

三亚湾海洋生态保护修复工程

环境影响报告书

建设单位：三亚市自然资源和规划局

评价单位：中国海洋大学

二〇二一年十二月

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	三亚湾海洋生态保护修复工程		
建设项目类别	54-158 海洋生态修复工程		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	三亚市自然资源和规划局		
统一社会信用代码	11460200MB0W56345X		
法定代表人（签章）	林芳俊		
主要负责人（签字）	何京瑞		
直接负责的主管人员（签字）	何京瑞		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国海洋大学		
统一社会信用代码	12100000427403888T		
三、编制人员情况			
1、编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
黄健	06353723506370158	BH020826	
2、主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
黄健	第 1-5 章、13-15 章	BH020826	
于华明	第 6-12 章内容	BH039311	

目录

概述.....	1
1 总论.....	4
1.1 评价任务由来与评价目的.....	4
1.2 报告书编制依据.....	5
1.3 评价技术方法与技术路线.....	8
1.4 环境敏感区与环境保护目标.....	14
2 工程概况.....	19
2.1 项目建设内容.....	19
2.2 项目区生态环境现状及存在的问题.....	22
2.3 工程建设必要性.....	25
2.4 平面布置.....	26
2.5 珊瑚礁修复工程.....	28
2.6 西岛生态护岸修复工程.....	34
2.7 礁渔业资源保护工程.....	37
2.8 施工方案.....	47
2.9 施工进度安排.....	49
3 工程分析.....	50
3.1 施工工艺流程.....	50
3.2 工程各阶段污染环境的影响分析.....	50
3.3 工程各阶段非污染环境的影响分析.....	51
4 区域自然环境和社会环境概况.....	52
4.1 区域自然环境概况.....	52
4.2 区域社会经济环境概况.....	59
4.3 区域海洋资源和海域开发利用与保护概况.....	62
5 环境质量现状调查与评价.....	69
5.1 水文动力环境现状调查与评价.....	69
5.2 地质地貌和冲淤环境现状调查与评价.....	92
5.3 水质现状调查与评价.....	96

5.4 沉积物质量现状调查与评价.....	203
5.5 生态环境现状调查与评价.....	205
6.海洋环境影响预测与分析.....	261
6.1 水文动力环境影响分析.....	261
6.2 水质环境的影响预测与评价.....	269
6.3 地形地貌与冲淤环境影响评价.....	271
6.4 生态环境影响分析与评价.....	279
6.5 沉积物环境影响分析与评价.....	282
6.6 大气环境影响分析与评价.....	283
6.7 声环境影响分析与评价.....	283
6.8 固体废物影响分析.....	284
6.9 环境敏感目标的影响分析与评价.....	284
7 环境事故风险分析与评价.....	289
7.1 风险评价等级.....	289
7.2 事故风险分析.....	289
7.3 事故溢油后果分析.....	297
7.4 事故防范措施.....	298
7.5 风险事故应急程序.....	301
8 清洁生产.....	305
8.1 清洁生产内容.....	305
8.2 本工程清洁生产评价.....	305
9 总量控制.....	309
9.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量.....	309
9.2 污染物的排放消减方法.....	309
9.3 污染物排放总量控制方案与建议.....	309
10 环境保护对策措施.....	310
10.1 建设项目各阶段的污染环境保护对策措施.....	310
10.2 建设项目各阶段的海洋生态保护对策措施.....	311
11 环境保护的技术经济合理性.....	314

11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算.....	314
11.2 环境保护的经济损益分析.....	314
11.3 环境保护的技术经济合理性.....	315
12 海洋工程的环境可行性.....	316
12.1 海洋功能区划和海洋环境保护规划的符合性.....	316
12.2 区域和行业规划的符合性.....	316
12.3 建设项目的政策符合性.....	319
12.4 建设合理性分析.....	320
13 环境管理与监测计划.....	321
13.1 环境管理.....	321
13.2 环境监理计划.....	322
13.3 环境监测计划.....	323
14 生态用海方案的环境可行性.....	326
14.1 生态用海方案.....	326
14.2 生态用海方案环境可行性分析.....	327
15 评价结论与建议.....	329
15.1 项目概况.....	329
15.2 工程分析结论.....	329
15.3 环境质量现状调查与评价结论.....	329
15.4 环境影响预测综合分析与评价结论.....	334
15.5 环境事故影响综合分析与评价结论.....	336
15.6 清洁生产与总量控制结论.....	336
15.7 环境保护对策措施的合理性、可行性结论.....	337
15.8 社会经济环境影响综合分析与评价结论.....	337
15.9 生态用海环境可行性结论.....	337
15.10 公众参与与评价.....	337
15.11 海洋功能区划、相关规划的相符性.....	337
15.12 综合结论.....	338
15.13 环境保护要求.....	338

资料来源说明.....340

概述

一、项目背景

2018年10月，习近平总书记主持召开中央财经委员会第三次会议时要求，实施海岸带保护修复工程，通过自然岸线生态保护修复和人工岸线生态化建设，充分发挥海岸带生态系统防潮御浪、固堤护岸等减灾功能，提升抵御台风风暴潮等海洋灾害的能力和海岸带生态系统服务功能。2020年3月，财政部办公厅、自然资源部办公厅联合发布的《关于组织申报中央财政支持海洋生态保护修复项目的通知》，提出遵循自然规律和生态系统特征，促进海岸带区域生态、减灾协同增效，宜滩则滩、宜荒则荒，因地制宜开展海岸带保护修复工程项目建设。三亚市政府积极响应，坚持“绿水青山就是金山银山”、“生态本身就是经济，保护生态就是发展生产力”的新发展理念，紧跟国家要求，从本地实际出发，筛选防灾减灾关键区域和优势项目，开展海岸带生态保护修复工程建设，构建蓝色生态屏障，恢复海岸带生态系统服务，发挥海洋生态系统防灾减灾功能。

西瑁洲位于三亚市三亚湾内，距海南本岛岸线5km，远望如一只巨大的玳瑁在海中匍匐前进，因此全称为西玳瑁洲岛，简称西岛。西瑁洲是有居民海岛，是一个有着400多年历史的热带渔村海岛，现有居民1056户，共4100余人，村里设有边防站、检查站、信用社、医务所，还有街道、市场和饭店等设施。西瑁洲海岛面积2.1182km²，岸线长7.8km。岛内地势南高北低，南部为侵蚀剥蚀低丘陵，至高点西瑁山海拔123.3米；北部为平缓的海积阶地。海岛南部为陡峭的基岩岸线，其余的为砂质海岸。西瑁洲植被繁茂，全岛被绿色覆盖，主要有台湾相思树、小叶桉、椰树及少量的木麻黄等热带乔木，以及相思豆、三角梅、草海桐、仙人掌等灌木林。西瑁洲周边海域和高潮线以上30m范围内的陆域属于海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区范围。在西瑁洲东部海岸，由于长期受海浪袭击，海岸侵蚀严重。目前侵蚀的岸段已经扩展到800米，海岸最大后退100-150米，岸线坍塌已经将沿岸乡村小道损毁，严重威胁了海岛安全，海岸景观和功能受损。

本项目区位于三亚西瑁洲东海岸，拟对该岸段进行生态护岸修复，修复西岛东侧破坏的岸线，修生态护岸修复长度650m。生态护岸为大块石护面斜坡式结构，顶高程4.0m。从而改善海岸带和近岸生态环境，达到集社会、生态、海岸防护等多重效益为一体的综合整治效果。

此外，近年来，三亚湾地区在开展大规模经济建设和资源开发的同时对自然水域的生态环境造成了较大的影响。近海密集频繁的水上工程施工及过度渔业捕捞等，使三亚

湾海域渔业资源出现衰退征兆，许多鱼类种群数量减少，捕捞产量、个体重量下降。海洋农牧化和牧场建设成为当前海洋开发的重要目标，人工鱼礁建设实现这一目标的重要支点，是改善近海渔场或建立新渔场的一项重要措施。人工鱼礁的建设对整治海洋国土、调整海洋产业结构、促进海洋产业的升级和优化、带动海上休闲旅游及相关产业的发展、修复和改善海洋生态环境、增殖和优化渔业资源、拯救珍稀濒危生物和保护生物多样性、促进海洋经济持续健康发展等均具有重大的战略意义和深远的历史意义。

根据海洋生物与海洋环境相互依存的原理，在特定海域投放人工鱼礁，为海洋生物提供生活、繁衍的居所。通过放流国家指定的物种及该海域特有的物种和食物链中的基础物种，开展海洋生物资源的增殖，促进三亚湾海域海洋生物资源的增殖。

本项目根据《海南省现代化海洋牧场发展规划（2021-2030年）》在西岛以西海域建设人工鱼礁区 700 公顷，该区域水深-24~-28m，适合进行人工鱼礁建设。建设 1 个人工鱼礁区，包括 9 个鱼礁群，共投放人工鱼礁 155520 空方。同时，根据三亚湾生态特点，选择鲷科类、石斑鱼类等岩礁性鱼类及土著贝类等进行分阶段放流。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（2017 年国务院第 682 号）等环保法律法规的要求，需对建设项目开展环境影响评价工作。本项目为三亚湾海洋生态保护修复工程，工程内容主要为修复西岛东侧破坏的岸线，修生态护岸修复长度 650m；西岛以西海域建设人工鱼礁区 700 公顷，共投放人工鱼礁 155520 空方。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》，人工鱼礁属于“五十四海洋工程”中的“156 海洋人工鱼礁工程，固体物质（虚方）投放量 5 万立方米及以上的需编制环境影响报告书”；生态护岸修复属于“158 海洋生态修复工程，工程量在 10 万立方米以下的清淤、滩涂垫高等工程；涉及环境敏感区的其他海洋生态修复工程需编制环境影响报告表”，两者取较高等级评价，因此本项目应该编制环境影响报告书。项目建设单位三亚市自然资源和规划局委托中国海洋大学承担该项目环境影响报告书的编制工作。我单位接受委托后，立即开展了详细的现场调查、资料收集工作，在对该用海项目的环境现状和可能造成的环境影响进行分析后，依照海洋工程环境影响评价技术导则及相关规范的要求编制完成了该项目的环境影响报告书编制工作。

二、项目特点

本项目为海洋生态保护修复工程，项目施工期主要污染源为护岸修复及人工鱼礁投

放过程产生的悬浮泥沙，施工船舶含油废水、施工人员生活污水和生活垃圾、施工机械、船舶运行噪声及燃油废气；本项目本身运营期间无生产活动，项目本身不产生污水、固废、噪声、废气等污染物。施工期对海床的扰动及悬浮泥沙的产生对区域水质和水生生态产生较大的影响，本项目施工过程做好泥沙防扩散措施，施工混水区设置拦污屏，减小悬浮泥沙扩散范围，减少对周围水环境的污染。

施工期和运营期产生的各项污染物采取应的处理措施，禁止排入周边海域，项目采取相应的生态补偿恢复措施及环保措施后，项目建设对周围环境的影响在可接受范围内。

三、环境影响评价工作程序

本次环境影响评价工作分三个阶段，在第一阶段，根据相关规定我公司组织技术人员对项目场地进行了踏勘，对项目周围的自然环境及环境现状进行初步调查、进行初步工程分析，明确评价重点和环境保护目标，确定工作等级、评价范围，制定工作方案；在第二阶段，对环境现状调查进行监测和评价，对项目进行工程分析，对项目可能产生的各项污染物均进行了详细的分析，对项目排放污染物对周围环境的影响进行预测；第三阶段提出切实可行的环境保护措施、进行技术经济论证，给出污染物排放清单，给出建设项目环境影响评价结论。具体工作流程见图 1。

1 总论

1.1 评价任务由来与评价目的

1.1.1 评价任务的由来

三亚位于海南岛的最南端，是中国最南部的热带滨海旅游城市，北靠高山，南临大海，地势自北向南逐渐倾斜，形成一个狭长状的多角形。境内海岸线长 263.29km，有大小港湾 19 个，主要港口有三亚港、榆林港、南山港、铁炉港、六道港等。三亚市区坐落在一种幽美的以山、海、河为特点的自然环境之中，城市的建设注意城市与自然景观环境、生态环境的协调关系，“山—海—河—城”巧妙组合，浑然一体，构成了三亚市区独特的环境特色。

至上世纪九十年代，由于海洋捕捞(尤其底拖网)渔业的盲目迅猛发展，捕捞强度不断增大，渔业资源捕捞过度，加上非法捕捞和沿岸近海水域环境遭受严重污染，导致全国沿海生态环境恶化、渔业资源衰退、海洋捕捞渔业难以为继的局面。为了解决这些问题，目前我国各级渔业行政主管部门正在对海洋捕捞渔业进行战略性调整，并采取了一些重大的举措来保证海洋渔业的可持续发展。人工鱼礁建设是一项改善和修复被破坏的海洋生态环境，恢复和保护海洋渔业资源的有力举措之一。

近年来，三亚湾地区在开展大规模经济建设和资源开发的同时对自然水域的生态环境造成了较大的影响。近海密集频繁的水上工程施工、污水排放及过度渔业捕捞等，使三亚湾海域渔业资源出现衰退征兆，许多鱼类种群数量减少，捕捞产量、个体重量下降。

为了深入贯彻国家生态文明建设的精神，实施《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020 年)》以及《三亚市生态修复城市修补总体规划》，推进海南省国际旅游岛的建设进度，三亚市政府决定通过完善基础设施、严控污染源、加强环境治理、规范开发行为、开展生态修复等一系列有效措施，将三亚湾地区打造成环境优美、人海和谐、经济发展、生态一流的示范区。目前，三亚湾周边主要存在以下问题：珊瑚礁退化严重亟需修复；渔业资源衰退严重等；西岛东侧护岸损坏严重，严重影响了岛上居民的生命财产安全。

基于三亚湾海洋生态环境现状，三亚市自然资源和规划局拟对三亚湾进行海洋生态环境保护修复。通过珊瑚礁修复工程、西岛生态护岸修复工程、渔业资源保护工程、三亚湾海洋生态环境监测等，改善三亚湾海洋生态环境，打造成生态环境优良、人海和谐

共处、开发利用活动协调有序的生态、生活、生产“三生”共融的蓝色海湾。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（2017年国务院第682号）等环保法律法规的要求，需对建设项目开展环境影响评价工作。本项目为三亚湾海洋生态保护修复工程项目，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》，“五十四海洋工程”中的“156海洋人工鱼礁工程，固体物质（虚方）投放量5万立方米及以上的需编制环境影响报告书”，因此本项目应该编制环境影响报告书。项目建设单位三亚市自然资源和规划局委托中国海洋大学承担该项目环境影响报告书的编制工作。我单位接受委托后，立即开展了详细的现场调查、资料收集工作，在对该用海项目的环境现状和可能造成的环境影响进行分析后，依照海洋工程环境影响评价技术导则及相关规范的要求编制完成了该项目的环境影响报告书。

1.1.2 评价目的

本评价旨在查明建设项目评价范围内的环境质量现状，在全面分析建设项目施工期和运营期的主要污染因子的种类和数量的基础上，预测和评价建设项目对周围环境的影响范围和程度，阐明该项目的环境效益、经济效益和社会效益，提出相应的环境保护措施和建议，从环境保护角度论证该工程建设的合理性和可行性，从而为工程开发主管部门和环境保护主管部门提供决策依据，为项目的环境保护设计提供科学依据，为建设单位实施完善的环境管理提供可操作依据。

1.2 报告书编制依据

1.2.1 国家法律、法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月；
- (2) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，1996年10月；
- (3) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2015年8月；
- (4) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2016年11月；
- (5) 《中华人民共和国海域使用管理法》，2002年1月；
- (6) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012年7月；
- (7) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016年9月；
- (8) 《中华人民共和国港口法》，2017年11月；

- (9) 《中华人民共和国海上交通安全法》2016年11月；
- (10) 《中华人民共和国渔业法》，2013年12月；
- (11) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016年11月；
- (12) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018年1月；
- (13) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年10月；
- (14) 《全国生态环境保护纲要》(国家环境保护总局，2000年12月)；
- (15) 《全国海洋功能区划(2011年-2020年)》，2012年3月；
- (16) 《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》，国办发[2002]36号；
- (17) 《全国海洋经济发展规划纲要》，国办发[2003]13号；
- (18) 《环境影响评价公众参与暂行办法》，2006年3月；
- (19) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2017年3月；
- (20) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2017年3月；
- (21) 《关于海洋工程建设项目环境影响评价报告书公众参与有关问题的通知》，国家海洋局，2017年1月；
- (22) 《国家海洋局预报减灾司关于印发〈中国近岸海域基础预报单元划分〉技术文件的通知》，海预减字〔2017〕7号；
- (23) 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》，2011年3月；
- (24) 《关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》，国发〔2009〕44号；
- (25) 《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》，2015年4月；
- (26) 《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020年)》，2015年7月。

1.2.2 地方法律、法规

- (1) 《海南省近岸海域环境功能区划》，2012年3月；
- (2) 《海南省建设项目环境保护管理办法》，2005年11月；
- (3) 《海南省海洋功能区划(2011~2020)》，2012年；
- (4) 《海南省海洋经济发展规划》，2005年7月；
- (5) 《海南省海洋环境保护规划(2011~2020)》，2012年8月；
- (6) 《海南省环境保护条例》，2012年10月；

- (7) 《海南省实施<中华人民共和国海域使用管理法>办法》，2008年；
- (8) 《海南省海洋与渔业厅办公室关于印发<2012年全省海岛管理工作要点>的通知》，2012年3月；
- (9) 《海洋生态损害赔偿与生态补偿评估方法》，2013年；
- (10) 《海南省海洋环境保护规定》，2008年10月；
- (11) 《海南国际旅游岛建设发展规划纲要(2010~2020)》，2010年6月；
- (12) 《海南经济特区海岸带保护与开发管理规定》，2016年；
- (13) 《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要(2016-2020)》，2016年。

1.2.3 技术标准、导则、规范

- (1) 《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)；
- (2) 《环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2011)；
- (3) 《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2008)；
- (4) 《建设项目环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2011)；
- (5) 《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2009)；
- (6) 《环境影响评价技术导则生态影响》(HJ19-2011)；
- (7) 《船舶污染物排放标准》(GB3552-1983)；
- (8) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；
- (9) 《海水水质标准》(GB3097-1997)；
- (10) 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)；
- (11) 《海洋生物质量标准》(GB18421-2001)；
- (12) 《海洋功能区划技术导则》(GB17108-2006)；
- (13) 《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)；
- (14) 《海洋监测规范》(GB17378-2007)；
- (15) 《海洋渔业资源调查规范》(SC/T9404-2012)；
- (16) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)；
- (17) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2004)；
- (18) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(HJ/T169-2004,国家环境保护总局,自2004年12月11日起施行)；
- (19) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局,自2002年4月1

日起施行);

(20)《人工鱼礁建设技术规范》(SC/T941G2014,中华人民共和国农业部 2014 年 3 月 24 日发布, 2014 年 6 月 1 日实施);

(21)《海港水文规范》(JTS145-2-2013,中华人民共和国交通运输部 2013 年 1 月 21 日发布, 2013 年 4 月 1 日实施);

(22)《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS151-2011,中华人民共和国交通运输部 2011 年 8 月 29 日发布, 2012 年 1 月 1 日实施);

(23)《水运工程设计节能规范》(JTS150-2007,中华人民共和国交通运输部 2007 年 12 月 20 日发布, 2008 年 2 月 1 日实施);

(24)《港口与航道水文规范》(JTS145-2015,中华人民共和国交通运输部 2015 年 8 月 21 日发布, 2016 年 1 月 1 日实施);

(25)《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010(2015 版),住房和城乡建设部和国家质量监督检验检疫总局 2010 年 8 月 18 日发布, 2011 年 7 月 1 日实施);

(26)《人工鱼礁建设项目管理细则》,农办渔(2018)66 号,农业农村部;

(27)《国家级海洋牧场示范区管理工作规范(试行)》,农办渔(2017)59 号,农业农村部。

1.2.4 项目资料

(1)《三亚湾海洋生态保护修复工程项目建议书》,中国海洋大学,2021 年 8 月;

(2)《三亚湾海洋生态保护修复工程工程可行性研究报告》,中交天津港湾工程设计院有限公司,2021 年 10 月;

(3)建设单位提供的其它有关工程资料。

1.3 评价技术方法与技术路线

1.3.1 评价内容和评价重点

1.3.1.1 评价内容

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014),结合项目特征,确定本次主要评价内容为项目用海对周边海域环境的影响进行评价及项目存在的环境风险事故进行分析。本报告主要评价内容为:

1)工程概况及工程分析

主要包括项目布置方案及规模，及项目施工期产生的污染源、污染物排放量及污染源强的分析等。

2)区域自然与社会环境现状

主要包括区域自然环境现状、社会经济环境现状、区域海洋资源和海域开发利用现状等。

3)环境质量现状调查与评价

主要包括水文动力、地质地貌与冲淤、水质、沉积物、海洋生物等环境现状调查与评价。

4)环境影响预测与评价

主要包括项目用海对水文动力、地质地貌与冲淤、水质、沉积物、生态及评价范围内环境保护目标等环境影响进行分析。

5)环境事故风险分析与评价

主要包括自然灾害风险、人为事故、海域环境潜在风险等分析及防范措施。

6)清洁生产与总量控制

主要包括清洁生产分析、污染物排放种类、排放方式与排放量分析以及污染物排放总量控制方案等。

7)环境保护对策措施与公众参与

主要包括施工期环境保护对策措施、环保设施及经济可行性分析、公众参与的调查方法与过程、调查范围、内容以及调查结果分析等。

8)环境保护的技术经济合理性、环境管理与环境监测

主要包括社会效益、经济效益、环境损益等分析以及环境监理计划、环境监测计划等。

1.3.1.2 评价重点

本工程产生的主要影响是工程施工过程产生的悬浮物和施工队伍产生的生活污水、生活垃圾对周围水质、沉积物和海洋生态环境的影响，工程实施对周围水动力、地形地貌与冲淤环境的影响分析以及工程存在的环境风险评价。因此，确定本次评价重点为：

- (1)人工鱼礁下放作业对项目附近海域水质、沉积物和生态的影响评价；
- (2)工程实施对工程周围水动力、地形地貌、岸滩冲淤的影响评价；
- (3)施工期生活污水、生活垃圾对海域水质、沉积物和海洋生态环境的影响评价；

- (4)各阶段污染和非污染环境保护对策措施，生态保护、补偿和恢复对策措施分析；
 (5)对评价范围内的环境保护目标影响分析及环境事故风险分析与评价。

1.3.2 环境影响评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)的技术要求，2级评价项目的水文动力环境调查和评价范围，垂向(垂直于工程所在海区中心点潮流主流向)距离一般不小于3km，纵向(潮流主流向)距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍；2级评价项目的水质、海洋生态环境的调查和评价范围，扩展距离一般不能小于(8~30)km。本工程仅为人工鱼礁下放工程，其对海洋环境的影响在施工阶段，但这种影响是短暂的，可逆的，一旦施工结束，海洋水质、生态、沉积物等环境立即恢复原状。结合项目海区的海洋功能区划和敏感目标情况，确定海洋环境影响评价控制在18°08'25.79"N~18°17'16.80"N，109°21'14.39"E~109°34'4.79"E内的海域，以项目区为中心，向西、南、东各向外扩15km，评价面积为790km²。评价范围见图1.3-1(红线以内海域)。

1.3.3 环境影响评价工作等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)的规定，环境影响评价工作等级依据建设项目的工程特点、工程所在地的环境特征、国家和地方政府所颁布的有关法规等因素而确定。本项目用海内容为人工鱼礁项目，项目海域属生态环境敏感海域，项目计划投放人工礁体总达到155520空方，确定水文动力环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境的评价等级均为1级评价。另，鉴于项目为海底分散式投放人工鱼礁，对海底地形地貌与冲淤环境影响较轻微，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)，本项目地形地貌与冲淤环境的评价等级为3级。各单项海洋环境评价等级判据见表1.3-1、表1.3-2。

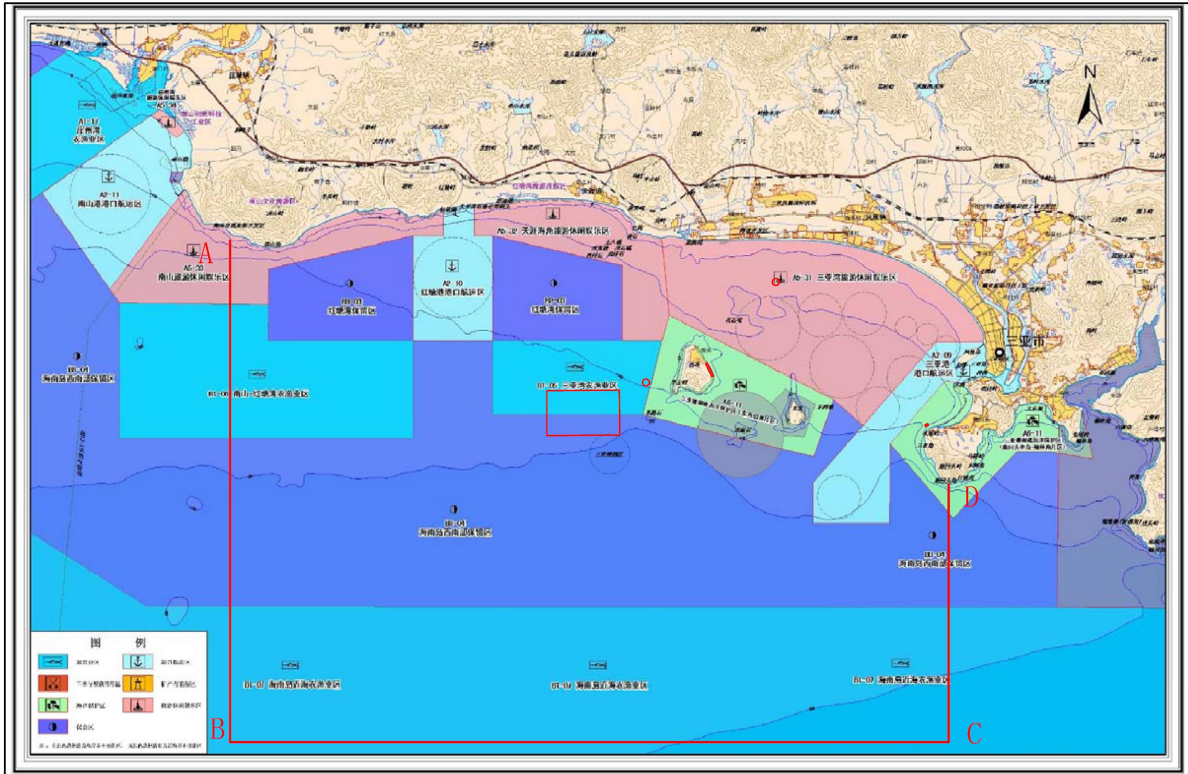


图 1.3-1 项目环境影响评价范围图

表 1.3-1 海洋水文动力、水质、沉积物、海洋生态和生物资源影响评价等级判据

海洋工程分类	工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
				水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
大型海水养殖场、人工鱼礁类工程	各类人工鱼礁工程	固体物质投放量大于 $3 \times 10^4 \text{m}^3$	生态环境敏感区	1	1	1	1
			其他海域	2	2	2	2
		固体物质投放量 $3 \times 10^4 \sim 1 \times 10^4 \text{m}^3$	生态环境敏感区	1	1	2	1
			其他海域	2	2	3	2
		固体物质投放量 $1 \times 10^4 \sim 0.5 \times 10^4 \text{m}^3$	生态环境敏感区	2	1	2	2
			其他海域	3	3	3	2

表 1.3-2 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判定依据

评价等级	工程类型和工程内容
1	面积 $50 \times 10^4 \text{m}^2$ 以上的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度大于和等于 2km）等工程；其他类型海洋工程中不可逆改变或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目
2	面积 $50 \times 10^4 \text{m}^2 \sim 30 \times 10^4 \text{m}^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度 2km~1km）等工程；其他类型海洋工程中较严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生冲刷、淤积的工程项目
3	面积 $30 \times 10^4 \text{m}^2 \sim 20 \times 10^4 \text{m}^2$ 的围海、填海、海湾改造工程，围海筑坝、防波堤、导流堤（长度 1km~0.5km）等工程；其他类型海洋工程中改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较轻微冲刷、淤积的工程项目

1.3.4 评价标准

1.3.4.1 环境质量标准

(1)水质、沉积物质量标准

根据《海南省海洋功能区划(2011~2020年)》，项目评价范围内主要功能区有三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)、海南岛西南部保留区、三亚湾旅游休闲娱乐区、三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)、三亚港港口航运区等。

三亚港港口航运区水质环境执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中的三类标准，沉积物环境执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中的二类标准；三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)、海南岛西南部保留区的水质、沉积物均执行一类标准；三亚湾旅游休闲娱乐区水质执行二类标准，沉积物环境执行一类标准；海洋水质、沉积物标准限值见表 1.3-4、表 1.3-5。

(2)生物质量评价标准

贝类生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)规定的第一类标准值；其它甲壳类和鱼类生物体内污染物质(Hg、As、Zn、Pb、Cd、Cu)含量评价标准采用《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，石油烃含量采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的生物质量标准。各指标标准限值见表 1.3-6、表 1.3-7。

(3)声环境质量标准

项目周边环境现状以娱乐、居住、交通为主，声环境质量按《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的 2 类标准执行。本次环评执行的环境质量标准摘录见表 1.3-8。

表 1.3-4 海水水质标准(GB3097-1977)(mg/L, 除 pH 外)

污染物名称	第一类	第二类	第三类	第四类
SS	人为增加的量 ≤10	人为增加的量 ≤10	人为增加的量 ≤100	人为增加的量 ≤150
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
DO>	6	5	4	3
COD≤	2	3	4	5
非离子氨≤	0.02			
无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤	0.015	0.030		0.045
Hg≤	0.00005	0.0002		0.0005
Cd≤	0.001	0.005	0.01	
Pb≤	0.001	0.005	0.010	0.050
Cu≤	0.005	0.010	0.050	

Zn≤	0.020	0.050	0.10	0.50
As≤	0.020	0.030	0.050	
总铬	0.05	0.10	0.20	0.50
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50

注：第一类适用于海洋渔业海域，海上自然保护区和珍稀濒危生物自然保护区；
 第二类适用于水产养殖区，海水浴场，人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区；
 第三类适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区；
 第四类适用于海洋港口海域，海洋开发作业区。

表 1.3-5 沉积物质量标准(GB18668-2002)($\times 10^{-6}$ ，有机质为 $\times 10^{-2}$)

污染因子	石油类	Pb	Zn	Cu	Cd	Hg	As	有机质	硫化物
一类标准≤	500.0	60.0	150.0	35.0	0.50	0.20	20.0	2.0	300.0
二类标准≤	1000.0	130.0	350.0	100.0	1.50	0.50	65.0	3.0	500.0
三类标准≤	1500.0	250.0	600.0	200.0	5.00	1.00	93.0	4.0	600.0

注：第一类适用于海洋渔业海域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区；
 第二类适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区；
 第三类适用于海洋港口海域，特殊用途的海洋开发作业区。

表 1.3-6 海洋生物质量标准(GB18421-2001)(湿重， $\times 10^{-6}$)

污染因子	感观要求	铜 ≤	铅 ≤	镉 ≤	锌 ≤	总汞 ≤	石油类 ≤
第一类	贝类的生长和活动正常，贝类不得沾粘油污等异物，贝肉的色泽、气味正常，无异色、异臭、异味	10	0.1	0.2	20	0.05	15
第二类		25	2	2	50	0.10	50
第三类	贝类能生存，贝肉不得有明显的异色、异臭、异味	50 (牡蛎 100)	6	5	100 (牡蛎 500)	0.30	80

注：以贝类去壳部分湿重计

注：第一类适用于海洋渔业海域，海水养殖区，海洋自然保护区，与人类食用直接有关的工业用水区；
 第二类适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区；
 第三类适用于海洋港口海域和海洋开发作业区。

表 1.3-7 生物调查标准(湿重， $\times 10^{-6}$)

生物类别	石油烃≤	汞≤	砷≤	锌≤	镉≤	铅≤	铜≤	铬≤
贝类	15	0.05	1.0	20	0.2	0.1	10	0.5
甲壳类	20	0.2	8.0	150	2.0	2.0	100	1.5
鱼类	20	0.3	5.0	40	0.6	2.0	20	1.5
软体类	20	0.3	10	250	5.5	10.0	100	5.5

表 1.3-8 声环境质量标准(GB3096-2008)

《声环境质量标准》 (GB3096-2008)dB(A)	2 类声环境功能区	昼间	夜间
		60	50

1.3.4.2 污染物排放标准

(1)施工船舶含油污水经接收上岸委托有资质的单位接收处理，施工船舶施工人员的

生活污水经收集上岸交由吸粪车清运。

(2)施工噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，执行标准摘录见表 1.3-10。

表 1.3-10 噪声污染控制标准值表

标准号	控制标准	噪声限值	
		昼间 dB(A)	夜间 dB(A)
GB12523-2011	《建筑施工场界环境噪声排放标准》	70	55

1.4 环境敏感区与环境保护目标

1.4.1 工程附近海洋功能区划

根据《海南省海洋功能区划(2011~2020)》，珊瑚礁修复工程占用三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)(代码：A6-11)和三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)(代码：A6-11)，西岛生态护岸修复工程占用三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)(代码：A6-11)，渔业资源保护工程占用三亚湾农渔业区(代码：B1-05)和海南岛西南部保留区(代码：B8-04)，三亚湾海洋生态环境监测占用三亚湾农渔业区(代码：B1-05)和三亚湾旅游休闲娱乐区(代码 A5-31)。海南省海洋功能区划图见图 1.4-1，项目周边海域海洋功能区分布见表 1.4-1。

1.4.2 环境保护目标

根据项目评价范围以及实地调查结果，结合工程附近环境敏感区分布情况，三亚湾海洋生态保护修复工程的主要环境保护目标和环境敏感区主要有：三亚港港口航运区、三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)、三亚湾旅游休闲娱乐区、三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)、东瑁洲、西瑁洲等。与工程相对距离和位置概况见表 1.4-2~表 1.4-2 和图 1.4-2。

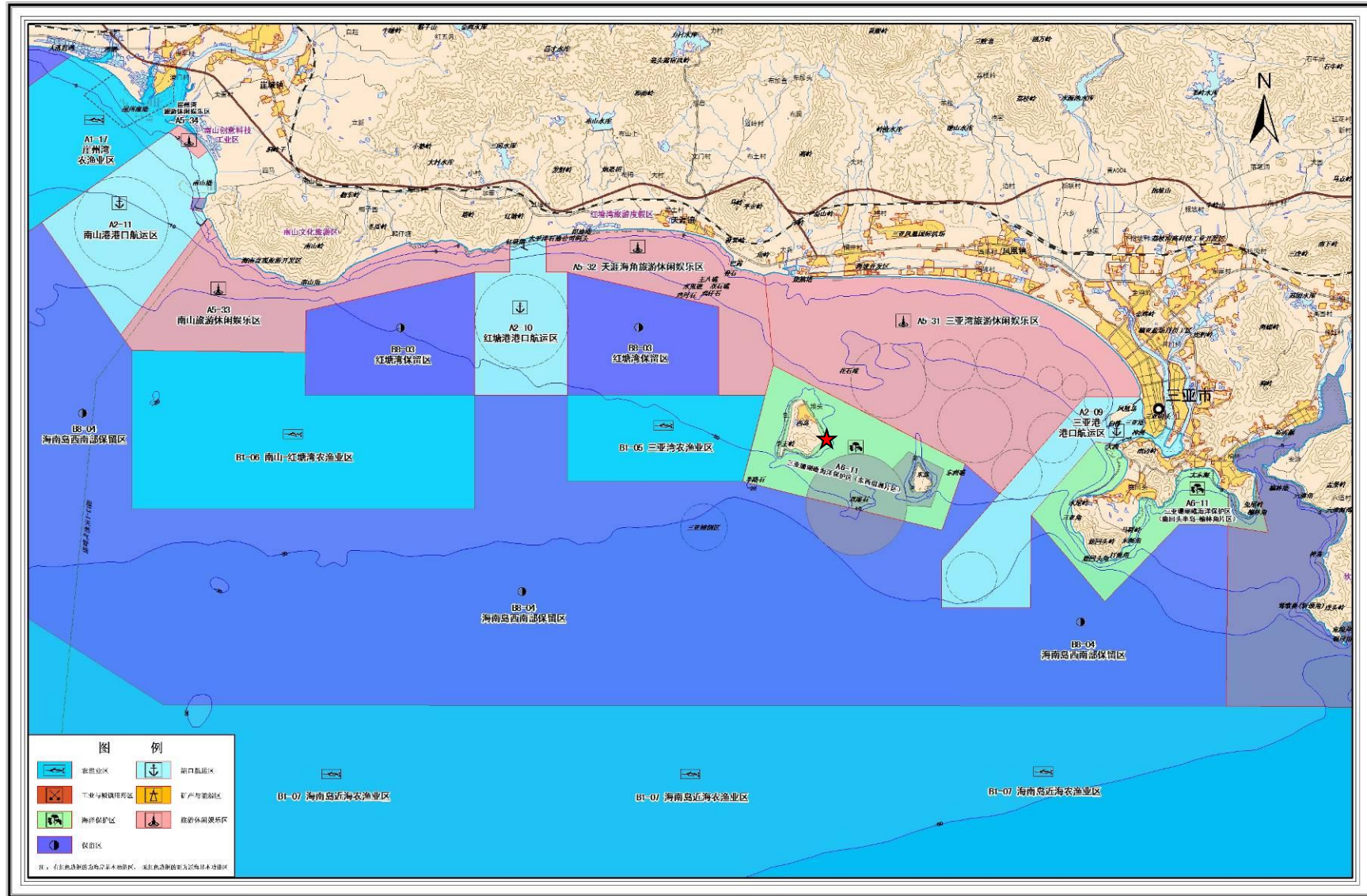


图 1.4-1 海南省海洋功能区划

表 1.4-1 项目所在地及周边海域海洋功能区分布见表《海南省海洋功能区划(2011~2020)》

代码	功能区名称	地理范围	功能区类型	面积 (公顷)	岸段长度 (km)	与项目区位置关系	海域使用管理要求			海洋环境保护要求	
							用途管制	用海方式	海域整治	重点保护目标	环境保护要求
A2-09	三亚港港口航运区	三亚市	港口航运区	2316.96	8.81	占用	主导用海类型为交通运输用海，合理规划港区基础设施建设，保证船舶停靠、避风和通航所需海域；可兼顾旅游娱乐用海和渔业基础设施用海，可建游艇码头。客运及渔业生产功能转移后，调整为旅游港口开发功能；涉海工程建设需征求相关特殊部门意见。	允许适度改变海域自然属性，凤凰岛西南经进一步论证可适度围填海，用于港口建设，三亚河内禁止围填海。	加强项目用海动态监测和跟踪管理，防淤、防污染。	保护三亚河口水动力环境；保护港口、航道水深条件；保护水域宽度，防止淤积。	不劣于三类海水水质标准，二类海洋沉积物质量标准，二类海洋生物质量标准。
A6-11	三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)	三亚市	海洋保护区	1865.00	19.45	南侧约1.55km	主导用海类型为海洋保护区用海，试验区可适当开展生态旅游，缓冲区可适当开展科研教学，但应严格控制规模；严格按照自然保护区管理法规管理，缓冲区只可进行经批准的科学研究、教学实习活动，实验区只能进行经批准的科学实验、教学实习、参观考察、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物等活动；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。	保护区核心区用海方式应禁止改变海域自然属性，缓冲区和实验区应严格限制改变海域自然属性，在该保护区管理机构统一规划和指导下，实验区内可有计划地进行适度开发活动。	修复和保护珊瑚礁生态系统和海岛地形地貌，加强监控系统建设。	保护珊瑚礁及其生态环境；保护海洋生物多样性；保护海底管线。	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
B8-04	海南岛西南部保留区	位于海南岛西南部近海海域。	保留区	240122.77		南侧约5.37km	无主导用海类型，维持现有用海现状，今后根据经济社会发展需要，经科学论证明确其具体使用功能后可调整功能；注意海底管线的保护，海上设施建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性。		保护海域自然生态环境；保护金色小沙丁鱼、蓝圆鲹等水产种质资源；保护近海渔业资源；保护海底管线。	海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状，经论证改变功能类型后，根据开发类型确定其水质标准。

A5-31	三亚湾旅游休闲娱乐区	位于三亚河至旗河段海域。	旅游休闲娱乐区	7561.83	18.49	西侧约1.62km	主导用海类型为旅游娱乐用海，用于旅游基础设施建设、浴场和游乐场用海，可兼顾港口航运用海，为附近船只提供防风避风海域；保障海上防风避风安全，旅游基础设施建设不得占用防风锚地水域；涉海工程建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发容量。	强化海岸综合治理和管理，保持岸滩原有形态，严格控制生活污水等污水直接排入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沙滩、沿岸地质地貌和水质。	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
A6-11	三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)	位于三亚市三亚湾东西瑁洲岛海域	海洋保护区	2852.51		西侧约7.40km	主导用海类型为海洋保护区用海，试验区可适当开展生态旅游，缓冲区可适当开展科研教学，但应严格控制规模；严格按照自然保护区管理法规管理，缓冲区只可进行经批准的科学研究、教学实习活动，试验区只能进行经批准的科学实验、教学实习、参观考察、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物等活动；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。	保护区核心区用海方式应禁止改变海域自然属性，缓冲区和实验区应严格限制改变海域自然属性，在该保护区管理机构统一规划和指导下，实验区内可有计划地进行适度开发活动。	修复和保护珊瑚礁生态系统和海岛地形地貌，加强监控系统建设。	保护珊瑚礁及其生态环境；保护海洋生物多样性；保护海底管线。	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。

表 1.4-1 环境敏感区与工程区相对距离和位置概况

序号	环境保护目标	与工程区相对位置和最近距离	保护内容
1	三亚港港口航运区	1km	水深、通航安全
2	三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)	占用	水质、生态环境
3	三亚湾旅游休闲娱乐区	占用	水深、通航安全
4	三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)	占用	水质、生态环境

2 工程概况

2.1 项目建设内容

项目名称：三亚湾海洋生态保护修复工程

业主单位：三亚市自然资源和规划局

项目位置、范围：位于在三亚市三亚湾海域，地理位置位于 18°12'31"N~18°13'40"N，109°18'20"E~109°20'21"E 之间。项目位置见图 2.1-1，总工程平面布局图见图 2.1-2，海域现状见图 2.1-3。

工程内容及规模：

三亚湾海洋生态保护修复工程包括：珊瑚礁修复工程、西岛生态护岸修复工程、渔业资源保护工程、三亚湾海洋生态环境监测等四部分。

建设规模：

（1）珊瑚礁修复工程：西岛珊瑚礁修复面积约 16000 m²、鹿回头珊瑚礁修复面积约 10000 m²，种植珊瑚 52000 株。

（2）西岛生态护岸修复工程：护岸修复长度约 650m；

（3）渔业资源保护工程：人工鱼礁 155520 空方，增殖放流 1 项；

（4）三亚湾海洋生态环境监测：2 套海基海洋生态在线监测系统。

工程总投资：本工程估算总投资 20117 万元，拟申请中央财政专项资金 10739 万元（53.38%估算总值、70%工程费用），地方配套 9378 万元（46.62%估算总值）。



图 2.1-1 项目地理位置图

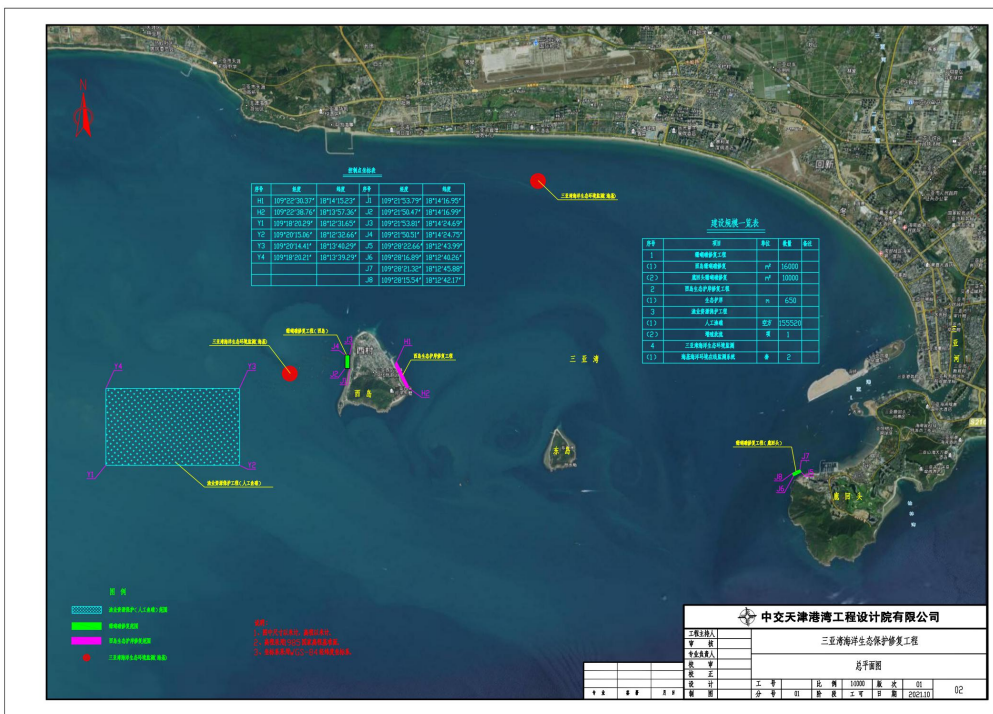


图 2.1-2 总工程平面布局图



图 2.1-3a 项目区海域现状图



图 2.1-3b 项目区海域现状图

2.2 项目区生态环境现状及存在的问题

2.2.1 西岛护岸破坏严重

西瑁洲是有居民海岛，是一个有着 400 多年历史的热带渔村海岛，现有居民 4000 余人，村里设有边防站、检查站、信用社、医务所，还有街道、市场和饭店等设施。

西瑁洲海岛面积 2.1182k m²，岸线长 7.8km。岛内地势南高北低，南部为侵蚀剥蚀低丘陵，至高点西瑁山海拔 123.3 米；北部为平缓的海积阶地。海岛南部为陡峭的基岩岸线，其余的为砂质海岸。

西瑁洲植被繁茂，全岛被绿色覆盖，主要有台湾相思树、小叶桉、椰树及少量的木麻黄等热带乔木，以及相思豆、三角梅、草海桐、仙人掌等灌木林。

在西瑁洲东部海岸，由于长期受海浪袭击，海岸侵蚀严重，海岸线持续后退。目前侵蚀的岸段已经扩展到 650 米，海岸最大后退 70 余米，岸线坍塌已经将沿岸乡村小道损毁，严重威胁了海岛安全，海岸景观和功能受损。从卫星图片对比分析，2009 年至今岸线最大后退约 15m。

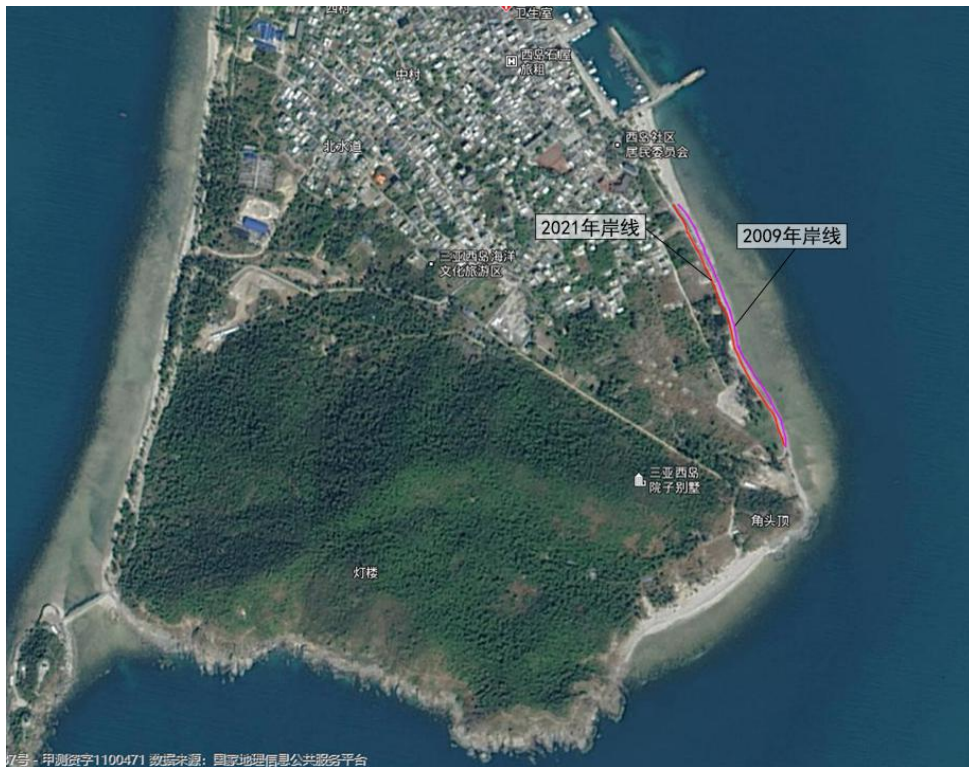


图 2.2-1 岸线侵蚀分析图



图 2.2-2 现场照片 1



图 2.2-3 现场照片 2



图 2.2-4 现场照片 3

2.2.2 珊瑚礁亟需修复

三亚湾中的西岛和东岛，以前曾叫“玳瑁洲”，玳瑁必择珊瑚礁而栖居。玳瑁是杂食动物，但是有一种食物是玳瑁必需的，那就是海绵。根据研究报告，海绵占玳瑁膳食总量的 70%以上，而海绵多生长在珊瑚礁上。玳瑁的其他食物，贝类、虾蟹、海葵、水母、海藻、鱼类等，也多是生长在珊瑚礁区。珊瑚礁是玳瑁安身立命之所。西岛东临鹿回头半岛和小东海也有一片珊瑚礁区，一旦西岛食物供不应求，玳瑁即可游去觅食，保无饥谨之虞。

西岛距离海岸较远，水深较深，环岛海洋水质生态环境良好，是珊瑚礁生长的理想场所，岛屿周边分布有珊瑚礁，并且是珊瑚礁国家级自然保护区，人类活动主要以游客潜水和观光为主。珊瑚礁相比于以前，由于风暴潮、人类活动以及环境变化的影响，已有全面退化迹象，需要进行珊瑚礁的修复。

三亚鹿回头珊瑚岸礁位于海南岛南端鹿回头半岛西岸，是海南岛珊瑚岸礁中发育非常典型的珊瑚礁，生物多样性极具特色的岸段，是三亚国家级珊瑚礁自然保护区中最靠近市区而长期承受最大人类活动压力的岸段。由于鹿回头三亚湾一侧位于岩礁岬角处，海流、波浪较强，尤其是台风风暴潮发生期间，珊瑚礁经常遭到迫害，加之捕鱼、潜水、排污等人类活动的影响，鹿回头海域已呈现出珊瑚礁衰退的迹象。

2.2.3 渔业资源保护

近年来，三亚湾地区在开展大规模经济建设和资源开发的同时对自然水域的生态环境造成了较大的影响。近海密集频繁的水上工程施工、污水排放及过度渔业捕捞等，使三亚湾海域渔业资源出现衰退征兆，许多鱼类种群数量减少，捕捞产量、个体重量下降。。

2.3 工程建设必要性

1、本项目是贯彻习近平总书记关于海南生态文明建设和生态环境保护重要讲话和重要指示批示精神，建设国家生态文明试验区的需要

为了深入贯彻国家生态文明建设的精 神，实施《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020 年)》以及《三亚市生态修复城市修补总体规划》，推进海南省国际旅游岛的建设进度，三亚市政府决定通过完善基础设施、严控污染源、加强环境治理、规范开发行为、开展生态修复等一系列有效措施，将三亚湾地区打造成环境优美、人海和谐、经济发展、生态一流的示范区。

2、本项目是保护、恢复三亚湾渔业资源，发展海洋生态休闲旅游，落实国家及海南省关于大力发展海洋牧场政策的需要。

近年来，三亚湾地区在开展大规模经济建设和资源开发的同时对自然水域的生态环境造成了较大的影响。近海密集频繁的水上工程施工及过度渔业捕捞等，使三亚湾海域渔业资源出现衰退征兆，许多鱼类种群数量减少，捕捞产量、个体重量下降。海洋农牧化和牧场建设成为当前海洋开发的重要目标，人工鱼礁建设实现这一目标的重要支点，是改善近海渔场或建立新渔场的一项重要措施。人工鱼礁的建设对整治海洋国土、调整海洋产业结构、促进海洋产业的升级和优化、带动海上休闲旅游及相关产业的发展、修复和改善海洋生态环境、增殖和优化渔业资源、拯救珍稀濒危生物和保护生物多样性、促进海洋经济持续健康发展等均具有重大的战略意义和深远的历史意义。

随着海南省城镇化和滨海旅游产业的加速，渔业水域缩小，过去传统的养殖技术将逐步淘汰并严格控制发展规模，将渔业与旅游结合起来的现代休闲渔业的发展模式，大力引导传统渔业向休闲、观光渔业发展，积极拓展产业发展空间，是今后海南海洋渔业的发展模式。

人工鱼礁的引入有助于恢复渔业资源，投放在海域中的人工鱼礁（上升流礁）

在迎面流附近产生涌升流，这种涌升流将海洋底层低温而营养丰富的海水带上来，使海洋浮游动植物在人工鱼礁礁体及区域内增殖，从而为鱼类等水生生物提供大量饵料丰富的饵料、舒适安全的生长环境自然使人工鱼礁的集鱼、增殖效果不一般。且有助于改善水质，减少海洋赤潮等海洋灾害发生的频率，恢复海域生态环境，稳定海域生态系统。人工鱼礁还可带动休闲旅游业的发展，生态旅游业是三亚市重点产业，生态环境、生态资源及生态文化丰富的区域往往成为旅游胜地，人工鱼礁可使渔业有机地融入旅游业，建于不同港湾的人工鱼礁区，海岸景色和生物资源各异，可成为海上不同的观光旅游区与休闲垂钓区，为海洋生态旅游增添新亮点。

根据海洋生物与海洋环境相互依存的原则，在特定海域投放人工鱼礁，为海洋生物提供生活、繁衍的居所。通过放流国家指定的物种及该海域特有的物种和食物链中的基础物种，开展海洋生物资源的增殖，促进三亚湾海域海洋生物资源的增殖。

本项目根据《海南省现代化海洋牧场发展规划（2021-2030年）》在西岛以西海域建设人工鱼礁区 700 公顷，该区域水深-24~-28m，适合进行人工鱼礁建设。建设 1 个人工鱼礁区，包括 9 个鱼礁群，共投放人工鱼礁 155520 空方。根据三亚湾生态特点，选择鲷科类、石斑鱼类等岩礁性鱼类及土著贝类等进行分阶段放流。

生态修复、城市修补是新时期城市转型发展的重要方法，三亚作为全国双修双城的试点城市，经过一年多的规划建设管理实践，城市面貌发生了较大的变化，取得了显著的成效。南边海生态环境综合整治是落实三亚双修双城实践理念的又一示范性工程，将为三亚创建“望得见山，看得见水，记得住乡愁”的国际化热带滨海旅游精品城市提供支撑。

综上所述，工程实施是必要的。

2.4 平面布置

2.4.1 平面布置原则

本项目建设紧紧围绕三亚湾海洋生态环境的保护和修复，针对海洋生态存在的问题和薄弱环节，开展相关修复工程，以整体提升三亚湾的海洋生态功能，促进人与自然的和谐发展。

(1) 总平面布置应符合相关规划要求，并遵守国家、当地政府的有关法律、规定等。

(2) 应综合考虑地形、地质、潮流、波浪、泥沙、安全等级及使用要求等各

种因素，合理确定保护修复范围，设计方案做到科学、合理、安全、经济。

(3) 平面布置应充分考虑相邻工程的关系，避免相互干扰和影响，开符合环境和生态保护、安全卫生方面的要求。

2.4.2 总体布局

本项目建设紧紧围绕三亚湾海洋生态环境的保护和修复，针对海洋生态存在的问题和薄弱环节，开展相关修复工程，以整体提升三亚湾的海洋生态功能，促进人与自然的和谐发展，故不进行平面方案比选。

三亚湾海洋生态保护修复工程包括：珊瑚礁修复工程、西岛生态护岸修复工程、渔业资源保护工程、三亚湾海洋生态环境监测等四部分，总体布局见下图。



图 2.4-1 总体布局图

表 2.4-1 主要指标及工程量

序号	项目	单位	数量	备注
1	珊瑚礁修复工程			
(1)	西岛珊瑚礁修复	m ²	16000	
(2)	鹿回头珊瑚礁修复	m ²	10000	
2	西岛生态护岸修复工程			
(1)	生态护岸	m	650	

3	渔业资源保护工程			
(1)	人工鱼礁	空方	155520	
(2)	增殖放流	项	1	
4	三亚湾海洋生态环境监测			
(1)	海基海洋环境在线监测系统	套	2	

2.5 珊瑚礁修复工程

2.5.1 修复区域

本项目选择三亚湾环境易于珊瑚礁生长的海域，但是由于人类活动和海洋灾害等原因，遭受破坏亟需修复的珊瑚礁区域开展珊瑚礁修复工程。确定的珊瑚礁修复区域为西岛海域和鹿回头西侧靠三亚湾海域两块海域。

2.5.1.1 西岛珊瑚礁修复区

西岛距离海岸较远，水深较深，环岛海洋水质生态环境良好，是珊瑚礁生长的理想场所，岛屿周边分布有珊瑚礁，并且是珊瑚礁国家级自然保护区，人类活动主要以游客潜水和观光为主。珊瑚礁相比于以前，由于风暴潮、人类活动以及环境变化的影响，已有全面退化迹象，需要进行珊瑚礁的修复。

西岛珊瑚礁区选择在西岛西北侧，位于旅游区的南侧。修复区面积 16000 m²，种植密度每平米 2 株，修复区的水深条件为 3~6m。

表 2.5-1 西岛珊瑚礁修复区坐标

四至点	经度	纬度
J1	109° 21'53.79"	18° 14'16.95"
J2	109° 21'50.47"	18° 14'16.99"
J3	109° 21'53.81"	18° 14'24.69"
J4	109° 21'50.51"	18° 14'24.75"

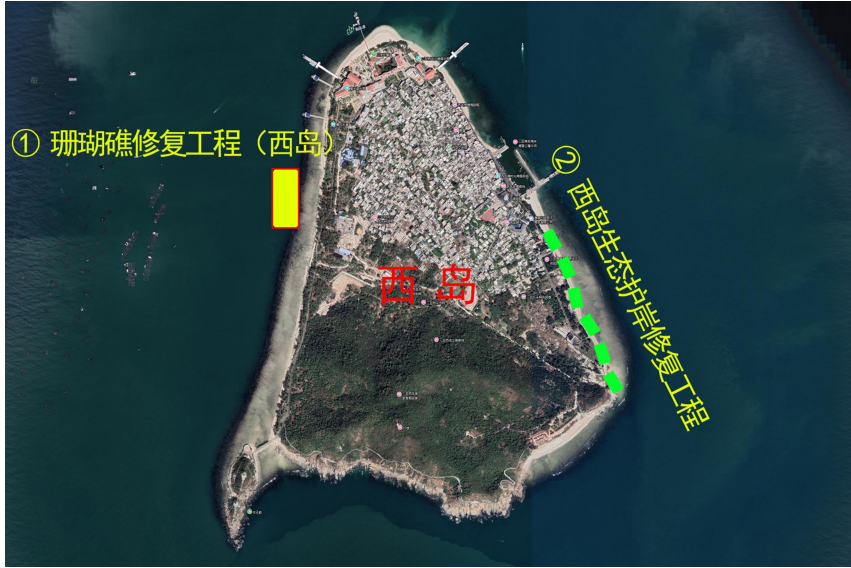


图 2.5.1-1 西岛珊瑚礁修复区位置

2.5.1.2 鹿回头珊瑚礁修复区

三亚鹿回头珊瑚岸礁位于海南岛南端鹿回头半岛西岸，是海南岛珊瑚岸礁中发育非常典型的珊瑚礁，生物多样性极具特色的岸段，是三亚国家级珊瑚礁自然保护区中最靠近市区而长期承受最大人类活动压力的岸段。由于鹿回头三亚湾一侧位于岩礁岬角处，海流、波浪较强，尤其是台风风暴潮发生期间，珊瑚礁经常遭到迫害，加之捕鱼、潜水、排污等人类活动的影响，鹿回头海域已呈现出珊瑚礁衰退的迹象。

鹿回头珊瑚礁修复区位于帆船港西侧，修复区面积 10000 m²，种植密度每平方米 2 株，修复区的水深条件为 2~5m。

表 2.5-2 鹿回头珊瑚礁修复区坐标

四至点	经度	纬度
J5	109° 28'22.66"	18° 12'43.99"
J6	109° 28'16.89"	18° 12'40.26"
J7	109° 28'21.32"	18° 12'45.88"
J8	109° 28'15.54"	18° 12'42.17"



图 2.5-2 鹿回头珊瑚礁修复区位置

2.5.2 修复方案

需要建立珊瑚苗圃培育珊瑚个体，利用少量的珊瑚母体拆分成多个珊瑚断枝，再利用苗圃培育成大小 15cm 左右的珊瑚个体用于珊瑚底播移植。借由珊瑚苗圃的培育和数量放大作用，达到减少珊瑚母体需求和增加可利用珊瑚个体数量的目的。

2.5.2.1 珊瑚苗圃建设

本项目珊瑚苗种来源为苗圃育苗的方法。将珊瑚苗种培育至 5-8 厘米大小，然后将 5-8 厘米大小的珊瑚苗种在苗圃培育成可用于底播移植的 12-15 厘米珊瑚个体。

造礁石珊瑚苗圃可建立在修复区附近无珊瑚礁分布的沙底区域，不会对现有珊瑚礁造成影响，水质环境同光照又接近移植修复区，更有利于培育的珊瑚个体适应移植环境。项目需培育 52000 个珊瑚个体，计划搭建“珊瑚树”苗圃 380 个，每个“珊瑚树”苗圃可培育珊瑚断枝 70 个，预计 6-8 个月可生长至 15cm 大小，12-16 个月左右可培育出 53200 个珊瑚个体用于珊瑚移植。

2.5.2.2 珊瑚运输

将珊瑚采集后，在水下直接装入篮子中，集中放置到一起，最后统一搬运上活水船。一筐珊瑚中尽量只装同一种珊瑚，避免珊瑚不同种类间相互竞争。搬上运输船只时，搬运要迅速，减少珊瑚离水时间。由于三亚夏季气温在 30°C 以上，空气干燥，珊瑚长时间离水可能造成珊瑚不适或死亡，因此需要考虑运输过程中尽量避免

珊瑚离开海水。因此，迁出珊瑚的运输应采用带有活水舱的渔船，可以保证运输过程中珊瑚不离开海水，能够提高珊瑚的存活率，减少迁出过程中因运输造成的死亡。活水舱船只选择 50t 以上的，活水舱可以达到 3~4m³，可以一次运输较多的珊瑚个体。

活水舱内可以根据舱体的情况，搭建数层支架，能够叠放多层珊瑚个体，同时支架支撑能够避免珊瑚个体相互挤压、碰撞，保证珊瑚的完整性。放置珊瑚时应逐一将珊瑚放入活水舱中，并摆放平整。避免直接将整筐珊瑚倾倒入活水舱内，会破坏珊瑚个体，造成珊瑚堆叠。



图 2.5-3 活水舱内放置珊瑚

船只应选择天气较好、海浪平静的时间运输珊瑚，避免因海浪影响，造成船只摇摆，活水舱内的珊瑚相互碰撞、堆叠。运输时间过程中，需要每一个小时观活水舱内珊瑚状况一次，确保珊瑚状况正常。

将培育的珊瑚分别移植至鹿回头珊瑚礁和西岛珊瑚礁区。两个珊瑚种植地均位于三亚珊瑚礁国家级自然保护区内，种植的珊瑚易于适应环境并可得到保护。

2.5.2.3 珊瑚底播移植

在種植珊瑚前，需要對選定好的珊瑚修復區進行整備。整備內容包括：清除海底垃圾和不利于珊瑚的藻類、海綿、核果螺、長棘海星等生物；對修復區劃分好分區，確定各個分區應放置的珊瑚數量和種類；如有需要，在修復區內搭建珊瑚暫養苗圃，將不適合直接移植在珊瑚礁底質上的珊瑚放置在苗圃上臨時培育。

運輸船隻抵達珊瑚移入地後，將活水艙內珊瑚取出，並重新放入籃筐內搬運至移入地海區水底。根據整備時的珊瑚方案，將各種類珊瑚分類分批放置到劃分好的相應區域。

整株的分枝珊瑚可直接放置在珊瑚礁底質上，無需固定。珊瑚碎片或分枝需要固定至苗圃上或尋找可以扦插的孔洞固定。塊狀珊瑚、表覆狀珊瑚以及葉狀珊瑚個體可直接放置在珊瑚礁上，無需特別固定，但注意避免放置到泥沙或沙底上，以免被沙子和懸浮物覆蓋。

根據造礁石珊瑚待修復區的前期調查發現，鹿回頭待種植區域以珊瑚礁底質為主而西島待種植海域以礁石和沙質底質為主，所以在鹿回頭待修復區應以適合礁體移植的柳釘珊瑚移植為主，西島待修復區則以生物礁和柳釘珊瑚移植相結合的方式進行造礁石珊瑚的種植。

柳釘珊瑚種植方法主要使用 η 形進行珊瑚移植。海浪和颱風會對移植珊瑚造成嚴重影響，導致珊瑚脫落、珊瑚圍繞固定釘旋轉磨損組織、珊瑚斷裂等後果。為了減少常用的珊瑚移植方法中因海浪沖擊造成珊瑚繞釘旋轉導致的珊瑚組織磨損和單個固定點易造成珊瑚脫落兩種缺陷影響，設計並形成了 η 形珊瑚移植釘專利。其優點在於採用雙腳固定，避免了珊瑚圍繞單個圓柱釘體旋轉的問題；利用兩根釘腳間的凹槽避免珊瑚上下移動，同時由於釘體同珊瑚間有多個接觸點，珊瑚組織可更快的向釘體上攀附生長，加快珊瑚表面積的增加，更有利于珊瑚生長。

用於珊瑚移植固定的移植釘為長度 8-15cm、具有長短腳的 η 形釘，兩腳間相距 0.6-2cm。其中一腳長，為主要固定腳，用於插入塑料膨脹膠粒中，起到穩固移植釘、防止移植釘脫落多大作用。另一腳稍短，為輔助腳，其尖頭部分敲入珊瑚礁中，起到防止移植釘旋轉的作用。移植釘腳外側具有凹槽，可用于固定捆綁珊瑚的扎帶，防止扎帶滑動，造成珊瑚移動或松脫。

移植珊瑚前，先使用带钻头的水下气钻或电钻在珊瑚礁底质上钻出适合大小的小洞，并将塑料胶粒放入小洞。小洞的直径应比塑料膨胀胶粒稍大、深度大于胶粒的长度，但也要确保移植钉插入放入小洞的胶粒后能稳固且不易被拔出。移植钉的长脚放入塑料胶粒后，应用锤子轻轻钉入，直至移植钉短脚触及珊瑚礁底质后，再用力锤下，让短脚的尖端钉入珊瑚礁内。

将要移植的珊瑚长轴与珊瑚礁底质垂直方向放入移植钉的双脚间，让珊瑚尽量靠紧移植钉体上的短刺或锯齿。再用塑料扎带将珊瑚绑缚在移植钉上，调整扎带陷入移植钉两侧的凹槽后再用力系紧，确保珊瑚不会脱落。在珊瑚礁石底质上珊瑚移植密度应在 2~10 株/m² 范围之间，迁移的珊瑚需要整株移植。

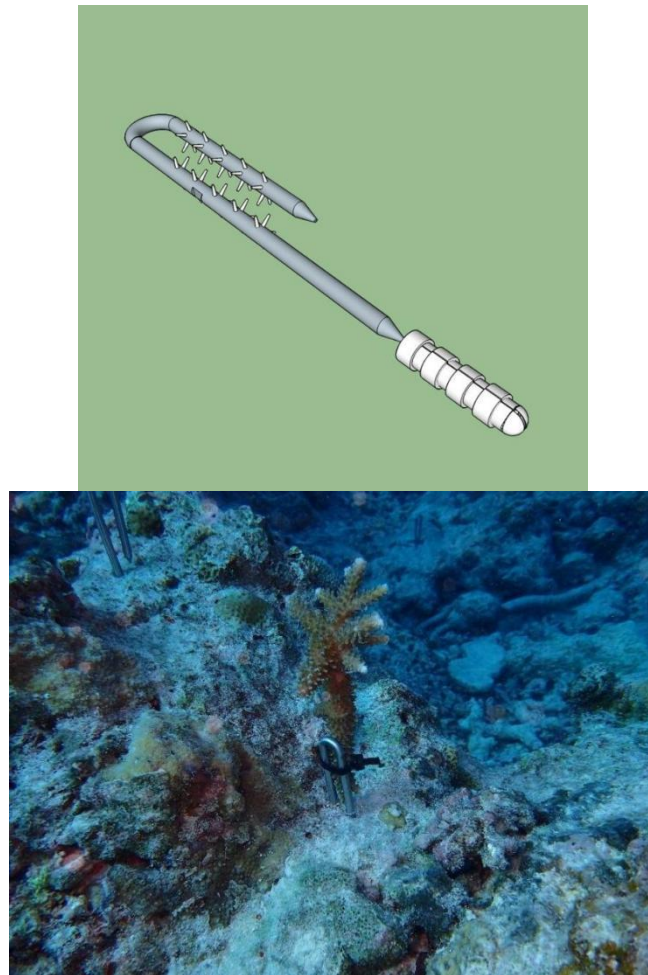


图 2.5-4 珊瑚移植钉示意图

利用人工礁体作为珊瑚移植的辅助固定物，将珊瑚固定在移植礁体的珊瑚移植枝上，可以避免珊瑚被海浪打翻、脱落。同时由于距离珊瑚礁底质具有一定距离，在移植初期可以避免被敌害生物摄食。经过 1-2 年，珊瑚个体逐渐生长扩大，可以

同四周的珊瑚礁生长至一起，整个移植礁体形成珊瑚礁的一部分。

2.5.2.4 珊瑚礁管护

移植初期管护频率宜每周一次，待珊瑚成活率趋于稳定，管护频率可降为每月至每季度一次。

常见的管护措施包括：

- 定期观测移植珊瑚的存活情况，当成活率<75%时应开展补充移植；
- 对移植珊瑚的生长状况进行监测，及时清理患病和白化的个体或组织；
- 及时清除病虫害、污损生物和外来入侵生物，防控珊瑚敌害生物；
- 人工清除或通过放流植食性鱼类等措施控制藻类规模；
- 定期清理修复区内的海洋垃圾。

对于在珊瑚礁区内适度旅游开发等活动必须严格限制审批和依法监管并进行生态补偿。

2.5.2.5 珊瑚礁监测

1、监测频率

珊瑚礁修复过程中和完成后的 2 年~3 年内，逐年开展生态系统现状跟踪监测，其中修复完成后至少开展 2 次生态系统现状跟踪监测。珊瑚、礁栖生物和威胁因素每年开展 1 次调查，其他要素宜开展季节性调查。调查期间，如遇台风、风暴潮天气，现场调查应在风暴潮预警解除后 10d 内开展。

2、监测内容

按监测要素的不同分为生物生态、环境生态和威胁要素三类。生态生态监测包括珊瑚群落、珊瑚礁鱼类、大型底栖动物、大型底栖藻类调查；环境生态监测包括海水、气象、海浪、海流、水文等调查；威胁因素包括人类活动和自然灾害调查。

