

广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网 海域使用论证报告表 (公示稿)

中环宇恩(广东)生态科技有限公司

统一社会信用代码: 91440101MA5CKM5Q0K

2026年3月



《项目基本情况表》

项目名称	广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网		
项目地址	广东省湛江市廉江市车板镇龙头沙渔港南侧海域		
项目性质	公益性 ()	经营性 (<input checked="" type="checkbox"/>)	
用海面积	1.2466ha	投资金额	1629.9 万元
用海期限	47 年	预计就业人数	/人
占用岸线	总长度	49.3m	预计拉动区域 经济产值
	自然岸线	0m	/万元
	人工岸线	49.3m	
	其他岸线	0m	
海域使用类型	工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）	新增岸线	/m
用海方式	面 积	具体用途	
透水构筑物	1.2466ha	拦截防控系统	

目录

1 概述	1
1.1 论证工作由来.....	1
1.2 论证依据.....	3
1.2.1 法律法规.....	3
1.2.2 相关规划和区划.....	5
1.2.3 标准规范.....	5
1.2.4 项目技术资料.....	6
1.3 论证工作等级和范围.....	7
1.3.1 论证等级.....	7
1.3.2 论证范围.....	7
1.4 论证重点.....	8
2 项目用海基本情况	9
2.1 用海项目建设内容.....	9
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	10
2.2.1 平面布置.....	10
2.2.2 主要结构和尺度.....	11
2.2.3 项目施工方案.....	15
2.2.4 主要施工工艺.....	15
2.2.5 施工方法.....	20
2.2.6 土石方平衡.....	37
2.2.7 施工进度计划.....	38
2.2.8 施工机械设备.....	39
2.3 项目用海需求.....	40
2.3.1 申请用海面积.....	40
2.3.2 申请用海期限.....	41
2.3.3 占用岸线情况.....	42
2.4 项目用海必要性.....	42
2.4.1 建设必要性.....	42
2.4.2 用海必要性.....	45
3 项目所在海域概况	47
3.1 海洋资源概况.....	47
3.1.1 渔业资源.....	47
3.1.2 港口、航道资源.....	48
3.1.3 岸线资源.....	49
3.1.4 矿场资源.....	49
3.1.5 保护区.....	49
3.1.6 保护性水生生物.....	52
3.1.7 红树林资源.....	55
3.2 海洋生态概况.....	57
3.2.1 气候气象.....	57

3.2.2	水文动力.....	59
3.2.3	区域地质地貌.....	66
3.2.4	海洋生态环境质量现状调查.....	69
3.2.5	疏浚物成分检测.....	77
3.2.6	主要海洋灾害.....	80
3.2.7	“三场一通道”	81
4	资源生态影响分析	82
4.1	生态影响分析.....	82
4.1.1	水文动力环境影响预测与评价.....	82
4.1.2	地形地貌与冲淤环境影响分析.....	88
4.1.3	水质环境影响分析.....	91
4.1.4	海洋沉积物环境影响分析.....	97
4.1.5	对海洋生物的影响分析.....	98
4.2	资源影响分析.....	100
4.2.1	对岸线资源和海洋空间资源的影响分析.....	100
4.2.2	对红树林的影响分析.....	101
4.2.3	对通航环境的影响分析.....	102
4.2.4	项目用海对海洋生物资源的影响.....	102
5	海域开发利用协调分析	106
5.1	海域开发利用现状.....	106
5.1.1	社会经济概况.....	106
5.1.2	海域使用现状.....	108
5.1.3	海域使用权属.....	112
5.2	项目用海对海域开发活动的影响.....	112
5.2.1	对红树林的影响分析.....	112
5.2.2	对渔港码头的影响分析.....	113
5.2.3	对航道的影响分析.....	113
5.2.4	对海水养殖的影响分析.....	114
5.2.5	对人工鱼礁的影响分析.....	115
5.2.6	对广西合浦儒艮国家级自然保护区的影响.....	115
5.3	利益相关者界定.....	116
5.4	相关利益协调分析.....	118
5.5	项目用海对国防安全和国家海洋权益的协调性分析.....	119
5.5.1	对国防安全和军事活动的影响分析.....	119
5.5.2	对国家海洋权益的影响分析.....	120
6	国土空间规划符合性分析	121
6.1	所在海域国土空间规划分区基本情况.....	121
6.2	对周边海域国土空间规划分区的影响分析.....	121
6.2.1	对《广东省国土空间规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析.....	121
6.2.2	对《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析.....	121

6.2.3	对《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析.....	121
6.2.4	对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析.....	122
6.3	项目用海与国土空间规划的符合性分析.....	122
6.3.1	与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的符合性分析.....	122
6.3.2	与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》的符合性分析.....	123
6.3.3	与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》.....	123
6.3.4	与《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的符合性分析.....	123
7	项目用海合理性分析.....	125
7.1	用海选址合理性分析.....	125
7.2	用海平面布置合理性分析.....	125
7.2.1	项目用海平面布置是否有利于生态保护.....	126
7.2.2	项目用海平面布置是否体现节约、集约用海的原则.....	126
7.2.3	项目用海平面布置能否最大程度地减少对水动力和冲淤环境的影响.....	127
7.2.4	项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响.....	127
7.3	用海方式合理性分析.....	128
7.3.1	项目用海方式.....	128
7.3.2	用海方式合理性分析.....	128
7.3.3	项目用海采用立体分层设权的可行性分析.....	129
7.4	占用岸线合理性分析.....	130
7.4.1	项目占用岸线情况.....	130
7.4.2	占用岸线合理性分析.....	130
7.4.3	海岸线占补.....	131
7.5	用海面积合理性分析.....	132
7.5.1	项目用海面积.....	132
7.5.2	用海面积合理性.....	132
7.5.3	项目减少用海面积的可能性分析.....	133
7.5.4	宗海图绘制.....	133
7.6	用海期限合理性分析.....	139
8	生态用海对策措施.....	140
8.1	生态用海对策.....	140
8.1.1	用海设计生态保护对策措施.....	140
8.1.2	施工阶段生态保护对策.....	141
8.1.3	生态跟踪监测.....	147
8.2	生态保护修复措施.....	149
8.2.1	项目用海主要生态问题.....	149
8.2.2	生态保护修复重点和目标.....	149

8.2.3 生态保护措施.....	149
9 结论	151
9.1 项目用海基本情况.....	151
9.2 项目用海必要性结论.....	151
9.3 项目用海资源环境影响分析结论.....	152
9.4 海域开发利用协调分析结论.....	153
9.5 国土空间规划符合性分析结论.....	153
9.6 项目用海合理性分析结论.....	153
9.7 项目用海可行性结论.....	153

1 概述

1.1 论证工作由来

我国是世界上最大的能源生产国和消费国，传统能源生产和消费模式已难以适应当前形势。当前形势。在经济增速换挡、资源环境约束趋紧的新常态下，推动能源革命势在必行、刻不容缓。核电作为唯一可以大规模替代化石能源的清洁低碳能源，是我国能源绿色发展的支柱。在环境压力日趋增大的情况下，稳步建设和发展核电符合广东核电强省的战略思想。《国家能源发展战略行动计划（2014-2020年）》和“十三五”规划更是把“安全高效发展核电”列为优化能源结构的主攻方向。广东省作为能源消费大省，率先提出“核电强省”战略，将核电建设纳入《沿海经济带综合发展规划（2017-2030年）》。

2016年，廉江田螺岭厂址被列入国家“十三五”核电规划二类备选目录；2020年国家同意开展前期工作。国家电力投资集团公司根据国内核电形势的发展和其集团内部对核电建设的战略规划，拟实施广东廉江核电项目，廉江核电项目由国核湛江核电有限公司投资建设，规划建设6台百万千瓦核电机组，总投资1300亿元，一次规划、分期建设。广东廉江核电项目一期工程已通过核准，建设内容包括一座3000吨驳船靠泊码头以满足核电厂的大件设备卸运需要，大件码头长138m，宽35m，采用连片式布置。后方通过356m长、11m宽的栈桥与后方陆域相连。停泊水域位于码头平台前方，宽44m，底标高-5.3m；回旋水域布置于停泊水域前方，回旋圆直径为165m，底标高-5.3m。航道按3000吨级单线航道设计，设计底宽120m，底标高为-4.1m。排水箱涵出口通过开挖排水槽与航道相衔接，取水口位于龙头沙渔港西侧海域。

2021年9月，广东廉江核电项目一期工程用海预审获得自然资源部批复，并于2023年3月取得海域使用权证，用海内容包括码头栈桥、港池、取水管道和取水口、排水管道和排水口，使用期限为50年。

为防止鱼类进入取水口、保障冷源安全，一期工程同步实施海域拦截措施。现有海域拦截设计措施为在取水口外约20m和40m处各设有1道拦鱼网，两道拦鱼网的间隔约为20m，每道拦鱼网总长约300m，拦鱼网采用“浮筒+锚块”的

固定方式。取水口前的拦鱼网采用耐海水塑料浮筒和浮筒纲使网顶部漂浮在水面，浮筒另一端固定在岸边的支墩上，另外一端固定在栈桥柱子上；网底部每隔 2m 用锚固定，使鱼网紧贴海底。取水口东侧为码头引桥，引桥下部结构内外各设 1 道拦鱼网，并于取水口前的拦鱼网连接，形成封闭的拦鱼网。引桥下部结构内外的两道拦鱼网固定在引桥的桥墩上，且桥墩之间每间隔 2m 设一个锚固定鱼网底部。拦鱼网网目暂定为 23×23mm，材料采用耐海水尼龙，总面积约为 7200m²。由于网具规模大，考虑到加工和运输的便利，把拦鱼分成若干段网衣分别编结后再加以缝合。

现有拦截设计如下图所示。

图 1.2.1-1 一期工程海洋工程平面布置图（略）

图 1.2.1-2 一期工程宗海界址图（略）

2023 年 9 月 27 日，国家发改委、生态环境部、国务院国有资产监督管理委员会、国家能源局、国家国防科技工业局等五部委联合印发《国家发展改革委等部门关于加强核电厂取水设施设计改进和运行管理保障核电机组安全稳定运行的通知》（发改能源〔2023〕1315 号），通知中要求各在运、在建、拟建核电厂要按照“一厂一策”开展核电厂安全稳定运行隐患排查与整治专项行动，对取水设计和运行管理进行重新评估，制定近、中、长期的整改措施。

国核湛江核电有限公司积极响应“1315 号文”要求，对取水设计进行优化。目前建设单位已完成取水安全设计技术方案的评估和优化工作，相比于海域使用论证阶段的方案，优化方案有所调整，优化后的取水方案布置图见图 1.2.1-3。

图 1.2.1-3 优化方案平面布置图（略）

广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网（以下简称“本项目”）是在广东廉江核电项目一期工程原拦鱼网方案的基础上进行结构加固与功能优化，由原方案的“浮筒+锚块”优化为“浮筒+锚块+桩基”的形式，即在已批准的用海边界内增设 4 个桩基墩台（T1~T4），以墩台的桩基作为拦鱼网固定支点，以利于在台风等大风浪条件下保持拦鱼网姿态，提升拦鱼网结构稳定性。本项目依托渔港既有栈桥桩基和新建透水墩台，形成“浮筒+锚块+桩基”式拦鱼防线，占地少、不改岸线，是廉江核电清洁高效运行不可或缺的海洋配套措施。

本项目设置两道平面网，其布置形态为直线型，在距离航道底北侧边坡内侧 5 米处转折，转折处设 T1、T2 桩基墩台。平面网北侧与岸堤旁海域 T3、T4 桩基墩台相连，平面网东南侧与大件码头栈桥桩基相连，中间与转折处桩基墩台相连，30mm×30mm 平面网接至栈桥结构段二 54 号桩，6mm×6mm 平面网接至栈桥结构段二 50 号桩。两道平面网呈现由外向内缩的形态，最窄间距为 13.5 米。

两道平面网两端间距设置不小于 28 米，为维护船只预留掉头水域。为增大过流面积且便于收集清理海生物，确保在极端堵塞情况下依然留有过水通道，在后侧平面网上设置 2 拼漂浮式网兜，网兜孔径 6mm×6mm，网兜总长度为 23 米，其中引导段 18 米，尾兜 5 米，网兜顶标高随水位变动，尾兜距离取水口最近距离为 20.4 米。

本项目全部位于已取得海域使用权的广东廉江核电项目一期工程取水口用海范围内，根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）的指示，明确支持“在已设定海域使用权的海域进行立体分层设权”。本项目结构形式为透水构筑物，主要通过浮筒、锚块、桩基固定，不改变海域自然属性，不新增平面用海面积，与广东廉江核电项目一期工程取水口存在立体交越，不存在用海功能的冲突，本项目用海拟进行立体分层设权。

受国核湛江核电有限公司的委托，中环宇恩（广东）生态科技有限公司根据拦鱼网的优化设计方案，结合用海实际情况，针对拦鱼网优化调整后的用海范围开展论证工作，编制了《广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网海域使用论证报告表》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002 年 1 月 1 日起施行；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023 年 10 月 24 日修订；
- (3) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021 年 4 月 29 日修订；
- (4) 《中华人民共和国港口法》，2018 年 12 月 29 日修正；
- (5) 《中华人民共和国航道法》，2016 年 7 月 2 日修正；
- (6) 《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日修订；

(7) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2017年3月1日修订；

(8) 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017年10月7日修订；

(9) 《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）》（自然资发〔2022〕142号），2022年8月16日；

(10) 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1号），2021年1月8日；

(11) 《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》（自然资办函〔2021〕2073号），2021年11月10日；

(12) 《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号），2023年11月13日起施行；

(13) 《海域使用权管理规定》，国海发〔2006〕27号，2007年1月1日起施行；

(14) 《海域使用权登记办法》，国海发〔2006〕28号，2007年1月1日起施行；

(15) 《海域使用论证管理规定》，国海发〔2008〕4号，2008年3月1日起施行；

(16) 《海洋特别保护区管理办法》（国海发〔2010〕21号），2010年8月31日起施行；

(17) 《关于进一步加强核电运行安全管理的指导意见》（发改能源〔2018〕765号），2018年5月22日；

(18) 《国家发展改革委等部门关于加强核电厂取水设施设计改进和运行管理 保障核电机组安全稳定运行的通知》（发改能源〔2023〕1315号）；

(19) 《广东省项目用海政策实施工作指引》，2020年2月28日；

(20) 《广东省海域使用管理条例》，2021年9月29日修订；

(21) 《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》；

(22) 《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤

自然资规字〔2023〕5号），2023年9月18日。

1.2.2 相关规划和区划

- (1) 《广东省能源发展“十四五”规划》，2022年3月17日；
- (2) 《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》，2021年4月6日；
- (3) 《广东省近岸海域环境功能区划》，1999年7月27日；
- (4) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，2025年1月23日；
- (5) 《广东省生态环境厅关于印发广东省海洋生态环境保护“十四五”规划的通知》，粤环〔2022〕7号，2022年4月27日；
- (6) 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》，2023年12月26日；
- (7) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》，2023年5月10日；
- (8) 《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》，2022年12月9日；
- (9) 《廉江市国土空间总体规划（2021-2035年）》，2025年2月27日。

1.2.3 标准规范

- (1) 《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；
- (3) 《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；
- (4) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；
- (5) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (6) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (7) 《港口与航道水文规范》（JTS145-2015）；
- (8) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T17501-2017）；
- (9) 《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T1831-2009）；
- (10) 《海域使用面积测量规范》（HY/T070-2022）；
- (11) 《中国海图图式》（GB12319-2022）；

- (12) 《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007）；
- (13) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (14) 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
- (15) 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
- (16) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）；
- (17) 《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442.1-2020）；
- (18) 《港口及航道护岸工程设计与施工规范》（JTJ300-2000）；
- (19) 《海港总体设计规范》（JTS165-2013）；
- (20) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；
- (21) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）。

1.2.4 项目技术资料

(1) 《广东廉江核电项目一期工程海域使用论证报告书（报批稿）》（中国海洋大学，2021年4月）及其批复；

(2) 《广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程排水箱涵施工用海疏浚工程海域使用论证报告表（报批稿）》（中环宇恩（广东）生态科技有限公司，2024年5月）；

(3) 《中交四航局广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程海洋沉积物检测报告》（广东宇南检测技术有限公司，2023年11月13日）；

(4) 《中交四航局广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程疏浚物检测报告》（国家海洋局深圳海洋环境监测中心站，2023年11月15日）；

(5) 《广东廉江核电项目同步水文更新测验专题夏季全潮水文观测报表集》（自然资源部南海调查中心，2025年6月）；

(6) 《广东廉江核电项目施工期附近海域海洋环境跟踪监测（2024年10月）检测报告》（广东林阳海洋科技有限公司，2025年4月）；

(7) 《廉江取水安全设计优化研究报告》（上海核工程研究设计院股份有限公司，2025年1月）；

(8) 《广东廉江核电项目一期工程取水安全设计优化项目施工图设计阶段岩土工程勘察报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2025

年5月)；

(9) 《广东廉江核电项目一期工程取水口拦截网水工建筑物施工图设计图纸》(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2025年10月)。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证等级

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(自然资发〔2023〕234号), 本项目海域使用类型为工况通信用海(一级类)中的工业用海(二级类), 按《海域使用分类》(HY/T 123-2009), 本项目海域使用类型为工业用海(一级类)的电力工业用海(二级类), 用海方式为构筑物(一级方式)的透水构筑物(二级方式)。

本项目申请用海区域总面积为1.2466公顷。根据《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023)的判定依据(详见下表), 本项目海域使用论证等级判定为三级。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判断依据

一级用海方式	二级用海方式	用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物	透水构筑物	构筑物总长度大于(含)2000m 或用海总面积大于(含)30ha	所有海域	一
		构筑物总长度(400~2000)m 或 用海总面积(10~30)ha	敏感海域	一
			其他海域	二
		构筑物总长度小于(含)400m 或用海总面积小于(含)10ha	所有海域	三

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023), 论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定, 应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定, 一级论证向外扩展15km, 二级论证8km, 三级论证5km。

本项目为三级论证, 确定项目的论证范围外扩5km(图1.3.2-1), 论证范围面积共计65.21km², 范围坐标见下表。

表 1.3.2-1 论证范围点坐标表(CGCS2000坐标)(略)



图 1.3.2-1 论证范围示意图

1.4 论证重点

依据项目用海类型、用海方式和用海规模，结合海域资源环境现状、周边利益相关者等特点，确定本项目海域使用论证工作的论证重点为：

- (1) 项目用海必要性分析；
- (2) 资源生态影响分析；
- (3) 海域开发利用协调分析；
- (4) 国土空间规划符合性分析；
- (5) 项目用海合理性分析；
- (6) 生态用海对策措施。

(5) 建设内容：本项目是在广东廉江核电项目一期工程取水口原拦鱼网方案的基础上进行结构加固与功能优化，由原方案的“浮筒+锚块”优化为“浮筒+锚块+桩基”的形式，通过增设 4 个桩基墩台（T1、T2 为钢管桩，T3、T4 为灌注桩）作为拦鱼网固定支点，提升拦鱼网结构稳定性，保障核电运行安全。施工期需对水下基础和岸侧浅滩进行清淤挖泥，作为锚块安装的基础，锚块底标高与现场原泥面相关，其中靠海侧锚块在原泥面基础上往下挖深 2.1m，靠岸侧锚块则整体开挖至-3.5m 底高程（██████），总疏浚量约为 2 万 m³，产生的疏浚泥将抛卸至主管部门指定倾倒区。本项目靠岸一侧的 2 个桩基采用灌注桩工艺，靠海一侧的 2 个桩基采用钢管桩工艺；施工期搭设临时施工栈桥，用于桩基施工和设备安装，施工完成后拆除。本项目固定拦鱼网的锚块在岸上进行预制，随后运至海上于水下基础开挖范围进行安装，锚块安装后采用抛石的方式回填至原泥面。

(6) 占用岸线：本项目占用人工岸线约 49.3m，项目的建设不会改变岸线属性，属于海岸线占补豁免类别，不需要开展海岸线占补工作。

(7) 申请用海面积：本项目申请用海面积 1.2466 公顷，拟全部进行立体分层设权。

(8) 用海类型和用海方式：按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的工业用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 平面布置

本项目拦截体系由 2 道全断面拦截网组成。拦截网布置避开现有航道及港口出入口，网体走向与海水主流方向呈小角度布置，减少水动力冲击。岸侧利用现有海堤作固定起点，岸上通过后置埋板加锚环的形式，通过锚环进行挂网，与墩台桩基（T3、T4 灌注桩）上的锚环相连，离岸设中间墩台（T1、T2 钢管桩），实现“拦鱼网-锚块-桩基”三点支撑，末端利用既有码头栈桥桩基，减少新增构筑物；网体分两次转向，形成环抱式拦截面。

2.2.1.1 取水口头部西侧和南侧拦截方案

在取水口西侧弧形范围内布置两道漂浮式平面网，外侧平面网孔径为30mm×30mm，内侧平面网孔径为6mm×6mm，按照百年一遇高潮位确定拦截网最大顶标高5.00m，采用漂浮式拦截网，顶部浮筒随水位上下浮动。外侧30mm×30mm平面网距离大件码头回旋水域62m，满足通航要求。两道平面网为直线型，在距离航道底北侧边坡内侧5米处转折，转折处设桩基墩台。平面网北侧与岸堤旁海域桩基墩台相连，岸侧利用现有海堤作固定起点，岸上通过后置埋板加锚环的形式，通过锚环进行挂网，与墩台桩基上的锚环相连，平面网东南端与大件码头栈桥桩基相连，中间与转折处桩基墩台相连，30mm×30mm平面网接至栈桥结构段二54号桩，6mm×6mm平面网接至栈桥结构段二50号桩。两道平面网呈现由外向内缩的形态，最窄间距为13.5米。岸堤和栈桥侧两道平面网两端间距设置不小于28米，为维护船只预留掉头水域。为增大过流面积且便于收集清理海生物，确保在极端堵塞情况下依然留有过水通道，在后侧平面网上设置2拼漂浮式网兜，网兜孔径6mm×6mm，网兜总长度为23米，其中引导段18米，尾兜5米，网兜顶标高随水位变动，尾兜距离取水口最近距离为20.4米。如在堵塞物暴发风险较高的月份，可临时增设网兜。

2.2.1.2 取水口头部东侧拦截方案

利用栈桥桥墩布置1道平面网，孔径为5mm×5mm，拦截网设计顶标高为5.00m。布置范围自岸堤起至大件码头，岸侧起点接栈桥结构段八1号桩，接至栈桥结构段二50号桩，再接至桥结构段二54号。取水口头部东侧的拦截方案位于原有透水构筑物权属范围内，不另外申请用海。

图 2.2.1-1 拦截防控系统总平面布置图（略）

2.2.2 主要结构和尺度

2.2.2.1 第1道拦鱼网

第1道平面拦截网孔径为30mm×30mm，将中小海洋生物进行拦截。按照百年一遇高潮位确定拦截网最大顶标高5.00m，采用漂浮式拦截网，顶部浮筒随水位上下浮动。外侧30mm×30mm平面网距离大件码头回旋水域62m，满足通航要求。平面网为直线型，在距离航道底北侧边坡内侧5米处转折，转折处设桩基墩台，桩基直径拟定1.4m。平面网北侧可与岸堤旁海域桩基墩台相连，岸侧利用

现有海堤作固定起点，岸上采用后置埋板加锚环的形式，通过锚环进行挂网，由网体连接岸堤与靠岸侧墩台的桩基，桩基直径拟定 1.4m，平面网东南端与大件码头栈桥桩基相连，中间与转折桩基墩台相连，30mm×30mm 平面网接至栈桥结构段二 54 号桩。端部网体与大件码头栈桥桩基及岸边锚环固定，其余部位靠新建墩台桩基、水下锚块固定。

平面网拦截层材质为超高分子量聚乙烯，由密目网和支撑网组成，密目网网片为网目尺寸 30mm×30mm 超高分子量聚乙烯有结网，支撑网由可由高分子编织绳组成网格，网格大小及线径可依据需求调整，且所有网绳使用涂料进行防海洋生物附着整理。

平面网四周网纲由高分子编织绳组成，上网纲设置绳环可与水面主缆连接，平面网两侧和底部可设置绳环，绳环可通过绑扎与桩基锚环和岸基锚环连接，或绳环通过卸扣与水下主缆连接我，在转折处增加锚块，提高强度。具体连接方式及细节尺寸依据实际需求确定。网体顶部设计挑高浮筒，间隔 3m 一组，底部设计锚链满足配重需求。

2.2.2.2 第 2 道拦鱼网

第 2 道平面拦截网，孔径为 6mm×6mm 和 5mm×5mm，将小型海洋生物进行拦截。

取水口头部西侧和西南侧平面网孔径 6mm×6mm，取水口头部东侧平面网孔径为 5mm×5mm，按照百年一遇高潮位确定拦截网最大顶标高 5.00m，采用漂浮式拦截网，顶部浮筒随水位上下浮动。取水口头部西侧和南侧平面网北侧与岸堤旁海域桩基墩台相连，端部网体与大件码头栈桥桩基及岸边锚环固定，其余部位靠新建墩台桩基、水下锚块固定。平面网东南端与大件码头栈桥桩基相连，中间与转折处桩基墩台相连，6mm×6mm 平面网接至栈桥结构二 50 号桩。取水口头部东侧平面网布置范围自岸堤起大件码头，岸侧起点接栈桥结构段八 1 号桩，接至栈桥结构段二 50 号桩，再接至栈桥结构段二 54 号桩。两道平面网呈现由外向内缩的形态，最窄间距为 13.5 米。岸堤和栈桥侧两端两道平面网间距设置不小于 28 米，为维护船只预留掉头水域。栈桥侧 5mm×5mm 平面拦截网既可将海洋生物拦截又可起到导引作用。

第 2 道平面网和第 1 道平面网的材质和固定方式一致。

2.2.2.3 网兜拦截网

为增大过流面积且便于收集清理海洋生物，确保在极端堵塞情况下依然留有
过水通道，在后侧平面网上设置 2 拼漂浮式网兜。2 拼网兜分为引导网兜和收集
尾兜，材质为超高分子量聚乙烯，设计网高 11.3m，网顶设计标高 5m，满足百年
一遇高水位要求，网体使用涂料进行后处理，可达到耐磨和防海洋生物附着需求。

设计由 2 个单拼网兜串联组成，引导网兜网片孔径 6mm×6mm，收集尾兜网
片孔径 6mm×6mm，网片结构为高分子有结网，尾兜距离取水口最近距离为 20.4
米。设计单个引导网兜长 18m，宽 7.5m，网口呈梯形向后侧渐变至 1.5m。收集
尾兜长 5m，网口由 1.5m 呈梯形向后侧渐变至 0.5m，保证堵塞物 90% 导入尾兜。

引导网口设计绳环，网口两侧面网纲通过绳环连接竖向主缆，网口上网纲通
过绳环及卸扣连接水面主缆，网口下网纲通过绳环连接及卸扣连接水下主缆。

引导网开口网纲受力较大，手工绑扎加缝一条超高分子量聚乙烯编织绳。为
增加网兜的纵向牵引受力区域以及网兜的结构稳定性，在网兜的四个面增加竖向
加强筋，侧面纲绑扎超高分子量聚乙烯编织绳。

网兜口上方、网兜面上方两条纵向网纲上平均间隔距离至少 1 米增加一个浮
漂，浮漂选用 EVA 发泡浮球，每个漂浮浮力不低于 10kg，耐冲击、耐海浪拍打。

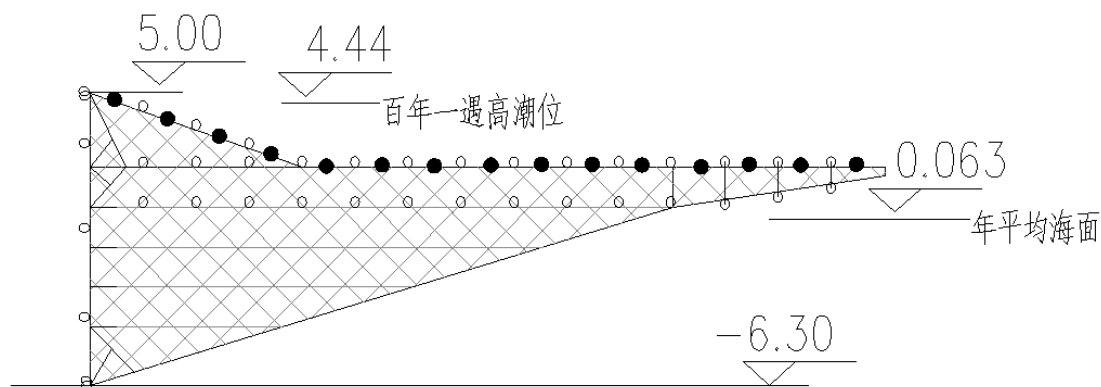


图 2.2.2-1 漂浮式网兜侧视示意图

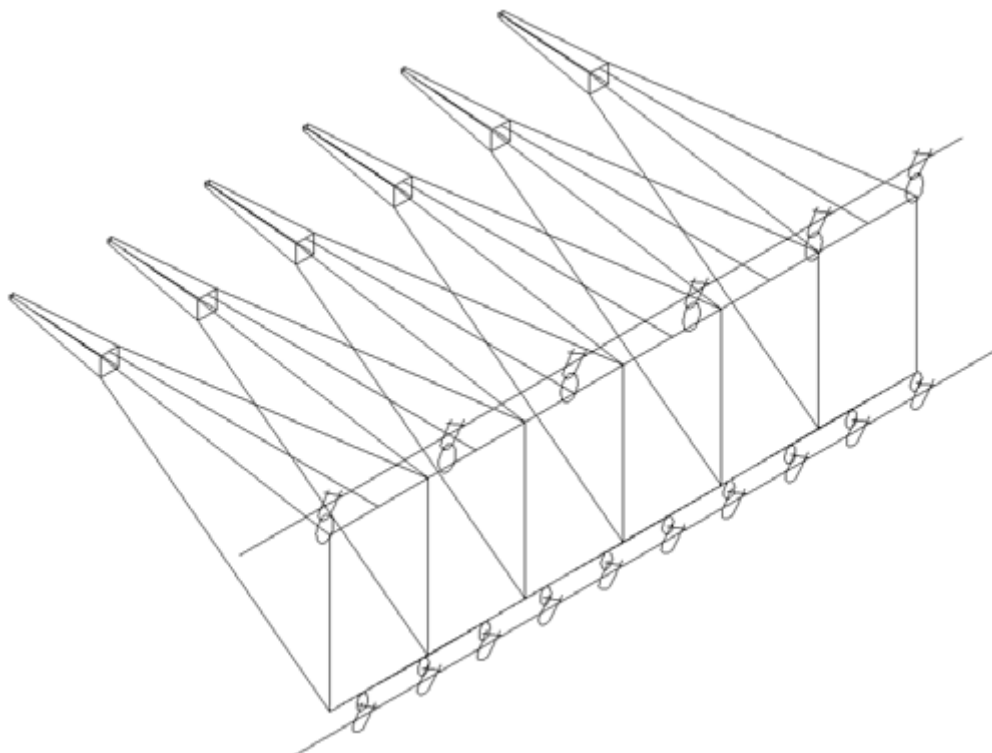


图 2.2.2-2 漂浮式串联网兜侧视示意图

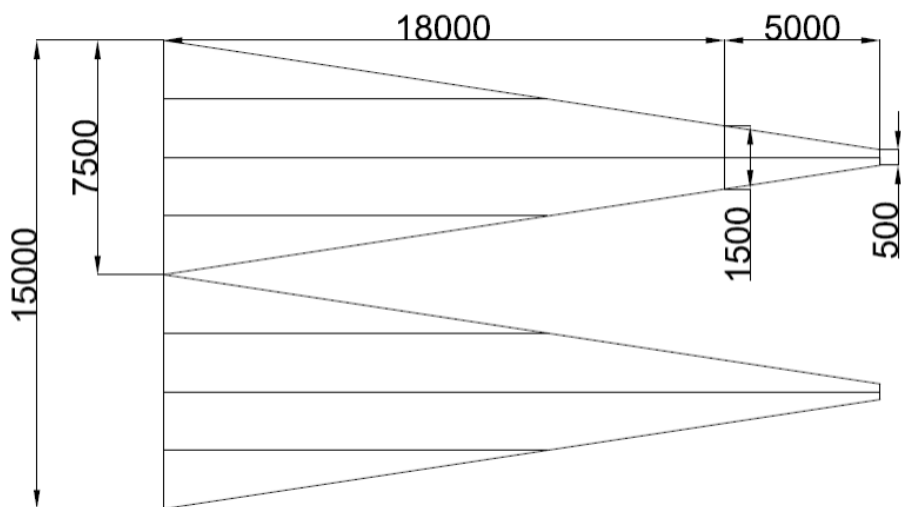


图 2.2.2-3 漂浮式串联网兜

拦截网主网上设置拉力计，监测拦截网受力情况。

针对高风险生物，海域拦截技术措施见表 2.2.2-1 所示。

表 2.2.2-1 致灾海洋生物的海域拦截技术措施

致灾海洋生物的海域拦截技术措施						
大类	风险堵塞物	1	2	3	4	临时措施
漂浮物	石莼（含浒苔）	√				

浮游动物	中华金黄水母		√	√	√	
	端鞭水母		√	√	√	
	白色霞水母		√	√	√	
	球型侧腕水母		√	√	√	
其他	原油					√

对于高风险生物污损生物网纹藤壶和翡翠贻贝常用的防污方法为化学法。包括防污涂料（氧化亚铜系）和电解海水制氯/投加次氯酸钠防污。用氧化亚铜做毒剂的防污涂料，靠微溶于的氧化亚铜从涂料中恒定（约 10mg/（cm²·d））渗出铜离子（Cu²⁺）毒杀污损生物幼虫。期效取决于有效渗出时间长短。含氧化亚铜涂料是目前船舶最有效和应用最广泛（或唯一）的方法，期效 0.5-3 年。电解海水装置电解海水产生氯离子和次氯酸根、毒杀污损生物幼虫，是目前管道防污的主要方法。大亚湾核电厂已使用多年，电解海水装置已商业化；也在船壳防污试用，之前直接施氯防污。本工程污损生物在流道检修时定期清理，设置的次氯酸钠发生器用于防治污损生物。

图 2.2.2-4 第一道网工艺剖面图（略）

图 2.2.2-5 第二道网工艺剖面图（略）

图 2.2.2-6 栈桥侧网工艺剖面图（略）

图 2.2.2-7 取水口拦截网墩台断面图（一）（略）

图 2.2.2-8 取水口拦截网墩台断面图（二）（略）

图 2.2.2-9 取水口拦截网钢爬梯结构图（略）

图 2.2.2-10 取水口拦截网钢管桩结构图（略）

图 2.2.2-11 取水口拦截网锚块结构图项目主要施工工艺和方法（略）

2.2.3 项目施工方案

本项目是在广东廉江核电项目一期工程取水口原拦鱼网方案的基础上进行结构加固与功能优化，由原方案的“浮筒+锚块”优化为“浮筒+锚块+桩基”的形式。通过增设 4 个桩基墩台（T1~T4）作为拦鱼网固定支点，提升拦鱼网结构稳定性，保障核电运行安全。

2.2.4 主要施工工艺

2.2.4.1 主要施工工艺流程

根据设计要求，需对水下锚块基础进行开挖，挖除表层淤泥，进入砂层，开

挖范围为沿拦截网轴线自岸侧往海侧开挖，开挖平均厚度约 2m。施工期同步搭设临时施工栈桥，用于桩基施工和设备安装。同时，开展墩台桩基的搭设工作，岸基需搭设钢管桩，海上墩台则需搭设灌注桩。临时结构搭设完成后即可开展墩台施工，施工完成后拆除临时设施。为保障施工安全，需待墩台施工临时设施撤场后进行锚块的安装，由起重船运送锚块至相应位置并投放至水下。锚块安装完成后，采用平板驳船配合长臂挖掘机或起重船安装拦截网。

本项目主要施工工艺流程如下图所示。

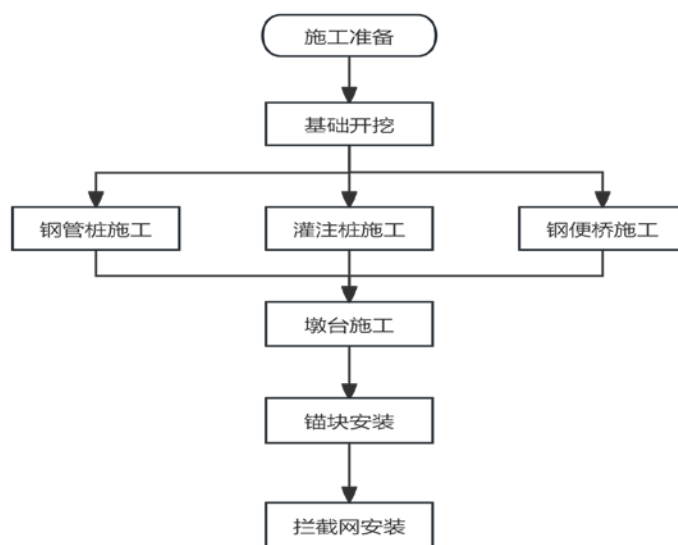


图 2.3.2-1 主要施工工艺流程图

2.2.4.2 水下基础开挖施工工艺流程

根据设计要求，需对北侧浅滩区域的水下锚块基础进行开挖，挖除表层淤泥，进入砂层，开挖范围为沿拦截网轴线自岸侧往海侧开挖，进入原取排水箱涵已开挖范围，开挖平均厚度约为 2m。根据方量统计，水下锚块基础开挖约 0.8 万 m³，包括岸侧临时清淤等，总疏浚量约为 2 万 m³。

水下锚块基础开挖施工工艺流程如下图所示。

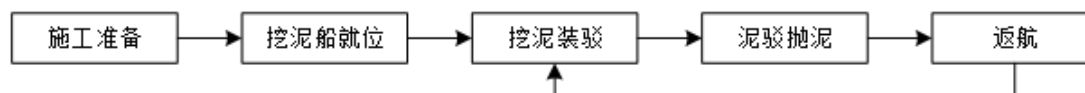


图 2.3.2-2 水下锚块基础开挖施工工艺流程图

2.2.4.3 钢管桩施工工艺流程

本工程拦鱼网部分共包括墩台钢管桩 8 根，桩径均为 1400mm，全部为直桩，

桩顶标高为+6.4m，桩底标高为-39.0m，桩长 46.4m。

钢管桩打桩采用常规工艺，即船上 GPS 定位（岸上全站仪校核），打桩船进行水上打桩。根据施工进度计划委托专业厂家制作钢管桩，按长度定制，经检验合格后出厂，由驳船运至施工区域。

2.2.4.3.1 打桩船的选择

根据设计桩型及对该地区地质勘测资料的分析，同时根据施工总体部署和海上施工的有效作业时段，本工程码头钢管桩选用桩架长度满足要求的打桩船实施海上打桩。打桩船起重能力满足设计桩的吊重要求，锚泊、收放等动力系统能适应本工程的施工环境。

2.2.4.3.2 桩锤选择

本工程桩基为直径 $\Phi 1400\text{mm}$ ，钢管桩最大桩长 46.4m，桩尖持力层为④1 粉砂层。根据设计图纸和环保要求，本工程桩锤选择柴油式打桩锤。

2.2.4.3.3 打桩顺序

以钢管桩墩台为单位进行施工，优先施工岸侧墩台，然后施工海侧墩台。具体施工顺序为 T2 墩台→T1 墩台。

2.2.4.4 灌注桩施工工艺流程

灌注桩施工区域为浅滩，首先搭设钢平台，采用 100t 履带吊直接岸上搭设工艺，灌注桩施工顺序与平台搭设顺序一致。灌注桩施工采用冲孔桩机成孔工艺，泥浆护壁，导管灌注水下混凝土成桩的工艺。采用振动锤埋设钢护筒；钢筋笼在现场钢筋场分节制作，平板车运输到现场，履带吊起吊安装钢筋笼；混凝土采用自建搅拌站发料并运送混凝土，并采用导管进行灌注桩混凝土浇筑。

