

徐闻县红树林营造修复项目 生态环境影响专章

建设单位：徐闻县自然资源局

编制单位：广东海兰图环境技术研究有限公司

2021 年 12 月

目 录

1	生态环境影响评价专章.....	1
1.1	总则.....	1
1.1.1	编制依据.....	1
1.1.2	评估目的.....	5
1.1.3	评价时段与评价因子筛选.....	5
1.1.4	海洋功能区划及执行标准.....	6
1.1.5	评价工作等级及评价范围.....	10
1.1.6	海洋环境敏感区和环境保护目标分析.....	14
1.2	海洋环境现状分析.....	18
1.2.1	气候气象条件.....	18
1.2.2	海洋水文动力与泥沙现状调查与评价.....	21
1.2.3	地形地貌.....	38
1.2.4	自然资源概况.....	49
1.2.5	海水水质现状调查与评价.....	61
1.2.6	海洋沉积物质量现状调查与评价.....	73
1.2.7	海洋生物质量现状调查与评价结果.....	76
1.2.8	海洋生态现状调查与评价.....	78
1.2.9	渔业资源现状调查与评价.....	96
1.2.10	声环境质量现状监测与评价.....	105
1.2.11	鸟类资源现状调查.....	107
1.2.12	陆域生态现状.....	115
1.2.13	海域使用现状.....	116
1.3	施工期海洋环境影响分析（含陆域生态）.....	120
1.3.1	海洋环境影响分析.....	120
1.3.2	海洋生态环境影响分析.....	147
1.3.3	海洋生物资源损耗分析.....	150
1.3.4	对海洋环境敏感目标影响分析.....	154

1.3.5	对陆域、水生生态环境影响分析.....	161
1.3.6	对鸟类的影响分析.....	162
1.4	运营期海洋环境影响分析.....	163
1.4.1	海水水质环境影响分析.....	163
1.4.2	海洋沉积物环境影响分析.....	164
1.4.3	海洋生态和生物资源环境影响影响分析.....	165
1.4.4	对海洋敏感目标的影响分析.....	165
1.5	环境保护对策措施.....	166
1.5.1	施工期污染防治措施.....	166
1.5.2	运营期污染防治措施.....	168
1.5.3	非污染防治措施.....	169
1.5.4	其他保护措施.....	170
1.6	海洋环境保护措施技术经济论证.....	171
1.6.1	海洋生态保护对策措施.....	171
1.6.2	环境保护对策措施一览表.....	175
1.6.3	生态用海方案的环境可行性.....	175
1.6.4	环境影响经济损益分析.....	178
1.6.5	环境影响损益分析.....	181
1.6.6	环境影响经济损益分析结论.....	183
1.7	环境管理与监测计划.....	186
1.7.1	环境管理.....	186
1.7.2	环境监测计划.....	188
1.8	海洋环境影响评价结论.....	191
1.8.1	环境现状综合分析和评价结论.....	191
1.8.2	环境影响预测综合分析和评价结论.....	194
附录		198
附录 I	调查海域浮游植物种名名录	198
附录 II	调查海域浮游动物种名名录.....	202
附录 III	调查海域大型底栖生物调查种名名录.....	204

附录 V 调查海域定量潮间带种名名录.....	208
附录 VI 调查海域定性鱼卵与仔稚鱼种名名录	209
附录 VII 调查海域定量鱼卵与仔稚鱼种名名录.....	211
附录 VIII 调查海域游泳动物种名名录.....	212

1 生态环境影响评价专章

根据《关于印发<建设项目环境影响报告表>内容、格式及编制技术指南的通知》（环办环评〔2020〕33号）表1 专项评价设置原则表，涉及环境敏感区（不包括饮用水水源保护区，以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公为主要功能的区域，以为文物保护单位）的项目，需编制生态专项评价。

本项目位于湛江红树林国家级自然保护区及广东省海洋生态红线区，属于涉及海洋生态环境敏感区的项目，故项目生态专项评价主要以《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）开展。

1.1 总则

1.1.1 编制依据

1.1.1.1 国家法律、法规及政策

- （1） 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日施行）；
- （2） 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月4日修改）；
- （3） 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日修正）；
- （4） 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002年1月1日施行）；
- （5） 《中华人民共和国海岛保护法》（2010年3月1日施行）；
- （6） 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年8月1日施行）；
- （7） 《中华人民共和国渔业法》（2013年12月28日修正）；
- （8） 《中华人民共和国海上交通安全法》（2021年4月29日修订，2021年9月1日施行）；
- （9） 《中华人民共和国野生动物保护法》（2020年3月修订）；
- （10） 《建设项目环境保护管理条例》（2017年7月16日修订，2017年10月1日施行）；
- （11） 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018年3月19日修正）；

- (12) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》(2018 年 3 月 19 日修订);
- (13) 《防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》(2018 年 3 月 19 日修订);
- (14) 《海洋工程环境影响评价管理规定》(国海环字[2017]7 号);
- (15) 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》;
- (16) 《全国海洋功能区划(2011-2020 年)》(国函[2012]182 号);
- (17) 《全国主体功能区规划》(国发[2010]46 号);
- (18) 《全国海洋主体功能区规划》(国发[2015]42 号, 2015 年 8 月 1 日);
- (19) 《国家重点保护野生动物名录》(国家林业和草原局, 农业农村部公告 2021 年第 3 号);
- (20) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令 第 16 号);
- (21) 《红树林保护修复专项行动计划(2020-2025 年)》;
- (22) 《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》。

1.1.1.2 地方性法律、法规及政策

- (1) 《广东省环境保护条例》, 2019 年 11 月 29 日实施;
- (2) 《广东省海域使用管理条例》(2007 年 3 月 1 日施行);
- (3) 《广东省渔业管理条例》(2015 年 12 月 30 日修改)
- (4) 《广东省固体废弃物环境污染防治条例》(2018 年 11 月 29 日修订通过, 2019 年 3 月 1 日起施行);
- (5) 《广东省航道管理条例》(1996 年 1 月 1 日施行);
- (6) 《广东省主体功能区规划》(粤府[2012]120 号, 2012 年 9 月 14 日);
- (7) 《广东省海洋功能区划》(2011-2020)(粤府[2013]9 号, 2013 年 1 月 22 日);
- (8) 《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办[1999]68 号, 1999 年 7 月 27 日);
- (9) 《广东省环境保护规划纲要(2006-2020 年)》(粤府[2006]35 号, 2006 年 4 月 4 日);
- (10) 《广东省环境保护“十三五”规划》(粤环[2016]51 号, 2016 年 9 月 22 日);
- (11) 《广东省海洋生态文明建设行动计划(2016~2020)》;
- (12) 《广东省海洋生态红线》, 2017 年 9 月 29 日;
- (13) 广东省自然资源厅、广东省林业局印发《广东省红树林保护修复专项行动计划实施方案》(粤自然资发〔2021〕6 号);

- (14) 《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》(粤府[2020]71号)；
- (15) 《广东省自然资源厅关于下发生态保护红线和“双评价”矢量数据成果的函》；
- (16) 《广东省人民政府国家海洋局关于印发<广东省海岸带综合保护与利用总体规划>的通知》(粤府[2017]120号)；
- (17) 《湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》(湛府[2021]30号)；
- (18) 《湛江市海洋经济发展“十三五”规划(2016—2020)》；
- (19) 《广东湛江红树林国家级自然保护区管理办法》；
- (20) 《广东省湿地保护条例》，2020年11月27日。

1.1.1.3 行业标准和技术规范

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；
- (2) 《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)；
- (3) 《环境影响评价技术导则 生态环境》(HJ19-2011)；
- (4) 《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9404-2012)；
- (5) 《海水水质标准》(GB3097-1997)；
- (6) 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)；
- (7) 《海洋生物质量》(GB18421-2001)；
- (8) 《海洋功能区划技术导则》(GB17108-2006)；
- (9) 《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)；
- (10) 《海洋监测规范》(GB17378-2007)；
- (11) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)；
- (12) 《红树林建设技术规程》(LYT 1938-2011)。

1.1.1.4 其他相关资料

- (1) 《徐闻县红树林营造修复项目初步设计》(广州草木蕃环境科技有限公司，2021年5月)；
- (2) 《徐闻县红树林营造修复项目可行性研究报告》(中交广州水运工程设计研究院有限公司、中国林业科学研究院热带林业研究所，2021年3月)；

(3) 建设单位提供的其他资料。

1.1.2 评估目的

- (1) 通过海洋环境现状监测与调查，掌握本项目所在区域的自然环境及环境质量现状，为环境影响评价提供依据。
- (2) 针对本项目的特点和污染特征，确定主要污染因子和环境影响要素；
- (3) 分析本项目对当地海洋生态环境造成影响的范围和程度，并提出进一步避免或减轻污染的对策和建议；
- (4) 从技术、经济角度分析本工程采用污染治理措施的可行性，从海洋生态环境保护的角度对本工程的建设是否可行作出明确的结论；

1.1.3 评价时段与评价因子筛选

1.1.3.1 评级时段

根据本工程性质特点，确定本次评级时段为项目施工期、运营期（6个月抚育期、6个月后红树林长成期）。

1.1.3.2 评级因子

污染类环境影响因子：悬浮物、船舶含油污水、残油、废油等对海洋水质、沉积物和海洋生态的影响。

非污染类环境影响因子：对海洋水动力环境、地形地貌与冲淤环境、海洋生态环境等影响等。

根据本工程的环境影响要素识别、工程施工和工程后的特点，对评价因子进行筛选。筛选的结果见表 1.1.3-1。

表 1.1.3-1 评价因子筛选结果

环境要素	现状评价因子	主要预测评价项目
水质环境	pH、透明度、温度、盐度、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨、无机磷、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、叶绿素a	SS 扩散定性分析
生态环境	叶绿素a 和初级生产力、浮游生物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼、游泳生物、海洋生物质量	生物损失量
沉积物环境	铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、有机碳、硫化物、石油类	定性分析
水动力环境	海流、潮位、悬浮泥沙	定性分析

1.1.4 海洋功能区划及执行标准

1.1.4.1 海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年），项目所在海域的海洋功能区划为北莉口海洋保护区。各功能区的分布详见表 1.1.4-1 和图 1.1.4-1。

表 1.1.4-1 项目周边海域海洋功能区划分布状况

海洋功能区名称	与本项目的方位关系及最短距离	功能区
北莉口海洋保护区	项目所在，0km	海洋保护区

1.1.4.2 近岸海域功能区划

根据《湛江市近岸海域环境功能区划》，项目所在海域执行海水水质二类标准，见图 1.1.4-2。

1.1.4.3 执行标准

1、海水水质标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年），项目所在海域的海洋功能区划为北莉口海洋保护区，要求执行海水水质二类标准。根据《湛江市近岸海域环境功能区划》，项目所在海域执行海水水质二类标准。综上所述，项目所在海域水质执行二类标准。

表 1.1.4-2 海水水质标准

项目	单位	《海水水质标准》		
		一类标准	二类标准	三类标准
pH	/	7.8~8.5	7.8~8.5	6.8~8.8
水温	℃	人为造成的海水温升 夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃	人为造成的海水温升 夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃	人为造成的海水 温升不超过当时 当地 4℃
SS≤	mg/L	(10) 人为增加的量	(10) 人为增加的量	(100) 人为增 加的量
DO>	mg/L	6	5	4
COD≤	mg/L	2	3	4
无机氮≤(以 N 计)	mg/L	0.20	0.30	0.40
活性磷酸盐≤(以 P 计)	mg/L	0.015	0.030	0.030
硫化物≤(以 S 计)	mg/L	0.02	0.05	0.1
石油类≤	mg/L	0.05	0.05	0.30
铜≤	mg/L	0.005	0.010	0.050
铅≤	mg/L	0.001	0.005	0.010
锌≤	mg/L	0.020	0.050	0.10
镉≤	mg/L	0.001	0.005	0.010
铬≤	mg/L	0.05	0.10	0.20

项目	单位	《海水水质标准》		
		一类标准	二类标准	三类标准
汞≤	mg/L	0.00005	0.0002	0.0002
砷≤	mg/L	0.020	0.030	0.050

2、海洋沉积物

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年），项目所在海域的海洋功能区划为北莉口海洋保护区，要求执行海洋沉积物质量一类标准。

表 1.1.4-3 海洋沉积物质量标准

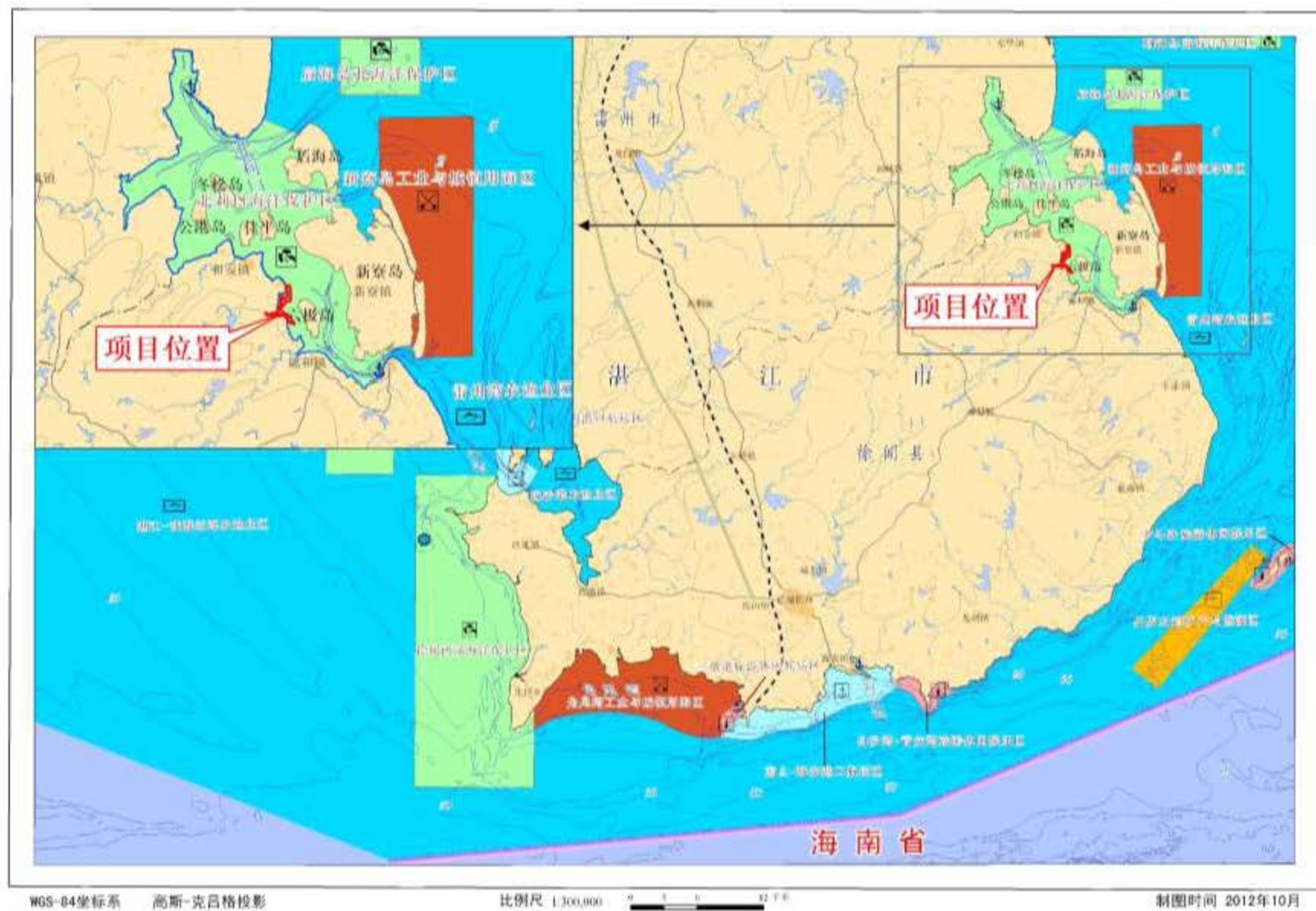
标准值	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	As	有机碳	硫化物	石油类
单位	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶	%	×10 ⁻⁶	×10 ⁻⁶
一类标准	35	60	150	0.5	80	0.2	20	2.0	300	500
二类标准	100	130	350	1.5	150	0.5	65	3.0	500	1000

3、生物质量标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年），项目所在海域的海洋功能区划为北莉口海洋保护区，要求执行海洋生物质量一类标准。

表 1.1.4-4 海洋生物体评价标准（mg/kg）

生物类别	Cu	Pb	Cd	Cr	Zn	Hg	As	石油 烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	1.5	40	0.3	5.0	20	《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准
甲壳类	100	2.0	2.0	1.5	150	0.2	8.0	20	
软体类	100	10.0	5.5	5.5	250	0.3	1.0	20	



附图1.1.4-1 项目位置与广东省海洋功能区图叠加图



附图 1.1.4-2 项目位置与近岸海域功能区划图

1.1.5 评价工作等级及评价范围

1.1.5.1 评级工作等级

1、海洋生态评价等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)的规定,环境影响评价工作等级依据建设项目的工程特点、工程所在地的环境特征、国家和地方政府所颁布的有关法规等因素而确定。本工程位于湛江徐闻外罗湾渔地方级自然保护区、广东湛江红树林国家级自然保护区、北莉口海洋保护区限制类红线区,属生态环境敏感区。根据项目设计方案,工程施工内容主要包括红树林种植、取土、滩涂整地等。其中,工程拟取土量为 73570.60m^3 全部用于滩涂整地及巡护小径,均低于 $10\times 10^4\text{m}^3$ 之间。由此可确定:水文动力环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境评价等级为低于 3 级。海洋地形地貌与冲淤环境评价等级为低于 3 级评价。

表 1.1.5-1 海洋水文动力、水质、沉积物、海洋生态和生物资源影响评价等级判据

海洋工程分类	工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
				水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
其他海洋工程	水下基础开挖等工程；疏浚、冲(吹)填等工程；海中取土(沙)等工程；挖入式港池、船坞和码头等工程；海上产品加工工程等	开挖、疏浚、冲（吹）填、倾倒量 50×10 ⁴ m ³ ~10×10 ⁴ m ³	生态环境敏感区	2	1	2	1
			其他海域	3	2	3	2
本项目		取土量为73570.60m ³	生态环境敏感区	低于3级			

表 1.1.5-2 地形地貌与冲淤环境影响评价等级判定依据

评价等级	工程类型和工程内容
1	面积 $50\times 10^4\text{m}^2$ 以上的围海、填海、海湾改造工程,围海筑坝、防波堤、导流堤(长度等于和大于2km)等工程;连片和单项海砂开采工程;其他类型海洋工程中不可逆改变或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目
2	面积 $50\times 10^4\text{m}^2\sim 30\times 10^4\text{m}^2$ 的围海、填海、海湾改造工程,围海筑坝、防波堤、导流堤(长度2km~1km)等工程;连片和单项海砂开采工程;其他类型海洋工程中不较严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目
3	面积 $30\times 10^4\text{m}^2\sim 20\times 10^4\text{m}^2$ 围海、填海、海湾改造工程,围海筑坝、防波堤、导流堤(长度

	1km~0.5km)等工程；连片和单项海砂开采工程；其他类型海洋工程中不可逆改变或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻冲刷、淤积的工程项目
注：其他类型海洋工程的工程规模可按照表2中工程规模的分档确定	
本项目	本项目为其他类型海洋工程，按照表2 海洋水文动力、水质、沉积物、海洋生态和生物资源影响评价等级判据，项目工程规模的分档确定本项目评价等级为低于3级

说明：上表表2指的是海洋水文动力、水质、沉积物、海洋生态和生物资源影响评价等级判据。

表 1.1.5-3 各单项海洋环境影响评价等级

工程规模 \ 单项目 评价等级	水文动力 环境	水质 环境	沉积物 环境	生态和生物 资源环境	海洋地形地貌 与冲淤环境
工程取土量：73570.60m ³	低于 3 级				

2、生态评价等级

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2011)的规定，环境影响评价工作等级依据建设项目的工程特点、工程所在地的环境特征、国家和地方政府所颁布的有关法规等因素而确定。本工程位于湛江徐闻外罗湾蚶地方级自然保护区、广东湛江红树林国家级自然保护区、北莉口海洋保护区限制类红线区，属重要生态环境敏感区。根据项目设计方案，项目占地范围为 52.94 公顷 (0.5294km²)，其中项目种植面积为 40.12 公顷 (永久占地)，取土面积为 12.82 公顷 (临时占地)。

表 1.1.5-4 生态影响评价工作等级划分表

影响区域生态敏感性	工程占地 (含水域) 范围		
	面积≥20 km ² 或长度≥100km	面积 2~20 km ² 或长度 50~100km	面积≤2 km ² 或长度≤50km
特殊生态敏感区	一级	一级	一级
重要生态敏感区	一级	二级	三级
一般区域	二级	三级	三级

项目位于重要生态敏感区，占地面积为 0.5294 km²，按照《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2011)的规定，项目生态环境影响评价等级为三级。

1.1.5.2 评级范围

1、海洋评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)的技术要求：

①水文动力影响范围：低于 3 级评价，其垂向距离不小于 2km，纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离；

②水质环境影响范围：低于 3 级评价，应能覆盖建设项目的环境影响所及区域，并能充分

满足环境影响评价与预测的要求；

③沉积物影响评价范围：低于 3 级，应将建设项目可能产生较显著影响的海洋沉积物区域包括在内，与水质调查范围一致；

④生态环境影响范围：低于 3 级，其扩展距离不小于 3~5km；

⑤地形地貌与冲淤影响范围：低于 3 级，与水动力影响影响评价范围保持一致。

综上所述，本项目所在区域位于徐闻县和安镇蓝天村和锦和镇笃头村之间的沿海滩涂，结合项目海区的海洋功能区划和敏感目标情况，通过对工程海域资源环境特点初步分析，结合项目海域的潮周期、实测海流流速等，确定以项目边界外扩约 8km 为本项目的海洋环境评价范围。评价范围为：110°28'36.256"E,20°34'17.184"N~110°28'38.779"E，20°35'13.300"N；110°25'27.309"E，20°38'15.146"N~110°23'59.024"E，20°37'21.763"N 之间，评价海域面积约 2774.8815 公顷，见图 1.1.5-1。

2、生态评价范围

按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）的规定，项目生态环境影响评价等级为三级。评价范围确定为项目占地（用海）范围。

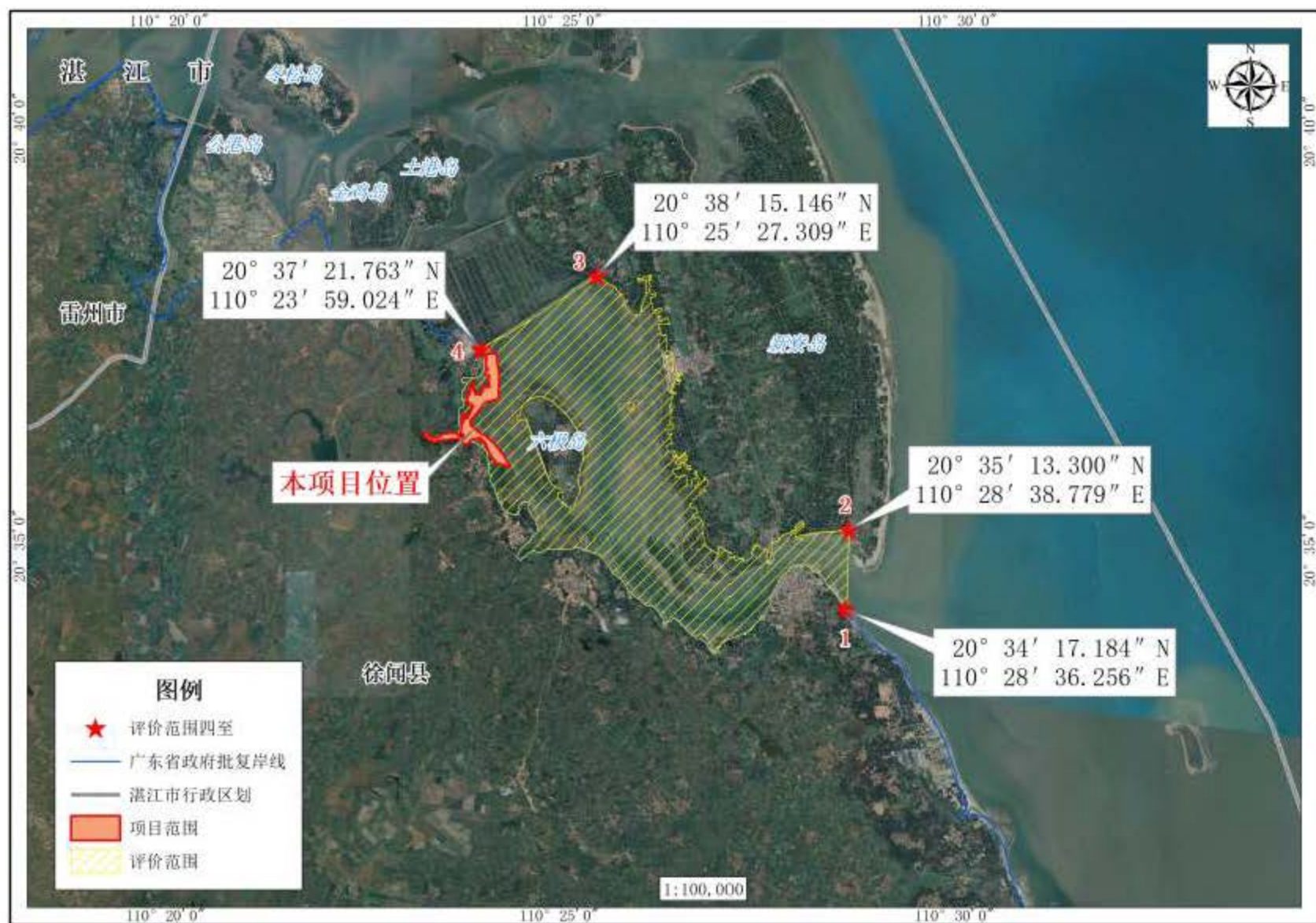


图 11.5-1 海洋环境影响评价范围图

1.1.6 海洋环境敏感区和环境保护目标分析

1.1.6.1 环境敏感目标分布现状

根据《广东省海洋生态红线》及其他相关文件要求，项目主要的环境敏感区和环境保护对象的位置详见表 1.1.6-1。

表 1.1.6-1 主要环境敏感目标

类别	序号	名称	方位及最近距离	主要保护对象
自然保护区	1	湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区	部分重叠，0km	圆尾鲎及其生境
	2	广东湛江红树林国家级自然保护区	部分重叠，0km	红树林及其生境、鸟类
海洋功能区	3	北莉口海洋保护区	项目所在，0km	红树林、圆尾鲎及其生境
海洋生态红线区	4	北莉口海洋保护区限制类红线区	项目所在，0km	红树林种群、湿地生态系统、文昌鱼资源
自然岸线	5	外罗港-白沙尾	东南侧，6.7km	自然岸线及潮滩
养殖	6	开放式养殖用海	东南侧 6.3km	水质
取水口	7	冷冻厂，制水厂	东南侧 6.6km	水质

1.1.6.2 主要敏感目标概况

1、湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区

湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区 2001 年经徐闻县人民政府批准(徐府函[2001]99 号)设立,地处徐闻东部海域,位于徐闻县外罗海湾内,地理坐标为东经 110°23'45.155"~110°27'10.36,北纬 20°34'09.545"~20°37'04.577"。主要保护物种为鲎,保护区内品种有圆尾鲎和中国鲎,保护区总面积约 1903 公顷,其中核心区 1038 公顷,缓冲区 692 公顷,实验区 173 公顷。

项目占用徐闻圆尾鲎自然保护区一般控制区 0.77 公顷。

2、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呈带状散式分布在广东省西南部的雷州半岛沿海滩涂上,跨湛江市的徐闻、雷州、遂溪、廉江四县(市)及麻章、坡头、东海、霞山四区,面积 1.9 万公顷,是我国现存红树林面积最大的一个自然保护区。保护区主要保护对象为红树林及海水渔业资源生态系统。在 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,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。

项目占用广东湛江红树林国家级自然保护区 29.02 公顷。

3、北莉口海洋保护区

(1) 地理位置：东至:110°28'02" 西至:110°17'50" 南至:20°33'45" 北至:20°45'35";

(2) 面积（公顷）：10934；岸段长度（米）：75348；

(3) 海域使用管理：相适宜的海域使用类型为特殊用海；保障三吉渔港、冬松渔港、和安渔港、外罗渔港用海需求；保留湛江国家级红树林保护区北莉口片区、徐闻外罗湾鲎县级自然保护区非核心区内的滩涂养殖、围海养殖等渔业用海；禁止炸岛等破坏性活动；维护海湾防洪纳潮功能。

(4) 海洋保护环境：保护后海岛、冬松岛、金鸡岛、佳平岛、六极岛、新寮岛沿岛红树林；保护鲎及其生境；执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

4、北莉口海洋保护区限制类红线区

(1) 地理位置：110°17'50.56"-110°28'3.04"E;20°33'45.19"-20°45'35.64"N;

(2) 生态保护目标：红树林种群、湿地生态系统、文昌鱼资源；

(3) 管控措施：执行《中华人民共和国自然保护区条例》《海洋自然保护区管理办法》等相关法律法规和保护区管理规定。禁止围填海、毁林挖塘、矿产资源开发及其他可能红树林资源的各类开发活动，保护现有红树林资源及其生态系统，加强对受损红树林生态系统的修复，保护文昌鱼资源。加强海漂垃圾整治，禁止新设排污口，禁止倾废及其他有毒有害物质。

(4) 环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止直接向海域排放污染物，改善海洋环境质量。执行一类海水水质标准，海洋沉积物标准和海洋生物标准。

项目占用北莉口海洋保护区限制类红线区 90.87 公顷。

5、外罗港-白沙尾（自然岸线保有）

(1) 地理位置：位于琼州海峡北，起点坐标：110°27'59.400"E，20°34'49.289"N；终点坐标：110°20'41.251"E，20°17'05.971"N；

(2) 岸线长度（m）：48935；

(3) 生态保护目标：自然岸线及潮滩；

(4) 管控措施：维持岸线自然属性，向海一侧 3.5 海里内禁止采挖海砂、围填海、倾废

等可能诱发沙滩蚀退的开发活动,保持自然岸线形态,保护岸线原有生态功能,加强对受损自然岸线的整治与修复。维持河口区域自然属性,保持河口基本形态稳定,保障河口行洪安全和航道通行。允许开展航道疏浚工程,禁止新增围填海、采挖海砂及其他可能破坏河口生态系统功能的开发活动,保障海洋生物洄游通道;

(5) 备注:含砂质岸线 44118 米,粉砂淤泥质岸线 3227 米,基岩岸线 1410 米,河口岸线 180 米。

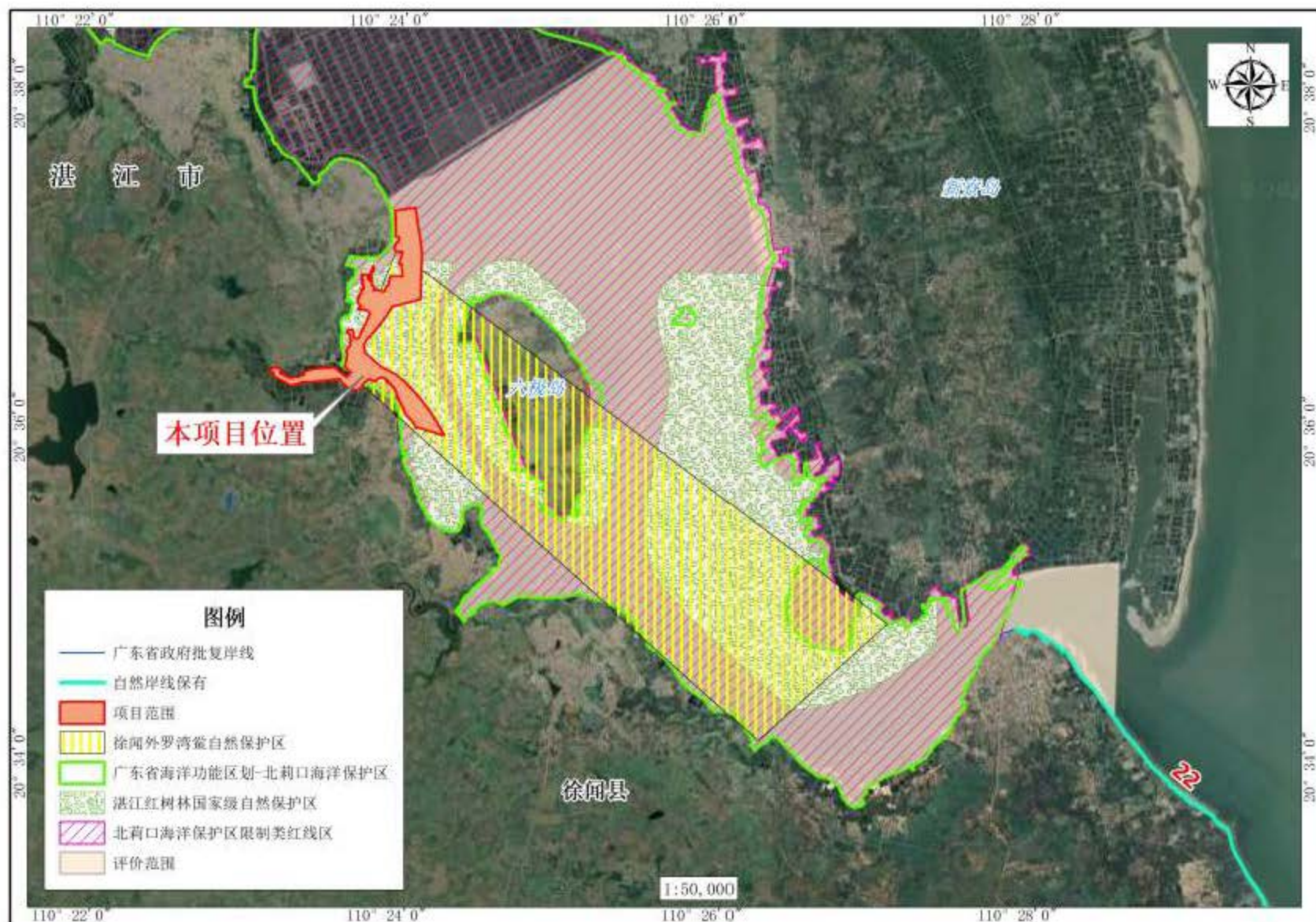


图 1.1.6-1 环境敏感目标图

1.2 海洋环境现状分析

1.2.1 气候气象条件

本节主要引用硃洲岛海洋站 1990 年 1 月~2019 年 12 月实测资料分析结果，代表项目区域的气候与气象特征。硃洲地处祖国大陆南部，属南亚热带季风气候区，海洋性气候明显，光、热、水资源丰富。其主要气候特点是：气候温暖，雨量充沛，雨热同季，光照充足；冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟；秋冬春旱，常有发生，夏涝风灾，危害较重。

1.2.1.1 气温

本区域全年气温较高，多年年平均气温为 24.2℃，平均气温年变幅不大。最热的月份出现在 6~9 月份，多年月平均气温为 29.3℃以上；5 月次之，多年月平均气温为 27.6℃；最冷的月份出现在 1 月，多年月平均气温为 16.7℃；2 月次之，多年月平均气温为 18.1℃。平均最高气温出现在 6、7 月份为 29.3℃，平均最低气温出现在 1 月份为 16.7℃。历年最高气温为 37.5℃，出现在 2015 年 7 月 1 日；历年最低气温为 4.5℃，出现在 2016 年 1 月 25 日。

日最高气温 $\geq 35.0^{\circ}\text{C}$ 的天气主要出现在 5~9 月份，累年平均出现日数为 5.7 天。日最高气温 $\geq 30.0^{\circ}\text{C}$ 的天气主要出现在 2~11 月份，以 7 月份最多为 26.3 天，累年平均出现日数为 131.7 天。日最低气温 $\leq 10.0^{\circ}\text{C}$ 的天气主要出现在 11 月至翌年 3 月份，以 12 月至翌年 2 月最多，累年平均出现日数为 6.4 天；日最低气温 $\leq 5.0^{\circ}\text{C}$ 的天气出现过 0.1 天。

1.2.1.2 降水量

(1) 平均降水量、降水日数、降水的季节分配

硃洲海洋站年降水量充沛，累年平均降水量为 1312.9mm，年际变化较大，最多年降水量为 1822.8mm（2012 年），最少年降水量为 735.5mm（2004 年）。季节变化也非常明显，有雨季和旱季之分。每年的 4~9 月份为雨季，累年月平均降水量均在 99.8mm 以上，受季风和热带气旋影响，6~9 月份降水最多，累年月平均降水量为 163.1mm 以上，整个雨季平均降水量共 995.8mm，占全年降水量的 76%。10 月至翌年 3 月为旱季，平均降水量总共为 317.1mm，只占全年降水量的 24%。

硃洲海洋站日降水量不少于 0.1mm 的降水日数年平均 116.2 天。降水日数年际变化和季

节变化较大，年降水日数最多为 155 天（2016 年），年降水日数最少为 78 天（1991 年）；降水日数的季节变化与降水量的季节变化基本一致，雨季降水日数最多，5~9 月的月平均降水日数都在 11 天以上，其中 8 月最多，月平均降水日数达 13.9 天，降水日数的月际变化与降水量变化基本一致；旱季的 11 月至翌年 1 月降水日数最少，月平均只有 5~7 天，夏季降水日数较多，冬季较少。

历年日最大降水量为 320.9mm，出现在 2015 年 10 月 4 日，暴雨及大暴雨也主要出现在雨季的 5~9 月份。

（2）各级降水量日数

硃洲海洋站区域降水日数与降水强度密切相关，($R \geq 10.0$ 毫米)的年平均降水日数 32.9 天，其中雨季的 5~9 月份的降水日数都在 4 天以上，而 8~9 月份的降水日数最多，累年月平均都在 5 天以上；暴雨及大暴雨多出现在夏季。

（3）累年各月最长连续降水日数及其降水量

硃洲海洋站累年各月连续降水时间最长和连续降水量最大出现于夏季，其中月份连续降水时间最长出现在 2003 年 08 月 12 日至 26 日，为 15 日，降水量达 280.0 毫米，连续降水量最大值出现在 2015 年 10 月 03 日至 12 日，降水量达 507.1 毫米。

（4）累年各月最长连续无降水日数

硃洲海洋站累年各月最长连续无降水日数统计发现，其中月份连续时间最长无降水日数出现于 10 月至翌年 3 月，其中历年最长连续无降水日数为 53 天，出现在 2009 年 10 月 23 日至 12 月 24 日。

1.2.1.3 相对湿度

硃洲海洋站海域相对湿度较高，多年平均值为 84%，1~9 月平均相对湿度较大，多年月平均都在 82% 及以上，3~4 月相对湿度最大，多年月平均为 90%，10 月至 12 月平均相对湿度较小，多年月平均相对湿度在 79% 及以下，11~12 月平均相对湿度最小，多年月平均相对湿度为 78%，本站观测到极端最小相对湿度为 16%，出现在 2013 年 12 月 30 日。

1.2.1.4 能见度

硃洲海洋站海域能见度较好，多年能见度平均值为 22.4km，5~8 月份平均能见度较大，多年月平均都在 28km 以上，7 月份能见度最大，多年月平均为 35.2km，1~3 月份平均能见度较

小，多年月平均在 12.7km 及以下，本站观测到极端最小能见度为 0.1km，11 月至翌年 5 月都有出现。

1.2.1.5 风况

碇洲海洋站地处季风区，累年平均风速 3.5m/s，年主导风向为东向和东北东向，出现频率均为 13.7%和 12.8%，风向和风速随季节变化明显。秋、冬季盛行东北东向风，春季仍以东南东和偏东风居多，夏季盛行偏南向风，偏南风频率较大达 18.9%。常年平均风速变化不大，其平均值在 3.1m/s~3.7m/s 之间。其中 8 月份的平均风速最小，多年平均值为 3.1m/s。历年最大风速为 47.0m/s，风向偏西，出现在 2015 年 10 月 4 日。

碇洲海洋站强风向为西向，最大风速为 47.0m/s；次强风向为南南东向，其最大风速为 30.0m/s。常风向为东向，累年出现频率为 13.4%，其对应风向的平均风速为 3.1m/s，最大风速为 23.0m/s。常年最少风向是西南西、西北西、西北，其出现频率为 1.4%。其余各风向常年出现频率分布在 1.7%~12.5%之间。

碇洲海洋站大风（≥8 级）在一年四季除了 1~2、12 月份外均可出现大风，其中 5、12 月份最少，大风日数仅 1 天，8~9 月最多，大风日数达 5 天，大风日数年平均为 3.6 天。

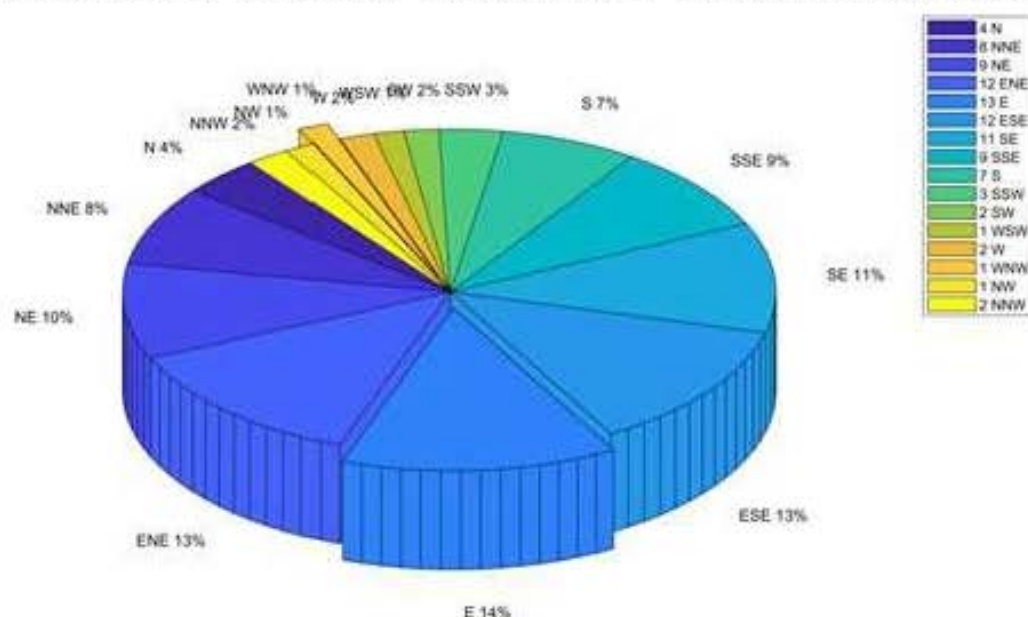


图 1.2.1-1 碇洲海洋站风向频率分布图

1.2.1.6 海雾

碇洲海洋站海域雾日较多，多年雾日平均值为 30 天，各月平均雾日数，1~4 月份平均雾日较多，多年月平均雾日都在 4.4 天以上，3 月份雾日最多，多年月平均为 10.0 天，6~10 月

份平均雾日较少，多年月平均不到一天，其中 6、8~10 月份没有雾日。

1.2.2 海洋水文动力与泥沙现状调查与评价

本节引用《徐闻县冬松岛渡改桥（独立桥）新建工程海域使用论证报告书》（广州荣晟环境咨询服务有限公司，2021 年 8 月）（湛自然资（海域）函〔2021〕13 号）中由中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司于 2019 年 1 月~2 月在项目附近海域进行的冬季全潮水文观测结果。

1.2.2.1 调查概况

共布置了 3 个潮位测点和 6 个定点水文测点。水文调查站位及监测内容见表 1.2.2-1 和表 1.2.2-2，站位布设示意图见图 1.2.2-1。

表 1.2.2-1 潮位观测临时验潮站坐标和观测时间

编号	东经	北纬	观测时间
T1	110°27.984'	20°34.834'	2019 年 1 月 6 日~2019 年 2 月 5 日
T2	110°21.786'	20°49.270'	
T3	110°30.816'	20°25.605'	

表 1.2.2-2 全潮水文观测站坐标

站号	经度 (E)	纬度(N)	备注
C1	110°40.722'	20°42.601'	海流观测站
C2	110°34.242'	20°43.108'	海流观测站
C3	110°33.239	20°35.894'	海流观测站
C4	110°42.376'	20°48.612'	海流观测站
C5	110°30.982	20°48.568'	海流观测站
C6	110°27.958'	20°43.373'	海流观测站



图1.2.2-1 水文调查站位布设图

1.2.2.2 潮汐

项目所处海域潮汐现象主要是太平洋潮波经巴士海峡和巴林塘海峡进入南海后形成的,以湛江港潮位站和琼洲岛潮位站以往资料,以及外罗一期风电项目为期一年的临时潮位站资料,工程附近海域潮性系数在 0.88~1.04 之间,属于不正规半日潮,其特征是一太阴日有两次高潮和两次低潮,随着月球赤纬的增大,半日周期相邻两潮期的高潮或低潮高度不相等的现象逐渐显著,至月球到赤纬到北或南最大,日不等最大;随着月球赤纬的变小,日不等也变小。由于受地形的影响,外海潮波从湾口进入湾内后发生变形,高潮位逐渐增高,低潮位逐渐降低,潮差也逐渐增大。

(1) 基面关系

本项目工程区周年潮位统一采用当地理论最低潮面,理论最低潮面在 1985 年国家高程基准下 1.488m,工程附近海域基准面及换算关系如图 1.2.2-2。

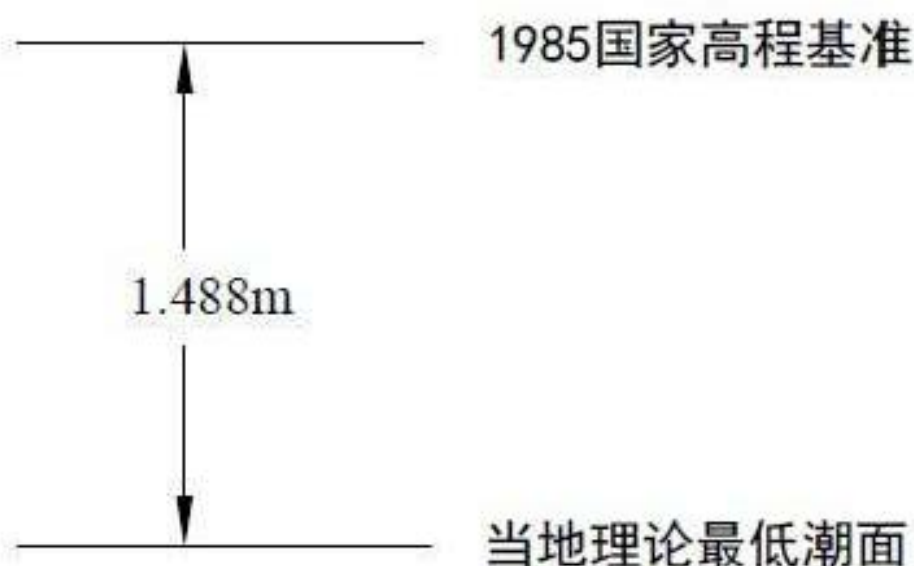


图 1.2.2-2 基准换算关系示意图

(2) 潮汐性质

根据外罗一期风电项目 3 个临时潮位站历时一年 (2012 年 9 月 1 日~2013 年 8 月 31 日) 的潮位资料进行统计,得到以当地理论最低潮面为基准的周年潮位统计特征值如表 1.2.2-3 所示:

表 1.2.2-3 验潮站潮位特征统计 (单位: cm)

验潮站统计特征值	T1 新寮	T2 下洋	T3 外海
最高潮位	467	405	427
最高潮位出现月份	2012-11	2012-11	2012-11
最低潮位	17	93	46
最低潮位出现月份	2013-06	2013-08	2012-12
平均高潮位	309	277	287
平均低潮位	126	154	144
最大潮差	415	269	351
最小潮差	13	13	14
平均潮差	183	123	144
年平均海平面	215	213	213

1.2.2.3 潮流

(1) 潮位

冬季大、中、小潮实测潮位过程曲线见图 1.2.2-3。

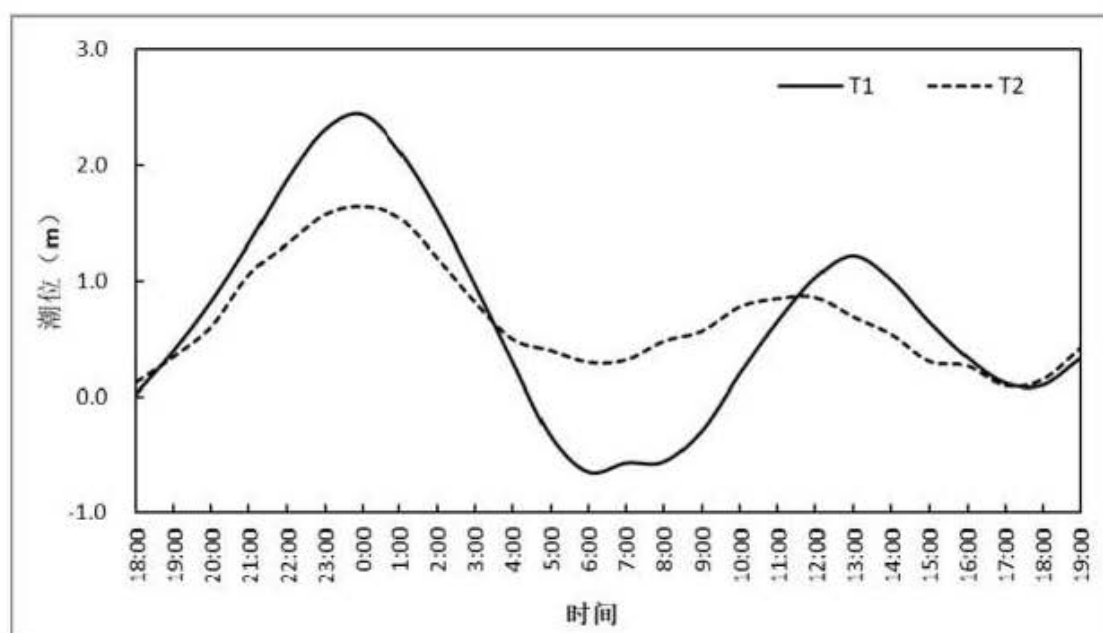


图 1.2.2-3a 各验潮站大潮潮位过程线

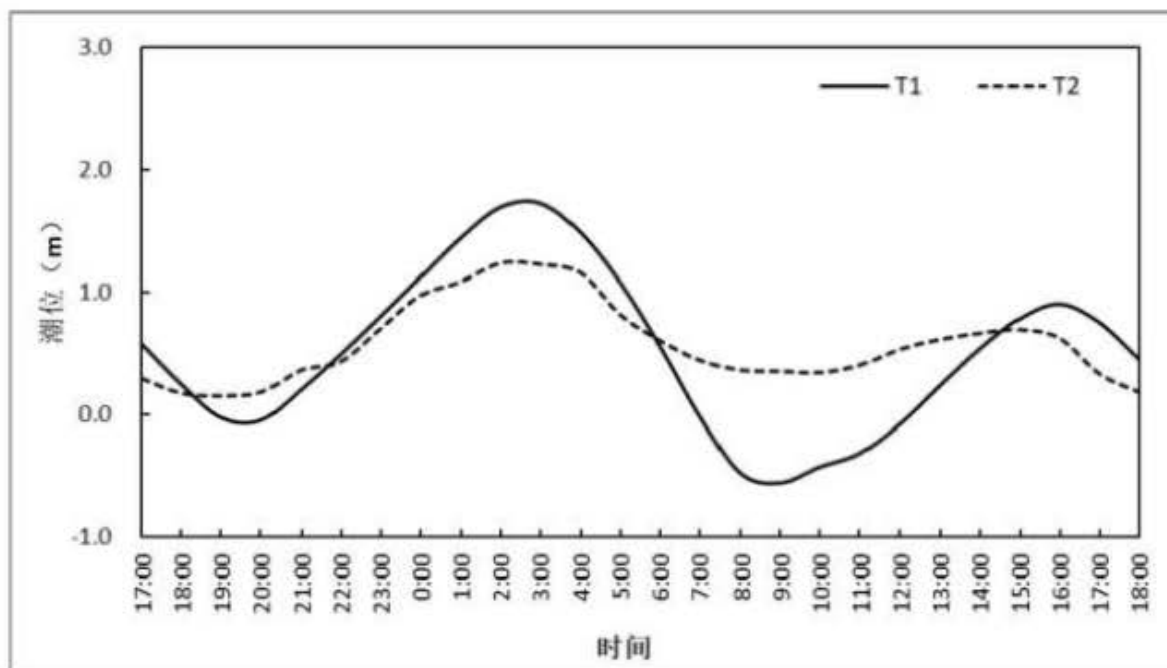


图 1.2.2-3b 各验潮站中潮潮位过程线

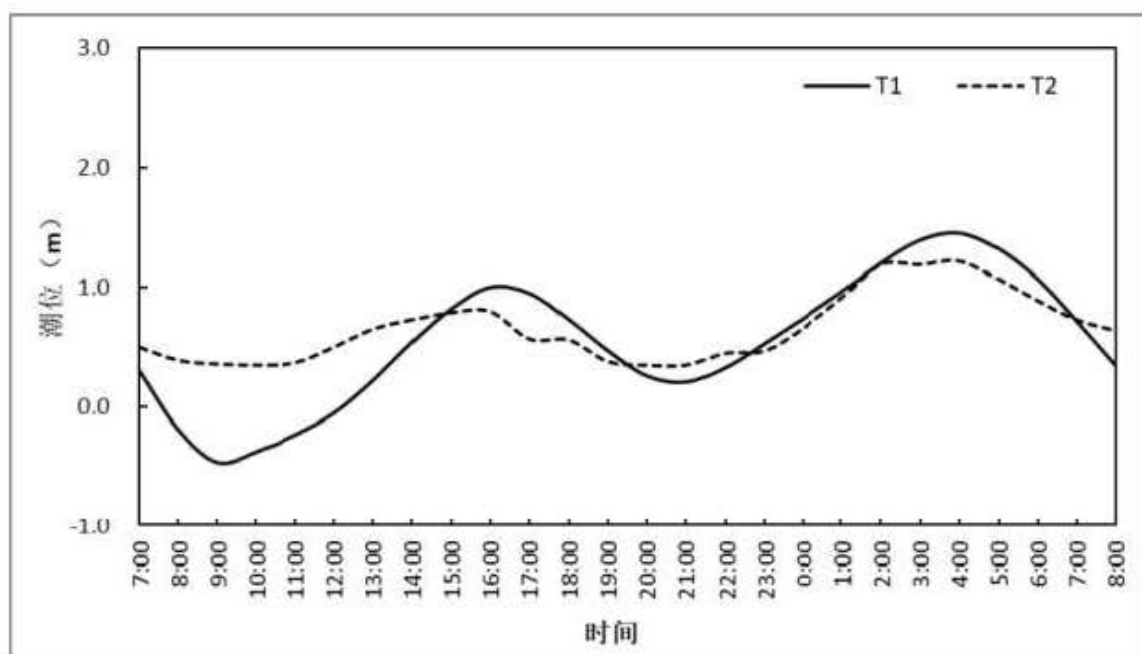


图 1.2.2-3b 各验潮站小潮潮位过程线

根据实测资料统计出各测站高、低潮位可知：观测期间，大、中、小潮平均高潮位 T1 站为 1.43m，T2 站为 1.13m。大、中、小潮平均低潮位 T1 站为 -0.25m，T2 站为 0.23m。

观测海域两个验潮站，在水文测验期间涨、落潮平均历时分别为 6:37 和 5:39，涨潮历时大于落潮历时。两个站的平均涨潮历时均大于落潮历时。

水文测验期间，大、中、小潮平均潮差 T1 站为 1.68m，T2 站为 0.88m，T1 站大于 T2 站。

根据观测海域两处临时验潮站的短期同步资料统计，实测结果表明：平均高潮位 T1 较 T 高，平均低潮位 T1 较 T2 低，平均潮差 T2 为 0.78m 较 T1 的 1.86m 小。T1 和 T2 平均涨潮历时均长于落潮历时，平均涨、落潮历时差分别为 59min 和 13min。

(2) 潮流

根据各站涨、落潮潮段垂线平均流向计算结果，各测站涨潮流向为 $184^{\circ} \sim 292^{\circ}$ 之间，落潮流向为 $23^{\circ} \sim 210^{\circ}$ 之间。

表 1.2.2-4 观测海域涨、落潮垂线平均流向统计表 ($^{\circ}$)

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
C1	215	206	194	205	80	173	210	154
C2	272	280	249	267	141	131	131	134
C3	194	184	287	188	100	23	70	64
C4	263	273	266	267	128	115	110	118
C5	292	283	272	282	132	125	121	126
C6	288	283	277	283	84	113	110	102
平均	254	252	241	249	111	113	125	117

对测验期内各个测站的垂线平均流速进行统计，按涨潮段、落潮段分别求矢量平均值得到各测站不同潮段垂线平均流速。

1) 水文测验期间，实测涨、落潮段垂线平均流速分别为 0.28m/s 和 0.30m/s。大、中、小潮期间，平均涨潮流速均小于落潮流速。其中，大潮期间涨、落潮垂线平均流速分别为 0.35m/s 和 0.37m/s，中潮期间涨、落潮垂线平均流速分别为 0.25m/s 和 0.30m/s，小潮期间涨、落潮垂线平均流速分别为 0.22m/s 和 0.25m/s。

2) 涨潮段垂线平均流速最大值发生在大潮 C3 测站，为 0.42m/s；最小值在小潮 C2 测站，为 0.19m/s。落潮段垂线平均流速最大值发生在大潮 C6 测站，为 0.42m/s；最小值在小潮 C6 测站，为 0.21m/s。

表 1.2.2-5 各测站潮段平均流速统计表 (m/s)

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
C1	0.32	0.26	0.22	0.27	0.38	0.31	0.28	0.32
C2	0.35	0.22	0.19	0.25	0.37	0.31	0.25	0.31
C3	0.42	0.31	0.28	0.34	0.37	0.28	0.28	0.31
C4	0.32	0.23	0.20	0.25	0.32	0.27	0.23	0.27
C5	0.37	0.30	0.26	0.31	0.34	0.33	0.26	0.31
C6	0.34	0.21	0.20	0.25	0.42	0.28	0.21	0.30

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
平均	0.35	0.25	0.22	0.28	0.37	0.30	0.25	0.30



图 1.2.2-4a 大潮垂线平均流速矢量图



图 1.2.2-4b 中潮垂线平均流速矢量图



图 1.2.2-4a 中潮垂线平均流速矢量图

总体来看，水文测验期间，垂线平均最大流速涨潮段出现在大潮 C3 测站，为 0.61m/s ，流向为 209° ；落潮段垂线平均最大流速出现在大潮 C5 测站，为 0.77m/s ，流向 107° 。

水文测验期间，大潮实测最大流速为 0.83m/s ，流向为 113° ，出现在 C5 测站落潮段的 $0.2H$ ；中潮实测最大流速为 0.79m/s ，流向为 118° ，出现在 C5 测站落潮段的 $0.2H$ ；小潮实测最大流速为 0.71m/s ，流向为 129° ，出现在 C5 测站落潮段的表层。

各站垂线平均的 F 值在 $0.43\sim 2.70$ 之间，平均为 1.12 。C1、C2 和 C4 测站潮流类型为不规则半日潮流，C3 为不规则全日潮流，C5 和 C6 站潮流类型以规则半日潮流为主。

C1、C3 和 C4 以旋转流为主，C2、C5 和 C6 测站主要表现为往复潮流性质。

1.2.2.4 余流

(1) 余流一般指实测海流扣除周期性潮流后所剩留部分，从计算结果来看，季节因素和潮型对余流影响较大。垂线平均各潮次观测海域余流速度大潮平均为 0.09m/s ，中潮平均为 0.06m/s ，小潮平均为 0.05m/s 。

(2) 观测海区余流流速，大潮以 C3 测站的中间层为最大，为 0.15m/s ；中潮以 C2 和 C3 测站的表层最大，为 0.12m/s ；小潮以 C3 测站 $0.2H$ 最大，为 0.12m/s 。