2.6 西岛生态护岸修复工程

2.6.1 生态护岸修复主要内容

西岛生态护岸修复长度 650m。

护岸结构安全等级为二级，使用年限 50 年。

2.6.2 护岸顶高程

(1) 根据《防波堤与护岸设计规范》计算

根据《防波堤与护岸设计规范》(JTS154-2018)第 7.2.2 条,斜坡式护岸的顶高程应符合下列规定:对允许越浪的沿海护岸,宜定在设计高水位以上不小于 0.8 倍设计波高处,并不低于极端高水位。

$$Z=HWL+0.8 \times H_{13\%}$$

式中:

HWL—设计高水位 (m);

$H_{13\%}$ —设计高水位 50 年一遇 $H_{13\%}$ (m)。

护岸顶高程 $Z=1.68+0.8 \times 1.74=3.072\text{m}$ 。

(2) 根据《海堤工程设计规范》

根据《堤防工程设计规范》(GB/T51015-2014)第 8.3.1 条,堤顶高程按设计高水位加波浪爬高及安全超高确定。

$$Z_p=hp+RF+A$$

式中 Z_p ——堤顶超高;

RF——设计波浪爬高;

hp——设计高水位;

A——安全加高, 0.4m。

护岸顶高程 $Z=1.68+2.04+0.4=4.12\text{m}$ 。

现有岸坡高程约 3.9m,岸坡后方为多为自然植被,护岸允许越浪,综合考虑顶高程设计取值 4.0m。

2.6.3 护岸顶高程

结构方案一(大块石护面结构)

生态护岸为石块护面斜坡式结构,顶高程 4.0m。

生态护岸护面结构自上而下为 800mm 厚 1t 大块石、700mm 厚 150~250kg 块石垫层,坡度 1:3;蹬脚采用 1t 大块石,堤心回填开山石碴,堤顶设 C30 砼挡墙,挡墙底设碎石垫层及二片石垫层。

护岸面层自前向后依次分为 3m 宽漫步道、1.5m 宽绿化隔离带及 5m 宽骑行道。

漫步道自下而上依次为 200mm 厚碎石垫层、150mm 厚 C30 混凝土垫层及 150mm 厚木铺装；骑行道自下而上依次为 200mm 厚二片石垫层、200mm 厚碎石垫层及 250mm 厚 C30 彩色混凝土。

护岸每隔 100m 设置 10m 宽踏步一处，踏步面层为条石结构，踏步条石下方为 C30 混凝土基础。

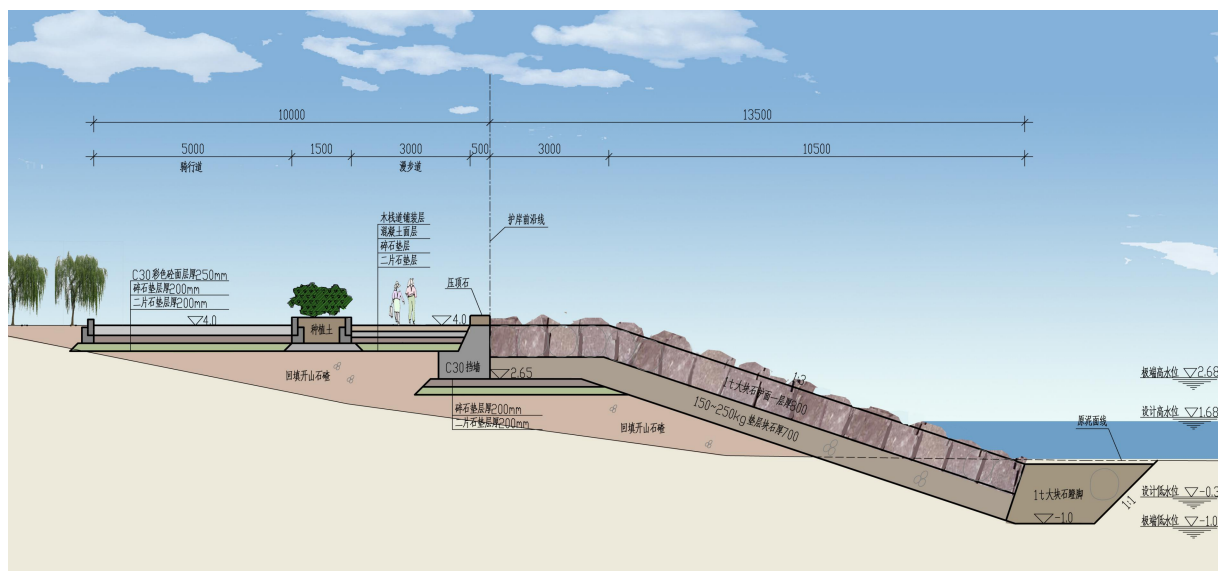


图 2.6-1 结构方案

表 2.6-1 西岛护岸修复工程量

序号	项目	单位	总量	备注
1	开挖珊瑚礁岩	m ³	6500	
2	1t 大块石蹬脚	m ³	2730	
3	回填开山石碴	m ³	10400	
4	150~250kg 垫层块石	m ³	6175	
5	1t 大块石护面	m ³	7475	
6	压顶石	m ³	97.5	
7		块	1300	
8	150~250kg 块石护底	m ³	165	踏步结构
9	C30 砼蹬脚块体	m ³	112.2	
10	碎石垫层厚 300	m ³	277.2	
11	C30 砼基础	m ³	462	
12	踏步条石	块	2904	
13		m ³	217.8	

14	陆上现浇 C30 挡墙	m ³	975	挡墙结构
15	二片石垫层	m ³	715	
16	碎石垫层	m ³	650	
17	木栈道铺装层	m ²	2275	木栈道
18	混凝土面层	m ³	243.75	
19	碎石垫层	m ³	227.5	
20	C30 彩色砼面层厚	m ³	845	道路
21	二片石垫层厚 200mm	m ³	650	
22	碎石垫层厚 200mm	m ³	975	
23	路缘石	m ³	390	
24	种植土	m ³	435.5	
25	后方绿化	m ²	3250	

2.7 礁渔业资源保护工程

2.7.1 鱼礁的类型

根据本海区的特点以及建设目标要求，适宜建设以诱集游泳类生物为目的休闲生态型人工鱼礁，单位鱼礁需留有较大内部空间。由于该海域位于海岛岬角外侧，海流流速较大，且在旅游区、生态敏感区的特点，为了保证环境安全，本项目不主张投放车辆、轮胎、塑料等复合材料和可能造成海洋环境污染的材料鱼礁，采用方形框架预制件礁体的方案进行礁区造礁。

2.7.2 礁体的选择

礁体材料选择须符合“安全、经济、耐用、环保”原则，并且满足施工和投放要求的钢质和水泥材料的均可作为人工鱼礁礁体。

(1) 礁体结构选择

随着人工鱼礁在世界上的发展，礁体的形态和材料越来越多样化，但从其原理和作用上来分析，其基本要求是礁体的设计要求既坚固耐用，稳定性好又有利于鱼类、海参、贝类等海珍品的附着和生息；在与投礁区的水深、范围相匹配的情况下礁体体积尽量大些，内部空间也大些；鱼礁的设计既能作为鱼礁，又能作为沉砣，具有多功能、多用途，同时还应具备稳定、多孔、便于搬运等优点。

(2) 礁体材料选择

鱼礁在材料选择方面要尽量选取廉价的，而又耐海水腐蚀的，不会造成使海水污染的，要有足够硬度、耐撞击的材料。而对特殊要求的鱼礁，要根据对象专门设计。建设完成的人工鱼礁渔场可作为游钓鱼场，发展游钓业，并且具有生态恢复和修复的功能。

根据以上原则，本项目人工鱼礁区的礁体拟采用大型生态方形构件礁组成。

2.7.3 礁体设计原则

根据三亚的实际情况并借鉴国内外一些鱼礁的设计方案，认为人工鱼礁礁体设计一般还要符合以下几个条件：

(1) 为了提高人工鱼礁的综合效能，礁体上应适当开孔，旧船改造时应在船身加凿洞穴、甲板上构建框架以增加岩礁性鱼类的栖息空间；孔径大小应为所诱集鱼种的体高的3倍左右，但应尽量避免孔径取300~500mm，以免对潜水员造成危险；

(2) 鱼礁礁体扰流效果取决于礁体高度与水深的比值，比值小效果不明显，比值大又成本太高。参照国内外研究成果及实际效益经验，通常取礁体高度为水深的1/5~1/10；

(3) 堆垒式礁体的每一堆或一个组合礁称为单位礁体，一般要求每个单位礁体400空方以上；

(4) 在流速大、易受台风侵袭的海域，水泥礁应为非堆垒式；

(5) 预留一定的下陷高度，礁体的有效高度不包括下陷高度，底部为实心以增大受力面积；

(6) 配合礁区作业之渔具渔法，能有效地防范渔网发生缠络、挂钩的发生，而维持鱼礁正常功能。

根据本海区的情况，设置可以固着藻类的环境改善型鱼礁、海参等增殖礁或用于休闲渔业的游钓鱼礁，另外设置鱼苗资源增殖保护礁，从而形成资源丰富而稳定的鱼类栖息地。

2.7.4 钢筋混凝土构件鱼礁的技术要求

2.7.4.1 设计要求

基本原则：在综合考虑拟投礁海域的水深条件、底质状况、恋礁生物的生活习性、气象条件、流场、施工及投放条件、技术经济可行性后进行优化设计；遵循海

洋土木工程的一般设计准则和有关规定和《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS151-2011）等的有关规定；礁体尽量大型化、结构复杂化、型式多样化、空方最大化；混凝土结构鱼礁耐用年限必须 30 年以上；礁体需有足够的强度和稳定性，经得起 25 年一遇的台风和 12 级风浪袭击（不移位、不倾倒）。具体如下：

（1）人工鱼礁礁体应满足结构在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度要求。

（2）设计荷载一般包括构件自重力、水流力和波浪力等。构件在海底受力情况应通过综合分析来确定。

（3）单建型混凝土或钢结构鱼礁，应分别按照《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS151-2011）和《钢结构工程设计规范》（GB50017-2014）进行结构设计，其结构安全等级定为三级。

（4）投放型人工鱼礁主要进行吊装和 underwater 稳定验算，其中吊装验算根据现行有关规范进行。水下稳定验算应计算礁体的沉降值，有必要时，进行礁体的倾覆和滑移验算。

（5）混凝土礁体构件允许出现裂，构件计算时按作用的长期（准长久）效应组合进行裂缝宽度计算，其最大宽度不应超过 0.30mm 的限值。

（6）混凝土礁体的混凝土强度一般不宜低于 C20。混凝土礁体的受力钢筋保护层厚度不小于 25mm。

（7）混凝土礁体按构造进行配筋时，全截面纵向钢筋最小配筋率可按 0.2% 控制，纵向钢筋最大间距为 300mm。

（8）在满足结构稳定和航行安全的前提下，应尽量提高礁体构件的高度、空方体积与重量表面积的比例。

（9）为了提高人工鱼礁的综合效能，礁体上应适当开孔。礁体开孔宜小于 300mm 或大于 500mm，以免对潜水员造成危险。

（10）礁体构件宜用耐海水腐蚀的材料制作标识牌，标志位置安装在构件上部，标识牌尺寸最小为 120mm×200mm。

（11）礁体设计宜考虑礁体在需要时回收或迁移的构造措施。

2.7.4.2 混凝土礁体施工规定

人工鱼礁工程应按设计进行施工，保证工程质量，保证安全和文明生产，注重环境和生态的保护。单建型混凝土须参照国家现行的水工或港口工程施工规范、规程施工。人工鱼礁施工单位应积极研究和采用新技术、新方法，提高施工效率和质量。人工鱼礁工程所用原材料应具有符合规定的品质证明材料。人工鱼礁工程所用原材料除强度须满足设计和施工要求外，尚应具备一定的耐久性。

2.7.5 礁体选型

本工程主要建设目的为养护海洋生态环境，发展休闲渔业。根据人工集鱼礁区海域的水深确定礁体规格、礁高水深比 $r=0.25$ ，海南省海洋牧场适宜布设人工集鱼礁区的水深为-24~-28m，平均水深-26m，基底多为粘土质粘土砂和粘土质粉砂，承载力较好，考虑礁体沉降，鱼礁单体高度为6m；考虑本项目人工鱼礁水域距离陆地较远，礁体建设所用材料需从陆地水运，建设的人工礁体可采用钢筋混凝土箱型鱼礁或块石礁体。箱型鱼礁可在陆地预制，所用材料较少，调运安装也比较方便，同时耐久性良好。

(1) 混凝土礁体结构方案

礁体采用尺寸为6m×6m×6m（长×宽×高）箱型混凝土鱼礁，共设A、B两种型号。礁体均由C30钢筋混凝土构成空箱，A型箱体顶面、底面及侧面开4个矩形孔，开孔尺寸为2.0m×2.0m，B型箱体6个面各开9个直径1.5m圆孔。

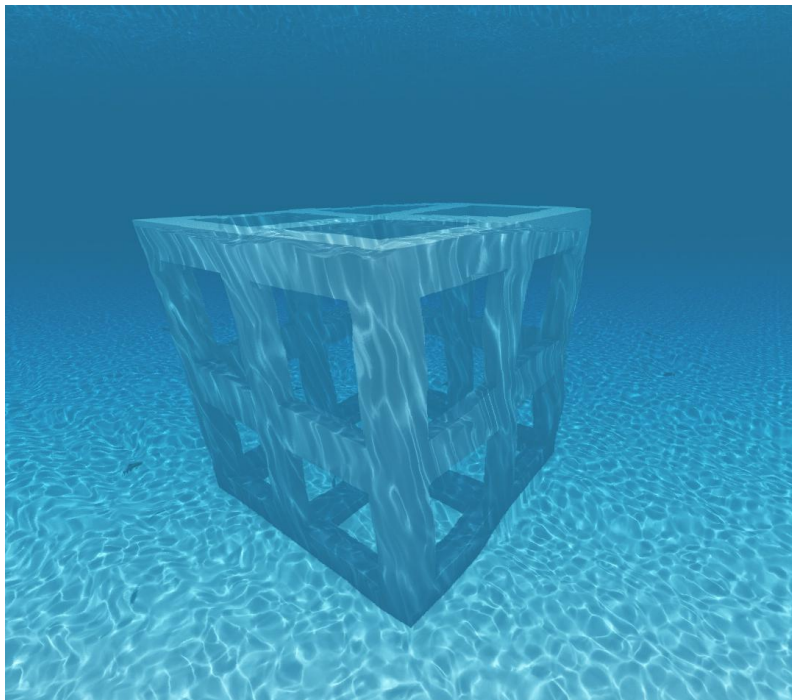


图 2.5.5-1A 型礁体结构设计图

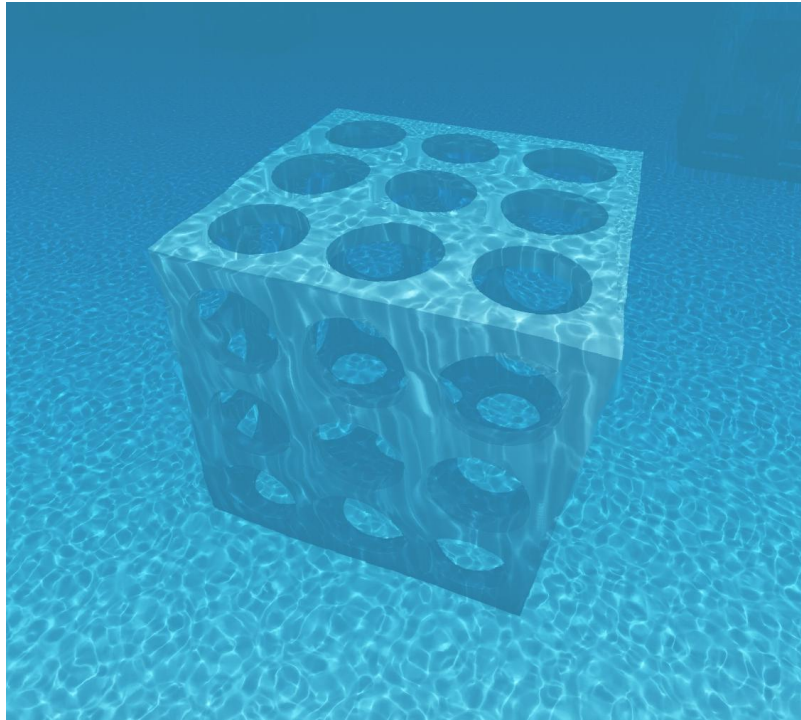


图 2.5.5-2B 型礁体结构设计图

2.7.6 配套设施

在项目区海域周边设置 4 个直径 1.5m 的海上界址和警示浮标。目的是标示海洋牧场位置，并为途经或跨越海洋牧场海域的船舶的航行安全提供助航服务。

海洋牧场海上警示浮标主要构成内容，包括浮筒、锚链、太阳能供电系统和灯具等。

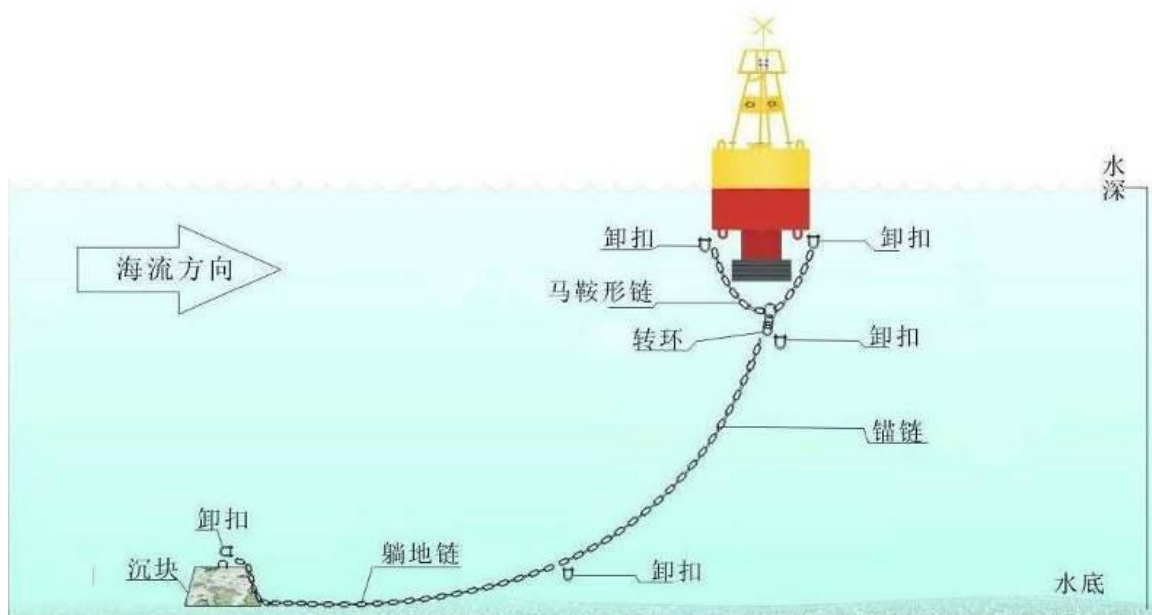


图 2.6-1 海上警示浮标效果图

2.7.7 增殖放流

增殖放流就是用人工方式向海洋、江河、湖泊等公共水域放流水生生物苗种或亲体的活动。增殖放流的苗种经过人工培育，避过了在自然环境中产卵繁育的死亡高峰阶段，能高效地补充渔业资源的补充群体。国内外实践证明，增殖放流是有效、快捷恢复渔业资源的措施。增殖放流能有效地恢复当地海域渔业资源，又可为游钓休闲渔业的发展提供充足的渔业资源种类。

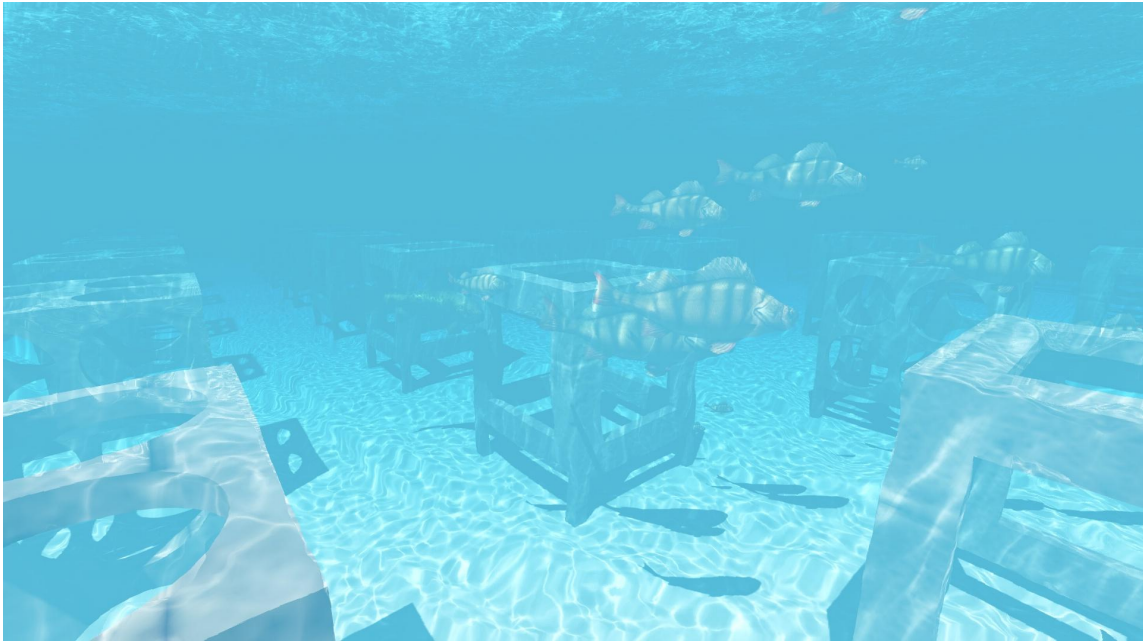


图 2.7-1 增殖放流效果图

针对三亚湾渔业资源特点，制定科学的增殖放流方案，适当扩大放流的种类、数量和区域，提高渔业资源量，改善资源种群结构。增殖放流可采用放流游泳生物、贝类底播等方式进行。增殖放流的亲体、苗种等水生生物应当是本地种，增殖放流应严格执行《水生生物增殖放流管理规定》等相关规定。

2.7.7.1 增殖放流品种选择原则

根据三亚湾生态特点，选择鲷科类、石斑鱼类等岩礁性鱼类及土著贝类等进行分阶段放流。对于增殖放流种类的选择，要遵守如下原则：

- (1) 处于食物链的低端，促进生物多样性的发展

根据食物链金字塔原理，越是食物链低端的物种，所拉长的层级越高。在本增殖放流的物种中，以底播增殖为主，鱼类次之。常见的贝类等每年会排放大量的受精卵为其它海洋生物的幼体、幼鱼等提供开口饵料，促使其它海洋生物的发展和生

物多样性的提高，同时，它们也能自我发育，形成新的种群，提高本海域的海洋生物丰度。

本次修复区域为珊瑚礁生态系统，根据调查资料显示，修复区域存在着珊瑚天敌核果螺爆发的潜在危险，鲷科鱼类可作为增殖种，从食物链的生态角度能抑制核果螺的爆发增殖。

（2）苗种来源稳定

增殖放流的物种属于农业农村部审定的物种，在海南有稳定的生产来源。饵料生物主要为三亚地方性的物种。

（3）苗种健康

投放的物种要符合农业农村部增殖放流物种的质量标准进行投放，要对物种进行检疫，投放健康的物种。

根据有关规定，用于放流的水生经济物种需为本地原种或子一代，禁止放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种。结合保护区资源现状、水域环境承载力、种苗供应市场情况，确定增殖放流水生生物品种。

本项目根据底播生物习性、苗种供应、开发潜力等原则，筛选出适合三亚湾海域底播增殖的主要经济种类。

（4）非外来物种

根据农业部的规定，禁止投放外来物种。

表 2.7-1 海南省海洋牧场适宜增殖放流的参考物种

序号	重要海域	行政区域	面积 (km ²)	适宜放流物种
1	后水湾	海面临高、儋州	1000	青石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、克氏海马*、大珠母贝*
2	洋浦海域	海面儋州	1000	
3	昌化江口	海南昌江	1000	青石斑鱼、卵形鲳鲹、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾
4	七洲洋	海南文昌	700	青石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、绿海龟*、克氏海马*、大珠母贝*
5	高隆湾	海南文昌	700	
6	万泉河口海域	海南琼海	600	青石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、刀额新对虾、大珠母贝*
7	大洲岛海域	海南万宁	600	青石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、绿海龟*、克氏海马*、大珠母贝*
8	亚龙湾	海南三亚	700	
9	大东海海域	海南三亚	600	
10	三沙海域	海南三沙	2600000	绿海龟*、克氏海马*、大珠母贝*、库氏砗磲*、青石斑鱼



注：1.带*的品种为珍稀濒危物种

2.表格引自《海南省现代化海洋牧场发展规划（2021—2030年）》

2.7.7.2 增殖放流品种选择

根据上述标准以及周边海域及当地的实际情况，选择如下表物种进行放流。根据实际情况，本项目拟增殖放流苗种规格与数量如表 2.7-2 所示。

表 2.7-2 增殖放流苗种规格表

种类	规格(cm)	数量
石斑鱼（成鱼） 	1kg/尾	4000 尾
石斑鱼（鱼苗） 	5	20000 尾

紫红笛鲷		5	5000 尾
斑节对虾		2	10000 尾
贻贝		2	100000 粒
节蝶螺		4	40000 粒
马蹄螺		4	50000 粒
巴非蛤		1	100000 粒
海胆		5	50000 个
糙海参		5-7cm	5000 个

注：1.苗种价格按市场价调节变动。

2.在上述放流物种中，属于增殖放流的物种有石斑鱼、斑节对虾，属于饵料性物种的生物有贻贝、牡蛎、节蝶螺、马蹄螺、海胆、巴非蛤等。

2.7.7.3 增殖放流时间和海区选择

放流时间和海区的选择也是决定放流效果的重要因素。在不同季节进行放流，对鱼苗放流后的成活率有很大的影响。在海南省最适宜进行增殖放流的时间是 3-7

月份及 11-12 月，此时间段种苗多、海区初级生产力高，因为产卵场的水温、盐度、溶解氧、饵料生物和敌害生物等环境条件对仔稚鱼的存活率有很大的影响。在此段时间放流，水域饵料生物丰富、敌害生物少，生态环境和其他理化因子都比较适宜放流种苗的栖息生长，不仅可以提高成活率，还有利于放流物种的回归。

结合以往增殖放流工作经验、相关法律法规的要求，建议采购具有《水产苗种生产许可证》，信誉良好、技术水准高并具备相应生产能力的苗种养殖单位供苗。且主要加强对苗种供应单位的技术指导和监督检查，在放流苗种亲体选择、种质鉴定等方面严格把关，同时将指导做好对放流苗种进行病害检疫和药物残留检验，确保苗种健康、优质、无病害，无禁用药物残留，避免对放流水域生态造成不良影响。

根据不同增殖放流种类选择选择不同的运输工具、运输方式和运输时间。运输过程中，避免剧烈颠簸，阳光暴晒和雨淋。运输成活率达到 90%以上。

(1) 投放时间

根据增殖放流物种的生物学特性和增殖放流水域环境条件确定适宜的投放时间。

(2) 气象条件

选择晴朗、多云或阴天进行增殖放流，其中海洋风力七级以下。

(3) 投放方法

常规投放人工将水生生物尽可能贴近水面（距离不超过 1m）顺风缓慢放入增殖放流水域。在船上投放时，船速 $<0.5\text{m/s}$ 。

潜水撒播适用于贝类等底栖生物增殖放流。由潜水员将增殖放流生物均匀撒播到预定水域。

(4) 投放记录

物种投放过程中，观测并记录投放水域的底质、水深、水温、盐度、流速、流向等水文参数及天气、风向和风力等气象参数。

增殖放流后，业主指定第三方资质单位定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。增殖放流完成后首年春季各监测 1 次进行增殖放流效果评价，监测报告报海洋行政主管部门备案。

2.7.7.4 增殖放流的监管

增殖放流對象生物應以當地優勢種為主，且符合國家與地方的增殖放流管理規定，增殖放流規程按 SC/T9401 的規定執行。在資源增殖型魚礁附近放流岩礁性和洄游性到魚礁產卵、索餌的經濟種類，以恢復海域生產力。增殖放流量應根據魚礁區物理化學環境、餌料生物環境和主要對象生物特征估算的生態容量來確定。

增殖放流的監管按照中華人民共和國農業部令第 20 號《水生生物增殖放流管理規定》執行，具體的投放站位、物種、數量和時間應與當地漁業部門協商確定。增殖放流專項資金應專款專用，並遵守有關管理規定。用於增殖放流的人工繁殖的水生生物物種，應當來自有資質的生產單位。其中，屬於經濟物種的，應當來自持有《水產苗種生產許可證》的苗種生產單位；屬於珍稀、瀕危物種的，應當來自持有《水生野生動物馴養繁殖許可證》的苗種生產單位。

漁業行政主管部門應按照“公開、公平、公正”的原則，依法通過招標或者議標的方式採購用於放流的水生生物或者確定苗種生產單位。用於增殖放流的親體、苗種等水生生物應當是本地種。苗種應當是本地種的原種或者子一代，確需放流其他苗種的，應當通過省級以上漁業行政主管部門組織的專家論證。禁止使用外來種、雜交種、轉基因種以及其他不符合生態要求的水生生物物種進行增殖放流。用於增殖放流的水生生物應當依法經檢驗檢疫合格，確保健康無病害、無禁用藥物殘留。漁業行政主管部門組織開展增殖放流活動，應當公開進行，邀請漁民、有關科研單位和社會團體等方面的代表參加，並接受社會監督。增殖放流的水生生物的种类、數量、規格等，應當向社會公示。

漁業行政主管部門應當在增殖放流水域採取劃定禁漁區、確定禁漁期等保護措施，加強增殖資源保護，確保增殖放流效果。漁業行政主管部門應當組織開展有關增殖放流的科研攻關和技術指導，並採取標志放流、跟蹤監測和社會調查等措施對增殖放流效果進行評價。

2.8 施工方案

2.8.1 施工條件

擬建工程區水陸交通便利，能滿足施工所需交通條件，施工用水、用電、通訊等均可依托附近既有設施解決。

本工程不需要征用耕地，不涉及移民安置，為工程的實施提供了條件。

本工程作业条件良好，常年海况良好，有效作业时间较长。

本工程附近砂、石料资源丰富，交通便利，来料方便，劳动力充足。海南地区常驻有多家技术力量雄厚，设备齐全，施工经验丰富的专业施工队伍，完全能承担本项目的施工。

2.8.2 施工工艺流程

(1) 珊瑚礁修复工程

珊瑚苗种培育→苗圃培育→移植地场地整备→船只运输珊瑚至移植地点→底播移植。

(2) 西岛生态护岸修复工程

施工准备→倒滤层施工→堤心石抛填→蹬脚块基槽开挖→蹬脚块施工→护面垫层施工→大块石安装→基床块石抛填→挡墙施工→面层施工。

(3) 渔业资源保护工程

人工鱼礁块体预制→人工鱼礁块体安装→增殖放流。

2.8.3 主要工程项目的施工方法

2.8.3.1 珊瑚礁修复工程

(1) 珊瑚苗圃建设：将珊瑚苗种培育至 5-8 厘米，然后将 5-8 厘米的珊瑚苗种利用“珊瑚树”苗圃培育成可用于底播移植的珊瑚个体。

(2) 珊瑚运输：将珊瑚采集后，珊瑚的运输应采用带有活水舱的渔船，保证运输过程中珊瑚不离开海水，并摆放平整。避免直接将整筐珊瑚倾倒入活水舱内，会破坏珊瑚个体，造成珊瑚堆叠。

(3) 珊瑚底播移植：在种植珊瑚前，需要对选定好的珊瑚修复区进行整备，将各种类珊瑚分类分批放置到划分好的相应区域。采用直接放置、铆钉固定、人工礁体等方式移植珊瑚。

2.8.3.2 西岛生态护岸修复工程

(1) 堤心石：陆上自卸车来料，反铲抛理。

(2) 护面：垫层石采用陆上自卸车来料，反铲抛理；大块石船运至西岛后，汽车运输至现场，路上吊机安装。

(3) 蹬脚块石、挡墙：采用商品混凝土，混凝土罐车现场浇筑。

(4) 路面面层：均为路上常规施工方法。

2.8.3.3 渔业资源保护工程

人工鱼礁礁体在预制场预制，汽车运至出运码头，装方驳出运，海上吊机定点安装。

2.9 施工进度安排

本项目施工期为 24 个月，应统筹安排组织实施工程前期工作、勘察与设计、工程施工等各项工作，以确保在计划工期内保质、保量地完成项目的建设任务。

施工组织设计应根据各时期的水位特点，合理安排好施工工艺及工序，组织原材料运输和安装，协调各工序的配合。工程进度安排详见下表所示。

表2.9-1施工进度计划表

序号	工程项目	2022年												2023年											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	前期工作	■	■																						
2	初设、施工图设计		■	■	■																				
3	项目实施																								
3.1	珊瑚礁修复工程																								
(1)	西岛珊瑚礁修复				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
(2)	鹿回头珊瑚礁修复						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3.2	西岛生态护岸修复工程																								
(1)	生态护岸				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
3.3	渔业资源保护工程																								
(1)	人工渔礁				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
(2)	增殖放流																				■	■	■	■	
3.4	三亚湾海洋生态环境监测																								
(1)	岸基海洋环境在线监测系统																				■	■	■	■	
(2)	海基海洋环境在线监测系统																				■	■	■	■	
4	竣工验收																							■	

3 工程分析

根据项目实施对环境的影响范围、影响程度、影响时段因工程所处的建设阶段不同而有所差别，不同的工程行为对环境要素的影响不尽相同。根据工程内容及项目特征，本工程为三亚湾海洋生态保护修复工程，属于环境整治项目，工程实施对环境的影响主要在施工阶段，拟从污染和非污染两个方面进行分析。

3.1 施工工艺流程

(1) 珊瑚礁修复工程

珊瑚苗种培育→苗圃培育→移植地场地整备→船只运输珊瑚至移植地点→底播移植。

(2) 西岛生态护岸修复工程

施工准备→倒滤层施工→堤心石抛填→蹬脚块基槽开挖→蹬脚块施工→护面垫层施工→大块石安装→基床块石抛填→挡墙施工→面层施工。

(3) 渔业资源保护工程

人工鱼礁块体预制→人工鱼礁块体安装→增殖放流。

3.2 工程各阶段污染环境的影响分析

3.2.1 施工阶段污染环境的影响分析

本项目施工期产污环节主要为礁体投放激起悬浮泥沙，可能产生的环境影响主要是悬沙对海水水质和生态环境的影响。礁体投放后改变工程区的地形地貌，由此导致工程海域水动力环境和冲淤环境的改变；运营期人工鱼礁本身不产生污染物，不对海域环境产生影响。项目施工期对环境的影响是暂时的，影响时间短。项目主要环境影响因素分析如下：

(1) 水质环境影响因素分析

施工期水环境污染主要来自悬浮物扩散、施工人员生活污水和船舶机舱含油污水。运营期不对水质环境产生不良影响。

(2) 海洋生态环境影响因素分析

施工产生的悬浮物扩散导致水体浑浊，对浮游动物等海洋生物的生存环境产生一定影响。运营期不对海洋生态环境产生不利影响。

(3) 沉积物环境影响因素分析

礁体投放过程中会对投放区的表层沉积物产生挤淤效应，另外，施工产生的悬浮物扩散落淤到周边海域，对周边海域的表层沉积物产生一定影响。

(4) 大气环境影响因素分析

船舶燃油排放的废气中含有 SO₂、CO、NO_x 等，对大气环境造成一定程度的影响。

(5) 固体废物影响因素分析

本项目固体废弃物主要是现场施工人员的生活固废，合理处置不抛海不会对海域环境产生影响。

(6) 环境风险影响分析

船舶海上作业与航行过程中，由于船舶因素、人为因素、天气因素等可能造成船舶相互碰撞或船舶撞击海岸，导致燃料油泄漏，污染周边海水环境，甚至引发火灾、爆炸，污染水体及大气环境，危害人群健康；且船舶碰撞等造成的环境风险事故污染物也可能对水生生态环境产生的影响。同时船舶还存在发生跑、冒、滴、漏等溢油事故的可能。

3.2.2 运营期污染环境的影响分析

本项目运营期不产生环境污染。

3.3 工程各阶段非污染环境的影响分析

1、工程对局部海域水动力和冲淤变化的影响

项目建设及运营过程中对周边潮流场影响较小，对项目周边海底的泥沙输运、冲淤演变基本无影响。

2、工程对海洋生态环境的影响

项目建设期间过程中会产生少量悬浮泥沙，对浮游植物的光合作用产生影响，影响悬浮泥沙高浓度区内的浮游动物、鱼卵、仔鱼，对底栖生物产生一定程度的影响。由于鱼、虾、蟹等具有较强的回避能力，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降。随着项目建设的结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复，其影响会逐渐消失。

4 区域自然环境和社会环境概况

4.1 区域自然环境概况

三亚市位于海南岛南部，地处低纬度，属热带海洋性季风气候，日照时间长，平均气温较高，全年温差小，四季不分明。本报告气温、降水、风况、湿度、雷暴等资料均采用三亚市气象站自建站 1959 年至 2014 年的观测资料进行统计。由于三亚市气象站于 2009 年 1 月 1 日从三亚市区榕根坡迁至吉阳区六道岭山顶，故对三亚气象站自 1959 年~2008 年和 2009 年~2014 年的气象数据分别统计。项目所在区域的气象情况简述如下：

4.1.1 1959~2008 年气象资料

4.1.1.1 气温

年平均气温为 25.8℃，各月平均气温都在 21℃以上，5~8 月份较高，平均均气温均达到 28℃以上，12 月至翌年 2 月份较低，均不到 23.0℃。本区极端最高气温为 35.9℃(1991 年 6 月 4 日)，极端最低气温为 5.1℃(1974 年 1 月 2 日)。各月平均气温分布见表 4.1-1。

表 4.1-1 各月平均气温(单位：℃)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均气温	21.6	22.5	24.6	26.9	28.4	28.8	28.5	28.1	27.5	26.4	24.3	22.1	25.8

4.1.1.2 降水

三亚地区年降水量丰富，各月均有降水，年平均降水量为 1392mm，年降水日数平均为 113 天。有旱季和雨季之分，5 月~10 月为雨季，其间集中了全年 85%以上的降水量和 75%以上的降水日；11 月至翌年 4 月为旱季，降水量较少。年最大降水量为 1987.7mm(1990 年)，年最小降水量为 673.7mm(1977 年)，日最大降水量为 327.5mm(1986 年 5 月 20 日)，最长连续降水日数为 18 天，降水量 245.8mm(1967 年 9 月 13 日至 30 日)。各月降水量、降水日数、平均大雨和暴雨日数分布见表 4.1-2。

表 4.1-2 各月降水量、降水日数、平均大雨和暴雨日数分布

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
降水量(mm)	8.0	12.8	19.2	43.3	142.3	197.5	192.6	221.5	251.4	234.5	58.2	10.7	1392
降水日数 (R≥0.1mm)(天)	3	4	4	6	10	14	14	16	17	14	7	4	113
平均大雨	0	0	0	0	2	2	2	2	3	3	1	0	15

(≥25mm)日数													
平均暴雨 (≥50mm)日数	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	6

4.1.1.3 风况

三亚大风天气主要来源于冷空气和热带气旋，其中热带气旋引起的大风强度更大，三亚大于或等于 20m/s 的风速出现在 6~10 月，都是热带气旋所致，热带气旋引起的最大风速瞬间达 45m/s(SW)，全年平均风速 2.5m/s。三亚以 E、NE 和 ENE 风向为最多，一年内几乎有 8 个月的时间被上述风向控制，其余四个月(5~8 月)风向较乱，但以 W、WSW 风向为主。风向玫瑰图见图 4.1-1，各向平均风速、最大风速及频率见表 4.1-3，逐月平均风速见表 4.1-4。

表 4.1-3 各向平均风速、最大风速及频率表

方位	最大风速(m/s)	平均风速(m/s)	频率(%)
N	12.0	1.7	5.5
NNE	24.0	2.2	7.6
NE	20.0	3.1	13.6
ENE	18.0	3.4	10.8
E	23.0	3.0	13.2
ESE	17.0	3.1	6.6
SE	17.0	2.8	6.6
SSE	16.0	3.2	5.8
S	14.0	3.3	4.4
SSW	19.0	2.9	0.9
SW	20.0	3.2	2.2
WSW	18.0	3.5	3.4
W	20.0	3.4	3.2
WNW	12.0	3.0	1.1
NW	30.0	2.0	1
NNW	11.0	1.5	1.1

表 4.1-4 各月平均风速

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
风速(m/s)	2.6	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.2	2.1	2.3	2.9	2.9	2.8	2.5

4.1.1.4 相对湿度

区域年平均相对湿度 78%，全年各月相对湿度变化不大，其中 8 月份湿度最大，为 84%，12 月份气候相对干燥，但也有 70%。逐月平均相对湿度见表 4.1-5。

表 4.1-5 各月平均相对湿度(%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
相对湿度	74	76	78	79	80	82	83	84	83	78	72	70	78

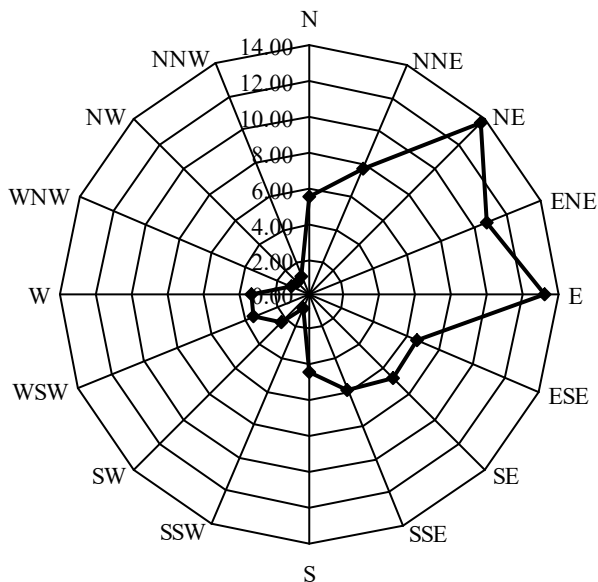


图 4.1-1 各向风频率玫瑰图

4.1.1.5 灾害性天气

(1)雷暴

年平均雷暴日数为 63 天，占全年天数的 17.26%。雷暴天数最多的年份可达 100 天，占总天数的 27.4%；最少的年份雷暴日数也有 51 天，占总天数的 13.97%。平均雷暴天数最多的 8 月和 9 月份，有 13 天，最多的年份可达 20 天，全月 2/3 的时间受雷暴影响。11 月到翌年的 2 月基本没有雷暴。各月平均雷暴日数见表 4.1-6。

表 4.1-6 各月平均雷暴日数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
日数(天)	0	0	1	3	9	9	10	13	13	5	0	0	63

(2)热带气旋

统计 58 年间(1949 年~2006 年)中心进入 18.1°N~18.8°N、110°E~108°E 的矩形区域内的热带气旋为 65 个，平均每年约有 1.1 个；登陆三亚的台风 10 个、强热带风暴或热带风暴 7 个，热带低压 3 个。按月份统计，5 月和 10 月登陆次数最多，7 月和 8 月为其次，1 月~4 月和 12 月没有热带气旋登陆，见表 4.1-7。

表 4.1-7 登陆三亚的热带气旋按月统计频数表

月份	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合计
个数/个	4	2	3	3	2	4	2	20
比例%	20	10	15	15	10	20	10	100

4.1.22009~2014 年气象资料

4.1.2.1 降水

(1)降水月变化

统计 2009~2014 年(三亚迁站以来)的降水量可知(见图 4.1-2), 月、季降水量差异性显著。月平均降水量为 159.1mm, 月平均降水量最高为 10 月份, 降水量达到 395.7mm, 最低值出现在 1 月份, 仅为 6.9mm。季降水量以秋冬季为最高, 其中秋季总降水量达到 804.4mm, 占年总降水量的 45%; 夏季总降水为 717.5mm, 占年总降水的 40%。冬春季节降水较少, 其中冬季最少, 为 49.2mm, 仅占全年总降水量的 3%, 春季降水量为 218.5mm, 占全年总降水量的 12%。

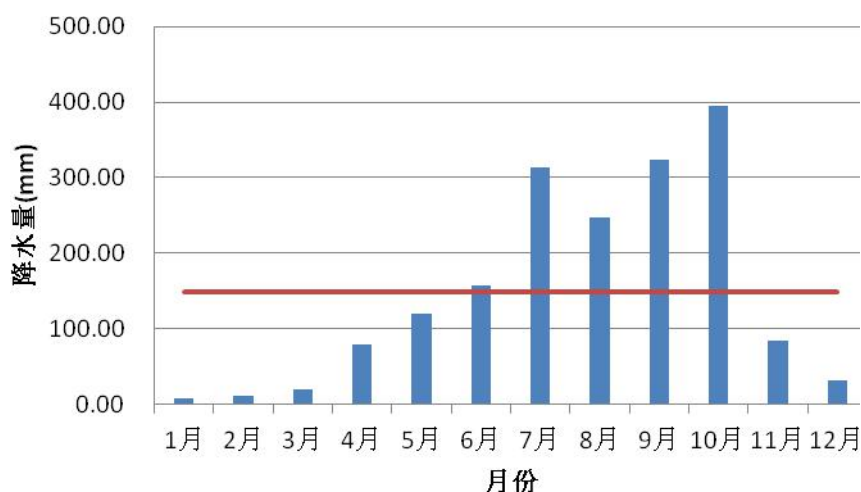


图 4.1-22009~2014 年月平均降水量

(2)降水年变化

统计 2009~2014 年期间各年总降水量和年大雨日数(日雨量 $\geq 25\text{mm}$)、暴雨日数(日雨量 $\geq 50\text{mm}$)、大暴雨日数(日雨量 $\geq 100\text{mm}$)可知(图 4.1-3), 年平均降水量为 1789.5mm, 最大年总降水量为 2189.2(2010 年), 最小年总降水量为 1110.2mm(2014 年), 年份总降水量均超过 1000mm。多年年平均雨日为 119 天, 最多为 131 天(2013 年); 年平均大雨日数为 22.5 天, 最多为 30 天(2013 年); 年平均暴雨日数为 8.5 天, 最多为 14 天(2010 年); 年平均大暴雨日数为 2.3 天, 最多为 5 天(2012 年)。

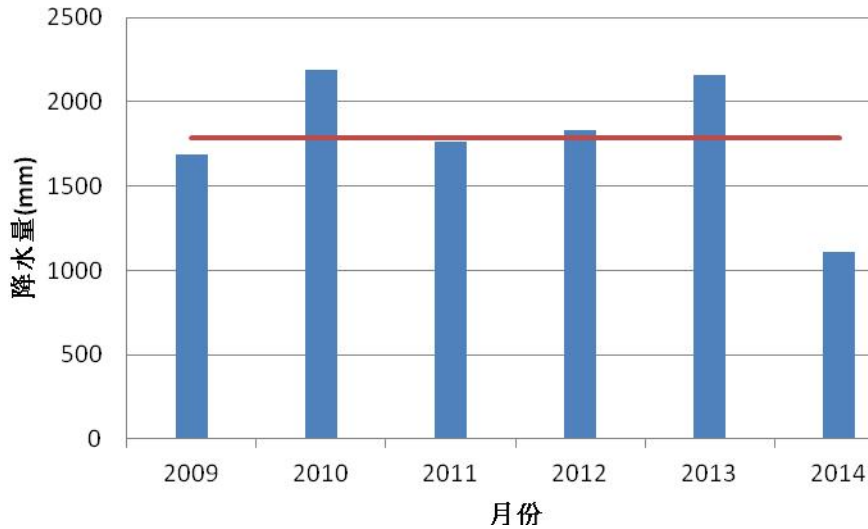


图 4.1-3 2009~2014 年总降水量变化图

4.1.2.2 相对湿度

(1) 湿度月变化

统计 2009~2014 年月平均空气相对湿度，结果显示，月平均空气相对湿度每月都在 65% 以上，其中相对湿度的最低值出现在 12 月，为 67.7%，最高月份为 4 月，达到 92.8%。相对湿度的季节变化来看，春季的相对湿度值最大，平均达到 91.7%，秋季为最低，仅有 78.1% (见图 4.1-4)。

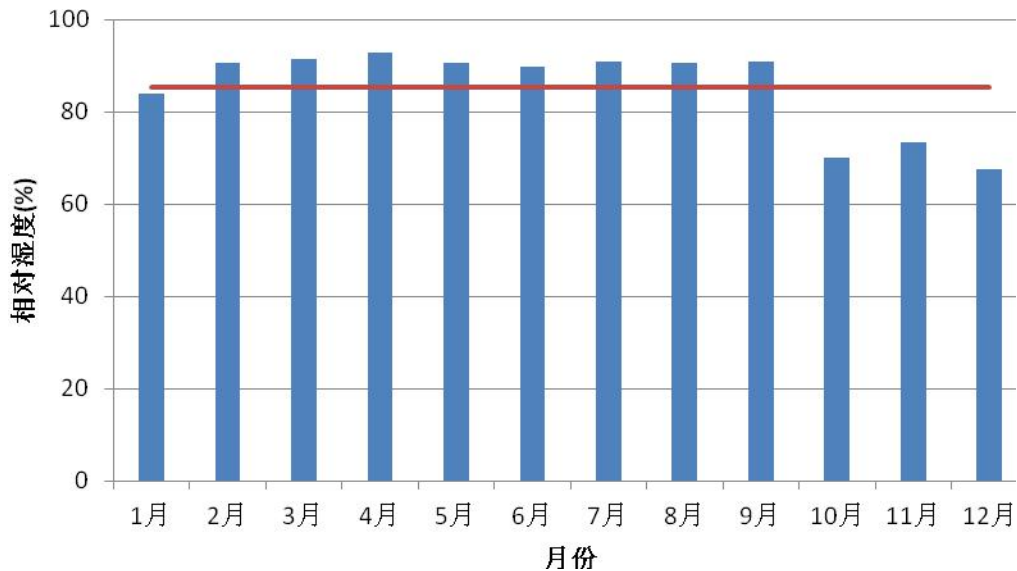


图 4.1-4 2009~2014 年月平均相对湿度

(2) 湿度年变化

统计分析 2009~2014 年近 5 年年平均空气相对湿度 (见图 4.1-5)，年平均湿度为 85.2%，发现近 5 年年平均都在 80% 以上，空气相对湿度较大，最高的为 2014

年，87.3%，这与海洋性季风气候特点相符。

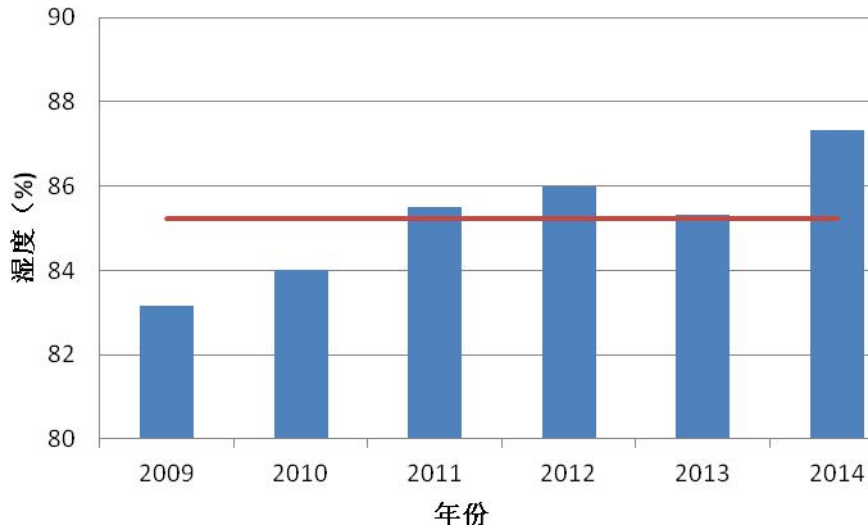


图 4.1-5 2009~2014 年年平均相对湿度

4.1.2.3 风况

(1) 风速月变化

统计 2009~2014 年风速的月平均和季节变化(见图 4.1-6)，结果显示，年平均风速为 5.4m/s，其中 10 月到翌年 1 月风速较大，最大风速出现在 12 月，为 6.9m/s，最小风速出现在 5 月份，为 4.0m/s。在风速的季节变化中，秋冬季节风速相对较大，最大为冬季，平均风速为 6.5m/s，而夏季的风速则最小，为 4.1m/s。

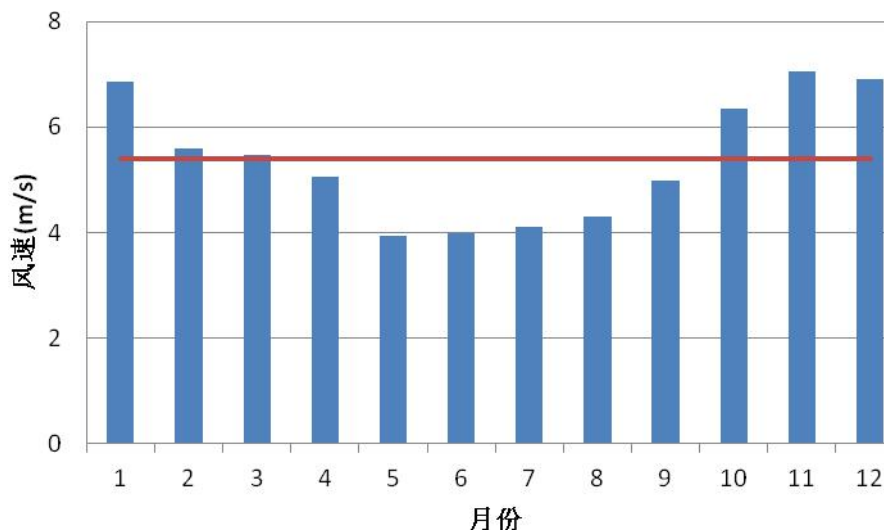


图 4.1-6 2009~2014 年月平均风速

(2) 主导风向季节性变化

统计 2009~2014 年逐日风向数据，春季以东风为主导，风向频率为 16.88%，夏季以西南风为主，风向频率为 15.23%，秋冬均以东北偏东风为主导风向，风向频

率风别为 27.79%和 29.36%。全年风向主要以东北偏东为主，频率为 18.36%(见图 4.1-7)。

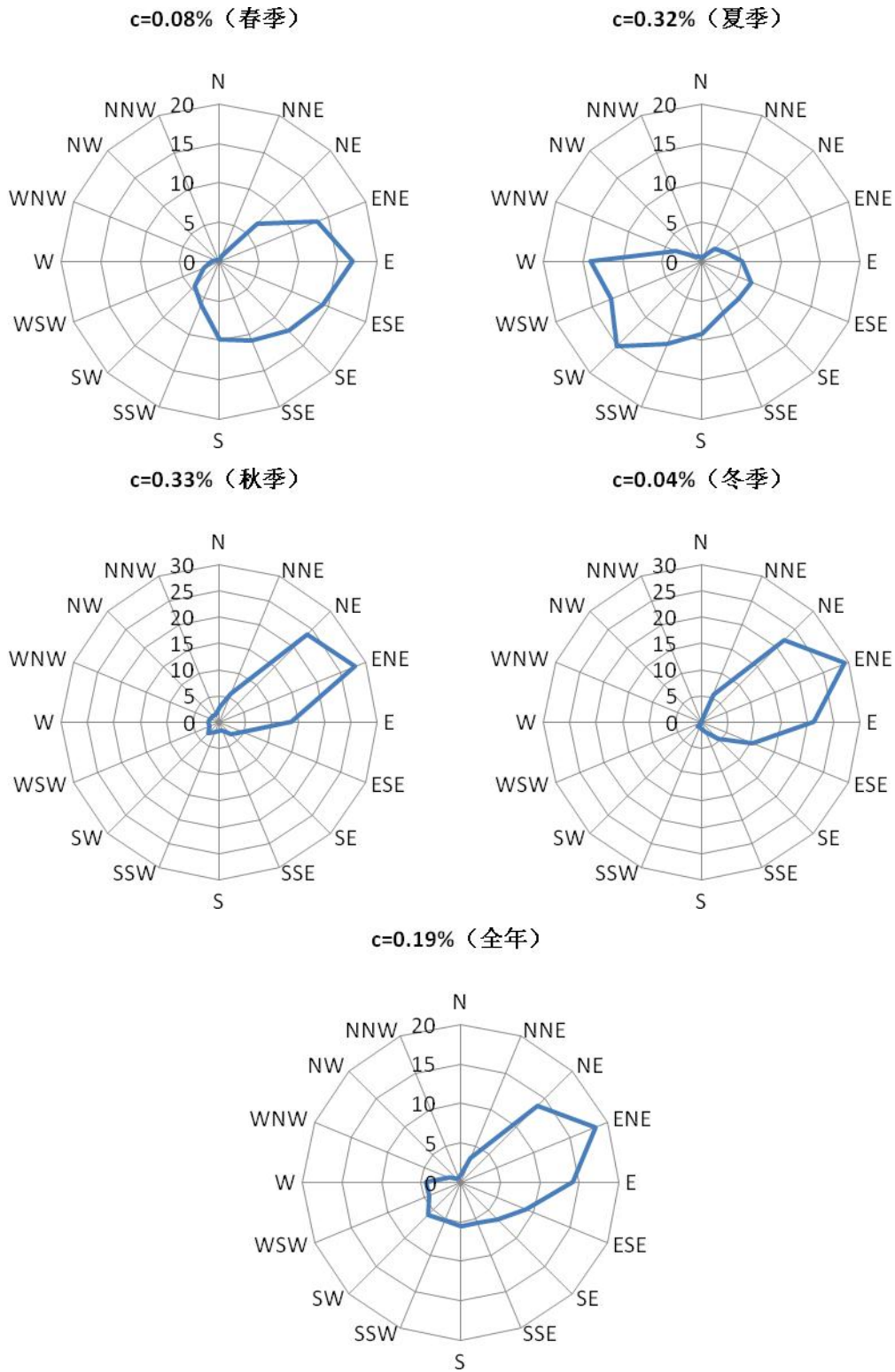


图 4.1-72009~2014 年春、夏、秋、冬四季和全年风向玫瑰图

4.2 区域社会经济环境概况

4.2.1 社会环境概况

三亚市地处海南岛最南端，位于北纬 18°09'34"~18°37'27"、东经 108°56'30"~109°48'28"之间。东邻陵水县，北依保亭县，西毗乐东县，南临南海。东西长 91.6km，南北宽 51km，陆地总面积 1919.58km²，境内海岸线长 263.29km，管辖的海域面积 3500km²。全市设有四个区，吉阳区、天涯区、海棠区、崖州区。

天涯区是海南省三亚市四个市辖区之一，位于海南省三亚市中西部，天涯区面积为 944 平方公里，东邻吉阳区，西与崖州区接壤，南临大海，北靠保亭黎族、苗族自治县。2014 年成立，原名天涯镇，因为地处天涯海角，故名“天涯区”。2015 年 1 月，正式撤销河西区、凤凰镇、天涯镇、设立天涯区。天涯区管辖原河西管委会、凤凰镇、天涯镇行政区域，共计 22 个社区和 20 个行政村。

4.2.2 经济环境

4.2.2.1 人口经济

2020 年，全市年末户籍人口 669346 人，比上年末增加 34977 人。其中，男性 337699 人，女性 331647 人。按民族分，汉族 403653 人，占总人口的 60.3%；黎族 241936 人，占总人口的 36.2%；回族 10737 人，占总人口的 1.6%；苗族 4255 人，占总人口的 0.6%；壮族 2608 人，占总人口的 0.4%；其他民族 6157 人，占总人口的 0.9%。按区域分，海棠区 81668 人，吉阳区 206620 人，天涯区 274513 人，崖州区 106545 人。

2020 年，全年全市生产总值（GDP）695.41 亿元，按可比价格计算，比上年增长 3.1%。其中，第一产业增加值 79.16 亿元，增长 2.2%；第二产业增加值 113.30 亿元，增长 3.0%；第三产业增加值 502.95 亿元，增长 3.2%。三次产业结构调整为 11.4:16.3:72.3。

全市实现地方一般公共预算收入 110.41 亿元，比上年增长 1.2%。其中，税收收入 62.03 亿元，下降 18.8%；非税收收入 48.39 亿元，增长 48.1%。税收收入中，增值税 16.31 亿元，下降 9.3%；企业所得税 12.73 亿元，下降 9.4%；土地增值税 14.49 亿元，下降 24.0%；契税 4.37 亿元，下降 14.8%；房产税 4.21 亿元，下降 32.0%；城镇土地使用税 2.63 亿元，下降 24.8%；城市维护建设税 2.83 亿元，下降 8.5%；

个人所得税 2.06 亿元，下降 20.2%。全市地方一般公共预算支出 199.68 亿元，比上年下降 7.3%。与民生相关的支出中，卫生健康支出 17.83 亿元，增长 50.1%；教育支出 23.71 亿元，增长 5.8%；节能环保支出 8.54 亿元，增长 1.6%；城乡社区支出 32.12 亿元，增长 0.5%。

指标名称	绝对数 (亿元)	比2019年增长 (%)
全市生产总值	695.41	3.1
农林牧渔业	83.19	2.4
#农林牧渔服务业	4.03	5.1
工业	19.17	-9.2
#金属制品、机械和设备修理业	0.08	-7.9
建筑业	94.20	6.0
批发和零售业	101.15	44.5
交通运输、仓储和邮政业	11.31	-1.3
住宿和餐饮业	56.05	-15.9
金融业	60.83	0.7
房地产业	115.55	-6.3
其他服务业	153.95	0.1
第一产业	79.15	2.2
第二产业	113.30	3.0
第三产业	502.95	3.2

图 4.2-1 三亚市全市生产总值

居民消费价格。全年居民消费价格指数（CPI）比上年上涨 2.4%，其中食品烟酒类上涨 8.8%；衣着类下降 0.7%；居住类下降 1.1%；生活用品及服务类上涨 1.4%；交通和通信类下降 3.3%；教育文化和娱乐类下降 0.6%；医疗保健类下降 1.3%；其他用品和服务类上涨 1.3%。

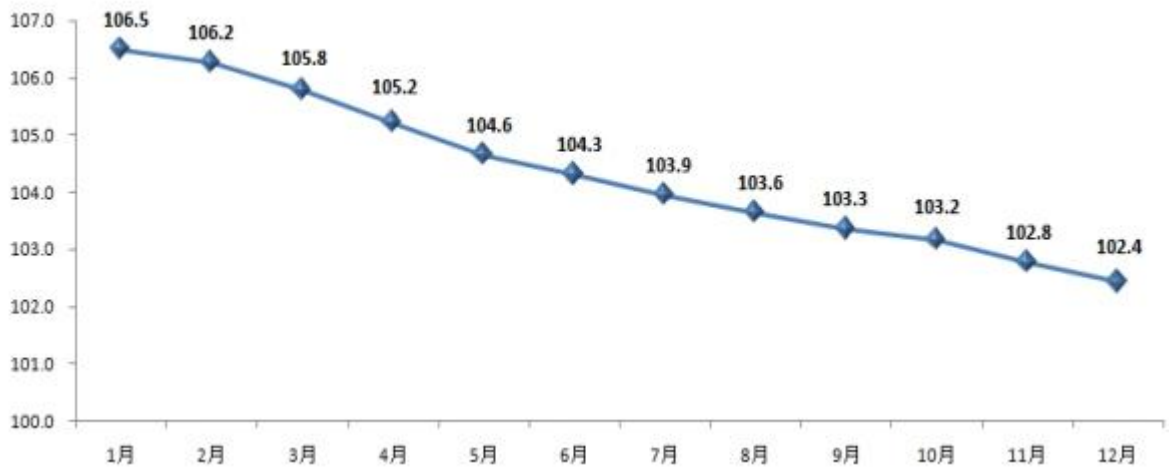


图 4.2-2 2020 年三亚市居民消费价格指数月度同比增幅

4.2.2.2 土地利用

2019 年，全市土地总面积 192151 公顷，其中农用地 162629 公顷，占土地总面积的 84.6%；建设用地 23807 公顷，占土地总面积的 12.4%，未利用土地 5715 公顷，占土地总面积的 3%。农用地中，耕地 23314 公顷，占农用地总面积的 14.3%；园地 56124 公顷，占农用地总面积的 34.5%；林地 74005 公顷，占农用地总面积的 45.5%；牧草地 2096 公顷，占农用地总面积的 1.3%；其他用地 7090 公顷，占农用地总面积的 4.4%。建设用地中，城镇工矿用地 8440 公顷，占建设用地总面积的 35.5%；农村居民点 4766 公顷，占建设总面积的 20%；交通用地 2851 公顷，占建设总面积的 12%；水利设施用地 166 公顷，占建设总面积的 0.7%；其他建设用地 7584 公顷，占建设总面积的 31.9%。

4.2.2.3 海域使用

工程区附近用海类型主要为旅游娱乐用海。

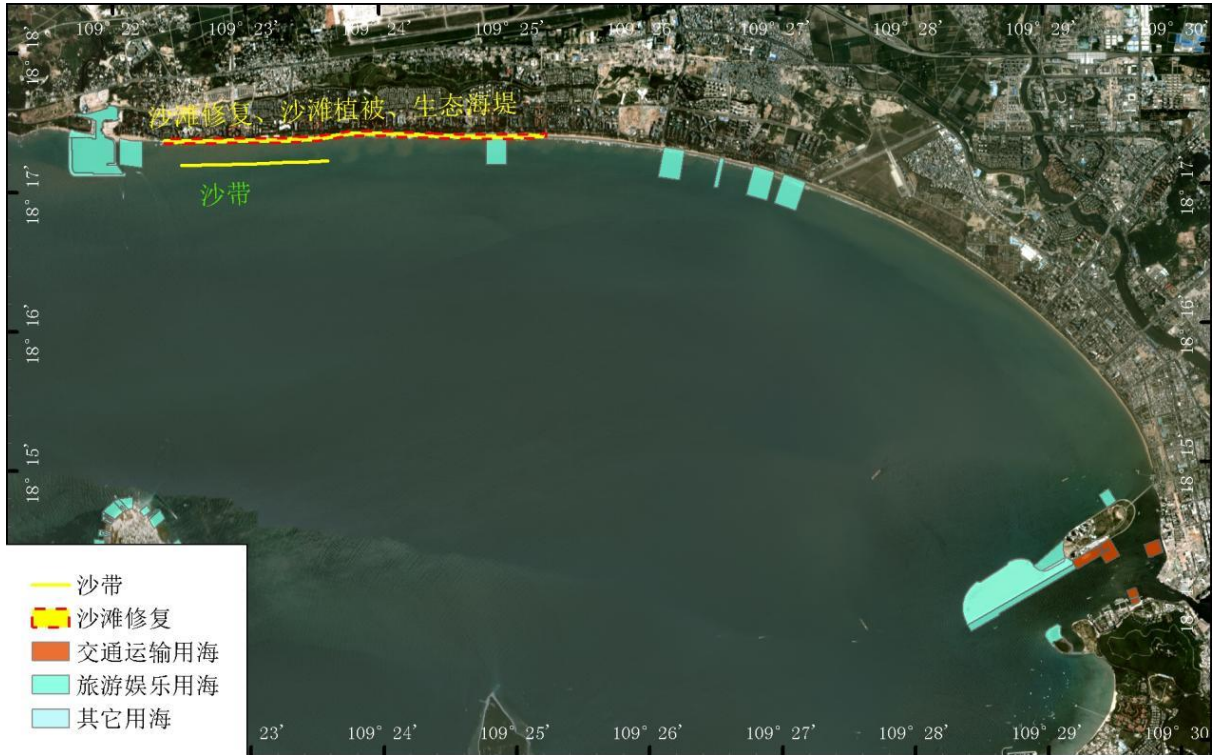


图 4.2-3-1 三亚湾海域使用现状

4.3 区域海洋资源和海域开发利用与保护概况

4.3.1 海洋资源概况

4.3.1.1 港口资源

三亚市所辖海域海岸线东北起于与陵水县交接的土福湾，西北止于与乐东县交界的角头湾，沿岸有大小海湾约 20 个，分别是：海棠湾、铁炉湾、竹湾、亚龙湾、太阳湾、白虎湾、坎秧湾、六道湾、榆林湾、大东海湾、小东海湾、椰庄海湾、三亚湾、红塘湾、塔岭湾、崖州湾、大落肚湾、白水塘湾、红石湾、角头湾；其中，有六个主要的较大海湾，自东向西分别是：海棠湾、亚龙湾、榆林湾、三亚湾、红塘湾、崖州湾。

三亚市沿海岸线曲折，港口资源丰富。已开发利用的港口岸线有三亚湾的三亚港，崖州湾的南山港，榆林湾的榆林港、六道渔港，海棠湾的后海村渔业码头、海南海景乐园码头等。三亚港区位于三亚湾内，背依三亚市，位于三亚市东南面，介于鹿回头岭与马岭之间，东隔与榆林港相邻，隔海与我国中沙、西沙、南沙群岛及越南相望。三亚港是目前海南省港口接待国外大型旅游船和装卸货轮的重要中转港口，是海南岛东南部和南部的主要枢纽港，是开发南海诸岛的中继站，也是目前海南四大港口之一。

三亚港区水域南以鹿回头为起点，向西延伸至东经 109°21'12"为界，西北以北纬 18°11'18"、东经 109°21'12"为起点，向北延伸至岸线上为界，东以三亚桥为界，以三条界线所围水域。自然岸线长 40km，港区水域总面积为 149.78km²，分内港和外港。其中内港水域面积为 3.22km²，可泊数千吨级船只，白排与小洲岛之间为内港入口，珊瑚滩间宽约 700m，水深 5~9m，是船舶进出内港的唯一口门；外港水域面积为 146.56km²，水深 6~30m，可锚泊万吨船舶。三亚港有三亚港务局码头、三亚救助站码头、海警二支队码头、三亚渔业码头、内港榆亚码头、陆军码头、红塘码头、南山码头、国际客运码头、沿岸各旅游码头等码头。

三亚港全港码头岸线总长 714.5m，有泊位 7 个，其中 5000 吨级、3000 吨级和 500 吨级泊位各 2 个，1500 吨级泊位 1 个。其中，1、2 号泊位共长 100m，水深 3.9m，调头区 90m，可停泊两艘 500 吨级船舶；3 号泊位长度 91.5m，水深 4.2m，可停泊 1500 吨级的船舶；4、5 号泊位长度各为 125m，水深 4.2m，调头区 120m，可停泊两艘 3000 吨级的船舶；6、7 号泊位长度各为 130m，水深 7m，调头区 220m，可停泊两艘 5000 吨级的船舶。目前，由于三亚港务局的经营需要，1~3 号泊位供渔业船舶停泊作业；4~7 号泊位为客、货船码头泊位。

随着南山港和三亚中心渔港的建成使用，三亚港的货运和渔港功能将转移，三亚港区主要功能调整为国内旅客客运港口。国际客运码头以国外大型游轮客运为主要功能，规划建设成为亚洲最大邮轮母港。目前已建成 8 万吨级豪华游轮泊位 1 个，二期工程正在规划建设中。自 2001 年以来，三亚市的港口运输业得到快速发展。随着三亚市口岸、交通、旅游等基础设施的日趋完善，三亚吸引更多的国家和地区游客前来观光、探亲、访友、洽谈项目。近年来，三亚港先后有“欧洲号”、“洋上天使号”、“阿巴罗丝号”和“双鱼星号”等十多艘大型豪华国际旅游船满载来自港澳和世界各地的游客驶抵三亚港口，国际客运码头已开通了香港—三亚—香港、香港—三亚—越南—香港、香港—东南亚国家(越南、菲律宾、泰国等)—三亚—香港等航线。

