
	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)	多样性指数 (H')	均匀度 (J)	丰富度 (d)
P1	***	***	***	***	***	***
P3	***	***	***	***	***	***
P5	***	***	***	***	***	***
P7	***	***	***	***	***	***
P10	***	***	***	***	***	***
P11	***	***	***	***	***	***
P12	***	***	***	***	***	***
P14	***	***	***	***	***	***
P15	***	***	***	***	***	***
P19	***	***	***	***	***	***
P20	***	***	***	***	***	***
P21	***	***	***	***	***	***
P22	***	***	***	***	***	***
P23	***	***	***	***	***	***
P24	***	***	***	***	***	***
P25	***	***	***	***	***	***
P27	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***
均值	***	***	***	***	***	***

5.5.6 潮间带生物

5.5.6.1 2022 年 4 月现状调查评价

(1) 种类组成

春季海洋生态环境现状调查共获潮间带生物 3 大类 32 种，其中种类最多的是软体动物和节肢动物，均为 13 种，占总种类数的 40.63%；环节动物 6 种，占总种类数的 18.75%。

(2) 栖息密度和生物量分布

春季海洋生态调查中潮间带生物平均生物量为 753.63g/m²，范围介于

(0.09~4487.44)g/m²之间;平均栖息密度为394.25ind./m²,范围介于(4~2072)ind./m²之间。

保密内容,已删除。

图 5.5-9 2022 年 4 月调查海域潮间带生物生物量和栖息密度图

表 5.5-16 调查海域 2022 年 4 月潮间带生物生物量和栖息密度

站位	密度 (ind./m ²)	生物量 (g/m ²)	H'	J	d
c1-低	***	***	***	***	***
c1-中	***	***	***	***	***
c1-高	***	***	***	***	***
c2-低	***	***	***	***	***
c2-中	***	***	***	***	***
c2-高	***	***	***	***	***
c3-低	***	***	***	***	***
c3-中	***	***	***	***	***
c3-高	***	***	***	***	***
c4-低	***	***	***	***	***
c4-中	***	***	***	***	***
c5-低	***	***	***	***	***
c5-中	***	***	***	***	***
c6-低	***	***	***	***	***
c6-中	***	***	***	***	***
c6-高	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***

(3) 群落多样性水平

春季海洋生态调查中潮间带生物优势种为齿纹蜒螺(0.11)、黑莽麦蛤(0.08)、白脊管藤壶(0.07)和中间拟滨螺(0.06)。

春季海洋生态调查中潮间带生物多样性指数平均值为0.95,变化范围介于(0~2.29)之间,均匀度指数平均值为0.79,变化范围介于(0.57~0.95)之间,丰富度指数平均值为1.1,变化范围介于(0~3.02)之间。以上指标显示该海区潮间带生物多样性较差,均匀度中等。

5.5.6.2 2022 年 11 月现状调查评价

(1) 种类组成

调查海域各站位共获潮间带生物4大类20种,其中种类最多的是软体动物和节肢动物,均为9种,分别占总种类数的45.00%;环节动物和脊索动物均为1种,站总种类数的5.00%。

(2) 栖息密度和生物量分布

调查站位潮间带生物平均生物量为 918.43g/m^2 ，范围在 $(81.16\sim3738.96)\text{g/m}^2$ ；平均栖息密度为 136.59ind./m^2 ，范围 $(32\sim344)\text{ind./m}^2$ 。

表 5.5-17 调查海域 2022 年 11 月潮间带生物生物量和栖息密度

站位	密度 (ind./m^2)	生物量 (g/m^2)	H'	J	d
C3-低潮带	***	***	***	***	***
C3-中潮带	***	***	***	***	***
C3-高潮带	***	***	***	***	***
C2-低潮带	***	***	***	***	***
C2-中潮带	***	***	***	***	***
C2-高潮带	***	***	***	***	***
C1-低潮带	***	***	***	***	***
C1-中潮带	***	***	***	***	***
C1-高潮带	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***

保密内容，已删除。

图 5.5-10 2022 年 11 月调查海域潮间带生物生物量和栖息密度图

(3) 群落多样性水平

调查中潮间带生物优势种为齿纹蜃螺(0.30)、粗糙滨螺(0.19)、团聚牡蛎(0.07)、近江牡蛎(0.04)和四齿大额蟹(0.02)。本次调查未发现《国家重点保护野生动物名录》、《国家重点保护野生植物名录》、《中国外来入侵物种名单》中记录的物种。

调查中潮间带生物多样性指数平均值为 1.20，变化范围在 $(0.29\sim1.82)$ ，均匀度指数平均值为 0.77，变化范围在 $(0.41\sim0.99)$ ，丰富度指数平均值为 0.82，变化范围在 $(0.24\sim1.46)$ 。以上指标显示该海区生态环境中等。

5.5.7 生物质量

5.5.7.1 调查概况及调查结果

海洋生态现状调查与水质、沉积物调查同时进行，调查时间、范围、站位布设详见 5.3 节。其中，2022 年 4 月布设 30 个生物调查站位，共测定生物质量样品 45 个，其中鱼类 28 个，甲壳类 17 个；2022 年 11 月布设 17 个生物调查站位，共测定生物质量样品 22 个，其中鱼类 15 个，甲壳类 4 个，贝类 3 个。2022 年 4 月和 2022 年 11 月的生物质量监测结果见下表。

表 5.5-18 2022 年 4 月生物质量分析结果 (湿重: $\times 10^{-6}$)

站位	种名	铬	镍	铜	锌	镉	铅	砷	汞	石油 烃
		mg/kg								
MW01	近亲蜆	0.65	0.41	55.2	44.1	0.65	0.05	1.15	0.016	4
MW02	褐海鳗	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW03	项圈鳐	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW04	项圈鳐	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW05	周氏新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW05	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW07	周氏新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW07	近缘新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW07	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW10	周氏新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW10	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW12	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW14	项圈鳐	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW14	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW15	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW16	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW17	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW17	尖头平鲉	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW18	尖头平鲉	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW18	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW20	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW20	尖头平鲉	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW22	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW24	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW24	近缘新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW26	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW26	皮氏叫姑鱼	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW28	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW30	巴厘侧带小公鱼	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW31	黄吻棱鯮	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW33	斑鰶	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW34	斑鰶	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW36	项斑项鳐	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW36	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW38	棘头梅童鱼	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW42	皮氏叫姑鱼	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW43	鰺	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW43	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW44	斑鰶	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW44	项斑项鳐	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW45	项圈鳐	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW49	巴厘侧带小公鱼	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW49	鰺	***	***	***	***	***	***	***	***	***

站位	种名	铬	镍	铜	锌	镉	铅	砷	汞	石油 烃
		mg/kg								
MW50	巴厘侧带小公鱼	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MW50	银鲳	***	***	***	***	***	***	***	***	***

表 5.5-19 2022 年 11 月生物质量分析结果（湿重： $\times 10^{-6}$ ）

站位	种名	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
		mg/kg							
P1	大蚬	***	***	***	***	***	***	***	***
P3	近缘新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
P5	中华海鲶	***	***	***	***	***	***	***	***
P7	近缘新对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
	亨氏仿对虾	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	孔鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	触角沟鰕虎鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	皮氏叫姑鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	大蚬	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	凤鲚	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	斑鲛	***	***	***	***	***	***	***	***
	花鲛	***	***	***	***	***	***	***	***
	圆吻海鲛	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	大鳞舌鲷	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	日本带鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	蟳蛸	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	鰺	***	***	***	***	***	***	***	***
	青鳞小沙丁鱼	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	杜氏梭鲈	***	***	***	***	***	***	***	***
	赤鼻梭鲈	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	拟穴青蟹	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	勒氏枝鳔石首鱼	***	***	***	***	***	***	***	***

5.5.7.2 结果评价

（1）评价因子

以生物体内的镉、铬、总汞、铅、砷、铜、锌和石油烃作为评价因子。

（2）评价标准

软体动物（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定的第一类标准值。其它生物种类的国家级评价标准尚未发布，软体动物（非双壳类）和甲壳类、鱼类生物体内污染物质（铜、铅、锌、镉、总汞）含量评价标准参考《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准；石油烃含量的评价标准参考《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准；生物体内铬和砷含量缺乏评价标准，不对其进行评价。

生物质量各评价因子标准值见下表。

表 5.5-20 海洋生物质量标准值（鲜重）（单位：mg/kg）

生物类别	铜	铅	锌	镉	铬	砷	汞	石油烃
鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
甲壳类	***	***	***	***	***	***	***	***
软体动物 （非双壳类）	***	***	***	***	***	***	***	***
软体动物 （双壳类） （一类标准）	***	***	***	***	***	***	***	***
软体动物 （双壳类） （二类标准）	***	***	***	***	***	***	***	***

注：“/”代表缺乏评价标准。

（3）评价方法

采用单因子标准指数法进行质量评价。标准指数的计算公式如下：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{j,s}$$

式中， $S_{i,j}$ ——第 i 种评价因子 j 的标准指数；

$C_{i,j}$ ——第 i 种评价因子 j 的测量值；

$C_{j,s}$ ——评价因子 j 的评价标准值。

（4）评价结果

1) 2022 年 4 月评价结果

项目海洋生物质量调查站位生物样品（鱼类、甲壳类）的各项评价因子的单项标准指数值均小于 1。鱼类、甲壳类生物质量（除铬、砷、石油烃外）符合《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》要求，石油烃含量符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的要求，调查海域生物中鱼类、甲壳类各项评价因子均未超标。调查结果表明：本项目调查海域采集的生物样品的生物质量状况较好。

表 5.5-21 调查站位生物质量标准指数值

站位	种名	镍	铜	锌	镉	铅	汞	石油烃
MW01	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW02	褐海鳗	***	***	***	***	***	***	***
MW03	项圈鳐	***	***	***	***	***	***	***
MW04	项圈鳐	***	***	***	***	***	***	***
MW05	周氏新对虾	***	***	***	***	***	***	***
MW05	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW07	周氏新对虾	***	***	***	***	***	***	***
MW07	近缘新对虾	***	***	***	***	***	***	***
MW07	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW10	周氏新对虾	***	***	***	***	***	***	***

站位	种名	镍	铜	锌	镉	铅	汞	石油烃
MW10	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW12	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW14	项圈鳎	***	***	***	***	***	***	***
MW14	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***
MW15	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW16	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***
MW17	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***
MW17	尖头平鲈	***	***	***	***	***	***	***
MW18	尖头平鲈	***	***	***	***	***	***	***
MW18	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW20	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW20	尖头平鲈	***	***	***	***	***	***	***
MW22	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***
MW24	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW24	近缘新对虾	***	***	***	***	***	***	***
MW26	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW26	皮氏叫姑鱼	***	***	***	***	***	***	***
MW28	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW30	巴厘侧带小公鱼	***	***	***	***	***	***	***
MW31	黄吻棱鲉	***	***	***	***	***	***	***
MW33	斑鲹	***	***	***	***	***	***	***
MW34	斑鲹	***	***	***	***	***	***	***
MW36	项斑项鳎	***	***	***	***	***	***	***
MW36	近亲蜆	***	***	***	***	***	***	***
MW38	棘头梅童鱼	***	***	***	***	***	***	***
MW42	皮氏叫姑鱼	***	***	***	***	***	***	***
MW43	鰺	***	***	***	***	***	***	***
MW43	锤氏小沙丁	***	***	***	***	***	***	***
MW44	斑鲹	***	***	***	***	***	***	***
MW44	项斑项鳎	***	***	***	***	***	***	***
MW45	项圈鳎	***	***	***	***	***	***	***
MW49	巴厘侧带小公鱼	***	***	***	***	***	***	***
MW49	鰺	***	***	***	***	***	***	***
MW50	巴厘侧带小公鱼	***	***	***	***	***	***	***
MW50	银鲳	***	***	***	***	***	***	***
平均值	鱼类	***	***	***	***	***	***	***
	甲壳类	***	***	***	***	***	***	***

注：“—”表示无评价标准参考值；“/”表示无数据。

2) 2022 年 11 月评价结果

鱼类、甲壳类生物质量（除铬、砷、石油烃外）符合《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》要求，石油烃含量符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的要求。调查海域生物中鱼类、甲壳类、贝类各项评价因子均未超标。调查结果表明：本项目调查海域采集的生物样品的生物质量状况较好。

表 5.5-22 调查站位生物质量标准指数值

站位	种名	样品类型	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
			mg/kg							

P1	大蜆	贝类	***	***	***	***	***	***	***	***
P3	近缘新对虾	甲壳类	***	***	***	***	***	***	***	***
P5	中华海鲶	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P7	近缘新对虾	甲壳类	***	***	***	***	***	***	***	***
	亨氏仿对虾	甲壳类	***	***	***	***	***	***	***	***
P10	孔鰕虎鱼	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P11	触角沟鰕虎鱼	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P12	皮氏叫姑鱼	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P14	大蜆	贝类	***	***	***	***	***	***	***	***
P15	凤鲚	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P19	斑鲙	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
	花鲙	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
	圆吻海鲙	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P20	大鳞舌鳎	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P21	日本带鱼	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P22	蛭蛭	贝类	***	***	***	***	***	***	***	***
P23	鰺	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
	青鳞小沙丁鱼	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P24	杜氏棱鲮	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
	赤鼻棱鲮	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
P25	拟穴青蟹	甲壳类	***	***	***	***	***	***	***	***
P27	勒氏枝鳔石首鱼	鱼类	***	***	***	***	***	***	***	***
最大值			***	***	***	***	***	***	***	***

注：“—”表示无评价标准参考值；“/”表示无数据。

5.6 渔业资源现状调查与评价

5.6.1 渔业资源调查概况

5.6.1.1 调查时间

春季调查：2022 年 3 月 31 日至 4 月 5 日，妈湾电厂升级改造项目海洋环境现状调查评估和海域使用论证调查报告（春季），***。

秋季调查：2021 年 9 月 26 日至 9 月 28 日，妈湾电厂升级改造项目海洋环境现状调查评估和海域使用论证调查报告（秋季），***。

5.6.1.2 调查范围及站位布设

春、秋季渔业资源调查站位相同，调查站位 30 个。

保密内容，已删除。

图 5.6-1 2022 年春季、2021 年秋季渔业资源现状调查站位图

表 5.6-1 2022 年春季、2021 年秋季渔业资源现状调查站位

站位	经度	纬度	渔业资源
MW01	***	***	▲

MW02	***	***	▲
MW03	***	***	▲
MW04	***	***	▲
MW05	***	***	▲
MW07	***	***	▲
MW10	***	***	▲
MW12	***	***	▲
MW14	***	***	▲
MW15	***	***	▲
MW16	***	***	▲
MW17	***	***	▲
MW18	***	***	▲
MW20	***	***	▲
MW22	***	***	▲
MW24	***	***	▲
MW26	***	***	▲
MW28	***	***	▲
MW30	***	***	▲
MW31	***	***	▲
MW33	***	***	▲
MW34	***	***	▲
MW36	***	***	▲
MW38	***	***	▲
MW42	***	***	▲
MW43	***	***	▲
MW44	***	***	▲
MW45	***	***	▲
MW49	***	***	▲
MW50	***	***	▲

5.6.1.3 调查方法

(1) 渔业资源

①调查内容

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

b.进行资源密度计算和分析。

c.物种多样性（尾数和重量）分析：说明调查水域内游泳生物种类组成、优势种、群落结构、渔业资源密度（尾数和重量）组成（分鱼、虾、蟹、头足类及其他）及

其分布随时空的变化，主要经济物种生物学特征（体长、体重、成幼体比例等）。

②调查方法

a.调查站位布设

根据项目地理位置及调查范围内可拖网水域具体情况，采用断面布设方法。

b.样品采集

在各调查站位使用底拖网网具（网长 32m，网口高度 8m，网宽 12m，网衣孔径 4cm）采样 1 次，调查船在距调查站位前约 2~4 海里时放网，每次放网 1 张，平均拖速 3 节。拖网开始时间：从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起；起网时间：停船起网绞车开始收曳纲时止。将渔获物进行收集带回实验室进行分析，同时从各站中选取足量的有代表性的优势种带回实验室，单独分袋、冰冻保存，取可食部分分析。在采样时考虑采样工具对待测项目的影响，不能使用一般的铁质工具和镀锌、镀铬工具，采集到的样品现场用海水冲洗干净。

（2）鱼卵、仔稚鱼

①调查内容

主要经济鱼类的鱼卵、仔稚鱼的种类组成和密度、产卵场的分布及类型。

②调查方法

鱼卵与仔稚鱼样品用浅水 I 型浮游生物网（网口面积 0.2m²，网口直径 50cm，网长为 145cm）由海底（该站水深小于 200m）或 200m（该站水深大于 200m）垂直拖曳至海面。每站只采集 1 次，采集到的样品加入约 5%样品体积的中性甲醛溶液，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定，鉴定样品中鱼卵、仔稚鱼的种类组成和数量。

5.6.1.4 数据处理方法

（1）渔业资源密度（重量、尾数）估算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），拖网资源密度的估算采用扫海面积法，本报告设定拖网网具鱼类和其它类尾数、重量逃逸率逃逸率均为 0.5。渔业资源密度以各站拖网渔获量（重量、尾数）和拖网扫海面积来估算，计算式为：

$$\rho_i = C_i / a_{iq}$$

式中：

ρ_i —第 i 站的资源密度（重量：kg/km²；尾数：10³ind./km²）；

C_i —第 i 站的每小时拖网渔获量（重量：kg/h；尾数：ind./h）；

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

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

（2）相对重要性指数 IRI

采用相对重要性指数 IRI 作为研究某种生物在群落中所占的重要性。

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

备注：W 为某种类重量占总重量的百分数；

N 为某种类的尾数占总尾数的百分数；

F 为某种类出现的站次占调查总站次的百分数。

定义 $\text{IRI} \geq 1000$ 的物种为优势种， $100 \leq \text{IRI} < 1000$ 的物种为常见种， $10 \leq \text{IRI} < 100$ 的物种为一般种， $\text{IRI} < 10$ 的物种为少见种。

（3）物种多样性计算公式

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

生物多样性特征计算公式如下：

物种丰富度指数 d：

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

物种多样性指数 H' ：

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

物种均匀度指数 J' ：

$J' = H' / \ln s$ (Pielou, 1969)

式中：

S 为样方中的种数；

N 为样方中的个体总数；

p_i 为样方中的 i 种所占的比例。

（4）刺网的数量资源密度和重量资源密度

刺网的数量资源密度和重量资源密度按网衣总长 200m，总宽 1.5m 的网具每小时捕获的尾数和总质量，调查海域的面积为 300m^2 ，计算公式为：

$$d_N = \frac{N}{300t}$$

$$d_M = \frac{M}{300t}$$

式中， d_N 为数量资源密度，单位为 $\text{ind.}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ； N 为渔获尾数，单位为 ind. ； t 为时间，单位为 h ； d_M 为重量资源密度，单位为 $\text{g}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ； M 为渔获总质量，单位为 g 。

5.6.2 调查结果

5.6.2.1 游泳动物资源状况

(1) 2022 年 3 月

a. 种类组成

2022 年春季拖网调查共鉴定渔获物 119 种，隶属于 4 纲 21 目/系 47 科 91 属。其中，鱼类 82 种，占总种数的 68.91%，隶属于 2 纲 17 目/系 33 科 65 属；虾类 20 种，占 16.81%，隶属于 1 纲 2 目 6 科 15 属；蟹类 14 种，占 11.76%，隶属于 1 纲 1 目 5 科 8 属；头足类 3 种，占 2.52%，隶属于 1 纲 2 目 3 科 3 属。渔获物种类数分布较均匀，一般在 20~30 种之间，最高值 44 种出现在 MW26，其次 36 种，出现在 MW24，最低值 10 种出现在 MW30 和 MW42。

b. 渔获物资源密度（重量、尾数）

春季拖网渔获物重量和尾数密度均值分别为 $791.27\text{kg}/\text{km}^2$ ($88.74\text{kg}/\text{km}^2 \sim 2529.73\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $52.26 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ($3.54 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2 \sim 187.30 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$)。其中，鱼类均值为 $524.34\text{kg}/\text{km}^2$ ($83.69\text{kg}/\text{km}^2 \sim 1725.06\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $30.36 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ($0 \sim 488.28 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$)；虾类均值分别为 $84.43\text{kg}/\text{km}^2$ ($0 \sim 842.23\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $10.19 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ($0 \sim 93.14 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$)；蟹类均值为 $174.01\text{kg}/\text{km}^2$ ($0.81 \text{ kg}/\text{km}^2 \sim 1440.77\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $11.37 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ($0.17 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2 \sim 52.14 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$)；头足类均值为 $8.49\text{kg}/\text{km}^2$ ($0 \sim 36.85\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $0.34 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ($0 \sim 1.01 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$)。

表 5.6-2 渔获物资源密度（重量、尾数）

类群	尾数 ($10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$)	重量 (kg/km^2)	幼体比例 (%)
鱼类	***	***	***
虾类	***	***	***
蟹类	***	***	***
头足类	***	***	***

总计	***	***	***
----	-----	-----	-----

春季拖网渔获物总重量密度与总尾数密度均分布较均匀，重量密度最大值出现在 MW20 站，为 2529.73kg/km²，其次是 MW10 站，为 2404.14kg/km²，最小值出现在 MW42 站，为 88.74kg/km²；尾数密度最大值出现在 MW20 站，为 187.30×10³ind./km²，最小值出现在 MW42 站，为 3.54×10³ind./km²。

保密内容，已删除。

图 5.6-2 拖网渔获物重量密度 (kg/km²) 和尾数密度 (10³ind./km²) 平面分布

c. 渔获物优势种

春季渔获物中鱼类优势种为锤氏小沙丁鱼、巴厘侧带小公鱼和圈项蝠，常见种为尖头平鲛、项斑项蝠、鰺、斑鰹、汉氏棱鯧、皮氏叫姑鱼和凤鲚，其它鱼类种类为一般种或少见种；虾类（包括口足类）优势种为周氏新对虾，无常见种，其它虾类种类为一般种或少见种；蟹类优势种为近亲蟳，常见种为变态蟳，其它蟹类种类为一般种或少见种，头足类均为一般种或少见种。

d. 物种多样性及其分布

春季渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 2.76 (1.65-4.19)；丰富度指数 (d) 均值为 2.11 (1.22-4.44)；均匀度指数 (J') 均值为 0.65 (0.40-0.88)；单纯度指数 (C) 均值为 0.25 (0.08-0.52)；尾数多样性指数 (H') 均值为 2.85 (1.11-4.07)，丰富度指数 (d) 均值为 3.89 (1.87-7.41)；均匀度指数 (J') 均值为 0.67 (0.32-0.93)；单纯度指数 (C) 均值为 0.26 (0.07-0.68)。

表 5.6-3 渔业资源多样性及其分布

站位	尾数密度多样性				重量密度多样性			
	C	H'	J'	d	C	H'	J'	d
MW01	***	***	***	***	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***	***	***	***	***
MW04	***	***	***	***	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***	***	***	***	***
MW26	***	***	***	***	***	***	***	***

站位	尾数密度多样性				重量密度多样性			
	C	H'	J'	d	C	H'	J'	d
MW28	***	***	***	***	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***	***	***	***	***
MW31	***	***	***	***	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***	***
幅度	***	***	***	***	***	***	***	***

(2) 2021 年 9 月

a. 种类组成

2021 年秋季拖网调查共鉴定渔获物 86 种, 隶属于 4 纲 21 目/系 43 科 72 属。其中, 鱼类 56 种, 占总种数的 65.12%, 隶属于 2 纲 17 目/系 31 科 47 属; 虾类 17 种, 占 19.77%, 隶属于 1 纲 2 目 6 科 16 属; 蟹类 10 种, 占 11.63%, 隶属于 1 纲 1 目 3 科 6 属; 头足类 3 种, 占 3.49%, 隶属于 1 纲 3 目 3 科 3 属。渔获物种类数分布较均匀, 一般在 15~25 种之间, 最高值 34 种出现在 MW49, 其次 33 种, 出现在 MW31 和 MW50, 最低值 7 种出现在 MW45 和 MW30。

b. 渔获物资源密度 (重量、尾数)

秋季拖网渔获物重量和尾数密度均值分别为 $1230.56\text{kg}/\text{km}^2$ ($26.98\text{kg}/\text{km}^2 \sim 6034.13\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $107.06 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ($3.57 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2 \sim 596.35 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$)。其中, 鱼类均值为 $1045.52\text{kg}/\text{km}^2$ ($0 \sim 5507.37\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $77.85 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ($0 \sim 488.28 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$); 虾类均值分别为 $99.55\text{kg}/\text{km}^2$ ($0 \sim 568.52\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $23.60 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ($0 \sim 130.94 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$); 蟹类均值为 $84.89\text{kg}/\text{km}^2$ ($0 \sim 1967.66\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $5.58 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ($0 \sim 126.49 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$); 头足类均值为 $0.61\text{kg}/\text{km}^2$ ($0 \sim 11.30\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $0.03 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ($0 \sim 0.23 \times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$)。

表 5.6-4 渔获物资源密度 (重量、尾数)

类群	尾数 ($10^3\text{ind.}/\text{km}^2$)	重量 (kg/km^2)	幼体比例 (%)
鱼类	***	***	***
虾类	***	***	***
蟹类	***	***	***
头足类	***	***	***
总计	***	***	***

2021年秋季拖网渔获物总重量密度与总尾数密度均分布较均匀，重量密度最大值出现在 MW50 站，为 $6034.13\text{kg}/\text{km}^2$ ，其次是 MW49 站，为 $5986.63\text{kg}/\text{km}^2$ ，最小值出现在 MW18 站，为 $26.98\text{kg}/\text{km}^2$ ；尾数密度最大值出现在 MW49 站，为 $596.35\times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ，其次是 MW50 站，为 $568.59\times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ，最小值出现在 MW18 站，为 $3.57\times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ 。

保密内容，已删除。

图 5.6-3 拖网渔获物重量密度 (kg/km^2) 和尾数密度 ($10^3\text{ind.}/\text{km}^2$) 平面分布

c. 渔获物优势种

秋季渔获物中鱼类优势种为黄泽小沙丁鱼、凤鲚、赤鼻棱鲷和棘头梅童鱼，常见种为鳙、尖吻斜锯牙鲨、银鲳、大鳞平鲛、杜氏棱鲷、项斑项鰵、裸头双边鱼和汉氏棱鲷，其它鱼类种类为一般种或少见种；虾类（包括口足类）优势种有周氏新对虾，常见种为近缘新对虾，其它虾类种类为一般种或少见种；蟹类常见种为近亲蟳，其它蟹类种类为一般种或少见种；头足类种类均为一般种或少见种。

d. 物种多样性及其分布

秋季渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 2.69 (0.92-3.61)，丰富度指数 (d) 均值为 1.78 (0.80-3.27)；均匀度指数 (J') 均值为 0.66 (0.27-0.88)；单纯度指数 (C) 均值为 0.26 (0.10-0.76)；尾数多样性指数 (H') 均值为 2.72 (1.03-3.66)；丰富度指数 (d) 均值为 3.11 (1.25-7.08)；均匀度指数 (J') 均值为 0.67 (0.30-0.90)；单纯度指数 (C) 均值为 0.24 (0.10-0.62)。

表 5.6-5 渔业资源多样性及其分布

站位	尾数密度多样性				重量密度多样性			
	C	H'	J'	d	C	H'	J'	d
MW01	***	***	***	***	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***	***	***	***	***
MW04	***	***	***	***	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***	***	***	***	***
MW26	***	***	***	***	***	***	***	***

站位	尾数密度多样性				重量密度多样性			
	C	H'	J'	d	C	H'	J'	d
MW28	***	***	***	***	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***	***	***	***	***
MW31	***	***	***	***	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***	***
幅度	***	***	***	***	***	***	***	***

5.6.2.2 鱼卵、仔稚鱼

(1) 2022 年 3 月

a. 种类组成

调查海域共鉴定出鱼卵 18 个种类, 隶属于 9 科 12 属。鉴定出仔稚鱼 15 个种类, 隶属于 10 科 11 属。

b. 数量分布

调查海域垂直拖网调查共采到鱼卵 738 粒, 平均密度为 9.93ind./m³, 各测站鱼卵变化范围介于 (0~34.72) ind./m³; 共采到仔稚鱼 73 尾, 平均密度为 1.18ind./m³, 变化范围介于 (0~4.16) ind./m³。

表 5.6-6 调查海域鱼卵、仔稚鱼密度分布

站位	种数			数量		密度	
	鱼卵 (种)	仔稚鱼 (种)	总种数 (种)	鱼卵 (粒)	仔稚鱼 (尾)	鱼卵 (ind./m ³)	仔稚鱼 (ind./m ³)
MW01	***	***	***	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***	***	***	***
MW04	***	***	***	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***	***	***	***
MW26	***	***	***	***	***	***	***

站位	种数			数量		密度	
	鱼卵 (种)	仔稚鱼 (种)	总种数 (种)	鱼卵 (粒)	仔稚鱼 (尾)	鱼卵 (ind./m ³)	仔稚鱼 (ind./m ³)
MW28	***	***	***	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***	***	***	***
MW31	***	***	***	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***

(2) 2021 年 9 月

a. 种类组成

调查海域共鉴定出鱼卵 7 个种类, 隶属于 6 科 7 属。鉴定出仔稚鱼 8 个种类, 隶属于 5 科 8 属。

b. 数量分布

调查海域垂直拖网调查共采到鱼卵 111 粒, 平均密度为 1.73ind./m³, 各测站鱼卵变化范围介于 (0~10.13) ind./m³; 共采到仔稚鱼 11 尾, 平均密度为 0.16ind./m³, 变化范围介于 (0~0.93) ind./m³。

表 5.6-7 调查海域鱼卵、仔稚鱼密度分布

站位	种数			数量		密度	
	鱼卵 (种)	仔稚鱼 (种)	总种数 (种)	鱼卵 (粒)	仔稚鱼 (尾)	鱼卵 (ind./m ³)	仔稚鱼 (ind./m ³)
MW01	***	***	***	***	***	***	***
MW02	***	***	***	***	***	***	***
MW03	***	***	***	***	***	***	***
MW04	***	***	***	***	***	***	***
MW05	***	***	***	***	***	***	***
MW07	***	***	***	***	***	***	***
MW10	***	***	***	***	***	***	***
MW12	***	***	***	***	***	***	***
MW14	***	***	***	***	***	***	***
MW15	***	***	***	***	***	***	***
MW16	***	***	***	***	***	***	***
MW17	***	***	***	***	***	***	***
MW18	***	***	***	***	***	***	***
MW20	***	***	***	***	***	***	***
MW22	***	***	***	***	***	***	***
MW24	***	***	***	***	***	***	***

站位	种数			数量		密度	
	鱼卵（种）	仔稚鱼（种）	总种数（种）	鱼卵（粒）	仔稚鱼（尾）	鱼卵	仔稚鱼
						(ind./m ³)	(ind./m ³)
MW26	***	***	***	***	***	***	***
MW28	***	***	***	***	***	***	***
MW30	***	***	***	***	***	***	***
MW31	***	***	***	***	***	***	***
MW33	***	***	***	***	***	***	***
MW34	***	***	***	***	***	***	***
MW36	***	***	***	***	***	***	***
MW38	***	***	***	***	***	***	***
MW42	***	***	***	***	***	***	***
MW43	***	***	***	***	***	***	***
MW44	***	***	***	***	***	***	***
MW45	***	***	***	***	***	***	***
MW49	***	***	***	***	***	***	***
MW50	***	***	***	***	***	***	***
最小值	***	***	***	***	***	***	***
最大值	***	***	***	***	***	***	***
平均值	***	***	***	***	***	***	***

6 环境影响预测与评价

项目建设期桩基打桩/拔桩、临时围堰和膨胀弯预挖沟及抛石回填将掀起悬浮物，本篇利用数值模拟方法建立水文动力模型，进而对上述悬浮物进行水质预测，根据预测结果分析与评价对海洋环境的影响。

6.1 水文动力模型搭建

海水运动是海中污染物输运的载体，为此在预测污染物扩散前需利用流体动力学基本方程组计算该项目海域的流场，明确其潮流的运动特性。

6.1.1 潮流基本控制方程

模型采用非结构三角网格剖分计算域；采用单元中心的显式有限体积法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。模型控制方程如下所示。

质量守恒方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu) + \frac{\partial}{\partial y}(hv) = 0$$

动量方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) - fv + \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{C_z^2 H} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + fu + \frac{gv\sqrt{u^2 + v^2}}{C_z^2 H} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} \end{aligned}$$

式中：

ζ —水位；

h —静水深；

H —总水深， $H = h + \zeta$ ；

u — x 向垂向平均流速；

v — y 方向垂向平均流速；

g —重力加速度；

f —科氏力参数（ $f = 2\omega \sin \varphi$ ， φ 为计算海域所处地理纬度）；

C_z —谢才系数, $C_z = \frac{1}{n} H^{\frac{1}{6}}$, n 为曼宁系数;

ε_x 、 ε_y — x 、 y 方向水平涡动粘滞系数。

6.1.2 计算条件

(1) 初始条件

因水位、流速流向能够根据外部动力状态及时调整, 较短时间内即可达到稳定状态, 因此计算开始时“冷态”起动, 水位和流速流向的初始值均设置为常数 0。

(2) 边界条件

1) 开边界条件

所谓开边界条件即水域边界条件。在此边界上, 或者给定流速, 或者给定潮位。本研究中开边界给定潮位, 即:

$$\eta = \eta(x, y, t)$$

开边界处潮位由调和常数计算得出, 开边界强迫水位计算公式如下:

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_{oi} + V_i) - G_i]\}$$

这里, f_i 、 σ_i 是第 i 个分潮的交点因子和角速度; H_i 和 G_i 是调和常数, 分别为分潮的振幅和迟角; $V_{oi} + V_i$ 是分潮的幅角。