根据各测站的实测数据计算三个潮次各测站六层的余流，并将各测站垂向平均余流及各层

余流绘制成图。大潮期余流流速较大，中潮和小潮观测期间余流流速相对较小。

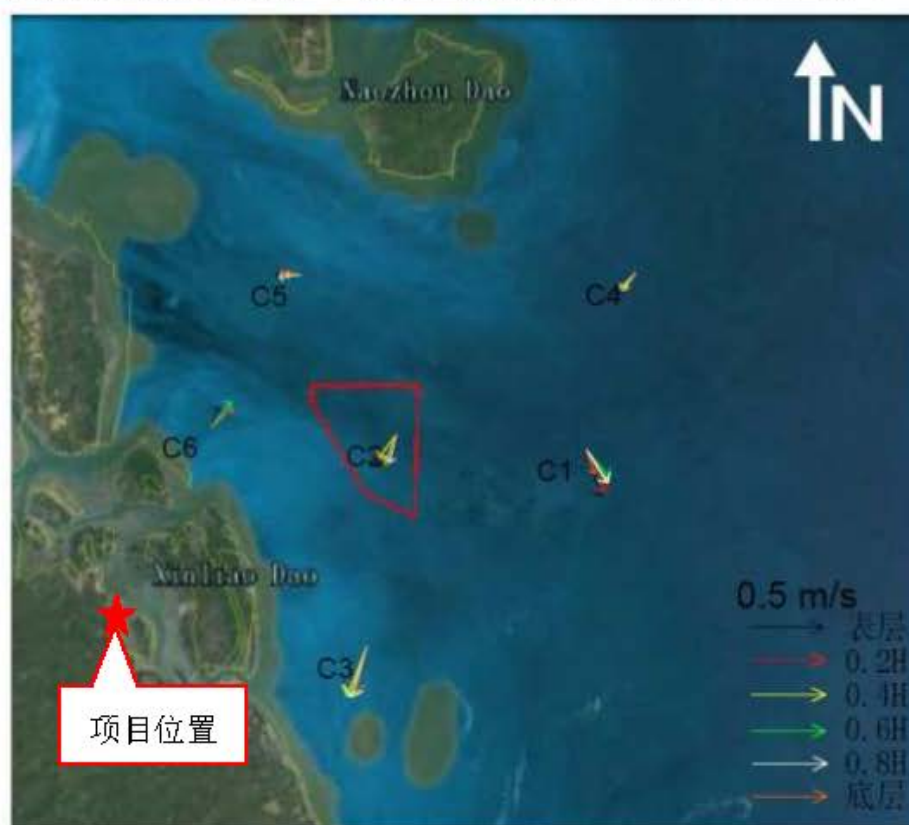


图 1.2.2-5a 大潮各层余流矢量图

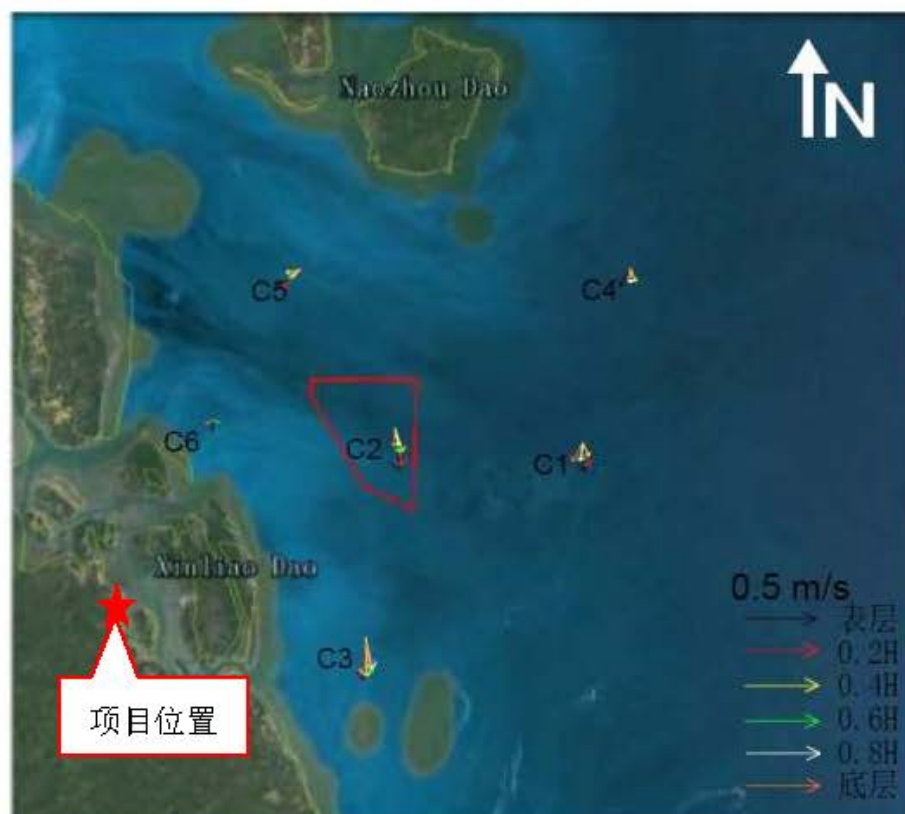


图 1.2.2-5b 中潮各层余流矢量图

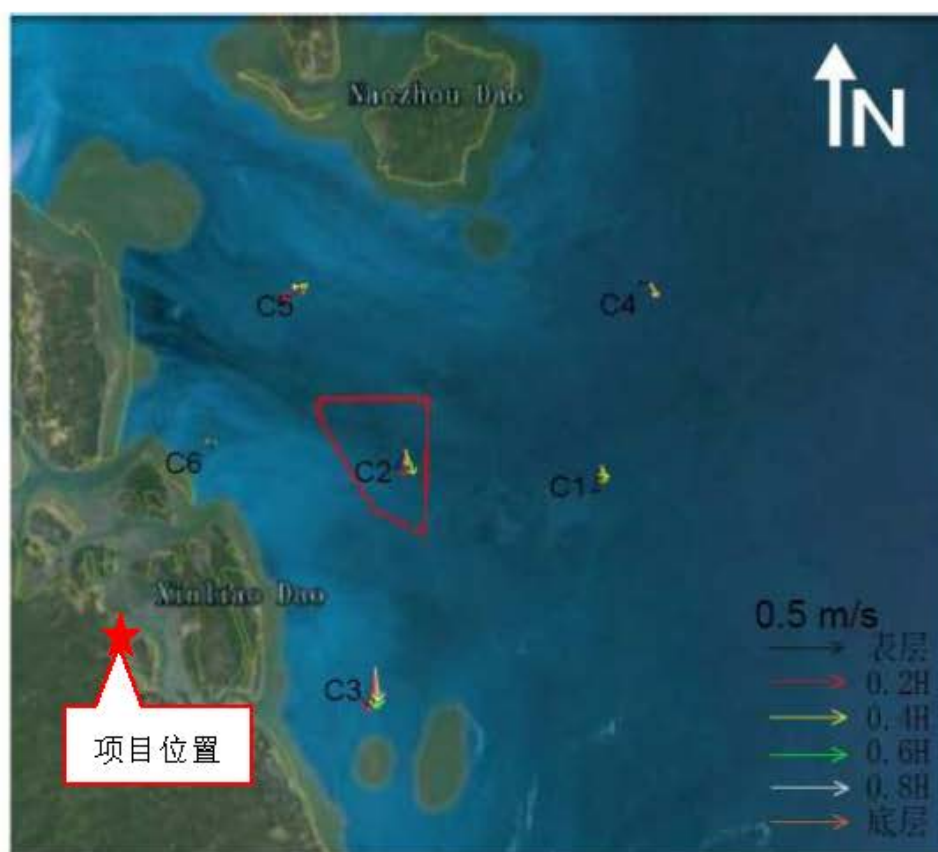


图 1.2.2-5c 小潮各层余流矢量图

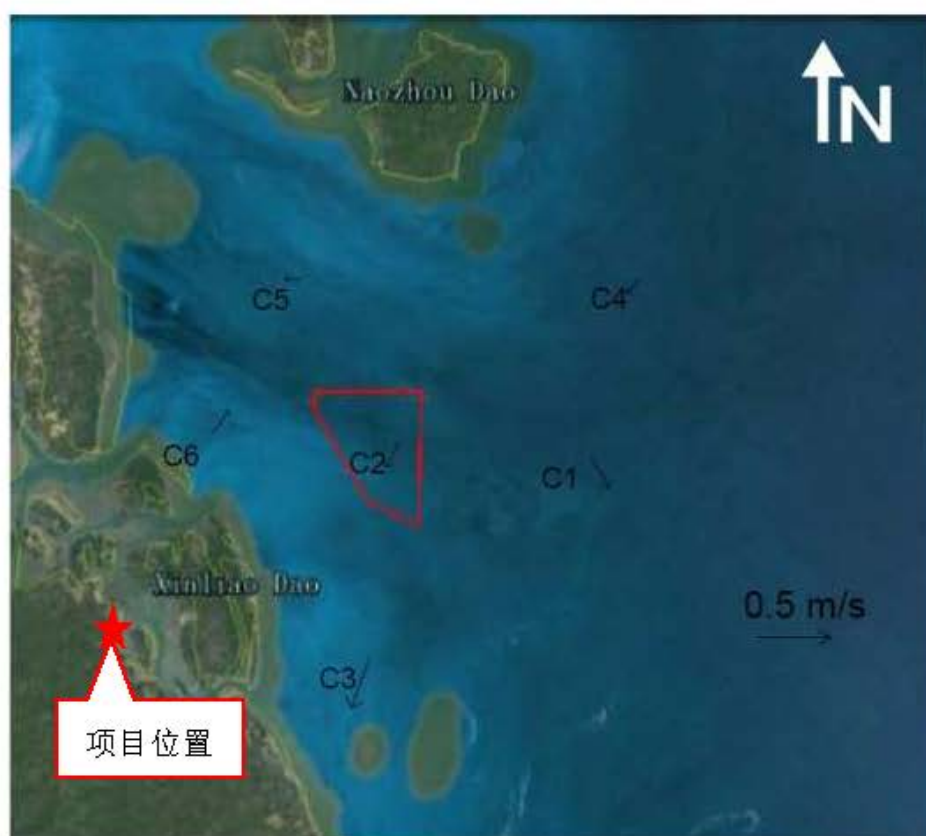


图 1.2.2-6a 大潮垂线平均余流矢量图



图 1.2.2-6b 中潮垂线平均余流矢量图

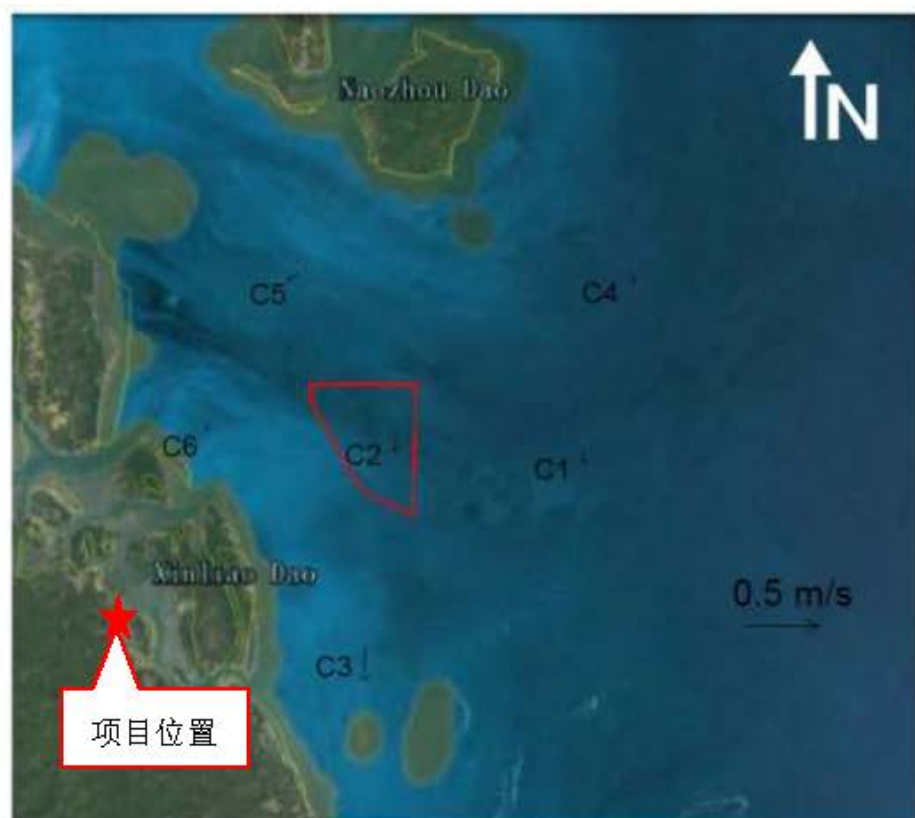


图 1.2.2-6c 小潮垂线平均余流矢量图

1.2.2.5 泥沙

(1) 潮段平均含沙量

通过对本期测验各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其算术平均值得到各测站潮段平均含沙量。

①水文测验期间施测海域实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.0559kg/m^3 和 0.0589kg/m^3 。潮平均含沙量：大潮为 0.0574kg/m^3 ，中潮为 0.0562kg/m^3 ，小潮为 0.0586kg/m^3 ，小潮最大，大潮次之，中潮最小。

②水文测验期间潮段垂线平均含沙量，大潮介于 $0.0033\sim0.1101\text{kg/m}^3$ 之间，最大值出现在 C6 落潮段；中潮介于 $0.0306\sim0.1062\text{kg/m}^3$ 之间，最大值出现在 C6 涨潮段；小潮介于 $0.0306\sim0.0980\text{kg/m}^3$ 之间，最大值出现在 C5 落潮段。

③水体含沙浓度平面分布来看，观测海域垂线平均含沙量小于 0.0574kg/m^3 ，以 C6 和 C3 站含沙量较高，其余测站含沙量差异不大。

表 1.2.2-6 各测站涨、落潮段垂线平均含沙量统计表 (kg/m^3)

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
C1	0.0405	0.0492	0.0412	0.0436	0.0531	0.0489	0.0537	0.0519
C2	0.0474	0.0407	0.0349	0.0410	0.0508	0.0393	0.0306	0.0402
C3	0.0910	0.0788	0.0689	0.0796	0.0330	0.0649	0.0786	0.0588
C4	0.0457	0.0306	0.0526	0.0430	0.0359	0.0368	0.0506	0.0411
C5	0.0366	0.0337	0.0425	0.0376	0.0422	0.0447	0.0980	0.0617
C6	0.1025	0.1062	0.0632	0.0906	0.1101	0.1002	0.0885	0.0996
平均	0.0606	0.0565	0.0505	0.0559	0.0542	0.0558	0.0666	0.0589

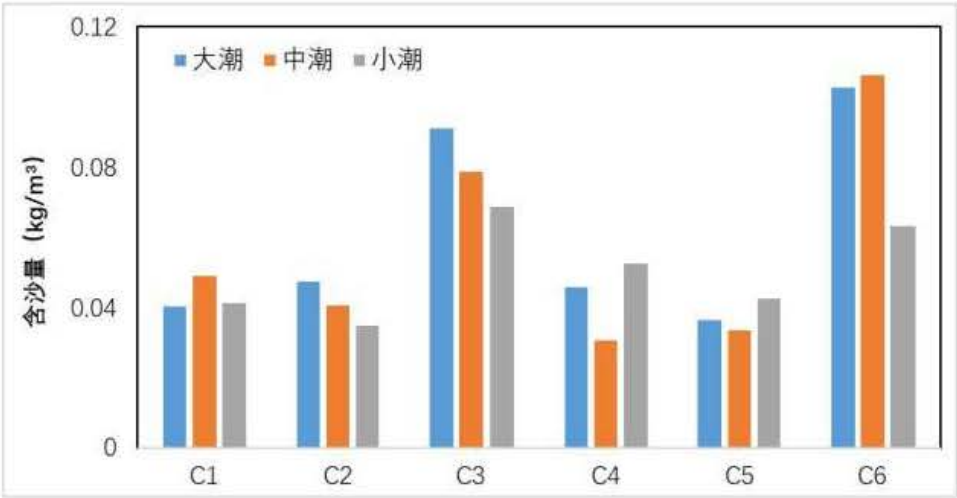


图 1.2.2-7a 各测站涨潮段垂线平均含沙量柱状分布图

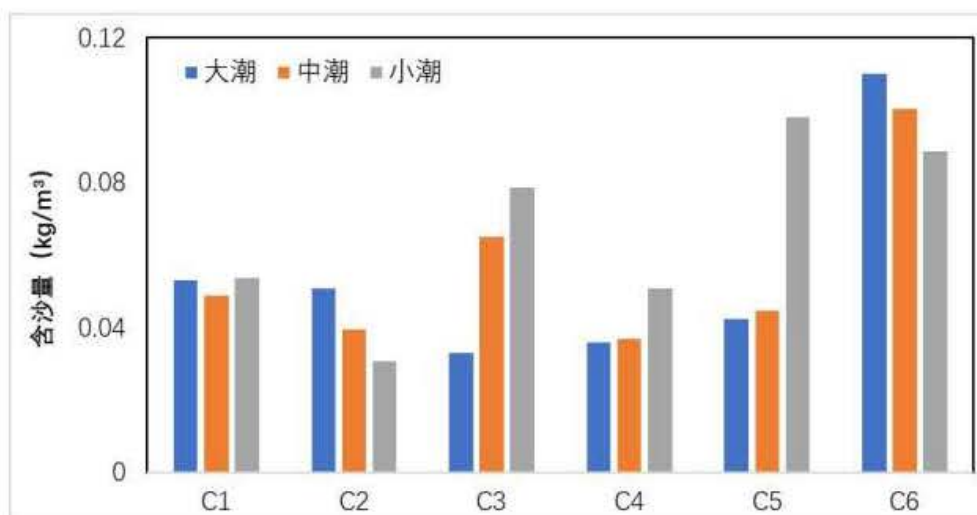


图 1.2.2-7b 各测站落潮段垂线平均含沙量柱状分布图

(2) 垂线平均最大含沙量

通过对本期测验各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站涨、落潮段的垂线平均最大含沙量。

表中显示，水文测验期间垂线平均最大含沙量，大潮为 0.4263kg/m^3 ，出现在 C3 测站涨潮段；中潮为 0.2403kg/m^3 ，出现在 C6 测站涨潮段；小潮为 0.3277kg/m^3 ，出现在 C5 测站落潮段。

表 1.2.2-7 各测站涨、落潮段垂线平均最大含沙量统计表 (kg/m^3)

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	最大	大潮	中潮	小潮	最大
C1	0.0638	0.0782	0.0622	0.0782	0.0705	0.0777	0.0845	0.0845
C2	0.0793	0.0583	0.0533	0.0793	0.0756	0.0635	0.0414	0.0756
C3	0.4263	0.1450	0.1141	0.4263	0.0541	0.1031	0.2010	0.2010
C4	0.0719	0.0473	0.0684	0.0719	0.0603	0.0705	0.0699	0.0705
C5	0.0778	0.0613	0.0681	0.0778	0.0794	0.0907	0.3277	0.3277
C6	0.3836	0.2403	0.0913	0.3836	0.3376	0.1824	0.1644	0.3376
最大值	0.4263	0.2403	0.1141	0.4263	0.3376	0.1824	0.3277	0.3376

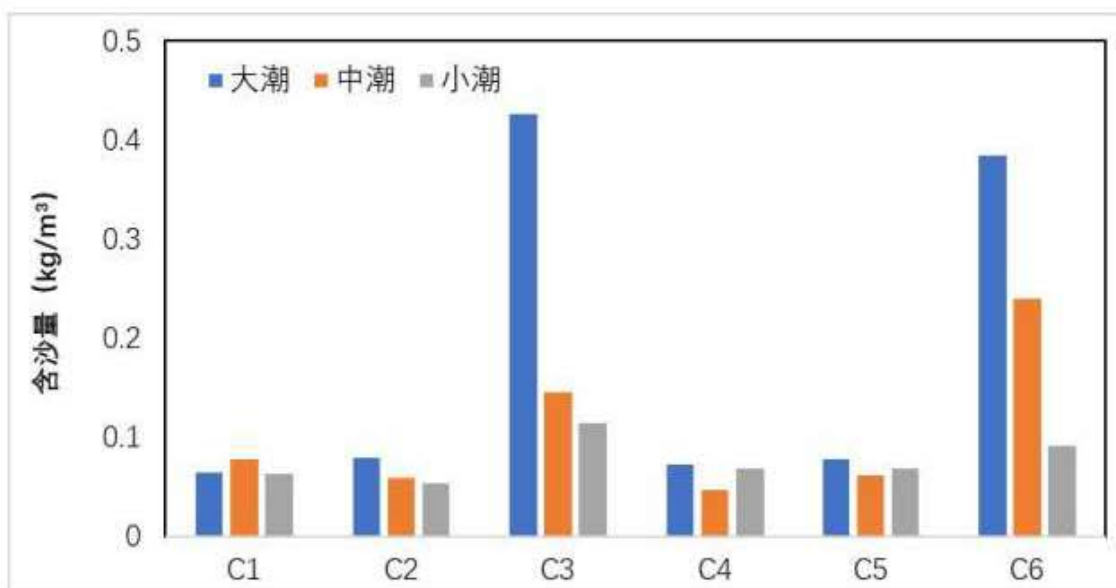


图 1.2.2-8a 各测站涨潮段垂线平均最大含沙量柱状分布图

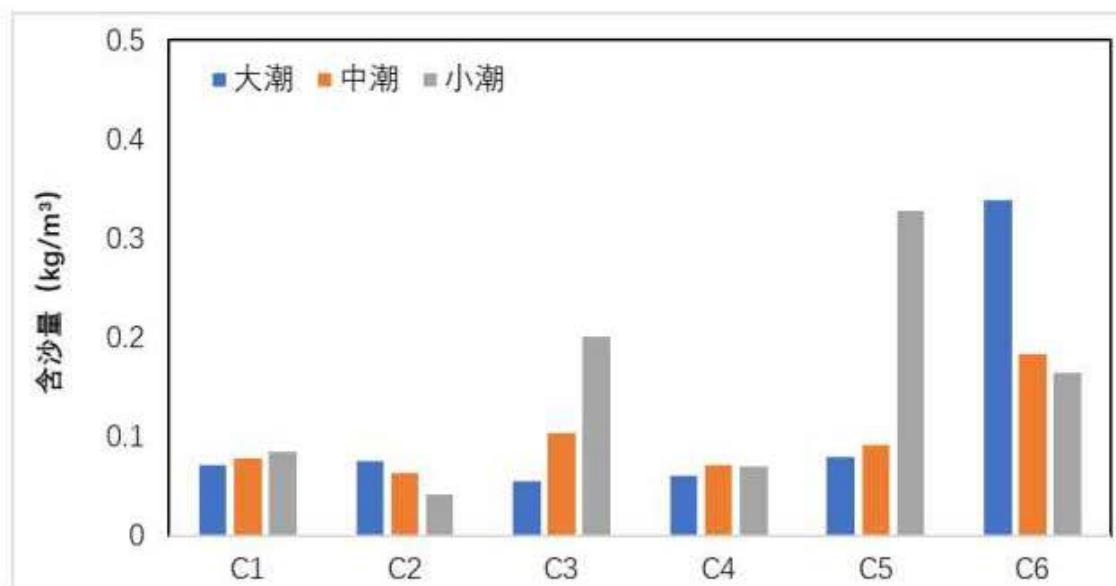


图 1.2.2-8b 各测站落潮段垂线平均最大含沙量柱状分布图

(3) 最大含沙量特征值

各测站涨、落潮最大含沙量特征值如表 1.2.2-8 所示。水文测验期间大潮实测最大含沙量为 0.9044kg/m^3 ，出现在 1 月 6 日 20:00 的 C6 测站涨潮段的底层，对应垂线平均流速为 0.51m/s ；中潮实测最大含沙量为 0.4470kg/m^3 ，出现在 1 月 12 日 03:00 的 C6 测站涨潮段的 $0.6H$ ，对应垂线平均流速为 0.10m/s ；小潮实测最大含沙量为 0.6734kg/m^3 ，出现在 1 月 14 日 07:00 的 C5 测站涨潮段的 $0.6H$ ，对应垂线平均流速为 0.40m/s 。

表 1.2.2-8 各测站分层最大含沙量统计表 (kg/m³)

测站	涨潮						落潮					
	大潮		中潮		小潮		大潮		中潮		小潮	
	含沙量	测层	含沙量	测层	含沙量	测层	含沙量	测层	含沙量	测层	含沙量	测层
C1	0.0838	表层	0.1590	表层	0.0842	0.6H	0.1000	表层	0.1436	表层	0.1886	底层
C2	0.1050	表层	0.0648	底层	0.0614	底层	0.1104	0.6H	0.0792	0.6H	0.0480	0.6H
C3	0.9044	底层	0.2324	底层	0.2078	0.6H	0.0924	0.6H	0.2124	0.6H	0.4934	0.6H
C4	0.0896	表层	0.0692	表层	0.0840	表层	0.0714	底层	0.0972	底层	0.0960	0.6H
C5	0.1288	底层	0.0896	底层	0.0826	底层	0.1718	底层	0.1716	底层	0.6734	0.6H
C6	0.6472	底层	0.4470	0.6H	0.1120	表层	0.7888	底层	0.3202	0.6H	0.2796	表层
最大值	0.9044	底层	0.4470	0.6H	0.2078	0.6H	0.7888	底层	0.3202	0.6H	0.6734	0.6H

1.2.2.6 海水温盐

硃洲海洋站多年水温 and 盐度观测结果分析见表 1.2.2-9 和表 1.2.2-10。

表 1.2.2-9 硃洲海洋站多年统计各月平均水温 (°C)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均水温	17.5	17.4	19.4	24.1	27.2	28.7	29	29	28.8	26.5	23.3	19.6	24.1

表 1.2.2-10 硃洲海洋站多年统计各月平均盐度 (‰)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均盐度	31.21	31.14	30.94	30.52	29.26	29.22	31.28	30.65	28.84	28.2	29.91	30.89	30.17

1.2.2.7 波浪

根据工程区外海—硃洲海洋站 1982~2007 年的波浪资料统计分析, 该海域波浪是以风浪为主, 年出现频率约为 80%; 涌浪出现频率较少, 约为 20%。常浪向为 ENE, 频率为 21.01%, 次常浪向为 SE, 频率为 18.18%, 波向主要出现在 NE~S 向, 该范围内频率占到约 93%。硃洲岛海域的强浪向与常浪向基本相一致, 均出现在 NNE~SE 方位内。H_{1/10}>3.0m 的方向是 NNE~ESE 方位内。根据该站 1996~2007 年累年各向波高绘制波浪玫瑰图见图 1.2.2-9。

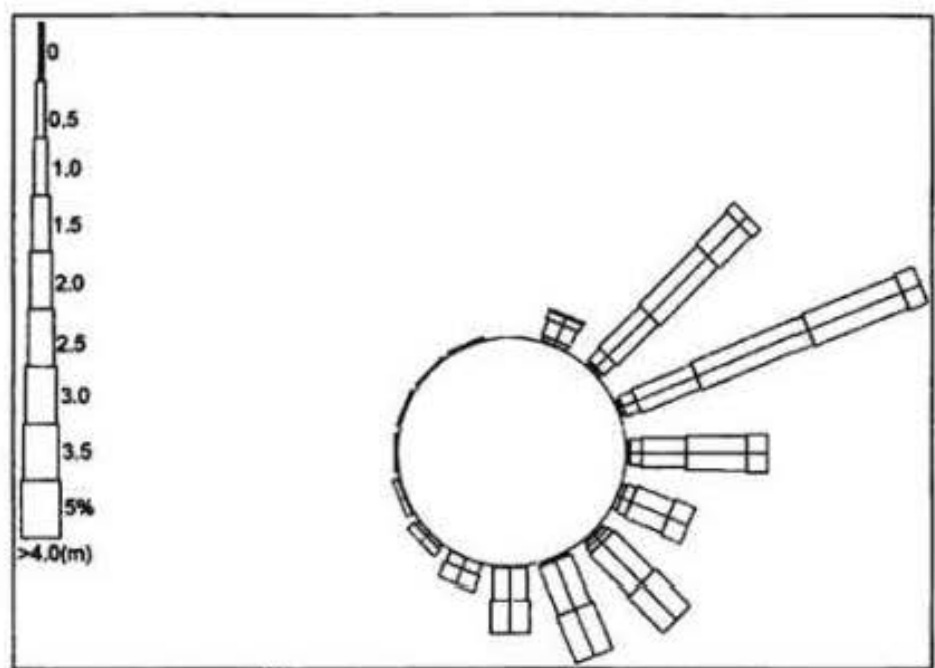


图 1.2.2-9 硃洲海洋站波浪玫瑰图

项目附近外罗 I 期风电场的波浪周年观测时间为 2012 年 9 月 1 日~2013 年 8 月 31 日。施测海域主要受西南季风、东北季风、热带气旋三种天气系统所影响，波浪以风浪为主，年风浪频率达 90%。周年观测期间，周年平均 H_s 为 1.2m，周年平均 $H_{1/10}$ 为 1.5m，周年平均周期 4.0s，周年最大 H_s 为 4.97m，周年最大 $H_{1/10}$ 为 7.34m。

根据周年观测期间(2012 年 9 月 1 日~2013 年 8 月 31 日)获得的所有数据统计各月最大波高及其对应波向、对应波周期。各月最大波高在 3.79~9.65m 之间，说明各月均有大浪发生。2013 年 7 月、8 月台风影响期间，还伴有巨浪发生。

周年观测期间，测得的最大波高为 9.65m，对应平均周期为 6.0s，对应波向为 96° (E)，发生在 2013 年 8 月 2 日 21 时，此时天气过程正好为 201309 号强热带风暴“飞燕 Jebi”影响期间，这正是受到它的影响所致。“飞燕 Jebi”影响期间，硃洲岛海洋站测得最大风速 20.2m/s，风向 76° (ENE)。

根据周年观测期间(2012 年 9 月 1 日~2013 年 8 月 31 日)获得的 8760 组数据，进行全年的 $H_{1/10}$ 波高分向分级频率统计和平均波周期分向分级频率统计，并绘制徐闻站全年的 $H_{1/10}$ 波高频率玫瑰图，见图 1.2.2-10。综合徐闻站 $H_{1/10}$ 波高频率玫瑰图及徐闻站平均波周期玫瑰图统计表见表 1.2.2-11 和表 1.2.2-12。

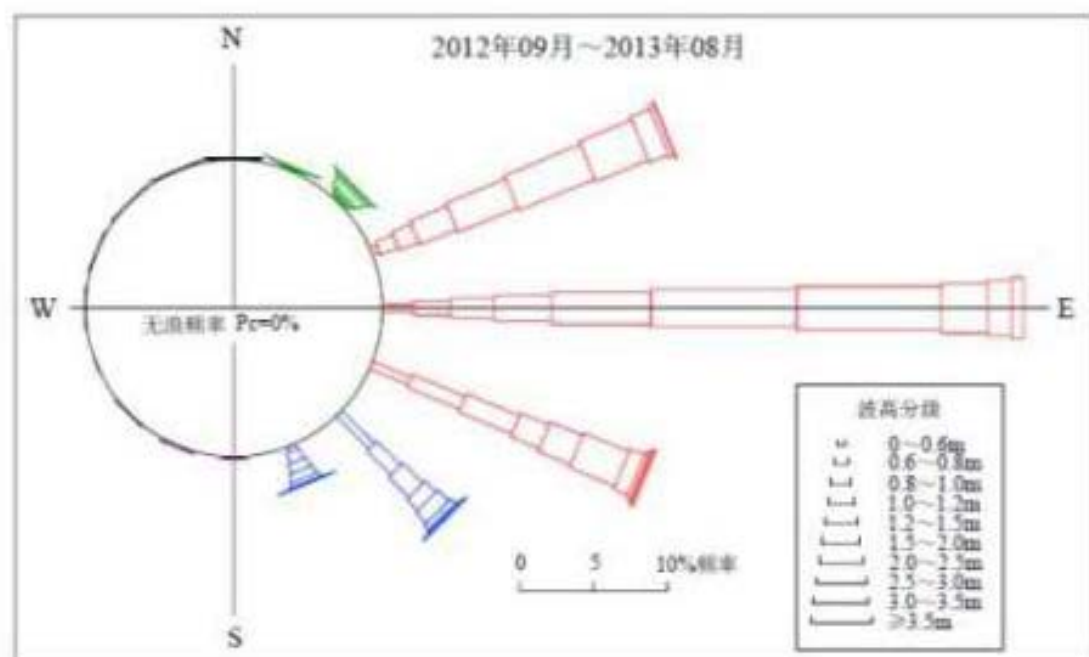
表 1.2.2-11 徐闻站 $H_{1/10}$ 波高分向统计表 (2012-2013)

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
----	---	-----	----	-----	---	-----	----	-----	---

频率	0.08%	0.32%	1.55%	21.44%	43.22%	19.94%	10.13%	2.81%	0.18%
平均值	1.37	1.56	1.63	1.62	1.73	1.15	0.88	0.98	0.86
最大值	3.35	4.33	3.96	4.13	7.34	6.53	4.80	5.01	1.49
方向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
频率	0.13%	0.03%	0.02%	0.02%	0.03%	0.02%	0.07%	—	
平均值	1.24	1.14	0.73	1.89	2.07	2.65	2.12	—	
最大值	1.75	1.70	0.73	2.11	2.24	2.72	4.25	—	

表 1.2.2-12 徐闻站平均波周期分向统计表 (2012.9~2013.8)

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	0.08%	0.21%	1.55%	21.44%	43.22%	19.94%	10.13%	2.81%	0.18%
平均值	2.9	3.5	3.7	4.0	4.1	4.1	3.6	3.5	3.2
最大值	3.8	5.1	5.3	6.0	7.1	7.5	8.1	6.4	4.2
方向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
频率	0.13%	0.03%	0.02%	0.02%	0.03%	0.02%	0.07%	—	
平均值	3.2	3.4	3.1	3.5	3.3	3.3	3.2	—	
最大值	3.5	3.7	3.2	3.5	3.4	3.4	4.5	—	



1.2.3 地形地貌

本节引自《徐闻县红树林营造修复项目岩土工程勘察报告（可研勘察）》（核工业赣州工程勘察院，2021 年 6 月）。

1.2.3.1 地形地貌

徐闻县地势自北向东、西、南三面倾斜，多数平坦连片，坡度较小，土地结构多样。徐闻县长达 378 公里连绵的海岸线上，有众多的海垭、港湾和岛屿，肥沃的淤泥湿地。

如图 1.2.3-1 和图 1.2.3-2 所示，勘察场地位于湛江市徐闻县和安镇蓝田村、吴家村、后坑仔村东部海边，场地地貌类型属风成沙丘地段。拟建场地现状为海滩，局部地段种有少数红树林，整体上地势开阔平缓，钻孔控制范围现地面（孔口）标高为-0.21~1.79m。工程高程图见图 1.2.3-3。

对比 2011 年与 2016 年的海图资料，项目附近的长坡港、东门下港和外罗港水道相对稳定，且两侧的浅滩也变化不大。外罗渔港外侧通过外罗渔港航道与外罗门水道相衔接，外罗渔港航道北侧分布有绛西沙和门脚沙，南侧为白茅沙；浅滩及外罗渔港航道 2011 年至 2016 年变化较大，绛西沙和门脚沙连接成片，白茅沙有部分浅滩南移。东侧外罗门水道及栏船沙变化不大。

整体来看，项目附近的外罗渔港内侧，即北莉口海洋保护区，在 2011 年至 2016 年整体地形地貌变化较小。外侧地形变化较大，主要变化集中于外罗渔港至外罗门水道的中间区域，浅滩面积逐渐扩大，逐渐淤积变浅。



图 1.2.3-1 2011 年海图



图 1.2.3-2 2016 年海图

1.2.3.2 地质构造条件

本区大地构造属于雷—琼喜山沉降带湛江断陷区的东部。湛江断陷是雷州半岛新生代局部

断陷，根据收集到的区域地质资料，区内第四纪地层发育，厚度达数百米，经现场地质调查，地表未发现构造形迹出露，区域稳定性较好。

1.2.3.3 工程地质

本次钻探控制最大深度为 15.00m，揭露土层从上至下主要有第四系全新统海相沉积的淤泥、粉砂及淤泥质粉质黏土(Q_4^m)及第四系下更新统湛江组海陆相沉积的粉质黏土、黏土(Q_1^{mc})，按成因类型及岩土工程特性划分为 5 个主要单元层。各土层岩性特征及分布特点分述如下：

(1) 第四系全新统海相沉积层 (Q_4^m)

第①层淤泥：灰黑色，流塑，含大量粉细砂及贝壳碎屑，黏性好。场地内大部分地段表层均有分布，主要分布于 ZK16~ZK18、ZK21~ZK34、ZK36~ZK37、ZK39、ZK42、ZK44、ZK46、ZK48、ZK49、ZK51 号孔所在地段，层顶标高-0.21~0.84m，厚度 0.30~0.80m，平均厚度 0.51m。

第②层粉砂：灰色，饱和，松散，局部稍密，含少量黏粒及贝壳碎屑，级配不良。场地内均有分布，层顶标高-0.61~1.79m，厚度 3.00~11.10m，平均厚度 5.33m。该层做标准贯入试验 116 次，标贯击数 $N' = 3.0 \sim 14.0$ 击，平均标贯击数 6.3 击。

第③层淤泥质粉质黏土：灰色，软塑，含较多粉细砂，黏性较好。场地内除 ZK1、ZK2、ZK4、ZK6、ZK8、ZK9 外，其余地段均有分布，层顶标高-6.52~-2.92m，厚度 1.10~4.70m，平均厚度 2.23m。该层做标准贯入试验 41 次，标贯击数 $N' = 3.0 \sim 5.0$ 击，平均标贯击数 3.7 击。

(2) 第四系下更新统湛江组海陆相沉积层 (Q_1^{mc})

第④层粉质黏土：黄色、浅红色，可塑，含少量粉砂，黏性较好。场地内除 ZK2~ZK5、ZK14~ZK15 外，其余地段均有分布，层顶标高-9.31~-4.62m，厚度 0.70~6.00m，平均厚度 2.42m。该层做标准贯入试验 42 次，标贯击数 $N' = 6.0 \sim 13.0$ 击，平均标贯击数 9.0 击。

第⑤层黏土：灰色，可塑，局部含少量粉细砂，黏性好。场地内大部分地段表层均有分布，主要分布于 ZK1~ZK12、ZK14~ZK16、ZK19~ZK20、ZK25、ZK27、ZK28、ZK31、ZK36、ZK40~ZK42、ZK44、ZK48、ZK51~ZK53 号孔所在地段，均未钻穿。层顶标高-11.37~-6.28m，揭示厚度 0.50~8.00m，平均揭示厚度 3.85m。该层做标准贯入试验 33 次，标贯击数 $N' = 6.0 \sim 14.0$ 击，平均标贯击数 9.4 击。

钻孔平面图见图 1.2.3-1，工程地质剖面图见图 1.2.3-2，钻孔柱状图见图 1.2.3-3。

1.2.3.4 地下水分布及类型

(1) 地表水

拟建工程场地东部地表水较发育，主要为海水，地表水对场地有一定影响；场地地表水主要受海水及大气降雨补给。在钻探期间，滩涂海水受潮汐作用影响，水位变化比较大。

(2) 地下水

勘察期间，场地各钻孔均见地下水，地下水分为两类：第一类为赋存第四系砂土中的孔隙水，属潜水，补给来源为大气降水、海水、侧向入渗及层间渗透补给，以侧向渗流的方式进行排泄；第二类为基岩裂隙水，所含地下水属潜水~微承压水，以地表水、海水渗入、侧向迳流及层间渗透补给为主，以侧向渗流的方式进行排泄。受岩石裂隙发育及连通性影响，水量不均匀，呈网纹状分布，水量一般，与第四系土层孔隙水有一定水力联系，孔隙水常年越流补给裂隙水。

场地地下水主要受大气降水的垂向渗入补给，顺地势从低洼处排泄，或通过地表蒸发排泄。钻探期间，测得钻孔内稳定地下水位埋深为 0.00~0.30m，平均水位埋深为 0.01m（高程为-0.21~1.65m，平均高程为 0.57m）。地下水位随季节及潮汐变化而有升降，根据湛江地区经验，变幅约为 1.00~3.00m。

经现场观察及周边走访，未发现场地内及周边存在有对地下水及地表水的污染源，也未发现场地地下水受污染。

1.2.3.5 场地评价

(1) 不良地质作用及场地的稳定性与适宜性评价

勘察场地处于风成沙丘地段，现状为海滩，地形较平坦。根据地表踏勘及钻探揭露，本次勘察范围内未发现滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面沉降、活动断裂、断层、构造破碎带、岩溶、土洞、古河道、古洞穴、防空洞及墓穴等不良地质现象及对工程不利的埋藏物。综上所述，场区区域地质稳定性较好，适宜本工程项目建设。

(2) 特殊性岩土的评价

①特殊性岩土的分布及特点

软土：场地内分布的软土为第①层淤泥及第③层淤泥质粉质黏土，大部分地段均有分布，①层淤泥呈流塑状，厚度 0.30~0.80m，平均厚度 0.51m；③层淤泥质粉质黏土呈软塑状，厚度 1.10~4.70m，平均厚度 2.23m；上述地层均具有天然含水量高、孔隙比大、压缩性高等特

点，局部厚度较大，工程性质较差，在施工中易产生流泥、触变、蠕变及震陷的可能。

②特殊性岩土对地基基础的影响

淤泥、淤泥质粉质黏土：场地内广泛分布，工程性质差，未经处理加固，不宜作为天然地基持力层。

（3）场地土类型及建筑场地类别划分

本次勘察没有进行现场土层剪切波速测试，按《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)表 4.1.3 并结合本地区经验，钻探深度范围内各覆盖土层的剪切波速经验值为：第①层淤泥为 60m/s，第②层粉砂为 110m/s，第③层淤泥质粉质黏土为 70m/s，第④层粉质黏土为 160m/s，第⑤层黏土为 180m/s，利用经验值估算 ZK10 及 ZK44 号孔覆盖层的等效剪切波速 V_{se} 分别为 111.12m/s 及 119.21m/s，属于软弱土场地；根据区域地质资料，场地覆盖层厚度为 $>80\text{m}$ 。按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)（2016 年版）表 4.1.6 划分，拟建场地建筑场地类别为Ⅳ类，属于对建筑抗震不利地段。

根据国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008 的规定，结合本工程的具体情况，确定本工程建筑抗震设防类别划分为标准设防类（丙类）。

（4）抗震设防烈度及地震加速度

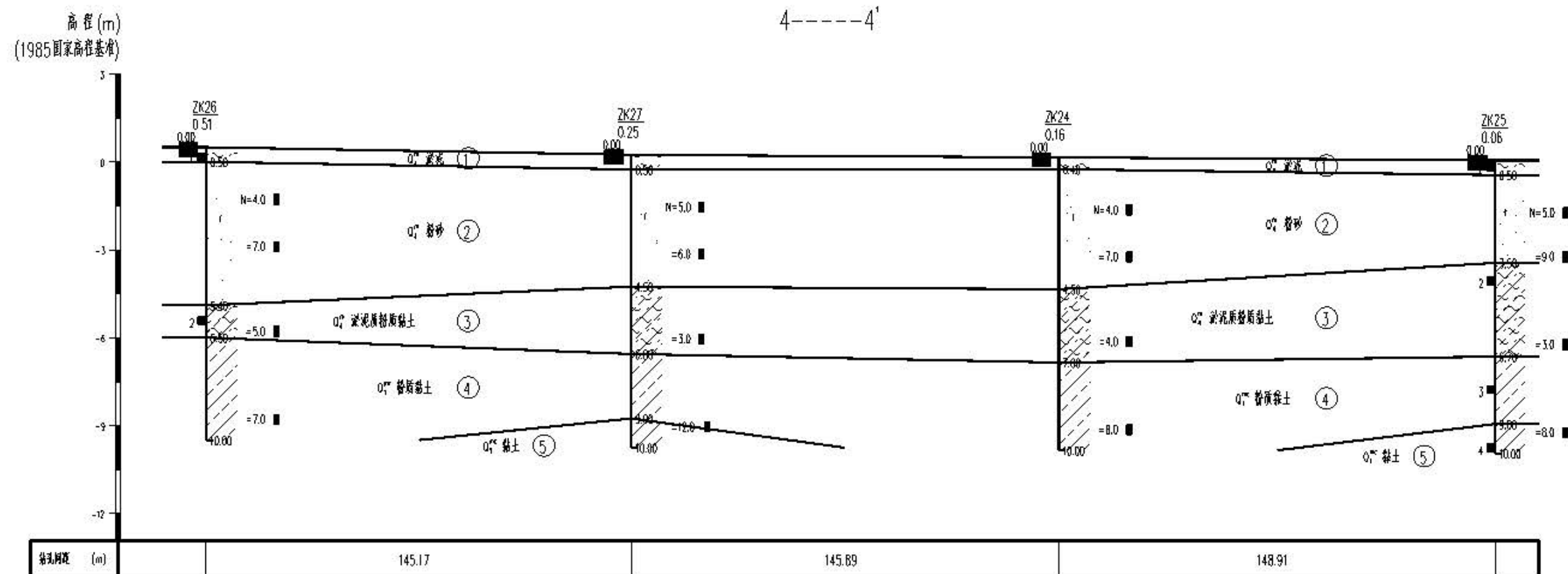
据《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010)（2016 年版）附录，湛江市徐闻县和安镇地震设防烈度为 8 度，设计基本地震加速度为 $0.20g$ ，特征周期值为 $0.75s$ ，设计地震分组属于第二组。

另据上节划分，场地类别属Ⅱ类，依据《中国地震动参数区划图》(GB18306—2015)附录 C19 及附录 E，和安镇场地地震动峰值加速度为 $0.165g$ ，反应谱特征周期为 $0.35s$ 。

据《工程抗震设防分类标准》(GB18306—2008)，本工程抗震属标准设防类（丙类），应按 8 度确定抗震措施和地震作用。

工程高程图详见图 1.2.3-1。

水平比例 1:1500
垂直比例 1:150

$$4 \text{ --- } 4'$$


核工业杭州工程勘察院	景宁县江神林管修项目 工程地质剖面图	制图	王有强	审核	孙志华	审定	李文明	日期	2021年6月	图号
------------	-----------------------	----	-----	----	-----	----	-----	----	---------	----

图 1.2.3-2 工程地质剖面图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

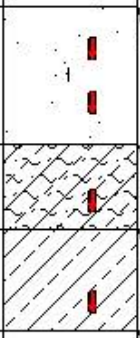
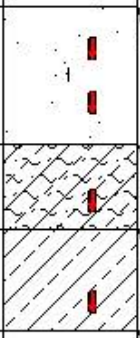
工程名称			徐闻县红树林营造修复项目												
工程编号			210610				钻孔编号		ZK24		勘探深度(m)		10.00		
孔口高程(m)			0.16		坐标	X = 2280186.89		开工日期		2021.6.8		稳定水位高程		0.00 m	
孔口直径(mm)			127.00			Y = 37437560.00		竣工日期		2021.6.8		测量水位日期		2021.6.9	
地层 编号	时代 成因	层底 高程 (m)	层底 深度 (m)	分层 厚度 (m)	柱状图 1:200	岩土名称及其特征						取 样	标贯 击数 (击)	稳定水位 (m) 测量日期	
①	Q ^m ₄	-0.24	0.40	0.40		淤泥：灰黑色，流塑，含大量粉细砂及贝壳碎屑，黏性好。							=4.0 1.65-1.95 =7.0 3.25-3.55	10.00 2021.6.9	
②		-4.34	4.50	4.10		粉砂：灰色，饱和，松散，含少量黏粒及贝壳碎屑，级配不良。									
③		-6.84	7.00	2.50		淤泥质粉质黏土：灰色，软塑，含较多粉细砂，黏性较好。									
④	Q ^{mc} ₁	-9.84	10.00	3.00		粉质黏土：黄色、浅红色，可塑，含少量粉砂，黏性较好。							=8.0 9.15-9.45		
记录	陈有强	制图	陈有强	审核	孙志军	审定	李亚明	日期	2021-6		图号				

图 1.2.3-3a 钻孔柱状图 (ZK24)

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

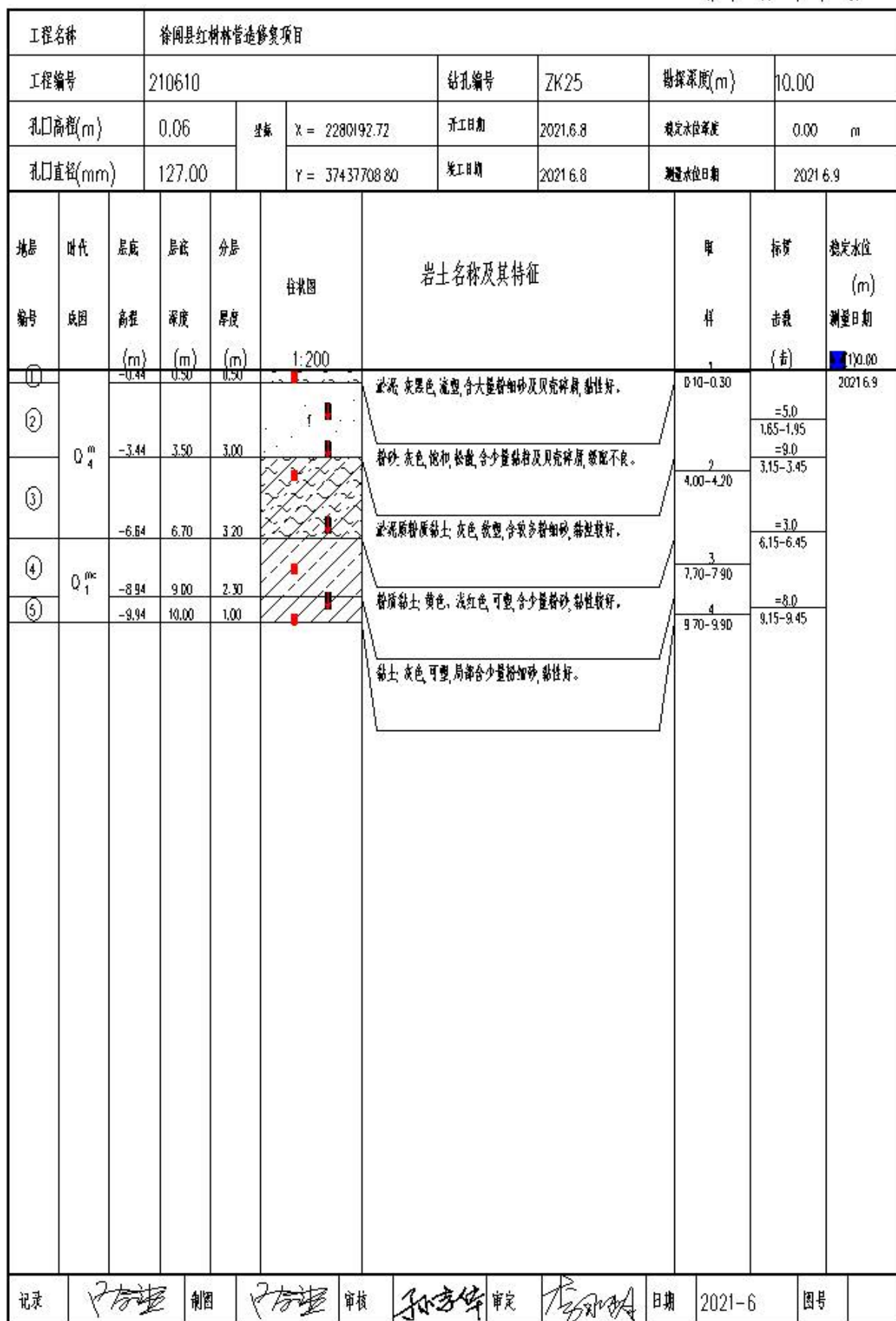


图 1.2.3-3b 钻孔柱状图 (ZK25)

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		徐闻县红树林管道修复项目									
工程编号		210610				钻孔编号		ZK26	勘探深度(m)		10.00
孔口高程(m)		0.51	坐标	X = 2280152.99		开工日期		2021.6.9	竣工水位深度		0.00 m
孔口直径(mm)		127.00		Y = 37437270.99		竣工日期		2021.6.9	测量水位日期		2021.6.10
地层 编号	时代 成因	层底 高程 (m)	层底 深度 (m)	分层 厚度 (m)	柱状图 1:200	岩土名称及其特征			取 样	标贯 击数 (击)	稳定水位 (m) 测量日期
①	Q ₄ ^m	0.00	0.50	0.50		淤泥：灰黑色，流塑，含大量粉细砂及贝壳碎屑，黏性较好。			0.20-0.40	=4.0 1.65-1.95 =7.0 3.25-3.55	2021.6.10
②		-4.89	5.40	4.90		粉砂：灰色，微细，松散，含少量黏粒及贝壳碎屑，级配不良。					
③		-5.99	6.50	1.10		淤泥质粉质黏土：灰色，软塑，含较多粉细砂，黏性较好。					
④	Q ₁ ^{mc}	-9.49	10.00	3.50		粉质黏土：黄色，流红色，可塑，含少量粉砂，黏性较好。			5.80-6.00	=5.0 6.15-6.45 =7.0 9.15-9.45	
记录	孙志伟	制图	孙志伟	审核	孙志伟	审定	孙志伟	日期	2021-6	图号	

图 1.2.3-3c 钻孔柱状图 (ZK26)

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

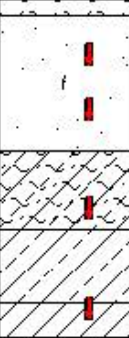
工程名称		徐闻县红树林营造修复项目												
工程编号		210610				钻孔编号		ZK27		勘探深度(m)		10.00		
孔口高程(m)		0.25		坐标	X = 2280172.79		开工日期		2021.6.9		稳定水位深度		0.00 m	
孔口直径(mm)		127.00			Y = 37437414.79		竣工日期		2021.6.9		测量水位日期		2021.6.10	
地层 编号	时代 成因	层底 高程 (m)	层底 深度 (m)	分层 厚度 (m)	柱状图 1:200	岩土名称及其特征				取 样	标贯 击数 (击)	稳定水位 (m) 测量日期		
①	Q ₄ ^m	-0.25	0.50	0.50		淤泥、灰黑色、流塑，含大量粉细砂及贝壳碎屑，黏性好。					=5.0	10.00 2021.6.10		
②		-4.25	4.50	4.00		粉砂，灰色，饱水，松散，含少量黏粒及贝壳碎屑，级配不良。					1.65-1.95 =6.0 3.25-3.55			
③		-6.55	6.80	2.30		淤泥质粉质黏土，灰色，软塑，含较多粉细砂，黏性较好。					=3.0 6.15-6.45			
④	Q ₁ ^{mc}	-8.75	9.00	2.20		粉质黏土，黄色、浅红色，可塑，含少量粉砂，黏性较好。					=12.0			
⑤		-9.75	10.00	1.00		黏土，灰色，可塑，局部含少量黏粉细砂，黏性好。					9.15-9.45			
记录 卢有强 制图 卢有强 审核 孙志华 审定 卢有强 日期 2021-6 图号														

图 1.2.3-3d 钻孔柱状图 (ZK27)

1.2.4 自然资源概况

1.2.4.1 海岸线资源

徐闻县三面环海，海岸线长 371.5 公里，其中岛岸线长 102.51 公里，是广东省海岸线较长的县份之一。

1.2.4.2 港口资源

徐闻县主要港口有海安港、粤海铁路北港（南山轮渡码头）、海安新港、徐闻港（客滚轮码头）、外罗、华丰新地、苞西、丰隆、博赊、赤坎、大井、水尾、石马、三塘、山海等。

1.2.4.3 航道资源

根据《中国航路指南》（南海海区 A103）以及《湛江港航行指南》，本项目工程附近海域船舶习惯航路资源主要有外罗水道、北沙水道、三吉航道和外沙航道，工程东侧外海有供船舶通行琼州海峡的航路，有北水道和中水道。

（1）外罗水道 外罗水道属于一条岸缘水道，北连接硃洲水道进入湛江港，南通琼州海峡，目前限于 1500 吨以下、吃水小于 4 米的船舶通航，是湛江至海口的海上捷径。

（2）外沙航道 外沙航道属行沟，目前不作商船推荐航路使用，一般为当地渔船航行活动水域。

（3）斗龙村东航道至琼州海峡北水道习惯航路 从斗龙村东航道西端起点至琼州海峡北水道 1#灯浮目前实际形成了一股船舶习惯航路，沿线水深在 10~30m。

（4）湛江至琼州海峡北水道航路 属中型船舶南北航线进出琼州海峡的经济航道，距离项目较远。

（5）琼州海峡中水道至湛江航路 供各类船舶进出琼州海峡的东西向航线。

（6）航路规划 根据《全国沿海船舶航路总体规划》，涉及粤西航路规划中仅有湛江—珠江口航路规划。

1.2.4.4 渔业养殖活动

徐闻县三面环海，海岸线长达 400km，岛屿众多港湾，星罗棋布有 50 多个港口埠头，主要港口有海安、外罗、新地、苞西、丰隆湾等。渔场众多，东部有浅海渔场、二卡渔场、沙角

渔场、浑沟口渔场、外卡头渔场，南部有四塘渔场、三墩渔场，西部有包西渔场、外沙渔场，还有北部湾、海南岛四周和西沙群岛等渔场，鱼类资源十分丰富，盛产黄花鱼、鲙鱼、鲳鱼、青鳞鱼、西刀鱼等经济鱼类。捕捞作业方式以刺网和拖网为主。

徐闻县沿海滩涂宽阔平坦，可利用养殖面积 20 万亩，相当于耕地面积的 19%。潮间带面积 25 万亩，其中红树林面积 21.79 万亩，可养殖面积 9.98 万亩，10 米等深线可养面积 7.73 万亩。徐闻县东北部的和安、锦和、新寮、下洋沿海一带，滩涂广阔，常年雨量较充足，地面经流量大，且有红树林覆盖，宜养鱼虾、蟹和泥蚶；南部的前山、龙塘、海安、南山沿海一带，滩涂底质多岩礁，海水盐度和透明度适宜繁殖鲍鱼及藻类；西部的迈陈、角尾、西连沿海一带，滩涂平坦，海底土质较肥，以泥土、泥沙居多，宜贝类、海参生长；西部海滩涂还具有光照充足、热量大，海水盐度高的优势，有利于盐业生产。发展海水养殖业的条件得天独厚，是广东省海洋大县之一。

1.2.4.5 红树林资料

根据《徐闻县红树林现状调查及宜林地分析报告》（雷州远兴林业开发有限公司，2021 年 7 月），项目所在区域红树林树种为白骨壤、无瓣海桑、桐花树、秋茄和红海榄，靠近岸边长有黄槿、海漆、苦郎和卤蕨等。

1.2.4.6 矿产资源

湛江市矿产资源比较丰富，其中滨海稀有稀土砂矿、玻璃用砂、银矿、水晶、高岭土、硅藻土、泥炭土、玄武岩、矿泉水、地下热水、南海石油及天然气等资源储量较丰富，开发利用程度高，质量较好。发现的矿种，按工业用途分类叙述如下：

能源矿产：地下热水、煤、油页岩、地下热水，主要分布于雷州半岛，另北部廉江市石角镇有一温泉出露（水温 48~57℃）。湛江地热田是省内最大的地热田，经详查评价的范围达 4245km³，北到岭北—麻章，南到东海岛，可采水量达到 106 万立方米/日，水温 40.5~57℃，平均 42.76℃，可采热能 3.1 万千瓦，共有三个热储层，埋深 120~460m，600m 以下未作地质评价，远景还可扩大。有煤矿产地 8 处，主要分布在遂溪界炮、大塘一带，多为第三、第四系褐煤，储量规模均为小型，总资源量 3240 万吨，煤质差，煤层薄，开采价值不大，遂溪大塘煤矿储量为 1837 万吨，含油率 8.48%，可用以提炼石油。油页岩有矿产地 1 处，油页岩产于遂溪县大塘煤矿顶部，厚约 7.56m，分布面积约 2km³，焦油率 4.2~7.2%。因该区产于第四系松

散岩层复盖之下，水文地质和工程地质条件十分复杂，开采困难。

金属矿产：有铁矿、金矿、银矿及稀有稀土滨海砂矿等。铁矿主要分布在廉江、遂溪一带，有矿产地 24 处，规模均为小型，多为坡积或残积褐铁矿，一般含铁品位较低，工业利用价值不大。金银矿是优势矿产，有矿产地 10 处，其中银矿产地 1 处，金矿产地 9 处。廉江庞西垌银金矿，银储量可达中型，含银品位较高，开采后经济效益显著。现深部尚有 75 吨（金属量），金矿均为小型，个别含金品位较高，开采技术条件简单，适于地方小型开采。钛铁矿、独居石、磷钇矿和锆英石主要以海滨冲积砂矿形式产出，分布在吴川市吴阳至雷州半岛东海岸一带，沿海岸带呈带状断续延伸 130 千米，储量丰富，总储量 572 万吨，规模可达到大型，有用矿物含量高，可选性能良好，开采技术条件简单，适于组建大型矿山开采。

非金属矿产：高岭土、玻璃用砂、泥炭、硅藻土、水泥用灰岩和海砂等。高岭土经地质评价的矿产地 14 处，资源总量达到 1.3 亿吨，远景储量可超过 2.5 亿吨。如遂溪燕子窝、遂溪中间岭高岭土矿床、湛江市山岱高岭土及龙头、岭头高岭土矿床。玻璃用砂产地 2 处，储量接近 4623 万吨，其中雷州市企水玻璃用砂储量规模达大型，储量 3151 万吨，为滨海沉积石英砂矿，原矿二氧化硅含量一般在 96%以上，最高可达 98.6%，达到平板玻璃原料I级品标准。湛江市乾塘玻璃砂矿储量 1472 万吨，原矿质量较好。泥炭有矿产地 38 处，主要分布在遂溪、廉江及湛江市郊等地，总资源储量 8883 万吨，储量达大、中型规模的矿产地 15 处，如湛江市郊屋山—调塾泥炭、遂溪下录—协和泥炭储量均超过 1000 万吨，质量较好，腐植酸含量大于 11%，发热量 2100~6700 千焦/千克，其用途广泛，可用作饮料添加剂、燃料和提取化学工业原料胡敏酸。硅藻土已评价的地质储量接近 7000 万吨，主要分布在雷州半岛一带，经地质评价的矿产地 4 处，其中雷州市九斗洋硅藻土和徐闻县田洋硅藻土储量规模达大型，矿层厚度 20~80 米，呈层状，单个矿床分布面积 0.2~3 平方千米，埋深 15~30 米，赋存在火山口第四系内陆湖相沉积层中，上部为近代冲洪积粘土和耕植土覆盖。水泥用灰岩矿产地 5 处，主要分布在廉江市石城至新民一带，总储量约 12000 万吨，矿石质量较好，氧化钙含量在 48~52%之间，矿层厚度大，多数埋藏在当地侵蚀基准面以下，开采条件较差。海砂也是本区重要的矿产资源，但资源量不明。

水气矿产：矿泉水、地下水。有全省规模最大的矿泉水田，由东往西自吴川市的中山镇，经遂溪县城到廉江市安铺镇一线以南包括湛江市市区及整个雷州半岛均属矿泉水田范围，面积达 6000 平方千米。雷州市地下水天然资源量 75.7 亿立方料/年；可开采资源量 49 亿立方料/年，

超过全省地下水可采资源总量的 10%。

1.2.4.7 旅游资源

徐闻县海洋旅游资源丰富，特色明显，众多的海岛与美丽的海湾、沙滩、红树林、珊瑚礁形成别具风格的亚热带风光的海上旅游资源。2013 年，徐闻被确定为国家级海洋生态文明示范区。徐闻有着中国大陆最南端的灯楼角、千年丝路第一港（汉代海上丝绸之路始发港）、五彩缤纷珊瑚礁（徐闻珊瑚礁国家级自然保护区）、南珠的原乡大井湾等景观资源。在国家海洋局公布的首批可供开发的无人岛名录中，徐闻三墩岛、罗斗沙等五个岛屿名列其中。中国大陆最南端的灯楼角，扼北部湾与琼州海峡进出口的咽喉，是琼州海峡航道的冲要，也是中国海岸的最南点；徐闻珊瑚礁国家级自然保护区，拥有我国大陆架浅海连片面积最大、种类最齐全、保存最完好的珊瑚礁群。大汉三墩旅游区，不仅拥有 2000 年前海上丝路始发港，而且拥有独树临风岛、海上鸟巢、牡蛎花滩等奇景。白茅海、赤坎海、白沙湾、青安湾、罗斗沙岛、六极岛、黑土角。

1.2.4.8 自然保护区

（1）北莉口海洋保护区

北莉口海洋保护区保护范围内是广东湛江红树林国家级自然保护区和湛江徐闻外罗湾渔地方级自然保护区。项目在该保护区范围内。

（2）广东湛江红树林国家级自然保护区

早在 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，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。保护区呈带状散式分布在广东省西南部的雷州半岛沿海滩涂上，跨湛江市的徐闻、雷州、遂溪、廉江四县（市）及麻章、坡头、东海、霞山四区，面积 1.9 万公顷，是我国现存红树林面积最大的一个自然保护区。保护区主要保护对象为红树林及海水渔业资源生态系统。

该保护区有红树林 15 科 25 种，7000 多公顷，鸟类 194 种，有贝类 3 纲 41 科 76 属 130 种，有鱼类 15 目 60 科 100 属 139 种，是中国大陆海岸红树林种类最多的地区。其中分布最广、数量最多的为白骨壤、桐花树、红海榄、秋茄和木榄，主要森林植被群落有白骨壤、桐花树、秋茄、红海榄纯林群落和白骨壤+桐花树、桐花树+秋茄、桐花树+红海榄等群落，林分郁闭度在 0.8。记录有鸟类达 194 种，是广东省重要鸟区之一，保护区既是留鸟的栖息、繁殖地，

又是候鸟的加油站、停留地，是国际候鸟主要通道之一。此外，贝类有 3 纲 41 科 76 属 130 种，鱼类有 15 目 60 科 100 属 139 种。贝类以帘蛤科种类最多，达 20 种。鱼类以鲈形目居绝对优势，27 科 49 属 65 种。有重要经济价值的贝类 28 种、鱼类 32 种。

项目占用广东湛江红树林国家级自然保护区 29.02 公顷。

（3）湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区

湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区 2001 年经徐闻县人民政府批准(徐府函[2001]99 号)设立,地处徐闻东部海域,位于徐闻县外罗海湾内,地理坐标为东经 110°23'45.155"~110°27'10.36, 北纬 20°34'09.545"~20°37'04.577"。主要保护物种为鲎,保护区内品种有圆尾鲎和中国鲎,保护区总面积约 1903 公顷,其中核心区 1038 公顷,缓冲区 692 公顷,实验区 173 公顷。

徐闻鲎保护区海域生物资源丰富,种类繁多,常见的经济鱼类有 70 多种,甲壳类 10 多种,贝类 20 多种,还有棘皮动物和星虫动物等。海区覆盖着大面积的红树林和海草,藻类丰富,浮游动植物种类多,带来大量有机物,营养盐丰富,形成生物繁殖区,适应自然鲎科生物的迅速生长和繁殖。

项目占用湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区一般控制区 0.77 公顷。

（4）雷州湾中华白海豚市级自然保护区

后海岛北海洋保护区保护范围内是雷州湾中华白海豚市级自然保护区。雷州湾的中华白海豚是在中国沿岸新发现的一个种群,其种群数量仅次于珠江口,集中度超过珠江口。因此,确定雷州湾是中国沿岸中华白海豚的一个十分重要的栖息地。2007 年 4 月,湛江市政府批准建立雷州湾中华白海豚市级自然保护区(湛府函[2007]169 号)。属于野生动物自然保护区。保护区地理坐标为:(1)E110°26'、N20°46';(2)E110°29'、N20°46';(3)E110°29'、N20°44';(4)E110°26'、N20°44'。

总面积 2058 公顷,其中:核心区面积 686 公顷、占保护区总面积的 33.3%;缓冲区面积 1372 公顷、占保护区总面积的 66.6%。主要保护品种为中华白海豚、文昌鱼、中国鲎、大黄鱼和其它海洋哺乳动物及海洋生态环境。项目距该保护区最近距离约为 12.7km。

1.2.4.9 珍稀海洋生物

（1）中国鲎

中国鲎(*Tachpleus tridentatus*),又名三刺鲎。属节肢动物门肢口纲剑尾目鲎科,为广东省重点保护动物,列入广东省重点保护水生野生动物名录(第一批)。中国鲎体呈瓢状,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，属暖水性近海名贵珍稀节肢动物。鲎起源于古生代的泥盆纪，早于恐龙和原始鱼类。有“活化石”之称，具有学术研究价值。鲎虽起源于远古时代，但发展十分缓慢，资源量甚少。福建省鲎产量居全国第一，平潭、厦门等沿海为主产区。鲎栖息于沙质海底，昼伏夜出，大部分时间营底栖潜居生活，通常小个体生活在岸边沙滩中，随着年龄的增长，个体大的逐渐移向浅海。鲎不作长距离洄游，每年 11 月随着水温下降由浅海游向较深水域越冬，翌年 4~5 月又从深水区游向浅海，繁衍后代，繁殖期 5~8 月。

