

项目编号: ZH-2023021

# 建设项目环境影响报告表

(生态影响类)

项目名称: 广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场  
示范区人工鱼礁建设项目

建设单位(盖章): 吴川市农业农村局

编制日期: 2024年9月

中华人民共和国生态环境部制

# 目录

一、建设项目基本情况.....	- 1 -
二、建设内容.....	- 15 -
三、生态环境现状、保护目标及评价标准.....	- 31 -
四、生态环境影响分析.....	- 88 -
五、主要生态环境保护措施.....	- 130 -
六、生态环境保护措施监督检查清单.....	- 138 -
七、结论.....	- 140 -
附图 1 地理位置图.....	- 141 -
附图 2 总平面布置图.....	- 142 -
附图 3 项目宗海位置图.....	- 143 -
附图 4 项目宗海界址图.....	- 144 -
附图 5a 生态环境保护目标分布及位置关系图-海洋功能区中的海洋保护区.....	- 145 -
附图 5b 生态环境保护目标分布及位置关系图-生态保护红线区.....	- 146 -
附图 6 现状监测布点图.....	- 147 -
附图 7 海洋环境评价范围图.....	- 148 -
附件 1 环境影响评价委托书.....	- 149 -
附件 2 关于同意调整吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区范围和人工鱼礁建设项目选址的函.....	- 150 -
附件 3 吴川市发展和改革局关于广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目可行性研究报告的批复及项目代码证.....	- 153 -
附件 4 中国人民解放军海军南海舰队关于对广东吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目选址的意见.....	- 158 -
附件 5 公示说明.....	- 159 -
附件 6 海洋环境现状监测报告.....	- 161 -
附件 7 项目用海预审意见.....	- 175 -
附件 8 专家评审意见及修改索引.....	- 177 -
附录.....	- 199 -

## 一、建设项目基本情况

建设项目名称	广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目		
项目代码	2306-440883-04-01-827693		
建设单位联系人	李康惠	联系方式	0759-5556886
建设地点	广东省 湛江市 吴川市 博茂海域国家级海洋牧场示范区		
地理坐标	(东经 110 度 48 分 0 秒, 北纬 21 度 16 分 36.48 秒)		
建设项目行业类别	156、海洋人工鱼礁工程	用地(用海)面积(m <sup>2</sup> )/长度(km)	3.6800 万
建设性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建(迁建) <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造	建设项目 申报情形	<input checked="" type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 重大变动重新报批项目
项目审批(核准/备案)部门(选填)	/	项目审批(核准/备案)文号(选填)	/
总投资(万元)	1750	环保投资(万元)	1750
环保投资占比(%)	100	施工工期	8 个月
是否开工建设	<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是: _____		
专项评价设置情况	无		
规划情况	无		
规划环境影响评价情况	无		
规划及规划环境影响评价符合性分析	无		

### (一) 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析

《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》提出“到 2025 年，建立较为完善的“三线一单”生态环境分区管控体系，全省生态安全屏障更加牢固，生态环境质量持续改善，能源资源利用效率稳步提高，绿色发展水平明显提升，生态环境治理能力显著增强。”的主要目标。本项目是海洋牧场建设，通过建设人工鱼礁，为底栖生物提供多样的小生境，提高了所在海域的渔业资源量。

#### 1、生态保护红线

对照“三区三线”中生态保护红线成果，本项目选址海域，不在生态保护红线区内（图 1-1），本项目周边生态保护红线为吴川重要渔业资源产卵场，与本项目相距 3.9km。因此，本项目海洋牧场的选址与建设与“三区三线”生态保护红线成果要求不冲突。



图 1-1 本项目与最新生态保护红线叠加图

#### 2、环境质量底线

本项目为海洋牧场建设项目，本项目用海方式为透水构筑物和开放式养殖用海，不会对用海区域水文动力环境、地形地貌与冲淤环境产生明显影响。施工期产生的悬浮泥沙为暂时性的，待施工完成后能保护渔场环境，限制底拖网违规作业，减少对资源破坏、可提供仔稚鱼庇护及鱼类栖息、索饵和产卵场所，增殖和保护渔业资源，同时能改造海底环境，使原生产力低、鱼类较少的沙泥底质环境变成生产力较高，鱼类较多的岩礁环

境，补充附近渔场的资源量，实现资源修复。运营期内人工鱼礁不排放污水，管护人员的生活污水集中收集后委托有能力处理单位接收处理，不排海，不会对水环境产生明显不良影响；运营期产生的废气主要为巡护船只巡护过程中排放的尾气，对周围大气环境产生影响较小；项目位于海上，距离最近陆域约 12km，项目 50m 范围内无声环境敏感点，运营期内不会对周围声环境造成明显影响。

本项目的建设可以满足环境质量目标，符合环境质量底线原则。

### 3、资源利用上线

本项目位于海上，不涉及占用基本农田，不占用岸线，故本项目的建设不会影响区域土地资源总量。海洋牧场运营期间不触及资源利用上线。综上，本项目符合资源利用上线要求。

### 4、生态环境准入清单

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目为“一、农林业”的“14、远洋渔业、人工鱼礁、渔政渔港工程、绿色环保功能性渔具示范与应用”，属于“鼓励类”项目，符合《产业结构调整指导目录（2024 年本）》的要求。

根据《市场准入负面清单》（2022 年版），项目不属于清单内“禁止准入类”项目，符合《市场准入负面清单》（2022 年版）的要求。

### （二）与《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》的符合性分析

根据湛江市环境管控单元图（详见图 1-2），本项目属于“湛江-珠海近海农渔业区”环境管控单元，环境管控单元编码为 HY44080030029，管控单元分类为一般管控单元。根据《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》中“附件 4-2 湛江市环境管控单元准入清单（海域）”的一般管控单元准入清单要求，具体相符性分析详见下表。

表 1-1 管控要求相符性分析

管控要求		项目情况	相符性
区域布局管控	1-1.开发利用海洋资源，应当根据海洋功能区划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。	本项目符合海洋功能区管控要求，不改变海域自然属性，建成后有利于附近海域的渔业资源增殖，改善海洋生态环境。	符合
能源资源利用	2-1.保护自然岸线、亲水岸线和天然沙滩资源。	项目不占用岸线和沙滩，不会对岸线和沙滩产生不良影响。	符合
污染物排放管控	3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。	本项目渔业资源增殖为开放式，不投加肥料，鱼种在海底自然生长。	符合
	3-2.污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域。	项目产生的废水均由陆上污水处理点接收处理，固废可实现“三化”处置，严禁固废抛海。	符合

综上所述，本项目的建设符合《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》的相关要求。

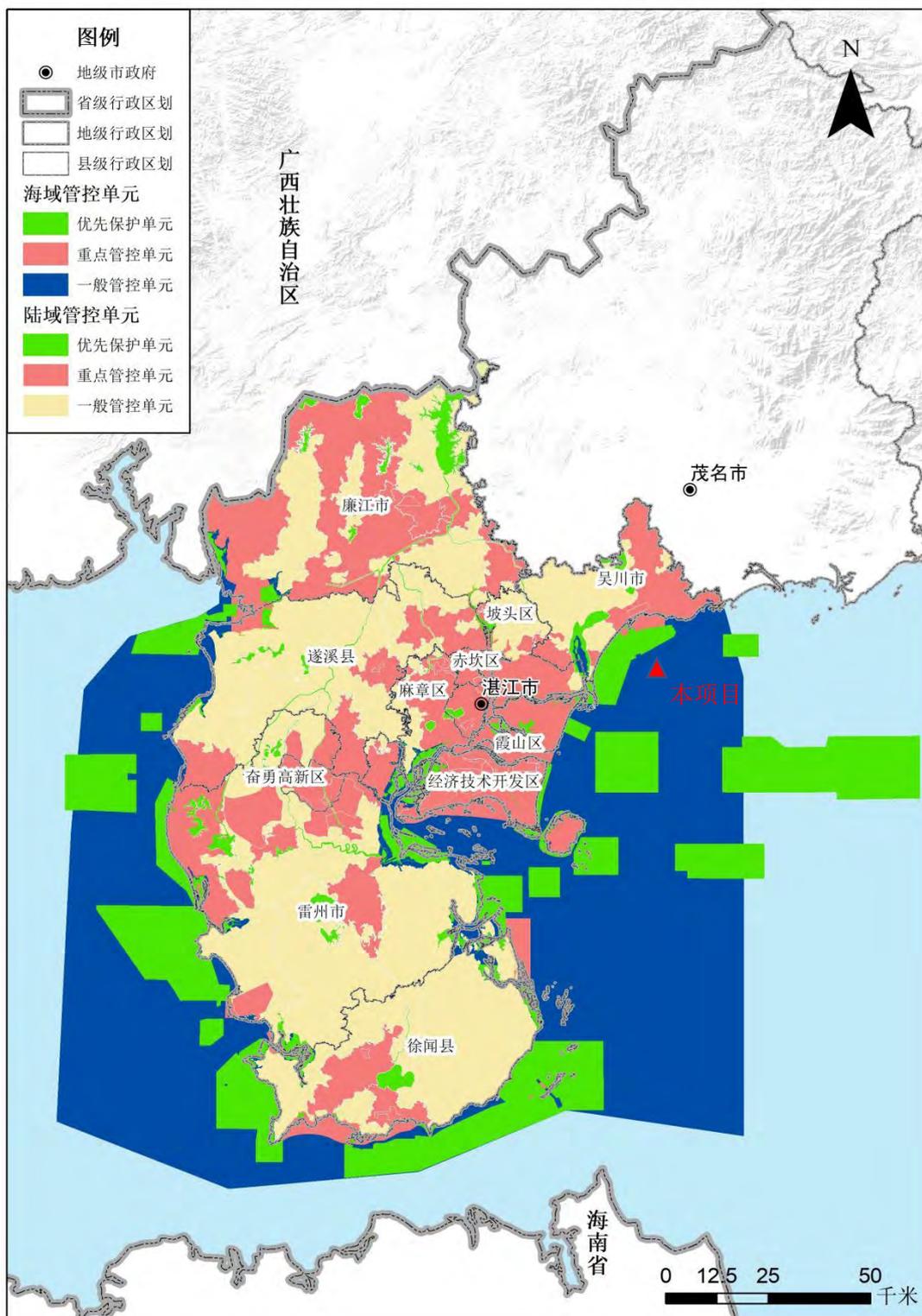


图 1-2a 湛江市环境管控单元图（更新后）



图 1-2b 湛江市环境管控单元图（局部放大图）

### （三）项目用海与所在海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年），本项目所在区域的海洋功能区划为湛江-珠海近海农渔业区，项目所在海域广东省海洋功能区划分布图见图 1-3。项目所在及周边海域海洋功能区具体分布见表 1-2，项目所在及周边海域海洋功能区登记表见表 1-3。

表 1-2 项目所在区域和周围海洋功能区划

编号	海洋功能区划名称	功能区	与本项目的方位关系及最短距离
1	湛江-珠海近海农渔业区	农渔业区	项目所在位置
2	博茂港南海洋保护区	海洋保护区	北侧 1.2km
3	博茂港西南海洋保护区	海洋保护区	西侧 1.2km
4	南三-博贺农渔业区	农渔业区	西北侧 4.8km
5	吴阳海洋保护区	海洋保护区	西北侧 5.6km

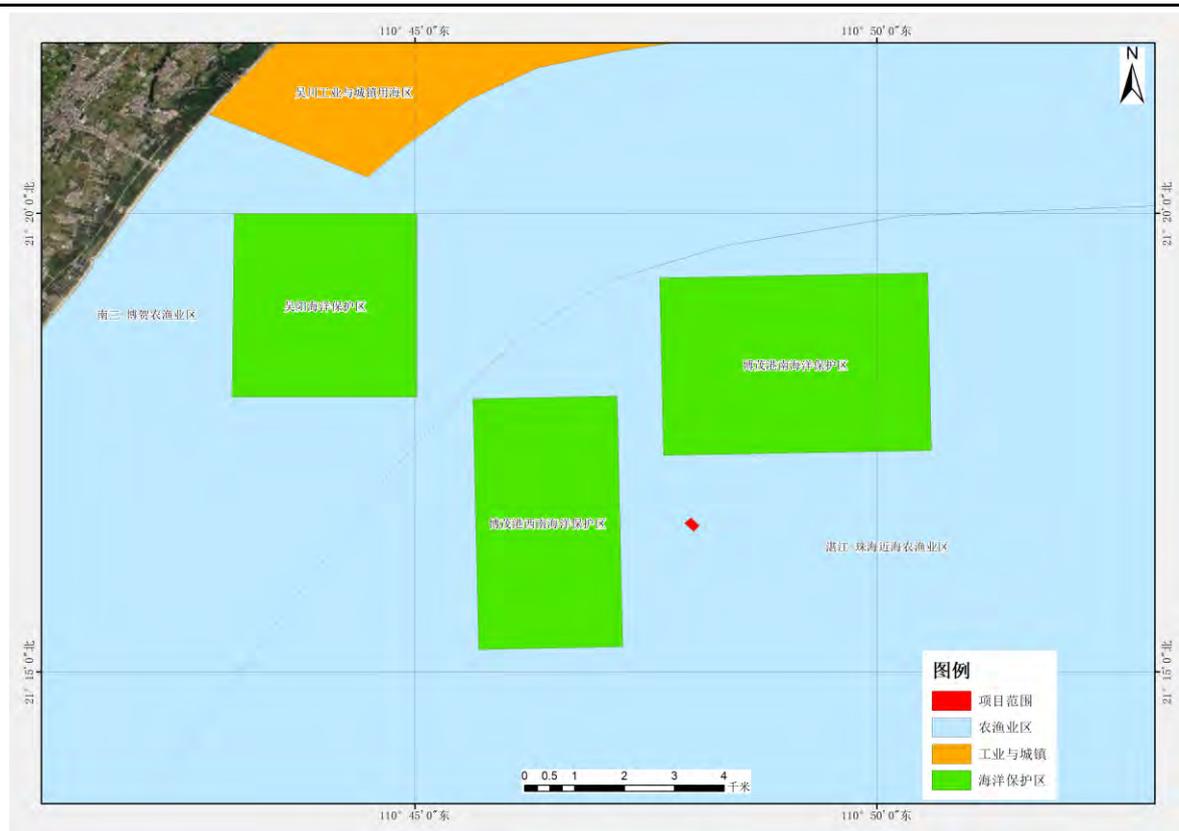


图 1-3 广东省海洋功能区划图

表 1-3 项目所在海域广东省海洋功能区划分布登记表

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围 (东经、 北纬)	功能区 类型	面积 (公顷) 岸段长度 (米)	管理要求	
							海域使用管理	海洋环境保护
160	B1-1	湛江- 珠海 近海 农渔业 区	湛江市、 茂名市、 阳江市、 江门市、 珠海市	东至： 113°30'50" 西至： 109°24'40" 南至： 20°07'01" 北至： 22°03'37"	农渔业区	3053896	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2.禁止炸岛等破坏性活动； 3.40米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序； 4.经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求； 5.优先保障军事用海需求。	1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道； 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
180	B6-11	博茂港 西南 海洋 保护区	湛江市	东至： 110°47'13" 西至： 110°45'36" 南至： 21°15'14" 北至： 21°18'00"	海洋保护区	1366	1.相适宜的海域使用类型为特殊用海； 2.按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理。	1.保护海洋生态系统； 2.加强保护区海洋生态环境监测； 3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
181	B6-12	博茂港 南 海洋 保护区	湛江市	东至： 110°50'34" 西至：	海洋保护区	1797	1.相适宜的海域使用类型为特殊用海； 2.按照国家关于海洋环境保护	1.严格保护东风螺及其生境； 2.加强保护区海洋生态环

		保护区		110°47'37" 南至: 21°17'21" 北至: 21°19'21"			以及自然保护区管理的法律、法规 and 标准进行管理。	境监测; 3. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
31	A1-5	南三-博贺农渔业区	湛江市、茂名市	东至: 111°17'08" 西至: 110°34'26" 南至: 21°05'40" 北至: 21°30'51"	农渔业区	54500 28039	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2.保障博贺渔港及放鸡岛西部海域深水网箱养殖的用海需求; 3.保护博贺湾内的生物海岸; 4.合理控制博贺湾内和博贺滩沿岸海域养殖密度,维持博贺湾出海航道、水东湾出海航道畅通; 5.优先保障军事用海需求,严禁设置碍军事安全的渔网、渔栅等。	1.保护博贺湾红树林、宴镜岭至吉兆沿岸的礁盘生态系统; 2.加强博贺渔港、王村渔港的海域环境治理,生产废水、生活污水须达标排海; 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。
179	B6-10	吴阳海洋保护区	湛江市	东至: 110°45'00" 西至: 110°43'00" 南至: 21°18'00" 北至: 21°20'00"	海洋保护区	1274	1.相适宜的海域使用类型为特殊用海; 2.按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规 and 标准进行管理。	1.严格保护文昌鱼及生境; 2.加强保护区海洋生态环境监测; 3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

本项目所在的海洋功能区为湛江-珠海近海农渔业区。

湛江-珠海近海农渔业区的管理要求为: 1.相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2.禁止炸岛等破坏性活动; 3.40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度, 维持渔业生产秩序; 4.经过严格论证, 保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求; 5.优先保障军事用海需求。

海洋环境保护管理要求为: 1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道; 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

本项目海洋牧场的建设内容为人工鱼礁工程、海底实时在线可视化监测系统建设等, 目的是保护当地海域重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道, 通过建设人工鱼礁, 促使浮游生物在礁体上附着生长从而提高鱼类饵料, 与此同时人工鱼礁提供过往鱼类栖息庇护场所, 便于鱼类栖息和摄食, 增加了鱼类生存空间。

本项目修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源, 属于渔业用海, 因此, 本项目海洋牧场的选址与建设符合海洋功能区划。

本项目海洋牧场选址海域邻近博茂港南海洋保护区及博茂港西南海洋保护区, 本项目是以修复海洋生态、养护渔业资源、管护保护珍稀濒危物种为主的海洋牧场建设, 有利于博茂港南海洋保护区及博茂港西南海洋保护区的管护和保护。

**表 1-4 项目与省海洋功能区划的符合性分析**

湛江-珠海近海农渔业区海域使用管理要求	项目与海域使用管理要求的符合性分析
1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目用海类型为渔业用海。
2.禁止炸岛等破坏性活动；	项目用海无炸岛等破坏性活动。
3.40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；	本项目为人工鱼礁项目，不涉及海洋捕捞作业。
4.经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求；	本项目周边无交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海，不影响以上用海需求。
5.优先保障军事用海需求。	本项目不影响军事用海需求。
湛江-珠海近海农渔业区海洋环境保护管理要求	项目与海洋环境保护管理要求的符合性分析
1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道；	本项目为生态修复项目，起到了修复海洋生物栖息地和保护海洋生态、增殖和恢复渔业资源的作用，有利于保护重要渔业品种。
2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准	项目不会对海域水质、沉积物和生态环境造成影响。
<b>与省海洋功能区划是否符合</b>	
<b>符合</b>	

**(四) 与相关环境保护规划的符合性分析**

**1、与《全国海洋主体功能区划规划》的符合性分析**

《全国海洋主体功能区规划》(国发〔2015〕42号)的基本原则包括陆海统筹、尊重自然、优化结构和集约开发，树立敬畏海洋、保护海洋理念，把海洋生态文明建设放在更加突出的位置，把开发活动严格限制在海洋资源环境承载能力范围内，维护好海域、海岛、海岸线自然状况，保护好海洋生物多样性。

《全国海洋主体功能区规划》提出的保障措施中包括政策保障，投资政策应加强海洋监测、观测等能力建设，提高海洋立体观测能力。加大渔业公益和基础设施投入，支持渔港、水产种质资源保护区建设以及增殖放流、人工鱼礁建设等渔业资源修复活动。加大海堤、海岸防护林等建设投入。强化海洋灾害应急和防御能力，督促相关企业加强重大生产安全事故应急和防范能力建设。加大海洋科技投入，推进海洋科技创新创业基地建设。继续支持海洋类高等学校、职业学校和相关学科、专业、重点实验室建设，加快培养海洋复合型人才。

本项目的建设内容为人工鱼礁建设，项目建设可改善海底环境，使生产力较低、鱼类较少的泥砂底环境变成生产力高、鱼类较多的岩礁环境，补充近海鱼场的生物资源量。鱼礁上会附着许多生物，从而形成饵料场，引诱鱼虾等生物栖息和繁衍，成为海上人工牧场，提高渔获质量和降低成本；鱼礁会产生多种流态，如上升流、线流、涡流等，改善

海区水动力环境；鱼礁礁体的内空间可以保护生物幼体，从而使资源增殖。

综上所述，本项目的建设能体现渔业资源恢复、海洋生态环境恢复的目标定位。因此，项目与《全国海洋主体功能区规划》是相符合的。

## 2、与《国家级海洋牧场示范区建设规划》的符合性分析

《国家级海洋牧场示范区建设规划（2017-2025年）》（农办渔〔2019〕26号）在广东海域规划的海洋牧场包括：揭阳前詹海域，汕头平屿海域，汕尾陆丰碣石湾金厢南海域，惠州大辣甲、东山海、小星山海域，湛江江洪、硃洲、盐灶、南二岛海域，珠海庙湾、外伶仃、直湾岛海域，江门乌猪洲、沙堤、下川西南海域，阳江山外东、青洲岛、红鱼排、海陵岛海域，茂名大放鸡岛、第一滩海域，吴川博茂渔港西南部等海域，深圳大鹏湾、鹅公湾、杨梅坑、东涌-西涌海域。本项目选址在吴川博茂渔港西南部海域开展建设，符合《国家级海洋牧场示范区建设规划（2017-2025）》的要求。

## 3、与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析

《广东省海洋主体功能区规划》（2017）确定了广东省海洋主体功能区，包括优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发4类，本项目位于优化开发区域（重点海洋生态功能区），如图1-4所示。

广东省海洋优化开发区域是国家级海洋优化开发区域之一，是我国以海岸带为主体的“一带九区多点”海洋开发格局的重要节点。

优化开发区域发展方向及布局包括如下内容（包括但不限于）：

加强海洋生态环境保护。加强湛江湾、珠海淇澳岛、深圳湾、台山西部、汕头牛田洋等地区红树林等海洋生态系统、中华白海豚等珍稀濒危物种和重要渔业资源的保护工作。推进广东海陵岛、广东特呈岛国家级海洋公园配套基础设施建设。继续推进人工鱼礁建设进度，加强大鹏湾、大亚湾海底珊瑚礁资源保护与修复。加强流域和区域协调，减少入海污染物排放，提高入海河口海水水质。

本项目建设内容为人工鱼礁建设，有利于养护附近海域水生生物资源，促进近海渔业可持续发展，保护海洋生态环境。与《规划》对该区的功能定位与发展方向及布局是相符合的。



图 1-4 广东省海洋主体功能区划（引自《广东省海洋主体功能区规划》）

#### 4、与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

《广东省生态环境保护“十四五”规划》要求按照“到 2035 年美丽广东目标基本实现”的总体目标要求，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，持续巩固污染防治攻坚战成果，以减污降碳为总抓手推动经济社会全面绿色转型，推动生态环境保护向更高水平迈进，建设人与自然和谐共生的现代化。

坚持以下基本原则：以改善生态环境质量为核心，统筹山水林田湖草沙系统治理，协同推进环境治理、生态修复和应对气候变化，强化陆海统筹、城乡统筹、区域统筹，全领域、全地域、全方位加强生态环境保护。

本项目建设内容为人工鱼礁建设，促进渔业资源恢复、海洋生态环境恢复，促进近海渔业可持续发展，是在建设“绿水青山”；与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的绿色发展、环境优先的原则是相符的。

#### 5、与《湛江市养殖水域滩涂规划》（2018-2030 年）的符合性分析

根据《湛江市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（湛府办函（2019）32 号），本项目海洋牧场选址位于养殖区（图 1-5）。

养殖区的管控措施为：完善养殖审批管理；强化养殖生产管理；加强渔政执法；加强水产品质量安全管理。

本项目开展海洋牧场开展人工鱼礁工程、海底实时在线可视化监测系统等建设，涉及人工藻贝礁的鲍鱼等贝类增养殖，以保护海域渔业资源和生态环境为目标。符合《湛

江市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》养殖区管控要求。

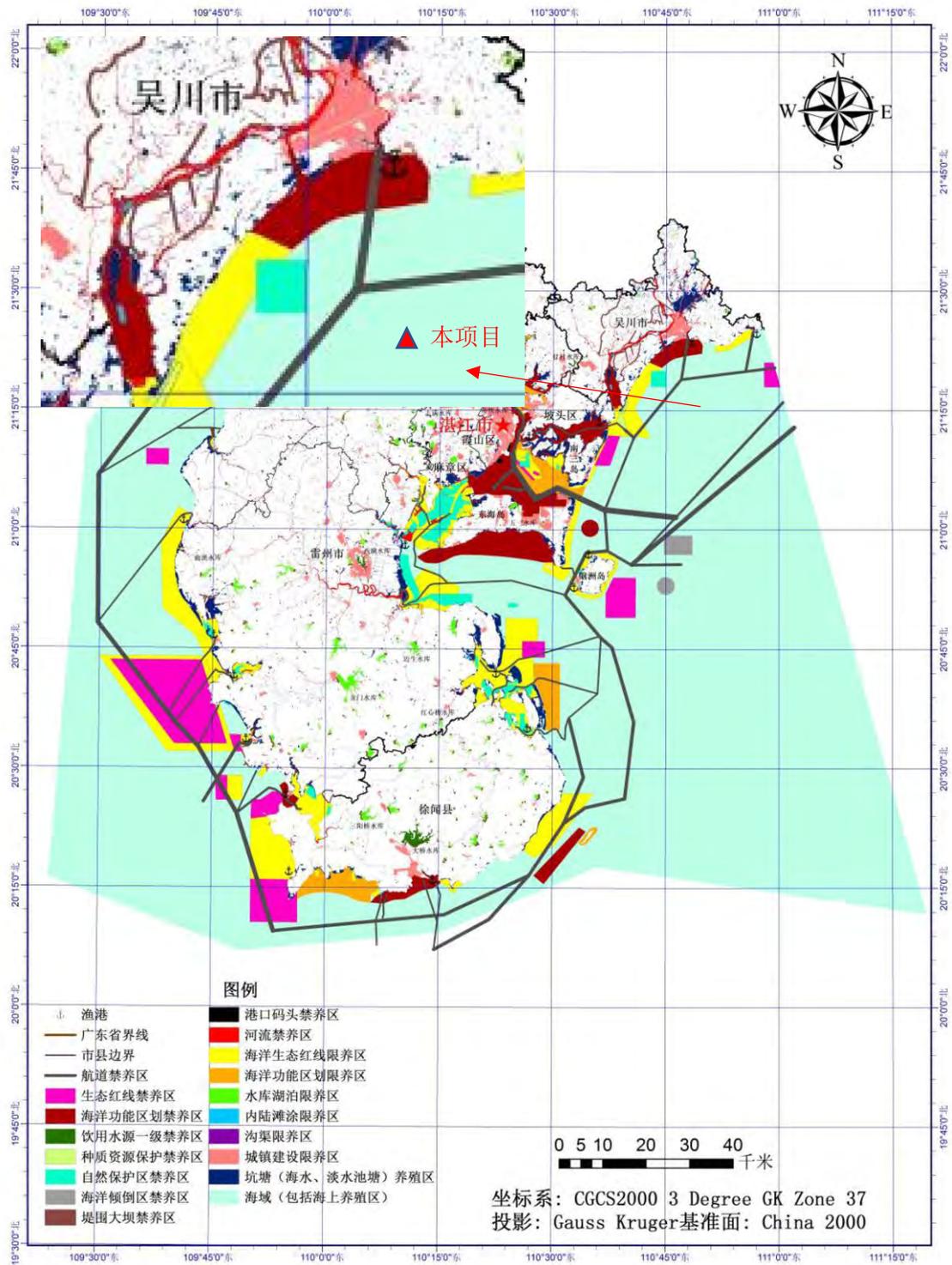


图 1-5 本项目用海与湛江市养殖水域滩涂规划叠加图

## 6、与《中华人民共和国渔业法》的符合性分析

根据《中华人民共和国渔业法》第二十二条规定：在“机动渔船底拖网禁渔区线”内侧建造人工鱼礁的，必须经有关省、自治区、直辖市人民政府渔业行政主管部门或其授权单位批准。建造人工鱼礁，应当避开主要航道和重要锚地，并通知有关交通和海洋管

理部门。

本项目属于人工鱼礁建设项目，不位于“机动渔船底拖网禁渔区线”内，且项目周边无航道和重要锚地，因此，本项目的建设符合《中华人民共和国渔业法》的相关要求。

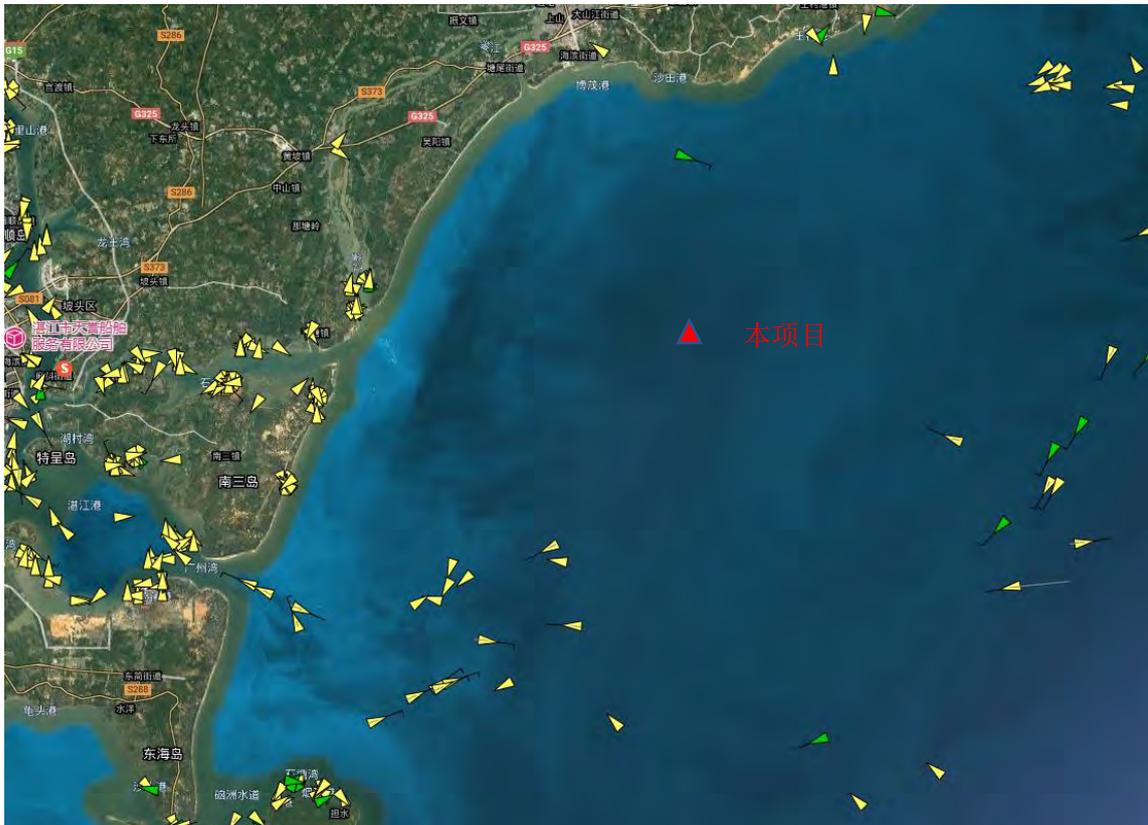


图 1-6 项目周边海域航行船只（船讯网 2023 年 6 月 8 日查询）

### 7、与《中华人民共和国海洋环境法》的符合性分析

根据《中华人民共和国海洋环境法》第三十七条规定：国家鼓励科学开展水生生物增殖放流，支持科学规划，因地制宜采取投放人工鱼礁和种植海藻场、海草床、珊瑚等措施，恢复海洋生物多样性，修复改善海洋生态。

第七十九条规定：在中华人民共和国管辖海域，任何船舶及相关作业不得违法向海洋排放船舶垃圾、生活污水、含油污水、含有毒有害物质污水、废气等污染物，废弃物，压载水和沉积物及其他有害物质。

本项目为海上人工鱼礁工程，项目选址广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区，周边水深、底质、海流、船舶交通等条件适合建设人工鱼礁工程。项目实施可以恢复海洋生物多样性，修复改善海洋生态。

施工船舶和运营期作业船舶产生的生活污水委托有能力处理单位接收处理；及其产生的机舱油污水由具有相应资质单位负责接收和处置；生活垃圾放入收集箱中，集中装箱运回陆域，由当地环卫部门统一清运集中处理。本项目船舶作业不向海洋排放污染物、

废弃物和压载水、船舶垃圾及其他有害物质，因此，本项目的建设符合《中华人民共和国海洋环境法》的相关要求。

### 8、与《广东省人工鱼礁管理规定》的符合性分析

根据《广东省人工鱼礁管理规定》要求：第七条 航道、港区、锚地、通航密集区、军事禁区以及海底电缆管道通过的区域不得划作人工鱼礁礁区。

第十六条 不得在生态公益型人工鱼礁区内从事渔业生产开发利用活动，生态公益型人工鱼礁按照国家 and 省关于海洋自然保护区的管理规定实施管理。

项目对航路影响分析：

根据《广东省沿海规划新建人工鱼礁区通航安全影响研究》（广州中洋航海技术研究所，2018年10月），对照《广东沿海主要公共航路示意图》，广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区与附近推荐商船航路距离最近的航路为《广东沿海主要公共航路示意图》粤西沿海近岸航道，距离较远（>17km），有一定的安全距离，距离其他航路则更远。

但《广东沿海主要公共航路示意图》中航路仅为推荐航路，实际中船舶不一定按推荐航路航行，不排除有小型船舶航经或接近鱼礁区的可能，因此，本项目鱼礁区对附近水域过往船舶的正常航行有一定影响。但根据广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区附近海域船舶航迹图可知，示范区附近船舶基本沿着推荐航路航行，偶有船舶进出湛江港区为了减少航程，航线偏向示范区位置海域，但由于示范区建成后将会在用海范围的四角布设警示浮标，因此，过往船舶基本不会穿越示范区海域范围，过往船舶会主动远离示范区沿推荐航路航行。广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区北侧范围边线距离陆域较远，示范区附近港口码头（包括渔港）、锚地等水工建筑物少，与附近水工建筑物之间基本无影响。

本项目海域没有航道分布，没有大型船只航行，偶而有渔船等小型船只通过，本项目海域水深在10m以上，本项目鱼礁高度约5m，鱼礁投放后的留空水深约为5m以上的空间，能够满足中小型船舶通行需求。

工程施工期吃水量最大的船舶为施工运输船及拖船；最大吃水深度大约3~4m，除非遇上较大风浪，否则不会发生船底与礁体顶部碰撞的事故；因此本工程应避免在大风浪天气条件下施工。工程运营期采用的船舶为300t级渔政船或同等规模的渔船；最大吃水深度不超过3.5m左右，运营期基本不会发生船底与礁体顶部碰撞的事故。因此，人工鱼礁区对过往船舶的通航影响总体上较小。从船舶通航环境和通航安全方面考虑本项目人工鱼礁区建设对航道、航运影响较小。

综上，本项目不在航道、港区、锚地、通航密集区、军事禁区以及海底电缆管道通过的区域内建设；本项目属于生态公益型人工鱼礁区，项目范围内无渔业生产开发利用活动；因此本项目的建设符合《广东省人工鱼礁管理规定》的相关要求。

### 广东沿海主要公共航路示意图

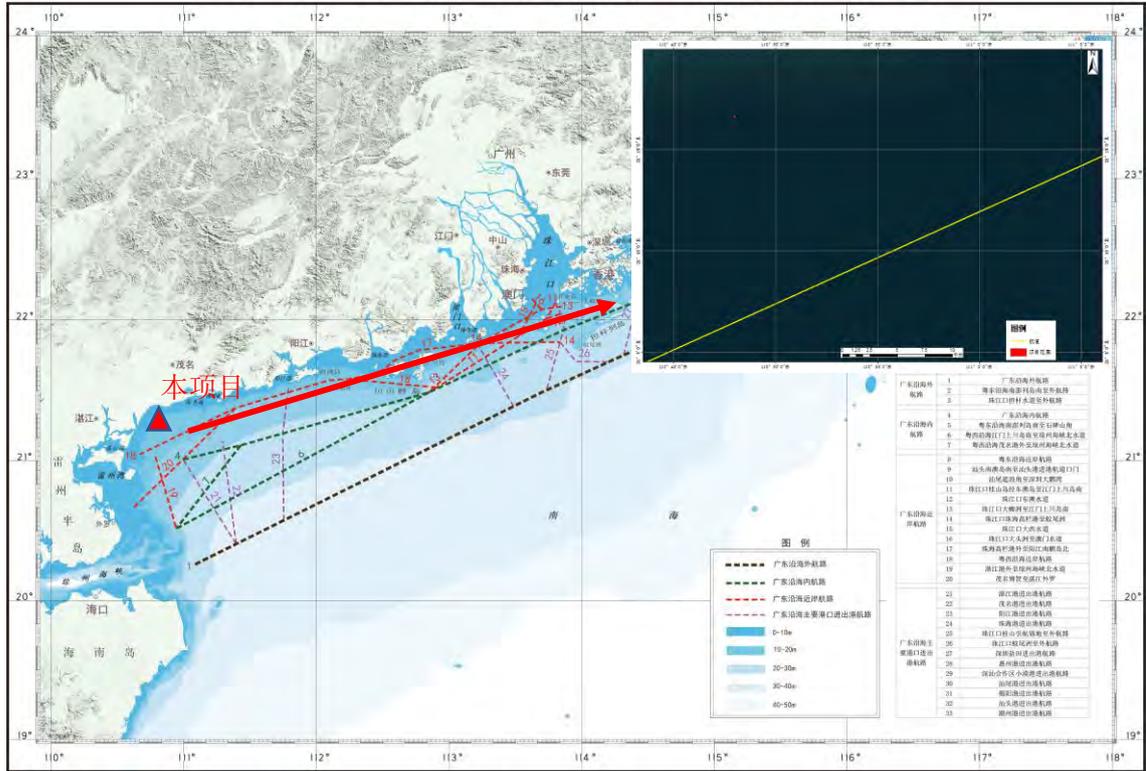


图 1-7 广东沿海主要公共航路示意图

### 9、与其他行业用海的符合性分析

通过对项目周边海域现场调查，并与附近其他海域功能单位协调，在本项目海洋牧场示范区的人工鱼礁工程、保护管护工程等方面的用海，与军事、航道、工业、渔业等行业用海不冲突，且距离较远：（1）军事，项目所在地无军事用海；（2）航道，项目所在地附近无主航道，所以不会对航道运输产生干扰；（3）工业，建设项目离吴川工业与城镇用海区较远（直线距离约 9km），所以不会对本项目建设造成干扰；（4）渔业，项目建设用海在养殖区范围内，周边无养殖用海项目，不会对实际相关渔业及养殖利用产生冲突。因此，本项目海洋牧场建设符合《国家级海洋牧场示范区管理工作规范》（农办渔〔2019〕29 号）中关于海洋牧场选址的要求，与其他行业用海不冲突。

## 二、建设内容

地理位置	<p>广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目位于广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区，界至各角点经纬度为：（1）110°47'55.227"E，21°16'35.646"N；（2）110°47'59.195"E，21°16'32.008"N；（3）110°48'04.773"E，21°16'37.355"N；（4）110°48'00.805"E，21°16'40.992"N；海域面积 3.6800 公顷。</p> <p>项目地理位置图件附图 1。</p>
项目组成及规模	<p><b>（一）建设内容及规模</b></p> <p><b>1、主体工程</b></p> <p>广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目拟建设人工鱼礁区 1 个、海底实时在线可视化监测系统 1 套。</p> <p>（1）人工鱼礁工程</p> <p>本项目建设人工鱼礁区 1 个，建造投放礁体 176 个、26400 空方（总实方量为 2111.746m<sup>3</sup>），其中，GDC013 长方体三孔钢混繁育礁（5m×5m×6m）117 个、17550 空方（单个实方量为 11.487m<sup>3</sup>，总实方量为 1343.979m<sup>3</sup>），长方体框架钢混多功能饵料礁（5m×5m×6m）59 个、8850 空方（单个实方量为 13.013m<sup>3</sup>，总实方量为 797.797m<sup>3</sup>）。</p> <p>（2）海底实时在线可视化监测系统</p> <p>本项目建设海底实时在线可视化监测系统 1 套，包括海底观测平台、海上监测平台、岸基控制系统等。</p> <p><b>2、依托工程</b></p> <p>本项目人工鱼礁礁体在吴川市预定制好，再运输到海上投放。人工鱼礁礁体为预制混凝土构件，由符合资质的水泥制品厂去实施，因为是外购，所以不在本评价范围。</p> <p>本项目礁体由水泥制品厂负责运送到码头装船。根据礁体预制场与码头之间的距离、路况、场地等实际情况，配备运输车和吊机对礁体进行装载与运输，码头装卸有专人负责，保证装船工序的顺利进行。</p> <p><b>（二）项目申请用海情况</b></p> <p>本项目中人工鱼礁区的海域使用类型为“渔业用海”中的“人工鱼礁用海”，用海方式为“透水构筑物”。本项目人工鱼礁区用海面积 3.68 公顷。项目不占用海岸线。申请用海期限为 40 年。水下实时监测系统布设在人工鱼礁礁群中；警示浮标放置在项目用海范围四个角点上，位于人工鱼礁用海范围内。监测系统及警示浮标均不额外增加</p>

人工鱼礁用海面积，不改变人工鱼礁用海性质和方式。

本项目宗海位置图和宗海界址图分别见附图 3、附图 4。

### （三）广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设现状

吴川市在博茂海域开展的人工鱼礁建设，取得了良好的增殖和养护渔业资源、改善和保护海洋生态环境的效果，促进了游钓休闲渔业的发展。广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区已建有博茂西南人工鱼礁区和南三岛人工鱼礁区，已建礁区面积合计 1290.49 公顷、投放礁体 47142 空方，已投入建设资金 1510 万元。

#### 1、博茂西南人工鱼礁区建设情况

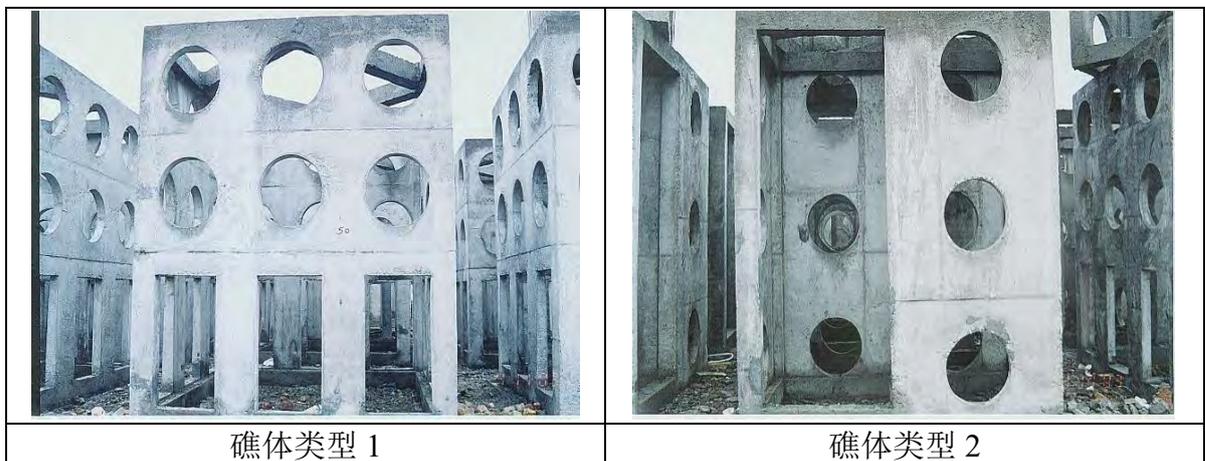
博茂西南人工鱼礁区属省级生态公益型人工鱼礁区，建设单位为吴川市海洋与渔业局，省财政投入 600 万元。礁区位置在湛江吴川市博茂海域，坐标为：① 110°45.800'E,21°19.600'N；② 110°45.800'E,21°18.200'N；③ 110°47.200'E,21°18.200'N；④ 110°47.200'E,21°19.600'N。礁区面积为 6.29 公顷。博茂西南人工鱼礁区于 2010 年 9 月 4 日开工，2011 年 8 月 15 日完工。完成制作、投放礁体 596 个（GDS06：200 个，GDS07 长方体九孔钢混养护礁：200 个，GDC012：196 个，总空方 18792m<sup>3</sup>）。

#### 2、南三岛人工鱼礁区建设情况

南三岛人工鱼礁区属省级准生态公益型人工鱼礁区，建设单位为坡头区海洋与渔业局。实际投入省财政 910 万元。礁区位置在湛江市南三岛附近海域，坐标为：① 110°40'00"E,21°08'00"N；② 110°40'00"E, 21°06'00"N；③ 110°42'00"E, 21°06'00"N；④ 110°42'00"E, 21°08'00"N。礁区面积为 1284.2 公顷。南三岛人工鱼礁区于 2013 年 9 月开工，2015 年 9 月完工。完成制作、投放礁体 687 个（GDS07 长方体九孔钢混养护礁：195 个，GDC008：216 个，GDC12：276 个，总空方 28350m<sup>3</sup>）。

#### 3、吴川海域已建人工鱼礁区礁体的制作及投放

吴川海域已建人工鱼礁区礁体制作于投放情况详见下图：





礁体制作



礁体检查



礁体检查



礁体投放



礁区浮标投放



加强建礁宣传



人工鱼礁工程竣工验收



礁区效果监测

图 2-1 吴川海域已建人工鱼礁区的礁体制作及投放示意图

## （一）人工鱼礁区建设方案

### 1、人工鱼礁建设选址

广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区地质条件较好，示范区海域场地地形较平缓，地层简单，根据钻探揭露为第四系海相冲积层，海域底质为淤泥、淤泥质土，未发现断裂结构及其他不良的工程地质现象，底质满足人工鱼礁承托力要求，且拟建区水深均大于 10m，适宜建造人工鱼礁区。经综合考虑，本项目的人工鱼礁建设区域，选址在示范区西部海域，可使新建、已建人工鱼礁区相互作用形成规模效应，增强修复海洋环境生态系统的效果。

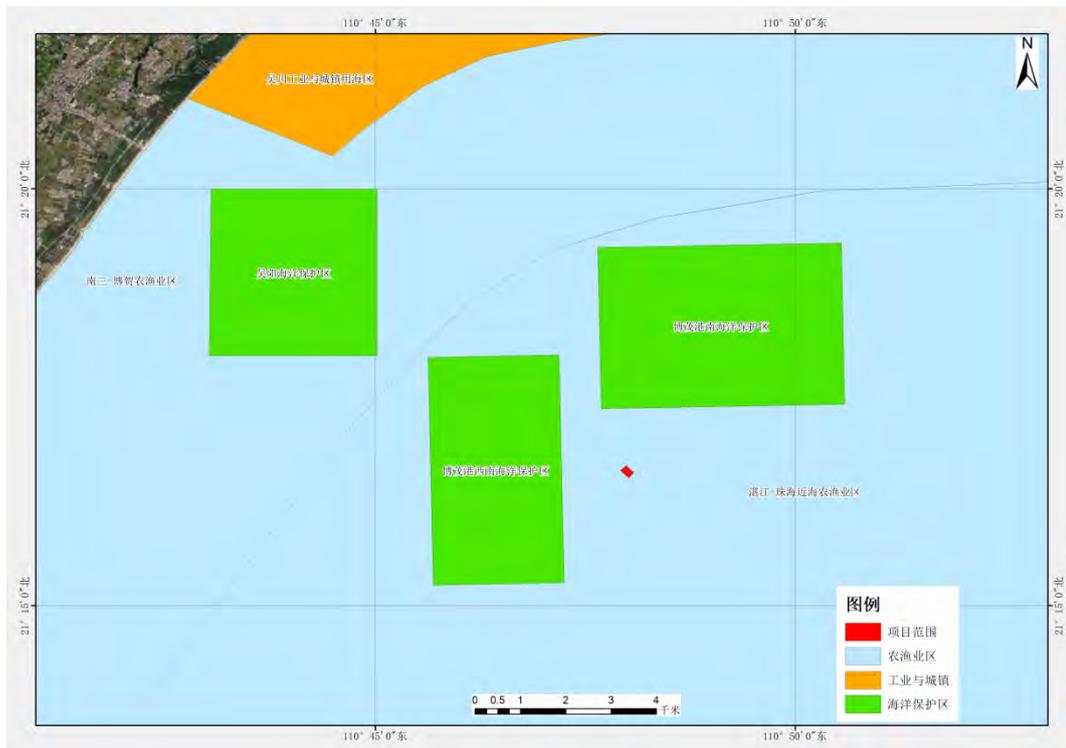


图 2-2 本项目人工鱼礁建设位置示意图

### 2、人工鱼礁礁体设计

#### （1）GDC013 长方体三孔钢混繁育礁单体

GDC013 长方体三孔钢混繁育礁礁体是饵料型鱼礁单体，兼顾繁育型。该礁体主框架为 5m×5m×6m 钢筋混凝土框架结构，底面加设了混凝土翼板的基础上扩展底板为整块混凝土板，空方量为 150m<sup>3</sup>。

