

亚龙湾西段人工补沙工程

海域使用论证报告书

(公示稿)

评价单位：青岛卡安海洋科技有限公司

二〇二一年十一月



论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4602032021001203		
论证报告所属项目名称	亚龙湾西段人工补沙工程		
一、编制单位基本情况			
单位名称	青岛卡诺海洋科技有限公司		
统一社会信用代码	91370222099468761Q		
法人代表	林治芳		
联系人	林治芳		
联系人手机	15854211379		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
张燕	BH001358	论证项目负责人	
张燕	BH001358	1. 概述 2. 项目用海基本情况 3. 项目所在海域概况 9. 结论与建议	
李松霖	BH001344	4. 项目用海资源环境影响分析 5. 海域开发利用协调分析 6. 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析	
何奇	BH001345	7. 项目用海合理性分析 8. 海域使用对策措施	
本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。 承诺主体(公章):			



目 录

1 概述.....	1
1.1 论证工作来由.....	1
1.2 论证依据.....	2
1.3 论证工作等级和范围.....	6
1.4 论证重点.....	8
2 项目用海基本情况.....	9
2.1 用海项目建设内容.....	9
2.2 建设内容及规模.....	10
2.3 项目主要施工工艺和方法.....	29
2.4 项目建设进度.....	34
2.5 项目申请用海情况.....	34
2.6 项目建设必要性.....	37
3 区域自然环境概况和社会经济概况.....	39
3.1 自然条件概况.....	39
3.2 社会环境概况.....	88
3.3 海域开发活动和海域使用现状.....	89
3.4 外部配套条件.....	91
3.5 环境质量现状调查与评价.....	92
4 项目用海资源环境影响分析.....	173
4.1 水文动力环境影响分析.....	173
4.2 水质环境的影响预测与评价.....	179

4.3	地形地貌与冲淤环境影响评价.....	182
4.4	沉积物环境影响预测分析.....	189
4.5	工程建设对周围环境敏感目标影响分析.....	189
4.6	海洋生态损害与补偿.....	190
4.7	项目用海风险分析.....	191
5	海域开发利用协调性分析.....	205
5.1	项目用海对海域开发活动的影响.....	205
5.2	利益相关者界定.....	206
5.3	相关利益协调分析.....	206
5.4	项目用海对国防安全、国家权益的影响分析.....	206
6	项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析.....	208
6.1	海洋功能区划符合性分析.....	208
6.2	与《海南省生态保护红线管理规定》的符合性分析.....	211
6.3	与《海南国际旅游岛建设发展规划纲要（2010-2020）》符合性分析.....	212
6.4	与《三亚市海洋旅游发展规划（2012-2022）》的符合性分析.....	213
6.5	与产业政策的符合.....	213
7	项目用海合理性分析.....	214
7.1	用海选址合理性分析.....	214
7.2	用海方式和平面布置合理性分析.....	215
7.3	用海面积合理性分析.....	216
7.4	用海期限合理性分析.....	220

8 海域使用对策措施.....	221
8.1 区划实施对策措施.....	221
8.2 开发协调对策措施.....	221
8.3 风险防范对策措施.....	222
8.4 监督管理对策措施.....	226
8.5 生态用海建设方案.....	226
9 结论与建议.....	231
9.1 结论.....	231
9.2 建议.....	233

1 概述

1.1 论证工作来由

随着经济社会的高速发展，近年来我国海洋生态系统遭受不同程度的破坏，出现海湾服务功能下降、湿地萎缩、海岛破坏和生物多样性丧失等问题。为改善海洋生态环境，2010年5月18日，财政部经济建设司、原国家海洋局财务司联合印发《关于组织申报2010年度中央分成海域使用金支出项目的通知》（财建便函〔2010〕83号），通过中央分成海域使用金支持地方实施海域、海岛和海岸带整治修复及保护项目，自此我国海洋生态保护修复工作正式启动。2016—2017年，为贯彻落实《国家“十三五”规划纲要》和党的十八届五中全会关于“开展蓝色海湾整治行动”的工作部署，中央财政对沿海城市开展蓝色海湾整治给予奖补支持，统筹支持地方实施“蓝色海湾”“南红北柳”和“生态岛礁”等重大修复工程。十八届五中全会上，“美丽中国”首次被纳入国家五年计划——“十三五”

规划。习近平同志在十九大报告中指出，加快生态文明体制改革，建设美丽中国。贯彻国家生态文明建设与美丽中国战略，把生态文明建设放在突出地位，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，努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。党的十九大进一步明确和凸显了新时代生态文明建设的重大意义和关键作用，把人与自然和谐共生作为新时代坚持和发展中国特色社会主义基本方略之一，提出一系列的新思想新判断新提法新目标，对推进生态文明建设和加快建设海洋强国作出了重要部署，特别强调要打好污染防治攻坚战，把生态环境质量改善乃至生态环境根本好转作为满足人民群众美好生活需要、全面建成社会主义现代化国家的重要目标。

2018年10月10日中央财经委员会第三次会议指出：实施海岸带保护修复工程，建设生态海堤，提升抵御台风、风暴潮等海洋灾害能力。2018年，随着机构改革的深入推进，明确自然资源部统一行使生态保护修复的职能，海洋生态保护修复面临新的发展机遇。

2018年《中国（海南）自由贸易试验区总体方案》中，海南省提出要将生态文明理念贯穿海南自贸试验区建设全过程，积极探索自贸试验区生态绿色发展新模式。亚龙湾是中国海南省三亚市东郊的一处优质热带海滨风景区，被誉为“天下第一湾”。

亚龙湾以野猪岛为中心，南有东洲岛、西洲岛，西面有东排、西排，这里气候温和、风景如画，八公里长的海岸线上椰影婆娑，已拥有一大批高档次、高标准、具有国际水准的五星级酒店、度假村、豪华别墅、会议中心、文化娱乐中心、滨海公园、滨海浴场、海底观光世界、海上运动中心、高尔夫球场、游艇俱乐部等度假休闲、游乐运动的项目和设施。但近些年来，亚龙湾岸线侵蚀较为严重，尤其是亚龙湾西部靠近青梅河口的约 2km 岸线是三亚市冲刷最为严重的岸段之一，也是亚龙湾的主要冲刷岸段，岸滩出现树木倾倒损坏、沙滩后退的现象，而一个有植被的海岸具有非常高的生态功能：海岸以及潮间带共同组成了陆域土地、城市等的安全防护带，能有效抵御台风风暴潮等的侵袭；海岸植被可以过滤和阻挡陆域污染物、水土等流失进入海洋；海岸是一些两栖生物生存、演替的通道和栖息地。因此，为了有效的保护沿海城市、土地，减轻陆源污染入海，需要统筹考虑海岸线附近的修复措施。需要通过综合手段，构筑生态安全屏障，包括恢复生境，提高海洋生产力，恢复海洋的活力；恢复并优化景观格局，提升城市滨海景观资源价值等。为了减少岸线侵蚀、保护坡线，保护海洋生态，减小对岸边公共设施、树木等破坏，实现旅游资源的充分利用，使自然生态与经济发展实现和谐共存、相互促进、共同发展，三亚市海洋资源监测中心拟对亚龙湾西部靠近青梅河口约 2km 的岸线进行生态修复。

依据《中华人民共和国海域使用管理法》的规定以及《海域使用管理技术规范》的要求，项目用海需进行海域使用论证，分析和预测项目用海对附近海域环境的影响。为此，三亚市海洋资源监测中心委托我单位承担该工程的海域使用论证工作。我单位对项目用海海域情况进行了详细的调查和分析，并按国家海洋局《关于印发海域使用论证有关技术规范的通知》（国海发[2008]7 号）的有关规定编制了《亚龙湾西段人工补沙工程海域使用论证报告书》。

1.2 论证依据

本项目海域使用论证工作报告的编制依据主要有下列相关的法律法规，以及其他涉海部门和地方有关海域使用、海洋环境保护等管理规定。

1.2.1 法律法规

1、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国环境保护法》，2014 年 4 月 24 日发布，2015 年 1 月 1 日修订；

- 2、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017年11月5日实施；
- 3、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海域使用管理法》，2001年10月27日发布，2002年1月1日实施；
- 4、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国港口法》，2003年6月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过，根据2015年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议《关于修改〈中华人民共和国港口法〉等七部法律的决定》第一次修正，根据2017年11月4日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议《关于修改〈中华人民共和国会计法〉等十一部法律的决定》第二次修正，根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国电力法〉等四部法律的决定》第三次修正；
- 5、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国渔业法》，2013年12月28日发布，2014年3月1日实施；
- 6、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海上交通安全法》，1983年9月2日第六届全国人民代表大会常务委员会第二次会议通过，根据2016年11月7日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议《关于修改〈中华人民共和国对外贸易法〉等十二部法律的决定》修正，2021年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订；
- 7、中华人民共和国国务院，《防治船舶污染海洋环境管理条例》，2009年9月9日发布，2010年3月1日实施；
- 8、《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018年3月19日，中华人民共和国国务院令 第698号；
- 9、中华人民共和国国务院，《中华人民共和国自然保护区条例》，2011年1月8日发布，2011年1月8日实施；
- 10、《海南经济特区海岸带保护与开发管理规定》，2013年3月30日海南省第五届人民代表大会常务委员会第一次会议通过，2013年5月1日起施行；
- 11、《海南省实施〈中华人民共和国海域使用管理法〉办法》，2005年5月27日海南省第三届人民代表大会常务委员会第十七次会议通过，2008年7月31

日海南省第四届人民代表大会常务委员会第四次会议通过第一次修正，2014年11月26日海南省第五届人民代表大会常务委员会第十一次会议通过第二次修正，2018年4月3日海南省第六届人民代表大会常务委员会第三次会议通过第三次修正；

12、《海南省自然保护区条例》，1991年9月20日海南省人民代表会议常务委员会第十八次会议通过《海南省自然保护区管理条例》，1991年10月16日起施行，海南省第五届人民代表大会常务委员会第十次会议于2014年9月26日修订，并且将名称改为《海南省自然保护区条例》，新条例自2014年12月1日起施行；

13、《关于保护三亚国家珊瑚礁自然保护区的布告》，三亚市人民政府（市府[1992]95号）；

14、《海南省珊瑚礁和砗磲保护规定》，2016年11月30日海南省第五届人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，2017年1月1日起施行；

15、《海南省红树林保护规定》，1998年9月24日海南省第二届人民代表大会常务委员会第三次会议通过，根据2004年8月6日海南省第三届人民代表大会常务委员会第十一次会议《关于修改〈海南省红树林保护规定〉的决定》第一次修正，2011年7月22日海南省第四届人民代表大会常务委员会第二十三次会议修订，根据2017年11月30日海南省第五届人民代表大会常务委员会第三十三次会议《关于修改〈海南省红树林保护规定〉等八件法规的决定》第二次修正；

16、《海南省生态保护和建设行动计划（2017-2020年）》，海南省发展和改革委员会，2017年3月22日；

17、《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》及《〈海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案〉（2016年）》；

18、《海南省海洋主体功能区划》；

19、《海南省海洋环境保护规划（2011-2020年）》，2012年7月；

20、《海南省生态保护红线管理规定》，2016年7月29日省人大通过，9月1日起施行；

21、《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（2016-2020）》；

22、《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（2016-2020）》。

1.2.2 技术标准和规范

- 1、国家海洋局，《海籍调查规范》（HY/T124-2009），2009年3月发布，2009年5月实施；
- 2、国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会，《海洋监测规范》（GB 17378-2007），2007年10月18日发布，2008年5月1日实施；
- 3、国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会，《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007），2007年8月13日发布，2008年2月1日实施；
- 4、中华人民共和国环境保护部，《近岸海域环境监测规范》（HJ 442-2008），2008年11月发布，2009年1月1日实施；
- 5、国家环保总局，《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2004），2004年12月11日发布，2004年12月11日实施；
- 6、中华人民共和国交通部，《海港水文规范》（JTS 145-2-2013），2013年1月21日发布，2013年4月1日实施；
- 7、中华人民共和国交通运输部，《海港总体设计规范》（JTJ 165-2013），2013年1月发布，2014年5月实施；
- 8、国家海洋局，《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002年4月30日实施；
- 9、国家环境保护总局，《海水水质标准》（GB 3097-1997），1998年7月21日发布，1998年7月21日实施；
- 10、国家质量监督检验检疫总局，《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002），2002年3月发布，2002年10月实施；
- 11、国家质量监督检验检疫总局，《海洋生物质量》（GB18421-2001），2001年8月发布，2002年3月实施；
- 12、中华人民共和国自然资源部发布，《宗海图编绘技术规范》HY/T 251-2018，2018年11月1日；
- 13、自然资源部，《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》自然资规〔2021〕1号，2021年1月8日。

1.2.3 项目基础资料

- 1、《亚龙湾东段砂质海岸修复工程项目岩土工程勘察报告》（湛江粤西地

质工程勘察院，2021 年 3 月）；

2、水陆域采用业主提供 1: 1000 地形图，坐标系统采用 2000 坐标系，高程系统采用 1985 国家高程系；

3、《亚龙湾东段砂质海岸修复工程项目建议书》（国家海洋信息中心，2020 年 8 月）；

4、《亚龙湾东段砂质海岸修复工程潮流泥沙数学模型研究报告》（中海（广州）工程勘察设计有限公司，2021 年 3 月）；

5、《亚龙湾西段整治工程项目波浪数学模型计算》（水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院，2019 年 11 月）；

6、《三亚亚龙湾西段人工补沙工程项目珊瑚礁调查与评价报告》（中国科学院南海海洋研究所，2019 年 11 月）；

7、《亚龙湾西段人工补沙工程项目动力泥沙分析与工程方案物理模型试验研究》（水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院，2019 年 11 月）；

8、《亚龙湾西段人工补沙工程沙源调查与分析》（水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院，2019 年 11 月）；

9、《亚龙湾东段砂质海岸修复工程项目可行性研究报告》（水珠江规划勘测设计有限公司，2021 年 5 月）；

10、其它项目工程资料。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

本项目属于海岸带生态修复项目，用海类型为其他用海；用海方式为构筑物中的透水构筑物。

依据《海域使用论证技术导则》中确定评价工作等级的方法（见表 1.3.1-1）。本项目用海面积为 16.7237hm²，其中人工补沙区用海面积为 14.5750hm²，生态护坡用海面积为 2.1487hm²，最后确定论证等级为一级。

表 1.3.1-1 海域使用论证工作等级划分表

用海方式		用海规模	所在海域	论证等级
一级类	二级类			
透水构筑物	其他透水构筑物用海	构筑物总长度 $\geq 2000\text{m}$ ；用海面积 ≥ 30 公顷	所有海域	一级
		构筑物总长度（400-2000）m；用海面积（10-30）公顷	敏感海域	一级
			其他海域	二级
		构筑物总长度 $\leq 400\text{m}$ ；用海面积 ≤ 10 公顷	所有海域	二级
用海方式		用海规模	所在海域	论证等级
一级类	二级类			
构筑物用海	非透水构筑物用海	构筑物总长度 $\geq 500\text{ m}$ ；用海面积 ≥ 10 公顷	所有海域	一
		构筑物总长度（250~500）m；用海面积（5~10）公顷	敏感海域	一
			其他海域	二
		构筑物总长度 $\leq 250\text{ m}$ ；用海面积 ≤ 5 公顷	所有海域	二

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（2010年8月），论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展15km，因此本项目论证范围确定为以项目外边缘线向外扩展15km，论证范围面积约396km²（只对海域部分进行评价，陆域部分不在本报告评价范围）（图1.3.2-1），论证范围拐点坐标见表1.3.2-1。

表 1.3.2-1 论证范围拐点坐标

点号	纬度（N）	经度（E）
A	109°33'59.94"	18°11'33.62"
B	109°29'49.04"	18°09'16.43"
C	109°33'42.64"	18°02'02.61"
D	109°48'31.29"	18°10'10.81"
E	109°44'35.23"	18°17'22.16"
F	109°43'18.60"	18°16'40.14"

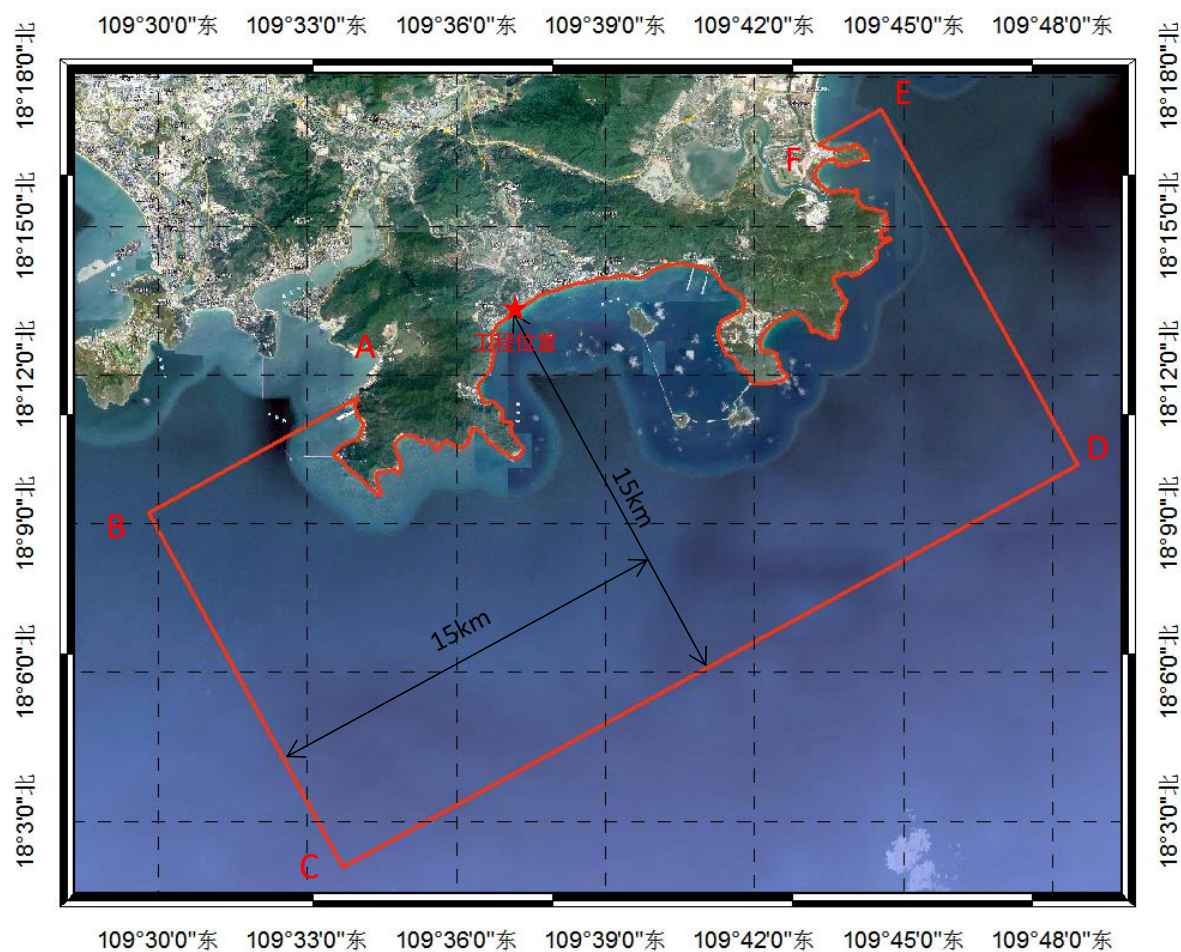


图 1.3.2-1 论证工作范围示意图

1.4 论证重点

根据项目所在海域的自然环境条件、海洋资源分布、海洋功能区分布特点及海洋资源开发利用现状，结合项目用海性质及其对周边海域可能造成的影响，确定本项目的论证重点为：

- 1、项目选址合理性分析；
- 2、项目用海方式和平面布置合理性分析；
- 3、项目对资源环境影响分析。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

- 1、用海项目名称：亚龙湾西段人工补沙工程。
 - 2、项目性质：新建项目
 - 3、用海类型及方式：本项目用海类型为其他用海，用海方式为构筑物中的透水构筑物。
 - 4、项目建设单位：三亚市海洋资源监测中心。
 - 5、用海地理位置：项目位于海南省三亚市吉阳区亚龙湾西侧，工程海域向南开敞，东侧为野猪岛和亚龙角，西侧为白虎角，地理坐标为东经 109°37′，北纬 18°13′。工程所在地距离三亚市市区约 18km，西侧紧邻瑞吉酒店游艇码头，东南方向约 5 公里为亚龙湾东部防波堤。工程地理位置见图 2.1-1 至图 2.1-2。
 - 6、工程规模：项目主要建设内容为人工沙滩补沙和生态护坡。人工沙滩补沙工程顺岸向长度约 2000m，人工补沙约 29.86 万 m³，回填沙形成干滩面宽度约 15~30m，湿滩面宽度约 30m。干滩后方新建生态护坡 1750m，生态护坡与自然坡面相接，种植绿色植被（马鞍藤）。
- 本项目申请用海面积为 16.7237hm²。
- 7、项目投资额与工期：本工程总投 9278.46 万元，建设总工期为 9 个月。

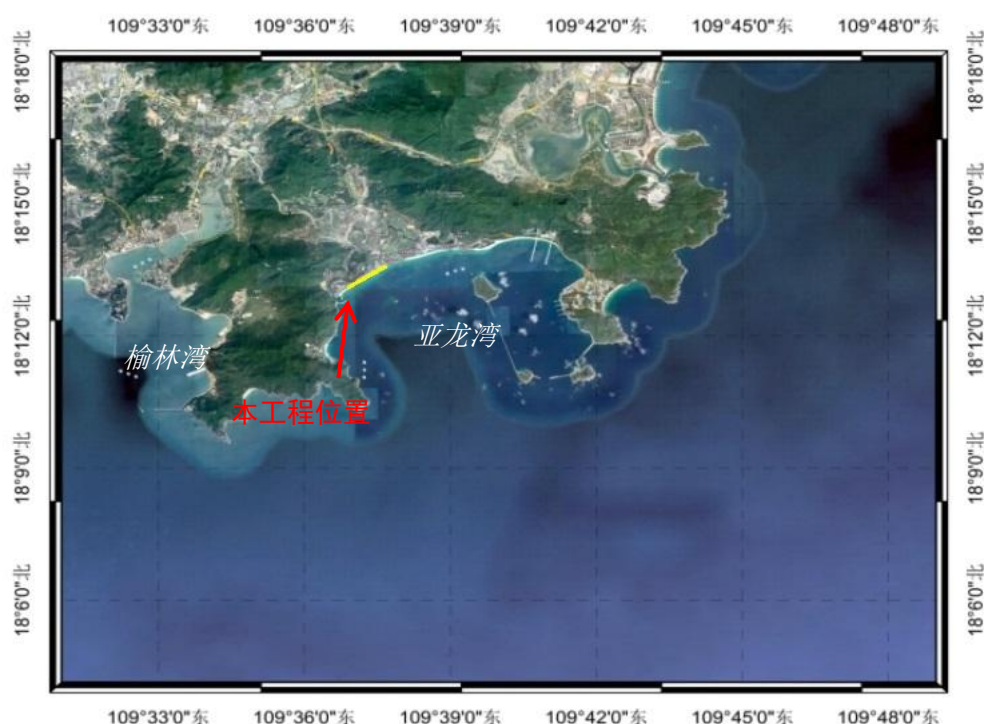


图 2.1-1 项目位置示意图

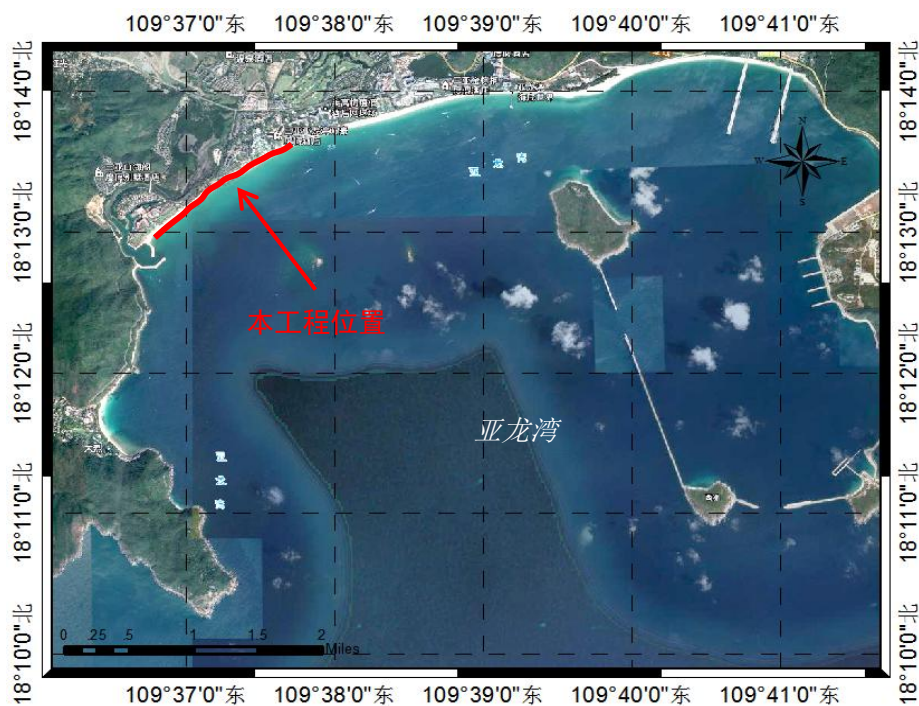


图 2.1-2 项目用海遥感位置图

2.2 建设内容及规模

对亚龙湾西段长 2km 岸线进行整治修复，工程内容包括：人工补沙约 29.86 万 m^3 ，新建生态护坡约 1750m、景观绿化 1.56 万 m^2 。

2.2.1 人工补沙前工程位置现状

1、亚龙湾发展现状

亚龙湾位于三亚市东南面约 25 公里处。这里气候温和、风景如画，亚龙湾集中了现代旅游五大要素：海洋、沙滩、阳光、绿色、新鲜空气于一体，呈现明显的热带海洋性气候。全年平均气温 25.5℃，三亚 5—9 月的白天平均温度为 28℃左右，海水温度更加宜人，最高不过 26℃，冬季海水最低温度 22 度，适宜四季游泳和开展各类海上运动。这里海湾面积达 66 平方公里，海水浴场绝佳，可同时容纳十万人嬉水畅游，数千只游艇游弋追逐，被誉为“天下第一湾”。度假区规划面积 18.6 平方公里，自 1992 年正式开发建设至今，已拥有一大批高档次、高标准、具有国际水准的五星级酒店、度假村、豪华别墅、会议中心、文化娱乐中心、滨海公园、滨海浴场、海底观光世界、海上运动中心、高尔夫球场、游艇俱乐部等度假休闲、游乐运动的项目和设施。湾内有高星级酒店 20 余家，特别是瑞吉、美高梅、丽思卡尔顿、希尔顿、铂尔曼、万豪、喜来登等声名显

赫、享有盛誉的国际酒店品牌的纷纷入驻，显示出亚龙湾的巨大魅力。亚龙湾已成为我国旅游业由观光型向观光度假型转型升级的典型代表，成为当代中国发展度假休闲旅游的一座光彩夺目的里程碑。

亚龙湾已形成与机场、高铁、高速公路、铁路、水路等相通达的集疏运体系。海南轻轨、粤海铁路和国道穿越三亚市内；亚龙湾陆与六盘路、龙塘路形成“三线联动”，并与海榆东线和迎宾路相连接，从而进一步紧密亚龙湾与三亚市凤凰国际机场、铁路枢纽的联系；各干道公路横贯沿海旅游景区，进一步优化工程的集疏运条件。

亚龙湾度假区 20 多年的成熟发展，已成为了人们心中的度假天堂，是家庭、情侣度假休闲游的选择地，同时重大国事活动、国内外各类顶级赛事、文体活动等的成功举办地。

2、岸滩现状

亚龙湾位于三亚市东南 28 公里处，是海南最南端的一个半月形海湾，全长约 7.5 公里。本工程岸滩位于海南省三亚市吉阳区亚龙湾西段，工程海域向南开敞，东侧为野猪岛和亚龙角，西侧为白虎角，地理坐标为东经 109°37'，北纬 18°13'。工程所在地距离三亚市市区约 18km，西侧紧邻瑞吉酒店游艇码头，东南方向约 5 公里为亚龙湾东部防波堤。

亚龙湾西部靠近青梅河口的约 2km 岸线是亚龙湾的主要冲刷岸段。根据海滩岩是否裸露以及后方沙坝破坏情况的不同，将该岸滩分为六段，如下表所示。

表 2.2-1 人工补沙里程划分表

编号	里程(西端为 0+000)	现状
XA 段	0+000~0+300	海滩岩裸露，后方沙坝较缓、瑞吉游艇防波堤拆除后呈侵蚀趋势，存在瑞吉酒店开挖海滩岩形成的滨海浴场
AB 段	0+300~0+520	海滩岩裸露，后方沙坝较缓、瑞吉游艇防波堤拆除后呈侵蚀趋势
BC 段	0+520~1+200	海滩岩裸露，后方沙坝侵蚀状况较为严重，仍处于侵蚀状态。
CD 段	1+200~1+750	海滩岩尚未裸露，后方沙坝侵蚀状况较为严重，仍处于侵蚀状态
DE 段	1+750~2+000	海滩岩尚未裸露，后方沙坝较缓侵蚀状况基本已稳定，近 2 年沙滩仍处于冲刷状态。
EY 段	2+000~2+300	海滩岩尚未裸露，后方沙坝较缓侵蚀状况基本已稳定，近 2 年沙滩冲刷明显。

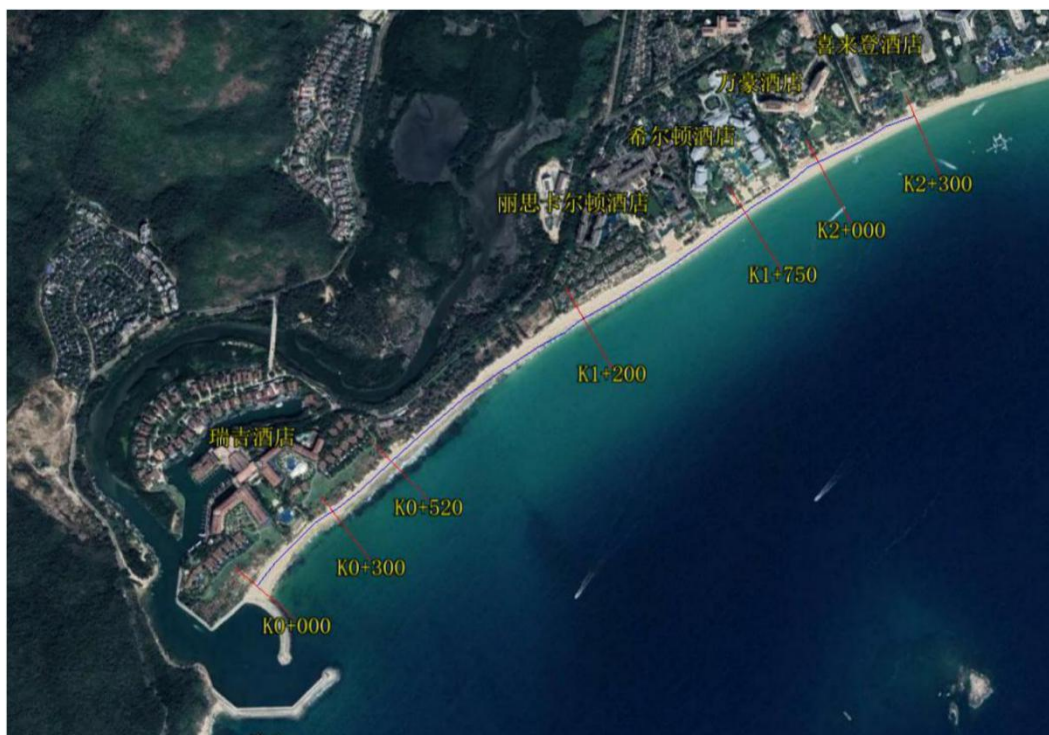


图 2.2-1 里程划分示意图



图 2.2-2 XA 段 (0+000~0+300) 现场图片



图 2.2-3 AB 段 (0+300~0+520) 现场图片



图 2.2-4 BC 段 (0+520~1+200) 现场图片



图 2.2-5 CD 段 (1+200~1+750) 现场图片



图 2.2-6 DE 段 (1+750~2+000) 现场图片



图 2.2-7 EY 段 (2+000~2+300) 现场图片

2、岸滩现状评价

亚龙湾 1962 年以来的卫星遥感影像对比显示，亚龙湾西段岸线在 2004 年以前变化很小，岸线的明显冲刷主要发生在 2004 年以后（图 2.2.1-4—2.2.1-6）。

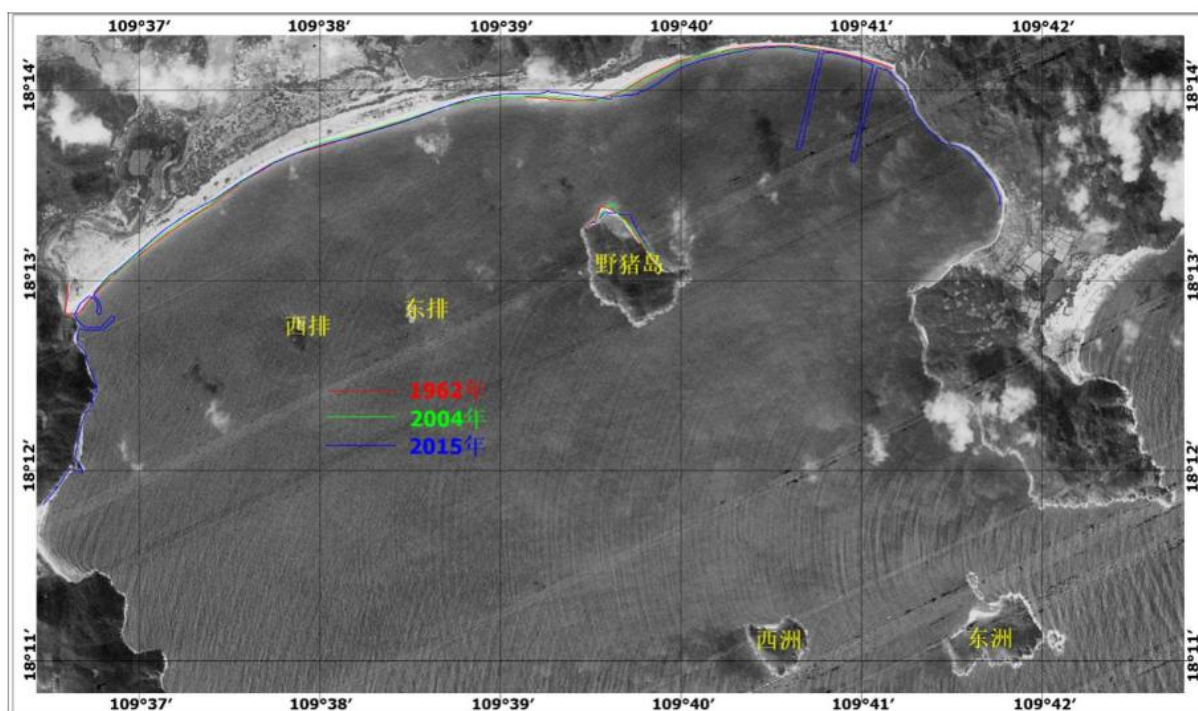


图 2.2.1-4 亚龙湾岸线 1962~2015 冲淤变化（底图为 1962 年航拍图）

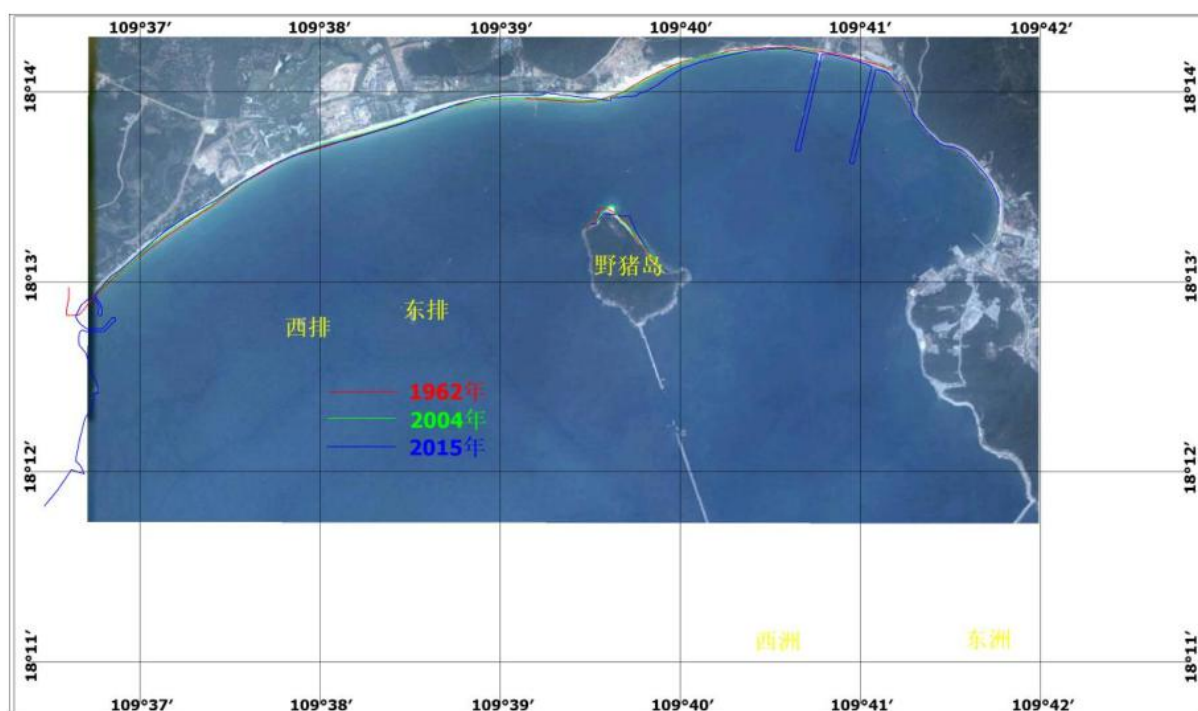


图 2.2.1-5 亚龙湾岸线 1962~2015 冲淤变化（底图为 2004 年卫星影像）

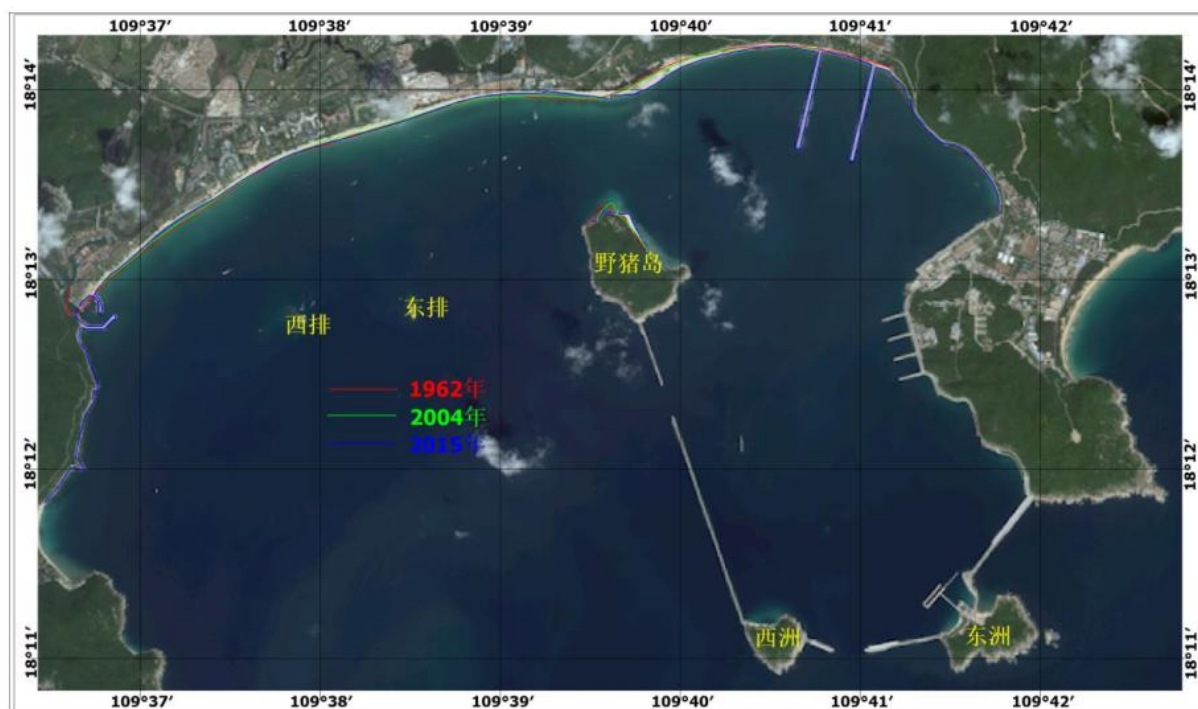


图 2.2.1-6 亚龙湾岸线 1962~2015 冲淤变化（底图为 2015 年卫星影像）

经分析表明：青梅河口港口及防波堤工程实施后，失去了来自河口的泥沙补给，该岸段除沙坝侵蚀供沙外已没有外来泥沙补给，沙源不足是这一岸段冲刷的重要原因之一。在亚龙湾西段，岸滩冲刷除了与河口来沙减少有关外也与防波堤工程建设后由东向西输

沙减少有一定关系。该岸段波浪作用相对集中，亚龙湾东部连岛大堤建成后，东南向波浪对海滩的作用相对减弱，西南向波浪所占比例增加，造成亚龙湾西段及野猪岛对应部位以西（海底世界附近）的不平衡输沙，及自西向东的沿岸输沙增大，岸线出现严重冲刷。

总体来看，亚龙湾西段 2km 范围的岸滩存在的主要问题一是岸滩侵蚀破坏严重，且存在继续破坏的趋势；岸滩破坏已影响到后方酒店设施的安全；岸滩破坏影响了沙滩旅游资源的使用。基于上述分析，该岸滩亟需进行整治修复。

2.2.2 平面布置

1、总平面布置原则

（1）总平面布置应符合海洋功能区划及相关规划的要求，并遵守国家、当地政府的有关法律、规定等。

（2）总平面布置应结合水文、泥沙运动和岸滩演变等分析资料，充分利用岸滩的现状地形，兼顾防灾和生态修复的功能。

（3）总平面布置应符合环境和生态保护的要求。

2、项目总平面布置

（1）人工补沙及生态护坡

人工补沙区域西起游艇码头北防波堤以东 300m 处，东至喜来登酒店，总长度为 2000m；生态护坡（XD 段）西起游艇码头防波堤处，东至万豪酒店以西 250m 处(里程桩号为 0+000~1+750)，长度约 1750m。根据海滩岩是否裸露以及后方沙坝破坏情况的不同，整段岸线可分为六段。

1) XA 段为原游艇码头北防波堤处至以东 300m 处(里程桩号为 0+000~0+300)，该段岸线直线长度约为 300m。

该段由于游艇码头北防波堤拆除，呈现冲刷态势，采用生态护坡进行防护。生态护坡顶高程为 4.5m，自现状坡面 4.5m 高程处向海侧 1:3 放坡至海滩岩层顶。

2) AB 段为游艇码头北防波堤处至以东 300m 处(里程桩号为 0+300~0+520)，该段岸线直线长度约为 320m。

人工补沙方案为间断补沙方式，干滩面高程为 3.7~4.0m，干滩宽度约 20m，干滩区由干滩控制线向后方按 1: 60 放坡至后方沙坝坡脚约 4.0m 高程位置；干滩控制线向海侧 1:5 放坡至原地面线。湿滩面高程 0.0m，湿滩宽度约 30m，由湿滩控制线向海侧 1: 10 放坡至原地面线。

3) BC 段为距离游艇码头防波堤 520m 处至裸露海滩岩边缘处(里程桩号为 0+520~1+200), 该段岸线长度约 680m。

人工补沙方案同 AB 段, 区别在于干滩宽度约 12~20m。生态护坡顶高程为 5.5m, 自现状坡面 5.5m 高程处向海侧 1:3 放坡至海滩岩层顶(或人工块石基础)。

4) CD 段为海滩裸露终止处至万豪酒店以西约 250 米陡坡截止处(里程桩号为 1+200~1+750), 该段长度约 550m。

生态护坡方案同 BC 段。人工补沙方案调整为全断面补沙。干滩面高程为 3.5~4.0m, 干滩区由干滩控制线向后方按 1: 60 放坡至后方沙坝坡脚约 4.0m 高程位置, 干滩控制线向海侧 1:10 放坡至原地面线。

5) DE 段(里程桩号为 1+750~2+000) 此段无需布置护坡, 人工补沙方案同 CD 段。

6) EY 段(里程桩号为 2+000~2+300) 该段为新增补沙段, 此段无需布置护坡, 人工补沙方案同 CD 段。

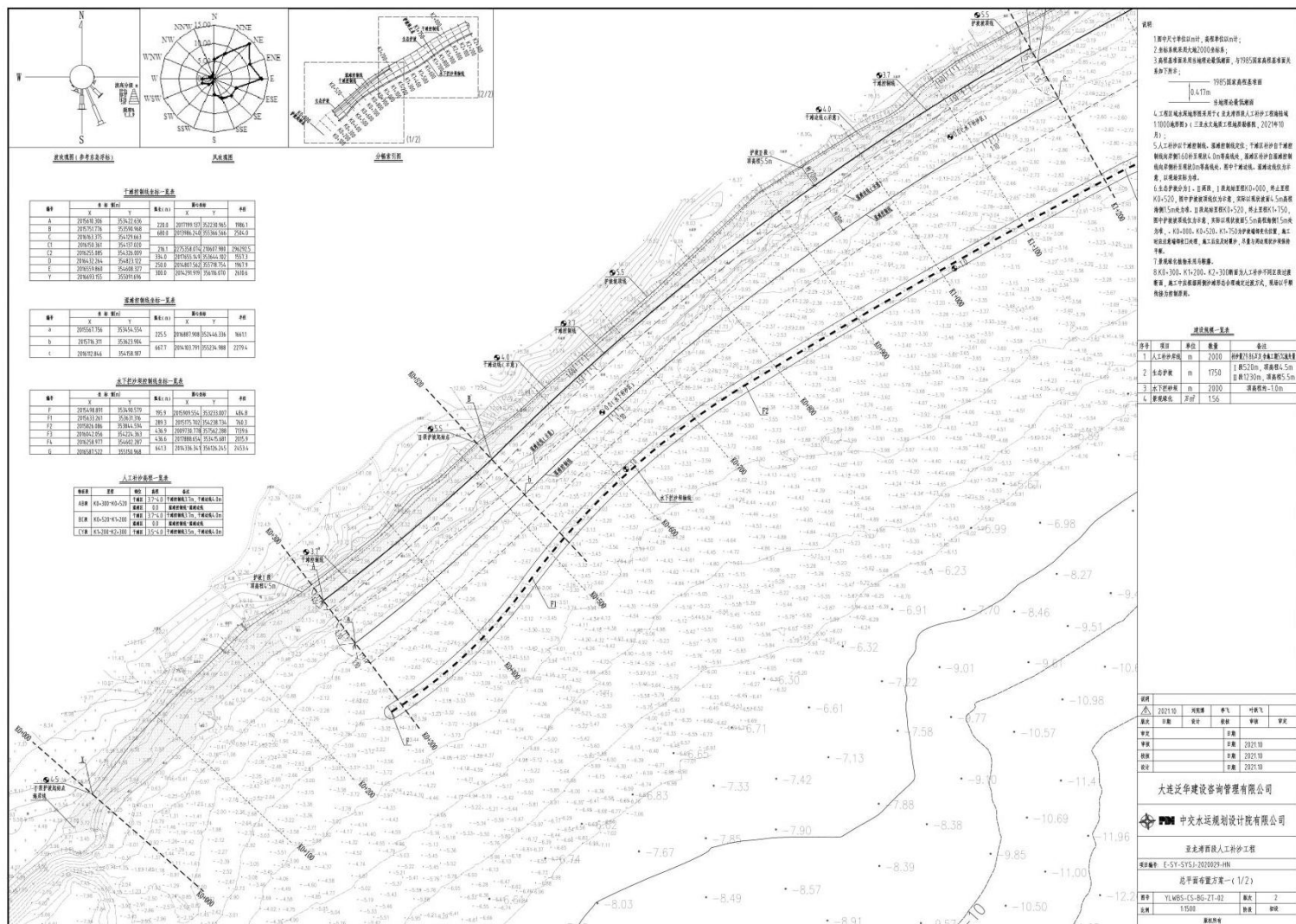


图 2.2.2-1a 项目平面布置图

2.2.3 主要尺度及结构形式

2.2.3.1 里程划分

根据海滩岩是否裸露以及后方沙坝破坏情况的不同，将该岸滩分为四段，如下表所示，里程划分示意图如下所示。

表 2.2.3.1-1 人工补沙里程划分表

编号	里程(西端为 0+000)	现状
XA 段	0+000~0+300	海滩岩裸露，后方沙坝较缓、瑞吉游艇防波堤拆除后呈侵蚀趋势，存在瑞吉酒店开挖海滩岩形成的滨海浴场
AB 段	0+300~0+520	海滩岩裸露，后方沙坝较缓、瑞吉游艇防波堤拆除后呈侵蚀趋势
BC 段	0+520~1+200	海滩岩裸露，后方沙坝侵蚀状况较为严重，仍处于侵蚀状态。
CD 段	1+200~1+750	海滩岩尚未裸露，后方沙坝侵蚀状况较为严重，仍处于侵蚀状态
DE 段	1+750~2+000	海滩岩尚未裸露，后方沙坝较缓侵蚀状况基本已稳定，近 2 年沙滩仍处于冲刷状态。
EY 段	2+000~2+300	海滩岩尚未裸露，后方沙坝较缓侵蚀状况基本已稳定，近 2 年沙滩冲刷明显。

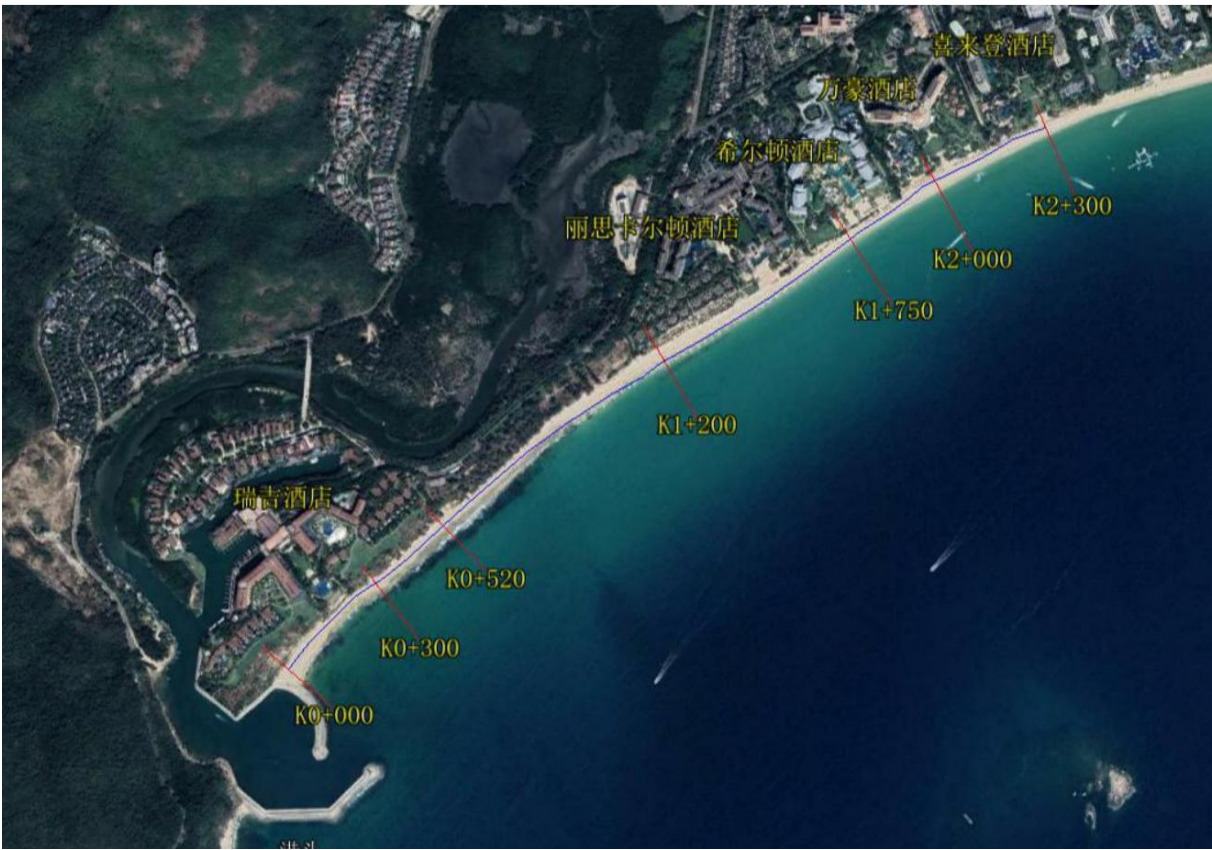


图 2.2.3.1-1 人工补沙里程划分示意图

2.2.3.2 人工补沙

1、人工补沙岸线长度

依据《亚龙湾西段人工补沙项目岸滩冲淤数学模型研究》（南京水利科学研究院，2021 年 10 月）研究成果显示：亚龙湾西段在不采取防护措施情况下将保持持续冲刷， 其中：

①在瑞吉酒店所在岸段（里程 0+000~0+300），因海滩岩广泛出露，对后方海滩和沙坝形成一定掩护，海滩岩出露岸段冲刷幅度相对较小，但在靠近已拆除的瑞吉游艇码头防波堤附近，冲刷后退较多，5 年的冲刷后退幅度可达 23m。

②在海滩岩掩护区以东至丽思酒店附近（里程 0+300~1+200），因海岸存在明显的向东沿岸输沙，而西侧因海滩岩出露海滩冲刷较少，缺少对这一岸段的泥沙补给，因此丽思酒店西侧冲刷强度较大。相当于现场 5 年后，丽思酒店附近沙坝平均冲刷后退 20m 左右。

③在丽思酒店以东至美高梅酒店附近（里程 1+200~2+300），冲刷相对较小，5 年的冲刷后退幅度在 12m 左右。

④美高梅酒店以东（里程 2+300 以东），开始成为淤积段，海滩持续增宽，5 年最大向海淤积 20m 左右。

上述最新研究成果相比《亚龙湾西段人工补沙工程项目动力泥沙分析与工程方案物理模型试验研究》成果，亚龙湾西段冲刷岸段有进一步向东扩展的趋势，岸滩冲淤分界点由万豪酒店向东移至喜来登酒店附近；靠近瑞吉游艇码头防波堤附近岸段冲刷有所加强。

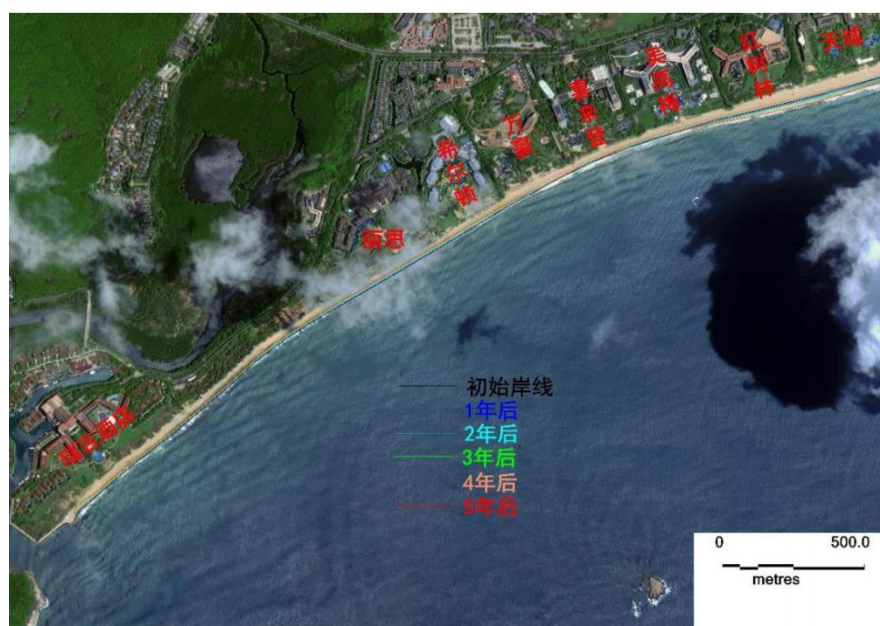


图 2.2.3.2-1 现状条件下的岸线演变模拟结果示意图

人工补沙岸线西边界考虑自瑞吉酒店海滨浴场东侧（里程 0+300）开始，以减小人工补沙后向瑞吉酒店原防波堤环抱的港池流失，人工补沙岸线东边界考虑设置在岸滩冲淤分界点喜来登酒店附近，同时考虑实施人工补沙后，喜来登酒店至美高梅酒店之间的过渡岸段将有泥沙来源补充，将呈动态平衡或者淤积状态。因此确定本工程人工补沙岸线为：西起瑞吉酒店游艇码头北防波堤以东 300m 处，东至喜来登酒店，岸线长度约 2km。

2、人工补沙平面尺度

本工程平均海平面高程为：0.86m， $H=1.5\text{m}$ ，计算得滩肩高度为： $0.86+1.8\times 1.5=3.56\text{m}$ 。因此本工程干滩区高程取 3.5m~4.0m，且与东侧喜来登酒店稳定沙滩高程较为一致。

针对各分段特征，确定各段人工补沙平面尺度如下：

（1）AC 段（里程 0+300~1+200）人工补沙平面尺度

因 AC 段工程岸线均有海滩岩出露，海滩岩已成为当地海滩的重要组成部分，是亚龙湾独特的滨海景观，并且对后方沙坝具有一定的保护作用，所以考虑 AC 段的滩肩补沙的设计干滩宽度不宜超出海滩岩范围。同时考虑工程岸线泥沙净输送方向为自西向东，根据《亚龙湾西段人工补沙工程项目动力泥沙分析与工程方案物理模型试验研究》，从岸滩冲淤变化数据看，-2.5m 水深线以外冲淤变化很小，所以考虑将泥沙补至海滩岩外侧泥沙可活动范围（-2.5m 水深线以内），对防冲刷和保障海滩泥沙同样有效。为此，提出以干滩补沙和湿滩补沙相结合形式的补沙方案。

1）AC 段的干滩高程

根据《海滩养护与修复技术指南》（HY/T255-2018），滩肩高程需要综合考虑当地的历史高水位高程、波浪爬高、陆上景观高程、现有海滩高程、相邻海滩高程以及养滩成本等多方面因素，允许在极端天气下漫滩。

干滩高程应与相邻海滩干滩高程保持一致，结合上述理论计算干滩高程值，及与本工程以东喜来登酒店干滩高程（3.5~4.0m）一致性，因此 AC 段的干滩高程取 3.7~4.0m。干滩区坡度参考工程以东喜来登酒店干滩稳定坡度 1:60，本工程取 1:60。

2）AC 段的干滩宽度

根据《海滩养护与修复技术指南》（HY/T255-2018），推荐滩肩经济宽度

为 30m~60m。根据项目功能需求和经济效益分析、同时考虑超填量和最终的岸线平衡情况，本项目干滩宽度取 15m~30m 左右。

根据工程现场海滩岩实际分布情况，因海滩岩对后方沙滩有一定的掩护作用，并且海滩岩是独特的自然景观，AC 段的干滩补沙的设计滩肩干滩宽度不宜超出海滩岩范围，从自然海滩 4.0m 高程起补，因海滩岩高程大致 1~2m，考虑施工坡度 1: 5，放坡后不完全覆盖海滩岩，干滩宽度约 15m—20m。AB 段现状沙滩边线距海滩岩约 40m，干滩宽度取 20m；BC 段现状沙滩边线距海滩岩约 35m，干滩宽度缩短 5m，取 15m。对于滩肩补沙而言，滩肩外的施工坡度和最终形成坡度会有一定差异，以波浪作用下自然塑造形成的最终坡面形态为准。

3) AC 段的湿滩补沙高程

AC 段的湿滩补沙面高程考虑景观要求不宜露出水面，同时考虑消浪效果，高程也不宜过低，因设计低水位为 0.2m，所以水下补沙（湿滩）面高程取为 0.0m。

4) AC 段的湿滩补沙面宽度

根据《亚龙湾西段人工补沙工程项目动力泥沙分析与工程方案物理模型试验研究》，从岸滩冲淤变化数据看，-2.5m 水深线以外冲淤变化很小，-2.5m 水深线以内冲淤变化较大，所以考虑湿滩补沙边界底高程控制在 -2.0m~-2.5m。

根据上述 AC 段的湿滩补沙面高程 0.0m，从海滩岩陡坎前沿起补至 -2.0m~-2.5m 水深附近。考虑坡度 1: 10，放坡至 -2.0m~-2.5m 水深，根据典型断面，反推 AC 段的湿滩补沙面宽度约 30m，因此湿滩补沙面宽度取 30m。

（2）CY 段（里程 1+200~2+300）人工补沙平面尺度

对于 CY 段：因 CY 段工程岸线未有海滩岩出露，所以考虑 CY 段的滩肩补沙的设计干滩宽度与本工程以东的美高梅酒店的宽阔干滩一致，因此采用全断面补沙方案。

（1）CY 段的干滩高程

同理（AC 段），干滩高程应与相邻海滩干滩高程保持一致，应与本工程以东的美高梅酒店的干滩高程一致，所以 CE 段的干滩高程取 3.5~4.0m，干滩坡度为 1:60。

（2）CY 段的干滩宽度

CY 段干滩宽度考虑与本工程以东的美高梅酒店的干滩宽度一致，因此 CY 段的干滩宽度取 35~40m，自干滩控制线按 1: 10 的坡度放坡至自然海底面（约

-2.0m 高程处)。

对于滩肩补沙而言，滩肩外的施工坡度和最终形成坡度会有一定差异，以波浪作用下自然塑造形成的最终坡面形态为准。

3、补沙粒径及相关要求

(1) 根据《亚龙湾西段人工补沙工程沙源调查与分析报告》，现状海滩沙的组成粒径基本在 0.1~2.0mm 之间，粗于 2.0mm 的粗砂和细于 0.1mm 的粉细砂均很少。在现已有海滩岩分布区，受后方沙坝泥沙影响，现状泥沙中值粒径整体在 0.6~0.7mm 左右；在暂无海滩岩分布的岸段，泥沙粒径在 0.4~0.5mm 左右。补沙粒径应尽可能与当地沙滩粒径接近为宜，因此，沙源中值粒径控制在 0.4mm~0.7mm 为宜，其中小于 0.1mm 的颗粒和大于 2.0mm 的颗粒均应小于 5%。

(2) 本工程主要考虑滩肩补沙和水上补沙两部分：

1) 对于滩肩补沙而言，泥沙粒径应尽可能与现状海滩沙接近，中值粒径在 0.3~0.6mm 为宜，筛分过程要求粒径大于 1mm、小于 0.1mm 的颗粒不超过 5%。

2) 对于水上补沙区域，现状水上部分泥沙石英砂含量较高，泥沙粒径也较粗，相对较粗的颗粒有利于增强抗冲刷能力，泥沙中值粒径可适当较粗，粒径在 0.5~1.0mm，最大粒径可控制在 2mm，小于 0.1mm 的颗粒不超过 5%。

3) 沙料物质组成及色泽要求

沙料组成应以石英砂和珊瑚砂为主。干滩区沙料色泽应尽量偏白或呈浅黄色，宜选用亚龙湾中部淤积岸段沙源；水上区沙料色泽可适当偏暗。

(3) 沙源

根据《亚龙湾西段人工补沙工程沙源调查与分析报告》，综合考虑沙源管理层面的要求、沙源外购的成本问题、疏浚土再利用等因素，建议选用崖州中心渔港二期工程疏浚砂及亚龙湾中部淤积岸段砂料作为本项目的推荐沙源，其中亚龙湾中部淤积岸段沙料可作为表层沙使用。



图 2.2.3.2-2 崖州中心渔港二期工程沙源地位置图

该沙源中值粒径 0.6~1.0mm，大于 1mm 的颗粒占比小 30%，筛分后能够满足沙源粒径要求。筛分后能够满足沙源粒径要求。并且具有以下优点：①沙量充足，可挑选挖采；②疏浚沙的再利用，可减小疏浚土外抛的不利影响；③疏浚区有便利的装载和运输条件；④后方回填区便于实施泥沙筛分处理；⑤河口沙源质量较好，与河口疏浚相结合易于实施。

同时，沙源量相对有限的亚龙湾中段淤积区沙源是沙源质量和运输条件最优的沙源，因此，建议将亚龙湾可开采的约 6 万方沙源作为人工补沙岸段的近表层补沙，减小外来沙源对海滩的不利影响。

崖州中心渔港二期工程航道区建议采砂范围（沙源区 A）边界坐标：

X	Y
29578.54	68231.537
29858.35	68855.131
29788.05	68949.908
29482.44	68271.773

崖州中心渔港二期工程港池区建议采砂范围（沙源区 B）边界坐标：

X	Y
30391.62	69766.367
30393.15	69766.530
30493.49	69648.348
30385.64	69485.862
30129.65	69612.314

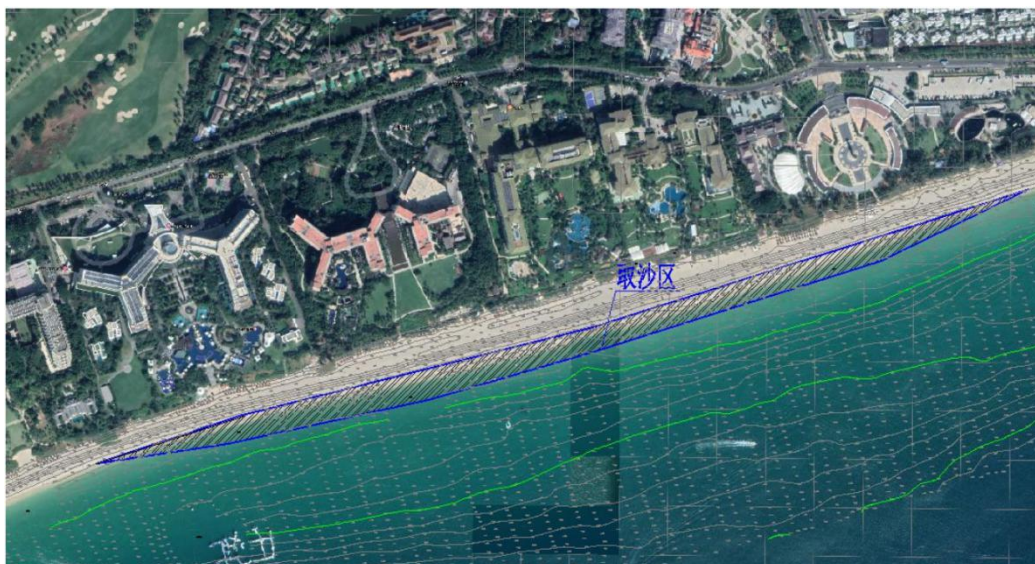


图 2.2.3.2-3 亚龙湾中部淤积岸段沙源地位置图

根据 2020 年岸滩地形测量,从该岸段岸线外 50m 起至-2m 水深附近,面积约 4.5 万平方米。平均取沙厚度 1m,可取砂量约 4.5 万方。中值粒径 0.3~0.4mm,无需筛分。从该岸段取沙,砂质本身与补沙段一致,色泽和粒径均完全能够满足要求,可作为海滩补沙的表层沙。

亚龙湾中段当地沙源可取范围控制点坐标如下表所示(大地 2000 坐标系)。

X	Y
2016731.418	355174.741
2016801.676	355386.800
2016932.146	355908.332
2017027.350	356210.954
2017095.146	356427.152
2017137.625	356560.259
2017031.341	356340.791
2016897.674	355916.381
2016825.243	355668.998
2016760.693	355370.440
2016731.418	355174.741

4、人工补沙结构方案

人工补沙岸线总长度约 2000m，依据沙滩结构不同，共分三段：

AB 段(里程 0+300~0+520)：人工补沙方案为间断补沙方式，分干滩补沙和湿滩补沙。干滩面高程为 3.7~4.0m，干滩宽度约 20m，干滩区坡度为 1:60，补沙施工坡度为 1:5。湿滩面高程 0.0m，湿滩宽度约 30m，补沙施工坡度为 1:10。

BC 段(里程 0+520~1+200)：人工补沙方案基本 AB 段一致，区别在于干滩宽度约 12~20m。

CY 段(里程 1+200~2+300)：人工补沙方案为全断面补沙。干滩面高程为 3.5~4.0m，干滩宽度约 35~40m，干滩区坡度为 1: 60，补沙施工坡度为 1:10。

2.2.3.3 生态护坡

1、生态护坡长度

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，有必要采取生态护坡的防护措施。目前，工程西边界的瑞吉酒店防波堤已拆除，靠近防波堤附近的岸段冲刷有所加强，因此生态护坡起点设置在原瑞吉酒店防波堤处（里程 0+000）。起点以东岸段，沙坝侵蚀状况较为严重，仍处于侵蚀状态，至万豪酒店以西 250m 处（里程 1+750），后方已没有侵蚀明显的沙坝。因此生态护坡设置在里程 0+000~1+750 范围生态护坡的建设应尽量结合现状岸坡，尽量不对后方酒店游客下海台阶通道的建设产生影响。

2、生态护坡平面位置

本工程拟补沙岸段近 10 年来一直处于冲刷状态，后方沙坝由于受到高潮大浪对坝脚的淘刷作用，沙坝不断坍塌后退，截至 2018 年，沙坝坝脚距离 2016 年海岸线已后退约 5~30m 不等；近两年沙坝仍有后退。因此本工程护坡平面位置无法根据海岸线确定。考虑到本工程建设目的是修复侵蚀沙滩并采取一定的工程措施防止沙坝受大浪淘刷进一步后退，因此本工程生态护坡平面位置依据现状沙坝位置而定。

3、生态护坡顶高程

按照沙坝冲刷机理，高潮大浪阶段的波浪爬高上限应为防护重点。根据《亚龙湾西段人工补沙工程项目动力泥沙分析与工程方案物理模型试验研究》研究成

果,里程 0+520~1+750 段岸滩补沙后极端高水位工况下,波浪爬高上限约 5.2m,因此确定该段护坡顶高程为 5.5m。里程 0+000~0+520 段岸滩坡度较缓、植被茂密,且海滩岩在海域分布较宽,护坡顶高程不宜过高,因此确定该段护坡顶高程为 4.5m。里程 0+520~1+750 段沙坝顶高程现状大致在+7—+10m 范围内,高程 5.5m 以上至沙坝顶高程可适当理坡并种植植被,高程 5.5m 以下建设生态护坡,坡度 1: 3,护脚下若有海滩岩则以此为底;若无海滩岩或海滩岩埋深较大,则需做抛石基础。

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 施工概况

人工补沙工程顺岸向长度为 2000m,形成干滩面宽度约 15~40m,坡度 1:60,高程 3.5~4.0m;湿滩面宽度约 30m,湿滩面高程 0.0m;补砂量 29.86 万 m³(考虑施工期 5% 流失量)。干滩后方沙坝处新建生态护坡 1750m,顶高程 4.5m/5.5m;生态护坡与自然坡面相接,种植绿色植被(马鞍藤)。

2.3.2 施工条件

1、交通运输条件

现有路网与三亚市政路网相连,具备良好的陆上交通条件。水路方面可考虑亚龙湾出海航道进出本工程区域。所需的施工设备、船机、工程材料等均可通过水运解决。

2、水电、通信条件

本工程的供电、供水、通信等均可以后方的度假酒店等为依托。

3、材料供应条件

本工程的水工结构方案施工均很成熟,华南地区水上施工企业完全有能力承接本工程的施工任务,施工条件良好。

目前当地砂石料资源相对紧张,施工前应做好砂石料来源的调研和安排,以满足本项目的砂石料需求,聚氨酯、土工布、草苗、有机土等货量充足,可从专业的生产厂家处购得。

沙源地①:位于崖州中心渔港二期疏浚工程区域,距离本工程约 80km。

沙源地②:位于亚龙湾中部淤积岸段,距离本工程约 4km。

4、场地条件

本项目为人工补沙项目，施工场地可利用现有沙滩及后方场地。

2.3.3 施工方法

2.3.3.1 生态护坡施工

1、施工特点

- (1) 本工程结构型式使用广泛，技术可靠，施工工艺成熟，施工难度较小。
- (2) 水工粘结剂可从专业的厂家或代理商购买。
- (3) 生态景观面层需要选择较为专业的队伍进行施工，且需在碎石的采选和运输中适当运用一些保障措施。

2、主要工序

- (1) 施工准备；
- (2) 购置块石、聚氨酯碎石等；
- (3) 生态护坡施工；
- (4) 种植植被。

3、施工方案

(1) 施工顺序

生态护坡总体施工顺序：施工准备→测量放线→坡面开挖→回填块石→基床平整→现浇砼镇脚→铺设无纺布→回填级配碎石施工→护面结构施工（二片石垫层及干砌块石）→生态景观面层施工→回填海砂→种植植被

(2) 施工方案

- 1) 进行护面块体安放前，应检查块石垫层的厚度、块石重量、坡度和表面平整度。
- 2) 块石料必须选用质地坚硬、不易风化、没有裂缝大致方正的岩石，补允许使用薄片状石料。石料抗水性、抗冻性、抗压强度、孔隙率等均应符合设计文件要求和规范。用于砌体表面的石料必须有一个用作砌体表面的平整面。
- 3) 干砌块石砌筑时长边应垂直于坡面。块石间应紧密嵌固、互相错缝，块石与垫层相接处块石间的空隙应用二片石填满，不应从坡面外侧用二片石填塞块石间的缝隙。块体与护脚接触面必须接触抵实。
- 4) 干砌块石边口部分为容易损坏的地方，要注意封边工作，为保证砌体下

方的铺料不被掏空，在干砌石各边口用较大且方正的块石切成整齐坚固的封边。

2.3.3.2 人工补沙施工

1、施工特点

1) 崖州中心渔港二期沙源地水上运输距离较远，需通过船舶运输至工程位置。

2) 人工补沙根据位置不同分为干滩补沙及湿滩补沙，粒径要求不同，需对疏浚沙进行分选。

2、主要工序

(1) 沙源地疏浚取砂；

(2) 砂料运输；

(3) 砂料分选；

(4) 补沙施工。

3、施工方案

(1) 施工顺序

补沙工程总体施工顺序依据沙源地不同分为以下两种：

崖州中心渔港二期疏浚区域取沙：施工准备→补沙滩面垃圾及障碍物清理→沙源地取沙（8方抓斗船疏浚取沙）→泥驳运沙→补沙施工→推土机沙滩平整→验收
亚龙湾中部淤积岸段取沙：施工准备→补沙滩面垃圾及障碍物清理→沙源地取沙（小型绞吸式挖泥船取沙）→管道吹沙→推土机沙滩平整→验收