鲎为雌雄异体，雌体比雄体大，成年雌体重约 4kg，雄体重约 1.8kg。雌体背负雄体，成对栖息、爬行、游动，称为海中鸳鸯。受精卵经过 5~6 周孵化成为幼虫，初孵幼虫长 7~8cm，称为三叶幼虫，幼虫经第一次蜕皮后长成幼鲎，从幼鲎到达性成熟，约需 4~5 年，蜕皮 13~14 次。

（2）圆尾鲎

圆尾鲎（*Carcinoscorpius rotundicauda*），又名马蹄鲎。属节肢动物门肢口纲剑尾目鲎科，为广东省重点保护动物，列入广东省重点保护水生野生动物名录（第一批）。此种在鲎类中个体最小，雌性个体从头至尾镇静自若大约为 30.0cm，雄体长 28.0cm，体重平均在 0.5kg 左右。头胸甲呈圆弧形，北面散布有微波的小刺。缘刺无明显的差别。腹甲后端北面正中有一小的隆起，尾剑表面完全无小刺，后半部腹面两侧长有白毛，端面略呈圆形。国内分布于浙江、福建、广东、广西和海南等沿海。

（3）中华白海豚

①中华白海豚的分布情况

中华白海豚（*Sousa chinensis*）为沿岸河口定栖性小型齿鲸类，属海豚科，白海豚属，1988 年被国务院列为国家一级保护动物。2005 年南京师范大学周开亚团队在湛江东部雷州湾海域进行考察时发现了湛江的中华白海豚种群，湛江市政府于 2007 年建立了雷州湾中华白海豚市级自然保护区。湛江沿岸海域还生活着印太江豚 *Neophocaena phocaenoides*。

根据南京师范大学于 2014 年 7 月至 2015 年 6 月在新寮岛和外罗以东近岸海域所进行的为期 1 年的调查，共在新寮岛和外罗以东近岸海域发现中华白海豚 125 群次，目击中华白海豚 1065 头次，目击的中华白海豚群以 7-10 头居多。共识别 132 头中华白海豚。估算在雷州湾南部新寮岛、外罗附近海域的中华白海豚数量约 583 头。调查期间中华白海豚的分部区域见图 1.2.4-1 所示。

该次调查中华白海豚活动海域的水深为 1.2-15.6m，70%的活动海域的水深在 8m 以下，大于 8m 的海域绝大部分位于外罗水道中，也就是说约 30%中华白海豚是在水道中发现的。

中华白海豚初始发现位置离海岸垂直距离为 0.3-5.9km。调查海域中华白海豚的栖息地狭窄且近岸，离海岸垂直距离的最大值是 5.9km。该次调查中华白海豚活动海域的水温为 17.3-29.7℃，盐度范围是 27.8-32.7‰，pH 范围是 7.98-8.32，透明度为 0.3-1.7m。

②本项目所在海域的中华白海豚分布情况

调查海域中华白海豚的栖息地狭窄且近岸，离海岸垂直距离的最大值是 5.9km，本项目与中华白海豚活动水域的最远距离约为 8.4km，本项目所在海域不在中华白海豚的活动水域。

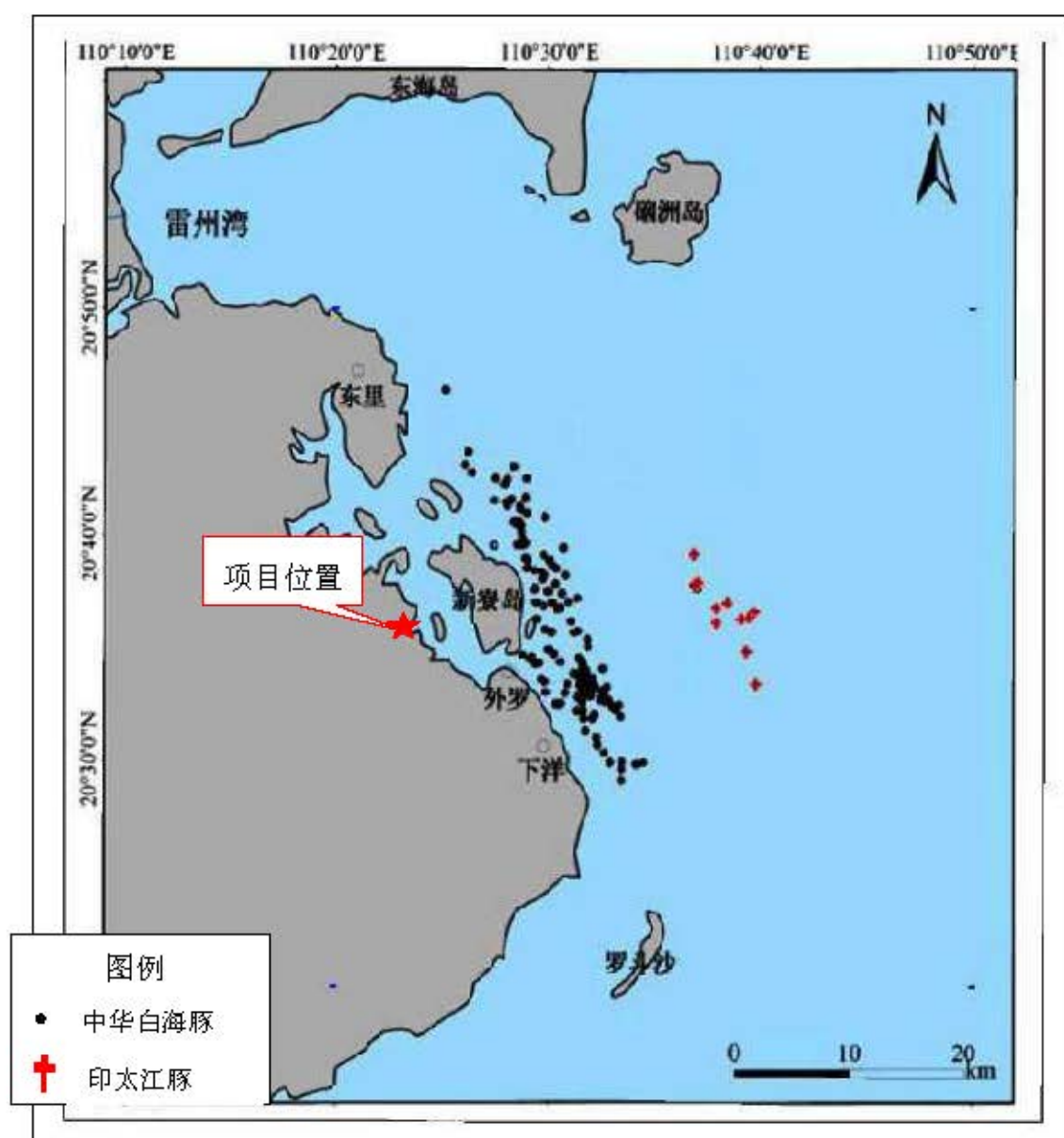


图 1.2.4-1 中华白海豚与印太江豚在项目附近海域的分布图

(4) 印太江豚

①印太江豚的分布情况

印太江豚是国家二级重点保护野生动物。在硇洲岛东部、南部海域，罗斗沙西部海域直至琼州海峡均有印太江豚分布，以琼州海峡居多。据南京师范大学于 2014 年 7 月至 2015 年 6 月在项目附近的调查，调查过程中共发现印太江豚 9 群次，目击印太江豚 32 头次，印太江豚分布在距离海岸较远的海域（见图 1.2.4-1）。在硇洲岛东部、南部海域，罗斗沙西部海域直至琼州海峡均有印太江豚分布，以琼州海峡居多。共发现印太江豚 9 群次，目击印太江豚 32 头次，以 1-3 头的群居多。印太江豚活动海域的水深为 5.4-13.4m，水温为 17.8-27.5℃，盐度范围是 28.9-31.8‰，pH 范围是 8.01-8.23，透明度为 1.5-4.2m。印太江豚的发现位置离海岸垂直距离为 13.2-19.0km，表明印太江豚分布在离海岸较远的海域。

②本项目所在海域的印太江豚分布情况

印太江豚的发现位置离海岸垂直距离为 13.2-19.0km，本项目与印太江豚活动水域的最近距离约为 20.1km，可见本项目不在印太江豚的活动水域。

1.2.4.10 “三场一通道”分布情况

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下。

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 1.2.4-2 和图 1.2.4-3，本工程海域不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内。

（2）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域（图 1.2.4-4，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目位于南海区幼鱼、幼虾保护区内。

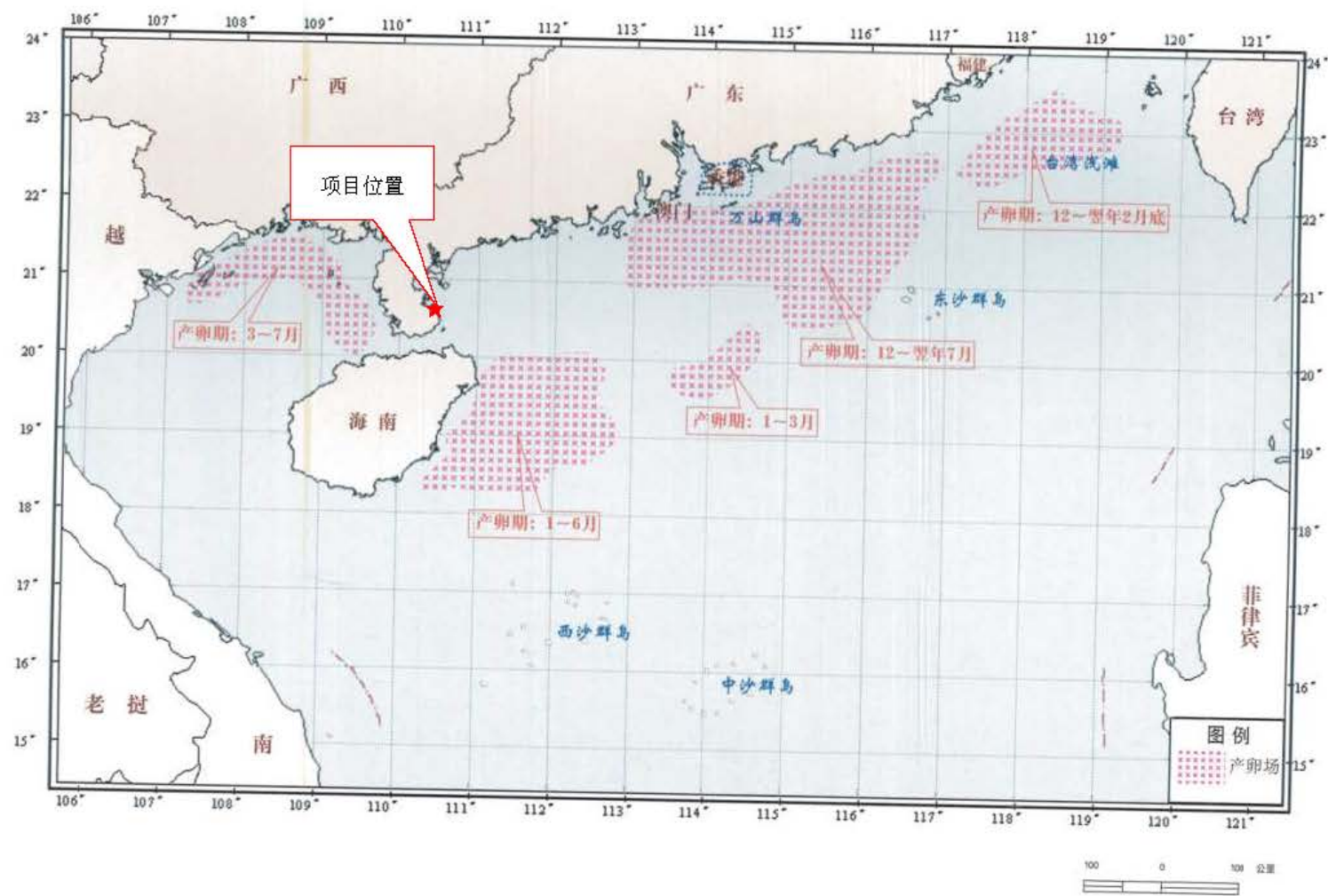


图 1.2.4-2 南海中上层鱼类产卵场示意图

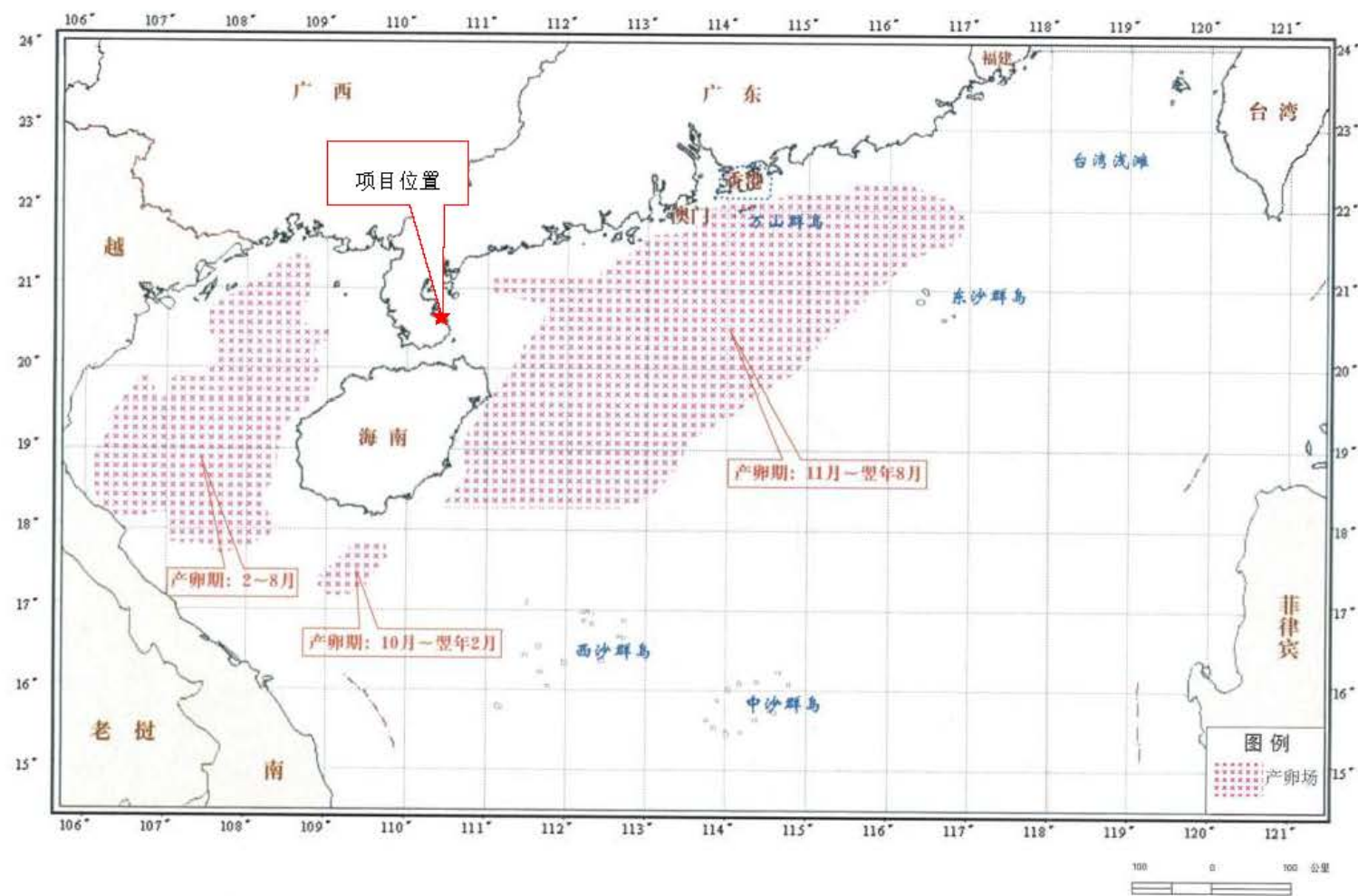


图 1.2.4-3 南海底层、近层鱼类产卵场示意图

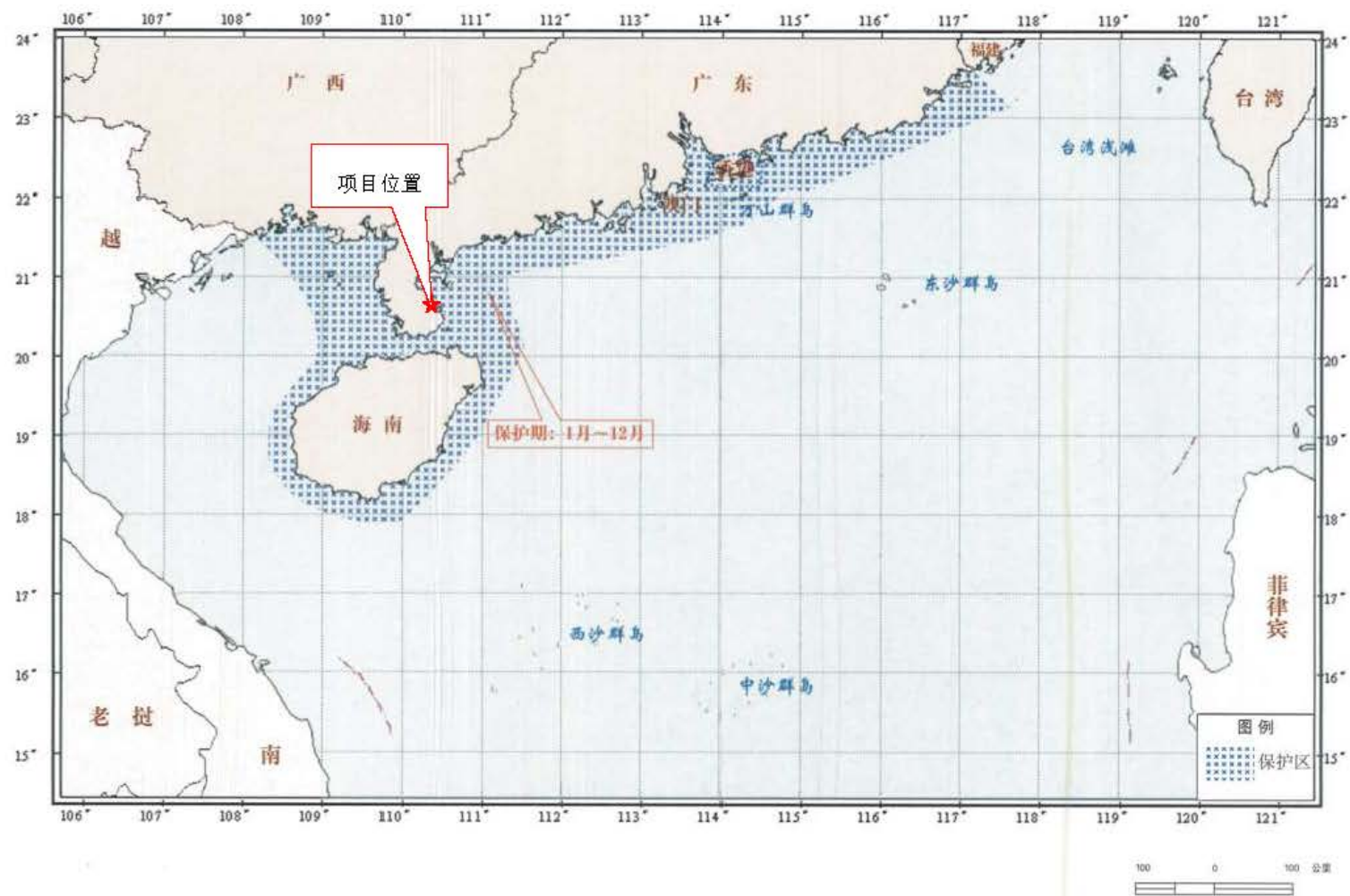


图 1.2.4.4 南海北部幼鱼繁育场保护区示意图

1.2.5 海水水质现状调查与评价

1.2.5.1 海洋环境调查站位与调查内容

本节引用《湛江新寮海域春季海洋环境现状调查》（广东增源检测技术有限公司，2021 年 8 月）（GZH21032404402-01），由广东增源检测技术有限公司于 2021 年 3 月在项目附近海域开展的春季海洋水质环境现状调查数据。共布设水质调查站位 14 个、沉积物调查站位 8 个、海洋生态调查站位 8 个，潮间带生物调查断面 2 条，游泳生物调查断面 2 条，调查站位详见表 1.2.5-1 和图 1.2.5-1。同时委托广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年补充沉积物监测，调查站位详见表 1.2.5-2 和图 1.2.5-2。

表 1.2.5-1 调查站位及调查内容表

站位	经度	纬度	项目
B1			水质
C1			水质、沉积物、生态
D1			水质
D2			水质、沉积物、生态
D3			水质
D4			水质、沉积物、生态
E1			水质、沉积物、生态
E2			水质
E3			水质、沉积物、生态
E4			水质
F1			水质、沉积物、生态
F2			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
F3			水质
F4			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
CJ4			潮间带
CJ5			潮间带

表 1.2.5-2 沉积物补充调查站位坐标表

编号	纬度	经度
T1		
T3		
T5		

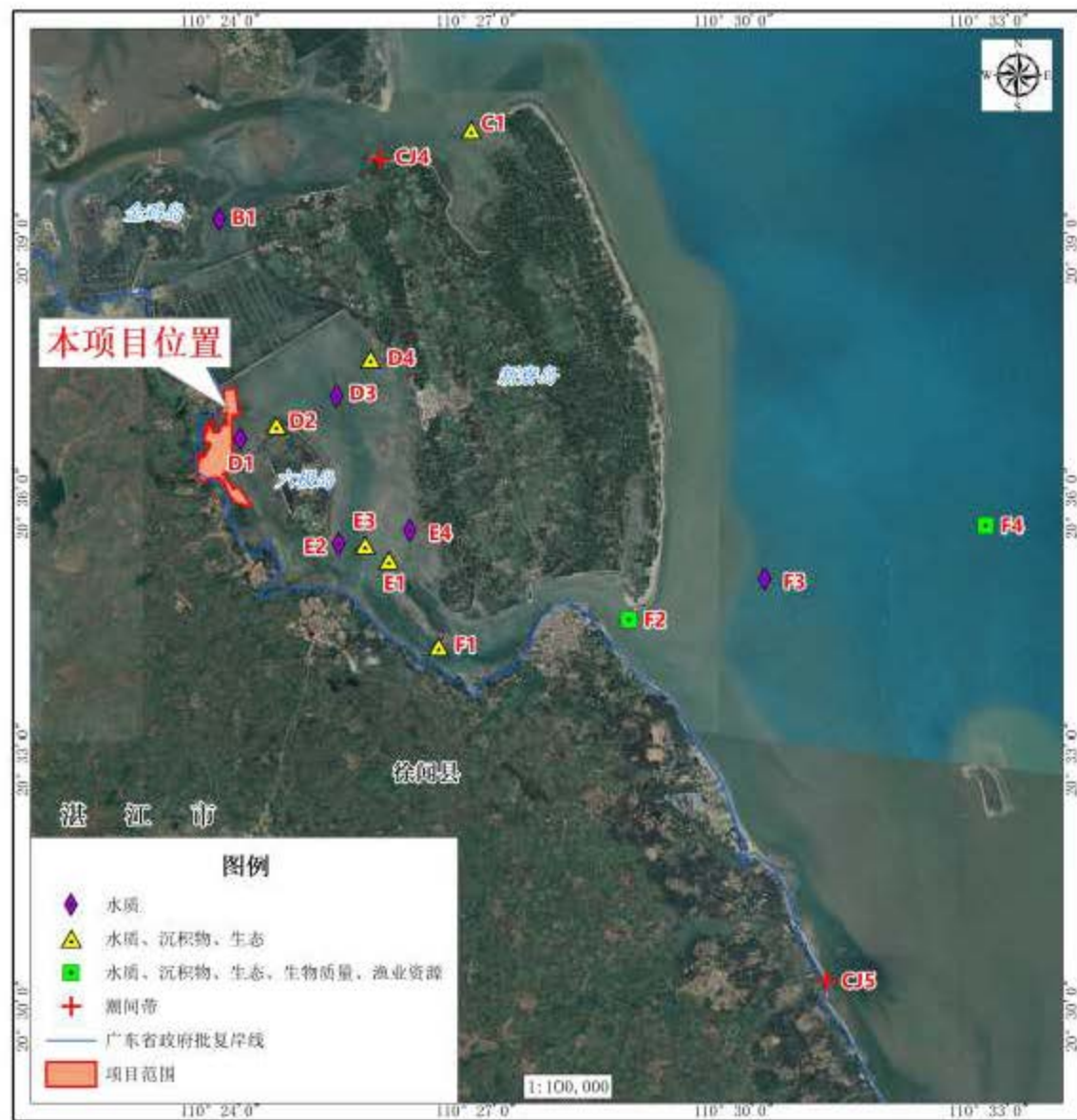


图 1.25-1 海洋环境调查站位图



图1.25-2 沉积物补充调查站位图

1.2.5.2 调查项目

水质调查项目包括 pH、透明度、温度、盐度、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨、无机磷、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、叶绿素 a。

1.2.5.3 分析方法

样品采集和保存按照《海洋监测规范 第 3 部分：样品采集、贮存与运输》（GB 17378.3-2007）进行，各项目的分析方法如表 1.2.5-3。

表 1.2.5-3 分析方法及使用仪器一览表

监测项目	分析方法	检测依据	设备名称	检出限
水温	表层水温表法	GB 17378.4-2007 (25.1)	水银温度计	0.1℃
pH 值	pH 计法	GB 17378.4-2007 (26)	pH 计 PHS-3BW	——
透明度	透明圆盘法	GB 17378.4-2007 (22)	——	——
盐度	盐度计法	GB 17378.4-2007 (29.1)	手持折光仪	1‰
悬浮物	重量法	GB 17378.4-2007 (27)	梅特勒-托利多电子分析天平 AL-104	0.1mg/L
溶解氧	碘量法	GB 17378.4-2007 (31)	滴定管	0.05mg/L
化学需氧量	碱性高锰酸钾法	GB 17378.4-2007 (32)	滴定管	0.05mg/L
氨	靛酚蓝分光光度法	GB 17378.4-2007 (36.1)	紫外可见分光光度计 UV-8000	0.0007mg/L
硝酸盐氮	镉柱还原法	GB 17378.4-2007 (38.1)	紫外可见分光光度计 UV-8000	0.0007mg/L
亚硝酸盐氮	萘乙二胺分光光度法	GB 17378.4-2007 (37.1)	紫外可见分光光度计 UV-8000	0.0007mg/L
无机磷	磷钼蓝分光光度法	GB 17378.4-2007 (39.1)	紫外可见分光光度计 UV-8000	0.0007mg/L
硫化物	亚甲基蓝分光光度法	GB 17378.4-2007 (18.1)	紫外可见分光光度计 UV-8000	0.0001mg/L
石油类	紫外分光光度法	GB 17378.4-2007 (13.2)	紫外可见分光光度计 UV-8000	0.0035mg/L

监测项目	分析方法	检测依据	设备名称	检出限
叶绿素 a	分光光度法	GB 17378.7-2007 (8.2)	紫外可见分光光度计 UV-8000	0.10μg/L
铜	火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4-2007 (6.3)	原子吸收分光光度计 AA-6300CF	0.0011mg/L
铅	火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4-2007 (7.3)	原子吸收分光光度计 AA-6300CF	0.0018mg/L
锌	火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4-2007 (9.1)	原子吸收分光光度计 AA-6300CF	0.0031mg/L
镉	火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4-2007 (8.3)	原子吸收分光光度计 AA-6300CF	0.0003mg/L
总铬	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.4-2007 (10.1)	原子吸收分光光度计 AA-6300CF	0.0004mg/L
汞	原子荧光法	GB 17378.4-2007 (5.1)	原子荧光光度计 AFS-2000 型	7.0×10 ⁻⁶ mg/L
砷	原子荧光法	GB 17378.4-2007 (11.1)	原子荧光光度计 AFS-2000 型	0.0005mg/L

1.2.5.4 评价方法与评价标准

(1) 评价方法

采用标准指数法（单项分指数法）对监测海区进行海水质量现状评价。计算公式为：

$$Q_{ij}=C_{ij}/C_{oi}$$

对于水中溶解氧采用：

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

$$S_{DO, j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

式中：S_{DO, f}——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f——饱和溶解氧，mg/L，对于河流，DO_f=468/（31.6+T）；对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域，DO_f=（491-2.65S）/（33.5+T）；

S——实用盐度符号；

T——水温，℃。

对于水中 pH 采用：

$$S_{pH} = \frac{7.0 - pH}{7.0 - pH_{sd}}, pH \leq 7.0; S_{pH} = \frac{pH - 7.0}{pH_{su} - 7.0}, pH > 7.0$$

式中：

pH 为实际测值；

pH_{su} 为评价标准值 pH 值上限；

pH_{sd} 为评价标准值 pH 值下限。

水质评价因子的标准指数 > 1，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

（2）评价标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（粤府[2013]9 号），项目调查站位所在的海洋功能区包括北莉口海洋保护区、雷州湾农渔业区、新寮岛工业与城镇用海区。将站位及其所属的海洋功能区、海洋环境保护要求对照列入下表：

表 1.2.5-4 调查站位所处广东省海洋功能区及其环境保护要求

调查站位	功能区名称	执行标准
B1、D1、D2、D3、D4、E1、E2、 E3、E4、F1、T1、T3、T5	北莉口海洋保护区	执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准
C1、F2、F4	雷州湾农渔业区	
F3	新寮岛工业与城镇用海区	

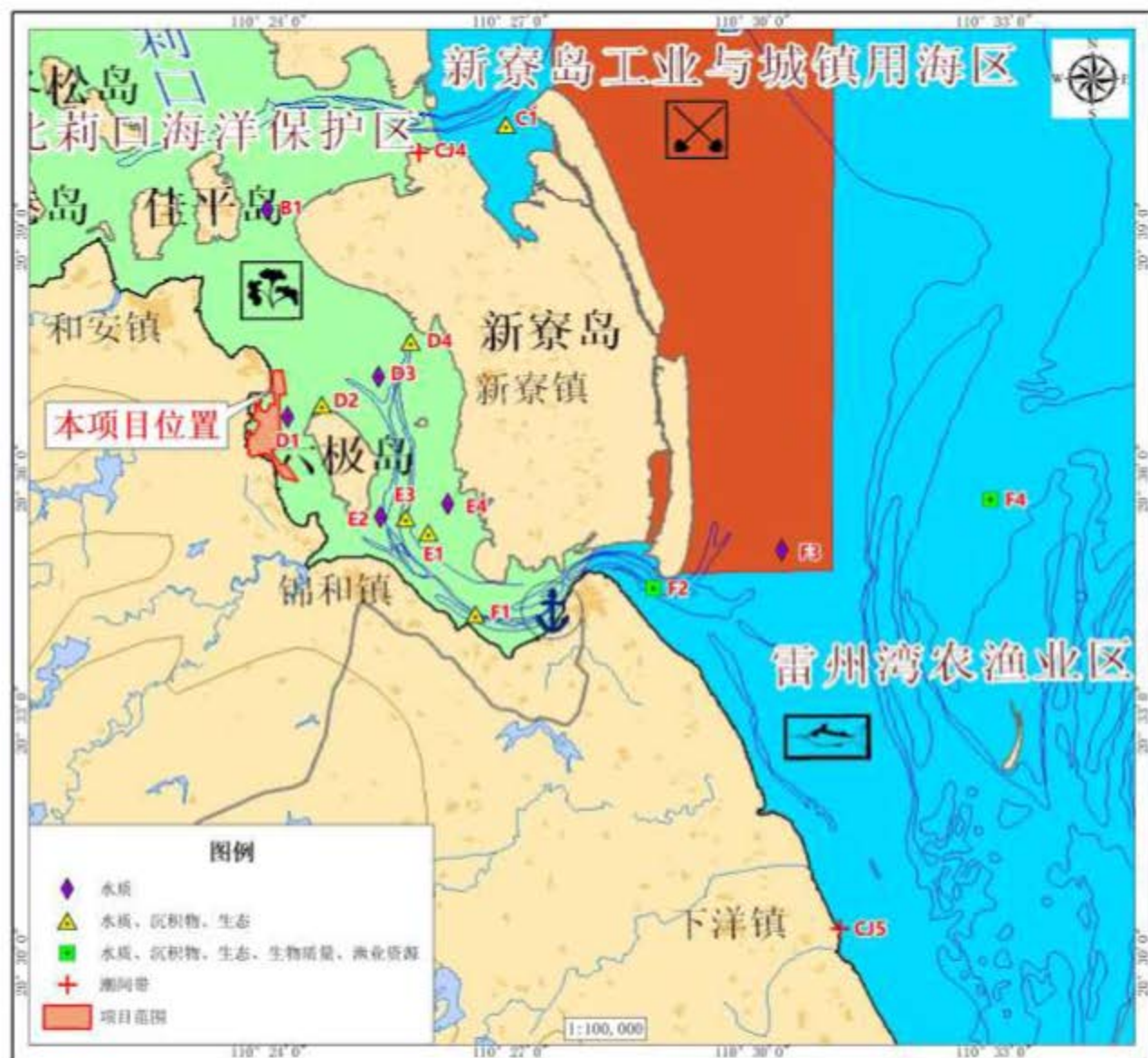


图 1.25-3 项目调查站位与广东省海洋功能区划叠加示意图



图 1.2.5-4 项目调查站位与广东省海洋功能区划叠加示意图

根据《湛江市近岸海域环境功能区划》，调查站位所在近岸海域功能区评价标准见下表 1.2.5-5。

表 1.2.5-5 调查站位所在近岸海域功能区评价标准

站位	执行标准
B1、C1、D1、D2、D3、D4、E1、E2、 E3、E4、F1、F2、F3	海水水质二类标准

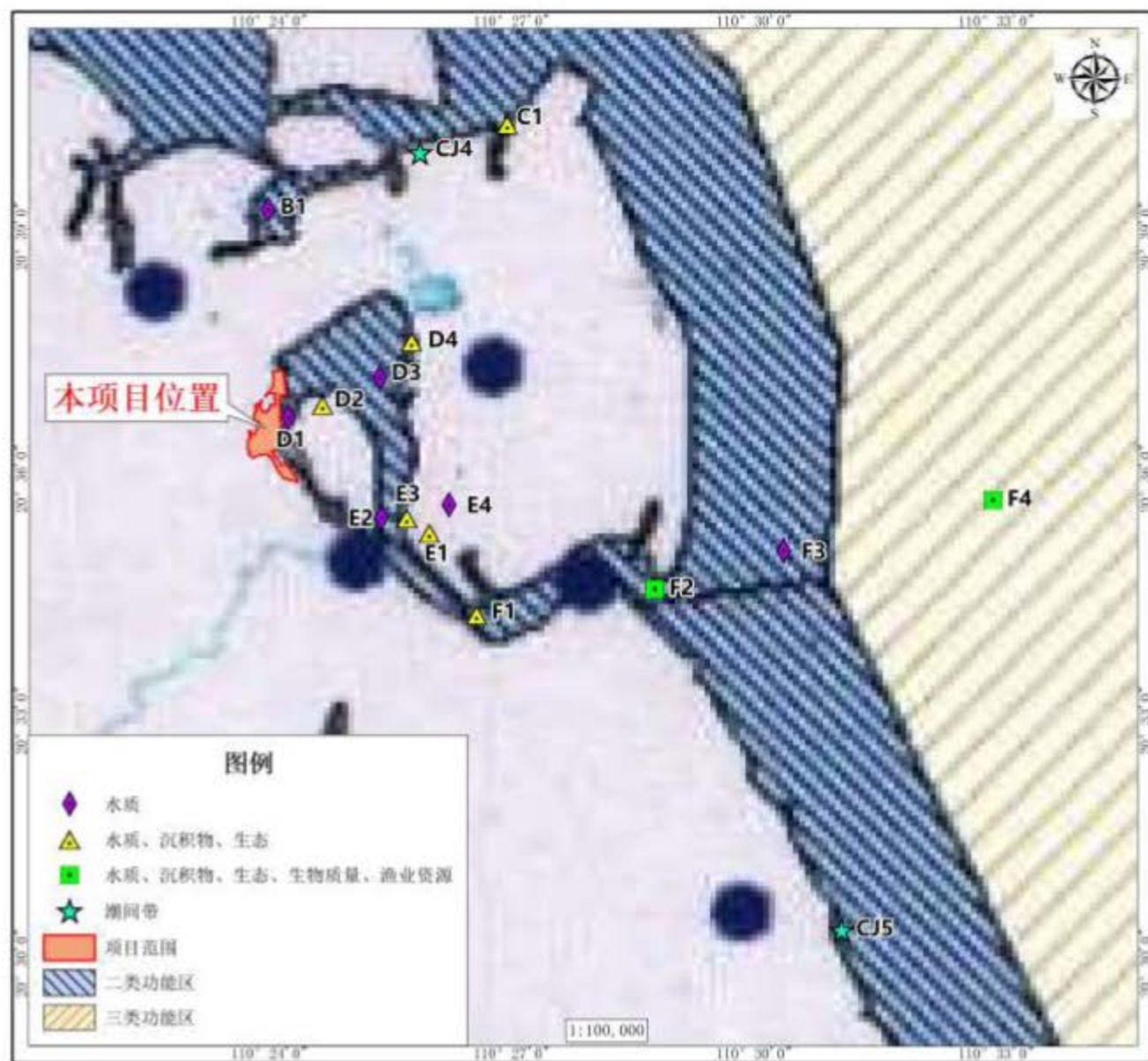


图 1.2.5-5 项目调查站位与湛江市近岸海域功能区划叠加示意图

项目附近海域水质按照执行《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《湛江市近岸海域环境功能区划》规定海水水质较严者执行，各调查站位水质执行标准，详见表 1.2.5-6。

表 1.2.5-6 调查站位执行标准

站位	执行标准
B1、C1、D1、D2、D3、D4、E1、E2、 E3、E4、F1、F2、F3、F4	执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准

1.2.5.5 海水水质现状调查与评价结果

水质调查结果见表 1.2.5-7，水质标准指数见表 1.2.5-8。

根据评价结果，调查海域 pH 值、溶解氧、化学需氧量、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、总铬和砷均符合海水水质二类标准。无机氮仅 D1 站位超标，但符合海水水质三类标准；无机磷仅 D3 和 D4 站位超标，且均超过海水水质四类标准；汞除了 B1、C1、D3 符合海水水质二类标准，其余均超标，其中 F1、D2、E1 超过海水水质四类标准，其余均符合海水水质四类标准。

综上所述，春季调查海域的无机氮、无机磷、汞在部分站位超过相对应的功能区水质标准，其余均符合。

表 1.2.5-7 海水水质监测结果

监测 点位	层次	检测因子/浓度（mg/L）																					
		水温 （℃）	透明度 （m）	pH 值 （无量纲）	盐度 （‰）	悬浮 物	溶解氧	化学需 氧量	氨	硝酸盐 氮	亚硝酸 盐氮	无机氮	无机磷	硫化物	石油类	叶绿素 a （μg/L）	铜	铅	锌	镉	总铬	汞	砷
B1	表层	22.8	1.0	8.02	29	12.8	6.16	1.12	0.0605	0.0377	0.0012	0.0994	0.0051	0.0004	0.0284	0.29	ND	ND	0.0155	ND	0.0388	ND	0.0013
C1	表层	23.1	1.0	8.16	30	23.4	6.48	0.68	0.0179	0.0267	0.0012	0.0458	0.0048	0.0003	0.0254	0.12	ND	ND	0.0129	ND	0.0388	ND	0.0014
F1	表层	23.2	1.0	8.06	29	21.1	6.16	1.25	0.0910	0.0190	0.0027	0.1127	0.0070	0.0006	0.0353	0.83	ND	ND	0.0141	ND	0.0296	0.00069	0.0017
F2	表层	23.6	1.1	8.19	28	24.2	6.26	1.06	0.0403	0.0141	0.0030	0.0574	0.0034	0.0007	0.0231	1.03	ND	ND	0.0417	ND	0.0230	0.00022	0.0017
F2	底层	23.3	——	8.13	28	22.5	6.04	1.11	0.0237	0.0130	0.0032	0.0399	0.0054	0.0005	——	0.95	ND	ND	0.0081	ND	0.0160	0.00044	0.0015
F3	表层	24.2	1.1	8.21	28	24.9	6.03	1.12	0.0597	0.0189	0.0030	0.0816	0.0082	0.0006	0.0303	0.84	ND	ND	0.0133	ND	0.0723	0.00023	0.0014
F4	表层	24.4	1.8	8.28	29	15.8	6.07	1.54	0.0659	0.0105	0.0031	0.0795	0.0014	0.0004	0.0297	0.81	ND	ND	0.0110	ND	0.0330	0.00030	0.0014
D1	表层	26.6	1.3	8.09	28	21.2	6.24	1.19	0.1135	0.2431	0.0086	0.3652	0.0238	0.0002	0.0315	1.13	ND	ND	0.0047	ND	0.0359	0.00027	0.0018
D2	表层	23.4	1.5	8.08	29	14.7	6.45	0.90	0.1064	0.0784	0.0085	0.1933	0.0117	0.0003	0.0260	0.95	ND	ND	0.0132	ND	0.0414	0.00368	0.0023
D3	表层	24.1	1.7	8.06	28	12.3	6.11	1.11	0.1094	0.1100	0.0079	0.2273	0.2064	0.0004	0.0195	1.64	ND	ND	0.0095	ND	0.0447	0.00020	0.0042
D4	表层	24.0	1.5	8.02	28	10.7	6.11	1.40	0.1154	0.0455	0.0075	0.1684	0.2095	0.0003	0.0161	0.94	ND	ND	0.0122	ND	0.0473	0.00035	0.0022
E1	表层	22.7	1.3	8.06	27	11.7	6.30	1.15	0.1074	0.0942	0.0074	0.209	0.0211	0.0005	0.0309	2.05	ND	ND	0.0087	ND	0.0435	0.00076	0.0023
E2	表层	22.5	1.0	8.01	28	12.5	6.06	1.14	0.0905	0.0408	0.0076	0.1389	0.0204	0.0004	0.0275	0.59	ND	ND	0.0122	ND	0.0435	0.00024	0.0021
E3	表层	23.1	0.9	8.02	28	25.2	6.28	1.34	0.0593	0.0403	0.0074	0.107	0.0153	0.0002	0.0220	1.63	ND	ND	0.0110	ND	0.0400	0.00030	0.0020
E4	表层	22.8	0.6	8.05	27	23.6	6.09	0.88	0.0789	0.0474	0.0021	0.1284	0.0165	0.0004	0.0202	1.48	ND	ND	0.0082	ND	0.0347	0.00029	0.0020

注：“ND”表示低于检出限，“—”表示未检测该指标。

表 1.2.5-8 海水水质标准指数（二类标准）

监测点位	层次	pH 值	溶解氧	化学需氧量	无机氮	无机磷	硫化物	石油类	铜	铅	锌	镉	总铬	汞	砷
B1	表层	0.68	0.81	0.37	0.33	0.17	0.01	0.57	0.06	0.18	0.31	0.03	0.39	0.02	0.04
C1	表层	0.77	0.77	0.23	0.15	0.16	0.01	0.51	0.06	0.18	0.26	0.03	0.39	0.02	0.05
F1	表层	0.71	0.81	0.42	0.38	0.23	0.01	0.71	0.06	0.18	0.28	0.03	0.30	3.45	0.06
F2	表层	0.79	0.80	0.35	0.19	0.11	0.01	0.46	0.06	0.18	0.83	0.03	0.23	1.10	0.06
F2	底层	0.75	0.83	0.37	0.13	0.18	0.01	-	0.06	0.18	0.16	0.03	0.16	2.20	0.05
F3	表层	0.81	0.83	0.37	0.27	0.27	0.01	0.61	0.06	0.18	0.27	0.03	0.72	1.15	0.05
F4	表层	0.85	0.82	0.51	0.27	0.05	0.01	0.59	0.06	0.18	0.22	0.03	0.33	1.50	0.05
D1	表层	0.73	0.80	0.40	1.22	0.79	0.00	0.63	0.06	0.18	0.09	0.03	0.36	1.35	0.06
D2	表层	0.72	0.78	0.30	0.64	0.39	0.01	0.52	0.06	0.18	0.26	0.03	0.41	18.40	0.08
D3	表层	0.71	0.82	0.37	0.76	6.88	0.01	0.39	0.06	0.18	0.19	0.03	0.45	1.00	0.14
D4	表层	0.68	0.82	0.47	0.56	6.98	0.01	0.32	0.06	0.18	0.24	0.03	0.47	1.75	0.07
E1	表层	0.71	0.79	0.38	0.70	0.70	0.01	0.62	0.06	0.18	0.17	0.03	0.44	3.80	0.08
E2	表层	0.67	0.83	0.38	0.46	0.68	0.01	0.55	0.06	0.18	0.24	0.03	0.44	1.20	0.07
E3	表层	0.68	0.80	0.45	0.36	0.51	0.00	0.44	0.06	0.18	0.22	0.03	0.40	1.50	0.07
E4	表层	0.70	0.82	0.29	0.43	0.55	0.01	0.40	0.06	0.18	0.16	0.03	0.35	1.45	0.07
超标率%		0.00	0.00	0.00	6.7%	13.3%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.0%	0.00

注：“ND”的标准指数以检出限的一半进行计算，“—”表示未检测该指标。

1.2.6 海洋沉积物质量现状调查与评价

本节引用《湛江新寮海域春季海洋环境现状调查》（广东增源检测技术有限公司，2021 年 8 月）（GZH21032404402-01），由广东增源检测技术有限公司于 2021 年 3 月在项目附近海域开展的春季海洋沉积物环境现状调查数据。具体站位详见 1.2.5.1 节。同时委托广州海兰图检测技术有限公司于 2021 年补充沉积物监测，调查站位详见表 1.2.5-2 和图 1.2.5-2。

1.2.6.1 调查项目

沉积物调查项目包括含水率、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、有机碳、硫化物、石油类。

1.2.6.2 分析方法

样品采集和保存按照《海洋监测规范 第 3 部分：样品采集、贮存与运输》（GB 17378.3-2007）进行，各项目的分析方法如表 1.2.6-1。

表 1.2.6-1 分析方法及使用仪器一览表

监测项目	分析方法	检测依据	设备名称	检出限
含水率	重量法	GB 17378.5-2007 (19)	梅特勒-托利多电子 分析天平 AL-104	0.1%
有机碳	重铬酸钾氧化-还原 容量法	GB 17378.5-2007 (18.1)	滴定管	0.01%
硫化物	亚甲基蓝分光光度 法	GB 17378.5-2007 (17.1)	紫外可见分光光度 计 UV-8000	0.20mg/kg
石油类	紫外分光光度法	GB 17378.5-2007 (13.2)	紫外可见分光光度 计 UV-8000	1.0mg/kg
铜	火焰原子吸收分光 光度法	GB 17378.5-2007 (6.2)	石墨炉原子吸收分 光光度计 Varian220z	2.0mg/kg
铅	无火焰原子吸收分 光光度法	GB 17378.5-2007 (7.1)	原子吸收分光光度 计 AA-6300CF	1.0mg/kg
锌	火焰原子吸收分光 光度法	GB 17378.5-2007 (9.1)	石墨炉原子吸收分 光光度计 Varian220z	6.0mg/kg
镉	无火焰原子吸收分 光光度法	GB 17378.5-2007 (8.1)	原子吸收分光光度 计 AA-6300CF	0.04mg/kg
铬	无火焰原子吸收分 光光度法	GB 17378.5-2007 (10.1)	原子吸收分光光度 计 AA-6300CF	2.0mg/kg

监测项目	分析方法	检测依据	设备名称	检出限
汞	原子荧光法	GB 17378.5-2007 (5.1)	原子荧光光度计 AFS-2000 型	0.002mg/kg
砷	原子荧光法	GB 17378.5-2007 (11.1)	原子荧光光度计 AFS-2000 型	0.06mg/kg

1.2.6.3 评价方法及评价标准

沉积物质量评价采用单项指数法。

沉积物质量评价执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中的第一类质量标准。

1.2.6.4 海洋沉积物现状调查和评价结果

(1) 调查结果

2021 年 3 月沉积物调查结果见表 1.2.6-2。

2021 年 9 月沉积物调查结果见表 1.2.6-3。

表 1.2.6-2 2021 年 3 月沉积物调查结果

监测 点位	检测因子/浓度 (mg/kg)										
	含水率 (%)	有机碳 (%)	硫化 物	石油 类	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
C1	20.7	0.10	0.46	1.2	2.0	14.8	28.3	0.13	20.4	0.057	2.05
F1	46.0	0.10	62.7	5.6	9.0	24.7	69.2	0.08	32.1	0.088	10.6
F2	21.2	0.33	0.53	5.2	ND	21.6	43.2	0.05	22.5	0.072	5.72
F4	18.5	0.06	1.18	4.3	ND	12.2	38.6	0.06	21.2	0.057	2.84
D2	54.2	0.91	108.5	24.1	16.8	31.8	77.9	0.06	42.8	0.124	11.0
D4	39.5	0.56	48.5	26.6	11.2	27.1	72.0	0.08	45.9	0.095	9.44
E1	35.4	0.42	17.4	25.2	11.8	33.0	75.2	0.09	32.1	0.076	10.4
E3	39.9	0.43	45.5	59.3	5.9	15.3	53.0	0.24	31.3	0.059	9.23

注：“ND”表示低于检出限。

表 1.2.6-3 2021 年 9 月沉积物调查结果

站 位	风干 样含 水率	湿样 含水 率	有机 碳	石 油 类	硫化 物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
	(%)			(mg/kg)								
T1	0.22	19.15	0.34	3.5	1.8	4.2	9.5	0.05	16.8	23.2	0.004	2.61
T3	0.78	49.44	9.22	11.3	323	34.3	30.4	0.09	94.1	49.3	0.058	16.1
T5	0.32	17.27	0.45	3.8	1.3	6.0	13.4	0.05	18.3	44.4	0.008	3.28

(2) 评价结果

①2021 年 3 月

沉积物标准指数见表 1.2.6-4。

根据评价结果显示，项目所有调查站位监测项目均符合第一类海洋沉积物质量标准限值，说明调查海域海洋沉积物总体质量环境良好。

表 1.2.6-4 2021 年 3 月沉积物标准指数表

监测 点位	有机 碳	硫化物	石油 类	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
C1	0.05	0.00	0.00	0.06	0.25	0.19	0.26	0.26	0.29	0.10
F1	0.05	0.21	0.01	0.26	0.41	0.46	0.16	0.40	0.44	0.53
F2	0.17	0.00	0.01	0.03	0.36	0.29	0.10	0.28	0.36	0.29
F4	0.03	0.00	0.01	0.03	0.20	0.26	0.12	0.27	0.29	0.14
D2	0.46	0.36	0.05	0.48	0.53	0.52	0.12	0.54	0.62	0.55
D4	0.28	0.16	0.05	0.32	0.45	0.48	0.16	0.57	0.48	0.47
E1	0.21	0.06	0.05	0.34	0.55	0.50	0.18	0.40	0.38	0.52
E3	0.22	0.15	0.12	0.17	0.26	0.35	0.48	0.39	0.30	0.46
超标 率%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：“ND”的标准指数以检出限的一半进行计算。

②2021 年 9 月

沉积物标准指数见表 1.2.6-5。

根据评价结果显示，T1 和 T5 站位的监测项目均符合第一类海洋沉积物质量标准限值。T3 站位仅有机碳和硫化物超过第一类海洋沉积物质量标准，其中有机碳超过第三类海洋沉积物质量标准，硫化物符合第二类海洋沉积物质量标准。

根据朱耀军等主编的《湛江高桥红树林沉积物理化性质与金属元素的空间分布[J]》(北京林业大学学报,2014,36(2): 1-9)可知，中国红树林区域有机碳含量范围为 0.12~14.55%。通过监测结果，项目所在区域土壤的有机碳含量均在 0.12~14.55%之间。根据林慧娜等主编的《中国主要红树林湿地沉积物中硫的分布特征及影响因素[J]》(海洋科学,2009,33(12):79-82)可知，有机质是影响沉积物中硫分布的重要因子，沉积物中全硫含量和有机质含量呈极显著线性相关。红树林在生长过程中，不断吸收海水和土壤中的硫酸根，并在体内累积，使红树植物中硫含量比较高，每年有大量高硫含量的红树凋落物进入沉积物，其体内的硫会随大量枯枝落叶归还土壤，使土壤中硫含量大大增加。

表 1.2.6-5 2021 年月沉积物标准指数表

站位	有机碳	石油类	硫化物	铜	铅	镉	锌	铬	总汞	砷
T1	0.17	0.01	0.01	0.12	0.12	0.10	0.11	0.29	0.02	0.13
T3	4.61	0.02	1.08	0.98	0.38	0.18	0.63	0.62	0.29	0.81
T5	0.23	0.01	0.00	0.17	0.17	0.10	0.12	0.56	0.04	0.16

1.2.7 海洋生物质量现状调查与评价结果

本节引用《湛江新寮海域春季海洋环境现状调查》（深圳中喆海洋科技有限公司，2021 年 8 月）（ZZ210715001），由广州恒乐生态环境科技有限公司于 2021 年 3 月进行采样，委托深圳中喆海洋科技有限公司进行检测的春季海洋生物质量现状调查数据。具体站位详见 1.2.5.1 节。同时引用《新寮岛附近海域海洋生态环境调查》（深圳中喆海洋科技有限公司，2021 年 11 月）（ZZ211103001），由广州恒乐生态环境科技有限公司于 2021 年 10 月进行贝类的采样，委托深圳中喆海洋科技有限公司进行检测的贝类检测数据。

1.2.7.1 调查项目

生物质量调查项目包括铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷、石油烃和干湿比。

1.2.7.2 分析方法

各项目的分析方法如表 1.2.7-1。

表 1.2.7-1 分析方法及使用仪器一览表

检测项目	检测方法/依据	分析仪器	检出限
铜	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 无火焰原子吸收分光光度法（连续测定铜、铅和镉） 6.1	iCE-3400 石墨炉原子吸收分光光度计	0.4mg/kg
铅	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 无火焰原子吸收分光光度法 7.1	iCE-3400 石墨炉原子吸收分光光度计	0.04mg/kg
锌	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 火焰原子吸收分光光度法 9.1	iCE-3300 原子吸收分光光度计	0.4mg/kg
镉	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 无火焰原子吸收分光光度法 8.1	iCE-3400 石墨炉原子吸收分光光度计	0.005mg/kg
铬	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 无火焰原子吸收分光光度法 10.2	iCE-3400 石墨炉原子吸收分光光度计	0.04mg/kg

检测项目	检测方法/依据	分析仪器	检出限
汞	《海洋监测规范》第6部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 原子荧光法 5.1	AFS-8220 原子 荧光光度计	0.002mg/kg
砷	《海洋监测规范》第6部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 原子荧光法 11.1	AFS-8220 原子 荧光光度计	0.2mg/kg
石油烃	《海洋监测规范》第6部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 荧光分光光度法 13	F96pro 荧光分 光光度计	0.2mg/kg

1.2.7.3 评价方法及评价标准

贝类执行《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中第一类标准。鱼类、甲壳类生物质量（石油烃除外）的评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的“海洋生物质量评价标准”标准进行评价，石油烃含量采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准进行评价。

表 1.2.7-2 海洋生物评价标准（单位：mg/kg，湿重）

生物类别		铜	铅	镉	锌	总汞	砷	铬	石油烃
贝类	一类	10	0.1	0.2	20	0.05	1.0	0.5	15
	二类	25	2.0	2.0	50	0.10	5.0	2.0	50
	三类	50 (100)	6.0	5.0	100 (500)	0.30	8.0	6.0	80
鱼类		20	2.0	0.6	40	0.3	5.0	1.5	20
甲壳类		100	2.0	2.0	150	0.2	8.0	1.5	/

注：甲壳类无石油烃评价标准。

1.2.7.4 海洋生物质量现状调查与评价结果

生物体中各指标含量详见表 1.2.7-3，评价结果见表 1.2.7-4。

总体来看，春季调查结果显示，各生物体的污染物含量均达到《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》及《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的标准限值要求。贝类生物体中的镉和砷超过《海洋生物质量》（GB 18421-2001）中第一类标准，但符合第二类标准，其余监测指标均符合第一类标准。

表 1.2.7-3a 生物体检测结果（干样）

站号	样品名称	类别	测试项目（单位：mg/kg、干湿比：无量纲）								
			铜	铅	镉	铬	锌	汞	砷	石油烃	干湿比
F4	尖嘴缸	鱼类	0.6	0.10	0.032	0.59	32.7	0.053	1.8	0.6	0.17
F2	哈氏仿对虾	甲壳类	5.1	0.15	0.029	0.58	108.9	0.042	2.8	5.3	0.19
	红线黎明蟹	甲壳类	12.4	0.13	0.779	0.65	138.7	0.254	9.0	13.5	0.16

表 1.2.7-3b 生物体检测结果（湿样）

站号	样品名称	类别	测试项目（单位：mg/kg）							
			铜	铅	镉	铬	锌	汞	砷	石油 烃
F4	尖嘴缸	鱼类	0.1	0.02	0.005	0.10	5.6	0.009	0.3	0.1
F2	哈氏仿对虾	甲壳类	1.0	0.03	0.006	0.11	20.7	0.008	0.5	1.0
	红线黎明蟹	甲壳类	2.0	0.02	0.125	0.10	22.2	0.041	1.4	2.2

表 1.2.7-3c 贝类检测结果（干样）

样品名称	测试项目（单位：mg/kg）							
	铜	铅	镉	铬	锌	汞	砷	石油烃
翡翠贻贝	1.40	0.04	0.29	0.47	10.08	0.02	2.36	1.10

表 1.2.7-4a 海洋生物质量标准指数

站号	样品名称	类别	铜	铅	镉	铬	锌	汞	砷	石油烃
F4	尖嘴缸	鱼类	0.01	0.01	0.01	0.07	0.14	0.03	0.06	0.01
F2	哈氏仿对虾	甲壳类	0.05	0.02	0.00	0.07	0.14	0.04	0.06	/
	红线黎明蟹	甲壳类	0.10	0.01	0.06	0.07	0.15	0.21	0.18	/
超标率%			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 1.2.7-4b 贝类质量标准指数（第一类标准）

样品名称	铜	铅	镉	铬	锌	汞	砷	石油烃
翡翠贻贝	0.14	0.39	1.43	0.93	0.50	0.37	2.36	0.07
超标率%	0.00%	0.00%	100%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0.00%

1.2.8 海洋生态现状调查与评价

本节引用《湛江新寮海域春季海洋环境现状调查》（广州恒乐生态环境科技有限公司，2021 年 8 月）（恒乐检字[2021]第 0326ST-1-2 号），由广州恒乐生态环境科技有限公司于 2021 年 3 月在项目附近海域开展的春季海洋生态环境现状调查数据。具体站位详见 1.2.5.1 节。

1.2.8.1 调查项目

调查项目包括叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮

间带生物。

1.2.8.2 调查方法

(1) 叶绿素 a 与初级生产力

叶绿素 a 用丙酮溶液提取，采用可见分光光度计（722 N）在 664nm 波长下测定吸光度，计算叶绿素 a 的含量。

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：

$$P=C_aQLt/2$$

P —初级生产力（ $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ）；

C_a —表层叶绿素 a 含量（ mg/m^3 ）；

Q —同化系数（ $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl-a}\cdot\text{h})$ ），根据以往调查结果，这里取 3.7；

L —真光层的深度（ m ）； $L = \text{透明度} \times 3$

t —白昼时间（ h ），根据调查时间的季节特点，这里取 12（春季）。

(2) 浮游植物

浮游植物的采样方法是按《海洋监测规范》GB17378.7 近海污染生态调查和生物监测（5）——浮游生物（浮游植物）生态调查的规定进行。使用浅水Ⅲ型浮游生物网垂直拖网采样，样品收集完毕后，加入鲁哥氏液固定，带回实验室进行鉴定分析。

(3) 浮游动物

浮游动物的采样方法是按《海洋监测规范》GB17378.7 近海污染生态调查和生物监测（5）——浮游生物（浮游动物）生态调查的规定进行。使用浅水Ⅰ型浮游生物网采样垂直拖网采样，样品收集完毕后，加入甲醛溶液固定，带回实验室进行鉴定分析。

(4) 大型底栖生物

大型底栖生物采样方法是按《海洋监测规范》GB17378.7 近海污染生态调查和生物监测（6）——大型底栖生物生态调查的规定进行。采样用张口面积为 0.1m^2 的采泥器，每个站采样 3 次。标本处理和分析均按《海洋监测规范》进行。

(5) 潮间带生物

①生物样品的采集方法

定性采样在高、中、低潮区分别采 1 个样品，并尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全。

滩涂定量采样用面积为 25cm×25cm 的定量框，礁石定量采样用面积为 10cm×10cm 的定量框；取样时先将定量框插入滩涂内，观察框内可见的生物和数量，再用铁铲清除挡板外侧的泥沙，拔去定量框，铲取框内样品，若发现底层仍有生物存在，应将采样器再往下压，直至采不到生物为止。将采集的框内样品置于漩涡分选装置或过筛器中淘洗。

对某些生物栖息密度很低的地带，可采用 5m×5m 的面积内计数（个数或洞穴数），并采集其中的部分个体称重，再换算成生物量。

②生物样品处理与保存

采得的所有定性和定量标本，洗净按类分开瓶装或封口塑料袋装，或按大小及个体软硬分装，以防标本损坏。

定量样品，未能及时处理的余渣，拣出可见标本后把余渣另行分装，在双筒解剖镜下挑拣。

按序加入 75%乙醇溶液固定，余渣用 5%甲醛溶液固定。

对受刺激易引起收缩或自切的种类（如刺胞动物、纽形动物），可以先用水合氯醛或乌来糖进行麻醉后再固定；某些多毛类（如沙蚕科、吻沙蚕科），先用淡水麻醉，挤出吻部，再用 75%乙醇溶液固定；对于大型海藻，除用 5%甲醛溶液固定外，最好带回一些完整的新鲜藻体，制作腊叶标本。

1.2.8.3 评价方法

采用能反映生物群落特征的指数，优势度（Y）、多样性指数（H'）、均匀度（J）对浮游植物、浮游动物、大型底栖生物以及潮间带生物的群落结构特征进行分析。计算公式如下：

优势度（Y）：

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

Shannon-Wiener 多样性指数：

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

Pielou 均匀度指数:

$$J = H' / H_{\max}$$

式中, n_i : 第 i 种的个体数量 (ind/m^3); N : 某站总生物数量 (ind/m^3); f_i : 某种生物的出现频率 (%); S : 出现生物总种数; $P_i = n_i/N$; $H_{\max} = \log_2 S$, 为最大多样性指数。

1.2.8.4 海洋生态现状调查结果

(1) 叶绿素 a 与初级生产力

① 叶绿素 a

该海域 8 个调查站位表层水体叶绿素 a 平均含量为 $1.05\text{mg}/\text{m}^3$, 变化范围在 $0.12\sim 2.05\text{mg}/\text{m}^3$ 之间; 最高值出现在 E1 号站, 为 $2.05\text{mg}/\text{m}^3$; 其次是 E3 号站, 其表层水体叶绿素 a 含量为 $1.63\text{mg}/\text{m}^3$; C1 号站表层水体叶绿素 a 含量最低, 为 $0.12\text{mg}/\text{m}^3$; 其余站位叶绿素 a 介于 $0.81\sim 1.03\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。调查海域的叶绿素含量整体水平偏低。影响水体叶绿素 a 分布的因子较多, 如非生物因子 (潮汐、透明度、浊度、水深、盐度、无机营养盐等) 和生物因子 (浮游植物密度、浮游动物的摄食和海洋病毒的侵染等) 只有深入测定各因子的参数, 才能探讨其与叶绿素 a 含量分布状况之间的相关关系。

② 初级生产力

根据水体透明度和表层叶绿素 a 含量估算得到的海区表层水体初级生产力范围在 $7.99\sim 177.49\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间, 平均值为 $87.48\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$; 其中以 E1 号站最高, 为 $177.49\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$; 其次是 E3 号站其初级生产力为 $97.70\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$; C1 号站最低, 仅为 $7.99\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$; 其余站位初级生产力介于 $55.28\sim 97.10\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间。初级生产力反映出单位时间和单位面积内浮游植物的生产水平, 受到光、温度、辐射、营养盐、浮游植物等多种生态因子的综合影响。

表 1.2.8-1 调查海域叶绿素 a 和初级生产力分布情况

调查站位	叶绿素浓度 (mg/m^3)	透明度 (m)	初级生产力 ($\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)
C1	0.12	1.0	7.99
D2	0.95	1.5	94.91