本工程施工工艺流程见下图。

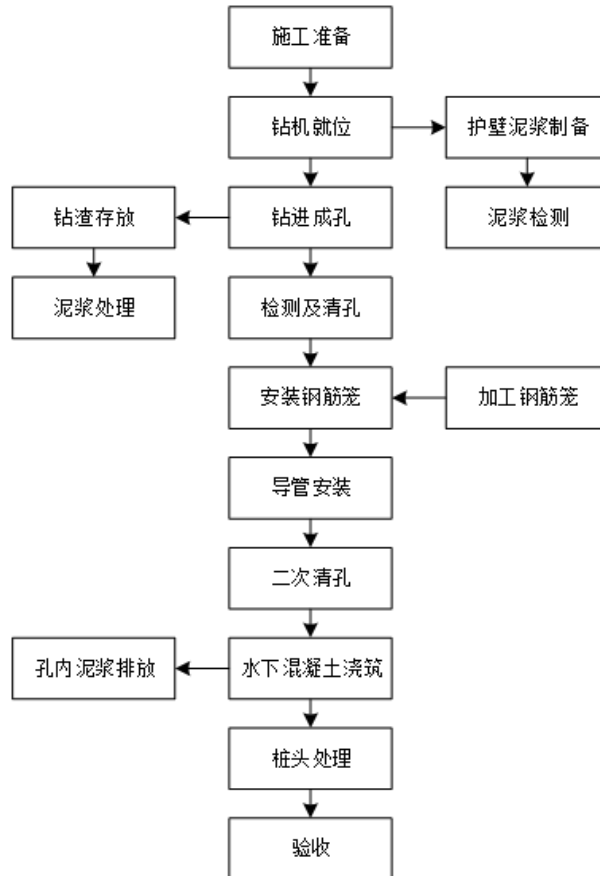


图 2.3.2-3 灌注桩施工工艺流程图

2.2.4.5 钢便桥安装施工工艺流程

便桥施工应先进行桥台和基桩的放样，然后采用起重船从陆侧往海侧施工。在后场先进行钢管桩、型钢、贝雷架配料，形成半成品，用挂车运送至起重船拼装施工。

贝雷架与贝雷架顶上的分配梁之间用钢片固定，要求三角钢片要点焊均匀，并适当布置以不影响纵向分配梁布置。桥面纵向分配梁与贝雷架上的横向分配梁之间需焊接，焊缝满足结构要求即可。纵向分配梁（槽钢）与花纹钢板之间连接采用点焊。

钢便桥安装的施工工艺流程如下图。

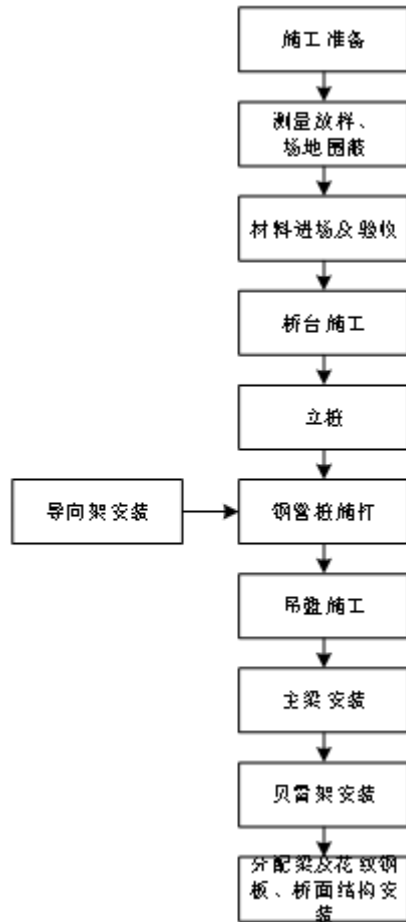


图 2.3.2-4 钢便桥搭设施工工艺流程图

2.2.4.6 墩台施工工艺流程

本工程包括 T1~T4 墩台浇筑。钢筋由现场钢筋场下料制作，现场直接绑扎；主要采用钢模板，T1、T2 由起重船装拆模板；T3、T4 由陆上吊机装拆模板；混凝土在现场搅拌站拌制，混凝土罐车运输、泵送混凝土入仓的浇筑工艺。

2.2.4.7 锚块施工工艺流程

锚块在现有箱涵预制场预制，预制完成后出运至临时护岸（或码头），由起重船进行安装。安装由岸侧往海侧倒退施工。锚块安装后，采用块石抛填至原泥面，填补锚块与网体底网间的空隙，可防止海洋生物从拦鱼网空隙进入取水口。

2.2.4.8 拦截网安装施工工艺流程

拦截网施工总体顺序由内往外施工，先施工内侧栈桥侧拦截网，然后施工第 2 道拦截网，最后施工第 1 道拦截网。

网体施工则按照先水下锚链，然后水上主缆，最后安装网体的顺序进行。

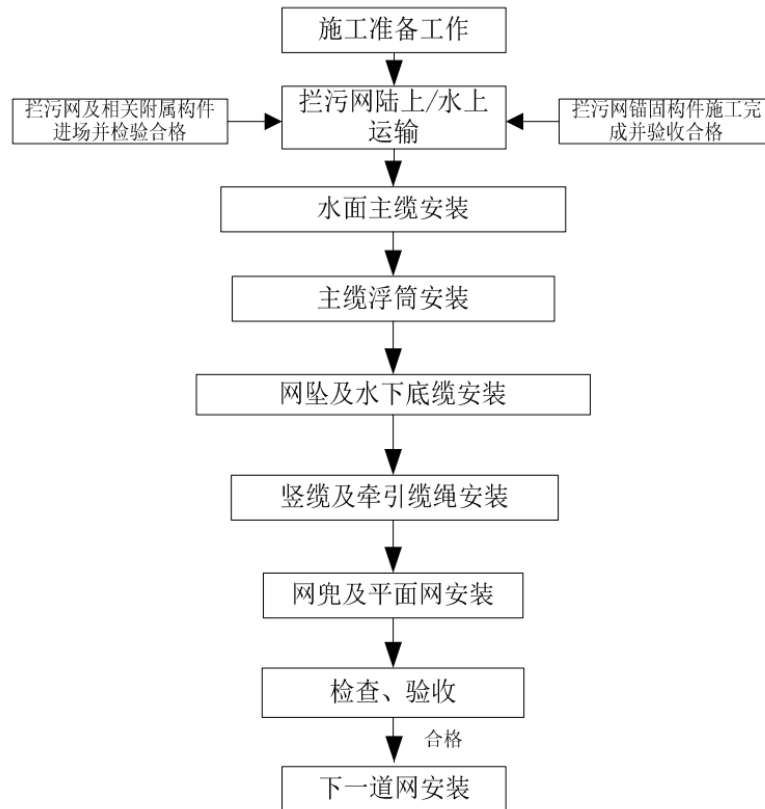


图 2.3.2-5 拦截网安装工艺流程图

2.2.5 施工方法

2.2.5.1 水下基础开挖施工

根据设计要求，需对水下锚块基础进行开挖，挖除表层淤泥，进入砂层，开挖范围为沿拦截网轴线自岸侧往海侧开挖，开挖平均厚度约 2m。锚块底标高与现场原泥面相关，其中靠海侧锚块在原泥面基础上往下挖深 2.1m，靠岸侧锚块则整体开挖至-3.5m 底高程（ ）。本项目取水口拦截网锚块开挖平面范围详见图 2.3.3-1，施工断面详见图 2.3.3-2。

根据方量统计，水下锚块基础开挖约 0.8 万 m³，包括岸侧临时清淤等，总疏浚量约为 2 万 m³。选用 1 艘 8m³ 抓斗挖泥船，配备 1 艘 1000m³ 自航泥驳进行挖泥施工。本工程疏浚范围内（取水口附近）揭示的地层主要为砂混淤泥和粉细砂层，根据《疏浚与吹填工程设计规范》相关规定，淤泥为 2 类土，砂土层为 6 类土，采用抓斗船较易开挖。

（1）施工准备：施工开始前应进行原泥面测量，并取得现场监理工程师认可，并做为边坡放样和挖泥范围控制的依据，在勘察现场并对照《工程地质勘察

报告》，分析各区土层的分布情况，以指导分区、分层开挖施工。施工过程中加强对船舶保养检修，防止运输过程中的泥砂流失污染环境，泥驳的航行线路按指定航线航行。挖泥船组按规定悬挂信号旗。

(2) 施工时，应按预定分区顺序组织施工，尽可能减少船组间的相互干扰，施工前可依据地质资料及实测原地形地貌，对分区做适当调整。

(3) 挖泥时采用分层分条开挖法，分层厚度控制为 1m，为确保基槽开挖过程中不发生塌坡，挖泥时依据土质及土层厚度按设计要求放坡，放坡采用阶梯法。

(4) 挖泥采用实时动态 GPS 自动定位系统，定位精度高，在施工过程中勤打水（挖至断面标高时，大面积时用测深仪测量），控制挖泥厚度，特别是边坡及斗位联接处，防止超挖和欠挖。分段开挖的航道设有足够的搭接长度，防止施工回淤。

(5) 施工中必须填写详细施工记录，包括施工位置及泥土类型，挖泥标高，挖泥船装驳时间，泥驳航行，抛泥返回到达挖泥船的时间等。

(6) 锚块完成挖泥后，由潜水员配合平板驳进行铺设土工布。基础抛石采用平板驳上挖掘机进行抛填，抛填完成后由潜水员进行水下整平。

图 2.3.3-1 取水口拦截网锚块开挖范围示意图（略）

图 2.3.3-2 取水口拦截网锚块开挖图（略）

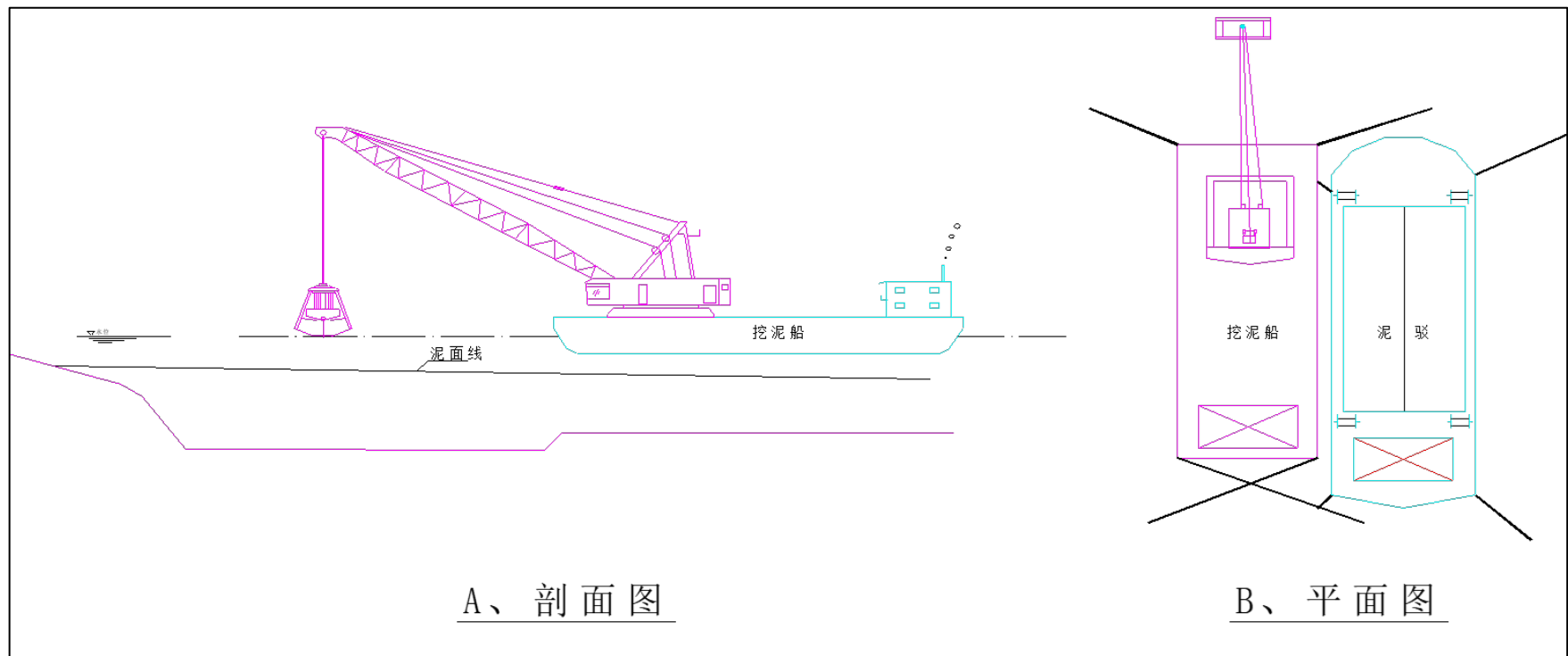


图 2.3.3-3 挖泥船施工工艺示意图

2.2.5.2 钢管桩施工

本工程拦鱼网部分共包括墩台钢管桩 8 根，桩径均为 1400mm，全部为直桩，桩顶标高为+6.4m，桩底标高为-39.0m，桩长 46.4m。

2.2.5.2.1 施工准备

- 1、提前办理完善水上、水下作业证件，根据上表逐项核查安全生产条件具备情况；
- 2、根据方案人、材、机配置，提前组织人员、机械设备全部进场到位，提前准备、购置相应材料；
- 3、人员进场后，进行安全、技术交底，确保交底到每个作业人员，并开展安全教育，考核合格后方可上岗施工，发放安全帽、救生衣等劳保用品；
- 4、选择满足精度要求的测量设备，提前对施工测量设备进行检定；
- 5、船机设备进场后进行全面的排查，确保设备的性能、工况等均能满足现场施工的要求，完善进场报审手续，具备施工条件。
- 6、提前对施工水域泥面位置进行测图，为后续船舶进场提供依据。

2.2.5.2.2 桩制作、防腐

所有钢管桩由专业厂家进行整根制作，并出具产品合格证，钢管桩制作完成后在厂家进行防腐涂装。

所有钢管桩采用 Q335B 级钢材，壁厚 26mm，卷制选用卷制螺旋焊缝形式进行制作，焊接方法采用自动双面埋弧焊工艺。螺旋焊缝钢管所需钢带宽度应按钢管的直径和螺旋成形的角度确定，并经监理工程师确认。

2.2.5.2.3 装驳运输

所有合格产品从制作厂家直接装船运输至施工现场进行后续施工。由于桩尺寸长、重量大、易滚动且涂有防腐层，为确保运输安全及桩防腐层不致损坏，须对驳船进行加固改造。在驳船上设置运桩底座，防止运桩过程中桩移动。底座用于支垫的方木距离不宜过大，防止在运桩过程中对桩身的损害。

2.2.5.2.4 移船就位

临时航道开挖完成后，按照从陆侧到海侧的顺序进行海上打桩。

1、抛锚定位

打桩船、运输船在锚艇配合下进行抛锚定位。打桩船正对着施工桩位进行粗定位并抛“八字”锚（按尽量能多打桩、少起锚，又能保证顺序打桩的原则进行抛锚），桩船定位方向平行码头及栈桥方向，方便打桩船靠近吊桩。

2、就位吊桩

桩船通过锚缆后退靠近运输船，桩架往前倾斜，使吊索垂直于桩。钢管桩在起吊时按照吊耳设置，采用四点起吊，桩船采用主、副钩两点起吊，桩顶下吊耳拴另一主钩反扣，双主钩立桩。



图 2.3.3-4 现场吊桩图

2.2.5.2.5 测量定位

本工程打桩采用打桩船上 GPS 测量定位系统与全站仪测量定位相结合，以打桩船上 GPS 测量定位系统为主，两台全站仪前方交会进行校核。

1、海上 GPS 打桩桩位测量

海上打桩定位系统采用分段控制的形式：首先在打桩船适当位置安装两台 GPS 接收机对船体进行定位，以 RTK 方式工作，实时测出打桩船上两固定点相对以基站的坐标，同时根据检测的船体横摇和纵倾值，经过计算处理，得出理论

上水平船位坐标和方位角；在其基础上，以船体作为已知参照物，用安装在打桩船纵向中轴线和桩架左转轴前方的两台激光测距仪对桩身位置进行测定，因激光测距仪与 GPS 接收机的位置是固联的，通过激光测距仪和和船体与桩架的几何关系，推算出桩位坐标和方位，从而达到由 GPS 对桩身的控制目的。

2、传统前方交会法打桩测量定位

本工程采用任意角前方交会方法进行打桩测量，在布设桩位测量控制点时相邻两台全站仪视线夹角控制在 $60^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 之间，测量定位时，正面和侧面的全站仪视线均控制桩位的垂直度和相对测站点的方位角和桩顶标高。

2.2.5.2.6 锤击打桩

打桩施工前，按打桩顺序根据桩位图，结合船机性能及地形、地貌、潮汐等自然条件，逐根检查船体及锚缆是否碰桩，以及相邻桩是否相碰，如果有碰撞现象及时跟设计院沟通。移船时，密切注意锚缆防止绊桩，在桩体上划上标高控制标志。

打桩开始时，发动打桩船主机，起生桩锤和替打，俯架子，下放大小吊钩，从运输船上将桩吊起，桩船水平吊桩，移船至打桩区域，放小钩，起大钩，缓慢地将桩吊至垂直状态，在岸上测量控制人员的指挥下，进行桩船的初定位下桩，打开抱桩器，桩进入龙口，并套好背板，向桩顶套替打，解下吊索的小钩扣，在测量人员的指挥下，进行精确定位，完成后，继续下桩，在桩尖入土 2~3m 后，暂停下桩，对桩体进行进一步的校正，然后继续下桩，直至在桩体自重作用下，桩不在下沉为止。在此基础上，压锤，桩继续下沉，当桩停止下沉后，保持船体平衡，要求桩锤、替打和桩保持同一轴线上，检查无误后，解开大钩吊索，打开抱桩器和背板，启动桩锤，开锤施打。

打桩的开始阶段要重锤轻打，以防溜桩，待贯入度正常后再逐步加大冲击能量，直至打至要求的设计标高和控制贯入度，整个打桩过程要求做好详尽的记录。

替打顶应设置锤垫（锤垫由硬木制成），桩顶设置有采用麻绳以及复合板结合的桩垫，麻绳厚度不小于 10cm，桩垫整体厚度不小于 20cm，且其设置方案须监理工程师批准，需要更换时，报监理工程师备案。桩垫要求厚薄均匀，尺寸尽量与桩顶断面相同。替打开透气孔，保证桩内气体及时排出。

本工程管桩打桩以标高控和贯入度双控制。打桩结束时，测量桩顶的实际位

置。



图 2.3.3-5 船舶打桩图

2.2.5.3 灌注桩施工

本工程栈桥共有 8 根灌注桩，位于接岸 T3、T4 墩台，桩径为 $\Phi 1200\text{mm}$ ，全部为直桩。桩长 31.6m。

灌注桩施工区域为浅滩，首先搭设钢平台，采用 100t 履带吊直接岸上搭设工艺，灌注桩施工顺序与平台搭设顺序一致。灌注桩施工采用冲孔桩机成孔工艺，泥浆护壁，导管灌注水下混凝土成桩的工艺。采用振动锤埋设钢护筒；钢筋笼在现场钢筋场分节制作，平板车运输到现场，履带吊起吊安装钢筋笼；混凝土采用自建搅拌站发料并运送混凝土，并采用导管进行灌注桩混凝土浇筑。

$\Phi 1200\text{mm}$ 灌注桩采用 $\phi 1400\text{mm}$ 钢护筒，在钢管厂按直焊缝拼接，护筒顶部焊接加强箍。

2.2.5.3.1 施工平台搭设

施工平台按灌注桩范围位置搭设。

钢便桥采用 $\Phi 529$ 钢管作为支撑桩，打入原地面以下 10m。支撑桩施打使用履带吊在已完成便桥上以钓鱼法进行，钢管桩间采用 I 20b 槽钢连接（平联、斜撑）。底横梁为双拼 45b 工字钢，纵梁为贝雷架每排钢管桩 1 组（花窗 900mm）。贝雷片采用标准型，长 3m，高 1.5m。贝雷主梁在场地内拼装，下面垫枕木，用吊车将贝雷逐片吊起，用桁架销子相互连接接长，桁架用支撑架螺栓将竖向支撑

架、水平方向支撑架和贝雷连成整体，每节贝雷接头位置安装一片支撑架。钢便桥使用 1.2m 高钢栏杆进行全包围布置。

2.2.5.3.2 钢护筒制作及施打

提前加工好护筒，护筒采用厚度 10mm 钢板制作， $\phi 1200\text{mm}$ 灌注桩采用 $\phi 1400\text{mm}$ 钢护筒，护筒顶部焊接加强箍。

2.2.5.3.3 桩机就位

为确保灌注桩四周钢筋保护层均匀一致，桩机就位时冲锤中心、吊锤钢丝绳中心以实际施工打的钢护筒筒口中心保持一致，在同一铅垂线上，位置偏差不大于 5cm。考虑到场地条件及工期情况，安排 1 台冲孔桩机进行施工。

2.2.5.3.4 成孔

灌注桩成孔采用冲孔钻机冲孔，泥浆护壁的工艺。泥浆系统采用泥浆正循环系统，提高泥浆质量及泥浆重复利用率，减少排放。泥浆系统包括制浆池、沉淀池、泥浆管、泥浆泵等。共配备 1 个制浆池和 1 个沉淀池。制浆池采用钢箱结构，容量为 75m^3 ，满足容积不小于钻孔容积的 1.5 倍的要求。沉淀池采用钢箱结构，容量为 10m^3 ，根据桩位进行灵活移动。

沉淀池到蓄浆池之间通过泥浆泵输送。灌注混凝土前，抽干沉淀池泥浆，用来接纳首罐混凝土快速置换出来的泥浆，防止泥浆外溢漫流到海域。施工过程中泥浆沉淀后的桩渣及残余泥浆使用挖机挖除，并用自卸车运输至处理地点。

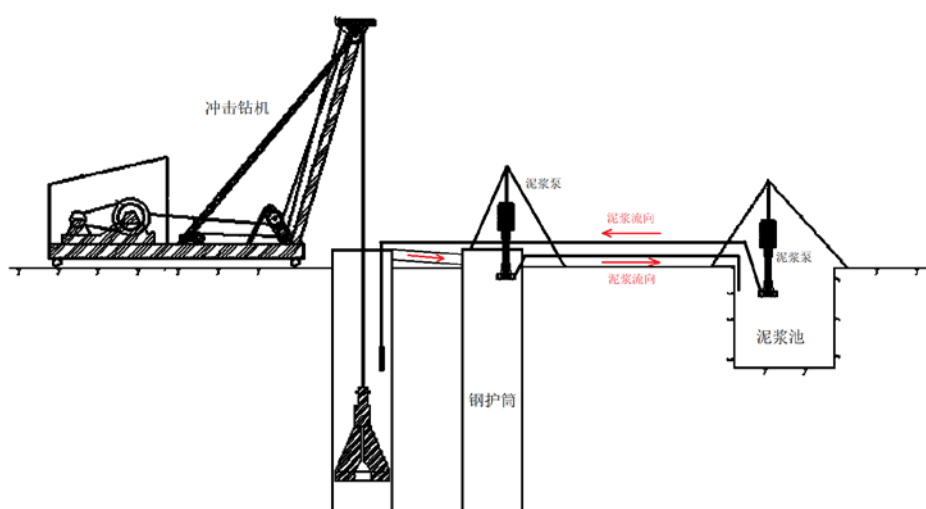


图 2.3.3-6 泥浆流向示意图



图 2.3.3-7 冲孔钻机

2.2.5.3.5 成孔检查

灌注桩在成孔过程中及终孔后，均需对冲孔进行阶段性的成孔质量检查。

1、孔径检测

孔径检测在桩孔成孔后，下放钢筋笼前进行，先用四壁卡尺测量孔径，然后用探笼探测。探笼外直径等于钢筋笼直径加 100 mm，但不得大于冲孔的设计孔径，长度等于孔径的 4~6 倍（冲击成孔）。检测时，将探笼吊起，孔的中心与起吊钢绳保持一致，慢慢放入孔内，上下通畅无阻表明孔径符合要求。

2、孔深和孔底沉渣检测

孔深和孔底沉渣采用标准锤检测。测锤一般采用锥形锤，锤底直径 13cm~15cm，高 20cm~22cm，质量 4kg~6kg。测绳必须经检校过的钢尺进行校核。

2.2.5.3.6 一次清孔

清孔的目的是使沉渣厚度、泥浆比重、含砂率和粘度符合规范和设计要求，满足钢筋笼安装条件。

2.2.5.3.7 钢筋笼的制作与安装

钢筋笼在码头现场钢筋加工场采用分节制作。采用长线法制作工艺，主筋接长采用套筒连接，整个钢筋笼通长一次成型，然后从连接套筒处分节拆开，并做好各节连接顺序，然后运输到现场进行分节安装，从而确保每节钢筋笼的主筋能

一一准确对接。

为了保证钢筋笼保护层厚度，钢筋保护层采用穿心圆型混凝土垫块，沿高度方向每 2m 安装一道垫块，每道安装 4 个，均分在圆周上。在钢筋笼制作好后穿入固定钢筋，并与主筋电焊牢固。

钢筋笼用平板车运至现场，采用 100t 履带吊逐节下笼安装。为使钢筋笼在起吊及安装过程中不发生变形，钢筋笼的起吊竖立采用大小双钩起吊，大钩吊钢筋笼上端、小钩吊钢筋笼下端，将钢筋笼水平吊起后，大钩起、小钩落，使钢筋笼逐步竖立，然后缓慢下放，每一节钢筋笼放入孔内，在护筒顶用工字钢穿过加筋箍下挂住钢筋笼，并保证工字钢水平和钢筋笼垂直。吊放第二节钢筋笼与第一节对准后进行绑扎搭接，下放，如此循环。

2.2.5.3.8 灌注混凝土成桩

钢筋笼安装完成后马上进行导管安装进行二次清孔，二次清孔达到要求后，及时进行混凝土灌注。第 1 车混凝土拌制完成后，现场停止泥浆循环，迅速拆除泥浆循环系统，安装灌注集料斗。尽量缩短泥浆停止循环到首罐混凝土下灌的时间，防止时间过长，导致孔底沉渣过厚。

首罐混凝土浇筑前，为保证导管离开底大约 0.4m 高，采用先下管至底部再提高的方法确定。灌注过程中，机长或现场技术员按每车测一次的频率探测混凝土面的深度，根据计算的混凝土面上升高度，及时调整导管埋深，保持导管的埋深在 2m~6m。

为了确保桩顶混凝土质量，超灌的高度不少于 100cm，经过机长与现场技术员认真检测，并核算灌注混凝土数量，确认超灌高度。

2.2.5.3.9 现场记录

在钻孔过程中，现场主管必须填写《钻孔记录表》。记录应详细，比如钻孔时间、深度、地质描述、停止钻探、拌浆等。

在浇筑过程中，主管必须按照每车的频率填写《混凝土浇筑记录表》，记录中需包含混凝土单车量、累计量、混凝土面深度、充盈系数、拆管长度、埋管深度等。

2.2.5.3.10 桩头处理

为减少凿桩头工作量，在安装钢筋笼时用 PVC 管套住了灌注桩外伸钢筋，桩顶上部混凝土就对外伸钢筋无握裹力。凿桩头时先测量桩顶标高，然后用等离子切割机将多余的钢护筒割除，然后用冲击钻在桩顶标高处沿桩身四周钻若干个孔，然后在孔内打入钢楔冲钉，冲钉会将桩头混凝土挤断，然后用吊机调离，最后将桩顶混凝土修正平整。

2.2.5.3.11 废弃泥浆处理

施工现场修建沉淀池，先将污水排入沉淀池，除去悬浮物、油类物质并进行中和处理，检测达到排放标准后，委托具有相关资质的第三方单位进行接收处置。在钻孔灌注的过程中采用筛网，泥浆中的小碎石、砂等固体颗粒物进行分离，泥浆排到沉淀池充分沉淀。施工的过程中，利用挖掘机及时清理沉渣，清理出来的沉渣运至蒸发池中，等到自然脱水固化后，运至储料场或弃渣场。

2.2.5.4 钢便桥安装

为满足 T1、T2 墩台施工及混凝土浇筑需求，需在两道拦截网之间搭设一座钢便桥，钢便桥宽 2m，总长约 130m，作为人行及混凝土浇筑通道，从岸侧搭设至 T1、T2 墩台。钢便桥从上往下依次为 8mm 花纹钢板、I20b 工字钢、贝雷梁、双拼 I36b 工字钢、 $\phi 529 \times 6$ mm 钢管桩。钢便桥位于下表之间：

表 2.3.3-1 钢便桥布设范围坐标信息表（略）

2.2.5.4.1 测量放样

钢管桩桩位控制是整个钢便桥测量控制的关键，首先放出钢管桩轴线位置，根据钢管桩轴线位置及水平距离放置导向架，打桩过程中，测量人员用仪器持续跟踪观测钢管桩的位置及垂直度，以便及时纠偏。

2.2.5.4.2 桥台建设

桥台采用 C35 以上混凝土进行浇筑，首先进行开挖及钢筋绑扎、预埋件埋设、模板安装，混凝土浇筑后，桥台下承台处通过预埋钢板与便桥贝雷片进行连接。

2.2.5.4.3 钢管桩施打

本项目临时钢便桥需施打 $\phi 529 \times 6\text{mm}$ 钢管桩，桥宽 1.5m，总长约 130m，单跨长度按 12m 考虑。

1、施工顺序

准备工作→测量定位→钢管桩起吊→钢管桩就位→振动下沉→测量纠偏→下沉到位→下一根桩施工→完成

根据现场实际施工情况，钢管桩采用 Q235 钢板在专业钢结构加工厂制作，按需求将钢管桩加工成根据现场施工进度组织分批运送至工地，现场根据需要接长。钢管桩通过平板车运输至现场采用起重船装船后进行安装。

2、打桩

钢管桩下沉采用水上施工工艺，用起重船配合 DZ-60 振动锤或 DZ-90 振动锤施打钢管桩。

当起重船将钢管桩竖起来后，在钢管桩打设过程中控制好桩顶标高。下沉时如钢管桩倾斜，及时牵引校正。钢管桩之间的接头必需满焊，各加长加劲板也需满焊并符合设计的焊缝厚度要求。经现场技术员检查钢管桩接头焊接质量合格后方可打设钢管桩。在振动过程中要不断的检测桩位与桩的垂直度，发现偏差要及时纠正。

水中钢管桩打设时，以已经施工结束的钢便桥作为施工平台。钢管桩立桩时在钢管桩顶部开孔，设置两个吊点，底端设置牵引绳，由吊机缓缓吊起后先将钢管桩通过导向架下放至原泥面，下放吊钩，解开吊钩端钢丝绳。吊机重新吊起振动锤进行夹桩，夹桩后开始压锤，依靠钢管桩及打桩锤的重量将其压入土层，经复测倾斜度偏差满足要求后，开始振动下沉。

2.2.5.4.4 主梁安装

钢管桩施打到位后按钢便桥设计图要求在将钢管桩找平，对高出标高部分用离子割割除。在割除好的桩顶上焊上加强肋板后，将双拼 I36a 工字钢安装在钢管桩顶上，在工字钢腹板上焊接弧形连接板与桩侧壁相连。

1、雷片安装

贝雷片采用 321 加强型贝雷架，长 3m，高 1.5m，材质为 Q345。贝雷主梁在起重船上拼装，下面垫枕木，用起重船将贝雷逐片吊起，用桁架销子相互连接

接长，桁架用支撑架螺栓将竖向支撑架、水平方向支撑架和贝雷连成整体，每节贝雷接头位置安装一片支撑架。

2、桥面铺装

(1) 贝雷梁安装完成后，按照设计间距布置工字钢分配梁，工字钢与贝雷片间用限位器联结以防滑动。

(2) 分配梁安装完成后铺设。8mm 花纹钢板。

3、护栏安装

钢护栏安装必须紧跟桥面铺设；栏杆采用 12 槽钢作为立杆，立杆间距 2m，立杆通过焊接连接到钢便桥，设置 3 排横向直径 48mm 钢管，栏杆保护高度为 1.2m，靠近栈桥一侧护栏高度为 1.1m，并设置高度不低于 18cm 踢脚板。

2.2.5.5 墩台施工

本分项包括 T1~T4 墩台浇筑。钢筋由现场钢筋场下料制作，现场直接绑扎；主要采用钢模板，T1、T2 由起重船装拆模板；T3、T4 由陆上吊机装拆模板；混凝土在现场搅拌站拌制，混凝土罐车运输、泵送混凝土入仓的浇筑工艺。

2.2.5.5.1 模板工程

1、底模铺设

由于墩台体积大、厚度厚，综合考虑底模承载、拆模方式及混凝土浇筑工效，拟采用断面分层浇筑工艺进行现浇墩台施工，拟分层次数 2 层，底层厚度为 1m。

桩上焊接牛腿，两侧安装主梁工字钢，其上铺设次梁槽钢及木枋。主梁采用 40a 工字钢横向布置，主梁上部间距为 0.8m 铺设次梁，次梁采用 20 工字钢纵向布置。

次梁上部中对中间距 0.3m 铺设 10cm 厚木枋，先在次梁上按照标高各绑好一根木枋，并用水平尺调平，然后在该两根木枋上拉好尼龙线，其他的木枋依线调平布设，以保证木板顶面标高基本一致，用铁丝绑扎固定好木枋后，再密铺 20mm 厚木模板，底模四侧预埋槽钢作侧模外支撑。

2、侧模安装

侧模采用整片式定型钢模，采用非桁架式模板。面板采用 5mm 厚钢板，面板背肋采用 10#槽钢，主梁采用 20#双槽钢。侧模底部加固采用底模槽钢进行限位加固，顶部设顶拉杆进行限位加固。底部棱角及竖向棱角采用侧模倒圆角方式。

侧模底与底模拼缝、侧模与侧模拼缝采用止浆胶片密封，防止漏浆。

底模型钢、钢侧模等较重杆件现场采用履带吊上驳吊装，吊机的作业半径可全部覆盖上部结构范围。

2.2.5.5.2 钢筋工程

钢筋在加工场下料、弯曲制作。钢筋下料及弯曲制作按尺寸负偏差实施，避免保护层厚度出现负偏差。钢筋按设计要求下料加工，加工完不同规格的钢筋设置标志分类堆放。钢筋半成品用工作船转运到施工各工点，直接现场绑扎。

2.2.5.5.3 混凝土工程

现浇混凝土采用商品混凝土，由罐车运送混凝土至岸边，其中 T3、T4 采用汽车泵浇筑，T1、T2 由地泵浇筑。

混凝土配合比提前试拌，验证强度、耐久性、工作性等技术指标，报监理工程师认可后采用。混凝土采用混凝土，确保耐久性指标。

混凝土振捣采用 70 型插入式振捣棒，布料振捣分层厚度 30cm~50cm。振捣时间以混凝土不再下沉，快插慢拔，振点间距约 30cm，边沿距离模板约 20cm，确保混凝土表面光洁，少气泡。

2.2.5.5.4 模板拆除

1、在已浇筑完成的混凝土强度达到 2.5MPa 以上，且构件受力情况良好，能保证混凝土不发生塌陷、裂缝、表面及棱角不因拆除模板而受损时可进行侧模拆除。

2、拆模应遵循“先搭后拆、后搭先拆”的原则，从上到下的顺序进行，拆除时不可整片拆下。

3、拆模前拆除斜撑和底部支撑，做好模板防倾倒保护措施；起吊模板过程中注意砼成品的保护，避免边角的破坏和侧壁的磕碰。模板堆放垫平放稳，防止模板发生翘曲变形，及时进行清理和涂刷隔离剂。

4、墩台混凝土全部浇筑并达到强度要求后，拆除底模。由于主梁、次梁同时承受上部混凝土荷载，呈受力状态，无法直接拔除。需采取松解措施对主梁进行卸载，使其呈自然状态。作业人员进入底模，人工搬运木板、木枋、次梁。对主梁外露端进行起吊，同时解掉手动葫芦连接钢丝绳，使其自然下垂并吊运至平

台上。

2.2.5.6 锚块施工

本工程水下锚块共计 56 个，单个重量约为 20t，在现有预制场预制，采用起重船安装。

2.2.5.6.1 施工工艺流程

锚块在现有箱涵预制场预制，预制完成后出运至临时护岸（或码头），由起重船进行安装。安装由岸侧往海侧倒退施工。在锚块安装完成后，采用 60kg~100kg 块石抛填至原泥面高程，填补锚块与网体底网纲之间的空隙，避免海洋生物从空隙进入取水口。

本项目锚块结构平见图 2.3.3-8，锚块结构断面见图 2.3.3-9。

图 2.3.3-8 取水口拦截网锚块结构平面图（略）

图 2.3.3-9 取水口拦截网锚块结构断面图（略）

2.2.5.6.2 锚块预制

本项目水下锚块共计 56 个，单个重量约为 20t，在现有预制场制成，预制场位于龙头沙渔港码头后方（见图 2.3.3-10），面积约 1.7 万 m²，锚块预制完成后运出至临时护岸（或码头），由起重船进行安装。按装由岸侧往海侧倒退施工。

图 2.3.3-10 锚块预制场位置示意图（略）

1、底胎膜

直接采用混凝土底胎模+薄膜，底胎模表面进行压光磨面，平整度满足施工要求。

2、模板安装

侧模采用定型钢模板，模板按照构件尺寸由专业模板厂设计制作。预制配备 2 套模板。

3、混凝土浇筑

混凝土采用商品混凝土，确保耐久性指标。混凝土配合比经过验证，经过试拌后方能应用。混凝土坍落度控制在 180±20mm，保证混凝土有良好流动性，扩展度。

拌制用水尽量使用冷却水，确保混凝土入模温度满足规范要求。混凝土拌制搅拌时间为 120 秒，确保混凝土充分搅拌均匀。

混凝土采用罐车运送到浇筑点附近，采用卸入料斗，再由直接卸料入模。

4、养护

混凝土浇筑完毕后，及时进行养护，使混凝土经常保持潮湿状态。为了避免风吹、日晒使混凝土表面因失水而出现龟裂，可采用覆盖土工布洒水养护，湿养护时间不得少于 14 天。养护用水应符合对混凝土用水的要求，并且在水中不含有致使混凝土表面受到污染的化学物质或其他物质。

5、转堆和运输

锚块混凝土强度达到设计强度的 85% 后，即可进行转堆作业，转堆用履带吊直接将构件从底模转到堆场上。

构件混凝土达到设计强度后，方可出运安装。出运时，在预制场用履带吊装车，平板车运送构件至出运码头装船后水运至施工现场。

6、锚块安装

(1) 锚块起吊

锚块预制时，应进行编号。堆放、安装也应按照序号依次进行，以免引起混乱。

预制锚块设计有 2 个吊点，由 100t 履带吊吊装。

(2) 锚块装车

采用平板车装车运输。锚块在预制场堆放区养护至达到设计强度后采用预制场履带吊起吊装车，装车存放时底下使用木方垫高。起重时，将吊具的钢丝绳与锚块的吊环用卸扣连接，检查无误后，起吊锚块至运输车上，下降停稳后解开卸扣。装车完成后运输车通过公路运输至施工现场，运输过程中沿途派专人巡视道路情况，如有堵车或其他特殊情况即通知预制场暂停出车。

(3) 锚块运输

锚块运输采用陆上平板车运输至临时出运码头、起重船吊装上船至安装现场安装的工艺。

在现场护岸或大件码头区域设置临时出运码头。由于出运码头距离预制场很近，故配备 2 台平板车满足要求。

(4) 构件安装

本工程锚块安装总体顺序由按陆侧侧向海侧安装。安装采用起重船顶部设置 GPS 进行定位。

构件吊至安装面上方位置后，在起重工的指挥下缓慢下降至水下，坐落稳定后由潜水员下水进行解钩，检验符合要求后，移船进行下一构件的安装。

2.2.5.7 拦截网安装

拦截网共计 3 道，分别为第 1 道拦截网、第 2 道拦截网、栈桥侧拦截网，其主要设计参数如下：

第 1 道拦截网为平面拦截网，孔径为 30mm×30mm，全断面浮式平面网。

第 2 道拦截网为平面拦截网结合网兜，平面网孔径为 6mm×6mm、全断面漂浮式平面网，网兜孔径为 6mm×6mm，2 拼网兜。

栈桥侧拦截网为平面拦截网，孔径为 5mm×5mm 全断面漂浮式平面网。

2.2.5.7.1 主缆安装

拦截网水面主缆采用超高分子量聚乙烯缆绳，两段各锚固于墩台中锚环处（锚固高程为 5.0m），其中锚环与主缆之间设置拉力计。

采用平板驳船（边开船边放绳）运送主缆另一端至墩台锚固处，主缆尾端穿入锚环，并收紧（具体收紧程度以设计给出的拉力计数值为准），考虑人力有限，主缆收紧过程采用长臂挖掘机或起重船（汽车吊）吊装辅助施工（即采用绳索绑扎主缆，后将绳索穿入锚环，暂定锚环定滑轮作用，采用长臂挖掘机或起重船（汽车吊）垂直起吊绳索，待主缆收紧程度达到设计要求或厂家指导要求时，将主缆穿入锚环进行锚固）。