4.3.1.2 渔业资源

三亚市南邻南海，渔业资源丰富，海洋生物种类繁多，鱼类品种有 1064 种，虾类 350 种，蟹类 325 种，软体动物 700 种，其中经济价值较高的有 402 种。三亚渔汛渔场是海南岛周围海域三大著名渔汛渔场之一，渔场面积 1.4 万 km²，盛产红鱼、马鲛鱼、鲳鱼、海参、龙虾、鱿鱼、鲍和大珠母贝等四十多种优质海产品，主

要经济鱼类是带鱼、鲳鱼、鲷、鳓鱼、远东拟沙丁鱼、蓝圆鲹、海鳗、石斑鱼、金线鱼、鲈鱼、鲑鱼、金枪鱼、马面鲀等。据相关统计资料估计，三亚渔汛渔场年捕捞量在 4.88 万吨左右，是海洋捕捞的黄金海域。由于近年来小型作业船只在近海狂捞滥捕，近岸海区渔业资源已利用过度，渔业资源有所降低；外海区渔业资源属中等利用程度，尚有一定开发潜力。

4.3.1.3 旅游资源

三亚市是中国最南端的城市，具有得天独厚的自然条件和区位优势，集阳光、海水、沙滩、气候、森林、动物、温泉、岩洞、风情、田园等十大旅游资源于一体，是世界上热带海洋旅游资源最密集的地区之一，是开展滨海旅游的最佳场所。经过多年开发，三亚湾度假旅游区基础设施完善，国内外知名度逐年提高，接待游客逐年增加。东部以海棠湾为核心打造国际休闲度假旅游区，中部以亚龙湾和三亚湾为核心打造特色滨海旅游度假区，西部以南山和大小洞天为核心打造宗教文化旅游区。随着旅游景点不断开发，旅游商品品种增加，旅游设施条件明显改善，旅游管理逐步规范有序化。

三亚湾东起三亚港，绵延 22km，紧挨三亚市区，具有得天独厚的自然条件和区位优势，湾内海域宽阔，海滨、沙滩、椰林构成蓝、白、绿相配合的热带海湾景观，是开展帆船、快艇等海上运动项目和滨海旅游项目的最佳场所。长长海湾，规划分为三段，紧连市区一段为游乐观光漫游区域，稍远为公共海边泳场和海上活动区域，再远是拥有一批度假村的休闲度假区域。经过多年开发，目前三亚湾度假旅游区基础设施完善，国内外知名度逐年提高，接待游客逐年增加。

4.3.1.4 生态资源

根据现场调查，位于本项目评价范围内的生态资源主要有三亚河红树林市级自然保护区和三亚珊瑚礁国家级自然保护区。

三亚河红树林自然保护区始建于1989年1月，地理位置坐标在18°19'~18°37'N，108°36'~109°46'E范围内，主要分布三亚河下游、潮见桥和三亚桥以上区域，位于项目区北侧，最近距离约400m，保护区面积5157.5亩，红树林实际面积约300亩。近年来随着三亚城市、港口建设和社会发展，三亚河部分沿岸的红树林惨遭破坏，但随着三亚市对红树林自然保护区管理力度的加强，潮见桥及三亚桥以上红树林的生长环境得到较好的保护，红树林长势良好，并吸引来了大批白鹭在其间栖息，岸

上行人漫步，河里白鹭戏水，构成一幅人与自然和谐共处的自然景观(见图4.3-1)。



图4.3-1a潮见桥及三亚桥以上的沿岸红树林(整体)



图4.3-1b潮见桥及三亚桥以上的沿岸红树林(局部)

三亚珊瑚礁国家级自然保护区位于三亚市南部近岸海域，地理位置坐标在 $18^{\circ}10'30''\sim 18^{\circ}15'30''N$ ， $109^{\circ}20'50''\sim 109^{\circ}40'30''E$ 范围内，由亚龙湾片区、鹿回头半岛—榆林角沿岸片区、东西瑁洲片区组成(见图4.3-2)。其中，亚龙湾片区位于三亚市亚龙湾野猪岛、西排和东排海域，面积 2376.59hm^2 ，占用岸段长 5.57km ；鹿回头半岛—榆林角片区位于三亚鹿回头至大小东海海域，面积 1865hm^2 ，占用岸段长 19.45km ；东西瑁洲片区位于三亚市三亚湾东西瑁洲岛海域，面积 2852.51hm^2 。

三亚珊瑚礁国家级自然保护区位于项目南侧，项目与保护区实验区最近距离约 1.12km ，与缓冲区最近距离约 4.39km ，与核心区最近距离约 4.60km 。

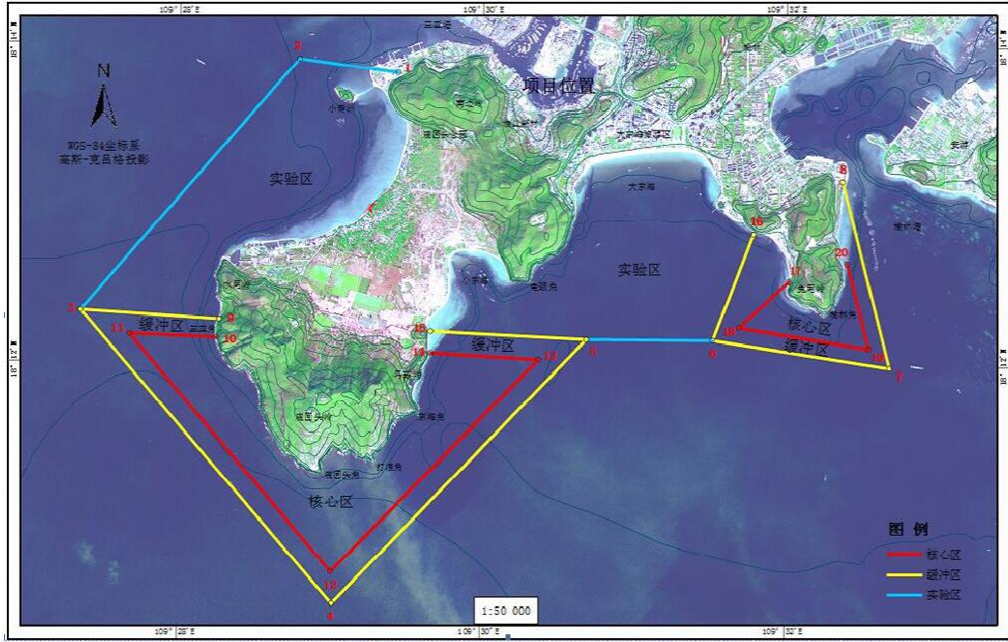


图4.3-2 三亚珊瑚礁自然保护区鹿回头半岛—榆林角片区功能分区示意图

4.3.2 海域开发利用现状

根据收集的历史资料及现场勘查，并结合海南省海洋动管中心查询到的数据，位于项目评价范围内海域海洋开发利用活动主要有旅游基础设施用海、港口用海、航道用海、锚地用海等。项目区周边海域具体开发利用现状图见图 4.3-3、表 4.3-1。

表 4.3-1 评价范围内海域开发利用现状表

序号	项目名称	权属单位	用海类型	用海面积	地理位置	用海期限
1	三亚渔丰船舶维修有限责任公司船坞用海	三亚渔丰船舶维修有限责任公司	船舶工业用海	0.1860 公顷	三亚市南边海	1997.11.30 至 2017.11.30
2	凤凰岛美化利用白排礁工程项目	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	浴场用海	6.8715 公顷	三亚市三亚凤凰岛西南侧海域	2014.10.13 至 2033.03.13
3	交通运输部南海救助局交通运输用海	交通运输部南海救助局	港口用海	2.3592 公顷	三亚市南边海景观大道三亚基地码头东侧	2011.04.07 至 2031.04.07
4	美亚旅游航空有限公司三亚水上临时起降场项目	美亚旅游航空有限公司	航道用海	87.9536 公顷	三亚湾凤凰岛大桥东头北侧 100 米公共停车场对应海域	2014.01.29 至 2017.01.28
5	三亚城投旅游投资有限公司旅游娱乐用海	三亚城投旅游投资有限公司	旅游基础设施用海	1.5621 公顷	三亚鹿回头广场西	2012.07.09 至

		公司			侧	2015.07.09
6	三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程项目	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	旅游基础设施用海	63.2233 公顷	三亚市三亚凤凰岛西南侧海域	2012.09.06至2062.09.06
7	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司交通运输用海	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	港口用海	5.2724 公顷	三亚河口外的三亚湾东部	2012.02.06至2037.02.06
8	三亚凤凰岛客运码头	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	港口用海	4.6430 公顷	三亚湾凤凰岛东南侧	2005.07.22至2055.07.22
9	三亚海关1号缉私码头	中华人民共和国三亚海关	其它用海	0.05 公顷	码头位于三亚市南边海路	2009.10.01至2029.10.01
10	三亚鸿洲国际游艇码头三期工程	三亚鸿洲国际游艇会有限公司	旅游基础设施用海	63778 公顷	三亚大桥以南, 三亚西河水域,	2013.11.18至2038.11.17
11	三亚鸿洲国际游艇会码头	三亚鸿洲国际游艇会有限公司	旅游基础设施用海	1.7530 公顷	三亚市西边入海口处	2008.04.10至2033.04.09
12	三亚鸿洲国际游艇会游艇码头	三亚鸿洲国际游艇会有限公司	旅游基础设施用海	1.8040 公顷	三亚市潮见桥下时代海岸一侧对应海域	2010.03.31至2015.03.31
13	三亚鹿回头广场游船游艇码头工程项目	三亚城投旅游投资有限公司	旅游基础设施用海	6.7746 公顷	位于鹿回头广场西侧、潮见桥下游三亚东河河口对应海域	2014.01.09至2039.01.08
14	三亚市渔政渔港监督管理处交通运输用海	三亚市渔政渔港监督管理处	港口用海	3.8003 公顷	位于三亚市河西区胜利路渔港街南侧	2012.01.20至2052.01.20
15	三亚小洲岛及其峡道整治工程	三亚小洲岛酒店投资管理有限公司	旅游基础设施用海	4.3877 公顷	三亚湾东南侧的三亚河出海口与鹿回头湾处	2010.08.15至2060.08.14
16	渔业、海监执法公务船艇及暂扣违规渔船停泊用海	中国海监三亚支队	锚地用海	2.68 公顷	三亚市南边海陆军船队修理所东南	2008.05.21至2018.05.20
17	三亚国际游艇港口岸联检中心配套游艇码头项目	三亚鸿洲国际游艇会有限公司	旅游基础设施用海	0.4956	三亚临春河河口	——

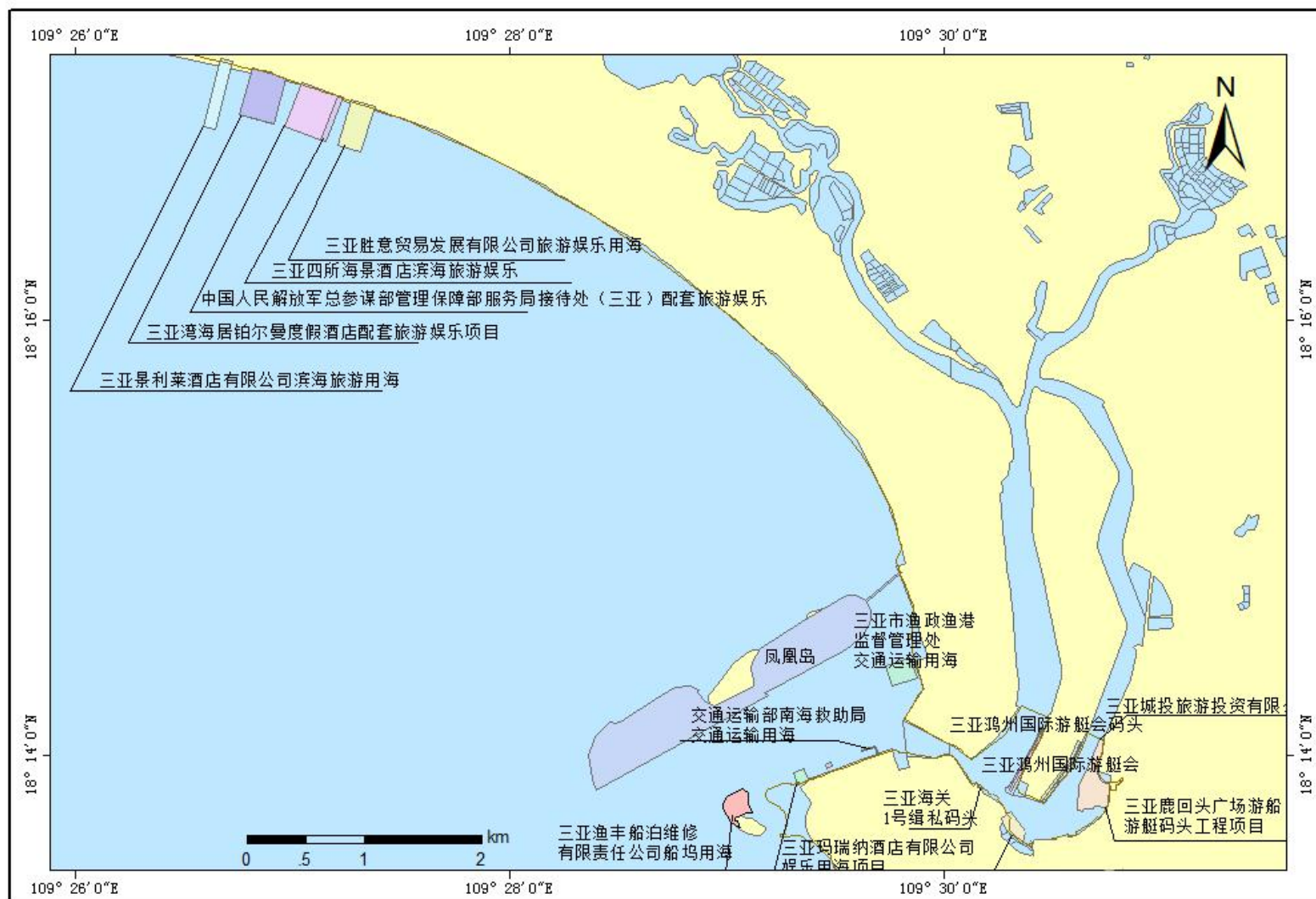


图 4.3-3 评价范围内海域开发利用现状

5 环境质量现状调查与评价

5.1 水文动力环境现状调查与评价

5.1.1 潮汐

(1) 基面关系

各基面关系图见图 5.1-1。

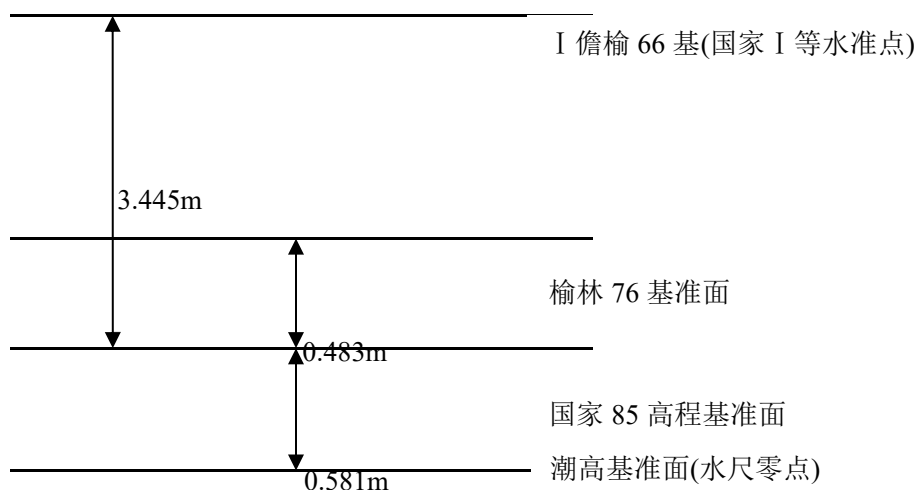


图 5.1-1 高程基面关系

(2) 潮汐性质

本区潮汐同时受南海和北部湾两潮汐系统的影响，潮波主要表现为前进波性质，潮波从南海传至湾口东南水域，继续向西传播，一部分为潮波向西北偏西方向传向北部湾，一部分向北进入三亚湾和三亚港水域。

三亚的潮汐主要为日潮与半日潮，潮位振幅比为 2.88，属不规则全日潮，一年中约有 1/2 的天数是半日潮，1/2 天数是日潮，多年平均潮差 0.83m，为弱潮海区。

(3) 实测潮位特征统计

以三亚海洋环境监测站 1997~2014 年实测潮汐资料统计：

平均潮位：72cm(国家 85 高程，下同)；

平均潮差：83cm；

最大潮差：203cm(出现日期为 2004 年 12 月 14 日)；

最高潮位：216cm(出现时间为 2011 年 10 月 4 日 3 时 43 分)；

最低潮位：-43cm(出现时间为 2000 年 7 月 31 日 18 时 30 分)。

5.1.2 潮流

国家海洋局海口海洋环境监测中心站于2018年03月26日09时~27日10时大潮期在三亚湾位于项目附近海域开展水文调查，共布设8个潮流观测站，测流站位置见表5.1-1和图5.1-2。潮位资料引用国家海洋局三亚海洋环境监测站在调查站位附近三亚湾内布设的长期潮位观测站同期观测数据和位于三亚河内的项目附近海域1#站位抛设验潮仪进行自动验潮进行分析。

表 5.1-1 水文调查站位表

站号	经度(E)	纬度(N)	观测项目
1	109°30'25.91"	18°13'42.83"	潮汐、流速、流向、温、盐、悬沙
2	109°29'21.28"	18°14'07.66"	流速、流向、温、盐、悬沙
3	109°28'35.61"	18°15'07.72"	流速、流向、温、盐、悬沙
4	109°26'52.76"	18°12'13.80"	流速、流向、温、盐、悬沙
5	109°24'25.05"	18°16'15.03"	流速、流向、温、盐、悬沙
6	109°22'47.25"	18°12.23.23"	流速、流向、温、盐、悬沙
7	109°31'21.96"	18°12'20.77"	流速、流向、温、盐、悬沙
8	109°30'44.63"	18°10'33.54"	流速、流向、温、盐、悬沙

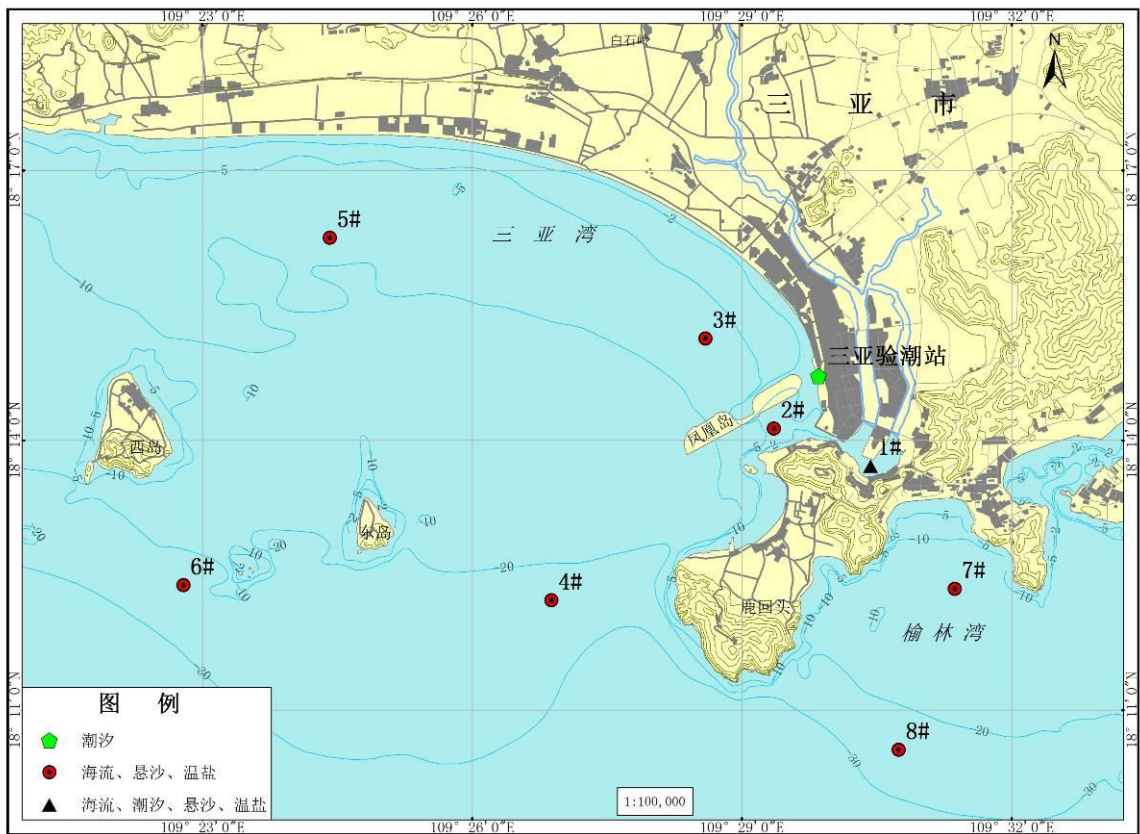


图 5.1-2 水文观测站位图

(1) 潮位

三亚站验潮井潮位数据显示，该站潮位在调查期间只有一次高潮和低潮，潮位最高为131cm，发生在3月26日17:35；最低潮位为7cm，发生在27日02:05，具体见图2-2。1#站潮

位在调查期间也只有一次高潮和低潮，潮位最高为 115cm，发生在 3 月 26 日 17:50；最低潮位为-1cm，发生在 27 日 02:10，具体见图 5.1-3、图 5.1-4。

两验潮点一个位于三亚河口外、一个位于河口内，两者潮差最大相差约为 15cm，最低潮差相差约 8cm；两者潮位基本同涨同落。

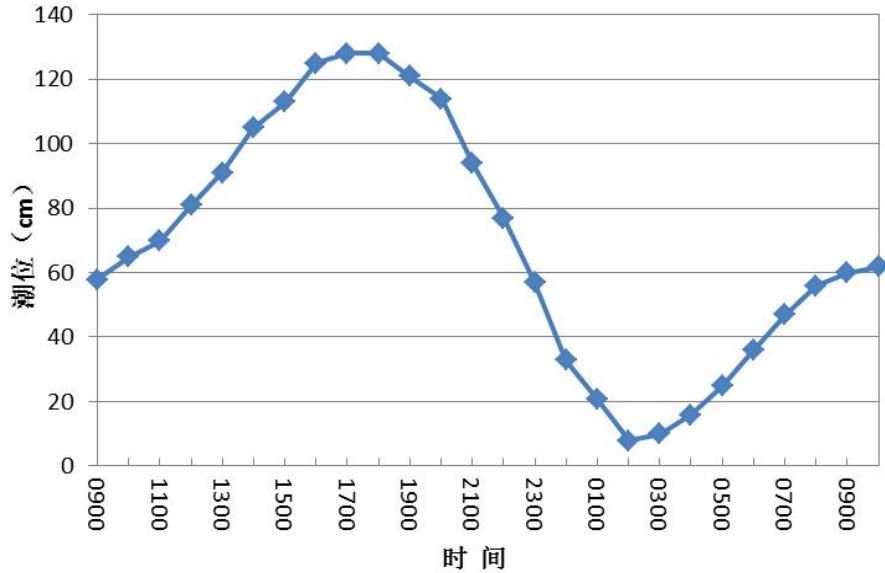


图 5.1-3 三亚站实测潮位图(2018 年 3 月 26~27，国家 85 基面)

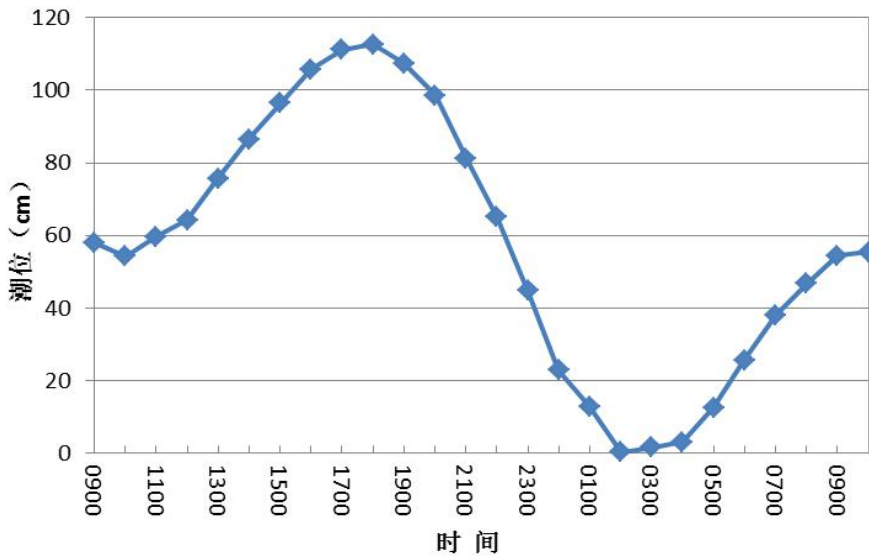


图 5.1-4 1# 站位同步潮位图(2018 年 3 月 26~27，国家 85 基面)

(2) 潮流

大潮期，受鹿回头掩护影响，三亚河口站位(1#~3#)海流流速较小，最大流速小于 0.2m/s；其它站位海流流速较大，特别是外海各站位最大流速均高于 0.5m/s。三亚河内(1#)各层最大流速为 16cm/s 左右，且各层最大流速相当。口门外 2#站最大流速略低于 1#站；中层最大流速流速

略低于表底层。凤凰岛西北侧 3#站海流最大流速约为 18cm/s，表层较其它层略小。外海 4#站最大流速达到最大，8#次之，6#略小，而榆林湾内 7#受近岸影响，流速相对较小。4#、7#~8#各层流速随深度增加逐渐减小；5#站各层流速相当；而 6#站则中层略低于表底层。实测最大流速为 81.2cm/s，对应流向为 323°，发生在 4#站表层(见表 5.1-2)。

表 5.1-2 大潮期最大潮流速及对应流向统计(流速单位：cm/s，流向单位：°)

站号 \ 层次	表层		0.6H		底层	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	16.3	314	15.4	310	16.7	302
2#	14.4	261	12.1	261	16.1	113
3#	14.3	168	18.2	356	18.4	340
4#	81.2	323	78.4	325	61.5	322
5#	44.3	295	44.5	296	44.1	119
6#	51.4	115	45.7	292	54.0	116
7#	39.0	198	33.1	206	32.2	43
8#	71.3	77	66.2	291	60.1	95

根据同步观测潮汐结果判断涨、落潮时，统计给出各站位涨落潮时的最大流速与流向，见表 5.1-3。根据三亚验潮站潮位观测结果分析，得到项目海域观测期间潮型为不规则全日潮型，潮差为 0.24m，涨潮历时 18h，落潮历时 8h，即涨潮历时明显大于落潮历时。

实测最大涨潮流速为 81.2cm/s，对应流向为 323°，发生在 4#站表层；实测最大落潮流速为 71.3cm/s，对应流向为 77°，发生在 8#站表层。三亚河内 1#各层涨潮最大流速略低于落潮；而口门外的 2#表层和中层最大涨潮流速略低于最大落潮流速，底层正相反；3#、5#站最大涨潮流速略高于落潮流；外海 4#、7#各层最大涨潮流速明显高于落潮；8#最大落潮流速略高于涨潮流。

表 5.1-3 大潮期最大涨、落潮流速及对应流向统计(流速单位：cm/s，流向单位：°)

层次 \ 站号		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	
		表层	涨潮	流速	11.0	10.7	14.2	81.2	44.3	46.0
流向	111			37	232	323	295	299	198	294
落潮	流速		16.3	14.4	14.3	39.7	38.5	51.4	26.6	71.3
	流向		314	261	168	122	128	115	159	77
0.6H	涨潮	流速	13.7	10.9	18.2	78.4	44.5	45.7	33.1	66.2
		流向	252	89	356	325	296	292	206	291
	落潮	流速	15.4	12.1	16.6	45.5	40.5	44.8	30.4	64.4
		流向	310	261	167	328	127	119	174	81
底层	涨潮	流速	13.9	16.1	18.4	61.5	35.5	52.8	32.2	52.4
		流向	130	113	340	322	105	306	43	299
	落潮	流速	16.7	10.8	15.6	43.0	44.1	54.0	27.4	60.1
		流向	302	247	173	329	119	116	141	95

就各站位潮时段平均而言，大潮期，调查海域平均流速在 7.1cm/s~39.6cm/s 之间。河内及口门各站位各层平均流速相当，且口门外流速较河内流速略小；近岸平均流速向外海逐渐增大。

河内及口门平均流速明显低于其它海域。各站垂线平均流速在 7.3cm/s~38.2cm/s 之间(见表 5.1-4)。

表 5.1-4 大潮期平均流速统计(流速单位: cm/s)

站号 \ 层次	表层	0.6H	底层	垂线平均
1#	8.7	8.9	9.2	9.0
2#	7.1	7.2	7.6	7.3
3#	10.7	10.5	11.1	10.8
4#	34.6	35.3	30.8	33.6
5#	25.1	23.8	23.6	24.2
6#	32.8	32.6	34.0	33.2
7#	19.1	21.2	19.1	19.8
8#	39.6	39.5	35.5	38.2

依据涨、落潮时, 统计给出各站位涨落潮时的平均流速, 见表 5.1-5。大潮期, 调查海域涨潮平均流速在 6.3cm/s~40.4cm/s 之间, 落潮平均流速在 8.5cm/s~39.3cm/s 之间。河内 1#、口门外 2#和口门西北部 3#站位涨潮平均流速略低于落潮平均流速; 4#~5#站位表、中层涨潮平均流速略高于落潮平均流速, 底层则正相反; 6#站位表层涨潮平均流速略低于落潮, 底层与表层相反, 中层则涨、落潮平均流速相当; 7#站位涨潮平均流速略低于落潮平均流速; 8#站位涨、落潮平均流速特征正好与 7#相反。

表 5.1-5 大潮期涨、落潮平均流速统计(流速单位: cm/s)

层次 站位	表层		0.6H		底层		垂向平均	
	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
1#	7.1	12.4	7.9	11.4	8.0	11.8	7.7	11.9
2#	6.3	8.9	6.7	8.5	7.1	8.6	6.7	8.7
3#	10.5	11.2	10.2	11.2	10.5	12.2	10.4	11.5
4#	36.7	30.0	36.8	31.8	30.6	31.2	34.7	31.0
5#	25.2	25.0	24.2	22.9	22.2	26.7	23.9	24.8
6#	32.0	34.7	32.7	32.5	34.4	33.0	33.0	33.4
7#	18.8	19.7	20.5	22.7	18.3	20.9	19.2	21.1
8#	39.8	39.3	40.4	37.5	36.2	34.0	38.8	36.9

根据潮流调查结果, 大潮期, 在三亚河内及口门附近(1#~3#)以及榆林湾(7#~8#)海流表现为旋转流特征; 三亚湾内及外海(4#~6#)则表现为往复流特征, 流向在调查期间均为西北-东南向, 与海岸线基本平行。通过流速矢量图可以三亚河内及口门附近海域受鹿回头及凤凰岛影响流速较小; 而在其它区域近岸海域流速明显低于外海, 见图 5.1-5~图 5.1-7。

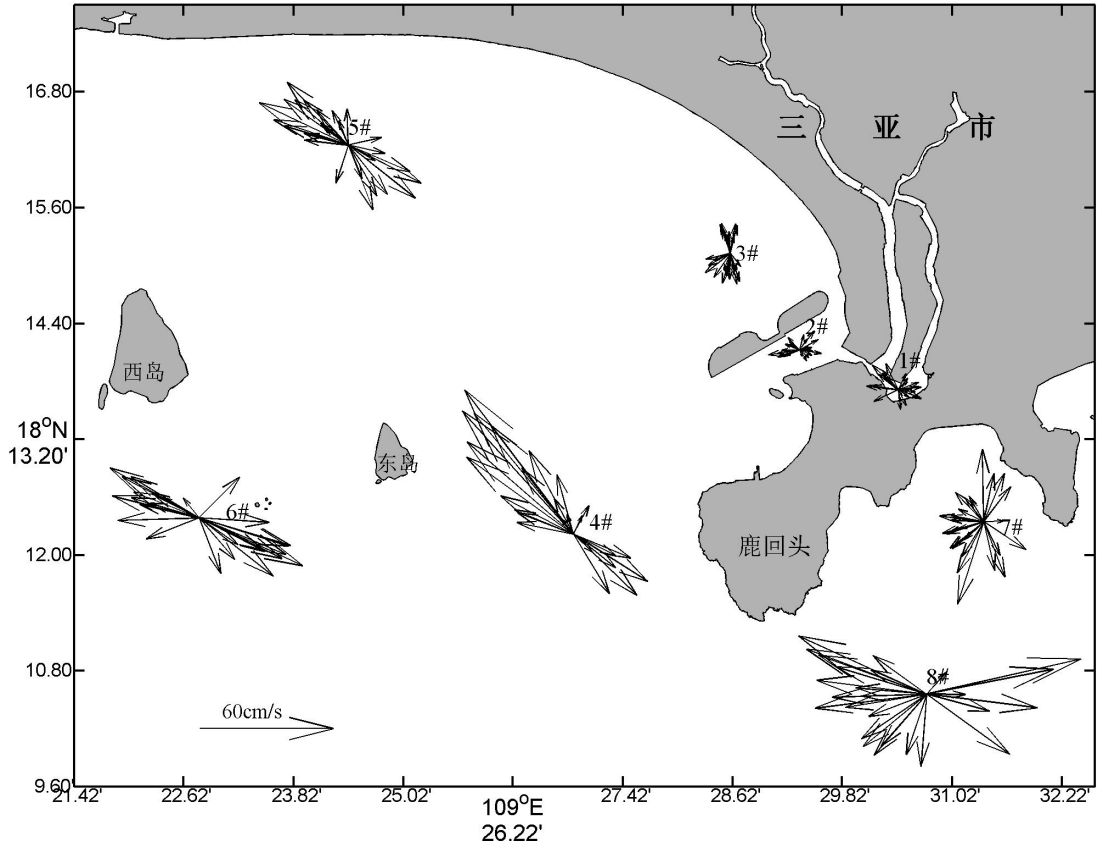


图 5.1-5 各站大潮表层潮流矢量图(2018 年 3 月 26 日~27 日)

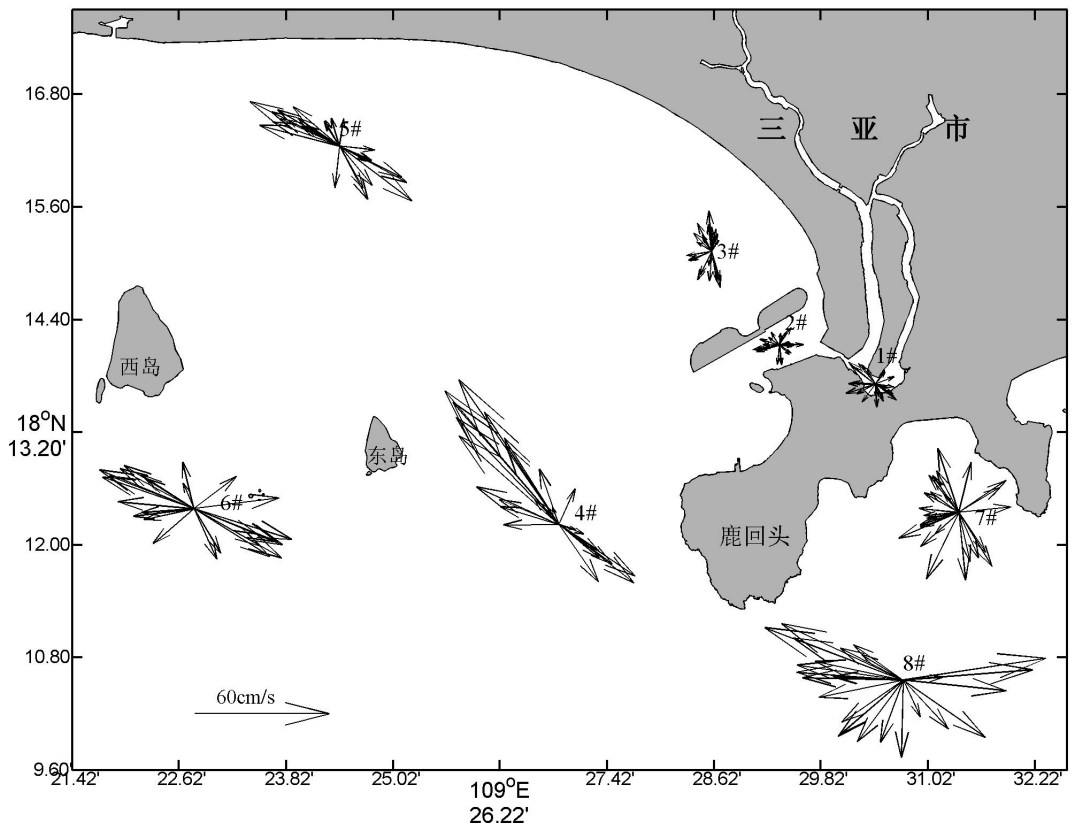


图 5.1-6 各站大潮 0.6H 层潮流矢量图(2018 年 3 月 26 日~27 日)

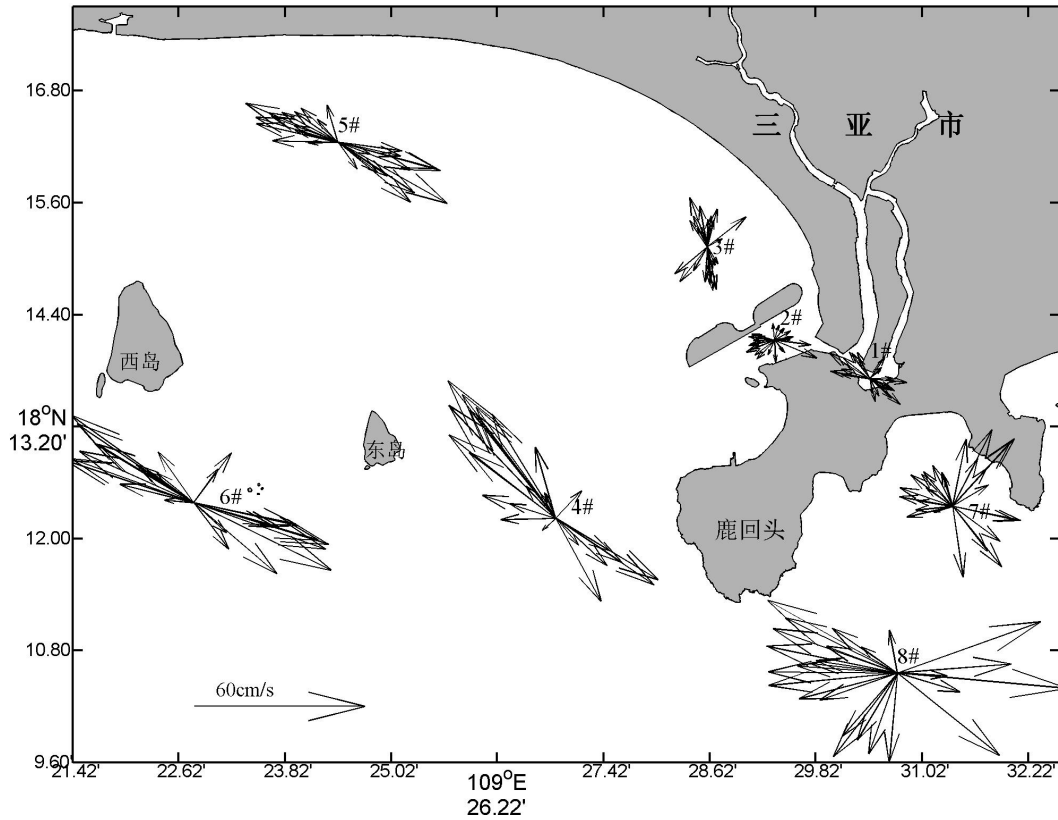


图 5.1-7 各站大潮底层潮流矢量图(2018 年 3 月 26 日~27 日)

由图 5.1-8~图 5.1-15 可见，3#与 7#站位潮流在不同深度流向变化较大，其它站位在不同深度潮流流向保持较好的一致性，变化不大。1#站整潮期各层潮流流向以西北、东南向为主；2#站整潮期各层潮流流向以近东-西向为主；4#~6#及 9#各层流向在整个潮期均为西北-东南向流，且涨潮流流速相对落潮较大。

大潮期 1#、3#和 7#各层流速变化较大，且方向杂乱，其它站位各层流速相对规律，且流向较稳定，见图图 5.1-16~图 5.1-23。

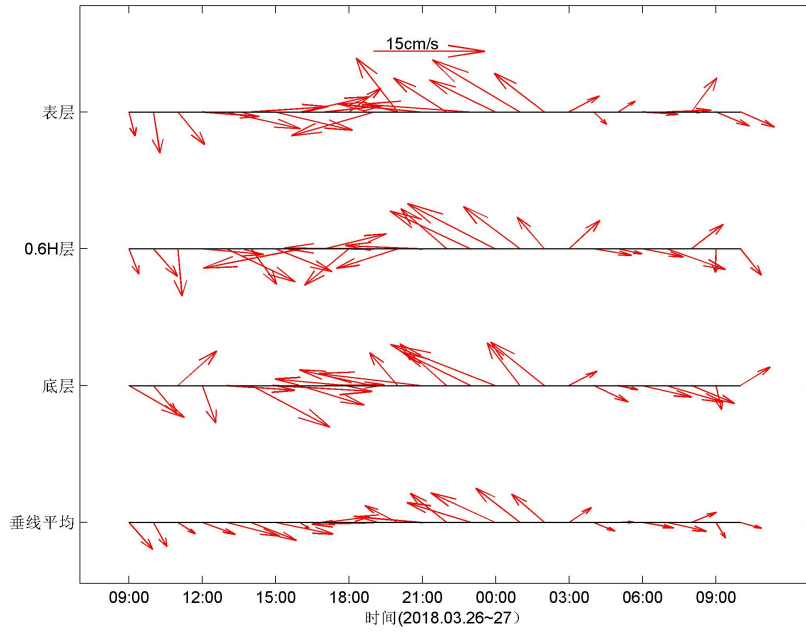


图 5.1-8 大潮期 1#站海流矢量时间序列图

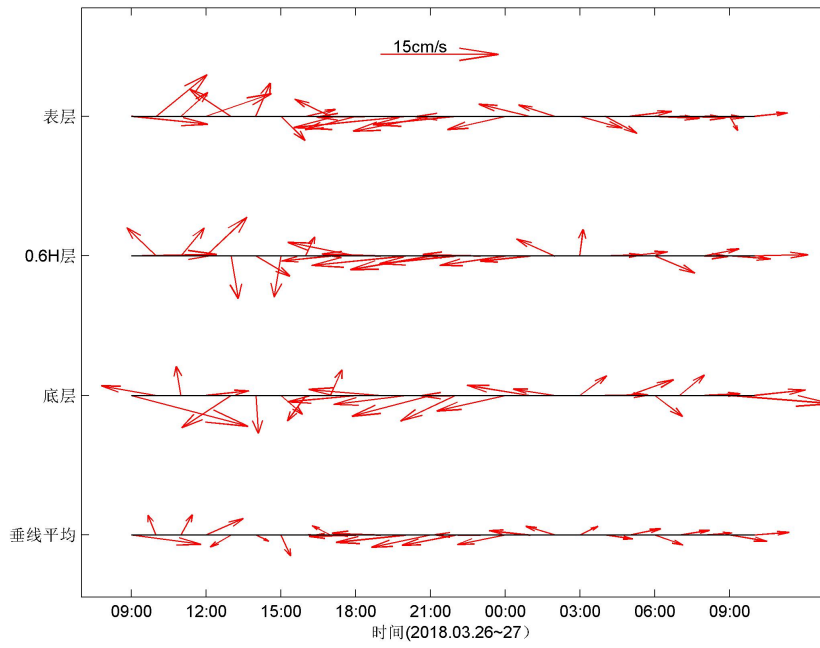


图 5.1-9 大潮期 2#站海流矢量时间序列图

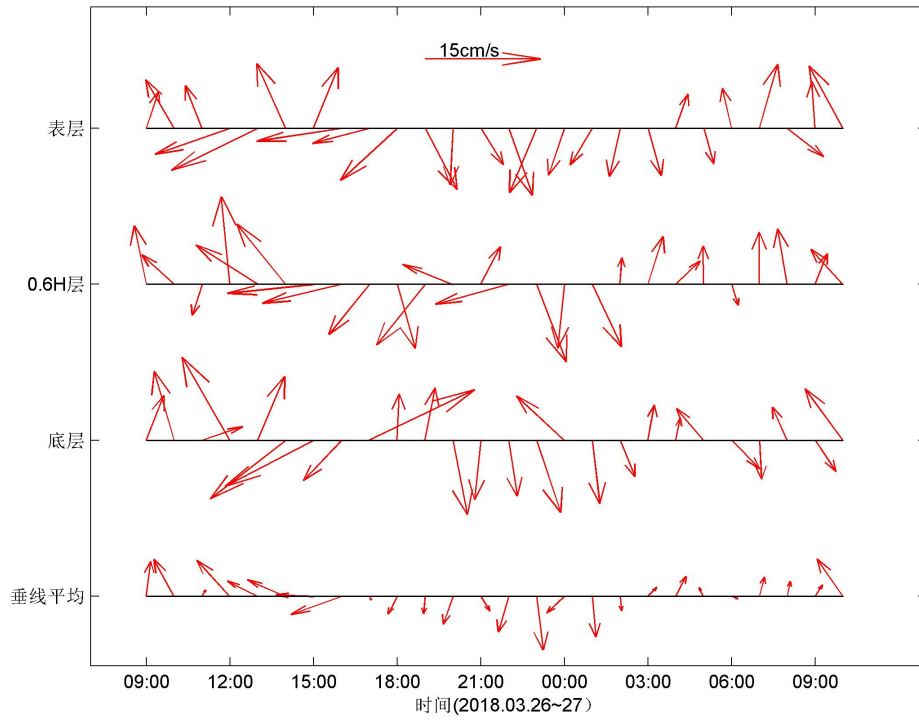


图 5.1-10 大潮期 3#站海流矢量时间序列图

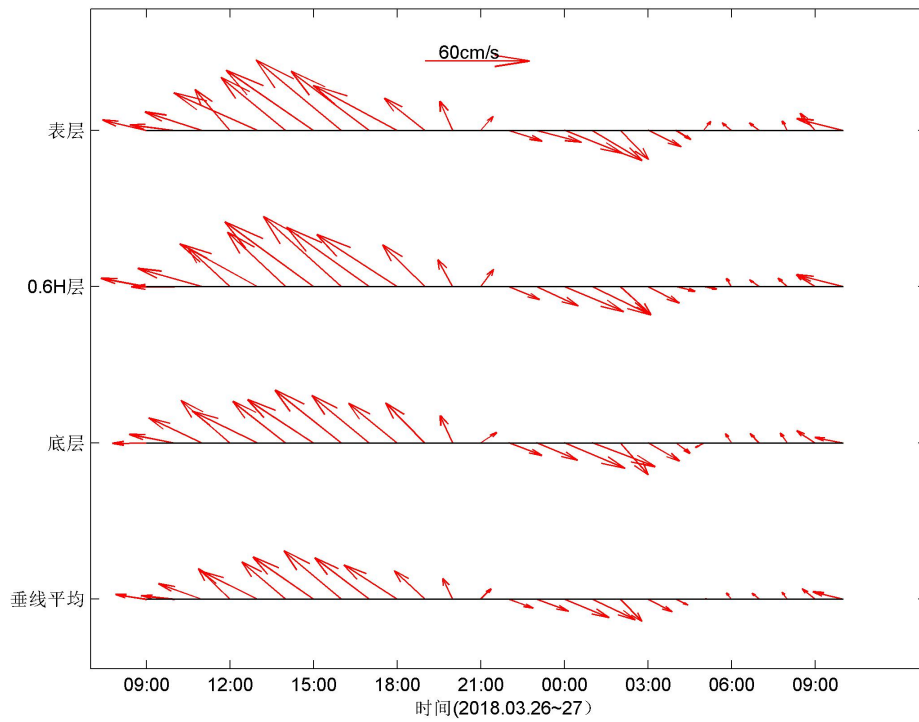


图 5.1-11 大潮期 4#站海流矢量时间序列图

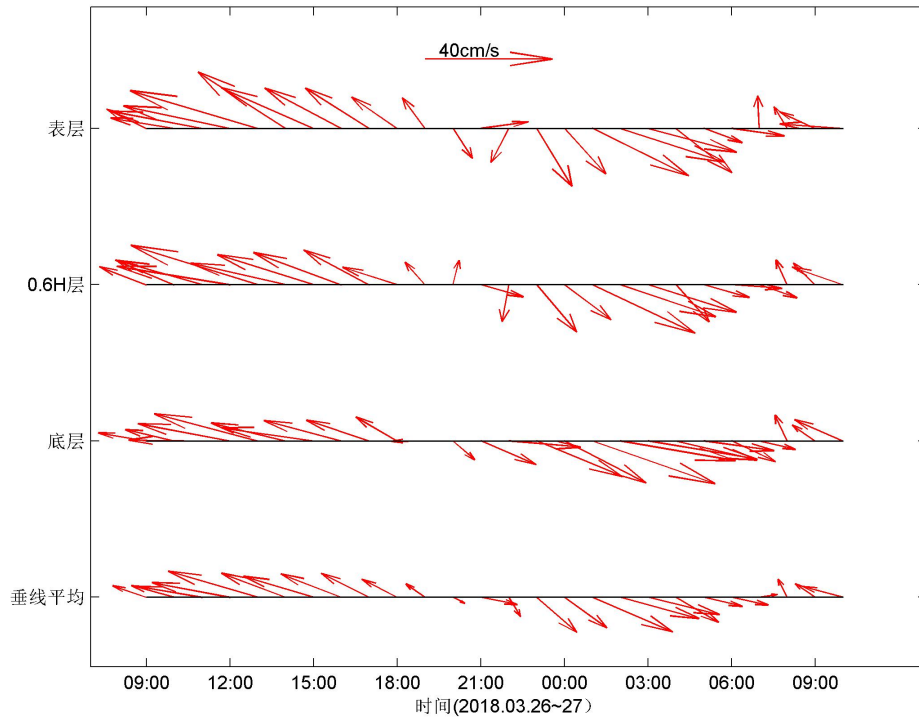


图 5.1-12 大潮期 5#站海流矢量时间序列图

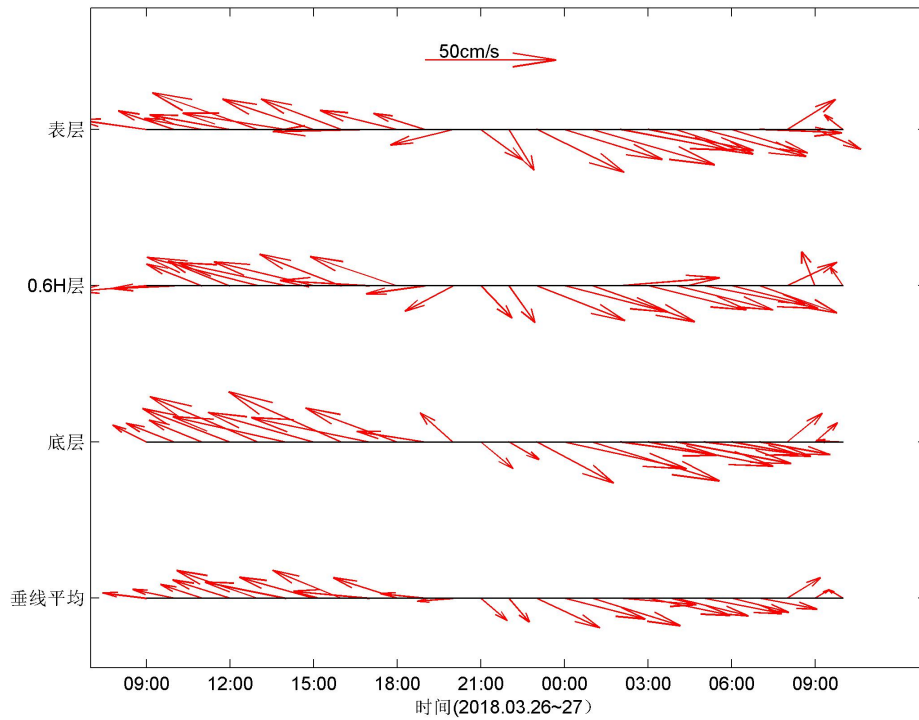


图 5.1-13 大潮期 6#站海流矢量时间序列图

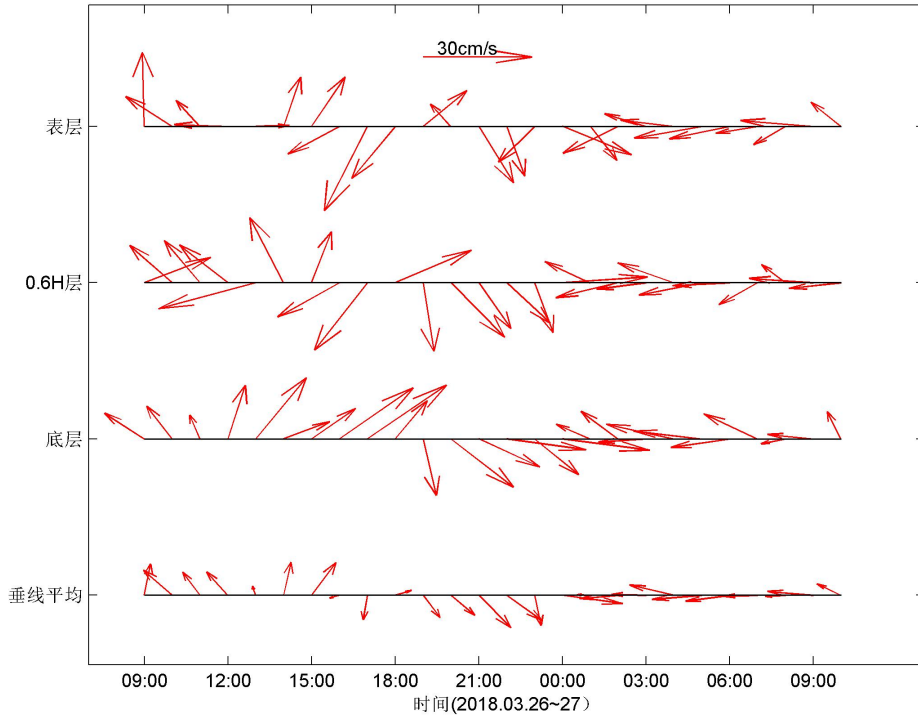


图 5.1-14 大潮期 7#站海流矢量时间序列图

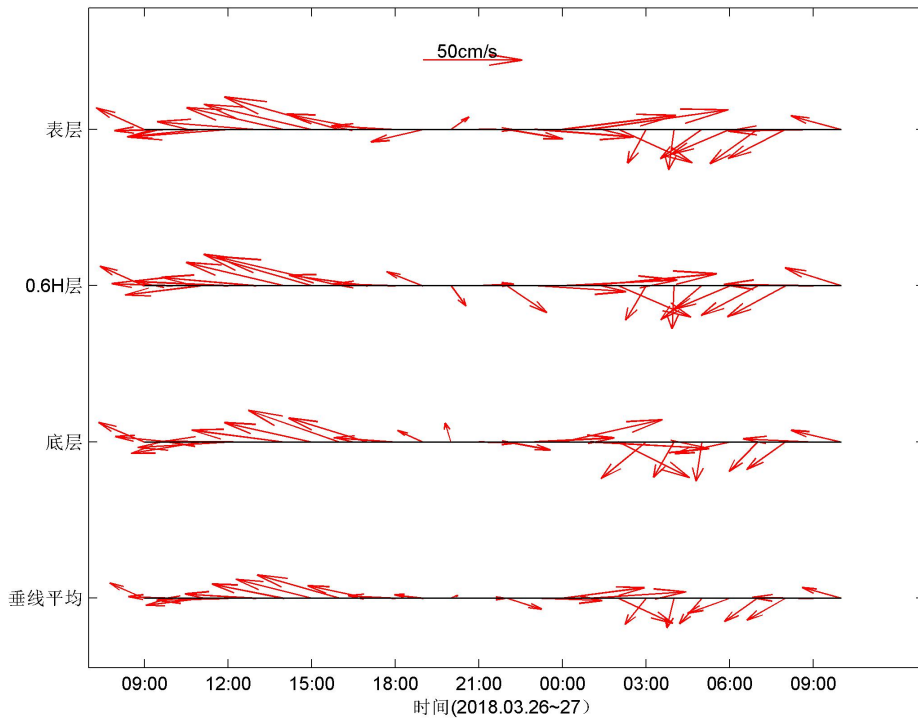


图 5.1-15 大潮期 8#站海流矢量时间序列图

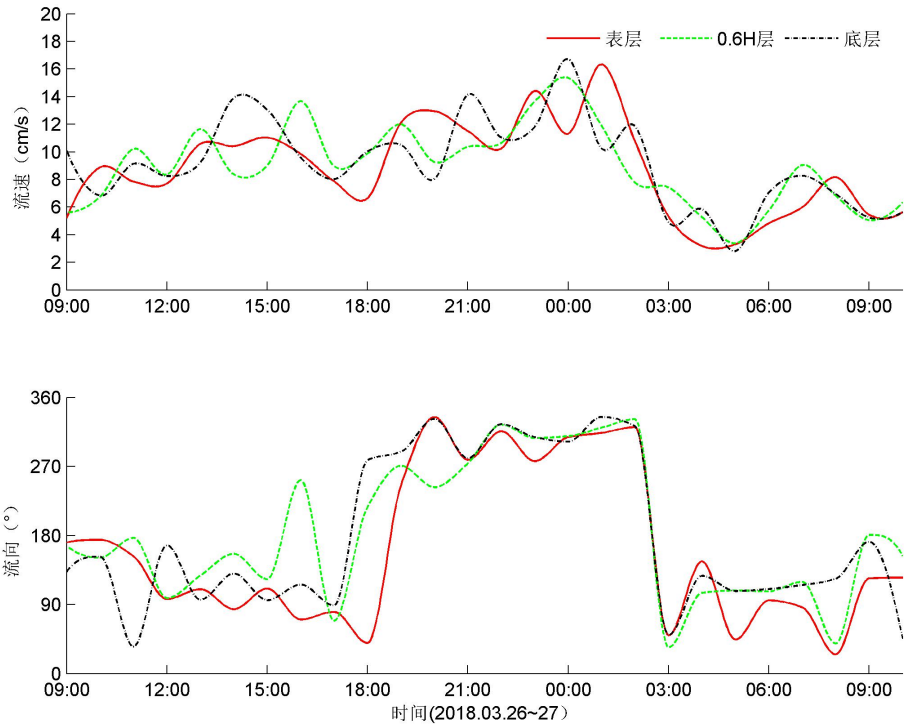


图 5.1-16 大潮期 1#站流速流向过程线

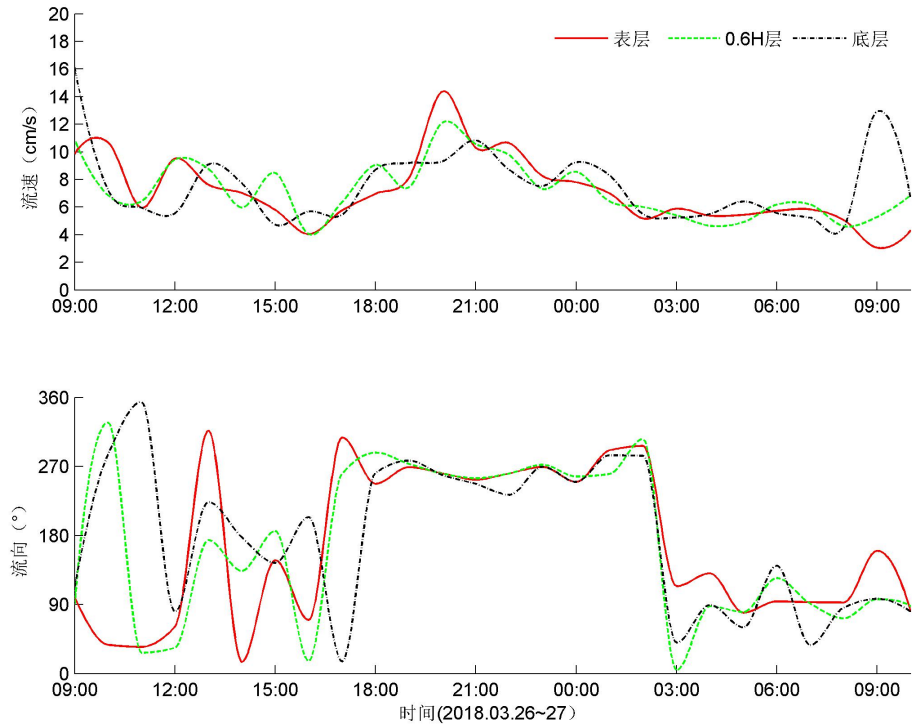


图 5.1-17 大潮期 2#站流速流向过程线

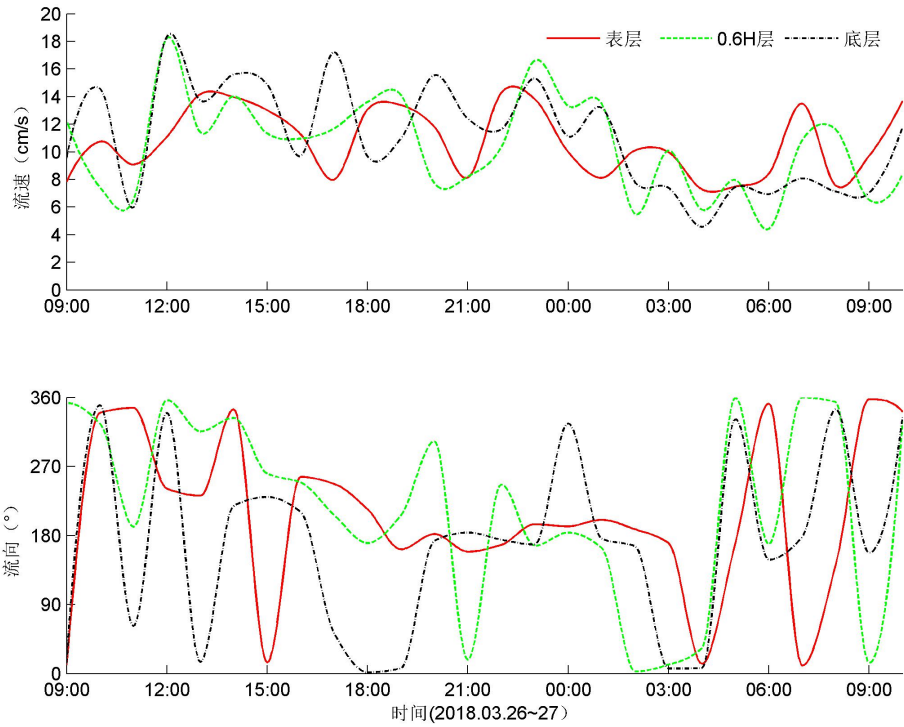


图 5.1-18 大潮期 3#站流速流向过程线

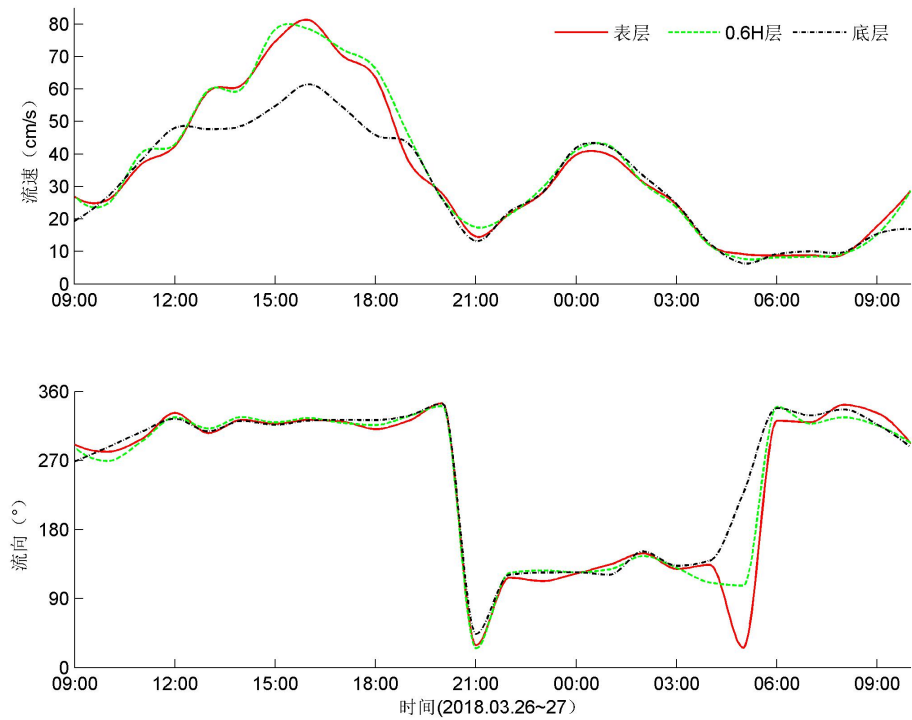


图 5.1-19 大潮期 4#站流速流向过程线

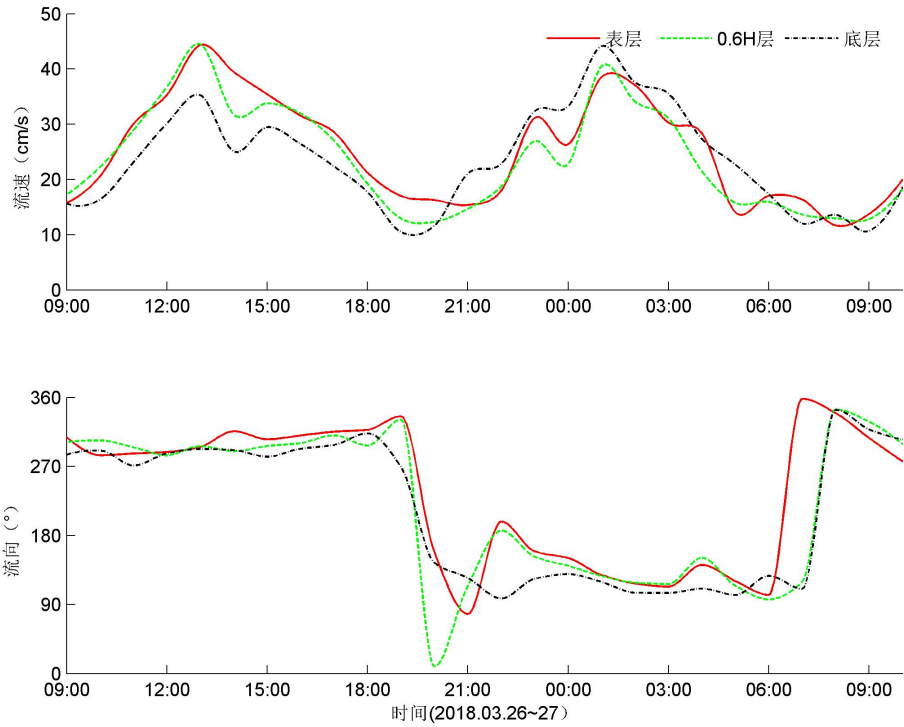


图 5.1-20 大潮期 5#站流速流向过程线

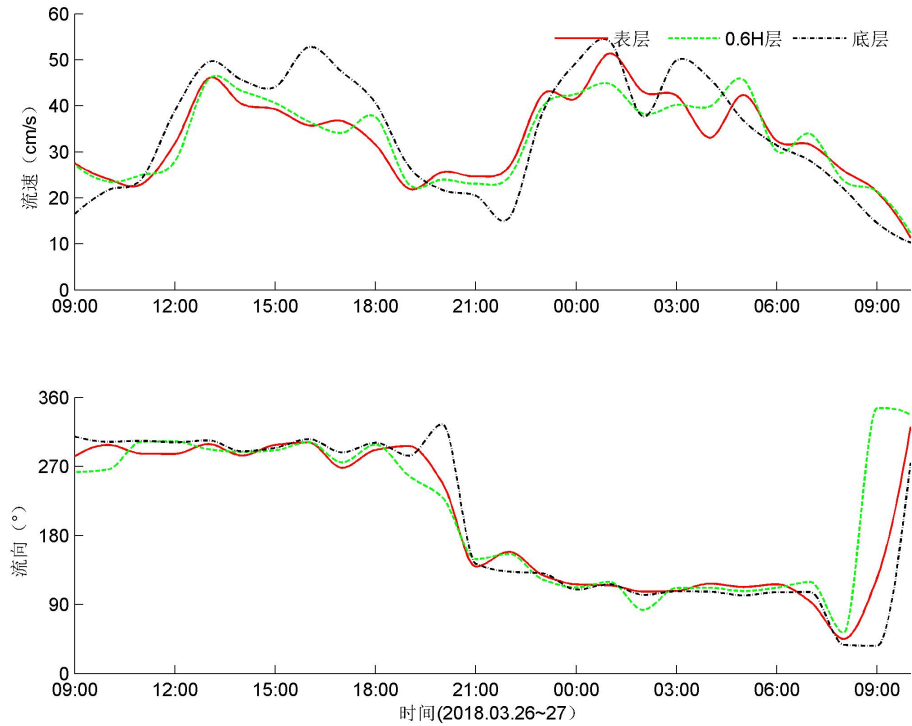


图 5.1-21 大潮期 6#站流速流向过程线

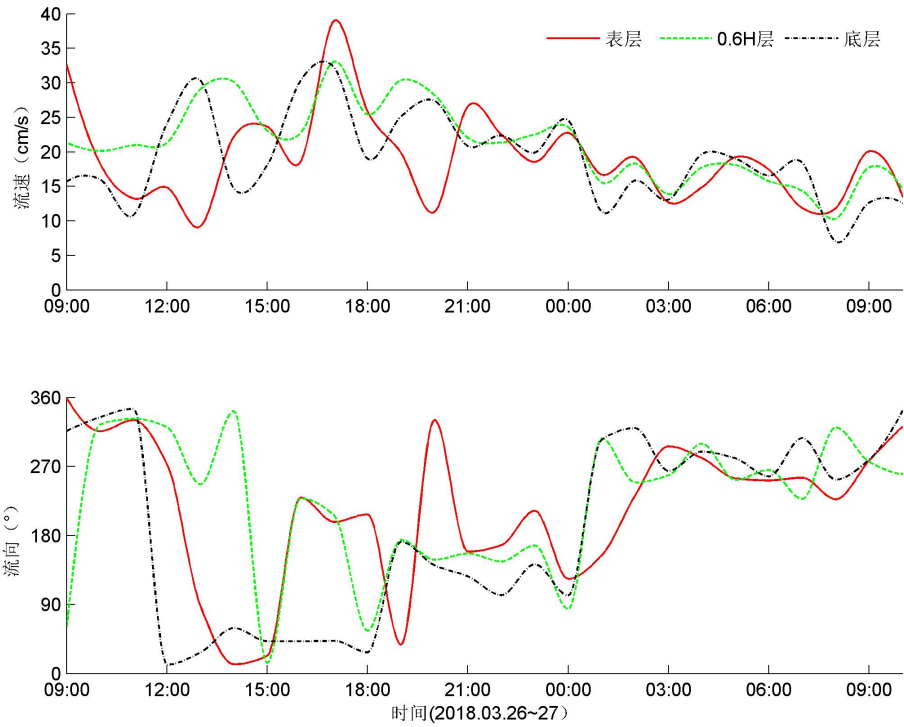


图 5.1-22 大潮期 7#站流速流向过程线

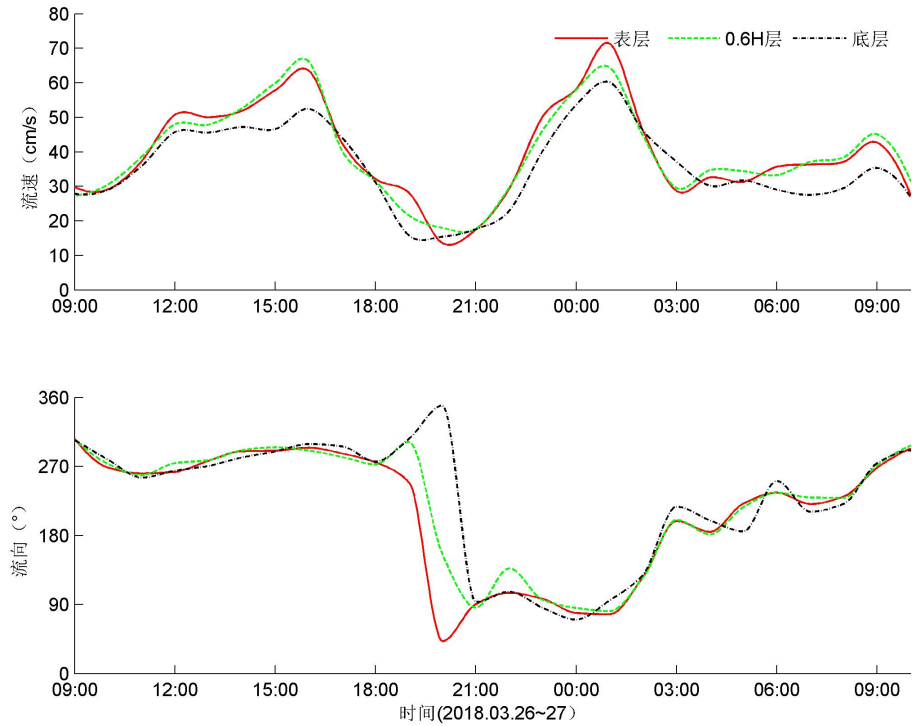


图 5.1-23 大潮期 8#站流速流向过程线

(3) 余流

大潮期，调查海域余流差别很大，鹿回头外海(4#、8#)余流较大，其值介于 12.5cm/s~18.2cm/s 之间，这可能受鹿回头凸出岬角地形有关(见表 5.1-6)；其它站位余流流速较小，介于 0.3cm/s~5.9cm/s 之间。4#、8#余流流向在不同深度十分稳定，分别为西北向、西南向；其它站位余流流