调查站位	叶绿素浓度 (mg/m ³)	透明度 (m)	初级生产力 (mgC/m ² ·d)
D4	0.94	1.5	93.91
E1	2.05	1.3	177.49
E3	1.63	0.9	97.70
F1	0.83	1.0	55.28
F2	1.03	1.1	75.46
F4	0.81	1.8	97.10
平均值	1.05	1.3	87.48

(2) 浮游植物

① 种类组成

本次生态调查在调查海域共鉴定出浮游植物 90 种，隶属于 3 大门类；其中以硅藻门为主，共 76 种，占总种数的 84.45%；甲藻门有 13 种，占总种数的 14.44%；金藻门有 1 种，占总种数的 1.11%。

本次调查浮游植物种类空间分布如图所示，总体看来，浮游植物在各站位空间分布较不均匀。其中 F4 号站浮游植物种类数最多，有 46 种；其次是 C1 号站和 F2 号站其浮游植物种类数均有 45 种；E3 号站最少，有 20 种；其余站位浮游植物种类数介于 21~41 种之间。

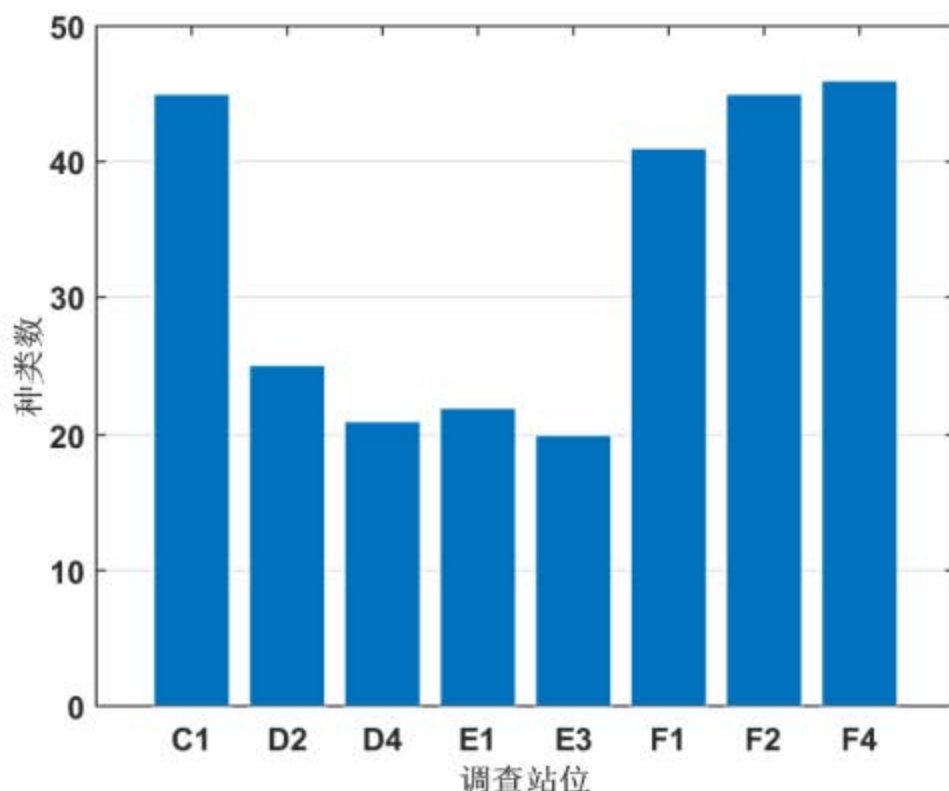


图 1.2.8-1 调查海域浮游植物种类数空间分布

②数量分布

本次调查浮游植物密度空间分布如图（1.2.8-2）和表（1.2.8-2）所示，调查海域的浮游植物平均密度为 $1861.73 \times 10^3 \text{cells/m}^3$ ，各站位浮游植物密度处于 $50.58 \sim 7297.27 \times 10^3 \text{cells/m}^3$ 之间，各站位间浮游植物密度分布不均匀；其中 F4 号站浮游植物的密度最高，达 $7297.27 \times 10^3 \text{cells/m}^3$ ；其次是 C1 号站，其浮游植物密度为 $5075.00 \times 10^3 \text{cells/m}^3$ ；E1 号站浮游植物密度最低，仅为 $50.58 \times 10^3 \text{cells/m}^3$ ；其余站位浮游植物密度介于 $73.25 \sim 996.65 \times 10^3 \text{cells/m}^3$ 。

表 1.2.8-2 调查海域浮游植物密度分布表

调查站位	密度 ($\times 10^3 \text{cells/m}^3$)
C1	5075.00
D2	169.20
D4	996.65
E1	50.58
E3	73.25
F1	551.89
F2	680.00
F4	7297.27
平均值	1861.73

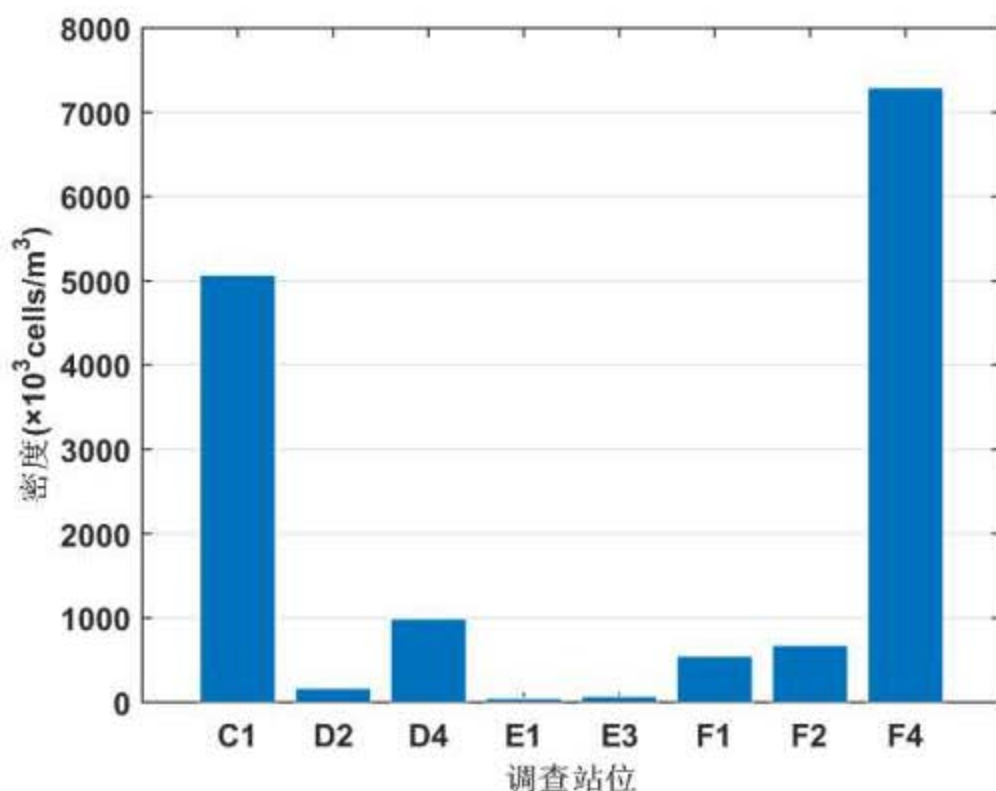


图 1.2.8-2 调查海域浮游植物密度分布图

③优势种及栖息密度分布

按照优势度 $Y \geq 0.02$ 来确定本次调查海域浮游植物优势种有 4 个，分别是：拟菱形藻属 *Pseudo-nitzschia* sp. 短角弯角藻 *Eucampia zoodiacus*、桥弯形鞍链藻 *Campylosira cymbelliformis*、透明辐杆藻 *Bacteriastrum hyalinum*；其中拟菱形藻属优势度最高，达 0.208；其次是短角弯角藻，为 0.130。

表 1.2.8-3 调查海域浮游植物优势种及栖息密度分布 (×10³ cells/m³)

调查站位	拟菱形藻属	桥弯形鞍链藻	短角弯角藻	透明辐杆藻
C1	1650.00	300.00	150.00	893.75
D2	0.00	13.46	1.92	1.92
D4	23.33	0.00	0.00	6.67
E1	5.79	0.00	0.00	0.53
E3	2.19	0.00	0.00	0.00
F1	148.08	13.46	21.15	0.00
F2	190.00	106.00	89.00	15.00
F4	1516.67	916.67	2836.11	166.67
平均值	442.01	168.70	387.27	135.57
优势度	0.208	0.057	0.130	0.055

④多样性水平

调查海域浮游植物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 和 Pielou 均匀度指数 (J) 如表所示。Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围处于 2.84~4.05 之间, 平均值为 3.49; 多样性指数最高出现在 F1 号站, 值为 4.05; 最低值为 D4 号站, 其值为 2.84。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.57~0.81 之间, 平均值为 0.71; 最高值出现在 D2 号站, 为 0.81; F4 号站均匀度最低, 仅为 0.57。

表 1.2.8-4 调查海域浮游植物多样性水平

调查站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
C1	45	3.80	0.69
D2	25	3.76	0.81
D4	21	2.84	0.65
E1	22	3.38	0.76
E3	20	3.38	0.78
F1	41	4.05	0.76
F2	45	3.58	0.65
F4	46	3.16	0.57
平均值	33	3.49	0.71

⑤综合评价

浮游植物是测量水质的指示生物, 其丰富程度和群落组成结构的变化直接影响水体质量状况。本次调查浮游植物调查结果显示, 调查海域内浮游植物种类 90 种, 种群以硅藻门为主要构成类群, 其占比达到 84.45%, 甲藻门占比为 14.44%, 金藻门占比为 1.11%; 调查海域的浮游植物平均密度为 $1861.73 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 空间分布不均匀; 调查海域浮游植物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围处于 2.84~4.05 之间, 平均值为 3.49; Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.57~0.81 之间, 平均值为 0.71。从种类组成特征来看, 调查海域内优势种有 4 种, 均为常见优势种: 拟菱形藻属 *Pseudo-nitzschia* sp. 短角弯角藻 *Eucampia zoodiacus*、桥弯形鞍链藻 *Campylosira cymbelliformis*、透明辐杆藻 *Bacteriastrum hyalinum*。

(3) 浮游动物

①种类组成

经鉴定, 本次调查海域发现浮游动物由 9 大类群组成, 共计 34 种。其中浮游幼体的种数最多, 共有 11 种, 占总种数的 32.36%; 桡足类有 10 种, 占总种数的 29.41%; 刺胞动物有 4 种, 占总种数的 11.77%; 枝角类、毛颚类和被囊类

均有 2 种，各占总种数的 5.88%；十足类、原生动物和端足类均有 1 种，各占总种数的 2.94%。

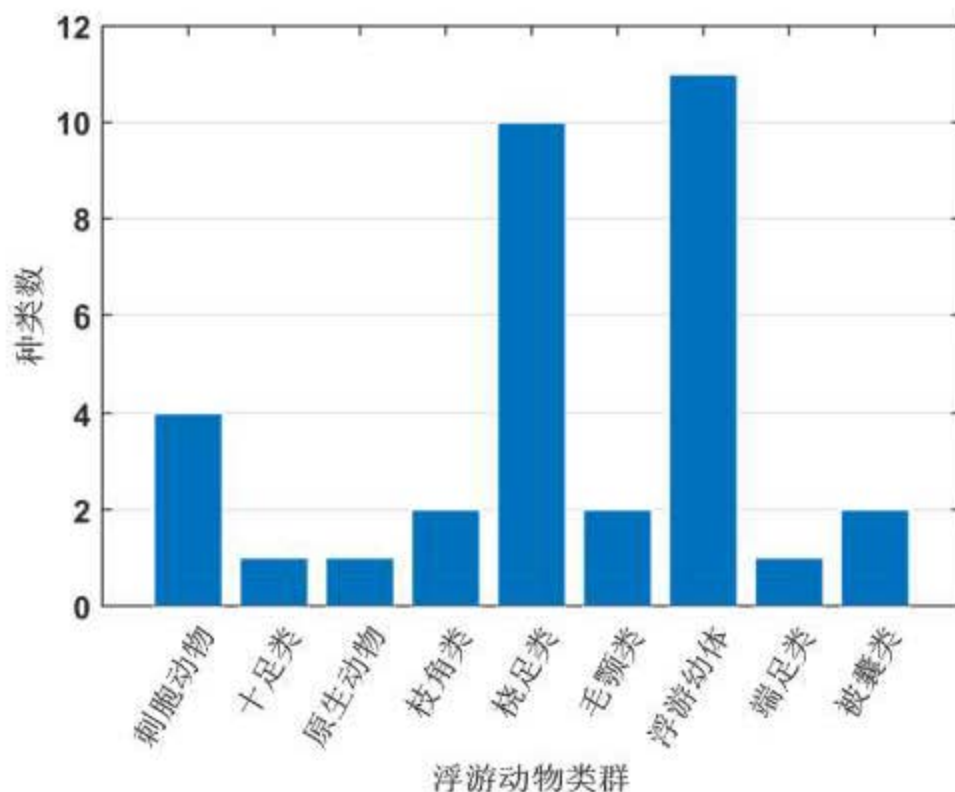


图 1.2.8-3 调查海域浮游动物类群组成情况

浮游动物种类的空间分布如图所示。其中 F2 号站和 F4 号站浮游动物种类数最多，均有 18 种；其次是 F1 号站其浮游动物种类数有 17 种；D2 号站最少，有 8 种；其余站位浮游动物种类数介于 9~16 种之间；可见调查海域内浮游动物种类空间分布较不均匀。

从图中可以看出，在本次调查中桡足类和浮游幼体出现率最高，均为 100%；端足类出现率为 75.00%；枝角类和被囊类出现率均为 62.50%；原生动物出现率为 50.00%；刺胞动物出现率为 37.50%；毛颚类出现率为 25.00%；十足类出现率为 12.50%。

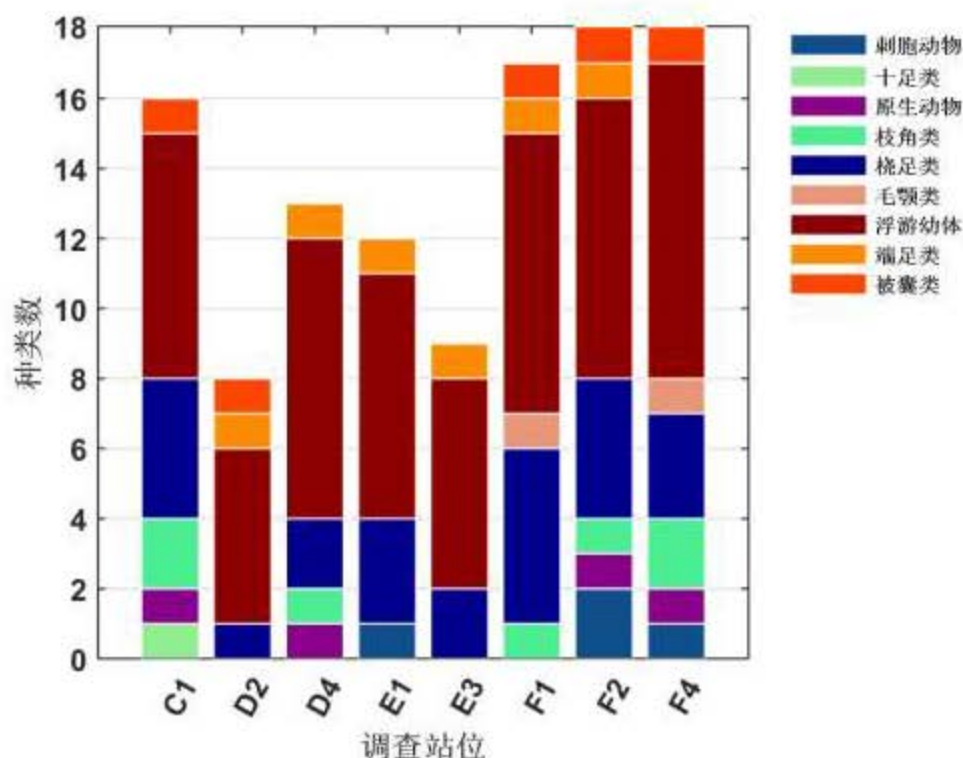


图 1.2.8-4 调查海域浮游动物各类群种类数的空间分布

②数量分布

本次调查海域范围浮游动物密度分布如表 1.2.8-5 所示，各站位浮游动物平均密度为 $62161.77 \text{ ind./m}^3$ ；最大浮游动物密度出现在 C1 号站，其值为 $461468.75 \text{ ind./m}^3$ ；其次是 F1 号站，其值为 $14026.91 \text{ ind./m}^3$ ；E3 号站浮游动物密度最低，仅为 86.84 ind./m^3 ；其余站位浮游动物密度介于 $673.33 \sim 10348.16 \text{ ind./m}^3$ 之间；可见调查海域内浮游动物密度空间分布不均匀。

本次调查浮游动物平均密度为 $62161.77 \text{ ind./m}^3$ ，枝角类类群是调查海域内浮游动物主要构成类群；其中枝角类平均密度为 $49968.31 \text{ ind./m}^3$ ，占浮游动物平均密度的 80.38%；原生动物平均密度为 6485.59 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度的 10.43%；浮游幼体平均密度为 4203.93 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度的 6.76%；桡足类平均密度为 1261.73 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度的 2.03%；被囊类平均密度为 156.41 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度的 0.25%；端足类平均密度为 74.83 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度的 0.12%；十足类平均密度为 8.59 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度的 0.01%；刺胞动物平均密度为 1.19 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度 $<0.01\%$ ；毛颚类平均密度为 1.18 ind./m^3 ，占浮游动物平均密度 $<0.01\%$ 。

表 1.2.8-5 调查海域浮游动物各类群栖息密度的空间分布 (单位: 个/m³)

调查站位	刺胞动物	十足类	原生动物	枝角类	桡足类	毛颚类	浮游幼体	端足类	被囊类	总计
C1	0.00	68.75	47812.50	382500.00	6562.50	0.00	23587.50	0.00	937.50	461468.75
D2	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	538.45	101.92	1.92	692.29
D4	0.00	0.00	50.00	20.00	10.00	0.00	573.33	20.00	0.00	673.33
E1	5.26	0.00	0.00	0.00	60.52	0.00	1402.62	28.95	0.00	1497.35
E3	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	0.00	71.05	13.16	0.00	86.84
F1	0.00	0.00	0.00	5865.38	2596.15	3.85	5080.76	384.62	96.15	14026.91
F2	1.50	0.00	3050.00	4000.00	650.00	0.00	649.00	50.00	100.00	8500.50
F4	2.78	0.00	972.22	7361.11	162.04	5.56	1728.71	0.00	115.74	10348.16
平均值	1.19	8.59	6485.59	49968.31	1261.73	1.18	4203.93	74.83	156.41	62161.77

浮游动物生物量空间分布如图 1.2.8-5、表 1.2.8-6 所示，全部 8 个站位平均生物量为 $1468.768\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围为 $9.649\sim 9462.500\text{mg}/\text{m}^3$ ，可见浮游动物生物量空间分布不均匀。其中 C1 站位生物量最高，为 $9462.500\text{mg}/\text{m}^3$ ；其次是 F1 站位其值为 $850.000\text{mg}/\text{m}^3$ ；E3 站位生物量最低，仅为 $9.649\text{mg}/\text{m}^3$ ；其余站位生物量介于 $40.385\sim 709.259\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

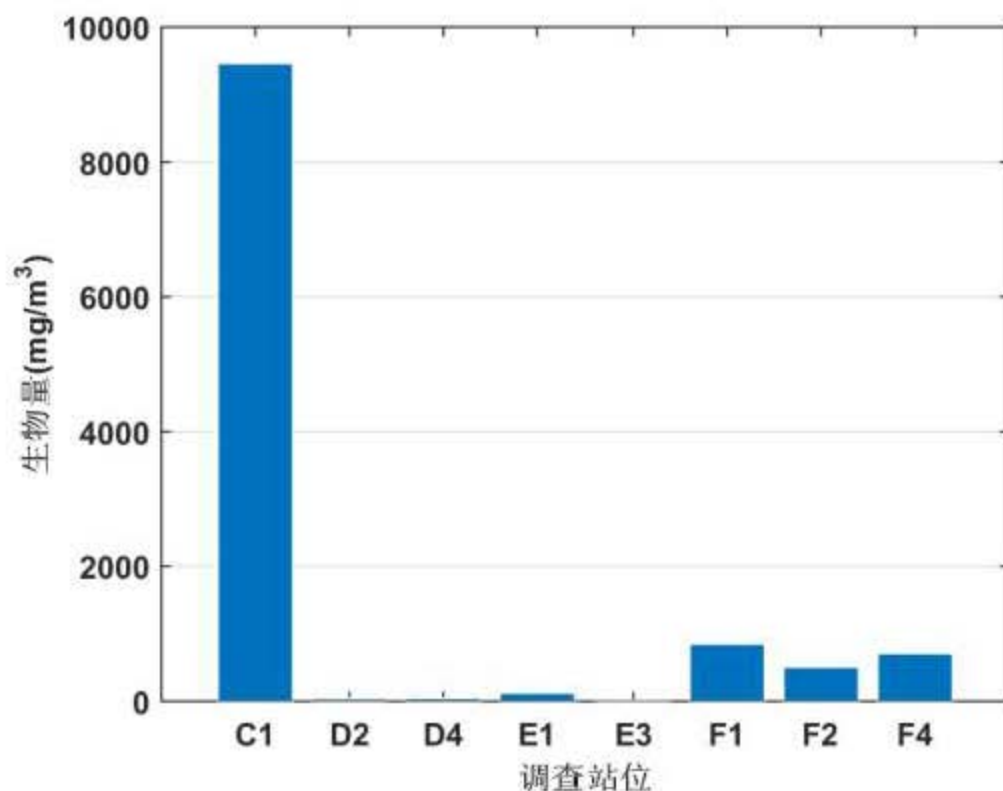


图 1.2.8-5 调查海域浮游动物生物量的空间分布

表 1.2.8-6 调查海域浮游动物生物量的空间分布（单位： mg/m^3 ）

站位	生物量
C1	9462.500
D2	40.385
D4	46.667
E1	123.684
E3	9.649
F1	850.000
F2	508.000
F4	709.259
平均值	1468.768

③优势种类及其数量分布

按照优势度 $Y \geq 0.02$ 来确定本次调查的浮游动物优势种类，共得出 2 种种类，

分别是：鸟喙尖头蚤 *Penilia avirostris*、夜光虫 *Noctiluca scintillans*；鸟喙尖头蚤优势度最高,达 0.497；其次是夜光虫，为 0.052。

表 1.2.8-7 调查海域浮游动物优势种类及数量的空间分布（单位：/m³）

调查站位	夜光虫	鸟喙尖头蚤
C1	47812.50	378750.00
D2	0.00	0.00
D4	50.00	20.00
E1	0.00	0.00
E3	0.00	0.00
F1	0.00	5865.38
F2	3050.00	4000.00
F4	972.22	7129.63
平均值	6485.59	49470.63
优势度	0.052	0.497

④多样性水平

该海域浮游动物种类多样性水平计算结果见表 1.2.8-8，调查海域浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 变化范围在 0.91~2.74 之间，平均值为 1.69；多样性指数最高出现在 F1 号站，值为 2.74；最低值为 E1 号站，其值为 0.91。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.25~0.67 之间，平均值为 0.45；最高值出现在 F1 号站，为 0.67；E1 号站均匀度最低，仅为 0.25。

表 1.2.8-8 调查海域浮游动物多样性水平

调查站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
C1	16	1.10	0.27
D2	8	1.24	0.41
D4	13	1.91	0.52
E1	12	0.91	0.25
E3	9	1.82	0.58
F1	17	2.74	0.67
F2	18	2.08	0.50
F4	18	1.71	0.41
平均值	14	1.69	0.45

⑤综合评价

浮游动物群落变化与环境因素密切相关，作为一项重要指标反映环境特征；同时作为主要的鱼类饲料，对海洋渔业具有重要意义。本次浮游动物调查结果显示，调查海域内浮游动物种类 34 种，调查海域浮游动物平均密度和生物量分别为 62161.77ind./m³ 和 1468.768mg./m³；调查海域浮游动物 Shannon-Wiener 多样

性指数 (H') 变化范围在 0.91~2.74 之间, 平均值为 1.69; Pielou 均匀度指数 (J') 变化范围在 0.25~0.67 之间, 平均值为 0.45。从种类组成特征来看, 调查海域内优势种有 2 种, 分别是: 鸟喙尖头蚤 *Penilia avirostris*、夜光虫 *Noctiluca scintillans*。

(4) 大型底栖生物

① 种类组成

本次调查出现大型底栖生物有 4 大类群组成, 共计 28 种。其中环节动物的种数最多, 共有 15 种, 占总种数的 53.57%; 节肢动物有 8 种, 占总种数的 28.57%; 软体动物有 4 种, 占总种数的 14.29%; 脊索动物有 1 种, 占总种数的 3.57%。

本次调查海域内大型底栖生物类群种数及空间分布情况如图 1.2.8-6 所示。其中 E1 号站大型底栖生物种类数最多, 有 9 种; 其次是 D4 号站其大型底栖生物种类数有 7 种; C1 号站、F1 号站和 F2 号站最少, 均有 2 种; 其余站位大型底栖生物种类数介于 4~5 种之间;

从图中可以看出, 在本次调查中环节动物出现率最高, 为 75.00%; 节肢动物出现率为 50.00%; 软体动物出现率为 25.00%; 脊索动物出现率为 12.50%。

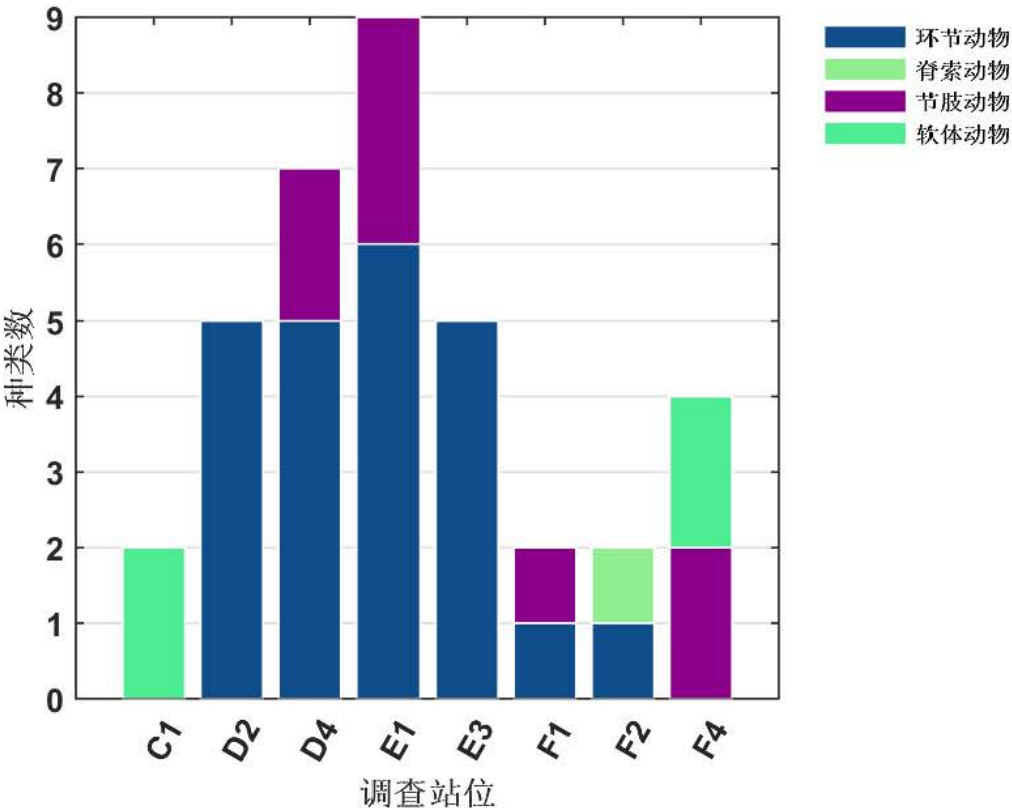


图 1.2.8-6 调查海域大型底栖生物种类组成的空间分布

② 数量分布

本次调查海域内大型底栖生物栖息密度范围为 6.66~49.99ind./m²，平均栖息密度为 24.58ind./m²；其中 E1 号站底栖生物栖息密度最高，为 49.99ind./m²；其次是 D4 号站，其底栖生物栖息密度为 43.33ind./m²；底栖生物栖息密度最低的是 F1 号站和 F2 号站，均为 6.66ind./m²；其余站位栖息密度介于 16.65~26.67ind./m² 之间。

在大型底栖生物各类群的数量组成中，各调查站位中以环节动物类群栖息密度最大，平均栖息密度为 15.00ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 61.02%，变化范围介于 0~40.00ind./m² 之间；软体动物平均栖息密度为 5.00ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 20.35%，变化范围介于 0~26.67ind./m² 之间；节肢动物平均栖息密度为 4.16ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 16.94%，变化范围介于 0~13.33ind./m² 之间；脊索动物平均栖息密度为 0.42ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 1.69%，变化范围介于 0~3.33ind./m² 之间。

表 1.2.8-9 调查海域大型底栖生物各类群数量的空间分布（单位：/m²）

调查站位	环节动物	脊索动物	节肢动物	软体动物	总计
C1	0.00	0.00	0.00	26.67	26.67
D2	19.99	0.00	0.00	0.00	19.99
D4	36.67	0.00	6.66	0.00	43.33
E1	40.00	0.00	9.99	0.00	49.99
E3	16.65	0.00	0.00	0.00	16.65
F1	3.33	0.00	3.33	0.00	6.66
F2	3.33	3.33	0.00	0.00	6.66
F4	0.00	0.00	13.33	13.34	26.67
平均值	15.00	0.42	4.16	5.00	24.58

本次调查海域内，各调查站位大型底栖生物生物量分布如表 1.2.8-10 所示，变化范围为 0.010~15.634g/m²，平均生物量为 3.480g/m²。其中 F4 号站底栖生物生物量最高，为 15.634g/m²；其次是 E1 号站，其生物量为 8.793g/m²；底栖生物生物量最低的是 F1 号站，仅为 0.010g/m²；其余站位生物量介于 0.104~2.010g/m² 之间。

在本次调查中，节肢动物类群平均生物量最高，为 1.966g/m²，占总生物量的 56.48%；其次是环节动物类群，其平均生物量为 1.265g/m²，占总生物量的 36.33%；软体动物类群平均生物量为 0.244g/m²，占总生物量的 7.00%；平均生物量最低的是脊索动物类群，为 0.006g/m²，占总生物量的 0.18%。

表 1.2.8-10 调查海域大型底栖生物各类群生物量的空间分布（单位：g/m²）

调查站位	环节动物	脊索动物	节肢动物	软体动物	总计
C1	0.000	0.000	0.000	0.946	0.946
D2	0.104	0.000	0.000	0.000	0.104
D4	1.850	0.000	0.160	0.000	2.010
E1	7.863	0.000	0.930	0.000	8.793
E3	0.184	0.000	0.000	0.000	0.184
F1	0.003	0.000	0.007	0.000	0.010
F2	0.113	0.050	0.000	0.000	0.163
F4	0.000	0.000	14.630	1.004	15.634
平均值	1.265	0.006	1.966	0.244	3.480

③优势种类及其数量分布

调查海域大型底栖生物类群以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断依据，本次调查的优势种有 3 种：背蚓虫 *Notomastus latericeus*、角海蛹 *Ophelia acuminata*、昆士兰稚齿虫 *Rrionospio queenslandica*；背蚓虫优势度最高，达 0.044；其次是角海蛹，为 0.038。

表 1.2.8-11 调查海域大型底栖生物优势种数量的空间分布（单位：/m²）

调查站位	昆士兰稚齿虫	背蚓虫	角海蛹
C1	0.00	0.00	0.00
D2	6.67	0.00	3.33
D4	6.67	6.67	13.33
E1	3.33	13.33	0.00
E3	0.00	3.33	3.33
F1	0.00	0.00	0.00
F2	0.00	0.00	0.00
F4	0.00	0.00	0.00
平均值	2.08	2.92	2.50
优势度	0.032	0.044	0.038

④多样性水平

本次调查海域内的大型底栖生物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围在 0.81~2.97 之间，平均值为 1.86；多样性指数最高出现在 E1 号站，值为 2.97；最低值为 C1 号站，其值为 0.81。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.81~1.00 之间，平均值为 0.95；最高值出现在 E3、F1 和 F2 号站，为 1.00；C1 号站均匀度最低，仅为 0.81。

表 1.2.8-12 调查海域大型底栖生物多样性水平

调查站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
C1	2	0.81	0.81
D2	5	2.25	0.97
D4	7	2.62	0.93
E1	9	2.97	0.94
E3	5	2.32	1.00
F1	2	1.00	1.00
F2	2	1.00	1.00
F4	4	1.91	0.95
平均值	5	1.86	0.95

⑤综合评价

大型底栖生物群落是海洋生态系统重要的组成部分,对于环境变化较为敏感,具有较强的季节性变化,作为一项重要指标反映水文、水质和底质变化。本次大型底栖生物调查结果显示,调查海域内大型底栖生物种类 28 种,包含环节动物、节肢动物、软体动物、脊索动物 4 大类群;定量调查海域大型底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 24.58ind./m² 和 3.480g/m²;调查海域内的大型底栖生物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围在 0.81~2.97 之间,平均值为 1.86;Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.81~1.00 之间,平均值为 0.95。从种类组成特征来看,调查海域内优势种有 3 种,均为常见优势种:背蚓虫 *Notomastus latericeus*、角海蛰 *Ophelia acuminata*、昆士兰稚齿虫 *Rrionospio queenslandica*。

(5) 潮间带生物

本次潮间带调查共设置 2 条断面,在该断面的高中低潮带设 3 个站点进行定量及定性样品采集。

①定性潮间带生物的种类组成和空间分布

调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 4 大门类 24 种。经鉴定,节肢动物种类数最多,有 10 种,占总种数的 41.67%;其次是软体动物,有 8 种,占总种数的 33.33%;环节动物有 5 种,占总种数的 20.83%;刺胞动物有 1 种,占总种数的 4.17%。

断面 CJ04 中,发现潮间带生物有 10 种,在断面 CJ05 中,发现潮间带生物有 16 种。

②定量潮间带生物的种类组成和空间分布

调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 3 大门类 18 种。经鉴定,节肢动

物的种数最多，共有 9 种，占总种数的 50.00%；软体动物有 5 种，占总种数的 27.78%；环节动物有 4 种，占总种数的 22.22%。

在断面 CJ04 中，高潮带发现潮间带生物有 6 种，中潮带发现潮间带生物有 2 种，高潮带发现潮间带生物有 5 种；在断面 CJ05 中，高潮带发现潮间带生物有 3 种，中潮带发现潮间带生物有 2 种，高潮带发现潮间带生物有 5 种。

③定量潮间带生物量及栖息密度

a、生物量及栖息密度的组成

调查断面的潮间带生物。潮间带生物平均栖息密度以软体动物居首位，为 32.67ind./m²；其次是节肢动物，其平均栖息密度为 12.00ind./m²；环节动物平均栖息密度最低，为 6.78ind./m²。调查断面的潮间带生物平均生物量以软体动物居首位，为 98.688g/m²；其次是节肢动物，其平均生物量为 9.833g/m²；环节动物平均生物量最低，为 0.055g/m²。

表 1.2.8-13 调查海域潮间带生物量及栖息密度的组成

项目	环节动物	节肢动物	软体动物	总计
栖息密度(ind./m ²)	6.78	12.00	32.67	51.45
生物量(g/m ²)	0.055	9.833	98.688	108.576

b、生物量及栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物栖息密度平均为 51.45ind./m²，生物量平均为 108.576g/m²。在调查断面的水平分布方面，断面 CJ05 的生物栖息密度高于断面 CJ04，为 76.00ind./m²；断面 CJ04 生物栖息密度为 26.89ind./m²。生物量水平分布上，断面 CJ04 高于断面 CJ05，达到 200.310g/m²；断面 CJ05 的生物量为 16.841g/m²。

表 1.2.8-14 调查断面潮间带生物量及栖息密度的水平分布

断面名称	项目	合计	环节动物	节肢动物	软体动物
CJ04	栖息密度(ind./m ²)	26.89	13.56	12.00	1.33
	生物量(g/m ²)	200.310	0.110	19.413	180.787
CJ05	栖息密度(ind./m ²)	76.00	0.00	12.00	64.00
	生物量(g/m ²)	16.841	0.000	0.252	16.589
平均值	栖息密度(ind./m ²)	51.45	6.78	12.00	32.67
	生物量(g/m ²)	108.576	0.055	9.833	98.688

c、生物量及栖息密度的垂直分布

在垂直分布上，潮间带生物的栖息密度表现为低潮带最高，达到 92.00ind./m²；其次是中潮带，为 31.34ind./m²；栖息密度最低的是高潮带，为 31.00ind./m²；大

小顺序为：低潮带>中潮带>高潮带。潮间带生物的生物量表现为低潮带最高，为 304.752g/m²；其次是高潮带，为 14.486g/m²；生物量最低的是中潮带，为 6.489g/m²；大小顺序为：低潮带>中潮带>高潮带。

表 1.2.8-15 调查断面潮间带生物量及栖息密度的垂直分布

潮带名称	项目	合计	环节动物	节肢动物	软体动物
高潮带	栖息密度(ind./m ²)	31.00	9.00	16.00	6.00
	生物量(g/m ²)	14.486	0.039	14.041	0.406
中潮带	栖息密度(ind./m ²)	31.34	7.34	10.00	14.00
	生物量(g/m ²)	6.489	0.119	3.335	3.036
低潮带	栖息密度(ind./m ²)	92.00	4.00	10.00	78.00
	生物量(g/m ²)	304.752	0.008	12.122	292.622

④定量潮间带生物多样性指数

采用 Shannon-Wiener 指数法测定潮间带生物多样性指数，一般认为，正常海域环境该指数值高，污染环境该指数低。

结果显示，两条断面多样性指数 (H') 变化范围为 1.90~2.77 之间，平均值为 2.33。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.63~0.83 之间，平均值为 0.73。

表 1.2.8-16 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

调查站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
CJ04	10	2.77	0.83
CJ05	8	1.90	0.63
平均值	9	2.33	0.73

⑤综合评价

定性调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 4 大门类 24 种。定量调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 3 大门类 18 种。2 条断面的潮间带生物栖息密度平均为 51.45ind./m²，生物量平均为 108.576g/m²。在垂直分布上栖息密度大小顺序为：低潮带>中潮带>高潮带。生物量大小顺序为：低潮带>中潮带>高潮带。多样性指数 (H') 变化范围为 1.90~2.77 之间，平均值为 2.33。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.63~0.83 之间，平均值为 0.73。

1.2.9 渔业资源现状调查与评价

本节引用《湛江新寮海域春季海洋环境现状调查》(广州恒乐生态环境科技有限公司，2021 年 8 月)(恒乐检字[2021]第 0326ST-1-2 号)，由广州恒乐生态环境科技有限公司于 2021 年 3 月在项目附近海域开展的春季海洋渔业资源现状调

查数据。具体站位详见 1.2.5.1 节。

1.2.9.1 调查方法

(1) 鱼类浮游生物

鱼类浮游生物采样方法是按《海洋调查规范》GB/T 12763.6-2007 海洋生物调查(9)——鱼类浮游生物调查的规定进行。鱼卵和仔稚鱼定量的采集采用浅水I型浮游生物网垂直拖网采得;定性样品采用大型浮游生物网水平拖网 10min,船速控制在 2kn;采得鱼卵和仔稚鱼密度分别用粒(尾)/m³表示。

(2) 游泳动物

本次游泳动物调查租用粤湛渔 04153 渔船进行底拖网调查。网具规格:网上纲 15m,网身 15m,网口目 40mm,网囊目 20mm。渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行,调查均于白天进行,每个站位拖网 1 次,每次放网一张,拖时为 1h,拖速为 3kn。

1.2.9.2 评价方法

游泳动物的资源密度的评估根据底拖网扫海面积法(密度指数法),来估算评价区内的游泳动物资源密度,求算公式为 $S = (y) / a (1-E)$,

式中: S —资源密度 (kg/km², /km²);

a —底拖网每小时的扫海面积(扫海宽度取浮纲长度的 2/3);

y —平均渔获率 (kg/h, /h);

E —逃逸率(取 0.5)。

根据渔获物中个体大小悬殊的特点,选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI ,来分析渔获物数量组成中其生态优势种的成分,依此确定优势种。 IRI 计算公式为 $IRI = (N+W) F$,

式中: N —某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比;

式中: W —某一种类的重量占渔获总重量的百分比;

式中: F —某一种类出现的站位数占调查总站位数的百分比。

1.2.9.3 渔业资源现状调查结果

(1) 鱼卵与仔稚鱼

①鱼卵与仔稚鱼定性调查

1) 定性种类组成

鱼卵和仔稚鱼水平拖网调查共捕获鱼卵 2760 粒, 仔稚鱼 427 尾。初步鉴定出 26 种, 鉴定到科的有 12 种, 鉴定到属的有 6 种, 鉴定到种的有 8 种, 存在部分鱼卵无法确定种属。鲈形目的种数有 15 种, 占总种数的 57.69%; 鲱形目有 4 种, 占总种数的 15.38%; 鲻形目和鲹形目均有 2 种, 各占总种数的 7.69%; 银汉鱼目、颌针鱼目和鲉形目均有 1 种, 各占总种数的 3.85%。各调查站位所出现的鱼卵种类数均为 5~9 种, 所出现仔稚鱼种类数在 1~7 之间。

2) 数量分布

调查海域共捕获鱼卵数量 2760 粒, 密度分布范围在 0.021~4.404 粒/m³ 之间, 平均为 1.117 粒/m³。其中 C1 号站鱼卵密度最高, 为 4.404 粒/m³; 其次为 F4 号站, 为 2.343 粒/m³; D4 号站鱼卵密度最低, 为 0.021 粒/m³; 其余站位密度介于 0.093~1.070 粒/m³ 之间。

本次调查所捕获的仔稚鱼数量共 427 尾, 密度分布范围在 0.010~0.875 尾/m³ 之间, 平均为 0.173 尾/m³。其中 C1 号站仔稚鱼密度最高, 为 0.875 尾/m³; 其次为 E1 号站, 为 0.190 尾/m³; D4 号站仔稚鱼密度最低, 为 0.010 尾/m³; 其余站位密度介于 0.016~0.156 尾/m³ 之间。

表 1.2.9-1 调查海域鱼卵和仔稚鱼的空间分布情况

调查站位	鱼卵			仔稚鱼		
	种类数	数量 (粒)	密度 (粒/m ³)	种类数	数量 (尾)	密度 (尾/m ³)
C1	9	1360	4.404	4	270	0.875
D2	5	29	0.093	2	11	0.035
D4	5	7	0.021	1	3	0.010
E1	5	29	0.093	4	59	0.190
E3	5	31	0.101	2	5	0.016
F1	7	251	0.812	3	13	0.042
F2	9	330	1.070	4	18	0.059
F4	9	723	2.343	7	48	0.156
平均值	7	345	1.117	3	53	0.173

3) 鱼卵主要种类及其数量分布

调查鱼卵中数量占优势的种类有石首鱼科 *Sciaenidae* 鱼卵、鲷属 *Leiognathus* sp. 鱼卵、小公鱼属 *Stolephorus* sp. 鱼卵、鲉科 *Scorpaenidae* 鱼卵、舌鲷科

Cynoglossidae 鱼卵和小沙丁鱼属 *Sardinella* sp. 鱼卵。石首鱼科鱼卵平均密度为 0.176 粒/m³，占鱼卵总密度的 15.77%，出现率为 100.00%，优势度为 0.158，其密度变化范围为 0.003~1.053 粒/m³，在 F4 号站最多；鲷属鱼卵平均密度为 0.147 粒/m³，占鱼卵总密度的 13.11%，出现率为 75.00%，优势度为 0.098，其密度变化范围为 0~0.363 粒/m³，在 F2 号站最多；小公鱼属鱼卵平均密度为 0.435 粒/m³，占鱼卵总密度的 38.97%，出现率为 25.00%，优势度为 0.097，其密度变化范围为 0~3.434 粒/m³，在 C1 号站最多；鲈科鱼卵平均密度为 0.074 粒/m³，占鱼卵总密度的 6.66%，出现率为 75.00%，优势度为 0.050，其密度变化范围为 0~0.275 粒/m³，在 F4 号站最多；舌鳎科鱼卵平均密度为 0.034 粒/m³，占鱼卵总密度的 3.01%，出现率为 100.00%，优势度为 0.030，其密度变化范围为 0.003~0.065 粒/m³，在 C1 号站最多；小沙丁鱼属鱼卵平均密度为 0.030 粒/m³，占鱼卵总密度的 2.70%，出现率为 100.00%，优势度为 0.027，其密度变化范围为 0.006~0.081 粒/m³，在 F2 号站最多。

表 1.2.9-2 调查海域鱼卵主要种类及其数量分布

调查站位	鱼卵 (粒/m ³)					
	小公鱼属	小沙丁鱼属	石首鱼科	舌鳎科	鲈科	鲷属
C1	3.434	0.032	0.097	0.065	0.097	0.227
D2	0.000	0.016	0.006	0.036	0.029	0.006
D4	0.000	0.006	0.003	0.003	0.000	0.006
E1	0.000	0.019	0.010	0.032	0.019	0.000
E3	0.000	0.019	0.013	0.010	0.026	0.000
F1	0.000	0.058	0.136	0.055	0.000	0.311
F2	0.000	0.081	0.091	0.019	0.149	0.363
F4	0.049	0.010	1.053	0.049	0.275	0.259
平均值	0.435	0.030	0.176	0.034	0.074	0.147
优势度	0.097	0.027	0.158	0.030	0.050	0.098

4) 仔稚鱼主要种类及其数量分布

调查仔稚鱼中数量占优势的种类有小沙丁鱼属 *Sardinella* sp. 仔稚鱼、白氏银汉鱼 *Allanetta bleekeri* 仔稚鱼、多鳞鱻 *Sillago sihama* 仔稚鱼、细鳞鲷 *Therapon theraps* 仔稚鱼和鰕虎鱼科 *Gobiidae* 仔稚鱼。小沙丁鱼属仔稚鱼平均密度为 0.050 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 29.14%，出现率为 62.50%，优势度为 0.182，其密度变化范围为 0~0.292 尾/m³，在 C1 号站最多；白氏银汉鱼仔稚鱼平均密度为 0.028 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 16.12%，出现率为 50.00%，优势度为 0.081，其密度

变化范围为 0~0.168 尾/m³，在 E1 号站最多；多鳞鱖仔稚鱼平均密度为 0.051 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 29.28%，出现率为 25.00%，优势度为 0.073，其密度变化范围为 0~0.356 尾/m³，在 C1 号站最多；细鳞鲮仔稚鱼平均密度为 0.021 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 12.15%，出现率为 25.00%，优势度为 0.030，其密度变化范围为 0~0.162 尾/m³，在 C1 号站最多；鰕虎鱼科仔稚鱼平均密度为 0.011 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 6.36%，出现率为 37.50%，优势度为 0.024，其密度变化范围为 0~0.065 尾/m³，在 C1 号站最多。

表 1.2.9-3 调查海域仔稚鱼主要种类及其数量分布

调查站位	仔稚鱼 (尾/m ³)				
	多鳞鱖	小沙丁鱼属	白氏银汉鱼	细鳞鲮	鰕虎鱼科
C1	0.356	0.292	0.000	0.162	0.065
D2	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000
D4	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000
E1	0.000	0.003	0.168	0.000	0.000
E3	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000
F1	0.000	0.023	0.000	0.006	0.000
F2	0.000	0.036	0.000	0.000	0.010
F4	0.049	0.049	0.000	0.000	0.013
平均值	0.051	0.050	0.028	0.021	0.011
优势度	0.073	0.182	0.081	0.030	0.024

②鱼卵与仔稚鱼定量调查

1) 定量种类组成

鱼卵和仔稚鱼水平拖网调查共捕获鱼卵 72 粒，仔稚鱼 688 尾。初步鉴定出 18 种。鉴定到科的有 10 种，鉴定到属的有 4 种，鉴定到种的有 4 种，存在部分鱼卵无法确定种属。鲈形目的种数有 9 种，占总种数的 50.00%；鲱形目有 4 种，占总种数的 22.22%；鲹形目有 2 种，占总种数的 11.11%；银汉鱼目、鲷形目和鲈形目均有 1 种，各占总种数的 5.56%。各调查站位所出现的鱼卵种类数均为 0~7 种，所出现仔稚鱼种类数在 1~8 之间。

2) 数量分布

调查海域共捕获鱼卵数量 72 粒，密度分布范围在 0~37.500 粒/m³ 之间，平均为 14.974 粒/m³。其中 C1 号站鱼卵密度最高，为 37.500 粒/m³；其次为 F4 号站，为 36.112 粒/m³；D2 号站鱼卵密度最低，为 1.923 粒/m³；其余站位密度介于 4.500~19.230 粒/m³ 之间；其中 E3 号站未捕获到鱼卵。

本次调查所捕获的仔稚鱼数量共 688 尾,密度分布范围在 1.754~2925.000 尾/m³之间,平均为 403.174 尾/m³。其中 C1 号站仔稚鱼密度最高,为 2925.000 尾/m³;其次为 F1 号站,为 157.692 尾/m³;E3 号站仔稚鱼密度最低,为 1.754 尾/m³;其余站位密度介于 5.769~41.000 尾/m³之间。

表 1.2.9-4 调查海域鱼卵和仔稚鱼的空间分布情况

调查站位	鱼卵			仔稚鱼		
	种类数	数量 (粒)	密度(粒 /m ³)	种类数	数量 (尾)	密度(尾 /m ³)
C1	3	6	37.500	8	468	2925.000
D2	1	1	1.923	1	3	5.769
D4	3	3	9.999	3	11	36.666
E1	2	4	10.527	3	12	31.580
E3	0	0	0.000	1	2	1.754
F1	2	10	19.230	6	82	157.692
F2	3	9	4.500	7	82	41.000
F4	7	39	36.112	4	28	25.927
平均值	3	9	14.974	4	86	403.174

3) 鱼卵主要种类及其数量分布

调查鱼卵中数量占优势的种类有鲷属 *Leiognathus* sp.、鱼卵鲷科 *Scorpaenidae* 鱼卵、石首鱼科 *Sciaenidae* 鱼卵、小公鱼属 *Stolephorus* sp.鱼卵和小沙丁鱼属 *Sardinella* sp.鱼卵。鲷属鱼卵平均密度为 2.652 粒/m³,占鱼卵总密度的 17.71%,出现率为 50.00%,优势度为 0.089,其密度变化范围为 0~11.538 粒/m³,在 F1 号站最多;鲷科鱼卵平均密度为 3.108 粒/m³,占鱼卵总密度的 20.75%,出现率为 37.50%,优势度为 0.078,其密度变化范围为 0~18.750 粒/m³,在 C1 号站最多;石首鱼科鱼卵平均密度为 2.662 粒/m³,占鱼卵总密度的 17.78%,出现率为 37.50%,优势度为 0.067,其密度变化范围为 0~14.815 粒/m³,在 F4 号站最多;小公鱼属鱼卵平均密度为 1.307 粒/m³,占鱼卵总密度的 8.73%,出现率为 37.50%,优势度为 0.033,其密度变化范围为 0~6.250 粒/m³,在 C1 号站最多;小沙丁鱼属鱼卵平均密度为 0.898 粒/m³,占鱼卵总密度的 6.00%,出现率为 50.00%,优势度为 0.030,其密度变化范围为 0~3.333 粒/m³,在 D4 号站最多。

表 1.2.9-5 调查海域鱼卵主要种类及其数量分布

调查站位	鱼卵(粒/m ³)				
	小公鱼属	小沙丁鱼属	石首鱼科	鲷科	鲷属
C1	6.250	0.000	0.000	18.750	6.250

调查站位	鱼卵 (粒/m ³)				
	小公鱼属	小沙丁鱼属	石首鱼科	鲷科	鲷属
D2	0.000	1.923	0.000	0.000	0.000
D4	0.000	3.333	0.000	3.333	0.000
E1	0.000	0.000	2.632	0.000	0.000
E3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F1	0.000	0.000	3.846	0.000	11.538
F2	0.500	1.000	0.000	0.000	2.500
F4	3.704	0.926	14.815	2.778	0.926
平均值	1.307	0.898	2.662	3.108	2.652
优势度	0.033	0.030	0.067	0.078	0.089

4) 仔稚鱼主要种类及其数量分布

调查仔稚鱼中数量占优势的种类有小沙丁鱼属 *Sardinella* sp. 仔稚鱼、白氏银汉鱼 *Allanetta bleekeri* 仔稚鱼和舌鳎科 *Cynoglossidae* 仔稚鱼。小沙丁鱼属仔稚鱼平均密度为 196.535 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 48.75%，出现率为 75.00%，优势度为 0.366，其密度变化范围为 0~1437.500 尾/m³，在 C1 号站最多；白氏银汉鱼仔稚鱼平均密度为 99.599 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 24.70%，出现率为 87.50%，优势度为 0.216，其密度变化范围为 0~700.000 尾/m³，在 C1 号站最多；舌鳎科仔稚鱼平均密度为 26.312 尾/m³，占仔稚鱼总密度的 6.53%，出现率为 50.00%，优势度为 0.033，其密度变化范围为 0~193.750 尾/m³，在 C1 号站最多。

表 1.2.9-6 调查海域仔稚鱼主要种类及其数量分布

调查站位	仔稚鱼 (尾/m ³)		
	小沙丁鱼属	白氏银汉鱼	舌鳎科
C1	1437.500	700.000	193.750
D2	0.000	5.769	0.000
D4	3.333	30.000	0.000
E1	0.000	26.316	0.000
E3	1.754	0.000	0.000
F1	92.308	25.000	7.692
F2	23.500	6.000	3.500
F4	13.889	3.704	5.556
平均值	196.535	99.599	26.312
优势度	0.366	0.216	0.033

③综合评价

鱼卵、仔稚鱼是反映海域资源潜力和资源保持的重要指标，在海洋生态环境评估具有重要意义。本次鱼卵、仔稚鱼调查结果显示：调查发现鱼卵有 14 种。定性调查海域鱼卵、仔稚鱼平均密度分别为 1.117 粒/m³ 和 0.173 尾/m³，调查鱼

卵中数量占优势的种类有石首鱼科 *Sciaenidae* 鱼卵、鲷属 *Leiognathus* sp. 鱼卵、小公鱼属 *Stolephorus* sp. 鱼卵、鲉科 *Scorpaenidae* 鱼卵、舌鲷科 *Cynoglossidae* 鱼卵和小沙丁鱼属 *Sardinella* sp. 鱼卵，调查仔稚鱼中数量占优势的种类有小沙丁鱼属 *Sardinella* sp. 仔稚鱼、白氏银汉鱼 *Allanetta bleekeri* 仔稚鱼、多鳞鱚 *Sillago sihama* 仔稚鱼、细鳞鲷 *Therapon theraps* 仔稚鱼和鰕虎鱼科 *Gobidae* 仔稚鱼。定量调查海域鱼卵、仔稚鱼平均密度分别为 14.974 粒/m³ 和 403.174 尾/m³。调查鱼卵中数量占优势的种类有鲷属 *Leiognathus* sp.、鱼卵鲉科 *Scorpaenidae* 鱼卵、石首鱼科 *Sciaenidae* 鱼卵、小公鱼属 *Stolephorus* sp. 鱼卵和小沙丁鱼属 *Sardinella* sp. 鱼卵。调查仔稚鱼中数量占优势的种类有小沙丁鱼属 *Sardinella* sp. 仔稚鱼、白氏银汉鱼 *Allanetta bleekeri* 仔稚鱼和舌鲷科 *Cynoglossidae* 仔稚鱼。

(2) 游泳动物

本次调查共捕获游泳动物经鉴定为 3 大类 30 种。鱼类有 23 种，占总种数的 76.67%；甲壳类有 5 种，占总种数的 16.67%；头足类有 2 种，占总种数的 6.67%。

①游泳动物渔获率

本次调查游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 88.00ind./h 和 2.058kg/h；头足类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 5.00ind./h 和 0.059kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 5.68%和总平均重量渔获率的 2.85%；甲壳类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 23.00ind./h 和 0.425kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 26.14%和总平均重量渔获率的 20.64%；鱼类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 60.00ind./h 和 1.575kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 68.18%和总平均重量渔获率的 76.52%。

平均个体渔获率由大到小排序为：鱼类游泳动物>甲壳类游泳动物>头足类游泳动物；平均重量渔获率由大到小排序为：鱼类游泳动物>甲壳类游泳动物>头足类游泳动物。

表 1.2.9-7 各站位的重量渔获率 (kg/h) 和个体渔获率 (/h)

调查站 位	头足类		甲壳类		鱼类		总计	
	个体渔 获率	重量渔 获率	个体渔 获率	重量 渔获 率	个体渔 获率	重量渔 获率	个体渔 获率	重量渔 获率

F2	4	0.053	1	0.009	9	0.170	14	0.232
F4	6	0.064	45	0.840	111	2.980	162	3.884
平均值	5.00	0.059	23.00	0.425	60	1.575	88.00	2.058

②游泳动物资源密度

本次调查游泳动物平均个体密度和重量密度分别为 3167.75ind./km² 和 74.077kg/km²；头足类游泳动物平均个体密度和平均重量密度分别为 179.99ind./km² 和 2.109kg/km²；甲壳类游泳动物平均个体密度和平均重量密度分别为 827.93ind./km² 和 15.288kg/km²；鱼类游泳动物平均个体密度和平均重量密度分别为 2159.83ind./km² 和 56.680kg/km²。

表 1.2.9-8 各站位的个体密度 (/km²) 和重量密度 (kg/km²)

调查站 位	头足类		甲壳类		鱼类		总计	
	个体密 度	重量密 度	个体密 度	重量密 度	个体密 度	重量密 度	个体密 度	重量密 度
F2	143.99	1.911	36.00	0.323	323.97	6.104	503.96	8.338
F4	215.98	2.306	1619.87	30.253	3995.68	107.256	5831.53	139.815
平均值	179.99	2.109	827.93	15.288	2159.83	56.680	3167.75	74.077

③游泳动物的优势种

根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI，来分析渔获物数量组成中其生态优势种的成分，依此确定优势种。

IRI 计算公式为 $IRI = (N+W)F$ 。式中：N—某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比，W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比，F—某一种类出现的站位数占调查总断面数的百分比。

根据选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI 大于 500 为优势种，本次调查中 IRI 大于 500 的物种有 7 个，为：红鳍赤鲷 *Paracentropogon rubripinnis*、刺鲳 *Psenopsis anomala*、尖嘴鲷 *Dasyatis zugei*、红线黎明蟹 *Matuta planipes*、红星梭子蟹 *Portunus sanguinolentus*、火枪乌贼 *Lololus beka* 和 鰺 *Ilisha elongata*。

表 1.2.9-9 游泳动物优势种的渔获重量、尾数及 IRI 指数

种类名称	出现率 (%)	渔获个数		渔获重量		IRI
		(ind.)	(%)	(kg)	(%)	
红鳍赤鲷	50.00	50	28.41	0.645	15.67	2203.89
刺鲳	100	14	7.95	0.373	9.05	1700.79
尖嘴鲷	50.00	5	2.84	0.826	20.06	1145.16
红线黎明蟹	50.00	21	11.93	0.316	7.68	980.60
红星梭子蟹	50.00	15	8.52	0.388	9.42	897.03
火枪乌贼	100	9	5.11	0.094	2.30	740.92

鳎	100	6	3.41	0.150	3.64	705.37
---	-----	---	------	-------	------	--------

④综合评价

渔业资源是海洋价值最直接的体现，在海洋生态环境评估具有重要意义。本次渔业资源调查结果显示，调查海域发现游泳动物种类有 30 种，包含：鱼类游泳动物、甲壳类游泳动物、头足类游泳动物；海域渔业资源平均个体密度和平均重量密度分别为 3167.75ind./km² 和 74.077kg/km²，资源密度水平高，其中鱼类是最主要类群，其次是甲壳类；从种类组成特征来看，优势种有 7 个，红鳍赤鲷资源最为丰富，其次是刺鲳。

1.2.10 声环境质量现状监测与评价

项目委托广东众惠环境检测有限公司于 2021 年 9 月在项目附近进行声环境质量检测（[众惠检测]检字第 ZH20210930006 号）。

1.2.10.1 声环境质量检测调查方案

（1）检测方案

检测项目及监测方法：监测项目为等效连续 A 声级（dB(A)），监测方法按照《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的规定进行。

检测点位：共 3 个监测点，分别为 S1、S2、S3。

检测点位位置如表 1.2.10-1 和图 1.2.10-1 所示。

表 1.2.10-1 检测内容一览表

检测类型	检测项目	检测点位		检测设备	日期和频次
声环境	Leq	S1	██████████ ██████████	多功能声级计 AWA6228+	2021-09-28 至 2021-09-29； 频次：2 次/ 天，昼夜检 测。
		S2	██████████ ██████████		
		S3	██████████ ██████████		



图 1.2.10-1 检测布点图

(2) 评价标准

本项目执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准。

(3) 评价方法

采用单项质量指数法。

1.2.10.2 声环境质量现状评价

(1) 天气状况

2021-09-28: 晴, 南风, 温度: 29.6° , 大气压: 100.3pa, 检测期间最大风速: 2.0m/s。

2021-09-29: 晴, 南风, 温度: 30.1° , 大气压: 100.3pa, 检测期间最大风速: 2.5m/s。

(2) 检测结果

检测结果如下表 1.2.10-2。

表 1.2.10-2 声环境检测结果 单位: dB (A)

检测点位编号	检测时段		Leq
S1	2021-09-28	昼间	40.5
		夜间	35.1
	2021-09-29	昼间	41.2

检测点位编号	检测时段		Leq
		夜间	36.3
S2	2021-09-28	昼间	45.1
		夜间	39.4
	2021-09-29	昼间	44.8
		夜间	39.8
S3	2021-09-28	昼间	46.1
		夜间	40.2
	2021-09-29	昼间	45.4
		夜间	39.9

(3) 评价结果

根据现状声环境检测结果，项目附近声环境均能达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准，表明项目附近噪声环境良好。

表 1.2.10-3 声环境检测标准指数

检测点位编号	检测时段		标准指数	达标情况
S1	2021-09-28	昼间	0.74	达标
		夜间	0.78	达标
	2021-09-29	昼间	0.75	达标
		夜间	0.81	达标
S2	2021-09-28	昼间	0.82	达标
		夜间	0.88	达标
	2021-09-29	昼间	0.81	达标
		夜间	0.88	达标
S3	2021-09-28	昼间	0.84	达标
		夜间	0.89	达标
	2021-09-29	昼间	0.83	达标
		夜间	0.89	达标

1.2.11 鸟类资源现状调查

本报告鸟类资源现状调查与评价引用《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期海洋环境影响报告书（报批稿）》（2019年2月，粤环审【2019】384号）和《湛江徐闻海上风电场项目海洋环境影响报告书（报批稿）》（2020年7月，粤环审【2020】143号）中的相关资料进行说明。

1.2.11.1 调查时间、范围及内容

(1) 调查时间与范围

①广东粤电湛江外罗海上风电项目二期

2014年2月-5月，中山大学在外罗镇及附近区域开展了四次调查，其中3

月因天气原因，只进行了海上调查。具体的调查时间为：2014年2月26日-3月1日，3月11日-12日，4月8日-12日，5月19日-22日，反映了本地区冬季（候鸟越冬期），春、夏季（本地留鸟繁殖期）的鸟类分布、数量和行为状况。

2014年11月-2016年12月，中山大学在外罗镇及北部区域开展了水鸟调查工作，先后于2014年11月13-15日，2015年2月25-28日，2016年12月22-25日，开展了三次补充调查，一定程度上反映了本地区秋冬季的候鸟状况。

2018年5月及8月，广东省生物资源应用研究所在湛江外罗风电场二期工程选址及周边海域进行了春季和夏季补充调查。

调查范围包括湛江外罗海上风电场项目二期选址海域及邻近的陆地海岸线（主要包括和安镇、锦和镇、新寮镇、外罗镇、下洋镇和前山镇等近海地区）近3年鸟类现状调查资料。每季度调查一次上述区域内的鸟类物种及其栖息地生态环境现状。

②湛江徐闻海上风电场项目

湛江徐闻海上风电场项目则委托广东森霖造绿有限公司于2018年8月、10月、12月和2019年3月开展了4次鸟类现状调查。

调查采用样线法和样点法结合进行，另在海岸海滨范围选取1个样点和5条样线调查作为补充。使用双筒望远镜（Bushnell 8*42）和单筒望远镜（Swarovski 20*60）观察，并利用佳能长焦相机（Canon）拍摄取证鉴定，记录观察到的物种相关信息，如物种名称、数量、行为、生境等。

（2）调查内容

主要包括调查区域环境概况、鸟类种类组成、数量、居留型及食性；主要迁徙鸟类的种类、数量、迁徙行为、飞行模式等；鸟类优势类群及其生境选择；国家级重点保护鸟类的种类与数量。鸟类的鉴定参照《中国鸟类野外手册》，鸟类分类系统见郑光美(2005)《中国鸟类分类与分布名录》。