(2) 施工方案

1) 在吹沙船定位前，实测海域水深，根据运沙船满载吃水、低潮位仍可停靠吹沙船的原则，确定吹沙船停靠位置。

2) 因工程处于自然保护区附近，吹沙、充沙过程中形成的悬浮泥沙对珊瑚礁保护区的可能影响，吹沙、充沙施工前应对场地进行围挡，比如增加拦污帘等工程措施，控制悬浮泥沙扩散。

3) 干滩及湿滩区对补沙粒径有不同的要求，采砂、吹沙后，需现场沙源的情况，采取适当的工艺，对砂料进行分选。

4) 沙源地①距离本工程海上运输距离约 80km，运输过程中需注意与过往船只避让，确保运输过程安全。

5) 沙源地②距离本工程海上运输距离约 4km，运输过程中需注意避让周边海上娱乐活动。

(3) 再养护要求

人工补沙后当海滩修复填沙流失量超过 50%时须进行再养护补沙。



图 2.3.3.2-1 沙源地位置示意图

2.3.3.3 土石方平衡

本工程为人工补沙工程，本项目土石方主要涉及补沙、水下沙坝和生态护岸工程的建设。

根据本工程设计资料，本项目建设所需的石方主要为补沙、抛 10~100kg 块石、20~30mm 聚氨酯碎石等，其中所需补沙方量约 29.86 万方，抛 10~100kg 块石、20~30mm 聚氨酯碎石等土石方约 4 万方，项目所需补沙沙源选用崖州中心渔港二期工程疏浚砂及亚龙湾中部淤积岸段砂料，所需其它土石方全部从当地进行采购。

2.3.4 施工总布置

临时工程包括临时施工道路、临时施工营地等。临时施工道路包括临时道路的扩建和修复。施工营区一般包括生活及办公福利设施、施工加工厂、施工仓库、简易维修站及其他施工附属设施等。根据工程特点及施工工期合理安排的原则，本工程仅设置生活及办公福利设施、施工仓库及施工机械停放区，其中，生活及办公福利设施、施工仓库考虑在附近租用民房；简易维修站暂不设置，若需要维修时，考虑附近机械维修厂进行维修；施工机械停放区，暂考虑工区就地停放，应停在人群隔离、安全等位置，并尽量避免对环境造成影响的地方。

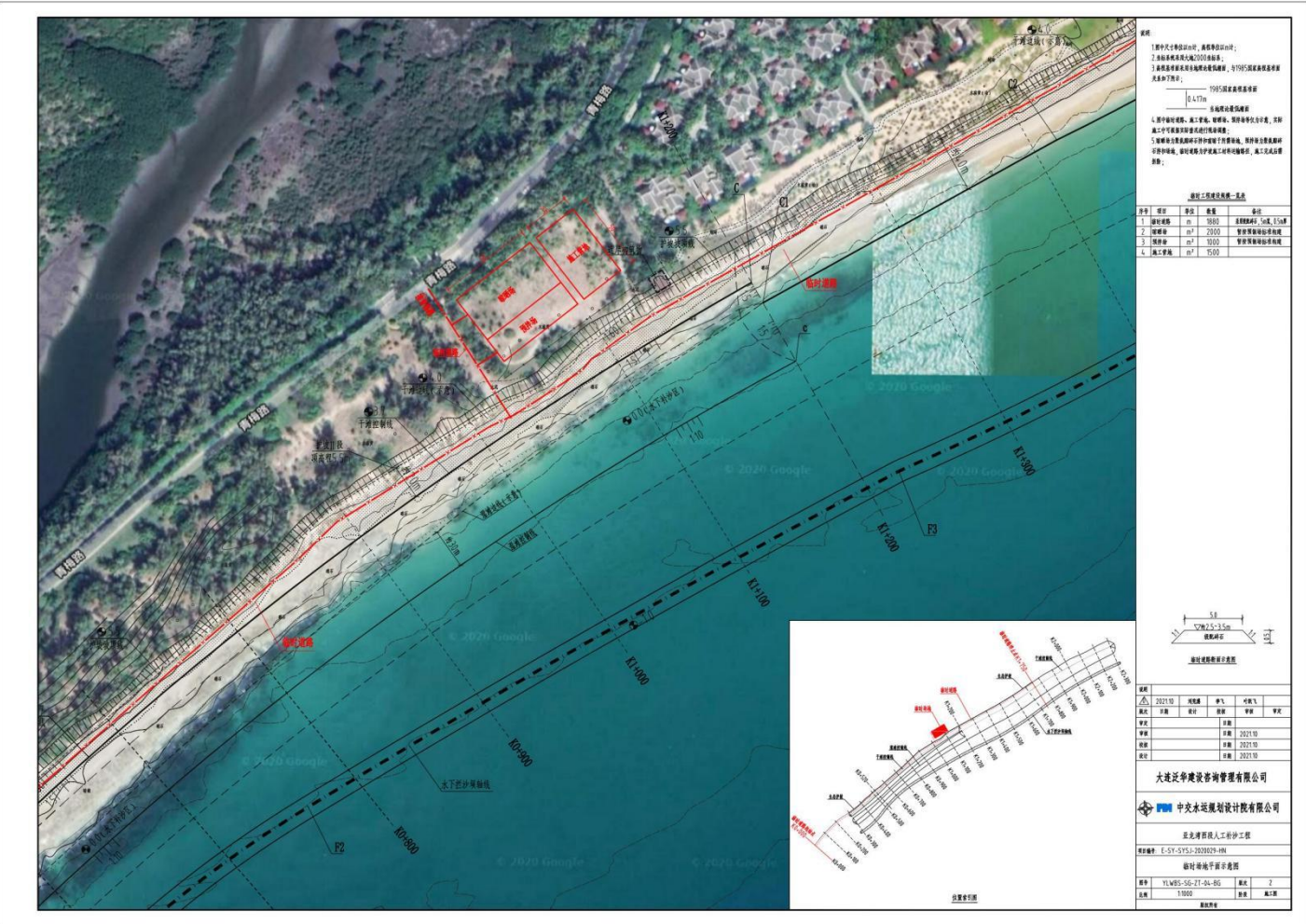


图 2.3.5 临时场地平面示意图

2.4 项目建设进度

本工程总工期约 9 个月，具体安排如下表所示。

表 2.4-1 项目总体实施进度表

序号	项 目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
1	施工准备									
2	生态护坡									
3	水下拦砂坝									
4	补沙工程									
5	交工验收									

2.5 项目申请用海情况

本项目属于海岸带生态修复项目，用海类型为其他用海，用海方式为构筑物中的透水构筑物。本项目用海面积为 16.7237hm²，其中人工补沙区用海面积为 14.5750hm²，生态护坡用海面积为 2.1487hm²。根据工程施工安排，本项目申请用海期限为 9 个月。

项目申请用海时宗海位置图见图 2.5-1、宗海界址图见图 2.5-2。

亚龙湾西段人工补沙工程宗海位置图

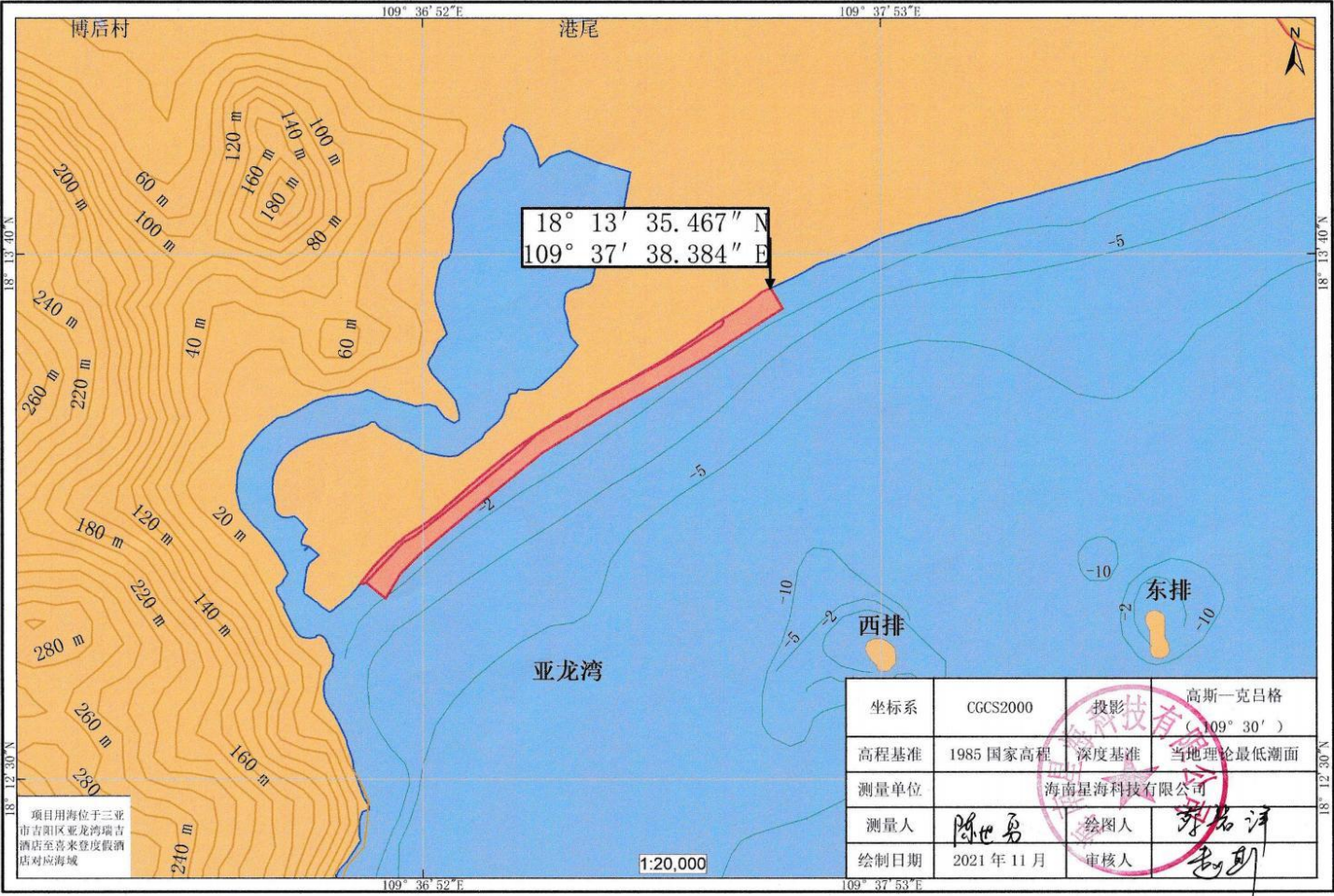


图 2.5-1 工程宗海位置图

亚龙湾西段人工补沙工程宗海界址图

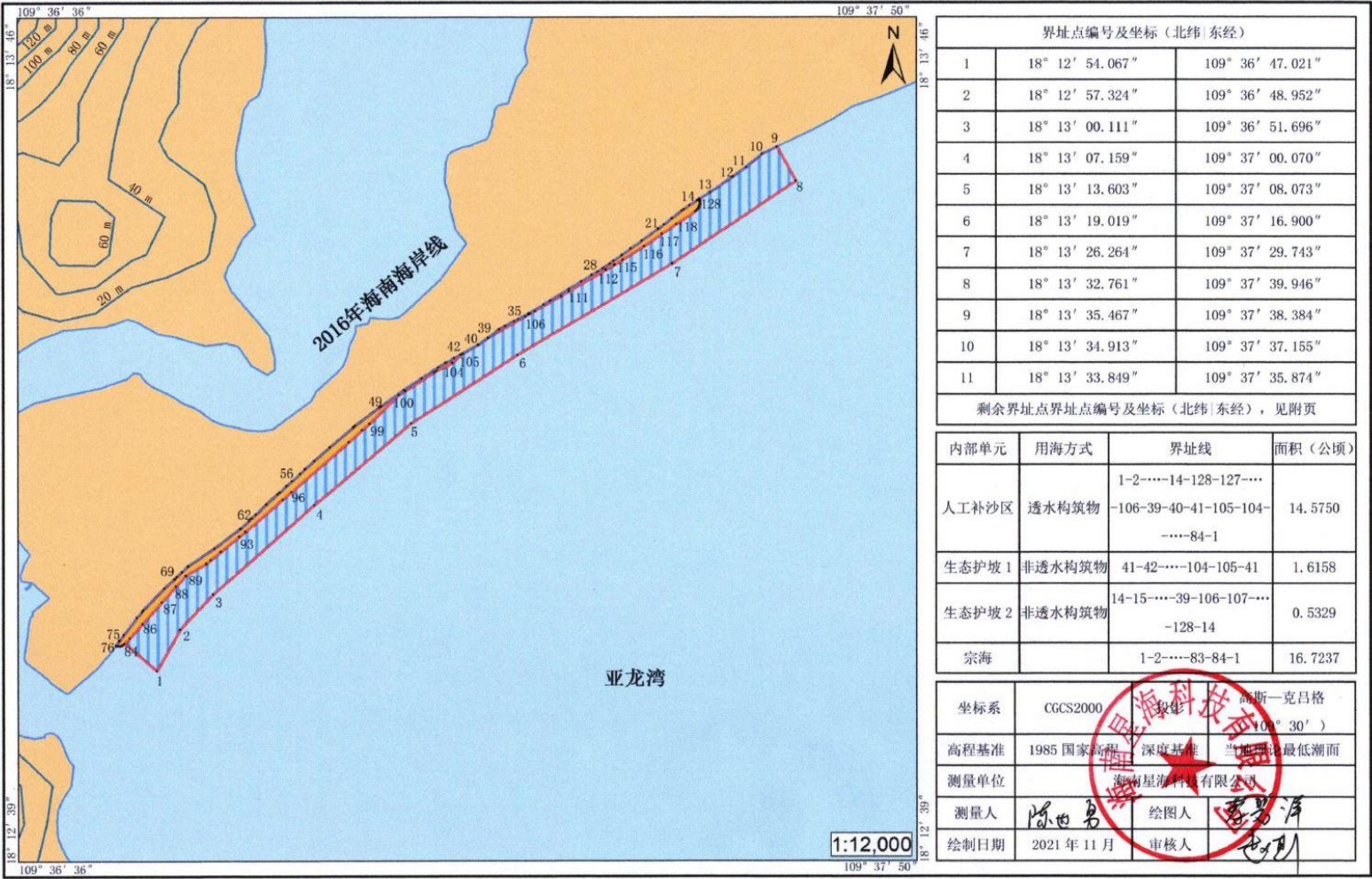


图 2.5-2 工程宗海界址图

2.6 项目建设必要性

2.6.1 项目建设必要性

1、本项目的建设有利于保护亚龙湾西段度假酒店前的沙滩，增强防灾能力，保障游客的安全，减少岸边公共设施、树木等财产的损失。

中央财经委员会第三次会议“实施海岸带保护修复工程”指出：实施海岸带保护修复工程，建设生态海堤，提升抵御台风、风暴潮等海洋灾害能力。当前本工程岸段已经出现严重受损现象，岸边树木倾倒，公共设施损坏，沙坝坡度陡峭，沙坝上部分建筑已经处于危险状态，对过往沙滩的游客是潜在的危险。增加防灾能力是以人为本、安全第一的具体贯彻。本项目建设可增强亚龙湾西段沙滩的防灾能力，保护游客人身安全，减少岸边公共设施、树木等财产损失。

2、本项目的建设是生态修复的具体实施项目，是修复受损沙滩、恢复沙滩风貌、保护海岸线的需要，是保护自然、生态和谐理念的具体贯彻。

随着《中国（海南）自由贸易试验区总体方案》的出台，海南省要将生态文明理念贯穿海南自贸试验区建设全过程，积极探索自贸试验区生态绿色发展新模式。但近年来亚龙湾海岸线衰退、岸线生态环境恶化的状况愈来愈显著，海岸线保护的形势依然十分严峻，当地政府对岸线修复有要求，民众对沙滩修复有呼声。

本工程响应国家生态文明建设与美丽中国战略和十八届五中全会“开展蓝色海湾整治行动”，从亚龙湾岸线实际情况出发，修复受损沙滩，恢复沙滩风貌，保护海岸线，建设“水清、岸绿、滩净、湾美、物丰、人悦”的美丽亚龙湾，促进人海和谐，形成并维护人与自然生态和谐相处的关系。

3、本项目的建设是将改善亚龙湾西段沙滩旅游环境，充分发挥旅游岸线资源效能，有利于亚龙湾、三亚市、海南省旅游发展。

海南国际旅游岛快速发展，三亚又是海南国际旅游岛的龙头城市，旅游产业已经成为三亚的主要产业之一，而亚龙湾作为三亚旅游的最重要名片之一，每年来亚龙湾度假旅游的人数日益增长。随着人们对岸线资源的过度开发，全球气候变暖海平面的上升，被誉为“天下第一湾”的亚龙湾出现了岸滩严重侵蚀现象。

由于亚龙湾东部连岛大堤的建设，东南向波浪对海滩的作用相对减弱，西南向波浪所占比例增加，造成亚龙湾西段及野猪岛对应部位以西（海底世界附近）的不平衡输沙，及自西向东的沿岸输沙增大，岸线出现严重冲刷。在此背景下，针对亚龙湾西部的岸线

冲刷问题和泥沙来源不足问题，以不改变海岸自然属性的人工补沙为主实施沙滩修复与保护是十分必要的。

本工程的建设将改善亚龙湾西段沙滩旅游环境，充分发挥旅游岸线资源效能，充分发挥海洋和滨海区位优势、政策优势、资源优势、环境优势，适应亚龙湾、三亚市、海南省旅游蓬勃发展趋势。

综上所述，本工程的建设是必要的。

2.6.2 项目用海必要性

通过本工程的实施，可以有效减缓波浪对后方沙滩的淘刷，保护沙滩及其上部植被和设施，控制冲刷岸段冲刷，修复海岸旅游功能，新增海滩和植被，营造亚龙湾优美的沙滩环境，维护亚龙湾的旅游休闲功能。开展补沙工程，遏制岸线侵蚀趋势，可以形成稳定合理的滨海岸线，项目实施需要占用海域。通过生态修复，改善项目的岸滩状况，促进海洋生态环境的改善。因此，项目性质要求使用海域。

综上，本项目用海是十分必要的。

3 区域自然环境概况和社会经济概况

拟建项目位于海南省三亚市吉阳区亚龙湾西侧，工程海域向南开敞，东侧为野猪岛和亚龙角，西侧为白虎角，地理坐标为东经 109°37′，北纬 18°13′。

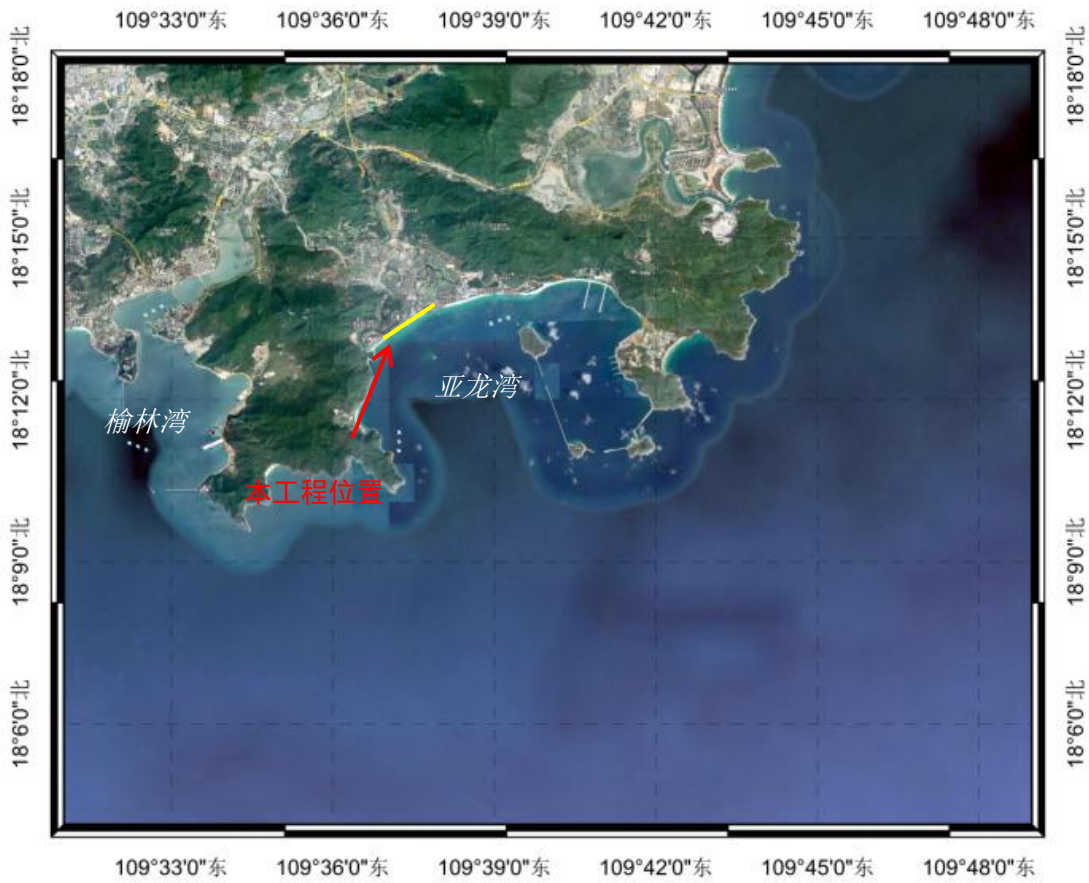


图 3-1 工程地理位置图

3.1 自然条件概况

三亚市地处低纬度，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至 2008 年的观测资料进行统计。

3.1.1 自然条件

3.1.1.1 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 3.1.1.1-1。

表 3.1.1.1-1 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

3.1.1.2 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，年平均降水日数为 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 3.1.1.2-1。

表 3.1.1.2-1 各月降水量、降水日数、平均大雨和暴雨日数分布

月份	降水量（mm）	降水日数（天） （R≥0.1mm）	平均大雨（天） （R≥25mm）	平均暴雨（天） （R≥50mm）
1	8	3	0	0
2	12.8	4	0	0
3	19.2	4	0	0
4	43.3	6	0	0
5	142.3	10	2	1
6	197.5	14	2	1
7	192.6	14	2	1
8	221.5	16	2	1
9	251.4	17	3	1
10	234.5	14	3	1
11	58.2	7	1	0
12	10.7	4	0	0
全年	1392	113	15	6

3.1.1.3 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瞬时风速达 45m/s，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 4 个月（5～8 月）风向较乱，但以 W、WSW 风向为主。风玫瑰图见图 3.1.1.3-1，各向平均风速、最大风速及频率见表 3.1.1.3-1，逐月平均风速见表 3.1.1.3-2。

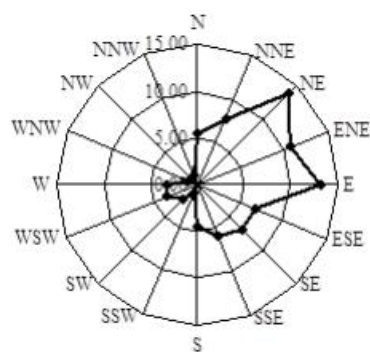


图 3.1.1.3-1 风玫瑰图

表 3.1.1.3-1 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	23.0	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	13.0	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 3.1.1.3-2 各月平均风速 (m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
风速	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

3.1.1.4 雾

本区未曾有雾的记录。

3.1.1.5 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 3.1.1.5-1。

表 3.1.1.5-1 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

3.1.1.6 气象灾害

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 3.1.1.6-1。

表 3.1.1.6-1 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

根据 1949～2015 年间西北太平洋海域发生的热带气旋资料，对影响三亚湾水域(半径 300km 范围内)的热带气旋进行统计分析。表 3.1.1-6 给出了 1949～2015 年间影响三亚湾台风级(包含)以上热带气旋的统计情况，图 3.1.1-8 所示为 1995～2015 年间强热带风暴级(包含)以上热带气旋的路径(共计 41 次)。

由 1949～2015 年的热带气旋历史资料的统计可知：

1) 影响三亚湾的初台多发生于 4 月底 5 月初，有记录的最早的初台为“0801”号台风“Neoguri”(发生 2008 年 4 月 14 日～4 月 19 日)；终台多发生于 10 月底 11 月初，有记录的最晚的终台为“7322”号强热带风暴“Vera”(发生于 1973 年 11 月 16 日～11 月 26 日)。

2) 影响三亚湾的热带气旋总数为 340 次，年均 5.1 个；多发于 6 月～10 月间，共 313 次，频率高达 92.1%，年均 4.7 个；强热带风暴级(包含)以上热带气旋发生的总次数为 199 次，频率为 58.5%，年均 3.0 个，台风级以上(包含)热带气旋 127 次，年均 1.9 个。

3) 从热带气旋的移动路径上看，影响区的热带气旋的路径主要有三类。一类是源于菲律宾以东洋面的西行型台风，这类台风有的穿过海南岛东北部，越过北部湾海面，然后在广西沿岸至越南北部沿海一带登录；有的横穿海南岛南部或绕过海南岛从榆林南部海面略过，在北部湾口的越南沿岸登录。二类是源于南海的东南—西北型台风，这类台

风，有的生成后向西北偏北方向移动，登录于越南北方；有的生成后先向东北方向移动，然后在北纬 15~17 度附近折向西北，然后在海南岛登录，多出现于 9 月~10 月份。三类是源自南海的北向型路径台风，这类台风生成后向北移动，扫过海南东部洋面后在广东中部登陆，这类台风多发于 3 月和 6 月。相较生成于南中国海的热带气旋，生成于西北太平洋的热带气旋不仅出现的次数多，而且具有强度大、持续时间长的特点。

表 3.1.1.6-2 1949~2015 年间影响三亚湾热带气旋的统计结果

类型 月份	热带低压 (次)	热带风暴 (次)	强热带风暴 (次)	台风 (次)	强台风 (次)	超强台风 (次)	Σ (次)	频率 (%)
1月	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2月	0	0	0	0	0	0	0	0.00
3月	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4月	0	0	1	2	0	0	3	0.88
5月	4	0	3	2	1	0	10	2.94
6月	13	10	8	5	5	1	42	12.35
7月	12	8	12	9	3	2	46	13.53
8月	28	12	20	13	6	6	85	25.00
9月	29	17	17	17	11	4	95	27.94
10月	6	1	8	11	7	12	45	13.24
11月	1	0	3	2	4	4	14	4.12
12月	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Σ(次)	93	48	72	61	37	29	340	—
频率(%)	27.35	14.12	21.18	17.94	10.88	8.53	—	100.00

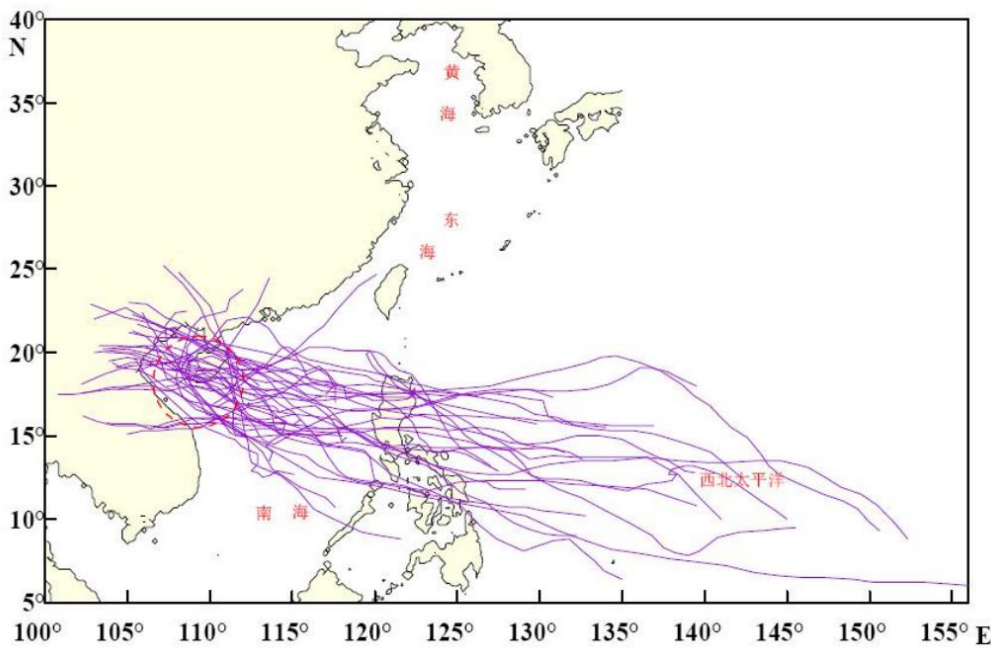


图 3.1.1.6-1 1995~2015 年间影响三亚湾的强热带风暴级以上热带气旋路径



图 3.1.1.6-2 2016 年影响海南海域的台风路径图

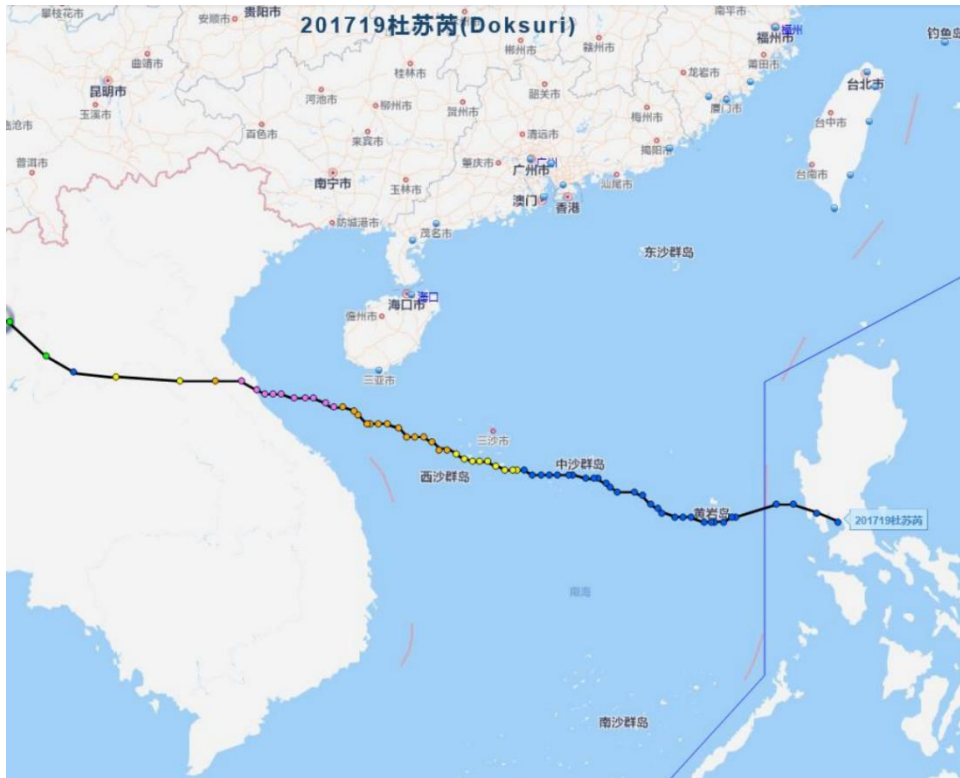


图 3.1.1.6-3 2017 年影响海南海域的台风路径图

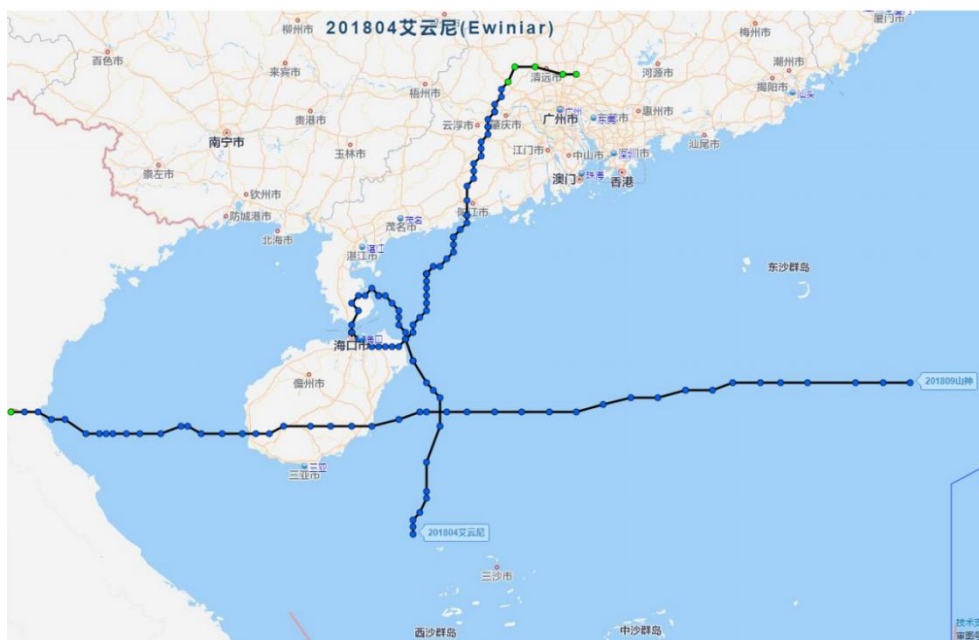


图 3.1.1.6-4 2018 年影响海南海域的台风路径图



图 3.1.1.6-5 2019 年影响海南海域的台风路径图

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4.1.1.6-3~图4.1.1.6-5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，工交运输业直接经济损失260万元，三亚转移撤离66237人。

2017 年影响海南的热带气旋约 1 个，见图3.1.1.6-3，为 2017 年 19 号台风“杜苏芮”，对三亚海域影响较大。

2018 年影响海南的热带气旋约 2 个，见图 3.1.1.6-4，为 2018 年 4 号台风“艾云妮”，9 号台风“山神”，其中 9 号台风“山神”对三亚海域影响最大。

2019 年影响海南的热带气旋约 2 个，见图 3.1.1.6-5，为 2019 年 4 号台风“木恩”，7号台风“韦帕”，其中 4 号台风“木恩”对三亚海域影响较大。

本项目需要在后期的运营期加强热带气旋等极端气候天气对本项目的影响，须制定相应的应急预案，在完全落实应急应对措施后，本项目在该海域的建设比较适宜的。

3.1.2 水文

3.1.2.1 潮汐及水位

1、基准面及换算关系

本工程基准面采用当地理论最低潮面，该基准面与其他基面的转换关系如下：

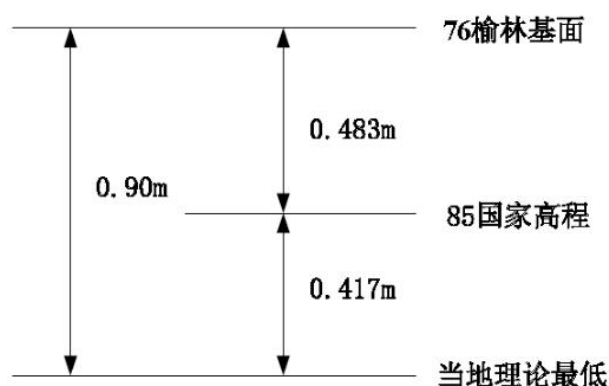


图 3.1.2.1-1 基面换算关系

2、潮汐性质及潮型

亚龙湾海域的潮汐类型判数为 2.95，属不正规日潮混合潮。半个月中约有 7 天为日潮类型，其余天数为不规则半日潮类型。当月赤纬接近 0 时，每天有两次高潮和两次低潮，但两高或两低的高度不等，说明该海区的日潮不等现象明显。当月赤纬接近 30°时，变成为一天一次高潮和一次低潮的日潮类型。日潮时的潮差可达 2-2.5m，涨潮历史长于落潮历时。

3、潮位特征值

参考榆林站 1954-1992 年水位实测资料统计，得到本海域潮汐特征值。

最高潮位：2.58m（出现于 1971 年）；

最低潮位：-0.49m（出现于 1968 年）；

平均高潮位：1.29m；

平均低潮位：0.43m；

平均海平面：0.86m；

最大潮差：2.14m；

平均潮差：0.86m。

4、设计水位

本工程设计水位如下：

设计高水位（高潮累积率 10%）：1.82m

设计低水位（低潮累积率 90%）：0.20m

极端高水位（50 年一遇）：2.64m

极端低水位（50 年一遇）：-0.54m

3.1.2.2 波浪

1、波况

工程附近的波浪测点包括东岛浮标站、崖州浮标站，两站的坐标列于表 3.1.2.2-1。测站的地理位置见图 3.1.2.2-1。从图中可以看出，东岛波浪测点距离亚龙湾湾口距离相对较近，与工程区的距离约 20km 左右；崖州波浪测点相对距离要远些，该站在亚龙湾湾口以西约 60km 的位置。这两个站均位于海南岛南侧海域，对该海域的波浪条件具有一定的代表性。从两站的地理位置来看，东岛测点距离工程位置较近，大部分方向的波浪与亚龙湾水域的波浪具有较好的代表性，但该站东侧受岛屿尖角的影响，该站对外海海域 E~SE 方向的波浪可能有一定的掩护；崖州波浪测点距离工程区较远，但该站周边水域相对宽阔，基本对外海波浪没有影响，对开敞海域多个方向的波浪代表性更好些。

表 3.1.2.2-1 波浪观测站坐标

站点	纬度 (°)	经度 (°)	水深
东岛浮标	18.219520	109.432852	约 19m
崖州浮标	18.269872	109.025530	约 20m

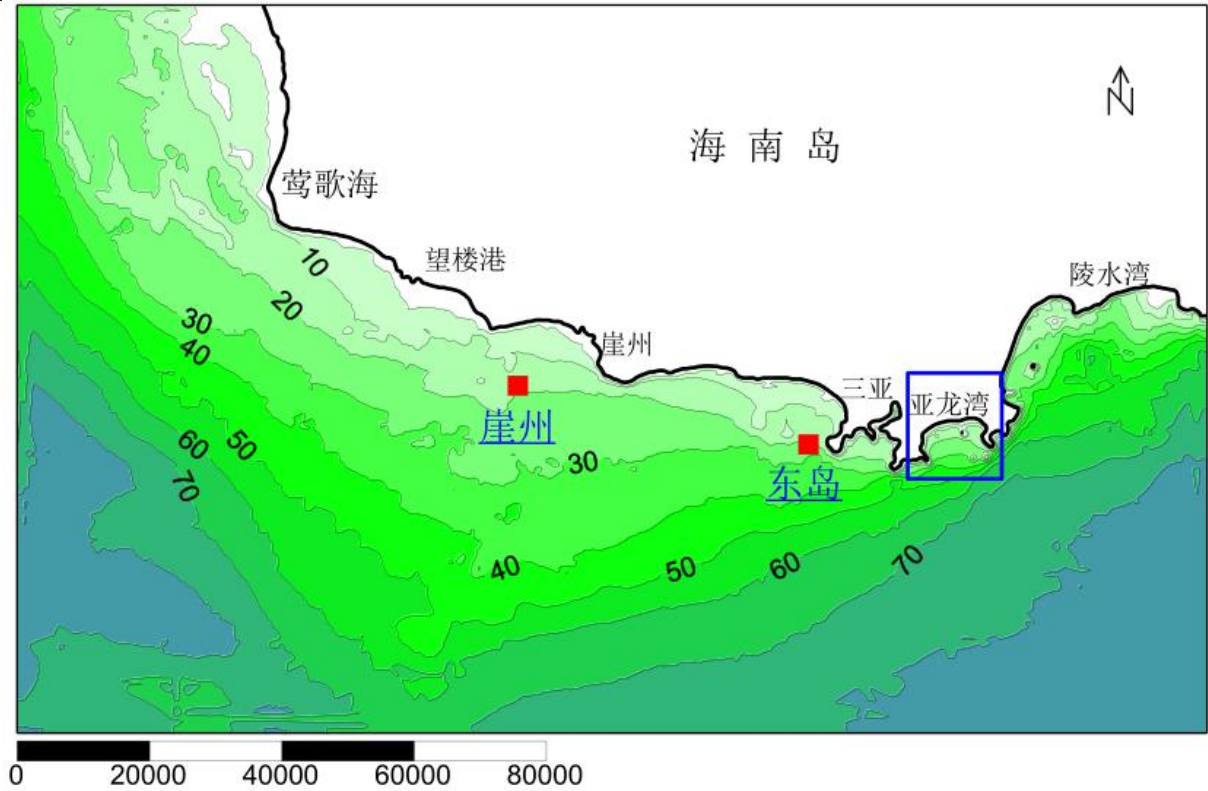


图 3.1.2.2-2 波浪观测站位置示意图

(1) 东岛测点波浪资料统计

东岛测点观测自 2016 年 1 月~2018 年 9 月，每日 24 小时连续观测，考虑到测波资料中部分数据有异常，本报告选取 2017 年 6 月~2018 年 6 月完整一周年的资料进行分析。

表 3.1.2.2-2 分别列出了该站一周年各方向、不同级别有效波高按频率的统计结果；表 3.1.2.2-3 分别列出了该站一周年各方向、不同级别有效波周期按频率的统计结果；表 3.1.2.2-4 分别列出了该站一周年波高和波高联合分布的统计结果。

从该站一整年的波浪统计结果，可以看出：

1) 该站波浪主要出现在 SE~SSW 方向，出现频率最多的波浪方向是 SSE 方向，这个方向出现的频率达 48.1%，其次是 S 和 SE 方向，频率分别是 24.8%和 17.6%，SSW 方向波浪出现频率不多，仅为 4.5%。

2) 从波浪大小来看，观测期间波浪大部分时间小于 1.0m，有效波高大于 1.0m 的波浪出现频率仅为 5%左右。

3) 从出现大浪的来波方向来看，S~SSE 方向出现有效波高 H_s 大于 3.0m 以上的波浪，最大值为 3.05m。

4) 统计结果来看，SE~SSW 方向的有效波高年平均值为 0.52m。

5) 从波浪均周期来看，观测期间波浪平大部分介于 2~6s 之间，大于 6s 的概率仅为 1.3%左右。

6) 从波高与波周期联合分布来看，波高越大波周期也大；有效波高为 0.2~1.0m、平均波周期在 4~6s 区间内的波浪频率为 92%。

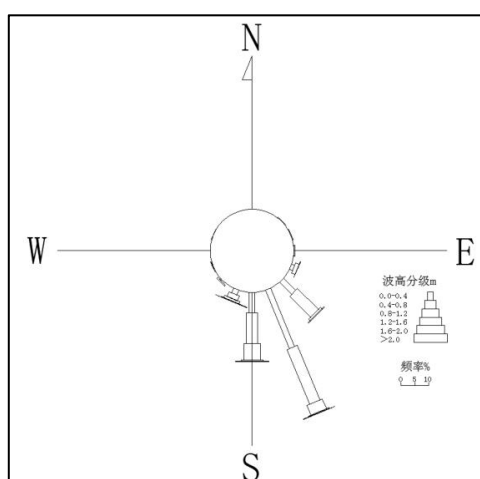


图 3.1.2.2-3 东岛浮标测点波浪玫瑰图

表 3.1.2.2-2 东岛波浪浮标有效波高-波向分级频率统计表（频率：%；有效波高：m；2017.6~2018.6）

Dir/Hs	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1	1~1.2	1.2~1.4	1.4~1.6	1.6~1.8	1.8~2	>2	SUM	Mean	Max
N	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.21	0.21
NNE	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.29	0.38
NE	-	0.0	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.50	0.63
ENE	-	0.0	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.56	0.78
E	-	0.1	0.2	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	0.3	0.52	0.81
ESE	0.0	1.1	1.1	0.3	0.1	-	0.0	-	-	0.0	-	2.7	0.47	1.89
SE	0.1	6.0	8.0	2.7	0.6	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	17.6	0.50	2.01
SSE	1.3	21.3	14.9	6.3	2.9	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	48.1	0.48	3.05
S	0.7	6.7	4.8	6.1	4.2	1.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	24.8	0.62	3.01
SSW	0.4	1.4	0.9	0.9	0.6	0.2	0.1	0.0	-	0.0	0.1	4.5	0.58	2.58
SW	0.1	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	1.0	0.44	1.23
WSW	-	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.38	0.56
W	-	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.44	0.58
WNW	-	-	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.57	0.63
NW	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.23	0.28
NNW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUM	2.6	37.4	30.5	16.7	8.3	3.1	0.8	0.2	0.1	0.1	0.2	100	0.52	3.05

表 3.1.2.2-3 东岛波浪浮标平均周期-波向分级频率统计表（频率：%；平均周期：S；2017.6~2018.6）

Dir/Tmean	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~	SUM	Mean	Max
N	-	0.0	-	-	-	-	0.0	3.0	3.0
NNE	-	0.0	-	-	-	-	0.0	2.4	2.5
NE	-	0.1	-	-	-	-	0.1	2.8	2.8
ENE	-	0.2	-	-	-	-	0.2	2.9	3.1
E	-	0.3	-	-	-	-	0.3	3.0	3.6
ESE	-	2.7	-	-	-	-	2.7	3.1	4.0
SE	-	14.0	3.4	0.2	-	-	17.6	3.7	8.0
SSE	-	26.6	20.8	0.8	-	-	48.1	4.1	7.8
S	-	10.9	13.6	0.3	-	-	24.8	4.2	6.9
SSW	-	2.0	2.5	0.0	-	-	4.5	4.1	6.2
SW	-	0.8	0.2	-	-	-	1.0	3.4	4.5
WSW	-	0.3	0.0	-	-	-	0.3	3.2	4.1
W	-	0.1	-	-	-	-	0.1	3.5	3.9
WNW	-	0.1	-	-	-	-	0.1	3.1	3.2
NW	-	0.0	-	-	-	-	0.0	3.1	3.7
NNW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUM	-	58.2	40.4	1.3	-	-	100	4.0	8.0

表 3.1.2.2-4 东岛波浪浮标有效波高-平均周期频率统计表（频率：%；有效波高：m；平均周期：s；2017.6~2018.6）

Hs/Tmean	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~	SUM
0~0.2	%	2.2	0.4	%	%	%	2.6
0.2~0.4	%	28.7	8.6	0.1	%	%	37.4
0.4~0.6	%	19.7	10.5	0.3	%	%	30.5
0.6~0.8	%	5.9	10.2	0.6	%	%	16.7
0.8~1	%	1.3	6.8	0.2	%	%	8.3
1~1.2	%	0.3	2.7	0.1	%	%	3.1
1.2~1.4	%	0.1	0.7	0.0	%	%	0.8
1.4~1.6	%	0.0	0.2	%	%	%	0.2
1.6~1.8	%	%	0.1	%	%	%	0.1
1.8~2	%	0.0	0.1	0.0	%	%	0.1
2~2.2	%	0.0	0.1	%	%	%	0.1
2.2~2.4	%	%	0.1	0.0	%	%	0.1
2.4~2.6	%	%	%	0.0	%	%	0.0
2.6~2.8	%	%	0.0	0.0	%	%	0.0
2.8~3	%	%	%	%	%	%	%
>3	%	%	0.0	0.0	%	%	0.0
SUM	%	58.2	40.4	1.3	%	%	100

(2) 崖州测点波浪资料统计

崖州测点观测自 2016 年 1 月~2018 年 9 月，每日 24 小时连续观测，由于测波资料中有部分数据明显异常，本报告选取 2017 年 6 月~2018 年 6 月完整一周年的资料进行分析。

从该站一整年的波浪统计结果，可以看出：

1) 该站波浪主要出现在 ESE~SSE 方向，出现频率最多的波浪方向是 SE 方向，这个方向出现的频率达 30.4%，其次是 SSE 和 ESE 方向，频率分别是 27.1%和 21.7%，再次为 S 方向波浪，出现频率为 10.8%。其他方向波浪出现概率不多，合计仅为 9.9%，其中 SSW 方向波浪出现概率为 4.6%。

2) 从波浪大小来看，观测期间波浪大部分时间小于 1.4m，有效波高大于 1.2m 的波浪出现频率仅为 3.1%左右。

3) 从出现大浪的来波方向来看，ESE~S 方向出现有效波高 H_s 大于 2.5m 以上的波浪，最大值为 6.68m，出现期间为 2017 年“杜苏芮”台风期间。

4) 统计结果来看，各方向有效波高年平均值为 0.72m。

5) 从波浪均周期来看，观测期间波浪平大部分介于 2~6s 之间，大于 6s 的概率仅为 4.2%左右。

6) 从波高与波周期联合分布来看，观测器件有效波高为 0.2~1.2m、平均波周期在 4~6s 区间内的波浪频率为 90.5%。

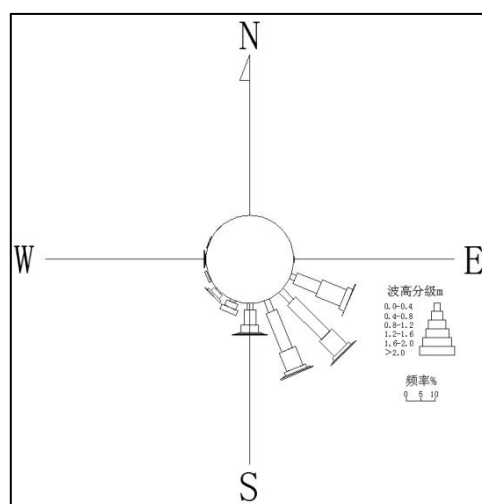


图 3.1.2.2-4 崖州测点波浪玫瑰图

表 3.1.2.2-5 崖州波浪浮标有效波高-波向分级频率统计表（频率：%；有效波高：m；2017.6~2018.6）

Dir/Hs	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1	1~1.2	1.2~1.4	1.4~1.6	1.6~1.8	1.8~2	>2	SUM	Mean	Max
N	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
NNE	%	0.0	%	%	%	%	%	%	%	%	%	0.0	0.23	0.24
NE	%	%	0.0	%	%	%	%	%	%	%	%	0.0	0.45	0.45
ENE	0.0	%	%	0.0	%	%	%	%	%	%	%	0.0	0.35	0.68
E	0.0	0.2	%	%	0.0	0.0	%	%	%	%	%	0.2	0.33	1.10
ESE	0.1	1.7	3.7	5.1	5.6	3.4	1.5	0.4	0.0	%	0.1	21.7	0.81	2.50
SE	0.4	4.8	9.4	7.1	4.8	2.4	0.7	0.3	0.2	0.1	0.2	30.4	0.68	3.55
SSE	0.2	4.1	6.5	7.6	4.3	2.6	0.7	0.4	0.3	0.2	0.3	27.1	0.73	6.68
S	0.2	2.1	2.4	2.8	1.9	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	10.8	0.74	6.49
SSW	0.1	0.7	0.9	1.1	1.1	0.6	0.0	%	0.0	%	%	4.6	0.70	1.78
SW	0.1	0.3	0.6	1.0	0.5	0.2	0.1	0.0	%	%	%	2.9	0.69	1.45
WSW	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	%	%	%	%	1.0	0.55	1.25
W	%	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	%	%	%	%	0.6	0.55	1.30
WNW	%	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	%	%	%	%	%	0.4	0.56	1.10
NW	%	0.1	%	%	%	%	%	%	%	%	%	0.1	0.34	0.39
NNW	%	0.0	%	0.0	%	%	%	%	%	%	%	0.0	0.47	0.66
SUM	1.2	14.8	24.1	25.1	18.4	10.0	3.4	1.2	0.7	0.4	0.8	100	0.72	6.68

表 3.1.2.2-6 崖州波浪浮标平均周期-波向分级频率统计表（频率：%；平均周期：S；2017.6~2018.6）

Dir/Tmean	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~	SUM	Mean	Max
N	%	%	%	%	%	%	%	%	%
NNE	%	0.0	%	%	%	%	0.0	2.9	2.9
NE	%	0.0	%	%	%	%	0.0	2.9	2.9
ENE	%	0.0	%	%	%	%	0.0	3.4	3.7
E	%	0.2	0.0	%	%	%	0.2	2.9	4.7
ESE	%	7.4	12.1	2.2	%	%	21.7	4.6	7.7
SE	%	15.0	13.8	1.6	0.0	%	30.4	4.2	8.1
SSE	%	14.3	12.6	0.2	0.0	%	27.1	4.1	9.0
S	%	5.5	5.2	0.1	0.0	%	10.8	4.1	8.5
SSW	%	2.3	2.3	%	%	%	4.6	4.1	5.4
SW	%	2.0	0.9	0.0	%	%	2.9	3.9	6.2
WSW	%	0.7	0.3	%	%	%	1.0	3.5	5.7
W	%	0.5	0.1	%	%	%	0.6	3.5	6.0
WNW	%	0.4	0.1	%	%	%	0.4	3.3	4.4
NW	%	0.1	%	%	%	%	0.1	2.7	2.7
NNW	%	0.0	%	%	%	%	0.0	3.2	3.6
SUM	%	48.3	47.6	4.1	0.1	%	100	4.2	9.0

表 3.1.2.2-7 崖州波浪浮标有效波高-平均周期频率统计表（频率：%；有效波高：m；平均周期：s；2017.6~2018.6）

Hs/Tmean	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~	SUM
0~0.2	%	1.1	0.0	%	%	%	1.2
0.2~0.4	%	12.2	2.5	%	%	%	14.8
0.4~0.6	%	17.7	6.4	0.1	%	%	24.1
0.6~0.8	%	12.5	12.4	0.2	%	%	25.1
0.8~1	%	3.9	14.0	0.5	%	%	18.4
1~1.2	%	0.6	8.3	1.1	%	%	10.0
1.2~1.4	%	0.1	2.2	1.0	%	%	3.4
1.4~1.6	%	%	0.7	0.4	%	%	1.2
1.6~1.8	%	0.0	0.4	0.2	%	%	0.7
1.8~2	%	%	0.3	0.1	0.0	%	0.4
2~2.2	%	%	0.3	0.1	%	%	0.3
2.2~2.4	%	%	0.0	0.1	%	%	0.1
2.4~2.6	%	%	0.0	0.0	%	%	0.0
2.6~2.8	%	%	0.0	0.0	%	%	0.1
2.8~3	%	%	%	0.0	%	%	0.0
>3	%	%	0.0	0.2	0.1	%	0.3
SUM	%	48.3	47.6	4.1	0.1	%	100

2、设计波浪要素

根据南京水利科学研究院《亚龙湾西段整治工程项目波浪数学模型计算》(2019.07)，采用 P9-P11 点 (-5 水深) 的计算结果，其中 P9、P10 点的波控方向为 SE 向，P11 点波控方向为 S 向，本工程设计波要素如下表所示。

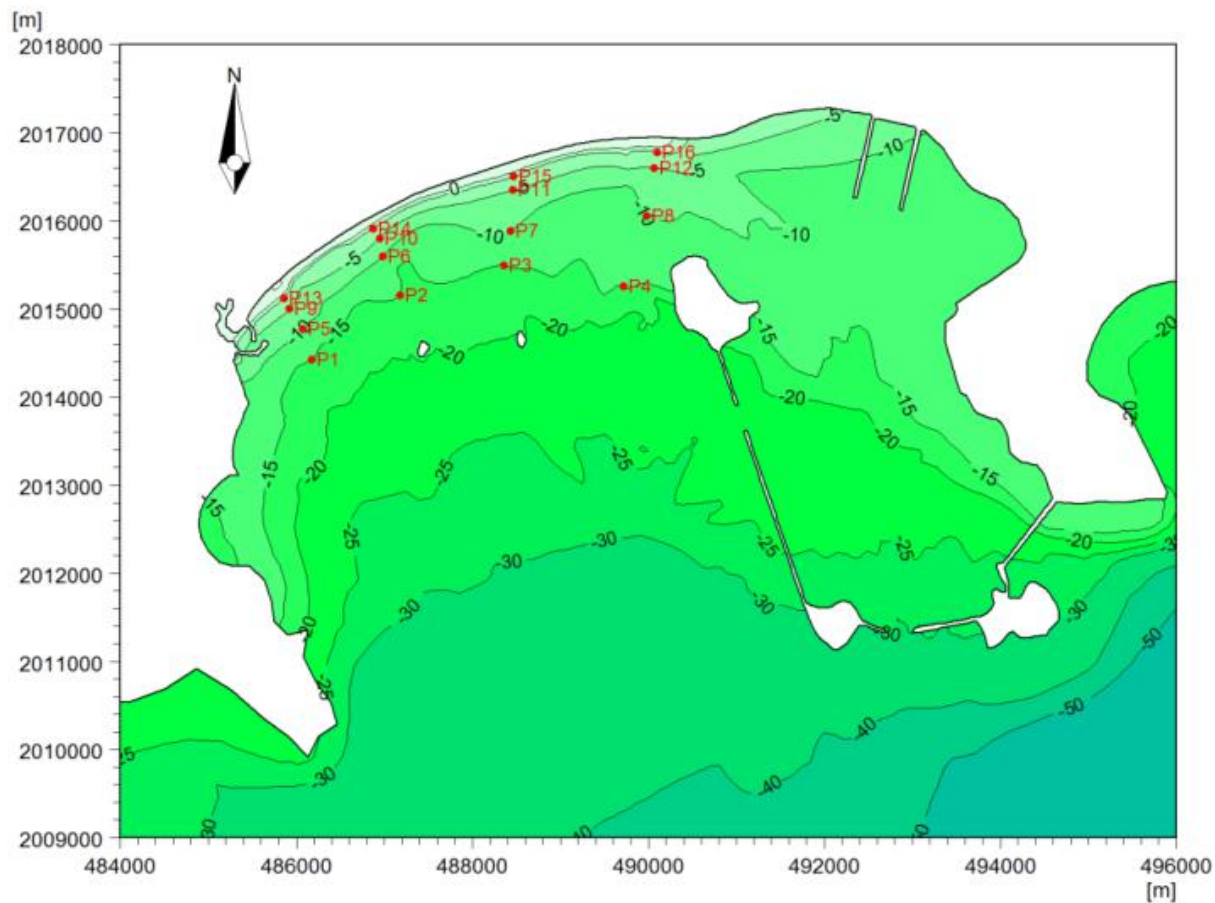


图 3.1.2.2-5 计算点位置示意图

表 3.1.2.2-9 P9 点 50 年一遇设计波要素

波要素 水位	H1% (m)	H5% (m)	H13% (m)	Hm (m)	Tm (s)	Lm (m)	D (m)
极端高水位	4.15	3.57	3.12	2.14	6.7	50.0	7.2
设计高水位	3.58	3.07	2.68	1.83	6.2	43.9	6.4
设计低水位	2.72	2.34	2.04	1.40	5.5	33.6	4.8
极端低水位	2.54	2.20	1.94	1.35	5.4	30.7	4

表 3.1.2.2-10 P10 点 50 年一遇设计波要素

波要素 水位	H1% (m)	H5% (m)	H13% (m)	Hm (m)	Tm (s)	Lm (m)	D (m)
极端高水位	4.18	3.59	3.14	2.16	6.8	51.6	7.2
设计高水位	3.58	3.07	2.68	1.83	6.4	45.4	6.4
设计低水位	2.75	2.37	2.07	1.42	6.0	37.3	4.8
极端低水位	2.65	2.31	2.04	1.40	5.8	33.3	4

表 3.1.2.2-11 P11 点 50 年一遇设计波要素

波要素 水位	H1% (m)	H5% (m)	H13% (m)	Hm (m)	Tm (s)	Lm (m)	D (m)
极端高水位	4.08	3.51	3.06	2.10	6.5	48.3	7.2
设计高水位	3.50	3.00	2.61	1.78	6.0	41.8	6.4
设计低水位	2.57	2.20	1.91	1.30	5.3	32.2	4.8
极端低水位	2.36	2.03	1.78	1.23	5.2	29.5	4

3.1.2.3 海流

根据亚龙湾海域冬季和夏季潮流观测站的观测资料，各测点的平均最大流速为 0.41m/s，测点最大潮流流速为 0.71m/s。

根据瑞吉酒店外约 7m 水深处的 25 小时的全潮水流观测结果，工程区附近大潮垂线平均流速最大值不超过 0.4m/s。

3.1.2.4 冰况

本区未曾有海冰的记录。

3.1.3 地形、地貌及工程泥沙

1、地形、地貌

在亚龙湾东侧各防波堤工程建设前，亚龙湾为湾口宽约 8.8km、纵深约 5.5km 的近矩形海域，两侧岬角对海湾形成良好的掩护，也是沙滩得以稳定发育的基础。湾口附近靠东侧有西洲和东洲两个海岛，近岸有野猪岛、西排和东排，这些岛屿对岸线形态有这一定影响，即岛屿对应部位岸线相对向海突出。本世纪初以来，东侧野猪岛、西洲、东洲和亚龙角直接又防波堤连接起来，仅在局部区域留有口门，海湾基本被分为东西两部分，东部为受防波堤掩护的港域，西部仍为天然海湾，防波堤的建设引起整个海湾岸线格局发生了较大的变化，导致近岸区域出现冲刷和淤积，且这些变化具有继续发展的态势。

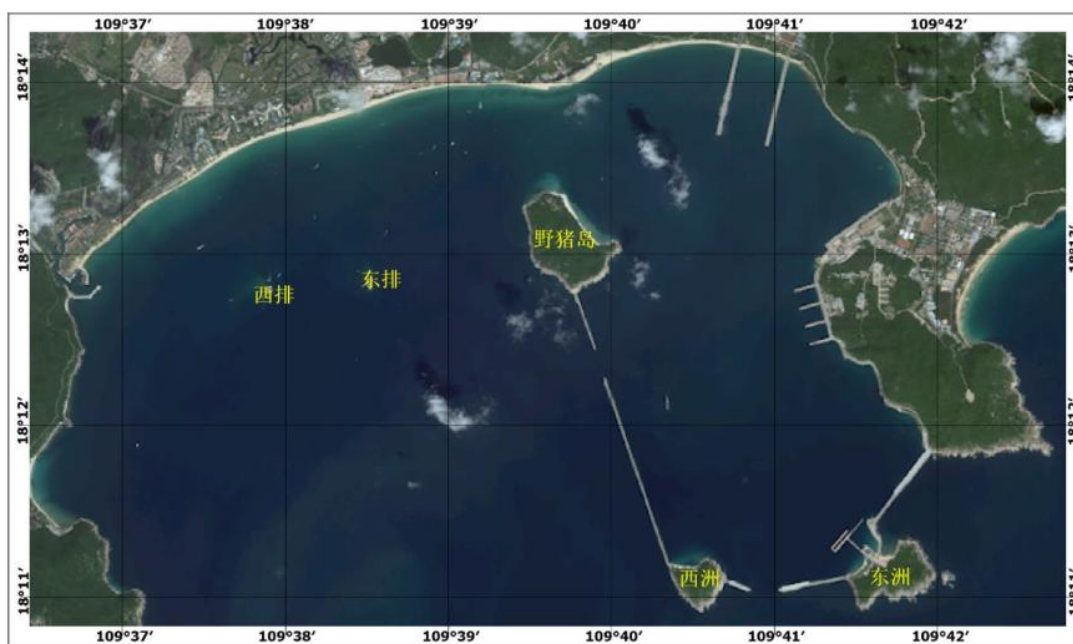


图 3.1.3-1 亚龙湾海域现状图

亚龙湾周边山丘主要由燕山期花岗岩组成的侵蚀剥蚀高丘，高度多在 200-300m 之间，丘顶多高于 300m，丘坡均较陡峻，坡度超过 10°。海域各岛屿为侵蚀剥蚀低丘，高度多在 100m 左右，东洲、西洲和野猪岛最大高程分别约为 104m、104m 和 85m，岛屿和山丘临海处多为陡崖。在海湾西北部青梅河下游为一片高程在 7m 左右的海积平原，有西沙和粘土质粉砂组成，地貌平坦，微向海倾；海湾西北的海积平原和东北的山麓临海地带为沿岸沙堤，各小海湾也有分布，沙堤多呈垄岗状，宽度 100~200m，高度多在 5m 左右，在青梅河口东侧较高，可达 10m 以上。沙堤上有沙丘分布，多为中细砂，局部有粗砂组成；海滩主要分布在沙坝外侧，宽度一般小于 50m，多为粒径 0.5~0.75mm 的中砂，个别部位有粗砂，分选好，石英砂和珊瑚砂为主要组分，含量达 90%以上。

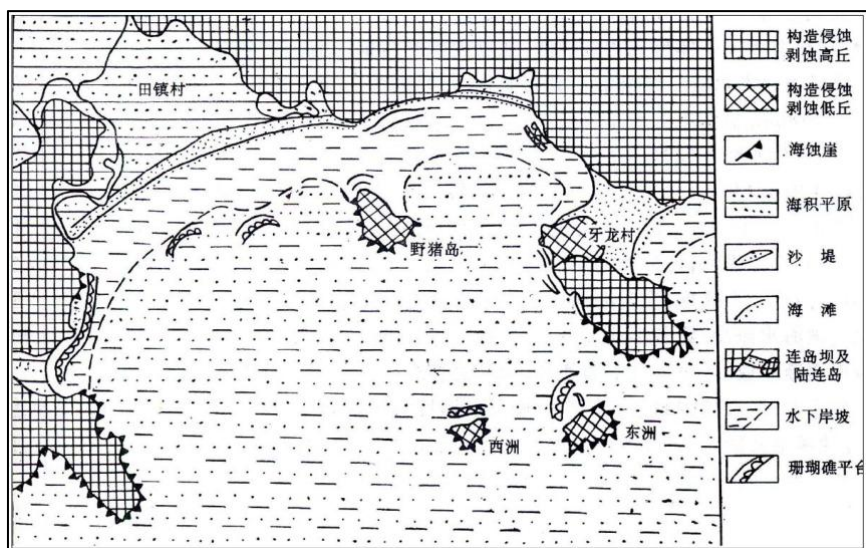


图 3.1.3-2 亚龙湾地貌图

亚龙湾海岸近岸沙坝较高，最大高程在 8m 以上，海湾西部湾顶处有青梅河入海，沙滩主要在矩形海湾的北侧相对平直的岸线连续分布。沙滩粒径相对较细，整体以中值粒径 0.3mm 左右的中细沙为主。在亚龙湾沿岸分布的沙坝中，西部沙坝较高，最大高程可达 10m 左右，向东逐渐降低。在亚龙湾西段靠近青梅港附近，沙坝前沿海滩岩发育，海滩岩前沿有高约 2m 的陡坎，海滩岩分布长度约 1.2km。沙坝至前沿至海滩岩部位有少量沙滩分布。海滩岩相对较平，宽度在 35m 左右。海滩岩前沿陡坎外侧的水下岸坡，坡度较为平缓，坡度在 1.3% 左右；

亚龙湾中段，陆侧沙坝高程较低，一般在 5~6m，沙坝前沿沙滩发育完整，宽度可达 20~40m。至-2m 水深以外，水下岸坡平缓，平均坡度 1.3%。

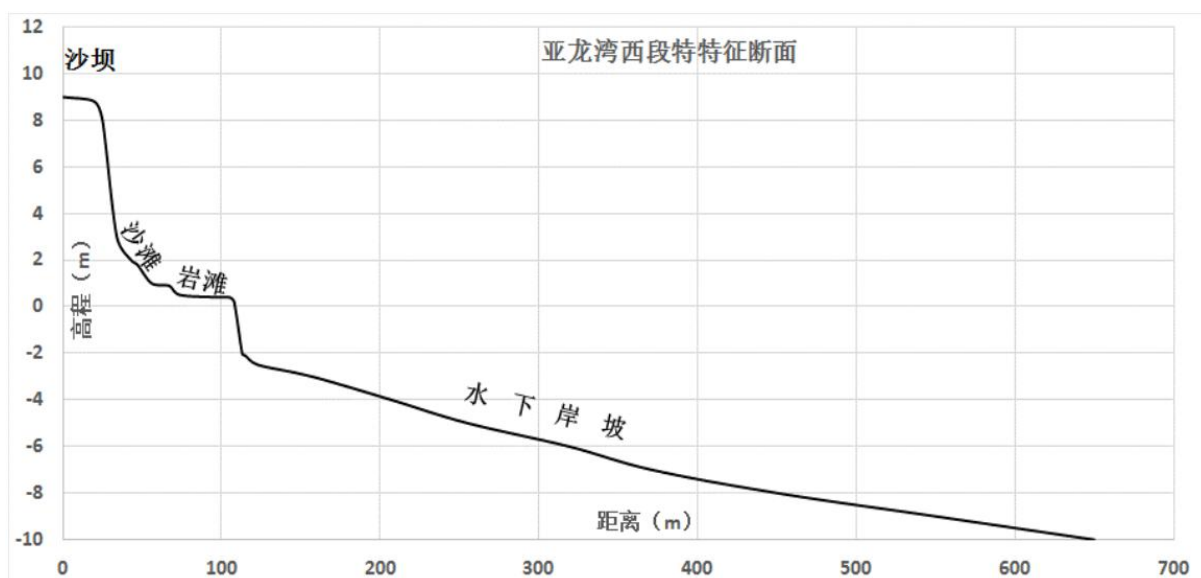


图 3.1.3-3 亚龙湾西段岸滩地形特征（图中高程基准为 1985 国家高程基准）

2、工程泥沙

(1) 底质分布

亚龙湾海域沉积物主要有细砂、粉砂质砂、粘土粉砂质砂等。其中细砂主要分布在海滩及 10m 水深线以内海区，中值粒径在 0.1-0.5mm 左右，在海滩沙中憨厚少量中粗砂；粉砂质砂主要分布在 20m 等深线附近海域，主要物质成分为西沙，其次为粉砂并含少量粘土；粘土质粉砂主要分布在 20m 等深线以外的深水区，在亚龙湾西北角和东北角附近局部也有分布。这种底质粘土含量可达 24~26%，中值粒径 0.04mm 左右；在岛屿及基岩岸线附近偶有砾砂分布（图 3.1.3-4）。

根据亚龙湾西部-10m 水深水深线以内海区及亚龙湾西段沙滩的底质样品颗粒分析结果。亚龙湾海滩沙自东向西分布较为均匀，海滩沙中值粒径介于 0.25-0.45 之间，沿途未有明显的趋势性分布特征；工程区附近海床以中细沙为主，仅深水区个别沉积物有粘土组分。海床泥沙中值粒径介于 0.14-0.81mm，其中靠近西侧岩壁附近相对较粗，多为含砾砂，中值粒径多大于 0.5mm，其余区域有自岸向海逐渐变细的趋势，与亚龙湾海域整体的底质分布特征一致。