在礁体中部扁梁上放置陶罐，其独特的内槽成为一些物种（例如龙虾和鲍鱼等）优选的繁育场所。



图 2-3 GDC013 长方体三孔钢混繁育礁单体

(2) 长方体框架钢混多功能饵料礁

礁体整体为钢筋混凝土结构，大小为  $5\text{m}\times 5\text{m}\times 6\text{m}$ ，鱼礁占据空方量为  $150\text{m}^3$ 。礁体预留出一定的沉降高度，同时混凝土底座采用防沉降设计，以保证实现良好的应用效果。采用饵料培养体结构的框架钢混多功能饵料礁礁体结构复杂，可为藻类、贝类、鱼类等提供生长、繁殖、索饵和避敌的良好栖息场所。饵料培养体礁体上固着天然贝壳，贝壳的天然性也具有良好的集鱼效应和亲物性，完全环保无污染。礁体透水性好，易形成复杂涡流，有利于水体及营养物质交换。礁体重心较低，具有良好的稳定性，可以有效抵抗海流冲击，不易发生滑移、倾覆现象。



图 2-4 长方体框架钢混多功能饵料礁

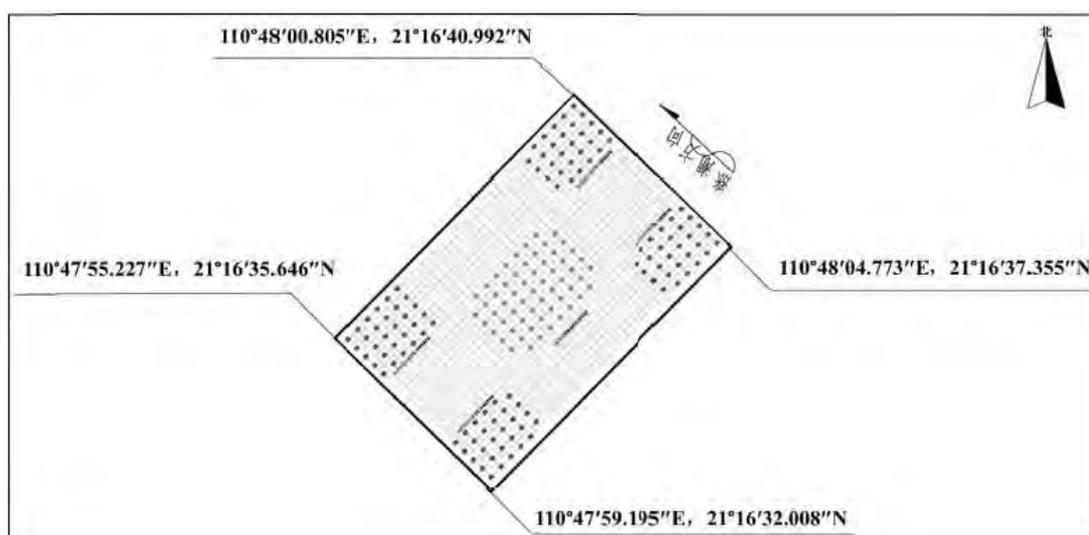
### 3、人工鱼礁区总平面布置

礁区布局以充分发挥人工鱼礁的流场效应、饵料效应、避敌效应、趋礁效应、阴影效应等生态效应为出发点，建设一座大型生态增殖型人工鱼礁示范区。礁区采用疏密结合投放，礁体在水下的方位应以迎流面的面积大为宜，以产生较大的涡流效应。

根据工程区域的水深地形条件以及综合考虑已建工程对本工程的影响，在本次人工鱼礁工程区域内布置鱼礁群 1 个，鱼礁群长轴与海流涨落潮方向平行。单座鱼礁群尺寸为 230m×160m。

多个鱼礁单体间隔错落布置组成一个单位鱼礁，单位鱼礁内鱼礁单体间距应控制在 5~10m 之间，单位鱼礁的排列方向与水流方向垂直。鱼礁群由 5 个单位鱼礁组成，单位鱼礁横向间距 30~50m。在单位鱼礁型号的具体选择上着重考虑所放置位置的地形和地质条件，设计了较高的礁体来投放，且预留出一定的沉降高度。

28~59 个鱼礁单体间隔错落布置组成单位鱼礁，同一单位鱼礁基本考虑选用同一型号的鱼礁单体布置，错开分布形成集庇护、饵料、繁育为一体人工生态环境，从而更好地吸引鱼类进入海洋牧场内生活繁衍。鱼礁群鱼礁单体个数为 176 个，GDC013 长方体三孔钢混繁育礁布置于周围，长方体框架钢混多功能饵料礁布置于中间。礁体交错分布，既有利于形成多样性的涡流，又能达到庇护中部鱼礁的繁育效果。鱼礁群布置顺应海流通过障碍物时的流态规律，使海流进入鱼礁群后马上形成上升流，同时在礁群范围内产生多种形态的涡流，激起沉淀海床的养料，吸引鱼类的群聚。



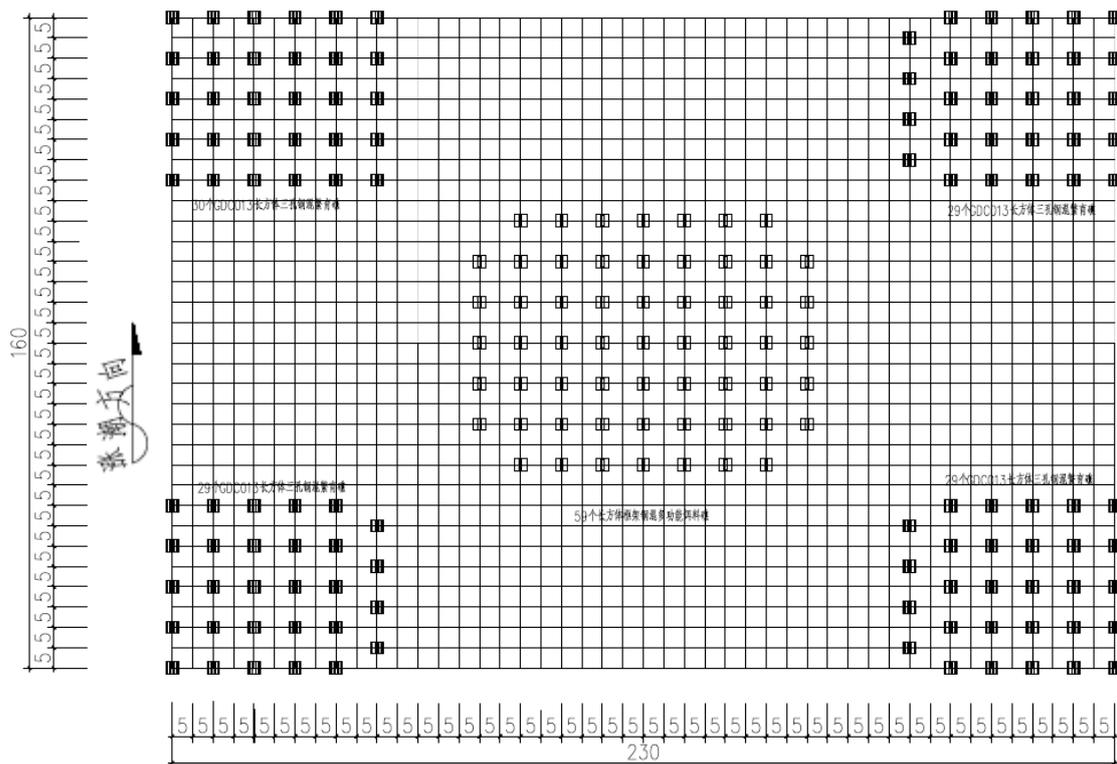


图 2-5 人工鱼礁分布图

## (二) 海底实时在线可视化监测系统建设方案

本项目海底实时在线可视化监测系统布设于人工鱼礁区，不另外占用海域。系统主要包括海底观测平台、海上监测平台、岸基控制系统等。系统主要设备及参数如下：

表 2-1 海底实时在线可视化监测系统主要设备参数

序号	设备名称	型号参数
一	海上监测平台	
1	监测浮标	浮体材质：浮体材质钢板，表面涂船舶专用油漆，钢板厚度不小于 4mm； 工艺：浮身与封头外部平焊，内部分段焊，焊缝必须满焊浮身；直径 3.0m； 塔架高不小于 2000mm，装配标准雷达反射器，反射距离 10KM；沉石重量： 5T 数量 3 个；包含卸扣、旋转环；锚链直径：34mm，长度：高潮时水深的 1.5 倍。
2	光伏供电系统	太阳能板采用 8 块 18V180W，蓄电池 8 块 12V120AH。配备控制器、逆变器等。
二	安全防护系统	
1	警示灯	HD155-S1
2	雷达反射器	定制
3	AIS	支持标准：IEC62287-1、IEC61162-1、IEC61162-2； 频道：161.975MHz(Ch87B)、162.025MHz(Ch88B)，同时接收； 频率稳定度±2.5ppm；调制方式：GMSK/FM；阻抗：≤50Ω； 环境温度：-20C~+60C；输入：GPS；IEC61162：2000(4, 800bps/RMC； GGA GNS, GLL)输出：RS232\RS-422\LAN(38, 400bps, NMEA-0183) 传输速率≥38000bps；范围[MHz]：156-164MHz；驻波比：1.5: 1 方向：水平 360°，垂直 62°；增益：3dBi；极化方式：垂直；

		接口形式：UHF-F；额定功率：100W；阻抗：≤50Ω。
三	监测设备	
1	气象在线监测设备	温度测量范围-20~60℃（扩展：-40~80℃）；精确性±0.3℃；长期稳定性±1℃/Year；相对湿度测量范围 0~100%RH 相对湿度；精确性±3%RH 相对湿度；长期稳定性±1%RH/Year；气压测量范围 10~ 1000 百帕；精确性±1 百帕（25℃）；风向超声波；测量范围 0~360°精确性±3°；采样频率最大 10Hz；风速原理超声波；测量范围 0~75 米/秒；精确性±0.3m/s 或±3%（0~30m/s），±5%(>35m/s)RMS；采样 频率最大 10Hz；雨量原理：光学散射当有雨滴击中外表面时，内部 光敏器件能得到光束强度的变化，通过对不同光束的变化输出脉冲 计数值，反映雨滴的大小；输出分辨率：0.01mm；精度：3%；量 程：0~200mm/h，超出测量范围会降低测量精度；基本信息电源 电压 5~28VDC；工作湿度范围 0~100%RH；工作温度范围-20~60℃（标准），扩展为-50~80℃；防护 IP66。
2	pH 在线监测设备	测量范围：2.00~16.00pH；TEMP-30.0℃~130.0℃解析度：0.01pH；确精度：±0.01±1digit。
3	浊度在线监测设备	测量范围：0-500NTU；分辨率：0.01；确精度：小于读值的±5%
4	叶绿素在线监测设备	测量范围：0-5ug/l, 0-50ug/l, 0-500ug/l；精确度：1bbp 若丹明 WT 染料 的信号水准对应值的±5%。
5	溶解氧在线监测设备（含水温）	测量范围：0.00~25.00mg/L；分辨率：0.01mg/L。
6	盐度在线监测设备	精度：±0.0003S/m；分辨率：0.00001S/m。
7	鱼探仪	显示器分辨率：1024x600；屏幕亮度：>1200nits；屏幕尺寸：7 寸多触点触摸屏；屏幕视角：上下左右角度 80°；工作电压：12VDC(10-17VDCmin-max)；最大耗电：33.12W；建议保险丝额定值:直流电压为 12V 时，电流为 3.5A；NMEA2000 端口：1 个；声纳口：2 个；模拟视频口：1 个。
8	水下视频系统	能够实现近距离广角和远距离清晰成像（或另有 10 倍、20 倍光学镜头可选），1080P 感光器件，4 颗 LED 强光灯，远距离照亮，确保获得清晰的全彩色视频图像，LED 灯可以遥控开关，自动感应开关或 常开，适应不同观测场景需要。
9	水上视频系统	即插即用模式，通电有 4G/3G 信号即可远程；机器内置存储卡，支持本机录像存储，远程可以调看录像，可 360°查看；采用低照度感光芯片，夜视效果优秀；使用 4 颗大功率红外灯，保证户外红外夜 视效果，有一定的透雾能力，鱼眼机没有红外功能；内置最先进的 网络安防摄像机内部的防雷模块，是对摄像机的电源、信号及视频 的全角度保护；定时抓拍功能，可设置间隔时间是 0~99999 秒。
10	水底观测平台基座	水下接驳盒加水下基座（包含水密接插件）。
11	抽水水泵	小功率不锈钢抽水泵。
12	数据采集模块	数据采集北京旋思。
四	岸基控制系统	
1	设备机房	电脑配置：CPU 类型：Core/酷睿 i7；型号：i7-12700F；硬盘容量 1T；固态硬盘容量：512G；屏幕尺寸：27 英寸。

2	供电系统	当地市电供电
3	微波传输系统	W-Jet 专用协议, 2x2MiMo; 工作模式: 点对点; 工作频段: 5.15-5.915GHz; 信道带宽: 20, 40MHz; 最高发射功率: 28(+/-)dBm 调制模式: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM; 接收灵敏度: 根据不同调制模式和信道带宽在 -94 到 -72dBm 之间变化; 纠错方式: FEC, 选择性 ARQ; 双工模式: 动态时分双工。
4	小计	24=21+22+23
五	系统平台	
1	软件监测平台	自主开发软件平台 (定制)。
2	虚拟服务器	虚拟服务器, 内存为 8T, 租期为 5 年。
3	微信小程序	手机 APP。
4	硬盘刻录机	海康。
5	SIM 卡	5 张 SIM 卡。

### (三) 辅助设施建设方案

#### 1、海上警示浮标

为标示广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区建设项目人工鱼礁区的边界位置, 方便海洋渔业部门对示范区行使管理职能, 同时对过往船只起到警示作用。按渔业行业相关标准, 在人工鱼礁区的 4 个边界节点分别设置 1 座海上警示浮标。本项目海上警示浮标采用直径 1.5m、高 1.0m 的浮鼓, 水平高 1.62m 的塔身, 塔顶配太阳能警示灯。

浮标标身根据航标规定为黄色。海上警示浮标按设计图纸的要求成套购买并安装。浮鼓配备相应锚链和锚块。本项目计划在人工鱼礁区的 4 个界点, 建设海上警示浮标 4 个。

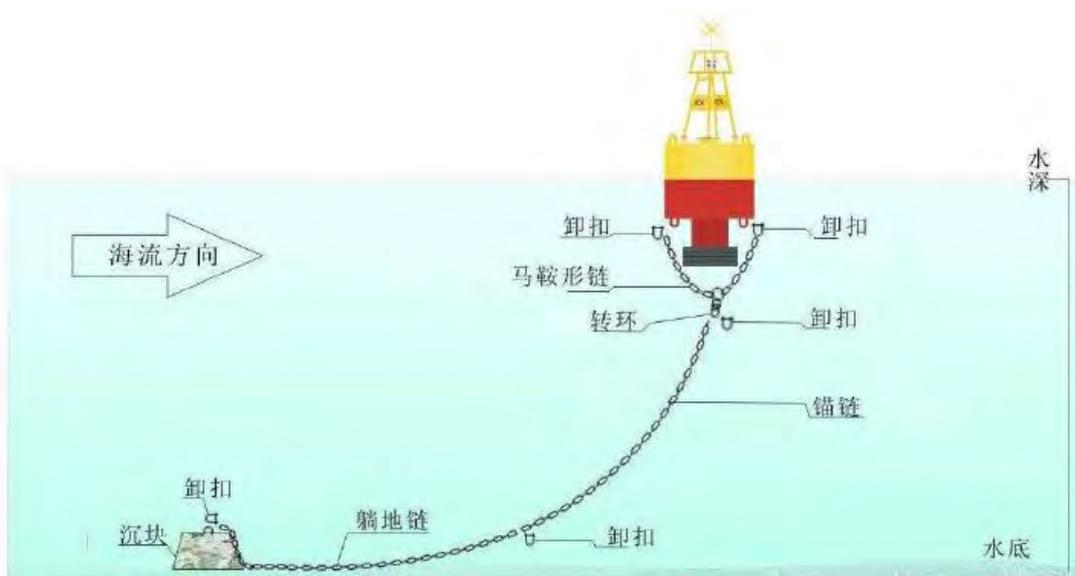


图 2-6 浮标效果图

#### 2、陆上标示牌和石碑

国家级海洋牧场示范区标示牌和石碑，制作竖立于海洋牧场所处海域附近陆地显著位置，宣示示范区位置、人工鱼礁建设情况等，以加强礁区保护和社会宣传，也有利于保障通航的安全。参照《关于公布国家级海洋牧场示范区标示牌和石碑式样的函》（农渔资环便〔2017〕280号）的国家级海洋牧场示范区标示牌式样、国家级海洋牧场示范区石碑式样，进行海洋牧场标示牌和石碑建设。标示牌采用白底上下带蓝色海浪的设计模式，长0.9m、宽0.7m，标明海洋牧场人工鱼礁区名称、范围、建设内容、建设时间、建设单位等。

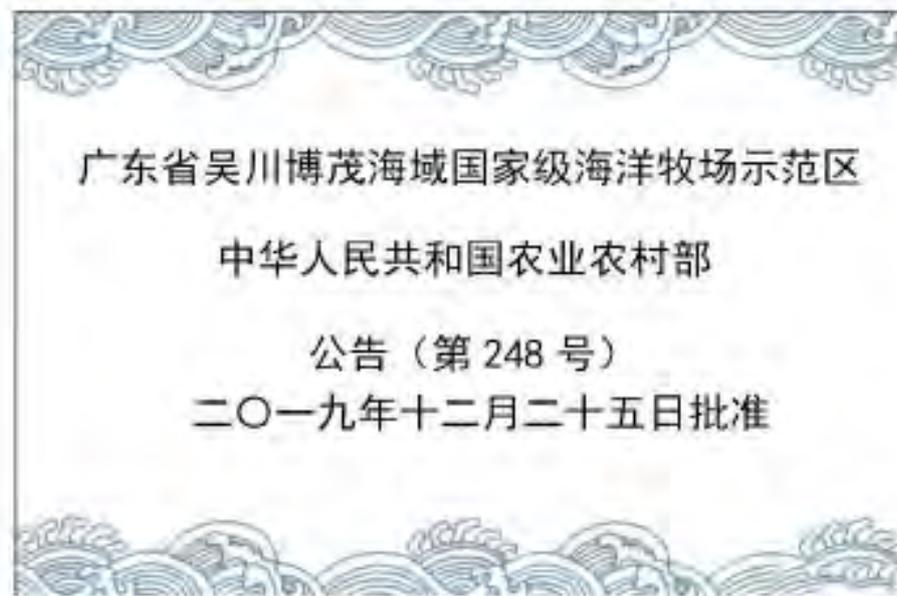


图 2-7 国家级海洋牧场示范区标示牌式样（农渔资环便〔2017〕280号）

石碑拟采用底座加碑体的设计模式，底座高0.85m、宽1.75m、中间厚15cm，上下端厚35cm，雕刻海浪图案；碑体高1m、宽1.5m、厚15cm，正面标明海洋牧场人工鱼礁区名称、范围、建设内容、建设时间、建设单位等，反面对海洋牧场相关情况进行简单介绍，包括海洋牧场是什么、有哪些作用、海洋牧场建设情况以及覆盖海域面积、经纬度四至范围、投礁建设、养护对象、增殖品种和管理维护单位等信息。可根据实际情况，在海洋牧场附近陆上选址设置标示牌1个和石碑1个。



图 2-8 国家级海洋牧场示范区石碑式样（正面）



图 2-9 国家级海洋牧场示范区石碑式样（背面、侧面）

## （一）施工布置

本项目人工鱼礁礁体在吴川市预定制好，再运输到海上投放。人工鱼礁礁体为预制湿混凝土构件，由符合资质的水泥制品厂去实施，本项目礁体由水泥制品厂负责运送到码头装船。根据礁体预制场与码头之间的距离、路况、场地等实际情况，配备运输车和吊机对礁体进行装载与运输，码头装卸有专人负责，保证装船工序的顺利进行。礁体运抵投礁区，海上施工采用大型工程船（载重量为 3000 吨），由专业人员进行礁体投放。

## （二）人工鱼礁施工方案

### 1、施工方法

根据现有情况，人工鱼礁工程采用陆域施工和运输到海上投放。其中，陆域施工主要是人工鱼礁混凝土构件的制作，运输到海上投放主要是人工鱼礁的陆上运输、海上运输及投放。

### 2、施工顺序

机械、人员及临建布置→预制场→礁体预制→礁体陆运至码头→船舶选用及吊装→海上运输至指定海域→抛投至指定海域→警示浮标和标牌安装→场地清理→竣工验收

#### （1）机械、人员及临建布置

在施工前，联系所需要的机械、施工人员和渔场场所的布置。

#### （2）预制场选址

人工鱼礁礁体为预制湿混凝土构件，由符合资质的水泥制品厂去实施，人工鱼礁礁体预定制好，再运输到海上投放。人工鱼礁礁体的预制由业主招投标选择符合资质的水泥制品厂去实施。

#### （3）礁体预制

由水泥预制厂按照相关规范进行制作。

#### （4）礁体陆运至码头

根据礁体预制场与码头之间的距离、路况、场地等实际情况，配备运输车和起重吊机对礁体进行陆上装载与运输。所有机械均配备专人驾驶操作，确保工程进度和设备和安全运行。码头装卸有专人负责，按设计要求将人工预制礁体理选堆放，并预留出装载机械运行通道，保证装船工序的顺利进行。

#### （5）船舶选用及吊装

施  
工  
方  
案

工程船选择为海上大型工程船（载重量为 3000 吨），使用起重船吊装和投放。

#### （6）运输与海上投放

鱼礁的运输与投放，应有 2 艘或 2 艘以上的船舶协同完成。其中 1 艘为起重船（用于投放鱼礁），配备载重大于 50 吨的船用吊车，配备较为精确的 GPS 定位系统，在鱼礁投放高峰期，可长期锚泊于鱼礁投放区。另外 1 艘或多艘为运输船，负责鱼礁体的运输，要求机动灵活，甲板开阔平坦，便于鱼礁的摆放。为了保证鱼礁投放位置的准确度，应尽量选择小潮期的憩流时段以及风浪小的天气，可利用适宜的天气、潮流等，按单位鱼礁特点分批投放。

投放时以 GPS 定位仪定位为主，同时结合小艇释放临时浮标定位来确定已投放礁区的准确位置。投放后在礁区设置 4 个警示浮标来标示礁区范围。

根据单位鱼礁的大小，合理的调整锚位，在保证投礁定位准确的前提下，尽量减少调整锚位的次数，以减少工作量，单位鱼礁尽量一次性投放完毕，如有特殊情况，要做好区域标识工作，保证下次继续投放的准确性。投放时再由施工人员利用手动 GPS 定位仪定位，投放误差不大于 5m，礁体下落到水底才能脱钩。

以下投放的具体步骤：

步骤 1：利用投礁船 GPS 定位仪和辅助渔船手持 GPS 协助，找到单位鱼礁位置，用临时浮标标记；

步骤 2：将投礁船驶至临时浮标处，以船所在位置为圆心，在圆心处投放鱼礁；

步骤 3：操作完成后，投放浮标标识；

步骤 4：按照同样的方法，以就近的原则，找到其他单位鱼礁位置进行铺设，依次用临时浮标进行标识；

步骤 5：所有单位鱼礁铺设完后，收回临时浮标，换以正规浮标。

### （三）海底实时在线可视化监测系统施工方案

#### 1、设备布放

在海洋牧场单位配合下，派遣当地有经验的、对周围水下地形环境熟悉的潜水员，前往人工鱼礁区进行现场选址勘察；组织专业施工队，完成海洋牧场在线监测系统现场组装调试。由小型渔船等船只运输至投放点，进行投放。



图 2-10 系统运输布放

## 2、录像存储与读取

设备采用视频高压缩算法，1080P 高清录像一天只需 8G 内存空间，采用 1T 大容量固态硬盘，可连续存储 100 天录像，存储满后可选择循环覆盖或停止保护。

摄像机支持灵活的录像时间设置，支持在 1 周时间内（7 天），每天设置最多 24 个不同的录像时段。可以选择主动捕捉拍摄模式，在设定时间内，先开启搭载的探鱼声呐设备探测周围是否有海洋生物活动，待捕捉到附近的海洋生物目标后再开启摄像机和 LED 灯进行抓拍、录像，由此可最大限度的延长水下监测时间，并获取有效的海洋生物视频。每段录像或抓拍自动按时间生成日志，便于搜索查看，数据存储在大容量固态硬盘内。设备打捞回收后，可以遥控打开设备 WIFI 热点，无线读取磁盘录像或抓拍日志，系统专门设计了设备同步软件，可以方便的获取录像日志，搜索并选择下载内容。

## 3、回收方案

（1）设备上配备示位信标，周期性发送水声定位信号或在设定时间后开始发送信号，由水声打捞设备搜索定位水下设备大致区域（定位 10m），再使用专门配套的水下机器人带绳钩勾住设备，从船上捞起设备。

（2）设备上配备水声信号接收器，监听特定的水声激活信号，收到激活信号后开始检测约定编码，检测通过后启动释放器脱离水泥配重，之后依靠自身浮力浮出水面。水声遥控半径 1km 左右。设备回收后，连接 USB 接口，用配备的视频同步软件获取录像日志，选择并下载需要的视频数据。设备采用高能蓄电池供电，可充电后重复使用。

#### (四) 警示浮标、标示牌和石碑安装

警示浮标标示人工鱼礁区的边界位置，方便海洋渔业部门对示范区行使管理职能，同时对过往船只起到警示作用。按渔业行业相关标准，在人工鱼礁区边界角点设置海上警示浮标 4 个。

标示牌和石碑标明海洋牧场人工鱼礁区名称、范围、建设内容、建设时间、建设单位等，竖立于海洋牧场附近陆上。

#### (五) 施工设备

本工程施工设备一览表详见表 2-2。

表 2-2 项目施工设备一览表

序号	设备名称	规格型号	数量	单位	用途
1	施工运输船	长 79.8m, 宽 19 m, 3000t	1	艘	运输礁体等
2	驳船	平板型, 1000t	1	艘	非机动船, 靠泊, 接驳
3	机动艇	载重 400kg	1	艘	应急、救援等
4	起重船	全回转式, 100t	1	艘	起重礁体
5	拖船	5000 马力	1	艘	拖动驳船
6	潜水工作船	动力 2000kW	1	艘	搭运潜水人员、设备
7	GPS	定位仪	1	台	施工定位导航
8	浮标	/	48	个	边界定位、警示
9	潜水设备	/	5	套	投抛前后校准

本项目不设专用码头，拟使用湛江港渔港作为施工船只停靠点，运输路线示意图见图 2-11，与项目区距离约 13km。

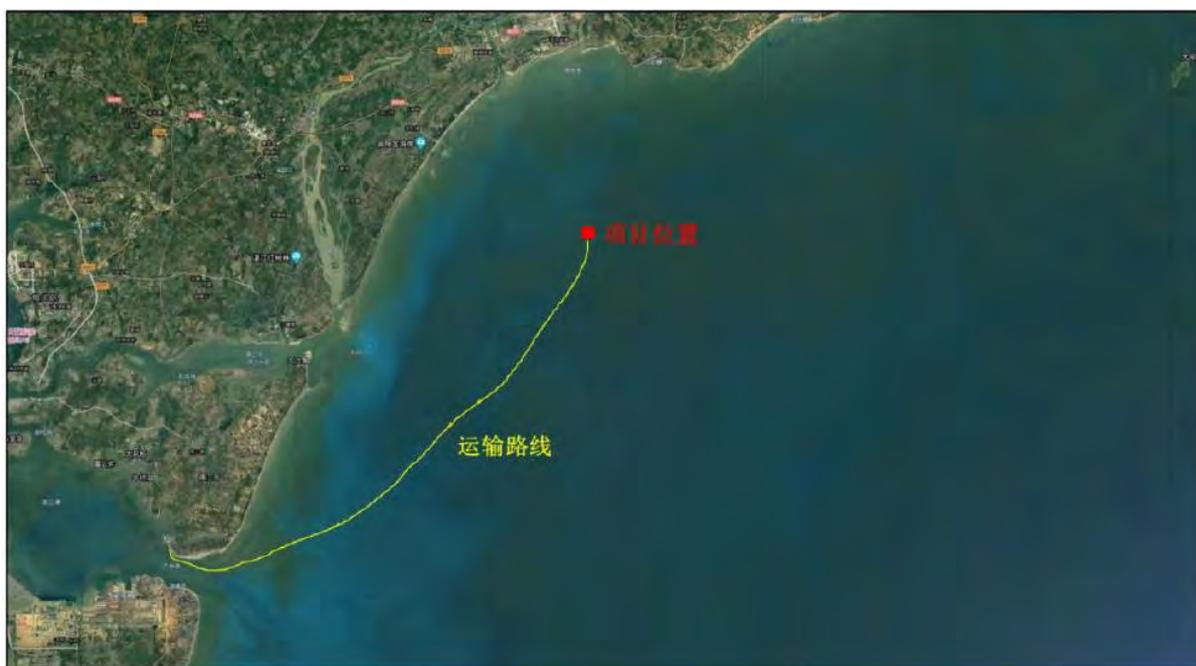


图 2-11 运输路径示意图

### (六) 施工进度

本工程建设期限为 2 年，建设施工期约为 8 个月，人工鱼礁、监测系统及浮标投放实际时间需考虑鱼礁生产进度、海况、避让海洋生物繁殖集中期等因素（除去避让海况、等待物料等状况，海上施工总时间，即实际动用船只施工的时间按 2 个月考虑，用于计算各类污染物排放情况）具体建设进度安排详见下表。

表 2-3 施工进度表

项目	工期（月）											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1 前期准备	■	■	■	■	■	■	■					
2 施工准备								■				
3 礁体预制								■	■			
4 礁体投放								■	■	■	■	■
5 自动监控系统								■	■	■	■	■
6 海上警示浮标										■	■	■
7 陆上标志牌和石碑											■	
8 竣工验收准备												■

其他

无

### 三、生态环境现状、保护目标及评价标准

#### 海洋环境影响评价等级及范围：

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)中的“表2 海洋水动力、海洋水质、海洋沉积物、海洋生态和生物资源影响评价等级判据”，项目为人工鱼礁工程，投入26400空方，根据“表2”中人工鱼礁工程规模判断，本项目的海洋水动力、海洋沉积物评价等级为2级，海洋水质、海洋生态和生物资源影响评价等级为1级，海洋环境评价范围按项目外扩8km考虑(见附图7)。

#### (一) 海域开发利用现状

项目用海位于湛江市吴川市海域，本次海域开发利用现状调查范围参考《广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目海域使用论证报告书(报批稿)》(中国水产科学研究院南海水产研究所，2023年10月)论证范围(项目外扩8km)。

根据现场踏勘结果、遥感影像资料以及业主提供的资料，项目所在海域附近的开发利用活动较少，项目附近的开发活动主要有：渔民作业、透水构筑物、习惯航路等，论证范围内有1宗用海，为博茂西南人工鱼礁区，位于本项目西北侧2.906km处。

根据现场踏勘结果、遥感影像资料以及管理部门查询的资料，本项目所在海域论证范围内尚无权属项目(博茂西南人工鱼礁区未进行确权)。

生态环境现状

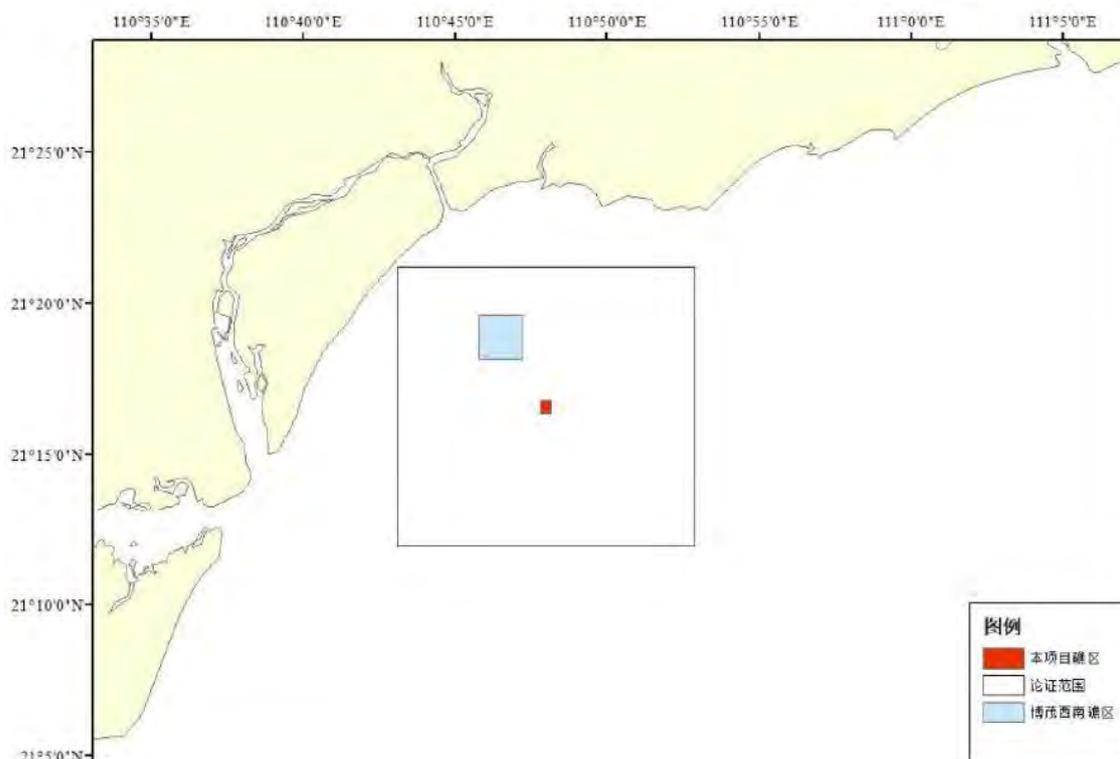


图 3-1 海域使用现状

## (二) “三场一通道” 分布情况

根据农业部公告第 189 号文公布的《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

根据南海中上层鱼类产卵场示意图（见图 3-2），本项目不在产卵场内。项目附近海域产卵场为北部湾产卵场，东经 107°15'-109°40'、北纬 20°-21°30'，为水深 40m 以内海域，产卵期 3 月-7 月。

根据南海底层、近底层鱼类产卵场示意图（见图 3-3），本项目不在产卵场内。项目附近海域产卵场为北部湾产卵场，东经 107°15'-108°50'、北纬 19°10'-20°55'，水深 40-75m，产卵期 2-6 月。

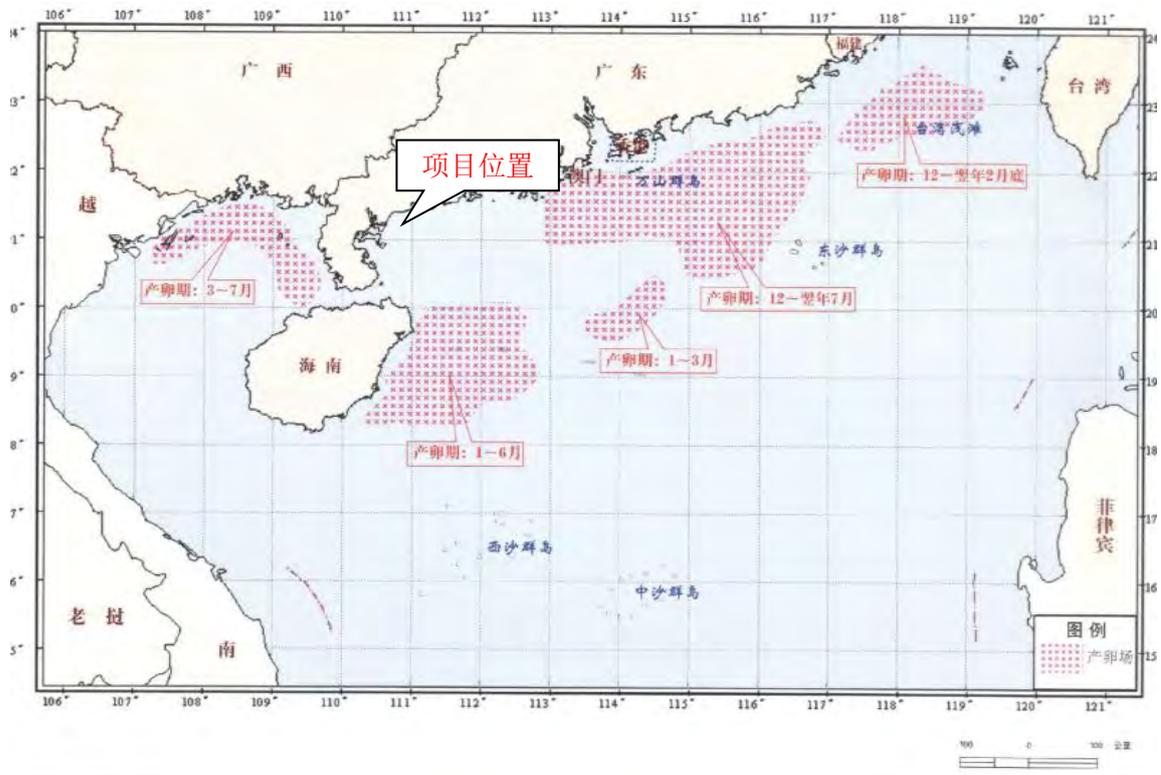


图 3-2 南海中上层鱼类产卵场示意图

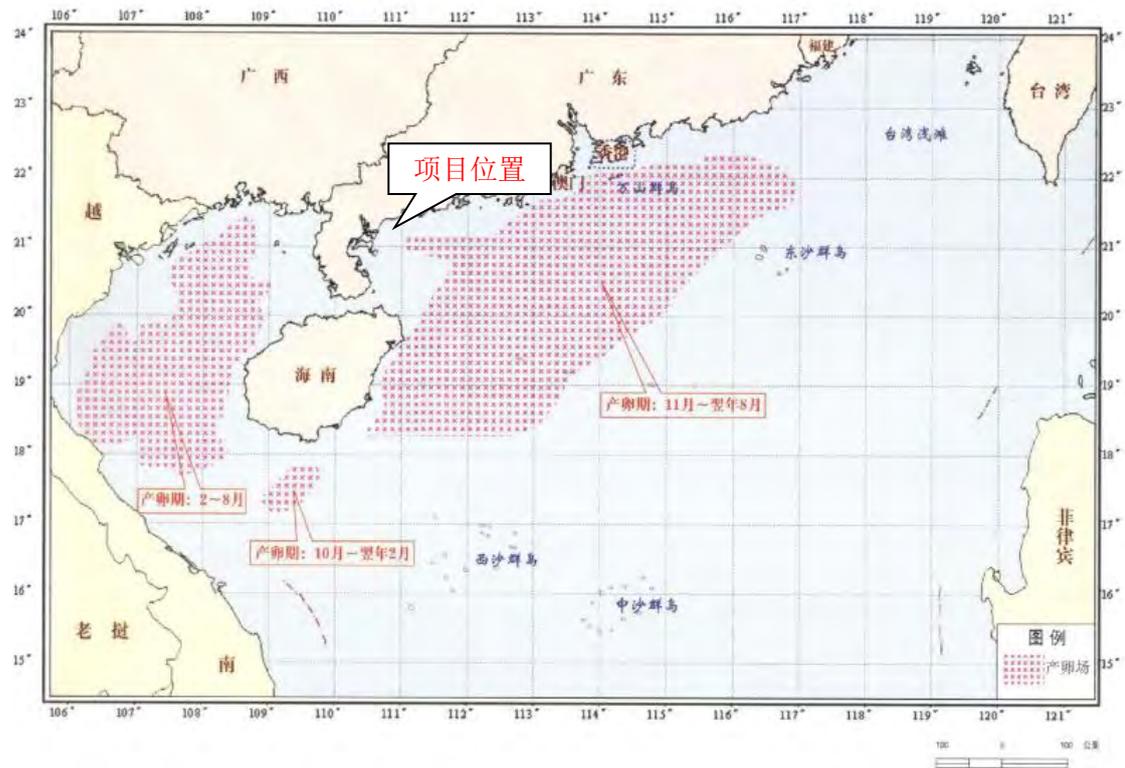


图 3-3 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

## 2、南海北部幼鱼繁育场保护区

根据南海北部幼鱼繁育场保护区示意图（见图 3-4），本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。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，保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。

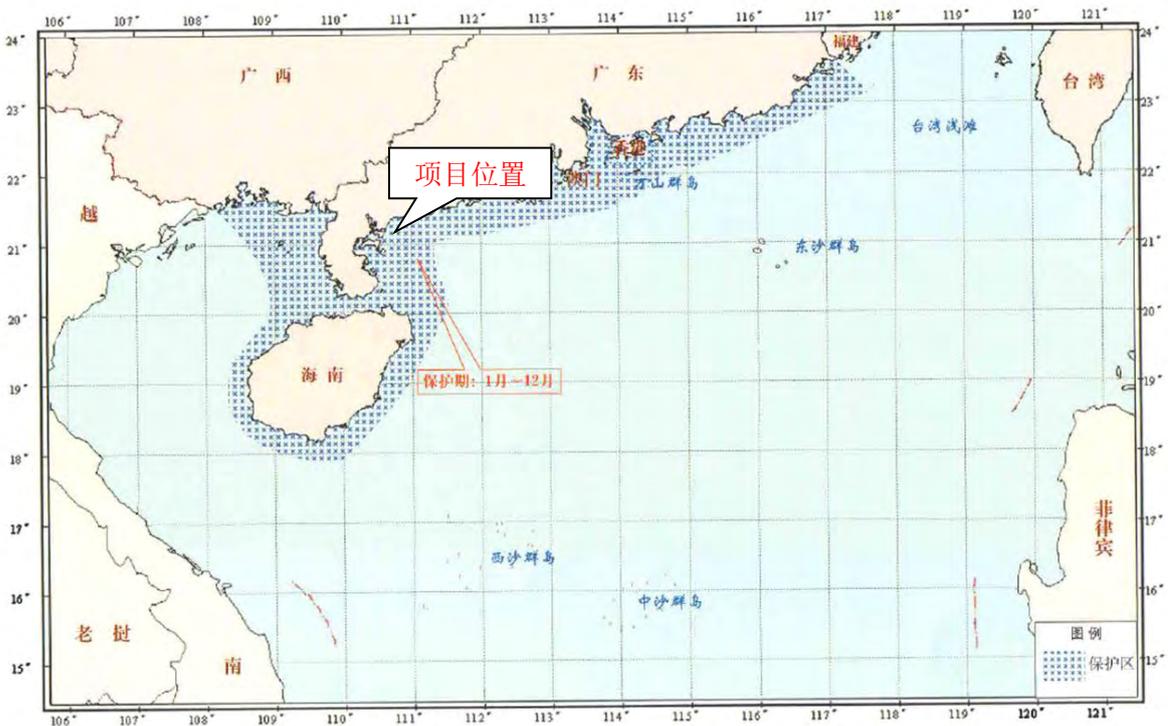


图 3-4 南海北部幼鱼繁育场保护区示意图

### 3、渔业品种保护区

根据南海国家级及省级保护区分布示意图（见图 3-5），本项目位于幼鱼幼虾保护区内。幼鱼幼虾保护区为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，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

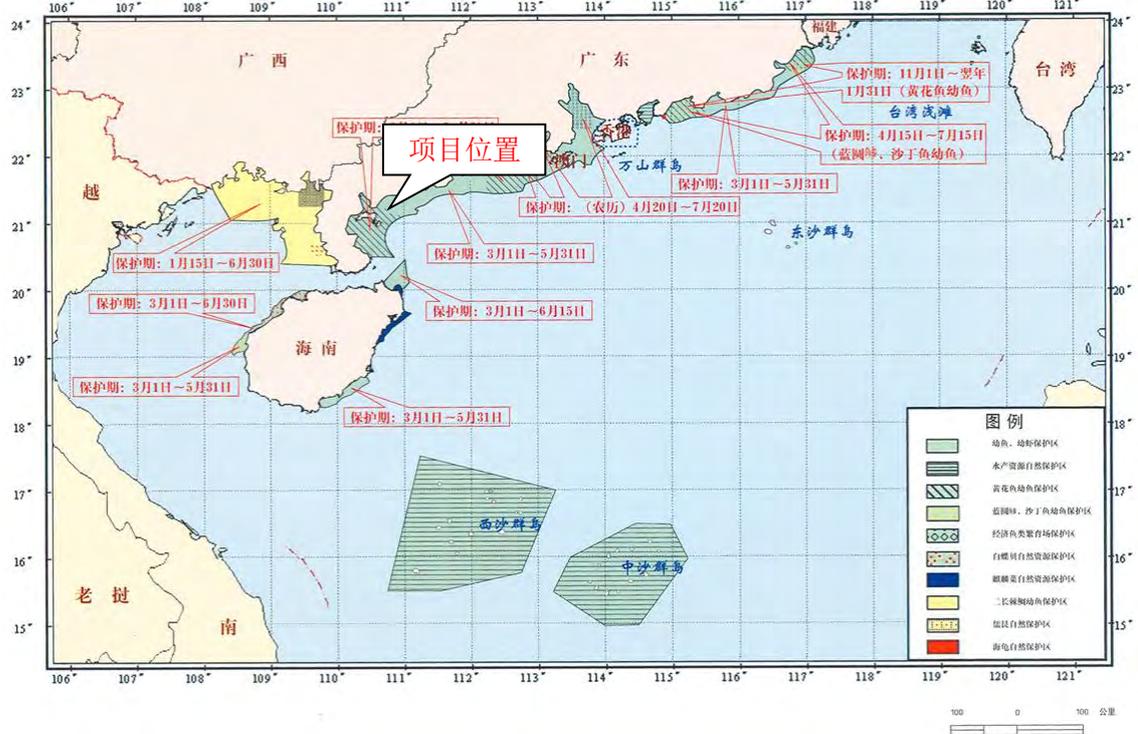


图 3-5 南海国家级及省级保护区分布示意图

### （三）水动力环境现状调查与评价

#### 1、潮汐

##### （1）基准面换算

本工程当地各基准面关系见下图。

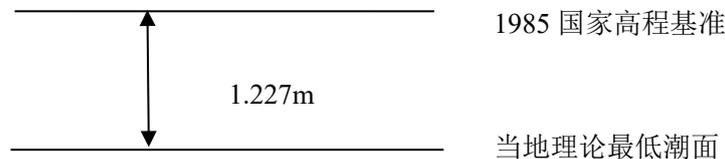


图 3-6 各基准面关系图

##### （2）潮汐特征值

本次评价采用项目南侧碓洲岛潮汐情况进行分析。碓洲岛位于广东省湛江市的东侧，与我国的南海直接相连，该海域的潮汐潮流主要是太平洋潮波进入南海后形成的，受附近海岛和地形摩擦影响，潮汐特征变得比较复杂，湛江附近海域有明显不正规半

日潮特征，即每个太阴日内均可出现两次高潮和两次低潮，且日潮不等明显。

一年十二月中，10月份的平均海平面最高，4、5、6、7月则较低，多年平均年差值 0.3m 左右。

根据硃洲岛潮位站（20°54'N，110°33'E）1957~2007 年（50 年）潮位资料统计，设计水位（85 国家高程基准，m）如下。

设计高水位：+2.56m（高潮累积频率 10%的潮位）

设计低水位：-0.83m（低潮累积频率 90%的潮位）

极端高水位：+4.39m（50 年一遇）

极端低水位：-1.71m（50 年一遇）

极端高水位：+4.55m（100 年一遇）

**表 3-1 潮汐特征值统计表**

特征	特征值（m）	
	南港	北港
高潮平均（m）	1.23	1.29
低潮平均（m）	-0.56	-0.48
平均潮位（m）	0.30	0.38
最大潮差（m）	4.39	4.15
最小潮差（m）	0.61	0.56
平均潮差（m）	1.79	1.78
平均涨潮历时（h）	6.78	6.88
平均落潮历时（h）	5.58	5.64

## 2、潮流

2021 年 9 月 23 日 13 时至 9 月 24 日 13 时，中国水产科学研究院南海水产研究所在调查海域进行了海流现场观测，在 S2、S4、S6 和 S8 测站使用声学多普勒 Flowquest 海流剖面仪连续进行了 25 小时海流观测，海流测量在锚泊的渔船上进行，由笔记本电脑、固定支架和 Flowquest 海流剖面仪组成测量系统，按照《海洋调查规范—海洋水文观测》（GB12763.2—2007）执行，分表、中、底三层观测，表层深度为水面下 1m，中层深度为现场测量水深的 0.5 倍，底层为离海底 1m，仪器每 30 秒观测一次并记录数据。水文调查站点分布情况见表 3-2 及图 3-7。