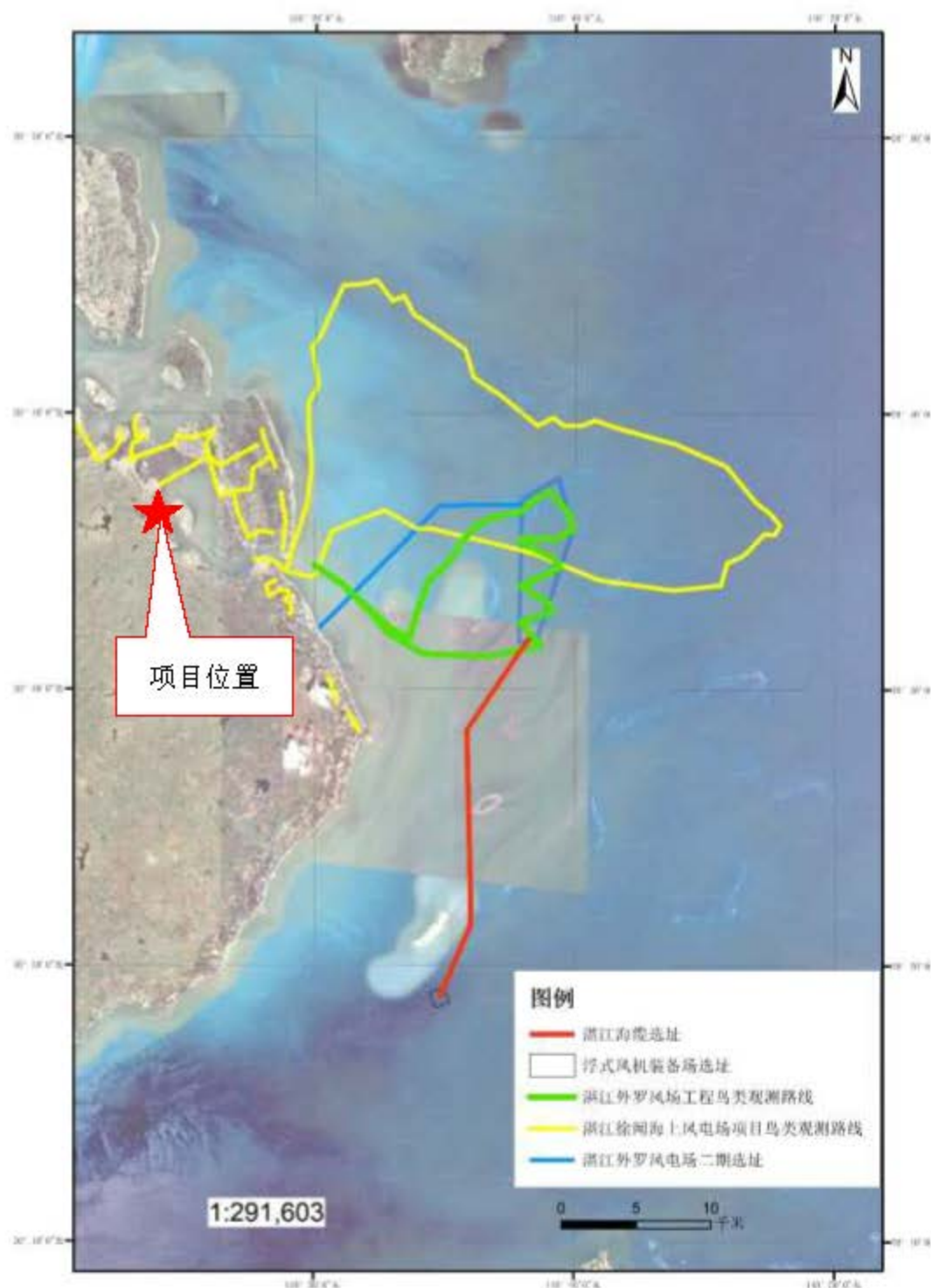


图 1.2.11-1 鸟类现状调查范围示意图

1.2.11.2 鸟类种类、数量现状概况

(1) 鸟类种类特征

资料显示，该地区共计调查到的鸟类为 14 目 39 科 117 种。优势类群包括鸻形目 CHARADRIIFORMES (44 种) 和雀形目 PASSERIFORMES (40 种)。由于

调查区域主要为海上和沿岸湿地区域,湿地水鸟是该区域鸟类种群的重要组成部分。湿地水鸟是指在生态上依赖于湿地,即某一生活史阶段依赖于湿地,且在形态和行为上对湿地形成适应特征的鸟类。根据 Howes 等(1988)对水鸟的定义,广义的水鸟包括鹈鹕科 (Podicipedidae)、鹭科 (Ardeidae)、鸭科 (Anatidae)、秧鸡科 (Rallidae)、反嘴鹬科 (Recurvirostridae)、鸻科 (Charadriidae)、鹬科 (Scolopacidae)、燕鸻科 (Glareolidae)、鸥科 (Laridae)、燕鸥科 (Sternidae)、翠鸟科 (Alcedinidae)等鸟类,其他统称为陆生鸟类。按上述定义,本次调查的鸟类中,水鸟有 61 种,其他 56 种为陆生鸟类种,主要为各种生境广泛分布的广布种以及多数在湿地活动的湿地依赖种类。按主要居留型划分,留鸟共有 44 种,迁徙鸟共 73 种,其中冬候鸟 46 种,迁徙过境鸟 9 种,夏候鸟 18 种,说明区域是多种迁徙候鸟的越冬地和中途停歇地。

对于地区总名录,仅 8 种没有被列入到任何保护名录中,即有 109 种属于珍稀濒危保护物种。总名录中,属于广东省重点保护陆生野生动物的有 24 种;国家重点保护陆生动物中的二级保护动物的有 8 种,包括岩鹭、黑翅鸢 (*Elanus caeruleus*)、普通鵟 (*Buteo buteo*)、游隼 (*Falco peregrinus*)、红隼 (*Falco tinnunculus*)、褐翅鸦鹃 (*Centropus sinensis*)、小鸦鹃 (*Centropus bengalensis*) 和领角鸮 (*Otus lettia*);国家保护的有益或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物(下简称“三有”动物) 101 种;列入国家保护动物红色名录的有 7 种,包括近危 (NT) 级别 5 种和易危 (VU) 级别 2 种;列入 IUCN 红皮书的有 6 种,包括濒危 (EN) 级别 1 种、近危 (NT) 级别 4 种和易危 (VU) 级别 1 种;列入 CITES(濒危野生动植物种国际贸易公约)附录名录的有 4 种,其中 I 级 1 种,II 级 3 种;《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录(以下简称中日候鸟保护协定)和《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录(以下简称中澳候鸟保护协定)是中国分别和日本、澳大利亚签订的有关候鸟保护的协定,目的是尽力减少对两国间候鸟所到之主要地区的伤害。本地区中,属于中日候鸟保护协定的有 53 种,中澳候鸟保护协定种类有 36 种。以上保护物种除属于国家重点保护陆生动物名录中的物种为猛禽和杜鹃科鸟,其余收录于各名录中的均为水鸟,且以迁徙性物种占绝大部分,说明该地区位于东亚-澳大利西亚迁徙通道上。

(2) 鸟类数量概况

数量方面，2018 年春季和夏季共记录鸟类 2655 只次。其中，以环颈鸻 (*Charadrius alexandrinus*) 数量最多，共观察到 680 次，占总调查数量的 41.4%，其次为铁嘴沙鸻 (*Charadrius leschenaultia*)，调查到 259 只次，占 15.8%，以上两种为本次调查记录到的优势种。常见种有蒙古沙鸻 (*Charadrius mongolus*)、白鹭 (*Egretta garzetta*) 等 15 种，共占总调查数量的 40.8%，和优势种合并则两者共 13 个物种占调查总数量的 98%，说明调查区域鸟类个别物种优势度明显，从现场调查发现优势种栖息聚集程度较高，主要集中在沿岸沙滩一带。

《国际重要湿地公约 (Ramsar)》对重要湿地的评价标准中有这样一条：“如果一块湿地定期栖息有一个水禽物种或亚种某一种群 1% 的个体，就应被认为具有国际重要意义”。生态专家认为，水鸟栖息具有混群性，占全球种群数量 1% 以上的水鸟物种，往往可以作为同类水鸟的代表物种，反映整个水鸟的丰富程度，从而反映栖息地的生态环境质量。因此，国际上通常将鸟类的丰富程度作为衡量一个地区生态环境质量优劣的重要标志。本项目所调查鸟类物种的全球种群数量 1% 数量估计来自于湿地国际的水鸟种群数量估计 (Wetlands International 2016)。经对比分析，项目用地和周边区域的单次鸟类调查数量没有超过占全球种群数量 1% 以上的物种，说明该地区没有数量集中的鸟类迁徙地、繁殖地、越冬地分布。

1.2.11.3 鸟类分布现状

(1) 海域鸟类现状

调查主要通过乘船沿样线观察，期间仅发现极少量燕鸥科鸟类飞行。将调查范围扩展至沿岸浅海海域，则在海域中共发现鸟类 2 目 2 科 10 种，共 575 只次，绝大多数为燕鸥科鸟类，占 99.3%，其中多数个体在海上沙洲附近发现。

鸥科和燕鸥科鸟类是在海面活动较多的种类，燕鸥科多在春夏季出现，喜集群在海面低空飞行觅食，也会跟随渔船尾部啄食被海浪翻滚至水面的鱼类，鸥科则主要在冬季记录到，两者均会利用海上沙洲作为停歇地。岩鹭数量较少，多在沿岸周边低空开展飞行活动，并不飞出外海，白鹭和大白鹭等则广泛见于各种海岸、农田，偶见有在近岸海面飞行。

岩鹭是主要的保护物种，属于国家二级保护动物。其余物种均为省级保护动物。大风头燕鸥还属于中国物种红色名录。中日协定收录物种有 6 种，中澳协定收录物种有 7 种。

（2）沿岸鸟类现状

沿岸潮间带记录物种 4 目 9 科 24 种，数量为 1642 只次；农田和防风林带等陆域则记录物种 10 目 24 科 38 种，数量 438 只次。潮间带种类以环颈鸻和铁嘴沙鸻为优势种，农田林地则以家燕和暗绿绣眼鸟为优势种。沿岸滩涂是本区域鸟类主要觅食地和栖息地。居留型方面，农田林地生境的留鸟种类最多，有 23 种，迁徙候鸟有 10 种，潮间带则比较平均，留鸟有 8 种，迁徙候鸟有 16 种，除迁徙越冬候鸟，本次调查还发现在沙滩生境有繁殖水鸟，主要为环颈鸻（华南亚种）和白额燕鸥。

1.2.11.4 鸟类迁飞路线与飞行高度分析

风力资源的地理分布大多与鸟类迁徙通道相重叠，尤其在我国，在沿海、岛屿、内陆湖泊、河流、水库地区的附近是风力资源最丰富的地区，也是水鸟迁徙的主要停歇地带（卞兴忠和蒋志学, 2010）。鸟类在全球的迁徙路线可分为 8 个主要迁飞区（Bamford *et al.*, 2008），我国东南沿海位于其中最大的“东亚-澳大利西亚迁飞通道”上，是多种候鸟迁徙的中途停歇驿站和越冬地，其中沿海滩涂是迁徙水鸟主要集中栖息的区域。



图 1.2.11-2 东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线示意图

鸟类的迁徙路线，虽然在大尺度上可能体现出空间上的近似关系。但是具体的迁飞路径，停歇地点有很大的种间变异，甚至种内的不同种群之间均有变异。研究鸟类迁徙，需要对鸟类进行环志标记或者卫星追踪调查。目前研究表明，大部分迁徙性水鸟的连续飞行距离较长，经常进行上千公里甚至数千公里的连续飞行（马志军，2013）。大部分对迁徙路线的研究采用直线将营巢地——中途停歇地——越冬地之间联结起来，形成理论上的迁徙路线，然而受地面构造、景观类型、植被、食物及天气等各种条件影响，实际路线有所偏差。如雁鸭类大都集中于内陆水域，沿湖泊、河流迁徙，鸕鹚类则多沿海岸绕行（张孚允和杨若莉，1997）。根据南澳的地形地貌、景观类型、鸟类栖息生境等分布情况，结合实际观察，迁

徙鸟类在徐闻罗斗沙及周边近岸海域的经停点主要是沿岸滩涂湿地以及离岸沙洲，迁徙路线主要沿海岸迁徙。

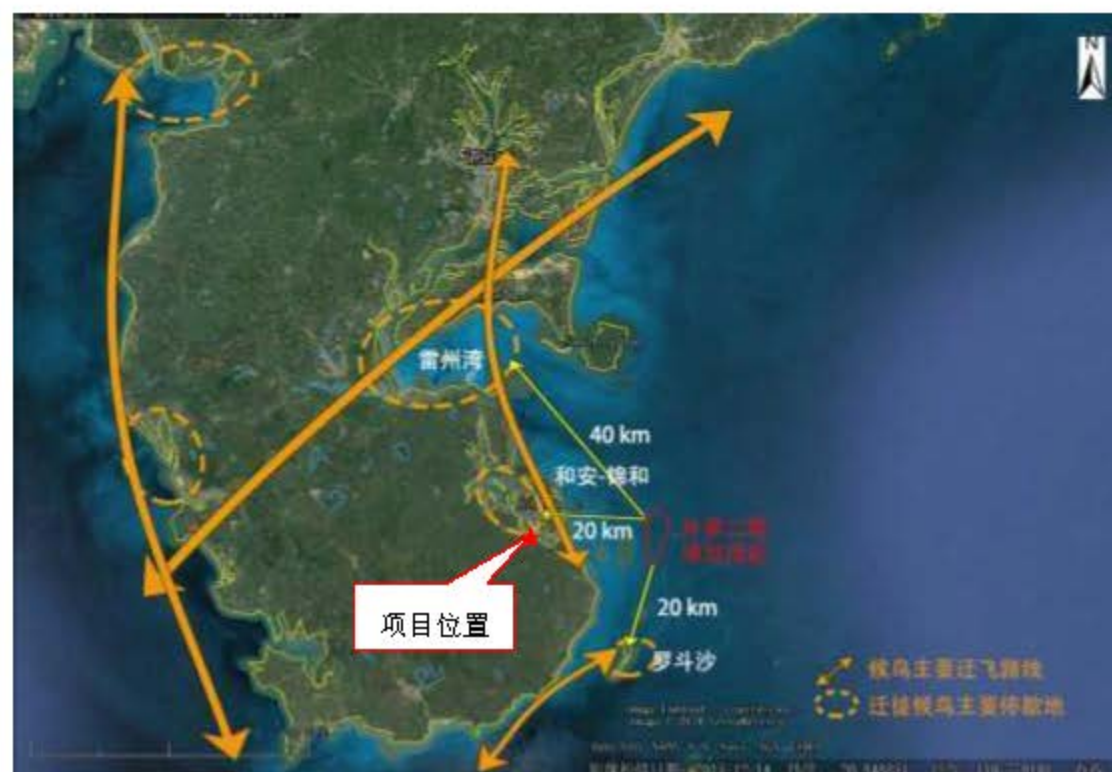


图 1.2.11-3 项目周边主要候鸟迁徙路线示意图

据研究资料显示，候鸟迁徙季节的迁飞高度一般超过 300m：普通鸟类迁徙过程中飞翔高度在 400m 以下，鹤类在 300-500m，鹳、雁等最高可达 900m（卞兴忠和蒋志学,2010）。本区主要沿海岸迁徙飞行种类为鸬鹚类、鹭类、小型雁鸭类、鸥类，基本没有大型的鸬鹚类，飞行高度一般为 300m-400m 之间。

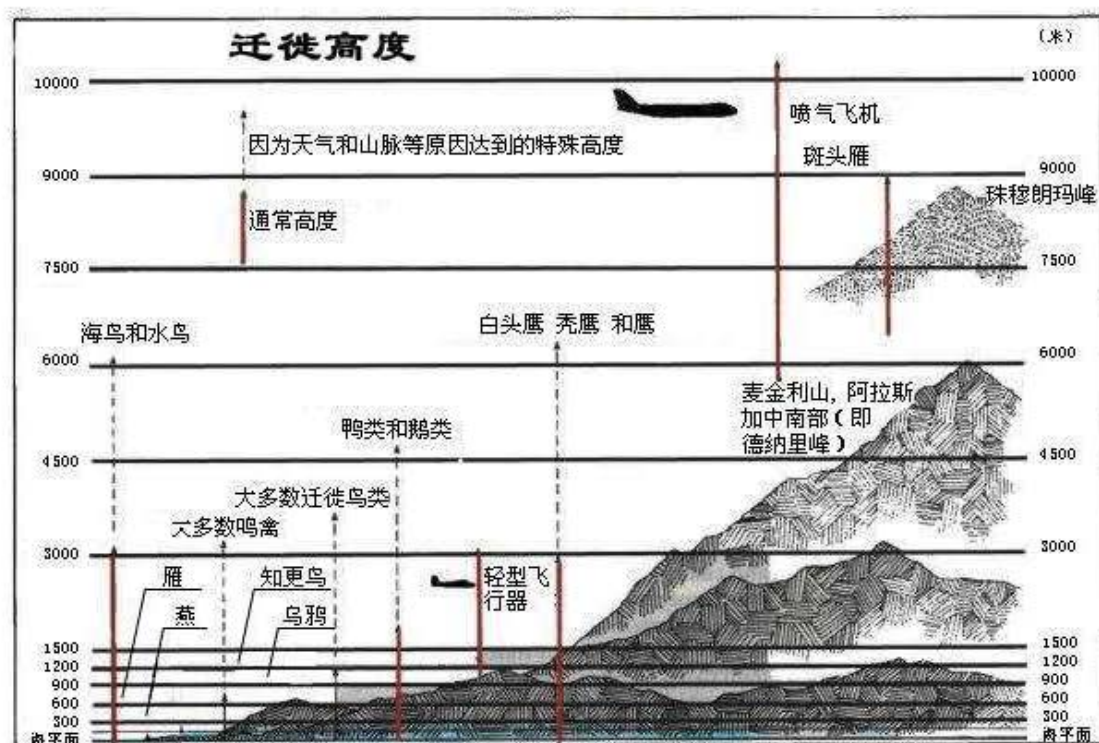


图 1.2.11-4 不同鸟类类群的飞行高度示意图

而对于鸟类的日常飞行（如往返于休息地与觅食地、饮水地等）来说，飞行高度会较长途迁徙低，尤其是在觅食等情况下，一般低于 100m。小型雀形目鸟类很少在海面飞行，项目范围可能涉及到的种类中，猛禽和鸥形目是较常见在海面活动的类型。在西班牙南部的 Tarifa 研究发现 (Barrios and Rodriguez, 2004)，猛禽在风场区域翱翔时，会选择避开叶片旋转能达到的高度范围，如繁殖期和冬季选择在较低的高度飞行（平均在 57-59 m 之间），其余时期是飞行高度则在 110m 左右，在其他区域其高度差异不明显（繁殖期 68.20m，越冬期 60.07 m，非繁殖季节 79 m）。且观察到大部分鸟类在穿过风机列时会显著提升飞行高度，以避免碰撞。

另外，在不良的气象条件下，如大雾、降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类也会降低飞行高度 (Drewitt and Langston, 2006)。

1.2.12 陆域生态现状

项目占地范围内几乎没有红树，项目范围内植被分布情况，详见图 1.2.12-1。

根据《徐闻县红树林现状调查及宜林地分析报告》（雷州远兴林业开发有限公司，2021 年 7 月），徐闻县的红树林，经受自然与人工的破坏，导致成熟的老林不多，一般都是高 3m 内的幼年林。红树林的先锋树种是白骨壤与桐花树，主

要的优势的群丛及种类是红海榄、秋茄树。

根据离项目最近的样方结果，和安镇 11 号位点占优的是白骨壤，样方内还有无瓣海桑、桐花树、秋茄和红海榄其他树种。白骨壤平均高度为 2.3m；无瓣海桑平均高度为 7.5m；秋茄平均高度为 2.4m；桐花树平均高度为 1.7m。和安镇 12 号位点占优的是白骨壤，样方内还秋茄、桐花树、红海榄和无瓣海桑。白骨壤平均高度为 2.1m，径为 4.2cm；秋茄平均高度为 2.3m，地径为 4.8cm；无瓣海桑平均高度为 6.8m，地径为 19.0cm。项目附近红树林树种普遍都是 3m 内的幼年林。

1.2.13 海域使用现状

本项目位于徐闻县和安镇蓝天村和锦和镇笃头村之间的沿海滩涂。根据搜集的历史资料、现场踏勘、走访收集资料、结合遥感影像资料以及自然资源部海域海岛动态监管系统查询的结果，在本项目附近主要的海洋开发活动有养殖用海、渔业基础设施用海，均已确权。本项目周边海域开发利用情况见表 1.2.13-1 和图 1.2.13-1。

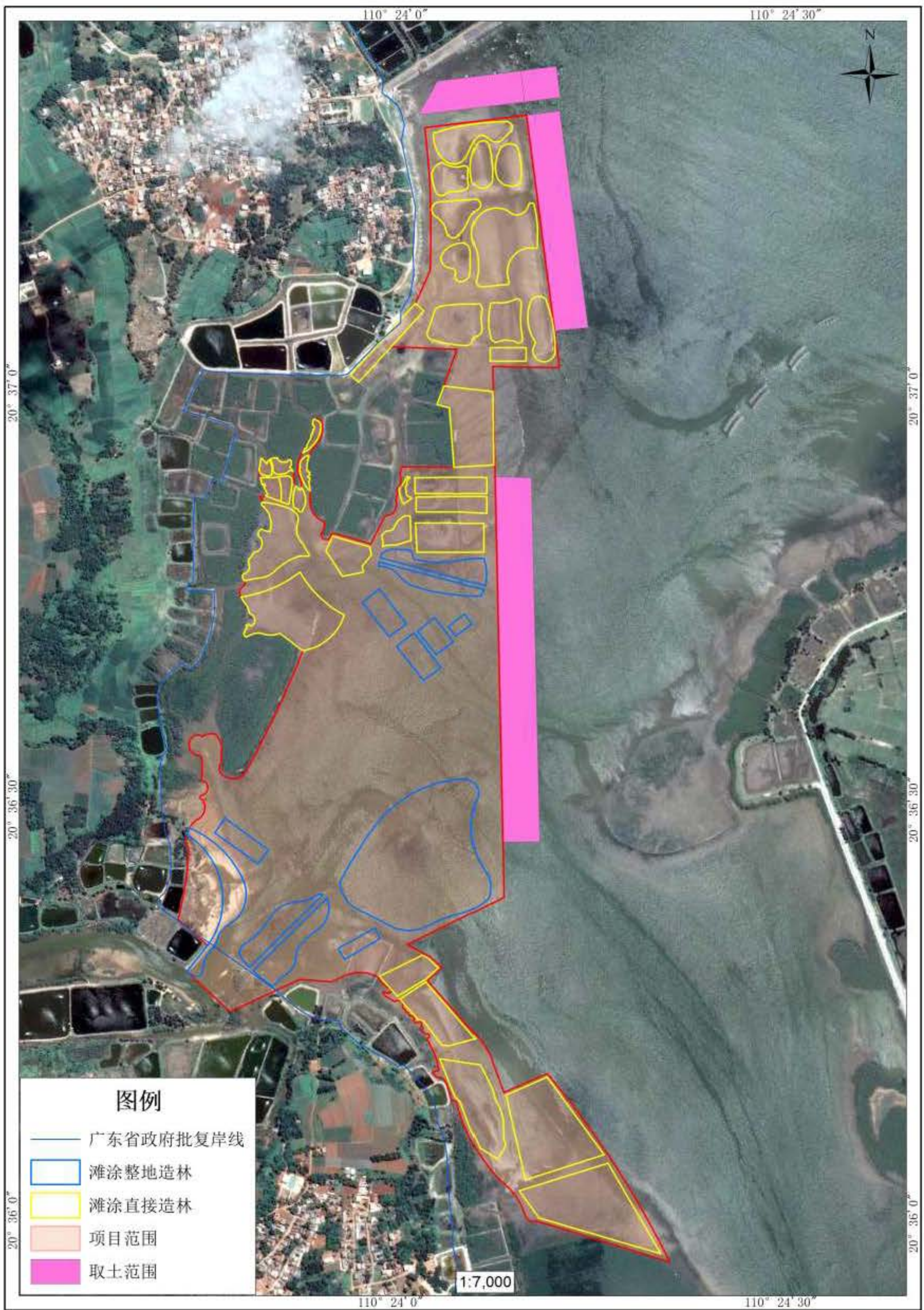


表 1.2.12-1 项目范围内植被分布情况

表 1.2.13-1 项目所在海域开发利用现状及权属情况表

序号	用海名称	用海类型	用海方式	海域使用权人	海域使用权证	用海起止日期	用海面积（公顷）	与本项目直线距离
1	湛江南部海岸渔业有限公司和安对虾养殖用海	开放式养殖用海	开放式养殖	湛江南部海岸渔业有限公司	07440825017	2007/6/18~2022/6/17	193.635	北侧 0.1km
2	湛江南部海岸渔业有限公司和安对虾养殖用海（2区）	开放式养殖用海	开放式养殖	湛江南部海岸渔业有限公司	07440825018	2007/6/18~2022/6/17	222.485	北侧 0.2km
3	湛江南部海岸渔业有限公司和安对虾养殖用海（3区）	开放式养殖用海	开放式养殖	湛江南部海岸渔业有限公司	07440825019	2007/6/18~2022/6/17	226.232	北侧 0.9km
4	网箱养殖	开放式养殖用海	开放式养殖	林忠	2017D44082500095	2016/12/16~2021/12/15	5.9461	东南侧 6.3km
5	网箱养殖	开放式养殖用海	开放式养殖	林忠	2017D44082500083	2016/12/16~2021/12/15	11.5475	东南侧 6.8km
6	冷冻厂，制水厂	渔业基础设施用海	构筑物	徐闻锦成水产公司	144082520080011	2001/12/4~2051/12/4	0.496	东南侧 6.6km

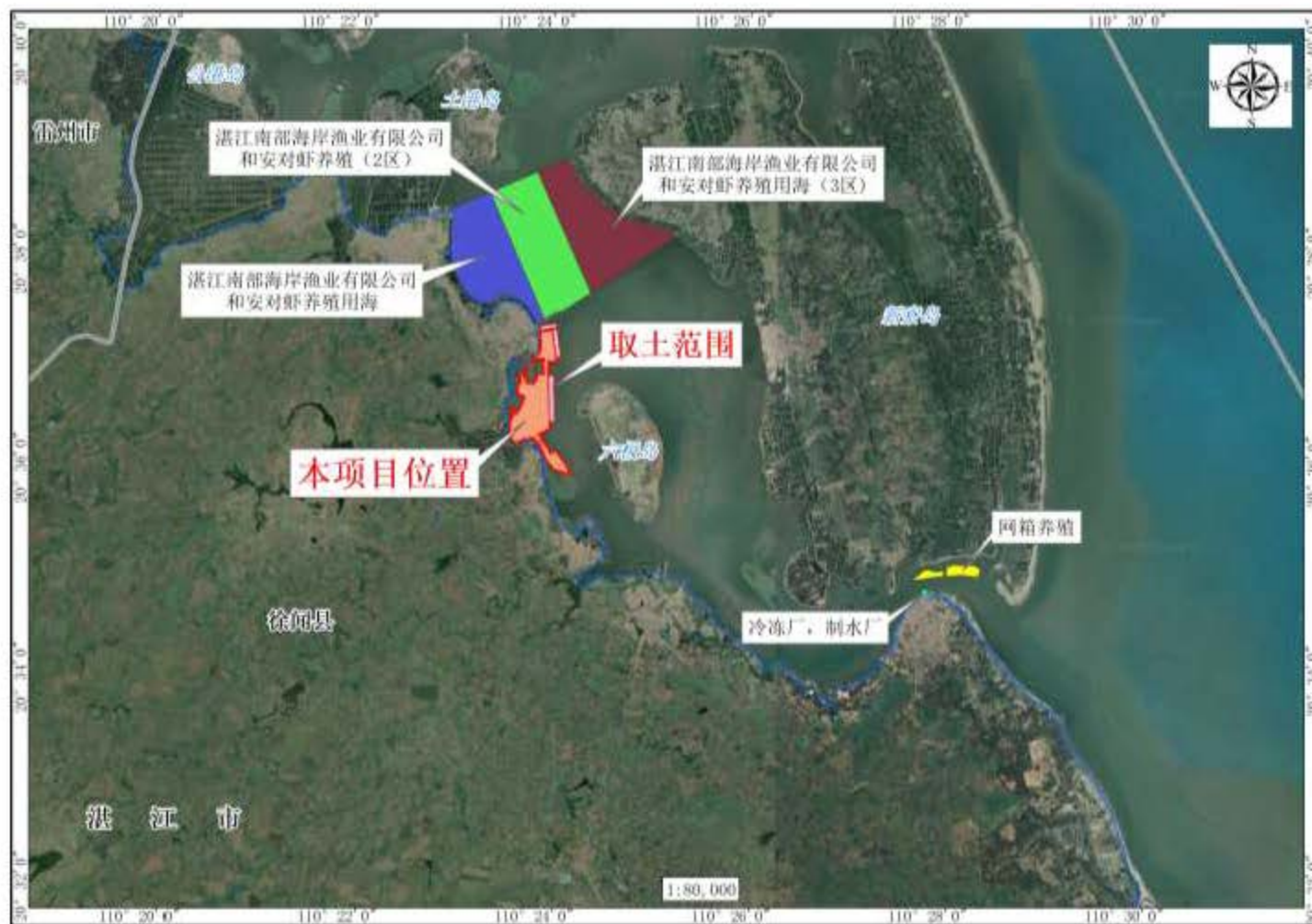


图 1.2.13-1 开发利用现状图

1.3 施工期海洋环境影响分析（含陆域生态）

1.3.1 海洋环境影响分析

1.3.1.1 施工期水文动力影响分析

1、潮流数学模型

（1）地形数据来源

- 1) 国家海洋科学数据中心发布的共享水深数据；
- 2) 徐闻红树林营造修复项目水深地形图，2021年06月，核工业赣州工程勘察院；
- 3) 收集工程周边水域地形测量资料。

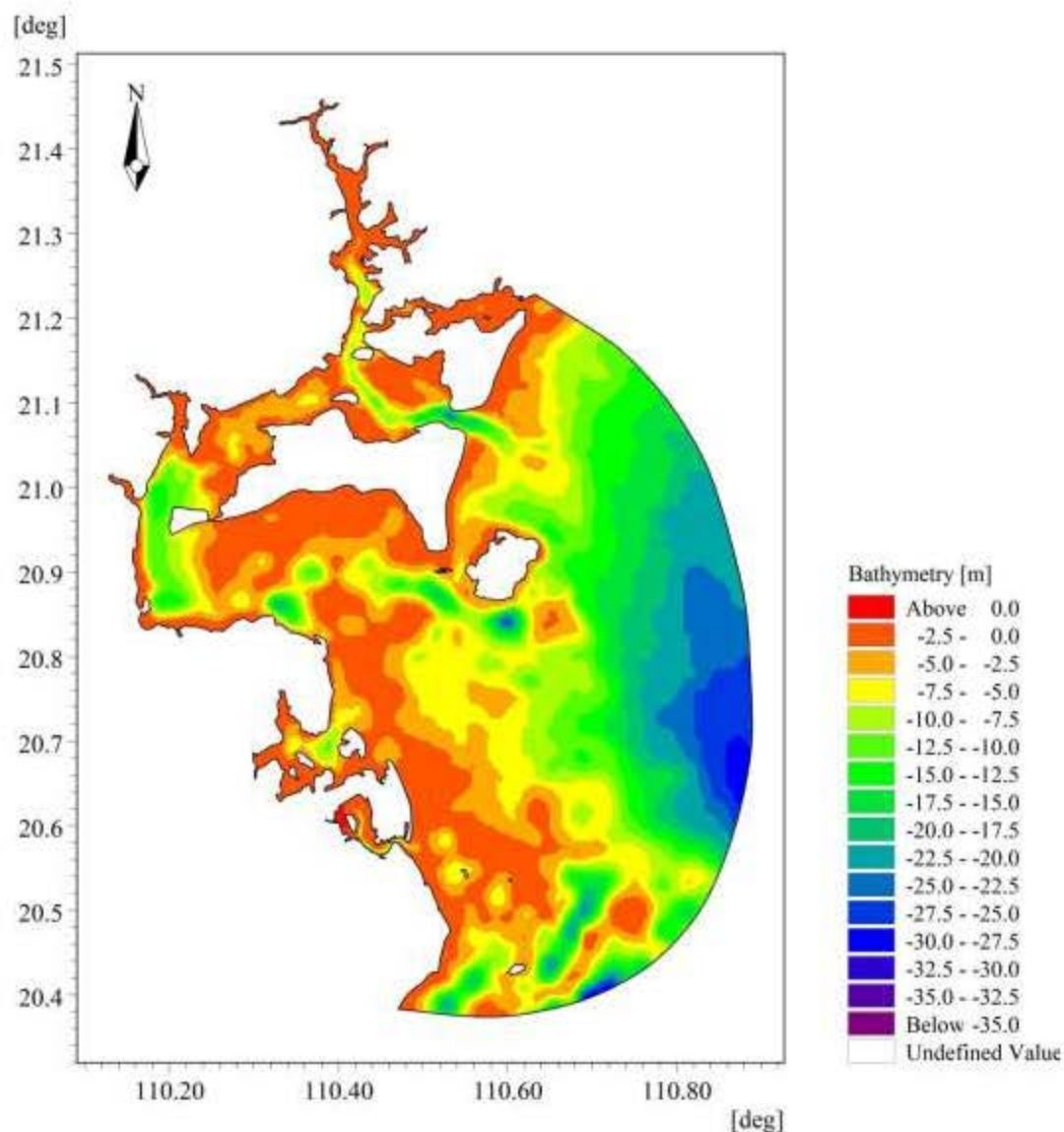


图 1.3.1.1-1 模型计算范围地形

(2) 控制方程

潮流数值模拟采二维潮流数学模型进行计算。

1) 连续方程

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = 0$$

2) 动量方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} &= f\bar{v}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) \\ \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} &= -f\bar{u}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) \\ T_{xx} &= 2A\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = A\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right), \quad T_{yy} = 2A\frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \end{aligned}$$

式中：

h ——总水深， $h = d + \eta$ ， d 为给定基面下水深， η 为基面起算水位；

$\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ —— x 、 y 方向垂向平均流速；

t ——时间；

f ——科氏参数；

g ——重力加速度；

ρ_0 ——参考密度；

ρ ——水体密度；

A ——水平涡动粘滞系数；采用 Smagorinsky 公式计算；

τ_{bx} 、 τ_{by} ——底切应力 $\vec{\tau}_b$ 在 x 、 y 方向的分量； $\vec{\tau}_b = \rho_0 C_f |\vec{U}_b| \vec{U}_b$ ， $\vec{U}_b$ 为底流速， C_f 为底拖曳

系数； $C_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$ ， M 为 Manning 数。

(3) 定解条件

1) 初始条件

$$\eta(x, y, t)|_{t=0} = \eta_0(x, y)$$

$$\bar{u}(x, y, t)|_{t=0} = \bar{u}_0(x, y)$$

$$\bar{v}(x, y, t)|_{t=0} = \bar{v}_0(x, y)$$

式中：

η_0 、 $\bar{u}_0$ 、 $\bar{v}_0$ —— η 、 $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 初始条件下的已知值。

初始水位 $\eta_0(x, y) = 0$ ；初始流速 $\bar{u}_0(x, y) = 0$ ， $\bar{v}_0(x, y) = 0$ 。

2) 固边界条件

$$\vec{V}(x, y, t) \cdot \vec{n} = 0$$

式中：

$\vec{n}$ ——固边界法向矢量；

$\vec{V}$ ——流速矢量。

模型闭边界采用了干湿判别的动边界处理技术，即当某点水深小于一浅水深时，令该处流速为零，滩地干出。当水深大于该浅水深时，参与计算，潮水上滩。

3) 开边界条件

已知潮位：

$$\eta(x, y, t)|_{\Gamma} = \eta^*(x, y, t)$$

式中：

Γ ——开边界；

η^* ——已知潮位。

工程海域潮流模型开边界潮位从调和分潮预测的潮汐结果中提取，并根据潮汐预报和实测水位进行调整以使计算水位与实测水位尽量重合。

(4) 计算范围及网格划分

潮流数学模型计算域如图 1.3.1.1-2 所示，东西方向长约 80km，南北方向长约 120km。计算域大范围水深由国家海洋科学数据中心发布水深数据进行确定，拟建工程附近水域水深参考设计单位提供的实测地形数据修正，工程所在岸线根据 Google Earth 卫星图提取。

为了提高计算效率，同时又保证工程海域有足够的分辨率，拟合项目所在水域复杂岸线、岛屿以及其他水工建筑物等边界，计算模式采用非结构三角形网格对计算域进行划分，工程附近局部加密。取土区及红树林种植区通过调整局部地形进行概化。

模型计算采用国家 1985 高程。外海区域空间步长较大，在开边界约为 500m，工程区域空间步长约为 10~20m。其中现状工况计算域共计生成计算节点 23468 个，网格 43897 个，工程区模型局部网格可见图 1.3.1.1-3。模型起算时间为 2019 年 1 月 3 日 0:00。

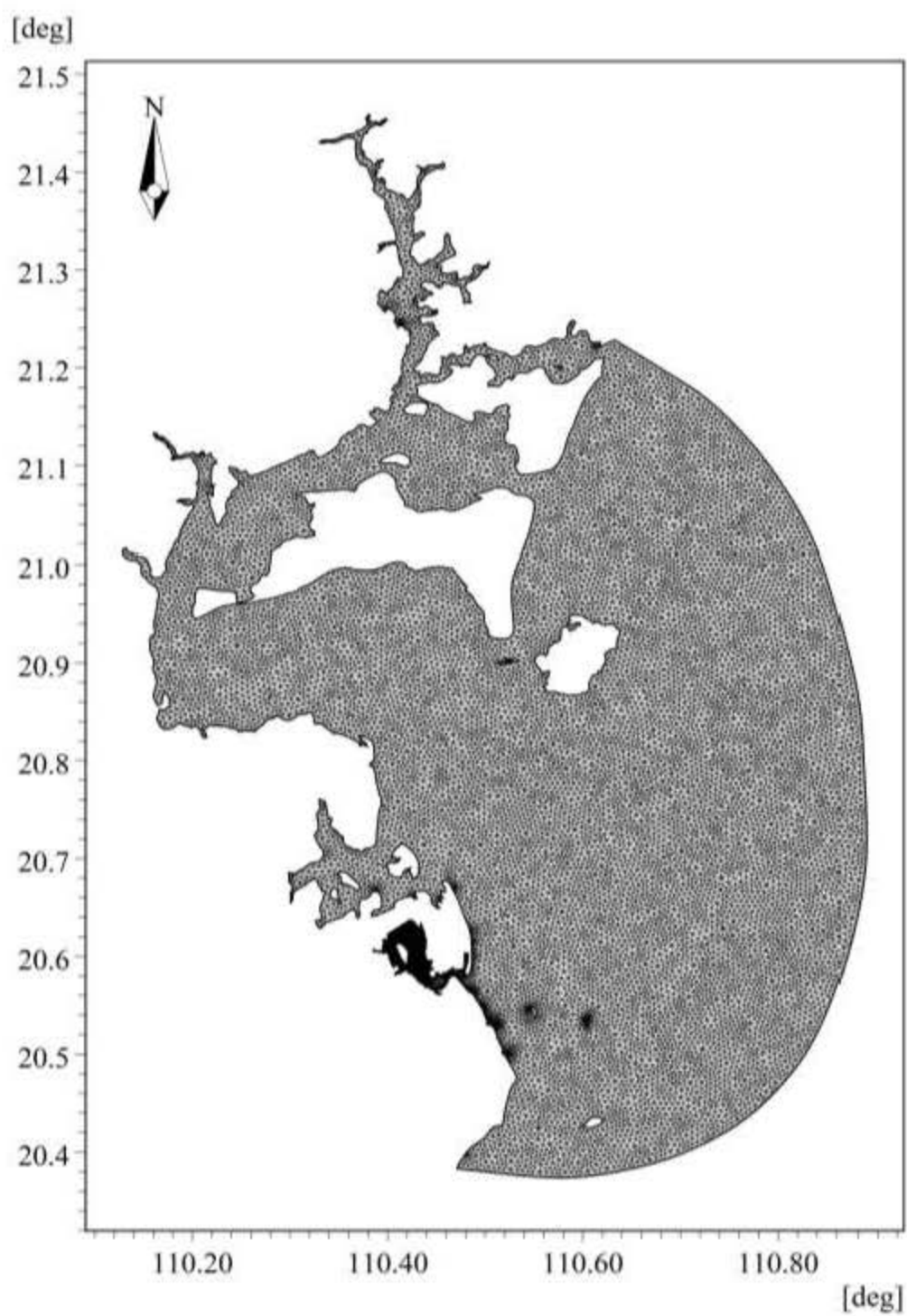


图 1.3.1.1-2 模型计算网格

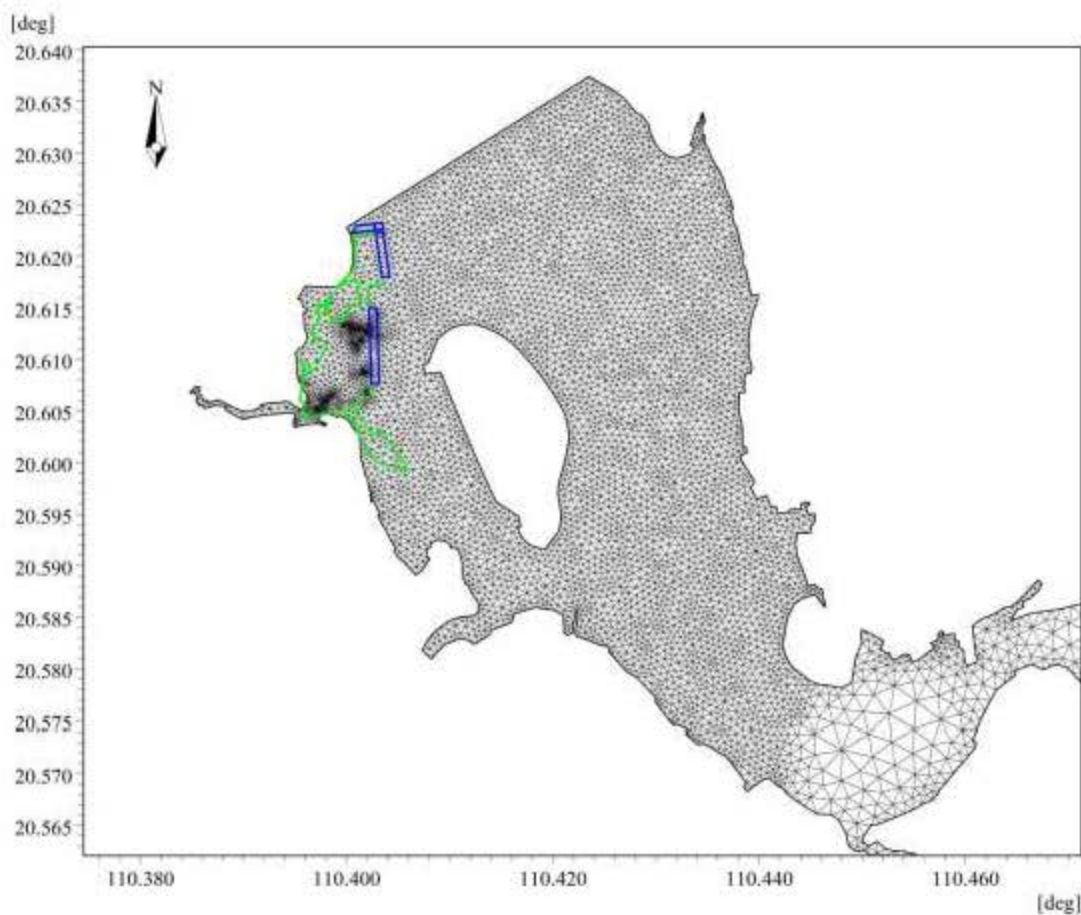


图 1.3.1.1-3 工程附近局部计算网格

(5) 模型验证

本模型验证包括潮位验证和潮流验证内容，各观测站位分布见图 1.3.1.1-4。模拟采用 2019 年 1 月 6 日~20 日 T1、T2 临时潮位站资料、2019 年 1 月 6 日 18:00 时~7 日 19:00 时（大潮）6 个测流站（C1~C6）的实测海流数据以对模型参数进行率定和结果验证。

模拟潮位与实测潮位拟合度较好，见图 1.3.1.1-5，误差出现在 T2 站高潮、低潮之中，T1 站潮位绝对平均误差为 0.11m，相对误差 8.2%，T2 站绝对平均误差为 0.16m，相对误差 13.3%。6 个潮流站对比过程线见图 1.3.1.1-6，由潮流验证结果可以看出，模拟流速与实测值变化趋势基本一致，流向与实测值吻合较好，模拟结果可以反映计算海区的潮流运动过程。

总体上，本模型潮位和流速、流向验证效果较好，计算结果具有一定的可靠性，说明二维潮流数学模型能较好地反映工程海域潮流场的时空分布，可以进一步为分析工程后流场、泥沙冲淤提供必要的水动力条件。

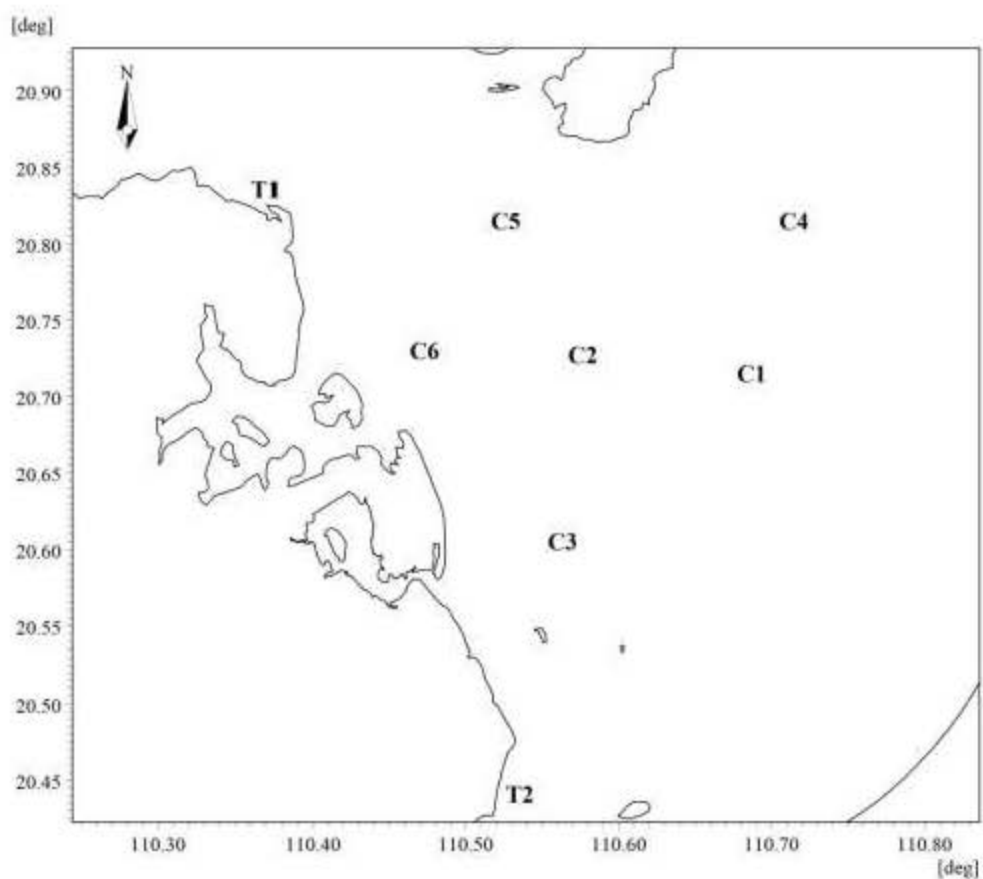


图 1.3.1.1-4 验证站位分布图

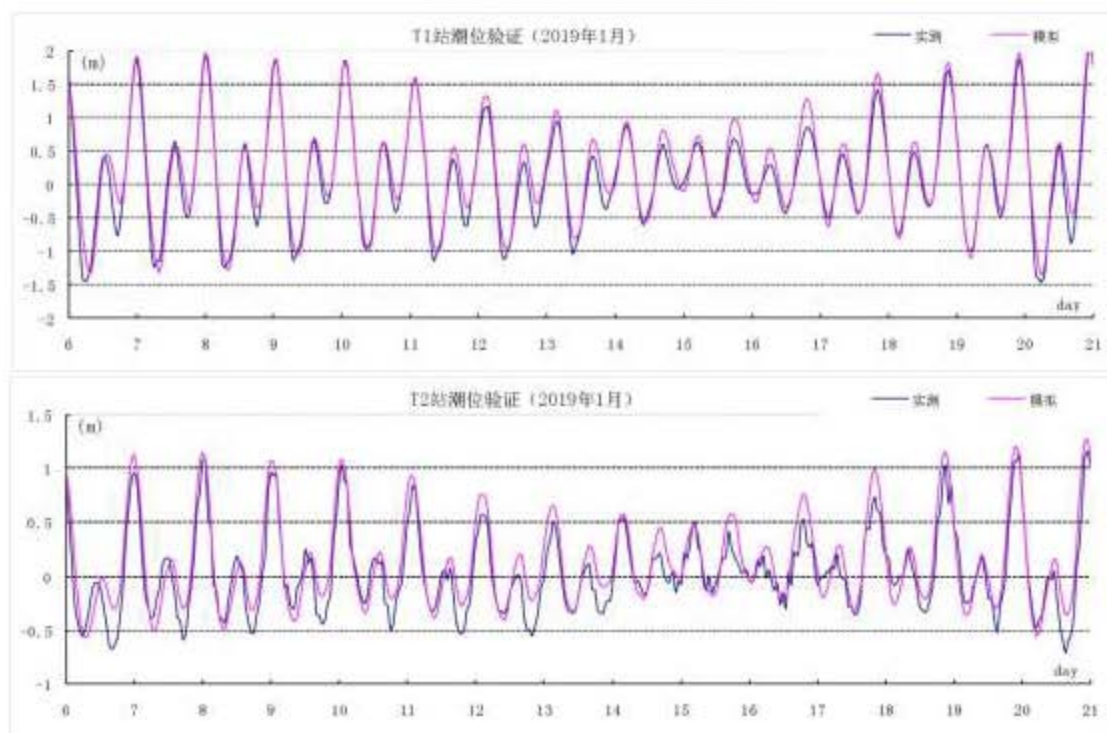
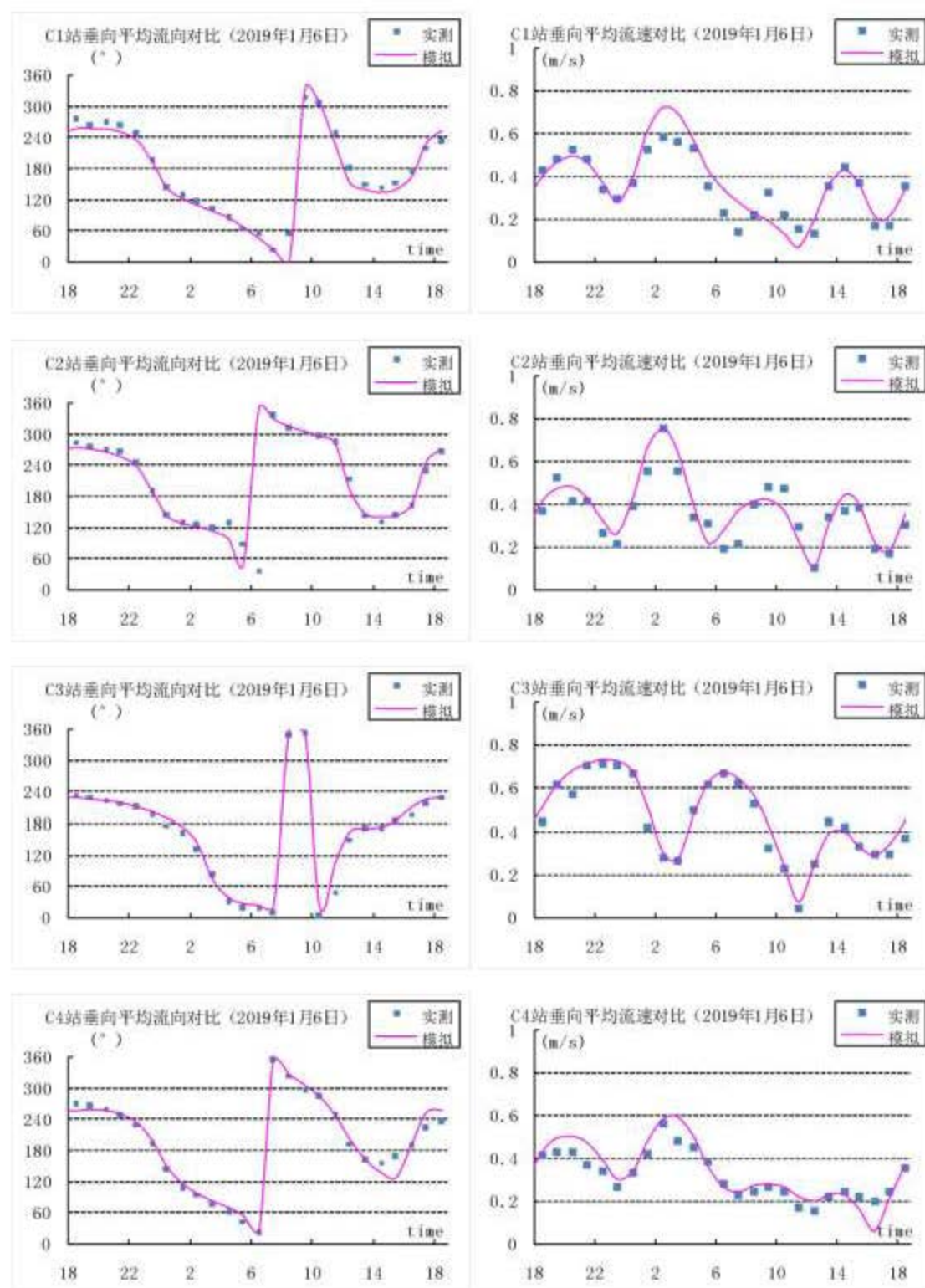


图 1.3.1.1-5 潮位验证 (2018 年 1 月 6 日起)



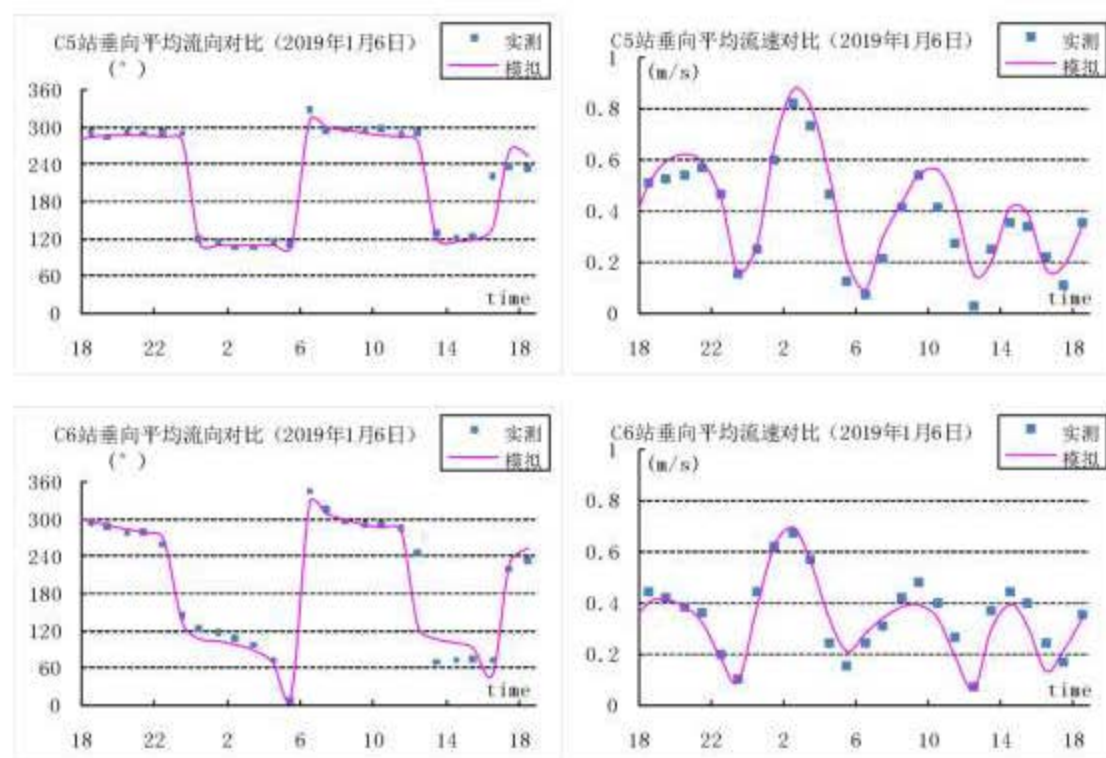


图 1.3.1.1-6 C1~C6 潮流站实测值与计算值对比 (2019 年 1 月 6 日 18:00 起)

2、工程前水动力环境分析

采用经过验证的潮流数学模型，计算了本工程附近水域的潮流场。图 1.3.1.1-7、图 1.3.1.1-8 为计算域涨急和落急流场图。由于工程海域大、小潮期间潮流运动方向基本一致，且大潮流速大于小潮流速。本次计算以 2019 年 1 月实测大潮为计算潮型，对工程建成前、建成后的潮流场进行分析。

本次实测期间工程海域潮流呈往复流，湾外水域涨潮流自东南向西北，落潮流自西北向东南，流速平面分布特征为湾外水域流速较高，湾内水域流速较低。

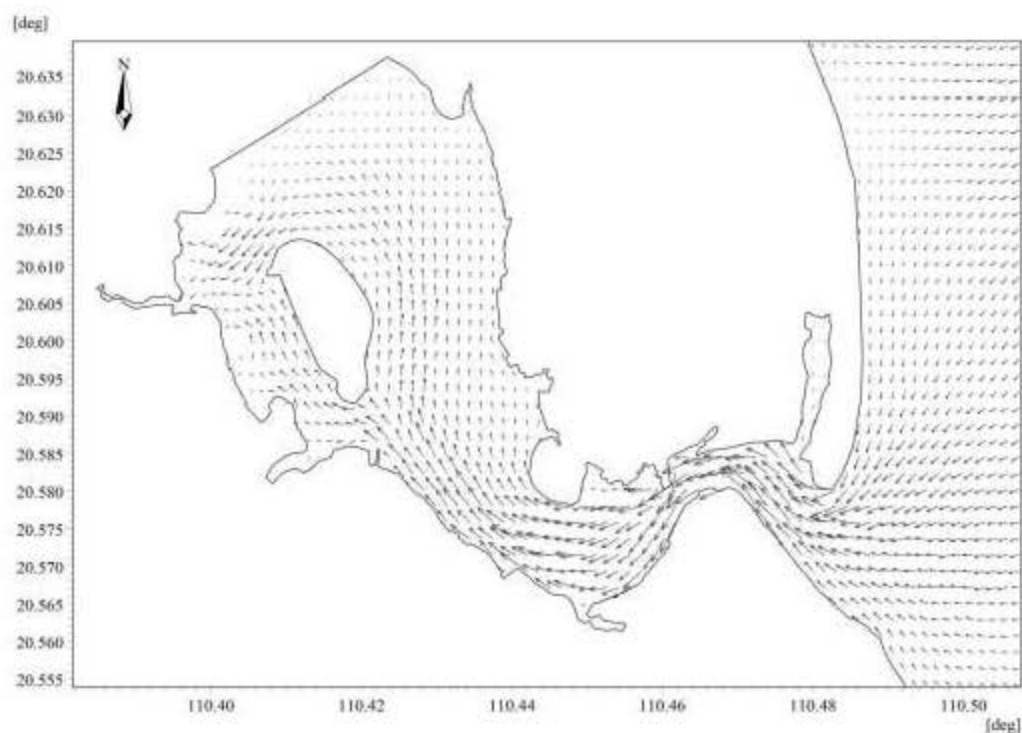


图 1.3.1.1-7 工程前涨急流场图

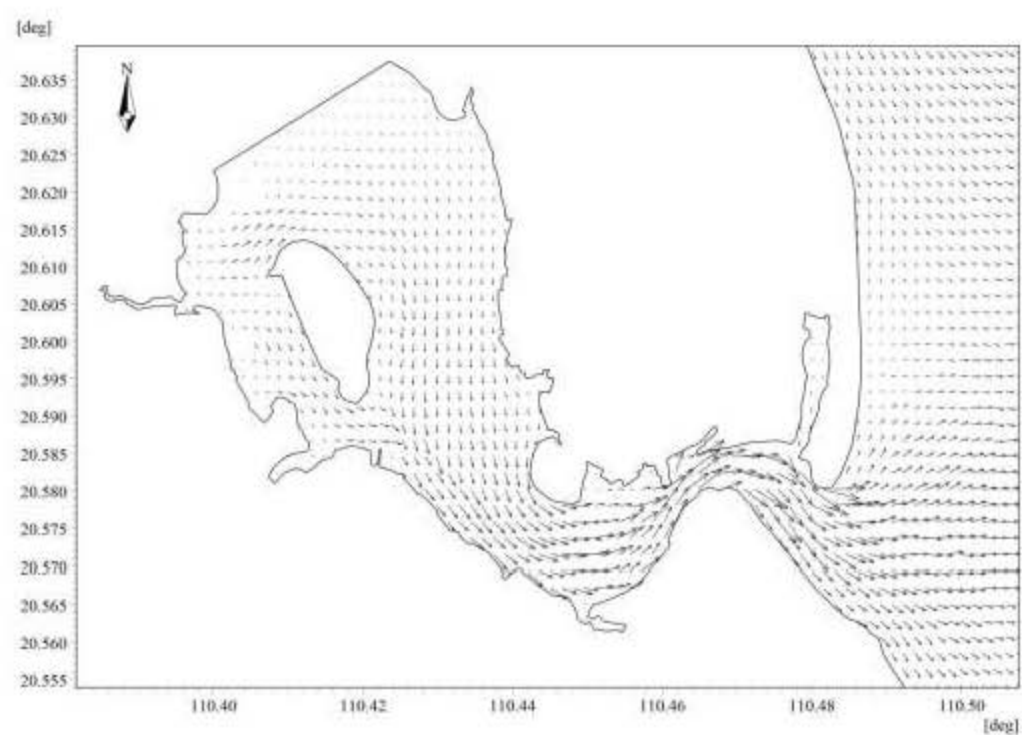


图 1.3.1.1-8 工程前落急流场图

3、工程后水动力环境变化

工程建设完成典型时刻工程后与工程前流场、流速变化对比可见图 1.3.1.1-9~图 1.3.1.1-14，从图可见，工程方案建设完成流场变化仅限于工程附近。

为了定量分析本工程建设完成对附近水域水动力环境的影响，选取了 24 个代表点（代表

点位置见图 1.3.1.1-9), 将各代表点工程后与工程前大潮的涨急、落急时刻流速流向分别列于表 1.3.1.1-1~表 1.3.1-2 中。

工程建设后涨落急流速和流向出现不同程度的变化, 其中 T1~T2、T10~T14 号代表点位于工程毗邻水域, T3~T9 号代表点位于六极岛东侧、东北侧水域, T15~T22 号代表点位于六极岛东南侧水域, T23~T24 号代表点位于湾口水域。

工程附近水域 T1~T24 号代表点的涨落急流速和流向出现不同程度的变化。

(1) 涨急时刻

①T1~T2、T10~T14 号代表点 (工程毗邻水域)

工程建成后流速变化量为 $-0.038\sim-0.048\text{m/s}$; 工程后流向出现一定程度变化, 流向变化为 $-1.169^\circ\sim-28.820^\circ$ 。流速变化幅度较大出现在 T1 (位于湾内西北角取土区毗邻水域), 流向变化幅度较大出现在 T1 (位于湾内西北角取土区毗邻水域)。

②T3~T9 号代表点 (六极岛东侧、东北侧水域)

工程建成后流速变化量为 $0.002\sim-0.005\text{m/s}$; 工程后流向出现一定程度变化, 流向变化为 $-0.447^\circ\sim-0.436^\circ$ 。流速变化幅度较大出现在 T3 (位于取土区西侧, 六极岛北侧水域), 流向变化幅度较大出现在 T3 (位于取土区西侧, 六极岛北侧水域)。