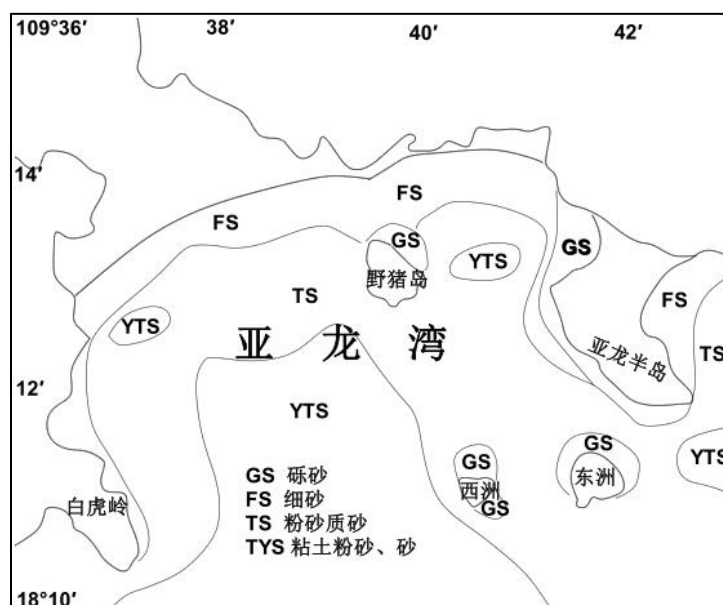


图 3.1.3-4 亚龙湾沉积物类型分布

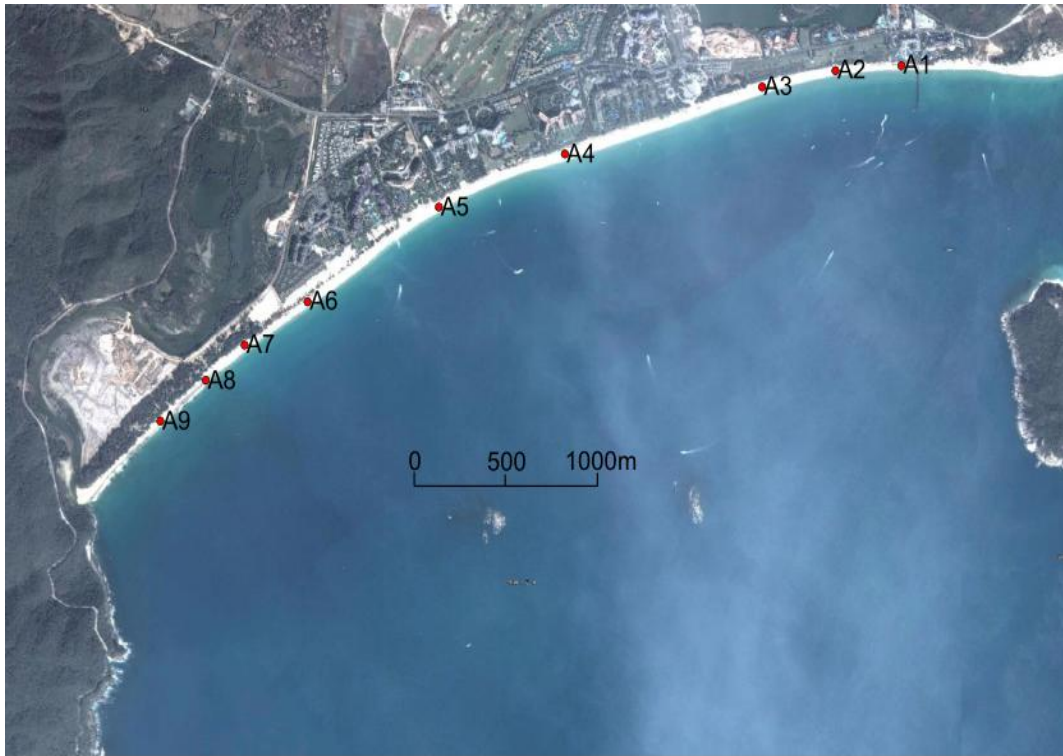


图 3.1.3-5 亚龙湾岸滩沉积物采样点位置示意图

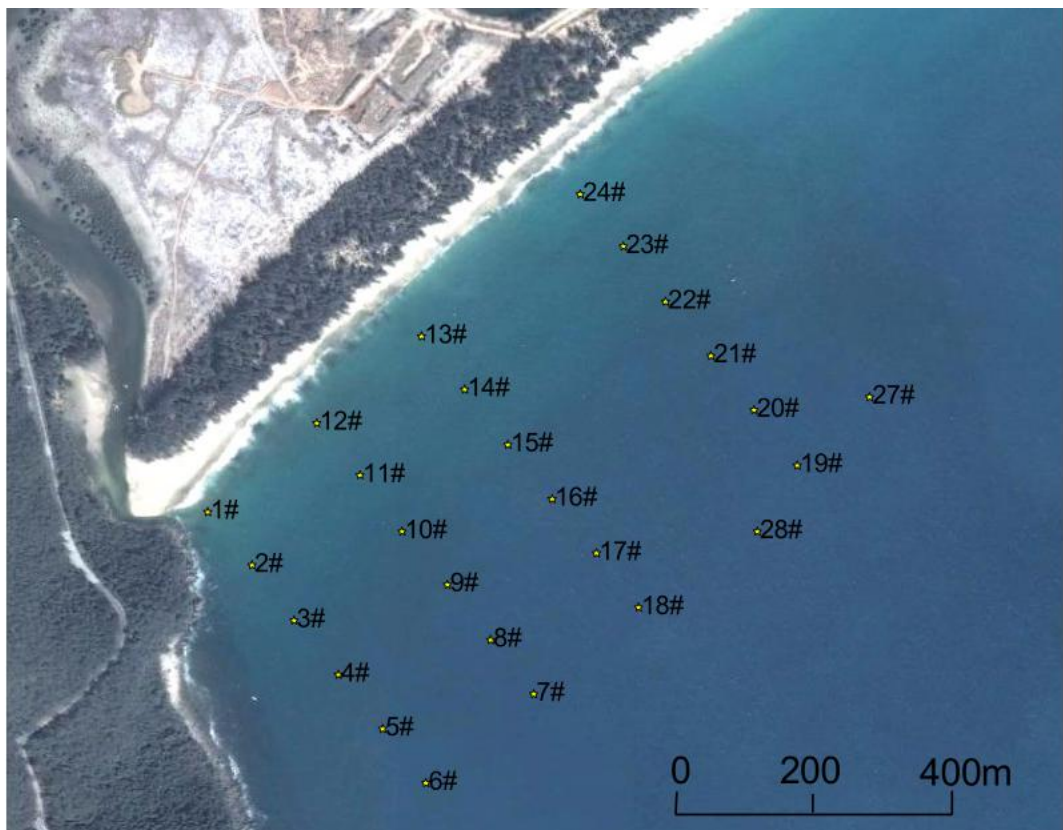


图 3.1.3-6 亚龙湾西北部海床沉积物采样点位置示意图

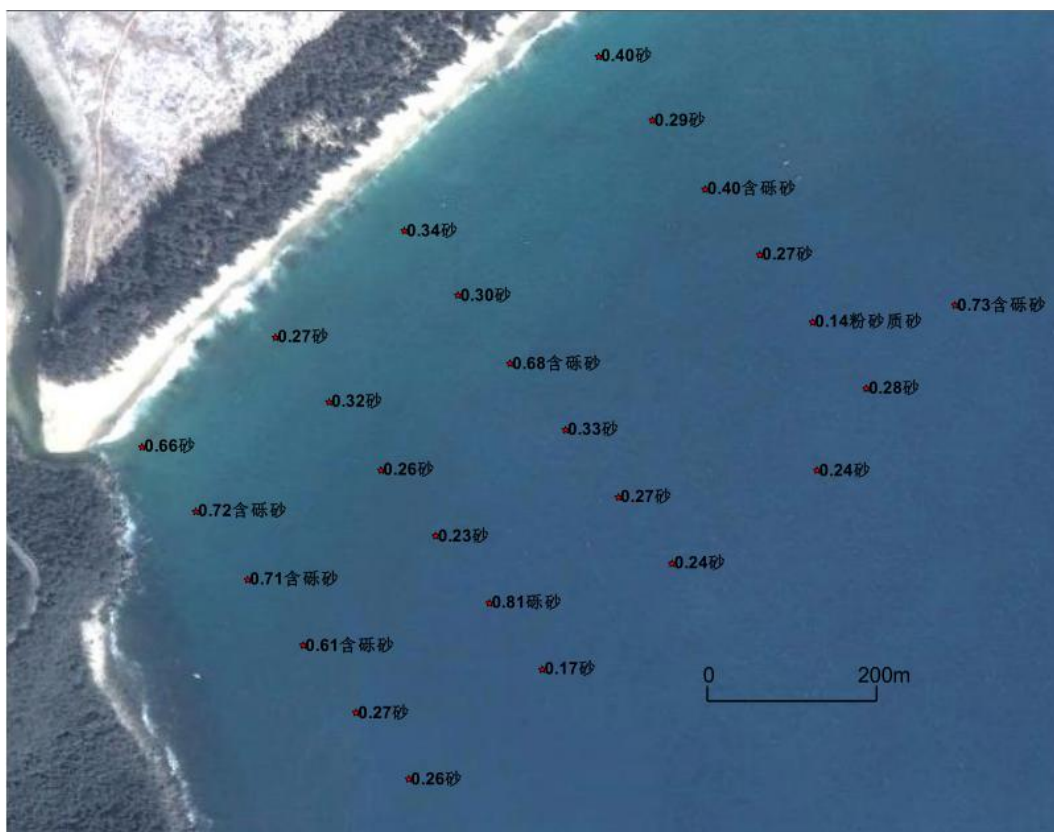


图 3.1.3-7 工程区海域底质类型及中值粒径分布

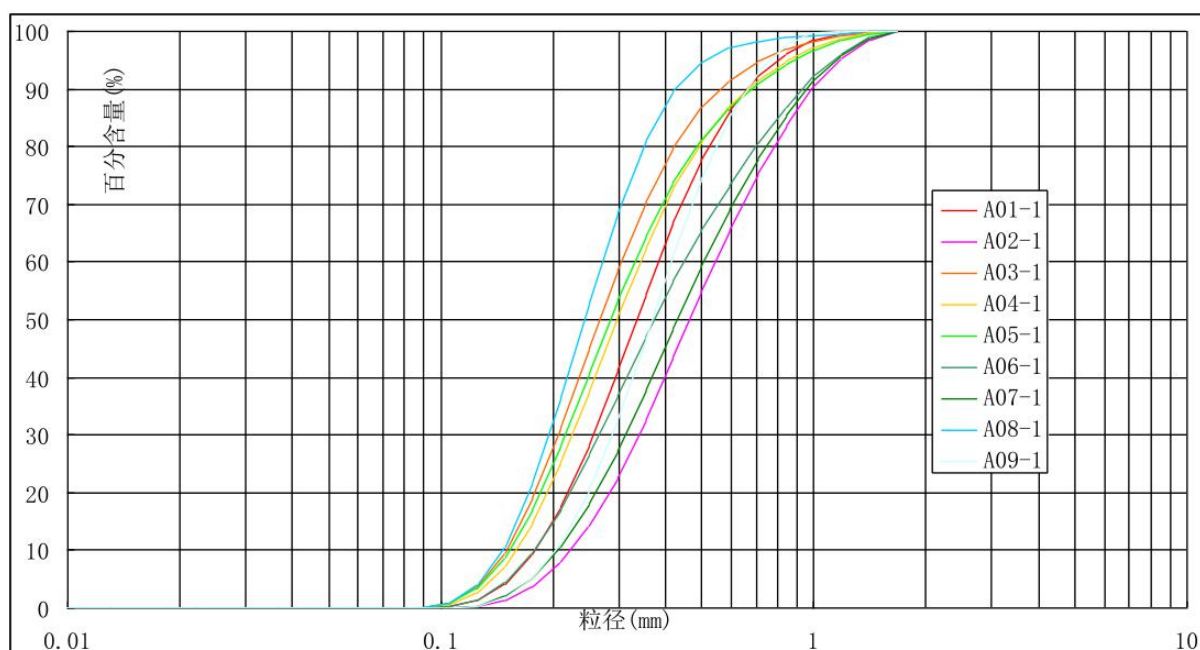


图 3.1.3-8 亚龙湾岸滩沉积物粒径累积频率曲线

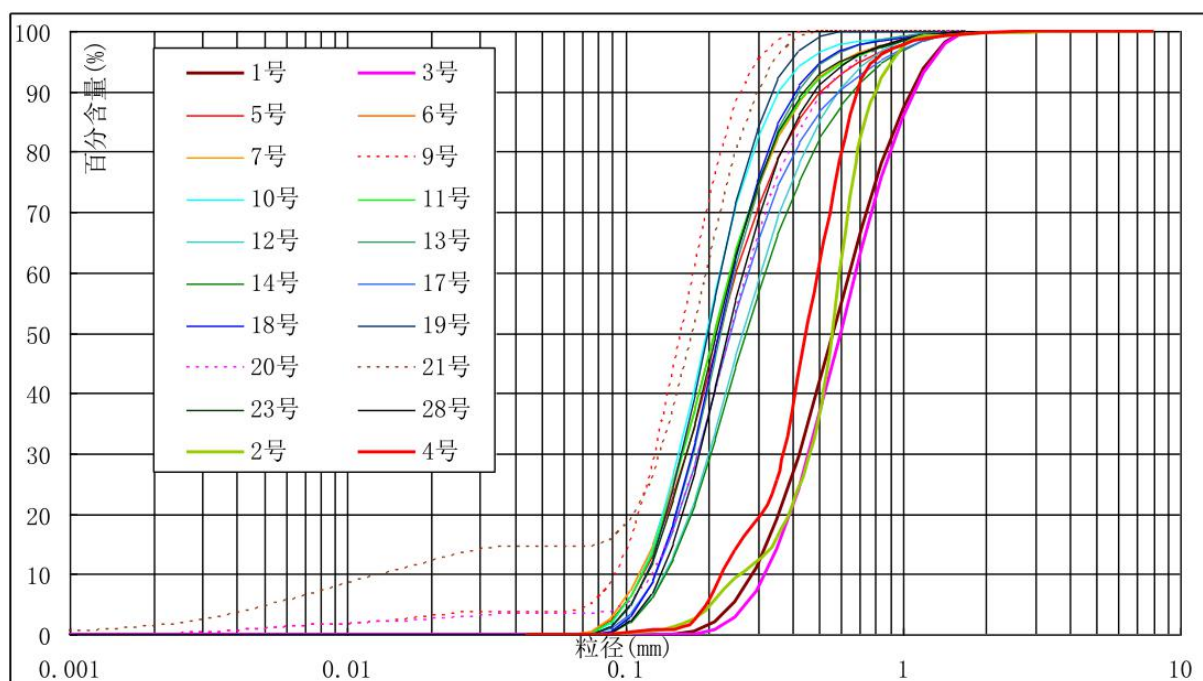


图 3.1.3-9 工程区附近海床典型沉积物粒径累积频率曲线

(2) 悬沙

亚龙湾处于海南岛南端，周边无大河入海，近岸底质以中细砂为主，海水整体较为清澈。受降水影响下的陆域泥沙影响，含沙量随季度变化相对较大，以秋季含沙量最高，湾内平均可达 0.020kg/m^3 ；夏季次之，为 0.018kg/m^3 ，春季为 0.009kg/m^3 ，冬季最低，为 0.007kg/m^3 。

2010 年 12 月 5 日在工程区海域 28 个底质采样点处的采集了表层海水样，现场最大波高约 1m，采样区内表层水体的最大含沙量约为 0.0089kg/m^3 ，最小含沙量 0.0013kg/m^3 ，表层水体的平均含沙量约为 0.0034kg/m^3 。总体含沙量较小，均小于 0.01kg/m^3 。其中，靠近河口附近和近岸浅水区含沙量略大，离岸深水区一般均小于 0.005kg/m^3 。同时，根据 2010 年 12 月 5 日期中一个测点连续 25 小时的逐时表层水体含沙量采样分析结果，表层水体含沙量变化范围在 $1.0035\text{--}0.0056\text{kg/m}^3$ 之间，且未表现出随涨落潮的明显波动。

(3) 泥沙来源

亚龙湾泥沙来源主要有河流输沙、海岸侵蚀供沙及生物残体碎屑。

1) 河流供沙

亚龙湾无大型河流入海，近海湾西北部工程区附近有青梅河入海，但该河长度不足 10km，流域面积数十平方公里，供沙较为有限。河口附近也未因河流供沙形成明显的堆积体。

瑞吉酒店游艇港池和航道开发前，尽管青梅河流域面积较小，河口附近多有红树林

生长，但局部河床滩地分布较多，洪水季节河床沙具有随洪水入海的条件。航道及防波堤工程建设后，入海泥沙进一步减少，特别是粗颗粒泥沙不再能够形成对海滩的有效供给。

2) 海岸侵蚀供沙亚龙湾两侧均为基岩海岸，湾内及湾口也有基岩岛礁分布，海洋动力的常年作用使海岸侵蚀后退，产生一部分泥沙供给海湾，但数量不多。

3) 生物残体碎屑

亚龙湾海岸的生物残体碎屑主要指珊瑚的残体与碎屑。本湾中珊瑚生长面积较大，生长岸线长达 9.7km。珊瑚残体及碎屑成为本区泥沙的重要来源之一，沉积物中含有大量生物碎屑或某些岸段主要由珊瑚砂构成便是重要证据。其中近岸海滩砂中生物碎屑的比重平均可达 27%，海域沉积物中生物碎屑比重平均可达 53%左右。

3、岸滩演变

(1) 岸线演变

1962 年至 2004 年间，亚龙湾岸线整体较为稳定，没有明显的冲淤变化，岸线冲淤变化主要发生在 2004 年以后（图 4.1.3-10），表现出东排和西排掩护区东移，野猪岛掩护区东移，形成东西两段西冲东淤的态势，即西排和东排掩护区西侧冲刷东侧淤积，野猪岛掩护区西侧冲刷东侧淤积。具体冲淤表现为：①西段瑞吉青梅河口至喜来登酒店长约 2.6km 岸段冲刷，最大冲刷在丽思酒店附近，冲刷后退约 80m，形成高 4m 左右的陡坎，海滩岩大范围出露；②海湾岸线中部喜来登酒店至爱琴海 2.2km 稳定或微淤，其中红树林酒店至中心广场附近长约 1km 岸段为淤积明显，最大淤积在天域酒店附近达 40m 左右；③东段冲刷主要在海底世界和假日酒店附近（野猪岛掩护区西侧），冲刷岸线长约 1.3km，最大后退约 60m；④假日酒店以东的部队区域（野猪岛掩护区东侧的港内区域）淤积明显，最大向海淤积 120m，淤积岸段长约 2.2km。

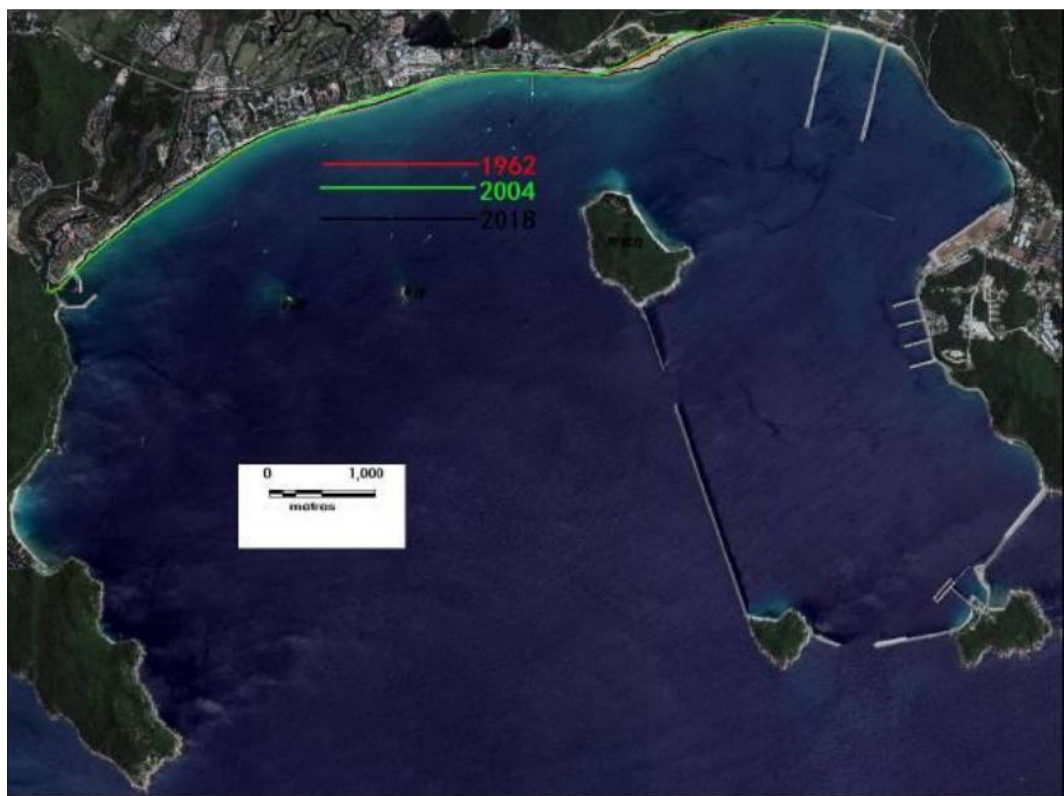


图 3.1.3-10 1962 年至 2018 年亚龙湾砂质海岸整体冲淤变化（底图为 2018 年卫星影像）

（2）断面变化特征

1）瑞吉酒店附近

亚龙湾西段的冲刷岸段从瑞吉酒店起向东直至希尔顿酒店附近。其中在瑞吉酒店岸段已有海滩岩出露，为典型的海滩岩掩护下的岸滩冲淤发展过程。

根据瑞吉酒店建设前 2009 和 2010 年地形及瑞吉酒店建设后的 2019 年实测地形图读取的断面对比（断面位置见图 3.1.3-11），由于受到海滩岩掩护，瑞吉酒店附近断面变化主要表现为工程建设的直接影响，即航道开挖和防波堤建设造成的地形起伏变化（图 3.1.3-12）。防波堤东侧约 200m 和 400m 的 3#和 4#断面变化相对较小。其中 3#断面位于瑞吉酒店去除海滩岩形成沙滩浴场的位置，主要变化表现在因海滩岩去除和沙滩建设形成的海滩岩附近局部地形变化，在-2m 区域以外没有明显冲淤变化；4#断面的变化类似，近在海滩岩上部沙坝后退约 7m，因沙坝后退塌落的泥沙基本堆积在海滩岩上部，泥沙净流失相对较小。可见，在海滩岩出露宽度达 30~40m 的瑞吉酒店岸段，尽管在动力环境上处于冲刷状态，但受海滩岩掩护，沙坝和岸滩冲刷后退幅度较为有限。

2）丽思卡尔顿酒店附近

丽思卡尔顿酒店附近是亚龙湾西段冲刷的主要分布区段，近年来沙坝严重后退，大

量泥沙流失。根据该酒店附近 2010 年实测的 5 条固定断面及 2019 年实测地形读取的断面对比，该岸段的冲淤整体表现为自酒店西侧 A#断面起向东逐渐减缓的趋势，断面上的冲刷范围主要集中在-2.5m 以浅区域，-2.5m 以深变化很小。在丽思酒店西侧的 A#断面，沙坝在 9 年间整体后退超过 40m，单位岸滩泥沙流失量近 400 方/米，-2.5m 以上整体冲刷。向的 B、C、D、E 断面冲刷形态类似，但沙坝后退幅度向东逐渐减小至 20m 左右，单宽流失泥沙量约为 200 方/米。整体而言，2010 年以来的泥沙流失主要集中在原海滩岩出露部位至希尔顿酒店长约 1.2km 岸段，以丽思酒店所在的约 500m 岸段最为严重。9 年间共流失泥沙量在 23 万方左右，年平均月约 2 万方。沙坝没后退 1m，每延米岸线长度泥沙流失约 10 立方米。

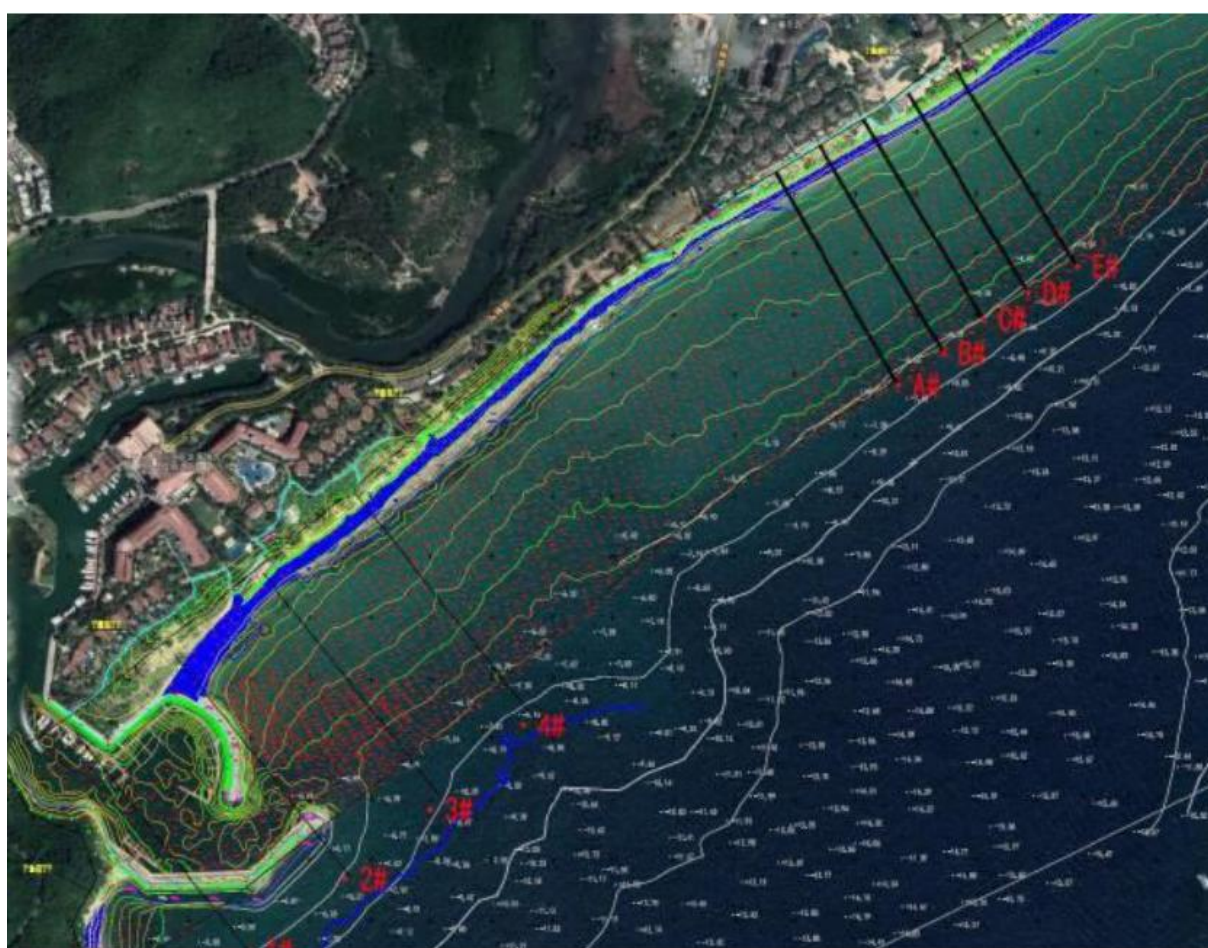
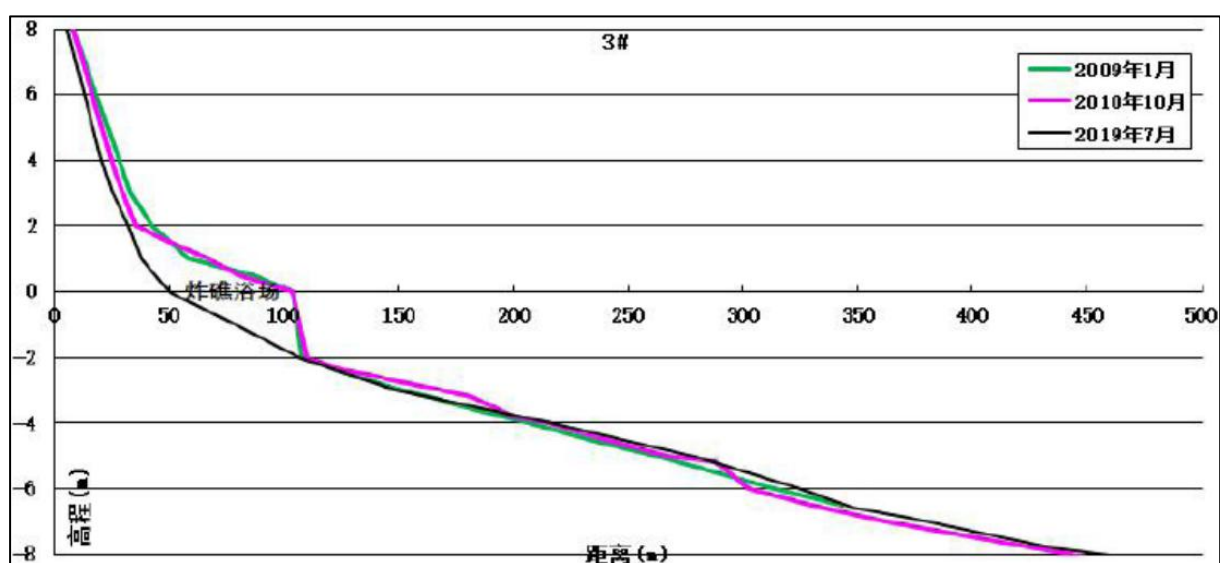
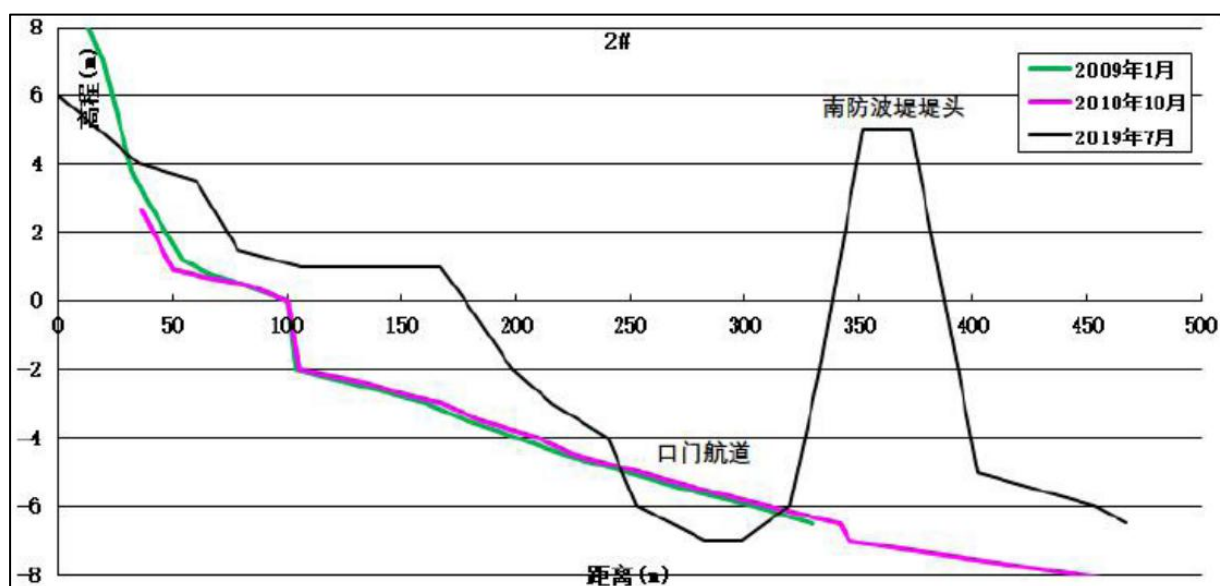
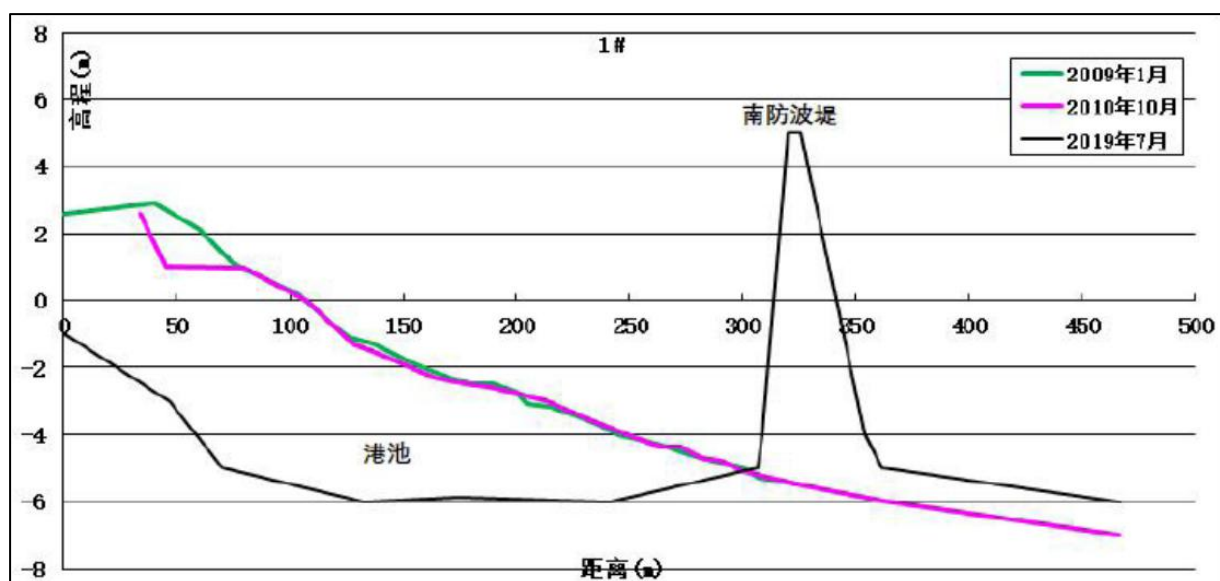


图 3.1.3-11 断面位置示意图



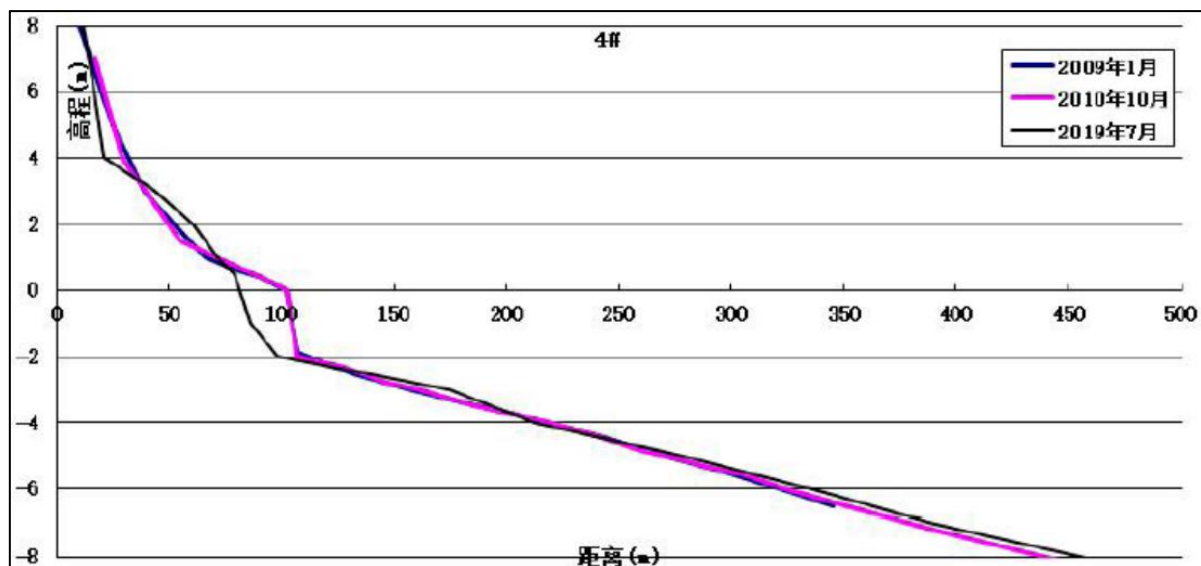
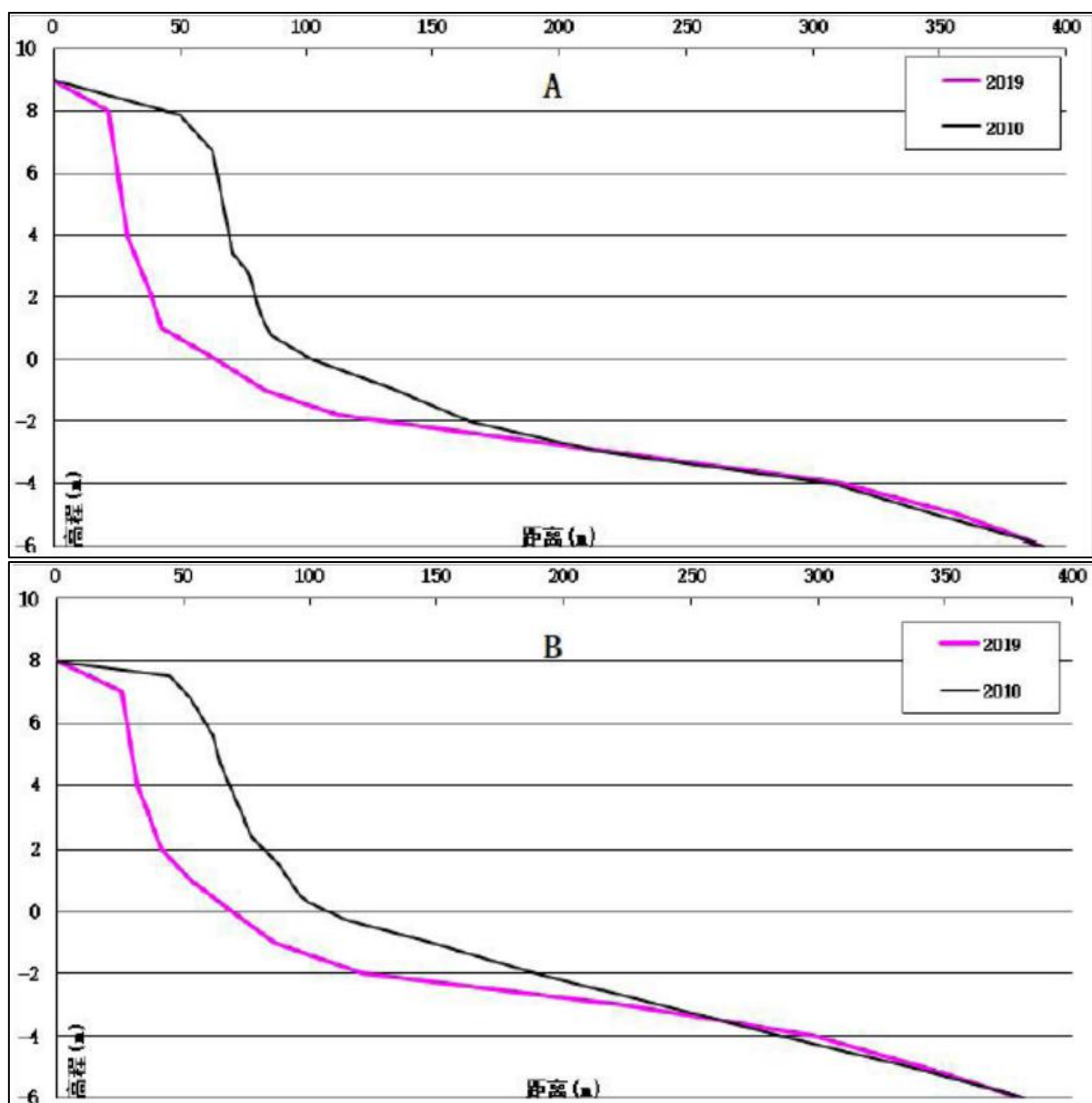


图 3.1.3-12 瑞吉酒店附近断面变化



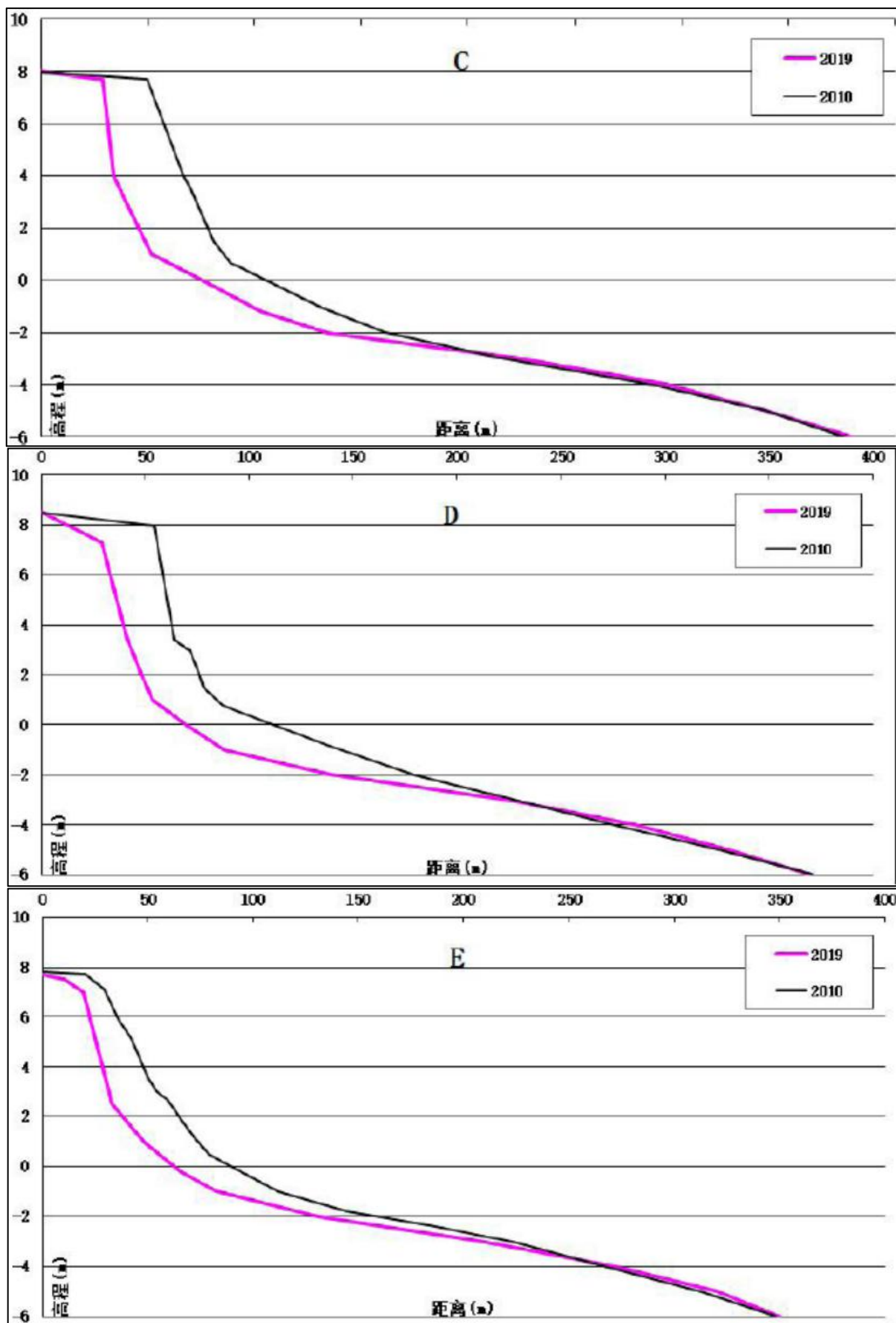


图 3.1.3-13 丽思卡尔顿酒店附近断面变化

(3) 沿岸输沙

根据《亚龙湾西段人工补沙工程项目动力泥沙分析与工程方案物理模型试验研究》，对于亚龙湾近东西走向的岸线和破波带等深线，集中在南偏东向的主波向与岸线和等深线近垂直分布，波峰线与岸线夹角较小，各向沿岸输沙量均相对较小。其中 CERC 公式计算结果是自西向东和自东向西的最大沿岸输沙能力分别约为 3.5 万 m^3/a 和 2.1 万 m^3/a ，净输沙方向为自西向东，最大净输沙能力为 1.4 万 m^3/a ；我国海港水文规范公式计算结果是自西向东和自东向西的最大沿岸输沙量能力分别为 2.1 万 m^3/a 和 1.2 万 m^3/a ，净输沙方向为自西向东，净输沙能力为 0.9 万 m^3/a 。因波浪条件、岸线走向和泥沙粒径在沿岸方向上存在较大差异，沿岸输沙能力在不同岸段也有不同这也是形成沿岸不同岸段冲淤不平衡的主要因素。沿岸自西向东、自东向西以及净输沙能力的分布情况见图 3.2-19。沿岸净输沙西段大于东段的状况，与海岸目前的自然冲淤格局一致。在净输沙能力递减区，供砂量大于输沙量，表现为冲刷；在净输沙能力递区，泥沙输入量小于输出量，表现为净冲刷。

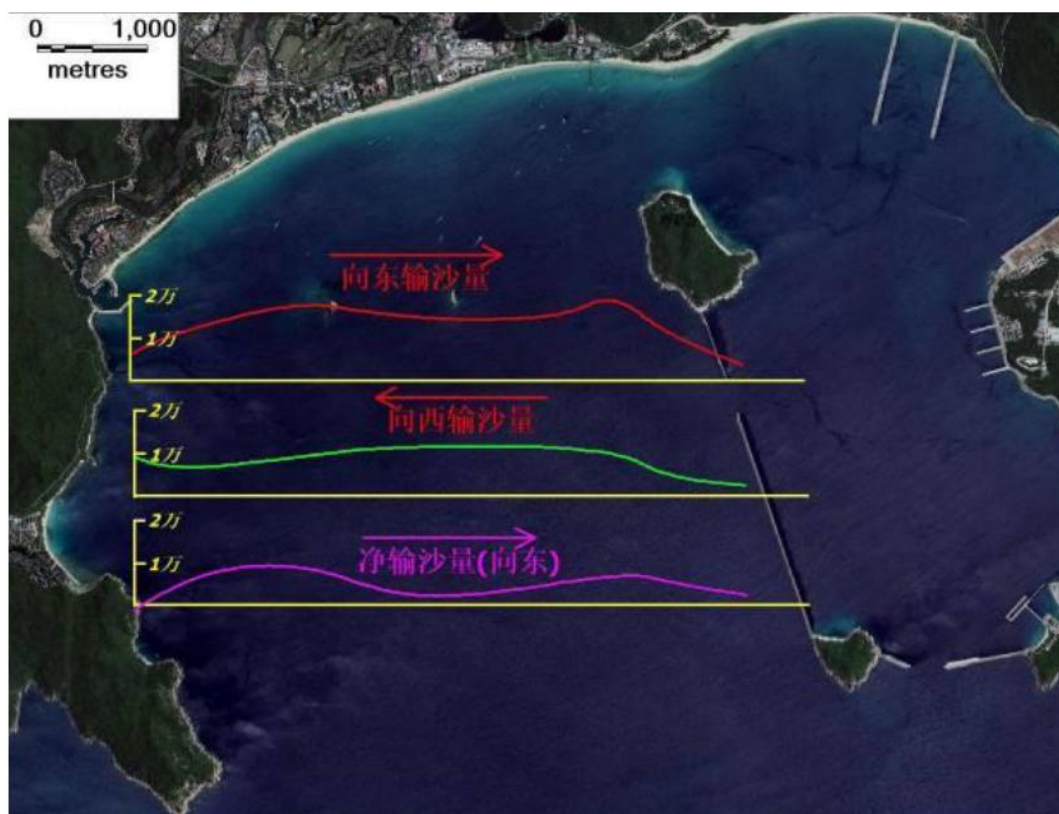


图 3.1.3-14 沿岸输沙量计算结果

(4) 岸滩演变分析

动力条件变化包括自然因素和人为因素。自然因素包括全球海平面变化和台风作用

频率增加等普遍性因素。人为因素主要为涉水工程建筑物引起的水动力改变。就本海岸而言，工程建设引起的波浪场改变是主要的人为因素方面。其改变包括直接改变工程附近的波浪条件以及对波浪传播的“下游”区域的波浪场影响。

近年来，亚龙湾附近的工程建设主要包括野猪岛-西洲-东洲-亚龙半岛之间的防波堤，为岸外工程。近岸的涉水工程主要包括瑞吉酒店港池、航道和防波堤，以及海底世界码头。从波浪影响角度，瑞吉酒店位于亚龙湾西北角，为波浪传播的最“下游”，工程规模为 200m 至 300m 的防波堤，港池和航道开挖主要在防波堤及河口以内。因工程处于波浪传播的最末端，且规模有限，对波浪场的改变应仅限于工程局部范围，波浪数学模型计算也显示，瑞吉酒店防波堤附近未有明显的改变。海底世界码头位于野猪岛陆侧，长约 200m，垂直岸线布置。因码头和栈桥均为透空式高桩结构，不构成对波浪动力的明显影响，且规模较小，其陆侧也未因拦截泥沙和波浪掩护形成局部淤积。

2003 年至 2004 年，亚龙湾东部亚龙半岛、东洲、西洲和野猪岛之间新建了防波工程，东部成为独立的有掩护港域，波浪有效作用的海湾由纵深约 6km、宽度约 8km 的近矩形海湾缩小至纵深基本不变宽度由 8km 左右减小至 5km 左右，面积缩小了约 16km²。在此背景下，缩小后的海湾在新的动力条件下势必发生一定的岸线调整，以适应新的动力环境。

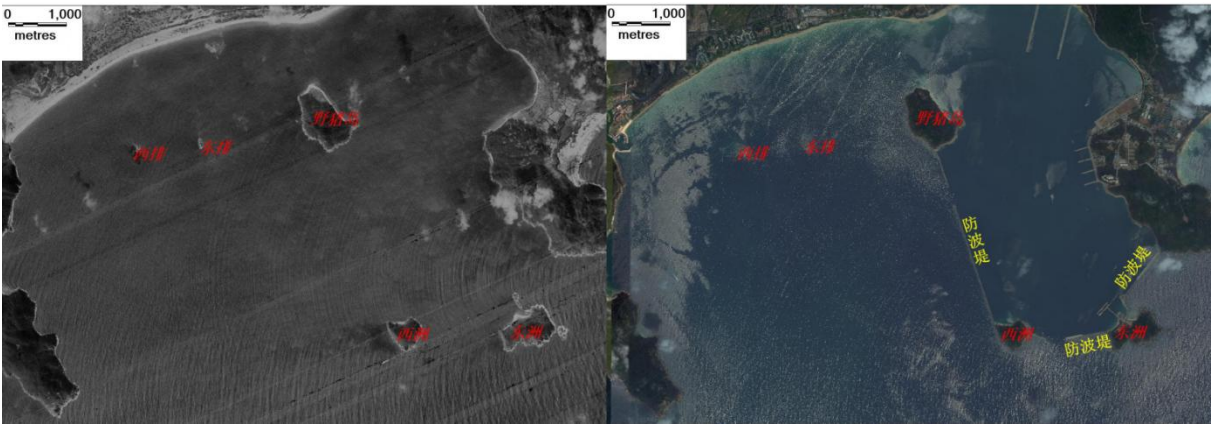


图 3.1.3-15 亚龙湾东部防波堤建设前后卫星图片

从波浪动力条件角度，原本可通过几个岛屿及亚龙半岛之间的海峡通道传播进入海湾的波浪不复存在，海湾东部港域长期平静，野猪岛以西海岸失去了来自几个海峡传播的波浪动力（图 2-30）不同方向波浪作用的频率发生改变，波能平均的主波向也有改变，势必导致岸线的冲淤调整。

根据实测资料，三亚海域主浪向为 SE~S 向，占比可达约 80%（崖州湾）和 90%

（三亚湾东岛）。波浪数学模型计算显示，就海湾内波浪而言，偏西南向浪主要受控于海湾的西岬角，偏东南向波浪主要受控与海湾的东岬角。亚龙湾的西岬角为白虎岭头部，长期保持不变。东南岬角在防波堤建设前为亚龙湾半岛头部（亚龙角），防波堤工程建设后，东岬角西移约 3km 至西洲位置，口门缩小，对偏东南向波浪形成更好的掩护。因此，对于海湾内部而言，偏东南向波浪作用减少，波能平均主波向由偏 SE 向（方位角 145°）逆时针偏转约 15°至 SSE 向（方位角 160°）。

在主波向（平均代表波向）逆时针偏转背景下，自西向东的沿岸输砂增强，整体大于自东向西的沿岸输砂量，形成自西向东的净输砂，成为岸滩整体西冲东淤的背景。

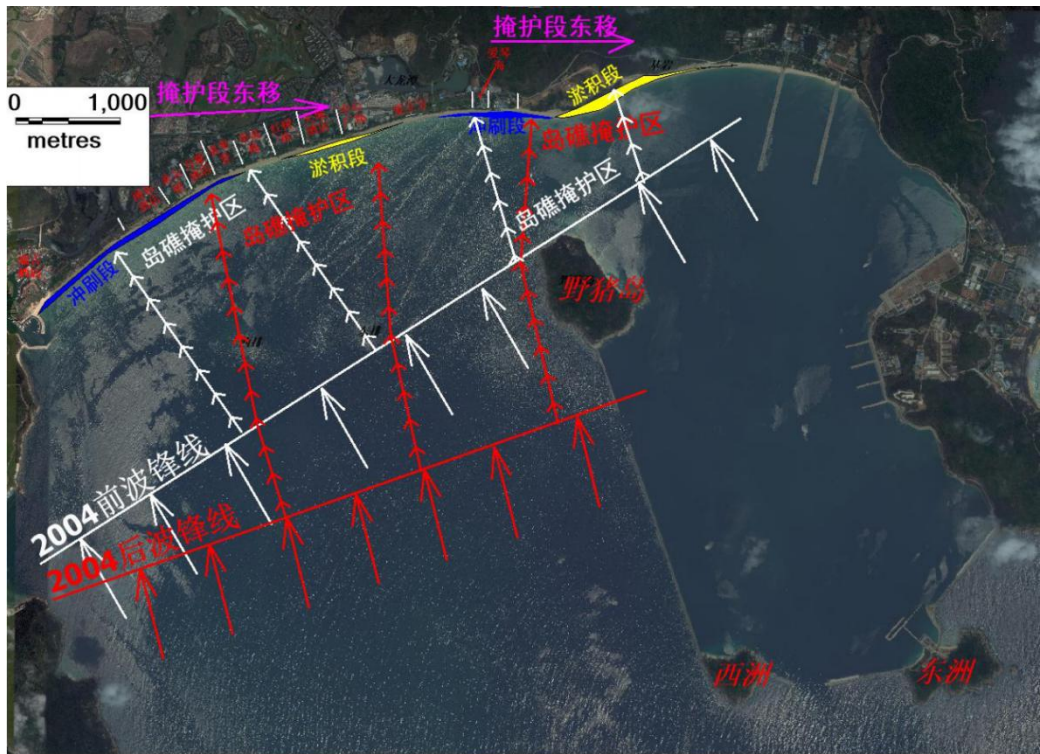


图 3.1.3-16 亚龙湾东部防波堤建设前后主波向变化与岸滩冲淤关系示意图

此外，在沿岸净输砂方向背景下，西侧冲刷出露海滩岩，对后方沙坝形成掩护，海滩岩出露区的岸滩和沙坝冲刷减缓，向海滩补充泥沙减少，也造成海滩岩出露岸段以东区段因得不到充足的泥沙供给而出现冲刷。瑞吉酒店防波堤和港池航道建成后，也减少了陆源泥沙对本岸段的补给，虽陆源泥沙来源量不大，但客观上也存在因泥沙来源减少而加速了西段岸滩的冲刷。

亚龙湾西段沙坝高程多在 8~10m，就波浪作用而言，在极端高潮位（2.22m）情况下，叠加滩前 0m 附近极限波高（1.5m）爬高约 3m，波浪直接作用的范围不超过 5.2m。因此，沙坝的冲刷后退主要是沙坝底部受波浪淘刷后形成的坍塌现象，沙坝上部的泥沙

并非因波浪直接作用下的流失，这也是大潮高潮期沙坝淘刷坍塌严重的原因（如下图所示）。



图 3.1.3-17 高潮大浪过后丽思酒店前沿沙坝的坍塌现象

亚龙湾西段的岸滩冲刷原因有三，一是亚龙湾东南部防波堤工程建设以来自东南向的波浪作用减少，偏南和偏西向波浪作用频率相对增多，形成自西向东的沿岸净输砂，

从而出现亚龙湾西部泥沙向东流失；二是海滩岩掩护下岸滩冲刷减缓，冲刷泥沙向东补给不足，形成海滩岩以东岸段的泥沙来源严重不足；三是高潮大浪阶段沙坝根部的波浪淘刷，造成沙坝上部失稳坍塌，成为沙坝冲刷后退的主要表现。

因波浪作用受水深限制，泥沙流失主要在破波带及其以上不大的冲洗带及沙坝部分，破波带以外泥沙运动并不活跃，冲刷主要发生在约-3m 以浅的区段，深水区冲淤变化很小。

（5）近 2 年岸滩演变情况

依据《亚龙湾西段人工补沙项目岸滩冲淤数学模型研究》（南京水利科学研究院，2021 年 10 月）研究成果：

亚龙湾西段人工补沙工程项目前期研究以 2018 年 6 月实测地形资料为基础开展。之后，受台风浪影响，两年多来岸滩持续冲刷，局部岸段滩面和后方沙坝冲刷后退严重。同时，2021 年青梅港口瑞吉游艇码头防波堤拆除后，航道和港池并未回填，本工程海滩西侧失去了控制边界，可能增大泥沙向港池航道流失。

根据 2018 年 7 月至 2021 年 9 月卫星遥感影响对比，近两年多来岸线整体冲刷后退较为明显，其中主要冲刷后退发生在西部海滩岩分布区移动的岸段，集中在丽思卡尔顿酒店和希尔顿酒店附近，最大冲刷后退幅度约 15m。其他岸段的冲刷也在继续，但幅度略小，一般小于 10m。在海滩岩分布区，受海滩岩保护，海滩和后方沙坝后退幅度相对较小。但在靠近已拆除的瑞吉游艇码头防波堤附近，因失去了防波堤的消浪掩护作用和拦沙作用，拆除约 4 个月来已出现了较为明显的冲刷，局部最大冲刷后退幅度达 20m 左右。

根据 2021 年 10 月实测地形图与 2019 年 6 月实测地形图对比，岸滩冲淤也主要发生在海滩岩分布区以东及丽思卡尔顿酒店以东的岸段。但干滩和水下岸滩同时冲刷的主要在丽思卡尔顿酒店和希尔顿酒店附近。希尔顿酒店以东，虽近岸有所冲刷，但水下部分淤积较为明显，表现为岸滩剖面上的冲淤调整。

在海滩岩掩护区，海滩岩上部冲刷的同时，海滩岩前沿外围的深水区有一定淤积，表现为海滩岩上部的海滩泥沙向海滩岩边缘陡坎外的深水区流失。（图 3.1.3-20 ~图 3.1.3-21）。

就泥沙流失量而言，对比计算表面，从拆除前的瑞吉游艇码头防波堤根部起至本图幅东端长约 3km 的岸段，2019 年 6 月至 2021 年 10 月共 28 个月间，共冲刷流失泥沙约 6.6 万方，每月平均流失泥沙约 2360 方，年平均约 2.8 万方。从泥沙流失量级

看，这一平均值略大于 2008 年至 2018 年间年平均约 2 万方的流失量。

与前期研究相比，岸滩冲刷有进一步向东移动的趋势。同时，瑞吉游艇码头防波堤拆除后，靠近防波堤附近的岸段冲刷有所加强。沙坝位置有所后退，岸滩泥沙减少了约 6.6 万方。

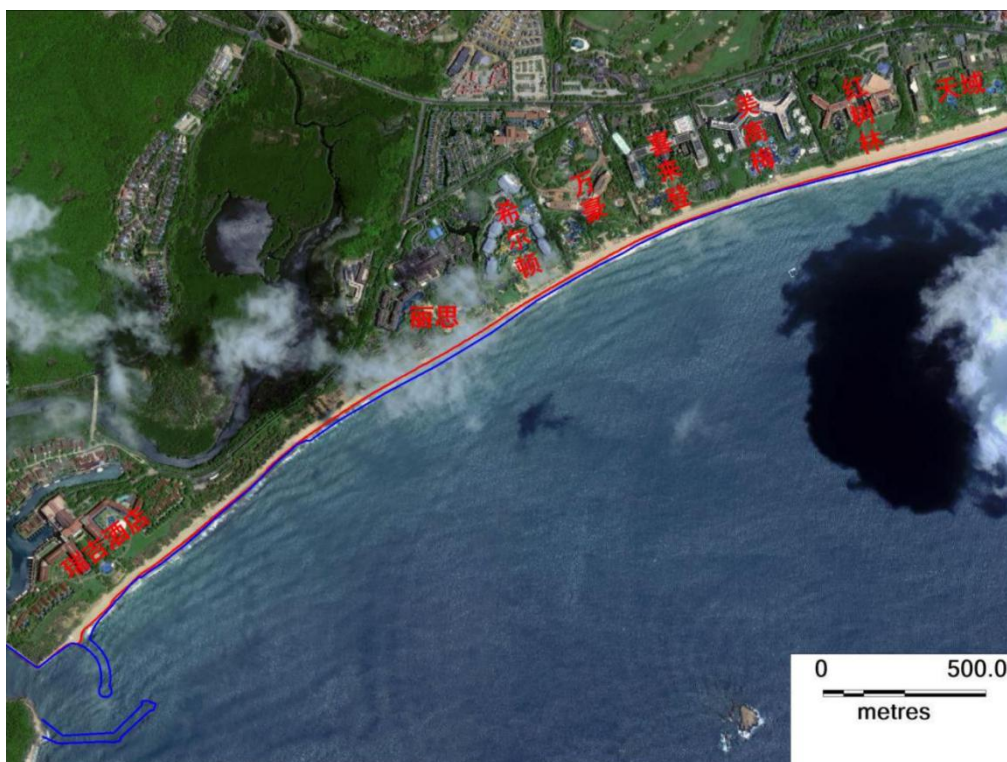


图 3.1.3-18 2019 年 6 月至 2021 年 10 月岸线变化



图 3.1.3-19 瑞吉游艇码头防波堤拆除后岸滩局部冲刷后退出露的碎石

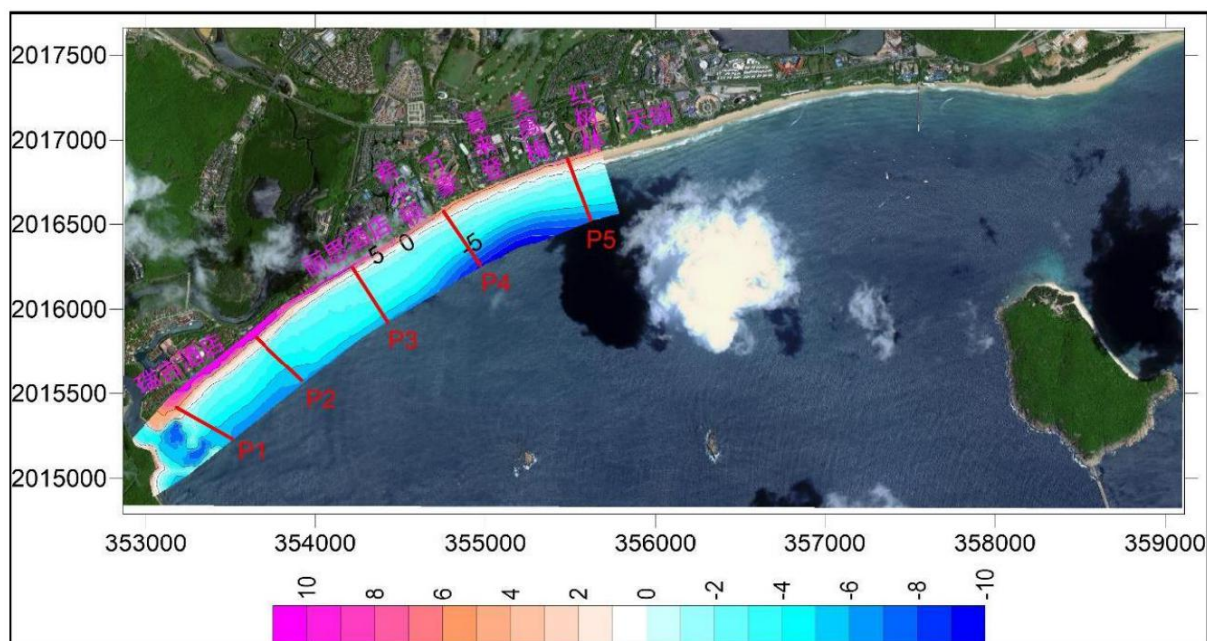


图 3.1.3-20 亚龙湾西段 2021 年 10 月实测水下地形图及断面位置示意图

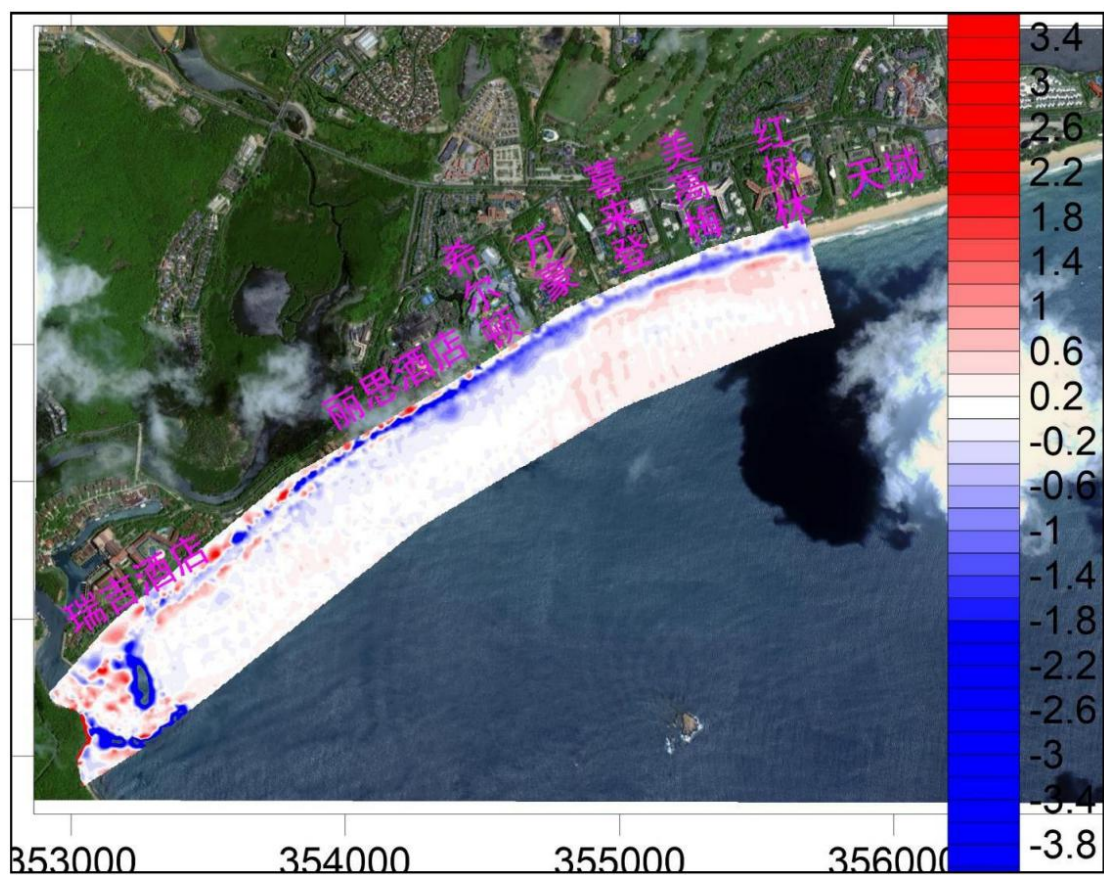


图 3.1.3-21 亚龙湾西段 2019 年 6 月至 2021 年 10 月地形冲淤对比

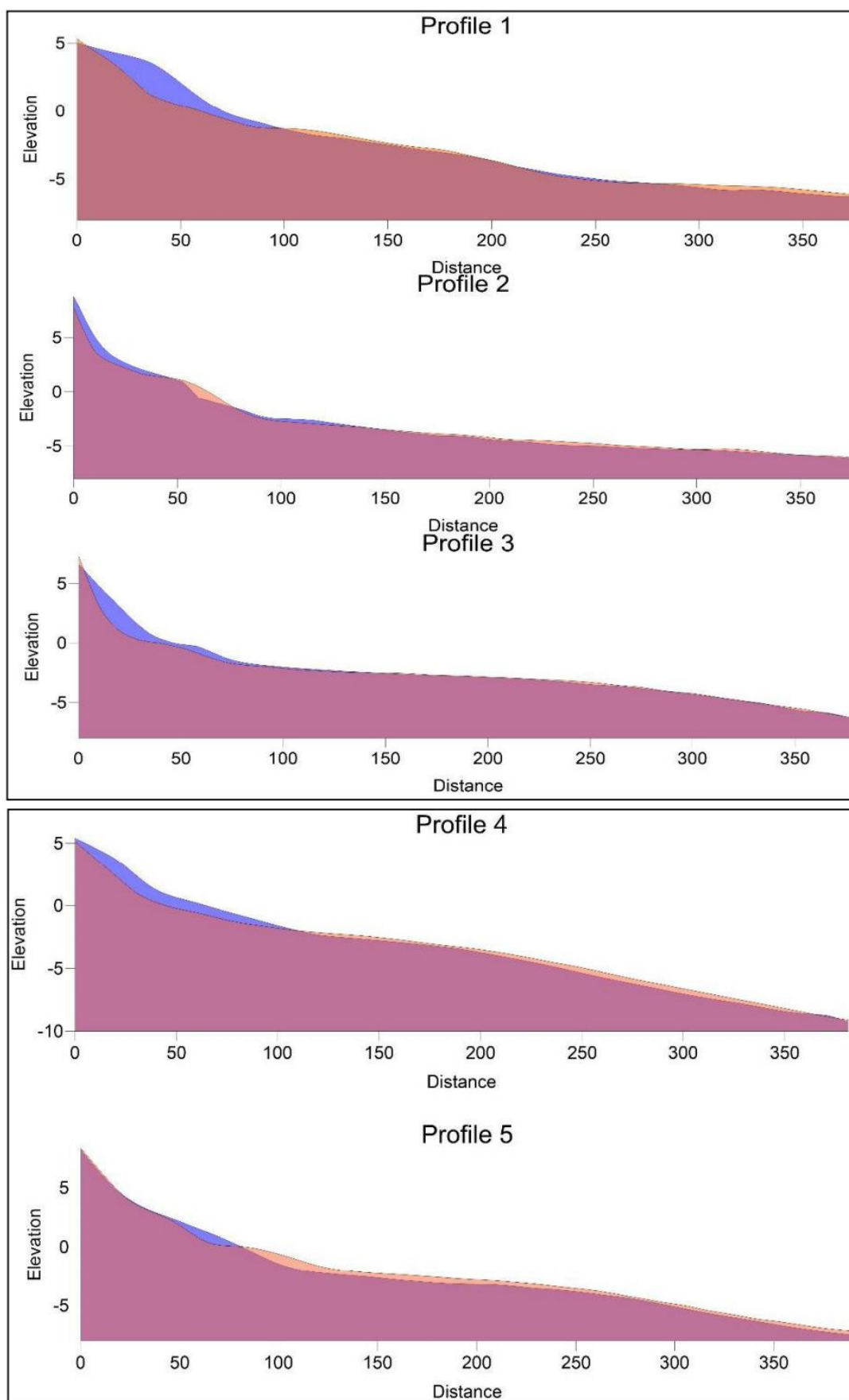


图 3.1.3-22 亚龙湾西段 2019 年 6 月至 2021 年 10 月各断面对比

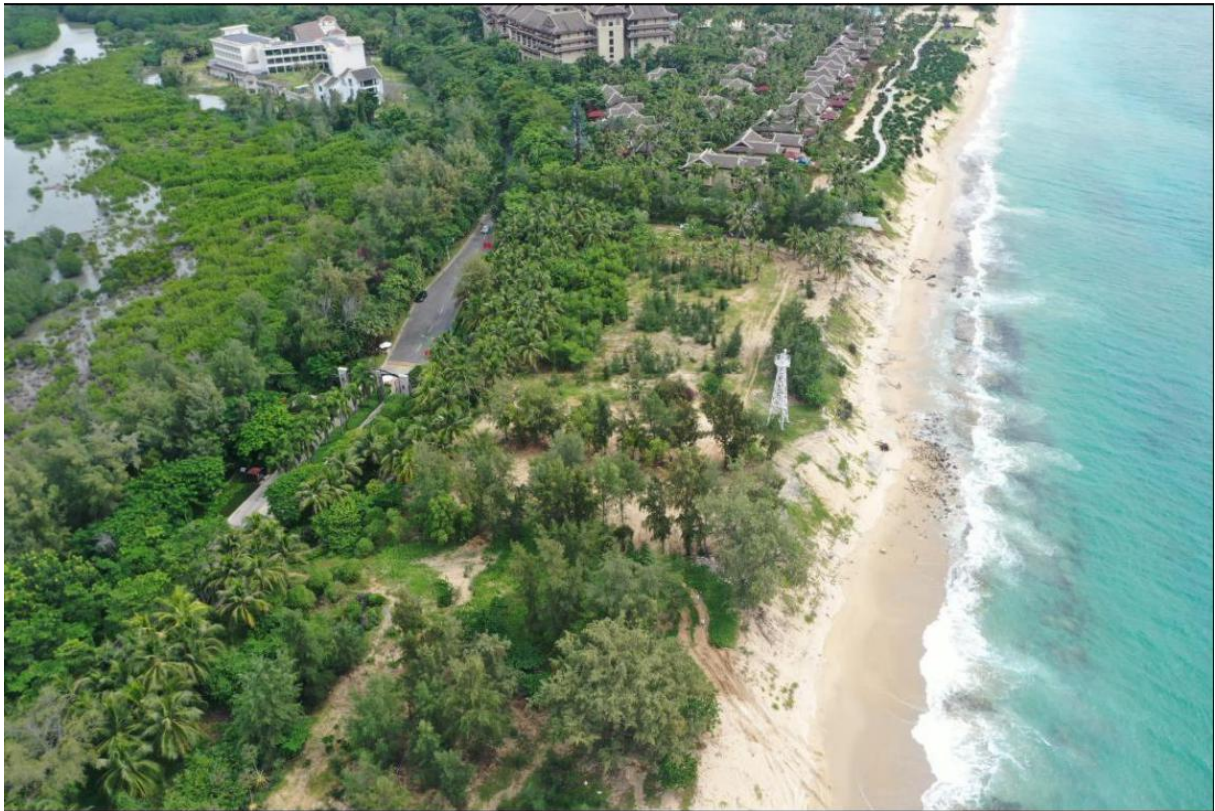


图 3.1.3-23 瑞吉游艇港码头防波堤拆除后附近岸滩冲刷现状

3.1.4 工程地质

依据《亚龙湾西段人工补沙工程勘察报告（施工图阶段）》（三亚水文地质工程地质勘察院，2020 年 3 月），本工程地质情况详述如下。

3.1.4.1 工程区域地质构造概况

三亚地区在区域地质上属于琼南拱断隆起构造区。地质构造以华夏纬向构造体系为格架，由华夏、新华夏等构造系复合形成了本区的特征。新构造运动以不对称的穹状隆起为特点，以间歇性上升为主，局部产生断陷，形成各级夷平面台地等，勘察区为第四系冲洪积层所覆盖本次勘察在第四系地层中未发现断裂活动的痕迹，区域稳定性较好。琼南地区历史上过多次地震，但多为弱震和微震，陆上地震最高震级不超 4.1 级，最大地震烈度不超过 6 度。

3.1.4.2 岩土层分布及工程地质

本次勘察查明，在勘探所达深度内，依据地基土岩性结构与物理力学性质及其差异性，自上而下可分为 3 个工程地质层及 3 个亚层，分述如下：

第①层细砂（Q4m1）：浅黄色、灰白色，饱和，稍密状为主、上部出露地表部分为松散状，颗粒成分为石英质，粉粘粒含量约为 3%~10%，夹有粉砂。该层出露于地表，

整场均有分布，层顶标高-3.43~4.06m，厚度 0.30~12.50m，平均厚度 4.42m。

第①1层海滩岩（Q4ml）：浅黄色、灰色，饱和，主要为细中砂和少量贝壳碎屑胶结而成，泥质胶结，岩芯呈柱状，节长 3-5cm。该层在钻孔 ZK1、ZK2、ZK3、ZK7、ZK9、ZK10 及 JK3 有揭露，层顶埋深 0.30~2.60m，层顶标高-1.12~3.26m，厚度 0.30~2.00m，平均厚度 0.71m。

第②层粉砂（Q4ml）：浅黄色、灰白色，饱和，稍密状为主，局部中密状，颗粒成分为石英质，粉粘粒含量约为 5%~10%，局部夹有粗砂。该层整场均有分布，层顶埋深 4.20~16.40m，层顶标高-16.62~-0.97m，厚度 0.70~15.80m，平均厚度 10.63m。

第②1层淤泥质粉质粘土（Q4ml）：深灰色，软塑状，切面光滑，有光泽，局部夹有粉细砂。该层在钻孔 ZK1、ZK6 有揭露，层顶埋深 9.60~11.80m，层顶标高-13.03~-12.02m，厚度 2.10~4.60m，平均厚度 3.35m。

第③层粉质粘土（Q4m）：灰黄色、灰色，可塑状，切面稍光滑，稍有光泽，夹有粗砾砂。该层除 ZK1、ZK2、ZK6 及 ZK9 有揭露，层顶标高-17.32~-11.22m，埋深 10.60~17.10m，厚度 0.50~9.40m，平均厚度 4.47m。

第③1层砾砂（Q4m）：浅黄色，饱和，中密状，颗粒成分为石英质，亚圆形，粉粘粒含量约为 10%~15%。该层在 ZK1、ZK6 钻孔有揭露，层顶标高-22.03~-17.82m，埋深 17.60~18.60m，厚度 1.40~2.40m，平均厚度 1.90m。

第③2层细砂（Q4m）：灰黄色，饱和，中密状，颗粒成分为石英质，粉粘粒含量约为 10%-15%，夹有粉砂。该层在 LK1、SK3 钻孔有揭露，层顶标高-15.94~-14.77m，埋深 12.50~12.90m，厚度 2.30~2.70m，平均厚度 2.50m。

本次勘察采取了土工试样进行室内试验，在现场进行了标准贯入试验，经过对取得的各项资料进行综合整理、数理统计。室内对第①层细砂采取土样进行室内休止角试验、室内垂直渗透性试验，对第①1层海滩岩进行单轴饱和抗压强度试验，其统计结果分别见表 3.1.4.2-1、表 3.1.4.2-2 及表 3.1.4.2-3。

表 3.1.4.2-1 ①层细砂休止角统计表

层次	岩石名称	统计项目	统计个数	最大值	平均值	标准差	变异系数
①	细砂	水上休止角	22	42.6	38.9	2.045	0.053
		水下休止角	22	35.1	30.5	1.164	0.040
层次	岩石名称	统计项目	统计个数	最大值	平均值	标准差	变异系数
②	粉砂	水上休止角	9	44.1	40.8	1.897	0.047

		水下休止角	9	35.4	32.6	2.168	0.066
--	--	-------	---	------	------	-------	-------

表 3.1.4.2-2 ①层细砂室内垂直渗透试验结果统计

层次	岩石名称	统计项目	统计个数	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数
①	细砂	垂直渗透系数 (cm/s)	8	1.20×10^{-2}	4.9×10^{-3}	6.8×10^{-3}	26.3	0.387