表 3-2 海洋生态、水文调查站位

站号	东经	北纬	水文	冲淤	水质	沉积	生物	拖网	残毒
S1					√	√	√	√	
S2			√		√		√	√	
S3					√				
S4			√	√	√	√	√	√	√
S5					√				
S6			√		√	√	√	√	
S7					√				
S8			√	√	√	√	√	√	
S9					√		√	√	
S10					√				
S11					√	√	√	√	√
S12					√	√	√	√	
合计			4	2	12	6	8	8	2

图 3-7 海域生态、水文调查站位示意图

### 3、实测海流分析

图 3-8~3-15 是 4 个测站在观测期间的实测海流过程线。S4 测站位于新建礁区内，其中 S2、S4 和 S8 测站相距较近，S6 测站则相距位于东侧相距较远的位置。

从流速上来看，S8 测站流速最大，表层流速明显大于底层；S4、S6 次之，表层流速大于底层流速；S2 测站流速相对较小，表层流速同样大于底层流速。从流向上来看，大潮期间，受地形影响各个测站都能看出是不规则半日潮流特征。

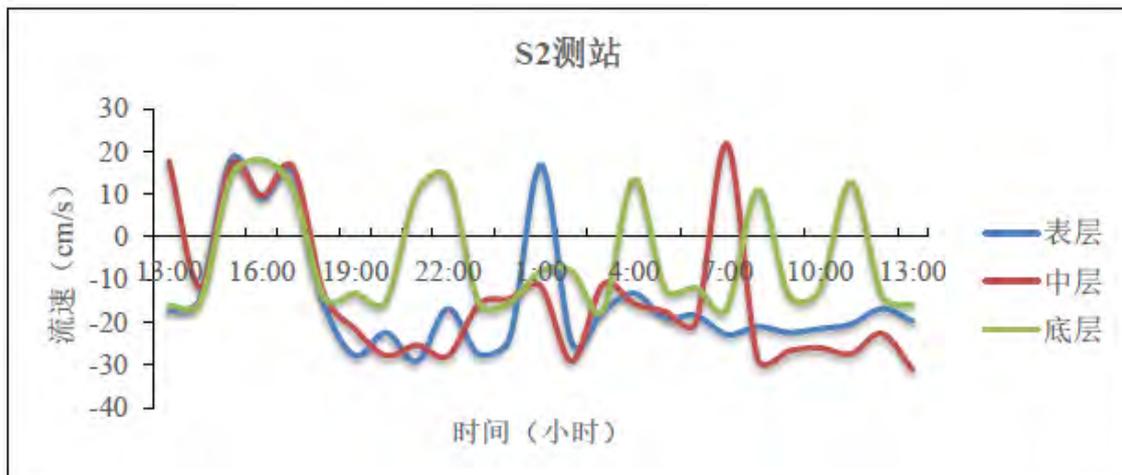


图 3-8 S3 测站实测海流流速过程图

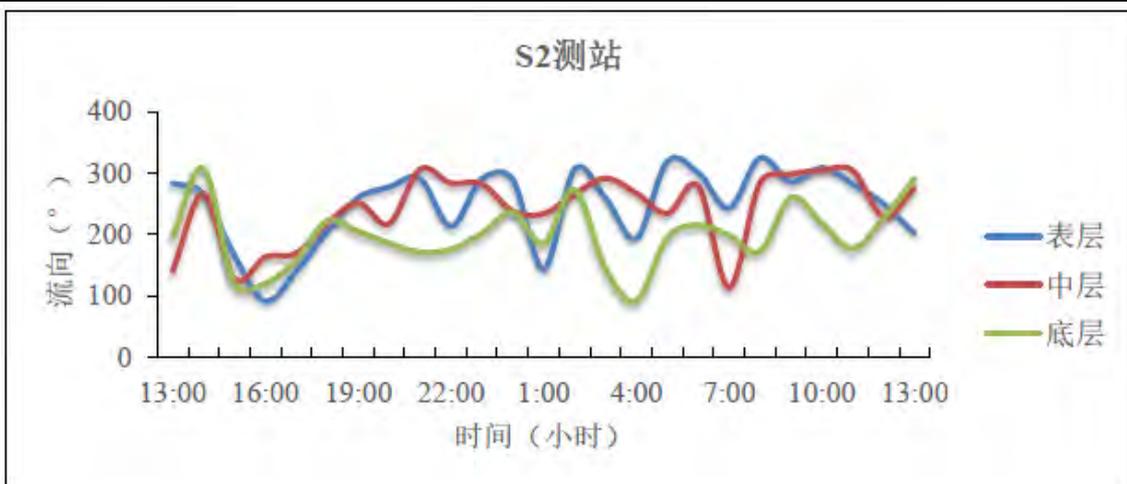


图 3-9 S2 测站实测海流流向过程图

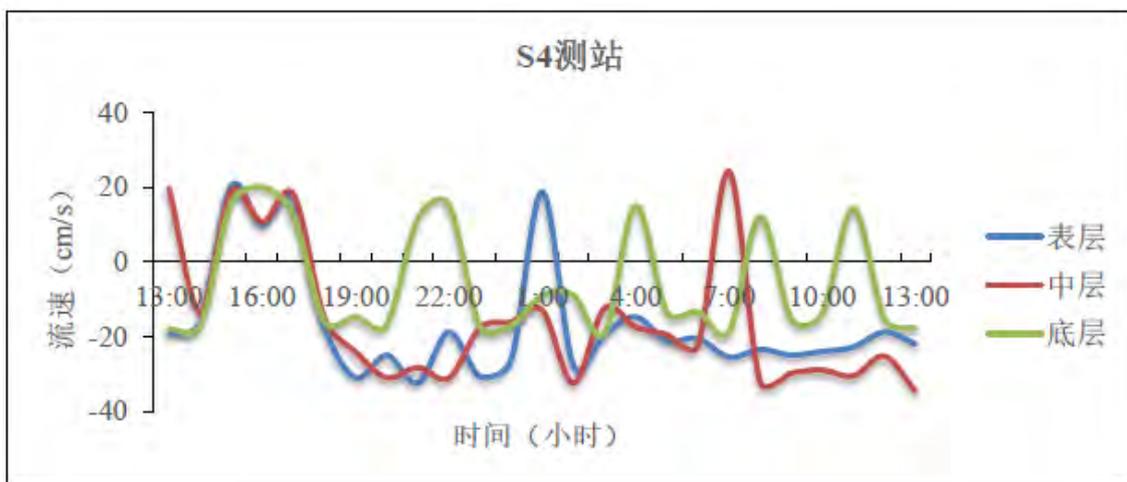


图 3-10 S4 测站实测海流流速过程图

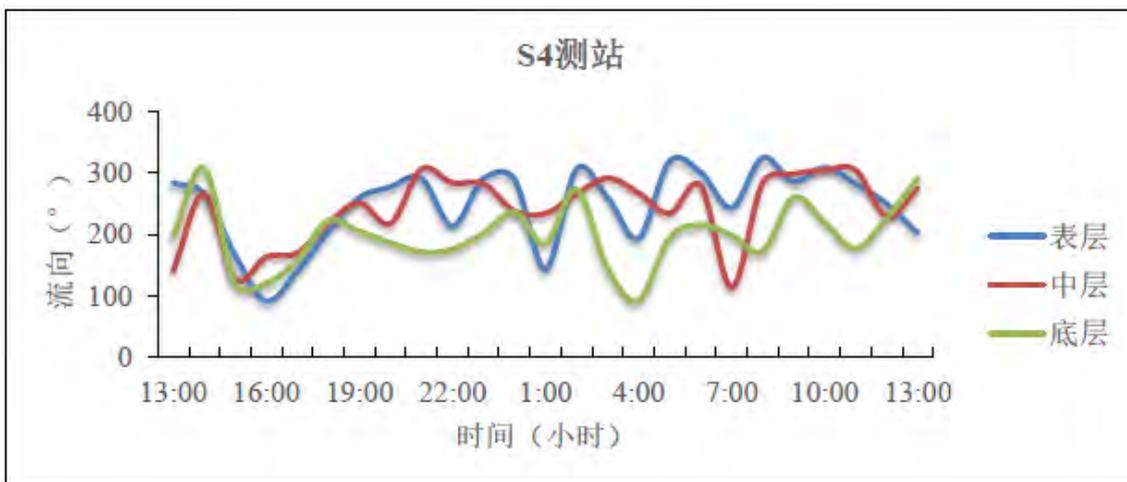


图 3-11 S4 测站实测海流流向过程图

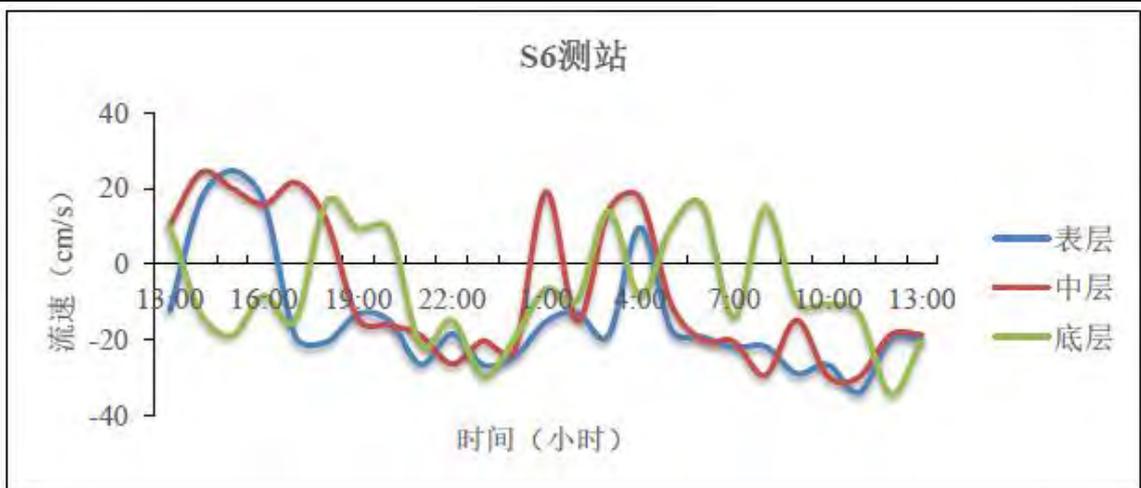


图 3-12 S6 测站实测海流流速过程图

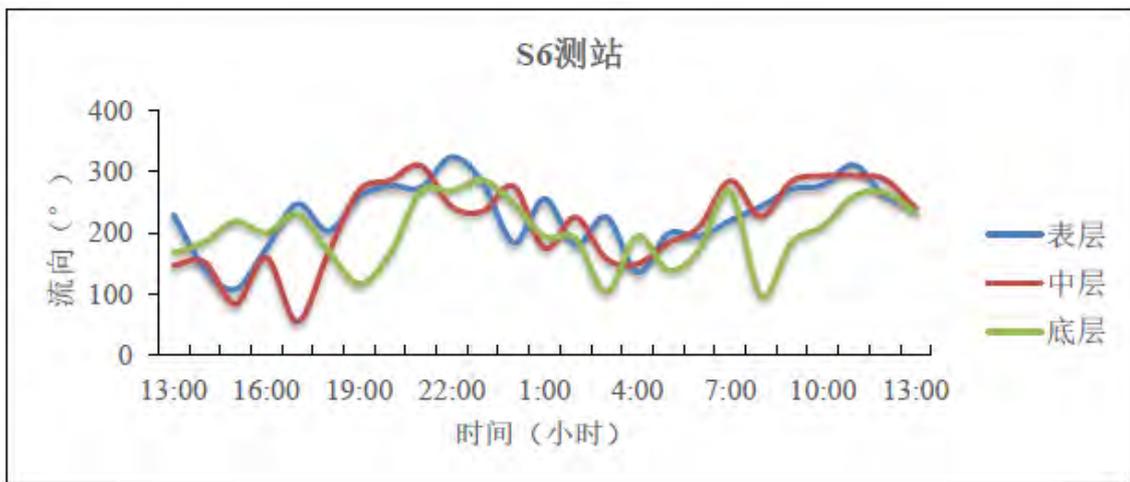


图 3-13 S6 测站实测海流流向过程图

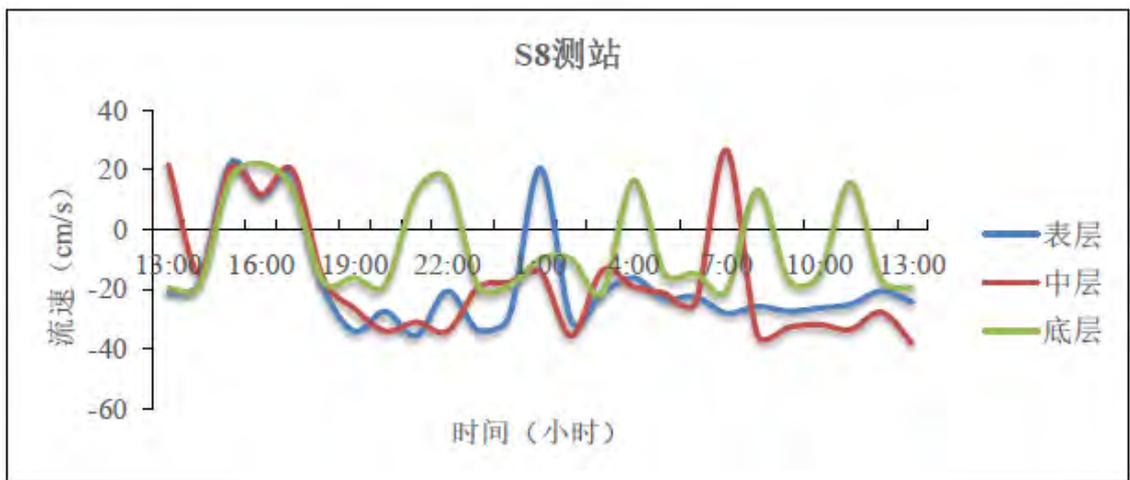


图 3-14 S8 测站实测海流流速过程图

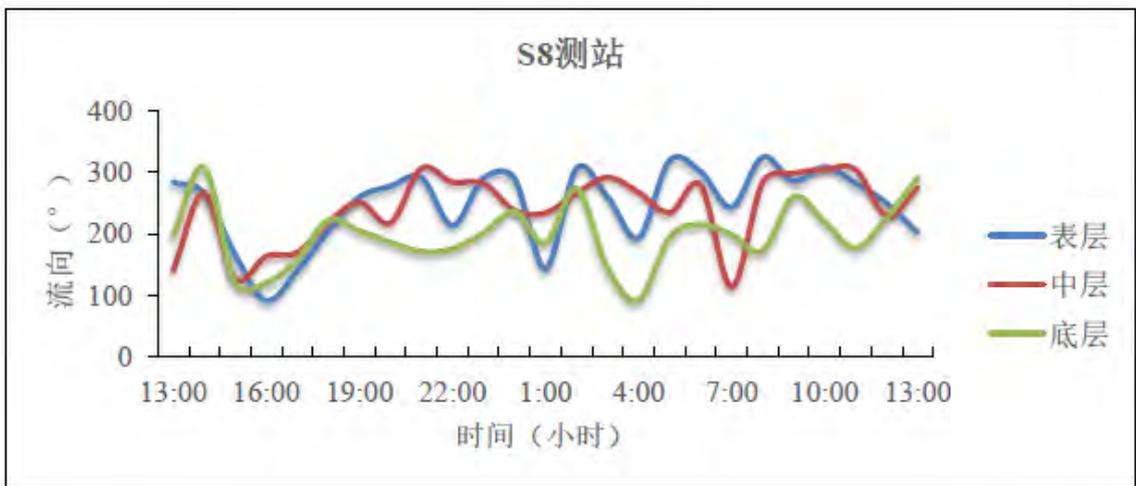


图 3-15 S8 测站实测海流流向过程图

图 3-16-3-18 为四测站各层实测海流玫瑰图，结果显示该地区的表主要受到风、地形及潮汐作用的影响，底层主要受地形及潮汐的影响。表层最大流速出现在 S8 测站，流速、流向分别为：35.55cm/s，320.17°；中层最大流速出现在 S8 测站，流速、流向分别为：38.05 cm/s，303.38°；底层最大流速出现在 S6 测站，流速、流向分别为：34.43cm/s，266.06°。各测站都是表层流速较大（表 3.1），越往下流速越小，表层流速受到风影响较大。

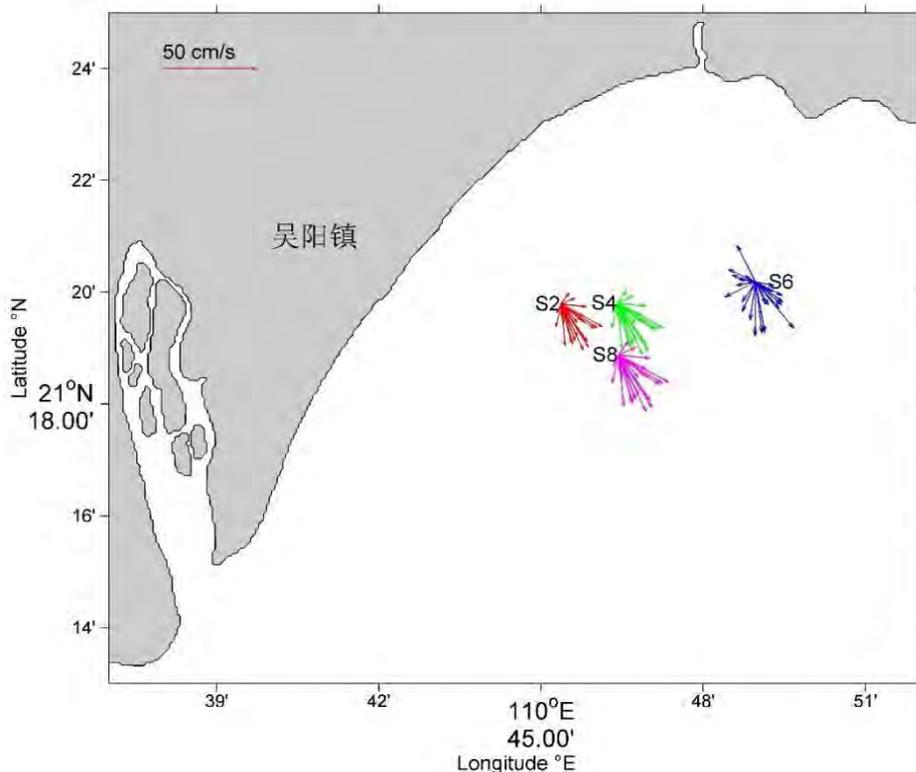


图 3-16 测站表层实测海流玫瑰图

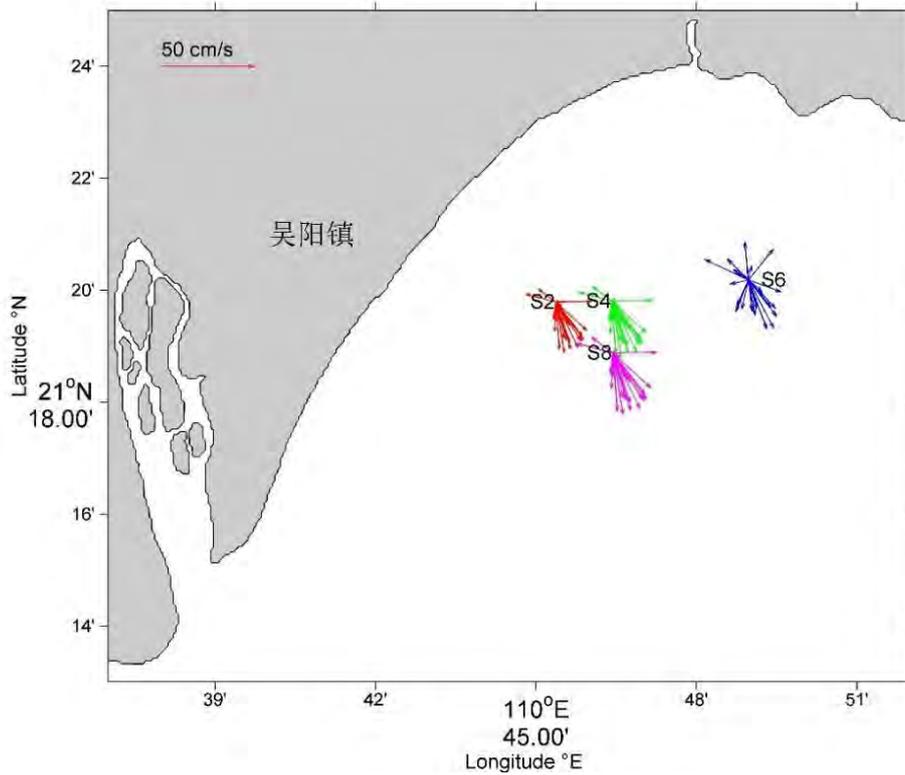


图 3-17 测站中层实测海流玫瑰图

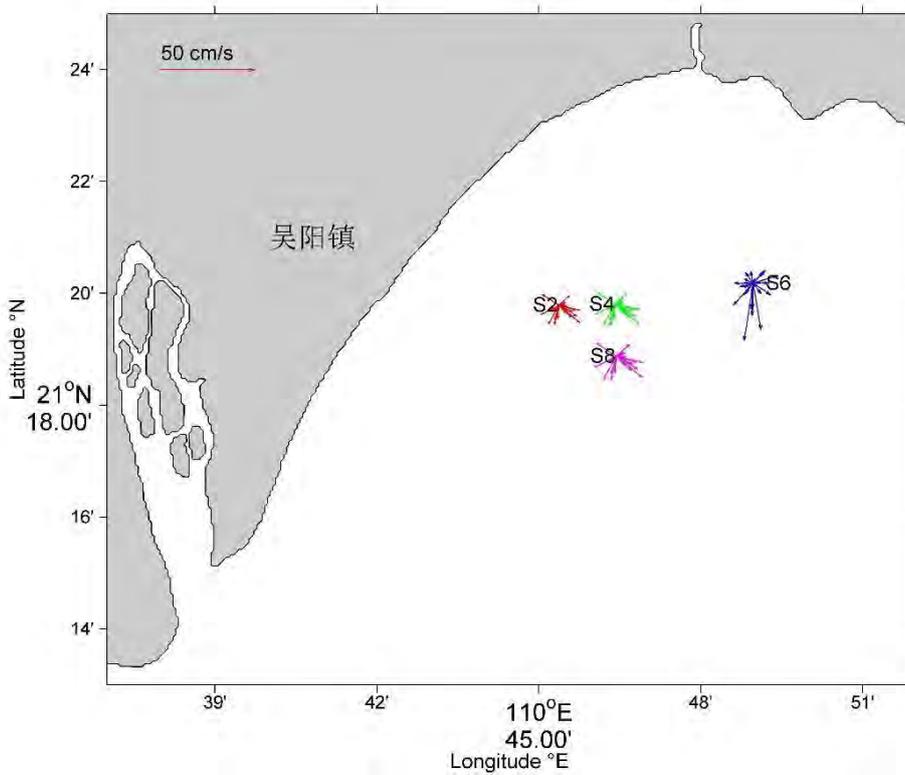


图 3-18 测站底层实测海流玫瑰图

表 3-3 各站实测流速表

测站	层次	最大流速 (cm/s)	流向 (°)	平均流速 (cm/s)	平均流向 (°)
S2	表层	29.09	261.95	19.66	222.85
	中层	31.13	248.22	20.33	219.61
	底层	18.07	108.59	13.56	178.15
S4	表层	32.32	291.06	21.84	247.61
	中层	34.59	275.80	22.59	241.79
	底层	20.08	120.66	15.07	197.94
S6	表层	33.95	310.62	20.05	228.83
	中层	29.84	293.28	19.23	215.63
	底层	34.43	266.06	14.70	201.53
S8	表层	35.55	320.17	24.03	272.38
	中层	38.05	303.38	24.85	265.97
	底层	22.09	132.73	16.58	217.74

#### 4、余流

从流速上来看 S8 测站余流最大，S2 和 S4 测站次之，S6 测站最小，并且表层余流都大于底层余流。从流向上看，S2、S4 和 S8 测站余流方向为东南方向，S6 测站余流为偏南方向，这主要是受到地形、潮汐和风的影响造成的。从观测结果上看，越往外余流越大，S2、S4 和 S8 测站的余流越往底层流向越偏东南，S6 测站的余流表层偏南方向，中层表现偏东南方向，底层偏西南方向，这是因为表层和中层受到风的影响较大，而底层受风影响较小。

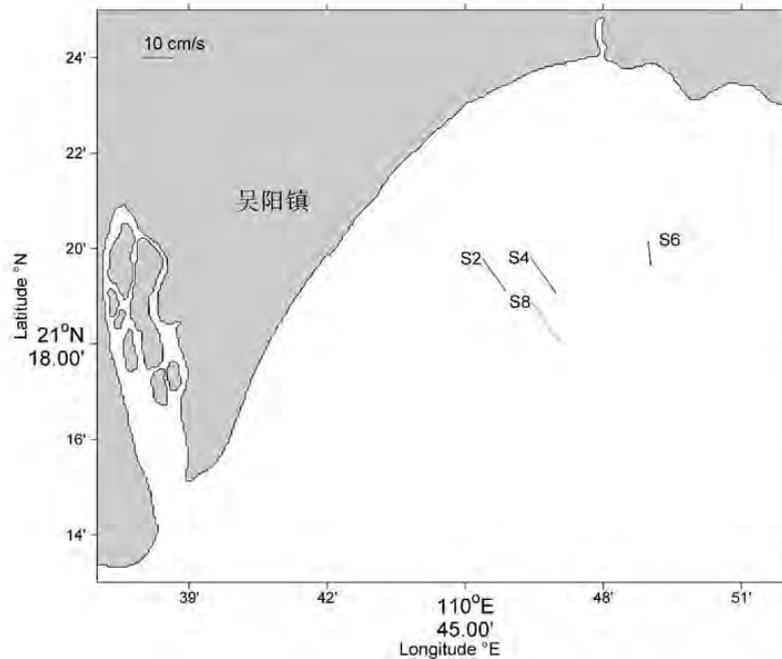


图 3-19 测站表层余流

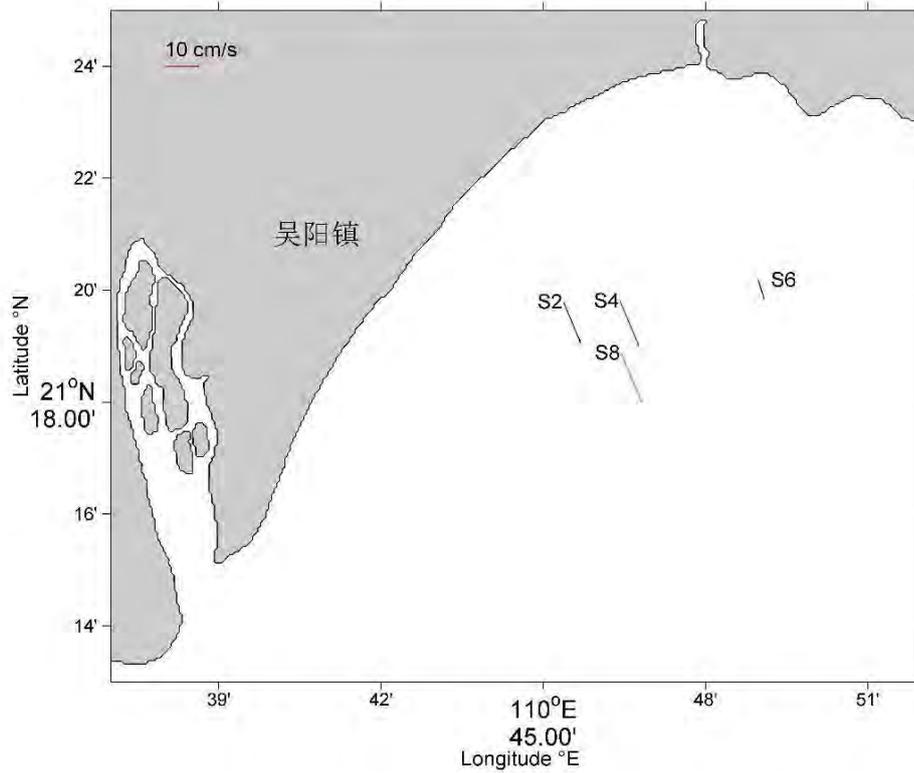


图 3-20 测站中层余流

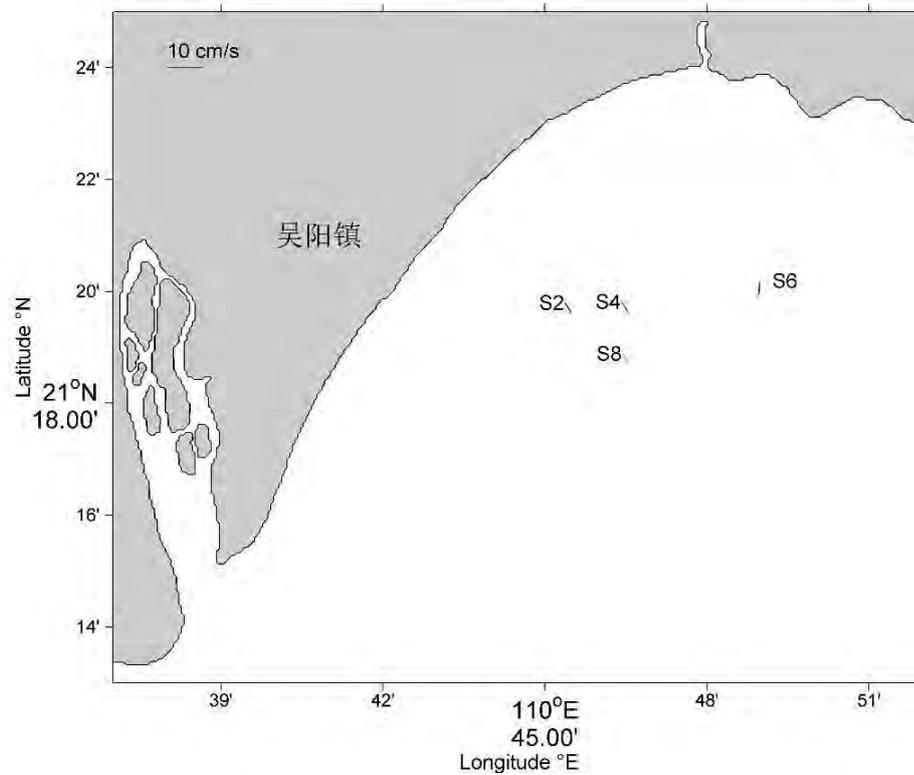


图 3-21 测站底层余流

## 5、悬浮泥沙

本节数据引用自《吴川市塘尾附近海域水文现状调查报告》(广州海兰图检测技术

有限公司，2023年5月)。

### (1) 悬沙浓度

悬沙浓度范围为  $0.003\text{kg/m}^3$ - $0.040\text{kg/m}^3$ ，表层悬沙浓度最大 ( $0.040\text{kg/m}^3$ ) 中层和底层悬沙浓度最小 ( $0.003\text{kg/m}^3$ )；在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，越靠近岸的站位悬沙浓度越高，越靠近外海的站位悬沙浓度越低。

### (2) 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。涨潮期最大单宽输沙量为  $1.21\text{t/m}$ ，方向  $282^\circ$ ；落潮期最大单宽输沙量为  $0.44\text{t/m}$ ，方向  $157^\circ$ ；最大单宽净输沙量为  $1.19\text{t/m}$ ，方向  $276^\circ$ 。观测站的净输沙方向主要为东南、西南、西方向。

### (3) 悬沙粒度分析

#### ①悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范》(GBT12763.8-2007) 粒级间隔为  $1\phi$ ，粒级组成为  $1\phi$ ~ $11\phi$ 。调查水域各站悬沙从组成成分类别来看，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，砂的含量最少。各站大潮期间砂含量在  $0.00$ - $12.79\%$  之间，平均值为  $0.95\%$ ，粉砂含量在  $52.70\%$ - $77.55\%$  之间，平均值为  $60.57\%$ ，粘土含量在  $19.45\%$ - $47.30\%$  之间，平均值为  $38.48\%$ ；悬沙样品类型有粘土质粉砂 ( $15/16$ )，粉砂 ( $1/16$ )，共 2 种样品。

#### ②中值粒径 ( $M_d$ , $\mu\text{m}$ )

中值粒径 ( $M_d$ ,  $\mu\text{m}$ ) 是在绘制颗粒粒径分布概率累积曲线图中读取含量  $50\%$  的对应粒径值，从大潮各个时刻 (涨急、涨憩、落急、落憩) 中值粒径情况观结果可知，航次测区悬沙中值粒径变化范围在  $6.33\mu\text{m}$ ~ $7.87\mu\text{m}$  之间，平均值为  $7.45\mu\text{m}$ 。测站落急最粗 ( $7.87\mu\text{m}$ )，测站涨急最细 ( $6.33\mu\text{m}$ )。

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。本航次涨急、涨憩、落急、落憩时中值粒径的平均值分别为  $7.32\mu\text{m}$ 、 $7.27\mu\text{m}$ 、 $7.55\mu\text{m}$ 、 $7.67\mu\text{m}$ 。

#### ③平均粒径 ( $M_z$ , $\phi$ )

采用福克一沃德公式计算出悬沙平均粒径。

测量期间测区平均粒径在  $5.66\phi$ ~ $7.34\phi$  之间，平均值为  $6.96\phi$ 。平均粒径落憩最大，为  $7.34\phi$ ；涨急最小，为  $5.66\phi$ 。

## 6、波浪

据硃洲岛东北部海洋站资料，主要为受季风和热带气旋场制约的风浪，多年平均波高 0.9m，平均周期 3.5s。年最大波高在无热带气旋影响年份为 2.5~3.3m。台风波浪最大可达 9.8m。≥2.0m 波高出现频率仅占 2.5%。常浪向与强浪向均为 ENE，频率 23%，主要出现于冬半年。

## 7、气象与气候条件

吴川市属亚热带海洋性季风气候，气候温和，夏长冬短，冬无严寒，夏无酷暑，雨量丰沛，日照充足。项目地处祖国大陆南部，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) 气温：据多年气象资料统计表明，吴川最冷月 1 月平均气温 15.7℃，最热月 7 月平均气温 28℃；平均相对湿度为 85%；平均气温摄氏 22.5℃，夏季平均 27.8℃，冬季平均 17.9℃。

(2) 光照：吴川属亚热带季风气候，日照充足、热量丰富，据气象部门统计资料分析，多年平均日照总计为 2008.2 小时，日照百分率为 45%。

(3) 风况：有明显的季风气候特点，冬季以偏东北风为主，夏季多从海洋吹来温暖湿润的东南风。每年 5-8 月盛行偏南风，10 月至翌年 3 月盛行偏北风，4 月和 9 月为季风转换期。多年平均风速 3.8m/s；最大风速 31m/s；常风向 N，P=26%；次常风向 NNE，P=9.2%；强风向 N。多年平均大于 8 级风日 7d。

(4) 降水：雨量充沛，时空分布不均。年均降雨量为 1597.8mm。平均相对湿度为 81.6%，属于湿润地区，平均气压为 1008.6 百帕。

(5) 相对湿度：平均相对湿度为 81.6%，属于湿润地区，平均气压为 1008.6 百帕。

(6) 雾：雾日很少，常出现在 1~4 月，年有雾天数 3-6 天，最长达 19 天。雾日多出现在 12 月至翌年 5 月。

### (四) 工程地质与地形地貌

#### 1、工程地质

2022 年 6 月 16 日~17 日，湛江市吴川市农业农村局委托深万岩土工程有限公司对广东省湛江市吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目场地地质条件进行了岩土工程勘察，其场地呈长方形状，长约 607m，宽约 592m，海域面积约 0.36km<sup>2</sup>。

土样测试由深万岩土工程有限公司完成。

本次工作共布置勘探钻孔 5 个，其中控制性技术孔 3 个，标贯试验钻孔 5 个（全部钻孔）。钻探深度约 9-12m。勘察采用全孔取芯方法、现场鉴别，开孔口径 127mm，终孔口径 91mm。

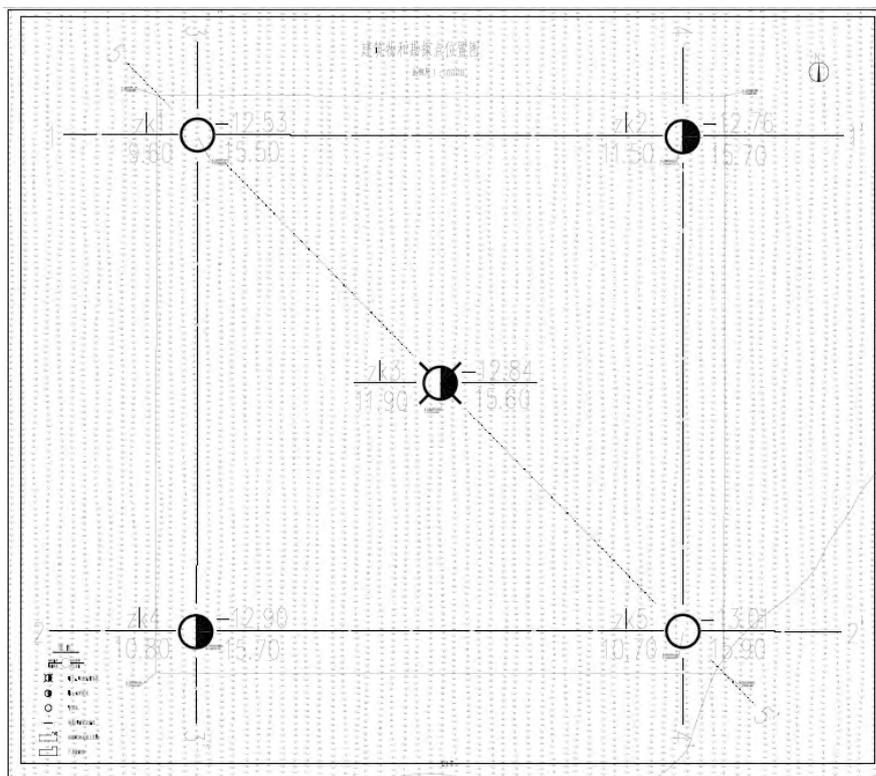


图 3-22 勘探钻孔点位图

### （1）场地地形地貌

拟建场地地貌单元属于滨海浅海区，本区处于新生沉降区。根据测量测得钻孔孔口标高在-12.53~13.01m，场地略显北高南低。场地较低洼，地形整体向东南倾斜。勘察时孔口水深约在 15.50~15.90m。

### （2）岩土分层及特征

海域钻探控制最大深度为 11.90m。揭露的岩土层主要由岩性为淤泥（ $Q_4^{mc}$ ）和淤泥质土（ $Q_4^{mc}$ ）的海陆交互相沉积层组成。根据岩性特征自上而下分述如下：

①淤泥（ $Q_4^{mc}$ ）：深灰色，饱和，流塑。岩芯变形不成型，含微量-少量有机质，稍具臭味。土质粘滑。该层全部钻孔有分布。层厚 3.10~4.30m（平均 3.64m）；层顶标高-13.01~12.53m（平均-12.81m）。分布于地表层。作标准贯入试验 5 次，该层总体上为高压缩性土层，土质软弱，厚度较大，工程力学强度低。

②淤泥质土（ $Q_4^{mc}$ ）：灰色，饱和，流塑。局部软塑。含微量粉砂和微量有机质，稍具臭味。土质较粘滑。全部钻孔揭露到该层，但均未揭穿。揭露层厚 6.00~8.40m（平

均 7.26m);层顶标高-17.31~-15.86m(平均-16.45m);层顶埋深 3.10~4.30m(平均 3.64m)。作标准贯入试验 11 次,结果表明该层总体上为高压缩性土层,黏土分布较稳定,厚度稍有变化,力学强度较低,埋深较大。

### (3) 区域地质构造

依据本次钻探深度及结合湛江市区域地质资料分析,拟建场地未发现活动性断裂及深大断裂通过。场地目前属构造稳定地段。在钻深控制深度范围内,场地土层为第四系海陆相沉积层。

### (4) 岩土工程分析评价

#### ①场地稳定性和适宜性分析

根据区域地质资料及本次勘察钻探成果,拟建场地及邻近区未发现断层、滑坡、泥石流、崩塌等不良地质及较明显的构造形迹,本区受不良地质构造影响微弱,所在区域目前未见明显构造活动,场地及地基较稳定,适宜进行本工程建设。

#### ②地基工程性质评价

现对拟建场地各岩土层工程性质综合评价如下:

淤泥(Q<sub>4</sub><sup>mc</sup>)层土质软弱,厚度较大,工程力学强度低,未经处理不应作为拟建建筑物天然地基基础持力层。

淤泥质土(Q<sub>4</sub><sup>mc</sup>)层淤泥质土,厚度稍有变化,力学强度低,埋深较大,不应作为拟建建筑物基础持力层。

#### ③天然地基及设计参数

根据岩土层特征,结合野外标准贯入试验及室内土工试验结果,依据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)的有关规定结合地区经验,场地内各岩土层的天然设计参数指标建议值详见下表。

**表 3-4 天然地基设计参数建议值表**

时代成因	层号	岩土名称	层承载力特征值 $f_{ak}$	天然重度	压缩系数 $a_{1-2}$	压缩模量 $E_s$	粘聚力 $c$	内摩擦角 $\varphi$
			kPa	kN/m <sup>3</sup>	MPa <sup>-1</sup>	MPa	kPa	°
Q <sub>4</sub> <sup>mc</sup>	①	淤泥	35	15.8	1.04	2.52	cc7.37	C $\varphi$ 9.5
Q <sub>4</sub> <sup>mc</sup>	②	淤泥质土	90	16.7	0.85/	2.71	1.53	12.23

#### ④结论及建议

a.拟建场地及地基较稳定,适宜进行本工程建设。

b.场地土的类型为软弱土,场地类别为III类。

c.拟建场地位于抗震设防烈度 7 度区内，基本地震加速度值为 0.10g，反应谱特征周期为 0.45s。

## 2、地形地貌

广东省湛江吴川浅海区是全省重点海区，是省渔业、省科技专业海水养殖示范区。本区海域场地地形较平缓，地势较平坦，地层简单，在大地构造上属华南褶皱系，地质构造以逆断裂为多，主要构造线方向呈 NE，NW，EW 向。泥土经钻探揭露为第四系海相冲积层，海域底质为粉砂、中砂，海岸线长达几十公里。

广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区地质条件较好，底质满足人工鱼礁承托力要求。根据 2022 年 6 月广东深万岩土工程有限公司开展的水深地形观测结果，本项目水深 12.2~13.2m，均大于 10m，适宜建造人工鱼礁区。

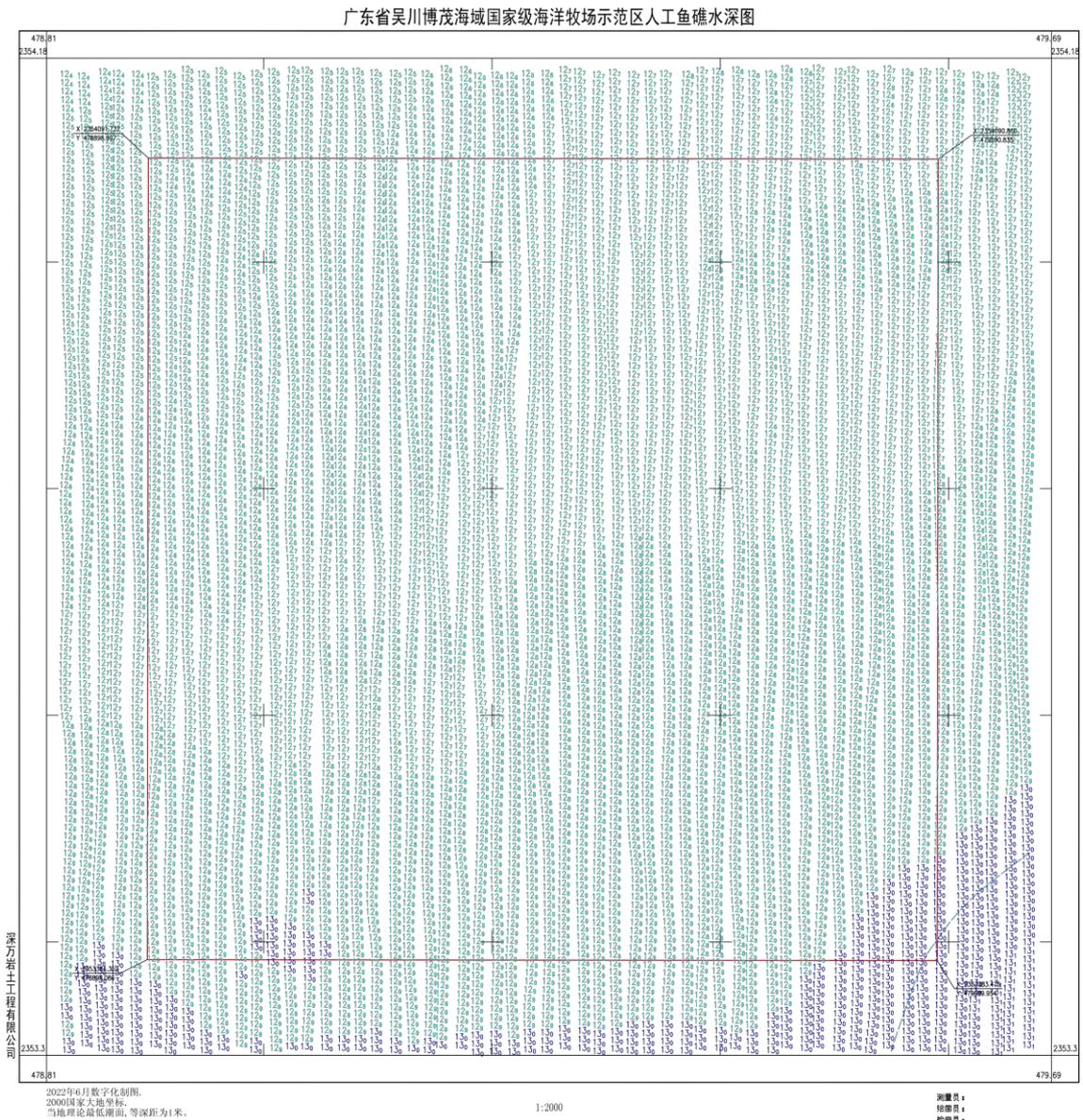


图 3-23 项目区域水深地形图

## （五）水环境现状调查分析与评价

### 1、调查概况

中国水产科学研究院南海水产研究所于2021年9月开展该示范区渔业资源和生态环境等本底调查，共布设12个调查站位。具体调查站位和调查内容见表3-2和图3-7。

### 2、监测项目

监测项目为水深、水温、透明度、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、悬浮物、石油类、铜、锌、镉、汞、砷等18项。

### 3、采样及分析方法

现场调查采样和分析均按《海洋监测规范》（GB17378—2007）和《海洋调查规范-海洋生物调查》（GB12763.6—2007）中规定的方法进行，具体分析方法见下表。

表 3-5 海水水质测定项目分析方法一览表

序号	调查项目	样品采集、预处理及保存方法	样品测定方法	
1	水深	现场测定	重锤或测深仪	
2	水温	现场测定	表层温度计法	
3	透明度	现场测定	透明度盘	
4	盐度	现场测定	盐度计法	
5	pH	现场测定	pH 计法	
6	溶解氧(DO)	加 1mL MnCl <sub>2</sub> 和 1mL KI-NaOH 溶液固定，现场测定	碘量滴定法	
7	化学需氧量(COD <sub>Mn</sub> )	现场测定	碱性高锰酸钾法	
8	营 养 盐	现场用0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤、现场测定或过滤后-20℃冷冻保存	亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法
9			硝酸盐	镉柱还原法
10			铵盐	次溴酸钠氧化法
11			活性磷酸盐	磷钼蓝法
12	悬浮物(SS)	0.45μm, φ60mm 微孔滤膜现场过滤	重量法	
13	石油类(TPHs)	正己烷萃取	紫外分光光度法	
14	铜 (Cu)	用0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤加H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 至pH<2 低温冷藏	电感耦合等离子体质谱法	
15	锌 (Zn)	用0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤加H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 至pH<2 低温冷藏	电感耦合等离子体质谱法	
16	镉 (Cd)	用0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤加HNO <sub>3</sub> 至pH<2 低温冷藏	电感耦合等离子体质谱法	
17	汞 (Hg)	加H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 至pH<2	原子荧光法	
18	砷 (As)	用0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤加H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 至pH<2 低温冷藏	电感耦合等离子体质谱法	