2.2.5.7.2 浮筒安装

主缆浮筒安装利用平板驳船作为水上施工作业平台，人工绑扎安装即可。

2.2.5.7.3 水下底缆及配重锚链安装

水下底缆采用中超高分子量聚乙烯缆绳，配套 2 条配重锚链，确保拦截面至底部，底缆两段各锚固于东西堤墩台中锚环处（锚固高程为 5.0m）。水下底缆安装岸侧往海侧施工，先将底缆锚固于墩台锚环（底缆穿入墩台锚环，采用不锈钢卸扣进行锚固）岸侧锚固完成后，水下潜水作业人员水下拉动底缆自岸侧向海侧方向，依次将底缆与不锈钢卸扣连接，安装过程，辅以测量粗定位，便于潜水作业人员水下网坠精确定向，避免遗漏。

核查底缆全部固定后，底缆尾端穿入东堤处锚环，并收紧，同主缆安装，考

虑人力有限，主缆收紧过程采用起重船或汽车吊吊装辅助施工，收紧程度达到设计要求时进行锚固。底缆收紧过程，潜水员水下检查底缆是否存在杂物阻挡或打结现象，如有，应及时处理。

2.2.5.7.4 网兜及平面网安装

网兜及平面网材质均为超高分子量聚乙烯，网兜由引导网兜、收集网兜、网纲绳及浮球等配件组成，网纲绳为网兜开口及网兜各条纵向、横向处加强缆绳，网纲绳连同网兜及平面网均有厂家成品提供。浮球采用 EVA 实心发泡结构，通过网兜网纲绳上预留的浮球插扣与网兜网纲绳固定。本工程拦污网网兜及平面网采用陆上拼装、水下潜水配合安装施工工艺，具体如下：

1、网兜及平面网陆上拼装

考虑平板驳船施工作业空间有限，本工程拦污网网兜及平面网采用陆上组装修施工工艺，拦污网网兜及平面网陆上组装场地暂定预制场（选取 20*50m 场地，场地周围设置可移动围栏），本次拦污网网兜引导网、收集网及浮球 1 次安装成型，平面网依据坡面断面尺寸 1 次拼装、裁剪成型。

拦污网拼装施工结合设计要求及厂家指导进行，每幅拼装完成后，及时组织总承包项目部、监理单位进行验收，验收合格后方可投入使用。

2、网兜及平面网水上、水下安装

依据设计图纸，拦污网网兜开口处及平面网纵横向边线与主缆、竖缆及底缆采用不锈钢 D 型卸扣连接。

拦污网网兜及平面网陆上拼装完成后，倒运至驳载码头，装船海上运输至安装部位，水面与主缆连接固定部分，利用平板驳船作为施工作业平台，人工连接固定即可；水下同配重锚链与底缆采用不锈钢卸扣固定，卸扣之间用超高分子量聚乙烯绳绑扎，采用潜水水下连接固定施工工艺，水下潜水安装过程，注意自一端依次向另一端施工，避免错扣连接或漏扣。

2.2.6 土石方平衡

本项目北侧海域水深较浅，局部水域不能满足船舶进港及作业要求，需对水域进行临时清淤。同时，出于安全考虑，本项目锚块水下基础需进行开挖，锚块底标高与现场原泥面相关，其中靠海侧锚块在原泥面基础上往下挖深 2.1m，靠岸侧锚块则整体开挖至-3.5m 底高程（ ）。本项目合计疏浚量

为 2 万 m³，拟全部外运至倾倒区卸除。此外，本项目锚块础开挖后，需在基坑区域铺设 2 层土工布，土工布铺设完成后先抛填一层 300mm 厚的碎石垫层进行整平。整平完成后才能开始桩基和锚块安装作业。

本项目建设 4 座桩基墩台以固定拦鱼网的姿态，4 座墩台均为混凝土浇筑；T1、T2 墩台的桩基采用灌注桩工艺，采用商品混凝土浇灌形成。

本项目水下锚块共计 56 个，单个重量约为 20t，在现有预制场采用混凝土制成。而在锚块安装后，随即采用 60-100kg 块石抛填至原泥面高程。

本项目疏浚泥倾倒区暂定为防城港 2#倾倒区，倾倒区位置为（略）四点连线围成的海域。该倾倒区距离施工现场约 70 海里，具体倾倒区位置待海洋废弃物倾倒许可证审批后调整。

施工前，业主方需就外海倾倒区以及运淤航线办理相关批文。另外，疏浚工程严格按照《广东省人民政府办公厅关于印发广东省促进砂石行业健康有序发展实施方案的通知》（粤办函〔2021〕51 号）、中国海监广东省总队《关于进一步明确开展涉海疏浚工程用海监管有关事项的通知》（粤海监函〔2019〕99 号）等文件规定和要求执行。

表 2.3.4-1 土石方平衡一览表

序号	项目	单位	方量	来源/ 去向
1	水下基础开挖	m ³	20000	全部外抛至倾废区
2	水下抛石	m ³	11222	外购陆上来料
3	灌注桩	m ³	286	外购商品混凝土

2.2.7 施工进度计划

本项目施工工期暂定为 351 天（约 12 个月），见图 2.3.5-1。

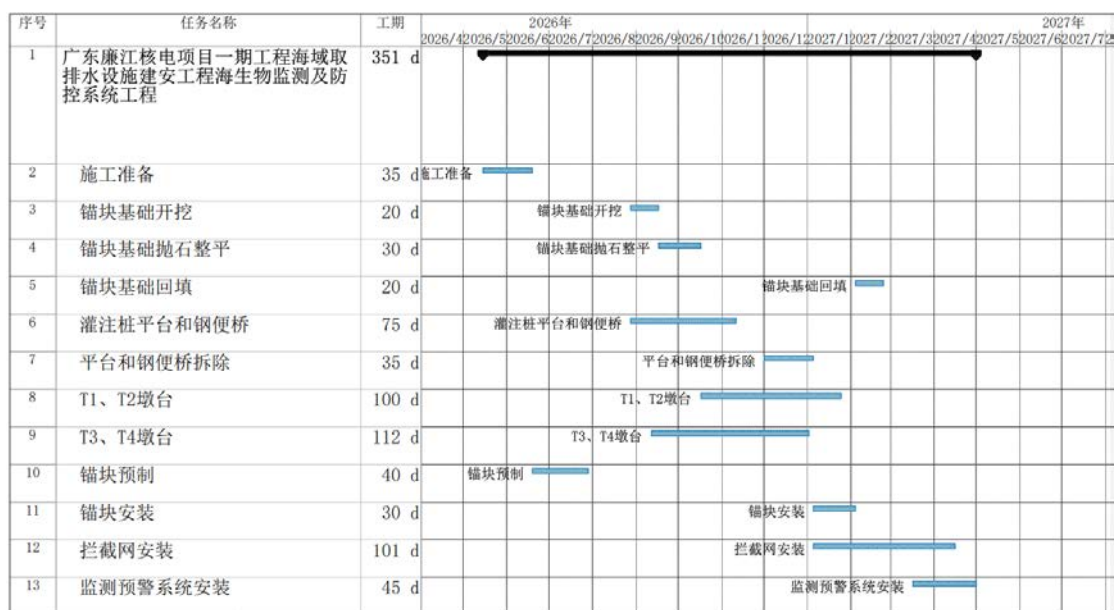


图 2.3.5-1 项目施工进度计划

2.2.8 施工机械设备

施工期间使用的主要施工机具详见下表。

表 2.3.6-1 主要施工机械设备一览表

序号	名称	规格	单位	数量
1	抓斗挖泥船	8m ³	艘	1
2	泥驳船	1000m ³	艘	1
3	打桩船	56.5m	艘	1
4	锚艇	800kw	艘	1
5	拖轮	3200HP	艘	1
6	10人交通船	/	艘	1
7	起重船	150t	艘	1
8	潜水作业船	/	艘	1
9	平板驳	/	艘	1
10	GPS 定位设备	/	台	3
11	全站仪	/	台	2
12	水准仪	/	台	1
13	单波束测深仪	/	台	1
14	对讲机	/	台	10
15	发电机	800KVA	台	1
16	电焊机	/	台	3
17	照明设备	/	套	1
18	等离子切割机	/	台	1
19	冲孔桩机	/	台	1

序号	名称	规格	单位	数量
20	履带吊	100t	台	1
21	平板车	/	台	2
22	钢护筒打拔机	/	套	1
23	电焊机	/	台	1
24	配电箱	/	个	2
25	汽车泵	/	台	1
26	潜水设备	/	套	2

2.3 项目用海需求

2.3.1 申请用海面积

原拦鱼网设计方案作为一期工程的配套设施，采用“浮筒+锚块”的方式进行固定，不改变海域自然属性。因一期工程取水口安全优化的需求，拦鱼网设计方案需优化调整，即在一期工程已批复的取、排水口用海边界内增设 4 个桩基墩台，通过“浮筒+锚块+桩基”的形式，用以固定拦鱼网的形态。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的工业用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）。

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）、《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）和《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》，本项目以低潮位拦截网漂浮距离 12.6m 的外扩距离进行两边外扩，桩基墩台、锚块以 10m 的保护距离对垂直投影的外缘线进行两边外扩。

按照上述方式外扩后形成的界址面有 0.0053 公顷超出原批复“广东廉江核电项目一期工程”的取、排水口用海范围并与港池、蓄水用海范围重叠，该部分面积为外扩所得，并非项目运营所必需的核心区域，切除后不影响本项目主体工程布局、功能实现和安全运行，用海方案仍能满足项目需求，是更为集约和高效的布局。切除该 0.0053 公顷后，最终以外扩的最外边界和原批复的取、排水口用海范围边界所围成的面形成本项目用海界址面的面积 1.2466 公顷。

拦截网均位于海域，采用海域立体分层设权的形式申请海域水面、海床和底土空间，水面立体分层设权范围为墩台底部高程(5.5m)至墩台顶部高程(7.5m)，

海床和底土立体分层设权范围为回填抛石底部高程（-11.7m）至回填抛石顶部高程（-2.75m），XXXXXXXXXX。

综上，本项目共界定用海为 1 宗海，1 个内部单元，拟申请用海面积为 1.2466 公顷。本项目宗海位置图见图 2.4.1-1，宗海界址图见图 2.4.1-2，立体空间范围示意图见图 2.4.1-3。

图 2.4-1 宗海位置图（略）

图 2.4-2 宗海界址图（略）

图 2.4-3 宗海界址图（略）

2.3.2 申请用海期限

根据《中华人民共和国海域使用管理法》的规定：“海域使用权最高期限，按照下列用途确定：（1）养殖用海十五年；（2）拆船用海二十年；（3）旅游、娱乐用海二十五年；（4）盐业、矿业用海三十年；（5）公益事业用海四十年；（6）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。”

原拦鱼网设计方案采用“浮筒+锚块”的方式进行固定，不改变海域自然属性。在 2021 年申请用海时，原拦鱼网设计方案在一期工程海域使用论证报告中作为取水口配套设施，海域使用方式按其他方式（一级方式）中的取、排水口用海（二级方式）申请用海，并于 2023 年 3 月获得不动产权证书（不动产单元号：440881111111GH00161W0000000），使用期限为 2023 年 3 月 6 日至 2073 年 3 月 5 日。

本项目拦鱼网设计方案调整为“浮筒+锚块+桩基”的形式固定后，属于《中华人民共和国海域使用管理法》规定的“（6）港口、修造船厂等建设工程用海五十年”，可申请用海期最高为 50 年。项目用海范围全部位于广东廉江核电项目一期工程已取得海域使用权的用海范围内，为与原有海域使用权证期限保持一致，本项目申请用海至 2073 年 3 月 5 日，即申请用海期限为 47 年。项目用海期限既可以满足项目设计年限和用途需求，又符合相关规定，是合理的。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的单位申请续期。

2.3.3 占用岸线情况

本项目占用 2022 年广东省批复海岸线 49.3m，均为人工岸线。该岸线现状是由填海造地形成的直立式海堤，向陆一侧为港口码头用地，向海一侧为廉江核电一期工程的取水口用海。本项目水下基础开挖边线距离护岸边线不少于 2m，近岸侧墩台与岸线距离约为 2.9m，且墩台下边缘线与该直立式海堤堤顶约有 0.6m 的高度差，水下桩基与岸线距离约 3.5m，非实际占用岸线，不会造成海岸线原有形态和功能改变。

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》（粤自然资规字〔2025〕1号），在广东省海域内申请用海涉及占用海岸线的项目，必须落实海岸线占补，占补要求为“大陆自然岸线保有率高于国家下达我省管控目标的地级以上市，按照占用大陆自然岸线 1:1 的比例整治修复海岸线，占用大陆人工岸线按照经依法批准的生态修复方案、生态保护修复措施及实施计划开展实施海岸线生态修复工程；建设占用海岛自然岸线的，按照 1:1 的比例整治修复海岸线，并优先修复海岛岸线”。

湛江市自然岸线保有率为 38.12%，高于国家下达的广东省管控目标 36.4%，本项目占用湛江市大陆人工岸线 49.3m，近岸侧墩台与岸线距离 2.9m，且墩台下边缘线与直立式海堤堤顶约有 0.6m 的高度差，水下桩基距离岸线约 3.5m，未实际占用海岸线，无需开展海岸线占补工作。

图 2.4.3-1 本项目岸线占用情况（略）

2.4 项目用海必要性

2.4.1 建设必要性

2.4.1.1 是响应国家相关政策要求的需要

《中华人民共和国核安全法》（2017 年 9 月 1 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过）第十九条规定，核设施营运单位应当对核设施周围环境中所含的放射性核素的种类、浓度以及核设施流出物中的放射性核素总量实施监测，并定期向国务院环境保护主管部门和所在地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门报告监测结果。

2023 年 9 月 27 日，国家发改委、生态环境部、国务院国有资产监督管理委员会、国家能源局、国家国防科技工业局等五部委联合印发《国家发展改革委等

部门关于加强核电厂取水设施设计改进和运行管理 保障核电机组安全稳定运行的通知》(发改能源〔2023〕1315号),通知中要求各在运、在建、拟建核电厂要按照“一厂一策”开展核电厂安全稳定运行隐患排查与整治专项行动,对取水设计和运行管理进行重新评估,制定近、中、长期的整改措施。

本项目落实了《中华人民共和国核安全法》的要求,设置监测预警平台,通过采用浮标方式固定多种监测仪器,实现对海洋环境参数的采集,在借助大数据、人工智能等方法搭建完成的核电厂冷源监测预警系统的基础上,为核电厂冷源预测预警提供智能化手段。

本项目落实了发改能源〔2023〕1315号文的要求,对取水设计和运行管理进行重新评估与优化,形成取水安全设计技术方案,拦鱼网的固定方式由“浮筒+锚块”优化为“浮筒+锚块+桩基”的形式,即在已批准的用海边界内设置4个桩基墩台,以利于在台风等大风浪条件下保持拦鱼网姿态,有效减少了核电厂安全运行隐患。

因此,本项目建设响应国家相关政策要求,从合法合规的角度看具有必要性。

2.4.1.2 是廉江核电项目提高取水安全性的需要

海水中往往存在一些垃圾杂物、水生植物、鱼类等游泳生物,这些物体若随水流进入取水系统,可能会堵塞管道、水泵等关键设备,导致取水效率骤降甚至中断。对于核电项目,取水受阻可能直接引发机组降功率或停堆。拦鱼网可以作为一道屏障,有效拦截这些物体,确保进入系统的水体洁净度符合核电项目运行标准,从源头减少因异物侵入引发的安全风险。

取水设施的堵塞不仅会影响机组运行,还会导致设备的额外损耗。例如,未被拦截的大型鱼类或坚硬杂物还可能对水泵叶轮等精密部件造成磨损,缩短设备使用寿命,大幅提高设备故障率和更换频率。拦鱼网的存在则能显著降低这类问题的发生概率,减少非计划停机时间,保障项目按照既定节奏高效运行。

2.4.1.3 是助力廉江核电项目持续稳定供电的需要

取水设施是核电站冷却系统的重要组成部分,其运行状态直接影响到核反应堆的冷却效果。一旦取水系统发生堵塞,将直接影响冷却水的流量和温度,进而影响核反应堆的正常运行。严重时可能会导致机组非计划停运,对电网造成冲击,影响电力供应的连续性和可靠性。

本项目拦鱼网可保障廉江核电项目取水安全，维持其长期稳定供电。

2.4.1.4 是减少安铺港和英罗港的渔业资源损失的需要

取水设施的运行不仅影响核电站本身，还可能对周边海洋生态系统造成一定影响。取水口的卷吸效应可能导致鱼类、头足类等海洋生物被吸入冷却系统，造成生物损失。因此通过建设拦鱼网，可以在引水过程中，防止海洋生物被卷入或吸入，从而保护渔业资源。

游泳动物作为海洋生态系统的重要组成部分，不仅是生物多样性的体现，更在物质循环、水质调节等方面发挥着不可替代的作用。在核电厂取水过程中，水流形成的吸力往往会将附近海域的海洋生物吸入取水系统。这些生物一旦进入管道或设备，轻则因缺氧、挤压死亡，重则随着水流进入后续处理环节，最终导致渔业资源损耗。尤其是对于一些珍稀鱼类或处于繁殖期的鱼类群体，这种无差别吸入可能对其种群延续造成严重威胁，破坏海域原有的生态链。

拦鱼网的设置恰好能解决这一问题。它通过合理的网孔设计和拦截范围，在不影响正常取水的前提下，为游泳动物构建起一道“安全通道”。当鱼类接近取水口时，拦鱼网会对其形成物理阻隔，避免它们进入危险区域，从而避免误吸入系统造成死亡。这种有针对性的防护措施，既能保障项目取水需求，又能最大限度减少对渔业资源的直接伤害，符合生态保护与经济发展相协调的原则。

此外，减少渔业资源损失也有助于维持海域的生态平衡。游泳生物的稳定能保证海洋植物的适度消耗、抑制藻类过度繁殖，进而维持水质的稳定。若因取水导致游泳生物大量减少，可能引发海域生态失衡，反过来影响项目取水的长期水质安全。因此，拦鱼网的建设不仅是对渔业资源的保护，更是对整个海域生态系统的维护，能够为项目的可持续运行提供了生态层面的保障。

2.4.1.5 与其他相关规划的符合性分析

2.4.1.5.1 与《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》的符合性分析

本项目建设可保障后方核电厂取水及高效运行，提高湛江市及周边地区能源供应保障能力，有利于加快广东省政府完善能源基础设施网络，实现构建高质量绿色低碳能源保障体系，符合《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》中相关产业布局和能源发展的内容。

2.4.1.5.2 与《湛江市城市总体规划（2011-2020年）》符合性分析

（略）

本项目通过优化取水口拦鱼网，保障核电厂正常及高效运转，为湛江市发展提供助力，可提升城市舒适宜居水平，项目建设符合《湛江市城市总体规划（2011-2020年）》。

2.4.1.5.3 与《湛江市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》的符合性分析

（略）

因此，本项目通过优化取水口拦鱼网，保障核电厂正常及高效运转，推动优先发展新能源产业，符合《湛江市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》。

2.4.1.5.4 项目与国家产业政策的符合性分析

本项目主要为广东廉江核电项目一期工程取水口及核电厂而服务，广东廉江核电项目一期工程属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》目录中第一类鼓励类项目中的六、核能第1项“核电站建设与运行”。同时该核电项目符合《国家能源局能源发展十三五规划》中关于国家可持续发展政策和国家能源发展的目标任务要求，符合《核电中长期发展规划（2005-2020年）》，已列入广东省“十三五”时期全省能源发展重点项目。

2.4.2 用海必要性

拦鱼网作为取水口的第一道物理屏障，其核心功能是拦截海洋生物（如鱼类、水母、藻类等）与漂杂物，防止其进入冷却系统造成堵塞。传统“浮筒+锚块”式拦鱼网在实际运行中暴露出显著局限性：在台风引发的10级以上大风或3米以上巨浪条件下，网体易发生横向偏移（最大偏移量可达5米），导致防护范围出现缺口；同时，锚块在强水流冲击下可能发生沉降或移位，使网体下部形成空隙，小型生物易趁隙进入。据某沿海核电厂运维数据显示，2022-2023年间因拦鱼网稳定性不足导致的生物入侵事件达6起，单次停机清淤造成直接经济损失超800万元。

本次设计的2道拦鱼网（总计500-600米）采用“分级防护”策略，第一道

网主要拦截大型鱼类与漂浮物；第二道网体针对小型生物与碎屑进行二次过滤，拦截效率较单道网提升。而“浮筒+锚块+桩基”的复合固定方式，是应对极端环境的关键改进。

综上所述，本项目的用海是必需且必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 渔业资源

湛江市是渔业大市，渔业资源丰富。根据《湛江市统计年鉴 2025》统计，湛江市水产养殖面积总计 78390.02 公顷，其中海水养殖面积 57049.73 公顷，淡水养殖面积 21340.29 公顷。2024 年，湛江市水产品总产量为 131.64 万吨，其中海水产品 112.62 万吨，淡水产品 19.02 万吨，总产量相比 2023 年增长 2.4%。

湛江市水产品产量连续多年居广东省之首。湛江的对虾引领世界行情，湛江拥有“中国对虾之都”、“中国海鲜美食之都”、“国家级出口水产品质量安全示范区”、“国家级水海产品外贸示范基地”和“国家级海洋生态文明建设示范区”等多张水产业国家级名片。湛江市拥有水产种苗场 600 多家，深水网箱养殖基地 3 个，水产品加工企业 187 家，涉海高新技术企业 12 家，海洋科研机构 30 多家。海洋渔业已成为湛江体系最完善、功能最配套、从业人员最集中的集群产业之一，已经形成水产种苗培育和养殖、捕捞、加工、流通、研发及水产饲料等协作配套的较为完整的产业链。

湛江沿海由于受到外海水和沿岸水影响，鱼类种类组成复杂，多数为大陆架地方性种群，不作长距离洄游，仅作深水-浅水往复移动。常见种类达 173 种，隶属 17 目 73 科 131 属。鱼类区系主要由四大类群构成，即中上层鱼类、近底层鱼类、底层鱼类和珊瑚礁鱼类。常见经济鱼类有尖嘴鲷、海鳗、中华海鲷、六指马鲛、鲷、前鳞骨鲷、尖吻鲈、花鲈、石板鱼类、多鳞鱧、卵形鲳鲹、蓝圆鲹、白姑鱼、鮑鱼、叫姑鱼、黄姑鱼、大黄鱼、银牙鲷、军曹鱼、银鲈、金钱鱼、笛鲷类、黄鳍鲷、二长棘鲷、斜带髯鲷、花尾胡椒鲷、细鳞鲷、蓝子鱼、康氏马鲛、银鲳、带鱼、乌塘鳢、弹涂鱼、鲷、褐菖鲉、半滑舌鲷等。沿海常见的游泳甲壳类 98 种，均属印度-西太平洋暖水区的种类，隶属 27 科。常见的虾类有 31 种，隶属对虾科的 3 个亚科、10 个属，主要经济种类有 19 种，如新对虾、日本囊对虾、墨吉明对虾、长毛明对虾、仿对虾、鹰抓虾等；隶属龙虾科、龙虾属的有 3 种，分别为中国对虾、锦绣龙虾、波纹龙虾。头足类有 11 种，分别是小管枪乌贼、火枪乌贼、中国枪乌贼、五岛枪乌贼、双喙耳乌贼、曼氏无针乌贼、图氏后乌贼、短蛸、长蛸、砂蛸、纺锤蛸。

廉江市 2024 年全年水产品产量 17.55 万吨，相比 2023 年增长 2.4%。其中，海水产品 11.91 万吨，增长 3.0%；淡水产品 5.64 万吨，增长 1.2%。

3.1.2 港口、航道资源

廉江市区距湛江港仅 60 千米，有铁路和公路紧密相连。湛江港已与世界五大洲 100 多个国家和地区通航，是廉江走向国际市场的主要出海通道。廉江在北部湾畔沿岸还拥有安铺、营仔、龙头沙等 3 个天然良港。龙头沙港新上的一个 3000 吨和两个 2000 吨级泊位正在加紧建设。安铺港曾经有过每月从该港开往广州、海南、东兴、北海及越南的海防、西贡等地航班。廉江有三大港口，分别为：安铺久渔渔港、营仔渔港和车板龙头沙渔港。港口吞吐能力 100 多万吨。拥有运输船 140 艘。面向南海北部湾海域，连接两广经济合作区，距廉江市 70km。

(略)

3.1.2.1 航道

项目海域周边现有航道为安铺（龙头沙）航道、安铺（营仔）航道、安铺（犁头沙）航道以及部分习惯航路。目前上述港口均无危险品运输，主要为渔业码头和杂件运输。

图 3.1.2-1 码头周边航路现状图（略）

3.1.2.2 港口码头

营仔港：长 618m，宽 240m，港区水域面积 15 万 m²，1990 年经农业部批准为营仔渔业港区，属综合性港口，由渔业作业区和商业口岸等部分组成。泊位 5 个，均为 1000 吨以下。2014 年停泊船只最大吨位为 700 吨级，年平均停靠船只 330 只，主要装卸货物为水产品、煤，无危险品运输。

龙头沙港（廉江港）：是廉江市唯一经国家农业部批准的三类港口。现有 1000 吨级码头 200m，泊位两个，吞吐量 20 万吨，码头堆场 4 万 m²，护岸堤 1000m。年平均停靠船只 600 只，主要装卸货物为水产品，无危险品运输。龙头沙港区域包括车板镇、安铺镇、营仔镇、高桥镇。建成后港区水域面积达 41 万 m²，可容纳大型渔船数 100 艘，中型渔船数 200 艘，小型渔船数 300 艘，防台风等级 12 级。为进一步发展海洋经济，促进海产品的贸易及加工，廉江市明确提出，把龙头沙港海洋产业园作为“一廊两区”建设的重要组成部分。省海洋与渔业局已向农

业部申报作为一级渔港纳入管理，同时还作为广东省现代渔港经济区建设 17 个重点港口之一，在原渔港的基础上，将其建设成为以海洋产业带动捕捞业、海水养殖业、运输业、鱼需品生产、海产品加工业发展的整体规范的、功能多样的产业园区。

3.1.3 岸线资源

根据自然资源局发《湛江市统计年鉴 2025》相关统计，截至 2024 年，湛江市大陆海岸线长度总长达 1195.3km，岛屿个数共计 134 个，其中有居民岛屿岸线长度 416.3km。湛江海岸线砂质岸线绵长，有 13 段优质沙滩，包括王村港、吉兆湾、吴阳、南三岛、东海岛、硃洲岛东岸、笏斗沙岛、海安白沙湾、乌石北拳半岛、企水赤豆寮岛、纪家盘龙湾、江洪仙群岛、草潭角头沙等，总长达 150 多公里。

廉江市海岸线总长达 97135.02m，其中自然岸线长 17148.39m，人工岸线长 77277.06m，其他岸线长 2709.57m。自然岸线中砂质岸线为 1157.69m，约占自然岸线的 6.8%，泥质岸线为 1157.69m，约占自然岸线的 6.8%，生物岸线为 14765.00m，约占自然岸线的 86.1%，廉江市自然岸线多分布有红树林。

3.1.4 矿场资源

廉江市位于粤桂加里东褶皱隆起带的东南缘，云开古陆的西南端，吴川——四会大断裂西侧，上古生代中坳—廉江复式向斜南段。廉江市境内地层出露较全，岩浆活动频繁，褶皱、断裂构造发育，岩石受变质作用强烈，成矿条件较好，已发现矿产资源 30 多种，其中非金属矿产有白云岩、石灰岩、花岗岩、高岭土、泥炭土、红砖粘土、玄武岩、石英岩、玻璃沙、磷矿、黄铁矿、钾长石、滑石、透闪石、云母、水晶、河沙等。金属矿产有金、银、锌、白钨、铁、锰、铅、铜、钼和锡等矿产。

3.1.5 保护区

本项目论证范围内涉及有 3 个保护区，即广西合浦儒艮国家级自然保护区、广西山口红树林海洋保护区、广东湛江红树林国家级自然保护区。

3.1.5.1 广西合浦儒艮国家级自然保护区

1986 年，广西壮族自治区人民政府以桂政办函〔1986〕122 号文和桂编〔1986〕

192 号文批准成立自治区级合浦儒艮自然保护区；1992 年 10 月，国务院国函（1992）166 号文批准成立广西合浦儒艮国家级自然保护区。保护区位于广西北海市合浦县沙田镇附近海域，东起山口镇英罗港，西至沙田镇海域，海岸线全长 43km，其界线为：地理坐标（略）四点连线内的海域。保护区总面积 350km²，其中核心区面积 132km²，缓冲区面积为 110km²，实验区面积 108km²。

根据《北海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》和《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，广西合浦儒艮国家级自然保护区由广西区界和广东省界划分为北部湾儒艮国家级自然保护区、《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》廉江英罗湾片区，其海岸基本功能为海洋保护区用海，保护对象为儒艮和中华白海豚等珍稀物种及其栖息环境——红树林生态系统和海草床生态系统。

保护区严格执行《自然保护区管理条例》和《海洋类自然保护区管理办法》，执行保护区总体规划。开展海域生态环境动态监测和评估；海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量执行一类标准。



图 3.1.5-1 保护区地理位置图

图 3.1.5-2 北海市市域生态空间格局规划图截图摘自《北海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（略）

图 3.1.5-3 湛江市市域生态系统保护规划图截图摘自《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（略）

3.1.5.2 广西山口国家级红树林生态自然保护区

广西山口国家级红树林生态自然保护区由广西合浦县东南部沙田半岛的东西两侧海岸及海域组成,东邻广东省湛江红树林保护区,地域跨越合浦县的山口、沙田和白沙三镇。保护区管理处设于广西北海市。保护区管理处在英罗、沙田和白沙设三个保护站。

广西山口国家级红树林生态自然保护区由沙田半岛东侧和西侧的沿岸陆域和海域组成,分为英罗港分区和丹兜海分区两大部分。英罗港分区位于沙田半岛东侧的英罗港,陆域北起广西广东陆上交界的洗米河口,向南经山口镇的山东、高坡、北界,至英罗村止,跨4个村委,海岸线总长21.7km;海域为广西广东海上分界线以西,向南止于(略)的海域。丹兜海分区位于沙田半岛西侧的丹兜海湾,陆域东起上新村、向北经永安、丹兜和山角,至白沙镇的那郊后向南经那江、那潭、和荣,最后止于沙尾,跨11个村,海岸线总长19.2km;海域范围为向南止于21°31'40"的丹兜海域。

广西山口国家级红树林生态自然保护区由合浦县沙田半岛东侧的英罗港和西侧的丹兜海两个区域组成,总岸线长40.9km,其中英罗港19.2km,丹兜海21.7km;保护区总面积8000hm²,其中英罗港2865.4hm²,丹兜海5134.6hm²。各功能区的面积分别是:核心区824.1hm²,缓冲区3600.4hm²,实验区3575.5hm²。保护区总面积中海域面积4970.5hm²。陆地3029.5hm²,分别占保护区总面积的62.1%和37.9%。

其保护区的保护对象为红树林生态系统,保护目标为提高红树林生态系统的生物多样性;保护自然景观。严格执行《自然保护区管理条例》和《海洋类自然保护区管理办法》,执行保护区总体规划。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量执行一类标准。

图 3.1.5-4 广西山口国家级红树林生态自然保护区地理位置图(略)

3.1.5.3 广东湛江红树林国家级自然保护区

广东湛江红树林国家级自然保护区位于中国大陆最南端,分为40余片,成带状分散分布于广东省雷州半岛沿海滩涂,总面积20278.8hm²。保护区西北以高桥片为主,地理坐标为(略);东北以官渡片为主,地理坐标为(略);最东以湖光片为主,地理坐标为(略);东南以和安片为主,地理坐标为(略);西南片以

角尾片为主，地理坐标为（略）。

湛江红树林保护区总面积为 20278.8hm²，其水域面积大于 30%。保护区分为核心区、缓冲区和试验区。

核心区主要集中在廉江市高桥德耀、遂溪县北潭、遂溪县界炮安塘、雷州市企水湾、麻章太平镇至东海区民安镇海域。经统计，核心区面积共有 6613.00hm²，占保护区总面积的 32.61%。区内是湛江红树林资源种类最为丰富的区域，最突出的特征是红树林湿地生态系统稳定，均为天然林或天然次生林，红树林种类多、生长茂盛且集中连片，是湛江红树林生态系统的精华所在。区内没有居民点，人为干扰极少。

缓冲区面积 1711.95hm²，占保护区总面积的 8.44%。区内除沿海滩涂外还分布有一定面积的天然或人工更新的有林地，林龄尚幼，树种较单纯，分布较分散，生态功能较脆弱。区内无居民点。

试验区面积为 11953.86hm²，占保护区总面积的 58.95%。实验区的主要功能是人工促进红树林生态系统的修复、恢复，开展科学实验，培育红树苗木，开展森林旅游、多种经营和教学实习活动。

保护区的保护对象为：①热带红树林湿地生态系统及其生物多样性，包括红树林资源、邻近滩涂、水面和栖息于林内的野生动物；②海岸和红树林的典型自然景观。

图 3.1.5-5 广东湛江红树林国家级自然保护区功能区划图（略）

3.1.6 保护性水生生物

2021 年 2 月 1 日，国家林业和草原局 农业农村部联合发布 2021 年第 3 号公告，公布经国务院批准的最新版《国家重点保护野生动物名录》。保护性水生生物主要是指列入《国家重点保护的野生动物名录》的一级和二级保护动物。根据现场调查和资料收集，本项目周边海域主要保护性水生生物有儒艮（一级）和中国鲎（二级）。

3.1.6.1 儒艮

儒艮别名海牛、美人鱼，属哺乳纲海牛目儒艮科，拉丁学名(*Dugong dugon*)。系海生草食性兽类，属国家一级保护野生动物，其栖息地与水温、海流以及作为主要食物的海草分布有密切关系。多在距海岸 20 米左右的海草丛中出没，有时

随潮水进入河口，取食后又随退潮回到海中，很少游向外海。

儒艮最大体长 3.3 米，成体平均长约 2.7 米。体纺锤形，身体的后部侧扁。皮肤较光滑，有稀疏的短毛。头部较小，略呈圆形。上唇略呈马蹄形。嘴吻弯向腹面，其前端扁平，称为吻盘。儒艮行动缓慢，性情温顺，视力差，听觉灵敏，平日呈昏睡状。饱食后除不时出水换气外，爱潜入（30~40）米深的海底，伏于岩礁等处静候，从不远离海岸到大洋深海去。对海温有一定的要求，不去冷海。对冷敏感，水温低于 15℃，易染肺炎死去；水质差也易罹皮肤溃疡、内寄生虫等。儒艮喜成群活动，以（2~3）头的家族群活动，虽然常单独行动，但也会组成 6 头左右的小群体，有时会达数百头以上。在隐蔽条件良好的海草区底部生活，定期浮出水面呼吸。生性害羞，只要稍稍惊吓，就会立即逃避。从不远离海岸。行动速度不快，一般每小时 2 海里左右，在逃跑时也不过 5 海里。一般每 1 至 2 分钟浮至水面一次，但有时会潜水达 8 分钟以上。上浮时仅将吻部尖端露出水面，下潜时会像海豚一般整个身体垂直旋转 1 圈。一般而言每天会游动 25 公里左右的距离。

儒艮仅摄食海床底部生长的植物，深度约在 1 到 5 米左右，以多种海生植物的根、茎、叶，与部分藻类等为食，常会吃掉整株植物。它们不会使用门牙来咬断海草，而是以其大而可抓握的吻来摄食。有时它们会留下一条啃食过的痕迹，当退潮时海草林露出水面即可见到。儒艮一般白天或晚上皆会进食，但在人类活动频繁的地区则多半在晚上觅食。每天要消耗 45 公斤以上的水生植物，有很大一部分时间用在摄食上。觅食海藻的动作酷似牛，一面咀嚼，一面不停地摆动着头部，所以又有“海牛”一名。

2008 年，海南省东方市发现的死亡儒艮是中国大陆最后一次目击记录。2022 年，儒艮被宣布在中国大陆沿海功能性灭绝。然而在 2025 年 8 月 20 日，科研人员在南沙群岛永暑礁西南海域发现 1 头浮出水面换气的大型海洋动物。经鉴定，证实了在该海域出现的大型海洋动物为已被宣布功能性灭绝的儒艮。

在针对广西合浦儒艮国家级自然保护区生物多样性的研究中，最后一次记载儒艮活动痕迹的为 2002 年 6 月 8 日，即使该保护区有成片的海草床分布，此后也未有儒艮的出现记录。

3.1.6.2 中国鲎

中国鲎俗称海怪、三刺鲎，是国家二级重点保护野生生物。在动物分类学上隶属于节肢动物门肢口纲剑尾目鲎科鲎属。

体似瓢形，深褐色，全长可达 70cm，宽约 30cm，雌性成体一般体重都在 2kg 以上。由头胸部、腹部和尾剑三部分组成，全体覆以硬甲，背面圆突，腹面凹陷。头胸甲自前缘至左右两侧呈半圆形雄性个体前缘两侧各有一凹陷处。头胸部背甲广阔略呈马蹄形，自其前缘至左右两侧缘成半圆形，两侧向后突出成刺。背面突起较高（雄者稍扁平），中央有一纵脊，其前端有单眼 1 对，两侧各有纵脊 1 条，其上各有复眼 1 对，腹面凹陷，有口，有附肢 6 对。

中国鲎一般生活在深海区，主要吃小型无脊椎动物、薄壳小贝类、海豆芽、海葵等。平时生活于水深 40m 以内的泥沙质海底，以蠕虫、环节动物、腕足动物及软体动物为食，昼伏夜出。

每年 5-8 月的繁殖季节中国鲎便回到沙滩上产卵，入秋后，从浅海游回深海过冬。卵对沙滩的沙质和温度等自然环境都有很高的要求。雌雄成对爬到潮间带，通常雄性在雌体背上，6-7 月为产卵盛期，雌鲎在产卵前在沙滩上挖穴，将卵产在穴中，每穴产卵（100-1000）粒，接着雄体把精液撒在其上而受精。袂孵出的幼鲎，体长仅（7-8）mm，没有剑尾，身体仅分中央及两侧三部分，与三叶虫的成虫极相似，故称三叶幼虫。要经 20 多次的蜕壳，共历 8 年左右，才达性成熟期。幼鲎在滩涂上长到 9 岁才移居浅海，一般要到 13 岁才达到性成熟。成年后就耐饥，连续 10 个月不进食也不会饿死。夏季繁殖，产卵高峰期一般在 6-8 月，产卵场所通常选择在接近高潮区、退潮时阳光照得到的沙滩上。雌鲎一生中要蜕皮 18 次，雄鲎 19 次，约 15 年才能成熟，一旦成熟之后，就不再蜕皮。

广西、海南、广东、香港、澳门、福建、台湾、浙江等沿海省份，其中福建平潭是著名的产区。

由于中国鲎生长周期长，需要近 13 年时间才能繁殖，保护形势严峻，因此我国广东省、广西壮族自治区、福建省和江苏省将其列为重点保护水生野生动物。

根据《广东廉江核电项目海工工程对广西合浦儒艮国家级自然保护区生态影响评价报告》，中国鲎在本项目附近的合浦儒艮国家级自然保护区有分布。2019 年，在合浦儒艮国家级自然保护区一共记录 152 条中国鲎和圆尾鲎的活体和活动痕迹，其中记录了 97 只活体幼鲎、37 条鲎活动痕迹（未发现鲎）、18 个鲎壳，

沙田和榕根山分别有 95 条和 57 条记录。

本项目所引用的《广东廉江核电项目施工期邻近海域环境生态监测 2024 年 10 月秋季海域监测报告》调查资料显示,在调查过程中未发现中国鲎的记录。

3.1.7 红树林资源

1、湛江市红树林资源

2022 年湛江市现有红树林面积 7196.87hm²,其中廉江市红树林面积占 20% (1403.33 公顷)。主要红树林群落类型及其面积分别如下:白骨壤-木榄-秋茄 369.55 公顷,无瓣海桑-桐花树 144.86 公顷,白骨壤-木榄-无瓣海桑-桐花树 135.28 公顷,木榄-桐花树 120.49 公顷,桐花树-木榄-白骨壤 114.91 公顷,白骨壤-红海榄 96.94 公顷,桐花树 71.41 公顷,卤蕨 56.22 公顷,桐花树-木榄-无瓣海桑 47.66 公顷,红海榄-白骨壤-木榄-桐花树 47.34 公顷,白骨壤 44.81 公顷,无瓣海桑 39.67 公顷,桐花树-秋茄-卤蕨-老鼠簕-海漆 38.84 公顷,白骨壤-无瓣海桑 23.36 公顷,黄槿 17.31 公顷,海漆 22.17 公顷,桐花树-无瓣海桑 9.42 公顷,老鼠簕 3.09 公顷。其中廉江市高桥镇的木榄优势群落是中国大陆(海南以外)最大片的天然木榄群落,面积约 123hm²,其中最老的木榄林年龄约 80 年。同时,高桥镇红树林也是雷州半岛生态序列最完整的红树林,拥有从先锋树种(白骨壤)、演替中期树种(红海榄)到演替后期树种(木榄)的天然演替系列。