向在不同深度则变化较大。1#~2#站位各层余流流速相当；3#~5#、7#~8#随深度增加逐渐减小；6#站中层余流流速最小(见图 5.1-24)。

表 5.1-6 大潮期余流(流速单位: cm/s, 流向单位: °)

层次 站号	表层		0.6H		底层	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	1.5	26	0.9	230	1.0	44
2#	0.9	305	1.3	274	1.4	240
3#	2.6	223	2.4	294	0.3	253
4#	18.2	323	18.0	324	13.9	325
5#	4.3	292	3.9	284	1.8	128
6#	3.1	145	1.6	155	3.3	16
7#	5.9	243	5.6	251	5.3	24
8#	14.0	256	14.8	254	12.5	259

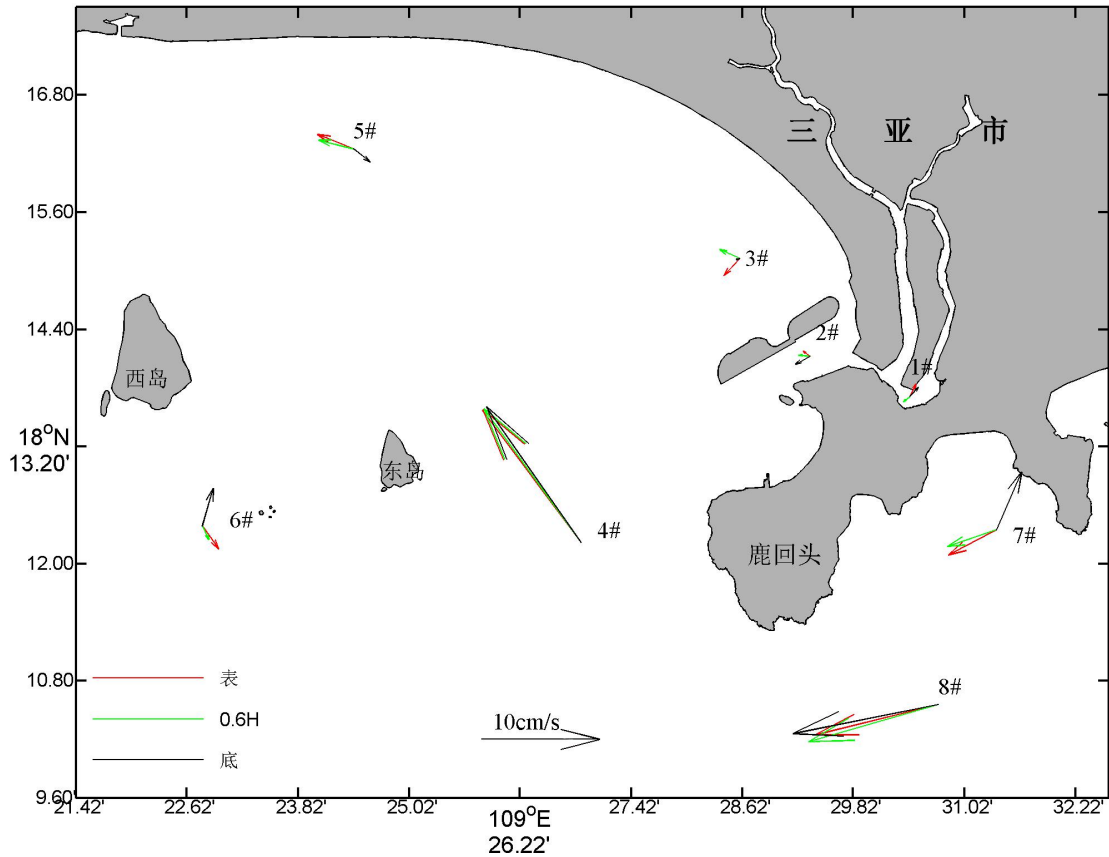


图 5.1-24 大潮期余流分布图

(4) 悬浮泥沙

1) 悬沙特征

调查海域位于三亚市三亚湾和榆林湾，且三亚河注入，挟沙量较小。大潮期，最大含沙量

为 0.0265kg/m³，发生在 1#站表层；最小含沙量为 0.0020kg/m³，为 7#站底层。各站、层含沙量平均值介于 0.0057kg/m³~0.0132kg/m³ 之间，三亚河内及口门外海域含沙量明显高于其它海域(见表 5.1-7)。

垂向上，各站位海水泥沙含量随深度变化无明显变化。

表 5.1-7 大潮期含沙量特征值统计(单位: kg/m³)

站号	特征值	表层	0.6H 层	底层
1#	最小	0.0062	0.0035	0.0041
	最大	0.0265	0.0241	0.0234
	平均	0.0131	0.0131	0.0123
2#	最小	0.0038	0.0043	0.0041
	最大	0.0226	0.0237	0.0191
	平均	0.0122	0.0132	0.0114
3#	最小	0.0025	0.0036	0.0042
	最大	0.0184	0.0180	0.0199
	平均	0.0102	0.0096	0.0109
4#	最小	0.0039	0.0028	0.0036
	最大	0.0220	0.0201	0.0181
	平均	0.0107	0.0109	0.0093
5#	最小	0.0041	0.0052	0.0051
	最大	0.0186	0.0186	0.0188
	平均	0.0118	0.0124	0.0130
6#	最小	0.0033	0.0030	0.0034
	最大	0.0135	0.0106	0.0126
	平均	0.0063	0.0057	0.0066
7#	最小	0.0022	0.0023	0.0020
	最大	0.0119	0.0127	0.0096
	平均	0.0060	0.0066	0.0058
8#	最小	0.0029	0.0033	0.0036
	最大	0.0140	0.0179	0.0150
	平均	0.0074	0.0082	0.0071

含沙量随潮流变化而不断波动，就一个潮周期而言，存在着 3-7 个沙峰值，分别位于涨急、落急、张憩和落停时段，见图 5.1-26~图 5.1-33。

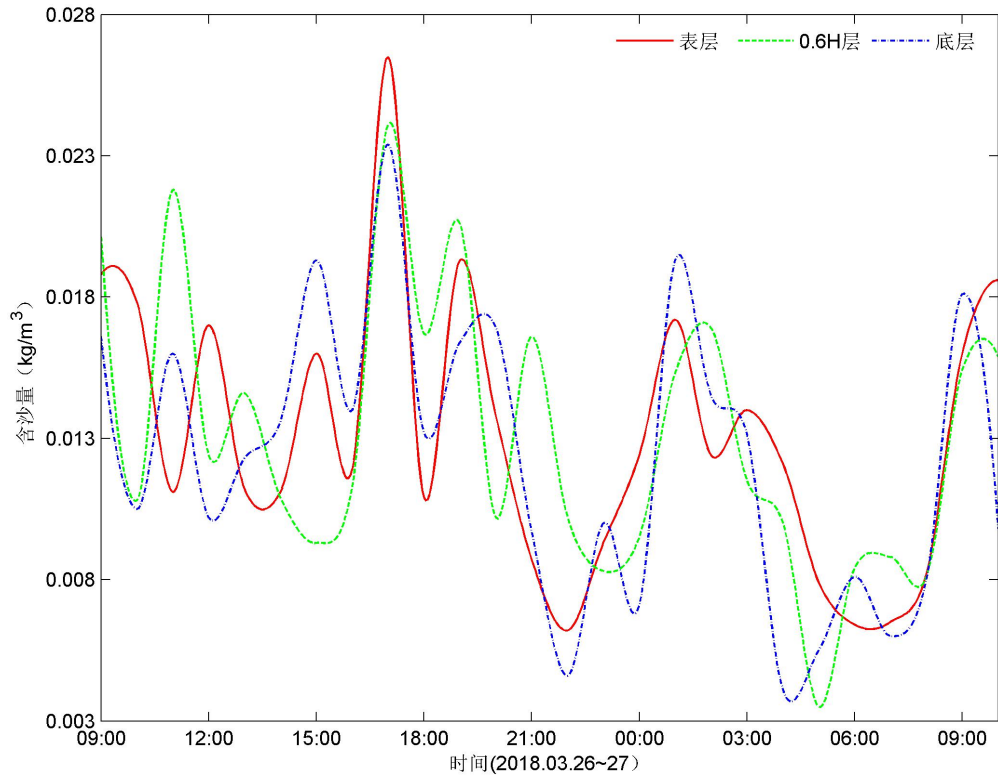


图 5.1-26 大潮期 1#站含沙量过程线

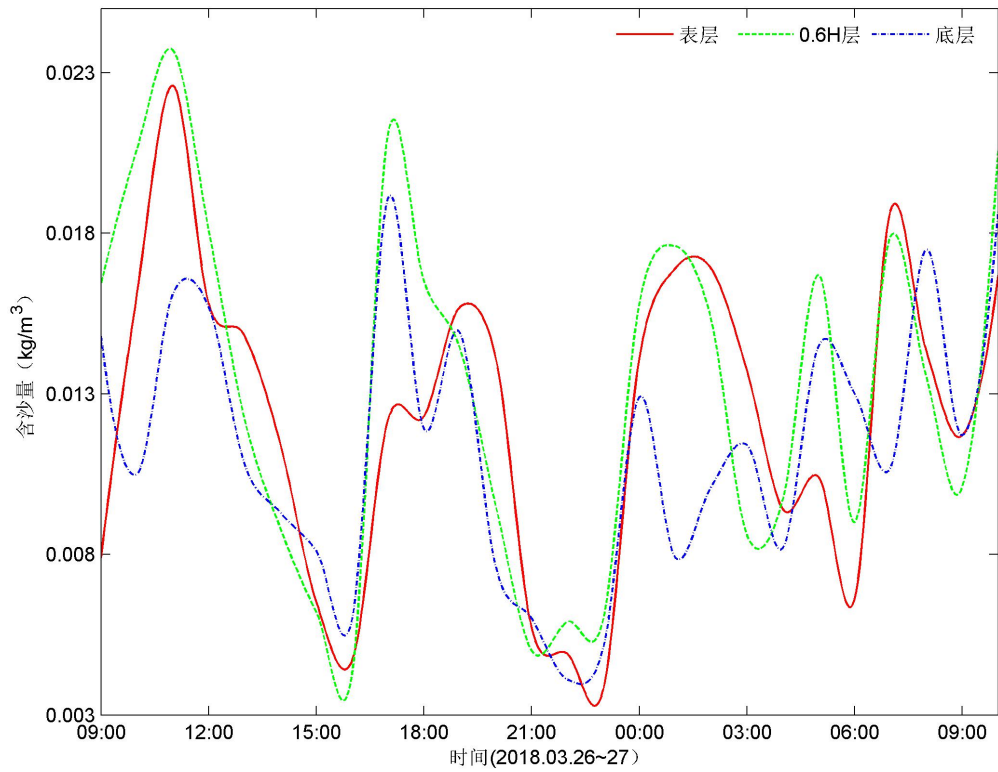


图 5.1-27 大潮期 2#站含沙量过程线

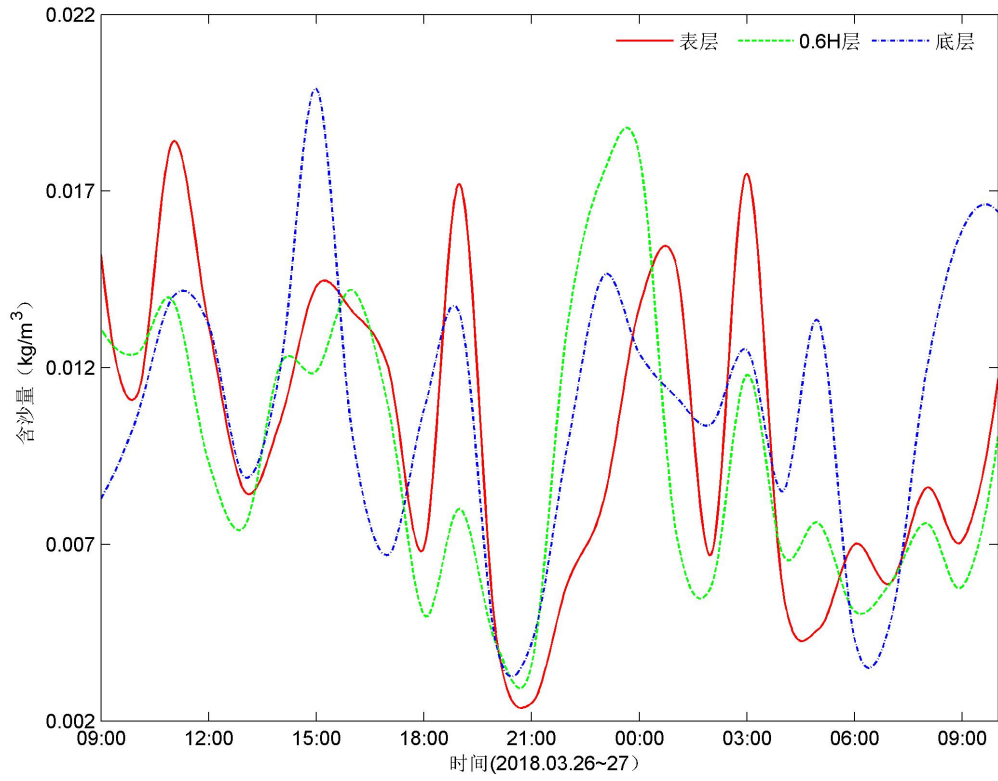


图 5.1-28 大潮期 3#站含沙量过程线

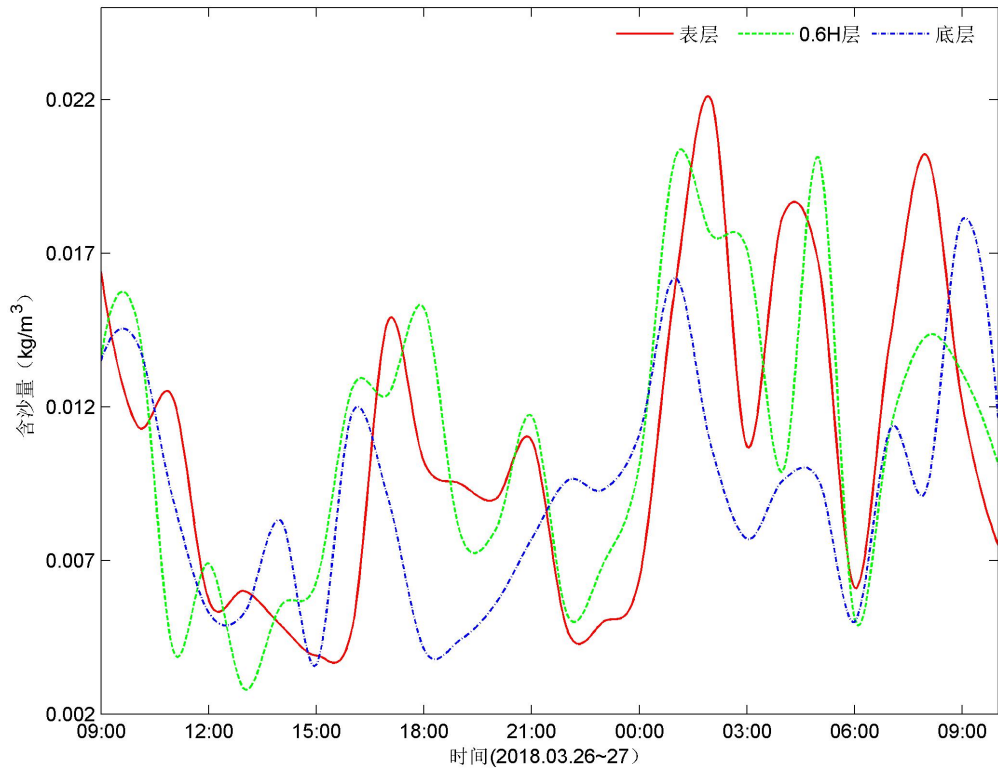


图 5.1-29 大潮期 4#站含沙量过程线

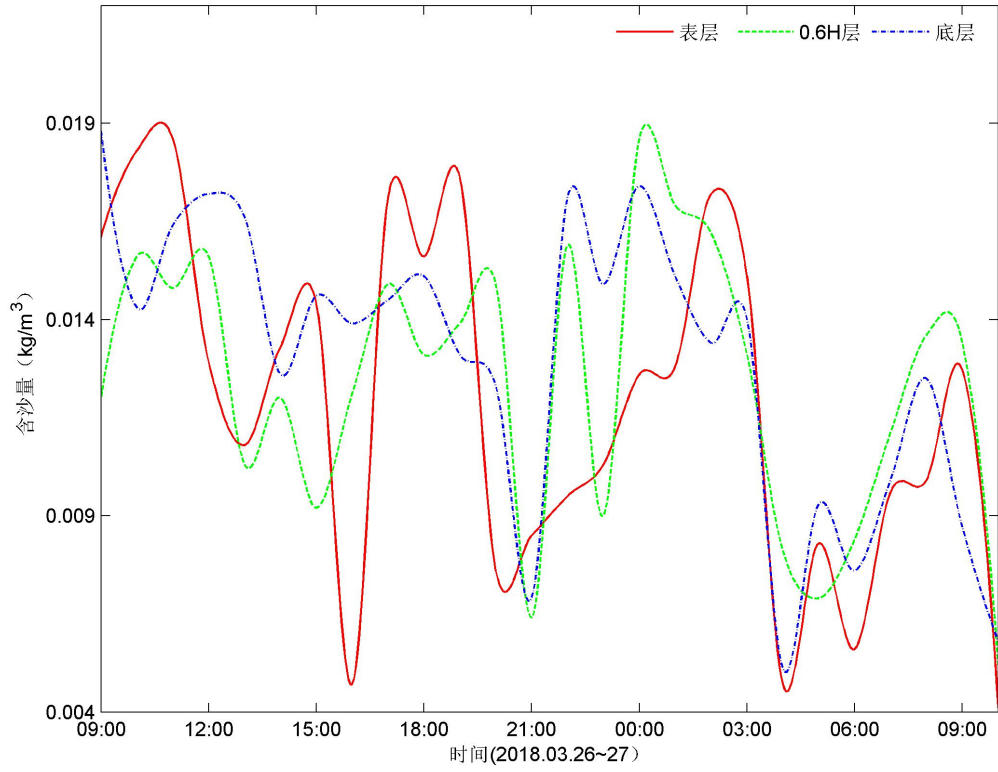


图 5.1-30 大潮期 5#站含沙量过程线

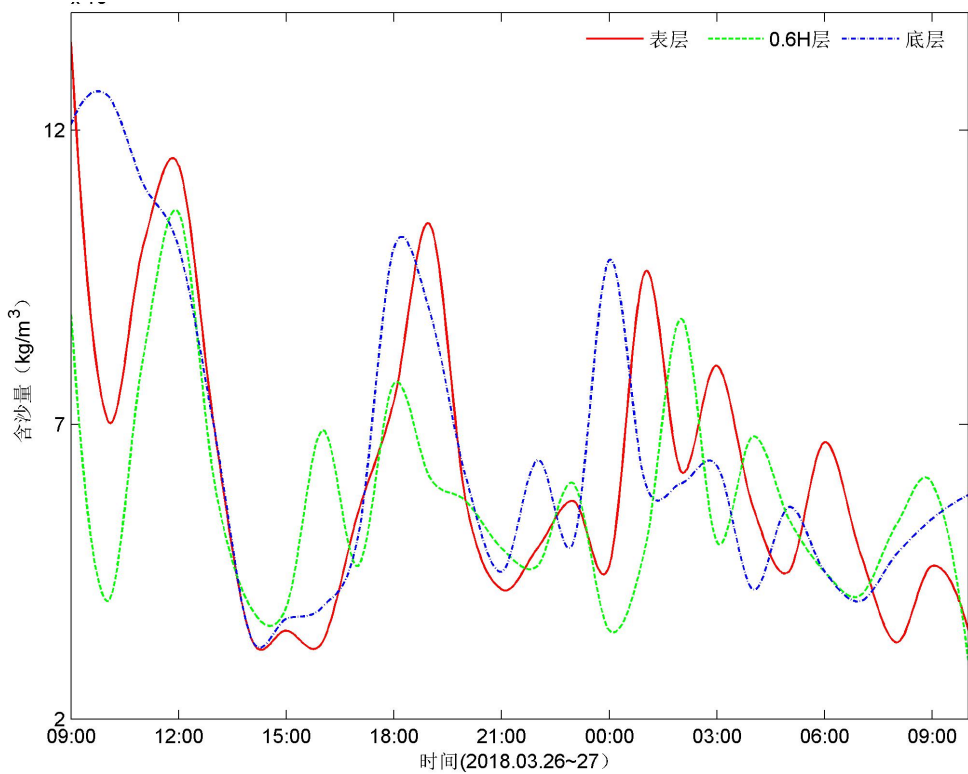


图 5.1-31 大潮期 6#站含沙量过程线

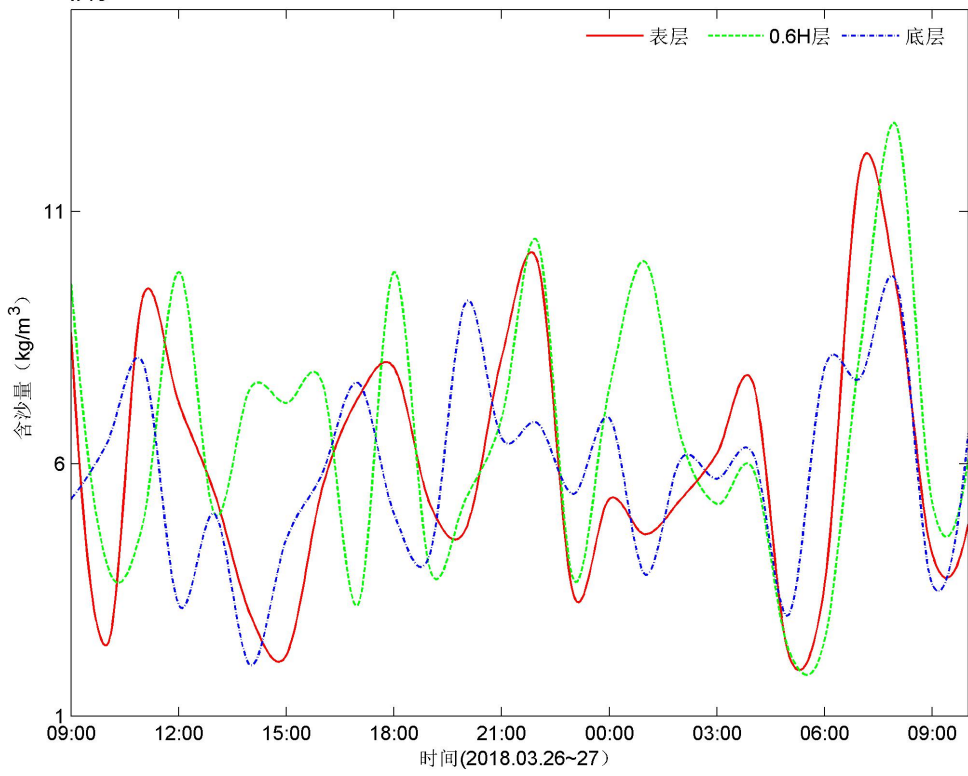


图 5.1-32 大潮期 7#站含沙量过程线

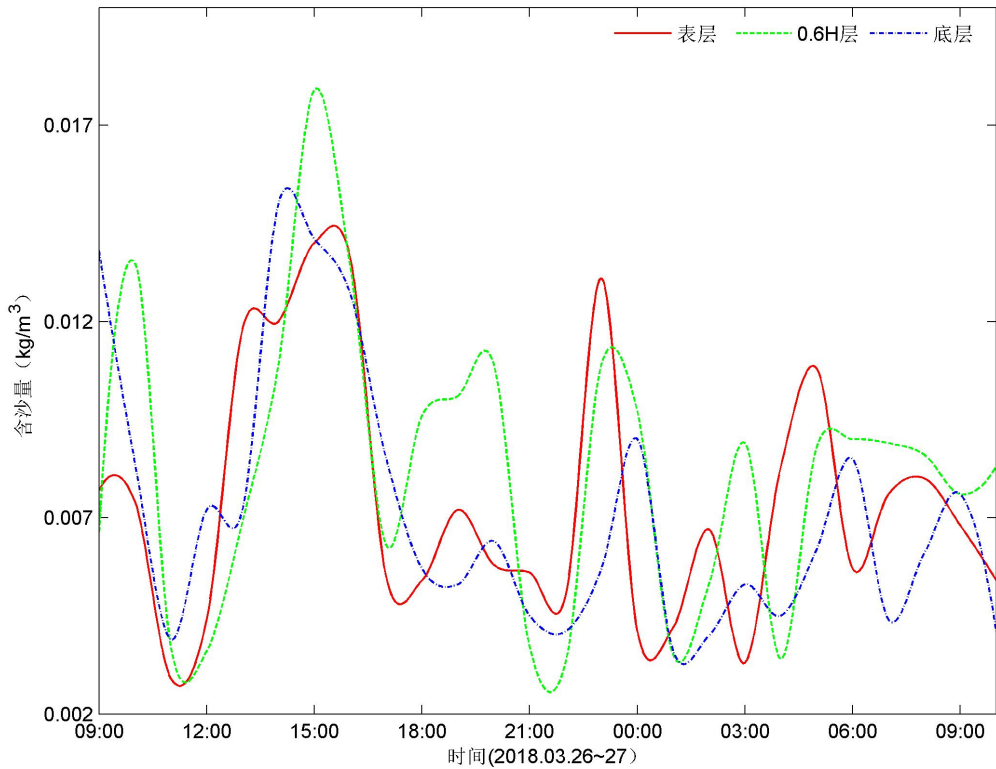


图 5.1-33 大潮期 8#站含沙量过程线

2) 悬沙输移特征

由实测含沙量资料结合海流资料计算悬沙的输沙量，主要公式为：

单宽输沙率： $q=HVS$

式中： q —单宽输沙率，单位为 $kg/(m \cdot s)$

H —水深，单位为 m

V —流速，单位为 m/s

S —悬沙含量，单位为 kg/m^3 。

周日单宽净输沙量计算方法：

$W_{净} = [(q_0+q_1)t_1+(q_1+q_2)t_2+\dots+(q_{n-1}+q_n)t_n]/2$

式中： $W_{净}$ —周日单宽净输沙量，单位为 $kg/(m \cdot d)$ ；

q —单宽输沙率；

t —取样时间。

计算结果见表 5.1-8 和图 5.1-34。从表 5.1-8 和图 5.1-34 可以看出，本次调查最大单宽净输沙量为 $3050kg/(m \cdot d)$ ，出现在大潮期的 8#站；最小单宽净输沙量为 $8kg/(m \cdot d)$ ，出现在大潮期的 1#站，两者相差约 381 倍。总的来说，调查海域悬沙输移呈现有如下特点：

①鹿回头外海 8#、4#站海流流速及水深较大，虽悬沙含量相对较大，但两站输沙量达到最大，分别为 $3050kg/m \cdot d$ 、 $2151kg/m \cdot d$ ，方向为西、西北向；而其它站位输沙量则相对十分低，特别是三亚河内 1#为最低，为 $8kg/m \cdot d$ ，方向为东南向。

②单宽输沙量由河内向口门外近岸逐渐增大，与海流流速特征分布一致。

③除 4#、8#站位外，其余各站位单宽输沙量较小；各站位单宽输沙量输运方向与其余主流方向基本一致。

表 5.1-8 大潮期单宽净输沙量和方向

站号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
输沙量($kg/m \cdot d$)	8	91	129	2151	342	251	108	3050
方向($^{\circ}$)	96	303	266	325	284	317	314	270

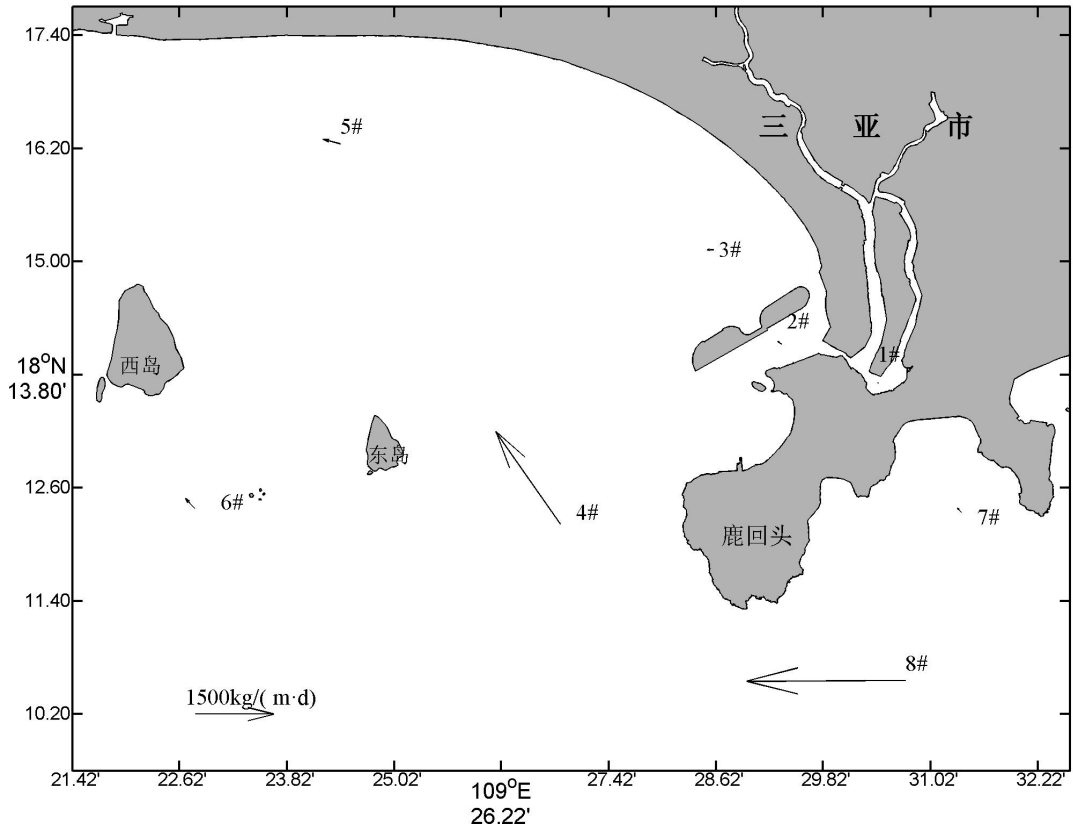


图 5.1-34 大潮期单宽净输沙量分布图

5.1.4 波浪

引用《中国海湾志(海南省海湾)》的统计资料。

榆林湾的波浪与台风活动密切相关，年最大波高一般出现在台风影响较多的夏季和秋季，冬春季波高较小。根据榆林湾的地理环境和开口方向，该湾的波浪主要为 SW 向，波向的变化范围为 SE~WSW，该方位的频率为 81%。

① 波高季节分布

6~8 月份，由于 SW 向季风盛行，榆林湾产生较大的波浪，一般波高可达 0.6~0.8m，冬季(12 月至次年 2 月份)平均波高较小，一般为 0.2~0.3。平均波高的年变幅很小，只有 0.6m。

最大波高出现在夏、秋(6 月~10 月份)，最大波高达 4.6m。冬、春季的最大波高明显偏小，一般为 1.8m 左右。最大波高的主要方向为 SSW~WSW 向。

表 5.1-9 为榆林湾的逐月波要素，由表看出，榆林湾的平均波高很小，年平均只有 0.5m，有夏季高冬季低的特征，但年变化幅度很小。最大波高一般为 1~2m 左右，只有台风活动强烈的 8、9 月份能够产生 4m 以上的浪。

表 5.1-9 榆林逐月波要素单位：m，(%)
(测波点：18°13'N，109°33'E)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均波高	0.2	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.6	0.4	0.2	0.5	-
最大波高	1.1	1.5	1.8	1.6	1.5	2.0	2.4	4.3	4.6	2.5	0.5	0.6	4.6
H<0.6 比率	94	80	62	83	66	36	58	31	73	87	100	100	-
H>0.6 比率	6	20	38	17	34	64	42	69	27	13	0	0	-

② 各向波要素

表 5.1-10 列出了榆林湾各向波高、周期及其出现频率，从表中可以看出，SW 向波浪出现最多，频率为 25%，其次为 SSW 向，频率为 17%，总的波向分布范围为 SE~WSW 向，其频率为 81%。最大波高值为 4.6m，对应方向为 SSW 向。最大的平均周期为 3.9s，对应方向为南和西南向。

表 5.1-10 榆林湾各向波要素

方位	N	NN E	NE	EN E	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	SW	WS W	W	W N W	N W	NN W
平均波高 m	0.3	0.2	0.3	0.3	-	0.3	0.3	0.4	0.6	0.5	0.6	0.5	0.9	0.6	0.6	0.4
最大波高 m	1.4	0.7	1.0	0.9	-	0.5	1.0	1.6	1.8	4.6	4.3	2.8	1.8	1.1	2.1	2.0
平均周期 s	2.7	2.6	2.9	2.6	-	2.5	2.7	3.3	3.9	3.7	3.9	3.6	3.2	3.0	3.0	2.8
波高频率%	3	7	4	1	-	1	8	14	8	17	25	9	1	1	0	1

三亚湾东部有鹿回头半岛屏障，湾口朝向西南，掩护条件较好，对 ESE 和 SE 向的波浪产生屏障作用，湾内波高较小，S 至 W 向波浪对湾内影响较大。三亚以 E、NE 和 ENE 风向为最多，其次为 W、WSW 风向，E、NE 向风对于三亚湾来说属于离岸风，SW-WSW 向波浪作用明显，属海区强浪向。

5.2 地质地貌和冲淤环境现状调查与评价

5.2.1 地质构造

场地位于九所—陵水构造带上，该构造呈东西向展布，横贯乐东、三亚和陵水等市县，长约 100.0km。由九所—陵水断裂带、崖城—藤桥断裂带和崖县—红沙断裂带等组成。该构造带在海西期和燕山期有强烈活动，带中构造透镜体片理化发育，显示了压性断裂带的特征。该构造带可能形成于前寒武纪，是当时南海地台与华南褶皱系五指山褶皱带的分界线，控制了寒武纪以来不同构造单元的发展和不同沉积建造的分布。构造带在海西期、印支—燕山期继续活动，导致岩浆侵入和喷发活动，形成东西向分布的花岗岩穹隆构造和火山岩被。至今该构造带形成的断裂带已稳定，为非活动断裂。

5.2.2 地形、地貌

本工程位于三亚市天涯区的三亚湾，场地整体地势较起伏南低北高，呈由南向北渐变的缓坡状地形。三亚湾有东岛、西岛、双飞石等岛礁分布。

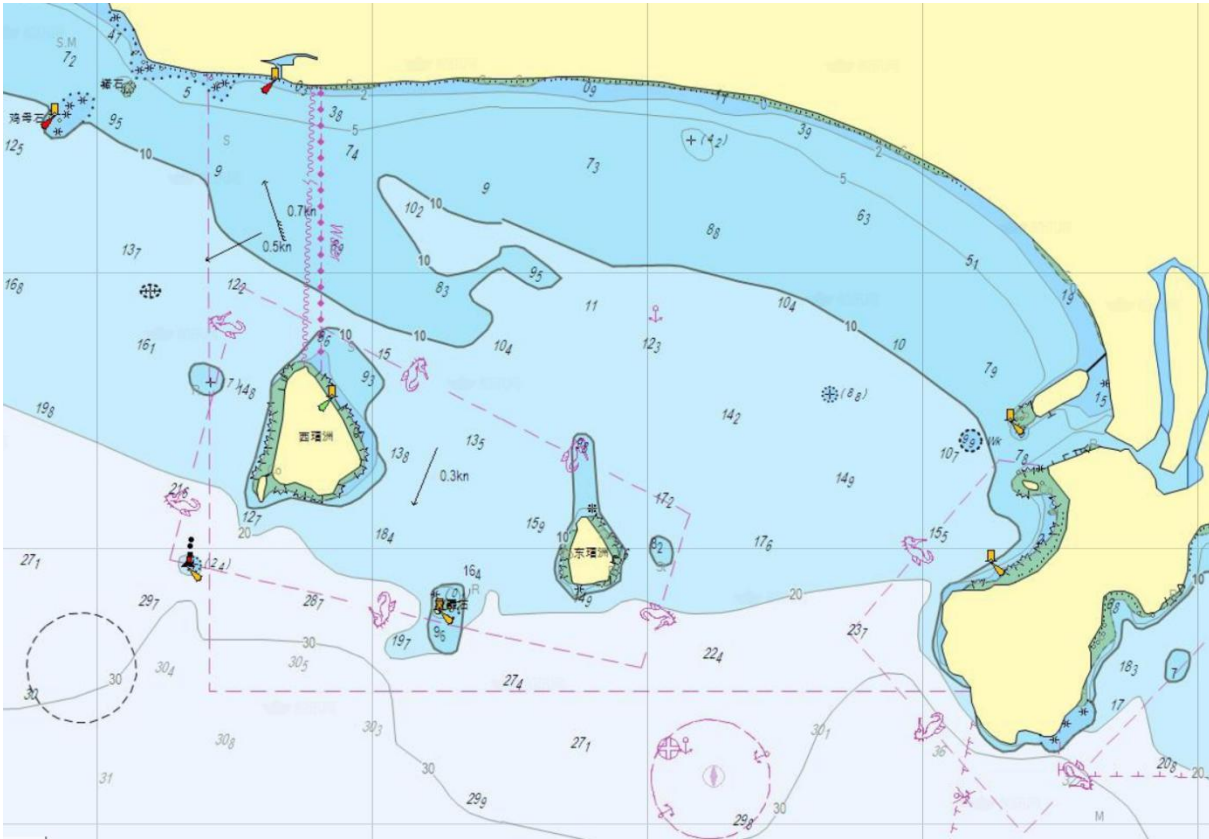


图5.2-1 三亚湾海域水下地形特征

5.2.2.1 西岛东护岸工程地质

综合岩土层的种类及其工程地质特征、成因类型、地层时代等，将勘探孔控制范围内岩土层自上而下划分为第四系海相沉积层及基岩为燕山期晚白垩系花岗岩，现分述如下：

珊瑚礁 (①₁)：该层全部孔钻孔揭露，灰白色，灰色，质软，主要由珊瑚礁碎块及少量中粗砂组成，珊瑚礁碎块呈棱角状、次尖棱状。层顶标高：-1.39~2.25m，层厚：0.80~14.10m，平均 7.33m。

野外标重型动探入试验 233 次，实测击数 $N=1\sim 10$ 击，平均值为 $N=3.1$ 击；

该层取岩样 6 组，其天然抗压强度为 7.1~10.3MPa，平均 8.7MPa；

建议容许承载力 $f=250\text{kPa}$ 。

碎石土 (①₂)：该层仅 YK4 孔揭露，杂色，饱和，松散-稍密，主要成分以花岗岩碎块、珊瑚碎块为主，粒径约 10-40mm，最大约 60mm，呈尖棱状、次尖棱状，约含 5%的粗

砂，颗粒级配差。层顶标高：2.01m，层厚：3.40m。

建议容许承载力 $f=200\text{kPa}$ 。

粉质粘土 (②₁)：该层 3 个孔钻孔揭露，层顶标高：-6.35~-6.82m，层顶埋深：6.90~7.90m，层厚：4.40~5.60m，平均 4.87m。灰色，灰白色，湿，坚硬，土质不均匀，约含 15%的砾砂、20%的细角砾及碎石，呈亚圆形及棱角状，刀切面较粗糙，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，粘性较差。

该层取土样 8 组，其主要物理力学指标如下：天然含水量 $W=15.42\%$ ，液性指数 $I_L=-0.35$ ，压缩系数 $a_{1-2}=0.30\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_s=5.66\text{MPa}$ ，属中压缩性土；直接快剪：粘聚力 $C=30.47\text{kPa}$ ，内摩擦角 $\Phi=17.57^\circ$ ；结快剪：粘聚力 $C=52.93\text{kPa}$ ，内摩擦角 $\Phi=27.63^\circ$ ；野外标准贯入试验 16 次，实测击数 $N=13\sim 65$ 击，平均值为 $N=33$ 击；

建议容许承载力 $f=220\text{kPa}$ 。

细砂 (②₂)：该层仅 WK2 钻孔揭露，层顶标高：-11.95m，层顶埋深 12.70m，层厚：3.00m。灰色，褐黄色，饱和，密实，主要成分为石英、长石，含较多粘粒及少量中砂砾，偶含角砾，颗粒级配一般。

野外标准贯入试验 2 次，实测击数 $N=33\sim 34$ 击，平均 $N=33.5$ 击；

建议容许承载力 $f=200\text{kPa}$ 。

中砂 (②₃)：该层仅 2 个钻孔揭露，层顶标高：-10.97~-19.55m，层顶埋深 11.50~20.30m，层厚：1.10~2.00m 平均 1.55m。褐色，饱和，密实，主要成分为石英、长石，含少量粘粒，颗粒级配良，呈棱角状、次棱角状为主。

该层取土样 3 组，其水上坡角 40° ，水下坡角 34.67° ；野外标准贯入试验 4 次，实测击数 $N=33\sim 44$ 击，平均 $N=38$ 击；

建议容许承载力 $f=280\text{kPa}$ 。

砾砂 (②₄)：该层仅 YK4 钻孔揭露，层顶标高：-2.19m，层顶埋深 4.20m，层厚：0.90m。褐黄色，饱和，密实，主要成分为石英、长石，含少量粘粒，含少量中粗砂砾，偶含细角砾，颗粒级配一般，呈次圆状、次棱角状。

建议容许承载力 $f=300\text{kPa}$ 。

强风化岩带 (层号③₁)

该层 3 个孔有揭露，层顶标高：-3.09~-12.25m，层顶埋深：5.10~14.10m，层厚 3.80~6.80m，平均 5.77m。褐黄色，软岩，粗粒结构，块状构造，主要矿物成分为石英及长石，

风化裂隙发育，原岩结构清晰，岩芯呈块状、碎块状、砂砾状，手捏易散，遇水易软化、崩解。其中 YK4 钻孔在 6.90-7.20m、9.60-10.00m、10.50-11.10m 夹中风化碎块，块径约 20-40mm，及 YK2 钻孔在 17.00-18.00m 夹中风化碎块。

野外标准贯入试验 7 次，实测击数 $N=50\sim 55$ 击，平均 $N=51.7$ 击；

建议容许承载力 $f=700\text{kPa}$ 。

微风化岩带（层号③2）

该层 5 个孔有揭露，层顶标高：-1.27~-16.05m，层顶埋深：3.20~18.00m，厚度：2.00~4.40m，平均 2.86m。灰色间灰白色斑点，坚硬岩，粗粒结构，块状构造，主要矿物成分为石英及长石，风化裂隙发育，锤击声脆，敲击反弹，完整性较差，呈短柱状-长柱状，节长一般为 5-20cm，最长为 40cm，少量呈块状。

取岩样 5 组，天然抗压强度为 68.9~83.9MPa，平均 76.4MPa；饱和抗压强度为 59.1~99.5MPa，平均 79.7MPa。烘干抗压强度为 74.8~121MPa，平均 101.2MPa。软化系数为 0.75~0.82，平均 0.8。

建议容许承载力 $f=3500\text{kPa}$ 。

表 5.2-1 各岩土层主要设计参数一览表

层序	岩土名称	状态	容许承载力 (f)	天然重度 (γ_2)	压缩模量 ($E_{s0.1-0.2}$)	抗剪强度 (固结快剪)		地基容许承载力深度修正系数 k_2
			kPa	kN/m ³	MPa	凝聚力	内摩擦角	
						C(kPa)	$\Phi(^{\circ})$	
① ₁	珊瑚礁	质软	250	/	3.0	8.7	6.6	/
① ₂	碎石土	松散	200	/	/	/	/	5.0
② ₁	粉质粘土	坚硬	220	17.3	4.0	13.1	18.7	2.5
② ₂	细砂	中密	200	/				3.0
② ₃	中砂	中密	280	/				5.0
② ₄	砾砂	密实	300	/	60*	/	/	6.0
③ ₁	花岗岩	强风化	700	20.0	100*	/	/	8.0
③ ₂		微风化	3500	$f_R=60$				

注：带*者为变形模量 E_0 。 f_R 为岩石饱和抗压强度建议值。

高程 (m)

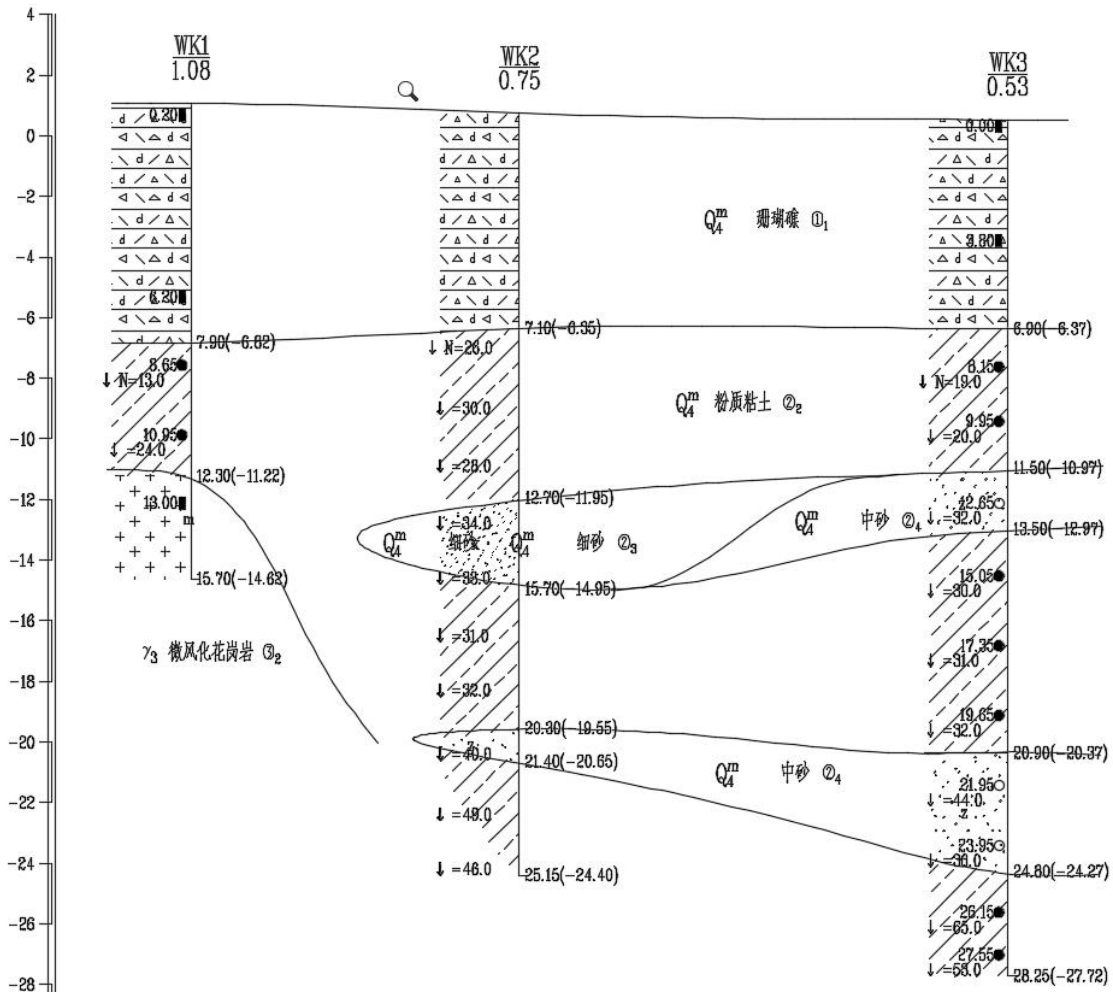


图 5.2-2 西岛东护岸地质剖面图（高程为当地理论最低潮面）

5.3 水质现状调查与评价

5.3.1 2021 年春季水质调查

5.3.1.1 站位布设

本报告引用海南安纳检测技术有限公司《三亚市三亚湾西段砂质海岸保护修复工程海洋环境现状调查报告》中的调查资料，海南安纳检测技术有限公司于 2021 年 03 月在项目附近海域进行水质、沉积物、生态调查调查，水质、沉积物、海洋生态调查时间为 2021 年 03 月 11-12 日，潮间带生物采样时间为 2021 年 03 月 10-11 日。在项目区附近海域设置水质监测站位 23 个，海洋沉积物监测站位 12 个，海洋生态环境调查站位 12，渔业资源调查站位 12 个，海洋生物质量监测站位 12 个，潮间带生物调查 3 条断面。具体调查站位详见表 5.3-1 及图 5.3-1。

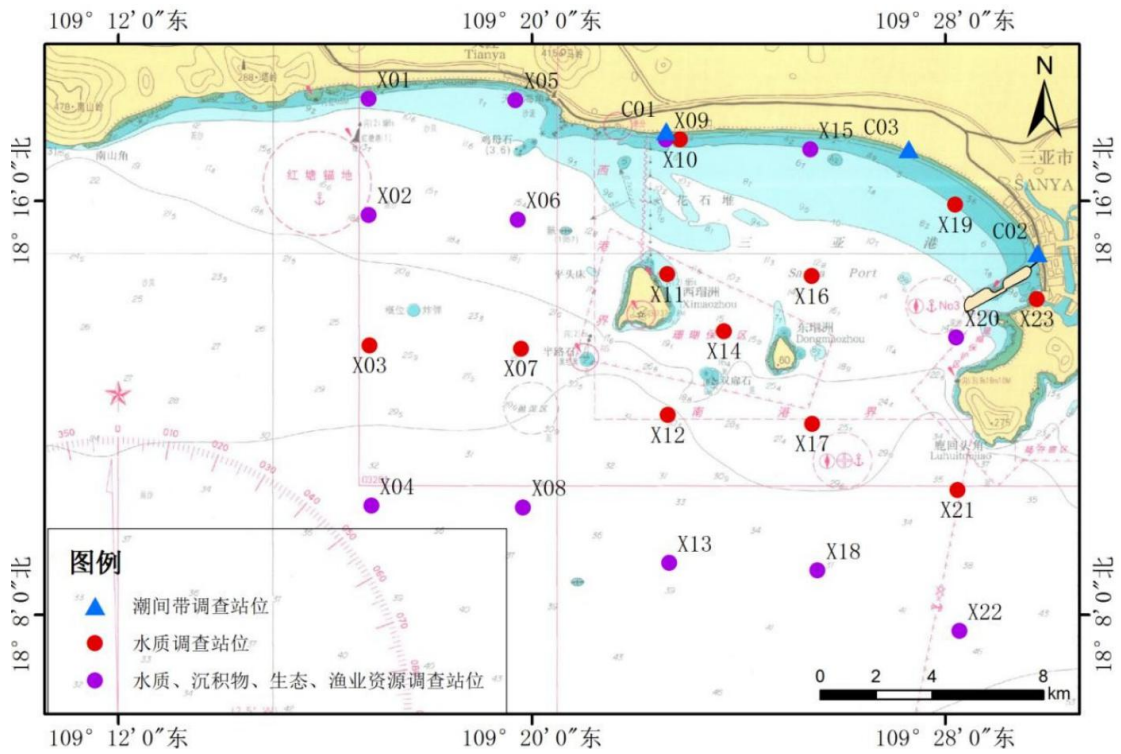


图5.3-1 调查站位分布图

表5.3-1 海洋环境监测站位表及监测内容

站位	经度	纬度	监测项目
X01	109°16'50.35341"	18°17'58.21674"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X02	109°16'50.58516"	18°15'43.65138"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X03	109°16'51.82112"	18°13'12.24604"	水质
X04	109°16'53.67506"	18°10'6.23379"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X05	109°19'41.14790"	18°17'56.82627"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X06	109°19'43.69707"	18°15'37.93506"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X07	109°19'47.40495"	18°13'8.38367"	水质
X08	109°19'49.87688"	18°10'4.22534"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X09	109°22'35.88201"	18°17'11.09568"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X10	109°22'52.49025"	18°17'10.86394"	水质
站位	经度	纬度	监测项目
X11	109°22'37.42697"	18°14'34.74650"	水质
X12	109°22'37.89045"	18°11'51.29053"	水质
X13	109°22'39.66715"	18°8'59.87807"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X14	109°23'43.08744"	18°13'28.69979"	水质
X15	109°25'23.58660"	18°16'59.50854"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X16	109°25'25.13156"	18°14'32.42907"	水质
X17	109°25'25.59503"	18°11'41.24835"	水质
X18	109°25'31.92934"	18°8'51.14908"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X19	109°28'11.90923"	18°15'55.24448"	水质
X20	109°28'13.14519"	18°13'21.36722"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X21	109°28'14.69014"	18°10'24.62466"	水质
X22	109°28'16.54408"	18°7'40.85971"	水质、生态、沉积物、渔业资源
X23	109°29'46.53749"	18°14'6.08763"	水质

C01	109°22'35.79494"	18°17'21.17473"	潮间带生物
C02	109°29'47.34867"	18°14'59.41312"	潮间带生物
C03	109°27'17.58460"	18°16'59.93647"	潮间带生物

注：1、水质监测站包括水文气象项目；

2、生态监测站包括：叶绿素 a、浮游生物、大型底栖生物。

5.3.1.2 调查项目

水质调查项目包括：水深、透明度、水温、盐度、溶解氧(DO)、pH 值、化学需氧量(CODMn)、无机氮(氨、亚硝酸盐、硝酸盐)、活性磷酸盐、石油类、悬浮物(SS)、重金属(砷(As)、汞(Hg)、铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd))、硫化物。

5.3.1.3 分析方法

水质调查分析方法依据《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)的有关要求进行，具体分析方法见表 5.3-2。

表5.3-2 水质要素分析方法

	监测项目	分析方法	检出限	检测标准(方法)名称
水质	水温	表层温度表法	--	《海洋监测规范 第4部分 海水分析》(GB 17378.4-2007)
	pH	pH 计法	--	
	盐度	盐度计法	--	
	透明度	透明度盘法	--	
	化学需氧量	碱性高锰酸钾法	--	
	溶解氧	碘量法	--	
	石油类	紫外分光光度法	3.5µg/L	
	悬浮物	重量法	--	
	氨氮	靛酚蓝分光光度法	--	
	亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法	--	
	硝酸盐	镉柱还原法	--	
	活性磷酸盐	磷钼蓝比色法	--	
	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.2µg/L	
	铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.2µg/L	

	铅	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L	
	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L	
	锌	火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L	
	汞	原子荧光法	0.007μg/L	
	砷	原子荧光法	0.5μg/L	

5.3.1.4 评价标准与评价方法

(1) 评价标准

根据《海南省海洋功能区划(2011~2020 年)》要求，位于三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)的 11 和 14 号站以及位于海南岛近海农渔业区的 22 号站执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中的第一类海水水质标准；位于天涯海角旅游休闲娱乐区的 1、5 号站，位于三亚湾农渔业区的 7 号站和位于三亚湾旅游休闲娱乐区的 9、10、15、16、19 号站执行第二类海水水质标准；位于红塘港港口航运区的 2 号站和位于三亚港港口航运区的 20 和 23 号站执行第三类水质标准；位于海南岛西南部保留区的 3、4、8、12、13、17、18 和 21 号站以及位于红塘湾保留区的 6 号站水质维持现状。所有调查站位现状评价均按一类海水水质标准执行，超标站位再根据其相应所在功能区的要求执行标准进行评价。

表5.3-3 各调查站位水质评价标准

功能区	站位	执行海洋水质标准
天涯海角旅游休闲娱乐区	1、5	二类
红塘港港口航运区	2	三类
海南岛西南部保留区	3、4、8、12、13、17、18、21	维持现状
红塘湾保留区	6	维持现状
三亚湾农渔业区	7	二类
三亚湾旅游休闲娱乐区	9、10、15、16、19	二类
三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)	11、14	一类
三亚港港口航运区	20、23	三类
海南岛近海农渔业区	22	一类

根据监测结果，以各水质参数的监测值直接对照《海水水质标准》(GB3097 -1997)，采用《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)所推荐的单项水质参数法进行评价。

(1) 评价方法

根据监测结果，利用《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)所推荐的单项水质参数法进行评价。

① 单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数

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

式中：Si, j—i 污染物在 j 点的污染指数；

Ci, j—i 污染物在 j 点的实测浓度，mg/L；

Cs, j—i 污染物的评价标准，mg/L。

② DO 的标准指数为：

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

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

式中：S_{DO,j}—溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j—溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s—溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f—饱和溶解氧浓度，mg/L，对于河流，DO_f=468/(31.6+T)；对于盐度比较高的湖泊、水库及入海口、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。

③ pH 的标准指数为：

$$SpH = \frac{|pH - pHsm|}{DS}$$

$$pHsm = \frac{pHsu + pHsd}{2}, \quad DS = \frac{pHsu - pHsd}{2}$$

其中：

式中：SpH—评价因子的质量指数；pH

—测站评价因子的实测值；

pHsu—pH 评价标准的上限值；

pHsd—pH 评价标准的下限值；

水质参数的标准指数>1，表明该水质参数超过了规定的水质标准。

5.3.1.5 水质监测结果及评价

调查海域海域 2021 年 3 月水质调查结果统计见表 5.3-4。调查水质评价结果详见表 5.3-5。

评价结果表明：23 个海水水质调查站位各监测要素（Ph、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、SS、石油类、铜、铅、锌、镉、砷和汞均符合第一类海水水质标准。调查海域水质质量良好。

表5.3-4 水质监测结果(2021 年3 月)

站位	层次	水温 (°C)	pH	盐度	DO (mg/L)	COD (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	DIN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	石油类 (mg/L)	SS (mg/L)	As (µg/L)	Hg (µg/L)	Cu (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn µg/L)	Cd (µg/L)
X01	表层	26.4	8.32	32.940	7.00	0.71	0.014	0.0021	0.0097	0.026	0.0021	0.0104	25.1	1.0	0.032	0.7	0.36	13.3	0.08
X02	表层	26.7	8.33	32.758	7.12	0.86	0.021	0.0016	0.0043	0.027	0.0013	0.0069	32.5	1.1	0.013	0.9	0.26	5.0	0.08
	底层	26.5	8.36	32.798	7.11	0.88	0.013	0.0014	0.0060	0.020	0.0007	--	37	1.1	0.011	0.7	0.31	13.4	0.12
X03	表层	26.8	8.36	32.804	6.83	0.95	0.008	0.0010	0.0041	0.013	0.0013	0.0087	36.3	1.2	0.011	1.2	0.15	7.8	0.19
	底层	26.6	8.36	32.793	7.13	0.89	0.009	0.0012	0.0067	0.017	0.0021	--	28.2	1.1	0.014	0.7	0.26	5.6	0.16
X04	表层	27.1	8.37	32.456	7.17	0.60	0.012	0.0012	0.0050	0.018	0.0021	0.0065	32.5	1.2	0.009	1.4	0.15	13.3	0.14
	10m	27.0	8.37	32.770	7.13	0.73	0.013	0.0010	0.0056	0.020	0.0007	--	34.4	1.2	0.013	0.5	0.15	7.8	0.09
	底层	26.8	8.37	32.881	7.16	0.76	0.018	0.0012	0.0046	0.024	0.0007	--	37.1	1.2	0.013	1.7	0.26	7.8	0.09
X05	表层	25.9	8.37	32.871	7.00	0.80	0.010	0.0013	0.0089	0.020	0.0016	0.0083	42	1.2	0.011	0.8	0.36	7.8	0.12
X06	表层	25.5	8.38	32.864	7.01	0.88	0.014	0.0020	0.0111	0.027	0.0022	0.0067	30.4	1.2	0.014	0.8	0.31	8.4	0.12
	底层	25.2	8.37	32.791	7.13	0.68	0.010	0.0016	0.0094	0.021	0.0018	--	30.4	1.2	0.012	0.8	0.15	11.1	0.09
X07	表层	27.0	8.36	32.751	7.17	1.05	0.010	0.0015	0.0060	0.018	0.0019	0.0068	28.2	1.2	0.013	0.8	0.26	11.1	0.08
	10m	26.9	8.36	32.769	7.05	0.97	0.018	0.0016	0.0104	0.030	0.0024	--	37.3	1.3	0.015	0.8	0.15	8.9	0.11
	底层	26.8	8.36	32.749	7.19	1.03	0.005	0.0015	0.0071	0.014	0.0013	--	34.5	1.3	0.014	0.6	0.15	5.6	0.11
X08	表层	27.3	8.37	32.637	7.20	0.53	0.005	0.0010	0.0032	0.009	0.0010	0.0082	29.5	1.3	0.013	1.2	0.15	14.4	0.14
	10m	27.2	8.37	32.240	7.20	0.88	0.008	0.0013	0.0052	0.015	0.0010	--	29.9	1.0	0.013	1.2	0.26	12.2	0.12
	底层	27.0	8.37	32.675	7.09	0.76	0.018	0.0008	0.0043	0.023	0.0007	--	32.6	1.0	0.015	0.9	0.15	6.7	0.11
X09	表层	25.3	8.38	32.839	6.98	0.72	0.018	0.0016	0.0074	0.027	0.0010	0.0084	30.8	1.0	0.012	1.6	0.15	11.1	0.12
X10	表层	25.3	8.39	32.840	6.84	0.65	0.005	0.0014	0.0119	0.018	0.0021	0.0064	28.8	1.0	0.011	1.2	0.26	8.9	0.14
X11	表层	25.8	8.38	32.829	6.85	0.65	0.015	0.0025	0.0054	0.023	0.0021	0.0101	31.5	1.0	0.010	1.0	0.26	8.9	0.14
	底层	25.6	8.38	32.815	6.79	0.67	0.018	0.0033	0.0019	0.023	0.0013	--	27	1.1	0.010	0.8	0.15	10.0	0.12
	表层	25.7	8.39	32.906	6.96	0.92	0.009	0.0027	0.0027	0.014	0.0021	0.0066	28.2	1.1	0.010	1.5	0.26	15.6	0.16

X12	10m	25.6	8.38	32.896	7.05	0.76	0.002	0.0024	0.0021	0.007	0.0010	--	32.1	1.1	0.009	1.2	0.15	15.6	0.08
-----	-----	------	------	--------	------	------	-------	--------	--------	-------	--------	----	------	-----	-------	-----	------	------	------

	底层	25.5	8.38	32.742	7.04	0.53	0.008	0.0024	0.0027	0.013	0.0004	--	27.1	1.1	0.008	0.9	0.26	13.3	0.11
X13	表层	27.1	8.37	32.636	7.11	0.92	0.008	0.0010	0.0056	0.015	0.0021	0.0065	23.8	1.1	未检出	1.1	0.20	13.8	0.10
	10m	27.0	8.38	32.614	7.13	0.88	0.012	0.0010	0.0052	0.018	0.0026	--	30.6	1.1	未检出	0.8	0.15	3.8	0.04
	底层	26.9	8.36	32.644	7.07	0.62	0.011	0.0014	0.0086	0.021	0.0016	--	31.9	1.1	未检出	0.8	0.15	3.8	0.04
X14	表层	25.7	8.38	32.937	6.92	0.82	0.005	0.0039	0.0025	0.011	0.0010	0.0084	38.2	1.1	0.021	1.5	0.15	3.3	0.14
	底层	25.5	8.38	32.835	6.72	0.80	0.009	0.0054	0.0019	0.016	0.0016	--	25.8	1.1	0.021	0.7	0.15	5.6	0.16
X15	表层	25.1	8.38	32.805	6.87	0.54	0.010	0.0015	0.0114	0.023	0.0018	0.0154	27.1	1.2	0.022	0.9	0.31	9.4	0.15
X16	表层	26.0	8.38	32.803	6.72	1.16	0.007	0.0017	0.0016	0.010	0.0016	0.0066	30.9	1.1	0.023	1.7	0.26	8.9	0.16
	底层	25.8	8.39	32.779	6.80	0.89	0.003	0.0014	0.0031	0.008	0.0024	--	23.2	1.1	0.029	1.7	0.36	13.3	0.09
X17	表层	26.8	8.37	32.966	6.87	0.87	0.011	0.0046	0.0071	0.023	0.0010	0.0082	26.6	1.1	0.019	1.3	0.36	10.0	0.16
	底层	26.6	8.36	33.071	6.86	1.06	0.016	0.0052	0.0046	0.026	0.0021	--	32.4	1.1	0.015	1.4	0.26	10.0	0.04
X18	表层	25.3	8.39	32.828	6.87	0.66	0.009	0.0025	0.0024	0.014	0.0036	0.0066	32.7	1.1	0.019	1.2	0.26	15.6	0.08
	10m	25.2	8.38	32.875	7.13	0.66	0.005	0.0041	0.0039	0.013	0.0016	--	23.4	0.9	0.021	1.2	0.26	10.0	0.06
	底层	25.0	8.39	32.932	6.91	0.57	0.007	0.0020	0.0031	0.012	0.0016	--	25.8	1.0	0.022	0.6	0.15	11.1	0.09
X19	表层	25.0	8.38	32.848	6.94	0.68	0.004	0.0011	0.0070	0.012	0.0019	0.0064	32.3	1.0	0.023	1.0	0.26	8.9	0.09
X20	表层	24.9	8.39	32.407	7.00	0.88	0.006	0.0028	0.0042	0.013	0.0013	0.0083	36.2	1.0	0.025	1.2	0.20	8.9	0.06
	底层	24.7	8.39	32.988	6.78	0.60	0.008	0.0035	0.0030	0.015	0.0021	--	21.6	1.0	0.026	1.0	0.20	7.2	0.09
X21	表层	25.0	8.38	32.912	6.92	0.73	0.009	0.0027	0.0024	0.014	0.0013	0.0068	25.2	1.2	未检出	1.2	0.26	10.0	0.11
	10m	24.9	8.39	32.977	7.16	0.74	0.003	0.0023	0.0017	0.007	0.0019	--	30.1	1.2	未检出	1.0	0.26	8.9	0.11
	底层	24.7	8.39	32.949	6.87	0.46	0.005	0.0031	0.0017	0.010	0.0016	--	35.6	1.2	未检出	0.9	0.36	16.7	0.08
X22	表层	25.1	8.38	33.285	7.23	0.99	0.007	0.0031	0.0009	0.011	0.0007	0.0066	29.1	1.2	未检出	1.0	0.15	11.1	0.12
	10m	25.0	8.37	33.359	6.91	0.92	0.002	0.0014	0.0013	0.005	0.0016	--	27.3	1.2	未检出	0.6	0.15	12.2	0.17
	底层	24.8	8.38	33.378	6.91	0.82	0.003	0.0028	0.0017	0.008	0.0021	--	23.2	1.2	未检出	1.8	0.26	11.1	0.12
X23	表层	24.9	8.34	30.098	6.57	0.65	0.004	0.0027	0.0171	0.024	0.0090	0.0098	28.2	1.2	0.032	1.0	0.26	11.1	0.12
最小值		24.7	8.32	30.098	6.57	0.46	0.002	0.0008	0.0009	0.005	0.0004	0.0064	21.6	0.9	未检出	0.5	0.15	3.3	0.04

最大值	27.3	8.39	33.378	7.23	1.16	0.021	0.0054	0.0171	0.030	0.0090	0.0154	42.0	1.3	0.032	1.8	0.36	16.7	0.19
平均值	25.9	8.37	32.773	6.99	0.78	0.009	0.0021	0.0053	0.017	0.0018	0.0080	30.3	1.1	0.014	1.1	0.23	10.0	0.11
检出率%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80.85	100	100	100	100

表5.3-5 水质标准指数(一类)

站位	层次	pH	DO	COD	DIN	PO ₄ -P	石油类	As	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd
X01	表层	0.486	0.35	0.36	0.13	0.14	0.21	0.05	0.64	0.14	0.36	0.67	0.08
X02	表层	0.514	0.57	0.43	0.13	0.09	0.14	0.06	0.26	0.18	0.26	0.25	0.08
	底层	0.600	0.51	0.44	0.10	0.05	--	0.06	0.22	0.14	0.31	0.67	0.12
X03	表层	0.600	0.18	0.48	0.07	0.09	0.17	0.06	0.22	0.24	0.15	0.39	0.19
	底层	0.600	0.56	0.45	0.08	0.14	--	0.06	0.28	0.14	0.26	0.28	0.16
X04	表层	0.629	0.71	0.30	0.09	0.14	0.13	0.06	0.18	0.28	0.15	0.67	0.14
	10m	0.629	0.66	0.37	0.10	0.05	--	0.06	0.26	0.10	0.15	0.39	0.09
	底层	0.629	0.66	0.38	0.12	0.05	--	0.06	0.26	0.34	0.26	0.39	0.09
X05	表层	0.629	0.25	0.40	0.10	0.11	0.17	0.06	0.22	0.16	0.36	0.39	0.12
X06	表层	0.657	0.19	0.44	0.14	0.15	0.13	0.06	0.28	0.16	0.31	0.42	0.12
	底层	0.629	0.28	0.34	0.11	0.12	--	0.06	0.24	0.16	0.15	0.56	0.09
X07	表层	0.600	0.72	0.53	0.09	0.13	0.14	0.06	0.26	0.16	0.26	0.56	0.08
	10m	0.600	0.52	0.49	0.15	0.16	--	0.07	0.30	0.16	0.15	0.45	0.11
	底层	0.600	0.69	0.52	0.07	0.09	--	0.07	0.28	0.12	0.15	0.28	0.11
X08	表层	0.629	0.84	0.27	0.05	0.07	0.16	0.07	0.26	0.24	0.15	0.72	0.14
	10m	0.629	0.76	0.44	0.07	0.07	--	0.05	0.26	0.24	0.26	0.61	0.12
	底层	0.629	0.59	0.38	0.12	0.05	--	0.05	0.30	0.18	0.15	0.34	0.11
X09	表层	0.657	0.13	0.36	0.14	0.07	0.17	0.05	0.24	0.32	0.15	0.56	0.12
X10	表层	0.686	0.88	0.33	0.09	0.14	0.13	0.05	0.22	0.24	0.26	0.45	0.14
X11	表层	0.657	0.05	0.33	0.11	0.14	0.20	0.05	0.20	0.20	0.26	0.45	0.14
	底层	0.657	0.88	0.34	0.12	0.09	--	0.06	0.20	0.16	0.15	0.50	0.12
X12	表层	0.686	0.17	0.46	0.07	0.14	0.13	0.06	0.20	0.30	0.26	0.78	0.16
	10m	0.657	0.26	0.38	0.03	0.07	--	0.06	0.18	0.24	0.15	0.78	0.08