### 4、评价标准及评价方法

#### （1）评价标准

对照《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（相对位置详见图 3-7），调查站位中 S1-S9 号站位于“南三-博贺农渔业区”，S10-12 位于“湛江-珠海近海农渔业区”（详见附图 6），对照《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》近海基本功能区登记表，“南三-博贺农渔业区”执行海水水质二类标准，“湛江-珠海近海农渔业区”执行海水水质一类标准。对照《广东省近岸海域环境功能区划》（粤府办[1999]68号）及《关于调整湛江近岸海域环境功能区划的复函》（粤办函〔2007〕344号），S1-S3 位于“博茂养殖、稀释混合功能区”执行海水水质二类标准。

图 3-24 广东省近岸海域功能区划与本项目监测点分布示意图

## （2）评价方法

评价方法：标准指数法。

单项水质参数  $i$  在  $j$  中占的标准指数：

$$S_{ij}=C_{ij}/C_{sj}$$

式中：

$S_{ij}$ : 单项水质参数  $i$  在第  $j$  点的标准指数；

$C_{ij}$ : 污染物  $i$  在监测点  $j$  的浓度，mg/L；

$C_{sj}$ : 水质参数  $i$  的海水水质标准，mg/L。

DO 的标准指数为：

$$S_{DO} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s}, DO_j \geq DO_f$$

$$S_{DO} = \frac{DO_s}{DO_j}, DO_j \leq DO_f$$

$$DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$$

式中：

$DO_s$ —溶解氧的地表水质标准，mg/L；

$DO_j$ —j 点的溶解氧，mg/L；

$DO_f$ —饱和溶解氧浓度，mg/L,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，量纲为 1；

$T$ —水温，°C。

海水中 pH 的标准指数为：

$$Q_j = |(2C_j - C_{ou} - C_{ol}) / (C_{ou} - C_{ol})|$$

式中： $Q_j$ —pH 值的标准指数；

$C_j$  标准指数值的实测值；

$C_{ou}$  测值 pH 的评价标准上限；

$C_{ol}$  标准 pH 的评价标准下限。

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

## 5、海水水质调查与评价结果

### (1) 水质调查结果

2021 年 9 月海水水质调查结果见表 3-6。

湛江市吴川市调查海域站位水深变化范围为 8.9~14.7m，平均水深为 11.04 m，其中最大水深为 S12 站，最小水深为 S3 站。

调查海域站位透明度变化范围为 0.8~1.5m，平均透明度为 1.13 m，其中最大透明度站为 S4 站，最小透明度为 S2 站。

调查海域海水温度变化范围为 23.87~24.65°C，平均水温为 24.40°C，其中表层最大值为 S7 站，最小值为 S11 站，底层最大值为 S8 站，最小值为 S10 站。

调查海域海水盐度变化范围为 34.11~35.01，平均盐度为 34.51，其中表层最高盐度为 S11 站，最低盐度为 S1 站，底层最高盐度为 S8 站，最低盐度为 S9 站。

调查海域海水 pH 值变化范围为 7.45~7.95，平均值为 7.73，其中表层最大值为 S1 站，最小值为 S6 站，底层最大值为 S10 站，最小值为 S12 站。

调查海域海水 DO 变化范围为 7.03~8.02mg/L，平均值为 7.57mg/L，表层最大值为 S11 站，最小值为 S9 站，底层最大值为 S11 站，最小值为 S10 站。

调查海域海水 COD 变化范围为 0.32~0.97mg/L，平均值为 0.57mg/L，其中表层最大值为 S9 站，最小值为 S6 站，底层最大值为 S12 站，最小值为 S9 站。调查海域海水无机氮含量的变化范围 11.52~46.36 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ，平均值为 26.14 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ，表层最大值为 S8 站，最小值为 S1 站，底层最大值为 S10 站，最小值为 S11 站。

调查海域海水磷酸盐含量的变化范围为 0.09~0.17 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ，平均值为 0.13 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ，其中表层最大值为 S2 站，最小值为 S3 站，底层最大值为 S8 站，最小值为 S11 站。

调查海域海水石油类含量变化范围为 0.0186~0.0458mg/L，平均值为 0.0353mg/L，最大值为 S7 站，最小值为 S4 站。

调查海域海水表层悬浮物含量变化范围为 9.7~13.2mg/L，平均值为 10.71mg/L，表层最大值为 S10 站，最小值为 S1 站，底层最大值为 S9 站，最小值为 S8 站。

调查海域海水重金属铜含量的变化范围为 1.15~5.59 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 2.00 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，表层最大值为 S9 站，最小值为 S6 站，底层最大值为 S11 站，最小值为 S12 站。

调查海域海水重金属铅含量的变化范围为 0.18~4.06 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 2.01 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，表层最大值为 S1 站，最小值为 S4 站，底层最大值为 S10 站，最小值为 S8 站。

调查海域海水重金属锌含量的变化范围为 17.5~40.6 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 30.18 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，表层最大值为 S2 站，最小值为 S5 站，底层最大值为 S10 站，最小值为 S12 站。

调查海域海水重金属镉含量的变化范围为 0.68~4.22 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 2.26 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，表层最大值为 S3 站，最小值为 S1 站，底层最大值为 S10 站，最小值为 S9 站。S5 站表层镉含量未检出。

调查海域海水重金属汞含量未检出。

调查海域海水重金属砷含量的变化范围为 0.21~3.76 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 2.28 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，表层最大值为 S2 站，最小值为 S4 站，底层最大值为 S11 站，最小值为 S12 站。

**表 3-6 调查海水水质调查结果**

站号	水深	透明度	水温	盐度	pH	DO	COD	无机氮	PO <sub>4</sub> -P
	(m)	(m)	(°C)	(‰)		(mg/L)	(mg/L)	( $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ )	( $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ )
S1B	9.0	0.9	24.41	34.11	7.95	7.94	0.46	11.52	0.15
S2B	9.1	0.8	24.35	34.21	7.80	7.64	0.71	14.47	0.17

S3B	8.9	1.0	24.45	34.34	7.86	7.71	0.52	21.66	0.09
S4B	9.5	1.5	24.51	34.67	7.91	7.82	0.72	27.70	0.12
S5B	9.4	1.0	24.18	34.26	7.93	7.68	0.72	27.36	0.13
S6B	9.2	0.8	24.63	34.71	7.45	7.50	0.38	21.00	0.10
S7B	9.5	0.8	24.65	34.66	7.51	7.47	0.42	15.41	0.12
S8B	14.1	1.2	24.61	34.43	7.74	7.54	0.41	28.53	0.11
S9B	12.1	1.2	24.55	34.52	7.77	7.05	0.97	27.96	0.10
S10B	14.1	1.5	24.34	34.51	7.70	7.13	0.48	22.54	0.10
S11B	12.9	1.3	23.87	35.01	7.71	8.02	0.44	22.84	0.17
S12B	14.7	1.5	24.56	34.52	7.72	7.80	0.79	21.44	0.14
S8D	/	/	24.50	34.71	7.67	7.33	0.62	32.15	0.17
S9D	/	/	24.50	34.45	7.67	7.44	0.32	44.59	0.13
S10D	/	/	23.95	34.57	7.71	7.03	0.49	46.36	0.16
S11D	/	/	24.39	34.51	7.68	7.93	0.55	27.44	0.09
S12D	/	/	24.35	34.45	7.64	7.65	0.63	31.35	0.14
平均值	11.04	1.13	24.40	34.51	7.73	7.57	0.57	26.14	0.13
范围	8.9~14.7	0.8~1.5	23.87~24.65	34.11~35.01	7.45~7.95	7.03~8.02	0.32~0.97	11.52~46.36	0.09~0.17

续表 3-6 调查海水水质调查结果

站号	石油类	悬浮物	重金属					
	(mg/L)	(mg/L)	铜(μg/L)	铅(μg/L)	锌(μg/L)	镉(μg/L)	汞(mg/L)	砷(μg/L)
S1B	0.0305	9.7	1.84	3.4	23.2	0.68	<0.000007	1.18
S2B	0.0342	9.9	2.32	2.24	40.6	4.11	<0.000007	3.76
S3B	0.0425	10.1	1.69	1.43	30.7	4.22	<0.000007	3.36
S4B	0.0186	11.0	1.17	0.18	34.2	4.04	<0.000007	0.21
S5B	0.0394	9.8	2.57	1.92	17.5	<0.03	<0.000007	1.52
S6B	0.0282	9.7	1.15	2.01	26.2	2.52	<0.000007	3.28
S7B	0.0458	10.9	1.17	2.36	34.3	2.89	<0.000007	2.72
S8B	0.0403	10.4	1.99	2.19	38.4	3.31	<0.000007	3.06
S9B	0.0423	9.8	5.59	2.5	35.9	3.28	<0.000007	2.46
S10B	0.0301	11.3	1.51	2.17	24.9	1.69	<0.000007	2.32
S11B	0.0423	10.9	1.44	1.2	31.4	1.45	<0.000007	2.48
S12B	0.0288	10.0	2.38	1.86	29.6	1.59	<0.000007	2.16
S8D	/	10.9	1.55	1.14	27.9	1.18	<0.000007	2.45
S9D	/	13.2	1.51	2.01	25.8	0.79	<0.000007	1.76
S10D	/	11.6	1.88	4.06	35.6	2.31	<0.000007	1.97
S11D	/	11.4	2.78	2.08	33.7	1.12	<0.000007	2.56
S12D	/	11.5	1.38	1.44	23.1	0.93	<0.000007	1.51
平均值	0.0353	10.71	2.00	2.01	30.18	2.26	—	2.28
范围	0.0186~0.0458	9.7~13.2	1.15~5.59	0.18~4.06	17.5~40.6	0.68~4.22	—	0.21~3.76

(2) 评价结果

本次调查水质评价结果见表 3-7。由表可以看出：

调查海域 S1-9 号站位表层溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、磷酸盐、石油类、重金属铜、铅、锌、镉、汞、砷含量均符合第二类海水水质标准，pH 部分超标；调查海域 S10、S11、S12 号站位表层溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、磷酸盐、石油类、

重金属铜、汞、砷含量均符合第一类海水水质标准，pH、重金属铅、锌、镉含量超标。

调查海域 S8、S9 号站位底层溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、磷酸盐、石油类、重金属铜、铅、锌、镉、汞、砷含量均符合第二类海水水质标准，pH 超标，调查海域 S10、S11、S12 号站位底层溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、磷酸盐、石油类、重金属铜、汞、砷含量均符合第一类海水水质标准，pH、重金属铅、锌、镉含量部分超标。

海洋的重金属既有天然的来源，又有人为的来源。天然来源包括地壳岩石风化、海底火山喷发和陆地水土流失将大量的重金属通过河流、大气和直接注入海中，构成海洋重金属的本底值。根据项目周边陆域开发情况，本项目所在海域重金属超标主要原因应该是陆域农业及养殖废水排放所致。

表 3-7 调查海水水质质量指数

站号	pH	DO	COD	无机氮	PO <sub>4</sub> -P	油类	铜	铅	锌	镉	汞	砷	评价标准
S1B	0.57	0.15	0.46	0.04	0.01	0.61	0.18	0.68	0.46	0.14	/	0.04	二类
S2B	<b>1.00</b>	0.24	0.71	0.05	0.01	0.68	0.23	0.45	0.81	0.82	/	0.13	二类
S3B	0.83	0.17	0.52	0.07	0.00	0.85	0.17	0.29	0.61	0.84	/	0.11	二类
S4B	0.69	0.24	0.72	0.09	0.00	0.37	0.12	0.04	0.68	0.81	/	0.01	二类
S5B	0.63	0.24	0.72	0.09	0.00	0.79	0.26	0.38	0.35	/	/	0.05	二类
S6B	<b>2.00</b>	0.13	0.38	0.07	0.00	0.56	0.12	0.40	0.52	0.50	/	0.11	二类
S7B	<b>1.83</b>	0.14	0.42	0.05	0.00	0.92	0.12	0.47	0.69	0.58	/	0.09	二类
S8B	<b>1.17</b>	0.14	0.41	0.10	0.00	0.81	0.20	0.44	0.77	0.66	/	0.10	二类
S9B	<b>1.09</b>	0.32	0.97	0.09	0.00	0.85	0.56	0.50	0.72	0.66	/	0.08	二类
S10B	<b>1.29</b>	0.54	0.24	0.11	0.00	0.60	0.30	<b>2.17</b>	<b>1.25</b>	<b>1.69</b>	/	0.12	一类
S11B	<b>1.26</b>	0.20	0.22	0.11	0.01	0.85	0.29	<b>1.20</b>	<b>1.57</b>	<b>1.45</b>	/	0.12	一类
S12B	<b>1.23</b>	0.25	0.40	0.11	0.01	0.58	0.48	<b>1.86</b>	<b>1.48</b>	<b>1.59</b>	/	0.11	一类
S8D	<b>1.37</b>	0.29	0.21	0.11	0.01	/	0.16	0.23	0.56	0.24	/	0.08	二类
S9D	<b>1.37</b>	0.59	0.11	0.15	0.00	/	0.15	0.40	0.52	0.16	/	0.06	二类
S10D	<b>1.26</b>	0.59	0.25	0.23	0.01	/	0.38	<b>4.06</b>	<b>1.78</b>	<b>2.31</b>	/	0.10	一类
S11D	<b>1.34</b>	0.21	0.28	0.14	0.01	/	0.56	<b>2.08</b>	<b>1.69</b>	<b>1.12</b>	/	0.13	一类
S12D	<b>1.46</b>	0.32	0.32	0.16	0.01	/	0.28	<b>1.44</b>	<b>1.16</b>	0.93	/	0.08	一类
是否超标	部分超标	未超标	未超标	未超标	未超标	未超标	未超标	部分超标	部分超标	部分超标	未超标	未超标	/

注：“/”表示该点位无检测值或检测值低于检测限

## (六) 沉积物环境现状调查表分析与评价

### 1、调查站位

沉积物环境现状调查在项目所在海域附近布设 6 个站位，详见表 3-2 和图 3-7。

## 2、监测项目

粒度、铜、铅、锌、镉、汞、砷、pH、油类、硫化物、有机碳、总氮和总磷共 13 项。

## 3、采样和分析方法

现场调查采样和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范海洋生物调查》(GB12763.6-2007)中规定的方法进行。

表 3-8 海底表层沉积物分析方法一览表

序号	调查项目	样品采集、预处理及保存方法	样品测定方法
1	pH	采集表层样品现场测量	pH 值测定 (电位法)
2	油类	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	紫外分光光度法
3	有机碳	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	重铬酸钾氧化-还原容量法
4	硫化物	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	亚甲基蓝分光光度法
5	铜 (Cu)	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	火焰原子吸收分光光度法
6	铅 (Pb)	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	火焰原子吸收分光光度法
7	锌 (Zn)	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	火焰原子吸收分光光度法
8	镉 (Cd)	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	无火焰原子吸收分光光度法
9	汞 (Hg)	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	原子荧光法
10	砷 (As)	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	原子荧光法
11	总氮	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	凯氏滴定法
12	总磷	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	分光光度法
13	粒度	采集表层样品放置阴暗处低温冷藏	沉积物粒度分析

## 4、评价标准和评价方法

### (1) 评价标准

根据本项目特点,采用《海洋沉积物质量标准》(GB 18668-2002)中相应的沉积物标准进行评价。

### (2) 评价方法

沉积物现状以单因子指数法进行评价,计算方法如下:

$$I_i = C_i / S_i$$

式中:  $I_i$ —— $i$  项评价因子的标准指数;

$C_i$ —— $i$  项评价因子的实测浓度;

$S_i$ —— $i$  项评价因子评价标准。

采用单项指数法计算沉积物质量指数 (与水质量指数相似),沉积物评价因子标准指数  $>1$ ,则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

## 5、调查及评价结果

(1) 海底表层沉积物组成结果

本次调查海底表层沉积物粒度结果如表 3-9 所示。

表 3-9 积物粒度单位：%

样品标识	粒度结果			分类
	0.000~0.004mm	0.004~0.063mm	0.063~2.000mm	
	%	(%)	(%)	
S1	51.24	31.45	17.31	粉砂质粘土
S4	53.24	24.82	21.94	粉砂质粘土
S6	54.43	36.97	8.60	粉砂质粘土
S8	52.44	28.79	18.77	粉砂质粘土
S11	51.43	20.13	28.44	粉砂质砂
S12	53.19	33.25	13.56	粉砂质粘土

项目所在海域调查结果显示海底表层沉积物主要为粉砂质粘土，0.000~0.004mm 的粘土占比较高，另外 S11 站粒度结果显示为粉砂质砂，0.063~2.000mm 的沙粒占比较高。

(2) 海底沉积物调查结果

沉积物调查现状结果见表 3-10。

调查结果显示海底表层沉积物 pH 的变化范围为 7.87~8.15，平均值为 7.95，其中 S1 站最高，S11、S12 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物油类含量的变化范围为 57~137，平均值为 80.65，S6 站最高，S12 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物有机碳含量的变化范围为 0.27~0.66，平均值为 0.44，其中 S12 站含量最高，S8 站含量最低。

调查结果显示海底表层沉积物硫化物含量的变化范围为 0.91~70.8，平均值为 23.18，其中 S4 站最高，S11 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物铜含量的变化范围为 4.6~12.8，平均值为 8.62，其中 S12 站最高，S8 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物铅含量的变化范围为 14.9~18.9，平均值为 17.08，其中 S12 站最高，S8 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物锌含量的变化范围为 36.4~66.7，平均值为 50.77，其中 S12 站最高，S8 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物镉含量未检出。调查结果显示海底表层沉积物汞含量的变化范围为 0.012~0.081，平均值为 0.035，其中 S12 站最高，S4 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物砷含量的变化范围为 5.24~6.62，平均值为 5.87，其中 S12 站最高，S6 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物总氮含量的变化范围为 0.148~0.224，平均值为 0.194，其中 S8 站最高，S1 站最低。

调查结果显示海底表层沉积物总磷含量的变化范围为 0.551~1，平均值为 0.726，其中 S6 站最高，S4 站最低。

**表 3-10 海底表层沉积物调查结果**

站位	pH	油类	有机碳	硫化物	铜	铅	锌	镉	汞	砷	总氮	总磷
S1	8.15	59.1	0.46	33.8	9.8	17.8	55.5	<0.04	0.023	6.04	0.148	0.570
S4	7.96	75.8	0.43	70.8	8.8	17.7	48.7	<0.04	0.012	6.18	0.202	0.551
S6	7.94	137	0.40	19.2	7.7	17.8	46.6	<0.04	0.033	5.24	0.194	1.000
S8	7.89	64.3	0.27	8.89	4.6	14.9	36.4	<0.04	0.014	5.29	0.224	0.587
S11	7.87	90.7	0.44	0.91	8.0	15.4	50.7	<0.04	0.046	5.85	0.206	0.821
S12	7.87	57.0	0.66	5.45	12.8	18.9	66.7	<0.04	0.081	6.62	0.187	0.826
变化范围	7.87~8.15	57~137	0.27~0.66	0.91~70.8	4.6~12.8	14.9~18.9	36.4~66.7	-	0.012~0.081	5.24~6.62	0.148~0.224	0.551~1
平均值	7.95	80.65	0.44	23.18	8.62	17.08	50.77	-	0.035	5.87	0.194	0.726

注：沉积物调查结果单位：mg/kg；有机碳为%；总氮、总磷为 mg/g。

### (3) 海底表层沉积物质量评价

采用《海洋沉积物质量标准》(GB18668-2002)中第一类标准对各站沉积物进行质量评价，评价结果显示，调查海域海底表层沉积物各项评价指标中，石油类、有机碳、硫化物、铜、铅、锌、镉、汞和砷的评价指标均达到第一类海洋沉积物质量标准，未发现超标现象。根据以评价结果得出，项目附近海域海底表层沉积物质量良好，各站位均未发生超一类标准现象。

**表 3-11 海底表层沉积物质量指数**

站号	油类	有机碳	硫化物	铜	铅	锌	镉	汞	砷
S1	0.12	0.23	0.11	0.28	0.30	0.37	-	0.12	0.30
S4	0.15	0.22	0.24	0.25	0.30	0.32	-	0.06	0.31
S6	0.27	0.20	0.06	0.22	0.30	0.31	-	0.17	0.26
S8	0.13	0.14	0.03	0.13	0.25	0.24	-	0.07	0.26
S11	0.18	0.22	0.00	0.23	0.26	0.34	-	0.23	0.29
S12	0.11	0.33	0.02	0.37	0.32	0.44	-	0.41	0.33
质量评价	不超标	不超标	不超标	不超标	不超标	不超标	不超标	不超标	不超标

### (七) 海洋生物质量现状调查分析与评价

#### 1、生物残毒

本次调查在 S4、S11 号站共计 2 个站位采集生物样品共 6 个，所采种类分别为海鲇、多鳞鱮、口虾蛄、猛虾蛄、棒锥螺。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。

## 2、对残毒检测分析方法

测定项目包括铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、汞 (Hg)、砷 (As) 和石油烃 (TPHs)，各项目的测定方法 (表 3-12) 参照海洋监测规范-第 6 部分：生物体分析 (GB17378.6-2007) 及海洋监测技术规程-第 3 部分：生物体 (HY/T147.3-2013)。

**表 3-12 海洋生物质量各检测项目的测定方法与检出限**

检测参数	分析方法	检验方法标准	检出限
Cu	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.3-2013	0.08ug/g
Pb	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.3-2013	0.03ug/g
Zn	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.3-2013	1.66ug/g
Cd	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.3-2013	0.03ug/g
Hg	原子荧光法	GB17378.6-2007	0.002mg/kg
As	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.3-2013	0.10ug/g
TPHs	荧光分光光度法	GB17378.6-2007	0.30mg/kg

## 3、残毒评价方法

海洋生物质量中鱼类、甲壳类、棒锥螺 (以软体类评价) 样品残毒 (除石油烃外) 的评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册) 中规定的生物质量标准。

**表 3-13 生物质量评价各评价因子及其评价标准 (mg/kg, 湿重)**

生物类别	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	TPHs
鱼类	20	2	40	0.6	0.3	/	20
甲壳类	100	2	150	2	0.2	/	20
软体类	100	10	250	5.5	0.3	/	20

### (1) 超标率计算

$$POS (\%) = \frac{SC}{TSC} \times 100$$

式中：

POS——超标率；

SC——超标的样品数；

TSC——总样品数。

### (2) 质量指数

采用单项因子质量指数法进行评价，评价因子质量指数计算公式为：

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

式中：

$Q_{ij}$ —站  $j$  评价因子  $i$  的标准指数；

$C_{ij}$ —站  $j$  评价因子  $i$  的实测值；

$C_{oi}$ —评价因子  $i$  的评价标准值。

#### 4、生物体污染物检测结果

从调查监测结果看，在 S4、S11 号站共计 2 个站位所采集的 6 份海洋生物体中，鱼类样品 Cu、Pb、Zn、As 及 TPHs 检出率为 100%，Cd 和 Hg 检出率为 0.00%。甲壳类样品 Cu、Pb、Zn、Cd、As 和 TPHs 检出率为 100%，Hg 检出率为 50.00%。棒锥螺样品 Cu、Pb、Zn、Cd、As 和 TPHs 检出率为 100%，Hg 检出率为 0.00%。

各站分别按鱼类、甲壳类、软体类样品检测值平均，Cu、As 含量由高到低为甲壳类、软体类、鱼类；Pb 含量由高到低为软体类、鱼类、甲壳类；Zn 含量由高到低为软体类、甲壳类、鱼类；TPHs 含量由高到低为鱼类、甲壳类、贝类。Cd 含量甲壳类高于软体类，鱼类未检出，Hg 含量鱼类和软体类未检出，仅甲壳类检出。

**表 3-14 鱼类生物体污染物检测结果**

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	TPHs
S4	海鲗	0.40	0.06	13.90	<0.03	<0.002	2.94	4.20
S11	多鳞鱮	0.52	0.09	6.35	<0.03	<0.002	1.25	4.02
平均		0.46	0.075	10.13	-	-	2.10	4.11
检出率 (%)		100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00

**表 3-15 甲壳类生物体污染物检测结果**

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	TPHs
S4	猛虾蛄	8.89	0.07	21.40	0.62	0.003	9.28	4.13
S11	口虾蛄	19.90	0.07	21.70	1.13	<0.002	11.50	2.57
平均		14.40	0.07	21.55	0.88	0.003	10.39	3.35
检出率 (%)		100.00	100.00	100.00	100.00	50.00	100.00	100.00

**表 3-16 软体类生物体污染物检测结果**

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	TPHs
S4	棒锥螺	12.10	0.45	30.60	0.20	<0.002	2.94	3.23
S11	棒锥螺	6.61	0.31	17.9	0.22	<0.002	2.59	3.08
平均		9.36	0.38	24.25	0.21	-	2.77	3.16
检出率 (%)		100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00

#### 5、生物体质量评价

本次调查，在 S4、S11 号站共计 2 个站位所采集的 6 份海洋生物体中，依据评价标准，整体来看，鱼类、甲壳类、软体类均达到相应评价标准，未有超标现象。

表 3-17 鱼类生物质量指数

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	TPHs
S4	海鲇	0.02	0.03	0.35	-	-	/	0.21
S11	多鳞鱖	0.03	0.05	0.16	-	-	/	0.20
平均		0.02	0.04	0.25	-	-	/	0.21
超标率 (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用-表示，不予评价的残毒因子的质量指数用/表示。

表 3-18 甲壳类生物质量指数

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	TPHs
S4	猛虾蛄	0.09	0.04	0.14	0.31	0.02	/	0.21
S11	口虾蛄	0.20	0.04	0.14	0.57	-	/	0.13
平均		0.14	0.04	0.14	0.44	0.02	/	0.17
超标率 (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用-表示，不予评价的残毒因子的质量指数用/表示。

表 3-19 软体类生物质量指数

站位	种类	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	TPHs
S4	棒锥螺	0.12	0.05	0.12	0.04	-	/	0.16
S11	棒锥螺	0.07	0.03	0.07	0.04	-	/	0.15
平均		0.09	0.04	0.10	0.04	-	/	0.16
超标率 (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：低于检出限的残毒因子的质量指数均用-表示，不予评价的残毒因子的质量指数用/表示。

## (八) 海洋生态环境现状调查与评价

### 1、调查和分析方法

采集和分析均按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范-海洋生物调查》(GB12763.6-2007)中规定的方法进行。在调查海域布设的调查站位现场采集叶绿素、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物样品。

用容积为 5L 的有机玻璃采水器，采集表层及底层 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 a 的含量（引用标准：GB12763-1991）。浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物样品用药品固定，加入量为样品体积的 5%，带回实验室分析鉴定和计数。测定分析种类组成、数量、分布、多样性指数和均匀度。

优势度计算采用如下公式：

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

式中： $n_i$ 为第  $i$  种的个体数；

$f_i$ 是该种在各站中出现的频率；

$N$  为所有站每个种出现的总个体数。

优势度越大，说明该种在生态中所占的优势越高。

采用 Shannon-Weaner 指数测定浮游植物的多样性指数，其计算公式为：

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

式中： $H'$  —— 种类多样性指数

$S$  —— 样品中的种类总数

$P_i$  —— 第  $i$  种的个体数与总个体数的比值。

采用 Pielou 均匀度测定浮游植物的均匀度，其公式为：

$$J = H' / \log_2 S$$

式中： $J$  —— 均匀度；

$H'$  —— 种类多样性指数；

$S$  —— 样品中的种类总数。

#### 叶绿素：

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：

$$P = Ca QLt/2$$

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

$Ca$  —— 表层叶绿素 a 含量 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )；

$Q$  —— 同化系数 ( $\text{mg C}/(\text{mg Chl-a h})$ )，根据以往调查结果，这里取 3.42；

$L$  —— 真光层的深度 ( $\text{m}$ )；

$t$  —— 白昼时间 ( $\text{h}$ )，根据调查时间，这里取 12。

#### 浮游植物：

利用浮游生物浅水 III 型浮游生物网，网口面积  $0.1\text{m}^2$ ，采用垂直拖网法，站位绳长范围均为  $10.0\text{m}$ 。样品现场用福尔马林固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框，整片计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方米多少个细胞数表示 ( $\text{cells}/\text{m}^3$ )。

#### 浮游动物：

样品用中性甲醛溶液固定，加入量为样品体积的 5%，带回实验室分析鉴定和计数。测定分析种类组成、数量、分布、优势度、多样性指数和均匀度。

### 底栖生物:

样品用中性甲醛溶液固定,加入量为样品体积的 5%,带回实验室分析鉴定和计数,测定分析种类组成、数量、分布、多样性指数和均匀度指数等。

### 鱼卵仔鱼:

采集网具为浅水I型浮游生物网,进行水平采集,捕获样品及时用 5%甲醛溶液固定,带回实验室整理,将鱼卵和仔鱼标本挑出,鉴定其种类,并作定性定量分析。

## 2、调查结果

### (1) 叶绿素 a 和初级生产力

本项目海域 2021 年 9 月份叶绿素和初级生产力的调查结果显示,本次调查海域,表层叶绿素 a 含量的变化范围为 0.207~0.322mg/m<sup>3</sup>,平均值为 0.258mg/m<sup>3</sup>,表层叶绿素 a 含量最高出现于 S1 号站 (0.322mg/m<sup>3</sup>),其次为 S9 号站 (0.314mg/m<sup>3</sup>),最低出现于 S10 号站 (0.207mg/m<sup>3</sup>)。底层叶绿素 a 含量的变化范围为 0.185~0.313mg/m<sup>3</sup>,平均值为 0.255mg/m<sup>3</sup>,底层叶绿素 a 含量最高出现于 S11 号站 (0.313mg/m<sup>3</sup>),其次为 S12 号站 (0.293mg/m<sup>3</sup>),最低出现于 S10 号站 (0.185mg/m<sup>3</sup>)。

调查海域叶绿素 a 含量的平面分布有一定的差异,水平分布总体表现为无规则的变化状态,表层叶绿素最高值约为最低值的 1.56 倍,底层叶绿素最高值约为最低值的 1.69 倍。总体而言,调查海域叶绿素 a 含量偏低。

本次调查海域,初级生产力水平的变化范围为 11.032~23.848mg·C/m<sup>2</sup>·d,平均值为 17.625 mg·C/m<sup>2</sup>·d,其中 S11 号站初级生产力水平最高 (23.848 mg·C/m<sup>2</sup>·d),其次为 S9 号站 (23.196 mg·C/m<sup>2</sup>·d),S6 号站初级生产力水平最低 (11.032 mg·C/m<sup>2</sup>·d)。

初级生产力分布状况与叶绿素 a 的平面分布情况有所差异,初级生产力最高值约为最低值的 2.16 倍。

总体而言,就调查海域叶绿素 a 与初级生产力分布的最低站位及最高站位及整体变化趋势来说,两者的分布状况存在一定差异,两者的水平变化均呈现无规则的分布状况。综合分析显示,调查海域的叶绿素 a 含量及初级生产力水平偏低。

表 3-20 叶绿素 a (mg/m<sup>3</sup>) 调查结果和初级生产力 (mg·C/m<sup>2</sup>·d) 分析结果

调查站位	叶绿素a		初级生产力
	表层	底层	
S1	0.322	-	17.840
S2	0.309	-	15.218
S3	0.239	-	14.713
S4	0.245	-	22.623

S5	0.272	-	16.744
S6	0.224	-	11.032
S7	0.245	-	12.066
S8	0.209	0.205	15.439
S9	0.314	0.278	23.196
S10	0.207	0.185	19.114
S11	0.298	0.313	23.848
S12	0.213	0.293	19.668
范围	0.207~0.322	0.185~0.313	11.032~23.848
均值	0.258	0.255	17.625

## (2) 浮游植物

### ①浮游植物密度和分布

调查结果显示，牧场区 S1~S9 站平均密度为  $121.53 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，变化范围为  $107.20 \times 10^4 \sim 138.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，最高值为最低值的 1.3 倍，其中 S2 号站密度最高，其次为 S6 号站，S4 号站为最低；对照区站 S11、S12 平均密度为  $122.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，分别为  $120.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 、 $124.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，高于牧场区的均值。

牧场区以硅藻类占显著优势，平均密度为  $110.20 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占牧场区总密度的 90.67%；对照区以硅藻占显著优势，平均密度为  $109.20 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占对照区平均密度的 89.51%。甲藻类在整个调查海域密度均属其次，牧场区平均密度为  $9.20 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占牧场区总密度的 7.57%；对照区甲藻平均密度为  $10.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，在对照区平均密度所占的百分比为 8.20%。其它藻类数量最少，占的比例最低，牧场区平均密度为  $2.13 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占牧场区总密度的 1.76%。

表 3-21 浮游植物密度、分布及组成（单位： $\times 10^4 \text{cells/m}^3$ ）

站点	小计	其中		
		硅藻	甲藻	其它
S1	125.60	112.00	10.80	2.80
S2	138.00	127.20	9.20	1.60
S4	107.20	97.20	7.20	2.80
S6	126.40	112.80	12.40	1.20
S8	112.80	107.60	4.00	1.20
S9	119.20	104.40	11.60	3.20
S1~S9 牧场区平均	121.53	110.20	9.20	2.13
S11	120.00	108.80	9.20	2.00
S12	124.00	109.60	10.80	3.60
S11、S12 对照区平均	122.00	109.20	10.00	2.80

### ②浮游植物的种类组成

本次浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻、黄藻和金藻共 5 大门类 19 科 82 种。其中硅藻门的种类最多，有 9 科 59 种，占总种类数的 71.95%；其次是甲藻门，有 5 科 16 种，占总种类数的 19.51%；蓝藻类有 2 科 4 种，占 4.88%；黄藻类有 2 科 2 种，占总种类数的 2.44%；金藻类有 1 科 1 种，占总种类数的 1.22%。最多主要是硅藻类的角毛藻属，出现 12 种，其次是甲藻类的角藻属，出现 8 种，而硅藻类的根管藻属，出现 7 种。

表 3-22 浮游植物种类分类统计

门类	科数	种类数(含个别未定种的属)	属或种类所占比例(%)
硅藻	9	59	71.95
甲藻	5	16	19.51
蓝藻	2	4	4.88
黄藻	2	2	2.44
金藻	1	1	1.22
合计	19	82	100.00

硅藻类出现的主要代表种有中肋骨条藻、美丽漂流藻、窄隙角毛藻、尖刺菱形藻、旋链角毛藻、菱形海线藻、伏氏海毛藻、日本星杆藻、中肋骨条藻、窄隙角毛藻、变异辐杆藻、蛇目圆筛藻、布氏双尾藻、洛氏角毛藻、拟弯角毛藻、笔尖形根管藻、柔弱菱形藻和菱软几内亚藻等，这些种类在本海域分布广泛，有一定数量，是构成本海域浮游植物群落的主要组成部分。

本海区本次调查甲藻类的种类也较多，主要的代表种有夜光藻、三叉角藻、短角角藻、海洋多甲藻、具尾鳍藻、短角角藻、扁平多甲藻、叉角藻、纺锤角藻和大角角藻等，出现频率较高，有一定密度。

出现的蓝藻类为中华尖头藻、颤藻、螺旋藻和铁氏束毛藻，黄藻类出现了小型黄丝藻和绿海球藻，而金藻类则出现了小等刺硅鞭藻，数量较低。

### ③生物多样性及均匀度

本次调查中，牧场区 S1~S9 站位样方内浮游植物平均出现种类数为 26 种，种类多样性指数分布范围在 3.29~3.83 之间，平均为 3.58。多样性指数方面，最高出现在 S9 号采样站，其次出现在 S6 号采样站，最低出现在 S8 号采样站。种类均匀度方面，其分布范围在 0.65~0.80 之间，平均为 0.74，最高出现在 S9 号采样站，最低出现在 S4 号采样站。

对照区 S11、S12 站平均出现种类数为 27 种，种类多样性指数分别为 3.71 和 3.44，平均为 3.57，略低于牧场区的均值，种类均匀度分别为 0.76 和 0.74，平均为 0.75，略

高于牧场区的均值。

表 3-23 浮游植物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	采样水柱内藻类细胞数(cells)	多样性指数( $H'$ )	均匀度( $J$ )
S1	24	314	3.60	0.79
S2	26	345	3.48	0.74
S4	27	268	3.59	0.65
S6	27	316	3.70	0.78
S8	24	282	3.29	0.72
S9	28	298	3.83	0.80
S1~S9 牧场区平均	26	304	3.58	0.74
S11	29	300	3.71	0.76
S12	25	310	3.44	0.74
S11、S12 对照区平均	27	305	3.57	0.75

④优势种

以优势度(Y)大于 0.02 为判断标准,本调查水域在调查期间浮游动物的优势种是尖刺菱形藻、洛氏角毛藻、窄隙角毛藻、旋链角毛藻和中肋骨条藻所组成,其优势度指数在 0.02~0.21 之间。本调查海区浮游植物的最大优势种是中肋骨条藻,主要分布在 S1、S2、S4、S6、S8、S11 和 S12 采样站,旋链角毛藻主要分布在 S2、S8 和 S11 采样站,窄隙角毛藻主要分布在 S1 和 S9 采样站,洛氏角毛藻主要分布在 S6、S9、S12 采样站,尖刺菱形藻主要分布在 S2 和 S11 采样站。

表 3-24 浮游植物各站位主要优势种及优势度指数

优势种中文名称	拉丁文	优势度
尖刺菱形藻	<i>Nitzschia pungens</i> Grunow	0.02
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0.03
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	0.04
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0.09
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cleve	0.21

(3) 浮游动物

①种类组成

本次调查的浮游动物经鉴定 7 个生物类群,共 40 种,其中水母类 2 种,枝角类 3 种,介形类 2 种,桡足类 19 种,樱虾类 3 种,毛颚类 4 种,浮游幼虫类 7 种。本次调查浮游动物以沿岸和近岸的广布种为主,呈现显著的热带—亚热带种群区系特征,如桡足类的中华哲水蚤、小拟哲水蚤、亚强次真哲水蚤、驼背隆哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、丹氏纺锤水蚤、浮游幼虫类的桡足类幼虫和短尾类溞状幼虫等。

②生物量、密度及分布

据本次调查,礁区采样站浮游动物生物量分布不均匀, S1、S2、S4、S6、S8、S9

牧场区变化幅度为 335.00~482.00mg/m<sup>3</sup>，平均生物量为 399.08mg/m<sup>3</sup>；S11、S12 对照区平均生物量为 413.10mg/m<sup>3</sup>。在密度方面，S1、S2、S4、S6、S8、S9 牧场区变化幅度为 448.50~631.00ind/m<sup>3</sup>，平均密度为 530.58ind/m<sup>3</sup>；S11、S12 对照区平均密度为 430.21ind/m<sup>3</sup>。在整个调查区中，生物量最高为 482.00 mg/m<sup>3</sup>，出现在 S9 号采样站，其次为 465.5 mg/m<sup>3</sup>，出现在 S8 号采样站，最低为 335.00mg/m<sup>3</sup>，出现在 S1 号采样站，最高生物量是最低生物量的 1.44 倍。而最高密度为 631.00ind/m<sup>3</sup>，出现在 S9 号采样站，其次为 609.00ind/m<sup>3</sup>，出现在 S8 号采样站，最低密度为 400.42ind/m<sup>3</sup>，出现在 S11 号采样站，最高密度是最低密度的 1.58 倍。

表 3-25 浮游动物生物量及密度

站位	生物量mg/m <sup>3</sup>	密度ind/m <sup>3</sup>
S1	335.00	448.50
S2	412.00	530.50
S4	344.00	475.00
S6	356.00	489.50
S8	465.50	609.00
S9	482.00	631.00
S1~S9 牧场区平均	399.08	530.58
S11	421.00	400.42
S12	405.20	460.00
S11、S12 对照区平均	413.10	430.21

### ③浮游动物主要类群分布

#### 桡足类：

桡足类平均密度为 367.16ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总个体数的 74.13%，是本海域浮游动物的主要组成部分，成为主导本海域浮游动物数量的主要类群。其中主要分布于 S9 号采样站，密度为 476.00ind/m<sup>3</sup>，其次是 S8 号采样站，密度为 447.00ind/m<sup>3</sup>，其余 6 个采样站的密度在 276.25~375.00ind/m<sup>3</sup> 的范围之间变化。

#### 浮游幼虫类：

浮游幼虫类平均密度为 79.24ind/m<sup>3</sup>，占浮游动物总个体数的 15.11%。其中最为密集分布于 S2 号采样站，密度为 92.00ind/m<sup>3</sup>，其次是 S6 号采样站，密度 83.50ind/m<sup>3</sup>，其余 6 个采样站的密度在 71.50~81.00ind/m<sup>3</sup> 的范围之间变化。

其他种类如水母类、樱虾类、毛颚类和介形类等，它们大部分属沿岸和近岸区系的普通种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域内分布也较为广泛。

### ④生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各站位浮游动物的总种数、总个体数以及生物多样性指数和均匀度

的情况为：S1、S2、S4、S6、S8、S9 牧场区平均出现总种数为 29 种，平均出现个体数量为 1061 个，S11、S12 对照区平均出现总种数为 27 种，平均出现个体数量为 941 个；生物多样性指数 S1、S2、S4、S6、S8、S9 牧场区分布范围为 4.21~4.71 之间，平均为 4.39，最高出现在 S6 号采样站，其次出现在 S1 号采样站，而 S11、S12 对照区的平均生物多样性指数为 4.20；种类均匀度的分布趋势与多样性指数相似，S1、S2、S4、S6、S8、S9 牧场区分布范围为 0.85~0.99 之间，平均为 0.91，最高出现在 S6 号采样站，其次出现在 S1 号采样站，而 S11、S12 对照区的平均均匀度为 0.88。

表 3-26 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	总种数	总个体数	多样性指数 $H'$	均匀度 $J$
S1	30	897	4.51	0.92
S2	30	1061	4.40	0.90
S4	26	950	4.21	0.90
S6	27	979	4.71	0.99
S8	28	1218	4.26	0.89
S9	32	1262	4.26	0.85
S1~S9 牧场区平均	29	1061	4.39	0.91
S11	25	961	4.24	0.91
S12	30	920	4.16	0.85
S11、S12 对照区平均	27	941	4.20	0.88

⑤优势种及其分布

以优势度 $\geq 0.02$  为判断标准，本调查水域在调查期间浮游动物的优势种是由小拟哲水蚤、丹氏纺锤水蚤、驼背隆哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、亚强次真哲水蚤、中华哲水蚤和浮游幼虫类的桡足类幼虫所组成，其优势度指数在 0.04~0.15 之间。本调查海域的最大优势种是桡足类的小拟哲水蚤，主要分布在 S8 和 S9 号采样站，丹氏纺锤水蚤主要分布在 S2 和 S8 号采样站，驼背隆哲水蚤和瘦尾胸刺水蚤都主要分布在 S8 和 S9 号采样站，亚强次真哲水蚤主要分布在 S4 和 S8 号采样站，中华哲水蚤主要分布在 S6 和 S11 号采样站，桡足类幼虫主要分布在 S2、S8 和 S11 号采样站。

表 3-27 浮游动物的优势种及优势度

优势种中文名称	拉丁文	优势度
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)	0.15
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson & Scott	0.10
亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i> (Giesbrecht)	0.09
驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i> Giesbrecht	0.09
中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	0.08
桡足类幼虫	Copepoda larva	0.07
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i> Giesbrecht	0.04

#### (4) 底栖生物

##### ①种类组成

本次底栖生物的定量调查, 出现包括纽形动物、环节动物、星虫动物、蠕虫动物、软体动物、节肢动物和棘皮动物共 7 门 22 科 25 种。其中软体动物 8 科 9 种, 占总种类数的 36.00%; 环节动物 7 科 8 种, 占总种类数的 32.00%; 节肢动物 3 科 4 种, 占总种类数的 16.00%; 纽形动物、星虫动物、蠕虫动物、棘皮动物各 1 科 1 种, 各占总种类数的 4.00%。

##### ②优势种和优势度

本次调查, 出现的 25 种生物中, 优势度在 0.02 以上的优势种有 6 种, 分别为虹光亮樱蛤、粗帝汶蛤、短吻铲荚蛭、戴氏脑纽虫、光滑倍棘蛇尾和中华内卷齿蚕, 这 6 种生物出现站位数和出现数量范围分别为 3~4 站和 7~43 个, 优势度范围为 0.0221~0.1186; 其他 19 种生物出现站位数和数量范围分别为 1~4 站和 1~7 个, 优势度均小于 0.02。

##### ③生物量及栖息密度

本次调查, 底栖生物的平均生物量为 52.78g/m<sup>2</sup>, 平均栖息密度为 170.00 个/m<sup>2</sup>。生物量的组成以软体动物最高, 生物量为 33.35g/m<sup>2</sup>, 占总生物量的 63.19%; 其次是星虫动物, 生物量为 6.66g/m<sup>2</sup>, 占总生物量的 12.62%; 其他 5 类生物的生物量较低, 均未超过总生物量的 8.00%。栖息密度方面, 以软体动物较高, 栖息密度 88.75 个/m<sup>2</sup>, 占总栖息密度的 55.21%; 其次为环节动物, 占总栖息密度的 22.06%; 其他 5 类生物的生物量相对较低, 均未超过总栖息密度的 7.00%。

表 3-28 底栖生物的平均生物量及栖息密度

项目	环节动物	棘皮动物	纽形动物	节肢动物	软体动物	蠕虫动物	星虫动物	总计
生物量 (g/m <sup>2</sup> )	2.68	2.90	0.80	3.74	33.35	2.65	6.66	52.78
生物量比例 (%)	5.07	5.50	1.52	7.08	63.19	5.02	12.62	100.00
栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	37.50	11.25	8.75	8.75	88.75	10.00	5.00	170.00
栖息密度比例 (%)	22.06	6.62	5.15	5.15	52.21	5.88	2.94	100.00

本次调查, 各站位底栖生物的生物量差异较大, 最高生物量出现在 S11 号站, 其生物量为 165.80g/m<sup>2</sup>; 最低的是 S2 号站, 为 4.80g/m<sup>2</sup>; 最高生物量是最低生物量的 34.54 倍。栖息密度方面, 最高出现在 S9 号站, 为 480.00 个/m<sup>2</sup>; 最低栖息密度出现在 S1 号站, 为 70.00 个/m<sup>2</sup>; 最高栖息密度是最低栖息密度的 6.86 倍。

表 3-29 底栖生物的生物量及栖息密度分布

站位	项目	环节动物	棘皮动物	纽形动物	节肢动物	软体动物	昆虫动物	星虫动物	总计
S1	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.80	0.00	1.20	0.00	45.30	3.90	0.00	51.20
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	20.00	0.00	10.00	0.00	30.00	10.00	0.00	70.00
S2	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	3.80	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	4.80
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	90.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	100.00
S4	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	1.30	0.00	0.50	0.00	8.60	8.10	0.00	18.50
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	30.00	0.00	10.00	0.00	10.00	40.00	0.00	90.00
S6	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	1.90	3.60	0.00	6.00	15.60	0.00	0.00	27.10
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	10.00	20.00	0.00	20.00	100.00	0.00	0.00	150.00
S8	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	4.80	0.00	0.00	3.20	19.10	0.00	0.00	27.10
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	60.00	0.00	0.00	10.00	140.00	0.00	0.00	210.00
S9	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	8.80	0.00	1.50	0.00	93.10	0.00	0.00	103.40
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	90.00	0.00	20.00	0.00	370.00	0.00	0.00	480.00
S11	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.00	10.90	3.20	16.50	82.90	6.20	46.10	165.80
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	0.00	40.00	30.00	20.00	40.00	20.00	20.00	170.00
S12	生物量 (g/m <sup>2</sup> )	0.00	8.70	0.00	3.20	2.20	3.00	7.20	24.30
	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	0.00	30.00	0.00	10.00	20.00	10.00	20.00	90.00

④生物多样性指数及均匀度

本次调查, 采泥底栖生物多样性指数变化范围在 1.7710~2.9842, 平均为 2.2839; 均匀度分布范围在 0.6593~0.9755, 平均为 0.8551。

表 3-30 底栖生物的多样性指数及均匀度

站位	种类数 (种)	个体数 (个)	多样性指数(H)	均匀度指数(J)
S1	6	7	2.5216	0.9755
S2	5	10	1.7710	0.7627
S4	5	9	2.0588	0.8867
S6	6	15	2.0402	0.7893
S8	7	21	2.4983	0.8899
S9	8	48	1.9778	0.6593
S11	9	17	2.9842	0.9414
S12	6	9	2.4194	0.9359
平均	6.50	17.00	2.2839	0.8551

(5) 鱼卵和仔稚鱼

①鱼卵和仔鱼的种类组成及数量分布

本次水平拖网调查, 共捕获鱼卵 345ind、仔稚鱼 63ind; 经鉴定隶属于 1 门 8 科 13 种。捕获的鱼卵和仔稚鱼基本上属于沿岸浅海性鱼类, 主要是石首鱼科、鮡科、马鲛科、鱚科、舌鳎科、天竺鲷科、鰕虎鱼科、金线鱼科。