表 3.1.4.2-3 ①1 层海滩岩岩石饱和单轴抗压强度试验成果统计表

层号 岩性	试验 组数	岩石饱和单轴抗 压强度最大值 (MPa)	岩石饱和单轴 抗压强度最小 值 (MPa)	岩石饱和单轴 抗压强度平均 值 (MPa)	变异 系数 (δ)	岩石饱和单轴 抗压强度标准 值 (MPa)
①1 层海 滩岩	10	13.29	8.1	10.3	0.153	9.2
注明	根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011) 第 5.2.6 条和附录 J 规定					

根据《水运工程岩土勘察规范》(JTS133-2013)、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)和《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)等的规定,各土层主要工程特性指标建议值参照表 3.1.4.2-4 给出的采用:

表 3.1.4.2-4 各层土的物理力学指标建议值

层次	土层名称	含水量 (%)	重力密度 γ (kN/m ³)	孔隙比	压缩模量 Es0.1-0.2 (MPa)	直剪内 摩擦角 标准值 (度)	粘聚力 标准值 (kPa)	承载力 特征值 (kPa)	摩擦 系数 (f)
①	细砂	—	(19.5)	—	(5)	(22)	—	110	0.30
①1	海滩岩	—	—	—	(12)	—	—	350	0.45
②	粉砂	—	(19.0)	—	(5)	(20)	(5)	120	0.30
②1	淤泥质 粉质粘 土	30	18.2	1.0	3.04	(2)	(9)	70	—
③	粉质粘 土	19.8	20.4	0.60	8.08	10.2	48.4	160	—
③1	砾砂	—	(20)	—	(8)(32)	—	200	—	—
③2	细砂	—	(19.5)	—	(8)(32)	—	180	—	—

注明:表中承载力特征值主要按标贯击数结合地区经验综合确定,括号数值为经验值。

3.1.4.3 工程地质条件评价

拟建场地经现场勘察结合区域地质资料,拟建场地范围内及场地附近未见有全新世以来的活动性断裂、滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降、地裂缝等不良地质作用。场地内未发现浜沟、防空洞等对工程不利的埋藏物。区域地质相对稳定,适宜本工程建设。

1. 第①层细砂:稍密状为主,标贯实测击数为 8~27 击,承载力特征值 $f_{ak}=110\text{kpa}$,岩土工程性能一般。

2. 第①1 层海滩岩:该层分布于 ZLK1~ZLK13、ZK1、ZK2、ZK3、ZK7、ZK9、ZK10 及 JK3 钻孔,承载力特征值 $f_{ak}=350\text{kpa}$,分布不均匀,为硬夹层,为不均匀地基土。

3. 第②层粉砂:稍密状为主,标贯实测击数为 12~34 击,承载力特征值 $f_{ak}=120\text{kpa}$,岩土工程性能一般。

4. 第②1 层淤泥质粉质粘土:软塑状,标贯实测击数为 5~6 击,承载力特征值 $f_{ak}=70\text{kpa}$,岩土工程性能差。

5. 第③层粉质粘土:可塑状,该层标贯实测击数为 15~30 击,承载力特征值 $f_{ak}=160\text{kpa}$,岩土工程性能较好。

6. 第③1 层砾砂:稍密状为主,承载力特征值 $f_{ak}=200\text{kpa}$,岩土工程性能较好。

7. 第③2 层细砂:中密状为主,承载力特征值 $f_{ak}=180\text{kpa}$,岩土工程性能较好。

3.1.4.4 地震

本工程位于三亚市吉阳区,根据《中国地震动参数区划图》GB18306-2015 表 C.19,本工程抗震设防烈度为 6 度,设计基本地震加速度为 $0.05g$,特征周期定为 $0.35s$ 。

钻孔平面布置图及部分剖面图如下图所示。

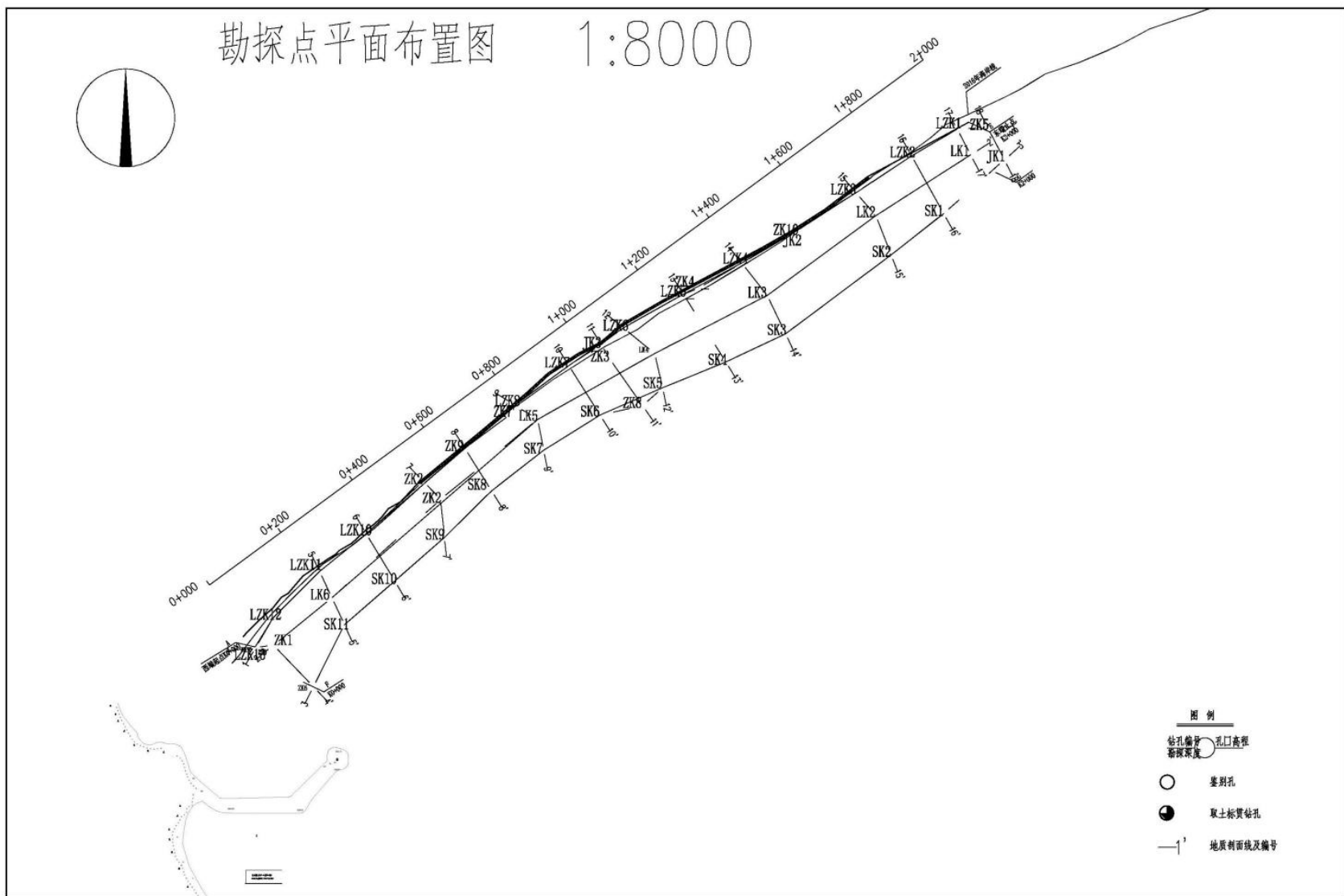


图 3.1.4.2-5 工程地质平面图

工程地质剖面图

6-----6'

水平比例: 1:511

垂直比例: 1:211

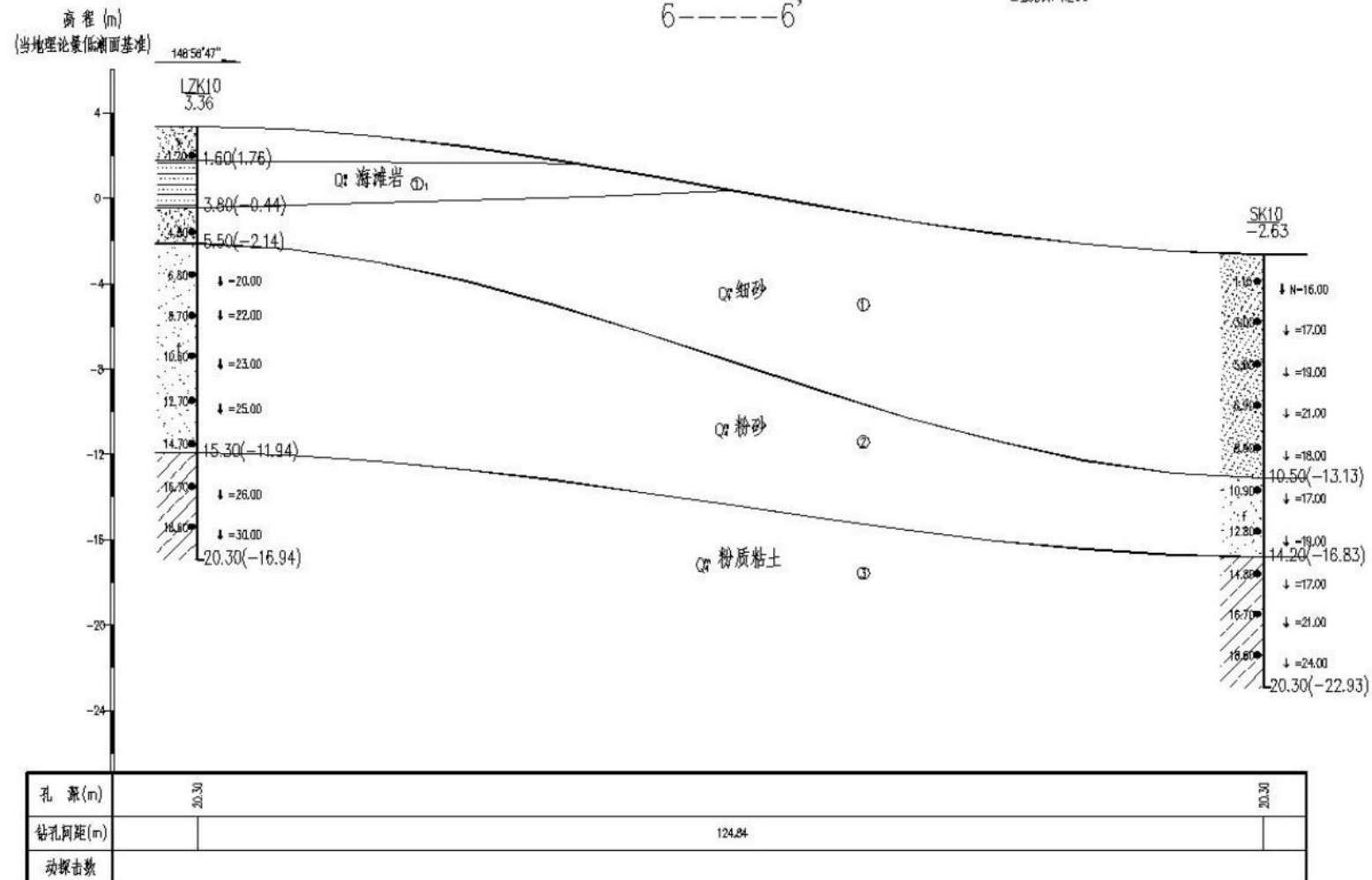


图 3.1.4.2-6 工程地质剖面图 1

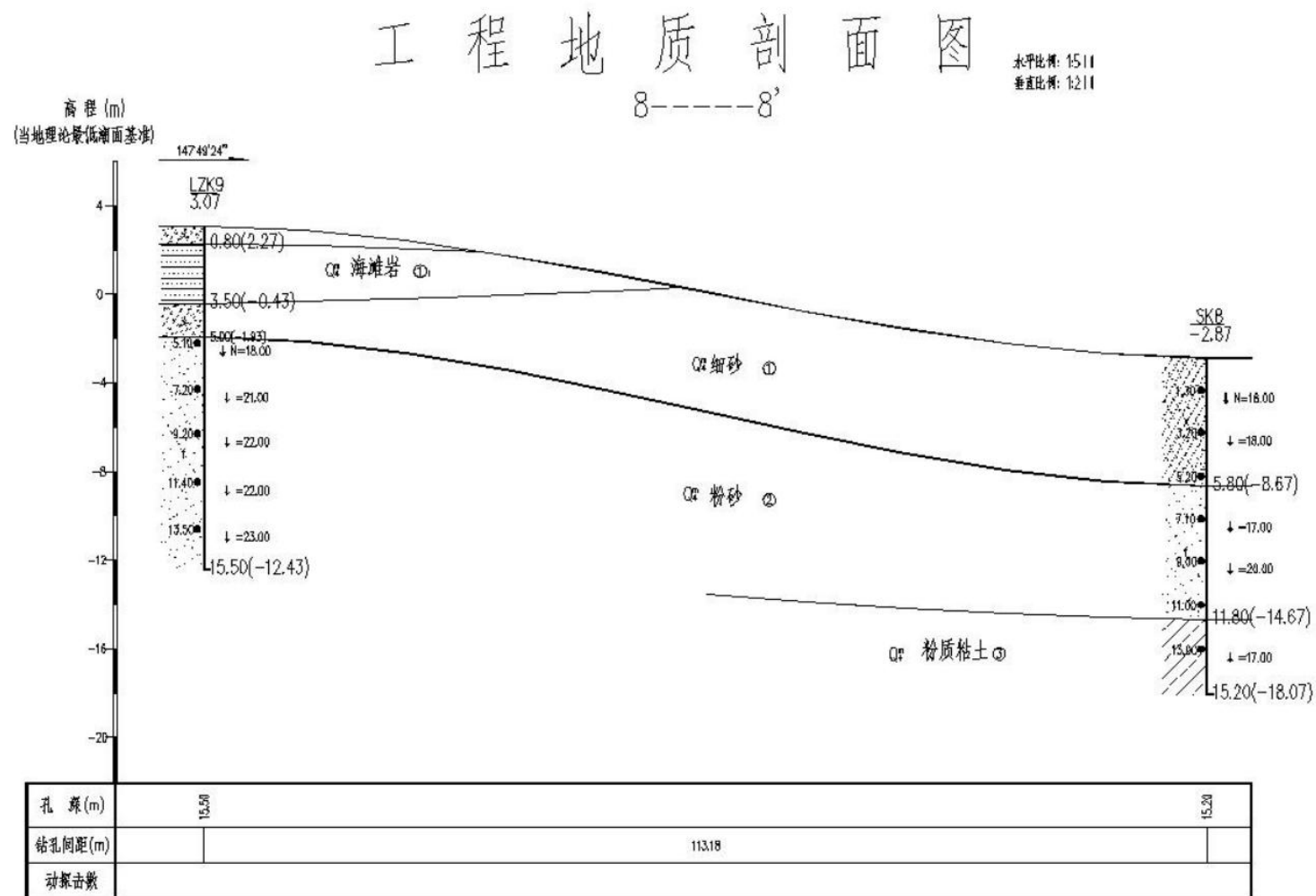


图 3.1.4.2-7 工程地质剖面图 2

工程地质剖面图

9-----9'

水平比例: 1:511
垂直比例: 1:211

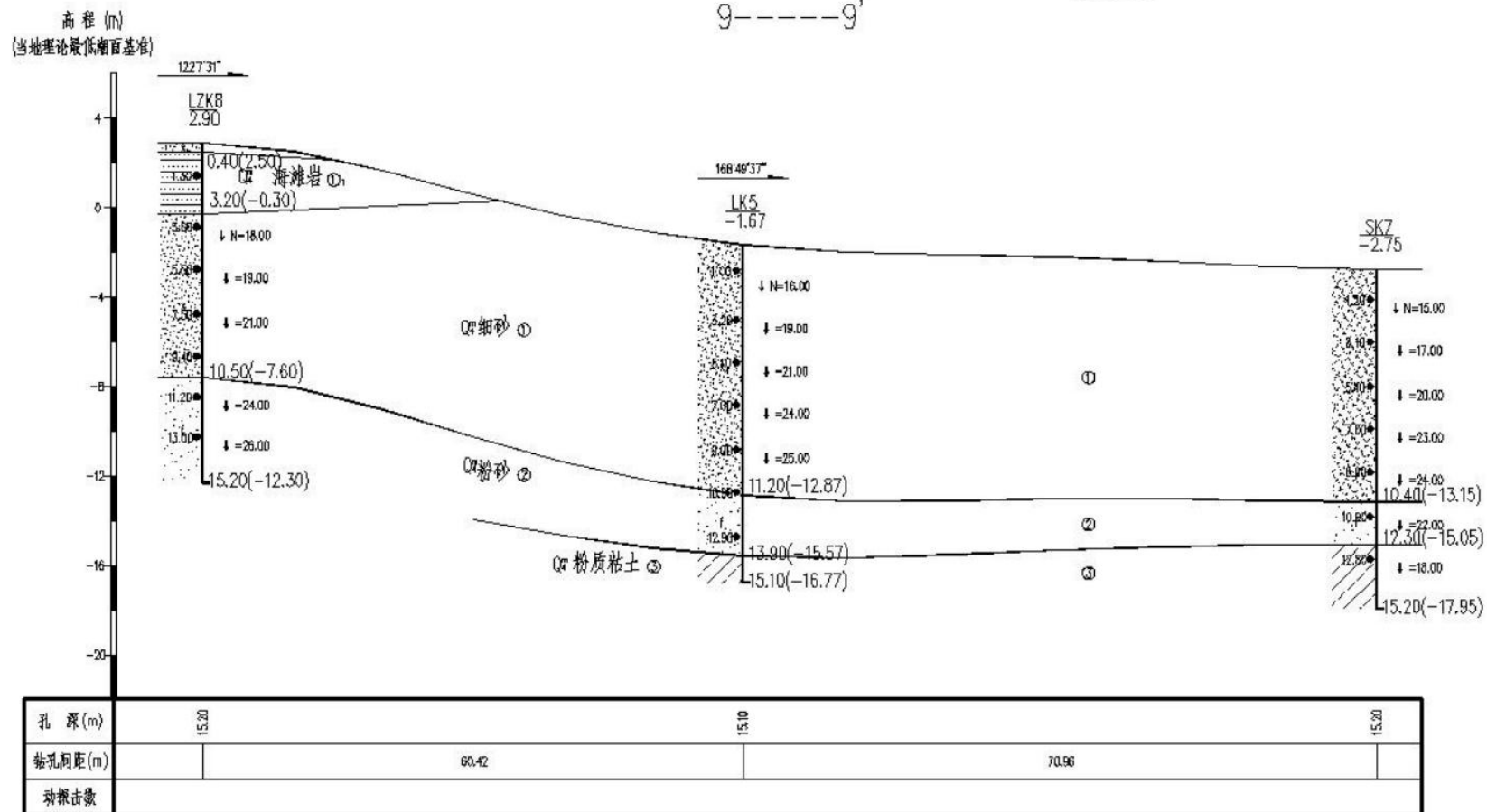


图 3.1.4.2-8 工程地质剖面图 3

工程地质剖面图

13-----13'

水平比例 1:511
垂直比例 1:211

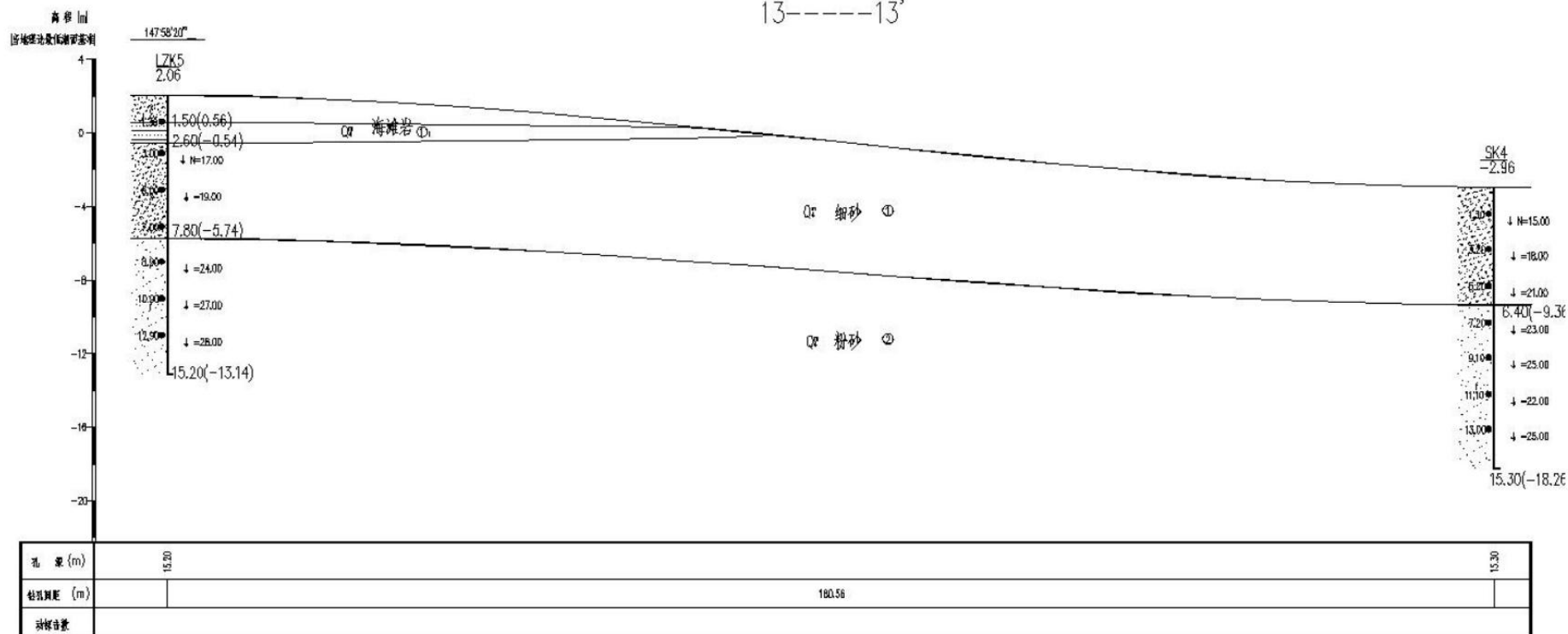


图 3.1.4.2-9 工程地质剖面图 4

3.2 社会环境概况

3.2.1 社会环境

三亚市地处海南岛最南端，位于北纬 18°09.5'~18°37.5'、东经 108°56.5'~109°48.5' 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。2014 年 2 月 11 日，国务院批复三亚市撤六镇新设四区，分别为吉阳区、天涯区、海棠区和崖州区，吉阳区管辖原河东区和原吉阳镇的行政区域，共计 13 个社区和 19 个行政村；崖州区管辖 7 个社区和 24 个行政村；天涯区管辖育才镇和原河西区、原凤凰镇、原天涯镇的行政区域，共计 22 社区和 30 个行政村；海棠区管辖 3 个社区和 19 个行政村。三亚市汉、黎、苗、回等 20 多个民族聚居的地方，2016 年年末常住人口 75.4 万人，户籍人口 58.2 万人。

3.2.2 经济环境

根据《2019 年三亚市国民经济和社会发展统计公报》，2019 年，三亚全市生产总值（GDP）677.86 亿元，按可比价格计算，比上年增长 6.4%。其中，第一产业增加值 71.51 亿元，增长 3.7%；第二产业增加值 112.37 亿元，增长 3.1%；第三产业增加值 493.98 亿元，增长 7.6%。三次产业结构调整为 10.5:16.6:72.9。

2019 年，三亚实现地方一般公共预算收入 109.10 亿元，比上年增长 8.6%。其中，税收收入 76.42 亿元，增长 0.3%；非税收收入 32.68 亿元，增长 34.7%。税收收入中，增值税 17.99 亿元，下降 19.5%；企业所得税 14.04 亿元，下降 9.9%；土地增值税 19.07 亿元，增长 39.3%；契税 5.12 亿元，增长 34.4%；房产税 6.19 亿元，下降 10.2%；城镇土地使用税 3.50 亿元，下降 17.8%；城市维护建设税 3.10 亿元，下降 17.7%；个人所得税 2.58 亿元，下降 28.2%。全市地方一般公共预算支出 215.39 亿元，比上年增长 20.5%。与民生相关的支出中，住房保障支出 30.12 亿元，增长 33.1%；城乡社区事务 31.96 亿元，增长 20.3%；节能环保 8.41 亿元，增长 6.0%；教育 22.41 亿元，增长 6.1%；卫生健康 11.88 亿元，增长 21.5%。

2019 年，三亚居民消费价格指数（CPI）比上年上涨 2.9%，其中食品烟酒类上涨 7.5%；衣着类下降 2.9%；居住类上涨 0.8%；生活用品及服务类上涨 1.9%；交通和通信类上涨 0.5%；教育文化和娱乐类上涨 0.6%；医疗保健类上涨 1.1%；其他用品和服务类上涨 1.7%。

2019 年，三亚固定资产投资比上年下降 8.1%。其中，房地产开发投资下降 25.6%，非房地产投资增长 12.6%。从构成看，建筑工程投资下降 6.0%；安装工程投资下降 36.9%；设备工器具购置投资下降 29.8%；其他费用投资下降 2.5%。固定资产投资到位资金 782.16 亿元，比上年下降 28.1%，资金到位率为 114.5%。其中本年资金来源 614.36 亿元，下降 10.6%，占全部资金来源的 78.5%。本年资金中，国家预算内资金 47.57 亿元，增长 6.5 倍；国内贷款 60.45 亿元，下降 36.7%；债券 11.82 亿元，增长 2.5 倍；自筹资金 242.94 亿元，下降 16.4%。

2019 年，三亚城乡居民人均可支配收入 33130 元，比上年增长 8.7%。从收入来源看，工资性收入 19458 元，增长 9.0%；经营净收入 6223 元，增长 6.1%；财产净收入 3636 元，增长 8.9%；转移净收入 3815 元，增长 11.3%。按常住地分，城镇常住居民人均可支配收入 39308 元，增长 7.9%。其中，工资性收入 24273 元，增长 7.9%；经营净收入 5847 元，增长 6.5%；财产净收入 4631 元，增长 7.8%；转移净收入 4557 元，增长 10.2%。农村常住居民人均可支配收入 17027 元，增长 8.0%。其中，工资性收入 6905 元，增长 8.9%；经营净收入 7202 元，增长 5.9%；财产净收入 1041 元，增长 8.2%；转移净收入 1879 元，增长 12.4%。

3.3 海域开发活动和海域使用现状

根据搜集的资料以及项目海区海域使用现状情况，附近海域主要是以亚龙湾沿岸各度假酒店配套用海为主的综合型旅游娱乐用海和亚龙湾西侧的太阳湾和百福湾的旅游娱乐用海。项目用海相邻的海域使用确权现状分别见表 3.3.1-1 和图 3.3.1-2。

表 3.3.1-1 项目用海相邻确权用海项目信息表

用海项目	权属于来源	权属内容	
亚龙湾瑞吉酒店配套游艇码头用海	三亚亚龙湾开发股份有限公司	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	非透水构筑物用海、透水构筑物用海和开放式用海
		用海面积	14.1256 公顷
		用海期限	25 年
亚龙湾瑞吉酒店配套旅游娱乐用海	三亚亚龙湾开发股份有限公司	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	40.91 公顷
		用海期限	3 年
爱琴海岸酒店配套旅游娱乐用海	三亚万利来房地产开发有限公司	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	4.394 公顷
		用海期限	3 年

金茂三亚希尔顿大酒店配套旅游娱乐用海	金茂（三亚）度假酒店有限公司金茂三亚希尔顿大酒店	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	10.2540 公顷
		用海期限	3 年
三亚家化万豪度假酒店配套旅游娱乐用海	三亚家化旅业有限公司三亚家化万豪度假酒店	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	10.05 公顷
		用海期限	3 年
亚龙湾假日度假酒店套旅游娱乐用海	三亚亚龙湾海景国际酒店有限公司亚龙湾假日度假酒店	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	8.00 公顷
		用海期限	3 年
金茂三亚丽思卡尔顿度假酒店配套旅游娱乐用海	金茂（三亚）旅业有限公司金茂三亚丽思卡尔顿酒店	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	19.3157 公顷
		用海期限	3 年
三亚喜来登度假酒店配套旅游娱乐用海	三亚盈湾酒店有限公司三亚喜来登度假酒店	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	10.92 公顷
		用海期限	3 年
亚龙湾天域度假酒店配套旅游娱乐用海	三亚天域实业有限公司天域度假酒店	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	15.67 公顷
		用海期限	3 年
亚龙湾红树林度假酒店配套旅游娱乐用海	三亚红树林旅业有限公司亚龙湾红树林度假酒店	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	10.46 公顷
		用海期限	3 年
亚龙湾海底世界旅游有限公司配套旅游娱乐用海	海南亚龙湾海底世界旅游有限公司	用海类型	旅游娱乐用海
		用海方式	开放式用海
		用海面积	3.036 公顷
		用海期限	3 年



图 3.3.3-1 项目附近海域使用现状图

3.4 外部配套条件

本工程位于三亚市吉阳区亚龙湾，工程周围的市政基础配套设施条件比较完善，外部协作条件和施工条件较好。

3.4.1 交通条件

亚龙湾已形成与机场、高铁、高速公路、铁路、水路等相通达的集疏运体系。海南轻轨、粤海铁路和国道穿越三亚市内；亚龙湾路与六盘路、龙塘路形成“三线联动”，并与海榆东线和迎宾路相连接，从而进一步紧密亚龙湾与三亚市机场、铁路枢纽的联系；各干道公路横贯沿海旅游景区，进一步优化工程的集疏运条件。本工程可充分利用现有的公路及水运条件。

3.4.2 供水、供电和通信条件

水、电、通信管线均可就近接入。

3.4.3 地方材料和施工条件

在海南国际旅游岛战略推动下，当地基础设施建设十分迅猛，砂石料用量大，砂石料供给与环境保护之间的矛盾日益突出。目前当地砂石料资源相对紧张，施工前应做好砂石料来源的调研和安排。

沙源：依据《亚龙湾西段人工补沙工程沙源调查与分析》（水利部交通运输部国家

能源局南京水利科学研究院，2019 年 11 月），建议选用崖州中心渔港二期工程疏浚砂料及亚龙湾中部淤积段砂料作为本项目的推荐沙源。

满足本工程要求的施工队伍比较多，目前国内除中交集团各大施工单位外，也有民营专业施工队伍可供选择。通过合理的策划，本工程可具备良好的施工条件。

3.4.4 用地及水域使用条件

根据《海南省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年国务院批复），本工程周边海域规划为旅游休闲娱乐区和海洋保护区，本工程为政府主导的海岸整治修复工程，工程并未改变海域的主要功能，因此本项目建设符合有关海洋功能区划的要求。本项目尚未开展水土保持评价工作，待本项目水土保持影响评价报告完成后，再进行相应补充。

3.5 环境质量现状调查与评价

3.5.1 水文动力环境调查与评价

3.5.1.1 水文测验概况

海南安纳检测技术有限公司于 2021 年 2 月 28 日～03 月 01 日(春季)大潮期在亚龙湾海域开展水文调查工作，并对观测资料进行分析，编制了《亚龙湾龙溪游艇会有限公司游艇码头防波堤拆除工程海洋水文调查分析报告》，本报告引用参考此报告数据。

根据水文现状调查报告，春季水文测验共设置水文测站 6 个，潮位站 2 个（具体位置见表 3.5.1.1-1，及图 3.5.1.1-1），测验项目包括海流、悬沙、潮位，观测时间为 2021 年 2 月 28 日 13:00～03 月 01 日 14:00。

春季水文调查各测站坐标和观测项目
表 3.5.1.1-1

站位	坐标点		观测项目
	纬度	经度	
C1	109° 36′ 43.434″ E	18° 13′ 19.318″ N	潮位、潮流
C2	109° 34′ 28.32790″ E	18° 9′ 9.80819″ N	潮流
C3	109° 35′ 39.08673″ E	18° 6′ 32.22305″ N	潮流
C4	109° 37′ 24.06625″ E	18° 12′ 32.19696″ N	潮位、潮流
C5	109° 39′ 42.57123″ E	18° 9′ 56.23401″ N	潮流
C6	109° 44′ 55.65584″ E	18° 9′ 43.41090″ N	潮流

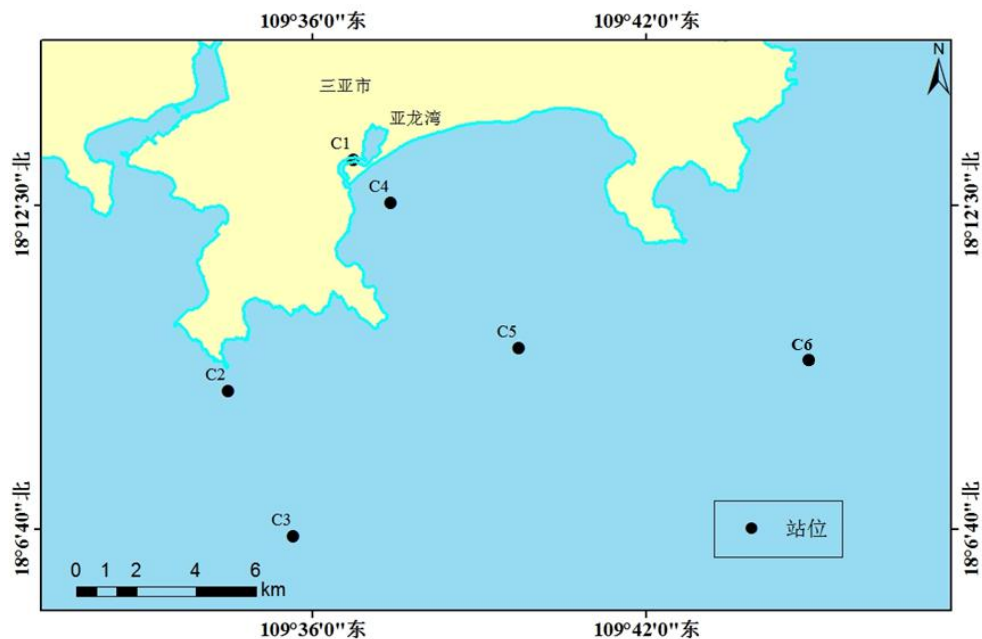


图 3.5.1.1-1 项目附近海域春季水文调查站位图

3.5.1.2 水文测验结果

3.5.1.2.1 潮汐

(1) 基准面及转换关系

本区域 76 榆林基准面、国家 85 高程基准面、理论最低潮面的转换关系见图 3.5.1.2-1。数据经与自动气象站气压数据订正后，利用水准联测数据订正到国家 85 高程基准。

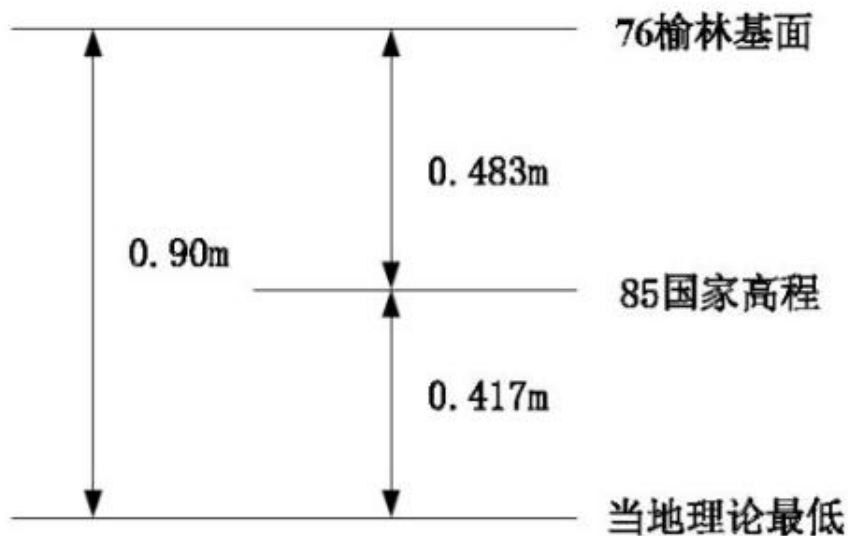


图 3.5.1.2-1 基准面及转换关系

(2) 潮汐类型

工程区附近最近的潮汐长期观测站为亚龙湾西侧约 10km 的榆林站，根据榆林观测

站 1954~1992 年 39 年的潮位观测资料，计算潮汐性质 $(H01+HK1)/HM2=2.85$ ，属于不规则日潮性质。一个月中日潮约占 1 天，半日潮天数 5~14 天，其余为混合潮。本海区属于弱潮区，潮差较小。历史潮位特征值见统计结果见表 3.5.1.2-1。

表 5.1.2-1 各验潮站潮汐特征(当地理论深度基准面)

表 3.5.1.2-1

单位:

m

特征值	85 高程
历史最高潮位	2.16（1971 年）
历史最低潮位	-0.91（1968 年）
平均海平面	0.48
平均潮差	0.86
最大潮差	2.14
平均高潮位	0.87
平均低潮位	0.01
涨潮平均历时	11 小时 32 分
落潮平均历时	7 小时 24 分

(3) 潮汐特征

根据实测潮位数据，通过水准测量，将潮高基面统一转化到 1985 国家高程基准。观测期间受到海面波浪影响，观测数据起伏较大，为了较好了解涨、落潮情况，将观测数据进行平滑并将潮高基面转化至当日平均海平面，摘取高、低潮位资料统计大潮期间各站潮汐特征值，见表 3.5.1.2-2，潮位过程曲线见图 3.5.1.2-2。分析本海区潮汐特征如下：

观测期间潮汐为不正规半日潮，观测期间潮汐呈两涨两落，即两个高潮两个低潮，各站最大潮差分别为：C1：1.03m；C4：1.01m。经过统计，C1 站涨潮历时 15 小时 00 分，落潮历时 10 小时 00 分；C4 站涨潮历时 13 小时 10 分，落潮历时 11 小时 50 分；两个潮潮差不等，涨潮历时均大于落潮历时，潮汐日不等现象显著。

春季水文调查潮高、潮时统计表

表 3.5.1.2-2

站 位	高低潮		高高潮		潮 差	低低潮		低高潮		潮 差
	潮时	潮高	潮时	潮高		潮时	潮高	潮时	潮高	
C1	14:10	0.07	0:10	1.10	1.03	7:00	-0.15	12:00	0.80	0.94
C4	16:00	0.38	0:00	1.39	1.01	7:10	0.16	12:20	0.74	0.58



图 3.5.1.2-2 工程区域观测期间潮位过程曲线图

3.5.1.3 潮流

(1) 潮流基本特征

根据大潮期亚龙湾海域进行潮流调查提供的结果,对实测资料进行整理,各站的流速、流向过程曲线图见图 3.5.1.3-1~3.5.1.3-6,潮流玫瑰图见图 3.5.1.3-1~3.5.1.3-4。各站垂向平均潮流玫瑰图见图 3.5.1.3-5,并对涨落潮期流速特征值进行统计,见表 3.5.1.3-1,分析观测期间工程海域潮流特征如下:

① 观测海域不同站位潮流流向不同,C2、C3 潮流以往复流运动为主,C1、C4、C5、C6 站受地形波浪等影响,潮波发生变形,潮流规律性较差,潮流流向较发散。

② 从潮流流速平面分布上看 C2、C3、C5 站潮流流速明显大于位于 C1、C4、C6 站的潮流流速;从流速垂线分布上看,各站表、中、底流速虽然随潮型的不同略有差异,差值不大,但底层流速还是略小于表、中层流速。

③ 涨潮最大流速为 65.8cm/s,流向为 WNW 向。落潮最大流速为 44.4cm/s,流向为 WNW 向,分别出现在 C5 站表层和 0.6H 层,各站表层流速介于 1.4cm/s~65.8cm/s 之间,0.6H 层流速介于 1.4cm/s~63.3cm/s 之间,底层流速介于 1.2~52.7cm/s 之间。

④ 从流速最大值来看,C2、C3、C5、C6 站涨潮流速最大值明显大于落潮流速最大值,C1、C4 站位反之。涨、落潮潮流流速最大值最大相差 30.0cm/s,出现在 C5 站表层;从各站潮流平均流速上看,C2、C3、C5、C6 站涨潮潮流流速平均值略强于落潮潮流,C1、C4 站落潮潮流流速平均值略强于涨潮潮流。涨、落潮潮流流速平均值最大相差 14.9cm/s,

出现在 C5 站表层。

实测海流海流分层流速特征值统计表

表 3.5.1.3-1

站号	参数值	潮段	表层		0.6H 层		底层		垂线平均	
			流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
			cm/s	°	cm/s	°	cm/s	°	cm/s	°
C1	最小值	涨潮	1.4	96	1.4	150	1.2	184	1.4	96
C2		落潮	2.2	323	2.0	104	1.6	191	2.2	323
		涨潮	13.9	293	9.7	181	8.2	59	13.9	293
C3		落潮	13.4	240	6.8	188	7.1	213	13.4	240
		涨潮	16.1	52	8.0	236	15.3	294	16.1	52
C4		落潮	13.8	102	9.6	222	12.6	78	13.8	102
		涨潮	4.3	202	5.5	171	5.5	210	4.3	202
C5		落潮	7.9	222	6.0	115	3.7	160	7.9	222
		涨潮	18.3	203	13.7	244	11.0	119	18.3	203
C6		落潮	16.5	219	13.4	251	7.9	311	16.5	219
		涨潮	16.7	202	9.1	157	3.8	125	16.7	202
		落潮	15.9	248	7.9	157	6.6	117	15.9	248
	C1	涨潮	15.8	322	16.4	317	18.5	319	15.8	322
最大值	C2	落潮	43.9	185	31.2	211	26.4	206	43.9	185
		涨潮	42.9	254	45.3	278	40.8	285	42.9	254
	C3	落潮	33.6	207	24.4	120	39.3	75	33.6	207
		涨潮	50.7	282	52.2	256	44.0	273	50.7	282
	C4	落潮	41.5	285	41.5	272	34.0	88	41.5	285
		涨潮	15.9	248	11.8	54	14.1	310	15.9	248
	C5	落潮	21.1	138	18.8	203	15.2	109	21.1	138
		涨潮	65.8	273	63.3	278	52.7	95	65.8	273
	C6	落潮	35.8	281	44.4	291	39.5	290	35.8	281
		涨潮	32.9	281	39.0	248	39.2	231	32.9	281
		落潮	28.4	245	33.4	60	24.4	291	28.4	245
		C1	涨潮	6.8	--	6.5	--	7.2	--	6.8
平均值	C2	落潮	10.6	--	9.4	--	7.9	--	10.6	--
		涨潮	21.3	--	18.8	--	22.7	--	21.3	--
	C3	落潮	20.6	--	18.4	--	23.2	--	20.6	--
		涨潮	32.1	--	38.5	--	31.8	--	32.1	--
	C4	落潮	22.1	--	25.6	--	20.1	--	22.1	--
		涨潮	10.0	--	8.2	--	7.6	--	10.0	--
	C5	落潮	12.7	--	10.9	--	9.4	--	12.7	--
		涨潮	38.2	--	29.1	--	28.7	--	38.2	--
	C6	落潮	23.3	--	27.4	--	20.6	--	23.3	--
		涨潮	23.9	--	26.4	--	21.5	--	23.9	--
		落潮	22.2	--	20.8	--	15.1	--	22.2	--

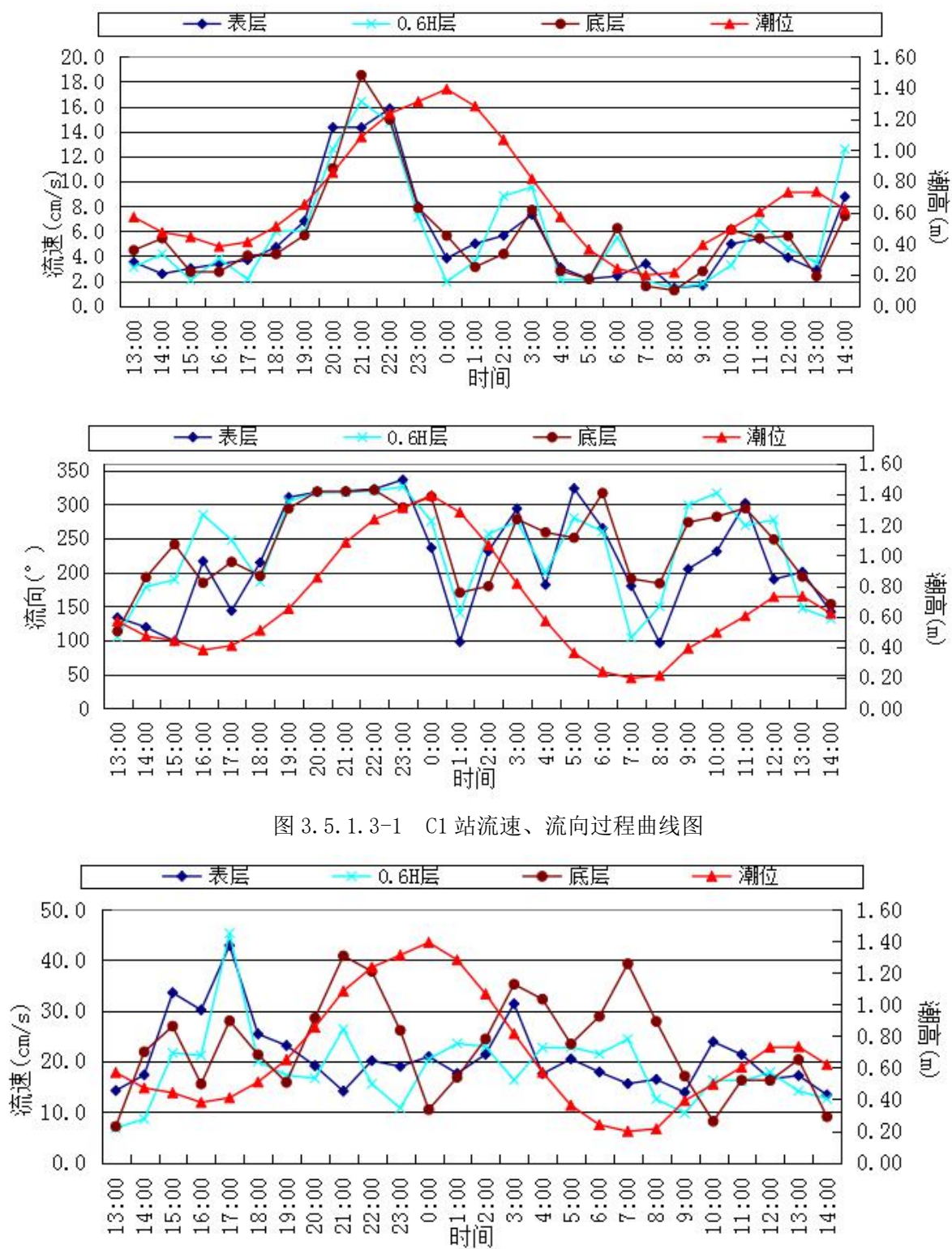


图 3.5.1.3-1 C1 站流速、流向过程曲线图

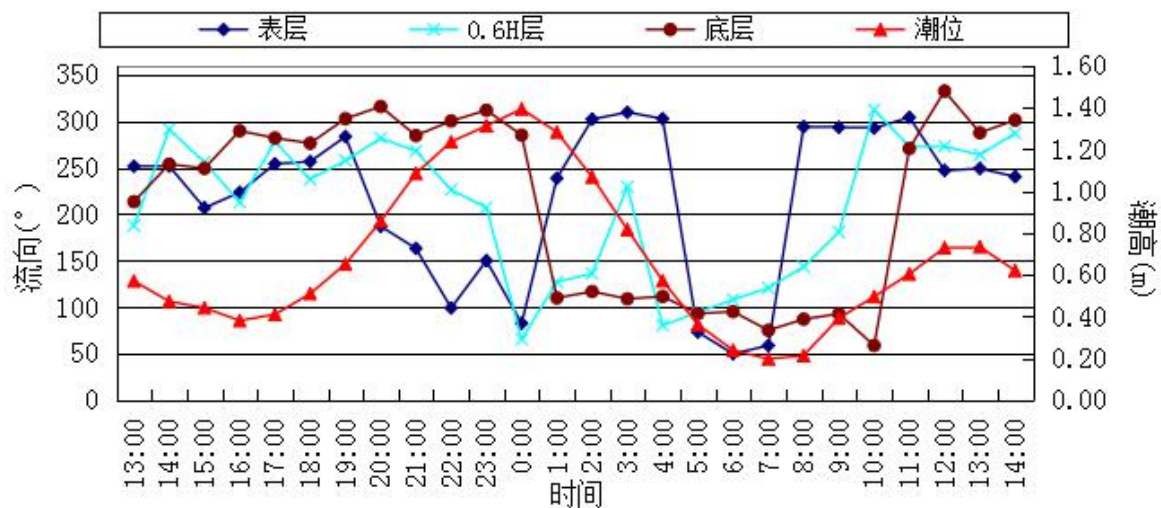


图 3.5.1.3-2 C2 站流速、流向过程曲线图

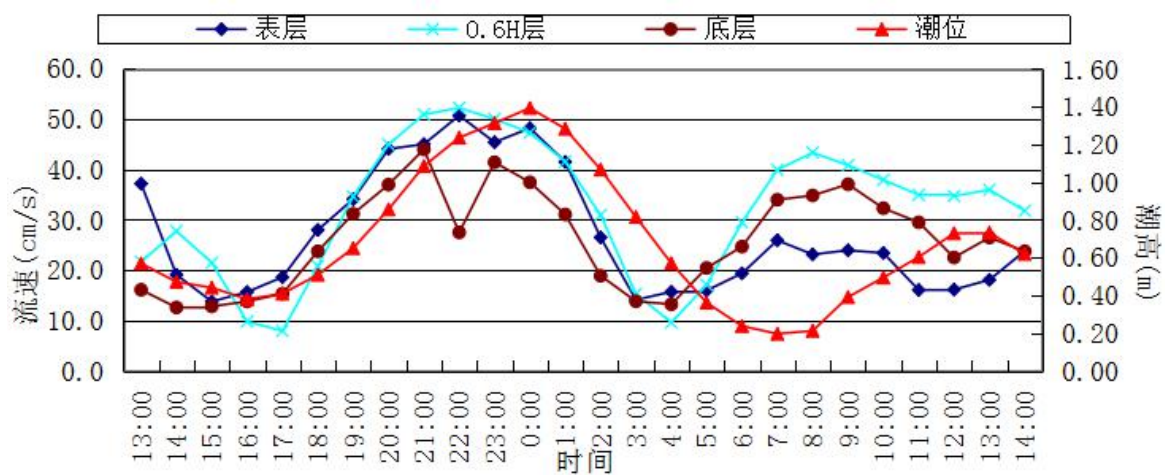


图 3.5.1.3-3 C3 站流速、流向过程曲线

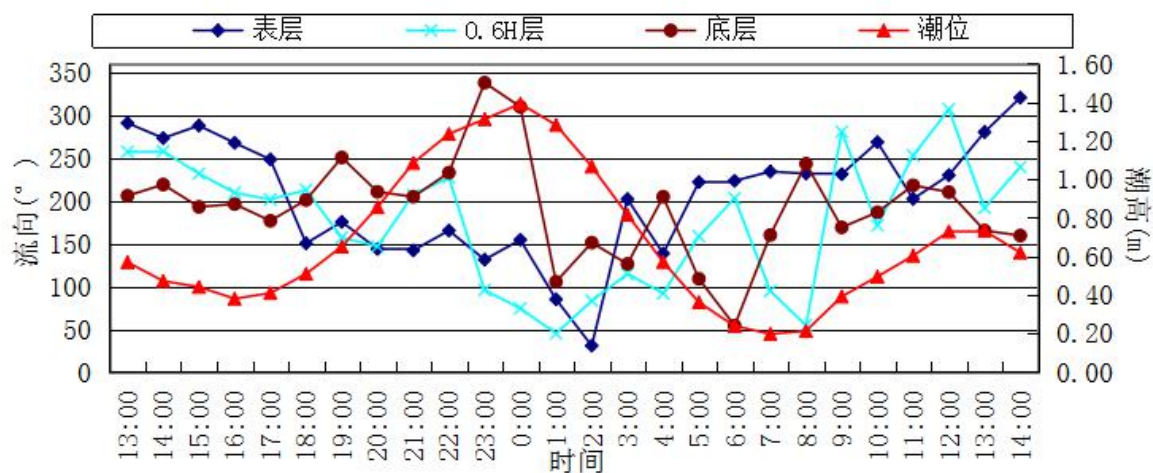
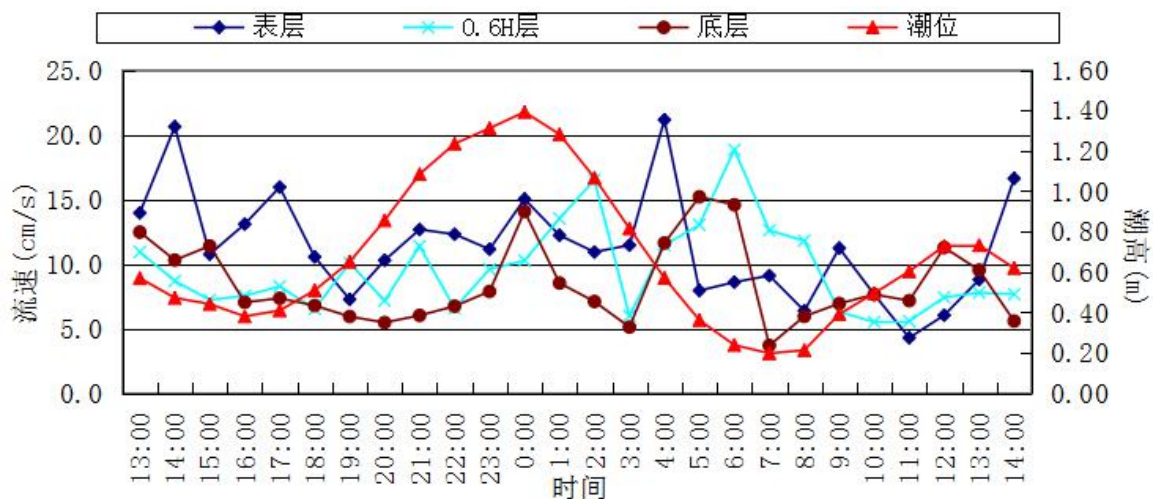


图 3.5.1.3-4 C4 站流速、流向过程曲线图



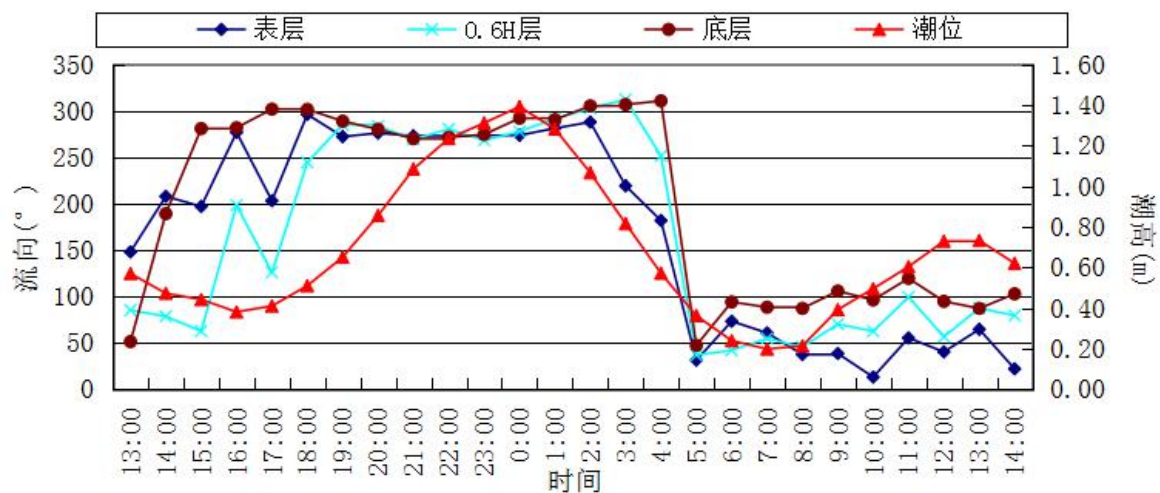


图 3.5.1.3-5 C5 站流速、流向过程曲线图

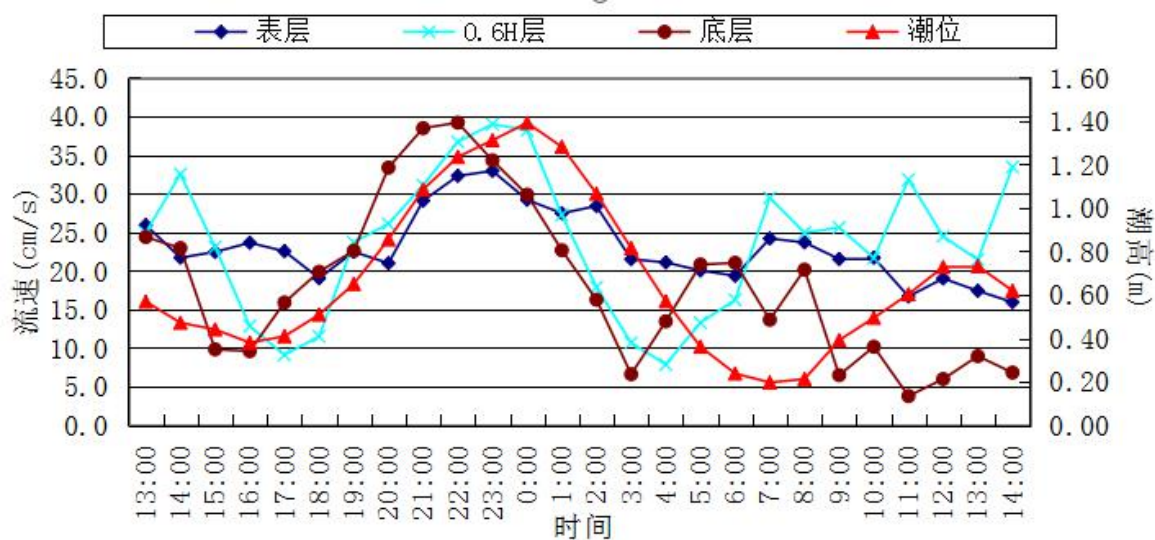


图 3.5.1.3-6 C6 站流速、流向过程曲线图

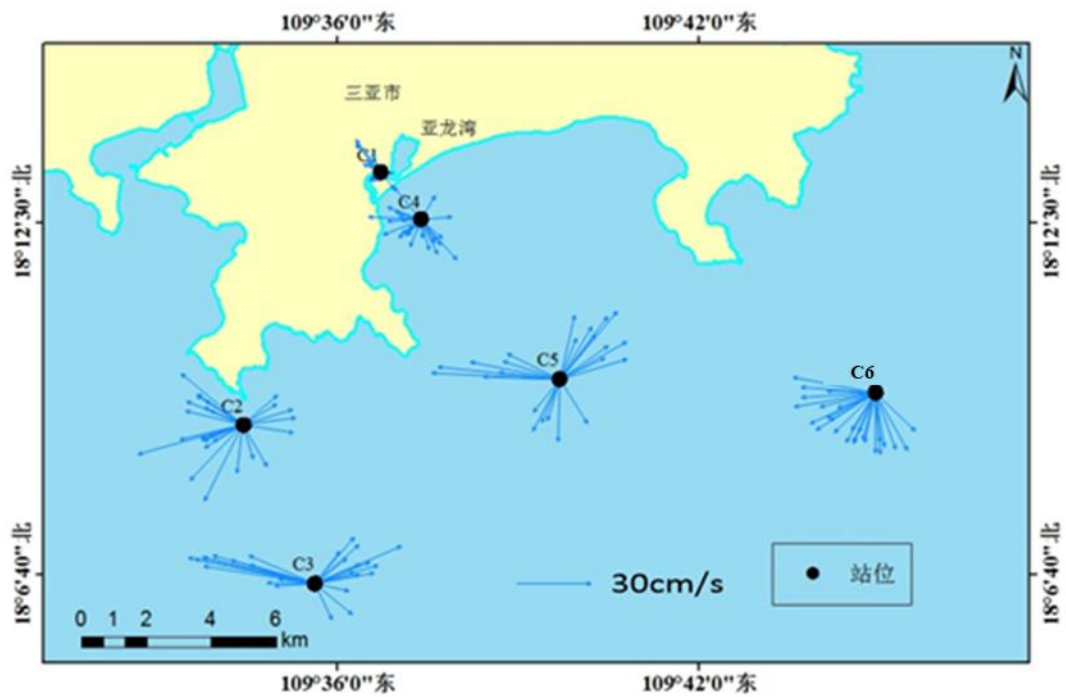


图 3.5.1.3-1 大潮期各站表层潮流玫瑰图

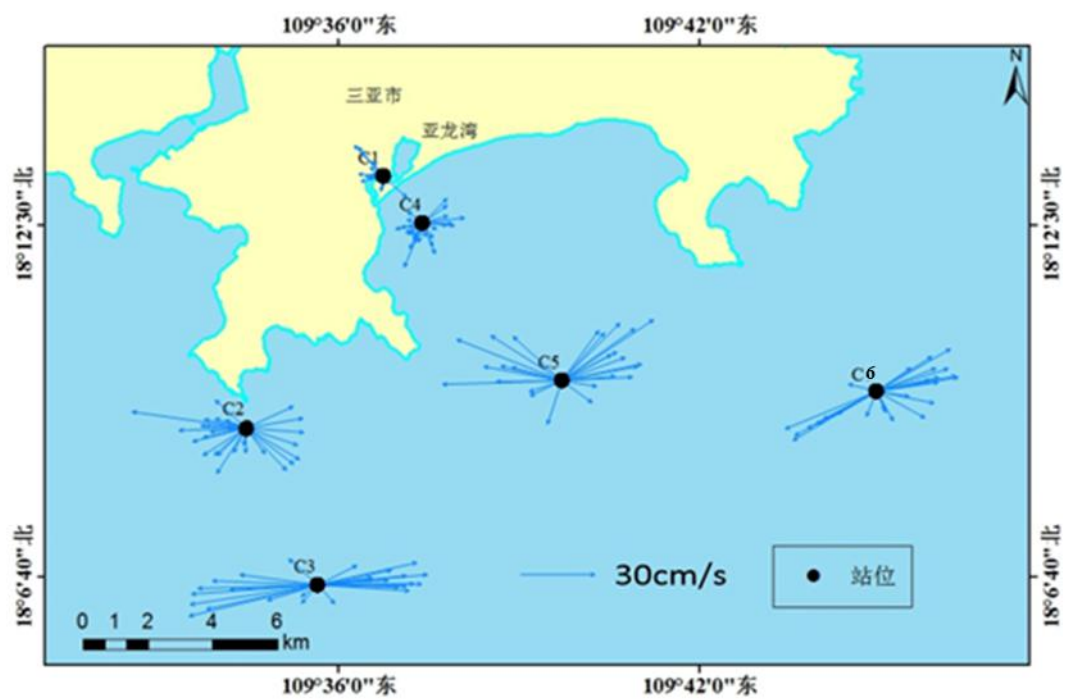


图 3.5.1.3-2 大潮期各站 0.6H 层潮流玫瑰图

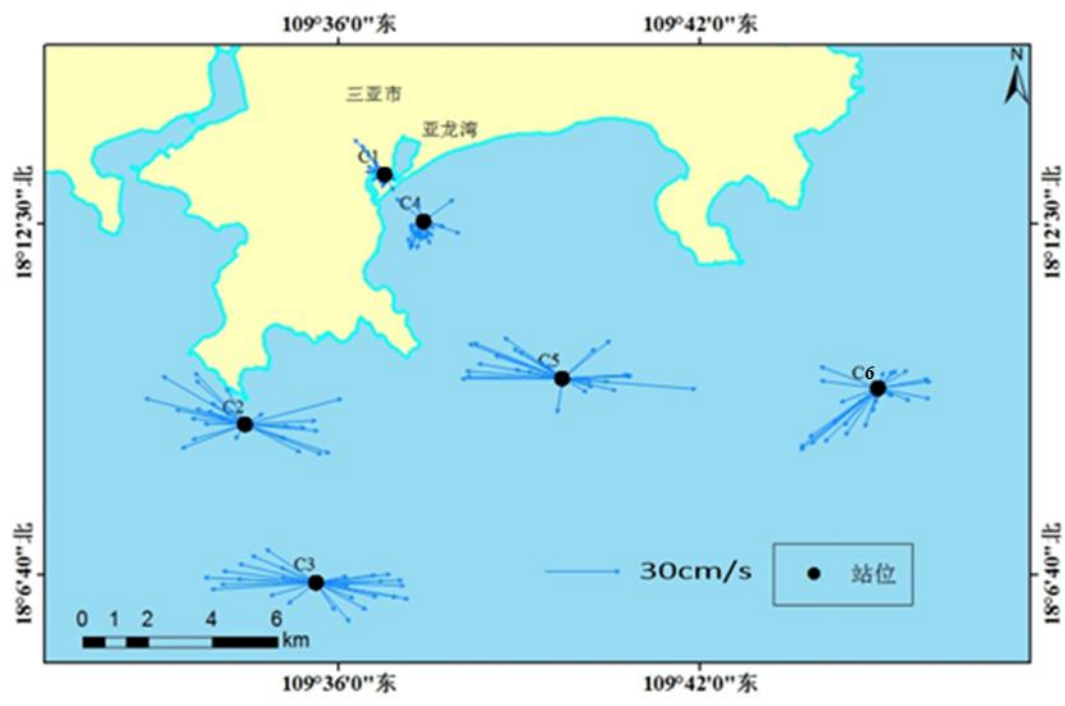


图 3.5.1.3-3 大潮期各站底层潮流玫瑰图

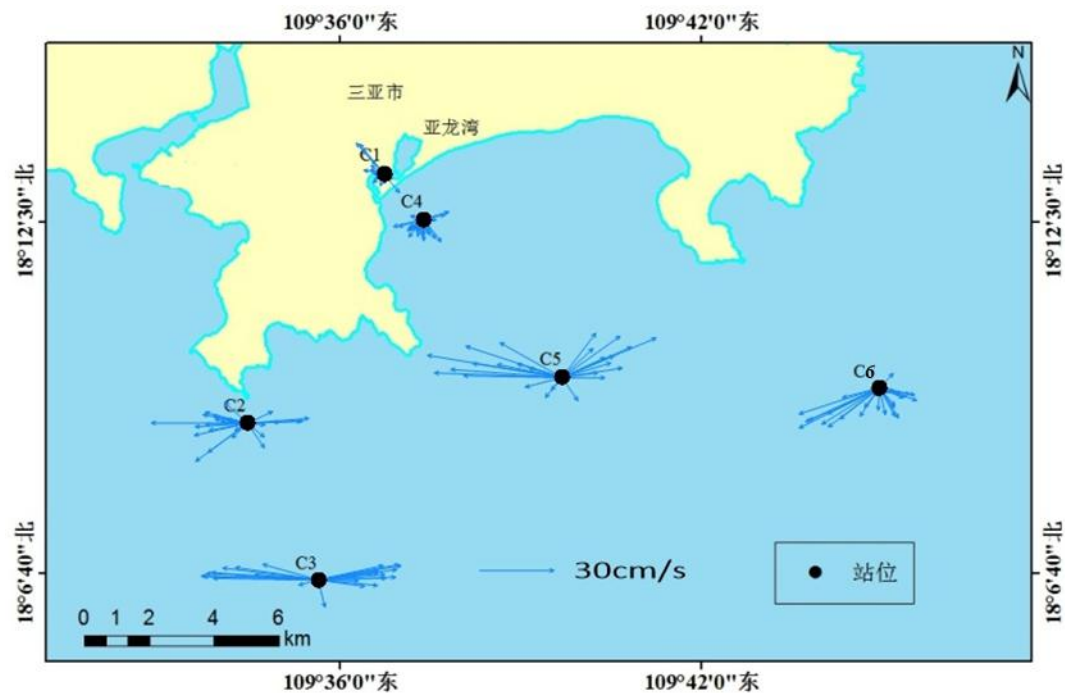


图 5.1.3-4 各站垂线平均潮流玫瑰图

(2) 余流分析

余流主要是由热盐效应、风和地形等因素引起的流动，它是从实测海流资料中剔除了周期性潮流的剩余部分。表 3.5.1.3-2 为观测期间各站各层余流分析成果表，图 3.5.1.3-5 给出了观测期间各站各层的余流玫瑰图。现根据本次观测的海流测量资料，分析调查海区的余流特征如下：

各站余流差异不大。从垂线平均来看，C1 余流流向为 WNW 向，C2 站余流流向为 WSW，C3、C5 站余流流向为 NE 向，C4、C6 站余流流向为 SSW 向。余流流速最大为 17.4cm/s，出现在 C6 站表层；最小为 0.8cm/s，出现在 C3 站。各站表层余流流速在 1.9~17.4cm/s 之间，0.6H 层流速介于 1.1~7.2cm/s 之间，底层流速介于 0.8~8.5cm/s 之间。

大潮期各站余流流速统计表

表 3.5.1.3-2

站号	表层		0.6H 层		底层		垂线平均	
	流速 cm/s	流向 °	流速 cm/s	流向 °	流速 cm/s	流向 °	流速 cm/s	流向 °
C1	1.9	280	2.7	281	3.1	278	2.6	280
C2	9.4	258	6.1	227	3.4	320	5.4	258
C3	8.7	317	1.1	116	0.8	184	2.4	315
C4	4.8	215	3.3	167	4.7	190	4.0	193
C5	11.4	293	7.2	358	6.1	310	7.3	315
C6	17.4	220	4.6	132	8.5	219	8.8	210

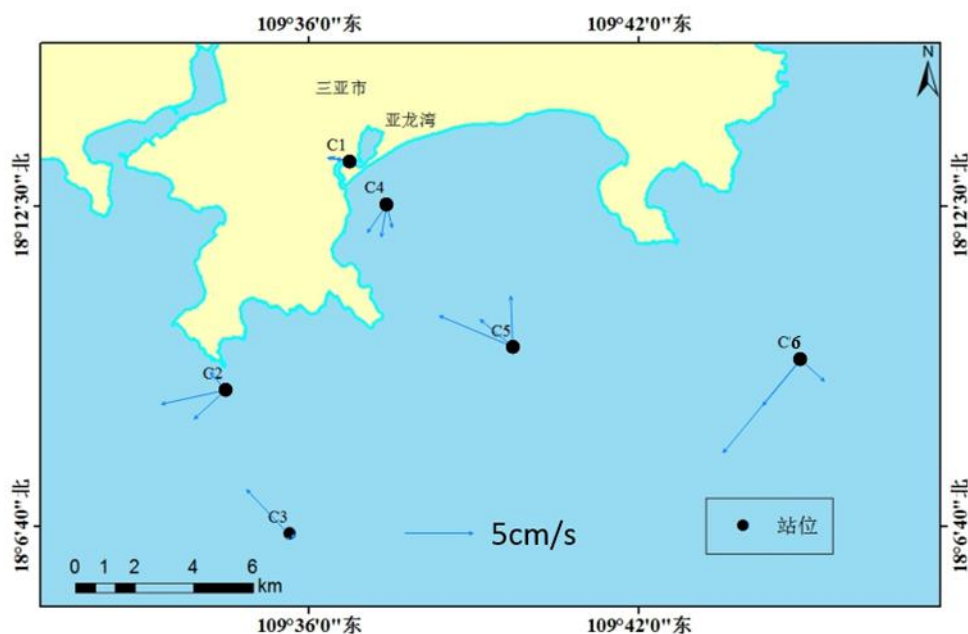


图 3.5.1.3-5 大潮期各站余流玫瑰图

3.5.1.4 悬沙

各站各层含沙量特征值见表 3.5.1.4-1，各站涨落潮含沙量分布见表 3.5.1.4-2，各站含沙量分布见图 3.5.1.4-1。分析工程区含沙量有如下特征：

(1) 观测期间工程区含沙量平均值介于 18.5~38.5mg/L 之间，各站涨、落潮期含沙量平均值相差不大；

(2) 观测站含沙量浓度最大出现在 C5 站中层，为 49.8mg/L，最小值出现在 C2 站表层，为 9.0mg/L；

(3) 垂线上，各站含沙量平均值相差不大；平面上，各站含沙量平均值相差不大，C4、C5 站含沙量平均值比 C1、C2、C3、C6 站略大。各站垂线平均含沙量分布见图 5.1.8-1。

(4) 平面上，垂直于岸线方向，C1 测站的平均悬沙浓度小于 C4 站位的平均悬沙浓度，C4 站位的平均悬沙浓度小于 C5 站位的平均悬沙浓度。亚龙湾内侧海域至亚龙湾外侧海域悬沙浓度呈现增大的趋势。平行于岸线方向，亚龙湾外侧三个站位中 C5 站（中央）的悬沙浓度大于 C2、C6 站位（两侧）。

各站各层次含沙量特征值表

表 3.5.1.4-1

单位：mg/L

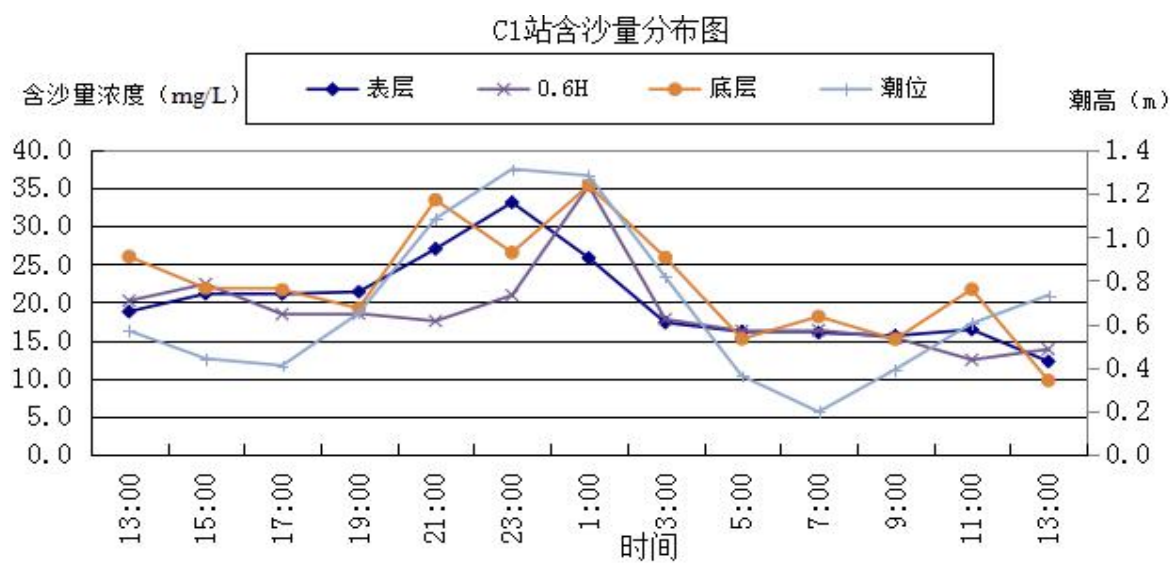
站号	特征值	表层	中层	底层
C1	最小值	12.2	12.5	9.7
	最大值	33.1	35.3	35.3
	平均值	20.2	18.9	22.3
C2	最小值	9.0	13.0	13.0
	最大值	23.5	24.7	22.7
	平均值	18.8	18.8	18.5
C3	最小值	12.8	11.3	13.3
	最大值	33.1	35.5	33.0
	平均值	21.3	21.3	22.8
C4	最小值	27.6	25.6	29.2
	最大值	46.0	46.4	45.9
	平均值	37.8	35.0	34.6
C5	最小值	30.3	28.5	28.0
	最大值	49.4	49.8	44.1
	平均值	38.5	36.9	37.9
C6	最小值	19.3	19.2	19.4
	最大值	35.9	36.4	32.9
	平均值	24.3	25.3	24.0