2) 闭边界条件

所谓闭边界条件即水陆交界条件。在该边界上, 水质点的法向流速为 0, 即:

$$V_n = 0$$

3) 动边界条件

本模型采用限制水深的方法处理动边界问题, 其中 0.05m 以下为干单元, 0.1m 以上为湿单元, 二者区间为半干半湿单元。

6.1.3 参数设置

(1) 网格和水深

本项目所建立的海域数学模型计算域范围为珠江口及周边海域, 详见图 6.1-1。模拟采用非结构三角网格, 整个模拟区域内由 24952 个节点和 46707 个三角单元组成, 其中工程附近网格空间步长在 50m 以内, 如图 6.1-2 所示。

模型水深资料采用中国人民解放军海军航海保证部制作的水深地形图电子数据，其水深分布详见图 6.1-3 和图 6.1-4。结合海图及 Googlearth 的 2021 年卫星图绘制模型计算陆域边界。数值模型以平均海平面为计算基面，坐标系统为北京 54 投影，中央经度 114° E。

保密内容，已删除。

图 6.1-1 网格分布图

保密内容，已删除。

图 6.1-2 局部网格加密示意图

保密内容，已删除。

图 6.1-3 计算区域水深分布图

保密内容，已删除。

图 6.1-4 项目局部区域水深分布图

(2) 水平涡粘系数

水平涡粘系数采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算，如下：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}}$$

式中： c_s 为常数，取 0.28； l 为特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ， $(i, j=1, 2)$

计算得到。

(3) 计算时间步长和底床糙率

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 0.05s。底床糙率通过曼宁系数进行控制。

6.1.4 模型验证

6.1.4.1 验证数据来源

采用***于 2022 年 4 月 1 日~2 日在工程海域周边现场观测的大潮海流和潮位数据进行验证。潮流潮位验证站位及位置见表 6.1-1 和图 6.1-5 所示。

保密内容，已删除。

图 6.1-5 模型验证点位分布图

表 6.1-1 潮流潮位验证站位及位置一览表

站位号	北纬	东经	验证时间	验证项目
V1	***	***	2022 年 4 月 1~4 月 2 日(大潮期)	海流
V2	***	***		海流

站位号	北纬	东经	验证时间	验证项目
V3	***	***		海流
V4	***	***		海流
V5	***	***		海流
V6	***	***		海流
W1	***	***		潮位
W2	***	***		潮位

6.1.4.2 验证结果

图 6.1-6~图 6.1-7 为各个验证站位的大潮期间潮流、潮位验证结果。由验证结果可以看出模拟潮位与实测潮位基本吻合，二者变化趋势一致，最高高潮位和最低低潮位误差在 10cm 之内。从流速、流向验证过程来看，模拟的流速过程与实测值总体吻合较好，少数时刻大小和流向存在差异，各站位平均涨落潮流速误差基本在 10% 以内，主潮流流向误差在 10° 以下。总体认为本报告所建立的潮流模型比较全面地反映了工程区附近海域的流动规律，预测流场能够反映工程周边海域潮流状况。

保密内容，已删除。

图 6.1-6 潮位验证曲线图

保密内容，已删除。

图 6.1-7 垂向平均潮流验证曲线图

6.1.5 潮流场预测结果

根据潮流数值模拟结果，提取了大海域大潮期项目区域附近涨急、落急两个时刻的潮流场，具体如图 6.1-8~图 6.1-9 所示。有计算结果可以看出，各个时刻流场的流速分布合理，流向分布均一，无明显流速、流向畸变点，潮流整体平顺，说明模型对工程海域及周边海域概化合理，能够基本反应周边流场特征。涨潮时，外海的水流沿着龙鼓水道和大西水道进入珠江口，进入珠江口后主流呈掌状沿西、中、东部三条主槽流动，东部水流沿着内伶仃岛水道和西龙鼓水道涨潮流汇合进入项目东侧深槽继续向珠江口内流动，中部水流自南向北顺珠江口方向深槽向顶部流动，西部水流沿着横门岛附近水流流向珠江口西岸。落潮时，湾内水流走向基本上相反。

工程区潮流场情况见图 6.1-10~图 6.1-11。工程区附近海域流场基本为往复流。落潮时，工程区大潮主潮流流向为 WSW 向，最大流速约 0.55m/s；涨潮时，工程区大潮主潮流流向为 NNE 向，最大流速约 0.50m/s。

保密内容，已删除。

图 6.1-8 项目区域大潮涨急对应大海域表层潮流现状模拟结果

保密内容，已删除。

图 6.1-9 项目区域大潮落急对应大海域表层潮流现状模拟结果

保密内容，已删除。

图 6.1-10 工程区大潮落急表层潮流现状模拟结果

保密内容，已删除。

图 6.1-11 工程区大潮涨急表层潮流现状模拟结果

6.2 水动力环境影响分析

本项目新建海底管道，海底管道埋于海床不会对珠江口水文动力造成影响。施工期涉及预挖沟、人工回填、临时围堰及临时施工平台建设，海底泥沙在底层流作用下也将逐渐回填于管沟。参考《围堰施工对湛江港海域水环境影响模拟》（2015 年）预测结果，修建的临时围堰和临时施工平台对水文动力造成的影响局限在工程区域附近***m 内；同时临时围堰及临时施工平台在施工期结束后均将拆除，施工期对水文动力环境的影响是临时的。

因此本项目对周边的海洋水动力环境影响很小。

6.3 地形地貌与冲淤环境影响分析

结合本项目对水动力环境影响分析结果可知，本项目新建海底管道，海底管道埋于海床不会对珠江口地形地貌与冲淤环境造成影响。施工期预挖沟后人工回填砂石，临时围堰、临时施工平台在施工结束后将拆除，可见对地形地貌及冲淤环境仅造成临时影响，影响范围仅围绕工程附近，因此项目建设对海底的冲淤环境影响很小。

6.4 海水水质环境影响预测与评价

本项目海洋环境产生影响的主要为建设期临时围堰及施工平台打桩/拔桩和预挖沟、回填施工将掀起悬浮物。本次评价采用数值模拟预测方法分析污染物排放对海洋环境的影响。

6.4.1 施工期悬浮物对水环境的影响

根据施工方案，本项目施工期打桩/拔桩与预挖沟、回填施工不存在同时施工，因此打桩与挖沟不考虑叠加影响，本次分别对临时围堰施工、施工平台和支撑架打桩/拔桩以及膨胀弯施工进行预测。

6.4.1.1 预测模型

悬浮物质为颗粒态，它随着海水运动的同时，将在海水中沉降，并最终淤积于海底，这一特性决定了它的影响范围和影响时间是有限的。

施工掀扬起的海底悬浮物，悬浮物输移—扩散过程由以下方程表示：

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left[h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right] + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left[h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right] + Q_L C_L \frac{1}{h} - S$$

式中：

\bar{c} ：质量浓度(g/m³)；

u, v ：流速(m/s)；

D_x, D_y ： x 向和 y 向悬沙扩散系数(m²/s)；

h ：水深(m)；

S ：垂向平均的沉降量或侵蚀量(g/m³/s)；

Q_L ：单元面积上源排放量(m³/s/m²)；

C_L ：排放的源强浓度(g/m³)。

式中： γ_d 为底质泥沙干容重， η_b 为床面的垂直位移（即床面冲淤量）。

（1）初始条件：

因为悬浮物对应的海水水质标准是人为造成增加的量，所以模型预测只考虑悬浮物增量，初始条件设本底值为0。

（2）边界条件

对于闭边界，法向悬沙通量为零；

对于开边界，本次开边界距离工程区域很远，设置为零梯度。

（3）床面淤积速率

就粘性泥沙而言，床面淤积速率基于 Krone 公式计算。

$$S_D = W_s C_b P_d$$

式中， W_s 为泥沙沉速，单位 m/s； C_b 为近底含沙量，单位 kg/m³； P_d 为床沙淤积概率，认为与水流有效切应力呈正相关关系，即：

$$P_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, \quad \tau_b \leq \tau_{cd}$$

式中 τ_b 、 τ_{cd} 分别为水流底部切应力和床沙临界淤积切应力。

(4) 床面侵蚀速率

就粘性泥沙而言，考虑床沙固结程度的床面侵蚀速率基于 Mehta et al 公式估算，对于固结粘性床沙有：

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \quad \tau_b > \tau_{ce}$$

式中，E 为侵蚀系数， τ_{ce} 为床沙临界侵蚀切应力，n 为侵蚀指数。

(5) 沉降速率

泥沙沉速与泥沙颗粒粒径有关。对于泥沙粒径 $< 0.02\text{mm}$ 的，将发生絮凝现象，沉速取 0.0005m/s 。

6.4.1.2 评价标准

根据《海水水质标准》（GB 3097-1997）确定悬浮物评价标准，其中悬浮物超第一（二）类海水水质标准是人为增加的量 $> 10\text{mg/L}$ ，超第三类海水水质标准是人为增加的量 $> 100\text{mg/L}$ ，超第四类海水水质标准是人为增加的量 $> 150\text{mg/L}$ 。

6.4.1.3 膨胀弯施工对水质影响预测分析

(1) 源强和位置

本报告计算悬浮物影响面积是采取控制点连线的方法，其悬浮物预测控制点在膨胀弯开挖起止端点，预测控制点分布见图 6.4-1 中 1~7 号站位所示。其中控制点距离最近岸线 3.6km ，距离最近自然保护区保护区（广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区） 1.5km 。

根据工程分析，本项目膨胀弯、水下三通及收发球装置处施工包括预挖沟和人工抛石回填铺设，施工工期较短，预挖沟最长 25 天，抛石回填 10 天。其中预挖沟产生悬浮泥沙源强为 0.55kg/s ；回填抛石产生的悬浮泥沙源强为 0.86kg/s ，略大于预挖沟悬浮物产生的源强，因此膨胀弯等处施工各控制点源强取抛石回填产生的源强数据 0.86kg/s ，预挖沟对水质的影响类比抛石回填的预测结果。

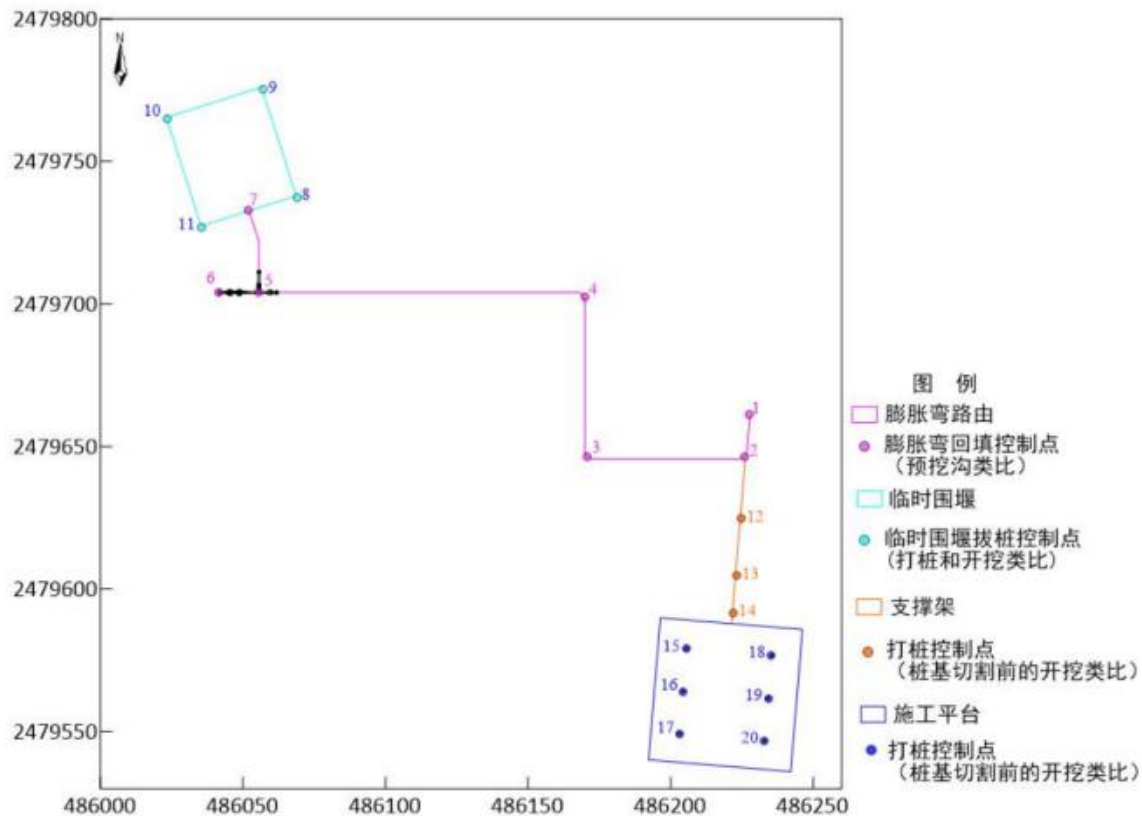


图 6.4-1 开挖及打桩/拔桩施工悬浮物模拟控制点示意图

(2) 预测方式

计算膨胀弯抛石回填搅起的悬浮物影响范围，预挖沟对水质的影响类比其预测结果。本次预测计算大潮和小潮周期内控制点连续性排放悬浮物 25h（包含一个完整的潮周期），分别统计各网格节点所有时刻的悬浮物浓度增量最大值，按照海水水质标准相应浓度绘制等值线，所围成范围即为悬浮物的浓度增量超海水水质标准的总包络范围。

(3) 预测结果

膨胀弯抛石回填产生的悬浮物浓度增量总包络线见图 6.4-3 所示，超标总包络线面积见表 6.4-1，不同超一类标准倍数包络面积见表 6.4-2。可见，悬浮物沿着主潮流方向扩散。膨胀弯抛石回填产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准离膨胀弯最大影响距离为 1.01km，悬浮物超一（二）类海水水质标准的包络面积为 0.48km²，超三类水质包络面积为 0.02km²，超四类水质包络面积为 0.01km²。膨胀弯水下施工结束后，在 1h 内悬浮物恢复到一类水质。膨胀弯预挖沟比抛石回填源强小，因此其对水质的影响小于抛石回填的预测结果。

表 6.4-1 膨胀弯水下施工悬浮物超标包络面积(km²)

工程	超一（二）类 (增量>10mg/L)	超三类 (增量>100mg/L)	超四类 (增量>150mg/L)	超一（二）类水 质距管线最大距 离（km）
海管膨胀弯预挖沟	<0.48	<0.02	<0.01	<1.01
海管膨胀弯回填	0.48	0.02	0.01	1.01

表 6.4-2 膨胀弯水下施工不同超标倍数包络面积(km²)

工程	Bi≤1 (10~20mg/L)	1<Bi≤4 (20~50 mg/L)	4<Bi≤9 (50~100 mg/L)	Bi>9 (>100 mg/L)
海管膨胀弯预挖沟	<0.36	<0.07	<0.03	<0.02
海管膨胀弯回填	0.36	0.07	0.03	0.02

保密内容，已删除。

图 6.4-2 膨胀弯抛石回填悬浮物浓度增量最大包络线图

6.4.1.4 临时围堰施工对水质影响预测分析

(1) 源强和位置

临时围堰板桩施工前需要进行开挖处理，预挖沟悬浮物源强为 0.55kg/s；搭建临时围堰采用桩板需进行打桩/拔桩作业，打桩/拔桩悬浮物源强分别为 0.0009kg/s 和 0.3848kg/s，施工期桩基依次施工，最多同时 2 根桩基打桩或拔桩，则打桩/拔桩悬浮物源强最大约 0.77kg/s，大于预挖沟悬浮物源强产生的源强。因此临时围堰施工各控制点源强取 2 根桩基拔桩产生的源强数据 0.77kg/s，临时围堰预挖沟和打桩对水质的影响类比拔桩结果。

预测的临时围堰控制点分布见图 6.4-1 中 8~11 号站位。

(2) 预测方式

本次预测计算大潮和小潮周期内控制点连续性排放悬浮物 25h（包含一个完整的潮周期），悬浮物总包络范围绘制方式同膨胀弯施工。

(3) 预测结果

临时围堰拔桩产生的悬浮物浓度增量总包络线见图 6.4-3 所示，超标总包络线面积见表 6.4-5，不同超一类标准倍数包络面积见表 6.4-6。可见临时围堰拔桩产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准离排放点最大影响距离为 0.86km，超一（二）类海水水质标准的包络面积为 0.29km²，超三类水质包络面积为 0.01km²，超四类水质包络面积为 0.008km²。临时围堰水下施工结束后，在 1h 内悬浮物恢复到一类水质。临时围堰预挖沟和打桩悬浮物源强比拔桩小，因此其对水质的影响小于拔桩的预测结果。

表 6.4-3 临时围堰水下施工悬浮物超标包络面积(km²)

工程	超一（二）类 (增量>10mg/L)	超三类 (增量>100mg/L)	超四类 (增量>150mg/L)	超一（二）类水质距围堰最大距离 (km)
临时围堰预挖沟	<0.29	<0.01	<0.008	<0.86
临时围堰打桩	<0.29	<0.01	<0.008	<0.86
临时围堰拔桩	0.29	0.01	0.008	0.86

表 6.4-4 临时围堰水下施工不同超标倍数包络面积(km²)

工程	Bi≤1 (10~20mg/L)	1<Bi≤4 (20~50 mg/L)	4<Bi≤9 (50~100 mg/L)	Bi>9 (>100 mg/L)
临时围堰预挖沟	<0.19	<0.07	<0.02	<0.01
临时围堰打桩	<0.19	<0.07	<0.02	<0.01
临时围堰拔桩	0.19	0.07	0.02	0.01

保密内容，已删除。

图 6.4-3 临时围堰预挖沟悬浮物浓度增量最大包络线图

6.4.1.5 支撑架和施工平台施工对水质影响预测分析

(1) 源强和位置

支撑架和施工平台桩基打桩和管桩切割前的开挖将搅起悬浮物源强。支撑架打桩悬浮物源强为 0.0921kg/s，施工平台打桩悬浮物源强为 0.3140kg/s，最多同时 2 根桩基打桩，则支撑架和施工平台最大打桩源强分别为 0.18kg/s 和 0.63kg/s；支撑架和桩施工平台桩基管桩切割前的开挖源强均为 0.55kg/s。本次预测在支撑架控制点取开挖源强 0.55kg/s，支撑架打桩影响类比开挖结果；施工平台桩基控制点取最大打桩源强 0.63kg/s，开挖影响类比打桩预测结果。

预测控制点分布见图 6.4-1 中 12~14 号站位（支撑架控制点站位）和 15~20 号站位（施工平台控制点站位）所示。

(2) 预测方式

本次预测计算大潮和小潮周期内控制点连续性排放悬浮物 25h（包含一个完整的潮周期），分别统计各网格节点所有时刻的悬浮物浓度增量最大值，按照海水水质标准相应浓度绘制等值线，所围成范围即为悬浮物的浓度增量超海水水质标准的总包络范围。

(3) 预测结果

支撑架开挖和施工平台打桩产生的悬浮物浓度增量总包络线见图 6.4-5 所示，超标总包络线面积见表 6.4-5，不同超一类标准倍数包络面积见表 6.4-6。可见支撑架

和施工平台打桩产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准离排放点最大影响距离为 0.76km，悬浮物超一（二）类海水水质标准的包络面积为 0.22km²，超三类水质包络面积为 0.013km²，超四类水质包络面积为 0.009km²。支撑架和施工平台打桩施工结束后，在 1h 内悬浮物恢复到一类水质。支撑架和施工平台管桩切割前开挖悬浮物源强比最大打桩源强小，因此其对水质的影响小于打桩的预测结果。

表 6.4-5 支撑架和施工平台打桩/开挖悬浮物超标包络面积(km²)

工程		超一（二）类 (增量>10mg/L)	超三类 (增量>100mg/L)	超四类 (增量>150mg/L)	超一（二）类水 质距桩基最大距 离 (km)
支撑架和 施工平台	开挖	<0.22	<0.013	<0.009	<0.76
	打桩	0.22	0.013	0.009	0.76

表 6.4-6 支撑架和施工平台打桩/开挖不同超标倍数包络面积(km²)

工程		Bi≤1 (10~20mg/L)	1<Bi≤4 (20~50 mg/L)	4<Bi≤9 (50~100 mg/L)	Bi>9 (>100 mg/L)
支撑架和 施工平台	开挖	0.14	0.05	0.02	0.013
	打桩	<0.14	<0.05	<0.02	<0.013

保密内容，已删除。

图 6.4-5 支撑架和施工平台桩基打桩/拔桩悬浮物浓度增量最大包络线图

6.4.1.6 悬浮物对水质影响预测分析小结

本项目膨胀弯施工、临时围堰施工以及施工平台和支撑架打桩/桩基切割开挖均会搅起悬浮物。经预测，膨胀弯施工产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准离膨胀弯最大影响距离为 1.01km，临时围堰施工超一（二）类海洋水质标准最远距离为 0.86km，支撑架和施工平台打桩/桩基切割开挖超一（二）类海洋水质标准最远距离为 0.76km，水下施工结束后在 1h 内悬浮物恢复到一类水质。

可见，施工期水下施工对海水水质的影响是局部、短期和可恢复性质的。

6.4.2 施工期废水对水质影响分析

本项目海上施工期废水、污水主要来自施工船舶生活污水、施工船舶舱底含油污水、清管试压水等。

所有作业船舶均设有船用油水分离器，使用船级社认证船舶，施工船舶含油污水和生活污水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求达标排放。清管试压水其污染物主要为少量铁锈和悬浮物等，全部排海对水环境影响小。

6.4.3 运营期污染物对海水水质影响分析

正常运行期间，管道全线采用密闭输送，工艺运营过程中不产生废气、废水和固体废弃物等，不会海洋环境造成不利影响。

6.5 海洋沉积物环境影响分析

水下三通和收发球防腐对海洋沉积物环境的污染主要来自牺牲阳极金属中的锌离子。根据工程分析，本项目铺设的水下三通结构和收发球装置使用共计***吨阳极块进行保护，阳极块的总重量约***kg，锌含量按 5.75%考虑，阳极每年释放到环境中的锌不到***kg，对海洋沉积物环境影响小。

6.6 海洋生态环境影响分析与评价

6.6.1 海洋生态环境的影响定性分析

本项目膨胀弯预挖沟和抛石回填，临时围堰预挖沟和打桩/拔桩，以及支撑架和施工平台打桩和桩基切割前的开挖均会搅起的悬浮物，其搅起的悬浮物及其打桩水下噪声会对生态环境造成短期一次性局部明显可逆的不利影响。具体影响分析见下文。

6.6.1.1 挖沟和抛石回填对浮游植物的影响

本项目挖沟和抛石回填搅起的小颗粒物悬浮于水中，将使海水浑浊度增加，透明度降低，致使光合作用降低，从而影响浮游植物的繁殖生长，基础生产力将受到影响。但由于底质多以粉砂和砂质粉砂为主，沉积物粒径较粗，水中悬浮物沉降速度快，运移规模也小，沉积物悬浮时间较短，因此挖沟和抛石回填施工引起的海水透明度会很快得到恢复。

6.6.1.2 挖沟和抛石回填对浮游动物的影响

浮游植物生产的产物基本上要通过浮游动物这个环节才能被其他动物所利用，浮游动物通过摄食影响或控制初级生产力，同时其种群动态变化又可能影响许多鱼类和其他动物资源群体的生物量。临时围堰及膨胀弯预挖沟和抛石回填搅起的悬浮物将增加海水的浑浊度，减少了透光层的厚度，使生物合成量减少，同时使整个水层的浮游植物的生产力水平下降，对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。但这种影响是

短时期的，完成作业之后，通过一系列的稀释、吸附、沉淀或扩散等海洋环境的物理过程，从而恢复浮游生物的正常生存环境。

6.6.1.3 挖沟和抛石回填对底栖生物资源的影响

挖沟所破坏的海底面积及在沟两侧所堆积的挖沟泥沙对底栖生物造成一次性破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏施工现场周围海底部分底栖生物并影响沿管道一带的海底生态环境，对底栖生物的影响主要是对底栖生物的掩埋作用。

堆积在挖沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填。但挖沟所破坏的海底海床以及在沟两侧所堆积的泥沙对底栖生物的掩埋造成破坏，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，使底栖生物量减少，在一定时间内会破坏周围底栖生物。但随着施工结束以及时间的推移，底栖生态会逐渐得到恢复。

6.6.1.4 挖沟和抛石回填对游泳生物的影响

挖沟和抛石回填产生的悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成其呼吸困难，严重的可能会引起死亡。对游泳生物会产生一定的影响。悬浮物对游泳生物的影响除可产生直接致死效应外，还存在间接、慢性的影响，例如：①造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降；②造成水体中溶解氧、透光度和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，进而影响水生动物的生长和发育；③混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避致害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力等。

此外，施工对渔业的影响还体现在浮游动物与浮游植物食物供应所受到的影响上。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力，施工过程会对浮游植物和浮游动物的生长产生不利影响，严重时甚至会导致死亡。部分鱼类是以浮游植物为食，而且这些种类多为定置性种类，活动能力较弱，工程施工期就会对其生长产生不利影响。因此，从食物链的角度考虑，施工不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对游泳生物带来一定不利影响，造成一定量的资源损失。

但是工程施工期间搅起的悬浮物范围局限在管道周边，影响是局部的，且游泳生物会因为施工影响范围内的悬浮物增加而游离该区域。施工作业结束后悬浮物也会短时间内恢复一类水质，对海洋生态的生存环境也将恢复，鱼类等海洋资源又可游回，因此这种施工对海洋资源造成的影响是短暂的。

6.6.1.5 施工期水下打桩对海洋生物的影响分析

本项目打桩/拔桩产生的噪声和悬浮物会对海洋生物造成影响。其中悬浮物对海洋生物的影响可参考预挖沟所搅起的悬浮物对海洋生物的影响分析相关内容，不再赘述。

打桩/拔桩产生的噪声会对海洋生物造成一定影响。水下冲击打桩是海洋工程的典型主要强噪声来源，其特点为高声源级，单次冲击表现为脉冲式宽频波形，对于一根桩柱需要多次冲击才能完成作业，因此表现为连续多个脉冲的脉冲串。

在 San Francisco-Oakland Bay Bridge East Span Seismic Safety Project 中观测到在桥墩桩基施工时，由于打桩噪声造成了鱼类逃离施工水域，在距桩基较近水域则发生了鱼类昏迷而漂浮于水面和鱼类滞后死亡现象，最大距离为 500m。2013 年厦门大学噪声专题在进行鱼类声学特性实验时发现：大黄鱼幼苗的敏感频率在 800 Hz，声压级约 140 dB μ Pa 时对声波即有明显反应，当声压级达到 172 dB μ Pa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600 Hz，当声强达到 150 dB 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187 dB，在声源达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间内出现 90% 的死亡。因此，打桩作业对海洋生物资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。

综上所述，施工中应在水下噪声影响较大的区域对鱼类活动需要进行可能的驱赶等工作。由于施工期相对时间较短，同时游泳动物可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位通过尽量缩短总的施工时间，尽量减少每分钟打桩/拔桩次数，同时首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，驱赶游泳动物到达一定距离外的安全海域，可有效降低对施工作业噪声对游泳动物的影响。

6.6.2 海洋生物资源损失量估算

6.6.2.1 生物损失量评估方法

生物量损失计算参照中华人民共和国农业部发布的水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的有关规定进行。

(1) 占用水域造成的生物资源损失

工程建设需要占用渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧

失。各种类生物资源损害量评估按下面公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾（尾）、个（个）、千克(kg)；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米（尾（个）/km²）、尾（个）每立方千米（尾（个）/km³）、千克每平方千米（kg/km²）；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

（2）污染物扩散造成的生物资源损失

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。施工期间产生的悬浮物浓度增量在区域存在时间少于 15 天的按一次性平均受损量评估。

悬浮物对海洋生物资源损害，按下面公式计算：

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

式中：

式中： W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾、个、千克(kg)；

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/km²）、个平方千米（个/km²）、千克平方千米（kg/km²）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；计算时将底层、中层、表层超标面积取平均。

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；生物资源损失率取值参见表 6.6-1。

n ——某一污染物浓度增量分区总数

施工期间产生的悬浮物浓度增量在区域存在时间多于 15 天的按持续性累计受损量评估，计算以年为单位。

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

W_i ——第 i 种类生物资源一次平均损害量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

T—污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个（个）。

6.6.2.2 海洋生物资源损失率

生物资源损失依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的有关规定进行计算。本项目悬浮物对各类生物资源损失率见表 6.6-1。

表 6.6-1 悬浮物对各类生物资源损失率取值

污染物超标倍数 (Bi)	各类生物损失率(%)	
	鱼卵、仔稚鱼、幼鱼、幼虾、幼蟹、头足类幼体	成体
Bi≤1 倍	5	1
1<Bi≤4 倍	10	5
4<Bi≤9 倍	30	10
Bi≥9 倍	50	20

6.6.2.3 海洋生物资源密度

根据现状调查情况，渔业资源、鱼卵仔鱼采用***于 2021 年 9 月和 2022 年 4 月在项目周边海域调查的数据，底栖生物采用***于 2022 年 4 月和 2022 年 11 月在项目周边海域调查的数据。各种类取春秋两季平均值。最终计算取值见表 6.6-2。

表 6.6-2 项目海域海洋生物资源密度

种类	调查时间	密度或生物量			计算取值
		属性	单位	数量	
底栖生物	春季	生物量	g/m ²	83.765	63.6875
	秋季			43.61	
鱼卵	春季	密度	粒/m ³	9.93	5.83
	秋季			1.73	
仔稚鱼	春季	密度	ind./m ³	1.18	0.67
	秋季			0.16	
渔业资源成体	春季	重量密度	kg/ km ²	715.58	830.98
	秋季			946.37	
幼鱼	春季	密度	ind./km ²	2872.06	9929.5
	秋季			16986.87	
头足类幼体	春季	密度	ind./km ²	93.50	51.7
	秋季	密度	ind./km ²	10.00	
虾类幼体	春季	密度	ind./km ²	1611.04	7216.5
	秋季	密度	ind./km ²	12821.88	
蟹类幼体	春季	密度	ind./km ²	679.93	398.3
	秋季	密度	ind./km ²	116.622	

6.6.2.4 工程对底栖生物资源的影响评价

本项目施工期对底栖生物资源的影响包括临时围堰占海、施工平台及支撑架桩基占海和膨胀弯挖沟。铺设膨胀弯挖沟掘起的沉积物对沟两边的覆盖宽度大约各20m,根据调查海域底栖生物调查结果计算海底管道施工造成的底栖生物损失量,离管沟10m以内的底栖生物按100%损失计算,10m~20m间的底栖生物按50%损失计算(下同)。因此计算具体各段底栖生物损失量见下表。

表 6.6-3 项目临时占海造成底栖生物损失量估算

类型		面积 (m ²)	密度 (g/m ²)	损失率 (%)	损失量 (t)
膨胀弯预挖沟	管沟开挖	6900	63.6875	100	0.439
	离管沟 10m	4600		100	0.293
	离管沟 10-20m	4600		50	0.146
临时占海	施工平台和支撑架桩基占海	1356.48		100	0.086
	临时围堰占海	1200		100	0.076
合计					1.042

6.6.2.5 悬浮物排放造成的渔业资源损失

本项目抛石回填、挖沟施工与打桩/拔桩施工为瞬时源,施工期间悬浮物浓度增量区域存在时间不超过15d,因此按一次性损失计算。

其中膨胀弯施工抛石回填和预挖沟分别会对渔业损失造成影响,取抛石回填的悬浮物超标面积,预挖沟类比抛石回填的影响面积,损失次数取2次。临时围堰预挖沟、水下打桩和拔桩分别会对渔业资源造成损失影响,预挖沟和水下打桩类比拔桩的悬浮物超标面积,因此影响面积取拔桩预测面积,损失次数取3次。支撑架和施工平台管桩切割前开挖类比打桩的悬浮物超标面积,影响面积取打桩悬浮物扩散的超标包络线面积,损失次数需要考虑打桩和切割前开挖2次的一次性损失。

水深按照本项目海底管道及栈桥路由所处水深的平均值(4.3m)计算;涉海工程施工造成的一次性损失见表6.6-4~表6.6-6。

表 6.6-4 膨胀弯预挖沟和抛石回填产生悬浮物造成渔业资源损失量估算表

生物资源	资源密度	单位	影响面积 (km ²)		损失率	损失次数	总损失量
鱼卵	5.83	粒/m ³	Bi≤1	0.36	5%	2(预挖沟和抛石回填)	902484 粒
			1<Bi≤4	0.07	10%		350966 粒
			4<Bi≤9	0.03	30%		451242 粒
			Bi>9	0.02	50%		501380 粒
仔稚鱼	0.67	ind./m ³	Bi≤1	0.36	5%		103716 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		40334 尾
			4<Bi≤9	0.03	30%		51858 尾
			Bi>9	0.02	50%		57620 尾

生物资源	资源密度	单位	影响面积 (km ²)		损失率	损失次数	总损失量
幼鱼	9929.46	ind./km ²	Bi≤1	0.36	5%		357 粒
			1<Bi≤4	0.07	10%		139 粒
			4<Bi≤9	0.03	30%		179 粒
			Bi>9	0.02	50%		199 粒
头足类幼体	51.75	ind./km ²	Bi≤1	0.36	5%		1.86 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		0.72 尾
			4<Bi≤9	0.03	30%		0.93 尾
			Bi>9	0.02	50%		1.03 尾
虾类幼体	7216.46	ind./km ²	Bi≤1	0.36	5%		259.8 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		101 尾
			4<Bi≤9	0.03	30%		130 尾
			Bi>9	0.02	50%		144 尾
蟹类幼体	398.27	ind./km ²	Bi≤1	0.36	5%		14.3 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		5.6 尾
			4<Bi≤9	0.03	30%		7.2 尾
			Bi>9	0.02	50%		8.0 尾
渔业资源成体	830.98	kg/ km ²	Bi≤1	0.36	1%		5.98kg
			1<Bi≤4	0.07	5%		5.82kg
			4<Bi≤9	0.03	10%		4.99kg
			Bi>9	0.02	20%		6.65kg