本次水平拖网调查, 捕获鱼卵 345 ind, 分属 8 科 9 种, 分别为石首鱼科叫姑鱼属

(未定种) 50ind 和白姑鱼属(未定种) 37ind、马鲛科马鲛属(未定种) 57ind、鰺科鰺科(未定种) 53ind、鲭科李氏鲭47ind、舌鳎科舌鳎属(未定种) 34ind、天竺鲷科天竺鲷属(未定种) 32ind、鰕虎鱼科鰕虎鱼科(未定种) 19ind、金线鱼科金线鱼属(未定种) 16ind。

本次水平拖网调查, 捕获仔稚鱼 63ind, 分属 3 科 4 种, 分别为石首鱼科白姑鱼 18ind 金额皮氏叫姑鱼 17ind、鰺科尖吻鰺 18ind、马鲛科六指马鲛 10ind。

本次垂直拖网调查, 共捕获鱼卵 12ind、仔稚鱼 6ind; 经鉴定隶属于 1 门 5 科 8 种。捕获的鱼卵和仔稚鱼基本上属于沿岸浅海性鱼类, 主要是石首鱼科、鰺科、鲭科、鰕虎鱼科、马鲛科。

本次垂直拖网调查, 捕获鱼卵 12ind, 分属 5 科 6 种, 分别为石首鱼科叫姑鱼属(未定种) 4ind 和白姑鱼属(未定种) 2ind、鰺科鰺科(未定种) 3ind、鲭科李氏鲭1ind、鰕虎鱼科鰕虎鱼科(未定种) 1ind、马鲛科马鲛属(未定种) 1ind。

本次垂直拖网调查, 捕获仔稚鱼 6ind, 分属 2 科 2 种, 分别为石首鱼科皮氏叫姑鱼 3ind、鰺科尖吻鰺 3ind。

②密度分布

**鱼卵的密度分布:**

本次水平拖网调查, 整个调查海区鱼卵捕获数量范围为 12~87ind/net, 平均为 43.13ind/net。

**表 3-31 水平拖网调查各采样站鱼卵的密度分布**

站号	数量(ind/net)
S1	54
S2	36
S4	53
S6	55
S8	12
S9	87
S11	21
S12	27
平均	43.13

本次垂直拖网调查, 鱼卵捕获数量范围为 1~4ind/net, 平均为 1.50ind/net; 密度变化范围为  $340 \times 10^{-3} \sim 1653 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ , 平均为  $680 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ , 最高出现在 S9 站位。

表 3-32 垂直拖网调查各采样站鱼卵的密度分布

站号	数量(ind/net)	滤水量 (m <sup>3</sup> )	密度( $\times 10^{-3}$ ind/m <sup>3</sup> )
S1	1	1.80	556
S2	1	1.82	549
S4	2	1.90	1053
S6	1	1.84	543
S8	1	2.82	355
S9	4	2.42	1653
S11	1	2.58	388
S12	1	2.94	340
平均	1.50	2.27	680

仔稚鱼的密度分布:

本次水平拖网调查, 整个调查海区鱼卵捕获数量范围为 12~87ind/net, 平均为 43.13ind/net。

表 3-33 水平拖网调查各采样站仔稚鱼的密度分布

站号	数量(ind/net)
S1	44
S2	4
S4	0
S6	2
S8	1
S9	7
S11	3
S12	2
平均	7.88

本次垂直拖网调查, 仔稚鱼捕获数量范围为 0~2ind/net, 平均为 0.75ind/net; 密度变化范围为  $0 \times 10^{-3} \sim 1111 \times 10^{-3}$ ind/m<sup>3</sup>, 平均为  $372 \times 10^{-3}$ ind/m<sup>3</sup>。

表 3-34 垂直拖网调查各采样站仔稚鱼的密度分布

站号	数量(ind/net)	滤水量 (m <sup>3</sup> )	密度( $\times 10^{-3}$ ind/m <sup>3</sup> )
S1	2	1.80	1111
S2	1	1.82	549
S4	0	1.90	0
S6	1	1.84	543
S8	0	2.82	0
S9	0	2.42	0
S11	2	2.58	775
S12	0	2.94	0
平均	0.75	2.27	372

### 鱼卵仔稚鱼的总密度分布：

本次水平拖网调查，整个调查海区鱼卵、仔稚鱼总捕获数量范围为 13~98ind/net，平均为 51.00ind/net，最高出现在 S1 站位。

表 3-35 水平拖网调查各采样站鱼卵仔稚鱼总密度分布

站号	数量(ind/net)
S1	98
S2	40
S4	53
S6	57
S8	13
S9	94
S11	24
S12	29
平均	51.00

本次垂直拖网调查，鱼卵仔稚鱼捕获数量范围为 1~4ind/net，平均为 2.25ind/net；密度变化范围为  $340 \times 10^{-3} \sim 1667 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ ，平均为  $1052 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ ，最高出现在 S1 号站位。

表 3-36 垂直拖网调查各采样站鱼卵仔稚鱼总密度分布

站号	数量(ind/net)	滤水量 ( $\text{m}^3$ )	密度 [ $\times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ ]
S1	3	1.80	1667
S2	2	1.82	1099
S4	2	1.90	1053
S6	2	1.84	1087
S8	1	2.82	355
S9	4	2.42	1653
S11	3	2.58	1163
S12	1	2.94	340
平均	2.25	2.27	1052

### (九) 渔业资源

本项目海域游泳生物调查种类包括鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类等游泳生物概况、游泳生物现状特征、分布特点、多样性特征，重要游泳生物物种的生态习性、种类与分布情况，进行渔业资源评估等。

本次游泳生物调查租用单拖渔船进行。调查使用的网具为底拖网，网口宽 2.3m。

#### 1、调查与采样

游泳生物调查使用的网具为虾拖网。在各计划采样站位拖网采样 1 次，调查船在

到调查站位前约 1~2 海里放网，S2 号站放网 2 张，其余 7 站均每站放网 1 张，向预定站位方向拖曳 15 分钟，拖网时间的计算，从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起（为拖网开始时间）至停船起网绞车开始收曳纲时（为起网时间）止。每网次采样均分别测定和记录放网和起网时间、船位（经纬度）、平均拖速（节）和水深等参数。各网次采样的拖速按生产习惯拖速，尽量保持恒定，记取平均拖速。

各站位渔获样品在现场进行分析和测定。渔获样品较少（<20kg）时，将全部样品进行分析测定；渔获物较多时，先挑出大个体和稀有种类的样品，其余小杂鱼样品随机取样，再进行分析测定。各站位的游泳生物渔获样品均鉴定到种。渔获样品的分析按站位进行，分别测定和记录各渔获种类的重量、尾数和体长范围、体重范围，对各站位的主要经济种类进行生物学测定。

## 2、分析处理

采样记录和样品分析数据经整理、核对和种名编码后采用 Excel 电子表格录入。录入数据在进行初步处理后进行计算和分析。将渔获物分为鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类等生物类型进行分析。以各站位各种类的渔获数据为基础，计算各站位、各种类的渔获组成、渔获率及渔业资源密度等参数。研究游泳生物种类如鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类的种类组成、生物量组成、数量分布、优势度、多样性指数、均匀度、经济种类的分布及生物学特性，进行渔业资源评估等。

游泳生物资源密度采用底拖网扫海面积法（Shindo, 1973 转引自 Aoyama, 1973; Nguyen, 2005）估算。计算公式为：

$$d = \frac{y}{vl} \cdot \frac{1}{(1-E)}$$

式中： $d$  为资源密度； $y$  为拖网渔获率； $v$  为平均拖速； $l$  为网口宽度（； $E$  为逃逸率（取 0.5）。

## 3、渔业资源种类组成

### （1）种类组成和分布

本项目海域调查游泳生物拖网采样，调查调查 8 站位，有效站位 8 次，共捕获渔业资源游泳生物种类 10 目 25 科 34 属 54 种，其中鱼类的种类最多，达 22 种、占总种数的 40.74%，虾类 10 种、占总种数的 18.52%，蟹类 16 种、占总种数的 29.63%，虾蛄类 4 种、占总种数的 7.41%，头足类 2 种，占总种数的 3.70%。

表 3-37 游泳生物调查渔获种类数

游泳生物类群	种	属	科	目
鱼类	22	18	16	6
虾类	10	6	2	1
蟹类	16	6	4	
虾蛄类	4	2	1	1
头足类	2	2	2	2
合计	54	34	25	10

表 3-38 各站位各类游泳生物渔获种数分布

站位	总渔获(种)	鱼类(种)	虾类(种)	蟹类(种)	虾蛄类(种)	头足类(种)
S1	16	3	2	7	4	0
S2	17	6	1	6	3	1
S4	25	9	7	3	4	2
S6	16	4	2	6	4	0
S8	15	3	4	5	3	0
S9	16	3	3	7	3	0
S11	17	9	2	3	3	0
S12	16	5	2	6	3	0
合计	54	22	10	16	4	2

调查各站位总渔获种数范围为 15~25 种，平均每站位渔获 17 种，最低渔获种数出现在 S8 号站位，最高渔获种数出现在 S4 号站位。鱼类出现 8 个站位，出现站位渔获种数范围为 3~9 种，各站位平均渔获 5 种，最低渔获种数出现在 S1、S8、S9 号站位，最高渔获种数出现在 S4 和 S11 号站位。虾类出现 8 个站位，出现站位渔获种数范围为 1~7 种，各站位平均渔获 3 种，最低渔获种数出现在 S2 号站位，最高渔获种数出现在 S4 号站位。蟹类出现 8 个站位，出现站位渔获种数范围为 3~7 种，各站位平均渔获 5 种，最低渔获种数出现在是 S4 和 S11 号站位，最高渔获种数出现在 S1 和 S9 号站位。虾蛄类出现 8 个站位，出现站位渔获种数范围为 3~4 种，各站位平均渔获 3 种，最低渔获种数出现在 S2、S8~S12 号站位，最高渔获种数出现在 S1、S4、S6 号站位。头足类出现 2 个站位，出现站位渔获种数范围为 1~3 种，各站位平均渔获 0.4 种，最低渔获种数出现在是 S2 号站位，最高渔获种数出现在 S4 号站位。

(2) 多样性指数和均匀度

游泳生物的多样性指数分布范围在 2.725~3.968 之间，平均为 3.236，多样性指数最低值出现在 S2 号站位，最高出现在是 S4 号站位；均匀度分布范围在 0.667~0.854 之间，平均为 0.790，均匀度最低出现在 S2 号站位，最高值出现在 S4 号站位。

表 3-39 游泳生物的多样性指数和均匀度

站位	总种数	多样性指数(H')	均匀度(J)
S1	16	3.400	0.850
S2	17	2.725	0.667
S4	25	3.968	0.854
S6	16	3.309	0.827
S8	15	3.027	0.775
S9	16	3.196	0.799
S11	17	3.347	0.819
S12	16	2.921	0.730
平均	17	3.236	0.790

(3) 优势种类和主要经济种类

本项目海域调查,按渔获率大小顺序,鱼类的优势种为半滑舌鳎、鲷、多鳞鱠、卵鳎、海鲂、日本金线鱼、食蟹豆齿鳗、矛尾鰕虎鱼等,虾类的优势种为长毛对虾、近缘新对虾、刀额仿对虾、宽突赤虾、宽沟对虾等,蟹类优势种为锈斑蟊、红星梭子蟹、远海梭子蟹、银光梭子蟹、直额蟊、善泳蟊、矛形梭子蟹、隆线强蟹、双斑蟊等,虾蛄类优势种为口虾蛄、断脊口虾蛄、猛虾蛄、长叉口虾蛄等,头足类优势种为曼氏无针乌贼、短蛸。

综合考虑各品种出现站位数、优势度、8个站位平均渔获率大小、8个站位平均尾数渔获率大小、经济价值高低和生物类型代表性,吴川博茂海域国家级海洋牧场本底调查的主要经济种类为断脊口虾蛄、猛虾蛄、锈斑蟊、红星梭子蟹、远海梭子蟹、半滑舌鳎、曼氏无针乌贼、长毛对虾、鲷、长叉口虾蛄、多鳞鱠、卵鳎、日本蟊、海鲂、日本金线鱼等。

表 3-40 渔获样品优势种类和主要经济种类组成

序号	种名	出现次数	优势度	平均渔获率		平均尾数渔获率		体重 g/尾
				kg/h	%	ind/h	%	
1	口虾蛄	8	0.24745	1.252	17.929	109.0	24.745	11.5
2	断脊口虾蛄	8	0.18388	1.063	15.216	81.0	18.388	13.1
3	猛虾蛄	7	0.04271	0.634	9.072	21.5	4.881	29.5
4	锈斑蟊	7	0.05463	0.621	8.897	27.5	6.243	22.6
5	红星梭子蟹	6	0.02384	0.587	8.406	14.0	3.178	41.9
6	远海梭子蟹	4	0.00511	0.506	7.246	4.5	1.022	112.4
7	半滑舌鳎	4	0.01135	0.306	4.382	10.0	2.270	30.6
8	曼氏无针乌贼	2	0.00085	0.290	4.153	1.5	0.341	193.3
9	长毛对虾	7	0.02086	0.250	3.582	10.5	2.384	23.8
10	鲷	4	0.00454	0.147	2.105	4.0	0.908	36.8
11	长叉口虾蛄	4	0.01816	0.146	2.084	16.0	3.632	9.1

12	多鳞鱧	4	0.00454	0.142	2.026	4.0	0.908	35.4
13	卵鳎	2	0.00284	0.137	1.955	5.0	1.135	27.3
14	日本蟳	4	0.01759	0.116	1.661	15.5	3.519	7.5
15	海鲂	1	0.00057	0.101	1.439	2.0	0.454	50.3
16	日本金线鱼	7	0.01093	0.101	1.439	5.5	1.249	18.3
17	食蟹豆齿鳗	1	0.00014	0.049	0.702	0.5	0.114	98.0
18	近缘新对虾	4	0.00738	0.048	0.685	6.5	1.476	7.4
19	矛尾鰕虎鱼	4	0.00341	0.036	0.521	3.0	0.681	12.1
20	银光梭子蟹	2	0.00681	0.034	0.486	12.0	2.724	2.8
21	直额蟳	2	0.00341	0.032	0.458	6.0	1.362	5.3
22	善泳蟳	1	0.00071	0.028	0.394	2.5	0.568	11.0
23	矛形梭子蟹	5	0.02554	0.027	0.391	18.0	4.086	1.5
24	刀额仿对虾	1	0.00341	0.025	0.358	12.0	2.724	2.1
25	隆线强蟹	5	0.01135	0.023	0.326	8.0	1.816	2.8
26	白姑鱼	2	0.00114	0.021	0.294	2.0	0.454	10.3
27	短棘银鲈	1	0.00028	0.020	0.279	1.0	0.227	19.5
28	大鳞舌鳎	1	0.00028	0.020	0.279	1.0	0.227	19.5
29	杜氏叫姑鱼	1	0.00057	0.019	0.272	2.0	0.454	9.5
30	娥眉条鳎	1	0.00028	0.019	0.272	1.0	0.227	19.0

#### 4、渔获率分布

本项目海域调查游泳生物调查 8 个站位，总渔获量共 13.966kg、881 尾，总平均渔获率为 6.983kg/h，总平均尾数渔获率为 441ind/h。各类游泳生物的平均渔获率由高到低依次为虾蛄类、蟹类、鱼类、虾类、头足类。各类型游泳生物的平均尾数渔获率由高到低依次为虾蛄类、蟹类、虾类、鱼类、头足类。

表 3-41 游泳生物调查各站位渔获率 (kg/h)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
S1	7.660	0.540	0.158	3.842	3.120	0.000
S2	10.931	1.842	0.114	1.247	5.856	1.872
S4	7.448	2.598	1.138	1.424	1.760	0.528
S6	5.035	0.356	0.192	1.803	2.684	0.000
S8	6.060	0.568	0.422	2.382	2.688	0.000
S9	6.823	0.756	0.216	2.699	3.152	0.000
S11	5.328	1.529	0.604	0.868	2.328	0.000
S12	6.579	1.228	0.204	1.987	3.160	0.000
平均	6.983	1.177	0.381	2.031	3.094	0.300

表 3-42 游泳生物调查各站位尾数渔获率 (ind/h)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
S1	464	20	28	176	240	0
S2	692	96	16	140	432	8
S4	644	88	260	104	184	8

S6	368	28	12	108	220	0
S8	364	20	36	132	176	0
S9	424	16	24	144	240	0
S11	264	64	24	44	132	0
S12	304	40	8	60	196	0
平均	441	47	51	114	228	2

单种平均渔获率最高为口虾蛄的 1.252kg/h，占总平均渔获率的 17.929%，最低为中华管鞭虾的 0.003kg/h，占总平均渔获率的 0.037%；单种平均尾数渔获率最高为口虾蛄的 109ind/h、占总平均尾数渔获率的 24.745%，最低为食蟹豆齿鳗、晶莹螯、宽沟对虾、多齿蛇鲭、中华小沙丁鱼、短蛸、尖吻鲷、紫隆背蟹、斑头舌鳎、疣面关公蟹、东亚单孔舌鳎、周氏新对虾、变态螯、乳香鱼、孔鰕虎鱼、伪装关公蟹、中华管鞭虾等的 0.5ind/h，占总平均尾数渔获率的 0.114%。

表 3-43 游泳生物调查渔获样品组成

序号	种名	出现次数	优势度	平均渔获率		平均尾数渔获率		体重 g/尾
				kg/h	%	ind/h	%	
1	口虾蛄	8	0.24745	1.252	17.929	109.0	24.745	11.5
2	断脊口虾蛄	8	0.18388	1.063	15.216	81.0	18.388	13.1
3	猛虾蛄	7	0.04271	0.634	9.072	21.5	4.881	29.5
4	锈斑螯	7	0.05463	0.621	8.897	27.5	6.243	22.6
5	红星梭子蟹	6	0.02384	0.587	8.406	14.0	3.178	41.9
6	远海梭子蟹	4	0.00511	0.506	7.246	4.5	1.022	112.4
7	半滑舌鳎	4	0.01135	0.306	4.382	10.0	2.270	30.6
8	曼氏无针乌贼	2	0.00085	0.290	4.153	1.5	0.341	193.3
9	长毛对虾	7	0.02086	0.250	3.582	10.5	2.384	23.8
10	鲷	4	0.00454	0.147	2.105	4.0	0.908	36.8
11	长叉口虾蛄	4	0.01816	0.146	2.084	16.0	3.632	9.1
12	多鳞鳢	4	0.00454	0.142	2.026	4.0	0.908	35.4
13	卵鳎	2	0.00284	0.137	1.955	5.0	1.135	27.3
14	日本螯	4	0.01759	0.116	1.661	15.5	3.519	7.5
15	海鲗	1	0.00057	0.101	1.439	2.0	0.454	50.3
16	日本金线鱼	7	0.01093	0.101	1.439	5.5	1.249	18.3
17	食蟹豆齿鳗	1	0.00014	0.049	0.702	0.5	0.114	98.0
18	近缘新对虾	4	0.00738	0.048	0.685	6.5	1.476	7.4
19	矛尾鰕虎鱼	4	0.00341	0.036	0.521	3.0	0.681	12.1
20	银光梭子蟹	2	0.00681	0.034	0.486	12.0	2.724	2.8
21	直额螯	2	0.00341	0.032	0.458	6.0	1.362	5.3
22	善泳螯	1	0.00071	0.028	0.394	2.5	0.568	11.0
23	矛形梭子蟹	5	0.02554	0.027	0.391	18.0	4.086	1.5
24	刀额仿对虾	1	0.00341	0.025	0.358	12.0	2.724	2.1
25	隆线强蟹	5	0.01135	0.023	0.326	8.0	1.816	2.8
26	白姑鱼	2	0.00114	0.021	0.294	2.0	0.454	10.3

27	短棘银鲈	1	0.00028	0.020	0.279	1.0	0.227	19.5
28	大鳞舌鳎	1	0.00028	0.020	0.279	1.0	0.227	19.5
29	杜氏叫姑鱼	1	0.00057	0.019	0.272	2.0	0.454	9.5
30	娥眉条鳎	1	0.00028	0.019	0.272	1.0	0.227	19.0
31	双斑蟳	1	0.00043	0.018	0.251	1.5	0.341	11.7
32	宽突赤虾	3	0.00894	0.017	0.241	10.5	2.384	1.6
33	晶莹蟳	1	0.00014	0.015	0.208	0.5	0.114	29.0
34	宽沟对虾	1	0.00014	0.014	0.193	0.5	0.114	27.0
35	多齿蛇鲻	1	0.00014	0.013	0.179	0.5	0.114	25.0
36	刀额新对虾	2	0.00142	0.012	0.178	2.5	0.568	5.0
37	中华小沙丁鱼	1	0.00014	0.012	0.172	0.5	0.114	24.0
38	短蛸	1	0.00014	0.010	0.143	0.5	0.114	20.0
39	尖吻鲷	1	0.00014	0.010	0.136	0.5	0.114	19.0
40	斜方玉蟹	1	0.00043	0.009	0.129	1.5	0.341	6.0
41	李氏鲻	1	0.00028	0.007	0.095	1.0	0.227	6.6
42	中线天竺鲷	1	0.00028	0.006	0.087	1.0	0.227	6.1
43	紫隆背蟹	1	0.00014	0.006	0.086	0.5	0.114	12.0
44	斑头舌鳎	1	0.00014	0.006	0.086	0.5	0.114	12.0
45	贪食鼓虾	2	0.00142	0.005	0.077	2.5	0.568	2.1
46	疣面关公蟹	1	0.00014	0.004	0.062	0.5	0.114	8.7
47	东亚单孔舌鳎	1	0.00014	0.004	0.055	0.5	0.114	7.7
48	细巧仿对虾	1	0.00142	0.004	0.054	5.0	1.135	0.8
49	周氏新对虾	1	0.00014	0.004	0.052	0.5	0.114	7.2
50	变态蟳	1	0.00014	0.004	0.051	0.5	0.114	7.1
51	乳香鱼	1	0.00014	0.003	0.041	0.5	0.114	5.7
52	孔鰕虎鱼	1	0.00014	0.003	0.041	0.5	0.114	5.7
53	伪装关公蟹	1	0.00014	0.003	0.039	0.5	0.114	5.4
54	中华管鞭虾	1	0.00014	0.003	0.037	0.5	0.114	5.1

### 5、渔业资源密度分布

本项目海域游泳生物调查总平均资源密度为 1092.904kg/km<sup>2</sup>，总平均资源尾数密度为 68942.3ind/km<sup>2</sup>。各类游泳生物的平均资源密度由高到低依次为虾蛄类、蟹类、鱼类、虾类、头足类；各类游泳生物的平均资源尾数密度由高到低依次为虾蛄类、蟹类、虾类、鱼类、头足类。

表 3-44 各站位游泳生物资源密度 (kg/km<sup>2</sup>)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
S1	1198.798	84.515	24.728	601.246	488.309	0.000
S2	1710.771	288.227	17.905	195.136	916.518	292.985
S4	1165.743	406.674	178.107	222.869	275.456	82.637
S6	788.055	55.717	30.112	282.155	420.071	0.000
S8	948.383	88.897	65.984	372.805	420.697	0.000
S9	1067.831	118.321	33.743	422.450	493.317	0.000
S11	833.944	239.271	94.532	135.787	364.353	0.000

S12	1029.705	192.193	31.928	311.015	494.569	0.000
平均	1092.904	184.227	59.630	317.933	484.161	46.953

表 3-45 各站位游泳生物资源尾数密度 (ind/km<sup>2</sup>)

调查站位	总渔获	鱼类	虾类	蟹类	虾蛄类	头足类
S1	72620.3	3130.2	4382.3	27545.6	37562.2	0.0
S2	108304.4	15024.9	2504.1	21911.3	67612.0	1252.1
S4	100791.9	13772.8	40692.4	16277.0	28797.7	1252.1
S6	57595.4	4382.3	1878.1	16903.0	34432.0	0.0
S8	56969.4	3130.2	5634.3	20659.2	27545.6	0.0
S9	66359.9	2504.1	3756.2	22537.3	37562.2	0.0
S11	41318.4	10016.6	3756.2	6886.4	20659.2	0.0
S12	47578.8	6260.4	1252.1	9390.6	30675.8	0.0
平均	68942.3	7277.7	7982.0	17763.8	35605.8	313.0

本项目调查游泳生物调查, 单种平均资源密度最高为口虾蛄的 195.950kg/km<sup>2</sup>, 占总平均资源密度的 17.929%, 最低为中华管鞭虾的 0.399kg/km<sup>2</sup>, 占总平均渔获资源密度的 0.037%; 单种平均资源尾数密度最高为口虾蛄 17059.5ind/km<sup>2</sup>, 占总平均资源尾数密度的 24.745%, 最低为食蟹豆齿鳗、晶莹蛄、宽沟对虾、多齿蛇鲻、中华小沙丁鱼、短蛸、尖吻鲷、紫隆背蟹、斑头舌鳎、疣面关公蟹、东亚单孔舌鳎、周氏新对虾、变态蛄、乳香鱼、孔鳃虎鱼、伪装关公蟹、中华管鞭虾等的 78.3ind/km<sup>2</sup>, 占总平均资源尾数密度的 0.114%。

表 3-46 游泳生物调查各品种资源密度

序号	种名	出现次数	优势度	平均资源密度		平均资源尾数密度		体重 g/尾
				kg/km <sup>2</sup>	%	ind/km <sup>2</sup>	%	
1	口虾蛄	8	0.24745	195.950	17.929	17059.5	24.745	11.5
2	断脊口虾蛄	8	0.18388	166.291	15.216	12677.2	18.388	13.1
3	猛虾蛄	7	0.04271	99.149	9.072	3364.9	4.881	29.5
4	锈斑蛄	7	0.05463	97.239	8.897	4304.0	6.243	22.6
5	红星梭子蟹	6	0.02384	91.871	8.406	2191.1	3.178	41.9
6	远海梭子蟹	4	0.00511	79.194	7.246	704.3	1.022	112.4
7	半滑舌鳎	4	0.01135	47.892	4.382	1565.1	2.270	30.6
8	曼氏无针乌贼	2	0.00085	45.388	4.153	234.8	0.341	193.3
9	长毛对虾	7	0.02086	39.143	3.582	1643.3	2.384	23.8
10	鲷	4	0.00454	23.007	2.105	626.0	0.908	36.8
11	长叉口虾蛄	4	0.01816	22.772	2.084	2504.1	3.632	9.1
12	多鳞鳢	4	0.00454	22.146	2.026	626.0	0.908	35.4
13	卵鳎	2	0.00284	21.364	1.955	782.5	1.135	27.3
14	日本蛄	4	0.01759	18.155	1.661	2425.9	3.519	7.5
15	海蛄	1	0.00057	15.729	1.439	313.0	0.454	50.3
16	日本金线鱼	7	0.01093	15.729	1.439	860.8	1.249	18.3
17	食蟹豆齿鳗	1	0.00014	7.669	0.702	78.3	0.114	98.0
18	近缘新对虾	4	0.00738	7.489	0.685	1017.3	1.476	7.4

19	矛尾鰕虎鱼	4	0.00341	5.689	0.521	469.5	0.681	12.1
20	银光梭子蟹	2	0.00681	5.313	0.486	1878.1	2.724	2.8
21	直额螯	2	0.00341	5.008	0.458	939.1	1.362	5.3
22	善泳螯	1	0.00071	4.304	0.394	391.3	0.568	11.0
23	矛形梭子蟹	5	0.02554	4.273	0.391	2817.2	4.086	1.5
24	刀额仿对虾	1	0.00341	3.913	0.358	1878.1	2.724	2.1
25	隆线强蟹	5	0.01135	3.561	0.326	1252.1	1.816	2.8
26	白姑鱼	2	0.00114	3.208	0.294	313.0	0.454	10.3
27	短棘银鲈	1	0.00028	3.052	0.279	156.5	0.227	19.5
28	大鳞舌鳎	1	0.00028	3.052	0.279	156.5	0.227	19.5
29	杜氏叫姑鱼	1	0.00057	2.974	0.272	313.0	0.454	9.5
30	娥眉条鳎	1	0.00028	2.974	0.272	156.5	0.227	19.0
31	双斑螯	1	0.00043	2.739	0.251	234.8	0.341	11.7
32	宽突赤虾	3	0.00894	2.637	0.241	1643.3	2.384	1.6
33	晶莹螯	1	0.00014	2.269	0.208	78.3	0.114	29.0
34	宽沟对虾	1	0.00014	2.113	0.193	78.3	0.114	27.0
35	多齿蛇鲭	1	0.00014	1.956	0.179	78.3	0.114	25.0
36	刀额新对虾	2	0.00142	1.941	0.178	391.3	0.568	5.0
37	中华小沙丁鱼	1	0.00014	1.878	0.172	78.3	0.114	24.0
38	短蛸	1	0.00014	1.565	0.143	78.3	0.114	20.0
39	尖吻鲷	1	0.00014	1.487	0.136	78.3	0.114	19.0
40	斜方玉蟹	1	0.00043	1.409	0.129	234.8	0.341	6.0
41	李氏鳊	1	0.00028	1.033	0.095	156.5	0.227	6.6
42	中线天竺鲷	1	0.00028	0.955	0.087	156.5	0.227	6.1
43	紫隆背蟹	1	0.00014	0.939	0.086	78.3	0.114	12.0
44	斑头舌鳎	1	0.00014	0.939	0.086	78.3	0.114	12.0
45	贪食鼓虾	2	0.00142	0.837	0.077	391.3	0.568	2.1
46	疣面关公蟹	1	0.00014	0.681	0.062	78.3	0.114	8.7
47	东亚单孔舌鳎	1	0.00014	0.603	0.055	78.3	0.114	7.7
48	细巧仿对虾	1	0.00142	0.595	0.054	782.5	1.135	0.8
49	周氏新对虾	1	0.00014	0.563	0.052	78.3	0.114	7.2
50	变态螯	1	0.00014	0.556	0.051	78.3	0.114	7.1
51	乳香鱼	1	0.00014	0.446	0.041	78.3	0.114	5.7
52	孔鰕虎鱼	1	0.00014	0.446	0.041	78.3	0.114	5.7
53	伪装关公蟹	1	0.00014	0.423	0.039	78.3	0.114	5.4
54	中华管鞭虾	1	0.00014	0.399	0.037	78.3	0.114	5.1

#### (十) 环境空气质量现状

根据《湛江市生态环境质量年报简报（2022年）》，提供的2022年全年湛江市空气质量为优的天数有219天，良的天数133天，轻度污染天数12天，中度污染1天，优良率96.4%，与上年同期相比，城市空气质量保持稳定，级别水平不变。通过空气污染指数分析显示，全年影响城市空气质量的首要污染物是臭氧，其次为PM<sub>2.5</sub>，污染因子质量现状如下。

表 3-47 基本污染物环境质量现状统计表

污染物	年评价指标	现状浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	占标率 /%	标准值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	超标 倍数	达标 情况
SO <sub>2</sub>	年平均质量浓度	9	15	60	0	达标
PM <sub>10</sub>	年平均质量浓度	32	45.7	70	0	达标
NO <sub>2</sub>	年平均质量浓度	12	30	40	0	达标
PM <sub>2.5</sub>	年平均质量浓度	21	60	35	0	达标
CO	第 95 百分位数浓度	0.8mg/m <sup>3</sup>	20	4mg/m <sup>3</sup>	0	达标
O <sub>3</sub>	日最大 8 小时 第 90 百分位数浓度	138	86.3	160	0	达标

根据分析，本项目所在区域 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CO 和 O<sub>3</sub> 现状浓度均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其 2018 年修改单(生态环境部公告 2018 年第 29 号) 中的二级标准，因此，项目所在评价区域属于达标区。

### (十一) 声环境质量现状

本项目人工鱼礁工程位于海域，与最近陆域距离约为 12km，且周围不涉及噪声敏感建筑物，因此本项目不评价声环境。

### (十二) 近岸海域近三年海水水质情况

本项目周边 10km 范围内分布的较近距离的近岸海域监测站仅有一个，编号为 GDN07022，位于南三-博贺农渔业区，水质执行海水水质标准《GB3097-1997》第二类标准，距离本项目约 7km。

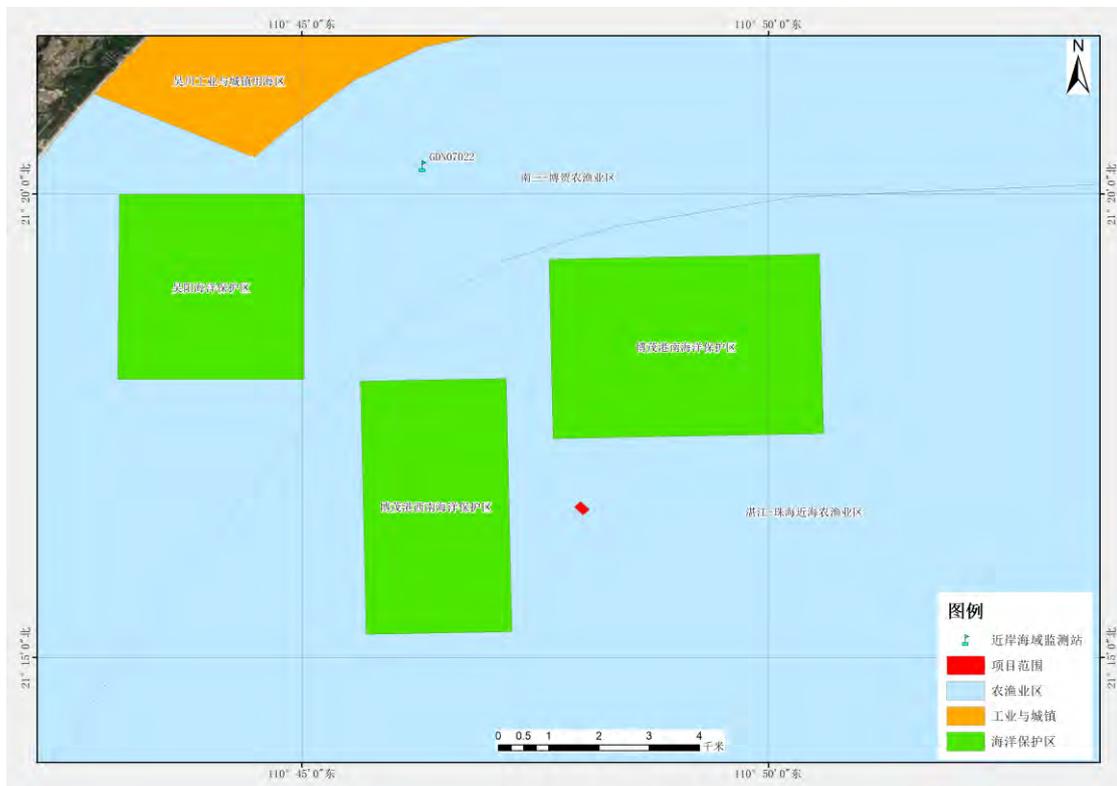


图 3-25 本项目周边近岸海域监测站分布情况

本次评价收集了该近岸海域监测站近三年（2021-2023 年）水质监测数据对项目所在海域的水质历史情况进行分析，具体数据见下表。

根据近三年（2021-2023 年）水质监测数据，该监测站除 2022 年第二期无机氮超过二类标准外，其余时期均达到《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类标准。所在海域近三年（2021-2023 年）海水水质质量较好。

**表 3-48 近岸海域监测站（GDN07022）历史水质数据**

指标	pH	无机氮	活性磷酸盐	石油类	溶解氧	化学需氧量
2021 年第一期	8.09	0.120	0.014	0.011	7.62	1.07
2021 年第二期	8.16	0.286	0.004	0.028	6.49	0.39
2021 年第三期	8.05	0.226	0.007	0.003	6.54	0.77
2022 年第一期	8.20	0.174	0.003	0.002	6.72	1.64
2022 年第二期	8.51	0.598	0.015	0.018	7.91	1.95
2022 年第三期	8.11	0.126	0.018	0.010	6.69	0.68
2023 年第一期	8.12	0.203	0.002	0.002	7.02	0.54
2023 年第二期	8.19	0.016	0.000	0.026	6.78	0.90
2023 年第三期	8.04	0.060	0.009	0.001	5.71	1.00
二类标准	7.8~8.5	≤0.30	≤0.030	≤0.05	≥5	≤3

注：单位为 mg/L，pH 为无量纲；

与项目有关的原有环境污染和生态破坏问题

无

**（一）海洋功能区划中的保护区**

根据《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》（2012年），本项目周边海洋保护区为博茂港西南海洋保护区、博茂港南海洋保护区、吴阳海洋保护区，详见附图5。

博茂港西南海洋保护区：海洋环境保护管理要求为1.保护海洋生态系统；2.加强保护区海洋生态环境监测；3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

博茂港南海洋保护区：海洋环境保护管理要求为1.严格保护东风螺及其生境；2.加强保护区海洋生态环境监测；3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

吴阳海洋保护区：海洋环境保护管理要求为1.严格保护文昌鱼及生境；2.加强保护区海洋生态环境监测；3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

**（二）南海北部幼鱼繁育场保护区**

该保护区位于南海北部及北部湾沿岸40m等深线、17个基点连线以内水域，保护期为1~12月。

**（三）幼鱼幼虾保护区**

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）》（中华人民共和国农业部公告（第189号），2002.2）：幼鱼幼虾保护区为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，保护期为每年的3月1日至5月31日。详见图3-5。

**（四）生态保护红线**

对照“三区三线”中生态保护红线成果，本项目选址海域，不在生态保护红线区内（图1-1），本项目周边生态保护红线为吴川重要渔业资源产卵场，与本项目相距3.9km。本项目周边环境敏感区见附图5。

**表 3-49 项目附近环境敏感区分布列表**

类别	敏感区及敏感目标	位置关系	环境保护目标
功能区	湛江-珠海近海农渔业区	项目所在位置	水质、生态环境
	博茂港西南海洋保护区	西侧 1.0km	水质、生态环境
	博茂港南海洋保护区	北侧 1.0km	水质、生态环境
	吴阳海洋保护区	西北侧 5.3km	水质、生态环境
三场一通道	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目所在位置	水质、生态环境
	幼鱼幼虾保护区	项目所在位置	水质、生态环境
生态保护红线	吴川重要渔业资源产卵场生态保护红线区（最近的红线区）	西北侧 3.9km	水质、生态环境

## (一) 环境质量标准

### 1、海水水质

对照《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，调查站位中 S1-S9 号站位于“南三-博贺农渔业区”，S10-12 位于“湛江-珠海近海农渔业区”，对照《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》近海基本功能区登记表，“南三-博贺农渔业区”执行海水水质二类标准，“湛江-珠海近海农渔业区”执行海水水质一类标准。具体标准值见下表。

表 3-50 海水水质标准

项目	单位	一类标准	二类标准
水温	°C	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1°C，其它季节不超过 2°C	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1°C，其它季节不超过 2°C
pH	/	7.8~8.5	7.8~8.5
DO>	/	6	5
COD≤	mg/L	2	3
无机氮≤（以 N 计）	mg/L	0.20	0.30
活性磷酸盐≤（以 P 计）	mg/L	0.015	0.030
石油类≤	mg/L	0.05	0.05
SS≤	mg/L	人为增加量≤10	人为增加量≤10
铜≤	mg/L	0.005	0.010
锌≤	mg/L	0.020	0.050
镉≤	mg/L	0.001	0.005
汞≤	mg/L	0.00005	0.0002
砷≤	mg/L	0.020	0.030

### 2、海洋沉积物标准

对照《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，调查站位中 S1-S9 号站位于“南三-博贺农渔业区”，S10-12 位于“湛江-珠海近海农渔业区”，对照《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》近海基本功能区登记表，“南三-博贺农渔业区”和“湛江-珠海近海农渔业区”均执行海洋沉积物一类标准，因此本次调查各站位沉积物评价标准采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类标准。具体标准值如下。

表 3-51 沉积物质量标准

标准值	石油类	有机碳	硫化物	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As
单位	×10 <sup>-6</sup>	%	×10 <sup>-6</sup>						
一类标准	500	2.0	300	35	60	150	0.5	0.2	20

### 3、海洋生物质量标准

海洋生物质量中鱼类和甲壳类样品残毒（除石油烃外）的评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准（表 3-49）。海洋生物质量中贝类样品残毒采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的相关标准进

评价标准

行评价。

**表 3-52 生物质量评价各评价因子及其评价标准（单位：mg/kg，湿重）**

生物类别		铜	铅	锌	镉	总汞	砷	石油烃
贝类	一类标准	10	0.1	20	0.2	0.05	1.0	15
甲壳类		100	2.0	150	2.0	0.2	/	/
鱼类		20	2.0	40	0.6	0.3	/	20

#### 4、环境空气

项目所在区域的空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB3095—2012）及其修改单（生态环境部 2018 年第 29 号）的二级标准。

**表 3-53 环境空气质量标准（摘录）**

污染物名称	取值时间	浓度限值	选用标准
SO <sub>2</sub>	年平均	60μg/m <sup>3</sup>	《环境空气质量标准》 （GB3095-2012）及其修改单 （生态环境部 2018 年第 29 号） 的二级标准
	24 小时平均	150μg/m <sup>3</sup>	
	1 小时平均	500μg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub>	年平均	40μg/m <sup>3</sup>	
	24 小时平均	80μg/m <sup>3</sup>	
	1 小时平均	200μg/m <sup>3</sup>	
PM <sub>10</sub>	年平均	70μg/m <sup>3</sup>	
	24 小时平均	150μg/m <sup>3</sup>	
PM <sub>2.5</sub>	年平均	35μg/m <sup>3</sup>	
	24 小时平均	75μg/m <sup>3</sup>	
CO	24 小时平均	4mg/m <sup>3</sup>	
	1 小时平均	10mg/m <sup>3</sup>	
O <sub>3</sub>	日最大 8 小时平均	160μg/m <sup>3</sup>	
	1 小时平均	200μg/m <sup>3</sup>	

#### 5、声环境

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008），按区域的使用功能特点和环境质量要求，将声环境功能区分为 5 类，声环境功能区未包含海域，本项目人工鱼礁工程位于海域，与最近陆域距离约为 12km，且周围不涉及噪声敏感建筑物，因此本项目不评价声环境。

#### （二）污染物排放标准

##### 1、废水

本项目产生的废水主要为施工期船舶污废水，船舶污废水排放执行环境保护部发布的《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）。本项目施工期船舶含油污水经船载收集装置收集后排入接收设施，上岸后交由海事部门认可的有接收处理能力的单位接收处理；船舶生活污水利用船载收集装置收集，委托有能力处理单位接收处理。

**表 3-54 船舶水污染物排放控制标准（摘录）**

污水类别	船舶类别/排放水域	排放控制要求	
机器处所 含油污水	400 总吨及以上船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类≤15mg/L，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。	
	400 总吨以下船舶	自 2018 年 7 月 1 日起，达标排放（油污水处理装置出水口处石油类≤15mg/L，排放在船舶航行中进行）或收集并排入接收设施。	
含货油残余物的油污水	150 总吨及以上油船	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并接入接收设施，或在达船舶航行中排放，并同时满足下列条件：（1）油船距最近陆地 50 海里以上；（2）排入海中油污水含油量瞬间排放率不超过 30 升/海里；（3）排入海中油污水含油量不得超过货油含量的 1/30000；（4）排油监控系统运转正常。	
	150 总吨以下油船	自 2018 年 7 月 1 日起，收集并接入接收设施	
船舶生活 污水	400 总吨及以上船舶，400 总吨以下且经核定许可载运 15 人及以上的船舶	距最近陆地 3 海里以内（含）的海域	自 2018 年 7 月 1 日起，应利用船载收集装置收集，排入接收设施或利用船载生活污水处理设施处理，根据船舶类别和安装生活污水处理装置的时间，处理达标排放。
		3 海里 < 与最近陆地间距离 < 12 海里的海域	自 2018 年 7 月 1 日起，同时满足下列条件：（1）使用设备打碎固形物和消毒后排放；（2）船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。
		与最近陆地间距离 > 12 海里的海域	自 2018 年 7 月 1 日起，船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的允许排放速率。

本项目施工期和营运期产生的生活污水委托有能力处理单位接收处理，水污染物排放执行广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段三级排放标准。

**表 3-55 项目生活污水执行标准（单位：mg/L）**

污染物	DB44/26-2001 第二时段三级标准限值
COD <sub>Cr</sub>	500
BOD <sub>5</sub>	300
SS	400
氨氮	/

## 2、废气

本项目废气主要为船舶废气，主要污染因子为 SO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub> 等，均为无组织排放；大气污染物执行广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）第二时段无组织排放监控浓度限值。

**表 3-56 主要大气污染物排放标准（单位：mg/m<sup>3</sup>）**

项目	无组织排放周围外最高浓度限值
SO <sub>2</sub>	0.40
NO <sub>x</sub>	0.12
CO	8

根据《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》（交海发

	<p>(2018) 168 号), 本项目选址所在海域属于沿海控制区范围, 进入项目区域的施工和巡护船舶废气排放还应执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》船舶大气污染物排放控制区的相关要求。</p> <p><b>3、固体废物</b></p> <p>本项目产生的主要固体废物为施工船舶及运营巡护船舶产生的生活垃圾和含油废物, 船舶生活垃圾需集中到垃圾桶, 上岸后交由环卫部门处理; 船舶含油废物应交由有资质单位回收处理。</p> <p><b>4、噪声</b></p> <p>项目建设施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011), 其中昼间<math>\leq 70\text{dB(A)}</math>, 夜间<math>\leq 55\text{dB(A)}</math>。</p>
其他	无。

## 四、生态环境影响分析

### (一) 环境影响要素识别

项目主要施工内容为人工鱼礁的投放与安装。施工过程中人工鱼礁的投放作业产生的悬浮物、施工人员产生的生活污水、固体废物及施工船舶含油废水。本项目的环境影响要素识别见表 4-1。

**表 4-1 工程环境影响要素识别表**

影响因素		环境要素								
		空气	噪声	水质	沉积物	生态	水动力环境	地形地貌与冲淤环境	环境事故风险	
施工期	投放人工鱼礁礁体	☆	☆	☆	☆	☆	×	×	☆	
	运输人工鱼礁	☆	☆	☆	×	☆	×	×	☆	
	安装监测系统及浮标	☆	☆	☆	×	☆	×	×	☆	
运营期	工作船巡逻	☆	☆	☆	×	☆	×	×	☆	
	礁体群	×	×	×	×	□	☆	☆	☆	

注：×无影响；☆稍有影响；●影响较大；□正面影响；■长期影响；□短期影响。

### (二) 污染源分析

#### 1、水环境污染源

##### (1) 人工鱼礁投放产生的悬浮物

钢筋混凝土鱼礁投放产生的水体悬浮物包括两部分，一部分为钢筋混凝土鱼礁自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物，一部分为投放钢筋混凝土鱼礁时扰动底床产生的悬浮物。项目钢筋混凝土鱼礁投放总量为 26400 空方（2111.746 实方），礁体中的泥土含量很低（含泥、砂<5%），以礁体实方的 5%计，该部分泥沙进入海水后形成悬浮泥沙的比率以 80%计，则可形成悬浮泥沙的量为 84.5m<sup>3</sup>；工程区底质为淤泥质层，礁体投放过程中搅动产生的悬浮泥沙量按扰动面积（176\*25=4400m<sup>2</sup>）乘以扰动深度（按地勘结果淤泥层厚度为 3.64m）的 1%计，为 160.2m<sup>3</sup>，合计悬浮泥沙量为 244.7m<sup>3</sup>。

本项目共投放礁体 176 个，以单个礁体投放时间 30min 计（不考虑运输时长，仅为投放用时），每天施工 8 个小时计，单纯的礁体投放施工时间约 11 天，根据地勘报告淤泥质土干容重取 1100kg/m<sup>3</sup>，则人工鱼礁投放工序产生的悬浮泥沙量约为 0.85kg/s。本项目浮标等附属设施在陆域制作完成，由运输船运输至项目地点进行安装，仅为锚定施工，产生的悬浮泥沙量很少。

##### (2) 施工船舶含油污水

含油污水主要来自施工船舶产生的舱底油污水，项目施工期拟使用船舶主要有 1 艘 3000t 投放船、1 艘 1000 吨驳船、1 艘 100t 起重船、1 艘小型应急机动艇、1 艘潜水

施  
工  
期  
生  
态  
环  
境  
影  
响  
分  
析

工作船和一艘 5000 马力拖船。参考《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018), 投放船含油污水量按 0.81t/d·艘计, 运输船、驳船含油污水产生量按 0.27t/d·艘计, 起重船、机动艇、潜水工作船、拖船舱底油污水产生量按 0.14t/d·艘计, 除去避让海况、等待物料等状况, 海上施工总时间为 2 个月。施工船产生的含油污水量为 1.91t/d, 施工期含油污水总产生量为 114.6t, 主要污染物为石油类, 浓度取 2000mg/L, 石油类产生量约为 229.2kg。

施工船舶必须执行交通部《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发[2007]165 号) 要求, 禁止向沿海海域排放油类污染物, 船舶油类污染物须定期接收上岸处理, 委托有资质的单位接收处理。