	底层	0.657	0.22	0.27	0.07	0.03	--	0.06	0.16	0.18	0.26	0.67	0.11
X13	表层	0.629	0.64	0.46	0.07	0.14	0.13	0.06	0.07	0.22	0.20	0.69	0.10
	10m	0.657	0.64	0.44	0.09	0.17	--	0.06	0.07	0.16	0.15	0.19	0.04
	底层	0.600	0.54	0.31	0.11	0.11	--	0.06	0.07	0.16	0.15	0.19	0.04
X14	表层	0.657	0.12	0.41	0.06	0.07	0.17	0.06	0.42	0.30	0.15	0.17	0.14
	底层	0.657	0.89	0.40	0.08	0.11	--	0.06	0.42	0.14	0.15	0.28	0.16
X15	表层	0.657	0.87	0.27	0.11	0.12	0.31	0.06	0.44	0.18	0.31	0.47	0.15
X16	表层	0.657	0.89	0.58	0.05	0.11	0.13	0.06	0.46	0.34	0.26	0.45	0.16
	底层	0.686	0.88	0.45	0.04	0.16	--	0.06	0.58	0.34	0.36	0.67	0.09
X17	表层	0.629	0.25	0.44	0.11	0.07	0.16	0.06	0.38	0.26	0.36	0.50	0.16
	底层	0.600	0.21	0.53	0.13	0.14	--	0.06	0.30	0.28	0.26	0.50	0.04
X18	表层	0.686	0.87	0.33	0.07	0.24	0.13	0.06	0.38	0.24	0.26	0.78	0.08
	10m	0.657	0.28	0.33	0.07	0.11	--	0.05	0.42	0.24	0.26	0.50	0.06
	底层	0.686	0.01	0.29	0.06	0.11	--	0.05	0.44	0.12	0.15	0.56	0.09
X19	表层	0.657	0.04	0.34	0.06	0.13	0.13	0.05	0.46	0.20	0.26	0.45	0.09
X20	表层	0.686	0.07	0.44	0.07	0.09	0.17	0.05	0.50	0.24	0.20	0.45	0.06
	底层	0.686	0.88	0.30	0.07	0.14	--	0.05	0.52	0.20	0.20	0.36	0.09
X21	表层	0.657	0.02	0.37	0.07	0.09	0.14	0.06	0.07	0.24	0.26	0.50	0.11
	10m	0.686	0.27	0.37	0.04	0.13	--	0.06	0.07	0.20	0.26	0.45	0.11
	底层	0.686	0.07	0.23	0.05	0.11	--	0.06	0.07	0.18	0.36	0.84	0.08
X22	表层	0.657	0.41	0.50	0.06	0.05	0.13	0.06	0.07	0.20	0.15	0.56	0.12
	10m	0.629	0.03	0.46	0.02	0.11	--	0.06	0.07	0.12	0.15	0.61	0.17
	底层	0.657	0.01	0.41	0.04	0.14	--	0.06	0.07	0.36	0.26	0.56	0.12
X23	表层	0.543	0.91	0.33	0.12	0.60	0.20	0.06	0.64	0.20	0.26	0.56	0.12
最大值		0.686	0.91	0.58	0.15	0.6	0.31	0.07	0.64	0.36	0.36	0.84	0.19
最小值		0.486	0.01	0.23	0.02	0.03	0.13	0.05	0.07	0.1	0.15	0.17	0.04
超标率		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：样品检出率大于 1/2 时，未检出按检出限的 1/2 量值参与统计；样品检出率小于 1/2 时，未检出按检出限的 1/4 量值参与统计。

5.4 沉积物质量现状调查与评价

本报告引用海南安纳检测技术有限公司《三亚市三亚湾西段砂质海岸保护修复工程海洋环境现状调查报告》中的调查资料，海南安纳检测技术有限公司于 2021 年 03 月在项目附近海域进行水质、沉积物、生态调查调查，海洋沉积物监测站位 12 个。具体调查站位详见表 5.4-1 及图 5.4-1。

5.4.1 调查项目

沉积物质量调查主要包括：有机碳、硫化物、油类、重金属(Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As)等。

5.4.2 分析方法

沉积物质量调查分析方法依据《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)的有关要求进行，按照表 5.4-1 的方法进行分析。

表 5.4-1 沉积物项目分析方法

	监测项目	分析方法	检出限	检测标准(方法)名称
沉积物	有机碳	重铬酸钾氧化-还原法	--	《海洋监测规范 第 5 部分 沉积物分析》(GB 17378.5 -2007)
	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg	
	油类	紫外分光光度法	3.0mg/kg	
	总汞	原子荧光法	0.002mg/kg	
	砷	原子荧光法	0.06mg/kg	
	铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.5mg/kg	
	铅	无火焰原子吸收分光光度法	1.0mg/kg	
	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.05mg/kg	
	锌	无火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg	

5.4.3 评价标准和评价方法

根据《海南省海洋功能区划(2011~2020 年)》要求，位于天涯海角旅游休闲娱乐区的 1 和 5 号站，位于红塘港港口航运区的 2 号站，位于三亚湾旅游休闲娱乐区的 9 和 15 号站，海南岛近海农渔业区的 22 号站位执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中的第一类沉积物标准；位于三亚港港口航运区的 20 号站执行第二类沉积物标准；位于海南岛西南部保留区的 4、8、13、18 号站和位于红塘湾保留区的 6 号站沉积物维持现状。所有调查站位现状评价均按一类沉积物标准执行，超标站位再根据其相应所在功能区的要求执行标准进行评价。

评价方法：采用单因子标准指数法进行，公式如下：

$$I_i=C_i/S_i$$

式中： I_i — i 项评价因子的标准指数；

C_i — i 项评价因子的实测值；

S_i — i 项评价因子的评价标准值。

评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项沉积物质量已超过了规定的标准。

5.4.4 沉积物监测结果与评价

沉积物监测结果见表 5.4-2，评价结果见表 5.4-3。

调查结果表明：各站位表层沉积物各监测要素（硫化物、有机碳、石油类、砷、汞、锌、铜、镉、铅和铬）均符合第一类海洋沉积物质量标准。调查海域沉积物质量状况良好。

表5.4-2 海域海洋沉积物监测结果

站号	硫化物 ($\times 10^{-6}$)	石油类 ($\times 10^{-6}$)	有机碳 ($\times 10^{-2}$)	砷 ($\times 10^{-6}$)	总汞 ($\times 10^{-6}$)	锌 ($\times 10^{-6}$)	铅 ($\times 10^{-6}$)	铜 ($\times 10^{-6}$)	镉 ($\times 10^{-6}$)
X01	3.1	77.8	0.91	7.88	0.037	76.8	9.6	6.9	0.05
X02	3.6	6.4	0.56	11.20	0.016	77.8	13.8	8.4	0.16
X04	2.7	11.7	0.72	9.16	0.014	91.7	18.9	11.7	0.18
X05	3.3	30.0	0.70	9.51	0.025	71.8	24.4	10.3	0.17
X06	4.3	33.5	0.44	7.63	0.012	47.6	20.4	6.5	0.10
X08	3.6	15.9	0.87	7.85	0.018	85.0	30.7	18.6	0.23
X09	0.9	4.4	0.26	8.44	0.003	43.6	14.9	3.2	0.10
X13	2.4	6.8	0.58	6.31	0.008	104.0	24.4	11.2	0.24
X15	2.9	41.3	0.46	9.76	0.025	50.9	23.1	6.4	0.19
X18	1.9	13.4	0.84	9.75	0.020	92.5	23.4	10.6	0.16
X20	10.6	78.2	0.81	9.66	0.010	62.4	24.4	14.6	0.14
X22	3.2	7.1	0.84	10.80	0.011	87.6	22.2	13.0	0.17
最小值	0.9	4.4	0.26	6.31	0.003	43.6	9.6	3.2	0.05
最大值	10.6	78.2	0.91	11.20	0.037	104.0	30.7	18.6	0.24
平均值	3.5	27.2	0.67	9.00	0.017	74.3	20.9	10.1	0.16
检出率%	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表5.4-3 海洋沉积物评价指数表(第一类)

站号	硫化物	石油类	有机碳	砷	总汞	锌	铅	铜	镉
X01	0.01	0.16	0.46	0.39	0.19	0.51	0.16	0.20	0.10
X02	0.01	0.01	0.28	0.56	0.08	0.52	0.23	0.24	0.32
X04	0.01	0.02	0.36	0.46	0.07	0.61	0.32	0.33	0.36
X05	0.01	0.06	0.35	0.48	0.13	0.48	0.41	0.29	0.34
X06	0.01	0.07	0.22	0.38	0.06	0.32	0.34	0.19	0.20
X08	0.01	0.03	0.44	0.39	0.09	0.57	0.51	0.53	0.46
X09	0.00	0.01	0.13	0.42	0.02	0.29	0.25	0.09	0.20
X13	0.01	0.01	0.29	0.32	0.04	0.69	0.41	0.32	0.48
X15	0.01	0.08	0.23	0.49	0.13	0.34	0.39	0.18	0.38
X18	0.01	0.03	0.42	0.49	0.10	0.62	0.39	0.30	0.32
X20	0.04	0.16	0.41	0.48	0.05	0.42	0.41	0.42	0.28
X22	0.01	0.01	0.42	0.54	0.06	0.58	0.37	0.37	0.34

最大值	0.04	0.16	0.46	0.56	0.19	0.69	0.51	0.53	0.48
最小值	0.00	0.01	0.13	0.32	0.02	0.29	0.16	0.09	0.10
超标率%	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：样品检出率大于等于 1/2 时，未检出按检出限的 1/2 量值参与统计；样品检出率小于 1/2 时，未检出按检出限的 1/4 量值参与统计。

5.5 生态环境现状调查与评价

本报告引用海南安纳检测技术有限公司《三亚市三亚湾西段砂质海岸保护修复工程海洋环境现状调查报告》中的调查资料，海南安纳检测技术有限公司于 2021 年 03 月在项目附近海域进行水质、沉积物、生态调查调查，海洋生态环境调查站位 12，渔业资源调查站位 12 个，海洋生物质量监测站位 12 个，潮间带生物调查 3 条断面。具体调查站位详见表 5.3-1 及图 5.3-1。

5.5.1 调查方法

浮游植物：

采样方法是按《海洋调查规范》GB12763.6-2007 中的有关浮游生物调查的规定进行。利用浅水III型浮游生物网采样，拖网方式为底—表垂直拖。采用 5%中性福尔马林溶液固定带回实验室，进行种类鉴定及按个体计数法进行计数、统计和分析。

浮游动物：

采样方法是按《海洋调查规范》GB12763.6-2007 中的有关浮游生物调查的规定进行，利用浅水I型浮游生物网采样，拖网方式为底—表垂直拖。采用 5%中性福尔马林溶液固定带回实验室，进行称重、种类鉴定、计数、统计和分析。

鱼卵与仔稚鱼：

采样方法是按《海洋调查规范》GB/T12763.6-2007 中的有关鱼类浮游生物调查的规定进行，利用浅水I型浮游生物网采样，定性样品采用平行拖网采集，定量样品采用底—表垂直拖网采集。采用 5%中性福尔马林溶液固定带回实验室，进行称重、种类鉴定、计数、统计和分析。

大型底栖生物：

大型底栖生物的定量采样用张口面积为 0.067m² 的采泥器进行，每个站采样 3 次。定性样品采用阿氏拖网采集，拖拽时间为 10~15min，拖速为 2-3 节。采集样品采用 75% 无水乙醇固定带回实验室，进行称重、种类鉴定、计数、统计和分析。

游泳动物：

项目所在海区地形较为复杂，根据现场情况在使用单拖网渔船进行捕捞作业，拖网渔船为“琼临渔 00419”，网衣全长 45m，宽 15m，网具曳纲长度为 300m，囊网网目为 50mm。现场调查采样方法按《海洋监测规范》（GB17378.5-2007）、《海洋调查规范 海洋生物调查》（GB 12763.6-2007）进行。游泳动物采用底拖网生产渔船现场试捕法进行，根据调查站位现场条件，调整连续拖曳时间和拖速。渔获样品分析先将较大和稀有种类的渔获物单独挑出，然后随机采集 20kg 渔获样品供进一步分析，渔获物不足 20kg 时，则全部取样。每个站位的渔获样品，均进行生物学测定。

优势渔获物分析通过 Pinkas 等应用的相对重要性指标（IRI）来确定：

$$IRI = (N+W) \times F \times 10^4$$

N 为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比；W 为某种类的质量占总渔获质量的百分比；F 为某种类在调查中被捕获的站位数与总调查站位数之比。本报告以 IRI 大于 100 为优势种资源密度(kg/km²)和现存资源量(t)根据扫海面积法估算，公式如下：

$$D = Y \times 10^{-3} / (A(1-E)) \quad B = D \cdot S$$

B=现存资源量 (t)，D=资源密度 (kg/km²)，A=每小时扫海面积 (km²/h)，S=调查监测水域面积 (km²)，Y=平均渔获率 (kg/h)，E=逃逸率 (这里取 0.5)

潮间带生物：

(1) 生物样品的采集方法

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

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

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

(2) 生物样品处理与保存

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

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

挑拣：

3) 按序加入 5%福尔马林固定液，余渣用四氯四碘荧光素染色剂固定液固定；

4) 对受刺激易引起收缩或自切的种类(如腔肠动物、纽形动物)，先用水合氯醛或乌来糖进行麻醉后再固定，某些多毛类(如沙蚕科、吻沙蚕科)，先用淡水麻醉，挤出吻部，再用福尔马林固定，对于大型海藻，除用福尔马林固定外，最好带回一些完整的新鲜藻体，制作腊叶标本。

生物质量：

分别选取鱼类、软体类、贝类的常见种各 1~2 种，包括双壳类、甲壳类、鱼类、大型藻类等，分袋、冰冻保存，取可食部分进行分析。

1. 样品采集

样品选取渔业资源调查的优势种和潮间带调查的优势种。

2. 样品制备

1) 贝类样品的制备

用塑料刀或塑料刷除去贝壳外部所有的附作物，用蒸馏水或清洁海水漂洗每一个样品个体，让其自然流干，拉出足丝。用天平称个体全重，并记下重量。用另一把塑料刀插入足丝神出口，切断闭合肌，打开贝壳。用蒸馏水或清洁海水洗贝壳内的软组织，用塑料刀和镊子取出软组织，让水流尽。

单个样品：按上述步骤将至少 10 个个体的软组织放入已称重的塑料容器内，再称重，记下鲜重。盖紧，贴上标签。用尺子测量并记录贝壳长度。

多个样品：按上述步骤将至少 10 个个体的软组织放入已知重量的塑料容器中，称重，记下鲜重。于匀浆器中匀化样品，将匀浆样放回原塑料容器，再称重，并记录总重量，计算匀浆样重。贴上样品标签。

各生物个体大小应相近，并在取出生物组织前分别测量其个体长度和总重量。

2) 单个样品用尺子量虾体长，将虾放在聚乙烯称样膜上，称重，记下长度和鲜重。用塑料刀将腹部和头胸部及尾部分开，小心将其内脏从腹部取出。腿全部切除。将腹部翻下，用塑料刀沿腹部外甲边缘切开，用塑料镊子取出肌肉。检查性腺，记录所鉴别的性别。用镊子将肌肉移入塑料容器中，称重并记录鲜重。盖紧容器，标上号码。将几个容器一起放入同一塑料袋中，并附样品登记清单，结紧袋口，低温冰箱中保存。

多个样品按上述方法制备样品，仔细地记录各个个体长度、鲜重、腹部肌肉重和性别。每个样品须包括 6 个以上性别相同、大小相近的个体肌肉。将样品放入匀浆器中匀化腹部肌

肉，转入已知重量的塑料容器中盖紧，标上号码，称重，记下鲜重和其他数据。将几个容器放在同一塑料袋中，并附上样品登记清单，结紧袋口，在低温冰箱中保存。

3) 中小型鱼样制备

单个个体样品先测量鱼的叉长，并于聚乙烯称样膜上称重。鉴定性腺性别，记下叉长和体重。用蒸馏水或清洁海水洗涤鱼样，将它放在工作台上，用塑料刀切除胸鳍并切开背鳍附近自头至尾部的鱼皮。在鳃附近和尾部，横过鱼体各切一刀；在腹部，鳃和尾部两侧各切一刀。四刀只切在鱼体一侧，且不得切太深，以免切开内脏，玷污肉片。用镊子将鱼皮与肉片分离，谨防外表皮玷污肉片。用另一把塑料刀将肌肉与脊椎分离，并用镊子取下肌肉。将组织盛于塑料容器中，称重并记录重量。若一侧的肌肉量不能满足分析用量，取另一侧肌肉补充。盖紧容器，贴上标签或记号，做好记录，于低温冰箱中保存。

多个体样品要仔细记下各个体长、鲜重。肌肉重。个体数不应少于 6 个，且性别应相同，大小相近。用匀浆器匀化鱼组织，将匀浆样转入已知重量的塑料容器中，盖紧，贴上标签并称重，记下匀浆样重和其他数据。置于低温冰箱中存放。

4) 大型鱼样制备

若必要，将现场采集的样品放在-2℃-4℃冰箱中过夜，使部分解冻以便于切片。用蒸馏水或清洁海水洗涤鱼样。将鱼样置于清洁的工作台上，剔除残存的皮和骨，用塑料刀切去表层，再用另一把塑料刀重复操作一次，。留下不受污染的肌肉组织。将肌肉组织放入塑料容器中，盖紧，贴上标签，称重，将数据记入记录表，样品存于低温冰箱中。

5.5.2 评价方法

(1) 生物质量

海洋生物质量评价因子有石油烃、铜、铅、锌、镉、总汞、砷。

海洋生物质量(双壳贝类)评价标准采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)规定的标准值；其它甲壳类、鱼类和软体类目前国家尚未颁布统一的评价标准，生物体内污染物质(Hg、As、Zn、Pb、Cd、Cu)含量评价标准采用《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，石油烃含量采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的生物质量标准。各评价因子的评价标准值见表 5.5-2。

表 5.5-1 生物体内污染物评价标准 (单位: $\times 10^{-6}$)

生物类别	汞(Hg)	铜(Cu)	铅(Pb)	镉(Cd)	锌(Zn)	砷(As)	石油烃
贝类(一类)	0.05	10	0.1	0.2	20	1.0	15
贝类(二类)	0.10	25	2.0	2.0	50	5.0	50
贝类(三类)	0.3	50	6.0	5.0	100	8.0	80

		(牡蛎 100)			(牡蛎 500)		
甲壳类	0.2	100	2.0	2.0	150	8.0	20
鱼类	0.3	20	2.0	0.6	40	5.0	20
软体类	0.3	100	10	5.5	250	10	20

(2) 海洋生态数据处理和评价

① 初级生产力

采样方法是按《海洋监测规范》GB17378.7-2007 中有关叶绿素 a 调查的规定进行。使用紫外分光光度计测定叶绿素 a 的含量。

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

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

式中:

P—现场初级生产力(mg·C/(m²·d))

Chla—真光层内平均叶绿素 a 含量(mg/m³)

Q—不同层次同化指数算术平均值,取 3.71

D—昼长时间(h),根据季节和海区情况取 12.0 小时

E—真光层深度(m),取透明度(m)×2.71

② 优势度、多样性指数、均匀度、丰富度和单纯度

用反映生物群落特征指数,优势度、多样性指数(H')、均匀度(J)、丰富度和单纯度对所调查的生物群落结构特征进行分析。计算公式如下:

优势度(Y):

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

Shannon-Wiener 多样性指数:

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

Pielou 均匀度指数:

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

式中： $P_i = n_i/N$ ； $H_{max} = \log_2 S$ ，为最大多样性指数； n_i ：第*i*种的个体数量(ind.·m²)；
 N ：某站总生物数量(ind.·m²)； f_i ：某种生物的出现频率(%)； S ：出现生物总种数。

丰富度指数：

$$d = (S-1) / \log_2 N$$

d 表示丰富度指数； S 表示样品中的总种数； N 表示群落中所有物种的总丰度

单纯度指数：

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

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

5.5.3 调查结果

5.5.3.1 叶绿素 a 与初级生产力

(1) 调查结果

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照按联合国教科文组织 (UNESCO) 推荐的下列公式：
 $P = Chla * Q * D * E / 2$ 计算，其结果见表 5.5-2。

表5.5-2 调查海区叶绿素a 含量和初级生产力

站号	透明度 (m)	叶绿素 a 含量(μg/L)			初级生产力 mg·C/ (m ² ·d)
		表层	10m	底层	
X01	3.5	1.00	--	--	211.14
X02	5.7	1.00	--	0.78	306.03
X04	6.2	0.56	0.44	0.56	194.49
X05	3.2	0.78	--	--	150.57
X06	5.6	0.56	--	0.94	253.36
X08	6.5	0.44	0.78	0.44	216.97
X09	2.4	0.73	--	--	105.69
X13	6.7	0.44	0.32	0.34	148.20
X15	2.2	1.01	--	--	134.04
X18	7.0	0.88	0.66	0.78	326.56
X20	3.5	4.28	--	1.46	605.96
X22	7.2	0.66	0.46	0.66	257.71
范围		0.44~4.28	0.32~0.78	0.34~1.46	105.69~605.96

注：符号“--”为水深不到采集层次。

由表 5.5-2 可见，调查海区叶绿素 a 含量范围是 (0.32~4.28μg/L，平均值为0.84μg/L。调查海区初级生产力变化范围是 (105.69~605.96mg·C/m²·d，平均值是242.56mg·C/m²·d。

(2) 小结

调查海区叶绿素 a 含量范围是 (0.32~4.28) $\mu\text{g/L}$, 平均值为 0.84 $\mu\text{g/L}$ 。调查海区初级生产力变化范围是 (105.69~605.96) $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$, 平均值是 242.56 $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

5.5.3.2 浮游植物

(1) 种类组成

根据本次调查所采集到的样品, 调查海域共鉴定到浮游植物 3 门 22 属 54 种 (包括变型及变种) (表 5.5-3)。其中, 硅藻 18 属 39 种, 占浮游植物种类数的 53.70%; 甲藻门 3 属 13 种, 占种类数的 24.07%; 蓝藻门 1 属 2 种, 均占种类数的 3.70%。

(2) 细胞密度

各调查站位浮游植物的细胞密度介于 (0.51~7.40) $\times 10^4 \text{cells}/\text{m}^3$ 之间, 平均细胞密度为 2.45 $\times 10^4 \text{cells}/\text{m}^3$ 。详见表 5.5-4。

表 5.5-4 各站位浮游植物细胞密度 ($\times 10^4 \text{cells}/\text{m}^3$)

站位	细胞密度 ($\times 10^4 \text{cells}/\text{m}^3$)
X01	6.08
X02	1.79
X04	0.51
X05	2.28
X06	1.37
X08	0.67
X09	7.40
X13	0.84
X15	4.51
X18	1.17
X20	1.49
X22	1.29
平均值	2.45

表5.5-3 调查海域浮游植物种类名录

中文名	拉丁文名	站位											
		X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
硅藻门	Bacillariophyceae												
日本星杆藻	<i>Asterionella japonica</i>							√		√			
标志星杆藻	<i>Asterionella notata</i>	√	√	√	√	√		√		√	√	√	√
派格棍形藻	<i>Bacillaria paxillifera</i>	√	√			√							
双角角管藻	<i>Cerataulina bicornis</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> var. <i>affinis</i>									√			
紧挤角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i>	√	√			√		√			√		
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>									√			
密连角毛藻	<i>Chaetoceros densus</i>											√	
齿角毛藻	<i>Chaetoceros denticulatus</i> f. <i>denticulatus</i>		√										
远距角毛藻	<i>Chaetoceros distans</i>							√					
罗氏角毛藻	<i>Chaetoceros lauderi</i>							√					
劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		√	√						√	√		√
窄面角毛藻	<i>Chaetoceros paradaxus</i>							√					
威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>					√					√		
强氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus janischii</i>												√
琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>							√					
虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>				√								

“√”表示在该站位采集到

表5.5-3 调查海域浮游植物种类名录（续表）

中文名	拉丁文名	站位											
		X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
细弱圆筛藻	<i>Coscinodiscus subtilis</i> var. <i>subtilis</i>			√					√		√		
蜂腰双壁藻	<i>Diploneis bombus</i>							√		√			
唐氏藻	<i>Donkinia</i> sp.			√				√					
薄壁几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i>		√			√	√		√		√		√
哈氏半盘藻	<i>Hemidiscus hardmannianus</i>		√										
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>												√
具槽直链藻	<i>Melosira sulcata</i>								√				
膜状舟形藻	<i>Navicula membranacea</i>					√							
新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i>							√		√			
洛氏菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>lorenziana</i>	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	
菱形藻	<i>Nitzschia</i> sp.						√	√	√	√			
羽纹藻	<i>Pinnularia</i> sp.	√	√	√	√			√			√		
曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> sp.	√	√			√	√		√		√	√	
尖刺拟菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	√						√					
翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i>				√								√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-3 调查海域浮游植物种类名录（续表）

中文名	拉丁文名	站位											
		X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
翼根管藻细径变种	<i>Rhizosolenia alata f. gracillima</i>		√	√					√			√	√
覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata var. imbricata</i>	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	
覆瓦根管藻细径变种	<i>Rhizosolenia imbricata var. schrubslei</i>					√		√			√	√	√
中华根管藻	<i>Rhizosolenia sinensis</i>	√	√									√	
笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis var. styliformis</i>		√	√		√	√			√	√	√	√
针杆藻	<i>Synedra sp.</i>							√			√		
覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata var. imbricata</i>	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	
覆瓦根管藻细径变种	<i>Rhizosolenia imbricata var. schrubslei</i>					√		√			√	√	√
中华根管藻	<i>Rhizosolenia sinensis</i>	√	√									√	
甲藻门	Dinophyceae												
具尾鳍藻	<i>Dinophysis caudate</i>				√	√	√		√		√	√	
偏转新角藻	<i>Neoceratium deflexum</i>		√	√		√	√		√			√	√
镰状新角藻	<i>Neoceratium falcatum</i>						√	√					√
叉状新角藻	<i>Neoceratium furca</i>	√	√		√	√	√	√	√		√	√	√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-3 调查海域浮游植物种类名录（续表）

中文名	拉丁文名	站位											
		X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
梭状新角藻	<i>Neoceratium fusus</i>	√	√	√			√		√		√	√	√
卡氏新角藻	<i>Neoceratium karstenii</i>		√	√		√	√		√		√	√	√
新月新角藻	<i>Neoceratium lunula</i>										√		
大角新角藻	<i>Neoceratium macroceros</i>								√			√	
反转新角藻	<i>Neoceratium massiliense</i>			√			√						
波状新角藻	<i>Neoceratium trichoceros</i>	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√
三角新角藻	<i>Neoceratium tripos</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
短角新角藻	<i>Neoceratium breve</i>		√	√		√	√			√	√	√	√
夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>	√	√	√	√	√	√			√	√	√	√
蓝藻门	Cyanobacteria												
汉氏束毛藻	<i>Trichodesmium hildebrandtii</i>					√					√	√	√
铁氏束毛藻	<i>Trichodesmium thiebautii</i>		√	√							√		

“√”表示在该站位采集到

(3) 优势种

优势种的确定由优势度决定, 计算公式: $Y = P_i \times f_i$, f_i 为第 i 种在各个站位出现的频率。根据实际调查情况, 本次调查将浮游植物的优势度 ≥ 0.02 的种类作为该海域的优势种类。

调查海域浮游植物优势种为: 标志星杆藻、新月菱形藻、双角角管藻、三角新角藻、洛氏菱形藻、夜光藻、覆瓦根管藻、波状新角藻、卡氏新角藻、叉状新角藻。优势种见表5.5-5。

表5.5-5 浮游植物优势种和优势度

优势种	拉丁文名	平均密度 ($\times 10^4$ cells/m ³)	占总密度的比例 (%)	出现频率 (%)	优势度
标志星杆藻	<i>Asterionella notata</i>	0.55	22.58	83.00	0.19
新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium</i>	0.22	8.94	92.00	0.08
双角角管藻	<i>Cerataulina bicornis</i>	0.18	7.19	100.00	0.07
三角新角藻	<i>Neoceratium tripos</i>	0.14	5.77	100.00	0.06
洛氏菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>lorenziana</i>	0.15	6.07	83.00	0.05
夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>	0.13	5.22	83.00	0.04
覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>imbricata</i>	0.10	4.14	83.00	0.03
波状新角藻	<i>Neoceratium trichoceros</i>	0.06	2.25	92.00	0.02
卡氏新角藻	<i>Neoceratium karstenii</i>	0.08	3.40	67.00	0.02
叉状新角藻	<i>Neoceratium furca</i>	0.06	2.39	83.00	0.02

(4) 丰富度、单纯度、多样性指数与均匀度

浮游植物多样性反映其种类的多寡和各个种类数量分配的函数关系, 均匀度则反映其种类数量的分配情况, 可以作为水质监测的参数。

计算结果表明, 调查期间各站位的浮游植物丰富度指数 (D) 介于 0.83~1.85 之间, 平均值为 1.35; 单纯度 (C) 指数介于 0.07~0.46 之间, 平均值为 0.15; 多样性指数 (H') 介于 2.08~4.09 之间, 平均值为 3.53; 均匀度指数 (J') 介于 0.52~0.91 之间, 平均值为 0.82。结果见表 5.5-6。

表5.5-6 丰富度 (D)、单纯度 (C)、多样性指数 (H') 和均匀度 (J')

站位	D	C	H'	J'
X01	0.94	0.46	2.08	0.52
X02	1.70	0.11	3.83	0.82

X04	1.46	0.09	3.82	0.90
X05	0.83	0.32	2.46	0.66
X06	1.46	0.10	3.69	0.84
X08	1.49	0.10	3.72	0.86
X09	1.30	0.07	4.07	0.91
X13	1.23	0.10	3.67	0.90
X15	1.03	0.11	3.57	0.87
X18	1.85	0.08	4.09	0.87
X20	1.51	0.09	3.92	0.88
X22	1.39	0.13	3.39	0.78
平均值	1.35	0.15	3.53	0.82

(5) 小结

根据本次调查所采集到的样品，调查海域共鉴定到浮游植物 3 门 22 属 54 种（包括变型及变种）。各调查站位浮游植物的细胞密度介于 $(0.51\sim 7.40)\times 10^4\text{cells/m}^3$ 之间，平均细胞密度为 $2.45\times 10^4\text{cells/m}^3$ 。

调查海域浮游植物优势种为：标志星杆藻、新月菱形藻、双角角管藻、三角新角藻、洛氏菱形藻、夜光藻、覆瓦根管藻、波状新角藻、卡氏新角藻、叉状新角藻。

调查期间各站位的浮游植物丰富度指数 (D) 介于 0.83~1.85 之间，平均值为 1.35；单纯度 (C) 指数介于 0.07~0.46 之间，平均值为 0.15；多样性指数 (H') 介于 2.08~4.09 之间，平均值为 3.53；均匀度指数 (J') 介于 0.52~0.91 之间，平均值为 0.82。

5.5.3.3 浮游动物

(1) 种类组成

据本次调查所采集到的标本鉴定，调查海域浮游动物共有 11 类 50 属 58 种(表 5.5-7)，不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼。其中，桡足类最多，有 25 属 32 种，占浮游动物总种数 55.17%；水螅水母类有 6 属 7 种，占浮游动物总种数的 12.07%；毛颚类有 3 属 3 种，占浮游动物总种数 5.17%；被囊类和端足类均有 4 属 4 种，占浮游动物总种数的 6.90%；介形类和枝角类均有 2 属 2 种，占浮游动物总种数的 3.45%；十足类、原足类、浮游软体类和原生动物类均有 1 属 1 种，占浮游动物总种数的 1.72%；另 11 个类别浮游幼体和鱼卵。

表 5.5-7 调查海域浮游动物种类名录

门类	中文名	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
桡足类														
	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√
	驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>			√				√		√	√		
	椭圆形长足水蚤	<i>Calanopia elliptica</i>	√											
	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√
	伯氏平头水蚤	<i>Candacia bradyi</i>		√			√			√		√	√	√
	微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>	√	√	√				√		√	√	√	
	瘦胸刺水蚤	<i>Centropages gracilis</i>			√									
	奥氏胸刺水蚤	<i>Centropages orsinii</i>	√			√							√	
	瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i>				√							√	
	长尾基齿水蚤	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>		√		√						√		
	奇浆水蚤	<i>Copilia mirabilis</i>										√		
	美丽大眼水蚤	<i>Corycaea (corycaea) speciosus</i>											√	
	灵巧大眼水蚤	<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) catus</i>	√	√					√					√
	亮大眼水蚤	<i>Corycreus (ditrichocorycaeus) andrewsi</i>	√		√	√			√		√	√	√	
	红大眼水蚤	<i>Corycreus (Ditrichocorycaeus) erythraeus</i>		√								√		√
	精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i>	√									√	√	√
	后截唇角水蚤	<i>Labidocera detruncata</i>	√						√					
	小唇角水蚤	<i>Labidocera minuta</i>			√									
	短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i>	√	√		√	√							
	长腹剑水蚤属一种	<i>Oithona sp.</i>									√			
	丽隆水蚤	<i>Oncaea venusta</i>	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√
	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	√		√		√	√		√		√		√
	细拟真哲水蚤	<i>Paraucalanus attenuatus</i>										√	√	
	叉刺角水蚤	<i>Pontella chierchiae</i>												√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-7 调查海域浮游动物种类名录（续表）

门类	中文名	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
	莫氏小角水蚤	<i>Pontellina morii</i>		√										
	瘦尾筒角水蚤	<i>Pontellopsis tenuicauda</i>										√		√
	黑点叶水蚤	<i>Sapphirina nigromaculata</i>				√				√		√		
	丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i>		√								√		
	亚强次真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	√	√	√	√		√		√		√	√	√
	异尾宽水蚤	<i>Temora discaudata</i>	√	√	√		√	√		√		√	√	√
	锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>		√	√		√	√		√		√		
水螅虫类														
	半球美螅水母	<i>Clytia hemisphaerica</i>	√			√								
	马来美螅水母	<i>Clytia malayense</i>	√			√								
	双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>	√			√							√	√
	细腺和平水母	<i>Eirene tenuis</i>				√								
	间腺梅尔水母	<i>Mayeri intergona</i>	√	√		√								
	曲膝蕈枝螅水母	<i>Obelia geniculata</i>	√											
	斑点蝶水母	<i>Ocyropsis crystallina</i>	√					√				√		√
毛颚类														
	凶型猛箭虫	<i>Ferosagitta ferox</i>	√	√	√	√	√	√		√		√	√	√
	肥胖软箭虫	<i>Flaccisagitta enflata</i>	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√
	百陶带箭虫	<i>Zonosagitta bedoti</i>	√	√	√	√	√					√	√	√
十足类														
	间型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>	√	√	√	√	√	√					√	
被囊类														
	软拟海樽	<i>Dolioletta gegenbauri</i>				√		√					√	
	小齿海樽	<i>Dolium denticulatum</i>	√	√		√				√		√	√	√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-7 调查海域浮游动物种类名录（续表）

门类	中文名	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>	√			√	√					√		√
	殖包囊虫	<i>Stegosoma magnum</i>										√		√
端足类														
	贪婪短腿狼（虫戎）	<i>Brachyscelus rapax</i>										√		
	螺赢蜚科一种	Corophiidae...gen sp.												√
	孟加蛮（虫戎）	<i>Lestrigonus bengalensis</i>	√									√	√	
	细尖小涂氏（虫戎）	<i>Tullbergella cuspidata</i>										√	√	
枝角类														
	鸟喙尖头溇	<i>Penilia avirostris</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	肥胖三角溇	<i>Pseudevadne tergestina</i>		√				√						
介形类														
	小型海萤	<i>Cypridina nana</i>										√		
	针刺真浮萤	<i>Euconchoecia aculeata</i>		√			√					√		
原足类														
	细螯小原足虫	<i>Leptochelia dubia</i>				√								
原生动物类														
	大囊海眼虫	<i>Haliomma macrodoras</i>					√							√
浮游软体类														
	马蹄蛞蝓	<i>Limacina trochiformis</i>												√
浮游幼体														
	海星幼体	Asteroidea larva			√			√		√				√
	短尾类幼体	Brachyura larva	√	√	√	√	√		√		√	√	√	√
	桡足类幼体	Copepodid larva		√										
	海胆幼体	Echinoidea larva			√			√						
	腹足类幼体	Gastropod larva	√	√										√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-7 调查海域浮游动物种类名录（续表）

门类	中文名	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
	水螅水母幼体	Hydroidomedusa larva												√
	（虫戎）幼体	Hyperideida larva				√								
	长尾类幼体	Macrura larva	√	√	√	√					√	√	√	√
	无节幼体	Nauplius	√				√							√
	海蛇尾幼体	Ophiuroidea larva												√
	多毛类幼体	<i>Polychaeta larva</i>	√			√	√		√			√		√
其他														
	鱼卵	Fish egg	√	√	√	√			√	√	√	√	√	√
	仔鱼	Fish larva	√	√	√	√			√	√	√	√	√	√

“√”表示在该站位采集到

(2) 生物量和丰度

本次调查中，浮游动物的丰度范围为（34.44~117.00）ind/m³，平均丰度为 95.68ind/m³，其中丰度最大值出现在 X13 号站位，最小值出现在在 X15 号；生物量范围为（5.78~1099.66）mg/m³，平均生物量为 277.11mg/m³，其中生物量最大值出现在 X08 号站位，最小值出现在 X15 号站位。结果详见表 5.5-8。

表 5.5-8 各测站浮游动物丰度（ind/m³）和生物量(mg/m³)

站位	丰度（ind/m ³ ）	生物量(mg/m ³)
X01	166.92	481.38
X02	49.72	154.69
X04	107.00	336.42
X05	114.00	203.80
X06	52.67	126.57
X08	239.20	1099.66
X09	40.00	7.50
X13	117.00	533.60
X15	34.44	5.78
X18	106.80	190.86
X20	80.00	116.75
X22	40.40	68.34
平均值	95.68	277.11

(3) 优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式： $Y=P_i \times f_i$ ， f_i 为第 i 种在各个站位出现的频率。根据实际调查情况，本次调查将浮游动物的优势度 ≥ 0.02 的种类作为该海域的优势种类。

调查期间该海域浮游动物优势种类有肥胖软箭虫、中华哲水蚤、凶型猛箭虫、鸟喙尖头蚤和锥形宽水蚤。结果详见表 5.5-9。

表 5.5-9 浮游动物优势种和优势度

优势种	拉丁文	平均丰度 (ind/m ³)	比例 (%)	出现频率 (%)	优势度
肥胖软箭虫	<i>Flaccisagitta enflata</i>	31.80	33.23	55.00	0.18
中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	10.32	10.78	55.00	0.06
凶型猛箭虫	<i>Ferosagitta ferox</i>	6.86	7.17%	50.00	0.04
鸟喙尖头蚤	<i>Penilia avirostris</i>	3.49	3.65	60.00	0.02
锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>	3.53	3.69	55.00	0.02

(4) 丰富度、单纯度、多样性指数和均匀度

调查期间该水域浮游动物丰富度指数范围为 1.37~6.18, 平均值为 3.80, 最大值出现在 X22 号站位, 最小值出现在 X15 号; 单纯度指数范围为 0.06~0.38, 平均值为 0.19, 最大值出现在 X08 号站位, 最小值出现在 X05 号站位; 多样性指数范围为 2.04~4.37, 平均值为 3.33, 最大值出现在 X05 号站位, 最小值出现在 X13 号; 均匀度指数范围为 0.46~0.91, 平均值为 0.74, 最大值出现在 X09 号站位, 最小值出现在 X13 号站位。结果详见表 5.5-10。

表5.5-10 浮游动物丰富度 (D)、单纯度 (C)、多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

站位	丰富度 (D)	单纯度 (C)	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)
X01	4.74	0.11	4.07	0.79
X02	5.32	0.14	3.70	0.75
X04	3.41	0.25	2.98	0.65
X05	4.39	0.06	4.37	0.88
X06	3.32	0.12	3.57	0.83
X08	2.66	0.38	2.17	0.49
X09	1.50	0.16	2.87	0.91
X13	2.91	0.45	2.04	0.46
X15	1.37	0.27	2.39	0.80
X18	5.34	0.15	3.64	0.70
X20	4.43	0.10	3.86	0.80
X22	6.18	0.08	4.27	0.84
平均	3.80	0.19	3.33	0.74

(5) 小结

据本次调查所采集到的标本鉴定, 调查海域浮游动物共有 11 类 50 属 58 种, 桡足类有 25 属 32 种; 水螅水母类有 6 属 7 种; 毛颚类有 3 属 3 种; 被囊类和端足类均有 4 属 4 种; 介形类和枝角类均有 2 属 2 种; 十足类、原足类、浮游软体类和原生动类均有 1 属 1 种。

浮游动物的丰度范围为 (34.44~117.00)ind/m³, 平均丰度为 95.68ind/m³; 生物量范围为 (5.78~1099.66) mg/m³, 平均生物量为 277.11mg/m³。

调查期间该海域浮游动物优势种类有肥胖软箭虫、中华哲水蚤、凶型猛箭虫、鸟喙尖头蚤和锥形宽水蚤。

浮游动物丰富度指数范围为 1.37~6.18, 平均值为 3.80; 单纯度指数范围为 0.06~0.38,

平均值为 0.19；多样性指数范围为 2.04~4.37，平均值为 3.33；均匀度指数范围为 0.46~0.91，平均值为 0.74。

5.5.3.4 大型底栖生物

(1) 种类组成

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 8 门 72 科 123 种(表 5.5-11)，其中肢动物有 21 科47 种，占总种类数的 38.21%；脊索动物有 15 科24 种，占总种类数的 19.51%；软体动物有 17 科24 种，占总种类数的 19.51%；环节动物有 12 科17 种，占总种类数的13.82%；棘皮动物有 3 科7 种，占总种类数的 5.69%；腔肠动物有 2 科2 种，占总种类数的 1.63%；纽形动物、蠕虫动物均有 1 科1 种，均占总种类数的 0.81%。

(2) 生物量和栖息密度

调查结果表明，各站位底栖生物栖息密度的幅度为(9.95~49.75)ind/m²，平均密度为 25.70ind/m²，最高出现在 X08 号站位，最低出现在 X02、X06 号站位；生物量的幅度为 (0.06~58.14)g/m²，平均生物量为 17.64g/m²，最高出现在 X08 号站位，最低出现在 X06 号站位。见表 5.5 -12。

表5.5-12 各站位大型底栖生物生物量(g/m²)和栖息密度(ind/m²)

站位	栖息密度	生物量
X01	19.90	1.27
X02	9.95	1.89
X04	29.85	5.35
X05	19.90	8.86
X06	9.95	0.06
X08	49.75	58.14
X09	24.88	24.53
X13	29.85	28.01
X15	19.90	21.11
X18	39.80	44.14
X20	14.93	9.73
X22	39.80	8.63
平均值	25.70	17.64

注：--为未采集到。

表5.5-11 调查海域大型底栖生物种类名录

门类	科名	中文名字	拉丁文名	站位											
				X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
软体动物															
	色雷西蛤科	海南色雷西蛤	<i>Thracia hainanensis</i>	√							√				
	樱蛤科	拟深海樱蛤	<i>Bathytellina abyssicola</i>	√											
	笔螺科	环肋笔螺	<i>Neocancilla circula</i>	√		√					√				
	乌贼科	罗氏乌贼	<i>Sepia madokai</i>	√			√								
	笋螺科	方格笋螺	<i>Terebra cumingi</i>	√											
	乌贼科	短腕乌贼	<i>Sepia elliptica</i>				√								
	蚶科	球蚶	<i>Potiarca pilula</i>				√								
	锥螺科	笋锥螺	<i>Turritella terebra</i>				√								
	截蛭科	狭仿蛭蛭	<i>Azorinus coarctata</i>								√				
	蚶科	联球蚶	<i>Anadara consociata</i>												√
	蚶科	双纹须蚶	<i>Barbatia bistrigata</i>											√	
	蛤蜊科	瑞氏光蛤蜊	<i>Macrinula reevesii</i>						√						
	扭螺科	网纹扭螺	<i>Distorsio reticularis</i>					√							
	鸭嘴蛤科	鸭嘴蛤	<i>Laternula anatina</i>					√							
	吻状蛤科	凸云母蛤	<i>Yoldia serotina</i>					√							
	帘蛤科	波纹巴非蛤	<i>Paphia undulata</i>					√							
	胡桃蛤科	铲形胡桃蛤	<i>Nucula cumingii</i>					√	√				√		
	竹蛭科	短竹蛭	<i>Solen dunkerianus</i>					√		√					
	帘蛤科	美叶雪蛤	<i>Clausinella calophylla</i>					√		√	√				
	鸟蛤科	泡状薄壳鸟蛤	<i>Fulvia aperta</i>					√		√				√	
	樱蛤科	小亮樱蛤	<i>Nitidotellina minuta</i>			√									
	樱蛤科	衣角蛤	<i>Angulus vestalis</i>						√		√				√
	篮蛤科	衣硬篮蛤	<i>Solidicorbula tunicata</i>			√	√		√		√		√		√
	鸟蛤科	中华鸟蛤	<i>Vepricardium sinense</i>				√	√				√			

“√”表示在该站位采集到

表5.5-11 调查海域大型底栖生物种类名录（续表）

门类	科名	中文名字	拉丁文名	站位											
				X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
环节动物															
	索沙蚕科	纳加斯索沙蚕	<i>Sergioneris nagae</i>			√				√					
	海稚虫科	后指虫	<i>Laonice cirrata</i>			√									
	锥头虫科	筒稚虫属一种	<i>Leitoscoloplos sp.</i>	√											
	矾沙蚕科	环须珠沙蚕	<i>Eunice annulicirrata</i>		√										
	龙介虫科	征蛭虫属一种	<i>Nicolea sp.</i>				√								
	欧努菲虫科	福建欧努菲虫	<i>Onuphis fukianensis</i>				√								
	齿吻沙蚕科	双鳃内卷齿蚕	<i>Aglaophamus dibranchis</i>										√		
	吻沙蚕科	中锐吻沙蚕	<i>Glycera rouxi</i>										√		
	矾沙蚕科	矾沙蚕科一种	Eunicidae...gen sp.										√		
	竹节虫科	等须虫属一种	<i>Isocirrus sp.</i>											√	
	竹节虫科	中华竹节虫	<i>Sabaco sincicus</i>												√
	仙虫科	黄斑海毛虫	<i>Chloeia flava</i>				√								
	蛭龙介科	树蛭虫	<i>Pista cristata</i>						√						
	蛭龙介科	扁蛭虫	<i>Loimia medusa</i>						√						
	海稚虫科	海稚虫科一种	Spinoidae...gen sp.								√				
	锡鳞虫科	日本强鳞虫	<i>Sthenolepis japonica</i>			√									
	欧努菲虫科	铜色巢沙蚕	<i>Diopatra cuprea</i>			√			√		√		√	√	√
纽形动物															
	无刺纲	纽虫	Nemertea und.			√		√	√				√		√
腔肠动物															
	磷海鳃科	海鳃	<i>Pennatula fimbriata</i>							√		√			
	沙簪海鳃科	沙簪	<i>Virgularia sp.</i>									√			

“√”表示在该站位采集到

表5.5-11 调查海域大型底栖生物种类名录（续表）

门类	科名	中文名字	拉丁文名	站位												
				X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22	
脊索动物																
	文昌鱼科	白氏文昌鱼	<i>Branchiostoma belcheri</i>								√					
	舌鳎科	斑头舌鳎	<i>Cynoglossus puncticeps</i>	√												
	鱼衔科	丝鳍斜棘鱼衔	<i>Repomucenus virgis</i>	√								√				
	鲷科	日本瞳鲷	<i>Inegocia japonica</i>		√		√									
	躄鱼科	带纹躄鱼	<i>Antennarius striatus</i>		√											
	孔虾虎鱼科	孔虾虎鱼	<i>Trypauchen vagina</i>			√										√
	海鳎科	海鳎科一种	<i>Gymnothorax ...gen sp.</i>			√		√			√		√			
	虾虎鱼科	南方沟虾虎鱼	<i>Oxyurichthy visayamus</i>			√					√					
	鲆科	小头左鲆	<i>Laeops parviceps</i>			√										
	棘鲆科	短鲆	<i>Brachypleura novaezeelandiae</i>				√		√							
	舌鳎科	大鳞舌鳎	<i>Cynoglossus macrolepidous</i>				√		√							
	狗母鱼科	大头狗母鱼	<i>Trachinocephalus myops</i>				√			√						
	鳎科	卵鳎	<i>Solea ovata</i>					√								
	虾虎鱼科	小鳞沟虾虎鱼	<i>Oxyurichthys microlepis</i>					√								
	孔虾虎鱼科	大鳞孔虾虎鱼	<i>Trypauchen taenia</i>						√							
	毛背鱼科	毛背鱼	<i>Trichonotus setiger</i>							√						
	鲆科	青缨鲆	<i>Crossorhombus azureus</i>							√						
	鱼衔科	李氏鱼衔	<i>Callionymus richardsoni</i>							√		√				
	六棱箱鲀科	棘箱鲀	<i>Kentrocapros aculeatus</i>							√						
	鳎科	网纹栉鳞鳎	<i>Aseraggodes kaianus</i>												√	
	舌鳎科	九带无线鳎	<i>Symphurus novemfasciatus</i>												√	
	鳗虾虎鱼科	拉氏狼牙虾虎鱼	<i>Odontamblyopus lacepedii</i>								√		√			

“√”表示在该站位采集到

表5.5-11 调查海域大型底栖生物种类名录（续表）

门类	科名	中文名字	拉丁文名	站位											
				X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
脊索动物	犀鳕科	澎湖犀鳕	<i>Bregmaceros pescadorus</i>										√		
	鲆科	纤羊舌鲆	<i>Arnoglossus tenuis</i>											√	
	虾虎鱼科	云斑裸颊虾虎鱼	<i>Yongeichthys nebulosus</i>								√		√		
节肢动物	螳螂虾科	依洛瓦底原螳螂虾	<i>Gebicula irawadyensis</i>										√		
	马尔他钩虾科	马尔他钩虾科一种	Melitidae...gen sp.					√							
	双眼钩虾科	双眼钩虾科一种	Ampeliscidae...gen sp.				√								
	玻璃虾科	海南细螯虾	<i>Leptochela hainanensis</i>	√											
	蜘蛛蟹科	有疣英雄蟹	<i>Achaeus tuberculatus</i>			√									
	美人虾科	美人虾科一种	Gallianassidae...gen sp.												√
	螳螂虾科	伍氏奥螳螂虾	<i>Austinogebia wuhsienweni</i>								√				
	梭子蟹科	银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i>								√				
	梭子蟹科	红星梭子蟹	<i>Portunus sanguinolentus</i>	√			√				√				
	玉蟹科	球形拳蟹	<i>Philyra globulosa</i>	√			√						√		
	关公蟹科	熟练新关公蟹	<i>Neodorippe callida</i>	√											
	梭子蟹科	假矛形梭子蟹	<i>Portunus pseudohastatoides</i>	√	√		√								
	梭子蟹科	疾进螯	<i>Charybdis vadorum</i>	√				√	√		√				
	对虾科	六突拟对虾	<i>Parapenaeus sextuberculatus</i>	√								√			
	梭子蟹科	矛形梭子蟹	<i>Portunus hatatoides</i>	√	√		√	√			√		√		√
玉蟹科	七刺栗壳蟹	<i>Arcania heptacantha</i>		√	√		√			√					

“√”表示在该站位采集到

表5.5-11 调查海域大型底栖生物种类名录（续表）

门类	科名	中文名字	拉丁文名	站位												
				X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22	
节肢动物																
	对虾科	扁足异对虾	<i>Atypopenaeus stenodatylyus</i>													√
	扇蟹科	疾行毛刺蟹	<i>Pilumnus cursor</i>		√											
	活额寄居蟹科	守护活额寄居蟹	<i>Diogenes custos</i>		√											
	鼓虾科	日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>			√			√							
	弓蟹科	异足倒颚蟹	<i>Astenognatus inaequipis</i>			√			√							
	馒头蟹科	卷折馒头蟹	<i>Calappa lophos</i>				√			√		√				
	对虾科	角突仿对虾	<i>Parapenaeopsis cornuta</i>				√									
	长脚蟹科	阿氏强蟹	<i>Eucrater alcocki</i>					√								
	梭子蟹科	香港蜆	<i>Charybdis hongkongensis</i>					√								
	梭子蟹科	直额蜆	<i>Charybdis trunca</i>						√	√						√
	梭子蟹科	大亚湾梭子蟹	<i>Portunus dayawansis</i>						√							
	对虾科	中华仿对虾	<i>Parapenaeopsis sinica</i>						√							1
	美人虾科	日本和美虾	<i>Nihonotrypaea japonica</i>						√				√			
	浪漂水虱科	日本游泳水虱	<i>Natatolana japonensis</i>						√							
	梭子蟹科	薄氏梭子蟹	<i>Portunus brockii</i>							√						
	虾蛄科	孟买绿虾蛄	<i>Carinosquilla bombayensis</i>								√					
	扇蟹科	马氏毛粒蟹	<i>Pilumnopeus makiana</i>								√					
	长臂虾科	葛氏长臂虾	<i>Palaemon gravieri</i>								√		√			√
	对虾科	细巧仿对虾	<i>Parapenaeopsis tenella</i>								√					
	馒头蟹科	逍遥馒头蟹	<i>Calappa philargius</i>									√				
	玉蟹科	鸭额玉蟹	<i>Leucosia anatum</i>									√				
	短眼蟹科	豆形短眼蟹	<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>										√			

“√”表示在该站位采集到

表5.5-11 调查海域大型底栖生物种类名录（续表）

门类	科名	中文名字	拉丁文名	站位											
				X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
节肢动物															
	菱蟹科	疣背紧握蟹	<i>Lambrus tuberculatus</i>									√			
	梭子蟹科	日本蟳	<i>Charybdis japonica</i>											√	
	菱蟹科	长刺菱蟹	<i>Parthenope (Rhinolambrus) longispinis</i>											√	
	扇蟹科	微红滨花瓣蟹	<i>Carpilodes erythrus</i>											√	
	虾蛄科	断脊小口虾蛄	<i>Oratosquilla interrupta</i>												√
	梭子蟹科	变态蟳	<i>Charybdis variegata</i>							√		√			
	蜘蛛蟹科	慈母互蟹蟹	<i>Hyastenus pleione</i>			√								√	
	虾蛄科	条尾近虾蛄	<i>Anchisquilla fasciata</i>										√		√
	对虾科	须赤虾	<i>Metapenaeopsis barbata</i>		√		√	√				√			
昆虫动物															
	螭科	绛体管口螭	<i>Ochetostoma erythrogrammon</i>												√
棘皮动物															
	阳遂足科	滩栖阳遂足	<i>Amphiura vadicolia</i>		√										
	阳遂足科	日本倍棘蛇尾	<i>Amphioplus japonicus</i>												√
	槭海星科	镶边海星	<i>Craspidaster hesperus</i>					√							
	槭海星科	多棘槭海星	<i>Astropecten polyacanthus</i>				√								
	槭海星科	单棘槭海星	<i>Astropecten monacanthus</i>	√			√								
	玛丽羽枝科	掌丽羽枝	<i>Lamprometra palmata palmata</i>			√					√				
	阳遂足科	滩栖阳遂足	<i>Amphiura vadicolia</i>		√										
	阳遂足科	日本倍棘蛇尾	<i>Amphioplus japonicus</i>												√
	槭海星科	镶边海星	<i>Craspidaster hesperus</i>					√							
	阳遂足科	光滑倍棘蛇尾	<i>Amphioplus laevis</i>					√	√			1			

“√”表示在该站位采集到

(3) 各类别生物量和栖息密度

调查海域大型底栖动物栖息密度主要以软体动物为主，平均密度为 9.95ind/m²；其次为环节动物，平均密度为 8.29ind/m²；最低为蠕虫动物，平均密度为 0.41ind/m²。生物量以软体动物为主，平均生物量为 11.20g/m²；其次为节肢动物，平均生物量为 3.07g/m²；蠕虫动物最低，平均生物量为 0.06g/m²。详见表 5.5-13。

(4) 优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式： $Y = P_i \times f_i$ ， f_i 为第 i 种在各个站位出现的频率。根据实际调查情况，本次调查将大型底栖动物的优势度 ≥ 0.01 的种类作为该海域的优势种类。

调查期间该海域大型底栖动物优势种类突出，优势种有衣硬篮蛤、铜色巢沙蚕、衣角蛤、海南色雷西蛤、铲形胡桃蛤、纳加斯索沙蚕。详见表 5.5-14。

表5.5-13 各站位类别生物量(g/m²)和栖息密度(ind/m²)

项目	门类	X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22	平均值
生物量	软体动物	1.21	0.00	0.90	6.59	0.00	55.19	0.29	26.66	11.34	24.07	4.14	4.05	11.20
	节肢动物	0.05	0.00	2.26	0.00	0.00	0.00	24.24	0.00	9.62	0.22	0.00	0.45	3.07
	环节动物	0.01	1.20	2.19	2.27	0.00	2.95	0.00	1.35	0.00	4.93	5.59	2.12	1.88
	棘皮动物	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.90	0.14
	蠕虫动物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.06
	纽形动物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	14.93	0.00	0.33	1.28
	总量	1.27	1.89	5.35	8.86	0.06	58.14	24.53	28.01	21.11	44.14	9.73	8.63	17.64
栖息密度	软体动物	9.95	0.00	4.98	4.98	0.00	34.83	14.93	19.90	9.95	9.95	4.98	4.98	9.95
	节肢动物	4.98	0.00	9.95	4.98	4.98	0.00	9.95	0.00	4.98	4.98	0.00	9.95	4.56
	环节动物	4.98	4.98	14.93	9.95	0.00	14.93	0.00	9.95	0.00	19.90	9.95	9.95	8.29
	棘皮动物	0.00	4.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98	0.00	0.00	4.98	1.24
	蠕虫动物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98	0.41
	纽形动物	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98	0.00	4.98	1.24
	总量	19.90	9.95	29.85	19.90	9.95	49.75	24.88	29.85	19.90	39.80	14.93	39.80	25.70

注：--为未发现

表5.5-14 大型底栖生物的优势种和优势度

优势种	拉丁文名	平均栖息密度 (ind/m ²)	比例 (%)	出现频率 (%)	优势度
衣硬篮蛤	<i>Solidicorbula tunicata</i>	2.90	11.29%	33.33%	0.04
铜色巢沙蚕	<i>Diopatra cuprea</i>	2.49	9.68%	33.33%	0.03
衣角蛤	<i>Angulus vestalis</i>	2.49	9.68%	25.00%	0.02
海南色雷西蛤	<i>Thracia hainanensis</i>	0.83	3.23%	16.67%	0.01
铲形胡桃蛤	<i>Nucula cumingii</i>	0.83	3.23%	16.67%	0.01
纳加斯索沙蚕	<i>Sergioneris nagae</i>	0.83	3.23%	16.67%	0.01

(5) 丰富度、单纯度、多样性指数和均匀度

各站丰富度的幅度为 0.30~1.32, 平均值为 0.70, 最高值出现在 X22 号站位, 最低值出现在 X02、X06 号站位; 各站单纯度的幅度为 0.13~0.50, 平均值为 0.28, 最高值出现在 X02、X06 号站位, 最低值出现在 X22 号站位; 各站多样性指数的幅度为 1.00~ 3.00, 平均值为 1.97, 最高值出现在 X22 号站位, 最低值出现在 X02、X06 号站位; 各站底栖生物均匀度的幅度为 0.93~1.00, 平均值为 0.99, 最高值出现在 X01、X02、X04、X05、X06、X13、X15、X20、X22 号站位, 最低值出现 X08、X09 站位。详见表 5.5-15。

表5.5-15 丰富度(D)、单纯度(C)、生物多样性指数(H')和均匀度(J)

站位	丰富度(D)	单纯度(C)	多样性指数(H')	均匀度指数(J)
X01	0.70	0.25	2.00	1.00
X02	0.30	0.50	1.00	1.00
X04	1.02	0.17	2.58	1.00
X05	0.70	0.25	2.00	1.00
X06	0.30	0.50	1.00	1.00
X08	0.71	0.24	2.17	0.93
X09	0.65	0.28	1.92	0.96
X13	0.41	0.33	1.58	1.00
X15	0.70	0.25	2.00	1.00
X18	1.13	0.16	2.75	0.98
X20	0.51	0.33	1.58	1.00
X22	1.32	0.13	3.00	1.00
平均值	0.70	0.28	1.97	0.99

注: 0 为只采集到 1 种大型底栖生物; --为未发现

(6) 小结

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 8 门 72 科 123 种, 其中肢动物有 21 科 47 种; 脊索动物有 15 科 24 种; 软体动物有 17 科 24 种; 环节动物有 12 科 17 种; 棘皮动物有

3 科7 种；腔肠动物有 2 科2 种；纽形动物、蠕虫动物均有 1 科1 种%。调查结果表明，各站位底栖生物栖息密度的幅度为(9.95~49.75)ind/m²，平均密度为 25.70ind/m²；生物量的幅度为(0.06~58.14)g/m²，平均生物量为 17.64g/m²。

调查海域大型底栖动物栖息密度主要以软体动物为主，平均密度为 9.95ind/m²；其次为环节动物，平均密度为 8.29ind/m²；最低为蠕虫动物，平均密度为 0.41ind/m²。生物量以软体动物为主，平均生物量为 11.20g/m²；其次为节肢动物，平均生物量为 3.07g/m²；蠕虫动物最低，平均生物量为 0.06g/m²。调查期间该海域大型底栖动物优势种类突出，优势种有衣硬篮蛤、铜色巢沙蚕、衣角蛤、海南色雷西蛤、铲形胡桃蛤、纳加斯索沙蚕。

各站丰富度的幅度为 0.30~1.32，平均值为 0.70；各站单纯度的幅度为 0.13~0.50，平均值为 0.28；各站多样性指数的幅度为 1.00~3.00，平均值为 1.97；各站底栖生物均匀度的幅度为 0.93~1.00，平均值为 0.99。

5.5.3.5 游泳动物

项目所在海区地形较为复杂，根据现场情况在使用单拖网渔船进行捕捞作业，拖网渔船为“琼临渔 00419”，网衣全长 45m，宽 15m，网具曳纲长度为 300m，囊网网目为 50mm。游泳动物调查站位详见图 5.5-1。

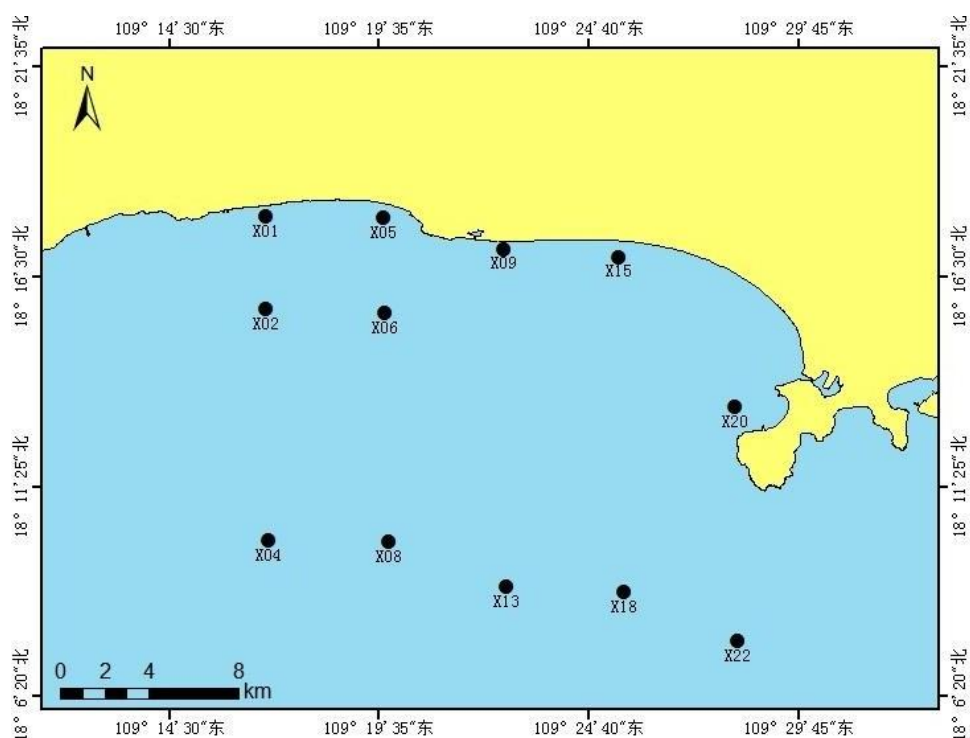


图5.5-1 游泳动物调查站位图

(一)游泳动物资源现状

(1) 种类组成

本次调查采用单拖底拖网采样方式,分析评价该项目海域游泳动物的种类组成。经鉴定,共捕获游泳动物 109 种,分别隶属于 18 目 57 科。其中鱼 13 目 48 科 79 种(表 5.5-16), 占所有种类的 72.48%; 甲壳类 2 目 5 科 23 种, 占所有种类的 21.10%; 头足类 3 目 4 科 7 种, 占所有种类的 6.42%。

(2) 渔获率和现存资源密度

本次调查共采集到游泳动物重量有 158.79kg, 其中, 鱼类为 136.56kg, 占总渔获量的 86.00%; 甲壳类为 3.78kg, 占总渔获量的 2.38%; 头足类渔获量为 18.46kg, 占总渔获量 11.62%。个体计, 共采集到个体有 28474ind, 鱼类为 27559ind, 占总个体渔获数量的 96.79%; 甲壳类为 481ind, 占总个体渔获数量的 1.69%; 头足类为 434ind, 占总个体渔获量的 1.52%。

游泳动物重量渔获率范围为 2.07kg/h~57.36kg/h, 游泳动物的平均重量渔获率为 15.32kg/h。各站位中重量渔获率以 X09 号站最高, 为 57.36kg/h; 渔获率较高的站位还有 X01 号站, 渔获率为 28.69kg/h; X13 号站最低, 为 2.07kg/h。各类中鱼类重量渔获率为 13.18kg/h, 占渔获游泳动物的 86.00%; 甲壳类重量渔获率为 0.35kg/h; 占渔获游泳动物的 2.31%; 头足类重量渔获率为 1.79kg/h; 占渔获游泳动物的 11.69%。按个体计, 评价区游泳动物的个体渔获率范围为 151ind/h~15449ind/h, 平均个体渔获率为 2823ind/h。各站位中个体渔获率以 X08 号站最高, 为 15449ind/h; 其次为 X09 号站, 为 14958ind/h; X06 号站最低, 为 151ind/h。各类中鱼类个体渔获率为 2735ind/h, 占渔获游泳动物的 96.87%; 甲壳类个体渔获率为 48ind/h, 占渔获游泳动物的 1.70%; 头足类个体渔获率为 40ind/h, 占渔获游泳动物的 1.43%。其他各站渔获率见表 5.5-1。

调查海域中游泳动物的质量资源密度为 367.73kg/km²。各类中鱼类质量资源密度为 316.25kg/km², 甲壳类质量资源密度为 8.48kg/km², 头足类质量资源密度为 43.00kg/km²。各站中以 X09 号站质量资源密度最高(1376.65kg/km²)X01 号站次之(688.59kg/km²) X22 和 X13 号站较低(分别为 65.07kg/km² 和 49.79kg/km²); 按个体计, 游泳动物的资源密度约为 67752ind/km²。各类中鱼类个体资源密度为 65633ind/km², 甲壳类个体资源密度为 1152ind/km², 头足类个体资源密度为 967ind/km²。各站位中个体资源密度以 X08 号站最高(370734ind/km²), X09 号站次之(358956ind/km²), X06 号站最低(3612ind/km²)。

其他各站资源密度见表 5.5-17。

表5.5-16 调查海域游泳动物种类名录

编号	中文名字	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
1	斑点马鲛	<i>Scomberomorus guttatus</i>							√				√	
2	斑节对虾	<i>Penaeus monodon</i>											√	
3	半线天竺鲷	<i>Apogon semilineatus</i>		√	√					√	√	√	√	√
4	大海鲢	<i>Megalops cyprinoides</i>		√										
5	大鳞舌鲷	<i>Cynoglossus macrolepidous</i>	√	√							√	√	√	
6	大头狗母鱼	<i>Trachinocephalus myops</i>				√	√			√				√
7	大头银姑鱼	<i>Pennahia macrocephalus</i>			√			√		√	√	√	√	√
8	大牙斑鲆	<i>Pseudorhombus arsius</i>			√									
9	带纹躄鱼	<i>Antennarius striatus</i>					√				√		√	
10	单棘豹魴鲱	<i>Dactyloptena peterseni</i>	√			√								
11	单角革鲀	<i>Aluterus monoceros</i>		√		√								
12	短颌宝刀鱼	<i>Chirocentrus dorab</i>			√									
13	短棘鳐	<i>Leiognathus equulus</i>		√					√					
14	短尾大眼鲷	<i>Priacanthus macracanthus</i>	√							√	√			
15	断脊小口虾蛄	<i>Oratosquilla interrupta</i>						√		√	√			√
16	钝鲟	<i>Sphyraena obtusata</i>	√	√		√		√				√		
17	多齿蛇鲻	<i>Saurida tumbil</i>	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√
18	多鳞短额鲆	<i>Engyprosopon multisquama</i>				√					√	√		√
19	多鳞鱧	<i>Sillago sihama</i>	√			√	√							
20	多须鼬鲷	<i>Brotula multibabata</i>												√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-16 调查海域游泳动物种类名录（续表）

编号	中文名字	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
21	哈氏仿对虾	<i>Parapenaeopsis hardwickii</i>			√					√	√		√	√
22	褐篮子鱼	<i>Siganus fuscescens</i>				√								
23	黑斑绯鲤	<i>Upeneus tragula</i>											√	
24	黑边布氏鲷	<i>Eubllekeria splendens</i>	√	√	√	√	√	√	√	√				
25	黑棘鲷	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	√							√				
26	黑口鲷	<i>Ilisha melastoma</i>			√								√	
27	横带棘线鲷	<i>Grammoplites scaber</i>				√	√							
28	红线黎明蟹	<i>Matuta planipes</i>				√								
29	红星梭子蟹	<i>Portunus sanguinolentus</i>	√							√				
30	红鲷	<i>Bembrasjaponicus</i>	√	√		√				√		√	√	
31	画眉笛鲷	<i>Lutjanus vitta</i>				√								
32	黄鳍棘鲷	<i>Acanthopagrus latus</i>							√					
33	环蛸	<i>Octopus maculosa</i>								√	√	√		√
34	黄鳍棘鲷	<i>Acanthopagrus latus</i>							√					
35	箕作布氏筋鱼	<i>Bleekeria mitsukurii</i>				√	√							
36	尖尾鳗	<i>Uroconger lepturus</i>	√								√			
37	尖嘴缸	<i>Dasyatis zugei</i>	√	√										
38	剑唇鱼	<i>Xiphocheilus typus</i>								√	√		√	
39	角突仿对虾	<i>Parapenaeopsis cornuta</i>		√										√
40	截尾天竺鲷	<i>Apogon truncate</i>	√		√				√	√	√	√	√	√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-16 调查海域游泳动物种类名录（续表）