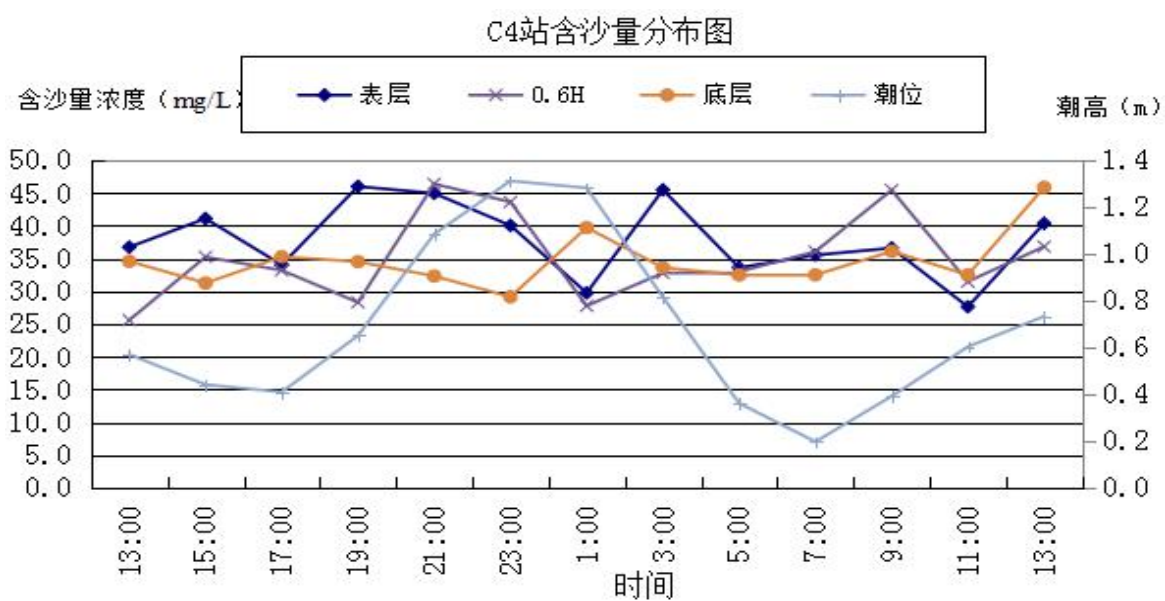
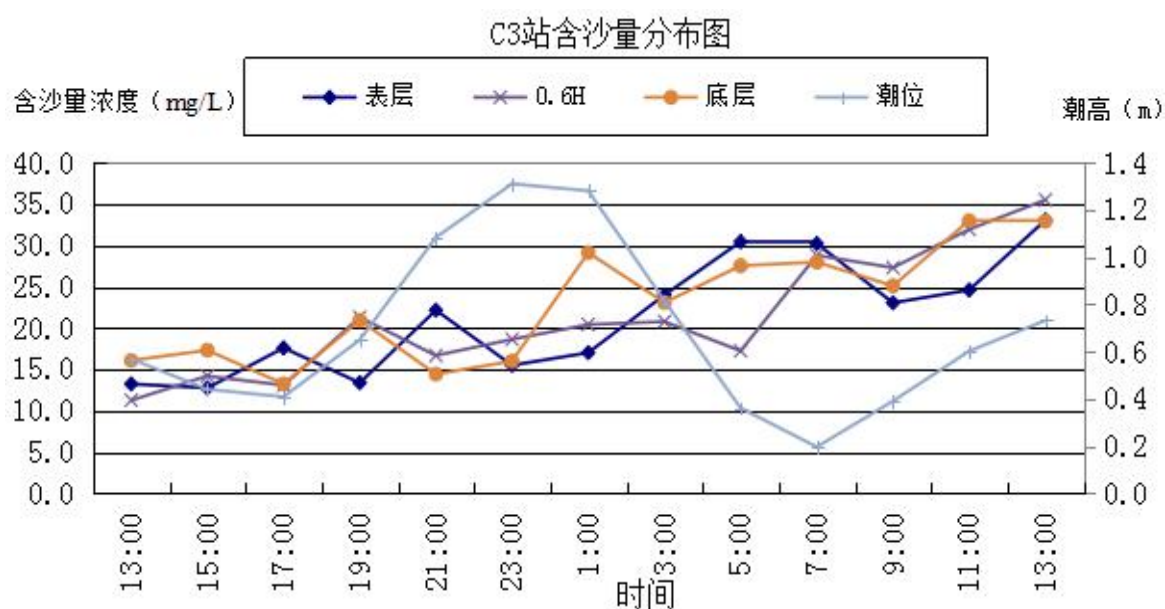
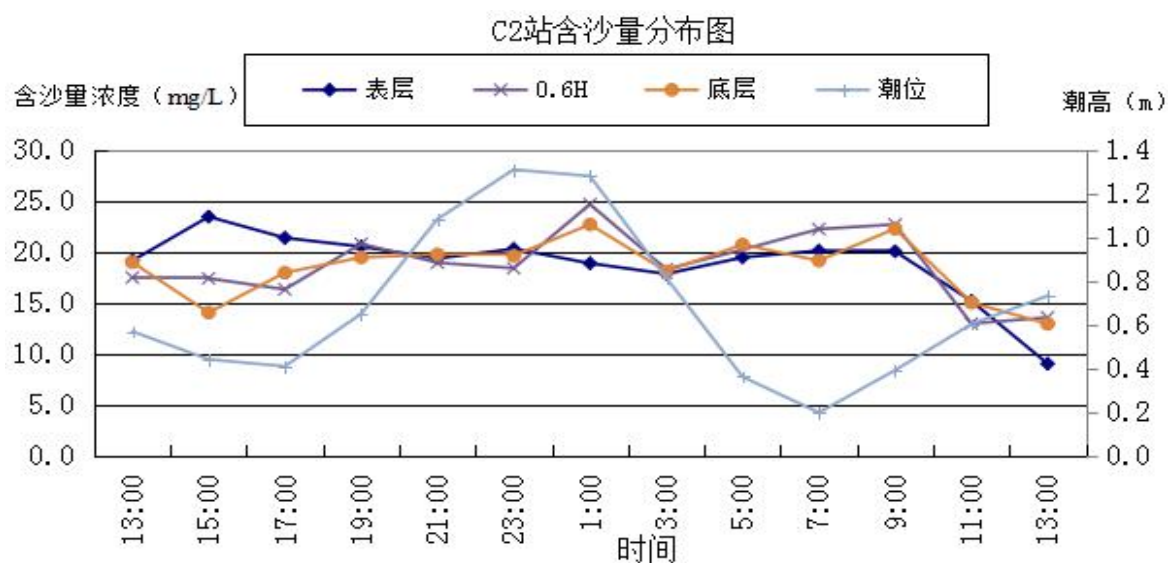
各站涨落潮期含沙量特征值表

表 3.5.1.4

单位: mg/L

站号	涨、落潮期	最大含沙量	出现位置	平均含沙量
C1	涨潮	33.1	表层	20.9
	落潮	35.3	0.6H、底层	20.1
C2	涨潮	22.7	0.6H	19.0
	落潮	24.7	0.6H	18.5
C3	涨潮	33.0	底层	20.5
	落潮	35.5	0.6H	23.0
C4	涨潮	46.4	0.6H	36.5
	落潮	45.9	底层	35.2
C5	涨潮	44.4	表层	38.3
	落潮	49.8	0.6H	37.3
C6	涨潮	32.9	底层	23.6
	落潮	36.4	0.6H	25.3





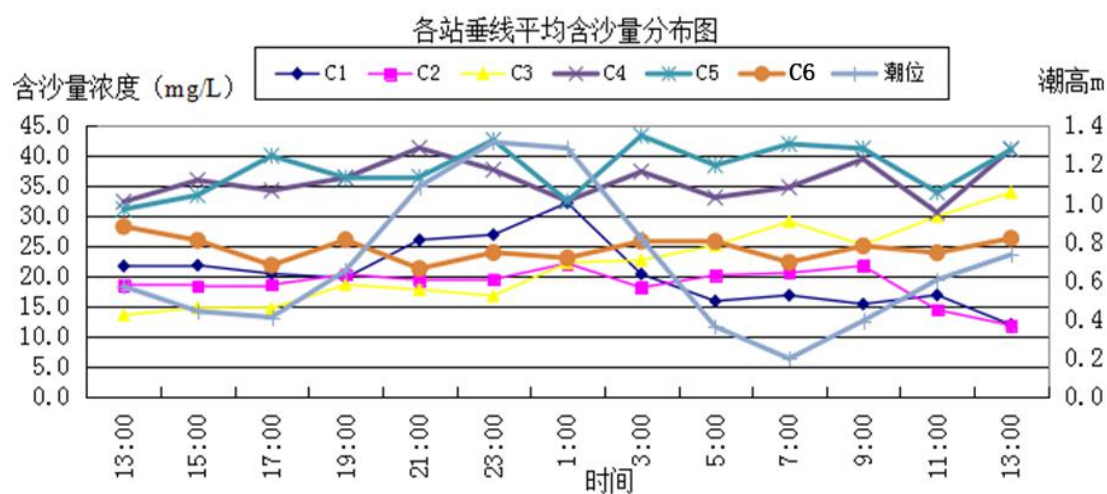
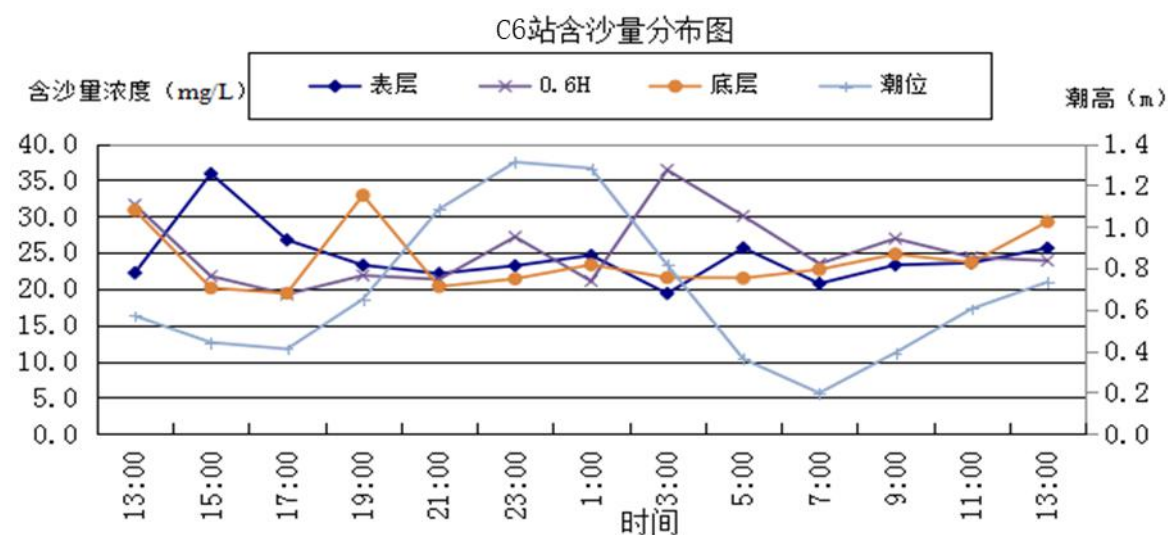
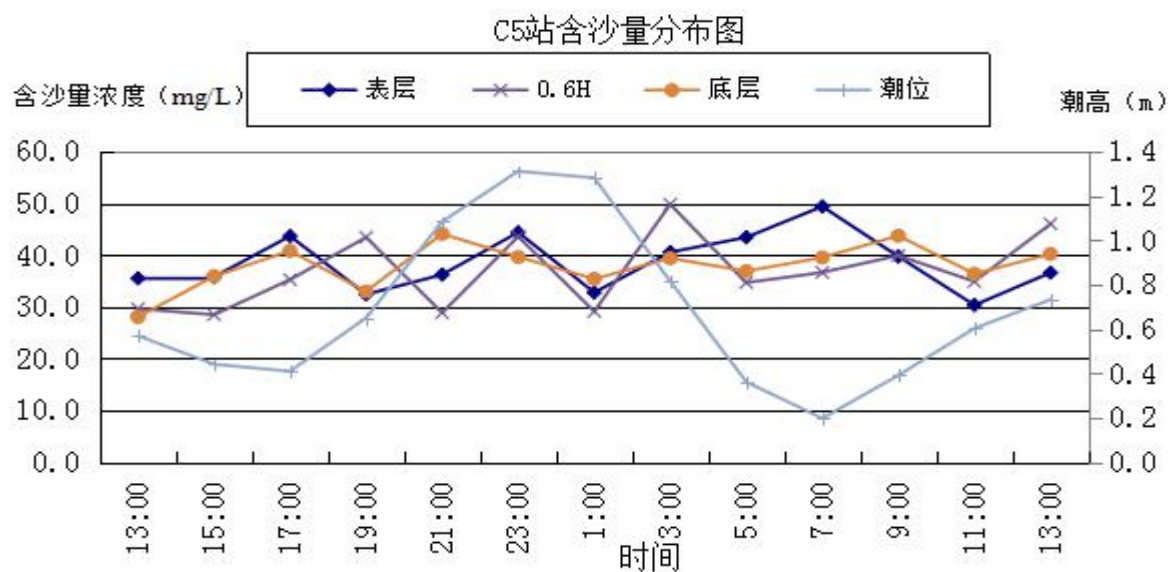


图 3.5.1.4-1 C1~C6 站大潮期含沙量分布图

3.5.2 海洋环境调查与评价

3.5.2.1 站位布设

为了解工程附近海域的海洋环境质量状况，海南省海洋与渔业科学院 2018 年 10 月在亚龙湾附近海域进行海洋环境现状调查，水质调查站位共 3 条断面 11 个站位. 生物生态与海洋沉积物调查站位 8 个，潮间带生物 3 条断面，珊瑚礁 10 个调查站位，站位见表 3.5.2.1-1、图 3.5.2.1-1。同时，参考《亚龙湾龙溪游艇会有限公司游艇码头防波堤拆除工程环境影响报告书》中，海南安纳检测技术有限公司于 2021 年 03 月 2 日~3 日在工程区域及附近海域开展水质、沉积物和海洋生物调查。在调查海域附近共布设水质环境调查站位共 20 个，海洋沉积物站位共 10 个，海洋生物调查站位 12 个；海洋生物质量监测站位 12 个，渔业资源调查站位 12 个，潮间带调查断面 4 条。调查站位一览表，见表 3.5.2.1-2，位置分布见图 3.5.2.1-2。

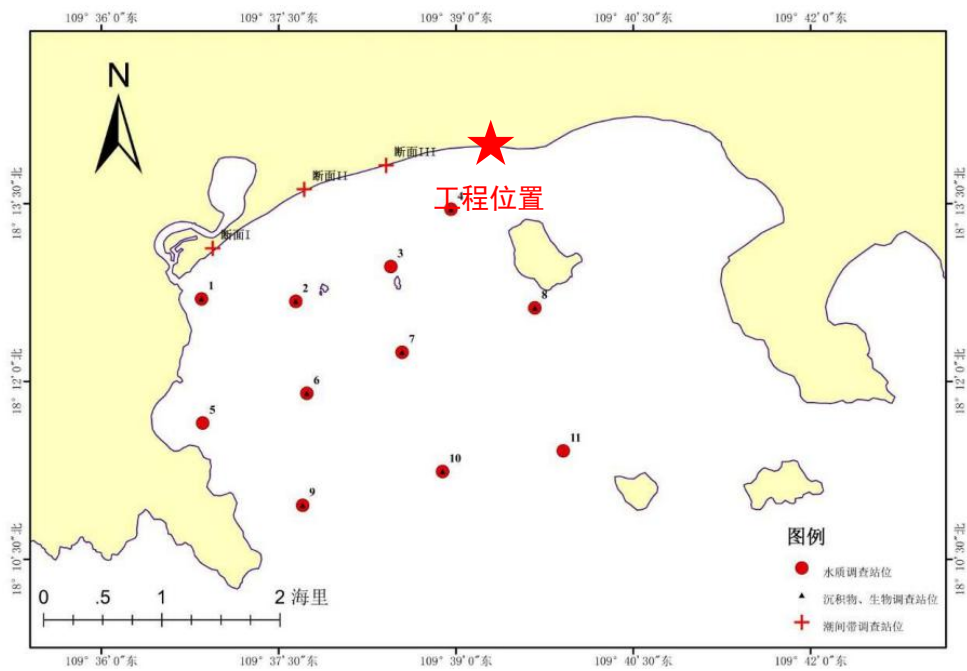


图 3.5.2.1-1 2018 年秋亚龙湾水质、沉积物、大型底栖动物调查站位图

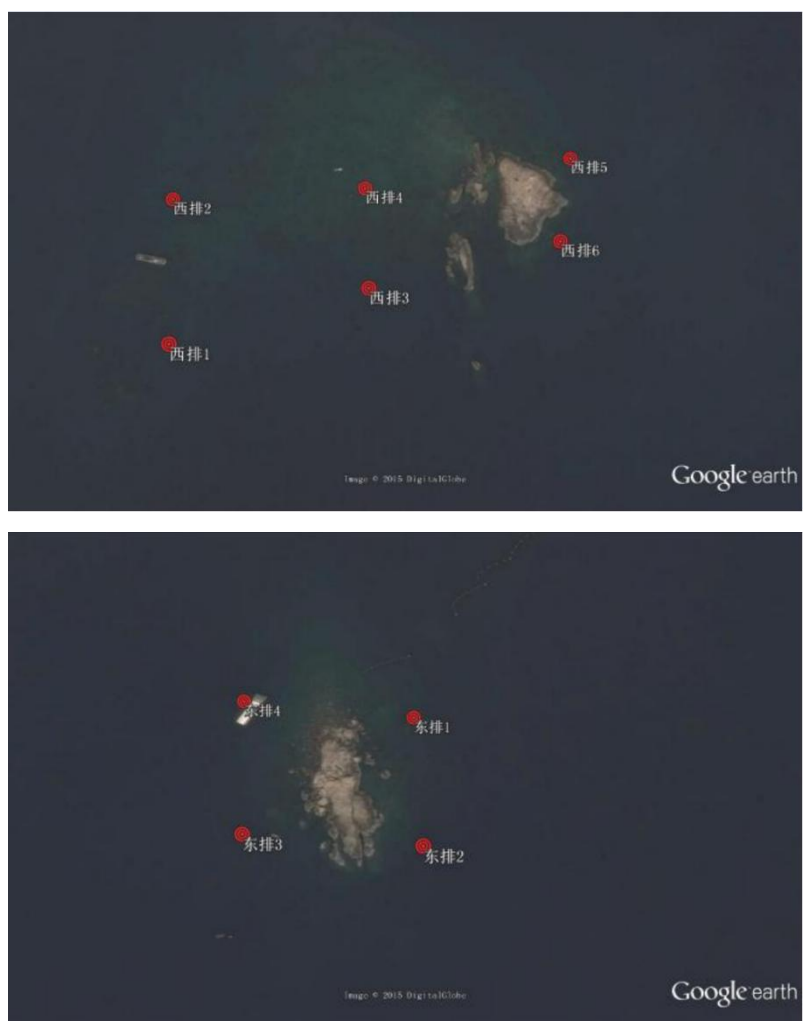


图 3.5.2.1-2 2018 年秋亚龙湾东排、西排海域珊瑚调查站位图

表 3.5.2.1-1 2018 年秋调查站位表

编号	东经	北纬	监测要素
1	109° 36' 54.21"	18° 12' 40.98"	水质、沉积物、生物
2	109° 37' 41.80"	18° 12' 45.31"	水质、沉积物、生物
3	109° 38' 20.11"	18° 13' 6.32"	水质
4	109° 38' 57.81"	18° 13' 28.57"	水质、沉积物、生物
5	109° 36' 51.74"	18° 11' 38.57"	水质
6	109° 37' 44.27"	18° 11' 54.63"	水质、沉积物、生物
7	109° 38' 33.71"	18° 12' 13.17"	水质、沉积物、生物
8	109° 39' 23.15"	18° 12' 37.89"	水质、沉积物、生物
9	109° 37' 41.80"	18° 10' 59.63"	水质、沉积物、生物
10	109° 38' 52.86"	18° 11' 13.85"	水质、沉积物、生物
11	109° 39' 54.66"	18° 11' 24.35"	水质

2021 年 3 月海洋环境质量现状调查站位一览表

表 3.5.2.1-2

站位	经度	纬度	监测项目
D1	109° 35' 31.573"E	18° 6' 44.464"N	水质、渔业资源
D2	109° 36' 19.005"E	18° 4' 31.574"N	水质、沉积物、生态、渔业资源
D3	109° 38' 3.109"E	18° 10' 33.779"N	水质、生态、渔业资源
D4	109° 38' 35.044"E	18° 7' 59.095"N	水质、渔业资源
D5	109° 39' 34.004"E	18° 5' 27.678"N	水质
D6	109° 36' 49.976"E	18° 12' 42.098"N	水质、沉积物、生态
D7	109° 38' 12.534"E	18° 12' 49.813"N	水质、沉积物、生态
D8	109° 38' 52.840"E	18° 11' 52.902"N	水质、渔业资源
D9	109° 37' 13.903"E	18° 11' 37.382"N	水质、渔业资源
D10	109° 43' 36.412"E	18° 12' 36.490"N	水质、沉积物、生态、渔业资源
D11	109° 41' 41.941"E	18° 9' 0.017"N	水质、生态、渔业资源
D12	109° 42' 7.330"E	18° 6' 11.747"N	水质、渔业资源
D13	109° 37' 39.760"E	18° 13' 23.103"N	水质、沉积物、生态
D14	109° 44' 31.697"E	18° 9' 55.299"N	水质
D15	109° 45' 35.392"E	18° 7' 11.486"N	水质、沉积物、生态、渔业资源
D16	109° 39' 14.434"E	18° 13' 11.401"N	水质、沉积物、生态
D17	109° 39' 59.033"E	18° 11' 23.981"N	水质、渔业资源
D18	109° 36' 44.513"E	18° 13' 19.098"N	水质、沉积物、生态
D19	109° 34' 46.395"E	18° 8' 50.975"N	水质、沉积物、生态、渔业资源
D20	109° 38' 52.253"E	18° 13' 49.991"N	水质、沉积物、生态
T1	109° 36' 48.004"E	18° 12' 58.504"N	潮间带
T2	109° 36' 39.997"E	18° 12' 5.057"N	潮间带
T3	109° 38' 53.281"E	18° 13' 57.493"N	潮间带
T4	109° 37' 36.515"E	18° 13' 33.848"N	潮间带



图 3.5.2.1-2 2021 年 3 月水质、沉积物、生态调查站位图

3.5.2.2 调查项目及调查方法

调查项目的采样、分析方法按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）的规定进行。

3.5.2.2.1 水质

2018 年秋季水质监测项目包括：pH、盐度、溶解氧、化学需氧量、磷酸盐、亚硝酸盐、氨氮、无机氮、活性磷酸盐。

各项目分析方法和检出限见表 5.2.2-1。

表 3.5.2.2-1 水质监测分析及检出限

项目	分析方法	检出限 (mg/L)
pH	酸度计	——
SS	重量法	2
DO	碘量滴定法	0.042
COD	碱性高锰酸钾法	0.15
活性磷酸盐	抗坏血酸还原的磷钼蓝法	0.62×10^{-3}
硝酸盐	镉柱还原法	0.6×10^{-3}
亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法	0.3×10^{-3}

铵盐	次溴酸盐氧化法	0.7×10^{-3}
铜	无火焰原子吸收分光光度计法	1.4×10^{-3}
铅	无火焰原子吸收分光光度计法	0.19×10^{-3}
锌	火焰原子吸收分光光度计法	16×10^{-3}
镉	无火焰原子吸收分光光度计法	0.014×10^{-3}
总铬	无火焰原子吸收分光光度计法	0.91×10^{-3}
石油类	紫外分光光度法	60.5×10^{-3}
温度	温度计法	——

3.5.2.2.2 沉积物

2018 年秋季沉积物调查项目包括：油类、有机碳、硫化物。

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》（GB17378—2007）和《海洋调查规范》（GB12763—2007）的规定进行。分析方法见表 3.5.2.2-2。

表 3.5.2.2-2 沉积物项目分析及检出限

项目	分析方法	检出限/w
有机碳	重铬酸钾氧化—还原容量法	0.03×10^{-2}
硫化物	碘量法	4×10^{-6}
铜	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	1×10^{-6}
汞	冷原子吸收分光光度法	5×10^{-9}
锌	火焰原子吸收分光光度法	6×10^{-6}
铬	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
石油类	紫外分光光度法	2×10^{-6}
砷	原子荧光法	1×10^{-6}

3.5.2.2.3 生态环境

1、叶绿素-a

取叶绿素-a 样品水样 1000 mL，经孔径为 $0.45 \mu\text{m}$ 的玻璃纤维素滤膜过滤后，丙酮提取 14~24 h，采用分光光度法进行分析，按 Jeffrey-Humphrey 的方程式计算叶绿素-a 的含量。

2、浮游植物

样品用浅水 III 型浮游生物网自底至表垂直拖曳获得，经碘液固定、保存，显微镜下观察进行种类鉴定，个体记数。

3、浮游动物

样品用浅水 I 型浮游生物网自底至表垂直拖取获得，经 5%福尔马林海水溶液固定、保存，显微镜下进行种类鉴定，个体记数，挑去杂质，称其湿重并计算湿重生物量。

4、大型底栖生物

采用 0.05 m² 的采泥器进行采样，每站采 2 有效斗。泥样经孔径为 0.5 mm 的筛子过滤后，所获样品用 5%福尔马林海水溶液固定保存。样品运回实验室后，在显微镜下进行种类鉴定，个体记数后用天平称量湿重计算湿重生物量。

5、群落特征分析与评价

根据各站浮游动物、浮游植物和底栖生物的种类组成及密度分布，分别计算生物样品的物种多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数、物种优势度指数等，其方法按《海洋监测规范》的要求进行。

6、珊瑚礁生态

断面监测法 (Line Intercept Transect)。每一调查区，根据珊瑚的生长分布状况、沿岸环境、海底地形、涨落潮引起的水深改变等条件，设定 200m×200m 监控站位 1~3 个，一般监测站位选择在不同的珊瑚礁生境类型，活体珊瑚分布较好区域或珊瑚分布发生明显变化的区域。根据珊瑚分布的密度、均匀度、优劣情况以及海底地形，在每一调查站位布置 50m×0.6m 的条形带状断面 2~6 条。在珊瑚礁分布的中心区至少设置断面 2 条，断面尽量均匀，能反映出该监测区域珊瑚礁生态现状。选择一条长 50m 带刻度 (1cm) 的皮尺在断面较平坦的地段上布设，用水下数码摄像机从断面上尺的一端沿着皮尺拍摄，水下摄影、拍照完后，用 GPS 测定断面两端的坐标，为下次监控提供准确位置。回到实验室后在电脑上进行判读，观察记录皮尺下活珊瑚的绳长，小于 10cm 的不记，记下断面线下活珊瑚、死珊瑚的总长度及珊瑚礁病害等，并对断面上的各种造礁珊瑚种类进行鉴定。如果断面线下有砂质或礁石等底质，记录其所占的长度，计算出各底质类型覆盖度。

3.5.2.2.4 潮间带生物

潮间带生物调查，用 25cm×25cm 的定量框进行取样，每个站位取 3 个平行样方，用筛网孔目 0.5mm 的筛网进行过滤取样，样品用甲醛溶液保存。

3.5.3 评价标准

海水水质评价依据《海水水质标准》(GB 3097-1997)，沉积物质量评价依据《海洋沉积物质量标准》(GB 18668-2002)，经济生物体质量评价依据《海洋生物质量》

(GB 18421-2001)。

站位引用海南省海洋与渔业科学院 2018 年 10 月在亚龙湾附近海域进行海洋环境现状调查, 根据《海南省海洋功能区划(2011-2020 年)》, 本次调查站位中 1、2、3、4 号站位位于亚龙湾旅游休闲娱乐区(A5-30)和三亚珊瑚礁海洋保护区(亚龙湾片区)(A6-11), 海水水质均不劣于一类标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量均均不劣于一类标准; 5 号站位位于亚龙湾旅游休闲娱乐区(A5-30), 海域海水水质不劣于一类标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准; 6、7、8 号站位位于亚龙湾旅游休闲娱乐区(A5-30), 海水水质不劣于一类标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准, 9、10、11 号站位位于保留区, 海水水质不劣于一类标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。

根据就高不就低的原则, 按照最高标准等级进行评价, 见表 3.5.2.3.2-1。

表 3.5.2.3.2-1 监测因子评价标准

站位号	海洋功能区划标准			红线区标准			最终标准		
	水质	沉积物	生物质量	水质	沉积物	生物质量	水质	沉积物	生物质量
1	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
2	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
3	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
4	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
5	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
6	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
7	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
8	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
9	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
10	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
11	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类
12	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类	一类

3.5.4 评价方法

海水水质、海洋沉积物以及生物体质量以各监测项目作为评价因子, 采用单站单因子质量指数法进行评价。

标准指数法的计算方法如下:

1、一般污染物:

污染程度随实测浓度增加而加重的因子, 其公式:

$$I_i = C_i/S_i$$

式中： I_i ———— i 项污染物的标准指数；

C_i ———— i 项污染物的实测浓度（平均值）；

S_i ———— i 项污染物评价标准。

2、海水 DO:

对水中溶解氧 DO，则用下式计算：

$$PI_{DO} = \frac{|DO_f - DO_i|}{DO_f - DO_s} (DO_i \geq DO_s)$$

$$P_i = 10 - 9 \times \frac{DO_i}{DO_s} (DO_i < DO_s)$$

$$DO_f = \frac{468}{31.6 + T}$$

式中： PI_{DO} ———— i 站点的 DO 的污染指数；

DO_f ———— 饱和 DO 浓度；

T ———— 水温（℃）；

DO_i ———— i 点的 DO 浓度；

DO_s ———— DO 的评价标准。

3、海水 pH:

pH 也有其特殊性，计算公式为：

$$PI_{pH} = \frac{|pH - pH_{sm}|}{D_s}$$

其中

$$pH_{sm} = \frac{pH_{su} + pH_{sd}}{2}, \quad D_s = \frac{pH_{su} - pH_{sd}}{2}$$

式中： PI_{pH} ———— pH 的污染指数；

Ph ———— pH 的实测值；

pH_{su} ———— 评价标准规定的上限值；

pH_{sd} ———— 评价标准规定的下限值。

4、生物生态

海洋生态环境根据各站浮游动物、浮游植物和底栖生物的种类组成及密度分布，分

别计算生物样品的物种多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数、物种优势度指数等，其方法按《海洋监测规范》的要求进行。

根据各站生物的密度，分别对生物样品的多样性指数、均匀度、丰度、优势度等进行统计学评价分析，计算公式为：

(1) 香农-韦弗 (Shannon-Weaver) 多样性指数

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

式中： H' ---生物多样性指数

S ---样品中的种类数量

P_i ---第 i 种的个体数与总个体数的比值

(2) 均匀度

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

式中： J ---均匀度指数

H' ---多样性指数

$H_{\max}$ --- $\log_2 S$ ，表示多样性指数的最大值

S ---样品中的种类数量

(3) 丰度

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

式中： d ---丰度

S ---样品中的种类数量

N ---样品中的生物个体总数

(4) 优势度

$$D = \frac{N_1 + N_2}{N_T}$$

式中： D ---优势度

N_1 ---样品中第一优势种的个体数

N_2 ---样品中第二优势种的个体数

N_T ---样品中的总个体数

(5) 优势种优势度的计算公式为:

$$Y = (n_i / N) \times f_i$$

5、珊瑚礁分析与评价方法:

(1) 珊瑚种类鉴定

珊瑚种类主要根据所拍珊瑚相片鉴定,并结合拍摄图像、现场调查观察记录和采集标本鉴定方式。

(2) 活石珊瑚覆盖度

断面活珊瑚覆盖度%=活珊瑚所占尺长 cm/5000cm

(3) 底质类型覆盖度

断面底质类型覆盖度%=底质类型长度 cm/5000cm

(4) 石珊瑚死亡情况判断

①石珊瑚死亡率

石珊瑚死亡率是判断硬珊瑚死亡情况的一种方法,其可通过影像资料测定断面上硬珊瑚为个数及死亡个数,并估计死亡时间。

石珊瑚死亡率=断面上石珊瑚死亡个数/断面上石珊瑚总个数

②死珊瑚覆盖度

死珊瑚覆盖度也是判断石珊瑚死亡情况的一种方法。断面上,一定个数的石珊瑚都存在一定的长度,多次取平均值可以以珊瑚长度来表征珊瑚个数,因此死珊瑚覆盖度也是判断硬珊瑚死亡情况的一种方法。

断面死珊瑚覆盖度%=死珊瑚所占尺长 cm/5000cm.

活珊瑚都呈现不同的颜色,判断死亡珊瑚的标准是珊瑚的颜色为白色或黑色,早期死亡的为黑色,死亡时间超过 1.5a 的珊瑚已辨认不清珊瑚体,近期死亡的为白色,死亡时间判别标准如下:

30d 以内:珊瑚单体骨骼白色、完整清晰;

0.5a 以内:珊瑚单体被小型藻类或薄层沉积物覆盖;

1a~2a 之内:珊瑚单体结构轻微腐蚀,但仍然能分辨出珊瑚的属级分类单位;

2a 以上:珊瑚单体结构消失,或单体上的附着生物(藻类、无脊椎动物等)已经很难取下。

(5) 石珊瑚补充量调查方法

根据拍摄的录像,统计每一断面上各种造礁石珊瑚的石珊瑚补充量,即单位面积上,高度<5cm,直径<5cm的新长造礁石小珊瑚个数。

石珊瑚补充量 (ind/m²) = 断面新长珊瑚个数/断面面积

(6) 珊瑚礁病害

珊瑚礁病害主要通过颜色的改变来判断,白化病在全球范围内都有发生.应对白化病及其它颜色的异常进行监测并拍照,只统计每个珊瑚“头部”平面上颜色的异常状况。分枝珊瑚,白死亡区域集中在每个分枝的边缘部分。记录每个珊瑚颜色异常状况;B为白化病,BB为黑边病,WB为白带病,RW为侵蚀病,YB为黄斑病,RB为红带病,并对病害情况进行现场拍照。

珊瑚发病率% = 断面上发病珊瑚个数/断面上珊瑚总个数

3.5.5 环境现状调查与评价结果

3.5.2.5.1 海水水质质量状况与评价

(1) 2018年10月水质监测结果

水质监测结果见表 5.2.5.1-1,各评价因子标准指数见表 5.2.5.1-2。

1) 温度:海水水温测值介于 27.4~28.4℃之间,属该季节正常变化范围。

2) 盐度:海水盐度介于 32.475~33.136 之间,各测站之间盐度变化幅度较小。

3) pH 值: pH 值范围为 7.97~8.22 之间,平均值为 8.16,各监测站之间 pH 值变化幅度较小,且同一站位表、中、底层 pH 值变化幅度较小。测值均达到一类海水水质 pH 值项标准。

4) 溶解氧:各站测值范围为 6.00~7.55mg/L,各监测站的溶解氧含量较高,各监测站位中的表、中、底层的溶解氧含量变化不大且的 DO 含量均大于 6.00mg/L。其中最大值出现在 10 号站的底层,测值为 7.55mg/L,最小值出现在 3 号的表层,测值为 6.00mg/L,均符合一类水质标准。

5) 化学需氧量 (COD_{Mn}):各站测值范围为 0.18~0.54mg/L 之间,监测海区的 COD 测定值较低,且各站位间 COD 值变化幅度较小,同一站位的表、中、底含量基本不变。所有站位的 COD 值均低于一类海水水质标准要求的≤2mg/L,均符合一类海水水质标准。

6) 悬浮物 (SS):各站测值范围为 4.98~23.04mg/L,平均为 12.02,人为增加量≤10mg/L,符合一类海水水质标准。

7) 无机氮-N:各站含量范围在 0.0127~0.0362mg/L,符合一类海水水质标准。

8) 活性磷酸盐 (PO₄-P):各站含量范围在 0.001~0.003mg/L,符合一类海水水质

标准。

9) 硝酸盐：各站含量范围在 0.007~0.029mg/L，平均值为 0.018，处于较低水平，符合一类海水水质标准。

10) 亚硝酸盐：各站含量范围在 0.0002~0.0021mg/L，平均为 0.0008，整体处于较低水平，符合一类海水水质标准。

(2) 2018 年 10 月水质质量评价

根据调查结果：2018 年秋季，各调查站位均符合第一类海水水质标准，其中：pH 最大值为 8.22，出现在 5 号站位表层，最小值为 7.97，该最大值出现在 4 号站位表层，符合一类海水质量标准中规定的 pH：7.8~8.5；DO 最大值为 7.55mg/L，该最大值出现在 10 号站位底层，符合一类海水质量标准中规定的 DO>6mg/L；COD 最大值为 0.54mg/L，该最大值出现在 1 号站位表层，符合一类海水质量标准中规定的 COD≤2mg/L；硝酸盐最大值为 0.0029mg/L，该最大值出现在 10 号站位底层，符合一类海水质量标准；亚硝酸盐最大值为 0.0021mg/L，该最大值出现在 4 号站位表层，符合一类海水质量标准；氨氮最大值为 0.01mg/L，该最大值出现在 3 号站位表层，符合一类海水质量标准；无机氮最大值为 0.0362mg/L，该最大值出现在 10 号站位底层，符合一类海水质量标准中规定的无机氮≤0.2mg/L；活性磷酸盐最大值为 0.003mg/L，该最大值出现在 8 号站位底层，符合一类海水质量标准中规定的活性磷酸盐≤0.015mg/L。

表 3.5.2.5.1-1 2018 年秋季项目周边海域水质标准指数表

站位	层次	pH	DO	COD _{Mn}	无机氮	活性磷酸盐
1	表	0.77	0.34	0.270	0.13	0.20
2	表	0.80	0.29	0.225	0.13	—
	底	0.77	0.44	0.160	0.11	—
3	表	0.81	1.00	0.195	0.16	0.07
	底	0.79	0.57	0.200	0.12	0.13
4	表	0.85	0.45	0.220	0.09	0.13
5	表	0.81	0.23	0.200	0.15	0.07
	底	0.80	0.35	0.220	0.16	0.07
6	表	0.80	0.41	0.230	0.17	0.07
	底	0.77	0.00	0.190	0.15	0.13
7	表	0.81	0.47	0.200	0.16	0.07
	底	0.76	0.47	0.180	0.06	0.13
8	表	0.81	0.41	0.160	0.09	0.13

	底	0.77	0.73	0.175	0.10	0.20
9	表	0.77	0.79	0.210	0.17	0.07
	底	0.81	0.38	0.175	0.15	0.13
10	表	0.73	0.27	0.090	0.10	0.13
	底	0.73	0.18	0.100	0.18	0.07
11	表	0.78	0.21	0.150	0.09	0.20
	底	0.81	0.22	0.160	0.08	0.07

表 3.5.2.5.1-2 2018 年秋季项目周边海域水质监测结果（2018 年 10 月）

站号	层次	温度	pH	盐度	DO	COD	硝酸盐	亚硝酸盐	氨氮	无机氮	活性磷酸盐	SS
		℃			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	表	28.2	8.15	32.736	7.25	0.54	0.020	0.0004	0.006	0.0264	0.003	8.86
2	表	28.2	8.20	33.072	7.34	0.45	0.021	0.0007	0.005	0.0267	未检出	7.50
	底	27.8	8.15	33.079	7.06	0.32	0.015	0.0005	0.006	0.0215	未检出	4.98
3	表	27.4	8.21	33.006	6.00	0.39	0.020	0.0013	0.01	0.0313	0.001	10.76
	底	27.4	8.18	32.982	6.81	0.40	0.018	0.0015	0.005	0.0245	0.002	12.28
4	表	28.2	7.97	33.136	7.05	0.44	0.008	0.0021	0.008	0.0181	0.002	12.16
5	表	27.6	8.22	32.620	7.46	0.40	0.021	0.0005	0.009	0.0305	0.001	21.40
	底	27.6	8.20	32.799	7.23	0.44	0.023	0.0006	0.009	0.0326	0.001	6.52
6	表	27.8	8.20	32.980	7.13	0.46	0.024	0.0011	0.009	0.0341	0.001	12.50
	底	27.8	8.15	32.475	7.90	0.38	0.023	0.0006	0.007	0.0306	0.002	16.14
7	表	28.2	8.21	33.067	7.00	0.40	0.023	0.0005	0.009	0.0325	0.001	12.66
	底	28.2	8.14	33.104	7.01	0.36	0.007	0.0007	0.005	0.0127	0.002	19.00
8	表	28.4	8.21	32.949	7.12	0.32	0.009	0.0006	0.009	0.0186	0.002	23.04
	底	28.4	8.16	32.928	6.51	0.35	0.013	0.0005	0.006	0.0195	0.003	13.70
9	表	27.4	8.16	33.017	6.40	0.42	0.025	0.0006	0.009	0.0346	0.001	11.70
	底	27.4	8.22	32.968	7.18	0.35	0.023	0.0004	0.007	0.0304	0.002	6.70
10	表	27.6	8.10	33.000	7.38	0.18	0.009	0.0003	0.010	0.0193	0.002	8.96
	底	27.6	8.10	32.957	7.55	0.20	0.029	0.0002	0.007	0.0362	0.001	8.76
11	表	28.1	8.17	33.081	7.50	0.30	0.012	0.0003	0.005	0.0173	0.003	8.98
	底	28.1	8.21	32.960	7.49	0.32	0.011	0.0009	0.005	0.0169	0.001	9.76
最大值		28.4	8.22	33.136	7.55	0.54	0.029	0.0021	0.01	0.0362	0.003	23.04
最小值		27.4	7.97	32.475	6.00	0.18	0.007	0.0002	0.005	0.0127	0.001	4.98
平均值		27.9	8.16	32.933	7.05	0.37	0.018	0.0008	0.007	0.0256	0.002	12.02

(3) 2021 年 3 月水质监测结果

海域的水质调查结果详见表 3.5.2.5.1-3，各项指标的总体特征如下：

1) 水温

调查海域，海水水温变化范围为 $22.4^{\circ}\text{C} \sim 25.2^{\circ}\text{C}$ ，平均值为 23.3°C ，总的来说表层水温高于底层水温。

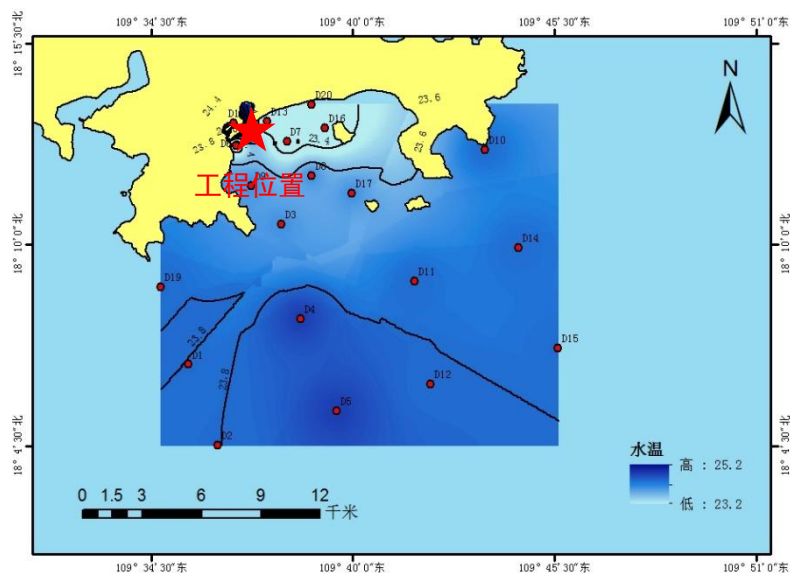


图 3.5.2.5.1-1 表层水温平面分布图

2) 盐度

调查海域，海水盐度变化范围为 $31.036 \sim 32.910$ ，平均值为 32.639 。最低值出现在 D18 号站位表层，最高值出现在 D7 号站底层。

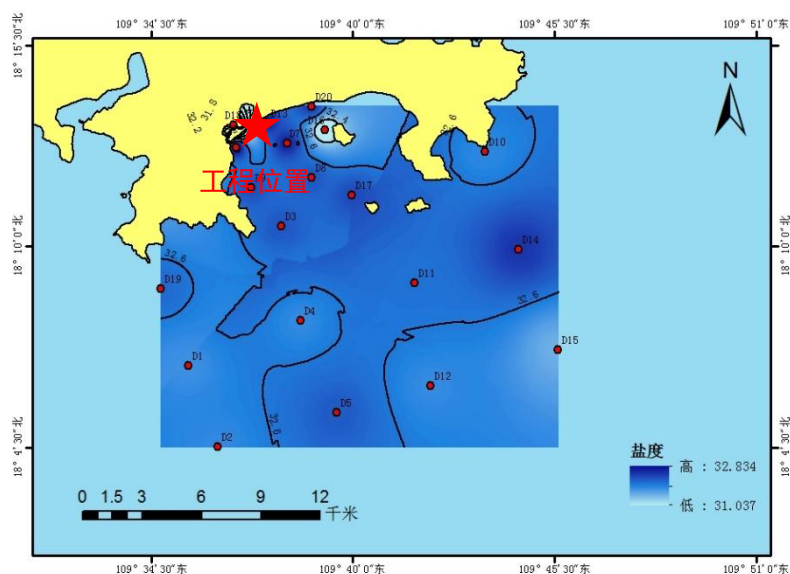


图 3.5.2.5.1-2 表层盐度平面分布图

3) pH

调查海域，海水 pH 变化范围为 8.19~8.39，平均值为 8.36。

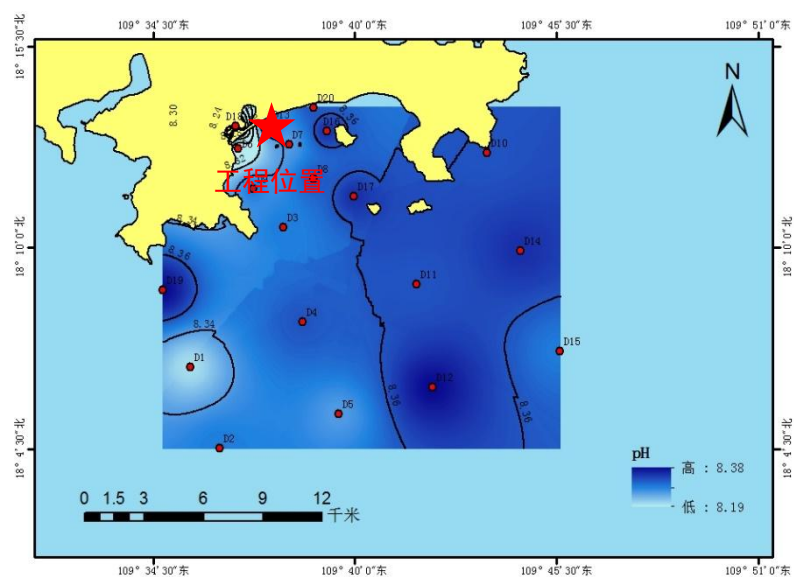


图 3.5.2.5.1-3 表层 pH 值平面分布图

4) 溶解氧(DO)

调查海域，海水溶解氧含量变化范围为 6.24mg/L~6.98mg/L，平均值为 6.61mg/L，最低值出现在 D18 号站位表层，最高值出现在 D15 号站 10m 层。

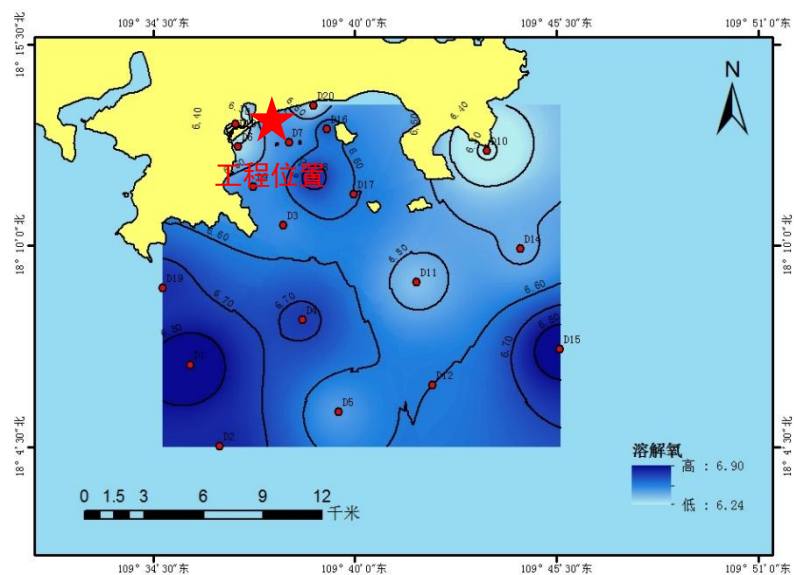


图 3.5.2.5.1-4 表层溶解氧平面分布图

5) 化学需氧量(COD)

调查海域，海水 COD 含量变化范围为 0.28mg/L~1.15mg/L，平均值为 0.73mg/L，最低值出现在 D12 号站位表层，最高值出现在 D4 号站 10m 层。

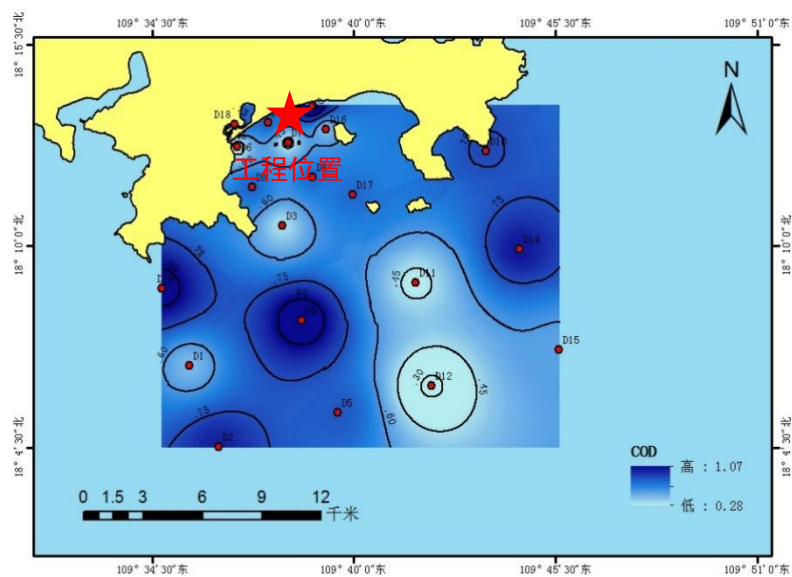


图 3.5.2.5.1-5 表层化学需氧量平面分布图

(6) 活性磷酸盐

调查海域，海水活性磷酸盐含量变化范围为 0.0002mg/L~0.0508mg/L，平均值为 0.0018mg/L。

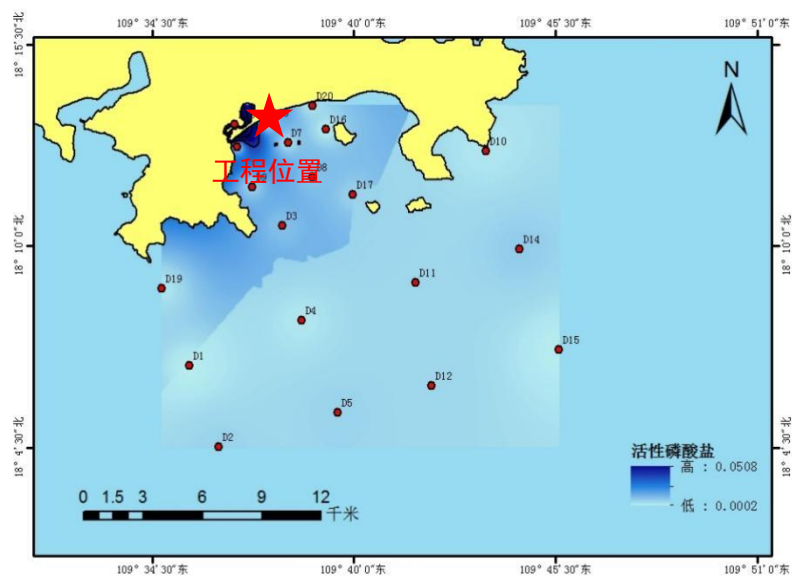


图 3.5.2.5.1-6 表层活性磷酸盐平面分布图

7) 无机氮(DIN)

调查海域，海水无机氮含量变化范围为0.005mg/L~0.119mg/L，平均值为0.023mg/L，最低值出现在 D5 号站位 50m 层，最高值出现在 D18 号站表层。

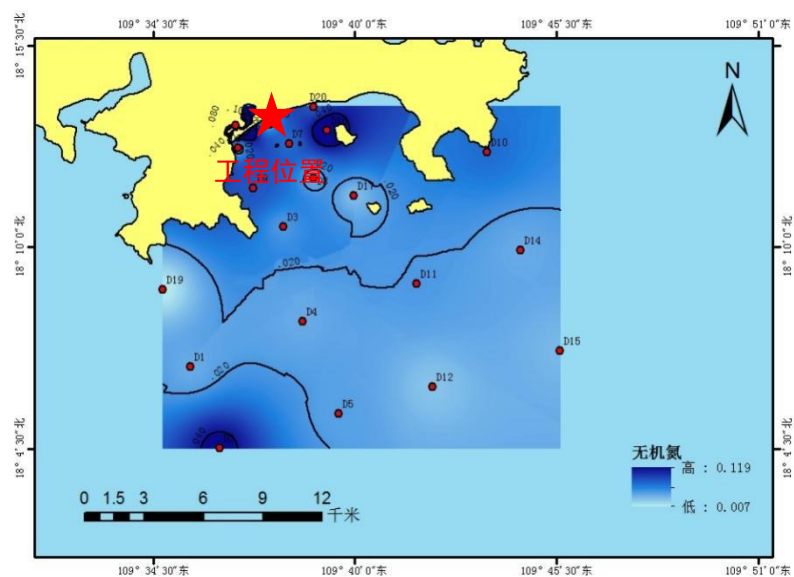


图 3.5.2.5.1-7 表层无机氮平面分布图

8) 石油类

调查海域,海水石油类含量变化范围为未检出~0.0060mg/L,平均值为 0.0016mg/L。

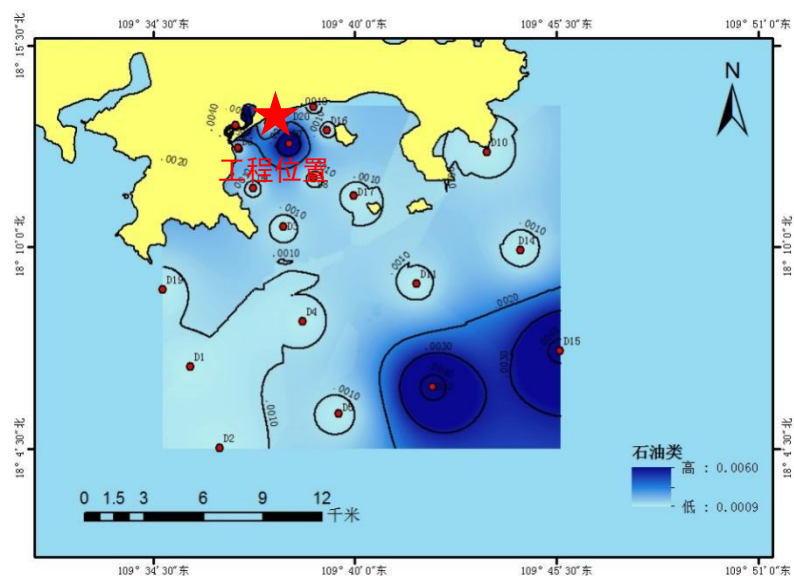


图 3.5.2.5.1-8 表层石油类平面分布图

9) 悬浮物

海水悬浮物含量变化范围为 14.7mg/L~94.7mg/L, 平均值为 23.2mg/L。从平面分布上看,垂直于岸线方向,亚龙湾湾内海域的悬浮物浓度总体上小于亚龙湾湾外海域的悬浮物浓度;平行于岸线方向,亚龙湾外侧海域 D4, D5 的悬浮物浓度大于两侧的 D1、D11, D2、D12 站位;调查海域的悬浮物含量平面分布特征与水文动力环境现状中的悬沙浓度平面分布基本一致。

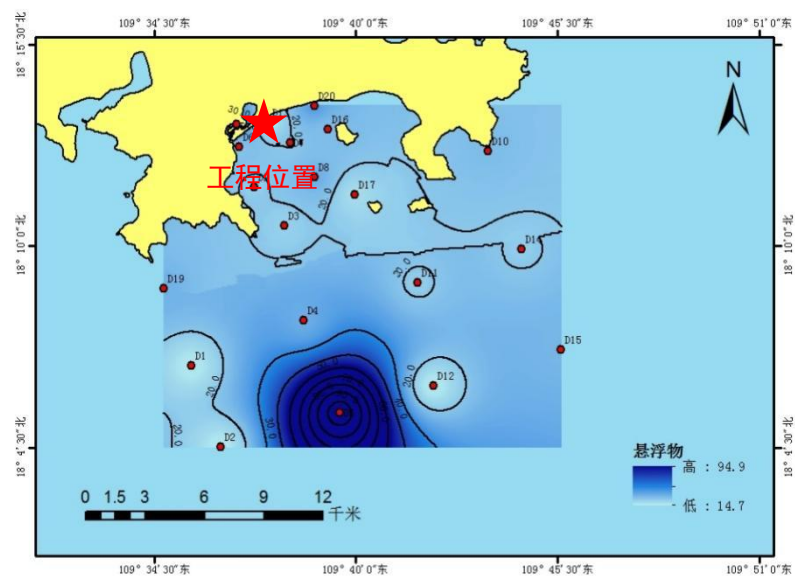
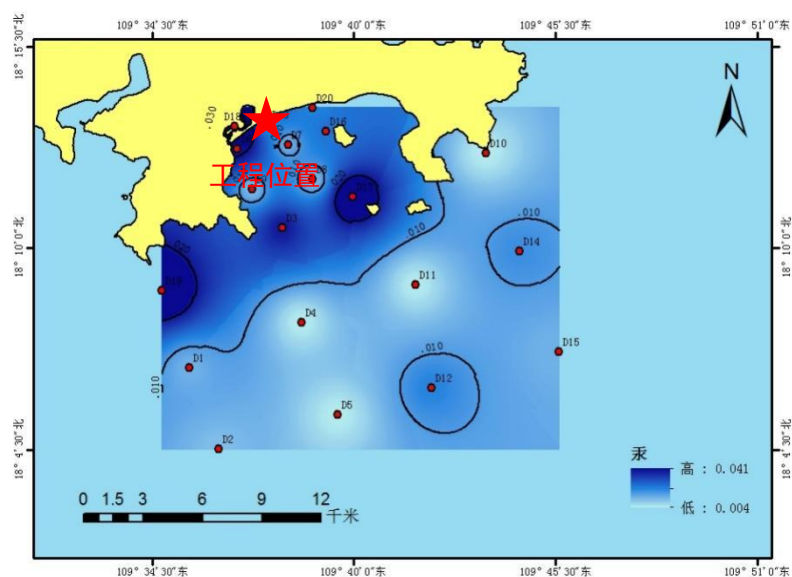


图 3.5.2.5.1-9 表层悬浮物平面分布图

10) 汞

调查海域，海水汞含量变化范围为未检出 $\sim$ 0.041 μ g/L，平均值为 0.010 μ g/L。



5.2.5.1-2

图 3.5.2.5.1-10 表层汞平面分布图

11) 砷

调查海域，海水砷含量变化范围为 0.5 $\sim$ 1.7 μ g/L，平均值为 1.3 μ g/L。

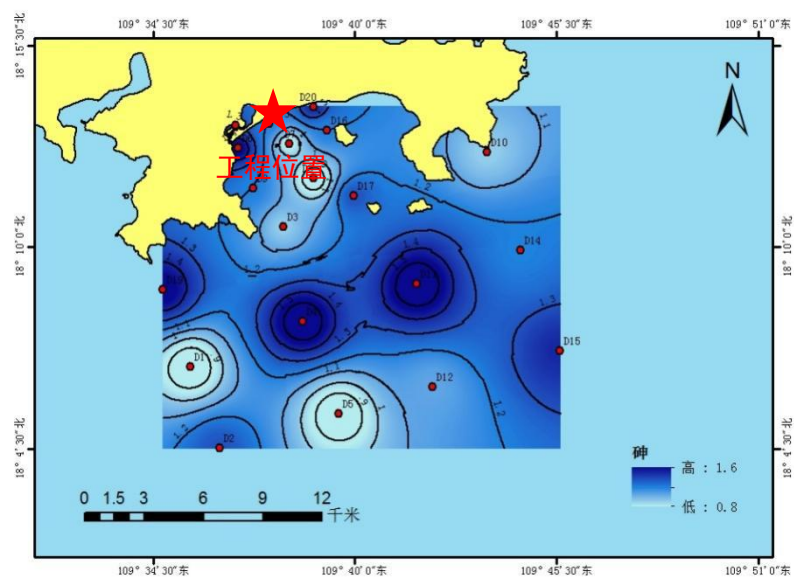


图 3.5.2.5.1-11 表层砷平面分布图

12) 锌

调查海域，海水锌含量变化范围为 3.4~15.4 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 8.1 $\mu\text{g/L}$ 。

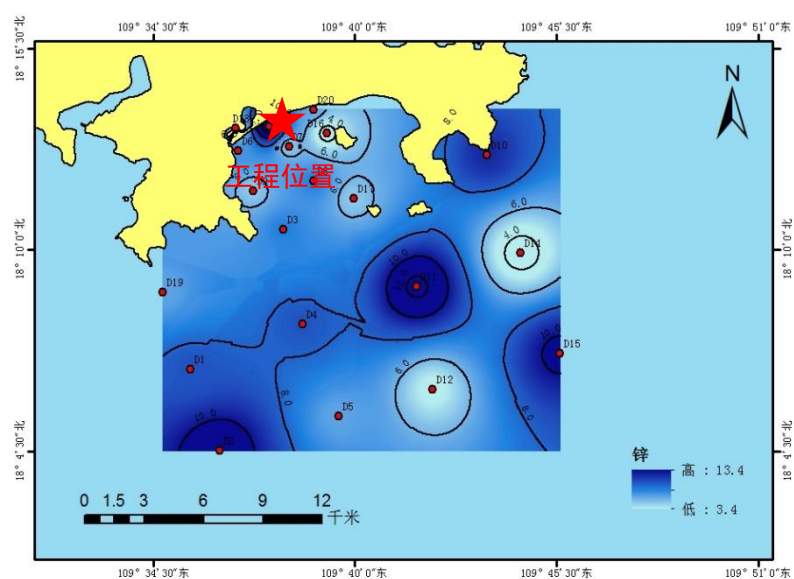


图 3.5.2.5.1-12 表层锌平面分布图

(13) 镉

调查海域，海水镉含量变化范围为 0.01~0.22 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.07 $\mu\text{g/L}$ 。

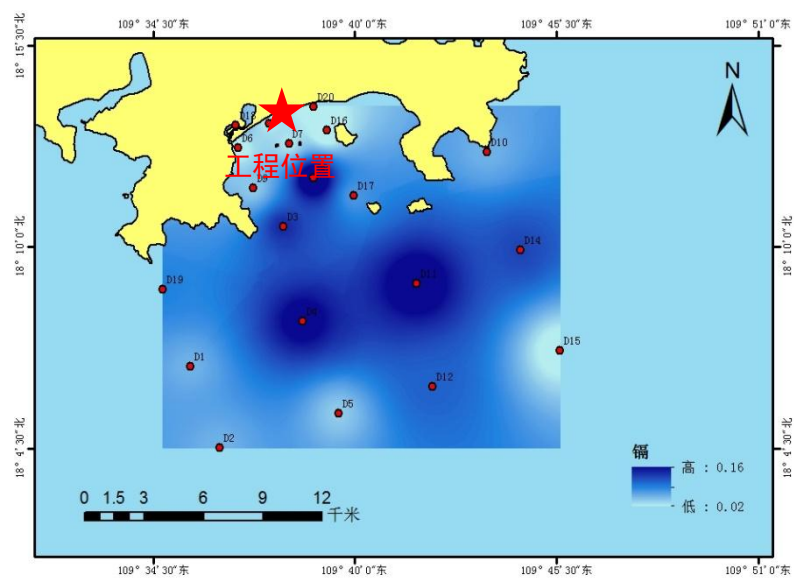


图 3.5.2.5.1-13 表层铜平面分布图

(14) 铅

调查海域，海水铅含量变化范围为 $0.06 \sim 0.40 \mu\text{g/L}$ ，平均值 $0.13 \mu\text{g/L}$ 。

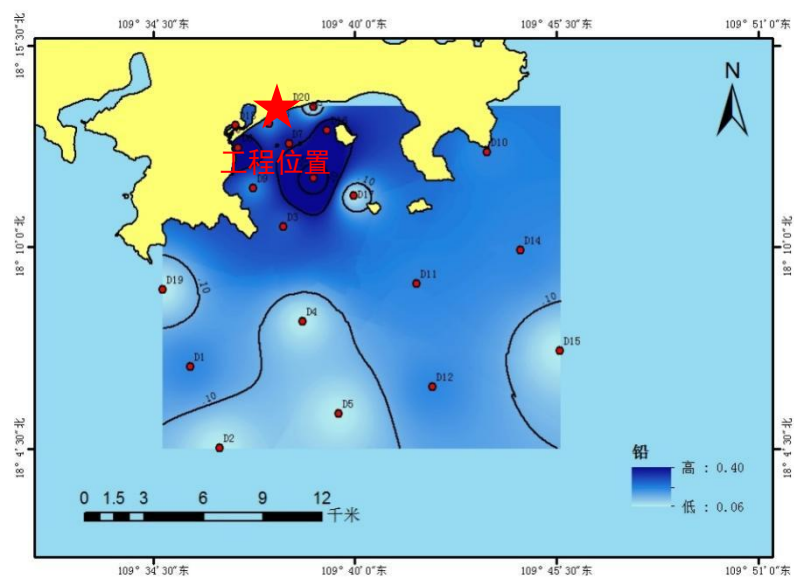


图 3.5.2.5.1-14 表层铅平面分布图

(15) 铜

调查海域，海水铜含量变化范围为 $0.2 \sim 1.6 \mu\text{g/L}$ ，平均值 $0.6 \mu\text{g/L}$ 。

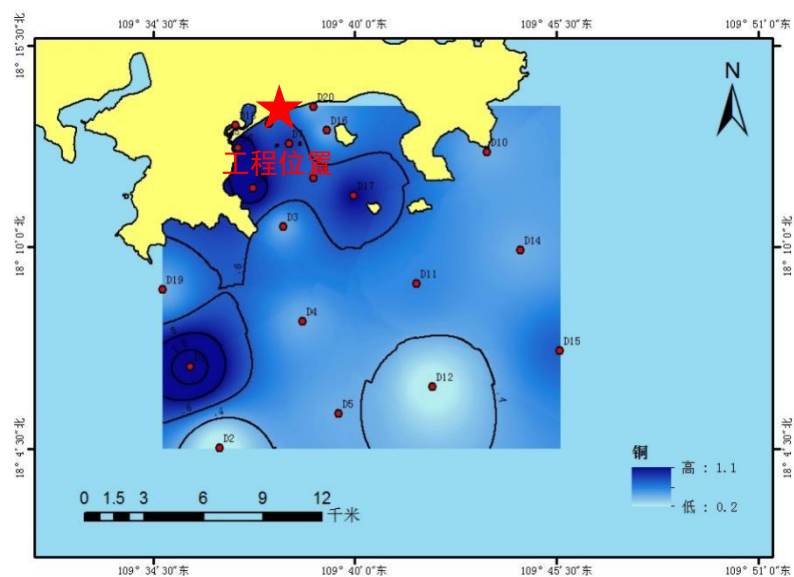


图 3.5.2.5.1-15 表层铜平面分布图

(16) 总铬

调查海域，海水总铬样品中仅有 D5(50m 层、底层)和 D7（底层）号站检出，其余调查海域各站位海水总铬样品均未检出。

(2) 2021 年 3 月水质评价结果

水质评价标准指数见表 3.5.2.5.1-3 和表 3.5.2.5.1-4。

由评价结果可知，调查海区 pH 符合第一类海水水质标准。20 个海水水质调查站位中，除 D18（表层）号站活性磷酸盐劣第四类海水水质标准；其余各站位各监测要素（溶解氧、化学需氧量、无机氮、SS、石油类、铜、铅、锌、镉、总铬、砷和汞），均符合第一类海水水质标准。根据 2020 年亚龙溪上游龙海路小桥监测断面监测结果，活性磷酸盐有不同程度的超标，该站位活性磷酸盐超标可能是由于上游河流水质的影响影响。

工程附近海域海水水质现状调查结果表

表 3.5.2.5.1-3

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)	总铬 (μg/L)
D1	表	23.8	8.32	32.548	6.90	0.53	0.014	0.0007	0.0025	0.017	0.0002	未检出	15.3	0.8	0.008	1.1	0.13	8.4	0.06	未检出
	10m	23.5	8.31	32.582	6.87	0.42	0.035	0.0010	0.0032	0.039	0.0022	--	21.3	1.1	0.008	0.6	0.06	11.4	0.04	未检出
	50m	22.8	8.34	32.821	6.66	0.69	0.062	0.0012	0.0034	0.067	0.0008	--	23.6	1.0	0.007	1.2	0.06	9.4	0.04	未检出
	底	22.5	8.35	32.739	6.80	0.55	0.044	0.0010	0.0050	0.050	0.0011	--	21.1	1.1	未检出	0.4	0.06	3.4	0.03	未检出
D2	表	23.8	8.35	32.563	6.76	0.84	0.039	0.0007	0.0037	0.043	0.0013	未检出	15.3	1.3	0.007	0.2	0.06	11.4	0.06	未检出
	10m	23.5	8.36	32.501	6.80	0.96	0.014	0.0007	0.0029	0.018	0.0008	--	20.2	1.2	未检出	0.4	0.20	4.4	0.03	未检出
	50m	22.8	8.36	32.788	6.83	0.63	0.019	0.0006	0.0042	0.024	0.0002	--	20.3	1.5	未检出	1.1	0.20	11.4	0.02	未检出
	底	22.4	8.36	32.767	6.74	0.47	0.015	0.0010	0.0031	0.019	0.0013	--	20.6	1.4	未检出	0.6	0.06	5.4	0.02	未检出
D3	表	23.7	8.35	32.666	6.56	0.45	0.010	0.0010	0.0086	0.020	0.0020	未检出	18.6	1.0	0.02	0.4	0.16	7.4	0.11	未检出
	10m	23.4	8.34	32.778	6.44	0.39	0.008	0.0010	0.0062	0.015	0.0012	--	22.3	1.2	0.022	0.2	0.27	9.9	0.10	未检出
	底	22.9	8.36	32.804	6.50	0.75	0.026	0.0020	0.0069	0.035	0.0012	--	18.5	1.4	0.022	0.4	0.16	8.4	0.04	未检出
D4	表	23.9	8.36	32.560	6.72	1.01	0.011	0.0009	0.0048	0.017	0.0005	未检出	23.9	1.6	未检出	0.4	0.06	8.4	0.13	未检出
	10m	23.7	8.35	32.626	6.71	1.15	0.013	0.0008	0.0044	0.018	0.0011	--	21.1	1.6	未检出	0.5	0.06	9.4	0.22	未检出
	50m	22.9	8.38	32.774	6.60	0.74	0.020	0.0010	0.0061	0.027	0.0013	--	19.7	1.4	未检出	1.0	0.13	6.4	0.02	未检出
	底	22.9	8.38	32.614	6.66	0.78	0.032	0.0008	0.0128	0.046	0.0022	--	24.0	1.3	未检出	0.8	0.06	13.4	0.03	未检出
D5	表	23.9	8.34	32.658	6.53	0.73	0.013	0.0009	0.0048	0.019	0.0013	未检出	94.7	0.8	未检出	0.4	0.06	6.4	0.05	未检出
	10m	23.5	8.36	32.601	6.49	1.00	0.010	0.0008	0.0031	0.014	0.0011	--	22.6	1.2	未检出	0.4	0.06	8.4	0.02	未检出
	50m	22.8	8.36	32.073	6.60	0.86	0.003	0.0009	0.0009	0.005	0.0008	--	21.2	1.5	未检出	0.4	0.13	6.4	0.06	0.4
	底	22.4	8.37	32.648	6.72	0.87	0.006	0.0007	0.0059	0.013	0.0011	--	21.3	1.4	0.007	0.2	0.13	6.4	0.04	0.5
D6	表	23.3	8.31	32.836	6.40	0.40	0.008	0.0017	0.0064	0.016	0.0018	未检出	20.3	1.5	0.02	1.0	0.30	6.9	0.03	未检出

D7	表	23.3	8.34	32.774	6.56	0.42	0.009	0.0018	0.0164	0.027	0.0008	0.0041	19.9	0.9	0.008	0.7	0.20	5.4	0.04	未检出
----	---	------	------	--------	------	------	-------	--------	--------	-------	--------	--------	------	-----	-------	-----	------	-----	------	-----