### (3) 生活污水

运输船 1 艘, 施工人员计 10 人; 驳船 1 艘, 施工人员计 5 人, 起重船、应急机动艇、潜水工作船、拖船各 1 艘, 施工人员合计 10 人, 综上, 施工总人数 25 人, 除去避让海况、等待物料等状况, 海上施工总时间为 2 个月, 根据广东省用水定额标准《用水定额 第 3 部分: 生活》(2021 年), 施工人员生活用水量为 150L/人·天, 污水的产生量按用水量 85% 计算, 则施工船舶施工人员生活污水量为 3.1875m<sup>3</sup>/d, 施工期总的船舶生活污水量约为 191m<sup>3</sup>。船舶生活污水拟委托有能力处理单位接收处理。

## 2、固体废物

施工期固废包括船舶生活垃圾及船舶含油废物。

船舶人员数量为 25 人, 施工时间按 2 个月计算, 根据《水运工程环境保护设计规范》(JTS149-2018), 每天人均生活垃圾产生量为 1kg, 则施工期船舶生活垃圾产生量约为 1.5t。船舶生活垃圾应运至岸上, 由环卫部门统一妥善处理。船舶含油废物为船舶修理维护时产生的含油废抹布手套等, 产生量约 0.5t, 应与生活垃圾分类收集, 委托有资质的单位接收处理。

## 3、噪声

施工期对声环境的影响因素主要为材料运输、礁体运输等产生的噪声。车辆运行噪声约为 88dB, 施工期间所产生的噪声污染是短期的、局部的, 将随着项目的完成而消失。根据《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011), 能够达到相关要求。

表 4-2 作业机械及运输车船噪声辐射的声级

序号	设备名称	设备噪声值 Leq dB (A)	测点位置 (m)
1	抛投船	80	25
2	运输船	75	25
3	交通艇	75	5

#### 4、大气

机械尾气主要来源于施工燃油机械，排放的主要污染物为 NO<sub>x</sub>、CO 等，机械尾气因具体施工情况不同而差异较大，其产生量与施工机械组织、所使用的机械种类、设备工况以及不同施工时段有关，由于项目区域较宽阔，施工机械尾气容易扩散，不会对周围环境产生明显影响。

##### (三) 非污染损害要素分析

根据工程的建设内容及规模等特征，工程主要非污染环境的影响表现为：

(1) 人工鱼礁投放破坏底栖生物赖以生存的底质环境，并造成部分底栖生物的直接死亡，礁体投放产生的悬浮泥沙对浮游生物、游泳动物等也将产生一定的影响。

(2) 人工鱼礁投放后将引起工程区及附近水动力的变化，进而导致地形地貌和泥沙冲淤环境的变化。

(3) 项目用海存在潜在的环境事故风险，对附近海域通航安全有一定的影响，如果出现船舶碰撞等风险事故，可能会造成船舶燃料油泄漏入海，对周边海域的海洋环境有一定影响。

##### (四) 工程对附近海域海洋水文动力的影响

项目用海为人工鱼礁透水构筑物建设，一定程度上会对该海域原有潮流的流速和流向造成影响，对建设海域附近泥沙运动、海洋自然环境等均会产生影响。

潮流数值计算是研究评价海域现状潮流场及预测潮流场分布的一个重要手段，是海洋环境影响评价工作的基础。在此基础上可以预测评价海域因岸线变化而引起的海水水质及水动力条件的变化，进而预测工程对海洋环境产生的影响，以便对工程的可行性作出正确的论证和评价，并为有关部门提供决策和管理依据。

##### 1、水动力模型介绍

The Unstructured Grid Finite Volume Community Ocean Model-FVCOM 是美国麻省大学陈长胜及其团队开发的近岸海洋数值模式，FVCOM 采用无结构三角网格，可以很好的拟合复杂岸线，引入潮滩动边界处理，在河口及潮滩区域更为适用，并且能够在大型服务器上进行并行计算，极大的提升了计算效率，缩短了调试与计算时间，目前已经被越来越多的学者用于近岸海洋数值模拟研究。

##### 1) 基本方程

控制方程包括下列动量方程、连续方程、温度方程、盐度方程和密度方程：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_m \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_u$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_m \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_v$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_h \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F_T$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_h \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S$$

$$\rho = \rho(T, S)$$

其中,  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 分别表示东西向, 南北向和垂直方向坐标轴;  $u$ 、 $v$ 、 $w$ 分别为 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 方向的速度分量,  $T$ 为温度;  $S$ 为盐度;  $\rho$ 为密度;  $P$ 为压强;  $f$ 为科氏参量;  $g$ 为重力加速度;  $K_m$ 为垂直涡粘系数;  $K_h$ 为垂直热量涡度扩散系数, 二者均采用 Mellor Yamada-2.5 湍封闭模式计算;  $F_u$ 、 $F_v$ 、 $F_T$ 和 $F_S$ 分别代表水平动量, 热量和盐度的扩散项, 采用 Smagorinsky 的涡度参数化方案进行计算。

## 2) $\sigma$ 坐标下的控制方程

在垂直方向上使用 $\sigma$ 坐标变化可以更好的表示不规则变化的海底地形。 $\sigma$ 坐标变换定义如下:

$$\sigma = \frac{z - \zeta}{H + \zeta} = \frac{z - \zeta}{D}$$

其中 $\sigma$ 从-1 到 0 之间取值, -1 表示海底, 0 表示海面;  $D$ 为整体水柱深度, 即 $D = H + \zeta$ ;  $H$ 为海底深度 (相对于平均海面 $\zeta = 0$ )。  $\sigma$ 坐标下的控制方程为:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Du}{\partial x} + \frac{\partial Dv}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = 0 \\ & \frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} + \frac{\partial u\omega}{\partial \sigma} - fvD \\ & = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{gD}{\rho_0} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma' \right) + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial x} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( K_m \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + DF_x \\ & \frac{\partial vD}{\partial t} + \frac{\partial uvD}{\partial x} + \frac{\partial v^2D}{\partial y} + \frac{\partial v\omega}{\partial \sigma} + fuD \\ & = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{gD}{\rho_0} \left[ \frac{\partial}{\partial y} \left( D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma' \right) + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial y} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( K_m \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + DF_y \\ & \frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TuD}{\partial x} + \frac{\partial TvD}{\partial y} + \frac{\partial T\omega}{\partial \sigma} = \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( K_h \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right) + D\hat{H} + DF_T \\ & \frac{\partial SD}{\partial t} + \frac{\partial SuD}{\partial x} + \frac{\partial SvD}{\partial y} + \frac{\partial S\omega}{\partial \sigma} = \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( K_h \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right) + DF_S \\ & \rho = \rho(T, S) \end{aligned}$$

在 $\sigma$ 坐标系下，水平扩散项定义如下：

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

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

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

其中 $A_m$ 和 $A_h$ 分别为水平涡动及温度扩散系数。Mellor 和 Blumberg 认为水平扩散项的简化有助于保证 $\sigma$ 坐标转换中局地一维底边界层模拟的有效性。在物理意义上，这种简化等同于假设水平扩散仅发生在平行于 $\sigma$ 层的方向。然而这种简化会使得斜坡区域出现附加的垂向混合，因此在垂直方向上会出现模式-预报温跃层的扩散。

边界条件如下：

在表面 $\sigma = 0$ 处：

$$\left( \frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{D}{\rho_0 K_m} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

$$\omega = \frac{\hat{E} - \hat{P}}{\rho}$$

$$\frac{\partial T}{\partial \sigma} = \frac{D}{\rho c_p K_h} [Q_n(x, y, t) - SW(x, y, 0, t)]$$

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

在底部 $\sigma = -1$ 处

$$\left( \frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{D}{\rho_0 K_m} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

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

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

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

其中， $\tau_{sx}$ 、 $\tau_{sy}$ 为海表面风应力在 x、y 方向的分量； $\tau_{bx}$ 、 $\tau_{by}$ 为底部摩擦力在 x、y 方向的分量； $\hat{E}$ 和 $\hat{P}$ 分别为蒸发速率和降水速率； $Q_b$ 为地下水体积通量。 $\Omega$ 为水源面积； $n$ 为水平方向坐标，考虑到河口底形变化较大，底部盐度、温度梯度不再简化为 0，而是与河底坡度 $\sigma$ 和相应的水平梯度有关。

3) 垂向积分二维方程

垂向积分的二维动量方程和连续方程如下：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{u}D)}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{v}D)}{\partial y} + \frac{\hat{E} - \hat{P}}{\rho} + \frac{Q_b}{\Omega} = 0$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \bar{u}D}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}^2 D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}\bar{v}D}{\partial y} - f\bar{v}D \\ &= -gD \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{gD}{\rho_0} \left\{ \int_{-1}^0 \frac{\partial}{\partial x} \left( D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma' \right) d\sigma + \frac{\partial D}{\partial x} \int_{-1}^0 \sigma \rho d\sigma \right\} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho_0} \\ &+ D\tilde{F}_x + G_x \\ & \frac{\partial \bar{v}D}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}\bar{v}D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}^2 D}{\partial y} + f\bar{u}D \\ &= -gD \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{gD}{\rho_0} \left\{ \int_{-1}^0 \frac{\partial}{\partial y} \left( D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma' \right) d\sigma + \frac{\partial D}{\partial y} \int_{-1}^0 \sigma \rho d\sigma \right\} + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho_0} \\ &+ D\tilde{F}_y + G_y \end{aligned}$$

其中 $G_x$ 和 $G_y$ 定义为：

$$\begin{aligned} G_x &= \frac{\partial \bar{u}^2 D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}\bar{v}D}{\partial y} - D\tilde{F}_x - \left[ \frac{\partial \bar{u}^2 D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}\bar{v}D}{\partial y} - D\bar{F}_x \right] \\ G_y &= \frac{\partial \bar{u}\bar{v}D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}^2 D}{\partial y} - D\tilde{F}_y - \left[ \frac{\partial \bar{u}\bar{v}D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}^2 D}{\partial y} - D\bar{F}_y \right] \end{aligned}$$

水平扩散项近似如下：

$$\begin{aligned} D\tilde{F}_x &\approx \frac{\partial}{\partial x} \left[ 2\overline{A_m H} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \overline{A_m H} \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \right] \\ D\tilde{F}_y &\approx \frac{\partial}{\partial x} \left[ \overline{A_m H} \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ 2\overline{A_m H} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right] \\ D\bar{F}_x &\approx \frac{\partial}{\partial x} \overline{2A_m H \frac{\partial u}{\partial x}} + \frac{\partial}{\partial y} \overline{A_m H \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)} \\ D\bar{F}_y &\approx \frac{\partial}{\partial x} \overline{A_m H \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)} + \frac{\partial}{\partial y} \overline{2A_m H \frac{\partial v}{\partial y}} \end{aligned}$$

上标“—”表示垂直积分。例如，对于变量 $\Psi$

$$\bar{\Psi} = \int_{-1}^0 \Psi d\sigma$$

上述方程组中的 $K_m$ 、 $K_h$ 、 $A_m$ 、 $A_h$ 等粘滞扩散系数未知，为了使控制方程组封闭，需要引入湍流闭合模式提供粘滞扩散系数。FVCOM 中的水平混合扩散系数通过

Smagorinsky 公式计算，而垂向粘滞、混合系数则是通过 Mellor and Yamad 的 2.5 阶湍流闭合模式(MY-2.5)或者 General Ocean Turbulent Model (GOTM)湍流闭合模式进行求解。

#### 4) 水平扩散系数

除非模式中水平动量、垂直动量、温度和盐度给定，不然原始方程不是数学闭合的。在 FVCOM 中，可选择水平扩散率为常量或者使用 Smagorinsky 旋转参数数学模式公式。动量的 Smagorinsky 水平扩散如下：其中  $C$  为恒定参数， $\Omega^u$  为单独动量控制元的面积。显然， $A_h$  的值随模式分辨率和水平速度梯度变化：随网格尺度水平速度梯度的减小而减小。相似的公式同样可用于标量，与单独示踪控制元以及示踪浓度的水平梯度成正比。例如，水温 ( $T$ ) 由下式给出：其中  $\Omega^\zeta$  为单独示踪控制元的面积； $P_r$  为普朗特数。

$$A_m = 0.5C\Omega^u \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + 0.5\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2}$$

$$A_h = \frac{0.5C\Omega^\zeta}{P_r} \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + 0.5\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2}$$

## 2、模型建立

为了保证工程海域流场计算的准确性，对人工鱼礁区域附近海域进行了现场观测，并对实测资料进行了整理，现场观测结果为本次数值模拟提供了准确的开边界以及对比验证数据。模型对人工鱼礁区域网格进行了局部加密（图 4-1），以较高的精度对人工鱼礁区域附近的环境影响因子进行了模拟预测，以获得准确的预测结果。

模型计算区域包含了湛江港、硇洲岛及吴川博茂周边海域，工程区域位于图中红框位置。模型计算网格最高分辨率达到 5m（受限于网格精度，模型中人工鱼礁以礁体群的方式近似概化，并通过改变模型中水深来近似模拟投礁后的情况，进而分析人工鱼礁对水动力的影响），外海边界处网格分辨率为 2000m，整个计算区域共有网格节点 39481 个，三角形单元 76569 个，垂向采用  $\sigma$  坐标，并分为 11 层，可以更好的模拟近岸和浅海区域。广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目的网格进行了局部加密（图右），模型计算时间步长为 5s，总共模拟时间为 1 个月，模拟结果输出的时间间隔为 1 小时。模型所用岸线和水深均来自于海图数据。开边界水位使用 TMD 预报并用实测资料进行修正，风场数据来自于现场观测结果。

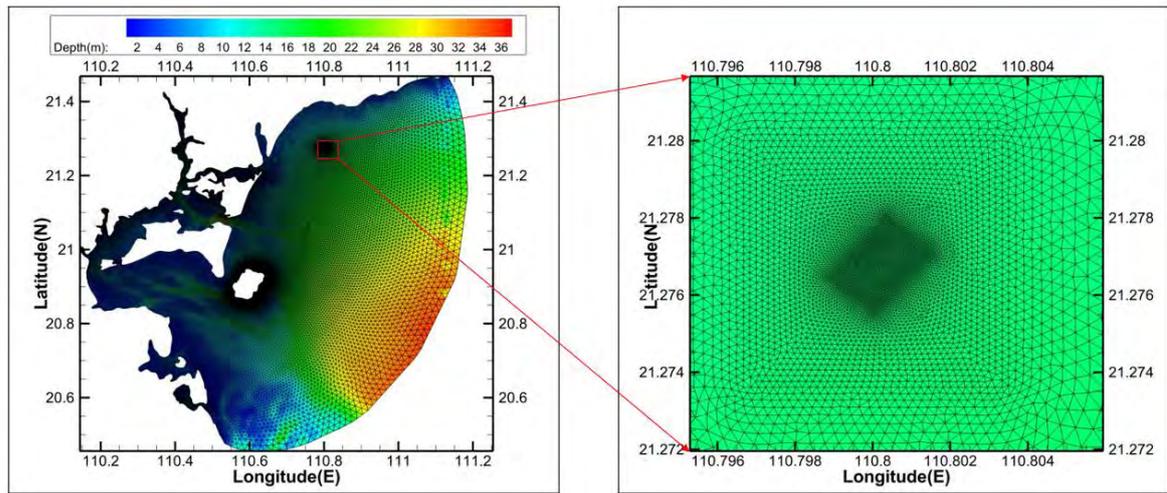


图 4-1 计算区域网格水深和人工鱼礁区局部细节网格水深

### 3、结果验证

为了验证模型计算结果的准确性，本文的模拟结果与现场观测结果进行了对比验证。验证时间段为 2021 年 9 月 23 日 13 时至 24 日 13 时，包含了一个完整潮过程。图中为 S2、S4、S6 和 S8 四个测站在观测期间表底层流速实测与模拟值的对比图，S8 是人工鱼礁区内的测站，S2、S4、S6 为礁区外测站。从验证图可以发现模拟结果与实测值的趋势吻合良好，流速均方根误差大部分在 15cm/s 以内，说明本模型能较好的反应实际情况、较为准确的预测人工鱼礁区附近海域的水动力特征。本文模拟精度统计均使用均方根误差：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model,i})^2}{n}}$$

表 4-3 各测站表底层模拟流速均方根误差表（单位：cm/s）

测站	S2	S4	S6	S8
均方根误差（表）	11.62	9.25	13.23	13.85
均方根误差（底）	12.05	11.35	13.50	14.09

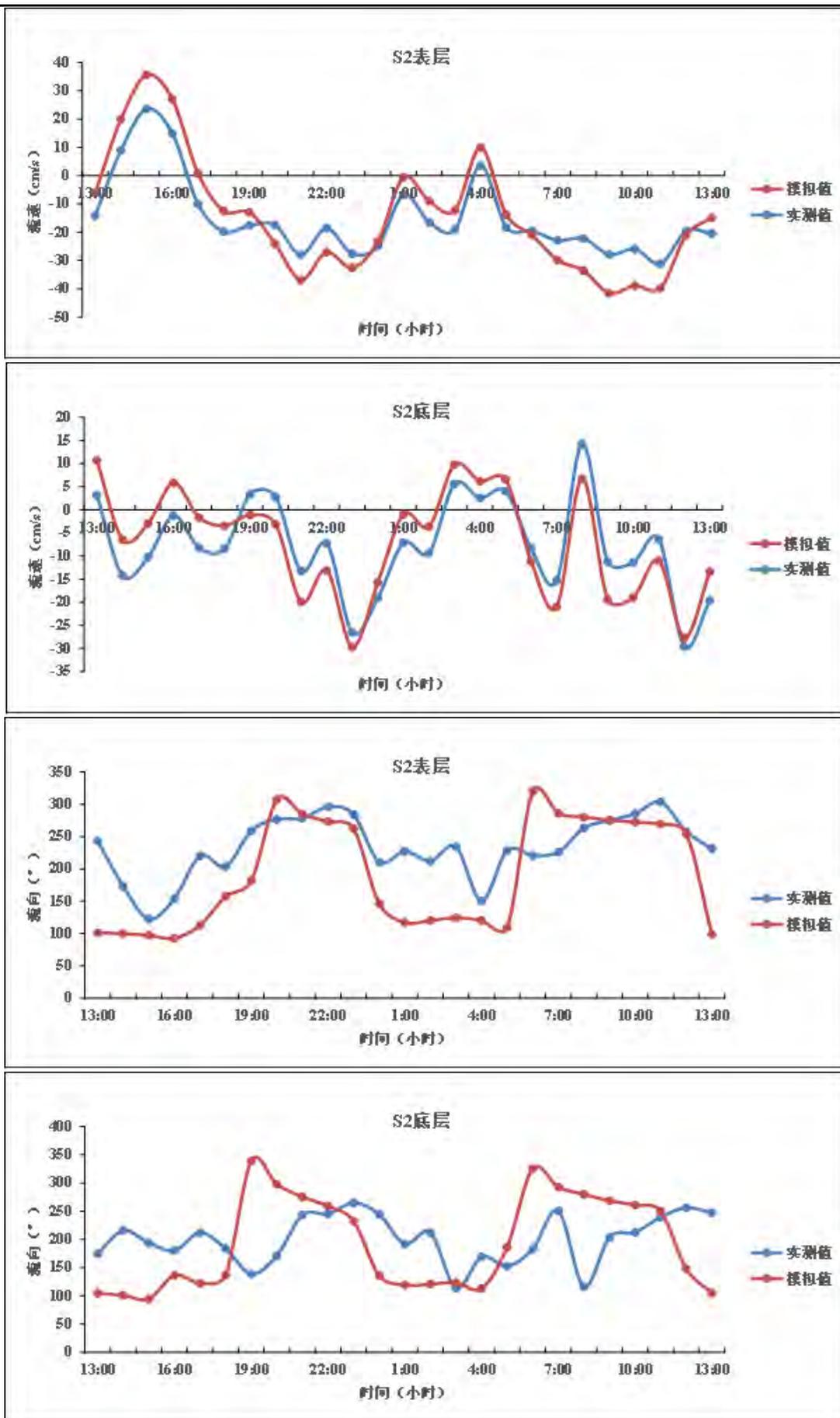


图 4-2 S2 测站表底层流速流向

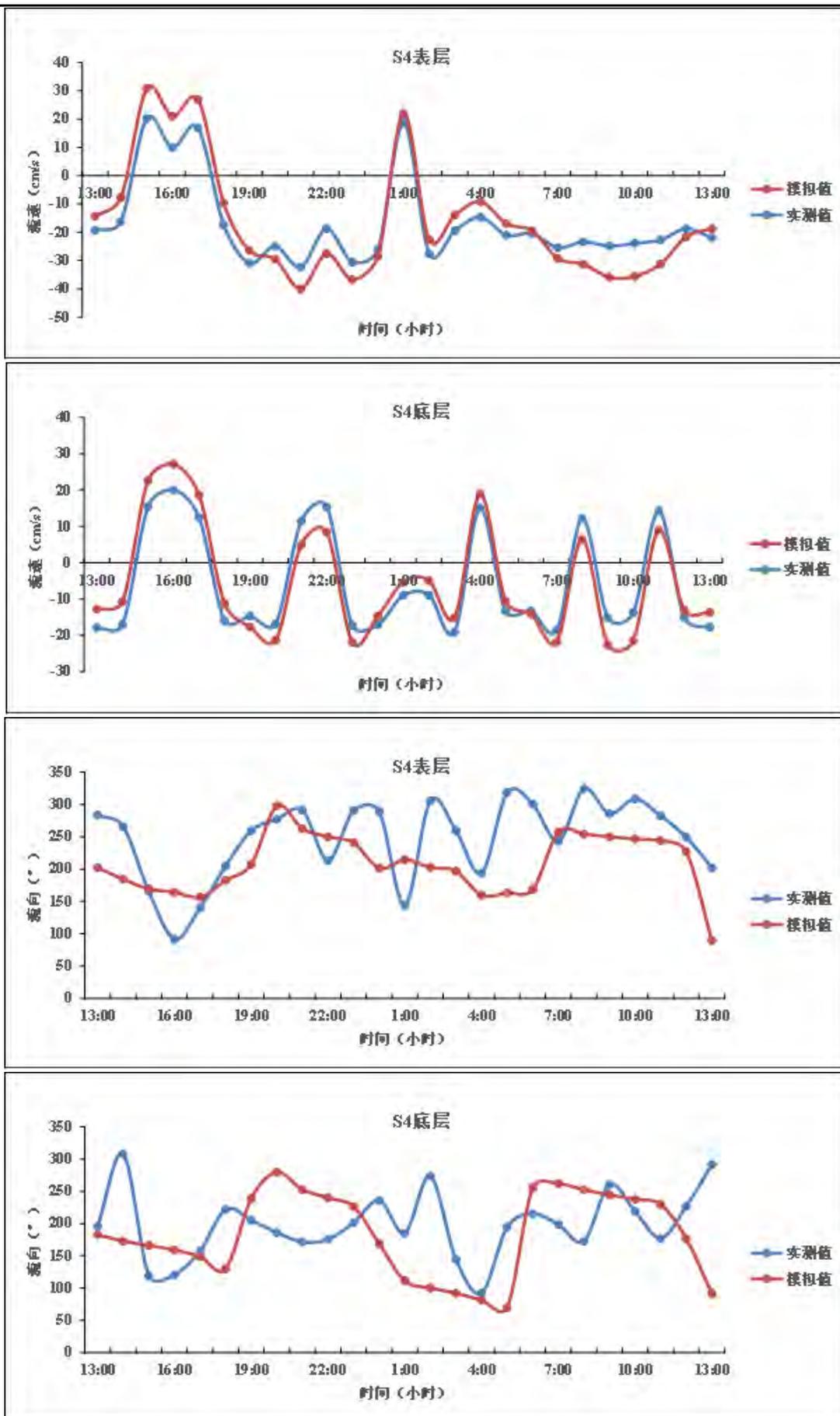


图 4-3 S4 测站表底层流速流向

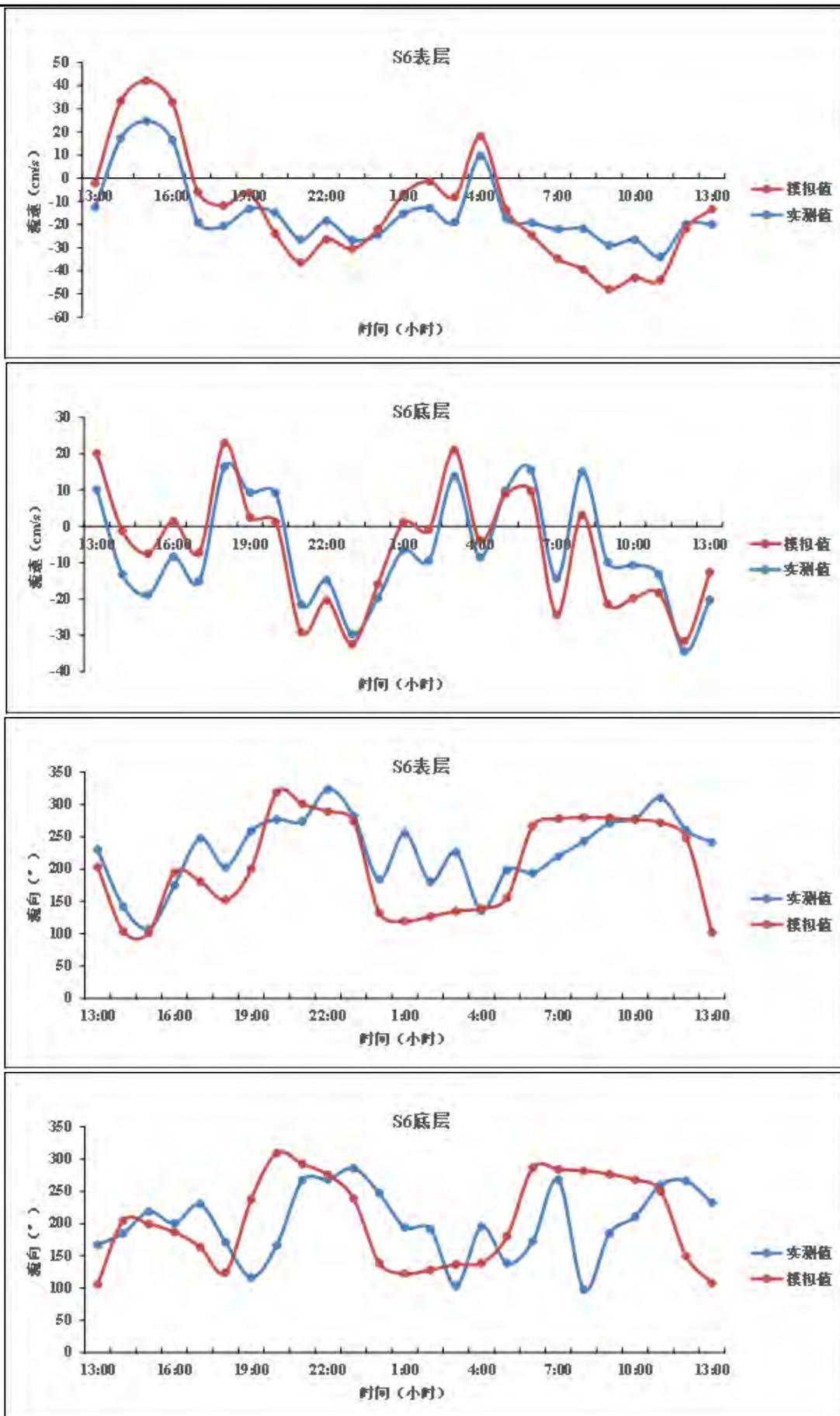


图 4-4 S6 测站表底层流速流向

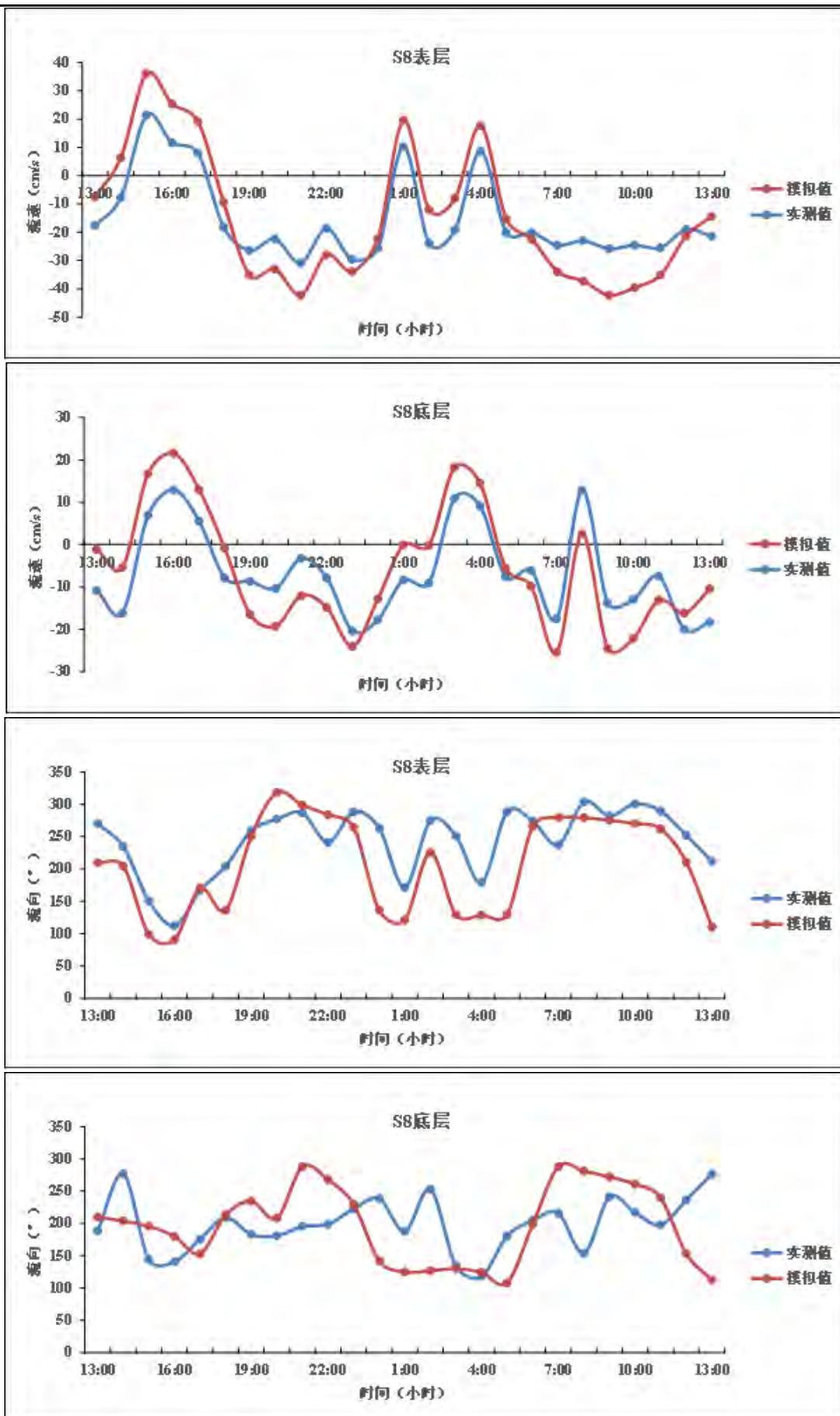


图 4-5 S8 测站表底层流速流向

#### 4、人工鱼礁建设对流速、流向的影响分析

从人工鱼礁建成后模拟区域涨落急时刻表底层流场分布图（图 4-7~图 4-14）可见，工程前后大潮表底层涨落急时刻的流场分布图对比分析可知：涨急时刻，工程前人工鱼礁区表底层流场平顺，工程后受到人工鱼礁的阻挡改变了人工鱼礁区的流速流向，表底层流场均发生紊乱，底层改变更为明显，底层流场中出现涡流特征，表层流速增大明显，底层整体略有减小；落急时刻，流速流向变化与涨急时刻类似，工程前人工鱼礁区域流速平顺，工程后，人工鱼礁区流速流向发生明显变化，表层流速增大明显，底层流速略有减小，同时表底层流向发生紊乱，底层紊乱较大，甚至出现涡流。从对比图中可以发现，人工鱼礁建设后对流场的改变有着直接的作用，礁体附近局部流场改变明显，底层整体流速变慢，有利于礁区附着生物的附着和恋礁型鱼类的聚集。同时人工鱼礁投放后，只对鱼礁附近的局部流场产生一定的影响，对其他区域没有影响。因此，本次人工鱼礁建设不会改变周边原有的水动力环境，不会影响周边海域的使用功能。

本次预测选取了三个特征点（位置见图 4-6）对三个特征点的底层（贴近鱼礁模拟区的一层）流速流向进行了建礁前后对比分析，从对比表可以发现：礁体群中心位置，投礁后涨落潮方向（东西向）流速有所增大，上升流也出现了较为明显的增大，落急时刻的上升流要大于涨急时刻的；礁区边缘（礁区西侧），投礁后水平流速略有减小，流向几乎没有变化，涨急时刻礁区边缘依然有上升流加强的效果；礁区外，投礁后水平流和垂向流都几乎没有变化。

表 4-4 特征流速点建礁前后流速流向对比（单位：cm/s）

特征点	时刻	建礁前			建礁后		
		U	V	W	U	V	W
礁体群中心	涨急	-12.68	-2.29	-0.0005	<b>-15.60</b>	-1.52	<b>0.0916</b>
	落急	12.60	0.45	0.0001	<b>15.51</b>	-0.56	<b>0.1953</b>
礁区边缘	涨急	-12.63	-2.33	-0.0009	-12.18	-2.33	<b>0.0196</b>
	落急	12.51	0.49	0.0001	12.34	0.88	0.0002
礁区外	涨急	-12.82	-2.14	0.0018	-12.81	-2.22	0.0011
	落急	12.74	0.35	-0.0028	12.68	0.43	-0.0023

注：U 为东西向流，正为东向，负为西向；V 是南北向流，正为北向，负为南向；W 是垂向流，正为上升，负为下降。

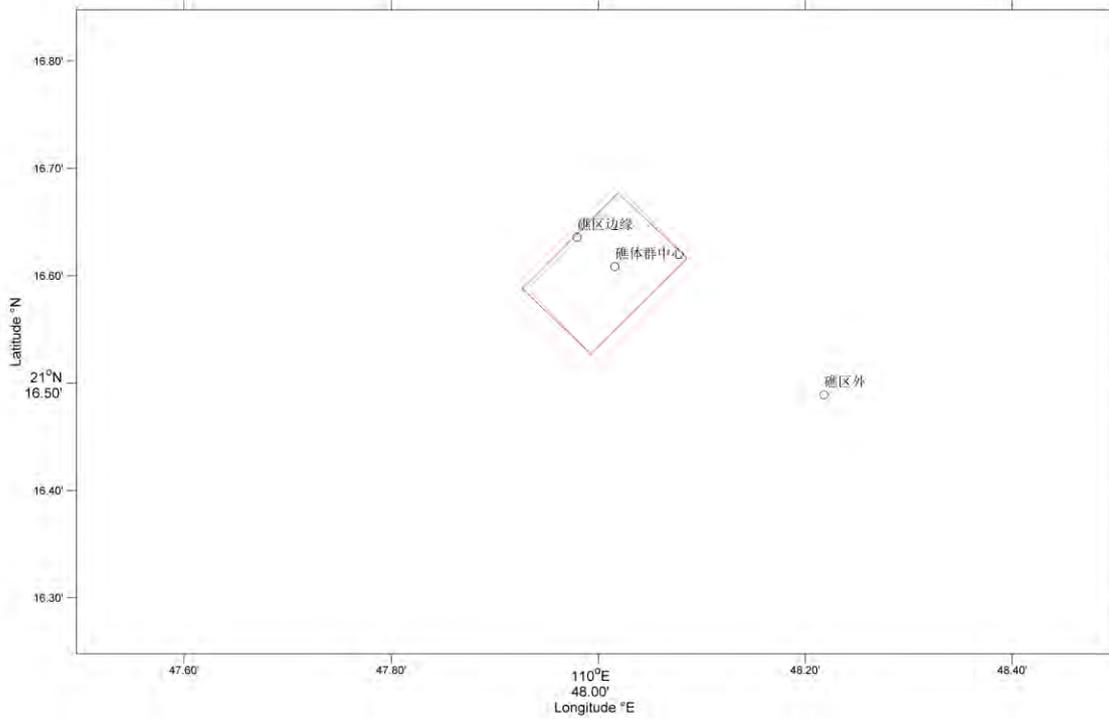


图 4-6 特征流速点位置（红色框为人工鱼礁区范围）

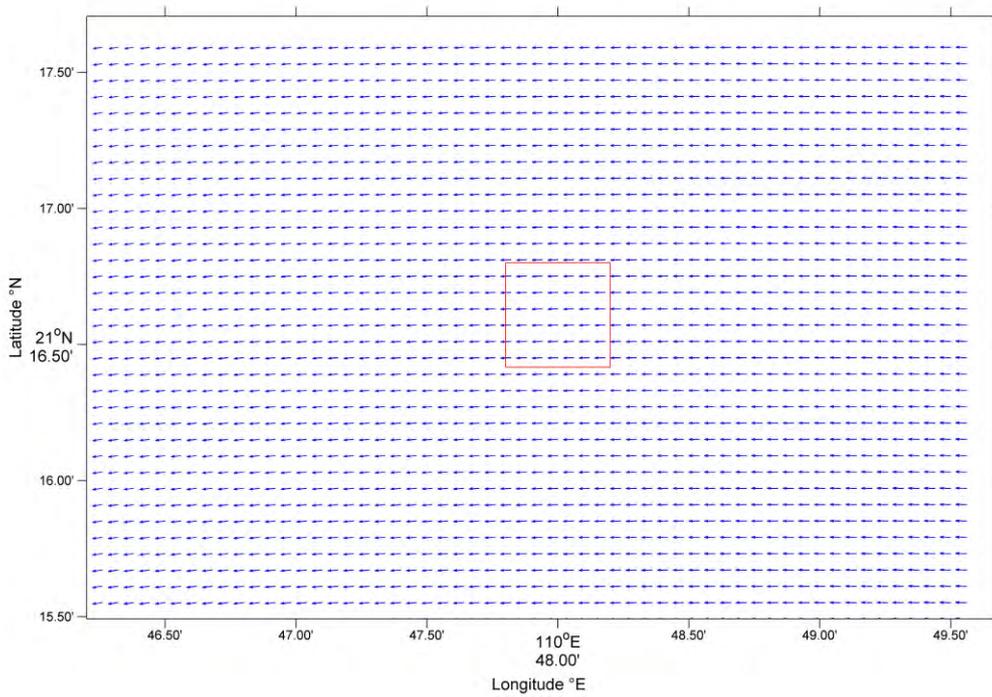


图 4-7 吴川博茂人工鱼礁建设前表层涨急流场（红色框为人工鱼礁区）

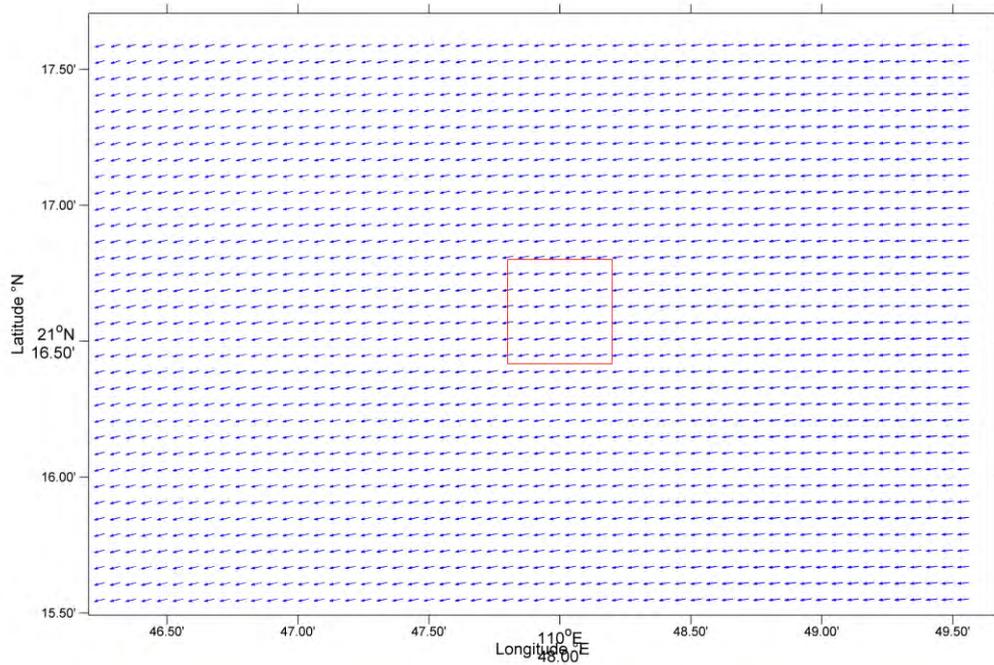


图 4-8 吴川博茂人工鱼礁建设前底层涨急流场

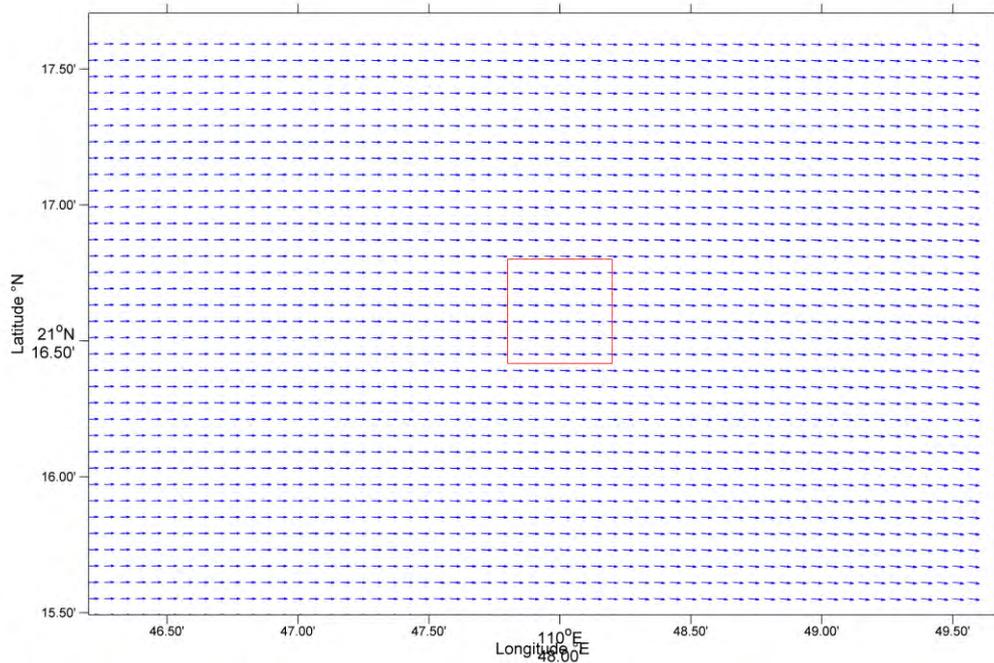


图 4-9 吴川博茂人工鱼礁建设前表层落急流场

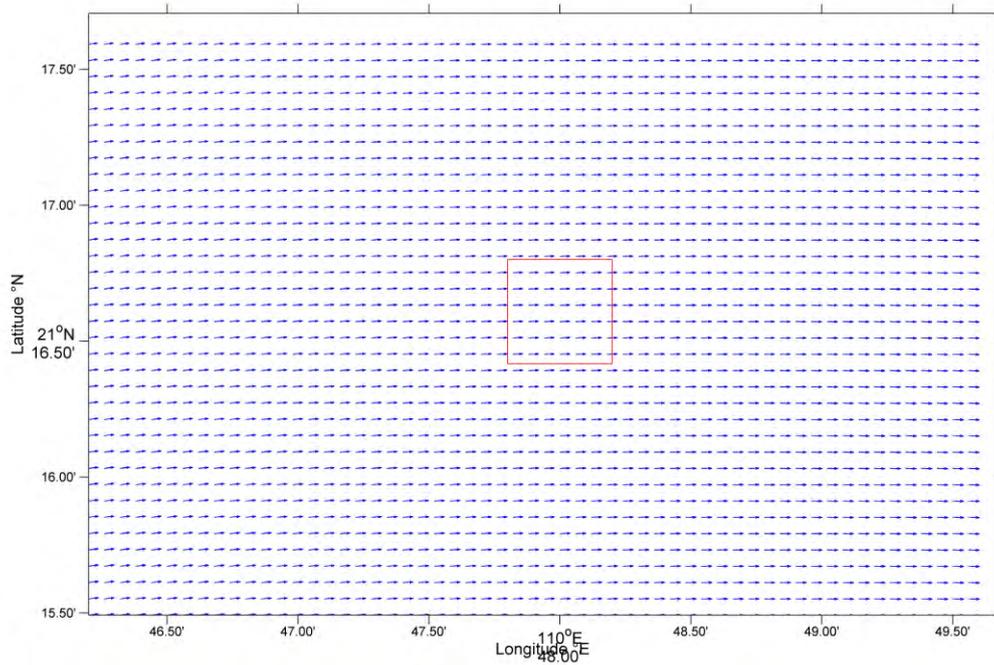


图 4-10 吴川博茂人工鱼礁建设前底层落急流场

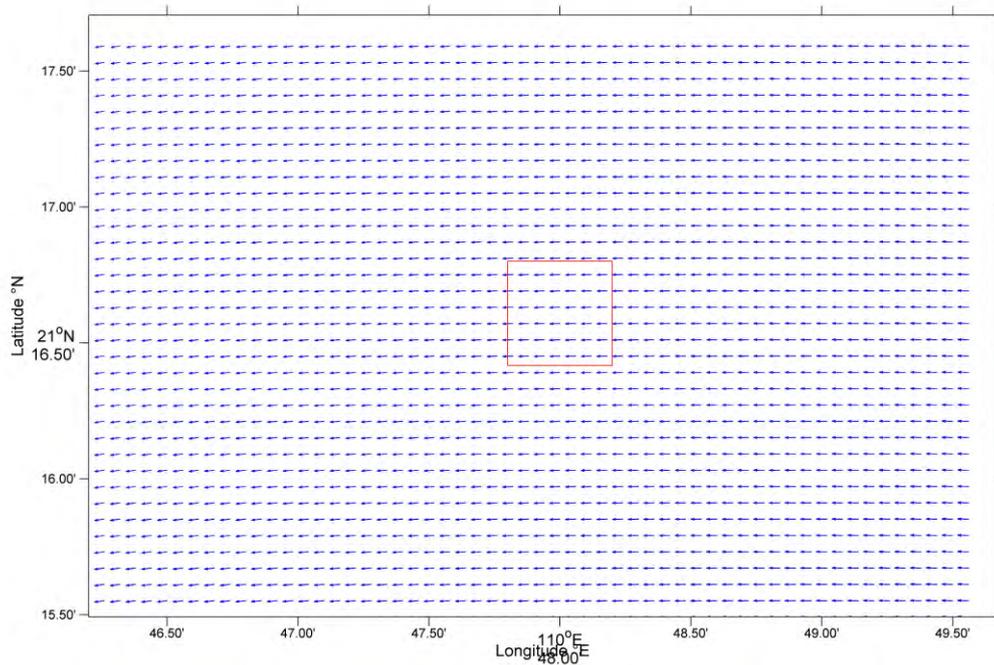


图 4-11 吴川博茂人工鱼礁建成后表层涨急流场

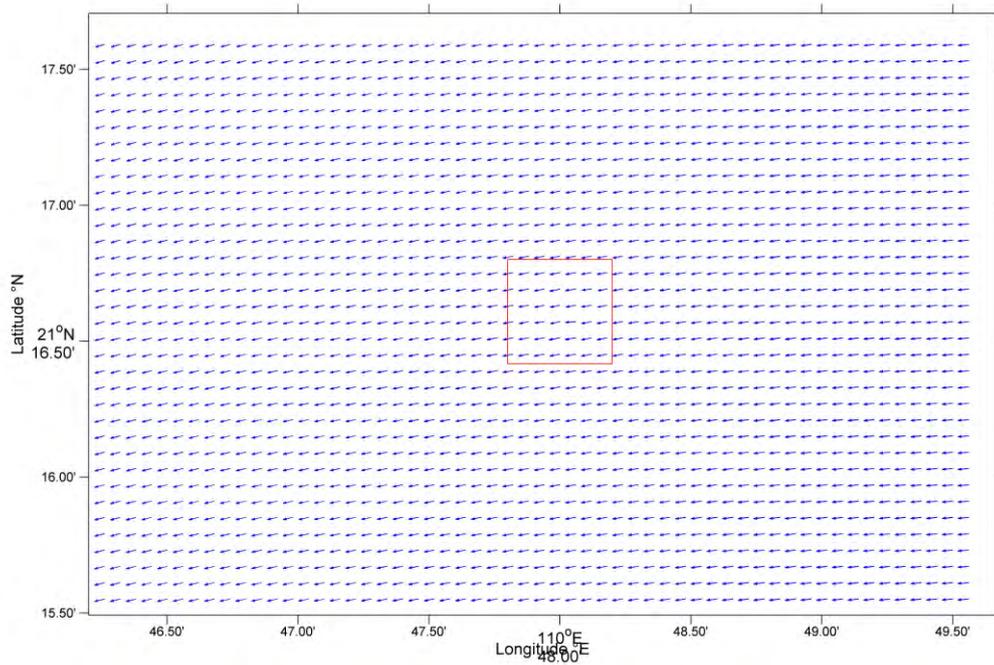


图 4-12 吴川博茂人工鱼礁建成后底层涨急流场

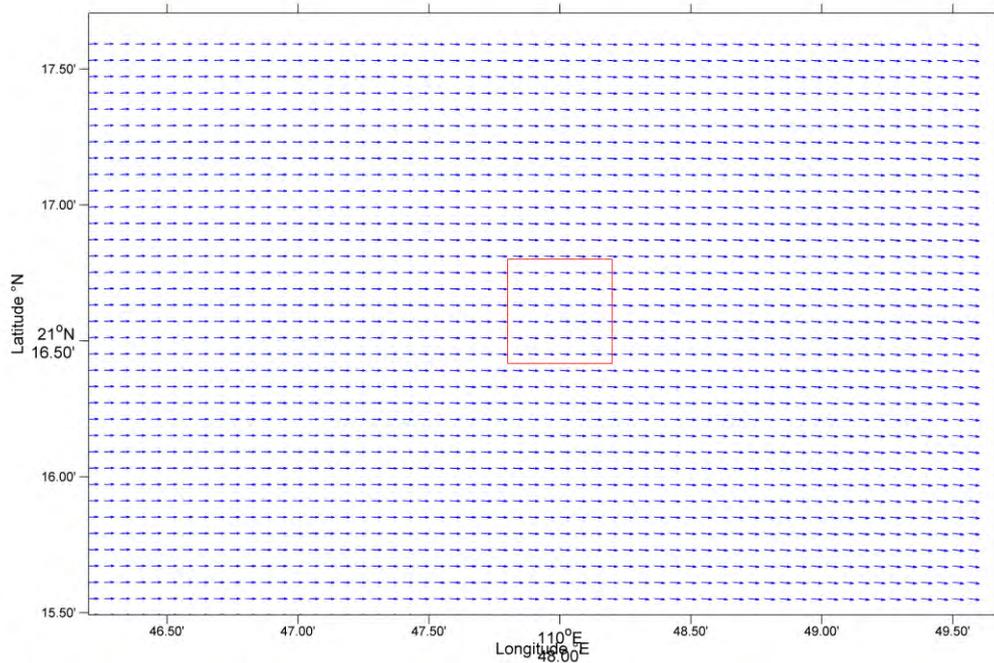


图 4-13 吴川博茂人工鱼礁建成后表层落急流场

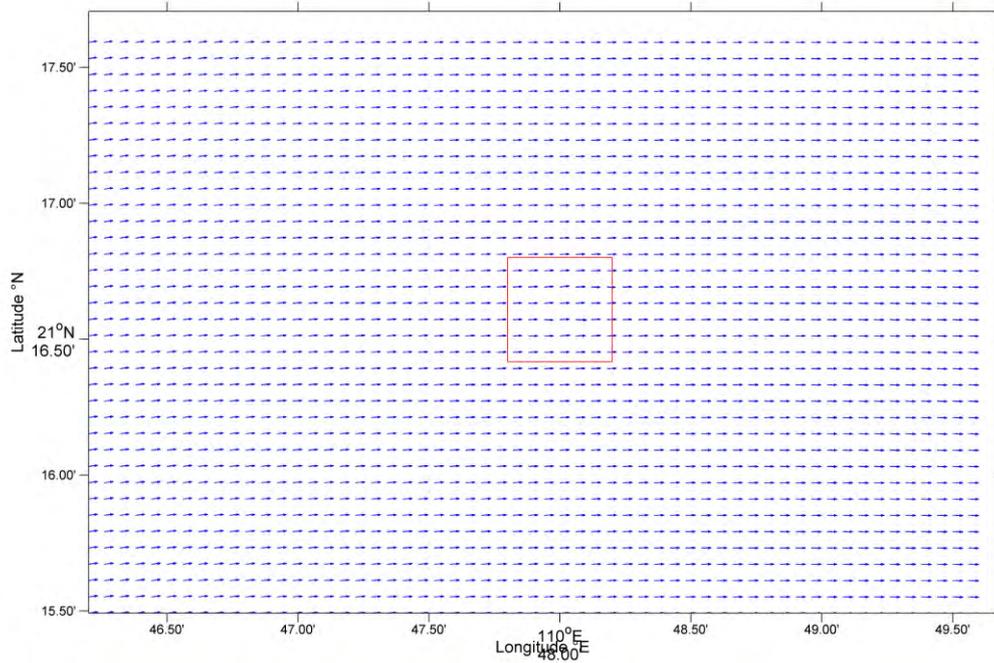


图 4-14 吴川博茂人工鱼礁建成后底层落急流场

#### (五) 泥沙冲淤影响分析

根据悬浮泥沙守恒条件和连续性原理，基于 Fick 扩散第二定律，则非平衡条件下进行 Reynolds 平均后的三维悬浮泥沙运动的控制方程可表示为：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial wc}{\partial z} = \frac{\partial \omega_s}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} (\epsilon_{s,x} \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\epsilon_{s,y} \frac{\partial c}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\epsilon_{s,z} \frac{\partial c}{\partial z})$$