编号	中文名字	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
41	金线鱼	<i>Nemipterus virgatus</i>			√									
42	近缘新对虾	<i>Metapenaeus affinis</i>	√	√	√		√		√			√		
43	看守长眼蟹	<i>Podophthalmus vigil</i>							√		√		√	
44	康氏小公鱼	<i>Stolephorus commersonii</i>							√					
45	克氏棘赤刀鱼	<i>Acanthocephala krusensternii</i>	√		√	√			√		√	√	√	√
46	孔虾虎鱼	<i>Trypauchen vagina</i>			√									√
47	口虾蛄	<i>Oratosquilla fabricii</i>									√		√	√
48	蓝圆鲹	<i>Decapterus maruadsi</i>						√					√	√
49	勒氏蓑鲉	<i>Pterois russelli</i>	√	√		√			√	√	√	√	√	√
50	鳓	<i>sillago japonica</i>							√			√		
51	李氏鳓	<i>Callionymus richardsoni</i>				√	√			√				√
52	鳞烟管鱼	<i>Fistularia petimba</i>	√						√		√	√	√	
53	卵蛸	<i>Octopus ovulum</i>	√											
54	卵形鲳鲹	<i>Trachinotus ovatus</i>									√			
55	罗氏乌贼	<i>Sepia madokai</i>	√	√		√	√							
56	猛虾蛄	<i>Harpiosquilla harpax</i>	√						√		√	√		√
57	拟矛尾鰕虎鱼	<i>Parachaeturichthys polynema</i>	√							√				√
58	拟目乌贼	<i>Sepia lycidas</i>	√			√	√							
59	皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengerii</i>			√			√		√	√	√	√	√
60	平线若鲹	<i>Carangoides ferdau</i>	√											

“√”表示在该站位采集到

表5.5-16 调查海域游泳动物种类名录（续表）

编号	中文名字	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
61	裘氏小沙丁鱼	<i>Sardinella jussieu</i>								√				
62	青石斑鱼	<i>Epinephelus awoara</i>									√			
63	犬牙纒虾虎鱼	<i>Amoya caninus</i>								√	√			
64	日本带鱼	<i>Trichiurus japonicus</i>	√	√				√					√	
65	日本绯鲤	<i>Upeneus japonicus</i>	√	√		√	√							
66	日本金线鱼	<i>Nemipterus japonicus</i>	√	√						√			√	
67	日本瞳鲷	<i>Inegocia japonica</i>	√	√	√	√				√		√		√
68	日本银鲈	<i>Gerres japonicus</i>		√	√			√						
69	善泳螭	<i>Charybdis natator</i>				√								
70	沙带鱼	<i>Lepturacanthus savala</i>								√				
71	少鳞鲳	<i>Uranoscopus oligolepis</i>										√		√
72	食蟹豆齿鳗	<i>Pisodonophis cancrivorus</i>	√											
73	少鳞鳢	<i>Sillago japonica</i>		√										
74	少牙斑鲆	<i>Pseudorhombus oligodon</i>	√			√						√	√	
75	双喙耳乌贼	<i>Sepiola birostrata</i>	√		√					√				
76	四线天竺鲷	<i>Apogon quadrifasciatus</i>		√	√			√	√		√			√
77	条鳎	<i>Zebrias quagga</i>	√	√										
78	伪装关公蟹	<i>Dorippe facchina</i>				√								√
79	无齿鰐	<i>Anodontostoma chacunda</i>						√			√	√		
80	武士螭	<i>Charybdis miles</i>									√		√	

“√”表示在该站位采集到

表5.5-16 调查海域游泳动物种类名录（续表）

编号	中文名字	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
81	细巧仿对虾	<i>Parapenaeopsis tenella</i>								√	√			√
82	细条天竺鲷	<i>Apogon lineatus</i>							√					
83	细纹鳊	<i>Leiognathus berbis</i>	√	√	√	√	√							
84	线纹鳗鲶	<i>Plotosus lineatus</i>	√											
85	纤手梭子蟹	<i>Portunus gracilimanus</i>											√	
86	逍遥馒头蟹	<i>Calappa philargius</i>	√				√							
87	锈斑蜆	<i>Charybdis feriatus</i>								√				√
88	须赤虾	<i>Metapenaeopsis barbata</i>	√	√	√			√		√	√	√	√	√
89	眼斑豹鲷	<i>Pardachirus pavoninus</i>				√	√							
90	眼斑拟鲈	<i>Parapercis ommatura</i>	√	√		√	√		√					
91	仰口鳊	<i>Secutor ruconius</i>		√					√		√		√	
92	银光梭子蟹	<i>Portunus argentatus</i>	√			√		√						
93	印度无齿鲷	<i>Ariomma indica</i>								√		√	√	√
94	鹰爪虾	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>			√			√		√	√	√	√	√
95	云海裸颊虾虎鱼	<i>Yongeichthys nebulosus</i>	√											
96	羽鳃鲐	<i>Rastrelliger kanagurta</i>			√									
97	鲷	<i>Platycephalus indicus</i>							√					
98	游鳍叶鲷	<i>Atule mate</i>	√	√										
99	远洋梭子蟹	<i>Portunus pelagicus</i>		√					√					
100	匀斑裸胸鳝	<i>Gymnothorax reevesii</i>				√			√					

“√”表示在该站位采集到

表5.5-16 调查海域游泳动物种类名录（续表）

编号	中文名字	拉丁文名	站位											
			X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
101	杂斑狗母鱼	<i>Synodus variegatus</i>				√								
102	长棘银鲈	<i>Gerres filamentosus</i>	√	√	√	√	√		√	√			√	√
103	长吻丝鲈	<i>Alectis indica</i>				√								
104	长毛对虾	<i>Fenneropenaeus penicillatus</i>											√	
105	长蛸	<i>Octopus variabilis</i>				√	√		√					
106	长圆银鲈	<i>Gerres oblongus</i>				√			√	√			√	√
107	珍鲹	<i>Carangoides ignobilis</i>		√						√				
108	直额鲟	<i>Charybdis truncaa</i>								√				√
109	中国枪乌贼	<i>Loligo chinensis</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
110	棕斑兔头鲈	<i>Lagocephalus spadiceus</i>	√	√	√	√					√	√	√	√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-17 调查海域游泳动物渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
X01	28.69	397	688.59	9523
X02	9.82	443	235.58	10639
X04	3.43	285	82.43	6847
X05	25.43	345	610.29	8286
X06	6.27	151	150.46	3612
X08	28.00	15449	671.99	370734
X09	57.36	14958	1376.65	358956
X13	2.07	215	49.79	5153
X15	3.98	412	95.40	9882
X18	12.74	438	305.75	10501
X20	3.37	468	80.76	11241
X22	2.71	319	65.07	7654
平均值	15.32	2823	367.73	67752

(3) 优势种

根据相对重要性指数 (IRI) 公式计算评价调查海域内鱼类的相对重要性指标 (IRI), 并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标, 本次调查的优势渔获物鱼类共有 10 种。其中, 黑边布氏鲷的 IRI 最高, 为 2008; 其它优势种依次为蓝圆鲹 (1125)、仰口鲷 (606)、短棘鲷 (535)、长棘银鲈 (398)、多齿蛇鲻 (236)、大头银姑鱼 (159)、皮氏叫姑鱼 (158)、长圆银鲈 (154)、无齿鲷 (120)。优势渔获物甲壳类没有种优势种。优势渔获物头足类有 2 种优势种, 中国枪乌贼 (518)、拟目乌贼 (173)。其它种类的相对重要性指数小于 100。优势种渔获率及百分比组成见表 5.5-18。

表5.5-18 调查海域优势种类组成

种类	种	拉丁文名	N	W	F	IRI
鱼类	黑边布氏鲷	<i>Eublekeria splendens</i>	22.61%	17.56%	50.00%	2008
	蓝圆鲹	<i>Decapterus maruadsi</i>	35.90%	9.09%	25.00%	1125
	仰口鲷	<i>Secutot ruconius</i>	11.35%	6.84%	33.33%	606
	短棘鲷	<i>Leiognathus equulus</i>	19.09%	12.99%	16.67%	535
	长棘银鲈	<i>Gerres filamentosus</i>	0.38%	4.94%	75.00%	398
	多齿蛇鲻	<i>Saurida tumbil</i>	0.59%	1.98%	91.67%	236
	大头银姑鱼	<i>Pennahia macrocephalus</i>	1.02%	1.71%	58.33%	159
	皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengerii</i>	1.03%	1.68%	58.33%	158
	长圆银鲈	<i>Gerres oblongus</i>	0.37%	3.33%	41.67%	154
	无齿鲷	<i>Anodontostoma chacunda</i>	0.18%	4.63%	25.00%	120

头足类	中国枪乌贼	<i>Loligo chinensis</i>	1.34%	3.84%	100.00%	518
	拟目乌贼	<i>Sepia lycidas</i>	0.03%	6.91%	25.00%	173

(二) 鱼类资源状况

(1) 种类组成

经鉴定, 本次调查共捕获鱼类 79 种, 分隶于 13 目 48 科。以鲈形目的种类数最多, 共有 47 种; 鲽形目、鲱形目、鲉形目 6 种; 仙女鱼目、鳗鲡目 3 种; 鲇形目 2 种, 其他各目均为 1 种。鲈科 6 种; 天竺鲷科、虾虎鱼科、鰕科 4 种; 狗母鱼科、银鲈科、鲷科 3 种; 带鱼科、鲷科、鲱科、金线鱼科、锯腹鳎科、鲭科、石首鱼科、鱈科、鳎科、牙鲆科、羊鱼科 2 种, 其他各科均为 1 种。

(2) 渔获率与资源密度分布

本次调查底拖网渔获的鱼类总重量为 136.56kg, 平均重量渔获率为 13.18kg/h。各站位中以 X09 号站重量渔获率最高, 为 56.92kg/h; X22 号站重量渔获率最低, 为 2.04kg/h。按个体计, 鱼类的平均个体渔获率为 227ind/h。各站位中以 X08 号站个体渔获率最高, 为 15366ind/h, X06 号站个体渔获率最低, 为 124ind/h。结果详见表 5.5-3。

调查海域中目前鱼类的平均重量资源密度为 316.25kg/km²。各站位中以 X09 号站重量资源密度最高, 为 1365.95kg/km²; X13 号站重量资源密度最低, 为 35.54kg/km²。按个体计, 鱼类的平均个体资源密度为 65633ind/km²。各站位中以 X08 号站个体资源密度最高, 为 368754ind/km²; X06 号站个体资源密度最低, 资源密度为 2977ind/km²。结果详见表 5.5-19。

表5.5-19 调查海域鱼类的渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
X01	23.58	333	565.81	7985
X02	8.84	345	212.22	8279
X04	2.95	224	70.85	5378
X05	16.29	308	390.92	7390
X06	2.29	124	55.06	2977
X08	27.37	15366	656.80	368754
X09	56.92	14907	1365.95	357729
X13	1.48	136	35.54	3259
X15	2.86	245	68.58	5872
X18	11.02	266	264.42	6380

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
X20	2.50	339	59.94	8134
X22	2.04	227	48.86	5456
平均值	13.18	2735	316.25	65633

(3) 鱼类优势种

根据相对重要性指数 (IRI) 公式计算评价调查海域内鱼类的相对重要性指标 (IRI), 并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标, 本次调查的优势渔获物鱼类共有 10 种。其中, 黑边布氏鲷的 IRI 最高, 为 2008; 其它优势种依次为蓝圆鲹 (1125)、仰口鲷 (606)、短棘鲷 (535)、长棘银鲈 (398)、多齿蛇鲻 (236)、大头银姑鱼 (159)、皮氏叫姑鱼 (158)、长圆银鲈 (154)、无齿鰺 (120)。其它种类的相对重要性指数小于 100。优势种渔获率及百分比组成见表 5.5-20。

表5.5-20 调查海域鱼类优势种类组成

种类	种	拉丁文名	N	W	F	IRI
鱼类	黑边布氏鲷	<i>Eubllekeria splendens</i>	22.61%	17.56%	50.00%	2008
	蓝圆鲹	<i>Decapterus maruadsi</i>	35.90%	9.09%	25.00%	1125
	仰口鲷	<i>Secutot ruconius</i>	11.35%	6.84%	33.33%	606
	短棘鲷	<i>Leiognathus equulus</i>	19.09%	12.99%	16.67%	535
	长棘银鲈	<i>Gerres filamentosus</i>	0.38%	4.94%	75.00%	398
	多齿蛇鲻	<i>Saurida tumbil</i>	0.59%	1.98%	91.67%	236
	大头银姑鱼	<i>Pennahia macrocephalus</i>	1.02%	1.71%	58.33%	159
	皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengerii</i>	1.03%	1.68%	58.33%	158
	长圆银鲈	<i>Gerres oblongus</i>	0.37%	3.33%	41.67%	154
	无齿鰺	<i>Anodontostoma chacunda</i>	0.18%	4.63%	25.00%	120

(三) 头足类资源状况

(1) 种类组成

本次调查共渔获头足类 7 种, 隶属 3 目 4 科, 其中, 八腕目、乌贼目 3 种; 枪形目 1 种。蛸科 3 种; 乌贼科 2 种; 耳乌贼科、枪乌贼科 1 种。

(2) 渔获率和资源密度分布

本次调查, 头足类的重量渔获率范围为 0.22~9.06kg/h, 平均 1.79kg/h, 按个体计, 个体渔获率范围为 15~157ind/h, 平均 40ind/h。结果详见表 5.5-21。

采用扫海面积法估算附近海域的资源密度。评价区海域目前头足类的平均质量资源密度为 43.00kg/km²。各站位中以 X05 号站质量资源密度最高, 为 217.31kg/km²; X15

号站质量资源密度最低，为 5.17kg/km²。按个体计，平均个体资源密度为 967ind/km²。各站中以 X18 号站个体资源密度最高，为 3773ind/km²；X02 号站个体资源密度最低，为 360ind/km²。结果详见表 5.5-5

表5.5-21 调查海域头足类的渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
X01	4.85	27	116.30	654
X02	0.70	15	16.84	360
X04	0.39	43	9.46	1028
X05	9.06	23	217.31	543
X06	2.74	15	65.70	366
X08	0.47	41	11.30	972
X09	0.30	46	7.13	1109
X13	0.29	32	6.92	758
X15	0.22	18	5.17	423
X18	1.60	157	38.38	3773
X20	0.54	46	12.98	1111
X22	0.35	21	8.51	505
平均值	1.79	40	43.00	967

(2) 头足类优势种

根据相对重要性指数(IRI) 公式计算评价调查海域内头足类的相对重要性指标 (IRI)，并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标。优势渔获物头足类有 2 种优势种，中国枪乌贼 (518)、拟目乌贼 (173)。详见表 5.5-22。

表5.5-22 调查海域头足类优势种类组成

种类	种	拉丁文名	N	W	F	IRI
头足类	中国枪乌贼	<i>Loligo chinensis</i>	1.34%	3.84%	100.00%	518
	拟目乌贼	<i>Sepia lycidas</i>	0.03%	6.91%	25.00%	173

(四) 甲壳类资源状况

(1) 种类组成

经鉴定，本次调查渔获的甲壳类共 23 种，分属 2 目 5 科。其中，十足目 20 种；口足目 3 种，梭子蟹科、对虾科 9 种；馒头蟹科、虾蛄科 2 种，其他各科均为 1 种。

(2) 渔获率和资源密度分布

调查海域甲壳类重量渔获率范围为 0.09kg/h~1.24kg/h，平均 0.35kg/h。按个体计，甲壳类的个体渔获率范围为 5ind/h~149ind/h，平均 48ind/h。结果详见表 5.5-23。

评价调查海域目前甲壳类的平均质量资源密度约为 8.48kg/km²。各站位中以 X06 号站质量资源密度最高，为 29.70kg/km²；X05 号站质量资源密度最低，为 2.06kg/km²。按个体计，甲壳类的平均个体资源密度为 1152ind/km²。各站位中以 X15 号站个体资源密度最高，为 3586ind/km²；X09 号站个体资源密度最低，为 118ind/km²。结果详见表 5.5-23。

表5.5-23 调查海域甲壳类的渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
X01	0.27	37	6.48	884
X02	0.27	83	6.52	2000
X04	0.09	18	2.12	441
X05	0.09	15	2.06	353
X06	1.24	11	29.70	268
X08	0.16	42	3.89	1008
X09	0.15	5	3.56	118
X13	0.31	47	7.33	1137
X15	0.90	149	21.65	3586
X18	0.12	14	2.95	348
X20	0.33	83	7.83	1996
X22	0.32	71	7.70	1692
平均值	0.35	48	8.48	1152

(3) 甲壳类优势种

根据相对重要性指数 (IRI) 公式计算评价调查海域内甲壳类的相对重要性指标 (IRI)，并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标，优势渔获物甲壳类没有优势种。其它相对重要指数均小于 100。

(五)主要种类及其生物学和生态学特性

根据调查优势种分析，项目附近海域主要渔业资源种类为黑边布氏鲷、蓝圆鲹、仰口鲷、短棘鲷、长棘银鲈、多齿蛇鲷、大头银姑鱼、皮氏叫姑鱼、长圆银鲈、无齿鲷、中国枪乌贼、拟目乌贼。

黑边布氏鲷 *Eublekeria splendens*

分布于印度-西太平洋的热带和亚热带海域，中国产于东海、南海和台湾。为暖水性中下层小型鱼类、栖息于泥沙底质的近海和港湾，有时也会进入河口区、喜结群，通

常在底层活动。以小型甲壳类多毛类等底栖动物为食。

蓝圆鲹 *Decapterus maruadsi*

分布于西北太平洋海域，包括中国、朝鲜半岛和日本等中国沿海均产。为暖水性中上层鱼类。当天气晴朗、潮流缓慢，并有东南风时，常聚集成大群。白天起鱼群上浮，鱼群密集的海面呈灰黑色。夜间具弱趋光性。主要摄食鳞虾类、桡足类、端足类、介形类等浮游动物及小型鱼类。使用经济鱼类，产量高，为中国东南沿海灯光围网的主要捕捞对象之一。

仰口鲷 *Secutor ruconius*

分布于印度-西太平洋的热带海域，中国产于东海、台湾和南海。为暖水性中上层小型鱼类。栖息于泥沙底质的近海和港湾。常聚集成小群，活动于水体上层，有时进入河口。摄食小型浮游生物。

短棘鲷 *Leiognathus equulus*

分布于印度-西太平洋的热带和亚热带海域，中国产于东海、南海和台湾。为暖水性中下层小型鱼类、栖息于泥沙底质的近海和港湾，有时也会进入河口区、喜结群，通常在底层活动。以小型甲壳类多毛类等底栖动物为食。

长棘银鲈 *Gerres filamentosus*

属于热带、亚热带的中小型底栖性鱼类，喜栖息于沿岸具沙泥底质的海域，有时溯入河流中或礁岩岩池中。习惯一停一游的方式，经常成群活动。肉食性，以小型无脊椎动物为食。

多齿蛇鲻 *Saurida tumbil*

分布于印度洋非洲东岸，东至太平洋美洲西岸，南至澳大利亚。我国主要分布于南海、东海，系暖水性底层鱼类，是南海北部陆架区及北部湾的主要经济鱼类之一，分布广，渔获量高。多齿蛇鲻属底栖鱼类，在底质为沙、沙泥、泥沙，泥皆有栖息，一般栖息水深 15 m，甚至水深超过 200m 的海区也有群体栖息，其中以水深 40~150m 海区群体最密。

大头银姑鱼 *Pennahia macrocephalus*

该鱼种为暖温性近底层鱼类，分布于印度洋和太平洋西部海域。我国产于东海南部和南海，为北部湾底拖网、刺网以及钓业的主要渔获种类。大头白姑鱼在石首鱼科中产量最大。

皮氏叫姑鱼 *Johnius belengerii*

皮氏叫姑鱼属暖水性近海中下层小型食肉性鱼类，鳔能发出叫声，分布于西太平洋和印度洋，在我国沿海均有分布。广东近海的皮氏叫姑鱼主要产卵期在 5-8 月，其中 6 月为产卵盛期，秋季也有鱼群产卵，产卵场主要在珠江口和汕尾近海。在产卵期，鱼集结成较大的群体，并向沿海浅水区域移动。

长圆银鲈 *Gerres oblongus*

分布于印度-西太平洋区，西起红海、非洲东岸，西至所罗门群岛，北达琉球群岛，南迄新加勒多尼亚。中国南海和台湾南部、西部、北部沿海及澎湖海域均见。栖息于礁区、砂泥底、河口、近海沿岸。

无齿鲈 *Anodontostoma chacunda*

分布于美拉尼西亚、菲律宾、中印半岛、印度尼西亚、安达曼群岛、印度和马达加斯加以东以及南海等海域。近海暖水性中上层洄游鱼类。栖息于沙泥底质浅海或湾内，有时进入河口区半咸淡水水域。具群游行。主要摄食硅藻、放射虫、桡足类、小型甲壳类等浮游动物。

中国枪乌贼 *Loligo chinensis*

中国枪乌贼主要分布在南海、泰国湾、马来群岛、澳大利亚昆士兰海域。中国枪乌贼的分布北界，约在 25°N 附近，分布东界约处于中国台湾岛的北端，即一般不越过台湾海峡。中国枪乌贼稚仔和幼年期阶段捕食端足类、糠虾等小型甲壳类。至成体阶段主要捕食蓝圆鱼参、沙丁鱼、磷虾、鹰爪虾和毛虾等，也兼捕食海鳗、狗母鱼、虾蛄、梭子蟹等。

拟目乌贼 *Sepia lycidas*

分布在印度洋-西太平洋海域，具体为日本西南部房总半岛南部，从本州岛南部和朝鲜至中国东海、台湾、南海，菲律宾海、越南和婆罗洲。浅海暖水性较强，栖息在陆架区 15-100m 水深的近海水域，主要生活于亚热带和热带海域。在南海，常与白斑乌贼和虎斑乌贼栖居一起。

(六)物种多样性分析

项目海域渔获物重量密度多样性指数(H')均值为 3.24(1.49-4.18)，均匀度指数(J')均值为 0.75(0.34-0.97)，单纯度指数(C')均值为 0.20(0.07-0.60)，丰富度指数(d')均值为 4.56(1.92-6.08)。渔获物个体密度多样性指数(H')均值为 3.28(0.16-4.38)，均匀度指数(J')均值为 0.76(0.04-1.01)，单纯度指数(C')均值为 0.22(0.07-0.97)，丰富度指数(d')均值为

2.31(0.89-3.48)。结果详见表 5.5-24。

表5.5-24 渔获物多样性指数值

站位	个体评价指标				重量评价指标			
	H'	J'	C	d	H'	J'	C	d
X01	4.38	1.01	0.09	3.48	3.66	0.85	0.13	5.14
X02	3.76	0.87	0.13	2.66	4.11	0.95	0.08	5.05
X04	3.04	0.70	0.20	2.10	3.41	0.79	0.14	4.73
X05	4.08	0.94	0.10	2.87	3.18	0.73	0.17	4.21
X06	2.87	0.66	0.29	1.85	3.10	0.72	0.16	3.22
X08	0.16	0.04	0.97	0.89	1.49	0.34	0.60	1.92
X09	1.66	0.38	0.35	1.66	1.91	0.44	0.33	3.07
X13	4.24	0.98	0.07	2.31	4.11	0.95	0.08	5.70
X15	4.13	0.96	0.07	2.66	4.18	0.97	0.07	5.99
X18	2.97	0.69	0.20	2.11	2.29	0.53	0.37	3.61
X20	3.93	0.91	0.09	2.58	3.78	0.87	0.11	6.08
X22	4.10	0.95	0.08	2.54	3.70	0.86	0.13	6.06
平均值	3.28	0.76	0.22	2.31	3.24	0.75	0.20	4.56

(七)主要种类幼鱼比例

根据渔获物个体长度大于其最小性成熟长度为成鱼，而小于最小性成熟长度为幼鱼的划分标准来估算幼鱼的比例。本次调查主要经济鱼类的出现频率、平均体重和幼鱼比例，主要种类幼鱼比例情况如下：

在本次调查的渔获物中，鱼类幼体约占 96.63%，主要鱼获物半线天竺鲷、大鳞舌鲷、大头狗母鱼、大头银姑鱼、带纹躄鱼、单棘豹魴鲱、单角革鲀、短棘鲷、短尾大眼鲷、多鳞短额鲆、多鳞鱧、多须鰕、黑口鲷、横带棘线鲷、画眉笛鲷、箕作布氏筋鱼、尖尾鳗、剑唇鱼、截尾天竺鲷、金线鱼、康氏小公鱼、孔虾虎鱼、鲷。结果详见表 5.5-25。

表5.5-25 主要渔获种类幼鱼比例

种名	出现频率 (%)	体长范围 (cm)	幼鱼比例
半线天竺鲷	66.67	7.0-8.0	100.00%
大鳞舌鲷	41.67	10.0-14.0	91.67%
大头狗母鱼	33.33	10.0-15.0	100.00%
大头银姑鱼	58.33	7.0-12.0	100.00%
带纹躄鱼	25.00	10.0-7.0	100.00%
单棘豹魴鲱	16.67	15.0-11.0	100.00%
单角革鲀	16.67	8.0-30.0	50.00%
短棘鲷	16.67	10.0-15.0	100.00%
短尾大眼鲷	25.00	10.0-12.0	100.00%
多鳞短额鲆	33.33	6.0-8.0	100.00%
多鳞鱧	25.00	7.0-14.0	100.00%

多须鼬鲷	8.33	13.0	100.00%
黑口鳓	16.67	10.0-11.0	100.00%
横带棘线鲷	16.67	7.0-11.0	100.00%
画眉笛鲷	8.33	8.0-10.0	100.00%
箕作布氏筋鱼	16.67	15.0-16.0	100.00%
尖尾鳎	16.67	17.0-11.0	100.00%
剑唇鱼	25.00	12.0-15.0	100.00%
截尾天竺鲷	66.67	7.0-10.0	100.00%
金线鱼	8.33	17.0	100.00%
康氏小公鱼	8.33	7.0-8.0	100.00%
孔虾虎鱼	16.67	10.0-13.0	100.00%
鳓	16.67	10.0-16.0	100.00%

(八)小结

本次调查共渔获游泳动物 109 种，其中鱼类 79 种，头足类 7 种，甲壳类 23 种。游泳动物的平均渔获率为 15.32kg/h 和 2823ind/h。其中，鱼类为 13.18kg/h 和 2735ind/h，头足类的平均渔获率为 1.79kg/h 和 40ind/h，甲壳类的平均渔获率为 0.35kg/h 和 48ind/h。根据扫海面积法估算，评价调查海域目前游泳动物的资源密度约为 367.73kg/km² 和 67752ind/km²，其中鱼类约为 316.25kg/km² 和 65633ind/km²，头足类 43.00kg/km² 和 967ind/km²，甲壳类约为 8.48kg/km² 和 1152ind/km²。

本次调查的优势渔获物鱼类共有 10 种。其中，黑边布氏鲷的 IRI 最高，为 2008；其它优势种依次为蓝圆鲹（1125）、仰口鲷（606）、短棘鲷（535）、长棘银鲈（398）、多齿蛇鲷（236）、大头银姑鱼（159）、皮氏叫姑鱼（158）、长圆银鲈（154）、无齿鰺（120）。优势渔获物甲壳类没有种优势种。优势渔获物头足类有 2 种优势种，中国枪乌贼（518）、拟目乌贼（173）。其它种类的相对重要性指数小于 100。

项目海域渔获物重量密度多样性指数(H')均值为 3.24(1.49-4.18)，均匀度指数(J')均值为 0.75(0.34-0.97)，单纯度指数(C')均值为 0.20(0.07-0.60)，丰富度指数(d')均值为 4.56(1.92-6.08)。渔获物个体密度多样性指数(H')均值为 3.28(0.16-4.38)，均匀度指数(J')均值为 0.76(0.04-1.01)，单纯度指数(C')均值为 0.22(0.07-0.97)，丰富度指数(d')均值为 2.31(0.89-3.48)。

在本次调查的渔获物中，鱼类幼体约占 96.63%，主要鱼获物半线天竺鲷、大鳞舌鲷、大头狗母鱼、大头银姑鱼、带纹躄鱼、单棘豹魴鲆、单角革鲀、短棘鲷、短尾大眼鲷、多鳞短额鲆、多鳞鳢、多须鼬鲷、黑口鳓、横带棘线鲷、画眉笛鲷、箕作布氏筋鱼、

尖尾鳎、剑唇鱼、截尾天竺鲷、金线鱼、康氏小公鱼、孔虾虎鱼、鱯。

5.5.3.6 潮间带生物

(1) 种类组成

3 个潮间带断面共采获了 2 个生物类别中的 4 科 7 种生物(包含定性样品)(表 5.5-26)。节肢动物有 2 科 3 种, 占总种类数的 42.86%; 软体动物有 2 科 4 种, 占总种类数的 57.14%。

其中 C01 出现 1 种生物, C02 有 3 种生物, C03 有 6 种生物。不同断面出现的生物种类数详见表 5.5-27。

表5.5-27 不同断面出现的生物种类数

门类	C01	C02	C03
节肢动物	1	1	3
软体动物	--	2	3
合计	1	3	6

注: --表示未发现该生物类型

(2) 生物量和栖息密度

3 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 0.11ind/m², 平均生物量为 0.06g/m²; 中潮区平均栖息密度为 6.28ind/m², 平均生物量为 4.03g/m²; 低潮区平均栖息密度为 2.67ind/m², 平均生物量为 2.40g/m²。详见表 5.5-28。

表 5.5-28 潮间带生物量(g/m²)和栖息密度(ind/m²)

断面	栖息密度 (ind/ m ²)			生物量(g/m ²)		
	高滩	中滩	低滩	高滩	中滩	低滩
C01	0.08	0.16	0	0.05	0.07	0
C02	0.04	2.67	0	0.02	1.77	0
C03	0.20	16.00	8.00	0.10	10.24	7.20
平均值	0.11	6.28	2.67	0.06	4.03	2.40

注: --为未发现

(3) 类别生物量和栖息密度

各类别生物的生物量和栖息密度如表 3.5-3 所示, 节肢动物的平均栖息密度为 1.59ind/m², 平均生物量为 0.38g/m²; 软体动物的平均栖息密度为 2.57ind/m², 平均生物量为 2.53g/m² 详见表 5.5-29。

表5.5-26 调查海域潮间带生物种类名录

门类	科名	中文名	拉丁文名	C01			C02			C03		
				高	中	低	高	中	低	高	中	低
节肢动物												
	活额寄居蟹科	闪光活额寄居蟹	<i>Diogenes nitidimanus</i>									√
	沙蟹科	韦氏毛带蟹	<i>Dotilla wichmanni</i>								√	
	沙蟹科	痕掌沙蟹	<i>Ocypode stimpsoni</i>	√	√		√			√		√
软体动物												
	斧蛤科	狭氏斧蛤	<i>Donax dysoni</i>					√			√	√
	斧蛤科	豆斧蛤	<i>Donax faba</i>					√				
	斧蛤科	微红斧蛤	<i>Donax incarnatus</i>								√	
	蛤蜊科	粗蛤蜊	<i>Mactra aphrodina</i>									√

“√”表示在该站位采集到

表 5.5-29 潮间带生物的种类组成生物量与栖息密度

	断面	C01			C02			C03			平均值
		高	中	低	高	中	低	高	中	低	
栖息 密度(ind/m ²)	节肢动物	0.08	0.16	--	0.04	--	--	0.20	5.33	4.00	1.59
	软体动物	--	-	--	--	2.67	--	--	10.67	4.00	2.57
	总量	0.08	0.16	--	0.04	2.67	--	0.20	16.00	8.00	3.99
生物量 (g/m ²)	节肢动物	0.05	0.07	--	0.02	--	--	0.10	0.99	1.30	0.38
	软体动物	--	--	--	--	1.77	--	--	9.25	5.90	2.53
	总量	0.05	0.07	--	0.02	1.77	--	0.10	10.24	7.20	2.91

注：--为未发现

(4) 优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式： $Y = P_i \times f_i$ ， f_i 为第 i 种在各个站位出现的频率。本次调查潮间带生物以潮区为站点计算各种类的栖息密度百分比和出现频率，并把优势度 > 0.05 种类作为该区域的优势种类。

该海域的潮间带生物优势种类有狭氏斧蛤和痕掌沙蟹。结果详见表 5.5-30。表

5.5-30 潮间带生物的优势种

优势种	拉丁文名	平均栖息密度 (ind/m ²)	比例 (%)	出现频率 (%)	优势度
狭氏斧蛤	<i>Donax dysoni</i>	1.41	46.66	33.33	0.16
痕掌沙蟹	<i>Ocypode stimpsoni</i>	0.28	9.14	55.56	0.05

(5) 丰富度、单纯度、多样性指数和均匀度

3 个断面高潮区都只有 1 种，丰富度范围为 0；单纯度为 1.00；多样性指数为 0；均匀度为 0。中潮区丰富度范围在 0~0.71，平均为 0.40，最高为 C02；单纯度范围在 0.46~1.00 之间，平均为 0.65，最低为 C03；多样性指数范围在 0~1.28 之间，平均为 0.76，最高为 C02；均匀度范围在 0~1.00 之间，平均为 0.33，最高为 C03。低潮区 C03 丰富度为 1.00，平均值为 0.33；C03 单纯度为 0.25，平均值为 0.08；C03 多样性为 2.00，平均值为 0.67；C03 均匀度为 1.00，平均值为 0.33。（C01、C02 低潮区未采集到样品）。见表 5.5-31。

表5.5-31 潮间带生物丰富度 (D)、单纯度 (C) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

断面	丰富度 D			单纯度 C			多样性指数 H'			均匀度 J		
	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低
C01	0	0	--	1.00	1.00	--	0	0	--	0	0	--
C02	0	0.71	--	1.00	0.50	--	0	1.00	--	0	1.00	--
C03	0	0.50	1.00	1.00	0.46	0.25	0	1.28	2.00	0	0.81	1.00
平均值	0	0.40	0.33	1.00	0.65	0.08	0	0.76	0.67	0	0.60	0.33

注：0 为只采集到 1 种大型底栖生物；--为未发现

(6) 小结

3 个潮间带断面共捕获了 2 个生物类别中的 4 科 9 种生物（包含定性样品）。节肢动物有 2 科 3 种；软体动物有 2 科 4 种。C01 出现 1 种生物，C02 有 3 种生物，C03 有 6 种生物。

3 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 0.11ind/m²，平均生物量为 0.06g/m²；中潮区平均栖息密度为 6.28ind/m²，平均生物量为 4.03g/m²；低潮区平均栖息密度为 2.67ind/m²，平均生物量为 2.40g/m²。节肢动物的平均栖息密度为 1.59ind/m²，平均生物

量为 0.38g/m²；软体动物的平均栖息密度为 2.57ind/m²，平均生物量为 2.53g/m²。该海域的潮间带生物优势种类有狭氏斧蛤和痕掌沙蟹。

3 个断面高潮区都只有 1 种，丰富度范围为 0；单纯度为 1.00；多样性指数为 0；均匀度为 0。中潮区丰富度范围在 0~0.71，平均为 0.40；单纯度范围在 0.46~1.00 之间，平均为 0.65；多样性指数范围在 0~1.28 之间，平均为 0.76；均匀度范围在 0~1.00 之间，平均为 0.33。低潮区 C03 丰富度为 1.00，平均值为 0.33；C03 单纯度为 0.25，平均值为 0.08；C03 多样性为 2.00，平均值为 0.67；C03 均匀度为 1.00，平均值为 0.33。（C01、C02 低潮区未采集到样品）。

5.5.3.7 鱼卵与仔稚鱼

(1) 种类组成

在采集的 24 个样品中共鉴定出 7 个种类(表5.5-32)，隶属于 7 科，除此之外还有部分的鱼卵、仔稚鱼未能确定种类。其中鉴定到种的有 1 种，属的有 2 种，其余鉴定到科。从发育阶段来看，鱼卵出现的种类有 6 种，仔稚鱼出现的种类有 4 种。

水平拖网共捕获鱼卵 1353 粒，仔稚鱼 15 尾。鱼卵数量以鲷科鱼卵占绝对优势，占总数的 33.33%；其次为小沙丁鱼属鱼卵，占总数的 20.18%。仔鱼数量以小沙丁鱼属最多，占 41.67%。本次调查鱼卵优势种为鲷科鱼卵、仔稚鱼优势种为小沙丁鱼属。见表 5.5-33。

表5.5-33 鱼卵和仔鱼种类组成

鱼卵		仔鱼	
种类	所占比例(%)	种类	所占比例(%)
小沙丁鱼属	20.18	小沙丁鱼属	41.67
小公鱼属	8.57	白氏银汉鱼	33.33
鲷科	4.51	鲷科	8.33
多鳞鳔	15.74	多鳞鳔	16.67
鳊科	33.33		
舌鳎科	6.58		
未定种	11.09		

(2) 密度分布

本次垂直拖网调查，采集到的鱼卵密度范围为(0.40~4.44)粒/m³，平均密度为 1.68 粒/m³，最大值出现在 X15 号站位，最小值出现在 X08 号站位。采集到仔稚鱼密度范围为(0~11.67)尾/m³，平均密度为 2.39 尾/m³，最大值出现在 X09 号站位，X06、X08 号站位未采集到仔稚鱼。详见表 5.5-34。

5.5-32 调查海域鱼卵与仔稚鱼种类名录

科名	中文名	拉丁文名	发育阶段	站位											
				X01	X02	X04	X05	X06	X08	X09	X13	X15	X18	X20	X22
银汉鱼科	白氏银汉鱼	Allanetta bleekeri	仔稚鱼		√	√							√		√
鳊科 鱊科	鳊科 多鳞鱊	Leiognathidae...gen sp. Sillago sihama	鱼卵	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
			鱼卵	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
			仔稚鱼							√				√	
舌鳎科	舌鳎科	Cynoglossidae...gen sp.	鱼卵		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
鳀科	小公鱼属	Stolephorus sp.	鱼卵	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
鲱科	小沙丁鱼属	Sardinella sp.	鱼卵	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
			仔稚鱼		√			√		√				√	
鲮科	鲮科	Mugilidae...gen sp.	鱼卵		√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
			仔稚鱼				√								
未定种	未定种	Unidentified species	鱼卵	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

“√”表示在该站位采集到

表5.5-34 鱼卵和仔鱼调查结果

站位	鱼卵(粒/m ³)	仔鱼(尾/m ³)
X01	0.77	6.15
X02	0.56	0.56
X04	1.40	0.40
X05	3.00	4.00
X06	2.00	0
X08	0.40	0
X09	3.33	11.67
X13	0.60	0.40
X15	4.44	2.22
X18	0.60	0.40
X20	2.50	2.50
X22	0.60	0.40
平均值	1.68	2.39

(3)小结

在采集的 24 个样品中共鉴定出 7 个种类,隶属于 7 科,除此之外还有部分的鱼卵、仔稚鱼未能确定种类。其中鉴定到种的有 1 种,属的有 2 种,其余鉴定到科。从发育阶段来看,鱼卵出现的种类有 6 种,仔稚鱼出现的种类有 4 种。

水平拖网共捕获鱼卵 1353 粒,仔稚鱼 15 尾。鱼卵数量以鲷科鱼卵占绝对优势,占总数的 33.33%;其次为小沙丁鱼属鱼卵,占总数的 20.18%。仔鱼数量以小沙丁鱼属最多,占 41.67%。本次调查鱼卵优势种为鲷科鱼卵、仔稚鱼优势种为小沙丁鱼属。

本次垂直拖网调查,采集到的鱼卵密度范围为(0.40~4.44)粒/m³,平均密度为 1.68 粒/m³,最大值出现在 X15 号站位,最小值出现在 X08 号站位。采集到仔稚鱼密度范围为(0~11.67)尾/m³,平均密度为 2.39 尾/m³,最大值出现在 X09 号站位,X06、X08 号站位未采集到仔稚鱼。

5.5.3.8 生物质量评价

由于目前调查海域大型底栖生物的生物量较小,通过阿氏拖网调查获取的大型底栖生物的生物量已不能满足生物质量样品分析的要求,因此,本次生物质量样品的主要来自于游泳动物。通过渔业资源围网调查方式,在设定的大型底栖生物站位上获取的具有代表性的鱼类、甲壳类和软体类的本地经济种类、本地常见和优势种类。

在项目区附近海域布设了 12 个生物质量监测站位,调查项目附近海域的游泳动物

（黑边布氏蝠、游鳍叶鲶、中国枪乌贼、长圆银鲈、虎斑乌贼、皮氏叫姑鱼、远洋梭子蟹、克氏棘赤刀鱼、须赤虾、无齿鳔、珍鲆、多齿蛇鲭）。

根据监测结果，采集到的 12 个站位中有鱼类 8 种、甲壳类 2 种、软体类 2 种，石油烃含量在 $2.6\sim 8.4(\times 10^{-6})$ 之间，平均为 $4.6(\times 10^{-6})$ ；铜含量在 $0.2\sim 10.3(\times 10^{-6})$ 之间，平均为 $2.3(\times 10^{-6})$ ；铅含量在 $0.03\sim 0.34(\times 10^{-6})$ 之间，平均为 $0.10(\times 10^{-6})$ ；砷含量在 $0.3\sim 4.2(\times 10^{-6})$ 之间，平均为 $2.0(\times 10^{-6})$ ；总汞含量在 $0.008\sim 0.137(\times 10^{-6})$ 之间，平均为 $0.061(\times 10^{-6})$ ；锌含量在 $2.7\sim 23.4(\times 10^{-6})$ 之间，平均为 $9.6(\times 10^{-6})$ ；镉含量在 $0.013\sim 0.139(\times 10^{-6})$ 之间，平均为 $0.041(\times 10^{-6})$ ，详见表 5.5-35。

调查结果表明：调查海域中的各生物体样品中的石油烃、重金属（总汞、铅、镉、铜、砷和锌）均达到《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)和《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（详见表 5.5-35）。

表 5.5-34 生物体样品中总石油烃、重金属元素含量

站位	样品类型	测试结果（单位： $\times 10^{-6}$ ）						
		石油烃	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As
X01	黑边布氏蝠	3.2	0.3	0.14	4.7	0.014	0.137	1.1
X02	游鳍叶鲶	2.8	1.5	0.04	8.0	0.024	0.058	0.8
X04	中国枪乌贼	6.3	2.3	0.04	11.2	0.099	0.024	3.8
X05	长圆银鲈	3.2	0.6	0.15	3.1	0.025	0.128	0.8
X06	虎斑乌贼	8.4	6.7	0.34	22.4	0.139	0.070	0.3
X08	皮氏叫姑鱼	4.5	0.2	0.03	2.7	0.019	0.087	0.9
X09	远洋梭子蟹	6.0	10.3	0.03	23.4	0.017	0.087	4.2
X13	克氏棘赤刀鱼	2.6	0.4	0.18	3.8	0.022	0.008	1.4
X15	须赤虾	7.5	3.2	0.04	17.8	0.068	0.036	3.8
X18	无齿鳔	4.2	1.1	0.05	6.6	0.021	0.034	3.3
X20	珍鲆	3.2	0.3	0.05	5.1	0.013	0.036	3.0
X22	多齿蛇鲭	3.4	0.2	0.05	5.8	0.028	0.028	0.8
最小值		2.6	0.2	0.03	2.7	0.013	0.008	0.3
最大值		8.4	10.3	0.34	23.4	0.139	0.137	4.2
平均值		4.6	2.3	0.10	9.6	0.041	0.061	2.0

注：样品检出率大于等于 1/2 时，未检出按检出限的 1/2 量值参与统计；样品检出率小于 1/2 时，未检出按检出限的 1/4 量值参与统计。

表 5.5-35 生物体样品中总石油烃、重金属含量标准指数

站位	类型	石油烃	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As
X01	黑边布氏蝠	0.16	0.02	0.07	0.12	0.02	0.46	0.22
X02	游鳍叶鲶	0.14	0.08	0.02	0.20	0.04	0.19	0.16

X04	中国枪乌贼	0.32	0.02	0.00	0.04	0.02	0.08	0.38
X05	长圆银鲈	0.16	0.03	0.08	0.08	0.04	0.43	0.16
X06	虎斑乌贼	0.42	0.07	0.03	0.09	0.03	0.23	0.03

X08	皮氏叫姑鱼	0.23	0.01	0.02	0.07	0.03	0.29	0.18
X09	远洋梭子蟹	0.30	0.10	0.02	0.16	0.01	0.44	0.53
X13	克氏棘赤刀鱼	0.13	0.02	0.09	0.10	0.04	0.03	0.28
X15	须赤虾	0.38	0.03	0.02	0.12	0.03	0.18	0.48
X18	无齿鱈	0.21	0.06	0.03	0.17	0.04	0.11	0.66
X20	珍鲹	0.16	0.02	0.03	0.13	0.02	0.12	0.60
X22	多齿蛇鲻	0.17	0.01	0.03	0.15	0.05	0.09	0.16

注：样品检出率大于等于 1/2 时，未检出按检出限的 1/2 量值参与统计；样品检出率小于 1/2 时，未检出按检出限的 1/4 量值参与统计。

5.6 大气环境质量现状评价

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)，项目所在区域达标判断，优先采用国家或地方环境主管部门公开发布的评价基准年环境质量公告或环境质量报告中的数据或结论。

根据《三亚市 2020 年环境质量年报》，2020 年，三亚市环境空气质量优良率为 100%、优良天数为 365 天，空气质量指数(AQI)范围为 12~88、年均值为 34。2020 年三亚市环境空气质量有效监测天数共 365 天，其中，全年空气质量指数 AQI 属一级(优)的天数共 333 天，占全年有效监测天数的 91.2%，属二级(良)的天数共 32 天，占全年有效监测天数的 8.8%。

市区二氧化硫(SO₂)日平均浓度范围为 1~10 微克/立方米，年平均浓度为 4 微克/立方米；二氧化氮(NO₂)日平均浓度范围为 2~28 微克/立方米，年平均浓度为 9 微克/立方米；可吸入颗粒物(PM₁₀)日平均浓度范围为 4~76 微克/立方米，年平均浓度为 23 微克/立方米；细颗粒物(PM_{2.5})日平均浓度范围为 2~50 微克/立方米，年平均浓度为 11 微克/立方米；一氧化碳(CO)日平均浓度范围为 0.2~0.8 毫克/立方米，日平均浓度第 95 百分位数为 0.6 毫克/立方米；臭氧(O₃)日最大 8 小时平均浓度范围为 16~145 微克/立方米，日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位数为 99 微克/立方米。

二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、可吸入颗粒物(PM₁₀)、细颗粒物(PM_{2.5})的年平均浓度均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)(以下简称“环境空气质量”)一级标准；一氧化碳(CO)日平均浓度第 95 百分位数符合环境空气质量一级标准(按 24 小时平均浓度限值评价)；臭氧(O₃)日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位数符合环境空气质量一级标准(按日最大 8 小时平均浓度限值评价)。因此大气环境属于达标区。

6.海洋环境影响预测与分析

6.1 水文动力环境影响分析

6.1.1 潮流场数学模型

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维正压潮流数值模型 MIKE21，用以分析本项目建设对周边海域潮流场的影响，为施工期悬沙扩散和泥沙冲淤环境预测做基础。所采用的模型采用非结构三角网格剖分计算域，能够较好的拟合陆地边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密，该软件具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点，已在全球 70 多个国家得到应用，有上百例成功算例，计算结果可靠，为国际所公认。MIKE21FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

6.1.1.1 基本控制方程

连续方程：

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

运动方程：

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

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

式中： t ：时间。

g ：重力加速度 (m/s^2)；

η ：自由水面水位 (m)；

$h = \eta + d$ ：总水深 (m)， d 为海底到静止海面的距离；

S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yx} 、 S_{yy} 辐射应力张量的分量值；

u, v : x, y 方向垂线平均流速分量;

ρ : 水体密度;

ρ_0 : 水体相对密度;

P_a : 大气压力;

S : 源汇项流量值;

u_s, v_s : 源汇项流速值;

$f = 2\omega \sin \varphi$, 其中 ω 是地球自转角速度, φ 是地理纬度;

$(\tau_{sx}, \tau_{sy}), (\tau_{bx}, \tau_{by})$ 是 x, y 方向表面风和海底剪切应力的分量;

$T_{xx}, T_{xy}, T_{yx}, T_{yy}$ 横向应力, 包括粘性摩擦、湍流摩擦、平流摩擦。

6.1.1.2 边界条件与初始条件

1、边界条件

在闭边界处法向流速为零。

开边界处输入潮波
$$\zeta = \sum_{i=1} \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + V_i + \theta_i - G_i]\}$$

这里 σ_i 是第 i 个分潮的角速度 (共取五个分潮: M_2, S_2, N_2, O_1, K_1), f_i, θ_i 是第 i 个分潮的交点因子和迟角订正, H_i 和 G_i 是调和常数, 分别为分潮的振幅和迟角, V_i 是分潮的时角。

2、初始条件

计算开始时“冷态”起动, 即:

$$\begin{aligned} & (\zeta, u, v)_{t=0} = 0 \\ & h(x, y, t)_{t=0} = h_0(x, y) \\ & u(x, y, t)_{t=0} = 0 \\ & v(x, y, t)_{t=0} = 0 \end{aligned}$$

6.1.2 计算区域及边界条件

6.1.2.1 计算区域和计算参数

1、计算域设置

模拟采用三角网格，用动边界的方法对干、湿网格进行处理。整个模拟区域内由 22928 个三角单元组成，最小空间步长约为 10m。为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况，将本工程附近海域进行局部加密。数值模拟计算海域网格分布见图 6.1.2.1-1。

2、水深和岸界

水深：选取中国人民解放军海军航海保证部制作电子海图水深以及工程附近海域水深地形测量资料。

岸界：采用以上海图中岸界，以及工程附近海岸线勘测资料。

3、计算时间步长和底床糙率

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 1s。底床糙率通过曼宁系数进行控制，曼宁系数 n 取 $60\sim 80\text{m}^{1/3}/\text{s}$ 。

4、水平涡动粘滞系数

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

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

式中： c_s —常数；

l —特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ($i, j = 1, 2$) 计算得到。

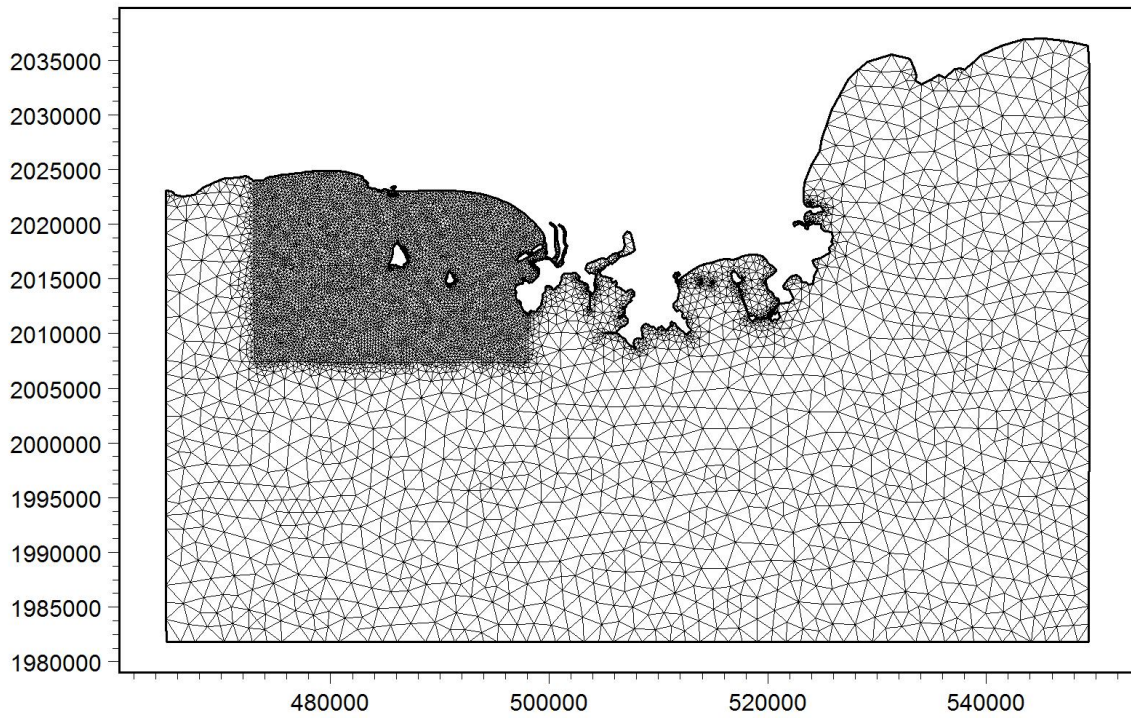


图 6.1.2-1 数值模拟计算海域网格设置

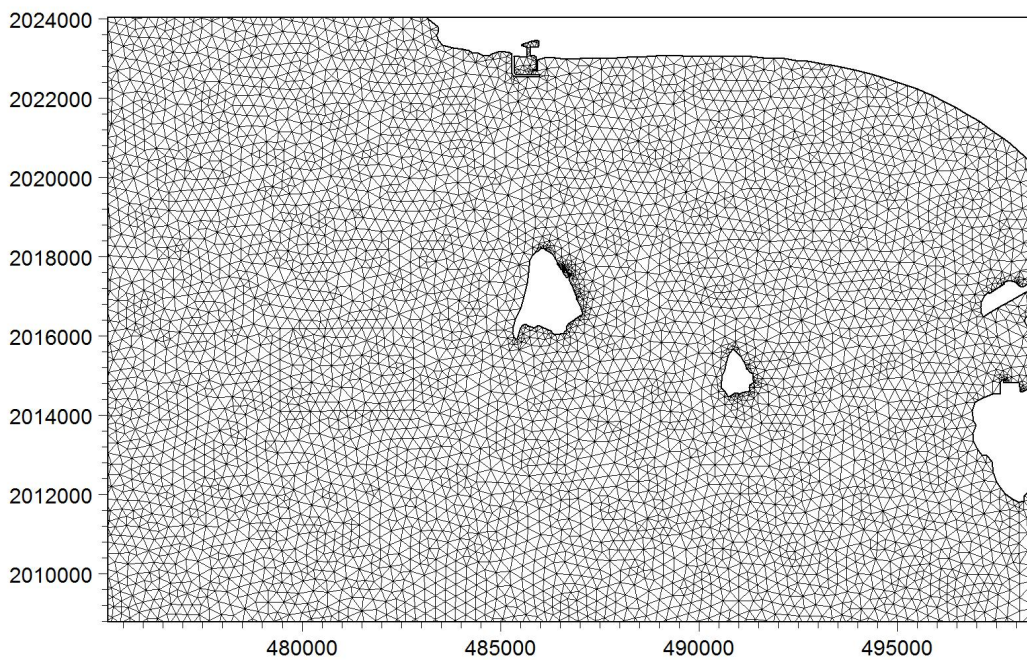


图 6.1.2-2 工程附近海域网格设置

6.1.2.2 边界条件

海岸线为固体边界，取法向流速为零。潮滩采用变边界处理。

外海流体开边界采用强制水位，水位为时间的已知函数：

$$E = E_0 + \sum_{i=1}^{34} f_i \cdot H_i \cdot \cos(\sigma_i t + v_{0i} + u_i - g_i)$$

其中， E 为潮位， g_i 、 H_i 分别为分潮的调和常数， σ_i 为分潮的角速率， v_{0i} 为分潮格林威治天文初相角， u_i 、 f_i 为分潮的交点订正角和交点因子。模型基面统一到平均海平面。

在潮位表达式中，代入每个分潮与实测资料同步的交点因子 f_i 和格林威治天文相角 $v_{0i} + u_i$ ，即可预报出与实测资料同步的各开边界控制点的潮位曲线作为潮流场开边界条件。

6.1.4 潮流场计算结果分析

1、工程海域现状潮流计算结果分析

图6.1.4-1、图6.1.4-2分别为工程附近海域涨急时刻和落急时刻瞬时潮流场模拟结果，给出的流场图中的涨落潮时刻是以工程区的潮汐变化为参照时间。

图6.1.4-1是涨急时刻潮流场，工程周边海域潮流大致由西往东流，近岸海域流速整体较小，工程周边海域流速小于10cm/s，西岛南北两侧附近潮流流速较大，最大流速可达81cm/s，位于西岛南侧附近海域。本工程位于东岛东南侧，从数值模拟结果可以看出，西岛和东岛之间流速较小。

图6.1.4-2是落潮中间时刻潮流场，工程周边海域潮流大致由东往西，潮流流速比涨急时刻小，工程附近近岸流速一般小于10cm/s，西岛南北两侧附近潮流流速较大，最大流速可达65cm/s，位于西岛南侧附近海域。本工程位于东岛东南侧，从数值模拟结果可以看出，西岛和东岛之间流速较小。

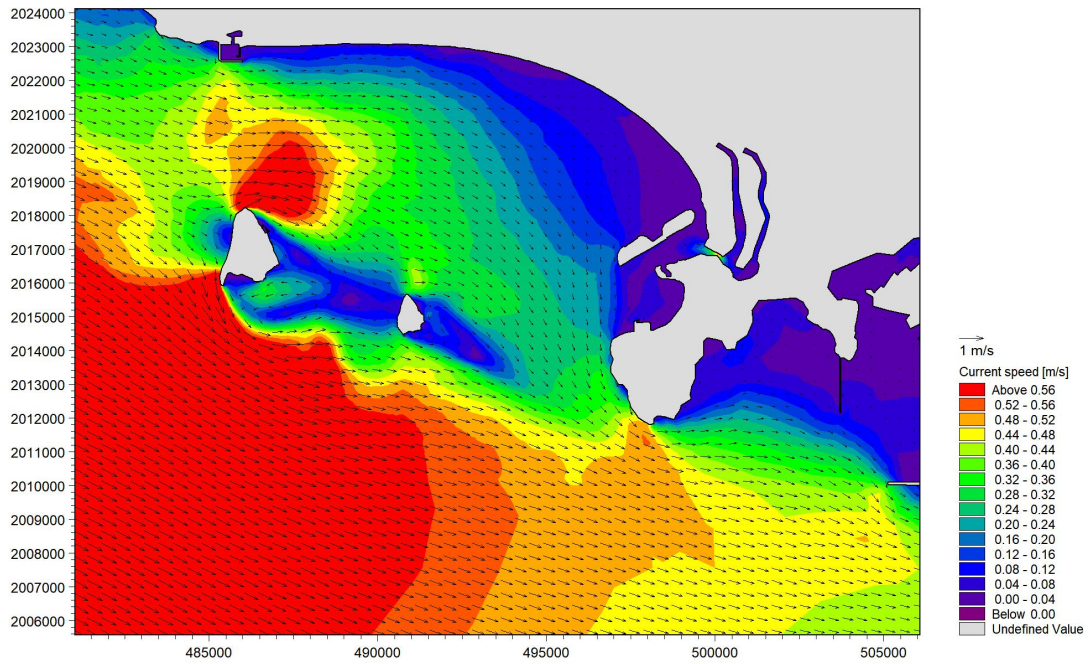


图 6.1.4-1 工程附近海域现状计算潮流场（涨急时）

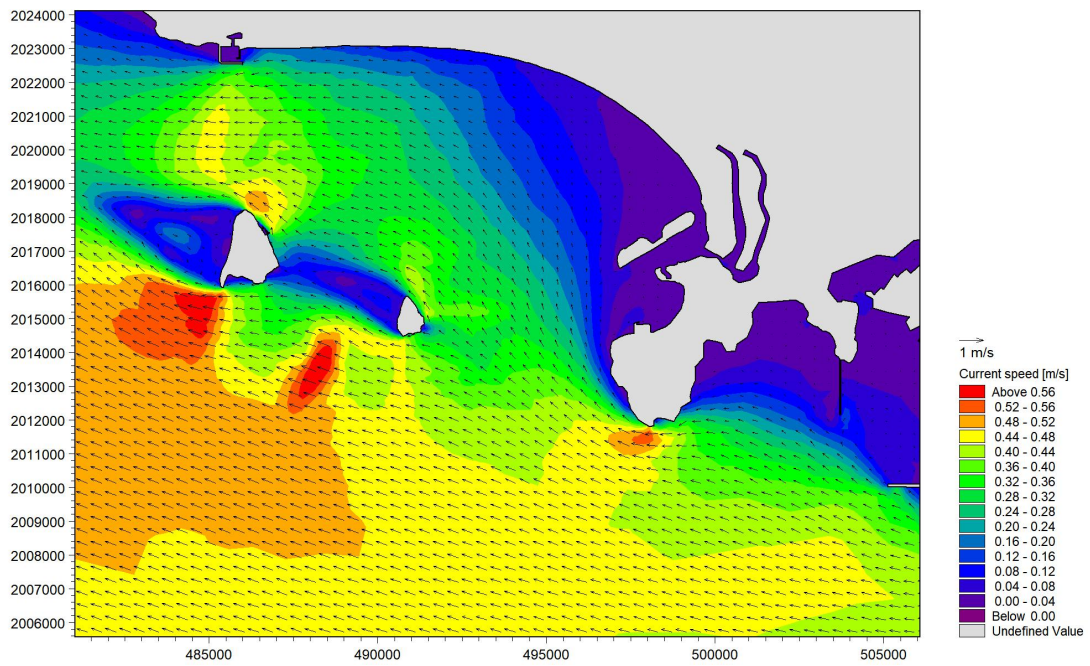


图 6.1.4-2 工程附近海域现状计算潮流场（落急时）

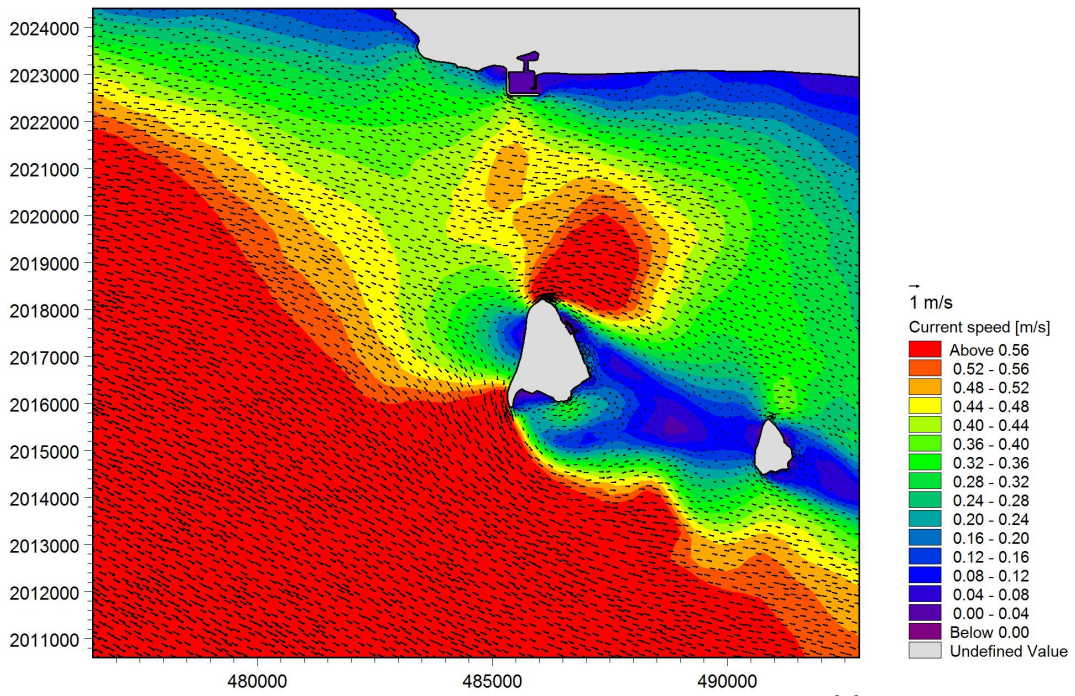


图 6.1.4-3a 工程附近海域现状计算潮流场（涨急时）

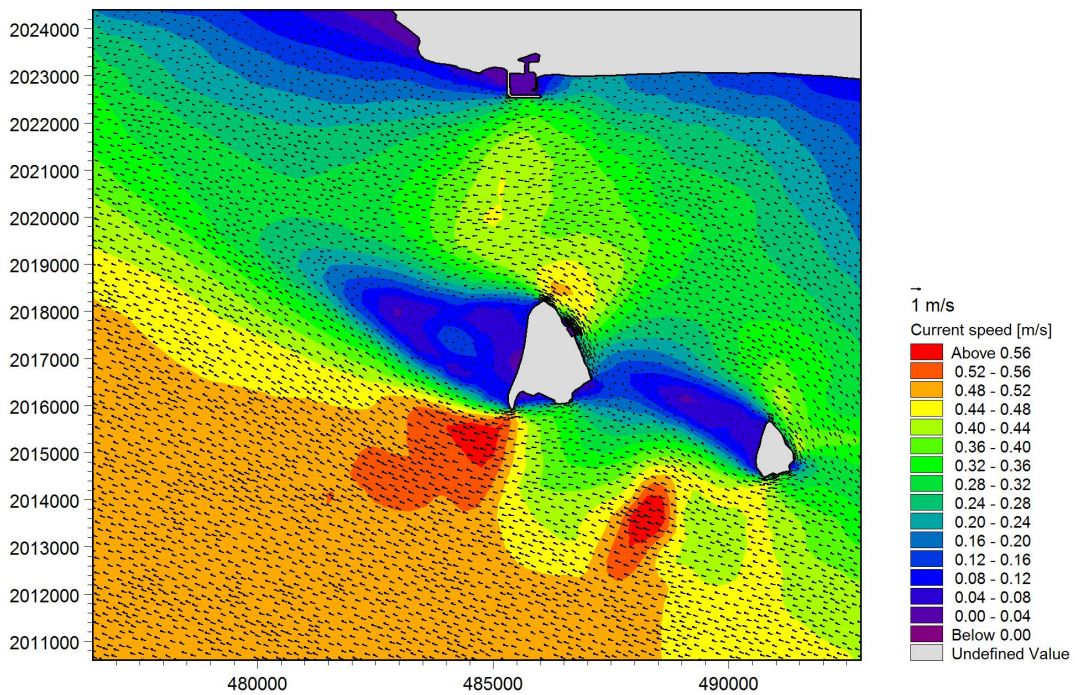


图 6.1.4-3b 工程附近海域现状计算潮流场（落急时）

2、工程实施对潮流场影响分析

(1) 护岸工程

根据工程设计资料，本项目护岸工程不改变海岸线的走向，对海岸线形态的改变非

常微小，且工程基本位于西岛岛体上，本工程的实施不改变工程周边的水动力环境。

(2) 人工鱼礁工程

根据工程设计资料，本项目人工鱼礁工程改变了工程区的水深，造成鱼礁区附近水动力环境发生一定程度的改变。根据数值模拟结果，人工鱼礁工程对海洋水动力环境的改变主要为鱼礁区和鱼礁区迎流方向流速略有增大，鱼礁区背流方向流速有所减小，流速变化范围大多在5cm/s之内。

工程实施后工程周边海域涨、落急时刻潮流场见图6.1.4-4a、图6.1.4-4b。

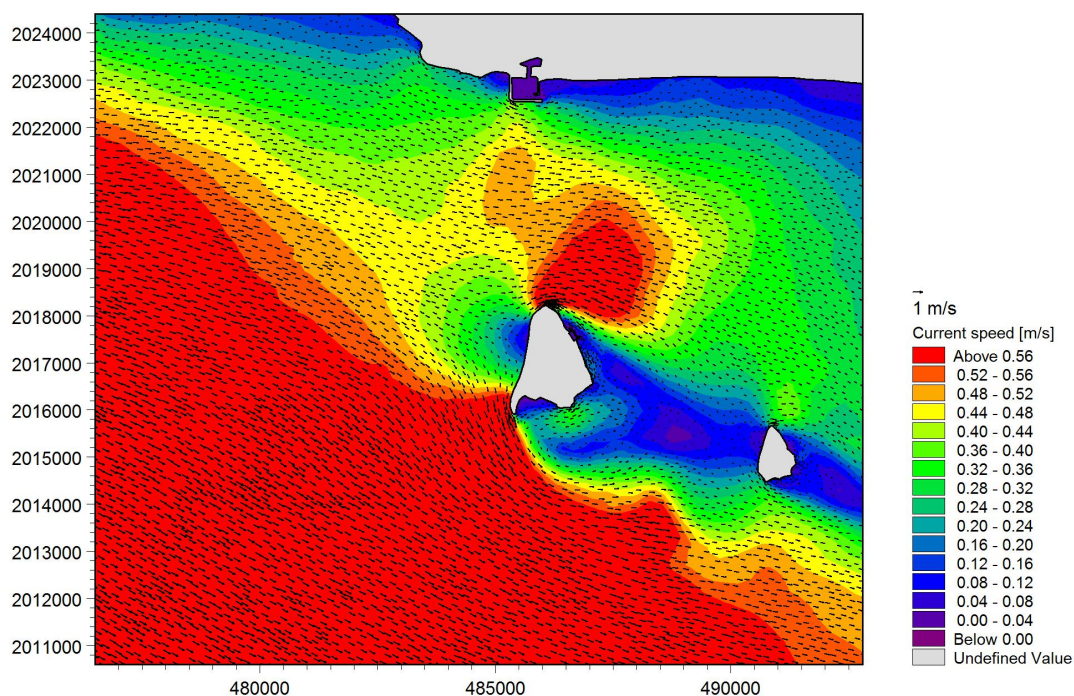


图 6.1.4-4a 工程实施后附近海域计算潮流场（涨急时）

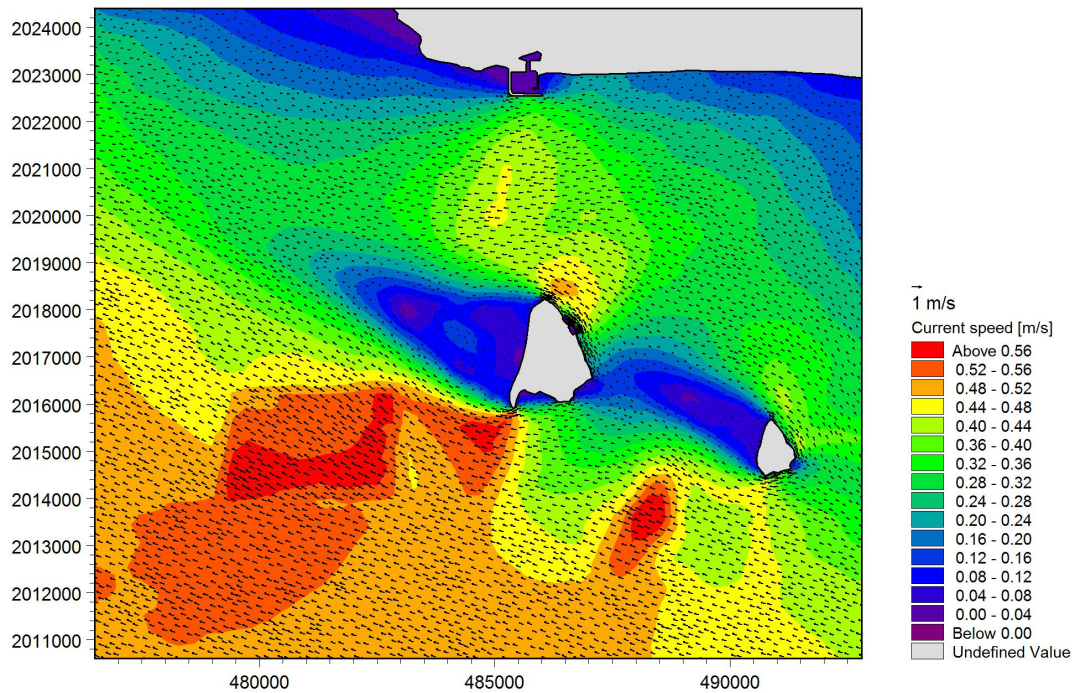


图 6.1.4-4b 工程实施后附近海域计算潮流场（落急时）

6.2 水质环境的影响预测与评价

6.2.1 水质预测模型

潮流是海域污染物进行稀释扩散的主要动力因素，在获得可靠的潮流场基础上，通过添加水质预测模块（平面二维非恒定的对流—扩散模型），可进行水质预测计算。

(1) 二维水质对流扩散控制方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}\left(h \cdot D_x \cdot \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(h \cdot D_y \cdot \frac{\partial c}{\partial y}\right) - F \cdot h \cdot c + s$$