	底	23.1	8.36	32.910	6.66	0.77	0.004	0.0017	0.0095	0.015	0.0002	--	17.3	1.0	0.007	0.3	0.13	8.4	0.02	0.4
D8	表	23.7	8.36	32.665	6.76	0.70	0.004	0.0007	0.0124	0.017	0.0019	未检出	23.5	0.8	0.007	0.6	0.40	7.4	0.16	未检出
	10m	23.4	8.36	32.615	6.76	0.64	0.008	0.0013	0.0140	0.023	0.0008	--	28.1	0.5	0.007	0.4	0.06	8.4	0.07	未检出
	底	23.0	8.36	32.731	6.50	0.98	0.012	0.0009	0.0071	0.020	0.0013	--	21.7	1.7	0.007	0.9	0.13	8.4	0.12	未检出
D9	表	23.7	8.35	32.688	6.57	0.71	0.012	0.0016	0.0165	0.030	0.0013	未检出	19.3	1.2	0.007	0.9	0.13	5.4	0.05	未检出
	底	23.1	8.37	32.761	6.76	0.82	0.011	0.0016	0.0147	0.027	0.0016	--	24.9	1.4	0.007	0.7	0.20	13.4	0.14	未检出
D10	表	23.8	8.36	32.566	6.29	0.76	0.015	0.0014	0.0104	0.027	0.0005	未检出	21.6	1.0	未检出	0.4	0.13	9.4	0.06	未检出
	10m	23.7	8.36	32.693	6.42	0.76	0.018	0.0015	0.0075	0.027	0.0008	--	25.4	1.2	未检出	0.8	0.20	3.9	0.06	未检出
	底	23.5	8.36	32.819	6.36	0.54	0.010	0.0022	0.0103	0.023	0.0010	--	28.0	1.5	未检出	0.2	0.13	4.4	0.04	未检出
D11	表	23.8	8.36	32.612	6.45	0.42	0.006	0.0011	0.0131	0.020	0.0011	未检出	19.3	1.6	未检出	0.5	0.13	12.4	0.14	未检出
	10m	23.7	8.35	32.689	6.60	0.70	0.009	0.0009	0.0104	0.020	0.0008	--	29.2	1.6	未检出	0.4	0.06	10.4	0.04	未检出
	50m	22.9	8.37	32.834	6.44	0.54	0.006	0.0009	0.0078	0.015	0.0005	--	25.6	1.5	未检出	0.4	0.06	13.4	0.20	未检出
	底	22.6	8.37	32.827	6.43	0.74	0.005	0.0019	0.0078	0.015	0.0002	--	19.9	1.4	0.012	0.8	0.20	8.4	0.12	未检出
D12	表	23.8	8.38	32.559	6.60	0.28	0.005	0.0014	0.0067	0.013	0.0011	0.0042	15.1	1.1	0.012	0.2	0.13	4.4	0.09	未检出
	10m	23.6	8.37	32.557	6.58	0.38	0.011	0.0009	0.0075	0.019	0.0008	--	18.3	0.9	0.011	0.5	0.06	6.4	0.03	未检出
	50m	22.8	8.37	32.684	6.51	0.62	0.008	0.0011	0.0051	0.014	0.0002	--	44.1	1.1	0.011	1.0	0.06	4.4	0.16	未检出
	底	22.5	8.37	32.558	6.72	1.10	0.011	0.0015	0.0068	0.019	0.0005	--	20.1	0.9	0.012	0.2	0.06	12.4	0.04	未检出
D13	表	23.2	8.36	32.799	6.54	0.71	0.009	0.0014	0.0072	0.018	0.0002	未检出	14.7	1.2	0.011	0.6	0.13	13.4	0.04	未检出
D14	表	23.8	8.37	32.733	6.49	0.86	0.007	0.0007	0.0095	0.017	0.0016	未检出	19.4	1.2	0.011	0.4	0.13	3.4	0.10	未检出
	10m	23.6	8.37	32.781	6.41	0.82	0.002	0.0013	0.0055	0.009	0.0008	--	25.7	1.3	0.011	1.6	0.13	12.4	0.03	未检出
	50m	22.9	8.36	32.645	6.37	0.82	0.007	0.0013	0.0058	0.014	0.0005	--	23.7	1.2	0.007	0.4	0.20	8.4	0.18	未检出
	底	22.7	8.36	32.822	6.76	0.59	0.015	0.0014	0.0091	0.026	0.0002	--	16.0	1.3	0.007	0.5	0.06	13.4	0.15	未检出
D15	表	23.8	8.35	32.476	6.86	0.58	0.005	0.0032	0.0064	0.015	0.0002	0.0041	22.6	1.4	0.008	0.6	0.06	10.4	0.03	未检出
	10m	23.6	8.38	32.382	6.98	0.78	0.005	0.0013	0.0114	0.018	0.0005	--	24.9	1.4	未检出	0.4	0.06	15.4	0.04	未检出
	50m	22.8	8.39	32.618	6.82	0.54	0.011	0.0017	0.0095	0.022	0.0008	--	22.6	1.4	0.007	0.4	0.27	10.4	0.03	未检出

	底	22.5	8.37	32.689	6.52	0.78	0.006	0.0018	0.0097	0.018	0.0022	--	16.7	0.9	0.007	0.2	0.06	3.4	0.08	未检出
D16	表	23.2	8.37	32.269	6.65	0.52	0.044	0.0014	0.0069	0.052	0.0002	未检出	21.5	1.2	0.013	0.4	0.24	3.4	0.02	未检出
	底	23.0	8.38	32.750	6.61	0.51	0.005	0.0017	0.0146	0.021	0.0002	--	24.6	1.3	0.008	0.7	0.30	4.9	0.03	未检出
D17	表	23.7	8.37	32.689	6.60	0.70	0.007	0.0011	0.0058	0.014	0.0013	未检出	16.6	1.3	0.027	0.8	0.06	5.4	0.07	未检出
	10m	23.4	8.38	32.622	6.60	0.98	0.001	0.0010	0.0081	0.010	0.0011	--	15.9	1.4	0.016	0.5	0.20	5.4	0.02	未检出
	底	23.0	8.38	32.725	6.69	1.08	0.004	0.0013	0.0037	0.009	0.0002	--	26.9	1.3	0.014	1.3	0.20	3.4	0.14	未检出
D18	表	25.2	8.19	31.036	6.24	0.80	0.086	0.0169	0.0157	0.119	0.0508	0.006	31.8	1.3	0.041	0.6	0.13	4.4	0.07	未检出
D19	表	23.8	8.38	32.630	6.74	0.95	0.002	0.0013	0.0039	0.007	0.0005	未检出	23.2	1.5	0.026	0.4	0.06	6.4	0.08	未检出
	10m	23.5	8.38	32.686	6.66	0.74	0.002	0.0013	0.0058	0.009	0.0013	--	19.9	1.6	0.019	0.6	0.20	10.4	0.04	未检出
	底	22.8	8.39	32.706	6.60	1.05	0.004	0.0012	0.0042	0.009	0.0013	--	21.6	1.4	0.022	1.3	0.13	11.4	0.01	未检出
D20	表	23.2	8.36	32.728	6.40	1.07	0.013	0.0017	0.0148	0.030	0.0005	未检出	26.4	1.4	0.012	0.4	0.06	6.4	0.03	未检出
	底	23.0	8.34	32.759	6.82	1.09	0.004	0.0016	0.0101	0.016	0.0008	--	23.4	1.5	0.011	1.2	0.20	8.4	0.04	未检出
最小值		22.4	8.19	31.036	6.24	0.28	0.001	0.0006	0.0009	0.005	0.0002	未检出	14.7	0.5	未检出	0.2	0.06	3.4	0.01	未检出
最大值		25.2	8.39	32.910	6.98	1.15	0.086	0.0169	0.0165	0.119	0.0508	0.0060	94.7	1.7	0.041	1.6	0.40	15.4	0.22	0.5
平均值		23.3	8.36	32.639	6.61	0.73	0.014	0.0015	0.0078	0.023	0.0018	0.0016	23.2	1.3	0.010	0.6	0.13	8.1	0.07	0.1
检出限%		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20.0	100	100	69.0	100	100	100	100	5.17

备注：——按规范不进行监测、统计，低于检出限的测试结果，应报“未检出“既“nd”，但在区域性监测检出率占样品频数的 1/2 以上（包括 1/2）或不足 1/2 时，未检出部分可分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参加统计运算。

工程附近海域海水水质评价指数统计表(按一类标准评价)

表 3.5.2.5.1-4

站位	层次	pH	D0	COD	DIN	PO ₄ -P	石油类	As	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr
D1	表	0.91	0.87	0.27	0.09	0.01	0.02	0.04	0.16	0.22	0.13	0.42	0.06	0.00
	10m		0.87	0.21	0.20	0.15	--	0.06	0.16	0.12	0.06	0.57	0.04	0.00
	50m		0.90	0.35	0.33	0.05	--	0.05	0.14	0.24	0.06	0.47	0.04	0.00
	底		0.88	0.28	0.25	0.07	--	0.06	0.07	0.08	0.06	0.17	0.03	0.00
D2	表		0.89	0.42	0.22	0.09	0.02	0.07	0.14	0.04	0.06	0.57	0.06	0.00
	10m		0.88	0.48	0.09	0.05	--	0.06	0.07	0.08	0.20	0.22	0.03	0.00
	50m		0.88	0.32	0.12	0.01	--	0.08	0.07	0.22	0.20	0.57	0.02	0.00
	底		0.89	0.24	0.10	0.09	--	0.07	0.07	0.12	0.06	0.27	0.02	0.00
D3	表		0.91	0.23	0.10	0.13	0.02	0.05	0.4	0.08	0.16	0.37	0.11	0.00
	10m		0.93	0.20	0.08	0.08	--	0.06	0.44	0.04	0.27	0.50	0.10	0.00
	底		0.92	0.38	0.17	0.08	--	0.07	0.44	0.08	0.16	0.42	0.04	0.00
D4	表		0.89	0.51	0.08	0.03	0.02	0.08	0.07	0.08	0.06	0.42	0.13	0.00
	10m		0.89	0.58	0.09	0.07	--	0.08	0.07	0.10	0.06	0.47	0.22	0.00
	50m		0.91	0.37	0.14	0.09	--	0.07	0.07	0.20	0.13	0.32	0.02	0.00
	底		0.90	0.39	0.23	0.15	--	0.07	0.07	0.16	0.06	0.67	0.03	0.00
D5	表		0.92	0.37	0.09	0.09	0.02	0.04	0.07	0.08	0.06	0.32	0.05	0.00
	10m		0.92	0.50	0.07	0.07	--	0.06	0.07	0.08	0.06	0.42	0.02	0.00
	50m		0.91	0.43	0.02	0.05	--	0.08	0.07	0.08	0.13	0.32	0.06	0.01
	底		0.89	0.44	0.06	0.07	--	0.07	0.14	0.04	0.13	0.32	0.04	0.01
D6	表		0.94	0.20	0.08	0.12	0.02	0.08	0.40	0.20	0.30	0.35	0.03	0.00
D7	表		0.91	0.21	0.14	0.05	0.08	0.05	0.16	0.14	0.20	0.27	0.04	0.00
	底		0.90	0.39	0.08	0.01	--	0.05	0.14	0.06	0.13	0.42	0.02	0.01

D8	表		0.89	0.35	0.09	0.13	0.02	0.04	0.14	0.12	0.40	0.37	0.16	0.00
	10m		0.89	0.32	0.12	0.05	--	0.03	0.14	0.08	0.06	0.42	0.07	0.00
	底		0.92	0.49	0.10	0.09	--	0.09	0.14	0.18	0.13	0.42	0.12	0.00
D9	表		0.91	0.36	0.15	0.09	0.02	0.06	0.14	0.18	0.13	0.27	0.05	0.00
	底		0.89	0.41	0.14	0.11	--	0.07	0.14	0.14	0.20	0.67	0.14	0.00
D10	表		0.95	0.38	0.13	0.03	0.02	0.05	0.07	0.08	0.13	0.47	0.06	0.00
	10m		0.93	0.38	0.14	0.05	--	0.06	0.07	0.16	0.20	0.20	0.06	0.00
	底		0.94	0.27	0.11	0.07	--	0.08	0.07	0.04	0.13	0.22	0.04	0.00
D11	表		0.93	0.21	0.10	0.07	0.02	0.08	0.07	0.10	0.13	0.62	0.14	0.00
	10m		0.91	0.35	0.10	0.05	--	0.08	0.07	0.08	0.06	0.52	0.04	0.00
	50m		0.93	0.27	0.07	0.03	--	0.08	0.07	0.08	0.06	0.67	0.20	0.00
	底		0.93	0.37	0.07	0.01	--	0.07	0.24	0.16	0.20	0.42	0.12	0.00
D12	表		0.91	0.14	0.07	0.07	0.08	0.06	0.24	0.04	0.13	0.22	0.09	0.00
	10m		0.91	0.19	0.10	0.05	--	0.05	0.22	0.10	0.06	0.32	0.03	0.00
	50m		0.92	0.31	0.07	0.01	--	0.06	0.22	0.20	0.06	0.22	0.16	0.00
	底		0.89	0.55	0.10	0.03	--	0.05	0.24	0.04	0.06	0.62	0.04	0.00
D13	表		0.92	0.36	0.09	0.01	0.02	0.06	0.22	0.12	0.13	0.67	0.04	0.00
D14	表		0.92	0.43	0.09	0.11	0.02	0.06	0.22	0.08	0.13	0.17	0.10	0.00
	10m		0.94	0.41	0.04	0.05	--	0.07	0.22	0.32	0.13	0.62	0.03	0.00
	50m		0.94	0.41	0.07	0.03	--	0.06	0.14	0.08	0.20	0.42	0.18	0.00
	底		0.89	0.30	0.13	0.01	--	0.07	0.14	0.10	0.06	0.67	0.15	0.00
D15	表		0.87	0.29	0.07	0.01	0.08	0.07	0.16	0.12	0.06	0.52	0.03	0.00
	10m		0.86	0.39	0.09	0.03	--	0.07	0.07	0.08	0.06	0.77	0.04	0.00
	50m		0.88	0.27	0.11	0.05	--	0.07	0.14	0.08	0.27	0.52	0.03	0.00
	底		0.92	0.39	0.09	0.15	--	0.05	0.14	0.04	0.06	0.17	0.08	0.00

D16	表		0.90	0.26	0.26	0.01	0.02	0.06	0.26	0.08	0.24	0.17	0.02	0.00
	底		0.91	0.26	0.11	0.01	--	0.07	0.16	0.14	0.30	0.25	0.03	0.00
D17	表		0.91	0.35	0.07	0.09	0.02	0.07	0.54	0.16	0.06	0.27	0.07	0.00
	10m		0.91	0.49	0.05	0.07	--	0.07	0.32	0.10	0.20	0.27	0.02	0.00
	底		0.90	0.54	0.05	0.01	--	0.07	0.28	0.26	0.20	0.17	0.14	0.00
D18	表		0.96	0.40	0.59	3.39	0.12	0.07	0.82	0.12	0.13	0.22	0.07	0.00
D19	表		0.89	0.48	0.04	0.03	0.02	0.08	0.52	0.08	0.06	0.32	0.08	0.00
	10m		0.90	0.37	0.05	0.09	--	0.08	0.38	0.12	0.20	0.52	0.04	0.00
	底		0.91	0.53	0.05	0.09	--	0.07	0.44	0.26	0.13	0.57	0.01	0.00
D20	表		0.94	0.54	0.15	0.03	0.02	0.07	0.24	0.08	0.06	0.32	0.03	0.00
	底		0.88	0.55	0.08	0.05	--	0.08	0.22	0.24	0.20	0.42	0.04	0.00

调查海域海水活性磷酸盐因子单项标准指数(第二、三、四类)

表 3.5.2.5.1-5

站号	活性磷酸盐			
D18	第一类	第二类	第三类	第四类
	3.39	1.69	1.69	1.13

3.5.2.5.2 海洋沉积物质量

(1) 2018 年 10 月沉积物监测结果

项目周边海域表层沉积物监测结果见表 3.5.2.5.2-1，海洋沉积物标准指数见表 3.5.2.5.2-2。

(2) 2018 年 10 月沉积物质量评价

2018 年秋季，所有监测点位的评价因子均符合一类海洋沉积物标准，其中：石油类最大值为 34.89×10^{-6} ，该最大值出现在 8 号站位，符合一类海洋沉积物质量标准中规定的石油类 $\leq 500 \times 10^{-6}$ ；有机碳最大值为 1.24%，该最大值出现在 10 号站位，符合一类海洋沉积物质量标准中规定的有机碳 $\leq 2.0\%$ ；硫化物最大值为 55.35，该最大值出现在 10 号站位，符合一类海洋沉积物质量标准中规定的硫化物 $\leq 300.0 \times 10^{-6}$ 。表明亚龙湾周边海域沉积物质量良好。

表 3.5.2.5.2-1 秋季沉积物监测结果（有机碳：%，其它： 10^{-6} ）

序号	站号	层次	项目测试结果		
			油类 ($\times 10^{-6}$)	有机碳 (%)	硫化物 ($\times 10^{-6}$)
1	1	表	3.03	0.08	5.28
2	2	表	11.27	0.33	4.21
3	4	表	3.54	0.18	8.88
4	6	表	3.04	0.51	22.81
5	7	表	4.57	0.63	23.71
6	8	表	34.89	1.02	19.58
7	9	表	14.33	0.70	35.69
8	10	表	13.33	1.24	55.35
平均值			11.00	0.59	21.94

表 3.5.2.5.2-2 秋季沉积物质量指数表（执行第一类沉积物标准）

站号	油类	有机碳	硫化物
1	0.01	0.04	0.02
2	0.02	0.17	0.01
4	0.01	0.09	0.03
6	0.01	0.26	0.08
7	0.01	0.32	0.08
8	0.07	0.51	0.07
9	0.03	0.35	0.12
10	0.03	0.62	0.18

(3) 2021 年 3 月沉积物调查结果详见表 3.5.2.5.2-3。

表 3.5.2.5.2-3 工程附近海域沉积物质量现状调查结果

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($\times 10^{-6}$)	铬($\times 10^{-6}$)
D2	4.3	29.3	0.78	7.83	0.051	63.1	25.0	13.7	0.06	63.7
D6	1.4	4.2	0.12	5.65	0.008	11.9	7.4	0.7	未检出	11.1
D7	1.9	24.8	0.59	11.9	0.122	30.6	25.4	7.8	未检出	22.6
D10	1.6	2.9	0.17	7.70	0.021	27.7	9.1	1.9	未检出	18.6
D13	1.6	7.6	0.18	6.41	0.012	27.3	10.1	1.0	0.04	13.3
D15	2.9	8.3	0.61	10.3	0.076	84.7	31.3	18.0	0.07	63.7
D16	1.8	50.3	0.24	9.14	0.058	24.6	15.2	3.3	未检出	18.2
D18	6.2	322	1.33	9.78	0.074	30.5	15.3	8.9	未检出	15.3
D19	4.7	40.4	0.96	10.5	0.074	58	44.5	24.0	0.05	33.0
D20	2.3	9.5	0.17	6.99	0.019	24.5	8.1	7.4	未检出	12.7
最小值	1.4	2.9	0.12	5.65	0.008	11.9	7.4	0.7	未检出	11.1
最大值	6.2	322	1.33	11.9	0.122	84.7	44.5	24.0	0.07	63.7
平均值	2.9	49.9	0.52	8.62	0.052	38.3	19.1	8.7	0.03	27.2
检出率%	100	100	100	100	100	100	100	100	40.0	100

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。

(4) 2021 年 3 月评价结果

沉积物调查评价结果见表 3.5.2.5.2-4。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。

表 3.5.2.5.2-4 工程附近海域沉积物质量评价结果(按一类标准评价)

站号	硫化物	石油类	有机碳	砷	总汞	锌	铅	铜	镉	铬
D2	0.01	0.06	0.39	0.39	0.26	0.42	0.42	0.39	0.12	0.80
D6	0.00	0.01	0.06	0.28	0.04	0.08	0.12	0.02	0.02	0.14
D7	0.01	0.05	0.30	0.60	0.61	0.20	0.42	0.22	0.02	0.28
D10	0.01	0.01	0.09	0.39	0.11	0.18	0.15	0.05	0.02	0.23
D13	0.01	0.02	0.09	0.32	0.06	0.18	0.17	0.03	0.08	0.17
D15	0.01	0.02	0.31	0.52	0.38	0.56	0.52	0.51	0.14	0.80
D16	0.01	0.10	0.12	0.46	0.29	0.16	0.25	0.09	0.02	0.23
D18	0.02	0.64	0.67	0.49	0.37	0.20	0.26	0.25	0.02	0.19
D19	0.02	0.08	0.48	0.53	0.37	0.39	0.74	0.69	0.10	0.41
D20	0.01	0.02	0.09	0.35	0.10	0.16	0.14	0.21	0.02	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。

3.5.2.5.3 生态环境

1、2018 年 10 月海洋生态环境调查结果。

①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 26 属 68 种（包括变型及变种）。其中，硅藻 17 属 40 种，占浮游植物种类数的 58.82%；甲藻 8 属 25 种，占种类数的 36.76%；蓝藻 1 属 3 种，占种类数的 3.61%。种名录详见表 3.5.2.5.3-1。

表 3.5.2.5.3-1 浮游植物种类名录

中文名	拉丁文名	站位							
		1	2	4	6	7	8	9	10
硅藻门	<i>Bacillariophyta</i>								
日本星杆藻	<i>Asterionella japonica</i>	√	√			√			
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>hyalinum</i>	√							
地中海辐杆藻	<i>Bacteriastrium mediterraneum</i>						√		
钟形中鼓藻	<i>Belleriochea horologicalis</i>								√
双角角管藻	<i>Cerataulina compacta</i>		√						
大洋角管藻	<i>Cerataulina pelagiica</i>				√				
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>								
金色角毛藻	<i>Chaetoceros aurivillii</i>								
北方角毛藻	<i>Chaetoceros borealis</i>		√	√	√	√	√	√	
紧挤角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i>							√	
扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus</i>		√	√	√	√	√		√
双脊角毛藻	<i>Chaetoceros costatus</i>	√	√	√	√		√		√
柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i>					7			
并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i> f. <i>decipiens</i>		√	√					
齿角毛藻	<i>Chaetoceros denticulatus</i> f. <i>denticulatus</i>		√	√	√	√	√	√	√
双突角毛藻	<i>Chaetoceros didymus</i> var. <i>didymus</i>				√				
双蛋白核角毛藻	<i>Chaetoceros dipyrenops</i>		√						
艾氏角毛藻	<i>Chaetoceros eibonii</i>		√						
粗股角毛藻	<i>Chaetoceros femur</i> var. <i>femur</i>			√					
劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	√	√	√	√	√	√	√	√
窄面角毛藻	<i>Chaetoceros paradaxus</i>	√	√	√			√	√	
拟旋链角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>		√		√	√	√	√	√

暹罗角毛藻	<i>Chaetoceros siamense</i>	√	√	√			√		√
扭链角毛藻	<i>Chaetoceros tortissimus</i>		√	√		√	√		√
双凹梯形藻	<i>Climacodium biconcavum</i>								
星脐圆筛藻仿玫纹变种	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> var. <i>subbuliens</i>			√					
弓束圆筛藻	<i>Coscinodiscus curvatulus</i> var. <i>curvatulus</i>			√					
短角弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i>			√	√				
薄壁几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i>	√	√		√		√		
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>	√	√						
舟形藻	<i>Navicula</i> spp.								
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>							√	
柔弱伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	√	√	√	√	√	√	√	√
尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>							√	
细长翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata gracillima</i>	√	√		√	√	√		
厚刺根管藻	<i>Rhizosolenia crassispina</i>					√			
透明根管藻	<i>Rhizosolenia hyalina</i>	√							
刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i>					√			√
甲藻门	<i>Pyrrophyta</i>								
马西里亚角藻原变种	<i>Ceratium massiliense</i> var. <i>massiliense</i>	√			√				
波氏角藻	<i>Ceratium boehmii</i>			√	√				√
短角角藻平行变种	<i>Ceratium breve</i> var. <i>parallelum</i>						√		
短角角藻凹腹变种	<i>Ceratium breve</i> var. <i>schmidtii</i>								
蜡台角藻宽扁变种	<i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>depressum</i>		√						
叉状角藻原变种	<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i>	√					√	√	
梭角藻原变种	<i>Ceratium fusus</i> var. <i>fuscus</i>	√		√	√	√	√		

大角角藻橡实变种	<i>Ceratium macroceros</i> var. <i>gallicum</i>					√			
施氏角藻	<i>Ceratium schrankii</i>								
波状角藻	<i>Ceratium trichoceros</i>	√	√	√	√			√	√
锚角藻原变种	<i>Ceratium triops</i> var. <i>triops</i>	√		√		√			
锚角藻大西洋变种	<i>Ceratium tripos</i> var. <i>atlanticum</i>	√				√			
具尾鳍藻	<i>Dinophysis caudate</i>	√	√	√	√	√	√	√	√
方鸟尾藻原变种	<i>Ornithocercus quadratus</i> var. <i>quadratus</i>								√
中距鸟尾藻	<i>Ornithocercus thumii</i>								
平行多甲藻	<i>Peridinium parallellum</i>			√					
海洋原甲藻	<i>Prorocentrum micans</i>				√				
笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliiformis</i>								
笔尖形根管藻粗径变种	<i>Rhizosolenia styliiformis</i> var. <i>latissima</i>			√	√		√		
矮优美刺链藻	<i>Schröderella delicatula</i> f. <i>schröderi</i>		√	√		√		√	
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>	√				√			
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>		√	√	√	√		√	
泰晤士扭鞘藻	<i>Streptothece thamesis</i>		√						
针杆藻	<i>Synedra</i> spp.		√		√				
海链藻	<i>Thalassiosira</i> spp.						√		
蓝藻门	<i>Cyanophyta</i>								
红海束毛藻	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	√	√	√	√	√	√		√
汉氏束毛藻	<i>Trichodesmium hildebrandtii</i>	√	√	√	√		√	√	√
铁氏束毛藻	<i>Trichodesmium thiebautii</i>		√	√	√	√	√	√	√

(2) 细胞丰度

各调查站位浮游植物的细胞丰度介于 $(2.18 \sim 13.49) \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 之间, 平均细胞丰度为 $9.46 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。最高出现在 10 号站位, 最低出现在 6 号站位。见表 3.5.2.5.3-2。

表 3.5.2.5.3-2 各站位浮游植物细胞丰度

站位	细胞丰度 ($\times 10^5 \text{cells/m}^3$)
1	10.49
2	7.63
4	12.99
6	2.18
7	10.26
8	10.60
9	8.03
10	13.49
平均值	9.46

(3) 优势种类

优势种的确定由优势度决定, 计算公式 $Y=Pi \times Fi$, Fi 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 ≥ 0.01 的种类作为该海域的优势种类。

调查海域浮游植物优势种类明显, 主要为红海束毛藻、叉状辐杆藻、扭链角毛藻、汉氏束毛藻、透明辐杆藻和优美辐杆藻等。其中, 以优美辐杆藻的优势地位最为突出, 平均丰度为 $42.48 \times 10^4 \text{cells/m}^3$, 占总细胞数的 44.90%。优势度为 0.45。详见表 3.5.2.5.3-3。

表 3.5.2.5.3-3 浮游植物优势种和优势度

优势种	平均丰度 ($\times 10^5 \text{cells/m}^3$)	占总丰度 的比例 (%)	出现频率	优势度
红海束毛藻	3.93	4.15	62.50	0.03
叉状辐杆藻	3.17	3.35	100.00	0.03
扭链角毛藻	5.46	5.77	75.00	0.04
汉氏束毛藻	9.65	10.20	75.00	0.08
透明辐杆藻	21.82	23.06	100.00	0.23
优美辐杆藻	42.48	44.90	100.00	0.45

(4) 丰富度、单纯度、多样性指数和均匀度

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。

丰富度指数、单纯度指数、多样性指数和均匀度计算结果表明，调查期间各站位的浮游植物丰富度指数介于 1.55~3.61 之间，平均值为 2.25，丰富度指数最高出现在 10 号站位，丰富度指数最低出现在 8 号站位；单纯度指数介于 0.22~0.52 之间，平均值为 0.34，单纯度指数最高出现在 4 号站位，单纯度指数最低出现在 8 号站位；多样性指数介于 1.46~2.62 之间，平均值为 2.14，多样性指数最高出现在 10 号站位，多样性指数最低出现在 4 号站位；均匀度指数介于 0.34~0.64 之间，平均值为 0.47，均匀度最高出现在 8 号站位，均匀度的最低值出现在 4 号站位。详见表 3.5.2.5.3-4。

表 3.5.2.5.3-4 各站位浮游植物丰富度、单纯度、多样性指数和均匀度

站位	丰富度 (D)	单纯度 (C)	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)
1	1.69	0.33	1.99	0.48
2	1.99	0.35	1.94	0.43
4	1.68	0.52	1.46	0.34
6	2.01	0.27	2.54	0.59
7	2.67	0.41	2.00	0.41
8	1.55	0.22	2.55	0.64
9	2.78	0.38	2.02	0.41
10	3.61	0.27	2.62	0.50
平均值	2.51	0.34	2.14	0.47

(5) 现状分析

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 26 底 68 种，以硅藻类占多数。各调查站位浮游植物的细胞丰度介于 $(2.18 \sim 13.49) \times 10^5 \text{ cells/m}^3$ 之间，平均细胞丰度为 $9.46 \times 10^5 \text{ cells/m}^3$ 。调查海域浮游植物优势种类明显，主要为红海束毛藻、叉状辐杆藻、扭链角毛藻、汉氏束毛藻、透明辐杆藻和优美辐杆藻等。各站位的浮游植物丰富度指数介于 1.55~3.61 之间，平均值为 2.25，单纯度指数介于 0.22~0.32 之间，平均值为 0.34，多样性指数介于 1.46~2.62 之间，平均值为 2.14，均匀度指数介于 0.34~0.64 之间，平均值为 0.47。

②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 9 类 25 属 31 种，不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼。其中，桡足类最多，有 10 属 15 种，占浮游动物总种数的 48.39%；水蛇水母类有 5 属 5 种，占浮游动物总数 16.13%；管水母类有 4 属 4 种，占浮游动物总种数的 12.90%；毛颚类有 1 属 2 种，占浮游动物的 6.45%；被囊类、翼足类、十足类、肉足虫类、枝角类均有 1 属 1 种，均占浮游动物总种数的 3.23%；另有 4 个类别浮游幼体和若干鱼卵、仔鱼。种名录详见表 3.5.2.5.3-4。

表 3.5.2.5.3-4 浮游动物种类名录

类别	中文名字	拉丁文名	站位									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
桡足类												
	红纺锤水蚤	<i>Acartia erythraea</i>										√
	小纺锤水蚤	<i>Acartia negligens</i>										√
	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>	√									
	驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>					√					√
	微驼隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gracilis</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>		√	√	√						√
	哲胸刺水蚤	<i>Centropages calaninus</i>					√				√	
	弓角基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>										√
	长尾基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus furcatus</i>										√
	奇桨剑水蚤	<i>Copilia mirabilis</i>										√
	小突大眼剑水蚤	<i>Corycaeus lubbocki</i>						√	√	√		√
	灵巧大眼剑水蚤	<i>Corycaeus catus</i>		√	√			√	√		√	√
水蛇水母类												
	半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>			√	√	√	√	√		√	√
	杜氏外肋水母	<i>Ectopleura dumortieri</i>			√							√
	顶室真囊水母	<i>Euphysora apiciloculifera sp. nov.</i>	√							√		
	半球杯水母	<i>Phialidium hemisphaericum</i>			√	√		√		√		
	两手筐水母	<i>Solmundella bitentaculata</i>		√	√		√		√		√	
管水母类												
	小拟多面水母	<i>Abylopsis eschscholtzi</i>				√					√	√
	双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>	√	√	√	√	√	√		√	√	√
	拟细浅室水母	<i>Hensia subtiloides</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

	大西洋五角水母	<i>Muggiaea atlantica</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
毛颚类												
	贝德福箭虫	<i>sagitra bedfordii</i>										√
	百陶箭虫	<i>Sagitta bedoti</i>	√	√	√		√	√	√	√	√	√
被囊类												
	软拟海樽	<i>Dolioletta gegenbauri</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
肉足虫类												
	孟加蛮虫戎	<i>Lestrignonus bengalensis</i>		√			√					
翼足类												
	尖笔帽螺	<i>Creseis acicula</i>					√					
十足类												
	中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>	√	√	√		√	√	√	√	√	√
枝角类												
	肥胖三角蚤	<i>Evadne tergestina</i>										
浮游幼体												
	短尾类幼体	<i>Brachyura larva</i>		√	√		√			√	√	√
	蔓足类幼体	<i>Cypris larva</i>		√								√
	棘皮动物幼体	<i>Echinodermata larva</i>						√		√		
	长尾类幼体	<i>Macrura larva</i>	√	√	√	√	√			√	√	
其他												
	鱼卵	<i>Fish egg</i>		√	√	√						
	仔鱼	<i>Fish larvae</i>			√							

注：“√”为出现种类。

(2) 浮游动物生物量和丰度

本次调查浮游动物丰度范围为 (15.00~200.00) ind/m³, 平均丰度为 63.62 ind/m³, 其中最高丰度出现在 7 号站位, 最低为 1 号站位; 生物量范围为 (4.50~197.86) mg/m³, 平均生物量为 39.62 mg/m³, 其中最高生物量出现在 7 号站位, 最低为 1 号站位。结果详见表 3.5.2.5.3-5。

表 3.5.2.5.3-5 各测站浮游动物丰度和生物量

站位	细胞丰度 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
1	15.00	4.50
2	42.50	8.95
4	60.77	9.62
6	29.38	9.88
7	200.00	197.86
8	19.23	5.54
9	25.45	26.64
10	116.67	54.00
平均值	63.62	39.62

(3) 浮游动物优势种

优势种的确定由优势度决定, 计算公式 $Y=Pi \times Fi$, Fi 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突出, 主要有奥氏胸刺水蚤、拟细浅室水母、杜氏外肋水母、四叶小舌水母、中型莹虾、肥胖箭虫、双生水母。结果详见表 3.5.2.5.3-6。

表 3.5.2.5.3-6 浮游动物优势种和优势度

优势种	平均丰度 (ind/m ³)	比例 (%)	出现频率 (%)	优势度
奥氏胸刺水蚤	1.35	2.12%	75.00%	0.02
拟细浅室水母	4.24	6.66%	87.50%	0.06
杜氏外肋水母	6.28	9.86%	75.00%	0.07
四叶小舌水母	6.49	10.19%	75.00%	0.08
中型莹虾	6.94	10.91%	100.00%	0.11
肥胖箭虫	9.55	15.00%	87.50%	0.13
双生水母	14.46	22.73%	100.0%	0.23

(4) 浮游动物多样性指数 (H') 和均匀度 (J) 丰富度和单纯度

调查期间该水域浮游动物多样性指数较高，范围在 1.84~3.62 之间，平均为 3.03，最高值出现在 6 号站位，最低在 1 号站位。均匀度指数范围在 0.79~0.83 之间，平均为 0.81，最高出现在 4、10 号站位，最低在 1、8 号站位。丰富度指数范围在 1.02~3.36 之间，平均为 2.23，最高出现在 6 号站位，最低在 1 号站位。单纯度指数范围在 0.14~0.33 之间，平均为 0.19，最高出现在 1 号站位，最低在 4 号站位。结果详见表 3.5.2.5.3-7。

表 3.5.2.5.3-7 各测站浮游动物多样性指数、均匀度指数、丰富度和单纯度

站位	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度 (D)	单纯度 (C)
1	1.84	0.79	1.02	0.33
2	3.00	0.81	1.87	0.17
4	3.52	0.83	2.86	0.14
6	3.62	0.80	3.36	0.15
7	3.05	0.82	2.07	0.16
8	2.93	0.79	2.13	0.19
9	3.56	0.82	2.79	0.15
10	2.76	0.83	1.75	0.19
最小值	1.84	0.79	1.02	0.14
最大值	3.62	0.83	3.36	0.33
平均值	3.04	0.81	2.23	0.19

(5) 现状分析

据本次调查所采集到的标本鉴定，调查海域浮游动物共有 31 种，桡足类有 15 种，水螅水母类有 5 种，管水母类有 4 种，毛颚类有 2 种，被囊类、翼足类、十足类、肉足虫类、枝角类均有 1 种。浮游动物丰度范围为 (15.00~200.00) ind/m³，平均丰度为 63.62ind/m³；生物量范围为 (4.50~197.86) mg/m³，平均生物量为 39.62mg/L。该海域浮游动物优势种类突出，主要有奥氏胸刺水蚤、拟细浅室水母、杜氏外肋水母、四叶小舌水母、中型莹虾、肥胖箭虫、双生水母。该水域浮游动物多样性指数较高，范围在 1.84~3.62 之间，平均为 3.03。均匀度指数范围在 0.79~0.83 之间，平均为 0.81。丰富度指数范围在 1.02~3.36 之间，平均为 2.23。单纯度指数范围在 0.14~0.33 之间，平均为 0.19。

③大型底栖生物

(1) 种类分布与组成

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 7 门 67 科 82 种，其中节肢动物有 17 科 23 种，

占功种类数的 28.05%；其次为软体动物，有 15 科 20 种，占总种类数的 24.39%；环节动物有 17 科 19 种，占总种类数的 23.17%；脊索动物有 9 科 11 种，占总种类数的 13.41%；棘皮动物有 7 科 7 种，占总种类数的 8.54%；星虫动物和螠虫动物均有 1 科 1 种，均占总种类数的 1.22%。

(2) 优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式 $Y=Pi \times Fi$ ， Fi 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 ≥ 0.02 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，优势种分别为穆氏拟短眼蟹、奇异稚齿虫、背蚓虫、角海蛹、锥稚虫、刺额螯蛄虾和玉虾。详见表 3.5.2.5.3-8。

表 3.5.2.5.3-8 大型底栖动物的优势种和优势度

优势种	平均栖息密度	比例 (%)	出现频率 (%)	优势度
穆氏拟短眼蟹	2.564	4.94	37.50	0.02
奇异稚齿虫	3.205	6.17	37.50	0.02
背蚓虫	3.205	6.17	37.50	0.02
角海蛹	3.205	6.17	50.00	0.03
锥稚虫	3.205	6.17	50.00	0.03
刺额螯蛄虾	5.769	11.11	37.50	0.04
玉虾	7.692	14.81	62.50	0.09

(3) 丰富度、单纯度、生物多样性指数和均匀度

各站丰富度的幅度为 0.00~1.65，平均值为 1.00，最高值出现在 6 号站位，最低值出现在 1 号站位，各站单纯度的幅度为 0.11~1.00，平均值为 0.27，最高值出现在 1 号站位，最低值出现在 6 号站位；各站多样性指数的幅度为 0.00~3.42，平均值为 2.41，最高值出现在 6 号站位，最低值出现在 1 号站位；各站均匀度的幅度为 0.00~1.00，平均值为 0.83，最高值出现在 10 号站位，最低值出现在 1 号站位。详见表 3.5.2.5.3-9。

表 3.5.2.5.3-9 各站位底栖生物丰富度、单纯度、生物多样性指数和均匀度

站位	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	丰富度 (D)	单纯度 (C)
1	0	1.00	0	0
2	0.97	0.18	2.52	0.98
4	0.90	0.21	2.42	0.94
6	1.65	0.11	3.42	0.95

7	1.20	0.19	2.73	0.91
8	1.06	0.18	2.65	0.94
9	1.24	0.14	2.98	0.94
10	1.01	0.17	2.58	1.00
平均值	1.00	0.27	2.41	0.83

注:0 为只采集到 1 种底栖生物；—为未发现

(4) 各站位生物量及栖息密度

调查结果表明,各站位底栖生物栖息密度的幅度为 (5.13~102.56) ind/m²,平均密度为 51.92ind/m²,最高出现在 6 号站位,最低出现在 1 号站位;生物量的幅度为 (0.28~14.32) g/m²,平均生物量为 3.51g/m²,最高出现在 7 号站位,最低出现在 2 号站位。详见表 5.2.5.3-10。

表 3.5.2.5.3-10 各站位大型底栖动物生物量和栖息密度

站位	细胞丰度 (ind/m ²)	生物量 (g/m ²)
1	5.13	0.29
2	35.90	0.28
4	46.15	0.89
6	10256	2.06
7	56.41	14.32
8	51.28	5.78
9	87.18	3.69
10	30.77	0.75
平均值	51.92	3.51

(5) 各类别生物量及栖息密度

调查海域大型底栖动物栖息密度主要以环节动物门为主,平均密度为 27.56ind/m²,其次为节肢动物门,平均密度为 18.59ind/m²,最低为脊索动物门、星虫动物门和蠕虫动物门,平均密度均为 0.64ind/m²;生物量以软体动物门为主,平均生物量为 1.39g/m²,其次为环节动物门,平均生物量为 1.04g/m²,最低为脊索动物门和蠕虫动物门,平均生物量均为 0.02g/m²。详见表 3.5.2.5.3-11。

表 3.5.2.5.3-11 各站位类别生物量 (g/m²) 和栖息密度 (ind/m²)

项目	门类	1	2	4	6	7	8	9	10	平均值
----	----	---	---	---	---	---	---	---	----	-----

生物量	环节动物	--	0.20	0.11	0.44	0.09	5.26	218	0.03	1.04
	脊索动物	--	--	--	--	--	--	0.14	--	0.02
	节肢动物	--	0.08	0.44	1.23	0.61	0.52	1.36	0.57	0.60
	软体动物	0.29	--	0.34	0.26	10.06	--	--	0.16	1.39
	星虫动物	--	--	--	--	3.56	--	--	--	0.45
	蠕虫动物	--	--	--	0.14	--	--	--	--	0.02
	总量	0.29	0.28	0.89	2.06	14.32	5.78	3.69	0.75	3.51
栖息密度	环节动物	--	30.77	30.77	61.54	20.51	30.77	41.03	5.13	27.56
	脊索动物	--	--	--	--	--	--	5.13	--	0.64
	节肢动物	--	5.13	5.13	30.77	25.64	20.51	41.03	20.51	18.59
	软体动物	5.13	--	10.26	5.13	5.13	--	--	5.13	3.85
	星虫动物	--	--	--	--	5.13	--	--	--	0.64
	蠕虫动物	--	--	--	5.13	--	--	--	--	0.64
	总量	5.13	35.90	46.15	102.56	56.41	51.28	87.18	30.77	51.92

注:--为未发现

(6) 小结

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 82 种, 节肢动物有 23 种, 软体动物有 20 种, 环节动物有 19 种, 脊索动物有 11 种, 棘皮动物有 7 种, 星虫动物和蠕虫动物均有 1 种. 各站位底栖生物栖息密度的幅度为(5.13~102.56)ind/m², 平均密度为 51.92ind/m²; 生物量的幅度为 (0.28~14.32) g/m², 平均生物量为 3.51g/m². 大型底栖动物栖息密度主要以环节动物门为主, 平均密度为 27.56ind/m², 其次为节肢动物门, 最低为脊索动物门、星虫动物门和蠕虫动物门, 生物量以软体动物门为主, 平均生物量为 1.39g/m², 其次为环节动物门, 最低为脊索动物门和蠕虫动物门. 该海域大型底栖动物优势种类突出, 优势种分别为穆氏拟短眼蟹、奇异稚齿虫、背蚓虫、角海蛹、锥稚虫、刺额蛄蛄虾和玉虾. 各站丰富度的幅度为 0.00~1.65, 平均值为 1.00; 各站单纯度的幅度为 0.11~1.00, 平均值为 0.27; 各站多样性指数的幅度为 0.00~3.42, 平均值为 2.41; 各站均匀度的幅度为 0.00~1.00, 平均值为 0.83.

④ 潮间带生物

(1) 种类分布与组成

3 个潮间带断面共采获了 3 个生物类别中的 16 科 17 种生物 (包含定性样品)。其

中软体动物门有 7 科 7 种，节肢动物门有 6 科 7 种，均占总种类数的 41.18%；环节动物门有 3 科 3 种，占总种类数的 17.65%。

不同断面出现的生物种类数差异较大，其中断面 1 出现的生物种类数最多，有 16 种生物，软体动物门有 7 种，节肢动物门有 6 种，环节动物门有 3 种，断面 2 和断面 3 均有 1 种节肢动物门生物。详见表 3.5.2.5.3-12。

表 3.5.2.5.3-12 不同断面出现的生物种类数

门类	环节动物	节肢动物	软体动物	合计
断面 1	3	6	7	16
断面 2	--	1	--	1
断面 3	--	1	--	1

注：--为未发现

(2) 优势种

优势种的确定由优势度决定，计算公式 $Y=Pi \times Fi$ ， Fi 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 ≥ 0.01 的种类作为该区域的优势种类。详见表 3.5.2.5.3-13。

该区域的潮间带生物优势种类突出，分别为渔舟蛭螺和塔结节滨螺。

表 3.5.2.5.3-13 潮间带生物的优势种

优势种	平均栖息密度 (ind/m ²)	比例 (%)	出现频率 (%)	优势度
渔舟蛭螺	1.78	10.32	11.11	0.01
塔结节滨螺	14.22	82.58	11.11	0.09

(3) 丰富度、单纯度、生物多样性指数和均匀度

3 条潮间带断面高潮区断面 1 未采集到任何生物，断面 2、断面 3 只采集到痕掌沙蟹一种生物，丰富度、多样性指数和均匀度均为 0，单纯度均为 1.00，中潮区丰富度范围在 0.00~0.14 之间，平均为 0.05，最高为断面 1；中潮区单纯度范围在 0.80~1.00 之间，平均为 0.93，最高为断面 2 和断面 3；中潮区多样性指数范围在 0.00~0.50 之间，平均为 0.17，最高为断面 1，中潮区均匀度范围在 0.00~0.50 之间，平均为 0.17，最高为断面 1。低潮区丰富度范围在 0.00~0.60 之间，平均为 0.20，最高为断面 1；低潮区单纯度范围在 0.00~0.44 之间，平均为 0.15，最高为断面 1；低潮区多样性指数范围在 0.00~1.37 之间，平均为 0.46，最高为断面 1；低潮区均匀度范围在 0.00~0.86 之间，平均为 0.29，最高为断面 1。见表 3.5.2.5.3-14。

表 3.5.2.5.3-14 潮间带生物的丰富度、单纯度、多样性指数和均匀度

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
1	--	0.14	0.60	--	0.80	0.44	--	0.50	1.37	--	0.50	0.86
2	0	0	--	1.00	1.00	--	0	0	--	0	0	--
3	0	0	--	1.00	1.00	--	0	0	--	0	0	--
平均值	0.00	0.05	0.20	0.67	0.93	0.15	0.00	0.17	0.46	0.00	0.17	0.29

注:0 为只采集到 1 种底栖生物; -- 为未发现

(4) 类别生物量及栖息密度

各类别生物的生物量和栖息密度如表 5.2.5.3-15 所示, 其中生物量分布状况为软体动物 ($2.338\text{g}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($0.02\text{g}/\text{m}^2$) > 环节动物 ($0.01\text{g}/\text{m}^2$)。栖息密度的分布状况为软体动物 ($16.67\text{ind}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($0.33\text{ind}/\text{m}^2$) > 环节动物 ($0.22\text{ind}/\text{m}^2$)。

表 3.5.2.5.3-15 潮间带生物的种类组成生物量与栖息密度

断面		生物 g/m^2			栖息密度 ind/m^2		
		环节动物	节肢动物	软体动物	环节动物	节肢动物	软体动物
1	高潮	--	--	--	--	--	--
	中潮	--	--	12.88	--	--	144.00
	低潮	0.07	0.02	8.13	2.00	2.00	6.00
2	高潮	--	0.02	--	--	0.20	--
	中潮	--	0.03	--	--	0.30	--
	低潮	--	--	--	--	--	--
3	高潮	--	0.03	--	--	0.26	--
	中潮	--	0.03	--	--	0.24	--
	低潮	--	--	--	--	--	--
平均值		0.01	0.02	2.33	0.22	0.33	16.67

注:-- 为未发现

(5) 小结

3 个潮间带断面共采获了 3 个生物类别中的 17 种生物。软体动物门和节肢动物门均有 7 种, 环节动物门有 3 种。3 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 $0.15\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $0.028\text{g}/\text{m}^2$; 中潮区平均栖息密度为 $48.18\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $4.32\text{g}/\text{m}^2$; 低潮区平均栖息密度为 $3.33\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $2.74\text{g}/\text{m}^2$ 。生物量分布状况为软体动物 ($2.338\text{g}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($0.02\text{g}/\text{m}^2$) > 环节动物 ($0.01\text{g}/\text{m}^2$)。栖息密度的分布状

况为软体动物 ($16.67\text{ind}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($0.33\text{ind}/\text{m}^2$) > 环节动物 ($0.22\text{ind}/\text{m}^2$)。该区域的潮间带生物优势种类突出, 分别为渔舟蛭螺和塔结节滨螺。3 条潮间带断面高潮区断面 1 未采集到任何生物, 断面 2、断面 3 只采集到痕掌沙蟹一种生物, 丰富度、多样性指数和均匀度均为 0, 单纯度均为 1.00; 中潮区丰富度范围在 $0.00\sim 0.14$ 之间, 平均为 0.05; 中潮区单纯度范围在 $0.80\sim 1.00$ 之间, 平均为 0.93; 中潮区多样性指数范围在 $0.00\sim 0.50$ 之间, 平均为 0.17, 中潮区均匀度范围在 $0.00\sim 0.50$ 之间, 平均为 0.17。低潮区丰富度范围在 $0.00\sim 0.60$ 之间, 平均为 0.20, 低潮区单纯度范围在 $0.00\sim 0.44$ 之间, 平均为 0.15; 低潮区多样性指数范围在 $0.00\sim 1.37$ 之间, 平均为 0.46, 低潮区均匀度范围在 $0.00\sim 0.86$ 之间, 平均为 0.29。

2、2021 年 3 月海洋生态环境调查结果。

①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 10 类 51 属 66 种, 不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼。其中, 桡足类最多, 有 21 属 33 种, 占浮游动物总种数 50.00%; 水螅水母类和端足类分别有 7 属 7 种和 6 属 7 种, 均占浮游动物总种数的 10.61%; 被囊类有 5 属 6 种, 占浮游动物总种数的 9.09%; 浮游软体类有 3 属 4 种, 占浮游动物总种数的 6.06%; 毛颚类有 3 属 3 种, 占浮游动物总种数的 4.55%; 介形类和枝角类均有 2 属 2 种, 占浮游动物总种数的 3.03%; 十足类和栉水母类均有 1 属 1 种, 占浮游动物总种数的 1.652%; 另 10 个类别浮游幼体和鱼卵。

(2) 总生物量、总密度

本次调查中, 浮游动物的丰度范围为 ($101.37\sim 818.07$) ind/m^3 , 平均丰度为 $322.59\text{ind}/\text{m}^3$, 其中丰度最大值出现在 D20 号站位, 最小值出现在 D16 号; 生物量范围为 ($209.10\sim 2017.08$) mg/m^3 , 平均生物量为 $811.59\text{mg}/\text{m}^3$, 其中生物量最大值出现在 D11 号站位, 最小值出现在 D18 号站位。

(3) 优势种

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软拟海樽、肥胖软箭虫、小齿海樽、中华哲水蚤、鸟喙尖头溞和微刺哲水蚤。

(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 $2.72\sim 4.25$, 平均值为 3.31, 最大值出

现在 D10 号站位, 最小值出现在 D19 号; 单纯度指数范围为 $0.13 \sim 0.61$, 平均值为 0.29 , 最大值出现在 D11 号站位, 最小值出现在 D6 号站位; 多样性指数范围为 $1.57 \sim 3.60$, 平均值为 2.70 , 最大值出现在 D6 号站位, 最小值出现在 D11 号; 均匀度指数范围为 $0.34 \sim 0.78$, 平均值为 0.57 , 最大值出现在 D6 号站位, 最小值出现在 D11 号站位。

②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 7 门 80 科 128 种, 其中节肢动物有 25 科 49 种, 占总种类数的 38.28%; 软体动物有 27 科 44 种, 占总种类数的 34.38%; 脊索动物有 12 科 16 种, 占总种类数的 12.50%; 棘皮动物有 8 科 9 种, 占总种类数的 7.03%; 环节动物有 6 科 8 种, 占总种类数的 6.25%; 腔肠动物、纽形动物均有 1 科 1 种, 占总种类数的 0.78%。

(2) 栖息密度和生物量

调查结果表明, 各站位底栖生物栖息密度的幅度为 $(9.95 \sim 49.75) \text{ ind/m}^2$, 平均密度为 22.80 ind/m^2 , 最高出现在 D11 号站位, 最低出现在 D2、D10、D18 号站位; 生物量的幅度为 $(0.08 \sim 15.54) \text{ g/m}^2$, 平均生物量为 4.84 g/m^2 , 最高出现在 D19 号站位, 最低出现在 D3 号站位。

(3) 优势种

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, 优势种有日本和美虾、假矛形梭子蟹、刺螯棘蛄蛄虾、日本游泳水虱、红刺尖锥虫、纳加斯索沙蚕、梯斑海毛虫。

(4) 物种多样性分析

各站丰富度的幅度为 $0.26 \sim 0.89$, 平均值为 0.57 , 最高值出现在 D11 号站位, 最低值出现在 D20 号站位; 各站单纯度的幅度为 $0.20 \sim 0.56$, 平均值为 0.34 , 最高值出现在 D20 号站位, 最低值出现在 D15、D16 号站位; 各站多样性指数的幅度为 $0.92 \sim 2.32$, 平均值为 1.68 , 最高值出现在 D11、D15、D16 号站位, 最低值出现在 D20 号站位; 各站底栖生物均匀度的幅度为 $0.90 \sim 1.00$, 平均值为 0.98 , 最高值出现在 D2、D3、D6、D10、D15、D16 号站位, 最低值出现 D11 站位。

③潮间带生物

(1) 种类组成

4 个潮间带断面共采获了 9 个生物类别中的 49 科 63 种生物 (包含定性样品)。其

中刺胞动物有 1 科 1 种, 占总种类数的 1.59%; 环节动物有 7 科 8 种, 占总种类数的 12.70%; 棘皮动物有 3 科 3 种, 占总种类数的 4.76%; 脊索动物有 1 科 1 种, 占总种类数的 1.59%; 节肢动物有 16 科 23 种, 占总种类数的 36.51%; 软体动物有 15 科 21 种, 占总种类数的 33.33%; 褐藻门有 3 科 3 种, 占总种类数的 4.76%; 红藻门有 1 科 1 种, 占总种类数的 1.59%; 绿藻门有 2 科 2 种, 占总种类数的 3.17%。

其中 T1 出现 35 种生物, T2 有 39 种生物, T3 有 1 种生物, T4 有 2 种生物。

(2) 生物量及栖息密度

4 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 $2.12\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $0.37\text{g}/\text{m}^2$; 中潮区平均栖息密度为 $63.32\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $21.68\text{g}/\text{m}^2$; 低潮区平均栖息密度为 $15.50\text{ind}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $18.17\text{g}/\text{m}^2$ 。

(3) 优势种

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 >0.02 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施氏玻璃钩虾和雷氏藻钩虾。

(4) 富度、单纯度、多样性指数和均匀度

高潮区丰富度范围在 $0\sim0.33$, 平均为 0.08, 最高为 T2; 单纯度范围在 $0.50\sim1.00$ 之间, 平均为 0.88, 最低为 T2; 多样性指数范围在 $0\sim1.00$ 之间, 平均为 0.25, 最高为 T2; 均匀度范围在 $0\sim1.00$ 之间, 平均为 0.25, 最高为 T2。中潮区丰富度范围在 $0\sim1.78$, 平均为 0.62, 最高为 T1; 单纯度范围在 $0.25\sim1.00$ 之间, 平均为 0.77, 最低为 T1; 多样性指数范围在 $0\sim2.68$ 之间, 平均为 0.82, 最高为 T1; 均匀度范围在 $0\sim0.72$ 之间, 平均为 0.24, 最高为 T1。低潮区丰富度范围在 $0.58\sim1.56$ 之间, 平均为 0.79, 最高为 T2; 单纯度范围在 $0.15\sim1.00$ 之间, 平均为 0.44, 最低为 T2; 多样性指数范围在 $0\sim3.05$ 之间, 平均为 1.03, 最高为 T2; 均匀度范围在 $0\sim0.92$ 之间, 平均为 0.33, 最高为 T2。

④ 渔业资源现状调查与评价

(1) 调查内容及方法

1) 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, 定量样品采用底一表垂直拖网采集。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。

2) 游泳生物

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“临 01.02109”, 网衣全长 25m, 宽 8m, 网具曳纲长度为 80-150m, 囊网网目为 40mm。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。

(2) 数据处理

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)

(3) 鱼卵、仔鱼

1) 种类组成

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未能确定种类。其中鉴定到属的有 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 1015 粒, 仔稚鱼 5 尾。鱼卵数量以小沙丁鱼属鱼卵占绝对优势, 占总数的 28.18%; 其次为鲷科鱼卵, 占总数的 19.11%。仔鱼数量以小沙丁鱼属最多, 占 40.00%。本次调查鱼卵、仔稚鱼优势种均为小沙丁鱼属。

2) 密度分布

本次垂直拖网调查, 采集到的仔稚鱼密度范围为 (0.00~3.88) 尾/m³, 平均密度为 0.49 尾/m³, 最大值出现在 D7 号站位, 最小值出现在 D3、D6、D15、D16、D18、D19、D20

号站位；采集到的鱼卵密度范围为(0.60~3.92)粒/ m^3 ，平均密度为1.54粒/ m^3 ，最大值出现在D6号站位，最小值出现在D2号站位。

(4) 游泳动物调查结果

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73种，分别隶属于13目41科。其中鱼类8目34科51种，占有所有种类的69.86%；甲壳类2目3科16种，占有所有种类的21.92%；头足类3目4科6种，占有所有种类的8.22%。

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28.49kg，其中，鱼类为22.71kg，占总渔获量的79.71%；甲壳类为2.35kg，占总渔获量的8.25%；头足类渔获量为3.43kg，占总渔获量2.04%。个体计，共采集到个体有2267ind，鱼类为1986ind，占总个体渔获数量的87.60%；甲壳类为148ind，占总个体渔获数量的6.53%；头足类为133ind，占总个体渔获量的5.87%。

游泳动物重量渔获率范围为0.50kg/h~7.18kg/h，游泳动物的平均重量渔获率为2.55kg/h。各站位中重量渔获率以D4号站最高，为7.18kg/h；渔获率较高的站位还有D9号站，渔获率为6.03kg/h；D15号站最低，为0.50kg/h。各类中鱼类重量渔获率为2.03kg/h，占渔获游泳动物的79.66%；甲壳类重量渔获率为0.21kg/h；占渔获游泳动物的8.13%；头足类重量渔获率为0.31kg/h；占渔获游泳动物的12.21%。按个体计，评价区游泳动物的个体渔获率范围为58ind/h~437ind/h，平均个体渔获率为205ind/h。各站位中个体渔获率以D4号站最高，为437ind/h；其次为D1号站，为348ind/h；D15号站最低，为58ind/h。各类中鱼类个体渔获率为180ind/h，占渔获游泳动物的87.60%；甲壳类个体渔获率为13ind/h，占渔获游泳动物的6.53%；头足类个体渔获率为12ind/h，占渔获游泳动物的5.88%。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114.63kg/ km^2 。各类中鱼类质量资源密度为91.32kg/ km^2 ，甲壳类质量资源密度为9.32kg/ km^2 ，头足类质量资源密度为14.00kg/ km^2 。各站中以D4号站质量资源密度最高(323.07kg/ km^2)，D9号站次之(271.23kg/ km^2)，D12和D15号站较低(分别为43.57kg/ km^2 和22.64kg/ km^2)；按个体计，游泳动物的资源密度约为9227ind/ km^2 。各类中鱼类个体资源密度为8082ind/ km^2 ，甲壳类个体资源密度为602ind/ km^2 ，头足类个体资源密度为542ind/ km^2 。各站位中个体资源密度以D4号

站最高（19656ind/km²），D1 号站次之（15659ind/km²），D15 号站最低（2596ind/km²）。

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 6 种。其中，发光鲷的 IRI 最高，为 5220；其它优势种依次为棕斑兔头鲷(1384)、少鳞魮(419)、青石斑鱼（413）、眼斑拟鲈（248）、短尾大眼鲷（156）。优势渔获物甲壳类有 1 种优势种。红星梭子蟹（2817）。优势渔获物头足类有 2 种优势种，火枪乌贼（174）、中国枪乌贼（133）。其它种类的相对重要性指数小于 100。

4) 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 3.04(0.80-3.74)，均匀度指数(J')均值为 0.75(0.20-0.94)，单纯度指数(C)均值为 0.21(0.09-0.81)，丰富度指数(d)均值为 3.14(2.07-4.08)。渔获物个体密度多样性指数(H')均值为 2.45(1.10-3.88)，均匀度指数(J')均值为 0.59(0.29-0.91)，单纯度指数(C)均值为 0.38(0.09-0.72)，丰富度指数(d)均值为 1.42(0.79-2.24)。

5) 渔获物体重、体长和幼体比例

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 90.63%，主要鱼获物大头狗母鱼、单带眶棘鲈、点带石斑鱼、带纹躙鱼、半线天竺鲷、褐海鳗、黑边布氏鲷、横带棘线鲷、红鲷、尖尾鳗、克氏棘赤刀鱼、鳞烟管鱼、乔氏蜥雀鲷、日本带鱼、日本银鲈、网纹裸胸鳝、五眼斑鲆、线尾锥齿鲷、中华单角鲀、细纹鲷、印度无齿鲷、布氏石斑鱼、勒氏蓑鲉。

渔业生产和海水养殖现状

工程所在海域没有海水养殖，2018 年未有进行渔业生产统计，2019 年和 2020 年渔业生产资料由三亚市农业农村局提供。

表 3.5.2.5.3-19 2019 年海洋渔业生产人员

地点	海洋渔业专业从业人员（人）			
	小计	捕捞	养殖	其它
三亚市	6768	3851	2528	389
海棠区	1508	961	412	135
吉阳区				

天涯区	1360	1134	226	0
崖州区	3900	1756	1800	254
育才区				

表 3.5.2.5.3-20 2020 年海洋渔业生产人员

地点	海洋渔业专业从业人员（人）			
	小计	捕捞	养殖	其它
三亚市	4573	2705	1500	368
海棠区	1096	961	0	135
吉阳区				
天涯区				
崖州区	3477	1744	1500	233
育才区				

表 3.5.2.5.3-21 2019 年海洋捕捞分类群产量（吨）统计

地点	合计	鱼类	虾类	蟹类	头足类	藻类	贝类	其它
三亚市	53362	29503	801	198	21398	0	186	1276
海棠区	1276							1276
吉阳区	950	870					80	
天涯区	50553	28633	463	60	21343		54	
崖州区	583		338	138	55		52	
育才区								

表 3.5.2.5.3-22 2020 年海洋捕捞分类群产量（吨）统计

地点	合计	鱼类	虾类	蟹类	头足类	藻类	贝类	其它
三亚市	57639	37836	100	66	18680	0	11	946
海棠区	946	0						946
吉阳区	29895	11225			18670			
天涯区	25879	25879						
崖州区	919	732	100	66	10		11	
育才区								

表 3.5.2.5.3-23 2019 年海水养殖面积（公顷）和产量（吨）统计

地点	合计		鱼类		甲壳类		贝类	
	面积	产量	面积	产量	面积	产量	面积	产量
三亚市	478.3	5590	172.3	2850	66	700	240	2040
海棠区	43	407	43	407				
吉阳区	6.3	59	4.3	34	2	25		
天涯区	97	1524	97	1524				
崖州区	332	3600	28	885	64	675	240	2040
育才区								

地点	藻类		其它					
	面积	产量	面积	产量				
三亚市	0	0	0	0				
海棠区								
吉阳区								
天涯区								
崖州区								
育才区								

表 3.5.2.5.3-24 2020 年海水养殖面积（公顷）和产量（吨）统计

地点	合计		鱼类		甲壳类		贝类	
	面积	产量	面积	产量	面积	产量	面积	产量
三亚市	161.43	2647	137.43	2572	4	72	20	3
海棠区								
吉阳区								
天涯区	96.43	2471	96.43	2471				
崖州区	65	176	41	101	4	72	20	3
育才区								
地点	藻类		其它					
	面积	产量	面积	产量				
三亚市	0	0	0	0				
海棠区								
吉阳区								
天涯区								
崖州区								
育才区								

表 3.5.2.5.3-25 海洋渔业船舶统计

地点	2019 年			2020 年		
	艘	总吨	千瓦	艘	总吨	千瓦
三亚市	813	27003	28944	621	2191	7700
海棠区	311	1200	4920	311	1200	4920
吉阳区	11	28	234			
天涯区	157	24707	20769			
崖州区	334	1068	3021	310	991	2780
育才区						

表 3.5.2.5.3-26 2020 年渔业总产值（万元）统计

26 地点	渔业经济总产值	渔业经济增加值
-------	---------	---------

	合计	海洋 捕捞	海水 养殖	淡水 捕捞	淡水 养殖	水产 苗种	合计	海洋 捕捞	海水 养殖	淡水 捕捞	淡水 养殖	水产 苗种
三亚市	2933.3 1	2933.3 1	0	0	0	0	2933.3 1	2933.3 1	0	0	0	0
海棠区	2933.3 1	2933.3 1					2933.3 1	2933.3 1				
吉阳区												
天涯区												
崖州区												
育才区												

(6) 鱼类“三场一通”分布

南海主要经济种类“三场一通”介绍如下：

1) 中上层鱼类

以蓝圆鲹等为代表的南海中上层鱼类产卵场示意图见图 3.5.2.5.3-4。由图可以看出，本工程距离南海中上层鱼类产卵场最近距离在 50km 以上。

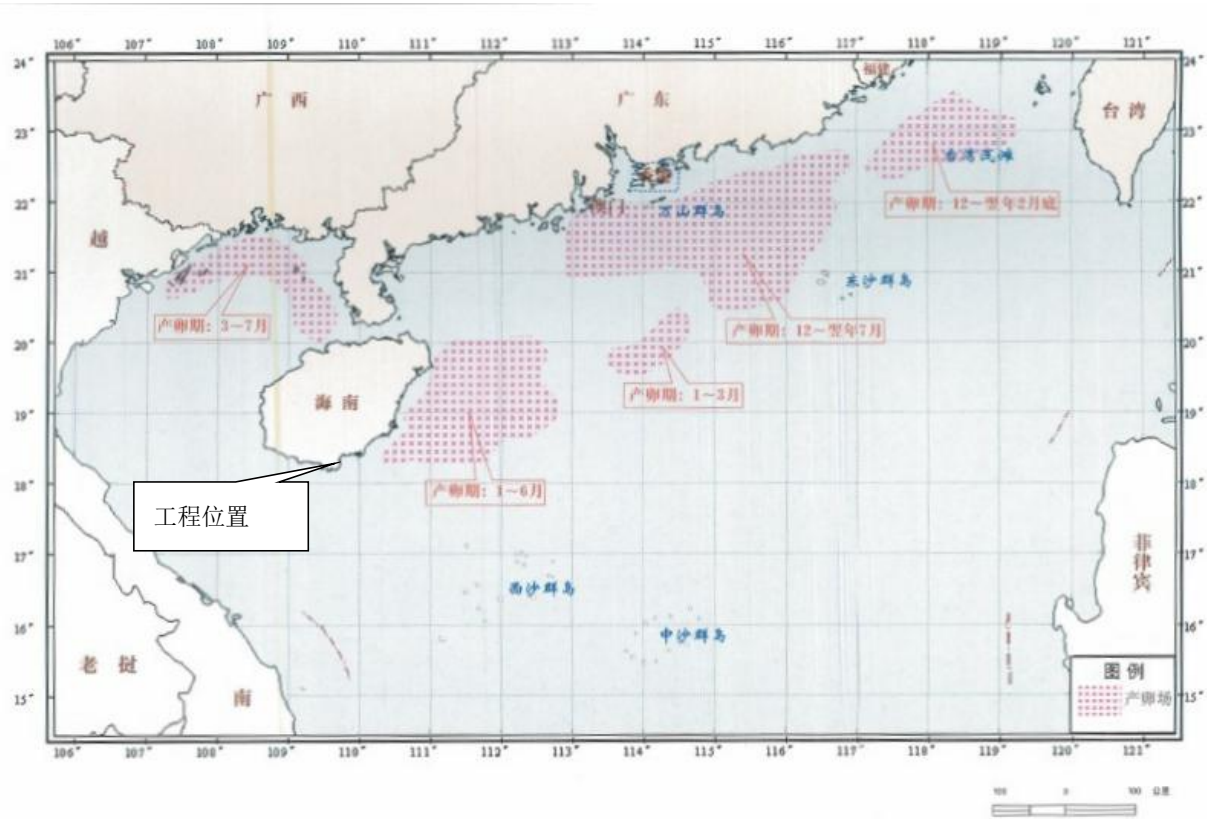


图 3.5.2.5.3-4 南海中上层鱼类产卵场示意图

2) 底层、近底层鱼类

以金线鱼等为代表的南海底层、近底层鱼类产卵场示意图见图 3.5.2.5.3-5。由图可以看出，本工程距离南海底层、近底层鱼类产卵场最近距离在 50km 以上。

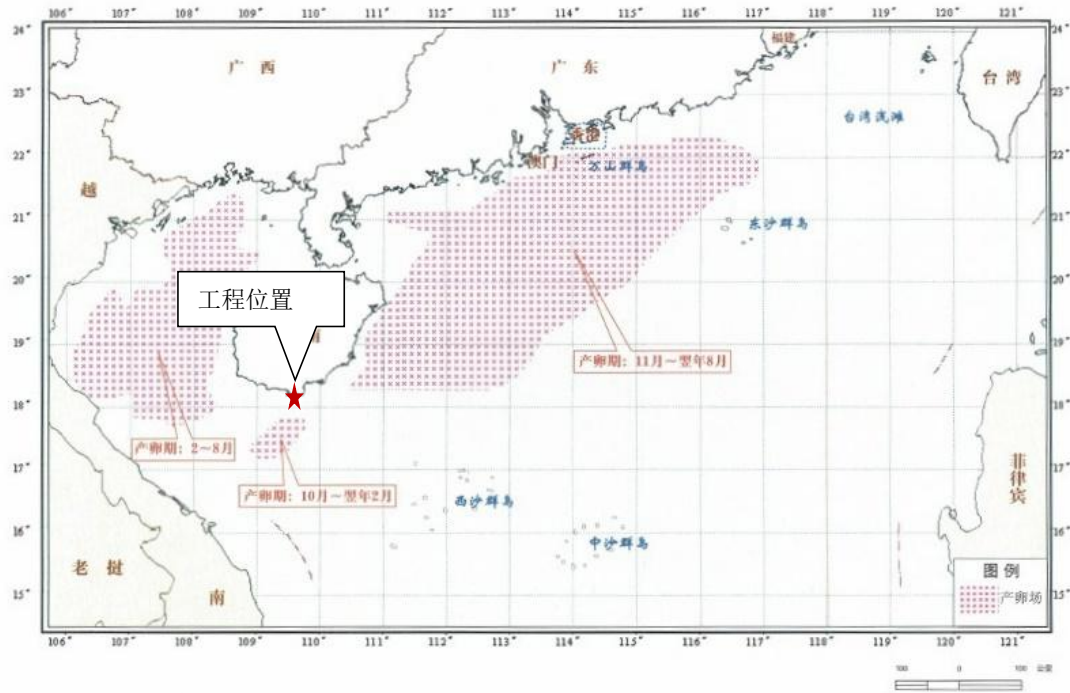


图 3.5.2.5.3-5 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

3) 南海北部幼鱼繁殖场保护区

根据中国海洋渔业水域图（第一批 2002 年）南海区渔业水域图中的图 6 南海北部幼鱼繁育场保护区示意图，南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线以内水域，保护期为 1-12 月。主要的保护内容为其水质及生态环境。工程位于南海北部幼鱼繁殖场保护区范围内。

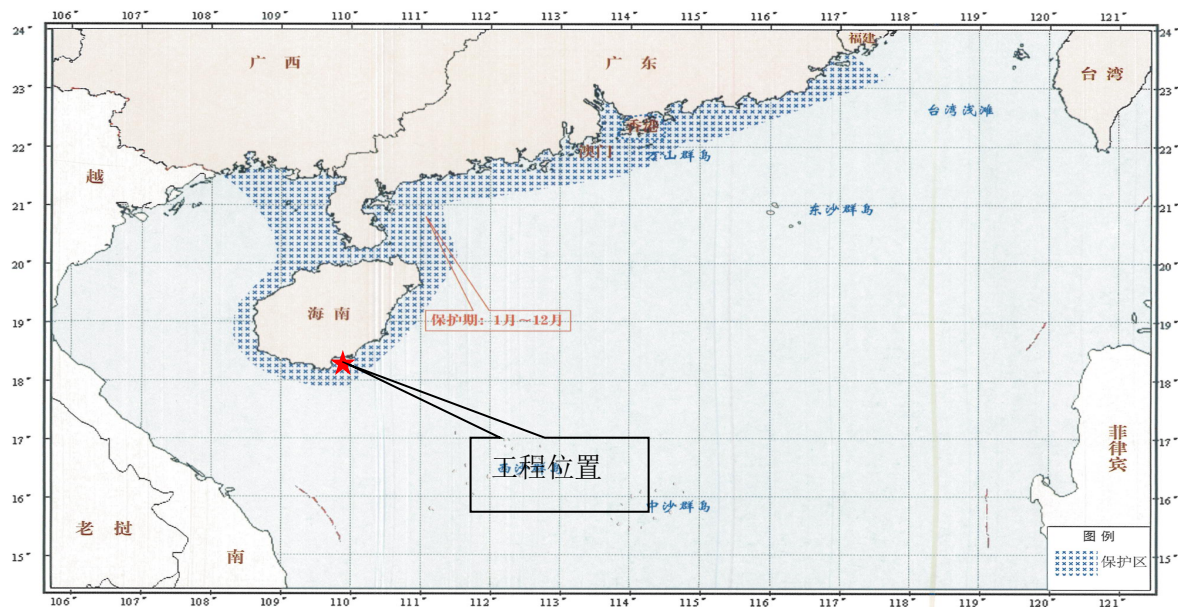


图 5.2.5.3-6 工程与南海北部幼鱼繁育场保护区位置关系

3.5.2.5.4 珊瑚礁资源

(1) 资料来源

中国科学院南海海洋研究所 2019 年 11 月编制完成了《三亚亚龙湾西段人工补沙工程项目珊瑚礁调查与评价报告》（以下简称《评价报告》），根据《评价报告》，中国科学院南海海洋研究所于 6 月~8 月在项目附近海域进行了珊瑚礁现状调查，由于本工程东侧海域为军事禁区，故参照紧邻三亚亚龙湾西段人工补沙工程调查海域。

(2) 调查站位

在本补沙工程项目施工区域（1、2、3、4 号站点）、青梅河口至太阳湾区域（5、6、7、8、9、10、11 号站点）以及东排、西排区域（12、13、14、15、16、17、18 号站点）共设置 18 个珊瑚礁调查站位，在每个调查站位设 2~3m 和 6~8m 两个调查断面。站位布设详见图 3.5.2.5.4-1 和表 3.5.2.5.4-1。