式中， $c$  为悬浮泥沙的浓度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )， $u$ 、 $v$  和  $w$  分别是  $x$ 、 $y$  和  $z$  方向的流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )； $\epsilon_{s,x}$ 、 $\epsilon_{s,y}$  和  $\epsilon_{s,z}$  为潮流作用下的  $x$ 、 $y$  和  $z$  方向的泥沙扩散系数 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )。由悬浮泥沙运动控制方程组成形式可知，水流中悬浮泥沙浓度随时间变化由三种变化组成，即泥沙颗粒随水流对流引起的空间变化；泥沙颗粒由于紊动扩散作用而产生的空间变化；泥沙颗粒受重力作用而产生的空间变化。

悬浮泥沙导致的底床变形方程：

$$\gamma_0(1 - P_b) \frac{\partial \eta_s}{\partial t} = E_s - D_s$$

式中， $\eta_s$  为底床的冲淤厚度， $\gamma_0$  为底床泥沙干容重， $P_b$  为底床孔隙比， $E_s$  为泥沙侵蚀通量， $D_s$  为泥沙淤积通量。其中，泥沙侵蚀通量函数采用下式表示：

$$E_s = \Delta t Q_{si} (1 - P_b) F_{bi} \left( \frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)$$

式中， $Q_{si}$  为混合泥沙中第  $i$  中泥沙侵蚀速率， $F_{bi}$  为第  $i$  中泥沙所占泥沙总量的比例， $\tau_b$  为底床切应力， $\tau_{ce}$  为临界侵蚀切应力。泥沙淤积通量  $D_s$  采用泥沙沉降速度与近底悬浮泥沙浓度的乘积表示。

本工程位于吴川博茂海域，沿海岸线稳定，水土保持较好，且人工鱼礁区域水域开阔，径流来沙有限，水清沙少，随潮流进出的沙量基本平衡，故海床较为稳定。人工鱼礁工程实施后，当地局部水动力环境发生了改变，原先的动态平衡的动力格局需要重新调整，引发泥沙的冲淤过程，根据模型结果所得的关于泥沙冲淤的预测结论如下：

人工鱼礁建成后，改变了当地原有的平顺的海底地形，人工鱼礁区的水动力也随之变化。人工鱼礁底层整体流速呈减小趋势，在人工鱼礁之间顺海流的方向流速有所增大，人工鱼礁之间垂直海流的方向则流速减小，在流速增大的区域出现冲刷，在流速减小的区域发生淤积。人工鱼礁区建成后底层泥沙冲淤分布如图 4-15 所示，蓝绿色区域为冲刷区域，红色区域为淤积区域。对于鱼礁区面向主潮流区域出现轻微冲刷，鱼礁区背向主潮流区域出现轻微淤积。总体而言，人工鱼礁对海域的冲淤影响不大，并不会对海底地形造成明显的影响。

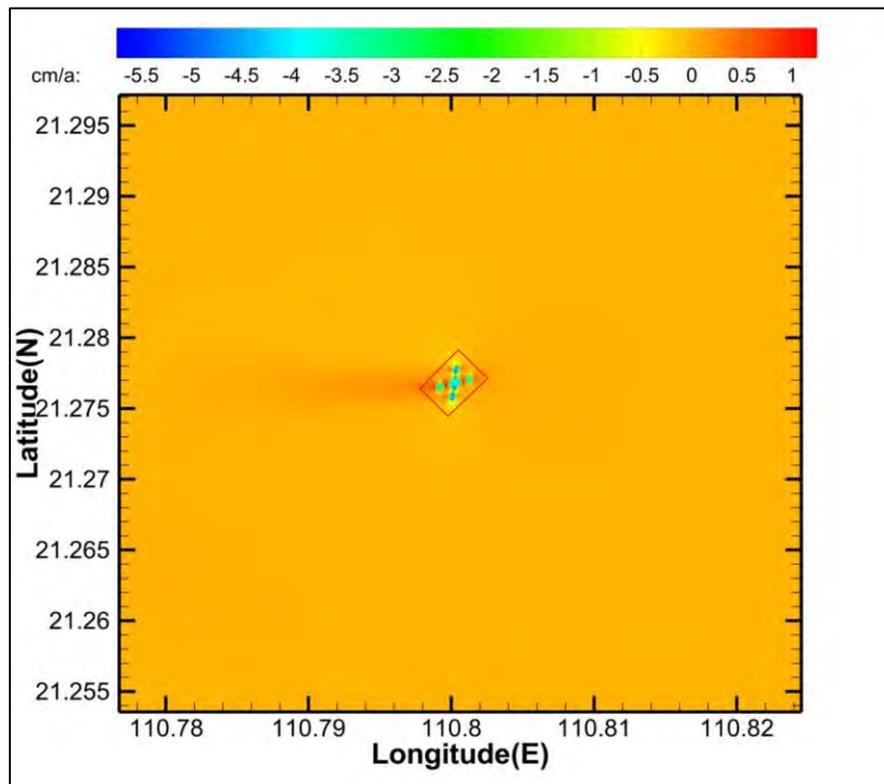


图 4-15 人工鱼礁建成后泥沙冲淤分布情况（单位：cm/a）

## （六）悬浮物浓度影响分析

由于涨、落潮流的作用，施工引起的悬浮泥沙将伴随潮流进行对流扩散、往复运送，悬浮泥沙输移方向与潮流方向基本一致。人工鱼礁礁体投放后，进入水体的悬浮泥沙除部分发生落淤之外，另一部分在潮流作用下，在作业点附近水域作输移扩散，且随着时间变化，施工产生的悬浮泥沙浓度将逐渐趋于 0，海域水体含沙量也将逐渐恢复到自然状态的含沙量。

本次报告模拟预测实验中悬浮物源强设置为  $0.85\text{kg/s}$ ，在礁体群的中心点设置 5 个源强点，整个人工鱼礁区一共设置 5 个源强点（图 4-16a），单个礁体投放时间以 30min 计算，每天施工 8 个小时计，通过对模拟结果分析得到如下结果：

图 4.1-16b 表明礁体触底后产生的悬浮物几乎不会造成表层出现悬浮物增量，图 4.1-16c 是人工鱼礁投放过程中底层悬浮物最大影响范围分布图 ( $>10\text{mg/L}$ )，从图中可以发现，人工鱼礁投放后确实会改变礁区及周边海域底层的悬浮物浓度分布，改变最大的时刻出现在大潮涨急时刻，本项目人工鱼礁投放造成的悬沙浓度变化最大的区域位于人工鱼礁区投放点，投礁 24 小时后，在潮流、以及季风的作用下，投礁引起的悬浮物浓度增量基本消失，恢复到投礁前的浓度。表 4-4 是投礁悬浮物浓度最大影响面积，从表中可以发现，最大影响范围为  $0.0049\text{km}^2$ ，基本都位于人工鱼礁区内；而大于  $50\text{mg/L}$  的影响范围几乎没有。从整体上说，本项目人工鱼礁的投放产生的悬浮物增量较低，仅在项目中心区域有较大增量，且扩散方向与潮流方向基本一致，并且很快就恢复到投礁前水平。

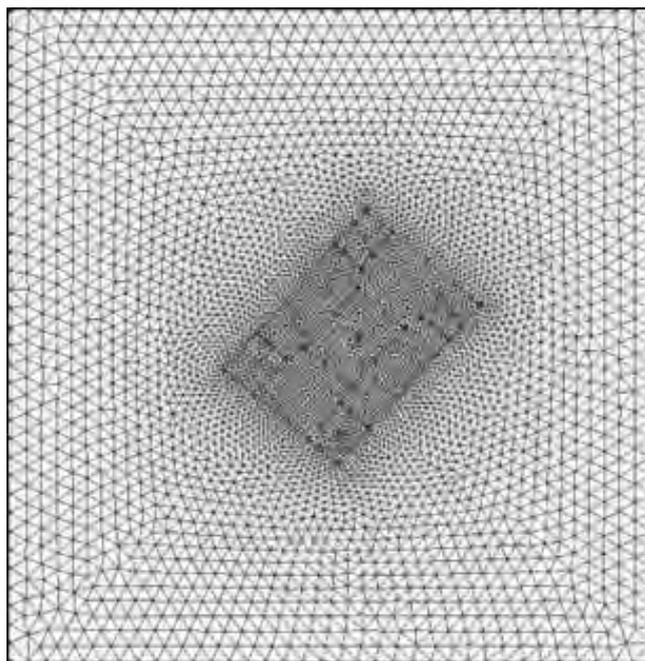


图 4-16a 悬浮物源强点设置

表 4-4 投礁悬浮物增量影响最大面积

悬浮物浓度增量	≥10mg/L	≥20mg/L	≥50mg/L	≥100mg/L	≥150mg/L
面积 (km <sup>2</sup> )	0.0049	0.0013	0	0	0

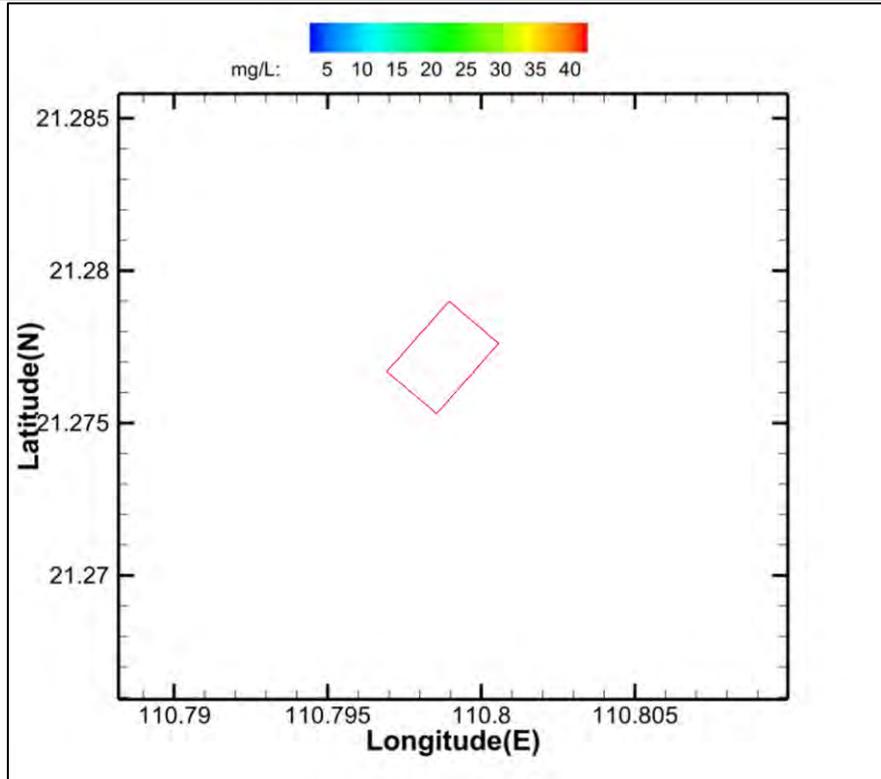


图 4-16b 人工鱼礁区表层悬浮物最大影响范围（红色框为人工鱼礁区）

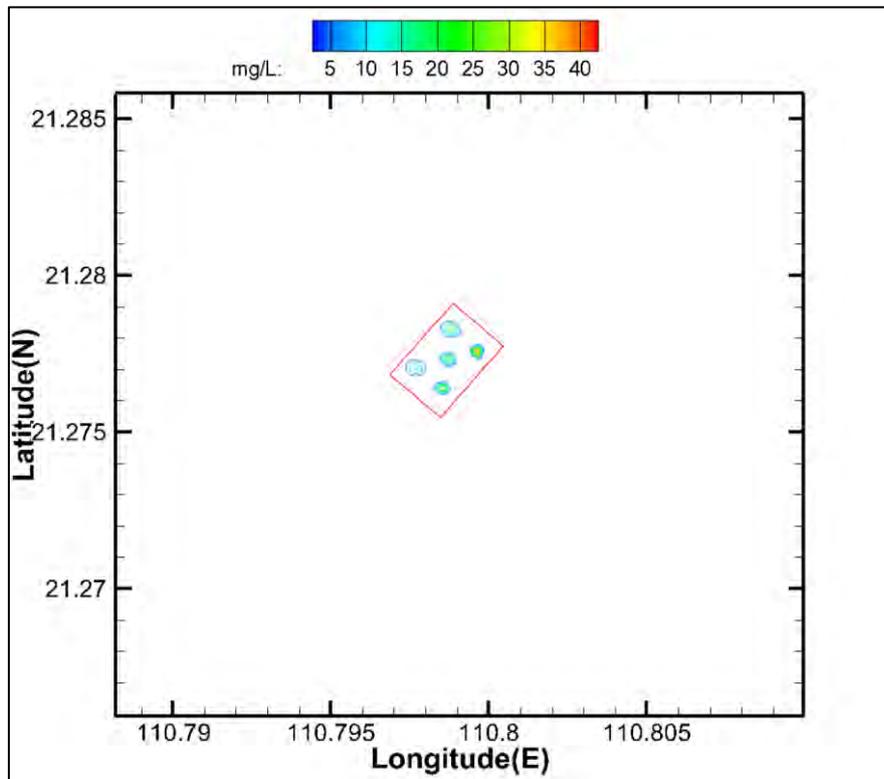


图 4-16c 人工鱼礁区底层悬浮物最大影响范围（红色框为人工鱼礁区）

(七) 施工期对沉积物环境的影响

泥沙的扩散除了自身的沉降外，主要受潮流的输送作用影响。本项目施工期投放人工鱼礁，人工鱼礁触底会产生一定量的悬浮泥沙，由于人工鱼礁分布的面积较大，且投放的强度有限，因此施工期间产生的悬浮泥沙会对沉积物产生一定的影响，但在施工过程中采取控制鱼礁下落速度、投放后不要在水底拖放移动等措施，控制人工鱼礁投放施工强度，可以最大限度的控制悬浮物的扩散范围。另外，作业过程对沉积物的影响时间是短暂的，一旦施工完毕，这种影响在较小的时间内将消失。

## **(八) 项目用海生态影响分析**

### **1、施工期生态环境的影响**

#### **(1) 对底栖生物的影响**

本工程投放的人工鱼礁礁体将占用一定的海底，实施后礁体将掩埋所占海域的底栖生物，但人工鱼礁投放后礁体下部有利于底栖生物栖息生长、将形成新的底栖生物群落，礁体上附着生物的增加量远远大于底栖生物损失量，人工鱼礁建设对底栖生物的影响是积极的。从长远来看，人工鱼礁建设对于整个海域的生态环境和渔业资源均具有积极作用。本项目浮标等辅助设施在陆域制作完成，由运输船运输至项目地点进行安装，仅为锚定施工，不会对底栖生物产生影响。

#### **(2) 对浮游生物的影响**

施工过程产生的悬浮泥沙，污染工程区附近海域的水质环境，使水体浑浊，也将对浮游生物产生影响。从水生生态角度来看，施工水域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，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数量，导致局部海域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。在水生食物链中，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，那么再以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，对整个水生生态食物链的影响是多环节的。一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10~

50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。

同时，浮游动物也将因阳光的透射率下降而迁移别处，浮游动物将受到不同程度的影响。此外，由于悬浮颗粒物的浓度增加，造成以滤食性为主的浮游动物摄入粒径合适的泥沙，从而使浮游动物因内部系统紊乱，因饥饿而死亡。某些桡足类动物，具有依据光线强弱变化而进行昼夜垂直迁移的习性，水体的透明度降低，会引起这些动物生活习性的混乱，破坏其生理功能。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、生产量及群落结构等方面。

施工船舶产生的噪音也将影响该附近海域的底栖生物、浮游生物，使施工海域生物数量暂时性的减少；并且产生的细微悬浮泥沙粒会粘附在工程附近海域已有的鱼卵的表面，妨碍鱼卵孵化，从而影响鱼类的繁殖。因此，施工期附近海域浮游生物密度将会有所下降。施工结束后，游泳生物可重新进驻该海域，影响不大。

### （3）对渔业资源的影响

施工过程对渔业资源的影响主要是悬浮物对渔业资源的影响。

本项目人工鱼礁礁体的投放，直接导致项目附近底栖生物的损失，使一些以该类生物为食物的游泳生物的饵料减少，同时，工程实施期间产生的悬浮泥沙增加引起施工区域局部海域海水浊度增加，间接影响了游泳生物的觅食环境，最终影响其发育。悬浮泥沙的增加也会直接影响海洋生物的存活率，不同种类的海洋生物对悬浮物浓度的忍受限度不同，一般说来仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度要比成体低得多。工程区附近海域悬浮物浓度增加，大型的游泳生物具有回避能力，因此，工程施工过程中对成体游泳生物和鱼类的影响很小；但是，悬浮颗粒将直接对海洋生物仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡。综上分析，本报告评价工程实施期间造成渔业资源的损失影响时，主要考虑悬浮泥沙浓度增加对鱼卵、仔稚鱼及幼体的直接损害。

建议建设单位避开鱼类产卵期进行施工，减小对鱼卵、仔稚鱼的损害。由于本项目为人工鱼礁建设，施工结束运营一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，达到弥补渔业资源损失效果。

### （4）对海洋生态环境的影响

施工船舶生活污水中含有氮、磷和有机物等，这些物质如果不加控制任意排放，将造成施工海域氮、磷等无机盐类和有机物质增加，容易导致赤潮灾害。施工船舶生活污水应收集后委托有能力处理单位接收处理，对海洋生态的影响不大。

### （九）项目用海资源影响分析

本项目建设人工鱼礁，根据上一章节分析，施工产生的悬浮物源强有限，对海洋生态环境基本不产生影响。但人工鱼礁将会永久占用海域，导致人工鱼礁底部的生物死亡。浮标等辅助设施采用的是锚钩进行固定，占用海底面积很小，在线观测系统占用海底面积小，可忽略不计。因此，本节主要计算人工鱼礁礁体占用海底造成的底栖生物的损失。

#### 1、生物受损量计算

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T9110-2007）》（以下简称《规程》），填海彻底破坏潮间带生物和底栖生物的生境，按以下公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中： $W_i$  为第  $i$  种生物资源受损量，单位为尾、个或千克（kg）； $D_i$  为评估区域内第  $i$  种生物资源密度，单位为尾/ $\text{km}^2$  或个/ $\text{km}^2$  或千克（kg）/ $\text{km}^2$ ； $S_i$  为第  $i$  种生物占用的渔业资源水域面积，单位为  $\text{km}^2$ 。

根据 2021 年海洋生态调查结果，项目海域的底栖生物平均生物量为  $52.78\text{g}/\text{m}^2$ 。

本项目人工鱼礁区选址在水深较深的海域，用海面积约为 49 公顷。本项目建设人工鱼礁区 1 个，共 1 个礁群，建造投放礁体 176 个、26400 空方，其中，GDC013 长方体三孔钢混繁育礁（ $5\text{m} \times 5\text{m} \times 6\text{m}$ ）117 个、17550 空方（该型礁体底面积为  $25\text{m}^2$ ），长方体框架钢混多功能饵料礁（ $5\text{m} \times 5\text{m} \times 6\text{m}$ ）59 个、8850 空方（该型礁体底面积为  $25\text{m}^2$ ）。

因此本项目投放礁体占用海底表面积为  $117 \text{ 个} \times 25\text{m}^2/\text{个} + 59 \text{ 个} \times 25\text{m}^2/\text{个} = 4400\text{m}^2$ 。则人工鱼礁投放导致的底栖生物直接损失量如下：

礁体造成的底栖生物损失量 =  $52.78\text{g}/\text{m}^2 \times 10^{-3}\text{g}/\text{kg} \times 4400\text{m}^2 = 232.232\text{kg}$ 。

此外，海上浮标锚块和水底监测平台基座占用面积分别按  $20\text{m}^2$  和  $5\text{m}^2$  计算，则锚块和监测平台底座造成的底栖生物损失量 =  $52.78\text{g}/\text{m}^2 \times 10^{-3}\text{g}/\text{kg} \times 25\text{m}^2 = 1.320\text{kg}$ 。

#### 施工悬浮泥沙造成的生物损失：

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

$$M_i = W_i \times T$$

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

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/ $\text{km}^2$ 或个/ $\text{km}^2$ 或千克（kg）/ $\text{km}^2$ ； $S_i$ 为某一污染物第 $j$ 类浓度增量区面积， $\text{km}^2$ ； $K_{ij}$ 为某一污染物第 $j$ 类浓度增量区第 $i$ 种类生物资源损失率，%； $n$ 为某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

(1) 污染物浓度增量区面积（ $S_i$ ）和分区总数（ $n$ ）

参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，分区间确定本工程增量区的各类生物损失率。

表 4-5 本工程悬浮物对各类生物损失率及分区面积

分区	面积 ( $\text{km}^2$ )	浓度增量范围 ( $\text{mg/L}$ )	超标倍数 ( $B_i$ )	各类生物损失率 (%)			
				鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
I区	0.0036	10~20	$B_i \leq 1$ 倍	5	0.5	5	5
II区	0.0013	20~50	$1 < B_i \leq 4$ 倍	17	5	15	15
III区	0	50~100	$4 < B_i \leq 9$ 倍	40	15	40	40
IV区	0	$\geq 100$	$B_i \geq 9$ 倍	50	20	50	50

(2) 生物资源损失率（ $K_{ij}$ ）

参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，分区间确定本工程增量区的各类生物损失率。小于 10mg/L 浓度增量范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响，本项目施工时产生的悬浮物扩散浓度和范围计算生物损失量。

(3) 持续周期数（ $T$ ）

本项目人工鱼礁投放实际施工时间（仅包含投放过程，不包括运输和其他准备过程）按 1 个周期（15 天）计算。

项目区域水深为 12.2~13.2m，计算时按 12.7m 计算，本底值取调查数据均值计算，则本项目施工期悬浮物造成的生物损失量如下：

鱼卵： $12.7 \times 680 \times 10^{-3} \times 10^6 \times (0.0036 \times 0.05 \times 1 + 0.0013 \times 0.17 \times 2)$  粒 =  $5.372 \times 10^3$  粒

仔鱼： $12.7 \times 372 \times 10^{-3} \times 10^6 \times (0.0036 \times 0.05 \times 1 + 0.0013 \times 0.17 \times 2)$  尾 =  $2.939 \times 10^3$  尾

游泳动物： $1092.904 \times (0.0036 \times 0.005 \times 1 + 0.0013 \times 0.05 \times 2)$  kg = 0.162kg

浮游植物： $12.7 \times 121.65 \times 10^3 \times 10^6 \times (0.0036 \times 0.05 \times 1 + 0.0013 \times 0.15 \times 2)$  cells =  $0.881 \times 10^9$  cells

浮游动物： $12.7 \times 505.49 \times 10^6 \times (0.0036 \times 0.05 \times 1 + 0.0013 \times 0.15 \times 2)$  ind. =  $3.659 \times 10^6$  ind.

综上，项目施工造成的各类渔业资源直接损失如下：

(1) 人工鱼礁、锚块和水底监测平台占用造成底栖生物损失量：233.552kg。

(2) 工程施工引起的悬浮物将造成生物损失量：

鱼卵： $5.372 \times 10^3$  粒；仔鱼： $2.939 \times 10^3$  尾；游泳动物：0.162kg；浮游植物： $0.881 \times 10^9$  cells；浮游动物： $3.659 \times 10^6$  ind.。

## 2、海洋生物资源经济损失

根据《规程》的要求，考虑到海洋生物资源调查的内容，各类生物资源的经济损失额的计算方法如下：

### (1) 底栖生物：

底栖生物及潮间带生物经济损失计算公式为：

$$M = W \times E$$

式中： $M$  为经济损失额，元；

$W$  为生物资源损失总量，千克(kg)；

$E$  为生物资源的价格，元/kg，按市场平均价格计算(20 元/kg)。

### (2) 鱼卵和仔稚鱼：

鱼卵和仔稚鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，计算公式为：

$$M = W \times P \times V$$

式中： $M$  为鱼卵和仔稚鱼的经济损失金额，元；

$W$  为鱼卵和仔稚鱼损失量，尾或个；

$P$  为鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算，%；

$V$  为鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，取 1 元/尾。

### (3) 成体生物资源

成体生物资源经济价值按

$$M_i = W_i \times E_i$$

式中： $M_i$  为第  $i$  种生物成体生物资源经济损失额，元；

$W_i$  为第  $i$  种生物成体生物资源损失的资源量，千克(kg)；

$E_i$  为第  $i$  种生物成体生物资源的商品价格，元/kg，按市场平均价格计算(30 元/kg)。

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。生物资源损害赔偿和补偿年限（倍数）按以下方法确定：

各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的，生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算；一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍；持续性生物资源损害的补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为

3-20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。

本项目人工鱼礁、锚块及监测平台占用属于长久占用，按 20 年进行补偿，施工悬浮泥沙按 3 年进行补偿。工程建设造成的生物资源损失总量及补偿额如下。

表 4-6 生物资源损失及补偿额

影响因素	影响对象	损失量	补偿年限	累计损失量	成体成活率 (%)	实际损失量	单价	补偿额 (元)
海底占用	底栖生物	233.552kg	20 年	4671.04kg	100	4671.04kg	20 元/kg	93420.8
施工期 悬浮物 扩散影响 (>10mg/L)	游泳生物	0.162kg	3 年	0.486kg	100	0.486kg	30 元/kg	14.58
	鱼卵	5.372×10 <sup>3</sup> 粒		16.116×10 <sup>3</sup> 粒	1	0.161×10 <sup>3</sup> 粒	1 元/粒	161.16
	仔鱼	2.939×10 <sup>3</sup> 尾		8.817×10 <sup>3</sup> 尾	5	0.441×10 <sup>3</sup> 尾	1 元/尾	440.85
合计								94037.39

### 3、生态效益（生态补偿）

人工鱼礁建成后，预计投放区内海洋生物和渔业资源将明显增加，尤其是鱼类、头足类和各种贝类及各种藻类的增长很快，海洋生物的生物多样性和总生物量都将增加。

人工鱼礁工程建成后对当地生态修复的作用途径，主要分为以下几个方面：

(1) 人工鱼礁投放于海底后，可在礁体周围形成涡流，促使浮游生物和附着生在此繁衍生长，从而吸引属于食物链较上层的鱼群聚集，扩展成一个小型的生态圈。

(2) 人工鱼礁可以改造、修复海洋生态环境，增殖渔业资源，使原本生产力较低、鱼种较少的沙泥底质环境改变成生产力较高、鱼种较多的岩礁渔场。

(3) 人工鱼礁可提供幼鱼庇护及鱼类栖息、索饵和产卵的场所，同时可保护渔场环境。投放形体特殊的礁体后，可防止使用破坏性渔具的渔船，尤其沿岸近海底渔业资源船进入礁区或禁内滥捕，避免破坏。

(4) 人工鱼礁设计结构复杂，孔隙、洞穴繁多，具有空间效应，可以提供各种鱼类栖息，形成空间层次分布，成为洄游性或底栖性鱼类作为它们摄食、避难、定居、繁殖的适宜场所。礁体的孔隙、洞穴也是鱼类产卵的温床，而在礁体内孵化不久的鱼苗也可以在礁体的保护之下有较安全的空间，不致任意遭到大鱼吞噬，从而保护了鱼类资源。

对类似生态修复手段的调查，表明人工鱼礁投放后的生态效益明显，如杨梅坑人工鱼礁区投礁前、后相同季节的调查结果表明，示范区及其临近水域初级生产力明显提高，礁体的生物附着效果显著，附着生物量平均达 28.57kg/m<sup>2</sup>。拖网资源密度是本底

调查的 6.69 倍，尾数资源密度是本底的 14.27 倍；刺网渔获率是本底调查的 6.83 倍，尾数渔获率是本底调查的 8.11 倍；优质鱼类种数为对照区的 3 倍以上。根据核心调控区面积计算，示范区 5 年生态系统服务价值累计达 7.02 亿元。

按照《广东省吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目实施方案（可研报告）》中资源增殖评估方法和海洋牧场生态服务功能评估模型计算，项目建设完成后预计每年产生生态效益 274.9 万元，10 年内可产生生态效益 2749 万元，与本项目总投资概算 1750 万元相比，投入产出比达 1:1.57，生态效益明显。与本项目造成的生态损失 9.4 万元相比，生态效益显著高于施工造成的生态损失。

综上，本项目为生态修复项目，人工鱼礁的建设将有利生态环境的恢复，对生态环境的补偿大于损失量。

#### **（十）对大气环境的影响**

本工程施工及运营阶段对大气环境的影响主要是施工船舶、管护船舶产生的废气，其所含的污染物主要有 NO<sub>x</sub>、碳氢化合物等，污染源多为无组织分散排放。本项目施工期通过采用使用较高规格的燃油，合理安排施工工序和场地，减少运距，减少尾气排放，本项目对大气环境影响有限。

#### **（十一）对噪声环境的影响**

施工期噪声主要为海上施工使用施工船产生的交通噪声，来源于礁体运输、投放等过程产生的噪声，会对声环境带来一定的影响，噪声强度 78~88dB(A)之间，且影响主要在船舶离港期间，海上运输期间，远离居民点，影响逐渐减弱。

#### **（十二）对敏感目标的影响分析**

本工程的环境保护目标为功能区（博茂港西南海洋保护区、博茂港南海洋保护区、吴阳海洋保护区）、三场一通道（索饵场）、幼鱼幼虾保护区、海洋生态红线区。项目建设对以上环境敏感区和环境保护目标的影响分析如下：

##### **1、项目用海对功能区（博茂港西南海洋保护区、博茂港南海洋保护区、吴阳海洋保护区）的影响分析**

博茂港西南海洋保护区：1.相适宜的海域使用类型为特殊用海；2.按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理。海洋环境保护管理要求为 1.保护海洋生态系统；2.加强保护区海洋生态环境监测；3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

博茂港南海洋保护区：1.相适宜的海域使用类型为特殊用海；2.按照国家关于海洋

环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理。海洋环境保护管理要求为 1.严格保护东风螺及其生境；2.加强保护区海洋生态环境监测；3.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

本项目距离博茂港南海洋保护区及博茂港西南海洋保护区均大于 1km，对海洋保护的主要影响是悬浮泥沙，根据预测结果，本项目施工悬浮泥沙 10mg/L 包络线集中在人工鱼礁施工区内，10mg/L 包络线未达到博茂港南海洋保护区及博茂港西南海洋保护区，与此同时，在施工过程中严格执行各项环保措施，生活污水、含油污水等污染物通过船载设施收集后，委托有能力/资质处理单位接收处理，严禁直接排海。项目施工悬浮泥沙对博茂港南海洋保护区及博茂港西南海洋保护区影响较小。

本项目本身就是一种生态修复措施，建设人工鱼礁、人工藻礁，为渔业资源提供庇护所，食物基础，恢复海域的渔业资源，符合博茂港南海洋保护区及博茂港西南海洋保护区中关于“保护海洋生态系统；严格保护东风螺及其生境”的管理规定。

本项目距离吴阳海洋保护区较远，本项目在施工过程中产生的悬浮泥沙污染物扩散范围有限，10mg/L 包络线未到达吴阳海洋保护区，施工结束后，悬浮泥沙自然沉积，水质恢复正常，运营期间严格执行生物污水、固体废物收集后上岸处理等措施，因此对吴阳海洋保护区的影响是较小的。

## **2、项目用海对三场一通道（索饵场）、幼鱼幼虾保护区的影响分析**

根据《中国海洋渔业水域图（第一批）》（中华人民共和国农业部公告（第 189 号），2002.2），幼鱼幼虾保护区为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，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

根据中华人民共和国农业部 2002 年 2 月编制的《中国海洋渔业水域图》，本项目不属于主要经济物种的产卵场，属于主要经济物种的索饵场。

施工期间的噪声对水质、生态的影响会对位于该海域的幼鱼幼虾、主要经济物种的饵料的增长发育造成一定程度的影响，工程施工会对幼鱼幼虾、主要经济物种的饵料渔业资源造成一定影响，海洋牧场建成后，成为幼鱼幼虾的庇护所、索饵场，可以促进种质资源的恢复。

## **3、项目用海对生态保护红线区的影响分析**

根据“三区三线”成果，本项目周边的生态保护红线区为吴川重要渔业资源产卵场，本项目在施工过程中，会产生一定量的悬浮泥沙，为减少悬浮泥沙的扩散量，施工过程中要严格执行相应的环保措施，避免悬浮泥沙大量扩散，本项目在施工期产生的

悬浮泥沙量有限，根据预测结果，悬浮泥沙 10mg/L 包络线影响发生在人工鱼礁投放的局部海域，未扩散至生态保护红线区，在施工结束后悬浮泥沙自然沉积，水质恢复正常，运营期间几乎不产生悬浮泥沙，因此本项目对吴川重要渔业资源限制类红线区影响较小。

#### 4、项目对文昌鱼的影响分析

文昌鱼属头索纲文昌鱼目文昌鱼科，为暖水性珍稀小型头索动物，是研究动物进化重要的活化石。中国沿海均有分布，主要分布于福建厦门市的刘五店，山东的青岛、河北的秦皇岛，广东的汕头和阳江、茂名、湛江等地沿海也有出现，喜栖于水清、流缓、疏松的沙质海底，栖息水深 8~15m，产卵期为每年的 5~11 月。

根据中国水产科学研究院南海水产研究所于 2021 年 9 月对项目所在海域开展的渔业资源和生态环境等本底调查结果显示，项目所在海域未发现文昌鱼分布。

本项目人工鱼礁投放海域底质为淤泥、淤泥质土，不属于文昌鱼喜栖的环境。周边可能分布文昌鱼的海洋功能区为吴阳海洋保护区，距离本项目约为 5.6km，根据数模预测结果，本项目施工悬浮泥沙 10mg/L 包络线位于项目用海范围以内。吴阳海洋保护区于本项目施工悬浮泥沙 10mg/L 包络线以外的区域。本项目施工对文昌鱼及其生境的影响较小，本项目实施后，鱼礁区内浮游植物的生长繁殖得到有效促进，提高了区域的初级生产力，对周边海域文昌鱼及其生境有一定改善作用。

### （十三）环境风险分析

#### 1、台风暴潮影响下风险分析

项目所处海域的主要海洋自然灾害为台风和风暴潮，台风期间，常伴有狂风暴雨、巨浪和暴潮，其中又以台风暴潮造成的损失最为严重。在项目建设及运营过程中应对台风、风暴潮等自然灾害引起足够的重视。

投礁施工期尽量选择小潮期的憩流时段以及风浪小的天气，可利用适宜的天气、潮流等，按单位鱼礁特点分批投放。项目运营期，台风形成的大浪和风暴增减水以及海上的强潮流是网箱和管护平台等面临的主要危险，海面设施有可能在一场台风中被大浪掀起、打乱、丧失它的生态功能；也有可能被漂移至附近海域。

项目海域是台风多发水域，历史上曾多次受台风侵袭，建设单位应给予足够重视，编制台风防范预案，制定相应的对策措施（包括在台风来临之际成立指挥部，预备必需的物资人员设备车辆等），同时在工程设计工作中提高抗风浪标准，采取相应的手段，以抵御和降低台风灾害可能带来的危害。

## 2、船舶触礁风险分析

根据工程地质勘察结果，根据现有区域地质资料，拟建场地及附近在全新统地质时期以来无活动断裂分布，地质环境基本稳定；经钻探查明拟建场地土层无明显不良的工程性质；地貌类型单一，地形平缓，拟建场地稳定性较好，适宜本工程建设。本项目海域没有航道分布，没有大型船只航行，偶而有渔船等小型船只通过，本项目海域水深在 12.2~13.2m，均大于 10m，本项目鱼礁高度约 6m，鱼礁投放后的留空水深大于 6m，能够满足小型船舶（吃水 1~3m）通行需求，建设单位应会在礁区四周设置礁区标志和陆上警示牌，将在一定程度上降低船舶误入礁区的风险，但建议建设单位在项目施工前应及时将礁区范围和礁体布局告知当地相关涉海部门，做好公告及触礁处理预案等工作。

## 4、礁体不稳定风险分析

人工鱼礁不稳定风险主要有礁体滑坡、倾覆、礁体掩埋、下沉等。本项目建设海域海底地形较为平缓，未发现断裂结构及其他不良的工程地质现象，底质满足人工鱼礁承托力要求。

根据数模计算结果分析，本项目人工鱼礁投放后会在人工鱼礁之间垂直于流速的区域发生淤积，相对人工鱼礁单体高度并不明显，且人工鱼礁投放后礁体顶部还有较大区域的冲刷，而本项目投放人工鱼礁的时间较短，不会产生明显的冲淤变化，因此，本项目人工鱼礁投放后礁体掩埋风险较低。

台风、热带风暴等极端气象海况条件造成礁体不稳定性作用较为明显，海水在台风、热带风暴等极端天气下产生较大程度的扰动，在海水较大的搅动下，礁体可能会发生移位、倾覆等，建议在礁群布设时将礁体布置成表面与常流向夹角为 90°，并按群体组合式布置成“品”字型多行多列布局。

建议建设单位根据投放海域的地形对人工鱼礁做好相关防护措施，并且后期定期对鱼礁稳定性进行监测，尽量减少礁体的不稳定风险。

## 4、溢油风险

根据本项目的的设计，人工鱼礁投放需要使用船舶运输投放，施工船舶最大吨位为 3000 吨，施工船舶在施工过程中由于操作失误或者碰撞导致溢油事件发生，可能会导致船舶溢油污染事故。本次评价采用模型预测对溢油风险进行预测与分析。

## 5、预测模型简介

### (1) GNOME 模型

GNOME(General NOAA Operational Modeling Environment)溢油模型是由美国国家海洋与大气局(NOAA)反应和恢复办公室(OR&R)紧急反应部(ERD)开发的一款全面免费的交互式环境溢油轨迹模拟软件,它采用 C++语言编写,设计用于模拟在水域环境中的溢油轨迹。同时 GNOME 模型还具有操作界面简洁、安装简单、模拟运行速度快等优点。它属于目前主流的油粒子溢油模型,采用二维欧拉-拉格朗日粒子追踪法进行轨迹模拟。GNOME 溢油数值模型可以模拟由风、流和其他影响因素所造成的溢油扩散和转移,同时也可以模拟洋流和风观测预报中出现的 uncertainty 造成的溢油扩散轨迹的分布,并估计其分布的 90%置信区间,从而估计潜在的威胁。

GNOME 模型模拟油粒子的漂移轨迹采用欧拉拉格朗日粒子追踪法。具体表达式为:

$$M = M_0 + \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} v_t(x(t_0), y(t_0), t_0) dt$$

其中, M 是经过漂移  $\Delta t$  时间后的新位置;  $M_0$  为  $t_0$  时刻的初始位置;  $v_t$  为  $t_0$  时刻的初始漂移速度,表现为时间与空间的函数;由于油膜的随机分布,因此其初始位置不一定位于模型的网格节点上,所以在获取其速度时,是通过和周围的网格节点速度线性插值获得。

在 GNOME 模型中任何一个网格节点在某一具体的时刻其速度为:

$$V = V_t + \alpha V_w$$

其中,  $V_t$  表示在  $t$  时刻时模型网格节点上的速度,  $V_w$  表示在  $t$  时刻时模型网格节点上的风场速度,  $\alpha$  为风因子。

## (2) 溢油扩散

溢油事故发生后,油品泄漏到水体表面上时,将会受到其自身表面的张力、惯性力、重力和粘性力的共同作用,从而向四周进行扩散。Fay 以平静的海面为前提得出油膜在扩展过程不同阶段的模型表达式:

惯性扩展阶段:

$$D = 2K_1(g\beta V t^2)^{\frac{1}{4}}$$

粘性扩散阶段:

$$D = 2K_2 \left( \frac{g\beta V^2}{\sqrt{v_\omega}} \right)^{\frac{1}{6}} * t^{\frac{1}{4}}$$

表面张力阶段:

$$D = 2K_3 \left( \frac{\delta}{\rho_w \sqrt{\nu_w}} \right)^{\frac{1}{2}} * t^{\frac{3}{4}}$$

式中：D 为油膜的直径；g 为地球重力加速度；V 为油膜的初始体积；t 为时间； $\rho_w$  为海水的密度； $\nu_w$  为水的粘滞系数； $\rho_0$  为油品的密度； $\beta = 1 - \frac{\rho_0}{\rho_w}$ ； $\sigma$  为净表面张力系数，即空气-水表面间、油-空气间、油-水间； $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  为每个阶段的经验系数。

### (3) 蒸发

在溢油蒸发方面，使用的最多且最广泛的是由 Stiver 和 Mackey 所提出的经验公式：

$$F = \frac{\ln(1 + \theta \frac{VP_\alpha}{RT^2} * BT_g * \exp(B(1 - \frac{T_0}{T}))) * T}{BT_g}$$

式中，T 为溢出油品的温度； $P_\alpha$  为大气压强；R 为大气常数；B 为常数（取值 10.3）；V 为溢油油品的体积； $\theta$  为挥发系数，一般情况下由  $\theta = 2.5 \times 10^{-3} U_w^{0.78}$  计算得出，其中  $U_w$  为风速； $T_g$  为挥发曲线的梯度； $T_0$  为挥发油品的初始温度。

### (4) 乳化

乳化，即在溢油油品进入水体后，在包括风、流等外力的共同下，使其形成一种油水混合物的一个过程。目前，在国内外溢油模型中使用最多的是由 Mackay 所提出的利用油品中的含水率来表示油品的乳化程度。

$$F = C \{ 1 - \exp [ \frac{-2 \times 10^{-6}}{C} (1 + U_{10})^2 T ] \}$$

式中，F 为油品中的含水率（%）；C 为乳化粘度常数，一般情况下，原油和重油取 0.7； $U_{10}$  为海面上 10m 的风速（m/s）；T 为乳化时间（s）。

### (5) 溶解

在溢油模型中，油品的蒸发和溶解是同时进行的，只是相对于蒸发而言，溶解所产生的影响要远小于蒸发所产生的。

根据 Cohen Y 和 Huang J C 所提出的计算公式，溢油成分的溶解计算公式为：

$$S_1 = KAS_2$$

$$S_3 = S_4 e^{-\alpha t}$$

式中， $S_1$  为原油溶解速率（g/h）； $S_2$  为原油在水中的溶解度（mg/L）； $S_3$  为溢油的总溶解速率（mg/h）； $S_4$  为溢油发生前的溶解度（mg/h）；A 为油膜的面积（m<sup>2</sup>）；K 为传质系数（m/h）； $\alpha$  为溶解衰减常数（s<sup>-1</sup>）；t 为时间（s）。

## (6) 扩散系数

GNOME 模型采用了以下两个经典扩散公式：

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C$$

式中，C 是溢出物质的浓度；D 为扩散系数。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x * \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y * \frac{\partial^2 C}{\partial y^2}$$

式中， $D_x$ 、 $D_y$  为 x 和 y 方向上的标量扩散系数。

在本文中，扩散系数采用系统默认参数，即 10000cm<sup>2</sup>/sec。

## 6、环境风险预测

### (1) 预测源强及工况

**溢油位置：**本项目风险事故主要为礁体投放建设期的船舶事故溢油风险，泄漏物质为燃料油，溢油点选取在礁体投放施工区。

**溢油量：**本项目最大施工船舶为 3000 吨运输船，参照《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017)“附录 C 表 C.9 驳船燃油舱中燃油数量关系”，<5000 吨级驳船燃油总量 245m<sup>3</sup>，燃油舱单舱燃油量取 31m<sup>3</sup>，燃油密度按 900kg/m<sup>3</sup> 计算(参考《船用燃料油》(GB17411-2015))，则施工期本项目船舶最大可信水上溢油事故溢油量为 245\*0.9=220.5 吨，可能最大水上溢油事故的溢油量为 31\*0.9=27.9 吨。