③T15~T22 号代表点 (六极岛东南侧水域)

工程建成后流速变化量为 $-0.004\sim-0.003\text{m/s}$; 工程后流向出现一定程度变化, 流向变化为 $-0.241^\circ\sim-0.211^\circ$ 。流速变化幅度较大出现在 T15 (位于六极岛南侧水域), 流向变化幅度较大出现在 T15 (位于六极岛南侧水域)。

④T23~T24 号代表点 (湾口水域)

工程建成后流速变化量为 $0.001\sim-0.002\text{m/s}$; 工程后流向出现一定程度变化, 流向变化为 $-0.009^\circ\sim-0.001^\circ$ 。流速变化幅度较大出现在 T23 (位于湾口水域), 流向变化幅度较大出现在 T23 (位于湾口水域)。

(2) 落急时刻

①T1~T2、T10~T14 号代表点 (工程毗邻水域)

工程建成后流速变化量为 $-0.014\sim-0.041\text{m/s}$; 工程后流向出现一定程度变化, 流向变化为 $-1.350^\circ\sim-2.186^\circ$ 。流速变化幅度较大出现在 T1 (位于湾内西北角取土区毗邻水域), 流向变化幅度较大出现在 T10 (位于取土区西侧, 六极岛北侧水域)。

②T3~T9 号代表点（六极岛东侧、东北侧水域）

工程建成后流速变化量为 $0.001\sim 0.002\text{m/s}$ ；工程后流向出现一定程度变化，流向变化为 $-0.814^{\circ}\sim 0.206^{\circ}$ 。流速变化幅度较大出现在 T3（位于取土区西侧，六极岛北侧水域），流向变化幅度较大出现在 T3（位于取土区西侧，六极岛北侧水域）。

③T15~T22 号代表点（六极岛东南侧水域）

工程建成后流速变化量为 $-0.002\sim -0.001\text{m/s}$ ；工程后流向出现一定程度变化，流向变化为 $-0.241^{\circ}\sim -0.211^{\circ}$ 。流速变化幅度较大出现在 T15（位于六极岛南侧水域），流向变化幅度较大出现在 T15（位于六极岛南侧水域）。

④T23~T24 号代表点（湾口水域）

工程建成后流速变化量为 0.001m/s ；工程后流向出现一定程度变化，流向变化为 0.001° 。流速变化幅度较大出现在湾口水域，流向变化幅度较大出现在湾口水域。

根据各代表点工程后与工程前大潮的涨急、落急时刻流速流向统计结果，工程毗邻水域 T1~T2、T10~T14 号代表点，相比较位于其他区域代表点的变化幅度要小，流速变化大都在 0.1m/s 以内，流向变化大都在 1° 以内，越远离工程的位置，流速流向变化越小。

总体上看，水动力环境变化较大的代表点位于工程紧邻水域，湾内代表点水动力环境变化相比较湾口工程附近水域要小，本工程的实施水动力环境的影响主要集中在水域。

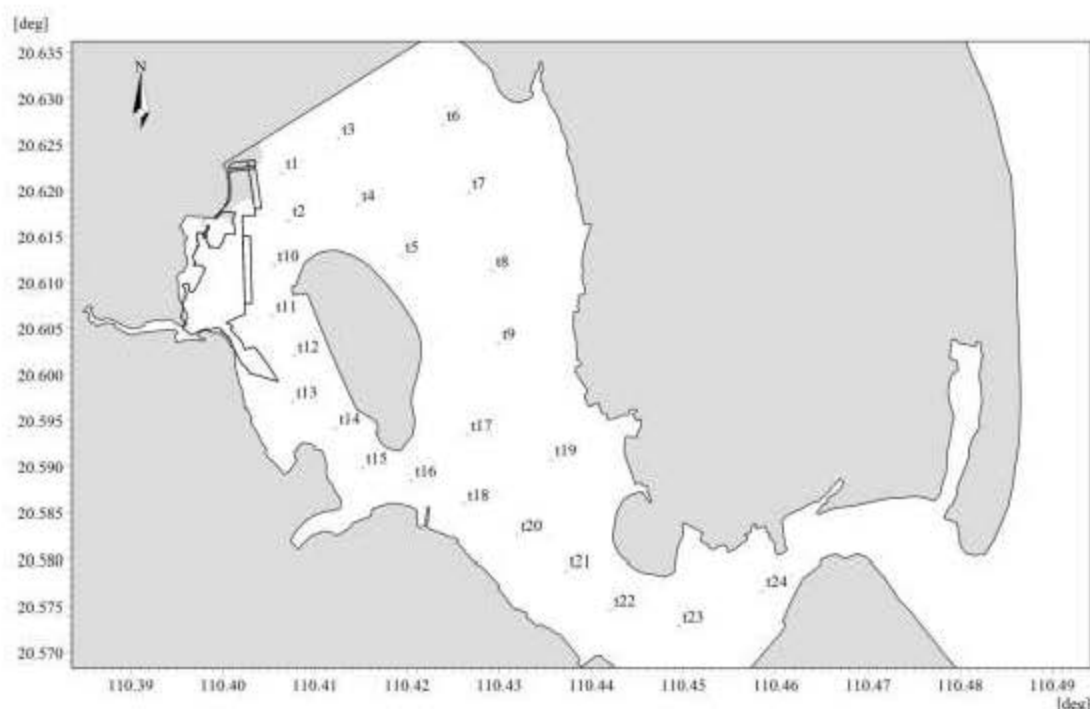


图 1.3.1.1-9 工程后代表点位置图

表 1.3.1.1-1 工程后-工程前大潮涨急时刻流速流向变化

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
T1	0.077	0.125	0.048	62.34%	212.185	241.005	28.820	8.01%
T2	0.364	0.366	0.002	0.55%	218.454	219.153	0.699	0.19%
T3	0.089	0.094	0.005	5.62%	264.197	263.750	-0.447	-0.12%
T4	0.186	0.190	0.004	2.15%	271.768	272.204	0.436	0.12%
T5	0.169	0.172	0.003	1.78%	307.268	307.368	0.100	0.03%
T6	0.103	0.105	0.002	1.94%	326.191	325.804	-0.387	-0.11%
T7	0.173	0.175	0.002	1.16%	355.142	355.032	-0.110	-0.03%
T8	0.294	0.297	0.003	1.02%	350.055	349.966	-0.089	-0.02%
T9	0.370	0.374	0.004	1.08%	4.030	3.917	-0.113	-0.03%
T10	0.448	0.412	-0.036	-8.04%	221.795	225.908	4.113	1.14%
T11	0.177	0.139	-0.038	-21.47%	248.494	249.013	0.519	0.14%
T12	0.321	0.297	-0.024	-7.48%	322.210	322.549	0.339	0.09%
T13	0.190	0.181	-0.009	-4.74%	355.456	354.287	-1.169	-0.32%
T14	0.283	0.276	-0.007	-2.47%	318.939	318.822	-0.117	-0.03%
T15	0.255	0.251	-0.004	-1.57%	296.657	296.416	-0.241	-0.07%
T16	0.392	0.388	-0.004	-1.02%	289.392	289.603	0.211	0.06%
T17	0.399	0.402	0.003	0.75%	2.492	2.571	0.079	0.02%
T18	0.331	0.332	0.001	0.30%	329.994	330.020	0.026	0.01%
T19	0.223	0.225	0.002	0.90%	351.162	351.177	0.015	0.00%
T20	0.559	0.560	0.001	0.18%	325.320	325.346	0.026	0.01%
T21	0.481	0.482	0.001	0.21%	325.650	325.677	0.027	0.01%
T22	0.610	0.611	0.001	0.16%	291.990	291.990	0.000	0.00%
T23	0.658	0.660	0.002	0.30%	256.535	256.526	-0.009	0.00%
T24	0.522	0.523	0.001	0.19%	222.953	222.952	-0.001	0.00%

表 1.3.1.1-2 工程后-工程前大潮落急时刻流速流向变化

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)			
	工程前	工程后	变化值	变化率	工程前	工程后	变化值	变化率
T1	0.048	0.089	0.041	85.42%	75.353	74.003	-1.350	-0.37%
T2	0.238	0.245	0.007	2.94%	52.166	53.159	0.993	0.28%
T3	0.060	0.063	0.003	5.00%	90.951	90.137	-0.814	-0.23%
T4	0.145	0.147	0.002	1.38%	94.678	94.884	0.206	0.06%
T5	0.166	0.168	0.002	1.20%	126.698	126.614	-0.084	-0.02%
T6	0.084	0.085	0.001	1.19%	140.754	140.344	-0.410	-0.11%
T7	0.132	0.133	0.001	0.76%	175.575	175.361	-0.214	-0.06%
T8	0.204	0.206	0.002	0.98%	170.156	170.036	-0.120	-0.03%
T9	0.295	0.297	0.002	0.68%	175.322	175.296	-0.026	-0.01%
T10	0.254	0.240	-0.014	-5.51%	46.747	48.933	2.186	0.61%
T11	0.086	0.076	-0.010	-11.63%	83.010	83.913	0.903	0.25%
T12	0.196	0.191	-0.005	-2.55%	137.460	137.548	0.088	0.02%
T13	0.146	0.144	-0.002	-1.37%	174.135	173.924	-0.211	-0.06%
T14	0.223	0.221	-0.002	-0.90%	130.025	129.954	-0.071	-0.02%
T15	0.204	0.202	-0.002	-0.98%	128.568	128.535	-0.033	-0.01%
T16	0.260	0.259	-0.001	-0.38%	101.502	101.610	0.108	0.03%
T17	0.295	0.297	0.002	0.68%	185.266	185.297	0.031	0.01%
T18	0.261	0.262	0.001	0.38%	150.886	150.900	0.014	0.00%
T19	0.272	0.272	0.000	0.00%	168.091	168.102	0.011	0.00%
T20	0.503	0.504	0.001	0.20%	145.362	145.362	0.000	0.00%
T21	0.402	0.402	0.000	0.00%	155.241	155.230	-0.011	0.00%
T22	0.473	0.474	0.001	0.21%	123.693	123.690	-0.003	0.00%
T23	0.662	0.663	0.001	0.15%	80.979	80.980	0.001	0.00%
T24	0.547	0.548	0.001	0.18%	42.945	42.946	0.001	0.00%

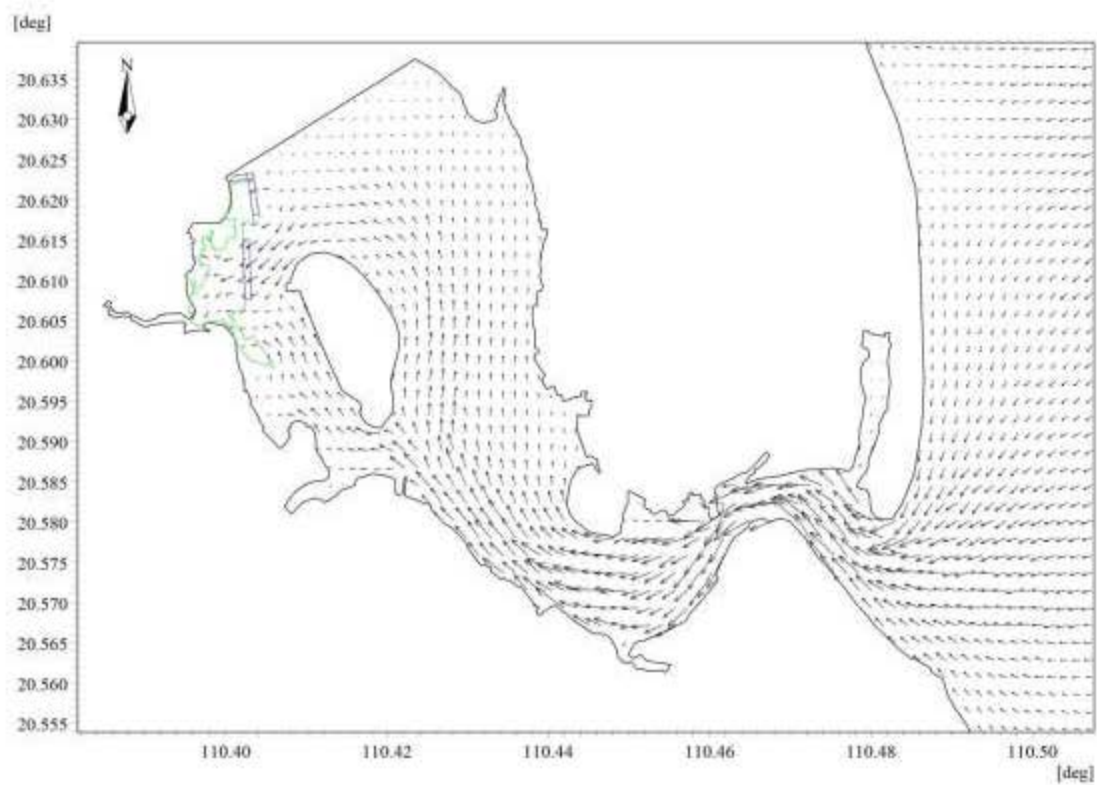


图 1.3.1.1-10 工程后涨急流场图

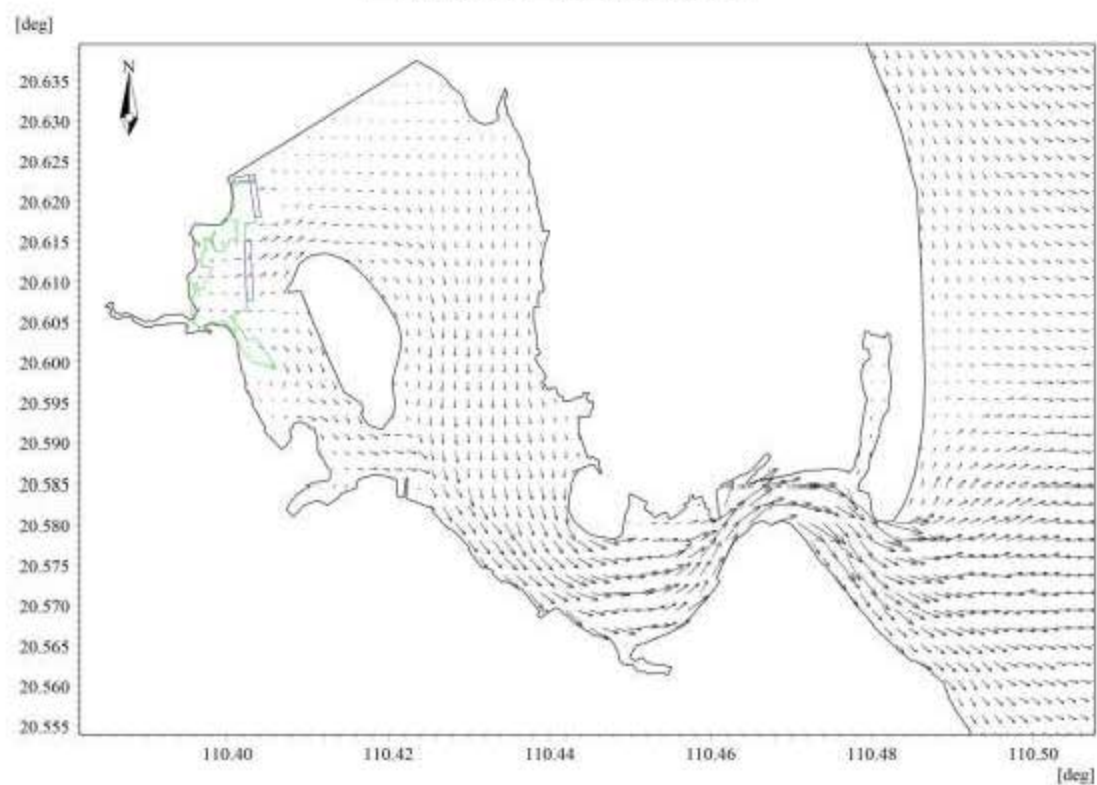


图 1.3.1.1-11 工程后落急流场图

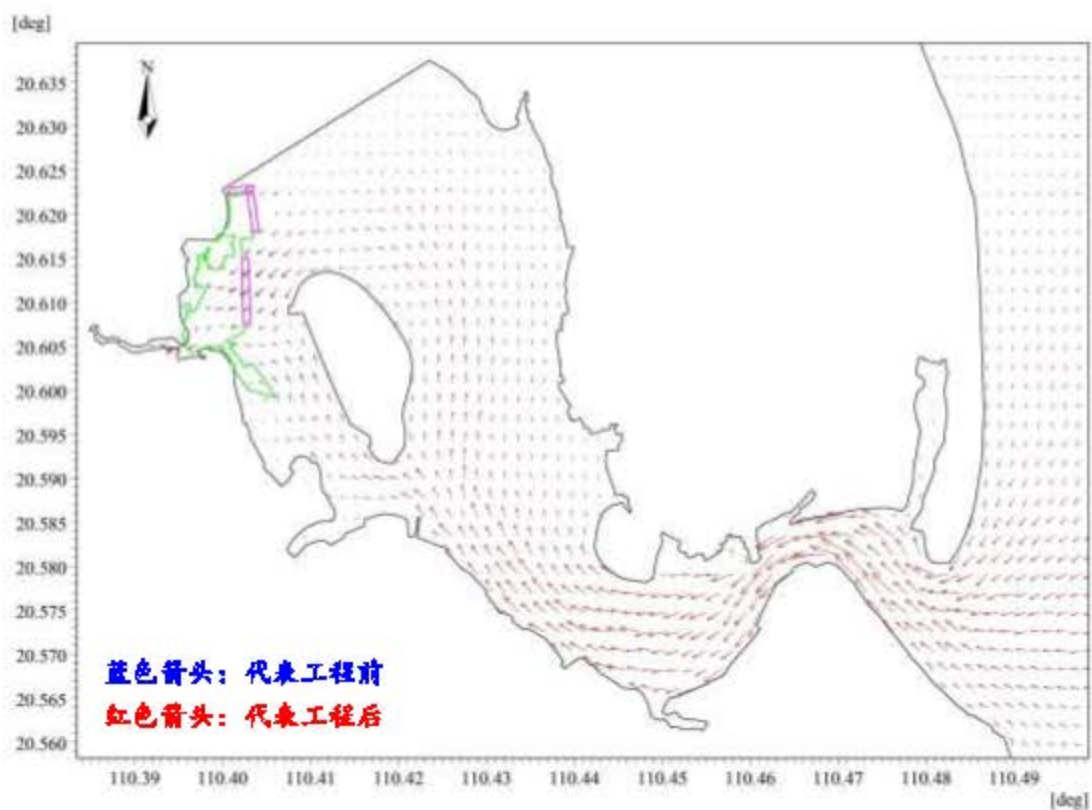


图 1.3.1.1-12a 工程后-工程前涨急流场对比图

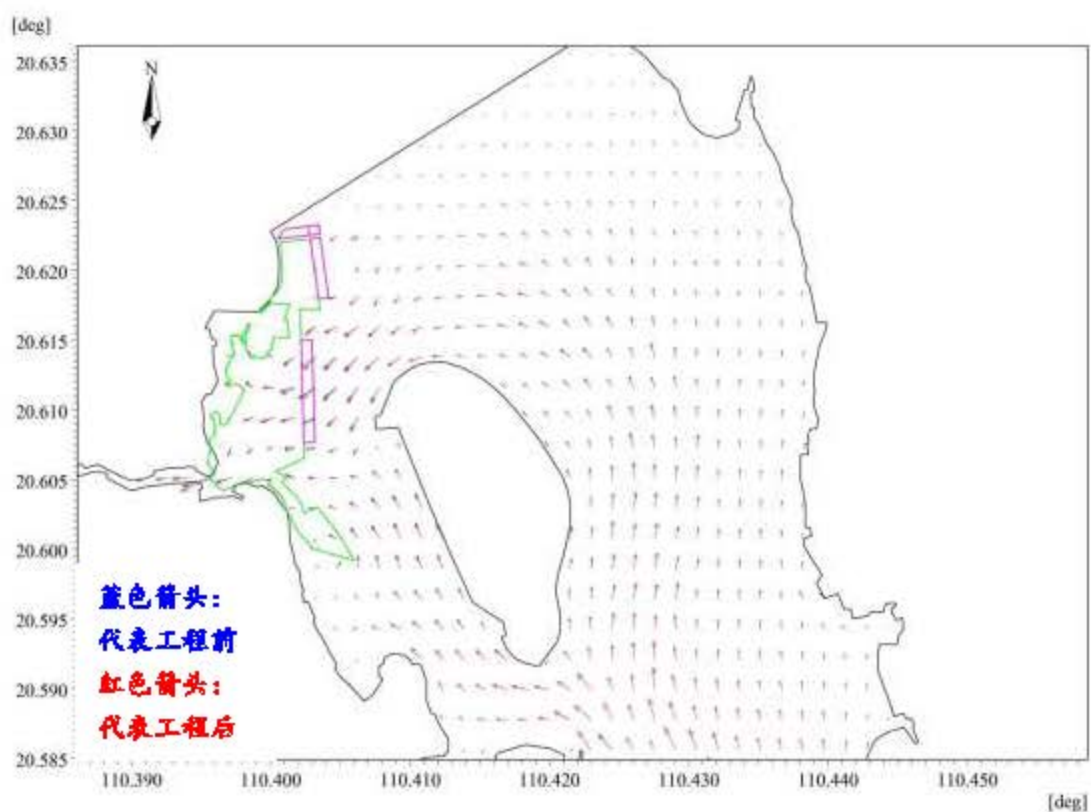


图 1.3.1.1-12b 工程后-工程前涨急流场对比图（局部放大图）

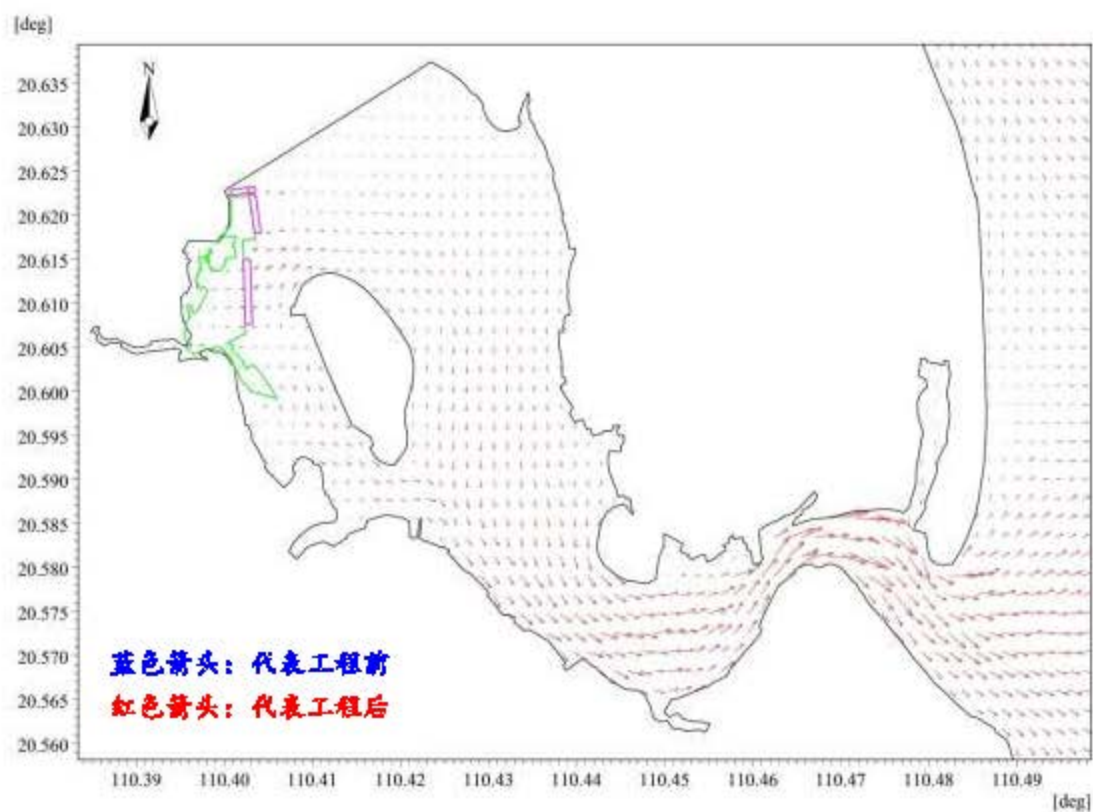


图 1.3.1.1-13a 工程后-工程前落急流场对比图

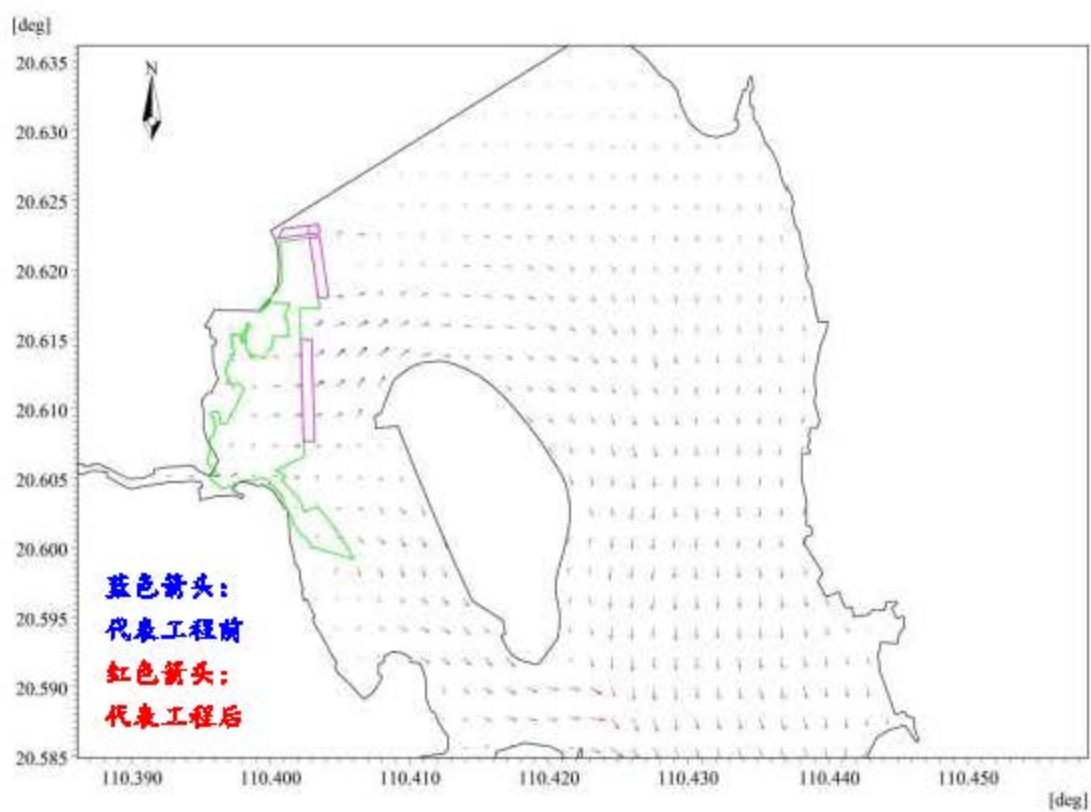


图 1.3.1.1-13b 工程后-工程前落急流场对比图（局部放大图）

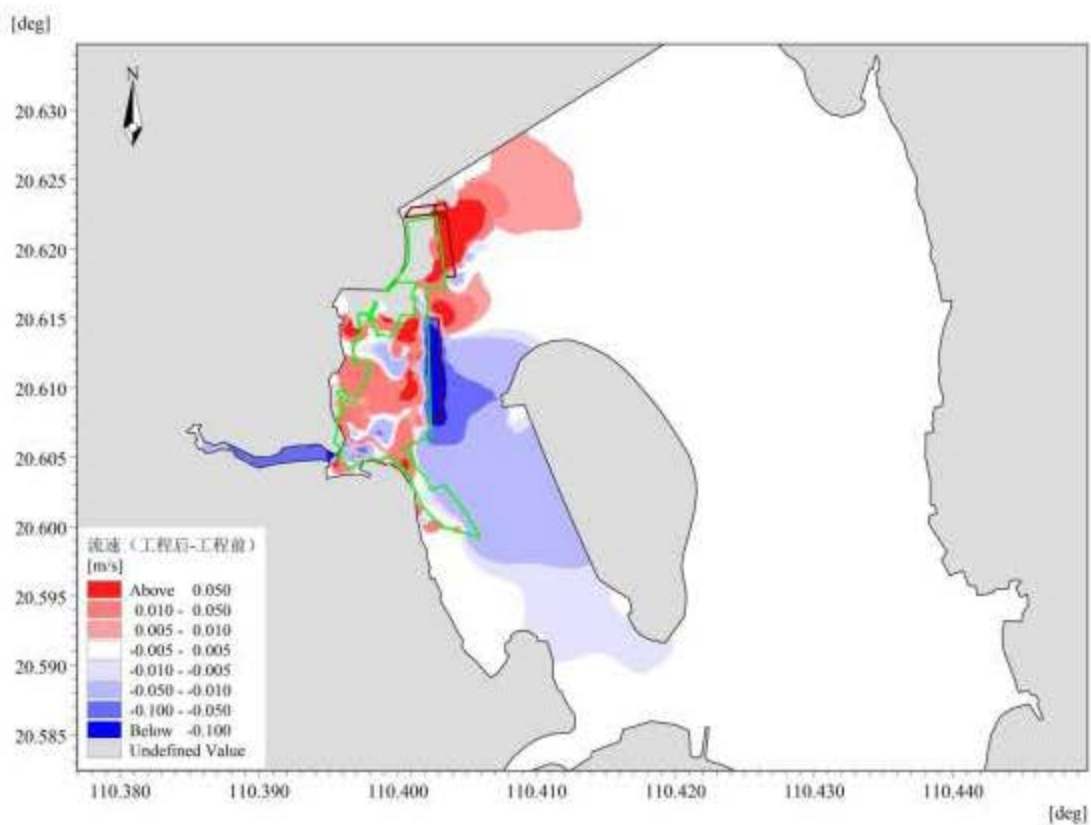


图 1.3.1.1-14 工程后-工程前涨急流速变化等值线图

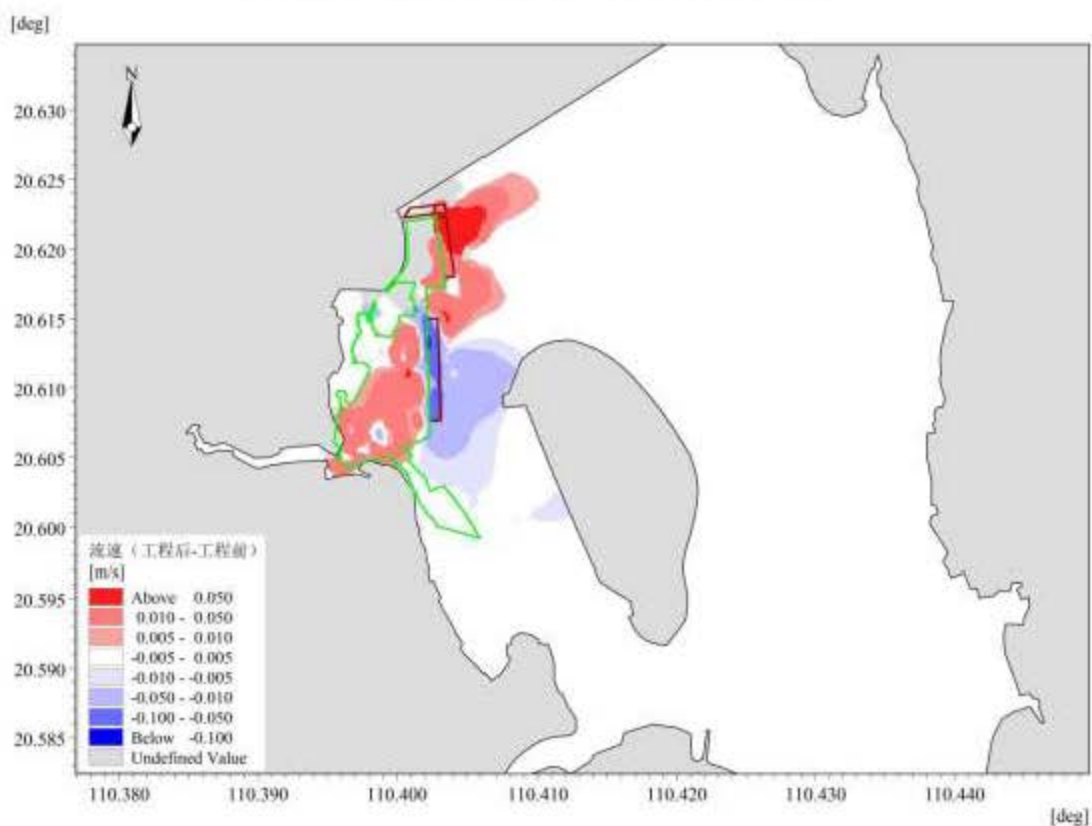


图 1.3.1.1-14 工程后-工程前落急流速变化等值线图

4、对纳潮量的影响分析

纳潮量是表征半封闭海湾生命力的重要指标，它的改变是海湾潮流特征变化的总体反映，会对海湾的输沙量、水交换能力以及环境容量产生直接的影响。本节分别以涨落半潮通过湾内断面的通量来计算纳潮量，其计算公式为：

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} (Q_u + Q_v) dt$$

其中 $Q_u = \sum_1^n uhl_u$, $Q_v = \sum_1^n vhl_v$, n 为断面上的网格数， u 、 v 分别为某一网格某一时间的东西、南北流速分量， h 为某一时间上某一网格上的水深， l_u 、 l_v 分别为网格的东西向和南北向宽度， Q_u 和 Q_v 分别为单位时间内通过断面的东西和南北向水通量， t_1 和 t_2 分别为涨潮和落潮开始和结束的时间，得到 Q 即为一个涨潮或落潮内通过一断面的水通量。

项目实施前后断面通量变化如表 1.3.1.1-3，断面位置见图 1.3.1.1-15。工程实施后，湾内大潮涨潮、落潮断面流量比项目实施前略微增大，增大幅度在 0.08%~0.09%。纳潮量的增大，会缩短湾内水交换周期和增强水交换率，对湾内的水交换产生积极影响，使得湾内水体交换周期缩短，水体交换能力增强，将会对湾内的污染物衰减扩散产生一定的加强作用，在一定程度上会改善湾内的水质，为进一步了解项目实施完成后对周围海域水质的影响，建议在项目施工完成后做持续的海洋环境跟踪监测。

表 1.3.1.1-3 工程前后计算断面潮量变化表

涨潮水通量			落潮水通量		
实施前/m ³	实施后/m ³	变率/%	实施前/m ³	实施后/m ³	变率/%
25220.091	25240.341	0.08%	21377.115	21395.814	0.09%

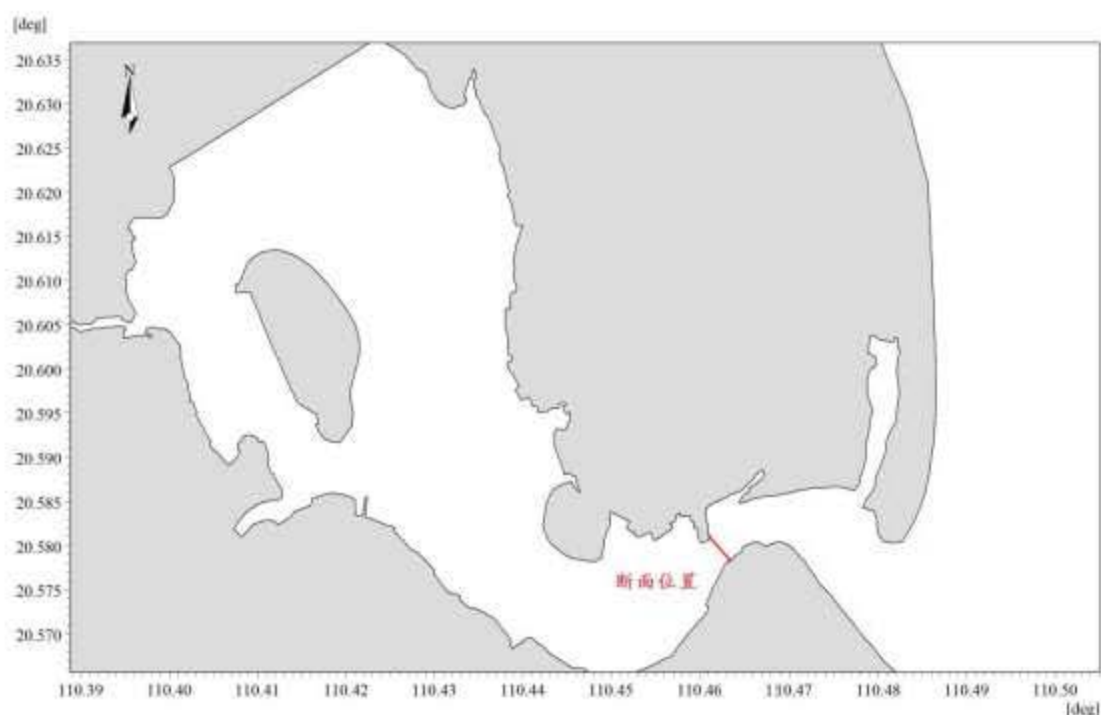


图 1.3.1.1-15 断面位置示意图

1.3.1.2 施工期地形地貌与冲淤环境影响分析

从潮流模型计算结果分析可知，工程实施对流态的影响主要在工程附近海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小。因此，可初步分析认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，工程远区冲淤影响较小。为进一步确定工程实施对周围海域冲淤变化的影响，采用由动力场变化引起的半经验半理论公式进行冲淤估算。

本工程完成后会造成附近海域水动力条件的改变，进而造成不同部位的冲刷和淤积。根据工程区的波浪条件、水深情况和起步工程的平面布置特点，工程实施后导致项目附近的淤积应主要是悬沙落淤造成。

由于泥沙问题的复杂性，本工程实施后淤积预报是主管和设计部门非常关注的问题。预报的准确程度将主要取决于两点，一是研究单位对工程海区水文泥沙资料的占有量和对同类型项目泥沙淤积掌握的广度和经验；二是淤积量预报公式的正确选取及其计算参数的正确确定。

经比选，本项目选取泥沙研究工作经常采用的公式对工程方案实施后附近水域底床的淤积情况进行计算：

$$P = \frac{\alpha \alpha S_* T}{\gamma_d} \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{2m} \right]$$

式中： p ——年平均淤积强度（m）；

α ——沉降几率，取 0.67；

ω ——泥沙沉降速度（cm/s），根据有关试验泥沙沉速的取值：这里取 0.02cm/s；

S_* ——为水体平均悬沙含量，取0.07kg/m³；

T ——泥沙沉降时间，按一年的总秒数计；

γ_d ——淤积物的干容重， $\gamma_d=686 \text{ kg/m}^3$ ；

v_1, v_2 ——分别为数值计算工程前、工程后全潮平均流速，单位为m/s，

m ——根据当地的流速与含沙量的关系近似取作1。

基于水动力结果计算了工程实施前后附近水域年冲淤变化，由计算结果可知，方案实施后，由于红树林种植及取土实施导致工程附近局部地形发生改变，取土范围内水域流速减小，水流挟沙力减小，产生淤积；种植区水域流速有所增加，水流挟沙力增加，产生冲刷。但是由于工程区附近径流携沙量相对小，因此，工程实施导致的泥沙冲淤变化量不会太大。方案实施后，种植区范围内冲刷深度在 0.01~0.10m/a 之间，取土区淤积厚度在 0.10~0.20m/a 之间，最大淤积出现取土区水域，淤积厚度达到 0.20m/a。

图 1.3.1.2-1 为工程实施后附近海域年冲淤变化图。（+表示淤积，-表示冲刷）

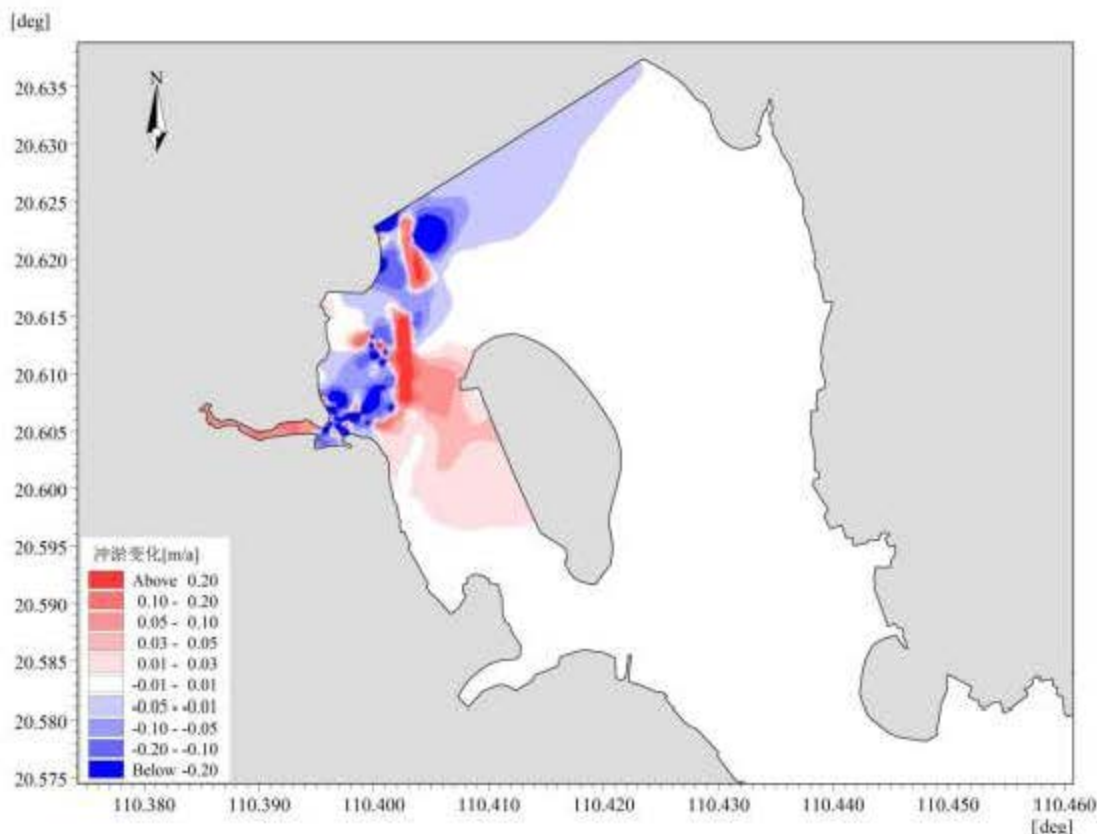


图 1.3.1.2-1 工程实施前后年冲淤变化图

1.3.1.3 施工期海水水质环境影响分析

本工程施工对水质影响主要考虑施工作业过程中所产生的悬浮物扩散影响，当施工时，在工程周围水域会形成高浓度悬沙，其后悬沙随潮流输运、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

1、模型介绍

对施工期产生的悬沙随潮流的漂移扩散情况进行计算，给出工程施工期间引起泥沙扩散的影响范围。

本工程的涉水作业项目主要为施工期取土施工，将会扰动工程区域水体，造成局部区域悬浮物浓度增高，对水环境将产生一定的影响。在分析中仅考虑涉水作业项目产生的悬浮物增量的影响，潮流作用引起的底床泥沙起悬将不参与计算。同时施工点位简化为连续点源排放，对悬浮物最大浓度为 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L 及大于 100mg/L 的水域范围进行统计分析。

本项目采用二维泥沙模型预测施工期对水质环境的影响。

(1) 控制方程

模型泥沙控制方程为：

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{F_s}{h + \eta}$$

式中：

s ——悬沙浓度；

D_x 、 D_y —— x 、 y 方向的悬沙紊动扩散系数；

F_s ——泥沙源汇函数或泥沙冲淤函数，

1) 床面切应力

波浪潮流联合作用下的床面切应力使用下式计算：

$$\tau_b = \frac{1}{2} \rho_w f_w (U_b^2 + U_\delta^2 + 2U_b U_\delta \cos \beta)$$

式中：

U_b ——波浪水质点在床底的水平轨道速度；

U_δ ——波浪边界层顶部的流速；

β ——流向与波向的夹角；

f_w ——波浪底摩阻系数。

按下式估算：

$$f_w = \exp \left[5.213 \left(\frac{a}{k_b} \right)^{-0.194} - 5.977 \right]$$

式中：

a ——波浪水质点在床底的平均振幅；

k_b ——粗糙高度。

2) 泥沙颗粒沉速

泥沙沉降速度是计算泥沙淤积的主要参数，对于粒径小于 0.03mm 泥沙颗粒，在海水中表现为絮凝状态，其沉降速度为 0.0004~0.0005m/s，对于大于 0.03mm 泥沙颗粒在海水中不在絮凝，其沉降速度可按单颗粒沉速考虑。

考虑含沙量的影响，单颗粒泥沙平均沉速可由下式估算（Soulsby, 1997）：

$$w_s = \frac{v}{d_{50}} \left\{ [10.36^2 + 1.049(1 - C)^{4.7} D_*^3]^{1/2} - 10.36 \right\}$$

式中：

ν ——水体运动粘度，取值 $1.36 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ；

d_{50} ——悬砂中值粒径；

C ——体积含沙量；

D_* ——无量纲参数，

按下式计算：

$$D_* = \left[\frac{g(s-1)}{\nu^2} \right]^{1/3} d_{50}$$

式中：

g ——重力加速度，取值 9.81 m/s^2 ；

s ——泥沙颗粒的比重，取值 2.65。

3) 淤积模型

淤积是指泥沙从悬沙变为底床沉积物的转换过程。当床面切应力 τ_b 小于泥沙临界淤积切应力 τ_{cd} 时，发生淤积。

淤积率由泥沙与水流相互作用的随机模型（Krone, 1962）表示：

$$S_D = w_s c_b p_d$$
$$p_d = 1 - \tau_b / \tau_{cd}$$

式中：

c_b ——近底层的悬沙含量；

p_d ——淤积概率的表达式。

近底层的泥沙浓度 c_b 可使用佩克莱特数 P_e 和垂线平均悬沙含量计算得出（Teeter, 1986）：

$$c_b = \bar{c} \times \left(1 + \frac{P_e}{1.25 + 4.75 p_d^{2.5}} \right)$$
$$P_e = 6w_s / \kappa U_f$$

式中：

P_e ——佩克莱特数；

U_f ——摩阻流速；

κ ——冯卡门常数，一般取为 0.4。

4) 冲刷模型

冲刷是指从泥沙从底床向水体的转移过程，当床面切应力 τ_b 大于临界冲刷切应力 τ_{ce} 时就

会发生。

可用以下方式表示侵蚀率（Parchure&Mehta, 1985）：

$$S_E = E \exp \left[a(\tau_b - \tau_{ce})^{1/2} \right]$$

式中：

E ——侵蚀度；

τ_{ce} ——临界冲刷切应力。

（2）计算区域及网格划分

悬沙扩散数学模型计算域及网格划分与潮流数学模型相同。

2、悬沙预测情景

本工程施工对水质影响主要考虑取土施工所产生的悬浮物扩散影响。

（1）工况确定

本项目取土拟采用 1 台水上挖土机施工。由于施工过程中，水上挖土机是移动的，且不同时刻的水动力条件不同，因此，在不同的时刻，施工过程产生的悬浮泥沙影响范围是不同的，为了了解本项目整个施工过程中，可能影响到的全部范围情况，本次预测将上述施工对水质的影响分别设置工况进行预测：

施工期取土的水质影响，根据施工安排，将取土范围外边缘划分若干工段，每个工段分别设置悬浮泥沙源强（共 39 个源强点），由于挖土机是移动的，将悬沙源强点概化为移动点源。

悬沙点位见图 1.3.1.3-1。

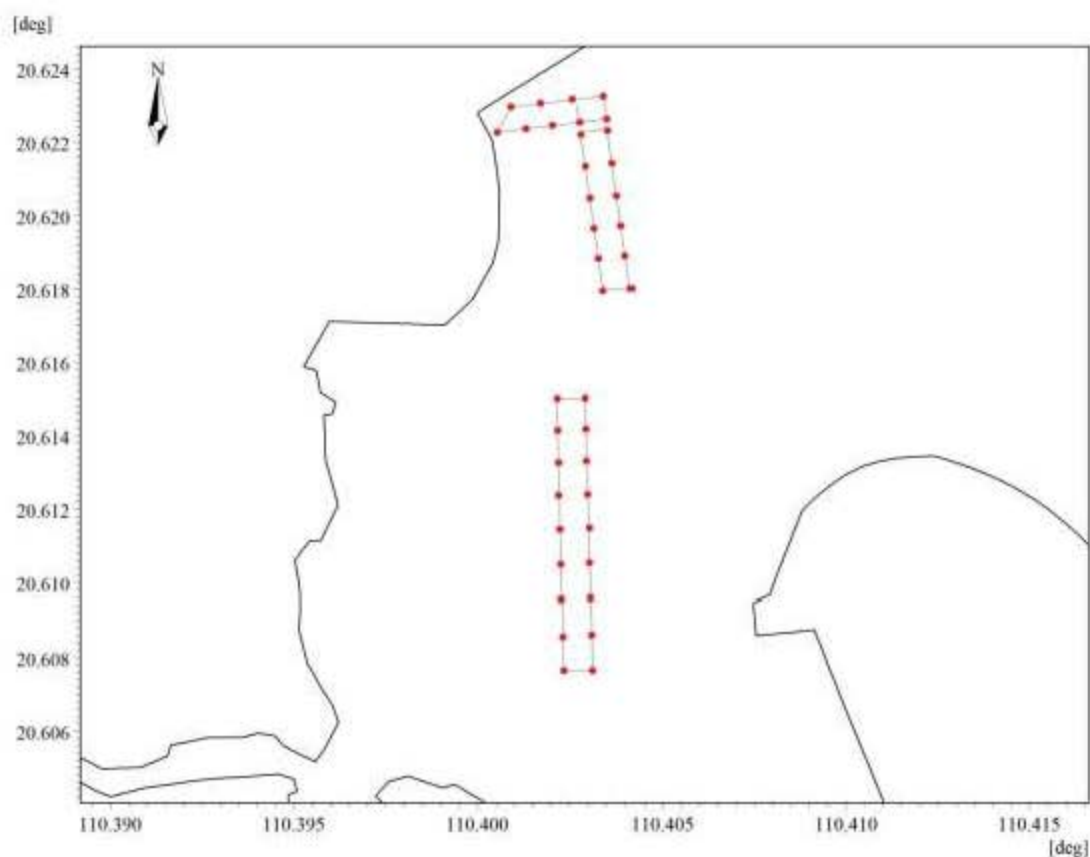


图 1.3.1.3-1 取土施工悬沙源强点位图

(2) 源强计算

参考《水运工程建设项目环境影响评价指南（JTS/T 105—2021）》中提出的经验公式进行估算。

$$Q = R/R_0 \times T \times W_0$$

式中：

Q ：施工作业悬浮物发生量（t/h）；

R ：现场流速悬浮物临界粒子累计百分比（%），宜采用现场实测法确定，无实测资料时可取 89.2%；

R_0 ：发生系数 W_0 时的悬浮物粒径累计百分比（%），宜采用现场实测法确定，无实测资料时可取 80.2%；

T ：挖泥船施工效率（ m^3/h ）；

W_0 ：悬浮物发生系数（ t/m^3 ），宜采用现场实测法确定，无实测资料时可取 $38.0 \times 10^{-3} t/m^3$ 。

根据初步设计方案，本项目取土总量约为 7.4 万 m^3 ，场地平整施工工期安排为 10 天，每天挖泥能力约 $7400 m^3/d$ ，拟安排 1 台水上挖土机，每天工作 12 小时，挖土机挖泥效率为 $617 m^3/h$ ，

则水上挖泥船施工源强为 7.24kg/s。

根据报告分析，吹填溢流通过选在弱流区有利于泥沙的沉降，采取分隔围堰、多道防污屏等沉隔措施处理后可达标排放，考虑到吹填溢流经过处理后排放悬浮泥沙源强很小，本项目数值模拟不再考虑吹填溢流的对环境的影响。

3、模拟结果

本次预测考虑输出每小时的浓度场，统计在工程海域悬沙增量大于 10mg/L 面积，获得瞬时最大浓度场。并叠加模拟期间内各网格点构成的最大浓度值的浓度场，构成“包络浓度场”，其统计结果见表 1.3.1.3-1。图 1.3.1.3-2 为模拟期内施工作业悬沙增量包络线浓度场。

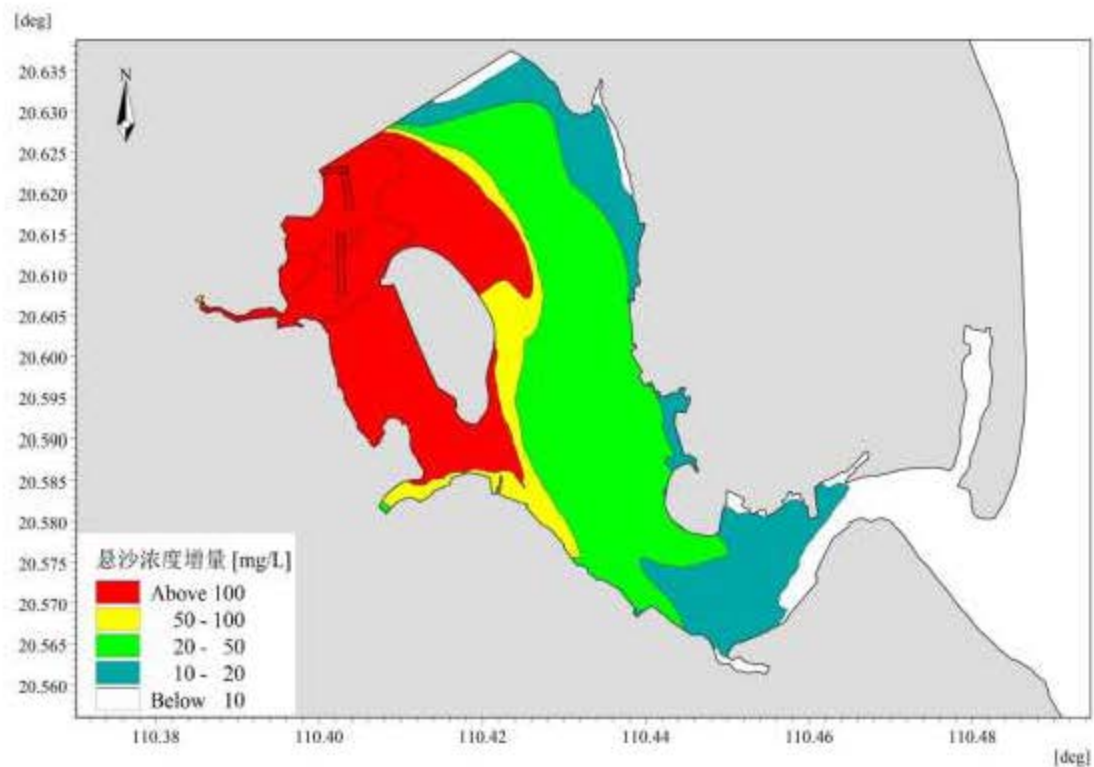


图 1.3.1.3-2 取土施工悬沙浓度增量包络线图

在施工过程中，所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，并使得周边水域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。

表 1.3.1.3-1 施工产生悬沙浓度增量包络范围统计表

悬沙浓度增量	取土施工影响范围	
	包络线面积 (km ²)	距离工程边界最远距离 (m)
>10mg/L	24.713	6844
>20mg/L	20.205	5855

>50mg/L	11.326	4412
>100mg/L	7.676	3257

计算结果显示，项目施工悬沙最大浓度影响统计可见表 1.3.1.3-1，施工引起的悬沙扩散范围相对较大，但主要在工程区附近输移扩散，具体范围如下：

取土施工，悬沙浓度大于 10mg/L 的水域面积 24.713km²；施工悬沙浓度大于 20mg/L 的水域面积为 20.205km²；施工悬沙浓度大于 50mg/L 的水域面积为 11.326km²；施工悬沙浓度大于 100mg/L 的水域面积为 7.676km²。

根据上述结果显示，取土施工所产生悬沙扩散范围较大。施工期涉水作业产生悬浮物对环境影响的准确预测是较为复杂的。主要原因是现场施工工艺变化导致悬浮物源强与计算取值产生差异，而且施工过程是动态的，所以造成泥沙悬浮浓度和悬浮量难以精确统计。潮型不同，涨潮期还是落潮期进行施工，均直接影响悬浮物的漂移沉降，导致扩散范围的不同。但对其影响范围的整体把握是可行的，建议相关部门对施工期悬浮物浓度进行实地监测，以准确分析施工期影响，及时调整和控制施工扩散影响。

施工悬沙影响时间基本为施工期，施工期结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响。

本项目施工期施工人员宿舍、办公区均租用附近民房，施工期产生的生活污水纳入当地生活污水处理；施工期船舶含油污水收集后交由有资质的单位接收处理，因此，项目施工基本不会对海水水质环境产生影响。

1.3.1.4 施工期沉积物环境影响分析

本工程对附近海域沉积物环境的影响主要表现在取土、滩涂整地过程中产生悬浮泥沙的影响。施工过程扰动海床淤泥，导致施工海域海水中悬浮物浓度增加。项目施工（取土工程、滩涂整地工程）对沉积物的影响时间是短暂的，一旦施工完毕，这种影响在较短的时间内也就结束。

施工期，施工期间将产生一定数量的含油废水、固体废物等，若管理不善，可能发生船舶污水未经处理直接排海，或废弃油等直接弃置入海，将直接污染区域海水水质，进而可能影响工程区海域沉积物环境质量。项目通过合理处理施工期产污，对沉积物环境的影响较小。

1.3.2 海洋生态环境影响分析

1.3.2.1 对底栖生物的影响

本项目取土和种植区滩涂整地工程不可避免对潮间带滩涂和浅海的生态环境产生不可逆的影响。主要影响包括以下几个方面：

取土工程由于施工机械的搅动作用，将破坏取土范围内底栖生物的栖息地和生存环境，移动能力较强的部分生物可能逃离工程区，但绝大部分底栖生物将随着底泥被挖运而受损或消亡，从而导致生物资源损失，如底栖生物、潮间带生物、浮游生物、鱼卵仔稚鱼和无脊椎动物等。

红树林种植区滩涂整地将直接覆盖原有滩涂，原有滩涂海域内无逃避能力的物种将遭到直接危害，如底栖生物、潮间带生物等，滩涂整地使一些生物赖以生存的生境暂时丧失。但施工完成后种植区将形成新的滩涂底土环境，底栖生物、潮间带生物可重新形成生态系统。

1.3.2.2 对浮游生物的影响

项目施工过程不可避免的会使得一部分悬沙进入水体，对项目附近海域的水质环境产生影响。从海洋生态的角度来看，施工海域内局部海水的悬浮物增加，水体透明度下降，从而引起溶解氧降低，对水生生物的生长会产生诸多的负面影响。

1、对浮游植物影响分析

水体悬浮物的增加对浮游植物最直接的影响就是削弱了水体的真光层厚度，影响浮游植物的光合作用，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，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有所降低。

在海洋食物链中，除了初级生产者—浮游藻类以外，其它营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，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。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个海洋生态食物链的影响是多环节的。

2、对浮游动物的影响

施工作业引起施工海域内的局部海水的浑浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该水域内的游泳生物迁移别处，浮游生物将受到不同程度的影响，尤其是滤食性浮游动物和光合作用

的浮游植物受到的影响较大，这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物增加，悬浮颗粒会粘附在动物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。

据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。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。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙会使周围海水中悬浮物浓度增大，透明度降低，引起浮游植物的光合作用减少，同样会对浮游植物产生一定的影响和破坏作用，进而对浮游动物产生一定影响。但是悬浮泥沙排放的时间相对较短，随着施工作业结束，悬浮泥沙的影响将逐渐减轻。

1.3.2.3 对鱼卵仔鱼的影响

悬浮物浓度增加导致海水水质变差，鱼卵和仔稚鱼将受到悬浮物的影响而死亡。悬浮物对鱼卵的影响很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量大到 1000mg/L 以上，鱼类的鱼卵能够存活的时间将很短。工程悬浮物对鱼卵仔鱼影响随着施工作业结束，影响将逐渐减轻。

1.3.2.4 对渔业生产和渔业资源的影响

1、施工悬浮泥沙对渔业生产和渔业资源的影响

(1) 直接导致鱼类和其他水生生物死亡

水中大量存在的悬浮物对生物的毒理危害首先表现为堵塞或破坏海洋生物的呼吸器官，严重损害鳃部的滤水和呼吸功能，从而造成窒息死亡。室内毒性实验表明，前鳞鲷幼鱼在香港维多利亚港疏浚淤泥悬浮液中的中毒症状主要为缺氧窒息，镜检发现幼鱼鳃部不同程度地分布着悬浮微粒从而阻碍其正常呼吸。大颗粒悬浮物在沉降过程中还将直接覆盖底栖生物，如贝类、甲壳类，尤其是它们的稚幼体。长时期的累积覆盖影响将导致底栖生物的减产或死亡。悬浮颗粒粘附在动物体表面，也会干扰其正常的生理功能，滤食性游泳动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。南海水产研究所根据国内外文献资料整理的关于悬浮物对某些水生生物种类的致死浓度和明显影响浓度见表 1.3.2-1。

表 1.3.2-1 悬浮物对海洋生物的致死浓度和明显影响浓度 (mg/L)

种类	成体		幼体	
	致死浓度	明显影响浓度	致死浓度	明显影响浓度
鱼类	52000	500	250	125
虾类	8000	500	400	125
蟹类	9200	4300	700	125
贝类	700	500	250	125

不同的鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关的实验数据, 悬浮物质的含量水平为 80000mg/L 时, 鱼类最多只能存活一天; 含量水平为 6000mg/L 时, 最多能存活一周; 含量水平为 300mg/L 时, 若每天作短时间搅拌, 使沉淀的淤泥泛起, 保持悬浮物质含量达到 2300mg/L, 则鱼类能存活 3~4 周。通常认为, 悬浮物质的含量在 200mg/L 以下及影响较短时期时, 不会导致鱼类直接死亡。但在取土作业点中心区域附近的鱼类, 即使高浓度的悬浮物质未能引起死亡, 但其鳃部会严重受损, 从而影响鱼类今后的存活和生长。

(2) 对鱼类行为的影响分析

鱼类和其他水生生物较易适应水环境的缓慢变化, 对环境的急剧变化敏感。取土工程和滩涂整地工程使作业区和附近的水体悬浮物含量增加, 水体的浑浊度起了变化, 从而导致鱼类和其他游泳动物的行为变化, 多数鱼类喜爱清水环境而规避浑浊水域, 此外还有作业工程产生的搅动、噪声等干扰因素, 施工作业对这些鱼类动物产生“驱赶效应”。繁殖群体的局部产卵通道同样可能受阻, 导致产卵亲鱼受到干扰、阻碍, 从而产生回避反应。

(3) 对鱼类繁殖 (鱼卵仔鱼) 的影响分析

水体中过高的和细小的悬浮物颗粒会粘附于鱼卵表面, 妨碍鱼卵的呼吸, 不利于鱼卵的成活、孵化, 从而影响鱼类繁殖。

(4) 减弱海域的饵料基础

水体悬浮颗粒的增加阻碍了光的透射, 减弱真光层厚度, 影响光合作用, 因而使水域的浮游植物量减少、初级生产力下降, 以浮游植物为饵料的浮游动物生物量下降, 而捕食浮游动物为生的鱼类由于饵料减少, 其丰度也会随之下降, 掠食鱼类的大型鱼类又因上一级生产者资源下降寻觅不到食物。水体中悬浮物含量增加, 对整个水域食物链的影响是多方面的。

2、施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场机械、船舶作业产生噪声, 会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息

活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。

由于春夏季是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议施工尽量避开这一季节。

1.3.2.5 油污水对海域生态环境的影响

在一定海域范围内，含油污水会给海洋生态环境造成危害。石油块（粒）覆盖生物体表后会影响动物的呼吸和进水系统。石油随悬浮物沉降在潮间带和浅水区后，会使底栖生物的幼虫与孢子失去合适的固着基质，甚至发生严重的化学毒性效应。石油烃会破坏浮游植物细胞，油膜会阻碍海—气交换，影响光合作用。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，浮游动物的石油急性中毒致死浓度一般在 0.1~15mg/L 之间，不同底栖生物的种类和体积对石油浓度的适应程度有差异，多数底栖生物的石油烃急性中毒致死浓度范围约在 2.0~15mg/L 之间。长期暴露处低浓度含油废水，可影响鱼类的摄食和繁殖，使渔获物产生油臭味而影响其食用价值。

本工程船舶含油污水严格按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018) 的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，经收集上岸后应交由有资质的单位处理。因此只要严格施工管理，正常情况下不会对海域生态环境产生不良影响。