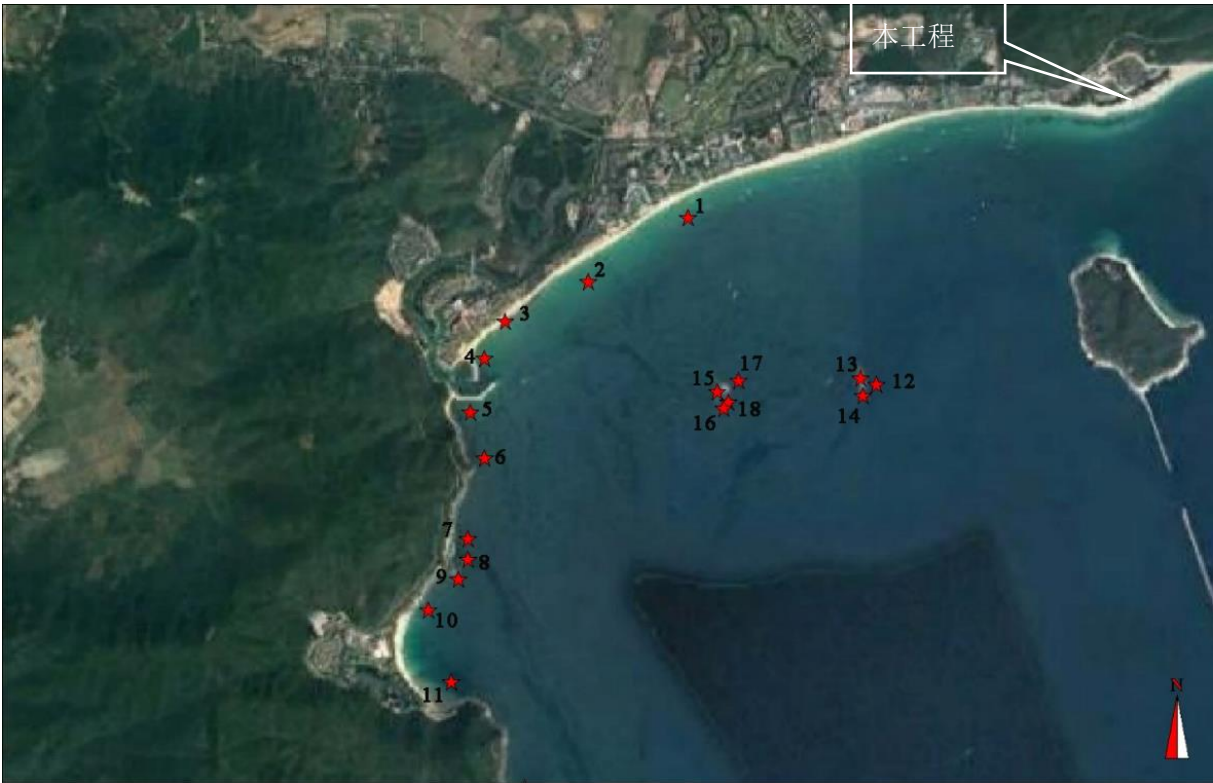


图 3.5.2.5.4-1 调查站位
表 3.5.2.5.4-1 调查站位

站位	北纬（N）	东经（E）	地点
1	109.63220	18.22336	亚龙湾西段
2	109.62471	18.21874	
3	109.61848	18.21596	
4	109.61693	18.21328	

5	109.61585	18.20943	青梅河口至太阳湾
6	109.61689	18.20614	
7	109.61567	18.19891	
8	109.61569	18.20039	
9	109.61492	18.19752	
10	109.61270	18.19532	
11	109.61443	18.19016	
12	109.64631	18.21145	东排
13	109.64511	18.21189	
14	109.64530	18.21065	
15	109.63438	18.21091	西排
16	109.63438	18.21091	
17	109.63595	18.21171	
18	109.63519	18.21016	

(3) 造礁珊瑚情况

根据调查结果，各站点活造礁石珊瑚覆盖率见表 3.5.5-2 和图 3.5.5-2。

①活造礁石珊瑚覆盖率

各站位活造礁石珊瑚覆盖率如图 3.5.2.5.4-2 所示，亚龙湾西段区域站点 1、2、3、4 没有造礁石珊瑚的分布。亚龙溪口至太阳湾区域站点 5、6、7、8、9、10、11 造礁石珊瑚覆盖率平均值为 9.80 %，其中 8 号站点最高达到 13.33 %，其次是 6 号站点 13.25 %，最低的是 10 号站点，只有 5.50 %。东排、西排区域站点 12、13、14、15、16、17、18 造礁石珊瑚覆盖率较高，平均值达到 14.70%，其中东排的 12、13 号站点为造礁石珊瑚覆盖率最高的两个站点，分别为 21.97 % 和 36.09 %，而造礁石珊瑚覆盖率最低的两个站点为西排的 15 号站点和 17 号站点，分别为 5.65 % 和 5.50 %。

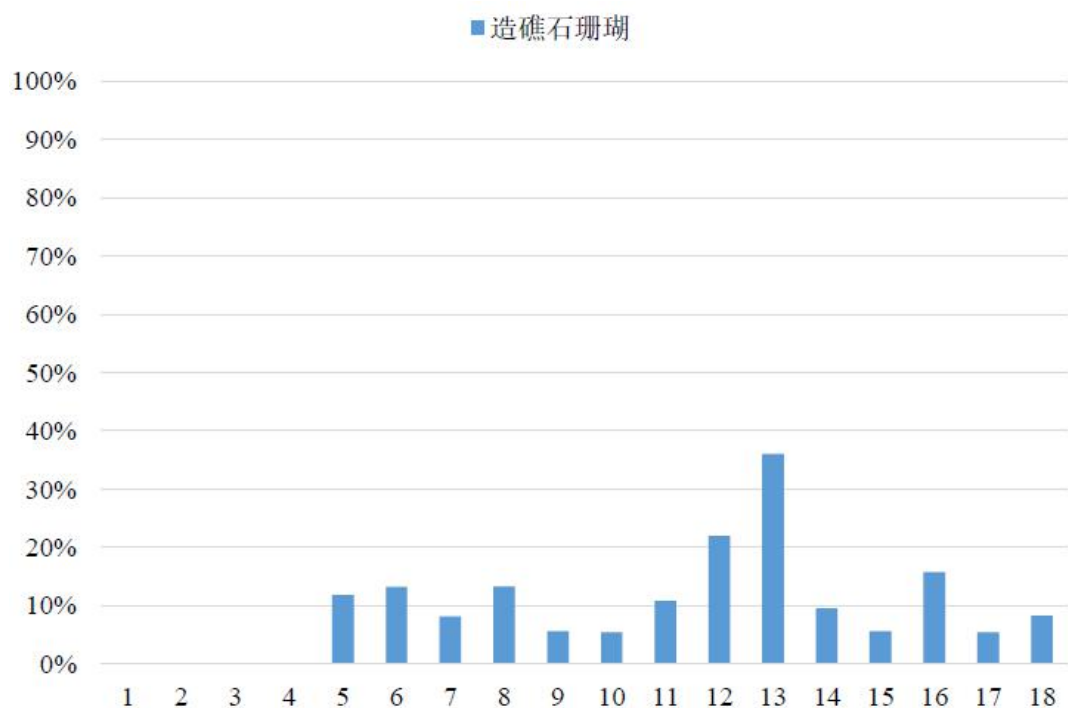


图 3.5.2.5.4-2 各站点活造礁石珊瑚覆盖率

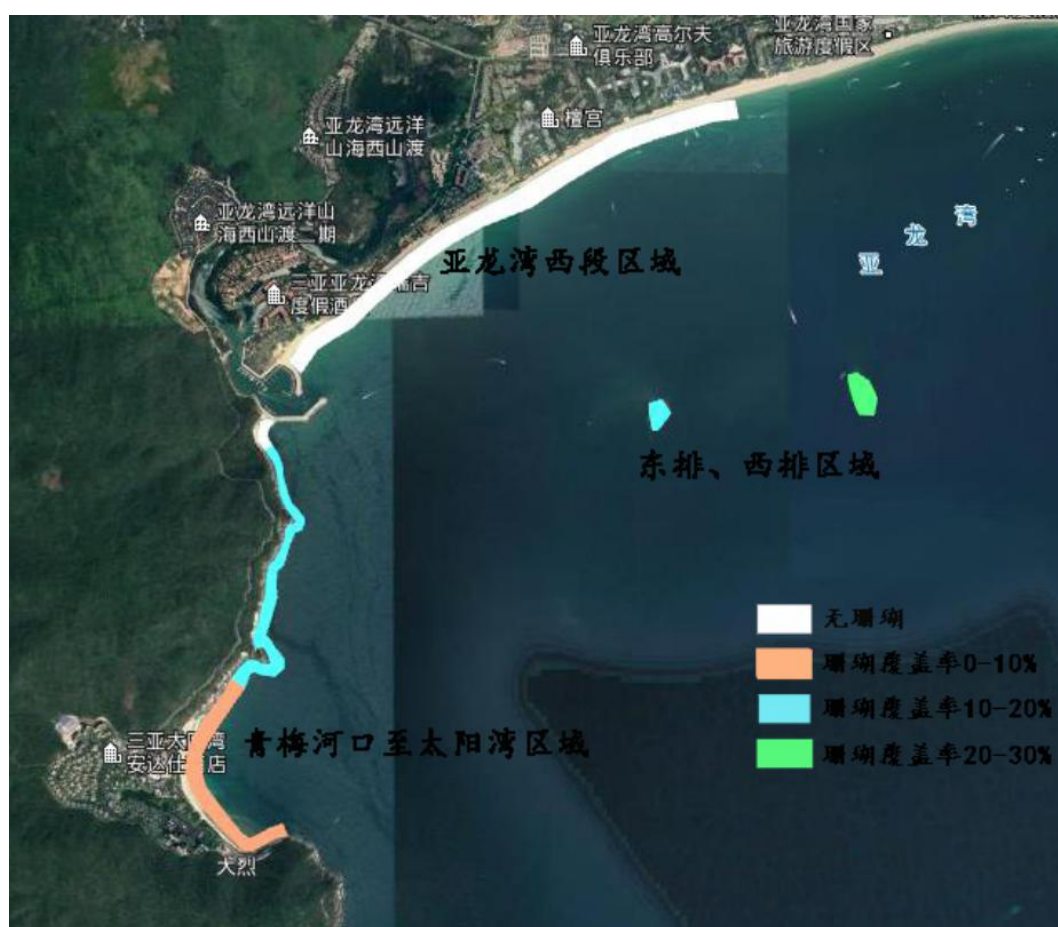


图 3.5.2.5.4-3a 调查区域珊瑚礁分布范围图

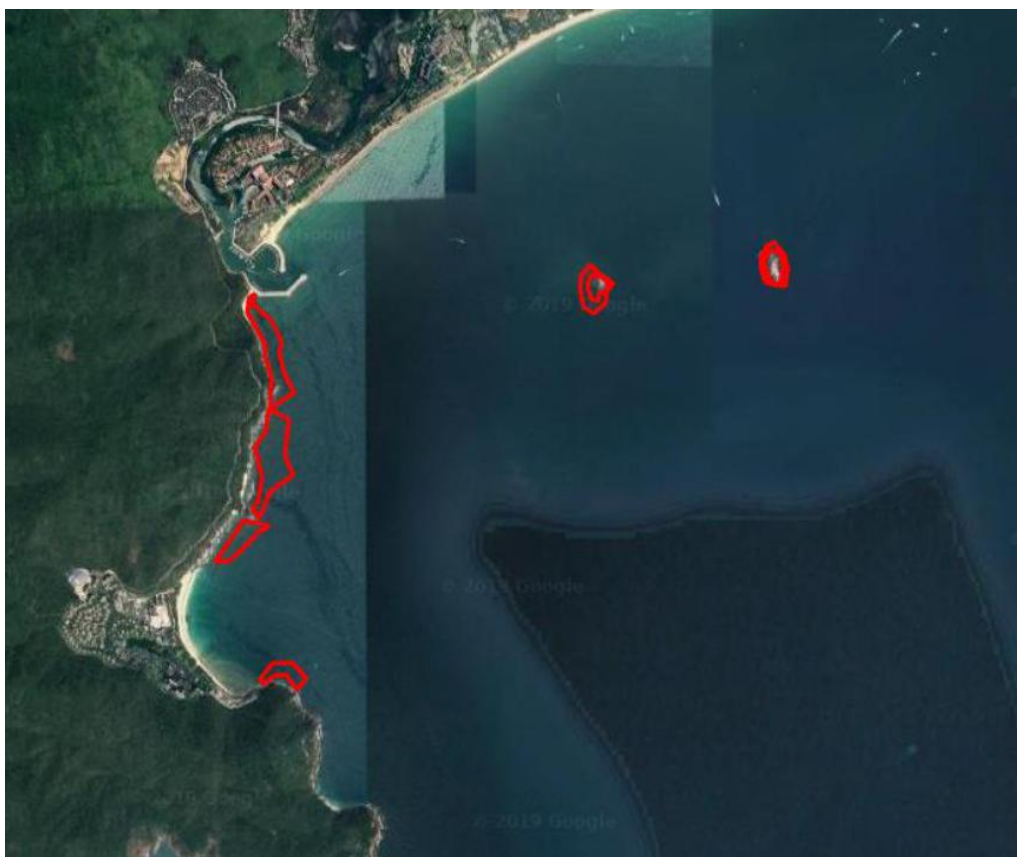


图 3.5.2.5.4-3b 调查区域珊瑚礁分布范围图

表 3.5.2.5.4-2 各站点造礁石珊瑚覆盖率、死亡病害与底质情况分区统计表

站位	造礁石珊瑚覆盖率	软珊瑚覆盖率	其它生物	石质	沙质	造礁石珊瑚白化病	造礁石珊瑚死亡率
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0.00%	0.00%
2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0.00%	0.00%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0.00%	0.00%
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0.00%	0.00%
5	11.88%	0.00%	2.27%	0.00%	44.47%	0.00%	41.38%
6	13.25%	0.13%	0.04%	33.08%	10.50%	0.00%	43.00%
7	8.17%	0.00%	0.00%	2.17%	2.17%	0.00%	87.50%
8	13.33%	0.17%	2.00%	0.33%	2.83%	0.00%	81.33%
9	5.67%	0.17%	0.00%	7.00%	12.17%	0.00%	75.00%
10	5.50%	0.00%	0.33%	3.83%	30.00%	0.00%	60.33%
11	10.81%	2.49%	3.16%	21.32%	1.83%	0.00%	60.40%
12	21.97%	38.27%	1.33%	31.27%	1.50%	0.00%	5.66%
13	36.09%	7.36%	0.00%	18.28%	4.25%	0.00%	34.01%
14	9.63%	7.00%	4.56%	40.72%	0.00%	0.00%	38.09%
15	5.65%	37.54%	0.33%	34.55%	3.49%	0.00%	18.44%
16	15.73%	8.25%	0.00%	7.25%	5.12%	0.00%	63.64%
17	5.50%	5.67%	7.33%	46.67%	4.67%	0.00%	30.17%
18	8.33%	1.67%	12.33%	44.67%	2.83%	0.00%	30.17%

②各区域造礁石珊瑚优势种

亚龙湾西段、亚龙溪口至太阳湾和东排、西排三个区域中，造礁石珊瑚种类最多的是东排、西排区域，共 55 种，其优势种为：丛生盔形珊瑚（*Galaxea fascicularis*）、火焰滨珊瑚（*Porites rus*）、澄黄滨珊瑚（*Porites lutea*）、疣状杯形珊瑚（*Pocillopora verrucosa*）、脉状蔷薇珊瑚（*Montipora venosa*）、鹿角杯形珊瑚（*Pocillopora damicornis*）。亚龙溪口至太阳湾区域造礁石珊瑚种类为 37 种，其优势种为：伍氏杯形珊瑚（*Pocillopora woodjonese*）、秘密角蜂巢珊瑚（*Favites abdita*）、疣状杯形珊瑚（*Pocillopora verrucosa*）、棘星珊瑚（*Acanthastrea echinata*）、板叶角蜂巢珊瑚（*Favites complanata*）。这些珊瑚多数都是对沉积物耐受性较高的团块状珊瑚。

表 3.5.2.5.4-3 青梅河口至太阳湾(5 号~11 号站位)珊瑚礁种名录

属	珊瑚名称	拉丁文
鹿角珊瑚属	花柄鹿角珊瑚	<i>Acropora anthocercis</i>
	谷鹿角珊瑚	<i>Acropora cerealis</i>
	风信子鹿角珊瑚	<i>Acropora hyacinthus</i>
	多孔鹿角珊瑚	<i>Acropora millepora</i>
	鹿角珊瑚科	<i>Acropora sp.</i>
刺星珊瑚属	锯齿刺星珊瑚	<i>Cyphastrea serailia</i>
棘星珊瑚属	棘星珊瑚	<i>Acanthastrea echinata</i>
蜂巢珊瑚属	蜂巢珊瑚科	<i>Favia sp.</i>
	圆突蜂巢珊瑚	<i>Favia veroni</i>
角蜂巢珊瑚属	秘密角蜂巢珊瑚	<i>Favites abdita</i>
	中国角蜂巢珊瑚	<i>Favites chinensis</i>
	板叶角蜂巢珊瑚	<i>Favites complanata</i>
盔形珊瑚属	丛生盔形珊瑚	<i>Galaxea fascicularis</i>
菊花珊瑚属	粗糙菊花珊瑚	<i>Goniastrea aspera</i>
角孔珊瑚属	角孔珊瑚	<i>Gonipora sp.</i>
刺柄珊瑚属	腐蚀刺柄珊瑚	<i>Hydnophora exesa</i>
肠珊瑚属	弗利吉亚肠珊瑚	<i>Leptoria phrygia</i>
蔷薇珊瑚属	指状蔷薇珊瑚	<i>Montipora digitata</i>
	繁锦蔷薇珊瑚	<i>Montipora efflorescens</i>
	变形蔷薇珊瑚	<i>Montipora informis</i>
	单星蔷薇珊瑚	<i>Montipora monasteriata</i>
	蔷薇珊瑚科	<i>Montipora sp.</i>
	膨胀蔷薇珊瑚	<i>Montipora turgescens</i>
牡丹珊瑚属	十字牡丹珊瑚	<i>Pavona decussata</i>
扁脑珊瑚属	精巧扁脑珊瑚	<i>Platygyra daedalea</i>

	中华扁脑珊瑚	<i>Platygyra sinensis</i>
	扁脑科珊瑚	<i>Platygyra</i> sp.
杯形珊瑚属	鹿角杯形珊瑚	<i>Pocillopora damicornis</i>
	伍氏杯形珊瑚	<i>Pocillopora woodjonese</i>
	多曲杯形珊瑚	<i>Pocillopora meandrina</i>
	疣状杯形珊瑚	<i>Pocillopora verrucosa</i>
滨珊瑚属	澄黄滨珊瑚	<i>Porites lutea</i>
	火焰滨珊瑚	<i>Porites rus</i>
	滨珊瑚科	<i>Porites</i> sp.
沙珊瑚属	浅薄沙珊瑚	<i>Psammocora superficialis</i>
陀螺珊瑚属	盾形陀螺珊瑚	<i>Turbinaria peltata</i>
	小星陀螺珊瑚	<i>Turbinaria stellulata</i>

表 3.5.2.5.4-4 东排、西排区域(12 号~18 号站位)珊瑚礁种名录

属	珊瑚名称	拉丁文
杯形珊瑚属	疣状杯形珊瑚	<i>Pocillopora verrucosa</i>
	鹿角杯形珊瑚	<i>Pocillopora damicornis</i>
	多曲杯形珊瑚	<i>Pocillopora meandrina</i>
	杯形科珊瑚	<i>Pocillopora</i> sp.
扁脑珊瑚属	中华扁脑珊瑚	<i>Platygyra sinensis</i>
	扁脑科珊瑚	<i>Platygyra</i> sp.
	精巧扁脑珊瑚	<i>Platygyra daedalea</i>
	片扁脑珊瑚	<i>Platygyra lamellina</i>
滨珊瑚属	澄黄滨珊瑚	<i>Porites lutea</i>
	火焰滨珊瑚	<i>Porites rus</i>
	滨珊瑚科	<i>Porites</i> sp.
	普哥滨珊瑚	<i>Porites pukoensis</i>
	柱状滨珊瑚	<i>Porites columnaris</i>
角孔珊瑚属	角孔珊瑚	<i>Gonipora</i> sp.
刺柄珊瑚属	腐蚀刺柄珊瑚	<i>Hydnophora exesa</i>
	小角刺柄珊瑚	<i>Hydnophora microconos</i>
	锯齿刺星珊瑚	<i>Cyphastrea serailia</i>
蜂巢珊瑚属	黄癣蜂巢珊瑚	<i>Favia favius</i>
	翘齿蜂巢珊瑚	<i>Favia matthaii</i>
	圆形蜂巢珊瑚	<i>Favia rotundata</i>
	蜂巢珊瑚科	<i>Favia</i> sp.
	圆突蜂巢珊瑚	<i>Favia veroni</i>
角蜂巢珊瑚属	秘密角蜂巢珊瑚	<i>Favites abdita</i>
	板叶角蜂巢珊瑚	<i>Favites complanata</i>
	多弯角蜂巢珊瑚	<i>Favites flexuosa</i>
	中国角蜂巢珊瑚	<i>Favites chinensis</i>
	角蜂巢珊瑚科	<i>Favites</i> sp.

	海孔角蜂巢珊瑚	Favites halicora
小星珊瑚属	横小星珊瑚	Leptastrea transversa
	小星珊瑚科	Leptastrea sp.
同星珊瑚属	多孔同星珊瑚	Plesiastrea versipora
合叶珊瑚属	华贵合叶珊瑚	Symphyllia nobilis
叶状珊瑚属	赫氏叶状	Lobophyllia hemprichii
菊花珊瑚属	菊花珊瑚	Goniastrea sp.
	梳状菊花珊瑚	Goniastrea pectinata
盔形珊瑚属	丛生盔形珊瑚	Galaxea fascicularis
鹿角珊瑚属	风信子鹿角珊瑚	Acropora hyacinthus
	鹿角珊瑚科	Acropora sp.
	美丽鹿角珊瑚	Acropora formosa
	指形鹿角珊瑚	Acropora digitifera
蔷薇珊瑚属	脉状蔷薇珊瑚	Montipora venosa
	繁锦蔷薇珊瑚	Montipora efflorescens
	膨胀蔷薇珊瑚	Montipora turgescens
	单星蔷薇珊瑚	Montipora monasteriata
	蔷薇珊瑚科	Montipora sp.
	翼形蔷薇珊瑚	Montipora peltiformis
	指状蔷薇珊瑚	Montipora digitata
	变形蔷薇珊瑚	Montipora informis
星孔珊瑚属	圆目星孔珊瑚	Astreopora ocellata
牡丹珊瑚属	叶形牡丹珊瑚	Pavona decussata
	十字牡丹珊瑚	Pavona decussata
沙珊瑚属	浅薄沙珊瑚	Psammocora superficialis
陀螺珊瑚属	皱褶陀螺珊瑚	Turbinaria mesenterina
	肾形陀螺珊瑚	Turbinaria reniformis
多叶珊瑚属	多叶珊瑚	Polyphyllia talpina

③珊瑚礁栖的其他生物资源

本次调查的区域中，珊瑚礁伴生的其他生物资源主要有软珊瑚，亚龙湾西岸和亚龙溪口至太阳湾区域软珊瑚较少，东排、西排区域软珊瑚资源较丰富，尤其是东排的 12 号站点和西排的 15 号站点，软珊瑚分覆盖率均达到 35%以上。其他珊瑚礁栖生物如海葵、海绵以及海藻等较少。

④底栖无脊椎动物

本次调查的区域中，亚龙湾西岸区域几乎没有底栖无脊椎生物。亚龙溪口至太阳湾区域有少量的海胆、海百合以及海参。东排、西排区域大型底栖无脊椎生物较为丰富，主要有海胆、管虫、海百合、寄居蟹等，其中，海胆的平均密度为

6.23 个/百 m^2 ，海百合的平均密度为 9.31 个/百 m^2 ，管虫的平均密度为 7.67 个/百 m^2 。

（4）调查区域珊瑚礁状况

本次调查将调查区域分成三个区域：亚龙湾西段区域、青梅河口至太阳湾区域和东排、西排区域，各区域珊瑚礁状况描述如下：

亚龙湾西段区域：无造礁石珊瑚的分布，以平摊细沙底质。

青梅河口至太阳湾区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 9.80%，底质以岩石和礁石为主。造礁石珊瑚种类有 37 种，主要的优势种有：伍氏杯形珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、疣状杯形珊瑚、棘星珊瑚、板叶角蜂巢珊瑚。生物：少量的软珊瑚、海胆、海百合以及海参。

东排、西排区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 14.70%，以珊瑚礁底质为主、造礁石珊瑚的种类有 55 种，主要的优势种有：丛生盔形珊瑚、火焰滨珊瑚、澄黄滨珊瑚、疣状杯形珊瑚、脉状蔷薇珊瑚、鹿角杯形珊瑚。生物：软珊瑚覆盖率较高，此外还有海胆、管虫、海百合、寄居蟹等。

4 项目用海资源环境影响分析

4.1 水文动力环境影响分析

4.1.1 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 MIKE 21, 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。MIKE 21 FM 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。

4.1.1.1 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。

4.1.1.2 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:

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

4.1.2 计算区域及边界条件

4.1.2.1 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 28760 个三角单元组成，最小空间步长约为 8m。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 4.1.2.1-1。

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。

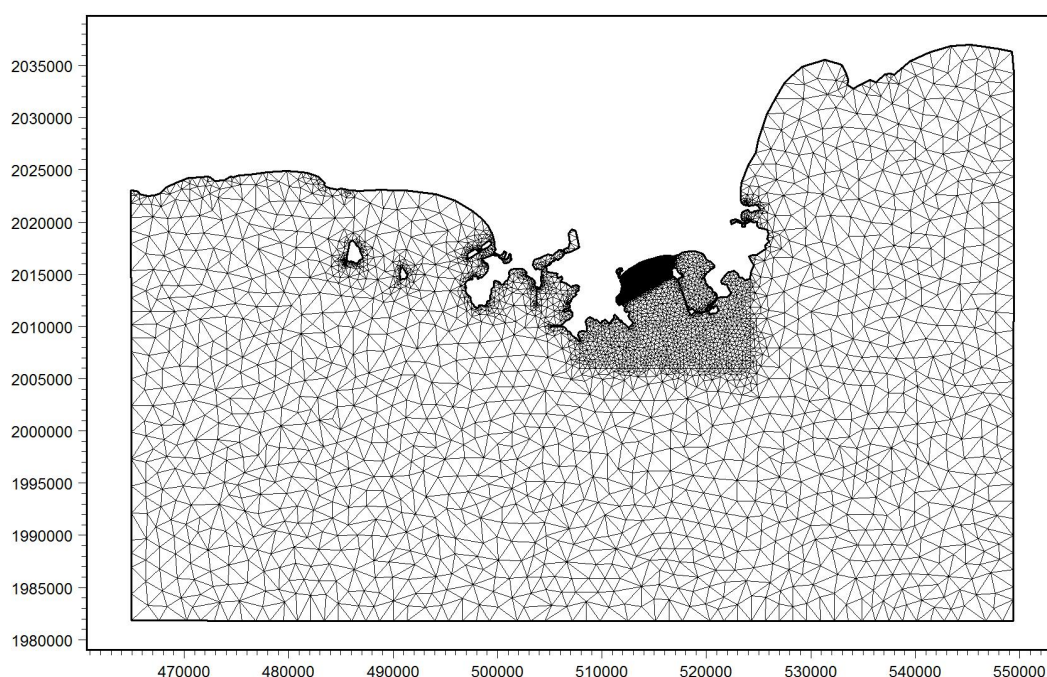


图 4.1.2.1-1 数值模拟海域网格设置

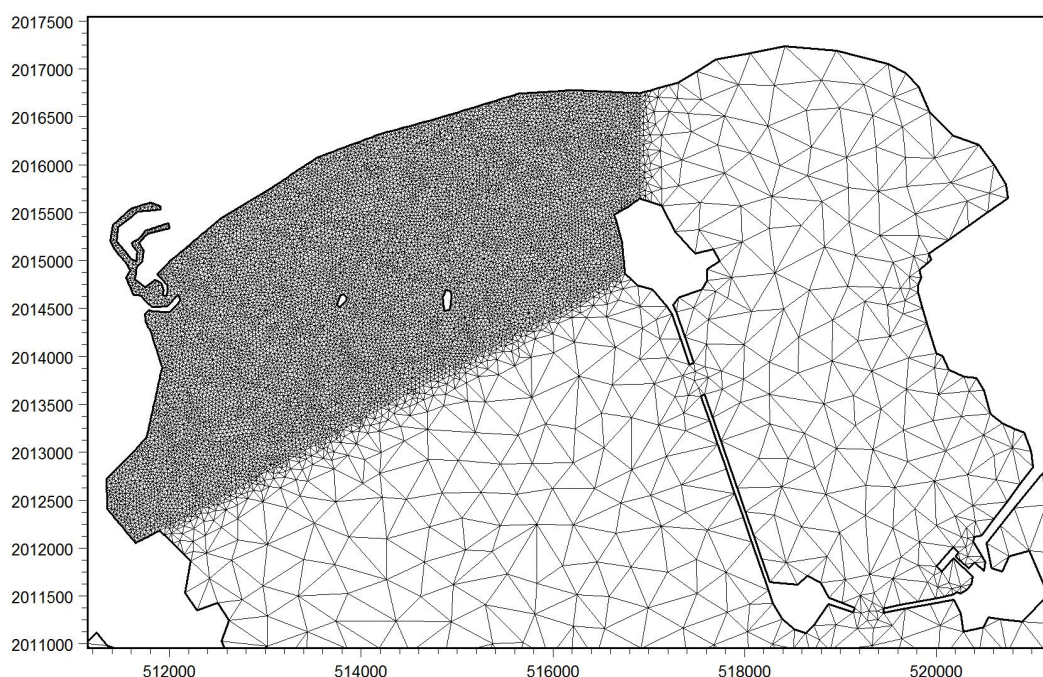


图 4.1.2.1-2 数值模拟海域网格设置（局部放大）

4.1.2.2 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。

4.1.3 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 4.1.3-1、图 4.1.3-1 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 4.1.3-1 是涨急时刻潮流场，工程周边海域潮流大致由东往西流，近岸海

域流速整体较小，工程周边海域流速小于 10cm/s，玗琅湾口门两侧近岸岬角附近潮流流速较大，最大流速可达 55cm/s。

图 4.1.3-2 是落潮中间时刻潮流场，工程周边海域潮流大致由西往北东，潮流流速比涨急时刻小，工程附近近岸流速一般小于 10cm/s，玗琅湾口门两侧近岸岬角附近潮流流速较大，最大流速可达 45cm/s。

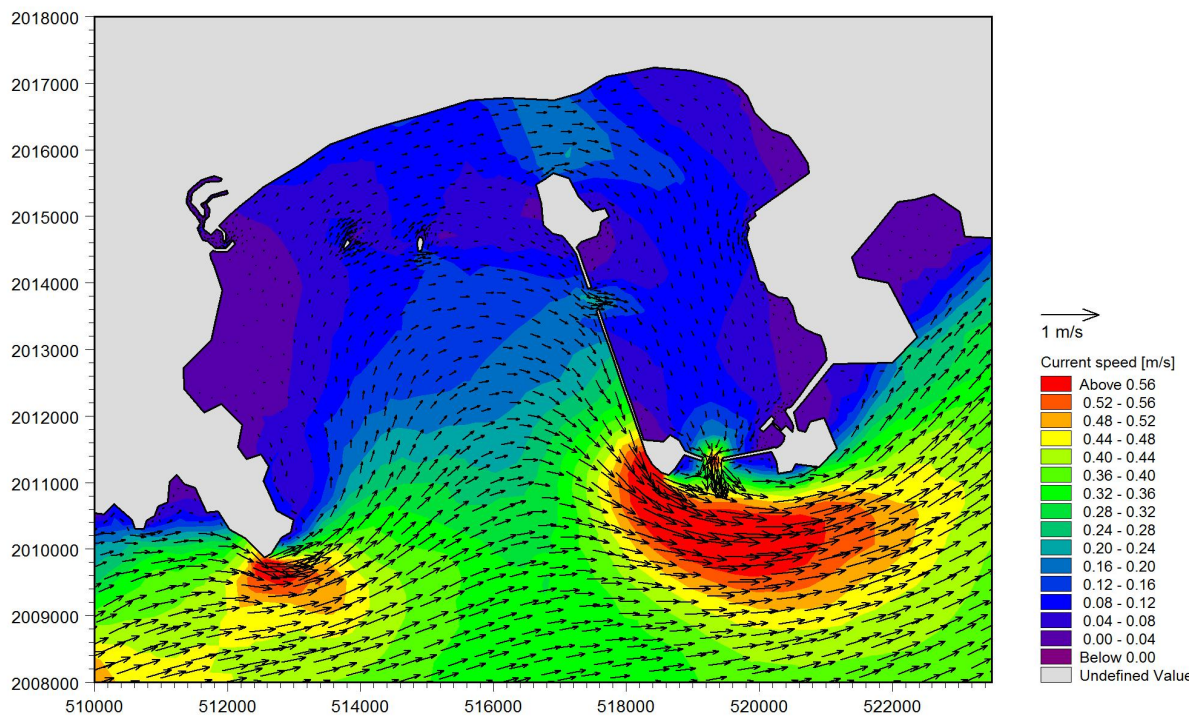


图 4.1.3-1a 工程附近海域现状计算潮流场（涨急时）

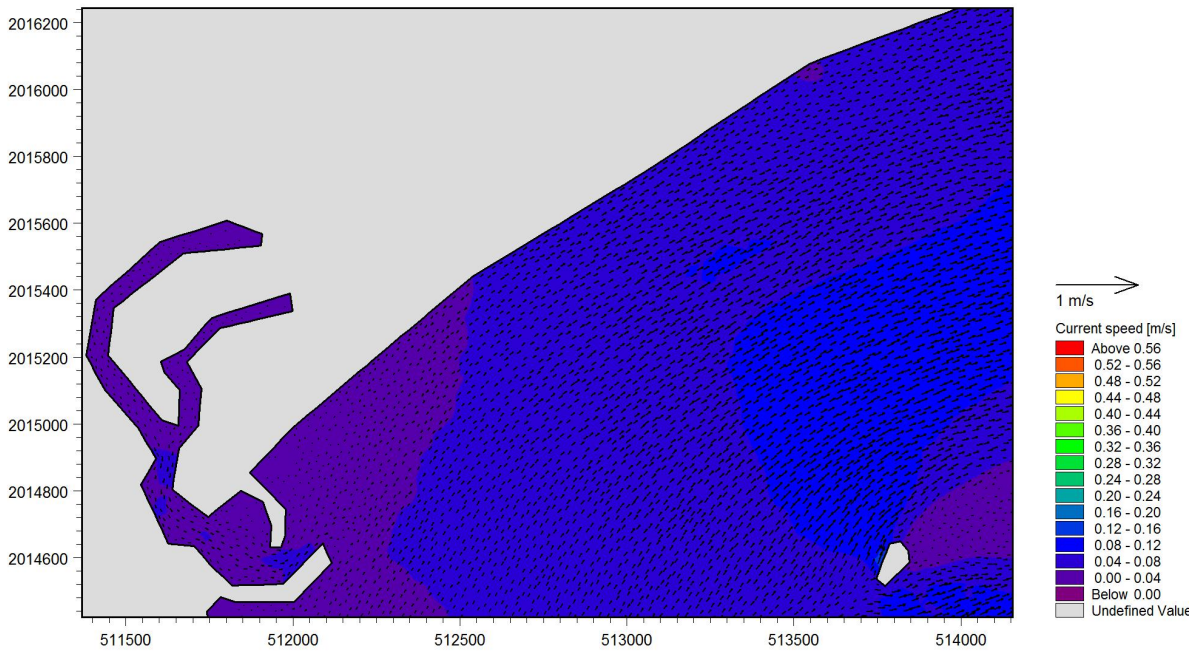


图 4.1.3-1b 工程附近海域现状计算潮流场（涨急时，局部放大）

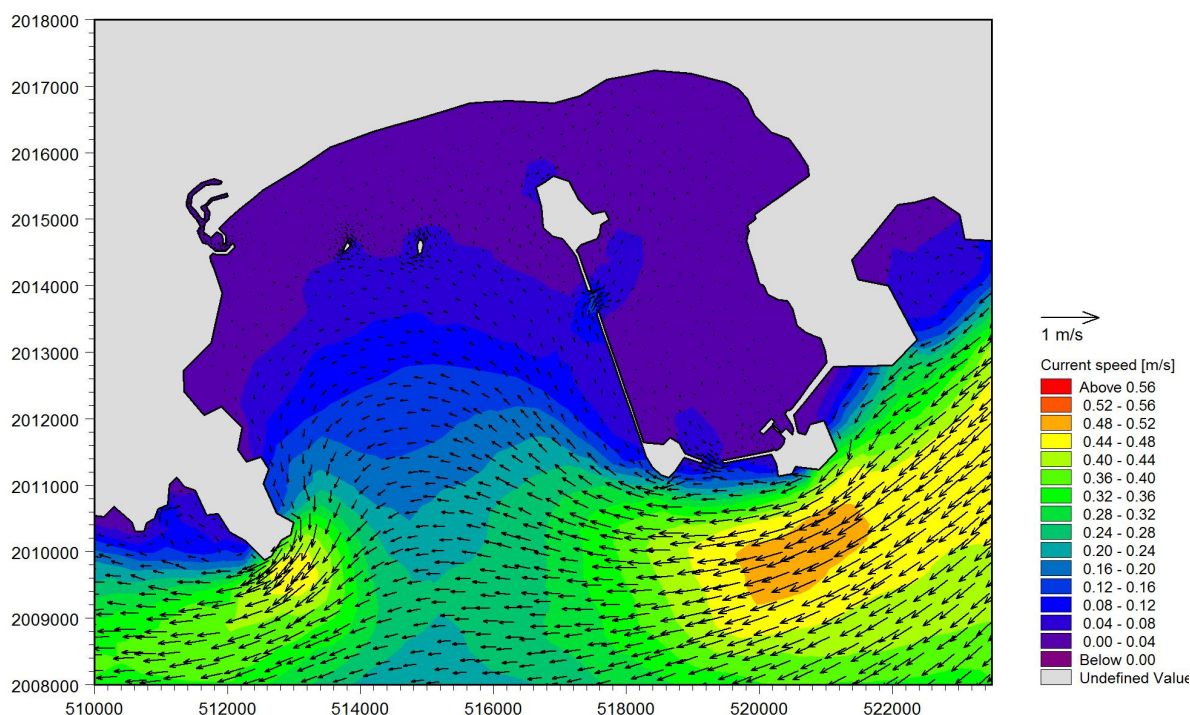


图 4.1.3-2a 工程附近海域现状计算潮流场（落急时）

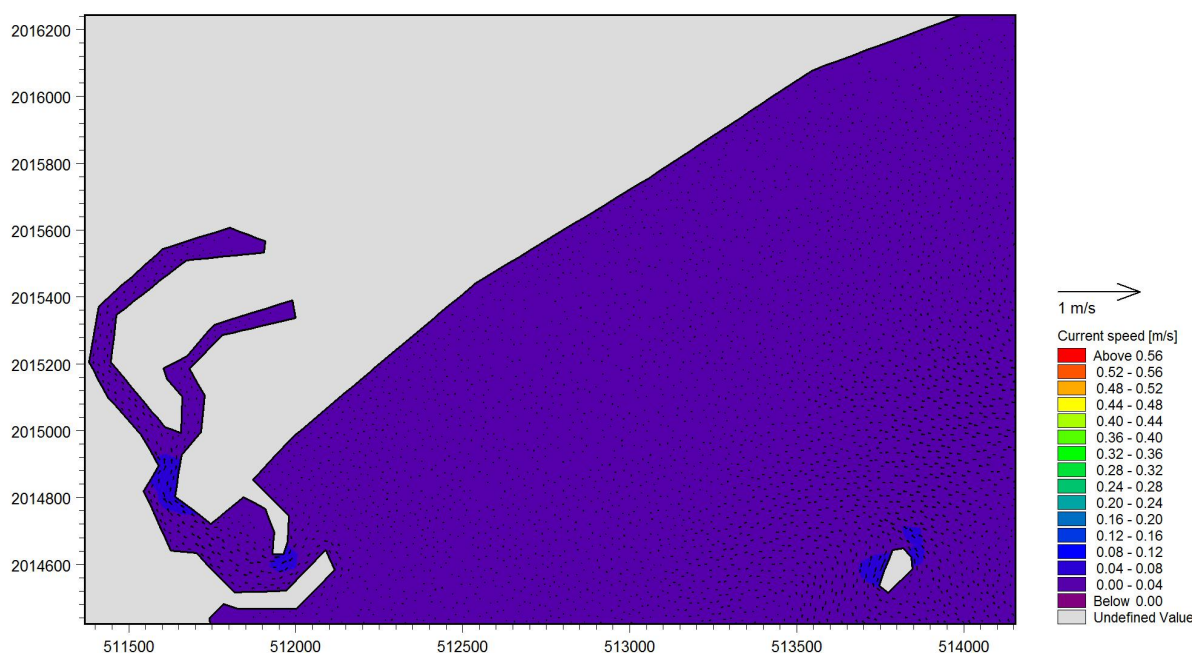


图 4.1.3-2b 工程附近海域现状计算潮流场（落急时，局部放大）

2、工程建设对潮流场影响分析

图 4.1.3-3、图 4.1.3-4 分别为工程实施后附近海域涨急时刻和落急时刻瞬时潮流场模拟结果。从图中可以看出，工程建设实施后工程周边水动力环境基本没有变化。

本项目为海岸带生态修复项目，主要建设生态护坡和人工补沙，海岸线走向

不发生改变，工程建设对周边水动力环境影响较小。

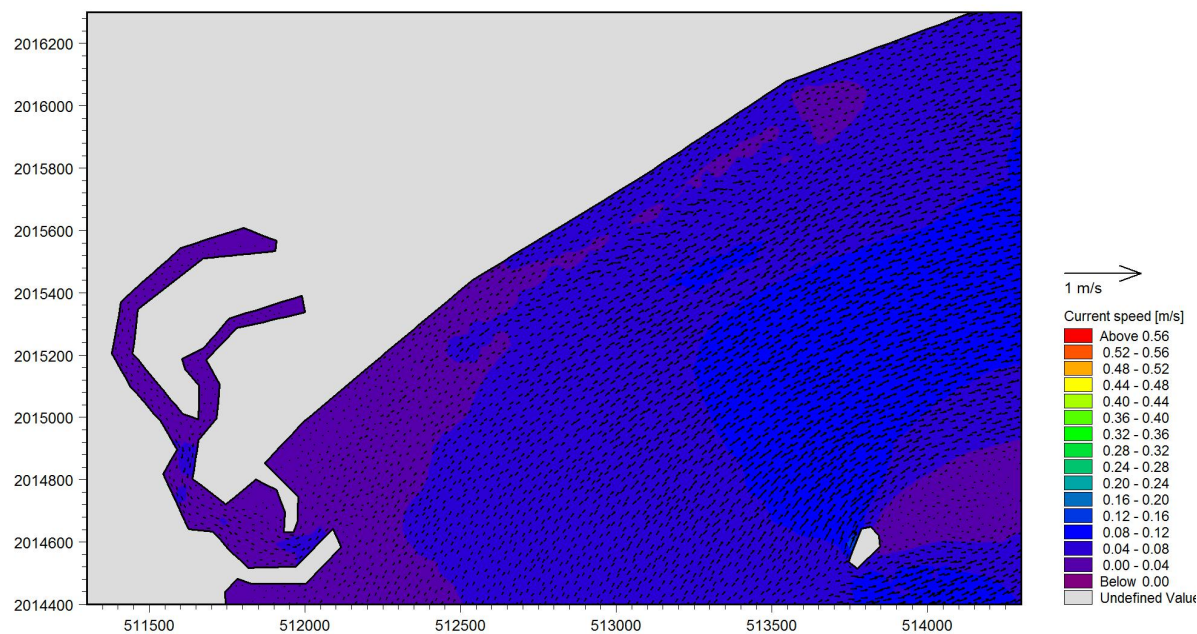


图 4.1.3-3 工程实施后附近海域现状计算潮流场（涨急时）

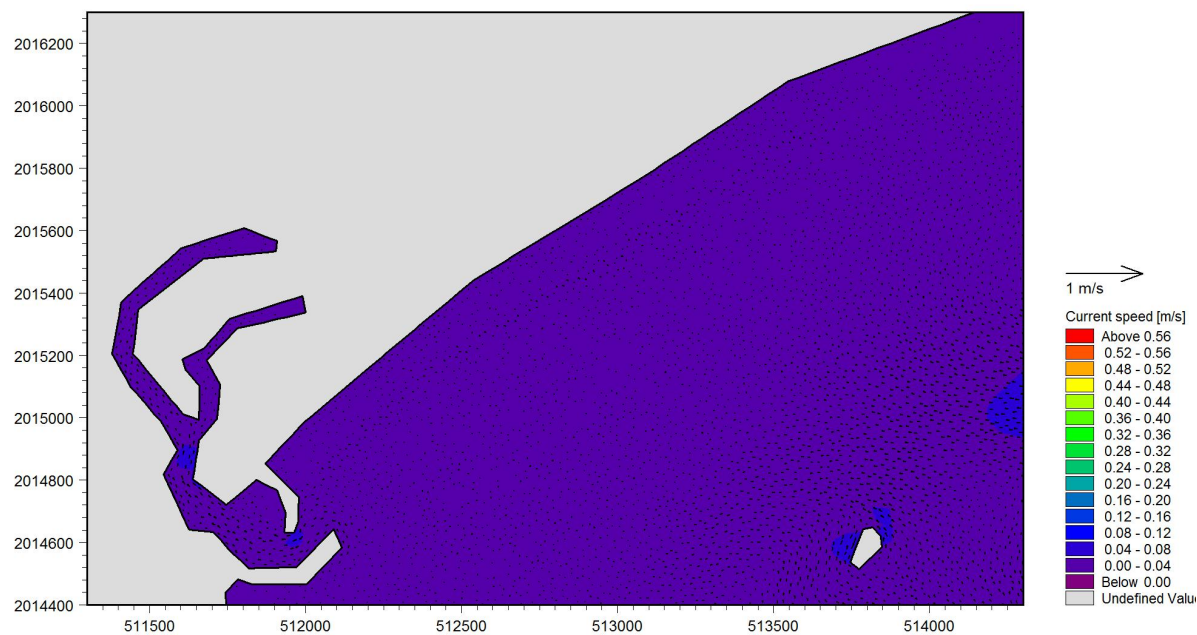


图 4.1.3-4 工程实施后附近海域现状计算潮流场（落急时）

4.2 水质环境的影响预测与评价

4.2.1 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， $s=QSCS$ ，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： $\frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0$ ，式中 U_n 边界法向流速，n 为法向。

(3) 初始条件

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

4.2.2 悬浮泥沙源强及发生点位置

本工程建设规模为对亚龙湾西段海岸进行整治修复，护岸基槽开挖及抛填块石采用低潮时干法施工，不会产生悬浮泥沙，施工期海水中产生悬浮泥沙主要是施工过程中补沙产生。

根据工程分析内容，岸滩补沙作业产生悬浮物源强约为 0.5kg/s。

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。

4.2.3 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 4.2-1，模拟结果表明，施工产生的悬浮泥沙主要在工程区附近沿东西方向扩散，10mg/L 浓度悬浮泥沙最大扩散距离约 0.4km。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）最大包络线面积为 41.6hm²，超三类水质标准（>100mg/L 浓度范围）最大包络线面积为 21.3hm²，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 16.5hm²。

施工产生的悬浮泥沙扩散面积见表 4.1.2-1。

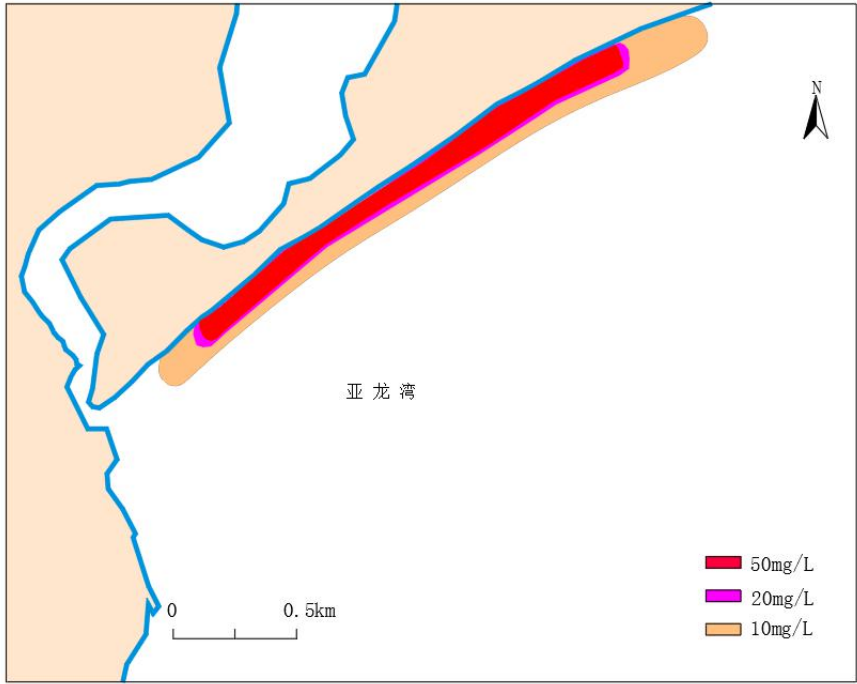


表 4.2-1 施工产生的悬浮泥沙扩散面积一览表

水质		施工阶段	补沙
超一（二）类	最大外包络线面积（hm ² ）		41.6
	离源强的最远距离（km）		0.40
超三类	最大外包络线面积（hm ² ）		21.3
	离源强的最远距离（km）		0.07
超四类	最大外包络线面积（hm ² ）		16.5
	离源强的最远距离（km）		0.04
恢复至一类水质时间（h）			4

表 4.2-2 悬浮泥沙不同超标倍数包络线面积统计（hm²）

Bi	Bi≤1	1<Bi≤4	4<Bi≤9	Bi>9
补沙	5.9	8.8	5.6	16.5

本项目采取低潮时刻施工，施工采取必要措施控制悬浮泥沙含量，如将细颗

粒砂补充在干滩区、严格控制砂料含泥量（不大于 5%）、施工期在补沙区域外一定距离增设水下拦污帘，类比其它类似工程，本项目建设产生泥沙基本可以控制在补沙区范围内，不会对补沙区之外的海域水质环境造成不利影响。

4.3 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。

4.3.1 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，淤泥质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。

4.3.2 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。

4.3.2.1 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/m³）；

u, v ——水深平均流速（m/s）；

D_x, D_y ——分散系数（m²/s）；

h ——水深（m）；

S ——沉积/侵蚀源汇项（g/m³/s）；

Q_L ——单位水平区域内点源排放量（m³/s/m²）；

C_L ——点源排放浓度（g/m³）。

4.3.2.2 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/m³);

p_d ——沉降概率;

沉降速度计算公式:

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

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:

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

$$p_e = \frac{w_s h}{D_z} = \frac{6 w_s}{k U_f}$$

式中： k ——Von Karman 常数（0.4）；

U_f ——摩擦速度， $\sqrt{\tau_b / \rho}$ 。

②Rouse 公式

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

$$R = \frac{w_s}{k U_f}$$

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（ $\text{kg/m}^2/\text{s}$ ）；

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

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

式中： 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 Van Rijn (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：

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

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：

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

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

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

4.3.2.3 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。

4.3.3 地形地貌冲淤数值模拟结果

4.3.3.1 工程周边海域现状冲淤数值模拟蚀淤变化特征

工程附近年冲淤模拟效果见图 4.3.3.1-1。

从数值模拟结果可以看出，工程占用海域及其邻近海域整体呈侵蚀状态，侵蚀量普遍小于-5cm/a，工程区以南部分海域呈明显的淤积状态，最大淤积量可达10cm/a。

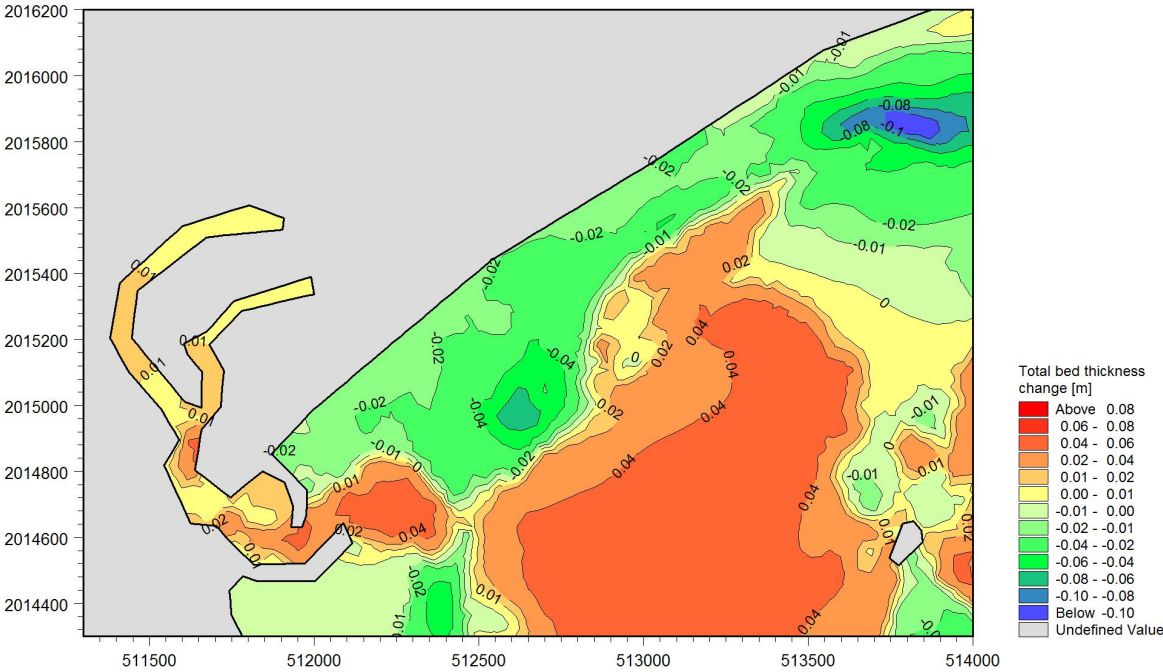


图 4.3.3.1-1 工程周围海域现状年冲淤效果图

4.3.3.2 工程建成后周边海域冲淤数值模拟蚀淤变化特征

工程附近年冲淤模拟效果见图 4.3.3.1-1。

本工程为海岸带生态修复工程，工程建设不改变海岸线走向，通过工程前后水动力环境变化分析可知，工程建设对工程周边水动力场环境影响较小。

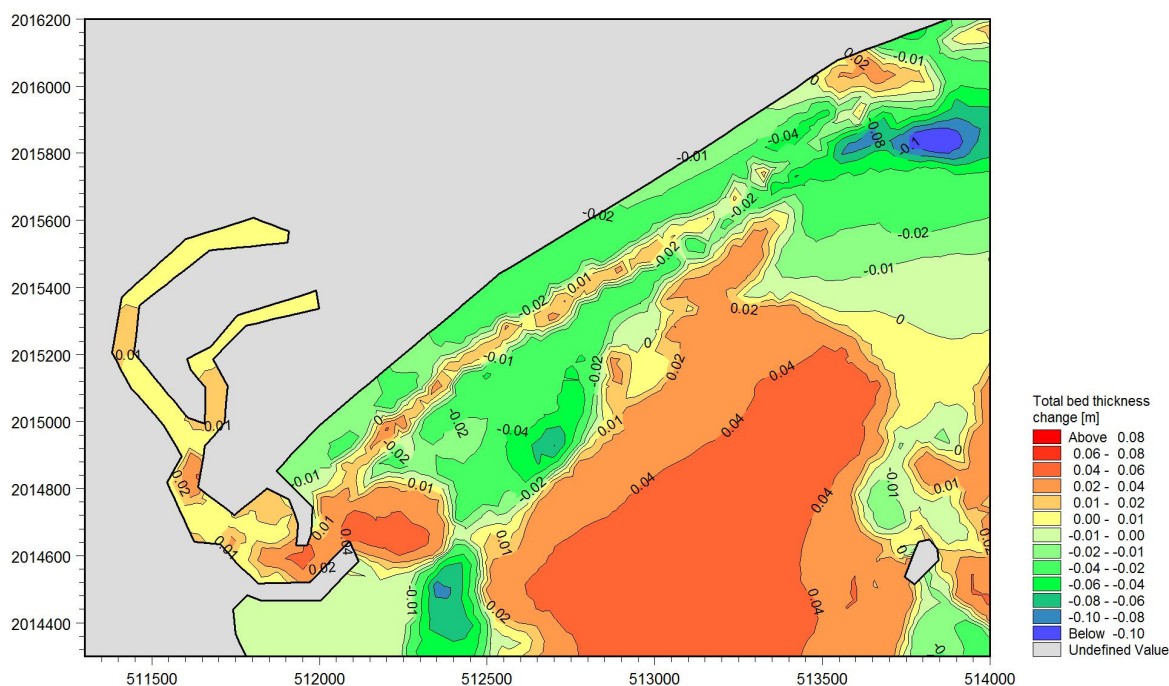


图 4.3.3.1-1 工程实施后周围海域年冲淤效果图

4.4 沉积物环境影响预测分析

本项目建设所需的建筑材料主要为回填沙、抗浪生态砂管、生态护坡所用块石等，回填沙来自玳瑁湾邻近海域，与本海域的沉积物环境基本一致，部分回填土方需从当地进行采购，本项目在采购土石方时，均对所采购的土石方进行严格检验，保证所采购的土石方无毒、无害、无放射性；根据项目所在海域的海洋沉积物调查结果可知，项目所在海域沉积物质量良好，采用回填沙，只是将沙所在位置进行了移动，不会对项目所在海域的沉积物质量产生影响。本项目建设的建筑材料不会对项目所在海域的海洋沉积物质量产生明显影响。

此外，项目施工期间产生的污水和垃圾均不向海域排放，项目运营期针对施工车辆通行可能发生的风险制定相应的风险防控措施和应急预案，本项目的建设不会对工程周边的沉积物环境造成明显影响。

4.5 工程建设对周围环境敏感目标影响分析

三亚珊瑚礁国家级自然保护区是 1990 年 9 月经国务院批准建立的国家级海洋类型自然保护区之一，位于海南省三亚市南部近岸及海岛四周海域，地理位置为东经 $109^{\circ} 20' 50'' \sim 109^{\circ} 40' 30''$ ，北纬 $18^{\circ} 10' 30'' \sim 18^{\circ} 15' 30''$ 范围内。中接壤神奇的鹿回头半岛和著名的大、小东海沿岸海域(包括小洲岛)；西濒传奇美丽的东、西瑁岛四周海域。保护区自东向西由亚龙湾片区、鹿回头半岛

一榆林角片区和东、西瑁岛片区三部分组成，保护总面积 85 平方公里。各片区分有核心区、缓冲区和实验区。

本保护区主要保护对象为：造礁珊瑚、非造礁珊瑚、珊瑚礁及其生态系统和生物多样性。造礁珊瑚的建造者为珊瑚虫，珊瑚虫属热带海洋腔肠动物。区内珊瑚种类繁多，目前为止，已查明有 117 种(包括 5 个亚种)造礁珊瑚，分别属于 13 科、33 属和 2 亚属。还有在成礁建造中有积极意义的苍珊瑚、笙珊瑚、多孔螅和多种非造礁珊瑚—软珊瑚、柳珊瑚和与珊瑚礁生态系统共栖和密切依赖的其他丰富多样的海洋生物。

本项目区及附近海域有珊瑚资源，珊瑚生长对水质条件要求很高，建议业主单位要协调好旅游开发与珊瑚礁保护的关系，要积极参与和协助海南三亚国家级珊瑚礁自然保护区管理处，保护亚龙湾海域的水质环境以及东西排周围海域的珊瑚礁生态系统，合理利用滨海旅游资源。

另外，项目周边主要环境敏感目标为渔业设施用海、海洋保护区用海等。本项目施工期采取有效措施减少污染物的产生，且严禁向海域内排放污水和垃圾，本工程运营期无污染物排海，该项目运营期在落实环保措施的基础上不会对周边主要环境敏感目标产生明显影响。

4.6 海洋生态损害与补偿

受损海域包括工程占用海域和邻近影响海域。本项目为海岸带生态修复项目，生态护坡不占用海域，人工补沙的建设对海洋生态环境影响较小，人工补沙不会完全破坏底栖生物的生境。邻近海域受损主要是由悬浮泥沙扩散造成，根据水质环境影响分析，本项目采取低潮时刻施工，施工采取必要措施控制悬浮泥沙含量，如将细颗粒砂补充在干滩区、严格控制砂料含泥量（不大于 5%）、施工期在补沙区域外一定距离增设水下拦污帘，施工产生悬浮泥沙影响可以忽略不计，项目建设基本不会对补沙区之外的海域水质环境造成不利影响，不再计算邻近影响海域生态补偿金额。因此本项目海洋生态损害与补偿只考虑人工补沙占用海域对底栖生物造成的损失。

工程建设将占用和破坏海洋生物的栖息环境，主要表现在工程占用海域对底栖生物造成的较大的影响。参照《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》)，底栖生物的资源损失按以下公式进行计

算：

$$Wi = Di \times Si$$

式中：

Wi 为第 i 种生物资源受损量；

Di 为评估区域内第 i 种生物资源密度；

Si 为第 i 种生物占用的渔业资源水域面积。

本项目用海面积为 16.7237hm^2 ，根据对该海区的海洋生物现状调查结果及评价，两次调查的潮间带底栖生物平均生物量为 6.22g/m^2 。经估算本工程用海造成的底栖的损失量：

$$\text{礁体造成底栖生物损失量：} 6.22 \times 10^{-6} \times 16.7237 \times 10^4 = 1.04\text{t}$$

底栖生物按成体生物处理，商品价格按照当地经济贝类市场价格计算（20元/kg，保守价格），则本项目建设造成底栖生物直接经济损失额为 $1.04 \times 10^3 \times 20 = 2.08$ 万元。

4.7 项目用海风险分析

4.7.1 台风、风暴潮及高低水位事故影响分析

风暴潮主要是由大风和高潮水位共同引起的，使局部地区猛烈增水，酿成重大灾害。风暴潮一般来势猛、速度快、强度大、破坏力强。工程施工处河段河道宽阔，距离小清河河口较近，水域开阔，施工时可能会受到风暴潮的影响。主要表现在对海堤自身及施工机械、设备的安全性产生影响，同时增加了施工作业的不安全性。

工程施工期间，当台风和风暴潮发生时，狂风夹着巨浪引起风暴潮增水，巨浪迫击海岸，对沿海海堤、海岸工程、公路都会造成严重的破坏，可能发生部分岸段受毁。台风、风暴潮来临，施工设备发生失控或操作不当导致的械设备倾覆、侧翻事故，导致在建海堤受损，甚至可能发生海堤结构失稳坍塌、机械设备火灾爆炸事故。高水位的影响主要是如果施工期间项目河段水位超过本海堤的设防水位，可能会毁坏施工设施、损毁施工机械，导致施工停止，严重延误工程进度。同时高水位洪水可能会冲垮本海堤，致使海堤完全失效，给周边生产生活设施造成严重损失。

4.7.2 溢油事故影响分析

4.7.2.1 溢油模型

(1) 模型基本原理

溢油进入水体后发生扩展、漂移、扩散等油膜组分保持恒定的输移过程和蒸发、溶解、乳化等油膜组分发生变化的风化过程，在溢油的输移过程和风化过程中还伴随着水体、油膜和大气三相间的热量迁移过程，而黏度、表面张力等油膜属性也随着油膜组分和温度的变化发生不断变化。本报告采用在国际上得到广泛应用的 MIKE21 Spill Analysis 油粒子模型对溢油事故影响进行预测与分析，该模型可以很好地模拟上述物理化学过程，另外，油粒子模型是基于拉格朗日体系具有高稳定性和高效率的特点。油粒子模型就是把溢油离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，油膜就是由这些大量的油粒子所组成的云团。首先计算各个油粒子的位置变化、组分变化、含水率变化，然后统计各网格上的油粒子数和各组分含量可以模拟出油膜的浓度时空分布和组分变化，再通过热量平衡计算模拟出油膜温度的变化，最后根据油膜的组分变化和温度变化计算出油膜物理化学性质的变化。

(2) 输移过程

油粒子的输移包括了扩展、漂移、扩散等过程，这些过程是油粒子位置发生变化的主要原因，而油粒子的组分在这些过程中不发生变化。

1) 扩展运动

采用修正的 Fay 重力—粘力公式计算油膜扩展：

$$\left(\frac{dA_{oil}}{dt}\right) = K_a \cdot A_{oil}^{1/3} \cdot \left(\frac{V_{oil}}{A_{oil}}\right)^{4/3}$$

式中： A_{oil} 为油膜面积， $A_{oil} = \pi R_{oil}^2$ ， R_{oil} 为油膜直径； K_a 为系数； t 为时间；油膜体积为：

$$V_{oil} = \pi \cdot R_{oil}^2 \cdot h_s$$

初始油膜厚度 $h_s=10\text{cm}$ 。

2) 漂移运动

油粒子漂移的作用力是水流和风拽力，油粒子总漂移速度由以下权重公式计

算：

$$U_{tot} = c_w(z) \cdot U_w + U_s$$

其中 U_w 为水面以上 10m 处的风速； U_s 为表面流速； c_w 为风漂移系数，一般在 0.03 和 0.04 之间。

风场数据从气象部门获得，而流场从二维水动力模型计算结果获得。但是一般二维水动力模型计算出的是垂向平均值，必须据此估算流速的垂向分布。假定其符合对数关系：

$$V(z) = \frac{U_f}{\kappa} \cdot \ln\left(\frac{h-z}{k_n/30}\right)$$

其中 z 为水面以下深度； $V(z)$ 为对数流速关系； κ 为冯卡门常数（0.42）； k_n 为 Nikuradse 阻力系数； U_f 为摩阻速度，定义为：

$$U_f = \left(\frac{V_{mean} \cdot \kappa}{\ln\left(\frac{h}{k_n/30} - 1\right)} \right)$$

其中： V_{mean} 为平均流速。

$$z = h - \frac{k_n}{30}$$

当水深大于此位置时模型假定对流速度为 0。当 $z=0$ 时，即可求出表面流速 U_s ：

$$U_s = V(0)$$

3) 紊动扩散

假定水平扩散各向同性，一个时间步长内 α 方向上的可能扩散距离 S_α 可表示为：

$$S_\alpha = [R]_{-1}^1 \cdot \sqrt{6 \cdot D_\alpha \cdot \Delta t_p}$$

其中： $[R]_{-1}^1$ 为 -1 到 1 的随机数， D_α 为 α 方向上的扩散系数。

(3) 风化过程

油粒子的风化包括蒸发、溶解和形成乳化物等过程，在这些过程中油粒子的组成发生改变，但油粒子水平位置没有变化。

1) 蒸发

油膜蒸发受油分、气温和水温、溢油面积、风速、太阳辐射和油膜厚度等因

素的影响。假定：

在油膜内部扩散不受限制（气温高于 0℃ 以及油膜厚度低于 5—10cm 时基本如此）；

油膜完全混合；

油组分在大气中的分压与蒸气压相比可忽略不计。

蒸发率可由下式表示：

$$N_i^e = k_{ei} \cdot P_i^{SAT} / RT \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot X \cdot [m^3 / m^2 s]$$

其中 N 为蒸发率； k_e 为物质输移系数； P^{SAT} 为蒸气压；R 为气体常数；T 为温度；M 为分子量； ρ 为油组分的密度；i 为各种油组分。 k_{ei} 由下式估算：

$$k_{ei} = k \cdot A_{oil}^{0.045} \cdot S_{ci}^{-2/3} \cdot U_w^{0.78}$$

其中 k 为蒸发系数； S_{ci} 为组分 i 的蒸气 Schmidt 数。

2) 乳化

① 形成水包油乳化物过程

油向水体中的运动机理包括溶解、扩散、沉淀等。扩散是溢油发生后最初几星期内最重要的过程。扩散是一种机械过程，水流的紊动能量将油膜撕裂成油滴，形成水包油的乳化。这些乳化物可以被表面活性剂稳定，防止油滴返回到油膜。在恶劣天气状况下最主要的扩散作用力是波浪破碎，而在平静的天气状况下最主要的扩散作用力是油膜的伸展压缩运动。从油膜扩散到水体中的油分损失量计算：

$$D = D_a \cdot D_b$$

其中： D_a 是进入到水体的分量； D_b 是进入到水体后没有返回的分量：

$$D_a = \frac{0.11(1+U_w)^2}{3600}$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_{oil} \cdot h_s \cdot \gamma_{ow}}$$

其中： μ_{oil} 为油的粘度； γ_{ow} 为油—水界面张力。

油滴返回油膜的速率为：

$$\frac{dV_{oil}}{dt} = D_a \cdot (1 - D_b)$$

② 形成油包水乳化物过程

油中含水率变化可由下式平衡方程表示：

$$\frac{dy_w}{dt} = R_1 - R_2$$

R_1 和 R_2 分别为水的吸收速率和释出速率，由下式给出。

$$R_1 = K_1 \cdot \frac{(1+U_w)^2}{\mu_{oil}} \cdot (y_w^{\max} - y_w)$$

$$R_2 = K_2 \cdot \frac{1}{As \cdot Wax \cdot \mu_{oil}} \cdot y_w$$

其中： $y_w^{\max}$ 为最大含水率； y_w 为实际含水率； As 为油中沥青含量（重量比）；
 Wax 为油中石蜡含量（重量比）； K_1 、 K_2 分别为吸收系数，释出系数。

3) 溶解

溶解率用下式表示：

$$\frac{dV_{d_i}}{dt} = K_{s_i} \cdot C_i^{sat} \cdot X_{mol_i} \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot A_{oil}$$

其中： y_i^{sat} 为组分 i 的溶解度； X_{mol_i} 为组分 i 的摩尔分数； M_i 为组分 i 的摩尔重量； K_{s_i} 为溶解传质系数，由下式估算：

$$K_{s_i} = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i$$

其中：

$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \\ 1.8 & \text{精制油} \end{cases}$$

(4) 热量迁移

蒸气压与粘度受温度影响，而且观察发现通常油膜的温度要高于周围的大气和水体。图 4.7.2-1 为油膜的热平衡示意图。

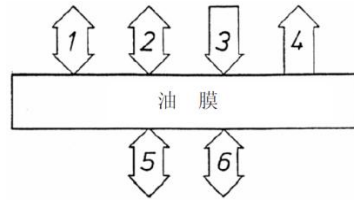


图 4.7.2-1 油膜的热量平衡示意图

1=大气与油膜之间的传热过程； 2=大气与油膜之间热辐射过程； 3=太阳辐射； 4=蒸发热损失； 5=油膜与水体之间的热量迁移； 6=油膜与水体之间散发和接受的热辐射。

1) 油膜与大气之间的热量迁移

油膜与大气之间的热量迁移可表达为：

$$H_T^{oil-air} = A_{oil} \cdot k_H^{oil-air} \cdot (T_{air} - T_{oil})$$

$$k_H^{oil-air} = k_m \cdot \rho_a \cdot C_{pa} \cdot \left(\frac{S_c}{P_r} \right)_{air}^{0.67}$$

其中： T_{oil} 为油膜温度； T_{air} 为大气温度； ρ_a 为大气密度； C_{pa} 为大气的热容

量； P_r 为大气 *Prandtl* 数：

$$P_r = \frac{C_{pa} \cdot \rho_a}{0.0241(0.18055 + 0.003T_{air})}$$

当蒸发可忽略不计时， $k_H^{oil-air}$ 可简单用下式计算：

$$k_H^{oil-air} = 5.7 + 3.8U_w$$

2) 太阳辐射

油膜接受的太阳辐射取决于许多因素，其中最重要的为溢油位置、日期、时刻、云层厚度以及大气中的水、尘埃、臭氧含量。一天中的太阳辐射变化可假定为正弦曲线：

$$H(t) = \begin{cases} K_t \cdot H_0^{\max} \cdot \sin\left(\pi \frac{t - t^{\text{sunrise}}}{t^{\text{sunset}} - t^{\text{sunrise}}}\right), & t^{\text{sunrise}} < t < t^{\text{sunset}} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中： t^{sunrise} 为日出时刻（午夜后秒数）； t^{sunset} 为日落时刻（午夜后秒数）； T_d 为日长，即：

$$t^{\text{sunset}} = t^{\text{sunrise}} + T_d$$

T_d 由下式计算：

$$T_d = a \cdot \cos(\tan \phi \cdot \tan \zeta)$$

其中： ϕ 为纬度； ζ 为太阳倾斜角度（太阳在正午时与赤道平面的角度）

$$\zeta \cong 23.45 \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right)$$

$H_0^{\max}$ 为正午的星际辐射：

$$H_0^{\max} = \frac{12 \cdot K_t}{t^{\text{sunset}} - t^{\text{sunrise}}} \cdot I_{sc} \cdot \left(1 + 0.033 \cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right) \cdot (\cos(\phi) \cdot \cos(\zeta) \cdot \sin(\omega_s) + \omega_s \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\zeta))$$

其中： I_{sc} 为太阳常数（ $1.353W/m$ ）； n 为一年中日数。 ω_s 为日出的小时角度，正午时为 0，每小时等于 15（上午为正）； K_t 为系数，晴天时 $K_t=0.75$ ，随着云层厚度增加而减少。很大一部分的太阳辐射到达地面时已被反射，因此净热量输入为：

$$(1-a) \cdot H(t)$$

其中： a 为漫射系数（*albedo*）。

3) 蒸发热损失

蒸发将引起油膜热量损失：

$$H^{vapor} = \sum_i N_i \cdot \Delta H_{vi} \cdot [W/m^2]$$

其中 ΔH_{vi} 为组分 i 的汽化热。油膜总的动态热平衡综合考虑了上述各种因素：

$$\begin{aligned} \frac{dT_{oil}}{dt} = & \frac{1}{\zeta \cdot C_p \cdot h} \cdot \left[(1-a) \cdot H + (l_{air} \cdot T_{air}^4 + l_{water} \cdot T_{water}^4 - 2l_{oil} \cdot T_{oil}^4) \right. \\ & + h_{ow} \cdot (T_{water} - T_{oil}) + h_{oa} \cdot (T_{air} - T_{oil}) - \sum N_i \cdot \Delta H_{vi} \\ & \left. + \left(\frac{dV_{water}}{dt} \cdot \zeta_w \cdot C_{pw} + \frac{dV_{oil}}{dt} \cdot \zeta_{oil} \cdot C_{poil} \right) \cdot (T_{water} - T_{oil}) \cdot A_{oil} \right] \end{aligned}$$

4) 油膜与水体之间的热量迁移

油膜与大气之间的热量迁移可表达为：

$$H_H^{oil-air} = A_{oil} \cdot k_H^{oil-air} \cdot (T_{water} - T_{oil})$$

$$k_H^{oil-air} = 0.332 + r_w \cdot C_{pw} \cdot Re^{-0.5} \cdot Pr_w^{-2/3}$$

其中： C_{pw} 为水的热容量。 Pr_w 为水的 *Prandtl* 数：

$$Pr_w = C_{pw} \cdot v_w \cdot \rho_w \cdot \left(\frac{1}{0.330 + 0.000848(T_w - 273.15)} \right)$$

Re 为特征雷诺数：

$$Re = \frac{v_{rel} \cdot \sqrt{\frac{4A_{oil}}{\pi}}}{\eta_w}$$

其中： v_{rel} 为油膜的运动粘滞系数。

5) 反射和接受辐射

油膜将损失和接受长波辐射。净接受量由 *Stefan-Boltzman* 公式计算：

$$H_{total}^{rad} = \sigma \cdot (l_{air} \cdot T_{air}^4 + l_{water} \cdot T_{water}^4 - 2l_{oil} \cdot T_{oil}^4)$$