表 6.6-5 临时围堰预挖沟、打桩及拔桩产生悬浮物造成渔业资源损失量估算表

生物资源	资源密度	单位	影响面积 (km ²)		损失率	损失次数	总损失量
鱼卵	5.83	粒/m ³	Bi≤1	0.19	5%	3 (预挖沟、打桩和拔桩)	714467 粒
			1<Bi≤4	0.07	10%		526449 粒
			4<Bi≤9	0.02	30%		451242 粒
			Bi>9	0.01	50%		376035 粒
仔稚鱼	0.67	ind./m ³	Bi≤1	0.19	5%		82109 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		60501 尾
			4<Bi≤9	0.02	30%		51858 尾
			Bi>9	0.01	50%		43215 尾
幼鱼	9929.46	ind./km ²	Bi≤1	0.19	5%		283.0 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		208.5 尾
			4<Bi≤9	0.02	30%		178.7 尾
			Bi>9	0.01	50%		148.9 尾
头足类幼体	51.75	ind./km ²	Bi≤1	0.19	5%		1.47 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		1.09 尾
			4<Bi≤9	0.02	30%		0.93 尾
			Bi>9	0.01	50%		0.78 尾
虾类幼体	7216.46	ind./km ²	Bi≤1	0.19	5%		205.7 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		151.5 尾
			4<Bi≤9	0.02	30%		129.9 尾
			Bi>9	0.01	50%		108.2 尾
蟹类幼体	398.27	ind./km ²	Bi≤1	0.19	5%		11.4 尾
			1<Bi≤4	0.07	10%		8.4 尾
			4<Bi≤9	0.02	30%		7.2 尾
			Bi>9	0.01	50%		6.0 尾
渔业资源成体	830.98	kg/ km ²	Bi≤1	0.19	1%		4.74kg
			1<Bi≤4	0.07	5%		8.73kg

生物资源	资源密度	单位	影响面积 (km ²)		损失率	损失次数	总损失量
			4 < Bi ≤ 9	0.02	10%		4.99kg
			Bi > 9	0.01	20%		4.99kg

表 6.6-6 施工平台和支撑架打桩/开挖产生悬浮物造成渔业资源损失量估算表

生物资源	资源密度	单位	影响面积 (km ²)		损失率	排放次数	总损失量
鱼卵	5.83	粒/m ³	Bi ≤ 1	0.14	5%	2 (打桩和开挖)	350966 粒
			1 < Bi ≤ 4	0.05	10%		250690 粒
			4 < Bi ≤ 9	0.02	30%		300828 粒
			Bi > 9	0.01	50%		325897 粒
仔稚鱼	0.67	ind./m ³	Bi ≤ 1	0.14	5%		40334 尾
			1 < Bi ≤ 4	0.05	10%		28810 尾
			4 < Bi ≤ 9	0.02	30%		34572 尾
			Bi > 9	0.01	50%		37453 尾
幼鱼	9929.46	ind./km ²	Bi ≤ 1	0.14	5%		139.0 尾
			1 < Bi ≤ 4	0.05	10%		99.3 尾
			4 < Bi ≤ 9	0.02	30%		119.2 尾
			Bi > 9	0.01	50%		129.1 尾
头足类幼体	51.75	ind./km ²	Bi ≤ 1	0.14	5%		0.72 尾
			1 < Bi ≤ 4	0.05	10%		0.52 尾
			4 < Bi ≤ 9	0.02	30%		0.62 尾
			Bi > 9	0.01	50%		0.67 尾
虾类幼体	7216.46	ind./km ²	Bi ≤ 1	0.14	5%		101.0 尾
			1 < Bi ≤ 4	0.05	10%		72.2 尾
			4 < Bi ≤ 9	0.02	30%		86.6 尾
			Bi > 9	0.01	50%		93.8 尾
蟹类幼体	398.27	ind./km ²	Bi ≤ 1	0.14	5%		5.58 尾
			1 < Bi ≤ 4	0.05	10%		3.98 尾
			4 < Bi ≤ 9	0.02	30%		4.78 尾
			Bi > 9	0.01	50%		5.2 尾
渔业资源成体	830.98	kg/ km ²	Bi ≤ 1	0.14	1%		2.33kg
			1 < Bi ≤ 4	0.05	5%		4.15kg
			4 < Bi ≤ 9	0.02	10%		3.32kg
			Bi > 9	0.01	20%		4.32kg

6.6.2.6 小结

综上, 本项目共计造成鱼卵损失 5502646 粒, 仔稚鱼损失 632380 尾, 幼鱼 2180 尾, 头足类幼体 11 尾, 虾类幼体 1584 尾, 蟹类幼体 87 尾, 海洋生物资源成体 60.99kg, 底栖生物 1.042t。

表 6.6-7 海洋生物资源损失总量

生物资源	膨胀弯施工	临时围堰施工	施工平台打桩/开挖	围堰和施工平台临时占海	总计
鱼卵	2206072 粒	2068193 粒	1228381 粒	/	5502646 粒
仔稚鱼	253528 尾	237683 尾	141169 尾	/	632380 尾
幼鱼	874 粒	819 粒	487 粒	/	2180 粒
头足类幼体	4.6 尾	4.27 尾	2.54 尾	/	11 尾

虾类幼体	635 尾	595 尾	354 尾	/	1584 尾
蟹类幼体	35 尾	32.9 尾	19.5 尾	/	87 尾
渔业资源	23.43kg	23.43kg	14.13kg	/	60.99kg
底栖生物	0.879t			0.163t	1.042t

6.7 主要环境敏感目标环境影响分析与评价

6.7.1 对渔业资源保护区的影响分析

项目临时围堰、施工平台和海管开挖的膨胀弯距离珠江口经济鱼类繁育保护区最近 3.75km，因此项目施工不会对珠江口经济鱼类繁育保护区造成水质超标影响。本项目占用幼鱼、幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区，项目施工开挖和打桩/拔桩产生的悬浮物会上述保护区造成影响。

由预测结果可知，水下施工搅起的悬浮物增量最大浓度为 1235.7mg/L，其中水下施工引起的悬浮物超一类海水水质包络面积最大为 0.48km²，施工结束后恢复至一类水质标准的最大时间为 1h。引起海水悬浮物浓度增大的物质为本身存在于海底的泥沙，不属于外来污染物。加之在停止施工后悬浮物会因重力作用在较短时间内重新沉降于海底。建设单位也会针对此进行海洋生物资源赔偿，因此可以认为海底管道铺设施工对周边渔业资源保护区产生的影响是较短暂的、可恢复的。

6.7.2 对广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区的影响分析

6.7.2.1 保护区重点保护物种影响评价

(1) 施工干扰对中华白海豚活动场所的影响

本项目工程海域距离广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区缓冲区 1.5km，项目建设不占用保护区。虽然从 2023 年 12 月调查结果来看，中华白海豚主要分布在内伶仃岛至桂山镇海域，在项目及附近海域没有目击到中华白海豚，但过往调查中施工区域及周边仍是中华白海豚的活动区域和重要栖息地，施工活动会影响到中华白海豚的活动和行为，使其改变活动场所。

但珠江口中华白海豚的分布具有较大的弹性空间，Hung 等（2004）的研究表明，白海豚个体有相对固定的活动范围，该范围仅占种群分布区的一小部分，活动范围最小仅 9.55 平方公里，最大的有 303.84 平方公里，多数海豚个体的活动范围在 50~100 平方公里之间，因此本次施工可能会挤占个体在珠江口的活动空间，但是根据《港珠澳大桥工程环境影响报告书》（报批稿）分析，除季节性变化以外，过去 10

年在香港水域的海豚数量大致稳定，没有明显的上升或下降趋势，因此像许多其它种类的哺乳动物一样，当工程施工完成后，海豚还会恢复其原来的活动范围，有的迁移到较远水域的海豚可能还会回迁。

（2）水下噪声对中华白海豚的影响

施工设备产生的噪音和频密的往来船只机械噪声均会使中华白海豚的觅食和活动造成一定影响。中华白海豚的视觉功能不发达，主要依赖声波来探测周围环境及与同伴沟通。施工噪声和船舶机械噪声易干扰中华白海豚的回声定位系统，影响其传递讯息、觅食，甚至影响其对威胁对象的准确判断。

本项目所在海域为白海豚的活动范围，根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》(HY/T 0341-2022)，白海豚属于高频鲸目，对脉冲噪声的耐受值为 230~224dB (PeakSPL)。类比《蓬莱油田清洁能源综合利用调整产能建设配套项目（一期）环境影响报告表》，水下打桩噪声峰值声压在 10m 处最大可达到 42kPa，峰值声压级为 212.7dB。在离桩基 10m 处打桩噪声的平均峰值声压级为 202dB (PeakSPL)，平均均方根声压级为 183dB (RMSSPL)；1km 处的平均峰值声压级为 175dB (PeakSPL)，平均均方根声压级为 164dB (RMSSPL)。可见，风机打桩基础施工在 1km 处所产生的噪声未达到高频鲸目听力影响阈值。

根据《港珠澳大桥工程环境影响报告书》（报批稿）噪音对海豚的影响分析内容，在香港赤腊角新机场建设期间，大屿山以北水域中华白海豚的数量，1996—1997 年的冬春季比 1995—1996 年冬春季和 1996 年夏秋季明显下降。1996 年冬季至 1997 年春季正好是新机场航空油料供应站的繁忙施工期，中华白海豚可能受到施工敲打的强大噪音干扰而离开，因为到施工完成后的 1997 年夏秋季，中华白海豚的数量明显回升 (Jefferson, 2000)。另外，在香港新机场 1998 年启用后，因施工期结束，大屿山以北水域的中华白海豚数量逐渐回升 (Jefferson 等, 2004)。这些事例说明，当环境的噪音滋扰消失或减少时，只要其生境没有被严重破坏，中华白海豚还会恢复原来的活动范围。

每年春、夏季是珠江口中华白海豚种群产仔和交配的高峰季节，此时成年海豚的交配较频繁，多数幼豚也是在该季节出生，对外界的滋扰较为敏感。外界滋扰会影响成年海豚的交配行为，即将产仔的母豚对周围环境的反应也较为敏感。小海豚刚出生时还不太会游泳，需要母海豚及其它一些成年海豚的协助，所以外界滋扰会影响新生幼豚的成活率。因此，在 4~8 月份海豚繁殖高峰季节，应尽可能降低施工

的噪音滋扰。

总而言之，本项目为膨胀弯施工和临时围堰、支撑架以及施工平台的水下打桩，其施工工期短且施工范围小，不会对其生境造成严重破坏。同时施工期间加强瞭望，船舶运输时若遇到白海豚在附近活动，尽量远离中华白海豚航行并降低船速；施工时尤其是在 4~8 月份海豚繁殖高峰季节，若发生中华白海豚活动至工程附近的情况，立刻停止施工活动和对中华白海豚进行驱赶，通过采取上述对中华白海豚的保护措施，工程建设对中华白海豚的影响小。

（3）悬浮物对中华白海豚的影响

本项目工程施工期临时围堰和施工平台打桩/拔桩以及膨胀弯开挖对会产生悬浮泥沙从而影响海水水质，定向钻作业在钻孔、扩孔过程中也会产生泥浆和地层岩屑影响海水水质，导致水体透光度和含氧量下降，对珠江口的水质带来一定程度的负面影响，但由于施工点距离保护区最近 1.5km，施工带来的悬沙增量超过 10mg/L 的包络范围距离保护区最近为 0.69km，未进入保护区，因此，水质影响对保护区的中华白海豚的影响较小。

悬浮物增加或海水含氧量下降对中华白海豚的直接影响有限，因为它用肺呼吸空气的水生哺乳动物，有别于用鳃呼吸水中溶解氧的鱼类，不较易受水中悬浮物增加所影响；而且，中华白海豚长期生活在水体浑浊的河口水域，其视觉不发达，主要靠位于头部的回声定位系统来探测周围环境和识别物体，因此，水中悬浮物的增加不会直接影响白海豚的觅食、社交等活动。

但是，悬浮物增加可能会增加中华白海豚体表感染细菌的机会，研究其个体的照片发现，中华白海豚也会患有皮肤病，一般是皮肤受伤的个体易被细菌感染。另外，河口水域鱼类虽然对浑浊水体有较高的适应性，但悬浮有机物对溶解氧的消耗作用有可能造成相对低氧的区域，从而使鱼类产生回避反应，间接影响到中华白海豚的觅食。

经预测，水下施工产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准最远影响距离为 1.02km 均未进入保护区。从悬浮泥沙超一（二）类海水水质标准的包络面与 2023 年 12 月份调查的中华白海豚分布叠加图可以看出，施工导致的悬浮物影响范围内没有中华白海豚分布。虽然施工区域及周边没有发现中华白海豚，但中华白海豚的活动范围不固定，且过往多次调查显示项目及周边区域是中华白海豚的活动区域，因而会对周围及游弋到施工点的保护区内中华白海豚带来影响。但水下施工对海水水质的影

响是局部、短期和可恢复性质的，施工结束后在 2h 内悬浮物恢复到之前的水质，且施工前会进行警示，因而施工带来的悬浮泥沙对保护区的中华白海豚的影响有限。

保密内容，已删除。

图 6.7-1 水下施工悬浮物浓度增量最大包络线与中华白海豚分布叠加图

(4) 施工船舶碰撞对中华白海豚的影响

项目施工期间，各种施工船舶来往，造成船只数量的增加。虽然中华白海豚一般不会受到移动缓慢并发出低频声响的船只所影响，但它们仍要面对被船舶碰撞的风险。另外，施工船舶有可能改变中华白海豚的潜泳模式，甚至迫使它们暂时离开原来的栖身地。

根据香港方面的资料，中华白海豚及印台江豚均有被船舶碰撞至受伤及死亡的记录。受船舶碰撞致死的海豚，身上都有明显被船叶打伤的伤痕，或留有被碰撞后呈现的瘀血。而在香港及珠江口已辨认的三百多条中华白海豚当中，约有百分之十曾经确实或很大可能被船舶撞击，在身上留下永久的伤痕（Jefferson 2005），所以船舶碰撞的风险确实存在。但是，中华白海豚被船只撞击的风险主要来自高速航行的轮船和渔船，因为中华白海豚长期生存在繁忙的航道，已适应水上慢速交通工具，但中华白海豚对高速水翼客轮一般是尽量回避，因此认为这类高速轮船对白海豚的威胁最大，另外，白海豚喜欢靠近正在拖网作业的渔船，而渔船起网后的突然加速和转向也容易撞伤白海豚。尽管如此，工程相关施工船只在施工期间应尽量留意海豚的出没，并尽量慢速航行，以防海豚被碰撞致死或受伤。

(5) 渔业资源减损后对中华白海豚的间接影响

项目建设将破坏施工区及其附近海底的底栖生物群落，进而破坏底层鱼类的栖息环境和再生机制，致使渔业资源减损。研究表明，中华白海豚较喜欢猎食珠江河口的底层或近底层鱼类，因此，施工将使白海豚的食物来源减少，影响海豚的食物保障。

施工中的临时围堰预挖沟及打桩/拔桩，施工平台打桩/开挖和膨胀弯预挖沟会直接或间接影响施工水域的鱼类的正常栖息、活动及繁殖，并可能使它们回避水质混浊的地方，间接减少中华白海豚的食物来源。

众所周知，珠江口水域的渔业资源由于捕捞过度和环境污染等原因已明显衰退，中华白海豚可能已处在食物匮乏的边缘。近期的研究也表明，珠江口水域一些中华白海豚个体于 2003 年的活动范围比 1999 年时有所扩大，个别海豚的活动面积增幅

达 164%，可能是因食物来源不足，中华白海豚需要更大的活动空间来保证其食物供给。项目施工将进一步降低中华白海豚的食物保障，但施工是短暂的，随着施工结束，对海水水质和海洋生物的影响消失，则对中华白海豚的影响也会减小和消失。

（5）运营期对中华白海豚的影响

运营期仅有少量牺牲阳极中的锌释放对周边环境造成局部轻微影响，对中华白海豚影响较小。

（6）对印太江豚影响评价

项目对保护区印太江豚的影响和中华白海豚的影响类似，影响较小。

6.7.2.2 对保护区各功能区功能影响评价

本项目水下施工搅起的悬浮物增量超一类海水水质范围距离最近的广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区 0.69km，未造成海水水质超标影响。以下具体分析对各功能区的影响。

（1）对核心区的影响

核心区是原生自然景观最好的地方，是遗传基因库的精华所在，需采取绝对的保护措施，免受人为的干扰破坏。核心区作为深入研究生态系统自然演化的场所，可为人们提供各种标准的“本底”资料。因此，禁止任何船只进入该区域内从事可能对资源造成直接危害或不良影响的活动；若确因科学研究需要进入该区域的，须向保护区管理局申请。

本项目位于核心区的北侧，项目距核心区的最近距离约为 5.2km。海底管道开挖产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准离排放点最大影响距离为 1.02km，距离核心区较远，而且影响时间短暂，施工结束后，在 2h 内悬浮物恢复到原有水质，但施工产生的水下噪声会对中华白海豚和印太江豚产生一定的影响。但总体来讲，施工对核心区生态系统的结构和功能的影响较小。

（2）对缓冲区的影响

缓冲区位于核心区的周围，其作用是保护核心区免受外界的影响和破坏，起到一定的缓冲作用。经广东省海洋与渔业局批准，在保护区管理局统一规划和引导下，可有计划地组织经济开发活动。

本工程位于缓冲区的北侧，项目距缓冲区的最近距离约为 1.5km。海底管道开挖产生悬浮物超一（二）类海洋水质最大包络面距离缓冲区的最近距离为 0.69km，没有进入实验区，虽然可能会对中华白海豚、印太江豚和石首鱼科类产生一定的影响，

但影响时间是短暂的，施工结束后，在 2h 内悬浮物恢复到原有水质。施工产生的水下噪声会对中华白海豚、印太江豚和石首鱼科等产生一定的影响。但总体来讲，施工对缓冲区的生态系统的结构和功能的影响较小。

（3）对实验区的影响

实验区位于保护区的左侧，以发展本地区特色的生产经营为主，如发展自然保护区野生动物饲养与驯化等，建立资源多层次综合利用的生态良性循环体系。经保护区管理局批准，可在划定范围内适当组织生态旅游、科学考察、教学实习等活动，但不得危害资源和污染环境。

本工程位于实验区东北侧，项目距实验区最近距离约为 15.5km。海底管道开挖产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准离排放点最大影响距离为 1.02km，距离实验区较远，因而，项目施工产生的悬沙未进入实验区，且水下噪声对实验区的中华白海豚、印太江豚和石首鱼科等的影响较小，因而对实验区的海洋环境和海洋生物的影响较小。

6.7.2.3 项目建设的生态环境可行性

项目位于广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区东北侧，距离保护区最近 1.5km。根据预测，项目在施工阶段临时围堰和施工平台打桩/拔桩以及膨胀弯开挖所产生的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的包络范围距离保护区最近 0.69km，未进入保护区，因而对保护区海水水质的不利影响较小。打桩/拔桩带来的水下噪声对附近的海洋生态环境影响相对较大，会对以石首鱼科类产生影响，但考虑到打桩施工带来的水下噪声影响时间较短，对整个保护区影响较小，施工期结束后，噪声即消失。运营期主要是牺牲阳极带来的锌释放，对保护区内的海水水质、沉积物和海洋生物等影响程度有限。由于项目距离保护区有一定距离，项目建设对保护区的水文动力环境、地形地貌与冲淤环境的影响较小。

项目建设会对项目附近的海洋生物及水产资源造成一定程度破坏，导致资源生物量及生物多样性下降，但这些海洋生物资源损失可通过之后增殖放流或生态修复等生态补偿措施予以一定程度的恢复。从整个保护区来看，由于项目距离保护区有一定距离，项目施工期对保护区的海洋生态环境的影响较小，对保护区的重点保护物种、生态系统结构及整体功能的影响较小。运营期锌释放对保护区内海洋生物的影响不明显。但如果发生溢油，最快 1h 可抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区，对保护区造成影响。

总体来说，项目建设对保护区内的海水水质、沉积物、生态环境、重要保护物种、生态系统和保护区各功能区等的影响较小。虽然本项目存在溢油事故等风险，但在采取严格的风险防范措施及应急预案情况下风险是可控的。项目建设和运营期严格执行本报告及海洋环境影响报告提出的污染防治对策措施和环境保护措施的前提下，项目建设对保护区生态环境影响基本可以接受。

6.7.3 对广东内伶仃福田国家级自然保护区的影响分析与评价

本项目水下工程距离广东内伶仃福田国家级自然保护区（内伶仃岛）5km，距离广东内伶仃福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）最近 17.5km。

根据预测结果可知，水下施工搅起的悬浮物增量超一类海水水质范围最远距离为 1.02km，不会对广东内伶仃福田国家级自然保护造成悬浮物增量超标影响。施工中水下打桩会产生一定的水下噪声，造成影响集中在工程临时围堰、临时施工平台和支撑架附近，也不会影响至广东内伶仃福田国家级自然保护区。运营期除管道防腐的锌离子的释放外无其他污染物，锌离子释放也局限在水下三通和收发球工程附近，因此可认为项目对广东内伶仃福田国家级自然保护区重要保护物种不会造成不利影响。

6.7.4 对生态保护红线区的影响

本项目对广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区生态保护红线区、内伶仃岛-福田国家级自然保护区生态保护红线区的影响同上文自然保护区的影响分析内容。项目距离其它生态保护红线区（包括深圳深圳湾地方级湿地自然公园、深圳湾重要滩涂及浅海水域和珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线）11km 以上。

根据预测结果可知，项目水下施工搅起的悬浮物增量超一类海水水质范围最远距离为 1.02km，运营期锌离子释放局限在水下三通和收发球工程附近，项目建设不会对上述生态保护红线区的生态系统造成不利影响。

6.7.5 项目对通航环境的影响

本节内容引自《南海天然气登陆深圳项目通航安全影响专题研究报告》（2023 年 9 月）的相关结论。

1、拟建管线工程选址符合《海轮航道通航标准》（JTS 180-3-2018）要求；管线的建设与自然环境、交通环境基本相适应，符合相关规划，与相关安全支持保障系统相适应。

2、管道在码头前沿沉箱下方深度约***m，穿越航道段埋深高程***m（海床下约***m），且采用单定向钻方案穿越航道，因此拟建工程对码头、航道布置及航标配布、锚地布置不产生影响。由于管道埋设较深，管道运营期基本不会对自然环境、交通环境、港口设施等造成影响。

3、拟建管道工程路由水域通航环境较复杂，船舶交通流量大。海上入土点施工水域位于深圳机场-香港、深圳-珠海、深圳-澳门客船的习惯航线上。管道海上出土点围堰及海上平台的施工影响习惯航路，对船舶通航安全、交通组织及通航秩序产生一定影响。须采取相关的安全保障措施加以缓解。

4、考虑航道疏浚超深，管道的安全富裕深度为82m，远大于标准要求的2m，满足《海轮航道通航标准》的要求。

5、20万吨船舶应急抛锚贯穿深度为3.05m。同时考虑航道疏浚超深及应急抛锚贯穿深度，管道的安全富裕深度78.95m，远大于锚击深度3.05m，满足《海轮航道通航标准》的要求。

6、管道穿越各航道满足埋深要求的宽度大于各航道宽度的2~3倍。满足《海轮航道通航标准》的要求。

6.8 陆域环境影响分析

6.8.1 大气影响评价

施工期的大气污染物来源主要有：施工机械燃油废气、施工作业区搅拌、水泥装卸产生的粉尘，汽车行驶过程中产生的尾气、扬尘等。

一般情况下，施工工地、道路在自然风的作用下产生的扬尘所影响的范围在***m以内。应在施工期间对车辆行驶的路面实施洒水抑尘措施，减少对大气环境影响。由于施工废气影响是暂时的，随施工期的结束而基本消失，因此可预计这类污染物对大气环境的影响较小。

6.8.2 固体废物影响评价

本工程固体废弃物主要是施工阶段陆上入土点临时施工产生的生活垃圾和生产垃圾，预挖沟和回填产生的弃土弃渣、定向钻作业产生的泥浆和岩屑，以及船舶垃圾。

定向钻泥浆、岩屑和弃土弃渣用驳船运回陆地，与陆上部分一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位进行处理，海上施工产生的弃土弃渣送到指定的抛泥区进行

倾倒。陆上生活垃圾和生产垃圾经分类收集后回收或送环卫部门统一处理。船舶生活垃圾中的食品废弃物按照排放标准要求处理达标后排海或运回陆地处理，食品包装物及生产垃圾全部运回陆地处理。

可见对于施工过程中产生的固体废物要求尽量回收利用，不能回收的交当地环卫部门处理，不得随意丢弃。因此固体废物得到妥当处理后，不会给环境造成较大影响。

6.8.3 声影响评价

本项目施工期噪声污染源包括固定声源（施工机械的运行噪声），噪声声级在85~95dB(A)左右；流动声源（运输车辆产生的噪声），噪声声级在95~105dB(A)左右。

根据施工噪声衰减预测计算，昼间施工时，各种单台施工机械在距场界15m以外即可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523—2011）的要求；夜间施工时，距场界***m以外才能满足55dB的施工场界噪声限值要求。

项目200m以内不涉及居民区，并且随着工程的竣工，施工噪声的影响将不再存在。因此施工噪声对环境的不利影响较小。

6.8.4 地表水影响评价

项目施工过程中，陆地废水污染源主要为施工人员产生的生活污水和冲洗废水、设备维修含油污水等施工生产废水。施工期陆地生活污水经收集后进入妈湾电厂现有污水处理收集设施后处理，排入市政污水管网。少量生产废水与泥浆混合后，施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位处理，均不外排。施工期对项目周围地表水环境影响较小。

6.8.5 地下水影响评价

施工期，陆地废水污染源生活污水进入妈湾电厂现有污水处理收集设施后处理，排入市政污水管网。少量生产废水与泥浆混合后，施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位处理，均不外排。固体废物均委托有资质单位收集处置，施工期污染物不会污染到施工场地的地下水环境。

运营期管线埋设于地下，管道输送介质天然气，运营期间无废水产生。本工程采用以计算机为核心的监控与数据采集(SCADA)系统，对全线工艺过程进行实时监测和控制，具有管道的泄漏检测与定位、适时执行紧急安全切断指令功能，另外管

道防腐设计严格按照相关规定，采用外防腐层和阴极保护联合保护的方案对管道进行保护，因此在正常工况下，发生天然气渗漏污染地下水的可行性小，对地下水环境影响较小。

6.8.6 陆域生态及土壤影响评价

（1）施工期

本项目陆域土建阶段的土方开挖、回填等可能造成部分水土流失；定向钻施工产生的废弃泥浆若随意丢弃，会对土壤养分、地表植被产生一定的影响。但本项目施工场地位于现有妈湾电厂厂区内，厂区内地面已基本硬化，施工过程对其造成的景观和土壤植被破坏影响是局部的。建设单位通过加强现场施工管理，合理安排施工时序的情况下，对生态环境的影响较小。

项目陆域工程距离深圳湾重要滩涂及浅海水域生态红线区 7.5km，珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线 14km，该区域保护对象为滨海湿地生态系统；距离广东内伶仃福田国家级自然保护区（内伶仃岛）最近 9km，该区域主要保护对象为植被和猕猴等野生动物，距离广东内伶仃福田国家级自然保护区（内伶仃岛）（深圳湾红树林）9km，该区域主要保护对象为红树林和鸟类。项目施工位于现有妈湾电厂厂区内，影响范围局限在厂区且施工期短暂，不会对上述保护对象造成较不利影响。

（2）运营期

运营期本项目在已经形成扰动与破坏的基础上采取植被恢复与绿化措施，逐步改善区域生态环境，不会对生态及土壤环境造成不利影响。

7 环境风险分析与评价

7.1 风险调查及评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），针对本项目涉及的危险物质和所在地环境敏感性确定环境风险潜势，进而进行风险评价等级的判定。

7.1.1 环境风险潜势判定

本项目新建 1 条 7km 海底输气管道，根据建设单位提供资料，本次评价新建海底输气管道天然气最大存在总量为***Sm³，甲烷密度按***kg/m³ 计算，则甲烷的质量为***t。本项目定向钻施工、膨胀弯挖沟及人工回填施工期间施工船舶使用数量较大，在此期间均使用 4 艘不同类型船舶，施工船舶燃料油舱单舱最大舱容为***m³，因此，施工期间施工船舶最大存在油量总量为***m³，油类密度按***kg/m³ 计算，因此本项目油类最大存量折合为***t。

表 7.1-1 本项目施工作业船舶类型及使用数量

作业内容	施工船舶类型	施工船舶数量
预调查和扫海	多功能水下作业船、支持船	2
定向钻施工	海上定向钻钻机平台、浅水铺管船、支持船、辅助起重船	6
围堰施工	锚系船、开底驳船	6
水下带压开孔/连接	多功能水下作业船、支持船	6
膨胀弯挖沟及人工回填	定位船、运料船、锚系船、开底驳船	6

7.1.2 环境敏感目标调查

本项目附近海域环境风险敏感目标及与本项目的相对位置关系详见下表及下图所示。

表 7.1-2 环境风险敏感目标分布表

评价范围	序号	敏感区类型	敏感目标名称	海上入土点与其位置关系		陆上入土点与其位置关系		带压开孔点与其位置关系		主要保护对象
				方位	距离千米	方位	距离千米	方位	距离千米	
评价范围内	1	生态保护红线区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚、印太江豚
	2		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
	3		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	西	5	西南	9	西	5	植被、野生动植物等
	4		深圳深圳湾地方级湿地自然公园	东北	11	东北	7	东北	11	红树林等
	5		深圳湾重要滩涂及浅海水域	东北	11	东北	7.5	东北	11	滨海湿地生态系统
	6		珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	东北	17	东北	14	东北	17	滨海湿地生态系统
	7	国家级自然保护区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚、印太江豚
	8		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
	9		内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	西	5	西南	9	西	5	植被、野生动植物等
	10	渔业资源保护区	幼鱼、幼虾保护区	位于其中		位于其中		位于其中		渔业资源
	11		南海北部幼鱼繁育场保护区	位于其中		位于其中		位于其中		
	12		珠江口经济鱼类繁育场保护区	西北	4	西	1	西北	4	
	13	国家重要湿地	广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地	南	1.5	南	8.5	南	1.6	中华白海豚及其栖息地
	14		广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地	东北	17.5	东北	14	东北	17.5	红树林、鸟类等
评价	15	生态保护红线区	万顷沙重要滩涂及浅海水域	西北	22.5	西北	19	西北	22.3	滨海湿地生态系统
	16		广州中山交界重要渔业资源产	西北	17	西北	15	西北	17	渔业资源

评价范围 范围外	序号	敏感区类型	敏感目标名称	海上入土点与其位置关系		陆上入土点与其位置关系		带压开孔点与其位置关系		主要保护对象
				方位	距离 千米	方位	距离 千米	方位	距离 千米	
			卵场							
	17		珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	西北	19	西	19	西北	19	红树林湿地、猕猴、鸟类及海岛生态环境
	18		珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	西南	25	西南	27	西南	25	滨海湿地生态系统
	19		情侣路近岸重要滩涂及浅海水域	西南	26	西南	30	西南	26	滨海湿地生态系统
	20		广东珠海横琴国家湿地自然公园（试点）	西南	50	西南	55	西南	50	滨海湿地生态系统
	21		广东中山翠亨国家湿地公园	西北	29	西	28.5	西北	29	滨海湿地生态系统
	22		珠海万山群岛地方级自然保护区	南	41	南	48	南	41	海岛生态系统和生物多样性
	23		万山群岛重要渔业资源产卵场	南	26	南	33	南	26	渔业资源
	24		狮子洋-虎门-蕉门水道重要河口	西北	43	西北	37	西北	43	渔业资源
	25		东莞黄唇鱼地方级自然保护区	西北	45	西北	40	西北	45	黄唇鱼
	26	地方级自然保护区	珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	西北	19	西	19	西北	19	红树林湿地、猕猴、鸟类及海岛生态环境
	27		珠海万山群岛地方级自然保护区	南	41	南	48	南	41	海岛生态系统和生物多样性
	28		东莞黄唇鱼地方级自然保护区	西北	45	西北	40	西北	45	黄唇鱼

7.2 风险评价工作等级

本项目施工期和运营期涉及的主要危险物质为天然气和燃料油。根据《建设项目环境风险评价技术导则》附录B“重点关注的危险物质及临界量”中表B.1中规定的临界量，天然气的临界量为10t，油类物质的临界量为2500t。

根据下式计算危险物质数量与临界量比值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_n ——每种危险物质的最大存在总量，t；

Q_1 、 Q_2 、……、 Q_n ——每种危险物质的临界量，t；天然气取10t。

本项目新建海底管道天然气最大在线量约为***Sm³，天然气的密度取***kg/m³，最大存在总量为***t。

本项目施工期间动用多功能水下作业船、支持船、海上定向钻钻机平台、浅水铺管船、辅助起重船、锚系船、开底驳船等各类施工船舶，不同施工阶段动用施工船舶数量不同，各施工阶段动用施工船舶数量最多为4条，施工船舶的燃料油舱的单舱最大舱容为***m³，本项目施工期间最大存在油量总量为***2m³，油类密度按***kg/m³计算，因此本项目油类最大存量折合为***t。

经计算：

$$Q_{\text{天然气}} = \text{***} / 10 = \text{***}$$

$$Q_{\text{油类}} = \text{***} / 2500 = \text{***}$$

综上所述，施工期和运营期危险物质与其临界量的比值： $Q = Q_{\text{油类}} + Q_{\text{天然气}} = 0.447 < 1$ 。经计算Q小于1。因此，该项目环境风险潜势为I。

环境风险评价工作等级的划分主要依据环境风险潜势，本项目危险物质数量与其临界量的比值Q小于1，根据《建设项目环境风险评价技术导则》，当Q<1时，项目的环境风险潜势为I，按照下表确定评价工作等级，项目评价工作等级为简单分析。但鉴于油类为重点关注的风险物质，且一旦溢油对海洋生态环境和项目周边环境敏感区影响影响较大，因此，选择施工期船舶碰撞溢油作为最大可信事故进行溢油预测，并根据预测结果进行风险防范措施可行性分析。