1.3.3 海洋生物资源损耗分析

1.3.3.1 取土及滩涂整地对生物资源损耗分析

工程取土、种植区滩涂整地提高将覆盖原有滩涂潮间带和底栖生物原有的栖息环境，除少量活动能力强的动物逃往他处外，大部分种类将被挖走、掩埋、覆盖，除少量能够存活外，绝大部分种类将难以存活。施工结束后，取土区和滩涂整地区将逐渐形成新的生态系统，生物资源逐渐恢复。

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007) (简称《规程》)，滩涂整地彻底破坏了底栖生物的生境，按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中： W_i ——第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克 (kg)，在这里指潮间带生物或底栖生物资源受损量。

D_i ——评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾 (个) /km²、尾 (个) /km³、kg/km²。

在此为海洋生物资源密度。

S_i ——第 i 种生物占用的水域面积或体积，单位为平方千米 (km^2) 或立方千米 (km^3)。

在此为取土区、滩涂整地区面积，分别为 122800 m^2 、 121164.58 m^2 。

本评价海洋生物密度采用 2021 年 3 月春季调查站位平均值：

表 1.3.3-1 海洋生物资源密度取值情况

类型	平均值
底栖生物资源密度 (g/m^2)	3.480
潮间带生物资源密度 (g/m^2)	108.576
鱼卵生物资源密度 (粒/ m^3)	1.1170
仔稚鱼生物资源密度 (尾/ m^3)	0.1730
游泳动物生物资源密度 (kg/km^2)	74.077

根据公式，本项目造成潮间带生物、底栖生物损失量见表 1.3.3-2。

表 1.3.3-2 海洋生物资源损失量

生物类型	项目		占用面积 (m^2)	生物量	损失量
潮间带生物	滩涂整地区	潮间带海域	121164.58	$108.576 \text{ g}/\text{m}^2$	13.156t
底栖生物	取土区	浅海海域	122800	$3.480 \text{ g}/\text{m}^2$	0.427t

综上，本项目滩涂整地造成潮间带生物损失量为 13.156t，取土工程造成底栖生物损失 0.427t。

1.3.3.2 悬浮泥沙扩散对生物资源损耗分析

渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔鱼。对部分游泳生物来讲，悬浮物的影响较显著。悬浮物可粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难，严重的甚至引起鱼类死亡。根据有关研究资料，水体中悬浮物浓度大于 $100 \text{ mg}/\text{L}$ 时，水体浑浊度将比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，将影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的一些也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量大到 $1000 \text{ mg}/\text{L}$ 以上，鱼类的鱼卵能够存活的时间将很短。

本工程取土施工工期约为 10 天，少于 15 天，按照《规程》，在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的一次性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中： M_i 为第*i*种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

W_i 为第*i*种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

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），个；

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，尾/km²或个/km²或千克（kg）/km²；

S_i 为某一污染物第*j*类浓度增量区面积，km²；

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：

表 1.3.3-3 本工程悬浮物对各类生物损失率参数（参照《规程》相关规定）

悬沙增值浓度 (mg/L)	污染物 <i>i</i> 的超标 倍数 (B_i)	扩散面积 (km ²)	各类生物损失率 (%)			
			鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
10~20	$B_i \leq 1$ 倍	4.508	5	0.5	5	5
20~50	$1 < B_i \leq 4$ 倍	8.879	10	5	20	20
50~100	$4 < B_i \leq 9$ 倍	3.65	30	10	40	40
>100	$B_i \geq 9$ 倍	7.676	50	20	50	50

注：1.本表列出污染物*i*的超标倍数 (B_i)，指超《渔业水质标准》或超Ⅱ类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标倍数最大的污染物为评价依据。
2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。
4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

本工程取土施工的施工期约为 10 天；根据工程海域测量资料及项目采取低潮施工，项目建设区悬浮物浓度增量超标范围的平均水深约为 0.2m。鱼卵、仔稚鱼以及游泳生物损失计算的资源密度分别为 5.612 粒/m³，18.942 尾/m³，74.077kg/km²。根据前文分析，项目取土工程施工 >100mg/L 悬浮扩散范围为 7.676 km²，50~100 mg/L 悬浮扩散范围为 3.650 km²，20~50 mg/L 悬浮扩散范围为 8.879 km²，10~20 mg/L 悬浮扩散范围为 4.508 km²。

由于本项目对浮游生物的影响相对较小，加上浮游生物群落恢复期较短，且目前浮游生物

暂无经济价值衡量，在此不进行浮游生物损失量。

$$\text{计算鱼卵损失量} = 1.117 \times 4.508 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.05 + 1.117 \times 8.879 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.1 + 1.117 \times 3.65 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.3 + 1.117 \times 7.676 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.5 = 1350743 \text{ 粒}$$

$$\text{仔稚鱼损失量} = 0.173 \times 4.508 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.05 + 0.173 \times 8.879 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.10 + 0.173 \times 3.65 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.30 + 0.173 \times 7.676 \times 10^6 \times 0.2 \times 0.5 = 209202 \text{ 尾}$$

$$\text{游泳生物损失量} = 74.077 \times 10^{-3} \times 4.508 \times 0.005 + 74.077 \times 10^{-3} \times 8.879 \times 0.05 + 74.077 \times 10^{-3} \times 3.65 \times 0.10 + 74.077 \times 10^{-3} \times 7.676 \times 0.20 = 0.175 \text{ t}$$

综上，本项目悬浮泥沙造成鱼卵、仔稚鱼、游泳生物损失量分别为 1350743 粒、209202 尾、0.175t。

1.3.3.3 生物资源损害赔偿额

潮间带生物和底栖生物按成体生物处理，商品价格按照经济贝类市场价格计算(10 元/kg)。

游泳生物按成体生物处理，价格按海鱼的平均价格计算 (15 元/kg)。

仔鱼折算成商品鱼苗进行计算，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，则鱼卵、仔鱼损失量可折算成商品鱼苗为 13507+10460=23968 尾。商品鱼苗价格取市场价为 1 元/尾。

各种海洋生物的直接经济损失额见表 1.3.3-3，本工程海洋生物直接经济损失额为 16.243 万元。

按照《规程》，当进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正。种植区提高滩涂整地、取土工程、悬浮泥沙对海洋生物产生持续性影响的年限低于 3 年，按 3 年进行补偿；由此计算，本工程造成的生态损失总赔偿额为 48.728 万元。

表 1.3.3-3 海洋生物资源损失汇总及生态赔偿额估算

影响因素	生物资源	直接损失量		单价	直接经济损失额 (万元)	补偿年限	经济补偿额（万元）
滩涂整地、取土	潮间带生物（t）	13.156		10 元/kg	13.156	3	39.467
	底栖生物（t）	0.427		10 元/kg	0.427		1.282
悬浮泥沙	游泳生物（t）	0.175		15 元/kg	0.263		0.789
	鱼卵（粒）	13507	23968 尾	1 元/尾	2.397		7.190
	仔鱼（尾）	10460					
合计					16.243	/	48.728

1.3.4 对海洋环境敏感目标影响分析

本项目海洋环境敏感目标有湛江徐闻外罗湾渔地方级自然保护区、湛江红树林国家级自然保护区、北莉口海洋保护区、北莉口海洋保护区限制类红线区、开发式养殖用海、冷冻厂、制水厂。

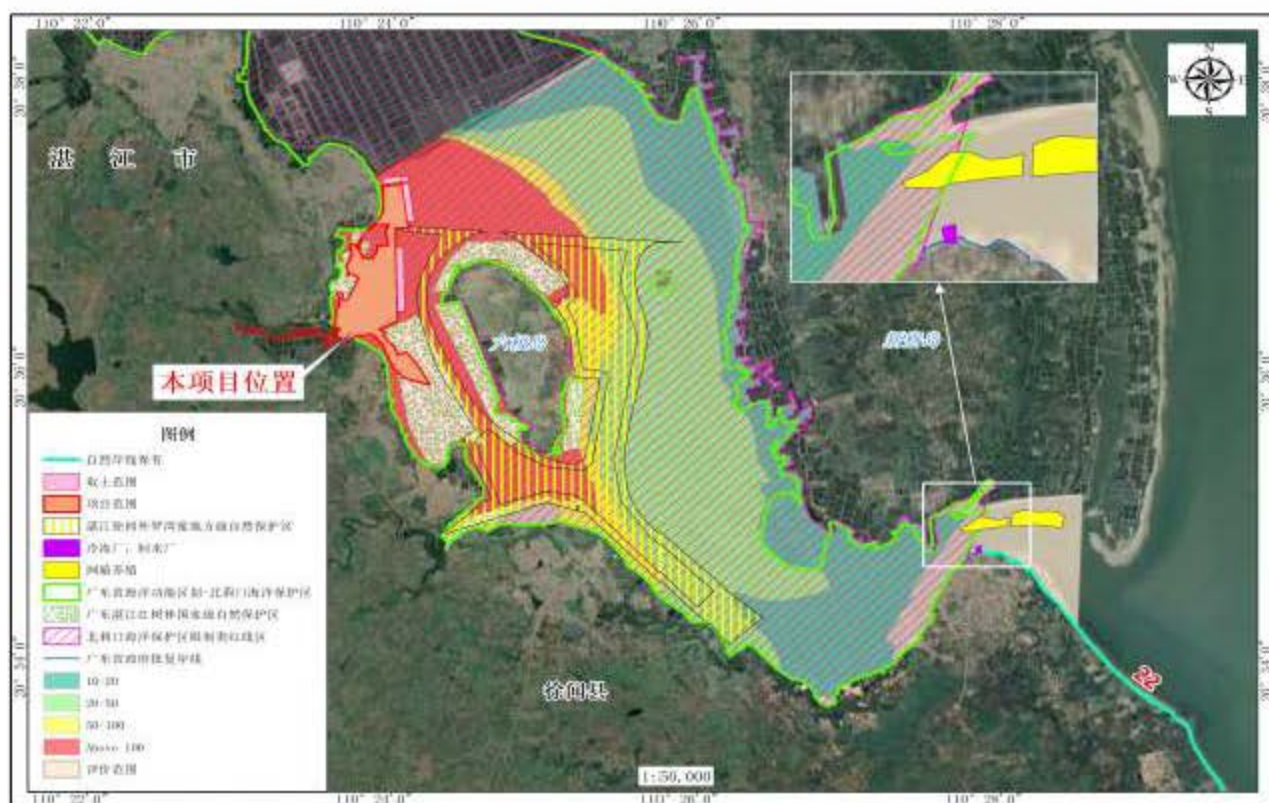


图 13.4-1 项目施工悬浮泥沙扩散范围叠加海洋环境敏感目标分布图

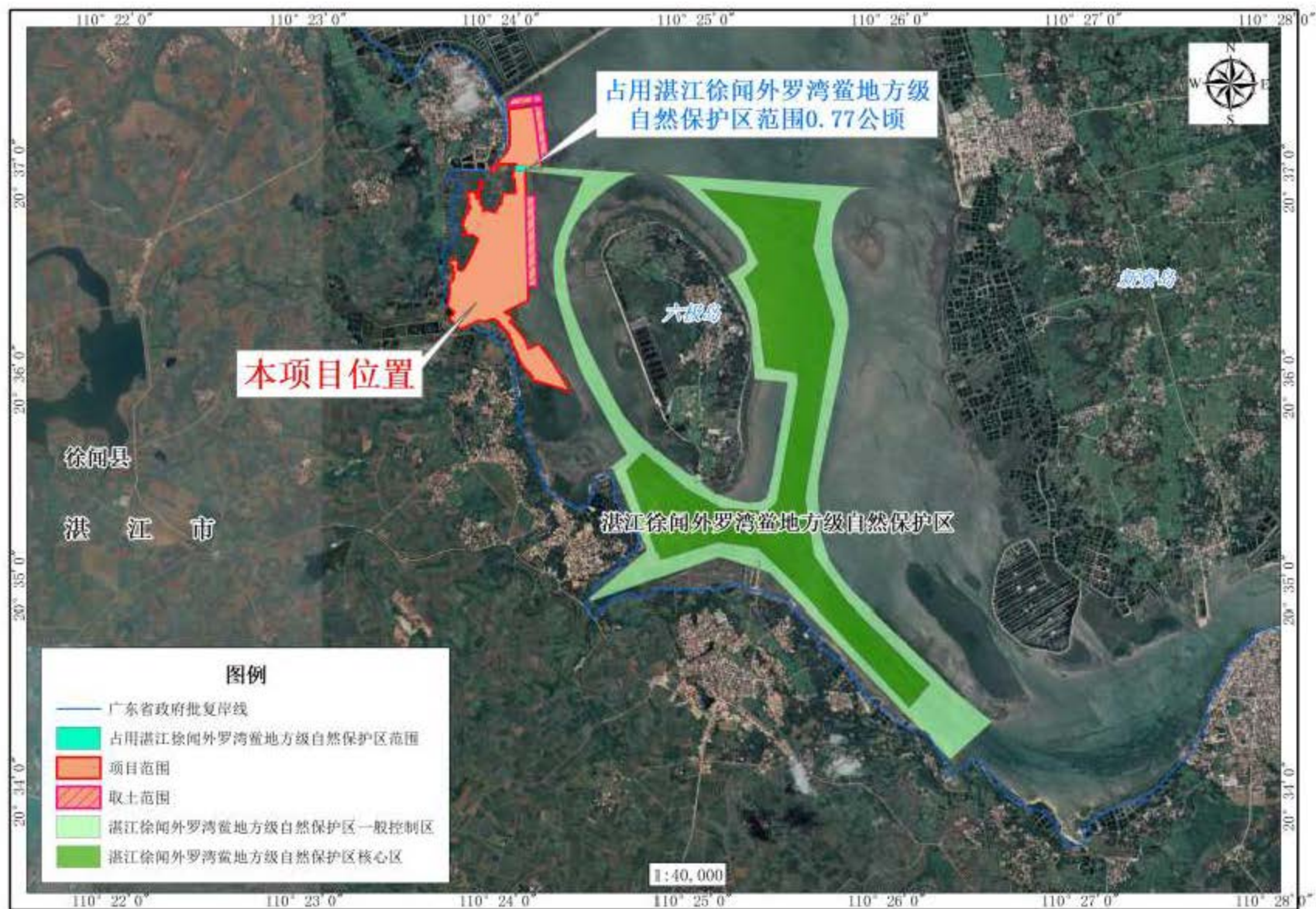


图1.34-2 项目占用湛江徐闻外罗湾蚶地方级自然保护区示意图

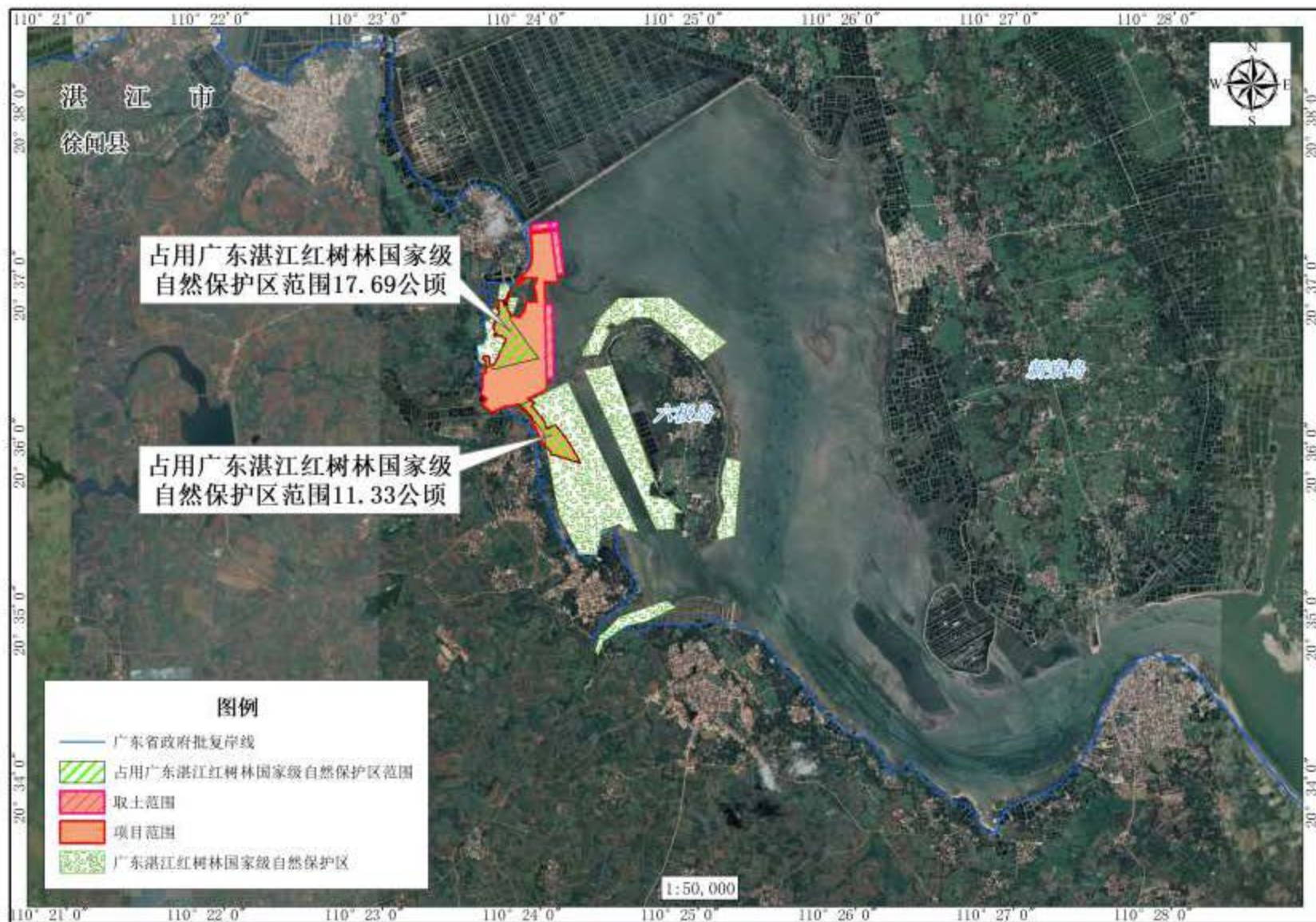


图 1.3.4-3 项目占用广东湛江红树林国家级自然保护区示意图

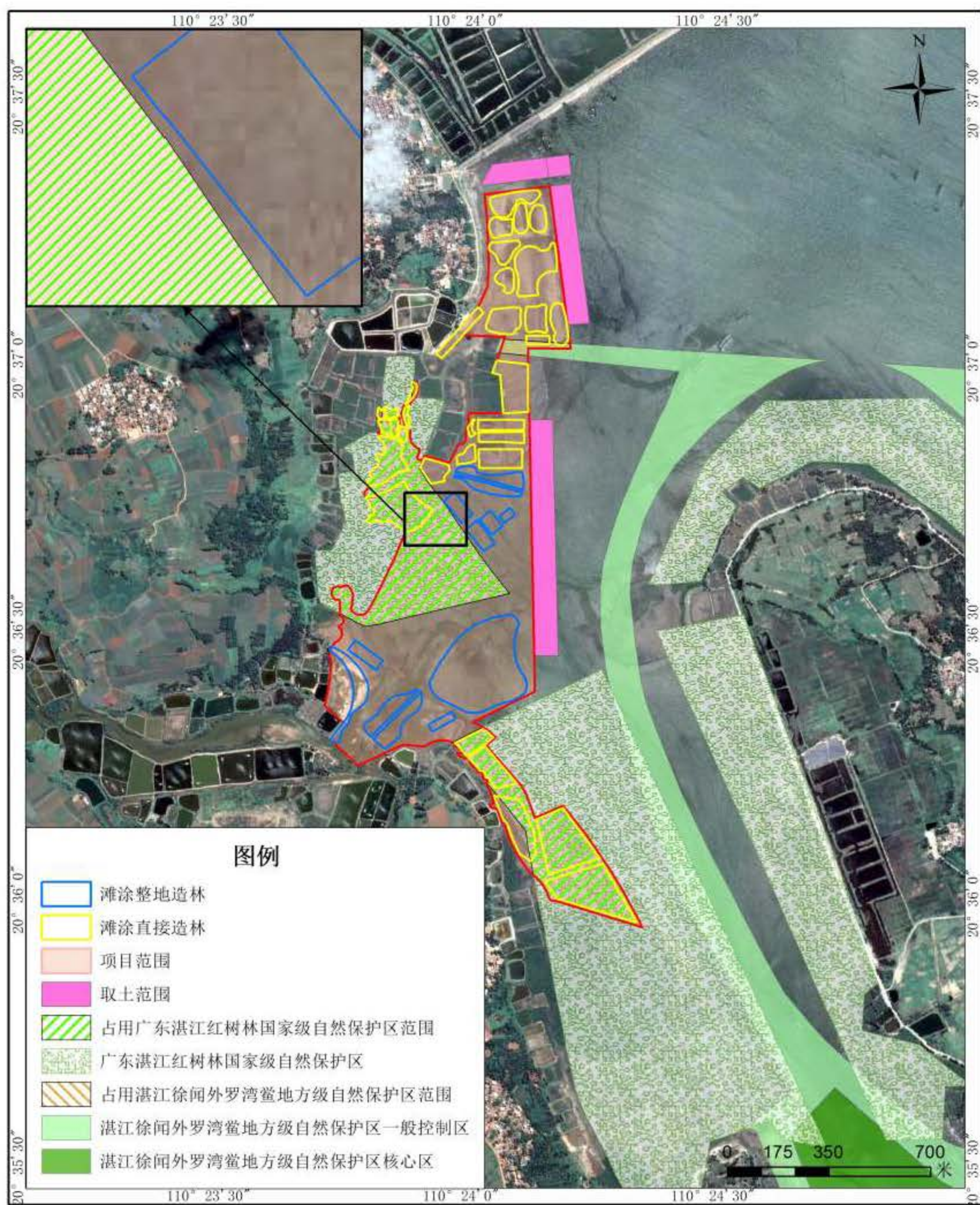


图 1.3.4.4 项目造林类型占用湛江徐闻外罗湾渔场地方级自然保护区、广东湛江红树林国家级自然保护区示意图

1.3.4.1 对敏感目标水质环境的影响

本项目对敏感目标水质环境的影响主要为施工期取土工程产生的悬浮泥沙对水质环境的影响，根据数模预测结果显示，取土施工，悬沙浓度大于 10mg/L 的水域面积 24.713km²；施工悬沙浓度大于 20mg/L 的水域面积为 20.205km²；施工悬沙浓度大于 50mg/L 的水域面积为 11.326km²；施工悬沙浓度大于 100mg/L 的水域面积为 7.676km²。施工悬沙影响时间基本为取土施工期约 10 天，施工期结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响，对敏感目标的影响较小，且项目施工期较短，悬浮泥沙在施工结束后可逐渐消除。项目施工期间产生的污染物均得到有效处置，不排海，对敏感目标水质环境影响相对较小。

1.3.4.2 对湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区的影响

圆尾鲎又名蝎鲎（学名：Carcinoscorpius rotundicauda），鲎类中个体最小的一种，体长 40 厘米（加尾长）。鲎的身体分为三部分：最大的部分是头胸部，然后是分节的腹部，再下边是一根长长的尖尾刺。它的头胸部侧面有一对复眼，每只眼睛是由若干个小眼睛组成。另外还有一对感受紫外线的单眼。它们也有一对钳子，称为螯肢，是专门捕食蠕虫、薄壳软体动物用的。

蝎鲎栖息地一般喜欢选择在泥泞的河流，河口沼泽和红树林，喜欢居位于盐度较低的河口。和该属的其他物种不同，在海水退潮时不返回大海。成年蝎鲎，多见于深水，而幼鲎多见于潮间带浅水区。

鲎为雌雄异体，生殖腺位于肠的两侧，直延伸到腹部，经一对短的生殖导管以生殖孔开口在生殖厝板下。每年夏季为繁殖季节，鲎从深海游到近海潮间带的沙滩上，雌雄聚集在潮间带，由雌鲎扒沙作窝。雄性以脚须抱住雌性，雌性以附肢挖坑产卵时，雄性排精在卵上，行体外受精。产卵后雌雄分开。

当潮水退去时，埋在沙里的受精卵便不会位于水下，这样它们就安全地避开了水生捕食动物。另外，受精卵的发育要求它们被埋在沙滩上比较高的地方，但又不能太高；如果卵埋得太高，它们就会因为太干燥而不能孵化成幼鲎；如果埋得太低，又会因为沙里的氧气含量不足而死去。雌鲎利用第 6 对步足端节基部呈 5 个扁平可动的、张开时形同花瓣的突起物作为工具，在高潮线沙滩上挖穴，穴深 6-11 厘米，然后两个生殖孔同时产卵，每穴产卵 200-630 个。随之雄鲎将精液撒到卵堆上，再由潮水上涨时冲刷上来的泥沙将卵堆覆盖，约 2 厘米厚，受精卵便在沙层中进行孵化。然后，这一对鲎又向前爬行 20 厘米左右，重复以上过程。大约产十几堆

卵后，潮水退去，这一对鲎就乘夜色撤离海滩，回到海里。

卵为中黄卵，但为完全卵裂，发育中经过三叶幼虫阶段（trilobitelarva）。此发育阶段因相似于三叶虫而得名。刚孵化的幼虫尾剑不突出，仅两对书鳃，经 13-14 龄连续蜕皮后发育成成体，性成熟在第三年。利用沙吸收阳光的热量，受精卵大约经过 40 天孵化出幼鲎。刚出卵壳的幼鲎，在尚未蜕皮之前没有尾剑，样子很像 6 亿多年前的古生物三叶虫，所以被称作三叶幼虫。

本项目占用湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区一般控制区约 0.77 公顷，详见图 1.3.4-2。由图 1.3.4-4 可知，项目占用保护区范围内工程为滩涂直接造林，无取土工程、滩涂整地工程，可减轻项目对鲎的影响。但圆尾鲎喜欢栖居于河口沼泽、红树林滩涂，项目施工期间滩涂整地、取土可能会对圆尾鲎造成一定影响，容易造成栖息于滩涂的圆尾鲎造成损害，项目建设前应仔细排查施工区域内有无圆尾鲎栖居，如发现圆尾鲎需做好保护措施，避免对圆尾鲎造成损害。此外，项目施工期间产生的悬浮泥沙将会对圆尾鲎产生影响，尤其是圆尾鲎幼虫，可能会造成幼虫死亡，因此，项目取土施工期间应尽量避免圆尾鲎繁殖季节 4-8 月，减轻项目建设对湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区的影响。

1.3.4.3 对湛江红树林国家级自然保护区的影响

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；红树林特殊的生态适应性——胎生、特殊根系、泌盐等，及其底栖生物的作用，使红树林能够有效的去除水中的 N、P、重金属和有机物，具有净化水体、减少赤潮发生的作用。

本项目位于湛江红树林国家级自然保护区内，本项目作为红树林修复项目，是对湛江红树林国家级自然保护区的修复补充，对保护区的影响仅限于施工期。施工期对红树林保护区的影响主要为施工悬浮泥沙、含油污水等。红树植物具有发达而独特根系，独特的根系能够网罗泥沙有很好的固堤护岸的作用。据文献报道红树林对石油污染也有一定的抵抗与净化作用。而且本项目施工期短，施工产生的悬浮泥沙在施工结束后随即消除，施工含油污水通过收集后交由有资质的单位接收处理，因此，本项目用海对项目所在海域的红树林保护区红树影响很小。

1.3.4.4 对北莉口海洋保护区的影响

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于北莉口海洋保护区，相应的**海域使用管理**要求为：1. 相适宜的海域使用类型为特殊用海；2. 保障三吉渔港、冬松渔港、和安渔港、外罗渔港用海需求；3. 保留湛江国家级红树林保护区北莉口片区、徐闻外罗湾鲎县级自然保护区非核心区内的滩涂养殖、围海养殖等渔业用海；4. 禁止炸岛等破坏性活动；5. 维护海湾防洪纳潮功能。**海洋环境保护**要求为：1. 保护后海岛、冬松岛、金鸡岛、佳平岛、六极岛、新寮岛沿岛红树林；2. 保护鲎及其生境；3. 执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。本项目作为红树林修复项目，是对湛江红树林国家级自然保护区的修复补充，项目建设对北莉口海洋保护区的影响主要为施工期悬浮泥沙、含油污水对保护区内水质环境、沉积物环境的影响，项目所在海域水文动力条件较弱，为减小对水质、沉积物环境的影响，项目在低潮时开展施工，减小悬浮泥沙的扩散范围，且项目施工期短，悬浮泥沙在施工结束后可逐渐消除。项目施工期间产生的污染物均得到有效处置，不排海。因此，本项目对北莉口海洋保护区的影响很小。

1.3.4.5 对北莉口海洋保护区限制类红线区的影响

根据《广东省海洋生态红线》，本项目位于北莉口海洋保护区限制类红线区，该红线区的管控措施为：执行《中华人民共和国自然保护区条例》《海洋自然保护区管理办法》等相关法律法规和保护区管理规定。禁止围填海、毁林挖塘、矿产资源开发及其他可能红树林资源的各类开发活动，保护现有红树林资源及其生态系统，加强对受损红树林生态系统的修复，保护文昌鱼资源。加强海漂垃圾整治，禁止新设排污口，禁止倾废及其他有毒有害物质。环境保护要求：按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止直接向海域排放污染物，改善海洋环境质量。执行一类海水水质标准，海洋沉积物标准和海洋生物标准。

本项目作为红树林修复项目，是对湛江红树林国家级自然保护区的修复补充，不涉及围填海工程、毁林挖塘、矿产资源开发等对红树林资源造成损害的活动，项目建设完成后可修复现有红树林现有生态系统及红树林资源。

项目施工期间严格落实环境保护制度，含油污水收集后交由有资质的单位接收处理，生活污水纳入当地生活污水进行处理，禁止排海。根据现状监测调查发现，项目评价范围内布设 5 个生态调查站位，均未调查到文昌鱼。本次调查生物资料调查过程中仅 F2 站位调查到文昌鱼，有数模预测结果可知，悬沙扩散范围未到达该调查站位，可见项目施工对文昌鱼的影响较小。

且项目取土工程仅 10 天，悬浮泥沙的影响随着时间的消失而消失。

因此，本项目建设对北莉口海洋保护区限制类红线区的影响很小。

1.3.4.6 对外罗港-白沙尾自然岸线保有的影响分析

项目未占用大陆自然岸线保有，项目建成后修复人工岸线约 282.9 米，距离外罗港-白沙尾自然岸线保有约 6.7km，由于项目距离外罗港-白沙尾自然岸线保有相对较远，施工各污染物均得到有效处置，对外罗港-白沙尾自然岸线保有的影响较小。

1.3.4.7 对开放式养殖用海、冷冻厂、制水厂的影响分析

根据项目水质悬浮泥沙预测结果，开放式养殖用海、冷冻厂、制水厂距离项目范围相对较远，最近距离为 6.3km，项目施工时悬浮泥沙不会扩散到开放式养殖、冷冻厂、制水厂，详见图 1.3.4-1 项目施工悬浮泥沙扩散范围叠加海洋环境敏感目标分布图。故项目建设基本不会对开放式养殖用海、冷冻厂、制水厂产生影响。

1.3.5 对陆域、水生生态环境影响分析

以广东省政府批复岸线为界限，项目选址占用陆域范围 1.46 公顷，其中占用陆域入海河口面积 1.45 公顷，占用海岸靠陆一侧面积 0.01 公顷，占用海域范围 90.87 公顷。由图 1.2.14-1 项目滩涂造林类型分布图可知，项目占地范围内有少量红树。根据《徐闻县红树林现状调查及宜林地分析报告》（雷州远兴林业开发有限公司，2021 年 7 月），项目所在区域红树林树种为白骨壤、无瓣海桑、桐花树、秋茄和红海榄，靠近岸边长有黄槿、海漆、苦郎和卤蕨等。

红树林湿地系统与其他植物湿地系统净化污水的机理相似，是红树林湿地系统中发生的物理、化学、生物学作用的综合过程，红树植物通过自身的生长以及协助湿地内的物理、化学、生物等作用而去除湿地中的污染物质。红树林生态系统可视为低成本高效率的污水处理系统。红树林是一个“红树林-细菌-藻类-浮游动物-鱼类等生物群落”构成的兼有厌氧-需氧的多级净化系统，对工业、生活污水等起有效的净化作用，对污水中的重金属和氮磷营养物等有较强的吸收容纳力，具有处理陆地径流带出的有机物质和含油废水等其他污染物的生态功能。

项目是取土及滩涂整地施工会有悬浮泥沙产生，悬浮泥沙会扩散到现状红树林范围内。根据上文分析，红树林具有净化水质的作用，项目施工产生的悬浮泥沙，基本不会对现状红树林产生影响不利影响，且项目施工期生活污水、含油污水、固体废物等均得到有效处理，不直接

排放，基本不会现状红树林产生影响。

项目是红树林营造修复项目，红树林长成后对陆域、水生生态环境具有促进作用。且施工期不设临时施工营地，项目建设基本不会对陆域、水生生态环境造成不利影响。

1.3.6 对鸟类的影响分析

湛江红树林国家级自然保护区有鸟类达 194 种，是广东省重要鸟区之一。根据前文 1.2.10 小节鸟类资料现状调查分析，该地区该地区共计调查到的鸟类为 14 目 39 科 117 种。本次调查的鸟类中，水鸟有 61 种，其他 56 种为陆生鸟类种，主要为各种生境广泛分布的广布种以及多数在湿地活动的湿地依赖种类。按主要居留型划分，留鸟共有 44 种，迁徙鸟共 73 种，其中冬候鸟 46 种，迁徙过境鸟 9 种，夏候鸟 18 种，说明区域是多种迁徙候鸟的越冬地和中途停歇地。保护区既是留鸟的栖息、繁殖地，又是候鸟的加油站、停留地，是国际候鸟主要通道之一。湿地鸟类以水种生物为食，主要以鱼、虾、蛙、蝗虫、蝼蛄等水生和陆生昆虫及昆虫幼虫，以及其他小型无脊椎动物或小蛇、蜥蜴等为食。鸟类繁殖期常发生在春季。不论是昼行和夜行鸟类，其对强光均较为敏感。故为减轻对鸟类的影响，要求采取以下措施：

（1）合理安排施工期，减少在区域鸟类繁殖、迁徙时期的作业内容，施工要尽量避开候鸟栖息越冬和鸟类迁徙时间，减缓对鸟类的影响。

（2）繁殖季是鸟类最敏感的时期，如果有人为的强烈噪音，它们可能会马上弃巢，故尽量避开繁殖期进行施工。若需在繁殖季进行施工，则尽量将高噪声设备远离鸟类营巢区，并通过选用低噪声设备、做好减震降噪、采用隔声屏障等措施，有效降低施工噪声对鸟类的影响。

（3）不论是昼行和夜行鸟类，其对强光均较为敏感，故需要合理安排施工时序，尽量避免夜间施工。

（4）湿地鸟类以水种生物为食，主要以鱼、虾、蛙、蝗虫、蝼蛄等水生和陆生昆虫及昆虫幼虫，以及其他小型无脊椎动物或小蛇、蜥蜴等为食。项目施工时，也需要对水生生物做好相应保护措施，尽量避免恶劣天气施工，减少泥沙扰动，对施工机械设备定期检查滴油漏油情况，及时整改，避免由于施工造成水生生物大量死亡，对鸟类食物数量造成较大影响。

（5）做好施工人员教育，禁止毁坏鸟巢，禁止捕鸟、杀鸟。

本项目是红树林营造修复项目，项目建成后可为鸟类提供栖息、繁殖地，红树林长成后可形成新的生态系统，丰富物种，为鸟类提供食物。项目建设对鸟类的影响可通过以上措施减轻

对鸟类的影响。项目施工期采取措施后，项目对鸟类的影响在可接受范围内。

1.4 运营期海洋环境影响分析

本项目为徐闻县红树林营造修复项目，位于在徐闻县和安镇蓝天村和锦和镇笃头村之间的沿海滩涂，通过对宜林地进行人工围挡、场地平整的方式营造红树林生境并种植红树，修复后墩海、笃头港海域生态环境。红树林维护，会有少量悬浮泥沙、固体废物产生，采取相应措施后，对海洋环境影响较小。

工程本身不产生“三废”，属无污染的社会公益性基础工程，是一项节能减排工程对水质、沉积物、海洋生态和生态资源影响具有一定的积极作用。

1.4.1 海水水质环境影响分析

1.4.1.1 6 个月抚育期

项目竣工后需对种植的所有苗木抚育 6 个月，抚育措施包括清除潮水带来的塑料袋、泡沫等海洋垃圾和浒苔等、调查造林成活率并进行补植工作等。红树林抚育期固定、扶正、补植期间会有少量悬浮泥沙产生，产生时间短，抚育过程中采取低潮施工，减轻悬浮泥沙的产生，对海洋水质环境影响较小。

1.4.1.2 6 个月后红树林运营期

本项目通过对宜林地进行人工围挡、场地平整的方式营造红树林生境并种植红树，从而可修复后墩海、笃头港的生态环境。项目对水质环境的影响主要发生在施工期和抚育期，项目运营期基本不会对海洋水质环境产生负面影响。项目运营期，在一定程度上可以降低废水中的营养物质的含量，缓解近海水体的富营养化效应，减少赤潮的发生。

红树林湿地系统与其他植物湿地系统净化污水的机理相似，是红树林湿地系统中发生的物理、化学、生物学作用的综合过程，红树植物通过自身的生长以及协助湿地内的物理、化学、生物等作用而去除湿地中的污染物质。

有研究表明，红树林湿地对废水中的营养物质和有机碎屑具有明显的网罗作用，从而在一定程度上降低了废水中的营养物质的含量，起到了净化废水的作用；红树林湿地系统对污水中 Cd、Ni、Pb、Zn 等重金属污染物有较高的净化效率，虽然重金属中 95%以上是被土壤所积累，

但栽种红树植物的土壤子系统比不栽种红树植物的土壤子系统的净化率高,且红树植物所吸收的重金属主要累积分布在动物不易直接啃食和利用的根、质地较为坚硬的树干和多年生枝,累积总量占群落植物体总量的 80%-85%,另有实验表明:红树植物木榄、老鼠勒、秋茄和桐花树幼苗的根能大量富集 ^{90}Sr ,尤其桐花树幼苗,所吸收的 ^{90}Sr 有 97.7%集中在根部,说明在自然生境条件下,红树林可为异养生物提供大量洁净的食物,并且避免通过食物链的不断富集而引起人类健康的危害。

红树林生态系统可视为低成本高效率的污水处理系统。红树林是一个“红树林-细菌-藻类-浮游动物-鱼类等生物群落”构成的兼有厌氧-需氧的多级净化系统,对工业、生活污水等起有效的净化作用,对污水中的重金属和氮磷营养物等有较强的吸收容纳力,具有处理陆地径流带出的有机物质和含油废水等其他污染物的生态功能。

综上,红树林的种植在一定程度上降低了海水中的营养物质的含量,起到了净化废水的作用,也可缓解近海水体的富营养化效应,减少赤潮的发生。

1.4.2 海洋沉积物环境影响分析

1.4.2.1 6 个月抚育期

项目竣工后需对种植的所有苗木抚育 6 个月,抚育措施包括清除潮水带来的塑料袋、泡沫等海洋垃圾和浒苔等、调查造林成活率并进行补植工作等。红树林抚育期固定、扶正、补植期间会有少量悬浮泥沙产生,产生时间短,抚育过程中采取低潮施工,减轻悬浮泥沙的产生,对海洋沉积物环境影响较小。项目清除塑料袋、泡沫等海洋垃圾和浒苔一定程度上改善了项目所在海域沉积物环境。在采取上述措施后,项目红树林抚育期对海洋沉积物的环境影响不利较小。

1.4.2.2 6 个月后红树林运营期

项目运营期,红树林生态环境基本不会对海洋沉积物环境产生负面影响。

红树林湿地系统具有独特而复杂的净化机理,它能够利用基质-微生物-植物这个复合生态系统的物理、化学和生物的三重协调作用,通过过滤、吸附、共沉、离子交换、植物吸收和微生物分解来实现对水体的高效净化。红树植物的大量凋落物,使林区沉积物中有机质丰富且富含 N、S 官能团、富里酸,林下沉积物中有机质在厌氧状态下的低水平降解,及沉积物中的高粘粒含量,使得红树林沉积物具有较大的表面积和较多的表面电荷,通过离子交换、表面吸附、螯合、胶溶、絮凝等过程和重金属的粒子作用,吸附大量的重金属,从而可以改善周边沉积物质量状态。

因此,项目运营期是可以缓解周边沉积物的质量状态。

1.4.3 海洋生态和生物资源环境影响影响分析

1.4.3.1 6 个月抚育期

项目竣工后需对种植的所有苗木抚育 6 个月，抚育措施包括清除潮水带来的塑料袋、泡沫等海洋垃圾和浒苔等、调查造林成活率并进行补植工作等。红树林抚育期固定、扶正、补植期间会有少量悬浮泥沙产生，产生时间短，抚育过程中采取低潮施工，减轻悬浮泥沙的产生，对海洋生态和生物资源环境影响较小。项目清除塑料袋、泡沫等海洋垃圾和浒苔一定程度上改善了项目所在海域海洋生态和生物资源环境。在采取上述措施后，项目红树林抚育期对海洋生态和生物资源环境负面影响较小。

1.4.3.2 6 个月后红树林运营期

本项目实施后，后墩海、笃头港海水水质将有所改善，为水生生态系统的恢复创造了较为良好条件。项目所在范围生态系统将由浅海海洋生态系统转变为潮间带生态系统，生境多样性和物种多样性将有较大增加，有利于不同生态位的物种迁入，完善工程区域内的生物链构成，提高了湿地生态系统的稳定性，促进区域生态系统进一步向良性发展。

项目将建成滨海红树林生态景观，恢复原来植被，使施工期间损失的景观资源得到恢复。恢复的景观资源质量将超过现有的水平，将可显著提升区域景观价值，呈显著的正面影响。

红树林湿地为海洋生物如底栖动物、鱼类、水鸟等的理想生活居所,红树林生产力高,林内凋落物为海洋湿地内生活的底栖生物、鸟类与鱼类等提供了丰富饵料,因而红树林中的浮游生物与底栖生物种类相当丰富,林下也为虾、鱼、贝、蟹类主要的栖息、繁衍的理想场所,实现了生物多样性的保护,间接性地达到了湿地生态环境保护对的效果。红树林蕴藏着丰富的生物资源和物种多样性，因此项目的建设对海洋生态和生物资源环境具有积极的影响。

1.4.4 对海洋敏感目标的影响分析

项目评价范围内敏感目标主要为湛江徐闻外罗湾鲎地方级自然保护区、北莉口海洋保护区、湛江红树林国家级自然保护区、北莉口海洋保护区限制类红线区。

本项目为徐闻县红树林营造修复项目，红树林抚育期，会有少量悬浮泥沙、固体废物产生，通过低潮施工，合理处置固体废物，对海洋环境敏感目标的影响较小。红树林长成后，将一定程度上改善海水水质、海洋沉积物环境，有利于促进生物多样性，项目的建设对海水水质、沉

积物、海洋生态环境等具有积极的影响。项目的建设对于湛江徐闻外罗湾蚶地方级自然保护区、北莉口海洋保护区、湛江红树林国家级自然保护区、北莉口海洋保护区限制类红线区具有一定的积极作用。

1.5 环境保护对策措施

1.5.1 施工期污染防治措施

通过工程分析，本项目施工期海洋环境污染主要有水污染及固体废弃物污染。其中，施工期水环境污染主要包围堰、围网施工（木桩施工）、滩涂整地施工（取土施工、滩面平整施工）、红树林种植（挖穴、种植工程）和抚育（固定、扶正作业）等引起的悬浮物；施工船舶含油污水、施工人员生活污水等；固体废弃物污染包括施工过程中产生的生活垃圾、残油废油。

1.5.1.1 水污染防治措施

（1）悬浮泥沙

通过工程分析，产生的悬浮泥沙对环境影响较大的环节是围堰施工、木桩施工、取土工程、红树林种植和滩涂整地建设等引起的悬浮物，因此重点对这几个环节进行污染防治，拟采取的悬浮泥沙污染防治措施见表 1.5.1-1。

表 1.5.1-1 施工期悬浮泥沙污染防治措施一览表

产污环节	环 保 措 施	投入使用时间	责任主体及运行机制
围堰、围网施工	尽可能在退潮时施工，避开大风浪季节施工，减少悬浮泥沙对周边海域的影响范围；	施工期	施工单位
	施工期应作好恶劣天气条件下的防护准备，6 级以上大风应停止作业；	施工期	施工单位
	重点地段应采取加固措施，保证有足够的强度抵御风浪	施工期	施工单位
取土、滩面平整和红树林种植	采取就近取土的原则。	施工期	施工单位
	合理安排施工顺序和进度，避免泥沙的再悬浮和扩散	施工期	施工单位
	严格控制整地高程，防止填料由整地区的上方向外扩散。	施工期	施工单位
	溢流口选在弱流区有利于泥沙的沉降，可采取分隔围堰、多道防污屏等沉隔措施处理。	施工期	施工单位
其他	在台风、暴雨等恶劣天气下，应提前做好防护工作，对围堰、围网工程等进行必要的加固措施，以保证有足够的强度抵御风浪	施工期	施工单位

产污环节	环 保 措 施	投入使用时间	责任主体及运行机制
	严格遵守施工程序，减少海域污染。在施工过程中，应实施悬浮物监控计划，控制悬浮泥沙的浓度和扩散范围	施工期	施工单位
	完善环保设施，采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性事故，造成悬浮泥沙外泄，及时与有关渔业主管部门联系，并采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小	施工期	施工单位
	加强在施工期的环境监测，若发现施工过程对周边海洋保护区有较大影响，应停止施工，进行相关协调补偿	施工期	施工单位
	为了尽量减少泥沙的溢散，施工单位必须加强管理，做到文明作业，确保设备处于正常状态	施工期	施工单位

(2) 施工废水、生活污水

项目施工过程中产生的废水主要来自于施工含油污水、生活污水。

1) 施工期施工人员住宿与办公租用附近民房，生活污水纳入当地生活污水一同处理，不随便排放。

2) 船舶含油污水应严格按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，经收集上岸后应交由有资质的单位处理。

3) 加强对施工用水的管理，教育施工人员节约用水，减少含油污水和生活污水的产生量。

表 1.5.1-2 施工期水污染环保设施和对策措施一览表

污染物	污染物排放	环保设备	预期效果	实施地点及投入使用时间	运行机制
含油污水	施工船舶含油污水	油污收集罐	收集后交由资质的单位安全处理	施工机械	施工单位定期清理，或委托专业机构进行
生活污水	陆域生活污水	纳入当地生活污水一同处理	不随便排放	施工期	

施工期采取的水环境保护措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

1.5.1.2 固体废物污染防治措施

本项目固体废弃物污染主要是施工过程中产生的生活垃圾、施工残油、废油。

(1) 施工单位不得随意抛弃废料和其它杂物，应尽可能的回用，不能利用的应有计划、

有步骤的搬运或堆存。

(2) 施工人员生活垃圾集中堆放在指定的场地，及时由环卫部门运至垃圾处理场集中处理，不得将垃圾随意丢弃。

(3) 施工船舶作业产生的残油、废油等危险废物，统一交由有危险废物处理资质的单位将其安全处置。

(4) 滩涂杂物清除会有海漂垃圾、浒苔等产生，属于一般固体废物，可回收部分交由回收单位处理，不可回收部分交由环卫部门处理。

施工期采取的固废处置措施均是常规环保措施，在国内外类似工程中应用广泛，在经济、技术等方面可行。

表 1.5.1-3 施工期固体废物污染环保设施和对策措施一览表

污染物	污染物排放	环保设备	预期效果	投入使用时间	运行机制
生活垃圾	陆域生活垃圾	垃圾桶，垃圾运输车辆	集中堆放在指定的场地，由指定车辆定期运送至附近的垃圾处理场集中处理。	施工期	施工单位设负责，定期清理，或委托专业机构进行
滩涂杂物	海漂垃圾、浒苔等杂物	垃圾桶、垃圾运输车辆	集中堆放在指定的场地，可回收部分交由回收单位回收处理，不可回收部分由指定车辆定期运送至附近的垃圾处理场集中处理。	施工期	
危险废物	施工产生的残油、废油等危险废物	残油、废油收集罐	统一交由有危险废物处理资质的单位将其安全处置。	施工期	

1.5.2 运营期污染防治措施

1.5.2.1 6 个月抚育期

(1) 水环境

项目抚育期固定竹竿、扶正苗木和补植红树等会造成少量悬浮泥沙产生，采用低潮施工尽量避免或减轻悬浮泥沙的产生。

(2) 固体废物

项目抚育期清除塑料袋、泡沫等海漂垃圾和浒苔等一般固废，可回收部分交由回收单位回收处理，不可回收部分交由环卫部门处理。

1.5.2.2 6 个月后红树林运营期

工程本身属无污染的社会公益性基础工程，是一项节能减排工程。本项目红树林运营期不会产生水污染、固体废物等污染影响海洋生态环境。

1.5.3 非污染防治措施

1.5.3.1 施工期非污染防治措施

本项目施工及营运阶段的非污染环境影响主要集中于对海洋水文动力等方面的影响，应采取如下保护对策措施。

(1) 严格按照工程的用海范围、用海方式进行施工，尽量减少超范围的施工，可以最大限度减少对潮流场等水动力条件的改变程度，同时降低对地形地貌和冲淤环境的影响。

(2) 取土和滩涂加高严格按照设计定位施工，避免因失误导致反复施工对海床形态的过多改变。

(3) 加强对项目区冲淤情况的动态监测，以便及时采取补救措施。

(4) 为了保障船舶通航安全和施工工作的顺利进行，施工要求如下：

①施工单位应在工程范围设置临时警示标志，提醒过往船舶注意安全。

②施工前应根据有关规定，办理有关审批手续和发布航道通告。

③开工前施工单位必须将工程施工组织计划，包括总工期、施工顺序、施工程序、施工进度、各时段现场布置等情况，报当地航道主管部门审批。

④实施施工作业的设施应按照有关规定在明显处昼夜显示规定的号灯、号型。

⑤施工期间，如遇台风影响施工区域时，施工单位应做好防台工作，船舶应遵守相关船舶防台规定，并相应做好防台工作。

⑥施工单位应确保所有施工的器械、工具和材料不占据主航道水域。

⑦施工期间，施工照明灯光应尽可能避免影响船舶夜间航行。

⑧施工时严禁倾倒任何废弃物，并有责任在施工完成后清除施工水域中的碍航物体。

1.5.3.2 营运期非污染防治措施

营运期主要的非产污环节包括项目实施后将在一定程度上对岸滩冲淤环境产生影响。针对项目后方岸滩冲淤环境变化情况，建议提出以下措施：

(1) 场地内滩涂整地后，让其自然沉降，待稳定后再有步骤地进行红树林的种植，并注意红树林的成活率。红树林在抚育期，通过低潮施工，减轻悬浮泥沙的产生，若发生虫害，有限采用物理或生物方法进行防治。

(2) 对周围人群生活影响较大的岸段区域和一些具有旅游开发价值的岸段，可以优先保护，重点防护；而一些对人类生活影响较小的地区，则可以暂缓考虑或线进行简单的防护。

(3) 加强海岸带的管理，开发保护相协调。建议根据当地海岸带保护管理条例相关的法规，制定合理开发与保护计划，维持侵蚀冲淤的动态平衡，保护好沿海植被、沿海土体和入海稳定性。

(4) 海洋生态补偿

本项目施工期会对附近海域的底栖生物和渔业资源等造成一定的损失。根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)的有关规定，应对项目附近水域的生物资源恢复做出经济补偿。本项目造成的生态资源损失主要包括底栖生物、潮间带生物和渔业资源的损失。本工程施工期造成的生态损失总赔偿额为48.728万元，建设单位应预留生态额用于生态修复一次性补偿。

本评价建议的生态修复措施主要包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、补充资源调查和监测、生物多样性修复方式研发等基础工作、养护设施等基础能力补充建设与维护工作等。

根据《水生生物增殖放流管理规定》(农业部令第20号)、《农业部关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》、历年湛江市渔业资源增殖放流品种，以及渔业资源现场调查结果，并重视对底栖生物多样性恢复的辅助作用，本评价建议增殖放流方案如下：

增殖放流种类：选择当地物种或当地保护物种，具体须与相关部门协商确定。

放流地点：具体地点须与当地相关部门协商确定。

放流时间：休渔期（5~8月）。

1.5.4 其他保护措施

1.5.4.1 栖息鸟类保护措施

为避免本工程对区域栖息鸟类的生长繁殖造成不良影响，需要做好相应的保护措施。

(1) 合理安排施工期，减少在区域鸟类繁殖、迁徙时期的作业内容，施工要尽量避开候鸟栖息越冬和鸟类迁徙时间，减缓对鸟类的影响。

(2) 繁殖季是鸟类最敏感的时期，如果有人为的强烈噪音，它们可能会马上弃巢，故尽量避开繁殖期进行施工。若需在繁殖季进行施工，则尽量将高噪声设备远离鸟类营巢区，并通过选用低噪声设备、做好减震降噪、采用隔声屏障等措施，有效降低施工噪声对鸟类的影响。

(3) 不论是昼行和夜行鸟类，其对强光均较为敏感，故需要合理安排施工时序，尽量避免夜间施工。

(4) 湿地鸟类以水种生物为食，主要以鱼、虾、蛙、蝗虫、蝼蛄等水生和陆生昆虫及昆虫幼虫，以及其他小型无脊椎动物或小蛇、蜥蜴等为食。项目施工时，也需要对水生生物做好相应保护措施，尽量避开恶劣天气施工，减少泥沙扰动，对施工机械设备定期检查滴油漏油情况，及时整改，避免由于施工造成水生生物大量死亡，对鸟类食物数量造成较大影响。

(5) 做好施工人员教育，禁止毁坏鸟巢，禁止捕鸟、杀鸟。

1.5.4.2 通航安全保障对策

施工期对过往船舶的航行将产生一定的影响。

通过发布航海通告等手段及时公布本工程所在位置和相应标志，提醒过往船舶注意避让本项目作业范围。施工方应将施工进展情况与海事部门保持沟通。如施工期间发生突发事件，立即启动和执行紧急预案，并及时向海事主管机关报告。

施工水域应正确显示施工信号，主动与过往船只联系，注意避让，保证通航安全。建设单位应加强对施工作业和船舶航行的管理，应对作业船只进行安全检查，严格按照《海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业，防止事故发生，包括对重要机械、装备和有关资质的检查和确认。

1.6 海洋环境保护措施技术经济论证

1.6.1 海洋生态保护对策措施

1.6.1.1 生态保护对策措施

本项目生态环境保护措施如下：

项目施工对海洋生物造成最直接的损失是取土工程和滩涂整地工程填造成的底栖

生物、潮间带生物的直接损失以及悬浮物造成的渔业资源损失，将对项目所在的海域海洋生态环境造成事实上的负面影响。为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境水生生物的不利影响，应采取以下措施：

（1）工程施工临时占海及永久占海对占用区域内的底栖生物造成破坏，施工悬浮物对渔业资源造成损失，建设单位须与相关主管部门协商有关生态补偿的具体内容；水下施工应尽可能避开保护区主要保护对象的繁殖期为3月~8月，其中3~5月是幼鱼幼虾保护期，4~8月是鲎上岸产卵期；

（2）施工过程中须密切注意施工区及其周边海域的水质变化。如发现因施工引起水质变化而对周围海域海洋生物产生不良影响，则应立即采取措施，必要时可短暂停工；

（3）工程建设期应禁止污染物排放至海域。优化施工方案、加强管理，尽量缩短取土工程及滩涂整地工程工期。溢流口选在弱流区有利于泥沙的沉降，可采取分隔围堰、多道防污屏等沉隔措施处理，有效控制悬浮泥沙产生的污染，把施工产生的悬沙对水质影响程度和范围降至最低程度；

（4）教育施工工作人员，一旦发现珍稀生物（鲎），应主动避让，并停止施工，用驱赶的方法将其驱逐出作业海域，再进行作业。项目应布置应急救援工作，并通知渔政管理部门，一旦发生误伤保护动物，尽快实施救护；

（5）在鱼类集中产卵期，尽量降低各工程施工强度，合理安排施工时间。

（6）对受损的海洋生物资源、水产资源进行补偿，以促进生态环境的恢复；

（7）需要加强施工期的监理工作，对工程附近的生态环境进行跟踪监测，将施工期水生生态的保护与恢复工作纳入工程招投标的主要内容之一，并做为环境监理的工作重点；

（8）施工期间和工程建成后，应对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

表1.6.1.1-1 生态保护对策措施一览表

生态影响	对策措施	管理者	责任单位	实施时间
底栖生物、潮间生物	尽可能防止超出范围施工，以防止不可恢复的破坏和影响。	建设单位	施工单位	施工期
	对本工程造成的底栖生物和潮间带生物损失进行一次补偿	建设单位	—	运营期
渔业资源	溢流口选在弱流区有利于泥沙的沉降，可采取分隔围堰、多道防污屏等沉隔措施处理，有效控制悬浮泥沙产生的污染，把施工产生的悬沙	建设单位	施工单位	施工期

	对水质影响程度和范围降至最低程度			
	低潮施工；尽量避开底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节进行作业控制施工进度，合理安排施工计划，尽量缩短工期，以减少对渔业资源的影响	建设单位	施工单位	施工期
	施工期间产生的悬浮泥沙、生活污水以及垃圾严格报告中所列的环境保护措施加以实施，认真落实，严格管理	建设单位	施工单位	施工期
	施工单位在施工前期充分做好生态环境保护的宣传教育工作，加强施工人员对海洋珍稀动物保护的意识，制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制	建设单位	施工单位	施工期
其他	施工期间和工程建成后,应对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。	建设单位	—	施工期、运营期

1.6.1.2 重点保护水生生物生态保护对策措施

(1) 红树林保护措施

1) 施工期

针对本项目实施对红树林资源的影响，项目施工期应做到：

①针对产生的悬浮泥沙对红树林保护区影响较大的桩基施工环节，应重点进行污染防治，采用先进的施工工艺和设备，合理安排施工顺序和进度；

②在施工过程中应尽可能采用对水体扰动小的水上挖土机及运输船舶，避免泥沙的扩散和再悬浮；

③选择中、小潮、海况好的时间施工，以减小悬浮物的扩散范围；

④施工机械产生的油污水经集中收集由有资质部门统一进行处理，严禁排海，不会造成海洋环境污染。

⑤项目施工过程中存在事故性溢油风险，一旦发生溢油事故，油膜可能扩散至红树林保护区，破坏红树林的生长环境。因此，项目应根据本报告表相关章节采用有效的溢油风险防范措施，对船舶在航行进行严格管理，杜绝溢油事故的发生，同时做好溢油风险的防范措施和应急预案。

2) 运营期

①项目抚育期固定竹竿、扶正苗木和补植红树等会造成少量悬浮泥沙产生，采用低潮施工尽量避免或减轻悬浮泥沙的产生。

②项目抚育期清除塑料袋、泡沫等海漂垃圾和浒苔等一般固废，可回收部分交由回收单位回收处理，不可回收部分交由环卫部门处理，避免对海洋生态环境造成影响。

(2) 圆尾鲎保护措施

尽管本项目所占用的影响的海域圆尾鲎自然保护区范围，但在工程施工期间应严格要求，采用先进的施工工艺和设备，减小悬浮泥沙的产生量和扩散范围，合理安排施工顺序和进度，尽量避开圆尾鲎的繁殖季节。

1.6.1.3 海洋生态补偿措施

本项目施工期会对附近海域的底栖生物和渔业资源等造成一定的损失。根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)的有关规定，应对项目附近水域的生物资源恢复做出经济补偿。本项目造成的生态资源损失主要包括底栖生物、潮间带生物和渔业资源的损失。本工程施工期造成的生态损失总赔偿额为48.728万元，针对该部分损失，业主单位应预留生态补偿金额用于采取生态修复措施。

项目业主单位应委托专业的单位开展生态修复工作。具体的补偿措施和方案在实施之前，应协调主管部门商定。

本评价建议的生态修复措施主要包括：资源增殖放流、人工鱼礁建设、底播增殖、补充资源调查和监测、生物多样性修复方式研发等基础工作、养护设施等基础能力补充建设与维护工作等。

根据《水生生物增殖放流管理规定》(农业部令第20号)、《农业部关于做好“十三五”水生生物增殖放流工作的指导意见》、历年湛江市渔业资源增殖放流品种，以及渔业资源现场调查结果，并重视对底栖生物多样性恢复的辅助作用，本评价建议增殖放流方案如下：

增殖放流种类：选择当地物种或当地保护物种，具体须与相关部门协商确定。放流地点：具体地点须与当地相关部门协商确定。

放流时间：休渔期（5~8月）。

生态补偿纳入“三同时”，增殖放流时应委托专业部门对增殖放流效果进行跟踪监测，根据监测结果调整放流的种类和规模，并接受主管部门的监督。

1.6.2 环境保护对策措施一览表

本项目环境保护对策措施一览表见表 1.6.2-1。

表 1.6.2-1 环境保护对策措施一览表

建设期	污染项目	影响因素	环保对策措施	预期效果
施工期	船舶含油污水	海水水质、沉积物	严格按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的要求,禁止直接向沿海海域排放油类污染物,经收集上岸后应交由有资质的单位处理	确保污水、生活垃圾、残油、废油得到有效处置,不直接向海域排放
	生活污水		施工期施工人员住宿与办公租用附近民房,生活污水纳入当地生活污水一同处理,不直接外排	
	生活垃圾		施工人员生活垃圾集中堆放在指定的场地,及时由环卫部门运至垃圾处理场集中处理,不得将垃圾随意丢弃	
	残油、废油		交由有资质单位处理	
	滩涂填土、桩基施工、挖穴、种植施工悬浮泥沙		合理规划施工工期和时间,严格控制取土和滩面平整工程施工速率及施工产生的悬浮物强度,设置防污帘,尽量减少在大潮期进行挖泥施工作业等,并在取土工程外围设置悬浮物防污屏障,减少悬浮物对保护区的影响	控制悬浮泥沙的扩散范围
运营期	固定竹竿、扶正苗木和补植红树		低潮施工	避免或减轻悬浮泥沙的产生
	塑料袋、泡沫、浒苔等		可回收部分交由回收单位回收处理,不可回收部分交由环卫部门处理	确保塑料袋、泡沫、浒苔等得到有效处置,不直接向海域排放

1.6.3 生态用海方案的环境可行性

随着人类开发利用活动的深度和广度不断拓展,发展与保护的矛盾日益突出,必须用“人海和谐发展”的理念和方法协调、缓解经济发展与生态环境间的矛盾,把建设生态文明与加快转变经济发展方式结合起来,促进经济社会的健康可持续发展。生态用海是开发利用海域资源过程中贯彻落实生态文明建设要求的基本理念,旨在通过系统性和综合性的措施要求,实现海域空间资源利用效率最大化,对生态环境影响最小化,形成人海和谐发展的现代化建设新格局。

2015年6月19日,国家海洋局发布了《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020年)》(国海发[2015]8号),方案指出:坚持海陆统筹、区域联动,以海洋环境保护和资源节

约利用为主线，以海洋生态文明制度体系和能力建设为重点，以重大项目和工程为抓手，将海洋生态文明建设贯穿于海洋事业发展的全过程和各方面，实行基于生态系统的海洋综合管理，推动海洋生态环境质量逐步改善、海洋资源高效利用、开发保护空间合理布局、开发方式切实转变，为建设海洋强国、打造美丽海洋，全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴做出积极贡献。

1.6.3.1 生态用海方案

本工程生态建设内容包括取土、海域生态补偿、跟踪监测等内容。

(1) 取土

拟采取环保防范措施：施工过程中，水上挖土机就近取土，结合施工需求进而合理取土，避免超挖，从根本上减少对环境影响的悬浮物产生量、扩散范围。取土时选择中、小潮、海况好的时间施工，以减小悬浮物的扩散范围。经上述环保措施处理后，取土作业对海洋环境影响较小。

(2) 生态补偿

本项目为生态整治修复项目，通过红树林种植、取土等方式进行生态修复，积极推进红树林湿地系统、滨海生态景观的建设及清淤整治等工作，项目实施后将使周边海域水质得到改善，为水生生态系统的恢复创造了较为良好条件。

但项目建设过程取土工程、滩涂填土的施工将造成的生态资源损失，主要包括底栖生物、潮间带生物和渔业资源等的损失。根据有关法律规定，建设单位应制定项目对生态资源损失的生态补偿方案，可通过采取增殖放流、人工鱼礁等修复措施，改善水域生态环境，实现渔业资源可持续发展，维护水生生物多样性，促进人与自然的和谐发展。