其中： σ 为 *Stefan-Boltzman* 常数 [$5.72 \cdot 10^8 W/(m^2K)$]； l_{air} 、 l_{water} 、 l_{oil} 分别为大气、水和油的辐射率。

4.7.2.2 参数选择

(1) 油种和油量

本工程溢油事故风险主要来源于船舶进出发生碰撞引起的溢油事故，油种考虑燃料油，溢油量取 20t，考虑在 1 个小时内泄露入海。

(2) 溢油发生点

根据本工程建设内容和特点，将溢油发生点设在本工程南侧附近海域。

(3) 模型参数设定

根据相关文献推荐值，模型中相关参数取值见表 7.2-1。

表 4.7.2-1 部分模型参数设置

参数	系数过程取值
风漂移系数 c_w	0.035
油的最大含水率 $y_w^{\max}$	0.85
油的最大含水率 (K_1)	5×10^{-7}
释出系数 (K_2)	1.2×10^{-5}
传质系数 K_{Si}	2.36×10^{-6}
蒸发系数 k	0.029
油辐射率 l_{oil}	0.82
水辐射率 l_{water}	0.95
大气辐射率 l_{air}	0.82
漫射系数 (Albedo) α	0.1

4.7.2.3 溢油预测结果

1) 静风情况下

低潮发生溢油时，溢油 24 小时后，油膜主要在亚龙湾内近岸飘移，向 S 方向最大飘移距离约 1.0km，向 E 方向最大飘移距离约 3.1km。扫海面积和残油量见表 4.7.2-2，溢油扩散范围见图 4.7.2-2a。

高潮发生溢油时，溢油 24 小时后，油膜主要在亚龙湾内近岸飘移，向 S 方向最大飘移距离约 1.1km，向 E 方向最大飘移距离约 3.4km。扫海面积和残油量见表 4.7.2-2，溢油扩散范围见图 4.7.2-2b。

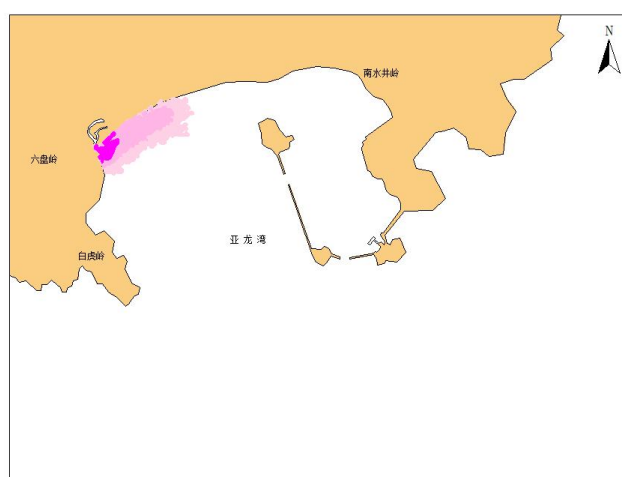


图 4.7.2-2a 溢油最大影响范围（静风，低潮时溢油 24 小时后）

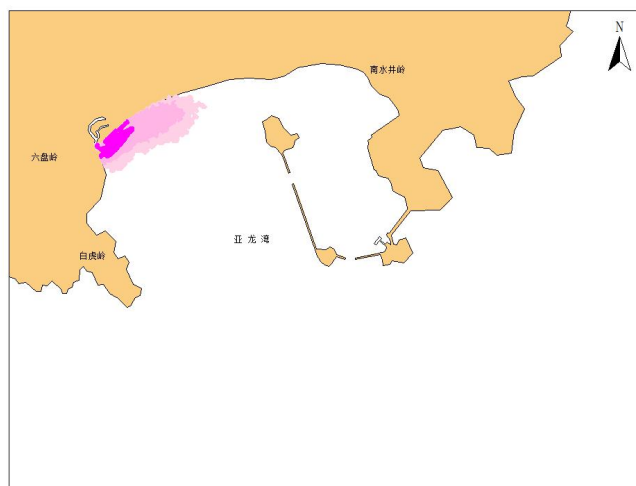


图 4.7.2-2b 溢油最大影响范围（静风，高潮时溢油 24 小时后）

2) NW 风情况下

低潮发生溢油时，溢油 24 小时后，油膜主要向 SE 方向飘移，向 SE 方向飘移距离约为 5.3km。扫海面积和残油量见表 4.7.2-2，溢油扩散范围见图 4.7.2-3a。

高潮发生溢油时，溢油 24 小时后，油膜主要向 SE 方向飘移，向 SE 方向飘移距离约为 5.9km。扫海面积和残油量见表 4.7.2-2，溢油扩散范围见图 4.7.2-3b。

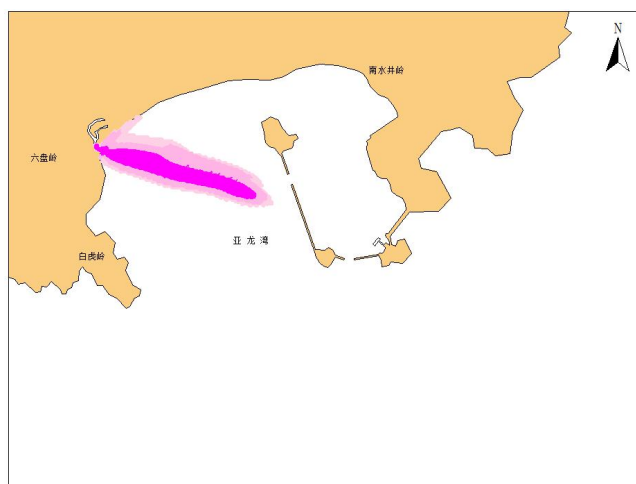


图 4.7.2-3a 溢油最大影响范围（NW 风，低潮时溢油 24 小时后）

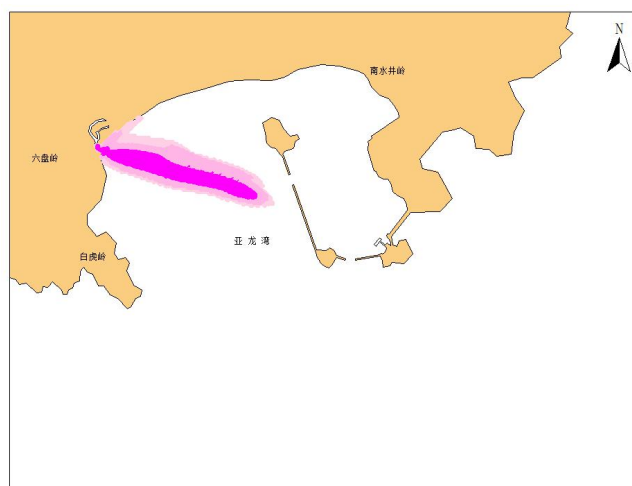


图 4.7.2-3b 溢油最大影响范围（NW 风，高潮时溢油 24 小时后）

3) SE 风情况下

低潮发生溢油时，溢油 24 小时后，油膜主要向 NE 方向飘移，最大飘移距离约 2.1km。扫海面积和残油量见表 4.7.2-2，溢油扩散范围见图 4.7.2-4a。

高潮发生溢油时，溢油 24 小时后，油膜主要向 NE 方向飘移，最大飘移距离约为 4.1km。扫海面积和残油量见表 4.7.2-2，溢油扩散范围见图 4.7.2-4b。

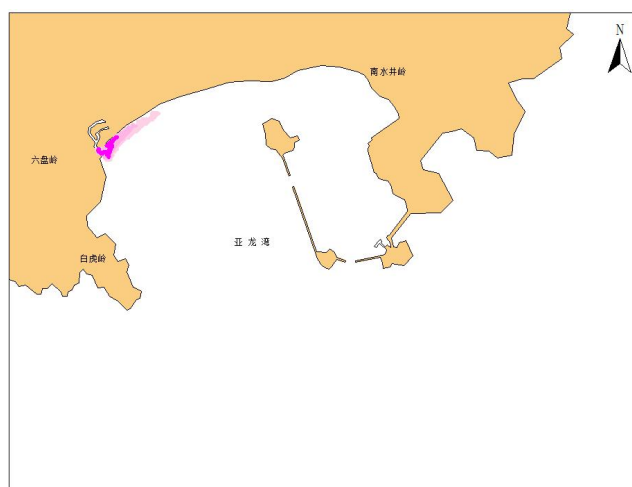


图 4.7.2-4a 溢油最大影响范围（SE 风，低潮时溢油 24 小时后）

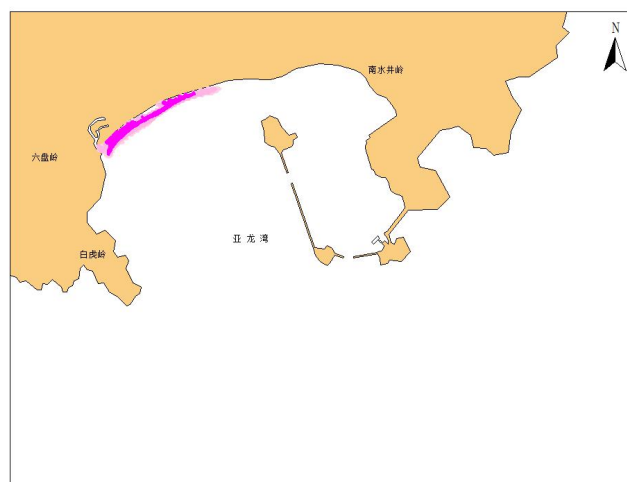


图 4.7.2-4b 溢油最大影响范围（SE 风，高潮时溢油 24 小时后）

表 4.7.2-2 溢油面积和残油量统计表

风况	溢油 持续 时间 (h)	低潮时发生溢油		高潮时发生溢油	
		扫海面积 (km ²)	残油量 (t)	扫海面积 (km ²)	残油量 (t)
静风	6	1.02	17.4	14.62	11.7
	12	1.93	14.8	2.20	14.6
	24	3.35	11.9	3.57	11.8
六级风 10.8m/s	NW	6	1.98	14.4	2.41
		12	3.11	11.7	3.96
		24	6.14	8.3	7.07
	SE	6	0.44	17.4	0.73
		12	0.56	15.6	0.94
		24	0.68	13.7	1.32

4.7.2.4 溢油事故影响测分析

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、起火、船体破损、断裂等突发性事故造成的污染；操作性污染是指加油作业，以及船舶事故性排放机舱油污水、洗舱水、废油等造成的污染。溢油发生后，油膜在海面上漂浮扩散，阻止海气交换，将对海域环境和景观造成很大的破坏。由于本项目施工期补沙的建设会用到船舶，故存在发生船舶溢油风险。

项目建设期一旦发生溢油事故，对水生生物和渔业资源的影响将是巨大的。石油污染危害是由石油的化学组成、特性及其在水体里存在的形式所决定的。在石油不同组份中，低沸点的芳香族烃对一切生物均有毒性，而高沸点的芳香烃则具有长效毒性，均会对水生生物的生命构成威胁和危害，甚至导致其死亡。

溢油进入海洋以后，一般以三种形式存在于海洋环境之中。一是飘浮在海水

表面，形成油膜；二是溶解或分散在海水之中，形成溶解和乳化状态；三是形成凝聚态残余物，漂浮在海面或沉积在海底。

油膜在海面停留时间较长，它将影响海水与大气之间的物质交换和热交换，使海水中氧含量、化学需氧量、温度等因素发生变化，并影响生物的光合作用及生理生化功能。溶解分散于水体中的石油组份使海水中的油含量急剧增加，改变了海洋的环境质量，因而会对海洋生物产生直接的影响或危害。溶解在海水中的石油毒性与其组份性质及其分散程度有关，芳香类化合物的毒性较大，且芳环的数目越多，毒性越大。漂浮的颗粒态石油残余物焦油球是进入海洋的石油风化产物。焦油球挥发和溶解作用缓慢，焦油球为半固态，不会对海洋生物产生明显的影响，但它的存在改变了海水的环境质量，破坏了海洋景观。一旦发生溢油，将对海洋环境产生以下影响：

1、溢油对生态系统的影响

在溢油影响区，进入水体的油类对水生生物产生严重影响。首先，在油膜扩散的低浓度区域，由于油膜的隔离，阻碍了海水—大气界面上的物质与能量交换，水层光照减弱，作为食物链中基础营养层次的浮游植物生长受到抑制，初级生产力下降；稍高浓度的水中油，可造成贝类大量死亡；在繁殖季节里，海水的油污染会使鱼虾蟹类回避迁移，使产卵场育幼场消失，或产下的卵子不能孵化，或幼体发育不良而死亡，进而影响到附近海区生态系统鱼虾蟹类的生产力和生物量。

国内外许多毒性实验结果表明，浮游植物作为鱼虾类饵料的基础，其对各类油类的耐受能力均很低，浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的生物种类，即使油浓度低于 0.1mg/L 也会妨碍其细胞的分裂和生长的速率。

不同种类底栖生物对石油浓度的适应性具有差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，其幼体的致死浓度范围更小。软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油，如：0.01ppm 的石油可能使牡蛎呈明显的油味，严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制，进而导致死亡。当水体中石油浓度在 0.1~0.01ppm 时，对某些底栖甲壳类动物幼体有明显的毒效。

2、溢油对渔业资源的影响

石油对鱼类的影响是多方面的，可以引起鱼类的摄食方式、洄游路线、种群

繁殖改变或个体失衡。在鱼类的不同发育阶段其影响程度也不相同，其中对早期发育阶段的鱼类危害最大。油污染对早期发育鱼类的毒性效应，主要表现在滞缓胚胎发育，影响孵化，降低生理功能，导致畸变死亡。以对鲱鱼的实验为例，当石油浓度为 3mg/L 时，其胚胎发育便受到影响，在 3.1~11.9mg/L 浓度下，大部分孵出仔鱼多为畸形，并在一天内死亡。对真鲷和牙鲆鱼也有类似结果。当海水油含量为 3.2mg/L 时，真鲷胚胎畸变率较对照组高 2.3 倍；牙鲆孵化仔鱼死亡率达 22.7%，当含油浓度增到 1mg/L 时，孵化仔鱼死亡率达 84.4%，畸变率达 96.6%。Linden 的研究认为原油中可溶性芳香烃的麻醉作用导致鱼类胚胎活力减弱，代谢低下，当胚胎发育到破膜时，由于能量不足引起初孵仔鱼体形畸变。综上所述，溢油对滩涂贝类养殖区的污损，会对工程海区渔业造成严重损失。此外，溢油会对捕捞渔业造成直接损失。溢油漂移期间，这些渔区和捕捞作业会受到很大的影响。成龄鱼类为回避油污而逃离渔场，渔场遭到破坏导致渔获减少；捕获鱼类也可因沾染油污而降低市场价值。

3、溢油可能对附近环境敏感区的影响

项目附近的主要环境保护目标为旅游资源，包括珊瑚礁资源、沙滩资源及其附近的其他生态资源，如果发生溢油事故，对附近的珊瑚礁、沙滩及其他生态资源影响较大，溢油可能发生的位置距离上述敏感目标较近，因此，本项目实施过程中要严控溢油事故的发生。一旦发生，必须快速做出应急对策，竭尽全力最大限度的较小溢油事故对周边环境保护目标的影响。

本项目作海岸带生态修复项目，其自身具有较好的生态修复功能，有助于恢复渔业资源，修复海域生态，提供海洋生物栖息地，促进增长经济生物资源量。如若施工过程中一旦出现船舶溢油事故，将对生态环境修复起到极大的反作用，因此项目应着重预防溢油事故发生。但就本项目施工工艺与工程量而言，运输船舶数量较少，船舶吨位有限，油舱较小，运输及投礁海域远离港口航道，船舶航行水域较为开阔，发生碰撞、搁浅等可能造成溢油事故的概率较低，因此溢油事故风险程度较低。

综上分析，溢油一旦发生会对周边海洋环境产生严重影响，因此在海上施工作业、船舶航行作业中要严格按照规程操作，做好风险事故的防范工作，避免船舶事故、溢油事故的发生。如发生溢油事故后，随着时间的推移，溢油扩散的范围迅速增加，从而使得油膜更薄，更分散，回收难度也更大，因此，只有在溢油发

生的初期及时采用围油栏等设施，才能有效地进行溢油回收。

4.7.3 坍塌事故影响分析

在项目建设过程中，护岸高程未达到设计高程要求，对海浪、风暴潮等抵抗能力较差，堤脚容易发生冲刷掏蚀，堤内侧、外侧海水都会对堤身存在一定的冲刷作用。因此，在大风浪或者台风、风暴潮等气象条件下，在建堤坝易发生坍塌事故。

项目施工过程中遇到台风等恶劣气象条件一旦发生坍塌事故，会导致已建成的堤坝段冲毁，大量土石方冲塌进入海水中，使施工工程质量受到影响，附近水域受到污染，污染物浓度迅速增大，使周边海洋生物遭到掩埋而导致死亡。海水漫过堤坝，灌入施工区域内，毁坏施工设施、损毁施工机，导致项目施工完全停止，严重延误工程进度。如遇风暴潮，海水漫过堤坝，灌入周边居民区，对居民区正常运营造成影响，导致海域内经济损失。

5 海域开发利用协调性分析

5.1 项目用海对海域开发活动的影响

本项目用海对所在海域开发活动主要有：三亚亚龙湾龙溪游艇会有限公司的三亚亚龙湾龙溪游艇会有限公司配套游艇码头工程项目、海南亚龙湾海底世界旅游有限公司的旅游活动用海项目、三亚珊瑚礁国家级自然保护区（亚龙湾片区）、亚龙湾休闲娱乐区等。

本工程区域内与瑞吉酒店、丽思卡尔顿酒店、希尔顿酒店及万豪酒店等滨海旅游娱乐用海有相互重叠，应做好与相关酒店的协调工作。

本项目为海岸带生态修复项目，生态护坡不占用海域，人工补沙的建设对海洋生态环境影响较小，邻近海域受损主要是由悬浮泥沙扩散造成。根据水质环境影响分析，本项目采取低潮时刻施工，施工采取必要措施控制悬浮泥沙含量，如将细颗粒砂补充在干滩区、严格控制砂料含泥量（不大于 5%）、施工期在补沙区域外一定距离增设水下拦污帘，项目建设基本不会对补沙区之外的海域水质环境造成不利影响。因此，本项目的实施对周边海域开发活动影响较小。

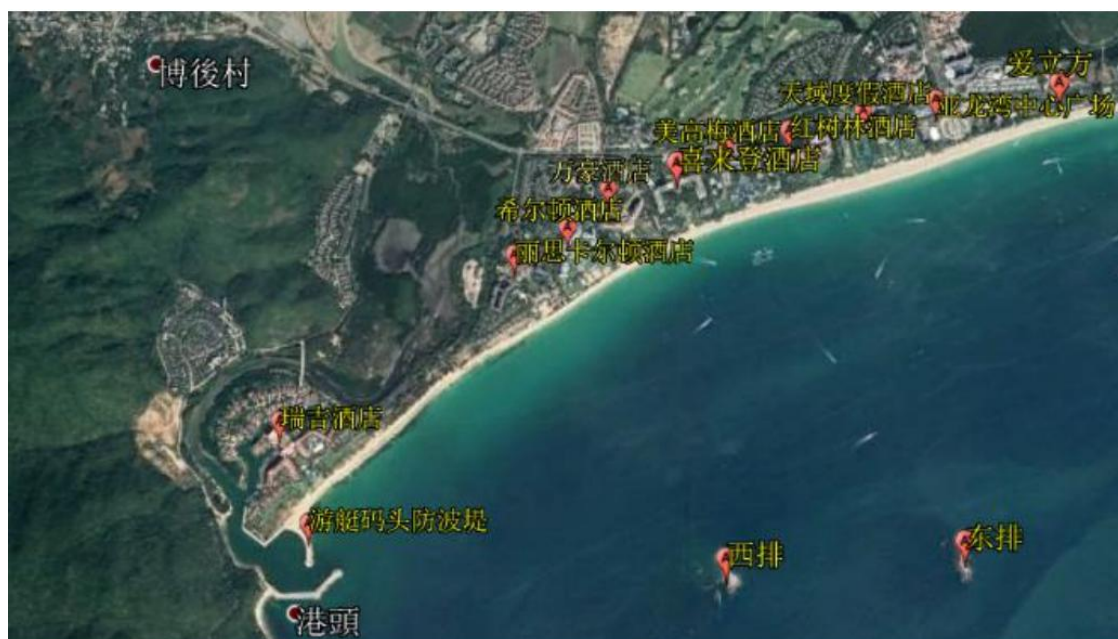


图 5.1 周边相邻工程位置示意图

5.2 利益相关者界定

1、利益相关者的定义

根据《海域使用论证技术导则》，利益相关者是指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人。

2、利益相关者的界定原则

项目用海利益相关者可按下述基本原则进行界定：

（1）由于项目用海使相邻用海权属者的利益受到不同程度影响，所有受其直接影响的其他用海权属人均应列为该项目用海的利益相关者名录；

（2）利益相关者的界定范围应根据项目对资源环境的最大影响范围来确定；

（3）对于项目用海中涉及航道通航、渔业资源、防洪纳潮等公共利益的影响，不能将其管理部门界定为利益相关者，而是定义为“协调责任部门”。

3、本项目利益相关者的界定

本项目的利益相关者为受本项目建设期间悬浮泥沙扩散、冲淤环境改变、工程占用海域等影响，工程施工影响的单位。

根据前述章节分析，该项目用海与瑞吉酒店、丽思卡尔顿酒店、希尔顿酒店及万豪酒店有重叠，因此将这些单位作为利益相关者，应做好与相关酒店的协调工作。同时由于本项目位于三亚珊瑚国家级自然保护区（亚龙湾片区）实验区内，因此将三亚珊瑚国家级自然保护区（亚龙湾片区）的管理部门海南省自然资源厅界定为本项目的协调责任部门，需要与之进行协调。

5.3 相关利益协调分析

三亚珊瑚国家级自然保护区（亚龙湾片区）的管理部门海南省自然资源厅为本项目的协调责任部门，本项目实施前应该与三亚珊瑚国家级自然保护区（亚龙湾片区）管理部门海南省自然资源厅协调，取得保护区管理部门同意后方可施工。

5.4 项目用海对国防安全、国家权益的影响分析

5.4.1 对国防安全和军事活动的影响分析

项目拟用海域东侧约 4km 附近海域存在国防和军事设施，本项目是海岸带生态修复项目，根据前面章节分析，本项目的施工和运营均不会影响到该区域。因此，项目建成后对周边的军事行为、国防安全不会产生不利影响。

5.4.2 对国家海洋权益的影响分析

本项目的建设是生态修复的具体实施项目，是修复受损沙滩、恢复沙滩风貌、保护海岸线的需要，是保护自然、生态和谐理念的具体贯彻。项目的建设有利于保护亚龙湾西段的沙滩，增强防灾能力，保障游客的安全，减少岸边公共设施、树木等财产的损失。本项目的建设是将改善亚龙湾西段沙滩旅游环境，充分发挥旅游岸线资源效能，有利于亚龙湾、三亚市、海南省旅游发展，对促进当地旅游事业的发展具有重要意义。

因此，本工程建设不会对国家的海洋权益产生不利影响。

6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析

6.1 海洋功能区划符合性分析

1、与《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性分析

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，项目用海所在海域的海洋功能区为“三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）“（代码：A6-11）和“亚龙湾旅游休闲娱乐区“（代码:A5-30），见图 6.1-1。



表 6.1-1 项目所在海域功能区管控措施和要求

三亚珊瑚礁海洋保护区主导用海类型为海洋保护区用海，实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。亚龙湾旅游休闲娱乐区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。功能区管控措施和要求见表 6.1-1。

表 6.1-1 项目所在海域功能区管控措施和要求海域使用管理要求

代码	功能区名称	功能区类型	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

A5-30	亚龙湾旅游休闲娱乐区	旅游休闲娱乐区	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。协调海洋开发与环境保护的关系，避免对三亚珊瑚礁国家级自然保护区（亚龙湾片区）产生影响。	禁止改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发强度，保证沿岸沙滩向公众开放。	严格控制生活等污水直接排放入海，防止海洋环境质量恶化。	保护沙滩、沿岸地址地貌和水质。	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。
A6-11	三亚珊瑚海洋保护区（亚龙湾片区）	海洋保护区	主导用海类型为海洋保护区用海，实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、参观考扎、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物活动；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，试验区内可有计划地进行湿地开发活动。	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。

项目用海与海洋功能区划的符合性主要从用途管制要和用海方式控制要求、用海方式、重点保护目标、环境保护要求等方面进行分析说明。

（1）与用途管制要求的符合性分析

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，亚龙湾旅游休闲娱乐区用途管制要求为“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。协调海洋开发与环境保护的关系，避免对三亚珊瑚礁国家级自然保护区（亚龙湾片区）产生影响。”，三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）用途管制要求为“主导用海类型为海洋保护区用海，实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、参观考扎、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物活动；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。”

本项目为沙滩修复项目，运营期主要开展浴场及生态旅游，项目不进行围填海活动，不涉及海域施工，不会明显减少大陆自然岸线保有率。项目的施工范围和强度均较小，对近岸海域功能区的海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量影响均较小，近岸海域功能区的海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量基本可以保持原有状态。项目进行沙滩修复，有利于海岸带整治修复。综上所述，本项目符合三亚珊瑚礁国家级自然保护区（亚龙湾片区）和亚龙湾旅游休闲娱乐区用途管制要求。

因此，本项目用海与《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》对三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）用途管制要求基本是相符合的，同时符合亚龙湾旅游休闲娱乐区用途管制要求。

（2）与用海方式的符合性分析

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）实验区用海方式要求为“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“，亚龙湾旅游休闲娱乐区用海方式要求为“禁止改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发强度，保证沿岸沙滩向公众开放。”。

本项目的用海方式为开放式的浴场用海，未建有海上构筑物，不会改变该海域自然属性，并保证了沿海沙滩和浴场向公众开放。

因此，本项目用海与《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》对三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）用海方式要求基本是相符合的，同时符合亚龙湾旅游休闲娱乐区用海方式要求。

（3）与海域整治要求的符合性分析

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）海域整治要求为“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。”亚龙湾旅游休闲娱乐区用途管制要求为“严格控制生活等污水直接排放入海，防止海洋环境质量恶化。”

本项目位于海南省三亚市吉阳区亚龙湾西侧，该区域面临着岸滩侵蚀破坏严重、影响沙滩旅游资源及设施安全等问题，亟需进行整治修复。本项目建设能够

改善亚龙湾西段沙滩旅游环境，充分发挥旅游岸线资源效能，充分发挥海洋和滨海区位、政策、资源和环境优势，适应亚龙湾、三亚市、海南省旅游蓬勃发展趋势。项目运营期无生活污水排海，有效遏制了沙滩资源的进一步恶化，恢复了该地的地形地貌。

因此，本项目用海与《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》对三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）域整治要求基本是相符合的，同时符合亚龙湾旅游休闲娱乐区域整治要求。

（4）与海洋环境保护要求的符合性分析

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）海洋环境保护要求为“保护沙滩、沿岸地址地貌和水质。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。”亚龙湾旅游休闲娱乐区海洋环境保护要求为“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。”

本项目的目的是修复亚龙湾西段受侵蚀岸滩，保护自然岸线，在实施过程中严格控制污染，项目运营期无生活污水排海，有效遏制了沙滩资源的进一步恶化，恢复了该地的地形地貌。符合该功能区海洋环境保护要求。

因此，本项目用海与《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》对三亚珊瑚礁海洋保护区（亚龙湾片区）和亚龙湾旅游休闲娱乐区的各项要求基本符合。

6.2 与《海南省生态保护红线管理规定》的符合性分析

本项目用海所占用的海洋生态保护红线区为限制类（Ⅱ类红线区）的海洋自然保护区实验区-三亚珊瑚礁国家级自然保护区实验区，该区的管控措施为“实验区经批准可进行科学实验、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。禁止渔业捕捞、采摘珊瑚和贝类、炸鱼、电鱼、毒鱼等活动。严格控制生态旅游规模。建设珊瑚礁保护监控系统，修复受损珊瑚礁生态系统，保护海岛生态系统及其周边地形地貌。”生态保护目标为“保护珊瑚礁生态系统；保护海洋生物多样性。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。”

本项目运营期主要开展海水浴场、海上游乐活动等开放式的旅游娱乐活动，

不开展可能破坏珊瑚的潜水等旅游活动；游客生活污水和固体垃圾均得到有效处理，不排放入海，项目周边海域自 2012 年以来，基本保持一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准；项目用海仅限批准海域内，用海边缘距东排、西排等海岛距离较远，基本不会对上述海岛生态系统及其周边地形地貌产生影响。本项目没有改变海域自然属性或影响沙滩自然属性的开发建设活动。

综上所述，本项目用海与三亚珊瑚国家级自然保护区试验区和亚龙湾重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区的管控措施及生态保护目标相符合。

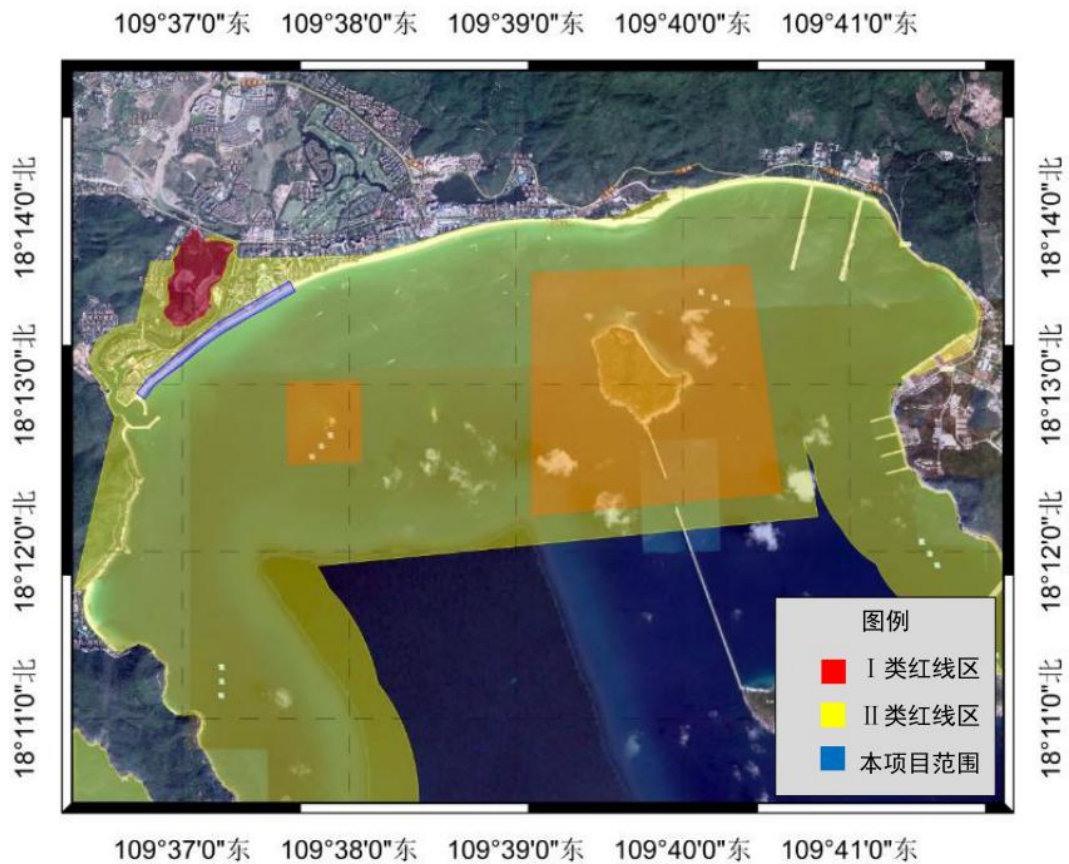


图 6.2-1 亚龙湾生态红线区

6.3 与《海南国际旅游岛建设发展规划纲要（2010-2020）》符合性分析

根据《规划纲要》，海南国际旅游岛建设的总体思路为：逐步将海南建设成为经济繁荣发展、生态环境优美、文化魅力独特、社会文明祥和的开放之岛、绿色之岛、文明之岛、和谐之岛。

根据《规划纲要》，海南省旅游产业的定位为：我国旅游业改革创新的试验

区、世界一流的海岛休闲度假旅游目的地。根据“规划纲要”，从空间布局来看，“规划纲要”定位五个组团差异化发展，其中南部组团以三亚市为中心，包括陵水、保亭、乐东三县，面积 6955 平方公里，占海南岛面积 20.41%。重点发展酒店住宿业、文体娱乐、疗养休闲、商业餐饮等产业。根据市场需求，适度布局建设特色旅游项目，培育一批文化节庆、会展活动和体育赛事。建设好三亚热带海滨风景名胜區，将三亚打造成为世界级热带滨海度假旅游城市。发挥三亚热带滨海旅游目的地的集聚、辐射作用，形成山海互补特色，带动周边发展。

本工程的建设将改善亚龙湾西段沙滩旅游环境，充分发挥旅游岸线资源效能，充分发挥海洋和滨海区位优势、政策优势、资源优势、环境优势，适应亚龙湾、三亚市、海南省旅游蓬勃发展趋势。因此，项目用海符合《海南国际旅游岛建设发展规划纲要（2010-2020）》。

6.4 与《三亚市海洋旅游发展规划（2012-2022）》的符合性分析

根据《三亚市海洋旅游发展规划（2012-2022）》，规划期限为 2012-2022 年，其中近期为 2012-2016 年、中期为 2017-2021 年、远期为 2022 年以后。其中 2012 年至 2016 年为重点规划阶段。三亚市海洋旅游产业发展将按照“立足三亚，开发南中国海洋旅游的思路，整体构建“一心服务、一带支撑、三组团集聚、三区域联动、三空间拓展”的空间战略发展格局。努力优化提升滨海旅游业。本项目拟选海域位于亚龙湾海域，有利于提升亚龙湾旅游度假区的在滨海旅游业的竞争力，符合以打造国际国内高端市场的综合性高端旅游度假区为总体定位。本工程响应国家生态文明建设与美丽中国战略和十八届五中全会“开展蓝色海湾整治行动”，从亚龙湾岸线实际情况出发，修复受损沙滩，恢复沙滩风貌，保护海岸线，建设“水清、岸绿、滩净、湾美、物丰、人悦”的美丽亚龙湾，促进人海和谐，形成并维护人与自然生态和谐相处的关系。因此，本项目与《三亚市海洋旅游发展规划（2012-2022）》是相符合的。

6.5 与产业政策的符合

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于“鼓励类”第二项“水利”第 1 条 江河湖海堤防建设及河道治理工程和“鼓励类”第四十三项“环境保护与资源节约综合利用”中的第 2 条的“海洋环境保护及科学开发、海洋生态修复”。因此，项目的实施符合国家产业政策。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 用海选址的区位和社会条件适宜性

本项目位于海南省三亚市吉阳区亚龙湾西侧，所处的地理位置比较优越。本项目周边水陆交通便利，配套生产、生活设施齐全，完全可以满足项目建设的用水、用电及通讯需要。工程所处地理位置优越，工程所需的大量土石方等可在当地就近采购。且本地区拥有多家技术力量雄厚、设备齐全及施工经验丰富的水工、筑港建设队伍，为项目选择优良的施工技术力量提供了有力条件。

总之，项目所在区域的基础设施条件和社会条件优越，能够满足自身的需要。

7.1.2 用海选址的自然资源、生态和环境条件适宜性

根据项目周边工程地质资料，工程所在区内持力层埋深浅且无不良地质现象，由水文、地形地貌、工程地质等自然条件的分析可见，该区域的自然环境条件适宜项目建设。

在生态环境方面，项目用海区域海水水质要求不劣于《海水水质标准》（GB3097-1997）中一类标准；海洋沉积物要求不劣于《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中一类标准；海洋生物质量要求不低于《海洋生物质量》（GB18421-2001）中一类标准。海洋环境现状调查结果表明，项目所在及周边水域水质、沉积物和海洋生物均满足项目用海要求。施工期间会对周边海域内底栖生物、浮游生物、游泳生物等自然生态资源产生局部暂时的影响，随着施工结束这些影响随之消失。工程建设不会对周边岸线产生影响，不会对周边生态系统产生明显影响。工程建设规模较小，且海上施工内容少，不会影响该区海洋生物的多样性，不会破坏海域的海洋生态系统平衡。

根据工程设计标准分析，在工程设计阶段已经考虑到台风、波浪、地质等因素，水工建筑物主体结构按结构设计使用年限为 50 年。综上，项目选址的自然资源和生态环境适宜，能够满足项目建设和营运要求。

7.1.3 用海选址与周边海域其他用海活动的适应性分析

项目用海区域未设置海域使用权，不存在用海利益冲突。拟建项目为实施后将对旅游业的发展产生积极的作用，有利于旅游业的发展。因此项目建设与周围

用海活动是相适宜的。

7.1.4 项目用海选址唯一性

本项目为海岸带整治修复工程，项目选址充分考虑了平面布置与现状相结合，因此，本项目选址具有唯一性，不再开展用海比选分析。

综上所述，项目所在区域区位条件优越、社会条件良好，具有优越的地理位置，所在区域的海洋自然条件、基础设施条件能够满足项目建设的需要；本工程与周边其他用海活动相协调。同时项目建设符合海洋功能区划和相关规划，从区位条件和自然环境条件等方面看，本项目选址是合理的。

7.2 用海方式和平面布置合理性分析

7.2.1 平面布置合理性分析

1、体现集约、节约用海的原则

本项目建设是海岸带修复工程，在满足建设项目需要的基础上，最大程度减少了对海域的改变，最大限度的节约了用海面积。因此平面布置体现集约、节约用海的原则。

2、最大程度减少对水文动力、冲淤环境的影响

根据水动力环境数值模拟结果，项目建设对周围海域水动力影响较小，工程建设基本不改变该海域的潮流场和冲淤环境。

因此，工程建设最大程度减少对水动力环境、冲淤环境的影响。

3、有利于生态、环境的保护

本项目建设施工期间所有固体废弃物及生活污水全部收集集中送至陆地处理。因此，项目建设不会影响现有生态环境。

4、与周边其他用海活动相适应

本工程主要环节在岸上完成，项目建设不会对周围海洋环境造成影响。

本项目周边没有其他用海活动影响，而且项目符合海洋功能区划及相关规划，并与周边产业有很好的互补作用。

总体来说，平面布置与周边其他用海活动是相适应的。

7.2.2 用海方式合理性分析

本项目用海类型为其他用海，用海方式为构筑物中的透水构筑物。

根据水动力环境数值模拟结果，项目建设对周围海域水动力影响较小。该项目建设用海方式维护了海域的基本功能，最大程度的减少对水文动力和冲淤环境的影响，保护了自然岸线和海域自然属性。

综上分析，从该区的自然条件、对海洋环境的影响以及对海洋资源有效利用等多方面综合分析，工程用海方式合理。

7.3 用海面积合理性分析

用海面积界定参考《海籍调查规范》并结合周边用海情况对用海面积进行界定分析。本项目用海方式是透水构筑物，根据海籍调查规范要求，结合本项目平面布置图，在构筑物每侧边界各外扩 10m 确定用海面积。

本项目用海面积合理且满足项目建设需要。项目的平面布置遵循《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007），《海滩养护与修复技术指南》（HY/T255-2018），《防波堤与护岸设计规范》（JTS154-1-2018），《海港水文规范》（JTS145-2-2013）等相关行业规范，据此测算出的用海面积也符合相关行业规定。

7.3.1 项目面积量算符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009）

7.3.1.1 界址点的确定

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），“透水构筑物用海安全防护要求较低的透水构筑物用海以构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线为界，其他透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，根据安全防护要求的程度，外扩不小于 10m 保护距离为界”。

根据工程平面布置原则，在工程平面布置图和水工建筑物断面图等图件基础上，按照《海籍调查规范》的有关规定界定项目用海范围。海籍调查所使用的定位设备为美国 Trimble 公司 PROXR DGPS 接收机，该仪器配合 Recon 掌上电脑进行测量数据采集工作，该仪器设备的定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，完全满足《海域使用面积测量规范》要求。依据现场测量数据及各宗海范围确定的方法，分别解析计算出该项目的界址点坐标，据此绘制该项目的宗海位置图和项目用海宗海界址图。

海籍调查所使用的定位设备为美国 Trimble 公司 PROXR DGPS 接收机，该仪器配合 Recon 掌上电脑进行测量数据采集工作，该仪器设备的定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，完全满足《海域使用面积测量规范》要求。依据现场测量数据及各宗海范围确定

的方法，分别解析计算出该项目的界址点坐标，据此绘制该项目的宗海位置图和项目用海宗海界址图，见图 7.3-2 和 7.3-3。

7.3.1.2 面积量算

本项目宗海图绘制程序为：首先对工程现场进行海籍测量，海籍测量结束后，完善“海籍现场测量记录表”等资料，根据宗海图和海籍图绘制的相关要求，对实测坐标进行投影转换并选择合适的工作地图及比例尺，绘制宗海图。

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）及本项目建设的要求，本项目面积测算采用 CGCS2000 坐标系，高斯-克吕格投影方式，中央子午线为 109.5°E。绘图采用 CAD 软件成图，面积量算直接采用该软件面积量算功能，其算法与坐标解析法原理一致。即对于有 n 个界址点的宗海内部单元，根据界址点的平面直角坐标 x_i 、 y_i （ i 为界址点序号），计算各宗海的面积 S （ m^2 ）并转换为公顷，面积计算公式为：

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$$

式中， S 为宗海面积（ m^2 ）， x_i 、 y_i 为第 i 个界址点坐标（ m ）。

本项目在确定面积时，本着集约用海的原则和行政主管部门的要求，根据实测数据解算出界址点的点位坐标，项目申请用海面积为 16.7237 hm^2 。

亚龙湾西段人工补沙工程宗海位置图

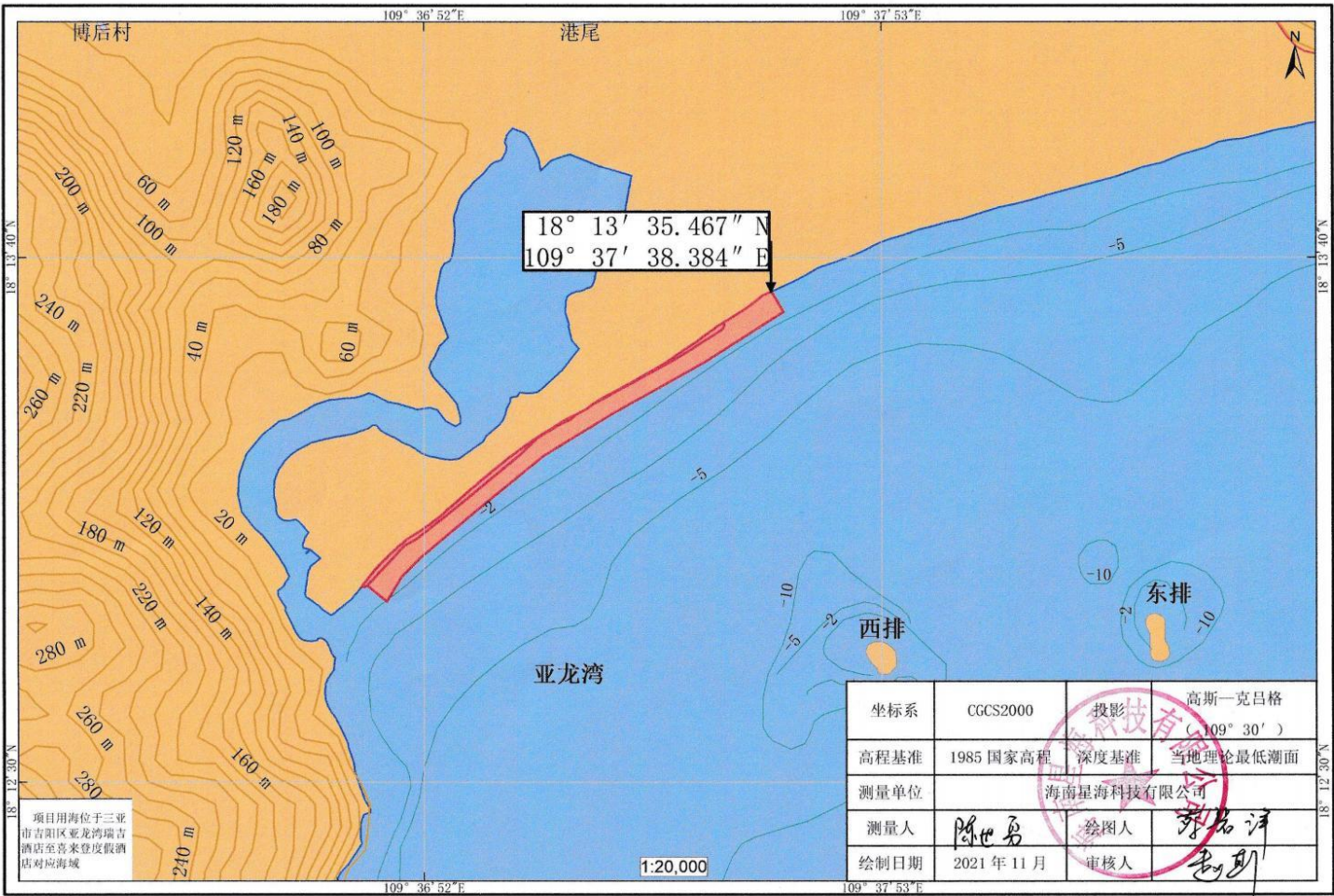


图 7.3-1 工程宗海位置图

亚龙湾西段人工补沙工程宗海界址图

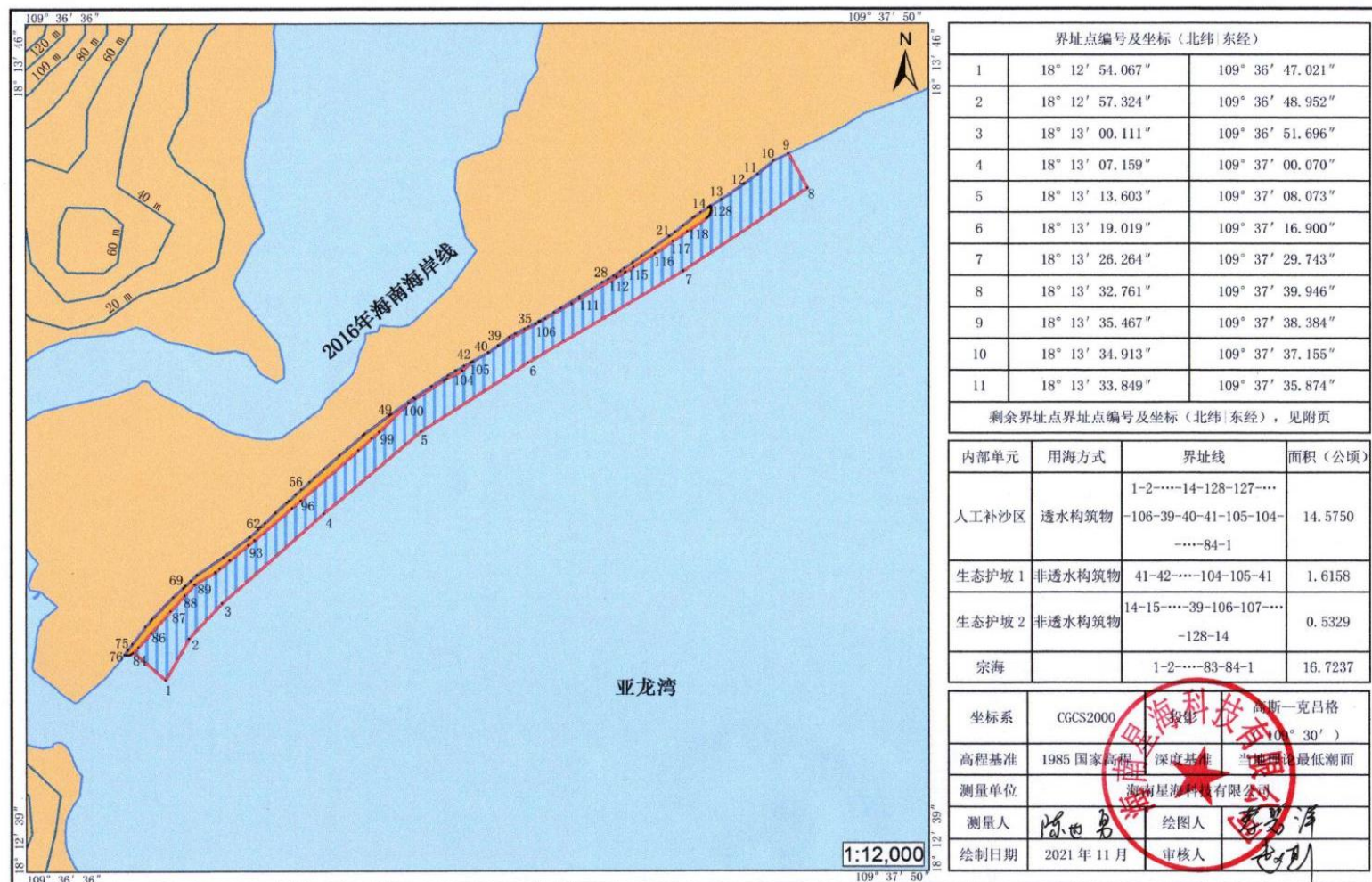


图 7.3-2 工程宗海界址图

7.3.2 项目减少用海面积可能性分析

本工程用海面积适宜，项目用海既考虑了自然条件对项目建设的影响，同时兼顾到了区域旅游产业的远期发展目标。因此，工程用海不宜减少用海面积。

综上所述：本项目用海面积根据项目用海需求，在工程平面布置、水工建筑物结构等图件基础上，按照《海籍调查规范》的有关规定界定用海面积，项目用海面积合理。

7.4 用海期限合理性分析

依据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定：公益事业用海最高期限为四十年。本项目为海岸带修复工程，属于公益基础设施用海，用海最高期限为 40 年。本工程施工期预计 9 个月，根据项目的实际情况综合考虑，本工程申请用海期限为 9 个月。

因此，本项目申请用海期限 9 个月是合理的。

8 海域使用对策措施

8.1 区划实施对策措施

项目建设符合海洋功能区的用途管制、用海方式控制及环境保护要求。

根据本地区海洋功能区划管理的具体要求，按照本项目用海海域利用形式与作业方式，根据项目海域使用宗海界址图所确定的面积和范围，制定区划实施对策措施如下：

1、对工程从资料收集、设计和施工等各方面均从严要求，确保工程建设质量和工程安全；

2、根据《海域使用管理法》，“海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途；确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报批准用海的人民政府批准”。海洋行政主管部门应对本工程海域使用的性质进行监督检查。

3、施工和工程运营后要加强海域环境保护，力求对环境影响减到最小。如落实各类施工生产污水、生活垃圾的回收装置，定期回收各类固态和液态废弃物，运送至指定部门集中处理；指定合理的施工废水及施工队伍生活污水防污措施等。

4、本工程施工期在一定程度上将会造成海水中悬浮浓度增加与扩散，水体浑浊，直接导致海洋环境质量下降。应当尽可能防止超出施工范围。

5、若发生污染事故工程单位应及时向海洋主管部门报告，及时调查取证，并发布预警预报，努力使污染损害降低最低限度。

8.2 开发协调对策措施

本工程施工和运营期间对周边保护区、居民区、休闲娱乐区等的正常用海开发活动不会产生明显影响。建议施工建设单位在工程开工前做好企业内部的协调工作，采取科学的施工，不会对周边开发活动产生影响。运营期，工程本身不产生废弃物。项目用海可以与周边开发活动协调发展。

在工程施工期间应该重点处理好施工机械的协调、避让关系。本工程在施工期间，施工设施、设备应严格控制在施工边界线，施工前必须充分考虑当时环境是否适合施工，做好防火、防爆等防范工作。

8.3 风险防范对策措施

8.3.1 风暴潮事故防范措施

为确保工程和施工安全，降低灾害损失，施工期间应制定风暴潮应急预案。

1、风暴潮安全防护体系：

（1）成立应急抢险防护领导小组，组长：建设单位相关负责人；成员：各施工队负责人。

（2）主要职责：领导小组负责预案的检查、指导及协调工作和预案的现场落实工作。

2、具体措施

（1）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。

（2）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。

①人员预案网络，都要有专人负责，在接到撤离通知后整个网络要上下左右形成协调联动，做到撤离时不漏一人。

②材料、设备有专人管理，责任落实到具体管理人员。每个设备、材料管理人员都要有应急管理措施。对管理的材料、设备必须心中有数，对哪些材料需进行风雨加固、哪些设备不能进屋、不能开走，需重点设防加固，都必须了如指掌，以便应急处理。

③物资准备必须充足：准备足够的木桩、钢管、雨帐篷以便在人员撤离时对水泥堆放点、设备集聚地进行加固、掩盖，以便确保材料、设备不受损失。

④确保通讯畅通：为预防手机受水侵后的不良作用，应配备足额的对讲机，以保证突发风暴潮时的通讯联络。

⑤建立特殊联系信号：在夜间突发风暴潮时，建立防水照明联络信号系统，以方便自家本身及与外界的救生联络。

⑥以人为本，确保人身安全。备有足够的、完好的救生衣、救生圈。以在特殊的、来不及逃生的情况下使用。

（3）以防风暴潮预案指导平时工作

①施工人员驻地选址时要选择在地势较高、背风暴潮面建设。要特别注意修建房舍的加固措施。

②主要材料如水泥等，应放在高地上，且应高出高地地面 30cm，并平时就要做好防雨。

③大型主要设备要注意加固、防雨。在风暴潮袭来时带不走和不能进屋的设备特别加固好。

④道路要通畅：对预防风暴潮撤离的路线要特别明显，主要指挥者要牢记清楚，在撤离干道上绝不准乱堆乱放材料、设备、以免影响顺利撤离，对撤离的道路必须严加巡查，随时保持道路畅通。

（4）风暴潮后的处理

①风暴潮造成的损失由领导小组及时专人赴现场落实。

②风暴潮过后现场领导小组要及时组织施工人员返回工地并及时恢复施工。

8.3.2 溢油事故防范对策措施

1、溢油事故防范措施

在本项目施工过程中，为防止施工船舶相互碰撞发生溢油污染风险事故工程施工中对船舶管理应采取以下措施：

（1）本工程取得海事机构安全性许可后，在具体组织实施施工 15 日前，建设业主、施工作业单位还应向所在辖区的海事机构申请办理水上水下施工作业许可。经海事机构审批同意，划定施工作业水域，核发《水上水下施工作业许可证》后，并发布航行通（警）告后方可施工。在施工过程中，施工作业者应严格按海事机构确定的安全要求和防污染措施进行作业，并接受海事机构的现场监督检查，做到既要保证施工顺利进行，又要保证施工水域通航安全。

（2）船舶驾驶员的业务技术应符合要求。

（3）应实施值班、了望制度。

（4）做到有序施工，施工船在预先规定的区域内作业，严禁乱穿乱越。

（5）施工单位根据作业需要，须划定与施工作业相关的安全作业区时，应报经海事机构核准、公告；设置有关标志，严禁无关船只进入施工作业海域，并提前、定时发布航行公告。

(6) 实施施工作业船舶、设施须按有关规定在明显处昼夜显示规定的号灯、号型；在现场作业船舶上应配备有效的通信设备。

(7) 避开在台风季节期间施工，在遇到不利天气时及时安排施工船舶避风，禁止在风力大于 6 级的天气进行作业。

(8) 施工船舶以船为单位、以船长为组长组成各船的安全小组，负责本单位的安全宣传、教育，制定安全生产措施以及日常的安全监督、检查等，执行安全领导小组的决定，落实安全措施，分解安全责任落实到人。

(9) 成立安全生产组织，设立安全员，负责日常安全生产工作，监督水上作业人员全部穿好救生衣，佩戴安全帽。

(10) 发生船舶交通事故时，应尽可能关闭所有油仓管系统的阀门、堵塞油舱通气孔，防止溢油。因此如果严格遵守相关环保措施和设计方案，船舶溢油风险损失会较小。

2、溢油风险应急预案

(1) 应急预案

溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地做出溢油应急反应，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。为使施工期对于一旦发生的溢油事故能快速做出反应，最大限度的减少溢油污染对附近水域和敏感点的损失，建设单位应在工程开工前制定可操作的溢油应急预案。

(2) 溢油风险事故应急设备配备

船舶燃料油一旦发生泄漏，应根据泄漏量的大小，扩散方向、气象及海况条件，迅速调整围油方向和面积，缩小围油栏的包围圈，利用收油机最大限度地回收流失的油品，然后加消散剂对余油进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。

1) 围油栏

围油栏是防止油品或类油性化学品扩散，缩小泄漏扩散面积，配合溢油回收的有效工具，是使用最广泛，需量最大的防污器材。

2) 吸附材料

吸附材料要求吸附性能好，吸附量至少应在自身重量的 10 倍以下，而且不易变质，弹性和韧性好，能够反复使用。目前，应用最多的是以聚丙烯和聚氨脂高分子材料制成的吸油材料。吸附材料在使用时通常是直接向泄漏面上散布，吸

附饱和时，用人力或船拖带网袋方式回收。也可把吸附材料装在长形网袋中，形成一条围油栏形状，用拖船拖带。

本项目主要在施工期有施工船舶出行。而《港口码头溢油应急设备配备要求》（JTJ451-2009）中仅对油品、散杂货、集装箱的码头应急设备提出要求，考虑到项目周边有渔船和旅游船舶出入，一旦发生船舶碰撞溢油如不及时控制，后果较严重，因此建议本项目也适当配备一些应急设备。

根据溢油量分析，溢油应急设备能够满足本项目要求。在项目后方陆域仓库内，存放溢油应急设备，以保证迅速而有效地做出溢油应急反应。

8.3.3 护岸坍塌事故防范措施

为防止工程实施过程中发生护岸坍塌等风险事故，应做好以下防范措施：

- 1、做好护岸稳定计算，安全系数应达到规范规定的要求。
- 2、施工前应进行施工人员培训，尽量保持施工队伍的稳定，不宜经常换队换人，必要时聘请熟悉工艺的技术人员现场指导，避免施工的盲目性和随意性，防止失误。
- 3、在施工期要合理安排工期，使工程能安全度汛。同时施工过程中，要加强施工监理，确保工程质量，避免施工中的护岸坍塌现象发生。
- 4、严格按设计要求选择护坡材料，严格控制砌筑质量，加强检查督促，严格验收制度。
- 5、施工单位要控制施工速率，严格遵循先基础，后上部，顺序渐进，内外平衡的施工方法进行施工。
- 6、加强沉降和裂缝观测。如果是滑坡的先兆，应采取有效措施，预防滑坡的发生。
- 7、精心设计、精心施工，认真做好施工监理。要重视对地基的处理以及施工用材的验收监督，并做好记录，杜绝一切可能的质量事故隐患。
- 8、当施工过程中发现护岸突然沉陷或出现裂缝，应立即停止加荷，并及时采取补救措施，避免更大的损失。
- 9、工程建设结束后，要成立专门的管理机构，对工程用海区护岸的完整和安全运行实行正常观测、检查、维修和养护。
- 10、在日常工作中，坚持定岗定员定位，责任到人。应加强对护岸安全检查，

定期检查堤身情况，密切关注风情、雨情、潮情，并做好记录。特别在台风期间，领导要带班值班，熟悉防汛抗台预案，亲领现场指挥。要坚持低潮巡堤制度，发现问题及时上报处理，确保护岸安全运行。

8.4 监督管理对策措施

实施海域使用监督管理旨在实现海域资源的合理开发利用，维护海域使用权人的合法权力，建立“有序、有度、有偿”的海域使用新秩序，实现海洋生态环境和海域资源的可持续利用。

1、海域使用范围、面积跟踪监测

项目用海实施后，建设单位应严格在批准的用海范围内进行工程建设，并接受海洋行政主管部门对所使用的海域面积进行跟踪和监督。严禁超范围用海和随意改变用海活动范围现象。在工程完工后应进行海籍测量，以准确界定用海面积，海域使用面积测量要按《海域使用面积测量规范》有关规定执行。根据该项目用海特点，本项目海域使用面积监控应主要集中在施工期，建议海洋行政主管部门采取定期、不定期，抽查与普查相结合的形式对项目用海面积进行监控管理。

2、海域使用用途和用海方式跟踪监测

根据《海域使用管理法》，“海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途；确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报原批准用海的人民政府批准”。海洋行政主管部门应对本工程海域使用的用途和用海方式进行监督检查。

3、施工方式、工程进展跟踪监测

根据法律法规和海洋行政主管部门的要求，建设方应定期或不定期向主管机关报告海域使用情况和工程进展报告，当施工方式、工程进展发生重大变化时应及时报告海洋行政主管部门。

4、监测时间及频率

定期监测：在施工前、施工中和施工后分别开展一次。

不定期监测：海洋行政主管部门采取不定期抽查的形式对海域使用动态进行监控管理。

8.5 生态用海建设方案

规划用海、集约用海、生态用海、科技用海和依法用海这“五个用海”是合理开发利用海洋资源，有效保护海洋环境，大力推进海洋生态文明建设，更好地服

务于国家经济社会发展大局，全力推动海洋经济社会可持续发展的用海方针和科学方法。生态用海就是按照整体、协调、优化和循环的思路，进行海域资源的合理开发与可持续利用，维持海洋生态平衡。

8.5.1 产业准入与区域管控要求符合性

工程符合《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，符合国家相关产业政策。项目用海符合《海南省海洋功能区划（2011-2020 年）》，符合海洋生态红线的管控要求。

8.5.2 污染物排放控制

8.5.2.1 受控污染物筛选

根据国家“十三五”期间对污染物排放总量控制指标的要求，结合本项目所在区域环境质量现状和工程外排污染物特征，确定以下污染物为本项目的总量控制因子：化学需氧量（COD）、氨氮。

8.5.2.2 受控污染物的排放浓度、排放方式与排放量

本项目施工期主要污染物为施工过程中施工人员产生的生活污水，其污染因子主要包括：COD、NH₃-N 及悬浮物，施工人员产生的生活垃圾，施工机械产生的废气及噪声等，具体见表 8.5-1。

表 8.5-1 施工期主要污染物与污染因子产生量与排放量

污染物	污染因子	产生量	排放量
生活污水	COD _{Cr}	0.108t	0
	NH ₃ -N	0.007	
生活垃圾	固体废弃物	7.5t	0

8.5.2.3 污染物排放削减方案

根据上述分析，本工程受控污染物主要包括施工期的机修油污水、生活污水、施工扬尘、固体废弃物。其产污时段、受控种类、受控成分以及排放削减方法参见表 8.5-2。

表 8.5-2 受控污染物产生时段、受控种类、受控成分及排放削减方案

产污时段	受控污染源种类	受控污染物成分	削减方案
施工	机修油污	石油类	选择性能好、维护良好的施工机械车辆，减少

期	水		故障产生几率
	生活污水	悬浮物、COD 和氨氮	所有生活污水收集至陆域，通过市政污水管网处理
	固体废弃物	生活垃圾	统一收集外运，至市政垃圾处理站处理
	施工扬尘	施工场地扬尘、汽车运输扬尘	采取洒水降尘、设置围挡或堆砌围墙、设置防尘网或防尘布等环保措施

8.5.3 生态环境监测方案

在该项目启动和用海过程中，主管部门应核查本项目用海位置和面积，并对该项目审批后的用海情况进行全程监督管理，避免该工程影响其它海洋功能区的开发利用；作为项目单位，在用海期间，如发现所使用海域的自然资源和自然条件发生重大变化时，应及时报告海洋行政主管部门，以维护国家海域所有权和周边海洋产业海域使用者的合法权益。

项目施工前，应认真研究有关的地质勘察、海流、水深等资料，优化施工方案。对可能发生不利影响因素的范围与程度进行评估，制定监测与应对措施，必要时与施工管理部门协商，将施工进度及作业面等作相应的变通。工程施工过程中，会造成悬浮物增加与扩散，从而造成海水水质污染，因此应对附近水域定期进行水质监测（悬浮物、石油类、无机氮、活性磷酸盐等）。对环境监测反馈的信息进行科学分析，为海洋行政主管部门提供管理决策依据。

(1) 水质监测

① 监测站位布设：项目区周围布设 11 个调查站位，站位布置见表 8.5.3-1 及图 8.5.3-1。

② 监测项目：COD、无机氮、SS、石油类、海水透明度等。

③ 监测频率：施工前引用历史资料，施工期进行一次，施工后进行一次。运营后

每年监测一次，并根据实际情况合理增减监测频次。

(2) 沉积物监测

① 监测站位布设：同水质监测站位。

② 监测项目：硫化物、石油类、有机碳、沉积物类型（粒度）等。

③ 监测频率：同水质监测。

(3) 海洋生物监测

- ① 监测站位：同水质监测站位。
- ② 监测项目：浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、游泳动物、珊瑚礁。
- ③ 监测频率：同水质监测。
- (4) 岸滩和水下地形测量
 - ① 监测剖面布设：

项目区共设置 3 条岸滩冲淤动态监测剖面，监测断面见图 8.5.3-1。
 - ② 监测内容：

岸滩剖面、沙质质量、水下剖面地形重复测量，根据重复监测资料分析本项目建设前后冲淤变化趋势。
 - ① 监测频率：施工前进行一次，施工结束进行一次，运营期进行定点长期跟踪监测，以了岸滩变化情况，为维护性补沙提供理论依据，运营期每年至少监测一次，并在热带气旋或风暴潮影响后增加监测频次。
- (4) 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。

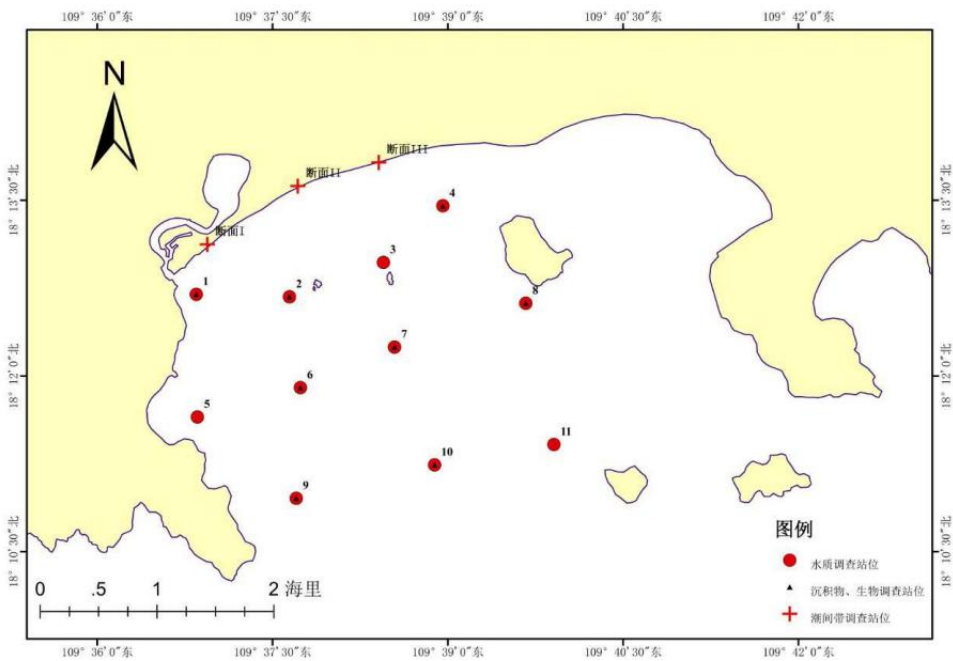


图 8.5.3-1 监测站位布设示意图

表 8.5.3-1 监测站位

编号	东经	北纬	监测要素
1	109°36′54.21″	18°12′40.98″	水质、沉积物生物

2	109°37'41.80"	18°12'45.31"	水质、沉积物生物
3	109°38'20.11"	18°13'6.32"	水质
4	109°38'57.81"	18°13'28.57"	水质、沉积物生物
5	109°36'51.74"	18°11'38.57"	水质
6	109°37'44.27"	18°11'54.63"	水质、沉积物生物
7	109°38'33.71"	18°12'13.17"	水质、沉积物生物
8	109°39'23.15"	18°12'37.89"	水质、沉积物生物
9	109°37'41.80"	18°10'59.63"	水质、沉积物生物
10	109°38'52.86"	18°11'13.85"	水质、沉积物生物
11	109°39'54.66"	18°11'24.35"	水质
断面 1	109°37'1.63"	18°13'10.03"	潮间带生物
断面 2	109°37'42.41"	18°13'37.22"	潮间带生物
断面 3	109°38'31.24"	18°13'52.05"	潮间带生物

9 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

项目位于海南省三亚市吉阳区亚龙湾西侧，工程海域向南开敞，东侧为野猪岛和亚龙角，西侧为白虎角，地理坐标为东经 $109^{\circ} 37'$ ，北纬 $18^{\circ} 13'$ 。

项目主要建设内容为人工沙滩补沙、生态护坡。人工沙滩补沙工程顺岸向长度约 2000m，人工补沙约 29.86 万 m^3 ，回填沙形成干滩面宽度约 15~30m，湿滩面宽度约 30m。干滩后方新建生态护坡 1750m，生态护坡与自然坡面相接，种植绿色植被景观绿化 1.56 万 m^2 。生态护坡与自然坡面相接，种植绿色植被。

本项目用海面积为 16.7237 hm^2 ，项目用海类型为其他用海，用海方式为构筑物中的透水构筑物。

施工进度时间为 9 月，总投资为 9278.46 万元。

9.1.2 项目用海必要性结论

本项目的建设有利于保护亚龙湾西段的沙滩，增强防灾能力，保障游客的安全，减少岸边公共设施、树木等财产的损失。项目的建设是生态修复的具体实施项目，是修复受损沙滩、恢复沙滩风貌、保护海岸线的需要，是保护自然、生态和谐理念的具体贯彻。项目的建设是将改善亚龙湾西段沙滩旅游环境，充分发挥旅游岸线资源效能，有利于亚龙湾、三亚市、海南省旅游发展。因此项目用海必要。

9.1.3 项目用海资源环境影响分析结论

1、水动力、冲淤环境影响

本项目为海岸带生态修复项目，主要建设生态护坡和人工补沙，海岸线走向基本不发生改变，工程建设对周边水动力环境影响较小。

2、海水水质环境影响

本项目采取低潮时刻施工，施工采取必要措施控制悬浮泥沙含量，如将细颗粒砂补充在干滩区、严格控制砂料含泥量（不大于 5%）、施工期在补沙区域外一定距离增设水下拦污帘，类比其它类似工程，本项目建设产生泥沙基本可以控制在补沙区范围内，施工产生悬浮泥沙影响可以忽略不计，因此本项目不会对补

沙区之外的海域水质环境造成不利影响。

3、地形地貌与冲淤环境影响分析结论

本工程为海岸带生态修复工程，工程建设基本不改变海岸线走向，对工程外其它海域影响较小。

4、对沉积物环境的影响分析

本项目建设的回填沙主要来自三亚邻近海域，与本海域的沉积物环境基本一致，采购的土石方进行严格检验，保证所采购的土石方无毒、无害、无放射性，项目建设不会对项目所在海域的海洋沉积物质量产生明显影响。

5、工程建设对周围环境敏感目标影响分析

本项目施工期采取有效措施减少污染物的产生，且严禁向海域内排放污水和垃圾，本工程运营期无污染物排海，该项目在落实环保措施的基础上不会对周边主要环境敏感目标产生明显影响。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

三亚珊瑚国家级自然保护区（亚龙湾片区）的管理部门海南省自然资源厅为本项目的协调责任部门，本项目实施前应该与三亚珊瑚国家级自然保护区（亚龙湾片区）管理部门海南省自然资源厅协调，取得保护区管理部门同意后方可施工。

项目建成后对周边的军事行为、国防安全不会产生不利影响，不会对国家的海洋权益产生不利影响。

9.1.5 项目用海与海洋功能规划及相关规划符合性分析结论

本项目建设符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，符合《海南省生态保护红线管理规定》等相关规划，符合《产业结构调整指标目录（2019年本）》中产业政策。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

本项目周边区域基础条件能够满足工程建设的需要。项目所在区域的区位和社会条件、自然资源环境条件满足项目用海要求，项目选址与区域生态系统及周边其他用海活动相适应，项目选址合理、可行。

本项目用海类型为其他用海，用海方式为构筑物中的透水构筑物。与区域社会和自然条件相适应，不会破坏该海域的海洋生态系统，项目用海方式和平面布

置合理。

本项目用海面积项目用海需求，面积量算符合《海籍调查规范》，项目用海面积合理。

9.1.7 项目用海可行性结论

本项目用海与该区域的自然条件和社会条件相适应；项目用海符合海洋功能区划和相关规划；项目的建设对周围环境影响较小；项目用海选址、方式、面积和期限合理、可行。在切实落实论证报告书提出的海域使用管理对策措施，遵循“科学用海、合理用海”的前提下，从海域使用角度考虑，本项目用海可行。

9.2 建议

1、项目施工前，应认真设计科学的施工工艺，优化施工方案，确保本项目施工的科学、合理性；

2、工程施工期间应加强环保管理监察工作，严格按照既定的施工工艺进行施工作业，确保工程建设期间安全施工、合理用海，使项目施工对海洋环境的影响降到最低；

3、合理安排工期，严格遵守施工程序，并避开大风浪季节施工，建立切实可行的安全措施，对施工安全加强管理，防止含油废水的任意排放，最大限度地减小施工对海域环境的影响；

4、建议建设单位加强护岸的维护和管理，避免风险事故的发生，配备相应的污染应急设施，落实风险防范措施，一旦发生风险事故，及时应对，避免对周边环境产生影响。

5、工程施工和运营期间需做好海水水质和沉积物监测，一旦发现水质和沉积物质量恶化，应立刻查找原因，及时处理，最大程度减小对海洋环境的影响。

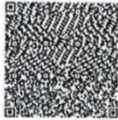


统一社会信用代码
91370222099468761Q

营业执照

(副本)

扫描二维码
“国家企业信用信息公示系统”
了解更多登记、备案、
许可、监管信息



名称

青岛卡诺海洋科技有限公司

类型

有限责任公司(自然人投资或控股)

法定代表人

林治芳

经营范围

海洋仪器技术研发集成、海洋工程环境影响评价、海洋工程咨询、风电工程咨询、海洋数值模拟技术开发及应用、海域环境评估(不含海洋测绘)、海洋环境调查(不含海洋测绘)、水产品初加工及销售(不含冷冻、冷藏、制冷危险化学品储藏)、船舶租赁(不含客、货运输)、货物及技术的进出口、仪器仪表、计算机软硬件、海洋技术的技术开发、技术咨询、技术服务、技术转让、机械设备(除特种设备)、农业仪器、海洋仪器、维修、租赁;批发、零售:办公用品、仪器仪表、海洋仪器、计算机软硬件、计量器具、通讯设备(除卫星电视广播地面接收设备)、电子设备、机械设备(除特种设备、农业机械)及配件。(依法须经批准的项目,经相关部门批准后方可开展经营活动)。

1-1

注册资本

壹佰伍拾万元整

成立日期

2014 年 05 月 15 日

营业期限

2014 年 05 月 15 日至

住所

山东省青岛市高新区秀园路1号科创慧谷(青岛)科技园D-2-527室

登记机关

2019年1月



国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家市场监督管理总局监制