表 7.2-1 环境风险评价工作等级划分

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

a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。

7.3 环境风险识别

7.3.1 物质危险性识别

本项目为建设海底天然气输送管道，涉及的危险物质主要为天然气和施工船舶燃料油等。

(1) 天然气危险特性

本项目所涉及的危险物质为天然气，按照《石油天然气工程设计防火规范》（GB50183-2020），天然气属于甲类火灾危险物质，是各类火灾爆炸事故的危险源，存在发生火灾爆炸的可能。天然气理化特性及危险性质见表 7.3-1。

表 7.3-1 天然气理化特性及危险性质表

标识	中文名称：甲烷	英文名称：methane
理化特性	外观与性状：无色无臭易燃易爆气体	溶解性：不溶于水
	熔点（℃）：-183	沸点（℃）：-161
	相对密度：（水=1）0.45（液化）	相对密度：（空气=1）0.59
	饱和蒸气压（kPa）53.32（-168.8℃）	禁忌物：强氧化剂、卤素
	临界压力（MPa）：4.59	临界温度（℃）：-82.3
	稳定性：稳定	聚合危害：不聚合
危险特性	危险性类别：第 2.1 类易燃气体	燃烧性：易燃
	引燃温度（℃）：537	闪点（℃）：-188
	爆炸下限（v%）：5.0	爆炸上限（%）：15.0
	燃烧（分解）产物：CO、CO ₂ 、水	
	危险特性：与空气混合能形成爆炸性混合物、遇火星、高热有燃烧爆炸危险。	
	灭火方法：切断气源。若不能切断气源，则不允许熄灭正在燃烧的气体。喷水冷却容器，可能的话将容器从火场移至空旷处。	
毒理性质	灭火剂：泡沫、二氧化碳、雾状水、干粉	
	工作场所最高容许浓度 MAC：300（mg/m ³ ）	
健康危害	毒性判别：微毒类，多为窒息损害。毒性危害分级 IV 类	
	侵入途径：吸入	
	健康危害：当空气中浓度过高时，使空气中氧气含量明显降低，使人窒息。皮肤接触液化甲烷可致冻伤。	
	急性中毒：当空气中浓度达到 20~30%时，可引起头痛、头晕、乏力、注意力不集中、呼吸和心跳加快，若不及时逃离，可致窒息死亡。	

急救	吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医。
泄漏处理	迅速撤离泄漏污染区人员至安全处，并立即隔离，严格限制出入。切断火源，戴自给式呼吸器，穿一般消防防护服。合理通风，禁止泄漏物进入受限制的空间（如下水道），以避免发生爆炸。切断气源，喷洒雾状水稀释，抽排（室内）或强力通风（室外）。如有可能，将残余气或漏出气用排风机送至空旷地方，或装设适当喷头烧掉。也可将漏气的容器移至空旷处，注意通风。漏气容器要妥善处理，修复、检验后再用。
储运	储运于阴凉、通风仓间内。仓温不宜超过 30℃。原理或中、热源。防止阳光直射。应与央企、压缩空气、卤素（氟、氯、溴）等分开存放。切忌混储混运。储存间内的照明、通风等设施应采用防爆型。开关设在仓外。配备相应品种和数量的想放弃才。罐储时要有防火防爆技术措施。露天储罐夏天要有降温措施。禁止使用易产生火花的机械设备和工具。运输按规定路线行驶。勿在居民区和人口稠密区停留。

（2）船舶燃料油危险特性

船舶发生碰撞导致燃料舱破裂，燃料油遇明火、高热易燃烧或爆炸，燃烧会产生有毒的一氧化碳气体。船舶碰撞导致燃料油直接泄漏入海，燃料油不溶于水，在海域海流及风力的作用下随海流漂移扩散，主要对海水表面环境造成破坏。燃料油理化特性及危险性质见表 7.3-2。

表 7.3-2 燃料油理化性质及危险特性表

标识	中文名称：燃料油			英文名称：Fuel oil & Heavy oil	
理化特性	外观与气味	稍有粘性的黄棕色液体			
	溶解性	不溶于水		倾点（℃）	≤-10
	冷滤点（℃）	冬季	-13~-7	密度（g/cm ³ ） （15℃）	0.833
		夏季	-3~3		
	馏程（℃）	90%	≤350	闪点（℃）	70~130
		95%	≥320	运动粘度 mm ² /s(50℃)	2~4
主要用途	主要用作船用柴油发动机燃料				
危害信息	燃烧与爆炸危险性	可燃。其蒸气与空气混合能形成爆炸性混合物，遇明火、高热易燃烧或爆炸。燃烧产生有毒的一氧化碳气体。在高温火场中，受热的容器或储罐有破裂和爆炸的危险。			
	活性反应	与强氧化剂反应			
	禁忌物	强氧化剂			
	侵入途径	吸入，食入			

7.3.2 生产系统风险识别

针对本项目在施工期和运营期工艺风险进行分析，主要包括施工期船舶碰撞及运营期的输气管道泄漏等事故，具体如下表所示。

表 7.3-3 工艺系统风险识别

识别内容	阶段/环节	危险物质	环境风险类型	影响对象
施工期	多功能水下作业船、浅水铺管船、辅助起重船、支持船等船舶使用	燃料油	燃料油泄漏	海洋环境

识别内容	阶段/环节	危险物质	环境风险类型	影响对象
运营期	输气管道	天然气	天然气泄漏	海洋环境、大气环境

7.3.3 危险物质向环境转移的途径识别

危险物质包括燃料油和天然气，向环境转移的途径主要通过水体污染（海水污染），环境风险类型为危险物质泄漏，具体分析见下表。

表 7.3-4 危险物质向环境转移的途径识别

危险物质	危险物质特性	环境风险类型	危险物质影响环境的途径和影响方式
燃料油	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体（海水）
天然气	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体（海水）、大气

7.3.4 风险类型识别

（1）输气管道泄漏

本项目运营阶段管道发生天然气泄漏事故后，由于天然气输送管道埋藏于海床之下，泄漏的天然气不会进入海水中也不会挥发至海面。应急响应后，将通过两侧阀室或球阀切断气源，将泄漏量控制在一定管段内，并通过两侧放散管加快天然气从两侧放散，可减少天然气在管道所在海域的泄漏量。因此，本项目输气管道泄漏不会对周围海域水质、海洋生物及大气环境产生影响。

若位于妈湾电厂（深圳妈湾电力有限公司）区域内的管道发生了泄漏事故，当空气中甲烷浓度过高时可能会引起电厂内部工作人员头痛、头晕、注意力不集中、心跳加快等情况。

（2）船舶碰撞

本项目施工阶段采用单定向钻双向对穿施工方案，动用多功能水下作业船、浅水铺管船、辅助起重船、支持船等若干艘，作业施工船只若出现操作失误等原因会造成船舶碰撞，进而可能引发船舶燃料油泄漏事故。

7.4 油气泄漏事故概率分析

7.4.1 船舶碰撞泄漏事故概率分析

施工期间主要有多功能水下作业船、浅水铺管船、辅助起重船、支持船、定位船和锚系船等船只参与作业，此外，在该海域航行的外来航船也有可能本项目施工船舶发生碰撞。根据《风险评估数据指南》（2010），船舶发生碰撞的概率见下表 7.4-1。

表 7.4-1 船舶碰撞概率

船舶类型	碰撞频率（世界范围）	亚洲地区分配系数	造成重大损伤	碰撞概率
本项目船舶	8.8×10^{-5}	0.17	26%	3.9×10^{-6}
外来航船	2.5×10^{-5}	0.17	26%	1.1×10^{-6}

本工程施工期不同施工阶段动用施工船舶数量不同，各施工阶段动用施工船舶数量最多为 4 条，本工程施工期发生船舶碰撞并造成产生重大损伤的概率为 1.7×10^{-5} 次/a。由于船舶碰撞造成的溢油事故概率将至少低一个数量级，因此，船舶碰撞造成溢油事故的概率小于 1.7×10^{-6} 次/a。

7.4.2 输气管道泄漏事故概率分析

根据工程章节分析可知，本项目投产后天然气经由 7km 海底输气管道输送至妈湾电厂内，根据莫特麦克唐(Mott McDonald)公司 2003 年出版的报告《PARLOC2001: The up date of Loss of containment Date for Offshore Pipeline》，该报告中统计了相关海域 1567 条海管，共 24837km，328858km·a。同时，挪威船级社（Det Norske Veritas，DNV）的《Riser/Pipeline Leak Frequencies, 2006》对 PARLOC2001 报告进行了修正。

表 7.4-2 不同管径的管道在不同位置的事故概率统计

管道	类别	泄漏概率	单位
海底管道	井流管道，以及输送未处理流体的小管道	5.0×10^{-4}	次/km·a
	输送处理后的油气，管径≤24 英寸	5.1×10^{-5}	次/km·a
	输送处理后的油气，管径>24 英寸	1.4×10^{-5}	次/km·a

由表 7.4-3 可知，本项目输气管道最大环境风险事故概率为 3.6×10^{-4} 次/a。

表 7.4-3 本项目海底管道泄漏概率

新建管道名称	管长（km）	管径（in）	泄漏概率
崖城-香港管道接入点至妈湾电厂	7	20	3.6×10^{-4} 次/a

7.5 油气泄漏事故泄漏量估计

7.5.1 建设阶段

项目建设阶段溢油事故的主要泄漏物质为施工船舶燃料油，本节给出建设阶段因船舶碰撞泄漏的燃料油最大可能溢油量。

本项目新建管道工程施工期间，拟动用多功能水下作业船、浅水铺管船、辅助起重船、支持船、定位船和锚系船等施工船舶。本项目以施工船舶的燃料油舱的单舱最大舱容作为施工船舶碰撞漏油量，最大可能溢油量为***m³。

7.5.2 生产阶段

本项目生产阶段输气管道中的天然气发生泄漏后，将通过两侧阀室或球阀切断气源，将泄漏量控制在一定管段内，并通过两侧放散管加快天然气从两侧放散，减少天然气在管道所在海域的泄漏量。因此，本项目输气管道生产阶段泄漏量很小。

7.6 最大可信事故

据各类事故发生概率和可能发生的油气泄漏规模，可将本次工程油气泄漏事故的相对环境风险进行归纳。

本项目主要油气泄漏事故来自船舶碰撞等，不同的事故带来的环境风险危害程度不同，事故风险高低通常用环境风险危害程度来表征。进行环境风险分析的目的是确定哪些是环境风险危害程度较高的事故，从而采取相应的防范措施。

本项目最大可信事故选取为施工阶段船舶碰撞泄漏事故，其发生概率小于 1.7×10^{-6} 次/a，油品最大可能溢泄漏体积为 $***m^3$ ，含油量为 $***t$ 。

表 7.6-1 本项目各类事故环境风险判别

事故类型	规模	事故概率	环境风险危害程度
输气管道泄漏	小	低	低
船舶碰撞	小	低	中

7.7 环境风险事故影响分析

7.7.1 溢油预测模式

(1) 模型介绍

溢油进入海洋水体后，在自身重力及海洋水体物理化学的作用下，同时发生扩展、漂移、扩散、蒸发、乳化、溶解等风化过程。本项目采用的溢油模型基于“油粒子”模型模拟溢油在水体中的扩展、漂移和风化过程，“油粒子”模型就是把溢油离散为大量粒子，每个粒子代表着一定体积的溢油，粒子的随机走动模拟了油膜的漂移过程，风化作用可以通过粒子的质量损失和热量交换来表示。

(2) 基本计算原理

油粒子模拟输移过程主要有扩展过程和漂移过程（对流和紊动扩散）等，油膜组分的风化过程主要模拟蒸发、溶解、乳化。

1) 扩展过程

油膜扩展运动采用修正的 Fay 重力-粘力公式：

$$\frac{dA}{dt} = K_{\text{spread}} A^{\frac{1}{3}} \left[\frac{V}{A} \right]^{\frac{4}{3}}$$

式中：A 为油粒子面积（m²），V 为油块体积（m³），K_{spread} 为扩展系数。

2) 漂移过程

“油粒子”模型将溢油的漂移过程分为对流和紊动扩散两个主要过程。

① 对流过程

粒子漂移的主要作用力为潮流和风应力，按照拉格朗日法确定粒子在水体表面的输移过程：

$$U_p = U_c + C_w \cdot U_w \cdot \sin(\text{Winddirection} - \pi + \theta_w)$$

$$V_p = V_c + C_w \cdot U_w \cdot \cos(\text{Winddirection} - \pi + \theta_w)$$

式中：

U_p 和 V_p 分别为油粒子在 x、y 方向的漂移分速度（m/s）；

U_c 和 V_c 分别为潮流流速在 x、y 方向的分速度（m/s）；

C_w 为风应力直接作用在油粒子的风导输移系数，取 0.03；

U_w 和 Winddirection 分别为风速和风向，根据溢油情景设定；

θ_w 为风偏转角，受重力加速度和流体运动粘度影响，本项目取 28°。

② 紊动扩散运动

采用随机走步方法模拟紊动扩散过程。随机扩散过程用如下形式表示：

$$\Delta \alpha_i = N(0,1) \sqrt{2 \cdot D_L \cdot \Delta t}$$

式中：

N(0,1) 为随机变量服从标准正态分布；D_L 代表湍流扩散系数；Δ_t 代表时间步长。

3) 风化过程

油粒子的风化包括蒸发、溶解和形成乳化物等过程，在这些过程中油粒子的组分发生改变，但其水平位置没有发生变化。

① 蒸发

油膜蒸发受油分、气温和水温、溢油面积、风速、太阳辐射和油膜厚度等因素的影响。蒸发率可由下式表示：

$$EVAP = \frac{K_E \cdot P_{vp} \cdot A}{R \cdot T} \cdot f \cdot M$$

式中：

EVAP 为蒸发速率；

K_E 为质量转移系数 (m/h), $K_e = 0.0292 \cdot U_w^{0.78} \cdot D^{-0.11} \cdot Sc^{-0.67} \cdot \sqrt{\frac{M+29}{M}}$ 。 U_w 为风速 (m/h), D 为表面水体油膜直径, Sc 为 Schnidt 数, 取 2.7。

P_{vp} 为蒸气压 (atm);

A 为单个油粒子与水表面接触的膜面积 (m^2)

R 气体常数 $8.206 \cdot 10^{-5} \text{atm} \cdot m^3 / (\text{mol} \cdot K)$;

T 温度 (K);

f 挥发性组分分数;

M 摩尔分数 (g/mol)。

②溶解

当石油进入海洋后, 在不断蒸发的同时, 石油的溶解过程也开始进行。溶解是油在一定能量的搅动下, 形成油粒均匀进入水体的过程。石油挥发性组分和重组分的溶解过程计算如下:

$$\begin{aligned} DISS_volatile &= k_{disl} \cdot A \cdot M_{volatile} / M_{total} \cdot \rho_{volatile} \cdot f_{Disp} \cdot C_{volatile}^{sat} \\ DISS_heavy &= k_{dish} \cdot A \cdot M_{heavy} / M_{total} \cdot \rho_{heavy} \cdot f_{Disp} \cdot C_{heavy}^{sat} \end{aligned}$$

式中:

k_{disl} 为轻挥发性组分的溶解速率 (m/s), 取 4.6×10^{-6} 。

k_{dish} 为重组分的溶解速率 (m/s), 取 $4.6 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 。

$M_{volatile}$ 为油粒子轻挥发性组分质量 (kg);

M_{heavy} 为油粒子重组分质量 (kg);

$\rho_{volatile}$ 为挥发性组分的密度 (kg/m^3);

ρ_{heavy} 为重组分的密度 (kg/m^3);

A 为单个油粒子与水表面接触的膜面积 (m^2);

f_{Disp} 为提高溶解度的化学分散剂作用, 本项目不考虑化学分散剂, 取值为 1;

$C_{volatile}^{sat}$ 为挥发性组分的水溶性 (kg/kg), 取 2×10^{-5} ;

C_{heavy}^{sat} 为重组分的水溶性 (kg/kg), 取 2×10^{-7} 。

③乳化

乳化是在海洋溢出的情况下形成两种不同液体, 海水和油的混合物。细油滴悬浮在水中 (但不溶于水中), 形成的乳化体积可达到其形成的油的四倍。此外, 粘性乳液在环境中比原油长得多, 并且其形成减缓了随后的风化过程。乳化倾向于在

强风或和波浪的条件下发生，并且通常直到溢油持续存在于水上或至少几个小时。本模型将乳化描述为油+水和油包水两个阶段之间的平衡过程。乳液的稳定性是决定乳液破乳能力的重要因素，因为不稳定和均匀的乳液会释放水。该过程按一级水释放公式描述：

$$\frac{dY_w}{dt} = \text{watertake} - \text{waterrelease}$$

$$\text{watertake} = K_{em} * (U_w + 1)^2 * \frac{(Y_{\max} - Y_w)}{Y_{\max}}$$

$$\text{waterrelease} = -\alpha \cdot Y_w$$

式中：

Y_w 为乳化物含水率（kg/kg）；

Y_{\max} 为最大含水率（kg/kg），取 0.85；

watertake 为油品水组分的吸收速率；

waterrelease 为油品水组分的释放速率；

K_{em} 为乳化速率常数，一般取 $2 \times 10^{-6} \text{s/m}^2$ 。

U_w 为风速（m/s）；

α 为水释放速率，稳定乳化物 $\alpha=0$ ，中稳定乳化物 $\alpha > 0$ 。

水释放速率 α 与乳化稳定性 S 参数相关，计算公式如下：

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_0 - \frac{(\alpha_0 - \alpha_{0.67})S}{0.67} & S < 0.67 \\ \alpha_{0.67}[(1.22 - S)/(1.22 - 0.67)] & 0.67 \leq S < 1.22 \\ 0 & S \geq 1.22 \end{cases}$$

式中：

α_0 为不稳定乳化 $S=0$ 时的释放速率，等于 $\ln(Y_{\max}/0.1)/3600 \text{s}^{-1}$ ；

$\alpha_{0.67}$ 为中稳定乳化 $S=0.67$ 时的水释放速率，等于 $\ln(Y_{\max}/0.1)/(24 \cdot 3600) \text{s}^{-1}$ ；

S 参数通过 Mackay 和 Zagorski 稳定性指数公式计算。

4) 溢油物理性质的变化

①运动粘度变化

溢油的粘度由于乳化及蒸发等风化过程而增加。乳化过程对溢油粘度的影响如下式计算：

$$\mu = \mu_0 \cdot \exp \left[\left(\frac{2.5 \cdot Y_w}{1 - C \cdot Y_w} \right) \right]$$

式中：

μ_0 为乳化前的运动粘度， μ 为溢油经历乳化过程后的运动粘度。C 为粘度常数，对于原油取 0.7。

②密度变化

油的物理化学性质也随温度而变化。由于溢油温度在溢出后立即具有高于倾点的温度，所以密度相当低，油浮力因此在开始时将浮油推向水面。然而，随着浮油冷却，密度增加并使与封闭水的密度差异最小化，浮油可通过分散在水表面以下而对湍流水起反应。依赖于温度的流体密度基于流体的体积热膨胀：

$$\rho_T = \frac{\rho_0}{1 + \beta(T - T_0)}$$

式中：

ρ_T 为最后密度（kg/m³）， ρ_0 为参考密度（kg/m³）。T 为温度（°C）， T_0 为参考温度（°C）， β 为体积温度膨胀系数（1/°C），取 0.0007。

浮油的密度随着乳化和温度发生变化。乳化物的一般密度为：

$$\rho_e = Y_w \rho_w + (1 - Y_w) \rho_c$$

式中：

ρ_w 为海水密度，取 1000kg/m³， ρ_c 为油品密度， ρ_e 为乳化后的油密度。

溢油密度的综合表达式如下所示：

$$\rho_c = \frac{M_{volatile} \rho_{volatile} + (M_{heavy} + M_{Asph} + M_{Wax}) \rho_{heavy}}{M_{total}}$$

式中：

ρ_c 为溢油密度，M 为各种组分的质量（kg）， $\rho_{volatile}$ 和 ρ_{heavy} 分别为通过温度校正后的挥发组分和重组分密度（kg/m³）。

7.7.2 预设情景设定

（1）溢油位置选择

本工程带压开孔点附近需完成围堰施工、水下带压开孔/连接施工、膨胀弯与定向钻入土点管道连接施工、预挖沟人工回填埋设等各类型施工，此区域施工船舶密集，因此，本次评价选择带压开孔点（***）作为溢油预测点。

（2）源强

本项目海上施工作业期间，拟采用施工船舶进工程施工及物料运输，本项目以施工船舶的单舱最大舱容作为船舶碰撞漏油量，最大可能溢油量为***m³，约***t。

（3）潮型与潮时

因大潮期间海流流速比小潮期间大，油膜漂移速度相对较快，因此为保守起见，按大潮期间发生溢油进行预测。潮时分别选择大潮期的涨潮时刻和落潮时刻作为典型时刻进行预测。

（4）溢油计算时段

工程海域潮汐类型基本为不正规半日潮，预测选取 72h 作为溢油预测的时段。

（5）常风与大风风速取值

根据本项目所处的地理位置，溢油预测拟选取项目所在区域的常风向下的平均风速和最大风速开展。根据风玫瑰选取频率较大的风向，并结合项目所在位置与周边敏感区的分布，选取对敏感区影响较大的风向综合考虑得出。风向及多年平均风速、最大风速取值来自《南海天然气登陆深圳项目路由选择依据说明材料》（2023 年 7 月）。

表 7.7-1 溢油数值模拟扩散选取风参数

风向/风速	NNE	ENE	E	ESE	SW	WSW	W	WNW
平均风速	1.7	3.6	4.5	3.6	5.1	4.4	2.7	2.1
最大风速	7.9	13.9	28.5	20.9	15.0	16.7	13.5	10.0

7.7.3 溢油预测结果

综合考虑气象资料和工程所处海域相关敏感目标后，按照现有风场资料，预测给出了上述各个风向在平均风和极值风情况下经过 72h 的溢油油膜漂移轨迹。

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

溢油在不同的风向风速和潮汐情况下，漂移距离，扫海面积与残存油量不同。由预测结果可于看出，在极风条件下，油膜的最大漂移距离为 58.39km（极风-涨潮-NNE 风向），最大扫海面积为 319.95km²（极风-涨潮-NNE 风向），最快抵岸时间为 1.75h。均风条件下，油膜的最大漂移距离为 39.43km（均风-落潮-ESE 风向），最大扫海面积为 359.48km²（均风-落潮-ENE 风向），最快抵岸时间为 3.5h。

表 7.7-2 不同参数下 72h 溢油漂移距离与扫海面积（极风）

风向	风速	潮汐状况	漂移距离(km)	扫海面积(km ²)	72h 溢油扩散中最大油膜面积 (km ²)	最大油膜厚度 (mm)	抵敏感区所需时间 (h)	抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	7.9	落潮	6.62	16.39	1.20	0.102	1h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 5h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 8h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	47.74 86.88 84.65	8	84.65	0
		涨潮	58.39	319.95	22.40	0.102	2h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 4.5h 抵达万山群岛重要渔业资源产卵场， 70.25h 抵达广州珠海横琴国家湿地自然公园（试点）	93.04 87.39 0.07	45	76.54	0.07
ENE	13.9	落潮	30.84	138.44	14.15	0.111	1h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 3.5h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）， 3.75h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 17h 抵达珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线， 17.75h 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	47.74 88.70 88.38 42.85 42.77	16.5	42.92	0
		涨潮	32.98	128.17	12.88	0.111	2.25h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 12.75h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）， 17.5h 抵达情侣路近岸重要滩涂及浅海水域	91.54 82.48 80.99	18.25	80.73	0
E	28.5	落潮	30.91	139.78	21.88	0.111	1h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 2.25h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）， 3h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 5.75h 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	47.74 91.57 68.49 40.50	2.25	91.57	0

风向	风速	潮汐状况	漂移距离(km)	扫海面积(km ²)	72h 溢油扩散中最大油膜面积 (km ²)	最大油膜厚度 (mm)	抵敏感区所需时间 (h)	抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残余油量(%)
		涨潮	29.90	133.40	17.51	0.129	1.5h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 1.75h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）， 2.5h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 8.75h 抵达情侣路近岸重要滩涂及浅海水域， 11.25h 抵达珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	70.56 79.59 57.11 48.34 14.99	1.75	79.59	0
ESE	20.9	落潮	41.38	99.56	17.94	0.124	1.75h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 2.5h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）， 3h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 7h 抵达广州中山交界重要渔业资源产卵场， 8.25h 万顷沙重要滩涂及浅海水域	79.57 90.86 86.66 74.76 70.05	2.5	90.86	0
		涨潮	31.54	190.05	23.60	0.124	1.5h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 3h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地， 9.75h 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区， 13.25h 抵达狮子洋-虎门-蕉门水道重要河口	70.55 89.62 68.75 67.59	3	89.62	0
SW	15.0	落潮	20.33	75.62	5.83	0.113	7.75h 抵达深圳湾重要滩涂及浅海水域、珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线， 8.5h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）、广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地	46.69 45.56	2.25	91.53	0
		涨潮	7.20	11.76	2.18	0.113	~	98.86 97.81 97.81	3	89.61	0

风向	风速	潮汐状况	漂移距离(km)	扫海面积(km ²)	72h 溢油扩散中最大油膜面积 (km ²)	最大油膜厚度 (mm)	抵敏感区所需时间 (h)	抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量(%)
WSW	16.7	落潮	21.04	49.26	2.67	0.117	9.5h 抵达珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线, 10.5h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区(深圳湾红树林)、广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地	10.88 8.32	2.25	91.53	0
		涨潮	7.20	11.15	1.66	0.117	~	~	2.5	90.85	0
W	13.5	落潮	12.73	37.15	2.99	0.110	~	~	2.5	90.55	0
		涨潮	19.86	35.15	3.66	0.110	~	~	3.25	89.02	0
WNW	10.0	落潮	18.27	73.94	5.89	0.104	6.5h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区	81.44	2.25	91.53	0
		涨潮	17.49	26.32	5.09	0.104	~	~	3	89.61	0

注：“-”表示即可抵达；“~”表示不抵岸残余油量为 100%

表 7.7-3 不同参数下海底管道溢油 2h、6h、12h、24h、48h 漂移距离、扫海面积与残存油量（极风）

风向	风速	潮汐情况	最大漂移距离 (km)					扫海面积 (km ²)					残存油量 (%)				
			2h	6h	12h	24h	48h	2h	6h	12h	24h	48h	2h	6h	12h	24h	48h
NNE	7.9	落潮	3.50	5.61	6.62	6.62	6.62	0.89	12.37	16.39	16.39	16.39	93.04	85.97	0	0	0
		涨潮	1.84	12.55	17.15	22.27	42.22	0.84	18.61	50.10	127.94	264.96	93.04	85.99	82.8	79.57	75.06
ENE	13.9	落潮	3.52	9.78	18.22	30.84	30.84	1.19	23.26	71.07	138.44	138.44	93.03	45.51	43.72	0	0
		涨潮	3.10	13.76	18.81	32.98	32.98	0.94	26.25	71.62	128.17	128.17	93.03	85.96	82.74	0	0
E	28.5	落潮	6.95	20.42	30.91	30.91	30.91	4.34	70.84	138.85	139.78	139.78	93.06	40.4	6.54	0	0
		涨潮	6.61	19.07	28.84	29.90	29.90	4.42	52.17	131.67	133.40	133.40	91.17	49.38	0.52	0	0
ESE	20.9	落潮	13.79	35.36	41.38	41.38	41.38	1.65	29.61	63.48	99.56	99.56	75.41	13.21	0	0	0
		涨潮	5.04	12.52	27.66	31.54	31.54	2.05	39.60	141.39	190.05	190.05	93.04	70.63	67.95	0	0

风向	风速	潮汐情况	最大漂移距离 (km)					扫海面积 (km ²)					残存油量 (%)				
			2h	6h	12h	24h	48h	2h	6h	12h	24h	48h	2h	6h	12h	24h	48h
SW	15.0	落潮	4.48	12.72	20.33	20.33	20.33	1.25	41.52	73.44	75.62	75.62	93.03	50.43	2.51	0	0
		涨潮	2.86	7.20	7.20	7.20	7.20	1.03	11.76	11.76	11.76	11.76	93.03	0.03	0	0	0
WSW	16.7	落潮	5.37	11.94	21.04	21.04	21.04	1.75	33.96	49.26	49.26	49.26	93.03	22.12	0	0	0
		涨潮	3.46	7.20	7.20	7.20	7.20	1.20	11.15	11.15	11.15	11.15	93.03	0	0	0	0
W	13.5	落潮	5.76	9.28	12.72	12.73	12.73	1.47	31.05	37.15	37.15	37.15	93.03	21.64	0	0	0
		涨潮	2.60	16.01	19.86	19.86	19.86	0.81	23.75	35.15	35.15	35.15	93.03	0	0	0	0
WNW	10.0	落潮	4.18	5.43	11.51	18.27	18.27	0.70	16.32	45.11	73.94	73.94	93.03	85.98	11.83	0	0
		涨潮	2.42	15.17	17.49	17.49	17.49	0.67	21.02	26.32	26.32	26.32	93.04	39.14	0	0	0

表 7.7-4 不同参数下 72h 溢油漂移距离与扫海面积 (均风)

风向	风速	潮汐状况	漂移距离(km)	扫海面积(km ²)	72h 溢油扩散中最大油膜面积(km ²)	最大油膜厚度(mm)	抵敏感区所需时间 (h)	抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
NNE	1.7	落潮	17.78	131.28	15.55	0.1	5.75h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 13.75h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区， 27.5h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区 (内伶仃岛)	86.26 82.25 78.99	27.5	78.99	65.2
		涨潮	21.6	149.88	48.15	0.1	2.5h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	90.86	--	--	74.43
ENE	3.6	落潮	27.67	359.48	43.28	0.101	1.5h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区，5h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 24h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区 (内伶仃岛)， 43h 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区，	70.55 86.89 79.63 76.82 75.53	24	79.63	11.42

风向	风速	潮汐 状况	漂移距 离(km)	扫海面 积(km ²)	72h 溢油扩 散中最大 油膜面积 (km ²)	最大油 膜厚度 (mm)	抵敏感区所需时间 (h)	抵敏感 区前残 余油量 (%)	首次 抵岸 时间 (h)	首次抵 岸前残 余油量 (%)	72 小时 残存油 量 (%)
							56.25h 抵达广州中山交界重要渔业资源产卵场				
		涨潮	31.42	154.22	16.61	0.101	2.5h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区， 11.5h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）， 12h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 36.5h 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区， 38.5h 抵达广州中山交界重要渔业资源产卵场， 62h 抵达广东中山翠亨国家湿地公园， 68.25h 抵达情侣路近岸重要滩涂及浅海水域	90.86 83.04 82.84 38.12 37.99 14.33 7.2	11.5	83.04	3.97
E	4.5	落潮	34.18	320.51	44.73	0.101	4.75h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 30h 抵达广州中山交界重要渔业资源产卵场， 42h 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区， 44.5h 抵达万顷沙重要滩涂及浅海水域	87.19 78.55 76.92 76.64	54.5	75.66	20.47
		涨潮	33.12	167.85	35.90	0.101	2.75h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区，10.5h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）、珠江口经济鱼类繁育场保护区， 24h 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区， 25h 抵达广州中山交界重要渔业资源产卵场， 47.5h 抵达广东中山翠亨国家湿地公园	90.31 83.44 36.21 36.12 34.72	10.5	83.44	6.93
ESE	3.6	落潮	39.43	307.25	39.69	0.1	4.75h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区， 51h 抵达万顷沙重要滩涂及浅海水域	87.19 86.00	45	76.60	21.66
		涨潮	30.39	119.25	17.01	0.101	3h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区， 10.75h 抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛），	89.63 83.36 83.24 76.46 75.38	10.75	83.36	72.87

风向	风速	潮汐状况	漂移距离(km)	扫海面积(km ²)	72h 溢油扩散中最大油膜面积(km ²)	最大油膜厚度(mm)	抵敏感区所需时间 (h)	抵敏感区前残余油量 (%)	首次抵岸时间 (h)	首次抵岸前残余油量 (%)	72 小时残存油量 (%)
							11h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区, 36.75h 抵达广州中山交界重要渔业资源产卵场, 46 抵达珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区, 48.5h 抵达万顷沙重要滩涂及浅海水域	75.13			
SW	5.1	落潮	20.65	46.59	8.40	0.101	5.25h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区, 17h 抵达深圳湾重要滩涂及浅海水域, 21h 抵达抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区 (深圳湾红树林) 21.25h 珠江三角洲水土保持-水源涵养生态保护红线	82.94 17.23 16.90 16.89	4.5	87.40	0
		涨潮	14.28	81.97	4.20	0.101	~	~	3.75	88.42	0
WSW	4.4	落潮	21.47	103.15	11.51	0.101	5.5h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区	86.43	4.75	87.19	0
		涨潮	31.31	63.73	7.33	0.101	~	~	3.5	88.73	0.02
W	2.7	落潮	26.61	105.71	8.92	0.1	5.5h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区	86.43	7.5	84.98	0.37
		涨潮	32.20	133.50	8.96	0.1	6h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	85.84	3.5	88.73	0.01
WNW	2.1	落潮	18.81	82.96	12.70	0.1	5.75h 抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区	86.26	14.75	81.92	52.98
		涨潮	19.79	129.60	33.36	0.1	4.75h 抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	87.20	3.5	88.73	0.01

注：“-”表示即可抵达；“~”表示不抵岸残余油量为 100%

表 7.7-5 不同参数下海底管道溢油 2h、6h、12h、24h、48h 漂移距离、扫海面积与残存油量（均风）

风向	风速	潮汐情况	最大漂移距离 (km)					扫海面积 (km ²)					残存油量 (%)				
			2h	6h	12h	24h	48h	2h	6h	12h	24h	48h	2h	6h	12h	24h	48h
NNE	1.7	落潮	1.99	4.59	6.25	7.56	11.04	0.48	6.62	16.65	40.72	89.15	93.04	86.02	82.85	79.64	73.3
		涨潮	0.84	8.62	11.35	12.55	19.38	0.24	2.33	4.53	23.69	74.81	93.04	86.02	82.85	79.65	76.31