(3) 跟踪监测

本项目环评报告书制定了施工期和工程后环境跟踪监测方案（见1.7章节），建设单位应按照监测方案要求，与有资质有技术能力的监测单位签订委托监测合同。

1.6.3.2 生态用海方案环境可行性分析

(1) 施工方案环境可行性分析

滩涂填土、桩基施工、挖穴、种植等施工时将一定量的入海悬沙对水质、生态环境造成影响，但这种影响时间是短暂的，一旦施工完毕，水质环境随着施工期结束而逐渐恢复原状。施

工期间，施工船舶所产生的含油污水经收集后交由有资质的单位接收处理；工期施工人员住宿与办公租用附近民房，生活污水纳入当地生活污水一同处理，不直接外排；生活垃圾经收集后交由环卫部门清运处理；施工残油、废油等危险废物交由有资质单位处理。工程实施后，可改善水动力、冲淤、地形地貌及海洋生态环境，改观岸线景观，对岸线具有保护性意义。因此，从海洋环境保护角度来看，施工方案可行。

（2）生态修复与补偿可行性分析

项目实施将对海域水质、沉积物、海洋生物等产生一定的客观影响，其影响范围是局部的，深度是有限的，完全可以通过落实环保措施与主体工程建设的“三同时”制度，在项目的设计阶段、施工阶段、工程后阶段采取针对性环保措施后，在落实本报告提出的环保工程措施的前提下，得到有效的预防、缓解和消除，使项目建设对环境的影响降低至最小程度，项目建设所产生的负面影响可以得到有效控制和解决，并能为环境所接受。建议施工阶段采取如下生态保护措施进行防治：

1) 根据海洋生物生长繁殖特点，施工单位应制定科学合理施工计划滩涂填土、桩基施工、挖穴、种植等工程尽量避开生物量的高峰期，以减轻工程施工对工程附近海域海洋生物的影响。

2) 为防止泥沙对海域生态产生较大影响，通过打松木桩，挡板固定等方式形成围挡，有效减缓施工悬沙对浮游生物、游泳动物的影响。

3) 工程开工建设前，建议业主组织施工单位与渔业行政主管部门充分沟通，合理规划安排施工工期，尽量缩短作业时间，最大程度降低施工对渔业资源的负面影响，确保保护措施落实到位。

4) 施工单位在施工前期充分做好生态环境保护的宣传教育工作，组织施工人员学习有关法律法规，增强施工人员对海洋动植物保护的意识；建议施工单位制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制。

5) 施工期间应对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

（3）跟踪监测及监测能力建设可行性分析

本项目在施工期要进行相应的跟踪监测计划，定期委托有监测资质的单位对工程所在海域的水质、沉积物、海洋生物生态进行监测，本报告1.7章节对项目用海环境监督进行了详细的分析，制定了详细的监督计划，建议建设单位在项目施工期和工程结束后按照监测计划实施。监

测过程中，若发现异常情况及时通知有关部门，采取相应对策措施进行处理。环境监测需委托有资质的监测单位具体执行，并由当地海洋环境保护行政主管部门进行监督指导。监测单位应编制监测报告报送项目环境管理办公室及环境保护行政主管部门。

1.6.4 环境影响经济损益分析

环境影响经济损益分析是针对项目的性质和当地的具体情况，确定环境影响因子，从而对项目环境影响范围内的环境影响总体做出经济评价。分析建设项目的社会、经济和环境损益，评价建设项目环境保护投资的合理性以及环境保护投资的效益，促进项目建设的社会、经济和环境效益的协调统一和可持续发展。

本项目为生态修复工程，主要为海域红树林种植工程。徐闻和安镇长坡港西岸海滩由于自然因素和人为活动影响，区域内红树林湿地受损严重，鸟类觅食地丧失，造成滨海湿地资源退化，湿地功能减弱，制约海湾整体环境改善。项目建设是落实徐闻县发展规划、政策方针的迫切需要，是建设海洋生态文明、落实“两山理论”的需要，是恢复红树林湿地生态系统的需要，是提升海岸生态防护能力的需要。项目的实施将能体现显著的生态效益、经济效益和社会效益。

1.6.4.1 环保投资估算

本报告拟采取的清洁生产和污染防治措施主要针对会对海洋环境造成影响的水污染和固体废物污染，并提出了生态保护措施，比较清楚、具体，可以有效执行，能够达到环境保护的要求。

根据当前的市场经济价格估算，本次评价所提出的各项污染防治措施费用约为 85.728 万元，项目总投资约 1820 万元，占总投资的 4.71%，见表 1.6.4-1。

表 1.6.4-1 环保投资估算表

阶段	项 目	金额(万元)
施 工 期	施工期环境监理	15.0
	施工期跟踪监测	15.0
	含油废水	5
	施工期残油、废油等费用	1
营运期	垃圾桶、回收桶等	1
	生态损失	48.728

合计	85.728
----	--------

本工程环保投资约为85.728万元，占工程总投资的4.71%，环保投资比较适宜。

1.6.4.2 生态效益分析

红树林生境和岸堤生态化的再培植，将有效保护其海域生态系统、红树林生态系统、海草床与滨海生态系统等海洋生态系统，发挥红树林生境和岸堤生态化等海洋生态系统的功能。红树林生态湿地是生物多样性的摇篮，孕育着无数水生动植物和两栖生物，对水禽更加尤其重要，为它们提供食物和繁殖育幼的产所。红树林本身除了为食物链提供营养物质外，其最主要的功能之一是为海洋游泳生物、海洋底栖动物、海鸟和昆虫等提供良好的生长发育环境，加大红树林种植及湿地保护有助于提高海洋生物资源和鸟类资源。

通过营造红树林生境，保护和恢复多样化的湿地资源，充分发挥湿地在调节水质方面的作用，有效净化周围海水水质，使近岸海域海水水质向好改善。另外，通过红树林生态系统的修复，使湿地为生态系统的水平结构、垂直结构和营养结构得以优化，促进湿地生态系统的物质循环和能量流动，充分发挥湿地在防风消浪、固岸护堤、调节径流、控制污染、调节气候、控制土壤侵蚀、促淤造陆、栖息地服务、净化空气和美化环境等方面的多种生态功能，保障区域和周边生态安全和提供优良的生态服务。同时，控制外源污染输入，恢复红树林湿地生态系统自我维持状态，不仅能发挥红树林湿地在区域生态系统的功能，对于控制海岸侵蚀、保持水土和调节区域气候等方面发挥重要作用，还能完善生物网络，保护生物多样性。

根据韩维栋等对我国现存自然分布的红树林生态系统的功能价值经济评估方法，把红树林生态系统的服务价值，包括生物量价值(0.598万元/hm²)、抗风消浪护岸价值(7.270万元/hm²)、保护土壤价值(8.478万元/hm²)、固碳以减弱温室效应和释放O²的价值(0.491万元/hm²)、生物多样性保护即动物栖地价值(0.401万元/hm²)、林分养分积累价值(0.074万元/hm²)、污染物生物降解和病虫害生态价值(0.021万元/hm²)等量化折合成经济价值，即为红树林生态系统的服务价值，即生态效益。本次红树林种植92.83hm²，估算生态效益约为1609.0万元。

1.6.4.3 经济效益分析

根据红树林的生态服务价值，每公顷红树林湿地每年可产生高达10000美元的综合价值，相当于珊瑚礁生态系统的1.64倍和热带森林的5倍。同时，由于红树林湿地内具有地势平坦、开阔的滩涂和种类繁多的林木等自然景观，并且拥有大量在红树林湿地内觅食和栖息地海鸟和候

鸟，红树林湿地具有开发生态旅游观光和动植物资源适度开发的潜力。通过本项目的落实，使红树林湿地的生态保护与适度开发相结合，发挥生态旅游的优势，发展生态文明，促进区域经济可持续发展。因此美丽海湾的建设，具有巨大的生态旅游市场开发价值。此外，红树资源还具有一定的工业和药用等作用。

鸟类、贝类资源丰富以及利用渔业产品应包括通过市场交易的部分及未通过市场交易的部分。主要有鱼、虾、贝、藻类、莲、藕、菱、芡、泥炭、木材、芦苇、药材等。有人计算过，湿地的生产力高于非湿地。湿地动植物资源的利用还间接带动了加工业的发展；中国的农业、渔业、牧业和副业生产在相当程度上要依赖于湿地提供的自然资源。

红树林动物资源的利用主要是：（1）食物利用：星虫类、贝类、蟹类、虾类、鱼类都是价值较高的海产品，味道鲜美。（2）其他：光裸星虫可提取星虫素制造优良的杀虫剂；红树林滩面上低值的贝类，如珠带拟蟹守螺粉碎后可用于对虾养殖的补充饵料。

同时通过本项目的落实，使红树林湿地的生态保护与适度开发相结合，发挥生态旅游的优势，发展生态文明，促进区域经济可持续发展。因此美丽海湾的建设，具有巨大的生态旅游市场开发价值。

1.6.4.4 社会效益分析

本项目主要任务为：本项目为生态修复工程，主要为海域红树林种植工程。徐闻和安镇长坡港西岸海滩由于自然因素和人为活动影响，区域内红树林湿地受损严重，鸟类觅食地丧失，造成滨海湿地资源退化，湿地功能减弱，制约海湾整体环境改善。项目建设是落实徐闻县发展规划、政策方针的迫切需要，是建设海洋生态文明、落实“两山理论”的需要，是恢复红树林湿地生态系统的需要，是提升海岸生态防护能力的需要。

该项目的社会效益主要体现在保护自然资源和生态环境，保障区域生产安全，提高科学管理水平，改善人民物质、文化、生活及健康水平等方面。项目建成后，为社区群众提供游憩场所，在让群众享受优美的红树林湿地等海洋生态景观和良好环境的同时，丰富群众海洋生态文化知识，满足其向往、回归大自然的愿望，唤起公众自然保护意识，促进自然资源保护，推动精神文明建设，促进海洋生态文化形成，激发人们热爱祖国、热爱大自然的情感。这有利于提高了社区群众的生态环境保护觉悟和意识，使社区群众自发地进行环境保护，从而积极配合当地政府开展海域使用的科学与法制化管理。

本项目以得天独厚的自然地理条件、区位优势、独特的湿地生态系统类型、多样的自然景

观等成为近海与海岸生态系统及生物多样性的研究基地及科普教育、教学实习的理想场所。红树林生态环境系统修复，提高海洋生物资源和鸟类资源，改善人文环境，为周围百姓提供一个良好的生产生活环境，极大地提高当地百姓的生活品质，同时带动当地生态农业、旅游业，餐饮业、房地产等产业的发展，促进当地人民的生产生活方式由单一传统水产养殖向生态效益型养殖、体验式休闲旅游、相关服务业等多元化发展。

1.6.5 环境影响损益分析

1.6.5.1 工程对环境影响的分析

（1）水环境

项目施工过程中产生的废水主要来自于船舶含油污水、陆域生活污水以及施工过程引起的悬浮物。

施工含油污水严格按照《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)的要求，禁止直接向沿海海域排放油类污染物，经收集上岸后应交由有资质的单位处理。施工期施工人员住宿与办公租用附近民房，生活污水纳入当地生活污水一同处理，不直接外排。

本项目取土前应做好施工围挡，将潮水与施工作业面隔绝，不仅保证施工不受潮水影响，方便施工，而且使施工中可能因取土裸露地面流失的泥土，不散落到其他地方去，不对项目周边海水水质造成明显影响。采取围堰施工时，会使少量底泥发生再悬浮，拆除围堰时，使得残留的少量泥浆排入海中也会造成短时期内水中的悬浮物有所增加。木桩施工及取土过程中对海底造成扰动，使得其中的污染物进入到水体中，从而在短时期内造成水体的恶化。

本项目采取滩涂整地施工，营造红树林生境并种植红树修复项目所在区域生态环境，项目施工工艺可以有效控制项目施工对水体的影响程度和范围。施工取土对水底淤泥的搅动形成的悬浮物很快可以沉降，且影响范围有限，根据类比调查，本项目工程施工结束后数小时内，取土工程产生的悬浮物将基本沉入海底，其影响也基本消失。

（2）固体废弃物

施工期产生的固体废物主要为施工人员的生活垃圾、残油废油，施工人员生活垃圾集中堆放在指定的场地，及时由环卫部门运至垃圾处理场集中处理，不得将垃圾随意丢弃；施工船舶作业产生的残油、废油等危险废物，统一交由有危险废物处理资质的单位将其安全处置。

① 悬浮物增加对海洋生物的影响

本工程施工过程中，悬浮物主要来自滩涂填土、桩基施工、挖穴、种植建设等对环境影响较大的施工环节。悬浮物引起施工海域内的局部海域水质浑浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该片水域内的游泳生物迁移到别处，浮游生物将受到不同程度的影响。尤其是滤食性浮游动物和进行光合作用的浮游植物受到的影响较大，这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物的增加，悬浮颗粒会粘附在动物体表，干扰其正常的生理功能；滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱；另外，水体透明度下降，溶解氧降低，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物的数量，导致该水域内初级生产力水平下降。

本项目施工期造成评价水域悬浮物的增加对该地区水生生物的负面影响虽然是不可避免的，但该影响在采取合理的环保措施的前提下可以局限在较小的范围内，而且随着施工期的结束，对海洋生物的不利影响也将得到逐步缓解。

② 底质破坏对底栖生物、潮间带生物的影响

在工程建设中，由于滩涂填土、桩基施工、挖穴、种植建设等施工作业，改变了生物的原有栖息环境，尤其对底栖生物和潮间带生物的影响是最大的。停止施工后，施工区及其附近水域的底质将恢复平静，随后就是底栖群落的重新建立以及浮游生物的恢复。

施工过程中，海洋底质环境被破坏，造成了海洋生物群落尤其是底栖群落发生相应变化，一些不能适应这种环境的种类和数量将逐渐减少。但是这种情况是暂时的，当施工结束后，新的生物群落将逐步建立，海洋生态环境将会逐渐得到缓慢地恢复。

③ 对生物多样性的影响

根据对工程区潮间带生物与浅海海洋生物的调查结果，在工程区内没有发现需保护的珍稀海洋生物种类；因本工程建设引起丧失的各种底栖、浮游生物在当地的广阔海域均有大量分布，因此工程建设不会造成生物多样性降低的生态问题。

本工程实施后是对现有红树林的延续和补充，将有利于项目所在区域生态资源的保护，为迁徙鸟类和海洋生物提供更大范围的栖息地，使该海域的生物多样性有所增加。

④ 施工过程对鸟类的影响评价

根据鸟类调查，鸟类活动区域主要在红树林、滩涂和外围区鱼塘等，本项目施工期间，施工噪声及夜间光照对鸟类活动有轻微影响。但本项目施工结束后，项目建有大面积的人工生态红树林，可为鸟类的生存和发展创造了一个良好的环境。

因此，本项目施工噪声对鸟类的影响将是阶段性的，随施工结束可逐渐恢复，本项目的建设不会对区域的鸟类产生明显的影响。

1.6.5.2 项目对环境风险的影响评价

强台风导致的海域超高潮位、风暴正面袭击使得围挡崩塌，进而导致滩涂整地物料或生态修复物料在海洋中扩散，这会影响到工程周边海区的水质环境及生态环境。

极端大雨天气可能导致物料受雨水冲刷携带入海，对海洋生态环境产生影响。

本工程应按本报告提出的要求积极采取相应的防护措施，制定相应的安全管理条例，加强对施工人员的管理和教育等，避免此类风险的发生。

1.6.6 环境影响经济损益分析结论

“十三五”时期，国家海洋局将组织实施“蓝色海湾”环境整治工程、“南红北柳”湿地修复工程和“生态岛礁”工程，广东省作为海洋大省，强化生态用海，将协同配合、率先垂范，积极推进海洋生态文明建设，牢固树立基于生态系统的海洋综合管理思维，科学引导海洋经济、海洋产业发展，认真做好海湾、岸线的整治修复工作为广东省经济社会发展和海洋强国建设作出新的贡献。

滩涂资源气候适宜，水分充足，地势平坦，宜于种植大规模的红树林，但滩涂高度对红树林的生长也有一定的影响，红树植物能耐受一定程度的周期性海水浸淹，但是低于宜林临界线，超出其生理限度势必导致植株死亡、造林失败。徐闻和安镇长坡港西岸海域进行红树林种植，就必须先进行滩涂改造，形成适合红树林生长的滩涂高度。

红树林全身是宝，按人类对红树林湿地的利用现状，可把红树林湿地的功能分为物质生产功能、环境生态功能和景观美学和旅游功能。

红树林的经济价值是不可忽视的。大多数种类的红树植物树皮含有丰富的丹宁，可用作染料和提炼栲胶，是制革、墨水、电工器材、照相材料、医疗制剂的原料；木材纹理细微，颜色鲜艳美观，抗虫蛀，易加工，可供为建材、柱材、家具用材及薪炭材；红树四季开花，果实丰硕，果实富含淀粉，是酿造啤酒的重要原料；红树林内的海鲜比海滩的更肥美，而且无污染，故在红树林下进行合理的海产养殖具有很高的经济效益；同时如果能充分利用红树林的枯枝落叶作为食物来源还可以节省饲养成本。

国内外的大量研究表明，与其他生态系统相比，红树林湿地生态系统中的动植物种类更加

丰富，水生生物的物种多样性远远高于其他海岸带水域生态系统。红树林内部产生的凋落物不仅为近海海洋动物提供了丰富的饵料，而且经微生物分解后又变成红树林植物的营养物质，促进红树林群落的良性发展；再加上河口、海湾近岸富含营养的水体，为大量的藻类、无脊椎海洋动物和鱼类等提供了理想的生境。

红树林还是海洋鸟类最理想的天然栖息地，凡红树林分布的区域，均保持了较高的鸟类种群和其他生物物种的多样性。尤其对于候鸟，红树林广阔的滩涂和丰富的底栖动物为迁徙鸟类提供了落脚歇息、觅食、恢复体力的一切优厚条件。

红树林湿地又被誉为“地球之肾”，其在净化水源、保护环境中的作用非常大。红树植物抗污染机制是多方面的，其中很重要的一个方面就是其体内富含丹宁，使得红树在较严重污染的环境下仍能生存。当红树吸收重金属离子后，体内大量的丹宁分子能与其发生化学反应，使其失去毒性。红树林生态系统是一个红树林-细菌-藻类-浮游动物-鱼类等生物群落构成的兼有厌氧-需氧的多级净化系统，红树通过吸附沉降、植物的吸收等作用降解和转化污染物从而使水体质量得到改善；而树下的多种微生物能分解林内污水中的有机物和吸收有毒的重金属，释放出来的营养物质可供给红树林生态系统内的各种生物，从而起到净化环境的作用。徐闻县为落实徐闻县发展规划、政策方针，种植红树林可以恢复红树林湿地生态系统、提升海岸生态防护能力。

除上述效益外，红树林湿地也是重要的旅游资源，素有“海上森林”之称，为热带海岸独有的地理景观，与其他海岸风光比较具有截然不同的别致风情。另外，红树林湿地生物多样，景观亦多样，潮涨潮落，红树林湿地展示不同的色彩美与动态美，鸟类在其间飞翔与栖息。其旅游功能主要体现在新、奇、旷、野等特点上。红树林的旅游功能有助于把红树林湿地内从事水产养殖业、加工业、林业等人员转化安置为保护和管理湿地的工作人员，减轻人类对红树林湿地的开发、利用、污染、破坏的压力。

和谐社会一方面要求社会经济的发展应在资源的承载力之内；另一方面，要求在资源可持续的基础上，达到社会经济的发展。换言之，既要做到林业自身的可持续发展，又要参与整个经济社会的可持续发展，这里面既包含要不断发展林业产业，满足人们日益增长的物质林产品的需求，又包含加强林业生态建设，是社会对生态的需求。同时人民日益增长的美好生活需要对美好居住环境的有了更高要求，人民群众希望天更蓝、水更清、山更绿。本项目的实施，可以从整体或局部上改善其环境，促进海洋资源的可持续发展，实现海洋经济发展与环境保护的

双赢。

另外，通过本项目的岸堤生态化等工程的建设，为人们提供游憩的场所，使红树林湿地的生态保护与适度开发相结合，发挥生态旅游的优势，发展生态文明，促进区域经济可持续发展。有利于提高社区群众的生态环境保护觉悟和意识，使社区群众自发地进行环境保护。红树林生态环境系统修复，提高海洋生物资源和鸟类资源，改善人文环境，为周围百姓提供一个良好的生产生活环境，极大地提高当地百姓的生活品质，同时带动当地生态农业、旅游业，餐饮业、房地产等产业的发展，促进当地人民的生产生活方式由单一传统水产养殖向生态效益型养殖、体验式休闲旅游、相关服务业等多元化发展。

因此，对徐闻和安镇长坡港海域进行生态修复建设可取得良好的社会效益和经济效益。

从生态环境损失角度来看，本项目的施工会给项目所在海域环境带来一定的影响，并由此还会带来一定的经济损失，如工程施工过程会增加海水中悬浮物含量，导致海水透明度和光照强度的下降，对浮游生物、游泳生物会造成一定程度的影响，且会掩埋底栖生物的栖息环境，造成底栖生物的损失，但是这个损失是本项目在施工期的短暂影响，生物损失约48.728万元。而且施工完成后，新的红树林生态系统形成，逐步使周边的水质状况将得到改善，浮游生物、底栖生物、游泳生物和哺乳生物以及鸟类等栖息在红树林中的生物会恢复，并建立更为复杂、完整和稳定的生态结构，而它将带来约为1609.0万元的生态效益。项目实施后，养殖废水的随意排放将得到控制，养殖效益将更大化，当地居民的经济将进一步得到改善。虽然本次工程环保投资额（含生态损失）为85.728万元，但由此带来更多科研、教育等社会效益。同时，项目施工建设与运营的过程中，建设单位也将采取一定的环境保护措施，将环境影响控制在最小范围和最低程度，并且这些污染防治办法与环境保护措施在经济上是合理的、可行的。

从本次红树林营造修复工程的整体效益来看，经济收益来自生态效益为1609.0万元。经济损失来自养殖业补偿和短期的水生生物损失，为48.728万元，环保投资（含生态损失）为85.728万元。近期的整体效益是良好的，随着红树林生态系统功能的恢复以及生态养殖业的建立，整体效益将会更好，环保投资带来的效益也会更多体现出来。

综合分析项目建设的经济损益，项目建设带来的环境资源的损失及负面影响有限，并在可接受范围内。项目建设带来的生态效益、社会效应和经济收益是比较明显的。因此，该项目是可行的。

1.7 环境管理与监测计划

根据国家和省市环境保护行政主管部门的要求，结合本工程建设情况及工程污染特点实际情况，有针对性地提出本工程不同阶段、具有可操作性的环境管理与监测计划，作为本工程建设期和运营期开展环境管理与监测工作的依据。

1.7.1 环境管理

1.7.1.1 管理机构及职责

本工程环境管理由建设单位负责，建设单位业务上接受当地环保部门的指导和监督。环保管理机构承担以下环境管理职责：

- (1) 贯彻、执行国家、省、市有关环境保护方面的法律、规范、标准及其他要求；
- (2) 组织制定企业环境保护规划和计划；
- (3) 负责制定和建立本企业环保制度与规章；
- (4) 制定企业环境保护管理目标和指标；
- (5) 负责企业的环境统计、环境保护档案的建立与管理；
- (6) 负责实施与监督企业环境管理；
- (7) 负责监督企业各项环保设施的正常运行、维修；
- (8) 负责对企业各级领导干部和员工的环境教育与培训。

1.7.1.2 环境管理计划

- (1) 初步设计和施工前期环境管理

①污染防治方案的审核

配合技术部门采取专家论证、公众参与等方式，对项目的工艺设计的可行性、环保措施的可行性进行论证。

②签订施工承包合同中应包括环境保护的专项条款

在施工招标发包时，应对施工单位的文明施工素质及施工期环境管理水平进行审核，在与中标单位签订施工委托合同时，应将施工期承包单位必须遵循的环境保护有关要求以专项条款方法写入合同文本中，并在施工过程中据此加强监督、检查、减少施工期对环境的污染影响。

- (2) 施工期环境管理

施工期的环境管理主要由施工单位具体实施，其在环境管理、污染控制及防治措施实施等方面将起到关键作用，因此，选择正规、有经验的施工单位，并将施工期的环境管理工作纳入到合同内容中是确保环境管理计划实施的前提。除此之外，委托有资质的监理单位进行施工期的环境监理，环境监理是实现项目的全过程环境管理的手段。

施工期环境管理的具体要求如下：

①施工单位和监理单位施工之前对相关人员开展环境保护的宣传和教育培训工作；

②施工单位需严格落实环评报告提出的环保措施，监理单位应做好施工现场的巡视检查、发现存在的环境问题并及时提出，对环保措施的落实情况进行监督。该工程施工期拟落实的主要污染防治措施包括：

A.围堰、围网、滩涂整地、红树林种植作业是否采取降低悬浮物的浓度和控制悬浮物扩散的措施；

B.施工物料、种苗堆放、装卸、运输是否按对策措施要求落实；

C.施工过程中使用的各类机械设备是否依据有关法规控制噪声污染；

D.施工期监测制度是否落实等。

E.施工期各类废水和垃圾是否进行妥善处置；

F.落实施工期环境监理制度是否落实；

③监理单位编制环境监理报告（环境监理月报、季度报告及监理总结报告），报送建设单位、施工单位和环境保护行政主管部门，反映施工期环境保护措施的落实情况，这即是施工期环境管理的重要成果，又是工程竣工环境保护验收的重要材料。

（3）验收阶段环境管理

①落实环保投资，确保治理措施执行“三同时”和各项环保治理措施达到设计要求；

②向环境保护行政主管部门申请办理该工程环保设施的竣工验收手续，开展竣工验收监测、编制环保竣工验收报告等工作；

③验收合格后，向湛江市环境保护局进行排污申报登记，环保设施与主体工程同时正式投产运行。

（4）运营期环境管理

①监督生态影响防治措施和积极配合主管部门采取可行的生态补偿措施。

监督该工程生态影响防治措施和积极配合主管部门采取可行的生态补偿措施，对本工程造

成的生物损失进行合理补偿，包括措施的落实及落实后的跟踪监测等内容，是该工程环境管理最重要内容之一。

②制订和实施环境监测计划

组织环境监测计划的制订，并做好日常的监测记录工作和定期监测上报工作。

③宣传、教育和培训

对居民进行环境保护方面的宣传和教育，培养大家爱护环境、保护红树林的意识。

1.7.2 环境监测计划

1.7.2.1 监测目的

环境监测的目的在于及时了解和掌握项目施工期与运营期的各种工程行为对环境保护目标所产生的影响范围、程度及时段，以便对产生环境影响的工程行为采取相应的减缓措施，为环境管理提供科学依据，也是对所采取的环保措施防治效果的一种验证。

1.7.2.2 监测机构

环境监测工作由建设单位环境管理机构委托具有相应资质的单位进行。

1.7.2.3 环境监测计划

环境监测作为环境监督管理的主要实施手段，通过监测可以及时掌握工程周边海域的环境变化情况，从而反馈给项目决策部门，为拟建项目的环境管理提供科学依据。

1、施工期环境监测计划

承担监测的单位应认真分析监测数据，发现异常及时通报给建设单位，以便采取相应的补充环保对策措施。加强监测数据的管理，全部监测数据报项目建设部门存档备案，作为项目验收的重要资料。

本报告对项目施工期跟踪监测从项目整体建设的角度出发，根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的规定进行制定，在生态修复工程海域计划布设 4 个监测站位，监测计划详见表 1.7.2-1，监测站位位置图见图 1.7.2-1，监测站位坐标见表 1.7.2-2。监测工作由建设单位委托具有海洋环境监测资质的单位承担，监测方法按照《海洋监测规范》规定进行。并接受各级生态环境保护部门的监督。

表 1.7.2-1 施工期环境跟踪监测计划表

序号	监测内容	监测项目	测点布设与监测频次	监测实施机构
1	海水水质	PH 值、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨、无机磷、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷	取土施工期间监测 1 次；施工结束后，进行 1 次后评估监测	委托有资质的监测单位
2	沉积物	铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、有机碳、硫化物、石油类	施工期监测 1 次，施工结束后进行一次后评估监测	
3	海洋生态	叶绿素 a、鱼卵仔鱼、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源等	施工期间监测 1 次监测，施工结束后进行 1 次后评估监测	

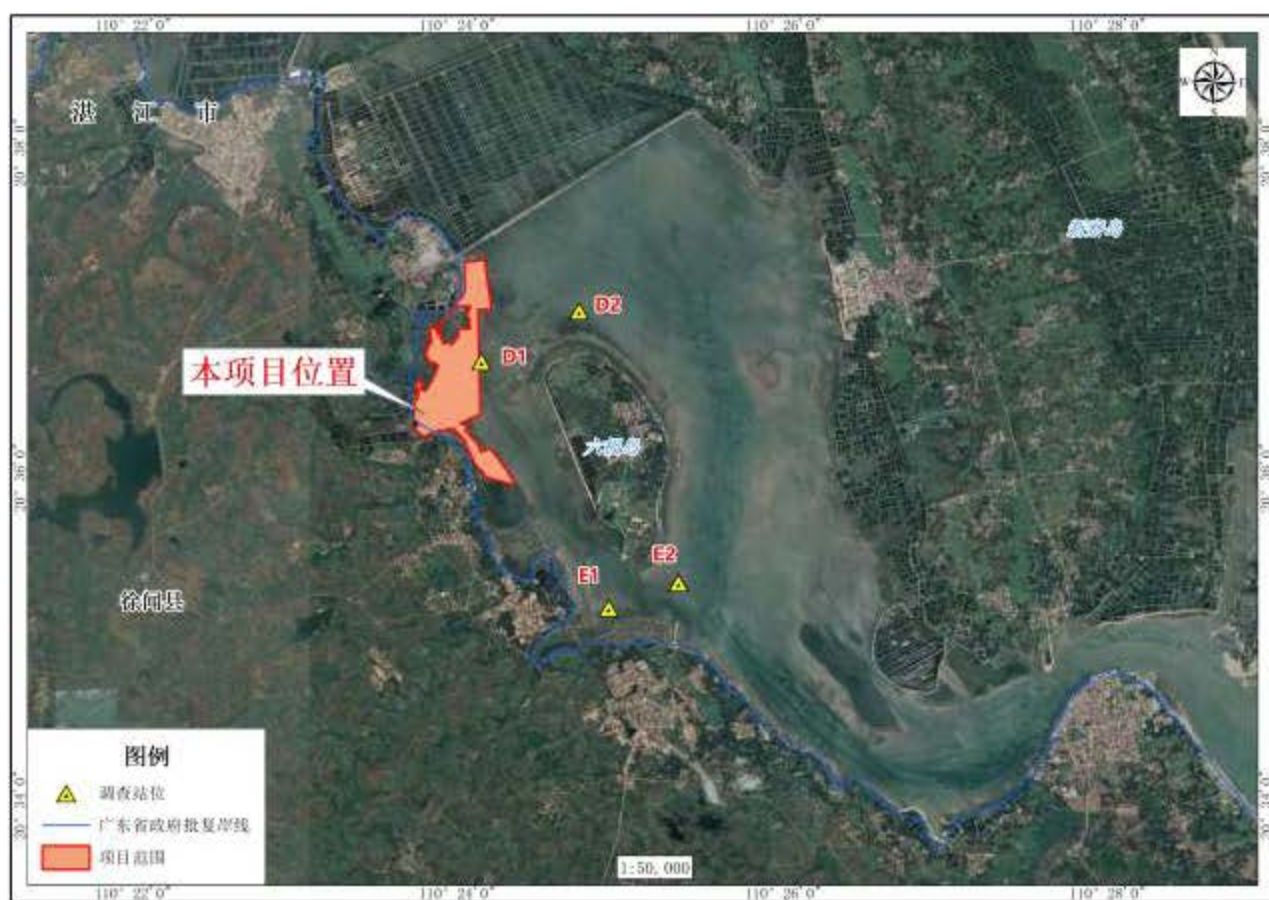


图 1.7.2-1 施工期跟踪监测站位图

表 1.7.2-2 施工期跟踪监测站位坐标表

站号	地理位置		调查内容
	经度 (E)	纬度 (N)	
D1	110.4025	20.61191111	海水

D2	110.4125417	20.61706111	水质、沉积物、生态
E1	110.4155889	20.58684722	水质、沉积物、生态
E2	110.4225417	20.58942222	水质、生态

2、运营期环境监测计划

（1）海洋水质、海洋沉积物、海洋生态

- ①监测站位布设：与施工期一致。
- ②监测项目：与施工期一致。
- ③监测时间：在施工结束后3年内每年监测一次。

（2）水下地形监测

- ①监测内容：项目竣工后，定期对项目进行海底地形、水深测量；
- ②监测范围：项目取土区沿主流向向两侧各延伸 1km，垂直主流向向两侧各延伸 1km 范围；
- ③监测频率：在施工结束后 3 年内每年监测一次。
- ④平面控制及深度基准：平面控制采用 CGCS2000 坐标、高斯投影，深度基准采用当地理论深度基准面；
- ⑤测量比例尺：取土区 1:5000，向外延伸区 1:10000。

（3）红树林生长情况监测

- ①监测内容：红树林生长情况，需满足造林密度。
- ②监测范围：项目种植范围
- ③监测频率：在施工结束后6个月内每月监测一次。

1.8 海洋环境影响评价结论

1.8.1 环境现状综合分析和评价结论

1.8.1.1 水动力环境影响分析

1、潮汐：项目所处海域潮汐现象主要是太平洋潮波经巴士海峡和巴林塘海峡进入南海后形成的。以湛江港潮位站和硃洲岛潮位站以往资料，以及外罗一期风电项目为期一年的临时潮位站资料，工程附近海域潮性系数在 0.88~1.04 之间，属于不正规半日潮，其特征是一太阴日有两次高潮和两次低潮，随着月球赤纬的增大，半日周期相邻两潮期的高潮或低潮高度不相等的现象逐渐显著，至月球到赤纬到北或南最大，日不等最大；随着月球赤纬的变小，日不等也变小。由于受地形的影响，外海潮波从湾口进入湾内后发生变形，高潮位逐渐增高，低潮位逐渐降低，潮差也逐渐增大。

2、潮流：各测站涨潮流向为 184° ~ 292° 之间，落潮流向为 23° ~ 210° 之间。水文测验期间，大潮实测最大流速为 0.83m/s，流向为 113° ；中潮实测最大流速为 0.79m/s，流向为 118° ；小潮实测最大流速为 0.71m/s，流向为 129° 。

3、余流：季节因素和潮型对余流影响较大。垂线平均各潮次观测海域余流速度大潮平均为 0.09m/s，中潮平均为 0.06m/s，小潮平均为 0.05m/s。大潮期余流流速较大，中潮和小潮观测期间余流流速相对较小。

4、泥沙：水体含沙浓度平面分布来看，观测海域垂线平均含沙量小于 0.0574kg/m^3 ，以 C6 和 C3 站含沙量较高，其余测站含沙量差异不大。

5、海水温盐：各月平均水温范围为 17.4°C ~ 28.8°C 。各月平均盐度范围为 28.2‰~31.28‰。

6、波浪：周年观测期间，测得的最大波高为 9.65m，对应平均周期为 6.0s，对应波向为 96° (E)，发生在 2013 年 8 月 2 日 21 时，此时天气过程正好为 201309 号强热带风暴“飞燕 Jebi”影响期间，这正是受到它的影响所致。“飞燕 Jebi”影响期间，硃洲岛海洋站测得最大风速 20.2m/s，风向 76° (ENE)。

1.8.1.2 地形地貌与冲淤环境

徐闻县属低丘台地地形,主要是第四纪熔岩地貌和海成地貌,地势自北向东、西、南三面沿海倾斜,北部地势较高,海拔一般在 100-150m。石板岭为全县最高点,海拔 245.4m,中部地区起伏平缓,海拔 20-80m。

在大地构造上,徐闻境内位于粤桂加里东褶皱隆起带的东南缘,云开古陆的东南端,吴川—四会大断裂的南端。第四系火山喷溢产物玄武岩覆盖几乎全境。构造形迹多为平缓褶曲及断层,多隐伏于第四系地层之下而形成基底构造。

1.8.1.3 水环境

2021 年 3 月春季调查海域的无机氮、无机磷、汞在部分站位超过相对应的功能区水质标准,其余均符合。

1.8.1.4 沉积物

2021 年 3 月春季调查海区沉积物中所有调查站位监测项目均符合第一类海洋沉积物质量标准限值,说明调查海域海洋沉积物总体质量环境良好。

2021 年 9 月沉积物调查结果显示,T1 和 T5 站位的监测项目均符合第一类海洋沉积物质量标准限值。T3 站位仅有机碳和硫化物超过第一类海洋沉积物质量标准,其中有机碳超过第三类海洋沉积物质量标准,硫化物符合第二类海洋沉积物质量标准。

1.8.1.5 海洋生态、生物资源

2021年3月春季调查结果显示,各生物体的污染物含量均达到《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》及《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中的标准限值要求。

1.8.1.6 海洋生态环境质量现状

1、叶绿素a与初级生产力

2021年3月春季:叶绿素浓度范围为0.12~2.05mg/m³之间,平均值为1.05mg/m³。初级生产力范围在7.99~177.49mgC/m²·d之间,平均值为87.48mgC/m²·d。

2、浮游植物

2021年3月春季:调查浮游植物调查结果显示,调查海域内浮游植物种类90

种, 种群以硅藻门为主要构成类群, 其占比达到84.45%, 甲藻门占比为14.44%, 金藻门占比为1.11%; 调查海域的浮游植物平均密度为 $1861.73 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 空间分布不均匀; 调查海域浮游植物Shannon-Wiener多样性指数 (H') 范围处于2.84~4.05之间, 平均值为3.49; Pielou均匀度指数 (J) 变化范围在0.57~0.81之间, 平均值为0.71。从种类组成特征来看, 调查海域内优势种有4种, 均为常见优势种: 拟菱形藻属*Pseudo-nitzschia* sp.短角弯角藻*Eucampia zoodiacus*、桥弯形鞍链藻*Campylosira cymbelliformis*、透明辐杆藻*Bacteriastrum hyalinum*。

3、浮游动物

2021年3月春季: 调查海域内浮游动物种类34种, 调查海域浮游动物平均密度和生物量分别为 $62161.77 \text{ ind./m}^3$ 和 1468.768 mg./m^3 ; 调查海域浮游动物Shannon-Wiener多样性指数 (H') 变化范围在0.91~2.74之间, 平均值为1.69; Pielou均匀度指数 (J) 变化范围在0.25~0.67之间, 平均值为0.45。从种类组成特征来看, 调查海域内优势种有2种, 分别是: 鸟喙尖头蚤*Penilia avirostris*、夜光虫*Noctiluca scintillans*。

4、大型底栖动物

2021年3月春季: 调查海域内大型底栖生物种类28种, 包含环节动物、节肢动物、软体动物、脊索动物4大类群; 定量调查海域大型底栖生物平均栖息密度和生物量分别为 24.58 ind./m^2 和 3.480 g/m^2 ; 调查海域内的大型底栖生物Shannon-Wiener多样性指数 (H') 范围在0.81~2.97之间, 平均值为1.86; Pielou均匀度指数 (J) 变化范围在0.81~1.00之间, 平均值为0.95。从种类组成特征来看, 调查海域内优势种有3种, 均为常见优势种: 背蚓虫*Notomastus latericeus*、角海蛰*Ophelia acuminata*、昆士兰稚齿虫*Rrionospio queenslandica*。

5、潮间带生物

2021年3月春季: 定性调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有4大门类24种。定量调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有3大门类18种。2条断面的潮间带生物栖息密度平均为 51.45 ind./m^2 , 生物量平均为 108.576 g/m^2 。在垂直分布上栖息密度大小顺序为: 低潮带>中潮带>高潮带。生物量大小顺序为: 低潮带>中潮带>高潮带。多样性指数 (H') 变化范围为1.90~2.77之间, 平均值为2.33。Pielou均匀度指数 (J) 变化范围在0.63~0.83之间, 平均值为0.73。

1.8.1.7 渔业资源

1、游泳动物

2021年3月春季：调查海域发现游泳动物种类有30种，包含：鱼类游泳动物、甲壳类游泳动物、头足类游泳动物；海域渔业资源平均个体密度和平均重量密度分别为3167.75ind./km²和74.077kg/km²，资源密度水平高，其中鱼类是最主要类群，其次是甲壳类；从种类组成特征来看，优势种有7个，红鳍赤鲷资源最为丰富，其次是刺鲳。

2、鱼卵仔稚鱼

2021年3月春季：调查发现鱼卵有14种。定性调查海域鱼卵、仔稚鱼平均密度分别为1.117粒/m³和0.173尾/m³，调查鱼卵中数量占优势的种类有石首鱼科 Sciaenidae 鱼卵、鲷属 *Leiognathus* sp.鱼卵、小公鱼属 *Stolephorus* sp.鱼卵、鲷科 Scorpaenidae 鱼卵、舌鳎科 Cynoglossidae 鱼卵和小沙丁鱼属 *Sardinella* sp.鱼卵，调查仔稚鱼中数量占优势的种类有小沙丁鱼属 *Sardinella* sp.仔稚鱼、白氏银汉鱼 *Allanetta bleekeri* 仔稚鱼、多鳞鱚 *Sillago sihama* 仔稚鱼、细鳞鲷 *Therapon theraps* 仔稚鱼和鰕虎鱼科 Gobidae 仔稚鱼。定量调查海域鱼卵、仔稚鱼平均密度分别为14.974粒/m³和403.174尾/m³。调查鱼卵中数量占优势的种类有鲷属 *Leiognathus* sp.、鱼卵鲷科 Scorpaenidae 鱼卵、石首鱼科 Sciaenidae 鱼卵、小公鱼属 *Stolephorus* sp.鱼卵和小沙丁鱼属 *Sardinella* sp.鱼卵。调查仔稚鱼中数量占优势的种类有小沙丁鱼属 *Sardinella* sp.仔稚鱼、白氏银汉鱼 *Allanetta bleekeri* 仔稚鱼和舌鳎科 Cynoglossidae 仔稚鱼。

1.8.2 环境影响预测综合分析和评价结论

1.8.2.1 施工期环境影响分析

1、水文动力环境影响分析

根据潮流数学模型预测可知，工程实施以前，本次实测期间工程海域潮流呈往复流，湾外水域涨潮流自东南向西北，落潮流自西北向东南，流速平面分布特征为湾外水域流速较高，湾内水域流速较低；工程实施以后水动力环境变化较大的代表点位于工程紧邻水域，湾内代表点水动力环境变化相比较湾口工程附近水域要小，本工程的实施水动力环境的影响主要集中在水域。工程实施后，湾内大

潮涨潮、落潮断面流量比项目实施前略微增大，增大幅度在 0.08%~0.09%。纳潮量的增大，会缩短湾内水交换周期和增强水交换率，对湾内的水交换产生积极影响，使得湾内水体交换周期缩短，水体交换能力增强，将会对湾内的污染物衰减扩散产生一定的加强作用，在一定程度上会改善湾内的水质，为进一步了解项目实施完成后对周围海域水质的影响，建议在项目施工完成后做持续的海洋环境跟踪监测。

2、地形地貌与冲淤环境影响分析

项目选取泥沙研究工作经常采用的公式对工程方案实施后附近水域底床的淤积情况进行计算可知，方案实施后，由于红树林种植及取土实施导致工程附近局部地形发生改变，取土范围内水域流速减小，水流挟沙力减小，产生淤积；种植区水域流速有所增加，水流挟沙力增加，产生冲刷。但是由于工程区附近径流携沙量相对小，因此，工程实施导致的泥沙冲淤变化量不会太大。方案实施后，种植区范围内冲刷深度在 0.01~0.10m/a 之间，取土区淤积厚度在 0.10~0.20m/a 之间，最大淤积出现取土区水域，淤积厚度达到 0.20m/a。

3、海水水质影响分析

根据二维泥沙模型预测结果分析，项目施工，悬沙浓度大于 10mg/L 的水域面积 24.713km²；施工悬沙浓度大于 20mg/L 的水域面积为 20.205km²；施工悬沙浓度大于 50mg/L 的水域面积为 11.326km²；施工悬沙浓度大于 100mg/L 的水域面积为 7.676km²。项目施工时间短（仅 10 天），悬浮泥沙随着施工结束后消失，且项目所在海域水文动力环境较弱，悬浮泥沙扩散范围较小。本项目施工期施工人员宿舍、办公区均租用附近民房，施工期产生的生活污水纳入当地生活污水处理；施工期船舶含油污水收集后交由有资质的单位接收处理，因此，项目施工基本不会对海水水质环境产生影响。

4、海洋沉积物影响分析

施工过程扰动海床淤泥，导致施工海域海水中悬浮物浓度增加。项目施工（取土工程、滩涂整地工程）对沉积物的影响时间是短暂的，一旦施工完毕，这种影响在较短的时间内也就结束。项目通过合理处理施工期产污，对沉积物环境的影响较小。

5、海洋生态环境影响分析

本项目取土工程和种植区滩涂整地提高工程不可避免对潮间带滩涂和浅海

的生态环境产生不可逆的影响包括底栖生物、潮间带生物等。

本工程施工期产生的悬浮泥沙对水生生物的影响主要是对鱼卵、仔稚鱼和幼体造成严重伤害，表现为影响胚胎发育、堵塞生物的腮部造成窒息死亡，悬浮物沉积造成水体缺氧而导致死亡等。

项目所在海域水动力较弱，本工程产生的悬浮物高浓度区较小，取土作业时间较短，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响使区域内的生物群落的种类组成和数量分布。经济鱼类等由于移动性较强，对其影响较不明显。因此，本工程施工期间产生的悬浮泥沙对游泳生物的影响相对较小。施工结束后，取土区和滩涂整地区将逐渐形成新的生态系统，生物资源逐渐恢复。

按照《规程》，当进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正。种植区提高滩涂高程、取土工程对海洋生物产生持续性影响的年限低于3年，按3年进行补偿；由此计算，本工程造成的生态损失总赔偿额为48.728万元。

6、环境敏感目标的影响分析

本项目对敏感目标环境的影响主要为施工期取土工程产生的悬浮泥沙对水质环境的影响，根据数模预测结果显示，取土施工，悬沙浓度大于10mg/L的水域面积24.713km²；施工悬沙浓度大于20mg/L的水域面积为20.205km²；施工悬沙浓度大于50mg/L的水域面积为11.326km²；施工悬沙浓度大于100mg/L的水域面积为7.676km²。施工悬沙影响时间基本为取土施工期约10天，施工期结束后其影响也逐渐消失，不会对海洋环境产生较大的不利影响，对敏感目标的影响较小，且项目施工期较短，悬浮泥沙在施工结束后可逐渐消除。项目施工期间产生的污染物均得到有效处置，不排海，对敏感目标水质环境影响相对较小。

1.8.2.2 运营期环境影响分析

1、海水水质影响分析

项目运营期红树林抚育期间，会有少量悬浮泥沙、固体废物产生，采取相应措施后，对海水水质环境影响较小。红树林长成后基本不会对海洋水质环境产生负面影响，在一定程度上可以降低废水中的营养物质的含量，缓解近海水体的富营养化效应，减少赤潮的发生。

2、海洋沉积物影响分析

项目运营期红树林抚育期间，会有少量悬浮泥沙、固体废物产生，采取相应措施后，对海洋沉积物环境影响较小。红树林长成后，基本不会对海洋沉积物环境产生负面影响。红树林湿地系统具有独特而复杂的净化机理，它能够利用基质-微生物-植物这个复合生态系统的物理、化学和生物的三重协调作用，通过过滤、吸附、共沉、离子交换、植物吸收和微生物分解来实现对水体的高效净化，从而可以改善周边沉积物质量状态。

3、海洋生态环境影响分析

项目运营期红树林抚育期间，会有少量悬浮泥沙、固体废物产生，采取相应措施后，对海洋生态和生物资源环境影响较小。红树林湿地为海洋生物如底栖动物、鱼类、水鸟等的理想生活居所,红树林生产力高,林内凋落物为海洋湿地内生活的底栖生物、鸟类与鱼类等提供了丰富饵料,因而红树林中的浮游生物与底栖生物种类相当丰富,林下也为虾、鱼、贝、蟹类主要的栖息、繁衍的理想场所,实现了生物多样性的保护,间接性地达到了湿地生态环境保护对的效果。红树林蕴藏着丰富的生物资源和物种多样性,因此项目的建设对海洋生态和生物资源环境具有积极的影响。

6、环境敏感目标的影响分析

项目运营期红树林抚育期间，会有少量悬浮泥沙、固体废物产生，可能会有船舶污染物产生，采取相应措施后，对海洋环境影响较小。红树林长成后对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境不会产生负面影响。项目运营期可以改善周边水质、沉积物质量状态；可提高湿地生态系统的稳定性，对海洋生态和生物资源环境具有积极的影响。

附录

附录 I 调查海域浮游植物种名名录

序号	种名	拉丁文名
	硅藻门	
1	短柄曲壳藻变窄变种	<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>angustata</i>
2	曲壳藻属	<i>Achnanthes</i> sp.
3	卵圆双眉藻	<i>Amphora ovalis</i>
4	双眉藻属	<i>Amphora</i> sp.
5	透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>
6	变异辐杆藻	<i>Bacteriastum varians</i>
7	活动盒形藻	<i>Biddulphia mobiliensis</i>
8	菱面盒形藻	<i>Biddulphia rhombus</i> f. <i>rhombus</i>
9	桥弯形鞍链藻	<i>Campylosira cymbelliformis</i>
10	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
11	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei</i>
12	紧挤角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i>
13	扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus</i>
14	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
15	柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i>
16	并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i>
17	齿角毛藻	<i>Chaetoceros denticulatus</i>
18	罗氏角毛藻	<i>Chaetoceros lauderi</i>
19	劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>
20	暹罗角毛藻	<i>Chaetoceros siamense</i>
21	角毛藻属	<i>Chaetoceros</i> sp.
22	棘冠藻	<i>Corethron hystrix</i>
23	蛇目圆筛藻	<i>Coscinodiscus argus</i>

序号	种名	拉丁文名
24	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
25	中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centralis</i>
26	减小圆筛藻	<i>Coscinodiscus decrescens</i>
27	格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i>
28	琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>
29	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus</i>
30	辐射列圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i>
31	圆筛藻属	<i>Coscinodiscus</i> sp.
32	细弱圆筛藻	<i>Coscinodiscus subtilis</i>
33	威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>
34	柱状小环藻	<i>Cyclotella stylorum</i>
35	短角弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i>
36	脆杆藻属	<i>Fragilaria</i> sp.
37	薄壁几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i>
38	波罗的海布纹藻	<i>Gyrosigma balticum</i>
39	中华半管藻	<i>Hemiaulus sinensis</i>
40	哈氏半盘藻	<i>Hemidiscus hardmannianus</i>
41	环纹娄氏藻	<i>Lauderia annulata</i>
42	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>
43	短纹楔形藻	<i>Licmophora abbreviata</i>
44	念珠直链藻	<i>Melosira moniliformis</i>
45	膜状缪氏藻	<i>Meuniera membranacea</i>
46	舟形藻属	<i>Navicula</i> sp.
47	奇异菱形藻	<i>Nitzschia paradoxa</i>
48	菱形藻属	<i>Nitzschia</i> sp.
49	新月菱形藻	<i>Nitzsehia closterium</i>
50	羽纹藻属	<i>Pinnularia</i> sp.

序号	种名	拉丁文名
51	端尖斜纹藻	<i>Pleurosigma acutum</i>
52	大斜纹藻	<i>Pleurosigma major</i>
53	舟形斜纹藻	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>
54	海洋斜纹藻	<i>Pleurosigma pelagicum</i>
55	坚实斜纹藻	<i>Pleurosigma rigidum</i>
56	拟菱形藻属	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.
57	翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i>
58	翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i>
59	柔弱根管藻	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
60	脆根管藻	<i>Rhizosolenia fragillissima</i>
61	透明根管藻	<i>Rhizosolenia hyalina</i>
62	覆瓦根管藻细径变种	<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>shrubsolleyi</i>
63	粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i>
64	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i>
65	中华根管藻	<i>Rhizosolenia sinensis</i>
66	斯托根管藻	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>
67	骨条藻属	<i>Skeletonema</i> sp.
68	热带骨条藻	<i>Skeletonema tropicum</i>
69	塔形冠盖藻	<i>Stephanopyxis turris</i>
70	针杆藻属	<i>Synedra</i> sp.
71	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
72	离心列海链藻	<i>Thalassiosira excentrica</i>
73	海链藻属	<i>Thalassiosira</i> sp.
74	佛氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
75	蜂窝三角藻	<i>Triceatium favius</i>
76	细纹三角藻	<i>Triceratium affine</i>
	甲藻门	

序号	种名	拉丁文名
77	透镜翼藻	<i>Diplopsalis lenticula</i>
78	具指膝沟藻	<i>Gonyaulax digitale</i>
79	镰状新角藻	<i>Neoceratium falcatum</i>
80	叉状新角藻	<i>Neoceratium furca</i>
81	梭状新角藻	<i>Neoceratium fusus</i>
82	科氏新角藻	<i>Neoceratium kofoidii</i>
83	波状新角藻	<i>Neoceratium trichoceros</i>
84	三角新角藻	<i>Neoceratium tripos</i>
85	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>
86	海洋原甲藻	<i>Prorocentrum micans</i>
87	短脚原多甲藻	<i>Protoperidinium curtipes</i>
88	海洋原多甲藻	<i>Protoperidinium oceanicum</i>
89	锥状斯克里普藻	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
	金藻门	
90	小等刺硅鞭藻	<i>Dictyocha fibula</i>

附录 II 调查海域浮游动物种名名录

序号	种名	拉丁文名
	被囊类	
1	软拟海樽	<i>Dolioletta gegenbauri</i>
2	住囊虫属	<i>Oikopleura</i> sp.
	刺胞动物	
3	和平水母属	<i>Eirene</i> sp.
4	厦门和平水母	<i>Eirene xiamenensis</i>
5	大西洋五角水母	<i>Muggiaea atlantica</i>
6	蕞枝螅水母	<i>Obelia</i> spp.
	端足类	
7	钩虾	Gammaridea
	浮游幼体	
8	短尾类幼体	Brachyura larvae
9	蔓足类幼体	Cirripedia larvae
10	桡足类幼体	Copepoda larvae
11	碟状幼体	Ephyra
12	鱼卵	Fish eggs
13	仔鱼	Fish larvae
14	水螅水母幼体	Hydroidomedusae larvae
15	莹虾幼体	Lucifer larvae
16	长尾类幼体	Macrura larvae
17	多毛类幼体	Polychaeta larvae
18	箭虫幼体	Sagitta larvae
	毛颚类	
19	百陶箭虫	<i>Sagitta bedoti</i>
20	肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>
	十足类	

序号	种名	拉丁文名
21	汉森莹虾	<i>Lucifer hansenii</i>
	原生动物	
22	夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i>
	枝角类	
23	肥胖三角溞	<i>Evadne tergestina</i>
24	鸟喙尖头溞	<i>Penilia avirostris</i>
	桡足类	
25	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>
26	刺尾纺锤水蚤	<i>Acartia spinicauda</i>
27	瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i>
28	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>
29	圆唇角水蚤	<i>Labidocera rotunda</i>
30	针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>
31	瘦尾筒角水蚤	<i>Pontellopsis tenuicauda</i>
32	安氏伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus annandalei</i>
33	奥氏伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus aurivilli</i>
34	右突歪水蚤	<i>Tortanus dextrilobatus</i>

附录 III 调查海域大型底栖生物调查种名名录

序号	种名	拉丁文名
	环节动物	
1	加州齿吻沙蚕	<i>Aglaophamus californiensis</i>
2	内卷齿沙蚕属	<i>Aglaophamus</i> sp.
3	似蛭虫	<i>Amaeana trilobata</i>
4	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
5	缅甸角沙蚕	<i>Ceratonereis burmensis</i>
6	铜色巢沙蚕	<i>Diopatra cuprea</i>
7	持真节虫	<i>Euclymene annandalei</i>
8	丝异蚓虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
9	加氏无疣齿吻沙蚕	<i>Inermonephtys cf. gallardi</i>
10	后稚虫	<i>Laonice cirrata</i>
11	异足索沙蚕	<i>Lumbriconeris heteropoda</i>
12	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>
13	角海蛹	<i>Ophelia acuminata</i>
14	昆士兰稚齿虫	<i>Rrionospio queenslandica</i>
15	不倒翁虫	<i>Sternaspis sculata</i>
	脊索动物	
16	白氏文昌鱼	<i>Branchiostoma belcheri</i>
	节肢动物	
17	大螯巨亮钩虾	<i>Cheiriphotis megacheles</i>
18	弯螯活额寄居蟹	<i>Diogenes deffectonanus</i>
19	塞切尔泥钩虾	<i>Eriopisella sechellensis</i>
20	模糊新短眼蟹	<i>Neoxenophthalmus obscurus</i>
21	极地蚤钩虾	<i>Pontoctates altamanimus</i>
22	矛形梭子蟹	<i>Portunus hastatoides</i>
23	沟纹拟盲蟹	<i>Typhlocarcinops canaliculata</i>

序号	种名	拉丁文名
24	毛盲蟹	<i>Typhlocarcinus villosus</i>
	软体动物	
25	深沟篮蛤	<i>Corbula fortisulcata</i>
26	彩虹蛤蜊	<i>Macra iridescens</i>
27	小文蛤	<i>Meretrix planisulcata</i>
28	扁平管帽螺	<i>Siphopatella walshi</i>

附录 IV 调查海域定性潮间带种名名录

序号	种名	拉丁文名
	刺胞动物	
1	海葵	<i>Actiniaria</i>
	环节动物	
2	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
3	丝异蚓虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
4	中蚓虫	<i>Mediomastus sp.</i>
5	腺带刺沙蚕	<i>Neanthes glandicincta</i>
6	难定才女虫	<i>Polydora cf. pilikia</i>
	节肢动物	
7	光背团水虱	<i>Sphaeroma reetrolaevis</i>
8	网纹纹藤壶	<i>Amphibalanus reticulatus</i>
9	下齿细螯寄居蟹	<i>Clibanarius infraspinus</i>
10	谭氏泥蟹	<i>Hyoplax deschampsii</i>
11	长腕和尚蟹	<i>Mictyris longicarpus</i>
12	寄居蟹科	<i>Paguridae</i>
13	双扇股窗蟹	<i>Scopimera bitympa</i>
14	圆球股窗蟹	<i>Scopimera globosa</i>
15	股窗蟹	<i>Scopimera sp.</i>
16	北方凹指招潮	<i>Uca borealis</i>
	软体动物	
17	海南楔樱蛤	<i>Cadella delta hainanensis</i>
18	巨牡蛎属	<i>Crassostrea sp.</i>
19	狭氏斧蛤	<i>Donax dysoni</i>
20	秀丽织纹螺	<i>Nassarius festiva</i>
21	半褶织纹螺	<i>Nassarius sinarus</i>
22	蛎敌荔枝螺	<i>Thais gradata</i>

序号	种名	拉丁文名
23	棒锥螺	<i>Turritella bacillum</i>
24	蜆螺	<i>Umbonium vestiarium</i>

附录 V 调查海域定量潮间带种名名录

序号	种名	拉丁文名
	环节动物	
1	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
2	中蚓虫	<i>Mediomastus</i> sp.
3	腺带刺沙蚕	<i>Neanthes glandicincta</i>
4	难定才女虫	<i>Polydora cf. pilikia</i>
	节肢动物	
5	网纹纹藤壶	<i>Amphibalanus reticulatus</i>
6	下齿细螯寄居蟹	<i>Clibanarius infraspinatus</i>
7	谭氏泥蟹	<i>Hyoplax deschampsii</i>
8	长腕和尚蟹	<i>Mictyris longicarpus</i>
9	寄居蟹科	Paguridae
10	双扇股窗蟹	<i>Scopimera bitympana</i>
11	圆球股窗蟹	<i>Scopimera globosa</i>
12	光背团水虱	<i>Sphaeroma reetrolaevis</i>
13	北方凹指招潮	<i>Uca borealis</i>
	软体动物	
14	海南楔樱蛤	<i>Cadella delta hainanensis</i>
15	巨牡蛎属	<i>Crassostrea</i> sp.
16	秀丽织纹螺	<i>Nassarius festiva</i>
17	半褶织纹螺	<i>Nassarius sinarus</i>
18	蝾螺	<i>Umbonium vestiarium</i>

附录 VI 调查海域定性鱼卵与仔稚鱼种名名录

序号	种名	拉丁文名
	鱼卵	
1	李氏鲷	<i>Callionymus richardsoni</i>
2	鲷属	<i>Callionymus</i> sp.
3	鲹科	Carangidae
4	鲱科	Clupeidae
5	舌鳎科	Cynoglossidae
6	鲳属	<i>Leiognathus</i> sp.
7	鲻科	Mugilidae
8	小沙丁鱼属	<i>Sardinella</i> sp.
9	石首鱼科	Sciaenidae
10	鲉科	Scorpaenidae
11	多鳞鱚	<i>Sillago sihama</i>
12	鲷科	Sparidae
13	小公鱼属	<i>Stolephorus</i> sp.
14	带鱼科	Trichiuridae
	仔稚鱼	
15	黄鳍棘鲷	<i>Acanthopagrus latus</i>
16	白氏银汉鱼	<i>Allanetta bleekeri</i>
17	颌针鱼科	Belonidae
18	银鲈属	<i>Bidyanus</i> sp.
19	李氏鲷	<i>Callionymus richardsoni</i>
20	舌鳎科	Cynoglossidae
21	鰕虎鱼科	Gobidae
22	鲻科	Mugilidae
23	美肩鳃鲷	<i>Omobranchus elegans</i>
24	小沙丁鱼属	<i>Sardinella</i> sp.

序号	种名	拉丁文名
25	多鳞鱖	<i>Sillago sihama</i>
26	细鳞鲃	<i>Therapon theraps</i>

附录 VII 调查海域定量鱼卵与仔稚鱼种名名录

序号	种名	拉丁文名
	鱼卵	
1	鲱科	Clupeidae
2	舌鳎科	Cynoglossidae
3	鲷属	<i>Leiognathus</i> sp.
4	小沙丁鱼属	<i>Sardinella</i> sp.
5	石首鱼科	Sciaenidae
6	鲉科	Scorpaenidae
7	鲷科	Sparidae
8	小公鱼属	<i>Stolephorus</i> sp.
	仔稚鱼	
9	白氏银汉鱼	<i>Allanetta bleekeri</i>
10	李氏鳮	<i>Callionymus richardsoni</i>
11	舌鳎科	Cynoglossidae
12	鰕虎鱼科	Gobidae
13	鲻科	Mugilidae
14	美肩鳃鲷	<i>Omobranchus elegans</i>
15	小沙丁鱼属	<i>Sardinella</i> sp.
16	石首鱼科	Sciaenidae
17	多鳞鱚	<i>Sillago sihama</i>
18	鲷科	Sparidae

附录 VIII 调查海域游泳动物种名名录

序号	种名	拉丁文名
	甲壳类	
1	变态螳	<i>Charybdis variegata</i>
2	墨吉明对虾	<i>Fenneropenaeus merguensis</i>
3	红线黎明蟹	<i>Matuta planipes</i>
4	哈氏仿对虾	<i>Parapenaeopsis hardwickii</i>
5	红星梭子蟹	<i>Portunus sanguinolentus</i>
	头足类	
6	火枪乌贼	<i>Lololus beka</i>
7	曼氏无针乌贼	<i>Sepiella maindroni</i>
	鱼类	
8	海鲇	<i>Arius thalassinus</i>
9	丽叶鲹	<i>Carangoides kalla</i>
10	条纹斑竹鲨	<i>Chiloscyllium plagiosum</i>
11	褐斑三线舌鲷	<i>Cynoglossus trigrammus</i>
12	尖嘴魮	<i>Dasyatis zugei</i>
13	蓝圆鲹	<i>Decapterus maruadsi</i>
14	鰺	<i>Ilisha elongata</i>
15	皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengeri</i>
16	颈斑鲳	<i>Leiognathus nuchalis</i>
17	小鞍斑鲳	<i>Nuchequula manmusella</i>
18	硬头骨鲷	<i>Osteomugil strongylocephalus</i>
19	粒突箱鲀	<i>Ostracion?cubicus</i>
20	银鲳	<i>Pampus argenteus</i>
21	红鳍赤鲷	<i>Paracentropogon rubripinnis</i>
22	食蟹豆齿鳗	<i>Pisodonophis cancrivorus</i>
23	刺鲳	<i>Psenopsis anomala</i>

序号	种名	拉丁文名
24	圆鳞斑鲆	<i>Pseudorhombus levisquamis</i>
25	青鳞沙丁鱼	<i>Sardinella zunasi</i>
26	黄鲫	<i>Setipinna taty</i>
27	多鳞鳐	<i>Sillago sihama</i>
28	斑点东方鲀	<i>Takifugu poecilonotus</i>
29	杜氏棱鲉	<i>Thrissa dussumieri</i>
30	赤鼻棱鲉	<i>Thryssa kammalensis</i>