**预测风况：**溢油风险预测工况见下表，预测溢油发生后 72 小时油膜漂移扩散情况。

表 4-7 溢油风险预测工况组合

工况	风向、风速	溢油时点	说明
1	N, 2 m/s	涨潮	冬季主导风
2	SE, 2 m/s		常年、夏季主导风
3	N, 13.8 m/s		冬季、常年、夏季主导风允许作业最大风速
4	SE, 13.8 m/s		
5	N, 2 m/s	落潮	冬季主导风
6	SE, 2 m/s		常年、夏季主导风
7	N, 13.8 m/s		冬季、常年、夏季主导风允许作业最大风速
8	SE, 13.8 m/s		

### (2) 溢油事故预测结果及分析

本项目位于吴川博茂海域，水动力条件复杂，根据以上预测条件，施工船舶发生燃料油泄漏事故时，油膜扫海面积统计见表 4-8，油膜扩散范围见图 4-17。结果显示，发生泄漏事故时油膜的扩散轨迹受海流和风的共同影响。

预测结果表明，由于周边地形的影响，不同风向对溢油影响的差别较大。工况 1 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 236.28km<sup>2</sup>，工况 2 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 108.64km<sup>2</sup>，工况 3 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 874.95km<sup>2</sup>，工况 4 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 32.55km<sup>2</sup>，工况 5 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 234.39km<sup>2</sup>，工况 6 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 158.20km<sup>2</sup>，工况 7 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 809.31km<sup>2</sup>，工况 8 在溢油发生 72 小时后油膜扫海面积为 47.26km<sup>2</sup>。结果表明 SE 为不利风向，工况 2，油膜 18 小时到达敏感区，33 小时到达岸边；工况 4，油膜最快 3 小时到达敏感区，6 小时到达岸边；工况 6，油膜 24 小时到达敏感区，44 小时到达岸边；工况 8，油膜 5 小时到达敏感区，9 小时到达岸边。N 向风时，工况 3 油膜在 46 小时会到达硃洲岛东南风电海域，工况 7 油膜在 43 小时会到达风电海域。

**表 4-8 油膜扫海面积统计表**

工况	风况		溢油时点	扫海面积 (km <sup>2</sup> )
	风向	风速		
1	N	2 m/s	涨潮	236.28
2	SE	2 m/s		108.64
3	N	13.8 m/s		874.95
4	SE	13.8 m/s		32.55
5	N	2 m/s	落潮	234.39
6	SE	2 m/s		158.20
7	N	13.8 m/s		809.31
8	SE	13.8 m/s		47.26

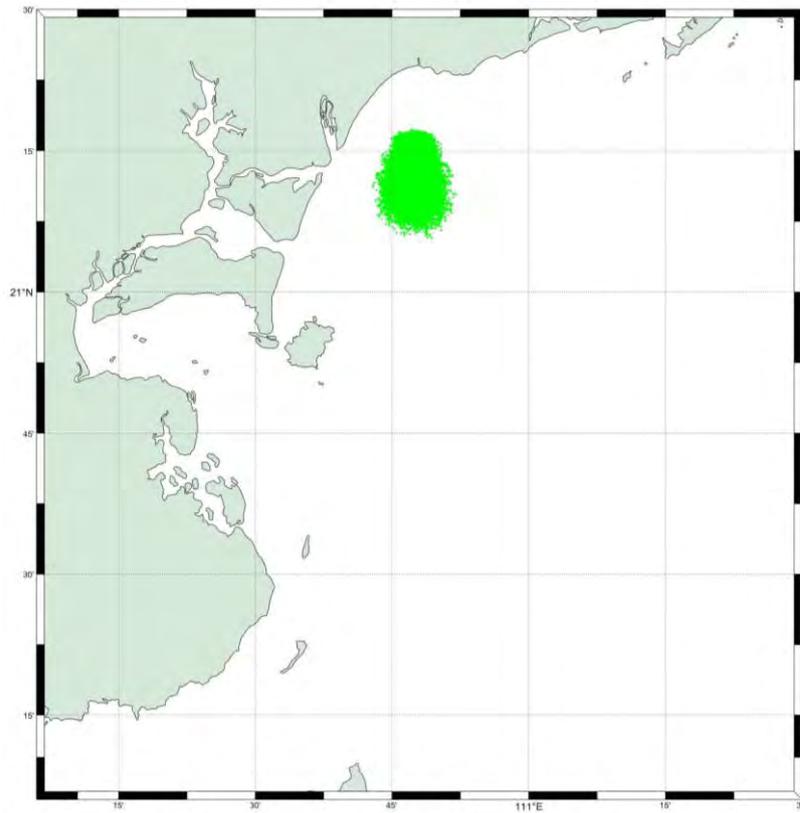


图 4-17a N 向 2m/s 风速涨潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围 (72h)

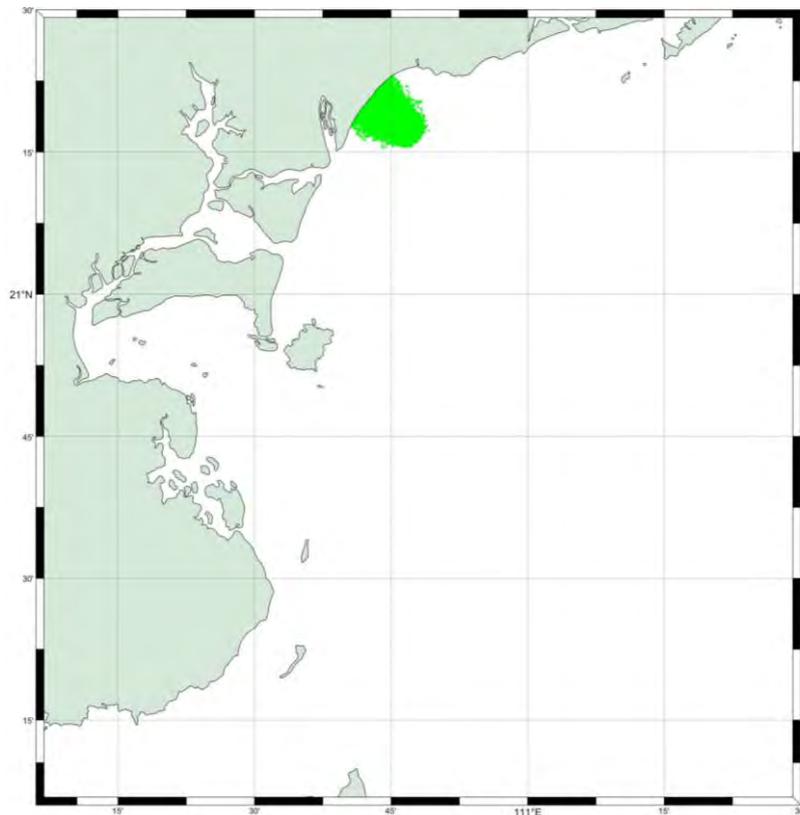


图 4-17b SE 向 2m/s 风速涨潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围 (72h)

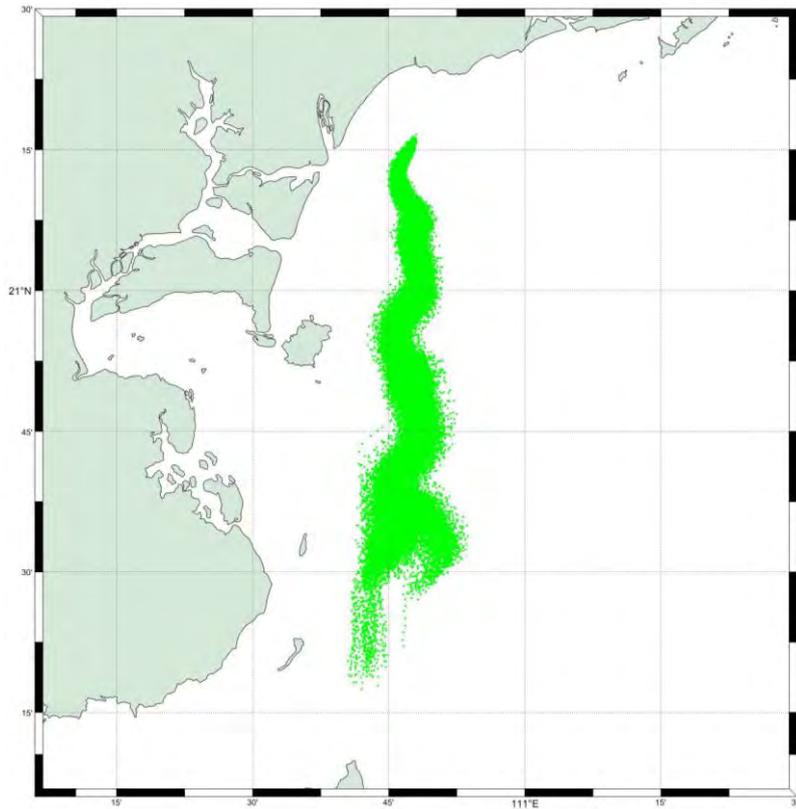


图 4-17c N 向 13.8 m/s 风速涨潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围（72h）

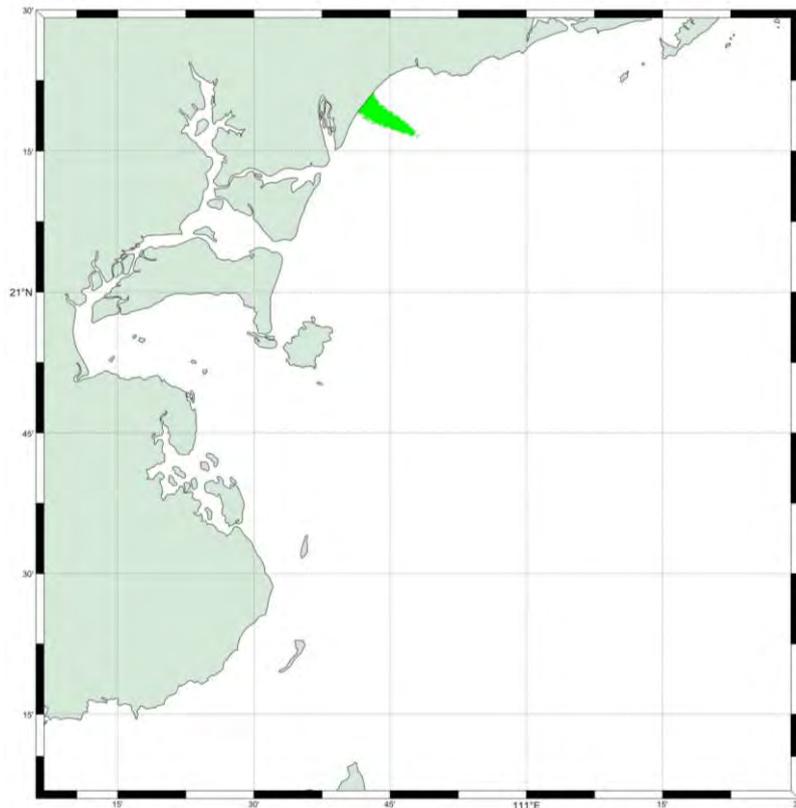


图 4-17d SE 向 13.8m/s 风速涨潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围（72h）

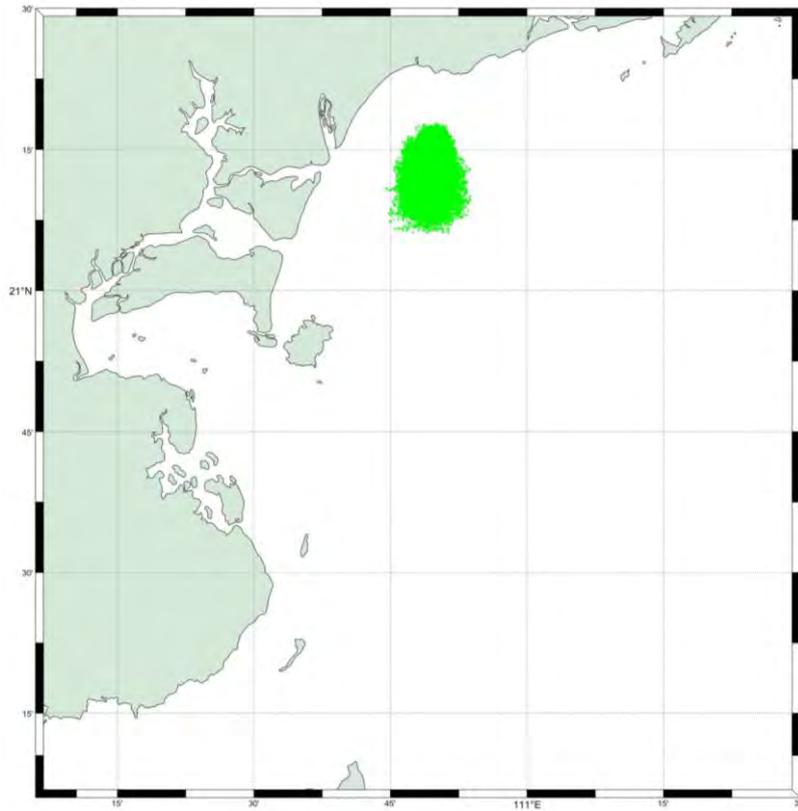


图 4-17e N 向 2m/s 风速落潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围（72h）

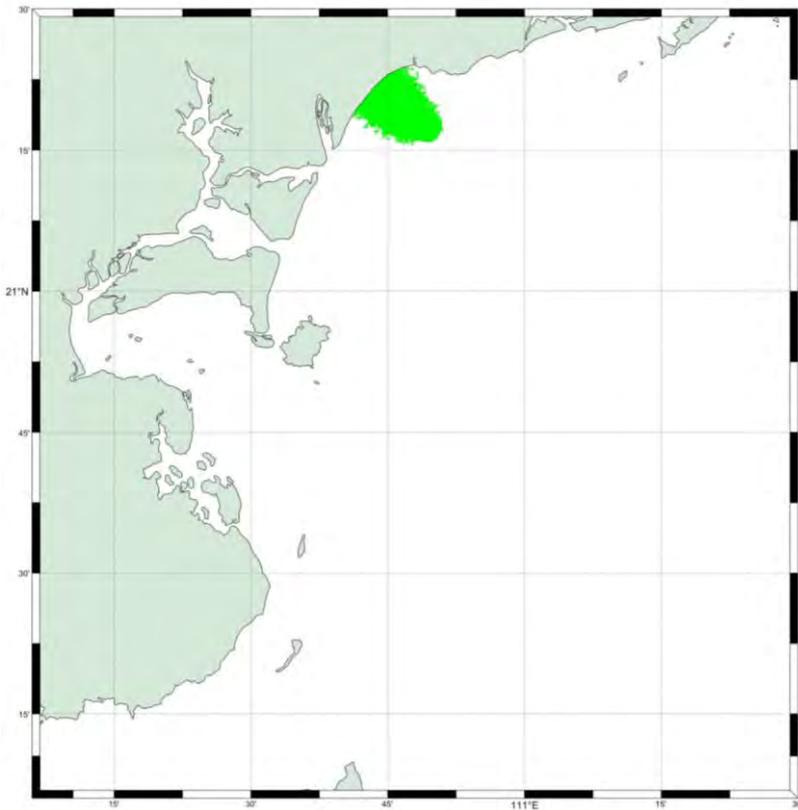


图 4-17f SE 向 2m/s 风速落潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围（72h）

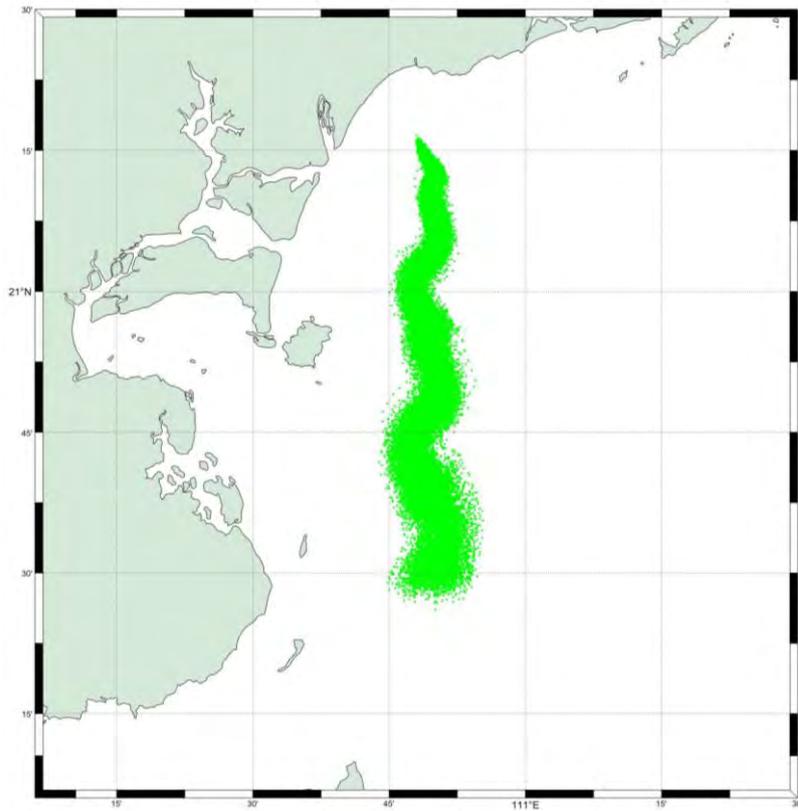


图 4-17g N 向 13.8m/s 风速落潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围（72h）

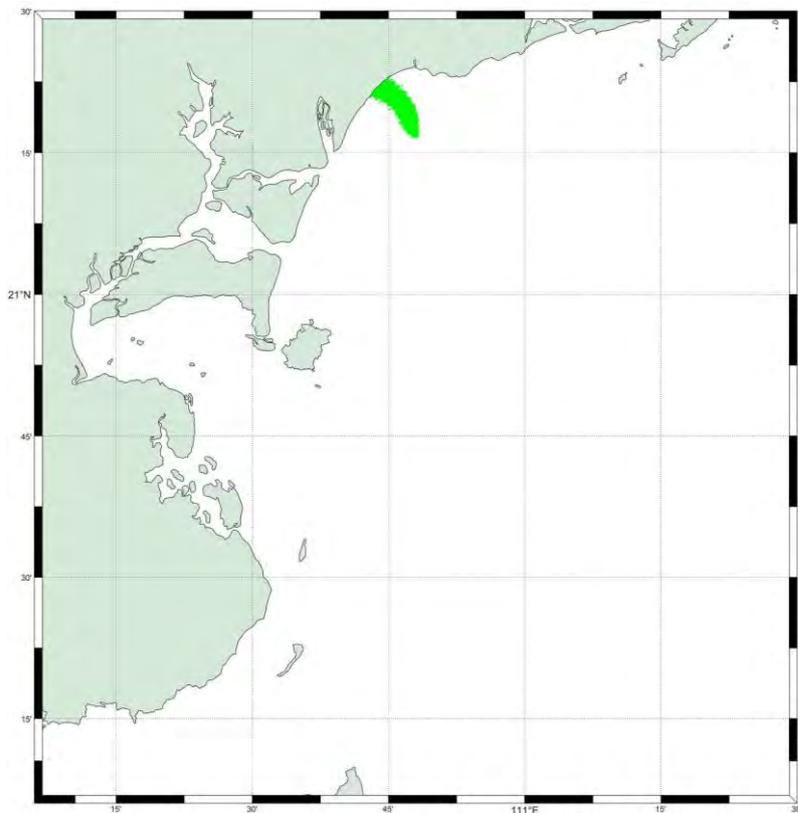


图 4-17h SE 向 13.8m/s 风速落潮时投礁区泄漏燃油的油膜漂移扩散范围（72h）

### （一）环境影响要素识别

人工鱼礁投放后，礁区海藻数量大大增加，海藻生长可大量吸收海水中的氮、磷、微量元素等营养物质，同时，藻类在生长过程中的光合作用吸收二氧化碳，释放氧气，起到净化水质环境的作用，不会产生污染。运营期污染源主要来自巡逻船的舱底含油污水和燃油尾气，巡逻人员产生的生活污水、生活垃圾，以及投放的礁体堆将对用海区地形地貌与冲淤环境产生的影响，并存在潜在的溢油事故环境风险。

### （二）污染源分析

人工鱼礁投放后，礁区海藻数量大大增加，海藻生长可大量吸收海水中的氮、磷、微量元素等营养物质，同时，藻类在生长过程中的光合作用吸收二氧化碳，释放氧气，起到净化水质环境的作用，不会产生污染。

运营期污染源主要是巡护工作人员活动产生的生活污水、生活垃圾。

#### 1、作业船舶产生的含油污水

船舶含油污水主要是机舱主副机、泵、管系等渗漏到机舱而形成的，根据建设单位提供的资料，运营期拟设工作船 1 艘，供用海项目的巡逻、维护等使用。舱底油污水产生量参考《水运工程环境保护设计规范》（JTS149-2018），工作船舱底油污水产生量按 0.14t/d 艘计，船舶年作业天数按 100 天计，运营期船舶舱底油污水产生量为 14t/a。主要污染物为石油类，浓度取 2000mg/L，石油类产生量约为 0.028t/a。船舶含油污水委托有资质的单位统一接收和处理。

#### 2、生活污水

日常巡护工作人员工作时间短，根据广东省用水定额标准《用水定额 第 3 部分：生活》（2021 年），巡护人员的人均生活用水量为 150L/d，污水的产生量按用水量 85% 计算，运营期项目产生生活污水量为 25.5t/a，拟委托有能力处理单位接收处理，不排海。

表 4-9 巡护工作人员生活污水产生量计算表

工作人员数量 (人)	生活污水用水量 (L/人·d)	生活污水产生量 (m <sup>3</sup> /d)	使用时间 (d)	年产生量 (m <sup>3</sup> )
2	150	0.255	100	25.5

#### 3、固体废物

运营期固体废物主要为救护网箱和保护管护平台工作人员生活垃圾和管护船舶含油废物，运营期生活垃圾产生量为 0.2t/a，拟收集上岸后，由环卫部门定期、及时清运。

管护船舶含油废物产生量约为 0.05t/a，交由有资质单位回收处理。

**表 4-10 运营期救护网箱和保护管护平台工作人员生活垃圾产生量计算表**

工作人员数量 (人)	生活垃圾产生系数 (kg/人. d)	生活垃圾产生量 (kg/d)	使用时间 (d)	年产生量 (kg)
2	1	2	100	200

#### **4、声环境污染源分析**

运营期渔船通行过程会产生一定的噪声，噪声级一般在 70~85dB 之间。项目选用低噪声、低振动的船舶，加强船舶的维修、保养工作，做好看护船舶的调度疏导工作，降低噪声。由于项目距离陆域较远，因此，噪声对周围声环境影响较小。

#### **(二) 运营期对水质的影响分析**

根据污染源分析，项目运营期工作船舶舱底油污水产生量为 14t/a，船舶含油污水委托有资质的单位统一接收和处理。

运营期项目产生生活污水量为 25.5t/a，船舶设施污水储存箱，拟委托有能力处理单位接收处理，不排海。

人工鱼礁采用混凝土材质，对水环境的潜在污染影响极低，而且投入运营后将对水质起到净化作用，人工鱼礁投放后所形成的新流场使礁区周围的生物种类和数量均发生明显的变化。礁体投放几天后就开始有浮游生物聚集，礁体上有藻类附着，藻类的生长需要大量吸收海水中的氮、磷、微量元素等营养物质，同时，藻类在生长过程中的进行光合作用，吸收二氧化碳，释放氧气，起到净化水质环境的作用。

因此，项目运营期废水对海水水质环境影响很小，而人工鱼礁的存在，将对海洋环境有一定的保护修复作用。

#### **(三) 生态环境影响分析**

##### **1、建立新的栖息环境**

海洋牧场建设后，形成新的生态环境，对水生生物的繁殖和成长起着重要作用。由于鱼礁周围流速的变化，鱼礁根部沉积物中的营养盐重新回到水体，促进了浮游植物的生长繁殖，提高了区域的初级生产力。

海中设置鱼礁后，周围光、声环境也发生变化。在光线到达的范围内，鱼礁的周围形成光学阴影，随着照度的增强，在水中形成暗区，暗区的大小、与鱼礁的大小成正比。鱼礁上及周围的生物所产生的分泌物、有机物分子的扩散，直接影响鱼礁下流方向的味环境。鱼礁受到流的冲击所产生的固有振动和附着在鱼礁上的生物以及聚集在周围的生物的发声，可传到离礁几百米远的地方。鱼礁的存在改变了海水中的声学效应(声场)，即提高了对声波的反射效率。当海水由于鱼礁产生涡动而发声声波或者有声波

碰到鱼礁被反射后，声波便可以沿水中“声道”传到很远的地方，为鱼类趋礁行为提供了“向导”。

## 2、对生物环境的影响

人工鱼礁投放完成后，礁体形成的上升流，将海底深层的营养盐类带到光照充足的上层，促进了浮游生物的繁殖，提高了海洋初级生产力，同时，鱼礁作为一种基质，细菌、贝类等将会在鱼礁上附着，附着生物总量在一定时间内逐渐增大。可见，鱼礁的设置，首先为附着生物的栖息、繁殖提供了全新的场所，接着为其他动物提供栖息地，而这些动物又成了鱼类的食物，为新的动物群落奠定了基础。

## 3、对渔业资源的影响

人工鱼礁建设后，由于提供了附着基质，细菌、贝类等生物在人工鱼礁表面附着，海洋生物的种类与密度将有显著增大。为鱼类生存提供更多的食物，有益于海洋鱼类的生长、单位面积海域鱼类的产量将显著提高。人工鱼礁渔业是“海上牧场化”的渔业，它不投饵，所诱集的主要对象是游泳生物，其排泄物污染在渔场中影响是极其轻微的，况且本人工鱼礁区周围水体交换畅通，所以人工鱼礁对渔场不构成损害。同时人工鱼礁会限制底拖捕捞作业，有利于保护区域海洋渔业资源。

选址  
环境  
合理性  
分析

项目主体工程为透水性人工鱼礁建设，项目施工期及运营期对周边海洋影响较小。通过对建设地点的自然条件、水文、地质情况和外部建设条件的调查研究，选址区域具有优良的工程地质条件、水动力条件、海底地形地貌及其动态变化的适宜性，项目的建设选址与选址区域的自然资源、环境条件是相适应的。

根据现有区域地质资料，拟建场地及附近在全新统地质时期以来无活动断裂分布，地质环境基本稳定；经钻探查明拟建场地土层无明显不良的工程性质；地貌类型单一，地形平缓，地基土综合类型为中软土，故拟建场地稳定性较好，适宜本工程建设。

根据已建人工鱼礁的效益情况来看，人工鱼礁建设后能有效地起到净化水质、增殖海洋生物和渔业资源的作用。项目所在的海域由于多年的过度捕捞、环境污染及海洋综合管理不健全等因素造成的海洋生态环境恶化和渔业资源衰退的趋势仍未根本扭转，本项目的实施正是为了改善海域生态环境，缓解当地渔业资源衰退的现状。

由以上条件可以看出，项目选址科学、合理，与自然资源及生态环境相适宜。

## 五、主要生态环境保护措施

根据本项目的特点，周边的海域环境，并针对本项目在施工、运营维护过程中的污染过程，提出合理的防范和缓解措施。

### （一）悬浮泥沙防治措施

投礁的时间选择，选择水流较缓的时间段进行投礁，海流较缓时可减小悬浮泥沙扩散距离，从而减小对水质的不利影响，也可避免因水流过大，造成礁体侧倾。

投礁过程中，确保缓慢的放下礁体，直至礁体到达海底，平稳放置在海底，不要采用投掷等方式，投放后不要在水底拖放移动，以减少泥沙的产生，确保最少泥沙释放量，以保护水质不受扰动产生的悬浮泥沙的影响。

### （二）水污染防治措施

1、施工过程中，由大型船舶进行吊装施工，施工过程中产生的污水以生活污水为主，生活污水以有机类为主，内含营养盐、有机质等，施工期间严禁生物污水直排入海，施工船舶应将船员生活污水收集集中后，委托有能力处理单位接收处理。

2、严格管理施工期船舶的操作，严禁故障船舶带“病”作业，严格遵守操作守则，避免施工期间油料泄漏，严禁机舱水直排入海，船舶应设置装灌油污水的舱柜或容器等，集中收集和贮存。机械设备发生作业操作性或事故性的残油、洗涤油应及时盛接，再交由有能力处理的单位接收到岸上处理。

### （三）环境空气污染防治措施

施工期大气污染物主要为施工船舶排放的尾气，应对所有施工船只定期进行检修与维护，以保证正常运行；采用硫含量不大于 0.5% $m/m$  的船用燃油，合理安排施工工序和场地，减少运距，尽量采用高效、节能、环保型机械和运输工具，节约燃油，减少尾气排放。本项目礁体运输船及投放船，配备岸电船载装置，且使用较高规格的燃油，尾气对大气环境影响较小，且随着施工期结束而结束。

### （四）固体废物污染防治措施

1、船舶上应设置生活垃圾回收设施，施工人员、工作人员生活垃圾放入收集箱中，集中运回码头，严禁随意丢弃入海，岸上集中收集所有船只产生的固体废物，由环卫部门统一清运集中处理。

2、船舶维护保养产生的含油废物应交由有资质单位回收处理，禁止丢弃入海。

### （五）噪声污染防治措施

1、选用机械设备运行情况良好，噪声值低的施工船舶；

2、加强施工机械的保养，使机械维持最低噪声水平，避免设备运行不良产生额外噪声。

#### **(六) 生态保护措施**

1、选择合适的施工时间，尽量选择小潮期憩流期及风浪小的时候进行水下施工，施工尽量避开鱼类产卵期，避开鱼类洄游繁殖、幼鱼索饵以及以生长的高峰期，减少工程实施对海域生态的影响。

2、合理安排施工进度、施工船舶的数量和施工位置等，提高工作效率，减小悬浮泥沙产生量。

3、在保证施工安全的前提下，尽可能缩短施工时间，减少施工作业对海域水质和海域生态系统产生的不良影响。

4、规范人工鱼礁的管理，充分利用本项目设置的自动化监测系统，对人工鱼礁及周边海域环境的自动化监测，并进行跟踪评估，支持科研单位利用本项目的救护平台进行科学技术研究，为人工鱼礁的建设和管理提供科学依据。

5、建立后评估机制，对人工鱼礁的效果进行后评估，及时发现问题并予以解决。

#### **(七) 环境风险防范措施**

##### **1、施工风险防范对策措施**

本项目的施工风险主要是礁体等的运输、投放等施工。

1) 施工前，认真研究礁体、网箱和平台的设计结构及施工工艺，确保严格按照相关技术规范设计，施工期严格按照施工要求、标准、规范进行施工。

2) 礁体应在底层做好固定工作，避免因底层基础不稳造成上层礁体倾斜、垮塌；浮标应做好锚定工作，避免因锚定不牢固造成的移位。

3) 项目应做好护礁体的防冲刷安全保护措施，并定期检查沉降情况。

4) 项目采用施工船只通过吊车将礁体下放，由于鱼礁重量较重，施工过程中如发生意外，可能造成工作人员人身安全事故或人员溺水事故，建议采取如下安全对策措施：

①制定详细的鱼礁布放方案，完善各工作人员的职能，禁止无关人员进入施工甲板，避免发生意外事故。

②施工船还必须增加配备救生衣，同时应配备救生网及救生圈等救生器材，船舶照明必须完好。施工船在航行中，任何人员不准留在甲板上，船员和搭乘人员必

须穿好救生衣，一旦遇到人员坠海，施工船停止航行，在船长指挥下进行搜巡自救，接近目标时，立即抛丢救生圈，船上其它人员通力合作，将人员救上船只，并向项目部、指挥部汇报。建议每次布放均采用两条船只，一条工作船，一条巡逻船。巡逻船负责在工作船周边进行巡逻，在出现意外事故情况下进行紧急救援服务。

③做好布放鱼礁的施工安排，除工作人员外，禁止无关人员出现在甲板、吊机附近，避免被碰撞造成身体伤害。鱼礁投放运用 GPS 等确定礁体投放位置，吊机吊装投放至礁体接触海底才可以脱钩，采用相应机械组合脱钩，潜水员不得直接脱钩，船只吊机应预留出因波浪晃动造成的移动范围，避免礁体在海底被拖动。

5) 在海域按设定位置用定位仪定位，并安放浮标；在单位鱼礁的主鱼礁上面安装浮筒等标志物后，运载至预定位置投放。

6) 投放作业船只需要前后双锚固定。考虑潮流的影响，海面标志物固定后还是会随潮流变化而移动，因此，考虑适当缩小标志带边长，尽量安排在小潮前后投放。投放采用礁体触底后再脱钩的方式，在流速小，绳索倾斜偏移少、潮位变化不大的前提下，可通过在钢索上用油漆做标记的方式投放，辅助判断水下礁体的堆积效果，也可以避免堆积过高的问题。

7) 为了保证投放效果，在海面上设置相应的边长矩形标志带。一块单位鱼礁投完后，标志带才能拆除，以避免单位鱼礁无法一次投放完毕而无法准确定位等问题。用声学影像设备实时扫描监测礁体投放和堆积过程。

## 2、生态环境风险防范对策措施

海中设置鱼礁后，海域周围光、音环境也会发生变化。在光线到达的范围内，鱼礁的周围和网箱和平台海域形成光学阴影，随着照度的增强，在水中形成暗区，暗区的大小，与鱼礁的大小成正比。构成鱼礁的材质各种各样，有些材质的鱼礁在投放后一段时间内，有水溶性物质溶出，因此投放鱼礁前应找相关检测机构对所投石材进行检测，防止污染性、放射性物质入海。

另外鱼礁上及周围的生物所产生的分泌物、有机分子的扩散，直接影响鱼礁下流方向的环境。鱼礁受到流的冲击所产生固有振动和附着在鱼礁上的生物以及聚集在周围的生物的发声，可传到离礁几百米远的地方。人工鱼礁兼具吸引和增殖鱼类两种功能。但研究发现，不是所有的人工鱼礁都能够增殖渔业资源，也不是所有的人工鱼礁都能够吸引鱼类的功能，那么可能会因捕捞过度导致附近渔业资源的灭绝。因此，加强对投放后人工鱼礁的监测十分重要。人工鱼礁投放后，应该委托相

关有资质单位,定期对人工鱼礁项目用海及周边区域的生态环境和生物资源状况以及礁体本身进行监测,包括投放后人工鱼礁区域的水质质量、生物质量、生物种类等的变化状况,以及人工鱼礁礁体的掩埋、位置变动、损坏情况,以确定所投放的人工鱼礁是否达到预期目的以及人工鱼礁礁体材料的耐久性和稳定性。其中人工鱼礁区域生物数量和种类的监测可以采用调查渔民在礁区附近海域的渔获量情况,礁体的状况通过潜水观察、声学摄像机扫描或多波速测深仪侧扫等方法来加以确定。

### 3、溢油风险防范对策措施

#### 1) 溢油风险防范对策

①应加强施工过程控制,制定合理、科学的施工方案,减少项目施工对周边海域用海活动的影响。

②应向有关部门申请设置施工作业区水域,并由海事部门发布公告并设置警示标志,明确标示施工水域,确保海区船舶交通安全。

③应严格按施工方案和作业方式在规定的施工作业区内作业,加强施工作业船舶监管,施工作业时保持瞭望,避免与过往船只发生碰撞事故。

④施工时段应选择避开台风多发期,遇不利天气时停止施工。

⑤运营阶段,在网箱投放区警示标识并设置明显夜航标志,引导过往船只避让,避免引发碰撞事故。

#### 2) 溢油风险应急预案

一旦发生海上溢事故时,用海申请单位、施工方及船主共同协作,及时启动溢油应急计划,把油污染减少到最低程度。为了能及时作出反应,对溢油事故作出最快速、最有效的处理,本评价提出了相应的溢油应急预案,主要包括如下几个方面:

##### ①溢油应急指挥机构和小组

应由专员负责,配备2人以上事故应急工作责任人;成立事故应急救援总指挥部,设立分别是事故救助组、医疗救护组、技术保障组、现场物资疏散与水电保障组和后勤保障组等应急救援组。

##### ②溢油应急设施的配备

围油设备:充气式围油栏、浮筒、锚、锚绳等附属设备。

消防设备:消油剂及喷洒装置。

收油设备:吸油毡、吸油机。

工作船:进行围油栏敷设,消油、收油作业。船舶上同时配消油剂喷洒装置及

油污水泵等。

### ③溢油应急响应

对于工程建设期可能产生的事故，为了采取对策和相应的应急措施，应建立组织管理与保障体系。

#### 事故报告和初始反应

如发生船舶碰撞事故，当班工作人员应立即报警(包括事故发生地点、位置、事故性质和事故范围)，由应急指挥中心组织有关人员进行救援工作，防止事故扩大。一旦发生溢油，切断油源，并及时与海事局溢油应急中心联系，处理可能发生的溢油事故。工作人员应根据现场情况投入吸油毡，起到吸收油污和阻止溢油进一步扩散的作用。

#### 报告后的反应

应急救援指挥部和成员单位接到报警后，总指挥部人员应在第一时间投入运作，迅速履行职责，根据事故状态及危害程度作出相应的应急决定，调集所属应急救援组赶赴事故现场立即开展救援，并根据事故扩大情况，通报驻军或武警支队，请求事故抢险或支援，实施相应事故应急救援预案。

#### 溢油事故应急预案应包括：

a 确定应急计划相关的指挥单位、人员和有关联系方式。

b 指定应急反应程序和报告内容。发生污染事故时值班人员向度假区调度报告，由其确认核实后向海事和应急计划报告中确认的部门及时报告，提出处理前是否需要外部援助。报告内容包括：时间、地点、船名、泊位名称、损失物料品种、水文情况、已经采取的措施、需要的援助。

c 确定处置预案包括疏散船只和周围人员等，并在监测结果达到要求后使用。调动人力、物力进行清除事故处理后，应将事故原因、污染清除处理过程、污染范围和影响程度，报告海事局、环保管理部门和海洋管理部门。有关回收油和油污废弃物处置的方案，方法和技术可参照《南海海区溢油应急计划附件 G》执行。

d 确定污染损失和消除污染处理费用，进行事故损失与赔偿评估，由当地海事部门、环保管理部门和海洋部门等组织调查，按实际情况确定由事故造成受损失的赔偿费用，经法院最终裁决后，给予经济赔偿。

e 事故发生后，应及时进行分析总结，吸取教训，避免相同事故的再次发生。

### (八) 环境监测计划

为了及时了解和掌握建设项目在其施工期对海洋水质、沉积物和海洋生态的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节实行制度性监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要在项目施工期进行跟踪监测。结合工程施工特点和项目周围海域用海情况，提出以下海洋环境监测计划。

### 1、监测范围及站位

根据《海洋监测规范》监测站位布设原则，主要在项目用海海域附近选择监测点，本项目施工期监测范围共设 6 个站位（监测过程可视情况做适当的调整），具体如下。

表 5-1 施工期监测计划调查站位坐标

编号	东经	北纬	监测项目
S1	110°46'57.04"	21°17'20.33"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
S2	110°48'22.32"	21°17'21.94"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
S3	110°49'34.42"	21°16'46.60"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
S4	110°46'45.80"	21°16'03.35"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
S5	110°47'52.88"	21°15'20.52"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源
S6	110°49'15.15"	21°15'42.47"	水质、沉积物、海洋生态、渔业资源

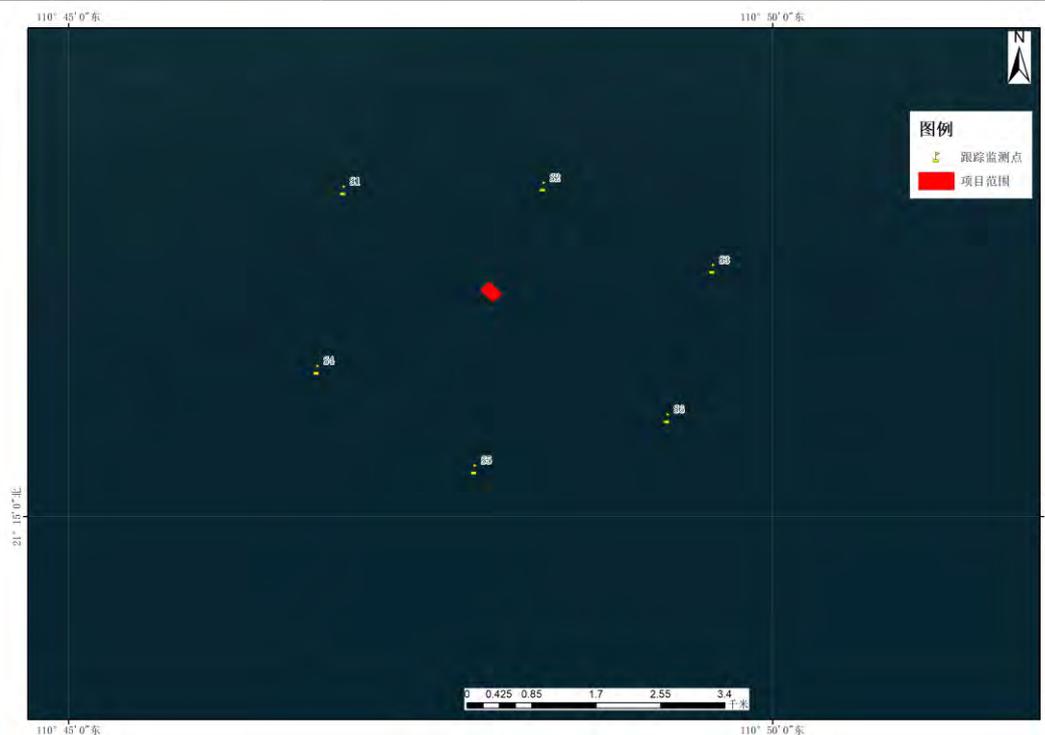


图 5-1 跟踪监测点分布图

### 2、监测项目

水质：pH、SS、COD、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷；

沉积物：铜、铅、锌、镉、汞、砷、石油类、有机碳、硫化物；

	<p>海洋生态：叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物； 渔业资源：鱼卵仔鱼、游泳生物。</p> <p>各监测项目按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的要求进行，其中，应重点监测施工区由施工引起的水质变化，以便及时采取响应措施。</p> <p><b>3、监测时间与频率</b></p> <p>水质：施工期监测一次； 沉积物：施工期监测一次； 海洋生态及渔业资源：施工期监测一次； 在施工结束后 3 年内每年监测一次，其后每两年监测一次。</p> <p>鱼礁监测：监测鱼礁是否发生移位、掩埋。施工结束后监测一次，随后每两年监测；如遇台风、风暴潮等可能影响鱼礁稳定性的极端天气后，建议开展鱼礁位移、倾倒等鱼礁安全与稳定性监测。</p> <p><b>（九）施工期环境保护措施结论</b></p> <p>本项目在实施环境保护措施情况下进行施工，其产生的环境影响较小，海域渔业资源和环境敏感目标所受损害相对较小，所有船舶的生活污水、含油废水、固体废物集中收集处理，严禁直接排海。施工船舶落实溢油风险防范措施下本项目施工溢油风险较小。</p> <p>本项目为人工鱼礁工程，属于海洋生态修复项目，其施工期造成的海洋环境负面影响和海洋生态资源损失是较小的，人工鱼礁本身为鱼类提供栖息地，增加渔业资源，将补偿施工期造成的渔业资源损失。本项目施工期环境保护措施在技术上和经济上是可行的。</p>
运营期生态环境	<p><b>（一）水污染防治措施</b></p> <p>运营期项目产生生活污水以有机类为主，严禁直接排海。拟委托有能力处理单位接收处理。</p> <p>巡逻船船舱设密封贮存设备收集船舶含油污水，由具有相应资质单位负责接收和处置。</p> <p><b>（二）固体废物污染防治措施</b></p> <p>巡逻船上设置固体废物收集箱，工作人员生活垃圾放入收集箱中，集中装箱运</p>

<p>保 护 措 施</p>	<p>回陆地，严禁随意丢弃入海，由当地环卫部门统一清运集中处理。</p> <p>船舶含油废物应交由有资质单位处理，禁止丢弃入海。</p> <p><b>（三）生态保护措施</b></p> <p>加强人工鱼礁的规范管理，针对人工鱼礁建设改善海洋生态环境进行重点跟踪监测评估，对人工鱼礁的相关科技展开研究，长期收集礁区及周边资源状况资料，定期采样监测生态环境状况，为人工鱼礁的建设和管理提供科学依据。</p> <p>鱼礁的集鱼原理和对生态环境的保护具有很强的科学性，需要进行礁体的动力学研究，人工鱼礁生态系形成机理研究，资源增殖研究，礁区选划和礁群的布设研究，礁体材料和礁形设计，人工鱼礁渔场研究及礁区渔业管理研究等。</p> <p>建立人工鱼礁投礁后的海洋生态、环境质量与礁体位置变化对通航环境影响的跟踪调查研究，及时发现问题并予以解决。</p> <p><b>（四）声环境保护措施</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、选用低噪声、低振动的船舶；</li> <li>2、加强船舶的维修、保养工作，做好看护船舶的调度疏导工作，降低噪声。</li> </ol> <p><b>（五）运营期环境保护措施结论</b></p> <p>本项目为人工鱼礁工程，属于海洋生态修复项目，运营期做好船舶设备管理，所有船舶的生活污水、含油废水、固体废物集中收集处理，严禁直接排海。运营期产生的环境影响较小，海域渔业资源和环境敏感目标所受损害相对较小。本项目运营期期环境保护措施在技术上和经济上是可行的。</p>
<p>其 他</p>	<p>无</p>
<p>环 保 投 资</p>	<p>本项目总投资 1750 万元，凡属污染治理和环境保护所需的设备及工程设施均属环保设施，其投资全部计入环保投资，由于本项目属于生态修复项目，施工期环保投资应包括：施工污水、固体废物等处理处置费用等，项目管理费等内容。</p> <p>本项目施工污水、固体废物的处置将交由施工单位进行处理，本项目属于生态环境修复项目，施工期造成少量生态损失可以通过项目自身的生态修复进行补偿，因此不在额外进行生态补偿。</p>

## 六、生态环境保护措施监督检查清单

内容 要素	施工期		运营期	
	环境保护措施	验收要求	环境保护措施	验收要求
陆生生态	/	/	/	/
水生生态	1、严格按照批准的用海范围、用海方式进行施工，不得超范围施工，尽量减少超范围的施工活动； 2、严禁污水、固体废物排放至海域； 3、尽量缩短工期； 4、施工期间对项目附近的生态环境进行跟踪监测； 5、礁体投放等高强度海上施工作业避开鱼、虾产卵期和洄游、仔幼鱼索饵的季节。 6、施工期间对项目附近的生态环境进行跟踪监测	检查是否落实措施。	1、对海洋生物资源的损害进行补偿； 2、工程建成后定期采样监测生态环境状况。	检查是否落实生态补偿措施。
地表水环境	1、选择适当的礁体投放方式和投放时间，控制泥沙入海； 2、船舶含油污水需委托有资质的单位统一接收和处理； 3、海上施工生活污水委托有能力处理单位接收处理； 4、在施工前落实船舶含油污水和生活污水接收处理协议的签订。	检查是否落实措施。	1、船舶含油污水需委托有资质的单位统一接收和处理； 2、船舶生活污水委托有能力处理单位接收处理。	检查是否落实措施。
地下水及土壤环境	/	/	/	/
声环境	采用低噪声的施工船舶，注意保养施工机械，使机械维持最低噪声水平。	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）	采用低噪声的船舶，注意船舶的保养。	检查是否落实措施。
振动	/	/	/	/
大气环境	1、船舶使用含硫量不得大于0.5% <sub>m/m</sub> 的燃油； 2、加强船舶的维护保养。	检查是否落实措施。	1、船舶使用含硫量不得大于0.5% <sub>m/m</sub> 的燃油； 2、加强船舶的维护保养。	检查是否落实措施。
固体废物	生活垃圾及时清运，交由市政环卫统一处理。	检查是否落实措施。	生活垃圾及时清运，交由市政环卫统一处理。	检查是否落实措施。
电磁环境	/	/	/	/

要素	内容	施工期		运营期	
		环境保护措施	验收要求	环境保护措施	验收要求
环境风险	1、划定施工范围，设立警示标志； 2、制度合理安排施工时间； 3、制定船舶交通事故应急预案，制定防台风等灾害性天气预案； 4、建立清污设备器材储备，加强应急人员训练，增强应付突发性事故的处理能力，加强溢油跟踪监测； 5、在施工前明确溢油事故处置单位，并与其签订协议。	检查是否落实措施。	1、定期对鱼礁稳定性进行监测。 2、建立清污设备器材储备，加强应急人员训练，增强应付突发性事故的处理能力，加强溢油跟踪监测。	检查是否落实措施。	
其他	/	/	/	/	

## 七、结论

本项目符合国家相关政策，符合《广东省海洋功能区划》（2011-2020年）、《广东省海洋生态红线》（粤府函〔2017〕275号）的相关要求。本项目旨在修复和优化项目附近海域渔业资源和水域生态环境。工程对所在海域水文动力条件、冲淤环境影响较小，对改善海洋生态环境有明显的作用，在严格落实本报告提出的各项环境保护对策、风险防范等措施，切实落实工程的环境跟踪监测的前提下，从环境保护角度考虑，工程建设可行。