ENE	3.6	落潮	1.81	5.20	7.42	10.26	21.14	0.71	18.47	43.32	126.91	283.44	93.04	86.02	82.84	79.63	76.29
		涨潮	1.27	10.92	13.36	15.98	29.56	0.34	4.29	8.54	30.59	104.30	93.04	86.02	82.84	39.11	34.19
E	4.5	落潮	1.53	6.05	9.12	17.63	26.84	0.65	20.47	62.80	143.66	276.10	93.04	86.01	82.83	79.62	76.27
		涨潮	1.30	9.77	12.59	19.60	30.11	0.28	4.26	12.08	34.32	111.03	93.04	86.01	79.48	36.21	34.6
ESE	3.6	落潮	1.48	5.94	9.98	19.15	30.66	0.48	16.35	57.45	113.08	232.21	93.04	86.02	82.86	79.63	76.29
		涨潮	1.14	8.97	11.48	14.47	22.32	0.16	5.46	13.06	36.57	94.00	93.04	86.02	82.84	79.11	75.18
SW	5.1	落潮	2.64	7.62	10.97	19.45	20.65	0.62	10.51	32.33	46.59	46.59	93.04	75.39	19.88	15.04	0
		涨潮	0.94	11.55	14.28	14.28	14.28	6.41	20.84	51.35	79.05	81.97	93.04	86.01	82.83	0	0
WSW	4.4	落潮	2.74	7.25	10.64	14.26	21.47	0.52	11.33	25.88	59.86	94.23	93.04	78.66	7.64	0.23	0.01
		涨潮	1.10	10.88	13.68	18.74	27.69	7.81	32.80	43.88	54.78	63.73	93.04	86.01	59.02	11.24	0
W	2.7	落潮	2.32	6.81	11.19	12.35	19.88	0.24	3.42	13.11	35.19	77.31	93.04	86.02	66.25	45.51	1.25
		涨潮	0.98	7.83	10.22	14.40	20.28	0.32	9.22	23.10	64.15	100.01	93.04	85.84	82.67	78.62	24.8
WNW	2.1	落潮	2.23	5.64	8.15	10.63	13.35	0.16	3.77	14.00	32.74	80.98	93.04	86.02	82.85	79.61	73.46
		涨潮	0.95	8.74	11.52	12.57	19.79	0.27	5.91	11.70	34.98	81.62	93.04	86.02	82.85	33.16	0.1

保密内容，已删除。

7.7-1 (a) NNE 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (c) ENE 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (e) E 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (g) ESE 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (b) NNE 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (d) ENE 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (f) E 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (h) ESE 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (i) SW 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (k) WSW 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (m) W 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (o) WNW 向极风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (a) NNE 向均风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (c) ENE 向均风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (e) E 向均风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (g) ESE 向均风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (i) SW 向均风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (j) SW 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (l) WSW 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (n) W 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-1 (p) WNW 向极风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (b) NNE 向均风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (d) ENE 向均风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (f) E 向均风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (h) ESE 向均风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (j) SW 向均风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (k) WSW 向均风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (m) W 向均风落潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (o) WNW 向均风落潮油膜扫海图

图 7.7-2 (l) WSW 向均风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (n) W 向均风涨潮油膜扫海图

保密内容，已删除。

图 7.7-2 (p) WNW 向均风涨潮油膜扫海图

7.7.4 溢油对环境敏感区事故后果分析

发生溢油后，无论油膜是否抵达岸边，都会对海洋环境以及渔业产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。研究表明，一旦溢油到达敏感区域会对敏感区域造成很大损害，敏感区域生态环境将历经几到十几年才能恢复，湿地生态系统的恢复需要约 15 年时间，砂质海滨生态的恢复需要约 3 年时间。

本项目可能影响到的敏感目标见表 7.7-6 所示。

本项目溢油点位于幼鱼、幼虾保护区，南海北部幼鱼繁育场保护区，一旦发生溢油，即刻抵达。溢油抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地的时间最短，最短时间为 1h；抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区的时间为 1.5h；抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）的时间为 1.75h；抵达万山群岛重要渔业资源产卵场的时间为 4.5h；抵达其它敏感区最短时间均在 5h 以上。

表 7.7-6 各敏感区的分布及抵达敏感目标的最短时间

敏感目标名称		不利条件	溢油点与敏感区之间的相对距离 (km)	最短到达时间 (h)	残余油量 (%)
生态保护红线区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	极风落潮 NNE	1.6	1	47.74
	万山群岛重要渔业资源产卵场	极风涨潮 NNE	26	4.5	87.39
	内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	极风涨潮 E	5	1.75	79.59
	情侣路近岸重要滩涂及浅海水域	极风涨潮 E	26	8.75	48.34
	广州中山交界重要渔业资源产卵场	极风落潮 ESE	17	7	74.76
	珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	极风落潮 E	19	5.75	40.50
	广东中山翠亨国家湿地公园	均风涨潮 E	29	47.5	34.72
	深圳湾重要滩涂及浅海水域	极风落潮 SW	11	7.75	46.69
	内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	极风落潮 SW	17.5	8.5	45.56
	狮子洋-虎门-蕉门水道重要河口	极风涨潮 ESE	43	13.25	67.59
	万顷沙重要滩涂及浅海水域	极风落潮 ESE	22.3	8.25	70.05
国家级自然保护区	广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区	极风落潮 NNE	1.6	1	47.74
	内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）	极风涨潮 E	5	1.75	79.59
	内伶仃岛-福田国家级自然保护区（深圳湾红树林）	极风落潮 SW	17.5	8.5	45.56
地方级自然保护区	珠海淇澳-担杆岛地方级自然保护区	极风落潮 E	19	5.75	40.50
渔业资源	珠江口经济鱼类繁育场保护区	极风涨潮 E	4	1.5	70.56

保护区	幼鱼、幼虾保护区，南海北部幼鱼繁育场保护区	即刻抵达			
国家重要湿地	广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地	极风落潮 NNE	1.6	1	47.74
	广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地	极风落潮 SW	17.5	8.5	45.56

7.7.5 溢油环境影响分析与评价

本节重点分析发生事故后对大气、海域等要素及对中华白海豚的影响。

(1) 对大气环境的影响分析

施工船舶燃料油泄漏事故发生时，其中的轻烃组分逐渐挥发进入大气，会对事故现场空气环境产生影响，因为项目区域常年风速较大，气体较易得到扩散。因此，泄漏事故对空气环境影响较小。泄漏的燃料油一旦着火，会对周围产生热辐射危害；也可能在扩散过程中着火或爆炸，对周围造成冲击波危害；同时因燃烧产生的 SO_2 、烟尘、CO 会造成周围大气环境污染。

(2) 对海域环境的影响分析

海上溢油一般以溶解状态、乳化状态、吸附和沉降状态等为主，其中以溶解状态毒害最大。溢油对海洋生物的影响包括物理作用和化学毒害两个方面。物理作用包括油品黏附覆盖于生物体表，导致生物丧失或减弱活动能力，堵塞生物的呼吸和进水系统，吸附悬浮物沉降而导致生物幼体失去合适的附着基质等。油类对海洋生物的化学毒害分为两类：一类是大量的油类造成的急性中毒，另一类是长期的低浓度油类的毒性效应。

(3) 对浮游生物的影响分析

1) 浮游植物

海面溢油直接粘附于浮游植物细胞上，导致浮游植物在强光等不利因素的作用下很快死亡。在溢油海域中，大量溢油漂浮在水面使表层水体产生一层油膜，从而阻断了水体与大气的交换，白天浮游植物进行光合作用所需二氧化碳得不到满足，夜晚浮游植物生理代谢所需氧气也难从大气中获取，因而浮游植物的正常生理活动会受到不利影响。溢油吸附悬浮物，并沉降于潮间带或浅水海底，致使一些海藻的孢子失去了合适的附着基质，浮游植物的繁殖会受到不利影响。溢油对某些浮游植物种类有加速繁殖的作用，该类浮游植物可利用溢油中的碳、氢等元素，从而加速了细胞的分裂速度，使溢油海域浮游植物群落的多样性指数降低，优势度增高，为赤潮的形成埋下隐患。溢油的处理过程中，经常使用到的消油剂在沉降过程中可

能对浮游植物造成影响，造成浮游植物沉降。多环芳香烃碳氢化合物是最常见的溢油团块的基本成分之一，其分子量很大，是溢油成分中对海洋生态系统破坏性最大的化合物之一，多环芳香烃碳氢化合物能够在浮游植物的组织和器官中聚集起来，缓慢而长期地实施其毒性。由此导致，溢油发生的海域浮游植物的种类数量和细胞数量将大幅度降低。

2) 浮游动物

当溢油浓度较高时，其急性毒性影响可导致浮游动物在短期内死亡。当溢油浓度较低时，溢油可降低浮游动物的运动能力和摄食率，抑制浮游动物的趋化性，降低或阻抑其生殖行为，影响其正常生理功能，降低生长率。浮游动物在海洋中处于被动的游动状态，会被漂浮于海面的粘稠的溢油紧紧粘住，从而失去自由活动能力，最后随油物质一起沉入海底或冲上海滩。溢油附着于浮游动物体表，还可能堵塞浮游动物的呼吸和进水系统，致使生物窒息死亡。被溢油薄膜大面积覆盖着的海域，许多浮游动物，如小虾，会错把白天视为夜幕降临，本能的从水深处游向表层，导致浮游小虾会不分昼夜的滞留于海水表层。溢油薄膜起到了类似日全蚀的作用，从而改变了浮游动物的正常活动习惯。以浮游植物为饵料的浮游动物，会由于浮游植物数量的减少而减少。浮游动物被许多经济性生物所食，浮游动物的群落结构、数量特征的变动，不仅直接影响着海洋渔业资源，而且溢油的有毒成分可以通过生物富集和食物链传递，最终危害人类健康。浮游生物的生产力约占海洋生态系统总生产力的 95%，浮游生物受到损害，就从根本上动摇了海洋生物“大厦”的基础。

(4) 对游泳生物的影响分析

溢油黏附于海洋鱼类、甲壳类、头足类和爬行类游泳动物体表后，可能堵塞游泳动物的呼吸系统，导致游泳动物窒息而亡。大型哺乳动物体表黏上溢油后，虽然经过一段时间自己可以清除掉，但是如果摄入体内，会损害其内脏功能。因溢油污染使水域中大量的饵料生物浮游动、植物等数量减少，由此破坏了游泳生物的幼体及部分成体赖以生存的饵料基础，食物链网传递能量脱节，致使高营养级生物量下降，造成区域生态失衡。油污干扰了游泳生物正常的生理、生化机能，从而会引起病变。近些年，鱼虾贝类病害时有发生，造成了很大经济损失，水质恶化是造成病害的重要原因之一。油类污染物在相当长的一段时间持续影响水域生态环境，使游泳生物产生回避反应，继而使一些种类被迫改变生活习性，影响种群正常洞游、繁殖、索饵、分布，从而导致事故海域在一段时间内渔业功能衰退。一般来说，如果

溢油事故发生在开阔水域，鱼类受伤害程度轻，若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

(5) 对底栖生物的影响分析

发生溢油后，相当一部分油类污染衍生物甚至油类颗粒会渐渐的沉入海底，底栖生物上常附着厚厚的一层油类污染物，而底栖生物基本上不做远距离迁移，所以一旦受到溢油污染，它们便难以生存。溢油中的多环芳烃（例如 PAC 和 PCB）将会影响贝类体内脂肪的代谢平衡，从而加速贝类死亡。此外，溢油区域的贝类会受到氧化胁迫，从而导致贝类酶的活性受抑制，发生突变、活动减弱，繁殖力下降，加速衰老，因而溢油污染对底栖生物的累积效应是更主要的。附着在岸边岩石上的一些海洋生物对新鲜油类更为敏感，往往是首批牺牲者。浅滩上受溢油污染过的牡蛎同样会丧生，即使活下来的也不能再被食用。被溢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月之久。棘皮动物对海水中的任何物质都有敏感性，对油类污染更是如此。大量观测结果表明溢油污染对海星和海胆等棘皮动物的潜在威胁更大。

(6) 对中华白海豚的影响分析

中华白海豚(*Sousa chinensis*)属国家一级重点保护的野生濒危动物，被誉为“海上国宝”，它在军事、医疗、仿生、物种进化以及生物多样性等方面具有很高的科研价值。珠江口是中华白海豚最重要的栖息地之一，也是目前中华白海豚存活数量最多的海域。1999 年 10 月，广东省政府批准成立了珠江口中华白海豚省级自然保护区，划定珠江口内伶仃以南、桂山以北、淇澳岛以东、香港大屿山以西的 460km² 水域为保护区。2003 年 6 月，经国务院批准，珠江口中华白海豚自然保护区正式成为国家级自然保护区，保护区内有 1000 条左右的中华白海豚活动。近年来，珠江口碰撞漏油事故时有发生，有研究表明，溢油污染对于白海豚的生理、生态活动有较大的负面影响，影响范围包括回音定位、摄食、呼吸、繁殖、地域分布和生命安全。其中最直接的影响就是对于呼吸的影响，由于中华白海豚用气孔呼吸，气孔位于头顶，直接连接肺部，如果白海豚碰上溢油污染，其上浮呼吸过程中肯定要接触油污，呼吸时就存在把油污吸入肺部的可能，其后果必然危害白海豚的生存健康。

7.7.6 天然气泄漏对陆上的影响分析

新建天然气输气管道陆上入土点位于妈湾电厂内部，若该区域内的管道发生了

天然气泄漏事故，当空气中甲烷浓度达到 20~30%时则会对电厂内部工作人员产生健康危害，可引起工作人员头痛、头晕、乏力、注意力不集中、呼吸和心跳加快等情况。当空气中甲烷浓度过高氧气含量明显降低时，可使人窒息。

若发生了天然气泄漏事故，应迅速撤离泄漏污染区人员至安全处，并立即隔离，严格限制人员出入。应切断火源，佩戴自给式呼吸器，穿戴一般消防防护服；合理通风，防止泄漏物进入受限制的空间（如下水道），以避免发生爆炸；切断气源，喷洒雾状水稀释，抽排（室内）或强力通风（室外）。如有可能，将残余气或漏出气用排风机送至空旷地方，或装设适当喷头烧掉；也可将漏气的容器移至空旷处。

7.7.7 天然气泄漏对海上的影响分析

天然气是一种无色无味的气体且比空气轻，天然气易燃易爆，在空气中的爆炸极限为 5~15%。由于天然气易燃易爆，当其与空气的混合物达到一定浓度并遇到火源后，就有燃烧爆炸危险。

当在海底发生天然气泄漏事故时，天然气极少溶于水，天然气会从水底上升到水面，由于天然气比空气轻，天然气在环境中随空气流动飘逸和扩散。当大量天然气从海底泄漏时，会在水面上形成可燃爆炸的天然气云团，遇明火会发生燃烧，燃烧的天然气火焰团会在风力作用下飘动。

天然气泄漏事故影响和危害主要表现为：泄漏的天然气扩散增加大气环境中甲烷浓度，如果泄漏天然气发生燃烧，造成周围环境温度升高。天然气密度比空气小，且溶解率很低，在事故状态下，天然气对海洋环境的直接影响很小。当有火灾和爆炸发生时，会在短时间和小范围内使海水温度升高，对周边邻近海域内海洋生物及其栖息环境造成短时间的影响。

本项目新建一条长约 7km 的海底输气管道，采用单定向钻双向对穿施工方案。海底输气管道位于海床下约***米，选取中风化花岗岩作为本项目工程定向钻穿越地层，硬质岩层密闭性好，能够确保成孔的稳定性。当海底输气管道发生天然气泄漏事故时天然气不会从地层扩散至海洋中，因此，该输气管道发生天然气泄漏事故后不会对周围海域水质、海洋生物及大气环境产生任何影响。

7.7.8 船舶碰撞溢油风险影响范围

溢油点附近施工船舶碰撞发生溢油后，溢油漂浮在海面，一方面在风和流的作用下向一定方向运移，另一方面，油膜同时不断向四周扩展。

由预测结果可以看出，油膜的最大漂移距离为 58.39km，最大扫海面积为 359.48km²，最快抵岸时间为 1.75h。油膜向北最远漂浮至珠江入海口海域及其沿岸；向南最远漂浮至珠海万山群岛地方级自然保护区以南海域；向西最远漂浮至中山市、珠海市海域沿岸；向东最远漂浮至香港海域及其沿岸。本次溢油预测风险范围较大，相关部门需做好防护应急工作，防止溢油事故的发生。

7.8 环境风险防范对策措施和应急方法

若发生溢油事故，将会对海洋生态和环境敏感目标产生不利影响，为防止溢油事故的发生，需采取相应的措施降低事故发生的概率，提高溢油应急能力，本节详细阐述了在设计、施工和生产运营期间采取的各项溢油风险防范对策措施和应急方法。

7.8.1 设计阶段风险防范措施

(1) 严格按照相关设计规范，选用符合标准的天然气输送管道，保证管道用管不因质量原因而发生爆管，确保管道长期、安全、可靠运行；

(2) 采用防腐涂层和阴极保护两种保护措施保护管道，对外防腐层及阴极保护系统进行有效性测试；

(3) 定向钻穿越段防腐层防护采用 3LPE 涂层系统；

(4) 穿越采用双向对穿定向钻方式，采用对穿工艺进行施工，在崖城-香港管道侧设置海上临时施工围堰；

(5) 依托在站场内设置的可燃气体检测报警系统和便携式可燃气体检测仪，一旦发生泄漏，可实现声光报警，以便于及时发现和处理。

7.8.2 施工阶段风险防范措施

(1) 加强施工管理，所选择的施工承包商应具有丰富的施工经验、完善的质量保证体系、健全的 HSE 管理机制，以及具备专职安全卫生管理人员、具备国家认可的相应等级资质。同时，施工承包商应配置必要的检测仪器和设备；应根据施工区域、环境特点制定可靠的管理和控制程序。对重大突发性事故，应制定可靠的应急预案，并配备可靠的应急技术手段和技术人员；

(2) 有效减少船舶碰撞事故发生，对船舶碰撞事故进行预防和综合控制，对安全航行进行计划、组织、指挥、协调和控制等活动，保护人员安全和防止溢油事件

发生。所有船舶须按照规定显示信号，严格遵守航行法规；使用安全航速；配齐必要的助航仪器。合理安排作业面，在有船舶通过时，提前采取避让的措施。根据作业需要，须划定与作业相关的安全作业区时，应报经海事机构核准、公告；设置有关标志，严禁擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船只进入施工作业海域，并提前、定时发布航行公告。作业船舶加强值班瞭望，充分利用听觉、雷达以及适合当时环境和情况下的一切有效手段，保持不间断瞭望。协助相关部门作好作业船舶的调度工作，严格执行操作规程，避免船舶碰撞。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。发生船舶事故时，应尽可能关闭所有油舱管系统阀门、堵塞油舱通气孔，防止溢油；

（3）本路由海区附近的海底管线主要有珠深通讯光缆管线、香港-蛇口第三海底输电电缆、崖城 13-1 气田输气管道和西气东输二线管线和污水管道，其中珠深通讯光缆管线已经报废。本项目海底管道不可避免的会与西气东输二线香港支线有交越，但本项目全程采用定向钻施工，与崖城 13-1 气田输气管道和西气东输二线管线的交越处理深分别约***m 和***m，本项目施工不会与西气东输二线香港支线互相产生影响。

降低对邻近管线的相互影响的风险，作业前对附近已建海管、海缆具体位置进行精确定位，避免作业过程损伤已建海管、海缆。施工期应同时关注邻近海管、海缆的位置，一旦本项目施工造成其破损或断裂，应立即成立应急小组，通知相关单位对其进行修复或更换，施工船舶锚缆与已建管线交叉时要做好防护措施。施工作业应征得相关业主同意，施工过程中应密切关注新建管道与现有管线的位置关系，抛锚应保证附近管线的安全。为船舶制定作业程序、划定作业范围，禁止随意抛锚。施工前应编制施工通航安全保障方案，包括针对施工中可能发生的突发性事件的应急组织机构、设备配备、响应措施等，应特别关注邻近管线的位置，作为施工通航安全保障方案的应急预案主要关注点之一。

（4）施工阶段需要定期对柴油发电机进行检查，确保柴油发电机的正常运转，排查并消除潜在的风险隐患。按时对柴油发电机进行保养维护，保持柴油发电机的良好状态。当柴油发电机出现故障或停机时，需要及时进行处理，避免造成更加严重的事故。施工人员还应确保燃料油罐安全，远离发电机组本身和任何高温区域，定期检查发电机和燃料油罐周围的地面，一旦发现溢出物要迅速清理并及时查明原因采取相应措施。在应急处理中，需要注意安全，以免造成其它损失。

(5) 落实施工规范，强化 HSE 管理；严格执行制管、施工等有关标准和规定，严格控制施工设备和材料质量，防止施工设备和材料缺陷导致的事故发生。

7.8.3 运营阶段风险防范措施

- (1) 严格控制天然气的质量，减轻对管道的腐蚀；
- (2) 加强管道巡线频率，提高巡线的有效性；
- (3) 管道建成后，建议建立输气管道完整性管理体系，做好管道沿线 HCA（高后果区域）的调查，从而为制定本项目天然气管道事故应急救援预案提供依据。

7.8.4 溢油事故应急处理措施

本项目虽在设计、施工和运行期间将采取各种预防措施，但仍有难以预料的内部或外部原因导致海上油气泄漏事故发生的可能性。这种发生概率很低，但却难以预料，仍然存在不可忽视的环境风险。因此必须在以预防为主的基础上，配备适当的应急设备，制定科学的应急预案并建立严格的应急程序，并充分利用现有的应急处理能力和措施，尽最大能力降低海上油气泄漏的环境危害程度。

(1) 溢油应急预案

中海石油（中国）有限公司海南分公司制定了《中海石油（中国）有限公司海南分公司溢油应急计划》（2023 年版）并于 2024 年 1 月 16 日在生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局完成备案。应定期对应急预案进行演练，保证事故时应急预案顺利启动，将事故影响降低到最低限度。在本项目正式投产作业前，建设单位应将本工程纳入已制定的中海石油（中国）有限公司海南分公司溢油应急计划》（2023 年版），本工程不需要新增应急设备。

海南分公司应急组织机构：

分公司应急组织机构由分公司应急指挥中心及其下设的应急协调办公室（下设应急值班室）、技术专家组、公共关系法律组、资金保险组、后勤支持保障组等组成。其中，应急指挥中心是分公司应急响应工作中最高决策指挥机构，设在海口市长滨三路 6 号荣城铂郡 401 室。海南分公司应急组织机构如下图所示。

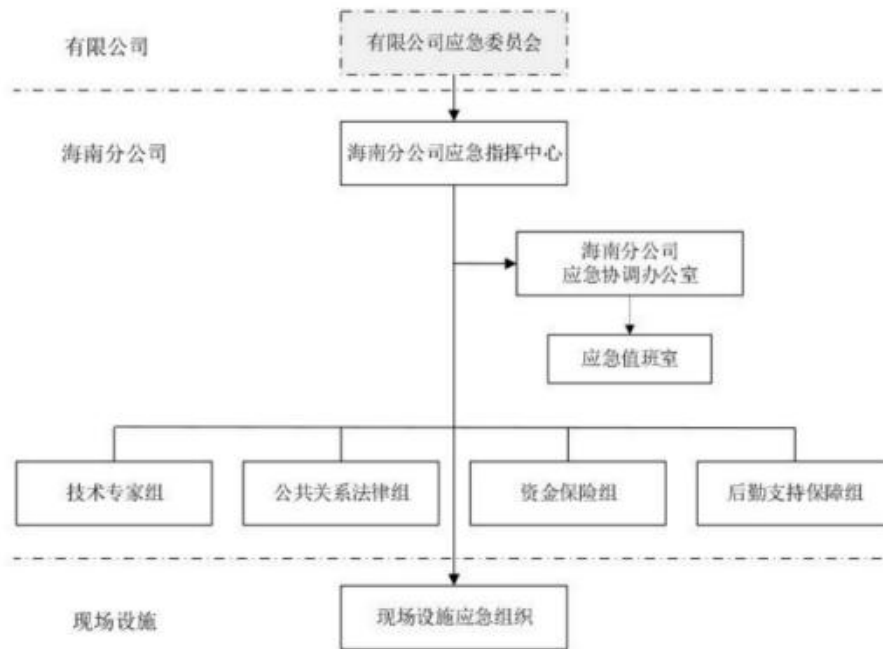


图 7.8-1 海南分公司溢油应急组织机构图

(2) 溢油事故的处置

1) 溢油应急信息接报

溢油发现者发现溢油应立即向作业现场管理人员（监督）报告，必要时可直接向设施现场负责人（油气田总监或项目负责人）报告溢油情况。作业现场监督向现场设施负责人报告，并如实记录。现场负责人接到溢油事故报告后，应立即按照现场《溢油应急计划》进行溢油应急处置。同时指定人员 20 分钟内通过电话向分公司应急值班室报送事件初始信息，并在 45 分钟以内进行书面上报。应急值班室接到溢油事故的报告后，应在值班日记上做详细记录，并立即报告应急协调办公室主任。应急协调办公室主任收到事故报告后，立即向应急指挥中心主任及副主任报告现场溢油事件信息。应急指挥中心主任收到应急协调办公室主任关于溢油的事故报告后，根据应急指挥中心主任和应急协调办公室主任提出的建议，决定是否启动分公司级溢油应急响应。分公司级溢油应急响应启动后，执行分公司《溢油应急计划》，应急指挥中心主任将作为溢油应急行动的总指挥，负责组织、指挥、协调、控制溢油应急行动。

经应急指挥中心主任审核及应急指挥中心主任审批，应急值班室及时向集团/有限公司应急值班中心报送。发生溢油事件时，电话报告时间最迟不得晚于事件发生后半小时，随后再以书面形式上报。并根据法律法规相关要求，由质量健康安全环保部安全经理在接到事件报告的 1 小时内向生态环境部珠江流域南海海域生态环

境监督管理局、中国海警局直属第四局、海油安监办海南监督处和辖区海事局作初步报告，并组织编制后续简报，通过应急值班室进行上报。应急值班室应至少每 2 小时（事件初期每半小时）向集团/有限公司应急值班中心报告一次溢油事故的事态进展情况，情况发生重大变化时应随时报告。应急值班室应每日将溢油事件应急工作情况报送珠江南海局，包括应急安排、现场状况、处置情况等详细内容，溢油事故处置进展发生重大变化时，应于当日立即续报。根据气象条件对溢油漂移路径及影响情况进行预测和跟踪监视。根据溢油情况的变化，将事故严重程度、影响区域及公司目前的救援行动向 24 小时内可能受影响海域或沿海地区县级以上地方政府应急办公室和相关政府主管部门通报。因海洋环境的特殊性和不可控性，影响范围可能超出目前预测，则应根据事故发生时的实际情况作出调整，确保应当报告的地方相关部门都按要求及时汇报。

2) 溢油污染环境事件分级

根据《海洋石油勘探开发溢油污染环境事件应急预案》（生态环境部 2022 年 5 月）规定，海洋石油勘探开发溢油污染环境事件分为特别重大、重大、较大、一般四级（下面有关数量的表述中，“以上”含本数，“以下”不含本数）：

①特别重大溢油污染环境事件

溢油量 1000 吨以上的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；或者溢油量 500 吨以上且可能污染敏感海域，或者可能造成重大国际影响、社会影响的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；

②重大溢油污染环境事件

溢油量 500 吨以上 1000 吨以下，但不会污染敏感海域，不会造成重大国际影响、社会影响的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；

③较大溢油污染环境事件

溢油量 100 吨以上 500 吨以下的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件；

④一般溢油污染环境事件

溢油量 1 吨以上 100 吨以下的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件。

3) 分公司级溢油应急响应启动条件

发生溢油事故后，立即启动设施现场级《溢油应急计划》。海南分公司应急指挥中心进入预警状态，密切跟踪事故事态及应急进展。当溢油污染环境事件符合下列情况之一的，需要启动分公司级《溢油应急计划》：

①当溢油事故超出设施现场处置能力或发生溢油量达到或经研判可能达到一般溢油污染环境事件（溢油量 1 吨以上 100 吨以下的海洋石油勘探开发溢油污染环境事件）时，由分公司应急指挥中心主任立即启动海南分公司级《溢油应急计划》。

②在重要时段、敏感时期发生溢油量 1 吨以下的溢油污染环境事件。

③溢油可能污染保护区、养殖区、旅游度假区等海洋生态敏感区。

④同时发生 2 起及以上溢油污染环境事件，需要分公司统筹溢油应急资源。

⑤应急指挥中心主任认为有必要启动的其他情况。

4) 敏感区溢油应急处置

溢油应急处理应同时采取以下多项措施协同进行才能有效的保护敏感区域。

①敏感区域保护：争取时间，采取围控措施阻止溢油向敏感区域漂移，为溢油回收作业赢得时间。可用围油栏在溢油将要到达的敏感区周围进行围控。

②溢油回收作业：保护敏感区域的同时，在海上布放围油栏围控并进行溢油回收作业。

③岸线清理作业：保护敏感区域的同时，做好进行海岸线清理作业的准备。围控或导引措施不一定能完全阻止溢油抵达岸线。溢油抵达岸线应立即开展清理工作，减小影响程度，降低损失。因此必要时需申请扩大应急，启动上级溢油应急计划。

5) 生态资源补偿

当分公司发生溢油污染环境事故，可能对海洋或沿岸的生态环境造成一定的影响。分公司应妥善处理溢油污染环境事故对相关方产生的损失，包括经济损失补偿、海洋生态环境损害评估以及生态资源补偿和修复工作，具体的工作程序按照中国海洋石油集团有限公司的规定执行。

6) 溢油应急响应终止

根据《海洋石油勘探开发溢油污染环境事件应急预案》（生态环境部 2022 年 5 月）的具体要求，通过对溢油事故现场调查确认，符合以下两项条件的，应急响应终止：

①溢油源已得到完全控制，隐患已消除；

②海面油污已得到控制。经主管部门同意，由应急总指挥宣布应急结束。

(3) 海上溢油应急保障

1) 通讯保障

为了保证在溢油污染环境事件发生的情况下，通讯联络快速、有效，分公司将

动用所有的通讯资源。包括微波、散射、卫星、光缆等，实现油田平台与平台、平台与陆岸终端、平台与守护船、平台与直升飞机等各方的通讯联络。

2) 应急资源保障

分公司发生超出自身控制能力的溢油污染环境事故时，可以通过集团公司的统一指挥协调，联系政府及社会溢油应急救援力量的资源。另外，分公司与三亚华利清污有限公司签有溢油应急响应服务合同或清污合同。当发生溢油污染事故时，分公司可调用其溢油应急资源和救援力量开展溢油处置。

3) 应急人员安全防护

溢油应急工作要切实做好应急人员的安全防护。应急救援人员要按要求穿戴防护用品，救援无效时，要及时撤离人员并做好安全防护工作。

4) 后勤保障

分公司协调部、生产部、采办共享中心等部门负责救援物资、交通工具、食品、饮用水、医疗、药品等后勤保障。必要时向集团公司应急办公室或政府主管部门请求应急区域急需物资的调配工作。

5) 资金保障

资金保障由分公司计划财务部和采办共享中心按相关规定执行。

(4) 燃料油处置参考

由于燃料油泄漏量不会太大，主要方法是让其自然分解，如果海面风平浪散风速小于1米/秒，海况(0~1级)时，由守护船在溢油海面穿行，加速其分解。

(5) 海上溢油处置参考

机械回收可以将溢油影响控制在一定的范围内，以减少污染，是溢油应急首要选择的处理方法，有以下几种作业方式：

U型布放，拦截溢油开口较大，需要三艘船舶配合工作，操作难度大。

V型布放，拦截溢油开口较大，油膜容易聚集，需要专用撇油器工作船。

J型布放，拦截溢油开口较小，只需要两艘船舶配合工作即可，操作方便。

单船布放，机动灵活性强，拦截溢油开口较小，操作方便。

(6) 溢油抵岸处置参考

溢油污染环境事件处理应该优先保证油污不上岸，尽量在海中完成机械回收或其它无害或降低损害程度的处理（如使用溢油分散剂、火烧油等方法），在油污快要接岸线时，应采取多种措施减少油污上岸对于因条件所限，无法避免的上岸油污，

要与相关政府部门、科研院所和专业服务公司密切合作，采取高效合理的措施及时地清理和生态恢复，避免二次损害。

一般步骤为：移出岸边的浮油和海滩上的厚油；清除中等程度的污染，海滩上搁浅的油以及海滩上被油污染的物质；清理轻度污染的海岸并进行最后的清除工作。不同条件下岸线溢油清理方法的选择可参考下图。

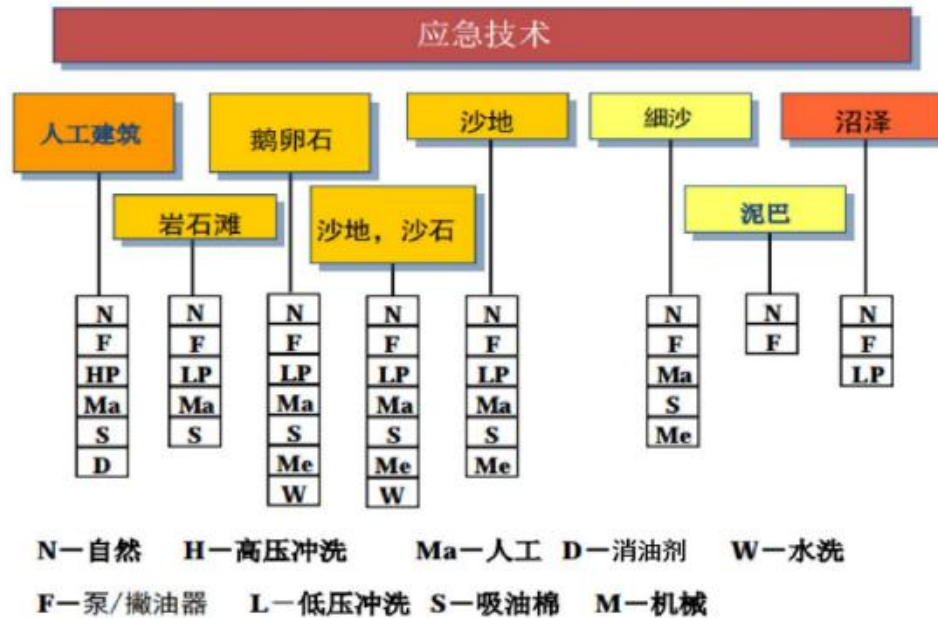


图 7.8-2 溢油抵岸清理方法图

1) 吸油性材料

在油污快接近岸线时，应采取多种措施减少油污上岸，根据岸线和油污的具体情况包括布置岸线吸油围油栏，吸油毡，稻草等吸油性材料。

2) 泵/撇油器

适用于重度污染的海岸线，为重度污染的海岸线采取的第一步措施，其容易处理，可以和冲洗方法结合使用。

3) 冲洗

用冷、热水或蒸汽直接作用于受污染的区域，其适用于渗透性较差的重度污染区，可以和撇油器联合使用。

4) 机械清理

含油沉积物清除中机械清理是常用的清理方法，利用大型的机械设备清除岸滩上的大面积溢油，在车辆不能到达的区域可用人工进行清除工作。

5) 生物调节法

使用营养剂和/或细菌来加强生物降解，适用于轻度污染的海岸线，适用于最后

的清理步骤，针对敏感地区的优先选择。

6) 生物救助

如果溢油影响的海岸为水鸟栖息地，应在栖息地恢复到正常生态环境前采取适当的投食方式，避免水鸟种群在溢油扩散区觅食导致进一步损失，对被油污所困的海鸟等动物进行救助、救治，清洗身体并带到安全区放生，难以自我生存的珍稀濒危鸟类活体，进行妥善保护，并就近转移到野生动物收容救护基地进行救治。

7.8.5 溢油应急措施有效性分析

本项目工程位于深圳市南山区南部海域，本项目预测溢油类型为船舶碰撞溢油事故，预测溢油位置为带压开孔点，中海石油（中国）有限公司海南分公司配备的溢油应急物资调配至本项目工程所在位置所需时间较长，因此，根据《中海石油（中国）有限公司深圳分公司溢油应急计划》（2022年版），该溢油应急于2023年4月21日在生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局完成备案，本项目考虑利用隶属于中海石油（中国）有限公司深圳分公司的环保船海洋石油256或海洋石油258作为本项目的溢油应急物资。除此之外，本项目临时施工平台也存放有一定量的溢油应急物资，其中包括围油栏、溢油分散剂、吸油毡等。

环保船海洋石油256、海洋石油258的主要性能参数见表7.8-1所示，环保船海洋石油256、海洋石油258主要性能参数一致。临时施工平台溢油应急物资类型和数量见表7.8-2所示。

表 7.8-1 环保船的主要性能参数

序号	主要性能	海洋石油 256、海洋石油 258
1	主尺度	75×15.2×7m
2	主机功率	1471kw×4（8000 匹）
3	最大航速	15.2kn
4	续航力	8000 海里
5	自持力	30 天
6	溢油回收能力	2×***m ³ /h
7	溢油/测试井液舱/污水水回收舱容	440m ³ 加 240m ³ ，3 号轻柴油舱可兼做回收舱
8	溢油监测	不小于 4.5 公里
9	溢油设备安装形式	舷侧内置式
10	甲板载货面积	430m ²
11	甲板载货量	600t
12	甲板载荷	5t/m ²
13	消油剂储存仓	每侧喷洒能力 15 方/小时
14	泥浆仓	240m ³
15	淡水舱	440m ³

16	燃油舱	730m ³
17	对外消防系统	1200m ³ /h
18	制氮装置	160m ³ /h, 纯度 95%以上
19	最大载货量	2057 吨
20	钻井水/压载水	870m ³

表 7.8-2 临时施工平台溢油应急物资类型和数量

序号	类型	数量 (长度)
1	围油栏	213m
2	溢油分散剂	2 桶 (200L/桶)
3	溢油分散剂喷洒装置	1 套
4	吸油毡	4 箱 (21kg/箱)

表 7.8-3 溢油应急能力符合性分析表

本项目需求物资情况	本项目物资配备情况	是否满足本项目溢油应急能力要求
围油栏 213m	围油栏 213m	是
临时储存能力 238m ³	环保船溢油回收舱容 440m ³	是

为维护海上油气田正常运营及安全生产,生产运营期间环保船海洋石油 256、海洋石油 258 值守于南海东部各海上油田之间或停留在惠州码头,本项目施工期间若发生船舶碰撞溢油事故,首选利用临时施工平台的溢油应急物资进行处理,同时调度距离溢油点相对较近的环保船前去处置溢油事故。距离溢油点最近的位置为西江油田 XJ24-3 平台,距离为 160km;距离溢油点最远的位置为番禺油田 PY30-1 平台,距离为 270km;环保船到达溢油点的时间在 5.7h~9.6h 之间。

环保船海洋石油 256、海洋石油 258 的溢油回收舱容为***m³,临时施工平台配备的围油栏长度为***m,本次预测船舶碰撞溢油量为***m³,可满足围控及回收要求。由表 7.8-1、表 7.8-2 和表 7.8-3 可见本项目利用现有溢油应急设备可以满足本项目工程施工期船舶碰撞事故最大溢油量 (***m³) 的应急需要。

7.9 结论

本次环境影响评价识别环境风险类型为船舶碰撞泄漏事故和输气管道泄漏事故。本项目最大可信事故为船舶碰撞泄漏事故。根据本项目工程施工情况,崖城-香港管道带压开孔点区域施工船舶密集,溢油点选取带压开孔点 (***) 作为溢油预测点,泄漏量约为***m³。

根据溢油预测结果,本项目位于幼鱼、幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场保护区,一旦发生溢油即刻抵达;溢油还可能抵达周围环境敏感区,溢油抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地的时间最短,最短时间为 1h;抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区的时间为 1.5h;抵达内伶仃

岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）的时间为 1.75h；抵达万山群岛重要渔业资源产卵场的时间为 4.5h；抵达其它敏感区最短时间均在 5h 以上。

一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将会抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位对环境风险概率较高的溢油事故予以足够重视。

在设定情景下若发生船舶碰撞溢油事故，临时施工平台上的溢油物资可第一时间响应并立即围控溢油，根据应急响应时间分析，海洋石油 256 或海洋石油 258 最快可在 6h 内有效回收污油，以最大限度地减少对周边敏感目标产生的影响。

在本项目正式投产作业前，建设单位应将本工程纳入已制定的中海石油（中国）有限公司海南分公司溢油应急计划》（2023 年版），定期对应急预案进行演练，保证事故时应急预案顺利启动，将事故影响降低到最低限度。

8 清洁生产与总量控制

为了积极响应中国海油绿色低碳发展战略，助力我国全面实现“碳达峰、碳中和”目标；同时充分响应地方政府的号召，助力深圳市加大天然气清洁能源供应，推动深圳市绿色清洁经济发展贡献力量。本项目新建一条长约 7km 的海底管道登陆至深圳妈湾电厂，不仅解决了深圳西部天然气清洁能源的供应需求，也有助于南海天然气田开发效益的提升，促进粤港澳大湾区绿色低碳发展及中国海油上下游一体发展。

8.1 工程清洁生产分析

清洁生产是实现经济和环境协调持续发展的一项重要措施，清洁生产的目标就是增效、降耗、节能、减污，由单纯的末端治理向生产全过程贯彻，从而实现清洁生产的目的。本项目是海底管道项目，采用单定向钻双向对穿施工方案，在清洁生产方面，主要从施工设备及施工工艺的先进性、污染物产生指标的先进性等方面进行分析。

(1) 严格执行相关法律、法规、公约、标准。本次深圳管道铺设过程中，建设单位将制定明确的作业规程和严格的环境保护及管理制度，并严格遵照执行，尽最大可能避免危害环境的事件发生。

(2) 施工期间作业船舶产生的船舶生活污水和船舶含油污水经船舶上配备的处理装置处理达标后排海。

(3) 除离岸 3 海里以外作业船舶产生的食品废弃物达标排放外，其他建设过程中产生的生活垃圾和生产垃圾均禁止排海，全部运回陆地交由有资质的单位进行回收利用或处置。

(4) 执行严格的日常管理制度。对于陆上工作钻孔、扩孔、回拖施工等，制定了严格的安全环保作业规程，并严格遵守执行。

(5) 选择先进的施工设备。施工期主要的施工设备为水平定向钻机、施工船舶（多功能水下作业船、浅水铺管船、支持船、驳船等）、泥浆泵、挖掘机等。

(6) 施工工艺采用定向钻穿越，相对大开挖、跨海管道等施工建设方案，最大

限度减少对海底的扰动，最大限度地降低对周围敏感目标的影响，对海域环境影响较小。

由此可以看出，本项目施工过程通过采用先进的铺管方式和铺管工艺、优化施工作业时间、控制污染物的排放以及严格的作业规程等措施来保证本项目的顺利实施，比国内其他海域工程作业，项目施工具有切合实际，可操作性强，利于资源的有效利用、减小污染影响范围等特点，清洁生产水平相对较高。

8.2 总量控制

根据《国务院关于环境保护若干问题的决定》精神中“一控双达标”的目标，建设项目要实施清洁生产，污染物排放要实行全过程控制。在保证污染物排放达标的基础上，主要污染物排放总量要控制在国家规定的排放总量控制指标之内。

8.2.1 污染物总量控制原则

实施污染物排放总量控制是保证实现环境保护总体目标的需要。为了实现环境保护总体目标，必须严格控制污染物排放总量。对污染物排放总量进行控制的原则是，将给定区域内污染源的污染物排放负荷控制在一定数量之内，使环境质量可以达到规定的环境目标。污染物总量控制方案的确定，在考虑污染物种类、污染源影响范围、区域环境质量、环境功能以及环境管理要求等因素的基础上，结合项目实际条件和控制措施的经济技术可行性进行，提出污染物总量控制思路：

（1）按管理部门批准的区域进行施工作业。

（2）采用全方位总量控制思想，引进先进技术，实现清洁生产，降低污染物的排放水平，实现达标排放。

（3）满足地方环境管理要求，参照区域总量控制规划，使项目造成的环境影响低于项目所在地区的环境保护目标控制水平。

8.2.2 污染物总量控制因子

国家“十四五”期间全国主要污染物排放总量控制计划规定：将化学需氧量、氨氮、氮氧化物、挥发性有机物等4项污染物作为约束性指标进行考核。

8.2.3 总量控制方案

本次在其施工作业期间海上产生的船舶生活污水和船舶含油污水经船舶上配备

的处理装置处理达标后排海；清管、试压均采用清洁淡水进行，主要污染物为悬浮物和铁锈等，直接排放入海。陆上施工期产生的生活污水及生产污水均得到有效收集，不直接对外环境排放。

运营期工程所属管道属于成品天然气输送，建成投产后项目不产生废水和废气污染物。因此，本项目实施不涉及总量控制。

9 环境保护对策措施及其合理性分析

9.1 施工期间环境保护对策措施

海底管道铺设拟采用定向钻施工方式，对海洋生态环境基本不产生负面影响，但是管道铺设过程中定向钻作业在钻孔、扩孔过程中产生的泥浆和地层岩屑，预挖沟、打桩、拔桩及回填产生的少量悬浮沙，以及参加作业的船舶和人员产生的生活污水、食品废弃物等生活垃圾，和少量的船舶含油污水、生产垃圾等，可能会对海洋和陆地生态环境产生一定的影响。

9.1.1 海上工程环境保护对策措施

本项目海上工程主要在建设阶段产生污染物，主要包括预挖沟、打桩、拔桩及抛石回填产生的悬浮物，定向钻作业产生的泥浆和地层岩屑，以及作业船舶和作业人员产生的船舶含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾。

9.1.1.1 悬浮物

本项目海底管道采用定向钻穿越保护方式，在海上入土点附近采用水工行业中应用广泛的钢板桩围堰提供干式施工环境，施工船舶机械施打外围防护钢板桩和基坑钢板桩形成围堰，通过对基坑抽水和适当处理后形成一个安全可靠的干式施工环境，施工完成后拆除围堰。此种铺设方式能够最大限度控制挖沟宽度，减少对海底的扰动，减少悬浮物产生，从而减缓并降低铺管作业对周围海域海洋生态环境的影响。

9.1.1.2 定向钻泥浆、地层岩屑

本项目定向钻施工采用环保型泥浆，主要材料为膨润土，膨润土为天然矿物蒙脱石加工制成，本身无毒性。施工过程中在定向钻两侧均配置泥浆回收系统，并沿穿越曲线分别打入套管，孔洞里的泥浆通过套管流入平台的泥浆池内，通过泥浆回收系统对泥浆进行处理，达到循环利用的效果。经过多次循环性能不达标的泥浆不能再使用，通过驳船拉运到陆地。

定向钻施工中产生的岩屑随泥浆返输回驳船或陆上入土点附近的沉浆池，陆上

部分将在施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位进行处理。

本项目管道采用定向钻的施工工艺，其对海洋环境的影响程度远小于水下爆破、炸礁或挖沟等作业所造成的影响。定向钻作业可避免像爆破和其它冲击性凿岩设备一样产生危险隐患，能减轻对海洋环境的大规模扰动，一定程度上保护了路由段海水水质、海洋沉积物和海洋生物生态环境。

9.1.1.3 清管试压废水

管道铺设完成后，清管、试压均采用清洁淡水进行。清管试压废水主要污染物为悬浮物和铁锈等，直接排放入海，对环境的影响较小。

9.1.1.4 固体废物

施工产生的弃土弃渣通过平板驳船，按照《海洋倾倒物质评价规范 疏浚物》（GB 30980-2014）相关要求，经理化检验确定类别与处置方式后，经有关部门许可后，外抛至指定的抛泥区进行倾倒。

9.1.1.5 船舶污染物

本项目海底输气管道铺设动用的施工船舶包括多功能水下作业船、浅水铺管船、支持船、驳船等，本项目施工均使用经过船级社相关认证的船舶。建设阶段将产生一定量的船舶污染物，包括船舶含油污水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾等污染物。

（1）船舶机舱含油污水

施工船舶机舱含油污水经船舶含油污水处理装置处理达标后排海。

依照《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》（GB3552-2018）的规定，所有参加海上施工作业的船舶都按要求配备油水分离器，机舱含油污水经船用油水分离器处理，使其含油浓度不大于 15mg/L。

（2）船舶生活污水

本项目的船舶生活污水利用船载生活污水处理装置处理达标后排放，排放与处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）相关要求。

距最近陆地 3 海里以内（含）海域的船舶生活污水：可利用船载收集装置，排入接收设施；或利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排

放：（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， $BOD_5 \leq 50\text{mg/L}$ ， $SS \leq 150\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 2500 个/L；（2）在 2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $BOD_5 \leq 25\text{mg/L}$ ， $SS \leq 35\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 ≤ 1000 个/L， $COD_{Cr} \leq 125\text{mg/L}$ ，pH：6~8.5，总氯（总余氯） $< 0.5\text{mg/L}$ 。

3 海里<与最近陆地间距离 ≤ 12 海里海域的船舶生活污水的船舶生活污水：需使用设备打碎固形物和消毒后排放；且船速不低于 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。

此外，根据《深圳经济特区海域污染防治条例》（深圳市生态环境局，2023 年 9 月修订）第四十条“在港区内停泊三十日以上的船舶及港内作业船舶应当对含油污水通海阀、生活污水直排通海管路进行铅封。”。因此，若作业船舶需在港区内停泊三十日以上，产生的船舶生活污水和船舶含油污水需进行铅封后运回陆地处理。

（3）船舶生活垃圾和生产垃圾

根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），在任何海域，应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔具和电子垃圾收集并排入接收设施。对于食品废弃物，在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。本项目施工船舶产生的生活垃圾和生产垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）中相关要求。

（4）船舶大气污染物

本项目位于《船舶大气污染物排放控制区实施方案（交海发〔2018〕168 号）》排放控制区之外，施工船舶应满足《2020 年全球船用燃油限硫令实施方案》（海事局公告 2019 年第 20 号）相关规定：自 2020 年 1 月 1 日起，国际航行船舶进入中华人民共和国管辖水域应当使用硫含量不超过 0.50% m/m 的燃油。

9.1.1.6 噪声

施工过程中的噪声主要来自施工机械、设备等。本项目主要位于海上，远离居民区，但由于本项目距离珠江口中华白海豚国家级自然保护区较近，施工期间噪音可能会对中华白海豚造成一定的影响，故施工方拟采取的措施如下：

（1）施工期采用目测法观测施工区域附近是否出现鲸豚类，一经发现立即驱赶。一旦发现异常，应与珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理处联系。

(2) 合理安排施工进度、位置和控制施工船速，所有施工机械均应保持良好的性能状态，以减少施工噪音的累加效应，降低对水生生物的可能影响。

(3) 施工首桩“软启动”。由于施工期相对时间较短，同时游泳动物和鲸豚类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，驱赶游泳动物和鲸豚类游离作业区到达一定距离外的安全海域。

(4) 水下打桩使用隔离套筒，在打桩锤上敷设隔音及消音材料，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。或者采用更小的桩型等方法，以衰减水下打桩的噪声。

9.1.2 陆上工程环境保护对策措施

本项目陆上工程主要为海管登陆段定向钻入土点施工。陆上工程建设阶段产生的污染物主要包括生产废水、生活污水、生活垃圾和生产垃圾、大气污染物和噪声等。

9.1.2.1 大气环境

海底管道入土点位于妈湾电厂内，为减小施工扬尘的影响，依据《深圳市扬尘污染防治管理办法》（2008年7月18日深圳市人民政府令第187号发布，2022年3月3日深圳市人民政府令第342号第二次修正）要求，本项目在施工期采取以下措施防止扬尘污染：

(1) 施工工地周围应当设置连续、密闭的围挡；在本市主要路段和市容景观道路及机场、码头、车站广场设置围挡，其高度不得低于2.5米；在其他路段设置围挡的，其高度不得低于1.8米；

(2) 对工程材料、砂石、土方等易产生扬尘的物料应当密闭处理；若在工地内堆放，应当采取覆盖防尘网或者防尘布，配合定期喷洒粉尘抑制剂、洒水等措施，防止风蚀起尘；

(3) 在建筑物、构筑物上运送散装物料、建筑垃圾和渣土的，应当采用密闭方式清运，禁止高空抛掷、扬撒；

(4) 建筑垃圾、工程渣土等在48小时内未能清运的，应当在施工工地内设置临时堆放场，临时堆放场应当采取围挡、遮盖等防尘措施；

(5) 运输车辆应当在除泥、冲洗干净后方可驶出作业场所，不得使用空气压缩机等易产生扬尘的设备清理车辆、设备和物料的尘埃；

(6) 在进行产生大量泥浆的施工作业时，应当配备相应的泥浆池、泥浆沟，做到泥浆不外溢，废浆应当采用密封式罐车外运；

9.1.2.2 水环境

(1) 对施工过程中可能产生的环境影响以预防为主，要求建设单位必须制定环境保护管理的具体措施，加强环境管理，预防对地下水和地表水产生不利影响。

(2) 施工机械、设备等维修过程及施工场地冲洗会产生少量含油污水，主要污染物为石油类。少量生产废水与泥浆混合后，施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位进行处理，均不外排。

(3) 泥浆池按规范设立，其容积要考虑 30% 的余量，以防雨水冲刷外溢，泥浆池底采用防渗处理，保证泥浆不渗入地下。

(4) 严禁向海域排放污水和固体废物等一切污染物，同时注意不要将两岸施工现场的洒落机油等污染物落入水域。

(5) 加强施工期监管力度，禁止将生活污水直接排海，生活污水进入妈湾电厂现有污水处理设施处理后，排入妈湾电厂生活污水管网，最终排入市政污水管网。

9.1.2.3 声环境

(1) 施工时应尽量采用噪声小的施工机械，如挖掘机、运输卡车等机械的进气、排气口设置消声器，加强设备的维护和保养，振动大的设备（部件）应配备减振装置。同时加强施工作业管理。

(2) 控制施工机械噪声，首先要从设备选型着手，选择新型低噪设备，并通过加装消音装置和隔离机器的振动部件来降低噪声。

(3) 做好施工机械与运输车辆的保养，使其保持良好的运行状态；运输车辆在穿行居民区时，应减速行驶，禁止高音鸣笛，以避免噪声对居民的干扰。

9.1.2.4 固体废物处置

施工期陆上固体废物主要来自开挖弃土，施工建筑垃圾和施工人员的生活垃圾等。针对不同固体废物在施工现场应采取定点临时堆放，分类收集，分别处理的防治措施。

(1) 施工阶段产生的固体废弃物，如开挖的渣土、废弃的零件、边角料、包装材料等。施工现场设置垃圾箱/袋，及时将产生的生产垃圾分类收集存放，分别投放到指定的垃圾处理场所，渣土外运至指定的渣土消纳场，可回收的进行回收处理，避免施工垃圾和生活垃圾随地丢弃而污染环境。

(2) 施工机械维修、保养期间产生的废机油，属于危险废物，定期委托有资质的单位处理。

(3) 施工人员产生的生活垃圾经集中收集后，委托环卫部门统一处置。

(4) 加强对施工单位监督管理，严禁将各类固废抛海。

9.1.2.5 地下水环境

根据本工程特点、管道沿线的地质环境，并结合管道工程建设的经验和教训，为最大限度地减少对地下水环境的影响，防止地下水污染，应采取以下措施：

(1) 对施工过程中可能产生的环境影响以预防为主，要求建设单位必须制定环境保护管理的具体措施，加强环境管理，预防对地下水产生不利影响。

(2) 海底管道要精心施工，并且选择优质材料避免管道破裂等意外事故发生，避免事故抢维修过程中的废物、废料对地下水造成污染。

(3) 施工现场的工业垃圾（焊条头、砂轮、涂漆刷等）和生活垃圾每天应分类及时回收，禁止长期堆放。

9.1.2.6 生态及土壤环境

建议作业者在施工作业过程中，采取如下措施：

(1) 做好水土保持工作，可在陆上场地周边采用简易钢板进行临时拦挡防护，以免堆存的建筑材料、建筑垃圾等经暴雨径流携带入海，污染海域环境。

(2) 合理安排施工工期，原材料堆放场雨天应用防雨布覆盖，周围挖边沟导流。

(3) 施工结束后尽快对妈湾电厂内的入土点施工场地进行绿化，恢复土地利用原有格局。土方外委处置，不得随意丢弃及排放入海。

(4) 合理规划整个施工，尽量缩短施工期，减轻施工可能带来的生态环境影响。

9.1.3 海域生态保护措施

9.1.3.1 施工方案优化措施

本项目采用单定向钻双向对穿施工方案，以水下三通形式从主管道接出，长度

约 7km。崖城至香港管道接入点处设置临时围堰，用于提供干式施工环境，施工完成后拆除围堰。

定向钻施工工艺本身对环境影响较小，同时避免了炸礁、劈裂等对海水水质、沉积物、生物生态环境影响较大的作业方式，尽可能降低和减缓铺管作业对周围海域海洋环境的影响和扰动。

9.1.3.2 生物资源补偿措施

本工程施工建设过程中将对周围海域的渔业资源和海洋生态造成不可避免的影响。建设单位应与有关渔业主管部门沟通和协商，对本报告中评估的生物资源损失进行经济补偿，并将生态补偿费用纳入环保投资。

9.1.3.3 生态修复措施

针对本次生物资源的损失进行经济补偿，生态修复措施计划采用增殖放流，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。在生物资源增殖放流过程中，必须坚持科学发展观，建设单位首先应委托有资质的单位进行增殖方案制定、论证和资源研究，根据项目对海洋生态环境的实际损害情况，在当地渔业主管部门的监督和协助下，有具体目标、具体计划的对生态环境和资源数量进行修复，不得在没有科学报告的前提下，贸然实施操作。

9.1.3.4 中华白海豚保护措施

(1) 项目毗邻广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区，施工过程中应采取一定的防范措施尽量避免施工作业噪声白海豚的影响，例如减少打桩次数和首次水下打桩“软启动”等措施驱中华白海豚到达一定距离外的安全海域。

(2) 建设单位应加强对水上交通运输的管理，避免发生碰撞、沉船和溢油等航行事故。建议进入施工区的所有船只均需经过严格船检，并限速在 10 节以内，同时加强教育驾船者遵守有关限制，航行时留意中华白海豚的出没并加以回避，将对白海豚的影响范围尽可能缩小。

(3) 施工期采用目测法观测施工区域附近是否出现鲸豚类，施工前加强瞭望，确认周围没有中华白海豚活动。一经发现立即驱赶。一旦发现异常，应与珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理处联系。

(4) 施工中如发生事故导致中华白海豚受伤、搁浅的，一经发现，必须立即停

止施工作业，立即向广东省海洋渔业局报告，并赶到受伤、搁浅的现场实施救助。

(5) 施工单位应在施工前期充分做好生态环境保护的宣传工作，确保所有现场的工作人员均已接受中华白海豚保护知识的宣传和培训，增强施工人员对海洋珍稀动物保护的意识。

9.2 运营期间环境保护对策措施

本项目建成后，不设定员，运行阶段除少量牺牲阳极的锌释放外，不产生废气、废水和固体废弃物等，正常工况下不会对周边海洋环境造成影响。

针对运营期管道泄漏等风险，建设单位需加强管道定期检测及巡检，避免天然气泄漏等事故的发生。

9.3 环境保护对策措施小结

综上所述，环境保护对策措施列于表 9.3-1。

表 9.3-1 本项目环境保护对策措施

污染物名称	污染因子	所遵循的排放标准	处理方法
废泥浆和地层岩屑	悬浮物	/	海上部分用驳船运回陆地，与陆上部分一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位进行处理，均不外排
清管试压废水	悬浮物、铁锈	/	直接排放入海
船舶含油污水	石油类	《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018） 《73/78 防污公约》 《国内航行海船法定检验技术规则（2020 年）》	按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，处理至含油浓度 $\leq 15\text{mg/L}$ ，在船舶航行中排放
生活污水	COD 等	/	施工船舶：船舶生活污水按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求，处理达标后排放 陆上作业：依托妈湾电厂现有污水收集处理设施收集后处理，排入妈湾电厂生活污水管网，最终排入市政污水管网
生活垃圾	食品废弃物和包装等	《73/78 防污公约》 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018） 《国内航行海船法定检验技术规则（2020 年）》	施工船舶：食品废弃物在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集并排入接收设施；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎或磨碎至直径不大于 25 毫米后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可以排放。塑料、废弃食用油等其他生活废弃物禁止排海，收集并排入接收设施。 陆上作业：集中收集后，由环卫部门统一收集外运处理

污染物名称	污染因子	所遵循的排放标准	处理方法
生产垃圾	固废		海上作业：分类收集后交由陆地有资质的单位进行回收利用或处置 陆上作业：分类收集存放，渣土外运至指定的渣土消纳场，废机油等危险废物定期委托有资质的单位处理
噪声	噪声	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)	海上作业：采用目测法观测施工区域附近是否出现鲸豚类，一经发现立即驱赶；施工首桩“软启动”；水下打桩使用隔离套筒，在打桩锤上敷设隔音及消音材料，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。 陆上作业：选用低噪声设备、采取吸声、隔声、消声、减振等措施
大气	扬尘	《深圳市扬尘污染防治管理办法》	施工场地和主干道路面要定时清扫和洒水；加盖篷布和洒水；施工场地及道路进行硬化处理。
生态补偿	按照国家及有关主管部门的要求，制定科学合理的生态修复方案，开展生态补偿工作（如人工增殖放流等）。按照有关主管部门的要求确定增殖放流的品种和数量，由建设单位负责落实，可委托专业单位开展。		

9.4 环保竣工验收

本工程竣工后根据《中华人民共和国海洋环境保护法》及主管部门的要求，判定本项目是否需要验收。

10 环境经济损益分析

环境经济损益分析是环境影响评价的一项重要内容，其任务是通过分析环保投资及其所能收到的环境保护经济效果，重点评价工程环保投资的经济合理性和可行性；并通过分析工程项目的环境经济效益，从环境经济角度对项目的可行性进行评估，为建设项目的决策提供依据。

10.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

环境保护费用系指环境保护固定设施及其投资费用和维护设施及其他为环保投资的年费用。环境保护投资主要包括一次性环境设施投资及其相关操作费用和辅助费用。

根据建设项目环境保护设计有关规定，结合工程环境影响特点及环境保护要求，结合工程建设内容、规模、环保措施及对策的相关内容，本项目环保措施包括：（1）属于污染治理和环境保护所需的装备、设备监测手段和设施；（2）海洋生物资源损害补偿费用等。

本项目建设投资估算总额***万元，其中环保投资***万元，占总投资的***，详见下表：

表 10.1-1 本项目环保投资

环保投资	总投资额	折合比率	折合环保投资
泥浆钻屑等污染物处置投资	***	***	***
双隔离阀投资	***	***	***
预挖沟抛泥投资	***	***	***
生态补偿	***	***	***
合计			***

10.2 环境经济损益分析

10.2.1 环境经济损失分析

根据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》的规定：（1）“占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿”，（2）“一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍”，施

工阶段产生的悬浮物造成的生物资源损害属一次性损害，按 3 倍进行补偿。

(1) 计算公式

1) 鱼卵、仔稚鱼经济价值计算公式

鱼卵、仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算。鱼卵、仔稚鱼经济价值按下式计算：

$$M = W \times P \times E$$

式中：

M —鱼卵、仔稚鱼经济损失金额（元）；

W —鱼卵、仔稚鱼损失量（个，尾）；

P —鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，单位为百分比（%）；

E —成活鱼苗的商品价格，根据近三年来主要鱼类苗种平均价格，商品鱼苗的平均价格按 1.5 元/尾计算。

2) 幼体经济价值计算

幼体的经济价值折算成成体进行计算，当折算成成体的经济价值低于鱼类苗种价格时，则按鱼类苗种价格计算。幼体折算成成体的经济价值按以下公式计算：

$$M = W_i \times P_i \times G_i \times E_i$$

式中：

M_i ——第 i 类幼体的经济损失额（元）；

W_i ——第 i 类幼体损失的资源量（尾）；

P_i ——第 i 类幼体折算为成体比例，按 100%；

G_i ——第 i 类幼体长成最小成熟规格的重量（kg/尾），蟹类按平均成体的最小成熟规格 0.1kg/尾计算；

E_i ——第 i 类生物成体商品价格，头足类和虾类幼体按照苗种价格 1.5 元/尾进行计算；幼鱼和蟹类幼体折算为 0.1kg/尾，单价为 1.5 万元/t

3) 渔业资源成体生物资源经济价值计算公式

成体生物资源经济价值按下式计算：

$$M_i = W_i \times E_i$$

式中：

M_i ——第 i 类成体生物资源的经济损失额（元）；

W_i —第 i 类成体生物资源的损失量 (kg)；

E_i —第 i 类生物资源的商品价格，单位为元每千克 (元/kg)，按主要经济种类当地当年的市场平均价格或按海洋捕捞产值与产量均值的比值计算。成体生物资源价格按 1.5 万元/t 计。

(2) 海洋生物资源损失

本项目共计造成鱼卵损失 5502646 粒，仔稚鱼损失 632380 尾，幼鱼 2180 尾，头足类幼体 11 尾，虾类幼体 1584 尾，蟹类幼体 87 尾，海洋生物资源成体 60.99kg，底栖生物 1.042t。

(3) 计算结果

海洋生物资源损失计算结果见下表。

表 10.2-1 海洋生物资源损失经济补偿明细

生物资源	损失量	单位	折算鱼苗损失量	单价	直接损失 (元)	补偿倍数	补偿金额 (元)
鱼卵	5502646	粒	1%	1.5 元/尾	***	***	***
仔稚鱼	632380	尾	5%	1.5 元/尾	***	***	***
幼鱼	2180	粒	0.1kg/尾	15 元/kg	***	***	***
头足类幼体	11	尾	/	1.5 元/尾	***	***	***
虾类幼体	1584	尾	/	1.5 元/尾	***	***	***
蟹类幼体	877	尾	0.1kg/尾	15 元/kg	***	***	***
渔业资源	60.99	kg	/	15 元/kg	***	***	***
底栖生物	1.042	t	/	1.5 万元/t	***	***	***
合计(万元)					***		

10.2.2 环境经济收益分析

本项目建成后可实现约***亿方/年的供气规模，按***元/方计，可实现年均***亿元收益。

10.3 社会效益分析

本项目的建设对完善深圳市西部天然气清洁能源保供及中国海油在粤港澳大湾区天然气布局具有重大战略意义，一方面解决了深圳西部燃气供应受城市燃气管网压力限制，将满足深圳西部未来***亿方的燃气增长需要；另一方面，海气通过新建海上长输管道登陆深圳西部，拓宽了海上天然气销售渠道，有助于南海天然气田开发效益的提升，同时实现上游海上平台气源和下游 LNG 的互联互通，既可以保障深圳市多路由供气，又可以通过深圳市高压管网实现向东莞、惠州市场延伸，促进粤港澳大湾区绿色低碳发展及中国海油上下游一体发展。

本工程的建设将对该区域的生物资源、渔业资源等造成一定的直接影响，但从上文分析中可以看出，其对工程周边海域生态环境的影响是暂时的、可恢复的。

本工程的开发将会对进一步带动相关产业的发展和进步（如机械制造、电子、仪表等等）起到一定的作用。登陆管道建成后可为国家增加税收收入，增加出口创汇。使用海域与本海域的其它主要功能兼容性也比较好，有利于海域整体资源的合理利用和最大发挥。此外，本工程在建设和生产阶段将提供一定的就业机会，有利于增强社会的系统功能，改善区域的整体环境。

因此，本工程是一项利国利民的工程，其环保设施的设置与环保投资是合理的，具有良好的经济和社会效益。

11 项目建设与选址合理性分析

11.1 国土空间规划符合性分析

11.1.1 全国国土空间规划

根据 2019 年 5 月 23 日自然资源部发布《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》，国土空间规划是国家空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图，是各类开发保护建设活动的基本依据。

根据规划，到 2020 年，基本建立国土空间规划体系，逐步建立“多规合一”的规划编制审批体系、实施监督体系、法规政策体系和技术标准体系；基本完成市县以上各级国土空间总体规划编制，初步形成全国国土空间开发保护“一张图”。到 2025 年，健全国土空间规划法规政策和技术标准体系；全面实施国土空间监测预警和绩效考核机制；形成以国土空间规划为基础，以统一用途管制为手段的国土空间开发保护制度。到 2035 年，全面提升国土空间治理体系和治理能力现代化水平，基本形成生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀，安全和谐、富有竞争力和可持续发展的国土空间格局。

11.1.2 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》

2023 年 12 月广东省人民政府发布《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（粤府〔2023〕105 号），该规划以“世界窗口、活力广东、诗画岭南、宜居家园”为发展愿景，提出广东将立足资源环境禀赋和社会经济发展水平，以“三区三线”和主体功能区战略格局为基础，构建“一核两极多支点、一链两屏多廊道”的网络对流型国土空间开发保护总体格局。

《规划》第三章“以‘三区三线’为基础构建国土空间开发保护总体格局”中指出：按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的优先序统筹划定落实三条控制线，把三条控制线作为调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线。2022 年 10 月 14 日，自然资源部办公厅发布《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号），说明从即日起以“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海组卷报批的依据。

中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》中指出：生态保护红线是指在生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域。……生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

保密内容，已删除。

图 11.1-1 本项目与广东省“三区三线”生态保护红线区划定成果位置关系

《规划》第七章“打造开放活力的海洋空间”中指出：“坚持保护与开发并重，以“六湾区一半岛五岛群”海洋空间格局统筹优化海洋空间布局，提高海洋资源开发能力，推动形成开放活力的海洋空间……”

“重点支持打造海洋油气化工、海洋旅游、海洋清洁能源、船舶与海洋工程装备、海洋生物等五个千亿级以上海洋产业集群，统筹推进现代海洋产业集聚区、沿海产业平台建设……”

“大力拓展深远海空间，以深海油气、矿产等资源为重点，主动参与国际海洋资源调查，支持广州、深圳、珠海、江门、阳江、茂名、湛江等地积极开发利用深海矿产资源，提升南海开发服务保障能力……”

“严格保护岸线，要禁止开展损害海岸地形地貌和生态环境的活动。限制开发岸线要严格控制改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的开发利用活动。优化利用岸线要提高海岸线利用的准入门槛。划定海岸建筑退缩线，加强自然岸线保护，实行多样化岸线占补模式。”

保密内容，已删除。

图 11.1-2 本项目与广东省国土空间规划总体空间格局叠加图

根据广东省“三区三线”生态保护红线区划定成果图（见图 11.1-1）和广东省国土空间总体规划图（见图 11.1-2），本项目位于珠三角核心城市区，位于“三区三线”中生态保护红线区划定成果的范围之外，距离最近的广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区生态保护红线区约 1.5km，距离内伶仃岛-福田国家级自然保护区红线区约 5.0km，与其他红线区的距离均在 10km 以上。

本项目通过新建管道属于海底天然气管道工程。敷设采用定向钻方式施工，管道埋设于海床以下，未占用自然岸线。根据预测结果，海上施工掀起的悬浮物超一（二）类海洋水质标准离排放点最大影响距离为 1.02km，因此管道铺设不会对广东珠江口

中华白海豚国家级自然保护区等周边海域水质产生影响。施工过程中的污染物均得到有效处理处置，运营期除少量牺牲阳极的锌释放外，不产生污染物，不会对周边海域生态环境产生影响。此外，海底管道的建设不新建工业排污口、不围填海、未建设污染环境及破坏资源或者景观的生产设施。

综上所述，本项目符合符合广东省国土空间总体规划的管理要求。

11.1.3 《深圳市国土空间规划（2020-2035 年）（草案）》

为落实“多规合一”改革要求，按照国家统一工作部署，深圳市组织开展了《深圳市国土空间总体规划（2020-2035 年）》的编制工作，目前规划已形成草案，本规划前瞻描绘 2035 年深圳城市发展的空间战略蓝图，为建设中国特色社会主义先行示范区、创建社会主义现代化强国的城市范例、实施综合改革试点提供坚实的空间保障。

根据规划，深圳市统筹划定三条控制线，坚守基本生态控制线，按照国家要求，统筹划定生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界三条控制线，作为调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线。积极响应“一带一路”倡议，实施东西部海域差异化发展策略，形成高质量发展的海洋空间格局。针对西部海域，规划将重点保障港口航运和海洋产业发展空间，依托前海、蛇口、深圳湾、西湾、海洋新城等重点区域，发展海洋战略性新兴产业和高附加值航运服务业。推进国际邮轮港建设，推动海洋文化与旅游、创意产业结合，促进海洋文化繁荣构建西部活力湾区。

根据深圳市国土空间控制线规划图（图 11.1-3）本项目不位于深圳市生态保护红线、永久基本农田内，位于城镇开发边界内。城镇开发边界是可以集中进行城市开发建设、以城市功能为主的区域边界。本项目海底管道全程采用定向钻施工，管道埋设于海床以下，未占用岸线。本项目陆上入土点位于妈湾电厂内，符合城镇开发边界的要求。施工过程中的海上和陆上的污染物均得到有效处理处置，运营期除少量牺牲阳极的锌释放外，不产生污染物，不会对周边海域生态环境产生影响，符合《深圳市国土空间总体规划（2020-2035 年）（草案）》的管理要求。

保密内容，已删除。

图 11.1-3 本项目与深圳市国土空间规划总体空间格局叠加图

11.2 海洋主体功能区规划符合性分析

11.2.1 全国海洋主体功能区规划

国务院在 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”，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：①优化开发区域，是指现有开发利用强度较高，资源环境约束较强，产业结构亟需调整 and 优化的海域。②重点开发区域，是指在沿海经济社会发展中具有重要地位，发展潜力较大，资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域。③限制开发区域，是指以提供海洋水产品为主要功能的海域，包括用于保护海洋渔业资源和海洋生态功能的海域。④禁止开发区域，是指对维护海洋生物多样性，保护典型海洋生态系统具有重要作用的海域，包括海洋自然保护区、领海基点所在岛屿等。该区域的管制原则是，对海洋自然保护区依法实行强制性保护，实施分类管理；对领海基点所在地实施严格保护，任何单位和个人不得破坏或擅自移动领海基点标志。

根据《全国海洋主体功能区规划》，本项目新建管道位于**优化开发区域中的珠江口海域**。优化开发区域的发展方向与开发原则是，优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染整治和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能。

本项目属于海底天然气管道工程，工程建设仅在施工期对周边海洋环境造成短暂的一次性影响，且主要集中在海上入土点附近，在铺设完成后不会对海域功能利用造成影响，在铺设过程中将采取各项污染防治与生态保护措施，定向钻施工不会产生悬浮物，符合优化开发区域的管控要求。

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。

11.2.2 广东省海洋主体功能区规划

根据《广东省海洋主体功能区规划》（粤府函〔2017〕359号），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。优化开发区域，是指现有开发利用强度较高，资源环境约束较强，产业结构亟需调整和优化的海域。重点开发区域，是指在沿海经济社会发展中具有重要地位发展潜力较大，资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域。限制开发区域，是指以提供海洋水产品为主要功能的海域包括用于保护海洋渔业资源和海洋生态功能的海域。禁止开发区域，是指对维护海洋生物多样性，保护典型海洋生态系统具有重要作用的海域，包括海洋自然保护区、领海基点所在岛屿以及位于自然保护区内的无居民海岛。

本项目位于广东省海洋主体功能区规划的优化开发区域，具体位置关系见图11.2-1。该区域开发总体格局为“构建以广州、深圳、珠海为核心的珠江三角洲海洋经济优化开发区，以惠州、东莞、中山、江门等节点城市补充的珠江三角洲一体化海洋空间开发格局，与港澳共同推进海洋开发与保护。粤东西两翼构建以湛江港和汕头港为中心的海洋优化开发区，加强与珠三角海洋优化发展区域的联系，推进湛江湾与北部湾经济区的对接，促进汕头港与海峡西岸经济区的协作。”本项目位于优化开发区域，该区域要求：加强海洋生态环境保护。加强珠江口生态环境保护和整治工作，加强流域和区域协调，减少入海污染物排放，提高入海河口海水水质。

保密内容，已删除。

图 11.2-1 本项目在广东省海洋主体功能区规划中的位置

根据表 11.2-1 比对与项目输气管道建设相关的优化开发区域具体布局，可见工程建设有助于优化深圳市港口资源，对海洋生态环境和无居民海岛基本没有影响，总体符合广东省海洋主体功能区规划要求。

表 11.2-1 广东省海洋主体功能区规划符合性分析比对表

开发布局	具体要求	项目符合性分析	是否符合
整合优化港口资源	以广州港、深圳港为龙头，优化全省港口资源配置，加快区域内港口整合，打造布局合理、分工明确、功能完善、运作高效的世界级港口群。依托主要港口和临海工业基地，围绕建设现代化的临港物流产业体系，建设港口物流园区。培育和发展港口物流、服务外包、中介	本项目从现有崖城 13-1 气田至香港海底输气管道水下开孔，新建一条长约 7km 的海底输气管道登陆至深圳妈湾电厂，项目建设有利于推动临港物流产业体系的发展	是

	服务、信息服务和金融保险等服务业，更具影响力的国际物流中心。		
加强围填海管控和岸线利用管治	优化岸线利用格局，提高岸线开发的投资强度和利用效率，加快海岸线整治修复工程和项目实施。	项目不进行围填海，不占用岸线，对自然岸线利用无影响。	是
加强海洋生态环境保护	加强中华白海豚等珍稀濒危物种和重要渔业资源的保护工作。加强流域和区域协调，减少入海污染物排放，提高入海河口海水水质。	本项目海底管道采用定向钻穿越施工，制定了严格的污染控制和生态保护措施，施工期污染物均得到有效处理处置，运营期不产生污染物，对所在海域海洋环境影响较小。	是
加强无居民海岛保护和开发	无居民海岛原则上应限制开发利用，国家战略确定的可开发利用无居民海岛可适度开发利用。	项目不占用无居民海岛，施工期无污染物扩散至海岛周边海域，运营期正常工况下无污染物排放至海域，对海岛开发利用无影响。	是

11.3 “三线一单”符合性分析

11.3.1 《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71号，广东省人民政府，2020年12月），方案从区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控等方面明确准入要求，建立“1+3+N”三级生态环境准入清单体系。“1”为全省总体管控要求，“3”为“一核一带一区”区域管控要求，“N”为1912个陆域环境管控单元和471个海域环境管控单元的管控要求。

广东省环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类。优先保护单元以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线，确保生态功能不降低。重点管控单元。以推动产业转型升级、强化污染减排、提升资源利用效率为重点，加快解决资源环境负荷大、局部区域生态环境质量差、生态环境风险高等问题。一般管控单元执行区域生态环境保护的基本要求。根据资源环境承载能力，引导产业科学布局，合理控制开发强度，维护生态环境功能稳定。

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目海底管道穿越了**大铲湾-蛇口湾港口航运区和伶仃洋保留区-劣四类海域**。上述各管控分区与本项目相对位置见图11.3-1，准入要求及符合性分析见表11.3-1。

保密内容，已删除。

图 11.3-1 本项目与广东省“三线一单”生态环境分区管控方案位置关系

本项目海底管道全程采用定向钻施工，定向管道保护层顶部位于 1985 国家高程基准以下 100m，不违背所在海域区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控、环境风险防控的“三线一单”生态环境分区管控要求。但仍建议施工期间采取一定的保护措施，对施工期可能造成的底栖生物和渔业资源损失，给予必要的补偿。

综上所述，本项目和广东省“三线一单”生态环境分区管控方案相兼容。

表 11.3-1 本项目与广东省“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

名称	管控维度	管理要求	符合性分析	是否符合
大铲湾-蛇口湾港口航运区	区域布局管控	1.严格控制新增围填海项目。 2.禁止在沿海陆域内新建不具备有效治理措施的化学制浆造纸、化工、印染、制革、电镀、酿造、炼油、岸边冲滩拆船以及其他严重污染海洋环境的工业生产项目。	本项目为海底管道建设，海底管道施工全程采用定向钻，施工完成后海底管道埋设于海床以下一定深度。不涉及围填海活动，不涉及严重污染海洋环境的工业生产项目	是
	能源资源利用	1.禁止非法占用、破坏海岸线和沙滩资源	本项目为海底管道工程，海底管道施工全程采用定向钻，不会占用和破坏海岸线和沙滩资源；	是
	污染物排放管控	1.排放陆源污染物的单位，必须向生态环境主管部门申报拥有的陆源污染物排放设施、处理设施和正常作业条件下排放陆源污染物的种类、数量和浓度，并提供防治海洋环境污染方面的有关技术和资料。 2.定期清理近海海域垃圾和大铲湾、妈湾、赤湾可能产生的溢油，对孖洲、大铲岛码头作业区域及周边海域的环境进行监测。 3.开展港口、航道污染防控，减少港口、航道污染物入海。	本项目施工期对项目所在海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等的影响范围和影响时间会随施工结束而消失，不改变原有水动力环境。施工期间，施工船舶排放的污水能达到排海的标准，落实各项环境和生态环境保护措施，加强施工期和营运期动态监测。	是
	环境风险防控	1.对前湾电厂、妈湾电厂和妈湾油气储藏区等危险品设施及用地周边海域水环境生态进行严格的动态监测和管理，制定仓储事故应急预案，提高风险预警反应能力。	本项目落实各项环境和生态环境保护措施，加强施工期和营运期动态监测。	是
伶仃洋保留区-劣四类海域	区域布局管控	1.严格控制新增围填海项目。 2.海砂开采前需进行严格生态评估，采取相应的环保措施；坚决打击违法采砂。	本项目为海底管道建设，海底管道施工全程采用定向钻，施工完成后海底管道埋设于海床以下一定深度。不涉及围填海等开发活动。	是
	能源资源利用	1.设立禁渔区、禁渔期和增殖放流等措施，保护海洋渔业资源。	本项目拟制定生态修复计划，开展增殖放流等生态修复措施，做到坚持污染防治和生态修复并举。	是
	污染物排放管控	1.重点针对航道、锚地等区域开展海漂垃圾收集及溢油防控行动。 2.海水水质要求：维持现状。 3.对内伶仃岛开展专项管护工程，对内伶仃岛 500 米海域内实施严格的生态环境监管，清理清退周边海上养殖。	本项目施工期对项目所在海域的海洋生态环境、海水水质、沉积物等的影响范围和影响时间会随施工结束而消失，不改变原有水动力环境。施工期间，施工船排放的污水能达到排海的标准，落实各项环境和生态环境保护措施，加强施工期和营运期动态监测。	是
	环境风险防控	1.船舶必须配置相应的防污设备和器材。载运具有污染危害性货物的船舶，其结构与设备应当能够防止或者减轻所载货物对海洋环境的污染。	本项目施工船舶配备生活污水处理装置，排放的污水能达到排海的标准，对海洋环境的影响较小。	是

11.3.2 《深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案》

根据《深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案》（2021年8月），环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类。根据图 11.3-2，本项目海底管道穿越了重点管控单元中的水环境工业污染重点管控区。其管控要求为“严格控制高耗水、高污染行业发展，新建、改建、扩建涉水建设项目实行主要污染物和特征污染物排放减量置换，单元内企业应采取有效措施，严格控制工业废水直排入河。”

本项目海底管道全程采用定向钻施工，管道埋设于海床以下，未占用自然岸线。施工过程中的污染物均得到有效处理处置，运营期除少量牺牲阳极的锌释放外，不产生污染物，不会对周边海域生态环境产生影响，符合深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案的管理要求。

保密内容，已删除。

图 11.3-2 本项目与深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案位置关系

11.4 产业政策符合性分析

11.4.1 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》

本项目为海底天然气输送管道，符合国家《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“七、石油天然气 2.油气管网建设：原油、天然气、液化天然气、成品油的储存和管道输送设施、网络和液化天然气加注设施建设、技术装备开发与应用”，属于鼓励类项目。

11.4.2 《广东省重点开发区产业发展指导目录（2014 年本）》

本项目属于《广东省主体功能区产业发展指导目录（2014 年本）》（广东省发展改革委和广东省经济和信息化委，2014 年 4 月）第一类“鼓励类”第七项“石油、天然气”第 3 条“原油、天然气、液化天然气、输气的储运和管道输送设施及网络建设”，符合广东省产业政策。

11.4.3 《深圳市产业结构调整优化和产业导向目录（2016 年修订）》

本项目不属于《深圳市产业结构调整优化和产业导向目录（2016 年修订）》的限制发展类及禁止发展类项目，符合深圳市产业政策。

11.5 环境保护规划及其他规划符合性分析

11.5.1 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要和2035年远景目标纲要》

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，建设现代化基础设施体系章节中指出在十四五期间，推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力。有序放开油气勘探开发市场准入，加快深海、深层和非常规油气资源利用，推动油气增储上产。加快建设天然气主干管道，完善油气互联互通网络。在实施能源资源安全战略中要求，坚持立足国内、补齐短板、多元保障、强化储备，完善产供储销体系，增强能源持续稳定供应和风险管控能力，实现煤炭供应安全兜底、油气核心需求依靠自保、电力供应稳定可靠。夯实国内产量基础，保持原油和天然气稳产增产，做好煤制油气战略基地规划布局和管控。扩大油气储备规模，健全政府储备和企业社会责任储备有机结合、互为补充的油气储备体系。本项目属于海底天然气管道工程，有助于完善油气互联互通网络，符合规划要求。

11.5.2 《“十四五”现代能源体系规划》

《“十四五”现代能源体系规划》提出，“十四五”时期，增强油气供应能力。加大国内油气勘探开发，坚持常非并举、海陆并重，强化重点盆地和海域油气基础地质调查和勘探，夯实资源接续基础。加快推进储量动用，抓好已开发油田“控递减”和“提高采收率”，推动老油气田稳产，加大新区产能建设力度，保障持续稳产增产。积极扩大非常规资源勘探开发，加快页岩油、页岩气、煤层气开发力度。由此可见，本项目的建设属于国家《“十四五”现代能源体系规划》的重点任务。

11.5.3 《深圳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

根据《深圳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，深圳市将推进大气环境质量达到国际先进水平，严格控制挥发性有机物（VOCs）污染排放，全面开展天然气锅炉低氮燃烧改造。加强城市生命线系统建设，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系。推进天然气调峰电源电站建设，开展煤电清洁高效发展示范，因地制宜发展分布式能源网络，拓展外来送电通道。推动资源节约

集约利用，积极主动应对气候变化。构建低碳能源体系，推动清洁能源成为能源增量主体。推动低碳试点示范深化创新，建立产品碳足迹评价标准体系，加快国际低碳城市建设，探索实施零碳、近零碳示范工程。

《纲要》还指出，推进妈湾电厂煤电清洁化替代。到 2025 年，臭氧日最大 8 小时平均第 90 百分位数控制在 160 微克/立方米以下，环境空气质量优良天数比例保持国内超大城市领先水平。南海天然气登陆深圳项目旨在通过新建管道将天然气供给至妈湾电厂以满足“构建低碳能源体系”的要求，实现《纲要》指出的“推进妈湾电厂煤电清洁化替代”的目标。

本项目通过新建管道将天然气供给至妈湾电厂以满足“构建低碳能源体系”的要求，实现《纲要》指出的“推进妈湾电厂煤电清洁化替代”的目标，符合《深圳市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的相关要求。

11.5.4 《“十四五”海洋生态环境保护规划》

（1）相关要求

根据《“十四五”海洋生态环境保护规划》，第五节“基本原则”提到：坚持生态优先、绿色引领。深入践行绿水青山就是金山银山理念，以生态优先、绿色发展为引领，推动沿海地区产业结构优化调整，促进生态、生产、生活空间合理布局 and 绿色高质量发展。

《规划》提出，加强海上污染分类整治：实施船舶污染防治。《规划》要求，要保护海洋生态系统和生物多样性：严守海洋生态保护红线；加大“三场一通道”（产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道）以及长江口等特殊区域的保护力度；积极开展水生生物增殖放流活动。

《规划》第十六节“防范海洋突发环境事件风险”提出，防范海上溢油风险。沿海地方加强沿岸原油码头、危化品运输、重点航线等环境风险隐患排查，强化事前预防和源头监管，严防海上交通事故、安全生产事故等引发的次生溢油事件。强化涉海环境风险源头防范。督促沿海地方和相关企业加强沿海石化聚集区、危化品生产存储、海洋石油平台等涉海环境风险重点区域的调查评估，优化调整和合理布局应急力量及物资储备。

（2）符合性分析

本项目海底管道采用定向钻施工方式，可以减少海底管道铺设过程中对水体的

扰动并降低悬浮物产生量，施工期间产生的船舶生活污水和含油污水经船舶上配备的处理装置处理达标后排海，生活垃圾（除食品废弃物外）和生产垃圾等运回陆地处理；运营期除少量牺牲阳极的锌释放外，不产生污染物，不会对周围海洋环境造成影响。工程施工期和运营期产生的污染物均得到合理处置，做到从源头上预防海洋生态破坏和环境污染。同时，针对施工期带来的生物资源和生态服务功能损失进行了分析，并核算了补偿金额。本项目拟制定生态修复计划，开展增殖放流等生态修复措施，做到坚持污染防治和生态修复并举。

因此，项目与《“十四五”海洋生态环境保护规划》相符合。

11.5.5 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》

（1）相关要求

根据《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2022〕7号，以下简称“规划”），第二章第一节“指导思想”提到：“以海洋生态环境质量持续改善为核心，聚焦建设美丽海湾主线，坚持精准治污、科学治污、依法治污，坚持保护与修复并举，坚持系统治理、陆海统筹，持续改善海域环境质量，逐步提升海洋生态系统稳定性。

《规划》第三章第一节“建立完善海洋生态环境分区管控体系”提到：划定海洋生态空间和海洋开发利用空间，严守海洋生态保护红线。加大海岸带、海湾、海岛等海洋生态空间的保护力度，实行分类保护。统筹布局和优化提升海洋生产、生活、生态空间，提高人工岸线利用效率，严格限制建设项目占用自然岸线。严格落实国家围填海管控政策，除国家重大项目外，全面禁止围填海。

《规划》第四章第二节“强化海上污染协同治理”提到：深化船舶水污染物治理。严格落实《广东省深化治理港口船舶水污染物工作方案》，完善船舶水污染物收集处理设施，提高港口接收转运能力，补足市政污水管网与码头连接线。完善船舶水污染物联合监管制度，建设广东省船舶水污染物监管平台，全过程监督污染物的产生、接收、转运和处置。严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》。推进海洋垃圾治理。加强入海河流、沿海城镇、水产养殖区、港口、滨海旅游区等重点区域的海洋垃圾防控、收集和处置，加强与市政垃圾处置体系的有效衔接，加大对重点河口海湾的巡查监测和监管力度。

《规划》第七章第一节“加强海洋环境风险源头防控”提到：强化涉海风险源头

防范。督促沿海地级以上市加强沿海石化、原油、危化品、油气管线、陆域终端等涉海环境风险源的调查、识别与评估，明确高环境风险地区，绘制环境风险地图。开展重点区域环境风险源专项检查，压实企业环境风险防控主体责任。防范海上溢油风险，建立健全海上溢油风险监控监测体系，提升风险识别和预报预警能力。2023年底前，沿海各市完成海洋环境风险源排查，形成涉海环境风险源清单，制定风险管控措施。

《规划》第七章第二节“建立健全海洋环境应急响应体系”提到：建立健全海洋突发事件应急响应体系，优化调整、合理布局应急力量和物资储备，统一调配企业应急力量及队伍。以揭阳大南海石化工业区、惠州大亚湾石化区、茂名石化工业区、湛江东海岛石化产业园为重点，加强应急能力建设，优化周边区域海洋环境应急能力布局，形成覆盖重点海域的应急监测和快速响应能力。建立完善政府主导、企业参与、多方联动的应急协调机制，强化应急信息共享、资源共建共用。

本项目不占用自然岸线，不涉及围填海，不在生态保护红线范围内，施工期间产生的船舶生活污水和含油污水经船舶上配备的处理装置处理达标后排海，生活垃圾（除食品废弃物外）和生产垃圾等运回陆地处理；本项目海底管道段运营期仅产生少量锌污染物，工程施工期和运营期产生的污染物均得到合理处置，做到从源头上预防海洋生态破坏和环境污染。同时，针对施工期带来的海洋生物资源损失进行了分析，并核算了补偿金额。本项目拟制定生态修复计划，开展增殖放流等生态修复措施，做到坚持污染防治和生态修复并举。

在本项目正式投产作业前，建设单位应将本工程纳入已制定的《中海石油（中国）有限公司海南分公司溢油应急计划》（2023年版），定期对应急预案进行演练，保证事故时应急预案顺利启动，将事故影响降低到最低限度。

因此，本项目与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》相符合。

11.5.6 《深圳市生态环境保护“十四五”规划》

根据《深圳市生态环境保护“十四五”规划》（深府〔2021〕71号），第七章第一节“坚持陆海统筹系统治理”中提到：实施入海污染总量控制。实施“西削东控”的主要入海污染物总量控制制度，持续削减珠江口、深圳湾入海污染物排放总量，东部海域入海污染物实施总量控制。加强海上污染防控。修订船舶污染物接收、转运及处置设施建设方案，全面提升船舶污染物码头接收能力。开展常态化陆海联合

执法检查，重点打击船舶违法排污、第三方违规接收处置水污染物以及非法倾倒固体废物的行为。

《规划》第七章第二节“加强海洋生态保护修复”提到：严格海洋生态空间保护。实施陆海一体的国土空间用途管制和生态环境分区管控体系，严格落实海洋“两空间内部一红线”制度。实施最严格的围填海管控，除国家重大战略项目外，禁止新增围填海项目。合理规划利用岸线资源，严格落实自然岸线保有率管控目标，以分类分段功能管控为抓手推进岸线精细化管理。

本项目为海底管道建设，施工全程采用定向钻，施工期会占用底栖生物的生境并掩埋底栖生物，管道铺设完成后，管道处于海底以下，施工海域水质将逐渐恢复，地形相对管道铺设前不会有重大改变，底栖生物群落慢慢恢复到从前的生物水平；项目建设由于悬浮泥沙的产生会对海水水质及海洋沉积物造成一定影响，但该影响是暂时的，随着施工期的结束而逐渐消失。项目建设不占用生态保护红线及自然保护区；不占用自然岸线，不涉及围填海；本项目海底管道段运营期仅产生少量锌污染物，施工期和运营期污染物处理和处置措施均满足深圳市现行环保要求，严格执行污染物排放标准和地方管控要求。因此，本项目符合《深圳市生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

11.5.7 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》

《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（以下简称“《规划》”）于2017年12月由广东省人民政府和国家海洋局联合印发实施。该《规划》是广东省海岸带综合保护和利用的总体性、基础性、约束性规划，也是全国首个省级海岸带综合保护与利用总体规划。《规划》的出台不仅对广东省建设海洋经济强省、打造沿海经济带、拓展蓝色经济空间具有重大意义，也为全国开展海岸带保护与利用规划编制探索了路径、积累了经验。

《规划》中提出：严格保护岸线针对自然形态保持完好、生态功能与资源价值显著的自然岸线以及军事设施利用的海岸线划定，主要包括优质沙滩、典型地质地貌景观、重要滨海湿地、红树林、珊瑚礁等所在岸段……以生态系统为基础，以经济社会发展需求为导向，统筹考虑海岸线功能，划定陆海“三区三线”，严格空间界限管理，控制开发强度，优化海岸带基础空间格局；推动形成生态生活生产融合的空间总体架构；促进陆域和海域空间的有机衔接，优化形成陆海协调一致的海岸带

空间格局。

本项目不涉及大陆保有自然岸线，不在广东省生态保护红线区范围内，项目施工不会改变海岛岸线性质及生态功能，施工过程中的污染物均得到有效处理处置，运营期除少量牺牲阳极的锌释放外，不产生污染物，不会对周围海洋环境造成影响。符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的相关要求。

11.5.8 《深圳市海岸带综合保护与利用规划》

为加强深圳市海岸带地区的综合管理，2018年9月深圳市规划和自然资源局制定了《深圳市海岸带综合保护与利用规划（2018—2035）》，该规划建构了“一带、三区、多单元”海岸带空间结构。根据深圳市海岸带分区图（见图 11.5-1），本项目位于西部创新活力湾区的蛇口段。

规划中指出“海洋建设工程应坚持陆海统筹，符合海洋功能区划、城市总体规划、海岸带地区详细规划以及海域、海岛、海岸线等相关管理文件。用海项目应编制详细规划方案，作为用海项目审批的前提和依据。工程选址及详细规划应在保证生态安全的前提下，充分考虑潮汐、波浪、防灾减灾等海洋因素，分析工程选址与周边用海用地的关系，包括功能协调、交通衔接、市政配套、空间景观协调性，科学确定位置、宗海范围、用海方式、功能布局、建设总量、配套设施、环境保护措施等。工程建设期间需采取有效措施避免污染物向四周大范围扩散；实施海洋生态修复及补偿机制。鼓励海洋工程建设研究探索新型用海，创新海洋资源利用方式”。

本项目符合海洋功能区划要求，管道路由选址综合考虑周边海洋环境因素，工程施工使用定向钻穿越技术，未对岸线进行破坏。符合《深圳市海岸带综合保护与利用规划》的相关要求。

保密内容，已删除。

图 11.5-1 本项目与深圳市海岸带湾区单元划分图叠加图

11.5.9 《广东省沿海经济带综合发展规划》

广东省人民政府粤府〔2017〕119号印发《广东省沿海经济带综合发展规划2017-2030年》，规划指出，统筹“六湾区一半岛”发展。以环珠江口湾区、环大亚湾湾区、大广海湾区、大汕头湾区、大红海湾区、大海陵湾区和雷州半岛为保护开发单元，串联广东沿海，优化海洋空间分区规划，明确湾区发展指引，以湾区统筹滨海区域发展，推进跨行政区海洋资源整合，构建各具特色、功能互补、优势集聚、人海和谐

的滨海发展布局。

本项目位于环珠江口湾区，项目建设有利于推动前海新区发展，符合《广东省沿海经济带综合发展规划》的相关要求。

11.5.10 《深圳港总体布局规划》

根据《深圳港总体布局规划》，深圳港将形成“两翼、六区、三主”的总体格局。“两翼”指东、西部两大港口群，“六区”指东部的盐田、大鹏港区和西部的南山、大铲湾、大小铲岛和宝安港区，“三主”指以集装箱运输为重点、体现深圳港核心竞争力的盐田、南山和大铲湾三大主体港区。项目所在的蛇口大铲湾港区是大型专业化集装箱港区，相应发展现代物流。

《深圳港总体布局规划》中提出“近期规划将公用段航道扩建为 15 万吨集装箱船双向航道，航道宽度 421m，设计底标高为-17.5m。公用段航道远期具体规划方案应在统筹考虑珠江口各港通航需求和原崖 13-1 海底管线改造可行性的基础上，进一步深入研究和协调后最终确定。”本项目管道穿越航道段埋深高程***m（海床下约***m），且采用单定向钻双向对穿方案穿越航道，因此拟建工程对码头、航道布置及航标配布、锚地布置不产生影响。由于管道埋设较深，管道运营期基本不会对自然环境、交通环境、港口设施等造成影响。

本项目建成后可进一步发挥对深圳市的服务能力，同时路由方案充分考虑了周边港口航道等现状，采用定向钻方式施工，对港口航道影响较小，符合《深圳港总体布局规划》的相关要求。

11.5.11 《广东省湿地保护条例》

本项目附近有 2 处国家重要湿地，分别为广东省中华白海豚国家重要湿地以及广东省深圳市福田区福田红树林国家重要湿地。《广东省湿地保护条例》中指出：建设项目应当不占用或者少占用湿地……对生态功能重要区域、海洋灾害风险等级较高地区、濒危物种保护区域或者造林条件较好地区的红树林湿地，以及纳入国家和省批准建立的自然保护地的红树林湿地，应当优先开展修复，逐步扩大到其他适宜恢复区域。

本项目不占用周边湿地范围，项目施工不会改变周边湿地性质及生态功能，施工过程中的污染物均得到有效处理处置，运营期除少量牺牲阳极的锌释放外，不产生污染物，不会对周围海洋环境造成影响。符合《广东省湿地保护条例》的相关要

求。

12 环境管理及监测计划

12.1 环境管理

环境管理是保护环境和控制污染的重要措施之一。建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司（以下简称“海南分公司”）负责本项目后续的工程建设、生产运行以及生产期间的环境管理工作。建设单位非常重视环境保护工作，建立了一套系统、完整的环境保护管理机构 and 程序，对本项目的环境保护工作实行全过程、程序化的管理。

12.1.1 环境管理的任务和内容

本项目在建设和生产过程中将产生一定量的污染物，主要包括铺设海管预挖沟及打桩等产生的悬浮物、作业船舶产生的船舶污染物，将对周边环境造成一定程度的影响。因此，环境管理作为保护环境、控制污染的重要措施之一，其主要任务和内容包括：

- 1、贯彻执行环境保护法规和标准；
- 2、组织制定和修改与本项目有关的环保管理制度并监督执行；
- 3、组织制定环境保护长远规划、年度计划和限期治理的项目；
- 4、领导和组织工程项目各部门的环境监测；
- 5、检查工程项目环保设施的运行状态；
- 6、广泛应用环境保护的先进技术和经验；
- 7、组织开展环保专业技术培训，提高人员素质水平；
- 8、组织开展工程项目的环保科研和学术交流。

12.1.2 环境管理机构

本项目由建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司（以下简称“海南分公司”）下属的陵水-崖城作业公司进行运营管理，负责管道建设及生产运行期间的环境管理工作。公司成立了以总经理为领导的环境保护管理体系，积极履行职能范围内的环保职责，健全环保制度并强化执行，推动环境管理持续改进，见图 12.1-1。

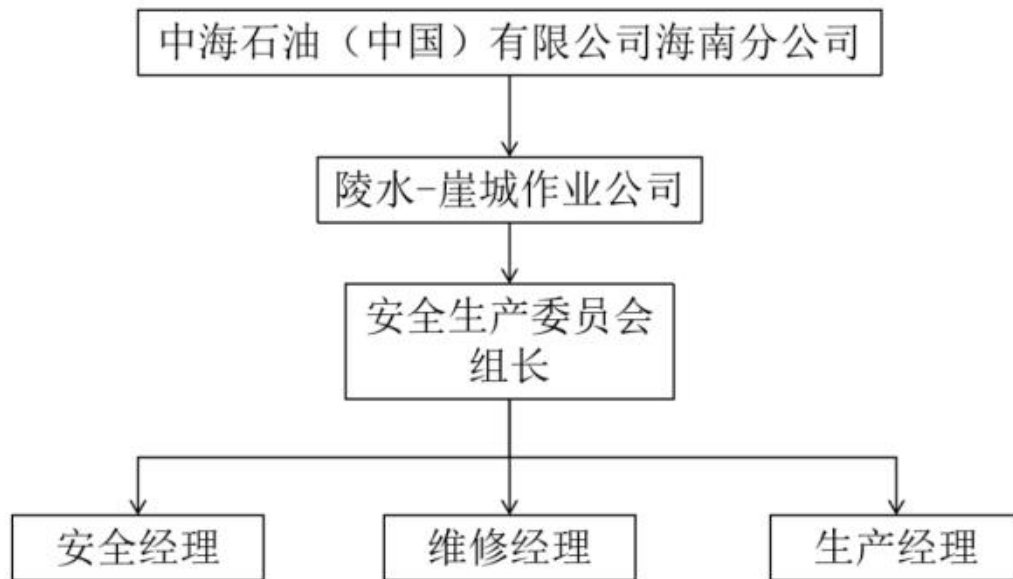


图 12.1-1 环境保护管理机构图

12.1.3 环境保护管理要求

环境保护是我国的一项基本国策。海南分公司在油气生产过程中，应遵守中国环境保护法律、法规、条例和规定，严格执行污染物达标排放。结合输气管道的运行特点，制定相关的管理措施和制度，实施全过程的环境保护管理，减少对海洋环境的污染和影响。本工程将执行以下环境保护管理制度。

12.1.3.1 安全、环保会议制度

定期举行监督参加的安全/环保会议和每日生产例会，分析总结安全、环保制度执行情况；查找安全环保问题和隐患，针对问题提出防治措施；传达并贯彻公司有关指示和安全、环保方面的规定。

12.1.3.2 事故报告制度

海南分公司应急组织机构由应急领导小组、应急指挥中心（执行组、技术组、资金保障组、通讯保障组、后勤保障组、秘书组）、应急值班室组成。

其中，应急领导小组是分公司溢油应急工作中最高决策指挥机构。应急指挥中心为非常设机构，同时也负责海南分公司管辖海域油气勘探开发事故应急的指挥。

12.1.3.3 海底管道运行管理

根据管道运行情况，在必要时委托专业公司对海底管道进行技术监测，以保证管道处在安全运行状态。

12.2 环境监测计划

环境监测是环境管理的前提和基础。环境监测的主要任务是定期监测各工程设施外排污污染物的排放浓度，掌握达标情况，为加强环境保护管理、保证污染处理设备正常运转提供科学依据；分析外排污染物浓度和排放量的变化规律；为制定污染控制措施和环保管理提供依据。

本项目海上作业产生的主要环境影响是建设阶段铺设海底管道预挖沟及打桩/拔桩搅起的海底沉积物。根据预测结果，施工掀起的悬浮物超一（二）类海洋水质标准离排放点最大影响距离为 1.02km，施工结束后，在 1h 内悬浮物恢复到一类水质。运行阶段除少量牺牲阳极的锌释放外，无新增污染物。

根据项目进度计划、施工方案和所在海域环境状况，本项目施工阶段及运营阶段不进行跟踪监测，运营阶段根据实际情况每 3-5 年对海底管道路由进行复勘。

13 环境影响评价结论与建议

13.1 工程概况

本项目位于深圳市南山区南部海域，项目由崖城-香港管道水下开孔，新建一条长约 7km 的海底管道登陆至深圳妈湾电厂，路由所在海区水深变化范围约为 1.7m 至 18.1m。主要建设内容：（1）新建 1 条长 7km 从崖城至香港管道接入点至妈湾电厂的干气输送海底管道；（2）水下接入点新建带压开孔及收发球装置；（3）铺设连接定向钻海上入土点与水下带压开孔点的膨胀弯；（4）施工期建设临时施工围堰及临时施工平台，施工结束后拆除。

13.2 主要污染源和污染物

本项目海上建设阶段的污染物主要为铺管挖沟埋设过程中掀起的海底沉积物，定向钻作业在钻孔、扩孔过程中产生的泥浆和地层岩屑，以及参加作业的船舶和人员产生的生活污水、食品废弃物等生活垃圾，和少量的船舶含油污水、生产垃圾等。经核算，施工共搅起悬浮物 1586m³；定向钻施工将产生泥浆约 7336m³，地层岩屑约 5525m³；作业船舶及人员产生生活污水 24422.2m³，生活垃圾 107t，生产垃圾 40.52t，弃土弃渣 29916.5m³，船舶含油污水 1793.3m³，管道试压和清洗废水 4254m³。

13.3 功能区划及相关规划符合性

本项目为海底天然气输送管道工程，属于国家《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“七、石油天然气 2.油气管网建设”，中鼓励类项目，项目建设符合国家产业政策。

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《深圳市国土空间总体规划（2020-2035 年）（草案）》、《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》及《深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案》的相关要求。

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》中生态保护红线的范围之外，海管登陆段位于城镇开发边界内，施工期及运营期均对其不产生影响，不占用

大陆保有自然岸线及人工岸线，与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

13.4 环境现状分析与评价

13.4.1 水文气象

（1）海流流速在垂向上整体表现出由表层至底层逐渐减小特点，表层流速较大、中层次之、底层最小。

（2）各站各层实测海流表现出较强的往复性流动，涨急时刻流向为偏 N 向，落急时刻流向为偏 S 向。各站流速值分布显示航道附近流速大于近岸区域。从平面分布上来看，各站流速整体表现出表层大于中层大于底层的特点。

（3）整体来看，工程海域属于正规到不正规半日潮流。

13.4.2 海水水质

（1）春季

调查海域各调查站位海水样品中的 13 项评价因子：pH、化学需氧量、溶解氧、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硫化物、石油类的单项标准指数均小于 1，各调查站点上述评价指标均满足站位海水水质标准。

调查海域各调查站点海水样品的无机氮和活性磷酸盐有超标情况，无机氮的单项标准指数变化范围介于 0.84~5.7，均值为 2.19，4 个超标站位未达到目标要求的第一类海水水质标准，2 个超标站位未达到目标要求的第二类海水水质标准，10 个超标站位未达到目标要求的第三类海水水质标准，27 个超标站位未达到目标要求的第四类海水水质标准。最大超标倍数 4.7，超标率 86%。

活性磷酸盐标准指数变化范围介于 0.51~1.73，均值为 0.82。4 个超标站位未达到目标要求的第一类海水水质标准，4 个超标站位未达到目标要求的第三类海水水质标准。最大超标倍数 0.73，超标率 16%。

（2）秋季

调查海域各调查站位海水样品中的 14 项评价因子：pH、化学需氧量、溶解氧、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、活性磷酸盐、硫化物、挥发性酚、石油类的单项标准指数均小于 1，各调查站点上述评价指标均满足站位海水水质标准。

调查海域各调查站点海水样品的无机氮有超标情况，无机氮的单项标准指数变化于 0.76~3.80，均值为 1.61。不满足站位要求为第一类水质标准的站位有 8 个，不

满足站位要求为第二类水质标准的站位有 1 个，不满足站位要求为第三类水质标准的站位有 6 个，不满足站位要求为第四类水质标准的站位有 8 个。最大超标倍数 2.80，超标率 82.14%。

13.4.3 海洋沉积物

本项目秋季调查所有站位均满足功能区沉积物质量目标要求，其中 P1 满足第二类沉积物质量标准，P19、P20、P21、P24、P25 站位满足第一类沉积物质量标准，其余站位满足第三类标准限值，沉积物质量状况良好。

13.4.4 海洋生物生态

13.4.4.1 叶绿素 a 和初级生产力

春季调查海域叶绿素 a 变化范围 (0.57~6.66) mg/m^3 ，均值为 1.78 mg/m^3 。调查海域初级生产力变化范围：(49.61~1639.66) $\text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，平均值为 320.07 $\text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

秋季调查海域叶绿素 a 变化范围 (0.57~3.59) mg/m^3 ，均值为 1.59 mg/m^3 。调查海域初级生产力变化范围：(43.57~407.42) $\text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，平均值为 184.15 $\text{mg} \cdot \text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

13.4.4.2 浮游植物

春季调查海域共出现浮游植物 7 门 56 属 121 种。浮游植物个体数量变化范围介于 (0.41~26.23) $\times 10^5$ 个/ m^3 之间，平均密度为 3.37 $\times 10^5$ 个/ m^3 。调查海域中各站位浮游植物多样性指数变化范围介于 (0.74~2.95) 之间，平均值为 2.42，最大值出现在 MW45，最小值出现在 MW49；均匀度变化范围介于 (0.22~0.90) 之间，平均值为 0.75，最大值出现在 MW31 和 MW30，最小值出现在 MW49；丰富度指数变化范围介于 (1.22~3.05) 之间，平均值为 2.07，最大值出现在 MW18，最小值出现在 MW36 和 MW43。以上指标显示该海区生态环境良好，群落结构较稳定。

秋季调查海域共出现浮游植物 5 门 51 属 108 种。浮游植物个体数量变化范围在 (0.36~7.71) $\times 10^6$ 个/ m^3 之间，平均密度为 1.57 $\times 10^6$ 个/ m^3 。调查海域中各站位浮游植物多样性指数变化范围在 (1.71~3.00) 之间，平均值为 2.52，最大值出现在 P21，最小值出现在 P27；均匀度变化范围在 (0.48~0.85) 之间，平均值为 0.71，最大值出现在 P23，最小值出现在 P27；丰富度指数变化范围在 (1.70~3.55) 之间，平均值为

2.49, 最大值出现在 P3, 最小值出现在 P25。以上指标显示该海区生态环境良好, 群落结构较稳定。

13.4.4.3 浮游动物

春季调查该海域共鉴定出浮游动物 11 大类 68 种。浮游动物的生物量变化介于 $(2.5\sim614.9)$ mg/m^3 之间, 平均 $154.5\text{mg}/\text{m}^3$; 密度变化介于 $(260.71\sim22400.01)$ 个/ m^3 之间, 平均 4484.73 个/ m^3 。调查海域各站位浮游动物的种类多样性指数介于 $(2.04\sim3.25)$ 之间, 平均值为 2.72 ; 均匀度介于 $(0.44\sim0.69)$ 之间, 平均值为 0.6 ; 丰富度指数介于 $(1.34\sim3.36)$ 之间, 平均值为 1.99 。春季调查海区浮游动物物种丰富, 物种分布均匀, 区域多样性丰富度高。

秋季调查该海域共鉴定出浮游动物 8 大类 56 种。调查海域浮游动物的生物量变化在 $(114.68\sim1194.77)$ mg/m^3 之间, 平均 $602.06\text{mg}/\text{m}^3$; 密度变化在 $(8315.09\sim225982.14)$ 个/ m^3 之间, 平均 82889.74 个/ m^3 。调查海域各站位浮游动物的种类多样性指数在 $(1.90\sim3.69)$ 之间, 平均值为 3.03 ; 均匀度在 $(0.52\sim0.89)$ 之间, 平均值为 0.76 ; 丰富度指数在 $(0.69\sim2.47)$ 之间, 平均值为 1.55 。秋季调查多样性综合指数反映调查区域浮游动物物种丰富, 物种分布较均匀, 区域多样性丰富度较高。

13.4.4.4 底栖生物

春季共获底栖生物 10 大类 170 种。底栖生物生物量变化范围介于 $(0.01\sim524.93)$ g/m^2 之间, 平均生物量为 $83.765\text{g}/\text{m}^2$, 栖息密度变化范围介于 $(5\sim13355)$ 个/ m^2 之间, 平均栖息密度为 1063.33 个/ m^2 。底栖生物种类栖息密度多样性指数的变化范围介于 $(0\sim4.82)$ 之间, 平均值为 2.88 ; 均匀度的变化范围介于 $(0.02\sim1)$ 之间, 平均值为 0.72 ; 丰富度的变化范围介于 $(0.32\sim5.78)$ 之间, 平均值为 3.15 。春季调查海区大型底栖生物物种丰富, 多样性和均匀度很高, 区域多样性丰富度很高。

秋季调查海域各站位共获底栖生物 11 大类 143 种。底栖生物生物量变化范围介于 $(0.35\sim612.13)$ g/m^2 之间, 平均生物量为 $43.61\text{g}/\text{m}^2$, 栖息密度变化范围介于 $(55\sim1195)$ 个/ m^2 之间, 平均栖息密度为 375.59 个/ m^2 。秋季海洋生态调查底栖生物种类栖息密度多样性指数的变化范围介于 $(1.76\sim4.87)$ 之间, 平均值为 3.64 ; 均匀度的变化范围介于 $(0.43\sim0.95)$ 之间, 平均值为 0.81 ; 丰富度的变化范围介于 $(1.37\sim6.06)$ 之间, 平均值为 3.89 。多样性指数的变化范围介于 $(0.03\sim3.62)$ 之间,

平均值为 2.48；均匀度的变化范围介于（0.01~0.88）之间，平均值为 0.55；丰富度的变化范围介于（1.37~6.06）之间，平均值为 3.89。秋季调查海区大型底栖生物物种丰富，多样性和均匀度很高，区域多样性丰富度很高。

13.4.4.5 潮间带生物

春季调查的 6 条潮间带共获潮间带生物 3 大类 32 种。潮间带生物平均生物量为 753.63g/m^2 ，范围介于（0.09~4487.44） g/m^2 之间；平均栖息密度为 394.25ind./m^2 ，范围介于（4~2072） ind./m^2 之间。春季海洋生态调查中潮间带生物多样性指数平均值为 0.95，变化范围介于（0~2.29）之间，均匀度指数平均值为 0.79，变化范围介于（0.57~0.95）之间，丰富度指数平均值为 1.1，变化范围介于（0~3.02）之间。春季调查海区潮间带生物物种丰富，多样性和均匀度很高，区域多样性丰富度很高。

秋季调查的 3 条潮间带共获潮间带生物 4 大类 20 种。调查站位潮间带生物平均生物量为 918.43g/m^2 ，范围在（81.16~3738.96） g/m^2 ；平均栖息密度为 136.59ind./m^2 ，范围（32~344） ind./m^2 。调查中潮间带生物多样性指数平均值为 1.20，变化范围在（0.29~1.82），均匀度指数平均值为 0.77，变化范围在（0.41~0.99），丰富度指数平均值为 0.82，变化范围在（0.24~1.46）。秋季调查海区潮间带生物物种丰富，多样性和均匀度很高，区域多样性丰富度很高。

13.4.5 海洋生物质量

春季布设 30 个生物调查站位，共测定生物质量样品 45 个，其中鱼类 28 个，甲壳类 17 个；秋季布设 17 个生物调查站位，共测定生物质量样品 22 个，其中鱼类 15 个，甲壳类 4 个，贝类 3 个。生物质量调查站位生物样品（鱼类、甲壳类）的各项评价因子的单项标准指数值均小于 1。鱼类、甲壳类生物质量（除铬、砷、石油烃外）符合《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》要求，石油烃含量符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的要求，调查海域生物中鱼类、甲壳类各项评价因子均未超标。调查结果表明：本项目调查海域采集的生物样品的生物质量状况较好。

13.4.6 渔业资源现状

春季拖网调查共鉴定渔获物 119 种。春季拖网渔获物重量和尾数密度均值分别为 791.27kg/km^2 和 $52.26 \times 10^3\text{ind./km}^2$ 。其中，鱼类均值为 524.34kg/km^2 和 $30.36 \times$

10^3ind./km^2 ；虾类均值分别为 84.43kg/km^2 和 $10.19 \times 10^3\text{ind./km}^2$ ；蟹类均值为 174.01kg/km^2 和 $11.37 \times 10^3\text{ind./km}^2$ ；头足类均值为 8.49kg/km^2 和 $0.34 \times 10^3\text{ind./km}^2$ 。调查海域共鉴定出鱼卵 18 个种类，鉴定出仔稚鱼 15 个种类。调查海域垂直拖网调查共采到鱼卵 738 粒，平均密度为 9.93粒/m^3 ；共采到仔稚鱼 73 尾，平均密度为 1.18尾/m^3 。

秋季调查共鉴定渔获物 86 种。渔获物重量和尾数密度均值分别为 1230.56kg/km^2 和 $107.06 \times 10^3\text{ind./km}^2$ 。秋季调查共鉴定出鱼卵 7 个种类，隶属于 6 科 7 属。鉴定出仔稚鱼 8 个种类，隶属于 5 科 8 属。调查海域垂直拖网调查共采到鱼卵 111 粒，平均密度为 1.73粒/m^3 ；共采到仔稚鱼 11 尾，平均密度为 0.16尾/m^3 。

13.4.7 主要环境敏感目标

本项目海底管道无环境空气、地表水、声、地下水、土壤及陆域生态环境等保护目标。周围主要环境敏感目标为广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区（最近距离约 1.5km）、广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区生态保护红线区（最近距离约 1.5km）、广东省中华白海豚国家重要湿地（最近距离约 1.5km）、内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）（最近距离约 5.0km）、内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）生态保护红线区（最近距离约 5.0km）、幼鱼幼虾保护区内（位于其中）、南海北部幼鱼繁育场保护区（位于其中）、珠江口经济鱼类繁育保护区（最近距离约 1km）。

13.5 环境影响预测分析与评价

13.5.1 工程对海洋环境的影响

13.5.1.1 对海水水质的影响

本项目膨胀弯施工、临时围堰施工以及施工平台和支撑架打桩/桩基切割开挖均会搅起悬浮物。经预测，膨胀弯施工产生悬浮物超一（二）类海洋水质标准离膨胀弯最大影响距离为 1.01km，临时围堰施工超一（二）类海洋水质标准最远距离为 0.86km，支撑架和施工平台打桩/桩基切割开挖超一（二）类海洋水质标准最远距离为 0.76km，水下施工结束后在 1h 内悬浮物恢复到一类水质。

可见，施工期水下施工对海水水质的影响是局部、短期和可恢复性质的。

13.5.1.2 对海底沉积物的影响

本项目膨胀弯水下三通结构和收发球装置使用共计***t 阳极块进行保护，牺牲阳极金属中的锌离子会对海洋沉积物环境微量释放。本项目共铺设***t 阳极块，锌含量按 5.75%考虑，则阳极每年释放到环境中的锌不到***kg，对海洋沉积物环境影响小。

13.5.1.3 对海洋生态的影响

本项目膨胀弯施工、临时围堰施工以及施工平台和支撑架打桩/桩基切割开挖等均引起的悬浮物将增加海水的浑浊度，减少了透光层的厚度，使生物合成量减少，同时使整个水层的浮游植物的生产力水平下降，对浮游植物生长繁殖造成不利，进一步影响了浮游动物的摄食能力和摄食量，从而也影响了浮游动物的生长和繁殖。但这种影响是短时期的，完成作业之后，通过一系列的稀释、吸附、沉淀或扩散等海洋环境的物理过程，从而恢复浮游生物的正常生存环境。

本项目膨胀弯施工、临时围堰施工以及施工平台和支撑架打桩/桩基切割开挖等所破坏的海底面积及在沟两侧所堆积的挖沟泥沙对底栖生物造成一定损害，并对其周围底栖生物的生长造成一定的影响，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掩埋作用。堆积在管沟两侧的沉积物，在海水运动作用下部分将很快回填于管沟，随着施工结束以及时间的推移，海管路由区的底栖生态会逐渐得到恢复。

13.5.1.4 对海洋生物资源损失评估

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），本项目海底管道施工可能造成的海洋生物资源损失约***万元。

13.5.1.5 对渔业资源保护区的影响

项目临时围堰、施工平台和海管开挖的膨胀弯距离珠江口经济鱼类繁育保护区最近 3.75km，因此项目施工不会对珠江口经济鱼类繁育保护区造成水质超标影响。本项目占用幼鱼、幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区，项目施工开挖和打桩/拔桩产生的悬浮物会上述保护区造成影响。

由预测结果可知，水下施工搅起的悬浮物增量最大浓度为 1235.7mg/L，其中水下施工引起的悬浮物超一类海水水质包络面积最大为 0.48km²，施工结束后恢复至一

类水质标准的最大时间为 1h。引起海水悬浮物浓度增大的物质为本身存在于海底的泥沙，不属于外来污染物。加之在停止施工后悬浮物会因重力作用在较短时间内重新沉降于海底。建设单位也会针对此进行海洋生物资源赔偿，因此可以认为海底管道铺设施工对周边渔业资源保护区产生的影响是较短暂的、可恢复的。

13.5.1.6 对广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区影响分析

项目位于广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区东北侧，距离保护区最近 1.5km。根据预测，项目在施工阶段临时围堰和施工平台打桩/拔桩以及膨胀弯开挖所产生的悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的包络范围距离保护区最近 0.69km，未进入保护区，因而对保护区海水水质的不利影响较小。打桩/拔桩带来的水下噪声对附近的海洋生态环境影响相对较大，会对以石首鱼科类产生影响，但考虑到打桩施工带来的水下噪声影响时间较短，对整个保护区影响较小，施工期结束后，噪声即消失。运营期主要是牺牲阳极带来的锌释放，对保护区内的海水水质、沉积物和海洋生物等影响程度有限。由于项目距离保护区有一定距离，项目建设对保护区的水文动力环境、地形地貌与冲淤环境的影响较小。

项目建设会对项目附近的海洋生物及水产资源造成一定程度破坏，导致资源生物量及生物多样性下降，但这些海洋生物资源损失可通过之后增殖放流或生态修复等生态补偿措施予以一定程度的恢复。从整个保护区来看，由于项目距离保护区有一定距离，项目施工期对保护区的海洋生态环境的影响较小，对保护区的重点保护物种、生态系统结构及整体功能的影响较小。运营期锌释放对保护区内海洋生物的影响不明显。但如果发生溢油，最快 1h 可抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区，对保护区造成影响。

总体来说，项目建设对保护区内的海水水质、沉积物、生态环境、重要保护物种、生态系统和保护区各功能区等的影响较小。虽然本项目存在溢油事故等风险，但在采取严格的风险防范措施及应急预案情况下风险是可控的。项目建设和运营期严格执行本报告及海洋环境影响报告提出的污染防治对策措施和环境保护措施的前提下，项目建设对保护区生态环境影响基本可以接受。

13.5.2 工程对陆域环境的影响

13.5.2.1 大气影响评价

一般情况下，施工工地、道路在自然风的作用下产生的扬尘所影响的范围在***m

以内。应在施工期间对车辆行驶的路面实施洒水抑尘措施，减少对大气环境影响。由于施工废气影响是暂时的，随施工期的结束而基本消失，因此可预计这类污染物对大气环境的影响较小。

13.5.2.2 固体废物影响评价

施工过程中产生的固体废物要求尽量回收利用，不能回收的交当地环卫部门处理，不得随意丢弃。因此固体废物得到妥当处理后，不会给环境造成较大影响。

13.5.2.3 声影响评价

项目 200m 以内不涉及居民区，并且随着工程的竣工，施工噪声的影响将不再存在。因此施工噪声对环境的不利影响较小。

13.5.2.4 地表水影响评价

施工期陆地生活污水和生产废水废水量较小，经收集后进入妈湾电厂现有污水处理收集设施后处理或外运处置，不直接外排海域。施工期对项目周围地表水环境影响较小。

13.5.2.5 地下水影响评价

施工期，陆地废水污染源生活污水进入妈湾电厂现有污水处理收集设施后处理，排入市政污水管网。少量生产废水与泥浆混合后，施工完毕后与剩余泥浆一同用专用的泥浆罐车拉运到有资质单位处理，均不外排。固体废物均委托有资质单位收集处置，施工期污染物不会污染到施工场地的地下水环境。

运营期管线埋设于地下，管道输送介质天然气，运营期间无废水产生。本工程采用以计算机为核心的监控与数据采集（SCADA）系统，对全线工艺过程进行实时监测和控制，具有管道的泄漏检测与定位、适时执行紧急安全切断指令功能，另外管道防腐设计严格按照相关规定，采用外防腐层和阴极保护联合保护的方案对管道进行保护，因此在正常工况下，发生天然气渗漏污染地下水的可行性小，对地下水环境影响较小。

13.5.2.6 陆域生态及土壤影响评价

本项目陆域土建阶段的土方开挖、回填等可能造成部分水土流失；定向钻施工产生的废弃泥浆若随意丢弃，会对土壤养分、地表植被产生一定的影响。但本项目

施工场地位于现有妈湾电厂厂区内，厂区内地面已基本硬化，施工过程中对其造成的景观和土壤植被破坏影响是局部的。建设单位通过加强现场施工管理，合理安排施工时序的情况下，对生态环境的影响较小。

运营期本项目在已经形成扰动与破坏的基础上采取植被恢复与绿化措施，逐步改善区域生态环境，不会对生态环境造成不利影响。

13.6 环境风险分析与评价

本次环境影响评价识别环境风险类型为船舶碰撞泄漏事故和输气管道泄漏事故。本项目最大可信事故为船舶碰撞泄漏事故。根据本项目工程施工情况，崖城-香港管道带压开孔点区域施工船舶密集，溢油点选取带压开孔点（***）作为溢油预测点，泄漏量约为***m³。

根据溢油预测结果，本项目位于幼鱼、幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场保护区，一旦发生溢油即刻抵达；溢油还可能抵达周围环境敏感区，溢油抵达广东珠江口中华白海豚国家级自然保护区、广东省珠海市中华白海豚国家重要湿地的时间最短，最短时间为1h；抵达珠江口经济鱼类繁育场保护区的时间为1.5h；抵达内伶仃岛-福田国家级自然保护区（内伶仃岛）的时间为1.75h；抵达万山群岛重要渔业资源产卵场的时间为4.5h；抵达其它敏感区最短时间均在5h以上。

一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将会抵达敏感区并造成严重污染，需要项目建设单位对环境风险概率较高的溢油事故予以足够重视。

在设定情景下若发生船舶碰撞溢油事故，临时施工平台上的溢油物资可第一时间响应并立即围控溢油，根据应急响应时间分析，海洋石油256或海洋石油258最快可在6h内有效回收污油，以最大限度地减少对周边敏感目标产生的影响。

在本项目正式投产作业前，建设单位应将本工程纳入已制定的中海石油（中国）有限公司海南分公司溢油应急计划》（2023年版），定期对应急预案进行演练，保证事故时应急预案顺利启动，将事故影响降低到最低限度。

13.7 清洁生产与总量控制

本项目施工过程通过采用先进的铺管方式和铺管工艺、优化施工作业时间、控制污染物的排放以及严格的作业规程等措施来保证本项目的顺利实施，比国内其他

海域工程作业，项目施工具有切合实际，可操作性强，利于资源的有效利用、减小污染影响范围等特点，清洁生产水平相对较高。

本项目实施不涉及总量控制。

13.8 环境保护对策措施的合理性、可行性

13.8.1 海洋环境保护对策措施

13.8.1.1 污染防治对策措施

本次海底管道铺设使用船级社认证船舶，船舶污染物的排放与处理执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）、《73/78 防污公约》和《国内航行海船法定检验技术规则（2020 年）》的相关要求。施工船舶产生的含油污水经处理至含油浓度 $\leq 15\text{mg/L}$ 后排放，生活污水通过设置在船舶上的生活污水处理装置处理达标后排海，除离岸 3 海里以外作业船舶产生的食品废弃物达标排放外，其他生活垃圾和生产垃圾均运回陆地处理。作业船舶均设置垃圾分类回收箱，生活垃圾和生产垃圾将分别回收至相应垃圾箱内，分类装箱运回陆地处理。按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》规定的要求，对其中的危险废物交由有资质的单位进行回收利用或处置。定向钻作业采用的泥浆为环保型泥浆，主要材料为膨润土，本身无毒性。泥浆经泥浆回收系统处理后循环使用，施工完成后剩余泥浆和地层岩屑拉运到有资质单位进行处理。

13.8.1.2 生物资源补偿措施

针对本次生物资源的损失进行经济补偿，生态修复措施计划采用增殖放流，使渔业资源得到尽快恢复和可持续利用。

13.8.1.3 中华白海豚保护措施

（1）施工过程中应采取一定的防范措施尽量避免施工作业噪声白海豚的影响，例如减少打桩次数和首次水下打桩“软启动”等措施驱中华白海豚到达一定距离外的安全海域。

（2）建设单位应加强对水上交通运输的管理，建议进入施工区的所有船只均需经过严格船检，并限速在 10 节以内，将对白海豚的影响范围尽可能缩小。

（3）施工期采用目测法观测施工区域附近是否出现鲸豚类，施工前加强瞭望，

一经发现立即驱赶。一旦发现异常，应与珠江口中华白海豚国家级自然保护区管理处联系。

(4) 施工中如发生事故导致中华白海豚受伤、搁浅的，一经发现，必须立即停止施工作业，立即向广东省海洋渔业局报告，并赶到受伤、搁浅的现场实施救助。

(5) 施工单位应在施工前期充分做好生态环境保护的宣传工作。

13.8.2 陆域环境保护对策措施

13.8.2.1 大气环境

海底管道出土点位于妈湾电厂内，为减小施工扬尘的影响，依据《深圳市扬尘污染防治管理办法》（2008年7月18日深圳市人民政府令第187号发布，2022年3月3日深圳市人民政府令第342号第二次修正）要求，本项目在施工期采取相关措施防止扬尘污染。

13.8.2.2 地表水环境

泥浆池按规范设立，其容积要考虑30%的余量，以防雨水冲刷外溢，泥浆池底采用防渗处理，保证泥浆不渗入地下。严禁向海域排放污水和固体废物等一切污染物。

13.8.2.3 声环境

施工时应尽量采用噪声小的施工机械，同时加强施工作业管理。控制施工机械噪声，选择新型低噪设备，并通过加装消音装置和隔离机器的振动部件来降低噪声。做好施工机械与运输车辆的保养，使其保持良好的运行状态。

13.8.2.4 固体废物处置

施工阶段产生的固体废弃物，如开挖的渣土、废弃的零件、边角料、包装材料等。施工现场设置垃圾箱/袋，及时将产生的生产垃圾分类收集存放，分别投放到指定的垃圾处理场所，渣土外运至指定的渣土消纳场，可回收的进行回收处理，避免施工垃圾和生活垃圾随地丢弃而污染环境。施工机械维修、保养期间产生的废机油，属于危险废物，定期委托有资质的单位处理。

13.8.2.5 地下水环境

海底管道要精心施工，并且选择优质材料避免管道破裂等意外事故发生，避免

事故抢维修过程中的废物、废料对地下水造成污染。

13.8.2.6 生态及土壤环境

(1) 做好水土保持工作，可在陆上场地周边采用简易钢板进行临时拦挡防护，以免堆存的建筑材料、建筑垃圾等经暴雨径流携带入海，污染海域环境。

(2) 合理安排施工工期，原材料堆放场雨天应用防雨布覆盖，周围挖边沟导流。

(3) 施工结束后尽快对妈湾电厂内的入土点施工场地进行绿化，恢复土地利用原有格局。土方外委处置，不得随意丢弃及排放入海。

13.9 建设项目环境可行性结论

南海天然气登陆深圳项目为海底天然气输送管道工程，属于国家《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“七、石油天然气 2.油气管网建设”，中鼓励类项目，项目建设符合国家产业政策。

本项目符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《深圳市国土空间总体规划（2020-2035 年）（草案）》、《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》及《深圳市“三线一单”生态环境分区管控方案》的相关要求。

本项目位于《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》中生态保护红线的范围之外，海管登陆段位于城镇开发边界内，施工期及运营期均对其不产生影响，不占用大陆保有自然岸线及人工岸线，与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》相符合。

本项目较为充分的考虑了工程可能对环境的影响，管道铺设采用 7km 定向钻施工方案，并采取了一系列污染防治及环境保护措施。海上工程产生的影响主要是在施工过程中产生的少量悬浮物，其影响是短期、局部且可恢复的；管道铺设完成后，运行阶段除少量牺牲阳极的锌释放外，正常工况下不会对周边海洋环境造成影响。

工程的建设会对海洋生态和渔业资源产生一定影响和损害，需要采取有效的保护或补偿措施；拟建工程存在一定的船舶碰撞溢油风险，需要采取具有针对性的安全保护措施和切实有效的溢油应急防范对策措施。

评价认为，在建设单位切实落实各项污染防治对策措施、生态保护对策措施，切实落实风险事故应急对策措施和应急预案的前提下，从环境保护角度考虑，项目建设可行。

13.10 公众参与情况

建设单位中海石油（中国）有限公司海南分公司于2022年12月5日在深港在线网站进行了第一次公众参与信息公示，网址为<http://sz.szhk.com/2022/12/06/283144584790836.html>。第一次公众参与信息公示期间，建设单位和评价单位未收到任何公众来信、邮件、传真及电话。

2023年12月，《南海天然气登陆深圳项目环境影响评价报告书》完成初稿编制，建设单位就征求意见稿进行了第二次公众参与信息公示。征求意见稿公示于2023年12月27日起采取网络、报纸和张贴公告的形式同步进行公示。征求意见日期为公告发布之日起10个工作日。第二次信息公示期间，建设单位和评价单位未收到任何公众关于本项目的来信、邮件、传真及电话。

报批前于2024年5月16日在中国自然资源报网站进行了第三次公示，网址为：<https://www.iziran.net/news.html?aid=5319000>。第三次信息公示期间，建设单位和评价单位未收到任何公众关于本项目的来信、邮件、传真及电话。

附录 海洋生物生态种名录

略

附件

略