式中：DX、DY为x、y方向的扩散系数；c为污染物浓度；F为衰减系数，模型中取 $F=p \cdot ws$ ，p为沉降概率，ws为沉速；s为污染物源强， $s=QS/CS$ ，式中QS为排放量，CS为浓度。

(2) 边界条件

岸边界条件：浓度通量为零；

开边界条件：

入流： $C|_{\Gamma} = P_0$ ，式中 Γ 为水边界， P_0 为边界浓度，模型仅计算增量影响，取 $P_0=0$ 。

出流： $\frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial n^w} = 0$ ，式中 U_n 边界法向流速，n为法向。

(3) 初始条件

$$C(x, y)|_{t=0} = 0$$

6.2.2 悬浮泥沙源强及发生点位置

本工程施工过程产生悬浮泥沙主要由施工过程中鱼礁投放产生。根据工程分析内容，鱼礁投放施工产生的悬浮泥沙源强为1.2kg/s，泥沙发生点位于鱼礁占用海域。

数值模拟时在悬浮泥沙发生区域选择有代表性的典型预测点，分别预测各点最大的浓度增量分布，连接各点不同浓度增量预测值最外沿，做出悬浮泥沙增量的最大包络线图。

6.2.3 预测悬浮泥沙浓度增量分布

本工程施工产生的悬浮泥沙扩散范围见图6.2-1，模拟结果表明，施工产生的悬浮泥沙主要在河道内扩散，10mg/L浓度悬浮泥沙向最大扩散距离约0.7km。施工期间产生的悬浮泥沙超一、二类水质标准（>10mg/L浓度范围）水域最大包络线面积为11.750km²，超三类水质标准（>100mg/L浓度范围）水域最大包络线面积为7.675km²，超四类水质标准（>150mg/L浓度范围）水域面积最大包络线面积为7.288km²。施工产生的悬浮泥沙扩散面积见表6.2-1。

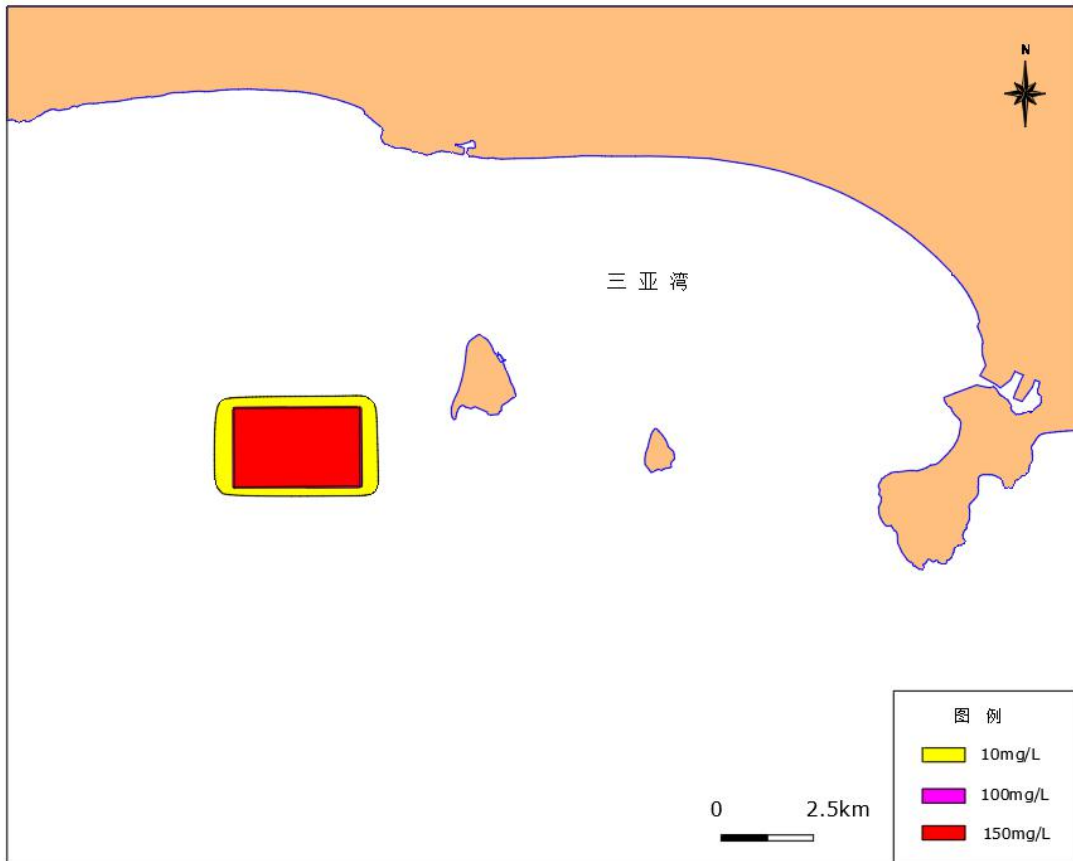


图 6.2-1 工程施工产生悬浮泥沙扩散最大包络线图
表 6.2-1 施工产生的悬浮泥沙扩散面积一览表

悬浮泥沙增量浓度 (mg/L)	包络面积 (km ²)
10	11.750
20	9.981
50	8.762
100	7.675
150	7.288

6.3 地形地貌与冲淤环境影响评价

研究利用沉积物取样分析、海流观测等方法，结合水深地形、工程地质、波浪资料，运用 MIKE21 模型模拟潮流、波浪作用条件下工程周围海域海底地形的演化。

6.3.1 海岸带泥沙运动的一般规律

海岸带附近泥沙来源主要有四个方面：一是河流来沙，二是由邻近岸滩搬运而来，三是由当地崖岸侵蚀而成，四是海底来沙。

沙质海岸的泥沙运移形态有推移和悬移两种，淤泥沙海岸的泥沙运移形态以悬移为主，底部可能有浮泥运动或推移运动。海岸带泥沙运动方式可分为与海岸线垂直的纵向运动和与海岸线平等的横向运动。

6.3.2 地形地貌冲淤数值型

研究利用沉积物取样分析、海流观测等方法，结合水深地形、工程地质、风速资料，运用 MIKE21 模型模拟潮流、波浪（施加风）作用条件下工程周围海域海底地形的演化。

6.3.2.1 泥沙运动控制方程

MIKE21FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

泥沙控制方程为：

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

式中： \bar{c} ——水深平均悬浮泥沙浓度（ g/m^3 ）；

u, v ——水深平均流速（ m/s ）；

D_x, D_y ——分散系数（ m^2/s ）；

h ——水深（ m ）；

S ——沉积/侵蚀源汇项（ $\text{g}/\text{m}^3/\text{s}$ ）；

Q_L ——单位水平区域内点源排放量（ $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ）；

C_L ——点源排放浓度（ g/m^3 ）。

6.3.2.2 沉积物沉积和侵蚀计算公式

1、粘性土沉积和侵蚀

(1) 沉积速率

根据 Krone（1962）等提出的方法计算粘性土沉积，公式如下：

$$S_D = w_s c_b p_d$$

式中： S_D ——沉积速率；

w_s ——沉降速度（ m/s ）；

c_b ——底层悬浮泥沙浓度（ kg/m^3 ）；

p_d ——沉降概率；

沉降速度计算公式：

$$w_s = \begin{cases} kc^\gamma, c \leq 10 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ w_{s,r} \left(1 - \frac{c}{c_{gel}}\right)^{w_{s,n}}, c > 10 \text{ kg} / \text{m}^3 \end{cases}$$

式中：c——体积浓度；

k, γ ——系数， γ 取值介于 1~2 之间；

$w_{s,r}$ ——沉降速度系数；

$w_{s,n}$ ——组分能量常数；

c_{gel} ——泥沙絮凝点。

沉降概率公式：

$$P_1 = \begin{cases} 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, \tau_b \leq \tau_{cd} \\ 0, \tau_b > \tau_{cd} \end{cases}$$

式中： τ_b ——海底剪应力（N/m²）；

τ_{cd} ——沉积临界剪应力（N/m²）。

(2) 泥沙浓度分布

泥沙浓度分布计算包括 2 种方法：

① Teeter 公式

$$c_b = \bar{c}\beta$$

式中：

$$\beta = 1 + \frac{P_e}{1.25 + 4.75 p_b^{2.5}}$$

$$p_e = \frac{w_s h}{D_z} = \frac{6w_s}{kU_f}$$

k——VonKarman 常数（0.4）；

U_f ——摩擦速度， $\sqrt{\tau_b / \rho}$ 。

② Rouse 公式

$$-\varepsilon \frac{dC}{dz} = w_s C \quad \varepsilon = kU_f z \left(1 - \frac{z}{h}\right) \quad C = C_a \left[\frac{a}{h-a} \frac{h-z}{z} \right]^R, a \leq z \leq h$$

$$R = \frac{w_s}{kU_f}$$

底层悬浮泥沙浓度公式：

$$c_b = \frac{\bar{c}}{RC}$$

式中： ε ——扩散系数；

C ——悬浮泥沙浓度；

z ——垂向笛卡尔坐标。

h ——水深；

C_a ——深度基准面处的悬浮泥沙浓度；

a ——深度基准面；

\bar{c} ——水深平均浓度；

R ——Rouse 参数。

(3) 底床侵蚀

根据底床密实程度，侵蚀计算可以分为 2 种方式：

①密实、固结底床侵蚀计算公式

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

式中： E ——底床侵蚀度 ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$)；

τ_b ——底床剪切力 (N/m^2)；

τ_{ce} ——侵蚀临界剪切力 (N/m^2)；

n ——侵蚀能力。

②软、部分固结底床侵蚀计算公式

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

α ——参考系数。

2、非粘性土沉积和侵蚀

(1) 无量纲颗粒参数的确定

根据 VanRijn (1984) 等提出的方法计算非粘性土再悬浮，公式如下：

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

式中： S ——颗粒比重；

G——重力加速度；

ν ——粘滞系数；

d_{50} ——中值粒径。

(2) 底床临界起动流速

泥沙悬浮的判定通过实际摩擦流速 U_f 和临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 的比较得以实现。其主要通过两种方式，一种是利用泥沙运移阶段参数 T ；另一种是利用临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值。

① 泥沙运移阶段参数 T

$$T = \begin{cases} \left(\frac{U_f}{U_{f,cr}} \right) - 1, U_f > U_{f,cr} \\ 0, U_f \leq U_{f,cr} \end{cases}$$

$$U_f = \sqrt{ghI} = \frac{\sqrt{g}}{C_z} |\vec{V}|$$

式中： I ——能量梯度；

C_z ——谢才系数 ($m^{1/2}/s$) ($=18 \ln(4h/d_{90})$)；

$|\vec{V}|$ ——流速 (m/s)。

② 临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值

$$\frac{U_{f,cr}}{w_s} = \begin{cases} \frac{4}{d^*}, 1 < d^* \leq 10 \\ 0.4, d^* > 10 \end{cases}$$

(3) 沉降速度

非粘性土沉降速度公式：

$$w_s = \begin{cases} \frac{(s-1)gd^2}{18\nu}, d \leq 100 \mu m \\ \frac{10\nu}{d} \left\{ \left[1 + \frac{0.01(s-1)gd^3}{\nu^2} \right]^{0.5} - 1 \right\}, 100 < d \leq 1000 \mu m \\ 1.1[(s-1)gd]^{0.5}, d > 1000 \mu m \end{cases}$$

式中： d ——非粘性土颗粒粒径；

s ——非粘性土密度；

ν ——粘滞度；

g ——重力加速度。

(4) 悬移质运移

悬移质泥沙平衡浓度计算公式:

$$\bar{c}_e = \frac{q_s}{\bar{u}h} q_s = \int_a^h c \cdot dy \quad a = k_s = 2d_{50}$$

式中: \bar{u} ——水深平均流速 (m/s);

q_s ——悬移质运移量 (kg/m/s);

c ——距离底床 y (m) 处的悬浮泥沙浓度 (kg/m³);

u ——距离底床 y (m) 处的流速 (m/s);

h ——水深 (m);

a ——底床分层厚度 (m);

k_s ——等效粗糙高度 (m);

d_{50} ——中值粒径。

(5) 非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布主要取决于湍流扩散系数 ε_s 和沉降速度 w_s 。

①湍流扩散系数计算公式为:

$$\varepsilon_s = \beta \Phi \varepsilon_f$$
$$\beta = \begin{cases} 1 + \left(\frac{w_s}{U_f} \right)^2, & \frac{w_s}{U_f} < 0.5 \\ 1, & 0.5 \leq \frac{w_s}{U_f} < 0.25 \\ \text{不悬浮}, & \frac{w_s}{U_f} \geq 2.5 \end{cases}$$

式中: β ——扩散因子;

Φ ——阻尼系数。

②非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布由 Peclet 系数 P_e 确定:

$$P_e = \frac{C_{rc}}{C_{rd}}$$

式中: C_{rc} ——Courant 对流系数 ($= w_s \Delta t / h$);

C_{rd} ——Courant 扩散系数 ($= \varepsilon_f \Delta t / h^2$);

ε_f ——水深平均流体扩散系数。

(6) 非粘性土沉积

$$S_d = -\left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s}\right), \bar{c}_e < \bar{c}$$

$$t_s = \frac{h_s}{w_s}$$

$$\bar{c}_e = 10^6 \cdot F \cdot C_a \cdot s$$

$$F = c / c_a$$

式中： \bar{c}_e ——平衡浓度；

s ——相对密度，取 2.65。

(7) 非粘性土侵蚀

$$S_e = -\left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s}\right), \bar{c}_e > \bar{c}$$

6.3.2.3 输入参数确定

1、沉积物类型、粒度特征参数

根据工程区域历史海底表层沉积物调查资料和近期海底沉积物调查资料。

2、风的资料输入

根据工程区域风资料的统计结果，模拟时选取了常风向、强风向等部分代表风的作用，模拟了工程实施前后周边海域的年蚀淤变化情况。

6.3.3 地形地貌冲淤数值模拟结果

工程附近现状年冲淤模拟效果见图 6.3.3-1，工程实施后工程附近年冲淤模拟效果见图 6.3.3-2。

(1) 护岸工程

从数值模拟结果可以看出，护岸工程位于西岛东南侧，该区域呈明显的侵蚀状态，最大侵蚀量可达-5.2cm/a。

根据工程设计资料，工程实施后，本工程不改变海岸线的走向，对岸线形态的改变非常微小，且大部分工程位于西岛岛体上，本工程的实施基本不改变工程周边的海底冲淤环境。

(2) 人工鱼礁工程

从数值模拟结果可以看出，人工鱼礁工程位于西岛西南侧，该区域基本呈冲淤动态平衡状态。通过数值模拟结果可以看出，工程实施后鱼礁区水深减小，但是由于该区域水深较深，鱼礁区水深的减小对工程周边的海底冲淤环境的影响非常微小。

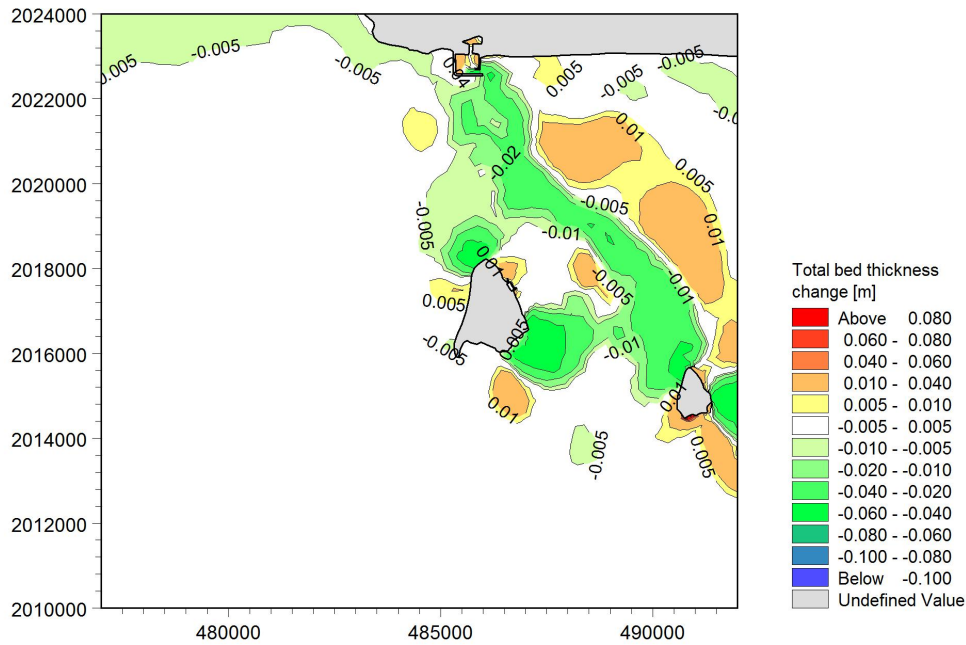


图 6.3.3-1 工程现状周围海域年冲淤效果图

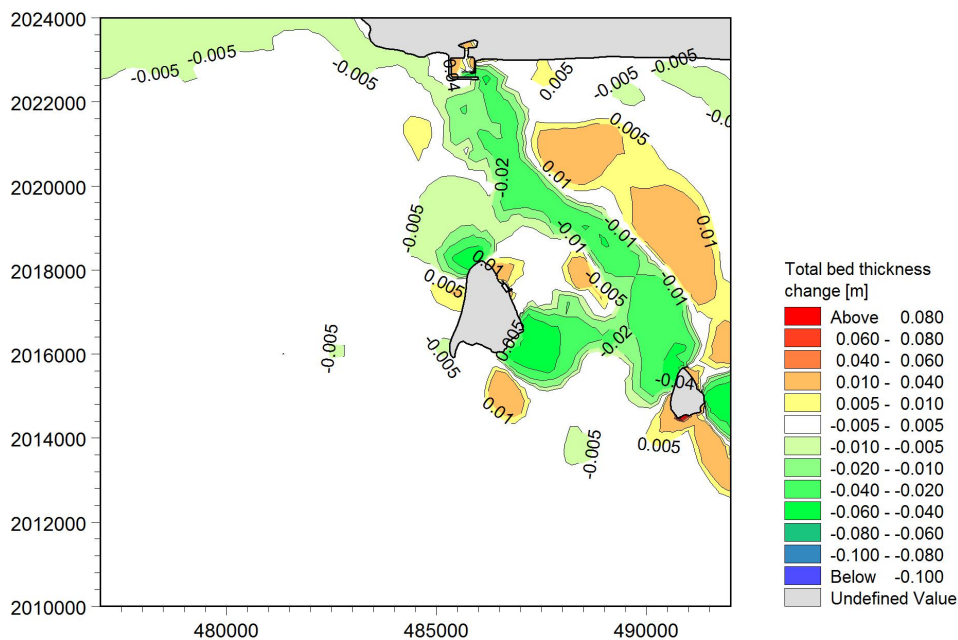


图 6.3.3-2 工程实施后周围海域年冲淤效果图

6.4 生态环境影响分析与评价

6.4.1 生态影响

从水生生态角度来看，施工水域内局部区域悬浮物增加，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，降低单位水体中浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。

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，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。

施工作业引起施工水域内的局部混浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该水域内的游泳生物迁移别处，浮游生物将受到不同程度的影响，尤其是滤食性浮游动物和营光合作用的浮游植物受到的影响较大，这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物增加，悬浮颗粒会粘附在动物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。

项目施工过程中产生的悬浮泥沙是暂时的，施工完成后即可消失，因此对浮游生物的影响是短时间的，影响是可逆的。

按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程(SC/T 9110-2007)》(以下简称《规程》)，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； W_i 为第 i 种生物资源一次性平均损失量；

T 为污染物浓度增量影响的持续周期数(以年实际影响天数除以 15)，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；

S_i 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积；

K_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率； n 为某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

(1) 污染物浓度增量区面积(S_i)和分区总数(n)

根据水质影响预测结果，表 6.4-1 列出了各分区的面积，超第二类海水标准的区域悬浮物增量基本在 10mg/L~100mg/L 之间，本工程施工叠加产生的悬浮物浓度增量分区总数取 4。

表 6.4-1 悬浮物浓度增量区面积(km²)

浓度(mg/L)	10~20	20~50	50~100	≥100
施工产生的悬沙扩散	0.474256	0.527292	0.209878	0.450962

(2) 生物资源损失率(K_{ij})

由于悬沙浓度增量小于 10mg/L 对生物影响较小，造成的损失率很小，因此近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，近似按超标倍数 $B_i \leq 1$ 、 $1 < B_i \leq 4$ 倍、 $4 < B_i \leq 9$ 倍及 $B_i \geq 9$ 倍损失率范围的中值确定本工程增量区的各类生物损失率，详见表 6.4-2。

表 6.4-2 本工程悬浮物对各类生物损失率

分区	浓度增量范围(mg/L)	超标倍数(B_i)	各类生物损失率(%)			
			浮游动物	浮游植物	鱼卵和仔稚鱼	游泳动物
I 区	10~20	$B_i \leq 1$ 倍	5	5	5	1
II 区	20~50	$1 < B_i \leq 4$ 倍	15	15	17	5
III 区	50~100	$4 < B_i \leq 9$ 倍	40	40	40	15
IV 区	≥100	$B_i \geq 9$ 倍	≥50	≥50	≥50	≥20

(3) 持续周期数(T)和计算区水深

根据项目施工方案，施工工期按 12 个月计，根据工程海域测量资料，工程所在海域平均水深取 20m。

(4) 生物资源密度(D_{ij})

根据 2021 年 3 月项目用海区附近生物现状调查结果，工程区附近浮游植物的资源平均密度为 $2.45 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，浮游动物的资源平均密度为 277.11 mg/m^3 ，鱼卵平均密度为 1.68 粒/m^3 ，仔稚鱼平均密度为 2.39 尾/m^3 。

(5) 悬浮泥沙扩散导致生态损失情况:

浮游植物损失量=3.46×10¹²cells

浮游动物损失量=40.4593t。

鱼卵损失量=3.37×10⁷粒。

仔鱼损失量=5.13×10⁷尾。

6.4.2 海洋生物资源经济损失

在项目区施工过程中造成的各类海洋生物资源损失量中，由于浮游生物价值量较低，不计算其经济损失。

(1) 直接经济损失

计算方法根据《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 底栖生物和潮间带生物：

底栖生物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(15 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 0.3 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(20元/kg)。

(2) 海洋生物资源损害补偿额

根据《规程》，进行生物资源损害补偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额度进行校正。项目实施后将形成新的栖息环境，对生物的影响是可逆的，均按 3 年补偿。

根据上述计算结果，项目区施工对海洋生物资源造成的损害进行补偿金额约为 255.985 万元，海洋生物资源损失量、损失额和补偿额列于表 6.4-3。本项目为生态修复类项目，建议将生态补偿额用于项目建设中，不再进行经济补偿。

表 6.4-3 海洋生物资源损失汇总表

项目种类	直接损失量	折算	单价	补偿倍数	补偿额(万元)
鱼卵	3.37×10^7 粒	1%	0.3 元/粒	3	30.367
仔鱼	5.13×10^7 尾	5%	0.3 元/尾	3	225.618
总计					255.985

6.5 沉积物环境影响分析与评价

沉积物环境影响分析与评价

(1) 施工入海泥沙对沉积物环境的影响分析

泥沙的扩散除了自身的沉降外，主要受到潮流的输运作用影响。根据预测，施工产生的悬浮泥沙主要在河道内扩散，10mg/L 浓度悬浮泥沙向最大扩散距离约 0.7km。施工期间产生的悬浮泥沙超一、二类水质标准 (>10mg/L 浓度范围) 水域最大包络线面积为 11.750km²，超三类水质标准 (>100mg/L 浓度范围) 水域最大包络线面积为 7.675km²，超四类水质标准 (>150mg/L 浓度范围) 水域面积最大包络线面积为 7.288km²。工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生较大变化。

(2) 施工期和运营期污染物排放对沉积物环境的影响分析

施工期和运营期的污染物均经过处理，不直接在工程区域排放，因此不会对工程海域的沉积物环境产生影响。因此，总体来说，项目建设对沉积物环境影响不大。

6.6 大气环境影响分析与评价

大气污染源主要为施工期施工机械、车辆及船舶排放的废气和土建材料在施工、运输、堆存期间产生的扬尘。其中施工机械、车辆及船舶排放的废气主要是由其所采用的燃料及设备决定，如果采用清洁型燃料，在车辆、机械设备及船舶排气口加装废气过滤器，同时保持车辆及有关设备化油器、空气滤清器等部位的清洁，废气污染的影响基本可以接受；施工扬尘源一般高度较低，粉尘颗粒较大，属于瞬时源，污染扩散范围较小，危害时间较短，其影响主要在施工场地附近 100m 范围内，对施工人员影响较大。运输过程中的扬尘属于流动性、间歇性大气污染源，一般来说，此类污染源的排放量较小，影响范围也不大。易起尘的物料要加盖篷布、控制车速，防止物料洒落和产生扬尘；对施工现场以及运送土石方的道路应定期清扫洒水，保持车辆出入口路面清洁、润湿，以减少施工车辆引起的地面扬尘污染，并尽量要求运输车辆减缓行车速度；施工现场铺设临时的施工便道，铺设碎石或细沙，以减少运输车辆轮胎带泥上路和造成二次扬尘。施工期间扬尘对本工程周边地区及沿途运输道路的影响基本可以得到控制。

项目周边大气环境敏感目标距离较远，项目施工对大气敏感目标影响较小。

6.7 声环境影响分析与评价

(1) 施工期

本项目为实施对声环境产生的影响主要体现在工程施工阶段。由于各种施工机械设备的运转和各类车辆的运行，不可避免地将产生噪声污染。

施工机械体积相对庞大，其运行噪声也较高，在实际施工过程中，往往是各种机械同时工作，各种噪声源的声能量相互迭加，噪声级将会更高，辐射面也会更大。

本项目施工期施工机械噪声影响预测可采用点声源扩散模型：

$$L_{p2} = L_{p1} - 20 \lg \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

式中：L_{p1}、L_{p2}——分别为 r₁、r₂ 距离处的声压级；

r₁、r₂——分别为预测点离声源的距离。

由此式可计算出，项目施工时噪声值随距离衰减的情况，见下表。

表 6.7-1 距施工机械不同距离处的噪声值单位：dB(A)

序号	机械名称	源强	不同距离处的噪声预测值					
			10m	20m	40m	60m	80m	100m

1	船舶	100	80	74	68	64	62	60	56
2	挖掘机	85	65	59	53	49	47	45	41
3	自卸汽车	89	69	63	57	53	51	49	45
4	装载机	90	70	64	58	54	52	50	46
5	推土机	86	66	60	54	50	48	46	42
6	抽沙泵	92	72	66	60	56	54	52	48

表 6.7-2 不同施工机械的噪声达标排放所需衰减距离单位：m

序号	机械名称	昼间达标排放所需衰减距离	夜间达标排放所需衰减距离
1	船舶	32	175
2	挖掘机	6	31
3	自卸汽车	9	50
4	装载机	9	50
5	推土机	6	35
6	抽沙泵	12	70

项目在施工阶段各种机械噪声昼间达标排放所需的衰减距离为 6~32m，夜间达标距离为 31~175m。施工期噪声昼间影响距离在 32m 以内，夜间影响距离在 175m 以内，项目区周边声环境敏感目标距离较远，且高噪声作业为间断产生，非连续性，因此项目施工过程对声环境敏感目标影响较小。

(2)运营期

项目营运后噪声主要来自旅游生活噪声，源强较小，周边环境较为空旷，运营时产生的噪声经过距离衰减后，对周围环境影响不大。

6.8 固体废物影响分析

项目施工期生活垃圾产生量约 15kg/d，生活垃圾主要为有机物，包括剩饭、剩菜，如不对其采取有效的处理措施，任其在施工场地随意排堆放，则对于海南这样的气温气候，很容易变质腐烂，滋生蚊蝇鼠虫，散发臭气，影响景观和局部大气环境。严重时可诱发各种传染病，因此生活垃圾必须集中收集，及时由环卫部门统一清运、处理。施工船舶、机械设备作业产生的残油、废油等危险废物，统一交由有危险废物处理资质的单位将其安全处置。运营期项目区作为公共沙滩，游客和市民产生的生活垃圾由沿线设置的垃圾桶收集后由市政环卫部门定期清理，因此，施工期和运营期产生的固体废物对环境影响较小。

6.9 环境敏感目标的影响分析与评价

6.9.1 对沙滩的影响分析

三亚湾东起三亚港，西至天涯湾，绵延 22 公里。该湾湾长沙细，岸上绿树如带，优越的海滩环境已成为三亚市民和旅游者休闲活动的重要场所。在观海大路的内侧，夜间沿岸彩灯辉映，成为三亚市一道亮丽的风景线。环三亚湾的海滨大道有“亚洲第一大道”之称，椰梦长廊营造了优美的自然景观和绝佳的休闲度假环境，是三亚市旅游精品的典范，受到国内外游客的青睐。

近数十年来，三亚湾西段和东段冲刷明显，其中东段 2.6km 的冲刷岸段已于 2014 年实施了人工补沙修复工程，很大程度修复了三亚湾东段的海滩，恢复了原有的沙滩风貌。然而，在三亚湾西部开敞岸段波浪作用较强导致的冲刷问题亟待解决。本项目拟通过人工补沙、生态护岸等措施，保护和修复三亚湾岸滩和海洋环境，进一步提升海岸景观效果。三亚湾西段因外来泥沙供给的减少和具有向外输沙能力的动力条件下，失去了原有的泥沙平衡，输出沙量大于输入沙量，海岸势必遭受侵蚀，因此通过岸滩补沙，补充流失的沙量。另外在侵蚀严重的岸段设置水下沙带，减轻水动力作用从而减缓沙滩流失。

经过现场实地考察，后方沙坝在高潮大浪期间遭受严重冲刷，并且坝脚淘刷使得沙坝上部坍塌，使得岸线进一步被冲刷后退。为了保护沙坝，控制岸线进一步后退，有必要开展海堤生态化建设，利用植物与岩、土体的生态结构对边坡表层进行防护、加固，使之既能满足对边坡表层稳定的要求，又能恢复被破坏的自然生态环境的护坡方式。本项目的沿海植被种植在抵御风暴潮及防风固沙等方面作用巨大。可起到减缓砂质岸线侵蚀、涵养水源等多种功能，同时对防御该海域灾害性海浪和风暴潮等自然灾害的作用巨大。因此通过海堤生态化改造和植被恢复，可起到进一步保护沙滩的作用。并实施了人工补沙修复工程，修复三亚湾西段的海滩，恢复了原有的沙滩风貌。

综上，通过项目的建设，能够很大程度保护和修复三亚湾西段砂质海岸，进一步提升海岸景观效果，对沙滩保护具有正效应。

6.9.2 对肖旗港及周边通航环境的影响分析

项目工程主要位于近岸浅水区域，西段离岸沙带距离肖旗港口门约 410m，项目建成后不会影响肖旗港与西岛之间的船舶往来，但在遭遇强台风天气袭击之后应检查离岸沙带位移情况，避免离岸沙带移动至航道，对周边船舶造成影响；另外项目补沙沙源通过船舶从凤凰岛二期运输至项目区，运输船舶的来回运输无疑加大了三亚港区及西岛附近海域的通航密度，对周边船舶难免产生干扰，增加了船舶碰撞和溢油的风险；工程所

在水域为旅游区，水域内小船多为游艇或者摩托艇，偶有渔船，本工程建设地点为靠岸浅水区，以帆船或者摩托艇等小型船舶为主，工程施工期，对游艇或者摩托艇的正常观光旅游活动存在一定的影响，工程建设完成后，离岸沙带为永久建筑物，在极低水位情况下，在该水域游玩的摩托艇如果操作不当，存在与离岸沙带碰撞的风险。

因此建议项目申请单位在项目施工期做到：①在施工过程中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可根据港内船舶交通流规律对施工船舶进出施工水域时间进行必要的协调，与三亚港主管部门积极沟通，相互通告船舶动态，服从海事部门统一管理，并采取积极主动的避让措施，必要时，施工船舶应暂停施工，待有关船舶驶过后再行施工；③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，设置航标、警示标志，明确标示施工水域，确保海区船舶交通安全；④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，减少对过往船舶的影响；⑤加强施工作业船舶监管，施工作业时保持瞭望，避免与过往、停泊船只发生碰撞事故；⑥为保障通航安全，建议在离岸沙带合适位置设置相应的通航安全警示标志。运营期应做到：①向外发布离岸沙带位置信息，告知周边进行旅游娱乐活动的摩托艇、帆船等注意避让；②可在离岸沙带位置设置警示标志，提醒周边在进行旅游活动时注意避让。

另外，离岸沙带西段布置于肖旗港东侧约 410m 的位置，离岸沙带的设置可能改变区域的水文动力环境，可能造成肖旗港航道的淤积，从而影响航道的使用。依据《三亚湾西段砂质海岸修复工程泥沙冲淤数学模型研究》数学模型结果显示，在肖旗港防波堤以东的淤积段，泥沙淤积趋势与现状接近，且淤积泥沙量比现状有小幅增加，10 年后的泥沙淤积总量为 18.1 万方左右（现状条件下 10 年后的泥沙淤积总量为 16.6 万方），因此在此位置设置离岸沙带对肖旗港东侧的淤积影响不大，故不影响游艇码头的正常使用。另外运营期，项目区域设置岸滩冲淤监测断面，对项目岸段冲淤情况进行常规监测，当发生淤积量过大时采取疏浚等措施，确保航道的正常使用。

6.9.3 对周边旅游娱乐用海的影响分析

三亚湾西段分布的旅游娱乐用海较多，主要为周边酒店配套的浴场、游乐场用海，项目施工期将占用一定的沙滩和水域，影响旅游娱乐用海的使用，另外施工过程中产生的悬浮泥沙将使水质浑浊，不适宜游泳。项目建设期虽然对沙滩的使用和水质造成一定影响，但施工结束后即可消除，项目建设有利于修复三亚湾砂质海岸，进一步提升海岸

景观效果，有利于旅游娱乐功能的发挥。

6.9.5 对三亚西岛旅游娱乐用海的影响分析

项目距离三亚西岛及周边旅游娱乐用海最近距离约为 4.64km, 对其的影响主要是施工期岸滩补砂和离岸沙带施工过程中产生的悬浮泥沙对水质的影响。根据悬浮泥沙模型计算结果可知, 项目施工产生的悬浮泥沙超I、II类水质($>10\text{mg/L}$)面积为 1.662328km², 超I、II类水质向东最远扩散距离所处位置在项目用海区域东侧 1450m, 向西最远扩散距离所处位置在项目用海区域西侧 500m。悬浮泥沙主要向东西扩散, 向南扩散距离比较短, 因此未对三亚西岛水质造成影响。

6.9.6 对工程附近环境保护功能区的影响分析

本项目位于三亚湾旅游休闲娱乐区, 项目符合功能区用海要求。此外, 天涯海角旅游休闲娱乐区位于项目区西侧, 最近距离约为 1.59km; 红塘湾保留区位于项目区西南侧, 最近距离约为 3.56km; 三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)位于项目区南向, 最近距离为 3.58km; 三亚湾农渔业区位于项目区西南侧, 最近距离约为 4.79km; 海南岛西南部保留区位于项目区南侧, 最近距离约 7.45km; 三亚港港口航运区位于项目区东南侧, 最近距离约为 7.60km。

根据悬浮泥沙数值模拟计算结果: 项目施工产生的悬浮泥沙超I、II类水质($>10\text{mg/L}$)面积为 1.662328km², 超I、II类水质向东最远扩散距离所处位置在项目用海区域东侧 1450m, 向西最远扩散距离所处位置在项目用海区域西侧 500m。悬浮泥沙主要向东西扩散, 向南扩散距离比较短, 因此项目岸滩补砂和离岸沙带施工过程中产生, 悬浮泥沙扩散范围均在三亚湾旅游休闲娱乐区内, 仅对三亚湾旅游休闲娱乐区有影响, 不会扩散至其它海洋功能区, 对其它海洋功能区水质、生态环境基本没有影响。

三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)位于项目区南向, 最近距离为 3.58km, 项目施工过程中对保护区的影响主要是悬浮泥沙扩散对水质、生态环境的影响, 根据悬浮泥沙扩散图(图 6.9-1), 项目施工过程中产生的悬浮泥沙扩散范围主要在三亚湾旅游娱乐区, 悬浮泥沙扩散范围距离珊瑚礁保护区约 3.2km, 因此项目施工过程中产生的悬浮泥沙未扩散至保护区, 基本没有影响。另外, 项目施工过程中沙源运输采用船舶运输至项目区, 船舶有发生碰撞从而发生溢油事故的风险, 根据预测, 冬季平均风速(4.7m/s)NE 风向下, 涨潮和落潮发生溢油时, 油膜总体是向西南外海漂移, 大约 12 小时后油膜才会到达珊瑚礁保护区。在发生溢油时, 应当及时采取相应措施防止溢油扩散, 最大限度地减少溢油

污染对海洋环境的影响，控制和减轻溢油事故所造成的损害程度的进一步扩散的最合理时间是在溢油发生后 2 小时内采用必要的消油或围油措施防止油膜范围扩大。因此在做好溢油风险防控的基础上，项目施工对三亚珊瑚礁海洋保护区影响较小。

项目建设对三亚港港口航运区的影响主要是对通航环境的影响，施工期船舶由凤凰岛二期运输砂源至项目区，运输船舶的来回运输无疑加大了三亚港区的通航密度，对周边船舶难免产生干扰，增加了船舶碰撞和溢油的风险。因此需做好同行风险防范，在做好通航风险防范措施的前提下，项目建设对周边港口航运区影响较小，风险可控。

7 环境事故风险分析与评价

7.1 风险评价等级

本项目的环境风险来自两方面，一是海洋灾害对项目造成的危害，另一方面是由项目自身引起的突发或缓发事件。针对本项目的建设内容和所在海区的自然条件，可能存在的风险主要有：(1)由热带气旋及其引发的巨浪、风暴潮对工程自身的潜在风险；(2)项目施工期船舶施工过程存在船舶碰撞导致溢油事故的风险。参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，建设项目风险事故情形包括危险物质泄露，以及火灾、爆炸等引发的伴生/次生污染物排放情形。根据评价项目的危险物质及工艺系统危险性等级以及项目所处海域环境敏感程度判定本项目的环境风险潜势为I，并最终判定项目环境风险评价等级低于三级，可仅开展简单分析。

7.2 事故风险分析

7.2.1 自然灾害影响分析

统计 58 年间(1949 年~2006 年)中心进入 18.1°N~18.8°N、110°E~108°E 的矩形区域内的热带气旋为 65 个，平均每年约有 1.2 个；登陆三亚的台风 10 个、强热带风暴或热带风暴 7 个，热带低压 3 个。按月份统计，5 月和 10 月登陆次数最多、7 月和 8 月为其次，1 月~4 月和 12 月没有热带气旋登陆(表 7.2-1)。以三亚站的气压为指标，根据各热带气旋对三亚市的影响严重程度，摘录热带气旋登陆时三亚实测气压<990hpa 的热带气旋列于表 7.2-2、图 7.2-1、图 7.2-2。

表 7.2-1 登陆三亚的热带气旋按月统计频数表

月份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	合计
个数/个	4	2	3	3	2	4	2	20
比例%	20	10	15	15	10	20	10	100

表 7.2-2 登陆(或严重影响)三亚的部分热带气旋简况

序号	编号	起止时间	登陆强度	登陆时			
				登陆点	时间	中心气压/hpa	中心风力/级
1	7113	07.09~07.18	STS	三亚、陵水	07. 17. 16~17	983	9~10
2	7126	10.01~10.09	STS	三亚	10. 9. 05~17h	980	11
3	7318	11.11~11.20	T	三亚	10. 18. 19~20h	973	12
4	1809	08.09~08.13	TS	陵水、三亚	08. 11. 10h	983	8
5	8105	6.27~07.05	T	三亚	07. 04. 02~03h	965	12

6	8521	10.11~10.22	T	三亚	10. 21. 08	970	12
7	8905	06.04~06.12	T	陵水、三亚	06. 10. 11~12h	960	12
8	8926	09.29~10.03	T	三亚	10. 02. 23~24h	970	12
9	9016	08.24~08.30	T	三亚南部 经过	08. 29. 02h	965	12
10	9204	06.24~07.01	T	三亚	06. 28. 05h	65	12
11	9508	08.24~08.30	T	三亚	08. 28. 10h	980	10
12	9612	08.18~08.23	T	三亚	08. 22. 06h	970	12
13	0016	09.02~09.10	T	陵水、三亚	09. 09. 08h	975	12
14	0518	09.20~09.28	T	陵水	09. 26. 03h	970	12
15	201002	7.12-7.17	TY	三亚	7.16.20h	968	12
16	201005	8.22-8.24	TD	三亚南部 经过	8.23.22h	985	10
17	201108	7.25-7.30	STS	文昌	7.29.	980	10
18	201117	9.24-9.30	STY	文昌	9.29.14h	960	14
19	201309	7.31-8.2	TS	文昌东南侧	8.2.17h	980	8
20	201330	11.04-11.11	STY	三亚南部 经过	11.10.14h	955	14
21	201409	7.12-7.20	STY	文昌	7.18.15h	910	17
22	201508	6.21-6.24	STS	万宁	6.24.19h	982	10
23	201603	7.26-7.28	STS	万宁	7.26.22h	985	10
24	201621	10.13-10.19	STY	万宁	10.18.10h	960	14

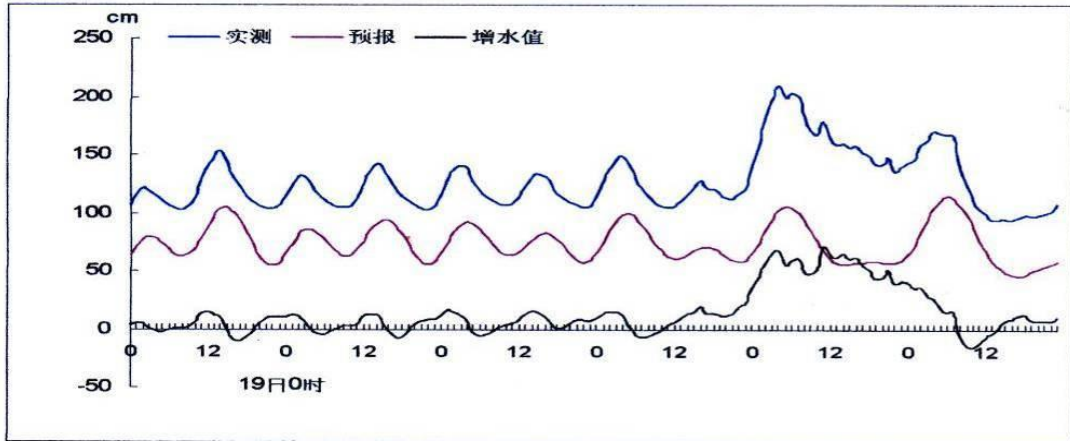


图 7.2-39612 号台风增水过程曲线图(8月)

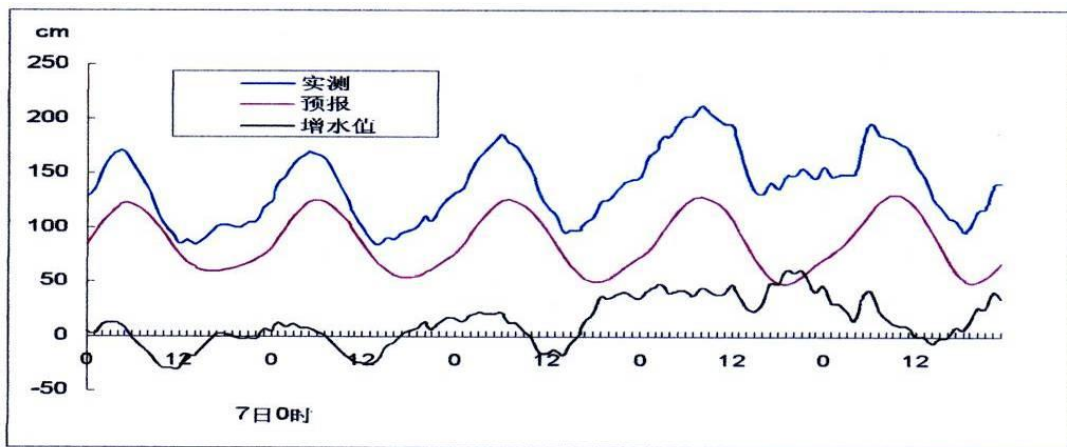


图 7.2-40016 号台风增水过程曲线图(9月)

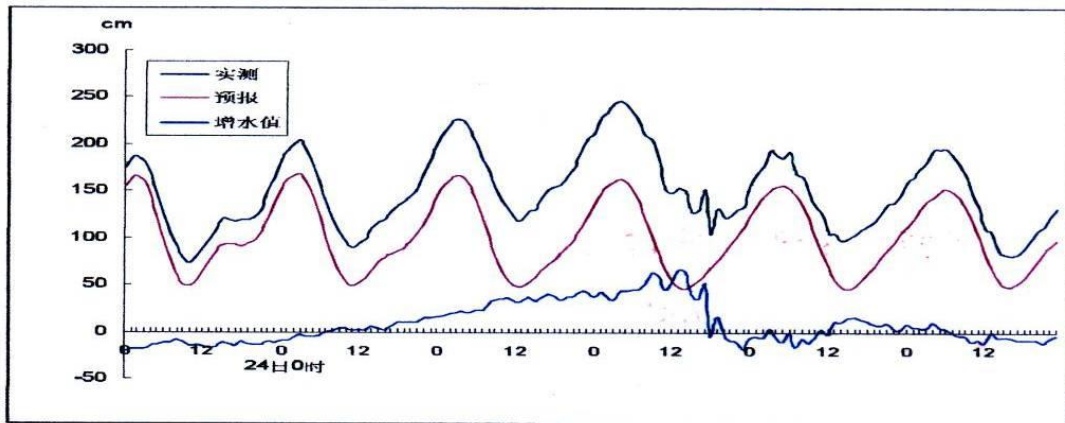


图 7.2-50518 号台风增水过程曲线图(9月)

据统计，三亚的风暴潮发生次数和强度与海南岛北部岸段接近，但成灾很少，1971年的 7126 号台风在榆林港引发的风暴潮，迭加在天文高潮位上，潮水淹没榆林港码头面约 10cm，据调查该次台风过程最大增水 1.11m，最高潮位 2.60m。8906、8926、8928 号台风在三亚登陆或经过三亚附近海面，一个月内有连续三个台风影响，在三亚有热带气旋记录以来，实属罕见。三个台风均在三亚造成一定增水，8926 号台风从海南岛南部

登陆，8928 号台风使榆林验潮站实测潮位比正常潮位偏高 1.24m，8928 号台风使实测潮位比正常潮位偏高 1.38m。

三亚海岸朝向基本为 SE-S-SW，热带气旋在三亚以北的区域登陆，登陆前刮北风，在三亚沿岸基本上为离岸风，不利于三亚市沿岸的风暴增水；气旋登陆后，开始刮 S-SW 风，有利于三亚沿岸的风暴增水，但此时气旋往往已经开始减弱；直接登陆三亚的热带气旋由于低气压作用及强风作用，三亚有较明显增水。根据统计与分析，登陆三亚的热带气旋所引发的增水以单峰型为主，峰值通常在热带气登陆时或登陆后 5h 以内，登陆前则有小幅的增减水波动，9612、0016、0518 号台风引发的风暴潮都表现出该特征，图 7.2-3~图 7.2-5 为以上三场台风引发的增水过程曲线图。

2010 年后，影响三亚的热带气旋数量较多，其中有代表性的有 2010 年的“蒲公英”、“康森”，2011 年“纳沙”和“坦洛”；2013 年的“飞燕”、“海燕”，2014 年“威马逊”，2015 年“鲸鱼”，2016 年的“莎莉嘉”和“银河”。

2010 年第 2 号台风“康森”(CONSON)，7 月 16 日晚间登陆海南三亚，登陆后造成海南 8 个市县 68 个乡镇受灾，受灾人口 572326 人，死亡 2 人；受灾农作物面积 11.64 万亩，直接经济损失 2.4 亿元。

2013 年第 30 号台风“海燕”，11 月 10 日下午与海南擦身而过，海南岛普降暴雨甚至大暴雨。9 日“海燕”逼近，海南南部和西部部分地区进入“海燕”核心风圈当中，海南岛普遍出现了 8 级以上的阵风，三亚阵风风力甚至一度达到了 16 级。

2014 年第 9 号超强台风“威马逊”给三亚造成经济总损失达 5227 万元，其中农业损失 510 万元，工交渔业 4200 万元，水利损失 517 万元。

2016 年第 21 号强台风“莎莉嘉”给三亚造成的直接经济损失为 618 万元。其中水利设施直接经济损失 168 万元，农林牧渔业直接经济损失 190 万元，工交通运输业直接经济损失 260 万元，三亚转移撤离 66237 人。

综上所述，登陆或影响海南岛南部沿岸的热带气旋往往同时伴随着大风、暴雨、巨浪等恶劣气象、海况，热带气旋造成的暴雨、风暴潮、增水对施工安全影响较大；据统计，海南地区的热带气旋主要发生在 5 月~11 月。因此，项目可根据当地气象自然规律，合理布置施工计划，施工时应密切关注天气预报，如有台风来临，立即对施工船舶、机具进行妥善安置，避免热带气旋等恶劣天气带来的损失。

7.2.2 船舶碰撞风险分析

本工程涉及三亚港区，三亚港港区水域总面积 149.78km²，分内港和外港。内港水域面积 3.22km²，可泊数千吨级船只；白排与小洲岛之间为内港入口，是船舶进出内港的唯一口门，外港水域面积 146.56km²，可锚泊万吨船舶。为了更好地推动三亚城市建设，2005 年三亚启动“三港分离”工作，将客运、货运和渔港分离，2016 年 1 月 1 日始，三亚港渔业搬迁工作启动，停泊在三亚港的本港籍渔船及渔业生产服务企业和个体户陆续搬迁到崖州中心渔港，并逐步关闭三亚港的渔业功能。目前，三亚港渔船已大部分外迁，现有港区主要停靠的船舶有客、货运船、游艇和小部分渔船。

根据海事部门资料，近 4 年多海南三亚港附近水域共发生水上交通事故 14 起，事故具体情况如表 7.2-3 所示。经统计，该水域发生的 14 起水上交通事故中，碰撞事故 2 起，触损沉船事故 1 起，搁浅事故 2 起，伤病 4 起，火灾 4 起，其他事故 1 起。交通事故在发生时间上并未呈现出绝对的规律性，统计分析近几年的事故，发生地点均不在项目范围内。总体上说，工程所在水域的水上交通安全状况良好。

但由于项目施工期间，船只施工作业将占有一定的海域空间，运输船来回运输、进出较频繁，加大了该海区的通航密度，与进出三亚港区的船只(游船、游艇、渔船及其它船舶)难免发生相互干扰，船只碰撞几率增高，存在一定的交通安全隐患。因此，在项目施工时，业主单位、施工方应与海事部门共同协商，加强船舶的管理，尽量减少施工对海上交通的影响。

7.2.4 溢油风险分析

溢油污染分为事故性污染和操作性污染两大类，事故性污染是指船舶碰撞、搁浅、触礁等突发性事故造成的污染；操作性污染是指加油作业、船舶事故性排放机舱油污水、洗舱水、废油等造成的污染。造成溢油事故，除一些不可抗拒的自然因素外，绝大部分是由于操作不当或违章作业等人为原因引起的。

项目附近海域来往船舶频繁，船舶进出施工区时可能发生船舶碰撞燃油舱破损，可能引发溢油事故。溢油发生后，油膜在海面上漂浮扩散，阻止海气交换，将对海洋水环境、生态环境和景观造成影响。

表 7.2-3 2013~2017 年三亚港区水上交通事故

序号	事故时间	船名及种类	事故地点	事故类型	原因	事故后果
1	2013.4.23	旅游船“海洋长城”	三亚港6-8号红灯标间	碰撞事故	船舶主机螺旋桨被一艘锚泊的渔船锚绳缠住，无法行驶	442名游客受困
2	2013.8.152 3:30:00	渔船“闽长渔 24305”	三亚港西南方向约40海里处	沉船事故	遇大风浪，沉没	船上9人全部落水，其中1人失踪
3	2013.8.201 9:05:00	海缆船“FU HAI”	三亚东南方向70海里	伤病	轮上3名人员被电缆打到	1死2重伤
4	2013.11.11	渔船“CM90063V”挤压“扬帆之星1”轮	三亚港盐场码头	碰撞事故	防台期间，受流压和操纵不当	“扬帆之星1”轮船体受损，直接经济约70万元
5	2013.11.10 1、10:46	1、“顺航 998”轮	三亚港	1、断锚漂移	台风期风浪大，船舶故障	数人被困，5名遇难者确认是“顺航 998”上的船员
	2、11:30	2、“华海 138”轮		2、断锚、搁浅		
	3、16:36	3、“新鸿翔 17”		3、漂流		
6	2014.3.21	摩托艇	三亚湾	落水	摩托艇上落水	1名落人员溺亡
7	2014.7.29	“海洋骑士”游艇	三亚东岛北侧附近水域	火灾	存在因影音室电气线路及设备故障引起火灾的可能	成船舶全损，直接经济损失约400万元
8	2015.3.2	“哈克雷斯”游艇	三亚凤凰岛西南约2海里处	着火	游艇机舱着火冒烟，船舶失去动力	6名人员被困
9	2015.3.9	椒江籍渔船	三亚湾东岛海域	搁浅	判断不佳，行至浅水区	船体已严重横倾，6名人员被困
10	2015.5.6	渔船“琼昌江 20416”	莺歌海水域	伤病	一名船员手臂受伤，流血不止	1名船员受伤
11	2015.5.15	渔船“琼琼海09098”	三亚以东170海里水域	伤病	中风	
12	2016.2.16	湘安化机3699	三亚南山货运码头附近	火灾	货舱着火	险情未造成人员伤亡
13	2016.11.17	渔船“粤廉渔21838”	三亚港西北方向约80海里	伤病	船员工作时不慎被缆绳打伤头部，出血不止	1名船员受伤
14	2017.2.3	渔船“台沙1839”	三亚正南7海里	火灾	右主机起火	险情未造成人员伤亡

7.3 事故溢油后果分析

(1) 溢油对鸟类的危害

海面上的溢油对鸟类的危害最大，尤其是潜水摄食的鸟类。这些鸟类以海洋浮游生物及鱼类为食，当接触到油膜后，它们的羽毛能浸吸油类，从而失去防水、保温能力。另一方面它们因不能觅食而用嘴整理自己的羽毛，摄取溢油，造成内脏的损伤，最终它们会因饥饿、寒冷、中毒而死亡。

(2) 溢油对海洋浮游生物的影响

浮游生物是最容易受污染的海洋初级生物，一方面它们对油类的毒性特别敏感，即使在溢油浓度很低的情况下它们也会被污染；另一方面浮游生物与水体是连成一体，海面浮油会被浮游生物大量吸收，并且，它们又不可能像海洋动物那样避开污染区。另外，海面油膜对阳光的遮蔽作用影响着浮游植物的光合作用，会使其腐败变质。变质的浮游植物以及细胞中进入碳氢化合物的藻类都会危及以浮游生物为食的海洋生物的生存。一旦浮游生物受到污染，其他较高级的海洋生物也会由于可捕食物的污染而受到威胁。

(3) 溢油对渔业的危害

成鱼有着非常敏感的器官，因此，它们一旦嗅到油味，会很快地游离溢油水域。而生活在近岸浅水域的幼鱼更容易受到溢油的污染。当毒性较大的油进入浅水湾时，不论是自然原因还是使用分散剂，都会对该水域的幼鱼造成多方面的危害。油对成鱼的长期影响主要是鱼的饵料。

养鱼场网箱里的鱼因不会逃离，受溢油污染后将不能食用。近岸养殖的扇贝、海带等也是如此。另外，用于养殖的网箱受油污染后很难清洁，只有更换才能彻底消除污染，这样的费用是十分昂贵的。

(4) 溢油对浅水域及岸线的影响

浅水域通常是海洋生物活动最集中的场所，如贝类、幼鱼、珊瑚等活动在该区域，也包括海草层。溢油对该类水域的污染异常敏感，造成的危害在社会上反应强烈。

溢油对岸线沙滩的污染威胁，直接影响到旅游业。靠海滨浴场、沙滩发展的旅游业是有季节性的，在溢油发生的初始阶段首先要考虑这一问题，以便及时地采取措施，把溢油对旅游业的影响控制到最低程度。

(5) 溢油对码头的危害

码头对溢油也是非常敏感的，通常情况下需要对港区水域进行清理，这势必会影响到船舶的进出港。要对被污染的游艇和船舶采取清洁措施，这种操作的费用也是较高的。。

在发生溢油时，应当及时采取相应措施防止溢油扩散，最大限度地减少溢油污染对海洋环境的影响。控制和减轻溢油事故所造成的损害程度的进一步扩散的最合理时间是在溢油发生后 2 小时内采用必要的消油或围油措施防止油膜范围扩大。

7.4 事故防范措施

7.4.1 自然灾害风险防范措施

本工程为主要为人工鱼礁下放工程，不涉及任何海上构筑物建设，工期计划 5 个月，施工工艺简单。一般情况下台风和风暴潮对项目影响较小，但考虑到近年来“海鸥”、“威马逊”等强台风对海南造成重大损失，因此业主单位应做好防范及应急措施。

用海单位、施工方应根据《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国突发事件应对法》等法律法规和国家海洋局《风暴潮、海浪、海啸和海冰灾害应急预案》、《海南省防汛防风抗旱应急预案》提出的应急预案措施等，制定适用于本工程自身的台风和风暴潮应急预案，并应与上述预案相协调。

业主单位、施工方应建立统一、快速的应急防范机制，认真做好台风前的防风、抗风准备工作，应坚持从难、从严的原则，制定合理、科学、可行的防台措施；及时收听台风及热带风暴等预报消息，制定好施工船舶、施工机械的避风方案，配合海事机关做好防风管理工作；根据不同风力明确具体措施，实施有效的防灾减灾。

施工期间应尽量选择避开风暴潮季节，做好以下防范措施，以减轻灾害带来的损失：

(1)合理安排施工时间，避开台风多发期施工，使工程安全度汛。5~11 月为热带气旋影响季节，施工期间，对工程各类设施都要作好防台风的安全措施，切实加强监管。

(2)建立对施工区域范围内的观测点，由专人负责。每个施工场地由施工场地领队负责该项工作，随时掌握天气及潮水变化情况并进行统计记录。现场与施工总部保持联络，及时了解相关动态，遇紧急情况时，在接到通知后两小时内，迅速组织现场施工队伍撤离。

(3)强化对进入该区域施工的施工队及负责人的安全防护意识的培训教育工作，做到平日施工有序，临风暴潮时服从命令，听从指挥，平稳撤离。

(4)业主单位积极配合相关政府职能部门做好应对台风、暴雨等气象灾害的措施，当

台风来临时，对施工船舶、机具进行妥善安置，避免热带气旋等恶劣天气带来的损失。

7.4.2 通航风险防范措施

(1)建设单位施工前需向海事部门申请水上作业施工许可证，并向社会发布航行安全通告。所有施工机械设备限定在批准的水域内进行作业，避免对周边渔船生产作业造成不良影响。

(2)建设单位要建立海域自然灾害的监测、监视和预报、应急系统，制订海上突发事件应急预案和防灾、减灾应急措施，一旦出现灾害能得到及时有效的处置，减少灾害损失，提高防灾能力。

(3)成立环境安全管理机构，配专职人员，负责检查和落实各项安全、环保措施。根据施工作业场地选择合理的环保措施，加强对施工现场的科学管理，加强对施工人员的管理，制定严格的环保规章制度，避免污染物污染水域的事故。

7.4.3 溢油事故风险防范措施

(1)施工前，业主单位应在有关政府部门指导下加强对三亚港区的码头业主、渔民进行宣传关于本工程的位置和范围、运输路线、施工工艺、施工时段，并在规定的施工区、运输路线范围内进行，避免施工船舶与过往船只发生碰撞、引发溢油事故。

(2)妥善收集、安全处置施工期的含油污水、生活污水，严禁将污水直排入海，以保证不发生污染物污染水域的事故。

(3)根据用海区周边环境现状，制定相应安全管理规定或措施。加强施工设备安全管理，提高施工人员安全意识和操作水平，在风浪较大或预计海况突变时停止施工。

表 7.4-1 风险防范对策措施一览表

风险来源	对策措施	实施地点及投入时间	管理者	责任部门(人)
热带气旋、风暴潮等	合理安排施工时间，避开台风多发期施工，使工程安全度汛。5~11月为热带气旋影响季节，施工期间，对工程各类设施都要作好防台风的安全措施，切实加强监管。	施工期	建设单位	施工单位
	强化对进入该区域施工的施工队及负责人的安全防护意识的培训教育工作，做到平日施工有序，临热带气旋、风暴潮时服从命令，听从指挥，平稳撤离。	施工期	建设单位	施工单位
	业主单位应积极配合相关政府职能部门做好应对台风、暴雨等气象灾害的措施，当台风来临时，对施工船舶及机具进行妥善安置，避免热带气旋等恶劣天气带来的损失。	施工期	建设单位	施工单位
油类跑、冒、滴、漏事故，船舶碰撞导致溢油事故	做好设备的日常维修检查，保持设备的良好运行和密闭性，发生故障后应及时予以修复。	施工期	建设单位	施工单位
	借助三亚海事局溢油处置设备，施工现场还需配置围油栏(200m*1)、吸附材料收等，防治溢油施工对海洋环境的影响。	施工期	建设单位	施工单位
	发生跑、冒、滴、漏事故，及时用围油栏拦截，收集溢油。	施工期	建设单位	施工单位
船舶本身出现设施损废，受海上风浪影响，或者发生船舶碰撞	施工船舶需经过严格船检，达到作业现场的抗风浪能力，并保持良好工况，以防范台风和大雾等恶劣天气对航船的不利影响。	施工期	海事部门	施工单位
	船舶在掉头、靠泊操纵时应充分考虑风压、涨落潮流的作用，严格控制船舶的转首运动以及平移靠泊的横向速度，避免对码头产生大的撞击力。	施工期	海事部门	施工单位
	施工前，业主单位应在有关政府部门指导下加强对三亚港区的码头业主、渔民进行宣传关于本工程的位置和范围、运输路线、施工工艺、施工时段，并在规定的施工区、运输路线范围内进行，避免施工船舶与过往船只发生碰撞、引发溢油事故。	施工期	建设单位、海事部门	施工单位
	密切关注天气和海况变化，制定防范恶劣天气和海况措施，保证船舶航行和海上施工作业在适航的天气条件下进行，一旦有恶劣天气来袭，应停止施工，船舶回港。	施工期	建设单位、海事部门	施工单位
项目所在海域船流密度增加	施工单位要与当地海事部门、渔业生产部门有效沟通和协作，随时向海上海事部门通报施工船舶航行与作业情况，切实加强作业船舶航行和作业的指导。	施工期	海事部门、渔业部门	施工单位
	施工船舶限定在批准的水域内进行作业，保持瞭望，避开过往船只。	施工期	海事部门	施工单位
	严禁无关船只进入施工作业海域，并提前、定时发布航行公告。	施工期	海事部门	施工单位

7.5 风险事故应急程序

7.5.1 自然灾害应急措施

1、组织机构与职责

用海单位、施工方应设立防台风、防风暴潮指挥中心，负责防台风、防风暴潮的组织领导、监督监察、宣传教育工作，组织日常防台风、防风暴潮预案的制定及演练的组织工作。指挥中心要密切关注台风、风暴潮信息的预报，准确掌握其位置、风速、移动方向以及可能造成的影响，及时上报主管领导。当台风、风暴潮临近并有可能对工程安全生产造成重大灾害时，按有关规定及时召集指挥中心有关成员就位，同时按照指挥中心的指示做好防台风、防风暴潮和抢险救助的组织协调工作。

2、预案启动

当预报台风(热带气旋)、风暴潮等灾害性天气 48 小时内造成全区海上风力 10 级以上时，由防台风、防风暴潮指挥中心总指挥决定启动本预案。

3、预案实施

1)防台风、防风暴潮指挥中心，应根据防台风、防风暴潮预报警报，迅速部署应急防范措施，发布预警信息，并密切关注台风及风暴潮动向，保证通信联络畅通。

2)防台风、防风暴潮指挥中心办公室应在台风、风暴潮影响前 24 小时由指挥中心落实好抢险救助设施，备足各种防灾抗灾物资，完成应急抢险与施救的准备工作。

3)所有施工船舶应在台风及风暴潮影响前 24 小时返港或就近择港避风；

4)施工船舶配套设备要在台风、风暴潮影响前 24 小时完成加固，人员及施工船舶等要在台风、风暴潮影响前 12 小时强制撤离到安全区域。

4、监督检查

预案启动后，防台风、防风暴潮指挥中心应迅速组织防台风、防风暴潮督查组，于台风、风暴潮影响前 24 小时，检查防台风、防风暴潮工作，重点督查本预案执行情况、抢险与救助力量到位情况、应急措施落实情况，防风避风和生产人员转移及设施防范工作。对查出的安全隐患，应按照管理职责，责成责任部门立即整改。

5、预案中止

台风、风暴潮警报解除后，预案即中止执行。

7.5.2 碰撞应急措施

(1)尽量减轻碰撞损失

当两船即将发生碰撞时，操纵者必须沉着冷静，适当而果断地下令停船、倒船或抛锚，以尽力减少船舶运动速度，减轻碰撞力，并且妥善用舵，以减小碰撞角度，避免拦腰相撞。如果距离太近已经来不及背向他船转出，并且继续按此方向转动反而有可能加剧碰撞后果时，应该向他船转向，以减轻碰撞力和避免船尾与它船相撞。

(2)应立即采取损害管制措施

有关人员检查船体，进行损害管制及抢救伤员和落水人员。若碰撞不严重，应就近选择锚地抛锚，迅速而详细地了解碰撞的全过程，做好善后处理事宜。

(3)尽力援救受损的他船

如发现他船已遭损坏，应遵守有关规定，停留在附近尽力援救对方。只有确定对方仍可航行后，方可驶离。

(4)严重相撞情况下的措施

如船首插入他船船体或被它船插入，插入船不宜立即高速退离，否则可能扩大破口，使破损进一步恶化。因此在上述情况下，应在堵漏、加固并确信无危险情况后方可退出。万一损害严重，有沉没可能，如果在近岸地区应设法抢滩搁浅，并做好防沉的工作。

7.5.3 溢油应急措施

溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地作出溢油应急反应，对于控制污染、减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为使该工程在施工期对于一旦发生的溢油事故能快速作出反应，最大限度地减少溢油污染对附近水域的破坏，建设单位应在工程开工前制定一份可操作的溢油应急行动计划：

1、事故报告和初始反应

项目区必须设置专职救护员，一旦发生碰撞事故，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。

2、报告后的反应

应急救援指挥中心接到报警后，在第一时间内投入运作，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，请求事故抢险或支援，实施相应事故应急救援预案。

根据溢油类型、规模、溢出地点、种类、扩散方向等，考虑采取如下相应的防治措施：对于非持久性的油类，一般不大可能采取回收方式，可利用围油栏拦截和导向；对

持久性油类，尽量采取回收方式进行回收，回收时可用浮油回收船、撇油器、油拖网、油拖把、吸油材料以及人工捞取等。回收的废油、含油废水和岸上清理出来的油污废弃物统一运送到有相关资质的处理单位集中处理。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。

3、医疗救助

医疗救护组到达现场后，与应急小组配合，立即抢救伤员，对受伤人员应根据症状及时采取相应的急救措施，重伤员及时送往医院抢救。

溢油应急响应程序见图 7.5-1。

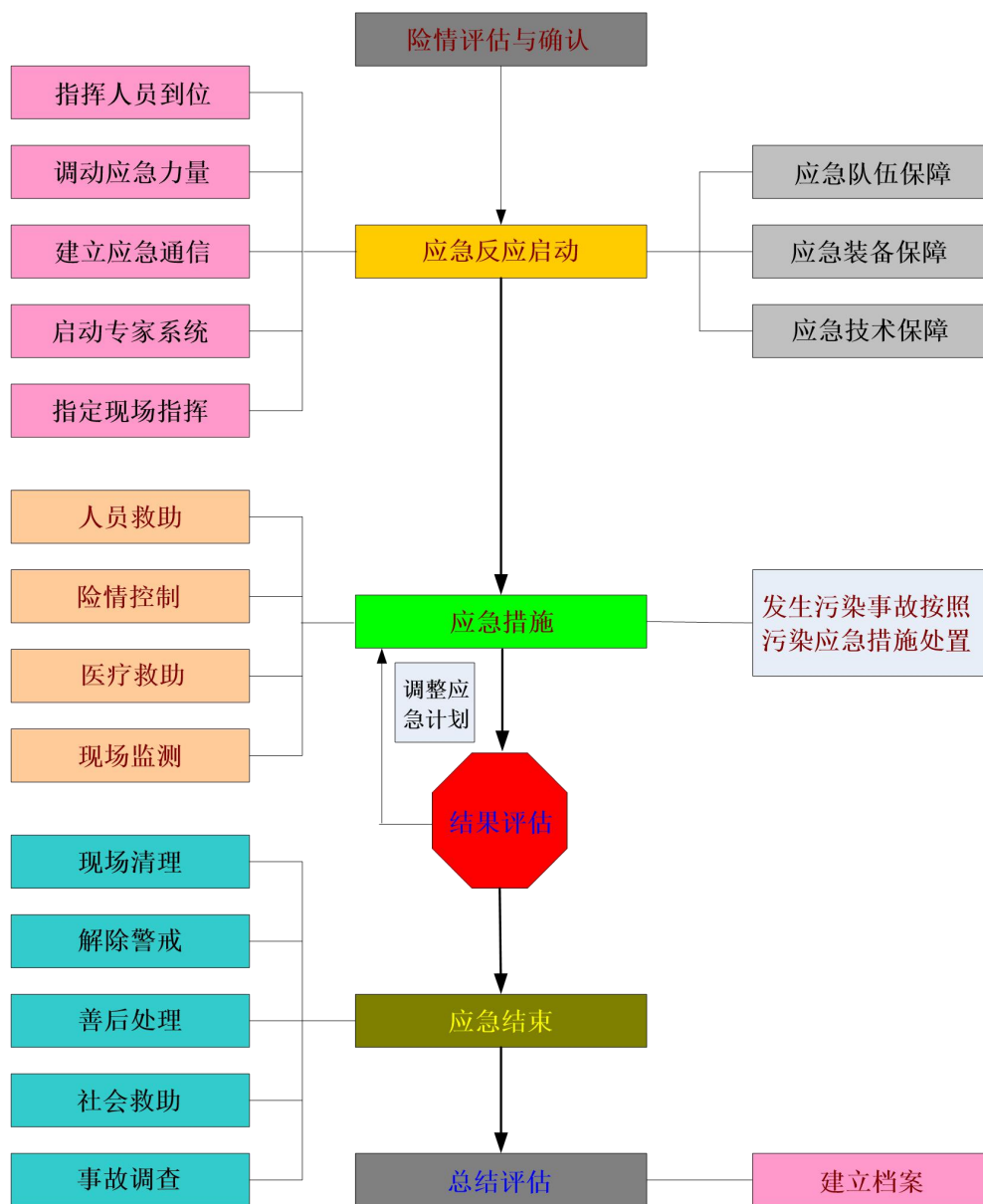


图 7.5-1 溢油应急响应工作流程图

7.5.4 应急救援措施

1、海南省溢油应急物资

(1)依托三亚海事局

三亚海事局的溢油应急物资统计情况见表 7.5-1。

表 7.5-1 三亚海事局的船舶溢油应急物资

所属单位	货物名称	规格型号	单位	数量
三亚海事局	固体浮子式橡胶围油栏	WGJ1100	m	800
	转盘式收油机	ZSY20	台	1
	吸油拖栏	XTL-Y220	M	1300
	溢油分散剂	浓缩型	t	2
	溢油剂喷洒装置	PS80	套	1