1990 年 1 月,广东省人民政府以粤办函(1990)13 号文批准成立湛江红树林省级自然保护区,保护区旨在保护红树林相关的鸟类资源,地点为廉江市高桥镇,面积为 2000 多公顷。1992 年经广东省林业厅批准,在廉江市高桥镇设立保护区管理站,以管理廉江市的高桥、车板两镇的红树林为主,管辖面积 2000 公顷。1995 年,由湛江市人民政府申请扩大保护区管理范围和面积,由省级升为国家级。1997 年 12 月 8 日,国务院国函(1997)109 号文批准建立广东湛江红树林国家级自然保护区。2002 年 1 月 1 日,湛江红树林湿地又被正式批准列入国际湿地名录。广东湛江红树林国家级自然保护区地处广东省西南部的湛江市,沿雷州半岛 1556 千米海岸线分布。地处中国大陆最南端,东经(略),北纬(略),由沿雷州半岛海岸线带状间断性分布的 68 个保护小区组成,保护总面积 20278.8 公顷,其中红树林面积 9000 多公顷,占全国的 33%,广东省的 78%,是中国红树林面积最大、分布最集中的自然保护区。

2、广西山口红树林资源

广西山口红树林国家级自然保护区位于合浦县东南部的沙田半岛东西两侧，地域跨越合浦县的山口、沙田和白沙三镇，总面积为 8000 公顷，核心区 824 公顷，缓冲区 3600 公顷，实验区 3576 公顷。山口保护区于 1990 年由国务院批准成为我国首批 5 个海洋类型自然保护区之一，1993 年 7 月加入中国人与生物圈网络，2002 年 1 月被列入国际重要湿地名录，是一个以红树林生态系统为主要保护对象的自然保护区。

山口保护区有红树林 700 公顷，宜林滩涂 3000 公顷。除海涂红树林外，陆上人工林面积 600 多公顷，林木蓄积量 16883m³，窿缘桉占 16203m³。该保护区海岸线总和长 50 公里，内分布着发育良好、结构典型、连片较大、保存较完整的天然红树林，截止到 2011 年，有红海榄、木榄、秋茄、桐花树等 12 种红树林植物，其中连片的红海榄纯林和高大通直的木榄在中国实为罕见。

本项目不占用红树林，论证范围分布有湛江市廉江市红树林(生态保护红线)、广东湛江红树林国家级自然保护区(生态保护红线)、广西山口红树林国家级自然保护区(生态保护红线)。最近的一处红树林为北侧的广东湛江红树林国家级自然保护区，距离约为 460m；其次是北侧和东南侧的湛江市廉江市红树林(生态保护红线)，距离约为 463m；西北侧的广西山口红树林国家级自然保护区最远，距离约为 1090m。

表 3.1.7-1 本项目周边红树林典型生态系统

序号	典型生态系统	名称	方向，最近距离(km)
1	红树林生态系统	广西山口红树林国家级自然保护区	西北侧，1.09km
2		广东湛江红树林国家级自然保护区	北侧，0.46km
3		湛江市廉江市红树林	北侧、东南侧，0.46km



图 3.1.7-1 论证范围内红树林分布示意图

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气候气象

气象资料引自《中电投广东湛江核电项目厂址水文站观测专题周年观测和统计分析报告》（国家海洋局南海工程勘察中心，2015年5月）。

根据2013年11月~2014年10月专门设立的湛江核电项目气象站周年观测资料（站位见图3.2.1-1），并参考铁山港、雷州等站气象资料分析本工程的气象条件如下：

3.2.1.1 气温

本地区属亚热带湿润海洋气候，夏长冬短。

多年平均气温：22.6℃

多年极端最高气温：37.1℃（1963.9.6）

多年极端最低气温：2.0℃（1977.1.31）

气温>35℃平均每年出现0.5天。

2013年11月~2014年10月观测的气温资料显示，年平均气温为23.2℃，6月的最高气温（34.8℃）和月平均气温（29.2℃）均高于其他月份，最高气温超

过 30℃的月份出现在 4 月~11 月，其中 5 月~9 月的最高气温均超过 34℃。月平均气温最小值为 14.5℃，出现在 2013 年 12 月份；年最低气温为 3.2℃，出现在 2014 年 2 月份。

3.2.1.2 降水

本地区雨量充沛，每年 5~9 月为雨季，年平均降雨量 1548mm，最大 1774.6mm，最小 1160.4mm；铁山港顶部的公馆圩年平均降雨量 1582mm，最大 2302mm，平均日降雨 144.5mm，最大日降雨 277.6mm。

图 3.2.1-1 水文气象周年观测站位置示意图（略）

3.2.1.3 风况

本地区风向随季节性变化显著，5~8 月多为偏南风，10 月至来年 3 月多为偏北风，4~9 月为季风转换期。全年常风向：北向，频率 22.5%；次常风向：南向，频率 13%。全年强风向：东南向，最大风速 24m/s 年出现 $\geq 13.8\text{m/s}$ （相当于 6 级风）大风日数：平均 11.8 天，最多 25 天（1956 年），最少 3 天（1954 年）。

台风：夏秋两季常受台风影响，每年有 2~4 次，台风由南海进入北部湾时，因受到海南岛和雷州半岛的阻挡，风力减弱，一般仅有 5~6 级，其延时约 24h 左右。

2013 年 10 月底，在广东省廉江市车板镇沙仔路村附近布设了周年气象观测站，具体位置为：（略），观测时间为 2013 年 10 月 27 日到 2014 年 11 月 30 日，根据一年的实测资料统计，年平均风速为 3.2m/s，年最大风速为 27.6m/s，极大风速为 37.8m/s。风速大于等于 6 级的天数为 15 天。2013 年 11 月，受强台风“海燕”影响，该月最大风速为 14.6m/s，极大风速为 20.3m/s（2013 年 11 月 11 日）；2014 年 7 月，受超强台风“威马逊”影响，该月最大风速为 27.6m/s，极大风速为 37.8m/s（2014 年 7 月 19 日）；9 月受台风“海鸥”影响，观测站记录的最大风速为 25.5m/s，极大风速为 37.5m/s（2014 年 9 月 16 日）。工程海域季风特征十分明显，除了 5 月~9 月 SW 和 WSW 向风出现的频率较高外（但也不是常风向），其它月份均是 NNE-ENE-ESE 向风出现频率占据绝对优势。这 5 个方向风频率之和为 69.5%，其次为 SW~WSW 向，频率为 10.42%，其余各向的风频率均不超过 3%。观测海区风玫瑰图见图 3.1-2。

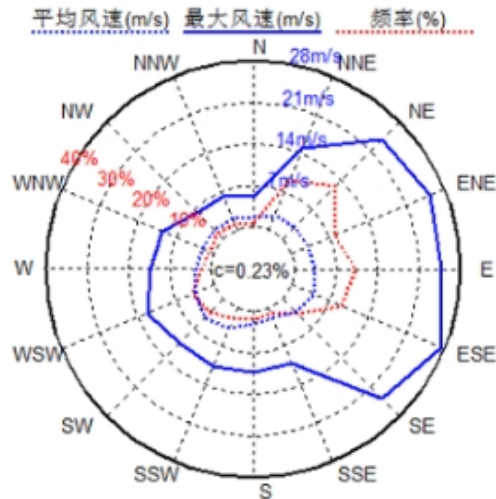


图 3.2.1-2 观测海区全年风玫瑰图

3.2.1.4 雾况

雾主要出现在冬末春初（1~4月），以3月份雾日最多，清晨有雾，日出雾消，其持续时间很短。

多年年平均雾日：13.5天

多年最多雾日：24天

多年最小雾日：4天

相对湿度

多年平均相对湿度：81%

多年最小相对湿度：5%

多年最高年平均相对湿度：84%

多年最低年平均相对湿度：75%

一般每年10月至次年1月，月平均相对湿度较低，在74~77%之间；2~9月月平均湿度均在81%以上。2013年11月~2014年10月观测的相对湿度资料显示，该地区2月~8月的相对湿度较大，9月~翌年1月的相对湿度较小。年平均相对湿度为76%，月平均相对湿度最大值出现在3月，为89%，最小值出现在12月，为62%，月最小相对湿度最小值出现在1月，为17%，最大值出现在4月，为56%。月最大相对湿度均大于90%。

3.2.2 水文动力

本节内容引用《

》，本次调查于 2024 年 8 月进行，共布设 10 个站位进行连续观测，编号为 L1~L10，测量内容包括流速、流向、海水温度、盐度和悬沙。L5、L8 和 L10 位于铁山港附近海区，其余站位位于安铺港附近海区。其中在 L1 站增加半月连续海流观测；在 L1 和 L2 站同步进行简易气象观测，测量内容包括海面温度、风速、风向和海况。潮位观测站 4 个（编号为 S1~S4），收集北海海洋站和铁山港海洋站的同步潮位资料，编号为 S1 和 S2；在湛江市遂溪县草潭镇附近海域布设潮位观测站 1 个，编号为 S3，连续观测一个月，覆盖整个全潮观测期；在取、排水口附近的 L1 站位置布设潮位观测站 1 个，编号为 S4，与半月连续海流观测同步。调查站位信息可见表 3.2.2-1 和图 3.2.2-1、图 3.2.2-2。

表 3.2.2-1 水文测站信息表（略）

图 3.2.2-1 水文站位分布示意图（略）

图 3.2.2-2 潮位观测站位分布图（略）

3.2.2.1 潮汐特征

3.2.2.1.1 资料概况及基面关系

本项目夏季调查设置 S1、S2、S3、S4 共 4 个潮位站，其中 S1 为北海海洋站，S2 为铁山港海洋站，S3、S4 为临时潮位站。S1、S2、S3 站潮位资料的时间为 2024 年 7 月 21 日~2024 年 8 月 20 日，S4 站潮位资料的时间为 2024 年 8 月 3 日~2024 年 8 月 18 日。

运用北海海洋站 S1 站和铁山港海洋站 S2 站 2014 年~2023 年的逐时潮位数据进行调和计算两站的理论最低深度基准面，得到两站相对于多年平均海平面下的理论最低深度基准面分别为 264cm 和 292cm，1985 国家高程基准下的多年平均海平面均为 64cm，2024 年 7 月 21 日~8 月 20 日期间 1985 国家高程基准下的平均海平面分别为 69cm 和 73cm。应用《海道测量规范》附录 J.3“短期和临时验潮站深度基准面传递法”推算出临时潮位观测站 S3 和 S4 站所在位置的理论最低深度基准面，两站相对于多年平均海平面下的理论最低深度基准面分别为 278cm 和 289cm，1985 国家高程基准下的多年平均海平面分别为 64cm 和 64cm，S3 站 2024 年 7 月 21 日~8 月 20 日期间 1985 国家高程基准下的平均海平面为 69cm，S4 站 2024 年 8 月 3 日~8 月 18 日期间 1985 国家高程基准下的平均海平面为 64cm。

3.2.2.1.2 实测潮位统计分析

根据 S3 站 2024 年 7 月 21 日~8 月 20 日和 S4 站 2024 年 8 月 3 日~8 月 18 日的实测潮位资料和收集到的铁山港海洋站 (S2 站)、北海海洋站 (S1 站) 2024 年 7 月 21 日~8 月 20 日的同步潮位资料, 绘制出这 4 个站的潮位过程曲线图, 结果见图 3.2.2-3~图 3.2.2-7。

图 3.2.2-3 北海海洋站 S1 站潮位过程曲线 (1985 国家高程基准面) (略)

图 3.2.2-4 铁山港海洋站 S2 站潮位过程曲线 (1985 国家高程基准面) (略)

图 3.2.2-5 S3 站潮位过程曲线 (1985 国家高程基准面) (略)

图 3.2.2-6 S4 站潮位过程曲线 (1985 国家高程基准面) (略)

图 3.2.2-7 夏季 S1、S2、S3、S4 站潮位过程曲线 (1985 国家高程基准面) (略)

3.2.2.1.3 潮汐特性

1、潮汐调和常数

潮汐调和常数是进行潮汐预报和潮汐特性分析的基本参数, 它的准确性是十分重要的。利用实测资料, 采用最小二乘法原理计算得到 S1、S2、S3、S4 站分潮的短期调和常数, 其中 S4 站的调和常数应用铁山港站潮位的差比数获得。表 3.2.2-2 为各站主要分潮的振幅 (H) 和迟角 (g)。

表 3.2.2-2 潮汐调和常数 (略)

从表 3.2.2-2 可知, 各潮位站的主要分潮调和常数相近; 分潮中以 O_1 、 K_1 分潮为主, 其中 O_1 分潮的振幅在 96.8cm~101.7cm 之间, 迟角在 33° ~ 37° 之间; K_1 分潮的振幅在 85.5cm~108.2cm 之间, 迟角在 97° ~ 112° 之间; 其次为 M_2 分潮, M_2 分潮的振幅在 41.9cm~57.9m 之间, 迟角在 173° ~ 193° 之间; 再次为 S_2 分潮, S_2 分潮的振幅在 8.0cm~17.0cm 之间, 迟角在 112° ~ 293° 之间。 M_4 和 MS_4 分潮量值较小。

2、潮汐特性

取主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F = (H_{K_1} + H_{O_1}) / H_{M_2}$, 作为划分潮汐性质的判据, 如下:

$F \leq 0.5$	规则半日潮流
$0.5 < F \leq 2.0$	不规则半日潮流
$2.0 < F \leq 4.0$	不规则全日潮流
$4.0 < F$	规则全日潮流

根据调和常数计算得到, S1、S2、S3、S4 站的潮汐判别数 F 分别为: 4.53、3.63、3.92 和 3.39, S2、S3、S4 所在海区的潮汐类型为不规则全日潮, S1 即北海海洋站所在海区的潮汐类型为规则全日潮。具体潮汐特性统计结果参见表 3.2.2-3。

表 3.2.2-3 潮汐特性统计表

站名 项目	S1 站	S2 站	S3 站	S4 站
潮汐类型: $(H_{O1}+H_{K1})/H_{M2}$	4.53	3.63	3.92	3.39
主要全日分潮振幅比: H_{O1}/H_{K1}	1.07	0.94	1.06	1.13
主要浅海与主要半日分潮振幅比: H_{M4}/H_{M2}	0.04	0.05	0.04	0.03
主要日分潮与半日分潮振幅比: $(H_{K1}+H_{O1})/(H_{M2}+H_{S2})$	3.57	3.19	2.93	2.70
主要浅海分潮振幅和: $H_{M4}+H_{MS4}$ (单位: cm)	3.38	4.21	3.05	1.40

3、潮汐特征值

(1) 潮位

7 月 21 日~8 月 20 日观测期间 S1、S2 和 S3 平均海面分别为 69cm、73cm 和 69cm, 8 月 3 日~8 月 18 日观测期间 S4 平均海面为 64cm。

S1、S2、S3 和 S4 站最高潮位分别为 347cm、396cm、358cm 和 330cm, 出现具体时间分别为 7 月 23 日 18:35、7 月 23 日 18:55、7 月 23 日 18:25 和 8 月 3 日 16:35。平均高潮位分别为 226cm、235cm、223cm 和 206cm。

S1、S2、S3 和 S4 站最低潮位分别为-150cm、-201cm、-185cm 和-176cm, 出现具体时间分别为 7 月 22 日 04:00、7 月 22 日 04:35、7 月 22 日 03:50 和 8 月 18 日 02:05。平均低潮位分别为-63cm、-81cm、-74cm 和-67cm。

(2) 潮差

潮差是描述一个海域潮汐动力的主要因子, 其大小直接反映潮汐强弱程度, 是反映潮汐变化特征的一项重要标志。为了说明调查海域潮差及其分布特征, 采用 S1、S2、S3 和 S4 站潮位观测资料进行潮差统计。S1、S2、S3 和 S4 站的最大潮差分别为 476cm、566cm、515cm 和 500cm, 出现时段分别为 7 月 22 日 04:00-7 月 22 日 18:05、7 月 22 日 04:35-7 月 22 日 18:35、7 月 22 日 03:50-7 月 22 日 18:15 和 8 月 3 日 16:35-8 月 4 日 03:40; 平均潮差分别为 287cm、312cm、295cm 和 267cm。

(3) 涨、落潮历时

通过潮位资料统计得到，S1、S2、S3 和 S4 站平均涨潮历时分别为 11.12h、9.59h、10.12h 和 8.96h，平均落潮历时分别为 8.98h、8.09h、8.46h 和 7.92h。从平均涨、落潮历时看，本调查海域夏季涨潮历时大于落潮历时。

表 3.2.2-4 潮汐特征值（略）

3.2.2.2 海流

3.2.2.2.1 实测海流概况

表 3.2.2-5~表 3.2.2-7 分别为大潮期、中潮期、小潮期涨、落潮流统计表。

由表可见：

1、夏季作业区内各站海流的往复流特征明显，流态分明。从表层到底层，各站各层海流形态较为相似，流向基本与岸线或航道走向平行。

2、大潮观测期间最大流速为 82cm/s，其次为 77cm/s；中潮观测期间最大流速为 94cm/s，其次为 86cm/s；小潮观测期间最大流速为 88cm/s，其次为 79cm/s。从平均流速来看，大、中、小潮观测期间落潮流速均大于涨潮流速。

表 3.2.2-5 大潮期涨、落潮流统计表（略）

表 3.2.2-6 中潮期涨、落潮流统计表（略）

表 3.2.2-7 小潮期涨、落潮流统计表（略）

3.2.2.3 潮流

3.2.2.3.1 潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}$ 作为判别标准：

$F \leq 0.5$	规则半日潮流
$0.5 < F \leq 2.0$	不规则半日潮流
$2.0 < F \leq 4.0$	不规则全日潮流
$4.0 < F$	规则全日潮流

其中 W_{O1} 为主要太阴日分潮流 O_1 的最大流速， W_{K1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K_1 的最大流速， W_{M2} 为主要太阴半日分潮流 M_2 的最大流速。

各站层的潮流性质系数 F 值见表 3.2.2-8。

表 3.2.2-8 潮流性质系数（略）

根据潮流调和结果，除 L8 站的个别层的 F 值大于 2.0，潮流类型为不规则全日潮流，其余各站各层的 F 值均大于 0.5 且小于或等于 2，潮流类型为不

规则半日潮流。由此可见，调查海区潮流类型主要为不规则半日潮流。

3.2.2.3.2 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述， k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1~1 之间。 K 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。 k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。

表 3.2.2-9 列出了 L1~L10 站各层 O_1 ， K_1 ， M_2 ， S_2 ， M_4 ， MS_4 分潮的最大流速 W ，出现的方向 θ ，最小流速 w ，椭圆率 k 。由表可知：

1) 本海区潮流主要以 M_2 、 K_1 和 O_1 分潮流为主，三个分潮量值相当， S_2 分潮流以及四分之一日分潮流 M_4 和 MS_4 的量值均很小。最大 M_2 分潮流出现在 L7 站，最大的 K_1 和 O_1 分潮流出现在 L4 站，分别为 37.1cm/s、27.3cm/s 和 29.3cm/s。

2) L1~L10 站各层 M_2 ， K_1 和 O_1 分潮流的 k 值均很小，绝对值大部分小于 0.2，说明该海区的潮流运动以往复流为主。

3) 本海区的各分潮最大流速方向主要受附近地形和航道的影响，方向基本与岸线或航道走向平行，且表中底层差异较小。 M_2 ， K_1 和 O_1 分潮流运动方向 L7 站呈 N-S 向，L3 站和 L9 站呈 E-W 向，其余各站大致呈 NE-SW 向。

表 3.2.2-9 主要分潮流椭圆要素（略）

3.2.2.3.3 潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离

根据《港口与航道水文规范》的相关计算，潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离的计算结果见表 3.2.2-10。

表 3.2.2-10 潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离表（略）

3.2.2.3.4 余流

调查海区余流主要介于 0.2 cm/s~14.8 cm/s。表层余流流速普遍大于中层余流和底层余流。大潮期的余流方向表层余流主要为西南向、南向或东向，中底层为东北向、西北向或东南向；中潮期的余流方向表层余流主要为东北向、东南向或西南向，中底层为西南向、东南向或南向；小潮期的余流方向基本上是表层余流为西北向或西南向，中底层为东南向、东北向或东向。

表 3.2.2-11 大、中、小潮期余流统计表（略）

3.2.2.4 海水温度

根据调查结果, 调查海域大潮期各站表层水温平均值为 31.11°C, 0.6H 层为 30.73°C, 底层为 30.61°C; 中潮期各站表层水温平均值为 32.12°C, 0.6H 层为 31.69°C, 底层为 31.52°C; 小潮期各站表层水温平均值为 32.55°C, 0.6H 层为 32.47°C, 底层为 32.49°C。

大潮期各站整体温度分布要小于中潮和小潮期, 这应与观测期间天气背景场有关。从各潮期空间分布上看, 基本表现为位于安铺港和英罗港的站位温度较高, 而外海站位的温度相对较低。从垂向分布上看, 大潮期和中潮期比较一致, 即表、中、底层存在一定的温度差异, 而小潮期, 除在 L5 站外, 其他各站均明显减小, 并在多个站位出现底层水温大于表层水温的特征。

本次 10 个观测站位获取的温度数据显示, 夏季调查海域的海水温度普遍较高, 表层可以超过 32°C, 各站最大水深超过 15m, 而底层水温同样均在 30°C 以上。空间分布上显示廉江核电工程所在位置为调查海域水温相对较高的区域。不同潮期水温的变化特征应受观测期间天气背景场的影响所致。

3.2.2.5 海水盐度

根据调查结果, 调查海域大潮期各站表层盐度平均值为 21.706, 0.6H 层为 23.192, 底层为 23.684; 中潮期各站表层盐度平均值为 22.427, 0.6H 层为 23.311, 底层为 23.803; 小潮期各站表层盐度平均值为 23.669, 0.6H 层为 24.563, 底层为 25.108。

与水温分布特征不同, 大、中、小潮期各站整体盐度分布并无明显差异。从各潮期空间分布上看, 基本表现为位于安铺港、英罗港和铁山港站位盐度较低, 这主要受上游径流量的影响, 而外海站位的盐度相对较高。从垂向分布上看, 与温度分布不同, 大、中、小潮期均表现为表、中、底层存在一定的盐度差异, 即表现为随水深增加, 盐度增大的特征。

本次 10 个观测站位获取的海水盐度数据显示, 夏季调查海域的盐度普遍较低, 各站各层各时刻盐度几乎均小于 30, L7 站最小盐度小于 10。空间分布上, 大潮和小潮期盐度等值线为西北-东南向, 显示廉江核电工程所在位置为调查海域盐度相对较低的区域。

3.2.2.6 悬沙

根据调查结果，调查海区大潮期平均含沙量介于 $0.0056\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.0232\text{kg}/\text{m}^3$ 之间；中潮期平均含沙量介于 $0.0055\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.0174\text{kg}/\text{m}^3$ 之间；小潮期平均含沙量介于 $0.0054\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.0247\text{kg}/\text{m}^3$ 之间。实测最高含沙量为 $0.1201\text{kg}/\text{m}^3$ 。含沙量呈现出东部高，西部低的分布规律。

含沙量在潮周期内不断波动，但各站总体波动幅度均较小。一个潮期周期内，含沙量出现 3—5 个峰值，含沙量峰值一般在垂线平均流速最大值或最小值后 1-2 个小时出现。

调查海区悬沙颗粒总体较细，大潮期各站的悬沙中值粒径在 $4.31\Phi\sim 6.96\Phi$ 之间，平均值为 6.23Φ ；中潮期悬沙中值粒径在 $5.51\Phi\sim 7.04\Phi$ 之间，平均值为 6.46Φ ；小潮期悬沙中值粒径在 $5.71\Phi\sim 7.26\Phi$ 之间，平均值为 6.54Φ 。调查海区悬沙颗粒呈现出大潮期略粗于中潮期，中潮期略粗于小潮期的特点。悬沙各组成物质中，以粉砂含量最高，粘土含量次之，砂含量最低，样品累积频率曲线图成 S 型。悬沙组成物质类型有粉砂、粘土质粉砂、砂质粉砂共三种，其中以粉砂为主。

龙头沙附近 L1 站输沙主要以落潮输沙占优，单宽净输沙方向为西南向；龙头沙北面 L7 站大、中潮期间，输沙以涨潮输沙占优，单宽净输沙方向为正北向，小潮期间，输沙以落潮输沙占优，单宽净输沙方向为正南向。调查海区单宽净输沙量总体较小，最大单宽净输沙量为 $1467\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，最小单宽净输沙量为 $47\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ 。调查海区的泥沙来源有三种：一种是来自西南外海，随涨潮流带入；一种来源于铁山港河流，随落潮流输运至外海，再由涨潮流带入；一种来源于营仔河，随径流下泄而来。

3.2.3 区域地质地貌

3.2.3.1 地质构造

工程所在区域的区域性断裂有信宜—廉江断裂 (F2)、古城镇—龙潭角断裂 (F3)，详见图 3.2.3-1。各断裂简述如下：

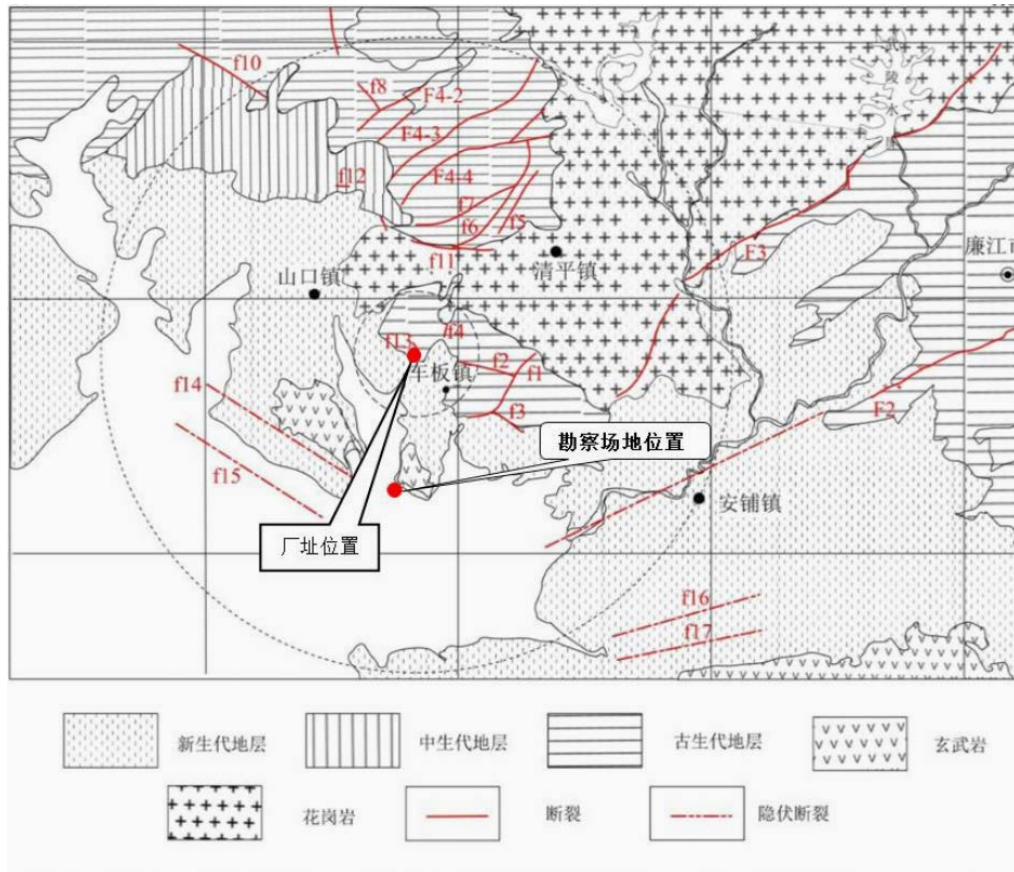


图 3.2.3-1 区域地质构造图

3.2.3.1.1 信宜~廉江断裂 (F2)

区域上，信宜-廉江大断裂北起自信宜县西北安莪附近，向西南经六明、高坡、木头塘、宝圩、那水、新圩、长湾河水库、低村、鹤岭、廉江、安铺，止于营仔圩一带，陆地部分长约 150km (《1:200000 廉江幅区域地质测量报告书》(后简称“廉江幅”))。东北段走向 30-40°，西南段向东偏转为 60°，呈微向东偏转为 60°，呈微向东南凸出的弧形。西南段潜没于北部湾海域。主要由古城-沙铲、宝圩-岐坡嶂，山背-官桥等 10 余条断裂组成。呈舒缓波状延伸。断面一般向北西倾斜，倾角约 50°，力学性质具压性兼剪性。本报告中所指的信宜-廉江断裂(F2)为廉江幅所述信宜廉江断裂的分支断裂(山背断裂)。该断裂在近区域范围内延伸长约 28km，该断裂北起廉江市北中垌一带，经廉江市南的沙井、新民镇新塘，在上寮附近隐伏于九洲江平原第四系之下，断裂走向 30-60°，倾向南东，倾角较陡，常表现为逆断层，该断裂错断了第四系底界，为早-中第四纪活动断层。

本工程场地与该断裂最近的直线距离约 7km。

3.2.3.1.2 古城镇—龙潭角断裂（F3）

古城镇—龙潭角断裂（F3）为廉江幅中古城-沙铲断裂，为信宜-廉江断裂带的一个分支。该断裂属廉江-信宜褶断带的南西部主带北西侧，是褶断带内主要断裂之一。区域上，东北起自古城东北的路垌，向西南经古城、石角镇西北、石埇、灯草、武陵水库管理所、雅塘镇西光岭、东埇、营仔北面木头塘一带。断裂走向 30~50°，倾向北西，倾角 30~60°，平面上基本连续分布，逆断裂为主，长约 60km。该断裂剖面上大多没有造成明显的地形地貌变化，断层出露的位置，其两侧地形平缓，无断层陡坎、槽地等断层地貌显示，在卫星影像上没有清晰的线性显示。断裂破碎带内未见较新鲜的断层物质，残坡积层未见错动痕迹，地貌未见明显的线性排布，新生代以来活动迹象不明显。

本工程场地与该断裂最近直线距离约 10km。

3.2.3.2 地形地貌及岩土特征

3.2.3.2.1 地形地貌

场地地貌类型较简单，为海岸地貌，整体地势东北高，西南低，向大海倾斜。

3.2.3.2.2 岩土特征

根据本次勘察结果及前期地质资料，勘察区域范围内主要为第四系海陆交互沉积成因的黏性土及砂土，Q₂ 北海组黏性土及砂土，Q₁ 湛江组砂土等。按岩土性质和成因可分为 3 大类共 13 小层，详细划分见表 3.2.3-1。

表 3.2.3-1 岩土体工程地质分层表

岩土时代、成因和定名		密实度、状态或风化等级		层号
Q ₄ ^{mc}	海陆交互沉积	淤泥	流塑	② ₁
		淤泥质土	流塑	② ₂
		粉细砂	松散	② ₃
		粗砾砂	松散	② ₄
Q ₂ ^{al}	冲积/冲淤积	粉质黏土	可塑	② ₁
		粉质黏土	硬塑	② ₂
		粉砂	稍密~中密	② ₃
		粉砂	密实	② ₄
		中砂	稍密~中密	② ₅
		粗砾砂	稍密~中密	② ₆
		粗砾砂	密实	② ₇
		淤泥质土	流塑	② ₈
Q ₁ ^{al}	冲积	粉砂	中密~密实	② ₁
		粗砾砂	中密~密实	② ₂

现将本次勘察钻孔内所揭露的岩土层按层号顺序分述如下：

(略)

图 3.2.3-2 勘探点平面布置图 (略)

图 3.2.3-3 工程地质剖面图 (略)

3.2.4 海洋生态环境质量现状调查

3.2.4.1 调查概况

本报告海水水质、海洋生物等调查数据引用《[REDACTED] [REDACTED]》的内容，由 [REDACTED] [REDACTED] 开展调查，该次调查共布设 25 个站位，海水水质调查站位 25 个，海洋生物体质量调查站位 5 个，海洋生态调查站位 15 个，潮间带调查断面 5 个。

本报告沉积物数据引用《[REDACTED] [REDACTED]》的内容，由 [REDACTED] [REDACTED] 开展调查，该次调查共布设 13 个沉积物调查站位。

本报告引用的 2024 年 8 月夏季调查站位与 2024 年 10 月秋季调查站位相同，调查站位分布及信息表可见表 3.2.4-1、表 3.2.4-2 和图 3.2.4-1。

本项目论证等级为三级，三级论证以收集能反映海域环境特征的历史资料为主。因此，本报告仅对项目附近 S8、S9、S10、S11、S12、S16、S17、S18、S20、S23、S25 和 C1、C3、C4、C5 站位的数据进行评价。

表 3.2.4-1 2024 年海洋环境调查站位信息表 (略)

表 3.2.4-2 2024 年潮间带调查站位信息表（略）

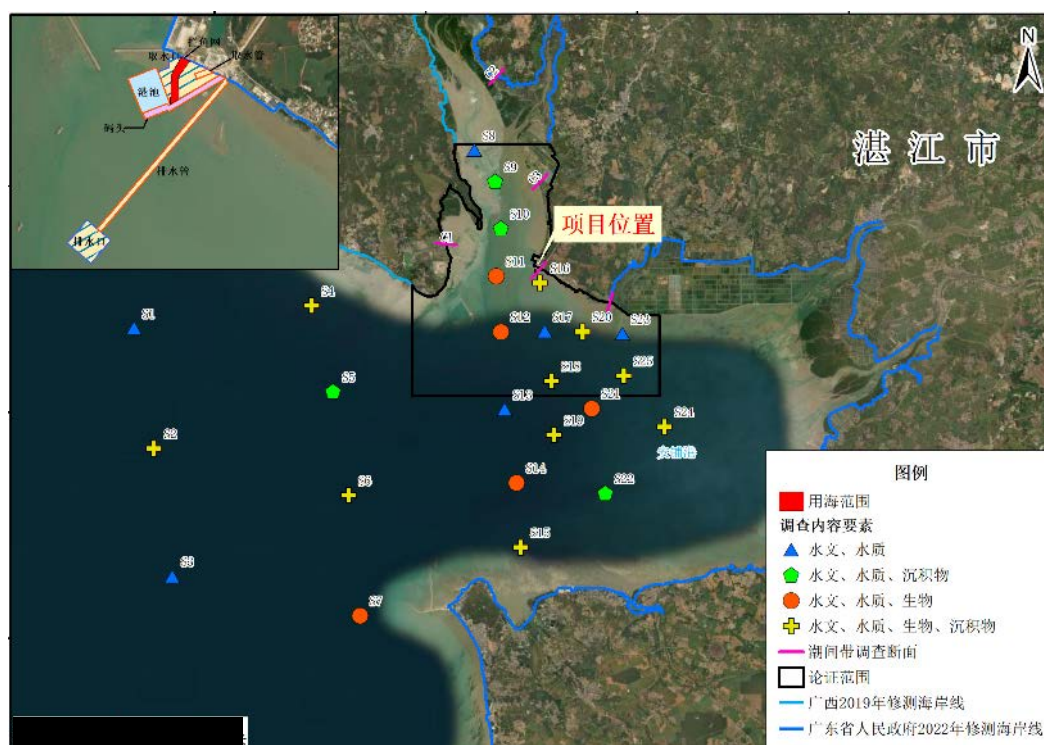


图 3.2.4-1 调查站位分布图

3.2.4.2 海水水质调查

3.2.4.2.1 采样方法

所用调查船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。根据实测水深，生物生态站进行透明度、水色等现场观测，并按照《海洋监测规范》(GB17378-2007) 的要求采集水样，水深<10m 时，采表层水样；水深 10m≤水深<25m 时，采表层和底层水样。其中表层为距表面 0.1-1m，底层为离底 2m，并进行分装、预处理、编号记录、保存。

3.2.4.2.2 分析方法

样品的分析严格按照《海洋调查规范》(GB/T12763-2007) 和《海洋监测规范》(GB17378-2007) 进行，规范未涉及的项目参照其他国标或行业标准测试，各项目的分析方法见表 3.2.4-3 和表 3.2.4-4。

由于不同实验室之间的设备资源不用，本次调查的水温、水深、水色、透明度、盐度、亚硝酸盐、铵盐、石油类、硒、铜、铅、镉、锌、硼等指标使用检测方法与海域使用论证本底调查指标使用的检测方法不一致。此外，由于当前硼尚

无使用海水的标准监测方法，无法出具 CMA 报告，本次硼使用《水质硼的测定姜黄素分光光度法》（HJ/T49-1999）进行检测，结果仅供参考。

表 3.2.4-3 水文指标引用标准及分析方法

序号	项目	引用标准及分析方法	检出限
1	水温	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/25.1 表层水温表法	—
2	盐度	《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》GB/T12763.2- 2007/6.2.1 盐度测量	—
3	透明度	《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》GB/T12763.2- 2007/10 海水透明度、水色和海发光观测	—
4	水色	《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》GB/T12763.2- 2007/10 海水透明度、水色和海发光观测	—
5	水深	《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》GB/T12763.2- 2007/4.8 水深测量	—

表 3.2.4-4 水质指标引用标准及分析方法

序号	项目	引用标准及分析方法	检出限
1	pH	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/26 pH 计法	—
2	悬浮物	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/27 重量法	2mg/L
3	溶解氧	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/31 碘量法	—
4	化学需氧量	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/32 碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
5	硝酸盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/38.2 铈镉还原法	0.001mg/L
6	亚硝酸盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/37 萘乙二胺分光光度法	0.0005mg/L
7	氨盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/36.1 靛酚蓝分光光度法	0.0007mg/L
8	活性磷酸盐	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/39.1 磷钼蓝分光光度法	0.0008mg/L
9	石油类	《水质石油类的测定紫外分光光度法（试行）》HJ970-2018	0.01mg/L
10	硫化物	《水质硫化物的测定亚甲基蓝分光光度法》HJ1226-2021	0.01mg/L
11	汞	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/5.1 原子荧光法	0.007μg/L

序号	项目	引用标准及分析方法	检出限
12	砷	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/11.1 原子荧光法	0.5μg/L
13	硼	《水质硼的测定姜黄素分光光度法》HJ/T49-1999	0.02mg/L
14	锌	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/9.2 阳极溶出伏安法	1.2μg/L
15	镉	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/8.2 阳极溶出伏安法连	0.09μg/L
16	铅	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/7.2 阳极溶出伏安法连	0.5μg/L
17	铜	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/6.2 阳极溶出伏安法连	0.6μg/L
18	总铬	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/10.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L
19	镍	《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007/4.2 无火焰原子吸收分光光度法	0.5μg/L
20	硒	《近岸海域环境监测技术规范第三部分近岸海域水质监测》 HJ442.3-2020 附录 G 原子荧光法	0.4μg/L
21	六价铬	《水质六价铬的测定二苯碳酰二肼分光光度法》 GB7467-87	0.004mg/L

3.2.4.2.3 海水水质现状调查与评价

海洋水质主要包括水深、水温、盐度、透明度和水色、pH、溶解氧、化学需氧量、悬浮物、无机氮、活性磷酸盐、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硒、六价铬、硼共 24 个指标。

水质评价以各站位所处的海洋功能区的环境保护要求进行评价，各站位各水质调查要素评价结果见表 4.2.2-3 和表 4.2.2-4。各水质要素的评价分析如下。

在水质超标方面，参考水质等级表，本次评价引用的 2024 年秋季海水水质调查样品中 pH、化学需氧量、汞、镉、铅、六价铬、总铬、砷、铜、锌、硒、镍、硫化物、石油类均符合各站位执行的水质标准。溶解氧有 6 个样品超标，无机氮有 5 个样品超标；活性磷酸盐有 9 个样品超标。

本项目所在海域 2024 年秋季海水水质调查主要超标因子为活性磷酸盐，其次分别为溶解氧、无机氮。

根据《2024 年广东省生态环境状况公报》统计，2024 年，全省近岸海域水

质年均优良（一、二类）比例为 90.6%，一类、二类、三类、四类和劣四类水质比例分别为 81.5%、9.1%、2.0%、1.7%、5.7%。劣四类水质主要分布在珠江口、湛江港、汕头港等河口海湾，主要超标指标为无机氮和活性磷酸盐。

由此可见，本项目所在海域无机氮和活性磷酸盐含量本底值较高，这也是本项目调查海域海水水质调查中无机氮和活性磷酸盐超标的主要原因，本项目调查海域海水水质调查中溶解氧考虑是陆源污染物入海所致。

3.2.4.3 海洋沉积物现状调查与评价

海洋沉积物质量主要包括沉积物粒度、铬、铜、锌、镉、铅、硒、汞、砷、石油类、硫化物、有机碳 12 个指标。

本次调查中位于廉江高桥英罗湾红树林保护功能区的 S20 号站的砷超出海洋沉积物第一类标准，其余各站位的各项评价指标均满足各个区域的管理要求，表明调查海域沉积物质量状况总体良好。

3.2.4.4 海洋生物体质量现状调查与评价

由于 2024 年 10 月（秋季）同步调查的渔业资源样品不满足生物体质量检测要求，根据《近岸海域环境监测技术规范第五部分近岸海域生物质量监测》（HJ442.5-2020），购买当地常见的优势或经济鱼类、贝类、甲壳类和头足类，即海区内在数量上占优势、对生境影响较大的种类生物体质量现状进行监测。购买采集的样品用现场海水冲洗干净后，放入双层聚乙烯袋中冰冻保存，送回实验室进行生物体质量检测。

生物体质量评价贝类采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）中采用一类标准，鱼类参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）中附录 C 中规定的标准，各站点的生物体质量的评价指数表 3.2.4-17 所示。

在汞、镉、铅、铬、砷、铜、锌和石油烃 8 项检测指标共计 120 个检测数据中，有 20 个超标数据，超标率为 16.7%，其中超标率最为严重的指标为石油烃，超标率为 80%；超标倍数最大的指标为镉，出现在贝类结果，超标倍数为 7.60。

3.2.4.5 海洋生态现状调查与评价

1、叶绿素 a 及初级生产力

本次评价仅引用 2024 年秋季调查中 5 个站位的叶绿素 a 的数据。

根据下表，叶绿素 a 质量浓度变化范围为 (2.84~4.41) mg/m³，平均值为 3.50mg/m³。在空间分布上，秋季最小值出现在 S11，最大值出现在 S9。

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算： $P=C \cdot Q \cdot E \cdot D/2$ ，其中 P-初级生产力 (mgC/(m²·d))；C-表层叶绿素-a 含量 (mg/m³)；E-真光层深度 (m)，取透明度的 3 倍；Q-同化系数 (mg·C/(mgChl-a·h))；D-日照时间，以 12h 计算。根据该海区的以往调查结果 (2007 年 908 专项调查)，同化系数取 1.62。初级生产力的范围在 64.3mgC/(m²·d)~182.19mgC/(m²·d)，平均值为 126.37mgC/(m²·d)，最小值出现在 S9，最大值出现在 S11。

2、浮游植物

2024 年秋季调查，共鉴定出浮游植物 3 门 46 属 110 种，以硅藻门浮游植物出现的种类为最多，共 39 属 97 种，占总种数的 88.18%；甲藻门 6 属 12 种，占总种数的 10.91%；蓝藻门为 1 属 1 种，为红海束毛藻。硅藻占绝对优势，各站位、各水层均有分布。表层样品鉴定出浮游植物 3 门 45 属 97 种，其中硅藻 38 属 95 种，种类数占比 97.94%，甲藻 6 属 11 种，种类数占比 11.34%，蓝藻门为 1 属 1 种，为红海束毛藻。底层样品鉴定出浮游植物 3 门 33 属 67 种，其中硅藻 30 属 60 种，种类数占比 89.55%，甲藻 2 属 6 种，蓝藻门为 1 属 1 种。

调查海区浮游植物丰度变化范围介于 2.55×10^4 cells/L ~ 5.59×10^4 cells/L，丰度最大值出现在 S12 站位，最小值出现在 S16 站位，丰度均值为 4.03×10^4 cells/L。

调查海域表层水体浮游植物优势种共出现 6 种，为环纹娄氏藻、小细柱藻、旋链角毛藻、丛毛辐杆藻、具槽帕拉藻和长菱形藻。优势种均为硅藻，以环纹娄氏藻的优势度最高，为 0.21，为本次调查的第一优势种。

秋季表层水体各站位浮游植物种数变化范围介于 19~31 种，平均 25 种/站，种类最少的站位为 S20 站位，最多的站位为 S16 站位。Shannon-wiener 多样性指数范围介于 2.77~3.80，平均为 3.20，最小值出现在 S25 站位，最大值出现在 S20 站位；丰富度指数范围介于 1.19~1.95，均值为 1.52，最小值出现在 S18 站位，最小大值出现在 S20 站位；Pielou 均匀度指数范围介于 0.60~0.79，平均为 0.70，最小值出现在 S25 站位，最大值出现在 S11 站位。

3、浮游动物

整套调查数据共记录浮游动物 15 个生物类群 119 种。其中桡足类 44 种、水

螅水母 30 种、阶段性浮游幼虫 18 种、栉水母 6 种、被囊类 4 种、毛颚类 4 种、钵水母 2 种、等足类 2 种、樱虾类 2 种、枝角类 2 种、钩虾科 1 种、管水母 1 种、阶段性浮游幼体 1 种、介形类 1 种、糠虾类 1 种。

在生物量方面，本次评价引用 2024 年秋季调查数据的 7 个站位中，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $158.29\text{mg}/\text{m}^3\sim 1958.57\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为 $695.43\text{mg}/\text{m}^3$ 。最低值出现在 S11，最高值出现在 S20。

在密度方面，本次评价引用 2024 年秋季调查数据的 7 个站位中，各采样站浮游动物密度变化幅度为 $457.80\text{ind}/\text{m}^3\sim 10805.66\text{ind}/\text{m}^3$ ，平均密度 $3277.45\text{ind}/\text{m}^3$ 。最低值出现在 S8，最高值出现在 S20。

整套秋季调查海域浮游动物优势种共出现 8 种，为强额孔雀哲水蚤、哲水蚤幼体、筒长腹剑水蚤、藤壶无节幼体、拟矮隆水蚤、尖额谐猛水蚤、短角长腹剑水蚤、桡足类无节幼体。强额孔雀哲水蚤的优势度最高，为 0.31，为该调查的第一优势种。

本次评价引用的 2024 年秋季浮游动物物种数变化范围介于 37-55 种，平均 49 种，最小值出现站位为 S18，最大值出现站位为 S8。多样性指数 (H') 范围介于 2.79-3.91，平均为 3.46，最小值出现站位为 S20，最大值出现站位为 S11。丰富度指数 (d) 范围介于 3.58-6.04，均值为 4.52，最小值出现站位为 S18，最大值出现站位为 S8。Pielou 均匀度 (J') 指数范围介于 0.50-0.71，平均为 0.62，最小值出现站位为 S20，最大值出现站位为 S18。

4、底栖生物

整套 2024 年秋季监测共获得大型底栖生物 7 门 50 种，其中环节动物 36 种，占总种类数的 72.00%；节肢动物 9 种，占总种类数的 18.00%；刺胞动物、纽形动物、软体动物、棘皮动物和脊索动物各 1 种，各占总种类数的 2.00%。

本次评价所引用的 6 个站位中，大型底栖生物平均栖息密度为 $102.5\text{ind}/\text{m}^2$ ，变化范围为 $(25.0\sim 335.0)\text{ind}/\text{m}^2$ ，平面分布较不均匀。其中 S18 号站栖息密度较高，该站位节肢动物豆形短眼蟹的栖息密度较高 ($165.0\text{ind}/\text{m}^2$)。

本次评价所引用的 6 个站位中，大型底栖生物平均生物量为 $8.67\text{g}/\text{m}^2$ ，变化范围为 $(0.15\sim 46.25)\text{g}/\text{m}^2$ ，生物量平面分布较不均匀。其中 S18 号站生物量较高，豆形短眼蟹在该站位的生物量为 $37.50\text{g}/\text{m}^2$ 。

以整套数据的栖息密度计算廉江核电海域大型底栖生物优势种为扭鳃奇异

稚齿虫和豆形短眼蟹，优势度分别为 0.13 和 0.11。扭鳃奇异稚齿虫的出现频率最高，豆形短眼蟹的平均栖息密度最高。

本次评价引用的 6 个站位中，多样性指数 (H') 变化范围为 0.87~3.46，平均值为 2.41，最小值出现在 S25，最大值出现在 S20。物种丰富度指数 (d) 变化范围为 0.50~3.44，平均值为 1.75，最小值出现在 S25，最大值出现在 S18。均匀度指数 (J') 变化范围为 0.55~0.96，平均值为 0.83，最小值出现在 S25，最大值出现在 S11。

5、潮间带生物

整套 2024 年秋季调查共记录潮间带生物有 57 种。其中软体动物 21 种、甲壳动物 20 种、环节动物 10 种、节肢动物 1 种、其他类群物种 5 种。软体动物和甲壳动物分别占总种数的 35.08% 和 36.84%。软体动物和甲壳动物是构成 2024 年秋季调查海区潮间带生物的主要类群。

本次评价引用的 4 个 2024 年秋季潮间带生物调查断面中，平均生物量为 484.49g/m²，平均栖息密度为 210.8ind/m²。

调查断面的潮间带生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面，平均栖息密度表现为 C4 断面>C5 断面>C3 断面>C1 断面；平均生物量表现为 C5 断面>C1 断面>C3 断面>C4 断面。

在垂直分布上，潮间带生物的平均栖息密度的垂直分布表现为高潮区>中潮区>低潮区；平均生物量表现为低潮区最高，中潮带居中，高潮带最低。

计算结果显示，本次评价引用的 4 条调查断面每个站位出现的种类数变化范围在 3~25 之间，平均值为 10。多样性指数 (H') 变化范围在 0.73~4.20 之间，平均值为 2.31。丰富度指数 (d) 变化范围在 0.29~3.31 之间，平均值为 1.30。均匀度指数 (J') 变化范围在 0.15~0.85 之间，平均值为 0.47。

6、游泳动物

整套调查站位共鉴定游泳动物 66 种，其中鱼类 33 种、甲壳类 29 种、头足类 4 种。

本次评价引用的 6 个调查站位中，各站位 Margalef 指数波动范围为 2.31~4.58，平均值为 3.09。物种丰富度水平最高的为 S12 站位，最低的是 S11 站位。本次评价引用的 6 个调查站位中，各站位 Pielou 指数波动范围为 0.48~0.88，平均值为 0.74。物种均匀度水平最高的为 S18 站位，最低的是 S20 站位。各站位 Shannon-

Wiener 指数波动范围为 1.44~2.75，平均值为 2.08。物种多样性水平最高的为 S12 站位，最低的是 S20 站位。

总重量渔获率和总个体渔获率分别为 8.8044kg/h 和 1393ind/h。

调查海域优势种共 5 种，分别为长毛对虾、刀额新对虾和近亲蛄。康氏侧带小公鱼为第一优势种，其相对重要性指数 IRI 最高，达到 2015.60，重量和数量分别占生物资源总重量和总数量的 11.87% 和 25.92%，在调查的 8 个站位有捕获。

调查海域游泳动物平均重量密度为 93.22kg/km²，平均数量密度为 15317ind/km²。

7、鱼卵仔鱼

2024 年秋季调查 15 个样品中，经鉴定，共出现了鱼卵仔鱼 19 种，其中鱼卵鉴定 10 种。

本次评价引用 2024 年秋季调查的 7 个站位中，鱼卵平均密度为 3.31 个/m³，鱼卵密度变化范围在（1.24~7.00）个/m³；仔稚鱼平均密度为 0.33/m³，仔稚鱼密度变化范围在（0.03-1.04）尾/m³。

3.2.5 疏浚物成分检测

3.2.5.1 调查概况

本节采用《[REDACTED]》的数据，由 [REDACTED] 在项目所在海域展开的疏浚物成分检测。

1、站位布置

该次检测共布设 19 个采样站位，其中有 1 个作为对照，2 个采集柱状样，本报告仅引用本项目用海区域附近的站位（T13、T14、T15、T16、T19）以及对照组（T17）进行评价。本次引用的站位坐标信息见以下图表。

表 3.2.5-1 采样站位坐标信息及水深实测记录 (略)



图 3.2.5-1 采样站位分布示意图

2、检测内容

本次检测项目包括：粒度、有机碳、油类、总汞、砷、锌、镉、铬、铜、铅、硫化物引用 [redacted] 的相关数据。

3、检测方法

疏浚物检测方法见下表。

表 3.2.5-2 疏浚物检测方法

项目	检测方法
有机碳	GB17378.5-2007/18.1 重铬酸钾氧化-还原容量法
锌	GB17378.5-2007/9 火焰原子吸收分光光度法
镉	GB17378.5-2007/8.1 无火焰原子吸收分光光度法
总汞	GB17378.5-2007/5.1 原子荧光法
砷	GB17378.5-2007/11.1 原子荧光法
铬	GB17378.5-2007/10.1 无火焰原子吸收分光光度法
油类	GB17378.5-2007/13.1 荧光分光光度法
粒度	GB/T12763.8-2007/6.3.2.3 激光法

4、评价方法

根据《疏浚物海洋倾倒分类和评价程序》规定，疏浚物类别化学评价限值如表 3.2.5-3 所示，类别评价规则如表 3.2.5-4 所示。

表 3.2.5-3 疏浚物类别化学评价限值

化学组分	$\omega/10^{-6}$		化学组分	$\omega/10^{-6}$	
	下限	上限		下限	上限
砷	20.0	100.0	铅	75.0	250.0
镉	0.80	5.0	汞	0.30	1.0
铬	80.0	300.0	锌	200.0	600.0
铜	50.0	300.0	有机碳*	2.0	4.0
硫化物	300.0	800.0	DDF	0.020	0.10
油类	500.0	1500.0	多氯联苯总量	0.020	0.60
666	0.50	1.50	*有机碳的单位为 10^{-2}		

表 3.2.5-4 疏浚物类别评价规则

疏浚物类别	评价规则
清洁疏浚物 (I类)	符合下列条件之一的疏浚物： a) 疏浚物中所有化学组分的含量都不超过化学评价限值的下限； b) 疏浚物中镉、汞、666、DDF、多氯联苯总量不超过化学评价的下限，疏浚物中砷、铬、铜、铅、锌、有机碳、硫化物、油类，其中不多于两种的含量超过化学评价限值的下限，但不超过（上限+下限）/2，且其 $<4\mu\text{m}$ 的粒度组分含量 $\leq 5\%$ ， $<63\mu\text{m}$ 的粒度组分含量 $\leq 20\%$ 。
玷污疏浚物 (II类)	疏浚物中主要化学组分含量均不超过化学评价限值的上限，且符合下列条件之一的疏浚物： a) 疏浚物中镉、汞、666、DDF、多氯联苯总量等一种或一种以上的含量超过化学评价限值的下限； b) 疏浚物中砷、铬、铜、铅、锌、有机碳、硫化物、油类的物理化学组分含量不满足清洁疏浚物（I类）b条规定的要求。
污染疏浚物 (III类)	疏浚物中一种或一种以上化学组分含量超过化学筛分水平的上限为污染疏浚物。

3.2.5.2 检测结果

本次疏浚物化学检测结果见表 3.2.5-5，疏浚物粒度分布结果见表 3.2.5-6。

表 3.2.5-5 疏浚物化学检测结果（略）

表 3.2.5-6 疏浚物粒度分析结果（略）

3.2.5.3 评价结果

对照疏浚物类别化学评价限值以及评价规则，各站位疏浚物样品均属于清洁疏浚物（I类）。疏浚物海洋倾倒分类结果见表 3.2.5-7。

表 3.2.5-7 疏浚物海洋倾倒分类结果

序号	站位	清洁疏浚物 (I类)	玷污疏浚物 (II类)	污染疏浚物 (III类)
1	T13	√	/	/
2	T14	√	/	/
3	T15	√	/	/
4	T16	√	/	/

序号	站位	清洁疏浚物 (I类)	沾污疏浚物 (II类)	污染疏浚物 (III类)
5	T17	√	/	/
6	S02 (表层)	√	/	/
7	S02 (中层)	√	/	/
8	S02 (底层)	√	/	/

3.2.6 主要海洋灾害

1、台风

湛江位于南海北部,是受热带气旋影响较为严重的地区之一,平均每年有 1.9 个热带气旋影响湛江地区;年最多为 5 个,热带气旋 8 月出现最多,占 27%,其次是 9 月占 24%。

据中国天气台风网统计,2013 至 2025 年间,共计 20 个台风从湛江市登陆,其中影响最为严重的是台风“威马逊”、台风“彩虹”以及台风“摩羯”。台风具体情况统计如下表。

表 3.2.2-1 2013 至 2025 年影响湛江市海域的台风统计表

年份	名字	登陆点	登陆时间	风级
2013 年	1306 温比亚	湛江市东海岛	2013-07-02 (05 时)	28m/s (10 级)
2013 年	1311 尤特	阳江市阳西县	2013-08-14 (16 时)	42m/s (14 级)
2014 年	1409 威马逊	湛江市徐闻县	2014-07-18 (20 时)	55m/s (16 级)
2014 年	1415 海鸥	湛江市徐闻县	2014-09-16 (3 时)	40m/s (13 级)
2015 年	1522 彩虹	湛江市坡头区	2015-10-04 (13 时)	50m/s (15 级)
2016 年	1608 电母	湛江市徐闻县	2016-08-18 (15 时)	20m/s (8 级)
2017 年	1720 卡努	湛江市徐闻县	2017-10-16 (03 时)	25m/s (10 级)
2018 年	1823 号台风 百里嘉	湛江市坡头区	2018-9-13 (08 时)	20m/s (8 级)
2019 年	1907 号台风韦帕	湛江市坡头区	2019-8-1 (17 时)	23m/s (9 级)
2023 年	2316 号三巴	湛江市雷州半岛	2023-10-20 (09 时)	23m/s (9 级)
2024 年	24011 摩羯	湛江市徐闻县角 尾乡	2024-9-6	68m/s (17 级以上)
2025 年	2501 蝴蝶	湛江雷州至遂溪 西部沿海	2025-05-18 (14 时)	33m/s (10 级)
2025 年	2521 麦德姆	湛江市徐闻县东 部沿海	2025-10-05 (15 时)	42m/s (14 级)

2、风暴潮

风暴潮:由热带气旋、温带气旋、海上飚线等风暴过境所伴随的强风和气压骤变而引起叠加在天文潮位之上的海面震荡或非周期性异常升高(降低)现象。分为台风风暴潮和温带风暴潮两种。广东以台风风暴潮为主。根据《广东省海洋灾害公报》,湛江沿海地区是我国风暴潮灾害高发区。均每年发生风暴潮灾害 1.3 次。2013~2023 年期间,湛江市共发生风暴潮灾害 10 次。其中 2014 年强台风

“威马逊”、2015 年强台风“彩虹”和 2024 年超强台风“摩羯”影响最为严重。

3、地震

地震是由于地壳运动在应力作用下岩石产生应力和应变的产物，当岩石的应力和应变积累到一定程度且超出破裂强度时，即产生破裂和错动，也就是发生地震，这种瞬时作用产生的破裂即通常所说的断裂，所以说地震与断裂构造密切相关。

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，场地所在廉江市车板镇在 II 类场地下，场地 50 年超越概率为 10% 水平的地震动峰值加速度为 0.05g，地震动加速度反应谱特征周期为 0.35s，对应抗震设防烈度为 6 度。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版)，设计地震分组为第一组。场地内 20m 深度范围内土层的等效剪切波速介于 150m/s~250m/s 之间，场地内覆盖层厚度介于 3m~50m 范围，故拟建场地建筑的场地类别为 II 类。表层分布填土及淤泥层的地段，工程场地属对建筑抗震不利地段，其他地段工程场地属对建筑抗震一般地段。

3.2.7 “三场一通道”

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）》（中华人民共和国农业部，2002 年 2 月）的资料显示，本工程所在海域涉及南海北部幼鱼繁育场保护区及南海国家级及省级保护区中的二长棘鲷幼鱼保护区。

南海北部幼鱼繁育场保护区：位于南海北部沿岸 40m 等深线以内的水域，保护期为 1~12 月。

二长棘鲷幼鱼保护区：为北部湾涠洲岛北端的北纬 21° 05' 线以北海域，连接涠洲岛南至海康县流沙港以西 20 米水深以内海域，保护期为每年的 1 月 15 日至 6 月 30 日。

本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和二长棘鲷幼鱼保护区的保护范围内，保护期分别为 1~12 月和每年的 1 月 15 日至 6 月 30 日。

图 3.2.7-1 南海中上层鱼类产卵场示意图（略）

图 3.2.7-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图（略）

图 3.2.7-3 南海北部幼鱼繁育场保护区（略）

图 3.2.7-4 南海国家级及省级保护区分布示意图（略）

4 资源生态影响分析

4.1 生态影响分析

4.1.1 水文动力环境影响预测与评价

本项目锚块安装前需进行疏浚，包括水下锚块基础开挖和岸侧临时清淤等，总疏浚量约为 2 万 m³；本项目在用海范围内增设 4 个桩基墩台（T1~T4），各墩台的桩基直径约 1.4m；本项目需安装 56 个水下锚块，锚块长×宽×高为 2.5m×2.5m×1.8m，锚块安装好后将采用块石抛填至原泥面高程。

4.1.1.1 水动力条件影响预测分析

本项目数值模型采用有限体积方法对二维潮流运动基本方程组进行离散，得到离散方程组，从而得出流速、流向、潮位。考虑到滩地随涨、落潮或淹没或露出，因此采用活动边界技术，以保证模型计算的精度和连续性，潮流场数学模型控制方程如下：

1、潮流场基本方程

控制方程采用二维浅水方程进行计算：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = hS \quad (4.1.1-1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial hvu}{\partial y} = fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \\ \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \\ \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \end{aligned} \quad (4.1.1-2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} = fuh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \\ \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \\ \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S \end{aligned} \quad (4.1.1-3)$$

式中，t 为时间，x、y、z 为笛卡尔坐标系； η 为水面高程；d 为静水位；h 表示总水深， $h = \eta + d$ ；u、v 表示平面 x、y 方向上的速度分量； $f = 2\Omega \sin \phi$ 表示科氏力作用， Ω 为地球自转角速度， ϕ 为地球纬度； ρ 表示水密度； S_{xx} 、 S_{xy} 、

S_{yx} 、 S_{yy} 为辐射应力的分量； ρ_0 表示与水的相对密度； pa 表示大气压强； S 表示源汇项的流量尺度； (u_s, v_s) 表示源汇相对于静止水体的流速变化；所有上标横线表示按水深平均值。如 \bar{u} 和 \bar{v} 为水深平均流速，即：

$$h\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz$$

$$h\bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$

T_{ij} 包含涡粘摩阻、紊流摩阻及对流项，定义如下：

$$T_{xx} = 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x}$$

$$T_{xy} = A \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right)$$

$$T_{yy} = 2A \frac{\partial \bar{v}}{\partial y}$$

对于任一标量的输运方程，采用沿水深方向垂向积分，得到：

$$\frac{\partial h\bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{C}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{C}}{\partial y} = hF_C - hk_p \bar{C} + hC_s S \quad (4.1.1-4)$$

上式中， \bar{C} 为任一沿水深平均标量。

底部摩阻力 $\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by})$ 采用与流速平方关系的摩阻公式定义：

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \vec{u}_b |\vec{u}_b| \quad (4.1.1-5)$$

上式中， c_f 为摩阻系数， $\vec{u}_b = (u_b, v_b)$ 为底部表面流速。与底部摩阻力相关的摩阻流速按如下式定义：

$$U_{\tau b} = \sqrt{c_f |\vec{u}_b|^2} \quad (4.1.1-6)$$

对于二维流计算， \vec{u}_b 为沿水深平均流速；摩阻系数可采用 Chezy 数 (C) 或者曼宁数 (M) 形式表示：

$$c_f = \frac{g}{C^2} \quad (4.1.1-7)$$

$$c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2} \quad (4.1.1-8)$$

$\vec{\tau}_s = (\tau_{sx}, \tau_{sy})$ 表示未被浮冰覆盖的水面所受表面风切应力，由下述经验公式给出：

$$\vec{\tau}_s = \rho_a c_d \vec{u}_w \left| \vec{u}_w \right| \quad (4.1.1-9)$$

式中， ρ_a 为空气密度； $\vec{u}_s = (u_s, v_s)$ 为海面以上 10m 风速。由表面风应力所导致的摩阻速度由下式给出：

$$U_{\tau s} = \sqrt{\frac{\rho_a c_f \left| \vec{u}_w \right|^2}{\rho_0}} \quad (4.1.1-10)$$

拖曳力系数可取定值，或基于风速相关的经验公式。Wu(1980,1994)给出以下拖曳力系数的经验公式：

$$c_f = \begin{cases} c_a & w_{10} < w_a \\ c_a + \frac{c_b - c_a}{w_b - w_a} (w_{10} - w_a) & w_a \leq w_{10} < w_b \\ c_b & w_{10} \geq w_b \end{cases} \quad (4.1.1-11)$$

上式中， c_a 、 c_b 、 w_a 、 w_b 为经验参数， w_{10} 为海面 10m 风速。对于开敞海域而言， $c_a=1.225 \times 10^{-3}$ 、 $c_b=2.425 \times 10^{-3}$ 、 $w_a=7\text{m/s}$ 、 $w_b=25\text{m/s}$ 。

2、用海工程数值模拟资料选取与控制条件

(1) 计算域设置

本项目所建立的海域数学模型计算域计算范围南侧开边界设置在涠洲岛南侧 80km 附近海域，西侧设置在防城港市附近海域，北侧和东侧为陆地闭边界，地理位置为东经（略），北纬（略）之间。为了提高计算效率，同时又保证工程海域有足够的分辨率，采用局部加密的非结构三角形网格对计算域进行划分，在距工程较远的区域采用较大的网格，最大网格分辨率为 3000m，工程附近采用较小网格，最小网格分辨率为 10m。整个计算模拟区域内由 38361 个节点和 74059 个三角单元组成。图 4.1.1-1 为大范围计算域网格水深图，图 4.1.1-2~图 4.1.1-3 为工程前后项目区域计算域网格水深图。

图 4.1.1-1 大范围计算域网格水深图（略）

图 4.1.1-2 项目区域计算域网格水深图（工程前）（略）

图 4.1.1-3 项目区域计算域网格水深图（工程后）（略）

(2) 计算时间步长和底部糙率

数值模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定收敛，最小时间步长 0.1s。底床糙率通过曼宁系数进行控制。

(3) 水平涡动粘滞系数

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

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (4.1.1-12)$$

式中 c_s 为常数， 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、模型验证

潮位、潮流数据采用 2024 年 8 月 4 日 10:00 至 2024 年 8 月 5 日 11:00 期间在工程附近海域 6 个站位的实测海流资料和 2 个同步观测的潮位资料对模型计算结果进行验证。潮位、潮流具体测流点位置分布如图 4.1.1-4 所示。测点的地理位置及坐标见表 4.1.1-1。

表 4.1.1-1 水文观测站位坐标（略）

图 4.1.1-5~图 4.1.1-6 为潮位的模拟值和实测值的对比，图 4.1.1-7 为流速和流向的模拟值和实测值的对比。从图中可以发现各测站潮位、流速和流向的模拟过程线与实测值吻合较好，涨、落潮的峰值亦基本吻合，能够有效反映工程海域的水动力状况，且满足《水运工程模拟试验技术规范》（JTS/T 231-2021）有关规定的要求和工程需要，可以作为进一步分析研究该海域相关工程问题的基础性资料。

图 4.1.1-4 测流点位置分布示意图（略）

图 4.1.1-5 北海潮位站潮位对比图（略）

图 4.1.1-6 铁山潮位站潮位对比图（略）

图 4.1.1-7 流速流向对比图（略）

4.1.1.2 工程海域潮流场基本特征

1、大范围海域潮流场模拟结果分析

本项目用海位于广西北海市铁山港区东侧附近海域，大范围海域流场模拟结果见图 4.1.1-8 和图 4.1.1-9。

涨急时刻，计算域内的潮流流向由南向北流，流入项目区域附近流向分为两股，一股向东继续流动，一股往北流入湾内。潮流整体呈现东侧流速大西侧流速小的特征，靠近项目区域西侧岸线附近海域受水深、地形和防波堤的影响流速较大，最大流速可达 90cm/s。工程附近海域流速一般在 5cm/s~30cm/s 之间。

落急时刻，计算域内的潮流流向由北流向南侧，潮流整体表现为东侧流速偏大，西侧流速偏小，流速整体与涨急相差不大，工程附近海域流速一般在 5cm/s~25cm/s 之间。

图 4.1.1-8 大范围海域流场图（涨急时刻）（略）

图 4.1.1-9 大范围海域流场图（落急时刻）（略）

2、工程海域潮流场计算结果分析

图 4.1.1-10、图 4.1.1-11 分别为工程海域工程前涨、落急时刻流场图。由图可知。

涨急时刻，项目区附近海域潮流总体由南向北流动，靠近项目海域流速较小，普遍不超过 30cm/s，靠近项目海域西侧外海海域流速相对较大，平均流速可达 40cm/s，而且受项目西侧防波堤影响在堤头附近流速较大，最大流速超过 90cm/s。

落急时刻，项目附近潮流由北向南流动，流速分布也呈现项目近岸区域流速偏小，项目外海海域流速偏大的趋势。整体来说，涨急时刻流速略大于落急时刻流速，项目区外海海域流速大于项目区附近海域流速。

图 4.1.1-10 工程前涨急时刻流场图（略）

图 4.1.1-11 工程前落急时刻流场图（略）

3、工程建设对流场的影响

图 4.1.1-12~图 4.1.1-13 和图 4.1.1-14~图 4.1.1-15 分别为工程完成后附近海域涨急时刻和落急时刻计算的潮流场及工程实施前后涨急时刻流场变化图。

由图可知，涨急时刻，由于工程建设的影响，在项目区范围内存在一定范围的流速减小区，流速变幅在 1 cm/s~5cm/s，越靠近项目疏浚、锚块和打桩海域影

响程度越为明显。落急时刻流速差分布趋势与涨急时刻流速差分布趋势基本一致，主要体现为项目疏浚、锚块和打桩海域范围内流速整体呈现减小的趋势，流速变幅在 1 cm/s~4cm/s。

由预测结果可以发现，工程建设对所在海域潮流动力环境的影响有限，主要集中在疏浚、锚块和打桩区附近水域，且距离疏浚、锚块和打桩区越远，造成的影响越不明显。

图 4.1.1-12 工程后涨急时刻流场图（略）

图 4.1.1-13 工程后落急时刻流场图（略）

图 4.1.1-14 工程实施前后涨急时刻流场变化（略）

图 4.1.1-15 工程实施前后落急时刻流场变化（略）

4.1.1.3 小结

本项目桩基、锚块占用海域空间，过水断面的减小导致该断面流速略有增加，项目施工对水动力环境的影响集中在施工区域，主要在拦鱼网两侧。

工程实施后，用海水域因疏浚水深增大，平均流速短期内会有所减小，用海范围上、下游小范围水域流速则有所增大。而本项目拦鱼网锚块均安装至原泥面以下，桩基占用海域空间面积较小，锚块、桩基之间均有透水空间，因而桩基、锚块本身对水流的阻挡作用较小，长期影响仅限于局部流场；本次用海不改变取水流量，因此一期工程取水口用海范围内其他区域流速不会发生显著变化。

由模拟结果可见，本项目施工后疏浚区域涨急时刻流速变幅在（1~5）cm/s；落急时刻流速变幅在（1~4）cm/s。该变化主要发生在疏浚工程阶段，项目疏浚后将在疏浚的范围投放锚块（锚块高度为 1.8m），并采用抛石回填至原泥面，项目施工后的水下基础与原泥面的落差不大，因此，从长期影响来看，本次用海对所在水域的流速变化不明显。

拦鱼网北侧有堤岸的掩护，本次用海未改变取水口北侧区域的水动力边界条件，不会对北侧水动力环境产生影响；项目本身对项目所在区域的流场影响较小，该区域水文动力的变化对外侧水动力的影响有限。同时，本项目施工时廉江核电厂会持续运营，海水向港池内流动。

综上，本项目的实施对区域水动力影响较小，主要集中在疏浚、锚块和打桩区附近水域，且距离疏浚、锚块和打桩区越远，造成的影响越不明显，对港池外

水动力环境的影响不大。

4.1.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

根据本项目对水文动力的影响分析可知,本项目对流场的影响主要集中在用海范围附近的小范围海域,其余流程基本不受影响,因此,本项目对海床的冲淤影响主要为工程周围及其附近局部海域。

工程实施后将引起工程周围及其附近局部海域的潮流运动和泥沙运动发生一定的变化,周期性潮流会携带大量的泥沙输移,从而引起床面的冲淤变化,上述现象是一个复杂的物理过程。鉴于泥沙输移的复杂性和床面冲淤理论的经验性,在海洋工程领域,对于工程建设引起的海床冲淤变化,常采用基于潮流数模计算结果的冲淤计算半经验半理论公式分析工程实施后的冲淤变化。

4.1.2.1 计算公式

窦国仁的潮汐水流悬沙运动微分方程为:

$$\frac{\partial(HS)}{\partial t} + \frac{\partial(qS)}{\partial l} + \alpha\omega(S - S^*) = 0 \quad (4.1.2-1)$$

式中: S —含沙量 (kg/m^3);

S^* —为水流挟沙能力 (kg/m^3)。

q —单宽流量 (m^2/s);

H —水深 (m);

α —为泥沙沉降概率,取值范围 0.5-0.6 之间。

$$\alpha = \begin{cases} 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, & \tau_b \leq \tau_{cd} \\ 0, & \tau_b > \tau_{cd} \end{cases} \quad (4.1.2-2)$$

τ_b —海底剪切应力;

τ_{cd} —沉积临界剪切应力。

ω —为悬沙沉降速度,可由张瑞瑾沉速公式进行估算:

$$\omega = \sqrt{\left(13.95 \frac{v}{d_{50}}\right)^2 + 1.09 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d_{50}} - 13.95 \frac{v}{d_{50}} \quad (4.1.2-3)$$

式中: v 为水体流速, γ_s 为淤积物干容重,根据经验公式 $\gamma_s = 1750d^{0.183}$, d 即 d_{50} 中值粒径平均值 (mm)。 γ 为泥沙和水体湿容重, d_{50} 为泥沙中值粒径。

然后根据泥沙运动理论中的输沙平衡原理,若只考虑潮流的挟沙能力,则可

表示为:

$$S^* = k\rho \frac{V^2}{gH} \quad (4.1.2-4)$$

式中: H —为实际水深 (m);

g —为重力加速度 (m/s^2);

k —为挟沙系数取 0.2~0.6 之间;

V —为流速 (m/s);

ρ —为水体密度 (kg/m^3)。

在实际悬浮浓度大于 S^* 时, 则发生泥沙沉降过程。若工程前泥沙处于冲淤平衡状态, 那么由于工程后使部分水域流速衰减, 导致挟沙能力的减弱而发生沉降。根据这一原理我们可以估算工程后泥沙冲淤厚度。

对 (4.1.2-1) 式在一个潮周期 T 时段积分, 并经差分变换后, 可得到一个潮周期 T 时段内的海床淤积强度:

$$\Delta H = \frac{(\Delta q_2 S_2 - \Delta q_1 S_1)T}{\gamma_c} = \frac{\alpha\omega}{\gamma_c} [(S_2 - S_1) + (S_1^* - S_2^*)]T \quad (4.1.2-5)$$

如果工程前后来沙量不发生变化, 即 $S_2 = S_1$, 则有

$$\Delta H = \frac{\alpha\omega T S_1^*}{\gamma_c} \left(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}\right) \quad (4.1.2-6)$$

则 1 年冲淤强度为

$$p = n \Delta H = \frac{n\alpha\omega T S_1^*}{\gamma_c} \left(1 - \frac{S_2^*}{S_1^*}\right) \quad (4.1.2-7)$$

T —潮周期, n 为一年中的潮周期数, S_1^* 、 S_2^* 为工程前后的挟沙能力 (单位为 kg/m^3)。将挟沙公式(4.1.2-4)代入(4.1.2-7)可得:

$$p = n \Delta H = \frac{n\alpha\omega T S_1^*}{\gamma_c} \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right) \frac{H_1}{H_2}\right] \quad (4.1.2-8)$$

v_2 、 v_1 —分别为工程前、后平均流速;

H_1 和 H_2 —分别为工程前后的水深。

对式 (4.1.2-8) 进行求解得到 H_2 , 经推导可得 ΔH 的两个解:

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 0.5[(H_1 + \beta \Delta t) - \sqrt{(\beta \Delta t - H_1)^2 + 4\beta \Delta t K^2 H_1}] \quad (4.1.2-9)$$

$$\Delta H = H_1 - H_2 = 0.5[(H_1 + \beta \Delta t) + \sqrt{(\beta \Delta t - H_1)^2 + 4\beta \Delta t K^2 H_1}] \quad (4.1.2-10)$$

其中 $\beta = \frac{\alpha\omega S_1^*}{\gamma_c}$, $K = \frac{v_2}{v_1}$, Δt 为计算时间。当 Δt 趋于 ∞ , 式(4.1.2-10) 所得 ΔH 趋于 ∞ 。此解不符合实际情况, 应舍去。当 Δt 趋于 ∞ , 可以得到海床平衡时水深变化量:

$$P_{\Delta t \rightarrow \infty} = (1 - K^2)H_1 \quad (4.1.2-11)$$

这一床面回淤计算公式已在海洋工程中得到较多应用, 计算结果与实测回淤资料验证较好。本次水动力数学模型计算表明, 工程引起的局部流场变化主要表现为工程区附近局部流速的减小, 由工程海域水体含沙量、悬沙粒度、底质粒度等分析结果结合水动力模型得到的流场, 可以计算本工程建设引起的工程区附近滩面泥沙冲淤强度变化。

4.1.2.2 冲淤计算结果

工程实施后将引起工程周围及其附近局部海域的潮流运动和泥沙运动发生一定的变化, 周期性潮流会携带大量的泥沙输移, 从而引起床面的冲淤变化。

根据上述经验公式和数值模拟结果, 计算了工程完成后首年冲淤强度分布情况和最终平衡冲淤强度分布情况, 如图 4.1.2-1 和图 4.1.2-2 所示。

首年冲淤变化: 工程施工完成后, 项目区域附近流速体现为减小的趋势, 导致项目区周围海域以淤积为主, 淤积量范围在(0.01~0.12)m 之间, 疏浚区 50m 范围内的淤积厚度普遍大于 0.05m, 疏浚区 100m 范围内的淤积厚度普遍大于 0.02m。

最终冲淤变化: 达到平衡之后, 泥沙回淤的总体分布特征与工程后首年相比基本保持一致, 但影响范围有所扩大, 总体淤积厚度亦有所增加, 淤积量范围在(0.02~0.18)m 之间。疏浚区 50m 范围内的淤积厚度普遍大于 0.10m; 疏浚周围 100m 范围内的淤积厚度则普遍大于 0.05m。总体来看, 工程周边海域的海底冲淤环境的影响主要集中在疏浚、锚块和打桩区范围内海域, 且最大影响范围不超过 100m 范围内海域。

图 4.1.2-1 首年冲淤强度分布情况(略)

图 4.1.2-2 最终平衡冲淤强度分布情况(略)

4.1.2.3 小结

项目实施后, 用海范围水域水深增大, 流速有所减弱, 总体将呈淤积态势;

工程用海范围上游侧、用海范围东侧南端小范围水域流速有所增强，将呈冲刷态势。

本项目的疏浚仅为施工期的临时清淤，清淤范围投放锚块后，采用块石抛填至原泥面高程，本项目施工完成后水下基础与原泥面落差不大，项目施工引起的水地形和水动力的改变对用海区域冲淤环境的影响不大。同时，本项目由于堤岸的掩护，未对项目用海区域北侧的水动力边界条件造成显著改变，因而对北侧海域的冲淤环境影响不大；项目本身对用海范围的冲淤变化较小，因而对外侧海域的冲淤条件影响也有限。

综上，本项目的实施对附近海域的冲淤影响不大。

4.1.3 水质环境影响分析

本项目桩基使用的灌注桩钢护筒、钢管桩、锚块均在岸上预制，随后运到水中进行安装，以上构筑物的安装过程会产生一定的悬浮物污染。此外，本项目是廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网设计方案的调整优化，一期工程已设立污水管网，本项目施工人员产生的生活污水均产生于后方陆域，直接排入一期工程污水管网。本项目运营期无废水产生。

根据工程的实际情况，在工程施工期间，主要环境影响因子是施工过程中产生的悬浮泥沙。悬浮泥沙在海洋水文动力条件的作用下扩散、输运和沉降，形成浓度场，对海域环境产生影响。通过预测求得悬浮泥沙扩散的浓度场后，即可依据海水水质标准，评价其对周围环境的影响程度。

4.1.3.1 水质环境影响预测条件

1、悬浮泥沙浓度场数学模型

在施工过程中，较粗泥沙很快沉降海底，较细泥沙颗粒较长时间悬浮于水体中并随海流输移扩散，形成悬浮泥沙场。计算中，只考虑工程增加的悬沙的输运，而不考虑背景浓度。

悬浮泥沙的输移扩散模式，采用考虑悬浮物沉降的二维输移扩散方程

$$\frac{\partial P}{\partial t} + U \frac{\partial P}{\partial x} + V \frac{\partial P}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial P}{\partial y} \right) + S_d + S_s \quad (4.1.3-1)$$

式中， D_x 、 D_y 分别是 x 和 y 方向上的水平涡动扩散系数，采用经验公式 $D_i = K \Delta X_i U_i$ ，其中， K 为经验系数，取 0.05； ΔX_i 分别为 x 、 y 方向的网格尺度；

U_i 分别为 x, y 方向的速度。 S_d 是沉降项, S_s 是源强项。其中, 沉降项宜采用现场实测法确定, 无实测资料时可取 0.05cm/s。

求解扩散方程所需的边界条件为:

$$\text{流出时段满足: } \frac{\partial P}{\partial t} + V_n \frac{\partial P}{\partial n} = 0 \quad (4.1.3-2)$$

$$\text{流入时段满足 } P = P^* \quad (4.1.3-3)$$

其中, P^* 为开边界处海水 SS 的背景浓度值, 这里设为 0。

数值差分采用 QUICKEST 格式, 时间步长同潮流场。

2、悬浮物源强的确定

(1) 预测因子

根据工程的实际情况, 在本项目施工期间, 主要环境影响因子是施工过程中产生的悬浮泥沙 (SS)。

(2) 源强位置

本项目悬浮泥沙集中在施工期, 源强发生位置包括: 水下基础开挖和岸侧临时清淤范围, 主体工程桩基施打、临时栈桥桩基施打和拔除范围。

(3) 源强

1) 水下基础开挖和岸侧临时清淤时产生的悬浮泥沙

根据项目施工方案, 本项目水下基础开挖、岸侧临时清淤仅采用 1 艘 8m³ 抓斗挖泥船, 配合 1 艘 1000m³ 自航式泥驳。抓斗船经现有航道及回旋水域进入施工现场施工, 总挖方量约为 2 万 m³, 每日可完成挖泥 1000m³, 完成 2 万 m³ 需时约 20 天, 产生的疏浚泥全部海抛。

根据《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS181-5-2012), 抓斗式挖泥船的生产效率计算如下:

$$W_{\text{抓斗}} = \frac{n \times c \times f_m}{B}$$

其中, $W_{\text{抓斗}}$ 为抓斗施工效率, t/h;

n 为每小时抓斗数, 根据施工单位经验取值为 40 斗/h;

c 为抓斗斗容, 本项目取 8m³;

f_m 为抓斗充泥系数, (淤泥可取 1.2~1.5, 砂或砂质粘土可取 0.9~1.1, 碎石类土可取 0.3~0.6), 根据现场土质, 抓斗充盈系数为 0.77;

B 为岩土搅松系数，淤泥和淤泥质土可取 1.0~1.1，砂搅松系数可取 1.05~1.35），本项目所在区域主要为粗砾砂（松散），取 1.1。

根据上式计算可得，本项目抓斗式挖泥船的生产效率为 224m³/h。

疏浚作业悬浮物发生量可按照以下公式：

$$Q = \frac{R}{R_0} \cdot T \cdot W_0$$

式中： Q ——抓斗船施工悬浮物发生量，t/h； R ——现场流速悬浮物临界粒子累计百分比（%），按疏浚参照系数选取 89.2%； R_0 ——发生系数 W_0 时的悬浮物粒径累计百分比（%），按疏浚参照系数选取 80.2%； T ——挖泥船生产效率，m³/h（根据前文，8m³抓斗挖泥船生产效率为 224m³/h）； W_0 ——悬浮物发生系数（t/m³），按疏浚参照系数选取，0.038t/m³；

则 8m³ 抓斗式挖泥船悬浮泥沙的发生源强为 9.47h。

$$(89.2\%/80.2\%) \times 224 \times 0.038 = 9.47\text{t/h}$$

根据以上公式计算，本项目抓斗式挖泥船作业引起的悬浮泥沙源强为 9.47t/h，即 2.63kg/s，近似为连续源强。

2) 主体工程灌注桩、钢管桩施工和临时栈桥钢管桩施打

根据项目施工方案，本项目靠岸一侧的两个墩台的桩基采用灌注桩工艺，灌注桩直径 1.2m，外部钢护筒内径为 1.4m，施工结束后不拆除钢护筒；项目靠海一侧的两个墩台的桩基采用钢管桩工艺，钢管桩直径为 1.4m；施工临时栈桥的桩基采用钢管桩工艺，拟采用 $\phi 529\text{mm}$ 钢管桩基础。

桩基施工时产生的泥沙量计算公式如下：

$$M = \frac{1}{4} \pi d^2 h \rho$$
$$Q = M \omega / T$$

其中 M ：单桩施工量。

d ：桩基直径，本项目灌注桩内径取 1.4m、钢管桩直径取 1.4m，施工栈桥钢管桩直径总长为 0.529m。

h ：海底覆盖层厚度，其中本项目靠岸一侧灌注桩入泥深度为 26.21m，钢管桩入泥深度为 40m，施工栈桥桩基平均入泥深度为 10m；

ρ ：覆盖层泥沙密度，按照岩土勘察资料取 $1.91 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ；

Q : 悬浮物源强, kg/s;

ω : 可悬浮泥沙的比例, 取 5%;

T : 每根桩施工时间, 根据施工单位提供的经验数据。

本项目灌注桩单桩成孔用时约 72 小时, 钢管桩单桩施工约 6 小时, 施工栈桥单桩施工时间约为 0.5 小时。

则由前述公式计算可得, 本项目桩基施工过程中产生的悬浮物的源强见下表。

表 4.1.3-1 项目桩基施工过程中悬浮泥沙产生源强估算结果统计一览表

工程名称	桩基直径 (m)	护筒直径 (m)	覆盖层厚度 (m)	单桩施工时间 (h)	悬浮物源强 (kg/s)
靠岸侧灌注桩	1.2	1.4	26.21	72	0.01
靠海侧钢管桩	1.4	—	40.0	6	0.27
施工栈桥钢管桩	0.529	—	10.0	0.5	0.12

3) 钢管桩拔除时产生的悬浮泥沙

本项目施工结束后需拆除水上的临时施工栈桥, 前述施工临时设施下部桩基等拔除过程中会扰动海底周边底泥, 使部分悬浮泥沙再次悬浮, 其源强可参照下式进行计算:

$$Q = \frac{\pi \cdot d \cdot h_0 \cdot \varphi \cdot \rho}{t}$$

其中, Q ——悬浮泥沙发生量, kg/s; d ——施工栈桥钢管桩直径 0.529m; h_0 ——钢管桩泥下深度, 平均约 10m; φ ——钢管桩外壁附着泥层厚度, 取 0.2m; ρ ——附着泥层容重, 平均按 1046kg/m³ 估算; t ——拔桩时间, 单桩拔出时间约 0.5 小时。

经计算, 施工栈桥拔桩悬浮物产生源强 $Q=1.93\text{kg/s}$ 。

(4) 悬浮泥沙数值模拟预测工况选取

根据本项目施工工序, 本项目悬浮泥沙数值模拟预测工况及各工况悬浮泥沙源强见表 4.1.3-2。

本项目预测悬浮泥沙发生位置见图 4.1.3-1。

表 4.1.3-2 项目悬浮泥沙源强及预测工况一览表

施工工况	施工内容	源强点选取	悬浮物源强 (kg/s)
工况一	水下基础开挖和岸侧临时清淤	疏浚范围内均匀取点	2.64
	T3 和 T4 墩台灌注桩施打	T3 和 T4 墩台范围内, 共 8 根桩基桩基 (靠岸一侧)	

工况二	T1 和 T2 墩台钢管桩施打	T1 和 T2 墩台范围内，共 8 根桩基（靠海一侧）	0.39
	钢便桥桩基施打	在钢便桥范围内，沿靠岸测墩台至靠海侧墩台每隔 12m 取一个点	
工况三	钢便桥桩基拔除	在钢便桥范围内，沿靠岸测墩台至靠海侧墩台每隔 12m 取一个点	1.93

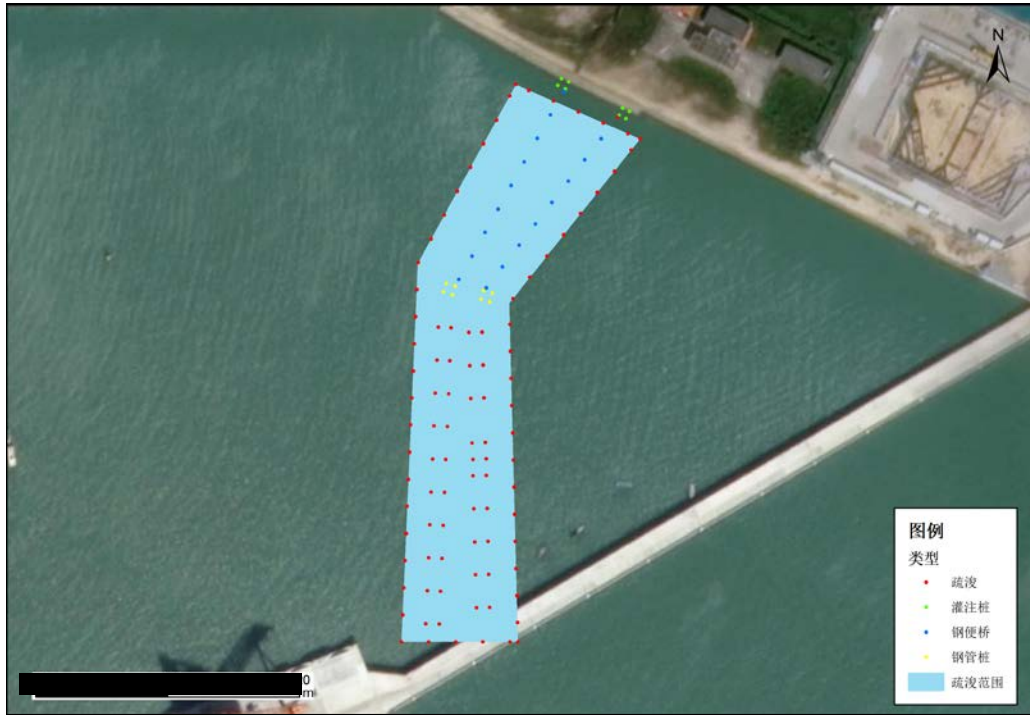


图 4.1.3-1 预测悬浮泥沙发生点位置示意图

4.1.3.2 悬浮泥沙预测结果

自本项目施工作业初始时刻起，源点附近由于沉降、掺混过程所形成的悬浮泥沙混浊云团，在海流作用下扩散迁移形成“污染区”。由于不停作业，云团核心浓度（中心含沙量）随着时间的推移而不断升高，云团面积不断扩大。在初始阶段，这一过程演变很快，但经过一定时间后，浓度随时间的变化变缓，指某一时间不再升高，即达到所谓“平衡态”。它表征了各种因素（源强、自净能力）对环境水质的影响程度。潮混合使核心浓度达到平衡态的时间，决定于水域的地形特征和流场的强弱以及流态。通常，水域小，流场强，达到平衡态的时间就短。

1、工况一施工作业悬浮泥沙增量浓度预测结果

图 4.1.3-2 为工况一施工作业悬浮物增量浓度的影响范围所形成的最大运动半径，受涨落潮的影响，中心点距 10mg/L 等值线的距离北侧最远，最大运动半

径<1.0km。

表 4.1.3-3 为工况一施工过程中产生的悬浮泥沙增量在>10mg/L、>20mg/L、>50mg/L、>100mg/L、>150mg/L 的海域面积最大值分别为 0.39km²、0.23km²、0.14km²、0.11km²、0.08km²。

表 4.1.3-3 工况一施工作业悬浮物增量浓度的影响范围 (km²)

浓度	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L	扩散半径
总体	0.39	0.23	0.14	0.11	0.08	1.0km

图 4.1.3-2 工况一施工作业悬浮物增量浓度包络图 (略)

2、工况二施工作业悬浮泥沙增量浓度预测结果

图 4.1.3-3 为工况二施工作业悬浮物增量浓度的影响范围所形成的最大运动半径，受涨落潮的影响，中心点距 10mg/L 等值线的距离北侧最远，最大运动半径<0.3km。

表 4.1.3-4 为工况二施工过程中产生的悬浮泥沙增量在>10mg/L、>20mg/L、>50mg/L、>100mg/L、>150mg/L 的海域面积最大值分别为 0.03km²、0.02km²、0.01km²、0.004km²、0.002km²。

表 4.1.3-4 工况二施工作业悬浮物增量浓度的影响范围 (km²)

浓度	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L	扩散半径
总体	0.03	0.02	0.01	0.004	0.002	0.3km

图 4.1.3-3 工况二施工作业悬浮物增量浓度包络图 (略)

3、工况三施工作业悬浮泥沙增量浓度预测结果

图 4.1.3-4 为工况三施工作业悬浮物增量浓度的影响范围所形成的最大运动半径，受涨落潮的影响，中心点距 10mg/L 等值线的距离北侧最远，最大运动半径<0.4km。

表 4.1.3-5 为工况三施工过程中产生的悬浮泥沙增量在>10mg/L、>20mg/L、>50mg/L、>100mg/L、>150mg/L 的海域面积最大值分别为 0.05km²、0.04km²、0.03km²、0.01km²、0.005km²。

表 4.1.3-5 工况三施工作业悬浮物增量浓度的影响范围 (km²)

浓度	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L	扩散半径
总体	0.05	0.04	0.03	0.01	0.005	0.4km

图 4.1.3-4 工况三施工作业悬浮物增量浓度包络图 (略)

4.1.3.3 施工作业悬浮泥沙增量浓度环境影响分析

根据本项目施工进度计划，本项目施工工况的施工顺序为“疏浚（含灌注桩施打）—钢管桩和钢便桥桩基施打—钢便桥桩基拔除”，以上三个工况均产生局部悬浮泥沙。

由悬浮泥沙预测结果可见，本项目施工过程中悬浮泥沙影响范围最大的施工内容为水下基础开挖和岸侧临时清淤，其次为钢便桥桩基拔除，悬浮泥沙影响范围最小的为钢管桩和钢便桥桩基施打。工况二和工况三的悬浮泥沙增量浓度影响范围均在工况一的影响范围内。

以上施工过程中产生的少量悬浮泥沙会随着工程的结束而消失，而且工程在现有取水口用海范围内进行，周围有堤岸和栈桥的掩护，悬浮物扩散范围小。

因此，本项目对海洋水质环境影响较小。

4.1.4 海洋沉积物环境影响分析

本项目对沉积物的影响主要来自锚块水下基础开挖、钢管桩和钢便桥打桩、灌注桩钻孔等施工工艺扰动海床底质引起的悬浮泥沙沉降，可能影响周围海域的沉积物环境；根据沉积物环境现状监测结果，项目所在海域的沉积物质量状况较好，调查因子均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）的相应功能区标准限值要求。因此，工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生严重变化，仍将基本保持现有水平。

本项目水下基础开挖和岸侧临时清淤范围位于取水口用海范围内，根据《中交四航局广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程疏浚物检验评价报告》鉴定，本项目所在海域各采样点的疏浚物均属于清洁疏浚物（I类），水下基础开挖工程所产生的土石方将全部运至主管部门指定区域卸除，不会对海域周边的沉积环境产生影响。

此外，本项目在水下基础开挖完成后，随即铺设土工布，并铺设 300mm 厚的碎石层进行整平。

本项目土工布铺设主要采用人工进行水下作业，引起的悬浮泥沙可忽略不计。本项目所采用土工布均为环保材料，采购的碎石在施工前都会进行清洗，保证石料干净、土工布达标，不会给沉积物环境带来污染。在施工完成后，本项目所在海域表层沉积物由于水文动力的影响出现回淤，可恢复至北背景水平，不会改变

区域沉积物类型。

综上所述，本项目施工对海洋沉积物环境的影响总体可控。

4.1.5 对海洋生物的影响分析

4.1.5.1 对浮游植物的影响

浮游植物不仅是水域生态系统中最重要初级生产者，而且是水中溶解氧的主要供应者，它启动了水域生态系统中的食物网，在水域生态系统的能量流动、物质循环和信息传递中起着至关重要的作用。

从海洋生态角度来看，施工海域内的局部海水悬浮物增加，一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10mg/L~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。悬浮物浓度增高造成水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生的不利影响，从而使溶解氧降低，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体中浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，致使这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。

项目施工期间由于底泥开挖、打桩、钻孔等工程先后作业，导致附近海域的悬浮物浓度有所增大，对周围水体中浮游植物产生影响范围主要在项目附近一定距离的海域范围内。根据数值模拟结果，本项目施工引起的增量浓度为 $>10\text{mg/L}$ 的悬浮泥沙扩散范围面积为 0.39km^2 ，最大扩散半径为 1.0km。这种影响持续时间较短，将随着工程施工的结束而消失，对周围水体中浮游植物的影响不大。经过一段时间后，浮游植物可渐渐恢复至原有水平。

4.1.5.2 对浮游动物的影响

浮游动物是中上层水域中鱼类和其他经济动物的重要饵料，对渔业的发展具有重要意义。由于很多种浮游动物的分布与气候有关，因此，也可用作暖流、寒流的指示动物。

根据数值模拟结果，本项目施工引起的增量浓度为 $>10\text{mg/L}$ 的悬浮泥沙扩

散范围面积为 0.39km²，最大扩散半径为 1.0km。施工作业引起施工海域内的局部悬浮物质增加了水体的浑浊度。悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。由于悬浮颗粒物的浓度增加，悬浮颗粒会粘附在动物体表，造成以滤食性为主的浮游动物摄入粒径合适的泥沙，从而使浮游动物因内部系统紊乱，因饥饿而死亡。除上述影响外还会间接影响浮游动物的生长率、存活率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等方面。而在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。

虽然海水中悬浮物的增加对浮游生物产生了一定的不利影响，但这种影响是暂时的、局部的，由于海洋的自净能力强，水体浑浊现象将逐渐消失，水质将逐渐恢复。施工完成后，新的浮游生物的重新植入，各类浮游生物量逐渐增加又将恢复至原水平。因此，对浮游生物的影响是可以在短时间内消失的。

4.1.5.3 对底栖生物的影响分析

在项目施工过程中，水下基础开挖和岸侧临时清淤范围内的底栖生物栖息环境将被直接破坏，由此底栖生物的生存环境将被彻底改变，破坏了底栖生物的生存环境，少量活动能力强的底栖动物逃往他处，而大部分底栖种类将随抓斗被挖到泥驳船上，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都难以存活；同时，处于安全设计考虑，本项目水下基础还需抛石整平，钢管桩、灌注桩以及锚块范围也将永久占用底栖生物栖息环境，对底栖生物群落的破坏是不可逆转的。

此外，本项目施工作业引起局部海域悬浮物浓度增加，降低了海水透明度，大量悬浮物质沉降后，还将对底栖生物产生直接的覆盖作用，进而对施工海域附近的底栖生物造成一定影响。

本项目悬浮泥沙仅发生在拦鱼网工程建设阶段，施工期结束后，通过海流和动植物自然生长以及生态系统运动，经过一段时间后，项目周边的底栖群落结构将逐步恢复，种数、丰富度及多样性等参数将恢复到施工前的状态，如要完全恢复则需要多年的时间，才能彻底恢复；而桩基、锚块和块石直接占用底栖生物的栖息环境则不可逆转，占用面积合计 4916.99m²。

4.1.5.4 对渔业资源的影响分析

本项目施工会对渔业资源产生一定影响。鱼类等水生生物都比较容易适应水

环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们的反应则是敏感的。水下作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体浑浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式；桩基、锚块和抛石施工作业扰动水体，并直接占用海域空间，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。

本项目所在海域不涉及产卵场，项目的施工对栖息、生长在该区域的游泳生物造成影响的主要是悬浮泥沙扩散，导致游泳生物吸入过多悬浮物而死亡。根据数值模拟结果，本项目施工引起的增量浓度为 $>10\text{mg/L}$ 的悬浮泥沙扩散范围面积为 0.39km^2 ，最大扩散半径为 1.0km 。本项目悬浮泥沙扩散范围较小，大部分运动能力强的游泳生物可趋避其影响。

因此，本项目对渔业资源的影响不大。

4.2 资源影响分析

4.2.1 对岸线资源和海洋空间资源的影响分析

海洋资源共存于一个主体的海洋环境中，在同一个空间上同时拥有多种资源，有多种用途，其分布是立体式多层状的，其特点决定了该海域是多功能区，根据各功能的重要程度排出的功能顺序，其首位功能为主导功能。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的工业用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），海域使用论证等级为三级，本项目占用人工海岸线 49.3m ，项目周边岸线为人工岸线，是由填海造地形成的直立式海堤，岸线周边现状主要有项目施工设备和厂房。

本项目在水下基础开挖和岸侧临时清淤施工时，开挖边线距离护岸边线不少于 2m ，从海堤向海侧按 $1:4$ 边坡开挖；水下基础开挖施工结束后，将采用碎石回填约 0.3m 进行锚块底部的垫高，随后安装锚块，再采用块石按边坡 $1:1.5$ 抛填至原泥面高程；岸侧的桩基墩台采用灌注桩工艺，施工区域为浅滩，本项目近岸

侧墩台与岸线距离 2.9m,且墩台下边缘线与直立式海堤堤顶约有 0.6m 的高度差,水下桩基距离岸线约为 3.5m;海中的桩基采用钢管桩工艺,水下基础开挖和近岸侧临时清淤工作完成后,按照从陆向海侧的顺序进行海上打桩。

通过以上施工方式和建设工艺,可以保护原有直立式海堤的结构稳定,保护其原有形态,因此,本项目不会造成海岸线原有形态或生态功能改变。

项目的施工会占用部分海洋空间资源,使周围海域空间资源紧张,但项目用海面积为 1.2466 公顷,占用海洋空间相对较小,且本项目是在建设单位已取得海域使用权的范围内申请用海,不另外新增用海空间,实现了“集约节约”用海。

因此,本项目建设对海洋空间资源影响有限。

4.2.2 对红树林的影响分析

红树林生态系统是海洋生态系统和陆地生态系统的交错过渡地带,是鱼虾蟹贝等渔业资源生物产卵、繁育、索饵、栖息和海藻(草)及红树林等海洋植物生长的重要场所,在食物供应、野生物种种质资源保存与种群存续维持、物种多样性保护、区域海洋环境净化、生态平衡维持、碳汇及气候调节维系等方面发挥着重要作用。

本项目周边红树林典型生态系统主要有广西山口红树林国家级自然保护区、广东湛江红树林国家级自然保护区和湛江市廉江市红树林,分布在项目东侧、北侧和东南侧沿岸。

本项目不占用红树林,与本项目距离最近的红树林为北侧的广东湛江红树林国家级自然保护区,约 0.46km。

本项目为拦鱼网工程,为了保障核电厂取水安全,本项目建设采用桩基工艺,以“浮筒+锚块+桩基”的形式固定拦鱼网的姿态。根据施工工艺,本项目施工作业产生的悬浮泥沙主要集中在廉江核电项目取水口用海范围内,在施工过程中搭建桩基、施工钢栈桥和拆除施工钢栈桥产生的悬浮物较小,悬浮泥沙影响最大的施工工艺为水下基础开挖和岸侧临时清淤。

本项目为分段施工,悬浮泥沙扩散量与扩散方向较为分散;本项目西北侧还修筑有防波堤,可进一步阻挡悬浮泥沙的扩散;由图 4.2.2-1 可知,本项目施工引起的悬浮泥沙 10mg/L 增量浓度不影响到周边红树林,加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能,随着施工作业的结束悬浮泥沙将慢慢沉降,工程海区的水质会逐渐

恢复原有的水平。

因此，本项目施工对周边红树林没有影响。

图 4.2.2-1 项目周边红树林与悬浮泥沙增量浓度影响范围的位置关系图（略）

4.2.3 对通航环境的影响分析

本项目为疏浚工程，项目的施工需使用抓斗船、抛泥船等施工船舶，通航量的增加，无疑将对工程海域的通航安全带来一定的影响，如果稍有疏忽，将可能发生船舶碰撞事故，因此应引起建设单位和相关管理部门的高度重视。

为尽量减小本工程施工船舶对出海航道通航环境的影响，保障本工程施工船舶和在出海航道过往船舶的安全，建议本工程建设单位应积极采取如下的对策措施：

（1）建设单位应主动与当地海事部门充分沟通，施工单位应提前向海事主管部门报送施工方案和施工作业安全措施（施工方案包括施工作业时间、进度、作业机具、作业方法方式等；施工作业安全措施包括设置临时助航标志、警戒区等），待海事主管部门批准且发布航行通告后方可施工；

（2）建设单位和施工单位应主动与出海航道的管理部门多沟通，除了尽量安排在工程海域海上交通非繁忙时段进行施工之外，还应在施工区周边设置醒目的施工警示标志，并向海事部门申请派巡逻船加强现场监管工作；

（3）建议成立由建设单位、施工单位及海事主管机关组成的项目施工期通航安全协调组织机构，并且由海事主管机关定期或不定期对施工海域进行巡航。明确联系制度及工作程序，及时发布航行通告及加强现场安全监督管理；

（4）施工单位应结合港区水域周围的应急资源状况、水域特点及船舶海损事故的特点制定相应的工程水域综合应急预案，以便在发生海损事故后能作出快速应急反应，减少海损事故造成的损失、控制海损事故的扩大、确保船舶的航行安全以及工程自身的安全。

4.2.4 项目用海对海洋生物资源的影响

4.2.4.1 对底栖生物资源的影响分析

本项目整个用海范围均需水下基础开挖、岸侧临时清淤以及构筑物的建设占用海域底土面积，改变底栖生物原有栖息环境，造成底栖生物资源损失，海域大

部分生物将被铲除、掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。因此，本项目用海的主要生态问题是项目疏浚造成的海洋生物资源损失。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）（以下简称《规程》），底栖生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中： W_i 为第 i 种生物资源受损量，单位为尾（个）或 kg；

D_i 为评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）/m²、尾（个）/km² 或 kg/km²；

S_i 为第 i 种生物占用的渔业资源水域面积，单位为 m² 或 km²。

本项目锚块水下基础开挖面积为 9167.3749m²，桩基面积合计 33.7479m²，锚块与抛石面积合计 4895.7318m²，由于本项目锚块与抛石范围均位于水下基础开挖范围内，因此由锚块与抛石引起的底栖生物损失不另做计算。

本报告底栖生物资料共引用 2024 年秋季调查中 S11、S12、S16、S18、S20 和 S25 号站共 6 个站的数据，依据此，本节底栖生物生物量按以上站位的平均值计算，为 8.67g/m²。

因此，本项目造成底栖生物损失量为：

水下基础开挖造成底栖生物损失量： $9167.3749 \times 8.67 \text{g/m}^2 \times 10^{-6} = 0.0795 \text{t}$ ；

桩基造成底栖生物损失量： $33.7479 \times 8.67 \text{g/m}^2 \times 10^{-6} = 0.0003 \text{t}$ 。

4.2.4.2 渔业资源损耗分析

按照《规程》，疏浚在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中： M_i 为第 i 种生物资源累计损害量；

W_i 为第 i 种生物资源一次性平均损失量；

T 为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）；

D_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度；

S_j 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积；

K_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率；

n 为某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

(1) 污染物浓度增量区面积 (S) 和分区总数 (n)

根据水质影响预测结果，本工程施工产生的悬浮物浓度增量分区总数取 4。

(2) 生物资源密度 (D_{ij})

选取 2024 年秋季距离本项目最近的 S16 站位的定量平均年生物量进行计算，具体见下表。

表 4.2.4-1 项目渔业资源密度取值一览表 (略)

(3) 生物资源损失率 (K_{ij})

由于悬沙浓度增量小于 10mg/L 对生物影响较小，造成的损失率很小，因此近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

根据悬浮泥沙增量浓度预测结果，工况一各增量浓度均大于工况二、工况三，且各工况施工时段互不重叠，同一海域生物资源考虑只遭受一次最高浓度影响，因此以整个施工阶段最大影响范围进行计算。参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，近似按超标倍数 $B_i \leq 1$ 、 $1 < B_i \leq 4$ 倍、 $4 < B_i \leq 9$ 倍及 $B_i \geq 9$ 倍损失率范围的中值确定本工程增量区的各类生物损失率，详见表 4.2.4-2。

表 4.2.4-2 各工况悬浮物对各类生物的损失率

悬沙扩散区域	面积 (km ²)	浓度范围 (mg/L)	污染物 i 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I区	0.16	10~20	$B_i \leq 1$ 倍	5	0.5
II区	0.09	20~50	$1 < B_i \leq 4$ 倍	17	5
III区	0.03	50~100	$4 < B_i \leq 9$ 倍	40	15
IV区	0.11	≥ 100	$B_i \geq 9$ 倍	50	20

(4) 持续周期数 (T) 和计算区水深

根据项目施工方案，本项目水下基础开挖、岸侧临时清淤施工时间约为 20 天，灌注桩施打时长合计 24 天；钢管桩、钢便桥施打时间约为 3 天；钢便桥拆除时间约为 1 天。综上，算得污染物浓度增量影响的持续周期数约为 3。

根据设计图纸，工程区平均水深均取 3.3m。

(5) 悬浮泥沙扩散导致生物损失情况

按照《规程》所列的公式，根据以上取值进行计算，最终可得：施工期间导

致的鱼卵损失 1.97×10^6 粒；仔鱼损失 0.30×10^6 尾；游泳生物损失量约 0.0089t。

4.2.4.3 海洋生物资源损失总量

本项目位于已批复的廉江核电厂工程取水口用海范围内，施工环境相对封闭，且本项目工程量较小，本项目施工和运营对海洋生物境影响仅在取水口范围内，对周边海域海洋生物的影响很小。

根据前文计算结果，本项目施工引起的直接海洋生物资源的损失量以及工程施工期悬浮物扩散引起的直接海洋生物资源的损失量见表 4.2.4-3。

本项目抛石及锚块均位于水下基础开挖范围内，抛石以及锚块造成的生物资源损失按水下基础开挖范围进行计算；墩台桩基位于水下开挖范围外，以上透水构筑物占用海底造成海域生物资源累计损失量按 20 年计，施工期悬浮物扩散导致的海洋生物资源累计损失量按 3 年计，工程建设造成的生物资源损失总量见下表。

表 4.2.4-3 生物资源损失计算

影响因素	影响对象	影响面积	生物量	损失量	补偿年限	累计损失量
水下基础开挖 桩基	底栖生物	9167.3749m ²	8.67g/m ²	0.0795t	20 年	1.5890t
		33.7479m ²	8.67g/m ²	0.0003t		0.0058t
施工期悬浮物 扩散影响	游泳生物	见表 4.2.4-2	93.22kg/km ²	0.0089t	3 年	0.0267t
	鱼卵		3.31 粒/m ³	1.97×10^6 粒		5.92×10^6 粒
	仔鱼		0.33 尾/m ³	0.30×10^6 尾		0.03×10^6 尾

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

1、湛江市社会经济概况

湛江市位于中国大陆最南端、广东省西南部、粤桂琼三省（区）交汇处，介于东经 109°31'~110°55'，北纬 20°12'~21°35'之间，东濒南海，南与海南省相望，西临北部湾，背靠大西南。全市面积 1.32 万 km²，现辖雷州、廉江、吴川 3 市，徐闻、遂溪 2 县，霞山、赤坎、坡头、麻章 4 区，拥有 1 个国家级经济技术开发区和 6 个省级经济开发区（试验区、工业区）。

经广东省统计局统一核算，2024 年湛江实现地区生产总值（初步核算数）3839.93 亿元，比上年增长 1.2%。其中，第一产业增加值 733.87 亿元，增长 3.6%；第二产业增加值 1237.24 亿元，下降 1.0%；第三产业增加值 1868.82 亿元，增长 1.6%。三次产业结构比重为 19.1:32.2:48.7。人均地区生产总值 54087 元（按年平均汇率折算为 7494 美元），增长 0.6%。2024 年末，全市常住人口 712.08 万人，比上年末增加 4.24 万人，其中，城镇常住人口 346.03 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）48.59%，比上年末提高 0.52 个百分点。全年出生人口 7.75 万人，出生率 10.92%；死亡人口 3.50 万人，死亡率 4.93%；自然增长人口 4.25 万人，自然增长率 5.99%。

全年城镇新增就业 6.48 万人，比上年增长 2.1%，城镇失业人员再就业 3.51 万人，增长 1.9%。

全年居民消费价格比上年上涨 0.3%。分类别看，其他用品和服务价格上涨 2.3%，衣着价格上涨 2.2%，教育文化和娱乐价格上涨 1.1%，生活用品及服务价格上涨 0.6%，食品烟酒价格上涨 0.4%，居住价格上涨 0.3%，医疗保健价格下降 0.5%，交通和通信价格下降 1.8%。

新质生产力加快培育。全年规模以上工业中，高技术制造业增加值比上年增长 12.2%，占规模以上工业增加值比重 1.8%。全年规模以上服务业中，高技术服务业营业收入增长 9.8%。全年高技术制造业投资增长 5.3%，占固定资产投资比重 0.8%。其中，电子及通信设备制造业投资增长 36.0%。

市场内生动力持续增强。年末全市各类市场主体 52.87 万户，比上年增长

0.7%。其中，实有各类企业 10.84 万户，实有个体工商户 41.29 万户，实有农民专业合作社 0.75 万户。年末全市共有社会团体 1173 个，民办非企业 2305 个，基金会 11 个。年末全市拥有中国驰名商标 9 个。全市新登记市场主体 6.59 万户。其中，新登记私营企业 1.61 万户，个体工商户 4.82 万户。

绿美湛江成效显著。全市空气质量优良天数比例为 97.8%，市区空气质量综合指数（AQI）为 2.56%，比上年提升 0.08 个百分点。城市（县城）新增建成污水处理设施 2 座，新增污水处理能力 11 万吨/日。在地表水省考断面中，I~II类水质的断面比例 33.3%，III类水质的断面比例 41.7%，IV类水质的断面比例 25.0%，V类、劣V类水质断面全面清零。

2、廉江市社会经济概况

廉江市位于广东省西南部、雷州半岛北部，西南濒临北部湾，总面积 2866.83km²。根据《2024 年廉江市国民经济和社会发展统计公报》，2024 年末，全市户籍人口 187.06 万人，其中，城镇人口 51.99 万人，农村人口 135.07 万人。全年出生人口 2.15 万人，出生率 11.5%；死亡人口 1.96 万人，死亡率 10.59%；人口自然增长率 1.0%。常住人口 138.05 万人，其中，城镇常住人口 49.81 万人，农村常住人口 88.24 万人，常住人口城镇化率 36.1%。

根据湛江市地区生产总值统一核算结果，2024 年，廉江实现地区生产总值（初步核算数）579.15 亿元，按不变价格计算，比上年增长 3.4%。其中，第一产业增加值 147.59 亿元，同比增长 0.6%；第二产业增加值 155.44 亿元，同比增长 8.9%；第三产业增加值 276.12 亿元，同比增长 1.5%。三次产业结构比重为 25.5:26.8:47.7。人均地区生产总值 41952 元(按年平均汇率折算为 5890 美元)，增长 3.6%。全市三级库财政收入 33.19 亿元，同比增长 1.0%；其中，地方一般公共预算收入 17.92 亿元，同比增长 0.8%；税收收入 7.08 亿元，同比增长 0.3%。其中，增值税 2.44 亿元，同比下降 5.8%；企业所得税 0.60 亿元，同比增长 0.3%；个人所得税 0.19 亿元，同比增长 16.4%；资源税 0.22 亿元，同比下降 24.9%；城市维护建设税 0.62 亿元，同比下降 13.0%；土地增值税 0.46 亿元，同比下降 20.6%；契税 0.75 亿元，同比下降 12.9%。非税收入 10.84 亿元，同比增长 1.0%。

全市公共财政支出 91.85 亿元，比上年增长 0.3%。其中，一般公共服务支出 7.21 亿元，增长 2.6%；公共安全支出 2.70 亿元，下降 17.5%；教育支出 22.11 亿元，下降 9.0%；科学技术支出 553 万元，增长 1.8%；文化旅游体育与传媒支出

0.31 亿元，下降 62.8%；社会保障和就业支出 20.44 亿元，下降 0.2%；卫生健康支出 13.24 亿元，增长 9.2%；节能环保支出 0.6 亿元，增长 35.5%；城乡社区事务支出 1.76 亿元，下降 49.2%；农林水事务支出 14 亿元，增长 57.4%；交通运输支出 1.52 亿元，下降 27.8%；住房保障支出 3.29 亿元，增长 7.4%。

5.1.2 海域使用现状

通过现场调查并收集相关资料，本项目周边海域开发利用现状主要为渔港码头、人工鱼礁、海水养殖区、自然保护区等。

保护区主要为广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区和广西合浦儒艮国家级自然保护区。红树林区主要为湛江市廉江市红树林。渔港区主要为龙头沙渔港，渔港码头和防波堤位于本项目西北侧。围海养殖区主要集中在本项目东北两侧，大部分位于广东省境内。开放式养殖区主要集中在广东遂溪县附近海域以及广西境内铁山港北侧海湾内，工程周边也有零星分布。另外，项目南侧约 7.03km，广东省和广西壮族自治区交界处有一处人工鱼礁区。

表 5.1.2-1 项目周边开发利用现状

序号	项目名称	方位、距离 (km)
1	廉江市车板镇 200 兆瓦光伏渔光互补项目	北侧，3.86
2	湛江市廉江市车板镇海岸生态修复项目	北侧，1.08
3	廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目	相邻
4	龙头沙渔港码头	北侧，0.21
5	广东廉江核电项目一期工程	占用
6	广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程排水箱涵施工用海疏浚工程	南侧，0.09
7	廉江市车板镇龙头沙港航道疏浚项目	西南侧，0.16
8	廉江市车板钟如宝贝类养殖	南侧，5.17
9	廉江市车板张志基贝类养殖	南侧，5.53
10	湛江市亿川鳄鱼产业有限公司深水网箱养殖项目	南侧，6.66
11	人工鱼礁	西南侧，7.03
12	筏式养殖 1（未确权）	西北侧，4.35

序号	项目名称	方位、距离 (km)
13	筏式养殖 2 (未确权)	西北侧, 1.50
14	筏式养殖 3 (未确权)	西北侧, 1.55
15	黑哨二筏式养殖	西侧, 1.23
16	筏式养殖 4 (未确权)	西南侧, 5.28
17	筏式养殖 5 (未确权)	西南侧, 7.15
18	筏式养殖 6 (未确权)	西南侧, 7.24
19	筏式养殖 7 (未确权)	西南侧, 7.52
20	筏式养殖 8 (未确权)	西南侧, 7.52

图 5.1.2-1 项目用海周边开发利用现状分布图 1 (略)

图 5.1.2-2 项目用海周边开发利用现状分布图 2 (略)

(1) 广东廉江核电项目一期工程

广东廉江核电项目一期工程于 2023 年 3 月取得海域使用权证。申请用海总面积 15.3583 公顷, 包括码头栈桥用海 1.5863 公顷, 港池用海 3.5069 公顷, 取水管道用海 0.2637 公顷, 取水口用海 4.3630 公顷, 排水设施用海 2.717 公顷, 排水口用海 2.9208 公顷。宗海界址图见下图。本项目在广东廉江核电项目一期工程的取水口用海内建设透水构筑物的拦鱼网, 与取水口用海权属重叠。

图 5.1.2-3 广东廉江核电项目一期工程宗海界址图 (略)

图 5.1.2-4 项目用海周边确权项目示意图 (略)

(2) 渔港码头

廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目龙头沙渔港是廉江市唯一经国家农业部批准的三类港口, 也是廉江市唯一的深水港口, 将建设码头 200 米、南防波堤 324 米、西防波堤 550 米、综合执法办证中心 500 平方米, 港池航道疏浚 30 万立方米、航标 3 座、渔港标志 1 座、临时工程 1 项、配套排水及消防、环保工程和通讯导航设备等设施, 位于本项目北侧, 相距 0.08km; 龙头沙渔港码头位于本项目北侧, 相距 0.40km。

图 5.1.2-5 龙头沙渔港平面布置图 (略)

图 5.1.2-6 航道与龙头沙渔港的位置关系 (略)

图 5.1.2-7 龙头沙渔港现状示意图 (略)

(3) 廉江市车板镇龙头沙港航道疏浚项目

为满足廉江核电项目船舶进港及作业要求,对现有龙头沙航道进行疏浚。航道疏浚拟申请用海总面积为 30.0070 公顷,为航道疏浚工程用海,疏浚范围总长度约 2.03 公里,疏浚总量约为 60.4 万立方米,2023 年 8 月 9 日获得海域使用权,申请用海年限为 1.5 年,目前权属已过期。该项目位于本项目西南侧 0.16km。

(4) 广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程排水箱涵施工用海疏浚工程

该项目为广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施施工服务的疏浚工程,位于本项目南侧,疏浚工程申请用海总面积为 19.6595 公顷,用海方式为专用航道、锚地及其它开放式,疏浚总量约 58 万 m^3 ,2024 年 9 月 26 日获得海域使用权,申请用海年限为 2 年。

图 5.1.2-8 排水箱涵施工用海疏浚工程宗海界址图 (略)

(5) 人工鱼礁

人工鱼礁为人工置于天然水域环境中用于修复和优化水域生态环境的构造物,通过适当地制作和放置,来增殖和诱集各类海洋生物,达到改善水域生态环境的目的。廉江市海洋与渔业局人工鱼礁位于本项目南侧,相距约 7.03km。

(6) 海水养殖区

本项目西南侧约 7km 处分布有网箱鱼类开放式养殖,南侧约 5km 处有贝类养殖活动,距离本项目 6.66km 处有深水网箱养殖项目。



图 5.1.2-9 项目用海周边养殖现状图

(7) 自然保护区

本项目北侧有广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区，南侧有湛江遂溪中国鲎地方级自然保护区，西南侧有广西合浦儒艮国家级自然保护区。



图 5.1.2-10 广东湛江红树林国家级自然保护区现状图

(8) 红树林

湛江市红树林资源丰富，本项目东南侧 0.46km 处有湛江市廉江市红树林，南侧 14km 处有湛江市遂溪县红树林。

5.1.3 海域使用权属

本项目所在海域周边已确权的项目主要有：人工鱼礁、码头、渔港、养殖项目等，与项目较近的有：龙头沙渔港码头、广东廉江核电项目一期工程、廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目、廉江市车板镇龙头沙港航道疏浚项目、广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程排水箱涵施工用海疏浚工程等。

表 5.1.3-1 项目紧邻确权用海项目信息表

序号	项目名称
1	龙头沙渔港码头
2	广东廉江核电项目一期工程
3	廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目
4	廉江市车板镇龙头沙港航道疏浚项目
5	广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程排水箱涵施工用海疏浚工程

图 5.1.3-1 项目用海周边海域权属分布图（略）

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

本项目涉海工程所在海域附近的开发活动主要有自然保护区、渔港码头、航道、海水养殖以及人工鱼礁等。

5.2.1 对红树林的影响分析

项目周边海域红树林主要有广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区、湛江市廉江市红树林。

红树林生态系统是一种典型的海岸带湿地生态系统，红树林由于错综复杂的发达根系可以缓冲海浪对海岸的侵蚀，起到防风消浪、固岸护堤的作用：能够阻止海浪带入泥沙，防止底泥再次悬浮，减少悬浮物的产生，同时还可以促使大颗粒物快速沉降并吸附微小悬浮颗粒，减少了悬浮物在水体中的停留时间，保持较好的水质。

与项目距离最近的红树林为广东湛江红树林国家级自然保护区，约为 460m。施工期引起的 10mg/L 的悬浮泥沙未进入保护区，仍有约 338m 的距离，因此，对红树林的海水水质影响轻微。10mg/L 悬沙距离湛江市廉江市红树林和广西山

口红树林国家级自然保护区较远，分别为 250m 和 230m，因此，本项目的实施不会影响广东湛江红树林国家级自然保护区、湛江市廉江市红树林与广西山口红树林国家级自然保护区。

5.2.2 对渔港码头的影响分析

本项目附近主要有龙头沙渔港，项目施工对附近海域水动力环境的影响范围有限，不会对相邻渔港码头的正常运行产生影响。

施工期间，施工作业船只增加了船舶的通航密度。施工作业船舶和施工作业机具将占用一定的通航水域，对于通过该水域的船舶正常航行有一定的影响；施工船舶频繁进出该水域客观上增加了船舶交通流量和密度，船舶在该水域中会遇局面增多并变得复杂。施工单位严格落实安全生产责任，施工船运用良好船艺，谨慎驾驶的驾驶员；严密、科学的施工组织和合理的生产调度；把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工作业的安全管理工作；自觉服从海上交通主管部门和海事部分的安排和调度下，施工船舶通航事故风险可控。

5.2.3 对航道的影响分析

1、项目附近航道现状

本项目周边现有航道为安铺（龙头沙）航道、安铺（营仔）航道、安铺（犁头沙）航道以及部分习惯航路，航道信息如下表所示，习惯航路为供过往渔船航行的航路。航道级别均较低，多为渔船提供的通行航道，且现有航路穿越核电厂规划排水暗涵、合浦儒艮自然保护区。

表 5.2.3-1 本工程附近航道现状表

航道名称	航道现状技术等级	航道发展规划技术等级	航标配布类别	维护标志数(座)	航段里程(公里)	设标里程(公里)
安铺(营仔)航道	500 吨级	1000 吨级杂货船	沿海	10	39	39
安铺(龙头沙)航道	500 吨级	1000 吨级杂货船	沿海	6	13	13
安铺(犁头沙)航道	500 吨级	1000 吨级杂货船	沿海	11	10	10

图 5.2.3-1 码头周边航路现状图（略）

2、项目用海对航道的影响分析

本项目为取水口建设拦鱼网，项目周围海域有安铺（营仔）航道。本项目工程施工期间施工船舶占用一定的龙头沙航道，与进出航道以及附近航行的其他船

船舶发生会遇，疏浚物运输船舶需航经龙头沙航道运至倾倒区，增加了该水域的船舶通航密度，运输行为与主航道存在相互影响的可能性。

施工单位应加强与建设单位的沟通协调，实时掌握码头生产营运计划，根据生产营运计划选择施工作业时间窗口；大型船舶进出采取单个泊位交叉营运的模式，在收到大型船舶进出港计划后，及时调整作业时间，将施工船舶移至暂不使用的泊位水域，待大型船舶出港后再进行作业，有效避免对码头正常生产营运的影响。

为了确保施工作业通航安全，提前向海事管理机构申请发布航行通告；加强与港口调度中心、邻近码头业主的沟通协调，及时掌握船舶进出港动态（特别是大型船舶），合理选择施工作业窗口，加强船舶调度管理，运输船舶尽量避免在龙头沙主航道中央航行，穿越航道时尽量垂直穿越，缩短穿越时间，注意避让在航道航行的大型船舶，保障安全。

施工完成后，工程将会对项目所在的海域的水动力条件造成一定的影响，使周边的流速流向产生轻微变化，但由此产生的水文动力条件改变是极小的，且集中在项目范围之内，根据模型预测结果及历史经验证明，工程对船舶航行的影响极小。施工致使悬浮泥沙扩散，但悬浮泥沙扩散量及扩散范围均有限，不会造成周边其它航道淤塞而影响通航。

5.2.4 对海水养殖的影响分析

项目周边的养殖区主要包括开放式养殖区和围海养殖区。

本项目在施工过程中，将会产生一定量的悬浮泥沙，施工期间产生的悬浮泥沙对开放式养殖区和围海养殖区的水质和生态环境有一定影响。根据施工期水质影响预测结果，施工作业区产生的悬沙主要分布在施工区周边海域，施工期间由于廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目的防波堤、龙头沙渔港码头的拦截，悬沙对距离项目北侧 550m 的围海养殖不产生影。距离项目东侧 380m 的养殖场已废弃，悬沙对其不产生影响。10mg/L 悬沙距离未确权开放性养殖（黑哨二筏式养殖）约 910m，距离现状筏式养殖 3 约 640m，因此对现状养殖影响很小。施工期产生的含油污水统一收集，交由有资质的单位处理、禁止向海域排放，生活污水排入不向海域排放；施工期结束后，不会对外排放废水等污染物，对项目周边养殖区的水质环境无影响。

本项目施工应采用先进的施工工艺和设备，合理安排施工顺序和进度。为了尽量减少泥沙的溢散，施工单位必须加强管理，严格按照施工规范和时序进行施工。

图 5.2.4-1 项目用海与未确权养殖位置关系示意图（略）

5.2.5 对人工鱼礁的影响分析

人工鱼礁是指通过在水域中设置构造物，以改善水生生态环境，为海洋生物提供素饵、繁殖、生长发育场所，达到保护，增殖资源和提高渔获质量的目的。廉江龙头沙礁区位于北部湾东北部，安铺港水道内，距龙头沙渔港约 4 海里，礁区范围的经纬度坐标为（略），礁区面积约 8.5km²，水深 5-20m，海底表层沉积物为粘土质砂和砂-粉砂-粘土。这一带海域渔业资源丰富，主要品种有鱼、斑、二长棘鲷、石斑鱼、鳗蟹、马鲛、白姑鱼、多鳞鳢、青鳞鱼、宝刀鱼、乌贼、枪乌贼、鲨、鲈和鲷等。2005 年，湛江市在该礁区投放了 GDS05 和 GDS11 两种礁型的钢筋混凝土礁体共 376 个及 9 艘淘汰渔船，总空方 60178m³。

本项目在施工过程中，施工作业区产生的悬沙主要分布在工程区周边海域，且这种影响是暂时的，会随着施工的结束而结束，且本项目施工区域与人工鱼礁区域有一定距离，对人工鱼礁没有影响。

5.2.6 对广西合浦儒艮国家级自然保护区的影响

本项目不占用保护区，未在保护区内设置永久构筑物，周边海域存在广西合浦儒艮国家级自然保护区，与项目相距 1.1km。

项目施工过程中船舶施工产生的噪声可对产生源 1km 范围内的野生动物产生一定的惊扰，项目距离两个保护区均超过 1km，因此，项目施工产生的噪声对保护区产生影响小。

本项目距广西合浦儒艮国家级自然保护区约 1.1km，本项目施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.39km²，增量浓度 10mg/L 的包络线距离儒艮国家自然保护区约为 360m，未进入保护区，且施工悬浮物在施工结束后一个潮周期内即可恢复至背景值，悬浮泥沙对工程周边水域的影响是暂时的、可逆的，随着施工结束，影响逐渐消失。因此，施工期引起的悬浮泥沙对广西合浦儒艮国家级自然保护区的海水水质影响小。

5.3 利益相关者界定

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人，界定的利益相关者应该是与用海项目存在直接利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

本项目的用海方式为透水构筑物。项目建设除了对施工范围区域内和区域外的海洋环境、海底地形地貌、自然资源造成影响之外，还会对用海区域内外的海洋开发利用活动产生影响。通过对本项目周围用海现状的调查，分析项目用海对周边开发活动的影响情况，按照利益相关者的界定原则，来确定本工程的利益相关者。

根据 5.2.1 节、5.2.6 节分析可知，工程建设不会对周边的保护区产生明显影响。但由于本项目距离湛江市廉江市红树林、广东湛江红树林国家级自然保护区、广西合浦儒艮国家级自然保护区和广西山口红树林国家级自然保护区较近，施工前应主动向湛江市林业局、广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区和广西合浦儒艮国家级自然保护区管理局提供项目施工方案、施工时间等工程方案，并在施工期间采取有效的环境保护，杜绝任何对红树林保护区、儒艮保护区不利影响的发生；而距离保护范围的施工作业应执行短时间、小潮期间施工的要求，尽可能减少扩散至保护区的施工悬浮泥沙量。项目建设方积极加强与湛江市林业局、保护区管理部门的沟通与联系，并配合保护区做好相应的生态宣教、生态管护和生态监测等方面的工作，认真落实生态保护与恢复措施。

根据 5.2.2 节分析可知，项目建设会对龙头沙渔港通行水域的船舶正常航行造成一定的影响。龙头沙渔港防波堤、港池、渔港码头，项目名称为廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目，海域使用权人为廉江市龙头沙港口建设工程有限公司。2017 年 8 月 14 日，由廉江市基础设施建设投资有限责任公司出资，成立廉江市临港建设投资有限公司，全面接管龙头沙渔港建设项目后续工作，原廉江市龙头沙港口建设工程有限公司注销。根据中共廉江市委办公室、廉江市人民政府办公室 2019 年印发的《廉江市农业农村局职能配置、内设机构和人员编制规定》，由廉江市农业农村局负责渔业渔港管理，组织并实施渔港基础设施的建设。因此，龙头沙渔港的责任单位为廉江市农业农村局。

根据 5.2.3 节分析可知，项目建设对周边水域的通航安全有一定影响。

根据 5.2.4 节、5.2.5 节分析可知，项目建设不会对周边开放式养殖区、人工鱼礁产生明显影响。

本项目在广东廉江核电项目一期工程的取水口用海内建设透水构筑物的拦鱼网，与取水口用海权属存在立体交越，项目施工过程中会对取水口区域造成一定扰动，涉水施工内容主要为水下基础开挖和岸侧清淤、钢管桩、灌注桩、钢便桥打设和拔除，以及锚块安放，施工过程基本不影响取水口功能的正常发挥。而且目前广东廉江核电项目一期工程取水口尚未建成投运，因此，本项目施工不会影响核电厂的正常运行；本项目建设内容主要为透水构筑物，不会影响取水口取水功能，因此，项目建成后也不会影响核电厂的正常运行。同时，本项目与广东廉江核电项目一期工程为同一建设单位；项目与廉江市车板镇龙头沙港航道疏浚项目、广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程排水箱涵施工用海疏浚工程亦为同一建设单位，可内部协调，不列为利益相关者。

综上，本项目利益相关者为廉江市农业农村局、廉江市海洋与渔业局，需协调部门为海事部门和港航部门。

表 5.3-5.2.6-1 利益相关者的分析界定表

序号	项目名称	方位、距离 (km)	影响因素	是否为利益相关者
1	廉江市车板镇 200 兆瓦光伏渔光互补项目	北侧，3.86	基本无影响	否
2	湛江市廉江市车板镇海岸生态修复项目	北侧，1.08	基本无影响	否
3	廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目	相邻	悬浮泥沙影响	是
4	龙头沙渔港码头	北侧，0.21	影响通航安全	是
5	广东廉江核电项目一期工程	占用	悬浮泥沙影响	否，同一建设单位
6	广东廉江核电项目一期工程海域取排水设施建安工程排水箱涵施工用海疏浚工程	南侧，0.09	悬浮泥沙影响	否，同一建设单位
7	廉江市车板镇龙头沙港航道疏浚项目	西南侧，0.16	悬浮泥沙、通航影响	否，同一建设单位
8	廉江市车板钟如宝贝类养殖	南侧，5.17	基本无影响	否
9	廉江市车板张志基宝贝类养殖	南侧，5.53	基本无影响	否
10	湛江市亿川鳄鱼产业有限公司深	南侧，6.66	基本无影响	否

序号	项目名称	方位、距离 (km)	影响因素	是否为利益相关者
	水网箱养殖项目			
11	人工鱼礁	西南侧, 7.03	基本无影响	否
12	筏式养殖 1 (未确权)	西北侧, 4.35	基本无影响	否
13	筏式养殖 2 (未确权)	西北侧, 1.50	基本无影响	否
14	筏式养殖 3 (未确权)	西北侧, 1.55	基本无影响	否
15	黑喙二筏式养殖	西侧, 1.23	基本无影响	否
16	筏式养殖 4 (未确权)	西南侧, 5.28	基本无影响	否
17	筏式养殖 5 (未确权)	西南侧, 7.15	基本无影响	否
18	筏式养殖 6 (未确权)	西南侧, 7.24	基本无影响	否
19	筏式养殖 7 (未确权)	西南侧, 7.52	基本无影响	否
20	筏式养殖 8 (未确权)	西南侧, 7.52	基本无影响	否

表 5.3-5.2.6-2 与管理部门协调内容一览表

序号	项目名称	协调内容	责任要求
1	港航部门和海事部门	海上交通、警示标识、航道管理	业主单位与湛江海事局、湛江市交通运输局等应充分协商, 保证本项目在运营期间尽量不对在周围海区同行的船只造成干扰和影响。

5.4 相关利益协调分析

1、与廉江市农业农村局的协调分析

国核湛江核电有限公司就本项目建设对龙头沙渔港的影响等问题与廉江市农业农村局进行了协调沟通, 廉江市农业农村局原则上大力支持本项目建设并出具了《关于<湛江核电关于恳请出具支持广东廉江核电项目大件码头及海工工程建设的函>的复函》。建设单位应在施工、运营期加固龙头沙渔港护岸, 并加强对航道的相应维护, 确保不影响渔港的正常运行。

2、与港航部门和海事部门的协调分析

本项目施工时对龙头沙渔港的正常运行会有一定影响, 施工船舶和机械占用附近范围的水域, 加大了周围水域和航道的船舶流量和密度, 增加了航行船舶的碰撞风险, 提高了附近海域船舶航行和会遇时的操纵难度。本项目疏浚施工开始前, 为保证海上交通的正常秩序, 建设单位与施工单位应制定详细的施工计划, 配合海事部门以及渔港管理部门加强对使用项目附近水域的船舶进出顺序、引航、

港区锚地的使用实施统一调度和安排，以缓解航道间船舶会遇的相互干扰，减少可能发生的通航风险事故几率。施工前船舶进驻场地发布航行公告，明确作业时间与施工作业水域按章避让，对施工船只的活动时间及活动范围进行控制和规范，在航道狭窄处，要求交汇双方加强瞭望，充分沟通保障船舶通航安全。施工过程严格遵守《中华人民共和国海上交通安全法》的相关条例，并接受以上管理部门的监督管理。

国核湛江核电有限公司就核电项目与湛江市交通运输局进行了协调沟通，湛江市交通运输局原则上大力支持本项目建设；另外，为支持廉江港区开发，带动区域临港产业发展，湛江市交通运输局在组织修编的《湛江港总体规划》（2019-2035年）时已在廉江港区规划了相应的泊位，为核电项目大件码头建设提供规划支持。湛江市交通运输局《关于廉江核电项目大件输运码头纳入湛江港总体规划的函》。

2020年6月，建设单位委托武汉理工大学编制完成了《广东廉江核电项目通航安全影响专题研究报告》（以下简称《评估报告》）。《评估报告》从通航环境和通航安全的角度出发，经过对工程设计方案合理性分析、对航道、锚地等公共资源的适宜性评估、对通航安全影响的综合论证，认为本工程及附近水域的通航安全是有保障的。建设单位已开展了通航安全影响评估并通过评审会。2021年1月，自然资源部向广东省政府征求项目用海意见时，广东省自然资源厅受省政府委托征求广东海事局意见，广东海事局已回函明确同意项目建设用海。

5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析

5.5.1 对国防安全和军事活动的影响分析

本项目用海不占用军事用地，也不妨碍军事设施的使用。国防用海具有隐蔽性、突发性等特点，为此要求时刻保持海上安全畅通，不影响军事演习及作战需求。本项目施工期间，若遇军事演习或战时必须绝对服从军事行动和国防安全的需要，服从区域国防单位的交通管制，并服从国防单位的征用，满足军事活动的需要。

综上所述，本工程不会危及国家权益和国防安全。

5.5.2 对国家海洋权益的影响分析

《中华人民共和国海域使用管理法》规定，海域属于国家所有，任何单位及个人使用海域，必须向海洋行政主管部门提出申请，获得海域使用权后，依法按规定缴纳海域使用金，确保国家作为海域所有权者的利益。海域是国家的资源，任何方式的使用都必须尊重国家的权力和维护国家的利益，遵守维护国家权益的有关规则，防止在海域使用中有损于国家海洋资源，破坏生态环境的行为。本项目用海严格遵守国家法律法规，确保了国家所有权权益。

项目建设不涉及国家领海基点，不涉及国家秘密，本项目不会对国防安全 and 国家海洋权益产生影响。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

(略)

6.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析

6.2.1 对《广东省国土空间规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析

根据海洋空间功能布局，本项目位于海洋开发利用空间。根据第4章资源生态影响分析，本项目施工产生的悬浮泥沙扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在短时间内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。施工期及运营期生活污水、含油污水及固体废弃物均统一收集处理，不排海。运营期项目拦鱼网主要功能是拦截海洋生物等，不产生悬浮泥沙等，对海洋生态影响很小，基本不会对海洋环境产生明显不利影响。

本项目属于工矿通信用海，符合海洋开发利用空间准入要求。本项目距离周边的海洋生态保护红线较远，不影响周边海域空间的使用。

6.2.2 对《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析

本项目位于工矿通信用海区，《规划》中对工矿通信用海区的描述：该区域是以临海工业利用、矿产能源开发和海底工程建设为主要功能导向的海域，主要分布在东海岛北部、徐闻外罗、雷州乌石、廉江龙头沙等海域。

本项目拦鱼网用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），本项目所建设拦鱼网在《规划》所在海域面积为1.2466公顷，拦鱼网建成后不会再改变所在海域自然属性，不影响周边海域功能分区的使用。

6.2.3 对《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本项目位于廉江龙头沙工矿通信用海区。

本项目为拦鱼网工程，主要为一期工程取水口服务，采用透水构筑物形式的

建设，降低了对生态系统服务功能、海岸地形的影响，建设范围及周边无海底电缆管道，属于该区域允许的用海类型。本项目仅在施工过程中产生悬浮物扩散会对周边海域水质和渔业生产活动产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失，对渔业活动的影响有限。

本项目所在岸线为优化利用岸线，距离最近处严格保护岸线距离约为 460m。本项目采用打桩的方式避开直接占用海岸线，不破坏海岸原始状况，对岸线原有自然形态和生态功能不会产生严重不利影响，能确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害海岸地形地貌和生态环境。

因此，本项目建设符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的管控要求。

6.2.4 对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》规划分区的影响分析

本项目位于雷州半岛西部滨海湿地和热带季雨林保护修复单元。本项目施工产生的悬浮物扩散不会影响到广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区、广西合浦儒艮国家级自然保护区和湛江市廉江市红树林区域，不违背该修复单元的重点任务要求。因此，本项目建设内容与规划内容不冲突。本项目用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），拦鱼网建成后不产生悬浮泥沙，不会改变所在海域自然属性，不影响修复单元空间的使用。

6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

6.3.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

（略）

本项目建设不占用“生态保护红线”，项目建设所造成的海洋环境影响较小，不会引起周边生态保护红线的生态环境恶化，不会对生态红线的保护及管理造成阻碍，项目建设与《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)》要求相符合。因此，本项目建设符合《广东省国土空间规划(2021-2035 年)》中的强化底线约束和空间管控的要求。

(略)

通过将本项目与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》中的海洋空间功能布局图叠加分析，本项目位于海洋开发利用空间，属于可开发利用的海域。本项目是广东廉江核电项目一期工程原拦鱼网方案的基础上进行结构加固与功能优化，建设目标为了保障取水口顺利取水及后方核电厂正常运行。因此，项目建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的规划要求。

6.3.2 与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》的符合性分析

(略)

本项目是积极响应发改能源〔2023〕1315号的要求，对取水设计进行优化。采用透水构筑物方式建设即满足取水要求，又更加能抵抗台风等大风浪环境，提升拦鱼网结构稳定性，是廉江核电清洁高效运行不可或缺的海洋配套措施，符合“广东湛江临港大型产业聚集区建设”。因此，本项目建设符合《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》的要求。

6.3.3 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》

本项目广东侧所在海域海洋功能分区为廉江龙头沙工矿通信用海区。项目用海与廉江龙头沙工矿通信用海区管控要求的符合性分析见表 6.3.3-1。

表 6.3.3-1 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》分区符合性一览表（略）

6.3.4 与《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的符合性分析

在战略目标上，本项目间接支撑“绿色低碳发展”与“能源结构优化”。该生态修复规划的核心目标之一是推动绿色低碳发展，优化国土空间格局，减少人类活动对自然环境的负面影响。本项目的拦鱼网是在广东廉江核电项目一期工程原拦鱼网方案的基础上进行结构加固与功能优化，由原方案的“浮筒+锚块”优化为“浮筒+锚块+桩基”的形式，即在已批准的用海边界内增设 4 个桩基墩台（T1~T4），以墩台的桩基作为拦鱼网固定支点，以利于在台风等大风浪条件下保持拦鱼网姿态，提升拦鱼网结构稳定性。廉江核电的建设有利于减少化石能源消费，降低碳排放，从能源供给侧为改善区域整体环境质量、应对气候变化做出贡献，本项目是廉江核电清洁高效运行不可或缺的海洋配套措施，这与生态修复规

划的根本目标同向而行。

在具体任务上，本项目与“海岸带生态修复”和“蓝色海湾整治”协同增效。规划强调加强海岸带生态防护，防治海岸侵蚀、海水入侵等生态问题。该项目通过促进绿色能源替代，可间接减少沿海地区火电等设施温排水及可能带来的海洋热污染对近海生态系统（如红树林、珊瑚礁）的压力，为海岸带生态的自然恢复创造更有利的条件。

本项目在施工阶段会产生悬浮泥沙，仅在项目施工范围 1.0km 范围内扩散，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失，运营期不产生悬浮泥沙。本项目也严格遵守生态修复规划中提出的“保护优先、自然恢复为主”方针，在设计、施工和运营全过程中落实最严格的生态环保措施，开展海洋生态跟踪监测与补偿修复，确保将负面影响降至最低。

因此，本项目从宏观战略上契合了生态修复规划推动绿色低碳发展的核心要求，从实施层面通过高标准环保措施与海岸带修复任务协同。该项目不仅是符合规划的，更是推动实现规划长期目标的关键支撑性基础设施。



7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

广东廉江核电项目的选址从 2011 年 5 月就已开始，从电厂运行对环境的影响和环境对电厂安全运行的影响分析，从地理位置、人口分布、工业设施、交通、文化设施、潜在外部人为事件、大气弥散条件、水弥散条件、实施应急计划可行性、总平面布置、地质地震、淡水水源、厂址场地、接入系统、交通运输、地质与地震、工程水文、取排水条件、环境与安全、工程投资与经济效益分析等因素综合其选址合理性，最终将田螺岭厂址作为广东廉江核电项目的厂址。本项目是广东廉江核电项目一期工程的改建工程，用海位置位于已申请用海的取水口用海内，依托已申请的大件码头栈桥建设，所以选址是合理的且具有唯一性。

本项目针对广东廉江核电项目一期工程的取水口建设拦鱼网更是服务于广东廉江核电项目，取水设施是核电站冷却系统的重要组成部分，其运行状态直接影响到核反应堆的冷却效果，本项目拦鱼网和浮标监测预警平台能够共同作用，保障廉江核电项目取水安全，维持其长期稳定供电。

综上，从地理位置、港口体系和腹地经济、后方集输运系统发展水平几个方面来看，本项目选址区域的基础设施、区位条件等社会条件均能满足项目建设和营运的要求，能够满足项目用海需求。

7.2 用海平面布置合理性分析

根据总平面布置，拦截体系由 2 道全断面拦截网组成，在取水口西侧弧形范围内布置两道漂浮式平面网，外侧平面网孔径为 $30\text{mm}\times 30\text{mm}$ ，内侧平面网孔径为 $6\text{mm}\times 6\text{mm}$ ，采用漂浮式拦截网，顶部浮筒随水位上下浮动。两道平面网为直线型，在距离航道底北侧边坡内侧 5 米处转折，转折处设桩基墩台。平面网北端与岸堤旁海域桩基墩台相连，平面网东南端与大件码头栈桥桩基相连，中间与转折处桩基墩台相连。为增大过流面积且便于收集清理海生物，确保在极端堵塞情况下依然留有通道，在后侧平面网上设置 2 拼漂浮式网兜。

拦截网布置避开现有航道及港口出入口，外侧 $30\text{mm}\times 30\text{mm}$ 平面网距离大件码头回旋水域 62m，满足通航要求。网体走向与海水主流方向呈小角度布置，减少水动力冲击。岸侧利用新建接岸墩台作固定起点，离岸设中间墩台，实现“拦鱼网-锚块-桩基”三点支撑，末端利用既有码头栈桥桩基，减少新增构筑物；网

体分两次转向，形成环抱式拦截面。平面网与岸堤、栈桥之间预留维护通道，统筹考虑运维需求，避免重复用海，体现功能复合与空间高效利用。

7.2.1 项目用海平面布置是否有利于生态保护

本项目核电取水口拦截体系的平面布置方案，是在保障核安全这一首要前提下，力求实现海洋生态影响最小化的合理设计。拦截装置网体利用既有码头桩基作为支撑，减少了新增构筑物对海底的扰动和永久占用。同时，其走向主动避让现有航道，并与主流方向呈小角度布置，最大限度降低了网体结构对自然水流和泥沙运动的阻隔，有助于维护区域水文动力环境的稳定。此外，广东廉江核电一期项目取水口位于本项目拦截装置后方，通过“30mm 外网+6mm 内网+可启闭网兜”的分级拦截，实现了从粗到细的筛选，其核心目的在于源头管控，能有效防止海洋生物涌入取水口后发生聚集性死亡，从而避免可能引发的局部水质灾难性恶化，进而对核电项目冷源安全及周边海域水质产生不良影响

综上，项目平面布置以主动、严密的工程措施防范重大生态风险，在满足核电安全刚性需求的同时，通过空间优化、结构设计和用海管控，尽可能降低了对海洋生物生态的扰动。

7.2.2 项目用海平面布置是否体现节约、集约用海的原则

本项目平面布置方案充分体现了节约、集约用海的原则。在结构设计上，拦截体系采用“岸侧墩台—中间墩台—既有桩基”三点支撑模式，起点依托新建接岸墩台，末端牢固连接既有码头栈桥桩基，最大程度利用已有基础设施，显著减少了新增永久构筑物的数量和规模，从而有效压缩了海域占用空间。

在水平空间布局上，拦截网通过合理转折形成环抱式拦截面，在有限的海域范围内实现了对目标区域的高效覆盖，布局紧凑、目的明确，避免了海域资源的无序扩张。在垂直空间布局上，本项目布设于已取得海域使用权的取水口用海范围内，采用透水构筑物的结构形式，不影响取水口水体用海，充分利用了海床、底土和水面空间资源，通过立体分层使用海域，促进了海域资源的节约集约利用。

此外，方案在平面网与岸堤、栈桥之间科学设置了不小于 28 米的间距，作为维护船只的专用掉头通道，这一设计统筹考虑了后期运维的实际需要，使得拦截功能与运维通道在同一海域空间内实现复合利用，避免了因维护作业而额外临时占用海域或重复建设通道，体现了海域空间功能复合与高效利用的集约化理念。

总之，该布置通过结构整合、空间优化与功能复合，实现了在有限用海范围内满足拦截、运维与安全的多重需求，符合海域节约集约使用的根本要求。

7.2.3 项目用海平面布置能否最大程度地减少对水动力和冲淤环境的影响

本项目在平面布置中高度重视对水文动力与冲淤环境的保护，通过多项针对性设计最大程度减轻了对海域自然水力条件的影响。首先，拦截网的整体走向经过优化，与海水主流方向呈小角度布置，该设计能有效分散水流对网体的正面冲击，降低结构阻流效应，有利于维持海域原有的流态格局，避免因拦截设施设置引起大面积流速分布异常。其次，网体采用柔性漂浮结构，并采用非全封闭拦截形式，在有效拦截目标物的同时保留了连续的水体交换通道，保障了水流的自然通畅，避免了因完全阻隔而引起的局部流速急剧增大或减小，从而显著降低了可能引发的底部冲刷或淤积风险。此外，方案在后侧平面网上设置有引导段与尾兜相结合的漂浮式网兜系统，网兜采用大孔目结构，在正常运行时增强过流能力，而在海生物等堵塞物增多时，网兜可起到收集、导流作用，确保在极端堵塞情况下仍能维持一定的过水断面，避免了因完全堵塞导致的局部水流阻断和水力突变，进一步提升了系统在水文环境方面的适应性与安全性。

综上所述，本工程通过走向优化、结构选型与功能化网兜设置相结合的系统性设计，实现了拦截功能与水文环境保护之间的平衡，最大程度减少了对海域水文动力及冲淤环境的负面影响。

7.2.4 项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

本项目平面布置方案系统考虑了与周边各类用海活动的协调关系，并通过精细化设计最大程度减少了对其他海域使用功能的影响。在通航安全保障方面，外侧拦截网距离大件码头回旋水域保持 62 米安全间距，该距离满足船舶调头、停靠及作业的空间要求，有效避免了拦截设施对码头正常运营和船舶航行安全的干扰。在运维功能统筹方面，方案在岸堤与栈桥之间预留了宽度不小于 28 米的水域，专门作为维护船只的回旋与通行通道，既保障了拦截系统自身维护的可达性与作业安全，也避免了因维护需要临时占用周边航道或锚地，减少了对相邻海域活动的潜在影响。在结构整合与空间优化方面，拦截网充分利用既有码头栈桥桩

基和新建墩台作为支撑点，极大限度减少了新增独立桩基等海上障碍物，降低了对周边码头作业、船舶通航及水下管线等设施的潜在风险。此外，平面网在转折位置均设置桩基墩台进行刚性固定，有效约束了网体在风、浪、流作用下的漂移范围，确保了周边海域活动的可预测性与安全性。

总之，本项目平面布置通过严格控制安全距离、统筹预留功能水域、依托现有设施优化布局、强化结构定位稳定性等综合措施，实现了与周边港口作业、船舶通航、取水口运行等多类用海活动的有序兼容，体现了用海布局的系统性与协调性。

7.3 用海方式合理性分析

7.3.1 项目用海方式

本项目拦截体系整体采用透水式漂浮拦截网结合桩基墩台支撑的结构形式，用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）。第1道平面拦截网孔径为30mm×30mm，将中小海洋生物进行拦截；第2道平面拦截网孔径为6mm×6mm和5mm×5mm，将小型海洋生物进行拦截。平面网北侧与岸堤旁海域桩基墩台相连，桩径均为1400mm，平面网东南侧与大件码头栈桥桩基相连，中间与转折桩基墩台相连。平面网四周网纲由高分子编织绳组成，上网纲设置绳环可与水面主缆连接，平面网两侧和底部可设置绳环，绳环可通过绑扎与桩基锚环和岸基锚环连接，或绳环通过卸扣与水下主缆连接，在转折处增加锚块，提高强度。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的工业用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）。

7.3.2 用海方式合理性分析

本项目在设计阶段充分考虑了拦截网和转折桩基墩台的结构，遵循“尽最大可能不填海和少填海，不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式”的用海原则，工程全程不实施任何形式的填海行为，也不建设连续封闭的非透水结构，

主体由柔性漂浮拦截网与透水式桩基墩台组成，网体具有明确孔径，支撑体系为点式布置，确保了水体的自由穿透与交换，从结构形态上体现了开放、透水的本质特征。

在减少对海域自然属性影响和维护海域基本功能方面，透水构筑物的用海方式表现出显著优势。透水结构不改变海底地形与岸线形态，最大程度维护了海域的自然面貌。同时，由于网体及支撑系统对水流阻碍小，并合理避让了外侧的航道、港口及其回旋水域等敏感区域，海域的航运、排水、纳潮等基本功能得以完整保持，体现了用海活动与海域功能之间的协调性。

从海洋生态系统保护角度看，第1道平面拦截网孔径为30mm×30mm，将中小海洋生物进行拦截，第2道平面拦截网孔径为6mm×6mm和5mm×5mm，将小型海洋生物进行拦截，阻止了大部分水生生物及其幼体通过，既实现对中小型海洋生物拦截导引，也确保了廉江核电项目冷源取水的安全。桩基墩台仅占用极小范围的海底，对底栖生境的破坏有限。此外，配套的网兜系统便于及时清理聚集物，可有效防止局部水质恶化，实现了工程运行与生态维护的动态平衡。

拦截网以小角度迎流布置，并结合其透水特性，大幅降低了结构对自然流态的扰动，避免了流速剧变可能引发的局部冲刷或淤积。水流可顺畅通过网孔并绕越桩基，工程区及周边海域的水动力格局和泥沙输移趋势不会发生本质改变，对海域水文动力和冲淤环境的长期稳定影响较小。

综上所述，本项目采用的透水构筑物用海方式是合理的。

7.3.3 项目用海采用立体分层设权的可行性分析

在地理意义上，海域是指海洋中区域性的立体空间；在法律意义上，《海域使用管理法》从行政法层面上界定了海域，是指中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土。海域使用权是最为典型的空间权，使用特定海域往往不需要占有整个海域空间资源。

本项目位于广东廉江核电项目一期工程用海权属范围内，与其取水口用海区存在平面空间的重叠。而取水口用海活动仅使用了该已取得海域使用权的海域的水体空间，水面、海床和底土空间处于闲置状态。本项目拦鱼网申请用海面积1.2466公顷，采用透水构筑物的结构形式，其建设不影响取水口水体用海，充分利用了海床、底土和水面空间资源，通过立体分层使用海域，可促进海域资源的

垫高，为锚块安装提供平整基础的同时也实现了局部修复。除此，本项目近岸侧墩台与岸线距离 2.9m，且墩台下边缘线与该直立式海堤堤顶约有 0.6m 的高度差，水下桩基与岸线距离约 3.5m，**非实际占用岸线**，已最大限度降低了所涉及人工岸线结构的直接影响。此外，施工流程上明确遵循“先开挖、清淤，后打桩”的顺序，且打桩作业由陆侧向海侧推进，进一步避免了施工扰动扩散。通过以上施工方式和建设工艺，可以保护原有直立式海堤的结构稳定，保护其原有形态，因此，本项目不会造成海岸线原有形态和功能改变。

本项目占用岸线是基于取水口安全防护功能优化的实际需要，项目拦截体系采用“岸侧固定+离岸支撑+既有结构衔接”的布置思路，充分利用新建接岸墩台和既有码头栈桥桩基作为拦网起点与终点，在保障功能的前提下实现了结构布局紧凑，体现了节约集约利用岸线的原则。且本项目透水构筑物不直接占用岸线，拦截装置在功能上与所在区域工业与港口岸线定位一致。因此，本项目占用人工岸线具必要性与合理性。

图 7.4.2-1 拦截装置与岸线空间位置关系图（略）

图 7.4.2-2 墩台 T3、T4 断面图（略）

7.4.3 海岸线占补

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》（粤自然资规字〔2025〕1号），在广东省海域内申请用海涉及占用海岸线的项目，必须落实海岸线占补，占补要求为“大陆自然岸线保有率高于国家下达我省管控目标的地级以上市，按照占用大陆自然岸线 1:1 的比例整治修复海岸线，占用大陆人工岸线按照经依法批准的生态修复方案、生态保护修复措施及实施计划开展实施海岸线生态修复工程；建设占用海岛自然岸线的，按照 1:1 的比例整治修复海岸线，并优先修复海岛岸线”。

湛江市自然岸线保有率为 38.12%，高于国家下达的广东省管控目标 36.4%，本项目占用湛江市大陆人工岸线 49.3m，近岸侧墩台与岸线距离 2.9m，且墩台下边缘线与直立式海堤堤顶约有 0.6m 的高度差，水下桩基距离岸线约 3.5m，未实际占用海岸线，无需开展海岸线占补工作。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 项目用海面积

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(自然资发〔2023〕234号),本项目海域使用类型为工矿通信用海(一级类)中的工业用海(二级类);按《海域使用分类》(HY/T 123 2009),本项目海域使用类型为工业用海(一级类)的电力工业用海(二级类),用海方式为构筑物(一级方式)的透水构筑物(二级方式)。

本项目申请用海总面积为 1.2466 公顷,用海方式为透水构筑物。

7.5.2 用海面积合理性

本项目拦鱼网是基于《廉江取水安全评估报告》、《关于开展廉江核电项目取水安全性评估的函》(LJG-SNZN-SNER-000966)、《关于落实集团公司取水安全检查评估建议的函》(LJG-SNZN-SNER-001339)、《取水安全设计优化、海水取水泵房总平调整方案等设计问题汇报会》等评估开展的专项优化设计,采用的设计严格执行《核动力厂反应堆冷却剂系统及其有关系统的设计》HAD102/08 《核电厂海工构筑物设计规范》NB/T 25002、《核电厂水工设计规范》NB/T 25046 等规范标准。

拦鱼网为透水结构,其位置及结构尺寸根据拦截功能设计,是冷源安全防护的重要设施,其中构筑物用海需要设定一定的保护范围。根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海以构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线为界,有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上,外扩不小于 10m 保护距离为界。”由于本项目拦截装置采用透水式漂浮拦截网结合桩基墩台支撑的结构形式,漂浮拦截网在取水状态下会产生一定的弧度,因此在确定用海边界时应充分考虑桩基墩台、锚块的保护距离以及漂浮拦截网的漂浮距离。

根据潮位情况,高潮位+4.44m,低潮位-2.95m,海底标高取-8.97m,拦污网标高为+5m。由上述可知,拦污网总长度 13.97m,低潮位拦污网漂浮距离约为 12.6m,高潮位拦污网漂浮距离约为 3.92m,详见图 7.5.2-1。

漂浮拦截网以低潮位拦污网漂浮距离 12.6m 的外扩距离进行两边外扩,桩基墩台、锚块以 10m 的保护距离对垂直投影的外缘线进行两边外扩。按照上述方式外扩后形成的界址面有 0.0053 公顷超出原批复“广东廉江核电项目一期工程”

的取、排水口用海范围并与港池、蓄水用海范围重叠（见图 7.5.2-2），该部分面积为外扩所得，并非项目运营所必需的核心区域，切除后不影响本项目主体工程布局、功能实现和安全运行，用海方案仍能满足项目需求，是更为集约和高效的布局。切除该 0.0053 公顷后，最终以外扩的最外边界和原批复的取、排水口用海范围边界所围成的面形成本项目用海界址面的面积 1.2466 公顷。外扩情况详见图 7.5.2-2。

综上，本项目共界定用海为 1 宗海，1 个内部单元，拟申请用海面积为 1.2466 公顷，既能够满足项目用海需求也符合《海籍调查规范》的相关规范。

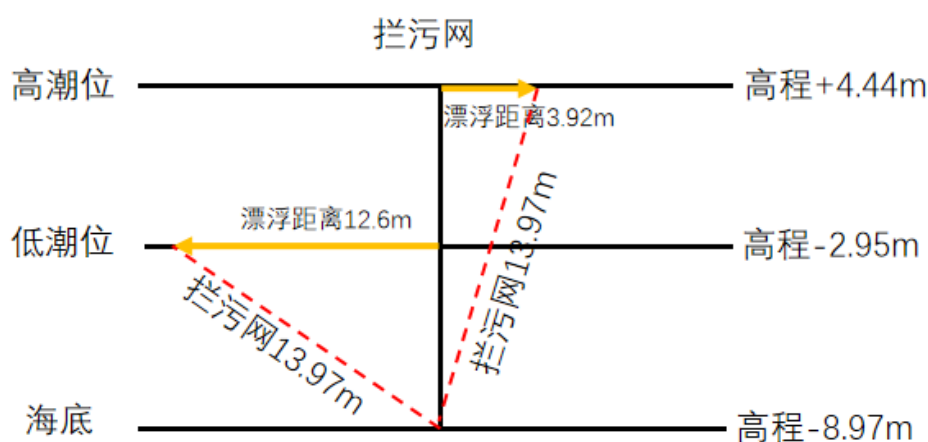


图 7.5.2-1 拦污网漂浮距离示意图

图 7.5.2-2 外扩示意图（略）

7.5.3 项目减少用海面积的可能性分析

本项目以墩台、锚块外扩 10m 作为保护距离，漂浮拦截网外扩 12.6m 作为漂浮拦鱼网保护距离划定用海范围，是基于潮位、流量等设计参数物理计算得出的满足核心安全功能的保护距离，以此计算得到的用海面积是保障工程安全运行的最小必要面积，用海面积目前暂无压缩空间，其用海范围界定符合《海籍调查规范》相关要求，申请用海面积合理。

7.5.4 宗海图绘制

7.5.4.1 项目减少用海面积的可能性分析

(1) 宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》，中环宇恩（广东）生态科技有限公

司进行本项目海域使用测量。

(2) 执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》(HY 070-2022);

《海域使用分类》(HY/T 123-2009);

《海籍调查规范》(HY/T 124-2009);

《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)。

7.5.4.2 宗海界址点确定方法

透水构筑物主要依据设计单位提供的设计图纸确定,并根据《海籍调查规范》5.3.2.2 章节“透水构筑物用海以透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线为界。有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上,外扩不小于 10m 保护距离为界”的要求进行确定,本项目以墩台、锚块保护距离 10m 以及拦截网低潮位漂浮距离 12.6m 为保护距离界定,外扩情况详见 7.5.2 节。本项目透水构筑物在已批复的“广东廉江核电项目一期工程”的取、排水口用海范围内申请用海。

本项目宗海图界址点确定情况见表 7.5.4-1。

表 7.5.4-1 宗海图界址点确定情况

用海单元	界址点编号	确定依据
拦鱼网	2-3; 6-7	以两道拦鱼网外缘线向两侧外扩 12.6m 边界确定。
	3-4-5-6; 7-8-9; 13-14-... -19-20	以墩台、锚块外缘线两侧外扩 10m 边界确定
	20-1; 1-2	分别以原批复“广东廉江核电项目一期工程”港池、蓄水等与透水构筑物用海的边界确定。
	12-13	以“廉江市龙头沙国家一级渔港建设项目”权属的边界确定
	9-10-11-12	以 2022 年广东省政府批复海岸线确定

7.5.4.3 宗海图界址点坐标及宗海面积计算

(1) 宗海界址点坐标计算方法

宗海界址点在 ArcGIS 的软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标,高斯投影平面坐标转化为大地坐标(经纬度)即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公

式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 [REDACTED]，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，将各界址点的平面坐标换算成以 [REDACTED]。

(2) 宗海面积计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积。借助于 ArcGIS 的软件计算功能直接求得宗海面积为 1.2466 公顷。

7.5.4.4 宗海图的绘制方法

(1) 宗海位置图的绘制方法：

宗海位置图是采用交通运输部东海航海保障中心上海海图中心 2020 年 6 月第 2 版印刷的海图《海康港至北海港（图号 91001）》作为底图，根据宗海界址图界定的宗海范围，根据《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）上要求的其他海籍要素，形成该项目宗海位置图。

(2) 宗海界址图的绘制方法：

宗海界址图是以项目的总平面布置图为底图，结合项目的实测资料、海岸线等，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）的要求，补充其他海籍要素，规范图框和文字等格式，形成宗海界址图。

广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网宗海界址图

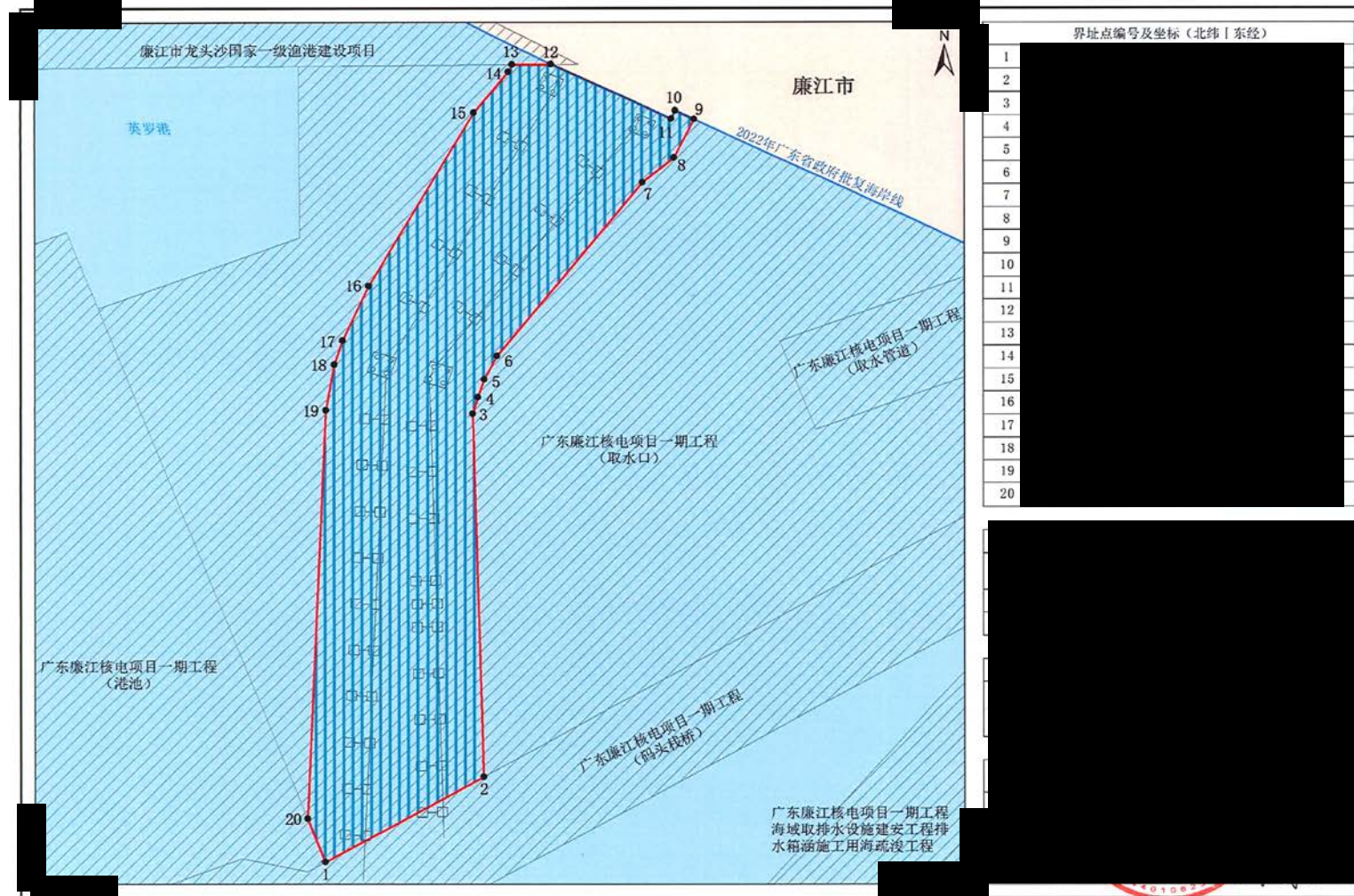


图 7.5.4-2 宗海界址图

广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网立体空间范围示意图

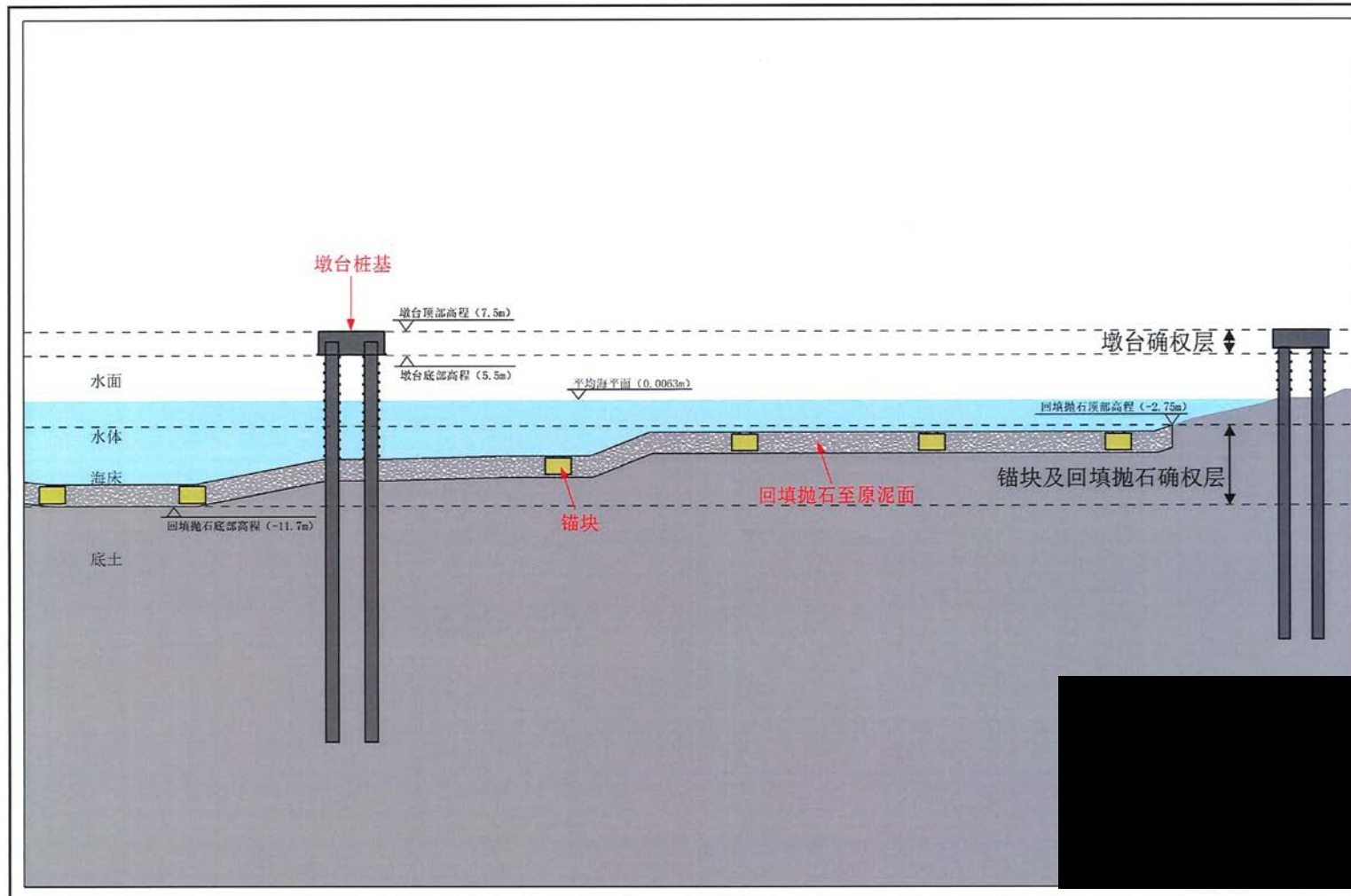


图 7.5.4-3 立体空间范围示意图

7.6 用海期限合理性分析

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(自然资发〔2023〕234号),本项目海域使用类型为工矿通信用海(一级类)中的工业用海用海(二级类);根据《海域使用分类》(HY/T 123 2009),本项目海域使用类型为工业用海(一级类)的电力工业用海(二级类),用海方式为构筑物(一级方式)的透水构筑物(二级方式)。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》的规定:“海域使用权最高期限,按照下列用途确定:(1)养殖用海十五年;(2)拆船用海二十年;(3)旅游、娱乐用海二十五年;(4)盐业、矿业用海三十年;(5)公益事业用海四十年;(6)港口、修造船厂等建设工程用海五十年。”

本项目属于《中华人民共和国海域使用管理法》规定的“(6)港口、修造船厂等建设工程用海五十年”,可申请用海期最高为50年。项目用海范围全部位于广东廉江核电项目一期工程已取得海域使用权的用海范围内,为与原有海域使用权证期限保持一致,本项目申请用海至2073年3月5日,即申请用海期限为47年。项目用海期限既可以满足项目设计年限和用途需求,又符合相关规定,是合理的。

海域使用权期限届满,海域使用权人需要继续使用海域的,应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的单位申请续期。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

本项目不涉及生态保护红线，建设不涉及围填海，项目建设不会严重改变水动力环境和地形地貌与冲淤环境；项目建设占用人工岸线，疏浚边线距离护岸边线不少于 2m，疏浚采用放坡开挖以减少对岸线的影响，也未改变岸线原有的属性；项目整体建设对海水水质、沉积物环境影响较小，但本项目水下基础开挖、岸侧临时清淤以及构筑物的建设占用海域底层空间，改变底栖生物原有栖息环境，造成底栖生物资源损失，海域大部分生物将被铲除、掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。

因此，本项目用海的主要生态问题是项目施工以及构筑物永久占用海域空间造成的海洋生物资源损失。

8.1.1 用海设计生态保护对策措施

本项目用海类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）。本项目为广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网设计方案的调整优化，拦鱼网申请用海总面积为 1.2466 公顷，项目施工过程中产生的疏浚总量约 2 万 m^3 ，疏浚土外抛至主管部门指定倾倒区。

项目施工产生的悬浮物，船舶施工产生的含油污水和生活污水等会对附近海域海洋生物造成一定的影响，为使本项目用海设计体现生态化理念，避让生态敏感目标、尽可能减少对海洋自然资源的占用等。特提出以下对策措施：

- 1、水下施工作业需合理安排施工进度、施工时序。
- 2、采取相关措施降低悬浮泥沙扩散对水产资源的影响。
- 3、加强施工船只管理，避免施工区域船舶集中，避免在同一工程区大量动力机械设备同时运作导致局部声级过高。
- 4、施工船舶含油污水和生活污水禁止在工程海域排放，含油污水收集后交由有处置能力单位处理。施工单位还应对施工船只进行机械管理，定期进行检修，强化保养，严禁带“病”作业，防止机油泄漏事故。
- 5、海上施工应选择海况良好，潮流较缓的情况进行施工作业，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间。

6、应主动采取增殖放流等修复措施，以促进生态环境的恢复，对受损的海洋生物资源、水产资源进行补偿。

8.1.2 施工阶段生态保护对策

8.1.2.1 疏浚施工污染防治措施

1、污染防治措施

(1) 采用先进的施工工艺和设备，合理安排施工顺序和进度；选择中、小潮、海况好的时间施工，以减小悬浮物的扩散范围。

(2) 在施工过程中，施工单位应合理安排施工船舶位置，合理制定施工计划，设计好挖泥进度，尽量缩短工期，减少疏浚施工产生的悬浮物对水质的影响。

(3) 在施工过程中采用 GPS 与常规定位技术相结合的方法，尽量减少超深超挖，以尽量减少疏浚作业对底质的扰动强度和范围，控制挖泥产生的悬浮泥沙的扩散。

(4) 疏浚物需按要求办理海洋废弃物倾倒许可证及水上水下活动许可证后，抛至主管部门指定倾倒区，严禁在工程海域和运输过程随意抛弃。

(5) 施工环境监理中应加强疏浚施工作业监督，避免施工单位的不规范操作。施工单位应合理安排施工船舶数量、位置、抓斗施工进度，尽量减少疏浚作业对底泥的搅动强度和范围。做好施工设备的日常维修检查工作，保持设备的良好运行和密闭性，发生故障后应及时予以修复。

(6) 施工前应从避让来往船只的角度优化作业面布置，避免发生船舶碰撞事故。

(7) 对整个施工进行合理规划，尽量缩短施工期，以减轻施工可能带来的海洋水质、生态环境影响。

(8) 加强与当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件下应提前做好施工安全防护工作，避免造成船舶碰撞事故。

(9) 作业期间应同步进行海洋监测，并利用监测结果反过来约束施工作业，尽量减少项目施工对临近水体的环境所产生的影响。

2、减少悬浮物措施

(1) 挖泥船应精确定位后再开始挖掘，选用 GPS 全球定位系统，精确确定需开挖位置，从根本上减少对环境产生影响的悬浮物的数量。

(2) 本工程西北侧、西侧和东南侧均分布有红树林，距离都较近，数值模拟预测结果，本项目施工引起的悬浮泥沙不会扩散到红树林，为了避免出现在恶劣天气下，导致悬浮泥沙扩散至红树林的可能。建议施工时依据现场天气条件，合理安排施工进度，如在东北风向较大时，可适当减小施工强度，降低施工悬沙的扩散范围。

(3) 作业单位应合理安排施工作业时段和范围，落实通航安全的管理要求，保障通航安全。根据海上安全管理规定，协助做好工程海域的通航安全协调和管理的工作。

(4) 开展施工期环境监理。重点强化施工人员、施工区域、施工方式、施工时间的管理以及生态保护和恢复工程建设的监督。当发生不利环境影响比较显著时，环境监理单位应报告环境保护部门，并通知建设单位和施工单位，停止工程建设，落实相应环保对策措施，在消除和减缓生态环境影响后方可恢复施工。

3、防止悬浮物扩散

(1) 针对悬沙对保护区和红线区的影响，必要时可在施工过程中在工程施工区域设置防污帘，对施工悬沙的扩散进行阻挡，降低施工悬沙进入保护区、红线区的浓度，进一步降低施工悬沙对工程周边各保护区和红线区的影响。

(2) 防污帘主要由防污帘布、浮体以及系锚点三部分组合而成，防污帘每节长度为 20m，每 20m 设置一个系锚点，主要由 400g/m² 机织布和 PVC 自浮体（浮漂）组成，整体构成屏状结构，拦截悬浮物或泥沙的扩散，垂直有效作用范围为水面以下至海底。示意图如下图所示。

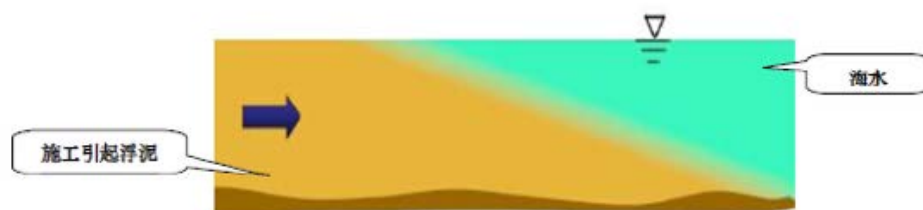


图 8.1.2-1 无土工布拦污屏泥浆扩散图



图 8.1.2-2 有土工布拦污屏泥浆扩散图



图 8.1.2-3 防污帘材料



图 8.1.2-4 拦污帘布设

(4) 抓斗船施工拟采用抓斗作业区域包围措施，在抓斗船抓斗作业预取焊接钢骨架，骨架上安装防污帘、浮体，防污帘底部绑块体压脚，防止抓斗带起的悬浮物扩散。



图 8.1.2-5 抓斗船包围防污帘示意图

(5) 泥驳卸泥航行时应紧闭底仓门，防止疏浚物泄露，所有泥驳均安装卸泥监控系统，疏浚物必须卸至倾废证上指定的卸泥区，严禁私自排放。同时定期对泥驳舱门液压开关系统进行检查，对密闭不严的泥驳，禁止其参与卸泥作业。

8.1.2.2 施工期污水污染海域防治措施

施工期的各种生产、生活污水由各施工单位负责处理，不得随意排放，建设单位应在施工招标书中提出相应的条款和处罚制度。各施工单位在合同中应承诺处理施工期产生的生产、生活废污水，并达到环保要求。

1、船舶污水、油污处理措施

(1) 本工程应遵照交通部发布的《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》对海上施工船舶的进行管理，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水和生活污水。

(2) 严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》和国际防止船舶污染海洋公约的相关规定，施工船舶的油污水排放系统应实施铅封，并对铅封位置予以标识，并保持完好，且做好相应记录。严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放，船舶油污水进行统一收集运至岸上，委托有资质的公司接收处置。

(3) 施工船舶应将船舶舱底油污水接收情况记载在管理机构签发的《油类记录簿》中，且《油类记录簿》应当随时可供检查。

(4) 船舶的排油监控装置、油水分离设备均应处于正常使用状态，注意设

备的日常检查保养工作，发生故障时要及时修复，轮机长要经常知道敦促轮机人员正确使用油水分离装置。

(5) 对海域施工期间，各类运输船、挖泥船和起重作业船等施工船舶上作业人员产生的生活污水交由有资质的单位接收处置。

(6) 甲板冲洗水可直接排放入海，但甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。

(7) 加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

(8) 加强船舶管理，避免水上污染事件的发生。建立详细的溢油应急计划，定期开展应急演练，做好防范准备。配备防油污设备，并定期检查。利用现有的水上应急围油回收设施，防止污染物扩散。定期巡查船舶防污染情况，一旦出现事故立即启动应急预案，及时通知周边保护区等环境敏感点，将事故损失降到最低。

2、船舶生活垃圾处理措施

(1) 施工船舶配置垃圾桶，生活垃圾应做好日常收集和分类处理，严禁向水域倾倒，收集后由发包人认定的船舶污染物接收单位有偿接收处理；对散落水面的固体废物，应尽力打捞回收。

(2) 船舶配备的垃圾桶应有盖，不渗漏，不外溢。

(3) 船舶运输施工材料时，应采取遮盖措施，加强管理，避免施工材料坠入水域中造成污染。

3、加强监测

本项目位于广东廉江核电一期工程用海范围内，广东廉江核电一期工程申请用海时已设计了监测方案，本项目实施过程中将协调原监测方案，加强对本次施工的海洋环境状况的监测。

8.1.2.3 疏浚物倾倒过程的环保对策

本项目疏浚产生的疏浚物将抛至主管部门指定倾倒区，在运泥船航行过程中，采取以下防止污染海域的措施：

1、杜绝运泥船运输过程中随意倾倒疏浚物，运泥船舶必须将疏浚泥运往指定的抛泥区。

2、运泥船在运输疏浚泥过程中应关闭舱门，并确定舱门关闭无误后方可航行。如泥舱关闭不严，在航行沿途中由于泥浆的泄漏入海，将导致污染事故的发生。同时，应加强同当地气象预报部门的联系，在恶劣天气条件下，应提前做好防护准备并停止作业。

3、运泥船必须在指定位置处置疏浚物，不得随意倾倒。

8.1.2.4 施工噪声防治措施

施工期间（特别是夜间和鸟类觅食时间）控制施工船舶鸣笛和高音喇叭的使用，减少噪音的影响，挖泥船内部，挖泥船与泥驳之间使用对讲机等无线通讯设备联络，无线对讲设备 24 小时安排人值守。

1、严格准入制度，选用效率高、噪音小的船舶、机械设备，船机设备经过检验达到噪声排放要求后方可进入施工现场。

2、严格落实船机设备的维修保养，保持低噪声运行状态，避免船机设备非正常运转而产生的噪声。

3、施工船舶使用标准静音机械，如发电机、空气压缩机等使用静音型号，减低噪音。对产生较大噪声的设备应该设置在封闭的场所，或加装消音器、减音器，挡音板或隔音罩等。

4、施工船舶在非紧急情况下不使用高音喇叭或鸣笛，船内部、船与船之间使用高频对讲机等无线通讯设备进行联络。

5、施工船舶在机舱路口上布置主机、辅机消声器，控制主机、辅机的噪声排放，限制突发性高噪声，主机、辅机的进气管和排气管同时加装消音器。

6、施工阶段各种主要噪声源安排在昼间非正常休息时间进行，以免噪声扰民。

7、合理安排施工进度，尽量缩短施工工期，避免高噪声机械同时施工；

8、加强施工机械设备的维修和保养，使施工机械处于良好的工作状态，以降低噪声源强；

9、施工单位应选择低噪声施工设备，以从声源控制噪声的影响，对施工机械的高噪音采取必要的降噪措施，如设置消音器、隔音板、围墙等隔音设施。尽量使用较小型的机械设备施工以降低噪音，材料转运使用的交通工具尽量是小功率的。合理安排高噪声机械的作业时间，避开动物活动的敏感时段，同时，尽量

减少夜间作业，最大限度地减轻对生物的影响。

8.1.3 生态跟踪监测

建设项目海洋环境跟踪监测的目的是通过对由于建设项目的施工和运营而对海洋环境产生的影响的跟踪监测，了解和掌握建设项目在其施工期和运营期对海洋水文动力、水质、沉积物和生物的影响，评价其影响范围和影响程度。

由项目建设单位委托的具有相关资质的环境监测部门按照制订的计划进行监测。

8.1.3.1 监测范围、站位与内容

本项目用海范围均位于广东廉江核电项目一期工程范围内。建设单位委托[]（以下简称“修复实施方案”），并委托[]跟踪监测。本项目生态跟踪监测引用《修复实施方案》的生态跟踪监测方案，并与其协调一致。

根据《修复实施方案》，其生态跟踪监测范围主要分布在广东廉江核电项目周围海域。监测站位主要选择在施工区等所在海域进行监测，在施工期工程区附近海域设置监测点：

1、水文

监测站位：布设 28 个站位。

监测因子：水温、盐度、水色、透明度及水深。

2、海水水质

监测站位：布设 28 个站位。

监测因子：pH、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、硫化物、石油类、重金属（汞、镉、铅、六价铬、总铬、砷、铜、锌、硒、镍）、硼等指标。

其中，在项目施工海域周边布设 12 个站位，开展月度监测，对悬浮物、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、重金属等重点监测要素进行例行监测。

3、海洋沉积物

监测站位：布设 14 个站位。

监测因子：粒度、总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、硒、石油类、硫化物、有机碳等。重点监测要素为石油类。

4、海洋生物质量

监测站位：布设 17 个站位。

监测因子：汞、镉、铅、总铬、砷、铜、锌、镍、石油烃等 9 项。

5、海洋生物

监测站位：布设 17 个海洋生物站位、5 个潮间带生物监测断面。

监测因子：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、微生物、游泳生物、潮间带生物等类别。

生态跟踪监测站位分布见以下图表。

表 8.1.3-1 施工期常规海域生态环境要素监测站位表（略）

表 8.1.3-2 施工期常规海域生态环境要素监测站位表（潮间带生物）（略）

图 8.1.3-1 海洋环境要素监测布点方案示意图（摘自《广东廉江核电一期工程项目渔业资源损失修复实施方案》）（略）

8.1.3.2 监测时间与频率

本项目生态跟踪监测方案引用《广东廉江核电一期工程项目渔业资源损失修复实施方案》，监测时间与频率如下。

水文：按施工期每个季节选择大潮期进行一次；施工结束后进行一次后评估监测。

水质：施工期按每个季节进行大潮期的监测；施工结束后进行一次后评估监测。施工初期，可根据工程规模、工程所处海域的自然环境状况、污染物排放量、污染物的复杂程度等情况，适当加大特征参数的监测频率。对于悬浮物等重点监测要素，自施工开始第一周，无特殊情况每月第一周开展一次例行监测（季度监测月除外），针对施工环境影响高峰期期间频次加密。

沉积物：施工期内每年进行一次监测。施工结束后进行一次后评估监测。对于明显改变海底地形的建设项目应适当加大监测频率。

海洋生物：海洋生物监测调查在施工期每个季节各进行一次；施工结束后进行一次后评估监测。

生物体质量：海洋生物质量监测调查频率与海洋生物监测调查相同。

8.2 生态保护修复措施

8.2.1 项目用海主要生态问题

本项目用海类型为工业用海中的电力工业用海，用海方式为开放式（一级方式）中的专用航道、锚地及其它开放式（二级方式），项目用海涉及人工岸线 49.3m，结合本报告第 4 章节内容，项目用海引起的主要生态问题为：施工过程中，底内生物和底上生物因底部的底泥开挖、搬运而将全部损失；部分游泳能力差的底栖生物也将因躲避不及而被损伤或掩埋。施工产生的悬浮泥沙会增加水体的浑浊度，影响水体的透光性，对周边海域浮游生物产生不利影响，也会阻塞鱼类的鳃组织，造成其呼吸困难，严重的可能会引起死亡，对渔业资源会产生一定的影响。此外，疏浚开挖作业施工产生的大量悬浮物质沉降后，还将对底栖生物产生直接的覆盖作用，进而导致施工一定范围内底栖生物的死亡。

8.2.2 生态保护修复重点和目标

针对本项目用海引起的主要生态问题，确定项目生态保护修复重点和目标为海洋资源恢复，通过生态补偿措施对用海造成的渔业资源损失进行补偿恢复，实现渔业可持续发展，促进人与自然的和谐发展，维护水生生物多样性。有关生态补偿的具体措施，业主单位应主动与相关主管部门协商决定。

8.2.3 生态保护措施

8.2.3.1 施工期生态保护措施

从项目设计开始就应该把重视海洋环境与资源保护作为基本原则，贯穿在项目建设的设计、施工、运营全过程。本项目疏浚物倾倒至临时倾倒区，业主单位应严格按照倾倒区的相关管理要求，取得同意意见，才可以进行倾倒。

项目水下开挖和岸侧临时清淤施工过程主要是悬浮物泥沙及施工噪声产生对环境的影响，将从减少悬浮物数量、防止悬浮物扩散、降低施工噪声、施工船舶污水、油污、生活垃圾等方面采取措施，降低疏浚施工对环境的影响。

8.2.3.2 海洋生物资源恢复

本项目用海引起的主要生态问题为：施工过程中，底内生物和底上生物因底部的底泥开挖、搬运而将全部损失；部分游泳能力差的底栖生物也将因躲避不及而被损伤或掩埋；构筑物永久占用底栖生物造成底栖生物不可逆损失。施工对资

源造成最直观的损失是疏浚开挖、构筑物建设破坏底栖生态环境造成的底栖生物的直接损失以及悬浮泥沙扩散造成鱼卵仔稚鱼、游泳生物的死亡。

《中国水生生物资源养护行动纲要》(国发[2006]9号)明确提出:建立健全水生生物资源有偿使用制度,完善资源与生态补偿机制。按照谁开发谁保护、谁受益谁补偿、谁损害谁修复的原则,开发利用者应依法交纳资源增殖保护费用,专项用于水生生物资源养护工作;对资源及生态造成损害的,应进行赔偿或补偿,并采取必要的修复措施。

目前,海洋工程的生态补偿通常采用增殖放流的方式进行补偿,通过人为向工程海域放流鱼苗、虾苗、蟹苗,补充海域的生物资源量。

由于本项目施工范围全部位于广东廉江核电项目一期工程用海范围内,一期工程预测的悬浮泥沙影响范围为 2.8km^2 , 大于本项目最大悬浮泥沙影响范围 (1.0km^2), 且一期工程尚未完工, 与本项目施工时间前后相差不大, 则本项目悬浮泥沙造成的生物损失可按照一期工程生态补偿方案执行。

《[REDACTED]》
[REDACTED]获得了广东省农业农村厅的批复, 一期工程生态补偿措施确定为渔业资源增殖放流, 渔业资源栖息地保护修复, 宣教、跟踪监测及效果评估。生态补偿资金预算为 [REDACTED] 万元。

9 结论

9.1 项目用海基本情况

本项目是在广东廉江核电项目一期工程取水口原拦鱼网方案的基础上进行结构加固与功能优化，由原方案的“浮筒+锚块”优化为“浮筒+锚块+桩基”的形式，通过增设 4 个桩基墩台（T1~T4）作为拦鱼网固定支点，提升拦鱼网结构稳定性，配套监测预警系统，保障核电运行安全。施工期需对水下基础和岸侧浅滩进行清淤挖泥，作为锚块安装的基础，锚块底标高与现场原泥面相关，其中靠海侧锚块在原泥面基础上往下挖深 2.1m，靠岸侧锚块则整体开挖至-3.5m 底高程（ ），总疏浚量约为 2 万 m³，产生的疏浚泥将抛卸至主管部门指定倾倒区。本项目靠岸一侧的 2 个桩基采用灌注桩工艺，靠海一侧的 2 个桩基采用钢管桩工艺；施工期搭设临时施工栈桥，用于桩基施工和设备安装，施工完成后拆除。本项目固定拦鱼网的锚块在岸上进行预制，随后运至海上于水下基础开挖范围进行安装，锚块安装后采用抛石的方式回填至原泥面。

广东廉江核电项目一期工程取水口拦鱼网工程施工时间共计约 12 个月。

本项目为拦鱼网建设工程，本项目占用人工岸线 49.3m，近岸侧墩台与岸线距离 2.9m，且墩台下边缘线与直立式海堤堤顶约有 0.6m 的高度差，水下桩基距离岸线约 3.5m，项目施工不会改变岸线的属性，无需开展海岸线占补工作。申请用海总面积为 1.2466 公顷。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工况通信用海（一级类）中的工业用海（二级类），按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）。

9.2 项目用海必要性结论

广东廉江核电项目一期工程已被列入国家《能源发展“十三五”规划》，符合国家能源发展战略，有助于优化广东省能源结构，缓解一次能源紧张供应形势，提高广东能源自给率；对于适应改善环境质量，促进广东节能环保、可持续发展有重要作用。项目建设对保障广东省和粤港澳大湾区能源电力安全、优化能源结构具有重要意义。

本项目作为广东廉江核电项目一期工程的配套工程，主要对在取水口布设拦鱼网，配套监测预警系统，保障核电运行安全，其用海需求是由其工程特点和工程建设的特殊要求决定的，本项目用海是必要的。

9.3 项目用海资源环境影响分析结论

1、对水动力环境和冲淤环境的影响

本项目对工程海域的水动力环境影响不大，项目水动力的变化主要集中在施工区域，且项目工程量小，对用海范围的水动力影响不大，对周边其它海域的水动力环境不产生明显影响。

2、对水质、沉积物环境的影响

在项目施工作业过程中，由设备搅动引起的悬浮泥沙在潮流的作用下向外海扩散，造成水体混浊水质下降，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，主要污染物为 SS。

项目施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染，也会对项目附近海域沉积物环境造成一定的影响，从整体分布趋势看，由于用海范围附近水动力环境较弱，施工产生的悬浮沙扩散对海域污染的范围主要是在用海范围附近，100mg/L 高浓度区范围相对较小。

施工船舶对水质、沉积物环境的影响还有施工船舶含油污水、施工船舶生活污水和船舶垃圾。施工船舶含油污水委托具有资质的船舶污染物接收单位接收处理，禁止在施工水域排放。施工船舶产生的生活污水由船舶生活污水处理设施处理达标后排放；船舶垃圾应做好日常的收集、分类与储存工作，交由当地环卫部门接收处理。

建设单位在严格落实以上措施的前提下，施工船舶对水质、沉积物环境的影响很小。

3、对资源影响结论

本项目建设占用了部分海域空间资源，项目施工对大型船的适应性加强，到港的大型船增加，对周边港口航道的远期发展规划会产生积极的影响。疏浚施工对海洋生物和渔业资源产生一定的影响，建设单位引用《XXXXXXXXXX》执行生态补偿或生态修复，以期恢复施工造成的海洋生物和渔业资源损失。

9.4 海域开发利用协调分析结论

项目论证范围内海域开发利用活动主要为渔港码头、人工鱼礁、海水养殖区、自然保护区等。本项目利益相关者为廉江市农业农村局、廉江市海洋与渔业局。需协调管理部门为海事部门和港航部门。项目与周边其他用海活动和海洋产业是可协调的，并且项目建设和运营不会影响军事活动和国家安全。

9.5 国土空间规划符合性分析结论

本项目用海与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》相符合，项目用海不涉及生态保护红线。

9.6 项目用海合理性分析结论

本项目是广东廉江核电项目一期工程的改建工程，用海位置位于已确权的取水口用海内，依托已申请的大件码头栈桥建设，且项目工程量较小，水域疏浚量和构筑物面积较小，并与岸线留有一定的安全距离，所以选址是合理的且具有唯一性。

项目平面布置用海尺度界址点量算符合《海籍调查规范》的要求。平面布置和用海面积合理。

本项目与已取得海域使用权的取水口用海存在立体交越，项目建设不影响取水口水体的使用，充分利用海床和底土空间，充分体现节约、集约用海的原则。本项目拟采用立体分层设权可行。

广东廉江核电项目一期工程取水用海海域使用期限为2023年3月6日起2073年3月5日止，共计50年。本项目属于《中华人民共和国海域使用管理法》规定的“（6）港口、修造船厂等建设工程用海五十年”，用海范围位于广东廉江核电项目一期工程已取得海域使用权的用海范围内，为与原有海域使用权证期限保持一致，本项目申请用海至2073年3月5日，即申请用海期限为47年。

9.7 项目用海可行性结论

本项目为广东廉江核电项目一期工程的配套工程，项目的建设符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《湛江市国土空间总体规划（2021-2035年）》《广

东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》和相关规划要求，项目建设与国家宏观政策、地方城市发展战略规划相一致，项目选址合理，用海面积适宜，与利益相关者具有协调性；同时，项目建设具对广东廉江核电项目一期工程的建设至关重要。

根据本报告前述章节的分析和论证结果可知，本项目用海是必要的，用海对周边资源环境的影响是可以接受的，与毗邻其他项目具有较好的协调性，符合海洋功能区划及相关规划，项目用海选址、用海方式和平面布置、用海面积合理。在项目建设单位切实执行国家有关法律法规，切实落实本报告书提出的海域使用管理对策措施，切实落实本报告表提出的生态用海对策措施前提下，从海域使用角度考虑，本工程的海域使用是可行的。