(2)海南其他清污企业

除了海事部门配备的溢油应急物资外，三亚辖区还有一些专业清污公司，也配备了一定数量的溢油应急物资，如三亚华利清污有限公司，该公司配备了专业清污人员，并参加了专业培训，具备比较好的专业技能，能够比较熟练的操作各类溢油应急设备。业主单位/施工方可与清污公司签订相应的处理油污协议，一旦发生溢油事故时可及时处理，以减轻对环境的影响。

2、海南油污应急反应联系单位及联系方式：

海南省海上搜救中心(总值班室)24 小时值班电话：12395、0898-68653899

三亚海上搜救分中心(总值班室)24 小时值班电话：12395、0898-88272063、0898-88271914。

根据溢油模拟结果，控制和减轻溢油事故所造成的损害程度的进一步扩散的最合理时间是在溢油发生后 2 小时内采用必要的消油或围油措施防止油膜范围扩大。本工程位于三亚河入海口，可依托三亚海事局围油栏、收油机、吸油拖栏等应急设备进行处理溢油事故，除此之外，建议施工船舶上应配备应急设备如表 7.5-2，以及时处理溢油事故。

表 7.5-2 项目区配套溢油应急设备一览表

海上溢油应急设备	数量	应用对象
①围油栏	200m*1	溢油
②吸附材料	—	溢油

8 清洁生产

8.1 清洁生产内容

清洁生产是一种新的污染防治战略，是指将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中，以增加生态效率和减少人类及环境的风险，也就是说清洁生产对生产过程要求节约原材料和能源，淘汰有毒材料，降低所有废弃物的数量和毒性；对服务要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。清洁生产评价指标可分为四大类：原材料指标、产品指标、资源指标和污染物产生指标。

根据清洁生产的原理，本工程应坚持实行污染防治和生态保护并重的指导方针，文明施工与作业，合理选择污染小的产业链，即运用先进技术、工艺和设备，减少污染物的排放，降低排放浓度，从源头上控制污染物的产生，同时加大生态建设和环保治理投入，确保生态环保设施建设与主体工程同时设计、施工和使用。本章主要拟从该工程施工工期方面考虑拟建项目是否符合清洁生产的原则和要求，主要考虑施工过程、污染物产生与治理措施等。

清洁生产指标分为三级：一级代表国际清洁生产先进水平，二级代表国内清洁生产先进水平，三级代表国内清洁生产基本水平。

8.2 本工程清洁生产评价

本项目为海洋生态保护修复工程，人工鱼礁采用钢筋混凝土作为礁体材料，制作成分主要为水泥、水、石料、砂料、外加剂等，不使用有毒有害原料，凝固后成分较稳定。在礁体材料的选择上，坚持先化验论证、再进行利用的原则，降低对环境二次污染的风险，为人工鱼礁区生态效益和经济效益的同步提高提供可靠保证。

根据项目施工和营运特点，结合本工程的实际情况，主要从建设期及营运期的清洁生产措施等方面分析本项目的清洁生产水平。

从环境影响的性质来看，本项目施工期是通过影响海域悬浮物（投放礁石产生的悬浮泥沙）含量而间接对海洋生态环境产生影响的基础设施建设项目，其他污染物还有：施工人员产生的生活污水和工地污水、施工船舶舱底油污水、施工机械运行、冲洗及维修产生的油污水、施工机械设备动力噪声、施工产生的生活垃圾及建筑垃圾；项目清洁生产主要体现在节约能源、减少污染物的产生量、降低对环境的干扰上。

8.2.1 节能技术和措施

(1) 施工管理节能措施

① 抓好施工现场管理，制定文明施工计划。对职工的操作技能和环保意识都要加以必要的培训，确保按照规范进行操作。既要保证工作效率，又要尽量减少对资源的浪费；

② 加强对施工设备运行情况的检查，经常进行维修保养，避免由于机械故障造成的资源过度损耗；

③ 加强事故防范措施：遇到风暴潮、台风或者暴雨等恶劣天气时，应停止施工作业，提前做好安全防护工作。

(2) 供电照明及设备节能措施

① 采用高效率，低损耗，节能型的电气设备。根据用电负荷大小，合理选用补偿电容器，提高供电系统的功率因数，改善电压质量，减少线路损耗，节约能源。

② 各用电量单位应设置电表，以便进行监控、考核节能情况。

③ 选用国家推荐的节能型施工设备，禁止使用陈旧，淘汰的耗能设备。

(3) 供水及设备节能措施

(1) 采用生产、生活、消防合一的供水系统，合理选择供水管管径，降低管路水头损失；

(2) 选用优质阀门，经常对阀门、管道进行检查，防止管道漏水造成资源浪费；

(3) 在各用水点装设水表，对各部门用水量进行监控与计量：广泛宣传节约用水，使员工养成节约用水的良好习惯。

8.2.2 采用保护水质环境的施工方式

(1) 礁体运输及吊运投放水污染防治措施

① 在礁体投放安装过程中，应实施悬浮物监控计划，控制悬浮泥沙的浓度和扩散范围。

② 避开大风浪季节施工，减少对海域的污染影响。施工期应作好恶劣天气条件下的防护准备，6级以上大风应停止作业。

③ 礁体投放作业季节及作业周期选择：阳江山外东海域有较多敏感区，项目施工期虽不会影响到敏感区，但仍注意尽量避免鱼类的产卵孵化期，无法避免时须配以综合治理手段以保证对环境的影响控制在最小程度，如选择合适潮期作业时间及周期。

④礁体投放进行间断性施工，避免连续作业造成周边海域悬浮泥沙浓度过高和扩散影响范围过大。

⑤施工单位应建立施工废水管理和处理计划，不允许随意排放。

(2) 陆域施工废水污染防治措施

①施工现场道路保持通畅，排水系统处于良好的使用状态，使施工现场不积水。

②合理规划施工场地的临时供、排水设施，采取有效措施消除跑、冒、滴、漏现象。

③严格管理和节约施工用水、生活用水。

④施工机械维修产生的含油污水应予以妥善收集处理，严禁随意倾倒。

⑤ 施工道路要定时清扫洒落物，并辅以必要的洒水抑尘措施。

⑥ 施工设备要选择性能好的高效低噪设备，注意对施工设备的维护保养，使其保持良好的运行状态。

(3) 减小施工生活污水影响的措施

施工期施工人员产生的生活污水，主要污染物为 CODgBOD"悬浮物等。建设单位应建设临时厕所，生活污水定期由当地污水处理厂接收处理。

(4) 防止施工船舶污染物污染水域的措施

施工船舶产生的生活污水交由陆上接收处理；含油污水予以实行“铅封”管理，含油污水不得在工程附近海域内排放，含油污水将交由海事部门认可的有接收处理能力的单位接收处理。

8.2.3 采用先进的施工设备

对施工过程中所需的船舶等施工机械设备，一律采用国内外先进设备，严禁采用高噪声和高耗能的不合格产品施工，从源头控制施工过程的环境污染问题。施工设备声源强度必须达到相关机械产品的噪声标准。

业主单位将与所有施工单位签署协议，并由监理单位负责监督，要求所有施工单位确保使用品质优良的施工船舶及各种机械设备，实现噪声、废气排放达标。

8.2.4 严守规范、科学施工、降低对环境不必要的干扰

有了合适的施工方案和机械，还需要注重施工方式，各个环节都必须始终贯彻环境保护意识，才能将对环境的影响减至最低程度，具体应做到：合理安排施工顺序、位置及施工进度，在施工过程中严格按照施工组织方案进行，尽可能缩短施工期以减小对周围环境的不良影响；吊装人工鱼礁上船舶的过程，施工生活废水主要是吊装过程中施工

人员产生的生活污水，主要污染物为 COD、BOD5、悬浮物等，生活污水经收集后送污水处理厂处理，不得直接外排。施工期尽量避开主要经济鱼类繁育期。施工船舶含油污水经收集后上岸交由海事部门认可的有接收处理能力的单位接收处理，不得在工程附近海域内排放，施工人员的生活垃圾和零星建筑垃圾收集后由市政环卫部门统处理。

8.2.5 环境空气污染防治措施

(1) 对预制场场地进行硬化处理，现场场地和道路平坦通畅，以减少施工现场道路运输车辆因颠簸而产生空气污染。未能做到硬化的部分施工场地要定期压实地面和洒水、清扫，减少扬尘污染。

(2) 制定严格的洒水降尘制度（定时、定点、定人），施工队配备洒水车，并配备专人清扫场地和施工道路。

(3) 施工垃圾应及时清运、适量洒水，以减少扬尘。

(4) 出预制厂车辆需经过水带，以减少车辆将泥土带出工程区。

(5) 选用尾气排放合格的施工车辆、机械。

8.2.6 其它环保措施

(1) 在礁体运输及吊放安装等各种工程施工过程中，加强施工队伍的组织和管理，努力避免发生施工区其他用海设施的破坏。

(2) 要注意选择适当的施工期和施工方式以保护渔业资源，并避开鱼虾产卵期和休渔季节，使工程对渔业的影响降低到最低程度。

以上环保措施是在生产实践中被经常采用的简单易行而且有效的措施。

8.2.7 项目清洁生产评价

在本项目的建设施工过程中，采用了合适的施工方案，使用先进的工艺装备、使作业高效、节能，减少不必要的消耗，也就降低了对环境的不必要的影响；同时，在作业过程中严格遵守技术规范，以环境保护意识贯穿于整个建设过程中，文明施工，爱护环境，这些都是清洁生产原则在本项目建设过程中的体现。因此，从总体上说，本项目施工期的清洁生产水平较高。

本项目清洁生产水平主要体现于能耗、施工工艺、生产工艺设备和管理水平。在施工期全过程的各环节上考虑采用节约资源、能减轻环境污染、减少对海洋生物造成影响的施工方式、施工过程能够贯彻清洁生产的精神，能够满足清洁生产的要求，达到国内清洁生产水平的先进水平。

9 总量控制

9.1 主要受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量

按国家对污染物排放总量控制指标的要求，在核算污染物排放量的基础上提出工程污染物总量控制建议指标，是建设项目环境影响评价的任务之一，污染物总量控制建议指标应包括国家规定的指标和项目的特征污染物。

国家规定的“十三五”期间污染排放总量控制指标有：

- ①大气环境污染物：二氧化硫，氮氧化物。
- ②水环境污染物：化学需氧量，氨氮。
- ③区域性污染物、重点地区重点行业挥发性有机物、重点地区总氮、总磷。

项目的特征污染物，是指国家规定的污染物排放总量控制指标未包括，但又是项目排放的主要污染物。这些污染物虽然不属于国家规定的污染物排放总量控制指标，但由于其对环境的影响较大，又是项目排放的特有污染物，所以必须作为项目的污染物排放总量控制指标。

本项目为海洋生态保护修复工程，其产生的污染物对海洋环境的主要影响表现在水质和生态两方面，主要污染物种类为废水和固体废物，产污环节主要在施工阶段，包括有悬浮泥沙、含油污水、生活污水、生活垃圾、施工噪声等。

9.2 污染物的排放消减方法

施工船舶施工队伍产生的生活污水通过经收集定期交由吸粪车清运处理；生活垃圾经收集后交由环卫部门清运处理；施工作业产生的固体悬浮物，根据施工实际情况采取相应的削减措施，最大限度降低 SS 含量。

9.3 污染物排放总量控制方案与建议

根据有关规定，国家对已做出总量控制规定的海域需实施总量控制。工程拟建海域目前还不是总量控制海域，因此经本报告分析，项目不做污染物排放总量控制。

10 环境保护对策措施

10.1 建设项目各阶段的污染环境保护对策措施

10.1.1 水污染防治措施

施工船舶配套设有生活污水收集储存装置(集污舱)，船舶施工人员产生的生活污水经收集上岸交由吸粪车定期清运。严格管理施工机械，严禁油料泄漏或倾倒废油料，施工船舶产生的含油污水经船舶配套设置油水分离器或装灌油污水的舱柜或容器收集上岸后交由有资质单位的接收处理。水污染主要污染环保设施和对策措施见表 10.1-2。

表 10.1-2 水污染环保设施和对策措施一览表

阶段	污染物	污染物排放	环保设备	规模及数量	预期效果	实施地点及投入使用时间	运行机制
施工期	含油污水	施工船舶作业期间产生的含油污水	油水分离器或装灌油污水的舱柜	船舶自身配套, 1个/艘。	交由资质的单位安全处理	施工船舶	施工单位设兼职环境管理人员负责, 或委托专业机构进行
	生活污水	施工队伍产生的生活污水	集污舱	船舶自身配套, 1个/艘。	经化粪池收集处理, 定期交由吸粪车清运	施工船舶	

10.1.2 固体废物污染防治措施

①施工船舶施工人员产生的生活垃圾经收集上岸，及时由城市环卫部门运至垃圾处理场集中处理，不得将垃圾随意丢置入海。

②施工船舶及配套机械设备发生作业操作性的残油、洗涤油应及时盛接，与生活垃圾中分拣出来的危险废物交由有危险废物处理资质的单位将其安全处置。

③施工单位不得随意抛弃建筑材料、旧料和其它杂物，应尽可能的回用，不能利用的应有计划、有步骤的搬运或堆存，临时场地不影响交通、电讯等。

固体废物主要污染环保设施和对策措施见表 10.1-3。

表 10.1-3 固体废物污染环保设施和对策措施一览表

阶段	污染物	污染物排放	环保设备	规模及数量	预期效果	实施地点及投入使用时间	运行机制
施工期	生活垃圾	施工船舶施工队伍产生的生活垃圾	垃圾桶	垃圾桶 5个/艘	经收集上岸，交由环卫部门清运。	施工船舶	施工单位设兼职环境管理人

施工垃圾	施工船舶、机具设备作业产生的残油、废油等危险废物	残油、废油储存舱	船舶自身配套, 1个/艘	统一交由有危险废物处理资质的单位将其安全处置。	施工船舶	员负责, 定期清理, 或委托专业机构进行
------	--------------------------	----------	--------------	-------------------------	------	----------------------

10.1.3 噪声污染防治措施

施工期环境噪声主要为施工船舶产生的噪声, 主要噪声污染防治对策措施见表 10.1-4。

表 10.1-4 噪声污染防治措施一览表

阶段	污染物排放	环保措施	预期效果
施工期	施工船舶噪声	施工单位应注意施工船舶及其配套机械的保养, 维持施工机械低声级水平, 避免超过正常噪声运转。	减少突发噪声及强噪声源对声环境的影响
		合理安排高噪声施工机械作业的时间, 避开居民休息时段。	

10.2 建设项目各阶段的海洋生态保护对策措施

海洋生态损失主要特征有: 生态损失的长期性、潜伏性; 生态损失的影响范围广; 生态损失的修复难度大; 海洋生态损失的主体具有多元性和难确定性。

(1) 生态保护与修复

生态修复是人为采取一定的方法, 对已经造成损害的海洋生态系统而采取的一项补救措施使遭到破坏的生态系统逐步恢复或使生使生态系统向良性循环方向发展。根据自然资源损失补偿和受损区域恢复原则, 该项目必须采取一定的生态恢复和补偿措施, 以削减生态影响程度, 改善区域生态系统功能。生态环境保护和修复对策措施见表 10.2-1。

表 10.2-1 生态环境保护和修复对策措施一览表

影响	环保措施	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体及运行机制
渔业资源	施工避开渔业资源繁殖季节	减小悬沙影响程度和范围, 减小对鱼卵仔鱼的影响	施工期间, 工程附近海域	建设单位、施工单位
	建议施工期加强施工区附近海域的水质监测	掌握施工活动与水体中悬浮物增量的规律, 尽可能避免对海洋生态产生不利影响		建设单位
	施工过程中应尽可能采用对水体扰动小的挖泥船等船只和设备, 避免泥沙的扩散和再悬浮	减小悬沙影响程度和范围, 减小对鱼卵仔鱼的影响		施工单位
底栖生物	下放人工鱼礁准确定位、详细记录其过程, 严格按照施工平面布置进行作业,	减少对项目所在海域底质扰动的强度		施工单位

	避免在一个区域重复作业。		
水生生物	施工前先驱散工程区水生生物，控制船舶的发动机噪声和其他设备的噪声。	有利于减少对水生动物的干扰	施工单位
珊瑚礁资源	1、应选择适合的时间进行施工，并在施工混水区投放设置防污帘，控制 SS 扩散范围。 2、尽可能选择涨潮时段施工，以可控制 SS 扩散影响范围。 3、施工过程中应加强监督管理，防止违规作业。 4、施工期间，建设单位应委托环境监理单位进行全程监理，并设置专员进行现场管理，记录每日工作量、运输路线、卸泥点位，并将全部记录载入环境监理报告，作为项目验收的资料之一。 5、建议当地有关海洋管理部门对海洋活动进行严格监管，通过电子巡查、海上巡航、现场监管、24 小时不定时突击检查等手段提升监管效果，依法依规严厉打击海上废物倾倒行为。	减小悬沙扩散范围，减轻对珊瑚礁资源的影响	建设单位、施工单位

(2)生态补偿

海洋生态补偿包括三方面内容，一是对海洋环境自身的补偿，如恢复和改善海洋生态环境、设立海洋自然保护区等；二是对个人、群体或地区保护海洋的机会成本进行补偿，如对退出海洋捕捞的渔民给予补贴；三是制止海洋环境破坏行为，通过让受益者支付相应费用，使其经济活动的外部成本内部化，以制止破坏海洋环境的行为。

目前主要采取以下两种补偿方式：①经济补偿，是最常采用的补偿方式，业主单位应根据项目实施所造成的生态损失量，包括渔业资源、底栖生物、水生生物等，根据相关规定给予一定的经济补偿；②生境修复，通过修复受损的生态系统和生态重建来实现生态损害的内部化。本工程对海洋生态的影响为非持久性的，属于可逆的。业主单位应与海洋渔业相关管理部门沟通，选择合适生态补偿方式进行补偿。

(3)生态监管

生态监管包括生态保护、生态补偿措施的管理，项目竣工验收和跟踪监测等。

①生态保护、生态补偿措施的管理

一般情况下，因工程建设而采取的生态保护、生态补偿措施的进度落后于建设项目的进度，如渔业资源人工增殖流放、海洋生态恢复工程等都必须在建设项目基本成后实施。一般按照海洋环评的要求和实际工作情况，生态补偿工作应在施工结束后的第一年六月份开始实施，本项目实施单位应与海洋渔业相关管理部门协商海洋生态损失补偿事

宜，主管部门应该对生态补偿工作的落实并对实施过程、实施效果进行监管。

②项目竣工验收

工程后，海洋渔业主管部门应参与项目的竣工验收，验收重点为环境保护设施、生态保护和生态补偿措施等。如果本项目环保措施未达标，或者生态补偿费用未落实，不应同意本项目的竣工验收。

③跟踪监测

建设项目对生态的影响机制比较复杂，其影响程度也很难完全准确预测。因此，在本项目施工期和建成后，应就项目对环境的影响进行跟踪监测，可委托有资质的监测部门实施监测计划。对跟踪监测中发现的超标预测影响问题，应及时上报海洋、环保、渔业等行政主管部门，并要求项目建设单位采取相应的补偿措施。

11 环境保护的技术经济合理性

11.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

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

根据当前的市场经济价格估算，本次评价所提出的各项污染防治措施费用约为 117 万元，项目总投资约 20117 万元，占总投资的 0.6%，见表 11.1-1。

表 11.1-1 环保投资估算表

阶段	项目	单价	数量	金额(万元)
施工期	环境监理	3.0 万元/月	5 月	15.0
	跟踪监测	25 万元/次	2 次	50.0
	垃圾桶、垃圾收集设施等	2000 元/套	10	2.0
	集污舱、油水分离器或装灌油污水的舱柜以及残油、废油储存舱等	施工船舶自身配备		0.0
运营期	环境监测	25 万元/次	2 次	50.0
合计		—	—	117

11.2 环境保护的经济损益分析

11.2.1 社会经济效益分析

通过增殖放流等生态修复措施，可有效增加天然水生生物资源量、提高水域生产力，改善生物群落结构、修复水域生态环境，是国内外在水生生物资源养护方面普遍采用的做法。渔业资源增殖放流是在对野生鱼、虾、蟹、贝类等进行人工繁殖、养殖或捕捞天然苗种在人工条件下培育后，释放到渔业资源出现衰退的天然水域中，使其自然种群得以恢复。多年的实践证明，渔业资源增殖放流是目前恢复水生生物资源量的重要和有效手段，应充分发挥其应有的作用。

人工鱼礁的引入有助于恢复渔业资源，投放在海域中的人工鱼礁（上升流礁）在迎面流附近产生涌升流，这种涌升流将海洋底层低温而营养丰富的海水带上来，使海洋浮游动植物在人工鱼礁礁体及区域内增殖，从而为鱼类等水生生物提供大量饵料丰富的饵料、舒适安全的生长环境自然使人工鱼礁的集鱼、增殖效果不一般。且有助于改善水质，减少海洋赤潮等海洋灾害发生的频率，恢复海域生态环境，稳定海域生态系统。

从前面分析可知，本项目本身属于海洋生态修复工程，项目建设的生态环境效益、社会效益明显，且在采取环境保护措施后，可以使建设工程产生的环境影响被控制在最小范围和最低程度，进而能在一定程度上减少资源的损失。因此，建设工程污染防治措施的环境经济效益还是比较明显的。

11.2.2 环境损益分析

本工程的建设将产生明显的社会效益和经济效益，但也将对周围海域环境造成一定的影响。其中有些影响可以按费用来折算，有些则无法用费用来折算。

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目仍然可能造成的环境损失，对于本工程建设项目来说，主要环境损失体现在两个方面：一是施工造成的底栖生物损失；二是渔业资源量有一定减少。

在工程建设中，由于施工作业改变了生物的原有的栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，少量活动能力强的底栖种类逃往别处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。根据工程分析，本项目对水质环境的影响主要来源于鱼礁礁体投放等环节，主要的污染物为悬浮物。本项目礁体制作在陆地上完成，海上施工主要通过船舶运输至指定位置投放，且工程施工属于短期行为，其影响也属于短期、可恢复性质。悬浮物浓度增加引起的水质超标也属于短期、可恢复性质，不会产生长期的、不可恢复性的不良影响。

11.3 环境保护的技术经济合理性

项目实施将会给项目所在海域环境带来一定的影响，并由此还会带来一定的经济损失；在采取相应的治理措施后，这种对环境的影响是可以接受的。同时，项目施工建设与工程完成后的过程中，建设单位也将采取一定的环境保护措施，将环境影响控制在最小范围和最低程度，并且这些污染防治办法与环境保护措施在经济上是合理的、可行的。

12 海洋工程的环境可行性

12.1 海洋功能区划和海洋环境保护规划的符合性

(1) 与《三亚市总体规划（空间类 2015-2030 年）》的关系

根据《三亚市总体规划（空间类 2015-2030 年）》，本工程位于三亚湾，所在位置不属于城镇建设用地，本工程与《三亚市总体规划（空间类 2015-2030 年）》相符。

(2) 与《海南省生态功能区划》的符合性

根据《海南省生态功能区划》，本工程区所在的生态功能单元为 I-3-2“三亚旅游与城镇发展生态功能区”。“三亚旅游与城镇发展生态功能区”的主要生态系统服务功能为：生物多样性保护、海岸带防护、社会生产功能。主要生态保护措施为：红树林、珊瑚礁和海防林保护，城市周围和道路两边绿化工程建设。

本工程与“三亚旅游与城镇发展生态功能区”的生态服务功能一致，本工程拟进行三亚湾海洋生态修。工程实施后，有利于生物多样性保护。总体而言，本工程符合“三亚旅游与城镇发展生态功能区”的主要生态保护措施。

(3) 与《三亚市生态建设与环境保护“十三五”规划》的符合性

《三亚市生态建设与环境保护“十三五”规划》（三府〔2018〕78 号）提出目标为“生态环境质量水平不下降，达到国家生态文明示范区生态环境建设指标要求。城区建设空间与生态保护格局协调一致，生态环境保持优良，生态经济和生态文明建设取得显著成效，基本形成环境友好的空间格局，市域生态系统稳定性持续增强，城乡人居环境明显改善。……。”其生态建设中关于“重点生态基础设施保护与修复”中提到“4、海岸带近岸生态系统修复加强岸线生态恢复。以海岸带为廊道，联通沿岸海防林带，红树林，珊瑚礁等重要生态系统，保护和修复滨海湿地系统、滩涂、入海河口以及红树林、珊瑚礁等自然生态系统。……推进三亚湾生态环境修复和保护，……。”

本工程的实施有利于促进环境友好空间格局的形成，加强三亚湾生态环境修复和保护，推进三亚湾生态环境的保护和修复。因此，本工程符合《三亚市生态建设与环境保护“十三五”规划》。

12.2 区域和行业规划的符合性

(1) 与围填海管控政策的符合性

2018年7月,《国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》(国发〔2018〕24号)要求:“四、加强海洋生态保护修复(十)强化整治修复。制定滨海湿地生态损害鉴定评估、赔偿、修复等技术规范。坚持自然恢复为主、人工修复为辅,加大财政支持力度,积极推进“蓝色海湾”、“南红北柳”、“生态岛礁”等重大生态修复工程,支持通过退围还海、退养还滩、退耕还湿等方式,逐步修复已经破坏的滨海湿地。”

2018年12月,《自然资源部关于进一步明确围填海历史遗留问题处理有关要求的通知》(自然资规〔2018〕7号)要求:“二、妥善处理已取得海域使用权但未利用的围填海项目(二)进行必要的生态修复。结合项目围填海实际情况和生态保护目标要求或措施要求,参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南(试行)》中提出的修复措施,由省级自然资源主管部门监督指导海域使用权人开展围填海工程生态建设,修复受损生境,提升新形成岸线的公众开放程度和景观生态效果,构建自然化、生态化的新海岸。”

根据《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南(试行)》,“围填海项目生态保护修复应根据项目实际情况,选择海岸线、滨海湿地、海洋生物资源、水文动力和冲淤环境、海岛生态系统等作为生态保护修复重点。对严重破坏海洋生态环境需要拆除的,还应关注海洋生境重建。同时,拆除方案应从海洋生态保护角度进行比选分析,给出推荐方案。”

三亚湾海洋生态保护修复实施以后,后续将进一步关注海洋生境重建。综上所述,本工程符合围填海管控政策的相关要求。

(2) 与“三线一单”政策的符合性

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》(环环评〔2016〕150号),“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”。

生态保护红线:根据前述章节分析,本项目不占用海洋生态保护红线区,项目符合《三亚市海洋生态保护红线专章》。

环境质量底线:根据环境质量现状评价结果,本调查海区的水环境质量优良,pH、溶解氧、化学需氧量、铜、镉、铬、汞、砷和石油类等参数均符合一类海水水质标准;无机氮、活性磷酸盐、铅和锌个别站位符合二类海水水质标准,其余均符合一类海水水

质标准。大气环境、声环境均能够满足相应的标准要求。本工程施工活动不会增加无机氮和活性磷酸盐排放，不会造成区域环境质量恶化，不会突破区域环境质量底线。

资源利用上线：本工程属无需利用资源，不会突破区域资源利用上线。

本工程恢复海域的自然属性，工程主要污染物是施工期产生的悬浮泥沙，其对水质的影响是暂时的，将随着施工结束而消失，施工活动不会增加无机氮和活性磷酸盐排放；本工程施工期加强船舶溢油风险防控，建立应急响应机制，符合全省环境风险防控要求。综上，本工程符合《关于海南省“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》的相关要求。

(3) 与《海南省现代化海洋牧场发展规划（2021-2030年）》符合性

为贯彻落实习近平总书记“4·13”重要讲话和中央12号文件精神，落实省委省政府加强生态文明建设的要求，加快渔业转型升级，推进现代化海洋牧场建设，海南省农业农村厅于2021年2月3日印发了《海南省现代化海洋牧场发展规划（2021-2030年）》。根据规划，在海南岛近岸海域选址布局休闲型海洋牧场22处，分别位于西海岸、东海岸、潮滩鼻、青葛、龙湾、潭门、博鳌、甘蔗岛、神州半岛、加井岛、日月湾、香水湾、南湾猴岛、蜈支洲、东西瑁洲、龙栖湾、莺歌海、四更、峨蔓、马袅湾、昌江深水区、三亚湾深水区。



图 12.2-1 三亚湾水域海洋牧场规划图

本项目位于东西瑁洲海洋牧场区域内，符合《海南省现代化海洋牧场发展规划

(2021-2030年)》。

12.3 建设项目的政策符合性

12.3.1 《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》符合性分析

国务院于2015年4月25日发布了《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》，其指导思想：以邓小平理论、“三个代表”重要思想、科学发展观为指导，全面贯彻党的十八大和十八届二中、三中、四中全会精神，深入贯彻习近平总书记系列重要讲话精神，认真落实党中央、国务院的决策部署，坚持以人为本、依法推进，坚持节约资源和保护环境的基本国策，把生态文明建设放在突出的战略位置，融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程，协同推进新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化和绿色化，以健全生态文明制度体系为重点，优化国土空间开发格局，全面促进资源节约利用，加大自然生态系统和环境保护力度，大力推进绿色发展、循环发展、低碳发展，弘扬生态文化，倡导绿色生活，加快建设美丽中国，使蓝天常在、青山常在、绿水常在，实现中华民族永续发展。要求加强海洋资源科学开发和生态环境保护，控制陆源污染物排海总量，建立并实施重点海域排污总量控制制度，加强海洋环境治理、海域海岛综合整治、生态保护修复，有效保护重要、敏感、脆弱海洋生态系统。

三亚湾海洋生态保护修复工程旨在通过下放人工鱼礁、增殖放流等措施，增加海洋生物多样性，与美好的滨海城市相符、相容、相协调，符合《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》。

12.3.2 与《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020年)》符合性分析

国家海洋局于2015年7月印发《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020年)》(以下简称《方案》)，《方案》提出从十个方面推进海洋生态文明建设。其中，第五个方面的内容为：“加强海洋生态保护与修复，体现生态保护与修复整治并重，既注重加强海洋生物多样性保护，又注重实施生态修复重大工程，包括加强海洋生物多样性保护等3个方面内容”。

为推动主要任务的深入实施，《方案》提出了4个方面共20项重大工程项目。在治理修复类工程项目中，有一项“蓝色海湾”综合治理工程：要求着重利用污染防治、生态修复等多种手段改善16个污染严重的重点海湾和50个沿海城市毗邻重点小海湾的生

态环境质量。

本工程通过三亚湾海洋生态保护修复，修复海岸、改善近岸生态环境，美化岸线景观，以达到集经济、社会、生态、海岸防护等多重效益为一体的综合整治的效果。项目实施内容符合《方案》提出的推进海洋生态文明建设的内容，即符合《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020年)》。

12.3.3 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录(2019年本)》，项目属于《产业结构调整指导目录(2019年本)》中“第一类 鼓励类”第四十三、环境保护与资源节约综合利用——2、海洋环境保护及科学开发，海洋生态修复”。

本项目为三亚湾海洋生态保护修复工程，属于海洋生态修复项目，项目的建设有助于维持三亚湾生态环境稳定、打造优美的休闲海滨环境，因此项目符合《产业结构调整指导目录(2019年本)》的规定。

12.4 建设合理性分析

(1) 自然条件可行

本项目建设地点气象条件较好，当地气候适宜，无严冬酷暑，项目区域温差相差不大，湿度也不大，气象条件十分适宜。但夏季常有台风、暴雨影响，需做好防范措施。

(2) 配套设施可行

本项目地处三亚市天涯区，供水、供电均可依托后方市政管线接入，通信依托条件良好。周边水、陆交通方便，公路网络四通八达。砂、石料及水泥来源丰富，为本项目的建设提供了有利的条件。

(3) 技术可行

本项目位于三亚市三亚湾，符合规划要求，契合海洋生态环境修复需求，有良好的规划和政策支持。因此，本工程在技术上是成熟的也是可行的。

通过以上分析，本项目的实施在技术上是切实可行的。

13 环境管理与监测计划

13.1 环境管理

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》和《企业法》的精神，企、事业单位在生产和经营中防止污染、保护生态环境应是其重要的职责之一。环境管理是控制污染、保护环境的重要措施，应根据《建设项目环境保护管理条例》等法规的要求，组织环保管理机构，制定环境保护管理计划。

为及时了解和掌握项目的污染源和环境质量发展变化，对该地区实施有效的环境管理，本评价提出项目环境监测机构的组成框架和基本职能，并结合环境质量现状调查和环境影响预测的结果，提出项目建设过程中及建成后环境质量目标及主要污染源的监测计划(监测点位、监测项目、监测频次等)。

13.1.1 施工单位环境管理机构

建设施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，建议在工程指挥部设 2~3 名环境管理人员，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。

施工单位的管理内容主要为：

(1)负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查。

(2)及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与项目施工有关的污染因素、存在的问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议。

(3)按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细施工期环境保护措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构(人)等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实。

13.1.2 建设单位环境管理机构

为了有效保护项目拟建海域所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，定员为 4~5 人(包括施工期和工程后)，负责环境管理和环境监测计划制定和实施。

负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保措施列入与施工中标单位签署的合同中，聘请有资质的施工监理单位对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。具体措施如下：

(1)对工程辖区范围内的环境保护实行统一管理，贯彻执行国家和地方的有关环境保护法规；

(2)领导和组织工程辖区范围内的环境监测工作，建立监控档案；

(3)做好环境教育和宣传工作，提高各级管理人员和操作人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心；

(4)加强建设项目的环境管理，严格执行本报告提出的污染防治措施和对策；

(5)定期对环境保护设施进行维护和保养，确保环境保护设施的正常运行，防止污染事故的发生；

(6)加强与环境保护管理部门的沟通和联系，主动接受主管部门管理、监督和指导。

13.2 环境监理计划

环境监理是工程(建设)监理的派生分支，着重工程建设中环境的维护，因此是环境保护工作的一个方面，是工程建设中环境保护的重要内容，是工程监理的重要组成部分，同时又具有相对社会化和专业化的独立性。

实施环境监理的目的是使施工现场的环境监督、管理责任分明，目标明确，并贯穿于整个工程实施过程中，从而保证环境保护设计中各项环境保护措施能够顺利实施，保证施工合同中有关环境保护的合同条款切实得到落实。

13.2.1 施工前环境监理计划

(1)审核污染防治的方案

根据具体项目的工艺设计，审核施工工艺中的“三废”排放环节，排放的主要污染物及设计中采用的治理技术是否先进，治理措施是否可行。污染物的最终处置方法和去向，应在工程前期按有关文件规定和处理要求，做好计划，审核整个工艺是否具有清洁生产的特点，并提出合理建议。

(2)审核施工承包合同中的环境保护专项条款

施工单位必须遵循的环境保护有关要求应以专项条款的方式在施工承包合同中体现，并

在施工过程中据此加强监督管理、检查、监测，减少施工期对环境的污染影响，同时应对施工单位的文明施工素质及施工环境管理水平进行审核。

13.2.2 施工时环境监理计划

工程施工阶段的监理任务是：管理，即有关监督、环境、质量和信息的收集、分类、处理、反馈及储存的管理；协调，即对业主和承包商之间、业主与设计单位之间及工程建设各部门之间的协调组织工作；控制，即质量、进度、投资控制。环境监理工作可委托具有资质的环境监理机构负责实施。

本报告所说的环境监理主要指本工程施工期针对海洋环境保护的监理。主要有以下内容：

(1)对工程进度进行监理，在当地经济生物繁殖期尽量少施工，其他时间加快施工进度；

(2)对工程安全进行监理，如施工船舶是否在预定区域内施工，船舶含油污水、生活污水、生活垃圾是否收集上岸外运处理，防止直接排放导致海洋环境污染；

(3)对环保工程费用监理，保证环保设施的配备和环保措施得到执行；

(4)收集各种有关信息，包括工程区周围利益相关者的投诉意见和建议，施工人员的环保经验等；

(5)召开会议，对各阶段的各种环保措施执行情况进行审核，根据环境监测结果是否达标，及时调整施工进度和计划，总结和改进环保措施等。

13.3 环境监测计划

环境监测作为环境监督管理的主要实施手段，可以通过其及时掌握施工期和工程后周围海域的环境变化情况，从而反馈给工程决策部门，为本工程的环境管理提供科学依据。根据本工程特点，本次评价环境监测包括施工期和工程后环境监测。根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，制订整体环境监测计划。

(1)水质环境监测

①监测站位：位于工程及附近海域设置水质监测站位 21 个，调查站位见表 13.3-1、图 13.3-1。

②监测项目：水色、透明度、COD、溶解氧、无机氮、SS、石油类。

③监测频率：施工前、施工中、施工结束后各进行一次监测。

(2)沉积物监测

①监测站位布设：选取水质监测站位中的代表站位。

②监测项目：石油类、有机碳、Pb、Hg。

③监测频率：与水质监测同步。

(3)海洋生物监测

①监测站位：与沉积物监测站位相同。

②监测项目：浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳动物。

③监测频率：与水质监测同步。

(4)岸滩剖面监测

①监测剖面布设：拟位于工程区内布设 5 条监测剖面。具体监测断面根据现场情况确定。

②监测内容：根据监测资料分析本项目建设前后冲淤变化趋势，采用资料收集、实地勘测资料相结合的方法，给出岸线变化过程图。

③监测频率：施工前、施工中、施工结束后各进行一次监测。

(5)完成单位

建设单位以有偿服务的方式，委托有资质的监测部门实施监测计划。

表 13.3-1 海洋环境监测站位

站号	纬度(N)	经度(E)	监测内容
S1	18°13'58.81"	109°30'18.09"	水质、沉积物、海洋生态
S2	18°13'47.82"	109°30'36.96"	水质、沉积物、海洋生态
S3	18°14'6.49"	109°29'28.74"	水质
S4	18°13'10.69"	109°28'58.56"	水质、海洋生态
S5	18°15'20.48"	109°28'0.59"	水质、沉积物、海洋生态
S6	18°13'18.00"	109°27'41.92"	水质、沉积物、海洋生态、
S7	18°11'25.13"	109°27'37.33"	水质、沉积物、海洋生态
S8	18°9'51.15"	109°27'32.91"	水质
S9	18°7'35.94"	109°27'7.93"	水质
S10	18°16'14.95"	109°24'51.95"	水质
S11	18°13'38.82"	109°24'32.33"	水质、沉积物、海洋生态
S12	18°11'2.00"	109°24'11.96"	水质
S13	18°8'30.71"	109°23'47.87"	水质、沉积物、海洋生态
S14	18°16'53.53"	109°20'37.43"	水质、沉积物、海洋生态
S15	18°14'28.75"	109°20'20.42"	水质

S16	18°11'49.41"	109°20'6.52"	水质、沉积物、海洋生态
S17	18°9'39.74"	109°20'0.46"	水质
S18	18°12'30.41"	109°31'6.74"	水质、沉积物、海洋生态
S19	18°10'56.26"	109°30'56.00"	水质、海洋生态、
S20	18°9'24.87"	109°30'24.85"	水质
S21	18°7'10.31"	109°30'53.43"	水质

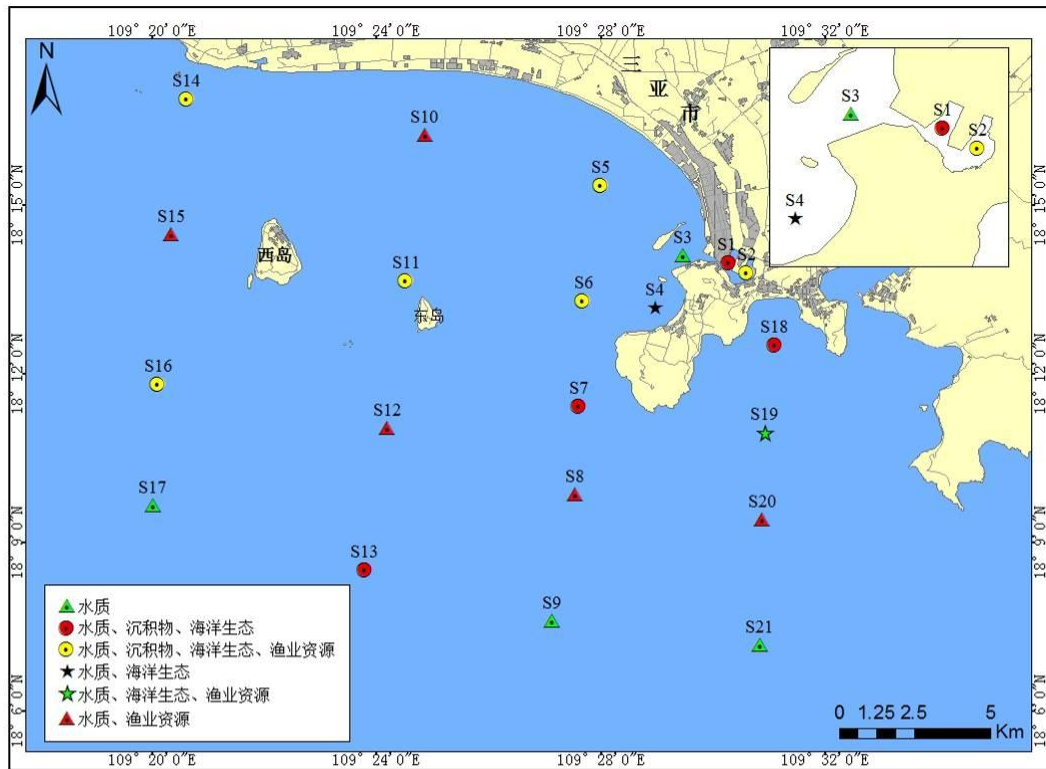


图 13.3-1 海洋环境监测站位布置图

14 生态用海方案的环境可行性

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

2015年6月19日，国家海洋局发布了《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020年)》(国海发[2015]8号)，方案指出：坚持海陆统筹、区域联动，以海洋环境保护和资源节约利用为主线，以海洋生态文明制度体系和能力建设为重点，以重大项目和工程为抓手，将海洋生态文明建设贯穿于海洋事业发展的全过程和各方面，实行基于生态系统的海洋综合管理，推动海洋生态环境质量逐步改善、海洋资源高效利用、开发保护空间合理布局、开发方式切实转变，为建设海洋强国、打造美丽海洋，全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴做出积极贡献。

14.1 生态用海方案

本工程为海洋生态保护修复工程，生态建设内容包括：珊瑚礁修复工程、西岛生态护岸修复工程、渔业资源保护工程、三亚湾海洋生态环境监测等。

(1) 人工鱼礁

人工鱼礁礁体在预制场预制，汽车运至出运码头，装方驳出运，海上吊机定点安装。从根本上减少对环境影响的悬浮物产生量、扩散范围。选择中、小潮、海况好的时间施工，以减小悬浮物的扩散范围。经上述环保措施处理后，项目实施对海洋环境影响较小。

(2) 生态补偿

在工程建设中，由于施工作业改变了生物的原有栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，少量活动能力强的底栖种类逃往别处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。建设单位应投入相应的资金进行海域生态修复。建设单位应与当地海洋与渔业部门协商，按照海洋与渔业部门的要求，制定相应的生态修复方案，合理安排项目附近海域生态修复工作。也可将资金纳入海洋与渔业部门专项的海域生态修复资金中，由海洋与渔业部门统一进行海域生态环境的修复工作。

(3)跟踪监测

本项目环评报告书制定了施工期和工程后环境跟踪监测方案(见报告 13.3 章节),建设单位应按照监测方案要求,在报批环境影响报告书前与有资质有技术能力的监测单位签订委托监测合同。

14.2 生态用海方案环境可行性分析

14.2.1 工程环境可行性分析

根据项目对各环境要素影响的评价结果:项目按照其设计要求,落实报告书提出的环境保护措施,进行合理施工和科学管理,则其对环境的影响程度和对生态环境造成的损失不大,其影响也是可以接受的。施工期产生的各类污染物对附近环境敏感目标的影响很小;项目作为人工鱼礁建设项目,工程竣工后对改善海洋生态环境,促进海洋经济的可持续发展有着重要的作用。

同时,本项目有着良好的社会效益,社会基础条件良好,项目用海符合海南省海洋功能区划等相关区划和规划的要求,地理位置合适,选址合理。正常工况下,施工过程中充分落实报告书中提出的各项环保措施,工程结束后在适当的时机进行生态补偿,则工程建设所带来的环境负影响可降到最低程度,工程的环境影响可控制在能够接受的水平。

根据环境质量现状调查和影响预测结论,在落实本报告书所提出的污染防治措施和风险防范对策的前提下,本项目的建设从环境保护的角度是可行的。

14.2.1 生态修复与补偿可行性分析

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

(1)施工阶段海洋生态保护措施

①根据海洋生物生长繁殖特点,施工单位应制定科学合理施工计划,作业尽量避开生物量的高峰期,以减轻工程施工对工程附近海域海洋生物的影响。

②工程开工建设前,建议业主组织施工单位与渔业行政主管部门充分沟通,合理规

划安排施工工期，尽量缩短作业时间，最大程度降低施工对渔业资源的负面影响，确保保护措施落实到位。

③工程实施造成的海域生态环境的损害，根据相关规定，采用经济补偿的方式对生态影响进行补偿，设置专项补偿资金，补偿资金按照相关行政主管部门的安排，用于渔业主管部门增殖放流、渔业资源养护与管理以及进行渔业资源和渔业生态环境跟踪调查等。增殖放流专项资金应专款专用，按照《水生生物增殖放流管理规定》规范增殖放流活动。

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

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

(2)海洋生态修复与补偿

本项目不可避免地会造成一定的海洋生物损失，因此，为了减少工程施工过程对海洋生物和渔业资源造成的损失，建设单位应参照国家相关规定做出生态补偿。

项目施工占用了一定面积的海域，使施工区海域底栖生物发生损失，对海域生态环境产生一定的影响。具体损失计算见 6.5 章节。

14.2.3 跟踪监测及监测能力建设可行性分析

本项目在施工期和工程后都要进行相应的跟踪监测计划，定期委托有监测资质的单位对工程所在海域的水质、沉积物、海洋生物生态进行监测，本报告 13.3 章节对项目用海环境监督进行了详细的分析，制定了详细的监督计划，建议建设单位在项目施工期和工程结束后按照监测计划实施。监测过程中，若发现异常情况及时通知有关部门，采取相应对策措施进行处理。环境监测需委托有资质的监测单位具体执行，并由当地海洋环境保护行政主管部门进行监督指导。监测单位应编制监测报告报送项目环境管理办公室及环境保护行政主管部门。

15 评价结论与建议

15.1 项目概况

本项目位于在三亚市三亚湾海域，工程包括：珊瑚礁修复工程、西岛生态护岸修复工程、渔业资源保护工程、三亚湾海洋生态环境监测等四部分。其中：

(1) 珊瑚礁修复工程：西岛珊瑚礁修复面积约 16000 m²、鹿回头珊瑚礁修复面积约 10000 m²，种植珊瑚 52000 株。

(2) 西岛生态护岸修复工程：护岸修复长度约 650m；

(3) 渔业资源保护工程：人工鱼礁 155520 空方，增殖放流 1 项；

(4) 三亚湾海洋生态环境监测：2 套海基海洋生态在线监测系统。

工程总投资：本工程估算总投资 20117 万元。

15.2 工程分析结论

(1) 污染环境影响

本项目施工期的环境影响主要是礁体投放过程产生的悬浮泥沙，施工队伍产生的生活废水和生活垃圾，施工船舶舱底油污水、燃油废气等。礁体投放过程悬浮泥沙产生源强平均约为 1.2kg/s。施工船舶生活污水由施工船舶上的污水储存柜收集，上岸后交由污水处理厂接受处理；施工期船舶含油污经集中收集上岸后交由海事局认可的具有接收处理能力的单位接收处理。生活垃圾由市政环卫部门统一处理。施工机械与船舶产生的废气噪声均为自然排放，能符合相应的排放标准。因此，整个施工期产生的污染物对环境影响不大。

(2) 非污染环境影响

工程后将引起工程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；礁体改变底栖生物的底质环境，造成部分底栖生物的直接死亡，施工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。

15.3 环境质量现状调查与评价结论

15.3.1 水环境质量现状

2018 年 3 月水质调查结果表明：调查海域除了个别站位(主要集中在三亚河口水域)的海水 COD、活性磷酸盐、无机氮、锌和铅含量超第一类海水水质标准，但基本符合第二类海水水质标准之外，其它要素 pH、DO、砷、镉、铜、汞、石油类和硫化物的含

量均符合第一类海水水质标准要求，水质状况总体良好。

2015年9月水质调查结果表明：海水pH、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、总铬、砷、锌、镉、铜、汞和石油类的含量均符合第一类海水水质标准要求；个别测站10m层海水溶解氧含量和全部测站的海水铅含量超第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准，水质状况总体良好。

15.3.2 沉积物质量现状

2018年3月沉积物监测结果表明：调查海区表层沉积物中有机碳、硫化物、锌、镉、铅、砷、铜和总汞均未出现超标现象(《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)规定的第一类沉积物质量标准)。调查海域表层沉积物石油类有一个站位数据(S2号站石油类含量为 836.1×10^{-6})超出第一类沉积物质量标准，符合第二类沉积物质量标准($\leq 1000 \times 10^{-6}$)。整体来看，该调查海域的沉积物质量优良。

2015年5月沉积物监测结果表明：调查海区表层沉积物中有机碳、硫化物、石油类、锌、镉、铅、铜、铬、砷和总汞均未出现超标现象(《海洋沉积物质量》(GB18668—2002)规定的第一类沉积物质量标准)，该调查海域的沉积物质量为优。

15.3.3 生态环境质量现状

2018年3月生态环境质量：

1) 叶绿素-a 和初级生产力

调查海区海水中叶绿素-a的含量较低，属于贫营养，不存在富营养化现象。各站之间叶绿素-a含量的变化幅度不大，表层>底层>10m层。

表层叶绿素-a含量从三亚河口区呈阶梯状向西南部海域逐渐降低，而在调查海域的西南部海域叶绿素-a含量较低，且分布比较均匀。底层叶绿素-a含量平面分布趋势与表层相似，主要表现为：调查海域榆林湾海域表现为叶绿素-a高值区，其它区域叶绿素-a含量低并且分布十分均匀。在榆林湾海域、鹿回头附近以及S16号站附近海域初级生产力较高；在调查海区的西北偏西部区域，初级生产力较低，分布均匀。

2) 浮游植物

监测海区共鉴定到浮游植物4门39属74种，种类以硅藻为主。大部分调查站位细胞丰度分布均匀。监测站位以硅藻为主，各站位硅藻的平均丰度为 $39.60 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，占总平均丰度的99.10%。优势种类主要为洛氏角毛藻、圆海链藻、菱形海线藻、派格棍形藻、丹麦细柱藻、笔尖形根管藻、螺端根管藻等。调查海域除S1号站之外，其它

各站位浮游植物的多样性指数和均匀度均较高,说明该海域在调查期间,浮游植物种类丰富,种间分布较均匀,浮游植物群落结构稳定。

3)浮游动物

监测海区共鉴定到浮游动物共有 8 类 29 属 39 种(不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼)。其中,桡足类最多,有 25 种,水母类有 6 种,毛颚类有 3 种,翼足类、介形类、十足类、被囊类、原生动物均有 1 种,另有 10 个类别浮游幼体和若干鱼卵、仔鱼。浮游动物丰度范围为(13.75~102.86)ind/m³,平均丰度为 48.37ind/m³;生物量范围为(2.08~21.21)mg/m³,平均生物量为 11.38mg/m³。浮游动物优势种类突出,主要有肥胖箭虫、微刺哲水蚤、中型莹虾、拟细浅室水母。调查期间各站位浮游动物多样性指数范围在 1.50~3.67 之间,平均值为 2.94;均匀度指数范围在 0.80~0.95 之间,平均值为 0.88。调查期间,浮游动物种类丰富,种间分布较均匀,说明浮游动物生态环境整体稳定。

4)潮间带生物

3 个潮间带断面共采获了 3 个生物类别中的 8 科 8 种生物(包含定性样品)。其中软体动物门有 2 科 2 种,节肢动物门 4 科 4 种,环节动物门 2 科 2 种。潮间带生物优势种类为楔形斧蛤、细纹爱洁蟹、痕掌沙蟹、平额厚纹蟹和昌螺,3 条潮间带断面高滩区多样性指数范围在 1.00~1.84 之间,平均值为 1.43;中滩区多样性指数范围在 1.44~1.82 之间,平均值为 1.62;低滩区多样性指数范围在 0.00~1.75 之间,平均值为 0.89。高滩区均匀度范围在 0.91~1.00 之间,平均为 0.94;中滩区均匀度范围在 0.91~0.98 之间,平均为 0.94;低滩区均匀度范围在 0.00~0.92 之间,平均为 0.60。说明该调查海区潮间带生物,种间比例分布均匀,说明潮间带生物生态环境整体稳定。

5)底栖生物

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 3 个生物类别中的 29 科 51 种底栖生物(含定性样品),其中软体动物 13 科 25 种,节肢动物 11 科 20 种,脊索动物 5 科 6 种。各站位底栖生物栖息密度的幅度为(20.00~120.00)ind/m²,平均密度为 53.33ind/m²;生物量的幅度为(8.47~289.73)g/m²,平均生物量为 83.89g/m²。优势种类为矛形梭子蟹、衣角樱蛤、小翼拟蟹守螺。调查期间各站位的底栖生物多样性指数介于 1.58~2.52 之间,平均值为 2.09,均匀度介于 0.82~1.00 之间,平均值为 0.94。调查海区底栖生物种类多样性指数和均匀度均较高,种间分布较均匀,说明底栖生物生态环境整体稳定。

6)鱼卵和仔稚鱼

垂直拖网：调查海区仔稚鱼捕获数量范围为 0ind/net~1ind/net，平均为 0.25ind/net；密度范围为 $0.00 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3 \sim 285.71 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ ，平均为 $71.43 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ 。调查海区鱼卵、仔稚鱼总捕获数量范围为 0ind/net~9ind/net，平均为 4.00ind/net；密度范围为 $0.00 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3 \sim 3333.33 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ ，最高出现在 S5 站位，平均为 $1742.78 \times 10^{-3} \text{ind/m}^3$ 。

水平拖网：调查海区仔稚鱼捕获数量范围为 0ind/net~4ind/net，平均为 0.83ind/net。调查海区鱼卵、仔稚鱼总捕获数量范围为 9ind/net~522ind/net，平均为 92.42ind/net；最高出现在 S18 站位。

7) 游泳动物

共采集到获游泳动物 97 种，隶属于 16 目 56 科，其中鱼类为 11 目 38 科 63 种，头足类为 3 目 4 科 4 种，甲壳类 2 目 14 科 30 种。游泳动物的平均渔获率为 3.93kg/h 和 350ind/h。其中，鱼类为 3.25kg/h 和 291ind/h，头足类的平均渔获率为 0.38kg/h 和 22ind/h，甲壳类的平均渔获率为 0.30kg/h 和 37ind/h。优势渔获种类共有 14 种，主要有多齿蛇鲭、横带长鳍天竺鲷、中国枪乌贼、红鲷、布氏长鳍天竺鲷、黑边布氏鲷、短穗乌贼、短鲷、矛形梭子蟹、口虾蛄、黑边天竺鲷、带纹躄鱼、须赤虾、短棘鲷等。

8) 生物体质量

在调查海区采集的鱼类、甲壳类和头足类海洋生物体内的总汞、砷、铜、铅、镉、锌和石油烃含量均符合相应的生物体内污染物评价标准，调查海区的海洋生物质量优。

2015 年 10 月生态环境质量：

1) 叶绿素-a 和初级生产力

调查海区海水中叶绿素-a 的含量较低，属于贫营养，不存在富营养化现象。各站点之间叶绿素-a 含量的变化幅度不大，且表层、10m 层和底层叶绿素-a 含量相差不大。初级生产力在调查海域的南部和 P2 号站附近海域出现高值区，在调查区域的西北部初级生产力较低，分布较均匀，最低值出现在西岛西部的 P14 号站。

2) 浮游植物

监测海区共鉴定到浮游植物 3 门 36 种，种类以硅藻为主。大部分调查站位细胞丰度分布比较均匀，本次监测站位以硅藻为主，各站位硅藻的平均丰度为 $13.64 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占总平均丰度的 86.26%。优势种类主要为覆瓦根管藻、旋链角毛藻、紧挤角毛藻。各站位多样性指数和均匀度都较高，说明调查海域大部分站位浮游植物种间比例均匀，浮游植物群落结构稳定。

3)浮游动物

监测海区共鉴定浮游动物 9 类 62 种(不包括浮游幼体和鱼卵仔稚鱼),桡足类 33 种,水母类 12 种,被囊类 4 种,毛颚类 4 种,端足类 2 种,枝角类 2 种,腹足类 2 种,原生动物 1 种,十足类 1 种;另有 3 个类别浮游幼体和若干鱼卵与仔鱼。浮游动物平均生物量为 $101.71\text{mg}/\text{m}^3$, 平均丰度为 $254.12\text{ind}/\text{m}^3$, 优势种类突出,主要有肥胖箭虫、微刺哲水蚤、中型莹虾、粗新哲水蚤、驼背隆哲水蚤、小唇角水蚤、双生水母、红纺锤水蚤。浮游动物多样性指数较高,范围为 $2.70\sim 4.07$, 平均为 3.47 ; 均匀度指数范围为 $0.73\sim 0.92$, 平均为 0.82 , 说明调查海区浮游动物生态环境整体稳定。

4)底栖生物

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 5 门 34 科 55 种(含定性样品),软体动物 13 科 21 种,节肢动物 12 科 19 种,脊索动物 6 科 11 种,环节动物 2 科 3 种,棘皮动物 1 科 1 种。各站位底栖生物栖息密度的幅度为 $(13.34\sim 113.33)\text{ind}/\text{m}^2$, 平均密度为 $61.43\text{ind}/\text{m}^2$; 生物量的幅度为 $(1.11\sim 38.07)\text{g}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $21.22\text{g}/\text{m}^2$ 。优势种类为矛形梭子蟹、须赤虾、杂粒拳蟹。各站多样性指数的幅度为 $0.97\sim 2.78$, 平均值为 1.98 ; 各站底栖生物均匀度的幅度为 $0.84\sim 1.00$, 平均值为 0.92 。说明调查海区底栖生物种类多样性一般,中间比例分布均匀,底栖生物生态环境整体稳定。

5)潮间带生物

3 个潮间带断面共采集了 2 个生物类别 3 种生物(包含定性样品)。其中软体动物门有 1 种,节肢动物门 2 种,潮间带生物断面高滩区平均栖息密度为 $5.33\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $19.35\text{g}/\text{m}^2$; 中滩区平均栖息密度为 $18.67\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $7.52\text{g}/\text{m}^2$; 低滩区平均栖息密度为 $92.00\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $16.29\text{g}/\text{m}^2$ 。优势种类为小文蛤、痕掌沙蟹和寄居蟹。

6)鱼卵和仔稚鱼

垂直网中鱼卵密度范围为 $0.00\sim 50.00$ 粒/ m^3 , 平均密度为 5.03 粒/ m^3 。水平网中鱼卵密度范围为 $0.00\sim 1.05$ 粒/ m^3 , 平均密度为 0.24 粒/ m^3 。仔稚鱼密度范围为 $0.00\sim 2.22$ 尾/ m^3 , 平均密度为 0.11 尾/ m^3 。本次在垂直网中鱼卵平均密度均高于水平网;水平网仔稚鱼密度高于垂直网,两者相差较小。平均鱼卵密度高于平均仔稚鱼的密度。

7)游泳动物

调查海域内共有水生生物种类 44 种,其中鱼类 34 种,甲壳类 8 种,头足类 2 种,

作业渔获中没有出现国家重点保护水生野生动物种类。优势种类主要有红鳍裸颊鲷、长棘银鲈、吕宋鲱鲤、长蛇鲻、中国枪乌贼，所调查站点总渔获 70.2kg，各站点渔获量在 13.0kg~43.4kg 之间；各站点渔获种类累计数差异不大，站位现存重量资源密度为 289.9kg/km²~997.7kg/km²，平均为 537.9kg/km²。

8)生物体质量

评价结果显示，调查海区的海洋生物质量优良。甲壳类和鱼类海洋生物体内的总汞、砷、铜、铅、镉、铬、锌和石油烃含量均符合相应的评价标准。

15.4 环境影响预测综合分析 with 评价结论

15.4.1 水动力影响

本项目护岸工程不改变海岸线的走向，对海岸线形态的改变非常微小，且工程基本位于西岛岛体上，本工程的实施不改变工程周边的水动力环境。

根据工程设计资料，本项目人工鱼礁工程改变了工程区的水深，造成鱼礁区附近水动力环境发生一定程度的改变。根据数值模拟结果，人工鱼礁工程对海洋水动力环境的改变主要为鱼礁区和鱼礁区迎流方向流速略有增大，鱼礁区背流方向流速有所减小，流速变化范围大多在 5cm/s 之内。

15.4.2 地形地貌与冲淤环境影响

从数值模拟结果可以看出，护岸工程位于西岛东南侧，该区域呈明显的侵蚀状态，最大侵蚀量可达-5.2cm/a。

根据工程设计资料，工程实施后，护岸工程不改变海岸线的走向，对岸线形态的改变非常微小，且大部分工程位于西岛岛体上，本工程的实施基本不改变工程周边的海底冲淤环境。

从数值模拟结果可以看出，人工鱼礁工程位于西岛西南侧，该区域基本呈冲淤动态平衡状态。通过数值模拟结果可以看出，工程实施后鱼礁区水深减小，但是由于该区域水深较深，鱼礁区水深的减小对工程周边的海底冲淤环境的影响非常微小。

15.4.3 水质环境影响

根据模型计算结果，施工产生的悬浮泥沙主要在河道内扩散，10mg/L 浓度悬浮泥沙向最大扩散距离约 0.7km。施工期间产生的悬浮泥沙超一、二类水质标准 (>10mg/L 浓度范围) 水域最大包络线面积为 11.750km²，超三类水质标准 (>100mg/L 浓度范围)

水域最大包络线面积为 7.675km²，超四类水质标准 (>150mg/L 浓度范围) 水域面积最大包络线面积为 7.288km²。施工过程悬浮泥沙对海水水质的影响，时间是短暂的，这种影响随施工的开始而消退。总体来看，项目实施对海洋水质环境影响较小。

15.4.4 沉积物环境影响

工程对沉积物环境质量产生的影响主要是水工作业对底质环境的改变以及水工作业过程中产生的悬浮物沉降导致。

项目所在海域的沉积物质量状况较好，工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生严重变化，仍将基本保持现有水平。

施工期污染物均经过处理，不直接在工程区域排放，因此不会对工程海域的沉积物环境产生影响。因此，总体来说，项目实施对沉积物环境影响不大。

15.4.5 生态环境影响

施工期间对海洋生态的影响主要是人工鱼礁礁体下放，将直接破坏底栖生物生境，也会对渔业资源产生一定影响，这里的渔业资源主要包括游泳生物(主要为鱼、虾、蟹)和鱼卵仔鱼。另外，下放作业产生的悬浮泥沙污染工程区附近的水质环境，使水体浑浊，也将对浮游生物产生影响。对于生物资源损害补偿，经济补偿额总应不低于 255.985 万元，建议采取一定的海洋生物增殖放流的补偿措施。即由建设单位出资，在水产部门或渔业部门的指导下，投放适合当地海洋生态系统恢复的生物。

15.4.6 环境敏感目标的影响

(1)对地形地貌的影响

人工鱼礁建设完成后，会对其附近海域近底层的潮流场产生一定影响。同时，在人工鱼礁构筑物的周围会产生局部冲刷和淤积。

总体来看，项目实施对沿岸护坡及其地形地貌及其稳定性的影响很小。

(2)对海洋生态环境的影响

1) 人工鱼礁建设海域内，由于礁体的投放，直接减少底栖生物的栖息地，并有一部分底栖生物被直接掩埋；

2) 礁石投放期间产生的悬浮泥沙引起局部海域水体浑浊，降低阳光透射率，导致海洋初级生产力下降，游泳生物迁移，浮游生物及渔业资源也将受到不同程度影响。

3) 人工鱼礁建设运营后，能够增加附近海域的生物量，对于渔业资源的保护起到积极作用。

4) 项目建设使工程区水深发生改变, 从而引起该海域潮流场变化; 另外, 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不利影响。

15.5 环境事故影响综合分析与评价结论

(1) 水质环境影响因素分析

施工期水环境污染主要来自悬浮物扩散、施工人员生活污水和船舶机舱含油污水。营运期不对水质环境产生不良影响。

(2) 海洋生态环境影响因素分析

施工产生的悬浮物扩散导致水体浑浊, 对浮游动物等海洋生物的生存环境产生一定影响。营运期不对海洋生态环境产生不利影响。

(3) 沉积物环境影响因素分析

礁体投放过程中会对投放区的表层沉积物产生挤淤效应, 另外, 施工产生的悬浮物扩散落淤到周边海域, 项目实施对沉积物环境影响不大。

(4) 水文动力与冲淤环境影响因素分析

礁体投放后改变了用海区的海底地形, 对项目所在海域的水文动力环境和冲淤环境将产生一定程度的影响。

(5) 大气环境影响因素分析

船舶燃油排放的废气中含有 SO、CO、NO_x 等, 对大气环境造成一定程度的影响。

(6) 固体废物影响因素分析

本项目固体废弃物主要是现场施工人员的生活固废, 合理处置不抛海不会对海域环境产生影响。

(7) 环境风险影响分析

船舶海上作业与航行过程中, 由于船舶因素、人为因素、天气因素等可能造成船舶相互碰撞或船舶撞击海岸, 导致燃料油泄漏, 污染周边海水环境, 甚至引发火灾、爆炸, 污染水体及大气环境, 危害人群健康; 且船舶碰撞等造成的环境风险事故污染物也可能对水生生态环境产生的影响。同时船舶还存在发生跑、冒、滴、漏等溢油事故的可能。

15.6 清洁生产与总量控制结论

工程施工采用了合适的施工方案, 使用合理的工艺装备及采取相应的环保措施, 降低了项目实施对周边环境的不利影响。在施工作业中严格遵守技术规范, 以环境保护意

识贯穿于整个建设过程中，文明施工，爱护环境。从施工工艺、施工设备选择、环保处理措施等方面综合分析，项目施工符合清洁生产的要求。

施工期污染物均能得到有效处理，不做污染物排放总量控制。

15.7 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

本项目的施工建设会给项目所在海域环境带来一定的影响，并由此还会带来一定的经济损失，但是，与本项目带来的经济效益和社会效益比较而言，这些由环境影响造成的经济损失是较小的。同时，在施工建设中，建设单位也将采取一定的环境保护措施来降低环境污染，实现循环经济和清洁生产，努力将环境影响控制在最小范围和最低程度。本项目采取的污染防治措施，海洋生态保护措施以及非污染环境保护对策措施有效、可行，在技术、经济上是合理的、可行的。

15.8 社会经济环境影响综合分析与评价结论

通过项目实施，改善三亚湾综合海洋生态环境状况，保障三亚市经济社会的可持续发展；改善海洋资源环境，减轻海洋环境污染造成的经济损失，提高近岸海域生态环境质量；有利于海洋生物资源的保护与恢复，可提高当地渔业生产的经济效益。此外，本项目还将利用高质量的海岸作为载体，进一步提升周边土地价值，丰富三亚市的旅游和休闲活动，给三亚市带来显著的经济效益。

15.9 生态用海环境可行性结论

工程生态建设内容包括珊瑚礁修复工程、西岛生态护岸修复工程、渔业资源保护工程、三亚湾海洋生态环境监测等，从项目施工方案合理性、海域生态补偿方案、跟踪监测能力等方面分析结果，工程生态用海环境可行。

15.10 公众参与与评价

建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》要求，在项目环境影响报告书编制阶段开展了公众参与工作；建设单位已进行了 3 次网上环评公示、2 次报纸公开公示以及现场公开公示，符合《环境影响评价公众参与办法》要求，并按照规定编制公众参与说明，公示期间未收到任何公众意见。

15.11 海洋功能区划、相关规划的相符性

项目实施符合《海南省总体规划(空间类 2015-2030)》、《海南省海洋功能区划(2011-2020 年)》《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》、《国家海洋

局海洋生态文明建设实施方案(2015-2020年)》、《海南省海洋环境保护规划(2011-2020)》、《海南省生态保护红线管理规定》、《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要(2016-2020)》《产业结构调整指导目录(2019年本)》等相关规划。

15.12 综合结论

项目实施后,通过人工鱼礁建设和增殖放流等生态修复措施促进海洋经济持续健康发展,提高水生生物多样性和渔业资源的生产力,实现海洋生态修复、渔业增产增效,为当地社会安定、人民安居乐业创造了良好的生存环境。岸滩修复与植被建设可保护沿海土地、植被等自然资源,为动植物的生长和繁衍创造有利条件,对促进区域生态环境改善具有积极作用。因此,项目实施是有利的。

根据海洋工程的环境影响评价技术导则的要求,结合对各环境要素影响的评价结果:项目按照其设计要求,落实报告书提出的环境保护措施,进行合理施工和科学管理,则其对环境的影响程度和对生态环境造成的损失不大,其影响也是可以接受的。施工期产生的各类污染物对附近环境敏感目标的影响很小;项目作为人工鱼礁建设项目,工程竣工后对改善海洋生态环境,促进海洋经济的可持续发展有着重要的作用。

同时,本项目有着良好的社会效益,社会基础条件良好,项目用海符合广东省海洋功能区划等相关区划和规划的要求,地理位置合适,选址合理。正常工况下,施工过程中全面落实报告书中提出的各项环保措施,工程结束后在适当的时机进行生态补偿,则工程建设所带来的环境负影响可降到最低程度,工程的环境影响可控制在能够接受的水平。

项目建设符合国家当前政策、海洋功能区及相关发展规划要求,其施工过程基本符合清洁生产原则,所采取的各项环保措施基本可行,只要措施落实,基本可实现达标排污,工程后不再产生任何污染物,项目实施得到了当地大多数公众的支持,工程后可获得较好的社会效益。

根据环境质量现状调查和影响预测结论,在该工程环保设施建设和提出的环保对策建议得以全面实施的情况下,可以满足其使用功能的要求。因此从环境保护的角度,该项目是可行的。

15.13 环境保护要求

(1)建设单位在项目实施过程中,认真落实各项污染治理措施,使建设项目的污染物排放达到环境保护的要求。

(2)加强环保管理和海域使用监督工作，进行毗邻海域环境要素的监测工作，避免危及周边海域。

(3)建设单位施工前需向海事部门申请水上作业施工许可证，并向社会发布航行安全通告。所有施工机械设备限定在批准的水域内进行作业，避免对周边船只活动造成不良影响。

(4)施工前，业主单位应在有关政府部门指导下加强对附近三亚港渔民、码头业主进行宣传关于本工程的位置和范围、运输路线、施工工艺、施工时段，并在施工水区设置醒目的标志，引导过往船只，避免发生与工程区、事故船舶等发生碰撞。

资料来源说明

- (1)《三亚湾海洋生态保护修复工程项目建议书》，中国海洋大学，2021年8月；
- (2)《三亚湾海洋生态保护修复工程工程可行性研究报告》，中交天津港湾工程设计院有限公司，2021年9月；
- (3)建设单位提供的其它有关工程资料。

附件 1: