

三亚新机场项目
海洋环境影响报告书

浙江省环境科技有限公司

Zhejiang Environment Technology Co.,Ltd.

二〇二〇年二月



目 录

1	概述	1
1.1	评价任务由来与评价目的	1
1.2	建设项目的特点	3
1.3	环境影响评价的工作过程	4
1.4	分析判定相关情况	10
1.5	关注的主要环境问题及环境影响	10
1.6	环境影响评价的主要结论	13
2	总则	1
2.1	编制依据	1
2.2	海洋功能区划及海洋生态红线	6
2.3	环境影响要素识别与评价因子筛选	1
2.4	评价标准	2
2.5	评价等级与评价范围	6
2.6	评价时段	1
2.7	评价内容与评价重点	1
2.8	环境敏感区与环境保护目标	3
3	工程比选	8
3.1	工程选址比选	8
3.2	红塘湾场址工程优化	20
3.3	连岛大桥工程方案比选	48
4	建设项目工程分析	53
4.1	建设项目概况	53
4.2	工程建设方案	75
4.3	填海物料土石方平衡分析	146
4.4	影响因素分析	160
4.5	污染物源强核算	163
5	环境现状调查与评价	194
5.1	自然环境现状调查与评价	194
5.2	海洋环境质量现状调查与评价	200
5.3	海域开发利用现状调查	353

5.4	环境保护目标调查	372
6	环境影响预测与评价	381
6.1	水文动力环境影响预测与评价	381
6.2	地形地貌与冲淤环境影响预测与评价	415
6.3	岸线冲淤环境影响预测与评价	429
6.4	大风浪作用下的岸线演变分析	459
6.5	水环境影响预测与评价	467
6.6	围填海填充物质可行性分析和沉积环境影响分析	491
6.7	海洋生态环境影响分析	495
6.8	对环境敏感目标和保护目标的影响分析	515
6.9	对工程周边海域开发利用现状的影响分析	529
6.10	对其他重点功能区影响分析	531
6.11	其它环境要素环境影响预测与评价	531
7	环境风险分析与评价	541
7.1	环境风险评价概述	541
7.2	风险识别	542
7.3	环境风险危害识别与事故频率估算	545
7.4	环境风险影响预测方法和预测因素	549
7.5	溢油油膜迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布	551
7.6	事故后果分析	572
7.7	环境风险防范对策措施和应急方法	576
7.8	海洋灾害环境风险分析	585
7.9	通航安全环境风险分析	593
7.10	地面不均匀沉降环境风险分析	601
8	清洁生产和总量控制	603
8.1	清洁生产	603
8.2	总量控制	605
9	海洋环境保护对策措施及可行性分析	606
9.1	概述	606
9.2	污染防治环境保护对策措施及可行性分析	607
9.3	海洋生态环境保护对策措施及可行性分析	613
9.4	岸滩冲淤防护措施及可行性分析	650

9.5	环境保护设施投资及对策措施汇总表.....	673
10	海洋工程的环境可行性.....	679
10.1	海洋功能区划和的符合性.....	679
10.2	海洋主体功能区规划的符合性分析.....	687
10.3	海洋环境保护规划符合性.....	691
10.4	区域和行业规划的符合性分析.....	694
10.5	建设项目的政策符合性分析.....	706
10.6	工程选址与布置的合理性分析.....	720
10.7	污染、非污染环境影响的可接受性.....	723
11	环境经济损益分析.....	724
11.1	环境保护管理投入费用估算.....	724
11.2	环境保护的经济损益分析.....	727
12	环境管理与监测计划.....	731
12.1	施工期环境管理.....	731
12.2	施工期环境监理.....	732
12.3	环境监测计划.....	738
12.4	环境保护管理和环境监测的可行性和时效性.....	746
13	评价结论.....	748
13.1	工程分析结论.....	748
13.2	环境现状分析与评价结论.....	749
13.3	环境影响预测分析与评价结论.....	755
13.4	环境风险分析与评价结论.....	760
13.5	环境保护对策措施的合理性、可行性结论.....	760
13.6	环境管理措施.....	762
13.7	区划规划和与政策符合性结论.....	762
13.8	评价结论.....	763

1 概述

1.1 评价任务由来与评价目的

1.1.1 评价任务由来

三亚凤凰国际机场 1994 年 6 月建成，是一座现代化的 4E 级民用机场。机场北靠凤凰山，南临南中国海，占地面积近 466.7hm²，跑道长 3400m，宽 60m，单条跑道最大容量可满足 2000 万人/年的吞吐需求。

三亚凤凰国际机场建成投产以来航空业务量持续快速增长。2018 年，三亚凤凰机场客运量、货运量、起降架次分别达到 2004 万人次、23.6 万吨和 12.1 万架次，2005-2018 年分别年均增长 15.5%、20.5%和 14.9%。三亚是著名的热带海滨风景旅游城市和旅游度假胜地，也是“一带一路”国家发展战略的重要支点城市，三亚机场在地区旅游业发展中发挥了支撑和引领作用。总体看，推进实施国家“一带一路”发展战略、加快建设国际旅游岛，将为三亚机场的发展奠定坚实的基础。预计三亚地区 2035 年、2050 年的航空运输年旅客吞吐量将分别达到 5500 万人次、7000 万人次，远大于机场现有单条跑道满负荷运行的容量。现有的凤凰国际机场已不能适应客运量增长的发展形势。

与此同时，近年来三亚城市快速发展与扩张，三亚凤凰国际机场被城市包围，已无修建第二条跑道空间，无法进行扩建，迁建工作势在必行，根据 2013 年 7 月，海南省政府组织《研究三亚凤凰国际机场迁建选址工作会议纪要》精神，初步确定三亚未来机场建设方式为“一市一场”，原则上“三亚凤凰机场迁建选址通过填海获取土地”；

三亚机场项目组会同飞行程序设计单位在多次、多场址踏勘的基础上，对阜尖岭、黑岭、崖城三个可能位置进行了综合比较，最终认为陆地场址较填海场址不具备优势，因此将红塘湾、崖州湾、和莺歌海场址确定为预选场址，经多轮比选后，三亚新机场选址为红塘湾场址，位于三亚市红塘湾海域，采用人工岛形式通过填海造陆进行建设。

2018 年 3 月 12 日，中国民用航空局批复了海南三亚新机场红塘湾选址，民航局批复意见见附件 10。

从选址上，三亚新机场已经具备了建设条件，三亚凤凰机场吞吐量接近饱和，且增速较快。而机场上部建构物须待三亚新机场红塘湾场址人工岛建成后才具备施工条件，因此人工岛建设是三亚新机场实施的先决条件，将直接影响整个新机场建设的周期，尽快建成三亚新机场人工岛对于创造机场施工条件、加快推进三亚新机场建设具有重大意义。

三亚新机场人工岛为离岸式，人工岛护岸 15601.6m，填海面积约 1697.1hm²，回填总方量 46274.1 万 m³，施工期 5 年。三亚新机场出岛方式采用跨海大桥建设道路和轨道，长约 6040 米，同时为了减缓工程对岸滩冲淤环境的影响，还需要建设人工补沙、离岸潜堤、拦沙堤、生态护岸等岸滩防护工程。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等国家有关法律法规要求，2019 年 9 月 5 日，三亚机场建设有限公司委托浙江省环境科技有限公司开展三亚新机场项目的海洋环境影响评价工作（委托书见附件 1）。

评价单位浙江省环境科技有限公司接受委托后，收集工程等相关资料、认真分析研究，在多次对工程所在区域进行现场踏勘和调研的基础上，结合相关单位最新的海洋环境调查、监测以及岸滩冲刷、珊瑚礁保护、水文动力与冲淤环境等专题研究成果，编制完成《三亚新机场项目海洋环境影响报告书》

机场建设是一个复杂的系统工程，包括供油、维修基地、空管、航空基地、交通工程、市政设施等，均属于机场配套但单独立项的工程，不在本评价范围内；人工岛建设工程浩大，涉及取沙、采石、出运物料码头、临时航道等辅助工程。

根据本工程的特点，结合现有阶段工程可研的内容，本报告仅针对三亚新机场人工岛填海造地工程、连岛大桥跨海段和岸滩防护工程建设的海洋环境影响进行评价，机场人工岛填海造地工程填料来源的采砂、土石方开采、材料出运码头、临时航道等其他辅助工程环境影响另行评价。

1.1.2 评价目的

通过现场调查、监测和搜集资料，了解红塘湾及其周边海域开发利用情况和沿线岸滩资源开发活动，掌握和评价水文动力环境、冲淤环境、海域水环境、沉积物环境、生态环境及海洋渔业资源现状、海洋珍稀保护物种的现状；通过对项目选址、平面布局及工程建设方案的分析，论证工程选址和建设方案的可行性；通过重点预测工程实施过程对海水水质、海洋生态环境、水文动力环境、冲淤环境、岸滩冲刷、珊瑚礁与中华白海豚等海洋珍稀保护物种的影响范围和程度，提出消除或减小环境影响的环境保护工程措施、污染防治对策和生态补偿措施，把工程建设对环境的不利影响降到最低程度，以期达到社会、经济和环境效益的统一。

通过环境影响评价，论证拟实施项目在海洋环境方面的可行性，并为其执行“三同时”制度和施工建设阶段的海洋环境保护、环保工程设计及环境管理、环境监控提供科学依据。

1.2 建设项目的特点

主体工程包括三亚新机场人工岛的护岸工程、陆域形成工程及地基处理工程。三亚新机场人工岛新建护岸总长 15601.6m；三亚新机场人工岛填海造陆面积约 1697.1 万 m²，其中形成陆域面积约 1574.8 万 m²，护岸总长 15601.6m，陆域总填方量约 46274.1 万 m³。工程投资 8967211 万元，施工工期为 5 年；

三亚新机场对外交通工程，采用公路、轨道交通分开建设的跨海桥梁方案，并联建设两座跨海桥梁，公路、轨道交通桥梁长度均为 6040m，跨海桥梁用海面积 45.9 万 m²；

减缓岸滩冲淤工程人工补沙工程（3 段）长 6090m，拦沙堤工程（3 处）长 195m，离岸潜堤（2 处）长 3.7km，生态护岸（+6m 以下生态护坡）。

工程周边主要环境敏感目标为：沿岸珊瑚礁分布区、天涯海角旅游休闲娱乐区、南山旅游休闲娱乐区、中华白海豚分布区，需要重点保护的环境目标为：南山风景区、天涯海角景区、沿岸珊瑚礁。

工程在建设过程中及建成后对海洋环境的影响主要为：三亚新机场建设过程中产生的悬浮物对海水水质的影响；悬浮泥沙对工程海域浮游生物、底栖生物、游泳动物造成的损失与影响；悬浮泥沙对沿岸珊瑚礁生存环境的影响；悬浮泥沙造成海洋生物量的损失，对白海豚赖以生存的饵料环境产生一定的影响，进而影响中华白海豚在该海域的觅食和生存；

填海造地占用对海域海洋生态环境的影响，同时改变了海域水动力和冲淤环境平衡，岸线冲淤影响了天涯海角景区和南山风景区的岸滩稳定性，并对沿岸珊瑚礁分布区的生存环境产生一定的影响；

新机场人工岛工程实施后，改变了岸滩演变主导动力波浪动力平衡，形成人工岛掩护区段的岸滩淤积和掩护区东、西两侧岸滩的冲刷，受新机场人工岛影响，天涯海角附近岸段冲刷岸段延长 40m，天涯镇以西至人工岛掩护区长约 4.1km 岸段冲刷较为明显，塔岭基岩岸线以东至担油港西侧 1km 总长约 2.4km 的岸段有明显淤积；人工岛掩护的三美湾附近长约 960m 岸段表现为淤积；山景区砂质海岸岸段整体以冲刷为主，冲刷岸线长度约 1.7km。工程采用的主要岸滩冲淤防护措施为：人工补沙、旁通输沙、离岸潜堤、拦沙堤、生态护岸。

工程实施后的 30 年间，工程实施区域沿岸将有 2800 米岸线珊瑚礁分布区被淤积掩埋，直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失，造成不可恢复的影响。采取防护措施后，淤积的珊瑚礁面积减少为 4.78 公顷，本项目对受到淤积的珊瑚进行移植，采取迁地保护措施，同时对沿岸珊瑚礁生态环境进行重建和修复。

本工程对中华白海豚的主要为施工噪音对中华白海豚生存环境的干扰、工程占用生境及建设过程中悬浮物排海造成中华白海豚食物资源的损失。

1.3 环境影响评价的工作过程

1.3.1 工程场址确定过程

1.3.1.1 工程场址比选过程

(1) 初选场址，考虑到现有乐东军用机场、三亚军用机场和陵水军用机场不能搬迁，在空域可协调、能够满足多跑道独立运行的条件、地面上与所服务的主要城市距离适中并兼顾区域协调发展、综合交通系统功能有效发挥、工程建设成本在合理范围且技术方案成熟可控等条件下，选初场址确定为：崖州湾场址、红塘湾场址、黑岭场址、赤岭场址、加茂场址及莺歌海场址。

(2) 预选场址：**经筛选**：红塘湾场址、崖州湾场址、黑岭场址在空域条件上基本能满足多跑道独立运行条件。红塘湾场址、崖州湾场址对乐东机场的运行影响相对较小，因此，将红塘湾场址、黑岭场址、崖州湾场址确定为预选场址

(3) 场址确定：本评价选择空域条件、净空条件、工程量、与城市距离、与城市规划符合度、配套设施投资及环境影响等 13 个指标进行比选，综合比选后，在各预选场址方案基本可行的基础上，保证场地基础建设条件和配套设施充足条件下，红塘湾场址与城市距离适中、与城市规划符合度高、机场建设空域条件与净空条件良好并对机场周边环境的影响相对较小，经过综合对比后，将**红塘湾场址**做为**推荐场址**。

1.3.1.2 红塘湾场址论证过程

2011 年，海南省政府首次提出三亚新机场选址规划，并与 2012 年 3 月纳入全国《“十二五”民用运输机场建设规划》，正式将迁建三亚凤凰国际机场纳入议事日程。

2011 年 7 月和 12 月，受三亚凤凰国际机场迁建指挥部和海南省发改委的委托，中国民航机场建设集团公司承担了三亚新机场选址论证工作，并提出了六个初选场址方案。

2012 年 12 月，中国民用航空局和海南省人民政府以《关于三亚凤凰国际机场总体规划批复》（民航函[2012]1611 号）联合批复三亚机场总体规划，明确提出：由于三亚凤凰国际机场周边土地利用控制不力，造成机场发展空间严重受限，已经不具备建设两条跑道的条件，只能按照一条跑道满负荷运行进行终端规划。根据预测，2035 年三亚地区航空运输年旅客吞吐量将达到 5500 万人次，三亚机场现有设施难以满足三亚市对航空市场的发展需求，需要择址建

设新机场。

2013年7月项目组会同程序设计单位再次踏勘了黑岭周边区域，对阜尖岭、黑岭、崖城三个可能位置进行了综合比较。最终确定陆地场址相对填海场址不具备优势，因此将红塘湾、崖州湾、和莺歌海场址确定为预选场址，首选场址为红塘湾场址。

2013年8月，海南省政府《研究三亚凤凰国际机场迁建选址工作会议纪要》初步确定“初步确定三亚未来机场建设方式为“一市一场”，原则上“三亚凤凰机场迁建选址通过填海获取土地”；经过设计单位科学论证，通过对预选红塘湾场址、崖州湾场址、莺歌海场址在地面、净空、空域、气象等多方面的比选，海南省政府“原则同意以红塘湾场址为三亚凤凰机场迁建的首选场址”。见附件4。

2014年，海南省和三亚市政府相关部门分别就预选场址的有关问题出具了书面意见。见附件5。

2014年9月5日，军队部门出具了《关于三亚凤凰国际机场迁建有关意见》的函，原则同意红塘湾场址作为推荐场址。

2015年7月，中国民航机场建设集团公司编制完成《三亚新机场选址报告》，选址报告指出：莺歌海场址距离三亚市较远，辐射能力有限，基本不具备场址条件，推荐红塘湾场址、黑岭场址、崖州湾场址作为预选场址。从空域及城市规划可协调性、服务旅客及地区经济、建设成本及工程技术、综合配套设施等七个方面综合比较后，建议将红塘湾场址作为推荐场址。

2015年8月，中国民航工程咨询公司组织专家对选址报告进行了评审，经深入论证后，形成《关于三亚新机场选址报告的咨询意见》（民航工咨字[2015]337号）见附件6。专家咨询意见认为：三个预选场址都存在投资大，环境影响大等问题。根据中国人民解放军92830部队司令部作战处出具的《三亚凤凰机场迁建黑岭预选场址论证意见》，

两个海上场址中，红塘湾场址较崖州湾场址离城市更近、空域及净空条件较好，但存在水深较深，投资较大等缺点，综合考虑，红塘湾场址相对较优。专家咨询建议，需尽快上报调整海南省海洋功能区划。

2015年11月，海南省人民政府恳请国务院审批《关于批准海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案的请示》。

2016年5月，经国务院同意，国家海洋局下发《国家海洋局关于同意海南省海洋功能区划修改方案的函》，同意海南省人民政府上报的《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》红塘湾海域修改方案。

2016年10月，中国民航工程咨询公司编制完成《三亚新机场人工岛选址及平面布局方案优化过程报告》，报告指出：从空域条件、净空条件、工程量、与城市距离、配套设施投资及环境影响等关键因素塘湾场址要优于黑岭及崖州湾场址。基于建设资金有充分保障、填海技术成熟的前提下，对各预选场址的优劣对比结果来看：红塘湾场址优于黑岭及崖州湾场址。综合考虑各方面因素，在各预选场址方案基本可行的基础上，将各场址具有相对优势或起决定因素的方面，通过综合比较后，建议将红塘湾场址做为推荐场址。

2018年3月，中国民用航空局出具了《民航局关于海南三亚新机场场址的批复》（民航函[2018]268号），批复指出，同意将红塘湾场址作为海南三亚新机场的推荐场址。

1.3.1.3 相关部门同意三亚新机场选址的支持性文件

2012年12月，中国民用航空局和海南省人民政府以《关于三亚凤凰国际机场总体规划批复》（民航函[2012]1611号）联合批复三亚机场总体规划，见附件3

2013年8月，海南省人民政府出具《研究三亚凤凰国际机场迁建选址工作》（【2013】74号），原则同意以红塘湾场址为三亚凤凰机场迁建的首选场址，见附件4。

2014年8月，海南省住房和城乡建设厅出具《关于三亚凤凰机场迁建预选场址意见的函》（琼建规函【2014】371号），认为崖州湾场址、红塘湾场址、黑岭场址作为预选场址均符合《三亚市城市总体规划（2011-2020）》要求。

2014年8月，海南省国土环境资源厅出具《海南省国土环境资源厅关于三亚凤凰机场迁建预选场址方案有关意见的函》（琼土环资函【2014】1495号）就红塘湾场址、崖州湾场址、莺歌海场址关于土地利用、压覆矿产资源和地质灾害情况、近岸海域环境功能区化、环保等方面，出具了书面意见。

2014年8月，海南省林业厅出具《海南省水务厅关于三亚凤凰机场迁建预选场址意见的函》（琼林函【2014】387号），原则同意红塘湾场址、崖州湾场址作为凤凰机场迁建预选场址。

2014年8月，三亚市人民政府出具《关于再次征求三亚凤凰机场迁建预选场址方案意见的复函》（三府函【2014】502号），相对而言，认为红塘湾场址较符合城市总规选址要求，交通相对便利，同意将红塘湾场址作为三亚新机场的推荐场址。见附件6

2014年9月，海南省水务厅出具《海南省水务厅关于三亚凤凰机场迁建预选场址方案的

复函》（琼水资源函【2014】422号）就红塘湾场址、崖州湾场址、莺歌海场址、黑岭场址关于场址周边河道、水库情况对机场建设的影响，认为红塘湾场址河流的多年平均径流量较小，对机场建设影响较小。崖州湾场址、黑岭场址、莺歌海场址的多年平均径流量相对较大，建议下阶段对机场建设进行洪水影响评价。

2014年8月，海南省气象局出具《海南省气象局关于三亚凤凰机场迁建预选场址所需气象资料说明的函》（琼发改交能函【2014】1101号）就红塘湾场址、崖州湾场址、乐东莺歌海场址由大风、暴雨等灾害性天气以及引起的风暴潮等对机场的建设存在的潜在风险等情况，出具了书面意见。见附件10。

2014年9月 中国人民解放军海军出具《关于三亚凤凰国际机场迁建有关意见》，“原则同意红塘湾场址作为三亚凤凰国际机场迁建首选场址并据此开展下步工作”。

2018年2月，国家海洋局出具《国家海洋局关于三亚新机场场址有关意见的复函》，认为“根据2016年5月国务院批准的《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案》，红塘湾场址中心点位置位于“红塘湾工业与城镇用海区”，符合海南省海洋功能区划”。见附件8。

2018年3月，中国民用航空局出具《民航局关于南海三亚新机场场址的批复》（民航函【2018】268号），认为红塘湾场址相对条件较优，同意将红塘湾场址作为海南三亚新机场的推荐场址。附件11。

1.3.2 海洋环境现状调查与现场踏勘过程

1.3.2.1 现场踏勘过程

2019年9月我单位接受委托后，组织2次现场踏勘，完成了工程所在海域环境敏感目标和海域开发现状的调查，调查过程中走访了三亚市自然规划局，三亚市生态环境局，三亚市农渔业局。收集了海南省海洋环境功能区划及与本工程相关的规划文件。并根据现场踏勘结果，向建设单位提出连岛大桥跨海桥梁登陆位置，避开了沿岸珊瑚礁分布密集区，在工程方案设计上减少了对沿岸珊瑚礁的影响损失。

1.3.2.2 海洋环境质量现状调查过程

2019年受建设单位委托，国家海洋局海口海洋环境监测中心站于2019年4月10~17日、2019年6月14~21日、2019年9月6-9日、2019年12月6-9日完成春、夏、秋、冬季四季海洋水质、沉积物、海洋生态环境质量现状调查，调查站位56个。

2019年受建设单位委托，中国水产科学研究院南海水产研究所于2019年4月10~17日、2019年6月14~21日、2019年9月6-9日、2019年12月6-9日完成春、夏、秋、冬季四季

海渔业资源现状调查，调查内容包括游泳生物和鱼卵仔鱼，调查站位 29 个。

2019 年 7 月受建设单位委托，水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院完成工程拟建海域沿岸岸线分布类型现状调查，调查范围为南山角至天涯海角附近约 20km 岸线。

2019 年受建设单位委托，2019 年 8 月中交第四航务工程勘察设计院有限公司完成工程海域水深地形测量。

2019 年受建设单位委托，中交第四航务工程勘察设计院有限公司于 2019 年 9 月完成三亚新机场人工岛工程海砂资源调查。

1.3.3 支持性专题研究过程

受建设单位委托，水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院等单位完成《三亚新机场项目对岸滩冲淤影响的工程对策研究》等专题，并通过专家审核，支持性专题研究成果，本评价在报告编制过程中在相应的章节予以引用。各专题引用章节和专家评审情况见表 1.3-3。

1.3.4 公众参与公示过程

本项目环评阶段，建设单位依据《环境影响评价公众参与办法》（2019 年 1 月 1 日起开始执行）的有关规定开展了公众参与工作。

三亚机场建设有限公司在 2019 年 9 月 5 日委托浙江省环境科技有限公司承担环境影响评价工作后，在 2019 年 9 月 10 日首次公开了本项目环境影响评价信息，通过三亚市自然资源和规划局网站持公开，符合《环境影响评价公众参与办法》中第九条“建设单位应当在确定环境影响报告书编制单位后 7 个工作日内，进行环评信息首次公开”的要求。

在本项目环境影响报告书征求意见稿形成后，进行第二次公示，公开时间为 2019 年 11 月 11 日起的十个工作日，公开方式采用网络公示、报纸公示、现场张贴 3 种方式，公开方式和公开时限符合《环境影响评价公众参与办法》的要求。

考虑到本项目所在环境较敏感，建设单位组织召开了公众座谈会，并在会议结束后的 5 个工作日之内，公开座谈会纪要。通过公众调查，广泛收集本工程用海区所在地公众对本工程实施的态度、意见和要求，为管理部门对工程的决策提供参考依据。

建设单位收集 2 次公示和公众座谈会的公众意见反馈情况，编制完成了《三亚新机场项目海洋环境影响评价公众参与说明》。

建设单位公众参与调查合法、有效，调查结果具有代表性和真实性，从公众的反馈意见来看，大部分支持该项目建设，认为该项目的建设是有利于区域社会经济发展的。

表 1.3.3 支持性专题引用章节和专家评审情况

序号	专题名称	完成单位	专家评审情况	本报告成果引用章节
1	海南三亚民用机场布局规划 --三亚民航“一市一场”和“一市两场”及其功能定位研究报告	中国国际工程咨询公司 2014年 12月	——	——
2	三亚新机场项目岸滩演变专题研究	水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院	2019年10月9日通过专家评审, 评审意见见附件 13	6.3 岸线冲淤环境影响预测与评价
3	三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题	水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院	2019年10月9日通过专家评审, 评审意见见附件 14	9.4 岸滩冲淤防护措施及可行性分析
4	三亚新机场项目波浪数学模型专题研究报告	水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院	2019年10月9日通过专家评审, 评审意见见附件 15	6.1 章节水文动力环境影响预测与评价
5	三亚新机场项目波浪整体数学模型专项研究报告	水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院	2019年10月9日通过专家评审, 评审意见见附件 16	6.1 章节水文动力环境影响预测与评价
6	三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告	中国科学院南海海洋研究所	2019年10月9日通过专家评审, 评审意见见附件 17	6.8.1 章节对珊瑚礁的影响分析和 9.3.2 珊瑚礁环境保护对策措施及可行性分析
7	三亚新机场人工岛工程对中华白海豚影响专题评价报告	中国科学院深海科学与工程研究所	2019年11月9日通过专家评审, 评审意见见附件 18	6.8.5 章节对中华白海豚的影响和 9.3.3 中华白海豚环境保护措施及可行性分析
8	三亚新机场项目 用海风险评估专题研究报告	交通运输部天津水运工程科学研究所	2019年11月9日通过专家评审, 评审意见见附件 19	6.5.5 章节水环境预测结果和 7.5 章节溢油油膜迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布
9	三亚新机场项目海洋环境质量与开发利用情况专题	浙江省环境科技有限公司北京分公司	2020年2月18日通过专家评审, 评审意见见附件 21-	5 环境现状调查与评价
10	三亚新机场项目生态用海专题	浙江省环境科技有限公司北京分公司	2020年2月18日通过专家评审, 评审意见见附件 22-	9.3.1 海洋生物资源环境保护对策措施及可行性分析
11	三亚新机场项目生态保护修复方案	浙江省环境科技有限公司北京分公司	2020年2月18日通过专家评审, 评审意见见附件 23-	9.3.1 海洋生物资源环境保护对策措施及可行性分析
12	三亚新机场项目海洋环境容量和生态承载力研究专题	浙江省环境科技有限公司北京分公司	2020年2月18日通过专家评审, 评审意见见附件 24-	6.7 海洋生态环境影响分析

1.3.5 环境影响评价报告编制过程

在上述工作的基础上，评价单位依据项目工程可行性研究报告及相关专题研究成果，针对工程特点和区域海洋水质、生态环境现状，对项目建设的主要海洋环境影响进行了预测、分析和评价，给出有针对性的污染防治措施和生态影响减缓及岸滩防护措施，提出了环境管理与监测计划要求，明确了建设项目可行与否的结论，编制完成了《三亚新机场项目海洋环境影响报告书》。

1.4 分析判定相关情况

项目建设符合国家产业政策，工程位于本建设项目位于海南省三亚市红塘湾，工程建设符合所在海域海洋环境保护要求和海域使用管理要求，不占用生态红线区。

1.5 关注的主要环境问题及环境影响

本工程引起的主要环境影响为：（1）工程建设和填海造地占用海域对海洋生态环境的影响和损失；（2）新机场人工岛工程实施后，改变了海域水动力和冲淤环境平衡，岸线冲淤影响了天涯海角景区和南山风景区的岸滩稳定性；（3）工程实施过程及岸线淤积对沿岸珊瑚礁分布区生存环境产生的影响。

本评价重点预测与论述海洋生态环境影响、岸线冲淤环境影响、沿岸珊瑚礁生态环境影响。环境保护措施重点提出了生态环境保护与补偿措施、岸滩冲淤防护措施及珊瑚迁地保护及珊瑚礁的补偿与修复措施。

1.5.1 海洋生态环境影响及生态修复措施

本项目填海永久占用海床底土及生物资源空间、围填海工程泥沙淤积、填海施工过程中产生的悬浮泥沙共造成底栖生物损失 172.8501t、鱼卵损失 8.28×10^9 粒、仔稚鱼损失 6.53×10^7 尾、游泳动物损失 189.12t、浮游动物损失 254.57t、浮游植物损失 2.45×10^{16} cell，珊瑚礁损失 4.78 公顷。

本工程采用的海洋生物资源损失经济补偿、海洋生物人工增殖放流、人工鱼礁建设等海洋生物资源修复措施，以**减缓生态环境影响**，其中海洋生物资源损失经济补偿金额 7.1523 亿元，海洋生物人工增殖放流的品种主要为红鱼苗和金鲳鱼苗，同时考虑中华白海豚的饵料生物，建议增殖放流备选品种为：青石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、绿海龟、克氏海马、大珠母贝等，放流时间在每年的 5-8 月，

放流地点初步定在亚龙湾和大东海海域；人工鱼礁建设方案采用对三亚新机场岛体护岸和岸滩防护设施（人工潜堤）进行生态化建设，使其兼具人工鱼礁的功能，为了实现这个目的建设单位在鱼礁结构设计、礁体材料选择（采用环境友好型建筑材料）、鱼类栖息地构建等方面，合理设计生物资源修复和人工鱼礁建设方案。

针对工程建设对海洋生态资源的影响，本评价提出建设单位应按照生态补偿原则，根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）流、资源养护与管理以及生态环境跟踪调查及补偿方案的效果评估。增殖放流物种应结合工程所在海域的海洋生物种类分布特征和目前人工育苗、增殖放流技术合理选取，确保生态补偿与修复措施落实到位。以取得预期恢复效果。

1.5.2 岸滩冲淤环境影响及防护措施

本项目新机场人工岛工程实施后，因改变了岸滩演变主导动力（波浪动力），形成人工岛掩护区段的岸滩淤积和掩护区东、西两侧岸滩的冲刷，三亚新机场人工岛工程实施后对不同岸段的岸滩冲淤环境影响如下：

（1）天涯海角附近岸段冲刷：受新机场人工岛影响，天涯海角附近冲刷范围和幅度略有增大，有约 540m 岸线明显冲刷；与工程前相比，冲刷岸段延长 40m，30 年平均冲刷幅度增大 1m，最大冲刷后退幅度增大 1.4m，冲刷泥沙总量增大约 0.7 万方。

（2）天涯镇以西至人工岛掩护区岸段冲刷增强：受新机场人工岛影响，天涯镇以西至人工岛掩护区长约 4.1km 岸段冲刷较为明显，冲刷部位主要集中在担油港以西约 1km 至天涯镇附近；人工岛工程建设引起的岸滩冲刷增强主要是因为人工岛掩护了本岸段的 WSW 向波浪，造成向西的沿岸净输砂。

（3）塔岭以东的人工岛掩护区岸段：受新机场人工岛影响，塔岭基岩岸线以东至担油港西侧 1km 总长约 2.4km 的岸段有明显淤积；人工岛工程实施后，掩护区波浪作用减弱，同时减少了自人工岛附近岸段向两侧输砂的能力，增加了自两侧向人工岛掩护区的沿岸输砂能力，造成掩护区的淤积和两侧岸段的冲刷。

（4）塔岭以西的三美湾人工岛掩护区岸段淤积：受新机场人工岛影响，人工岛掩护的三美湾附近长约 960m 岸段表现为淤积；该岸段处于人工岛掩护区西部，掩护区西侧冲刷泥沙可能淤积至本岸段形成岸线外推。

（5）人工岛西侧的南山景区沙滩岸段的冲刷：受新机场人工岛影响，南山景区砂质海岸岸段整体以冲刷为主，冲刷岸线长度约 1.7km。淤积泥沙总量因靠近基岩岬角且有南山观音人

工岛影响，局部冲淤差异较大，且不同时段冲淤有差异较大。最大冲刷部位其实是南山观音人工岛掩护的淤积部位略有调整。

针对工程建设沙滩冲淤环境的影响，本项目采用的主要岸滩冲淤防护措施为：人工补沙、旁通输沙、离岸潜堤、拦沙堤、生态护岸。其中：

①天涯海角岸段，在天涯海角景区砂质海岸东部约 350m 岸段实施人工补沙，形成干滩 3.0 高程的滩肩（干滩）1.7 万平方米。首次补沙 3 万方，以后每 5 年补充一次，每次补沙 1.5 万方；

②塔岭以东的人工岛掩护区岸段和三美湾岸段采用旁通输沙方案，工程后每 5 年实施一次，塔岭以东的人工岛掩护区岸段取出沙源输送至人工岛掩护区东侧及天涯海角岸段，三美湾岸段取出沙源输送至南山风景区岸段，塔岭以东的人工岛掩护区岸段首次取沙 10 万方，三美湾岸段首次取沙 6 万方；

③天涯镇以西至人工岛掩护区岸段采用人工补沙和离岸潜堤防护，减缓岸线冲刷影响，具体在马岭村中部起向西约 3.5km 岸段实施人工补沙，首次补沙量 20 万方，以后每 5 年补充一次，每次补沙量 10 万方。利用临空产业园人工岛拆除剩余护岸部分建设离岸潜堤，潜堤总长 2.0km。

④人工岛西侧的南山景区沙滩岸段实施人工补沙、离岸潜堤、拦沙堤、生态护岸岸滩防护措施，以减缓岸线冲刷环境影响，本岸段首次补沙量 10 万方，以后每 5 年实施 1 次，每次补沙 5 万方，在南山观音人工岛西侧岸段建设离岸潜堤，潜堤长 200m 左右；在南山景区海滩西端与基岩岸线交界处布置拦沙堤其中①南山角拦沙堤，堤长 45m②鸭仔塘拦沙堤，堤长 80m；在南山观音人工岛西侧离岸潜堤后方建设生态护岸 1km。

采用岸滩冲淤环境防护措施后，东西两个冲刷岸段的冲刷和人工岛掩护区段的岸滩淤积将明显改善。

1.5.3 工程实施对沿岸珊瑚礁的环境影响及保护措施

三亚新机场建设对附近珊瑚礁生态系统造成的环境影响和破坏如下：

(1) 三亚新机场人工岛施工带来的悬浮在岸边不断悬浮—沉积—再悬浮过程，使得红塘湾附近海域珊瑚礁生态系统，在施工期和人工岛建成以后很多年处于高浓度悬浮物的胁迫中，造成造礁石珊瑚覆盖率降低，特别是造礁石珊瑚种类和群落结构的很大变化，以及珊瑚礁鱼类种群数量的下降。这方面的损失通过经济和生态补偿，以及珊瑚礁修复重建来补偿。

(2) 三亚新机场人工岛建设导致的岸滩淤积造成的沿岸珊瑚礁损失：工程实施后的 30

年间，工程实施区域沿岸将有 2800 米岸线珊瑚礁分布区被淤积掩埋，直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失，造成不可恢复的影响。采取防护措施，淤积的珊瑚礁面积减少为 4.78 公顷。因此，必须对受到淤积的珊瑚进行移植，采取迁地保护措施。

(3) 新机场建设配套的连岛大桥建设，主要是桥墩位置可能占用珊瑚礁区域及桥墩建设施工带来的悬浮物影响。为了避开桥墩及其建设对珊瑚礁的直接影响，尽可能把桥址移位。大桥恰好位于珊瑚礁分布区和没有珊瑚礁分布区的交界部位，通过把桥墩布置图与珊瑚礁分布图叠加分析和多次的设计-环评-专题之间的对话沟通，形成了一个尽可能避开对珊瑚礁直接占用又能满足工程需要的方案。连岛大桥建设对珊瑚礁影响的面积较小，将结合人工岛周边生态护岸建设进行珊瑚礁修复重建工作进行生境补偿。

(4) 项目施工期和运营期的风险事故例如偶发性的溢油也会造成项目海域的海水受到不同程度的污染，如果溢油飘到珊瑚礁海域，会严重破坏珊瑚礁生态系统。

围绕以上几个方面，本项目采用的主要珊瑚礁保护措施为：减少入海悬浮物控制措施、受影响区域珊瑚的迁地保护措施、珊瑚礁的补偿与修复。

1.6 环境影响评价的主要结论

三亚新机场人工岛工程所在海域海洋水质、沉积物和生物质量良好，工程区周边海洋冲淤环境和生态环境敏感。施工期主要环境影响是护岸施工、填海造地引起的悬浮泥沙对海洋环境和海洋生态的影响。人工岛建成后的影响主要是对岸线冲淤环境的影响。

工程造成的海洋生态损失需要采用增值放流等生态补偿措施，工程建成后，人工岛后方形成波影区，造成一定范围内岸线的淤积与冲刷，淤积岸线造成一定面积珊瑚的损害，建设单位拟通过建设潜堤、离岸堤和人工补沙等方式减缓对岸滩冲刷的影响，通过迁地保护、生境重建、投放人工鱼礁等措施减缓因工程建设对沿岸珊瑚造成的损害。

总体来看，项目采用的海洋环境影响措施具有针对性，可有效减缓三亚新机场人工岛工程建设带来的不利影响。公众参与调查表明，未收到公众反对意见。在落实上述所提的各项工程防护措施、生态保护措施和风险防范措施，从区域社会经济发展和海洋环境影响角度综合考虑，三亚新机场人工岛建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律、法规依据

2.1.1.1 国家法律、法规依据

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日起施行）；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月4日修订）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日修订）；
- 《中华人民共和国海岛保护法》，2010年3月；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2017年6月27日修订）；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日修正）；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016年11月7日修正）；
- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018年12月29日修订）；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016年11月7日修正）；
- 《中华人民共和国海上交通安全法》（2016年11月7日修正）；
- 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002年1月1日起实施）；
- 《中华人民共和国渔业法》2013年12月28日修正）；
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》，（2012年2月29日修订）；
- 《中华人民共和国民用航空法》，2015年4月；
- 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》（2017年3月1日修正版）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017年7月16日修订）
- 《海洋自然保护区管理办法》（1995年5月29日）
- 《海洋特别保护区管理办法》（国海发〔2010〕21号）；
- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018年3月19日修订）
- 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017年10月7日修订）；
- 《海洋工程环境影响评价管理规定》，2017年4月27日，国海规范〔2017〕7号；
- 《防治船舶污染海洋环境管理条例》（2017年3月1日修订）；
- 《水产种质资源保护区管理暂行办法》（农业部自2011年3月1日起施行）；

-
- 《国务院关于印发中国水生生物资源养护行动纲要的通知》（2006年2月14日）；
 - 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》（交通运输部2019年5月1日起施行）；
 - 《产业结构调整指导目录》（2020年1月1日起施行）；
 - 《国家危险废物名录》（2016年8月1日起施行）；
 - 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部2019年1月1日起施行）；
 - 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境污染防治管理规定》，交通运输部2017年5月17日修订）；
 - 《MARPOL73/78 防污公约》（2011年）；
 - 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部，2018.4.28 修改）；
 - 《中华人民共和国航道法》（2016年07月02 实施）；
 - 《中华人民共和国野生动物保护法》，2017年1月；
 - 《海岸线保护与利用管理办法》，中共深改组2016年11月1日；
 - 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018年3月19日实施）；
 - 《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》，1990年8月；
 - 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（国务院令2013年12月7日修订）；
 - 《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》；
 - 《中共中央 国务院关于支持海南全面深化改革开放的指导意见（2018年4月11日）》；
 - 《国务院印发《中国(海南)自由贸易试验区总体方案》【国发〔2018〕34号】》；
 - 《国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》【国发〔2018〕24号】。
 - 《围填海域管控办法》（2016年）

2.1.1.2 地方及行业政策

- 《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交通运输部2007年5月1日起施行）；
- 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》【交通运输部 交海发〔2018〕168号】；
- 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98号）；
- 《危险废物污染防治技术政策》（2001.12.17，环发〔2001〕199号）；
- 《危险废物转移联单管理办法》（原国家环境保护总局令1999年第5号）。《关于进一步加强涉及自然保护区开发建设活动监督管理的通知》，环发[2015]57号文；

-
- 《关于下放和取消自然保护区有关事前审查事项做好监督管理工作的通知》，环发[2015]86号文。
 - 《关于加强海上人工岛建设用海管理的意见》(国海管字[2007]91号)；
 - 《关于改进围填海造地工程平面设计的若干意见》，国海管字[2008]37号，2008年1月；
 - 《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》(中共中央 国务院 2018年4月11日)
 - 国家海洋局《关于大洲岛海洋生态自然保护区和三亚珊瑚礁自然保护区建设方案的批复》(国海管发[1993]224号)；
 - 国家海洋局《关于三亚珊瑚礁国家级自然保护区保护与发展批复》(国海环字[2004]405号)；
 - 《中华白海豚保护行动计划(2017-2026年)》
 - 国家海洋局《关于进一步加强自然保护区海域使用管理工作的意见》，国海函[2006]3号；
 - 国家海洋局《关于进一步规范海洋自然保护区内开发活动管理的若干意见》，国海发[2006]26号；
 - 环保部、国家海洋局等十部门《关于进一步加强涉及自然保护区开发建设活动监督管理的通知》(环发[2015]57号)。
 - 《海南经济特区海岸带保护与开发管理规定》(2013年)；
 - 《海南省实施<中华人民共和国海域使用管理法>办法》(2008年8月)；
 - 《海南省自然保护区管理条例》(1991年10月16日起施行)；
 - 三亚市人民政府《关于保护三亚国家珊瑚礁自然保护区的布告》(市府[1992]95号)；
 - 《海南省珊瑚礁和砗磲保护规定》(2017年1月1日起施行)；
 - 《海南省红树林保护规定》(2011年)；

2.1.1.3 相关区划、规划

- 《全国海洋功能区划》(2011-2010年)
- 《全国海洋主体功能区划》(国务院 2015年8月1日)
- 《全国海洋生态环境保护规划(2017-2022年)》
- 《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)；

-
- 《海南省海洋主体功能区划》（2018年2月）；
 - 《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》（2012年5月）；
 - 《海南省生态保护和建设行动计划（2017-2020年）》；
 - 《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）；
 - 《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（2016-2020）》；
 - 《海南省“十三五”海洋经济发展规划》2016年；
 - 《海南省总体规划（2015—2030）》
 - 《三亚市总体规划（空间类）2015-2030》；
 - 《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（2016-2020）》；
 - 《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》（国务院 国发〔2017〕11号）；
 - 《中国民用航空发展第十三个五年规划》（中国民用航空局国家发展和改革委员会交通运输部，2016年12月）；
 - 《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》（三亚市人民政府 2017年1月5日）
 - 《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》（国发〔2009〕44号）
 - 《海南国际旅游岛建设发展规划纲要(2010-2020)》2010年6月；
 - 《三亚市旅游发展总体规划(2008—2020)》（修编）2008年；
 - 《海南省旅游发展总体规划(2017-2030)》；
 - 《三亚热带海滨风景名胜区总体规划（2017—2030年）。

2.1.2 技术规范

- 《海洋工程环境影响评价技术导则》，GB/T19485-2014；
- 《建设项目环境影响评价技术导则-总纲》，HJ 2.1-2016；
- 《环境影响评价技术导则-大气环境》，HJ 2.2-2018；
- 《环境影响评价技术导则-声环境》，HJ 2.4-2018；
- 《环境影响评价技术导则-生态影响》，HJ 19-2011；
- 《建设项目环境风险评价技术导则》，HJ 169-2018；
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC T 9110-2007；
- 《海洋生态损害评估技术指南（试行）》（国家海洋局，2013年8月）
- 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002年4月；
- 《海洋调查规范》（GB12763-2007）；

-
- 《海洋监测规范》(GB17378-2007);
 - 《海水增养殖区监测技术规程》(国家海洋局发布 2002年4月30日实施);
 - 《近岸海域环境监测规范》(HJ442--2008), 国家环保部, 2009年1月11日起实施;
 - 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(海洋出版社, 1986年3月1日);
 - 《海洋生物质量监测技术规程》(国家海洋局 2002年4月);
 - 《海水水质标准》(GB 3097-1997);
 - 《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002);
 - 《海洋生物质量》(GB 18421-2001);
 - 《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018);
 - 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001)。

2.1.3 技术文件

- 《关于三亚新机场选址报告的咨询意见 20151221 (民航工咨字[2015]337号)》;
- 《三亚新机场总体规划概念设计》(24平方公里方案, 中国民航机场建设集团公司 2015年7月)
- 《三亚新机场人工岛选址及平面布局方案优化过程报告》(24平方公里方案, 交通运输部天津水运工程科学研究所, 中国民航机场建设集团公司, 中交第四航务规划设计研究院有限公司 2016年10月)
- 《三亚新机场人工岛工程可行性研究报告》(中交第四航务工程勘察设计院有限公司 2019年8月);
- 《三亚新机场连岛大桥工程可行性研究》(天津市市政工程设计研究院 2019年10月);
- 《三亚新机场人工岛工程影响下岸滩定期监测研究报告(2016~2019年)》(水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院 2019年10月);
- 《三亚新机场人工岛工程项目影响海域珊瑚调查与影响评估报告》(2016年 国家海洋局第三海洋研究所);
- 《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告》(2015年春季、夏季、秋季 中科院南海海洋研究院);
- 《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测数据报表及调查报告》(中国科学院南海海洋研究所 2016年春、夏、秋、冬季);

-
- 《三亚红塘湾及其邻近海域波浪、潮流、泥沙观测报告》(中国科学院南海海洋研究所 2017 年 1 周年潮流、潮位、气象观测结果);
 - 《三亚新机场暨临空产业园项目附近海域渔业资源调查报告》(中国水产科学研究院南海水产研究所 2016-2017 年春、夏、秋、冬季);
 - 《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查调查报告及检测报告》(国家海洋局海口海洋环境监测中心站 2016 年春、夏、秋、冬季航次);
 - 《三亚新机场建设对红塘湾及其邻近海域海洋哺乳动物影响评估、跟踪监测及保护对策研究专题报告(2015-2017 年)》;
 - 《工程周边自然和社会环境调查、环境敏感目标分布、海洋开发利用现状调查报告》;
 - 《三亚新机场人工岛项目(断面测量)测量技术报告》(中交第四航务工程勘察设计院有限公司 2016 年 7 月);
 - 《三亚新机场项目附近海域夏季渔业资源调查与评估报告》(中国水产科学研究院南海水产研究所 2019 年春、夏季);
 - 《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查报告》(国家海洋局海口海洋环境监测中心站 2019 年春季、夏季、秋季航次);
 - 《三亚新机场海上物料来源调查》(中交第四航务工程勘察设计院有限公司 2016 年);
 - 《三亚新机场人工岛工程影响下岸滩定期监测研究报告(2016~2018)》(水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院 2019 年 7 月);
 - 《三亚红塘湾及邻近海域潮流泥沙补充调查项目海洋水文泥沙分析报告》(国家海洋局海口海洋环境监测中心站 2019 年 8 月);
 - 《三亚市中心城区控制性详细规划(修编及整合)》(2019 年 8 月 9 日);
 - 《三亚新机场人工岛工程海砂资源调查 报告(A 版)2019.09.11》
 - 《三亚新机场人工岛工程岸滩演变分析专题研究报告》, 南京水利科学研究院/交通运输部天津水运工程科学研究所;
 - 《三亚新机场人工岛工程对岸滩影响的工程对策分析》, 南京水利科学研究院。

2.2 海洋功能区划及海洋生态红线

2.2.1 海洋功能区划

根据《海南省海洋功能区划(红塘湾海域)修改方案》(国海管字[2016]218号)【国家

海洋局于 2016 年 5 月批复】，三亚新机场人工岛所在海域海洋功能区划属于 “红塘湾工业与城镇用海区（功能区代码为 B3-01）”， 对外交通工程穿越 “天涯海角旅游休闲娱乐区（功能区代码为 A5-32）” 和 “红塘湾港口航运区（功能区代码为 A2-10）” 本工程与《海南省海洋功能区划》的位置关系见图 2.2-1。

工程周边临近海洋功能区有 “红塘港港口航运区（A2-10）”、“天涯海角旅游休闲娱乐区（A5-32）”、“南山旅游休闲娱乐区（A5-31）”、“南山农渔业区（B1-06）”、“三亚湾农渔业区（B1-05）”、“海南岛西南部保留区（B8-06）”。项目所在海域海洋功能区划登记见表 2.2-1。

2.2.2 海洋生态红线

根据《海南省生态保护红线》【琼府（2016）90 号】，本项目不在限制红线区、禁止红线区海域内。与本工程相邻的海洋生态红线是 II 类生态红线区 “重要砂质岸线及邻近海域”。见图 2.2-2。

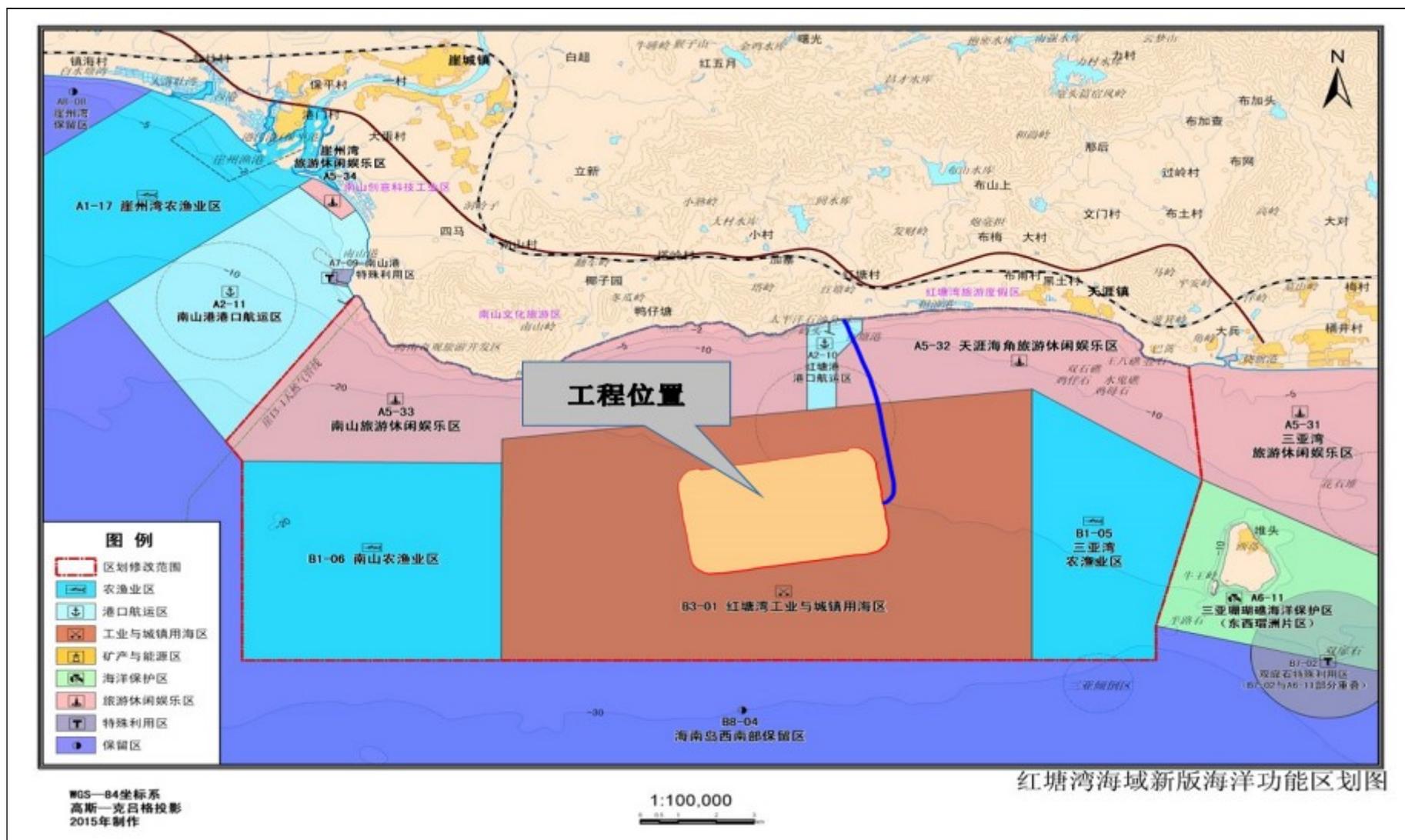


图 2.2-1 海南省海洋功能区划图（三亚市红塘湾海域）

三亚市生态保护红线分布图



图 2.2-2 海南省三亚市生态保护红线分布图

表 2.2-1 海南省三亚市海域海洋功能区划登记表（部分）

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积 (hm ²)	岸段长度 (km)	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
83	A5-32	天涯海角旅游休闲娱乐区	三亚市	位于三亚市天涯镇至红塘岭南部海域。	旅游休闲区	2701.81	18.49	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，兼顾农渔业用海，开展名贵品种增殖和休闲渔业开发；涉海工程建设需征求相关部门意见。	天涯海角岸段禁止改变海域自然属性，红塘湾岸段允许适度改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发容量。	保持岸滩原有形态，强化海岸治理工程，严格控制生活等污水直接排入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沙滩、砾石滩、沿岸地质地貌和水质；保护旅游资源。	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
84	A2-10	红塘港港口航运区	三亚市	位于三亚红塘岭红塘村南部海域。	港口航运区	261.92	1.52	主导用海类型为交通运输用海，保证船舶停靠、装卸作业、避风和调动、通航所需海域；兼顾海底管道、路桥交通功能；涉海工程建设需征求相关部门意见。新机场建成，油码头搬迁后转划为旅游码头功能。	允许适度改变海域自然属性，围填海用于港口配套设施、路桥交通等建设。	加强项目用海动态监测和跟踪管理，防淤、防污染。	保护港口、航道水深条件；保护水域宽度，防止淤积。	执行三类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
85	A5-33	南山旅游休闲娱乐区	三亚市	位于三亚市崖城镇南部海域。	旅游休闲区	4469.61	14.58	主导用海类型为旅游娱乐用海，用于旅游基础设施建设、浴场和游乐场用海，可兼顾农渔业用海，沿岸可适度增殖养殖鲍鱼等珍贵渔业品牌，可适度开发休闲渔业项目；涉海工程建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发容量。	严格控制生活等污水直接排入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沿岸山体和砾石滩、海滩等海岸地貌；保护水质。	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
159	B1-05	三亚湾农渔业区	三亚市	位于三亚湾东、西瑁洲岛南部周边海域。	农渔业区	2788.95	0	主导用海类型为开放式养殖用海，可兼顾旅游娱乐用海，开展休闲渔业活动；涉海工程建设需征求相关部门意见。	允许适度改变海域自然属性。	合理规划增殖养殖规模、密度和结构，防止渔业资源过度开发。	保护海域自然生态环境。	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
160	B3-01	红塘湾工业与城镇用海区	三亚市	位于三亚市红塘湾近岸海域。	工业与城镇用海区	8861.69		主导用海类型为城镇建设用海，兼顾交通运输用海与旅游娱乐功能；填海造地实施总量控制，重点保障海上机场建设需求；涉海工程建设需征求相关部门意见。	允许改变海域自然属性。根据海上机场、交通运输港口码头、旅游服务设施等建设需要可填海造地，但需注意填海造地对生态环境的影响。	实施海域环境综合整治，海洋工程需协调好与周边功能区的关系。	保护海域自然生态环境。	执行三类海水水质标准，二类海洋沉积物质量标准，二类海洋生物质量标准。

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积 (hm ²)	岸段长度 (km)	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
161	B1-06	南山农渔业区	三亚市	位于三亚市南山南部海域。	农渔业区	4282.52	0	主导用海类型为渔业用海，主要为增养殖用海，可兼顾旅游娱乐用海；涉海工程建设需征求相关部门意见。	允许适度改变海域自然属性。	合理规划增养殖规模、密度和结构，防止渔业资源过度开发。	保护海域自然生态环境。	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
86	A2-11	南山港口航运区	三亚市	位于南山岭西侧崖州湾东部海域。	港口航运区	2804.43	2.61	主导用海类型为交通运输用海，合理规划港口基础设施建设，保证船舶停靠、装卸作业、避风和调动、通航所需海域；可适当兼顾旅游娱乐和工业与城镇建设用海；涉海工程建设需征求相关部门意见。	允许适度改变海域自然属性。	加强项目用海动态监测和跟踪管理，防淤、防污染。	保护港口、航道水深条件；保护水域宽度，防止淤积。	执行不劣于三类海水水质标准，二类海洋沉积物质量标准，二类海洋生物质量标准。
82	A5-31	三亚湾旅游休闲娱乐区	三亚市	位于三亚河至肖旗河岸段海域。	旅游休闲娱乐区	7561.83	18.49	主导用海类型为旅游娱乐用海，用于旅游基础设施建设、浴场和游乐场用海，可兼顾港口航运用海，为附近船只提供防台避风海域；保障海上防台避风安全，旅游基础设施建设不得占用防台锚地水域；涉海工程建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发容量。	强化海岸综合治理和管理，保持岸滩原有形态，严格控制生活污水直接排入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沙滩、沿岸地质地貌和水质。	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
80	A6-11	三亚珊瑚礁海洋保护区(东西瑁洲片区)	三亚市	位于三亚市三亚湾东西瑁洲岛海域	海洋保护区	2852.51		主导用海类型为海洋保护区用海，试验区可适当开展生态旅游，缓冲区可适当开展科研教学，但应严格控制规模；严格按照自然保护区管理法规管理，缓冲区只可进行经批准的科学研究、教学实习活动，实验区只能进行经批准的科学实验、教学实习、参观考察、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物等活动；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。	保护区核心区用海方式应禁止改变海域自然属性，缓冲区和实验区应严格限制改变海域自然属性，在该保护区管理机构统一规划和指导下，实验区内可有计划地进行适度开发活动。	修复和保护珊瑚礁生态系统和海岛地形地貌，加强监控系统建设。	保护珊瑚礁及其生态环境；保护海洋生物多样性；保护海底管线。	执行一类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
		三亚珊瑚礁海洋保护区(亚龙湾片区)		位于三亚市亚龙湾野猪岛、西排和东排海域		2376.59	5.57					
		三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)		位于三亚市鹿回头至大、小东海海域		1865	19.45					

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积 (hm ²)	岸段 长度 (km)	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
162	B8-04	海南岛西南部保留区	三亚市-乐东县-东方市-昌江县	位于海南岛西南部近海海域。	保留区	237718.45		无主导用海类型,维持现有用海现状,今后根据经济社会发展需要,经科学论证明确其具体使用功能后可调整功能;注意海底管线的保护,海上设施建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性。		保护海域自然生态环境;保护金色小沙丁鱼、蓝圆鲹等水产种质资源;保护近海渔业资源;保护海底管线。	海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状,经论证改变功能类型后,根据开发类型确定其水质标准。
89	A1-17	崖州湾农渔业区	三亚市	位于崖州湾宁远河口岸段及该岸段西南部海域	农渔业区	5826.4	21.58	主导用海类型为渔业基础设施用海和开放式增殖用海,主要为崖州中心渔港建设用海、抗风浪深水网箱养殖和重要渔业品种增殖用海。合理规划渔业生产所必须的基础设施建设,保证渔船停靠、装卸作业和避风所需海域。兼顾旅游用海,开展生态养殖观光等休闲渔业活动;涉海工程建设需征求相关部门意见。	应严格限制改变海域自然属性,避免对河口水动力环境产生影响,注意河口生态保护。	合理规划增殖规模、密度和结构,防止渔业资源过度开发;加强用海动态监测和跟踪管理,防止海水污染和淤积。	保护河口水动力环境;保护底质环境和渔业资源;保护航道。	渔港区执行不劣于三类海水水质标准,二类海洋沉积物质量标准,二类海洋生物质量标准;其它海域执行二类海水水质标准,一类海洋沉积物质量标准,一类海洋生物质量标准。
90	A5-34	崖州湾旅游休闲娱乐区	三亚市	位于三亚市南山岭崖州湾海域	旅游休闲娱乐区	83.02	1.55	主导用海类型为旅游娱乐用海,用于旅游基础设施建设、浴场和水上运动娱乐用海,可兼顾交通运输用海,作为南山港扩展用海。协调与南山港港口用海区的关系;涉海工程建设需征求相关部门意见。	严格限制改变海域自然属性,除浅海海域允许适当留填海用于旅游休闲度假外,其他区域禁止围填。	严格控制生活污水直接排放入海,防止海洋环境状况恶化。	保护沙滩及海岸地貌。	执行二类海水水质标准,一类海洋沉积物质量标准,一类海洋生物质量标准。

2.3 环境影响要素识别与评价因子筛选

2.3.1 环境影响要素识别

由于工程建设引起的海域生态、沉积物环境等非污染环境影响要素识别见表 2.3-1。

表 2.3-1 环境影响要素识别

时段	环境要素	影响因子/影响对象	工程内容及表征	影响程度
施工期	海洋生物生态	近岸海域生境及生物、浮游动植物、鱼卵、仔稚鱼、游泳生物等	填海造地工程、人工岛对外交通工程（跨海桥梁）、占用近岸海域	-3
			护岸施工、吹填造地施工、溢流口尾水溢流、人工岛对外交通工程（跨海桥梁）等施工产生的悬浮物对海洋生物的影响	-3
		珊瑚	施工作业产生悬浮泥沙对周边珊瑚的影响	-3
		中华白海豚	项目占用海域以及施工悬浮泥沙对中华白海豚索饵环境的影响	-1
	海水水质	SS	护岸施工、尾水溢流、吹填造地等施工产生的悬浮物对海水水质的影响	-2
建成后	海洋水文动力环境及冲淤平衡	海域潮流场及波场、岸滩冲淤环境	填海造地工程对周边海域潮流、波浪和冲淤平衡的影响，工程对天涯海角景区和南山风景区的岸滩稳定影响	-3
	沿岸珊瑚礁	珊瑚	岸滩冲淤导致沿岸珊瑚礁的损失	-3

注：-1 表示环境要素所受负面影响程度为较小或轻微，进行影响描述；

-2 表示环境要素所受负面影响程度为中等，进行影响分析；+号表示正面影响；

-3 表示环境要素所受负面影响程度较大或较为敏感，进行重点评价。

2.3.2 评价因子筛选

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》的有关要求，结合环境影响要素识别结果，确定本工程环境质量现状评价因子和环境影响预测评价因子如下：

(1) 环境质量现状评价因子

根据海域周围环境的复杂性和工程自身特点。确定环境质量现状评价因子见表 2.3-2。

(2) 环境影响预测评价因子

根据海域周围环境的复杂性和工程自身特点，主要选取以下内容进行预测分析：工程建设前后的水文动力、地形地貌与冲淤环境变化，工程施工过程产生的悬浮沙对海洋环境的影响，详见表 2.3-3。

表 2.3-2 环境质量现状评价因子

序号	环境要素	评价因子
1	海洋水文动力环境	波浪、潮汐、潮流、余流、潮位、悬沙
2	地形地貌与冲淤环境	岸线分布与地貌特征、水下地形特征、地形地貌冲淤变化特征
3	海洋水质环境	水温、盐度、pH、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、溶解氧、活性磷酸盐、无机氮（氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮）、石油类、汞、总铬、锌、砷、铜、铅和镉等
4	沉积物环境	有机碳、含水率、氧化还原电位、硫化物、石油类、锌、镉、铅、铜、铬、砷和总汞共 12 项
5	海洋生态环境	叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳生物、鱼卵仔鱼
6	生物体质量	铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃共计 8 个要素
7	珊瑚物种	分布现状、种群特征
8	中华白海豚	分布现状、种类、数量、范围

表 2.3-3 环境影响预测评价因子一览表

评价时段	环境影响要素	预测评价因子
施工过程	海洋水质环境	悬浮物
	沉积物环境	悬浮物
	生态环境	浮游植物、浮游动物、底栖生物损失
	渔业资源环境	游泳生物、鱼卵和仔稚鱼损失
	珊瑚保护区（珊瑚物种）	底栖生境、水质、饵料
	中华白海豚	悬浮物
工程建成后	海洋水文动力环境	潮流场变化、悬沙场京华、波浪场变化
	地形地貌与岸滩冲淤环境	地形地貌变化，泥沙运移变化，岸滩冲刷、淤积量变化

2.4 评价标准

2.4.1 海洋环境质量标准

三亚新机场人工岛位于《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案》（2015 年）中的“红塘湾工业与城镇用海区”（功能区代码为 B3-01），环境保护要求为“执行三类海水水质标准，二类海洋沉积物质量标准，二类海洋生物质量标准。”

连岛大桥海上部分登陆段位于红塘港港口航运区和天涯海角旅游休闲娱乐区，岸滩防护工程位于“南山农渔业区”“三亚湾农渔业区”

工程周边海洋功能区划为“红塘港港口航运区”、“天涯海角旅游休闲娱乐区”、“南山旅游休闲娱乐区”、“南山农渔业区”“三亚湾农渔业区”和“海南岛西南部保留区”，环境管理要求分别为：

红塘港港口航运区：执行三类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准”；

天涯海角旅游休闲娱乐区：“执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准”；

南山旅游休闲娱乐区：“执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准”；

南山农渔业区：“执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准”；

三亚湾农渔业区：“执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准”；

海南岛西南部保留区：“执海水水质标准、海洋沉积物质量标准、海洋生物质量标准应维持现状，经论证改变功能类型后，根据开发类型确定其水质标准。”。因此本评价确定：

三亚新机场人工岛工程周边海洋环境水质执行《海水水质标准》中的三类标准，海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》中的二类标准，海洋生物质量执《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的二类标准；

连岛大桥海上部分登陆段位于红塘港港口航运区，环境水质执行《海水水质标准》中的三类标准，海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》中的二类标准，海洋生物质量执《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的二类标准；

岸滩防护工程位于“南山农渔业区”“三亚湾农渔业区”“执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准”；

其它海域海洋环境水质执行《海水水质标准》中的二类标准，海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》中的一类标准，海洋生物质量执《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的一类标准；具体本评价采用的标准如下：

（1）海水质量标准：海洋环境水质执行《海水水质标准》中的二类和三类标准。详见表 2.2-1。

（2）海洋沉积物质量标准：海洋沉积物质量评价执行《海洋沉积物质量》中的一类和二类标准。详见表 2.2-2。

（3）海洋生物质量标准：本评价海域贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》GB 18421-2001 规定的第一类、二类标准值（表 2.2-3）；其它甲壳类和鱼类生物体内污染物质（Cu、Hg、As、Pb、Cd）含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准（表 2.2-4）。

表 2.2-1 海水水质标准 (单位: mg/L)

项目	第二类	第三类
PH	7.8-8.5, 同时不超出该海域正常变动范围 0.2pH 单位	6.8-8.8, 同时不超出该海域正常变动 范围的 0.5pH 单位
水温(°C)	人为造成的海水温升夏季不超过当地 1°C, 其它季节不超过 2°C时当	人为造成的海水温升夏季不超过当时 当地 4°C
DO ≥	5	4
CODMn ≤	3	4
无机氮(以 N 计) ≤	0.3	0.40
活性磷酸盐(以 P 计) ≤	0.03	0.03
石油类 ≤	0.10	0.30
悬浮物质	人为增加的量 ≤10	人为增加的量 ≤100
汞 ≤	0.0002	0.0002
镉 ≤	0.005	0.010
铅 ≤	0.005	0.010
铜 ≤	0.010	0.050
锌 ≤	0.050	0.10
总铬 ≤	0.10	0.20
砷 ≤	0.030	0.050

表 2.2-2 海洋沉积物质量标准

项目	评价标准 (油类、硫化物的单位为 mg/kg, 有机碳为%, 重金属为 10 ⁻⁶)	
	第一类	第二类
硫化物	≤300	≤500
有机碳	≤2.0	≤3.0
油类	≤500	≤1000
汞	≤0.20	≤0.50
镉	≤0.50	≤1.50
铅	≤60	≤130
锌	≤150	≤350
铜	≤35	≤100
砷	≤20.0	≤65.0
铬	≤80.0	≤150.0

表 2.2-3 海洋贝类生物质量标准值 (鲜重) mg/kg

项目	评价标准*		
	第一类	第二类	第三类
总汞	≤0.05	≤0.10	≤0.30
镉	≤0.2	≤2.0	≤5.0
铅	≤0.1	≤2.0	≤6.0
锌	≤20	≤50	≤100(牡蛎 500)
铜	≤10	≤25	≤50(牡蛎 100)
砷	≤1.0	≤5.0	≤8.0
铬	≤0.5	≤2.0	≤6.0
石油烃	≤15	≤50	≤80

表 2.2-4 鱼类、甲壳类以及单壳贝类生物质量评价标准 mg/kg

生物种类	铜 (mg/kg)	铅 (mg/kg)	锌 (mg/kg)	镉 (mg/kg)	总汞 (mg/kg)
鱼类	20	2.0	40	0.6	0.3
甲壳类	100	2.0	150	2.0	0.2
软体类	100 未包括牡蛎	10	250 未包括牡蛎	5.5	0.3

2.4.2 污染物排放标准

本项目为三亚新机场人工岛填海造地工程，其影响主要在施工期，具体为施工船舶产生的生活污水、机舱含油污水、船舶垃圾，人工岛填海造地施工过程中产生的悬浮物、施工垃圾等，本评价污染物排放采用以下标准：

施工船舶生活污水、船舶垃圾排放执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)；

船舶机舱含油污水排放执行《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发[2007]165号)，具体执行的标准值见表 2.2-5。

表 2.2-5 污染物排放标准

污染物	采用标准	排放区域 时限要求	污染因子	标准值 (排放规定)	适用对象
船舶机舱含油污水	沿海海域船舶排污设备铅封管理规定	/	石油类	对“仅在港口水域范围内航行、作业的船舶”的油污水系统排放设备实施铅封管理，禁止上述船舶向沿海海域排放油类污染物，船舶所产生的油类污染物须定期排放至岸上或水上移动接收设施	施工期作业船舶机舱含油污水
船舶生活污水	《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)	2012 年以前安装船载生活污水处理装置，距最近陆地 3 海里以内	BOD5	不大于 50mg/L	施工期作业船舶产生的生活污水
			悬浮物	不大于 150mg/L	
			耐热大肠菌群数	不大于 2500 个/L	
		2012 年以后安装船载生活污水处理装置的，距最近陆地 3 海里以内	BOD5	不大于 25mg/L	
			悬浮物	不大于 35mg/L	
			耐热大肠菌群数	不大于 1000 个/L	
			(COD)	不大于 125 mg/L	
总氮 (总余氮)	不小于 0.5mg/L				
PH	6~8.5				
船舶垃圾	《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)	在任何海域	塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物	收集并排入接收设施	施工期作业船舶产生的垃圾
			货舱、甲板和外表面清洗水	含有的清洁剂或添加剂不属于危害海洋环境物质的方可排放 其它操作废弃物应收集并排入接收设施	
			不同类别船舶垃圾的混合垃圾	应同时满足所含每一类船舶垃圾的排放控制要求	
		在最近陆地 3 海里以内 (含) 的海域	食品废弃物	收集并排入接收设施	
		在最近陆地 12 海里以内 (含) 的海域	货物残留物	禁止排放或弃置入海	
施工垃圾	《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)		其它垃圾	禁止排放或弃置入海	施工过程中固体废物

2.5 评价等级与评价范围

2.5.1 评价要素筛选

本工程由本工程填海填海、人工岛对外交通（跨海桥梁）、等离岸潜堤、拦砂堤等工程内容组成，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19458-2004）中评价等级划分原则。确定本工程必选单项海洋环境影响评价要素海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋地形地貌与冲淤环境、海洋水文动力环境 环境风险六项。本工程海洋环境影响评价各单项环境影响评价要素筛选见表 2.5-1。

2.5.2 环境影响评价等级判定

(1) 海洋环境要素评价等级

本工程填海地面积约 1697.1 万 m²，人工岛对外交通工程跨海桥梁长 6040m；拦沙堤工程（3 处）长 195m，离岸潜堤（2 处）长 3.7km，潜堤、促淤冲淤工程总规模 3.895km，本工程填海造地面积超过了 1000×10⁴m²，属于特大型海洋工程建设项目，工程海域属于生态环境敏感区，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）中对海洋工程环境影响评价等级的划分和判定依据，本项目各单项海洋环境要素评价等级见表 2.5-2 及表 2.5-3。

表 2.5-2 海洋水质、海洋沉积物、海洋生态和生物资源影响评价工作等级判据

工程类别	海洋工程分类	工程规模	本工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态环境
围海、填海、海上堤坝类工程	工业与基础设施建设填海	50×10 ⁴ m ² 以上	1697.1 万 m ²	生态环境敏感区	1	1	1	1
	潜堤（坝）促淤冲淤工程	长度大于 2km	3.895km		1	1	2	1
海上和海底物资储藏设施、跨海桥梁、海底隧道类工程	跨海桥梁	所有规模	6.04 km		1	1	1	1
本工程环境影响评价等级					1	1	1	1

表 2.5-3 海洋地形地貌与冲淤环境影响评价等级判据

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

(2) 环境风险评价等级：根据《建设项目环境风险评价技术导则》HJ/T169-2004，考虑到本工程所处海域生态环境敏感性，风险评价等级为二级。

表 2.5-1 本工程海洋环境影响评价各单项环境影响评价要素筛选表

建设项目类型和内容	本项目建设项目类型和内容	环境影响评价要素						
		海水水质环境	海洋沉积物环境	海洋生态和生物资源环境	海洋地形地貌与冲淤环境	海洋水文动力环境	环境风险	其它评价内容
围填海、海上堤坝工程：城镇建设填海、填海形成工程基础、连片的交通能源项目等填海、填海造地、围垦造地、海湾改造、滩涂改造等工程；人工岛、围海、滩涂围隔、海湾围隔等工程；需围填海的码头等工程，挖入式港池、船坞和码头等；海中筑坝、护岸、围堤（堰）、防波（浪）堤、导流堤（坝）、潜堤（坝）、引堤（坝）、促淤冲淤、各类闸门等工程	本项目填海形成人工岛，用于机场建设，属于填海形成工程基础工程，岸滩冲淤防护工程离岸潜堤、拦砂堤等属于潜堤、促淤冲淤工程	★	★	★	★	★	★	☆
海上和海底物资储藏设施、跨海桥梁、海底隧道工程：海上桥梁、海底隧道、海上机场与工厂、海上和海底人工构筑物、海上和海底储藏库等工程；原油、天然气（含 LNG、LPG）、成品油等物质的仓储、储运和输送等工程；粉煤灰和废弃物储藏、海洋空间资源利用等工程；海洋工程（水工构筑物）和设施的废弃、拆除等	本工程人工岛对外交通属于跨海桥梁	★	★	★	☆ ^a	★	★	☆
本工程环境影响评价要素	——	★	★	★	★	★	★	☆

a. ★为必选环境影响评价内容；b. ☆为依据建设项目具体情况可选环境影响评价内容；c. 其他评价内容中包括放射性、电磁辐射、热污染、大气、噪声、固废、景观、人文遗迹等评价内容。d. 当工程内容包括需要填海的码头、挖入式港池（码头）、疏浚、冲（吹）填、海中取土（沙）等影响水文动力环境时，应将水文动力环境列为必选评价内容。

注：引自《海洋工程环境影响评价技术导则》表 1。

2.5.3 评价范围

本项目环境影响评价等级为1级，根据以往同类项目污染物的数值预测经验，在正常生产情况下，施工期间悬浮沙的最大扩散半径一般不会超过4km，因此确定环境影响评价范围以拟建三亚新机场人工岛边缘为起始点，外扩不小于8-30公里的范围，本项目为特大型海洋工程，评价范围按照上限取值，具体为东侧至三亚莺歌鼻，西侧至乐东的九所镇，东西距离约60公里，南侧至项目南边界约30公里，向陆一侧扩展至岸边，评价海域面积约1936km²，评价范围介于北纬17°57'46.35"~18°24'28.29"之间，东经108°56'29.81"~109°33'44.88"之间，评价范围界点坐标见表2.5-4，评价范围见图2.5-1。

表 2.5-4 评价范围界点坐标

界点	经度 (E)	纬度 (N)
A	108°56'29.81"	18°24'28.29"
B	108°56'29.81"	17°57'46.35"
C	109°33'44.88"	17°57'46.35"
D	109°33'44.88"	18°14'22.40"

溢油的影响范围取决于溢油漂移的速度和应急反应时间及处理效果，根据该海区以往同类工程溢油漂移数值预测结果，并考虑到溢油应急反应时间以及海上应急作业时间，取距工程设施30km范围作为溢油事故对海洋环境影响的重点评价范围。具体评价范围界点坐标见表2.5-4，评价范围见图2.5-1。

2.6 评价时段

本报告评价时段包括机场人工岛施工过程及人工岛形成后对水质与沉积物、海洋生态、水文动力环境、冲淤环境、岸滩冲刷等方面的影响分析；不包含机场营运过程的环境影响分析。

2.7 评价内容与评价重点

根据三亚新机场人工岛工程施工期和人工岛形成后对海洋环境可能产生的污染源、影响因素和其它环境问题分析，并结合拟建工程海域环境特征，海洋环境影响评价内容如下：

2.7.1 一般评价内容

(1) 施工期可能引起的大气环境、声环境和固体废物的影响；(2) 填海物料来源和成分分析；(3) 施工期海洋环境风险评价。

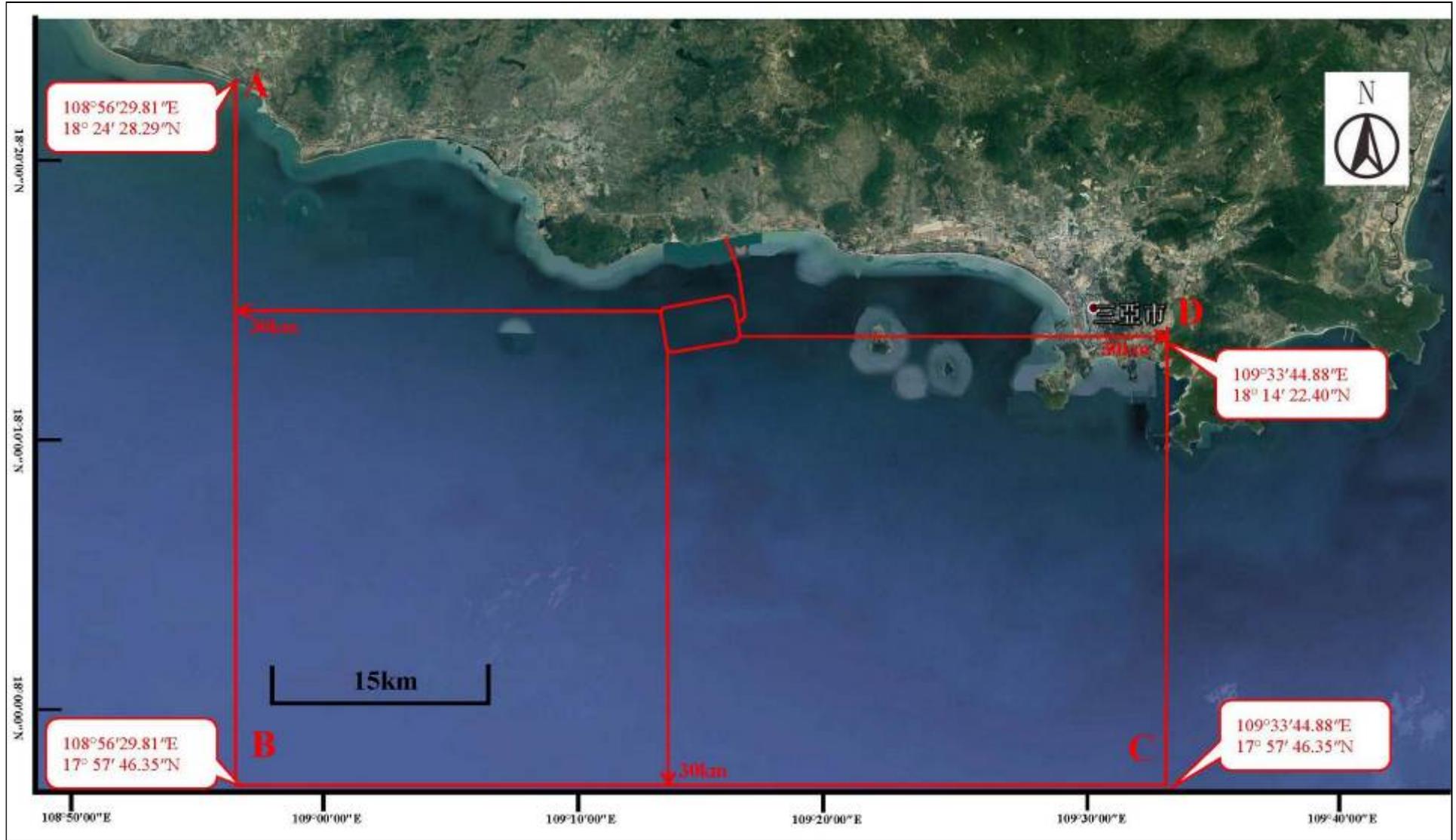


图 2.5-1 评价范围图

2.7.2 重点评价内容

- (1) 依据工程可研和初步设计方案，分析工程选址和平面布局方案合理性；
- (2) 调查工程海域开发利用程度、现有海洋工程和设施的分布现状，分析本工程与现有海洋工程叠加后对海洋环境的影响，给出综合评价结论。
- (3) 工程建设与海洋功能区划、生态红线管理要求和相关规划的符合性分析；
- (4) 工程实施对海洋生态环境影响，特别是对周边海域珊瑚礁、中华白海豚的影响分析；
- (5) 工程实施对天涯海角至南山港之间岸滩演变和冲刷环境影响分析，对周边旅游景区的影响分析；
- (6) 工程采用的减缓岸滩演变和冲刷环境影响人工补砂、离岸堤、岸外潜堤等防护措施、珊瑚礁资源影响减缓措施有效性、可行性分析与论证。
- (7) 工程实施后的环境管理与环境质量跟踪监测。

2.8 环境敏感区与环境保护目标

2.8.1 环境保护目标

三亚新机场人工岛工程周边海洋环境水质执行《海水水质标准》中的三类标准，海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》中的二类标准，海洋生物质量执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的二类标准；

其它海域海洋环境水质执行《海水水质标准》中的二类标准，海洋沉积物质量执行《海洋沉积物质量》中的一类标准，海洋生物质量执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的一类标准。

因此确定正常作业情况下环境保护目标为工程周围海域的海水水质，沉积物质量和海洋生态。控制施工过程及污染物处置方式应不影响临近功能区的《海水水质标准》（GB3097-1997）、海洋生物质量（GB18421-2001）和海洋沉积物质量（GB18668-2002）及相关标准要求。

2.8.2 环境敏感区

本项目评价范围内的环境敏感区主要包括沿岸珊瑚礁分布区、天涯海角旅游休闲娱乐区、南山旅游休闲娱乐区、中华白海豚分布区、南海北部幼鱼繁育场保护区等，需要重点保护的环境目标有：海上观音苑、天涯石和海角石、天涯镇民宅等，本项目评价范围内的环境敏感区及环境保护目标见表 2.8-1，环境敏感区及环境保护目标分布见图 2.8-1。

表 2.8-1 评价范围内环境敏感区和管理保护要求

类别	序号	名称	概况	与工程位置关系		管理要求	保护目标
				方位	距离		
环境敏感区	1	三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）	总面积约 31.08km ² ，其中核心区 6.02km ² 、缓冲区 6.21km ² 、实验区 16.93km ² 、陆地 1.75km ² 、30 米宽岸带 0.17km ²	东侧	7.8km	主导用海类型为海洋保护区用海，试验区可适当开展生态旅游，缓冲区可适当开展科研教学，但应严格控制规模；严格按照自然保护区管理法规管理，缓冲区只可进行经批准的科学研究、教学实习活动，实验区只能进行经批准的科学实验、教学实习、参观考察、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物等活动；注意海底管线的保护，涉海工程建设需征求相关部门意见。	保护对象：珊瑚礁及其生境，即各种浅海造礁石珊瑚、软珊瑚及其它珊瑚、珊瑚礁和其它海洋生物构成的生态系统及海洋生态环境；水质：一类、沉积物：一类、生物质量：一类
		三亚珊瑚礁海洋保护区（鹿回头半岛-榆林角片区）	总面积约 30.15km ² ，其中核心区 3.98km ² 、缓冲区 2.50km ² 、实验区 12.18km ² 、陆地 10.90km ² 、30 米宽岸带 0.59km ²	东侧	19.3km		
	2	沿岸珊瑚礁	沿岸珊瑚主要分布在大小洞天风景区和南山风景区之间岬角（约 6.5km）和南海观音东侧至天涯镇之间（约 12km）。沿岸珊瑚礁呈半连续分布，水深 1~3m 为主要生长带，宽度多在 100~300m，覆盖率分别大于 20%。	北侧和西北侧	3.5km	/	
	3	南海北部幼鱼繁育场保护区	南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1~12 月。	本项目位于该区域内	0	根据《中国海洋渔业水域图（第一批）》（中华人民共和国农业部公告（第 1089 号），2002.2）和《南海北部近海虾类资源调查报告》（中国水产科学研究院南海水产研究所，1982.12）本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。	
4	崖县沿岸虾场	崖县沿岸虾场位于海南岛南部沿海，东起牙笼角，西迄莺哥嘴，水深 6~32 米。大概位置在东经 108°43'~109°40'，北纬 18°07'~18°28'，面积约 1088km ² 。	本项目位于该区域内	0	据《南海北部近海虾类资源调查报告》（中国水产科学研究院南海水产研究所，1982.12）搜索而得；是历史上虾类密集分布区和周边渔民传统的近岸捕捞作业区。	保护对象：赤虾、毛虾和对虾等	

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

类别	序号	名称	概况	与工程位置关系		管理要求	保护目标
				方位	距离		
	5	天涯海角旅游休闲娱乐区	位于三亚市天涯镇至红塘岭南部海域；面积约 3007.34hm ² ，岸线长度约 9.59km。	东北侧	1.45km	保持岸滩原有形态，强化海岸治理工程，严格控制生活等污水直接排放入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沙滩、砾石滩、沿岸地质地貌和水质；保护旅游资源。水质：二类、沉积物：一类、生物质量：一类
	6	南山旅游休闲娱乐区	位于三亚市崖城镇南部海域；面积约 4523.22hm ² ，岸线长度约 14.58km。	西北侧	1.35km	严格控制生活等污水直接排放入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沿岸山体和砾石滩、海滩等海岸地貌；保护水质。水质：二类、沉积物：一类、生物质量：一类
	7	三亚湾旅游休闲娱乐区	位于三亚河至肖旗河岸段海域；面积约 7561.83hm ² ，岸线长度约 18.49km。	东北侧	8.8km	强化海岸综合治理和管理，保持岸滩原有形态，严格控制生活等污水直接排放入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沙滩、沿岸地质地貌和水质；执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准。
	8	崖州湾旅游休闲娱乐区	位于三亚市南山岭西侧崖州湾海域；面积约 83.02hm ² ，岸线长度约 1.55km。	西北侧	12km	严格控制生活等污水直接排放入海，防止海洋环境状况恶化。	保护沙滩及海岸地貌。水质：二类、沉积物：一类、生物质量：一类
	9	三亚河红树林自然保护区	1992 年由市环保局报政府批准设立，现实际总面积为 343.83hm ² （5157.5 亩）。其位于三亚市区内，保护区有红树植物 17 种。	东侧	25.1km	通过人工措施，恢复和扩大红树林植被；建立红树林湿地公园，完善红树林资源监测体系建设，配备必要的监测、通讯与信息处理设备，建立红树林湿地监测信息管理系统；明确保护范围和可适度开发的区域，进行可持续的保护与发展。	保护红树林生境群落稳定
	10	崖州湾西侧开放式养殖	主要养殖品种为白蝶贝、墨西哥扇贝等。	西侧	16.4 km	/	保证养殖区的养殖水质要求
	11	崖州湾围海养殖	主要养殖品种为虾蟹。	西北	13.2km	/	保证养殖区的养殖水质要求
	12	西岛西侧网箱养殖	主要养殖品种有金鲳鱼，军曹鱼，白鲳鱼。其用海面积分别为 50 hm ² 和 29.7390 hm ² 。	东侧	6.7km	/	保证养殖的海水水质要求
	13	三亚湾海洋牧	属于三亚市海洋与渔业局，用海面积	东侧	5.4km	/	保证养殖的海水水质要求

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

类别	序号	名称	概况	与工程位置关系		管理要求	保护目标
				方位	距离		
		场人工鱼礁	为 153.3 hm ² 。				
	14	中华白海豚分布区	评价范围内中华白海豚主要分布于崖州湾西部水深 4.5m~30m, 离岸 20 公里范围内。	西北侧	27.0km	/	保护对象: 中华白海豚及其生境, 保护中华白海豚分布区的海洋生态环境
环境保护目标	1	西鼓岛领海基点	西鼓岛, 三亚市西南海上的方外之岛, 距三亚 50 海里, 岛上有灯塔。隔海相伴东郎岛, 两岛相距 3-4 海里。	西北侧	29.8km	按照《中华人民共和国政府关于中华人民共和国领海基线的声明》管理	保证领海基点地形地貌稳定
	2	深石礁领海基点	地理坐标为北纬 18°14'36", 东经 109°7'36"。	西侧	10.8km	按照《中华人民共和国政府关于中华人民共和国领海基线的声明》管理	保证领海基点地形地貌稳定
	3	海上观音苑	1999 年开工建设, 2005 年 4 约建成。观音圣像高 108m, 是一面是手拿莲花, 另一面是手拿金书, 还有一面是手拿佛珠的一体化三尊造型。脚踏一百零八瓣莲花宝座, 莲花座下为金刚台, 金刚台内是面积达 15000 平方米的圆通宝殿。	工程区西北侧 m	4.3k	/	保护海上观音景观及周边沙滩地貌
	4	鸭仔塘溪	起点为南山岭, 终点为南山观音东侧入海处, 全长 4.5km。	工程区西北侧	4.5	/	保护河流水质、河道行洪安全
	5	担油港潟湖	/	项目东北侧	5.0km	/	保护排洪通畅
	6	天涯石、海角石	天涯海角风景区的标志和象征。高 10.8m, 周长约 66m, 依山傍海的“天涯石”圆中见方, 方中呈圆, “面朝东方”“四平八稳”独占海湾一角, 已有亿万年的历史。海角石位于天涯石西侧, 是海边矗立着巨大的花岗岩石。	项目东北侧	7.8km	/	保护天涯海角石景区原貌
	7	天涯镇民宅	天涯镇黄龙街、青龙街、黑龙街和白龙街的民宅前沿已经建沿海第一线。	项目东北侧	7.1km	/	保护民宅前沿沙滩保持原貌, 不被侵蚀, 保证民宅结构安全

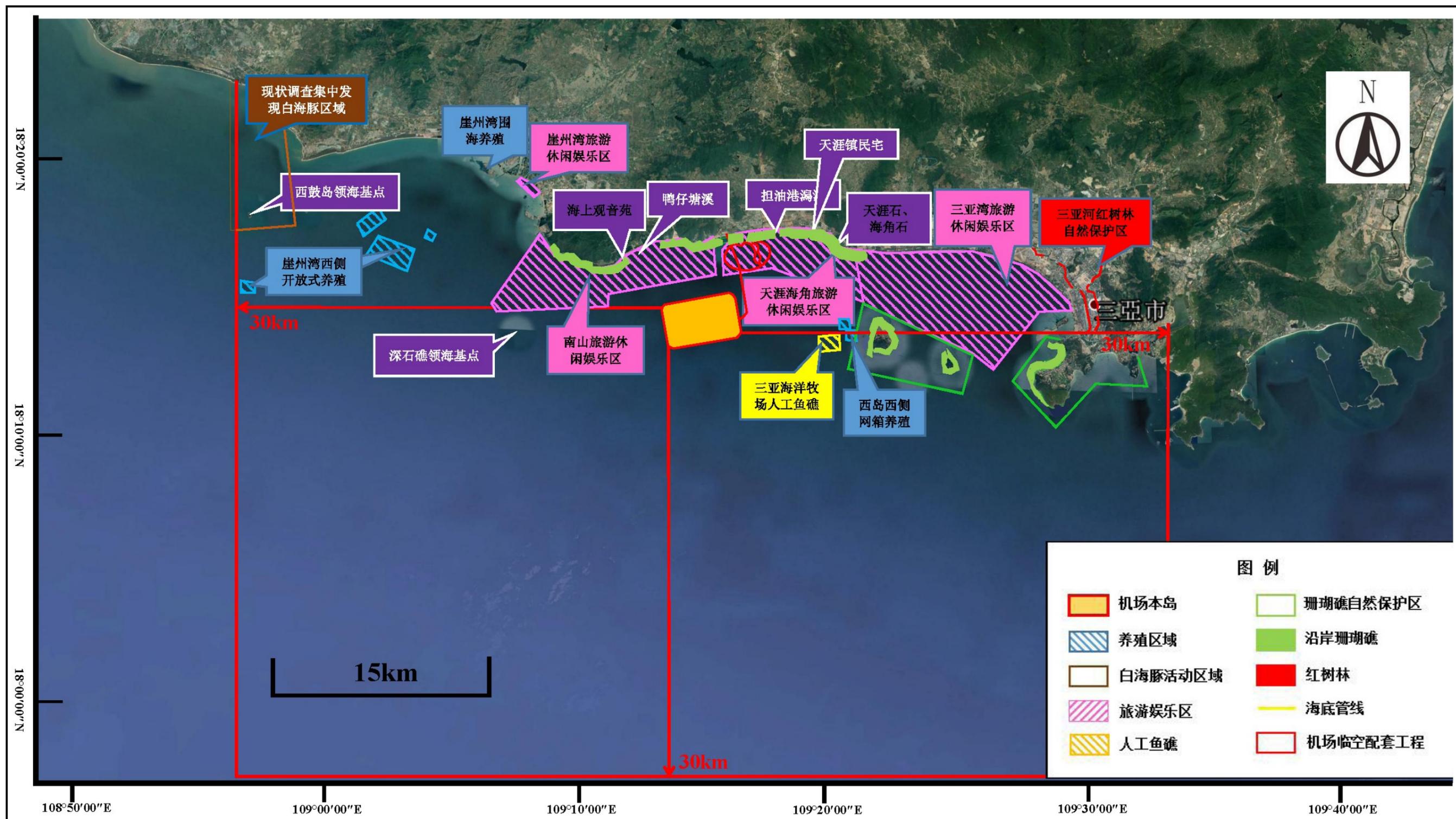


图 2.8-1 项目评价范围内环境敏感区分

3 工程比选

3.1 工程选址比选

本节内容主要引用和《三亚新机场人工岛选址及平面布局方案优化过程报告》（24 平方公里方案，交通运输部天津水运工程科学研究所，中国民航机场建设集团公司，中交第四航务规划设计研究院有限公司 2016 年 10 月）和《关于三亚新机场选址报告的咨询意见 20151221（民航工咨字[2015]337 号）》

3.1.1 初选场址

3.1.1.1 基本要求

对于三亚新机场来说，选址的基本要求是立足服务地区或区域经济，满足旅客便捷出行需要为目的，统筹空域、地面和区域之间的相互关系，寻求空地协调、布局合理、出行快捷的最佳场址。

3.1.1.2 选址范围

3.1.1.2.1 选址限制性因素分析

（1）军用机场和军事禁区限制对选址的限制

（2）城市规划对选址的要求

三亚作为海南岛南部区域中心城市，是全省的旅游组织中心，承担着作为南部经济增长极的功能，肩负着服务和带动区域旅游发展的重任。这就决定了三亚新机场也应以服务地区和区域经济为其首要目标，着眼于带动海南岛南部区域的经济的发展，辐射中西部区域。

图 3.1-1 三亚周边地区机场布局及空域现状示意图

根据《海南省总体规划（2015-2030）》，在海南未来“两干两支”机场体系布局中，“两干”（海口和三亚机场）和“一支”（博鳌机场）均位于海岸带圈层的东部岸线旅游经济发展轴上，仅有另“一支”（儋州机场）位于海岸带圈层的西部岸线工业经济发展轴上，对西部经济的带动作用有限。因此三亚新机场选址应“立足三亚，辐射西部”。

根据《三亚市城市总体规划（2011-2020）》，三亚市未来城市空间结构是“一心两翼、带状组团”，即建设以大三亚湾地区为区域旅游服务中心；以亚龙湾至海棠湾为东翼的旅游休闲度假区，以崖州到乐东为西翼的历史文化主题区。空间发展策略是“由陆向海，塑造港湾；城市西进，打造中心”。

根据《海南省总体规划（2015-2030）》对三亚机场的定位和三亚市西进的城市发展策略，C区偏离机场服务重心和岛内机场布局规划，不做为初选场址排查范围，因此初步选址基于空域条件限制下重点在A区和B区进行。

（3）地形地貌及风景名胜区对选址的限制

三亚市北靠高山，南临大海，地势自北向南逐渐降低。北部山脉主要为五指山脉向南延伸的一道主干山脉和五条支脉。有抱坡岭、大会岭、虎岭、高岭等绵延起伏的山岭，并形成环抱之势。山脉的延伸将南部地区分为若干丘陵地区，在三亚市东侧形成了陵水——榆林沿海平原，在三亚市西侧形成南罗——九所滨海平原。南部近海区域是滨海阶地地貌，由海漫滩、砂堤和海底阶地组成。从岸线向海里延伸6公里，地势逐渐走低，海拔高度在0—30m之间。

根据机场净空条件和飞行程序设计要求，在选址时需要避开对飞行程序设计、单发失效情况下飞机性能、飞行安全有影响的人工或自然超高障碍物，因此，三亚新机场只能在三亚南部陆域丘陵地带或近海区域内选取。

三亚地区自然资源丰富，风景名胜较多，在滨海地带三亚珊瑚礁国家级海洋保护区（鹿回头半岛——榆林角片区、东西瑁洲片区）；三亚湾、崖州湾农渔业区；天涯海角旅游娱乐区、南山文化旅游区及海洋娱乐区占据了整个滨海地带。这就要求新机场在近海选址时首先要心有所避避开上述区域。

（4）陆域土地资源有限对选址的限制

三亚地区背山面海、陆域地貌复杂，滨海资源稀缺，陆域选址将给多跑道运行带来极大的难度，加之山地地形的特点，高填深挖及巨大的净空处理量将对生态环境造成巨大影响。无论是环境保护还是工程投资都将付出高昂的代价。

因此三亚新机场可供选址的陆域土地资源有限，很难满足选址要求。参照国内外填海机场

的建设经验，同时考虑到岸线旅游资源和陆域一侧净空条件，离岸填海、建设人工岛将成为新机场场址的理想选择。填海建设机场即拓展了城市发展用地，又减少了飞机噪音对城市的环境污染。

3.1.1.2.2 选址范围的确定

在研究了新机场与邻近军用机场的空域限制条件、与城市发展之间的关系、地形地貌、以及其它影响选址的限制性因素后，选址工作在地理方向上，按优先次序依次考虑西面、北面和东面；在地理位置上，按优先次序依次考虑近海、海岸和陆域；在步骤上，优先考虑空域的可协调性，结合地面条件、飞行程序等因素进行自然与人工障碍物的排查，排除乐东、陵水军用机场空范围、军事禁区、风景名胜及自然保护区等区域，本次选址范围确定为：

- 1、在三亚市中心以西 35km-60km 范围的近海区域；
- 2、在三亚市西北方向崖城镇以西 10km 的黑岭附近的丘陵地带；
- 3、在陵水-榆林沿海平原地区三亚和陵水交界的赤岭和加茂地区；
- 4、在三亚市以西 90KM 左右的乐东县莺歌海镇区域。

3.1.1.3 初选场址的确定

基于现有军用机场（乐东军用机场、三亚军用机场和陵水军用机场）不能搬迁、空域可协调、能够满足多跑道独立运行的条件、地面上与所服务的主要城市距离适中并兼顾区域协调发展、综合交通系统功能有效发挥、工程建设成本在合理范围且技术方案成熟可控等条件下，选址工作按照先初选、再预选、最后比选并推荐首选场址的程序进行，在前述 4 个选址范围内经过图上作业和现场踏勘后，初步场址选取崖州湾场址、红塘湾场址、黑岭场址、赤岭场址、加茂场址及莺歌海六个场址，其中黑岭、赤岭、加茂为陆上选址，崖州湾、红塘湾及莺歌海为海上选址。

具体位置如图 3.1-2。初步场址与军方便海域关系见图 3.1-3

图 3.1-2 初选场址位置示意图

图 3.1-3 初选场址与军方使海域关系图

3.1.2 预选场址筛选

(1) 赤岭场址位于三亚市中心 70 度方向，与三亚市直线距离约 38km，属陵水界的土福湾，为半填海区域，平均水深 15 米左右，西南侧为海棠湾国家海岸。赤岭场址与陵水机场平行，垂直距离 20km，进离场航线进离场航线需要占用陵水和乐东机场空域，不具备双跑道运行的条件。从规划符合性及环境影响角度：陆域的土地利用及部分用海范围与现有设规划存在一定矛盾，对海棠湾休闲度假海岸造成噪声影响。

经初步评估，赤岭场址需要处理远距离山头，对生态环境影响较大，另外净空条件也难以符合双跑道运行需求，予以排除。

(2) 加茂场址位于三亚市中心 37°方向，直线距离约 39km。场址位于西侧番俄岭（678 米），东侧廖二岭（620 米）等诸岭之间，跑到北端延长线 12km 左右有海拔 1029 米的驳百岭，南北方向上地势起伏不大。：赤岭场址与陵水机场平行，垂直距离 20km，与军航机场相互影响比较大，进离场航线需要占用陵水和乐东机场空域。经评估，场址北面净空条件差，需要处理远距离山头，净空条件难以符合双跑道运行需求，予以排除。

(3) 莺歌海场址场址位于三亚市中心 287°方向，距离约 100km。场址在莺歌海镇以西近海约 7km 处，场址范围内平均水深 15 米左右，海底局部有 28 米的深沟存在，据现场观察，该区瞬时风速较大，风向多变，跑道方向选择需要结合详细气象资料和进一步的航行服务研究后确定。莺歌海场址距离乐东机场西侧 35km，与乐东机场平行，进离场航线处于乐东机场空域范围内，进离场航线需要占用乐东机场空域。该区域内已建有国电西南电厂，对场址净空和电磁环境产生一定的影响，结合《关于三亚新机场选址报告的咨询意见 20151221（民航工咨字[2015]337 号）》的专家意见“莺歌海场距三亚市中心直线距离 100 千米，该场址对三亚市辐射能力有限，且该场址成立前提条件是“一市两场”，三亚机场布局规划原则冲突，综合考虑，予以排除”因此，在预选场址予以排除。

经筛选：红塘湾场址、崖州湾场址、黑岭场址在空域条件上基本能满足多跑道独立运行条件。红塘湾场址、崖州湾场址对乐东机场的运行影响相对较小，因此，将红塘湾场址、黑岭场址、崖州湾场址确定为预选场址，其中黑岭场址是唯一的陆上场址。以下针对**红塘湾场址、黑岭场址、崖州湾场址**进行场址比选。

3.1.3 预选场址方案比选

选择从空域条件、净空条件、工程量、与城市距离、与城市规划符合度、配套设施投资及环境影响等 13 个指标进行比选，比选结果见表 3.1-1。

表 3.1-1 预选场址比选结果表

序号	比选项目	红塘湾场址	黑岭场址	崖州湾场址	比选结果	
1	与城市距离及场地发展条件	红塘湾场址位于三亚市西面的红塘湾，其东面为天涯海角风景旅游区，西面紧邻南山港及南山风景旅游区，距三亚市中心直线距离 27km；距离适中，用地充足	黑岭场址位于崖城镇以东北约 11km 的黑岭区域，其东面为阜尖岭、西面为宁远河河谷、大隆水库，并紧邻抱古水库，西南侧约 15km 为崖城镇，距三亚市中心直线距离约 41km；距离较远，用地充足	崖州湾场址位于三亚市西南方向的崖州湾近海区，离岸 7.5km，其东面为南山风景旅游区、南山港，西面隔鼻头角嘴与东罗湾相邻，距三亚市中心直线距离约 55km；距离较远，用地充足	红塘湾场址较优	
2	跑道	位置			基本相同	
		真方位	081°~261°	030°~210°		072°~252°
		规划数量	两条远距跑道，一条近距跑道，预留一条近距跑道	两条远距跑道，一条近距跑道，预留一条近距跑道		两条远距跑道，一条近距跑道，预留一条近距跑道
		间距	远距 1850m，近距 400m	远距 1850m，近距 400m		远距 1850m，近距 400m
3	与城市规划符合度	2016 年海南省三亚市场海洋功能区调整后，场址所处海域为城镇用海区，与海洋功能区划相协调	场址位于育才生态保护区，西侧为水源地保护区，与城市规划矛盾较大	场址所处海域为渔业养殖区，与规划的城市核心区有一定距离，与城市规划矛盾较小	黑岭矛盾最大，崖州湾矛盾较小，红塘湾居中；后期调整后红塘湾较优	
4	工程、水文地质条件	场区底层结构比较简单，地质条件稳定，地层属均匀地基土，土层工程性质较好	紧邻“九所一陵水东西向大断裂带”，主要受该断裂及由此产生的次一级北东向及西向小型断裂控制，地质条件适应性较差	场区底层结构比较简单，地质条件稳定，地层属均匀地基土，土层工程性质较好	红塘湾、崖州湾海床稳定，适合工程建设，黑岭场址存在地质风险	

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

序号	比选项目	红塘湾场址	黑岭场址	崖州湾场址	比选结果	
5	空域条件				红塘湾较优，崖州湾次之，黑岭场址较差	
6	净空条件	场址北侧有 478.7m 的南山和 415.6m 马岭，侧净空较差，南侧为海域，净空条件良好	场址两侧高山林立，东侧有 875m 阜尖岭，西侧有 880m 羊林岭和 909m 雅林岭，北端有 1332m 的山和亲安岭，向南运行，五边高度高，侧净空、远净空均较差，需进行净空处理	场址跑道东端 19km 处有 478.7m 南山，跑道北面高山密集，侧净空、远净空均较差，需处理	红塘湾远净空较优，崖州湾次之，黑岭场址较差	
7	五边长度	29km/35km	29km/40km	29km/40km	基本相同	
8	周边机场	与乐东机场	空域矛盾小，可协调性大	限制乐东机场东侧空域，空域重叠，调和难度大	空域重叠大，与乐东机场空域有一定影响	红塘湾较优
		与陵水机场	东侧航线有交叉	无矛盾	无矛盾	
		与三亚军用机场	军用机场迁建，无影响	军用机场迁建，无影响	军用机场迁建，无影响	

序号	比选项目	红塘湾场址	黑岭场址	崖州湾场址	比选结果	
9	交通条件	<p>北侧岸边有海南环岛高速公路和 225 国道，以及西环铁路。</p> <p>进场路接自西线高速和海榆西线，经跨海高架桥后进入机场，需新建西线高速与跨海高架桥间连接线长约 4km，道路宽 40m。轨道交通在西环铁路上设站点，经跨海高架桥后接入机场，新建线路全长约 9km。</p> <p>新建跨海大桥为公铁两用桥，长约 5.5km，采用公轨合建、平层布置的方式，公路、轨道分别按双向六车道、复线设计。</p>	<p>场址南边有海南环岛高速公路和 225 国道，以及西环铁路。</p> <p>进场路接自西线高速和海榆西线，长约 15.4km，道路宽 40 米。轨道交通由凤凰机场站由轻轨方式接入，长约 18.5km。</p>	<p>北侧岸边有海南环岛高速公路和 225 国道，以及西环铁路。</p> <p>进场路接自西线高速，经跨海高架桥后进入机场，需新建西线高速与跨海高架桥间连接线长约 5km，道路宽 40 米。轨道交通在西环铁路上设站点，经跨海高架桥后接入机场，新建线路全长约 11.4km。</p> <p>新建跨海大桥为公铁两用桥，长约 8.5km，采用公轨合建、平层布置的方式，公路、轨道分别按双向六车道、复线设计。</p>	红塘湾较优，崖州湾次之，黑岭场址较差	
10	公用设施配套条件	给排水条件	扩崖城水厂；自建污水处理厂；垃圾由三亚市统一处理	扩崖城水厂；自建污水处理厂；垃圾由三亚市统一处理	扩崖城水厂；自建污水处理厂；垃圾由三亚市统一处理	基本相同
		供电条件	天涯站升级、崖城站新建	新建崖城、乐东望楼两站	新建崖城、乐东望楼两站	
		供气条件	自南山输气总站	自南山输气总站	自南山输气总站	
		通信条件	现有局点能够保障机场光缆双路由通信的要求，新建机场模块局 1 个	新建机场模块局 1 个	新建机场模块局 1 个	基本相同
		供油条件	在机场岛新建 1~2 万吨级专用油码头，油轮来油用船泵通过卸油管线直卸直输至机场油库。	利用红塘码头油库作为中转油库，新建红塘码头中转油库至机场油库的输油管线。	在机场岛新建 1~2 万吨级专用油码头，油轮来油用船泵通过卸油管线直卸直输至机场油库。	黑岭较差

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

序号	比选项目	红塘湾场址	黑岭场址	崖州湾场址	比选结果	
11	环境影响	噪声影响较小，对海洋生态有影响，与景区会有矛盾	有一定的噪声影响，邻近三亚市水源地（抱古水库），对其环境影响较大	噪声影响较小，对海洋生态有影响	基本相同	
12	场地建设条件	场地条件	填海造地，平均水深 22 米	山区建场，填挖工程量大	填海造地，平均水深 18 米	都存在一定风险及难度
		气象条件	南海海域，外海风浪较大	山区局地气象条件复杂	南海海域，外海风浪较大	红塘湾崖州湾较优
		文物及矿产资源	无	无	无	
		征地拆迁补偿	有海域使用金（12.6 亿）	动迁育才镇部分村镇及立才农场，涉及人口约 1618 人，约 670 户，建筑面积 46406 平方米，农用地 17297 亩，初步估算拆迁补偿及安置等费用约 59.5 亿元。	有海域使用金（12.6 亿）	黑岭场址成本最高，红塘湾崖州湾较优

经比选，从空域条件、净空条件、工程量、与城市距离、配套设施投资及环境影响等关键因素（见 3.1-2）来看：红塘湾场址要优于黑岭及崖州湾场址。

基于建设资金有充分保障、填海技术成熟的前提下，对各预选场址的优劣进行了打分（见表 3.1-3）。从打分结果来看：红塘湾场址优于黑岭及崖州湾场址。

表 3.1-2 关键因素对照表

关键因素	红塘湾	黑岭	崖州湾
空域条件	军民航可协调	与军方空域重叠	与军方空域重叠较大
净空条件	目前位置净空条件好	有很大的净空处理量	有较大的净空处理量
工程量	填海工程量大	总土方量大	填海工程量大
与城市距离	距三亚市中心直线距离 27km 距离适中	距三亚市中心直线距离 41km 距离较远	距三亚市中心直线距离 55km 距离较远
配套设施投资	给排水、供电、供气、通信等条件基本相同，从供油条件下，在机场岛新建 1~2 万吨级专用油码头，油轮来油用船泵通过卸油管线直卸直输至机场油库。 投资较小	给排水、供电、供气、通信等条件基本相同，从供油条件下，利用红塘码头油库作为中转油库，新建红塘码头中转油库至机场油库的输油管线。 投资大	给排水、供电、供气、通信等条件基本相同，从供油条件下，在机场岛新建 1~2 万吨级专用油码头，油轮来油用船泵通过卸油管线直卸直输至机场油库。 投资较大
环境影响	噪声影响较小，对海洋生态有影响，与景区会有矛盾	有一定的噪声影响，邻近三亚市水源地（抱古水库），对其环境影响较大	噪声影响较小，对海洋生态有影响

表 3.1-3 预选场址评价表

关键因素	权重	评价因子	权重	红塘湾场址		黑岭场址		崖州湾场址	
				分值	计分	分值	计分	分值	计分
空中条件	5	空域	5	8	200	5	125	5	125
		程序	3.5	8	140	5	88	5	88
		净空	1.5	7	53	6	45	8	60
地面条件	3.5	气象	4	8	112	7	98	8	112
		填海工程	2.5	6	53	9	79	7	61
		公用配套	1.5	9	47	9	47	8	42
		环境影响	1.5	7	37	6	32	8	42
		其它	0.5	7	12	7.5	13	7.5	13
区域经济	1.5	服务城市	6	9	81	9	81	8	72
		服务区域	4	7	42	8	48	8	48
总分值					777		656		663

2015 年 8 月，中国民航工程咨询公司组织专家对《三亚新机场选址报告》进行了评审，经深入论证后，形成《关于三亚新机场选址报告的咨询意见》（民航工咨字[2015]337 号），专家咨询意见认为，三个预选场址都存在投资大，环境影响大等问题。根据中国人民解放军 92830 部队司令部作战处出具的《三亚凤凰机场迁建黑岭预选场址论证意见》，

两个海上场址中，红塘湾场址较崖州湾场址离城市更近、空域及净空条件较好，但存在水深较深，投资较大等缺点，综合考虑各方面因素，在各预选场址方案基本可行的基础上，保证场地基础建设条件和配套设施充足条件下，红塘湾场址与城市距离适中、与城市规划符合度高、机场建设空域条件与净空条件良好并对周边机场影响相对较小，经过综合对比后，《三亚新机场选址报告》建议将红塘湾场址做为推荐场址。

《三亚新机场选址报告》已经通过专家审查，并报中国民用航空局审批，2018年3月，中国民用航空局出具了《民航局关于海南三亚新机场场址的批复》（民航函[2018]268号），同意将红塘湾场址作为海南三亚新机场的推荐场址。相关审查及批复意见见附件。

3.2 红塘湾场址工程优化

本工程三亚新机场推荐选址红塘湾，场址位于三亚市中心 270 度方向，直线距离约 27km，跑道中心点位置为 ，方位为真方位 81°，为城市总体规划中的大三亚湾区域，平均水深 22 米，需要通过填海造陆形成。为了集约节约用海，减少三亚新机场填海工程对后方岸滩冲淤环境、珊瑚礁生境、海洋生态环境的要影响，本节从平面构型、填海面积、工程位置、平面构型等对三亚新机场填海工程进行优化，具体如下：

3.2.1 三亚新机场填海工程平面构型优化

民航设计单位在比选阶段选择了 7 个平面构型方案，见图 3.1-1，经科学论证，选择其中的方案 2、方案 4、方案 5（见图 3.2-2）进行构型优化比选，不同平面构型方案在海上的位置见图 3.2-3。本轮优化比选主要考虑经济、工程技术、环境影响等因子，根据工程对环境的影响特征，不同平面构型对环境影响优化比选要素主要考虑岸滩冲淤环境影响、珊瑚礁环境影响、水文动力环境影响，具体优化比选情况如下：

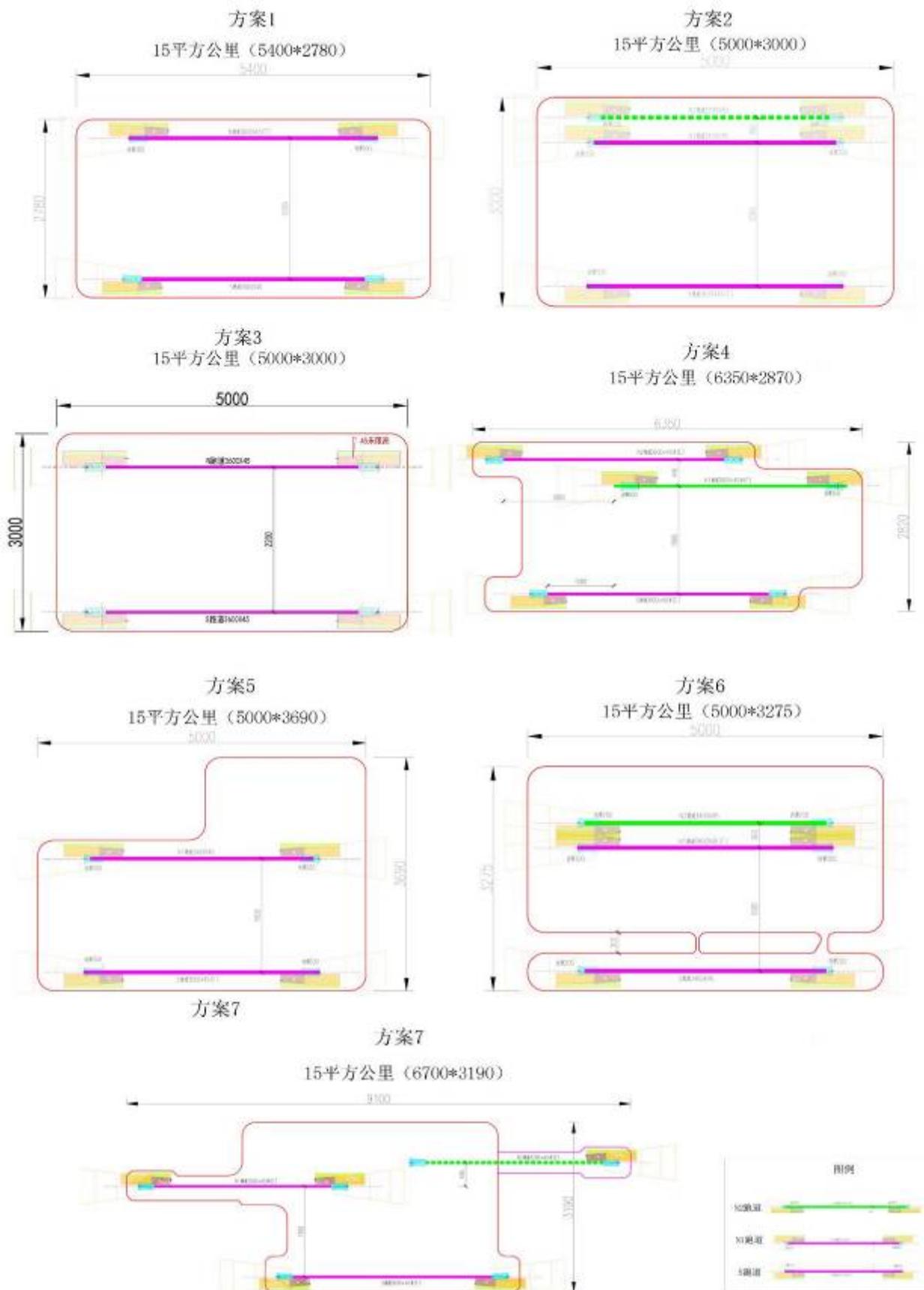


图 3.2-1 机场填海工程平面构型预选方案

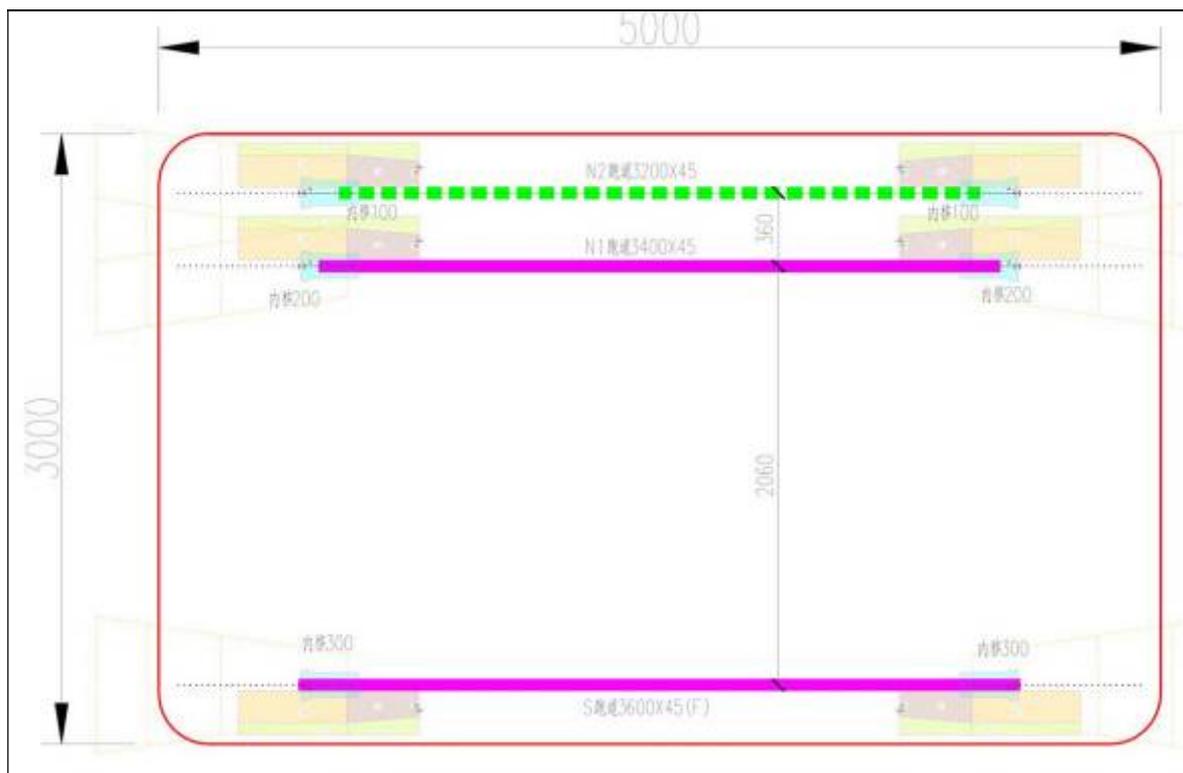


图 3.1-2 (a) 机场填海工程平面构型比选方案 2

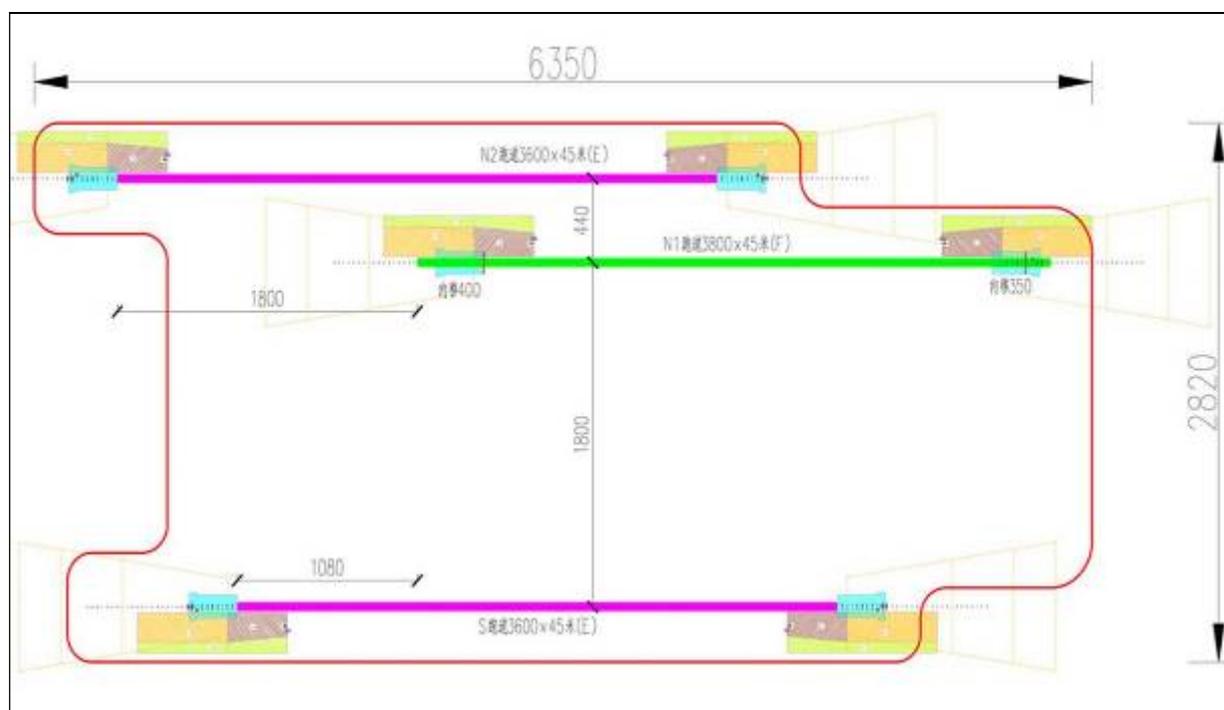


图 3.2-2 (b) 机场填海工程平面布置构型比选方案 4

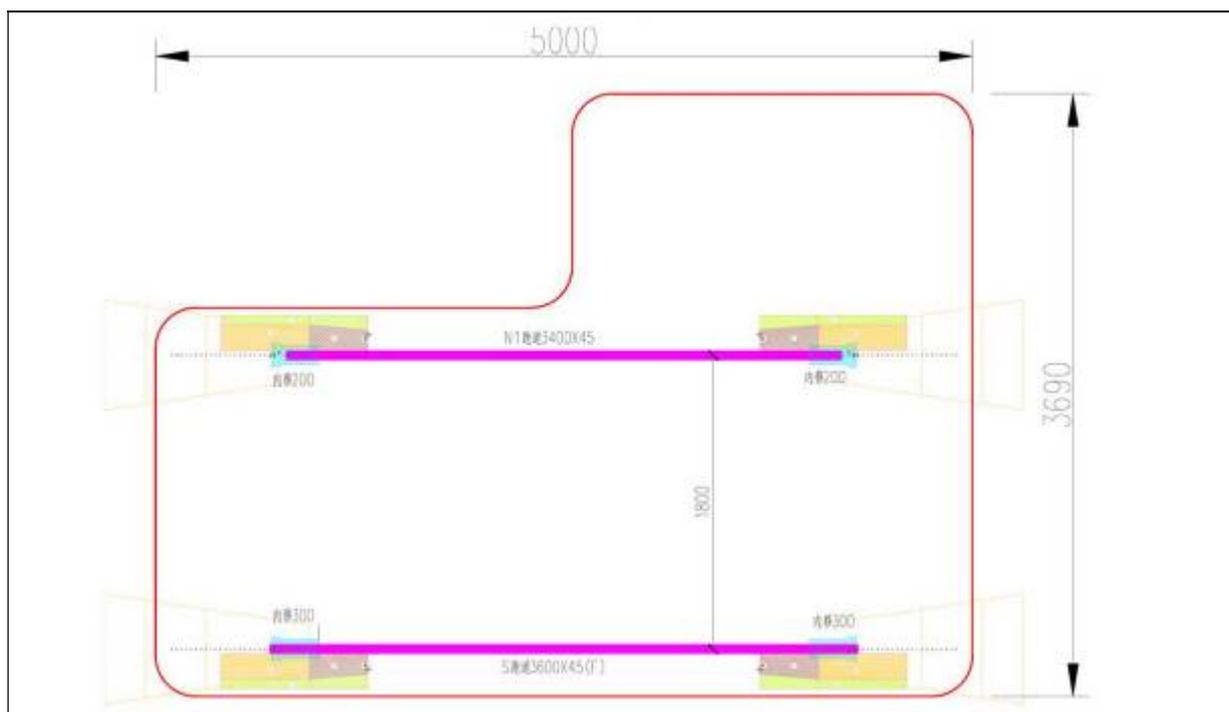


图 3.2-2 (c) 机场填海工程平面构型比选方案 5

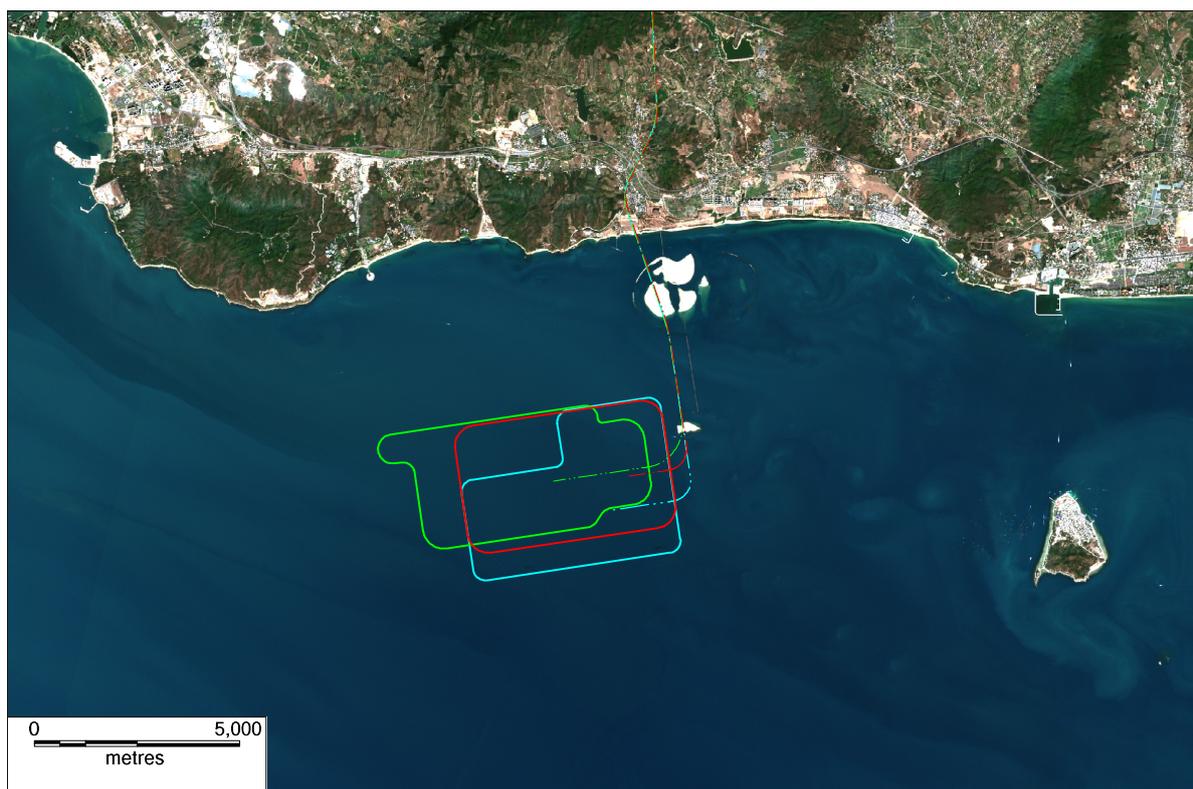


图 3.2-3 不同构型方案在海上的位置关系

(图中方案二为红线、方案三为绿线、方案五为蓝线)

3.2.1.1 经济、工程技术优化比选

方案二与方案四、五比较具有对海洋动力环境适应性好，不需建防波堤灯光带均位于陆域对灯光带安全有利，工程投资小等优点，从工程角度方案二最优。优化比选结果见表 3.2-1。

表 3.2-1 三亚新机场填海工程平面构型工程优化比选结果表

方案	跑道构型	形态特征	外轮廓 (m)		工程方案	工程技术指标比选		工程投资
			东西	南北		工程技术指标	比选结果	
方案 2	N1+N2+S3 跑道	带圆角矩形	5100	3200	陆域回填方量约 46274.1 万 m ³ 从位置而言,其东护岸比已形成的起步区东护岸向西移动了约 1.3km, 陆域面积 15.75 km ² , 护岸总长 15.6km	外形规整、平顺,对海洋动力环境适应性好;东西向最短;护岸总长度最短;灯光带均位于陆域,不需建防波堤,对灯光带安全有利;	较好	最小
方案 4	N1+N2+S 三跑道	“凸”字形	6500	3000	北护岸与方案二基本齐平,东护岸比方案二向西约 0.5km, 西护岸比方案二最多西延约 1.9km。与方案二相比形态相对“细长”位置相对西移;形成陆域约 15.97 km ² , 护岸总长约 17.3km	外形较规整,局部护岸有内凹角,易导致波能集中和涡流;东西向较长;护岸总长较大;有灯光带栈桥,需建防波堤,工程难度大且对灯光带安全不利;	一般	适中
方案 5	N1+S 双跑道	“L”形	5000	3690	东西护岸位置与方案二基本一致,北护岸东部与方案二齐平,西段向南退缩 1.5km;南护岸比方案二向南移动约 0.6km。形成陆域约 15.99km ² , 护岸总长约 17.1km	外形较规整,对海洋动力环境适应性较好;东西向最短;护岸总长度较短;灯光带均位于陆域,不需建防波堤,对灯光带安全有利;南护岸水深较大;	好	最大

3.2.1.2 环境影响优化比选

(1) 岸滩冲淤环境影响优化比选

从工程掩护范围角度,方案五与方案二并无本质区别,只是方案五向外海进一步南扩了约 600m,对天涯镇附近及天涯海角附近的影响略有增大,其余部位与方案二基本一致。

不同方案实施后,天涯海角岸段 30 年冲刷后退幅度 22~23m,比现状增大 2m 左右;天涯镇以西至人工岛掩护区的冲刷段 30 年最大冲刷 21~29m,比现状增大 11~20m;人工岛掩护区 30 年最大淤积 87~216m;南山景区西部 30 年冲刷 10~37m。其中,南北向跨度最大的方案五实施后的对远端海域的影响更大,但形成的淤积体较小;东西向跨度最大的方案四引起的冲刷岸段较短,但工程西段正对南山景区中段,引起南山景区岸段的冲淤调整相对较大;

综上:方案二形态规整,对整体岸滩冲淤环境影响相对较小。方案二、四、五不同方案实施后附近岸段的冲淤变化见图 3.2-4、图 3.2-4、图 3.2-5,优化比选结果见表 3.2-2。

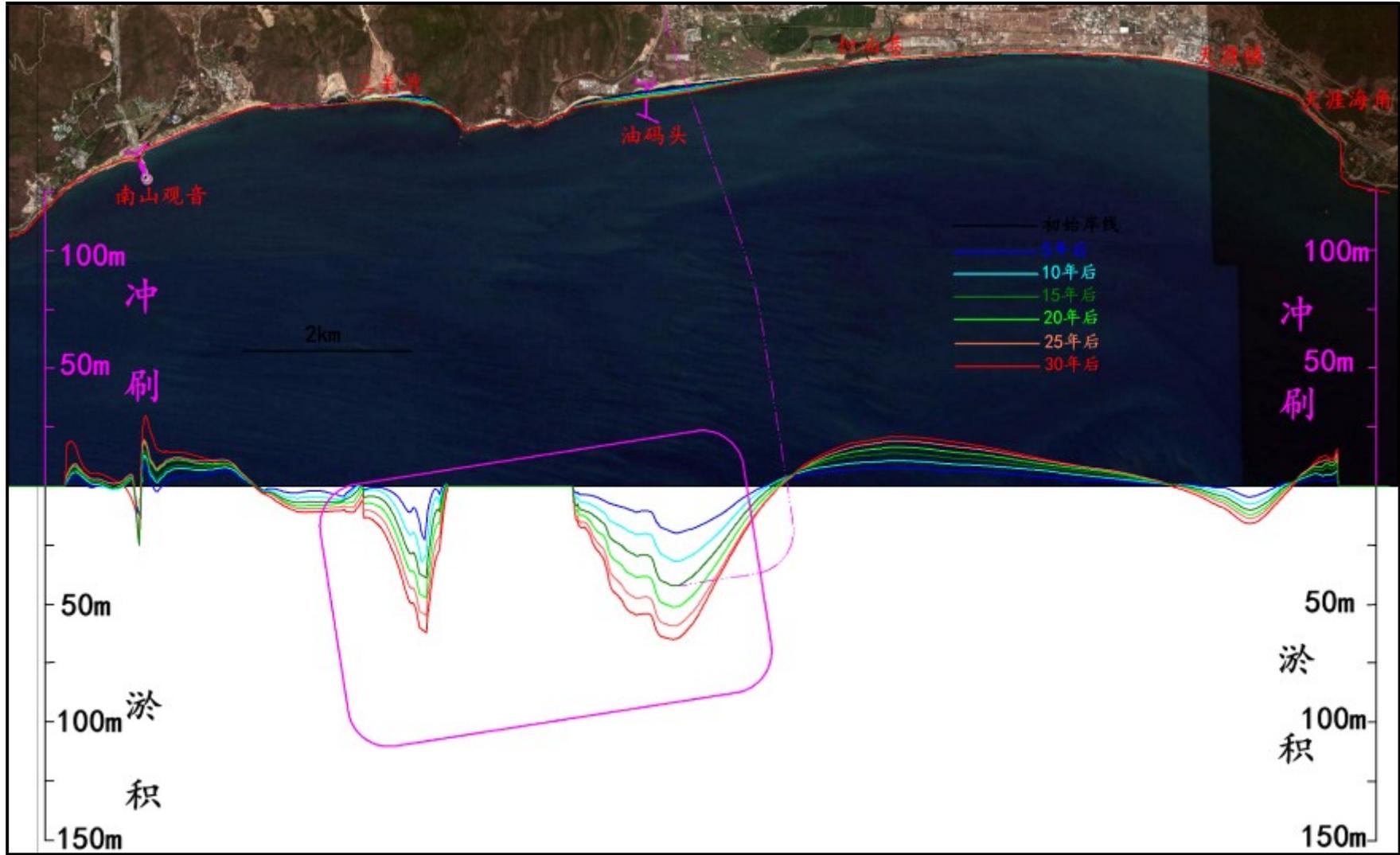


图 3.2-4 三亚新机场填海工程方案二实施后附近岸段的冲淤变化

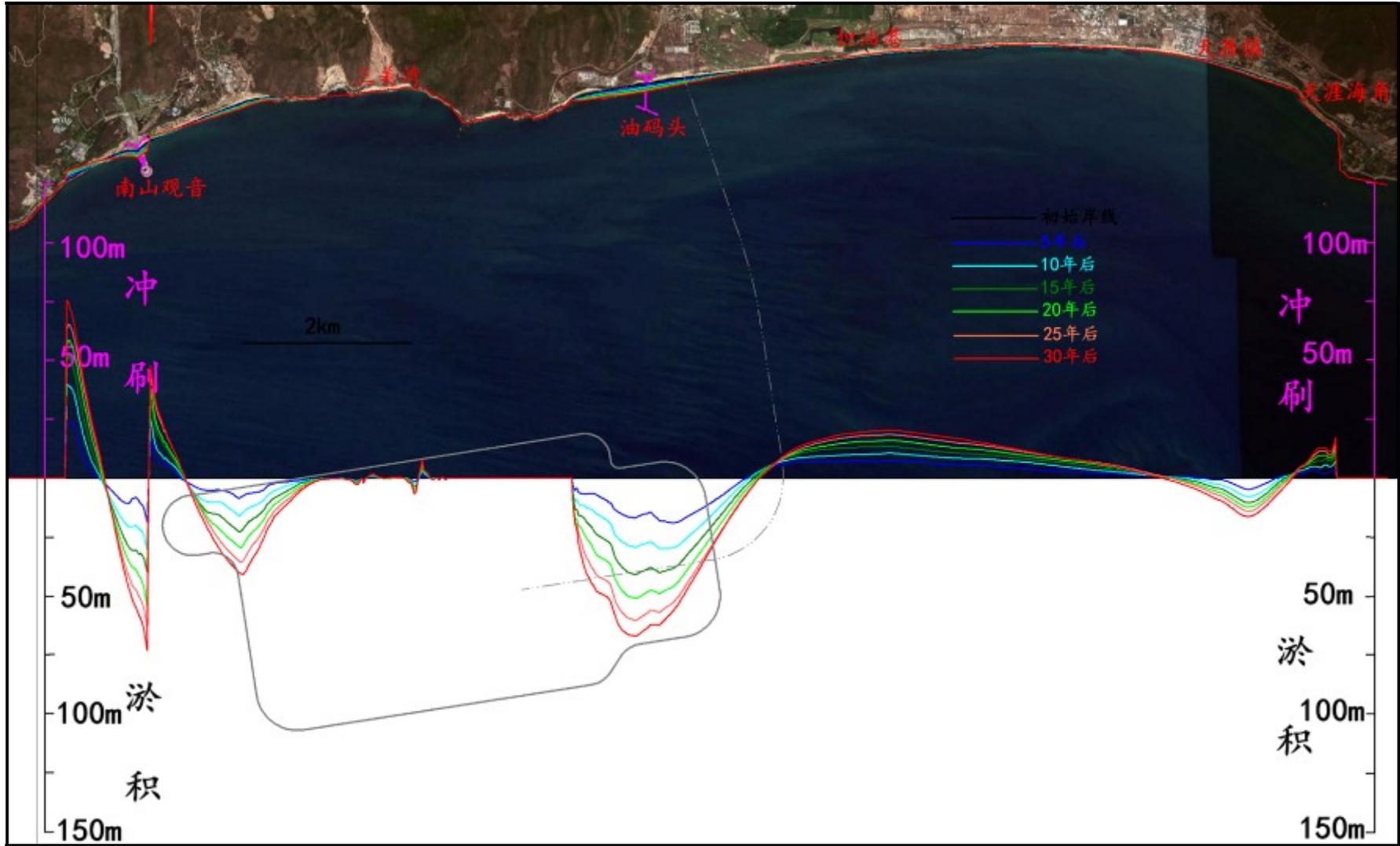


图 3.2-5 三亚新机场填海工程方案四实施后附近岸段的冲淤变化

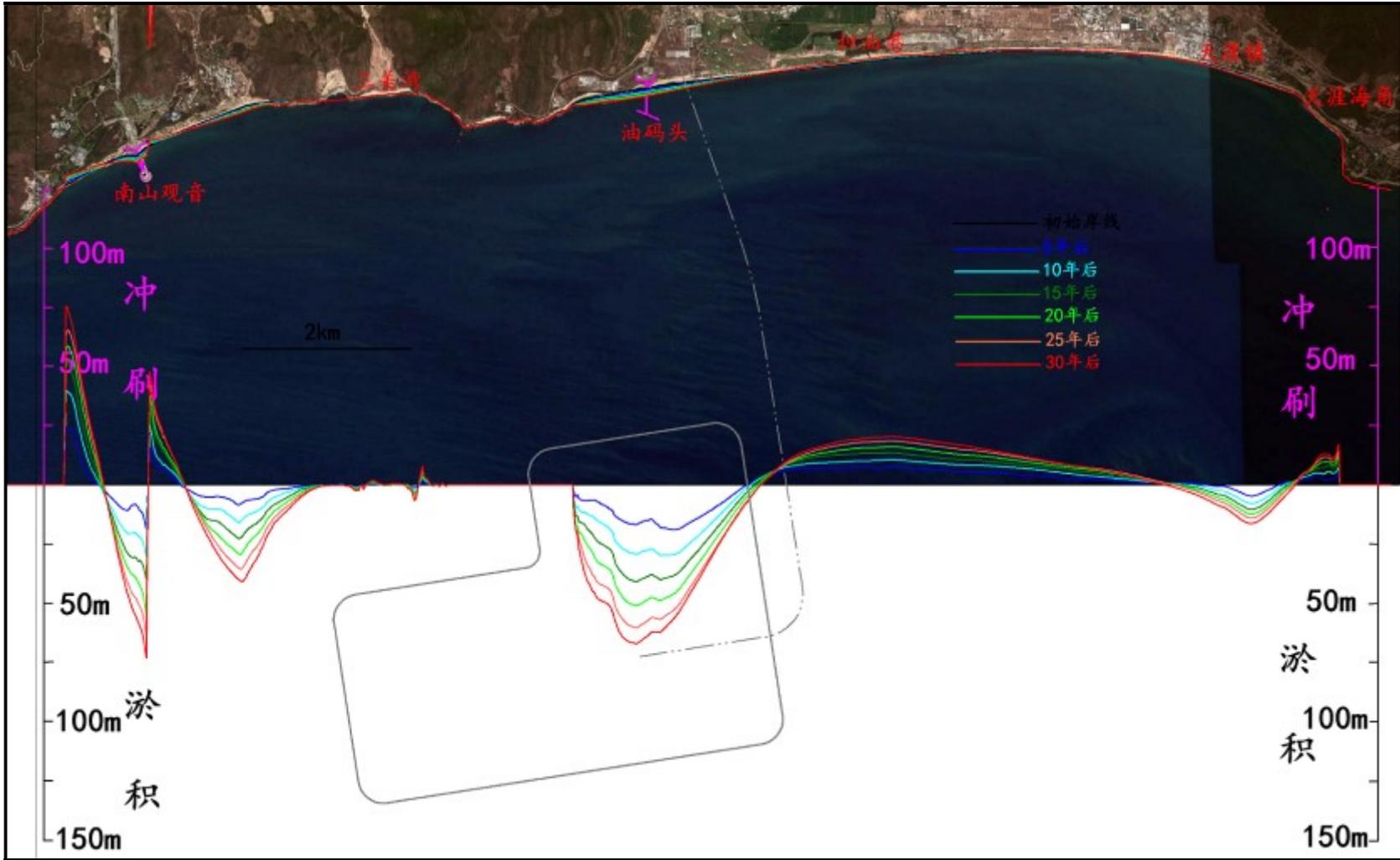


图 3.2-6 三亚新机场填海工程方案五实施后附近岸段的冲淤变化

(2) 波浪要素环境影响优化比选

三个方案中方案 4 的陆域较其他两个方案更向西侧延伸,所以南海观音和南山角处波高相对于方案 2 和方案 5 减小的更大。方案 2、方案 4 和方案 5 下各控制点波高平均变化率分别为 -16.1%, -18.1%和-15.7%。平均总体而言,方案 4 对南海观音风景区和天涯海角风景区之间的沿岸波高影响更大。根据比选方案的波浪数学模型的计算结果,方案 4 对于环境敏感目标影响较大。从波浪角度讲,方案 2 和方案 5 相对较优。

方案实施后附近岸段的冲淤变化见图 3.2-7、图 3.2-8,优化比选结果见表 3.2-2。

(3) 潮流要素环境影响优化比选

在不同潮型下,因中潮、小潮期流速均明显减小,影响范围明显小于大潮期,且影响的范围和趋势与大潮期基本一致,因此本要素优化比选仅考虑大潮期。

经比选各工况下,人工岛东西两侧流速减小超过 2cm/s 的范围大致在西瑁洲至南山港附近,东西向跨度 25km 左右;人工岛南北两侧流速增大超过 2cm/s 的范围在岸线至距岸约 11km 左右的区域,受影响海域与潮流主轴向接近。

就近岸而言,因海域 WNW-ESE 方向的往复流,人工岛以东的天涯海角附近区域影响较小,人工岛以西南山角附近影响较大,近岸流速变化超过 2cm/s 的区域主要在天涯镇以西南山港之间。

不同方案比较,方案 5 条件下因人工岛占用过水断面明显较大,工程实施后对周边海域水流影响范围明显大于其他工况,大潮平均流速减小 2cm/s 的范围向东可至东瑁洲附近,向西可达崖州湾中心渔港对出海域。从潮流角度讲,方案 2 和方案 4 相对较优。

不同方案平均流速变化等值线见图 3.2-9,优化比选结果见表 3.2-2。

(4) 泥沙冲淤环境影响优化比选

三亚新机场人工岛不同方案建成后,在新机场人工岛的西南侧和东北侧,产生冲刷,而在人工岛的东南和西北侧发生淤积,但冲淤幅度都不大。西南和东北角年冲刷强度为 0.2~0.3m/a,东南和西北侧年淤积强度为 0.1~0.2 m/a。

就不同方案而言,因各方案实施后的流场影响变化并不显著,各方案实施后的泥沙淤积和冲刷区域分布接近,冲淤幅度无明显差异,从泥沙冲淤影响角度,各方案并无本质区别。三个人工岛方案相比,方案二的冲淤影响范围略小。不同方案地形冲淤积变化见图 3.2-10。

综上:从环境角度方案二最优。综合工程及环境影响优化结果,平面构型方案 2 为推荐方案。

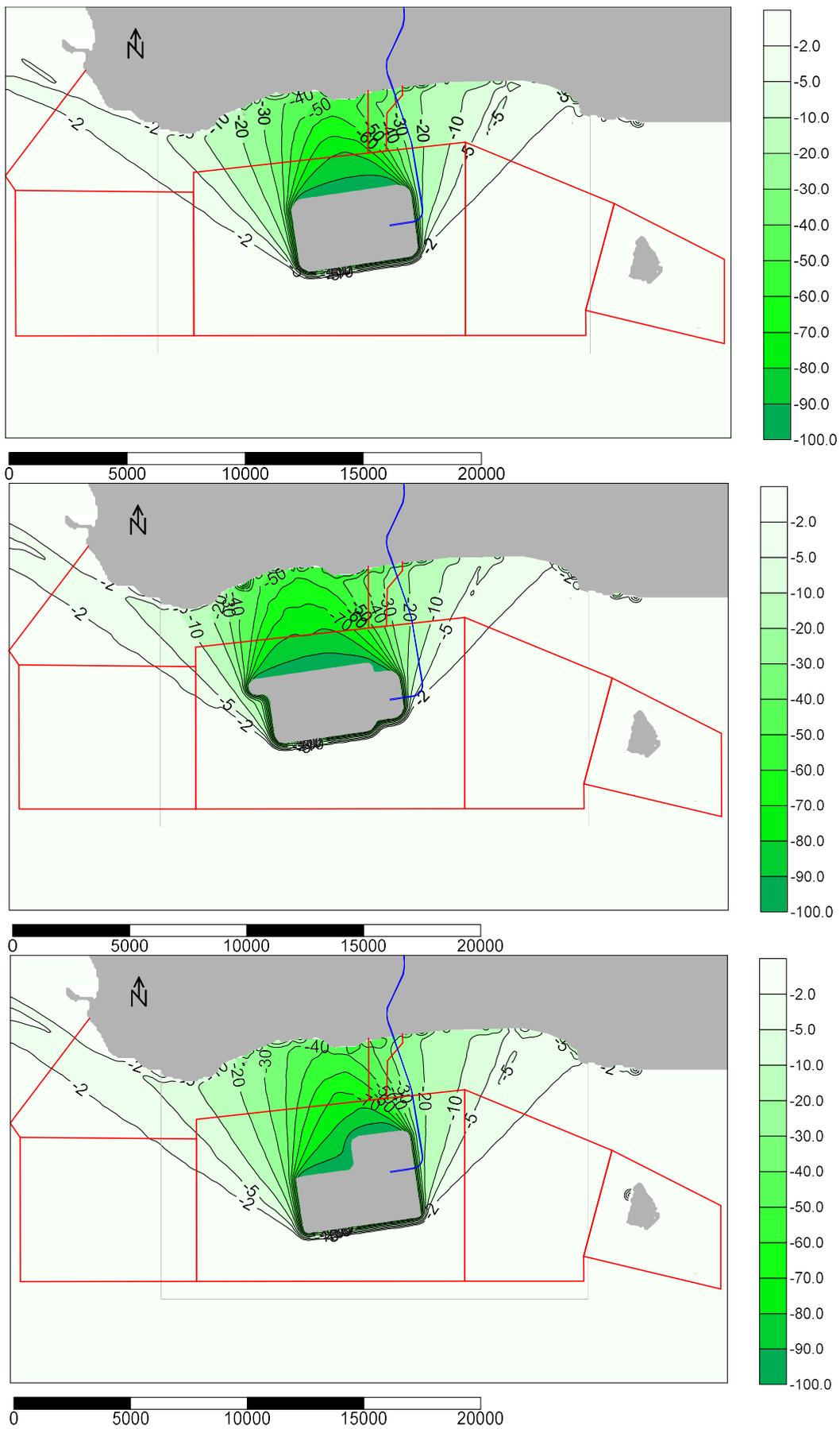
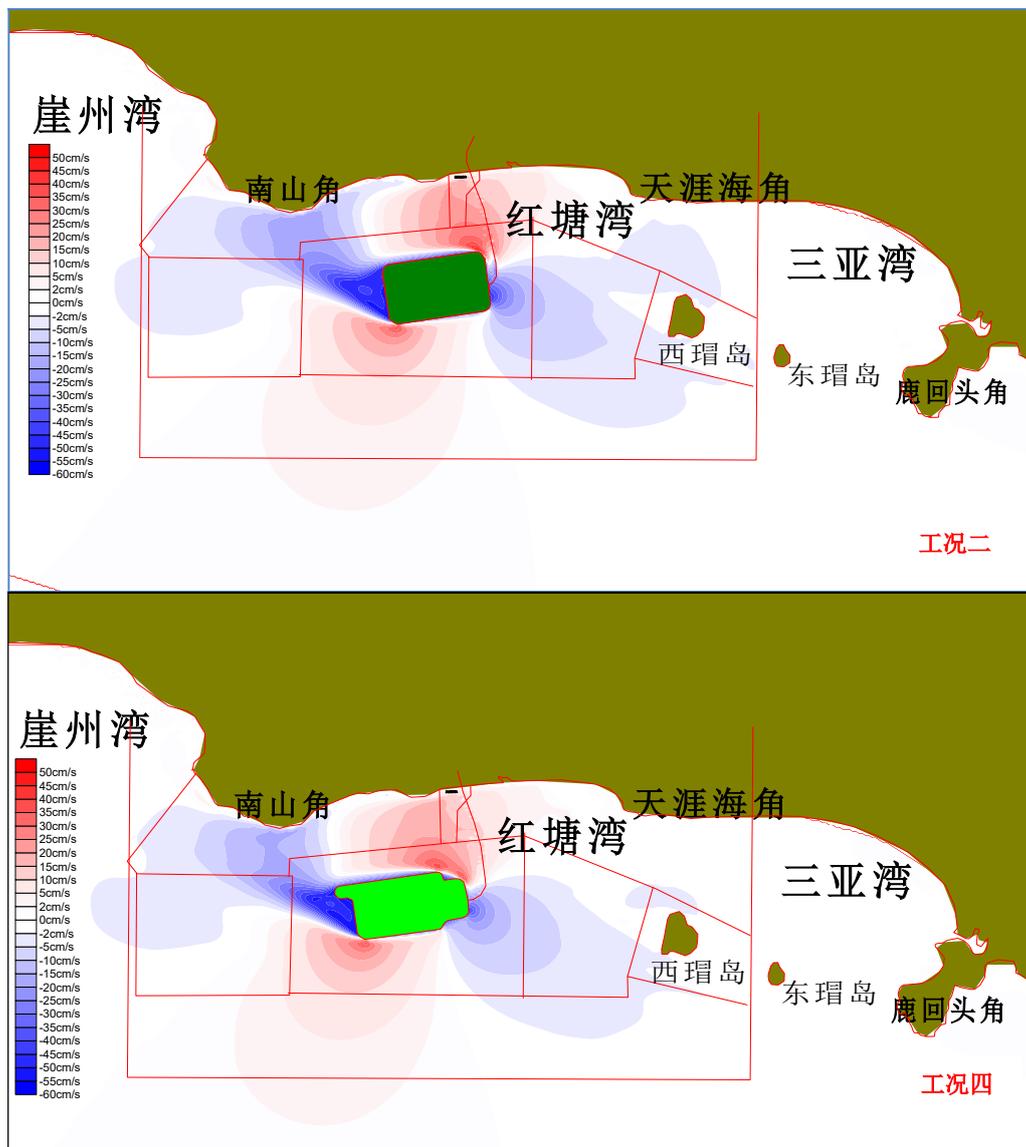


图 3.2-7 不同工况 2 年一遇工程前后波高平均变化率



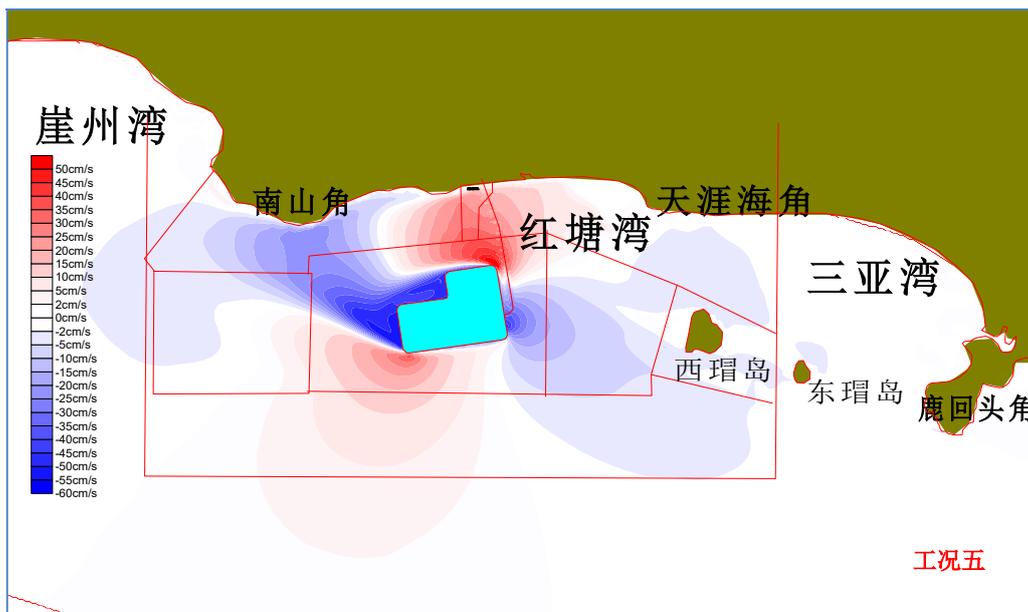
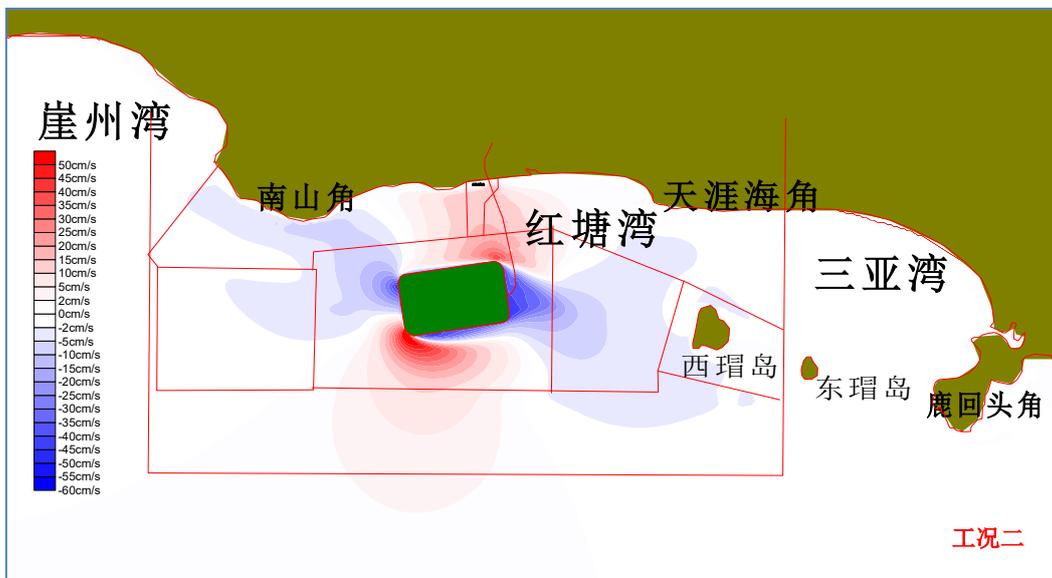


图 3.2-8 不同工况实施后大潮涨潮平均流速变化等值线图



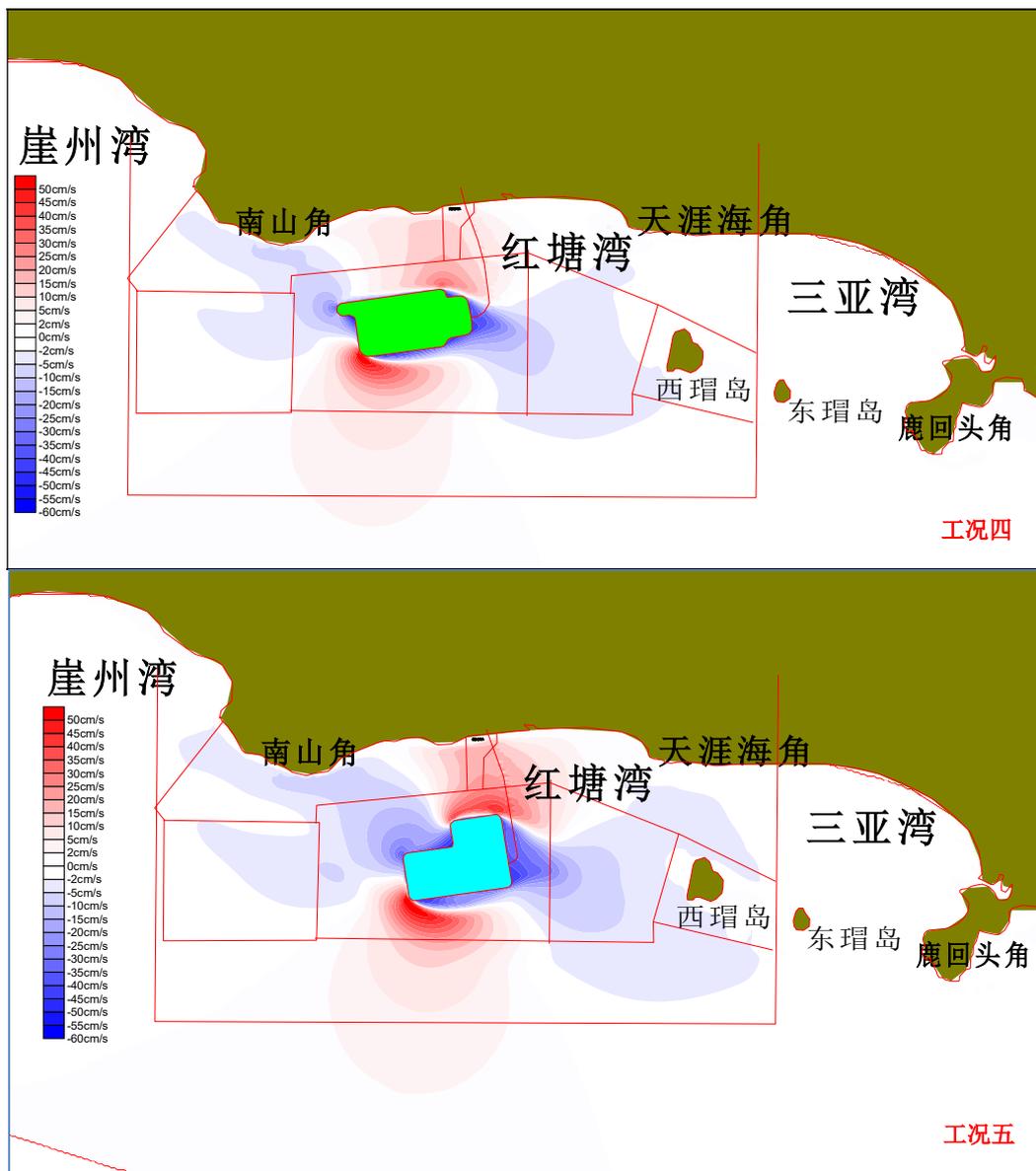
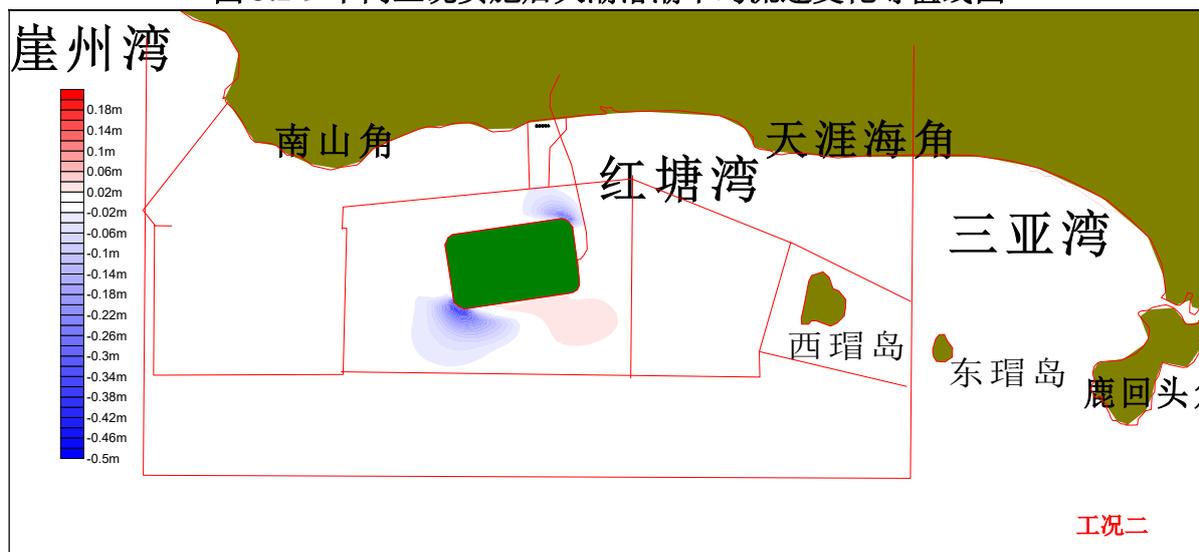


图 3.2-9 不同工况实施后大潮落潮平均流速变化等值线图



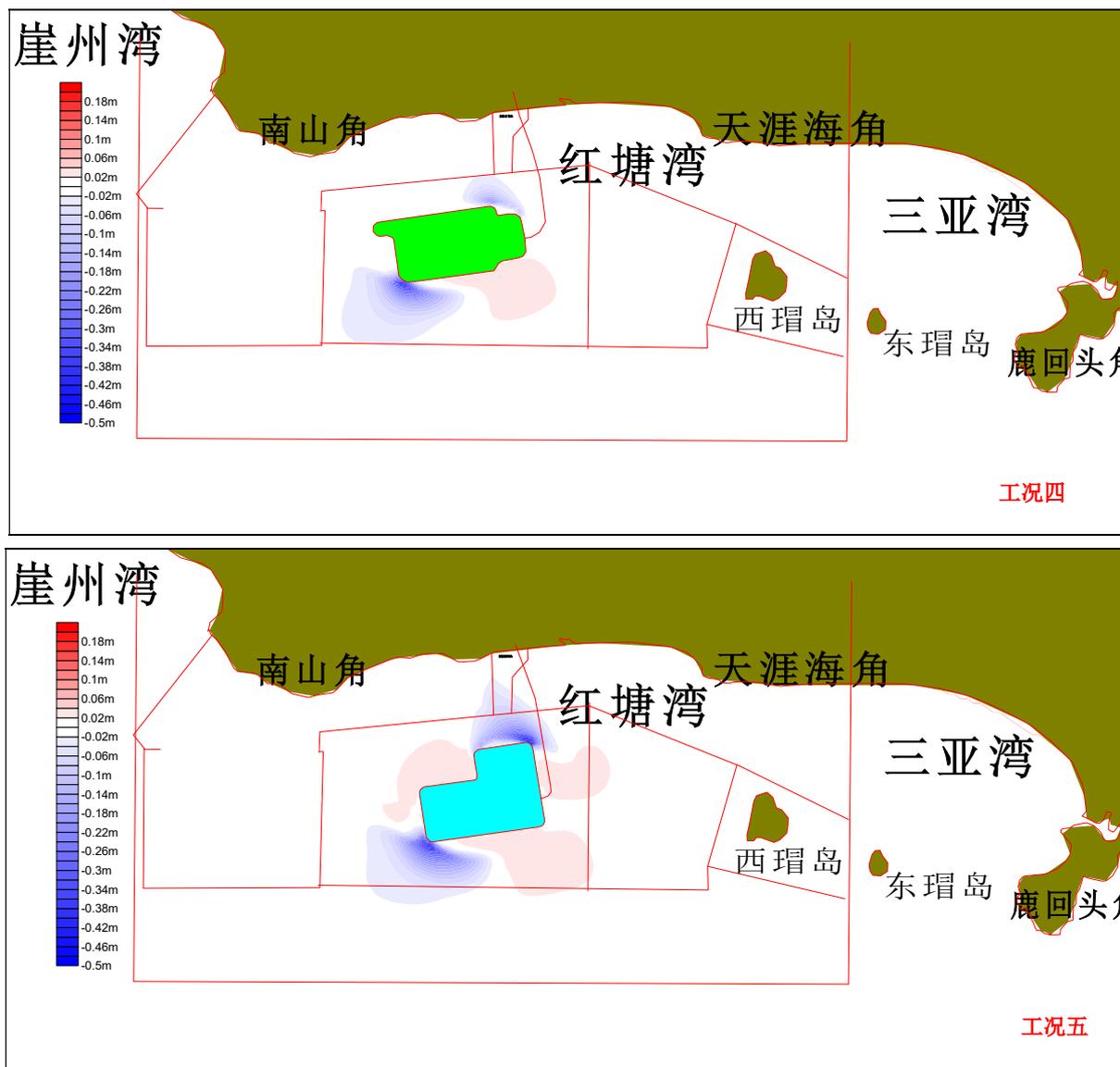


图 3.2-10 不同工况建设后地形冲淤积变化图

表 3.2-2 三亚新机场填海工程平面构型环境优化比选结果表

比选方案	岸滩冲淤环境影响比选								水文动力环境影响				珊瑚礁环境影响
	比选要素	天涯海角	天涯镇以西冲刷段	南山观音冲刷段	塔岭以东淤积段	三美湾附近淤积段	南山景区淤积段	岸滩冲淤影响	天涯海角波浪变化	太平洋石油码头淤积段波浪变化	南海观音附近波浪变化	潮流变化	
方案二	冲淤岸线长度	540	4160	1700	2340	960	80	东西向跨度和南北向跨度最小，对岸段形成的掩护区和影响范围小，对天涯海海岸段基本不形成明显影响，工程实施后对南山观音冲刷岸段影响相对较长	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -0.9%至 -2.7%	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -41.6 至 -54.8%	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -3.3 至 -22.4%	3 个工况东西两侧流速减小超过 2cm/s，大致在西瑁洲至南山港附近，长约 25km 左右；南北两侧流速增大超过 2cm/s 的范围在岸线至距岸约 11km 左右的区域，工况五南北向跨度大，工程实施后对东西向水流阻隔作用明显，工程对周边海域水流影响范围明显大于其方案二、方案四	工程实施后的淤积区范围较小，淤积泥沙对珊瑚礁的不利影响相对较小
	平均冲淤幅度	-12.3	-19.6	-16.9	55.2	46.4	20.1						
方案四	冲淤岸线长度	520	4300	1080	2120	无明显冲淤	1700	掩护岸段较长，工程实施后的冲刷岸段相对较短。对天涯海角的冲刷影响相对较大	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -0.6-1.3%	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -33.7 至 -59.0%	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -13.5 至 -43.3%	东西向跨度大，掩护区范围大，对近岸珊瑚礁影响较大，塔岭以东形成淤积幅度大，对珊瑚礁影响较大	工程实施后的淤积范围较大，淤积泥沙对珊瑚礁的不利影响相对较大
	平均冲淤幅度	-12.2	-19.1	-40.7	60.2	无明显冲淤	37.5						
方案五	冲淤岸线长度	540	4180	1640	2360	980	120	南北向跨度较大，东侧远端岸线影响范围较大，天涯海角岸段受到的影响较大	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -1.3 至 -3.1%	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -38.7 至 -50.9%	与现状相比 2 年一遇波浪下波高平均变化 -9.3 至 -22.8%	工程实施后的淤积范围较大，淤积泥沙对珊瑚礁的不利影响相对较大	
	平均冲淤幅度	-12.3	-19.4	-19.7	54.6	47.5	18.5						
比选结果		方案四优	方案二优	方案二优	方案二优	方案四优	方案二优	方案二优于案四、方案五	方案二、方案五实施后对周边波浪影响方案四			方案二、方案四优于方案五	方案二优

3.2.2 填海工程面积及平面位置优化

3.2.2.1 填海工程面积优化

三亚新机场填海工程原规划填海面积约 24km²，建设 4 条跑道。机场岛东西宽约 6km，离岸最近距离约 3300m。配套服务的莲花岛规划面积 4.18km²，离岸距离约 675m（见图 2.2-1）。

考虑到人工岛东西尺度大小是对后方岸滩冲淤变化、珊瑚礁生境的主要影响因素，在满足飞行安全的基础上，最大限度地缩小机场人工岛东西向尺度，将会降低对水文动力和波浪场的影响。

为进一步减小工程占海面积，减缓不利影响，机场总体设计单位对原方案进行了优化，优化措施包括：缩减机场人工岛规模，调整人工岛整体形态，简化人工岛护岸工程施工程序，降低人工岛护岸工程施工难度，且将人工岛转角全部修改为半径较大的圆角。经过不断优化，人工岛填海面积缩减至约 15km²，离岸距离增加至约 4.0km，同时拆除莲花岛已填工程，见图 3.2-11。



图 3.2-11 机场人工岛新旧对比图

3.2.2.2 平面位置优化

鉴于中国民用航空局已经出具了“民航局关于海南三亚新机场场址的批复”，机场跑道中心点位置已经确定，本节针对平面构型比选优化后的推荐方案方案二，选择 4 种不同的平面位置进行优化

比选，同时且将原 24km²人工岛方案（W1）一并开展进行优化比选，各方案整体走向受跑到走向限制，整体为 ENE-WSW 向，具体方案基本情况见表 3.2-3，在工程区内的不同位置见图 3.2-13、图 3.2-14。

表 3.2-3 机场位置方案比选表

位置方案	方案确定原则	面积 (km ²)	工程水深
W1	原机场约 24km ² 方案	约 24	16m~-25m
W2	与 W1 西北边界齐平，离岸距离不能超过 W1	约 15	-18m~-24m
W3	与 W1 东南角及东边界重合		-16m~-24m
W4	将 W1 移动至正南最南边界，在满足海域功能区划的前提下南移		-22m~-28m
W5	将 W1 移动至正东最东边界，在满足海域功能区划的前提下东移		-16m~-24m
W6 (推荐方案二)	W1 西边界基本重合，平面构型比选推荐方案方案二		-18m~-25m

3.2.2.3 技术经济角度优化比选

(1) W1 方案陆域形成面积约 24km²，离岸约 3.3km，西北距离南海观音约 3.7km，东北距离天涯海角约 6.7km，东距西瑁洲 7.9km，南距红塘湾工业与城镇用海区南边界约 2.5km。拟建人工岛工程区平均水深-21.1m。W1 总投资约 985 亿元，其中工程费用约 839 亿元。

(2) W2 方案 W2 陆域形成面积约 15km²，离岸约 3.3km，西北距离南海观音约 3.6km，东北距离天涯海角约 7.7km，东距西瑁洲 9.2km，南距红塘湾工业与城镇用海区南边界约 3.6km。拟建人工岛工程区平均水深-20.6m。总投资约 985 亿元，其中工程费用约 839 亿元。

(3) W3 方案陆域形成面积约 15km²，离岸约 4.0km，西北距离南海观音约 4.8km，东北距离天涯海角约 6.6km，东距西瑁洲 7.8km，南距红塘湾工业与城镇用海区南边界约 3.1km。拟建人工岛工程区平均水深-20.9m。总投资约 897 亿元，其中工程费用约 745 亿元。

(4) W4 方案陆域形成面积约 15km²，离岸约 6.7km，西北距离南海观音约 6.8km，东北距离天涯海角约 9.4km，东距西瑁洲 8.8km，南距红塘湾工业与城镇用海区南边界 0km。拟建人工岛工程区平均水深-25.5m。总投资约 897 亿元，其中工程费用约 745 亿元。

(5) W5 方案陆域形成面积约 15km²，离岸约 4.2km，西北距离南海观音约 5.6km，东北距离天涯海角约 6.0km，东距西瑁洲 6.9km，南距红塘湾工业与城镇用海区南边界约 2.9km。拟建人工岛工程区平均水深-20.9m。总投资约 897 亿元，其中工程费用约 745 亿元。

(6) W6 方案(推荐方案二)陆域形成面积约 15km²，离岸约 4.0km，西北距离南海观音约 4.3km，

东北距离天涯海角约 7.8km，东距西瑁洲 8.9km，南距红塘湾工业与城镇用海区南边界约 2.9km。拟建人工岛工程区平均水深-21.6m。总投资约 897 亿元，其中工程费用约 745 亿元。

各选址方案主要技术经济指标汇总如表所示见表 3.2-4，经比选，机场人工岛离岸距离减小，从工程角度考虑是有利的；机场人工岛往外海平移，不仅代价高昂，施工难度和施工风险也随之增大。故从工程技术经济角度来讲，平面位置优化后方案以 W6 方案（推荐方案二）最优。

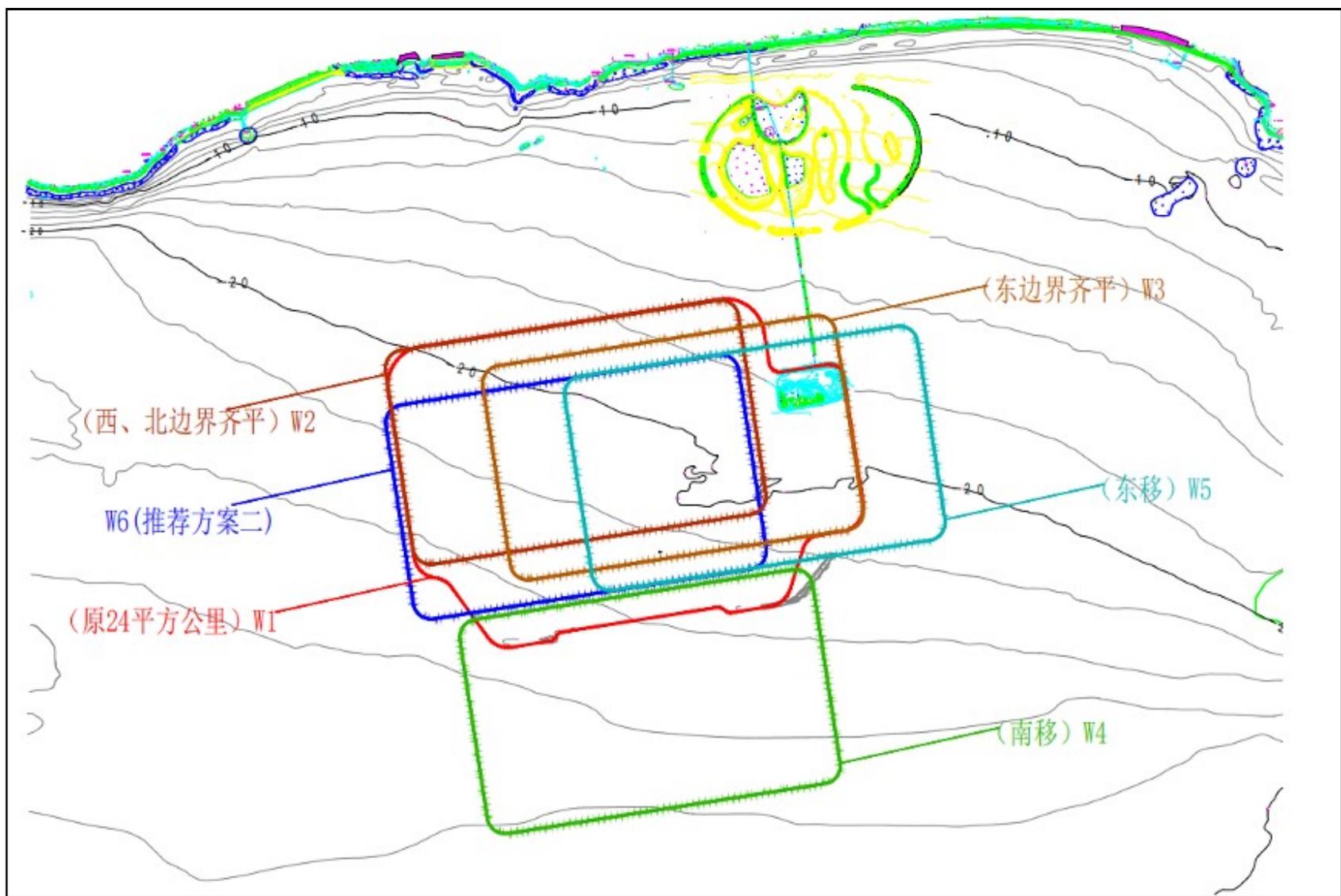


图 3.2-13 不同位置方案比选 (W1-W6) 示意图

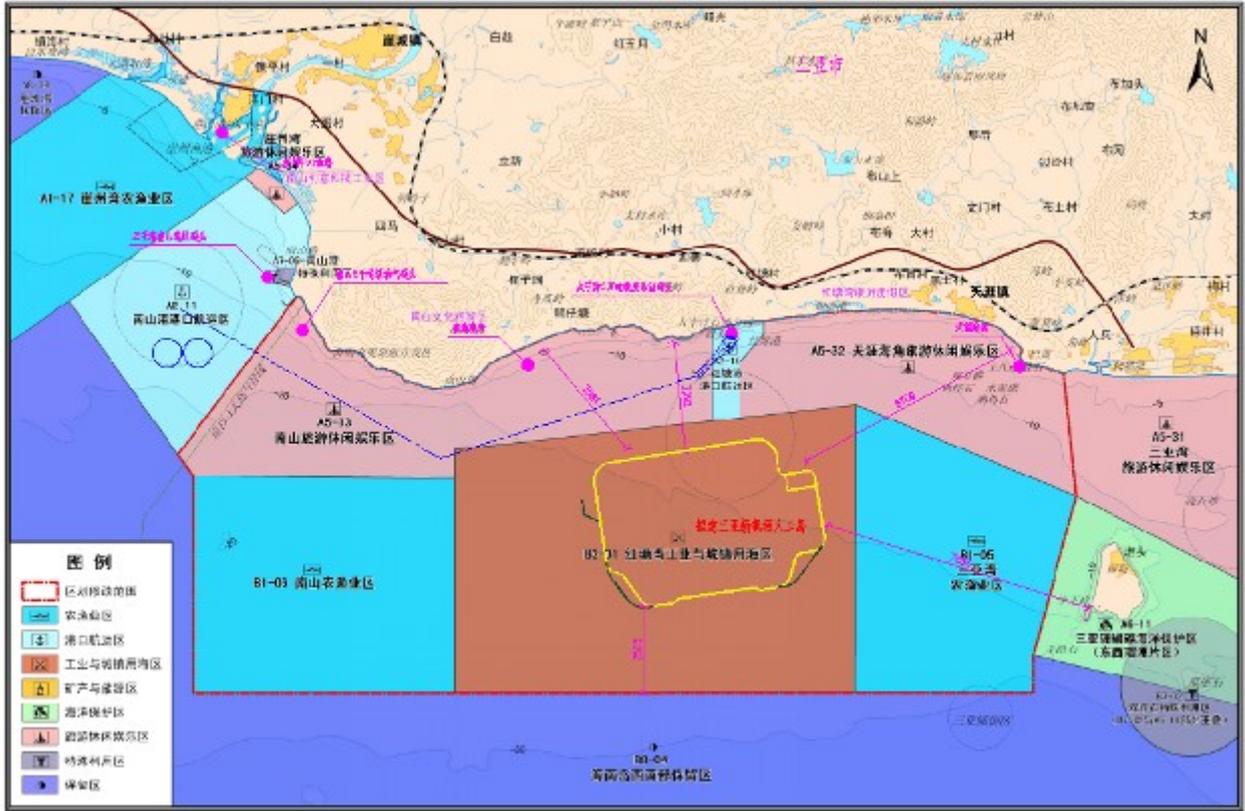


图 3.2-14 (1) W1 机场人工岛原方案

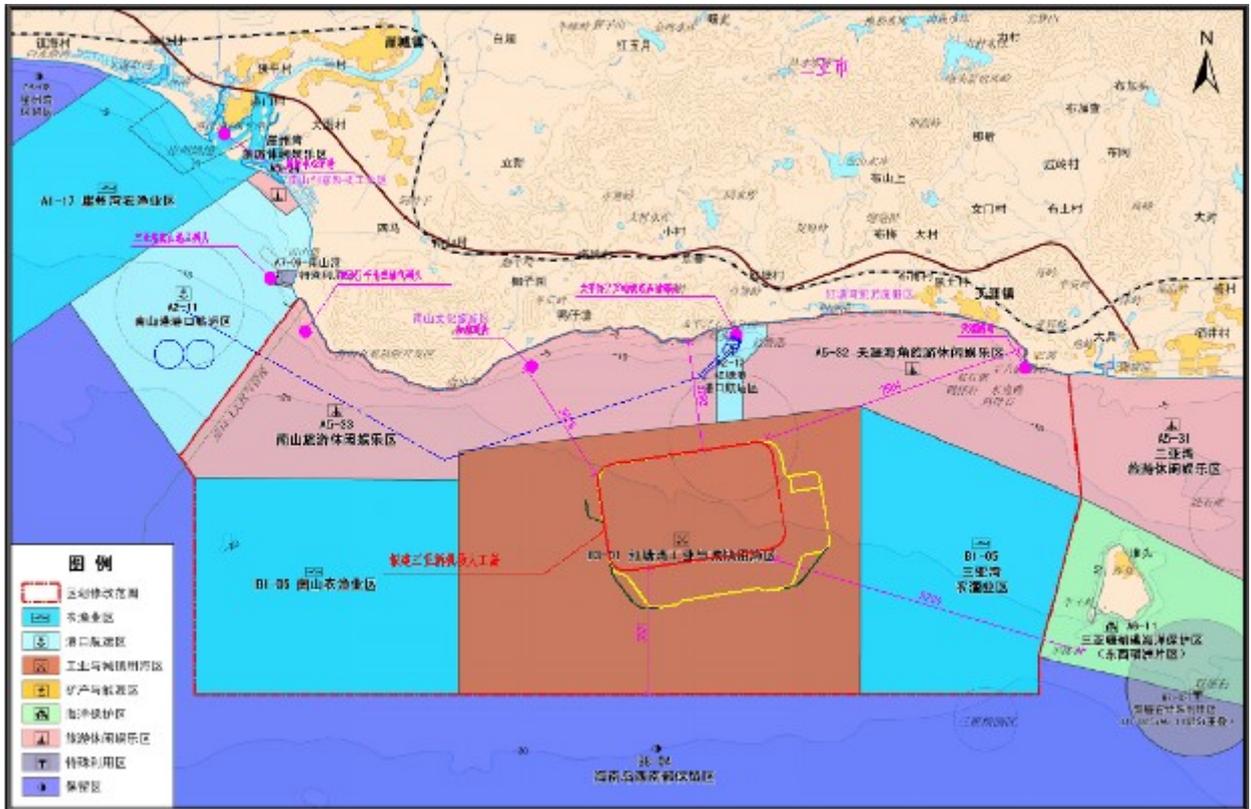


图 3.2-14 (2) W2 机场人工岛向北平行移动

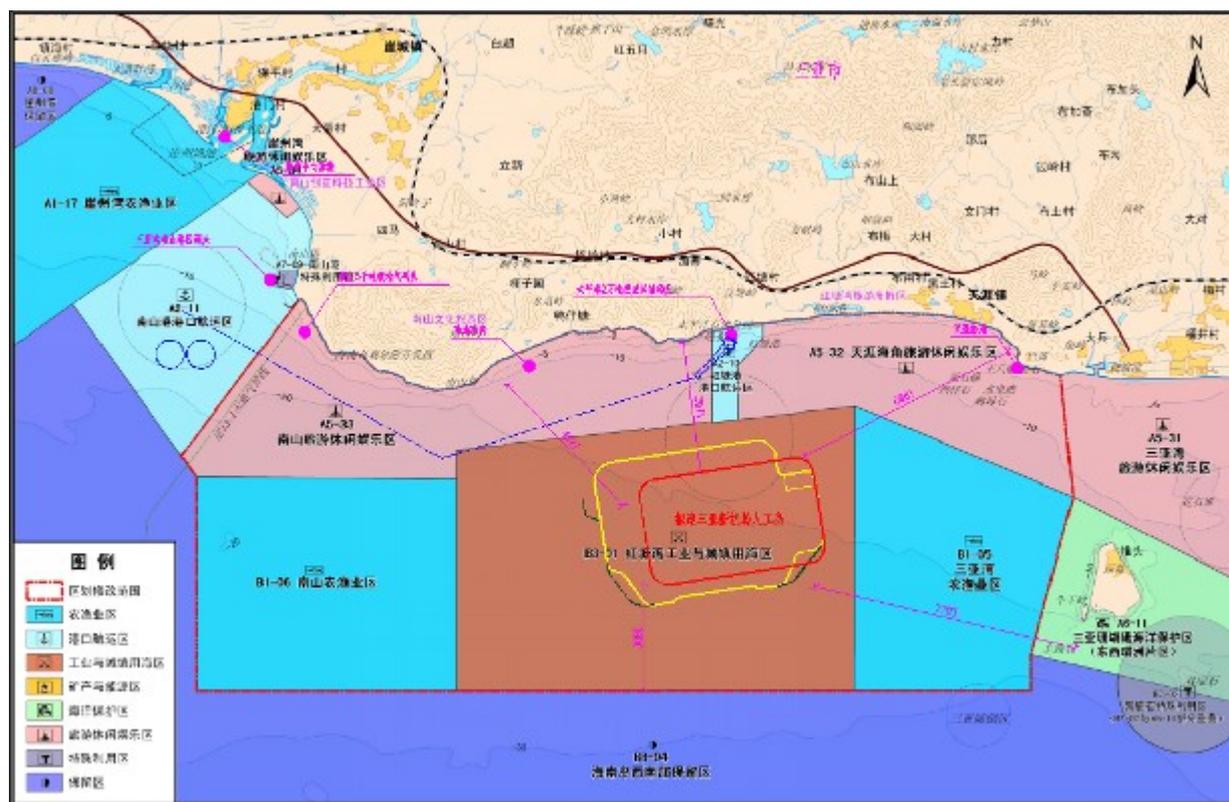


图 3.2-14 (3) W3 机场人工岛向东平行移动



图 3.2-14 (4) W4 机场人工岛向南平行移动

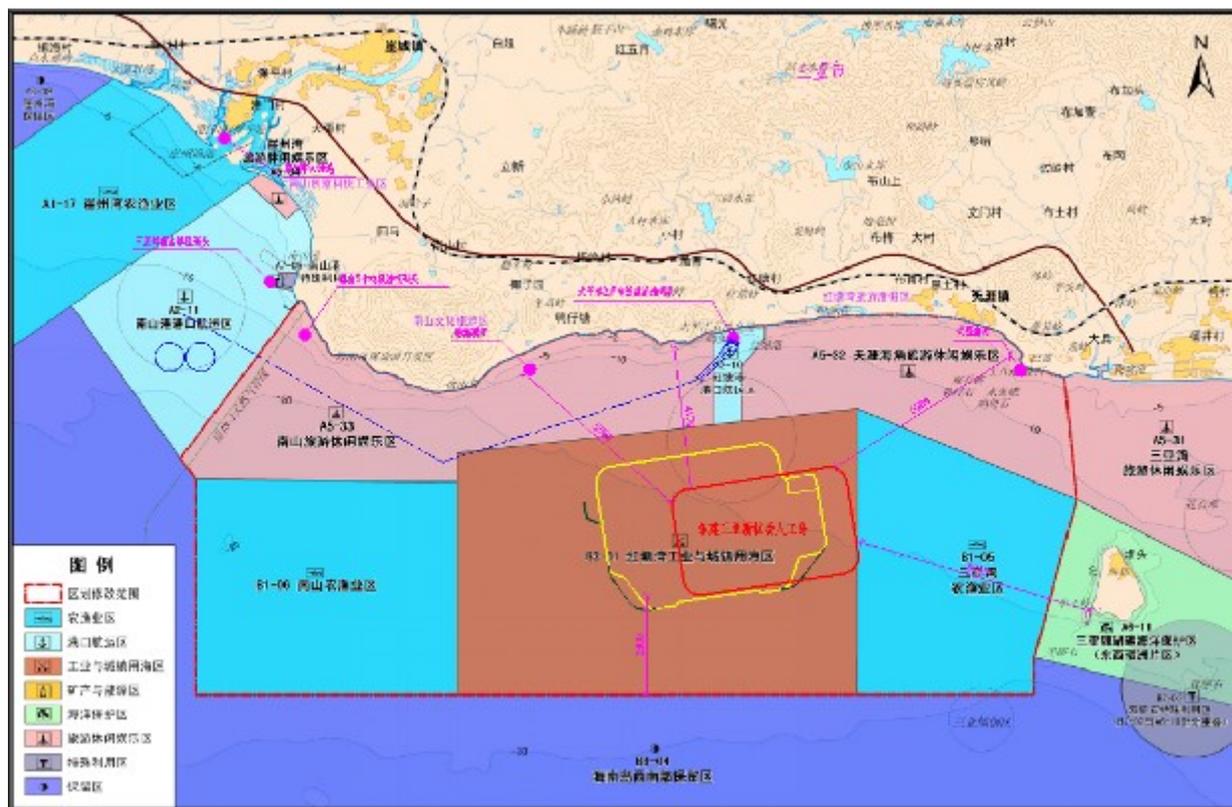


图 3.2-14 (5) W5 机场人工岛向东平行移动



图 3.2-14 (6) W6 机场人工岛位置 (推荐方案二)

表 3.2-4 机场人工岛平面位置关系比选表

位置方案	陆域面积 km ²	工程水深 m	离岸距离 m	距南海观音距离 m	距天涯海角距离 m	距西瑁洲距离 m	距红塘湾工业与城镇用海区距离 m	填方量 (亿 m ³)	总投资 亿元	工程费用 亿元	总体评价
W1	24.09	-21.1	3.3	3.7	6.7	7.9	2.5	7.69	1305	1083	原方案 (约 24km ²), 全球规模最大的人工岛工程, 水深大、波浪大、回填量巨大、工期紧迫
W2	15.75	-20.6	3.3	3.6	7.7	9.2	3.6	5.30	851	707	在 W6 基础上向北平行移动至原方案的北边线, 缩小离岸距离, 水深减小、波浪减小、护岸施工难度减小、施工期防台风险减小; 回填量减小、可作业天数增加、工期压力减小; 回填厚度减小、地基处理难度减小; 总投资有所减少。
W3	15.75	-20.9	4.0	4.8	6.6	7.8	3.1	5.36	865	718	在 W6 基础上向东平行移动至原方案的东边线, 水深减小、波浪减小、护岸施工难度减小、施工期防台风险减小; 回填量减小、可作业天数增加、工期压力减小; 回填厚度减小、地基处理难度减小; 总投资有所减少。
W4	15.75	-25.5	6.7	6.8	9.4	8.8	0	6.30	1098	911	在 W6 基础上向南平行移动至海洋功能区划的最南边界, 加大离岸距离, 水深增大、护岸施工难度增大、施工期防台风险增大; 回填量增大、可作业天数减小、工期压力增大; 回填厚度增大、地基处理难度增大; 总投资明显增大。
W5	15.75	-20.9	4.2	5.6	6.0	6.9	2.9	5.37	867	719	在 W6 基础上向东平行南移动至海洋功能区划的最东边界, 水深减小、波浪减小、护岸施工难度减小、施工期防台风险减小; 回填量减小、可作业天数增加、工期压力减小; 回填厚度减小、地基处理难度减小; 总投资有所减少。
W6	15.75	-21.6	4.0	4.3	7.8	8.9	2.9	5.50	897	745	新推荐方案 (陆域形成面积约 15km ²), 在原方案基础上加大离岸距离, 减小填海面积。

3.2.2.4 环境影响优化比选

对于人工岛工程实施后的岸滩冲影响角度，各方案对岸滩影响的动力泥沙机制和冲淤总体分布基本一致，均表现为人工岛掩护区东侧和西侧一定范围的冲刷和人工岛掩护区的淤积。其中淤积区内因塔岭基岩岬角的影响，也分为塔岭以东岸段的淤积区和塔岭以西三美湾附近的淤积，冲刷岸段主要在掩护区西侧的南山观音岸段和掩护区东侧至天涯镇及天涯海角岸段。工程实施后的影响范围内（南山角至天涯海角）的敏感功能区主要包括东侧的天涯海角、天涯镇居民区、沿岸珊瑚礁分布区、油码头、南山景区等。

东侧天涯海角岸段是游客集中且备受关注的岸段、天涯镇附近居民区、塔岭东侧的太平洋油码头以及南山风景区等。其中天涯海角风景区因游客集中、知名度极高，对岸滩冲淤敏感度较高；其次是珊瑚礁分布区，当岸滩向海淤积形成近岸堆积体，可能对近岸珊瑚礁分布区的珊瑚生长产生不利影响；三是天涯镇附近和南山风景区岸段的海滩，这些海滩虽目前利用率不高，但海滩冲刷、后方沙坝塌落，对海滩保护和后方沙坝防护林保护不利。

就南山观音人工岛、太平洋油码头和天涯镇巴士码头等已有水工建筑物运行而言，因人工岛工程实施后不形成波浪增强，对各已有工程的结构稳定不构成影响。太平洋油码头附近为工程实施后的近岸淤积区，但近岸淤积范围仅限于浅水区，不致影响码头运行，从波浪掩护角度而言，人工岛工程实施后能进一步提升该码头的泊稳条件。

因此，从岸滩冲淤影响的方案比选角度，应重点关注不同方案实施后对天涯海角附近岸段的冲刷影响以及珊瑚礁分布区的淤积影响。

各方案实施后的计算分析结果如下：

(1) W1 方案实施后，因人工岛规模较大，南北向和东西向跨度均较大，岸滩影响范围也相应增大。其中因人工岛向海向东延伸角度，距离天涯海角景区较近，对波浪遮蔽范围较大，工程实施后尽管形成的天涯镇以西冲刷岸段长度相对较短，但对天涯海角岸段的冲刷影响和珊瑚礁分布区（塔岭以东岸段和三美湾岸段）淤积影响明显较大，天涯海角冲刷岸线长度可达 860m，30 年平均冲刷 22m；塔岭以东珊瑚礁分布区的淤积岸段长度可达 4240m，30 年平均淤积幅度 62m，塔岭以西的三美湾附近淤积岸线长度约 2140m，30 年平均淤积约 48m。

(2) W2 方案比 W1 整体规模缩小，且位置靠近 W1 的西北侧，人工岛向海延伸幅度明显减小，且相对远离天涯海角景区，对天涯海角景区岸段的影响明显减轻，冲刷岸段缩小为 540m，平均冲刷幅度也减小至 12m；同时，因人工岛掩护范围较小，塔岭以东珊瑚礁分布区的淤积岸段也明显缩小，淤积岸段长度减小至 2800m，30 年平均淤积幅度减小至 60m 左右；塔岭西侧

三美湾附近淤积岸线长度约 2100m，30 年平均淤积幅度约 48m，与 W1 相比变化不大。

(3) W3 东侧边界与 W1 齐平，距天涯海角的距离与 W1 接近，塔岭移动的掩护岸段也与 W1 接近。因此，就两个敏感度较高的区段而言，W3 和 W1 实施后对塔岭以东珊瑚礁分布区淤积的影响和对天涯海角岸段冲刷的影响范围和程度较为接近。但因相对靠近东侧，对塔岭以西三美湾附近的珊瑚礁影响较小。

(4) W4 为最靠南的方案，离岸距离超过 6.8km，距离天涯海角的最近距离约 9km。因人工岛离岸距离远，在相同人工岛形态下，其对岸滩的影响程度明显减小。但人工岛离岸较远时，其影响的范围也相应增大，因此，W4 实施后对“远端”的天涯海角岸段影响更为明显。但对珊瑚礁分布区的淤积影响和天涯镇以西冲刷岸段的影响明显减缓。

(5) W5 比 W3 更靠东侧，离岸距离略远，对于塔岭以东岸滩掩护范围和天涯海角风景区而言与 W1 和 W3 较为接近，对西侧的三美湾和南山观音岸段的影响相对较小。

根据上述方案比较：

敏感功能区天涯海角受人工岛的影响程度：主要取决于人工岛对天涯海角岸段西南向波浪的遮蔽作用。人工岛东边界靠近东侧、南边界靠南的方案下对天涯海角岸段的影响相对较大；

敏感功能区沿岸珊瑚礁所受的影响：主要是塔岭以东的人工岛掩护区淤积影响和三美湾附近珊瑚礁分布区。因各方案下对三美湾岸段的掩护情势较为接近，各方案的影响范围和程度主要取决于人工岛在塔岭以东岸段的掩护区长度和离岸距离。人工岛越靠近东侧，对珊瑚礁分布岸段的掩护作用越强，形成的淤积影响也越大，同时也对天涯海角岸段产生更大的影响。

综上所述，W1、W3、W5 等三个方案东边界均整体考东，方案实施后对南山观音岸段和珊瑚礁分布区的影响相对较大，其中 W1 对塔岭东西两侧的影响范围均较大；W2 靠西靠北，对东侧天涯海角岸段的影响最小，但 W2 离岸相对较近，与陆域之间的距离仅约 3.2km，岛陆之间通道的水流变化较大，且形成的淤积体较为集中，对塔岭以西的三美湾岸段影响相对较大，从而影响该岸段珊瑚礁；W4 离岸最远，对岸滩冲淤的影响幅度小，特别是对珊瑚礁分布区段的影响最小。但影响范围较大，特别是对影响区东端的天涯海角岸段影响较大。各对比方案（W1~W6）实施后 30 年内各岸段冲淤长度与平均幅度统计见表 3.2-5，各方案施后 30 年岸线变化见图 3.2-15。

从上述因素考量，提出人工岛东西方向上整体尽可能靠西、南北方向上处于 W2 与 W5 之间的 W6 方案，即前文提及的方案二（推荐方案）。该方案实施后对天涯海角岸段的影响很小，对珊瑚礁分布区的淤积范围也较小。

表 3.2-5 各对比方案 (W1~W6) 实施后 30 年内各岸段冲淤长度与平均幅度统计

工程方案	比选因子	天涯海角	天涯镇以西冲刷段	塔岭以东淤积段	三美湾附近淤积段	南山观音冲刷段
W1 (原 24km ² 方案)	冲淤岸线长度	860	3640	4240	2140	1900
	平均冲淤幅度	-22	-19	62	48	-19
W2	冲淤岸线长度	540	4300	2800	2100	2100
	平均冲淤幅度	-12	-18	60	40	-15
W3	冲淤岸线长度	800	3900	3830	1340	2300
	平均冲淤幅度	-19	-18	55	54	-15
W4	冲淤岸线长度	940	4860	3060	1700	1760
	平均冲淤幅度	-21	-11	45	21	-11
W5	冲淤岸线长度	780	3040	3800	1110	2980
	平均冲淤幅度	-19	-19	59	46	-7
W6 (推荐方案二)	冲淤岸线长度	540	4160	2100	1600	1800
	平均冲淤幅度	-12	-19	55	28	-17

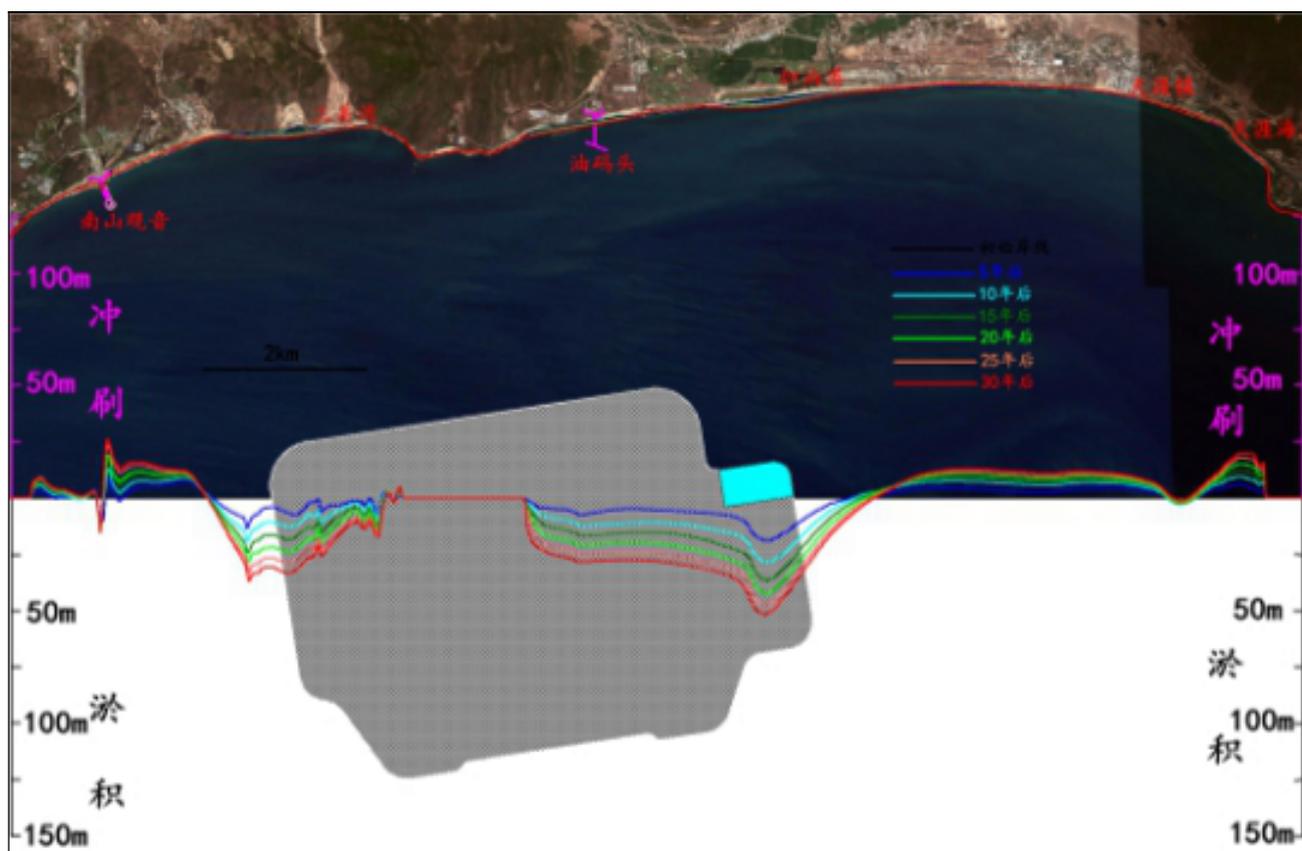


图 3.2-15 (1) W1 实施后 30 年岸线变化：下部为南北向放大 20 倍，“+”为淤积，“-”为冲刷”

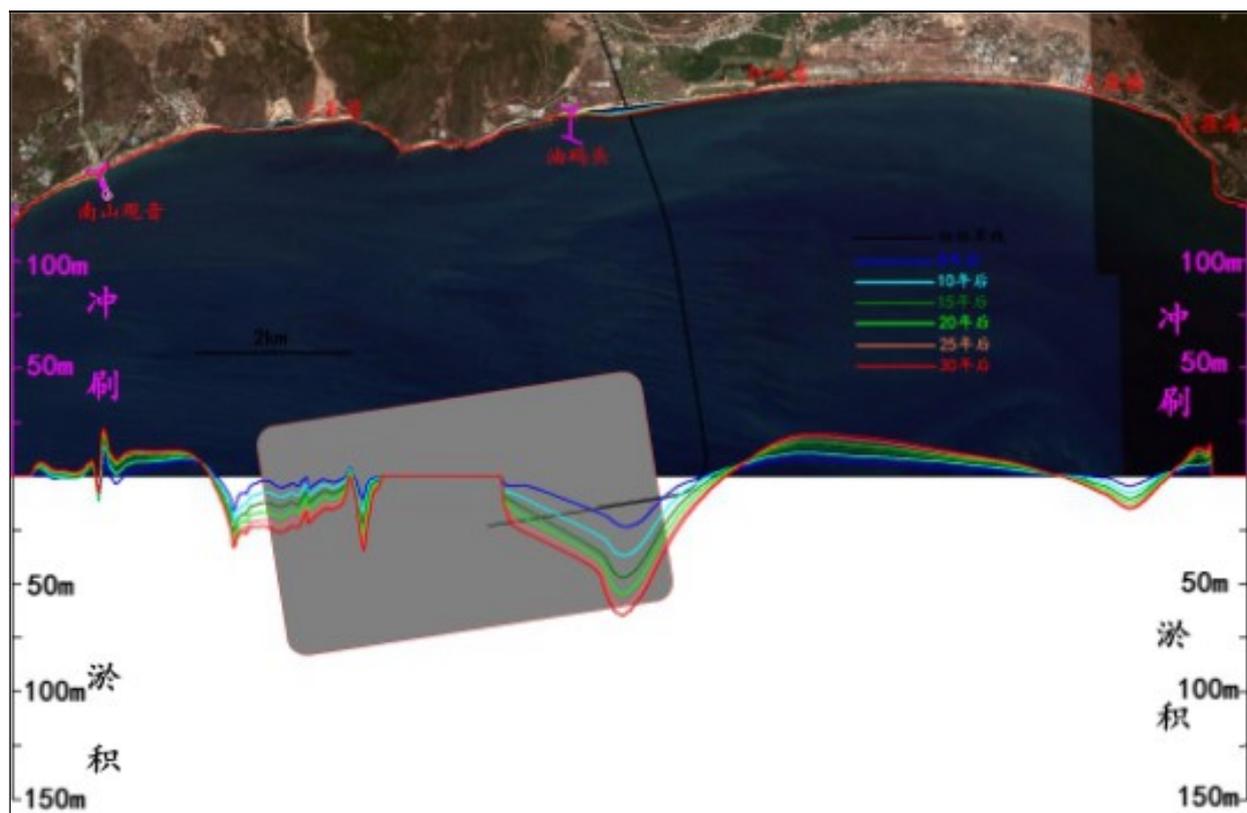


图 3.2-15 (2) W2 实施后 30 年岸线变化：下部为南北向放大 20 倍，“+”为淤积，“-”为冲刷”

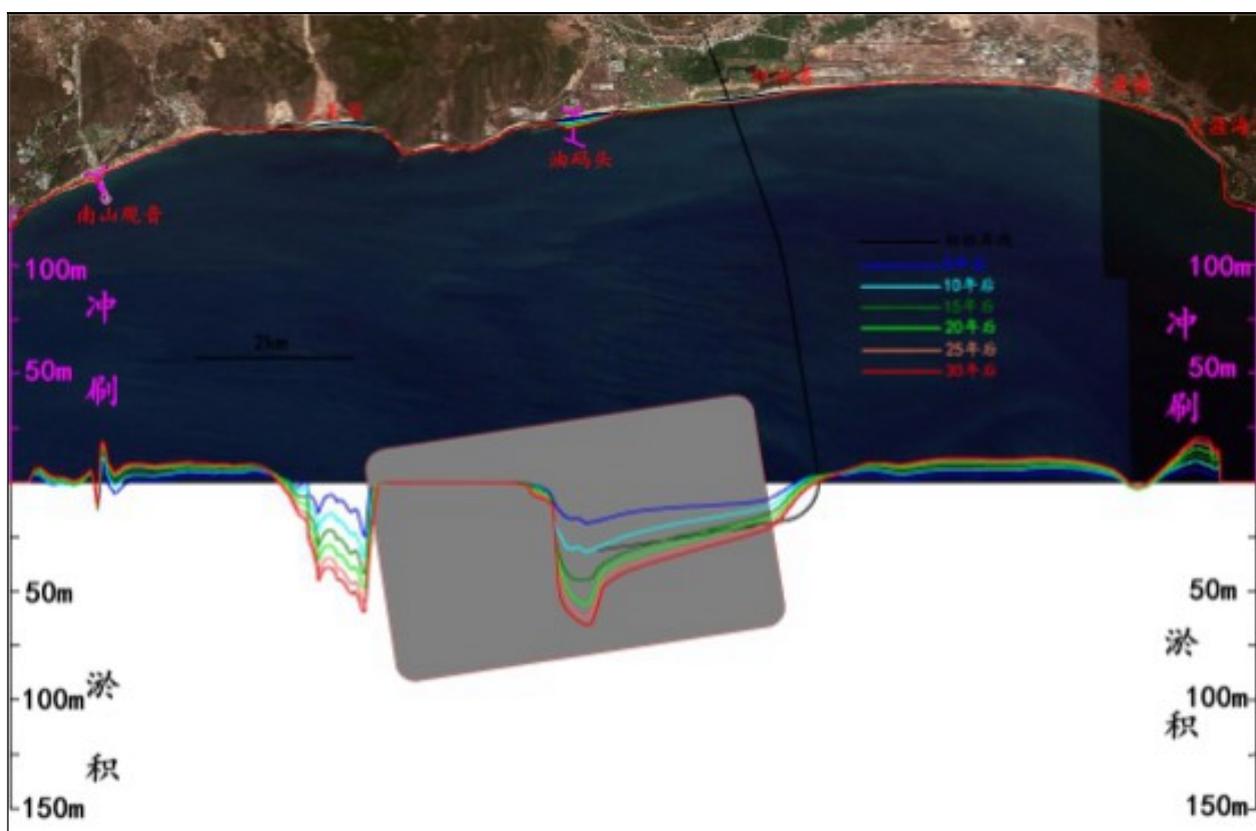


图 3.2-15 (3) W3 实施后 30 年岸线变化：下部为南北向放大 20 倍，“+”为淤积，“-”为冲刷”

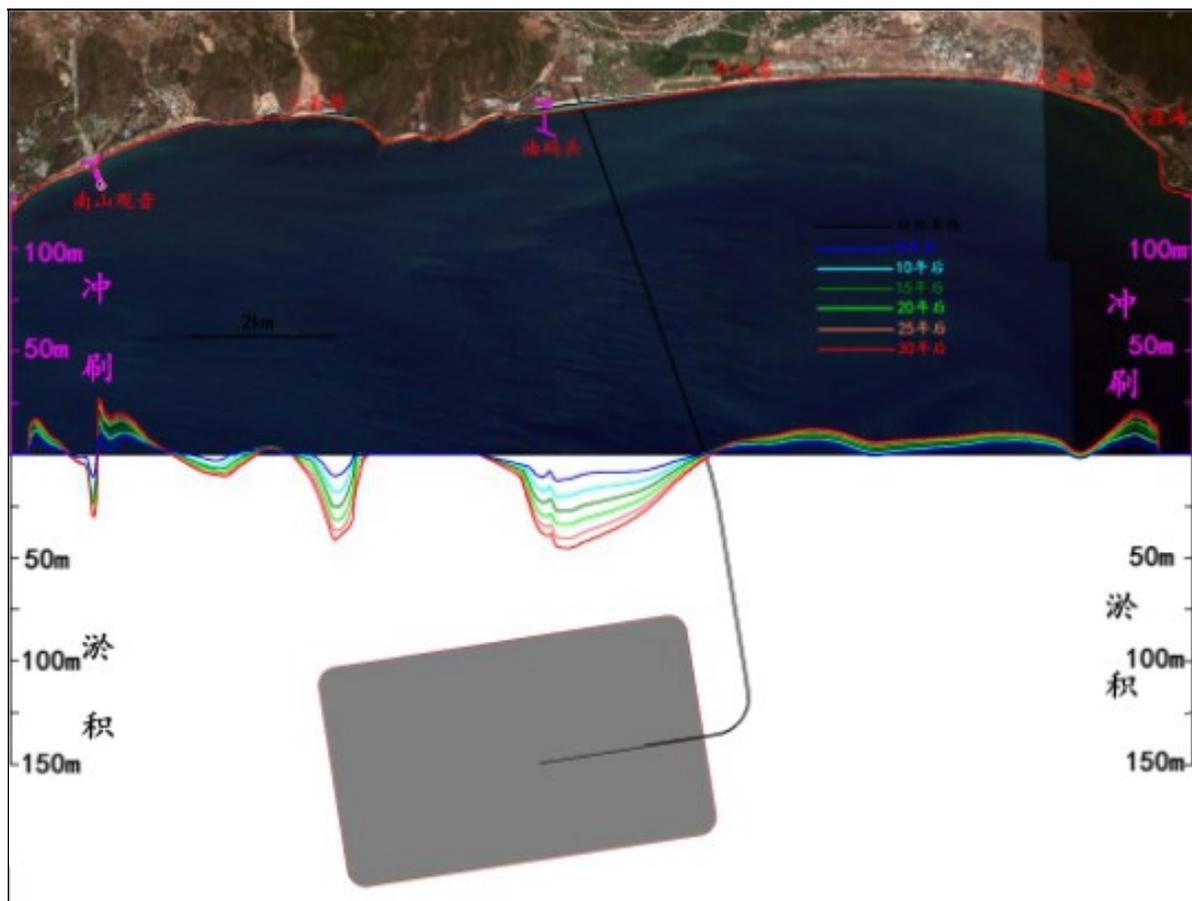


图 3.2-15 (4) W4 实施后 30 年岸线变化：下部为南北向放大 20 倍，“+”为淤积，“-”为冲刷”

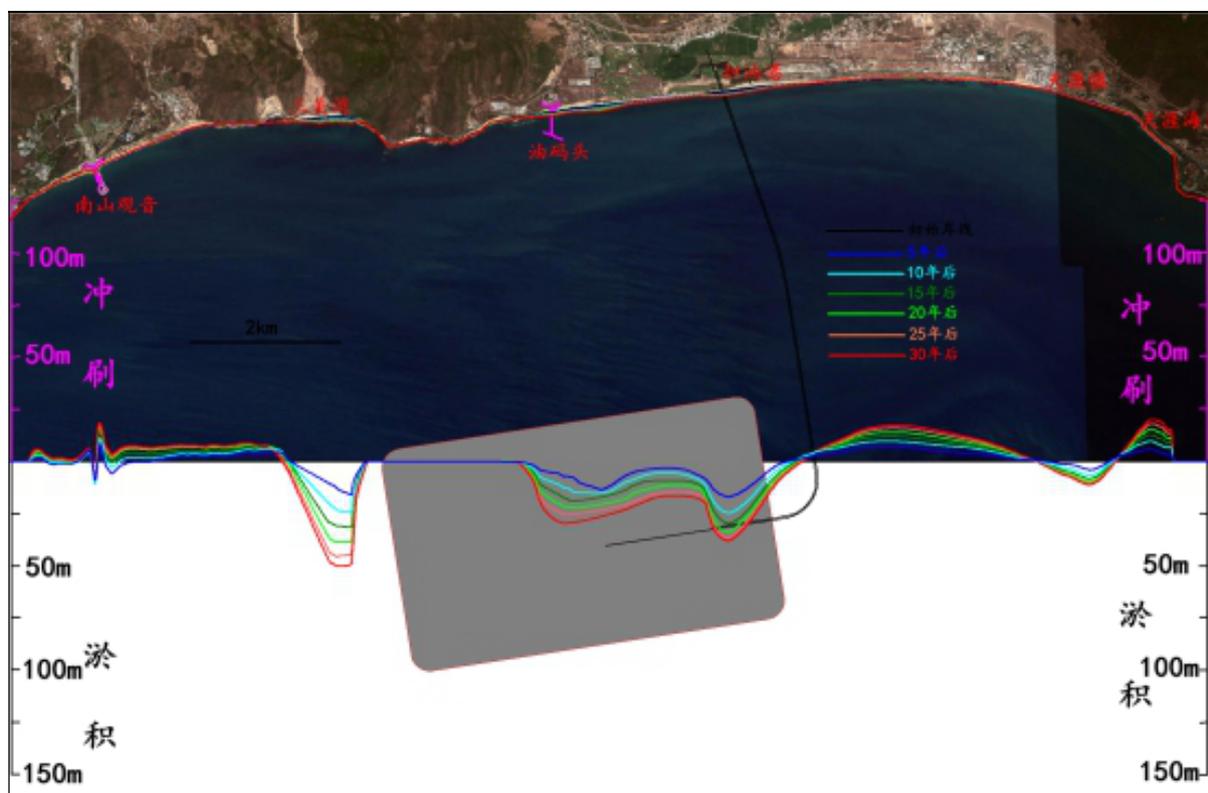


图 3.2-15 (5) W5 实施后 30 年岸线变化：下部为南北向放大 20 倍，“+”为淤积，“-”为冲刷”

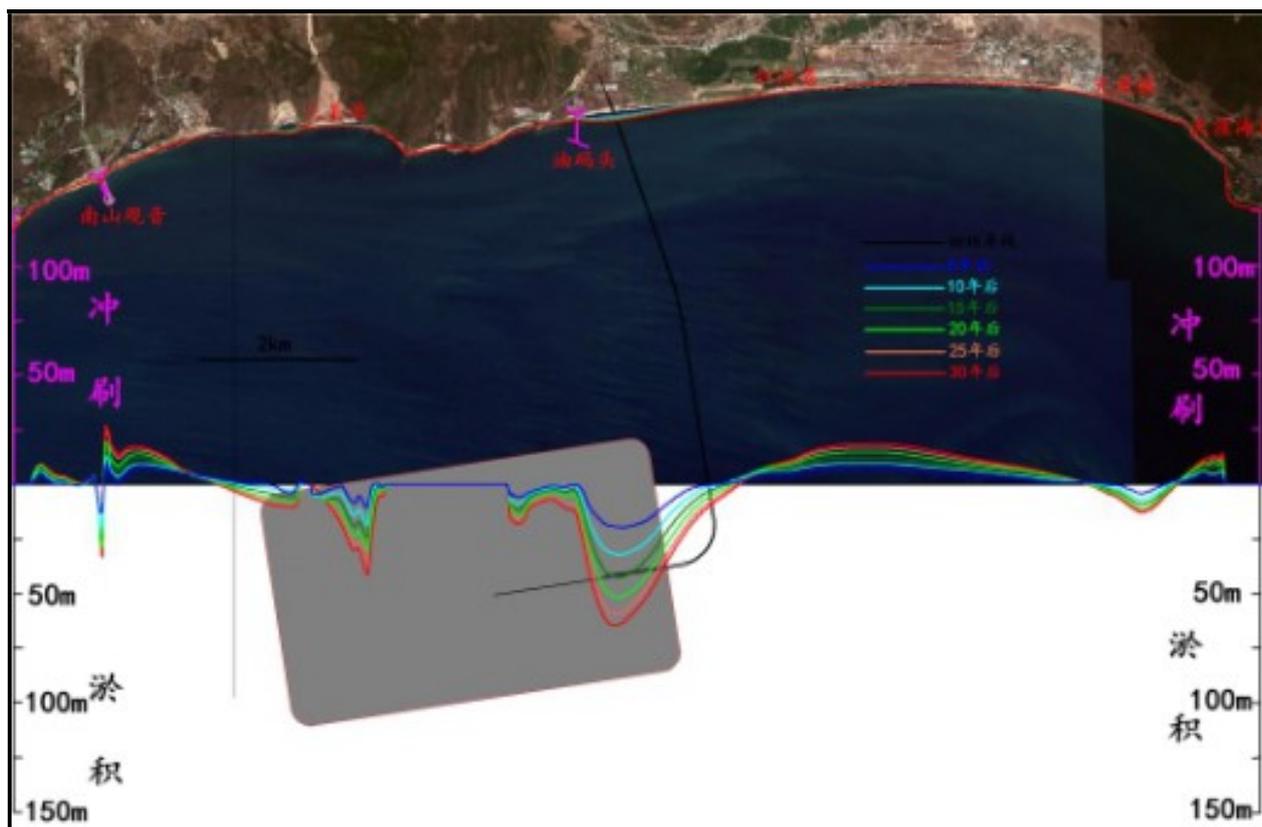


图 3.2-15 (6) W6 实施后 30 年岸线变化：下部为南北向放大 20 倍，“+”为淤积，“-”为冲刷”

3.3 连岛大桥工程方案比选

3.3.1 西线方案与东线方案比选

为研究三亚新机场连岛大桥工程可能的路线走廊情况，本项目路线走廊的可能通道分为两个方案：西线方案、东线方案。东线方案根据是否穿越红塘湾规划区，又可分为两个方案。

西线方案起点于机场西侧，经过跨海大桥后上岸，跨越海域西线、粤海铁路、环岛高速后继续向北延伸，经隧道穿越环岛高铁后与规划第二高速相接。线路总长 13.8km。

东线方案一起点位于机场东侧、经过跨海大桥避让南海石油码头后上岸，跨越海域西线、粤海铁路、环岛高速后继续向北延伸，经隧道穿越环岛高铁后与规划第二高速相接。线路总长 15km。

东线方案二起点位于机场东侧、经过跨海大桥上岸，线位由德璟·海长安项目地块与北京城建酒店项目地块之间穿过，线路跨越海域西线、粤海铁路、环岛高速后继续向北延伸，与中线方案共线后经隧道穿越环岛高铁后与规划第二高速相接。线路总长 16.8km。具体情况见图

2.3-1。

3.3.2 环境影响比选

西线方案位于机场西部，在机场航站楼位于机场岛东部的前提下，前往三亚市方向的客流需要绕行 10km，主流向交通绕行距离过长。且在入机场岛处距离机场跑道距离仅约 300m，道路与机场跑道相互干扰大，故不推荐西线走廊作为路线方案。

东线方案符合机场交通主要流向的功能要求，两个东线路线方案各有优缺点：其中路线一不穿过红塘湾规划区，并且避开了岸上的高尔夫球场，建设难度最小；路线二线形平顺，但需要调整红塘湾区域控规，需取得周围居民及开发商的谅解，协调难度大，建设周期长。

由于东线方案路线二陆域规划调整难度大，周期长，拆迁费用远大于工程建安费，为确保三亚新机场早日建成，推荐东线方案路线一。此外，由于海上桥梁建设难度高，造价贵，机场对外快速通道的选线原则应是海上桥梁路线最短，建议机场本岛填海范围预留本项目用地、调整航站楼布置、提前迁移南海石油码头，尽可能让西线海上桥梁长度最短、避免迂回，为促成机场早日运行，推荐东线方案路线一为线路通道。

(3) 线路优化

为减小连岛大桥对珊瑚礁的影响，浅海区连岛大桥线位整体线位向西侧偏移 80 米，同时对起点处桥梁跨径进行优化，由原结构 50m 跨径调整为 80m 大跨径跨越珊瑚礁及沙滩，减小了对环境的影响。具体情况见图 3.2-16。



图 3.2-16 连岛大桥工程布置方案



图 3.2-17 浅水区桥梁段优化情况

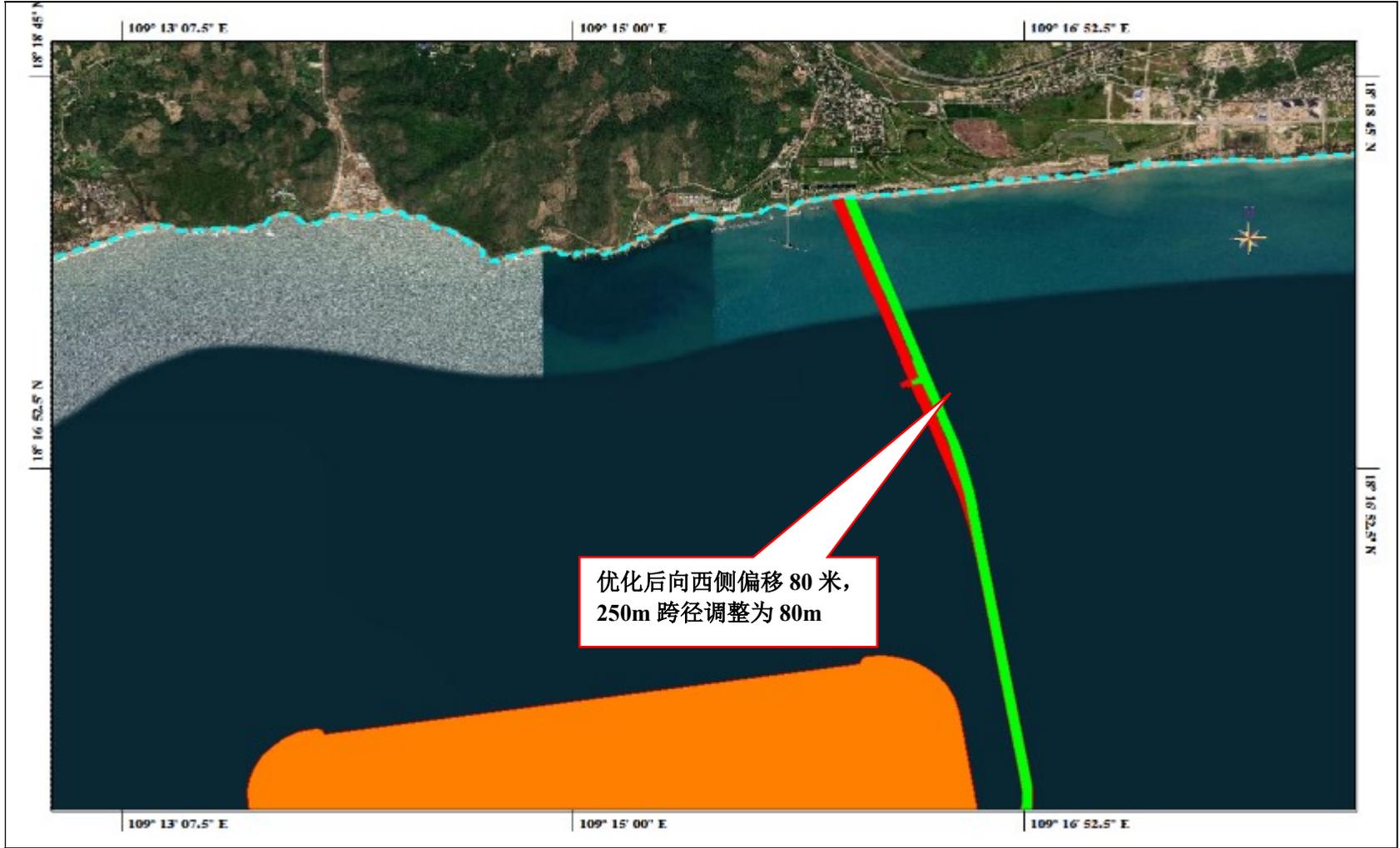


图 3.2-18 浅水区桥梁段优化段示意图

4 建设项目工程分析

4.1 建设项目概况

4.1.1 项目基本情况

项目名称：三亚新机场项目

建设性质：新建，项目代码：2019-000052-56-01-002396

建设地点：海南省三亚市红塘湾海域

建设单位： 三亚机场建设有限公司

建设周期：总工期为五年

工程总投资：工程总投资 9490876 万元，其中环保投资为 137215.7 万元，约占总投资的 1.45%。

4.1.2 地理位置

本建设项目位于海南省三亚市红塘湾，红滩湾东侧为三亚湾，西侧为崖州湾，地处南海观音风景区和天涯海角风景区之间，工程地理位置位于东经 $109^{\circ}13'37'' \sim 109^{\circ}17'27''$ ，北纬 $18^{\circ}13'38'' \sim 18^{\circ}16'20''$ 之间，离岸约 4.0km，西北距离南海观音约 4.3km，东北距离天涯海角约 7.8km。距三亚市中心区 27km，距现有三亚凤凰国际机场约 16km，本工程地理位置见图 4.1-1。



图 4.1-1 (1) 本项目地理位置图 (省域)



图 4.1-1 (2) 本项目地理位置图 (市域)

4.1.3 项目建设必要性

(1) 三亚新机场是海南国际旅游岛建设的重要载体

2010年1月4日，国务院发布《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》。至此，海南国际旅游岛建设正式步入正轨。作为国家的重大战略部署，计划在2020年将海南初步建成世界一流海岛休闲度假旅游胜地，使之成为开放之岛、绿色之岛、文明之岛、和谐之岛。

海南是中国最大的经济特区和唯一的热带岛屿省份。充分发挥海南的区位和资源优势，建设海南国际旅游岛，打造有国际竞争力的旅游胜地，是海南加快发展现代服务业，实现经济社会又好又快发展的重大举措，对中国调整优化经济结构和转变发展方式具有重要示范作用。

海南省政府已经把建设“国际旅游岛”作为海南深化改革开放、促进经济增长的制高点和突破口。航权开放、离岛免税等政策对航空运输有着巨大的需求。海南岛独特的地理位置，使得航空成为人们进出海南岛最主要的运输方式。据海南统计局统计，通过航空运输方式进出岛的人数占全部客运的56%。三亚市是国际著名的海滨旅游城市，自然环境优美，旅游资源丰富，旅游经济增长迅速。三亚以其丰富的热带滨海资源、良好的气候条件吸引着国内外的游客，经过20多年开发与建设，三亚已经培育出为数不少的热带海岛度假休闲旅游产品品牌，旅游服务设施方面都具有了较好的接待能力和水准。近七年来，三亚国民经济每年以15%左右高速增长，其中第三产业对经济增长的平均贡献率高达45%左右。目前，三亚旅游接待人数和旅游收入已占到海南的半壁江山，且对其周边地区发挥着带动和辐射作用。2018年，三亚市接待海内外游客2242.57万人次，同比增长11.3%，其中入境游客81.68万人次；旅游总收入514.73亿元，同比增长17.0%，其中外汇收入5.9亿美元。

三亚作为南疆战略性门户城市尤其是作为国际交流平台的职能将进一步加强。国家战略的落实，各种重大事件、项目的发展需要，使三亚作为中国南疆门户和国际性合作前沿城市的地位不断加强。国际旅游岛建设必将大大促进对外人员和货物的交流，航空运输具有不可替代的作用，三亚新机场的建设将为海南国际旅游岛建设提供重要载体；建设世界一流的海岛休闲度假旅游目的地，是国家赋予三亚的历史使命，建设三亚新机场，有利于促进本地区的旅游开发、促进世界旅游城市的建设。三亚新机场的建设将对国际旅游岛国家战略的实施发挥巨大的作用。

(2) 三亚新机场是国家“一带一路”战略的重要节点

2015年3月，国家发展改革委、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带

和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》。正式确定 “一带一路” 的国家战略，其中 “一路”，指的是 “21 世纪海上丝绸之路”，重点方向是两条，一是从中国沿海港口过南海到印度洋，延伸至欧洲；二是从中国沿海港口过南海到南太平洋。

海上丝绸之路建设，主要强调的是有拓展性的对外发展关系，而非局限于实体道路和交通。在东南沿海向外延伸的区域，最有基础和拓展空间的就是与东盟的合作。在 21 世纪 “海上丝绸之路” 建设中，海南更将大有可为。海南已经承担起国家管辖南海的重任，包括做好南海边海防、海上救助、航线管理、南海资源开发补给、海洋生态保护、维护国家海洋权益等。在建设 21 世纪 “海上丝绸之路” 中必将发挥不可替代的作用。此外，海南与东南亚各国往来密切，海口、三亚、儋州等城市与越南、泰国、柬埔寨、印尼、马来西亚、菲律宾等国家的一些省市分别缔结为友好省市。



图 4.1-2“一带一路”路线图

作为管辖南海的主要省份，海南在新海上丝路的重要枢纽地位不言而喻。“一带一路”明确指出，加大海南国际旅游岛开发开放力度，海口和三亚则入选沿海节点城市，有机会通过一带一路参与全球竞争。海南参与 21 世纪 “海上丝绸之路” 建设的战略定位有 4 点，分别为，连接陆海空互联互通的 21 世纪 “海上丝绸之路” 重要战略支点，面向东南亚的 21 世纪 “海上丝绸之路” 区域开放合作平台，走在全国前列的 21 世纪 “海上丝绸之路” 先行试验地区，开发南海资源的 21 世纪 “海上丝绸之路” 服务保障基地。“一带一路” 重要的意义是促进沿线国家和地区基础设施的互联互通，海南具有重要的区位优势，是国际海运航运的重要节点，三亚新机场的建设必将在海上丝绸之路，互联互通方面发挥重要作用。

(3) 三亚新机场是国家南海战略的重要保障基地

南海油气资源储量异常丰富。为世界四大储油区之一，石油储量在 230 亿至 300 亿吨之间，且品质优良。目前已探明储量 194 亿立方米“可燃冰”，将是未来石油和天然气的最佳替代能源。此外南海地处太平洋和印度洋交接，处于越南金兰湾和菲律宾苏比克湾两大海军基地之间，是全球重要的海上的交通和物资运输通道，其战略地位十分重要，素有“亚洲的地中海”之称。

南海拥有丰富的油气能源资源、海洋生物和渔业资源、海洋旅游资源，又是国际贸易的主要航道。南海重要的战略地位和资源储备引发南海周边国家的觊觎，争夺南海岛屿主权的形势紧迫。维护南海权益，开发南海，事关国家主权和尊严，事关我国核心利益。

由于南海岛屿地理位置上远离中国大陆，三亚作为南海的前哨，战略地位异常重要：三亚市是我国东南沿海对外开放、连通世界的重要门户，是海南建设国际旅游岛的前沿城市，也是南海资源开发和服务基地的桥头堡。

建设三亚新机场对于我国南海地区建立安全的空防网络，提高战时的后勤保障能力将具有十分重要的意义，真正体现在满足民用航空运输需求的同时，兼顾国防建设需要，从而达到平战结合、实现军地融合式发展。三亚新机场对于维护国防主权和领土完整、服务国防建设、支援地方经济建设都具有重大意义。

(4) 三亚新机场是加速推进国家战略，促进区域经济发展的需要，是海南省及三亚市经济社会发展的重要支撑

自建省办经济特区以来，海南民航经济增速位居全国前列，特别是三亚的旅客吞吐量更是位居全国地级市首位。民航经济为海南建设发展发挥了重要作用，优先发展民航战略既符合海南的区域特点，也符合建设以现代服务业为支撑的海南国际旅游岛的要求。随着海南国际旅游岛建设上升为国家战略，国家给予海南一系列重大政策支持，海南经济发展进入了快车道，民航经济也得到了前所未有的快速发展。目前已形成以公路运输为主，公路、水路、铁路、航空等多种交通运输方式并存的格局。

2010 年 1 月 4 日，国务院发布《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》，从国家层面赋予三亚建设世界一流旅游岛的历史使命。2015 年 3 月，国家发展改革委、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，提出要加大海南国际旅游岛开发开放力度，把海口、三亚列为海上合作战略支点，强化三亚国际门户机场功能。可见，建设国际旅游岛和建设“一带一路”战略支点城市，把三亚打造成为我国旅游业改革创新试验区、世界一流的海岛休闲度假旅游目的地、全国生态文明建设示范区、

国际经济合作和文化交流的重要平台、南海资源开发和服务基地、国际热带现代农业基地，是我国促进海南发展采取的重大举措。

三亚作为海南省旅游业龙头，建设三亚新机场，有利于提高该区域基础设施的发展保障能力，拉动三亚地区经济发展，更好地发挥三亚市在国际旅游岛建设中的排头兵作用，促进 21 世纪海上丝绸之路节点城市的建设，也有利于南海的平稳发展。

(5) 三亚新机场是适应三亚机场航空业务量增长的需要

三亚凤凰国际机场 1994 年 6 月建成，同年 7 月 1 日正式通航，是一座现代化的 4E 级民用机场。目前，已开通航线 168 条，其中国内航线 130 条，国际航线 35 条，地区航线 3 条；与国内外 106 个城市通航，其中国内 59 个城市，地区 3 个城市，国际 44 个城市。



图 4.1-3 三亚凤凰机场的航线

三亚机场建成投产以来，航空业务量持续快速增长。2018 年，三亚凤凰机场客运量、货运量、起降架次分别达到 2004 万人次、23.6 万吨和 12.1 万架次，2005-2018 年分别年均增长 15.5%、20.5%和 14.9%。三亚是著名的热带海滨风景旅游城市和旅游度假胜地，也是“一路一带”国家发展战略的重要支点城市，三亚机场在地区旅游业发展中发挥了支撑和引领作用。总体看，推进实施国家“一路一带”发展战略、加快建设国际旅游岛，将为三亚机场的发展奠定坚实的基础。预计三亚地区 2035 年、2050 年的航空运输年旅客吞吐量将分别达到 5500 万人次、7000 万人次。

目前，三亚凤凰机场只有一条跑道，设施容量只能满足 800 万人次/年的吞吐需求，2009 年底机场设施容量已达饱和。现有场址由于用地等方面的限制因素，已无新建第二条跑道的可能。短期内通过扩建航站楼、停机坪、工作区及机场相关附属设施等措施，可发挥单条跑道的最大容量，满足 2000 万人/年的吞吐需求，发展需求与现实条件之间的矛盾将日益凸显，三亚新机场的建设已迫在眉睫。

根据《三亚市城市总体规划（2011-2020）》，对民用航空机场定位，“规划期内设施扩容（三亚凤凰国际机场），发挥一条跑道最大容量，满足近 2000 万人次/年的航空客运需求。推进新机场建设前期工作，研究在西部区域（或近海海域）机场选址的可能性，新建机场与中心城区距离宜在 20-30km 左右，规模应保障 5000 万人次/年以上的客流量，至少两条跑道并保留继续扩容拓展余地。应加强对场址周边区域的管控，预留未来发展空间，使之与城市发展相适应。”2012 年 12 月，中国民用航空局和海南省人民政府以《关于三亚凤凰国际机场总体规划批复》（民航函[2012]1611 号，以下简称《总规批复》）联合批复三亚机场总体规划，明确提出：由于三亚凤凰国际机场周边土地利用控制不力，造成机场发展空间严重受限，已经不具备建设两条跑道的条件，只能按照一条跑道满负荷运行进行终端规划。根据预测，2025 年三亚地区航空运输年旅客吞吐量将达到 3800 万人次，三亚机场现有设施难以满足三亚市对航空市场的发展需求，需要择址建设新机场。

2014 年，中国国际工程咨询公司编制了《海南三亚民用机场布局规划—三亚民航“一市一场”和“一市两场”及其功能定位研究报告》，报告对两种方案进行了研究，即“一市两场”方案和“一市一场”方案。“一市两场”方案包括“适当扩建凤凰机场，同时新建第二机场”方案、“大规模扩建凤凰机场，同时新建第二机场”方案；“一市一场”方案是搬迁三亚机场，选址另建三亚民用机场。报告指出，“一市两场”方案在机场与城市发展、飞行程序的协调、对空域的需求量、用地总规模、既有三亚机场土地继续占用、机场运营管理、航空公司的运营及旅客的使用等方面均存在缺点，为更好地满足三亚地区的航空需求、促进海南国际旅游岛建设，推荐采用“一市一场”方案，即择址建设三亚新机场，凤凰机场不再承担民航运输任务。

可见，建设三亚新机场能够有效提升当地航空运输保障能力，为城市发展释放空间，更好地适应机场航空业务增长需求。

（6）建设三亚新机场是完善海南综合交通体系、建设国际门户枢纽机场的需要

近年来，海南省交通运输发展取得巨大发展。在公路方面，基本形成了以高速公路为主动脉，“三纵四横”国省干线为主骨架，县乡村道支干相联，贯通东西南北、辐射全岛的公路网络

格局。铁路方面，除粤海铁路，东环、西环城际铁路客运专线相继通车。航空方面，形成分工合理、功能互补、干支协调的“南北东西、两干两支”机场布局结构。三亚市地处海南岛南端，经过多年的建设和发展，三亚市已初步形成了由铁路、公路、水运和航空组成的立体交通网络，但目前三亚凤凰机场无论从满足将来海南岛航空运输需求的硬件设施条件、和城市发展矛盾方面都凸显出无法适应作为未来综合运输体系中重要节点的弊端。建设三亚新机场，可以大幅提升机场服务能力，不断完善航线网络，有利于形成以机场为核心，集城际铁路、高速公路和城市交通为一体的综合交通中心，完善海南综合交通体系。

三亚新机场将建设成为面向东盟乃至亚太、非洲等地区的区域性国际枢纽航空港和自由贸易及合作发展平台。《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》明确提出“继续推进三亚国际门户枢纽机场建设。全面完成凤凰国际机场改扩建工程，强化口岸通关服务保障功能，提升国际航空客运能力；积极推动三亚新机场建设工作，并力争尽早开工建设；加快机场物流中心、首都航空三亚基地、空勤保障基地、飞机维修机库、停车场及旅客集散中心等配套项目建设，努力把三亚新机场建成我国旅游航空港、国家‘一带一路’战略的国际门户枢纽机场。”

(7) 由于三亚土地资源匮乏，且受周边军用设施等限制，因此，三亚新机场采用海上人工岛形式建设是必然选择

① 三亚土地资源奇缺，通过填海造地可弥补三亚市建设用地不足的矛盾

根据《三亚市统计年鉴 2018》，截至 2017 年底，三亚市土地总面积为 192146 公顷，其中农用地 159593 公顷，建设用地 26832 公顷，未利用土地 5721 公顷。三亚市未利用土地面积占三亚市土地总面积不到 3.0%。

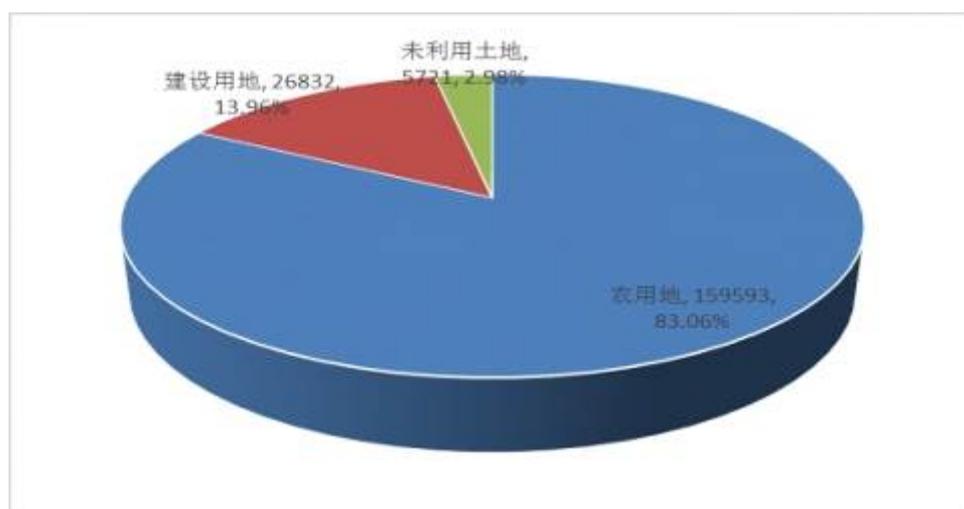


图 4.1-4 截至 2017 年底三亚市土地利用构成情况

从 2005-2017 年建设用地增长趋势来看，2005 年三亚市建设用地面积为 14777 公顷，2017

年增长到 26832 公顷，12 年间增加了 12055 公顷，年均增长率 5.1%，建设用地需求增加迅猛。

根据《海南省人民政府关于<三亚市土地利用总体规划（2006-2020 年）调整方案>的批复》（琼府函[2017]28 号），三亚市必须严格控制建设用规模，到 2020 年，三亚市建设用地总规模控制在 26054 公顷以内。由于 2017 年三亚市建设用地面积已经发展至 26832 公顷，则 2018-2020 年，三亚市已无任何新增建设用地的空间。

综合上述情况，反观三亚市目前建设用地的现状及快速增长的需求，三亚市可供开发利用的建设用地空间十分有限，合理通过填海造地补充建设用地是弥补三亚市建设用地较为合理的方式之一。

②周边军用设施等限制条件较多，三亚新机场采用海上人工岛形式进行建设是必然选择

三亚市北靠高山，南临大海，地势自北向南逐渐降低。根据《关于三亚新机场选址报告的咨询意见》（民航工咨字[2015]337 号），

因此三亚新机场选址范围受到较大限制。

根据《三亚新机场选址报告》，排除乐东、陵水军用机场空域范围、军事禁区、风景名胜及自然保护区等区域，结合三亚市向西发展的城市规划，通过多方面综合比选，确定三亚新机场选址位于三亚市红塘湾海域，采用人工岛形式通过填海造陆进行建设，人工岛位于“天涯海角”和“南海观音”两个旅游区之间。

（8）三亚新机场建设工期紧迫，作为三亚新机场的基础工程，三亚新机场人工岛工程是建设三亚新机场的先决条件，直接影响新机场建设的周期，尽快建成三亚新机场人工岛，对于加快推进三亚新机场建设具有重大和现实意义。

目前，三亚凤凰机场吞吐量接近饱和，且增速较快。而机场上部建构筑物须待人工岛完成后才具备施工条件，人工岛是建设三亚新机场的先决条件，直接影响整个新机场建设的周期，尽快建成三亚新机场人工岛对于创造机场施工条件、加快推进三亚新机场建设具有重大意义。而三亚机场人工岛离岸远（最近约 4km），工程区域水深大（平均底高程-21m），波浪大（100 年一遇有效波高 9.5m），施工难度很大。同时，三亚机场人工岛工程量巨大（规划用地面积约 15.7km²，护岸长约 15.6km，陆域填方量约 4.6 亿 m³），砂石料供应强度高、运输组织难度极大。因此，必须尽快启动三亚新机场人工岛建设，才能满足三亚新机场的总工期要求。

综上所述，三亚新机场人工岛工程的建设是十分必要的和迫切的，同时又具有重大和现实意义。

4.1.4 评价工程内容

三亚新机场是我国南部地区大型的国际机场，规划定位为我国区域性枢纽机场、面向亚太地区国际旅游门户机场；飞行区等级为 4F，航线联通至国内各主要城市以及部分境外城市，主要使用机型为 B737、A320、B767、B747、A330、A380 等飞机。

机场近期目标年为 2035 年，远期为 2050 年。近、远期目标年机场旅客吞吐量分别为 5500 万人次及 7000 万人次，货邮吞吐量分别为 30 万吨及 112 万吨，年客机起降量预测为 24 万架次及 54 万架次（表 4.1-1）。

表 4.1-1 机场规模预测总表

序号	项目	类型	近期（2035 年）	远期(2050 年)
1	年旅客吞吐量（万人次）	国内	3290	5460
		国际	210	1540
		合计	5500	7000
2	年货邮吞吐量（万吨）	国内	29.1	103.04
		国际	0.9	8.96
		合计	30	112
3	年客机起降架次（架次）	国内	222603	417202
		国际	16984	121620
		小计	239587	538822
4	高峰小时旅客人数（人）	国内	9212	13650
		国际	588	3850
		合计	9800	17500
5	高峰小时飞机起降架次（架次）	国内	51	75
		国际	4	21
		合计	55	96
6	航站楼面积（hm ² ）	国内	37.7	55.9
		国际	3.1	20.3
		合计	40.8	76.2
7	站坪客机机位数（个）		110	197
8	站坪客机机位组成		92C16E2F	149C41E4F
9	货运库面积（hm ² ）	国内	4.9	14.7
		国际	0.2	1.3
		合计	5.1	16
10	货机位数（个）	合计	3	20
11	停车场面积（hm ² ）	合计	27	45.1

为了满足三亚新机场工程建设，本项目拟建设填海面积约 15km²，离岸距离约 4.0km 的人工岛，三亚新机场主体工程分为前期的人工岛填海造陆工程和后期机场建设工程两部分内容，配套工程为三亚新机场对外交通工程，为了缓解机场人工岛对岸滩冲淤环境的影响，需在三亚新机场人工岛工程实施后逐步实施岸滩防护工程。根据本工程的特点界定本评价工程内容如

下：

(1) 主体工程

三亚新机场主体工程分为前期的人工岛填海造陆工程和后期机场建设工程两部分内容，后期机场建设是一个复杂的系统工程，配套建设的供油、维修基地、空管、航空基地、交通工程、市政设施等，均属于机场配套但单独立项的工程。这些工程不包括在本项目评价范围内，需另行评价。

因此本评价主体工程内容为三亚新机场填海造陆工程-三亚新机场人工岛工程，主要工程内容包括护岸工程、陆域形成工程及其地基处理工程等。

此外，为满足三亚新机场人工岛工程建设需要设置出料码头、临时航道、填海物料的采砂区及采石区工程。这些工程均不包括在本项目评价范围内。

(2) 配套工程

三亚新机场对外交通工程采用道路交通与轨道交通两种方式，包括连岛大桥跨海桥梁段和陆上段，其中陆上段工程路线未确定，需要另行立项，考虑到海上工程建设对海洋环境影响评价的整体性，将连岛大桥跨海桥梁段建设工程纳入本评价。本评价阶段跨海桥梁的道路交通与轨道交通因陆上段工程路线未定，建设方式也未最终确定，因此不在本评价范围内。

(3) 岸滩防护工程

因三亚新机场人工岛工程实施后，对工程区附近的沙滩岸线产生一定影响，需在三亚新机场工程建设实施后采取一定防护措施，故本工程评价内容还包括岸滩防护工程。岸滩防护工程措施主要是人工补沙、离岸潜堤、拦沙堤、生态护岸等，措施以维持岸滩稳定。

综上，本项目具体的评价内容见表 4.1-2。

表 4.1-2 本工程建设内容表

工程名称	建设内容	工程坐标
主体工程	护岸工程、陆域形成工程及地基处理工程	东经 109°13'37"~109°17'27"，北纬 18°13'38"~18°16'20"之间
配套工程	连岛大桥跨海桥梁工程	起点为规划三亚新机场站，终点为跨海桥梁登陆点，登陆点坐标：18°18'09.741"N、109°16'04.852"E
岸滩防护工程	人工补沙、离岸潜堤、拦沙堤、生态护岸等	东经 109°11'54"~109°20'35"，北纬 18°17'34"~18°17'65"之间

4.1.5 工程规模与工程组成

4.1.5.1 主体工程-机场人工岛填海工程

主体工程包括三亚新机场人工岛的护岸工程、陆域形成工程及地基处理工程。三亚新机场

人工岛新建护岸总长 15601.6m，其中北护岸长 4100m，东护岸长 2915.4m，南护岸长 5670.8m，西护岸长 2915.4m（护岸工程分界点情况见图 4.2-1），围堰长 17620m；三亚新机场人工岛填海造陆面积约 1697.1 万 m²，其中形成陆域面积约 1574.8 万 m²，陆域总填方量约 46274.1 万 m³。工程投资 8967211 万元，施工工期为 5 年。

4.1.5.2 配套工程-三亚新机场对外交通工程

三亚新机场对外交通工程，采用公路、轨道交通分开建设的跨海桥梁方案，并联建设两座跨海桥梁，公路、轨道交通桥梁长度均为 6040m，其中直线长 4450m、曲线长 1590m。主桥全线设置变坡点数量 11 个，最小纵坡 0.5%、最大纵坡 3%。桥梁宽度 55.5m（17+1+17+2.5+18），桥梁跨径：17×50+8×70+（90+160+160+90）+59×70m 桥，面采用双向八车道断面形式，根据工程线位走向，涉海桥梁起始桩号 K8+719.456，终点桩号 K14+759.456。对外交通工程用海面积 45.8996hm²，桥梁工程投资 523661.54 万元，施工工期为 3 年。

4.1.5.3 环保工程-岸滩防护

工程建设实施后，天涯海角至南山角附近的沙滩岸线将因人工岛工程影响而发生一定的冲淤调整，主要表现为天涯海角至担油港西侧岸段，以及南山景区附近沙滩岸线的冲刷，人工岛掩护岸段的局部淤积。为此需采取一定应对措施，减缓岸段冲刷。根据《三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题》，主要采取人工补沙工程（包括 3 段）长 6090m，拦沙堤工程（3 处）长 195m，离岸潜堤（2 处）长 3.7km，生态护岸（+6m 以下生态护坡）等措施减缓对岸段冲刷。

4.1.5.4 临时工程-施工栈桥工程

对外通道工程桥梁基础施工需设置海上钢栈桥、海上施工平台和海上搅拌站平台，涉及范围包括浅海区北引桥和通航孔主桥。钢栈桥 2 座共长 2040m，宽 9.0m，上设钢桥面板，下部采用钢管桩，桩基直径为 820mm，钢栈桥单跨跨度 12.0m；施工平台 19 座，每个施工平台宽 46×12m 或者 52×17m，桩基直径 820mm，各平台间距 50m。。

工程组成见表 4.1-3。

表 4.1-3 工程组成一览表

编号	工程名称	工程规模
1	主体工程-机场人工岛填海工程	护岸总长
2		总填方量
3		围堰
4		陆域形成面积
		15601.6m
		46274.1 万 m ³
		17620 m
		1574.8 万 m ²

5		填海面积	1697.1 万 m ²
6	配套工程-三亚新机场对外交通工程	公路跨海桥梁	6040m
7		轨道跨海桥梁	6040m
8	环保工程-岸滩防护工程	人工补沙	补沙段分为 3 处, 共长 6090m
9		取沙段	取沙段为 2 处
10		南山景区潜堤	200m
11		担油港附近潜堤	2.4km 和 1.1km
12		南山角拦沙堤	45m
13		鸭仔塘拦沙堤	80m
14		六横路拦沙堤	70m
15		生态护岸	南山观音西侧后方沙坝+6m 以下部分
16	临时工程-施工栈桥工程	临时栈桥	2 座
17		施工平台	19 个

4.1.6 工程布局

4.1.6.1 工程总体布局

本次评价为填海造陆工程，主要包括主体工程、连岛大桥跨海段工程和岸滩防护工程。本工程总体布局见图 4.1-5 和图 4.1-6。

4.1.6.2 工程平面布置

根据机场总体设计，为满足机场近期目标年机场旅客吞吐量 5500 万人次，货吞吐量 30 万吨，飞机起降量 239587 万架次，远期目标年机场旅客吞吐量 7000 万人次，货邮吞吐量 112 万吨，飞机起降量 538822 万架次的要求，机场平面近期建设北 1 与南 1 两条远距跑道，远期采用三条平行跑道，航站楼居中的布置形式。

本项目飞行区建设三条跑道，其中近期建设两条跑道，北一跑道与南跑道为一组远距平行跑道，北一跑道为 3400*60 米，南跑道为 3600*60 米，跑道间距 2060 米。远期建设北二跑道为 3200*45 米，近距平行跑道间距 360 米，跑道平面布置见图 4.1-7。机场总体平面布置见图 4.1-8。

4.1.6.3 工程施工布局

本项目建设过程中，填海造陆工程需要配套相应服务设施，主要包括运料码头、临时航道、预制场及施工营地 1（位于临空产业园一期工程）、预制场及施工营地 2（位于机场本岛）、填海物料来源的采砂区、采石区工程等。本工程施工布局见图 4.1-9。

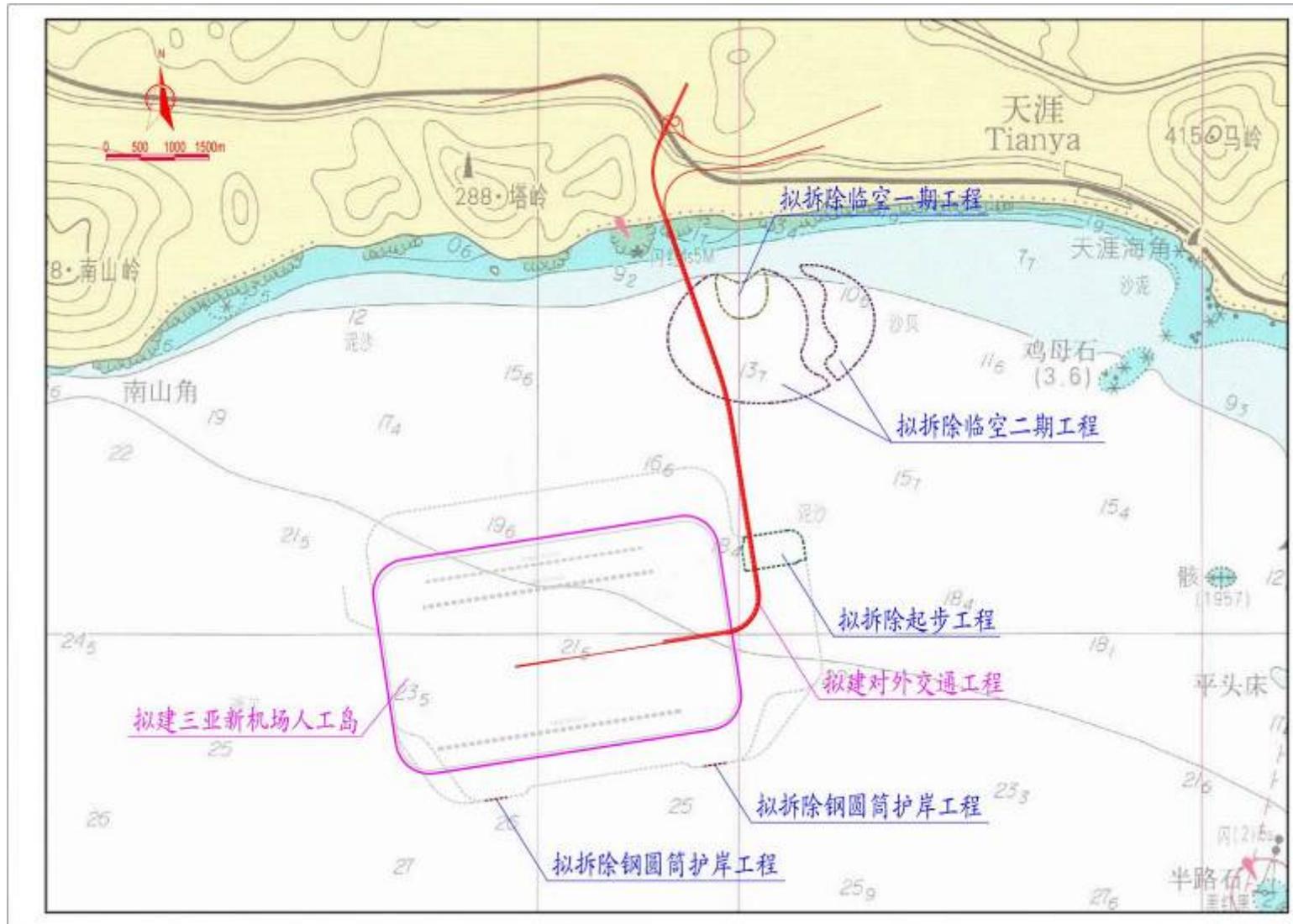


图 4.1-5 工程总体平面布局图（施工前）

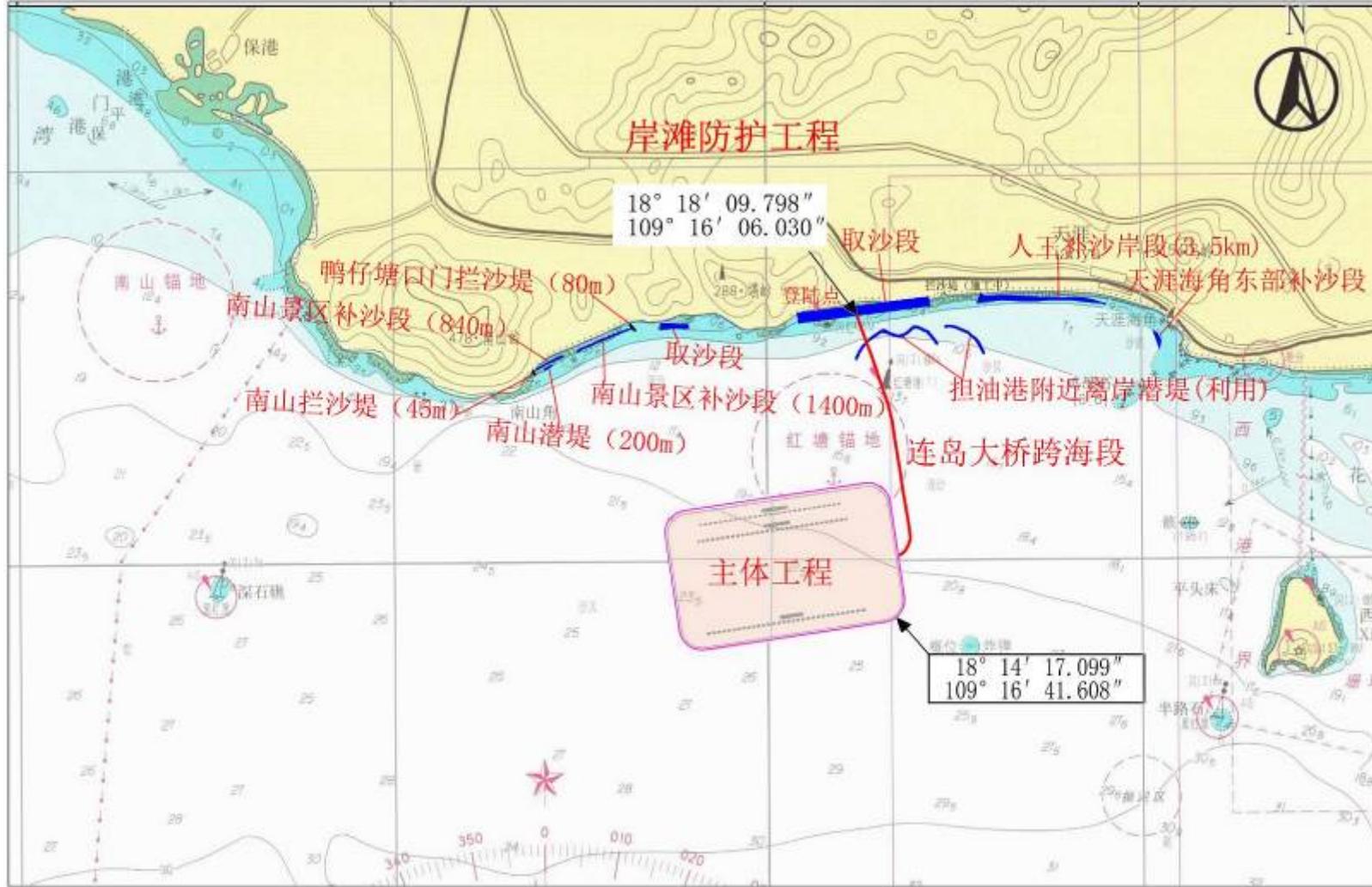


图 4.1-6 工程总体平面布局图（施工后）

图 4.1-7 机场跑道布置方案

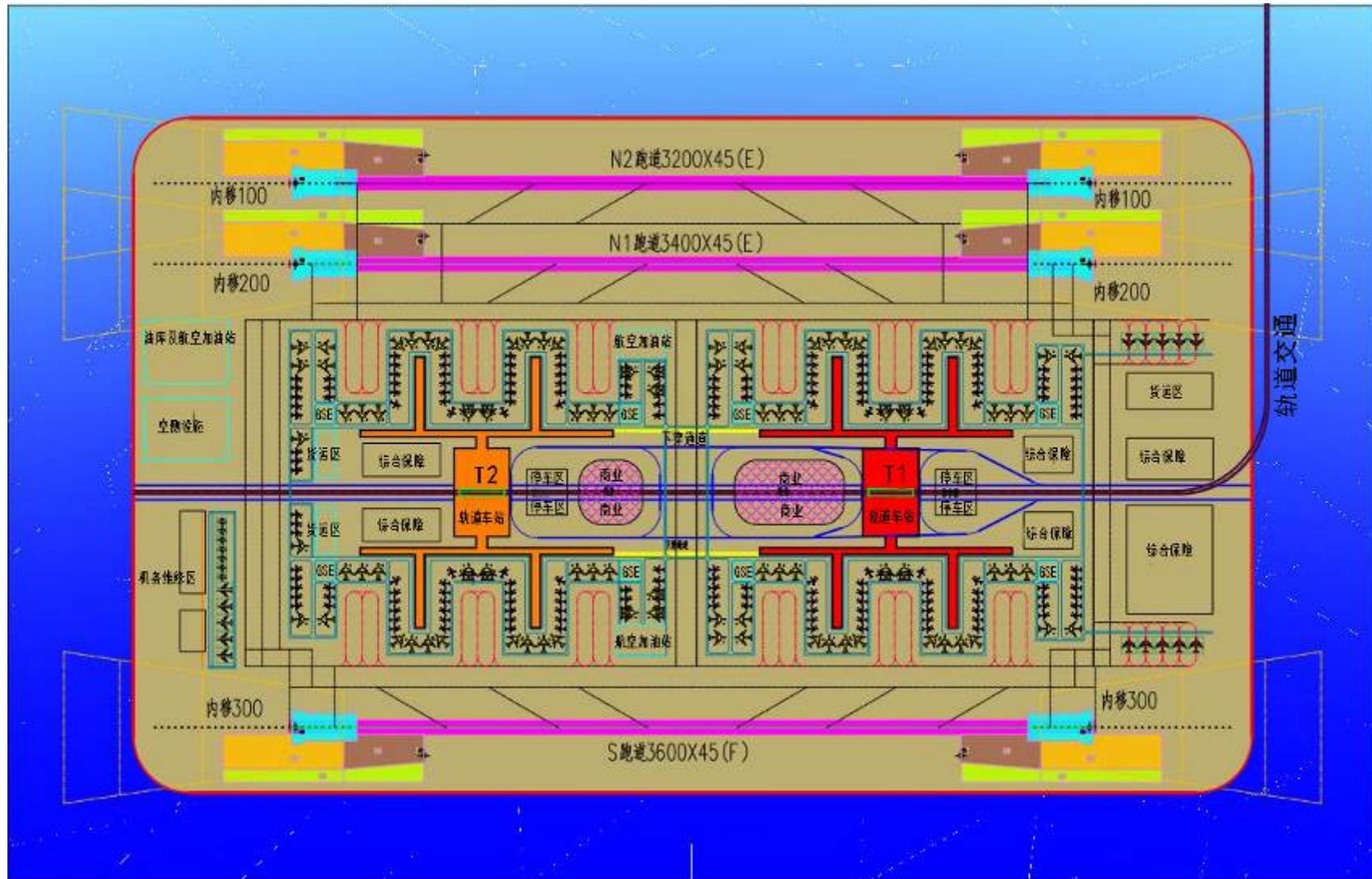


图 4.1-8 机场总平面布置方案

图 4.1-9 工程施工平面布局图

4.1.6.4 工程施工布局

本工程主体工程界址以 N1 跑道中心点为基准，依据中国民用航空局出具的“民航局关于海南三亚新机场场址的批复”，从而确定机场跑道中心点位置（表 4.1-4 和图 4.1-7）。

表 3.1-4 主体工程关键点坐标统计表

序号	纬度	经度	备注
1			机场跑道中心点

主体工程关键点坐标见表 4.1-5 和图 4.4-3。

表 4.1-5 主体工程关键点坐标统计表

序号	纬度	经度	备注
1	18° 13' 54.829"	109° 13' 58.278"	人工岛西南角
2	18° 13' 52.910"	109° 14' 01.726"	
3	18° 13' 51.678"	109° 14' 05.495"	
4	18° 13' 51.178"	109° 14' 09.423"	
5	18° 13' 51.404"	109° 14' 13.276"	
6	18° 14' 12.257"	109° 16' 31.109"	人工岛东南角
7	18° 14' 13.179"	109° 16' 34.847"	
8	18° 14' 14.815"	109° 16' 38.422"	
9	18° 14' 17.099"	109° 16' 41.608"	
10	18° 14' 19.942"	109° 16' 44.268"	
11	18° 14' 23.223"	109° 16' 46.287"	
12	18° 14' 26.798"	109° 16' 47.589"	
13	18° 14' 30.515"	109° 16' 48.133"	
14	18° 14' 34.302"	109° 16' 47.684"	连岛大桥登岛点
15	18° 15' 01.983"	109° 16' 43.101"	
16	18° 15' 03.811"	109° 16' 42.798"	人工岛东北角
17	18° 15' 42.728"	109° 16' 36.354"	
18	18° 15' 46.373"	109° 16' 35.356"	
19	18° 15' 49.716"	109° 16' 33.656"	
20	18° 15' 52.705"	109° 16' 31.288"	
21	18° 15' 55.206"	109° 16' 28.336"	
22	18° 15' 57.107"	109° 16' 24.921"	
23	18° 15' 58.327"	109° 16' 21.188"	
24	18° 15' 58.822"	109° 16' 17.297"	
25	18° 15' 58.614"	109° 16' 13.229"	
26	18° 15' 57.827"	109° 16' 12.077"	
27	18° 15' 56.418"	109° 16' 11.704"	人工岛西北角
28	18° 15' 36.204"	109° 13' 58.109"	
29	18° 15' 37.466"	109° 13' 57.232"	
30	18° 15' 37.869"	109° 13' 55.882"	
31	18° 15' 36.854"	109° 13' 51.946"	

序号	纬度	经度	备注
32	18° 15' 35.233"	109° 13' 48.402"	
33	18° 15' 32.968"	109° 13' 45.242"	
34	18° 15' 30.149"	109° 13' 42.606"	
35	18° 15' 26.895"	109° 13' 40.605"	
36	18° 15' 23.350"	109° 13' 39.318"	
37	18° 15' 19.665"	109° 13' 38.781"	
38	18° 15' 15.896"	109° 13' 39.011"	
39	18° 14' 07.474"	109° 13' 50.360"	
40	18° 14' 03.697"	109° 13' 51.080"	
41	18° 14' 00.296"	109° 13' 52.792"	
42	18° 13' 57.353"	109° 13' 55.297"	

连岛大桥跨海段项目组成包括连岛大桥栈桥和主体桥梁，根据现有宗海图确定连岛大桥工程界址坐标，主体桥梁见表 4.1-6 和图 4.1-5，施工栈桥见表 4.1-7 和图 4.1-6。

表 4.1-6 连岛大桥跨海段主体桥梁关键点坐标统计表

序号	纬度	经度	备注
1	18° 15' 01.983"	109° 16' 43.101"	近岛拐点左侧坐标
2	18° 15' 02.763"	109° 16' 44.773"	
3	18° 15' 03.707"	109° 16' 46.356"	
4	18° 15' 04.680"	109° 16' 47.676"	
5	18° 15' 06.044"	109° 16' 49.176"	
6	18° 15' 07.438"	109° 16' 50.403"	
7	18° 15' 08.993"	109° 16' 51.497"	
8	18° 15' 10.713"	109° 16' 52.435"	
9	18° 15' 12.581"	109° 16' 53.183"	
10	18° 15' 14.507"	109° 16' 53.696"	
11	18° 15' 16.659"	109° 16' 53.986"	
12	18° 15' 18.957"	109° 16' 53.989"	
13	18° 15' 21.209"	109° 16' 53.761"	
14	18° 15' 23.737"	109° 16' 53.360"	
15	18° 16' 39.764"	109° 16' 40.462"	通航孔拐点左侧坐标
16	18° 16' 44.870"	109° 16' 39.499"	
17	18° 16' 49.964"	109° 16' 38.342"	
18	18° 16' 55.178"	109° 16' 36.951"	
19	18° 17' 00.295"	109° 16' 35.376"	
20	18° 17' 05.370"	109° 16' 33.602"	登陆点坐标
21	18° 18' 09.739"	109° 16' 09.729"	
22	18° 18' 09.691"	109° 16' 08.839"	
23	18° 18' 09.732"	109° 16' 07.745"	通航孔拐点右侧坐标
24	18° 17' 04.773"	109° 16' 31.837"	
25	18° 16' 59.785"	109° 16' 33.581"	
26	18° 16' 54.750"	109° 16' 35.132"	
27	18° 16' 49.685"	109° 16' 36.487"	

序号	纬度	经度	备注
28	18° 16' 44.591"	109° 16' 37.643"	近岛拐点右侧坐标
29	18° 16' 39.478"	109° 16' 38.614"	
30	18° 15' 23.094"	109° 16' 51.572"	
31	18° 15' 20.976"	109° 16' 51.905"	
32	18° 15' 19.103"	109° 16' 52.104"	
33	18° 15' 17.250"	109° 16' 52.142"	
34	18° 15' 15.442"	109° 16' 51.966"	
35	18° 15' 13.541"	109° 16' 51.531"	
36	18° 15' 11.711"	109° 16' 50.849"	
37	18° 15' 10.024"	109° 16' 49.960"	
38	18° 15' 08.502"	109° 16' 48.898"	
39	18° 15' 07.141"	109° 16' 47.685"	
40	18° 15' 05.840"	109° 16' 46.208"	
41	18° 15' 04.625"	109° 16' 44.402"	
42	18° 15' 03.811"	109° 16' 42.798"	

表 4.1-7 连岛大桥跨海段施工栈桥关键点坐标统计表

序号	纬度	经度	备注
1	18° 17' 43.472"	109° 16' 17.265"	
2	18° 17' 43.538"	109° 16' 17.460"	
3	18° 18' 08.873"	109° 16' 08.063"	
4	18° 18' 08.807"	109° 16' 07.868"	右侧登陆点
5	18° 17' 11.781"	109° 16' 28.927"	通航孔重点坐标
6	18° 17' 11.874"	109° 16' 29.203"	
7	18° 17' 23.524"	109° 16' 24.883"	通航孔起点坐标
8	18° 17' 23.430"	109° 16' 24.607"	
9	18° 17' 18.464"	109° 16' 26.449"	平台坐标
10	18° 17' 18.152"	109° 16' 25.528"	
11	18° 17' 17.968"	109° 16' 25.596"	
12	18° 17' 17.530"	109° 16' 24.300"	
13	18° 17' 16.181"	109° 16' 24.800"	
14	18° 17' 16.619"	109° 16' 26.096"	
15	18° 17' 16.435"	109° 16' 26.165"	
16	18° 17' 16.747"	109° 16' 27.086"	近岛拐点左侧坐标
17	18° 15' 01.308"	109° 16' 43.213"	
18	18° 15' 02.132"	109° 16' 44.982"	
19	18° 15' 03.172"	109° 16' 46.738"	
20	18° 15' 04.262"	109° 16' 48.205"	
21	18° 15' 05.648"	109° 16' 49.713"	
22	18° 15' 07.053"	109° 16' 50.948"	
23	18° 15' 08.617"	109° 16' 52.057"	
24	18° 15' 10.346"	109° 16' 53.019"	
25	18° 15' 12.221"	109° 16' 53.800"	
26	18° 15' 14.152"	109° 16' 54.353"	
27	18° 15' 16.278"	109° 16' 54.694"	

序号	纬度	经度	备注
28	18° 15' 18.302"	109° 16' 54.771"	
29	18° 15' 20.361"	109° 16' 54.610"	
30	18° 15' 22.442"	109° 16' 54.286"	
31	18° 16' 38.590"	109° 16' 41.365"	左侧拐点
32	18° 16' 42.522"	109° 16' 40.667"	
33	18° 16' 47.671"	109° 16' 39.599"	
34	18° 16' 52.969"	109° 16' 38.285"	
35	18° 16' 57.983"	109° 16' 36.839"	
36	18° 17' 03.113"	109° 16' 35.125"	
37	18° 17' 06.824"	109° 16' 33.803"	
38	18° 18' 09.778"	109° 16' 10.456"	左侧登陆点
39	18° 18' 09.739"	109° 16' 09.729"	登陆中心点
40	18° 17' 05.370"	109° 16' 33.602"	拐点
41	18° 17' 00.295"	109° 16' 35.376"	
42	18° 16' 55.178"	109° 16' 36.951"	
43	18° 16' 49.964"	109° 16' 38.342"	
44	18° 16' 44.870"	109° 16' 39.499"	
45	18° 16' 39.764"	109° 16' 40.462"	
46	18° 15' 23.737"	109° 16' 53.360"	近岛拐点右侧坐标
47	18° 15' 21.209"	109° 16' 53.761"	
48	18° 15' 18.957"	109° 16' 53.989"	
49	18° 15' 16.659"	109° 16' 53.986"	
50	18° 15' 14.507"	109° 16' 53.696"	
51	18° 15' 12.581"	109° 16' 53.183"	
52	18° 15' 10.713"	109° 16' 52.435"	
53	18° 15' 08.993"	109° 16' 51.497"	
54	18° 15' 07.438"	109° 16' 50.403"	
55	18° 15' 06.044"	109° 16' 49.176"	
56	18° 15' 04.680"	109° 16' 47.676"	
57	18° 15' 03.707"	109° 16' 46.356"	
58	18° 15' 02.763"	109° 16' 44.773"	
59	18° 15' 01.983"	109° 16' 43.101"	

4.2 工程建设方案

4.2.1 主体工程建设方案

4.2.1.1 工程内容

人工岛整体形态为带圆角的矩形（考虑波能集中以及对岸滩演变的影响，圆角直径取为500m），护岸总长 15601.6m，形成陆域面积 1574.8 万 m²，用海总面积 1697.1 万 m²。北护岸长 4100m，兼作码头岸线，为了满足码头以及进出港道路用地要求，北护岸前沿线与机场陆域边界间距 80m；东护岸长 2915.4m、南护岸长 5670.8m，西护岸长 2915.4m，均暂无其他用途

安排，为了满足水工结构越浪、排水等需求，东、南、西护岸前沿线与机场陆域边界间距 50m。本项目通过 5 条袋装砂围堰分成 10 个区域进行分区回填成陆，围堰长度为 17620m，陆域回填方量约 46274.1 万 m³，全部考虑回填海砂。人工岛建设平面布置图见图 4.2-1。主体工程建设总体工程量见表 4.2-1。

表 4.2-1 主体工程主要技术经济指标表

序号	项目	单位	工程量	备注
1	护岸总长	m	15601.6	
1.1	北护岸	m	4100	采用沉箱结构
1.2	东护岸	m	2915.4	采用钢圆筒结构
1.3	南护岸	m	5670.8	采用钢圆筒结构
1.4	西护岸	m	2915.4	采用钢圆筒结构
2	围堰	m	17620	
3	陆域填方量	×10 ⁴ m ³	46274.1	不含护岸、围堰等水工结构填方量
4	陆域形成面积	hm ²	1574.8	护岸前沿线起算
5	填海造陆面积	hm ²	1697.1	
6	总投资	万元	8967211	其中工程费用 7445352 万元

4.2.1.2 设计参数

(1) 防潮（洪）和防浪设计标准：设计潮位、波浪重现期：施工工况：10 年（部分 25 年）；设计工况：100 年；极端工况：300 年。设计越浪量：重现期 100 年的高水位和重现期 100 年的波浪要素的组合条件下，越浪量 $\leq 0.05\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

(2) 抗震设防要求：该地区基本抗震设防烈度为 6 度，不进行抗震计算，适当采取抗震构造措施。

(3) 机场荷载要求：飞行区道面影响区：道面荷载 25kPa，机坪区飞机荷载 10kPa；飞行区土面区：飞行区土面区荷载为填筑体荷载，不考虑其他荷载。机场本岛其他场地：道面荷载：25kPa。

(4) 机场各部位沉降要求：飞行区道面影响区：设计使用年限 30 年；工后沉降 $\leq 25\text{cm}$ ；差异沉降 $\leq 1.5\%$ 。飞行区土面区：工后沉降 $\leq 40\text{cm}$ ；差异沉降满足排水、管线等设施使用要求。机场本岛其他场地：设计使用年限 30 年；工后沉降应满足相应功能要求。

(5) 陆域场地高程设计标准：根据机场各部位设计荷载及沉降控制标准，机场本岛地基处理交工标高暂定 2.0m。

(6) 净空条件

根据障碍物限值面的尺寸和坡度，叠加上跑道高程（北一、北二跑道顶高程 6.2m，南跑道顶高程 6.0m），可以确定各部位挡浪墙的控制高程，从而确定本项目净空要求（见图 4.2-2）。

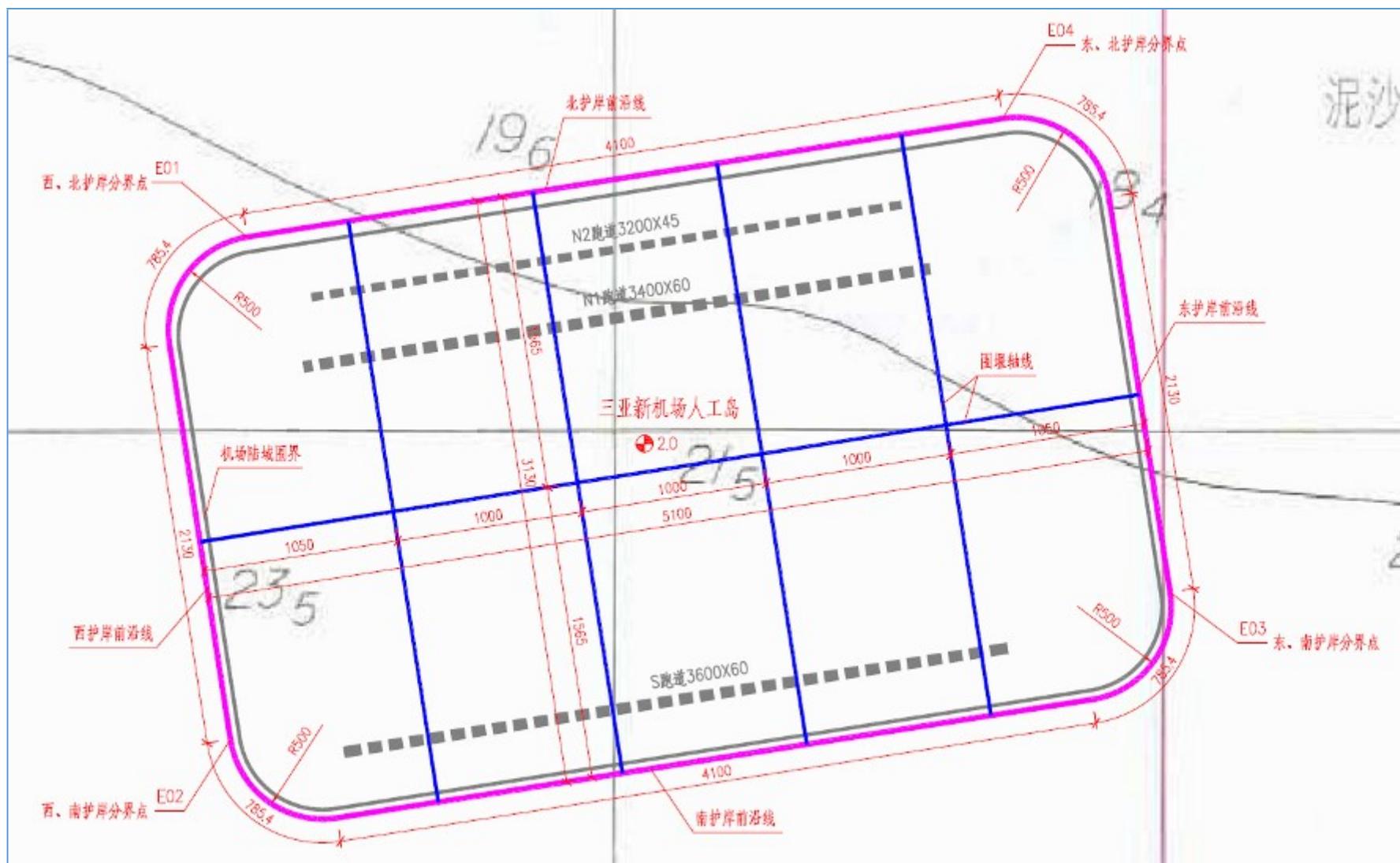


图 4.2-1 人工岛建设平面布置

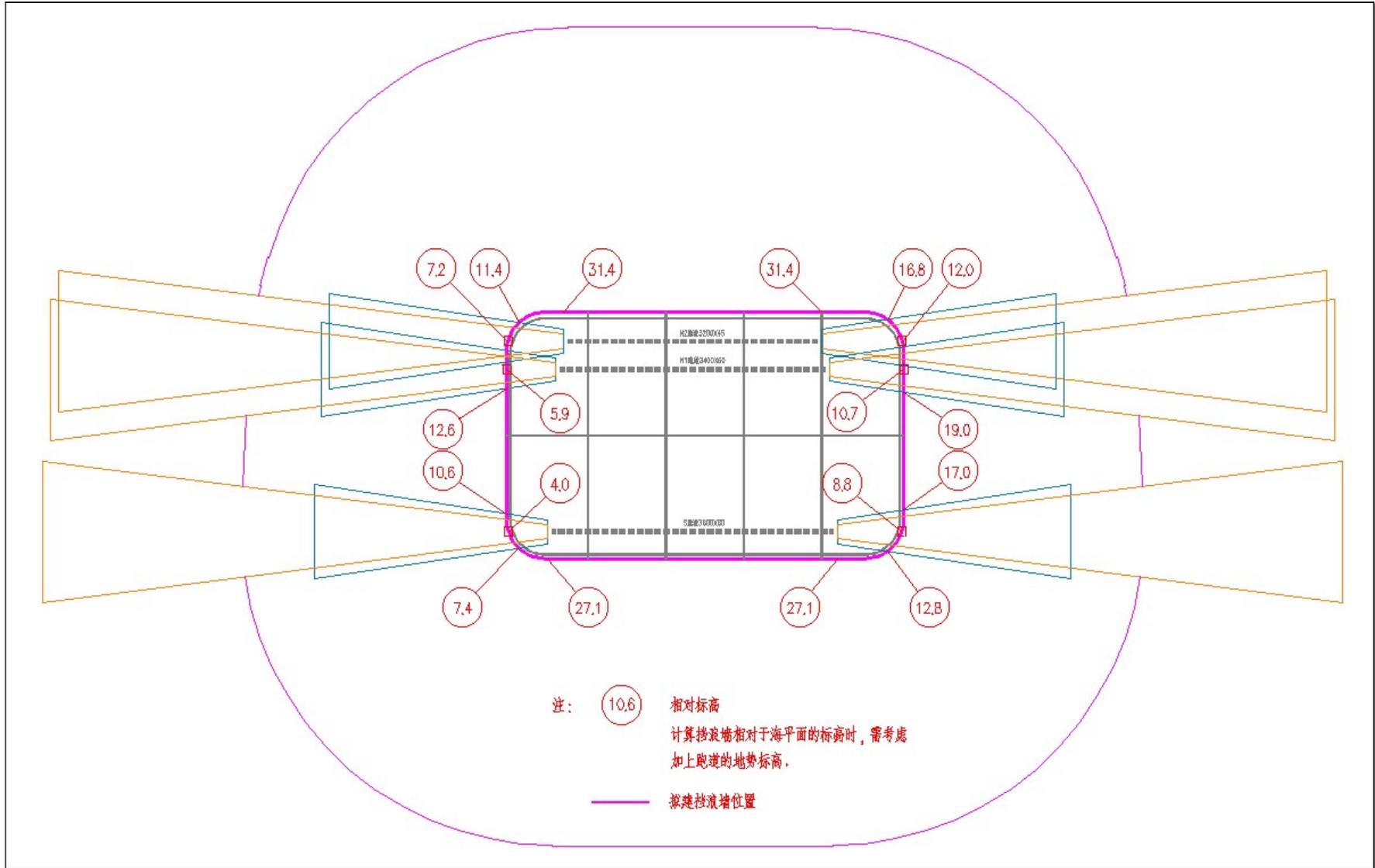


图 4.2-2 本项目净空要求 (图中圆圈内数值为相对于跑道的相对高程)

4.2.1.3 工程结构

4.2.1.3.1 护岸工程

(1) 工程规模：新建护岸总长 15601.6m，其中，北护岸长 4100m，东护岸长 2915.4m，南护岸长 5670.8m，西护岸长 2915.4m。护岸工程规模见表 4.2-2。

(2) 结构方案：本工程护岸采用组合结构方案。北护岸采用重力式方沉箱结构；东、西南段采用钢圆筒方案。护岸工程结构见表 4.2-2。

表 4.2-2 本项目护岸工程规模、结构一览表

序号	名称	建设规模 (m)	结构方案	结构安全等级
1	北护岸	4100	重力式方沉箱结构	I
2	东护岸	2915.4	钢圆筒组合结构	I
3	西护岸	2915.4	钢圆筒组合结构	I
4	南护岸	5670.8	钢圆筒组合结构	I
合计		15601.6		II

①重力式方沉箱结构（北护岸）：

重力式方沉箱结构方案，以粘土~粉质粘土层为基础持力层。基槽开挖后，采用 10~500kg 开山石换填，其上设置 4m 厚的 10~100kg 块石基床，上部安放方沉箱。沉箱主尺度长×宽×高=27.5m×15.1m×19.5m，单件重约 4500t。沉箱纵横向舱格数为 6×3 个，舱格内回填 10~100kg 块石。顶部现浇混凝土胸墙，后方回填抛石棱体形成堤心，顶部采用混凝土路面结构。北护岸与后方陆域间设置混凝土挡浪墙，挡浪墙顶高程 6.20m，为避免沉箱前沿基床被淘刷，基床外抛设置 300~500kg 护肩块石，详见图 4.2-3。

②钢圆筒结构（东、西、南护岸）：

东、南、西护岸采用钢圆筒组合结构，陆域高程为+5.0m。钢圆筒和副格均采用 Q345B 钢材，钢圆筒直径 30m，壁厚 18mm，副格壁厚 14mm，采用环形横肋和竖向纵肋加强，相邻钢圆筒的中心距为 32m。在施打钢圆筒之前，需开挖基槽，并换填中粗砂。钢圆筒振沉完毕后，立即回填筒内中粗砂、二片石等倒滤结构及 10~300kg 块石，并同步将中粗砂振冲密实。钢圆筒海侧堤心石采用 10~300kg 块石，挡浪墙采用反 L 型现浇 C40 钢筋混凝土结构，其中东、南侧挡浪墙顶高程为+13.0m，东侧护面块体采用 100t 的扭王字块体，南侧护面块体采用 120t 的扭王字块体，垫层块体采用 10t 的扭王字块体；西侧挡浪墙顶高程为+12.0m，护面块体采用 60t 的扭王字块体，垫层块石的重量为 3000kg~6000kg 块石；内侧垫层块石的重量均为 500kg~1000kg，护底块石的重量取 1000~1500kg，护底块石的长度为 10m，护底块石下铺设 500mm

厚二片石垫层。钢圆筒陆侧吹填中粗砂并振冲密实，护岸后方为陆域回填区，详见图 4.2-4。

③生态护岸结构

在确保防洪防潮放浪安全的前提下，海堤向海侧堤型宜采用斜坡式结构，在条件适宜时尽可能缓坡入海。围填海工程新形成向海侧护坡的坡面、堤顶和堤脚应综合考虑生态、景观、亲水和防灾减灾等要素，应因地制宜地采用生态格栅、生态护面（含生态袋、植物砌块、生态溢水砖、箱式绿化挡墙等）等生态设计措施，构建海堤生态带建设的有利条件。

根据断面图情况，护岸前沿向海一侧均均设有斜坡式的抛石护底结构，除北护岸外还均设有大型混凝土护面块体（扭王字块）用于消浪，+1.0m 标高以下的水下抛石和混凝土块体起到人工鱼礁作用，使其成为海洋生物的新家园。

3) 主要工程量：东、西、南、北护岸不同结构段工程量表 4.2-3~4.2-6。

表 4.2-3 北护岸工程量（重力式沉箱）

序号	项目名称	单位	总量	备注
1	基床挖泥（淤泥、可塑粘土）	m ³	569480.00	I类土
2	基床挖泥（粘土、粉质粘土、砂类）	m ³	1874730.00	III类土
3	10~500kg 开山石换填基础(含泥量<5%)	m ³	1951354.50	水上
4	10~100kg 块石基床（夯实），水上	m ³	484127.00	
5	300kg~500kg 护底块石，水上	m ³	156167.00	
6	预制 C45 高性能混凝土方沉箱	m ³	297000.00	含钢量 180kg/m ³
7	安装方沉箱，4500t/件	件	158	
8	沉箱内回填 10~100kg 块石(含泥量<5%)	m ³	945653.94	
9	沉箱顶部现浇混凝土垫层，C15	m ³	7858.62	
10	沉箱内顶部二片石垫层	m ³	15717.24	
11	现浇胸墙，C40	m ³	64944.00	含钢量 120kg/m ³
12	现浇混凝土路面结构，C30	m ³	42213.60	含钢量 120kg/m ³
13	陆上现浇挡浪墙，C40	m ³	30848.40	含钢量 100kg/m ³
14	挡浪墙底现浇 C15 素砼垫层，陆上	m ³	2931.50	
15	挡浪墙底二片石垫层	m ³	6314.00	
16	墙后回填 10~100kg 抛石棱体	m ³	4070376.37	
17	土工布两层，400g/m ² ，水上	m ³	439530.00	两层总量
18	沉箱后方二片石垫层，水上	m ³	459425.00	
19	沉箱后方混合倒滤层，水上	m ³	574195.00	
20	后方回填混合料，陆上	m ³	1220570.00	计入陆域形成
21	混凝土防腐	m ²	66967.20	硅烷浸渍
22	450kN 系船柱	套	300	
23	橡胶护舷,DA-A500H×2500L 标准反力型	套	450	
24	橡胶护舷,D300×300×1500	套	450	
25	预制排水管，C40	m ³	12320	含钢量 120kg/m ³
26	安装排水管	件	308	单件重 100t
27	陆上现浇排水沟，C40	m ³	8389	含钢量 120kg/m ³

表 4.2-4 东护岸工程量（钢圆筒组合结构）

序号	项目名称	单位	总量	备注
1	钢圆筒预制安装			
1.1	预制钢圆筒, Q345B, 直径 30m, 壁厚 18mm, 高 33m	t	65569.2	
1.2	安装下沉钢圆筒, 单件重量不超过 680t	件	92.0	
1.3	预制钢弧板副格, Q345B, 壁厚 16mm, 高 32m	t	15769.2	
1.4	安装下沉副格, 单件重量不超过 85t	件	183.0	
2	斜坡部分			
2.1	基床清淤, I 类土, 挖泥水深: 30m	m ³	320694.0	
2.2	基槽开挖, II 类土, 挖泥水深: 30m	m ³	564421.4	
2.3	基槽回填, 中粗砂, 水深: 30m	m ³	564421.4	
2.4	钢圆筒内和副格回中粗砂, 中粗砂含泥量<5%, 振冲密实 N>15,	m ³	1543052.9	
2.5	10~300kg 堤芯块石, 陆上	m ³	475179.6	
2.6	10~300kg 堤芯块石, 水上	m ³	1248716.8	
2.7	抛填碎石棱体, 水上	m ³	637120.7	
2.8	500~1000kg 块石垫层, 陆上	m ³	47206.2	
2.9	500~1000kg 块石垫层, 水上	m ³	211209.1	
2.10	1000~1500kg 块石护底, 水上	m ³	181224.2	
2.11	3000~5000kg 块石, 水上	m ³	132125.9	
2.12	预制 10t 扭王字块, C40	m ³	264386.0	掺加聚乙烯醇纤维
2.13	安装 10t 扭王字块, 陆上	件	13498.3	
2.14	安装 10t 扭王字块, 水上	件	47310.5	
2.15	预制 100t 扭王字块, C40, 高性能	m ³	562492.5	含钢量 80kg/m ³ , 掺加 CPA
2.16	安装 100t 扭王字块, 陆上	件	5204.3	
2.17	安装 100t 扭王字块, 水上	件	7733.1	
2.18	现浇挡浪墙, C40, 陆上, 高性能	m ³	174778.2	含钢量 120kg/m ³ , 掺加 CPA
2.19	现浇挡土墙, C40, 陆上	m ³	27066.6	含钢量 120kg/m ³ , 掺加 CPA
2.20	钢筋混凝土面层, C40, 陆上	m ³	22127.9	含钢量 200kg/m ³ , 掺加 CPA
2.21	碎石垫层, 陆上	m ³	29728.3	
2.22	二片石垫层, 陆上	m ³	18632.3	
2.23	二片石(垫层), 水上	m ³	517887.3	
2.24	混合倒滤层, 陆上	m ³	18632.3	
2.25	混合倒滤层, 水上	m ³	154285.9	
2.26	素混凝土垫层, 水上	m ³	9813.2	
2.27	无纺土工布, 两层, 陆上	m ²	97811.7	
2.28	无纺土工布, 两层, 水上	m ²	128277.6	
2.29	三向土工垫, 水上	m ²	160347.0	
2.30	沥青木丝板	m ²	10081.0	
2.31	回填中粗砂, 中粗砂含泥量<5%, 振冲密实 N>15, 水上	m ³	506963.3	
2.32	土工管袋, (中粗砂含泥量<5%), 水上	m ³	76408.3	
2.33	吹填砂, 振冲密实, 水上	m ³	3189680.8	计入陆域形成
2.34	路面结构	m ²	64138.8	
2.35	宽樨槽内灌注水泥砂浆	m ³	614.5	
2.36	混凝土硅烷浸渍	m ²	100335.5	
2.37	监测点	组	3206.94	

序号	项目名称	单位	总量	备注
3	排水设施			
3.1	预制排水箱涵, 16.87 m ³ 内/件, 42.17t 内/件, C40 混凝土	m ³	2944.8	掺加 CPA
3.2	预制排水箱涵, 16.87 m ³ 内/件, 42.17t 内/件, C40 混凝土	m ³	204.1	掺加 CPA
3.3	现浇集水井, 后方陆域, C30 混凝土	m ³	504.6	掺加 CPA
3.4	现浇排水沟, 后方陆域, C30 混凝土	m ³	4224.4	掺加 CPA
3.5	排水沟内细石混凝土	m ³	612.2	
3.6	排水设施底现浇 C15 素混凝土垫层, 100mm	m ³	765.3	
3.7	排水设施底现浇二片石垫层, 300mm	m ³	2295.9	
3.8	现浇混凝土垫块, C30	m ³	6788.8	
3.9	现浇集水井钢筋	t	114.3	
3.10	现浇排水沟钢筋	t	298.3	
3.11	预制排水箱涵钢筋	t	471.2	
3.12	钢格板, 型号为 G505/30/50W, 标准件长 995mm, 标准件重 89.0kg	件	3061.2	
3.13	集水井和排水沟预埋护边角钢	t	13.0	
3.14	橡胶止水带	m	463.8	
3.15	逆止阀	件	46.4	

表 4.2-5 南护岸工程量 (钢圆筒组合结构)

序号	项目名称	单位	总量	备注
1	钢圆筒预制安装			
1.1	预制钢圆筒, Q345B, 直径 30m, 壁厚 18mm, 高 33m	t	126862.2	
1.2	安装下沉钢圆筒, 单件重量不超过 680t	件	178.0	
1.3	预制钢弧板副格, Q345B, 壁厚 16mm, 高 32m	t	30590.5	
1.4	安装下沉副格, 单件重量不超过 85t	件	355.0	
2	斜坡部分			
2.1	基床清淤, I 类土, 挖泥水深: 30m	m ³	623788.0	
2.2	基槽开挖, II 类土, 挖泥水深: 30m	m ³	1097866.9	
2.3	基槽回填, 中粗砂, 水深: 30m	m ³	1097866.9	
2.4	钢圆筒内和副格回中粗砂, 中粗砂含泥量 < 5%, 振冲密实 N > 15,	m ³	3515263.6	
2.5	10~300kg 堤芯块石, 陆上	m ³	906477.4	
2.6	10~300kg 堤芯块石, 水上	m ³	2923161.3	
2.7	抛填碎石棱体, 水上	m ³	1760033.4	
2.8	500~1000kg 块石垫层, 陆上	m ³	99431.8	
2.9	500~1000kg 块石垫层, 水上	m ³	462289.3	
2.10	1000~1500kg 块石护底, 水上	m ³	363418.9	
2.11	3000~5000kg 块石, 水上	m ³	257000.7	
2.12	预制 10t 扭王字块, C40	m ³	570446.6	掺加聚乙烯醇纤维
2.13	安装 10t 扭王字块, 陆上	件	27701.7	
2.14	安装 10t 扭王字块, 水上	件	103501.0	
2.15	预制 120t 扭王字块, C40, 高性能	m ³	1289785.5	含钢量 80kg/m ³ , 掺加 CPA
2.16	安装 120t 扭王字块, 陆上	件	9397.0	

序号	项目名称	单位	总量	备注
2.17	安装 120t 扭王字块, 水上	件	15323.9	
2.18	现浇挡浪墙, C40, 陆上, 高性能	m ³	339964.5	含钢量 120kg/m ³ , 掺加 CPA
2.19	现浇挡土墙, C40, 陆上	m ³	52647.7	含钢量 120kg/m ³ , 掺加 CPA
2.20	钢筋混凝土面层, C40, 陆上	m ³	40546.2	含钢量 200kg/m ³ , 掺加 CPA
2.21	碎石垫层, 陆上	m ³	56328.1	
2.22	二片石垫层, 陆上	m ³	84959.9	
2.23	二片石 (垫层), 水上	m ³	1074784.0	
2.24	混合倒滤层, 陆上	m ³	36242.1	
2.25	混合倒滤层, 水上	m ³	300104.4	
2.26	素混凝土垫层, 水上	m ³	19087.9	
2.27	无纺土工布, 两层, 陆上	m ²	190255.3	
2.28	无纺土工布, 两层, 水上	m ²	249515.2	
2.29	三向土工垫, 水上	m ²	311894.0	
2.30	沥青木丝板	m ²	19608.8	
2.31	回填中粗砂, 中粗砂含泥量 < 5%, 振冲密实 N > 15, 水上	m ³	1780347.7	
2.32	土工管袋, (中粗砂含泥量 < 5%), 水上	m ³	185730.0	
2.33	吹填砂, 振冲密实, 水上	m ³	6204308.9	计入陆域形成
2.34	路面结构	m ²	124757.6	
2.35	宽樁槽内灌注水泥砂浆	m ³	1188.9	
2.36	混凝土硅烷浸渍	m ²	195164.6	
2.37	监测点	组	6237.88	
3	排水设施			
3.1	预制排水箱涵, 16.87 m ³ 内/件, 42.17t 内/件, C40 混凝土	m ³	5728.1	掺加 CPA
3.2	预制排水箱涵, 16.87 m ³ 内/件, 42.17t 内/件, C40 混凝土	m ³	397.0	掺加 CPA
3.3	现浇集水井, 后方陆域, C30 混凝土	m ³	981.5	掺加 CPA
3.4	现浇排水沟, 后方陆域, C30 混凝土	m ³	8217.0	掺加 CPA
3.5	排水沟内细石混凝土	m ³	1190.9	
3.6	排水设施底现浇 C15 素混凝土垫层, 100mm	m ³	1488.6	
3.7	排水设施底现浇二片石垫层, 300mm	m ³	4465.8	
3.8	现浇混凝土垫块, C30	m ³	13205.1	
3.9	现浇集水井钢筋	t	222.3	
3.10	现浇排水沟钢筋	t	580.2	
3.11	预制排水箱涵钢筋	t	916.5	
3.12	钢格板, 型号为 G505/30/50W, 标准件长 995mm, 标准件重 89.0kg	件	5954.3	
3.13	集水井和排水沟预埋护边角钢	t	25.3	
3.14	橡胶止水带	m	902.2	
3.15	逆止阀	件	90.2	

表 4.2-6 西护岸工程量 (钢圆筒组合结构)

序号	项目名称	单位	总量	备注
1	钢圆筒预制安装			
1.1	预制钢圆筒, Q345B, 直径 30m, 壁厚 18mm, 高 33m	t	65569.2	
1.2	安装下沉钢圆筒, 单件重量不超过 680t	件	92.0	
1.3	预制钢弧板副格, Q345B, 壁厚 16mm, 高 32m	t	15769.2	

序号	项目名称	单位	总量	备注
1.4	安装下沉副格, 单件重量不超过 85t	件	183.0	
2	斜坡部分			
2.1	基床清淤, I类土, 挖泥水深: 30m	m ³	320694.0	
2.2	基槽开挖, II类土, 挖泥水深: 30m	m ³	564421.4	
2.3	基槽回填, 中粗砂, 水深: 30m	m ³	564421.4	
2.4	钢圆筒内和副格回中粗砂, 中粗砂含泥量<5%, 振冲密实 N>15,	m ³	1807222.9	
2.5	10~300kg 堤芯块石, 陆上	m ³	492848.4	
2.6	10~300kg 堤芯块石, 水上	m ³	1381987.1	
2.7	抛填碎石棱体, 水上	m ³	904846.1	
2.8	500~1000kg 块石垫层, 陆上	m ³	39862.3	
2.9	500~1000kg 块石垫层, 水上	m ³	226185.5	
2.10	3000~6000kg 块石垫层, 陆上	m ³	97170.3	
2.11	3000~6000kg 块石垫层, 水上	m ³	481522.0	
2.12	1000~1500kg 块石护底, 水上	m ³	172020.3	
2.13	3000~5000kg 块石, 水上	m ³	128598.3	
2.14	预制 60t 扭王字块, C40, 高性能	m ³	473682.6	含钢量 80kg/m ³ , 掺加 CPA
2.15	安装 60t 扭王字块, 陆上	件	6609.5	
2.16	安装 60t 扭王字块, 水上	件	11548.3	
2.17	现浇挡浪墙, C40, 陆上, 高性能	m ³	162656.0	含钢量 120kg/m ³ , 掺加 CPA
2.18	现浇挡土墙, C40, 陆上	m ³	27066.6	含钢量 120kg/m ³ , 掺加 CPA
2.19	钢筋混凝土面层, C40, 陆上	m ³	24853.8	含钢量 200kg/m ³ , 掺加 CPA
2.20	碎石垫层, 陆上	m ³	31363.9	
2.21	二片石垫层, 陆上	m ³	9620.8	
2.22	二片石(垫层), 水上	m ³	547743.9	
2.23	混合倒滤层, 陆上	m ³	18632.3	
2.24	混合倒滤层, 水上	m ³	154285.9	
2.25	素混凝土垫层, 水上	m ³	9813.2	
2.26	无纺土工布, 两层, 陆上	m ²	97811.7	
2.27	无纺土工布, 两层, 水上	m ²	128277.6	
2.28	三向土工垫, 水上	m ²	160347.0	
2.29	沥青木丝板	m ²	9486.1	
2.30	回填中粗砂, 中粗砂含泥量<5%, 振冲密实 N>15, 水上	m ³	915289.8	
2.31	土工管袋, (中粗砂含泥量<5%), 水上	m ³	95485.2	
2.32	吹填砂, 振冲密实, 水上	m ³	3189680.8	计入陆域形成
2.33	路面结构	m ²	64138.8	
2.34	宽樺槽内灌注水泥砂浆	m ³	614.5	
2.35	混凝土硅烷浸渍	m ²	99145.8	
2.36	监测点	组	3206.94	
3	排水设施			
3.1	预制排水箱涵, 16.87m ³ 内/件, 42.17t 内/件, C40 混凝土	m ³	2944.8	掺加 CPA
3.2	预制排水箱涵, 16.87m ³ 内/件, 42.17t 内/件, C40 混凝土	m ³	204.1	掺加 CPA
3.3	现浇集水井, 后方陆域, C30 混凝土	m ³	504.6	掺加 CPA
3.4	现浇排水沟, 后方陆域, C30 混凝土	m ³	4224.4	掺加 CPA
3.5	排水沟内细石混凝土	m ³	612.2	
3.6	排水设施底现浇 C15 素混凝土垫层, 100mm	m ³	765.3	

序号	项目名称	单位	总量	备注
3.7	排水设施底现浇二片石垫层, 300mm	m ³	2295.9	
3.8	现浇混凝土垫块, C30	m ³	6788.8	
3.9	现浇集水井钢筋	t	114.3	
3.10	现浇排水沟钢筋	t	298.3	
3.11	预制排水箱涵钢筋	t	471.2	
3.12	钢格板, 型号为 G505/30/50W, 标准件长 995mm, 标准件重 89.0kg	件	3061.2	
3.13	集水井和排水沟预埋护边角钢	t	13.0	
3.14	橡胶止水带	m	463.8	
3.15	逆止阀	件	46.4	

图 4.2-3 北护岸重力式方沉箱结构典型断面图

图 4.2-4 钢圆筒结构护岸典型断面图（东西南护岸）

4.2.1.3.2 陆域形成

(1) 回填规模

本项目陆域填方总量为 46274.1 万 m³，回填料均为海砂。陆域形成面积为 1574.8 万 m²。

(2) 回填高程

本项目陆域形成面积约为 15.7km²，地基处理交工标高暂定 2.0m，采用回填砂成陆，地基处理采用振冲密实，回填高程取为 4.4m。

(3) 围堰设置

本项目通过 5 条袋装砂围堰分成 10 个区域进行分区回填成陆；袋装砂用量为 864.7052 万 m³；5 条围堰总长为 17620m，围堰规模见表 4.2-7，围堰结构布置见图 4.2-5 至图 4.2-6。

陆域形成分区段进行，按照“先围后填”的原则，先利用护岸、围堰等形成围闭再进行回填施工，形成内溢流口 5 处，外溢流口 5 处，其中东北角处溢流口为主溢流口。溢流口布置见图 4.2-5。

表 4.2-7 本项目陆域形成工程规模一览表

序号	项目名称	单位	数量	备注
1	WY1	m	3130	袋装砂结构，顶高程 5.0m
2	WY2	m	3130	袋装砂结构，顶高程 5.0m
3	WY3	m	3130	袋装砂结构，顶高程 5.0m
4	WY4	m	3130	袋装砂结构，顶高程 5.0m
5	WY5	m	5100	袋装砂结构，顶高程 5.0m
合计			17620	袋装砂用量 864.8052 万 m ³

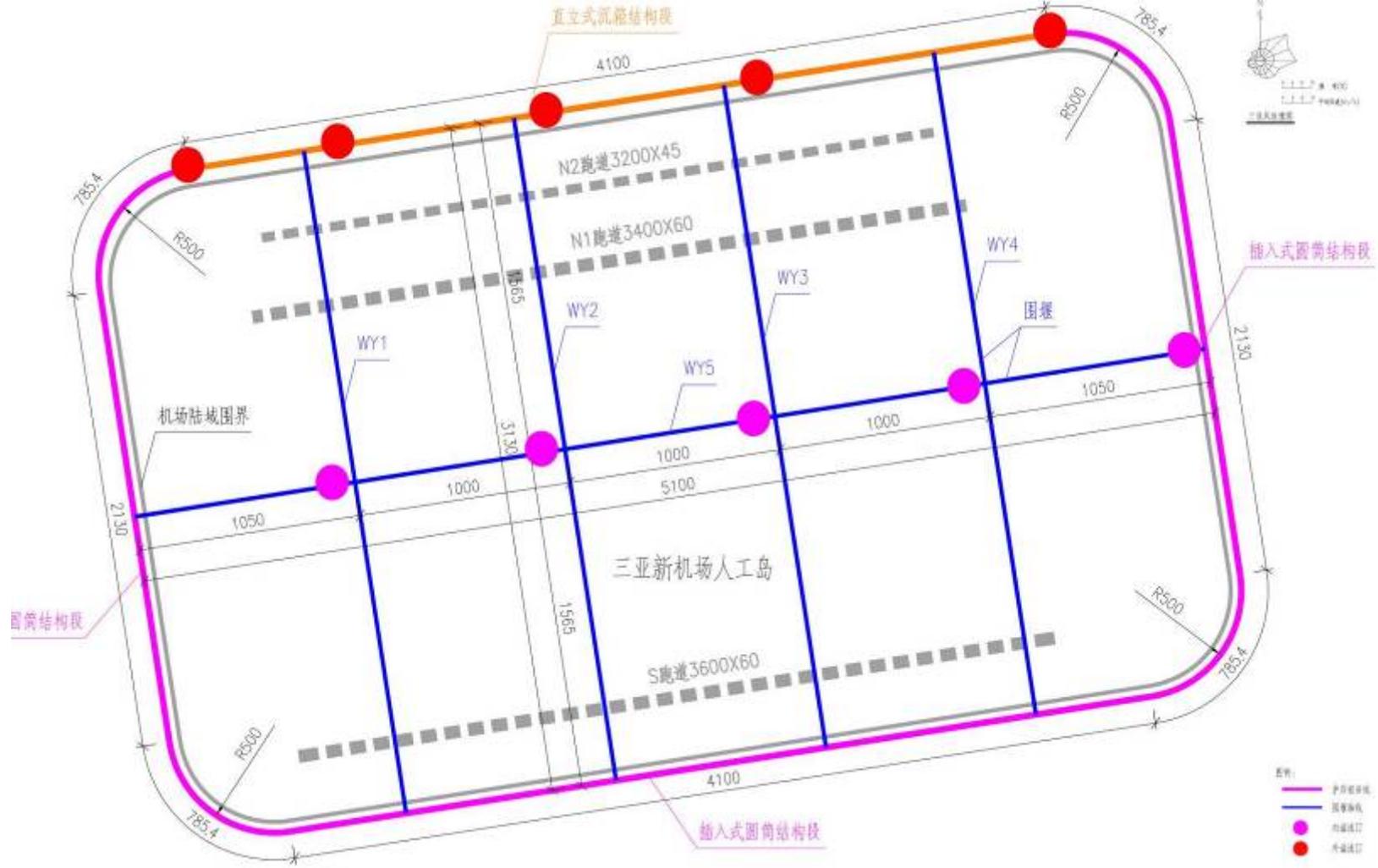


图 4.2-5 围堰与溢流口布置图

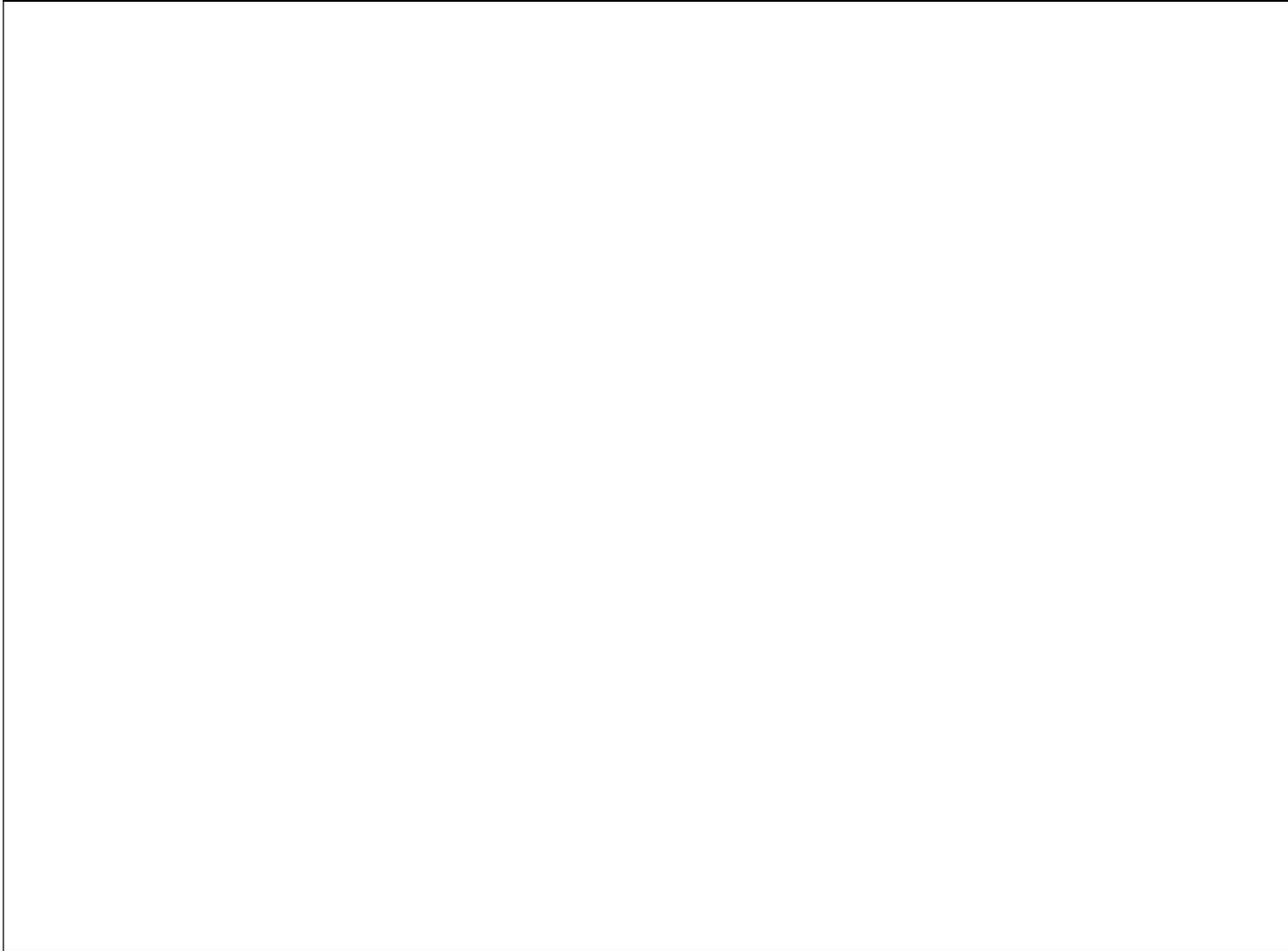


图 4.2-6 陆域形成与地基处理平面图

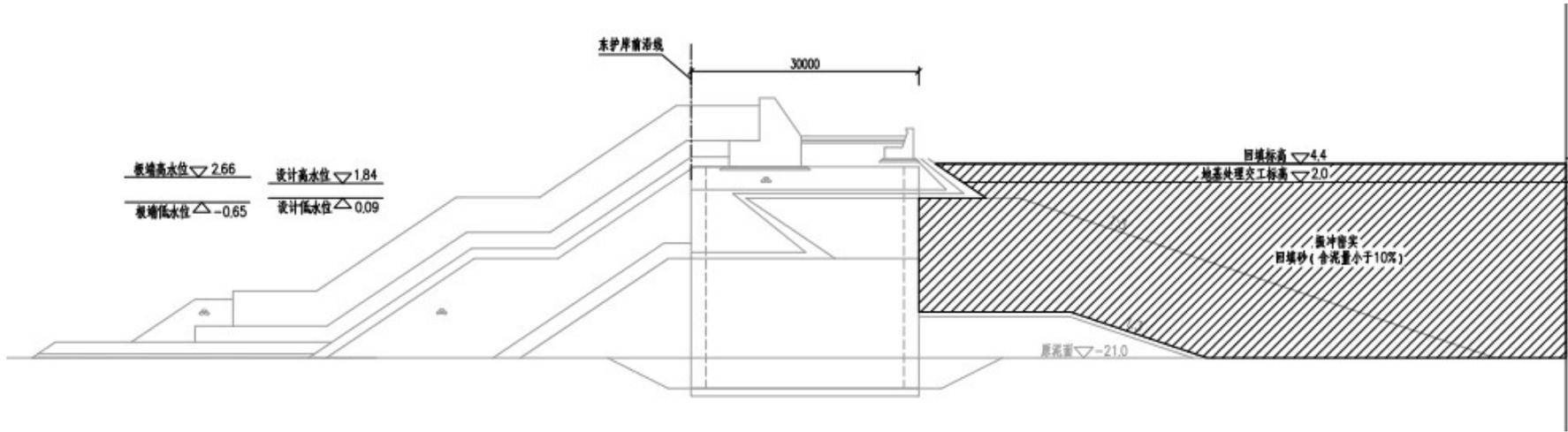


图 4.2-7 地基处理典型断面图（东西南护岸）

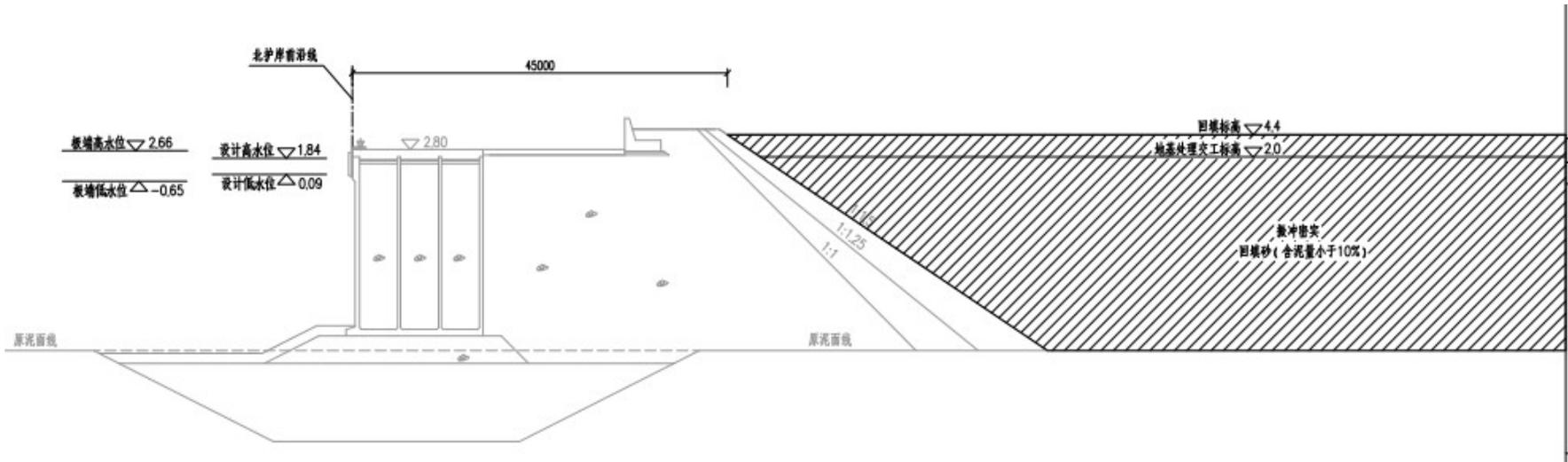


图 4.2-8 地基处理典型断面图（北护岸）

4.2.1.3.3 地基处理

本项目人工岛上拟建的建筑物和设施主要包括机场跑道、停机坪、航站楼、车站、维修和救援设施，以及一些发展用地。场地内陆域形成全部采用回填砂。本项目陆域回填料采用海砂，海砂的含泥量（粒径小于 0.075mm 的颗粒含量）要求不大于 10%。机场人工岛填海范围内的原泥面平均高程约-20m，因此海砂的平均回填厚度约 25m。由于回填砂厚度较大，且大部分回填砂位于水下，采用振冲密实法进行地基处理。

工程选址区域地质条件较好，不需要通过地基处理来解决岸坡稳定的问题，且三亚地区抗震设防烈度为 VI 度，也不需要考虑地基液化问题，故本项目地基处理的主要目的是解决使用期的沉降和差异沉降问题。地基处理采用振冲密实处理方法。地基处理断面见图 3.2-7 和图 3.2-8。

1) 振冲密实处理方案

陆域大面积采用回填砂施工完毕后，采用大面积振冲密实处理，振冲采用 $\geq 75\text{kW}$ 的振冲器，振冲间距初定为 3.0m，孔位采用等边三角形布置，振冲密实处理平均深度暂定为 25m。

振冲处理后表层砂仍然较松散，采用激振力 300kN 的振动压路机进行碾压处理，最后整平至交工标高。

2) 地基处理检测方案

地基处理施工结束后，为评价处理效果，验证设计时采用的参数，设计布置了以下检测项目：静力触探、标准贯入、载荷板试验等。检测有关要求应符合相关规范的规定。

本项目地基处理主要工程量见表 4.2-8。

表 4.2-8 地基处理主要工程量表

序号	项目名称	单位	工程量	备注
1	振冲密实	万 m ³	45758.3748	采用功率不小于 75kW 的振冲，振冲点正三角形布置，间距 3.0m
2	碾压	万 m ²	1522.1678	场地整平、采用 300kN 的振动压路机碾压，自重不小于 150kN
3	监测和检测	万 m ²	1522.1678	沉降、载荷板、标贯等

4.2.1.4 施工方案

主体工程施工内容包括护岸、围堰、吹填造地和地基处理等。施工顺序为总体上先施工护岸和围堰，再进行回填，最后进行地基处理。总体施工工艺流程如下图所示：

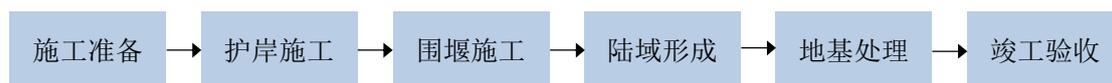


图 4.2-9 总体施工工艺流程

(1) 工程施工顺序

1) 东、西、南护岸钢圆筒结构可为岛域形成一定掩护、为北护岸及陆域回填施工创造更好的施工条件，施工拟设两个工作面同时施工，以岛东南角、西南角为起点各向两侧施工，工期 22 个月（16 个月完成钢圆筒振沉，形成掩护结构）。

2) 北护岸沉箱结构需待部分东、西、南钢圆筒结构护岸形成一定掩护作用后再开始施工，另考虑北护岸风浪条件相较东、西、南护岸更好，拟将船舶进出口设置在北护岸（暂定 5 个）待陆域回填后期再行合拢，施工拟设两个工作面同时作业，暂定以东北角、西北角为起点相向施工，不考虑间歇期，实际施工期 24 个月（21 个月完成沉箱安装，形成掩护结构）。

3) 陆域形成分区段进行，按照“先围后填”的原则，先利用护岸、围堰等形成围闭再进行回填施工，在溢流口处设沉砂池、栅栏、拦污帘等，尽可能减少施工期悬浮物扩散和含泥污水对海域的影响。

(2) 护岸施工

沉箱结构工艺流程：

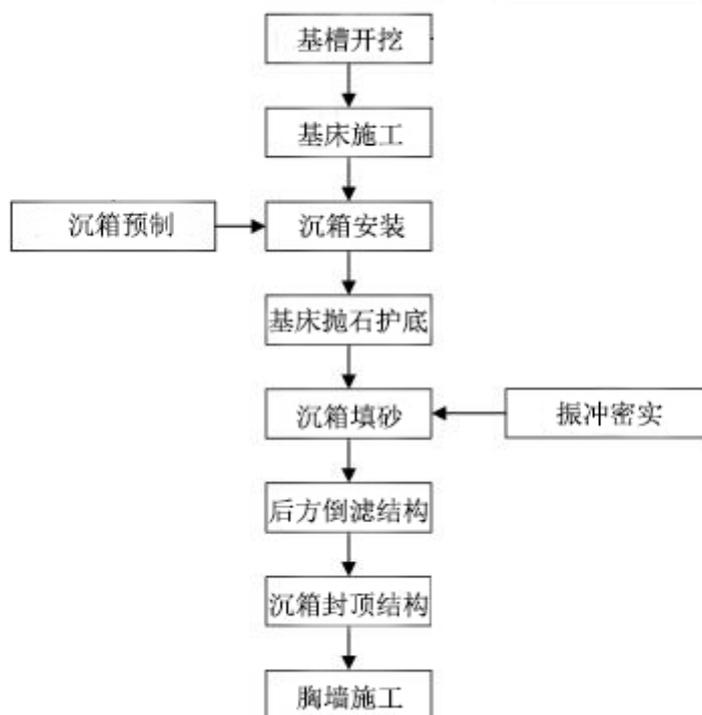


图 4.2-10 沉箱结构施工工艺图

钢圆筒工艺流程：

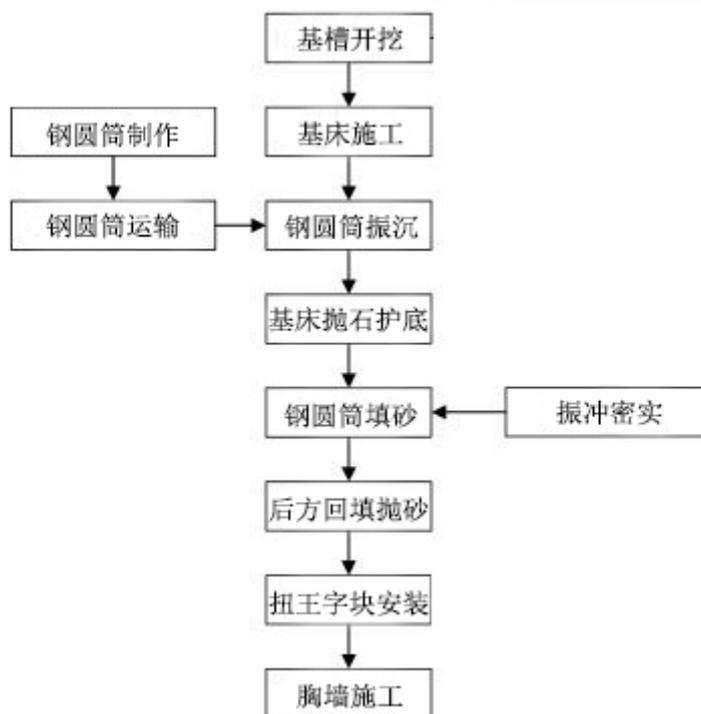


图 4.2-11 钢圆筒结构施工工艺图

1) 抛石基床及抛填护底施工

采用水上抛填方法施工，由出运码头上料装船，2000t 开体驳及 5000t 平板驳运输至现场抛填；护面规格块石采用平板驳搭配挖掘机进行抛填。抛填前进行试验段施工，分析水流对抛填块体位置的影响，水陀测量抛填高度，对照水位进行抛填厚度控制，平面控制可根据钢圆筒或沉箱外立面的距离来控制。共计方量约 2526.5 万 m³，按 22 个月工期考虑，计划施工强度 6.4 万 m³/天，需采用 6 艘 2000t 开体驳（2 航次/天/艘），8 艘 5000t 平板驳（1.5 航次/天/艘），8 艘 3000t 定位驳，详见图 4.2-12。



图 4.2-12 开体驳自卸抛填和平板驳带挖掘机抛填示意图

2) 护面块体扭王字块安放

护面扭王字块预制完成后转运堆场养护、存放，待其强度达到设计强度的 100%后即可出运，10t 扭王字块在堆场由 80t 履带吊装车，由平板车转运至码头上驳，由 150t 船浮履带吊进行水下安装，60~120t 扭王字块由 200t 门机进行场内平面倒运，使用 300~500t 大型起重船出槽、现场水下安装，随护岸施工速度跟进，见图 4.2-13。

3) 基床夯实整平与沉箱分节预制

①基床夯实整平工程

采用驳船配合重锤的方式基床夯实，之后使用整平船整平基床。

②沉箱分节预制

沉箱高为 19.5m，分 5 个节段浇筑。分 6 个节段制作模板，预制场每天预制完成 2 节，需制作底趾段模板 2 节段（套）、中间标准节段 3 节段（套）、顶部模板 2 节段（套）。内模与外模相对应按每仓格为一个整体制作。模板均为组合式定型大片钢模板桁架结构。预制底模采用 C30 混凝土抛光底模，预留底部千斤顶作业槽。预制沉箱地基必须满足承载力要求。沉箱混凝土供应采用自拌或商品砼，汽车输送泵输送入模。考虑陆上施工，沉箱预制完成工期 22 个月。沉箱分节预制见图 4.2-14。

施工人员配备：钢筋制作、砼浇注、模板安拆 3 个工序为一套作业班组，因每天浇筑 2 节段，每节段配备 1 套班组。故需 3 套班组。

设备配置：单个预制场配 100 t 龙门吊 2 台套，30t 门座式起重机 4 台套，汽车混凝土输送

泵 2 台（每日浇筑量为 810 m³）；平板拖车 2 台。50t 汽车吊 2 台套。



图 4.2-13 块体安放示意图

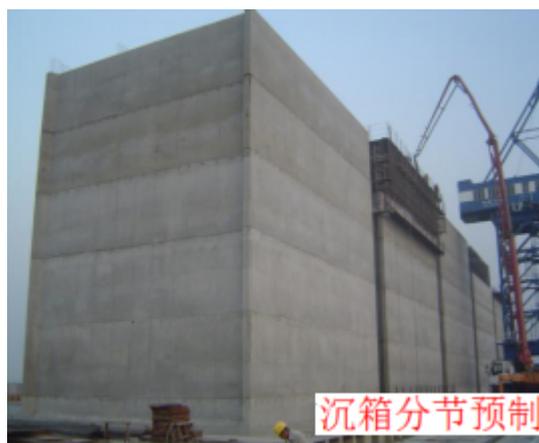


图 4.2-14 沉箱分节预制

4) 沉箱出运及安装

沉箱出运采取小车轨道平移上驳，码头前沿水深不小于 8m，1 个预制场每天可完成共约 0.42 件沉箱出运。采用 5000 吨半潜驳由拖轮拖带运输至现场安装或驻存。大型船组为：半潜驳 2 艘、拖轮 4 艘、定位驳 2 艘、领航船 2 艘、起锚艇 1 艘，见图 4.2-15。考虑海上作业，沉箱安装完成工期需 21 个月（不考虑间歇期）。



图 4.2-15 沉箱半潜驳出运河沉箱浮运安装示意图

5) 钢圆筒振沉

钢圆筒整体制作完成后，采用两台门机配合专用吊架抬吊转运到码头前沿，再采用浮吊配合专用吊架吊装上船运输至现场振沉入土。

每个振沉工作面所需主要船机设备为：振动锤组 1 套（每套锤组由 APE600 型振锤 12 个及同步振动梁 1 个组成）。3000 t 以上浮吊 1 艘、8000Hp 拖轮一艘、10000t 以上的定位驳 1 艘。

钢圆筒总量 362 个，由 16 艘驳船运输。振沉圆筒效率每天每套设备可振沉 0.65 个，考虑两个工作面同时作业，钢圆筒振沉完成工期需 16 个月。



图 4.2-16 钢圆筒振沉示意图

6) 钢圆筒及沉箱回填

钢圆筒及沉箱安装后，为确保稳定即时往内填砂，特别是钢圆筒，当天完成作业。采用大型皮带运砂船直接输送入内。皮带运输船水平输送距离为 40~50 m。满足要求。

7) 现浇混凝土胸墙、挡浪墙

沉箱及钢圆筒安装并完成填砂及振冲后，即可开始顶部结构施工，进行现浇混凝土胸墙浇筑，此时沉箱及钢圆筒顶部已可作为施工平台使用，钢筋在现场加工、绑扎。搅拌船水上现场搅拌混凝土，搅拌船泵送入模浇筑。组织多个工作面，可加速完成胸墙施工。

(3) 陆域形成

陆域形成工艺流程：护岸结构（钢圆筒、沉箱）掩护→围堰施工→回填砂及地基处理→交工验收。

填料为海砂，回填按照“先围后填”的原则，先施工护岸和分区块围堰结构，待形成围闭后再分区块进行回填，并在溢流口设沉砂池、栅栏、拦污帘等，尽可能减少施工期含泥污水对海域的影响。

(4) 地基处理

本项目陆域回填料采用海砂，由于回填砂厚度较大，且大部分回填砂位于水下，采用振冲密实法进行地基处理。振冲处理后表层砂仍然较松散，采用激振力 300kN 的振动压路机进行碾压处理，最后整平至交工标高，见图 4.2-17。

陆域回填海砂，护岸沉箱结构后方回填中粗砂，护岸钢圆筒结构内回填中粗砂，均振冲密实处理。



图 4.2-17 地基处理示意图

4.2.2 连岛大桥跨海段建设方案

4.2.2.1 工程内容

连岛大桥跨海段包括道路交通跨海段和轨道交通跨海段中的桥梁建设内容。根据工程线位走向，涉海桥梁北起海南石油太平洋有限责任公司地块，起始桩号 K8+719.456，（登陆点坐标：18°18'09.741"N、109°16'04.852"E），南至新机场人工岛登岛点，终点桩号 K14+759.456，（登岛点坐标：18°05'01.983"N、109°16'43.101"E），为跨海大桥工程，全长 6040m。跨海段桥梁根据水深划分为浅水区桥梁和深水区桥梁，其中浅水区桥梁长约 0.85km，水深 0~10m；深水区桥梁长约 5.19km，水深约 10~25m。

连岛大桥跨海段总体平面图见图 4.2-18。连岛大桥跨海段工程建设总体工程量见表 4.2-9。

表 4.2-9 连岛大桥跨海段工程主要技术经济指标表

序号	项目	单位	工程量	备注
1	连岛大桥跨海段	m	6040	
2	浅水区桥梁	km	0.85	水深在 0~10m
3	深水区桥梁	km	5.19	水深在 10~25m
4	桥宽	m	17+17+18	三幅桥梁
	总投资	万元	523661.54	其中工程费用 426161.60 万元

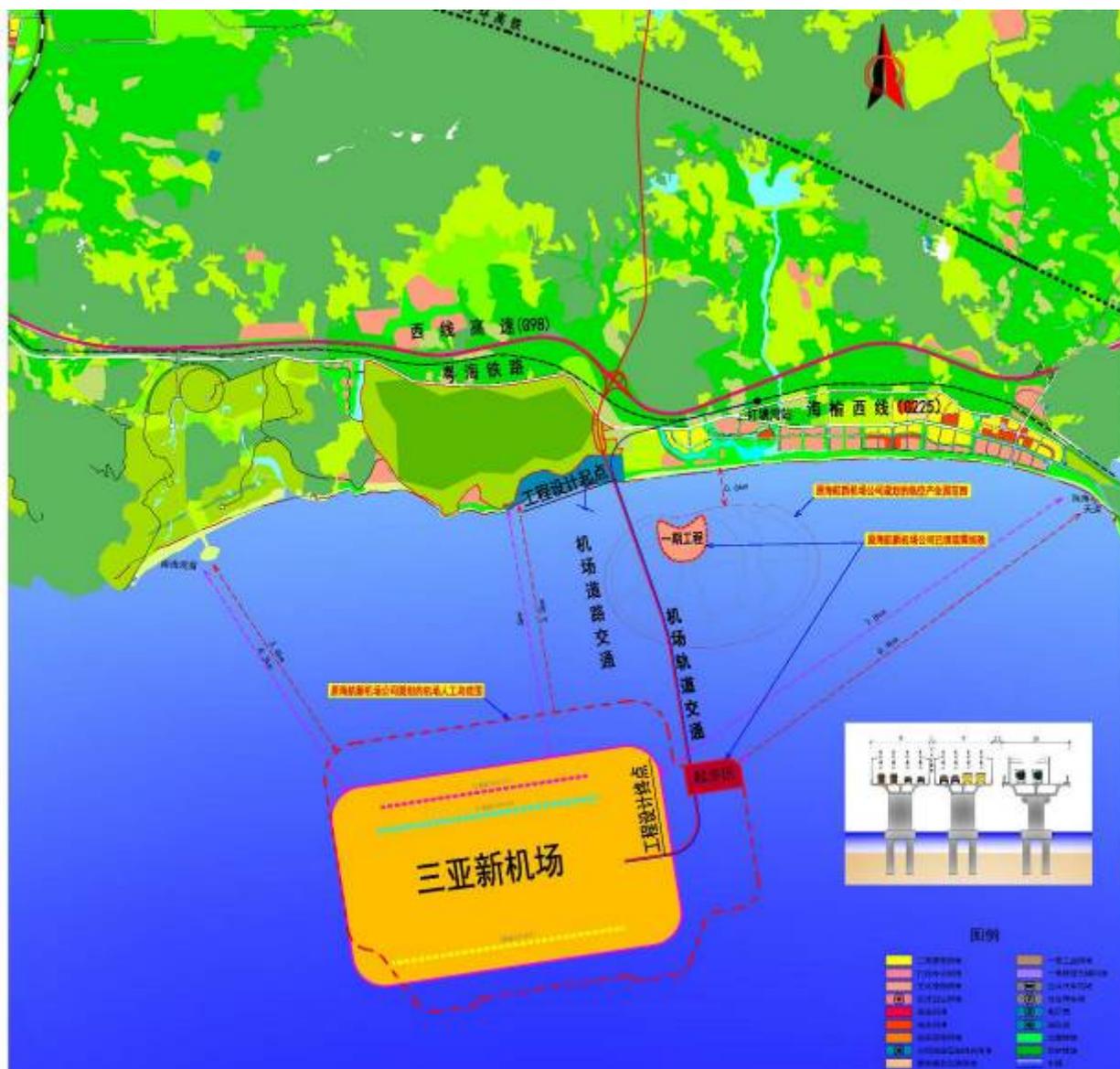


图 4.2-18 连岛大桥跨海段总体布局图

4.2.2.2 连岛大桥跨海段工程路由

连岛大桥跨海段全长 6040m。其中浅水区桥梁长约 0.85km（水深 0~10m）；深水区桥梁长约 5.19km（水深约 10~25m）。连岛大桥跨海段平面布置情况见图 4.2-19。

连岛大桥跨海段采用双向八车道布置，其中道路桥梁跨海段桥梁全宽 35m，轨道交通跨海段桥梁全宽 18m。按照 17m（车行桥）+17m（车行桥）+18m（轨道桥）三幅桥布置，其中车行桥双幅桥设置，桥宽 17m，两幅桥间距为 1m，双向 8 车道布置；轨道桥梁桥宽 18m，与车行桥标准间距为 2.5m。

连岛大桥跨海段项目组成包括连岛大桥栈桥和主体桥梁，根据现有宗海图确定连岛大桥工程界址坐标，主体桥梁见表 4.1-6。

表 4.1-6 连岛大桥跨海段主体桥梁关键点坐标统计表

序号	纬度	经度	备注
1	18° 15' 01.983"	109° 16' 43.101"	近岛拐点左侧坐标
2	18° 15' 02.763"	109° 16' 44.773"	
3	18° 15' 03.707"	109° 16' 46.356"	
4	18° 15' 04.680"	109° 16' 47.676"	
5	18° 15' 06.044"	109° 16' 49.176"	
6	18° 15' 07.438"	109° 16' 50.403"	
7	18° 15' 08.993"	109° 16' 51.497"	
8	18° 15' 10.713"	109° 16' 52.435"	
9	18° 15' 12.581"	109° 16' 53.183"	
10	18° 15' 14.507"	109° 16' 53.696"	
11	18° 15' 16.659"	109° 16' 53.986"	
12	18° 15' 18.957"	109° 16' 53.989"	
13	18° 15' 21.209"	109° 16' 53.761"	
14	18° 15' 23.737"	109° 16' 53.360"	
15	18° 16' 39.764"	109° 16' 40.462"	通航孔拐点左侧坐标
16	18° 16' 44.870"	109° 16' 39.499"	
17	18° 16' 49.964"	109° 16' 38.342"	
18	18° 16' 55.178"	109° 16' 36.951"	
19	18° 17' 00.295"	109° 16' 35.376"	
20	18° 17' 05.370"	109° 16' 33.602"	
21	18° 18' 09.739"	109° 16' 09.729"	登陆点坐标
22	18° 18' 09.691"	109° 16' 08.839"	
23	18° 18' 09.732"	109° 16' 07.745"	
24	18° 17' 04.773"	109° 16' 31.837"	通航孔拐点右侧坐标
25	18° 16' 59.785"	109° 16' 33.581"	
26	18° 16' 54.750"	109° 16' 35.132"	
27	18° 16' 49.685"	109° 16' 36.487"	
28	18° 16' 44.591"	109° 16' 37.643"	
29	18° 16' 39.478"	109° 16' 38.614"	
30	18° 15' 23.094"	109° 16' 51.572"	近岛拐点右侧坐标
31	18° 15' 20.976"	109° 16' 51.905"	
32	18° 15' 19.103"	109° 16' 52.104"	
33	18° 15' 17.250"	109° 16' 52.142"	
34	18° 15' 15.442"	109° 16' 51.966"	
35	18° 15' 13.541"	109° 16' 51.531"	
36	18° 15' 11.711"	109° 16' 50.849"	
37	18° 15' 10.024"	109° 16' 49.960"	
38	18° 15' 08.502"	109° 16' 48.898"	
39	18° 15' 07.141"	109° 16' 47.685"	
40	18° 15' 05.840"	109° 16' 46.208"	
41	18° 15' 04.625"	109° 16' 44.402"	
42	18° 15' 03.811"	109° 16' 42.798"	

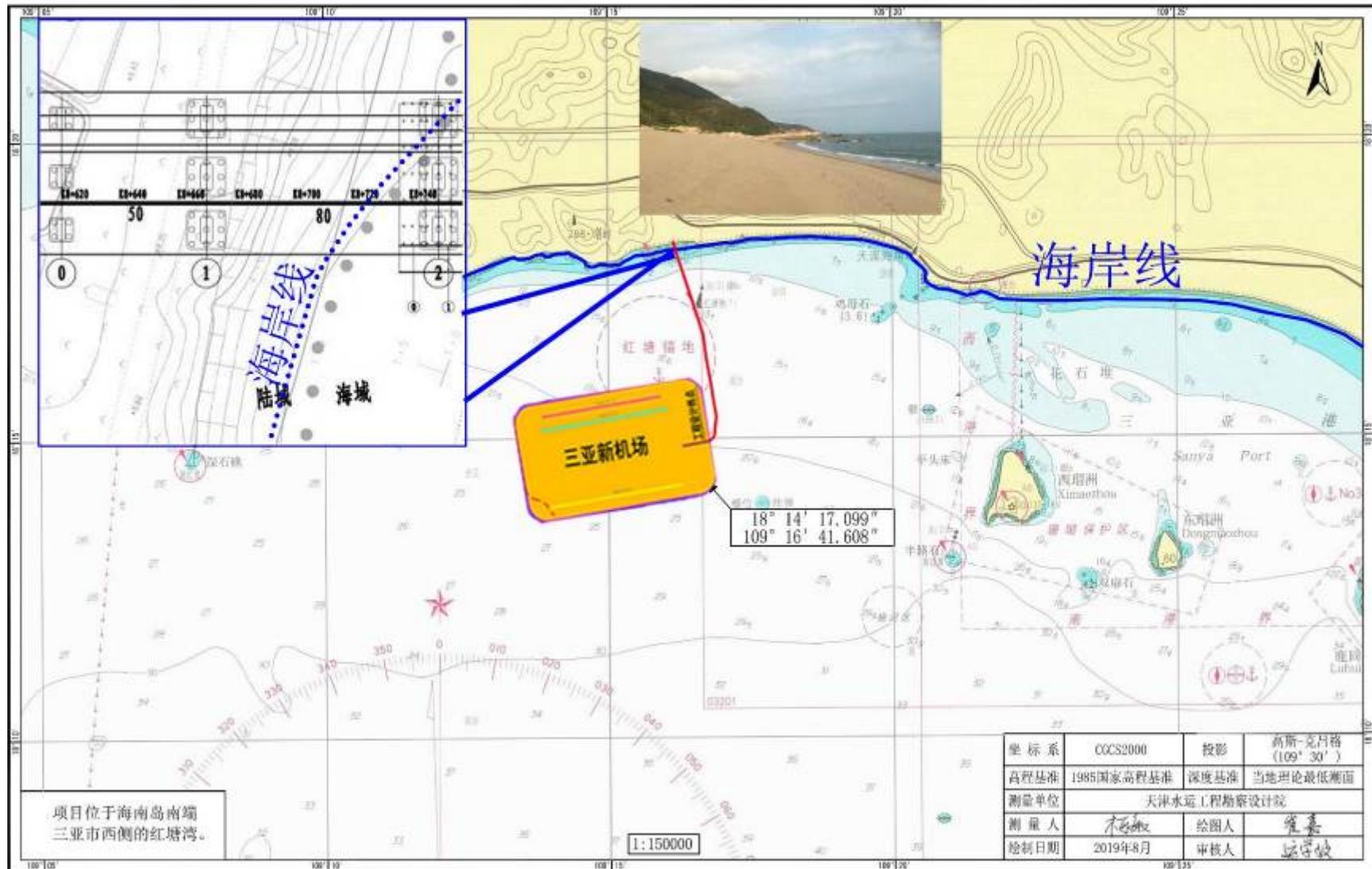


图 4.2-19 工程与海岸线位置图



图 4.2-20 工程与沿岸珊瑚礁位置图



图 4.2-21 工程与沿岸珊瑚礁位置图（近岸段）

图 4.2-21 连岛大桥跨海段平面布置图

4.2.2.3 连岛大桥设计参数

(1) **道路设计速度**：按照城市快速路的设计速度，取 80km/h。每条车道设计通行能力为 1750 pcu/h。

(2) **道路车道数及车道宽度**：按照双向八车道标准，主要交通组成为小客车、公交车、旅游大巴为主，并有部分货运车辆。因此内侧两条车道为小客车专用道路，宽度取 3.5m，外侧两个车道需要满足公交车辆及货运车辆行驶的要求，车道宽度取 3.75m。

(3) **轨道设计**：按照双线线路，轨道轨距为 1435mm，地下和高架线路采用钢筋混凝土整体道床，地面线路采用混凝土枕碎石道床。车辆采用交流牵引传动、变频变压控制 (VVVF)、架空接触网授电的 C 型车单元机组：车辆宽度为 2600mm，车顶至轨面高度为 3800mm，车辆最高运行速度 80km/h。

(4) 桥梁设计

桥梁结构设计基准期：100 年；

桥梁荷载标准：汽车：城-A 级；轻轨：按照 6A 型车荷载设计；

设计洪水频率：300 年一遇；

桥梁横坡：2%；

基本风速： $V_{1/100} = 41.4\text{m/s}$ 。桥梁设置平曲线情况，直线长 4450m 和曲线长 1590m。桥梁全线设置变坡点数量 11 个，最小纵坡 0.5%、最大纵坡 3%。

连岛大桥跨海段采用桥梁形式。桥梁断面为 0.5m（栏杆）+0.75m（路缘）+3.75m（混行车道）+3.75m（混行车道）+3.5m（小客车专用道）+3.5m（小客车专用道）+0.75m（路缘）+0.5m（栏杆）+1m（净距）+0.5m（栏杆）+0.75m（路缘）+3.5m（小客车专用道）+3.5m（小客车专用道）+3.75m（混行车道）+3.75m（混行车道）+0.75m（路缘）+0.5m（栏杆），全宽 35m。

连岛大桥跨海段横断面图见图 4.2-22。

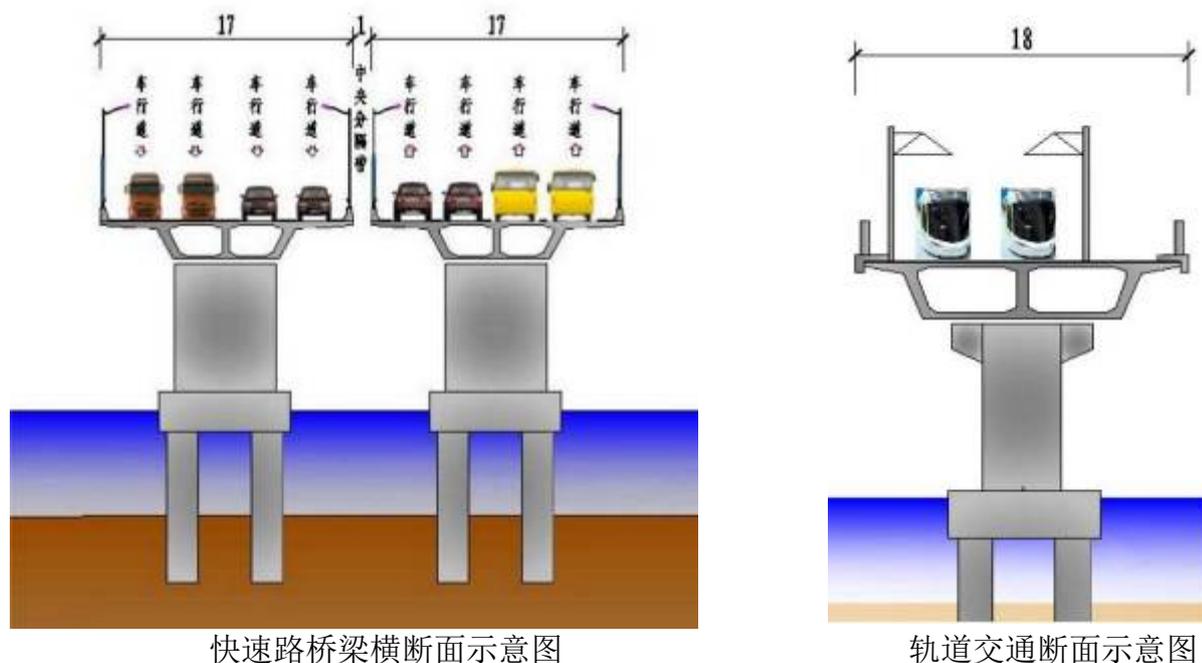


图 4.2-22 连岛大桥跨海段横断面示意图

4.2.2.4 施工方案

跨海段桥梁根据水深划分为浅水区桥梁和深水区桥梁，其中浅水区桥梁长约 0.85km，水深 0~10m；深水区桥梁长约 5.19km，水深约 10~25m。根据所处的不同区域采取不同的结构形式和施工工艺，分为以下四个部分：

登陆段：该部分水深 0m 左右，桥梁总长度 130m，跨径布置 50+80m，上部结构预应力混凝土箱梁，采用移动模架现浇施工，下部结构采用钻孔灌注桩（就地钻孔），预制墩柱。

浅水区：该部分水深 0-10m，桥梁总长度 720m，标准跨径 50m，上部结构预应力混凝土箱梁，采用移动模架现浇施工，下部结构采用钻孔灌注桩，预制墩柱。

深水区：该部分水深 10-25m，桥梁总长度 4690m，标准跨径 70m，上部结构预应力混凝土箱梁，采用整体预制箱梁，浮吊拼装，下部结构采用钢管桩，预制墩柱。

通航孔主桥：该部分水深 15m，跨径布置 90+160+160+90m，上部结构预应力混凝土箱梁，采用悬臂浇筑连续梁桥，下部结构采用钻孔灌注桩，预制墩柱。

施工方案采用先简支后连续的施工工艺。连岛大桥跨海段施工分区见图 4.2-23。



图 4.2-23 连岛大桥跨海段施工分区示意图

4.2.2.4.1 施工栈桥和施工平台搭设

主线桥梁上部结构因为采用架桥机从陆域逐孔架设方案或整孔预制浮运吊装架设，无需依赖施工栈桥；下部结构基础采用钻孔灌注桩及钢管桩，在灌注桩施工之前，需要搭设施工平台。

对于深水区，可以通过大型船舶运输工程材料和打桩船等施工机具进行施工平台作业，待施工平台搭设完毕，钢管桩的砼可以采用水上拌和船搅拌、泵送水下混凝土灌注的方法；但对于浅水区，上述船舶无法进入该区域，因此需要在桥梁侧面搭设临时栈桥作为施工便道，以保证工程材料、施工机具、施工人员的运输与起吊安装需要。

浅水区：需布置主栈桥 1 座，支栈桥 16 座，总长度为 1540m。

通航孔主桥：需布置主栈桥 1 座，支栈桥 3 座，总长度为 500m。

1) 钢栈桥施工工艺

便桥采用上承式结构形式，上部贝雷桁架梁，下部钢管桩基础，栈桥桥面宽度均为 9.0m，桥面净宽 8m，单孔跨径 12.0m，桩基采用 $\phi 820 \times 12\text{mm}$ 钢管，平均入土深度 15~20m，泥土面以上 20m，管桩入土以锤击力控制，以贯入度校核。

钢栈桥采用钓鱼法施工，钢管桩采用履带吊配合振动锤吊打，钢管桩振沉到位后，及时焊接钢管之间的连接系，然后安装桩顶分配梁，预制桥面板拼接完成，安装栏杆等附属设施。钢管桩栈桥示意图见图 4.2-24；



图 4.2-24 钢管桩栈桥示意图

图 4.2-25 连岛大桥示意图

图 4.2-26 浅海区钢栈桥示意图

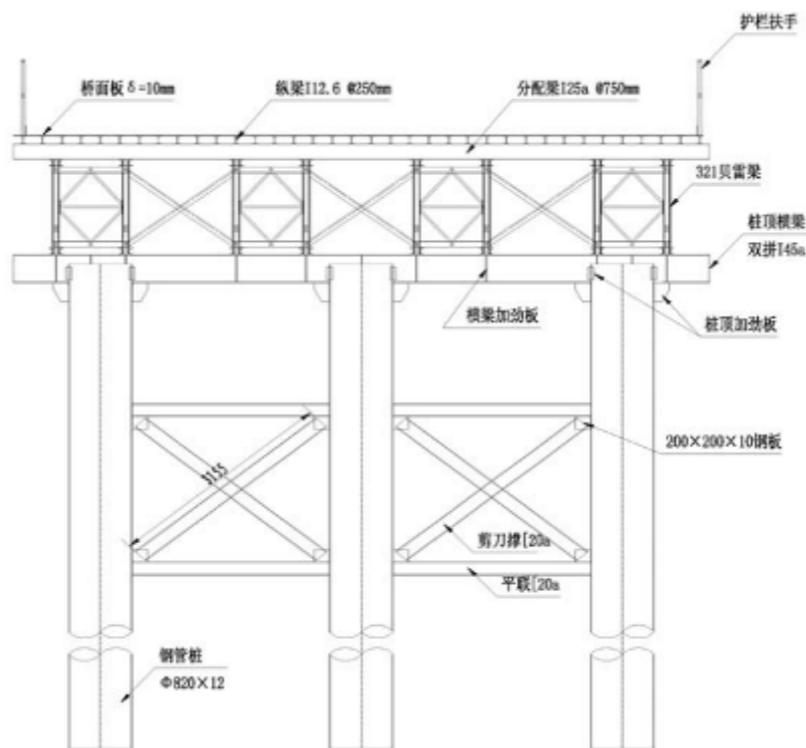


图 4.2-27 钢栈桥示意图

2) 钢栈桥施工工艺

施工平台采用辅助钢管桩、型钢及贝雷梁组合体系，为钻孔平台施工提供作业空间，其结构形式类似。平台施工面上布置钻机设备、工人值守房、辅助施工设备。钻孔灌注桩施工完毕后即可拆除钻孔平台，利用主栈桥与支栈桥进行后续结构作业。本项目共布置施工平台 19 个，其中浅水区施工平台为 16 个，通航孔施工平台为 3 个；搅拌站平台 1 个。浅水区栈桥平台布置图见 4.3-23；通航孔主栈桥栈桥平台及海上搅拌站布置图见图 4.2-28。

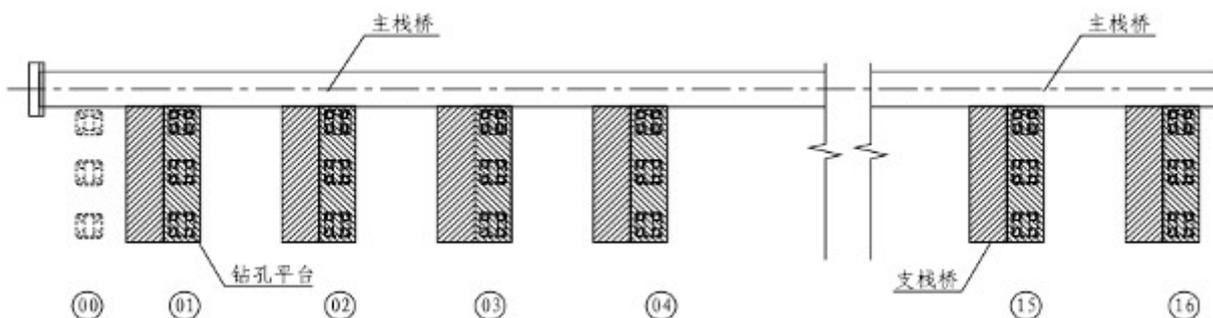


图 4.2-28 栈桥平台布置示意图

海上固定式混凝土搅拌站平台设置在航孔主桥中间墩位附近，与主栈桥相接，可解决水上混凝土大规模运输的问题，同时可保证大体积混凝土的浇筑速度和混凝土的质量。混凝土搅拌站平台由水泥仓区、骨料仓区和办公区 3 个区域组成，设计时依据各区域实际荷载情况与地

址条件合理安排结构形式，采用钢管桩及贝雷组合体系。

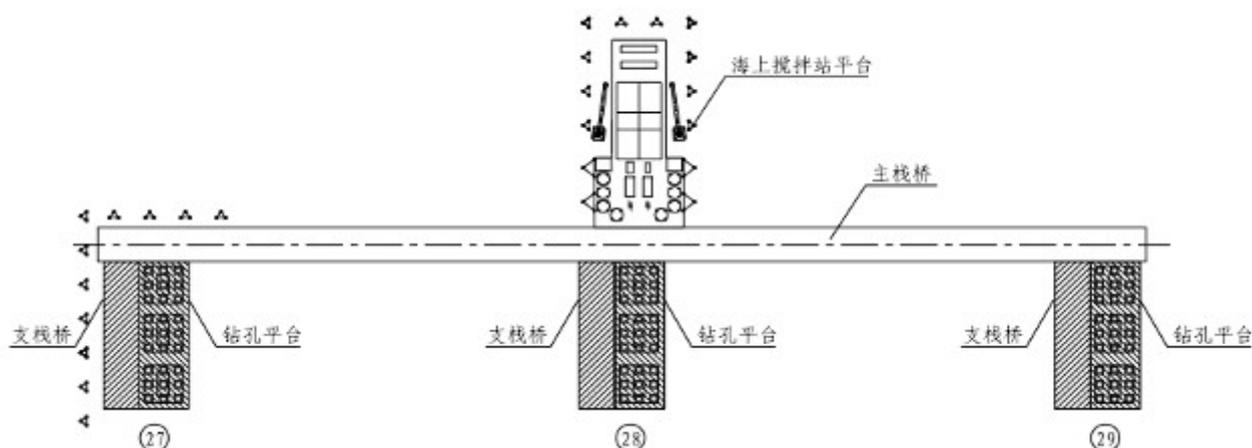


图 4.2-29 通航孔主桥栈桥平台及海上搅拌站布置示意图

4.2.2.4.2 主线桥梁下部结构施工

1) 桩基施工

登陆段钻孔灌注桩采用钻孔机械就地钻孔施工，浅海区孔灌注桩需搭设临时钢栈桥和钻孔平台，利用履带吊配合施工，通航孔主桥钻孔灌注桩需搭设临时钻孔平台，利用船舶配合施工。海域钢管桩均利用船舶施工。桩基施工方法见表 4.2-10。

表 4.2-10 各区域桥梁桩基施工方法

序号	区域	下部结构	施工方法
1	浅水区北引桥	钻孔灌注桩	需搭设栈桥和钻孔平台
2	深水区北引桥	钢管桩	船舶作业
3	通航孔主桥	钻孔灌注桩	需搭设钻孔平台，船舶作业

2) 海域承台施工

①浅水区北引桥及通航孔主桥承台采用栈桥法施工。②其他海域承台采用非栈桥法、全程使用船舶施工。③根据承台标高，水位线及海床标高，本工程承台施工涉及到无底钢套箱围堰、有底钢吊箱围堰、钢板桩围堰三种类型。各区域承台拟选定钢围堰结构形式如下表：

表 4.2-11 承台钢围堰施工具体步骤

编号	区域	承台桩基类型	围堰结构描述	围堰施工方法
2	浅水区北引桥	钻孔灌注桩	无底/有底单臂钢套箱	现场拼装，吊装机械在栈桥上整体或分节吊装
3	深水区北引桥	钢管桩	有底单壁钢吊箱	浮吊船整体或分节吊装
4	通航孔主桥	钻孔灌注桩	无底双臂钢套箱	浮吊船整体或分节吊装



图 4.2-30 海域承台施工方法

3) 预制墩身施工

施工工艺流程：海域桥梁采用承台现浇，墩身预制，墩身与承台采用湿接缝连接。

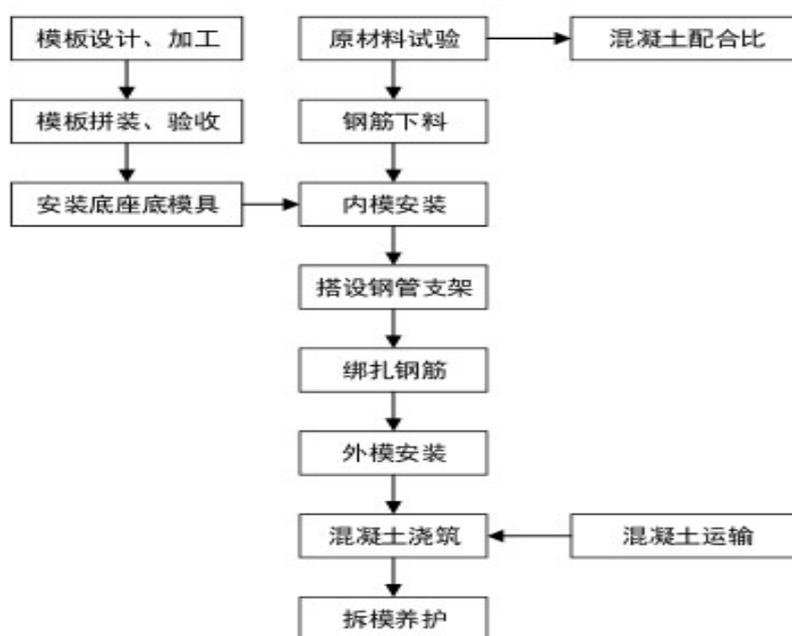


图 4.2-31 墩身预制工艺流程

图 4.2-32 通航孔主桥栈桥平台及海上搅拌站布置示意图

海域预制墩身采用分为两节吊装，墩身海上架设施工工艺流程见图 4.2-33。

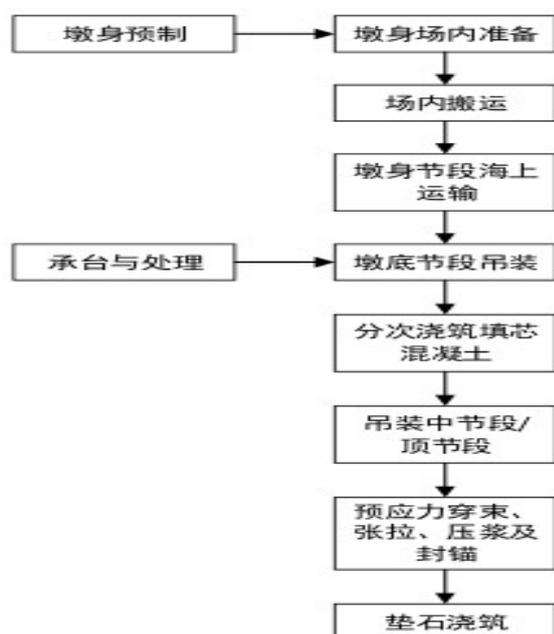


图 4.2-33 墩身海上架设施工工艺流程

4.2.2.4.3 主线桥梁上部结构施工

桥梁上部结构形式采用预应力混凝土预制箱梁。浅水区桥梁上部结构拟采用移动模架现浇施工方案，深水区桥梁上部结构拟采用整孔预制浮运吊装方案。上述施工方案均采用先简支后连续的施工工艺，施工方法见表 4.2-12。

表 4.2-12 主线桥梁上部结构施工方法

序号	区域	上部结构	施工方法
1	浅水区北引桥	预应力混凝土箱梁	移动模架现浇法
2	深水区北引桥	预应力混凝土箱梁	整孔预制吊装法
3	通航孔主桥	预应力混凝土箱梁	悬臂浇筑法



图 4.2-34 桥梁上部结构施工

4.2.2.5 临时工程拆除

临时工程在使用完毕后即可予以拆除，钻孔平台在桩基施工完毕后即可拆除，海上搅拌站平台在混凝土主桥通航孔主桥施工完毕后拆除，钢栈桥在工程施工完成后，适时拆除。本项目临时工程拆除内容包括浅水区栈桥 1 座，支栈桥 16 座，长 1540m；通航孔主桥栈桥 1 座，支栈桥 3 座，长 500m；浅水区钻孔平台 16 座；通航孔主桥栈桥搅拌站 1 个、钻孔平台 3 个。

4.2.3 岸滩防护工程建设方案

4.2.3.1 工程规模

为减缓工程建设对岸滩冲淤影响，拟根据岸滩实际冲淤变化情况适时采用人工补沙、离岸潜堤、拦沙堤、生态护岸措施以维持岸滩稳定。岸滩防护工程规模见表 4.2-13。

表 4.2-13 岸滩防护工程规模一览表

序号	名称	工程规模	备注
人工补沙与人工取沙			
1	天涯海角东部补沙段 1	天涯海角东部莲花桥西侧长约 350m 岸段	该补沙段填砂中值粒径粒径 0.4~0.6mm
2	人工补沙段 2	天涯镇在马岭村中部起向西约 3.5km 岸段实施人工补沙	沙源中值粒径 0.5~0.8mm。
3	南山景区补沙段 3	在南山观音人工岛两侧共约 2240m（西侧约 840m、东侧约 1400m）实施人工补沙。	沙源粒径 0.5~0.8mm
4	取沙段 1	人工岛掩护区油码头附近	
5	取沙段 2	三美湾岸段，长约 0.6km，	
拦沙堤			
1	六横路防沙堤	拦沙堤位于担油港口门东侧六横路位置，堤长 70m，堤头位于水深-2m 附近，堤顶高程 3.5m。	
2	鸭仔塘口门拦沙堤	在南山景区海滩东端的鸭仔塘河口西侧布置长 80m 的拦沙堤，顶高程 5m（高出滩肩 1m），堤头至-2m 水深附近。	
3	南山拦沙堤	在南山景区海滩西端与基岩岸线交界处布置长 45m 拦沙堤，堤顶高程 5m，堤头在-2m 水深附近。	
离岸潜堤			
1	担油港潜堤	临空产业园在拆除过程中，保留北部围堰，形成 0m 水深附近的潜堤。潜堤形态保持现状弧形布置，分东西两段，长度分别为 2.4km 和 1.1km。	分为东西两段
2	南山潜堤	南山观音人工岛西侧岸段海滩岩缺失部分，布设离岸潜堤 200m，潜堤顶高程 0m，低潮不出水，顶宽 8m，水深部位在-2m 左右，可与两侧现状海滩岩对接形成连续的岩滩分布，保护后方沙坝和补沙成效。	
生态护岸			
1	+6m 以下生态护坡	在南山观音人工岛西侧，计划采取+6m 以下生态护坡，种草绿化，坡度 1:3,+1m~+6m 部分采用聚氨酯碎石材料并植草绿化，+1m 以下为基础。	

注：高程系统以当地理论最低潮面起算。

4.2.3.2 工程建设方案

(1) 人工补沙

天涯海角东部补沙段 1：天涯海角东部莲花桥西侧长约 350m 岸段，形成向西侧石景区段的泥沙供给，起到泥沙引擎功效，供应天涯海角 600m 的海滩岸段。

人工补沙段 2：天涯镇在马岭村中部起向西约 3.5km 岸段实施人工补沙，沙源取自人工岛掩护区油码头附近淤积段。

南山景区补沙段 3：在南山观音人工岛两侧共约 2240m（西侧约 840m、东侧约 1400m）实施人工补沙。沙源取自人工岛掩护下淤积的三美湾淤积岸段。

(2) 人工取沙

取沙段 1：人工岛掩护区油码头附近，每次取砂量 10 万方，大致相当于这一岸段 5 年的淤积量。取沙段 2：三美湾岸段，长约 0.6km，每次取砂量 6.0 万方，大致相当于这一岸段 5 年的淤积量。



天涯海角东部岸滩情况



天涯镇马岭村段岸滩情况



南山景区东部岸段海滩岩连续分布情况



南山景区西部岸段海滩岩连续分布情况

图 4.2-35 人工补沙段现状



天涯海角东部岸滩情况



天涯镇马岭村段岸滩情况

图 4.2-36 取沙段泥沙堆积较多冲淤波动活跃

(3) 拦沙堤

南山拦沙堤：在南山景区海滩西端与基岩岸线交界处布置长 45m 拦沙堤，堤顶高程 5m，堤头在-2m 水深附近，减少补沙后泥沙向西侧基岩海岸的深水区流失。拦沙堤结构为抛石或扭王块结构。

鸭仔塘口门拦沙堤：在南山景区海滩东端的鸭仔塘河口西侧布置长 80m 的拦沙堤，与河口东侧的基岩岸线形成河口通道，并拦截补沙后泥沙向东侧基岩岸线深水区流失，保护河口。该拦沙堤长 80m，顶高程 5m（高出滩肩 1m），堤头至-2m 水深附近。拦沙堤结构为抛石或扭王块结构。

六横路拦沙堤：针对已有工程引起的冲淤，目前正在实施拦沙堤和旁通输砂防护。拦沙堤位于担油港口门东侧六横路位置，堤长 70m，堤头位于水深-2m 附近，堤顶高程 3.5m。该工程为临时防护对策，新机场项目实施后的防护工程，可借助已实施的该拦沙堤进行整体防护。



南山景区海滩西部基岩情况



鸭仔塘口门段岸滩情况



六横路附近冲刷岸段冲淤情况

图 4.2-37 拦沙堤附近岸滩部分情况

(4) 离岸潜堤

南山潜堤：南山观音人工岛西侧 200m 左右岸段海滩岩缺失，后方沙坝根部淘刷严重。在该缺口位置布设离岸潜堤 200m，潜堤顶高程 0m，低潮不出水，顶宽 8m，水深部位在-2m 左右，可与两侧现状海滩岩对接形成连续的岩滩分布，保护后方沙坝和补沙成效。抛石或扭王块堆砌，连接两侧的海滩岩。

担油港潜堤：已部分完成的临空产业园工程拟实施拆除，恢复原状。但在工程新机场项目实施后，拟拆除部分对应位置为冲刷严重岸段，有必要实施离岸潜堤防护。为此，考虑在拆除过程中，部分保留已实施的围堰，形成离岸潜堤，即在拆除以吹填部分的同时，部分保留北部围堰，形成 0m 水深附近的潜堤，保护近岸冲刷岸段，形成潜堤。潜堤形态保持现状弧形布置，分东西两段，长度分别为 2.4km 和 1.1km。

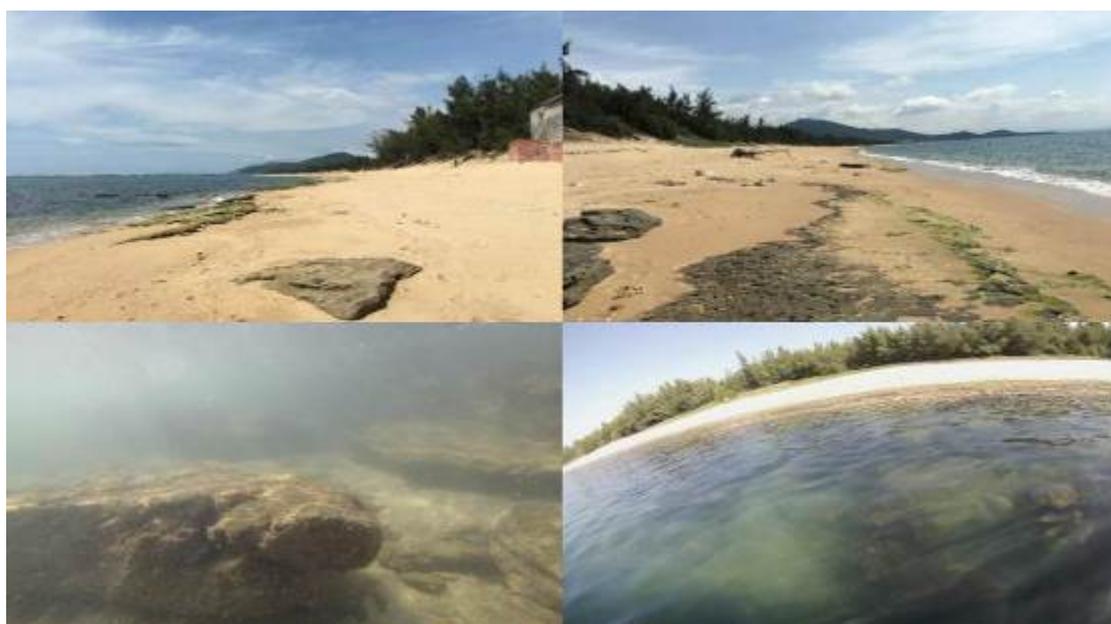


图 4.2-38 临空产业园人工岛以东的海滩岩及水下岩礁

(5) 生态护岸

在南山观音人工岛西侧，岸线相对开敞，波浪作用较强，现状后方沙坝坍塌严重。实施人工补沙后大风浪作用时后方沙坝仍有根部淘刷形成坍塌的可能。

在+6m 以下部分建设生态护岸，种草绿化，坡度 1:3，+1m~+6m 部分采用聚氨酯碎石材料并植草绿化，+1m 以下为基础。补沙后大部分埋藏在滩肩下部，与滩肩形成一体，并种植耐盐植物形成，形成海滩后方的绿色沙坝外坡，美化景观。上述措施在三亚湾西段已进行成功试验。



图 4.2-39 三亚湾西段生态护岸

4.2.3.3 结构方案

本项目岸滩防护工程布局图见图 4.2-40。

拦沙堤：南山和鸭仔塘口门位置分别布置 2 条拦沙堤，南山拦沙堤长 45m，顶宽 5.9m，顶高程+4.0m；鸭仔塘口门拦沙堤长 80m，顶宽 5.9m，顶高程+5.0m。拦沙堤所在水域水深-2.0m，采用抛石斜坡堤结构。堤心石为 10~500kg 开山石，内外坡安放一层 6t 扭王字块体护面，厚度为 1.79m，坡度为 1: 1.5；护面层下抛填 1.1m 厚的 300~600kg 块石垫层，护底采用 500~1000kg，长 10m（图 3.2-33）。

离岸潜堤：南山潜堤位置在天涯海角景区南侧，自然水深-2.0~-3m，布置长 200m 的潜堤。潜堤顶高程为 0.0m，顶宽 8.05m，为两层扭王字块结构，在海床面上抛填块石整平后安装扭王字块，上层安放 6 件 6t 扭王字块，下层安放 8 件 6t 扭王字块（图 3.2-34）。

针对南山潜堤，南山拦砂堤，临空一期、临空二期工程北侧潜堤等建设条件，均由块石、预制扭王字块等建成，+1.0m 标高以下的水下抛石和混凝土块体起到人工鱼礁作用，使其成为海洋生物的新家园。

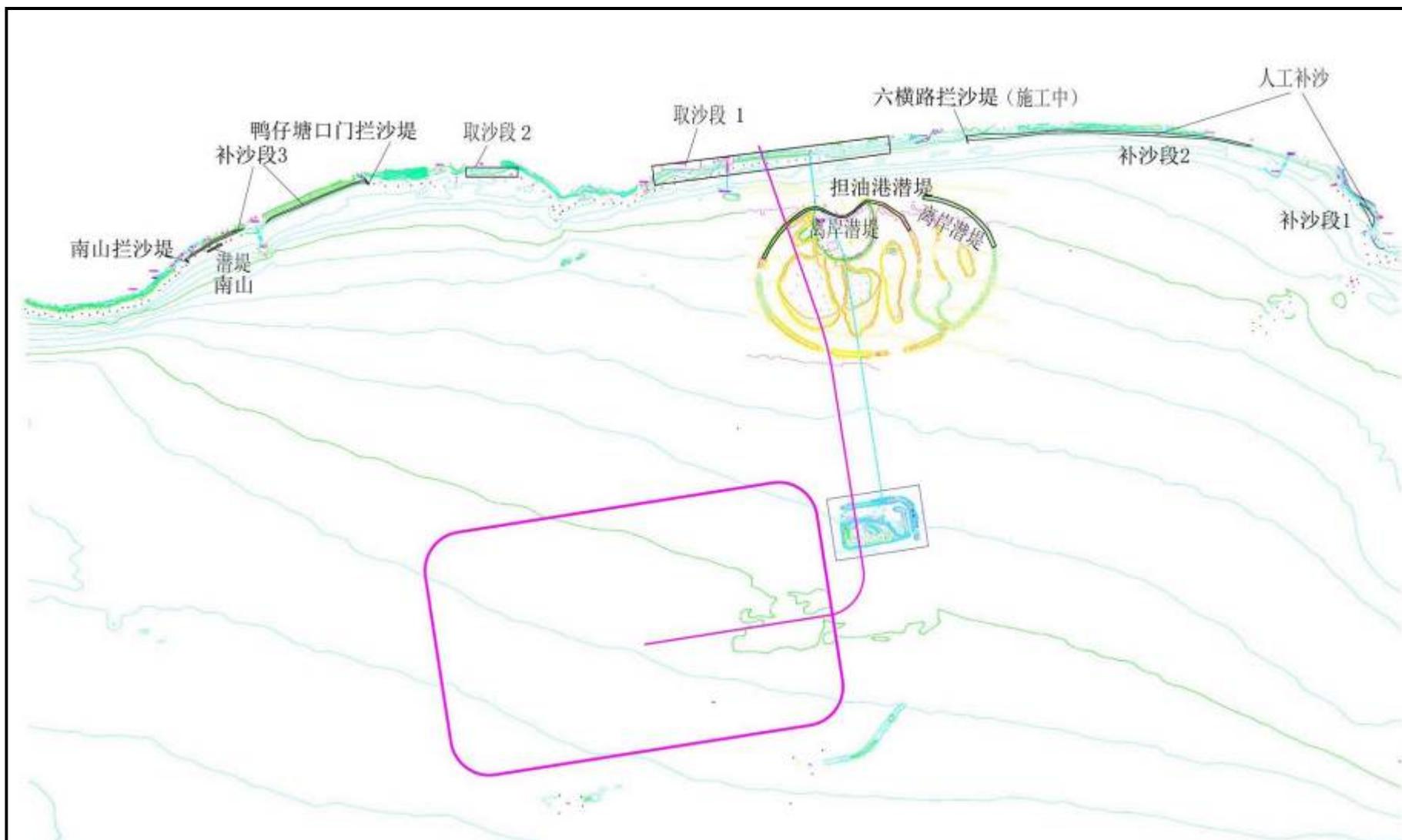


图 4.2-40 本项目岸滩防护工程布局图

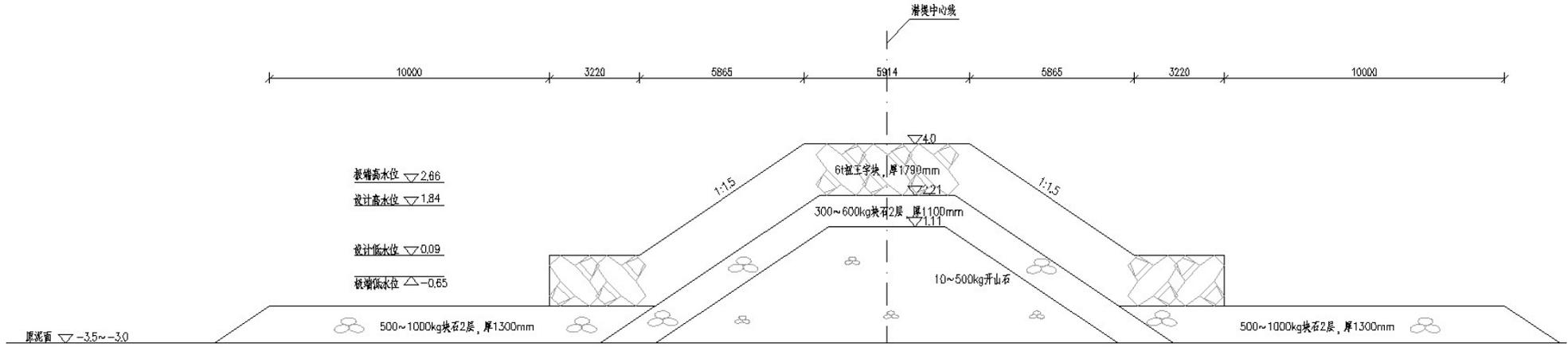


图 4.2-41 南山拦沙堤断面图

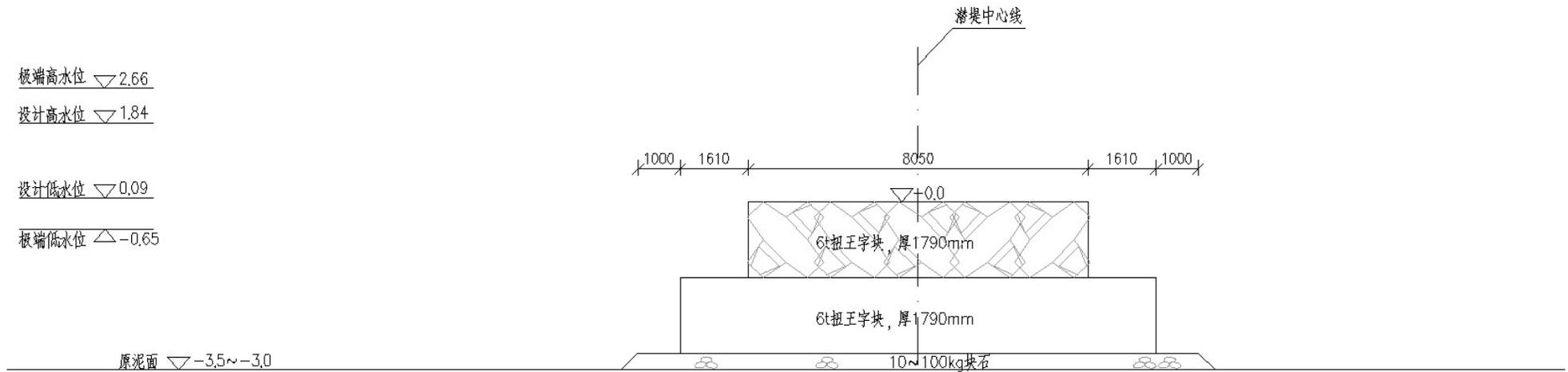


图 4.2-42 南山潜堤断面图

4.2.3.4 施工方案

岸滩防护工程包括：人工补沙、旁通输砂、拦沙堤和潜堤，施工方案如下：

(1) 人工补沙

运沙船自航至吹填区附近的吹沙船旁，然后吹沙船将吸泥管伸入运沙船舱内进行吹沙作业，沙经预先布设的吹沙管线吹至补沙区。人工补沙施工时，空载运沙船靠泊吸沙船旁，吸沙船把吸取的沙装进运沙船，运沙船记录所装载沙的粒径级配等数据供吹沙施工人员参考。运沙船装满沙后，自航至吹沙船旁，经监理检查确认沙体中值粒径满足要求后，吹沙船将吸泥管伸入运沙船舱内进行吹沙作业，经预先布设的吹沙管线吹至补沙区域。

(2) 拦沙堤、潜堤

抛填堤心石：采用水上抛填方法施工，计划采用 1 艘 800m³ 平板驳搭配长臂挖掘机进行抛填。抛填前进行试抛，根据水流抛填前进行试验段施工，分析水流对抛填块体位置的影响，抛填时勤打水陀，对照水位进行抛填厚度控制，保证施工质量。

块石垫层抛填及理坡：采用水上抛填垫层块石，抛填时勤打水陀，对照水位进行抛填厚度控制，垫层块石抛填完毕后，拟采用水上挖掘机（平板驳+挖掘机）进行理坡。

护底块石抛填：护底块石施工采用定位船定位，由自带 GPS 定位系统 800m³平板驳船配反铲挖掘机进行抛填，拟投入 1 组。抛填护底块石方向平行于护岸轴线，从堤身坡脚往海侧由近及远进行施工，抛填时勤打水陀，对照水位进行抛填厚度控制，保证施工质量。

护面块体安放：护面扭王字块在预制完成后，在堆场养护、堆放，待其强度达到设计强度的 100%后方可出运，扭王字块在堆场由 100t 履带吊起吊，由平板车驳运输至现场，由 100t 履带吊进行水上吊装（平板驳+履带吊），计划投入起 100t 履带吊 2 台。

4.2.4 临时施工场地设施

临时施工场地主要为沉箱预制、钢圆筒制作、扭王字块预制场地及其施工营地等，根据临时施工场地要求，本项目初步确定 2 处场地，预制场及施工营地 1（位于临空产业园一期工程）和预制场及施工营地 2（位于机场本岛工程）。

预制场及施工营地 1：位于临空产业园一期工程范围内，主要用于大型预制件、沉箱、钢圆筒、扭王字块等预制作业，预制场内分为预制区、堆存区、办公实验区、生活区及场内道路，同时部分区域兼设施工营地。结合工期要求，拟建的预制场及施工营地 1 从开工建设开始一直到临空一期拆除阶段，施工场地使用时限为 4 年。

该场地拟设置污水处理设施，主要位于办公区、生活区和施工营地内。该场地生活垃圾定期清运.禁止排海。

预制场及施工营地 2: 位于机场本岛工程靠近东护岸范围内，主要用于后期预制场及施工营地 1 拆除后的施工作业工作。预制场内分为预制区、堆存区、办公实验区、生活区及场内道路，同时部分区域兼设施工营地。结合工期要求，建的预制场及施工营地 2 从临空一期拆除至交工验收阶段，施工场地使用时限为 1 年左右。

该场地拟设置污水处理设施，主要位于办公区、生活区和施工营地内。该场地生活垃圾定期清运.禁止排海。

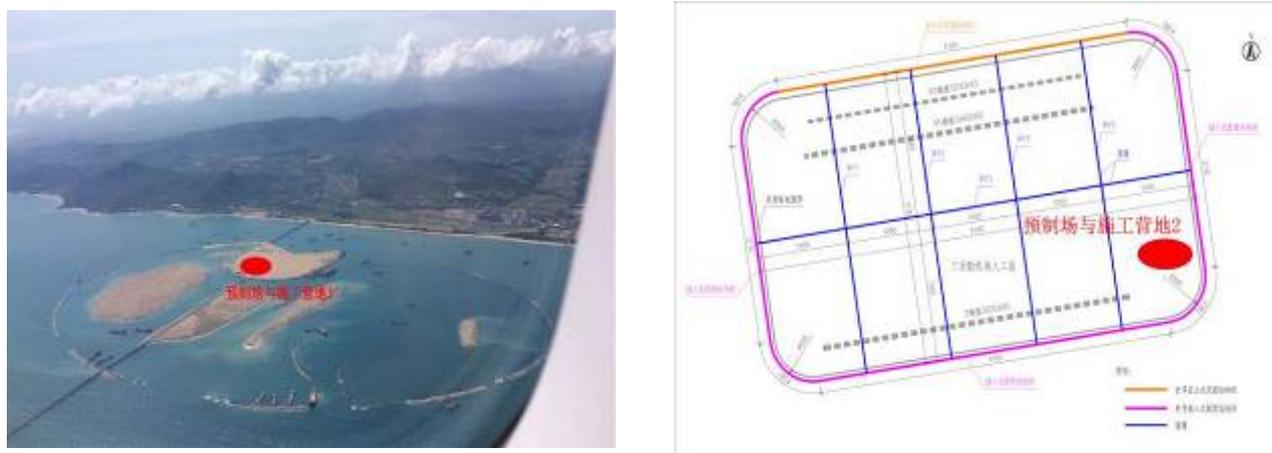


图 4.2-43 预制场与施工营地平面布置图

4.2.5 临时航道

工程所在的红塘湾海域，船舶来往较多，施工期间多种施工船舶进场，高峰期最多有 130 艘施工船舶参与施工作业，需考虑施工船舶之间和施工船舶与红塘岭专用油码头、南山港杂货码头、渔船、海上巴士大小洞天码头及天涯海角码头施工船舶间航线可能产生交叉，需要设置专门运输船舶航路保证通航安全。本项目推荐航路见图 3.2-35。

环岛航路沿岸航线穿过取砂区，采砂船舶采砂作业过程中移动速度慢，往往关注于采砂作业而忽视对过往船舶的影响，故对沿该航线航行船舶及周边航行船舶会造成碍航影响。因工程所需砂量较大，采砂作业周期较长，采砂区范围较广，对周边水域通航环境影响应另行进行施工通航保障方案研究工作。本项目采砂运输船舶航路见图 4.2-44。

图 4.2-44 采砂船舶运输船推荐航路

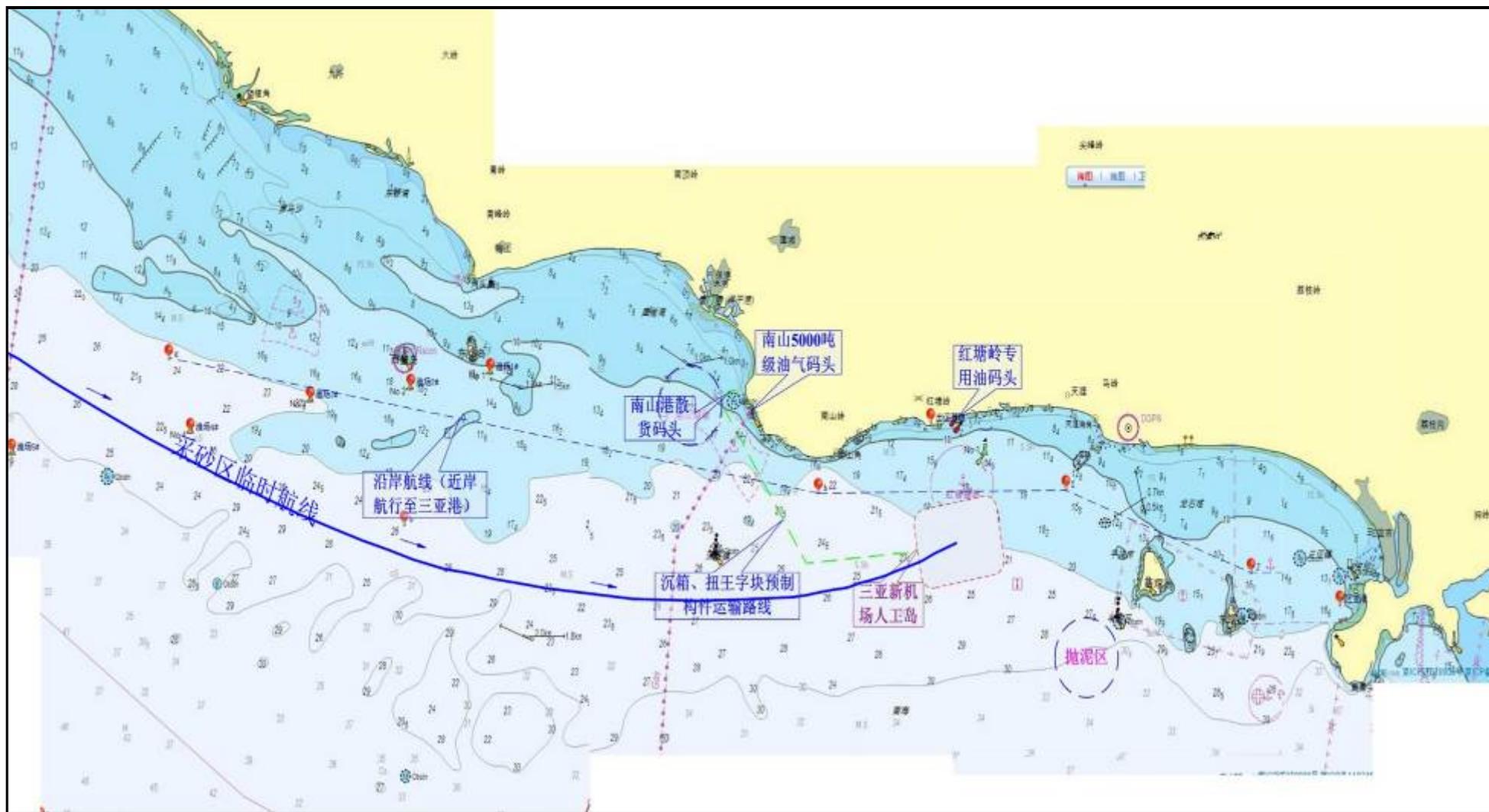


图 4.2-45 施工船舶推荐航路图

4.2.6 船舶资源配置与施工进度计划

海上建设阶段施工船舶参与工程较为复杂，且各工程存在同时施工等情况，故按照时间顺序进行分类，共分为5个时间段，从2020年6月至2021年6月为施工建设期第一年，从2021年6月至2022年6月为施工建设期第二年，从2022年6月至2023年6月为施工建设期第三年，从2023年6月至2024年6月为施工建设期第四年，从2024年6月至2025年6月为施工建设期第五年。具体施工进度情况见表4.2-14及图4.2-46。

表 4.2-14 施工进度计划表

序号	施工年份	工程名称	施工内容
1	2020年6月至2021年6月	东西南护岸	基槽挖泥及换填砂、制作、运输钢圆筒、振沉钢圆筒、钢圆筒外侧抛石、后方回填砂、扭王字块安装
		北护岸	基槽开挖、基床施工、预制安装沉箱、抛石棱体及倒滤层
2	2021年6月至2022年6月	东西南护岸	基槽挖泥及换填砂、制作、运输钢圆筒、振沉钢圆筒、钢圆筒外侧抛石、后方回填砂、扭王字块安装
		北护岸	基槽开挖、基床施工、预制安装沉箱、抛石棱体及倒滤层
		陆域形成	回填砂回填
		连岛大桥跨海段	桩基施工
3	2022年6月至2023年6月	东西南护岸	扭王字块安装
		北护岸	基床施工、预制安装沉箱、抛石棱体及倒滤层
		陆域形成	回填砂回填
		连岛大桥跨海段	桩基施工、承台施工
4	2023年6月至2024年6月	陆域形成	回填砂回填
		连岛大桥跨海段	承台施工、墩柱施工、连续钢构现浇施工、整孔箱梁架设施工
5	2024年6月至2025年6月	陆域形成	回填砂回填
		连岛大桥跨海段	连续钢构现浇施工、整孔箱梁架设施工、铺装及附属施工

在5年的施工作业期间，第一年调用船舶为89艘，施工作业人数为790人；第二年调用船舶为142艘，施工作业人数为910人；第三年调用船舶为86艘，施工作业人数为1443人；第四年调用船舶为73艘，施工作业人数为1193人；第五年调用船舶为60艘，施工作业人数为1131人；具体情况见表4.2-15。

岸滩防护工程从工程建成后第一年开始实施，人工补沙需要调用船舶为24艘，旁通输砂需要调用船舶为5艘，离岸堤和潜堤需要调用船舶为6艘，具体情况见表4.2-16至表4.2-18。

表 4.2-15 (1) 第一年船舶及施工人员调配表

2020 年 6 月至 2021 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数 (人)	作业天数(天)
东、西、南护岸沉箱结构			
基槽挖泥及换填砂	18m3 抓斗式挖泥船	24	365
	自行泥驳	32	365
	吸泥船	12	365
制作、运输钢圆筒	运输驳船	96	365
振沉钢圆筒	起重船	50	335
	拖轮	14	335
钢圆筒外侧抛石	开体驳	20	304
	平板驳	42	304
	定位驳	30	304
后方回填砂	吸沙船	225	304
扭王字块安装	起重船	45	273
	平板驳	50	273
北护岸沉箱结构			
基槽开挖	16m3 抓斗式挖泥船	24	152
	自行泥驳	32	152
基床施工	开体驳	10	122
	平板驳	14	122
	定位驳	10	122
预制安装沉箱	半潜驳	30	92
	拖轮	20	92
抛石棱体及倒滤层	开体驳	5	61
	平板驳	7	61
	定位驳	5	61
合计		790	

表 4.2-15 (2) 第二年船舶及施工人员调配表

2021 年 6 月至 2022 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数 (人)	作业天数(天)
东、西、南护岸沉箱结构			
基槽挖泥及换填砂	18m3 抓斗式挖泥船	24	69
	自行泥驳	32	69
	吸泥船	12	69
制作、运输钢圆筒	运输驳船	96	85
振沉钢圆筒	起重船	50	145
	拖轮	14	145
钢圆筒外侧抛石	开体驳	20	242
	平板驳	42	242
	定位驳	30	242
后方回填砂	吸沙船	150	256
扭王字块安装	起重船	45	365

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)
	平板驳	50	365
现浇挡浪墙	陆上施工	100	183
北护岸沉箱结构			
基槽开挖	16m3 抓斗式挖泥船	24	267
	自行泥驳	32	267
基床施工	开体驳	10	365
	平板驳	14	365
	定位驳	10	365
预制安装沉箱	半潜驳	30	365
	拖轮	20	365
抛石棱体及倒滤层	开体驳	5	365
	平板驳	7	365
	定位驳	5	365
胸墙施工	陆上施工	20	166
陆域形成			
回填砂回填	耙吸船	2	365
	耙吸船	2	365
	耙吸船	5	365
	吸沙船	42	365
连岛大桥工程及其施工栈桥			
桩基施工	驳船	6	60
	拖轮	5	60
	浮吊	10	60
	搅拌船	20	60
合计		910	

表 4.2-15 (3) 第三年船舶及施工人员调配表

2022 年 6 月至 2023 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)
东、西、南护岸沉箱结构			
扭王字块安装	起重船	45	322
	平板驳	50	322
现浇挡浪墙	陆上施工	100	305
北护岸沉箱结构			
基床施工	开体驳	10	112
	平板驳	14	112
	定位驳	10	112
预制安装沉箱	半潜驳	30	173
	拖轮	20	173
抛石棱体及倒滤层	开体驳	5	260
	平板驳	7	260
	定位驳	5	260
胸墙施工	陆上施工	20	240
陆域形成			
回填砂回填	耙吸船	70	365

	耙吸船	70	365
	耙吸船	150	365
	吸沙船	630	365
地基处理			
地基处理	陆上施工	150	184
连岛大桥工程及其施工栈桥			
桩基施工	驳船	6	60
	拖轮	5	60
	浮吊	10	60
	搅拌船	15	60
承台施工	驳船	6	244
	拖轮	5	244
	浮吊	10	244
合计		1443	

表 4.2-15 (4) 第四年船舶及施工人员调配表

2023 年 6 月至 2024 年 6 月

施工阶段	施工内容	施工船舶	作业人数 (人)	作业天数(天)
陆域形成	回填砂回填	耙吸船	70	365
		耙吸船	70	365
		耙吸船	150	365
		吸沙船	630	365
	地基处理	陆上施工	150	184
连岛大桥工程及其施工栈桥	承台施工	驳船	6	121
		拖轮	5	121
		浮吊	10	121
		搅拌船	15	121
	墩柱施工	驳船	6	182
		拖轮	5	182
		浮吊	10	182
		搅拌船	15	182
	连续钢构现浇施工	驳船	6	212
		拖轮	5	212
		浮吊	10	212
		搅拌船	15	212
	整孔箱梁架设施工	运架一体船	15	182
合计		1193	-----	

表 4.2-15 (5) 第五年船舶及施工人员调配表

2024 年 6 月至 2025 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数 (人)	作业天数(天)
陆域形成			
回填砂回填	耙吸船	70	264
	耙吸船	70	264
	耙吸船	150	264

	吸沙船	630	264
地基处理			
地基处理	陆上施工	150	365
连岛大桥工程及其施工栈桥			
连续钢构现浇施工	驳船	6	153
	拖轮	5	153
	浮吊	10	153
	搅拌船	15	153
整孔箱梁架设施工	运架一体船	15	60
铺装及附属施工	浮吊	10	92
合计		1131	

表 4.2-16 人工补沙施工主要机械设备使用计划表

序号	船机名称	规格型号	单位	数量	备注
1	运沙船	300 m ³	艘	22	水上运输
2	吹沙船	1000 m ³ /h	艘	1	吹沙
3	交通船		艘	1	水上船机调度

表 4.2-17 旁通输砂施工主要机械设备使用计划表

序号	船机名称	规格型号	单位	数量	备注
1	车载吸沙泵	300m ³ /h	台	2	采沙
2	推土机	180 马力	台	2	取沙
3	吹沙船	600 m ³ /h	艘	1	吹沙

表 4.2-18 离岸堤、潜堤施工主要机械设备使用计划表

序号	船机名称	规格型号	单位	数量	备注
1	履带吊	100t	台	2	安装扭王字块
2	平板驳	1000t	艘	2	运输石料、扭王字块
3	反铲挖掘机		台	2	抛理块石

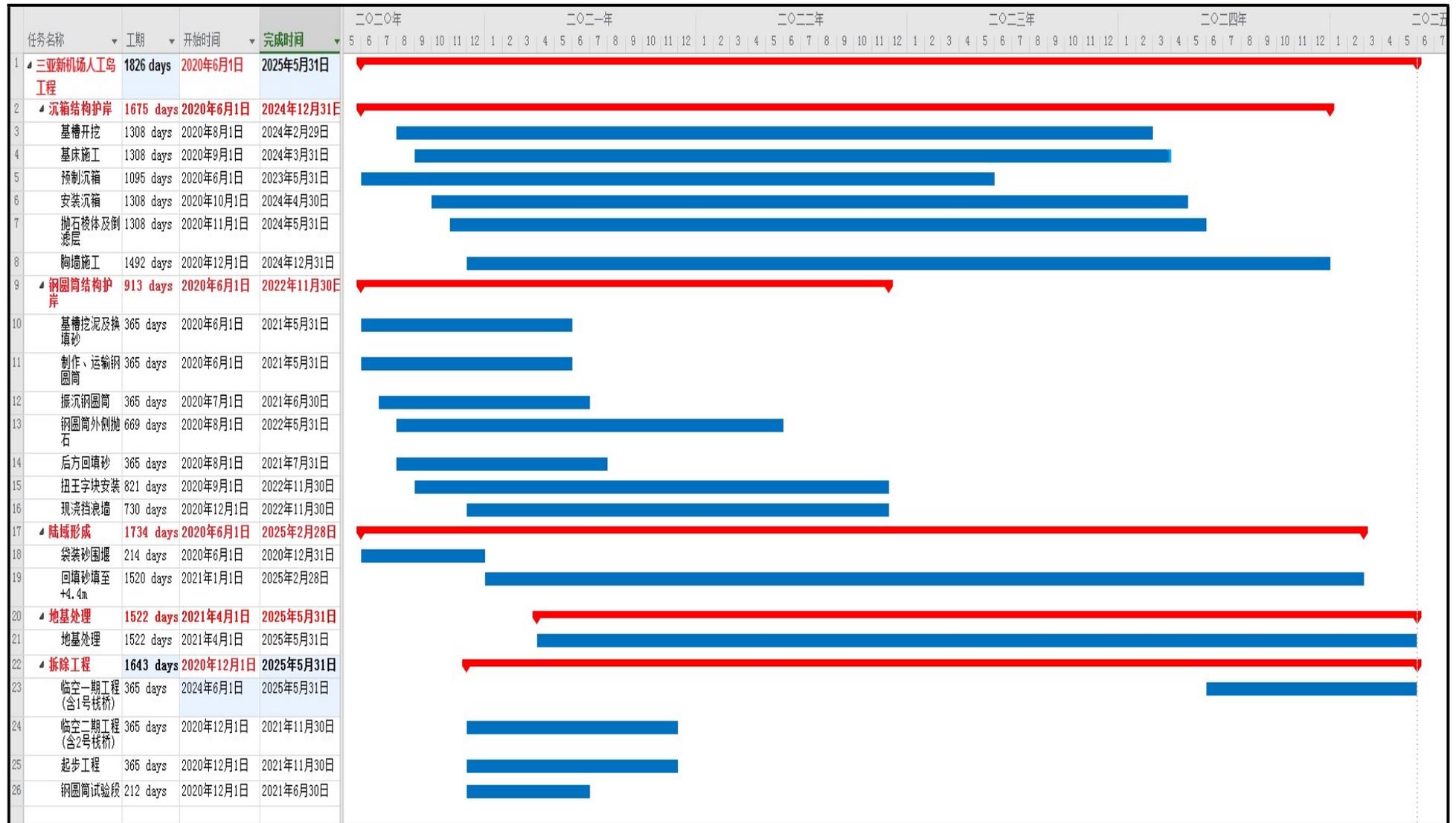


图 4.2-46 (1) 主体工程施工进度计划

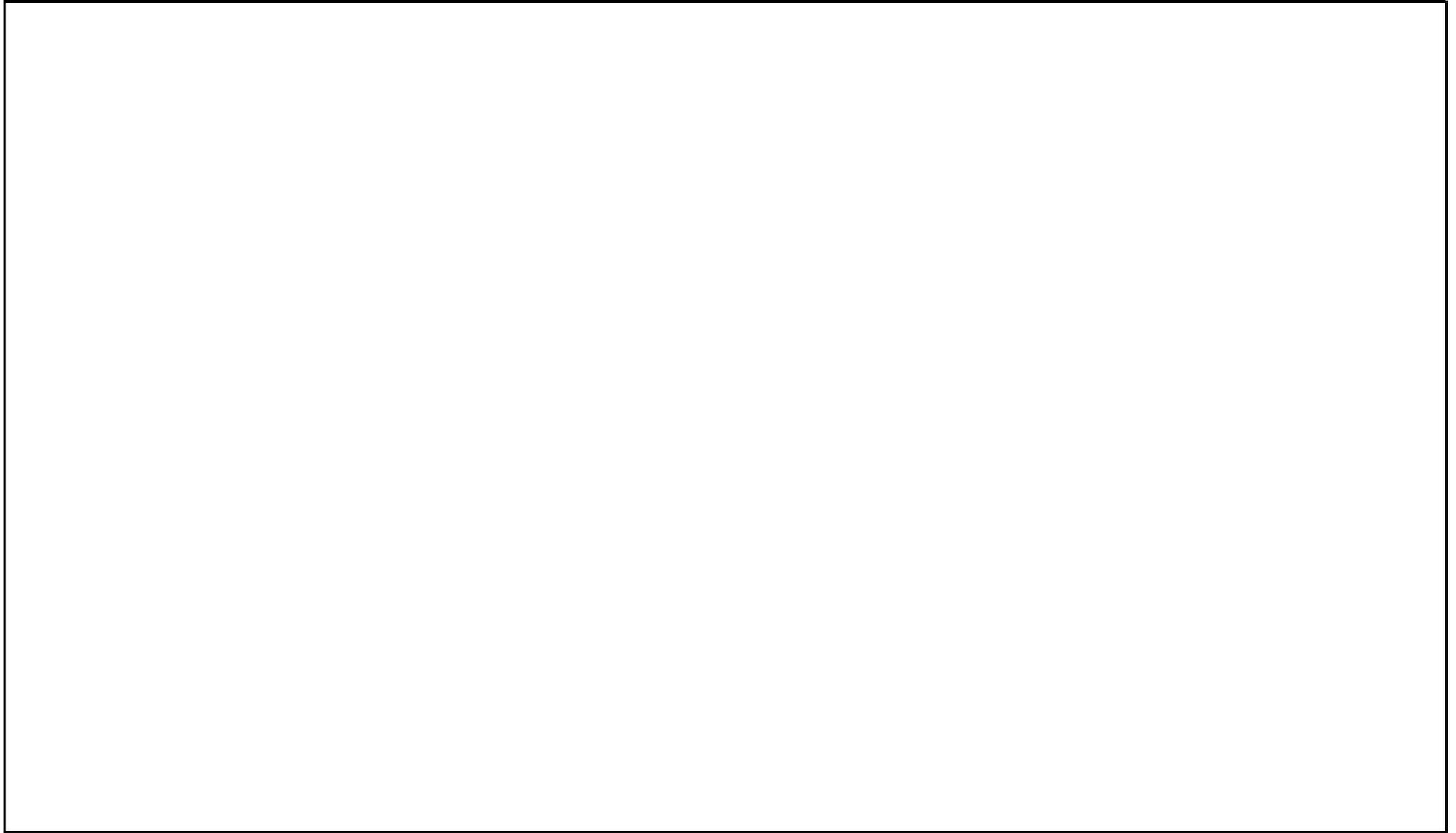


图 4.2-46 (2) 连岛大桥施工进度计划

4.3 填海物料土石方平衡分析

4.3.1 土石方需求量

(1) 护岸工程物料类型和用量

护岸工程使用物料主要是石料、砂料及商品砼。石料主要用于基础换填、基床块石、垫层、倒滤层、护肩、护底及护岸后方抛石；砂料主要用于基础换填、钢圆筒内中粗砂回填；商品砼主要用于沉箱、挡浪墙、护面块体等混凝土构件的预制和现浇。

护岸工程回填料用量约为 4656.5 万 m^3 ，其中石料总用量约为 2526.5 万 m^3 ，砂料总用量约为 2130.0 万 m^3 ；自建砼搅拌站为主、商品砼为辅。

基槽开挖总量 593.6 万 m^3 ，其中钢圆筒开挖量 349.2 万 m^3 ，沉箱开挖量 244.4 万 m^3 。基槽开挖形成的挖泥，由挖泥船运至护岸内侧抛泥区，严格按照抛泥操作技术规程，到达指定倾废区进行抛泥作业，严禁横浪抛泥和在浅水区抛泥，防止泥门触底。

(2) 陆域形成回填料类型与用量

从回填料储量、运输组织、施工能力、工程费用、施工工期等角度考虑，本项目陆域回填量巨大且工期紧迫，采用海砂作为陆域形成回填材料最合适。陆域填方量约 46274.1 万 m^3 ，均为回填砂；陆域形成内部设置中间围堰物料总用量约为 864.7 万 m^3 。

(3) 岸滩防护工程物料类型与用量

岸滩防护工程使用物料类型主要是石料和商品砼。由潜堤、离岸堤结构型式可知，石料主要用于堤心石及块石垫层；商品砼主要用于护面块体预制。

岸滩防护工程石料总用量约为 12.6 万 m^3 ；商品砼总用量约为 3.7 万 m^3 。

4.3.2 物料来源分析

回填料来源及性质：本项目陆域回填量巨大且工期紧迫，从回填料储量、运输组织、施工能力、工程费用、施工工期等角度考虑，建议采用海砂作为陆域形成的回填材料。

来源与选址：本项目的物料来源主要由三部分组成：A、三亚新机场临空产业园人工岛拆除工程；B、海上物料取料区；C、石料矿区。

A、三亚新机场临空产业园人工岛拆除工程：主要包括：三亚新机场临空产业园一期工程（临空一期工程）、三亚新机场临空国际旅游商贸区填海工程（临空二期工程）、三亚新机场填海项目起步工程（起步工程）、三亚新机场人工岛工程南护岸试验段工程（钢圆筒护岸工程）。

拆除工程共产生砂料 2497.0 万 m³，石料 838 万 m³；

B、海上物料取料区：采砂区拟选乐东二行沙西侧海域的 K1 区和 K2 区，海砂总储量约 6.58 亿 m³，能够满足本项目 4.87 亿 m³ 的海砂需求，海砂取料示意图见图 4.3-1。

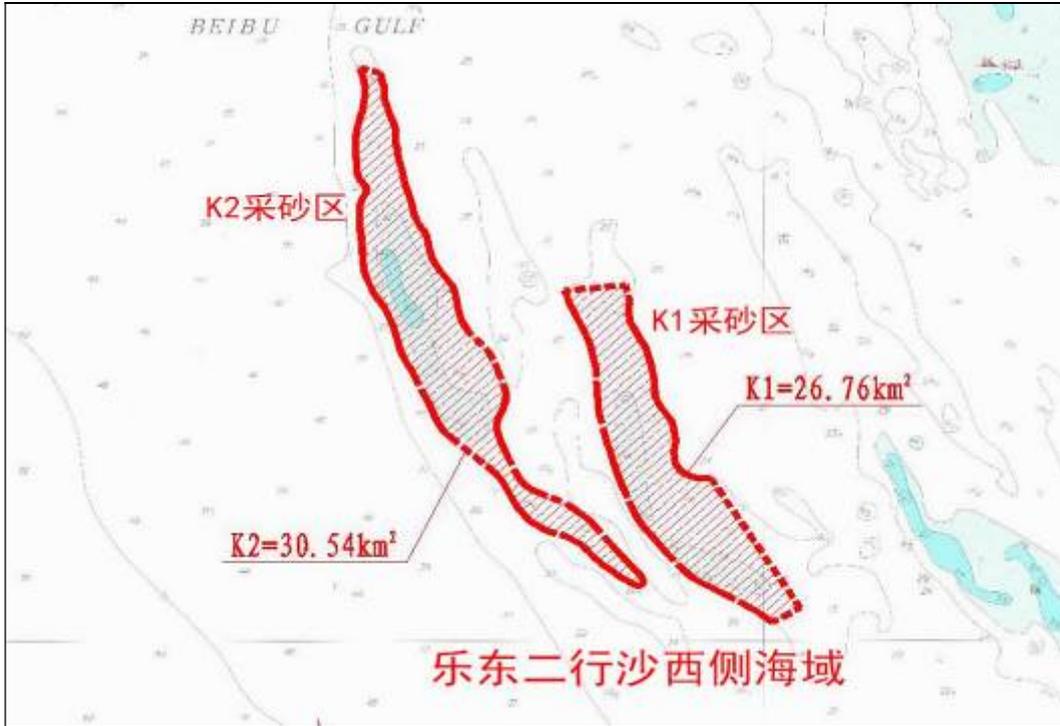


图 4.3-1 海砂取料示意图



图 4.3-2 拟选石料矿区位置示意图

C、石料矿区：采石场拟选三亚市大出水矿区和立村矿区，石料总储量约 0.59 亿 m³，能

够满足本项目 0.17 亿 m³ 的石料需求，采石场取料示意图见图 4.3-2。

大出水矿区矿体面积约 0.551km²，矿体资源储量约 2916.18 万 m³；立村矿区矿体面积约 0.75km²，矿体资源储量约 3000 万 m³。两个矿区的矿石类型均为花岗岩，矿体资源储量合计约 5916.18 万 m³，运输至南山港的距离约 10~18km。

4.3.3 土石方平衡分析

(1) 需方量情况

本项目土石方需方量见表 4.3-1。

(2) 土石方平衡分析

本项目护岸基槽挖泥 593.6 万 m³ 拟用于工程区回填，回填料不足部分利用海上物料和开山土石作为回填料。

开山土石取料区石料总储量约 5900 万 m³，可满足本工程开山石 1701.1 万 m³ 的需求量。

海上物料取料区资源总储量为 6.58 亿 m³，可以满足本工程砂料 48704.7 万 m³ 的需求量。

表 4.3-1 土石方需求汇总表

区域	来源	回填料类型及用量 (万 m ³)					
		石料		砂		合计	
陆域形成	拆除工程	---	---	2497	45680.5	2497	45680.5
	海上采砂区	---		43183.5		43183.5	
	石料矿区	---		---		---	
护岸结构	拆除工程	838	3364.5	---	5250.1	838	8614.6
	基槽开挖	---		593.6		593.6	
	海上采砂区	---		4656.5		4656.5	
	石料矿区	2526.5		---		1688.5	
岸滩防护	石料矿区	12.6	12.6	---	---	12.6	12.6
合计	拆除工程	838	2539.1	2497	48404.1	3335	50943.2
	海上采砂区	---		45907.1		45907.1	
	石料矿区	1701.1		---		1688.5	

本项目土石方平衡见图 4.3-3。

图 4.3-3 本项目土石方平衡

4.3.4 填海物料成分分析

根据《海洋沉积物质量》(GB18668-2002),按照海域的不同使用功能和环境保护目标,本项目位于红塘湾工业城镇用海区,按照海洋环境保护要求,执行三类海水水质标准,二类海洋沉积物质量标准,二类海洋生物质量标准。故海洋沉积物质量标准为第二类。

第二类 适用于一般工业用水区,滨海风景旅游区。

根据《围填海工程填充物质成分限值》(GB30736-2014),拟用于围填海工程的填充物质符合第二类要求,且使用前应进行其成分检测,检测指标包括材质、气味、单块体重量、相对密度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六六六、滴滴涕、多氯联苯、大肠菌群及 γ 辐射剂量率。围填海工程填充物质成分各检测指标限值见表 4.3-4。

表 4.3-4 围填海工程填充物质成分限值表

序号	指标	第二类限值	序号	指标	第二类限值
1	材质	不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾（惰性拆建物除外）、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质	11	γ 辐射剂量率/ (nGy/h)	不大于围填海工程实施前一定区域范围 γ 辐射剂量率的环境背景值
2	气味	无异味、异臭	12	ω d(OC)($\times 10^{-2}$)	3.0
3	块体大小	单块体重量符合围海工程中堤坝或围堰的设计要求	13	ω d(S2-)($\times 10^{-6}$)	500.0
4	相对密度	大于施工海域的海水相对密度	14	ω d(oil)($\times 10^{-6}$)	1000.0
5	ω d(Hg)($\times 10^{-6}$)	0.50	15	ω d(666)($\times 10^{-6}$)	1.00
6	ω d(Cd)($\times 10^{-6}$)	1.50	16	ω d(DDT)($\times 10^{-6}$)	0.05
7	ω d(Pb)($\times 10^{-6}$)	130.0	17	ω d(PCBs)($\times 10^{-6}$)	0.20
8	ω d(Zn)($\times 10^{-6}$)	350.0	18	大肠菌群湿重比 个数/ (个, 湿重)	200
9	ω d(Cu)($\times 10^{-6}$)	100.0	19	ω d(As)($\times 10^{-6}$)	65.0
10	ω d(Cr)($\times 10^{-6}$)	150.0			

(1) 取料区物料物质成分达标分析

根据《三亚新机场人工岛工程海上物料项目围填海工程填充物质检测报告》(国土资源部海口矿产资源监督检测中心·海南省地质测试研究中心,2019年8月),海上围填海工程填充物质2019化161批、2019化176批和2019化193批共三批样品进行检测,具体情况见表3.9-3。

检测结果表明,海上物料取料区所有采集沉积物样品的材质、气味、汞、镉、铅、锌、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类和开山石的材质、相对密度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六氯化苯、DDT、PCBs均满足《围填海工程填充物质成分限值》第二类限值。故三亚新机场人工岛海上物料理化成分检测分析结果本取料区可作为本工程的填海物料使用。

(2) 海底物料物质成分达标分析

根据《三亚新机场人工岛工程海上物料项目海洋环境现状调查与评价》(福建中海检测技术有限公司,2016年7月),海上物料取料区所有采集沉积物样品的材质、气味、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类和开山石的材质、相对密度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六氯化苯、DDT、PCBs均满足《围填海工程填充物质成分限值》第一类限值。因此,海上物料取料区S1区可作为本工程的填海物料使用。海底物料

取料区物质成分与相应限值的比较见表 4.3-5。

表 4.3-5 (1) 本填海工程海底物料物质成分达标分析表 (2019 化 176 批)

序号	指标	标准值			海上物料
		第一类	第二类	第三类	
1	材质	不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾(惰性拆建物料除外)、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质			多为砂, 少量为粘性土混砂
2	气味	无异味、异臭			无异味、无异臭
3	块体大小	单块体重量符合围填工程中堤坝或围堰的设计要求			-
4	相对密度	大于施工海域的海水相对密度			2.48~2.66
5	汞(Hg)/(×10 ⁻⁶)	0.20	0.50	1.20	0.0042~0.044
6	镉(Cd)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.50	6.00	0.0081~0.68
7	铅(Pb)/(×10 ⁻⁶)	60.0	130.0	300.0	10.6~30.5
8	锌(Zn)/(×10 ⁻⁶)	150.0	350.0	720.0	1.79~76.8
9	铜(Cu)/(×10 ⁻⁶)	35.0	100.0	240.0	1.71~21.5
10	铬(Cr)/(×10 ⁻⁶)	80.0	150.0	324.0	8.85~75.6
11	砷(As)/(×10 ⁻⁶)	20.0	65.0	112.0	5.03~16.6
12	有机碳/(×10 ⁻²)	2.0	3.0	5.0	0.11~0.71
13	硫化物/(×10 ⁻⁶)	300.0	500.0	720.0	1.08~7.12
14	石油类/(×10 ⁻⁶)	500.0	1000.0	1800.0	43.8
15	六氯化苯(666)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.00	1.80	-
16	双对氯苯基三氯乙烷(DDT)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.05	0.12	-
17	多氯联苯(PCBS)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.20	0.72	-
18	大肠菌群湿重比个数(个/g,湿重)	200			未检出
19	γ 辐射剂量率(nGy/h)	不大于围填海工程实施前一定区域范围 γ 辐射剂量率的环境背景值			-

表 4.3-5 (2) 本填海工程海底物料物质成分达标分析表 (2019 化 193 批)

序号	指标	标准值			海上物料
		第一类	第二类	第三类	
1	材质	不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾(惰性拆建物料除外)、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质			多为砂, 少量为粘性土混砂
2	气味	无异味、异臭			无异味、无异臭
3	块体大小	单块体重量符合围填工程中堤坝或围堰的设计要求			-
4	相对密度	大于施工海域的海水相对密度			1.37~3.09
5	汞(Hg)/(×10 ⁻⁶)	0.20	0.50	1.20	0.0009~0.007
6	镉(Cd)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.50	6.00	0.025~0.092
7	铅(Pb)/(×10 ⁻⁶)	60.0	130.0	300.0	14.9~34
8	锌(Zn)/(×10 ⁻⁶)	150.0	350.0	720.0	38.9~87.3
9	铜(Cu)/(×10 ⁻⁶)	35.0	100.0	240.0	9.48~22.7

序号	指标	标准值			海上物料
		第一类	第二类	第三类	
10	铬(Cr)/(×10 ⁻⁶)	80.0	150.0	324.0	28.8~59
11	砷(As)/(×10 ⁻⁶)	20.0	65.0	112.0	3.87~13.6
12	有机碳/(×10 ⁻²)	2.0	3.0	5.0	0.044~0.3
13	硫化物/(×10 ⁻⁶)	300.0	500.0	720.0	1.04~3.36
14	石油类/(×10 ⁻⁶)	500.0	1000.0	1800.0	7.69
15	六氯化苯(666)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.00	1.80	-
16	双对氯苯基三氯乙烷(DDT)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.05	0.12	-
17	多氯联苯(PCBS)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.20	0.72	-
18	大肠菌群湿重比个数(个/g,湿重)	200			未检出
19	γ 辐射剂量率(nGy/h)	不大于围填海工程实施前一定区域范围 γ 辐射剂量率的环境背景值			-

表 4.3-5 (3) 本填海工程海底物料物质成分达标分析表 (2019 化 161 批)

序号	指标	标准值			海上物料
		第一类	第二类	第三类	
1	材质	不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾(惰性拆建物料除外)、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质			多为砂, 少量为粘性土混砂
2	气味	无异味、异臭			无异味、无异臭
3	块体大小	单块体重量符合围填工程中堤坝或围堰的设计要求			-
4	相对密度	大于施工海域的海水相对密度			1.71~3.35
5	汞(Hg)/(×10 ⁻⁶)	0.20	0.50	1.20	0.0042~0.011
6	镉(Cd)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.50	6.00	0.007~0.88
7	铅(Pb)/(×10 ⁻⁶)	60.0	130.0	300.0	10.2~21.8
8	锌(Zn)/(×10 ⁻⁶)	150.0	350.0	720.0	29.2~58.3
9	铜(Cu)/(×10 ⁻⁶)	35.0	100.0	240.0	17.4~70.7
10	铬(Cr)/(×10 ⁻⁶)	80.0	150.0	324.0	11.8~35.1
11	砷(As)/(×10 ⁻⁶)	20.0	65.0	112.0	5.26~12.6
12	有机碳/(×10 ⁻²)	2.0	3.0	5.0	0.061~0.49
13	硫化物/(×10 ⁻⁶)	300.0	500.0	720.0	0.92~7.98
14	石油类/(×10 ⁻⁶)	500.0	1000.0	1800.0	9.28
15	六氯化苯(666)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.00	1.80	-
16	双对氯苯基三氯乙烷(DDT)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.05	0.12	-
17	多氯联苯(PCBS)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.20	0.72	-
18	大肠菌群湿重比个数(个/g,湿重)	200			未检出
19	γ 辐射剂量率(nGy/h)	不大于围填海工程实施前一定区域范围 γ 辐射剂量率的环境背景值			-

表 4.3-6 (4) 本填海工程海底物料物质成分达标分析表

序号	指标	标准值			海上物料
		第一类	第二类	第三类	
1	材质	不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾(惰性拆建物料除外)、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质			多为含砾石泥砂或砂
2	气味	无异味、异臭			无异臭
3	块体大小	单块体重量符合围填工程中堤坝或围堰的设计要求			-
4	相对密度	大于施工海域的海水相对密度			-
5	汞(Hg)/(×10 ⁻⁶)	0.20	0.50	1.20	0.011~0.074
6	镉(Cd)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.50	6.00	0.07~0.30
7	铅(Pb)/(×10 ⁻⁶)	60.0	130.0	300.0	8.17~22.09
8	锌(Zn)/(×10 ⁻⁶)	150.0	350.0	720.0	9.12~26.15
9	铜(Cu)/(×10 ⁻⁶)	35.0	100.0	240.0	2.51~20.05
10	铬(Cr)/(×10 ⁻⁶)	80.0	150.0	324.0	13.01~22.78
11	砷(As)/(×10 ⁻⁶)	20.0	65.0	112.0	4.17~14.01
12	有机碳/(×10 ⁻²)	2.0	3.0	5.0	0.13~1.11
13	硫化物/(×10 ⁻⁶)	300.0	500.0	720.0	17.3~41.5
14	石油类/(×10 ⁻⁶)	500.0	1000.0	1800.0	6.7~31.4
15	六氯化苯(666)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.00	1.80	-
16	双对氯苯基三氯乙烷(DDT)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.05	0.12	-
17	多氯联苯(PCBS)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.20	0.72	-
18	大肠菌群湿重比个数(个/g,湿重)	200			-
19	γ 辐射剂量率(nGy/h)	不大于围填海工程实施前一定区域范围 γ 辐射剂量率的环境背景值			-

(3) 陆上石料取料区物质成分达标分析

根据《三亚新机场人工岛工程项目岩石检测报告》(国土资源部海口矿产资源监督检测中心, 2016年10月), 陆上石料取料区采集的21个样品中, 共有15件样品符合第一类围填海工程填充物质要求, 3件样品符合第二类围填海工程填充物质要求, 2件样品符合第三类围海工程填充物质要求, 1件样品不符合 GB18668 围海工程填充物质要求。陆上石料物料取料区物质成分与相应限值的比较见表 4.3-7。

陆上石料取料区矿石用做围填海时, 应对开采矿石进行物质成分分析, 当矿石材质、气味、块体大小、相对密度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六六六、滴滴涕、多氯联苯、大肠菌群及 γ 辐射剂量率等共计 19 项指标均满足《围填海工程填充物质成分限值》第二类限值要求后, 方能利用本矿区矿石进行围填海施工。

表 4.3-7 本填海工程陆上石料物质成分达标分析表

序号	指标	标准值			海上物料
		第一类	第二类	第三类	
1	材质	不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾(惰性拆建物料除外)、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质			不含损害海洋环境质量的物质
2	气味	无异味、异臭			无异味、异臭
3	块体大小	单块体重量符合围填工程中堤坝或围堰的设计要求			
4	相对密度	大于施工海域的海水相对密度			2.67~2.93
5	汞(Hg)/(×10 ⁻⁶)	0.20	0.50	1.20	0.0017~0.054
6	镉(Cd)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.50	6.00	0.011~0.44
7	铅(Pb)/(×10 ⁻⁶)	60.0	130.0	300.0	24~85.7
8	锌(Zn)/(×10 ⁻⁶)	150.0	350.0	720.0	17.0~352.0
9	铜(Cu)/(×10 ⁻⁶)	35.0	100.0	240.0	0.044~ 79.2
10	铬(Cr)/(×10 ⁻⁶)	80.0	150.0	324.0	1.62~440.0
11	砷(As)/(×10 ⁻⁶)	20.0	65.0	112.0	0.48~2.07
12	有机碳/(×10 ⁻²)	2.0	3.0	5.0	0.057~0.46
13	硫化物/(×10 ⁻⁶)	300.0	500.0	720.0	32.6~693.0
14	石油类/(×10 ⁻⁶)	500.0	1000.0	1800.0	0.14~0.4
15	六氯化苯(666)/(×10 ⁻⁶)	0.50	1.00	1.80	<0.00005
16	双对氯苯基三氯乙烷(DDT)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.05	0.12	<0.00005
17	多氯联苯(PCBS)/(×10 ⁻⁶)	0.02	0.20	0.72	<0.00005
18	大肠菌群湿重比个数(个/g,湿重)	200			未检出
19	γ 辐射剂量率(nGy/h)	不大于围填海工程实施前一定区域范围 γ 辐射剂量率的环境背景值			<10

4.3.5 自然岸线、滩涂和海域占用

本项目主体工程为填海人工岛，附属工程包括连岛大桥和临时施工栈桥，填海人工岛属于离岸式，不占用自然岸线和滩涂，连岛大桥以跨海方式连接陆域，陆海两侧的桥墩在设计时尽量避开自然岸线和滩涂，不直接占用，临时施工栈桥属于临时用海性质且位于海域，工程建成后将予以拆除，不涉及自然岸线和滩涂的占用。

因此本工程用海方式为海域占用，其中填海人工岛占用海域面积 1697.1 hm²，跨海桥梁占用海域面积 45.9 hm²，临时施工栈桥 1.2hm²，项目占用海域情况见表 3.3-6。项目宗海位置图、项目宗海界址图见图 4.3-4~图 4.3-7。

表 4.3-6 项目用海基本情况一览表

序号	项目用海组成	用海类型	用海方式(二级)	用海面积(hm ²)
1	机场人工岛	交通运输用海	填海造地	1697.1
2	跨海桥梁		跨海桥梁	45.9
3	临时栈桥		跨海桥梁	1.2

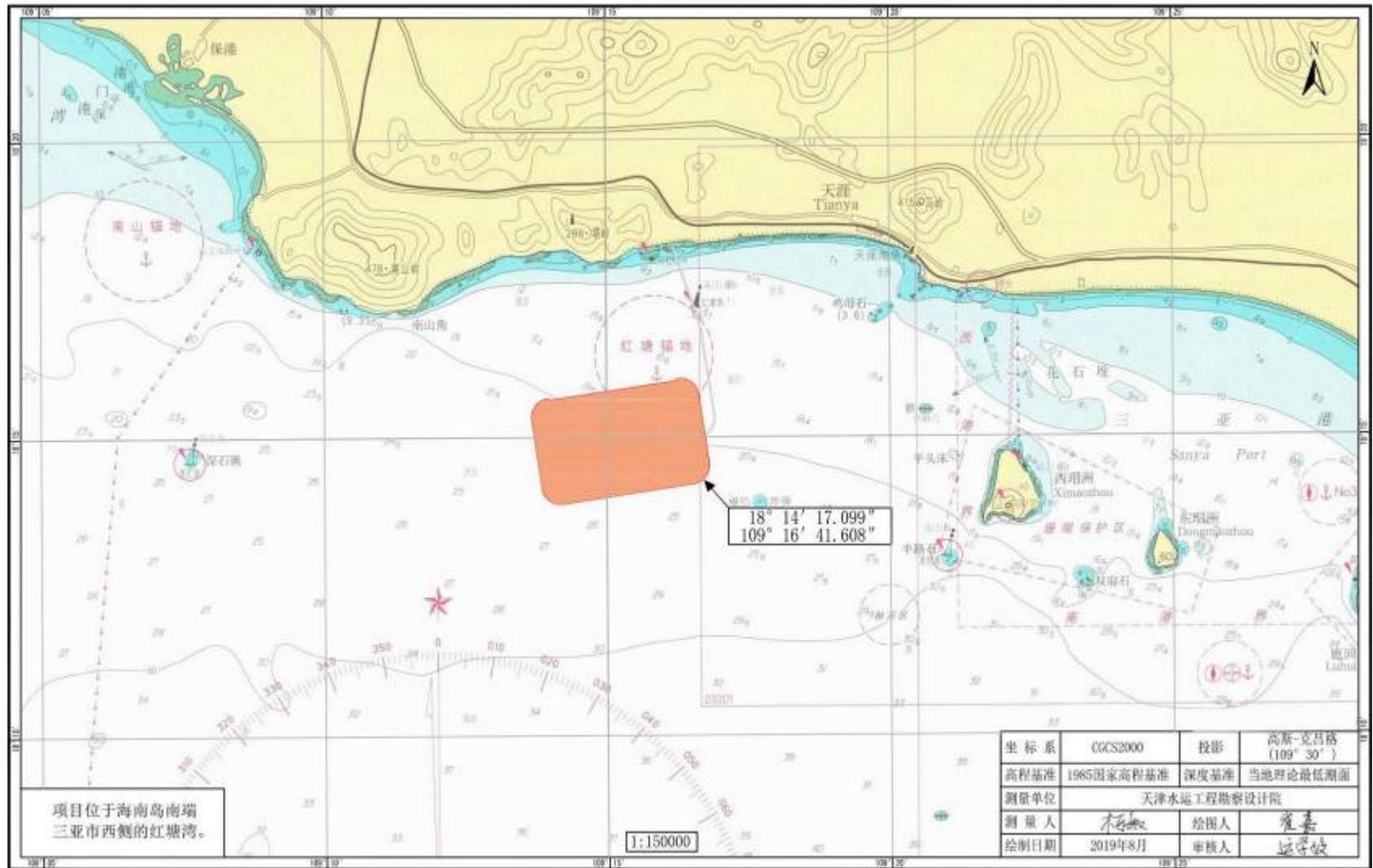


图 4.3-4 三亚新机场人工岛工程宗海位置图

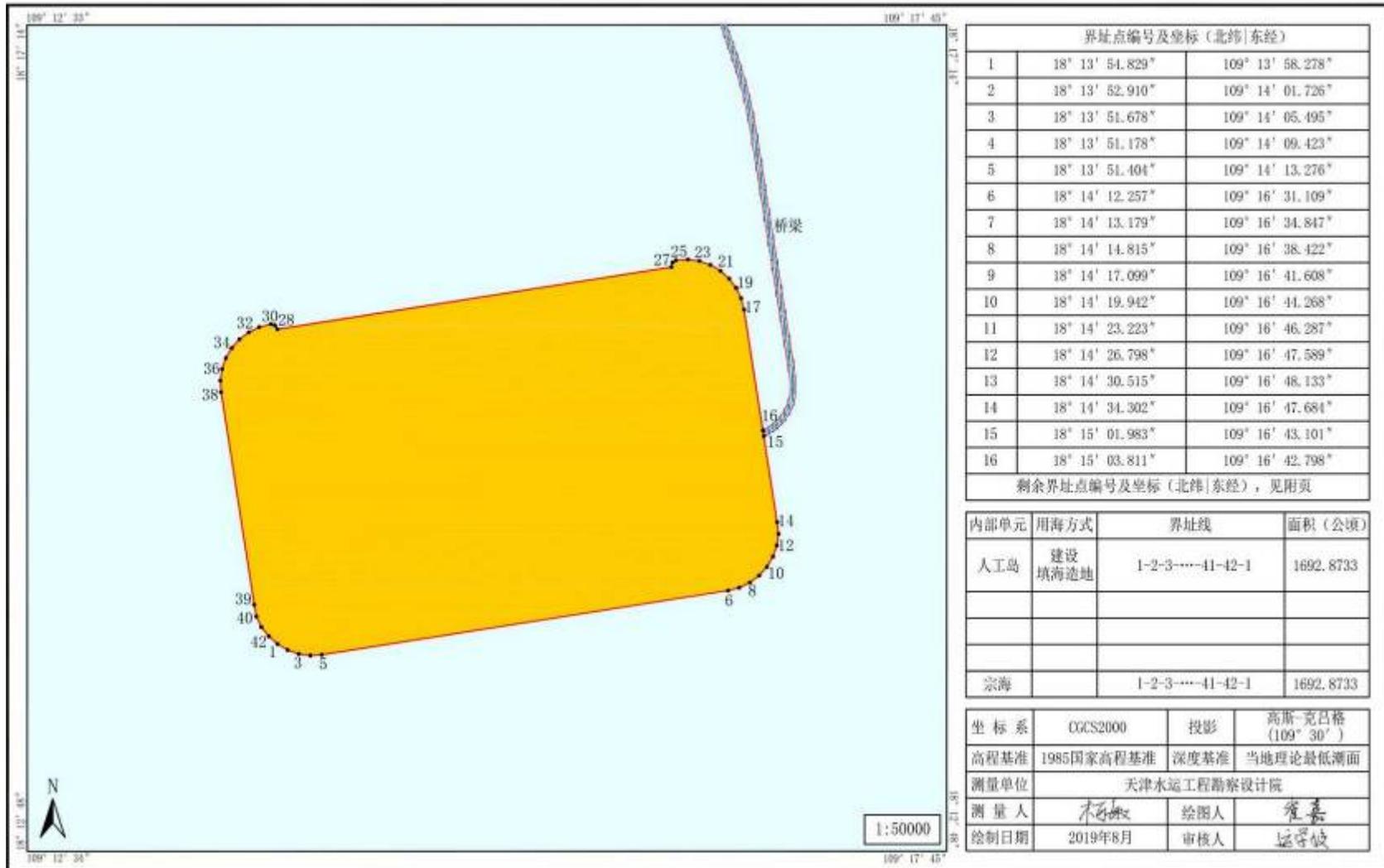


图 4.3-5 三亚新机场人工岛工程宗海界址图

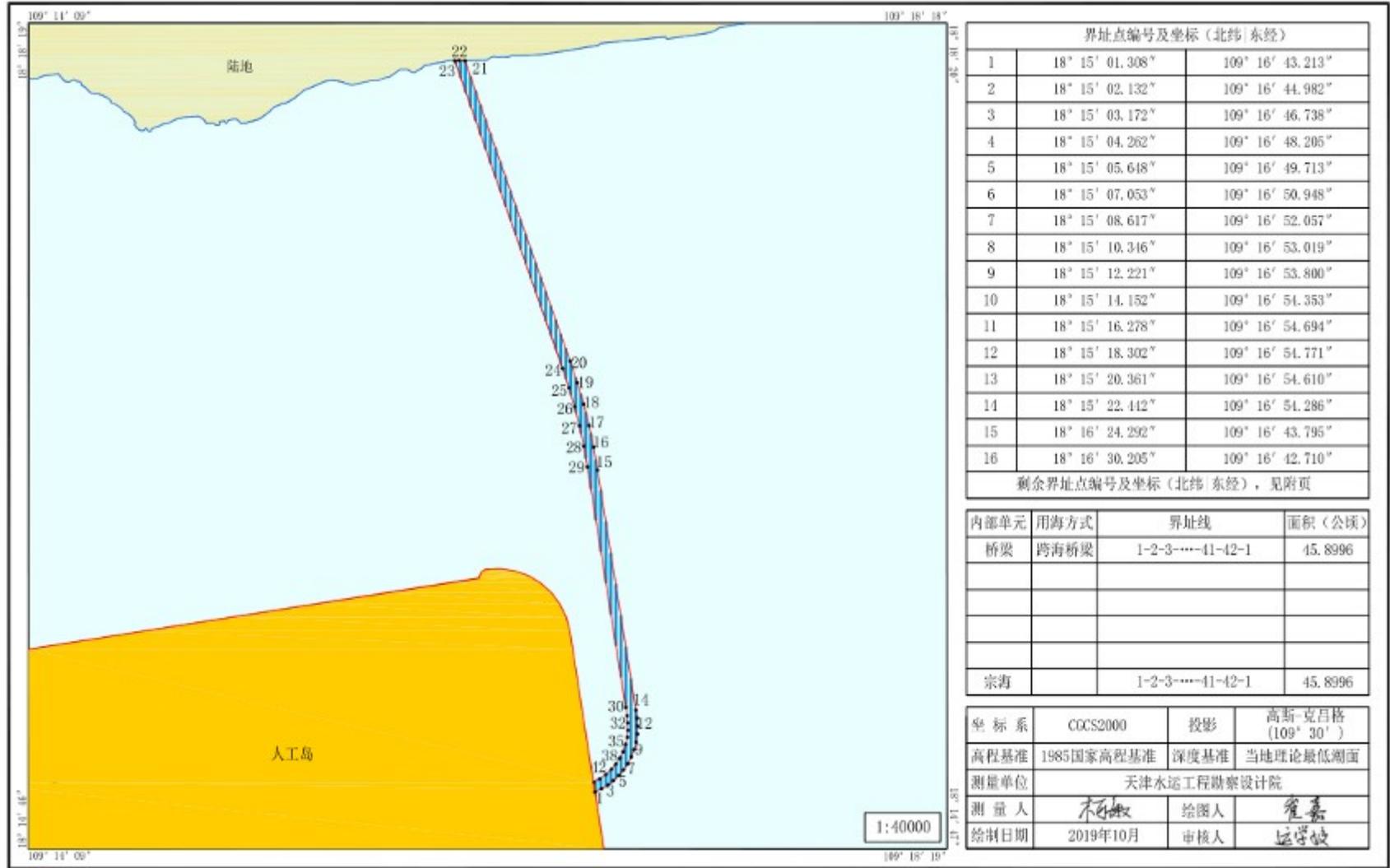


图 4.3-6 三亚新机场人工岛工程（桥梁）宗海界址图

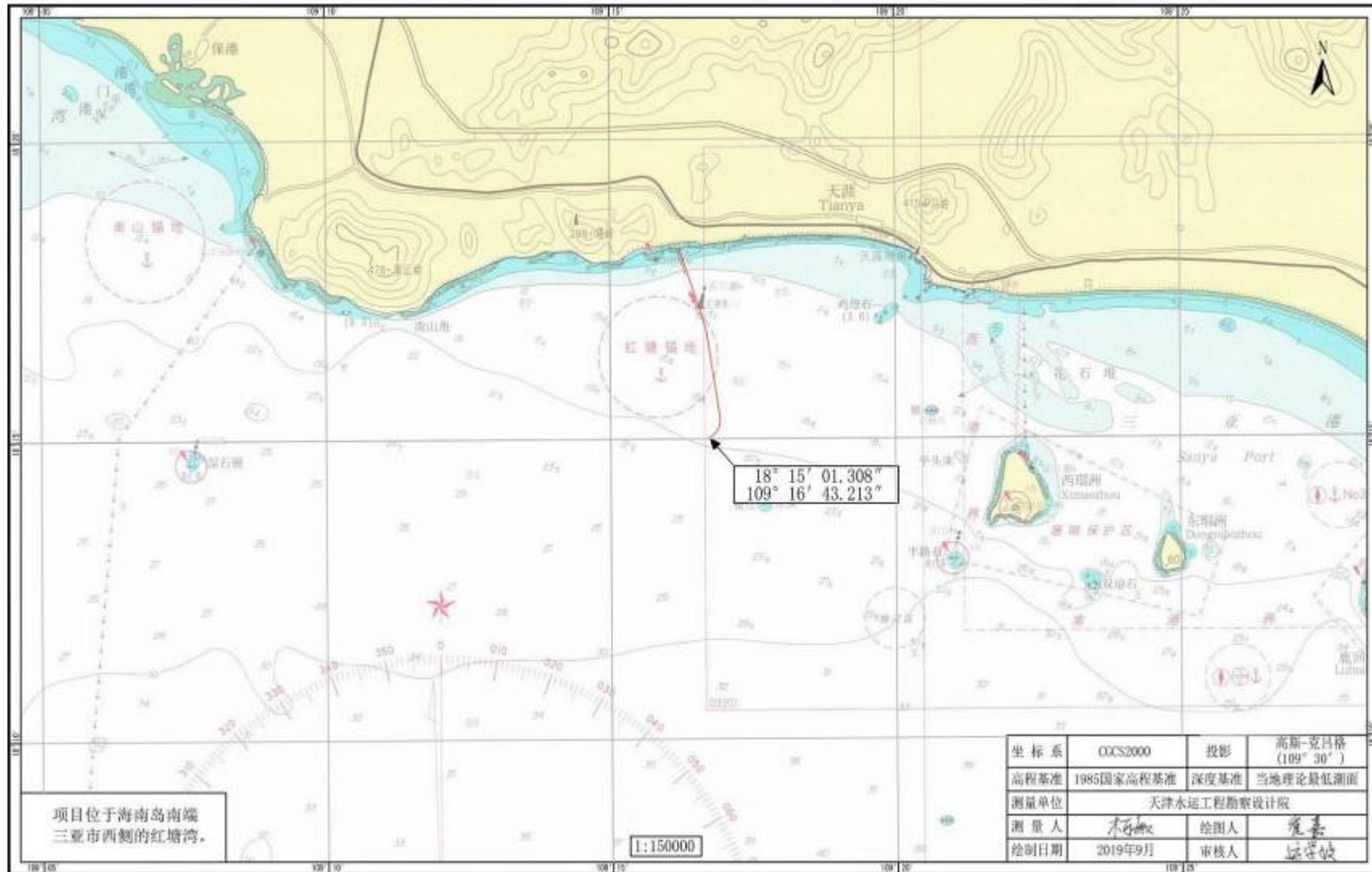


图 4.3-7 三亚新机场人工岛工程（栈桥）宗海位置图

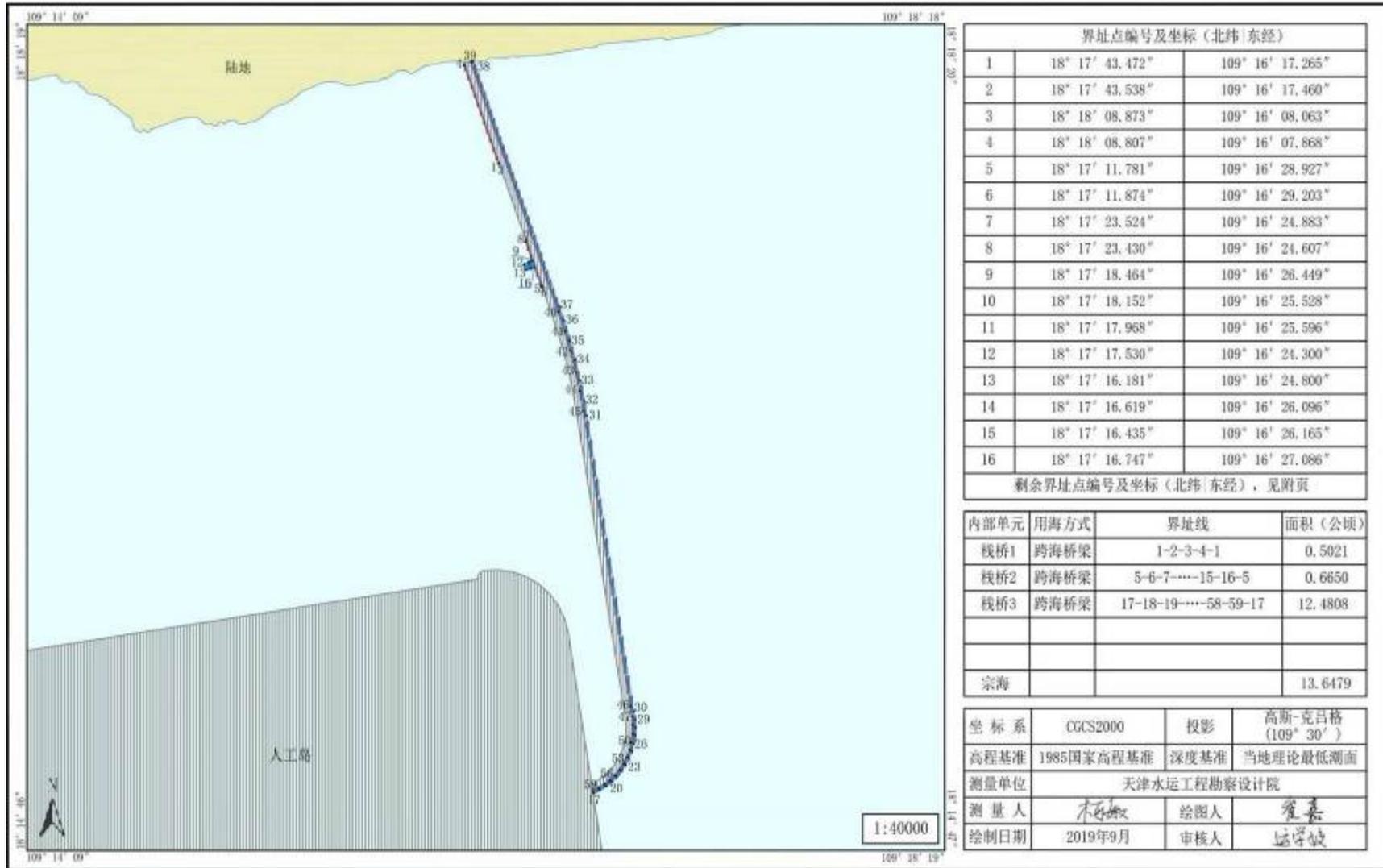


图 4.3-8 三亚新机场人工岛工程 (栈桥) 宗海界址图

4.4 影响因素分析

4.4.1 污染影响因素分析

本工程评价内容主要是主体工程、连岛大桥跨海段工程和岸滩防护工程。由于现有工程拆除过程与主体工程建设施工存在交叉施工，故补充拆除工程对主体工程建设产生的交叉影响。

按照施工进度安排，分析工程施工过程中每年产污内容及其产污具体环节。

(1) 第一年（2020年6月至2021年6月）

施工第一年主要工程有东西南护岸施工、北护岸施工等，污染物主要是护岸施工中基槽开挖及换填砂、护岸抛石作业时掀起的海底沉积物造成的入海悬浮沙（拆除工程对主体工程建设过程中产生的悬浮物的交叉影响），护岸施工参与作业的船舶和人员会产生船舶含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾等。

(2) 第二年（2021年6月至2022年6月）

施工第二年主要工程有东西南护岸施工、北护岸施工、陆域形成、连岛大桥跨海段等，污染物主要是护岸施工中基槽开挖及换填砂、护岸抛石和连岛大桥跨海段中桩基施工作业时掀起的海底沉积物造成的入海悬浮沙（拆除工程对主体工程建设过程中产生的悬浮物的交叉影响），东西南护岸施工、北护岸施工、陆域形成、连岛大桥跨海段参与作业的船舶和人员会产生船舶含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾等。

(3) 第三年（2022年6月至2023年6月）

施工第三年主要工程有东西南护岸施工、北护岸施工、陆域形成、连岛大桥跨海段等，污染物主要是北护岸施工中基槽开挖及换填砂、护岸抛石和连岛大桥跨海段中桩基施工作业时掀起的海底沉积物造成的入海悬浮沙，东西南护岸施工、北护岸施工、陆域形成、连岛大桥跨海段参与作业的船舶和人员会产生船舶含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾等。

(4) 第四年（2023年6月至2024年6月）

施工第四年主要工程有陆域形成、连岛大桥跨海段等，污染物主要是陆域形成中回填砂回填过程中外溢流口和连岛大桥跨海段中桩基施工作业时掀起的海底沉积物造成的入海悬浮沙，陆域形成、连岛大桥跨海段参与作业的船舶和人员会产生船舶含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾等。

(5) 第五年（2024年6月至2025年6月）

施工第五年主要工程有陆域形成、连岛大桥跨海段等，污染物主要是陆域形成中回填砂回

填过程中外溢流口和连岛大桥跨海段中桩基施工作业时掀起的海底沉积物造成的入海悬浮沙（临空一期拆除工程对主体工程建设过程中产生的悬浮物的交叉影响），陆域形成、连岛大桥跨海段参与作业的船舶和人员会产生船舶含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾等。

（6）2025年6月之后

2025年6月工程建设基本完成，工程实施后主要是岸滩防护工程开始实施，海上施工作业主要是离岸潜堤与拦沙堤施工作业，污染物主要是岸滩防护工程中离岸潜堤与拦沙堤施工作业时掀起的海底沉积物造成的入海悬浮沙，岸滩防护工程参与作业的船舶和人员会产生船舶含油污水、生活污水和食品废弃物等生活垃圾等。

施工期的产污环节及污染物种类参见图 3.4-1。

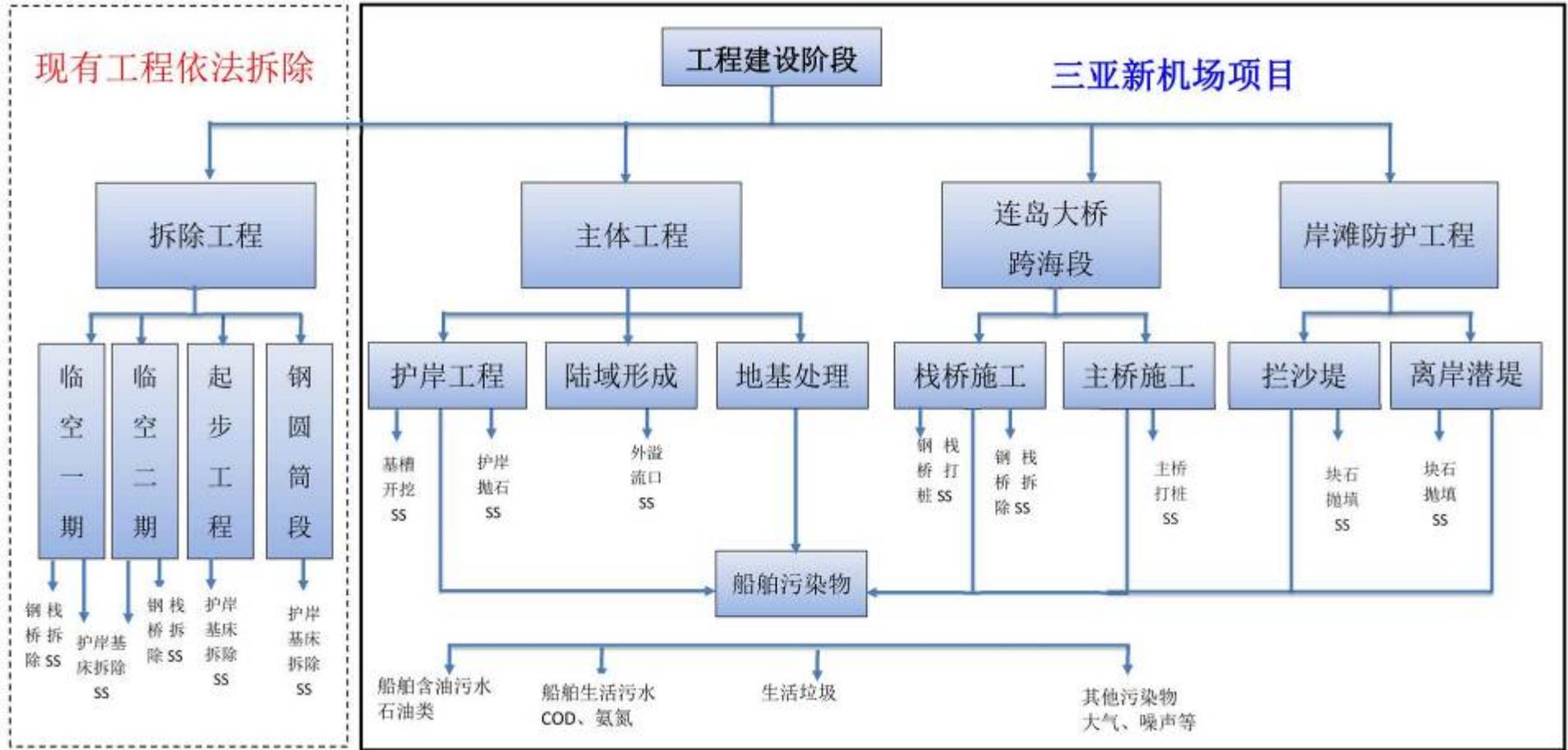


图 3.4-1 建设阶段产污环节及污染物种类

4.4.2 生态影响因素分析

(1) 海域水动力及冲淤变化的影响

本项目建设将在海中形成新的人工岛陆域，将新增人工岸线和改变海域自然属性，工程区周边海域潮流场将产生一定影响，同时波浪场环境将发生一定变化，由此必然引发海域水动力和冲淤环境发生变化，并改变局部海域原有的冲淤平衡。工程形成之后在海中形成类似巨大的海中堤坝工程，在后方海域形成一个较大范围的波影区，将对后方岸线造成冲刷或淤积影响。

(2) 施工泥沙入海对海域生态环境的影响

项目实施过程中，产生施工悬浮泥沙影响海水水质，将对工程区附近海域水质、海洋生态造成一定的影响。

(3) 填海工程对海洋生态环境的影响

项目实施后，将占用海域，造成海洋生物的损失，对该区域的生态系统造成影响。

(4) 填海工程对海洋珍稀物种的影响

施工期入海泥沙、填海工程对海洋生物（重要水生生物-珊瑚、中华白海豚）及其栖息生境和生态系统服务功能的影响分析。

4.5 污染物源强核算

4.5.1 入海悬浮物源强分析

本项目所在区域悬浮物引自《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（春季航次）调查报告》（国家海洋局海口海洋环境监测中心站，2019.07），项目所在区域沉积物采样时间为2019年4月10~17日，共采集27个站位表层样。本次取三亚新机场附近具有代表性点位14~22号站位，具体点位设置情况见表3.5-1。

根据点位调查结果，细砾：中粗砂：细砂及粉砂：黏土=5%:23%:63%:10%，可以作为源强分析计算基槽开挖与护岸抛石等悬浮物粒径分布情况依据。

1) 东西南护岸工程

主要开展钢圆筒结构施工，分别从东南角、西南角为起点各向两侧施工，本工期内基本完成海上护岸施工，其施工流程如下：钢圆筒制作→基槽开挖→基床抛砂→钢圆筒运输→钢圆筒振沉→钢圆筒内填砂→钢圆筒外侧护底堤块石施工→筒内砂振冲密实→后方抛填砂及回填料→水下扭王块安装→胸墙现浇施工→伸缩缝处理→挡浪墙砼现浇施工。

a 护岸基槽开挖（基础开挖、卸泥）源强

i)护岸基础开挖悬浮沙源强

护岸基础开挖形成的悬浮泥沙的源强按以下公式计算：

$$S_0 = (W_0 \times A \times B \times C) / 3600$$

式中：S₀ 为护岸基础开挖的悬浮物源强，kg/s；W₀ 为施工作业机具工效，m³/h；A 为泥水比；B 为挖泥起沙量百分比；C 为工程海区泥沙干容重，kg/m³；

护岸基础开挖 2 个作业点同时施工，施工采用 18m³ 抓斗式挖泥船，挖泥效率分别为 720m³/h，泥（沙）水比例按 2:3 计，泥沙干容重按 1400kg/m³，悬浮泥沙产生量按抓泥量的 3%计，则：18m³ 抓斗式挖泥船产生悬浮泥沙的源强为 5.60kg/s。

东西南护岸基础开挖产生的悬浮沙总量：

本项目总体基础开挖量 2226709.7m³，因此基础开挖施工产生的悬浮沙总量 =2226709.7×0.03=66801.3 m³。

ii)护岸基础开挖卸泥悬浮沙源强

基槽开挖产生的海底物料由泥驳装船运进机场岛填海区抛填。卸泥悬浮泥沙发生量源强公式：

$$Q = \frac{V \cdot \gamma_0}{T} \cdot a \cdot b$$

式中：

Q——泥沙入海源强，kg/s；

V——淤泥体积，根据本工程的底质调查显示，工程区的沉积类型主要是中粗砂和粉沙，保守估计含水率取 40%；项目采用 1000 方泥驳运输，则淤泥体积为 600m³；

r₀——淤泥干容重，由于疏浚时机械的疏松，疏浚船上泥沙容重大多小于原状泥土容重，疏浚船上泥土的干容重取 573kg/m³；

T——卸泥历时时间，取 180s；

a——粘土质颗粒含量，根据本工程的底质调查显示，其中粘土最大含量占 20%；

b——疏浚泥沙产生悬沙比例，由于项目淤泥采用抓斗挖泥船抓取，淤泥板结度较高，参考同类工程本项目起悬量取 5%。

通过上式计算，项目卸泥过程泥沙入海源强为 19.1kg/s。

东西南护岸基础开挖卸泥产生的悬浮沙总量：

本项目总体卸泥量 66801.3m³，因此卸泥过程中产生的悬浮沙总量 =66801.3×0.05=3340.1m³。

表 3.5-1 沉积物粒度分析结果

站号	砾石(G)		砂(S)					粉砂				粘土			沉积物名称
	细砾		极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粗粉砂	中粉砂	细粉砂	极细粉砂	粗粘土		细粘土	
	8~4	4~2	2~1	1~0.5	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0.125	0.125 ~ 0.063	0.063 ~ 0.032	0.032 ~ 0.016	0.016 ~ 0.008	0.008 ~ 0.004	0.004 ~ 0.002	0.002 ~ 0.001	<0.001	
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2#	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	6.58	12.59	18.50	21.45	19.94	11.36	4.40	3.58	粉砂
14#	0	0	0	0	0	3.47	12.69	12.36	15.81	18.93	17.31	10.87	4.59	3.97	砂质粉砂
15#	0	0	0	0	0	0.04	3.03	9.08	18.95	23.19	22.24	13.48	5.43	4.57	粉砂
16#	0	0	0	0	0	3.37	13.1	11	15.64	18.59	17.91	11.06	4.56	4.76	砂质粉砂
17#	6.55	18.11	10.89	20.85	17.08	19.26	7.25	0	0	0	0	0	0	0	砂
18#	0	2.01	4.91	8.04	29.2	29.56	19.7	0.92	1.67	1.55	1.15	0.72	0.32	0.24	砂
19#	0	7.96	11.08	37.65	14.52	14.26	13.96	0.07	0.15	0.15	0.1	0.06	0.03	0.02	砂
20#	0	0	0	0	8.87	43.89	26.2	1.85	4.26	5.16	5.17	2.89	0.78	0.93	砂
21#	0	11.96	5.73	17.14	16	29.81	18.22	0.14	0.3	0.27	0.19	0.13	0.06	0.05	砂
22#	0	0	0	0	0.71	7.53	9.96	13.1	16.05	18.17	16.32	9.54	4.23	4.4	砂质粉砂

b 钢圆筒振沉悬浮沙源强

由于在施打钢圆筒之前，需开挖基槽，并换填中粗砂。按照工可研设计图纸，钢圆筒周围 3m 范围内采用回填中粗砂（含泥量 < 5%），在钢圆筒振沉过程中，钢圆筒振沉形成的悬浮物源强按以下公式计算：

$$S=n * E$$

式中：S 为钢圆筒振沉对海床的冲击能量，kJ；n 为所采用的振沉装置贯入度，mm/次，可由装置激振力、激振赫兹求得；E 为单次打击激振力，kN。

由于钢圆筒振沉作用面位于回填中粗砂（含泥量 < 5%），并未直接作用于海底沉积泥面，冲击会造成很大一部分中粗砂被卷起，后因重力作用迅速沉降在钢圆筒附近，不参与扩散过程，钢圆筒振沉所产生的悬浮泥沙源强可以忽略不计。

c 护岸抛石悬浮沙源强（包括基床抛砂和钢圆筒外侧护堤块石施工）

i) 抛石挤淤源强

抛石一方面由于将细颗粒泥沙带入水中增加水体悬浮物浓度；另一方面抛石挤出的泥沙过程也产生颗粒悬浮物。抛石形成的颗粒悬浮物源强按以下公式计算：

$$S_1=(1-\theta_1)\rho_1\alpha_1P$$

式中：S₁ 为抛石挤淤的悬浮物源强（kg/s），θ₁ 为海底沉积物天然含水率（%），ρ₁ 为海底泥沙中颗粒物的天然干密度（kg/m³），α₁ 为泥沙悬浮颗粒物所占百分率（%），P 为平均挤淤强度（m³/s）。

东西南护岸钢圆筒结构施工抛石总方量约 1362.96 万方，施工时间为 669 天，东、西、南护岸钢圆筒结构施工拟设两个工作面同时施工，以岛东南角、西南角为起点各向两侧施工；按 2 个工作面同时施工计算，则单个工作面日护岸抛石强度 1.02 万 m³/d，日施工时长为 10~15h，本次取 12h，则 P=0.24m³/s，θ₁=40%，ρ₁=1400kg/m³，α₁=20%，P=0.24m³/s，则护岸抛石挤淤源强为 40.32kg/s。

ii) 石料泥沙入海源强

护岸护底块石/基床块石和沉箱中回填石料等，其含土量要求低于 5%，流失率以 10% 计算；需采用 6 艘 2000t 开体驳（2 航次/天/艘），8 艘 5000t 平板驳（1.5 航次/天/艘）。每艘次约运送 700m³ 石料，每艘船卸料时间约 30min，泥沙中细颗粒物密度以 2.65t/m³ 算，则抛石过程石料泥沙中细颗粒引起的悬浮泥沙入海量约为 5.17kg/s。

综上，抛石产生的源强应为入海泥沙源强叠加抛石挤淤的源强为 45.49kg/s。

东西南护岸抛石产生的悬浮沙总量：

本项目总体抛石量 1362.96 万 m³，因此抛石过程中产生的悬浮沙总量=1362.96×0.02=27.26 万 m³。

2) 北护岸工程

北护岸沉箱结构需待部分东、西、南钢圆筒结构护岸形成一定掩护作用后再开始施工，另考虑北护岸风浪条件相较东、西、南护岸更好，拟将船舶进出口设置在北护岸（暂定 5 个）待陆域回填后期再行合拢，施工拟设两个工作面同时作业，暂定以东北角、西北角为起点相向施工，沉箱结构工艺流程：沉箱预制→基槽开挖→基槽抛石→基床夯实→基床整平→沉箱安装→基床抛石护底→沉箱内填砂→振冲密实→后方倒滤结构→沉箱封顶结构→胸墙施工。

a 护岸基槽开挖（基础开挖、卸泥）源强

①护岸基础开挖悬浮沙源强

护岸基础开挖形成的悬浮泥沙的源强按以下公式计算：

$$S_0 = (W_0 \times A \times B \times C) / 3600$$

式中：S₀ 为护岸基础开挖的悬浮物源强，kg/s；W₀ 为施工作业机具工效，m³/h；A 为泥水比；B 为挖泥起沙量百分比；C 为工程海区泥沙干容重，kg/m³；

护岸基础开挖 2 个作业点同时施工，施工采用 16m³ 抓斗式挖泥船，挖泥效率分别为 640m³/h，泥水比例按 2:3 计，泥沙干容重按 1400kg/m³，悬浮泥沙发生量产生量按抓泥量的 3%计，则：16m³ 抓斗式挖泥船悬浮泥沙的源强为 4.90kg/s；

北护岸基础开挖产生的悬浮沙总量：

本项目总体基础开挖量 1874730m³，因此基础开挖施工产生的悬浮沙总量 =1874730×0.03=56241.9 m³。

②护岸基础开挖卸泥悬浮沙源强

基槽开挖产生的海底物料由泥驳装船运进机场岛填海区抛填。卸泥悬浮泥沙发生量源强公式：

$$Q = \frac{V \cdot \gamma_0}{T} \cdot a \cdot b$$

式中：

Q——泥沙入海源强，kg/s；

V——淤泥体积，根据本工程的底质调查显示，工程区的沉积类型主要是中粗砂和粉沙，保守估计含水率取 40%；项目采用 1000 方泥驳运输，则淤泥体积为 600m³；

γ_0 ——淤泥干容重，由于疏浚时机械的疏松，疏浚船上泥沙容重大多小于原状泥土容重，

疏浚船上泥土的干容重取 573kg/m^3 ;

T——卸泥历时时间，取 180s;

a——粘土质颗粒含量，根据本工程的底质调查显示，其中粘土最大含量占 20%;

b——疏浚泥沙产生悬沙比例，由于项目淤泥采用抓斗挖泥船抓取，淤泥板结度较高，参考同类工程本项目起悬量取 5%。

通过上式计算，项目卸泥过程泥沙入海源强为 19.1kg/s 。

北护岸基础开挖卸泥产生的悬浮沙总量:

本项目总体卸泥量 56241.9m^3 ，因此卸泥过程中产生的悬浮沙总量 $=56241.9 \times 0.05 = 2712.1\text{m}^3$ 。

综上，护岸基槽开挖所产生的源强为 24.0kg/s 。

b 护岸抛石悬浮沙源强（包括基槽抛石和基床抛石护底）

i) 抛石挤淤源强

抛石一方面由于将细颗粒泥沙带入水中增加水体悬浮物浓度;另一方面抛石挤出的泥沙过程也产生颗粒悬浮物。抛石形成的颗粒悬浮物源强按以下公式计算:

$$S_1 = (1 - \theta_1) \rho_1 \alpha_1 P$$

式中: S_1 为抛石挤淤的悬浮物源强 (kg/s), θ_1 为海底沉积物天然含水率 (%), ρ_1 为海底泥沙中颗粒物的天然干密度 (kg/m^3), α_1 为泥沙悬浮颗粒物所占百分率 (%), P 为平均挤淤强度 (m^3/s)。

北护岸沉箱结构施工抛石总方量约 666.20 万方, 施工时间为 1308 天, 拟将船舶进出口设置在北护岸 (暂定 5 个) 待陆域回填后期再行合拢, 施工拟设两个工作面同时作业, 暂定以东北角、西北角为起点相向施工, 则单个工作面日护岸抛石强度 $0.26 \text{万 m}^3/\text{d}$, 日施工时长为 10~15h, 本次取 12h, 则 $P = 0.06\text{m}^3/\text{s}$, $\theta_1 = 40\%$, $\rho_1 = 1400\text{kg/m}^3$, $\alpha_1 = 20\%$, $P = 0.06\text{m}^3/\text{s}$, 则护岸抛石挤淤产生源强为 10.08kg/s 。

ii) 石料泥沙入海源强

护岸护底块石/基床块石和沉箱中回填石料等, 其含土量要求低于 5%, 流失率以 10% 计算; 需采用 6 艘 2000t 开体驳 (2 航次/天/艘), 8 艘 5000t 平板驳 (1.5 航次/天/艘)。每艘次约运送 700m^3 石料, 每艘船卸料时间约 30min, 土壤密度以 2.65t/m^3 算, 则抛石过程石料泥沙中细颗粒引起的悬浮泥沙入海量约为 5.17kg/s 。

综上, 护岸抛石产生的源强应为泥沙入海源强叠加抛石挤淤的源强, 为 15.25kg/s 。

北护岸抛石产生的悬浮沙总量：

本项目总体抛石量 666.20 万 m³，因此抛石过程中产生的悬浮沙总量=666.20×0.02=13.32 万 m³。

3) 陆域形成

a 袋装砂围堰

围堰主要根据人工岛分区方案进行布置，共布置 5 条，采用袋装砂结构，总长约 17620m；本工期内完成袋装砂围堰全部工程量，由于填充砂袋内中粗砂含泥量<5%，且以填充砂袋形式入海，故所产生的的悬浮物可以忽略不计。

b 回填海砂区

填料为海砂，回填按照“先围后填”的原则，先施工护岸和分区块围堰结构，待形成围闭后再分区块进行回填，并在溢流口设沉砂池、栅栏、拦污帘等，尽可能减少施工期含泥污水对海域的影响。本工期内完成部分工程量；陆域形成溢流口形成的悬浮物源强按以下公式计算：

$$S=Q \times n \div 1000 / (24 \times 3600s)$$

式中：S 为陆域形成溢流口悬浮沙入海源强，kg/s；Q 为溢流口排水量，m³/d；n 为溢流口悬浮沙最高允许排放浓度，mg/L。

根据排放标准要求，溢流口最高允许排放浓度约为 150mg/L (0.15kg/m³) 左右。本项目吹填量强度为 23.4×10⁴ m³/d；根据该类工程经验，按砂水比例为 1: 1 计算得到推填施工溢流排水量分别为 46.8×10⁴ m³。

则陆域形成溢流口形成的悬浮物源强为 0.81kg/s。

陆域形成外溢流口产生的悬浮沙总量=46.8×10⁴×0.15=7.02 万 m³。

4) 临空产业园拆除工程

a 临空产业园工程（含栈桥）

i)临空产业园工程包括陆域拆除、沉箱直立式护岸拆除、斜坡式护岸拆除三部分构成，悬浮物产生主要来自于抛石基床拆除工程，因不同工序下所需挖斗大小不同，施工采用 18m³ 抓斗式挖泥船，挖泥效率为 720m³/h，泥（沙）水比例按 2:3 计，泥沙干容重按 1400kg/m³，悬浮泥沙发生量按抓泥量的 3%计，故护岸抛石基床拆除工程（18m³ 抓斗式挖泥船）悬浮泥沙的源强为 5.60kg/s；

ii)栈桥拆除方案中钢管桩施打和拔除，均会扰动海底周边底泥，使部分悬浮泥沙再次悬浮。根据施工现场经验分析，钢管桩在栈桥工程拆除过程中产生的悬浮泥沙量相对较大。钢管桩拔

取过程中产生的悬浮泥沙可用下式进行计算：

$$Q = \frac{\pi \cdot d \cdot h \cdot \psi \cdot \rho}{t}$$

其中，

Q—悬浮泥沙发生量，kg/s；

d—钢管桩直径，取 1.5m

h—钢管桩泥下深度，取 10m

Φ —钢管桩外壁附着泥层厚度，取 0.03m；

ρ —附着泥层密度，取 1500kg/m³；

t—拔桩时间，取 20min；

则拆除栈桥施工悬浮泥沙的源强为 1.76kg/s。

b 起步工程

起步工程包括陆域拆除、沉箱直立式护岸拆除、斜坡式护岸拆除等，本工程完成一半工程量；污染源包括抛石基床拆除工程所引发的悬浮沙污染，因不同工序下所需挖斗大小不同，施工采用 18m³ 抓斗式挖泥船，挖泥效率为 720m³/h，泥（沙）水比例按 2:3 计，泥沙干容重按 1400kg/m³，悬浮泥沙发生量产生量按抓泥量的 3%计，故护岸抛石基床拆除工程（18m³ 抓斗式挖泥船）悬浮泥沙的源强为 5.60kg/s。

c 钢圆筒试验段

钢圆筒试验段需要拆除的内容包括 19 个钢圆筒和 17 对副格及其内侧中粗砂以及外侧抛填块石，其中东南侧包括 9 个钢圆筒和 8 对副格，西南侧包括 10 个钢圆筒和 9 对副格，单个钢圆筒重量不超过 750t。拆除方案主要包括钢圆筒外侧抛石挖除、完好钢圆筒拆除、破损钢圆筒拆除等，本工期内完成全部工程量；

i) 钢圆筒外侧抛石挖除

悬浮物产生主要来自于抛石挖除，因不同工序下所需挖斗大小不同，施工采用 18m³ 抓斗式挖泥船，挖泥效率为 720m³/h，泥（沙）水比例按 2:3 计，泥沙干容重按 1400kg/m³，悬浮泥沙发生量产生量按抓泥量的 3%计，故护岸抛石基床拆除工程（18m³ 抓斗式挖泥船）悬浮沙源强为 5.60kg/s。

ii) 破损钢圆筒拆除

破损钢圆筒拆除主要包括钢圆筒和副格内抽砂、水下切割破损的钢圆筒和副格、吊运钢片至驳船和运送至机场人工岛南护岸后方填埋等过程，水下横纵向切割后需起重船吊钩反复升、

降，强力撕断剩余部分钢板，这个过程中会不断搅拌海底周边沉积物，使部分悬浮泥沙再次悬浮，因钢圆筒周围 3m 范围内采用中粗砂进行回填，故在升、降过程中所搅动的物质为中粗砂（含泥量 $<5\%$ ），所产生的悬浮物可以忽略不计。

iii)完整钢圆筒拆除

钢圆筒振动锤夹钢圆筒，起吊钢圆筒以低转速（1200 转/min）的动力矩转速启动锤组，将钢圆筒周围的回填砂液化，边振动边起吊钢圆筒，过程中如钢圆筒无上升迹象，缓慢逐级加载直至将钢圆筒吊出。如仍起吊困难需安装射水辅助装置。射水装置采用 15m³水泵，扬程为 55m，用 2.5 厘米钢管贴钢圆筒内壁边冲水边沉入，保证在泥面形成 50cm 直径反水孔洞，表明达到射水效果。按照此方案，在钢圆筒内外侧设置间隔 2 米设置射水装置，配置 3 台 160KW，扬程 65m，500-600m³射水泵，通过管路分配到射水管，达到射水效果。

由于钢圆筒周围 3m 范围内采用回填中粗砂（含泥量 $<5\%$ ），射水装置沿钢圆筒内外侧冲刷目标均为中粗砂，很大一部分中粗砂经冲水冲刷后会迅速沉降在射水管附近，不参与扩散过程，射水装置所产生的悬浮泥沙源强可以忽略不计。

由于钢圆筒周围 3m 范围内采用回填中粗砂（含泥量 $<5\%$ ），振动钢圆筒并吊出过程中，一部分中粗砂被带起后会迅速沉降在钢圆筒附近，不参与扩散过程，完整钢圆筒拆除所产生的悬浮泥沙源强可以忽略不计。

5) 连岛大桥跨海段

a 桥梁临时施工栈桥

施工栈桥采用打桩船进行钢管桩打设作业，采用打桩船桩架为 100m，采用 IHC-S500 液压打桩锤打桩，锤击力为 3900kN，预制标准钢管桩 50m，平均打击入泥深度 26m，单根桩打桩作业时间长 15min，则打桩时平均每分钟入泥深度为 1.73m/min，栈桥施工时平均分钟打击次数为 35 次/分钟，则平均贯入度为 0.5m/10 次（最终贯入度小于 10mm/10 次），据此计算单个钢管桩打设施工过程中作用在海床面的总冲击能量约为 1.02×10^5 kJ。

水下爆破常用的硝铵类炸药的爆炸比热为 4015kJ/kg，将完成单根钢管桩打桩作业换算成硝铵类炸药当量为 25.5kg，即：完成单个钢管桩打桩施工对海床的冲击相当于 25.5kg 的炸药在海中爆炸。参考海底爆破现场实测数据，800kg 炸药爆破引起的水中瞬时悬浮沙增量约为 108.8~231.0mg/L，故施工栈桥单根钢管桩施打作业引起的水中悬浮沙增量为 0.18kg/s，悬浮沙源强性质近似为连续点源，排放持续时间约为 15min。施工栈桥施工悬浮物总量为 52488m³。

b 桥梁临时施工栈桥拆除

钢管桩拔除施工悬浮沙源强：

进岛路工程 跨海桥梁在钢栈桥、施工平台、钻孔平台、主线桥墩桩基等钢管桩施打和拔除，均会扰动海底周边底泥，使部分悬浮泥沙再次悬浮。根据施工现场经验分析，钢管桩在临时工程拆除过程中产生的悬浮泥沙量相对较大。钢管桩拔取过程中产生的悬浮泥沙可用下式进行计算：

$$Q = \frac{\pi \cdot d \cdot h \cdot \Phi \cdot \rho}{t}$$

其中，

Q—悬浮泥沙发生量，kg/s；

d—钢管桩直径，取 1.5m

h—钢管桩泥下深度，取 10m

Φ—钢管桩外壁附着泥层厚度，取 0.03m；

ρ—附着泥层密度，取 1500kg/m³；

t—拔桩时间，取 20min；

经计算， $Q = \pi \times 1.5 \times 10 \times 0.03 \times 1500 \div (20 \times 60) = 1.76 \text{kg/s}$

则施工栈桥施工悬浮物总量为 513216m³。

c 主线桥梁

深海区北引桥钢管桩：采用打桩船进行钢管桩打设作业，采用打桩船桩架为 100m，采用 IHC-S500 液压打桩锤打桩，锤击力为 3900kN，预制标准钢管桩 50m，平均打击入泥深度 26m，单根桩打桩作业时间长 15min，则打桩时平均每分钟入泥深度为 1.73m/min，栈桥施工时平均每分钟打击次数为 35 次/分钟，则平均贯入度为 0.5m/10 次（最终贯入度小于 10mm/10 次），据此计算单个钢管桩打设施工过程中作用在海床面的总冲击能量约为 1.02×10⁵kJ。

水下爆破常用的硝铵类炸药的爆炸比热为 4015kJ/kg，将完成单根钢管桩打桩作业换算成硝铵类炸药当量为 25.5kg，即：完成单个钢管桩打桩施工对海床的冲击相当于 25.5kg 的炸药在海中爆炸。参考海底爆破现场实测数据，800kg 炸药爆破引起的水中瞬时悬浮沙增量约为 108.8~231.0mg/L，故施工栈桥单根钢管桩施打作业引起的水中悬浮沙增量为 0.18kg/s，悬浮沙源强性质近似为连续点源，排放持续时间约为 15min。施工栈桥施工悬浮物总量为 52488m³。

6) 岸滩防护工程（2025 年 6 月 1 日之后）

岸滩防护工程包括人工补沙与人工取沙、离岸潜堤、拦沙堤等。

人工补沙与人工取沙主要施工作业在岸滩上，采用汽车拉运的方式，不采用海上施工，施

工通过设置吹沙袋形成的潜坝道拦截泥沙入海，严格控制泥沙流失入海，泥沙入海有限，故本次仅对岸滩防护工程中的拦沙堤、离岸潜堤施工部分进行悬浮沙源强核算。

拦沙堤包括南山拦沙堤、鸭仔塘口门拦沙堤、六横路拦沙堤，主体工程实施后进行；
离岸潜堤包括南山潜堤、担油港潜堤，主体工程实施后进行。

a 南山拦沙堤抛石悬浮沙源强

南山拦沙堤堤心石抛填时间约为 3.5 个月，抛填量 63360m^3 ，日均抛石强度为 $603.4\text{m}^3/\text{d}$ ；垫层块石、护底块石抛填时间约为 82 天，抛填量 56880m^3 ，日均抛石强度为 $691.2\text{m}^3/\text{d}$ ，故施工高峰期抛石强度约为 $1294.6\text{m}^3/\text{d}$ ，日施工时长取 10h，则小时抛石强度为 $129.5\text{m}^3/\text{h}$ ，采用前述公式计算抛石挤淤引起的入海悬浮沙 $6.04\text{kg}/\text{s}$ 。另外，堤心石含土量要求低于 5%，流失率以 10% 计算，施工强度 $603\text{m}^3/\text{天}$ ，采用 1000t 平板驳运输石料，每艘次约运送 300m^3 石料，每艘船卸料时间约 30min，泥沙中细颗粒物密度以 $2.65\text{t}/\text{m}^3$ 算，则抛石时石料中所含泥沙引起的悬浮泥沙入海量约为 $2.21\text{kg}/\text{s}$ ，则拦沙堤抛石产生的悬浮沙源强为 $8.25\text{kg}/\text{s}$ 。

b 南山潜堤抛石悬浮沙源强

南山潜堤垫层块石抛填时间约为 10 天，日均抛石强度为 $577.1\text{m}^3/\text{d}$ ，日施工时长取 10h，则小时抛石强度为 $57.7\text{m}^3/\text{h}$ ，采用前述公式计算抛石挤淤引起的入海悬浮沙 $2.69\text{kg}/\text{s}$ 。另外，堤心石含泥量要求低于 5%，流失率以 10% 计算，抛石时石料中所含泥沙细颗粒物引起的悬浮泥沙入海量约为 $2.21\text{kg}/\text{s}$ ，则潜堤抛石产生的悬浮沙源强为 $4.90\text{kg}/\text{s}$ 。

c 鸭仔塘口门拦沙堤抛石悬浮沙源强

拦沙堤堤心石抛填时间约为 3.5 个月，抛填量 63360m^3 ，日均抛石强度为 $603.4\text{m}^3/\text{d}$ ；垫层块石、护底块石抛填时间约为 82 天，抛填量 56880m^3 ，日均抛石强度为 $691.2\text{m}^3/\text{d}$ ，故拦沙堤施工高峰期抛石强度约为 $1294.6\text{m}^3/\text{d}$ ，日施工时长取 10h，则小时抛石强度为 $129.5\text{m}^3/\text{h}$ ，采用前述公式计算抛石挤淤引起的入海悬浮沙 $6.04\text{kg}/\text{s}$ 。另外，堤心石含土量要求低于 5%，流失率以 10% 计算，施工强度 $603\text{m}^3/\text{天}$ ，采用 1000t 平板驳运输石料，每艘次约运送 300m^3 石料，每艘船卸料时间约 30min，泥沙细颗粒物密度以 $2.65\text{t}/\text{m}^3$ 算，则抛石时石料中所含细颗粒物引起的悬浮泥沙入海量约为 $2.21\text{kg}/\text{s}$ ，则拦沙堤抛石产生的悬浮沙源强为 $8.25\text{kg}/\text{s}$ 。

d 担油港潜堤悬浮沙源强

临空产业园在拆除过程中，保留北部围堰，形成 0m 水深附近的潜堤。潜堤形态保持现状弧形布置，分东西两段，长度分别为 2.4km 和 1.1km。担油港潜堤源强引用临空产业园拆除源强 $5.60\text{kg}/\text{s}$ 。

4.5.2 工程船舶污染物源强分析

海上建设阶段产生的船舶污染物包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾等。根据工程作业期和参与作业的船舶种类和数量，估算作业期内船舶污染物的源强。

海上建设阶段产生的船舶污染物包括机舱含油污水、生活污水、生活垃圾等。根据工程作业期和参与作业的船舶种类和数量，估算作业期内船舶污染物的源强。

1) 船舶机舱油污水

根据《水运工程环境保护设计规范》(JTS 149-2008)表 3.5-2，本工程施工船舶吨位在 500~8000t 之间，相应船舶含油污水产生量见表 3.5-3。

表 3.5-2 船舶舱底油污水水量

船舶吨级 DWT (t)	舱底油污水产生量 (t/d·艘)	船舶吨级 DWT (t)	舱底油污水产生量 (t/d·艘)
500	0.14	25000~50000	7.00~8.33
500~1000	0.14~0.27	50000~100000	8.33~10.67
1000~3000	0.27~0.81	100000~150000	10.67~12.00
3000~7000	0.81~1.96	150000~200000	12.00~15.00
7000~15000	1.96~4.20	200000~300000	15.00~20.00
15000~25000	4.20~7.00	-	-

注：引自《水运工程环境保护设计规范》(JTS 149-2008)

表 3.5-3 (1) 第一年 (2020 年 6 月至 2021 年 6 月) 船舶机舱油污水核算结果表

施工内容	施工船舶	船舶数量	规格参数	施工天数 (天)	船舶机舱油污水 t/d/艘	船舶机舱油污水产生量 (t)	合计 (t)
东、西、南护岸钢圆筒结构							
基槽挖泥及换填砂	18m3 抓斗式挖泥船	2 艘	18m3 抓斗式	365	0.25	182.5	22678.94
	自行泥驳	4 艘	1000m3	365	0.27	394.2	
	吸泥船	2 艘	6000m3	365	0.57	416.1	
制作、运输钢圆筒	运输驳船	16 艘	8000 吨级	365	2.10	12264	
振沉钢圆筒	起重船	2 艘	3000 吨级	335	0.81	542.7	
	拖轮	2 艘	8000HP	335	0.85	569.5	
钢圆筒外侧抛石	开体驳	4 艘	2000 吨级	304	0.54	656.64	
	平板驳	6 艘	5000 吨级	304	1.00	1824	
	定位驳	6 艘	3000 吨级	304	0.81	1477.44	
后方回填砂	吸沙船	15 艘	6000m3	304	0.57	2599.2	
扭王字块安装	起重船	3 艘	300-500 吨级	273	0.14	114.66	
	平板驳	6 艘	5000 吨级	273	1.00	1638	
北护岸沉箱结构							
基槽开挖	16m3 抓斗式挖泥船	2 艘	16m3 抓斗式	152	0.21	63.84	1430.51
	自行泥驳	4 艘	1000m3	152	0.27	164.16	
基床施工	开体驳	2 艘	2000 吨级	122	0.54	131.76	
	平板驳	2 艘	5000 吨级	122	1.00	244	
	定位驳	2 艘	3000 吨级	122	0.81	197.64	
预制安装沉箱	半潜驳	2 艘	8000 吨级	92	2.10	386.4	
	拖轮	4 艘	功率 3680kw	92	0.27	99.36	
抛石棱体及倒滤层	开体驳	1 艘	2000 吨级	61	0.54	32.94	
	平板驳	1 艘	5000 吨级	61	1.00	61	
	定位驳	1 艘	3000 吨级	61	0.81	49.41	
合计		89				24109.45	24109.45

表 3.5-3 (2) 第二年 (2021 年 6 月至 2022 年 6 月) 船舶机舱油污水核算结果表

施工内容	施工船舶	船舶数量	规格参数	施工天数 (天)	船舶机舱油污水 t/d/艘	船舶机舱油污水产生量 (t)	合计 (t)
东、西、南护岸钢圆筒结构							
基槽挖泥及换填砂	18m3 抓斗式挖泥船	2 艘	18m3 抓斗式	69	0.25	34.5	10478.42
	自行泥驳	4 艘	1000m ³	69	0.27	74.52	
	吸泥船	2 艘	6000m ³	69	0.57	78.66	
制作、运输钢圆筒	运输驳船	16 艘	8000 吨级	85	2.1	2856	
振沉钢圆筒	起重船	2 艘	3000 吨级	145	0.81	234.9	
	拖轮	2 艘	8000HP	145	0.85	246.5	
钢圆筒外侧抛石	开体驳	4 艘	2000 吨级	242	0.54	522.72	
	平板驳	6 艘	5000 吨级	242	1	1452	
	定位驳	6 艘	3000 吨级	242	0.81	1176.12	
后方回填砂	吸沙船	10 艘	6000m ³	256	0.57	1459.2	
扭王字块安装	起重船	3 艘	300-500 吨级	365	0.14	153.3	
	平板驳	6 艘	5000 吨级	365	1	2190	
北护岸沉箱结构							
基槽开挖	16m3 抓斗式挖泥船	2 艘	16m3 抓斗式	267	0.21	112.14	4900.95
	自行泥驳	4 艘	1000m ³	267	0.27	288.36	
基床施工	开体驳	2 艘	2000 吨级	365	0.54	394.2	
	平板驳	2 艘	5000 吨级	365	1	730	
	定位驳	2 艘	3000 吨级	365	0.81	591.3	
预制安装沉箱	半潜驳	2 艘	8000 吨级	365	2.1	1533	
	拖轮	4 艘	功率 3680kw	365	0.27	394.2	
抛石棱体及倒滤层	开体驳	1 艘	2000 吨级	365	0.54	197.1	
	平板驳	1 艘	5000 吨级	365	1	365	
	定位驳	1 艘	3000 吨级	365	0.81	295.65	
陆域形成							
回填砂回填	耙吸船	2 艘	20000m ³	365	1.96	1430.8	13366.3

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

施工内容	施工船舶	船舶数量	规格参数	施工天数 (天)	船舶机舱油污水 t/d/艘	船舶机舱油污水产生量 (t)	合计 (t)
	耙吸船	2 艘	16000-18000m3	365	1.38	1007.4	
	耙吸船	5 艘	12000-14000m3	365	1.20	2190	
	吸沙船	42 艘	6000m3 以上	365	0.57	8738.1	
连岛大桥工程及其施工栈桥							
桩基施工	驳船	1 艘	5000 吨级	60	0.14	8.4	107.4
	拖轮	4 艘	4000HP	60	0.27	64.8	
	浮吊	1 艘	50t 全回旋	60	0.14	8.4	
	搅拌船	1 艘	180m3/h	60	0.43	25.8	
合计	合计	142				28853.07	28853.07

表 3.5-3 (3) 第三年 (2022 年 6 月至 2023 年 6 月) 船舶机舱油污水核算结果表

施工内容	施工船舶	船舶数量	规格参数	施工天数(天)	船舶机舱油污水 t/d/艘	船舶机舱油污水产生量 (t)	合计 (t)
东、西、南护岸钢圆筒结构							
扭王字块安装	起重船	3 艘	300-500 吨级	322	0.14	135.24	2067.24
	平板驳	6 艘	5000 吨级	322	1	1932	
北护岸沉箱结构							
基床施工	开体驳	2 艘	2000 吨级	112	0.54	120.96	2050.84
	平板驳	2 艘	5000 吨级	112	1	224	
	定位驳	2 艘	3000 吨级	112	0.81	181.44	
预制安装沉箱	半潜驳	2 艘	8000 吨级	173	2.1	726.6	
	拖轮	4 艘	功率 3680kw	173	0.27	186.84	
抛石棱体及倒滤层	开体驳	1 艘	2000 吨级	260	0.54	140.4	
	平板驳	1 艘	5000 吨级	260	1	260	
	定位驳	1 艘	3000 吨级	260	0.81	210.6	
陆域形成							
回填砂回填	耙吸船	2 艘	20000m3	365	1.96	1430.8	13366.3
	耙吸船	2 艘	16000-18000m3	365	1.38	1007.4	
	耙吸船	5 艘	12000-14000m3	365	1.2	2190	
	吸沙船	42 艘	6000m3 以上	365	0.57	8738.1	
连岛大桥及其施工栈桥							
桩基施工	驳船	1 艘	5000 吨级	305	0.14	42.7	746.03
	拖轮	4 艘	4000HP	305	0.27	329.4	
	浮吊	1 艘	50t 全回旋	305	0.14	42.7	
	搅拌船	1 艘	180m3/h	305	0.43	131.15	
承台施工	驳船	1 艘	5000 吨级	244	0.14	34.16	
	拖轮	2 艘	4000HP	244	0.27	131.76	
	浮吊	1 艘	50t 全回旋	244	0.14	34.16	
合计	合计	86				18230.41	18230.41

表 3.5-3 (4) 第四年 (2023 年 6 月至 2024 年 6 月) 船舶机舱油污水核算结果表

施工内容	施工船舶	船舶数量	规格参数	施工天数 (天)	船舶机舱油污水 t/d/艘	船舶机舱油污水产生量 (t)	合计 (t)
陆域形成							
回填砂回填	耙吸船	2 艘	20000m3	365	1.96	1430.8	13366.3
	耙吸船	2 艘	16000-18000m3	365	1.38	1007.4	
	耙吸船	5 艘	12000-14000m3	365	1.2	2190	
	吸沙船	42 艘	6000m3 以上	365	0.57	8738.1	
连岛大桥及其施工栈桥							
承台施工	驳船	1 艘	5000 吨级	121	0.14	16.94	1072.91
	拖轮	4 艘	4000HP	121	0.27	130.68	
	浮吊	1 艘	50t 全回旋	121	0.14	16.94	
	搅拌船	1 艘	180m3/h	121	0.43	52.03	
墩柱施工	驳船	1 艘	5000 吨级	182	0.14	25.48	
	拖轮	4 艘	4000HP	182	0.27	196.56	
	浮吊	1 艘	50t 全回旋	182	0.14	25.48	
	搅拌船	1 艘	180m3/h	182	0.43	78.26	
连续钢构现浇施工	驳船	1 艘	5000 吨级	212	0.14	29.68	
	拖轮	4 艘	4000HP	212	0.27	228.96	
	浮吊	1 艘	50t 全回旋	212	0.14	29.68	
	搅拌船	1 艘	180m3/h	212	0.43	91.16	
整孔箱梁架设施工	运架一体船	1 艘	2500 吨级	182	0.83	151.06	
合计		73				14439.21	14439.21

表 3.5-3 (5) 第五年 (2024 年 6 月至 2025 年 6 月) 船舶机舱油污水核算结果表

施工内容	施工船舶	船舶数量	规格参数	施工天数 (天)	船舶机舱油污水 t/d/艘	船舶机舱油污水产生量 (t)	合计 (t)
陆域形成							
回填砂回填	耙吸船	2 艘	20000m3	264	1.96	1034.88	9667.68
	耙吸船	2 艘	16000-18000m3	264	1.38	728.64	
	耙吸船	5 艘	12000-14000m3	264	1.2	1584	
	吸沙船	42 艘	6000m3 以上	264	0.57	6320.16	
连岛大桥及其施工栈桥							
连续钢构现浇施工	驳船	1 艘	5000 吨级	153	0.14	21.42	336.55
	拖轮	4 艘	4000HP	153	0.27	165.24	
	浮吊	1 艘	50t 全回旋	153	0.14	21.42	
	搅拌船	1 艘	180m3/h	153	0.43	65.79	
整孔箱梁架设施工	运架一体船	1 艘	2500 吨级	60	0.83	49.8	
铺装及附属施工	浮吊	1 艘	50t 全回旋	92	0.14	12.88	
合计		60				10004.23	10004.23

表 3.5-3 (6) 2024 年 6 月之后 船舶机舱油污水核算结果表

施工内容	施工船舶	船舶数量	规格参数	施工天数 (天)	船舶机舱油污水 t/d/艘	船舶机舱油污水产生量 (t)	合计 (t)
离岸潜堤和拦沙堤							
护底抛石	开体驳	1 艘	200 吨级	91	0.25	22.75	70.75
	平板驳	1 艘	500 吨级	91	0.25	22.75	
	定位驳	1 艘	300 吨级	91	0.25	22.75	
扭王字块护面	运输驳船	1 艘	300 吨级	10	0.25	2.5	
合计		4					70.75

由表可知，舱底油污水总产生量为 95707.12t，其中施工期第一年配置船舶 89 艘，产生舱底油污水量为 24109.45t；第二年配置船舶 142 艘，产生舱底油污水量为 28853.07t；第三年配置船舶 86 艘，产生舱底油污水量为 18230.41t；第四年配置船舶 73 艘，产生舱底油污水量为 14439.21t；第五年配置船舶 60 艘，产生舱底油污水量为 10004.23t，2025 年 6 月之后岸滩防护工程施工配置船舶 4 艘，产生舱底油污水量为 70.75t，具体见表 3.5-3。本项目船舶油污水交由有资质单位接收处理，由海南宇康船舶科技服务有限公司接收，由有海事部门认可的有资质的单位统一处理，见附件 10。

2) 生活污水、生活垃圾

施工建设期施工船舶作业人员盥洗、淋浴、洗涤等将产生生活污水，主要污染因子为 COD、氨氮和 SS 等。参考海上建设项目建设阶段相关统计资料，生活污水产生量按每人 80L/d，生活垃圾按每人 1.0kg/d 计算，船舶生活污水和生活垃圾产生情况见表 3.5-4。

表 3.5-4 (1) 第一年船舶生活污水和生活垃圾核算结果表

2020 年 6 月至 2021 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)	生活污水(m ³)	生活垃圾(t)
东、西、南护岸钢圆筒结构					
基槽挖泥及换填砂	18m ³ 抓斗式挖泥船	24	365	700.8	8.76
	自行泥驳	32	365	934.4	11.68
	吸泥船	12	365	350.4	4.38
制作、运输钢圆筒	运输驳船	96	365	2803.2	35.04
振沉钢圆筒	起重船	50	335	1340	16.75
	拖轮	14	335	375.2	4.69
钢圆筒外侧抛石	开体驳	20	304	486.4	6.08
	平板驳	42	304	1021.44	12.768
	定位驳	30	304	729.6	9.12
后方回填砂	吸沙船	225	304	5472	68.4
扭王字块安装	起重船	45	273	982.8	12.285
	平板驳	50	273	1092	13.65
北护岸沉箱结构					
基槽开挖	16m ³ 抓斗式挖泥船	24	152	291.84	3.648
	自行泥驳	32	152	389.12	4.864
基床施工	开体驳	10	122	97.6	1.22
	平板驳	14	122	136.64	1.708
	定位驳	10	122	97.6	1.22
预制安装沉箱	半潜驳	30	92	220.8	2.76
	拖轮	20	92	147.2	1.84
抛石棱体	开体驳	5	61	24.4	0.305

及倒滤层	平板驳	7	61	34.16	0.427
	定位驳	5	61	24.4	0.305
合计		790		17752.00	221.90

表 3.5-4 (2) 第二年船舶生活污水和生活垃圾核算结果表

2021 年 6 月至 2022 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)	生活污水(m ³)	生活垃圾(t)
东、西、南护岸钢圆筒结构					
基槽挖泥及换填砂	18m ³ 抓斗式挖泥船	24	69	132.48	1.656
	自行泥驳	32	69	176.64	2.208
	吸泥船	12	69	66.24	0.828
制作、运输钢圆筒	运输驳船	96	85	652.8	8.16
振沉钢圆筒	起重船	50	145	580	7.25
	拖轮	14	145	162.4	2.03
钢圆筒外侧抛石	开体驳	20	242	387.2	4.84
	平板驳	42	242	813.12	10.164
	定位驳	30	242	580.8	7.26
后方回填砂	吸沙船	150	256	3072	38.4
扭王字块安装	起重船	45	365	1314	16.425
	平板驳	50	365	1460	18.25
现浇挡浪墙	陆上施工	100	183	1464	18.3
北护岸沉箱结构					
基槽开挖	16m ³ 抓斗式挖泥船	24	267	512.64	6.408
	自行泥驳	32	267	683.52	8.544
基床施工	开体驳	10	365	292	3.65
	平板驳	14	365	408.8	5.11
	定位驳	10	365	292	3.65
预制安装沉箱	半潜驳	30	365	876	10.95
	拖轮	20	365	584	7.3
抛石棱体及倒滤层	开体驳	5	365	146	1.825
	平板驳	7	365	204.4	2.555
	定位驳	5	365	146	1.825
胸墙施工	陆上施工	20	166	265.6	3.32
陆域形成					
回填砂回填	耙吸船	2	365	58.4	0.73
	耙吸船	2	365	58.4	0.73
	耙吸船	5	365	146	1.825
	吸沙船	42	365	1226.4	15.33
连岛大桥工程及其施工栈桥					
桩基施工	驳船	6	60	28.8	0.36
	拖轮	5	60	24	0.3
	浮吊	10	60	48	0.6
	搅拌船	20	60	96	1.2
合计		910		16446	205.58

表 3.5-4 (3) 第三年船舶生活污水和生活垃圾核算结果表

2022 年 6 月至 2023 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)	生活污水(m ³)	生活垃圾(t)
东、西、南钢圆筒沉箱结构					
扭王字块 安装	起重船	45	322	1159.2	14.49
	平板驳	50	322	1288	16.1
现浇挡浪 墙	陆上施工	100	305	2440	30.5
北护岸沉箱结构					
基床施工	开体驳	10	112	89.6	1.12
	平板驳	14	112	125.44	1.568
	定位驳	10	112	89.6	1.12
预制安装 沉箱	半潜驳	30	173	415.2	5.19
	拖轮	20	173	276.8	3.46
抛石棱体 及倒滤层	开体驳	5	260	104	1.3
	平板驳	7	260	145.6	1.82
	定位驳	5	260	104	1.3
胸墙施工	陆上施工	20	240	384	4.8
陆域形成					
回填砂回 填	耙吸船	70	365	2044	25.55
	耙吸船	70	365	2044	25.55
	耙吸船	150	365	4380	54.75
	吸沙船	630	365	18396	229.95
地基处理					
地基处理	陆上施工	150	184	2208	27.6
连岛大桥工程及其施工栈桥					
桩基施工	驳船	6	60	28.8	0.36
	拖轮	5	60	24	0.3
	浮吊	10	60	48	0.6
	搅拌船	15	60	72	0.9
承台施工	驳船	6	244	117.12	1.464
	拖轮	5	244	97.6	1.22
	浮吊	10	244	195.2	2.44
合计		1443		36276.16	453.45

表 3.5-4 (4) 第四年船舶生活污水和生活垃圾核算结果表

2023 年 6 月至 2024 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)	生活污水(m ³)	生活垃圾(t)
陆域形成					
回填砂回填	耙吸船	70	365	2044	25.55
	耙吸船	70	365	2044	25.55
	耙吸船	150	365	4380	54.75
	吸沙船	630	365	18396	229.95
地基处理					
地基处理	陆上施工	150	184	2208	27.60
连岛大桥工程及施工栈桥					
承台施工	驳船	6	121	58.08	0.726
	拖轮	5	121	48.4	0.605
	浮吊	10	121	96.8	1.21
	搅拌船	15	121	145.2	1.815
墩柱施工	驳船	6	182	87.36	1.092
	拖轮	5	182	72.8	0.91
	浮吊	10	182	145.6	1.82
	搅拌船	15	182	218.4	2.73
连续钢构现浇施工	驳船	6	212	101.76	1.272
	拖轮	5	212	84.8	1.06
	浮吊	10	212	169.6	2.12
	搅拌船	15	212	254.4	3.18
整孔箱梁架设施工	运架一体船	15	182	218.4	2.73
合计		1193		30773.6	384.67

表 3.5-4 (5) 第五年船舶生活污水和生活垃圾核算结果表

2024 年 6 月至 2025 年 6 月

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)	生活污水(m ³)	生活垃圾(t)
陆域形成					
回填砂回填	耙吸船	70	264	1478.4	18.48
	耙吸船	70	264	1478.4	18.48
	耙吸船	150	264	3168	39.6
	吸沙船	630	264	13305.6	166.32
地基处理					
地基处理	陆上施工	150	365	4380	54.75
连岛大桥工程及施工栈桥					
连续钢构现浇施工	驳船	6	153	73.44	0.918
	拖轮	5	153	61.2	0.765
	浮吊	10	153	122.4	1.53
	搅拌船	15	153	183.6	2.295
整孔箱梁架设施工	运架一体船	15	60	72	0.9
铺装及附属施工	浮吊	10	92	73.6	0.92
合计		1131		24396.64	304.96

表 3.5-4 (6) 岸滩防护工程船舶生活污水和生活垃圾核算结果表

2025 年 6 月之后

施工内容	施工船舶	作业人数(人)	作业天数(天)	生活污水(m ³)	生活垃圾(t)
离岸潜堤和拦沙堤					
护底抛石	开体驳	10	91	72.8	0.91
	平板驳	10	91	72.8	0.91
	定位驳	10	91	72.8	0.91
扭王字块护面	运输驳船	10	10	8.0	0.1
合计		40		226.4	2.83

由表可知，本工程建设阶段共产生生活污水 125870.80m³，产生生活垃圾 1573.39t；其中第一年施工作业人数为 790 人，产生生活污水 17752m³，产生生活垃圾 221.9t；第二年施工作业人数为 910 人，产生生活污水 16446m³，产生生活垃圾 205.58t；第三年施工作业人数为 1443 人，产生生活污水 36276.16m³，产生生活垃圾 453.45t；第四年施工作业人数为 1193 人，产生生活污水 30773.6m³，产生生活垃圾 384.67t；第五年施工作业人数为 1131 人，产生生活污水 24396.64m³，产生生活垃圾 304.96t；2025 年 6 月之后岸滩防护工程施工作业人数为 40 人，产生生活污水 226.4m³，产生生活垃圾 2.83t，具体见表 3.5-4。生活污水经船用生活污水收集装置收集后运至陆上委托处理；生活垃圾随船携带，运回陆地处理。此外，施工过程中机械维修废油、油棉纱等固体废物交由有资质单位统一处理。

4.5.3 临时工程污染物源强分析

临时施工场地主要为沉箱预制场、钢圆筒预制场、扭王字块预制场及其施工营地等。根据临时施工场地要求，本项目临时场地设置预制场及施工营地 1（位于临空产业园一期工程）和预制场及施工营地 2（位于机场本岛工程）2 处。施工人员按照设计给出的参考值为 2400 人；生活污水产生量按每人 80L/d，生活垃圾按每人 1.0kg/d 计算，由此估算本工程建设阶段每年产生生活污水 70080m³，每年产生生活垃圾 876t。

4.5.4 其他污染物源强分析

(1) 噪声污染源

施工期主要噪声源是施工机械（主要有自卸车辆、船舶等）噪声，噪声在 72~110dB(A)左右。施工阶段的主要施工机械噪声源见表 3.5-5。

表 3.5-5 主要施工机械噪声源

噪声源	监测距离	噪声级 dB (A)
震动打桩锤	5m	90~110
液压锤组	5m	90~110
船舶作业噪声	5m	80-85
自卸车	15m	72-84
真空泵	5m	90-100
装载机	5m	85-90
钻机	5m	81-88
压路机	5m	76-81
混凝土搅拌机	15m	75-88
泥浆泵	15m	90-100
夯锤	15m	105-110
挖掘机	5m	80-84

(2) 大气污染源

施工过程中大气污染源主要是汽车运输、船舶运输、土方填筑等施工活动中产生的粉尘及各类施工机械产生的燃油废气，主要污染物有 TSP、SO₂、CO 及 NO_x 等。其中施工粉尘的产生量与施工规模和施工强度有关，起尘和扬尘与砂土的粒度及湿度、风况、取料工艺、装卸及运输方式等因素有关，根据距施工现场下风向 100m 处类比监测值，本工程陆域汽车运输、船舶运输、土方填筑等施工活动中产生的粉尘源强在 0.12~0.79mg/m³ 之间。

4.5.5 污染物汇总

逐年污染物产生量汇总见表 3.5-6，本工程实施阶段各种污染物的产生量汇总见表 3.5.7。

表 3.5-6 (1) 施工期各阶段主要海洋环境污染物的产生及排放情况

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式	
第 1 年：2020 年 6 月 1 日至 2021 年 6 月 1 日							
主体工程	入海悬浮泥沙	东西南护岸工程	护岸基础开挖	SS	56180.81 m ³	连续排放	
			护岸基础开挖卸泥	SS	2809.0 m ³	连续排放	
			钢圆筒振沉	SS	--	连续排放	
			护岸抛石	SS	22.93 万 m ³	连续排放	
	废水		施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	16288.24m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理	
	废水		施工船舶含油污水	石油类	22678.94t	执行铅封规定，接收处理	
	固体废物		施工人员	生活垃圾	203.6t	收集处理	
	入海悬浮物	北护岸工程	护岸基础开挖	SS	20402.8m ³	连续排放	
			护岸基础开挖卸泥	SS	1020.1m ³	连续排放	
			护岸抛石	SS	1.18 万 m ³	连续排放	
			废水	施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	1463.76m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
			废水	施工船舶含油污水	石油类	1430.51t	执行铅封规定，接收处理
固体废物			施工人员	生活垃圾	18.3t	收集处理	
拆除工程	入海悬浮物	临空二期工程 (含 2 号栈桥)	护岸抛石基床拆除	SS	5.60 kg/s (18m ³ 抓斗)	连续排放	
			钢管桩拆除	SS	1.76kg/s	连续排放	
	入海悬浮物	钢圆筒试验段	起步工程	护岸抛石基床拆除	SS	5.60 kg/s (18m ³ 抓斗)	连续排放
			钢圆筒外侧抛石拆除	SS	5.60 kg/s (18m ³ 抓斗)	连续排放	
			破损钢圆筒拆除	SS	--	连续排放	
		完整钢圆筒拆除	SS	--	连续排放		

表 3.5-6 (2) 施工期各阶段主要海洋环境污染物的产生及排放情况

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式	
第 2 年：2021 年 6 月 1 日至 2022 年 6 月 1 日							
主体工程	入海悬浮泥沙	东西南护岸工程	护岸基础开挖	SS	10620.48 m ³	连续排放	
			护岸基础开挖卸泥	SS	531.1m ³	连续排放	
			钢圆筒振沉	SS	--	连续排放	
			护岸抛石	SS	4.33 万 m ³	连续排放	
	废水	东西南护岸工程	施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	10861.68m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理	
	废水		施工船舶含油污水	石油类	10478.42t	执行铅封规定，接收处理	
	固体废物		施工人员	生活垃圾	135.77t	收集处理	
	入海悬浮物	北护岸工程	护岸基础开挖	SS	35839.1m ³	连续排放	
			护岸基础开挖卸泥	SS	1792.0m ³	连续排放	
			护岸抛石	SS	7.09 万 m ³	连续排放	
			废水	施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	4410.96m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
			废水	施工船舶含油污水	石油类	4900.95t	执行铅封规定，接收处理
			固体废物	施工人员	生活垃圾	55.137t	收集处理
	废水	陆域形成	施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	1489.20m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理	
			施工船舶含油污水	石油类	13366.3t	执行铅封规定，接收处理	
固体废物			施工人员	生活垃圾	18.615t	收集处理	
连岛大桥跨海段	入海悬浮物	桩基施工	桥梁施工	SS	52488m ³	连续排放	
	废水		施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	196.80m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理	
	废水		施工船舶含油污水	石油类	107.4t	执行铅封规定，接收处理	
	固体废物		施工人员	生活垃圾	2.46t	收集处理	
拆除工程	入海悬浮物	临空二期工程 (含 2 号栈桥)	护岸抛石基床拆除	SS	5.60 kg/s (18m ³ 抓斗)	连续排放	
			钢管桩拆除	SS	1.76kg/s	连续排放	
		起步工程	护岸抛石基床拆除	SS	5.60 kg/s (18m ³ 抓斗)	连续排放	

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式
		钢圆筒试验段	钢圆筒外侧抛石拆除	SS	5.60 kg/s (18m ³ 抓斗)	连续排放
			破损钢圆筒拆除	SS	--	连续排放
			完整钢圆筒拆除	SS	--	连续排放

表 3.5-6 (3) 施工期各阶段主要海洋环境污染物的产生及排放情况

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式
第 3 年：2022 年 6 月 1 日至 2023 年 6 月 1 日						
主体工程	入海悬浮泥沙	东西南护岸工程	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	4887.20m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	2067.24t	执行铅封规定，接收处理
	废水		施工人员	生活垃圾	61.09t	收集处理
	固体废物	北护岸工程	护岸抛石	SS	5.05 万 m ³	连续排放
	入海悬浮物		施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	1734.24m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	2050.84t	执行铅封规定，接收处理
	废水		施工人员	生活垃圾	21.678t	收集处理
	固体废物	陆域形成	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	26864m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	13366.3t	执行铅封规定，接收处理
	废水		施工人员	生活垃圾	335.80t	收集处理
	固体废物	地基处理	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	2208m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工人员	生活垃圾	27.60t	收集处理
连岛大桥跨海段	入海悬浮物	桩基施工	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	582.72m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	746.03t	执行铅封规定，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	7.284t	收集处理
	废水					

表 3.5-6 (4) 施工期各阶段主要海洋环境污染物的产生及排放情况

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式
第 4 年：2023 年 6 月 1 日至 2024 年 6 月 1 日						
主体工程	入海悬浮物	陆域形成	外溢流口	SS	4.07 万 m ³	连续排放
	废水		施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	26864m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	13366.3t	执行铅封规定，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	335.80t	收集处理
	废水	地基处理	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	2208m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	27.60t	收集处理
连岛大桥跨海段	废水	承台施工、墩柱施工、连续钢构现浇施工、整孔箱梁架设施工	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	1701.6m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	固体废物		施工船舶含油污水	石油类	1072.91t	执行铅封规定，接收处理
	废水		施工人员	生活垃圾	21.27t	收集处理

表 3.5-6 (5) 施工期各阶段主要海洋环境污染物的产生及排放情况

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式
第 5 年：2024 年 6 月 1 日至 2025 年 6 月 1 日						
主体工程	入海悬浮物	陆域形成	外溢流口	SS	2.95 万 m ³	连续排放
	废水		施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	19430.40m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	9667.68t	执行铅封规定，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	242.88t	收集处理
	废水	地基处理	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	4380m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	54.75t	收集处理
连岛大桥跨海段	入海悬浮物	连续钢构现浇施工、整孔箱梁架设施工、铺装及附属施工	施工栈桥拆除	SS	513216 m ³	连续排放
	废水		施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	586.24m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	固体废物		施工船舶含油污水	石油类	336.55t	执行铅封规定，接收处理
	废水		施工人员	生活垃圾	7.328t	收集处理
拆除工程	入海悬浮物	临空一期工程（含 1 号栈桥）	护岸抛石基床拆除	SS	5.60 kg/s（18m ³ 抓斗）	连续排放
			钢管桩拆除	SS	1.76kg/s	连续排放

表 3.5-6 (6) 施工期各阶段主要海洋环境污染物的产生及排放情况

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式
2025年6月1日之后						
岸滩防护工程	入海悬浮物	拦沙堤	拦沙堤抛石	SS	8.25kg/s	连续排放
		潜堤	南山潜堤抛石	SS	4.9kg/s	连续排放
		潜堤	担油港潜堤	SS	5.6kg/s	连续排放
	废水	岸滩防护	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	226.4m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	70.75t	执行铅封规定，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	2.83t	收集处理

表 3.5-7 施工期各阶段主要污染物的产生及排放总量（五年）

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式	
主体工程	入海悬浮泥沙	东西南护岸工程	护岸基础开挖	SS	66801.29m ³	连续排放	
			护岸基础开挖卸泥	SS	3340.1m ³	连续排放	
			钢圆筒振沉	SS	--	连续排放	
			护岸抛石	SS	27.26 万 m ³	连续排放	
	废水		施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	32037.12m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理	
	废水		施工船舶含油污水	石油类	35208.2t	执行铅封规定，接收处理	
	固体废物		施工人员	生活垃圾	361.048t	收集处理	
	入海悬浮物	北护岸工程	护岸基础开挖	SS	56241.9m ³	连续排放	
			护岸基础开挖卸泥	SS	2812.1m ³	连续排放	
			护岸抛石	SS	13.32 万 m ³	连续排放	
			废水	施工人员生活污水	COD、氨氮、SS	7608.96m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
			废水	施工船舶含油污水	石油类	8382.3t	执行铅封规定，接收处理

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

工程项目	种类	工程内容	污染源	主要污染物	污染物产生量	排放/处理方式
	固体废物	陆域形成	施工人员	生活垃圾	95.115t	收集处理
	入海悬浮物		外溢流口	SS	7.02 万 m ³	连续排放
	废水		施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	74647.6m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	49766.58t	执行铅封规定，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	933.095t	收集处理
	废水	地基处理	施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	8796m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
主体工程	固体废物	地基处理	施工人员	生活垃圾	109.95t	收集处理
连岛大桥 跨海段	入海悬浮物	桥梁施工	桥梁施工	SS	52488 m ³	连续排放
			施工栈桥拆除	SS	513216 m ³	连续排放
	废水		施工人员生活污水	COD 、氨氮、SS	3067.36m ³	岸上生活污水交环卫部门处理；船舶生活污水，接收处理
	废水		施工船舶含油污水	石油类	2262.89t	执行铅封规定，接收处理
	固体废物		施工人员	生活垃圾	38.342t	收集处理

5 环境现状调查与评价

5.1 自然环境现状调查与评价

5.1.1 气候气象

项目所在区域三亚市的气候属热带海洋性季风气候，冬季气候温暖干燥，雨量较少；夏季高温多雨，并常有雷电、暴雨、台风。采用中国科学院生态系统研究网络三亚站数据和信息网站 2005 年至 2015 年的气象资料统计，具体如下：

5.1.1.1 气温

本区气温较高，年平均气温为 26.7℃。各月平均气温都在 22℃以上(表 5.1-1)，4~10 月份较高，平均为 28.6℃，11 月至翌年 3 月份较低，平均为 24.0℃。本区极端最高气温为 38℃(2006 年 7 月 24 日)，极端最低气温为 11.7℃(2005 年 3 月 6 日)。

表 5.1-1 逐月平均气温(℃)(2005 年-2015 年)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均气温	22.1	23.5	25.6	27.6	29.1	28.9	29.1	28.8	28.4	27.5	25.7	23.7

5.1.1.2 降水

三亚地区有旱季和雨季之分，5 月~10 月为雨季，降水量约占全年的 90%，11 月至翌年 4 月为旱季，降水量较少。多年平均降水量为 1252mm，逐月平均降水量见表 5.1-2。

表 5.1-2 逐月平均降水量(mm) (2005 年-2015 年)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均降水量	4	5	10	65	92	131	210	228	216	264	40	8

5.1.1.3 风况

据三亚气象站统计，三亚以 E、NE 和 ENE 风向为最多，约占全年总频率的 37%(表 5.1、图)，一年内几乎有 8 个月的时间被上述风向控制，其余四个月(5~8 月)风向较乱，但以 W、WSW 风向为主，约占这四个月风频率的 40%。各向平均风速、最大风速及频率见表 5.1-3，逐月平均风速见 5.1-4，三亚市全年平均风向频率分布见图 5.1-1，不同季节风向玫瑰图见图 5.1-2。

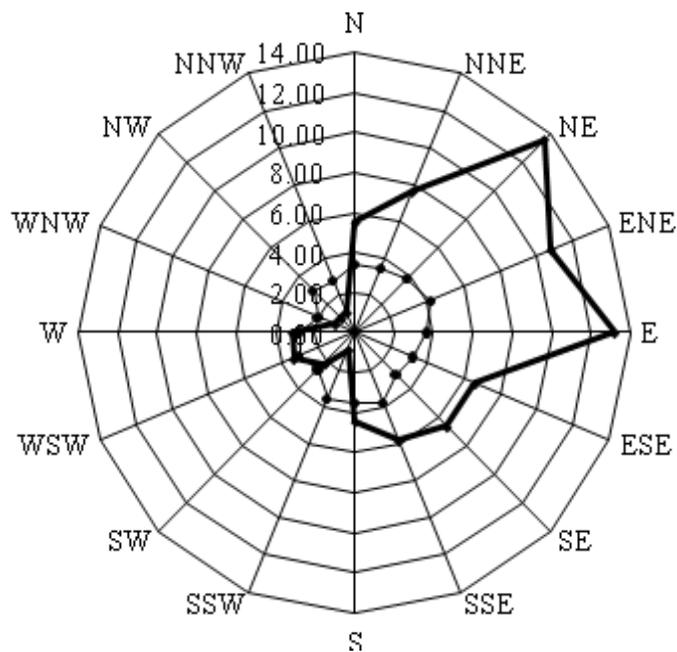


图 5.1-1 三亚市全年平均风向频率分布图

表 5.1-3 各向平均风速、最大风速及频率表

方位	最大风速(m/s)	平均风速(m/s)	频率(%)
N	12.0	1.7	5
NNE	24.0	2.2	7
NE	20.0	3.1	13
ENE	18.0	3.4	10
E	23.0	3.0	14
ESE	17.0	3.1	7
SE	17.0	2.8	7
SSE	16.0	3.2	5
S	14.0	3.3	4
SSW	19.0	2.9	1
SW	20.0	3.2	3
WSW	18.0	3.5	4
W	20.0	3.4	3
WNW	12.0	3.0	1
NW	30.0	2.0	1
NNW	11.0	1.5	1

表 5.1-4 逐月平均风速

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风速(m/s)	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	1.4	1.9	1.7	1.9

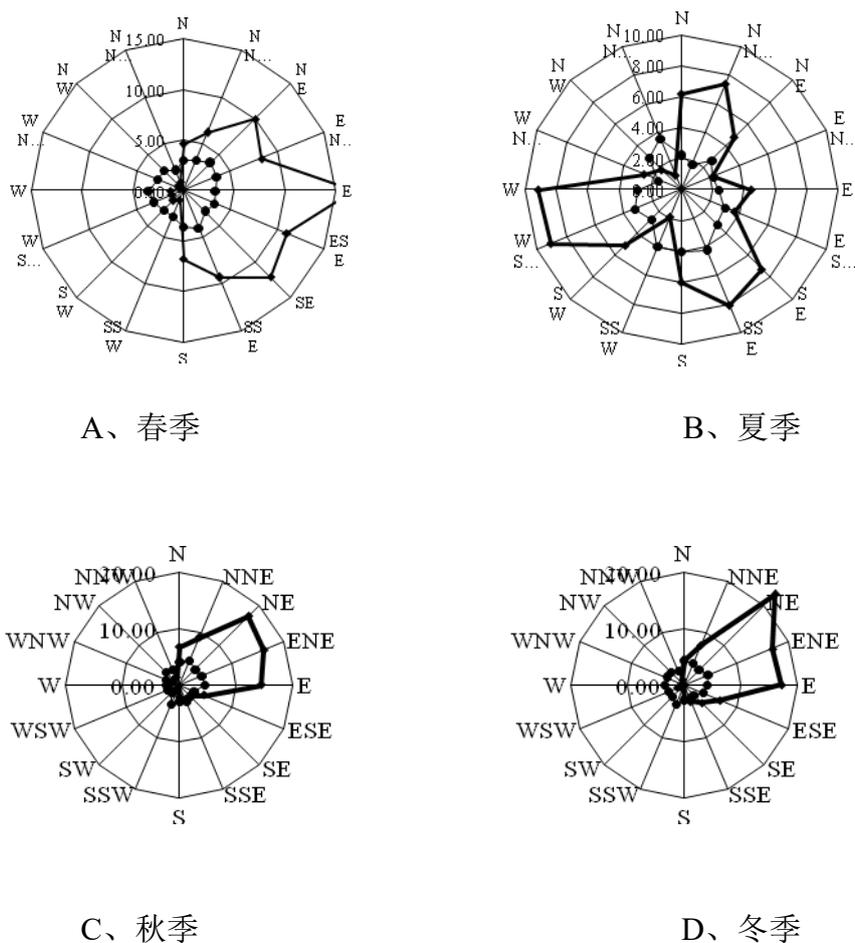


图 5.1-2 各季节风频率玫瑰图

5.1.1.4 相对湿度

三亚气候湿润，多年平均相对湿度 76%，8 月份湿度最大为 83%，12 月份气候相对干燥，相对湿度为 69%。逐月平均相对湿度见表。

表 5.1-5 逐月平均相对湿度 (%) (2005 年-2015 年)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相对湿度	71	75	75	76	77	79	80	83	80	76	71	69

5.1.2 自然灾害

(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，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 5.1-6。

表 5.1-6 各月平均雷暴日数

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

(2) 热带气旋

影响本区的极端天气主要为热带气旋,统计 1949 年~2014 年共 66 年间中心进入 18.1°N~18.8°N、110°E~108°E 的矩形区域内的热带气旋为 70 个, 平均每年约有 1.1 个。登陆三亚的台风 11 个、强热带风暴或热带风暴 7 个, 热带低压 3 个。按月份统计, 热带气旋 5 月和 10 月登陆次数最多, 7 月和 8 月为其次, 1 月~4 月和 12 月没有热带气旋登陆 (表 5.1-7)。根据各热带气旋对三亚市的影响严重程度, 摘录热带气旋登陆时三亚站实测气压<990hpa 的热带气旋列于表 5.1-8、图 5.1-3。

表 5.1-7 登陆三亚的热带气旋按月统计频数表

月份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	合计
个数/个	4	2	3	3	3	4	2	21
比例%	19.05	9.5	14.3	14.3	14.3	19.05	9.5	100

表 5.1-8 登陆(或严重影响)三亚的部分热带气旋简况

序号	编号	起止时间	登陆强度	登 陆 时			
				登 陆 点	时 间	中心气压 /Hpa	中心风力/级
1	7113	07.09~07.18	STS	三亚陵水	07. 17. 16~17h	983	9~10
2	7126	10.01~10.09	STS	三亚	10. 9. 05~17h	980	11
3	7318	11.11~11.20	T	三亚	10. 18. 19~20h	973	12
4	7809	08.09~08.13	TS	陵水三亚	08. 11. 10h	983	8
5	8105	06.27~07.05	T	三亚	07. 04. 02~03h	965	12
6	8521	10.11~10.22	T	三亚	10. 21. 08h	970	12
7	8905	06.04~06.12	T	陵水三亚	06. 10. 11~12h	960	12
8	8926	09.29~10.03	T	三亚	10. 02. 23~24h	970	12
9	9016	08.24~08.30	T	三亚南部经过	08. 29. 02h	965	12
10	9204	06.24~07.01	T	三亚	06. 28. 05h	965	12
11	9508	08.24~08.30	T	三亚	08. 28. 10h	980	10
12	9612	08.18~08.23	T	三亚	08. 22. 06h	970	12
13	0016	09.02~09.10	T	陵水三亚	09. 09. 08h	975	12
14	0518	09.20~09.28	T	万宁陵水	09. 26. 03h	970	12

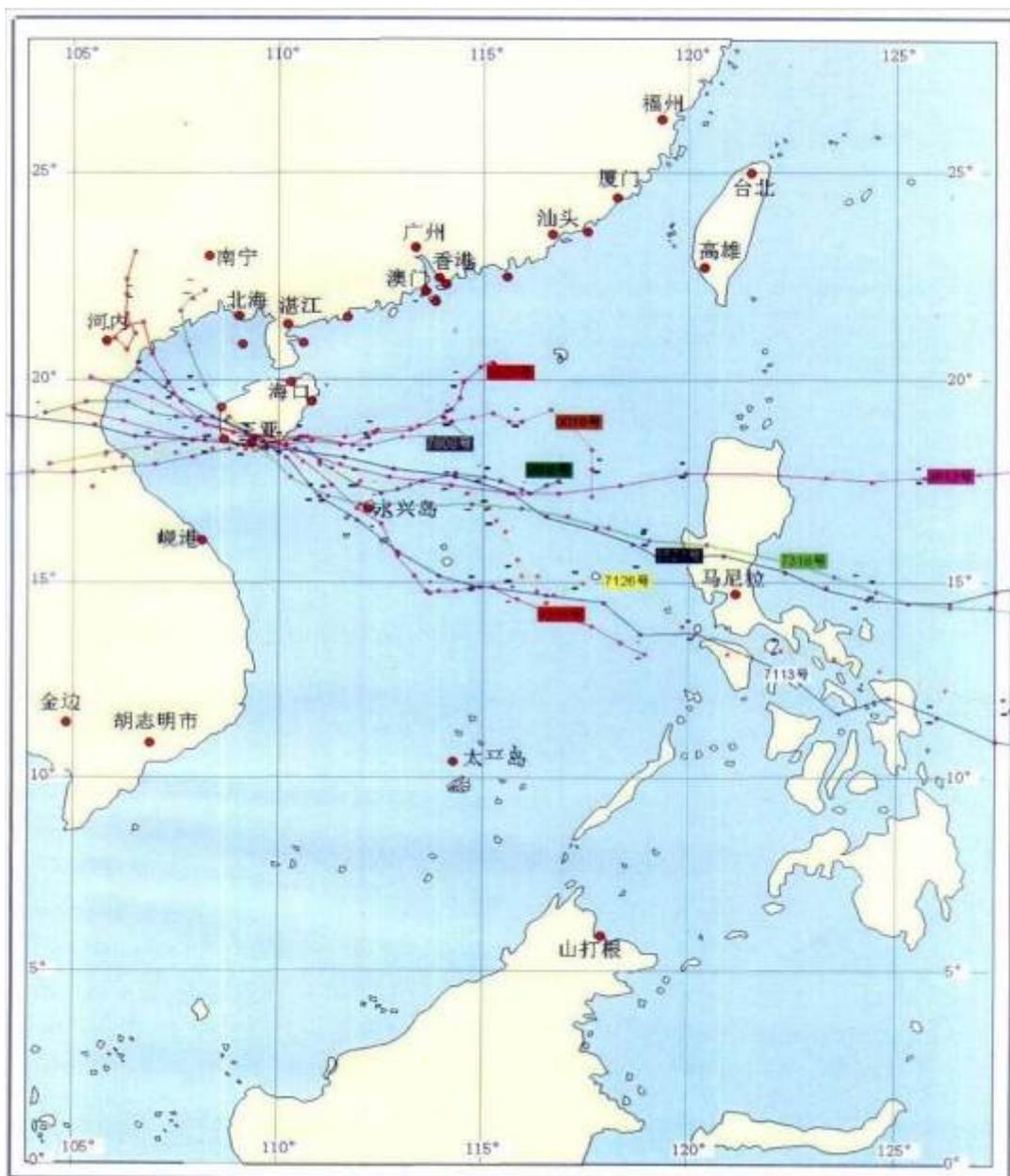


图 5.1-3 1949 年~2006 年登陆(或严重影响)三亚的部分热带气旋路径图

近几年来，登陆三亚的热带气旋等极端天气相对较少，以 2013 年海燕台风（编号 201330）和 2016 年莎莉嘉（编号 20161621）这两次台风对三亚影响最大，海燕台风中心离项目最近距离约为 104km，莎莉嘉台风中心离项目最近距离约为 140km，影响三亚时均加强为强台风，最大风力达 14 级。



图 5.1-4 2013 年海燕台风



图 5.1-5 2016 年莎莉嘉台风

5.2 海洋环境质量现状调查与评价

5.2.1 资料来源

本项目海洋环境质量现状调查与评价的调查资料来源情况如表 5.2-1 所示。

表 5.2-1 调查资料来源一览表

章节内容	调查时间	资料来源	编制单位
水文泥沙现状	2016.4~12	《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告》（春季） 2016.5； 《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告》（夏季） 2016.8； 《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告》（秋季） 2016.11； 《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告》（冬季） 2016.12	中国科学院南海海洋研究所
波浪现状	2016.1-2017.4	《三亚红塘湾及其邻近海域波浪、潮流、泥沙观测报告-周年潮位观测》2017年06月	中国科学院南海海洋研究所
底质分布	2013.10 2016.4~2016.5	《三亚新机场临空产业园旅游产业园区一期工程潮流泥沙观测报告》2013.11 《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告-春季》（2016年5月 中国科学院南海海洋研究所）	海南省海洋开发规划设计研究院 中国科学院南海海洋研究所
水下地形	2019	2019年实测数据	中交第四航务工程勘察设计院有限公司
岸滩地貌	2016,10 2017.9, 2018.5, 2019.6	《三亚新机场项目岸滩演变专题研究》，2019.10	南京水利科学研究院
工程地质	2016.3	《三亚新机场填海造地选址工程（红塘湾港区）岩土工程勘察报告》	中交第四航务工程勘察设计院有限公司
海水水质、海洋生态现状	2019.4, 2019.6, 2019.9, 2019.12	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（春季航次）调查报告》，2019.7 《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（夏季航次）调查报告》，2019.8 《三亚新机场项目海洋生态环境现状（秋季航次）调查报告》，2019.9 《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（冬季航次）调查报告》，2019.12	国家海洋局海口海洋环境监测中心站
海洋沉积物现状	2019.4	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（春季航次）调查报告》，2019.7	国家海洋局海口海洋环境监测中心站
生物体质量、渔业资源现状	2016.43 2016.8 2016.10 2017.2	《三亚新机场暨临空产业园项目附近海域春季渔业资源调查报告》2016年5月 《三亚新机场暨临空产业园项目附近海域春季渔业资源调查报告》2016年10月 《三亚新机场暨临空产业园项目附近海域春季渔业资源调查	中国水产科学研究院南海水产研究所

		报告》2016年12月 《三亚新机场暨临空产业园项目附近海域春季渔业资源调查报告》2017年5月	
珊瑚礁现状	2016.6 2018.10	《三亚新机场人工岛工程项目影响海域珊瑚调查与影响评估报告》，2016.6 《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告》，2019.10	国家海洋局第三海洋研究所 中国科学院南海海洋研究所
中华白海豚现状	2014.4-2019.4	《三亚新机场项目对中华白海豚影响专题评价报告》，2019.10	中国科学院深海科学与工程研究所

5.2.2 海洋水文

5.2.2.1 潮汐性质

5.2.2.1.1 基准面及转换关系

本区域 76 榆林基准面、国家 85 高程基准、理论最低潮面间的转换关系见图 5.2-1。观测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 高程基准面上。

图 5.2-1 基准面及转换关系

5.2.2.1.2 历史潮汐统计数据

工程区附近最近的潮汐长期观测站位于三亚湾东侧约 10km 的榆林站，距离本工程项目区约 26km，根据榆林观测站 1954~1992 年 39 年的潮位资料，计算潮汐性质 $\frac{H_{01} + H_{K1}}{HM_2} = 2.85$ ，属不正规日潮性质。一个月中日潮约占 1 天，半日潮天数 5~14 天，其余为混合潮。本海区属弱潮海区，潮差较小。

历史潮位特征值（以下潮位均以 85 国家高程系统起算，括号内数值为以当地理论最低潮面起算）。

历年最高潮位：2.16m(1971 年)

历年最低潮位：-0.91m（1968 年）

平均海平面：0.48m，平均潮差：0.86m 最大潮差：2.14m

平均高潮位：0.87m，平均低潮位：0.01m

涨潮平均历时：11 小时 32 分，落潮平均历时：7 小时 24 分

5.2.2.1.3 潮汐观测

为了进一步说明工程所在地的潮汐特点，2016 年在红塘湾沿岸设置 1 个潮位观测站，观测一个潮周年，并对观测数据进行统计分析，以下潮汐分析资料来源于《三亚红塘湾及其邻近海域波浪、潮流、泥沙观测报告-周年潮位观测》（2017 年 06 月 中国科学院南海海洋研究所），水文观测期时间 2016 年 1 月 23 日 15 时至 2017 年 4 月 30 日 23 时，每 10 分钟采集 1 次数据。资料处理采用潮汐调和分析法计算得到各个分潮的调和常数。

（2）潮位观测站

潮位观测站设于红塘湾沿岸，具体位置为 109°15.293'E、18°17.939'N，见图 5.2-2。

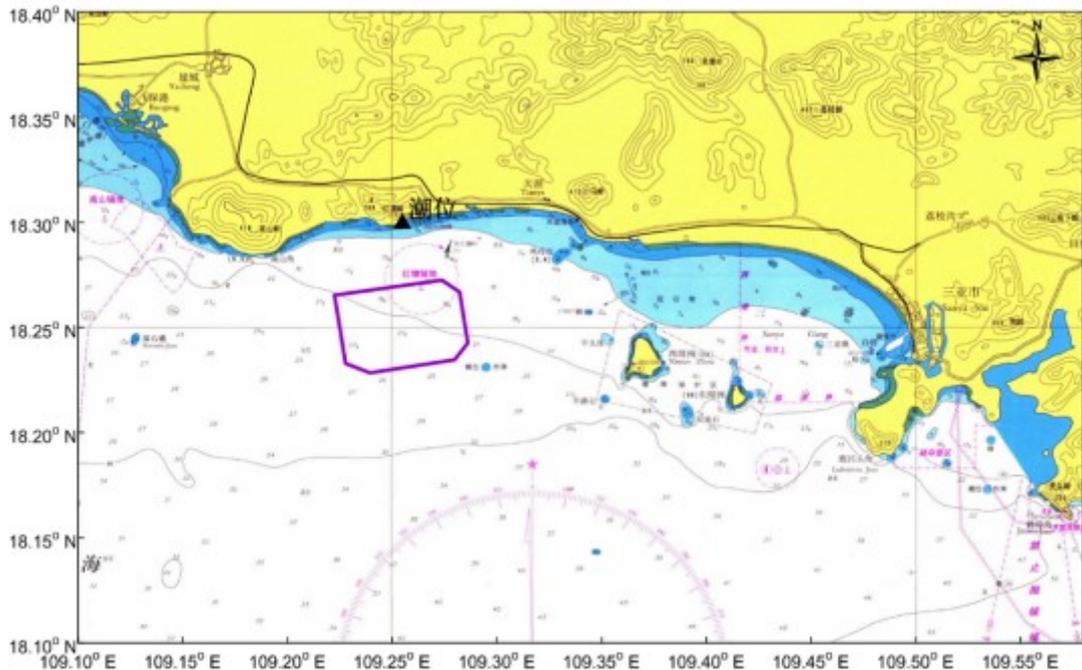


图 5.2-2 潮位观测站位图

（3）潮汐性质及潮型

通过对观测期间的潮位进行调和分析，汐性质特征值 $F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ ，得出 F 值为

2.27~2.76，属于不规则日潮混合潮，潮汐性质及潮型与榆林站的历史统计数据基本一致。一年中约有 1/2 的天数是半日潮，1/2 天数是日潮。从潮位过程曲线可以看出，本次海区潮汐日不等现象显著，相邻高潮或低潮的不等以及涨落潮历时的不等情况每天都在改变。观测期间典型潮位过程见图 5.2-3。

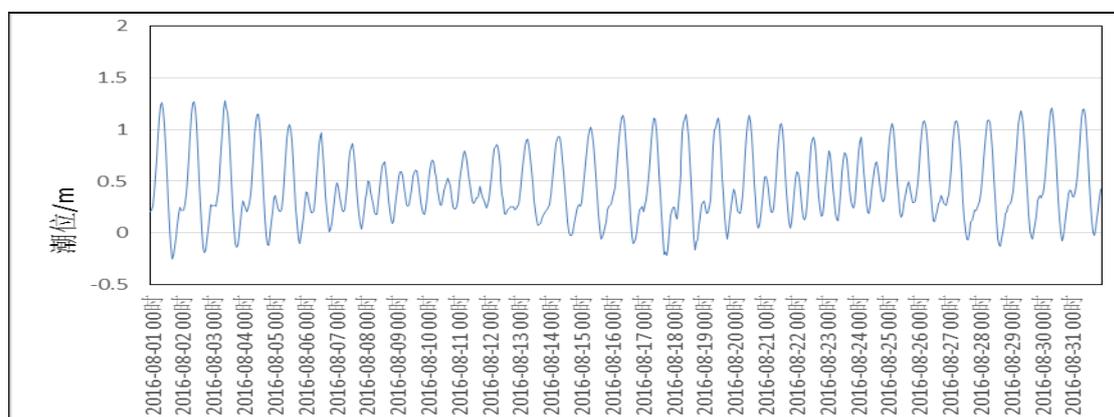


图 5.2-3 红塘湾 2016 年 8 月 1 日至 31 潮位过程

(4) 潮汐特征

三亚红塘湾附近海域的潮汐属于不规则全日潮混合潮，海区的潮汐日不等现象显著；全年最高潮位 2.26m（当地理论基面）；全年最低潮位 0.01m。全年平均潮位为 0.55m；平均潮差为 0.77m；最大潮差为 1.96m，出现在 2016 年 12 月；最高潮位为 1.84m，出现在 2016 年 12 月 16 日 0 时 10 分；最低潮位为-0.41m，出现在 2016 年 6 月 7 日 20 时 10 分；总体上，调查海区的涨潮历时比落潮历时长。实测潮汐特征值和历史潮汐特征值基本一致。各月特征潮位见表 5.2-1 和图 5.2-4。

表 5.2-1 红塘湾 2016~2017 年各月特征潮位

特征值	潮位单位 m，历时单位：s												
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年
最高潮位	1.68	1.45	1.23	1.47	1.34	1.29	1.26	1.34	1.37	1.72	1.69	1.84	2.26
最低潮位	-0.19	-0.21	-0.20	-0.25	-0.38	-0.41	-0.39	-0.27	-0.04	-0.10	-0.17	-0.10	0.01
平均水位	0.56	0.54	0.52	0.50	0.50	0.35	0.35	0.45	0.50	0.71	0.73	0.93	0.97
平均高潮位	1.03	0.94	0.93	0.90	0.94	0.75	0.71	0.90	0.93	1.11	1.24	1.27	1.39
平均低潮位	0.16	0.14	0.15	0.10	0.08	-0.03	-0.02	0.05	0.17	0.32	0.29	0.22	0.55
平均潮差	0.93	0.81	0.78	0.79	0.86	0.79	0.73	0.84	0.76	0.78	0.94	1.04	0.84
最大潮差	1.81	1.58	1.29	1.65	1.72	1.70	1.65	1.56	1.27	1.76	1.77	1.96	1.64
平均涨潮历时	7.7	6.58	6.73	6.82	7.88	6.94	5.41	5.73	5.45	6.01	7.47	8.68	6.78
平均落潮历时	5.13	5.00	4.85	4.97	5.03	5.10	5.28	7.00	5.75	5.38	6.67	5.30	5.46



图 5.2-4 红塘湾 2016~2017 年各月特征潮位对比

(4) 台风期间的潮位

2016 年，影响我国的台风共有 12 个，其中，第三号台风“银河”、第 8 号台风“电母”及第 21 号台风“莎莉嘉”途经海南。对这三个台风的路径及卫星云图进行研究可发现：台风“银河”于 2016 年 7 月 26 日 22 时 20 分登陆海南万宁市，登陆时中心风速达 10 级，气压为 985hPa；台风“电母”于 2016 年 8 月 18 日 15 时 40 分登陆广东湛江东里镇，登陆时中心风速为 8 级，气压低至 982hPa；台风“莎莉嘉”于 2016 年 10 月 18 日 9 时 50 分前后登陆海南万宁市，登陆时中心风速达 14 级，气压降至 960hPa。从 7 月、8 月及 10 月份的潮位过程曲线来看，这三个台风对潮位变化无明显影响。



图 5.2-5 2016 年 3 号台风“银河”路径



图 5.2-6 2016 年 8 号台风“电母”路径



图 5.2-7 2016 年 21 号台风“莎莉嘉”路径

5.2.2.2 波浪

5.2.2.2.1 历史波浪统计数据

(1) 波型和波向特征

波型和波向特征分析采用莺歌海站 1967~1979 年海洋观测站波浪观测资料，莺歌海海洋观测站测波点位置：18°30'N，108°41'E，测波点开阔程度：184°，测波点水深：-7.0m，测波浮标在测点的 WNW 方向。测波点同工程海域同处于海南岛的南部，两地相距约 70 公里。莺歌海站 1967~1979 年各季各向风浪和涌浪出现频率统计见表 5.2-2，全年波型玫瑰图见图 5.2-8。

根据莺歌海海洋观测站 1967~1979 年多年波浪观测资料统计分析：本海区波浪以风浪波为主，风浪频率 80%，涌浪频率 42%；常浪向是 SE，频率为 19%，次常浪向是 SSE，频率为 12%，春季和夏季常浪向为 SE，频率分别为 35%和 21%，秋季和冬季常浪向为 NNW 向，频率分别为 16%和 15%。

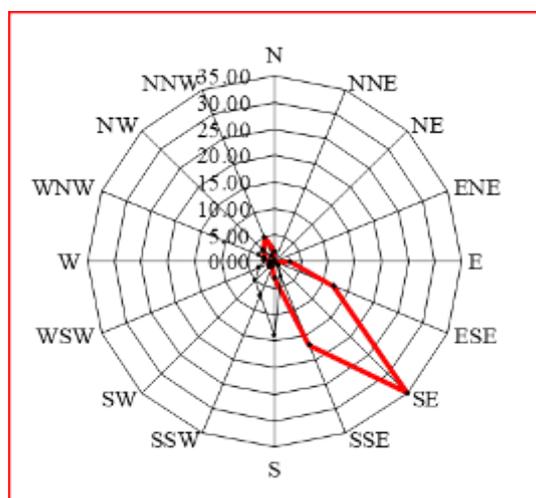
表 5.2-2 累年各季各向风浪、涌浪频率(1976-1979 年)

方位	风 浪(%)					涌 浪(%)				
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
N	4	2	1	6	5	0	0	0	0	0
NNE	0		0	1	0	0				0
NE	0	0	0	0	0	0				0
ENE	0	0	0	1	0	0				0
E	3	3	2	3	3	0	0		0	0
ESE	7	12	8	4	6	0	0	0	0	0
SE	19	35	21	7	14	1	1	0	1	1
SSE	12	17	18	6	7	3	4	1	4	4
S	5	3	8	4	3	14	11	10	16	19
SSW	3	1	7	2	1	7	3	10	9	5
SW	2	1	5	2	1	5	2	12	5	2
WSW	2	1	4	2	1	3	1	7	1	1
W	3	1	3	4	3	2	1	2	2	2
WNW	4	2	3	6	5	3	2	1	4	4
NW	6	3	4	9	8	3	2	1	4	5
NNW	10	5	3	16	15	1	1	0	1	1
C	20	13	14	28	26	59	73	54	52	56

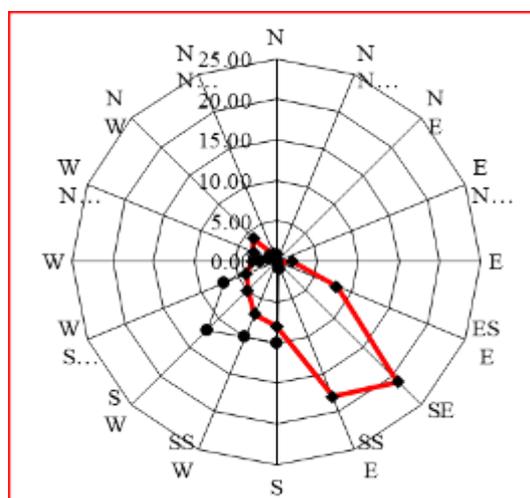
(2) 波高特征

波高特征分析采用莺歌海站 1976-1991 年观测资料统计结果，各向各级波高和各向波浪要素统计见表 5.2-3 和表 5.2-4。逐月波高统计分析采用莺歌海站 1980~1991 年逐月波要素统计资料，统计结果见表 5.2-5。

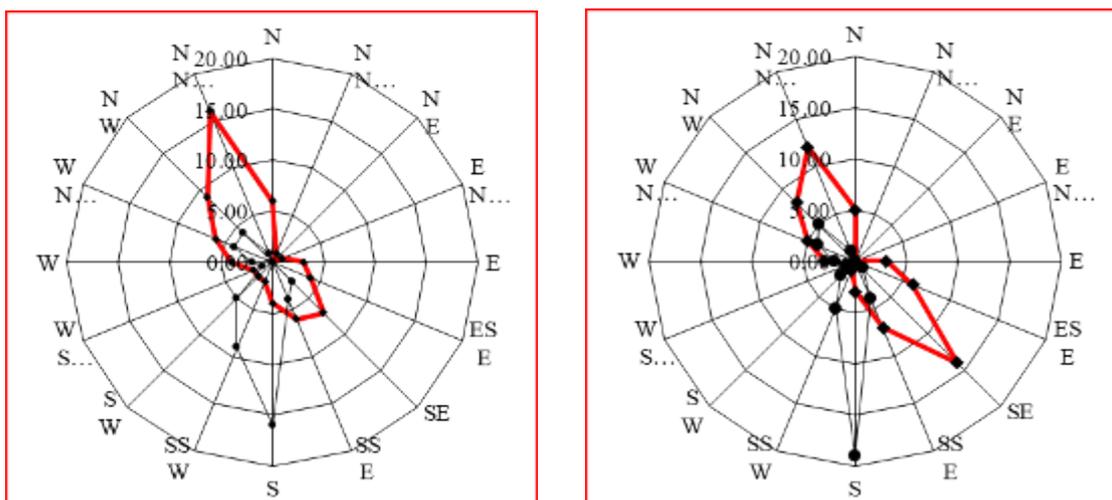
根据莺歌海海洋观测站 1976-1991 年多年波浪观测资料统计分析：本海区强浪向是 SE，最大波高值 9.0m，次强浪向是 S 和 SSW，最大波高均为 7.0m。



A、春季



B、夏季



C、秋季

D、冬季

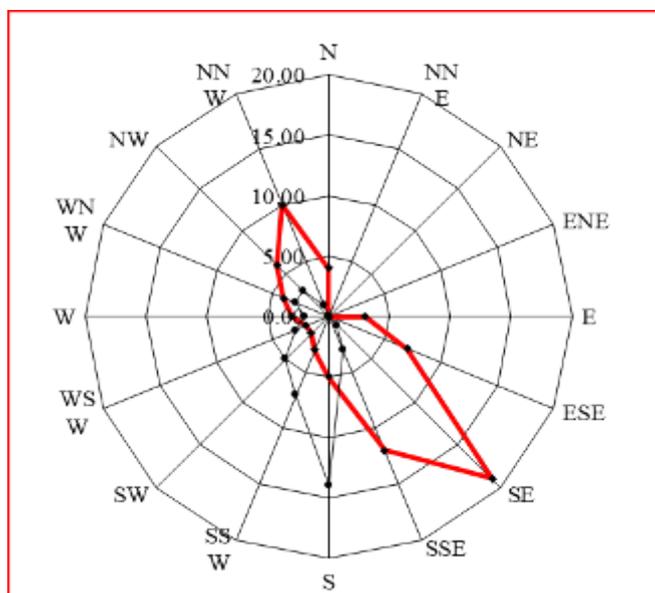


图 5.2-8 全年波浪玫瑰图

表 5.2-3 莺歌海累年各向各级波高分布(1976-1991 年)

方位	各级波高(m), 频率(%)					各向频率 (%)
	<0.5	0.5~1.4	1.5~2.9	3.0~4.9	5.0	
N	0.1	2.8	0.2	0.0		3.1
NNE	0.0	0.3	0.0	0.0		0.3
NE	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
ENE	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
E	0.1	0.6	0.0	0.0		0.7
ESE	0.2	4.0	0.1	0.0	0.0	4.3
SE	0.7	14.1	0.2	0.0	0.0	15.0
SSE	0.9	10.0	0.1	0.0		11.0
S	3.6	14.5	0.1	0.0	0.0	18.2
SSW	1.8	7.9	0.2	0.0	0.0	9.9

SW	1.3	6.3	0.7	0.0	0.0	8.3
WSW	0.8	2.7	0.6	0.0	0.0	4.1
W	1.0	2.8	0.2	0.0		4.0
WNW	1.7	6.0	0.1			7.8
NW	1.0	3.8	0.0	0.0		4.8
NNW	0.7	7.2	0.2			8.1

表 5.2-4 莺歌海累年各向波浪要素统计值(1976-1991 年)

方位	波 高		周 期	
	H1/10	H1%	T	Tmax
N	1.0	5.0	4.0	6.8
NNE	0.9	4.4	3.8	6.3
NE	1.0	7.0	3.9	7.6
ENE	0.7	1.9	3.8	6.6
E	0.8	3.8	3.8	5.3
ESE	0.8	6.0	3.8	8.6
SE	0.8	9.0	3.9	7.8
SSE	0.7	4.3	3.8	5.4
S	0.6	7.0	4.3	7.8
SSW	0.7	7.0	4.3	8.3
SW	0.8	6.0	4.5	7.4
WSW	0.9	6.4	4.4	6.6
W	0.7	5.8	4.1	6.7
WNW	0.6	3.4	4.1	5.8
NW	0.7	3.6	3.8	5.6
NNW	0.8	2.8	3.8	5.8

根据莺歌海海洋观测站 1980~1991 年多年波浪逐月波要素统计分析：莺歌海在 8 月的月平均波高值为最大，平均波高值为别为 1.0m，次值在 7 月，月平均波高分别为 0.8m；莺歌海的月平均周期值变化范围是 3.8~4.3s。一般为 4.0s，而最大波高的最大值出现在 9 月，其值是 9.0m；最大波高次值莺歌海是 7 月和 10 月，其值为 7.0m，莺歌海的最大周期为 9.1s，次值为 8.6s。

表 5.2-5 累年逐月波要素统计值(1980~1991 年)

月	波要素			
	H1/10	H1%	T	T1/10
1	0.7	3.1	4.0	8.4
2	0.7	2.8	3.9	8.6
3	0.8	2.4	4.0	6.3
4	0.7	2.0	3.8	6.0
5	0.7	2.3	3.9	6.3
6	0.8	4.7	4.1	6.7
7	0.8	7.0	4.2	8.3
8	1.0	6.4	4.3	7.8
9	0.6	9.0	4.0	9.1
10	0.7	7.0	4.1	8.1

11	0.7	2.4	4.1	7.3
12	0.7	2.3	4.0	8.6

5.2.2.2.2 波浪观测

为了进一步说明工程所在地的波浪特点，2016年在红塘湾沿岸设置1个波浪位观测站，观测一周年，并对观测数据进行统计分析，以下波浪分析资料引自《三亚红塘湾及其邻近海域波浪、潮流、泥沙观测报告-周年波浪观测》（2017年06月 中国科学院南海海洋研究所）

(1) 测点位置与时间

波浪观测点选在红塘湾海区，位置为18°15.961'N，109°15.960'E，该处海图水深约15m，流速较小。测点的位置分布见图5.2-9。

观测时间为一个潮周年，具体时间为：2016年4月30日0:00正式开始，于至2017年4月29日23:00结束。

(2) 波浪数据及分析处理

三亚红塘湾波浪统计与分析采用观测点的整点实测波浪资料。波浪特征统计要素： H_m —最大波高(m)； T_m —最大波高对应的周期(s)。 $H_{1/10}$ —十分之一部分大波的平均波高(m)； $T_{1/10}$ —十分之一部分大波的平均波高对应的周期(s)。 $H_{4\%}$ —4%累计波高(m)， $T_{4\%}$ —4%累计波高对应的周期(s)。

波浪特征要素计算按照《海港水文规范》(JTJ 213-98)和《水运工程波浪观测和分析技术规程》(JTJ/T 277-2006)中的规定进行。

根据《海港水文规范》计算获取 $H_{4\%}$ 波高值，并与实测 $H_{1/10}$ 比较。发现 $(|H_{4\%}-H_{1/10}|)$ 绝对平均值为0.0239m，且差值均匀分布在0的附近，故本报告采用 $H_{4\%}\approx H_{1/10}$ 。

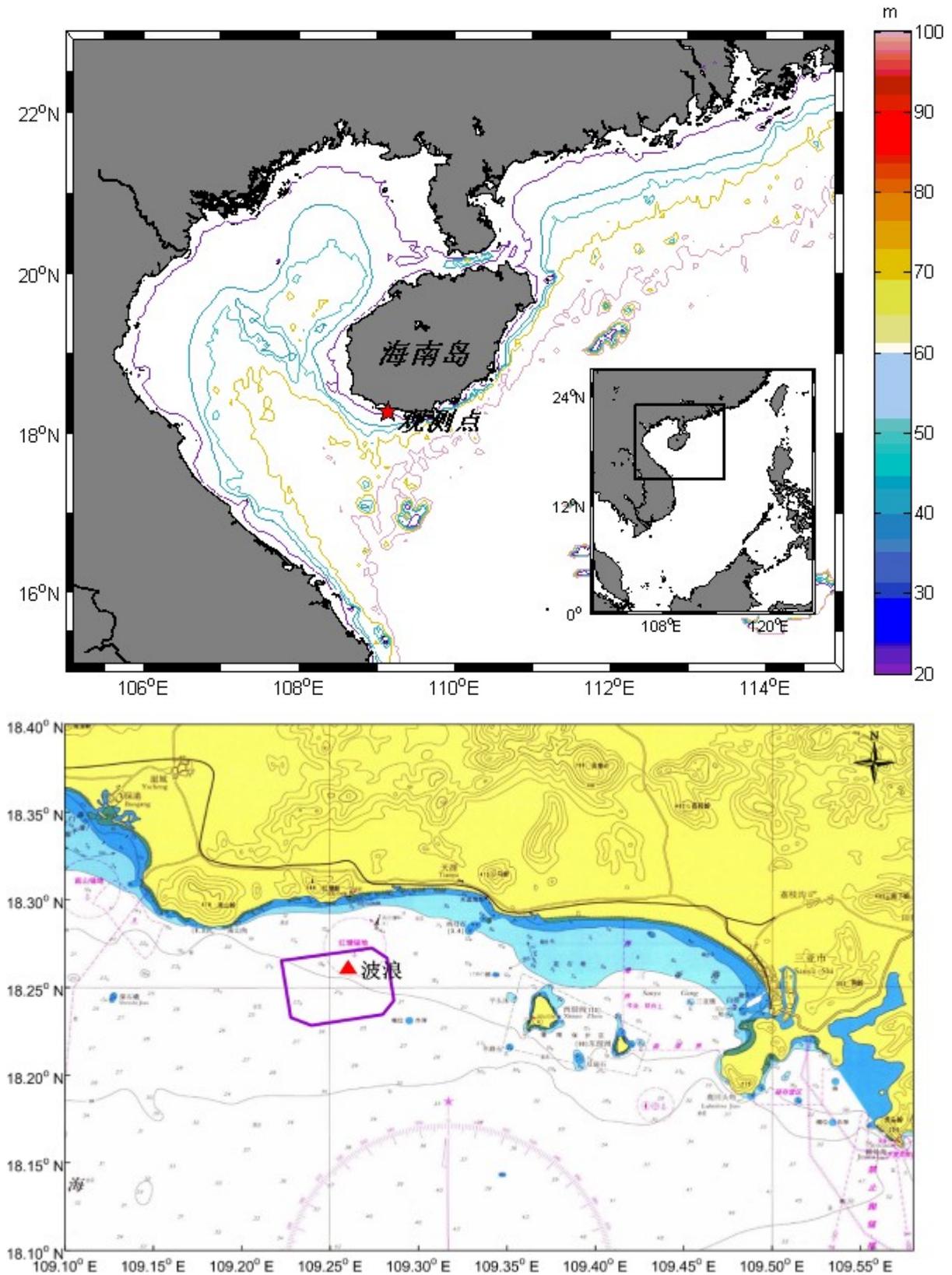


图 5.2-9 波浪观测点位示意图

(3) 波浪特征

三亚红塘湾海区处在波斯湾海域，工程海区偏 SSE 向浪出现最多，与观测点的位置和外

海波浪传入相关。具体波浪特征分析如下：

A 波高特征

在观测年中年最大波高 $H_m=4.57\text{m}$ 、最大周期 $T_m=17\text{s}$ ；年最大十分之一大波波高 $H_{1/10}=3.46\text{m}$ 、最大周期 $T_{1/10}=15\text{s}$ ；年最大有效波高 $H_s=2.84\text{m}$ 、对应的周期 $T_s=13.6\text{s}$ ；

年最大平均波高 $H_z=1.76\text{m}$ 、对应的周期 $T_z=8.89\text{s}$ ；年平均最大波高 $H_m=0.85\text{m}$ 、对应的周期 $T_m=5.61\text{s}$ ；年平均十分之一大波波高 $H_{1/10}=0.64\text{m}$ 、对应的周期 $T_{1/10}=5.49\text{s}$ ；年平均有效波高 $H_s=0.51\text{m}$ 、对应的周期 $T_s=5.17\text{s}$ ；年平均波高 $H_z=0.32\text{m}$ 、对应的周期 $T_s=3.72\text{s}$ 。波高特征逐月最大值分析见表 5.2-6 和平均值见表 5.2-7。

表 5.2-6 逐月波要素最大值

月份	H_z	T_z	H_m	T_m	$H_{1/10}$	$T_{1/10}$	H_s	T_s
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)
05/2016	0.69	5.24	1.83	9	1.34	7.25	1.07	7.01
06/2016	0.93	5.38	2.64	7.5	1.91	6.97	1.51	7.12
07/2016	1.51	5.63	4.42	15	3.15	11.12	2.45	9.17
08/2016	1.76	6.56	4.57	9.5	3.46	8.43	2.84	8.65
09/2016	1.13	7.21	3.08	17	2.45	15	1.82	12.4
10/2016	1.69	8.89	4.21	16.5	3.3	14.94	2.67	13.6
11/2016	0.68	8.08	1.83	14	1.4	12.36	1.08	12.29
12/2016	0.52	6.41	1.45	14	1.08	11.83	0.83	10.85
01/2017	0.44	5.54	1.21	13.5	0.9	11.07	0.71	9.28
02/2017	0.47	5.19	1.36	12.5	0.89	10.52	0.72	8.69
03/2017	0.45	4.39	1.11	11.5	0.84	7.86	0.68	6.44
04/2017	0.66	5.28	1.72	11	1.3	8.58	1.01	6.95
全年	1.76	8.89	4.57	17	3.46	15	2.84	13.6

表 5.2-7 逐月波要素平均值

月份	H_z	T_z	H_m	T_m	$H_{1/10}$	$T_{1/10}$	H_s	T_s
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)
05/2016	0.34	3.51	0.88	4.69	0.67	4.73	0.53	4.63
06/2016	0.41	3.79	1.09	4.92	0.82	4.96	0.66	4.91
07/2016	0.44	3.79	1.15	4.96	0.87	4.96	0.70	4.89
08/2016	0.44	4.17	1.14	5.83	0.87	5.79	0.70	5.64
09/2016	0.31	3.80	0.82	5.66	0.62	5.56	0.50	5.26
10/2016	0.31	3.74	0.80	5.75	0.61	5.67	0.49	5.33
11/2016	0.30	3.97	0.79	6.74	0.61	6.47	0.48	5.86
12/2016	0.31	4.24	0.81	7.58	0.62	7.22	0.49	6.41
01/2017	0.26	3.57	0.69	5.79	0.52	5.62	0.41	5.12
02/2017	0.24	3.33	0.64	5.93	0.48	5.51	0.38	4.92
03/2017	0.22	3.14	0.57	4.62	0.43	4.57	0.34	4.34
04/2017	0.28	3.53	0.74	4.93	0.56	4.87	0.44	4.70
全年	0.32	3.72	0.85	5.61	0.64	5.49	0.51	5.17

在观测年中年有效波高 $H_s \geq 1.0\text{m}$ 波浪的出现率为 10.93%；年有效波周期 $T_s \geq 5.0\text{s}$ 波浪的

出现率为 49.27%；年最大 1/10 部分大波平均波高 $H_{1/10} \geq 1.0\text{m}$ 波浪的出现率为 9.32%。

在观测年中， $H_4 \geq 0.6\text{m}$ 的浪，全年共出现了 3504 小时、分布在 234 天中，各月份均有出现； $H_4 \geq 0.8\text{m}$ 的浪，全年共出现了 2016 小时、分布在 151 天中，各月份均有出现； $H_4 \geq 1.0\text{m}$ 的浪，全年共出现了 956 小时、分布在 82 天中，除 1 月、2 月和 3 月份，其余各月均有出现； $H_4 \geq 1.2\text{m}$ 的浪，全年共出现了 513 小时、分布在 46 天中，除 12 月、1 月、2 月和 3 月份，其余各月份均有出现； $H_4 \geq 1.5\text{m}$ 的浪，全年共出现了 255 小时、分布在 25 天中，6 月~10 月均有出现； $H_4 \geq 2.0\text{m}$ 出现了 80 小时、分布在 10 天中，出现在 7 月~10 月。

B 波向特征

在观测年中全年最大浪的浪向为 SW；全年次最大浪的浪向为 WSW；全年常浪向为 SSE，出现率为 43.01%；全年次常浪向为 S，出现率为 29.21%；除 8 月和 10 月外，各月份的常浪向均为 SSE 向。全年 S-SE 方位间浪的出现率为 86.15%。在观测年中除 10 月份外，各月份的波浪基本上都是风浪和以风浪为主的混合浪。各向各级波浪分布频率统计见表 5.2-8 全年和各季的有效波浪玫瑰图见图 5.2-10~5.2-11。

C 台风浪

观测期间，受到影响较大台风仅有 1621 号台风莎莉嘉。台风莎莉嘉是 2016 年第 21 号强热带风暴，。2016 年 10 月 12 日，在菲律宾以东洋面上，热带扰动 93W 加强生成成为 2016 年第 21 号台风莎莉嘉。“莎莉嘉”（强台风级）的中心已于 2016 年 10 月 18 日 09 点 50 分在海南省万宁市和乐镇登陆，登陆时中心附近最大风力有 14 级（45 米/秒），中心最低气压 950 百帕。台风期间，观测点最大有效波高为 2.67m，最大有效周期为 13.6s。

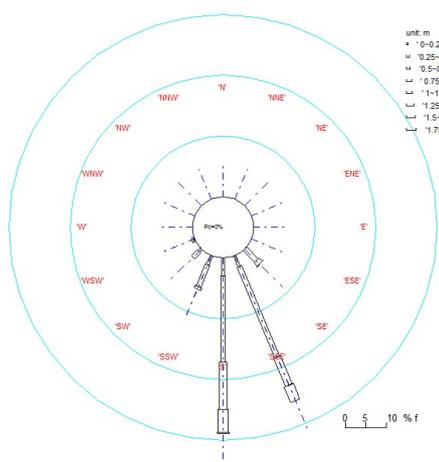


图 5.2-10a Hs 波浪玫瑰图(春季)

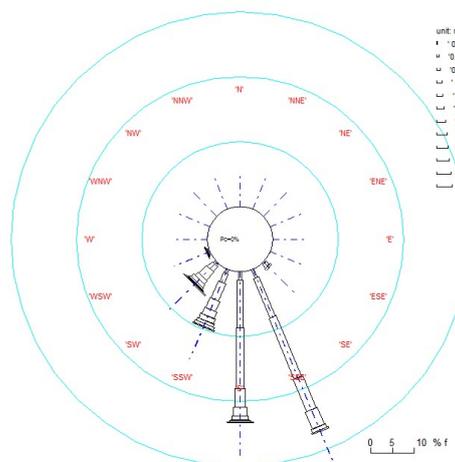


图 5.2-10b Hs 波浪玫瑰图(夏季)

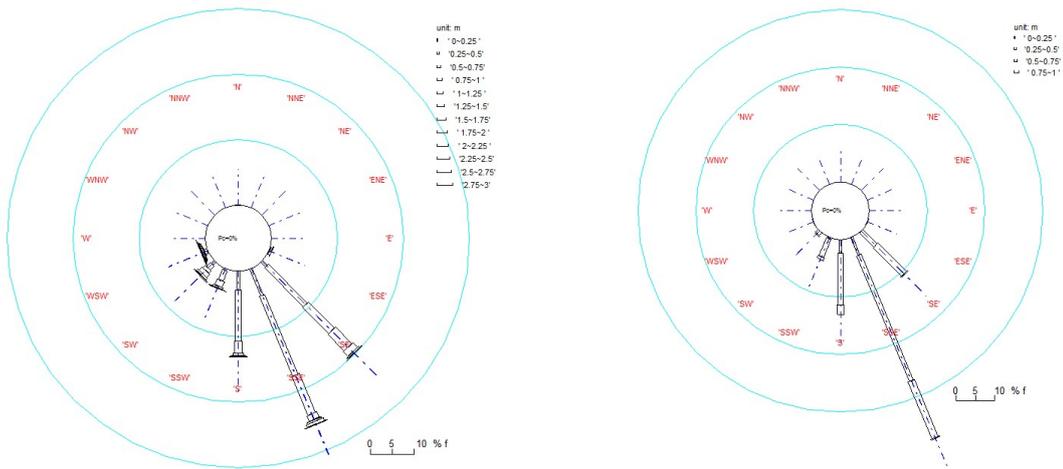


图 5.2-10c Hs 波浪玫瑰图(秋季) 图 5.2-10d Hs 波浪玫瑰图(冬季)

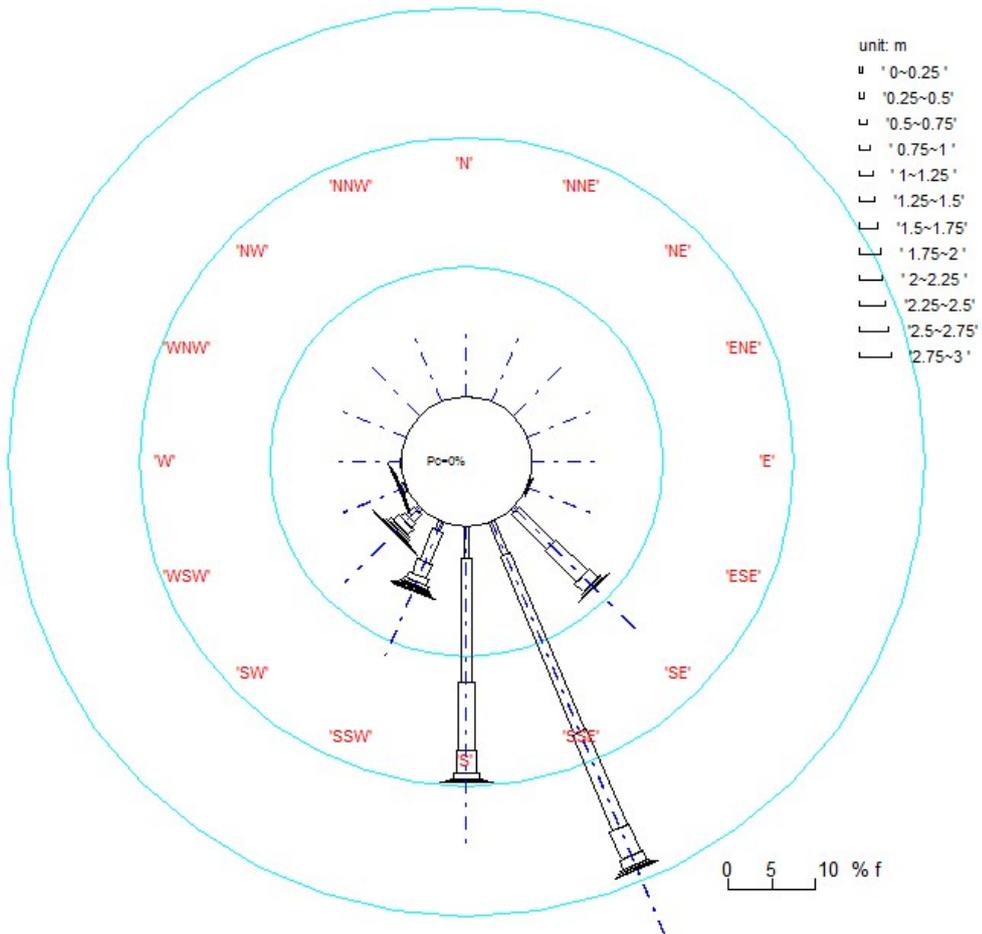


图 5.2-11 Hs 波浪玫瑰图 (2016-2017 年全年)

表 5.2-8 各向各级波浪分布频率统计表 (%)

观测海区:三亚																		
X Axis: 方向											Y Axis: Hs(m)							
Hs\Dir	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	C	total
0~0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.50	4.17	3.60	1.11	0.50	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
0.25~0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	5.68	22.12	14.33	3.91	1.20	0.37	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	47.67
0.5~0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	5.05	12.03	7.86	1.74	0.65	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.56
0.75~1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.38	3.48	2.70	0.75	0.89	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.26
1~1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.12	0.61	0.43	0.36	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93
1.25~1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.31	0.23	0.30	0.27	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24
1.5~1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.22	0.09	0.20	0.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74
1.75~2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.16	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38
2~2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
2.25~2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
2.5~2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
2.75~3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	13.11	43.50	29.54	8.66	4.12	0.82	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	100.00

数据个数: 8640

5.2.2.2.3 小结

在观测年中年有效波高 $H_s \geq 1.0\text{m}$ 波浪的出现率为 10.93%；年有效波周期 $T_s \geq 5.0\text{s}$ 波浪的出现率为 49.27%；年最大 1/10 部分大波平均波高 $H_{1/10} \geq 1.0\text{m}$ 波浪的出现率为 9.32%，全年最大浪的浪向为 SW；全年次最大浪的浪向为 WSW；全年常浪向为 SSE，出现率为 43.01%；全年次常浪向为 S，出现率为 29.21%，观测期间，影响最大的台风期间，观测点最大有效波高为 2.67m，最大有效周期为 13.6s

5.2.2.3 潮流观测

潮流观测资料引自《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告(春、夏、秋、冬、季)》(2016年5月、8月、10月、12月 中国科学院南海海洋研究所)。

5.2.2.3.1 观测站位与时间

设置 15 个潮流泥沙观测站。具体位置见图 5.2-12、站位坐标见表 5.2-9，调查时间见表 5.2-10。

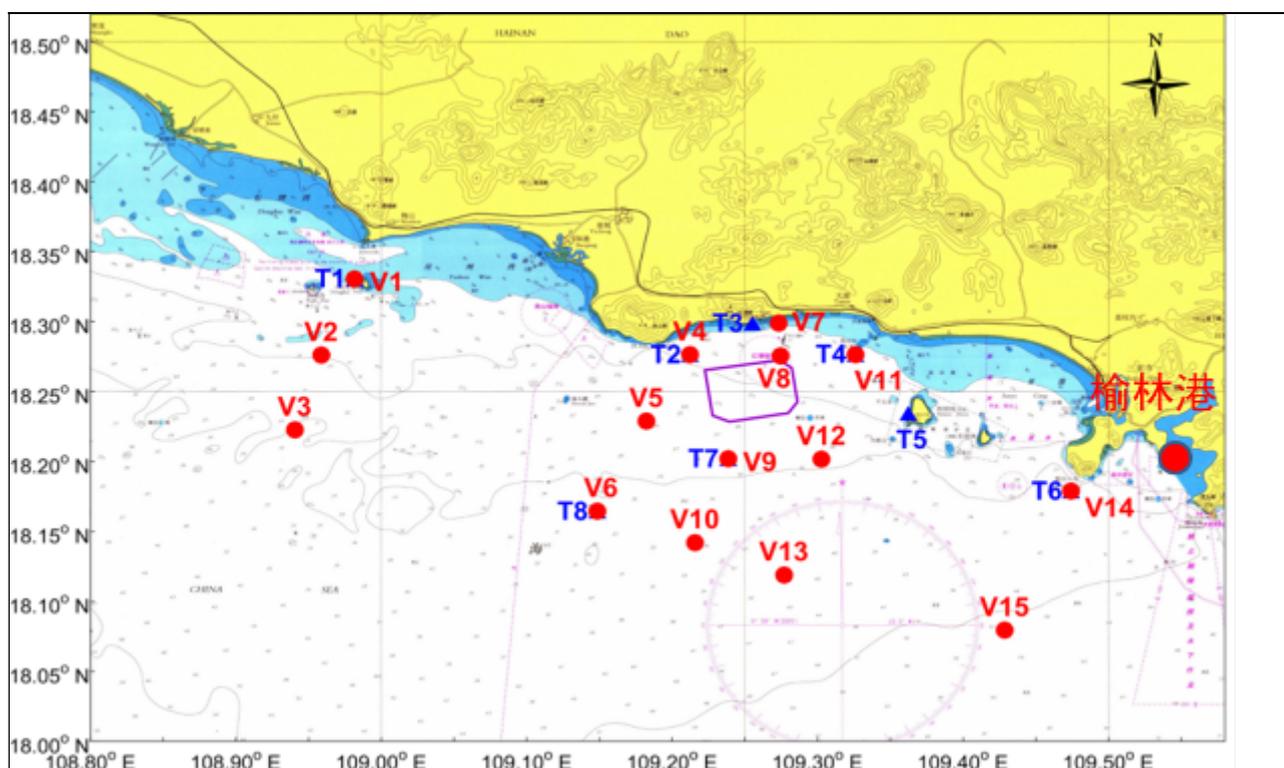


图 5.2-12 2016 年项目附近海域水文调查站位及榆林长期潮位站位图

表 5.2-9 2016 年潮流泥沙观测站位

站位	东经	北纬	站位	东经	北纬
V1	18°19.8387'N	108°58.9025'E	V9	18°12.1178'N	109°14.3040'E
V2	18°16.5603'N	108°57.5317'E	V10	18°08.5255'N	109°12.9430'E
V3	18°13.3558'N	108°56.4358'E	V11	18°16.5962'N	109°19.5640'E
V4	18°16.5822'N	109°12.7433'E	V12	18°12.1038'N	109°18.1595'E
V5	18°13.7380'N	109°10.9400'E	V13	18°07.1403'N	109°16.6183'E
V6	18°09.8642'N	109°08.9040'E	V14	18°10.7317'N	109°28.4618'E
V7	18°17.9412'N	109°16.3962'E	V15	18°04.7663'N	109°25.7178'E
V8	18°16.5378'N	109°16.4725'E			

表 5.2-10 2016 年水文观测时间

春季	大潮	2016 年 4 月 26 日 12:00~4 月 27 日 13:00
	小潮	2016 年 5 月 03 日 10:00~5 月 04 日 11:00
夏季	大潮	2016 年 8 月 19 日 12:00~8 月 20 日 13:00
	小潮	2016 年 8 月 09 日 10:00~8 月 10 日 11:00
秋季	大潮	2016 年 10 月 20 日 9:00~10 月 22 日 10:00
	小潮	2016 年 10 月 15 日 10:00~10 月 16 日 11:00
冬季	大潮	2016 年 12 月 14 日 10:00~12 月 15 日 11:00
	小潮	2016 年 12 月 09 日 12:00~12 月 10 日 13:00

5.2.2.3.2 潮流流场特征

调查海区全年大、小潮的实测海流以潮流为主，潮流运动为往复流，流向以西北-东南向为主，涨潮时流向为西北向，落潮时流向为东南向，流速随涨落潮变化而变化，一般情况下涨潮流速大于落潮流速，调查海区表、中、底层的流向比较接近，表层流速大于中、底层流速。大潮期间，退潮历时略大于涨潮历时；中潮期间，涨潮历时大于退潮历时；小潮期间，涨落潮历时大致相等。具体：

1、2016 年 4 月实测海流

各站层的流速值过程线多起伏，实测海流以潮流为主，本海区潮流运动基本为往复流，流向以西北-东南向为主，涨潮流流向西北，落潮流流向东南。各站表、中、底层的流向也比较接近。各测站流速统计值见表 5.2-11，流速矢量图见图 5.2-13。由表 5.2-11 可知：

(1) 各测站实测流速在 0.18~0.86m/s 之间，大潮落潮时段最大流速出现在 V14 站，流向 150.5°；涨潮时段最大流速出现在 V3 站，流向 280.7°；小潮落潮时段最大流速出现在 V3 站，流向 57.9°；涨潮时段最大流速出现在 V3 站，流向 308.0°，各潮期涨潮流速大于落潮流速，表层流速大于中、底层流速。

(2) 各测站平均最大流速在 0.11~0.56m/s 之间，大潮落潮时段平均最大流速出现在 V14 站，流速 0.39m/s，流向 135.9°；涨潮时段平均最大流速出现在 V3 站，流速 0.56m/s，流向 288.7°；

小潮落潮时段平均最大流速出现在 V3 站，流速 0.37m/s，流向 61.2°；涨潮时段平均最大流速出现在 V3 站，流速 0.42m/s，流向 297.9°，各潮期涨潮流速大于落潮流速，表层流速大于中、底层流速。

表 5.2-11a 各测站大潮潮段最大流速特征值统计表（单位：流速（m/s），流向（°））

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.45	79.5	表层	0.29	74.3	0.60	292.7	中层	0.32	291.4
V2	0.52	110.8	中层	0.37	81.4	0.74	275.0	表层	0.41	257.9
V3	0.60	128.3	中层	0.37	104.2	0.86	280.7	表层	0.56	288.7
V4	0.66	104.1	表层	0.33	107.6	0.75	262.8	表层	0.41	271.5
V5	0.62	110.5	中层	0.33	127.3	0.66	277.4	中层	0.40	276.7
V6	0.65	119.2	中层	0.36	120.2	0.66	301.8	表层	0.40	275.9
V7	0.29	93.9	中层	0.15	103.3	0.18	311.2	表层	0.11	301.6
V8	0.46	96.5	中层	0.32	106.9	0.50	272.5	表层	0.25	259.3
V9	0.54	97.6	中层	0.30	104.8	0.70	292.3	表层	0.37	274.6
V10	0.56	110.5	中层	0.34	120.7	0.61	296.7	表层	0.39	276.6
V11	0.44	124.8	中层	0.25	115.3	0.40	269.1	表层	0.18	262.0
V12	0.52	98.4	中层	0.29	110.2	0.66	293.2	表层	0.36	276.1
V13	0.48	105.1	中层	0.30	116.3	0.64	297.2	表层	0.37	287.7
V14	0.70	150.5	表层	0.39	135.9	0.66	270.4	表层	0.41	279.5
V15	0.56	88.3	表层	0.30	95.6	0.59	308.3	表层	0.42	304.0

表 5.2-11b 各测站小潮潮段最大流速特征值统计表（单位：流速（m/s），流向（°））

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.49	84.3	表层	0.24	86.7	0.36	295.4	表层	0.25	288.8
V2	0.53	65.9	表层	0.33	74.9	0.59	300.3	表层	0.40	290.8
V3	0.56	57.9	表层	0.37	61.2	0.65	308.0	表层	0.42	297.9
V4	0.48	89.4	表层	0.30	92.0	0.44	273.5	中层	0.27	290.1
V5	0.44	86.7	表层	0.30	90.9	0.41	320.9	表层	0.30	282.1
V6	0.45	106.3	表层	0.31	92.5	0.43	341.8	表层	0.34	301.6
V7	0.22	44.5	底层	0.13	111.0	0.24	213.3	底层	0.09	264.3
V8	0.35	90.1	中层	0.21	118.5	0.38	280.8	表层	0.25	260.0
V9	0.50	88.4	表层	0.31	71.5	0.42	276.0	中层	0.26	293.5
V10	0.47	87.2	表层	0.33	73.7	0.40	325.7	表层	0.29	305.9
V11	0.30	78.7	中层	0.18	111.8	0.31	273.8	中层	0.18	277.5
V12	0.49	82.9	表层	0.32	68.1	0.39	281.1	中层	0.25	296.0
V13	0.50	67.7	表层	0.34	60.2	0.38	317.3	表层	0.25	322.3
V14	0.50	118.6	表层	0.32	105.9	0.40	321.5	中层	0.23	298.6
V15	0.40	82.1	表层	0.21	69.5	0.35	276.7	中层	0.23	265.6

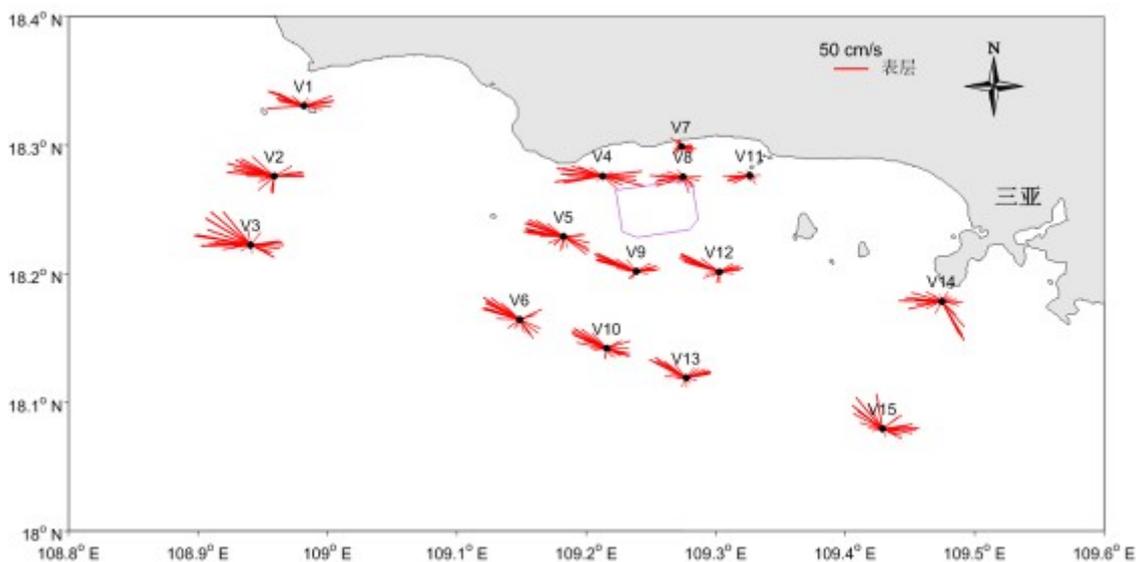


图 5.2-13a 春季大潮流速矢量图图(表层)

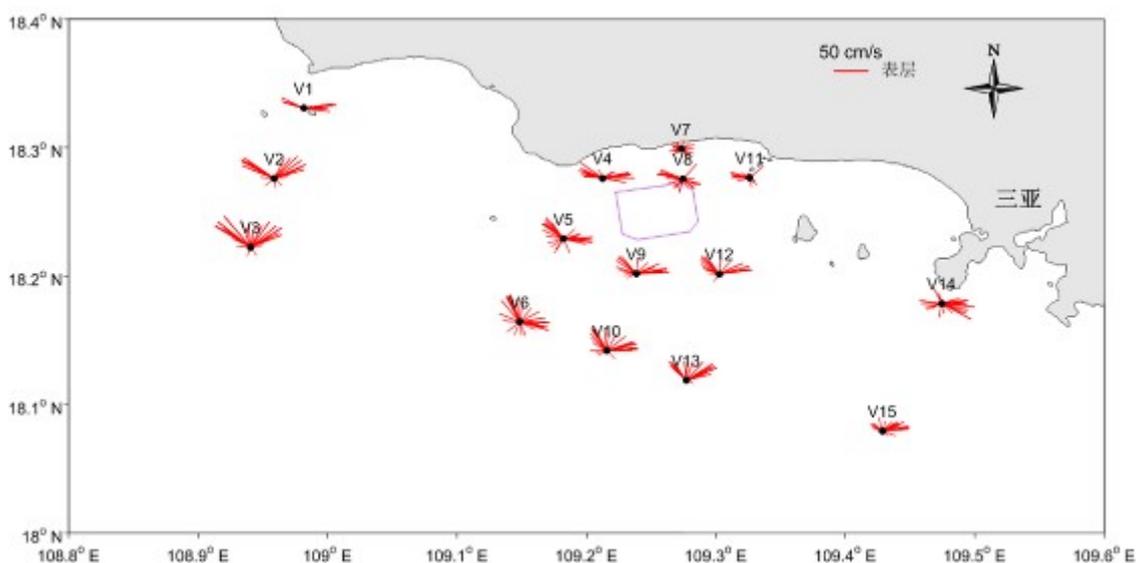


图 5.2-13b 春季小潮流速矢量图图(表层)

2、2016 年 8 月实测海流

各站层的流速值过程线多起伏，实测海流以潮流为主，本海区潮流运动基本为往复流，流向以西北-东南向为主，涨潮流流向西北，落潮流流向东南。流速随涨落潮变化而变化，各站表、中、底层的流向也比较接近。各测站流速统计值见表 5.2-12，流速矢量图见图 5.2-14。由表 5.2-12 可知：

(1) 各测站实测最大流速在 0.21~1.38m/s 之间，大潮落潮时段最大流速出现在 V4 站，流速 0.84m/s，流向 81.4°；涨潮时段最大流速出现在 V3 站，流速 1.38m/s，流向 262.3°；小潮落潮时段最大流速出现在 V3 站，流速 0.57m/s，流向 137.6°；涨潮时段最大流速出现在 V14

站，流速 0.39m/s，流向 222.5°，各潮期涨潮流速大于落潮流速，表层流速大于中、底层流速。

(2) 各测站平均最大流速在 0.13~0.71m/s 之间，大潮落潮时段平均最大流速出现在 V3 站，流速 0.57m/s，流向 129.2°；涨潮时段平均最大流速出现在 V3 站，流速 0.71m/s，流向 270.4°；小潮落潮时段平均最大流速出现在 V3 站，流速 0.33m/s，流向 144.8°；涨潮时段平均最大流速出现在 V14 站，流速 0.20m/s，流向 254.0°，各潮期涨潮流速大于落潮流速，表层流速大于中、底层流速。

表 5.2-12a 各测站大潮潮段最大流速特征值统计表（单位：流速（m/s），流向（°））

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.72	106.4	中层	0.39	101.4	0.52	258.2	表层	0.32	261.5
V2	0.74	121.2	表层	0.54	124.3	1.22	258.0	中层	0.63	268.7
V3	0.78	117.6	中层	0.57	129.2	1.38	262.3	中层	0.71	270.4
V4	0.84	81.4	表层	0.41	79.0	0.90	285.7	表层	0.48	270.1
V5	0.76	90.3	中层	0.45	96.6	0.95	278.4	表层	0.59	274.6
V6	0.77	99.8	中层	0.51	108.7	1.03	283.9	表层	0.64	275.2
V7	0.60	93.8	表层	0.37	103.1	0.61	282.8	表层	0.39	279.2
V8	0.56	97.4	表层	0.36	101.8	0.69	288.5	表层	0.41	288.5
V9	0.65	102.6	中层	0.42	108.6	0.82	292.9	中层	0.49	273.2
V10	0.68	107.8	中层	0.44	116.5	0.85	296.6	中层	0.54	283.4
V11	0.52	118.8	中层	0.32	120.5	0.60	297.7	表层	0.35	296.0
V12	0.64	104.3	中层	0.40	114.1	0.80	294.8	中层	0.49	283.6
V13	0.63	111.6	表层	0.40	109.2	0.77	304.6	中层	0.46	270.7
V14	0.40	42.3	表层	0.23	85.0	0.57	231.3	表层	0.39	256.8
V15	0.65	70.7	表层	0.48	78.3	0.84	275.5	中层	0.57	264.4

表 5.2-12b 各测站小潮潮段最大流速特征值统计表（单位：流速（m/s），流向（°））

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.46	104.8	表层	0.22	104.0	0.30	283.5	中层	0.17	263.0
V2	0.54	130.1	表层	0.32	137.9	0.34	201.1	表层	0.16	214.8
V3	0.57	137.6	表层	0.33	144.8	0.22	281.6	中层	0.13	271.5
V4	0.39	80.6	表层	0.19	100.2	0.28	287.5	表层	0.14	258.1
V5	0.39	86.8	表层	0.21	112.4	0.24	281.4	表层	0.16	257.7
V6	0.42	86.0	表层	0.25	108.8	0.25	293.8	底层	0.15	260.9
V7	0.27	107.6	表层	0.16	111.3	0.29	262.0	中层	0.15	286.4
V8	0.31	102.5	表层	0.18	114.6	0.21	245.4	底层	0.13	268.9
V9	0.41	103.1	表层	0.26	119.8	0.26	267.8	中层	0.17	250.6
V10	0.43	102.8	表层	0.26	123.9	0.24	275.1	中层	0.17	254.8
V11	0.29	109.7	表层	0.17	109.8	0.24	252.4	底层	0.13	289.0
V12	0.42	106.8	表层	0.24	120.8	0.27	269.8	中层	0.18	256.0
V13	0.44	121.2	表层	0.25	125.7	0.32	282.1	中层	0.19	267.3
V14	0.38	64.5	表层	0.16	55.2	0.39	222.5	底层	0.20	254.0
V15	0.45	132.3	表层	0.26	98.0	0.31	301.4	表层	0.18	244.7

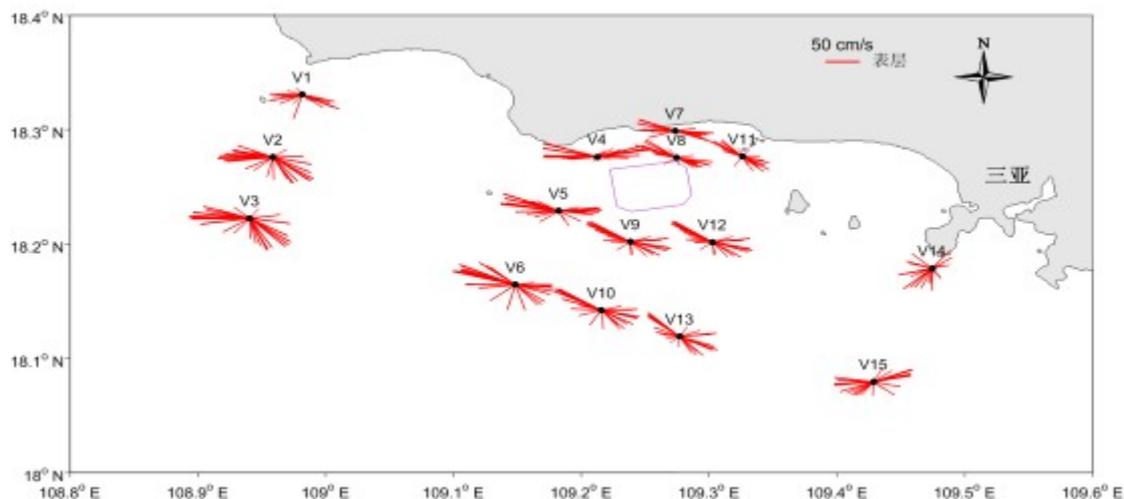


图 5.2-14a 夏季大潮流速矢量图图(表层)

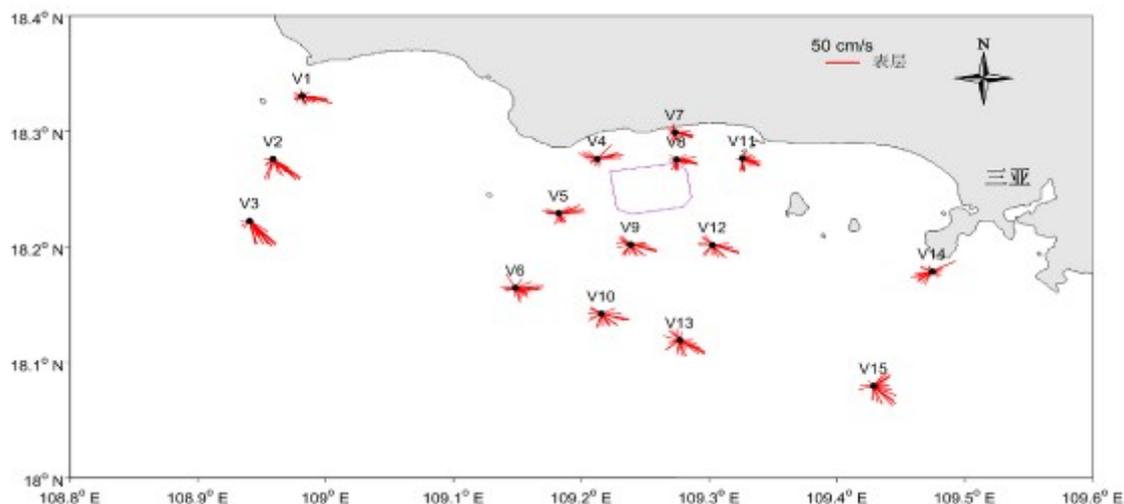


图 5.2-14b 夏季小潮流速矢量图图(表层)

3、2016 年 10 月实测海流

各站层的流速值过程线多起伏，实测海流以潮流为主，本海区潮流运动基本为往复流，流向以西北-东南向为主，涨潮流流向西北，落潮流流向东南。流速随涨落潮变化而变化，各站表、中、底层的流向也比较接近。各测站流速统计值见表 5.2-13，流速矢量图见图 5.2-15。由表 5.2-13 可知：

(1) 各测站实测最大流速在 0.25~1.09m/s 之间，大潮落潮时最大流速出现在 V4 站，流速 0.79m/s，流向 69.1°，涨潮时最大流速出现在 V3 站，流速 1.09m/s，流向 287.5°；小潮落潮最大流速出现在 V15 站，流速 0.69m/s，流向 250.8°，涨潮时最大流速出现在 V15 站，流速 0.6m/s，流向 249.5°，各潮期涨潮流速大于落潮流速，表层流速大于中、底层流速。

(2) 各站最大平均流速在 0.11~0.66m/s 之间，大潮落潮时平均最大流速 V3 站，流速

0.48m/s, 流向 122.4°; 涨潮时平均最大流速 V3 站, 流速 0.66m/s, 流向 278.4°; 小潮落潮时平均最大流速出现在 V15 站, 流速 0.52m/s, 流向 252.9°; 涨潮时平均最大流速出现在 V15 站, 流速 0.47m/s, 流向 247.7°, 各潮期涨潮流速大于落潮流速, 表层流速大于中、底层流速。

表 5.2-13a 各测站大潮潮段最大流速特征值统计表 (单位: 流速 (m/s), 流向 (°))

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测层	流速	流向	流速	流向	测层	流速	流向
V1	0.65	99.6	表层	0.46	109.7	0.66	250.8	表层	0.36	279.6
V2	0.70	111.1	表层	0.48	130.5	0.98	280.3	表层	0.58	261.7
V3	0.74	114.7	表层	0.48	122.4	1.09	287.5	表层	0.66	278.4
V4	0.79	69.1	表层	0.39	82.6	0.84	274.3	表层	0.40	281.8
V5	0.65	85.0	表层	0.38	101.1	0.83	283.8	表层	0.45	268.9
V6	0.58	105.0	中层	0.36	108.1	0.88	294.5	表层	0.52	274.9
V7	0.63	107.7	表层	0.34	125.5	0.57	266.1	表层	0.34	277.4
V8	0.58	96.6	表层	0.31	117.3	0.57	277.7	表层	0.30	257.2
V9	0.57	96.2	中层	0.29	93.7	0.80	295.0	表层	0.46	292.5
V10	0.55	104.2	中层	0.30	99.0	0.82	298.7	表层	0.48	287.3
V11	0.49	108.9	表层	0.27	121.3	0.46	279.7	表层	0.26	264.2
V12	0.55	97.8	中层	0.28	90.9	0.79	296.8	表层	0.45	295.6
V13	0.51	102.8	中层	0.25	109.2	0.80	296.9	中层	0.44	287.2
V14	0.57	64.7	中层	0.30	63.8	0.53	215.5	表层	0.33	237.9
V15	0.50	85.2	中层	0.30	70.3	0.66	292.0	中层	0.35	296.8

表 5.2-13b 各测站小潮潮段最大流速特征值统计表 (单位: 流速 (m/s), 流向 (°))

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.36	84.5	表层	0.20	108.5	0.24	317.6	表层	0.14	281.2
V2	0.32	105.7	中层	0.16	114.8	0.49	290.6	中层	0.28	289.9
V3	0.34	80.4	中层	0.17	105.9	0.55	294.8	中层	0.30	299.7
V4	0.33	93.7	中层	0.19	89.2	0.25	282.6	表层	0.16	267.2
V5	0.32	105.8	表层	0.18	133.1	0.40	290.5	表层	0.21	255.9
V6	0.32	112.4	表层	0.21	133.1	0.53	297.0	表层	0.23	250.9
V7	0.25	73.4	中层	0.14	91.1	0.31	275.6	表层	0.13	274.9
V8	0.53	97.9	中层	0.29	100.7	0.54	280.4	表层	0.29	271.5
V9	0.31	104.1	表层	0.21	112.3	0.37	276.6	表层	0.20	238.3
V10	0.31	107.7	表层	0.23	103.4	0.41	277.5	表层	0.21	242.9
V11	0.20	41.7	底层	0.11	126.6	0.28	272.8	表层	0.08	242.6
V12	0.31	103.8	表层	0.21	110.9	0.39	277.4	表层	0.20	244.5
V13	0.33	102.1	中层	0.20	96.9	0.45	280.3	表层	0.21	270.2
V14	0.50	114.5	表层	0.28	124.4	0.30	303.8	底层	0.19	240.6
V15	0.69	250.8	表层	0.52	252.9	0.60	249.5	表层	0.47	247.7

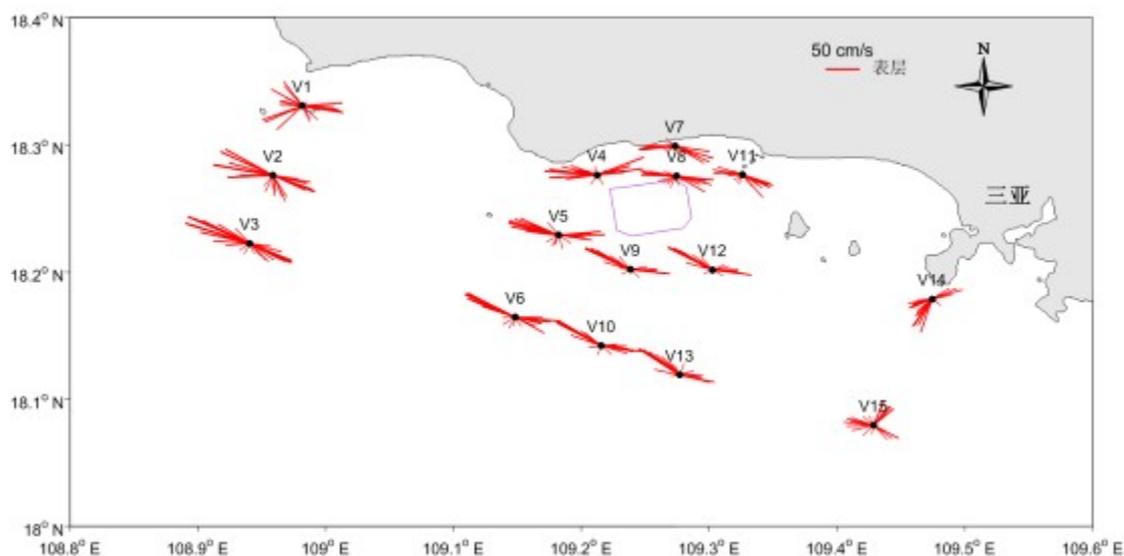


图 5.2-15a 秋季大潮流速矢量图图(表层)

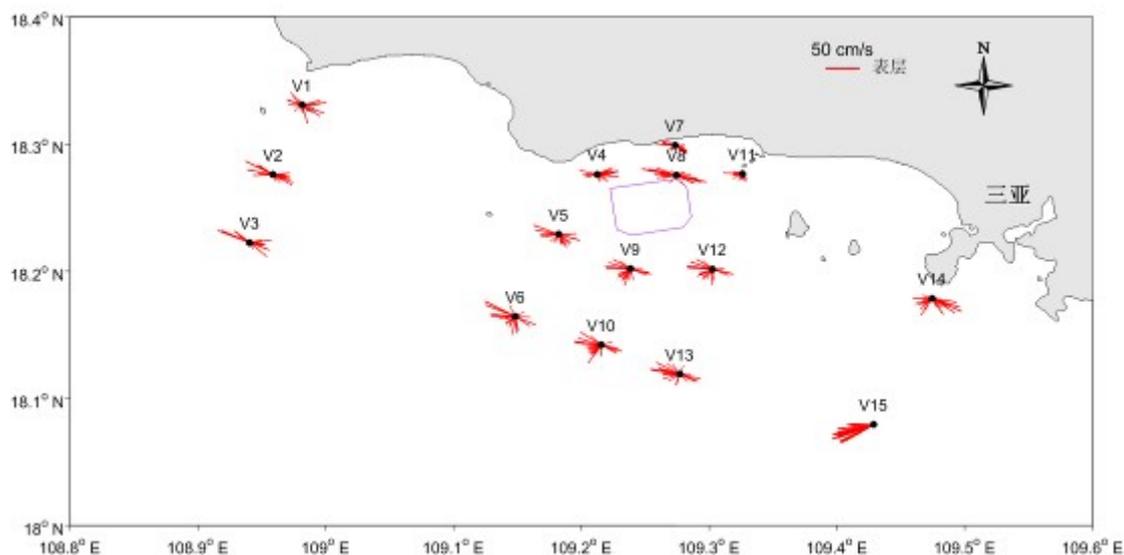


图 5.2-15b 秋季小潮流速矢量图图(表层)

4、2016 年 12 月实测海流

各站层的流速值过程线多起伏，实测海流以潮流为主，本海区潮流运动基本为往复流，流向以西北-东南向为主，涨潮流流向西北，落潮流流向东南。各站表、中、底层的流向也比较接近。各测站流速统计值见表 5.2-14，流速矢量图见图 5.2-16。由表 5.2-14 可知：

(1) 各测站实测最大流速在 0.12~1.06m/s 之间，大潮落潮时段最大流速出现在 V3 站，流速 1.06m/s，流向 112°；涨潮时段最大流速出现在 V3 站，流速 1.03m/s，流向 294.4°；小潮落潮时段最大流速出现在 V14 站，流速 0.58m/s，流向 131.2°；涨潮时段最大流速出现在 V14 站，流速 0.28m/s，流向 268.8°，各潮期涨潮流速大于落潮流速，表层流速大于中、底层流速。

(2) 各测站平均最大流速在 0.07~0.67m/s 之间，大潮落潮时段平均最大流速出现在 V3

站,流速 0.59m/s,流向 110.8°;涨潮时段平均最大流速出现在 V3 站,流速 0.67m/s,流向 294.5°;小潮落潮时段平均最大流速出现在 V3 站,流速 0.33m/s,流向 102.8°;涨潮时段平均最大流速出现在 V14 站,流速 0.17m/s,流向 282°,各潮期涨潮流速大于落潮流速,表层流速大于中、底层流速。

表 5.2-14a 各测站大潮潮段最大流速特征值统计表 (单位: 流速 (m/s), 流向 (°))

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测层	流速	流向	流速	流向	测层	流速	流向
V1	0.66	121.1	表层	0.36	101.6	0.38	305.9	表层	0.21	273
V2	0.97	109.1	表层	0.56	113	0.89	283.3	表层	0.54	280.7
V3	1.06	112	表层	0.59	110.8	1.03	294.4	表层	0.67	294.5
V4	0.79	87.6	表层	0.47	90.3	0.69	277.9	表层	0.39	271.2
V5	0.82	103.3	表层	0.52	97.6	0.74	282.1	中层	0.43	279.9
V6	0.85	116.1	表层	0.54	113.1	0.81	288	中层	0.50	288.8
V7	0.60	98	表层	0.25	94.4	0.19	326.3	中层	0.04	294.6
V8	0.72	110	表层	0.36	97.2	0.58	275.9	表层	0.38	273.1
V9	0.85	102.7	表层	0.46	108.9	0.72	288.6	表层	0.45	285
V10	0.86	109.2	表层	0.50	111.5	0.76	292	中层	0.47	289.6
V11	0.72	104.3	表层	0.36	101.8	0.47	280.4	表层	0.26	290.9
V12	0.85	102.6	表层	0.47	107	0.72	289.8	表层	0.45	285.9
V13	0.87	102.2	表层	0.46	108.9	0.72	293.9	表层	0.44	289.5
V14	0.82	157.4	中层	0.42	130.9	0.74	281.6	中层	0.44	280.1
V15	0.44	113.8	中层	0.29	134.4	0.61	278.5	表层	0.34	263.9

表 5.2-14b 各测站小潮潮段最大流速特征值统计表 (单位: 流速 (m/s), 流向 (°))

项目测点	落 潮					涨 潮				
	实测最大			平均最大		实测最大			平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.41	111.9	表层	0.24	115.7	0.21	270.7	表层	0.11	285.5
V2	0.54	105.9	表层	0.28	109.6	0.21	294.1	表层	0.15	300
V3	0.57	104.8	表层	0.33	102.8	0.21	300	表层	0.14	304.2
V4	0.46	85.2	表层	0.22	86.7	0.22	285.3	表层	0.13	282.4
V5	0.48	98	表层	0.27	100.3	0.19	291.4	表层	0.11	275.6
V6	0.50	108.5	表层	0.27	112.1	0.19	296	表层	0.12	290.2
V7	0.34	109.3	表层	0.15	100.7	0.15	350.3	中层	0.07	319.8
V8	0.45	73.6	表层	0.27	85.6	0.20	236.6	表层	0.13	250.6
V9	0.46	100.4	表层	0.23	108.9	0.17	289.3	表层	0.11	290
V10	0.47	105.4	表层	0.25	113.7	0.17	291.9	表层	0.11	293.6
V11	0.35	95.5	表层	0.20	99.6	0.18	284.6	表层	0.10	302.4
V12	0.46	100.8	表层	0.21	111.2	0.16	288.9	表层	0.11	298.9
V13	0.44	102.1	表层	0.19	114.7	0.25	340	底层	0.13	333.6
V14	0.58	131.2	中层	0.21	106.5	0.28	268.8	中层	0.17	282
V15	0.41	98.3	中层	0.20	105.3	0.12	293.9	表层	0.07	253.8

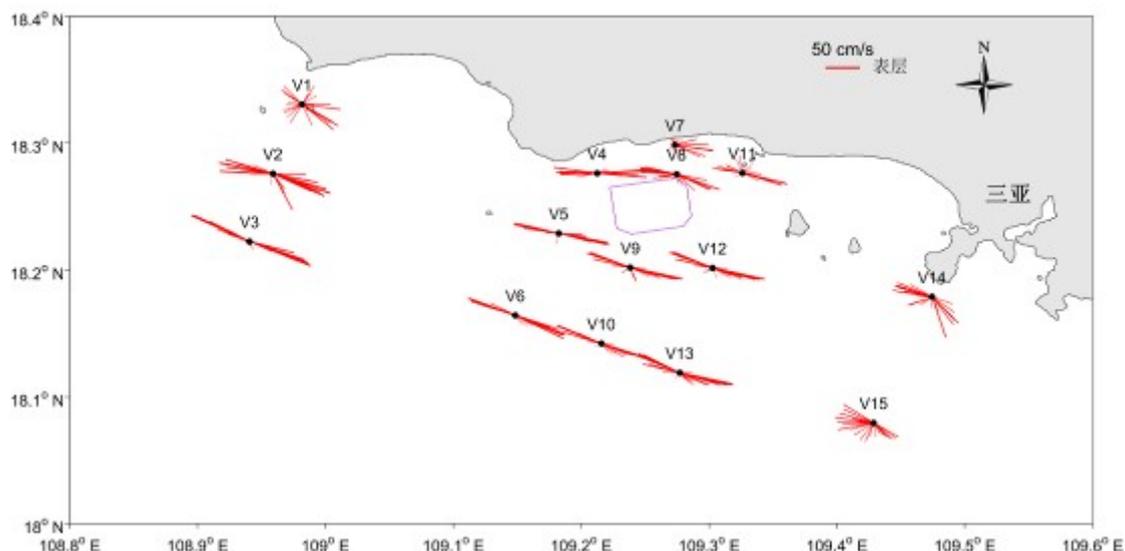


图 5.2-16a 冬季大潮流速矢量图图(表层)

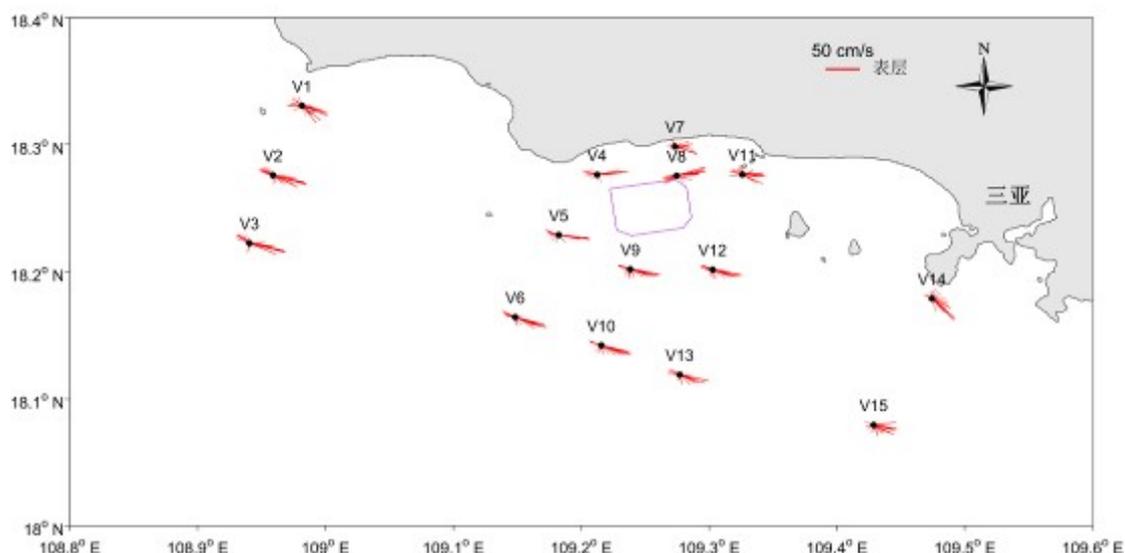


图 5.2-16b 冬季小潮流速矢量图图(表层)

5.2.2.3.3 潮流性质分析

在我国通常采用主要分潮流的椭圆长半轴之比 F 作为划分潮流性质的依据，表 5.2-15 列出了 15 个测站各层表征潮流性质的特征值 $F[F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}]$ ，式中 W 为分潮流椭圆长半轴。潮流性质在各季节各站层主要表现为规则日潮流，部分站层表现为不规则日潮流。所以，调查海区的潮流性质是混合潮流，以规则日潮流为主。主要分潮流最大流速的方向（即潮流椭圆长半轴的方向）主要表现为西北-东南向，基本上反映了外海潮波向三亚红塘湾附近海域传播的方向。

表 5.2-15 三亚红塘湾附近海域各测流站潮流性质的特征值 F

站位	测层	2016年4月		2016年8月		2016年10月		2016年12月	
		特征值 F	潮型	特征值 F	潮型	特征值 F	潮型	特征值 F	潮型
V1	表层	4.6	规则日潮流	10.2	规则日潮流	7.9	规则日潮流	6.5	规则日潮流
	中层	5.3	规则日潮流	5.7	规则日潮流	5.8	规则日潮流	5.1	规则日潮流
	底层	5.2	规则日潮流	5.9	规则日潮流	5.5	规则日潮流	5.3	规则日潮流
V2	表层	8.4	规则日潮流	10.0	规则日潮流	8.8	规则日潮流	7.6	规则日潮流
	中层	6.7	规则日潮流	6.2	规则日潮流	6.7	规则日潮流	6.3	规则日潮流
	底层	5.6	规则日潮流	5.9	规则日潮流	6.8	规则日潮流	6.3	规则日潮流
V3	表层	16.1	规则日潮流	11.5	规则日潮流	9.7	规则日潮流	8.4	规则日潮流
	中层	7.8	规则日潮流	6.3	规则日潮流	6.9	规则日潮流	6.7	规则日潮流
	底层	5.2	规则日潮流	6.0	规则日潮流	7.2	规则日潮流	6.4	规则日潮流
V4	表层	11.4	规则日潮流	11.1	规则日潮流	8.9	规则日潮流	7.7	规则日潮流
	中层	5.2	规则日潮流	6.7	规则日潮流	6.7	规则日潮流	6.3	规则日潮流
	底层	3.7	不规则日潮流	4.7	规则日潮流	5.5	规则日潮流	5.3	规则日潮流
V5	表层	10.0	规则日潮流	9.8	规则日潮流	8.5	规则日潮流	7.7	规则日潮流
	中层	6.1	规则日潮流	7.0	规则日潮流	6.8	规则日潮流	6.4	规则日潮流
	底层	6.3	规则日潮流	5.7	规则日潮流	5.6	规则日潮流	5.4	规则日潮流
V6	表层	9.2	规则日潮流	8.5	规则日潮流	8.1	规则日潮流	7.7	规则日潮流
	中层	6.8	规则日潮流	7.8	规则日潮流	7.1	规则日潮流	6.5	规则日潮流
	底层	5.5	规则日潮流	5.7	规则日潮流	5.3	规则日潮流	5.2	规则日潮流
V7	表层	5.3	规则日潮流	10.1	规则日潮流	7.8	规则日潮流	5.6	规则日潮流
	中层	4.6	规则日潮流	4.8	规则日潮流	5.8	规则日潮流	4.7	规则日潮流
	底层	5.3	规则日潮流	4.7	规则日潮流	5.6	规则日潮流	4.2	规则日潮流
V8	表层	6.7	规则日潮流	8.4	规则日潮流	9.4	规则日潮流	9.4	规则日潮流
	中层	5.3	规则日潮流	7.1	规则日潮流	9.5	规则日潮流	7.0	规则日潮流
	底层	4.9	规则日潮流	5.4	规则日潮流	8.6	规则日潮流	6.5	规则日潮流
V9	表层	12.9	规则日潮流	12.0	规则日潮流	9.6	规则日潮流	8.1	规则日潮流
	中层	8.6	规则日潮流	8.1	规则日潮流	7.3	规则日潮流	6.7	规则日潮流

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

	底层	5.3	规则日潮流	5.4	规则日潮流	5.4	规则日潮流	5.4	规则日潮流
V10	表层	9.9	规则日潮流	9.0	规则日潮流	8.7	规则日潮流	7.9	规则日潮流
	中层	7.6	规则日潮流	8.0	规则日潮流	7.2	规则日潮流	6.6	规则日潮流
	底层	8.6	规则日潮流	6.1	规则日潮流	5.6	规则日潮流	5.6	规则日潮流
	表层	9.0	规则日潮流	7.3	规则日潮流	7.7	规则日潮流	6.8	规则日潮流
V11	中层	6.3	规则日潮流	6.8	规则日潮流	6.7	规则日潮流	6.4	规则日潮流
	底层	5.7	规则日潮流	6.2	规则日潮流	6.3	规则日潮流	6.3	规则日潮流
	表层	12.2	规则日潮流	12.1	规则日潮流	9.9	规则日潮流	8.3	规则日潮流
V12	中层	8.4	规则日潮流	8.1	规则日潮流	7.3	规则日潮流	6.7	规则日潮流
	底层	5.5	规则日潮流	5.7	规则日潮流	5.5	规则日潮流	5.6	规则日潮流
	表层	10.4	规则日潮流	11.6	规则日潮流	9.2	规则日潮流	7.6	规则日潮流
V13	中层	7.6	规则日潮流	7.8	规则日潮流	7.0	规则日潮流	6.4	规则日潮流
	底层	6.1	规则日潮流	6.0	规则日潮流	5.6	规则日潮流	5.5	规则日潮流
	表层	5.3	规则日潮流	6.6	规则日潮流	3.7	不规则日潮流	4.5	不规则日潮流
V14	中层	6.0	规则日潮流	8.4	规则日潮流	5.7	规则日潮流	5.5	规则日潮流
	底层	5.0	规则日潮流	5.5	规则日潮流	4.1	规则日潮流	4.4	规则日潮流
	表层	5.6	规则日潮流	6.5	规则日潮流	7.0	规则日潮流	6.4	规则日潮流
V15	中层	9.9	规则日潮流	7.2	规则日潮流	7.3	规则日潮流	6.3	规则日潮流
	底层	9.1	规则日潮流	7.6	规则日潮流	7.6	规则日潮流	6.2	规则日潮流

5.2.2.3.4 余流分析

表 5.2-20 为春季、夏季、秋季和冬季大、小潮期间各测站的余流流速、流向表，图 5.2-17~5.2-20 分别各个季节的各站位余流分布图。

1、2016 年 4 月

由表可知，大潮余流量值介于 0.4~18.5cm/s 之间，最大余流出现在 V9 站表层，为 18.5 cm/s，方向 296.9°；最小余流出现在 V3 站底层，为 0.4cm/s，方向 44.4°。小潮余流量值介于 0.2~20.8cm/s 之间，最大余流出现在 V3 站表层，为 20.8cm/s，方向 3.6°；最小余流出现在 V7 站表层，为 0.2cm/s，方向 331.9°。

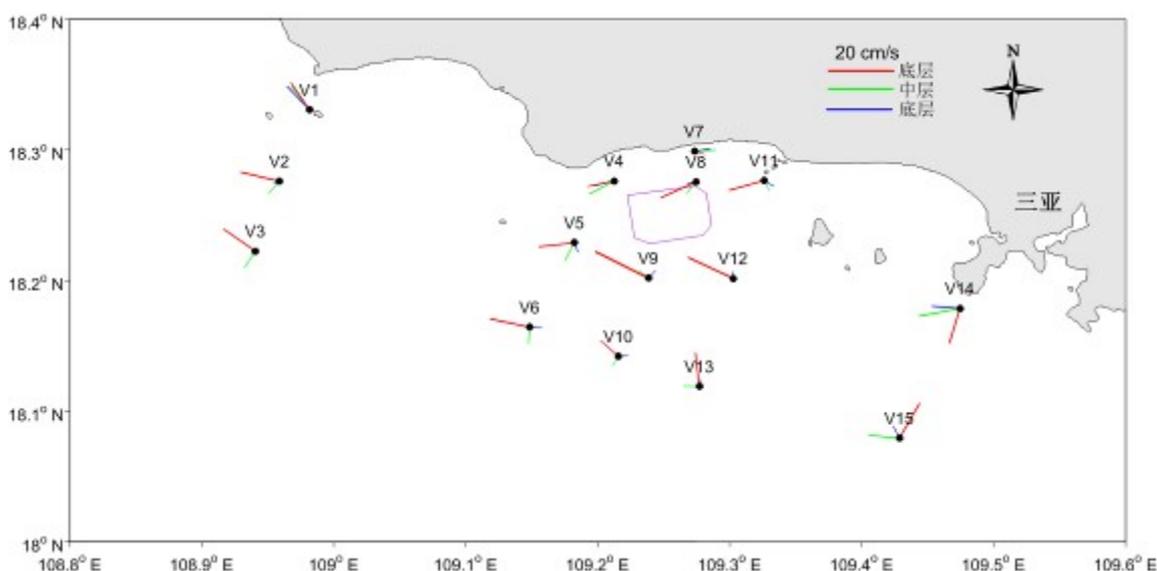


图 5.2-17a 春季大潮期各站余流分布图

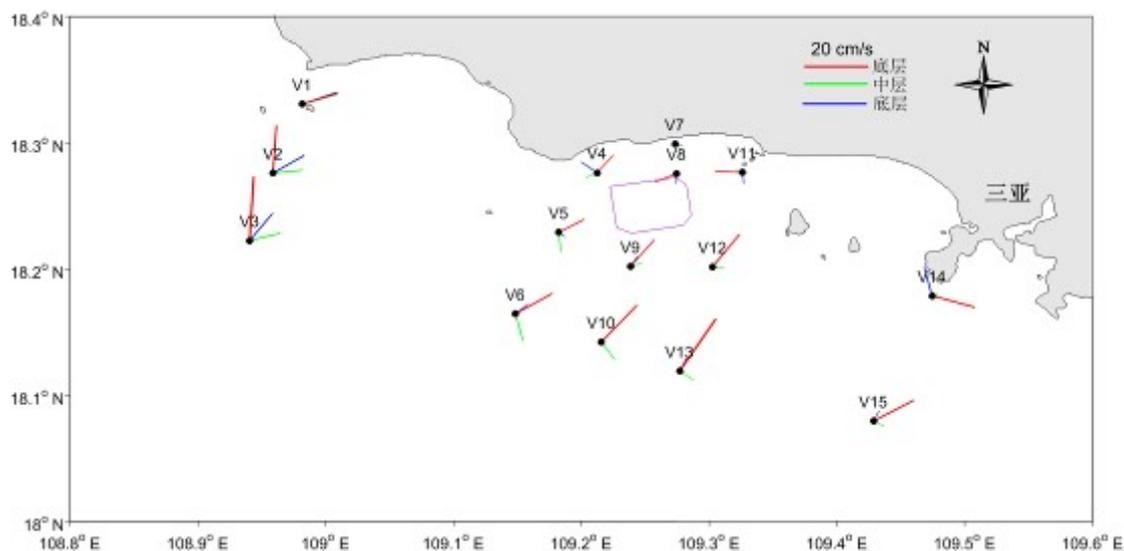


图 5.2-17b 春季小潮期各站余流分布图

2、2016年8月

由表可知,大潮余流量值介于 1.1~21.7cm/s 之间,最大余流出现在 V3 站表层,为 21.7cm/s,方向 216.9°; 最小余流出现在 V9 站中层,为 1.1cm/s,方向 207.4°。小潮余流量值介于 1.3~30.0cm/s 之间,最大余流出现在 V3 站表层,为 30.0cm/s,方向 144.3°; 最小余流出现在 V8 站底层,为 1.3cm/s,方向 241.9°。

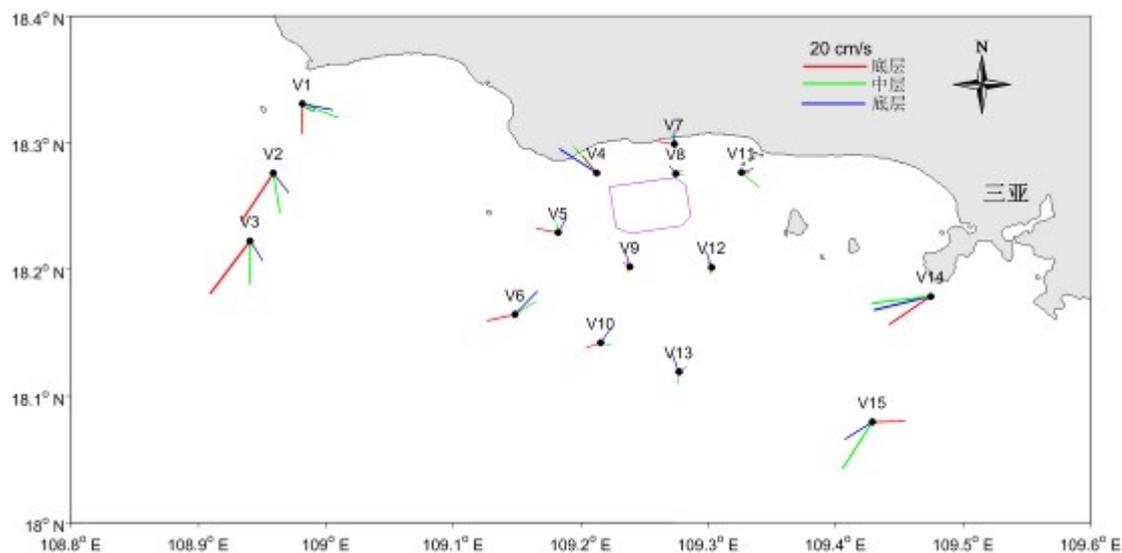


图 5.2-18a 夏季大潮期各站余流分布图

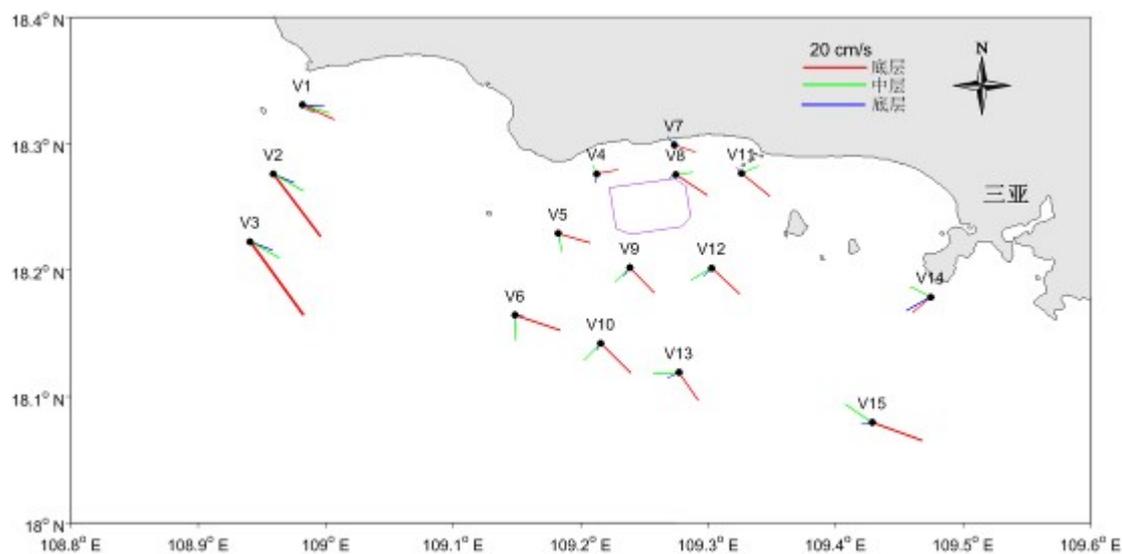


图 5.2-18b 夏季小潮期各站余流分布图

3、2016年10月

由表可知,大潮余流量值介于 0.1~18.4cm/s 之间,最大余流出现在 V14 站表层,为 18.4cm/s,方向 224.3°; 最小余流出现在 V1 站底层,为 0.1cm/s,方向 319.3°。小潮余流量值介于 1.4~49.7cm/s 之间,最大余流出现在 V15 站表层,为 49.7cm/s,方向 251.6°; 最小余流

出现在 V2 站中层，为 1.4cm/s，方向 92°。

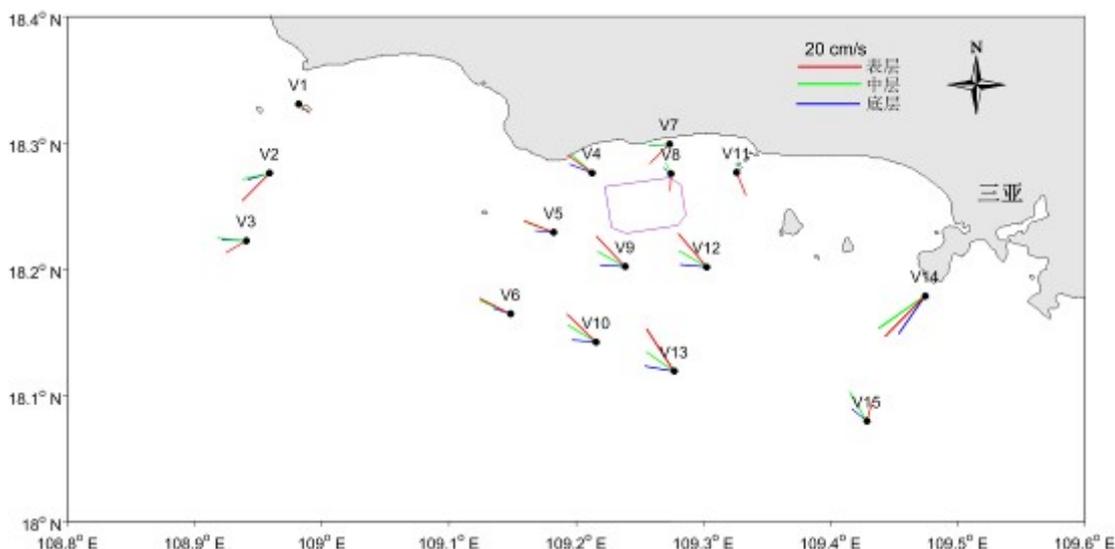


图 5.2-19a 秋季大潮期各站余流分布图

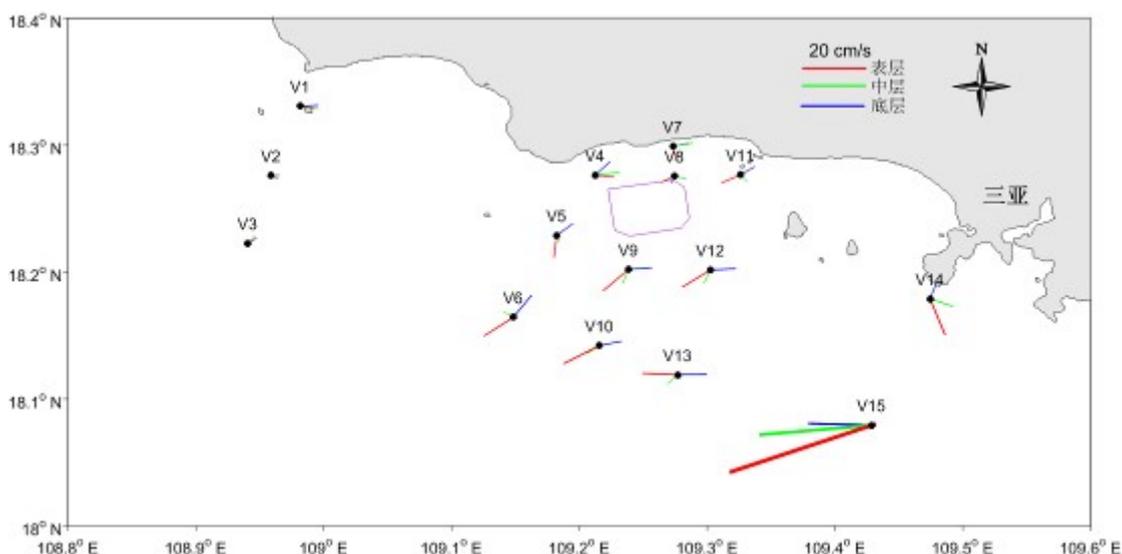


图 5.2-19b 秋季小潮期各站余流分布图

4、2016 年 12 月

由表可知，大潮余流量值介于 0.7~18.2cm/s 之间，最大余流出现在 V15 站表层，为 18.2cm/s，方向 238.1°；最小余流出现在 V5 站表层，为 0.7cm/s，方向 173.6°。小潮余流量值介于 0.4~14.0cm/s 之间，最大余流出现在 V15 站底层，为 14.0cm/s，方向 69.4°；最小余流出现在 V4 站底层，为 0.4cm/s，方向为 300.4。

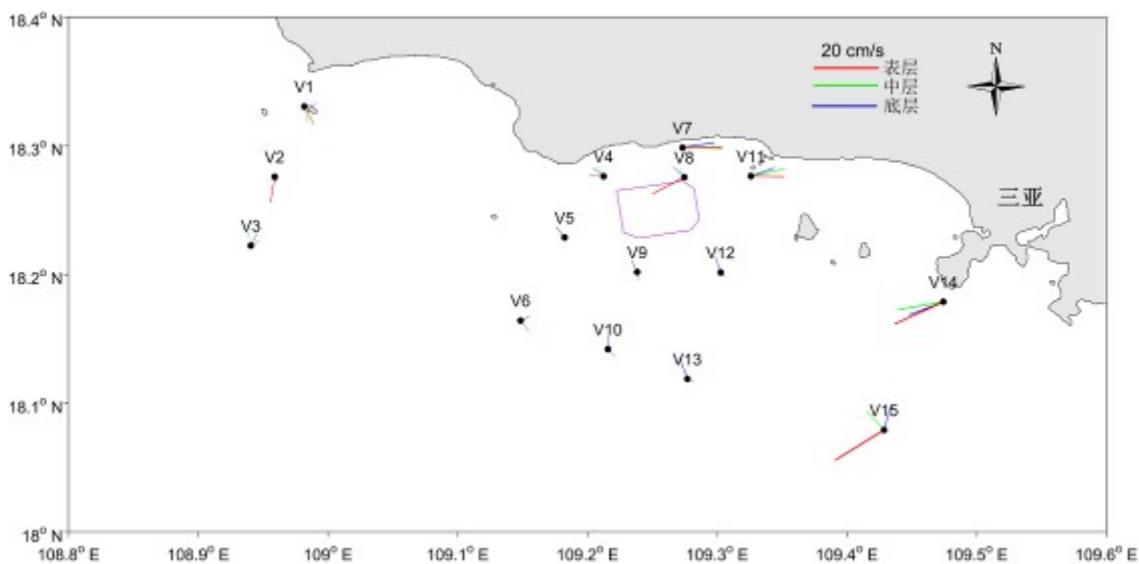


图 5.2-20a 冬季大潮期各站余流分布图

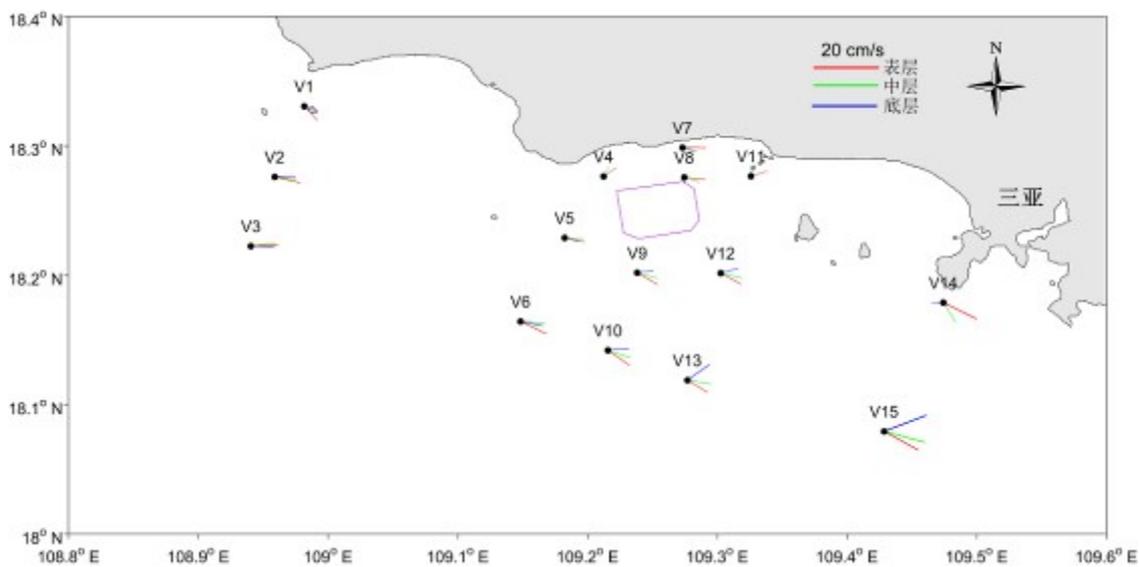


图 5.2-20b 冬季小潮期各站余流分布图

表 5.2-16 春、夏、秋、冬季大、小潮期余流流速、流向表（流速：cm/s，流向：°）

潮期	层次站号	2016年4月				2016年8月				2016年10月				2016年12月			
		表层		底层		表层		底层		表层		底层		表层		底层	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
大潮	V1	9.9	325.8	9.7	316.6	9.3	182.2	9.4	101.3	3.6	132.0	0.1	319.3	5.7	151.9	3.0	79.6
	V2	12.0	283.5	0.9	245.1	18.7	213.5	7.3	142.5	12.3	224.6	6.8	253.6	7.7	189.1	0.8	162.8
	V3	11.6	305.0	0.4	44.4	21.7	216.9	7.0	147.9	7.0	239.3	7.3	272.7	2.2	63.0	3.4	26.6
	V4	7.7	257.8	5.6	256.1	6.3	321.5	13.9	303.0	9.2	306.5	7.1	291.3	3.7	276.0	3.4	309.1
	V5	10.7	263.7	2.3	160.3	6.5	281.4	4.6	28.5	10.0	291.8	5.3	276.2	0.7	173.6	3.5	322.0
	V6	12.2	282.1	2.9	93.7	8.7	257.5	9.9	44.0	10.8	297.0	5.2	288.5	3.6	142.1	2.6	65.7
	V7	2.4	107.4	4.2	81.0	4.5	279.2	3.9	4.1	8.3	225.2	5.8	265.0	12.4	91.5	9.7	82.3
	V8	11.7	245.5	1.9	261.1	1.4	64.7	2.5	321.1	4.9	183.0	2.2	307.2	10.9	242.4	4.0	312.9
	V9	18.5	296.9	2.4	43.5	1.8	306.3	4.1	345.0	13.3	316.9	7.6	273.9	1.8	173.1	3.4	334.9
	V10	6.8	311.4	2.1	86.9	4.2	251.6	4.9	34.1	12.8	314.1	7.3	275.4	2.4	138.0	3.3	4.2
	V11	10.9	254.4	2.7	121.4	1.8	99.1	3.2	73.2	7.4	157.7	1.7	47.3	10.1	91.5	7.3	70.7
	V12	15.2	295.2	1.3	353.1	1.3	322.9	4.7	341.6	14	319.7	8	275	1.4	129.3	4.4	341.5
	V13	10.1	353.4	1.2	9.4	2.0	56.4	6.1	340.0	16.2	327.3	9.1	280.2	1.4	108.5	6.3	339.8
	V14	10.9	196.6	8.1	274.4	16.0	235.5	18.8	256.2	18.4	224.3	14.7	214.6	16.9	245.4	11.2	249.1
	V15	12.2	29.7	3.4	333.2	10.1	89.0	9.9	237.8	6.1	15.2	5.7	310.1	18.2	238.1	7.6	15.9
小潮	V1	11.4	72.6	11.3	71.2	10.8	114.8	6.3	93.3	3.5	98.6	5.1	87.6	5.5	137.3	3.3	112.1
	V2	15.3	4.0	11.1	60.3	25.7	143.3	6.5	113.1	1.7	117.6	1.8	88.5	7.6	103.2	5.9	88.4
	V3	20.8	3.6	11.0	40.0	30.0	144.3	7.0	111.4	2.2	57	2.4	59.3	8.1	87.3	6.7	92.1
	V4	7.0	42.8	5.4	304.3	6.3	80.0	2.1	184.8	5.4	96.1	5.7	48.1	4.1	55.4	0.4	300.4
	V5	8.5	62.8	1.5	125.4	10.2	106.6	1.7	168.3	6.7	187.3	5.7	54.2	5.9	101.4	3.8	104.0
	V6	13.3	60.8	4.4	51.8	15.1	108.7	1.7	88.8	10.7	237.3	8.6	39.5	8.5	116.1	6.6	102.2
	V7	0.2	331.9	1.3	96.3	6.6	108.2	2.6	323.6	3.2	165.8	4.4	78.6	6.7	91.6	3.3	111.1
	V8	6.7	248.3	2.3	181.4	11.9	123.5	1.3	241.9	3.8	244.8	1.7	203.3	6.1	96.4	1.1	174.6
	V9	11.3	41.5	3.3	34.4	10.9	136.0	2.5	215.0	10.1	229.8	6.9	85.5	6.8	120.1	4.4	82
	V10	16.4	43.7	1.7	44.3	13.4	135.1	1.7	212.0	12.6	243.1	6.6	79	7.9	124.9	5.9	85.4
	V11	8.1	271.8	2.8	174.4	11.3	129.2	1.5	321.2	5.9	246.6	4.5	60.6	4.6	72.9	2.1	9.2

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

V12	13.4	39.5	2.5	41.2	12.0	133.2	2.8	224.5	10.1	238.5	7.5	87.6	6.7	118.8	5.1	75.2
V13	20.6	34.4	4.0	27.5	10.5	145.5	3.1	244.7	10.8	272.8	8.7	89.4	6.8	121.4	8.1	54.9
V14	13.9	105.4	9.1	345.2	7.1	228.1	8.4	240.2	12.2	157.5	5.1	22.2	11.3	116.2	2.9	272.1
V15	14.3	62.5	2.8	28.5	17.0	110.0	2.6	261.9	49.7	251.6	20.3	271.6	12	118.8	14	69.4

5.2.2.4 悬浮泥沙

调查海区全年大、中、小潮各站表、中、底三层悬沙含沙量较为接近，中层与底层的含沙量峰值普遍高于表层。从整体变化过程看来，各站不同季节、潮期悬浮泥沙含量一般不超过 0.03kg/m^3 。从平面分布来看，悬浮泥沙浓度近岸海域较高，离岸海域较低。具体：

春季 2016 年 4 月实测泥沙

从悬沙分布规律来看，各站表、中、底三层含沙量较为接近，而在中层与底层的某些峰值普遍高于表层。从整体变化过程看来，各站含沙量一般不超过 0.01kg/m^3 。从平面分布来看，悬浮泥沙浓度近岸海域较高，离岸海域较低。

大潮期，悬浮泥沙浓度在 $0.0001\text{kg/m}^3\sim 0.0223\text{kg/m}^3$ 之间，悬浮泥沙浓度最低值出现在 V13 站底层；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V4 站底层。

小潮期，悬浮泥沙浓度在小于 $0.0001\text{kg/m}^3\sim 0.0329\text{kg/m}^3$ 之间，最低值出现在 V15 站中层；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V7 站表层。

夏季 2016 年 8 月实测泥沙

从悬沙分布规律来看，各站表、中、底三层含沙量较为接近，而在中层与底层的某些峰值普遍高于表层。从整体变化过程看来，各站含沙量一般不超过 0.02kg/m^3 。从平面分布来看，悬浮泥沙浓度近岸海域较高，离岸海域较低。

大潮期，悬浮泥沙浓度在 $0.0007\text{kg/m}^3\sim 0.0682\text{kg/m}^3$ 之间，悬浮泥沙浓度最低值出现在 V3 站中层；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V1 站中层。

小潮期，悬浮泥沙浓度在小于 $0.0002\text{kg/m}^3\sim 0.0214\text{kg/m}^3$ 之间，最低值出现在 V1 站中层；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V15 站中层。

秋季 2016 年 10 月实测泥沙

从悬沙分布规律来看，各站表、中、底三层含沙量较为接近，而在中层与底层的某些峰值普遍高于表层。从整体变化过程看来，各站含沙量一般不超过 0.03kg/m^3 。从平面分布来看，悬浮泥沙浓度近岸海域较高，离岸海域较低。

大潮期，悬浮泥沙浓度在 $0.0062\text{kg/m}^3\sim 0.026\text{kg/m}^3$ 之间，悬浮泥沙浓度最低值出现在 V11 站；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V1 站。

小潮期，悬浮泥沙浓度在 $0.0044\text{kg/m}^3\sim 0.0072\text{kg/m}^3$ 之间，最低值出现在 V3 站；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V6 站。

冬季 2016 年 12 月实测泥沙

从悬沙观测的时间变化过程来看，各站表、中、底三层含沙量多数时间内较为接近，而在中层与底层的某些峰值普遍高于表层。从整体变化过程看来，各站含沙量一般不超过 0.02 kg/m³。从平面分布来看，悬浮泥沙浓度近岸海域较低，离岸海域较高。

大潮期，悬浮泥沙浓度在 0.0074kg/m³~0.0101kg/m³ 之间，悬浮泥沙浓度最低值出现在 V3 站；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V6 站表层。

小潮期，悬浮泥沙浓度在 0.0082kg/m³~0.0116kg/m³ 之间，最低值出现在 V6 站；悬浮泥沙浓度最大值出现在 V1 站和 V7 站。

各站浮泥沙监测结果见表 5.2-17。

表 5.2-17 各站悬浮泥沙监测结果表 (kg·m⁻³)

站位	2016年4月		2016年8月		2016年10月		2016年12月	
	大潮	小潮	大潮	小潮	大潮	小潮	大潮	小潮
V1	0.0017	0.0002	0.0196	0.0018	0.026	0.0045	0.0116	0.0101
V2	0.001	0.0003	0.0125	0.0034	0.0151	0.0045	0.0100	0.0085
V3	0.0004	0.0003	0.0087	0.0045	0.0073	0.0044	0.0100	0.0074
V4	0.0027	0.001	0.0083	0.0042	0.0105	0.0051	0.0090	0.0100
V5	0.0013	0.0008	0.0075	0.0052	0.0088	0.0063	0.0084	0.0090
V6	0.0005	0.0007	0.0069	0.006	0.0072	0.0072	0.0082	0.0084
V7	0.0033	0.0069	0.0083	0.0097	0.0073	0.0051	0.0101	0.0101
V8	0.0015	0.0017	0.0067	0.0071	0.0081	0.0053	0.0087	0.0094
V9	0.0022	0.0021	0.0072	0.007	0.0079	0.0063	0.0088	0.0092
V10	0.0006	0.0016	0.0077	0.0069	0.0077	0.0071	0.0088	0.0090
V11	0.0011	0.0021	0.0062	0.0093	0.0062	0.0054	0.0086	0.0090
V12	0.0011	0.0019	0.0075	0.0079	0.007	0.0064	0.0087	0.0093
V13	0.001	0.0019	0.0082	0.0066	0.0075	0.0071	0.0093	0.0094
V14	0.0016	0.0005	0.0067	0.0086	0.0086	0.0049	0.0092	0.0082
V15	0.0018	0.0021	0.0098	0.0018	0.0086	0.0049	0.0086	0.0084

5.2.2.5 工程地质

本节引自中交第四航务工程勘察设计院有限公司 2016 年 3 月编制的《三亚新机场暨临空旅游产业园项目人工岛工程岩土工程勘察报告》及详勘阶段部分钻孔成果。

(1) 地质构造

海南三亚地区位于九所-陵水东西向深大断裂带之南。本区经历了加里东、海西、印支、燕山和喜马拉雅等构造运动，构造形迹交错穿插、迭次出现，构造形迹主要由近东西向和北东或北北东向构造组成。

勘区主要断裂为狗岭断裂：自鹿回头起，经狗岭、田独至三公曲，全长约 20km，宽约 500m，总体呈 35°-50° 走向，向北西倾，倾角较陡。

该断层走向、倾向与区域地层产状基本一致，是晴坡岭向斜形成后期生成的顺层逆冲断裂，其作用是造成了古生代地层的缺失或重复。

(2) 不良地质

本区自第三纪以来的新构造运动是以地壳缓慢上升为主，伴有局部下降且没有大的地震活动。现今构造活动性较弱，区域稳定性较好。

拟建场地不良地质作用现象不强烈；特殊性岩土主要在局部地段发育有软土，其它地段未发现软弱地层。根据初步勘察结果，场地在勘探深度内，地层结构比较简单，勘区场地及周围影响的范围内，不会产生地面塌陷、地裂缝等地质灾害；不会在施工期间产生边坡滑塌、潜蚀、管涌、流砂等不良工程问题。场地稳定性总体较好。

根据区域地质资料，勘区未发现活动性断裂分布，勘区内历史上未发生过强烈地震。总体而言，勘区场地属于较稳定场地。

(3) 地层岩土性质

勘区上部为第四系全新统地层(Q_4^{al+pl} 、 Q_4^m)，属于淤泥及淤泥质土层，松散-稍密的中粗砂及其混合土层；下部为第四系中更新统北海组土层(Q_2^{al+pl})，属于中等~坚硬状的粘土~粉质粘土，中密~密实的粉细砂、中粗砂层。

调查结果显示工程区地层主要为海陆交互沉积的地层。勘区上部为第四系全新统地层(Q_4^{al+pl} 、 Q_4^m)，如：淤泥、淤泥混砂，松散~稍密的细砂及其混合土层；下部为第四系中更新统北海组土层(Q_2^{al+pl})及下更新统湛江土层(Q_1^{mc})，如中等~坚硬状的粘土~粉质粘土，中密、密实、极密实的粉细砂、中粗粗砂、砾砂层。上述土层根据土质的差异又分若干亚层。对三亚新机场人工岛工程区域揭露的地层描述如下：

(1) 第四系全新统地层(Q_4^{al+pl} 、 Q_4^m)

②1 淤泥~淤泥质土：灰色，饱和，很软，混较多粉细砂，含少量贝壳碎，含腐植质，稍具臭味。

②2 淤泥质土：灰色，饱和，软，混较多粉细砂，含少量贝壳碎，含腐植质，稍具臭味。

②3 粉细砂：灰色，局部灰黄色，饱和，松散，局部稍密，级配不良，局部混较多淤泥及贝壳碎。

②5 中粗砂：灰色，灰黄色，中密，级配良好。

(2) 第四系中更新统北海组土层(Q_2^{al+pl})

③1 粘土~粉质粘土：灰黄色，局部灰色，饱和，中等~硬，偶见砂斑，局部呈粘性土混砂状。

③2 粘土~粉质粘土：灰黄色，黄褐色，饱和，坚硬，偶见砂斑，局部呈粘性土混砂状。

③3 粘土~粉质粘土：灰黄色，黄褐色，饱和，坚硬，偶见砂斑，局部呈粘性土混砂状。

③4 粉细砂：灰黄色，饱和，松散~稍密，级配不良，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

③5 粉细砂：灰黄色，饱和，中密，级配不良，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

③6 粉细砂：灰黄色，饱和，密实~极密实，级配不良，含较多粘粒。

③7 中砂.粗砂.砾砂：灰黄色，饱和，松散~稍密，颗粒级配良好，颗粒呈次棱角形，局部含少量砾石，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

③8 中砂.粗砂.砾砂：灰黄色，饱和，中密，颗粒级配良好，颗粒呈次棱角形，局部含少量砾石，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

③9 中砂.粗砂.砾砂：灰黄色，饱和，密实~极密实，颗粒级配良好，颗粒呈次棱角形，局部含少量砾石，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

(3) 第四系下更新统湛江组土层(Q₁^{mc})

④1 粘土~粉质粘土：灰色，灰黄色，饱和，中等~硬，偶见砂斑，局部呈粘性土混砂状。

④2 粘土~粉质粘土：灰色，灰黄色，黄褐色，饱和，坚硬，偶见砂斑，局部呈粘性土混砂状。

④3 粘土~粉质粘土：灰色，灰黄色，黄褐色，饱和，坚硬，偶见砂斑，局部呈粘性土混砂状。

④4 粉细砂：灰色，灰黄色，饱和，稍密，颗粒级配不良，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

④5 粉细砂：灰色，灰黄色，饱和，中密，颗粒级配不良，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

④6 粉细砂：灰色，灰黄色，饱和，密实~极密实，颗粒级配不良，含较多粘粒。

④7 中砂.粗砂.砾砂：灰色，灰黄色，饱和，稍密，颗粒级配良好，颗粒呈次棱角形，局部含少量砾石，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

④8 中砂.粗砂.砾砂：灰色，灰黄色，饱和，中密，颗粒级配良好，呈次棱角形，局部含少量砾石，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

④9 中砂.粗砂.砾砂：灰色，灰黄色，饱和，密实~极密实，颗粒级配良好，颗粒呈次棱角形，局部含少量砾石，含较多粘粒，局部呈砂混粘性土状。

工程区钻孔平面布置见图 5.2-21，东西南北护岸典型钻孔剖面见图 5.2-22

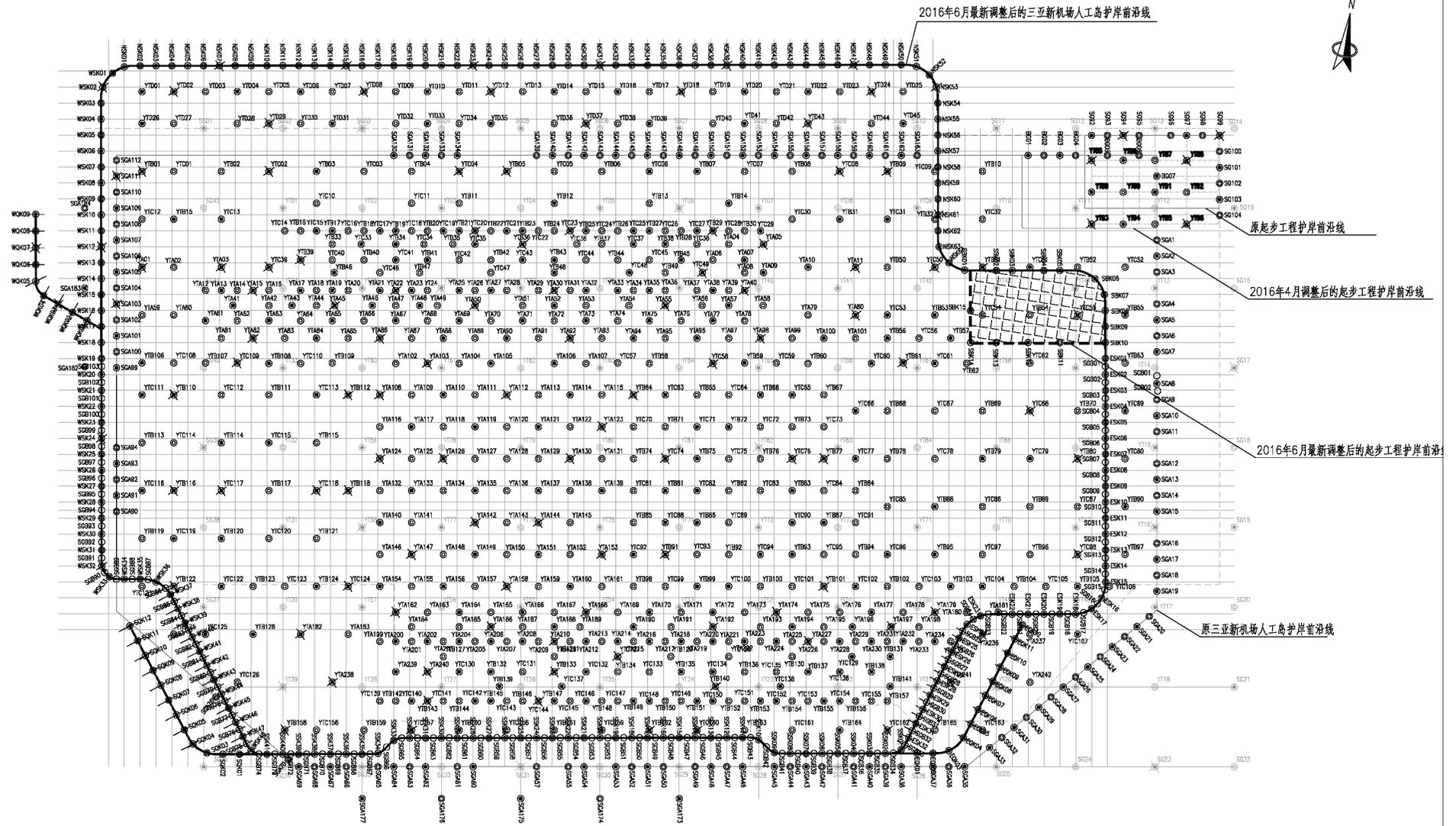


图 5.2-21 钻孔平面布置图

高程 (m)
(秀英潮高基面)

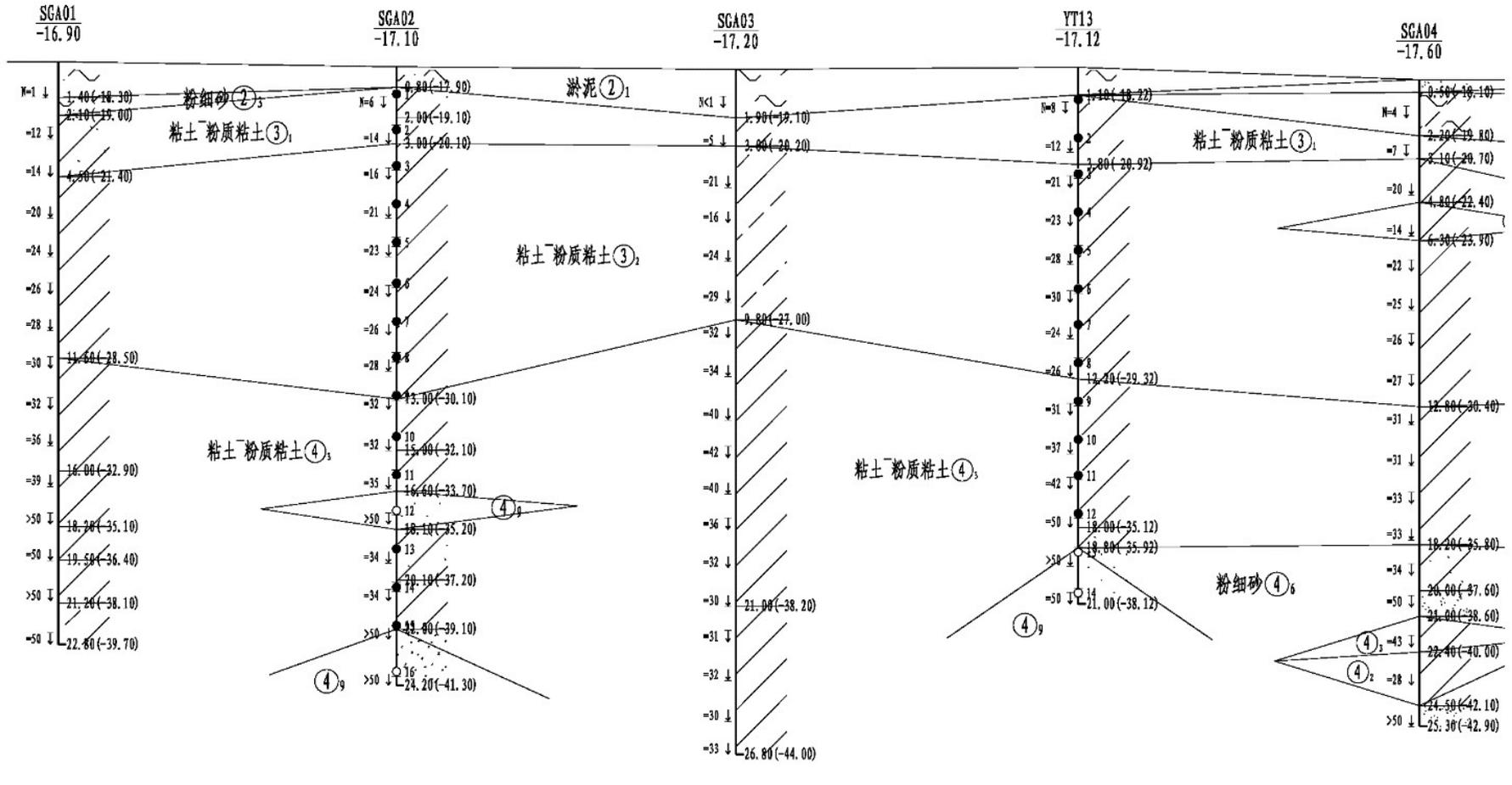


图 5.2-22a 东护岸钻孔剖面之一

工程地质剖面图

H2——H2'

水平比例: 1:1500
垂直比例: 1:200

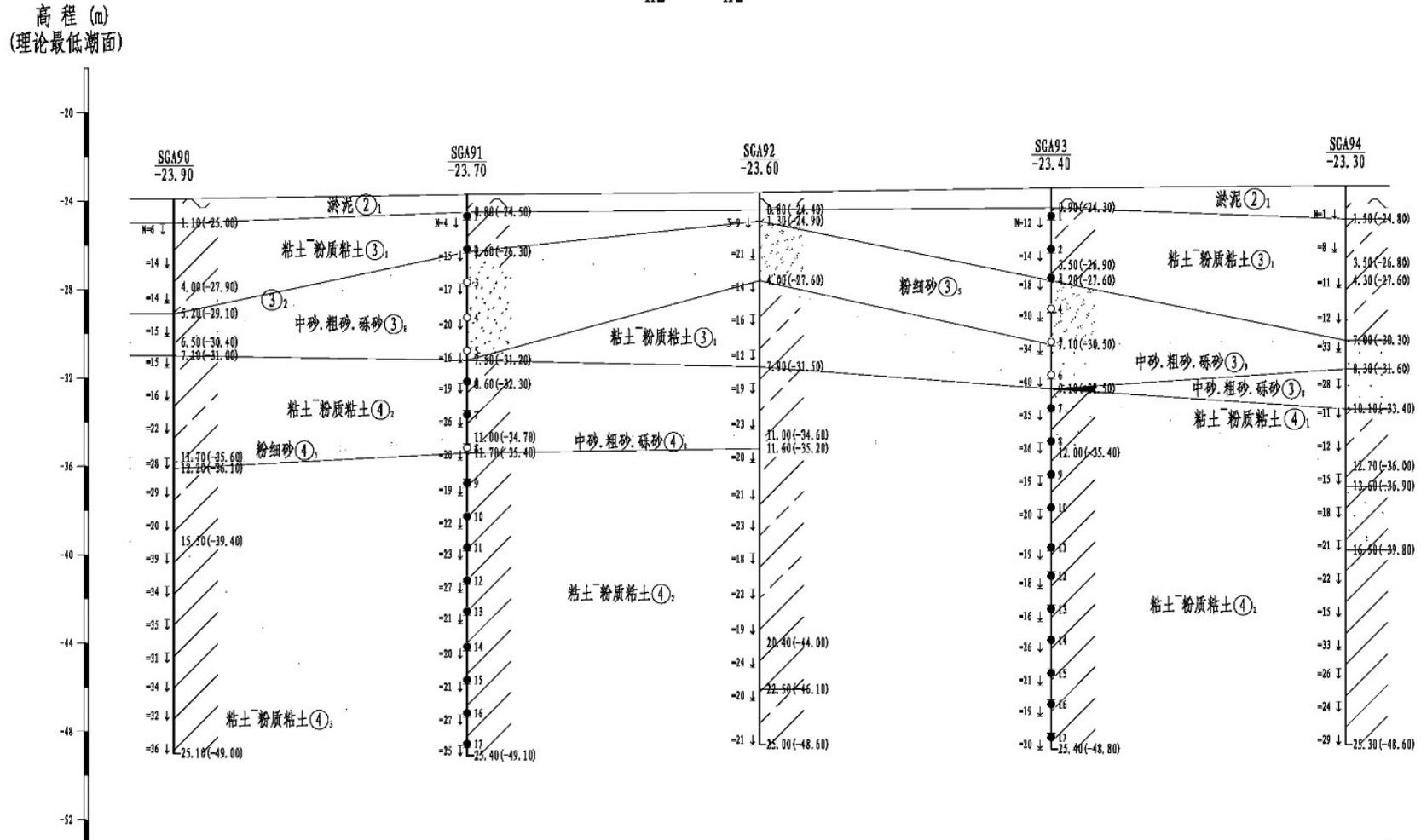


图 5.2-22b 西护岸钻孔剖面之一

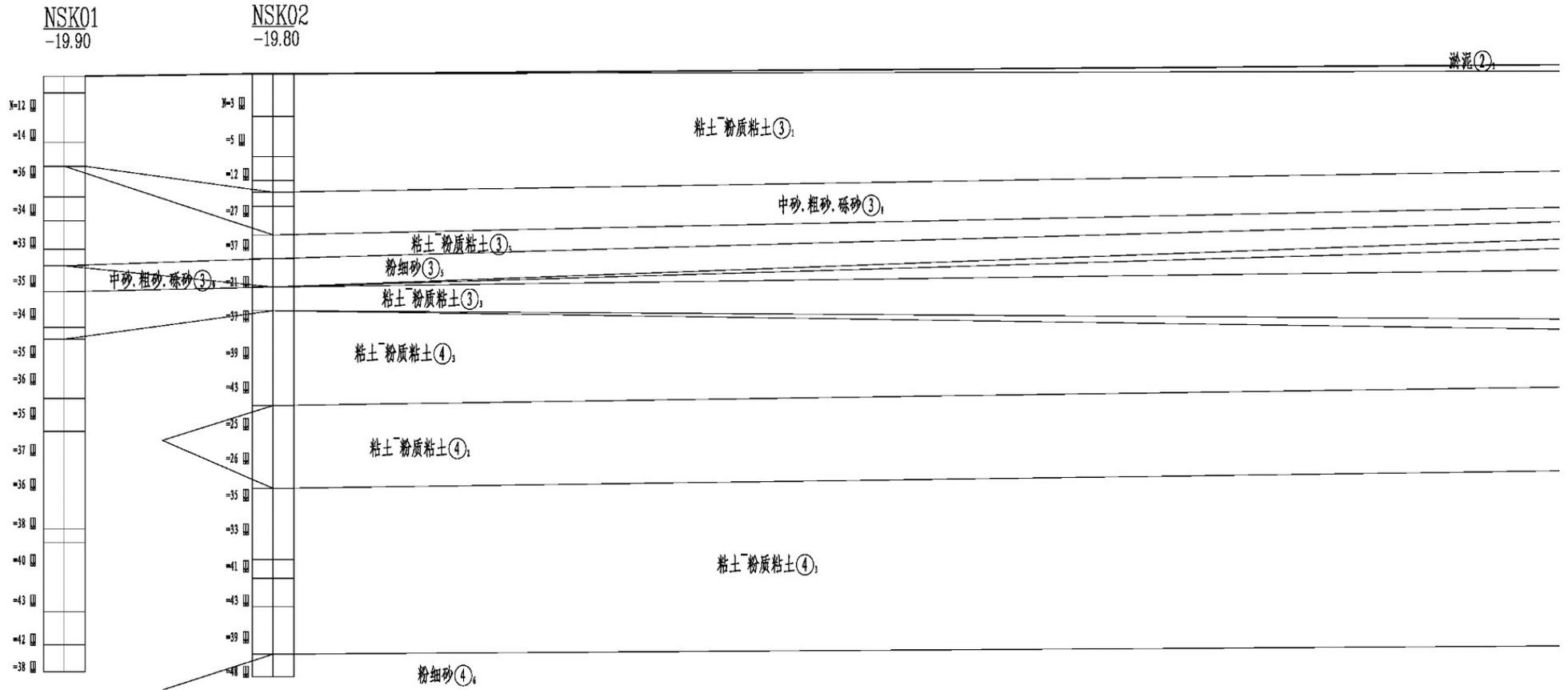


图 5.2-22c 北护岸钻孔剖面之一

高程 (m)
(秀英潮高基面)

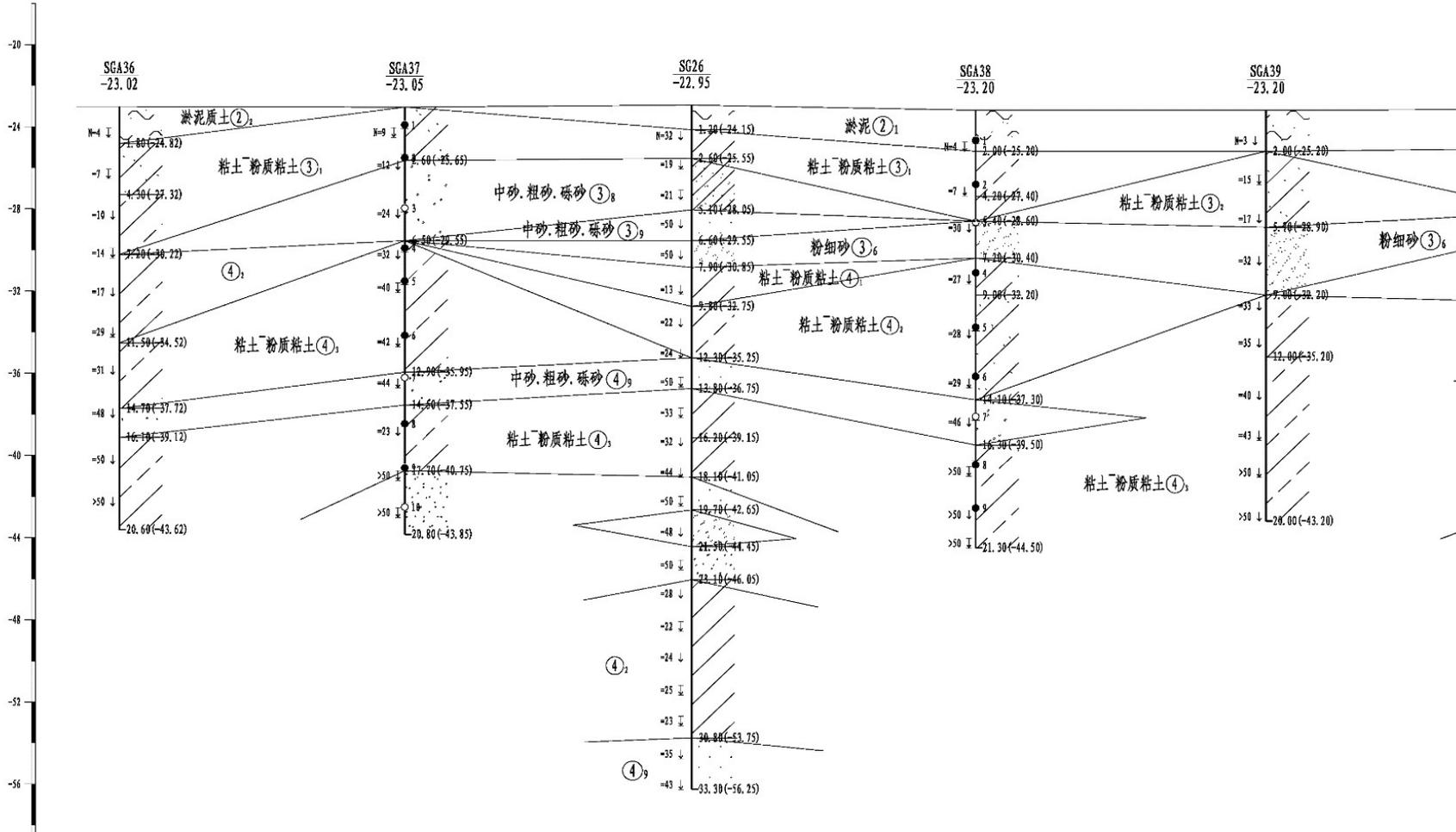


图 5.2-22d 南护岸钻孔剖面之一

5.2.2.6 底质分布特征

5.2.2.6.1 工程区周边大范围底质分布特征

大范围底质调查资料引自《三亚红塘湾及其邻近海域潮流泥沙观测报告-春季》(2016年5月 中国科学院南海海洋研究所)

5.2.2.6.2 调查时间及站位

(1) 调查时间：2016年4~5月

(2) 调查站位：取样范围从崖州湾的西侧至于三亚湾的东侧，水深范围1-40米以上等深线，布设63个底质取样点，取样点位置见图5.2-23，

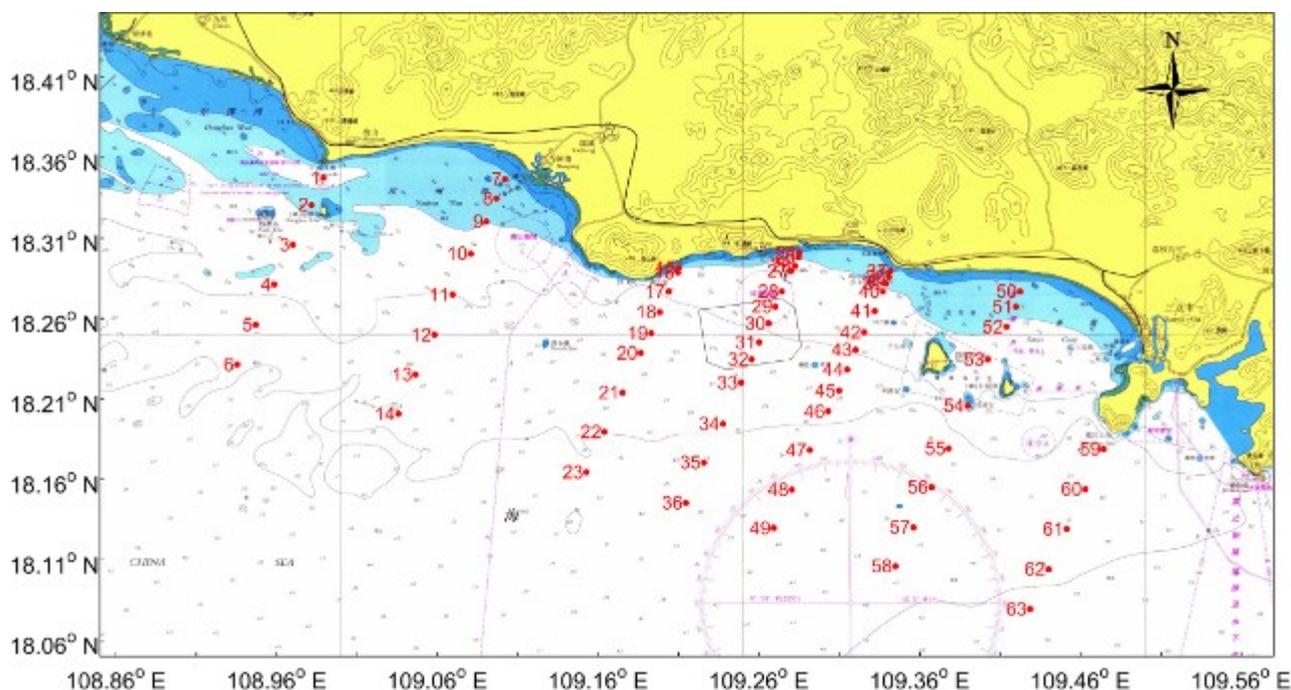


图 5.2-23 项目附近海域海底底质调查站位

5.2.2.6.3 调查结果

调查结果显示，工程附近海域的底质主要是砂、粉砂、粘性质粉砂，底质类型分布见图5.2-24，调查海域海底底质中值粒径在-1.67~6.47之间，平均粒径在-1.11~6.75之间，大体上呈西北低东南高的态势分布。海底表层泥沙以粉砂为主。底质中值粒径分布见图5.2-25。

以南山附近为界，以西的崖州湾海域底质整体较粗，中值粒径一般都大于0.3mm，南山以东的红塘湾及三亚湾海域，中值粒径一般都小于0.03mm。在拟建人工岛附近的红塘湾中部深水区，中值粒径介于0.015~0.02之间，以粘土质粉砂和细粉砂为主。工程海域泥沙类型主要是

粉砂，粘土含量相对较低，主要为但是粉砂、砂以及砂砾，其含量占了 80%以上。

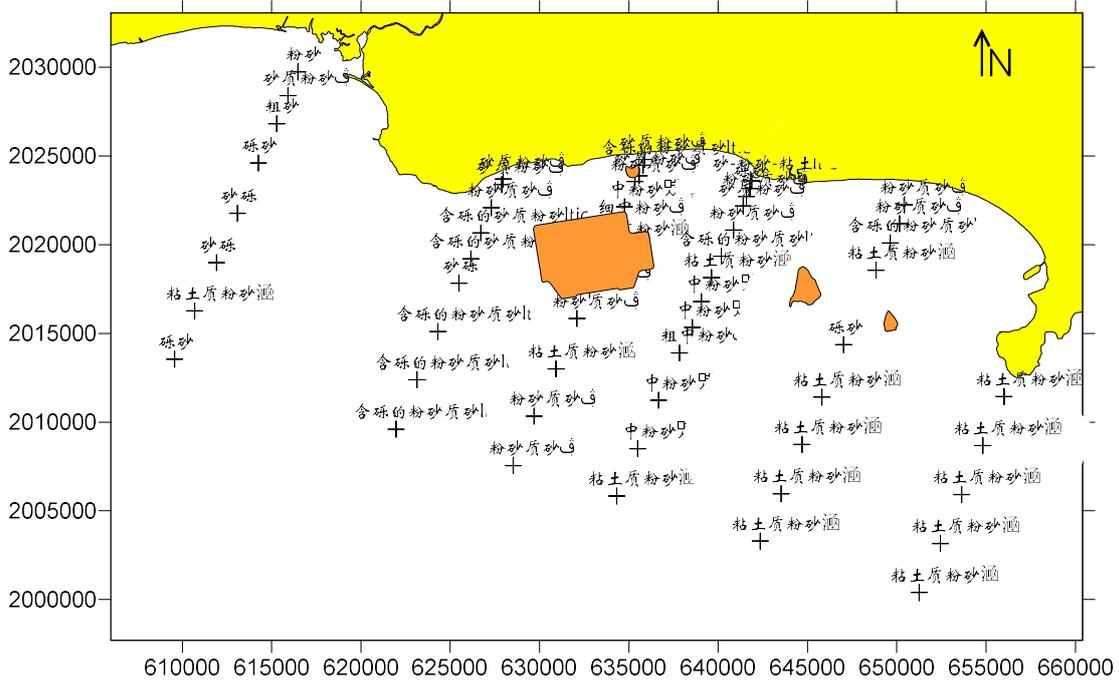


图 5.2-24a 项目附近海域底质类型分布

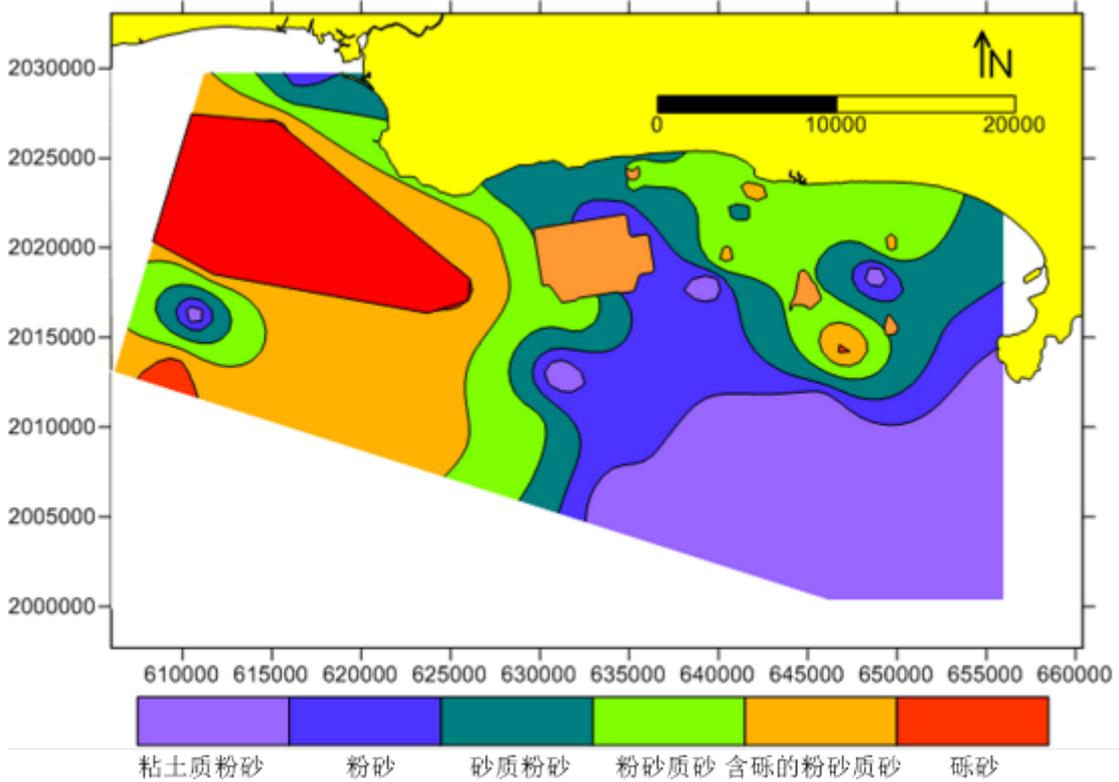


图 5.2-24b 项目附近海域底质类型分布

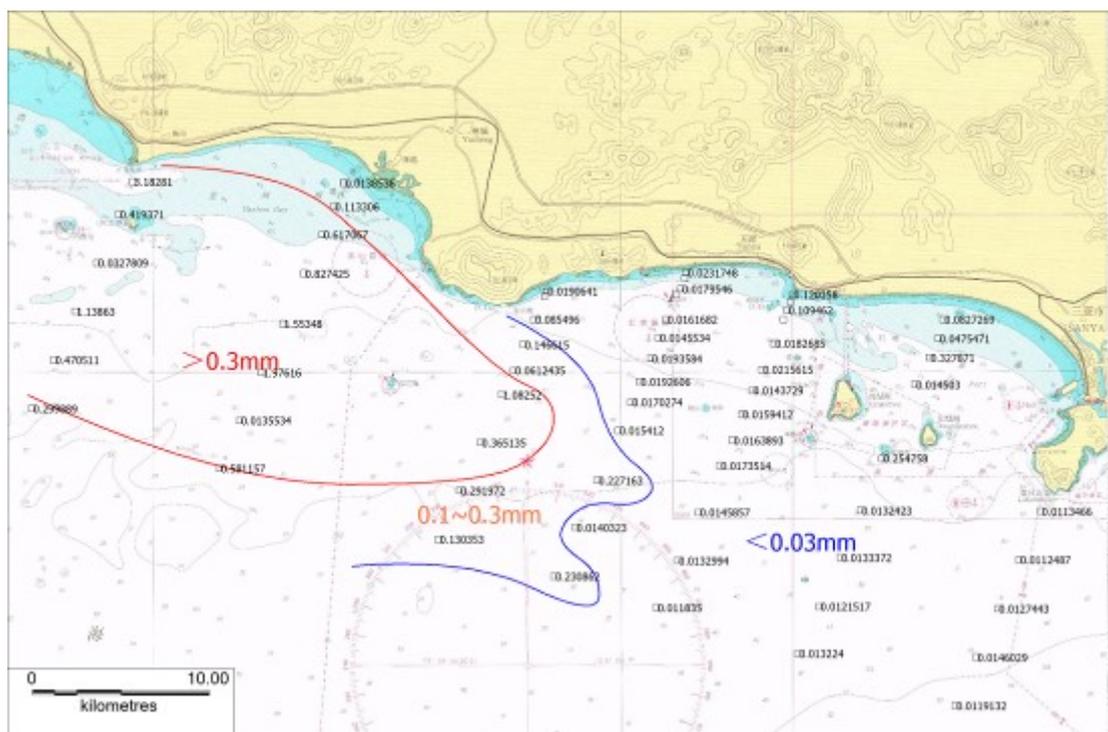


图 5.2-25 红塘湾及其周边海域底质中值粒径分布

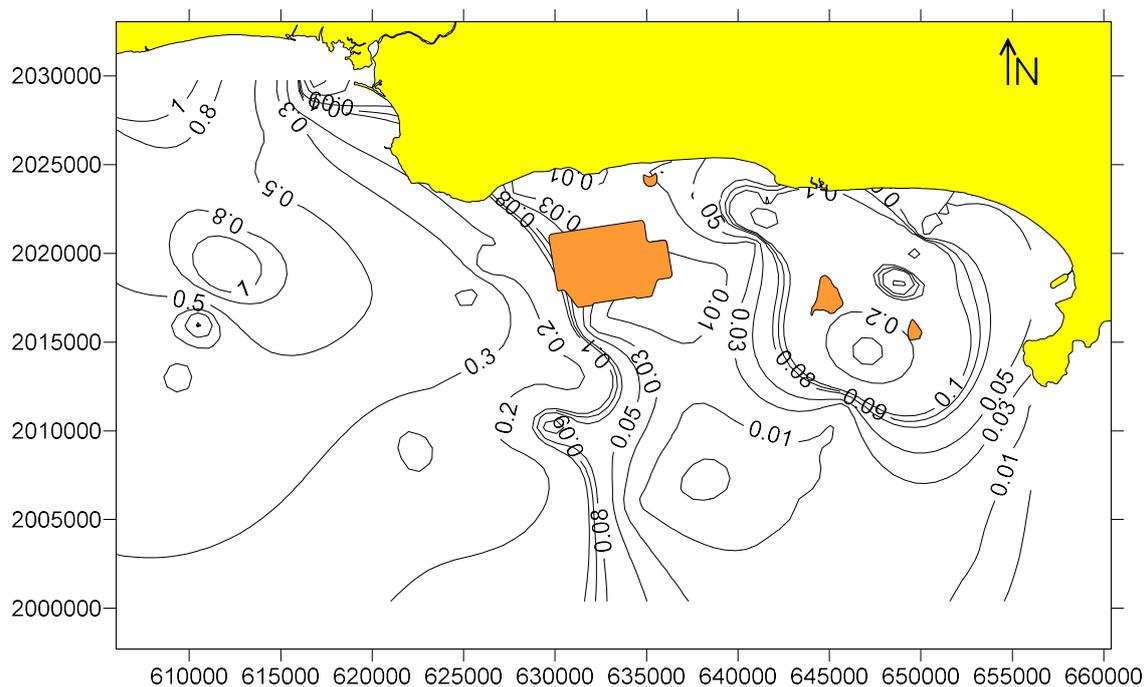


图 5.2-26 项目附近海域底质中值粒径 (单位: mm)

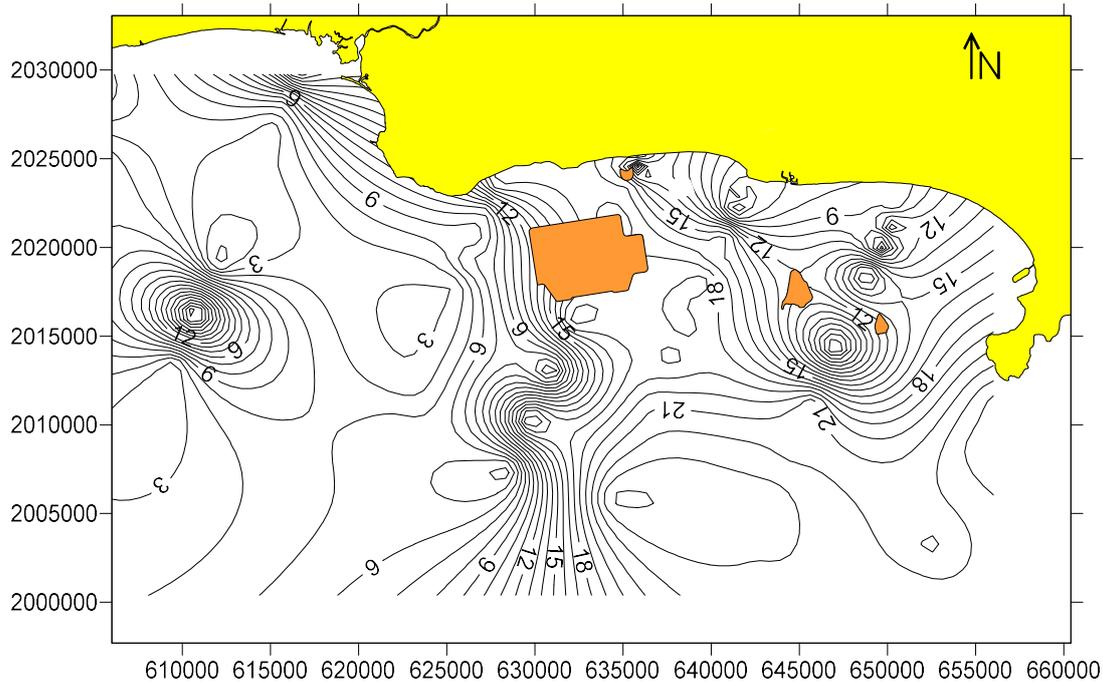


图 5.2-27 项目附近海域底质粘土含量 (%)

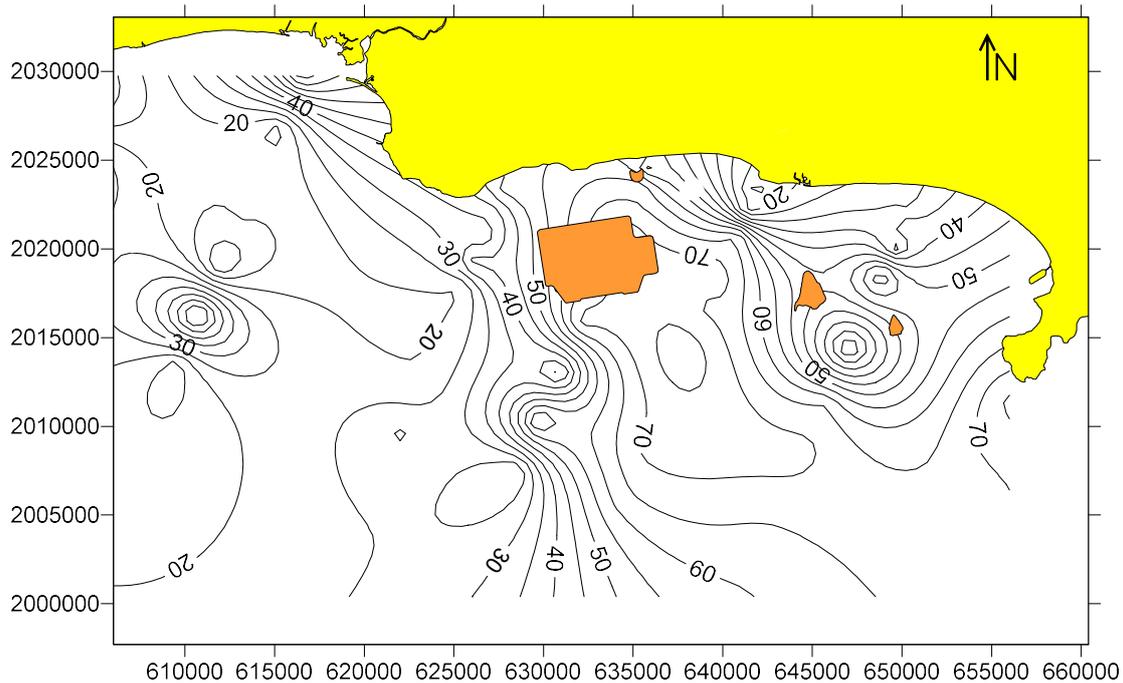


图 5.2-28 项目附近海域底质粉砂含量 (%)

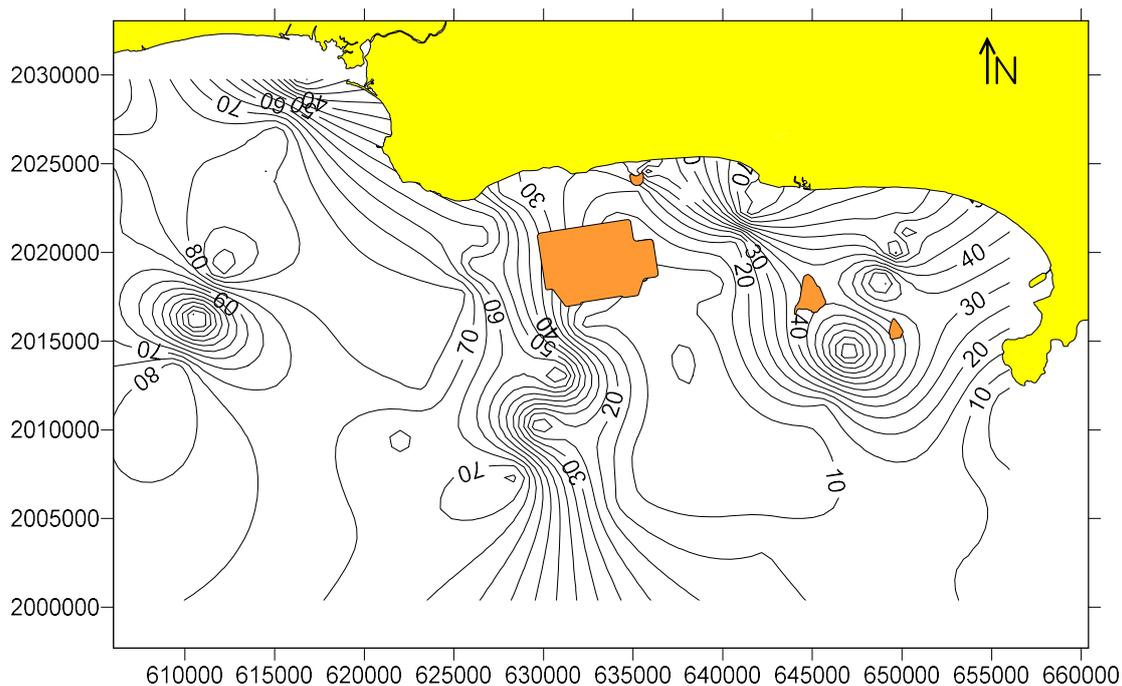


图 5.2-29 项目附近海域底质砂及砂砾含量 (%)

5.2.2.6.4 工程区近岸海域底质分布与粒径特征

工程区近岸海域底质调查资料引自海南省海洋开发规划设计研究院于 2013 年 10 月在工程海域的调查成果。

5.2.2.6.5 调查时间及站位

(1) 调查时间：2013 年 10 月

(2) 调查站位：在工程海域 10 米等深线以内，布设 75 个底质取样点，取样点位置见图 5.2-30，

5.2.2.6.6 调查结果

(1) 底质类型

从工程区底质类型、海岸地貌特征和海岸地形格局可知，拟建工程附近为砂质海岸，岸线性质为开敞平直的自然岸线，底质类型以砂为主。工程附近岸线为砂质岸线和基岩岸线相间分布。根据工程地质勘察资料，-10m 以深区域钻孔近表层沉积物多为粘土夹砂，即砂质海床主要分布在近岸区域，在拟建工程附近的深水区，以粘土夹砂为主。

(2) 分布特征

底质分布整体表现为近岸较粗，深水区较细的特点。其中拟建工程岬角附近及其向西的南山风景区沙滩区以砂为主，中值粒径在 0.4~0.7mm，中中值粒径分布见附图？，拟建工程向东，局部海滩岩出露，以砂为主，但粒径变化较大，总体表现为自工程附近向天涯海角方向逐渐由粗砂变为粉砂质砂，中值粒径由 0.4~1.0mm 左右减小至 0.12~0.2mm。这种沿岸泥沙自西向东逐渐变细的分布趋势，也代表了当地沿岸泥沙整体的运移方向。

根据泥沙特征粒径分布和粒径级配分析，本次采样主要分布在-10m 以浅的区域。工程区附近西侧粒径相对较粗，以粒径大于 0.5mm 的粗沙为主。沉积物中基本没有粒径小于 0.063mm 的粉沙和粘土颗粒分布，其中近岸略粗于深水区；在拟建人工岛东侧岸段，除靠近东岬角（天涯海角）附近外，-5m 以浅区域粒径也相对较粗，且分布很不均匀，中值粒径大多大于 0.3mm，局部大于 1.3mm。但在-5m 以深区域，普遍分布细沙或粉沙质沙，中值粒径普遍小于 0.1mm，粉沙含量可达 20%~35%左右，并含有少量粒径小于 0.004mm 的粘性颗粒。

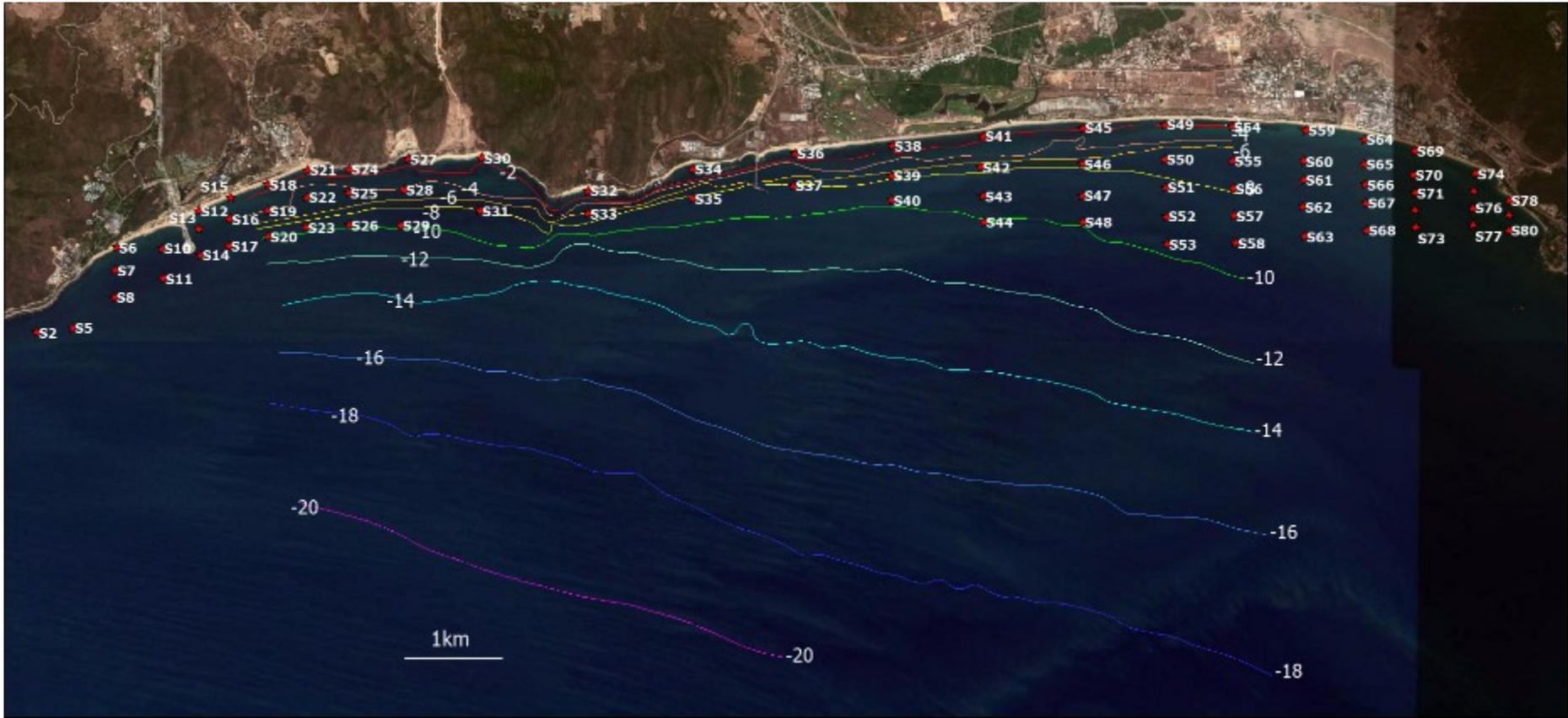


图 5.2-30 底质取样点位分布图

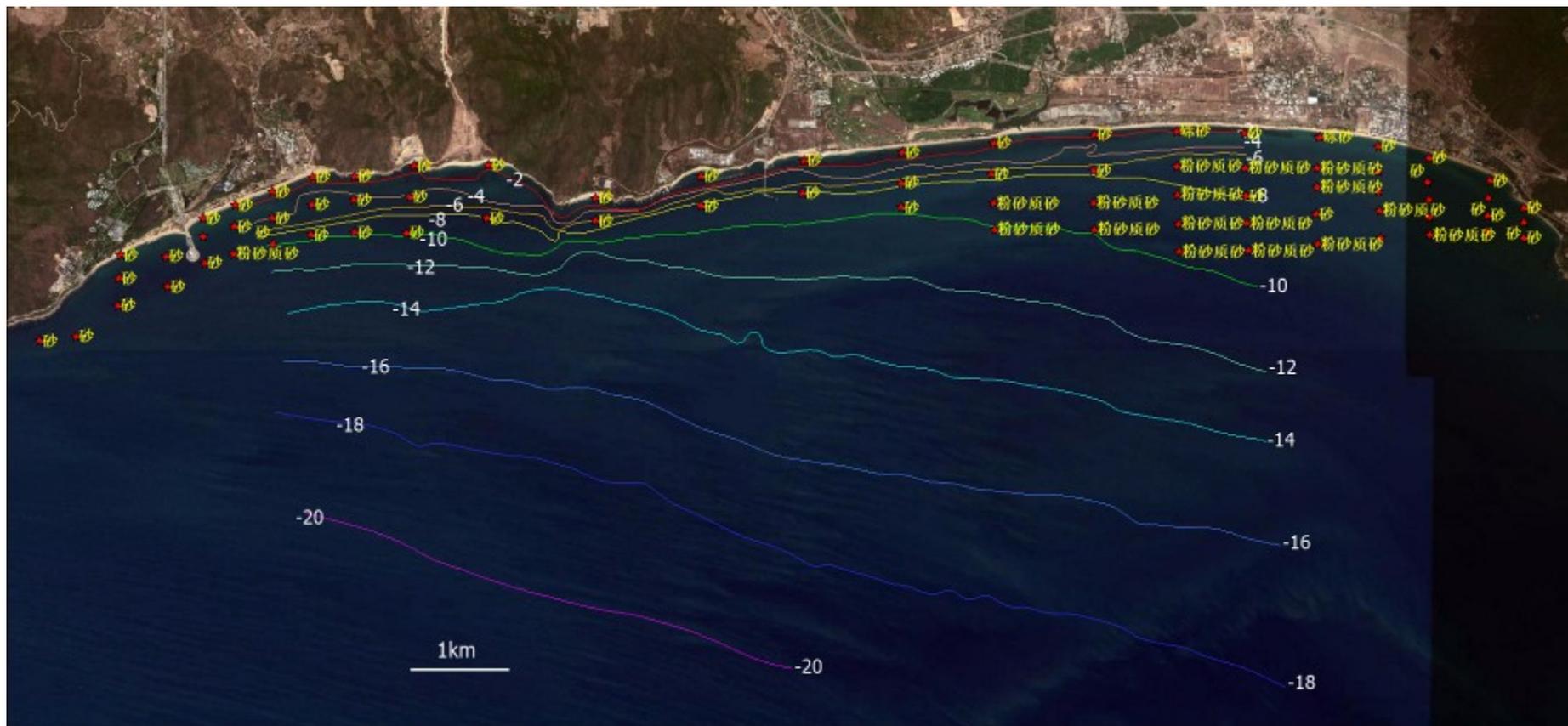


图 5.2-31 底质类型分布

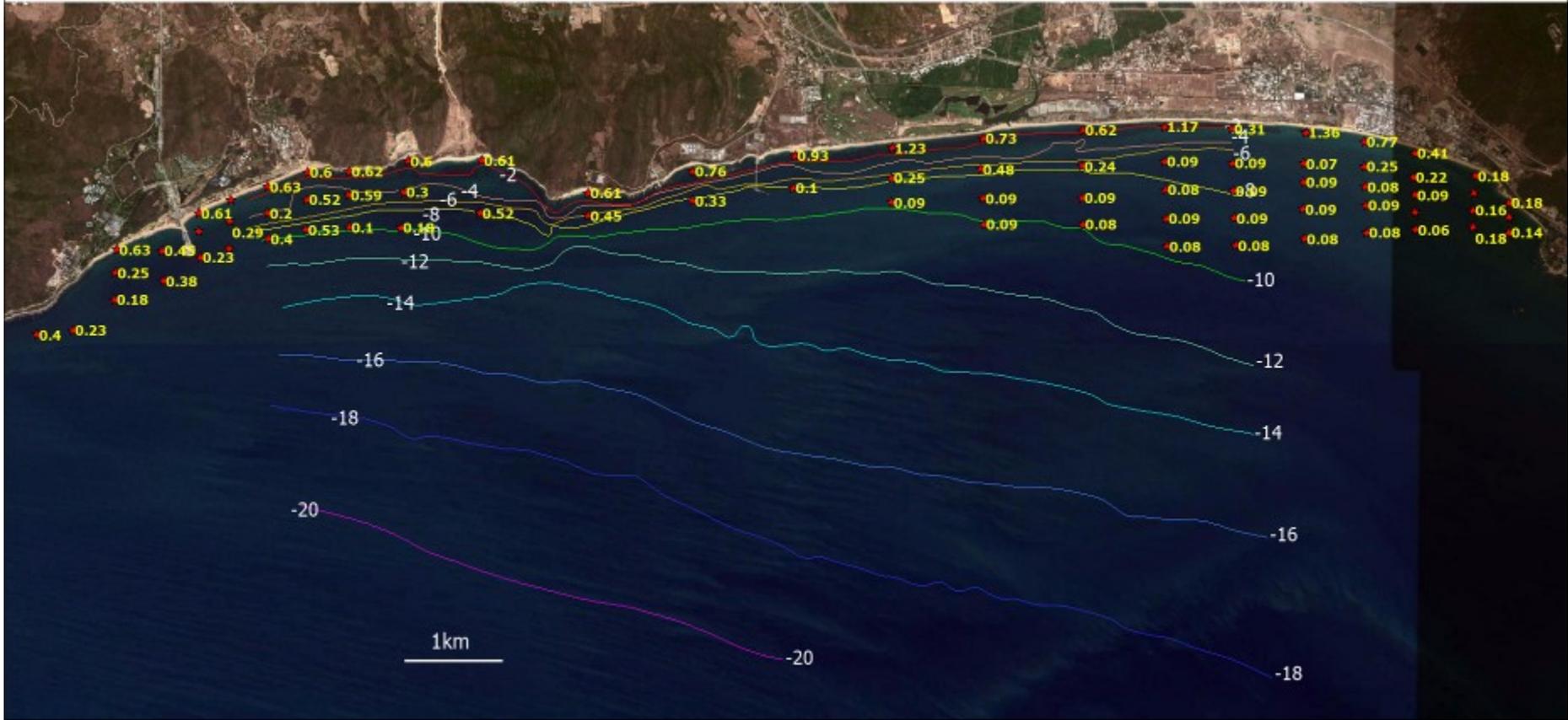


图 5.2-32 底质中值粒径分布 (mm)

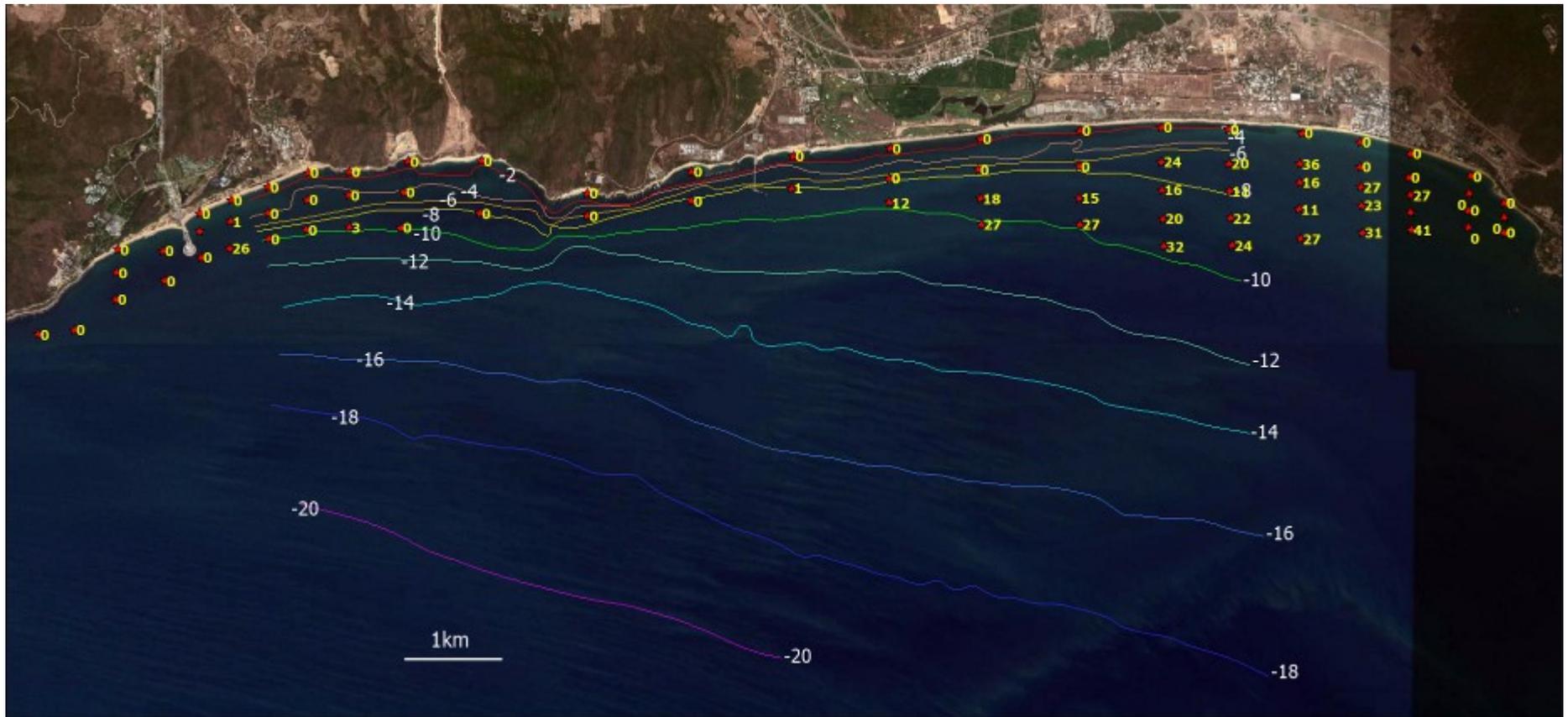


图 5.2-33 粒径介于 0.004~0.063mm 的粉沙含量 (%) 分布图

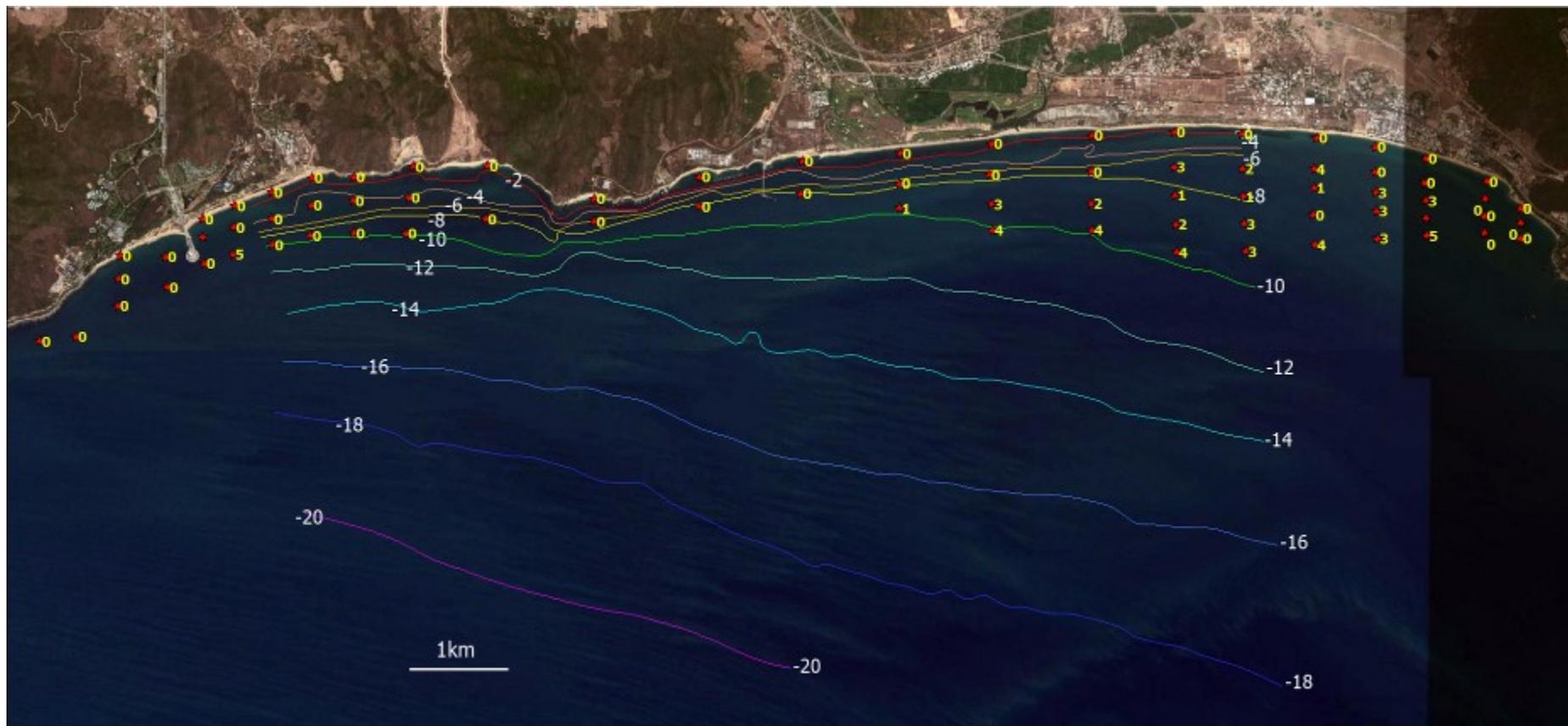


图 5.2-34 粒径小于 0.004mm 的粘粒含量 (%) 分布图

5.2.3 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

5.2.3.1 岸线分布与岸滩地貌调查

本节内容主要引用水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院 2019 年 11 月编制的《三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题》和《三亚新机场项目岸滩演变专题研究》

2019 年 7 月水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院对工程拟建海域沿岸调查了岸线分布类型，调查范围见图 5.2-35。本工程建成后，引起岸线变化主要分布南山角至天涯海角附近约 20km 岸线上，因此这段岸线为本评价重点关注的调与评价查范围，见图 5.2-35。

5.2.3.1.1 岸线现状分布类型

在本工程关注的南山角至天涯海角附近约 20km 岸线上，主要分为基岩岸线和砂质岸线两大类，及马岭、红塘岭、塔岭、南山岭等山丘前沿，基岩岸线之间为砂质岸线。但大多数砂质海岸的海滩并不完整，前沿多分布有海滩岩，在靠近基岩岬角附近海滩内多有岩礁块石分布。工程区附近南山角至天涯海角之间约 20km 的岸线分为四种类型，即基岩岸线、沙滩岸线、海滩岩沙滩岸线、和岩块沙滩岸线。

(1) 基岩岸线

基岩海岸主要分布在南山角岸段、鸭子塘至三美湾、塔岭岸段、天涯海角东部等，均为山丘前沿的临海部分。基岩岸线全长约 8.2km，约占评价岸线总长的 41%。

(2) 沙滩岸线

基岩岸线之间分布的南山风景区、三美湾以及塔岭至天涯海角之间的岸线全部属于砂质海岸，总长约 11.8km，占岸段总长的 58%左右。但因多数砂质海岸的沙滩并不完整，间或有岩礁块石和海滩岩分布。目前完整的沙滩岸线长度仅约 3.1km，约占岸线总长的 16%。主要分布在海上观音人工岛掩护段、鸭子塘河口附近、三美湾东段、临空岛掩护区以及巴士码头至天涯海角天涯石。

(3) 海滩岩沙滩岸线

海滩岩出露是沿岸沙丘冲刷后退的结果和地貌表现，对后方沙滩和沙丘形成一定保护。本岸段的海滩岩主要分布在沿岸沙丘的前沿，出露较为广泛。在南山景区沿岸沙丘和塔岭至天涯海角的沙丘前沿均有分布，局部因泥沙淤积中断。海滩岩前沿多有陡坎分布，海滩岩出露部分以上由沙滩及沙丘覆盖。在本研究的 20km 岸线上，目前有海滩岩分布的岸线 7.5km，约占岸

线总长的 38%，其中海上观音以西 0.3km 海上观音以东 1.2km，三美湾西段 0.2km，太平洋石油码头附近 1.9km，担油港至巴士码头 3.9km。

(4) 岩块礁石沙滩岸线

此处的岩块礁石特指砂质海岸上间或分布岩礁、岩块等零散基岩的岸线。主要分布在天涯海角景区和南山风景区西部，也是海岸景观的重要组成部分，岸线全长约 1.2km。

岸线分布类型见图 5.2-36、表 5.2-18。

表 5.2-18 评价范围内岸线类型分布（南山角至天涯海角附近约 20km 岸线）

岸线类型	岸段分布	岸线长度(km)	占比
基岩岸线	南山角岸段	2.9	15%
	鸭子塘至三美湾	1.2	6%
	塔岭岸段	2.2	11%
	天涯海角东部	1.9	10%
	小计	8.2	41%
完整沙滩岸线	海上观音人工岛掩护段	0.3	2%
	鸭子塘河口附近	0.2	1%
	三美湾东段	0.3	2%
	临空岛掩护区	2.0	10%
	巴士码头至天涯海角天涯石	0.3	2%
	小计：	3.1	16%
海滩岩+沙滩	海上观音以西	0.3	2%
	海上观音以东	1.2	6%
	三美湾西段	0.2	1%
	太平洋石油码头附近	1.9	10%
	担油港至巴士码头	3.9	20%
	小计：	7.5	38%
岩块礁石+沙滩	南山景区西部	0.5	3%
	天涯海角	0.7	4%
	小计：	1.2	6%

5.2.3.1.2 沿岸沙丘分布

沿岸沙丘是砂质海岸的重要组成部分。在本研究岸段，沿岸沙丘分布较多，在南山角与塔岭之间的南山风景区岸段和塔岭至天涯海角附近的岸段均基本连续分布。沙丘分布岸段总长约 9.9km，约占岸线总长的 50%和砂质海岸岸线总 84%。沿岸沙丘见表 5.2-19，分布情况见图 5.2-37。

表 5.2-19 评价范围内沿岸沙丘分布（南山角至天涯海角附近约 20km 岸线）

沿岸沙丘分布岸段	沿岸沙丘长度(km)	沿岸沙丘特征	沿岸沙丘占比
南山角岸段	2.1	位于南山观音砂质海滩后方，沙丘高大，顶高程 17~24m，上部为灌木和防护林，沙丘前沿海滩岩广泛出露	11%
鸭子塘至三美湾	0.3	位于三美湾海滩后方，规模较小，顶高程 8m 左右，局部生长灌木	2%
塔岭以东至担油港	2.4	位于塔岭和马岭山丘临海的基岩岸线以东，属于塔岭至马岭大沙丘的西段。沙丘高程在 7~9m，上部未灌木和草地。除人工岛掩护岸段外海滩岩广泛分布于沙丘前沿，沙丘后方为担油港潟湖，东端被担油港口门切断	12%
担油港至天涯镇	3.6	属于塔岭和马岭之间大沙丘的中段，西端为担油港口门，东段为天涯镇西侧因开发建设人工切断形成的沙丘缺口。沙丘高程在 9m~14m，上部为灌木和防护林，沙丘前沿广泛发育海滩岩，表征沙丘处于冲刷环境	18%
天涯镇附近	1.5	位于天涯镇马岭村所在部位，属于塔岭和马岭之间大沙丘的东段，沙丘上部建筑物密集，高程 4~9m，前沿海滩岩发育建筑物前沿冲刷明显	8%
合计	9.9	分布于基岩山丘临海的基岩岬角之间，沙丘整体较为完整，但前沿广泛出露海滩岩表明该岸段沙丘自然冲刷后退。	50%

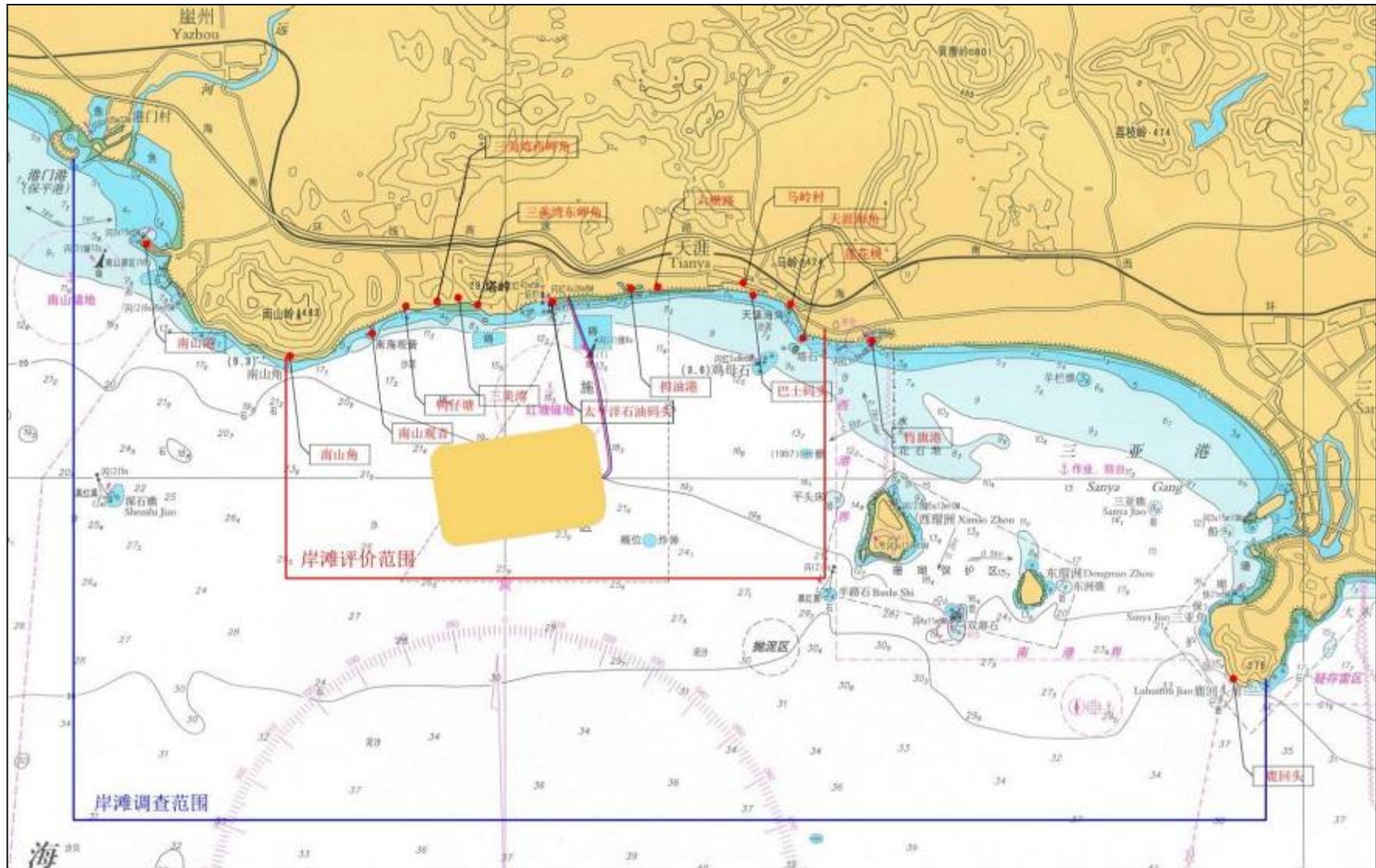


图 5.2-35 岸滩调查范围与评价范围图

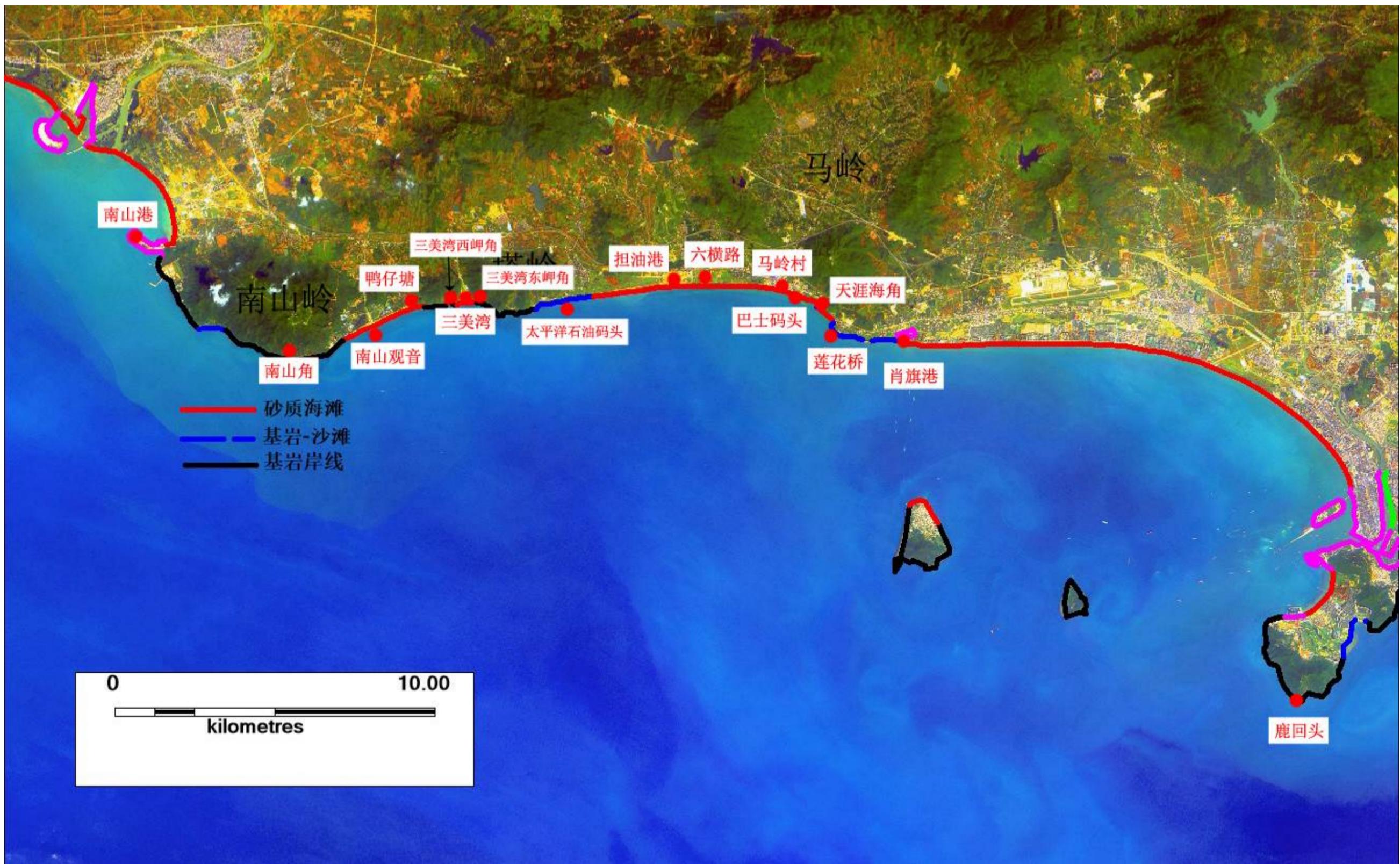


图 5.3-36 (a) 调查范围内岸线分布类型图



图 5.2-36 (b) 评价范围内岸线类型分布图 (南山角至天涯海角附近约 20km 岸线)

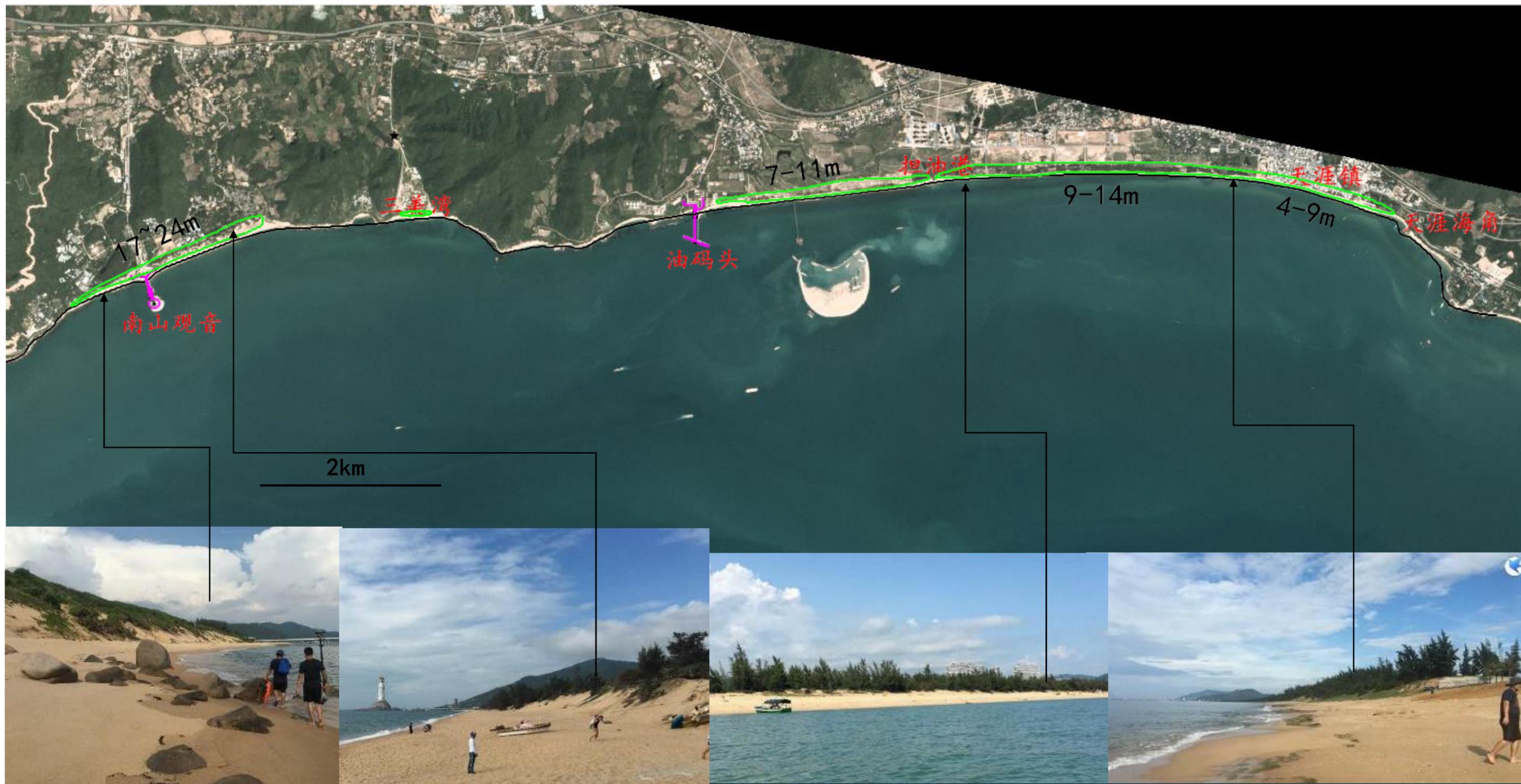


图 5.2-37 评价范围内沿岸沙丘分布图（南山角至天涯海角附近约 20km 岸线）

5.2.3.1.3 岸线地貌现状调查

(1) 调查时间

南京水利科学研究院于 2019 年 6 月进行了岸滩断面测量。

(2) 断面布设

完成了共 19 条固定断面（图 5.2-38）的地形监测结果，其中 H7-1、H8-1、H13-1 和 H13 仅测量岸滩部分，其余 15 条断面测量值水下-10m 左右水深。

(3) 调查结果

1) 南山角基岩海岸

南山角为崖州湾和红塘湾的分界的基岩岬角，沿岸以基岩为主，沿岸基岩长期受海浪冲刷较为圆滑，同时受构造运动影响节理发育。

2) 南山景区砂质海岸

南山角基岩海岸向东与塔岭前沿基岩之间发育一段沙滩，为南山观音人工岛所在沙滩，沙滩长约 2km，砂质较粗，中值粒径 0.6mm 左右，沙滩后方的沿岸沙丘发育较好，沙丘高程多在 17m~24m 之间，沙丘后方为原鸭子塘所在的潟湖低地。

沙丘海侧至海滩区域坡度在 1:2 左右，沙丘根部前沿沙滩坡度一般在 1:7。沙滩外围多有海滩岩分布，海滩岩出露较多，出露部位多在-1m~2m 附近。沙滩中部岸外建有南山观音人工岛，人工岛直接约 180m，离岸距离 200m。在人工岛掩护下其陆侧形成向海延伸 50m 左右的沙嘴。在沙嘴部位和沙滩东部鸭子塘河口附近泥沙堆积较多，未见海滩岩出露。岸滩剖面表现为在-3m 左右转折，沙滩前沿至-3m 附近坡度较陡，在 1:1 左右；-3m 以下成为相对平缓的海床，坡度 1:20~1:100，沿岸方向上坡度自西向东逐渐平缓。南山景区西部海滩与南山角基岩岸线之间，岩块与沙滩相间分布，后方也是沿岸沙丘与基岩山丘之间的过渡。

3) 鸭子塘至塔岭

鸭子塘至塔岭岸段后方以基岩山丘为主，仅三美湾约 500m 范围有沙滩分布。沙滩西部有海滩岩分布，海滩岩高程在 0m 左右，海滩岩以上部分滩面坡度 1:8-1m~-3m 平缓，平均坡度 1:100 左右，-3m 以下坡度 1:60 左右。沙滩以东为塔岭前沿的基岩岸线。

4) 塔岭至天涯海角

塔岭至太平洋石油码头附近：塔岭岬角至太平洋石油码头以西约 1km 为塔岭前沿基岩岸线。太平洋石油码头东西两侧各约 1km 岸段，岸边有沙滩分布，但后方无明显沙坝发育，沙滩前沿海滩岩明显，露出水面的海滩岩呈直线分布与岸外，最大高程在+1m 左右，对岸滩

形成一定保护。因海滩岩沿岸分布不均匀造成岸滩掩护条件的差异，沙滩岸线曲折，掩护较好的部位沙嘴发育，海滩岩局部缺失或较低部位海滩岸线向陆侧凹入超过 100m。

太平洋石油码头至天涯镇附近：太平洋石油码头向东约 1km 至临空岛连岛大桥接岸点，为太平洋石油码头附近海滩岩分布区域，与上述岸滩特征一致，陆侧开始有沙坝分布，岸外-2m 以浅区域岩礁分布较多，地形起伏。人工岛大桥接岸点向东至担油港口门附件，为临空岛掩护区，在临空岛实施前沿岸海滩岩较广泛出露。临空岛工程实施以来，岸滩整体淤积，海滩岩基本埋没，水上部分沙滩完整，后方沿岸沙丘发育，沙丘高程 7~11m，分布草地和防护林。岸滩剖面表现为沙坝前沿至-2m 水上平均坡度在 1:8 左右；-2m~-4m 有一定起伏，局部隆起；-4m~-8m 坡度在 1:40 左右；-8m 以深非常平缓，至-10m 附近为人工岛北侧岛壁。

担油港东侧约 500m 起至天涯镇马岭村长约 3km 岸段，处于已部分实施的临空人工岛掩护区外，前沿海滩岩发育，后方沿岸沙丘高于担油港以西部分，沿岸沙丘最大高程 9m~14m，沙丘上部多为防护林。沙丘前沿局部冲刷形成陡坎，局部海滩岩因沙丘塌落泥沙堆积而埋没，但海滩岩水下部分依然清晰。岸坡存在一定坡折，-2m 以上部分平均坡度 1:7~1:8，离岸 100m~250m 水深-2~-3m 地形有一定起伏，-3m~-6m 坡度 1:30 左右；-6m 以深非常平缓，坡度小于 1:100。

5) 天涯镇至天涯海角

天涯镇岸段自岸向海依次分布沿岸沙丘、海滩和海滩岩；沿岸沙丘高程在 4~9m，民居建筑物紧邻海滩，海滩宽度 30m 左右，坡度 1:8~1:10；海滩前沿海滩岩连续分布，因岸滩存在一定冲淤动态，海滩岩时有埋没；离岸 200~300m 附近地形局部隆起，离岸 300m 以外大于-5m，坡度非常平缓，多小于 1:100。天涯镇村落的东端为在建的巴士码头，因码头施工工期施工船舶和溢油建筑物影响，在码头西侧约 300m 岸段冲刷表现明显，滩面狭窄，局部建筑物堤基冲刷出露。巴士码头东侧约 300m 范围海滩宽阔，滩肩高程 4m~5m，滩面宽度可达 50m~80m。滩肩至-1m 坡度 1:8 左右，-1m 以下平缓。海滩岩在这一岸段不再出露。天涯海角天涯石西侧，是以天涯石为岬角形成的岬湾岸线，湾内有小河入注，粗砂为主，海滩后方的沿岸沙坝在此消失，沿岸未见海滩岩分布。天涯海角的天涯石向东约 700m，是天涯海角景区的沙滩分布岸段。该岸段以基岩块石与沙滩相间分布为特征，低潮以上海滩宽度 20~40m，以中细沙为主，滩面坡度 1:8 左右。天涯海角景区沙滩以东，基岩广泛分布，岸外礁石较多，岸边少有沙滩。

岸线地貌现状与分布特征见图 5.2-39、5.2-40 和表 5.2-20。



图 5.2-38 岸滩现状调查断面设置图

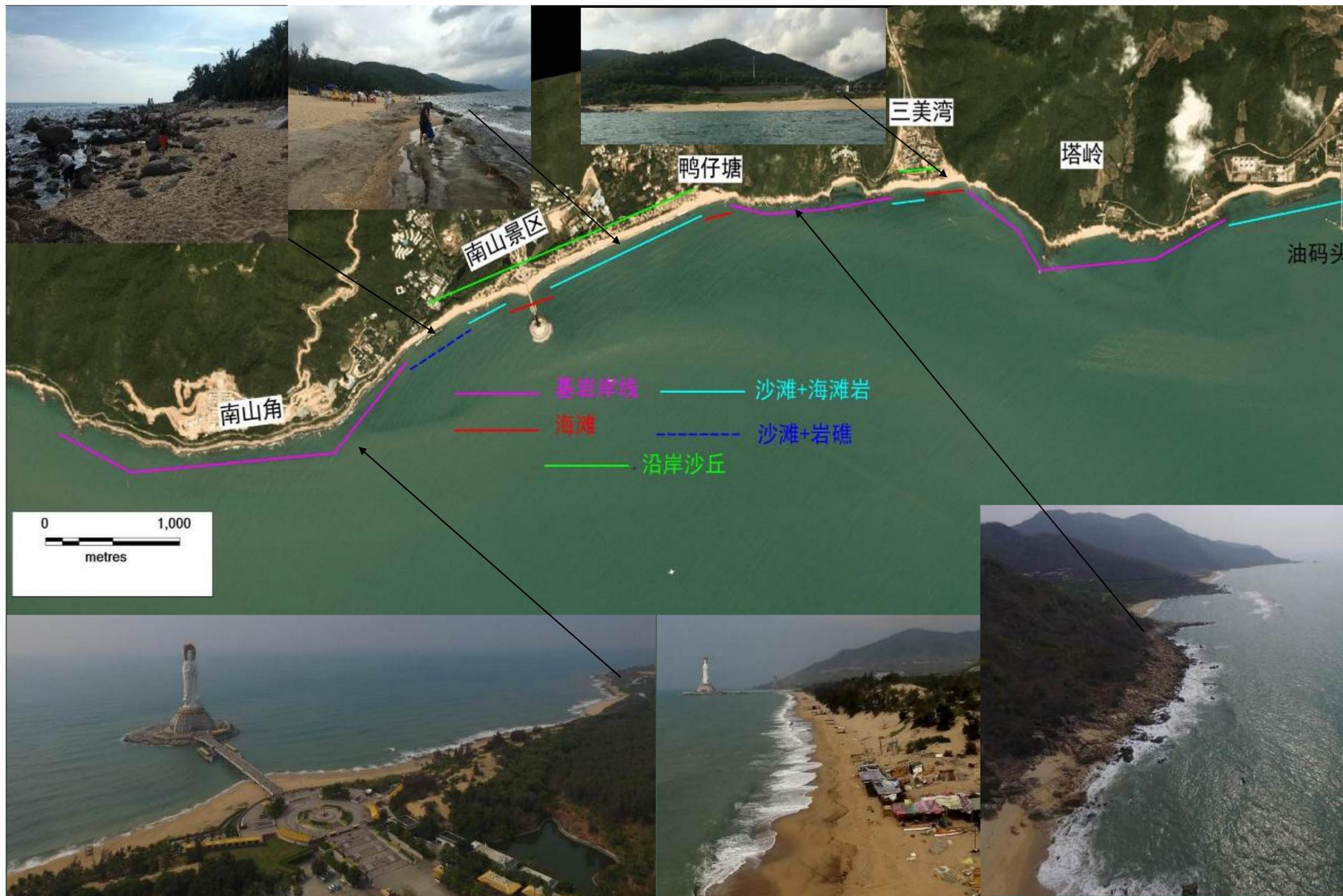


图 5.2-39 南山角至塔岭岸滩地貌特征与岸线类型分布图

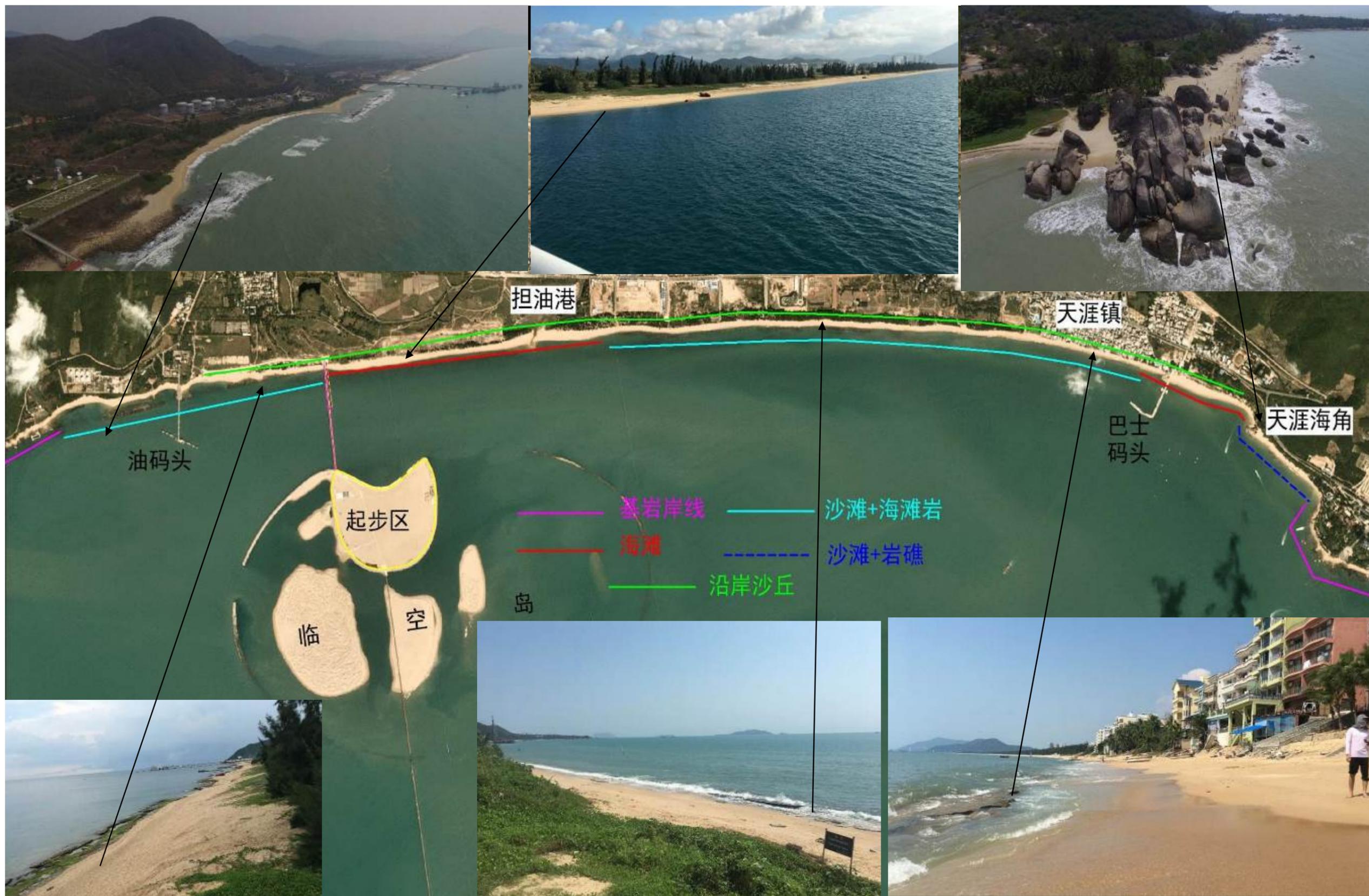


图 5.2-40 塔岭至天涯海角岸滩地貌特征与岸线类型分布图

表 5.2-20 岸线地貌现状与分布特征表

岸段分布		岸线类型	岸线长度(km)	岸线地貌特征	
南山景区 至塔岭	南山角岸段		基岩岸线	2.9	研究区西端，南山岭基岩山丘的前沿，沿岸以基岩为主，沿岸基岩长期受海浪冲刷较为圆滑
	南山景区砂质海岸 2.5km	南山景区西部	岩块+沙滩	0.5	位于南山景区海滩与南山角基岩岸线之间，岩块与沙滩相间分布，后方也是沿岸沙丘与基岩山丘之间的过渡，沙丘后方为原鸭仔塘所在的潟湖低地
		海上观音人工岛掩护段	完整沙滩岸线	0.3	人工岛掩护区沙嘴岸段，海滩岩被淤积泥沙淹没后形成的完整沙滩
		鸭子塘河口附近		0.2	鸭子塘河口局部泥沙堆积形成无海滩岩出露岸段
		海上观音以西	海滩岩+沙滩	0.3	分布于南山景区的沿岸沙丘前沿，因沙丘冲刷后退而出露，高程在 0~2m
		海上观音以东		1.2	分布于南山景区的沿岸沙丘前沿，因沙丘冲刷后退而出露，高程在 0~2m
	鸭子塘至塔岭 3.9km	鸭子塘至三美湾	基岩岸线	1.2	基岩山丘前沿
		三美湾西段	海滩岩+沙滩	0.2	与三美湾后方沙丘分布基本对应，沙滩西部有海滩岩公布，高程多在 0m 左右
		三美湾东段	完整沙滩岸线	0.3	靠近塔岭岬角，塔岭掩护下局部堆积泥沙较多形成的完整沙滩
		三美湾东岬角至塔岭岬角	基岩岸线	1.2	塔岭基岩山丘前沿
塔岭至太平洋石油码头 2.9km	塔岭岬角至太平洋石油码头以西	基岩岸线	1.0	为塔岭前沿基岩岸线	
	太平洋石油码头附近	海滩岩+沙滩	1.9	太平洋石油码头东西两侧各约 1km 岸段，岸边有沙滩分布，海滩岩离岸分布，最远离岸距离达 150m 左右，高程 1m 左右。海滩岩后方因掩护条件差异岸线较为曲折	
	太平洋石油码头至天涯镇	太平洋石油码头向东约 1km 处至临空岛连岛大桥接岸点	海滩岩+沙滩	1.0	太平洋石油码头附近海滩岩分布区域，陆侧开始有沙坝分布，岸外-2m 以浅区域岩礁分布较多，地形起伏
		人工岛大桥接岸点向东至担油港口门（临空岛掩护区）	完整沙滩岸线	2.0	自人工岛大桥接岸点向东至担油港口门附近，是已实施人工岛工程掩护下的淤积区，淤积泥沙淹没原有海滩岩，形成的完整海滩
		担油港至天涯镇马岭村	海滩岩+沙滩	3.0	与后方的沿岸沙丘分布对应，为沙丘冲刷出露的海滩岩时而因局部泥沙堆积而埋没，断续分布，高程多在 0.5m 附近。其中天涯镇附近和靠近担油港附近因冲刷较强，海滩岩出露较为连续
	天涯镇至天涯海角	天涯镇至巴士码头	海滩岩+沙滩	0.9	自岸向海依次分布沿岸沙丘、海滩和海滩岩；沿岸沙丘高程在 4~9m
		巴士码头至天涯海角天涯石	完整沙滩岸线	0.3	受天涯石和在建巴士码头保护，并有河口供砂，形成泥沙堆积体
		天涯海角	岩块+沙滩	0.7	位于天涯海角景区，属于马岭基岩山丘的临海岸段与西侧天涯镇附近砂质海岸的过渡段
天涯海角东部		基岩岸线	1.9	马岭基岩山丘前沿	

5.2.3.2 工程海域水下地形测量

(1) 调查时间

中交第四航务工程勘察设计院有限公司于 2016 年对项目周边海域水深地形进行测量。

(2) 调查范围

从鹿回头至崖州湾附近海域。

5.2.3.2.1 调查结果

工程周边海域水下地形大致以近东西走向的 30m 线为界，30m 以深区域的等深线近东北西南走向，30m 以浅近西北东南走向，与这一岸段的岸线整体走势接近，自鹿回头起，等深线大致以放射状向西南和西北分布。可见，在 30m 以深海域，海床高程已基本脱离岸线格局的影响，而在 30m 以浅海域，受海岸地质构造和近岸动力影响，等深线与岸线的整体走势是一致的。

同时，靠近南山角和鹿回头两个岬角附近，等深线均有明显的向岸弯曲的现象，类似于丁坝坝头冲刷和两侧淤积后的地形特征。从等深线走势看，鹿回头与南山角两个岬角前沿均靠近 20m 等深线，且 20m 等深线相对平顺，而中部的天涯海角向海突出较少，并未对水下地形等深线产生明显影响。因此，自鹿回头至南山角可以形成一个大的海湾，以鹿回头、东岛、西岛、南山角的连线（基本相当于 20m 等深线）为湾口。本工程整体位于海湾西部，根据工程方案，其中的机场人工岛和位于 20m 线上，在湾口附近，与鹿回头和南山角基本在一线上，产业园人工岛位于湾内。

从水下地形分布看，海湾区域等深线稀疏，地形平缓，岬角附近等深线稠密，地形坡度较陡。本工程所在的塔岭附近，基岩岬角前沿水深可达-6m，-10m，-10m 线距岬角仅约 300m，-15m 线距离岬角 1km 左右，具有良好的水深条件。

5.2.3.2.2 水下地形格局

工程海域面向开敞的南海，岸外无沙洲岛屿掩护，岸外水深较大。根据本区域 2019 测量的地形绘制三亚新机场所在海域及附近水域的地形等值线，从鹿回头至崖州湾附近海域，大致以近东西走向的 30m 线为界，30m 以深区域的等深线近东北西南走向，30m 以浅近西北东南走向，与这一岸段的岸线整体走势接近，自鹿回头其，等深线大致以放射状向西南和西北分布。可见，在 30m 以深海域，海床高程已基本脱离岸线格局的影响，而在 30m 以浅海域，受海岸地质构造和近岸动力影响，等深线与岸线的整体走势是一致的。

同时，靠近南山角和鹿回头两个岬角附近，等深线均有明显的向岸弯曲的现象，类似于丁坝坝头冲刷和两侧淤积后的地形特征。从等深线走势看，鹿回头与南山角两个岬角前沿均靠近 20m 等深线，且 20m 等深线相对平顺，而中部的天涯海角向海突出较少，并未对水下地形等深线产生明显影响。因此，自鹿回头至南山角可以形成一个大的海湾，以鹿回头、东岛、西岛、南山角的连线（基本相当于 20m 等深线）为湾口。本工程整体位于海湾西部，根据工程方案，机场位于 20m 线上，在湾口附近，与鹿回头和南山角基本在一线上。

三亚新机场所在海域水下地形格局见图 5.2-41。

工程区域水深测量图见图。从水下地形分布看，海湾区域等深线稀疏，地形平缓，岬角附近等深线稠密，地形坡度较陡。本工程所在的塔岭附近，基岩岬角前沿水深可达-6m，-10m，-10m 线距岬角仅约 300m，-15m 线距离岬角 1km 左右，为港口工程提供了良好的水深条件，见图 5.2-42-图 5.2-45。

5.2.3.2.3 临空产业园和起步区建设后水下地形变化情况

2016 年初开工建设的临空产业园人工岛目前已形成围堰的范围约为长轴 3km、短轴 2km 的顺岸布置椭圆形，离岸最近距离约 670m，所在区域水深约-9m~-15m；此外在当初拟建新机场人工岛东北角水深 20m 附近实施了约 900m×500m 的近矩形起步区围填工程，南护岸附近进行了钢圆筒基槽开挖和部分试桩。

工程实施前后的地形、断面对比显示，工程 2016 年初开工前（2015 年 12 月测）至 2019 年 7 月，工程区海域的水下地形变化仅表现在工程直接引起的地形改变，即抛填和开挖部位分别表现为地形的增高和降低，在工程周边，海床地形几乎没有任何变化。目前已实施的人工岛的规模和所在水深区域均较大，实测资料显示工程实施后未引起海床地形的冲淤调整。进一步说明，在本岸段水流动力较弱、泥沙活动性不强的背景下，人工岛工程建设不致引起海床地形大的冲淤调整

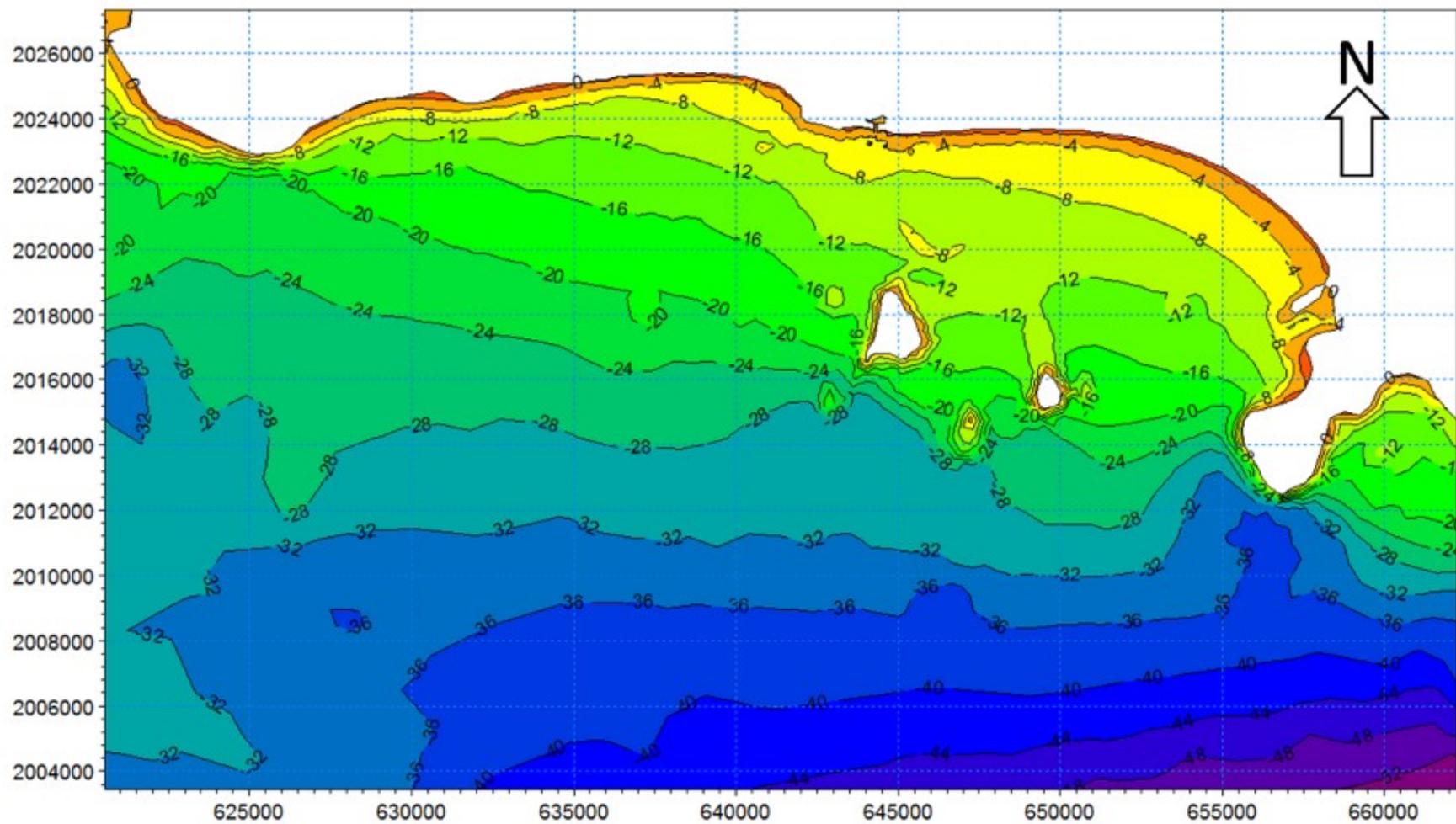


图 5.2-42 实测工程海域水下地形格局

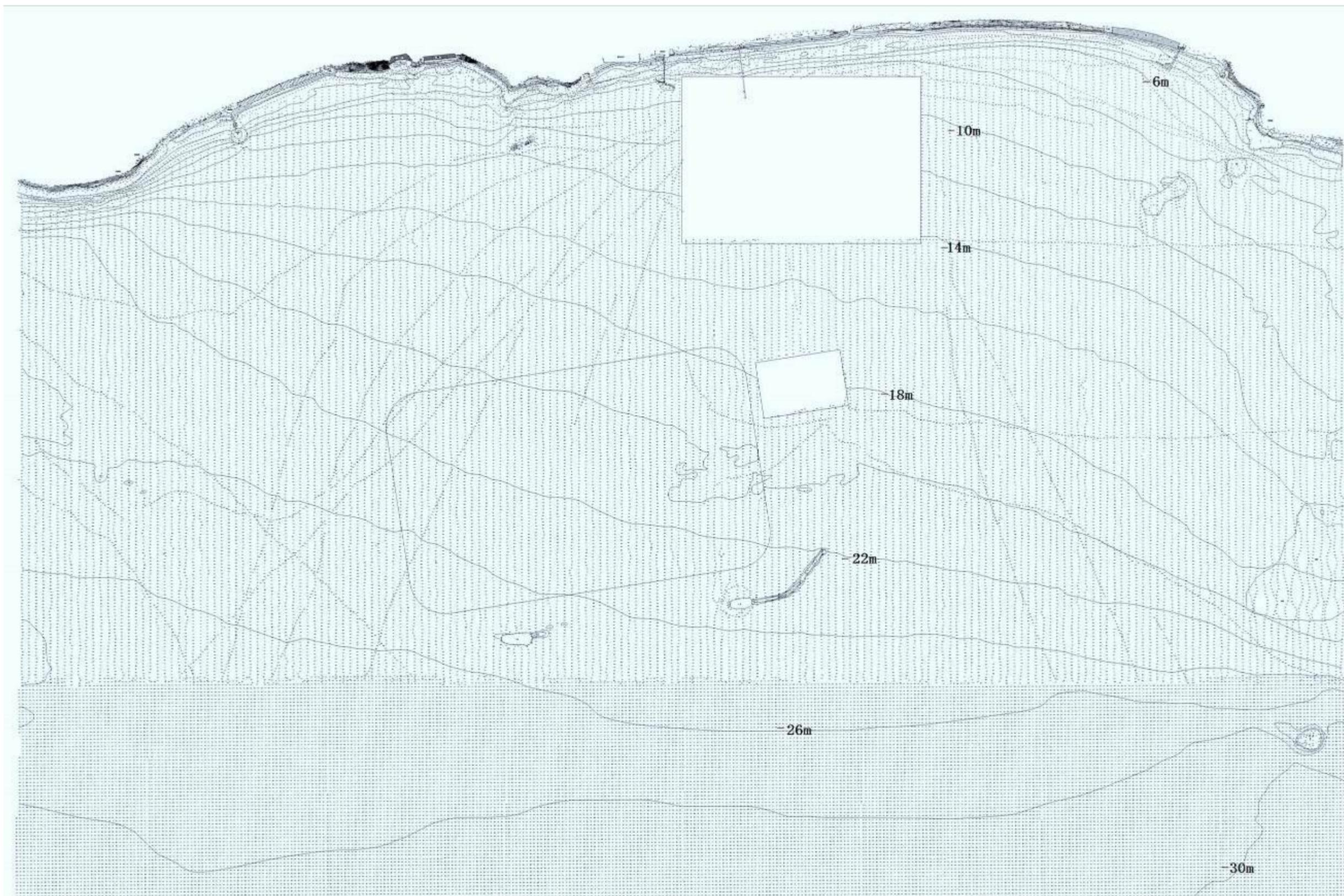


图 5.2-43 工程海域水深测量图 (1:5000)

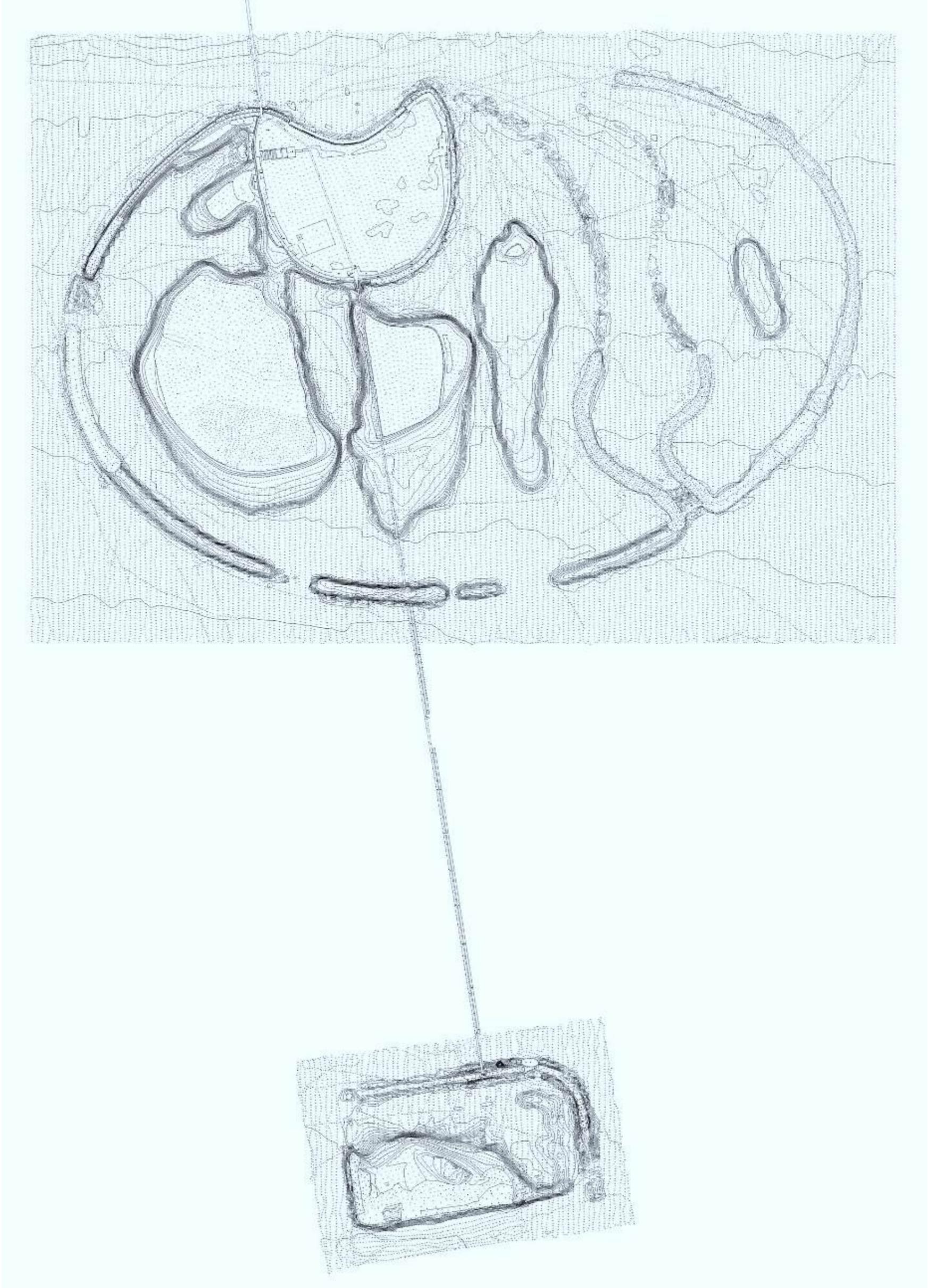


图 5.2-44 工程海域水深测量图（莲花岛 1:1000）



图 5.2-45 工程海域水深测量图 (局部放大)

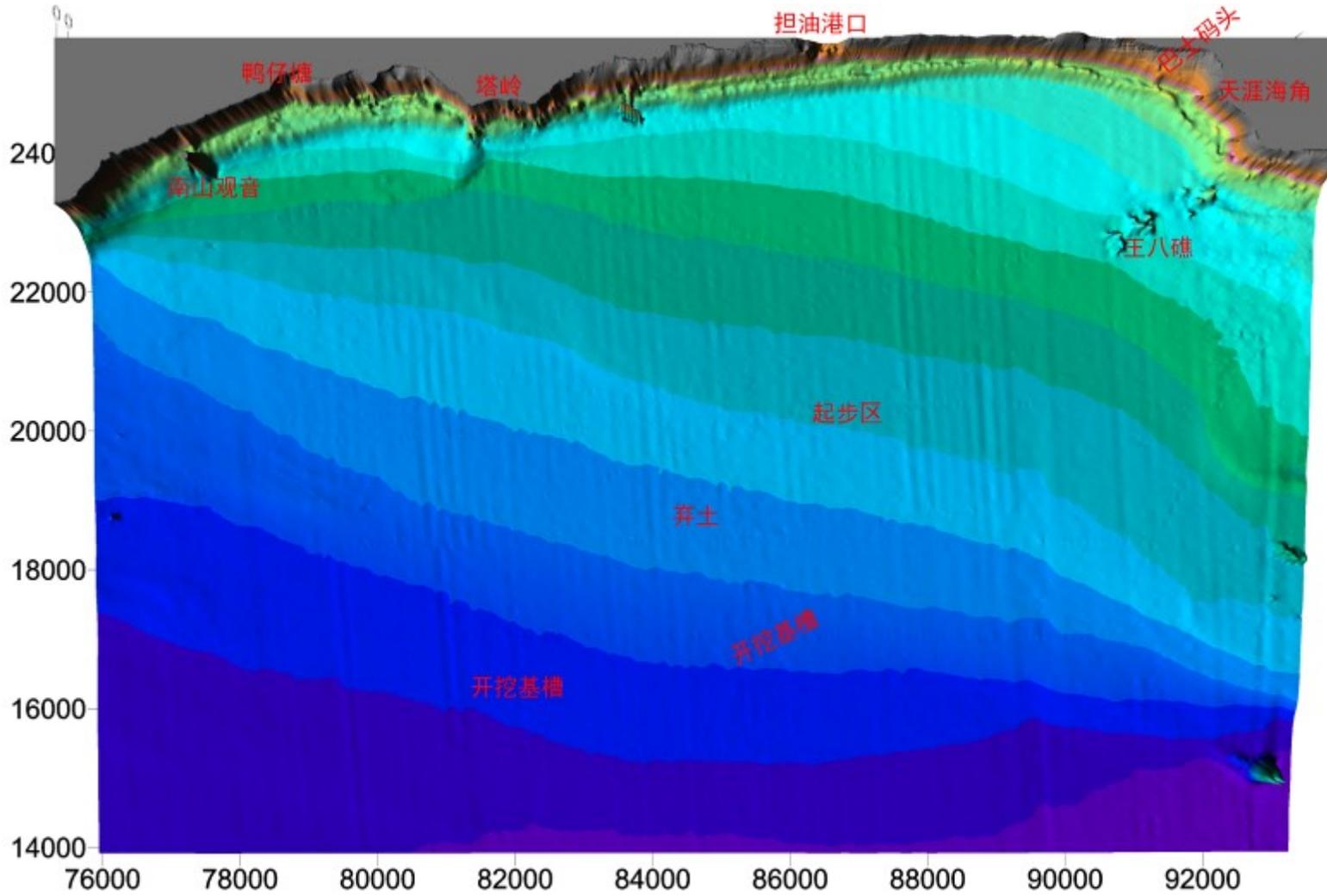


图 5.2-46 项目附近海域已有人工岛围填工程实施前（2015.12）水下地形格局

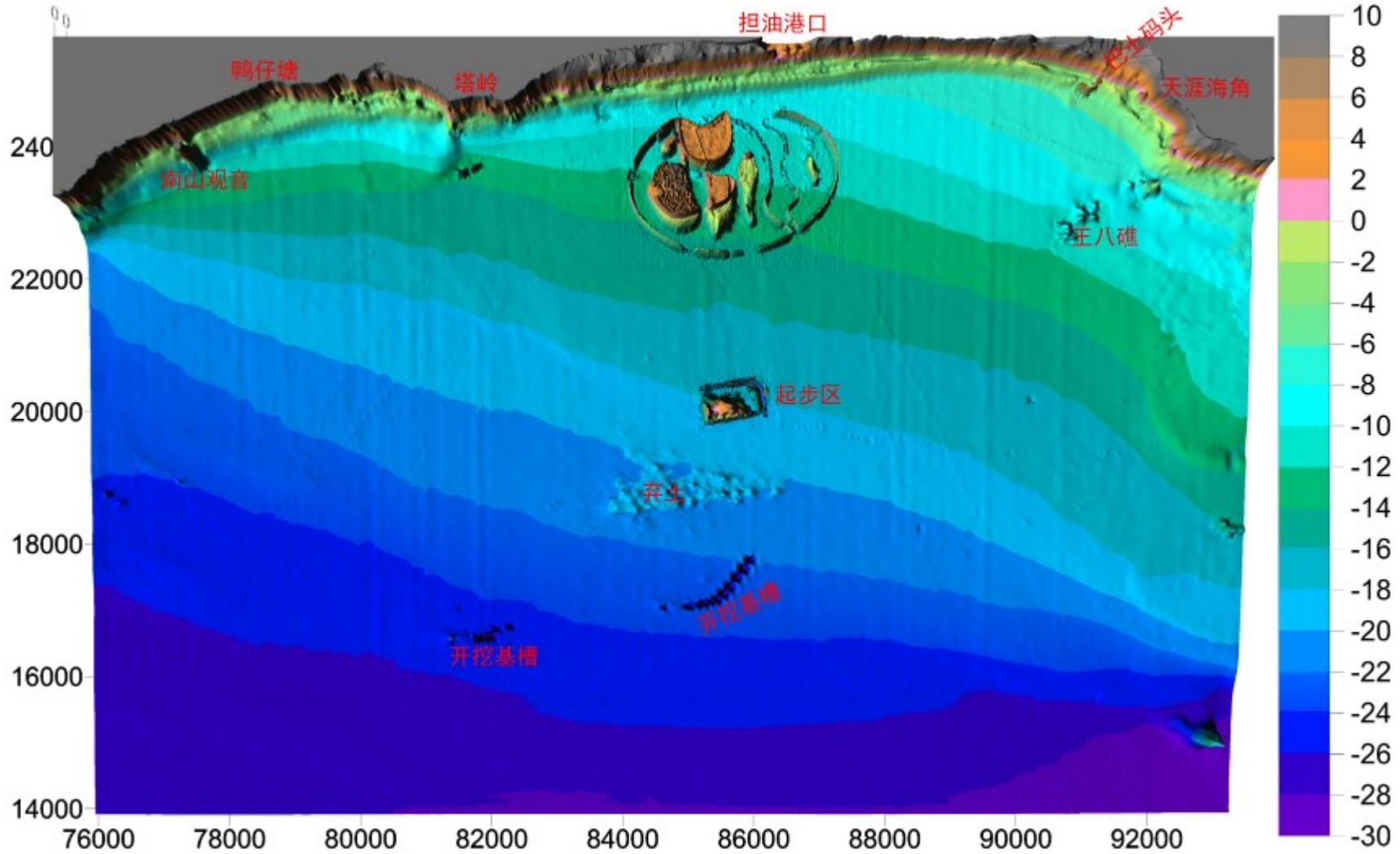


图 5.2-47 项目附近海域已有人工岛围填工程实施 2 年后（2019.7）水下地形格局

5.2.4 海水水质调查与评价

5.2.4.1 调查站位与调查时间

国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2019 年 4 月 10~17 日（春季）、2019 年 6 月 14~21 日（夏季）、2019 年 9 月 6-9 日（秋季）、2019 年 12 月 9~13 日（冬季）分别在评价海域设置 56 个海洋水质站位开展监测。2019 年四个季度监测站位坐标详见表 5.2-21，点位分布见图 5.2-47。

表 5.2-21 2019 年监测站位经纬度坐标

站号	纬度 (N)	经度 (E)	监测内容
P1	18°12'23.10"	109°31'46.61"	水质
P2	18°10'05.19"	109°32'44.25"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P3	18°06'48.21"	109°33'47.25"	水质
P4	18°02'16.88"	109°33'47.25"	水质
P5	17°57'20.17"	109°33'47.25"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P6	18°16'08.08"	109°27'55.98"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P7	18°13'03.69"	109°27'59.29"	水质
P8	18°09'51.70"	109°27'59.29"	水质、浮游生物、底栖生物
P9	18°06'05.78"	109°27'59.29"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P10*	18°02'11.75"	109°27'59.29"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P11	17°57'19.00"	109°27'59.29"	水质
P12	18°16'53.90"	109°22'54.14"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P13	18°14'40.92"	109°22'54.3"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P14	18°11'26.07"	109°22'59.04"	水质
P15	18°07'00.04"	109°22'59.02"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P16	18°02'10.86"	109°22'59.02"	水质
P17	17°57'20.17"	109°22'55.03"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P18	18°17'54.29"	109°18'40.04"	水质
P19	18°14'38.56"	109°18'50.08"	水质、浮游生物、底栖生物
P20*	18°11'06.92"	109°18'40.68"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P21	18°07'06.43"	109°18'46.84"	水质
P22	18°02'30.97"	109°18'40.68"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P23	17°57'10.53"	109°18'40.68"	水质
P24	18°17'35.9"	109°14'41.7"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P25	18°14'40.22"	109°14'41.61"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P26	18°11'7.8"	109°14'40.14"	水质、浮游生物、底栖生物
P27	18°7'7.42"	109°14'40.14"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P28	18°2'30.59"	109°14'40.14"	水质

三亚新机场项目海洋环境影响报告书

P29	17°57'20.17"	109°14'42.95"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P30	18°17'10.51"	109°9'48.43"	水质
P31*	18°14'29.17"	109°9'51.23"	水质
P32	18°10'57.8"	109°9'51.23"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P33	18°7'11.12"	109°9'51.23"	水质
P34	18°2'39.45"	109°9'51.23"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物、
P35	17°57'20.17"	109°9'46.03"	水质
P36	18°21'9.5"	109°4'1.5"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P37*	18°17'35.3"	109°4'1.5"	水质、浮游生物、底栖生物
P38	18°13'26.14"	109°4'1.5"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P39	18°8'30.38"	109°4'1.5"	水质
P40	18°3'15.34"	109°4'1.5"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P41	17°57'31.94"	109°4'1.5"	水质
P42	18°23'45.54"	108°57'15.46"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P43	18°20'46.93"	108°57'15.46"	水质
P44	18°16'57.78"	108°57'15.46"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P45*	18°12'31.07"	108°57'15.46"	水质
P46	18°7'55.77"	108°57'15.46"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P47	18°3'5.21"	108°57'15.46"	水质、浮游生物、底栖生物
P48	17°57'20.17"	108°57'15.46"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P49	18°13'56.8"	109°30'8.54"	水质
P50	18°14'8.49"	109°29'41.3"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P51	18°13'38.74"	109°28'50.85"	水质
P52	18°20'58.76"	109°7'42.88"	水质
P53	18°21'1.47"	109°7'18.01"	水质
P54*	18°20'19.3"	109°6'48.71"	水质
P55	18°14'10.82"	109°30'24.48"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
P56	18°13'44.38"	109°30'29.93"	水质、浮游生物、底栖生物、沉积物
C1	18°13'45.07"	109°29'13.75"	潮间带生物
C2	18°17'22.28"	109°23'31.23"	潮间带生物
C3	18°18'11.78"	109°19'55.88"	潮间带生物
C4	18°17'59.69"	109°15'21.71"	潮间带生物
C5	18°18'39.22"	109°8'39.06"	潮间带生物
C6	18°21'59.7"	109°2'12.1"	潮间带生物

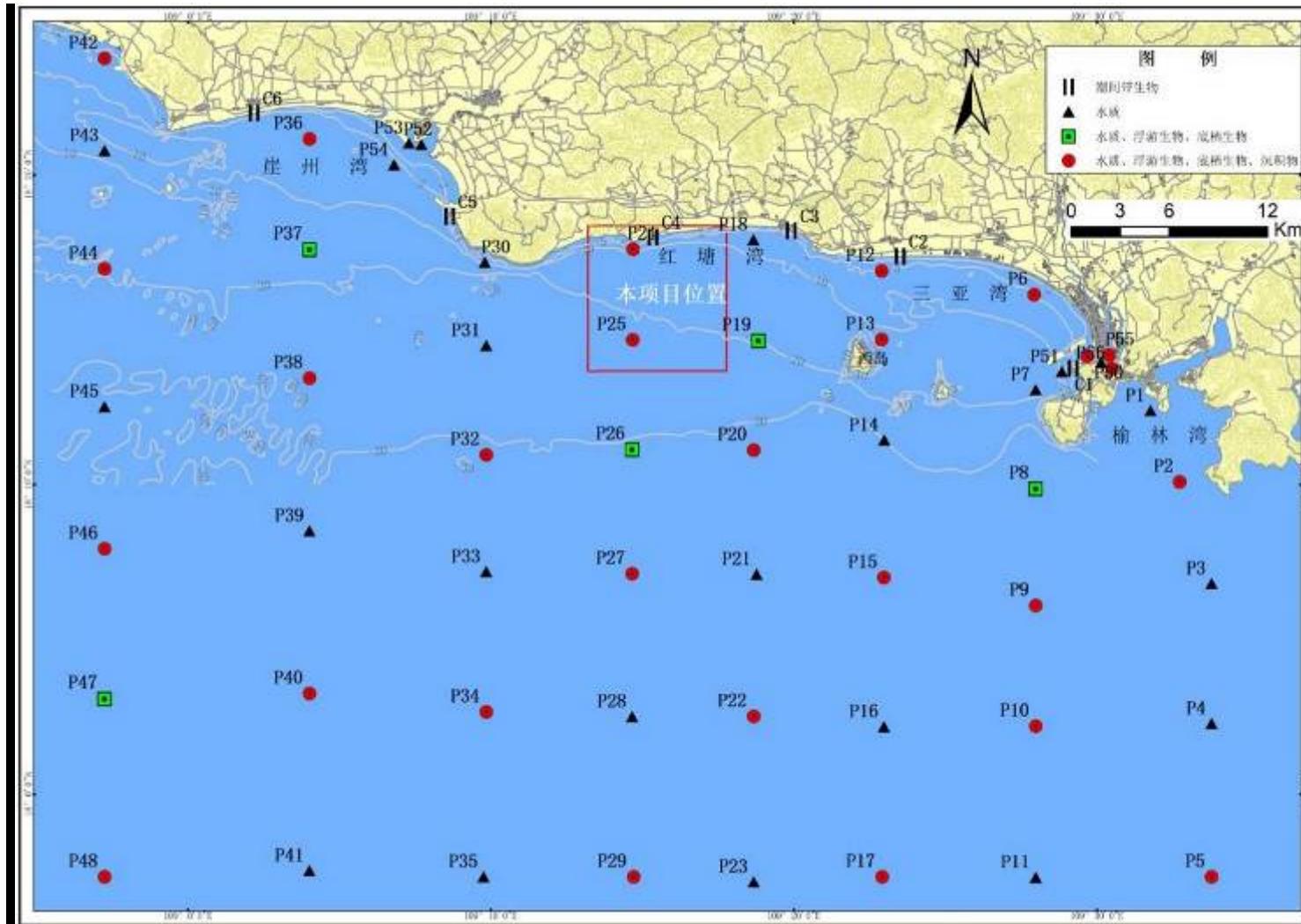


图 5.2-48 2019 年海水水质质量调查站位图

5.2.4.2 调查项目与调查方法

调查项目：水温、盐度、pH、悬浮物、生化需氧量、化学需氧量、溶解氧、活性磷酸盐、无机氮（氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮）、石油类、汞、总铬、锌、砷、铜、铅和镉等要素；

调查方法：本项目调查取样与分析方法按 GB/T 12763-2007《海洋调查规范》和 GB 17378-2007《海洋监测规范》等执行，见表 5.2-22。

表 5.2-22 分析方法

序号	项目	分析方法	执行标准	检出限
1	水温	表层水温表法	《海洋监测规范》 GB 17378.4-2007	/
2	pH	pH 计法		/
3	盐度	盐度计法		/
4	悬浮物	重量法		/
5	生化需氧量	五日培养法		/
6	化学需氧量	碱性高锰酸钾法		/
7	溶解氧	碘量法		/
8	油类	紫外分光光度法		3.5μg/L
9	氨氮	次溴酸盐氧化法		/
10	亚硝酸盐氮	萘乙二胺分光光度法		/
11	硝酸盐氮	铈-镉还原法		/
12	活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法		/
13	砷	原子荧光法		0.5μg/L
14	汞	原子荧光法		0.007μg/L
15	铜	阳极溶出伏安法		0.6μg/L
16	铅	阳极溶出伏安法		0.3μg/L
17	锌	阳极溶出伏安法		1.2μg/L
18	镉	阳极溶出伏安法		0.09μg/L
19	总铬	无火焰原子吸收分光光度法		0.4μg/L

5.2.4.3 评价标准与评价方法

(1) 评价标准

依据《海南省海洋功能区划》(2011 年-2020 年)与《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案》，本项目的监测站位位于不同功能区内，具体评价标准按表 5.2-23 执行。

评价因子为 pH、COD、BOD₅、溶解氧（DO）、活性磷酸盐、无机氮、总铬、砷、汞、锌、镉、铅、铜和石油类。

(2) 评价方法

采用单因子标准指数法对水质现状进行评价，标准指数（P_i）大于 1 表示超过了规定的水质标准。除 pH、DO 外的其它污染物的标准指数：

$$P_i = C_i / C_{si} \quad \text{式中：} P_i \text{ 为单因子污染指数；} C_i \text{ 为实际监测值；} C_{si} \text{ 为评价标准}$$

值。

表 5.2-23 各调查季节站位执行标准情况

春、夏、 秋、冬	P1、P2、P3、P4、P5、P9、P10、P11、P13、P15、P16、P17、P21、 P22、P23、P27、P28、P29、P33、P34、P35、P39、P40、P41、P42、 P43、P45、P46、P47、P48、P51 号站位	一类
	P6、P12、P18、P19、P24、P30、P31*、P54*号站位	二类
	P7、P25、P49、P50、P52、P53、P55、P56 号站位	三类
	P8、P14、P20*、P26、P32、P36、P37*、P38、P44 号站位	维持现状

pH 的污染指数计算公式为：

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

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

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；

污染指数>1，表明该水质超过了规定的水质评价标准，已经不能满足使用功能的要求。

DO 的标准指数为：

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

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

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

式中： PI_{DO} 为*i*站点的 DO 的污染指数； DO_f 为饱和 DO 浓度；*T*为水温（℃）； DO_i 为*i*点的 DO 浓度； DO_s 为 DO 的评价标准。

5.2.4.4 水质环境调查与评价结果

评价海域水质调查结果统计见表 5.2-24，海域水质评价结果见表 5.2-25，水质调查结果表格和评价结果表格见附录。

调查区春季水体环境质量状况总体良好，主要超标因子为铅等。表层个别测站的溶解氧含量、无机氮含量不符合第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准，超标率分别为 3.2%、3.2%。10m 层海水个别测站的锌含量超第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准，

超标率为 3.8%。底层个别测站的 BOD₅、溶解氧含量、无机氮含量、锌含量不符合第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准，超标率分别为 3.5%、3.5%、10.3%。部分测站的铅含量在表层、10m 层、50m 层、底层均超一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准，超标率分别为 45.2%、53.8%、75%、48.3%。

调查区夏季水体环境质量状况总体良好，pH、COD、BOD₅、无机氮、活性磷酸盐、总铬、汞、砷、镉、铜均符合一类水质标准。表层个别测站的溶解氧含量、锌含量不符合第一类海水水质标准，超标率分别为 6.5%、3.23%。表层部分测站的石油类含量均超一类海水水质标准，超标率为 21.4%。10m 层海水个别测站的溶解氧、锌含量不符合第一类海水水质标准，超标率分别为 7.7%、3.8%。50m 层海水个别测站的溶解氧含量超过第一类海水水质标准，超标率为 9.1%。底层个别测站的溶解氧含量、锌含量不符合第一类海水水质标准，超标率分别为 20.7%、3.4%。部分测站的铅含量在表层、10m 层、50m 层、底层均超一类海水水质标准，超标率分别为 67%、57.7%、81.8%、72.4%。所有检测项目均符合第二类海水水质标准。

调查区秋季水体环境质量状况总体良好，pH、COD、BOD₅、无机氮、活性磷酸盐、溶解氧、石油类、总铬、汞、砷、锌、镉、铜均符合一类水质标准。部分测站的铅含量在表层、10m 层、50m 层、底层均超一类海水水质标准，超标率分别为 32.3%、30.8%、16.7%、31%，但符合第二类海水水质标准。

调查区冬季水体环境质量状况总体良好，主要超标因子为铅。冬季航次开展了 48 个站点的水质调查，采用《海水水质标准》进行评价。调查结果表明，所有站点 pH、DO、COD、BOD₅、活性磷酸盐、无机氮、总铬、砷、锌、镉、铜、汞和石油类的含量均符合第一类海水水质标准要求。调查区域全部测站的海水铅含量超第一类海水水质标准但符合第二类海水水质标准。

表 5.2-24 各季水质参数调查结果统计表

季节	特征值	海水水质环境要素														
		mg/L				μg/L 环境要素调监测结果										无量纲
		COD	DO	BOD ₅	石油类	活性磷酸盐	无机氮	铜	铅	锌	镉	总铬	汞	砷	pH	
春季	最小值	0.03	5.61	0.02	0.0115	0.97	35.33	nd	0.319	4.66	0.014	nd	nd	1.2	7.99	
	最大值	0.93	8.25	2.10	0.0498	37.90	326.48	0.877	1.81	20.0	0.37	1.6	0.032	1.7	8.20	
	检出率 (%)	/	/	/	100	/	/	94.4	100	100	100	98.2	60.4	93.9	/	
夏季	最小值	0.223	4.91	0.1	0.012	0.29	9.73	nd	0.018	nd	nd	0.4	0.016	1.8	7.81	
	最大值	2.25	8.66	1.37	0.097	7.25	256	4.87	4.21	27.3	0.358	1.3	0.043	2.7	8.24	
	检出率 (%)	/	/	/	100	/	/	55.1	100	91.1	87.5	100	100	100	/	
秋季	最小值	0.05	5.86	0.04	0.01	0.22	22.99	nd	nd	nd	nd	0.42	nd	0.5	8.03	
	最大值	0.83	8.04	0.91	0.03	16.5	415.4	1.11	2.97	19.8	0.11	0.90	0.03	1.02	8.25	
	检出率 (%)	/	/	/	100	/	/	54.2	84	99.9	0.01	100	99.9	100	/	
冬季	最小值	0.055	6.39	0.19	0.098	0.242	8	nd	nd	nd	nd	nd	0.009	nd	8.07	
	最大值	1.22	8.46	0.95	0.502	12	135	2.88	4.75	17.7	0.15	1.2	0.042	3.1	8.2	
	检出率 (%)	/	/	/	100	/	/	72	95.8	55.2	4.2	4.2	100	93.3	/	

注：“nd”表示未检出，检出率占样品频数的 1/2 以上(包括 1/2)或不足 1/2 时,未检出部分分别取检出限的 1/2 和 1/4 量参加统计运算；*表示该值低于方法检出限。

表 5.2-25 水质参数标准指数统计表

季节	层次	指标	pH	DO	COD	BOD ₅	无机氮	活性磷酸盐	总铬	汞	砷	锌	镉	铅	铜
春季	表层	范围	0~0.17	0.24~1.2	0.02~0.39	0.06~0.79	0.21~1.17	0.06~0.7	0~0.03	0.07~0.5	0.06~0.08	0.23~0.99	0.01~0.23	0.5~1.81	0.02~0.15
		超标率	0	3.2	0	0	3.2	0	0	0	0	0	0	0	45.2
	10m	范围	0~0.09	0.22~0.78	0.03~0.28	0.1~0.51	0.18~0.97	0.1~0.4	0.01~0.03	0.07~0.56	0.06~0.08	0.2~1.12	0.03~0.35	0.49~1.8	0.02~0.18
		超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	0	53.8
	50m	范围	0.00~0.03	0.32~0.77	0.03~0.28	0.05~0.35	0.21~0.76	0.07~0.50	0.00~0.03	0.07~0.50	0.06~0.08	0.30~0.91	0.02~0.18	0.32~2.17	0.02~0.15
		超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
	底层	范围	0~0.23	0.21~0.95	0.01~0.36	0.052~2.1	0.2~1.63	0.06~0.55	0~0.03	0.07~0.6	0.06~0.08	0.25~1.27	0.01~0.37	0.3~1.83	0.02~0.14
		超标率	0	0	0	3.5	3.5	0	0	0	0	0	10.3	0	48.3
夏季	表层	范围	0.23~0.71	0.26~1.36	0.11~0.52	0.10~0.99	0.05~0.47	0.02~0.3	0.01~0.02	0.36~0.8	0.09~0.13	0.08~1.37	0.01~0.36	0.02~4.02	0.01~0.21
		超标率	0	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	3.23	0	67
	10m	范围	0.26~0.69	0.26~1.52	0.12~0.78	0.19~0.98	0.06~0.44	0.02~0.48	0.01~0.02	0.36~0.84	0.11~0.13	0.08~1.25	0.01~0.54	0.02~4.73	0.01~0.97
		超标率	0	7.7	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	0	57.7
	底层	范围	0.20~0.69	0.42~1.52	0.14~0.63	0.10~0.98	0.05~0.36	0.03~0.26	0.01~0.02	0.34~0.82	0.08~0.15	0.17~1.26	0.01~0.30	0.12~4.17	0.01~0.12
		超标率	0	20.7	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4	0	72.4

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

季节	层次	指标	pH	DO	COD	BOD ₅	无机氮	活性磷酸盐	总铬	汞	砷	锌	镉	铅	铜
秋季	表层	范围	0~0.45	0.1~0.85	0.02~0.28	0.1~0.71	0.13~1.04	0.03~0.21	0.01~0.02	0~0.52	0.03~0.06	0.21~0.99	0.01~0.11	0~2.12	0.02~0.15
		超标率	0	0	0	0	3.57	0	0	0	0	0	0	0	32.2
	10m	范围	0~0.23	0.01~0.98	0.04~0.34	0.09~0.45	0.16~0.88	0.04~0.32	0~0.02	0~0.5	0.04~0.06	0.19~0.92	0.01~0.2	00.2~2.38	0.02~0.11
		超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.8
	底层	范围	0~0.34	0.34~0.94	0.08~0.36	0.08~0.71	0.15~0.55	0.02~0.2	0~0.01	0~0.48	0.03~0.07	0~0.98	0.01~0.04	0.02~2.8	0.02~0.14
		超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
冬季	表层	范围	0.00~0.23	0.52~0.84	0.10~0.36	0.57~0.98	0.05~0.51	0.03~0.33	nd~0.022	0.22~0.82	nd~0.090	nd~0.45	nd~0.11	2.5~4.3	0.14~0.24
		超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	10m	范围	0.00~0.14	0.55~0.79	0.17~0.79	0.67~0.97	0.05~0.68	0.05~0.62	nd~0.024	0.26~0.78	nd~0.085	nd~0.44	nd~0.15	nd~4.4	nd~0.24
		超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	底层	范围	0.00~0.14	0.67~0.99	0.10~0.42	0.24~0.99	0.04~0.59	0.03~0.40	nd~0.020	0.18~0.84	nd~0.155	nd~0.44	—	nd~4.4	nd~0.26
		超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

注：“nd”表示未检出，

5.2.4.5 水质环境超标原因分析

调查区域各个季节各测站海水铅、锌含量部分站位超第一类海水水质标准 ($\leq 1\mu\text{g/L}$), 但符合第二类海水水质标准 ($\leq 5\mu\text{g/L}$), 综合四个季度的水质重金属含量水平进行比较分析可知, 春、夏、秋、冬四个季度的水体重金属铅的含量的变化范围不大, 属于正常波动, 各个季度水质铅的平面分布总体上没有显著差异, 同时, 分析三亚海域污染源的历史调查数据表明, 三亚沿岸不存在重金属铅的污染来源, 不会由于人为的排放导致水体重金属铅的含量增加。因此, 基于上述分析, 可以初步认为水质重金属铅的含量水平、变化趋势和平面分布客观地反映了三亚海域的水质现状, 其超标的致因主要是海水中重金属铅含量的本底值较高。

金属锌各季节部分超标, 经过海水水质回顾性评价表明, 各季度金属锌浓度最大值较 15 年度历史调查数据均有所上升, 推测可能与周边海域开发引起船舶活动有关。

夏季、秋季航次部分站位溶解氧、春季无机氮存在部分超标, 原因可能与陆源入海有关。

5.2.5 海洋沉积物现状调查与评价

5.2.5.1 调查站位与调查时间

国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2019 年 4 月 10~17 日 (春季) 在评价海域进行了现状调查, 沉积物调查站位为同期水质调查站位中的 P2、P5、P6、P9、P10、P12、P13、P15、P17、P20、P22、P24、P25、P27、P29、P32、P34、P36、P38、P40、P42、P44、P46、P48、P50、P55、P56, 共计 27 个站位, 调查点位坐标见表 5.2-21, 点位分布见图 5.2-39。

5.2.5.2 调查项目与调查方法

沉积物调查项目包括: 有机碳、含水率、氧化还原电位、硫化物、石油类、锌、镉、铅、铜、铬、砷和总汞共 12 项。各项目样品采集、保存以及分析方法按《海洋监测规范》GB17378.3—2007 和 17378.3—2007 的规定方法进行, 见表 5.2-26。

表 5.2-26 海域沉积物各项分析方法一览表

序号	项目	分析方法	检测限
1	有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	/
2	含水率	重量法	/
3	氧化还原电位	电位计法	/
4	硫化物	碘量法	4×10^{-6}
5	总汞	原子荧光法	2.0×10^{-9}
6	砷	原子荧光法	0.06×10^{-6}
7	铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.5×10^{-6}
8	铅	无火焰原子吸收分光光度法	1×10^{-6}
9	镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}
10	铬	无火焰原子吸收分光光度法	2×10^{-6}
11	锌	火焰原子吸收分光光度法	6.0×10^{-6}
12	石油类	紫外分光光度法	3.0×10^{-6}

5.2.5.3 调查与评价结果

(1) 评价标准

所有站位评价均执行 GB18668-2002《海洋沉积物质量》中一类沉积物标准要求，评价因子为有机碳、硫化物、石油类、锌、镉、铅、铜、铬、砷和汞。

(2) 评价方法

采用单因子标准指数法， $P_i = C_i / C_s$ ；式中 C_i 为第 i 项调查值， C_s 为标准值。

(3) 调查结果

评价海域沉积物调查结果统计见表 5.2-27、表 5.2-28。各站位监测数据详见环境质量现状调查附录。

表 5.2-27 海洋沉积物参数调查结果统计

特征值	海洋沉积物要素调查监测结果									
	硫化物	石油类	锌	镉	铅	铜	铬	砷	汞	有机碳
	mg/kg									%
最小值	1.5	2.5	nd	0.05	11.3	1.6	17.1	0.86	0.01	0.05
最大值	1003.5	1450.2	103.3	0.20	27.6	19.0	26.5	6.74	0.107	1.10

表 5.2-28 海洋沉积物标准指数统计

特征值	硫化物	石油类	锌	镉	铅	铜	铬	砷	汞	有机碳
最小值	0.01	0.01	0.03	0.03	0.11	0.05	0.12	0.02	0.04	0.09
最大值	1.45	2.01	0.49	0.40	0.42	0.27	0.82	0.54	0.35	0.39

位于三亚港港口航运区河口内的 P55 和 P56 号站位，石油类含量超第二类沉积物质量标准，但符合第三类沉积物标准。P56 号站位的硫化物含量超第三类沉积物质量标准。其他调查

海域沉积物质量为均满足一级标准要求。

(4) 超标原因

位于三亚港港口航运区河口内的 P55 和 P56 号站位，石油类含量超第二类沉积物质量标准，这可能是由于受到三亚河河口处船舶活动影响。

5.2.6 海洋生物质量调查与评价

5.2.6.1 调查站位与调查时间

海洋生物质量调查于 2016 年 3 月、2016 年 8 月，2016 年 12 月、2017 年 2 月进行。每个季节从 29 个水质监测站位的附近海域采集生物质量样品，各调查站位详细信息见表 5.2-29、图 5.2-49。

表 5.2-29 生物质量现状调查站位地理坐标

站位	经度 (E)	纬度 (N)	站位	经度 (E)	纬度 (N)
Z1	109°0'0"	18°20'39"	Z16	109°14'46"	18°13'0"
Z2	109°0'0"	18°16'34"	Z17	109°14'46"	18°7'13"
Z3	109°0'0"	18°13'0"	Z18	109°14'46"	18°0'49"
Z4	109°0'0"	18°7'13"	Z19	109°19'35"	18°16'34"
Z5	109°0'0"	18°0'49"	Z20	109°19'35"	18°13'0"
Z6	109°5'0"	18°20'39"	Z21	109°19'35"	18°7'13"
Z7	109°5'0"	18°16'34"	Z22	109°19'35"	18°0'49"
Z8	109°5'0"	18°13'0"	Z23	109°24'59"	18°16'34"
Z9	109°5'0"	18°7'13"	Z24	109°24'59"	18°13'0"
Z10	109°5'0"	18°0'49"	Z25	109°24'59"	18°7'13"
Z11	109°9'49"	18°16'34"	Z26	109°24'59"	18°0'49"
Z12	109°9'49"	18°13'0"	Z27	109°31'17"	18°12'8"
Z13	109°9'49"	18°7'13"	Z28	109°31'14"	18°7'13"
Z14	109°9'49"	18°0'49"	Z29	109°31'14"	18°0'49"
Z15	109°14'46"	18°16'34"			

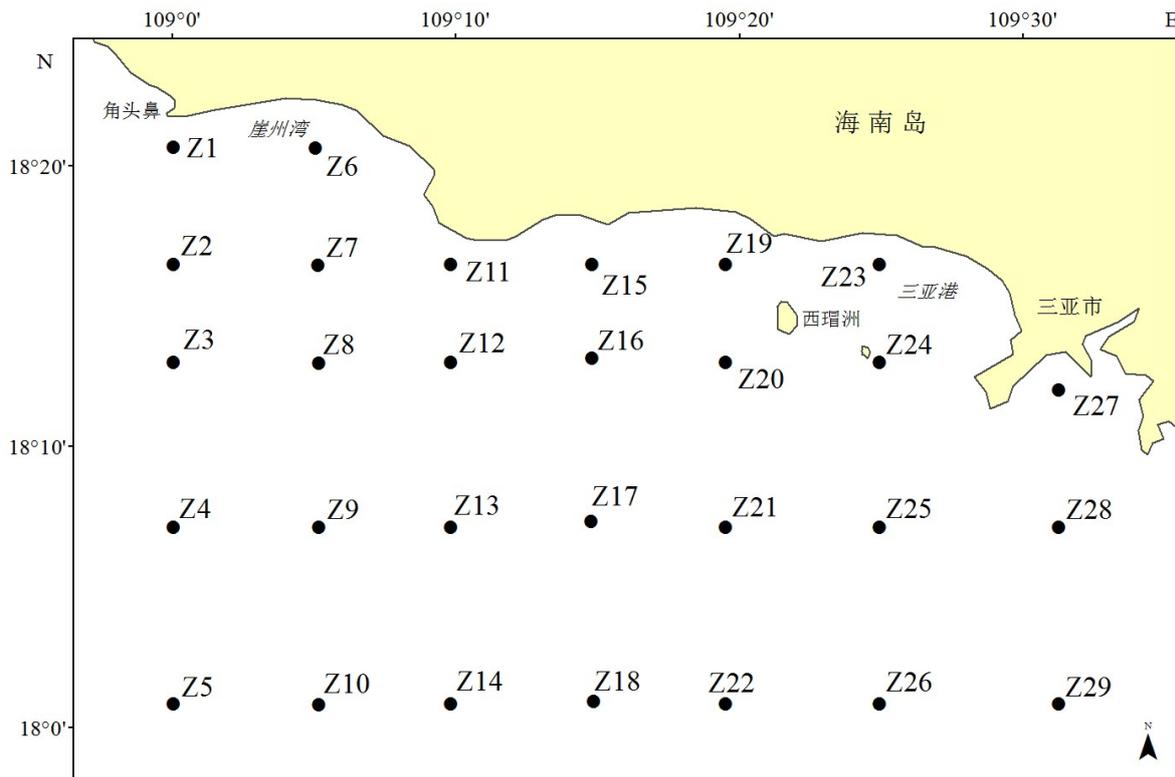


图 5.2-49 生物质量现状调查站位图

5.2.6.2 调查项目与分析

生物体质量调查项目为：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃共计 8 个要素。在生物质量现状调查的 29 个站位中（春、夏、秋、冬四季调查的站位数均为 29 个），每个站位均选取 2 种共 58 种生物进行残毒分析。其中，春季调查包括鱼类 42 种，头足类 8 种，甲壳类 7 种，双壳类 1 种；夏季调查包括鱼类 47 种，甲壳类 10 种，双壳类 1 种；秋季调查包括鱼类 45 种，头足类 7 种，甲壳类 5 种，双壳类 1 种；冬季调查包括鱼类 44 种，头足类 8 种，甲壳类 6 种。

调查及储运方法：海洋生物样品采集及前处理方法参照《海洋监测规范》GB17378-2007 进行。生物样品的来源主要包括：生物测站的底栖拖网捕捞；沿岸海域定置网捕捞及垂钓以及滩涂样品采集等。分别采集足够数量的贝类、甲壳类和鱼类样品，用现场海水冲洗干净后，放入干净的聚乙烯袋中，并封口贴上标签，冷冻保存。贝类样品制备：用塑料刀打开贝壳，用超纯水洗贝壳内的软组织，用镊子取出软组织，让水流尽，至少取 20 个以上个体的软组织，重量大于 100g；甲壳类样品制备：如虾样（其他甲壳类雷同），用塑料刀将腹部与头部及尾部分开，沿腹部外甲边缘切开，取出腹部肌肉弃去外甲，至少取 20 个以上个体的组织，重量大于 100g；鱼类样品制备：用塑料刀及镊子将肌肉与脊椎和鱼皮分离，将肌肉组织盛于容器中，至

少取 6 个以上个体的组织，重量大于 100g 于；后烘干研磨供不同项目分析使用。

生物体质量取样分析均按《海洋监测规范》(GB17378.6-2007) 进行，分析方法见表 5.2-31。

表 5.2-31 分析及检测限

序号	项目	分析方法	执行标准	检出限
1	铜	无火焰原子吸收分光光度法	《海洋监测规范》 GB17378.6-2007	0.4×10^{-6}
2	铅	无火焰原子吸收分光光度法		0.04×10^{-6}
3	镉	无火焰原子吸收分光光度法		0.005×10^{-6}
4	锌	火焰原子吸收分光光度法		0.40×10^{-6}
5	铬	无火焰原子吸收分光光度法		0.04×10^{-6}
6	汞	原子荧光法		0.3×10^{-6}
7	砷	原子荧光法		0.2×10^{-6}
8	石油烃	荧光分光光度法		0.2×10^{-6}

5.2.6.3 生物质量调查评价标准

本评价海域贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》GB 18421-2001 规定的第一类标准值；其它甲壳类和鱼类生物体内污染物质（Hg、As、Pb、Cd）含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃没有具体标准不做评价。生物体内污染物质评价方法与水质评价方法相同，采用单项分指数法。

5.2.6.4 生物质量现状调查结果及评价

2016 年春季，春、夏、秋、冬四季海洋生物质量现状评价结果见表 5.2-32 所示。四个季节调查与评价结果显示：红塘湾海区的海洋生物质量优良。鱼类、头足类、甲壳类、双壳类海洋生物体内的总汞、砷、铜、铅、镉、铬、锌含量均符合相应的评价标准。

表 5.2-32 生物体污染标准指数

季节	种类	石油烃	总汞	砷	锌	镉	铅	铜	铬		
春季	鱼类	最小值	0.39	0.03	0.04	0.01	0.08	0.01	0.01	0.02	
		最大值	0.72	0.14	0.08	0.15	0.12	0.15	0.04	0.19	
		平均值	0.56	0.06	0.05	0.03	0.09	0.03	0.02	0.07	
	头足类	最小值	0.67	0.040	0.040	0.004	0.038	0.009	0.002	0.004	
		最大值	0.73	0.06	0.05	0.031	0.04	0.03	0.01	0.04	
		平均值	0.70	0.046	0.049	0.020	0.040	0.017	0.004	0.014	
	甲壳类	最小值	0.55	0.045	0.05	0.013	0.10	0.010	0.03	0.004	
		最大值	0.72	0.205	0.06	0.100	0.11	0.082	0.05	0.037	
		平均值	0.64	0.104	0.05	0.045	0.11	0.022	0.04	0.020	
	双壳类	——	0.75	0.640	0.60	0.260	0.74	0.345	0.90	0.260	
	夏季	鱼类	最小值	0.42	0.04	0.04	0.07	0.01	0.00	0.02	0.03
			最大值	0.61	0.07	0.10	0.19	0.07	0.04	0.13	0.07
平均值			0.52	0.05	0.07	0.10	0.036	0.02	0.057	0.059	
甲壳类		最小值	0.400	0.047	0.040	0.013	0.001	0.000	0.007	0.015	
		最大值	0.704	0.127	0.070	0.065	0.016	0.005	0.024	0.024	
		平均值	0.553	0.081	0.050	0.030	0.009	0.002	0.016	0.018	
双壳类		——	0.91	0.700	0.60	0.190	0.22	0.400	0.21	0.080	
秋季		鱼类	最小值	0.09	0.010	0.02	0.040	0.06	0.01	0.01	0.01
			最大值	0.67	0.137	0.18	0.080	0.40	0.13	0.05	0.230
	平均值		0.30	0.049	0.06	0.063	0.16	0.024	0.03	0.039	
	头足类	最小值	0.23	0.025	0.05	0.053	0.02	0.002	0.10	0.003	
		最大值	0.29	0.150	0.08	0.080	0.09	0.063	0.05	0.044	
		平均值	0.26	0.065	0.058	0.067	0.048	0.032	0.028	0.030	
	甲壳类	最小值	0.39	0.007	0.02	0.016	0.004	0.002	0.004	0.028	
		最大值	0.50	0.033	0.09	0.020	0.072	0.024	0.009	0.048	
		平均值	0.45	0.024	0.05	0.018	0.031	0.012	0.008	0.035	
	双壳类	——	0.10	0.05	0.08	0.05	0.158	0.068	0.04	0.094	
	冬季	鱼类	最小值	0.29	0.04	0.04	0.01	0.05	0.01	0.01	0.02
			最大值	0.65	0.12	0.10	0.06	0.16	0.07	0.05	0.11
平均值			0.58	0.045	0.061	0.014	0.08	0.030	0.02	0.03	
软体类		最小值	0.28	0.110	0.025	0.007	0.10	0.076	0.045	0.04	
		最大值	0.63	0.195	0.050	0.107	0.12	0.076	0.01	0.02	
		平均值	0.51	0.130	0.038	0.054	0.12	0.034	0.03	0.03	
甲壳类		最小值	0.64	0.043	0.020	0.004	0.05	0.020	0.005	0.021	
		最大值	0.73	0.053	0.050	0.033	0.08	0.031	0.009	0.027	
		平均值	0.70	0.048	0.03	0.026	0.06	0.026	0.007	0.024	

5.2.7 海域生态环境现状调查与评价

5.2.7.1 调查时间、站位和调查内容

(1) 调查时间和站位布设

国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2019 年 4 月 10~17 日（春季）、2019 年 6 月 14~21 日（夏季）、2019 年 9 月 6-9 日（秋季）、2019 年 12 月 9~12 日（冬季）在评价海域设置 32 个海洋生态站位开展监测。2019 年春、夏、秋季监测站位坐标详见表 5.2-22，点位分布见图 5.2-39。

(2) 调查内容

调查内容：叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、潮间带生物、大型底栖生物以及鱼卵和仔稚鱼。

5.2.7.2 叶绿素 a 和初级生产力

(1) 叶绿素 a

项目所在红塘湾海域四个季节叶绿素 a 和初级生产力统计结果见表 5.2-33。

表 5.2-33 调查海域四个季节的叶绿素 a 和初级生产力

调查时间	层深 (m)	叶绿素 a 变化范围 (mg/m ³)	叶绿素 a 平均值 (mg/m ³)	生产力平均值 (mgC/m ² ·d)
2019 年 4 月	表	0.02~0.37	0.15	391.7
	10	0.02~0.33	0.15	
	底	0.03~0.34	0.13	
2019 年 6 月	表	0.03~1.85	0.31	623.49
	10	0.02~0.55	0.26	
	底	0.08~1.48	0.45	
2019 年 9 月	表	0.01~0.89	0.26	861.43
	10	0.01~0.46	0.12	
	底	0.01~0.68	0.17	
2019 年 12 月	表	0.031~0.91	0.32	36.37
	10	0.071~0.62	0.31	
	底	0.031~0.59	0.30	

调查海域初级生产力平均值的季节变化基本表现为秋季>夏季>春季>冬季，四个航次叶绿素 a 总平均为 0.244mg/m³。

总体而言，整个调查海区属于贫营养，不存在富营养化现象。各站点之间叶绿素-a 含量的变化幅度不大，不同层间海水叶绿素-a 含量无明显差异。

(2) 初级生产力

项目所在红塘湾海域四个季节初级生产力统计结果见上表 5.2-33。总体而言调查区域的海

域初级生产力相对较低。

5.2.7.3 浮游植物

(1) 春季调查与评价

1) 种类组成

监测海区共鉴定到浮游植物 3 门 36 属 96 种（种类名录见附表 I），其中硅藻门 29 属 67 种，占总种数的 69.79%；甲藻门 6 属 27 种，占总种数的 28.12%；蓝藻 1 属 2 种，占总种数的 2.09%。

2) 细胞丰度

本次监测海域的浮游植物的细胞丰度范围为 $(0.06\sim 376)\times 10^4\text{cells/m}^3$ ，平均为 $41.79\times 10^4\text{ cells/m}^3$ 。

3) 优势种类

调查期间该水域浮游植物以硅藻为主，浮游植物的优势种类主要为薄壁几内亚藻（*Guinardia flaccida*）、柔弱拟菱形藻、汉氏束毛藻、红海束毛藻，其中以薄壁几内亚藻、汉氏束毛藻占主导优势。

4) 多样性指数和均匀度

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多样性指数介于 0.39~3.46 之间，平均值为 2.30，均匀度介于 0.12~0.92 之间，平均值为 0.66。多样性指数最高值出现在 42 号站位，最低值出现在 56 号站位；均匀度最高值出现在 47 号站位，最低值出现在 56 号站位。调查海域各站位浮游植物的多样性指数和均匀度均高，说明该海域在调查期间，浮游植物种类丰富，种间分布均匀，浮游植物群落结构稳定。

(2) 夏季调查与评价

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 36 属 106 种（包括变型及变种）（种类名录见附表 I）。其中，硅藻 28 属 82 种，占浮游植物种类数的 77.36%；甲藻 7 属 211 种，占种类数的 19.81%；蓝藻 1 属 3 种，占种类数的 2.83%。

2) 细胞丰度

各调查站位浮游植物的细胞丰度介于 $(0.01\sim 229.74)\times 10^5\text{cells/m}^3$ 之间，平均细胞丰度为 $11.75\times 10^5\text{cells/m}^3$ 。最高出现在 P42 号站位，最低出现在 P48 号站位。调查站位细胞丰度分布比较均匀。

3) 优势种

调查海域浮游植物优势种类明显，主要为海洋角毛藻、太阳双尾藻、海链藻、透明辐杆藻、泰晤士扭鞘藻和拟旋链角毛藻等。

4) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

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 0.43~2.77 之间，平均值为 1.58，丰富度指数最高出现在 P19 号站位，丰富度指数最低出现在 P59 号站位；单纯度指数介于 0.06~0.77 之间，平均值为 0.20，单纯度指数最高出现在 P55 号站位，单纯度指数最低出现在 P26 号站位；多样性指数介于 0.83~4.63 之间，平均值为 3.46，多样性指数最高出现在 P19 号站位，多样性指数最低出现在 P55 号站位；均匀度指数介于 0.25~0.90 之间，平均值为 0.72，均匀度最高出现在 P26 号站位，均匀度的最低值出现在 P55 号站位。

(3) 秋季调查与评价

1) 种类组成

秋季调查共鉴定到浮游植物 3 门 36 属 110 种（包括变型及变种）（种类名录见表 I）。其中，硅藻 25 属 78 种，占浮游植物种类数的 70.91%；甲藻 10 属 29 种，占种类数的 26.36%；蓝藻 1 属 3 种，占种类数的 2.73%。

2) 细胞丰度

各调查站位浮游植物的细胞丰度介于 $(0.58 \sim 34000.00) \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间，平均细胞丰度为 $1152.63 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 。大部分调查站位细胞丰度分布比较均匀。

3) 优势种

调查海域浮游植物优势种类明显，主要为铁氏束毛藻、海洋角毛藻、伏氏海毛藻、窄隙角毛藻、中肋骨条藻、劳氏角毛藻、菱形海线藻和日本星杆藻等。其中，以日本星杆藻的优势地位最为突出，平均丰度为 $37.84 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ （占总细胞数的 32.83%）

4) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

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 0.46~1.62 之间，平均值为 1.03。

(4) 冬季调查与评价

1) 种类组成

据本次调查所采集到的标本鉴定，调查海域浮游植物共有 3 门 85 种。其中，硅藻门有 69 种，占浮游植物总种数的 81.18%；甲藻门有 15 种，占浮游植物总数 17.65%；蓝藻门有 1 种，

占浮游植物总数 1.18%。

2) 细胞丰度

本次调查浮游植物密度范围为 $(0.26 \times 10^4 \sim 13.50 \times 10^4)$ cell/m³，平均丰度为 2.58×10^4 cell/m³。不同站位间的浮游植物栖息密度不同，以 55 号站最高，10 号站最低。浮游植物生物量与栖息密度的平面分布存在一定差异。

3) 优势种

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

调查期间该海域浮游植物优势种有丹麦细柱藻 (0.07)、菱形海线藻 (0.06)、柔弱拟菱形藻 (0.03)、海链藻 (0.03)、劳氏角毛藻 (0.02)。

4) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

调查期间该水域浮游植物多样性指数范围在 1.84~3.92 之间，平均为 3.04，最高值出现在 27 号站，最低在 42 号站。均匀度指数范围在 0.59~0.95 之间，平均为 0.84，最高出现在 15 号站，最低在 8 号站。调查海域大部分站位浮游植物种间比例均匀，浮游植物群落结构稳定。

5.2.7.4 浮游动物

(1) 春季调查与评价

1) 种类组成

据本次春季调查所采集到样品鉴定，调查海域浮游动物共有 11 类 56 属 91 种（不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼）。其中，水母类有 17 属 25 种，占浮游动物总种数的 27.47%；桡足类有 24 属 39 种，占浮游动物总数 42.85%；毛颚类有 1 属 9 种，占浮游动物总种数的 9.89%；莹虾类 1 属 3 种，占总种类数的 3.29%；磷虾类有 3 属 3 种，占浮游动物总种数的 3.29%；糠虾类有 3 属 3 种，占浮游动物总种数的 3.29%；被囊类有 3 属 5 种，占浮游动物总种数的 5.49%；枝角类、翼足类、端足类和介形类均有 1 属 1 种，均占浮游动物总种数的 1.1%；

2) 生物量和丰度

春季调查浮游动物丰度范围为 $(8.89 \sim 520.73)$ ind/m³，平均丰度为 144.81 ind/m³。不同站位间的浮游动物栖息密度不同，以 11 号站最高，8 号站最低。

浮游动物生物量范围为 $(11.67 \sim 306.10)$ mg/m³，平均生物量为 115.69mg/m³，其中以 11 号站最高，8 号站最低。浮游动物生物量与栖息密度的平面分布存在一定差异。

3) 优势种

调查期间该海域浮游动物优势种类突出，主要有肥胖箭虫、磁蟹溞状幼体、小拟哲水蚤、短尾类幼体、亚强次真哲水蚤、六鳍箭虫、矮拟哲水蚤、鱼卵和桡足类幼体等。

4) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

调查期间该水域浮游动物多样性指数范围在 2.41~3.61 之间，平均为 3.13，最高值出现在 20 号站，最低在 11 号站。均匀度指数范围在 0.92~0.97 之间，平均为 0.94，最高出现在 18 号站，最低在 6 号和 20 号站。

(2) 夏季调查与评价

1) 种类组成

调查海域浮游动物共有 9 类 49 属 88 种 (不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼)。其中，腔肠动物类有 13 属 15 种，占浮游动物总种数的 17.04%；桡足类有 22 属 42 种，占浮游动物总数 47.72%；毛颚类有 1 属 13 种，占浮游动物总种数的 14.77%；莹虾类 1 属 2 种，占总种类数的 2.27%；糠虾类有 3 属 3 种，占浮游动物总种数的 3.41%；被囊类有 4 属 7 种，占浮游动物总种数的 7.95%；枝角类有 1 属 1 种，占浮游动物总种数的 1.14%；翼足类有 2 属 3 种，占浮游动物总种数的 3.41%；端足类有 2 属 2 种，占浮游动物总种数的 2.27%。

2) 生物量和丰度

夏季调查浮游动物丰度范围为(6.11~231.11)ind/m³，平均丰度为 28.78 ind/m³。不同站位间的浮游动物栖息密度不同，以 5 号站最高，32 号站最低。

浮游动物生物量范围为 (6.56~126.75) mg/m³，平均生物量为 32.41mg/m³，其中以 5 号站最高，46 号站最低。浮游动物生物量与栖息密度的平面分布存在一定差异。

3) 优势种

调查期间该海域浮游动物优势种类突出，主要有半口壮丽水母、短额刺糠虾、肥胖箭虫、红住囊虫、拟细浅室水母、扭歪爪室水母、普通波水蚤、双生水母、小拟哲水蚤、真刺唇角水蚤、正型莹虾、中型莹虾等。

4) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

调查期间该水域浮游动物多样性指数范围在 1.60~4.07 之间，平均为 2.91，最高值出现在 10 号站，最低在 5 号站。均匀度指数范围在 0.38~0.97 之间，平均为 0.91，最高出现在 12 号站，最低在 5 号站。

(3) 秋季调查与评价

1) 种类组成

调查海域浮游动物共有 8 类 52 属 105 种（不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼）。其中桡足类最多，有 25 属 55 种，占浮游动物总种类数的 52.4%。

2) 生物量和丰度

秋季调查浮游动物丰度范围为(3.34~240)ind/m³，平均丰度为 43.82 ind/m³。不同站位间的浮游动物栖息密度不同，以 P55 站最高，P46 站最低。

浮游动物生物量范围为（4.22~142.6）mg/m³，平均生物量为 32.73mg/m³，其中以 P36 站最高，P46 站最低。浮游动物生物量与栖息密度的平面分布存在一定差异。

3) 优势种

调查期间该海域浮游动物优势种类主要有肥胖箭虫、小拟哲水蚤和亚强次真哲水蚤。

4) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

多样性指数和均匀度计算结果表明，调查海域大部分站点浮游动物的多样性指数较高，个别站点（P56 和 P24 站）多样性指数较低，均匀度均较高。调查期间各站的浮游动物多样性指数范围在 1.54~4.07 之间，平均值为 3.20。

(4) 冬季调查与评价

1) 种类组成

调查海域浮游动物共有 9 类 98 种（不包括浮游幼体、鱼卵及仔鱼）。其中，被囊类有 9 种，占浮游动物总种数的 9.18%；端足类有 2 种，占浮游动物总数 2.04%；糠虾类有 5 种，占浮游动物总数 5.1%；磷虾类有 1 种，占浮游动物总数 1.02%；毛颚类有 11 种，占浮游动物总种数的 11.22%；桡足类有 50 种，占浮游动物总数 51.02%；十足类 3 种，占总种类数的 3.06%；水母类有 16 种，占浮游动物总种数的 16.33%；翼足类有 1 种，占浮游动物总种数的 1.02%；另有 13 个类别浮游幼体和鱼卵、仔鱼。

2) 生物量和丰度

冬季调查浮游动物丰度范围为(4.17~22.22)ind/m³，平均丰度为 12.34 ind/m³。不同站位间的浮游动物栖息密度不同，以 22 号站最高，13 号站最低。

浮游动物生物量范围为（3.85~76.67）mg/m³，平均生物量为 17.74mg/m³，其中以 42 号站最高，13 号站最低。浮游动物生物量与栖息密度的平面分布存在一定差异。

3) 优势种

调查期间该海域浮游动物优势种有磁蟹溞状幼体、肥胖箭虫、亚强次真哲水蚤、中型莹虾。

4) 多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

调查期间该水域浮游动物多样性指数范围在 2.39~3.84 之间, 平均为 3.26, 最高值出现在 22 号站, 最低在 37 号站。均匀度指数范围在 0.87~1.28 之间, 平均为 1.05, 最高出现在 44 号站, 最低在 34 号站。

5.2.7.5 大型底栖生物

(1) 春季调查与评价

1) 种类组成

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 4 门 39 科 44 种(包含定性样品), 其中环节动物有 3 科 3 种, 占总种类数的 6.81%; 节肢动物有 14 科 16 种, 占总种类数的 36.36%; 软体动物有 20 科 23 种, 占总种类数的 52.27%, 棘皮动物有 2 科 2 种, 占总种类数的 4.55%。

2) 生物量和栖息密度

调查结果表明, 各站位底栖生物生物量的范围为(0.2~41.47)g/m³, 平均生物量为 7.15 g/m², 最高出现在 41.47 号站位, 最低出现在 32 号站位; 生物栖息密度范围为(7~40)ind./m², 平均栖息密度为 20.06ind./m², 最高出现在 40 号站位, 最低出现在 2 号站位。

3) 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软体动物为主, 平均密度为 10.00 ind/m²; 其次为节肢动物, 平均密度为 6.72 ind/m²; 棘皮动物平均密度均为 1.25 ind/m², 环节动物平均密度均为 1.09 ind/m²。生物量以软体动物门为主, 平均生物量为 4.47g/m²; 其次为节肢动物门, 平均生物量为 1.63g/m²; 棘皮动物平均生物量为 0.22g/m², 环节动物平均生物量为 0.08g/m²。

4) 优势种

调查期间该海域大型底栖动物优势种类不突出, 各站点底栖生物群落结构差异较大, 多样性变化范围结构较为单一, 无明显优势种。

5) 多样性指数和均匀度

各站多样性指数的幅度为 0~1.92, 平均值为 1.02, 最高值出现在 9 号站, 最低值出现在 2、5、12、15、17、22、25、32、46、47 号站; 各站底栖生物均匀度的幅度为 0~1.00, 平均值为 0.73。

(2) 夏季调查与评价

1) 种类组成

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 3 门 42 科 51 种(包含定性样品), 其中环节动物有 2 科 2 种, 占总种类数的 3.92%; 节肢动物有 17 科 21 种, 占总种类数的 41.18%; 软体动物有

23 科 28 种，占总种类数的 52.27%。

2) 生物量和栖息密度

调查结果表明，各站位底栖生物生物量的范围为(1.13~46.60) g/m³，平均生物量为 13.11 g/m²，最高出现在 20 号站位，最低出现在 25 号站位；生物栖息密度范围为(7~40)ind./m²，平均栖息密度为 20.06ind./m²，最高出现在 40 号站位，最低出现在 2 号站位。

3) 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软体动物为主，平均密度为 14.69 ind/m²；其次为节肢动物，平均密度为 9.50 ind/m²；环节动物平均密度均为 0.63 ind/m²。生物量以软体动物门为主，平均生物量为 16.43g/m²；其次为节肢动物门，平均生物量为 3.28g/m²；环节动物平均生物量为 0.02g/m²。

4) 优势种

该区域的底栖生物优势种类主要有矛形梭子蟹、环肋笔螺。（表 6.6-30）。

5) 多样性指数和均匀度

各站多样性指数的幅度为 0.00~3.32，平均值为 2.11；各站底栖生物均匀度的幅度为 0.00~1.00，平均值为 0.93。

(3) 秋季调查与评价

1) 种类组成

2 调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 3 门 41 科 57 种(包含定性样品), 其中环节动物有 2 科 2 种, 占总种类数的 3.51%; 节肢动物有 17 科 25 种, 占总种类数的 43.86%; 软体动物有 22 科 30 种, 占总种类数的 52.63%。

2) 生物量和栖息密度

调查结果表明, 各站位底栖生物生物量的范围为(0.87~30.20) g/m³, 平均生物量为 9.72 g/m², 最高出现在 55 号站位, 最低出现在 8 号站位; 生物栖息密度范围为(7~47)ind./m², 平均栖息密度为 21.44ind./m²。

3) 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软体动物为主, 平均密度为 13.45ind/m²; 其次为节肢动物, 平均密度为 7.87 ind/m²; 环节动物平均密度均为 0.625 ind/m²。生物量以软体动物门为主, 平均生物量为 6.49g/m²; 其次为节肢动物门, 平均生物量为 2.04g/m²; 环节动物平均生物量为 0.08g/m²。

4) 优势种

调查期间该海域底栖生物优势种类为环肋笔螺。

5) 多样性指数和均匀度

各站多样性指数的幅度为 1~2.32, 平均值为 1.38, 最高值出现在 42 号站, 最低值出现在 10 号站; 各站底栖生物均匀度的幅度为 0.87~1.00, 平均值为 0.98, 均匀度指数较高。

(4) 冬季调查与评价

1) 种类组成

冬季调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 5 门 126 种(包含定性样品), 其中环节动物有 2 种, 占总种类数的 1.59%; 棘皮动物有 4 种, 占总种类数的 3.17%; 脊索动物有 12 种, 占总种数的 9.52%; 节肢动物有 51 种, 占总种类数的 40.48%; 软体动物有 57 种, 占总种类数的 45.24%。

2) 生物量和栖息密度

调查结果表明, 各站位底栖生物生物量的范围为(2.33~26.87) g/m², 平均生物量为 10.85 g/m², 最高出现在 13 号站位, 最低出现在 36 号站位; 生物栖息密度范围为(13.33~40)ind./m², 平均栖息密度为 22.08ind./m², 最高出现在 19 号站位。

3) 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节肢动物为主，平均密度为 $15.28\text{ind}/\text{m}^2$ ；其次为软体动物，平均密度为 $11.59\text{ind}/\text{m}^2$ ；生物量以节肢动物门为主，平均生物量为 $6.12\text{g}/\text{m}^2$ ；其次为软体动物门，平均生物量为 $5.44\text{g}/\text{m}^2$ 。

4) 优势种

调查期间该海域底栖生物优势种类突出，主要是刺足掘沙蟹。

5) 多样性指数和均匀度

各站多样性指数的幅度为 $0.81\sim 2.32$ ，平均值为 1.48 ，最高值出现在 8 号站、26 号站和 27 号站，最低值出现在 56 号站；各站底栖生物均匀度的幅度为 $0.19\sim 0.83$ ，平均值为 0.60 ，最高值出现在 26 号站和 27 号站，最低值出现在 2 号站。

5.2.7.6 潮间带生物

6 条潮间带生物断面底质类型主要以沙质海滩，沙质-砾石-岩礁混合海滩为主；其中：C5 断面中滩区为砾石底质类型，其余断面高滩区和中滩区为沙质底质类型，C4 和 C5 断面低滩区为岩礁底质类型，其余断面低滩区为沙质底质类型。

(1) 春季调查与评价

1) 种类组成

6 条潮间带断面共采获了 2 个生物类别中的 9 科 11 种生物（包含定性样品）。其中软体动物门有 8 科 10 种，占总种类数的 90.91% ；节肢动物门 1 科 1 种，占总种类数的 9.09% 。

2) 生物量和栖息密度

调查结果显示 6 条潮间带生物断面高滩区平均栖息密度为 $7\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $3.58\text{g}/\text{m}^2$ ；中滩区平均栖息密度为 $8.66\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $2.98\text{g}/\text{m}^2$ ；低滩区平均栖息密度为 $86\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $73.05\text{g}/\text{m}^2$ 。

3) 类别生物量和栖息密度

生物量分布状况为软体动物 ($58.69\text{g}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($3.46\text{g}/\text{m}^2$)。栖息密度的分布状况为软体动物 ($64.8\text{ind}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($8.18\text{ind}/\text{m}^2$)。

4) 优势种

该区域的潮间带生物优势种类为痕掌沙蟹。

5) 多样性指数和均匀度

6 条潮间带生物断面中 C1 断面、C2 断面高滩区、C3 断面高滩区均只采到一种定量生物。

计算结果表明，C2 断面多样性指数平均值为 0.64，均匀度指数平均值为 0.64；C3 断面多样性指数平均值为 0.80，均匀度指数平均值为 0.63。

(2) 夏季调查与评价

1) 种类组成

6 条潮间带断面共采集了 2 个生物类别中的 10 科 10 种生物（包含定性样品）。其中软体动物门有 8 科 8 种，占总种类数的 80%；节肢动物门 2 科 2 种，占总种类数的 20%。

2) 生物量和栖息密度

调查结果显示 6 条潮间带生物断面中高滩区平均栖息密度为 12.66ind/m²，平均生物量为 5.99g/m²；中滩区平均栖息密度为 12ind/m²，平均生物量为 6.22g/m²；低滩区平均栖息密度为 20ind/m²，平均生物量为 32.16g/m²。

3) 类别生物量和栖息密度

生物量分布状况为软体动物（58.69g/m²）>节肢动物（3.46g/m²）。栖息密度的分布状况为软体动物（64.8ind/m²）>节肢动物（8.18ind/m²）。

4) 优势种

该区域的潮间带生物优势种类为痕掌沙蟹、楔形斧蛤。

5) 多样性指数和均匀度

6 条潮间带生物断面中 C1 断面高滩中滩、C2 断面高滩中滩、C3 断面高滩中滩、C4 断面高滩中滩、C5 断面高滩低滩、C6 断面高滩低滩区均只采到一种定量生物。

不同断面潮间带生物多样性指数和均匀度都存在差异，断面多样性平均值排列为 C3>C2>C6>C5>C2=C1；均匀度平均值排列为 C4>C3>C6>C5>C2=C1。

(3) 秋季调查与评价

1) 种类组成

2019 年秋季 6 条潮间带断面共采集了 2 个生物类别中的 14 科 21 种生物（包含定性样品）。其中软体动物门有 9 科 15 种，占总种类数的 71.43%；节肢动物门 5 科 6 种，占总种类数的 28.57%。

2) 生物量和栖息密度

调查结果显示 6 条潮间带生物断面中高滩区平均栖息密度为 5ind/m²，平均生物量为 19.71g/m²；中滩区平均栖息密度为 35.33ind/m²，平均生物量为 25.46g/m²；低滩区平均栖息密度为 51.33ind/m²，平均生物量为 26.96g/m²。

3) 类别生物量和栖息密度

调查结果显示,生物量分布状况为软体动物 ($58.69\text{g}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($3.46\text{g}/\text{m}^2$)。栖息密度的分布状况为软体动物 ($64.8\text{ind}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($8.18\text{ind}/\text{m}^2$)。

4) 优势种

该区域的潮间带生物优势种类为痕掌沙蟹、平轴螺。

5) 多样性指数和均匀度

6 条潮间带断面高滩区和中滩区物种较为单一,只采集到痕掌沙蟹 1 种;低滩区多样性指数范围在 0.00~2.86 之间,平均为 1.04。低滩区均匀度范围在 0.00~0.95 之间,平均为 0.50。

(4) 冬季调查与评价

1) 种类组成

冬季 6 个潮间带断面共采集了 4 个生物类别中的 18 科 28 种生物 (包含定性样品)。其中软体动物门有 8 科 15 种,占总种类数的 53.57%;节肢动物门有 6 科 9 种,占总种类数的 32.14%;环节动物门和棘皮动物门均有 2 科 2 种,均占总种类数的 7.14%。

2) 生物量和栖息密度

6 条潮间带生物断面高潮区平均栖息密度为 $8.00\text{ind}/\text{m}^2$,平均生物量为 $10.53\text{g}/\text{m}^2$;中潮区平均栖息密度为 $15.33\text{ind}/\text{m}^2$,平均生物量为 $16.95\text{g}/\text{m}^2$;低潮区平均栖息密度为 $34.67\text{ind}/\text{m}^2$,平均生物量为 $121.42\text{g}/\text{m}^2$ 。

3) 类别生物量和栖息密度

各类别生物的生物量和栖息密度如表 2.4-4 所示,其中生物量分布状况为软体动物 ($30.44\text{g}/\text{m}^2$) > 棘皮动物 ($10.75\text{g}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($7.24\text{g}/\text{m}^2$) > 环节动物 ($1.21\text{g}/\text{m}^2$)。栖息密度的分布状况为软体动物 ($10.67\text{ind}/\text{m}^2$) > 节肢动物 ($8.00\text{ind}/\text{m}^2$) > 环节动物 ($0.44\text{ind}/\text{m}^2$) > 棘皮动物 ($0.22\text{ind}/\text{m}^2$)。

4) 优势种

该区域的潮间带生物优势种类突出,分别为小盾桑椹螺和痕掌沙蟹。

5) 多样性指数和均匀度

6 条潮间带断面高潮区各断面均只采集到一种生物,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 0.00~0.37 之间,平均为 0.11。中潮区单纯度范围在 0.37~1.00 之间,平均为 0.82。中潮区多样性指数范围在 0.00~1.49 之间,平均为 0.40。中潮区均匀度范围在 0.00~0.94 之间,平均为 0.31。低潮区丰富度范围在 0.00~1.38 之间,平均为 0.54。低潮区单纯度范围在 0.13~0.100 之间,平均为 0.56。低潮区多样性指数范围在 0.00~3.15 之间,

平均为 1.33。低潮区均匀度范围在 0.00~1.00 之间，平均为 0.63。

5.2.8 渔业资源调查与评价

5.2.8.1 调查概况

中国水产科学研究院南海水产研究所在工程所在的三亚红塘湾附近海域开展渔业资源现状调查，时间为春季（2019 年 4 月 17 日~25 日）、夏季（2019 年 8 月 16 日~24 日）、秋季（2019 年 11 月 14 日~22 日）、在三亚新机场人工岛附近海域布设 29 个游泳生物和鱼卵仔鱼调查站位，各调查站位详细信息见表 5.2-34 和图 5.2-42。

表 5.2-34 渔业资源现状调查站位地理坐标

站位	经度 (E)	纬度 (N)	站位	经度 (E)	纬度 (N)
P2	109°32'44.25"	18°10'05.19"	P26	109°14'40.14"	18°11'7.8"
P5	109°33'47.25"	17°57'20.17"	P27	109°14'40.14"	18°7'7.42"
P6	109°27'55.98"	18°16'08.08"	P29	109°14'42.95"	17°57'20.17"
P8	109°27'59.29"	18°09'51.70"	P31	109°9'51.23"	18°14'29.17"
P10	109°27'59.29"	18°02'11.75"	P32	109°9'51.23"	18°10'57.8"
P12	109°22'54.14"	18°16'53.90"	P34	109°9'51.23"	18°2'39.45"
P13	109°22'54.3"	18°14'40.92"	P36	109°4'1.5"	18°21'9.5"
P15	109°22'59.02"	18°07'00.04"	P37	109°4'1.5"	18°17'35.3"
P17	109°22'55.03"	17°57'20.17"	P38	109°4'1.5"	18°13'26.14"
P18	109°18'40.04"	18°17'54.29"	P40	109°4'1.5"	18°3'15.34"
P19	109°18'50.08"	18°14'38.56"	P42	108°57'15.46"	18°23'45.54"
P20	109°18'40.68"	18°11'06.92"	P44	108°57'15.46"	18°16'57.78"
P22	109°18'40.68"	18°02'30.97"	P46	108°57'15.46"	18°7'55.77"
P24	109°14'41.7"	18°17'35.9"	P48	108°57'15.46"	17°57'20.17"
P25	109°14'41.61"	18°14'40.22"			

5.2.8.2 调查方法

(1) 调查方法

海上现场调查租用 3 艘渔船进行。单拖网渔船为“琼临高 00268”，装备有 ROYALRV-680GP GPS 定位系统和 JKC Radar，吨位 50t，主机功率 280kW，全长 27m，宽 5m。网具上纲长度为 25m，下纲长度为 30m，网口网目为 50mm，囊网网目为 20mm，网衣全长 30m。流刺网调查采用网目为 15mm、60mm 和 200mm 的三重刺网，每张网长 30m、宽 1.5m。

鱼卵仔鱼：用大型浮游生物网进行水平和垂直采集，每个站采样 2 网。水平采集每站持续拖网 10min，拖速 1.5kn。

游泳生物：采用底拖网和流刺网生产渔船现场试捕法进行，单拖网每站拖 1 网，每站连续拖曳 30min，拖速 3kn。流刺网调查采用网目为 15mm、60mm 和 200mm 的三重刺网作业，每站放置 5 张网(每张网长 30m、宽 1.5m)，放置 3h 后收取。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。鱼卵仔鱼和游泳生物样品采集后均用 5% 甲醛溶液固定后，带回实验室分析。

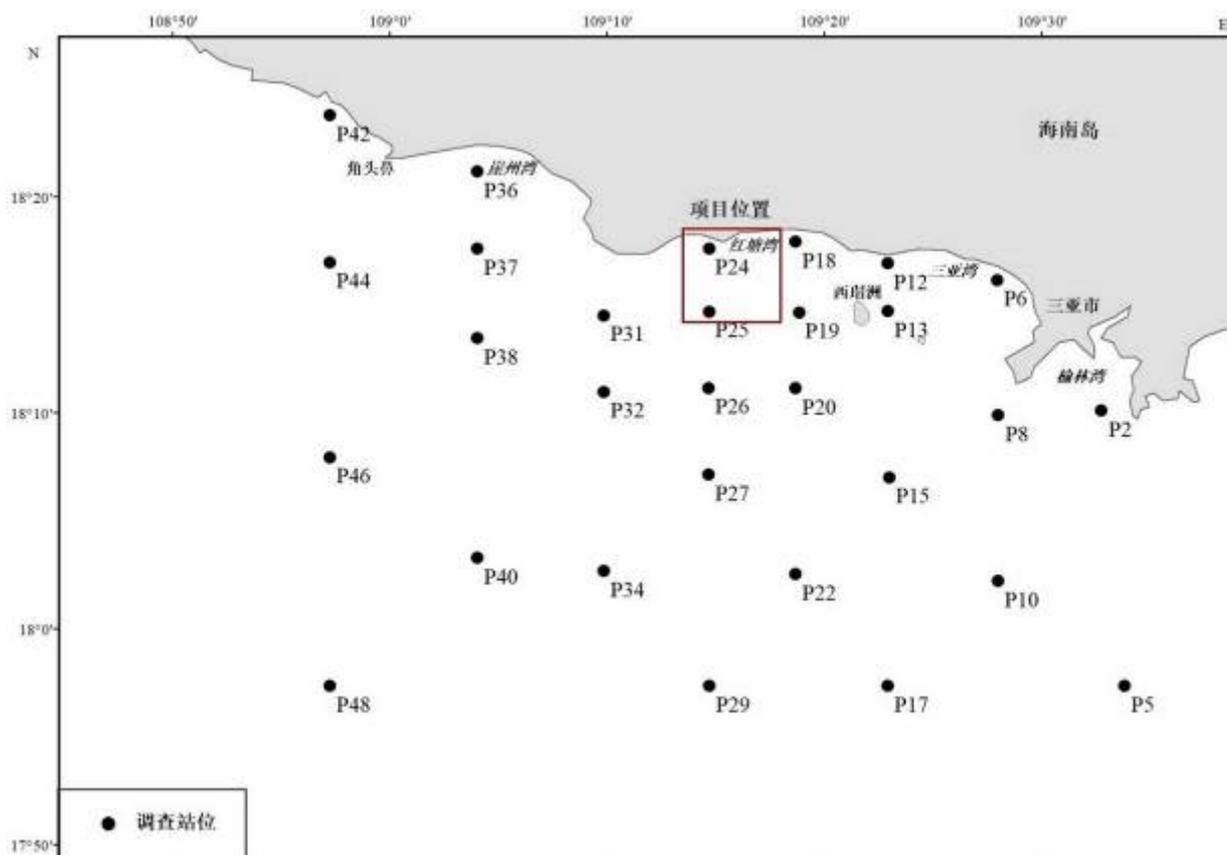


图 5.2-42 渔业资源调查站位设置示意图

5.2.8.3 调查结果

5.2.8.3.1 鱼卵、仔稚鱼

春季：在采集的 58 个水平和垂直拖网样品中，共鉴定出 14 个种类，隶属于 14 属 14 科，鱼卵数量以鲷科鱼卵占优势，仔鱼数量以小沙丁鱼最多。

水平采集：春季水平拖网调查 29 个站位共采到鱼卵 40615 粒，平均密度为 6063 粒 / 1000m³；仔稚鱼 154 尾，平均密度为 23.2 尾 / 1000m³。所有站位均有鱼卵出现，鱼卵分布较不均匀，仔鱼密度普遍较低。

垂直采集：在垂直拖网调查中，仅在 18 个站位采到鱼卵，2 个站位采到仔鱼，鱼卵平均密度为 696 粒 / 1000m³，仔鱼平均密度为 14.9 尾 / 1000m³。

夏季：在采集的 58 个水平和垂直拖网样品中，共鉴定出 15 个种类，隶属于 15 属 15 科，鱼卵数量以鲷科鱼卵占优势，仔鱼数量以小沙丁鱼最多。

水平采集：夏季水平拖网调查 29 个站位共采到鱼卵 33478 粒，平均密度为 5003 粒 / 1000m³；仔稚鱼 61 尾，平均密度为 9.1 尾 / 1000m³。所有站位均有鱼卵出现，鱼卵分布较不均匀，仔鱼密度普遍较低。

垂直采集：在垂直拖网调查中，仅在 15 个站位采到鱼卵，2 个站位采到仔鱼，鱼卵平均密度为 417 粒 / 1000m³，仔鱼平均密度为 19.8 尾 / 1000m³。

秋季：在采集的 58 个水平和垂直拖网样品中，共鉴定出 13 个种类，隶属于 13 属 13 科，鱼卵数量以鲷科鱼卵占优势，仔鱼数量以小沙丁鱼最多。

水平采集：秋季水平拖网调查 29 个站位共采到鱼卵 18928 粒，平均密度为 2835 粒 / 1000m³；仔稚鱼 153 尾，平均密度为 22.8 尾 / 1000m³。所有站位均有鱼卵出现，鱼卵分布较不均匀，仔鱼密度较春秋季有所上升。

垂直采集：在垂直拖网调查中，仅在 9 个站位采到鱼卵，未采到仔鱼，鱼卵平均密度为 121 粒 / 1000m³。

冬季：在采集的样品中，共鉴定出 10 个种类，隶属于 10 属 10 科，鱼卵数量以鲷科鱼卵最多，仔鱼数量以鲷科最多。

水平采集：本次水平拖网调查 29 个站位共采到鱼卵 7829 粒，平均密度为 2339 粒 / 1000m³，仔稚鱼 49 尾，平均密度为 15.2 尾 / 1000m³。所有站位均有鱼卵出现，鱼卵分布较不均匀。仔鱼数量以 Z3 站最高，密度为 95.0 尾 / 1000m³，其次是 Z10 和 Z24 站，密度均为 43.2 尾 / 1000m³。

垂直采集：在垂直拖网调查中，仅在 9 个站位采到鱼卵，全部站位没有采到仔鱼。鱼卵平均密度为 3246 粒 / 1000m³，鱼卵以 Z23 站密度最高，为 14986 粒 / 1000m³；Z24 站次之，为 14982 粒 / 1000m³。

表 5.2-36 鱼卵、仔稚鱼平均密度表

调查项目		2019 年春季	2019 年夏季	2019 年秋季	2017 年冬季
垂直网	鱼卵	6063 粒/ 1000m ³	5003 粒/ 1000m ³	2835 粒/ 1000m ³	3246 粒/ 1000m ³
	仔稚鱼	23.2 尾/ 1000m ³	9.1 尾/ 1000m ³	22.8 尾/ 1000m ³	0 尾/ 1000m ³
水平网	鱼卵	696 粒/ 1000m ³	417 粒/ 1000m ³	121 粒/ 1000m ³	2339 粒/ 1000m ³

	仔稚鱼	14.9 尾/ 1000m ³	19.8 尾/ 1000m ³	0 尾/ 1000m ³	15.2 尾/ 1000m ³
--	-----	----------------------------	----------------------------	-------------------------	----------------------------

5.2.8.3.2 游泳动物

(1) 春季调查结果

春季调查采用底拖网和流刺网 2 种采样方式,分析评价海域游泳动物的种类组成。经鉴定,两种采样方式共捕获游泳动物 177 种,分别隶属于 18 目 79 科。其中底拖网共获游泳动物 18 目 77 科 168 种;流刺网共获 6 目 19 科 27 种。游泳动物的平均重量渔获率为 37.29 kg/h,其中鱼类为 33.66 kg/h,占渔获游泳动物的 90.26%;甲壳类为 1.62 kg/h,占渔获游泳动物的 4.34%;头足类平均渔获率为 2.01 kg/h,占 5.39%。按个体计,评价区游泳动物的平均尾数渔获率为 1316 ind./h。其中,鱼类 1117 ind./h,甲壳类为 122 ind./h,头足类为 77 ind./h。

游泳动物的平均重量渔获率为 37.29 kg/h,据估算,评价区及附近海域目前游泳动物的资源密度约为 894.39 kg/km²,其中鱼类约为 807.32 kg/km²,甲壳类约为 38.83 kg/km²,头足类约为 48.24 kg/km²。按个体计,游泳动物的资源密度约为 34571 ind./km²,其中鱼类约为 26803 ind./km²,甲壳类约为 2924 ind./km²,头足类约为 1844 ind./km²。

1) 鱼类资源状况

经鉴定,春季调查共捕获鱼类 136 种,分隶于 13 目 65 科。以鲈形目的种类数最多,共有 76 种;鲷形目位居第二,为 12 种;鲹形目 11 种;鳗鲡目有 8 种;鲈形目 7 种;灯笼鱼目 5 种;鲻形目有 4 种;鲱形目、刺鱼目和鲛鲛目各有 3 种;鳕形目有 2 种;须鲨目和鳕形目各有 1 种。

春季调查底拖网渔获的鱼类总重量为 302.92 kg,平均渔获率为 33.66 kg/h。调查海域目前鱼类的资源密度约为 807.32 kg/km²。

2) 头足类资源状况

春季调查共渔获头足类 13 种,隶属 3 目 4 科,头足类的重量渔获率范围为 0.48 kg/h~5.01kg/h,平均 2.01 kg/h。

春季调查头足类的平均渔获率为 2.01 kg/h,采用扫海面积法估算附近海域的资源密度。评价区及附近海域目前头足类的资源密度约为 48.24 kg/km²、个体资源密度为 1844 ind./km²。

3) 甲壳类资源状况

春季调查渔获的甲壳类共 28 种,分属 2 目 10 科。调查海域甲壳类重量渔获率范围为 0.57 kg/h~8.58 kg/h,平均 1.62 kg/h,评价区及附近海域目前甲壳类的资源密度约为 38.83 kg/km²。

(2) 夏季调查结果

夏季调查采用底拖网和流刺网 2 种采样方式,分析评价海域游泳动物的种类组成。经鉴定,两种采样方式共捕获游泳动物 175 种,分别隶属于 18 目 72 科。其中底拖网共获游泳动物 16 目 68 科 164 种;流刺网共获 9 目 20 科 34 种。游泳动物的平均重量渔获率为 62.52kg/h,其中鱼类为 50.47 kg/h,占渔获游泳动物的 80.7%;甲壳类为 5.96 kg/h,占渔获游泳动物的 9.5%;头足类平均渔获率为 6.10 kg/h,占 9.8%。按个体计,评价区游泳动物的平均尾数渔获率为 4501 ind./h。其中,鱼类 3483 ind./h,甲壳类为 941 ind./h,头足类为 78 ind./h。

游泳动物的平均重量渔获率为 62.52 kg/h,据估算,评价区及附近海域目前游泳动物的资源密度约为 1499.68 kg/km²,其中鱼类约为 1210.50 kg/km²,甲壳类约为 142.86 kg/km²,头足类约为 146.32 kg/km²。

1) 鱼类资源状况

经鉴定,夏季调查共捕获鱼类 135 种,分隶于 13 目 61 科;其中拖网出现鱼类 11 目 57 科 136 种,以蓝氏棘鲷的渔获率最多,其次是条尾绯鲤;其他鱼类渔获率相对较少。本次调查底拖网渔获的鱼类总重量为 454.20 kg,平均渔获率为 50.47 kg/h。夏季调查海域鱼类的资源密度约为 1210.50 kg/km²。

2) 头足类资源状况

夏季调查共渔获头足类 17 种,隶属 3 目 4 科;头足类的重量渔获率范围为 1.34 kg/h~19.21 kg/h,平均 6.10 kg/h。头足类的平均渔获率为 6.10 kg/h,采用扫海面积法估算附近海域的资源密度。评价区及附近海域目前头足类的资源密度约为 146.32 kg/km²、个体资源密度为 1866 ind./km²。

3) 甲壳类资源状况

经鉴定,秋季调查渔获的甲壳类共 23 种,分属 2 目 7 科。甲壳类重量渔获率范围为 0.77 kg/h~18.42 kg/h,平均 5.96 kg/h,评价区及附近海域秋季甲壳类的资源密度约为 142.86 kg/km²。

(3) 秋季调查结果

秋季调查采用底拖网和流刺网 2 种采样方式,分析评价海域游泳动物的种类组成。经鉴定,两种采样方式共捕获游泳动物 170 种,分别隶属于 16 目 77 科。其中底拖网共获游泳动物 16 目 75 科 161 种;流刺网共获 8 目 21 科 43 种。游泳动物的平均重量渔获率为 62.58 kg/h,其中鱼类为 43.87 kg/h,占渔获游泳动物的 70.1%;甲壳类为 16.37 kg/h,占渔获游泳动物的 26.2%;头足类平均渔获率为 2.34 kg/h,占 3.7%。按个体计,评价区游泳动物的平均尾数渔获率为 4481 ind./h。其中,鱼类 2411 ind./h,甲壳类为 2013 ind./h,头足类为 56 ind./h。

游泳动物的平均重量渔获率为 62.58 kg/h,据估算,评价区及附近海域目前游泳动物的资源密

度约为 1501.15 kg/km²，其中鱼类约为 1052.23 kg/km²，甲壳类约为 392.77 kg/km²，头足类约为 56.15 kg/km²。

1) 鱼类资源状况

经鉴定，秋季调查共捕获鱼类 128 种，分隶于 12 目 62 科；拖网渔获的鱼类总重量为 718.34 kg，平均渔获率为 43.87 kg/h。调查海域秋季鱼类的资源密度约为 1052.23 kg/km²。

2) 头足类资源状况

秋季调查共渔获头足类 9 种，隶属 3 目 4 科；其中拖网出现头足类 3 目 4 科 9 种；流刺网出现头足类 1 目 1 科 2 种。本次调查，头足类的重量渔获率范围为 0.08 kg/h~6.59 kg/h，平均 2.34 kg/h。头足类的平均渔获率为 2.34 kg/h，采用扫海面积法估算附近海域的资源密度。评价区及附近海域秋季头足类的资源密度约为 56.15 kg/km²、个体资源密度为 1338 ind./k m²。

3) 甲壳类资源状况

经鉴定，秋季调查渔获的甲壳类共 33 种，分属 2 目 11 科。调查海域甲壳类重量渔获率范围为 5.76 kg/h~14.84 kg/h，平均 16.37 kg/h，评价区及附近海域秋季前甲壳类的资源密度约为 392.77 kg/km²。

(4) 冬季调查结果

采用底拖网和流刺网 2 种采样方式，分析评价海域游泳动物的种类组成。经鉴定，两种采样方式共捕获游泳动物 145 种，分别隶属于 17 目 71 科。其中底拖网共获游泳动物 15 目 64 科 139 种；流刺网共获 9 目 22 科 36 种。游泳动物的平均重量渔获率为 34.14 kg/h，其中鱼类为 22.65 kg/h，占渔获游泳动物的 66.34%；甲壳类为 8.60 kg/h，占渔获游泳动物的 25.19%；头足类平均渔获率为 2.89 kg/h，占 8.47%。按个体计，评价区游泳动物的平均个体渔获率为 3306 ind./h，其中鱼类 2438 ind./h；甲壳类为 793 ind./h；头足类为 75 ind./h。

游泳动物的平均重量渔获率为 34.14 kg/h，以 Z16 站最高，为 104.60 kg/h；渔获率较高的站位还有 Z20 和 Z3 站，渔获率分别为 79.04 kg/h 和 58.43 kg/h；Z28 站的渔获率最低，为 15.69 kg/h。调查海域游泳动物的个体平均渔获率为 3306 ind./h，以 Z16 站最高，为 12282 ind./h；Z26 和 Z18 站的渔获率较低，分别为 1318 ind./h 和 1060 ind./h。

本次评价区共完成 21 个站位底拖网调查，调查范围基本覆盖整个评价区域。因此，评估结果能代表整个评价区域游泳动物的现存资源量。

据估算，评价区及附近海域目前游泳动物的资源密度约为 818.88 kg/km²，其中鱼类约为 543.21 kg/km²，甲壳类约为 206.28 kg/km²，头足类约为 69.38 kg/km²。各站中以 Z16 站最高（2508.94 kg/km²），Z28 站最低（资源密度为 376.39 kg/km²）。按个体计，游泳动物的资源密

度约为 79289 ind./km²，其中鱼类约为 58471 ind./km²，甲壳类约为 19015 ind./km²，头足类约为 1802 ind./km²。各站中以 Z16 站最高（294597 ind./km²），Z18 站最低（资源密度为 25425 ind./km²）。

1) 鱼类资源状况

经鉴定，本次调查共捕获鱼类 95 种，分隶于 10 目 48 科。底拖网采样渔获的鱼类总重量为 237.79 kg，鱼类的平均渔获率为 22.65 kg/h。鱼类渔获率最高的站位出现在 Z16 站，为 83.65 kg/h，以发光鲷的渔获率占绝对优势，高达 51.20 kg/h，渔获率最低的站位出现在 Z18 站，仅为 8.73 kg/h。按个体计，鱼类的平均个体渔获率为 2438 ind./h，以 Z16 站最高，个体渔获率为 10802 ind./h；Z26 站最低，个体渔获率仅为 520 ind./h。

调查海域目前鱼类的资源密度约为 543.21 kg/km²。调查区内以 Z16 站最高（2006.53 kg/km²），Z20 站次之（1464.45 kg/km²），Z18 站最低（仅为 209.45 kg/km²）。鱼类的个体平均资源密度为 58471 ind./km²，以 Z16 最高（259098 ind./km²）；Z26 站的资源密度最低，为 12473 ind./km²。

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，并以相对重要性指数大于 100 作为优势渔获物的判断指标。本次调查的优势渔获鱼类共有 15 种。其中，短鰈为第一优势种，其相对重要性指数高达 3274；其渔获率及百分比组成。

在本次调查的渔获物中，渔获物中幼鱼比例较高的种类为斑鳍白姑鱼、白姑鱼、短尾大眼鲷和大头白姑鱼，幼鱼比例分别为 100 %、90 %、71 %和 70%。

2) 头足类资源状况

本次调查在底拖网和流刺网均出现头足类。经鉴定，2 种作业方式共获头足类 15 种，隶属 3 目 4 科，其中拖网捕获 14 种，隶属 3 目 4 科；流刺网 1 种，隶属 1 目 1 科。

本次调查，头足类的重量渔获率范围为 0.37 kg/h~9.90kg/h，平均 2.89kg/h。渔获率以 Z26 站最高，为 9.90 kg/h；Z14 和 Z21 的渔获率较低，分别为 0.80 kg/h 和 0.37 kg/h。按个体计，个体渔获率范围为 8~160 ind./h，平均 75 ind./h。个体渔获率以 Z20 最高，高达 160 ind./h；最低出现在 Z21 站，个体渔获率仅为 2 ind./h。足类的平均渔获率为 2.89 kg/h。评价区及附近海域目前头足类的资源密度约为 69.38 kg/km²、个体资源密度为 1802 ind./k m²。以 Z26 站最高，为 237.37 kg/km²。

根据相对重要性指数（IRI）公式计算评价调查海域内头足类的相对重要性指标，并以相对重要性指数大于 100 作为优势渔获物的判断指标。本次调查的优势渔获物共有剑尖枪乌贼（8232）、杜氏枪乌贼（4519）、柏氏四盘耳乌贼（928）、中国枪乌贼（462）、金乌贼（302）

和长蛸（114）。

3) 甲壳类资源状况

经鉴定，本次调查拖网和流刺网共渔获的甲壳类 35 种，分属 2 目 13 科。调查海域甲壳类重量渔获率范围为 1.64 kg/h~15.60 kg/h，平均 8.60kg/h，渔获率以 Z16 站占绝对优势，为 15.60 kg/h；最少渔获率出现于 Z3 站，为 1.64 kg/h。甲壳类的个体渔获率范围为 242~1646 ind./h，平均 793 kg/h，渔获率以 Z20 站最高，为 1646 kg/h。

评价区及附近海域目前甲壳类的资源密度约为 206.28 kg/km²。资源密度最高出现于 Z16 站，资源密度为 374.09 kg/km²；Z3 站渔获的甲壳类最低，资源密度仅为 39.34 kg/km²。按个体计，甲壳类的资源密度为 19015 ind./km²，以 Z20、Z22 和 Z16 站的渔获较多，分别为 39481 ind./km²、34588 ind./km² 和 33724 ind./km²；Z25 站的资源密度最低，仅为 5805 ind./km²。

根据相对重要性指数（IRI）公式计算评价调查海域内甲壳类的相对重要性指标，并以相对重要性指数大于 100 作为优势渔获物的判断指标，本次调查的优势渔获物共有 10 种，居前 3 位的分别为断脊口虾蛄（6190）、棘突猛虾蛄（4585）和直额螳（2973）。

5.2.8.4 工程附近海域重要生物种类“三场一通道”

“三场一通道”指鱼、虾、蟹、贝类的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，是海洋渔业水域的重要组成部分。我国海域辽阔，属封闭程度不同的太平洋西北部的陆缘海域，地跨温带、亚热带和热带三个气候带。特殊的气候与区域条件，构成了海洋渔业资源的多样性和区系的明显差异。南海区渔业资源呈热带暖水性种类的特点，海区内资源种类繁多，但单一种类的群体数量较少，多数鱼类没有明显的洄游路线，没有越冬场。南海多数鱼类生殖力强，产卵期长、产卵场分散。除少数鱼和有相对集中的产卵场外，多数鱼种均分期产卵，鱼卵、仔鱼、稚鱼广泛地分布于整个陆架区，但其分布的密度不高。历次调查均未发现明显密集的产卵分布区。

5.2.9 重要水生生物现状调查与评价

5.2.9.1 珊瑚礁生物资源现状调查概况

本小节内容引用自《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评价及保护修复方案》报告。

(1) 调查内容：珊瑚群落（造礁石珊瑚种类、覆盖率、死亡率、病害、硬珊瑚补充量）、珊瑚礁鱼类、大型无脊椎动物、大型底栖藻类等。

(2) 调查方法：珊瑚调查本着不破坏珊瑚的原则，采用录像带断面法（Video transect）-截线样点法，以水下摄像和照相方式为主，现场调查记录方式为辅。室内根据照相、摄像的资料进行珊瑚种类、覆盖率、补充量、大型藻类、敌害和底质类型等珊瑚礁监测指标进行分析。

(3) 调查区域与站位设定

本次珊瑚礁调查与 2018 年 10~11 月进行，为了更好的调查新机场区域附近区域珊瑚礁状况，珊瑚礁本底调查范围需要覆盖三亚湾、红塘湾和崖州湾区域，整个区域范围东至鹿回头区域，西至崖州湾西部，并且涵盖了东西瑁洲。总计共设置 171 个珊瑚礁调查站位和 13 个作为珊瑚礁鱼类调查站位。其中设置 13 个重点珊瑚礁调查站位（见图 5.2-43，表 5.2-38），从这些重点珊瑚礁调查站位中选择代表性 13 个作为珊瑚礁鱼类调查站位（见表 5.2-37）。一级定量珊瑚礁调查站位 23 个（见图 5.2-43，表 5.2-39）以及二级定量珊瑚礁调查站位 135 个（见图 5.2-43，表 5.2-40）。

表 5.2-37 珊瑚礁鱼类调查站点

序号	站点号	湾区	地点	东经	北纬
1	19	三亚湾	站前	109.478590	18.211518
2	20	三亚湾	小洲岛	109.489338	18.225253
3	21	三亚湾	凤凰岛	109.486468	18.237127
4	23	三亚湾	东岛西南	109.413428	18.215110
5	25	三亚湾	西岛东部	109.380240	18.237142
6	27	三亚湾	西岛西南	109.365322	18.224208
7	275	三亚湾	西岛西部	109.366708	18.229990
8	269	三亚湾	东岛南	109.415410	18.211033
9	A20	红塘湾	红塘港	109.257333	18.295500
10	A4	红塘湾	南山角	109.198833	18.284000
11	32	红塘湾	南山角西侧	109.170845	18.287793
12	192	红塘湾	南山角-大小洞天	109.151887	18.303563

表 5.2-38 珊瑚礁调查重点站位信息

序号	站点号	东经	北纬	地点	区域	海湾
1	19	109.47859	18.21152	实验站前	鹿回头	三亚湾
2	20	109.48934	18.22525	小洲岛	小洲岛	三亚湾
3	21	109.48647	18.23713	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
4	275	109.36671	18.22999	西岛西部	东西瑁洲	三亚湾
5	25	109.38024	18.23714	西岛东部	东西瑁洲	三亚湾
6	27	109.36532	18.22421	西岛西南	东西瑁洲	三亚湾
7	A39	109.36833	18.22629	西岛南部	东西瑁洲	三亚湾
8	23	109.41343	18.21511	东岛西南	东西瑁洲	三亚湾
9	269	109.41541	18.21103	东岛南	东西瑁洲	三亚湾
10	28	109.34856	18.28927	天涯海角	天涯海角	红塘湾
11	29	109.25123	18.29574	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
12	A37	109.27583	18.30233	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
13	32	109.17085	18.28779	南山角西侧	南山寺	崖州湾

表 5.2-39 三亚珊瑚礁调查一级定量站位信息

序号	站点号	东经	北纬	地点	区域	海湾
1	68 帆	109.48680	18.21442	帆船港	鹿回头	三亚湾
2	68 国	109.49032	18.22496	国宾馆	鹿回头	三亚湾
3	89	109.48945	18.22511	小洲岛	小洲岛	三亚湾
4	69	109.48699	18.22802	小洲岛	小洲岛	三亚湾
5	A41	109.368333	18.238000	西岛西北	东西瑁洲	三亚湾
6	A40	109.379000	18.225833	西岛南部	东西瑁洲	三亚湾
7	72	109.41625	18.21999	东岛西北	东西瑁洲	三亚湾
8	22	109.42105	18.21977	东岛东北	东西瑁洲	三亚湾
9	71	109.41788	18.22072	东岛东南	东西瑁洲	三亚湾
10	74	109.35659	18.28793	天涯海角	天涯海角	红塘湾
11	75	109.33871	18.29916	天涯海角	天涯海角	红塘湾
12	176	109.28053	18.30095	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
13	A38	109.271300	18.301773	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
14	A18	109.265735	18.298292	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
15	A19	109.258333	18.296252	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
16	A20	109.257333	18.295500	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
17	76	109.24604	18.29770	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
18	A13	109.24617	18.29717	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
19	77	109.23217	18.29838	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
20	A23	109.23197	18.29786	南海观音东侧	南山寺	崖州湾
21	A2	109.20983	18.29150	南海观音	南山寺	崖州湾
22	A4	109.19883	18.28400	南山角东	南山寺	崖州湾
23	192	109.14854	18.30414	南山角-大小洞天	南山寺	崖州湾

表 5.2-40 三亚珊瑚礁调查二级定量站位信息

序号	站点号	东经	北纬	地点	区域	海湾
1	150	109.47691	18.21102	实验站前	鹿回头	三亚湾
2	151	109.48189	18.21439	帆船港	鹿回头	三亚湾
3	262	109.48877	18.21610	鹿回头村	鹿回头	三亚湾
4	152	109.49228	18.22368	国宾馆	鹿回头	三亚湾
5	153	109.48791	18.22615	小洲岛	小洲岛	三亚湾
6	154	109.48868	18.22942	小洲岛北	小洲岛	三亚湾
7	263	109.49075	18.23649	三亚湾	三亚湾	三亚湾
8	264	109.49093	18.22989	三亚湾	三亚湾	三亚湾
9	267	109.49823	18.24079	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
10	266	109.48319	18.23211	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
11	265	109.48005	18.23043	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
12	90	109.47760	18.22906	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
13	155	109.47715	18.22954	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
14	91	109.47924	18.23434	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

15	156	109.48567	18.23652	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
16	70	109.48390	18.23698	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
17	158	109.49130	18.24445	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
18	157	109.49332	18.24490	凤凰岛	凤凰岛	三亚湾
19	274	109.61693	18.21328	西岛北部	东西瑁洲	三亚湾
20	166	109.98871	18.24466	西岛北部	东西瑁洲	三亚湾
21	26	109.36902	18.23963	西岛西北	东西瑁洲	三亚湾
22	273	109.37723	18.24057	西岛东北	东西瑁洲	三亚湾
23	167	109.36518	18.22564	西岛西南	东西瑁洲	三亚湾
24	271	109.39994	18.22438	西岛西南	东西瑁洲	三亚湾
25	272	109.38280	18.23165	西岛东南	东西瑁洲	三亚湾
26	73	109.37575	18.22463	西岛东南	东西瑁洲	三亚湾
27	164	109.37037	18.22611	西岛南部	东西瑁洲	三亚湾
28	162	109.41803	18.22250	东岛北部	东西瑁洲	三亚湾
29	新增 1	109.41674	18.22099	东岛西北	东西瑁洲	三亚湾
30	160	109.41165	18.21897	东岛西	东西瑁洲	三亚湾
31	161	109.42545	18.22089	东岛东	东西瑁洲	三亚湾
32	268	109.41788	18.22072	东岛东	东西瑁洲	三亚湾
33	159	109.42781	18.21730	东岛南	东西瑁洲	三亚湾
34	24	109.39468	18.20866	东岛西侧小岛	东西瑁洲	三亚湾
35	163	109.39437	18.20651	东岛西侧小岛	东西瑁洲	三亚湾
36	270	109.39730	18.20759	东岛西侧小岛	东西瑁洲	三亚湾
37	277	109.20723	18.29060	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
38	278	109.48698	18.25744	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
39	279	109.47996	18.26143	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
40	280	109.47995	18.26853	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
41	281	109.47007	18.26886	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
42	282	109.46943	18.27524	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
43	283	109.45836	18.27582	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
44	285	109.44066	18.27864	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
45	286	109.41280	18.28198	三亚湾西侧沿岸	凤凰岛-天涯海角	三亚湾
46	168	109.37068	18.28342	天涯海角东	天涯海角	红塘湾
47	172	109.36014	18.29933	天涯海角东	天涯海角	红塘湾
48	170	109.35231	18.28798	天涯海角	天涯海角	红塘湾
49	A42	109.34667	18.29100	天涯海角	天涯海角	红塘湾
50	A43	109.34500	18.29567	天涯海角	天涯海角	红塘湾
51	171	109.33997	18.29725	天涯海角	天涯海角	红塘湾
52	A44	109.33833	18.30000	天涯海角	天涯海角	红塘湾
53	287	109.32895	18.30234	天涯海角西	天涯海角	红塘湾
54	A45	109.32233	18.30347	天涯海角西	天涯海角	红塘湾
55	288	109.16560	18.29048	天涯海角西	天涯海角	红塘湾
56	A46	109.31091	18.30471	天涯海角西	天涯海角	红塘湾

57	174	109.30749	18.30386	天涯海角西	天涯海角	红塘湾
58	A34	109.30279	18.30417	红塘湾	天涯海角	红塘湾
59	289	109.30329	18.30136	红塘湾	天涯海角	红塘湾
60	A27	109.29519	18.30264	红塘湾	天涯海角	红塘湾
61	290	109.29352	18.30274	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
62	175	109.28886	18.30181	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
63	A35	109.29247	18.30161	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
64	291	109.28442	18.30118	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
65	A47	109.29428	18.29711	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
66	A36	109.28136	18.30102	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
67	292	109.28624	18.29635	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
68	177	109.27374	18.30036	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
69	293	109.26683	18.29868	红塘湾	红塘湾沿岸	红塘湾
70	179	109.25855	18.29683	红塘港	红塘湾沿岸	红塘湾
71	294	109.25746	18.29605	红塘港	红塘湾沿岸	红塘湾
72	A21	109.24983	18.29550	红塘港	红塘湾沿岸	红塘湾
73	180	109.23928	18.29822	红塘港	红塘湾沿岸	红塘湾
74	A22	109.23733	18.29850	红塘港	红塘湾沿岸	红塘湾
75	181	109.23928	18.29822	红塘港	红塘湾沿岸	红塘湾
76	295	109.23505	18.29853	红塘港	红塘湾沿岸	红塘湾
77	A30	109.28141	18.29158	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
78	A31	109.26783	18.28841	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
79	A32	109.27423	18.29772	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
80	A33	109.28272	18.29759	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
81	A50	109.27591	18.28438	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
82	A48	109.30032	18.28449	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
83	A49	109.28994	18.25825	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
84	L1	109.29595	18.29706	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
85	L2	109.29927	18.29520	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
86	L3	109.30134	18.29298	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
87	L4	109.30249	18.28981	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
88	L5	109.30032	18.28449	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
89	L6	109.29956	18.28367	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
90	L7	109.28994	18.25825	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
91	L8	109.28347	18.25625	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
92	L9	109.27818	18.28174	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
93	L10	109.27409	18.28438	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
94	L11	109.27591	18.28158	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
95	L12	109.27467	18.28165	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
96	L13	109.27321	18.28351	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
97	L14	109.27247	18.28567	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾
98	L15	109.27289	18.28968	新机场（莲花岛）	新机场区域	红塘湾

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

99	A16	109.23560	18.24119	新机场（9 人工岛）	新机场区域	红塘湾
100	A17	109.23234	18.25843	新机场（人工岛）	新机场区域	红塘湾
101	A15	109.25411	18.26202	新机场（人工岛）	新机场区域	红塘湾
102	A14	109.25767	18.24833	新机场（人工岛）	新机场区域	红塘湾
103	A28	109.27900	18.25083	新机场（人工岛）	新机场区域	红塘湾
104	A29	109.27583	18.26683	新机场（人工岛）	新机场区域	红塘湾
105	296	109.23517	18.29871	大公石-南海观音东侧	南山寺	红塘湾
106	30	109.22762	18.29797	大公石-南海观音东侧	南山寺	红塘湾
107	297	109.23013	18.29799	大公石-南海观音东侧	南山寺	红塘湾
108	183	109.21988	18.29624	大公石-南海观音东侧	南山寺	红塘湾
109	A24	109.21919	18.29517	大公石-南海观音东侧	南山寺	红塘湾
110	A25	109.21814	18.29511	大公石-南海观音东侧	南山寺	红塘湾
111	A26	109.21425	18.29366	大公石-南海观音东侧	南山寺	红塘湾
112	184	109.21311	18.28962	南海观音	南山寺	红塘湾
113	298	109.17842	18.29152	南海观音	南山寺	红塘湾
114	31	109.20723	18.29060	南海观音	南山寺	红塘湾
115	A3	109.20477	18.28933	南海观音	南山寺	红塘湾
116	185	109.20340	18.28865	南海观音西侧	南山寺	红塘湾
117	78	109.20037	18.28598	南海角东	南山角-大小洞天	红塘湾
118	186	109.19035	18.28271	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
119	300	109.18269	18.28374	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
120	A5	109.18439	18.28297	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
121	187	109.17924	18.28506	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
122	A6	109.18100	18.28413	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
123	A7	109.17867	18.28549	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
124	301	109.17598	18.28588	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
125	A8	109.17100	18.28750	南山角	南山角-大小洞天	红塘湾
126	188	109.16560	18.29048	南山角西侧	南山角-大小洞天	红塘湾
127	A1	109.16750	18.29144	南山角西侧	南山角-大小洞天	红塘湾
128	79	109.16459	18.29169	南山角西侧	南山角-大小洞天	红塘湾
129	302	109.15925	18.29113	南山角-大小洞天	南山角-大小洞天	红塘湾
130	A9	109.15854	18.29151	南山角-大小洞天	南山角-大小洞天	红塘湾
131	189	109.15766	18.29287	南山角-大小洞天	南山角-大小洞天	红塘湾
132	A10	109.15492	18.29618	南山角-大小洞天	南山角-大小洞天	红塘湾
133	190	109.15523	18.29712	南山角-大小洞天	南山角-大小洞天	红塘湾
134	A11	109.15275	18.30083	南山角-大小洞天	南山角-大小洞天	红塘湾
135	303	109.14959	18.30173	南山角-大小洞天	南山角-大小洞天	红塘湾



图 5.2-43 三亚新机场珊瑚礁野外现场调查站位图

5.2.9.1.1 铺设断面

在主要的珊瑚礁典型分布区，通过选择代表性站位(200m×200m)实施野外调查工作。造礁石珊瑚主要依靠共生的虫黄藻提供营养，因此造礁石珊瑚的分布受到水体光照的强烈影响，由于近岸水域水下能见度较差，我国华南近岸水域造礁石珊瑚基本上分布在水深 6 米以内。三亚珊瑚礁主要分布在 10 米以内，因此，在每个调查站位设 2~3 米和 6~8 米 2 个调查断面。

造礁石珊瑚、底栖无脊椎动物、珊瑚礁鱼类等调查由有资质的调查人员使用 SCUBA 水肺潜水，在预先设置的调查站位，采用国际上通用的珊瑚礁调查方法，在水下布设样带和样框，即水下照像和水下录像为主的珊瑚礁定量断面调查法进行定量调查。

二级定量调查主要记录调查点附近方圆 50 米范围的底质、底栖生物、鱼类、珊瑚覆盖率估计、珊瑚优势种和珊瑚礁状况等。

造礁石珊瑚和底栖无脊椎动物的定量调查：在调查站位 2~3 米，6~8 米等深线处设立调查断面，每个调查断面布设 3 条 10 米的小的调查样线/样带进行调查。样线的布设应沿珊瑚礁长轴方向布设，各断面不能重复，断面分布应覆盖整个调查区域，尽量均匀。用水下数码相机从断面线的一端开始沿着断面线摄像，回到实验室后在电脑上进行判读。调查的主要内容包括：

- 活珊瑚种类及覆盖率
- 底质类型
- 造礁石珊瑚死亡率
- 珊瑚礁病害
- 长棘海星等敌害生物的情况
- 大型底栖生物及海胆
- 石珊瑚白化情况

5.2.9.2 各站位造礁石珊瑚情况

根据表 5.2-41 所示调查结果，各站位（重点和一级定量站位）活的造礁石珊瑚覆盖率、死珊瑚覆盖率以及底质分布情况见图 5.2-44、图 5.2-45、图 5.2-46。

由图表明显看出，活的造礁石珊瑚覆盖率较高的站位是：东岛区域的 23、72 号站点以及西岛区域的 27 号站点、275 号站点和 A41 号站点，红塘湾沿岸区域的 A13 号站点平均覆盖率超过 50%；鹿回头区域的国宾馆 68 国站点、小洲岛区域 89，红塘湾天涯海角区域的 74 号

站点、红塘湾沿岸区域的 A38 号站点和南山角 32 号站点，平均覆盖率大于 40%；凤凰岛区域 21 号站点，红塘湾沿岸区域 A19 号站点、28 号站点、176 号站点、南山寺区域的 A23 号站点以及南山角-大小洞天区域 192 号站点，平均覆盖率大于 30%。覆盖率最低的地方(<2%) 出现在三亚湾的小洲岛区域的 69 号站点、红塘湾沿岸区域的 29 号站点、南山寺区域的 A2 号站点。

死亡珊瑚的覆盖率较高 (> 60%) 的站点有三亚湾东西瑁洲区域的 71 号站点，此外，凤凰岛区域的 21 号站点、东西瑁洲区域的 269 号站点、红塘湾沿岸区域的 A37 号站点和 77 号站点珊瑚的死亡率也达到了 40% 以上。估计与当地的海堤建设以及旅游业的发展有关。

在我们调查中，发现主要的造礁石珊瑚的病害为白化病，主要集中在小洲岛区域的 89 号站点、红塘湾沿岸区域的 A37 号站点，南山寺区域的 A23 号站点和南山角-大小洞天区域的 32 号站点。

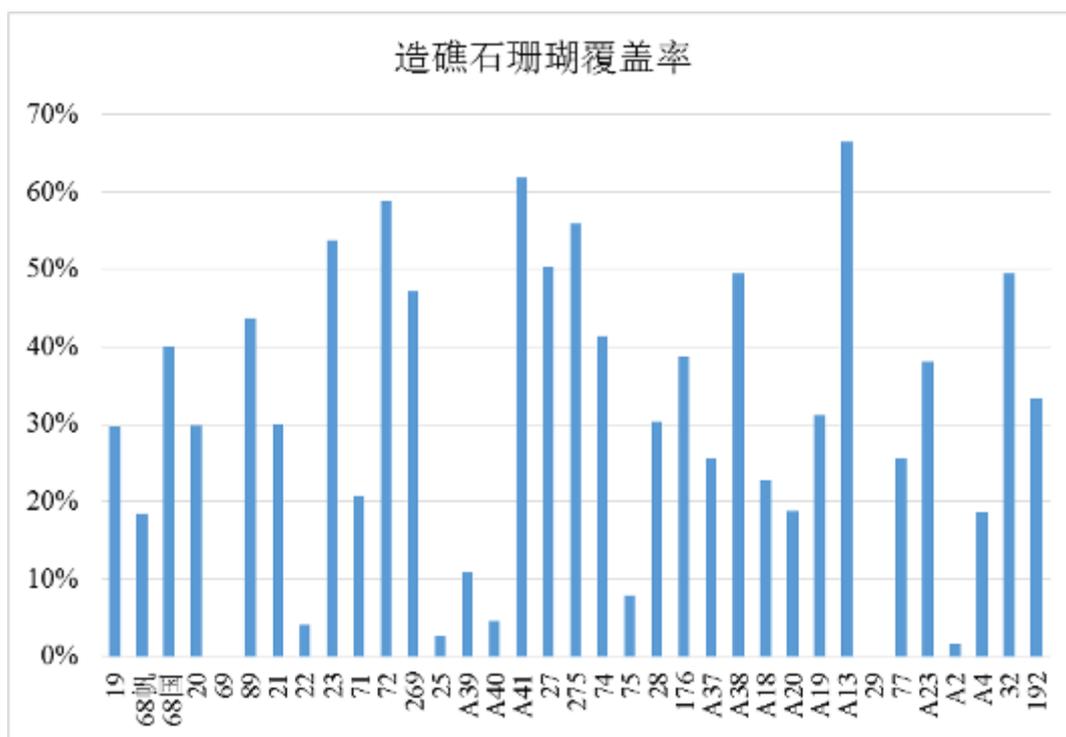


图 5.2-44 重点和一级定量站位造礁石珊瑚覆盖率

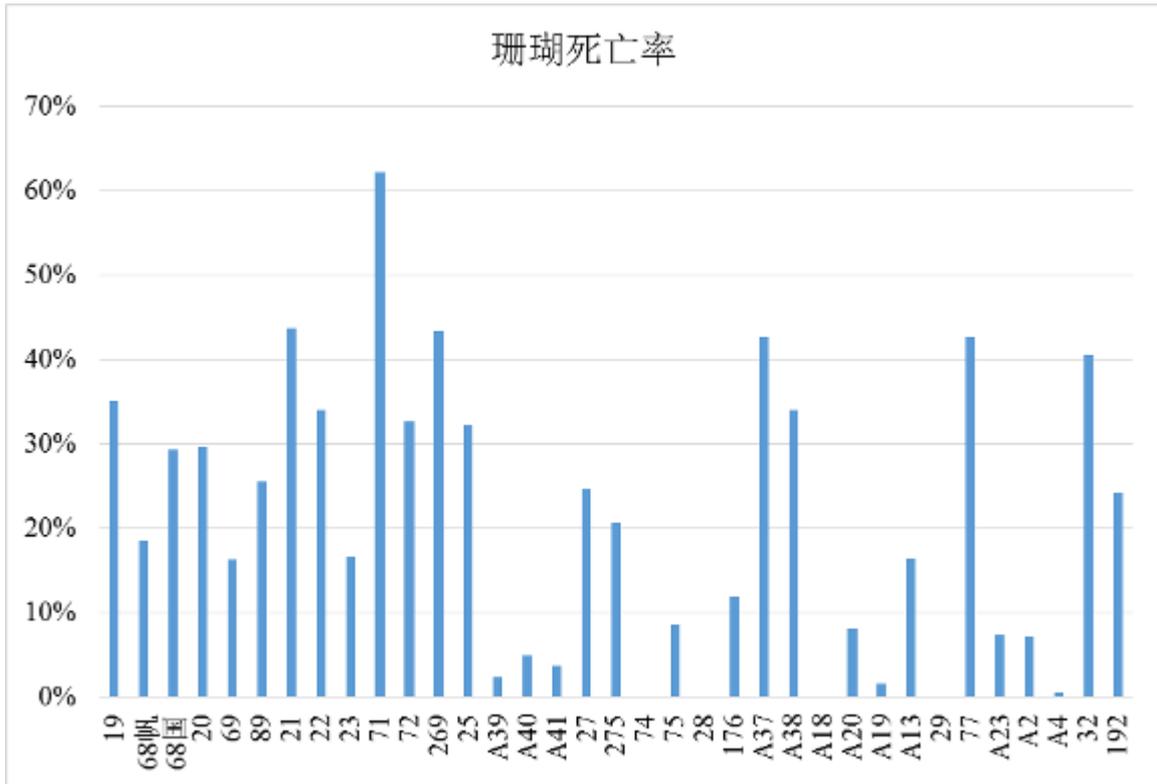


图 5.2-45 重点和一级定量站位珊瑚死亡率分布图

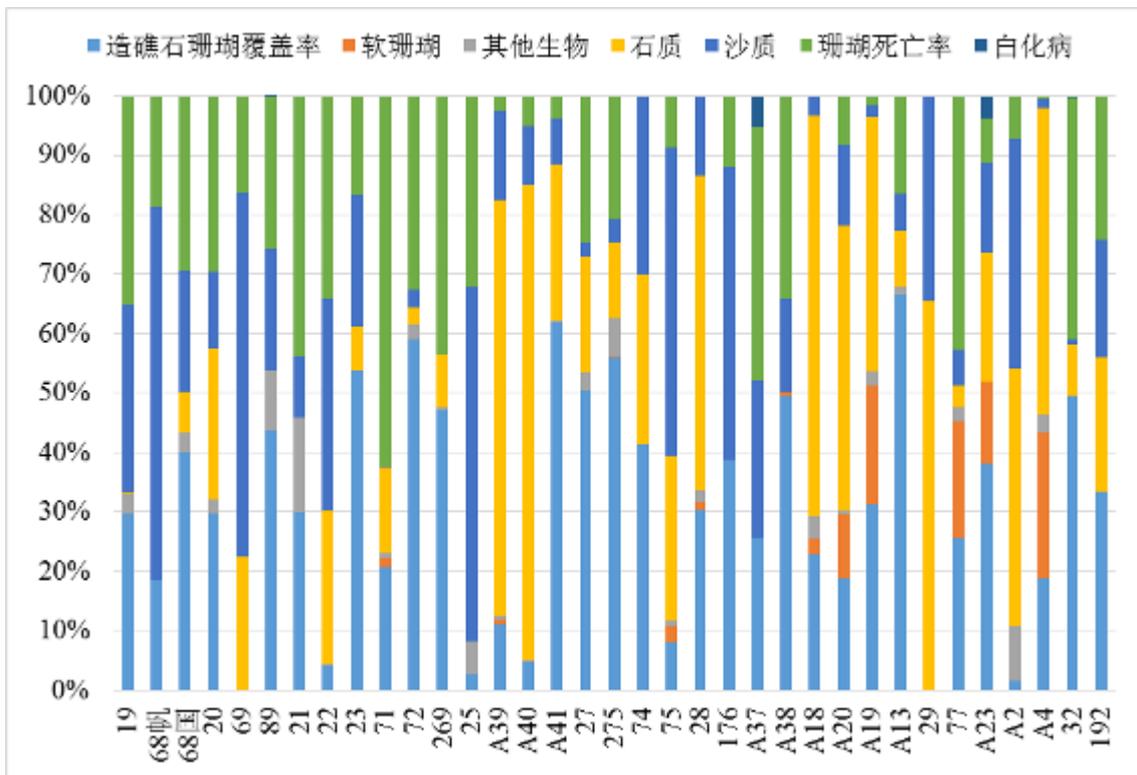


图 5.2-46 重点和一级定量站位造礁石珊瑚、死亡珊瑚、病害珊瑚覆盖率与底质情况

表 5.2-41 各站位造礁石珊瑚覆盖率、死亡、病害与底质情况分区统计表

区域	地点	站位	造礁石珊瑚	软珊瑚	其他生物	石质	沙质	珊瑚死亡率	白化病
鹿回头区域	站前	19	29.79%	0.00%	3.16%	0.17%	31.79%	35.10%	0.00%
	帆船港东	68 帆	18.54%	0.00%	0.00%	0.00%	62.91%	18.54%	0.00%
	国宾馆	68 国	40.15%	0.00%	3.25%	6.69%	20.53%	29.37%	0.00%
小洲岛区域	小洲岛西	20	29.83%	0.00%	2.33%	25.33%	12.83%	29.67%	0.00%
	小洲岛	69	0.00%	0.00%	0.00%	22.50%	61.17%	16.33%	0.00%
	小洲岛	89	43.83%	0.00%	10.00%	0.00%	20.50%	25.50%	0.17%
凤凰岛区域	凤凰岛	21	30.00%	0.00%	16.00%	0.00%	10.33%	43.67%	0.00%
东西瑁洲区域	东岛东北	22	4.17%	0.00%	0.17%	25.83%	35.83%	34.00%	0.00%
	东岛西南	23	53.90%	0.00%	0.00%	7.38%	22.06%	16.66%	0.00%
	东岛	71	20.81%	1.33%	1.00%	14.46%	0.17%	62.23%	0.00%
	东岛	72	59.00%	0.00%	2.67%	2.67%	3.00%	32.67%	0.00%
	东岛南	269	47.28%	0.00%	0.32%	8.95%	0.00%	43.45%	0.00%
	西岛东部	25	2.67%	0.00%	5.67%	0.00%	59.50%	32.17%	0.00%
	西岛西北部	A39	10.99%	1.00%	0.65%	69.91%	14.99%	2.45%	0.00%
	西岛西南	A40	4.74%	0.00%	0.22%	80.20%	9.90%	4.95%	0.00%
	西岛西南	A41	61.88%	0.00%	0.31%	26.27%	7.73%	3.82%	0.00%
	西岛西南	27	50.33%	0.17%	2.83%	19.67%	2.33%	24.67%	0.00%
天涯海角区域	天涯海角	74	41.45%	0.00%	0.00%	28.62%	29.93%	0.00%	0.00%
	天涯海角	75	7.95%	2.98%	0.66%	27.81%	51.99%	8.61%	0.00%
	天涯海角	28	30.39%	1.31%	1.96%	52.94%	13.40%	0.00%	0.00%
红塘湾沿岸区域	红塘湾沿岸	176	38.83%	0.00%	0.00%	0.00%	49.19%	11.97%	0.00%
	红塘湾沿岸	A37	25.65%	0.00%	0.00%	0.00%	26.45%	42.69%	5.21%
	红塘湾沿岸	A38	49.55%	0.72%	0.00%	0.00%	15.74%	33.99%	0.00%
	红塘湾沿岸	A18	22.85%	2.60%	3.81%	67.33%	3.41%	0.00%	0.00%
	红塘湾沿岸	A20	18.90%	10.70%	0.67%	47.83%	13.71%	8.19%	0.00%
	红塘湾沿岸	A19	31.26%	20.04%	2.41%	42.69%	2.00%	1.60%	0.00%
	红塘湾沿岸	A13	66.53%	0.00%	1.21%	9.62%	6.21%	16.43%	0.00%
	红塘湾沿岸	29	0.00%	0.00%	0.00%	65.37%	34.63%	0.00%	0.00%
南山寺区域	大公石-南海观音东侧	A23	38.23%	13.69%	0.00%	21.70%	15.19%	7.35%	3.84%
	南海观音	A2	1.67%	0.00%	9.18%	43.24%	38.73%	7.18%	0.00%
南山角-大小洞天区域	南山角东	A4	18.71%	24.52%	3.12%	51.53%	1.62%	0.50%	0.00%
	南山角西侧	32	49.50%	0.00%	0.00%	8.58%	0.99%	40.59%	0.33%
	南山角-大小洞天	192	33.37%	0.00%	0.00%	22.58%	19.86%	24.19%	0.00%

表 5.2-42 二级定量站位造礁石珊瑚覆盖率、底质情况分站位统计表

分区	地点	定性站位	造礁石珊瑚覆盖率	底质
鹿回头	站前	150	4.75%	岩石、砂底质
	帆船港	151	1.65%	岩石底质
	鹿回头村	262	4.32%	岩石和砂质底
	国宾馆	152	14.00%	珊瑚礁和砂质底
小洲岛	小洲岛	153	0.00%	沙底
	小洲岛北	154	0.00%	沙底
三亚河河口	三亚河河口	263	0.00%	沙石底质
	三亚河河口	264	0.00%	泥沙底质
凤凰岛	凤凰岛	267	0.00%	泥沙底质
	凤凰岛	266	0.00%	人工构筑物海蓄
	凤凰岛	265	0.25%	人工构筑物海蓄
	凤凰岛	90	0.00%	人工构筑物海蓄
	凤凰岛	155	0.00%	人工构筑物海蓄
	凤凰岛	91	0.00%	人工构筑物海蓄
	凤凰岛	156	1.10%	人工构筑物海蓄
	凤凰岛	70	0.62%	大型基岩
	凤凰岛	158	0.00%	平坦泥沙底质
	凤凰岛	157	0.00%	零星基岩与泥沙底质
东西瑁洲	西岛北部	274	19.20%	礁石底质
	西岛北部	166	25.00%	大型基岩、礁石与砂混合底质
	西岛西北	26	38.13%	大型基岩和礁石
	西岛东北	273	4.97%	礁石和砂底质
	西岛西南	167	30.05%	大型基岩、礁石与砂混合底质
	西岛西南	271	4.35%	岩石底质
	西岛东南	272	1.44%	岩石、礁石与砂混合底质
	西岛东南	73	3.88%	礁石底质
	西岛南部	164	7.63%	大型基岩底质
	东岛北部	162	2.05%	礁石底、地势平坦、少量沙底。
	东岛西北	新增 1	16.00%	礁石底质
	东岛西	160	22.75%	礁石底质
	东岛东	161	5.15%	珊瑚礁底质
	东岛东	268	7.03%	礁石为主，少量岩石+砂底
	东岛南	159	10.00%	岩石和砾石底质
	东岛西侧小岛	24	17.80%	礁石底质
	东岛西侧小岛	163	4.50%	岩石底质
	东岛西侧小岛	270	8.00%	岩石底质
三亚湾西侧 沿岸	三亚湾西侧沿岸	277	0.00%	沙底底质
	三亚湾西侧沿岸	278	0.00%	沙底底质
	三亚湾西侧沿岸	279	0.00%	沙底底质
	三亚湾西侧沿岸	280	0.00%	沙底底质

	三亚湾西侧沿岸	281	0.00%	沙底底质
	三亚湾西侧沿岸	282	0.00%	沙底底质
	三亚湾西侧沿岸	283	0.00%	沙底底质
	三亚湾西侧沿岸	285	0.00%	沙底底质
	三亚湾西侧沿岸	286	0.00%	沙底底质
天涯海角	天涯海角东	168	0.00%	大型基岩与砂质底
	天涯海角东	172	0.00%	沙底底质
	天涯海角	170	0.75%	沙底底质
	天涯海角	A42	2.13%	沙底底质，有少量礁石
	天涯海角	A43	1.25%	沙底底质，有少量礁石
	天涯海角	171	0.00%	砂底底质
	天涯海角	A44	0.00%	沙底底质，有少量礁石
	天涯海角西	287	0.00%	砂底底质
	天涯海角西	A45	1.23%	沙底底质，有少量礁石
	天涯海角西	288	0.00%	砂底底质
	天涯海角西	A46	0.00%	泥沙底质
	天涯海角西	174	15.25%	礁石和砂底底质
红塘湾沿岸	红塘湾	A34	0.00%	细沙底质
	红塘湾	289	5.38%	礁石和沙底质
	红塘湾	A27	0.00%	礁石和沙底质
	红塘湾	290	9.38%	礁石和沙底质
	红塘湾	175	5.00%	礁石底质
	红塘湾	A35	3.65%	泥沙底质为主
	红塘湾	291	33.75%	珊瑚礁石与砂底质
	红塘湾	A47	1.56%	泥沙底质为主，有少量礁石
	红塘湾	A36	0.00%	泥沙底质为主，有少量礁石
	红塘湾	292	0.00%	大型人工礁坡与基岩
	红塘湾	177	9.50%	大型基岩与砂底混合
	红塘湾	293	15.50%	大型基岩与大型礁混杂
	红塘湾	179	25.38%	大型基岩与砂底混合
	红塘湾	294	15.50%	礁石、大型基岩、砂底混合底质
	红塘湾	A21	5.18%	沙地和礁石均有分布
	红塘湾	180	5.25%	砂底底质
	红塘湾	A22	5.21%	近岸处有礁石分布，深处为沙地
	红塘湾	181	47.50%	珊瑚礁底质
红塘湾	295	21.38%	大型基岩与砂底混合底质	
新机场区域	新机场（莲花岛）	A30	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	A31	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	A32	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	A33	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	A50	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	A48	0.00%	泥沙底质

	新机场（莲花岛）	A49	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L1	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L2	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L3	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L4	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L5	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L6	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L7	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L8	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L9	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L10	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L11	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L12	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L13	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L14	0.00%	泥沙底质
	新机场（莲花岛）	L15	0.00%	泥沙底质
	新机场（人工岛）	A16	0.00%	泥沙底质
	新机场（人工岛）	A17	0.00%	泥沙底质
	新机场（人工岛）	A15	0.00%	泥沙底质
	新机场（人工岛）	A14	0.00%	泥沙底质
	新机场（人工岛）	A28	0.00%	泥沙底质
	新机场（人工岛）	A29	0.00%	泥沙底质
南山寺	南海观音东侧	296	6.88%	大型水泥防浪栅栏、大型基岩与砂底混合底质
	南海观音东侧	30	1.56%	大型基岩和细砂混合
	南海观音东侧	297	3.75%	大型基岩与砂底混合底质
	南海观音东侧	183	0.00%	平坦细沙底质
	南海观音东侧	A24	1.03%	沙质底质为主，极少量点礁
	南海观音东侧	A25	1.00%	沙质底质为主，极少量点礁
	南海观音东侧	A26	0.00%	泥沙底质
	南海观音	184	0.00%	基岩底质
	南海观音	298	0.00%	平坦细沙底质
	南海观音	31	0.00%	平坦细沙底质
	南海观音	A3	0.00%	平坦细沙底质
	南海观音西侧	185	3.00%	基岩与细砂混合底
南山角-大小洞天	南山角东	78	11.75%	大型基岩底质
	南山角	186	12.00%	基岩与细砂混合底
	南山角	300	6.73%	大型基岩
	南山角	A5	4.36%	少量礁石和沙底质
	南山角	187	17.50%	礁石和沙底质
	南山角	A6	8.97%	礁石和沙底质
	南山角	A7	15.36%	礁石和沙底质
	南山角	301	5.82%	礁石底、少量平坦细砂底

南山角	A8	36.78%	礁石底、少量平坦细砂底
南山角西侧	188	6.75%	礁石底、少量平坦细砂底
南山角西侧	A1	3.68%	礁石与细沙混合
南山角西侧	79	6.25%	礁石底、少量平坦细砂底
南山角-大小洞天	302	1.00%	礁石底、平坦细砂底
南山角-大小洞天	A9	3.00%	礁石与细沙混合
南山角-大小洞天	189	2.40%	独立基岩与细砂混合底
南山角-大小洞天	A10	2.60%	少量点礁与细沙混合
南山角-大小洞天	190	11.25%	礁石与细沙混合
南山角-大小洞天	A11	6.78%	礁石与细沙混合
南山角-大小洞天	303	6.25%	基岩与沙混合底，6米后为平坦细沙
南山角-大小洞天	304	13.30%	礁石与沙混合底、以礁石为主
南山角-大小洞天	305	7.56%	礁石与细砂混合底
南山角-大小洞天	306	6.58%	基岩与细砂混合底质
南山角-大小洞天	307	4.24%	大型人工礁坡
南山角-大小洞天	308	14.06%	大型人工礁坡，6米为平坦细沙

表 5.2-43 各分区造礁石珊瑚覆盖率统计表

海湾	分区	造礁石珊瑚覆盖率
三亚湾	鹿回头	16.17%
	小洲岛	14.73%
	三亚河河口	0.00%
	凤凰岛	2.91%
	东西瑁洲	20.71%
	凤凰岛-天涯海角	0.00%
红塘湾	天涯海角	6.69%
	新机场	0.44%
	红塘湾沿岸	17.97%
	南山寺	5.06%
	南山角-大小洞天	12.96%

本次调查记录的各分区造礁石珊瑚总体健康情况与生境状况描述如下。

鹿回头区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 16.17%，多为礁石和砂质底。帆船港及鹿回头村附近海域石珊瑚覆盖率较低，底质沙化明显。石珊瑚造礁石珊瑚的种类有 33 种，主要优势种为：澄黄滨珊瑚、普哥滨珊瑚、丛生盔形珊瑚、角孔珊瑚、鹿角杯形珊瑚、龟岛蔷薇珊瑚。生物：管虫、海胆、海参较多。

小洲岛区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 14.75%，东南区域为礁石和沙质混合底质（大块岩石为主），石珊瑚覆盖率较高，西北为沙底，几乎没有珊瑚。造礁石珊瑚的种类有 37 种，主要优势种为：变形蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、斯氏角孔珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚。

生物：管虫、寄居蟹和藤壶较多。

三亚和河口区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 0，为平坦细沙底质，并有垃圾，水质有异味。

凤凰岛区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 2.91%，除了 21 号站点外，其他站点的石珊瑚的覆盖率几乎为 0，人工构筑物海墙并且较深，水质较混，在构筑物海墙的底部堆积了较厚的淤泥，人工构筑物海墙上游大片的藤壶和牡蛎。21 号站点珊瑚覆盖率较高，有较多的管虫、海绵和皮群海葵。

东西瑁洲区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 20.71%，底质多数为礁石或者岩石，少数岩石和沙质混合。东西瑁洲两岛西、南部石珊瑚覆盖率均高于东北部。造礁石珊瑚的种类有 69 种，主要优势种为：丛生盔形珊瑚、鹿角杯形珊瑚、蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、变形蔷薇珊瑚、角孔珊瑚。生物：核果螺、寄居蟹、管虫较多，有海胆、江珧。

凤凰岛-天涯海角区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 0，为平坦细沙底质。

天涯海角区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 6.69%，底质多为沙质和岩石混合。石珊瑚成斑状分布，造礁石珊瑚的种类只有 7 种，主要优势种为角孔珊瑚、蔷薇珊瑚。生物：有较多的螺、寄居蟹、海参、牡蛎和海百合。

红塘湾沿岸区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 17.97%，底质多为礁石或者岩石底质，有少量的沙质底质。造礁石珊瑚的种类有 51 种，主要优势种为：角孔珊瑚、斯氏角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、丛生盔形珊瑚、滨珊瑚科。生物：软珊瑚的覆盖率高，海百合、海绵、海参和管虫较多。

新机场区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 0.44%，新机场莲花岛区域外边界多以扭王石堆叠组成，深度一般为 10-15 米，底质以泥沙质为主，在扭王石上会有鹿角杯形珊瑚幼体补充并有一定量的藤壶和牡蛎。新机场人工岛区域深度一般为 20 米，底质以泥沙质为主。

南山寺区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 5.06%，底质为大型基岩和泥沙混合底质，沉积物较多，有大量的死亡珊瑚。造礁石珊瑚有 18 种，主要优势种为：锯齿刺星珊瑚、皱折陀螺珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、腐蚀刺柄珊瑚、多弯角蜂巢珊瑚。

南山角-大小洞天区域：造礁石珊瑚的平均覆盖率为 12.96%，底质多以礁石为主，有少量平坦西沙。造礁石珊瑚有 37 种，主要优势种为：变形蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、风信子鹿角珊瑚。生物：管虫、寄居蟹较多，有枪虾。病害：有少量白化滨珊瑚。



图 5.2-47 珊瑚礁分布图

5.2.9.3 造礁石珊瑚种类、分布

5.2.9.3.1 造礁石珊瑚的种类分布

本次调查统计整个三亚珊瑚礁区记录到 12 科 33 属 107 种造礁石珊瑚。由于统计所得种数与调查强度有关，本次调查站位设定较多，调查区域较为广泛。

各站位造礁石珊瑚种数分布最高的区域是三亚湾的东西瑁洲区域，其次是红塘湾的红塘湾沿岸区域。分布最高的站位是东西瑁洲区域的 27 号站点和南山角-大小洞天区域的 A4 号，均有 33 种造礁石珊瑚，东西瑁洲的 71 号站点和红塘湾沿岸的 A38 号站点造礁石珊瑚的种类分类分别为 28 种和 26 种；种数最低(<5 种)的站位是小洲岛区域的 69 号站点，东西瑁洲区域的 22 号站点，天涯海角区域的 74、75 号站点，红塘湾沿岸区域的 29 号站点以及南山寺区域的 A2 号站点。

5.2.9.3.2 造礁石珊瑚的优势种类及其分布

各分区和各站点（重点和一级定量）的造礁石珊瑚的优势种和数量分别见表 5.2-44 和表 5.2-45。

统计结果表明，10 个最常见的造礁石珊瑚是：角孔珊瑚、丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、蔷薇珊瑚、鹿角杯形珊瑚、细柱滨珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、变形蔷薇珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚和疣状杯形珊瑚。这些珊瑚基本上都是团块状的珊瑚，没有一个鹿角珊瑚。

角孔珊瑚、丛生盔形珊瑚和澄黄滨珊瑚已经成为 3 个主要优势种，11 个分区的 5 个分区第一优势种是它们。40 个站位中有 6 个第一优势种是角孔珊瑚，有 5 个第一优势种是丛生盔形珊瑚，有 4 个第一优势种是澄黄滨珊瑚。

表 5.2-44 各分区造礁石珊瑚主要优势种

区域	优势种	造礁石珊瑚种数
鹿回头	澄黄滨珊瑚、普哥滨珊瑚、丛生盔形珊瑚、角孔珊瑚、鹿角杯形珊瑚、龟岛蔷薇珊瑚	33
小洲岛	角孔珊瑚、丛生盔形珊瑚、肾形陀螺珊瑚、斯氏角孔珊瑚、变形蔷薇珊瑚、澄黄滨珊瑚	35
凤凰岛	鹿角杯形珊瑚、鹿角珊瑚、肾形陀螺珊瑚、菊花珊瑚、浅薄沙珊瑚	14
三亚河河口	无	0
东西瑁洲	丛生盔形珊瑚、鹿角杯形珊瑚、蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、变形蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、	69
凤凰岛-天涯海角	无	0
天涯海角	角孔珊瑚、蔷薇珊瑚	7
红塘湾沿岸	角孔珊瑚、斯氏角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、丛生盔形珊瑚、滨珊瑚科	51
新机场	鹿角杯形珊瑚	1
南山寺	锯齿刺星珊瑚、皱折陀螺珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、腐蚀刺柄珊瑚、多弯角蜂巢珊瑚	18
南山角-大小洞天	变形蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、斯氏角孔珊瑚、秘密角珊瑚	37

表 5.2-45 各站位造礁石珊瑚主要优势种

地点	站位	优势种	石珊瑚种数
站前	19	澄黄滨珊瑚、鹿角杯形珊瑚、丛生盔形珊瑚、普哥滨珊瑚、角孔珊瑚	18
帆船港东	68 帆	澄黄滨珊瑚、角孔珊瑚、龟岛蔷薇珊瑚、伍氏杯形珊瑚	6
国宾馆	68 国	丛生盔形珊瑚、鹿角杯形珊瑚、澄黄滨珊瑚、角孔珊瑚、普哥滨珊瑚	23
小洲岛西	20	肾形陀螺珊瑚、鹿角珊瑚、变形蔷薇珊瑚、波形蔷薇珊瑚、加德纹珊瑚	17
小洲岛	69	无	0
小洲岛	89	丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、单星蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、斯氏角孔珊瑚	22
凤凰岛	21	肾形陀螺珊瑚、鹿角杯形珊瑚、鹿角珊瑚、菊花珊瑚、浅薄沙珊瑚	14
东岛东北	22	鹿角杯形珊瑚	4
东岛西南	23	丛生盔形珊瑚、鹿角杯形珊瑚、澄黄滨珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚	16
东岛	71	鹿角杯形珊瑚、丛生盔形珊瑚、腐蚀刺柄珊瑚、蔷薇珊瑚	28
东岛	72	蔷薇珊瑚、疣状杯形珊瑚、十字牡丹珊瑚、鹿角珊瑚、叶状蔷薇珊瑚、	23

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

东岛南	269	风信子鹿角珊瑚、壮实鹿角珊瑚、变形蔷薇珊瑚、鹿角杯形珊瑚、单星蔷薇珊瑚	13
西岛西北	A41	龟岛蔷薇珊瑚、丛生盔形珊瑚、斯氏角孔珊瑚	18
西岛东部	25	鹿角杯形珊瑚	6
西岛西南	27	丛生盔形珊瑚、鹿角杯形珊瑚、蔷薇珊瑚、腐蚀刺柄珊瑚、角孔珊瑚、	33
西岛南部	A39	鹿角杯形珊瑚、澄黄滨珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、锯齿刺星珊瑚	20
西岛南部	A40	鹿角杯形珊瑚、澄黄滨珊瑚、吞蚀筛珊瑚、丛生盔形珊瑚	13
西岛西部	275	丛生盔形珊瑚、粗糙菊花珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、蔷薇珊瑚	21
天涯海角	74	角孔珊瑚	3
天涯海角	75	角孔珊瑚	3
天涯海角	28	角孔珊瑚、蔷薇珊瑚	6
红塘湾国际高尔夫俱乐部	176	角孔珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚	11
红塘港西侧	29	无	0
红塘湾沿岸 大公石西侧	77	角孔珊瑚、蔷薇珊瑚、板叶角蜂巢珊瑚、地衣滨珊瑚	13
红塘湾	A20	膨胀蔷薇珊瑚、锯齿刺星珊瑚、皱折陀螺珊瑚、斯氏角孔珊瑚、角孔科珊瑚、澄黄滨珊瑚	17
红塘湾	A13	芽枝鹿角珊瑚、单星蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、变形蔷薇珊瑚、丛生盔形珊瑚	21
红塘湾	A18	膨胀蔷薇珊瑚、蔷薇珊瑚科、皱折陀螺珊瑚、斯氏角孔珊瑚	14
红塘湾	A19	腐蚀刺柄珊瑚、滨珊瑚科、斯氏角孔珊瑚、角孔科珊瑚	22
红塘湾	A38	变形蔷薇珊瑚、蔷薇珊瑚科、丛生盔形珊瑚、斯氏角孔珊瑚、柱角孔珊瑚	26
红塘湾	A37	变形蔷薇珊瑚、丛生盔形珊瑚、锯齿刺星珊瑚、角孔科珊瑚、中华扁脑珊瑚、澄黄滨珊瑚	12
大公石-南海观音东侧	A23	秘密角蜂巢珊瑚、澄黄滨珊瑚、斯氏角孔珊瑚、锯齿刺星珊瑚、角孔珊瑚	18
南海观音	A2	斯氏角孔珊瑚、锯齿刺星珊瑚	2
南山寺-南山角西侧	32	变形蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、十字牡丹珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、板叶角蜂巢珊瑚	17
南山角东	A4	细枝鹿角珊瑚、蔷薇珊瑚科、锯齿刺星珊瑚、斯氏角孔珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚	33
南山角-大小洞天	192	变形蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、细枝鹿角珊瑚、风信子鹿角珊瑚	16

5.2.9.3.3 调查区域造礁石珊瑚现状

这次调查记录到造礁石珊瑚 107 种，均远多于 2006 年记录的 81 种和 1963~65 年整个三亚有造礁石珊瑚 84 种。这说明我们的调查不论从分布性和全面性均优于以往。

由于调查范围以及调查站位的数量的原因，因此不能以本次调查的造礁石珊瑚的种类数与以往调查的比较来判别其区域内珊瑚礁的状况。

整个调查区域活的造礁石珊瑚平均覆盖率只有 11.55%，非常低。反映了调查区域大部分的珊瑚礁处于不健康状况。主要原因应该是三亚市城市发展带来的生活污水、过多的人类活动、三亚河、大茅水河带来的污染物质、海洋、海岸工程和长期的过度捕捞，还有长棘海星、核果螺的爆发等等许多因素共同作用的结果。

活的造礁石珊瑚覆盖率最高的是三亚湾的东西瑁洲区域，整个分区的平均覆盖率为 20.08%，然后是三亚湾的鹿回头区域和红塘湾的红塘湾沿岸区域，其平均覆盖率分别为 16.17% 和 17.79%。此外，活的造礁石珊瑚的平均覆盖率超过 10% 的区域还有三亚湾的小洲岛区域和红塘湾的南山角-大小洞天区域。覆盖率最低的是三亚和河口区域、凤凰岛-天涯海角区域，平均覆盖率为 0.00%，此外，活的造礁石珊瑚的平均覆盖了低于 5% 的区域还有凤凰岛区域、新机场区域、凤凰岛区域、南山寺区域和港门港区域。

造礁石珊瑚优势种已经集中在角珊瑚、丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚等一些团块形、亚团块形和板叶形的类型。而更具有热带代表性分枝形(主要是鹿角珊瑚)越来越少。进一步说明三亚珊瑚礁总体上还在退化。

活的造礁石珊瑚病害总的来说不算严重，仅发现白化病，平均发病率各处没有太大差别，平均 0.3%。

5.2.9.3.4 新机场及周边区域珊瑚礁现状

新机场区域造礁石珊瑚的平均覆盖率为 0.44%，新机场莲花岛区域外边界（见图 5.2-48，站点 L1-L15, A30、A31、A32、A33）多以扭王石堆叠组成，深度一般为 10-15 米，底质以泥沙质为主，在扭王石上会有鹿角杯形珊瑚幼体补充并有一定量的藤壶和牡蛎。

新机场人工岛区域（见图 5.2-49，站点 A14、A15、A16、A17、A28、A29）深度一般为 20 米，底质以泥沙质为主，没有发现珊瑚存在。

新机场周边区域 3 米处底质以礁石和泥沙为主，6 米处底质以泥沙为主。在 3 米处有珊瑚分布，且有些站点珊瑚覆盖率较高（>25%），珊瑚种类以角孔珊瑚、蔷薇珊瑚、滨珊瑚为主，

底栖生物则以海绵、海百合、管虫等为主；6米处珊瑚覆盖率较低（<5%），以团块状珊瑚为主，几乎没有底栖生物。



图 5.2-48a 新机场及周边区域站位图



图 5.2-48b 新机场莲花岛区域



图 5.2-49a 新机场人工岛泥沙底质



图 5.2-49b 新机场莲花岛扭王石上鹿角杯形珊瑚幼体

5.2.9.3.5 珊瑚礁生物资源

(1) 软珊瑚：珊瑚礁伴生的其他生物资源主要有软珊瑚，特别是在红塘湾沿岸区域，天涯海角区域和东西瑁洲区域也有一些软珊瑚分布。

(2) 海葵：调查发现在三亚湾鹿回头区域、小洲岛区域和凤凰岛区域有海葵分布，其他

区域海葵分布较少。

(3) 海绵：调查海域海绵分布很少，均在 1% 以下。

(4) 海藻：调查发现海藻仅在鹿回头区域、东西瑁洲区域以及红塘湾沿岸区域有少量分布。

(5) 群体海葵：调查发现群体海葵分布较少，仅在三亚湾的小洲岛区域有少量分布。

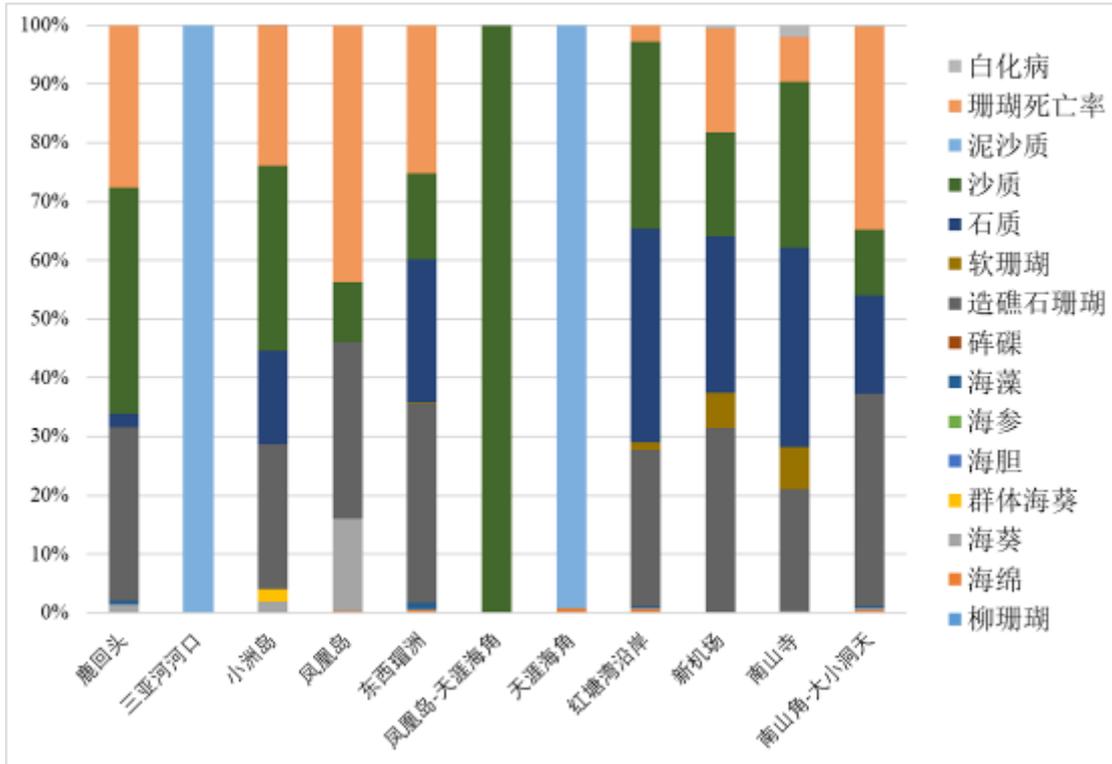


图 5.2-50 各分区珊瑚礁伴生的其他生物资源分布图

(5) 大型底栖生物

我们定量调查了大型底栖动物，像碎碟、宝贝、马蹄螺等价值高的贝类很难见到，仅在海棠湾及亚龙湾岛礁有几只碎碟。大型底栖动物有大型海胆、海参、海星、海百合、长棘海星、管虫、江珧、海菊蛤、珍珠贝、牡蛎、寄居蟹、蝶螺、红口螺、荔枝螺、马蹄螺、宝贝、棘螺、核果螺、蜒管螺、玉螺、骨螺、碎碟、海蛇尾、海蛞蝓、海绵、藤壶、海鞘、枪虾。

(6) 珊瑚礁鱼类：这次对珊瑚礁鱼类调查共记录到珊瑚礁鱼类种类共 40 种，主要以雀鲷科 Pomacentridae、隆头鱼科 Labridae、天竺鲷科 Apogonidae 为主，主要优势种为白尾雀鲷 *Pomacentrus chrysurus*、斑棘眶锯雀鲷 *Stegastes obreptus*、黑边波光鳃鱼 *Pomachromis richardsoni*、杜氏海猪鱼 *Halichoeres dussumieri*、新月锦鱼 *Thalassoma lunare*、六带豆娘鱼 *Abudefduf sexfasciatus*、纵带天竺鲷 *Ostorhinchus angustatus*、条尾光鳃鱼 *Chromis ternatensis*、金尾雀鲷 *Pomacentrus chrysurus* 等，种类不算多，而且较名贵鱼类少。

(7) 浮游植物：本次针对珊瑚礁调查共记录浮游植物 4 门 40 属 73 种，其中硅藻 24 属 50 种，甲藻 11 属 19 种，蓝藻 1 属 1 种，绿藻 2 属 2 种，着色鞭毛藻 1 属 1 种。表层优势种主要有菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*)、洛氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*)、密联角毛藻 (*Chaetoceros densus*)、条纹小环藻 (*Cyclotella striata var.striata*) 和中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)，这也是调查区浮游植物群落最主要的优势类群；底层优势种主要有菱形海线藻、丹麦细柱藻、脆根管藻 (*Rhizosolenia fragilissima*)、条纹几内亚藻 (*Guinardia sp.*)、密联角毛藻、窄隙角毛藻 (*Chaetoceros affinis var.affinis*)。

5.2.9.4 三亚及其毗邻海域中华白海豚资源调查及现状

5.2.9.4.1 渔民问卷及搁浅资料调查

中国科学院深海科学与工程研究所（简称“中科院深海所”）于 2013 年 11 月 30 日至 2013 年 12 月 22 日，在三亚梅联村、三亚榆港渔村、乐东莺歌海镇、乐东岭头港等 10 市 16 个调查点开展问卷调查，调查南海尤其是海南岛周边鲸豚类的资源情况。本次调查共获得有效问卷 510 份，调查得到 30% 的受调查者发现过中华白海豚的行踪，发现地点主要在三亚及其毗邻海域。



图5.2-51 渔民问卷调查地点

此外，研究人员系统整理和分析了 2000 年以来海南岛沿海鲸类搁浅的资料，有关的新闻报道有 30 例。其中，2015 年 2 月 2 日三亚崖城镇梅联村海域曾经发现中华白海豚搁浅。

通过渔民间卷及搁浅资料调查，研究人员发现在三亚及其毗邻海域可能存在一个中华白海豚群体。

5.2.9.4.2 三亚及其毗邻海域基于考察船的中华白海豚目视考察

渔民间卷调查结果显示，在三亚及其毗邻海域可能分布着一个中华白海豚群体。但是渔民毕竟不是科研人员，在没有经过科学专业人员实地调查之前，无法确定该动物群体是我国国家一级保护动物——中华白海豚，以及动物群体的规模、出没规律等的。自 2014 年 4 月开始，在三亚西部海域进行了海上考察，并于 2014 年的 10 月份、11 月份和 12 月份在三亚崖城海域多次观察到了中华白海豚，证实该海域确实分布着一群中华白海豚。2015 至 2017 年，以乐东望楼港和三亚港门港之间的约 30km 水域作为主要研究区域，在此区间设计相对完整的截线，进行了系统考察。2018 年至 2019 年，进一步扩张调查区域，考察区域覆盖三亚到昌江近海 20km 水域。每次调查路线起点虽相同，但为求对调查海域的均匀覆盖率以保证研究区域各水域具有相同的努力量，截线的间隔尽量错开。

(1) 考察努力量

2014 年 4 月至 2019 年 4 月共计 5 年 60 个月，除了个别月份天气条件不允许外，我们基本每个月份都进行了考察。每月考察天数为 1-10 天不等，考察总天次数为 276 天次，平均每月考察 4.60 天次，每天次考察时数从 0.5 到 12.22h 不等，平均每天考察时数为 6.25h，总考察时数为 1727 h。每天次考察航程从 1 到 177km 不等，平均每天考察时数为 64km，考察总航程为 17637km，调查区域、调查航迹线如图 5.2-64 所示。此外，2017 年 5 月 14、15 我们乘坐快艇对三亚新机场项目施工的红塘湾水域进行了白海豚的生态考察，两天累积考察时长约 10 小时，航程总计 156.1 km，调查区域、调查航迹线如图 5.2-52 所示。

(2) 调查结果

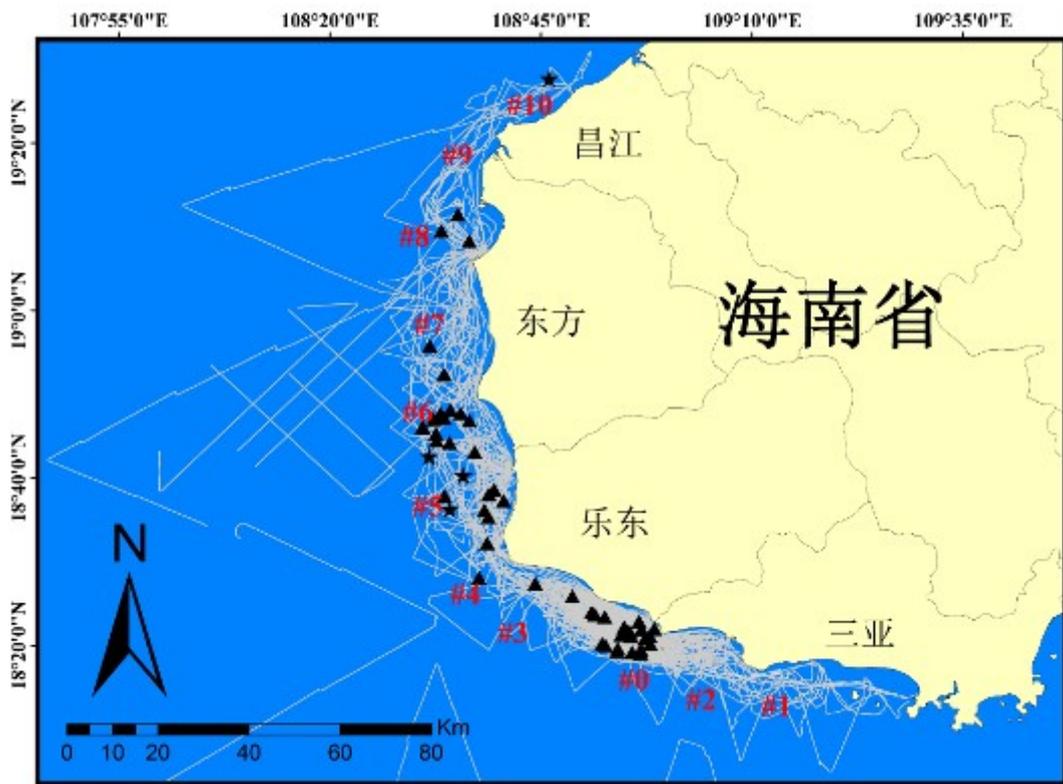
自 2014 年 4 月至 2019 年 4 月五年间，科研人员共计在研究海域发现鲸类 52 群次，其中中华白海豚共计 47 群次，还有 2 群印太江豚，2 群热带斑海豚和 1 群印太瓶鼻和伪虎鲸群体。发现地点附近并无径流量较大的河流入海，地质以泥沙为主。2015 年 7 月至 2019 年 4 月累积目击次数 12 次，平均每天次目击数为 0.12 次。2017 年 5 月 14、15 日两天在三亚新机场红塘湾施工水域没有目击中华白海豚。

对 47 个中华白海豚发现位点的环境因子进行分析，动物群体发现地点离岸最近距离为

1.3km，最远为 11.6km (mean±SD = 5.6±3.8km)；发现位点的水深最深为 17.1m，最浅为 4.8m，mean±SD = 9.1±2.4m；pH 值变动范围为 7.96-8.27，其 mean±SD = 8.17±0.1；电导率变动范围为 48.4-55.80us/cm，为 mean±SD = 52.2±2.4us/cm；水体表面温度为 27.4±2.3°C；溶解氧为 6.97±0.3mg/L；浊度为 6.58±3.6NTU；叶绿素含量为 0.99±0.5mg/L，盐度含量约 33.36±0.6‰。发现地点附近并无径流量较大的河流入海，地质以泥沙为主。从这些数据可以初步判断出来，跟其它已知群体一样，海南中华白海豚也是一个近岸分布的群体，发现地点的平均离岸距离为 5.6km。

5.2.9.4.3 三亚海域中华白海豚被动声学实验

自 2018 年 1 月开始在三亚崖州港至昌化海尾镇水域放置 10 个水下声学监测平台，每个平台放置 1 个 ST300 和 1 个 A-tag 声学仪器，每 30 分钟连续记录 5 分钟，对水下宽频声信号以及可能出现的中华白海豚信号进行长期连续监测。各个位点选择离岸约 5-10km，水深约 10 米左右的地点（海南岛西南海域中华白海豚出没较为频繁的水域）作为海底监测点，尽量保持每个海底监测点相距约 20km 左右，使海底监测点能较为均匀的覆盖整个考察水域，并能保持各个位点的相对独立性，同时 10 米水深相较于更浅的水域也能减少人类活动的干扰。



灰色线条代表历次考察路线，红色星星表示发现中华白海豚的位点。

图5.2-52 三亚及其毗邻海域中华白海豚目视考察努力量及发现的Kernel密度分析



图5.2-53 2017年5月14、15日三亚新机场项目红塘湾水域中华白海豚考察路线图

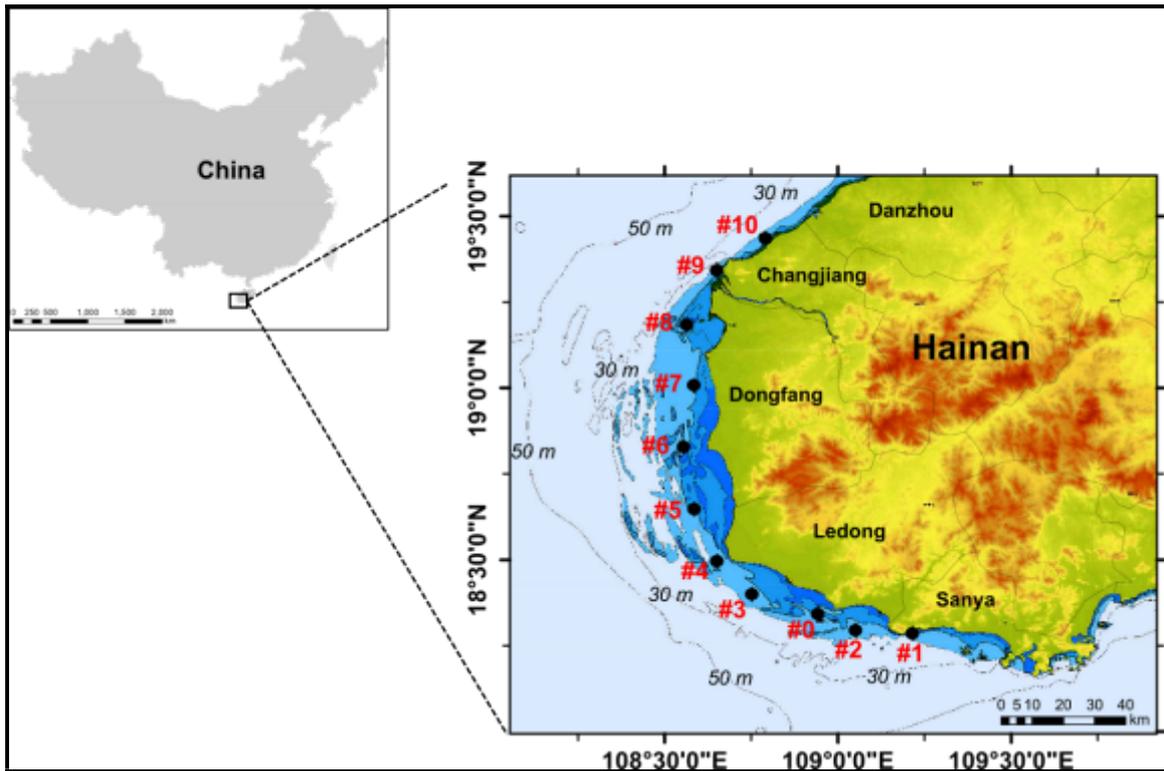


图5.2-54海南岛西南海域11个的水下声学监测平台位点

自2018年2月25日至11月底，共执行海南岛西南海域10个水下监测平台的声学仪器布放与回收34次，获得相关海域背景噪声数据约8.5 TB，记录到了大量中华白海豚、鱼类、船舶等多种海洋环境和人为声音。在对所获得的6个观测位点的数据进行分析发现，中华白海豚

发声行为、次数在不同监测位点间有较明显的差异。

包含中华白海豚声信号的声音文件最多的出现在 6 号平台（感城水域），最低的出现在 1 号平台（22 个）。在各个监测位点之间，每个声音文件所包含的中华白海豚声信号数量有显著差异。研究中华白海豚发出的其他声音的时空分布发现，哨叫声的出现在六个位点之间存在显著性差异。其中 3 号平台和 5 号平台有哨叫声的声音文件比例最高，分别为 50%和 42.42%。此外，存在爆冲信号的声音文件在不同位点之间也存在显著性差异，同样也是 3 号平台和 5 号平台显示的发声事件数量最高，分别为 75%和 48.48% (图 5.2-55)。距离 1 号位点被动声学监测获得包含动物声信号的声音文件仅占全部监测时间的 0.69%，表明人工岛工程所在海域虽可能不是中华白海豚的集中分布区域，但人工岛周围 5km 范围内偶有海豚个体出没。

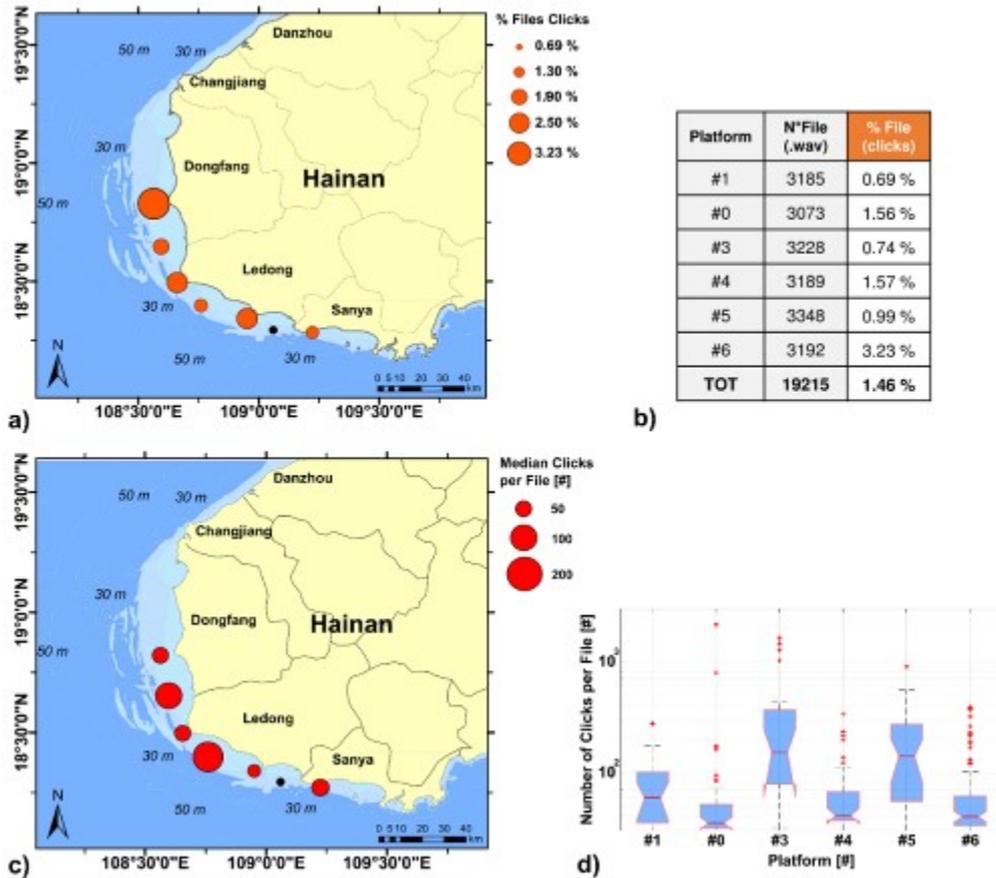


图5.2-55 中华白海豚滴答声空间分布

注：a) 每个平台滴答声检测文件百分比。b) 每个平台获取的声音文件总数和滴答声文件百分比。c) 每个平台滴答声文件的中位数。d) 箱式图显示每个平台每个文件检测到的滴答声文件数量 (median±QD)。

5.2.9.5 三亚红树林资源调查及现状

(1) **保护区现状：**三亚市三亚河是流经市区的主要河流，为强感潮河。三亚河岸带是三亚市红树林分布的一个重要区域，组成丰富，三亚河红树林自然保护区始建于1989年1月，保护区地处18°19'34"~18°37'34"N，108°36'36"~109°46'28"E范围内（见图5.2-56），面积为475.8hm²。三亚河滩多为深厚的河口冲积淤泥，少数地区为盐渍砂土，常受海潮涨落的影响，表面呈微酸性（pH值5.0~6.0），含丰富有机质，有利于海生生物生长。

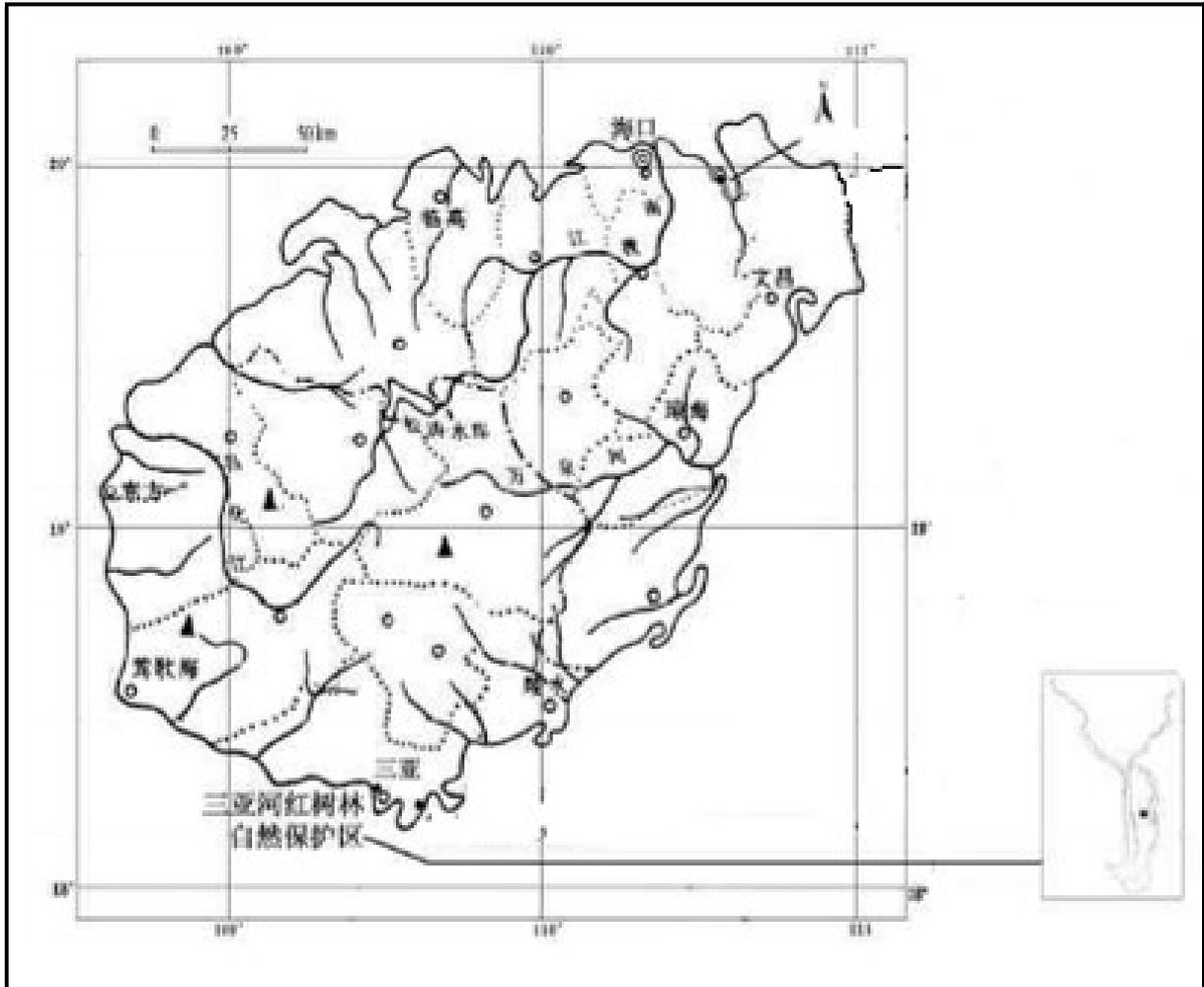


图 5.2-56 三亚河红树林自然保护区

(2) **组成种类：**保护区内红树植物种类较丰富，据统计，真红树植物有8科8种，半红树植物有7科8种，另有伴生红树植物5科5种。三亚河保护区内植物以红树（正红树）、海榄雌居多。在我国红树仅分布在海南岛，而三亚河又是主要分布区之一，尚保存小面积纯红树群落。

(3) **红树林破坏情况：**近几十年来，三亚河自然保护区红树植物的相对灭绝种类比例小，

但种群濒危、矮化和面积碎化现象突出。在三亚河野生的木果楝、瓶花木、杯萼海桑基本灭绝，其中三亚河的红树和半红树种类灭绝率高达 23%，且海榄雌、红树和红海榄等成林破碎化严重，遗迹林片面积均不足 1hm²。

(4) **管理要求：**该保护区的管理要求是通过人工措施，恢复和扩大红树林植被；建立红树林湿地公园，完善红树林资源监测体系建设，配备必要的监测、通讯与信息处理设备，建立红树林湿地监测信息管理系统；明确保护范围和可适度开发的区域，进行可持续的保护与发展；该保护区的保护目标是保护红树林生境群落稳定。

5.2.10 海洋环境质量回顾性评价

5.2.10.1 海水水质

根据海南省海洋开发规划设计研究院于 2013 年 10 月在三亚附近海域水质监测数据以及，国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2015 年夏、秋、冬季与 2016 年春在三亚市三亚湾附近海域水质监测数据，2019 年春季、夏季、秋季现状调查数据（为了客观反映项目周边海域环境质量变化趋势，回顾性评价时将 19 年度三亚河口站位去除），分别采取相同季节调查数据比较分析工程海域环境质量状况，各阶段调查均在工程所在及附近海域，选取同季节数据进行对比，调查资料具有一定的可比性。调查资料来源见表 5.2-46，历史调查站位分布见图 5.2-57。

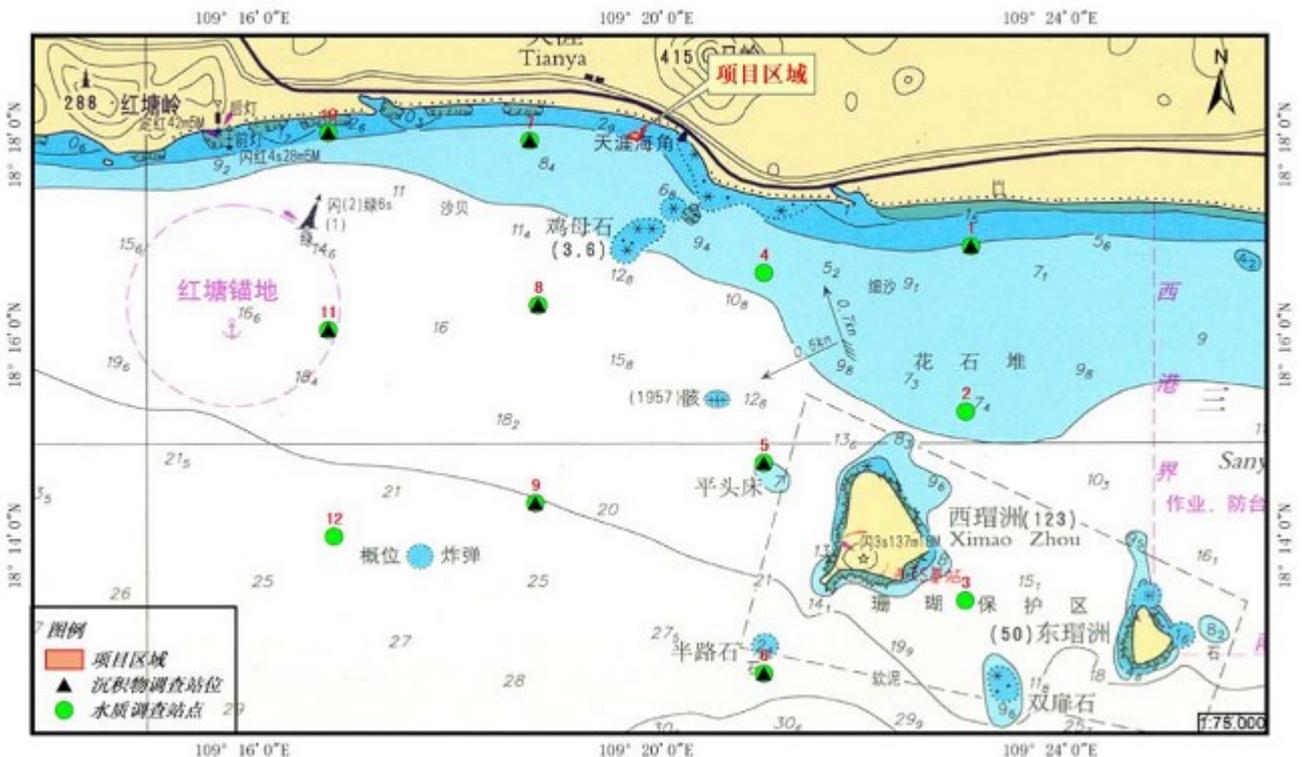


图 5.2-57a 2013 年 10 月海洋环境质量调查站位图

表 5.2-46 用于回顾性评价的调查资料来源情况

评价因子	调查时间	资料来源	编制单位	站位数量
海水水质	2013.10	《三亚市天涯海角海上巴士码头工程环评报告表》	海南省海洋开发规划设计研究院	12
	2016.3	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（春季航次）》	国家海洋局海口海洋环境监测中心站	48
	2015.6	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（夏季航次）》		48
	2015.9	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（秋季航次）》		48
	2015.12	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（冬季航次）》		48
	2019.4	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（春季航次）调查报告》		56
	2019.6	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（夏季航次）调查报告》		56
	2019.9	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（秋季航次）调查报告》		56
海洋沉积物	2015.5	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（夏季航次）》		国家海洋局海口海洋环境监测中心站
	2019.4	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（春季航次）调查报告》	国家海洋局海口海洋环境监测中心站	27
海洋生态	2013.10	《三亚市天涯海角海上巴士码头工程环评报告表》	海南省海洋开发规划设计研究院	12
	2016.3	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（春季航次）》	国家海洋局海口海洋环境监测中心站	29
	2015.6	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（夏季航次）》		29
	2015.9	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（秋季航次）》		29
	2015.12	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查及检测报告（冬季航次）》		29
	2019.4	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（春季航次）调查报告》		32
	2019.6	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（夏季航次）调查报告》		32
	2019.9	《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查（秋季航次）调查报告》		32
珊瑚礁现状	2018.10	《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告》，2019.10		中国科学院南海海洋研究所



图 5.2-57b 2015 年四个季度海洋环境质量调查站位图

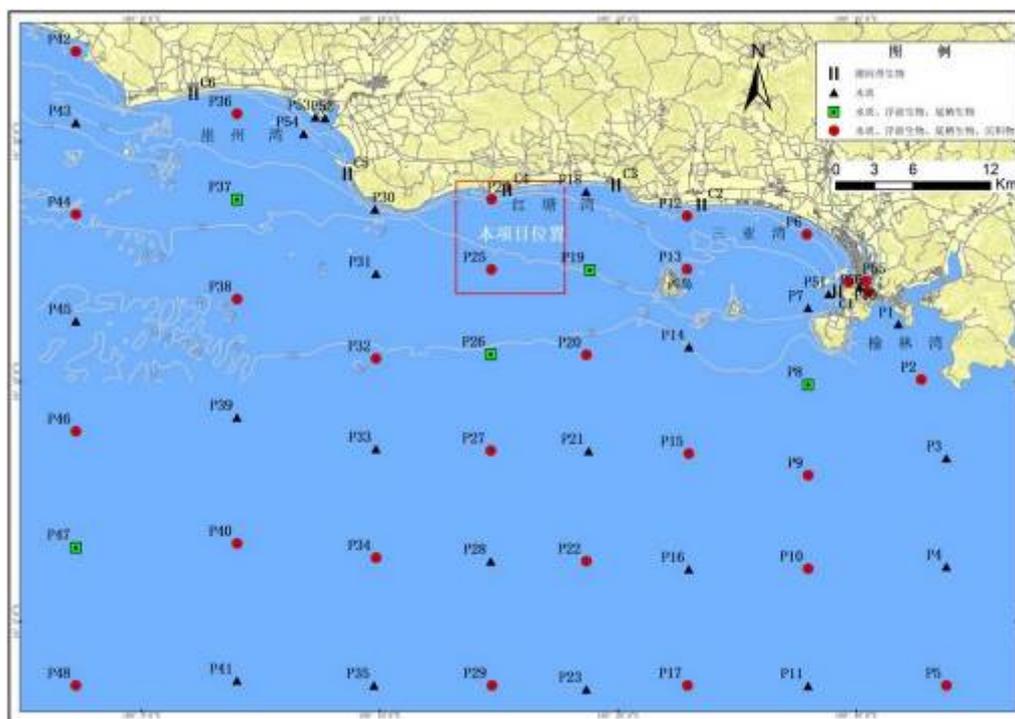


图 5.2-57c 2019 年四个季度海洋环境质量调查站位图

表 5.2-47 海域海水水质历史数据表

项目	第一类 海水水质标准	调查时间	表层		
			最小值	最大值	最大超 标倍数
石油类 (mg/L)	≤0.05mg/L	2016 年春季	0.007	0.031	0
		2019 年春季	0.0115	0.0498	0
		2015 年夏季	0.013	0.035	0
		2019 年夏季	0.0121	0.0789	0.578
		2013 年秋季	0.003	0.029	0
		2015 年秋季	0.008	0.041	0
		2019 年秋季	0.0146	0.059	0.18
		2015 年冬季	0.014	0.039	0
COD (mg/L)	≤2mg/L	2016 年春季	0.13	0.84	0
		2019 年春季	0.027	0.927	0
		2015 年夏季	0.08	1.07	0
		2019 年夏季	0.223	1.9	0
		2013 年秋季	0.26	0.50	0
		2015 年秋季	0.09	1.24	0
		2019 年秋季	0.048	0.832	0
		2015 年冬季	0.17	0.84	0
无机氮 (μg/L)	≤200μg/	2016 年春季	16.3	105.7	0
		2019 年春季	35.33	326.48	0.63
		2015 年夏季	7	69	0
		2019 年夏季	9.73	87.36	0
		2013 年秋季	2	10	0
		2015 年秋季	6	53	0
		2019 年秋季	22.99	128.53	0
		2015 年冬季	8	135	0
磷酸盐 (μg/L)	≤15μg/L	2016 年春季	0.7	11.6	0
		2019 年春季	0.89	8.66	0
		2015 年夏季	0.6	5.6	0
		2019 年夏季	0.29	7.25	0
		2013 年秋季	2	8	0
		2015 年秋季	0.7	14.2	0
		2019 年秋季	0.22	7.26	0
		2015 年冬季	0.4	9.3	0
铅 (μg/L)	≤1μg/L	2016 年春季	1.7	4.8	3.8
		2019 年春季	0.295	2.17	1.17
		2015 年夏季	1.9	4.6	3.6

		2019 年夏季	nd	4.73	3.73
		2013 年秋季	0.53	0.96	0
		2015 年秋季	2.1	4.1	3.1
		2019 年秋季	nd	2.97	1.97
		2015 年冬季	4.4	2.4	1.4
		2016 年春季	1.5	7.3	0
		2019 年春季	4.09	25.4	0.27
		2015 年夏季	1	6.3	0
锌 ($\mu\text{g/L}$)	$\leq 20\mu\text{g/L}$	2019 年夏季	nd	27.3	0.37
		2013 年秋季	0.1	0.66	0
		2015 年秋季	1.4	7.1	0
		2019 年秋季	nd	19.8	0
		2015 年冬季	3.8	8.9	0
		2016 年春季	1.5	7.3	0
		2019 年春季	4.09	25.4	0.27
		2015 年夏季	1	6.3	0

注：“nd”表示未检出，取检出限的 1/2 量参加统计运算。

根据区域海水水质代表年份监测数据，分析调查区海域石油类、COD、无机氮、铅等的多年变化情况如下：

(1) 石油类

调查区水质石油类历年监测值变化如图 5.2-58 所示。由图可知：石油类浓度的最小值均未超标，总体分析石油类浓度最小值的变化波动较小；石油类浓度最大值 2019 年夏季和秋季超标。根据回顾性评价趋势分析，各个季度石油类最大值均有一定程度的上升趋势，这可能与近年来工程周边海域的开发利用引起的船舶活动有关。

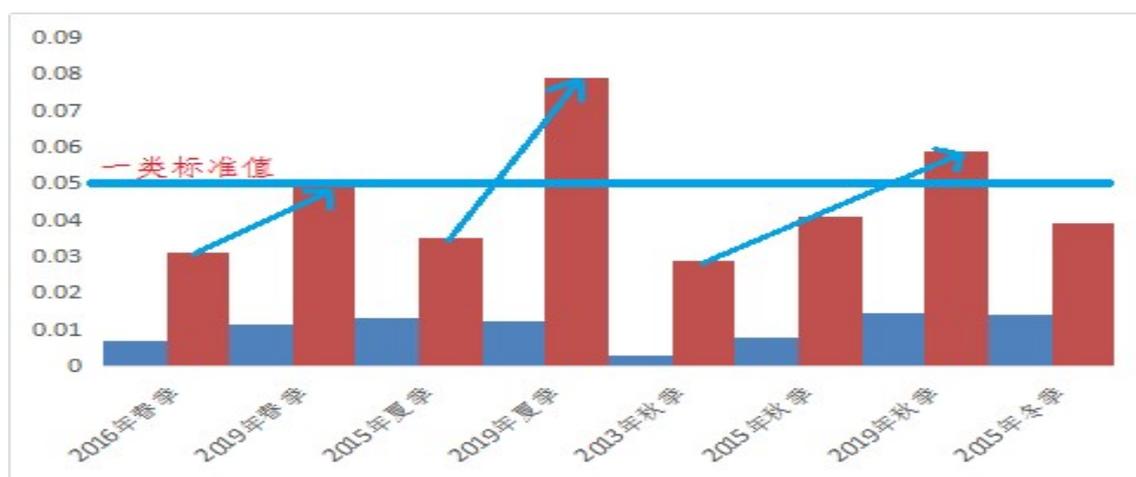


图 5.2-58 石油类监测历年变化图

(2) COD

调查区水质 COD 历年监测值如图 5.2-59 所示。

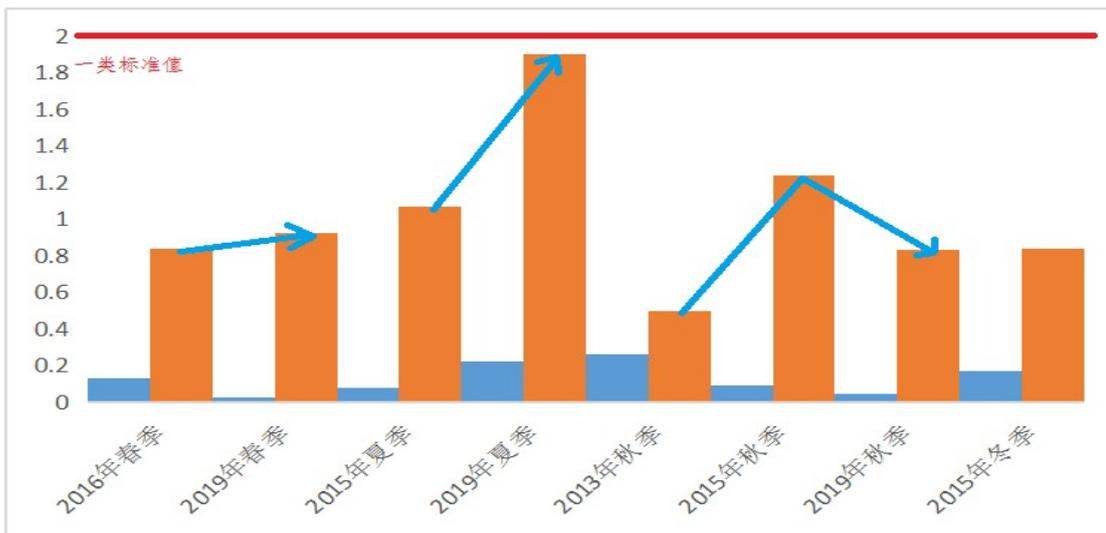


图 5.2-59 水质 COD 监测历年变化变化图

由图 5.2-59 可知：总体而言，各季节 COD 调查数据均未超标，春季最大值、最小值均变化不大，夏季调查结果有所上升，秋季调查结果先上升后下降存在一定波动，综上所述，根据回顾性评价趋势分析，各季节 COD 在一定范围内波动，除夏季外，未见各季节 COD 浓度有明显上升趋势。

(3) 无机氮

调查区水质无机氮历年监测值变化如图 5.2-60 所示。由图 5.2-60 可知：历年各季度，无机氮监测的最小值没有明显差异，且均小于一类海水水质标准；各季度中仅有 2019 年春季无机氮浓度超一类海水水质标准，最大超标倍数为 0.63，其余各季度无机氮浓度最大值均小于一类海水水质标准。根据回顾性评价趋势分析，各季节无机氮浓度有一定上升趋势，这可能与陆域源入海有关，但水质情况总体较好。

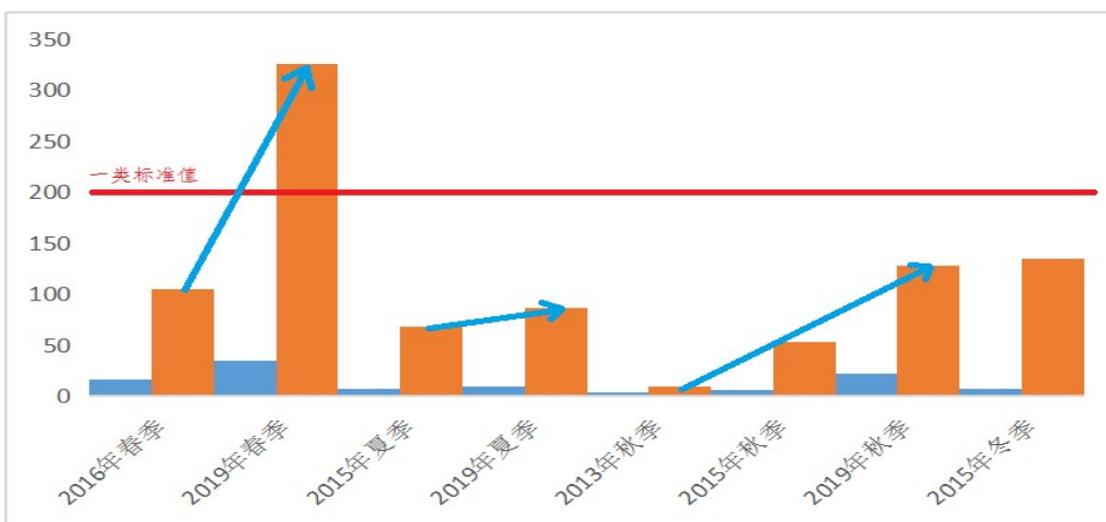


图 5.2-60 水质无机氮监测历年变化变化图

(4) 磷酸盐

调查区水质无机氮历年监测值变化如图 5.2-61 所示。历年各季度，磷酸盐浓度均小于一类海水水质标准，且各季度最大值、最小值浓度在一定范围内随季节正常波动，未见明显上升趋势。

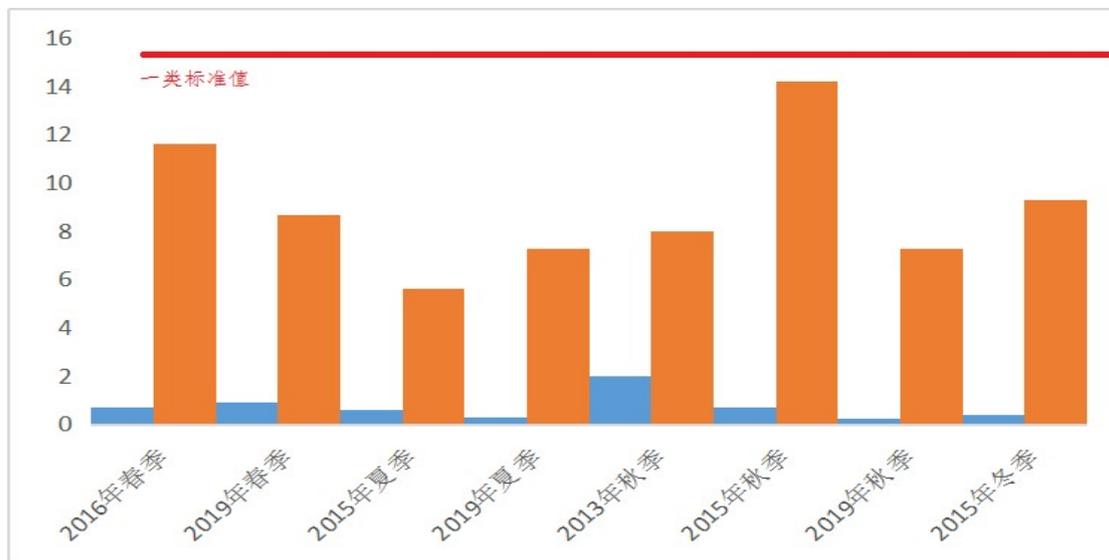


图 5.2-61 磷酸盐监测历年变化变化图

(5) 铅

调查区铅历年监测值如变化图 5.2-62 所示。图 5.2-62 数据显示：除了 13 年秋季外，历年铅浓度均存在超标现象，最大超标率达到 4.8，可见铅为项目周边海区主要超标因子，各从历年各相同季节最大值最小值浓度来看，均随季节在一定范围内波动，不存在明显上升趋势，推测项目海域铅超标与海域本底条件有关。

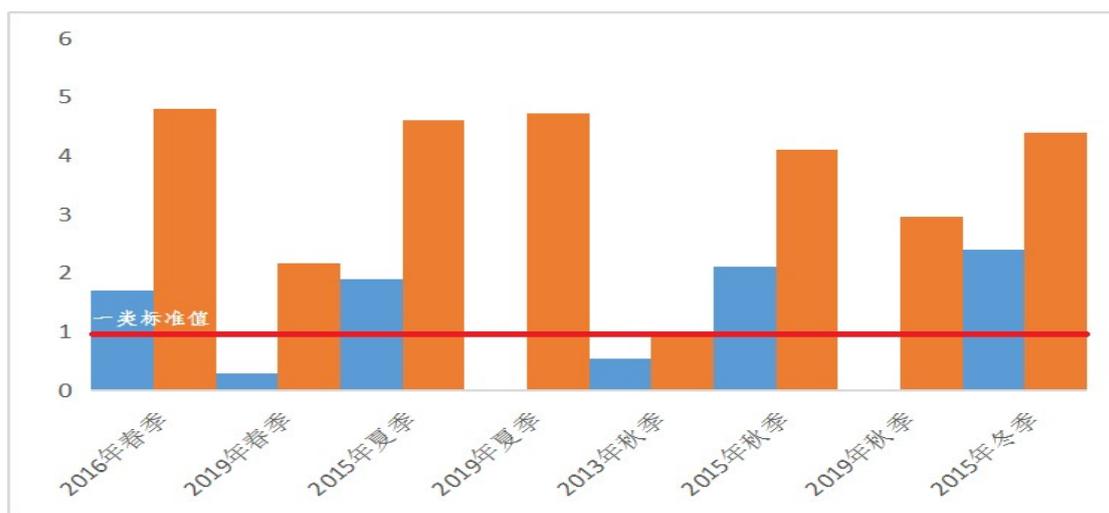


图 5.2-62 水质铅监测历年变化

(6) 锌

调查区水质锌历年监测值如变化趋势图 5.2-63 所示。图 5.2-63 数据显示：19 年春、夏季锌浓度最大值均超过一类海水水质标准，19 年度各季度金属锌浓度最大值较历史调查数据均有所上升，推测可能与周边海域开发引起船舶活动有关。

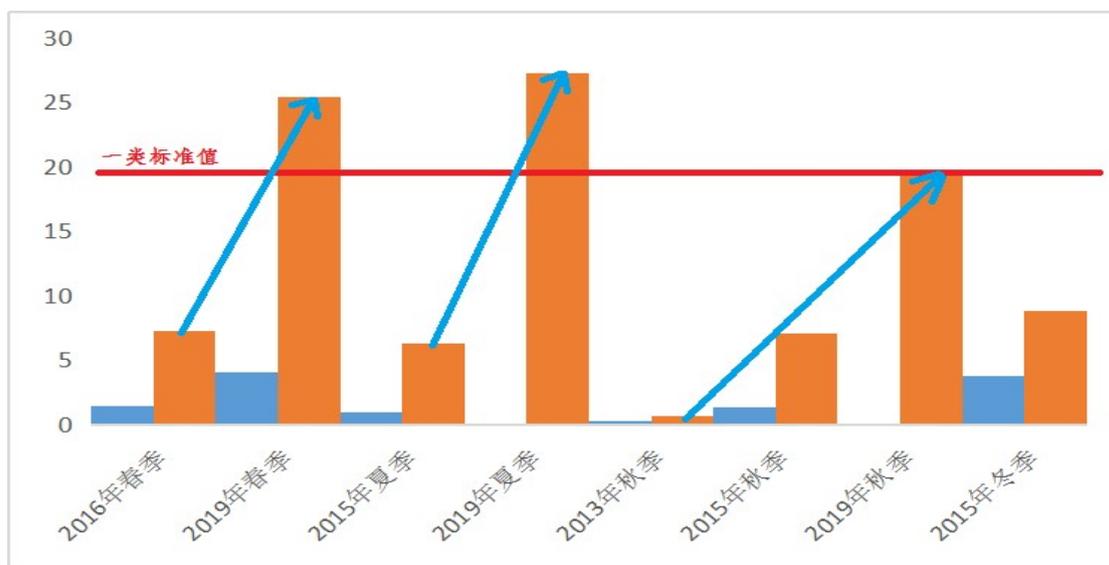


图 5.2-63 水质锌监测历年变化

5.2.10.2 沉积物

根据国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2015 年以及 2019 年在三亚市红塘湾附近海域沉积物监测数据，进行海洋环境质量回顾性评价。

表 5.2-47 项目周边海域海洋沉积物调查历史数据表

项目	评价标准	调查时间	最小值 ($\times 10^{-6}$)	最大值 ($\times 10^{-6}$)	超标倍数
硫化物	$\leq 300.0 \times 10^{-6}$	2015 年	16.7	65.5	0
		2019 年	1.5	13.8	0
石油类	$\leq 500.0 \times 10^{-6}$	2015 年	8.4	53.8	0
		2019 年	2.5	28.1	0
锌	$\leq 150.0 \times 10^{-6}$	2015 年	11.7	103.3	0
		2019 年	nd	70.9	0
镉	$\leq 0.50 \times 10^{-6}$	2015 年	0.06	0.13	0
		2019 年	0.05	0.2	0
铅	$\leq 60.0 \times 10^{-6}$	2015 年	3	9.5	0
		2019 年	11.3	25.2	0

由表 5.2-47 可知，各年份沉积物浓度均符合《海洋监测规范》中沉积物一类标准要求。

根据三亚湾海域沉积物代表年份监测数据，分析调查区沉积物石油类、硫化物和铅等因子最大值、最小值历年变化趋势如下图 5.2-64 所示，经过对比分析表明，各因子沉积物质量变化波动不大，海洋沉积物各因子浓度未出现明显升高趋势。

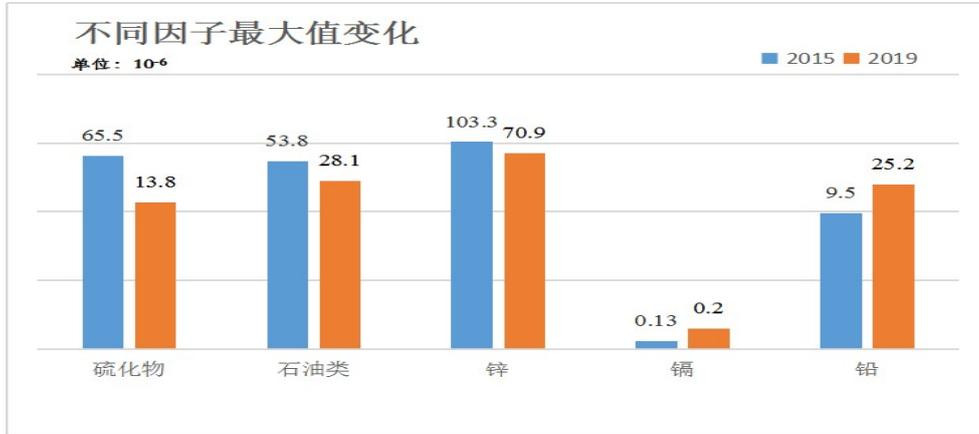


图 5.2-64a 沉积物各因子最大值监测历年变化

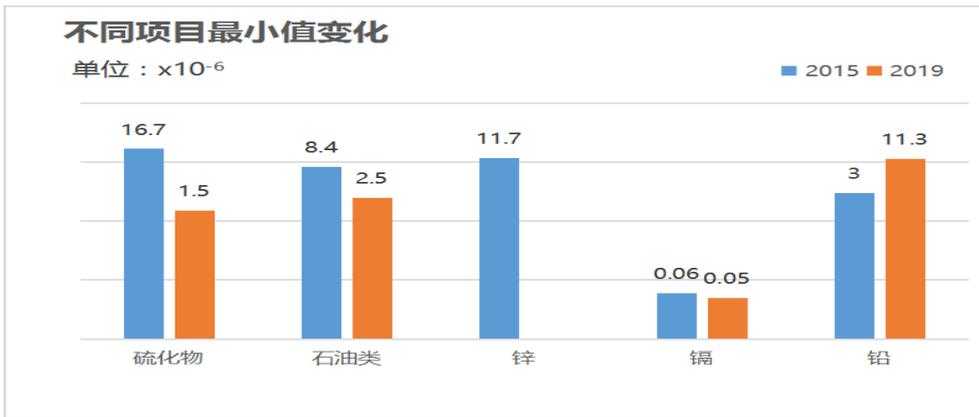


图 5.2-64b 沉积物各因子最小值监测历年变化

5.2.10.3 海洋生态

根据海南省海洋开发规划设计研究院于 2013 年 10 月在三亚附近海域水质监测数据以及，国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2015 年夏、秋、冬季与 2016 年春在三亚市三亚湾附近海域水质监测数据，2019 年春季、夏季、秋季现状调查数据进行海洋生态环境回顾性评价。

(1) 浮游植物

浮游植物历年调查结果列于表 5.2-48 中。由表 5.2-48 可见，浮游植物种群优势种均为硅藻，浮游植物细胞平均数量呈上升的趋势，在历年监测结果中，虽然浮游植物种类数存在一定的差异，但多样性指数、均匀度差别较小，说明该海域浮游植物群落具有稳定性。

表 5.2-48 浮游植物历年调查结果

项目	浮游植物		
	2013 年 10 月	2015 年 10 月	2019 年 9 月
调查时间	2013 年 10 月	2015 年 10 月	2019 年 9 月
种类数 (种)	81	50	110
主要类群及所占比例	硅藻 67.9 %	硅藻 72.0%	硅藻 70.91%
细胞数量 ($10^4\text{cell}/\text{m}^3$)	0.58~24.82	1.04~105	0.58~34000
细胞数量平均值 ($10^4\text{cell}/\text{m}^3$)	5.16	11.3	1152.63
多样性指数	3.34	2.28	1.86
均匀度	0.69	0.72	0.42
优势度	0.34	0.17	0.10
优势种	柱状脆杆藻	覆瓦根管藻	日本星杆藻

(2) 浮游动物

浮游动物历年主要指标结果列于表 5.2-49 中。由表 5.2-49 可见，浮游动物生物量先上升后下降，总体变化不大，其中 2015 年达到最大为 $73.24\text{mg}/\text{m}^3$ ，2013 年达到最低为 $1.26\text{mg}/\text{m}^3$ ，在历年监测结果中，虽然浮游动物种类数存在一定的差异，但多样性指数、均匀度差别较小，说明该海域浮游动物群落具有稳定性。

表 5.2-49 浮游动物历年调查结果

项目	浮游动物		
	2013 年 10 月	2015 年 10 月	2019 年 9 月
调查时间	2013 年 10 月	2015 年 10 月	2019 年 9 月
种类数 (种)	57	74	105
生物量 (mg/m^3)	0.51~11.7	1.22~317.84	4.22~142.6
生物量平均值 (mg/m^3)	4.84	73.24	32.73
平均丰度 (ind/m^3)	511.57	182.92	43.82
多样性指数	2.97	3.40	3.20
均匀度	0.69	0.85	0.91
优势度	0.082	0.185	0.04
主要优势种	小拟哲水蚤	肥胖箭虫	肥胖箭虫

(3) 底栖生物

2014 年 9 月、2015 年 9 月，2017 年 9 月和 2018 年 9 月底栖生物调查结果列于表 5.2-50 中。由表 5.2-50 可见，底栖生物生物量呈先上升后下降的趋势，栖息密度也在一定范围内波动，在历年监测结果中，虽然底栖生物植物种类数存在一定的差异，但多样性指数、均匀度差别较小，说明该海域底栖生物群落具有稳定性，未因周边海域近年来的开发利用导致不可逆的影响。

表 5.2-50 底栖生物历年调查结果

项目	底栖生物		
	2013 年 10 月	2015 年 10 月	2019 年 9 月
调查时间	2013 年 10 月	2015 年 10 月	2019 年 9 月
种类数 (种)	13	94	57
生物量 (g/m ²)	0.05~40.8	1.11~106.80	0.87~30.20
生物量平均值 (g/m ²)	2.19	25.3	9.72
栖息密度 (个/m ²)	32~64	13.33~113.33	7~47
栖息密度平均值 (个/m ²)	41.14	62.76	21.44
多样性指数	1	2	1.38
均匀度	1	0.89	0.98
优势度	0.16	0.15	0.04
主要优势种	象牙光角贝	矛形梭子蟹	环肋笔螺

(4) 潮间带生物

潮间带生物调查监测数据如表 5.2-51:

表 5.2-51 潮间带生物历年调查结果

项目	调查时间	种类数 (种)	生物量 (g/m ²)	生物量平均值 (g/m ³)	栖息密度 (个/m ²)	栖息密度平均值 (个/m ²)
潮间带生物	2013 年 10 月	10	7.52~389.28	68.45	48~1840	229.33
	2015 年 10 月	5	0~71.96	18.7	0~276	35.78
	2019 年 10 月	21	0.92~103.36	26.96	3~147	30.56

对比 2013 年 10 月到 2019 年 10 月数据结果, 潮间带生物的种类数有所增加, 栖息密度有所降低。

5.2.10.4 珊瑚礁回顾性评价

2016 年国家海洋局第三海洋研究所对三亚新机场人工岛工程项目影响海域进行珊瑚调查与影响评估, 并撰写了《三亚新机场人工岛工程项目影响海域珊瑚调查与影响评估报告》。2016 年的调查涵盖了三亚珊瑚礁保护区的鹿回头区域、西岛区域, 以及三亚湾整个近岸区域。调查按照等距离岸线 500m 左右一个站位, 每个站位的调查范围大致为 200m×200m, 总计调查站位 137 个 (图 5.2-65)。因此, 结合两次的调查资料, 能更全面地反映本区域的珊瑚礁生物资源状况。

由于两次调查的站点选择、样带读取方法、分析方法等的不同, 因此在造礁石珊瑚的覆盖率、造礁石珊瑚的种类等方面会出现不同。

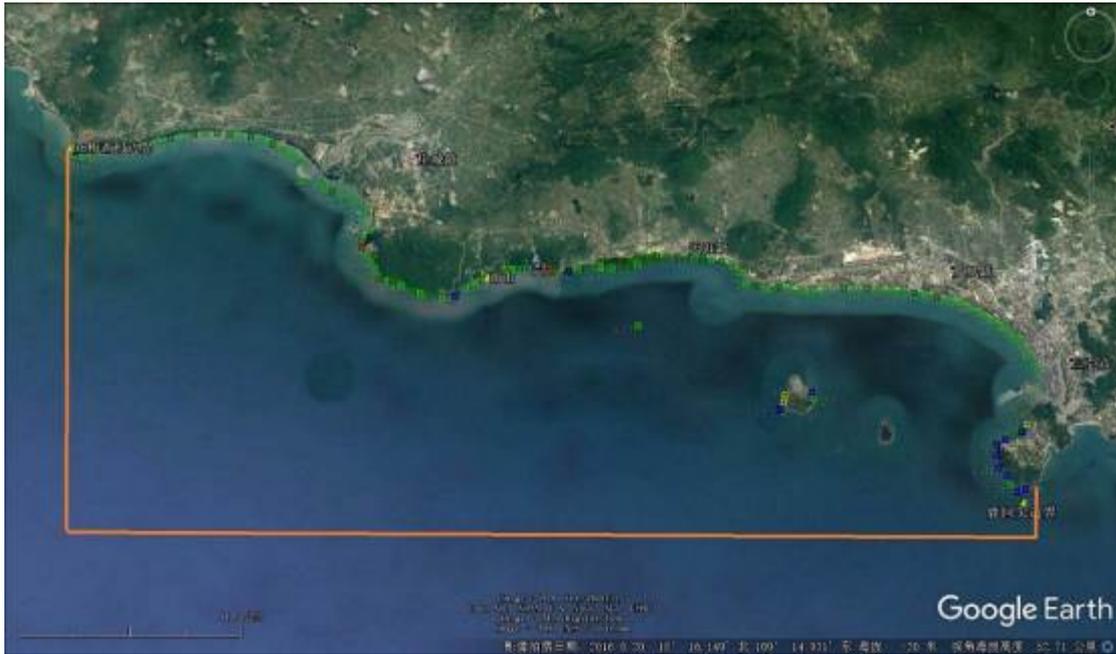


图 5.2-65 2016 年珊瑚礁调查范围和站位示意图

5.2.10.4.1 造礁石珊瑚覆盖率对比

2016 年调查发现，有珊瑚分布的区域有鹿回头、西岛、红塘湾、南山至南山港区域。其中鹿回头区域珊瑚平均覆盖率为 14.38%，平均珊瑚补充量为 0.17 ind/m²，西岛区域珊瑚平均覆盖率为 17.94%，均珊瑚补充量为 0.13 ind/m²，红塘湾区域珊瑚平均覆盖率为 17.37%，平均珊瑚补充量分别为 0.18ind/m²，南山以西至南山港区域珊瑚平均覆盖率为 12.04%。

本次调查发现，造礁石珊瑚覆盖率最高的是三亚湾的东西瑁洲区域，整个分区的平均覆盖率为 20.71%，然后是三亚湾的鹿回头区域和红塘湾的红塘湾沿岸区域，其平均覆盖率分别为 16.17%和 17.94%。此外，活的造礁石珊瑚的平均覆盖率超过 10%的区域还有小洲岛区域和南山角-大小洞天区域。覆盖率最低的是凤凰岛-天涯海角区域、三亚河河口区域，平均覆盖率为 0.00%，此外，活的造礁石珊瑚的平均覆盖了低于 5%的区域还有凤凰岛区域和新机场区域。整个三亚珊瑚礁活的造礁石珊瑚平均覆盖率只有 11.55%，非常低。

5.2.10.4.2 造礁石珊瑚种类对比

2016 年对整个调查区域出现并可以鉴定识别的造礁石珊瑚种类合计有 58 种，其中红塘湾到南山港区域共 52 种，西岛 27 种，鹿回头 25 种。丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、多孔鹿角珊瑚、标准蜂巢珊瑚、伞房鹿角珊瑚、精巧扁脑珊瑚、疣状杯形珊瑚、二异角

孔珊瑚、十字牡丹珊瑚等为主要常见种。

本次整个调查区记录到 12 科 33 属 107 种造礁石珊瑚。孔珊瑚、丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、蔷薇珊瑚、鹿角杯形珊瑚、细柱滨珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、变形蔷薇珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚和疣状杯形珊瑚为主要常见种。两次调查各分区的主要优势种见表 5.2-52。

表 5.2-52 2016 年和本次珊瑚调查各区域造礁石珊瑚优势种和种数

本次调查			2016 年调查		
区域	优势种	种数	区域	优势种	种数
鹿回头	澄黄滨珊瑚、普哥滨珊瑚、丛生盔形珊瑚、角孔珊瑚、鹿角杯形珊瑚、龟岛蔷薇珊瑚	33	鹿回头	澄黄滨珊瑚为优势种，常见种类有佳丽鹿角珊瑚、普哥滨珊瑚、风信子鹿角珊瑚和指状蔷薇珊瑚	25
小洲岛	角孔珊瑚、丛生盔形珊瑚、肾形陀螺珊瑚、斯氏角孔珊瑚、变形蔷薇珊瑚、澄黄滨珊瑚	35			
凤凰岛	鹿角杯形珊瑚、鹿角珊瑚、肾形陀螺珊瑚、菊花珊瑚、浅薄沙珊瑚	14			
三亚河口	无	0			
东西瑁洲	丛生盔形珊瑚、鹿角杯形珊瑚、蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、变形蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、	69	西岛	主要优势种为丛生盔形珊瑚。常见的造礁石珊瑚有澄黄滨珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、精巧扁脑珊瑚、多孔鹿角珊瑚、梳状菊花珊瑚、同双星珊瑚、疣状杯形珊瑚、标准蜂巢珊瑚、繁锦蔷薇珊瑚	27
凤凰岛-天涯海角	无	0			
天涯海角	角孔珊瑚、蔷薇珊瑚	7			
红塘湾沿岸	角孔珊瑚、斯氏角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、丛生盔形珊瑚、滨珊瑚科	51	红塘湾区域	优势种主要是多孔鹿角珊瑚、风信子鹿角珊瑚、平展蔷薇珊瑚、叶状蔷薇珊瑚，常见珊瑚种类主要有丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、二异角孔珊瑚、精巧扁脑珊瑚、盾形陀螺珊瑚	52
新机场	鹿角杯形珊瑚	1			
南山寺	锯齿刺星珊瑚、皱折陀螺珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚、腐蚀刺柄珊瑚、多弯角蜂巢珊瑚	18			
南山角-大小洞天	变形蔷薇珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、角孔珊瑚、斯氏角孔珊瑚、秘密角珊瑚	37			

5.2.10.4.3 珊瑚礁鱼类对比

2016 年对珊瑚礁鱼类的调查发现，西瑁洲鱼类调查共记录珊瑚礁鱼类种类 15 种。主要以雀鲷科 Pomacentridae、隆头鱼科 Labridae、蝴蝶鱼科 Chaetodontinae、天竺鲷科 Apogonidae 为主，主要优势种为网纹宅泥鱼、雀鲷、天竺鲷、倒盖鳞鱼、六线豆娘鱼、三重尾斑光鳃鱼等。珊瑚礁鱼类密度为 29 ind/100m²。鹿回头区域共记录了珊瑚礁鱼类 9 种，主要优势种为褐篮子鱼。在调查中珊瑚礁鱼类的体型较小，体长多在 5~10cm 之间，平均为 18ind/100m²。红塘湾区域珊瑚礁鱼类调查共记录了珊瑚礁鱼类种类 14 种，主要以篮子鱼科、雀鲷科为主，主要优势种为褐篮子鱼、黑新箭齿雀鲷等。在调查中珊瑚礁鱼类的体型较小，体长多在 5~10cm 之间，大型的有经济价值的珊瑚礁鱼类(如石斑鱼)几乎没有见到。鱼类密度较低，平均为 16ind/100m²。

本次对珊瑚礁鱼类调查共记录到珊瑚礁鱼类种类共 40 种，主要以雀鲷科 Pomacentridae、隆头鱼科 Labridae、天竺鲷科 Apogonidae 为主，主要优势种为白尾雀鲷 *Pomacentrus chrysurus*、斑棘眶锯雀鲷 *Stegastes obreptus*、黑边波光鳃鱼 *Pomachromis richardsoni*、杜氏海猪鱼 *Halichoeres dussumieri*、新月锦鱼 *Thalassoma lunare*、六带豆娘鱼 *Abudefduf sexfasciatus*、纵带天竺鲷 *Ostorhinchus angustatus*、条尾光鳃鱼 *Chromis ternatensis*、金尾雀鲷 *Pomacentrus chrysurus* 等，种类不算多，而且较名贵鱼类少。在调查中珊瑚礁鱼类的个体都非常的小型(体长在 1~20cm 之间占绝大多数)，>20cm 的鱼仅 3 尾，不足 1%，没有记录>30cm 的鱼(见表 5.10)。而一些大型的有经济价值的珊瑚礁鱼类以及较名贵鱼类(如石斑鱼等)几乎没有见到。珊瑚礁普查(Reefcheck)所用指示人类活动干扰较大的种类也极少，都是 20cm 以内的鱼，>30cm 的鱼没有。从分析所调查的鱼类密度和鱼类种数结果可以看到调查区域内鱼类密度很低，平均约 0.17 尾/100m²，平均每条样带鱼类种数 6 种，其中三亚湾鹿回头、小洲岛(有鱼群)、凤凰岛、东西瑁洲区域珊瑚礁鱼类种较多。

5.2.10.4.4 珊瑚礁栖的大型底栖动物对比

2016 年的调查发现红塘湾附近海域的珊瑚礁大型底栖动物种类较多，常见的种类包括海参、海胆、海百合、海葵、龙虾、海笔、海星等。其中以海参最为常见，主要是黑海参 *Holothuria atra*；海胆次之，主要是刺冠海胆 *Diadema setosum*。

本次调查发现大型底栖动物有大型海胆、海参、海星、海百合、长棘海星、管虫、江珧、

海菊蛤、珍珠贝、牡蛎、寄居蟹、蝶螺、红口螺、荔枝螺、马蹄螺、宝贝、棘螺、核果螺、蜒管螺、玉螺、骨螺、砗磲、海蛇尾、海蛞蝓、海绵、藤壶、海鞘、枪虾。此次调查监测到大型海胆平均密度为 0.20 个/百平方米, 主要分布在鹿回头区域。海参平均密度为 0.28 个/百平方米, 主要分布在天涯海角区域和红塘湾沿岸区域。海百合的平均密度为 2.90 个/百平方米, 主要分布在三亚湾的东西瑁洲区域、红塘湾的天涯海角区域和红塘湾沿岸区域。管虫的平均密度为 2.33 个/百平方米, 主要分布在三亚湾的鹿回头区域、凤凰岛区域、东西瑁洲区域以及红塘湾的红塘湾沿岸区域。寄居蟹的平均密度为 1.48 个/百平方米, 主要分布三亚湾的鹿回头区域、小洲岛区域以及红塘湾的天涯海角区域和南山角-大小洞天区域。

5.3 海域开发利用现状调查

5.3.1 港口航道

(1) 航道

项目北侧较近距离有红塘港航道, 长度 1000m, 宽度 100m, 航道走向为 322°/142°, 航道设灯浮 2 座, 导标一组, 航道、港池设计水深为 12.5m。

助航标志: 红塘港引导灯桩, 分为前、后两个, 设在码头岸上, 均为白色方形热镀锌角铁标身, 中间有黑色小角形, 两标一线方位为 322°.5。

(2) 锚地

本工程位于红塘锚地。红塘锚地位于西瑁洲西偏北方约 6.5 海里, 以 18°16'23" N、109°15'52"E 为圆心、1 海里为半径的圆形水域内, 锚地水域水深 14.6m~17m, 为泥沙底质。

(3) 码头

项目北侧 3.7km 处为海南石油太平洋公司 2 万吨级成品油专用码头, 位于天涯海角以西红塘湾的西侧, 东距天涯海角约 8km, 距三亚市区 26km, 距凤凰机场 15km, 该码头承担航空煤油、汽油、柴油装卸运输任务。码头为栈桥是“T”行结构, 栈桥引桥长 383m, 宽 6m, 码头长度 275m, 最大宽度 20m, 码头前沿水深 9.1m, 港池直径 375m, 水深 10m, 可靠泊 1 万吨级游船。该码头为三亚凤凰国际机场配套工程。

项目西北侧 11.3km 为中海油南山基地终端码头, 南山基地终端码头为混凝土结构的封面码头, 共长 579.918m, 属于突堤式防浪兼码头类型, 整个工程呈“L”状, 主要是装运凝析油以及柴油。

项目东北侧 7.3km 为天涯海角海上巴士码头, 海上巴士码头位于天涯海角景区西侧, 泊位

总长度 221m，透空式栈桥尺度 157.4m×10m，主要用途为海上游览观光。

项目东北侧 7.4km 为海角码头，海角码头位于天涯海角风景区西侧，天涯海角海上巴士码头东侧 100m 处，海角码头为游艇靠泊使用。

(4) 港口

肖旗港位于本项目东北侧 9.6km，原是由大兵河和冲会溪注入而形成的小河口港，涨潮时当地渔民和西瑁洲岛渔民的小渔船可乘潮进出停靠、避风。2008 年三亚西岛旅游开发有限公司在肖旗港口门外东西两侧投资修建了防波堤，同时在港内北侧修建了长约 300m 的交通码头，作为接送西瑁洲岛居民及观光游客上下岛的岛渡码头（见图 5.3-2）。防波堤修建后，港内泊稳条件较好，也有利于当地渔民的停靠、避风。经现场勘查发现，目前，除了作为西瑁洲岛岛渡交通码头外，港内东北侧仍有少量当地小渔船停靠（见图 5.3-3）。



图 5.3-2 肖旗港西瑁洲岛岛渡码头



图 5.3-3 肖旗港内停靠的渔船

南山港一期位于本项目西北侧 12.0km，位于南山岭西侧崖州湾东部海域，该区水深条件好，-10m 等深线临近海岸，北部纵深有宽阔的腹地，靠近崖城，同时有南山岭岬角的屏护，泥沙来源少，具备建设大型深水良港的条件。根据《海南省海洋功能区划(2011-2020 年)》，南山港区规划岸线长 2.61km，面积 2804.43 hm²。根据三亚市的港口发展总体布局，确定崖州湾的南山港规划为国际区域枢纽港，为三亚市发展仓储业、中转贸易和本地临海加工业服务。

崖州中心渔港位于本项目西北侧 15.6km，总用海面积 176.2340 hm²，其中码头用海面积 1.0276 hm²，港池用海面积 91.1157 hm²，航道用海面积 26.6439 hm²，防波堤(港内防波堤、东防波堤)用海面积 6.0626 hm²，引堤用海面积 1.4385 hm²，引桥用海面积 0.3519 hm²，填海造地区(纳泥区)用海面积 49.5938 hm²，用海权属于三亚六道湾发展有限公司。建设内容包括修建各类码头 13 个，2758m 长的防浪护岸，形成水域面积 47.57hm²，陆域面积 62.30hm²，纳泥区吹填面积 42.1hm²。整个渔港建成后年鱼货卸港量 8 万吨，可满足 800 艘大、中、小型渔船停泊、

避风和补给。

5.3.2 海底管线

距离项目东侧 9.7km 有三亚市西瑁洲海底输水管道用海，其用海面积 12.28 hm^2 。三亚市西瑁洲海底输水管道是三亚市陆地连接西瑁洲的管道工程，距离为 5km，由海南天涯水业集团公司负责建成，由两条 $\Phi 200$ 的 PE 管组成，供水量 4000t/d，对保障西瑁洲的用水具有重要意义。

项目所在海域有一海底电缆，电缆自红塘湾岸边向海纵深，长 12.3km。用海单位为中国船舶重工集团公司第七二五研究所。

5.3.3 旅游娱乐用海

旅游娱乐用海主要分布在三亚湾沿岸、西瑁洲岛沿岸、三美湾及南山附近海域等。

(1) 三亚湾沿岸旅游娱乐用海

三亚湾紧邻三亚市区，湾长沙细，沙滩质地柔软，海湾规划分为三段，紧连市区一段为游乐观光漫游区域，稍远为公共海边泳场和海上活动区域，再西一侧，为休闲度假区域。目前，三亚湾西岸已经建成了多家度假酒店，酒店前沿的近岸海域也均被这些度假酒店开发利用，作为酒店配套浴场用海。

而与本项目用海距离较近的浴场用海主要有：三亚君澜度假酒店用海、三亚万勃温泉海景山庄用海等。均位于本项目东侧，距离均在 8.6km 以上。

(2) 三亚天涯海角旅游风景区用海

项目用海东北侧为著名的天涯海角旅游风景区。景区已经申请的用海主要包括浴场用海、航道用海和游乐场用海，总用海面积约 158.54 hm^2 ，其用海距离项目区 7.8km。

(3) 西瑁洲沿岸旅游娱乐用海

西瑁洲旅游娱乐用海类型多种，包括岛渡交通码头等旅游基础设施用海、沙滩休闲戏水等浴场用海和水上运动娱乐等游乐场用海，总的用海面积为 31.5348 hm^2 ，其用海距离项目区约 9.0km。

(4) 三美湾沿岸旅游娱乐用海

项目用海区西侧有国开行三亚研究院海滩整治的用海项目，该项目通过构建人工构筑物形成人工沙滩，用于开展人工浴场和水下观光活动等项目。位于本项目北侧 4.6km，宗海面积 5.0827 hm^2 。

(5) 南山附近海域旅游娱乐用海

用海区西侧已经开发利用的用海主要是南山文化旅游区内南山海上观音填海造地用海及配套的海上观光用海。位于本项目北侧 4.3km。

5.3.4 自然保护区用海

东、西瑁洲珊瑚自然保护区片区位于本项目用海区东侧约 7.8km，用海面积 2850.37 公顷。项目用海区北侧约 4.2km 处有国防武器装备浅表海水环境试验的科研用海，宗海面积约 2.0016 hm²，用海单位为中国船舶重工集团公司第七二五研究所。

5.3.5 临空岛产业园及三亚新机场原方案人工岛工程用海

三亚新机场及临空岛旧工程方案用海包括：三亚新机场临空产业园一期工程（临空一期工程）、三亚新机场临空国际旅游商贸区填海工程（临空二期工程）、三亚新机场填海项目起步工程（起步工程）、三亚新机场人工岛工程南护岸试验段工程（钢圆筒护岸工程）。

（1）临空一期工程

三亚新机场临空产业园旅游产业园区一期工程（临空一期工程）为 1 个离岸式人工岛，用海面积约 48.0 公顷，形成可利用土地面积约 38.4 公顷。人工岛总共需建设护岸 2545.4m。陆域容积量约 409.7 万 m³（护岸前沿先后 50m 起算）。



图 5.3-4 临空一期工程现状图

（2）临空二期工程

三亚新机场临空国际旅游商贸区填海工程（临空二期工程），在一期工程基础上扩展建设，形成陆域面积 379.4 万 m^2 ，外护岸长 6723.1m，内护岸长 4257.8m，潜堤 2 道长 252.3m，分隔围堰长 1460.9m，陆域容积量 6030.34 万 m^3 。



图 5.3-5 临空二期工程现状图

（3）起步工程

三亚新机场填海项目起步工程（起步工程），位于新机场人工岛的东北角，为 1 个离岸式人工岛，工程平面形状为矩形，东西长度 850m、南北纵深 457m，填海面积约 49.52 万 m^2 ，陆域形成面积约 37.98 万 m^2 ，陆域回填工程量约 424.4 万 m^3 （护岸前沿线后 70m 起算）。



图 5.3-6 起步工程现状图

(4) 钢圆筒护岸工程

三亚新机场人工岛工程南护岸试验段工程（钢圆筒护岸工程），位于新机场人工岛的东南侧和西南侧，为2段离岸式钢圆筒护岸，东南护岸长327m，西南护岸长327m。



图 5.3-7 钢圆筒护岸工程现状图（东南侧）



图 5.3-8 钢圆筒护岸工程现状图（西南侧）

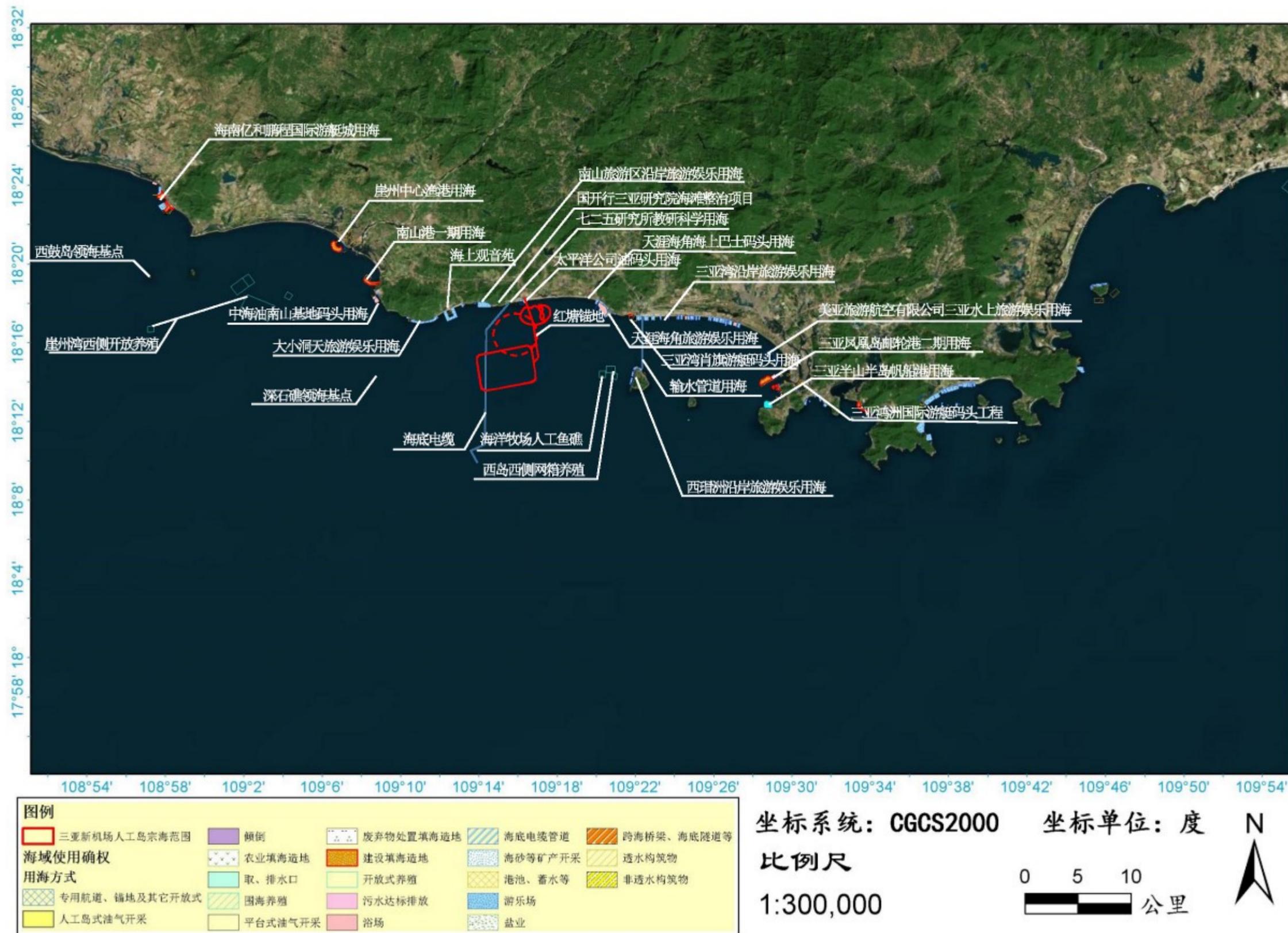


图 5.3-9 项目周边海域开发利用现状图

表 5.3-4 项目周边主要开发利用现状及其管理保护要求

序号	环境保护目标或周边开发活动名称	概况	现状图片	与项目的位置关系	管理保护要求
1	海南亿和鹏程国际游艇城项目	海南亿和鹏程国际游艇城项目位于乐东龙栖湾度假旅游区龙栖湾海域，用海面积 97.9513 公顷，其中，填海面积 26.6018 公顷		工程西北 31.2km	保证船舶正常进出靠泊作业
2	西鼓岛领海基点	/		工程西北 29.8km	保证领海基点地形地貌稳定

3	崖城中心渔港	<p>崖州中心渔港总用海面积 176.2340 公顷，用海权属于三亚六道湾发展有限公司。建设内容包括修建各类码头 13 个，2758m 长的防浪护岸，形成水域面积 47.57hm²，陆域面积 62.30hm²。整个渔港建成后年鱼货卸港量 8 万吨，可满足 800 艘大、中、小型渔船停泊、避风和补给。</p>		<p>工程西北侧 15.6km</p>	<p>保证渔港结构安全稳定、渔船正常进出靠泊作业</p>
4	深石礁领海基点	/		<p>工程西侧 10.8km</p>	<p>保证领海基点地形地貌稳定</p>
5	南山港一期	<p>南山港位于南山岭西侧崖州湾东部海域，该区水深条件好，有宽阔的腹地；南山港区规划岸线长 2.61km，面积 2804.43hm²。</p>		<p>工程西北侧 12.0km</p>	<p>保证港区水工构筑物安全稳定、港区正常靠泊装卸作业</p>

6	崖州湾西侧 开放式养殖区	主要养殖品种为白蝶贝、墨西哥扇贝等		工程西侧 15.6 km	保证养殖区的养殖 水质安全
7	南山港南侧 渔港及码头	长度约 300m 的直立式小码头，迎浪侧为斜坡式扭王块护坡；主要供周边小型渔船、游艇临时靠泊和避风		工程区西北 侧 11.7km	保证码头结构安全 稳定，船只能正常 进出靠泊、避风作 业
8	中海油南山 基地终端码 头	南山基地终端码头为混凝土结构的封面码头，共长 579.918m，属于突堤式防浪兼码头类型，整个工程呈“L”状。主要是装运凝析油以及柴油。		工程区西北 侧 11.5km	保证港区泊位结构 安全稳定、船只能 正常靠泊装卸作业

9	大小洞天风景区	位于三亚市区以西 40km 的南山西南隅，主要小洞天、钓台、海山奇观等景点		工程区西北侧 9.2km	保护景区海滩的自然地貌（岩石和沙滩相间）
10	船帆石及船帆石南岛	位于三亚市崖州湾，地理位置为北纬 18°17'，东经 109°10'，距岸约 0.07km，岛体呈浑圆状，直径约 40m。岛上建有一亭子，已经破败，与岸边的栈桥多出断裂，现已基本散失旅游功能。		工程区西北侧 7.4km	保护岛屿和周边岸线的自然地貌
11	海上观音	1999 年开工建设，2005 年 4 月建成。观音圣像高 108m，是一面是手拿莲花，另一面是手拿金书，还有一面是手拿佛珠的一体化三尊造型。脚踏一百零八瓣莲花宝座，莲花座下为金刚台，金刚台内是面积达 15000 平方米的圆通宝殿。		工程区西北侧 4.3km	保护海上观音景观及周边沙滩地貌

12	南山文化景区海上娱乐用海	浴场用海、游乐场用海，面积约 8.6678 公顷		工程区西北侧 4.3km	保护浴场水质
13	鸭仔塘溪	起点为南山岭，终点为南山观音东侧入海处，全长 4.5km.		工程区西北侧 4.5	保护河流水质、河道行洪安全
14	国开行三亚研究院海滩整治项目	旅游基础设施、浴场、游乐场用海，面积约 5.0827hm ²		工程区西北侧约 4.7km	保护浴场水质

15	三美湾度假酒店旅游娱乐用海	浴场用海、游乐场用海，面积约49.2905hm ²		工程区西北侧约4.4km	保护浴场水质
16	国防武器装备浅表海水环境试验	海上试验平台，主要包括潮差试验平台、飞溅试验平台、栈桥以及防浪设施。用海面积约2.0016hm ² 。		工程区西北侧4.2km	保护试验用水水质，流速小于1m/s，

17	太平洋石油公司油码头	<p>该码头承担航空煤油、汽油、柴油装卸运输任务。码头为栈桥是“T”行结构，栈桥引桥长 383m，宽 6m，码头长度 275m，最大宽度 20m，码头前沿水深 9.1m，港池直径 375m，水深 10m，可靠泊 1 万吨级游船。该码头为三亚凤凰国际机场配套工程。</p>		工程区西北侧 3.7km	保证油船正常靠泊和卸油作业
18	海底电缆	<p>项目所在海域有一海底电缆，电缆自红塘湾岸边向海纵深，长 12.3km。用海单位为中国船舶重工集团公司第七二五研究所。</p>	/	项目区内	保证电缆的正常输电功能
19	担油港潟湖	/		项目东北侧 5.0km	保护排洪通畅

20	天涯镇民宅	天涯镇黄龙街、青龙街、黑龙街和白龙街的民宅前沿已经建沿海第一线。		项目东北侧 7.1km	保护民宅前沿沙滩保持原貌，不被侵蚀，保证民宅结构安全
21	天涯海角海上巴士码头	海角码头西侧海上巴士码头，泊位总长度 221m，透空式栈桥尺度 157.4m×10m。		项目东北侧 7.3km	保证码头正常靠泊
22	海角码头	天涯镇新建游艇码头		项目东北侧 7.4km	保证码头正常靠泊

23	天涯石、海角石	天涯海角风景区的标志和象征。高10.8m，周长约66m，依山傍海的“天涯石”圆中见方，方中呈圆，“面朝东方”“四平八稳”独占海湾一角，已有亿万年的历史。海角石位于天涯石西侧，是海边矗立着巨大的花岗岩石。		项目东北侧 7.8km	保护天涯海角石景区原貌
24	天涯码头	位于天涯海角景区，为旅游码头		项目东北侧 7.8km	保证码头正常靠泊
25	肖旗港	肖旗港又名烧旗港，由烧旗河(因明末王烷在此烧旗得名)和冲会溪注入而形成的小河口港；位于三亚港西北侧的羊栏区，南与西瑁洲相望，地理坐标为:东经109°17'，北纬18°18'。有东瑁洲、西瑁洲两座岛屿的保护，并且和烽火台形成一个夹角，风浪较小，港内可以避风，涨潮时小鱼船可乘潮进出。		项目东北侧 9.6km	保证码头正常靠泊，减少港池淤积
26	西瑁洲输水管道	三亚市陆地连接西瑁洲的管道工程，距离为5km，由海南天涯水业集团公	/	项目东侧 9.5km	保证西瑁州岛供水安全

		司负责建成，由两条 Φ200 的 PE 管组成，供水量 4000t/d。			
27	西瑁州岛旅游设施	包括游轮码头、浴场、沙滩等		项目东侧 9.0km	保证游轮靠泊安全、浴场水质合格、沙滩保持原貌
28	西瑁州岛西侧深水网箱养殖	主要养殖品种有金鲳鱼，军曹鱼，白鲳鱼。其用海面积分别为 50 hm ² 和 29.7390 hm ² 。		项目东侧 6.8km	保证养殖的海水水质要求
29	三亚湾海洋牧场人工鱼礁	属于三亚市海洋与渔业局，用海面积为 153.3 hm ² 。	/	项目东侧 5.4km	保证养殖的海水水质要求

30	三亚湾娱乐用海	包括浴场、沙滩等		项目东北 7.5km~18.9 km	保护浴场水质，前 沿沙滩保持原貌， 不被侵蚀
31	三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程项目	项目填海造地用海面积 49.9633hm ² ， 港池用海 13.2600hm ²		项目东 20.6km	保证邮轮靠泊安全

32	三亚凤凰岛 客运码头	港口用海 4.6430hm ²		项目东 27.5	保证码头正常靠泊
33	三亚半山半 岛帆船港项目	旅游基础设施用海 16.9471hm ²		项目东 21.4km	保证码头正常靠泊
34	三亚鸿洲国 际游艇码头 工程			项目东 22.7km	保证码头正常靠泊

5.4 环境保护目标调查

本项目评价范围内的环境敏感区和敏感目标主要包括工程周边沿岸珊瑚，三亚珊瑚礁自然保护区、三亚河红树林自然保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、旅游休闲娱乐区、养殖区、港口码头、海底管线、领海基点等，以下主要介绍沿岸珊瑚礁，三亚珊瑚礁自然保护区、三亚河红树林自然保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、崖县沿岸虾场、天涯海角旅游休闲娱乐区、南山旅游休闲娱乐区的主要保护对象现状与分布情况：

5.4.1 工程区沿岸珊瑚

工程区沿岸珊瑚覆盖率大于 20%的区域主要分布在大小洞天风景区和南山风景区之间岬角(约 6.5km)和南海观音东侧至天涯镇之间(约 12km)。沿岸珊瑚礁呈半连续分布，水深 1~3m 为主要生长带，宽度多在 100~300m。工程区沿岸珊瑚主要种类有角孔珊瑚、丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、蔷薇珊瑚、鹿角杯形珊瑚、细柱滨珊瑚、膨胀蔷薇珊瑚、变形蔷薇珊瑚、秘密角蜂巢珊瑚和疣状杯形珊瑚。优势种角孔珊瑚、丛生盔形珊瑚和澄黄滨珊瑚。

本工程浅海区连岛大桥，通过线位调整及起点处桥梁跨径进行优化，避免占用沿岸珊瑚礁。沿岸珊瑚覆盖率与工程位置见图 5.4-1。



图 5.4-1 沿岸珊瑚礁覆盖率示意图

5.4.2 海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区

海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区是 1990 年经国务院批准设立的国家级海洋类型自然保护区,位于海南省三亚市南部近岸,地理位置在东经 109°20'50"~109°40'30"E,北纬 18°10'30"~18°15'30"N 范围内。1992 年 2 月 26 日,国家海洋局批准设立“海南三亚国家级珊瑚礁自然保护区管理处”,负责本保护区的保护、建设与管理工

作。为了保护三亚区域的珊瑚礁及其生态环境,1992 年 7 月 5 日,三亚市人民政府根据国务院的批复颁布了《关于保护三亚国家珊瑚礁自然保护区的布告》(市府[1992]95 号),给出保护区三个片区的坐标,保护区海域面积共 55.68km²,陆域界为沿岛四周沿岸最高潮位线向陆 30m 宽岸带。1993 年 6 月 4 日,国家海洋局《关于大洲岛海洋生态自然保护区和三亚珊瑚礁自然保护区建设方案的批复》(国海管发[1993]224 号)批准的保护区总面积 85km²,由三个片区组成,即东西瑁洲片区、鹿回头半岛—榆林角片区、亚龙湾片区,面积分别为 31.08km²、30.15km²和 23.76km²。1996 年 7 月 5 日,海南省海洋厅《关于下达三亚国家珊瑚礁自然保护区亚龙湾片分区划分方案的通知》(琼海资字[1996]62 号),保护区外部界限按照三亚市人民政府批准的范围确定,划分核心区、缓冲区和实验区,并给出该片区外围以及各功能区的具体坐标,见图 5.4-2 和表 5.4-1 和表 5.4-2。

海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区是以保护珊瑚礁及其生态环境为主,集资源与生态保护、科普宣传教育、科学研究、对外交流与合作、生态旅游、自然资源永续利用等多功能于一体的综合型国家级自然保护区。保护对象是珊瑚礁及其生境,即各种浅海造礁石珊瑚、软珊瑚及其它珊瑚、珊瑚礁和其它海洋生物构成的生态系统及海洋生态环境,是海洋生态类型自然保护区。

海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区的主导用海类型为海洋保护区用海,试验区可适当开展生态旅游,缓冲区可适当开展科研教学,但应严格控制规模;严格按照自然保护区管理法规管理,缓冲区只可进行经批准的科学研究、教学实习活动,实验区只能进行经批准的科学实验、教学实习、参观考察、旅游以及驯化、繁殖珍稀、濒危野生动植物等活动;注意海底管线的保护,涉海工程建设需征求相关部门意见。

本工程距三亚珊瑚礁国家级自然保护区是最近距离约为 7.5 公里。

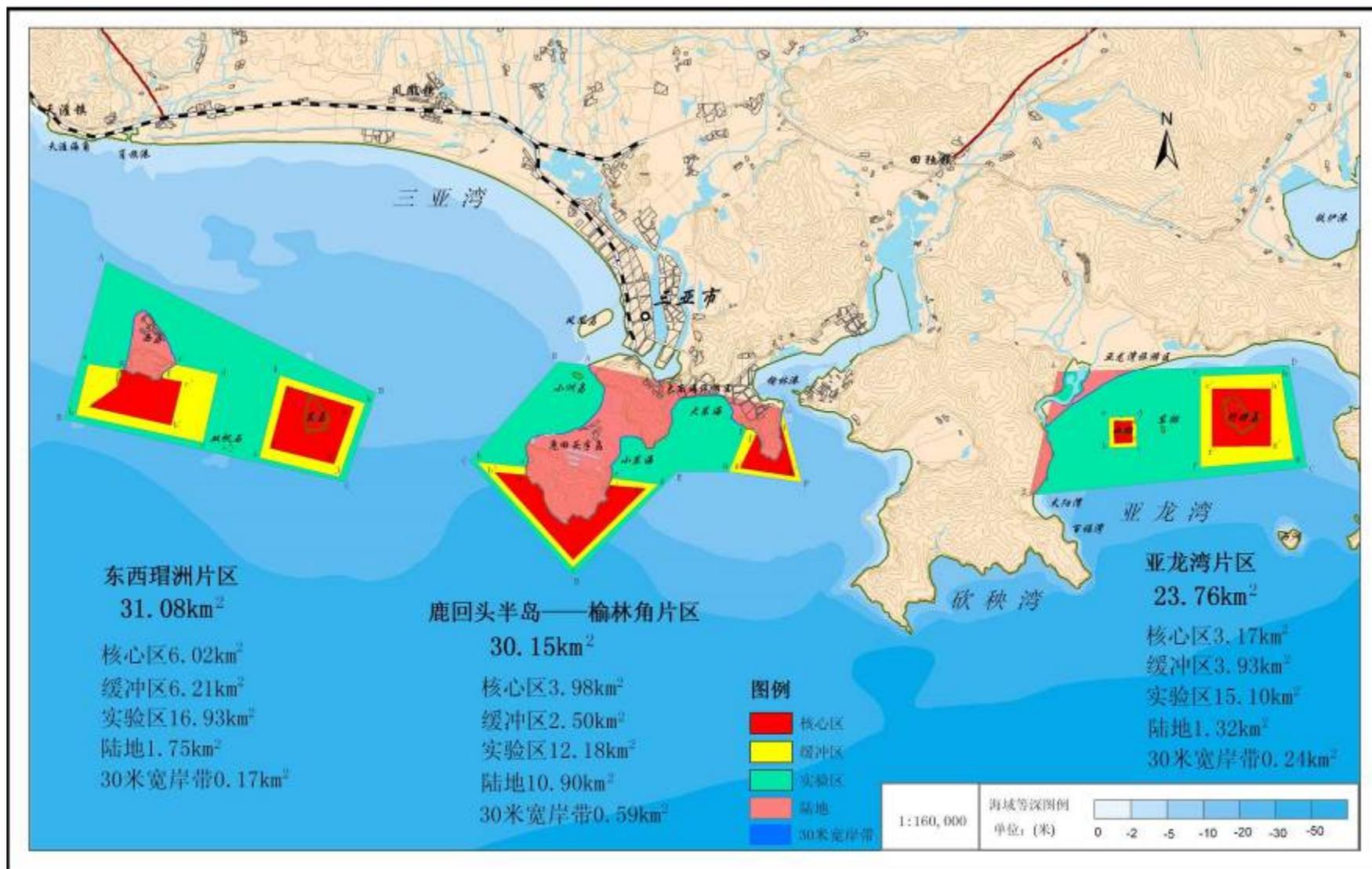


图 5.4-2 三亚珊瑚礁国家级自然保护区分布分区图

表 5.4-1 三亚珊瑚礁国家级自然保护区三区范围及坐标

保护区名称片区	界点编号	坐标		面积 (km ²)
		纬度	经度	
东西瑁洲片区	A	18°15'29.11"	109°21'31.60"	31.08
	B	18°12'59.11"	109°20'51.60"	
	C	18°11'59.11"	109°25'21.60"	
	D	18°13'24.11"	109°25'51.60"	
鹿回头半岛-榆林角片区	E	18°13'49.11"	109°29'26.60"	30.15
	F	18°13'54.11"	109°28'47.60"	
	G	18°12'19.11"	109°27'21.60"	
	H	18°10'29.11"	109°29'01.61"	
	I	18°12'09.11"	109°30'41.61"	
	J	18°12'09.11"	109°31'31.61"	
	K	18°11'59.11"	109°32'41.61"	
	L	18°13'09.12"	109°32'22.61"	
亚龙湾片区	M	18°13'44.30"	109°36'48.64"	23.76
	N	18°11'46.41"	109°36'21.30"	
	O	18°12'12.63"	109°40'48.62"	
	P	18°13'50.28"	109°40'30.74"	
总计				85

表 5.4-2 功能分区面积统计表 (单位: km²)

保护区名称片区	核心区	缓冲区	实验区	陆地	30m 宽岸带	总计
东西瑁洲片区	6.02	6.21	16.93	1.75	0.17	31.08
鹿回头半岛-榆林角片区	3.98	2.50	12.18	10.90	0.59	30.15
亚龙湾片区	3.17	3.93	15.10	1.32	0.24	23.76
总计	13.17	12.64	44.21	13.97	1.00	85

5.4.3 三亚河红树林自然保护区

三亚市三亚河是流经市区的主要河流，为强感潮河。三亚河岸带是三亚市红树林分布的一个重要区域，组成丰富，三亚河红树林自然保护区始建于 1989 年 1 月，保护区地处 18°19'34"~18°37'34"N，108°36'36"~109°46'28"E 范围内、面积为 475.8hm²。三亚河滩多为深厚的河口冲积淤泥，少数地区为盐渍砂土，常受海潮涨落的影响，表面呈微酸性 (pH 值 5.0~6.0)，含丰富有机质，有利于海生生物生长。保护区内红树植物种类较丰富，据统计，真红树植物有 8 科 8 种，半红树植物有 7 科 8 种，另有伴生红树植物 5 科 5 种。三亚河保护区内植物以红树（正红树）、海榄雌居多。在我国红树仅分布在海南岛，而三亚河又是主要分布区之一，尚保存小面积纯红树群落。

近几十年来，三亚河自然保护区红树植物的相对灭绝种类比例小，但种群濒危、矮化和面积碎化现象突出。在三亚河野生的木果楝、瓶花木、杯萼海桑基本灭绝，其中三亚河的红树和半红树种类灭绝率高达 23%，且海榄雌、红树和红海榄等成林破碎化严重，残迹林片面积均不

足 1hm²。

该保护区的管理要求是通过人工措施，恢复和扩大红树林植被；建立红树林湿地公园，完善红树林资源监测体系建设，配备必要的监测、通讯与信息处理设备，建立红树林湿地监测信息管理系统；明确保护范围和可适度开发的区域，进行可持续的保护与发展；该保护区的保护目标是保护红树林生境群落稳定。

5.4.4 南海北部幼鱼繁育场保护区

根据《中国海洋渔业水域图(第一批)》(中华人民共和国农业部公告(第 1089 号), 2002.2)和《南海北部近海虾类资源调查报告》(中国水产科学研究院南海水产研究所, 1982.12), 本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1~12 月。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内，保护区与项目的位置关系和 17 个基点的地理位置，见图 5.4-4 和表 5.4-3。

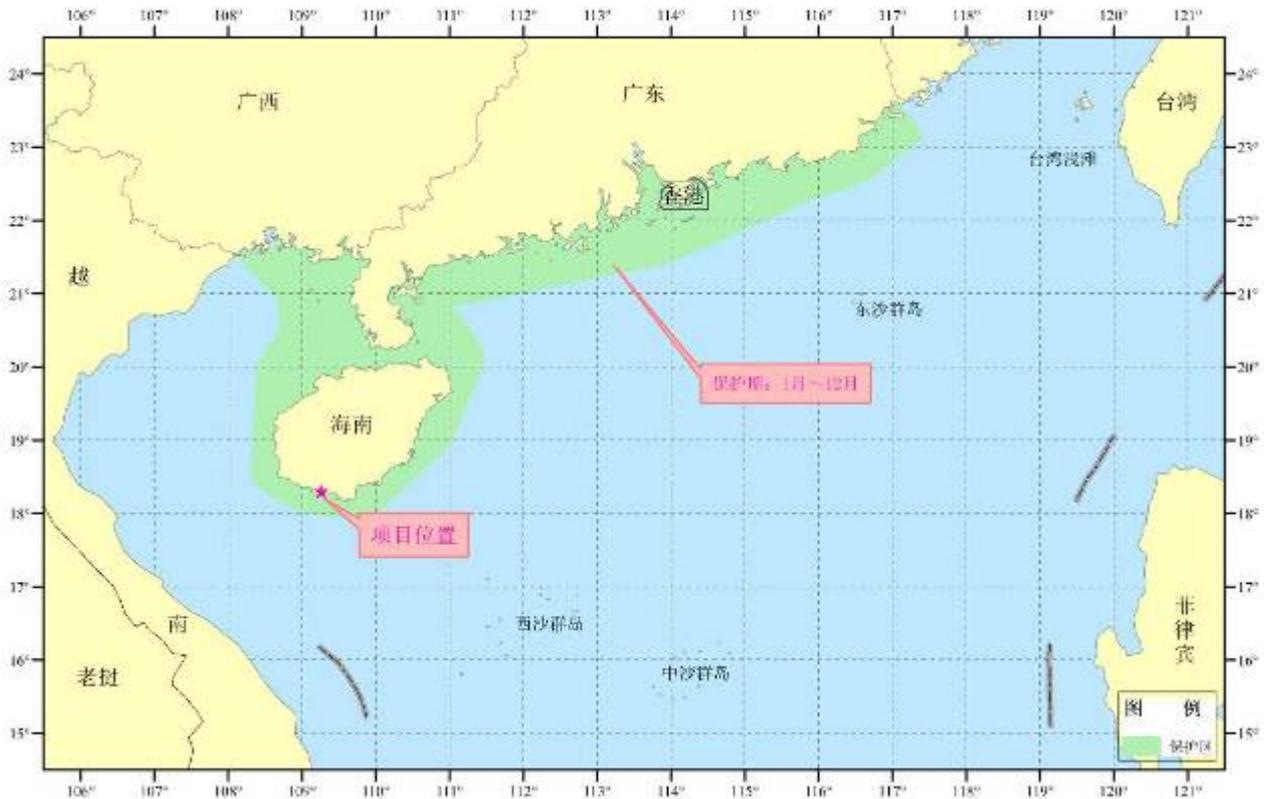


图 5.4-3 南海北部幼鱼繁育场保护区与项目的位置关系示意图

表 5.4-3 南海北部幼鱼繁育场保护区基点地理位置表

基点编号	东经	北纬	基点编号	东经	北纬
第一基点	117°40'	23°10'	第十基点	109°00'	18°00'
第二基点	117°25'	23°00'	第十一基点	108°30'	18°20'
第三基点	115°10'	22°05'	第十二基点	108°20'	18°45'
第四基点	114°50'	22°05'	第十三基点	108°20'	19°20'
第五基点	114°00'	21°30'	第十四基点	109°00'	20°00'
第六基点	111°20'	21°00'	第十五基点	108°50'	20°50'
第七基点	111°35'	20°00'	第十六基点	108°30'	21°00'
第八基点	110°40'	18°30'	第十七基点	108°30'	21°31'
第九基点	109°50'	17°50'			

5.4.5 崖县沿岸虾场

据《南海北部近海虾类资源调查报告》(中国水产科学研究院南海水产研究所, 1982.12), 崖县沿岸虾场位于海南岛南部沿海, 东起牙笼角, 西迄莺哥嘴, 水深 6~32 米。大概位置在东经 108°43' ~109°40', 北纬 18°07' ~18°28', 面积约 1088km², 是历史上虾类密集分布区和周边渔民传统的近岸捕捞作业区。本项目位于该区域内。

崖县沿岸虾场的保护对象有赤虾、毛虾和对虾等; 所在水域执行第一类海水水质标准, 第一类海洋沉积物标准, 以及第一类海洋生物质量标准。

5.4.6 天涯海角旅游休闲娱乐区

天涯海角旅游休闲娱乐区位于三亚市天涯镇至红塘岭南部海域; 面积约 3007.34hm², 岸线长度约 9.59km。天涯海角旅游休闲娱乐区位于本项目东北侧, 最近距离约 1 公里, 位置关系图见 5.4-4。

天涯海角旅游休闲娱乐区的重点保护目标为沙滩、砾石滩、沿岸地质地貌和水质, 以及保护旅游资源; 环境保护要求为执行第二类海水水质标准, 第一类海洋沉积物标准, 以及第一类海洋生物质量标准。

用途管制: 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, 兼顾农渔业用海, 开展名贵品种增殖和休闲渔业开发; 用海方式: 天涯海角岸段禁止改变海域自然属性, 红塘湾岸段严格限制改变海域自然属性, 合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设, 控制开发容量; 海域整治要求为保持岸滩原有形态, 强化海岸治理工程, 严格控制生活污水直接排放入海, 防止海洋环境状况恶化。



图 5.4-4 工程与《海南省海洋功能区划（2016-2020）》的位置关系

5.4.7 南山旅游休闲娱乐区

南山旅游休闲娱乐区位于三亚市崖城镇南部海域；面积约 4523.22hm²，岸线长度约 14.58km。南山旅游休闲娱乐区位于本项目西北侧，最近距离约 1 公里，位置关系图见 5.4-4。

重点保护目标为沿岸山体和砾石滩、海滩等海岸地貌，以及保护水质；环境保护要求为执行第二类海水水质标准，第一类海洋沉积物标准，以及第一类海洋生物质量标准。

用途管制：主导用海类型为旅游娱乐用海，用于旅游基础设施建设、浴场和游乐场用海，可兼顾农渔业用海，沿岸可适度增养殖鲍鱼等珍贵渔业品牌，可适度开发休闲渔业项目；用海方式为严格限制改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发容量；海域整治要求为严格控制生活等污水直接排放入海，防治海洋环境状况恶化。

6 环境影响预测与评价

6.1 水文动力环境影响预测与评价

本节内容主要引用南京水利科学研究院 2019 年 11 月编制的《三亚新机场项目潮流泥沙数学模型专题研究》和《三亚新机场项目波浪整体数学模型专项研究报告》，并在此基础上进行环境影响综合分析。潮流数学模型采用平面二维潮流泥沙数学模型，波浪数学模型采用 SWAN 模型进行推算，外海至近岸的波高变化利用抛物型缓坡方程进行推算，模型的基本方程及模型验证详见专题研究报告。

6.1.1 潮流场影响分析

6.1.1.1 计算工况

根据项目需要，在潮流泥沙数学模型专题中考虑了 6 种工况。其中，工况 0 为机场人工岛和莲花岛实施前的现状，工况 1 考虑了莲花岛未拆除时的现状情况，工况 2 为机场人工岛推荐方案实施后的工况，工况 3 和工况 4 为机场人工岛比选方案实施后的工况，工况 5 为考虑莲花岛保留和机场人工岛推荐方案实施后的工况，各工况组合如表 6.1-1。

本节重点分析机场人工岛工程（推荐位置方案）实施前后对水文动力环境的影响，其他工况的预测结果详见本项目潮流泥沙数学模型专题报告。

表 6.1-1 潮流计算工况表

计算工况	工况说明	备注
工况 0	机场人工岛和莲花岛实施前	2016 年地形
工况 1	机场人工岛实施前（现状）	2019 年现状地形，包括莲花岛及周边现状工程
工况 2	机场人工岛工程实施后（推荐位置方案）	莲花岛拆除，原起步区拆除
工况 3	机场人工岛工程实施后（比选方案 4）	莲花岛拆除，原起步区拆除
工况 4	机场人工岛工程实施后（比选方案 5）	莲花岛拆除，原起步区拆除
工况 5	莲花岛保留+机场人工岛工程实施后（推荐位置方案）	原起步区拆除

6.1.1.2 工程区海域自然流场特征

模型计算结果显示，工程附近海域的自然流场特征在涨落潮过程中，潮流沿着锦母角、鹿回头角、东瑁洲、西瑁洲、南山角一线以外，以近平直方向向西流动，流向与海南岛南岸的岸线整体走势和海底地形等深线走势一致；落潮时，外海潮流基本以涨潮相反的方向流向东侧，表现出明显的往复流特征，涨落潮的流向分别在 290°和 110°左右。在近岸区域，受各岬角（如

鹿回头、南山角等)和岛屿(西瑁洲、东瑁洲)的影响,水下地形复杂,潮流绕过岬角后传入湾内,在岛屿附近经南北两侧绕过岛屿后继续前行。就工程区附近而言,潮流整体走势延续了工程海域大范围流场特征,即以东西向往复流为主。但受局部水下地形和岬角影响,在工程东侧水流主轴向有一定偏转,即涨潮流转为西北、落潮流转为东南,与水下地形等深线走势接近。在人工岛及其西侧,水下地形等深线较为平顺,为近东西走向,涨落潮方向也与外海较为接近。

从流速分布情况看,涨落急期间-10m 以深区域流速整体差异不大,大潮最大流速均可达 1.1m/s 左右;-10m 以浅区域流速明显较小,除靠近岬角附近外,水流流速基本随水深变浅逐渐减小。-2m 以浅的近岸浅水区水流流速很小。拟建人工岛区域大潮涨、落急流速为 0.61~0.94m/s,大潮涨、落潮平均流速 0.4~0.6 m/s;小潮涨、落急流速为 0.3~0.4m/s,平均流速为 0.4m/s 左右,流向涨潮流为西北、落潮流为东南向,工程所在区域水流差异不大。

图 6.1-1~6.1-2 给出了自然状况下工程海域及局部的大潮涨落潮流矢图。

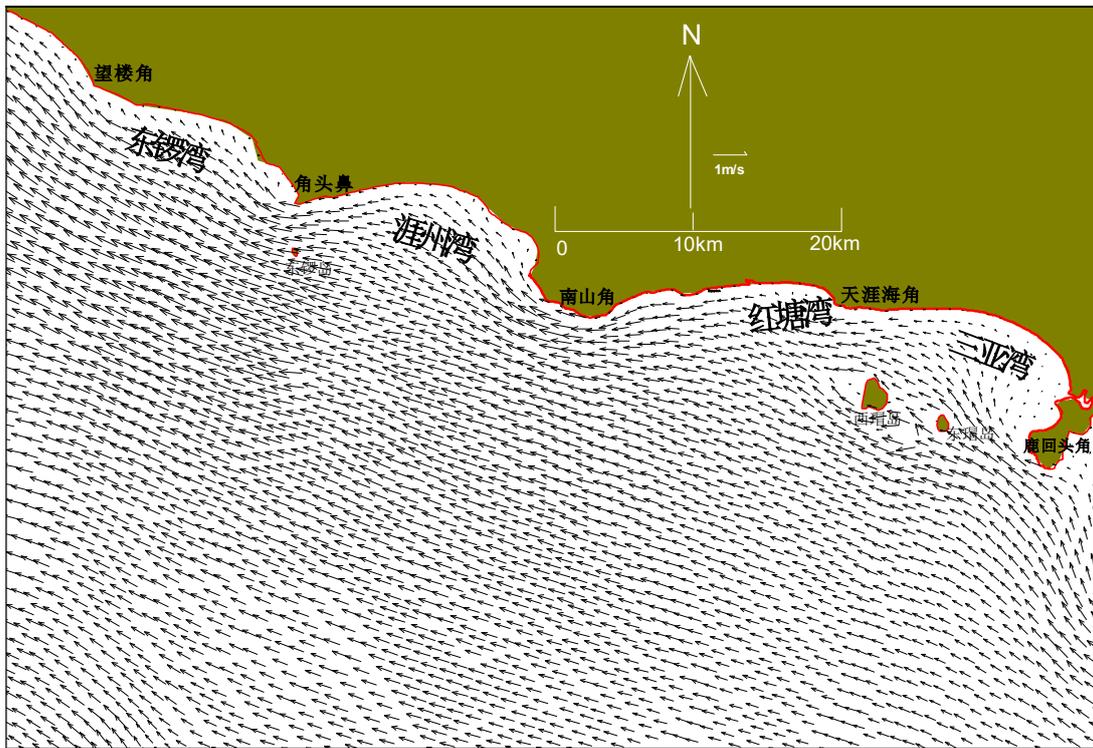


图 6.1-1a 工程海域涨急时刻流矢图 (自然状态, 大范围)

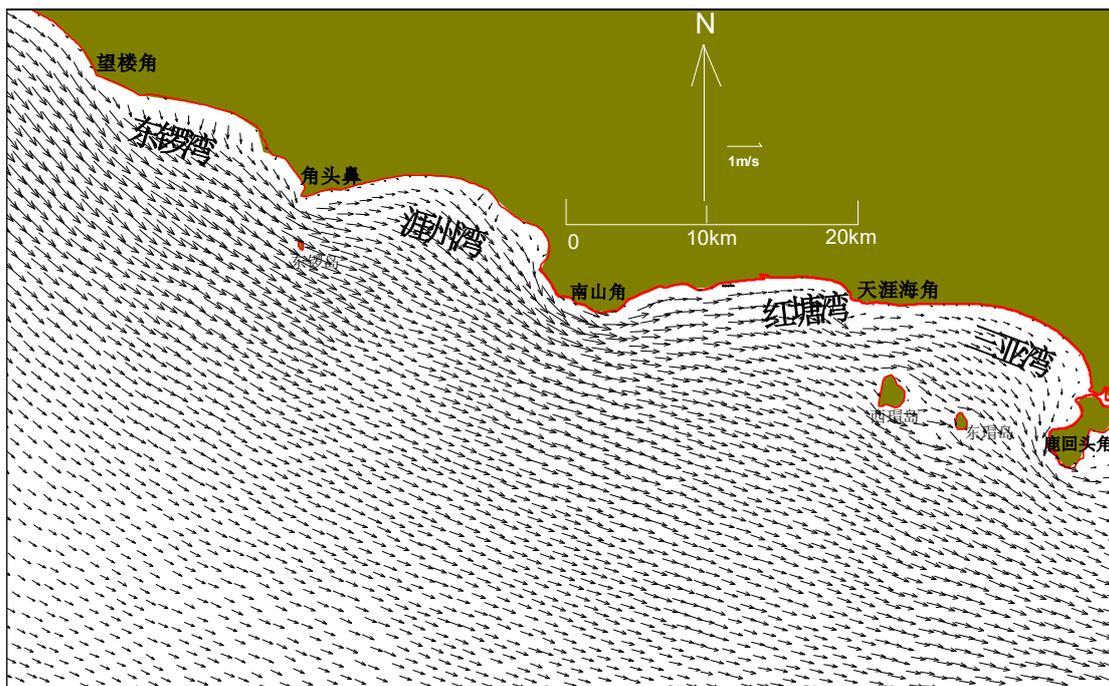


图 6.1-1b 工程海域落急时刻流矢图（自然状态，大范围）

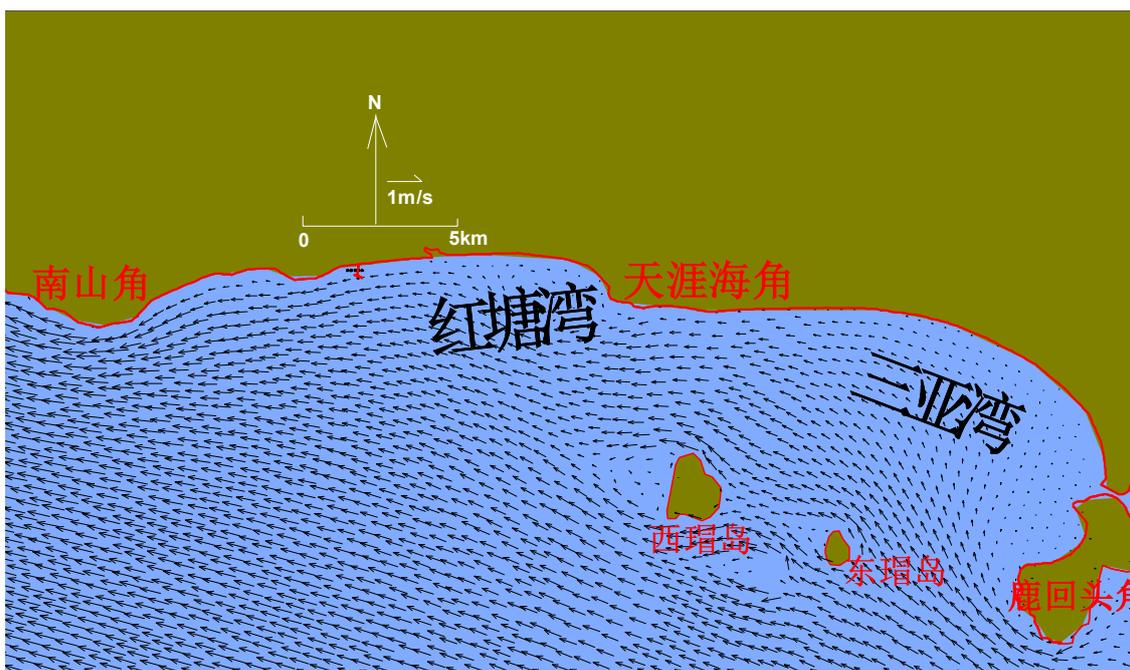


图 6.1-2a 工程区附近大潮涨急流矢图（自然状态，局部）

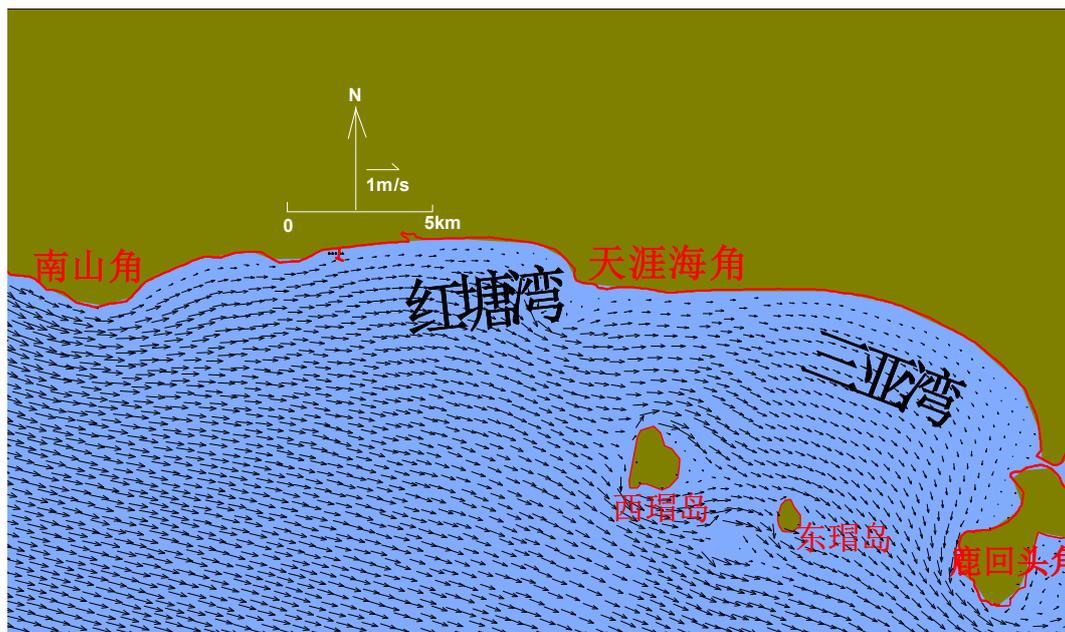


图 6.1-2b 工程区附近大潮落急流矢图（自然状态，局部）

6.1.1.3 潮型流态特征变化分析

本次评价在机场人工岛工程周边设置了 24 个潮流流速、流向预测特征点（P1~P24），同时为了评价工程建设对评价范围内的环境敏感区和其它开发工程的影响，在各环境敏感区和敏感保护目标处也设置了相应的特征点，特征点位置总览见图 6.1-3。

根据预测，各工程阶段后的潮型流态特征如下：

- （1）现状条件下（无工程），红塘湾大、小潮期间流态基本上是沿岸线呈现往复流；
- （2）三亚新机场人工岛工程实施后，与现状相比新机场附近的红塘湾海域的流态发生一定变化。涨潮时，水流从新机场人工岛南北两侧通过，流速增大，在新机场人工岛西侧形成缓流区，流速响应减小；落潮时海域整体水流向东，在人工岛东南侧也形成缓流区；
- （3）就大、中、小潮而言，工程前后的流场特征和影响基本一致，主要表现为大潮、中潮、小潮流速大小的量值依次递减，与海域整体的大、中、小潮周期性变化特征一致；
- （4）机场人工岛和岸滩防护工程（离岸潜堤及拦沙堤）建成后，因拦沙堤尺度很小，在近岸-2m 以浅区域，对海域流场影响极小；离岸潜堤整体顺流布置，对水域流场影响较小，对整体流场格局与机场人工岛工程实施后比较没有大的改变。

人工岛工程实施前后项目所在海域潮涨、落急流场对比见图 6.1-4。

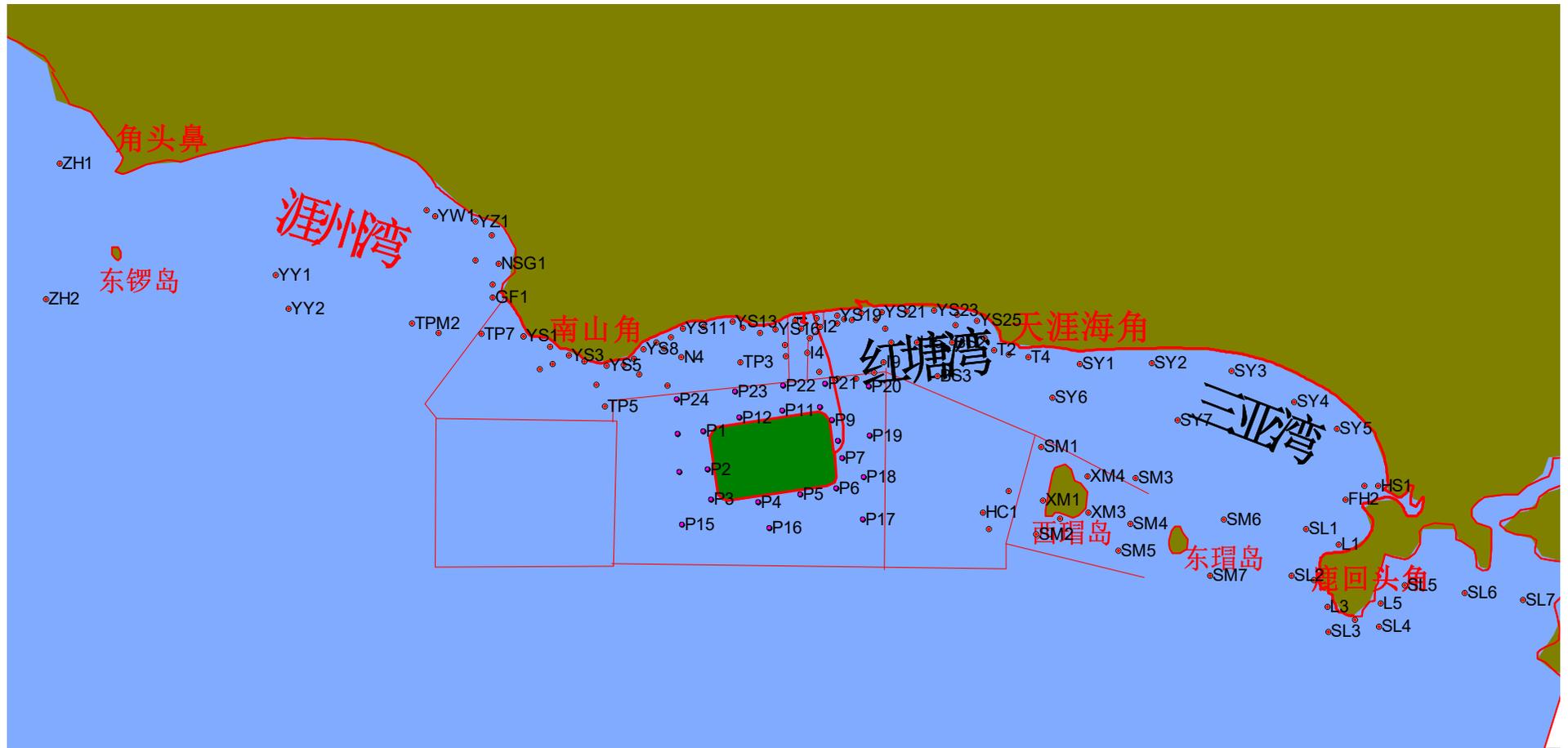


图 6.1-3 三亚机场人工岛工程周边水域及敏感目标区流速分析特征点位置总览图

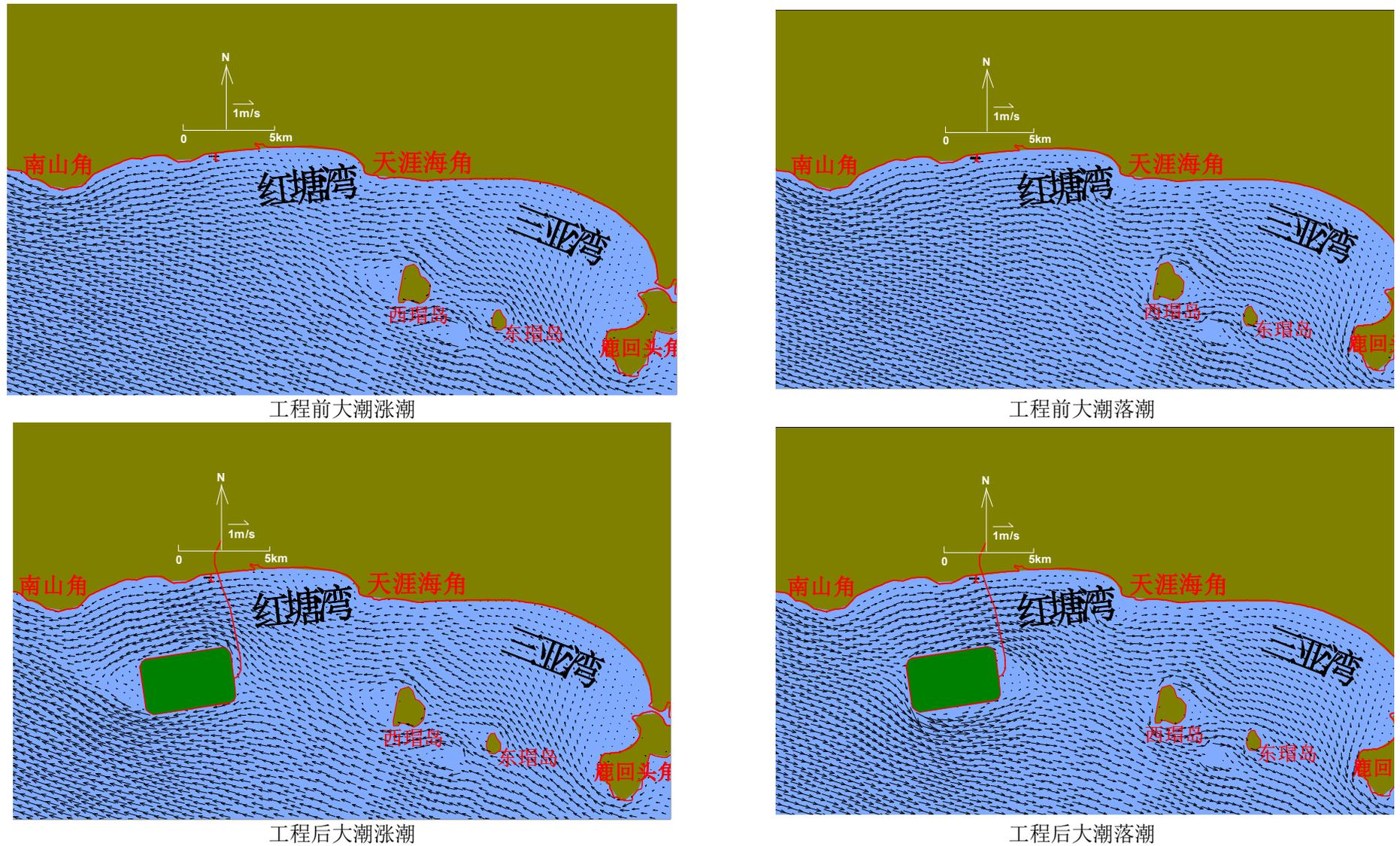


图 6.1-4 工程前后涨落急流场对比

6.1.1.4 潮流流速、流向变化特征分析

6.1.1.4.1 机场人工岛工程周边流场变化特征分析

(1) 现状工程条件下（工程前）工程周边流场变化特征分析

现状工程条件下（工程前）拟建人工岛区域大潮涨、落急流速为 0.61~0.94m/s，小潮涨、落急流速为 0.39~0.67m/s，西瑁洲的珊瑚礁保护区涨、落急平均流速东西侧较小，南北两侧流速较大，主要受岛屿阻流作用，大潮南北侧涨落急最大流速达 0.97m/s。

(2) 工程实施后工程周边流场变化特征分析

新机场人工岛工程实施后的流速变化对比分析显示，受人工岛与水流主轴向垂直方向（南北向）阻水影响，人工岛东西两侧普遍形成缓流区，流速减小幅度越靠近人工岛越大。涨潮时人工岛西侧（P1、P2、P13、P14）平均流速减小 0.2~0.4m/s，50~70%，东侧（P7、P8、P18、P19）平均流速减小 0.1~0.2m/s，20~50%。落潮时人工岛西侧（P1、P2、P13、P14）平均流速减小 0.1~0.2m/s，20~50%，东侧（P7、P8、P18、P19）平均流速减小 0.3~0.4m/s，50~80%。涨潮期间西侧影响范围更大，落潮期间东侧影响范围较大，即潮流影响主要集中在水流的下游方向，上游影响相对较小。

与此同时，南北两侧在人工岛调流后形成绕流，南北两侧流速普遍增大，其中南侧开敞区流速增大的范围更大，但增幅较小，靠陆一侧为人工岛与陆岸之间的海峡区域，过水断面减小，流速增大明显，但主要集中在靠近人工岛的附近，流速变化的范围明显小于人工岛南侧区域。

新机场人工岛建设后，人工岛西南角（P3、P15）大潮涨潮平均流速增大 0.1~0.2m/s，约 30%~40%；落潮平均流速增大 0.1~0.4m/s，约 20%~80%。人工岛东北角（P9、P10）大潮涨、落潮平均流速增大 0.2~0.4m/s，约 30%~80%；人工岛北侧人工岛与陆域之间（P21、P22、P23）大潮平均流速增大 0.1~0.3 m/s，约 10~50%。

小潮期间工程影响的流速变化趋势与大潮基本相似，影响的范围和程度明显小于大潮。

表 6.1-2a 机场人工岛工程前后特征点大潮涨落急流场变化情况对比

位置	特征点	涨急流速		涨急流速变化	涨急流向		涨急流向变化	落急流速		落急流速变化	落急流向		落急流向变化
		工程前	工程后		工程前	工程后		工程前	工程后		工程前	工程后	
		m/s	m/s	m/s	度	度	度	m/s	m/s	m/s	度	度	度
新机场人工岛周边	P1	0.85	0.30	-0.54	275	245	-31	0.82	0.44	-0.39	93	59	-34
	P2	0.88	0.17	-0.71	279	169	-110	0.85	0.65	-0.20	96	160	63
	P3	0.90	1.22	0.32	282	290	8	0.88	1.43	0.55	99	137	38
	P4	0.86	1.05	0.18	283	263	-21	0.84	0.39	-0.45	101	73	-28
	P5	0.82	0.84	0.02	285	261	-24	0.79	0.57	-0.22	103	80	-22
	P6	0.78	0.70	-0.08	287	246	-41	0.77	0.59	-0.18	104	73	-30
	P7	0.74	0.21	-0.52	286	323	37	0.74	0.09	-0.65	103	146	43
	P8	0.71	0.42	-0.29	285	340	56	0.72	0.27	-0.46	101	172	72
	P9	0.68	0.90	0.23	282	329	47	0.70	0.63	-0.06	98	143	45
	P10	0.67	1.34	0.67	279	286	7	0.70	1.29	0.59	96	96	1
	P11	0.73	0.73	0.00	277	260	-17	0.74	0.94	0.19	95	81	-14
	P12	0.78	0.63	-0.15	275	259	-17	0.78	0.79	0.01	94	80	-14
	P13	0.89	0.60	-0.29	274	240	-34	0.86	0.61	-0.25	93	96	3
	P14	0.91	0.45	-0.46	279	304	25	0.89	0.73	-0.16	96	124	27
	P15	0.94	1.16	0.22	283	287	5	0.92	1.02	0.10	100	116	16
	P16	0.87	1.01	0.14	285	270	-15	0.84	1.26	0.42	102	92	-10
	P17	0.79	0.65	-0.14	289	275	-14	0.76	0.80	0.04	105	81	-25
	P18	0.73	0.43	-0.30	290	282	-9	0.72	0.33	-0.39	105	73	-31
	P19	0.67	0.54	-0.13	288	311	23	0.68	0.56	-0.12	102	130	28
	P20	0.58	0.71	0.12	285	297	12	0.61	0.78	0.17	99	109	10
	P21	0.62	1.04	0.42	276	282	5	0.66	0.97	0.31	93	94	1
	P22	0.70	1.07	0.37	274	265	-8	0.73	0.96	0.23	93	85	-8
	P23	0.74	0.89	0.16	271	258	-13	0.73	0.78	0.05	89	78	-11
	P24	0.86	0.74	-0.12	268	254	-14	0.84	0.71	-0.14	86	82	-4

表 6.1-2b 机场人工岛工程前后特征点小潮涨落急流场变化情况对比

位置	特征点	涨急流速		涨急流速变化	涨急流向		涨急流向变化	落急流速		落急流速变化	落急流向		落急流向变化
		工程前	工程后		工程前	工程后		工程前	工程后		工程前	工程后	
		m/s	m/s	m/s	度	度	度	m/s	m/s	m/s	度	度	度
新机场人工岛周边	P1	0.55	0.22	-0.33	275	227	-48	0.62	0.33	-0.29	93	56	-37
	P2	0.56	0.20	-0.36	279	172	-107	0.63	0.55	-0.09	98	161	63
	P3	0.58	0.88	0.31	282	294	12	0.64	1.16	0.52	100	137	37
	P4	0.55	0.68	0.12	283	263	-20	0.62	0.36	-0.26	101	76	-26
	P5	0.52	0.51	-0.01	286	261	-25	0.59	0.46	-0.13	103	80	-22
	P6	0.50	0.48	-0.02	287	243	-45	0.57	0.45	-0.12	104	73	-32
	P7	0.48	0.13	-0.35	287	320	33	0.55	0.07	-0.48	103	146	43
	P8	0.47	0.25	-0.22	285	339	54	0.54	0.21	-0.33	101	170	69
	P9	0.45	0.58	0.13	282	329	46	0.52	0.49	-0.03	99	144	45
	P10	0.45	0.89	0.44	279	286	7	0.52	1.01	0.48	96	97	1
	P11	0.48	0.45	-0.04	277	260	-17	0.56	0.72	0.16	95	81	-14
	P12	0.51	0.38	-0.13	276	259	-17	0.58	0.59	0.01	94	80	-14
	P13	0.57	0.27	-0.30	274	226	-48	0.64	0.45	-0.19	93	96	3
	P14	0.59	0.52	-0.07	279	320	41	0.66	0.56	-0.10	97	130	32
	P15	0.60	0.75	0.15	283	290	7	0.67	0.76	0.09	101	115	13
	P16	0.55	0.65	0.10	285	271	-13	0.62	1.01	0.39	103	92	-11
	P17	0.50	0.42	-0.08	289	272	-17	0.57	0.54	-0.03	106	80	-26
	P18	0.48	0.28	-0.20	289	279	-10	0.54	0.24	-0.30	105	77	-28
	P19	0.44	0.34	-0.10	287	309	21	0.51	0.42	-0.09	103	134	31
	P20	0.39	0.46	0.06	285	295	10	0.45	0.59	0.14	99	109	10
	P21	0.42	0.66	0.24	276	280	4	0.50	0.74	0.24	93	95	2
	P22	0.47	0.69	0.22	274	266	-9	0.55	0.74	0.19	93	85	-8
	P23	0.48	0.58	0.10	271	257	-13	0.55	0.61	0.06	89	78	-11
	P24	0.56	0.47	-0.10	268	260	-7	0.64	0.54	-0.10	86	83	-3

表 6.1-3a 机场人工岛工程前后特征点大潮平均流速变化

位置	特征点	涨潮平均流速 (m/s)		平均流速变化 (m/s)	落潮平均流速 (m/s)		平均流速变化 (m/s)
		工程前	工程后		工程前	工程后	
新机场周边	P1	0.54	0.17	-0.37	0.49	0.25	-0.24
	P2	0.56	0.07	-0.49	0.50	0.40	-0.10
	P3	0.57	0.78	0.21	0.51	0.92	0.41
	P4	0.55	0.67	0.12	0.49	0.15	-0.34
	P5	0.52	0.53	0.02	0.47	0.23	-0.24
	P6	0.50	0.45	-0.04	0.45	0.31	-0.15
	P7	0.47	0.13	-0.33	0.44	0.04	-0.40
	P8	0.46	0.27	-0.19	0.43	0.09	-0.35
	P9	0.43	0.58	0.15	0.42	0.23	-0.19
	P10	0.43	0.86	0.43	0.42	0.80	0.37
	P11	0.47	0.46	-0.01	0.45	0.58	0.14
	P12	0.50	0.40	-0.10	0.46	0.49	0.03
	P13	0.57	0.35	-0.22	0.51	0.37	-0.14
	P14	0.58	0.14	-0.44	0.52	0.47	-0.05
	P15	0.59	0.74	0.15	0.52	0.59	0.07
	P16	0.55	0.64	0.09	0.49	0.75	0.27
	P17	0.50	0.42	-0.08	0.45	0.43	-0.01
	P18	0.47	0.28	-0.19	0.43	0.20	-0.23
	P19	0.43	0.34	-0.09	0.41	0.32	-0.09
	P20	0.37	0.45	0.08	0.38	0.47	0.09
	P21	0.40	0.67	0.27	0.40	0.58	0.18
	P22	0.45	0.69	0.23	0.44	0.58	0.14
	P23	0.47	0.57	0.10	0.44	0.47	0.03
	P24	0.55	0.47	-0.08	0.50	0.43	-0.07

表 6.1-3b 机场人工岛工程前后特征点小潮平均流速变化

位置	特征点	涨潮平均流速 (m/s)		平均流速变化 (m/s)	落潮平均流速 (m/s)		平均流速变化 (m/s)
		工程前	工程后		工程前	工程后	
新机场周边	P1	0.35	0.12	-0.23	0.37	0.19	-0.18
	P2	0.36	0.10	-0.26	0.38	0.33	-0.05
	P3	0.37	0.53	0.16	0.39	0.71	0.32
	P4	0.35	0.43	0.07	0.37	0.13	-0.24
	P5	0.33	0.33	0.00	0.36	0.20	-0.16
	P6	0.32	0.30	-0.02	0.35	0.26	-0.09
	P7	0.30	0.07	-0.23	0.33	0.03	-0.31
	P8	0.29	0.15	-0.14	0.33	0.07	-0.26
	P9	0.28	0.36	0.08	0.32	0.20	-0.12
	P10	0.28	0.55	0.27	0.32	0.61	0.29
	P11	0.31	0.28	-0.03	0.34	0.45	0.10
	P12	0.33	0.24	-0.08	0.35	0.37	0.02
	P13	0.37	0.16	-0.21	0.39	0.29	-0.10
	P14	0.37	0.26	-0.12	0.39	0.35	-0.05
	P15	0.38	0.48	0.10	0.40	0.44	0.04
	P16	0.35	0.42	0.06	0.37	0.58	0.20
	P17	0.32	0.27	-0.05	0.34	0.31	-0.03
	P18	0.30	0.18	-0.12	0.33	0.15	-0.18
	P19	0.28	0.21	-0.06	0.31	0.25	-0.07
	P20	0.25	0.29	0.04	0.28	0.36	0.08
	P21	0.27	0.43	0.16	0.31	0.46	0.15
	P22	0.30	0.44	0.14	0.34	0.46	0.12
	P23	0.31	0.37	0.06	0.34	0.37	0.04
	P24	0.36	0.30	-0.06	0.39	0.34	-0.05

表 6.1-4 机场人工岛工程前后人工岛附近不同区域流速流向变化特征统计

位置	编号	大潮涨、落急流速变化 (m/s)	大潮涨、落急流向变化 (度)	小潮涨、落急流速变化 (m/s)	小潮涨、落急流向变化 (度)	大潮潮、落涨平均流速变化 (m/s)	小潮潮、落涨平均流速变化 (m/s)
人工岛西北侧 (约 2km 范围)	P1, P2, P13, P14, P24	涨急: -0.71 ~ -0.12 落急: -0.39 ~ -0.14	涨急: -110 ~ 25 落急: -34 ~ 63	涨急: -0.36 ~ -0.07 落急: -0.29 ~ 0.09	涨急: -107 ~ 41 落急: -37 ~ 63	涨潮: -0.49 ~ -0.08 落潮: -0.24 ~ -0.05	涨潮: -0.26 ~ -0.06 落潮: -0.05 ~ -0.18
人工岛东南侧 (约 2km 范围)	P7, P8, P9, P18, P19	涨急: -0.52 ~ 0.23 落急: 0.06 ~ 0.65	涨急: -9 ~ 56 落急: -31 ~ 72	涨急: -0.35 ~ -0.13 落急: -0.48 ~ -0.03	涨急: -10 ~ 54 落急: -28 ~ 69	涨潮: -0.33 ~ -0.15 落潮: 0.04 ~ -0.09	涨潮: -0.23 ~ 0.08 落潮: -0.31 ~ -0.07
人工岛西南侧 (约 2km 范围)	P3, P4, P5, P6, P15, P16, P17, P18	涨急: -0.30 ~ 0.32 落急: -0.45 ~ 0.55	涨急: -41 ~ 8 落急: -31 ~ 38	涨急: -0.20 ~ 0.31 落急: -0.30 ~ 0.52	涨急: -45 ~ 12 落急: -32 ~ 37	涨潮: -0.19 ~ 0.21 落潮: -0.34 ~ 0.41	涨潮: -0.12 ~ 0.16 落潮: -0.24 ~ 0.36
人工岛与临空岛 之间通道 (人工岛北侧约 2km 范围)	P10, P11, P12, P21, P22, P23	涨急: -0.15 ~ 0.67 落急: 0.01 ~ 0.59	涨急: -17 ~ 7 落急: -14 ~ 1	涨急: -0.13 ~ 0.44 落急: 0.01 ~ 0.48	涨急: -17 ~ 7 落急: -14 ~ 2	涨潮: -0.01 ~ 0.43 落潮: 0.03 ~ 0.37	涨潮: -0.08 ~ 0.27 落潮: 0.02 ~ 0.29

6.1.1.4.2 工程周边环境敏感区流场变化特征分析

机场人工岛工程实施后,受新机场人工岛西侧和东侧两侧流速减小和南北两侧流速增大影响,周边水域表现出类似变化变化趋势,但变化幅度远小于人工岛附近。三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)、三亚珊瑚礁自然保护区(东西瑁洲片区)、西瑁沿岸珊瑚礁、鹿回头沿岸珊瑚礁、三亚湾旅游休闲娱乐区、中华白海豚分布区、崖州湾围海养殖及西侧开放式养殖、三亚湾海洋牧场人工鱼礁周边的潮流在大、小潮的涨落急流速均略有减小,但因相对远离人工岛,各特征流速的变化幅度均小于 0.05m/s,其中大潮影响略大于小潮。

在人工岛与陆地之间通道区段的红塘湾沿岸珊瑚礁区、南山旅游休闲娱乐区、浅表海水环境试验区以及太平洋石油公司海域,流速变化相对较大,整体以增大为主,局部最大流速增大幅度在 0.2~0.3m/s (20%~30%)。

在各敏感区域,因相对远离人工岛,特征水流的流向变化不明显,一般小于 5°。仅在红塘湾沿岸珊瑚礁区个别点位涨潮流向变化较大,但都在对应流速很小、流向指向不很明确的时段。具体而言:

三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)大潮涨潮最大流速减小幅度小于 0.02m/s,大潮落潮最大流速减小幅度小于 0.01m/s;大潮平均流速、小潮平均流速和最大流速的减小幅度均小于 0.01m/s。

三亚珊瑚礁自然保护区(东西瑁洲片区)大潮涨急流速减小 0.01~0.05m/s,大潮落急流速减小 0.01~0.05m/s;小潮涨急流速减小 0.01~0.03m/s,小潮落急流速减小 0.01~0.02m/s;大小潮涨落潮平均流速减小 0.01~0.03m/s。

西瑁沿岸珊瑚礁区大潮涨急流速减小 0.02~0.04m/s,落急流速减小 0.01~0.02m/s;小潮涨急流速减小 0~0.04m/s,小潮落急流速减小 0.01~0.02m/s;大小潮涨落潮平均流速变化在 ±0.02m/s 以内。

鹿回头沿岸珊瑚礁区大潮涨急流速减小 0.01~0.02m/s,落急流速减小 0.01~0.02m/s;小潮涨落急流速基本没有变化;大小潮涨落潮平均流速减小 0~0.01m/s。

红塘湾沿岸珊瑚礁区大潮涨急流速变化在-0.23~0.22m/s,落急流速变化-0.07~0.15m/s;小潮涨急流速变化-0.09~0.11m/s,小潮落急流速变化-0.05~0.11m/s;大小潮涨落潮平均流速减小 0~0.19m/s。

天涯海角旅游休闲娱乐区大潮涨急流速变化在 -0.11~0.02m/s,落急流速变化 -0.02~0.05m/s;小潮涨急流速减小 0.03~0.05m/s,小潮落急流速减小 0.01~0.05m/s;大小潮涨

落潮平均流速减小 0~0.04m/s。

南山旅游休闲娱乐区大潮涨急流速变化在-0.14~-0.24m/s，落急流速变化-0.03~0.10m/s；小潮涨急流速减小 0.02~0.10m/s，小潮落急流速减小 0.02~0.08m/s；大小潮涨落潮平均流速减小 0~0.15m/s。

三亚湾旅游休闲娱乐区、崖州湾旅游休闲娱乐区、三亚河红树林自然保护区、中华白海豚分布区、崖州湾西侧开放式养殖区大潮涨急流速变化幅度小于 0.01m/s，小潮基本不变。

崖州湾围海养殖区、西瑁州岛西侧深水网箱养殖区、三亚湾海洋牧场人工鱼礁区大潮涨急流速减小 0.04~0.06m/s，落急流速减小 0.05~0.06m/s；小潮涨急流速减小 0~0.05m/s，小潮落急流速减小 0~0.04m/s；大小潮涨落潮平均流速减小 0~0.04m/s。

崖州中心渔港、南山港一期、南山港南侧渔港及码头附近水流基本不变。

浅表海水环境试验区大潮涨急流速增大 0.28m/s，落急流速增大 0.17m/s；小潮涨急流速增大 0.17m/s，小潮落急流速减小 0.13m/s；大小潮涨落潮平均流速减小 0.1m/s 左右。

太平洋油石油公司海域流速有增有减，整体以增大为主，大潮涨急流速变化在-0.27~0.33m/s，落急流速变化在-0.13~0.22m/s；小潮涨急流速变化-0.09~0.13m/s，小潮落急流速变化-0.10~0.18m/s；大小潮涨落潮平均流速变化-0.18~0.21m/s。

天涯海角海上巴士码头、三亚凤凰岛客运码头区附近的各特征流速变化幅度均在-0.01~0.01m/s 之间。

机场人工岛工程建设后南山角以西的崖州湾海域敏感区域崖州湾旅游休闲娱乐区三亚河红树林自然保护区、中华白海豚分布区、崖州湾西侧开放式养殖、崖州湾围海养殖等区流速均没影响。

表 6.1-5 机场人工岛实施前后工程周边环境敏感区特征点流速、流向变化情况对比

位置	特征点	大潮涨急	大潮落急	大潮涨急	大潮落急	大潮涨潮	大潮落潮	小潮涨急	小潮落急	小潮涨急	小潮落急	小潮涨潮	小潮落潮
		流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速	流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速
		m/s	m/s	度	度	m/s	m/s	m/s	m/s	度	度	m/s	m/s
三亚珊瑚礁海洋保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)	SL1	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SL2	-0.02	-0.01	0	0	-0.01	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01
	SL3	-0.02	-0.01	0	0	-0.01	-0.01	0	0	0	0	-0.01	-0.01
	SL4	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SL5	0	-0.01	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	SL6	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
	SL7	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	-2	0
三亚珊瑚礁自然保护区(东西瑁洲片区)	SM1	-0.05	-0.02	0	-1	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	0	-1	-0.02	-0.02
	SM2	-0.04	-0.05	-1	-1	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-1	-1	-0.02	-0.03
	SM3	-0.03	-0.02	-1	-1	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-1	-1	-0.01	-0.01
	SM4	-0.03	0	-1	0	-0.02	0	-0.02	-0.01	-1	-1	-0.01	0
	SM5	-0.03	-0.02	0	0	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0	0	-0.01	-0.01
	SM6	-0.02	-0.01	0	0	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-1	-1	-0.01	-0.01
	SM7	-0.01	-0.01	-1	0	-0.01	0	-0.01	-0.01	0	-1	-0.01	0
西瑁沿岸珊瑚礁	XM1	0	-0.02	3	-1	0	-0.01	0	-0.03	1	-2	0	-0.01
	XM2	-0.03	0.02	0	0	-0.02	0.02	-0.02	0.01	0	0	-0.01	0.01
	XM3	-0.02	0	-1	0	-0.01	0.01	-0.01	0	-2	0	-0.01	0.01
	XM4	-0.04	-0.01	0	0	-0.02	0	-0.04	-0.01	0	0	-0.02	0
鹿回头沿岸珊瑚礁	L1	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	L2	-0.01	-0.02	0	0	-0.01	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01
	L3	-0.02	-0.02	0	0	-0.01	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01
	L4	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
	L5	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
红塘湾沿岸珊瑚礁	YS1	0.02	-0.03	1	0	0.02	-0.03	0.01	-0.03	0	0	0	-0.02

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

位置	特征点	大潮涨急	大潮落急	大潮涨急	大潮落急	大潮涨潮	大潮落潮	小潮涨急	小潮落急	小潮涨急	小潮落急	小潮涨潮	小潮落潮
		流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速	流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速
		m/s	m/s	度	度	m/s	m/s	m/s	m/s	度	度	m/s	m/s
	YS2	0	-0.01	3	0	0	-0.01	0.01	-0.01	-1	0	0	-0.01
	YS3	-0.03	-0.02	1	0	-0.02	-0.02	0	-0.02	2	0	-0.01	-0.02
	YS4	-0.07	-0.03	0	1	-0.05	-0.03	-0.03	-0.02	0	0	-0.02	-0.02
	YS5	-0.16	-0.06	1	0	-0.12	-0.05	-0.06	-0.03	1	0	-0.04	-0.03
	YS6	-0.28	-0.07	0	0	-0.19	-0.06	-0.11	-0.05	0	0	-0.09	-0.04
	YS7	-0.23	-0.05	1	0	-0.14	-0.04	-0.09	-0.03	0	0	-0.07	-0.02
	YS8	-0.15	-0.03	2	1	-0.08	-0.01	-0.06	-0.03	-1	2	-0.05	-0.01
	YS9	-0.1	-0.02	0	0	-0.06	-0.01	-0.05	-0.02	2	3	-0.03	0
	YS10	-0.08	-0.01	0	1	-0.05	0	-0.03	-0.01	0	1	-0.03	0
	YS11	-0.04	0	-8	0	-0.02	0	-0.03	0	-14	0	-0.02	0
	YS12	-0.05	0.02	0	0	-0.03	0.01	-0.02	0.01	-1	0	-0.02	0.01
	YS13	-0.01	0	5	0	-0.01	0	-0.02	0	11	0	0	0
	YS14	0.01	0.06	1	-1	0	0.04	0.02	0.05	-3	0	0.01	0.03
	YS15	0.19	0.15	-2	-1	0.11	0.09	0.09	0.13	-2	-1	0.06	0.08
	YS16	0.22	0.14	-1	-1	0.13	0.09	0.12	0.11	-1	-1	0.08	0.07
	YS17	0.15	0	-4	0	0.07	0	0.08	0	-4	0	0.05	0
	YS18	0.08	0.1	1	7	0.05	0.07	0.06	0.08	5	6	0.03	0.06
	YS19	0.11	0.01	-2	-1	0.06	0	0.06	0.01	-4	-1	0.04	0
	YS20	0.16	0	79	0	0.08	0	0.03	0	-19	0	0.02	0
	YS21	0.05	0	-55	-1	0.03	0	0.03	0	-30	-2	0.02	0
	YS22	0.04	0.01	201	0	0.01	0	0.02	0.01	-4	1	0.01	0
	YS23	-0.01	0.01	0	0	-0.01	0	-0.01	0.01	-1	1	0	0
	YS24	0.01	0.01	7	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
天涯海角旅游休闲	T1	0	0.01	-5	44	0	0	0	-0.01	0	0	-0.01	-0.01
娱乐区	T2	0	0	36	2	0	0	0	0	0	0	-0.01	-0.01
天涯海角旅游休闲	T3	-0.02	-0.02	0	1	-0.01	0	-0.03	-0.01	0	1	-0.01	-0.01

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

位置	特征点	大潮涨急	大潮落急	大潮涨急	大潮落急	大潮涨潮	大潮落潮	小潮涨急	小潮落急	小潮涨急	小潮落急	小潮涨潮	小潮落潮
		流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速	流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速
		m/s	m/s	度	度	m/s	m/s	m/s	m/s	度	度	m/s	m/s
娱乐区-天涯石、海角石	T4	-0.11	-0.05	1	0	-0.09	-0.04	-0.05	-0.05	1	0	-0.04	-0.04
南山旅游休闲娱乐区	N1	-0.24	-0.07	3	1	-0.17	-0.05	-0.09	-0.07	2	1	-0.07	-0.05
	N2	-0.25	-0.1	-1	0	-0.15	-0.06	-0.1	-0.08	0	0	-0.08	-0.05
	N3	-0.05	-0.03	-4	-2	-0.03	-0.02	-0.04	-0.02	-2	-2	-0.03	-0.01
	N4	-0.14	-0.03	-1	-1	-0.08	-0.02	-0.07	-0.03	0	0	-0.05	-0.02
南山旅游休闲区-南海观音	NG1	-0.03	-0.02	0	0	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0	1	-0.01	-0.01
三亚湾旅游休闲娱乐区	SY1	-0.01	0	0	-1	-0.01	0	-0.01	-0.01	0	0	-0.01	0
	SY2	-0.01	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0
	SY3	0	0	-1	-1	0	-0.01	0	0	-2	0	0	-0.01
	SY4	0	0	-2	-3	0	0	0	0	-5	-1	0	0
	SY5	-0.04	-0.03	0	-1	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	0	0	-0.02	-0.02
	SY6	-0.02	-0.01	0	0	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0	-1	-0.01	-0.01
三亚湾旅游休闲娱乐区	SY7	-0.02	0	-2	0	-0.01	0	0	0	-4	0	-0.01	0
崖州湾旅游休闲娱乐区	YZ1	0.01	-0.02	0	-7	0	0	0	-0.02	-8	-6	0	0
	YZ2	0	-0.02	-8	-6	0	-0.01	-0.01	-0.01	-1	0	0	0
三亚河红树林自然保护区	HS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中华白海豚分布区	ZH1	-0.01	-0.01	0	0	0	0	-0.01	0	0	0	0	0
	ZH2	-0.01	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01	1	1	0	-0.01
崖州湾西侧开放式养殖	YY1	-0.01	-0.01	0	0	-0.01	0	0	-0.01	1	0	0	0
	YY2	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	-1	0	0
崖州湾围海养殖	YW1	-0.04	-0.05	1	-2	-0.02	-0.03	-0.05	-0.03	0	-2	-0.02	-0.02
西瑁州岛西侧深水	WX1	-0.06	-0.06	0	-2	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-2	-2	-0.03	-0.03

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

位置	特征点	大潮涨急	大潮落急	大潮涨急	大潮落急	大潮涨潮	大潮落潮	小潮涨急	小潮落急	小潮涨急	小潮落急	小潮涨潮	小潮落潮
		流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速	流速变化	流速变化	流向变化	流向变化	平均流速	平均流速
		m/s	m/s	度	度	m/s	m/s	m/s	m/s	度	度	m/s	m/s
网箱养殖													
三亚湾海洋牧场人工鱼礁	HC1	-0.07	-0.06	-1	-2	-0.04	-0.03	-0.05	-0.04	-2	-2	-0.03	-0.02
	HC2	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
崖州中心渔港	YW2	0	-0.02	0	-1	0	-0.01	0	-0.02	-4	-1	0	0
南山港一期	NSG1	0	-0.02	2	-2	0	-0.01	0	-0.02	-1	-2	0	-0.01
	NSG2	0	-0.03	0	0	0.01	-0.01	0	-0.03	0	0	0	-0.01
南山港南侧渔港及码头	NSY1	0	-0.03	0	0	0.01	-0.02	0	-0.03	-1	0	0	-0.01
浅表海水环境试验	GF1	0.28	0.17	0	0	0.18	0.12	0.17	0.13	-1	0	0.11	0.09
太平洋石油公司	TP1	0.33	0.22	-2	-2	0.21	0.13	0.19	0.18	-2	-1	0.12	0.11
	TP2	0.19	0.09	-7	-5	0.12	0.05	0.1	0.08	-8	-5	0.07	0.05
	TP3	-0.14	-0.13	-10	-3	-0.09	-0.06	-0.09	-0.08	-4	-2	-0.06	-0.04
	TP4	-0.27	-0.08	5	2	-0.18	-0.03	-0.09	-0.1	4	2	-0.07	-0.04
	TP5	-0.11	-0.06	2	0	-0.09	-0.04	-0.05	-0.05	1	1	-0.04	-0.04
	TP6	-0.02	-0.03	0	0	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0	1	-0.01	-0.02
	TP7	-0.02	-0.03	0	1	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0	1	-0.01	-0.01
	TPM1	-0.02	-0.02	0	1	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0	3	-0.01	-0.01
TPM2	-0.01	0.01	-1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	
天涯海角海上巴士码头	BS1	-0.03	0	10	0	-0.01	0	-0.02	0	-2	1	-0.01	0
	BS2	-0.01	-0.01	3	3	0	-0.01	-0.02	0	2	3	-0.01	0
	BS3	0	-0.03	-8	-5	0	0	-0.01	-0.01	-5	3	0	-0.01
三亚凤凰岛客运码头	FH1	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	-8	0	0	0
	FH2	0.01	0.01	-1	7	0.01	0.01	0.01	0.01	-1	0	0.01	0.01

根据机场人工岛工程实施后典型潮情况下工程区附近的潮汐水流，并与工程前进行了对比分析，绘制了工程实施前后大、中、小潮涨、落潮平均流速变化的等值线图，见图 6.1-5。

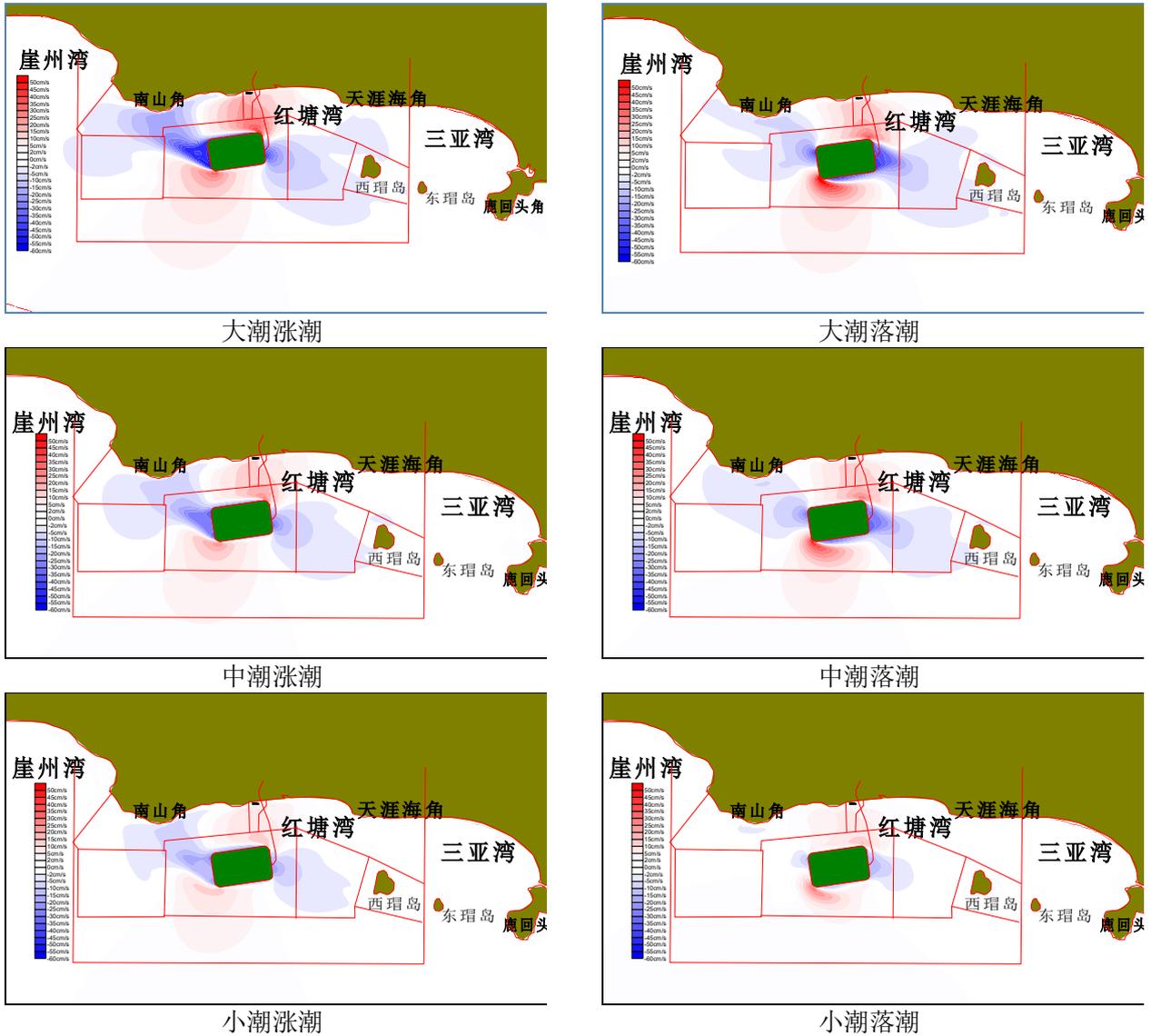


图 6.1-5 工程方案实施后涨落潮平均流速变化等值线图

从图表中可以看出，工程前后的流速呈现以下特征：

(1) 工程建设前，工程区海域涨、落急流速均较小，拟建机场人工岛水域涨落急流速相对比较均匀，大潮涨落急流速在 0.61~0.94m/s，小潮涨落急流速在 0.39~0.67m/s；西瑁洲的珊瑚礁保护区涨、落急平均流速东西侧较小，南北两侧流速较大，主要受岛屿阻流作用，大潮南北侧涨落急最大流速达 0.97m/s。

(2) 机场人工岛工程实施后，人工岛周边潮流动力格局有一定改变。新机场人工岛陆侧间通道、机场人工岛西南侧、流速均增加明显，在机场人工岛东西两侧流速减小明显。大潮涨、落急流速影响范围，东侧在西瑁洲，西侧接近南山特殊码头，北侧影响至红塘湾沿岸；小潮涨、

落急流速影响范围要明显小于大潮。在人工岛附近，人工岛西南角离堤根附近流速，该处 P3 点大潮涨、落潮最大流速 1.22m/s 和 1.43m/s，与现状涨、落急流速比较分别增大 0.32m/s 和 0.55m/s；小潮涨、落急最大流速达到 0.88m/s 和 1.16m/s，比现状涨、落急流速增加了 0.31m/s 和 0.52m/s。在人工岛东北角，大潮涨、落急最大流速达到 1.34m/s 和 1.29m/s，比现状涨、落急流速增加了 0.67m/s 和 0.59m/s，小潮涨、落急最大流速达到 0.89m/s 和 1.01m/s，比现状涨、落急流速增加了 0.44m/s 和 0.48m/s。工程后，机场人工岛南北两侧流向基本呈东南-西北走向。

6.1.1.4.3 岸滩防护工程实施后的流场变化特征分析

根据三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题研究成果，防护对策方案主要包括临空产业园人工岛拆除后的北护岸潜堤部分、南山风景区东西两侧的拦沙堤、近岸潜堤和人工补沙等。就潮流和海床冲淤影响而言，近岸潜堤、拦沙堤等工程都位于-2m 以浅的近岸破波带区域，其引起的岸滩冲淤变化主要通过由破波带沿岸输砂完成，主要从工程实施后的岸线冲淤变化方面考虑。对于潮流动力和海床冲淤的可能影响，主要是临空产业园拆除后的离岸潜堤（图 6.1-6）。

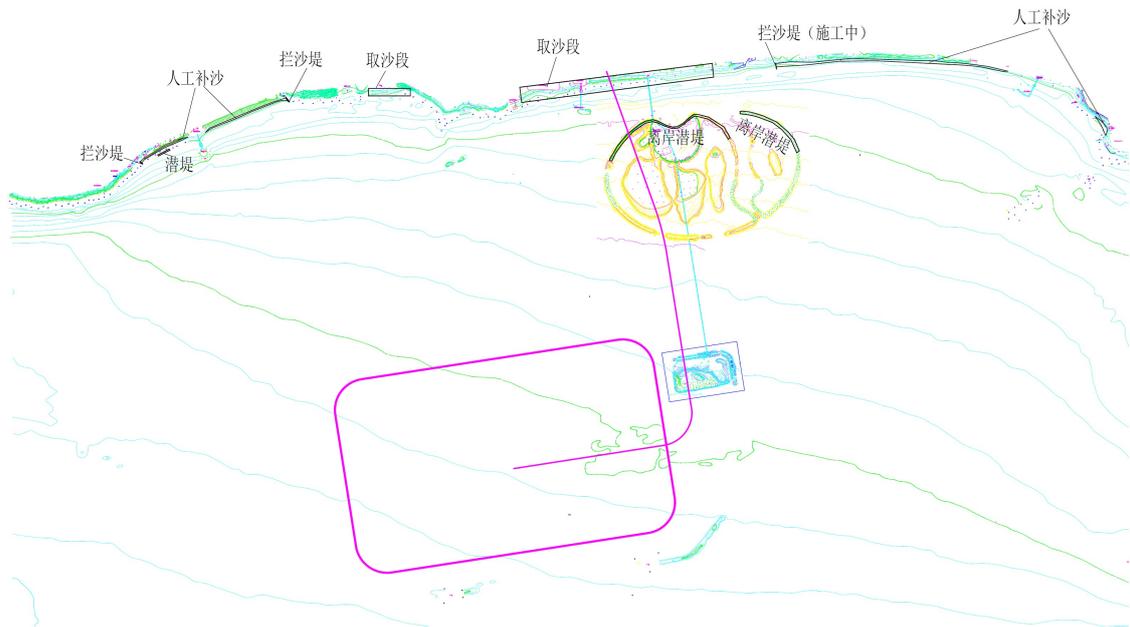


图 6.1-6 岸滩防护对策方案示意图

计算结果显示，因潜堤整体走向与水流方向基本顺直，为分段式布置，顶部可过水，对水流阻水作用并不很明显，主要表现在对落潮水流的局部阻挡作用，对涨潮水流影响并不明显。与对策方案实施前的方案二人工岛工程实施后相比，水流变化主要表现在潜堤阻挡的东侧约 2km 范围内流速略有减小，但减小幅度在 0.3m/s 以内，影响范围在天涯区以西的对应岸段，对新机场人工岛与陆域之间的通道水流整体影响较小。

同时，局部放大的流速变化对比显示，连岛大桥的桥墩局部水流有所减小，桥墩之间流速有所增大，但减小和增大的幅度一般在 0.2m/s 以内，桥墩顺流方向在涨落潮期间的流速变化范围也不超过 1km。整体而言，因桥墩尺度较小，对周边海域的流场影响较小，不致形成对整个海域潮汐流场格局的影响。

整体而言，岸滩防护对策工程方案实施后，对周边海域的流场影响与人工岛工程方案二实施后没有本质区别，具体表现为：

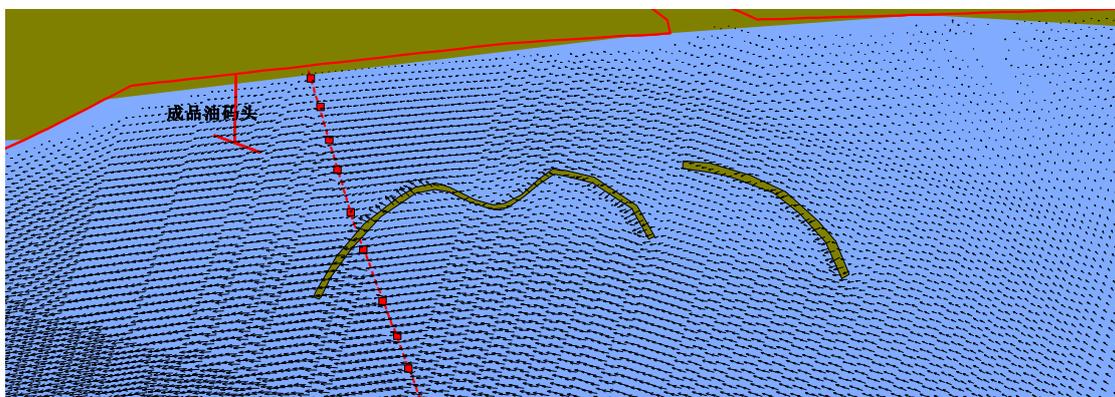
(1) 从整体流程影响角度，工程实施后，与现状相比新机场附近的红塘湾海域的流态发生一定变化。涨潮时，水流从新机场人工岛南北两侧通过，流速增大，在新机场人工岛西侧形成缓流区，流速响应减小；落潮时海域整体水流向东，在人工岛东南侧也形成缓流区；现状工程条件下（工程前）整个海区涨、落急流速均较小，拟建机场人工岛及离岸潜堤水域涨落急流速相对比较均匀，大潮涨落急流速在 0.61~0.94m/s，小潮涨落急流速在 0.39~0.67m/s；西瑁洲的珊瑚礁保护区涨、落急平均流速东西侧较小，南北两侧流速较大，主要受岛屿阻流作用，大潮南北侧涨落急最大流速达 0.97m/s。

推荐方案人工岛与防护对策方案工程实施后，受人工岛和离岸潜堤与水流主轴向垂直方向（南北向）阻水影响，人工岛东西两侧普遍形成缓流区，流速减小幅度越靠近人工岛越大。涨潮时人工岛西侧平均流速减小 0.2~0.4m/s，50~70%，东侧平均流速减小 0.1~0.2m/s，20~50%。落潮时人工岛西侧平均流速减小 0.1~0.2m/s，20~50%，东侧平均流速减小 0.3~0.4m/s，50~80%。涨潮期间西侧影响范围更大，落潮期间东侧影响范围较大，即潮流影响主要集中在水流的下游方向，上游影响相对较小。与此同时，南北两侧在人工岛挑流后形成绕流，南北两侧流速普遍增大，其中南侧开敞区流速增大的范围更大，但增幅较小，靠陆一侧为人工岛与潜堤之间，过水断面减小，流速有一定增大，但主要集中在靠近人工岛的附近，流速变化的范围明显小于人工岛南侧区域。潜堤东西两侧的影响与人工岛类似，但因潜堤尺度较小且顶部过水，影响范围和尺度远小于人工岛本身，主要表现在东侧天涯区以西对应海域的流速减小，减小幅度不超过 0.2m/s。

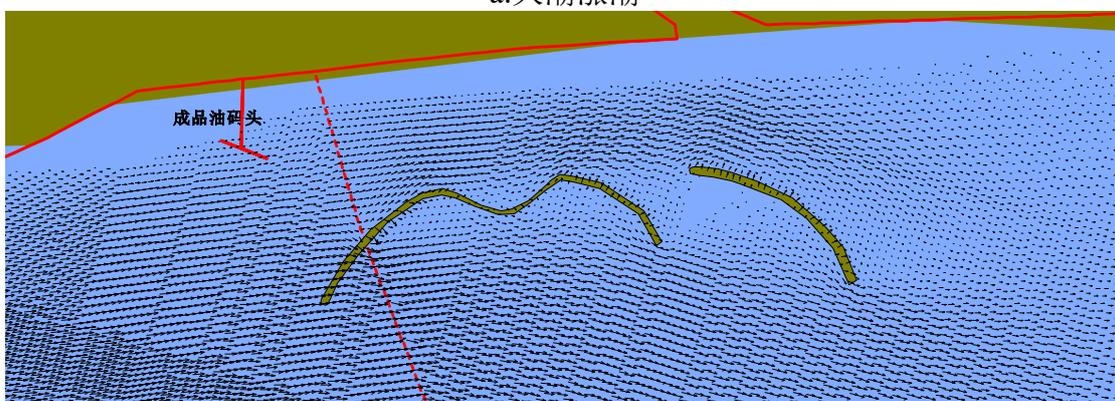
人工岛西南角（P3、P15）大潮涨潮平均流速增大 0.1~0.2m/s，约 30%~40%；落潮平均流速增大 0.1~0.4m/s，约 20%~80%。人工岛东北角大潮涨、落潮平均流速增大 0.2~0.4m/s，约 30%~80%；

机场人工岛工程实施后，人工岛周边潮流动力格局有一定改变。新机场人工岛陆侧间通道、机场人工岛西南侧、流速均增加明显，在机场人工岛东西两侧流速减小明显。大潮涨、落急流速影响范围，东侧在西瑁洲，西侧接近南山特殊码头，北侧影响至红塘湾沿岸；小潮涨、落急

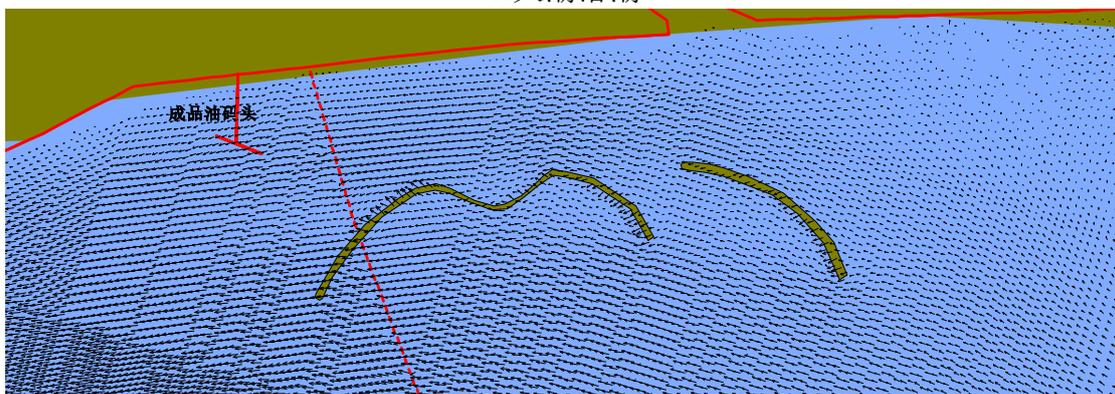
流速影响范围要明显小于大潮。在人工岛附近，人工岛西南角离堤根附近流速，大潮涨、落潮最大流速 1.22m/s 和 1.43m/s，与现状涨、落急流速比较分别增大 0.32m/s 和 0.55m/s；小潮涨、落急最大流速达到 0.88m/s 和 1.16m/s，比现状涨、落急流速增加了 0.31m/s 和 0.52m/s。



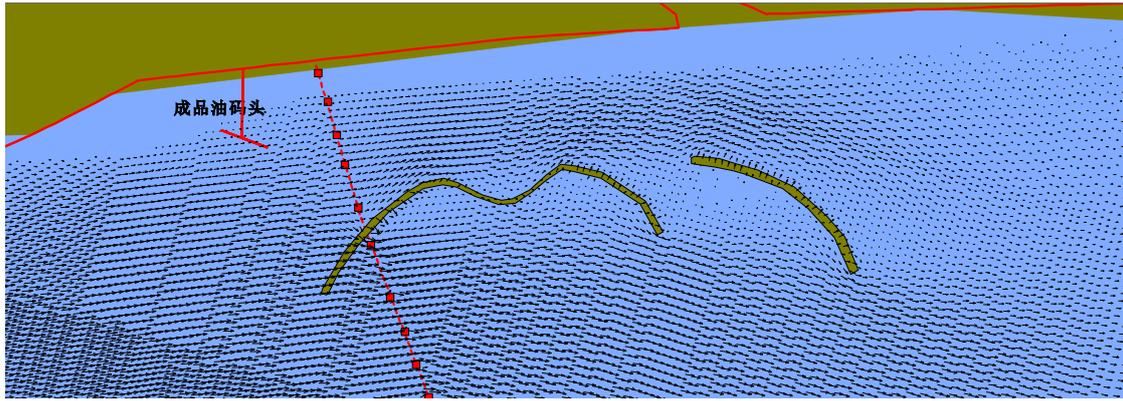
a.大潮涨潮



b.大潮落潮



c.小潮涨潮



d.小潮落潮

图 6.1-7 岸滩防护对策方案实施后离岸潜堤附近特征时刻流场图

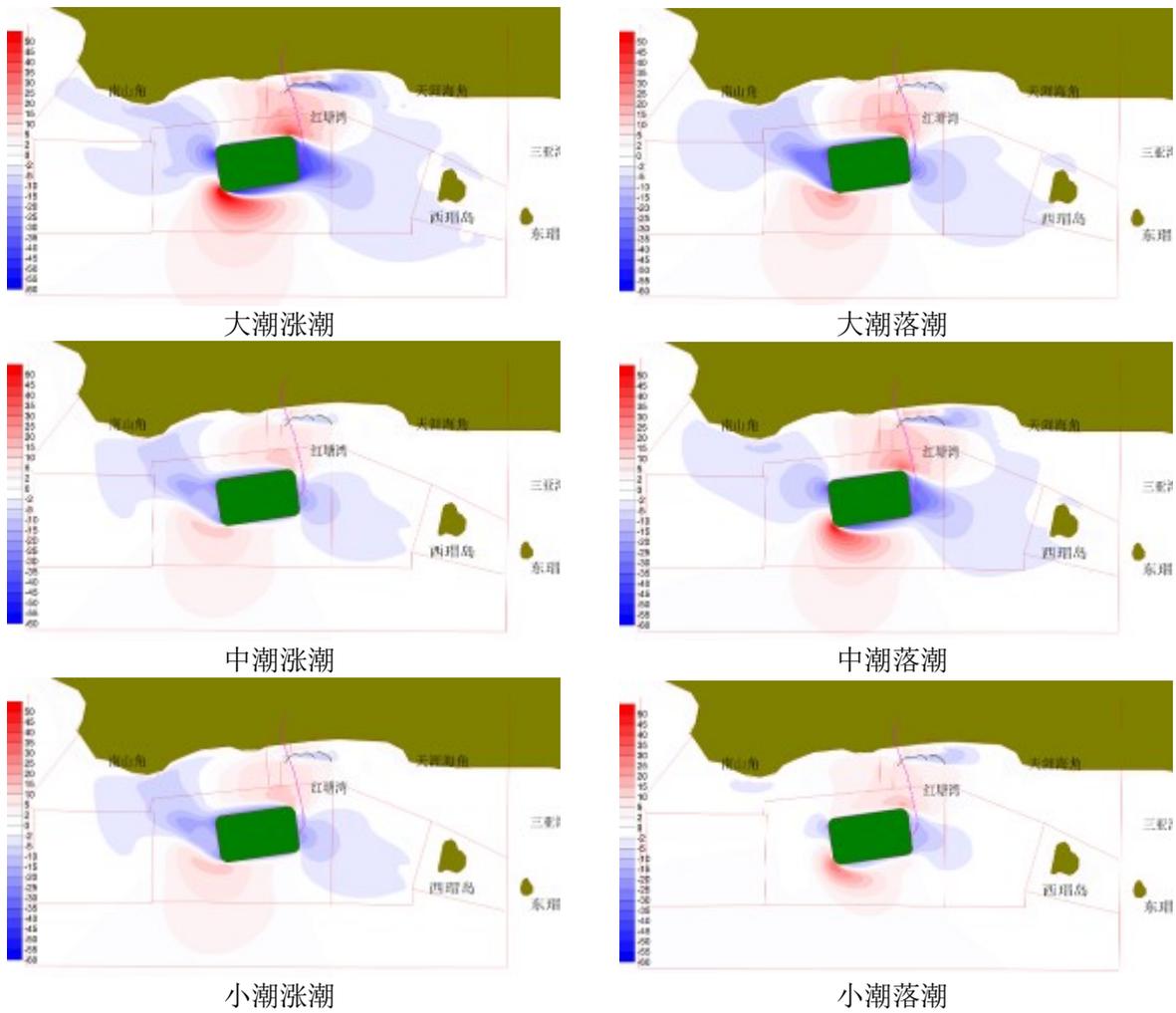


图 6.1-8 岸滩防护对策方案实施后涨落潮流速变化等值线

6.1.1.5 小结

工程方案实施后的潮流场影响计算表明，由于工程所在区域水深较大，工程规模较大，三亚新机场人工岛工程实施后对由东向西涨潮流和由西向东的落潮流有一定阻水和挑流作用，主

要表现为因岛体阻水形成南北绕流，并在东西两侧出现缓流区。即人工岛工程实施后，原流经人工岛体附近的水体绕过岛体经南北两侧绕流，在人工岛东西两侧水流方向发生明显偏转，流速明显减小，南北两侧流速局部增强。连岛大桥桥墩途径海域因桥墩尺度较小不产生明显的流场变化。

新机场人工岛工程实施后的流速变化对比分析显示，涨潮时人工岛西侧平均流速减小 0.2~0.4m/s（50~70%），东侧平均流速减小 0.1~0.2m/s（20~50%）；落潮时人工岛西侧平均流速减小 0.1~0.2m/s（20~50%），东侧平均流速减小 0.3~0.4m/s（50~80%）。涨潮期间西侧影响范围更大，落潮期间东侧影响范围较大。人工岛北侧人工岛与陆域之间大潮平均流速增大 0.1~0.3 m/s（约 10~50%）。

评价范围内的大部分环境敏感目标因相对远离人工岛，各特征流速的变化幅度均小于 0.05m/s，其中大潮影响略大于小潮。流速变化相对较大的为人工岛与陆地之间通道区段的红塘湾沿岸珊瑚礁区、南山旅游休闲娱乐区、浅表海水环境试验区以及太平洋石油公司海域，局部最大流速增大幅度在 0.2~0.3m/s（20%~30%）。

6.1.2 波浪场影响分析

6.1.2.1 预测方案及计算工况

根据波浪观测的结果，工程海区偏 SSE 向浪出现最多，与观测点的位置和外海波浪传入相关。本次评价分别计算了机场人工岛工程实施前和实施后，对影响工程水域的 7 个主要波向（ESE、SE、SSE、S、SSW、SW、WSW）、设计高水位+100 年一遇、20 年一遇、2 年一遇波浪组合条件下的波浪传播变形计算。本节主要针对常浪向 SSE 方向下和多年一遇平均波高工程前后有效波高变化情况进行分析，其余波浪向条件下的波高变化图见本项目波浪整体数学模型专题报告。

根据环境敏感目标和项目周边现有工程设施的分布情况，选定特征点 E01~E36，各特征点位置见图 6.1-9。

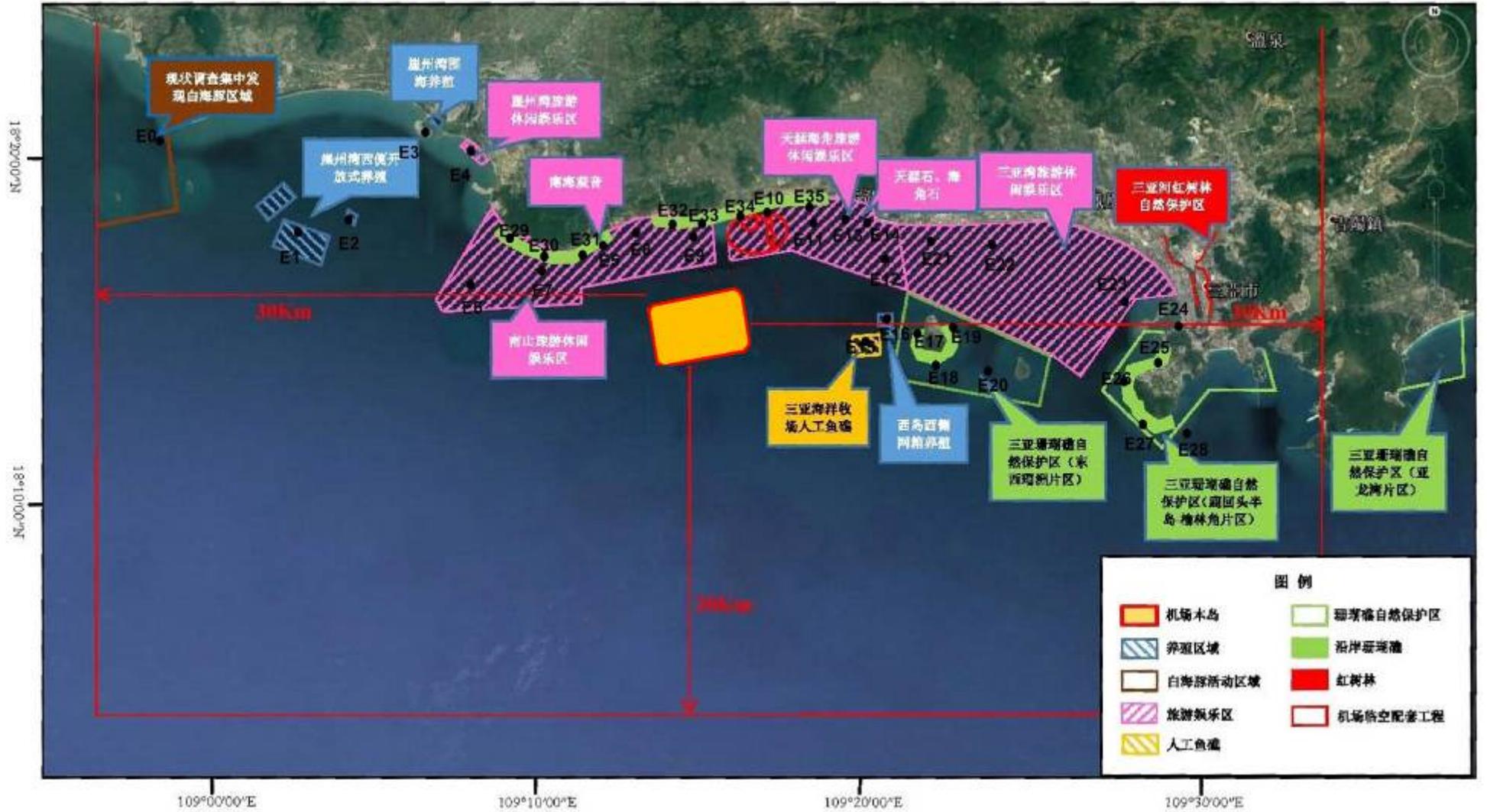


图 6.1-9 工程平面布置和代表点位置图

表 6.1-6a 海洋环境敏感目标特征点对应表

序号	敏感区名称	对应的特征点
1	三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）	E17,E18,E19,E20
	三亚珊瑚礁自然保护区（鹿回头半岛-榆林角片区）	E25,E26,E27,E28
2	沿岸珊瑚礁	E29~E35
3	天涯海角旅游休闲娱乐区	E11~E14
4	天涯石、海角石	E14
5	南山旅游休闲娱乐区	E6,E7,E8,E9
6	南海观音	E5
7	三亚湾旅游休闲娱乐区	E21,E22,E23
8	崖州湾旅游休闲娱乐区	E4
9	三亚河红树林自然保护区	E24
10	中华白海豚分布区	E0
11	崖州湾西侧开放式养殖	E1,E2-
12	崖州湾围海养殖	E3
13	西瑁州岛西侧深水网箱养殖	E16
14	三亚湾海洋牧场人工鱼礁	E15

表 6.1-6b 波浪数模预测现状工程特征点对应表

序号	周边开发活动名称	对应的特征点
1	海南亿和鹏程国际游艇城项目	E0
2	西鼓岛领海基点	E0
3	崖城中心渔港	E3
4	深石礁领海基点	E6
5	南山港一期	E4
6	南山港南侧渔港及码头	E4
7	南海海上观音	E5
8	浅表海水环境试验	E8
9	太平洋石油公司油码头	E34
10	天涯海角海上巴士码头	E13
11	三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程项目	E23
12	三亚凤凰岛客运码头	E23

6.1.2.2 机场人工岛工程建设前波浪计算结果

图 6.1-10 为机场人工岛工程建设前设计高水位下 SSE 向波浪 100 年 1 遇有效波高分布图，图 6.1-11 为设计高水位下 SSE 向波浪 20 年 1 遇有效波高分布图，图 6.1-12 为机场人工岛工程建设前设计高水位下 SSE 向波浪 100 年 1 遇有效波高分布图。

设计高水位条件下 100 年 1 遇波浪、20 年一遇波浪和 2 年一遇波浪的工程特征点波要素见下节。

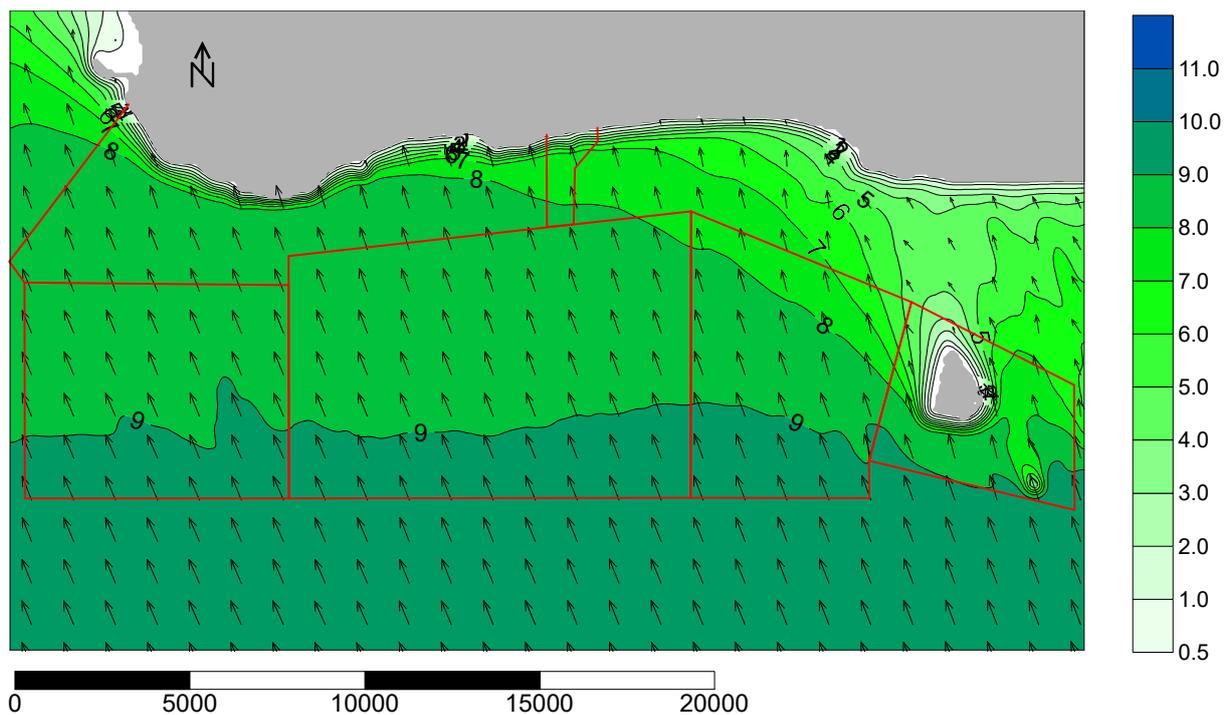


图 6.1-10 100 年 1 遇 SSE 向波浪下有效波高分布图（工程前）

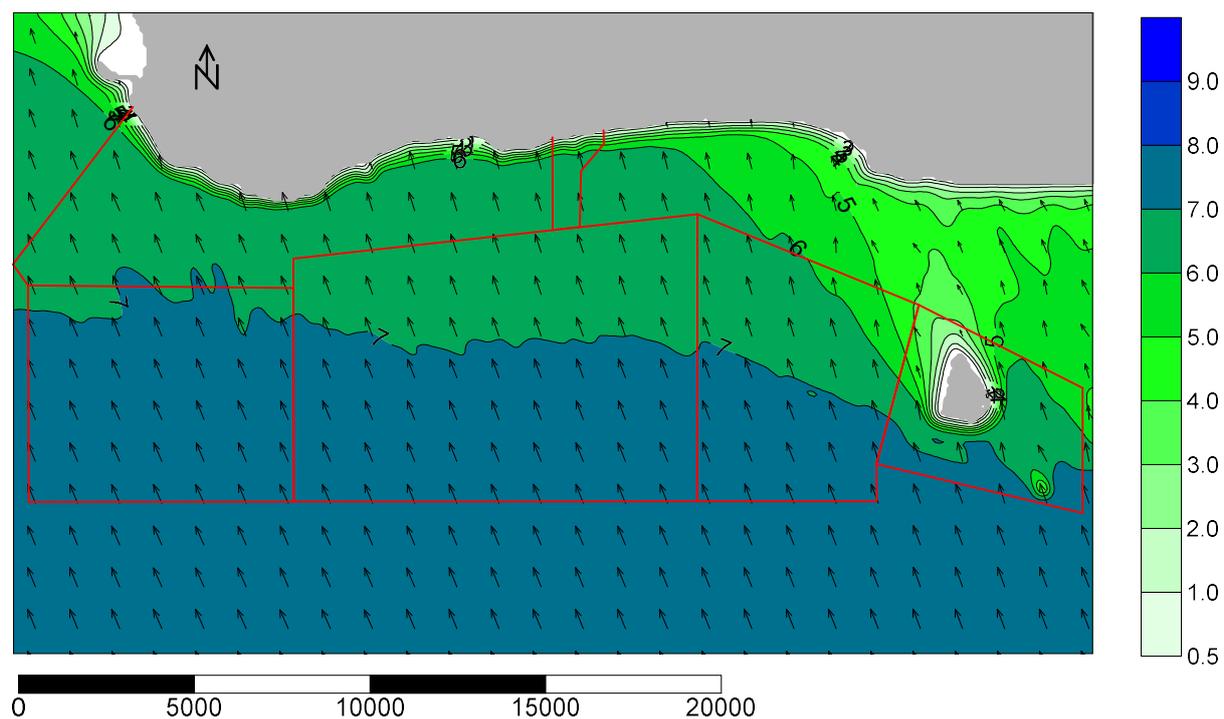


图 6.1-11 20 年 1 遇 SSE 向波浪下有效波高分布图（工程前）

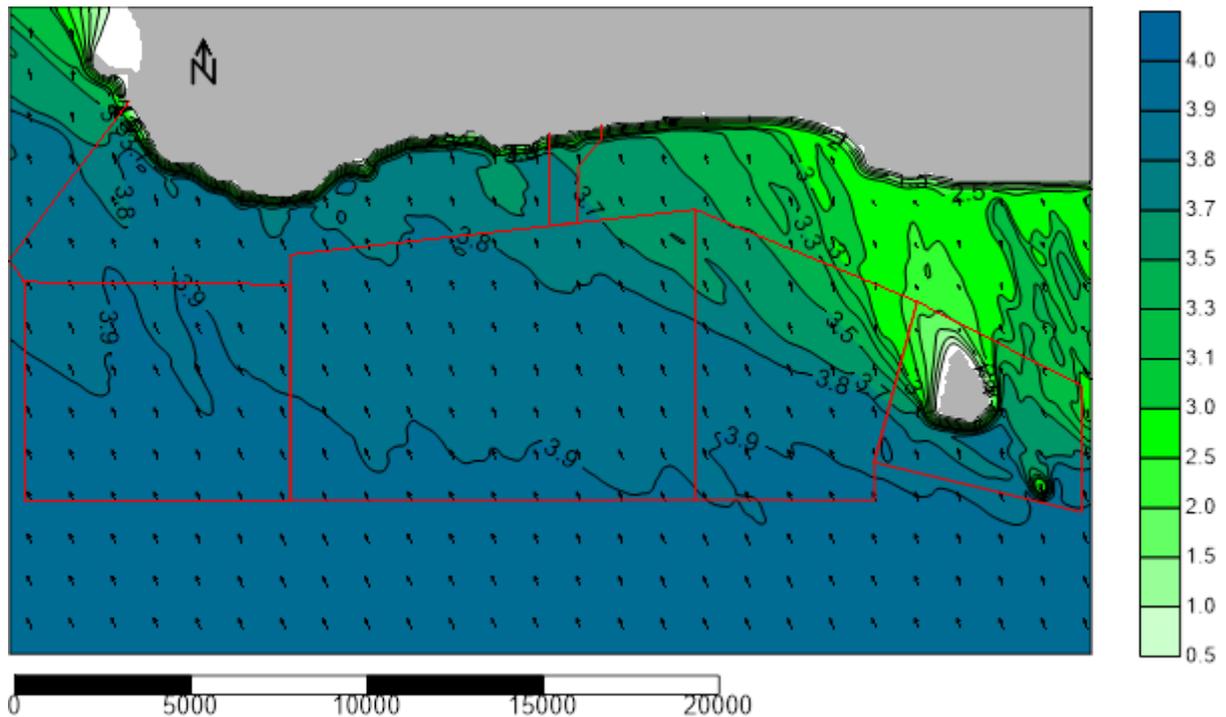


图 6.1-12 2 年 1 遇 SSE 向波浪下有效波高分布图（工程前）

6.1.2.3 机场人工岛工程建设后对波浪影响的计算与分析

与工程建设前的现状波浪场相比，分析机场人工岛建设对波浪的影响，特别是环境敏感目标、现有工程设施区域的波浪的变化。以外海各方位的设计波要素作为开边界条件，通过数学模型模拟了机场人工岛工程前、后各方位的工程附近海域波浪分布，进一步计算工程建成后年波高的增减率。图 6.1-13~图 6.1-15 分别为 100 年、20 年、2 年一遇 SSE 方向波浪有效波高工程前后变化分布图，表 6.1-7 为各浪向下 36 个特征点的工程前后波高变化率统计。

(1) 机场人工岛邻近海域波浪变化：预测结果显示，受人工岛掩护作用，人工岛北侧邻近海域波高显著减小，偏 SSE 向波浪靠近人工岛北护岸附近海域波高减小约 70%；偏 S 向波浪靠近人工岛北护岸附近海域波高减小约 70%；偏 SE 向波浪在西北护岸附近海域，波高减小约 30%；偏 SW 向波浪在东北护岸附近海域，波高减小约 30%。

(2) 机场人工岛附近沿岸海域波浪变化：受机场人工岛掩护作用，机场人工岛北面的沿岸海域波高减小。偏 SE 向时，机场人工岛北面对岸由太平洋石油公司油码头西至南山观音波高减小 15%~65%；由南山角东至南海观音的沿岸海域波高减小、波高变化逐步增加，波高变化由南山角处的 10%增加到南海观音处的 50%；机场人工岛北面对岸太平洋石油公司油码头至天涯海角海上巴士码头波高减小，波高变化逐渐减小，波高变化由油码头附近的 15%减小到巴士码头处的 0%；在天涯海角海上巴士码头东侧沿岸海域波高变化极小。

偏 SSE 向时，机场人工岛北面对岸由太平洋石油公司油码头西至南山观音波高减小 30%~65%；由南山角东至南海观音的沿岸海域波高减小、波高变化逐步增加，波高变化由南山角处的 5%增加到南海观音处的 30%；机场人工岛北面对岸太平洋石油公司油码头至天涯海角海上巴士码头波高减小，波高变化逐渐减小，波高变化由油码头附近的 30%减小到巴士码头处的 0%；在天涯海角海上巴士码头东侧沿岸海域波高变化很小。

偏 S 向时，机场人工岛北面对岸由太平洋石油公司油码头西至南山观音波高减小 7%~65%；由南山角东至南海观音的沿岸海域波高减小 1~7%；机场人工岛北面对岸太平洋石油公司油码头至天涯海角海上巴士码头波高减小，波高变化逐渐减小，波高变化由油码头附近的 55%减小到巴士码头处的 0%；在天涯海角海上巴士码头东侧沿岸海域波高变化极小。

偏 SW 向时，机场人工岛北面对岸由太平洋石油公司油码头西至南山观音波高减小，波高变化逐渐减小，由石油码头处的 30%减小到南山观音处的 1%；由南山角东至南海观音的沿岸海域波高变化极小；机场人工岛北面对岸太平洋石油公司油码头至天涯海角海上巴士码头波高减小，波高变化为 15~40%；在天涯海角海上巴士码头东侧沿岸海域波高变化 0~15%。

(3) 环境敏感目标、现有工程设施区域的波浪变化

外海偏 SE 向、偏 SSE 向、偏 S 向、偏 SW 向波浪时环境敏感目标及现有工程设施对应的特征点的波浪变化率统计见表 6.1-7。

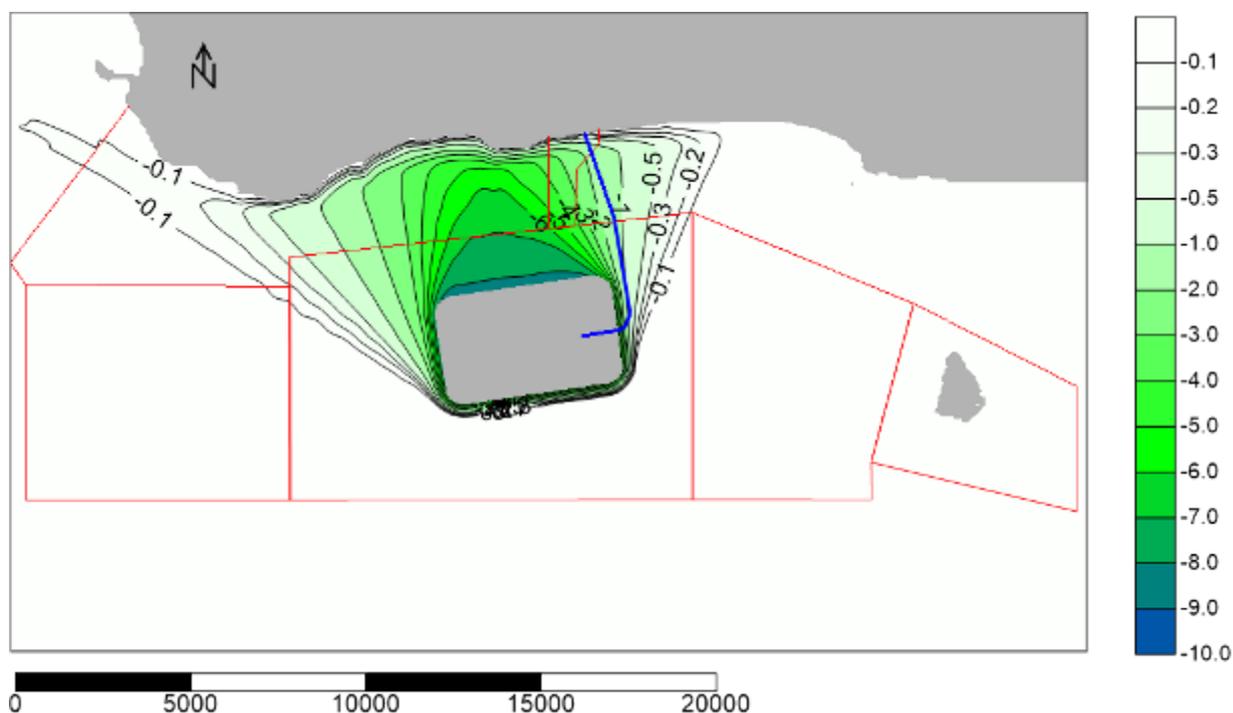


图 6.1-13 100 年 1 遇 SSE 向波浪下有效波高工程前后变化

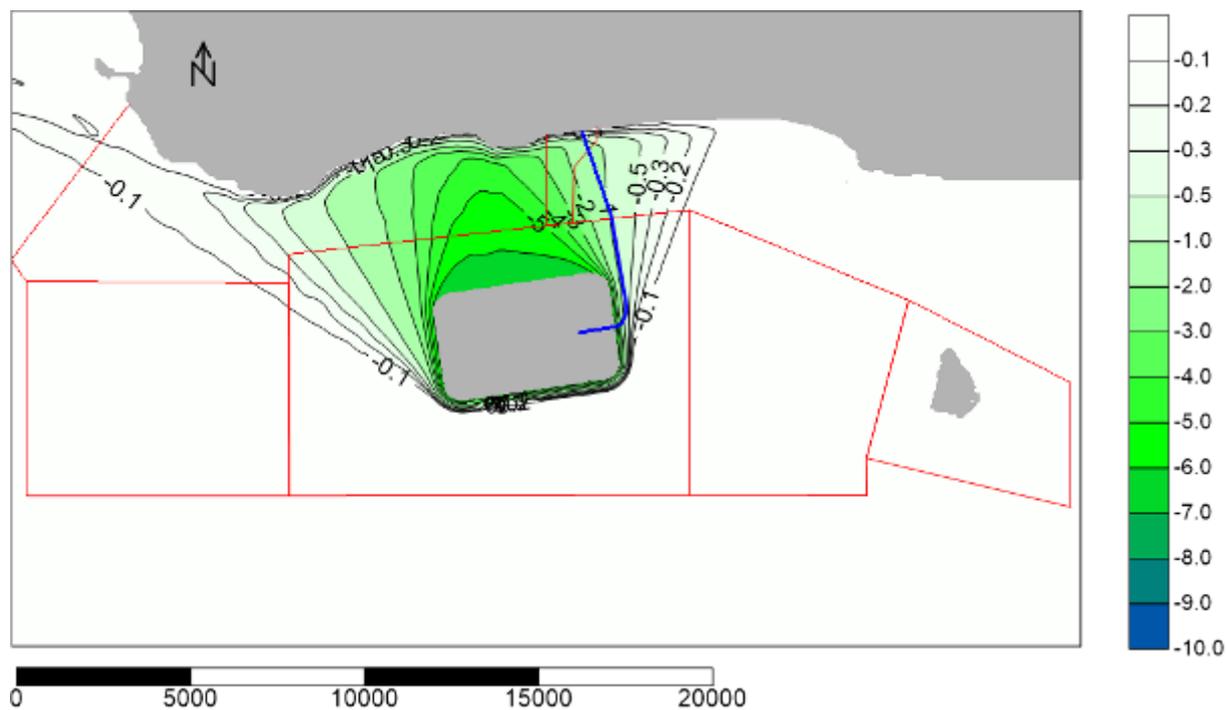


图 6.1-14 20 年 1 遇 SSE 向波浪下有效波高工程前后变化

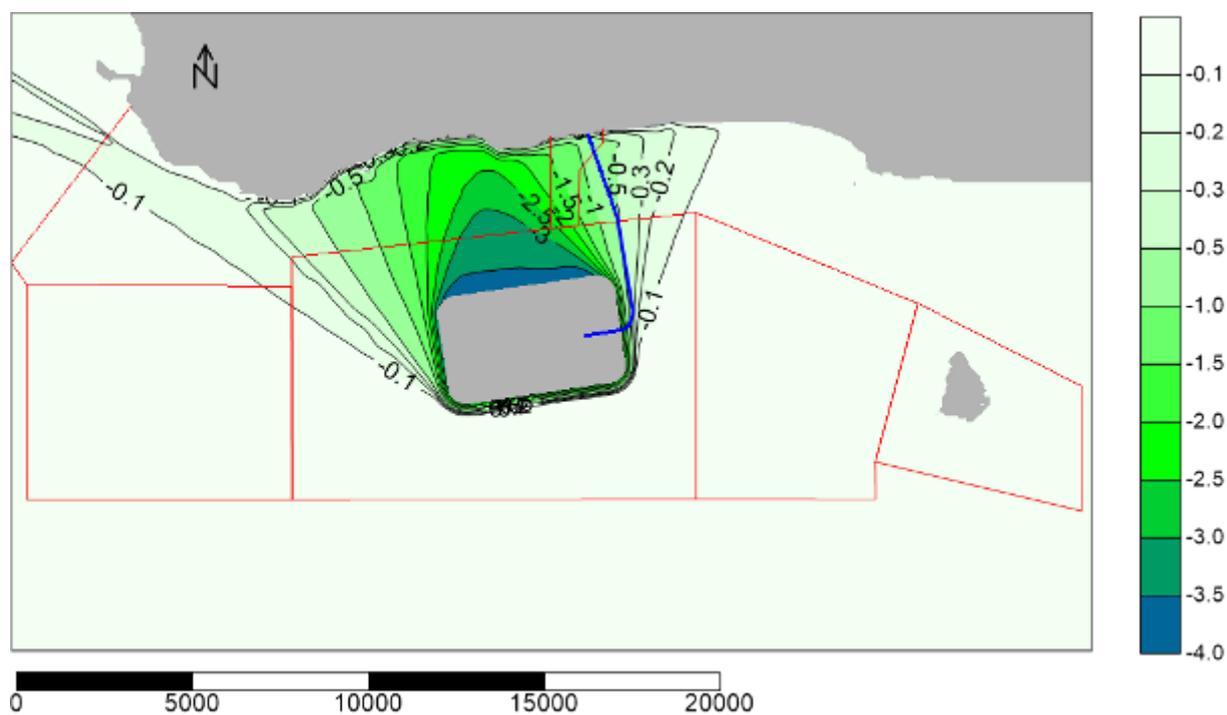


图 6.1-15 2 年 1 遇 SSE 向波浪下有效波高工程前后变化

表 6.1-7 各环境敏感目标波高 变化率统计表

敏感区名称	特征点	重现期	SSE (常浪向)			S (次常浪向)			SW (强浪向)			WSW (次强浪向)		
			波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)
中华白海豚分布区	E0	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-3%	-1	0%	0%	0
		20年一遇	0%	0%	0	0%	-1%	0	0%	-1%	0	0%	0%	1
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
崖州湾西侧开放式养殖	E1	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	1	0%	1%	0
		20年一遇	0%	0%	0	0%	1%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	0%	0%	1	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
	E2	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	1	0%	1%	0
		20年一遇	0%	0%	0	0%	1%	1	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-1%	0%	1	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
崖州湾围海养殖	E3	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-3%	0	0%	0%	0
		20年一遇	0%	-2%	-1	0%	-2%	0	0%	-2%	0	0%	-2%	0
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	1	0%	0%	0	0%	0%	0
崖州湾旅游休闲娱乐区	E4	100年一遇	0%	-2%	0	0%	0%	0	0%	-2%	0	0%	0%	0
		20年一遇	0%	-2%	0	0%	-2%	0	0%	-2%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-1%	0%	0	0%	-2%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
南海观音	E5	100年一遇	-17%	1%	5	0%	1%	2	0%	0%	1	0%	1%	0
		20年一遇	-24%	4%	7	-7%	2%	3	0%	0%	1	0%	0%	0
		2年一遇	-27%	-4%	9	-8%	-1%	7	0%	-1%	1	0%	0%	0
南山旅游休闲娱乐区	E6	100年一遇	-1%	0%	0	0%	0%	0	0%	1%	0	0%	0%	0
		20年一遇	-1%	0%	1	0%	1%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-2%	0%	1	0%	0%	7	0%	0%	0	0%	0%	0
	E7	100年一遇	-2%	0%	1	0%	0%	1	0%	0%	0	0%	0%	0
		20年一遇	-3%	0%	1	0%	1%	1	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-3%	1%	2	0%	0%	7	0%	0%	0	0%	0%	0
	E8	100年一遇	-45%	1%	13	-21%	0%	9	-1%	0%	4	0%	0%	1
		20年一遇	-47%	4%	16	-23%	4%	12	-1%	1%	4	0%	0%	1

敏感区名称	特征点	重现期	SSE (常浪向)			S (次常浪向)			SW (强浪向)			WSW (次强浪向)		
			波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)
		2年一遇	-48%	-12%	16	-23%	-4%	14	-1%	0%	3	0%	0%	1
	E9	100年一遇	-75%	-20%	2	-66%	-6%	20	-19%	1%	22	0%	1%	16
		20年一遇	-76%	-25%	-1	-66%	-7%	24	-18%	0%	19	0%	-1%	12
		2年一遇	-74%	-35%	-9	-68%	-24%	20	-19%	-6%	15	0%	-2%	8
天涯海角旅游休闲娱乐区	E11	100年一遇	0%	0%	-1	-2%	0%	-2	-23%	-1%	-4	-41%	2%	-7
		20年一遇	0%	0%	-1	-2%	0%	-3	-23%	1%	-7	-39%	3%	-8
		2年一遇	-1%	0%	-1	-3%	-1%	-3	-28%	-7%	-7	-42%	-13%	0
	E12	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	-6%	0%	-2	-18%	0%	-3
		20年一遇	0%	-1%	0	0%	0%	0	-7%	0%	-3	-21%	1%	-4
		2年一遇	0%	0%	0	0%	1%	-1	-9%	-1%	-4	-28%	-3%	-5
	E13	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	-2	-17%	-1%	-3	-35%	0%	-3
		20年一遇	0%	-2%	0	0%	0%	-2	-17%	-3%	-4	-36%	-2%	-4
		2年一遇	-1%	0%	-1	0%	0%	-3	-16%	0%	-5	-33%	-3%	-4
天涯石、海角石	E14	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	-1	-11%	-1%	-2	-26%	0%	-2
		20年一遇	0%	-1%	0	0%	0%	0	-11%	1%	-3	-25%	1%	-3
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	-1	-12%	-3%	-4	-30%	-6%	-3
三亚湾海洋牧场人工鱼礁	E15	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	1%	-1
		20年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1	-1%	1%	-1
		2年一遇	0%	0%	0	-1%	0%	0	-1%	0%	-1	-2%	0%	-1
西瑁州岛西侧深水网箱养殖	E16	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1	-1%	1%	-1
		20年一遇	0%	-1%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1	-1%	0%	-1
		2年一遇	-1%	0%	0	0%	0%	0	-1%	0%	-1	-2%	-2%	-3
三亚珊瑚礁自然保护区(东西瑁洲片区)	E17	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	-1%	0%	0	-1%	0%	-1
		20年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	-1%	0%	-1
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1	0%	0%	-2
	E18	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1
		20年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1

敏感区名称	特征点	重现期	SSE (常浪向)			S (次常浪向)			SW (强浪向)			WSW (次强浪向)		
			波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)
	E19	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-1%	0	0%	0%	0
		20年一遇	0%	-1%	0	0%	-1%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-1%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-3
	E20	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-1%	0
		20年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-1%	-1	0%	0%	0
		2年一遇	-1%	0%	0	0%	0%	1	0%	0%	-1	0%	0%	0
三亚湾旅游休闲娱乐区	E21	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	-4%	-1%	0	-9%	0%	-1
		20年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	-5%	-1%	-1	-13%	-1%	-1
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	-5%	-2%	-2	-13%	-3%	-2
	E22	100年一遇	0%	0%	-1	0%	0%	0	-1%	-2%	0	-5%	0%	0
		20年一遇	0%	-1%	0	0%	-1%	-1	-4%	-1%	-1	-15%	0%	-2
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	-5%	-2%	-1	-17%	-4%	-2
	E23	100年一遇	0%	0%	-1	0%	0%	0	0%	-1%	0	1%	-1%	0
		20年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-1%	0	0%	0%	0
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	1	0%	0%	-1	0%	0%	0
三亚河红树林自然保护区	E24	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-1%	0	-1%	-1%	0
		20年一遇	1%	-1%	-1	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-2%	0
三亚珊瑚礁自然保护区(鹿回头半岛-榆林角片区)	E25	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	-1%	0
		20年一遇	0%	-1%	0	0%	2%	0	0%	-1%	0	0%	1%	0
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	-1	0%	0%	0
	E26	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	-1%	0%	0
		20年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-1%	0%	0	-1%	1%	1	0%	0%	0	0%	0%	-1
	E27	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		20年一遇	0%	0%	0	0%	1%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
E28	100年一遇	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	

敏感区名称	特征点	重现期	SSE (常浪向)			S (次常浪向)			SW (强浪向)			WSW (次强浪向)		
			波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)	波高变化率	周期变化率	波向变化(°)
		20年一遇	0%	0%	-1	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-1%	0%	0	-1%	0%	0	0%	-1%	0	0%	0%	-1
沿岸珊瑚礁	E29	100年一遇	-2%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		20年一遇	-2%	-1%	1	0%	1%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-5%	0%	0	-1%	0%	1	0%	0%	0	0%	0%	0
	E30	100年一遇	-2%	1%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		20年一遇	-3%	0%	0	0%	1%	0	0%	0%	0	0%	0%	0
		2年一遇	-5%	0%	1	0%	0%	1	0%	0%	0	0%	0%	0
	E31	100年一遇	-8%	-1%	3	-1%	0%	1	0%	0%	-1	0%	1%	0
		20年一遇	-9%	0%	4	-2%	1%	2	0%	0%	0	0%	-1%	0
		2年一遇	-9%	-1%	6	-2%	-1%	3	0%	0%	0	0%	0%	0
	E32	100年一遇	-64%	-6%	11	-46%	0%	14	-7%	0%	11	0%	1%	7
		20年一遇	-67%	-9%	10	-49%	3%	16	-7%	1%	11	0%	1%	6
		2年一遇	-64%	-27%	5	-50%	-14%	16	-8%	-3%	9	0%	-2%	3
	E33	100年一遇	-51%	-12%	-15	-47%	0%	5	-2%	0%	17	0%	2%	12
		20年一遇	-59%	-9%	-11	-62%	-8%	7	-19%	3%	16	0%	1%	11
		2年一遇	-55%	-18%	-12	-62%	-24%	8	-20%	-7%	13	1%	-3%	7
	E34	100年一遇	-15%	18%	-23	-35%	16%	-17	-45%	0%	11	-5%	0%	14
		20年一遇	-14%	21%	-18	-34%	12%	-16	-44%	-3%	12	-1%	-1%	13
		2年一遇	-14%	-6%	-13	-35%	-7%	-10	-43%	-15%	12	-2%	-10%	9
	E35	100年一遇	0%	-2%	0	-4%	0%	-2	-26%	-3%	-4	-32%	0%	-6
		20年一遇	0%	0%	-2	-4%	0%	-3	-28%	0%	-5	-36%	1%	-5
2年一遇		-1%	2%	-2	-4%	2%	-4	-30%	-6%	-6	-42%	-14%	0	

从上表可见，机场人工岛工程建成后，天涯海角旅游休闲娱乐区海域波浪波高最大减少为 42%（WSW 向）；南山旅游休闲娱乐区海域波浪波高最大减少为 76%（SSE 向）；沿岸珊瑚礁波浪波高最大减少为 67%（SSE 向、ESE 向）；三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）海域波浪波高最大减少为 1%，基本无影响。

就常浪向 SSE 向分析，各环境敏感目标中南海观音（E5）、南山旅游休闲娱乐区（E8、E9）以及受人工岛掩护的沿岸珊瑚礁（E31~E34）区域波高与波向变化较为明显。其中，南海观音处波高最大减少 24%，波向变化最大为 9°；南山旅游休闲娱乐区波高最大减少 76%，波向变化最大为 16°；沿岸珊瑚礁波高最大减少 67%，波向变化最大为 23°。其他敏感目标波高及波向基本无影响。

就强浪向 SSE 向分析，各环境敏感目标中南山旅游休闲娱乐区（E9）、天涯海角旅游休闲娱乐区（E11~E13）、天涯海角景区（E14）以及受人工岛掩护的沿岸珊瑚礁（E32~E35）区域波高与波向变化较为明显。其中，南山旅游休闲娱乐区波高最大减少 19%，波向变化最大为 22°；天涯海角旅游休闲娱乐区波高最大减少 28%，波向变化最大为 7°；天涯海角景区波高最大减少 12%，波向变化最大为 4°；沿岸珊瑚礁波高最大减少 45%，波向变化最大为 17°。

6.1.2.4 小结

工程方案实施后的波浪场影响计算表明，受人工岛掩护作用，人工岛北侧邻近海域波高显著减小，偏 SSE 向波浪波高最大减小 76%，波向变化幅度为-23°~16°；偏 S 向波浪波高最大减小 68%，波向变化幅度为-17°~24°；偏 SW 向波浪波高最大减小 45%，波向变化幅度为-12°~22°；偏 WSW 向波浪波高最大减小 42%，波向变化幅度为-8°~16°；偏 ESE 向波高最大减小 70%，波向变化幅度为-30°~9°；偏 SE 向波高最大减小 65%，波向变化幅度为-28°~15°；偏 SSW 向波浪波高最大减小 52%，波向变化幅度为-12°~26°。机场人工岛工程建成后，各敏感目标中天涯海角旅游休闲娱乐区海域波浪波高最大减少为 42%，南山旅游休闲娱乐区海域波浪波高最大减少为 76%，沿岸珊瑚礁波浪波高最大减少为 67%，其他敏感目标波浪影响较小。

6.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

根据工程区附近底质取样分析和含沙量测量结果，工程区海床底质在不同岸段差异较大，自西向东逐渐变细，人工岛附近底质中值粒径介于 0.01~0.3mm，实测含沙量一般小于 0.1kg/m³，平均含沙量在 0.01~0.015 kg/m³ 左右，悬沙浓度很低且随潮时变化很小，全潮基本保持稳定，可见在潮流作用下海床泥沙与水体交换很少。

模型方程及验证等详见潮流泥沙数学模型专题研究报告。

6.2.1 现状已建工程引起的海床冲淤变化

2016年初开工建设的临空产业园人工岛目前已形成围堰的范围约为长轴3km、短轴2km的顺岸布置椭圆形，离岸最近距离约670m，所在区域水深约-9m~-15m；此外在当初拟建新机场人工岛东北角水深20m附近实施了约900m×500m的近矩形起步区围填工程，南护岸附近进行了钢圆筒基槽开挖和部分试桩。

因所在区域水深较大，波浪对海床作用很弱。根据工程前后水流实测数据对比，已建工程实施后局部流速增大明显，在临空产业园人工岛与陆地之间的“海峡”通道内，流速普遍增大幅度可达20%~40%，但流速增大后的垂线平均最大流速仍不超过1.2m/s，对当地海床泥沙活动的作用微弱。

工程实施前后的地形、断面对比显示，工程2016年初开工前（2015年12月测）至2019年7月，工程区海域的水下地形变化仅表现在工程直接引起的地形改变，即抛填和开挖部位分别表现为地形的增高和降低，在工程周边，海床地形几乎没有任何变化。目前已实施的人工岛的规模和所在水深区域均较大，实测资料显示工程实施后未引起海床地形的冲淤调整。进一步说明，在本岸段水流动力较弱、泥沙活动性不强的背景下，人工岛工程建设不致引起海床地形大的冲淤调整。

已有人工岛实施两年多来的实测地形对比也显示，人工岛周边未出现因动力变化形成的明显冲淤现象，整个海床除人工岛建设直接改变的地形外，其余部位均未出现明显冲淤（图6.2-1~6.2-5）。

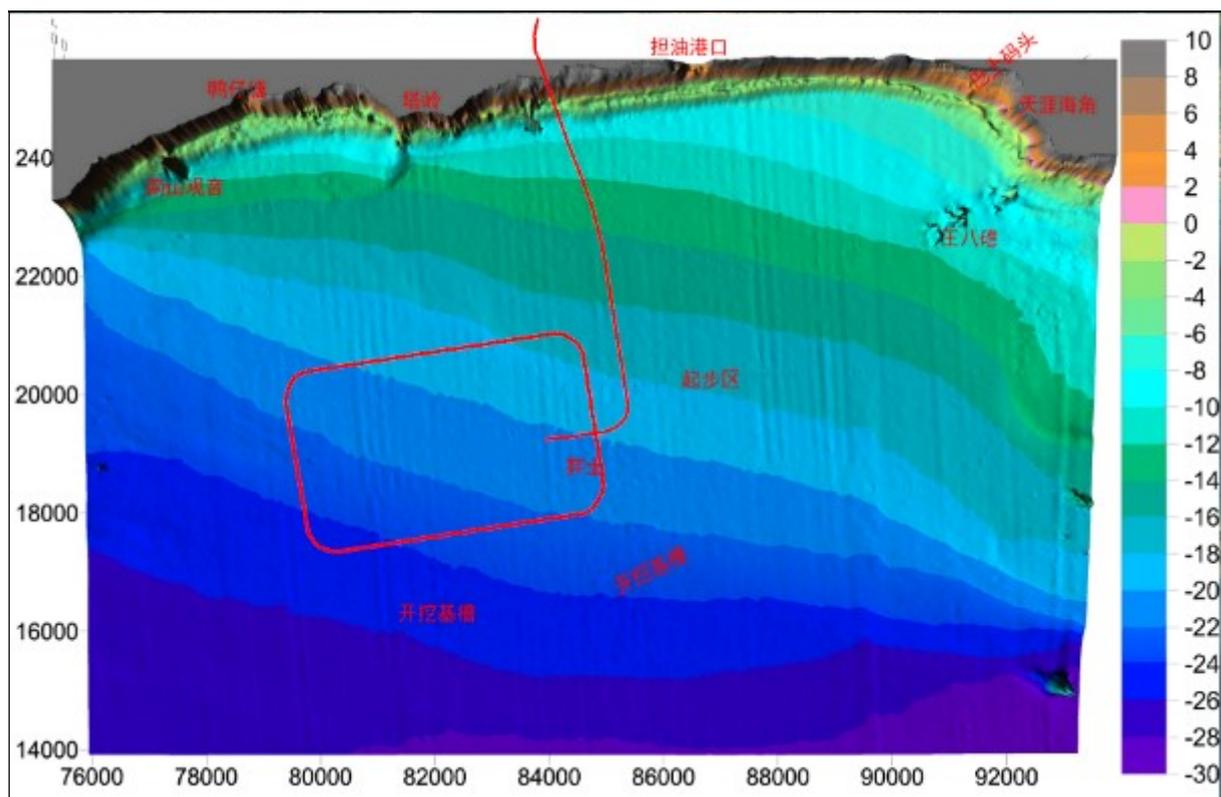


图 6.2-1 临空产业园工程建设前（2015 年 12 月测）工程海域水下地形特征

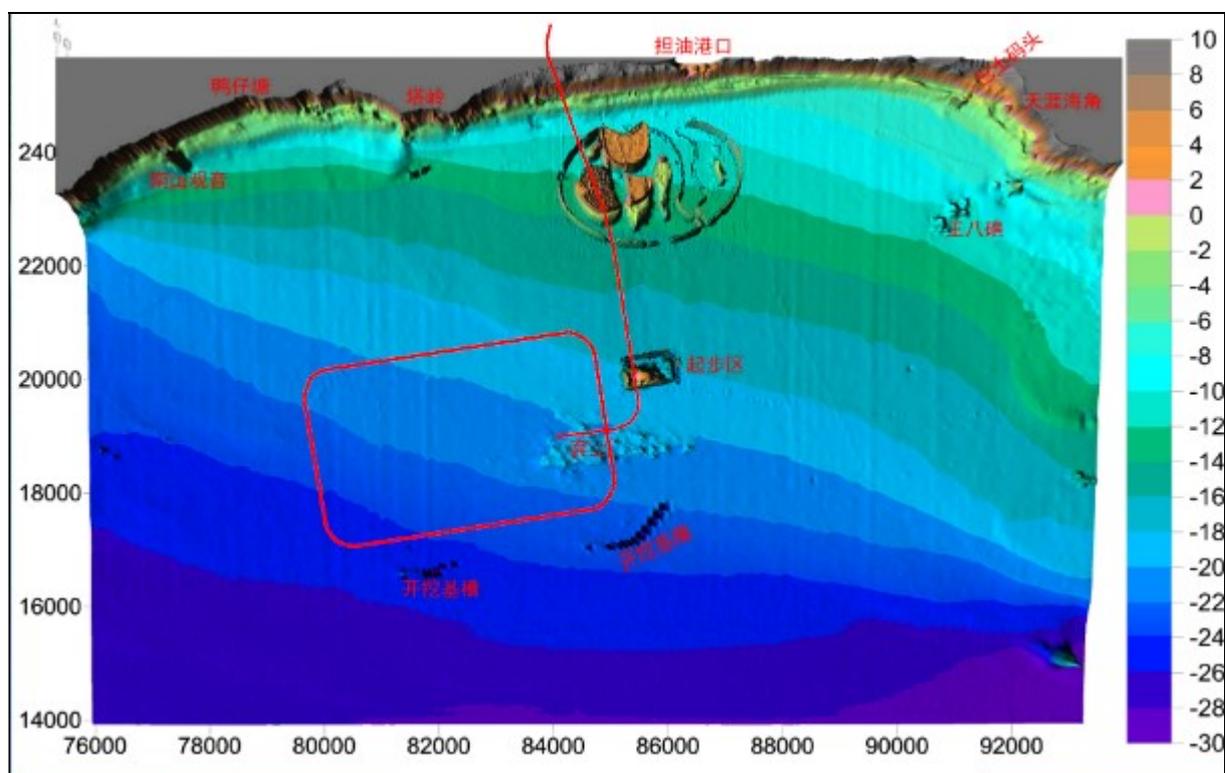


图 6.2-2 现状围填工程 2017 年停工后（2019 年 7 月测）工程海域水下地形特征

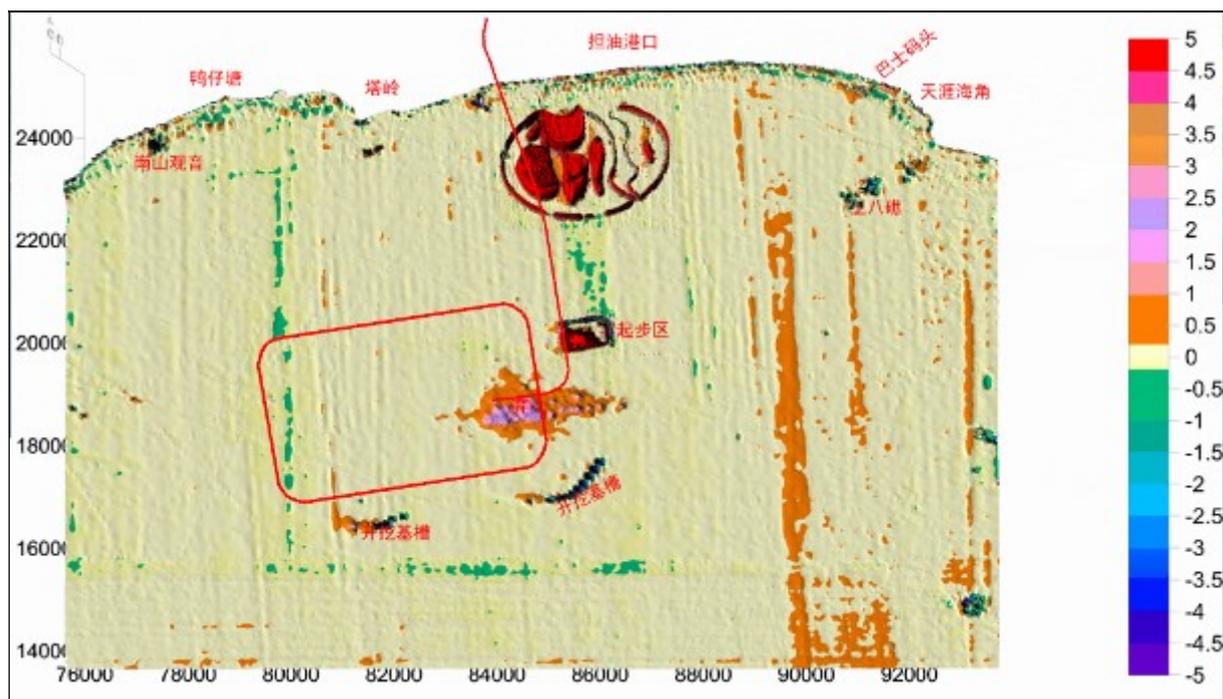


图 6.2-3 2015 年 12 (工程前)~2019 年 7 月 (工程后两年) 实测冲淤变化

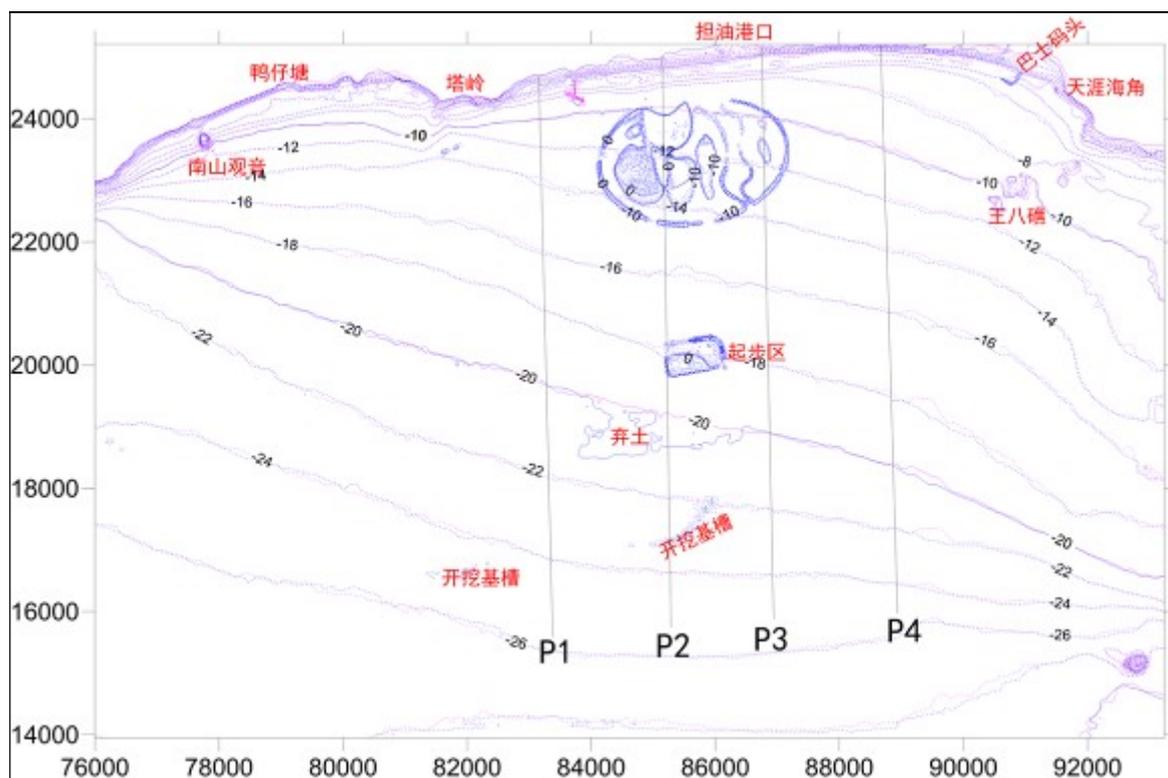


图 6.2-4 项目附近海域人工岛围填工程实施前后水下地形等深线变化 (2015.12~2019.7)

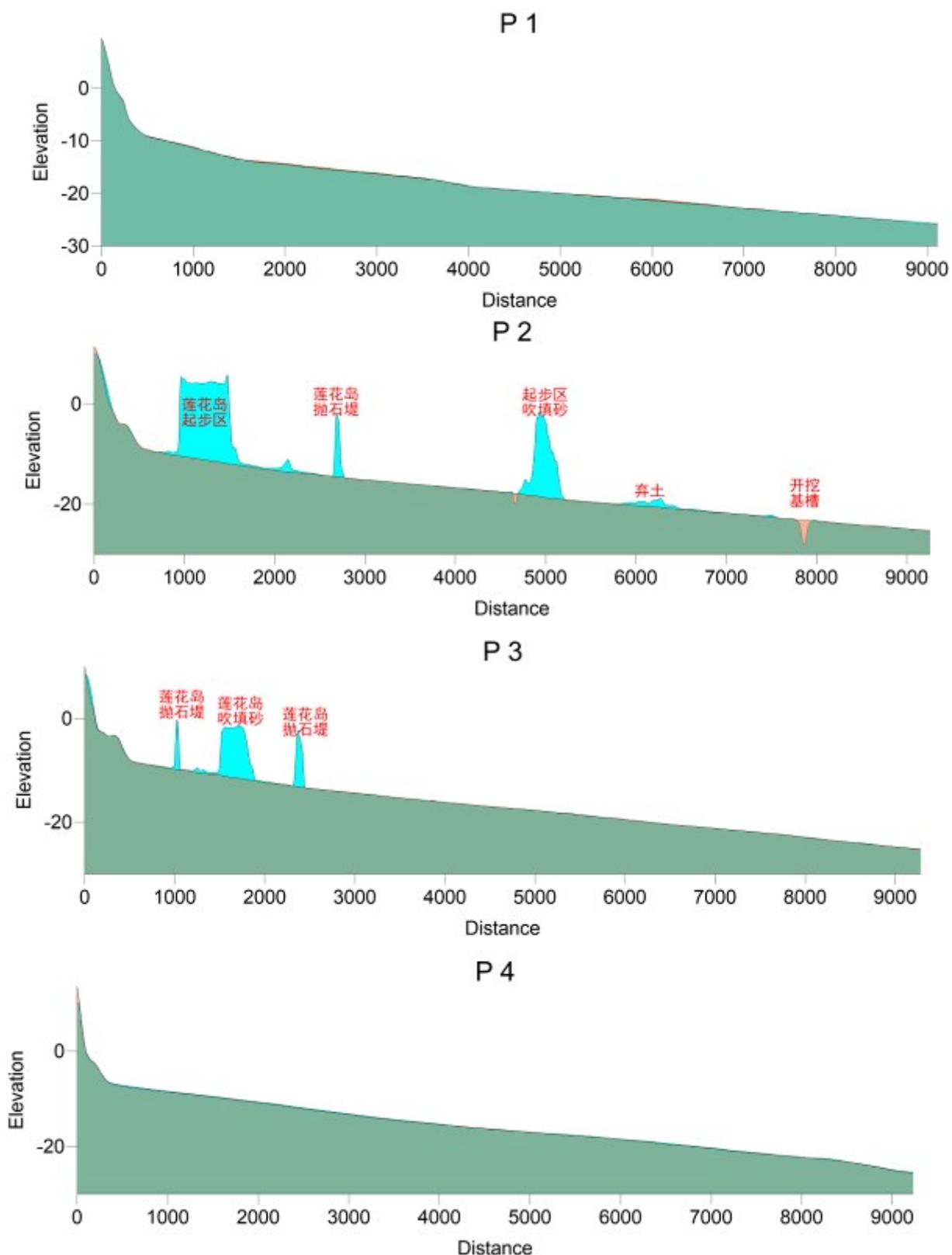


图 6.2-5 项目附近海域人工岛围填工程实施前后断面变化 (2015.12~2019.7)

现状已建临空产业园人工岛实施后的计算结果显示 (图 6.2-6), 海床冲淤主要集中在机场人工岛起步区和临空产业园人工岛之间海域因流速增大略有冲刷, 但幅度小于 0.1m/a, 其它海

域基本没有冲淤。已建这些人工岛工程对海床冲淤影响的计算结果，与实测地形对比结果基本一致。

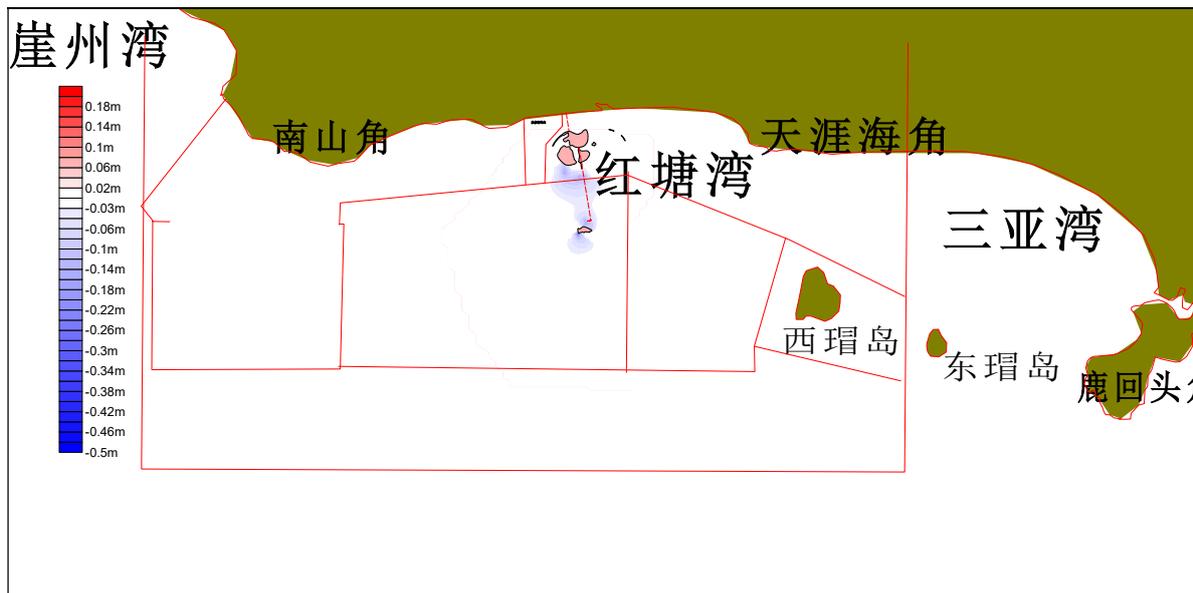


图 6.2-6 现状围填工程停工后海床冲淤变化计算结果

6.2.2 工程实施对海床冲淤演变的可能影响分析

在地形格局上，自鹿回头至南山角可以视为一个大的海湾，鹿回头、东岛、西岛、南山角的连线，均在 20m 等深线附近。本工程整体位于大海湾西部，其中机场人工岛位于 20m 等深线附近，靠近湾口连线，与鹿回头、东岛、西岛和南山角基本在一线上，人工岛西南角略有突出。

就本工程海域而言，潮流强度整体较小，目前的自然流速基本不具备起动当地泥沙的条件，加之外来泥沙供给有限，海床整体较为稳定。人工岛工程实施后，局部流速变化将引起一定的冲淤调整。仅就潮流变化引起的冲淤而言，其冲淤分布格局应与潮流变化的分布格局对应。但在缺少外来泥沙供给的情况下，潮流流速减小仅代表成为泥沙具备落淤条件的前提，不一定能在短时间内形成明显淤积。

本海域底质起动流速在超过 1.2m/s，在人工岛工程建设后的流速增大区域，最大流速可能达到泥沙起动流速，但因时段极少，很难引起泥沙冲淤。已有围填工程的实践也表明，人工岛工程建设引起的流速改变，不致引起人工岛所在海域海床大的冲淤调整，这在工程实施前后时隔数年的水下地形对比中已有验证。

动力场和供砂条件变化是地形和岸线冲淤调整主要因素。就波浪场变化而言，人工岛实施后引起的波浪变化主要包括人工岛波影区波高的减小、人工岛迎浪岸壁外侧因波浪反射出现的

波高增大以及受影响区域波浪传播方向的调整。波高增大和减小直接影响泥沙的冲刷和落淤，也是对海床和岸滩地形冲淤最直接的影响。但波浪传播方向的改变，对泥沙运动（特别是破波带附近）的改变同样不容忽视。

从波浪作用下的泥沙运动角度，波浪本海域近岸浅水区泥沙运动的控制动力，近岸区域的波浪场改变将是人工岛工程建设引起泥沙运动调整的主要方面。

6.2.3 本工程引起的常年冲淤计算分析

6.2.3.1 含沙量场变化分析

正常天气条件下（常浪）含沙量计算时潮流场采用大潮，波浪采用按常年波况波浪场。利用全沙模型，计算了现状条件下、三亚新机场人工岛工程实施后 2 个工况条件下的含沙量场，统计全潮平均含沙量场，结果见图 6.2-7。

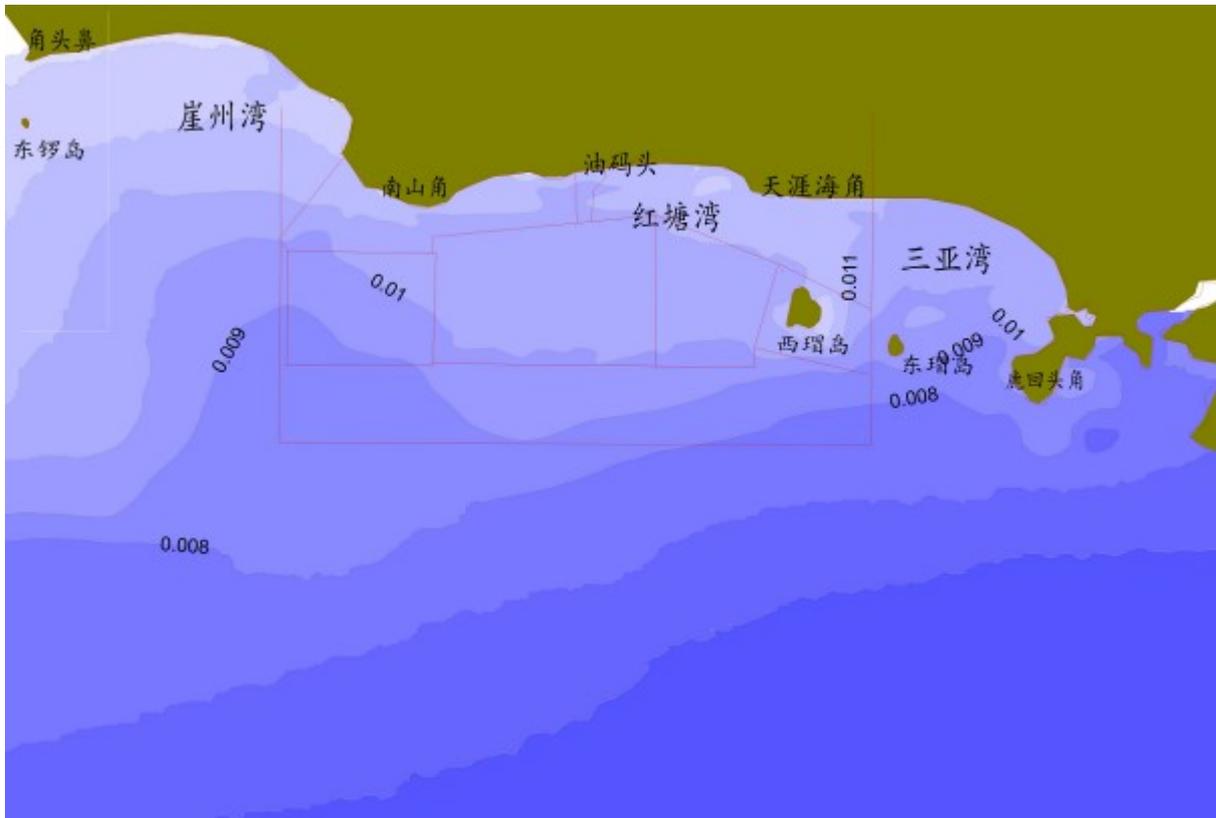


图 6.2-7a 现状条件下常浪情况下平均含沙量等值线图

图 6.2-7a 为工程前海域全潮平均含沙量等值线图。可以看出，红塘湾内的含沙量约为 $0.007\sim 0.012\text{kg/m}^3$ ，近岸区含沙量可达 0.01kg/m^3 以上。在天涯海角岸线全潮平均含沙量为 $0.01\text{kg/m}^3\sim 0.013\text{kg/m}^3$ 左右，三亚湾东侧含沙量相对较低，在 $0.008\sim 0.010\text{kg/m}^3$ 。

新机场人工岛的建成后，新机场人工岛周边的含沙量略有增大，整体在 $0.01\sim 0.013\text{kg/m}^3$ ；

含沙量增大主要与局部流速增大有关，新机场人工岛的建成导致本区域的流速增加，含沙量有所增加，但是增加幅度很小；减缓措施离岸潜堤实施后对含沙量场没有显著影响。

对于周边非工程区的影响，三亚湾的西瑁洲周边水域的含沙量，现状情况下的含沙量 0.01 kg/m^3 ，工程后，西瑁洲周边全潮平均含沙量 $0.008\sim 0.01 \text{ kg/m}^3$ ，稍有增加。

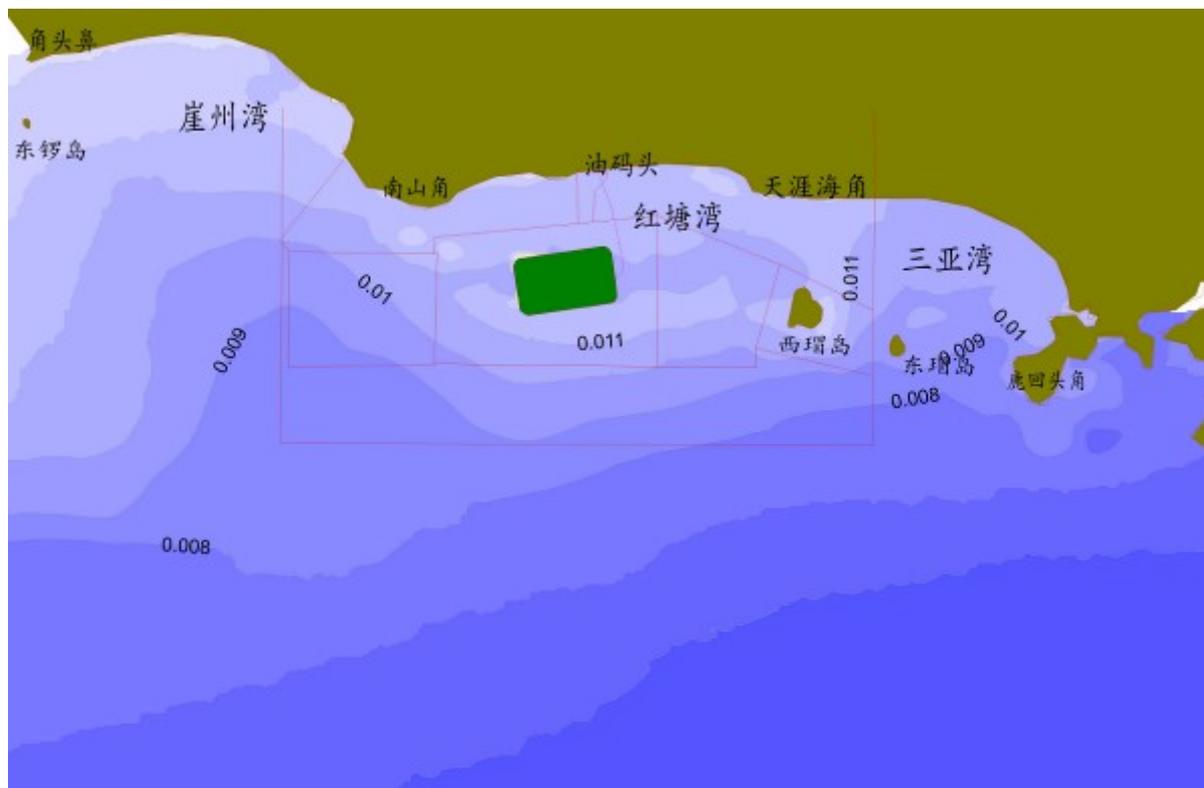


图 6.2-7b 机场人工岛工程实施后常浪情况下平均含沙量等值线图

6.2.3.2 正常天气条件下地形冲淤变化

图 6.2-8 为工程方案实施后正常天气条件下的冲淤变化。图中可以看出，工程建设对周边地形冲淤的影响较小，不超过 0.3m 。尽管人工岛影响下局部水流增大和减小明显，水流改变后仍未达到形成明显冲淤的动力条件，人工岛周边水流影响明显的区域也未出现明显的冲淤变化。已有人工岛实施两年多来的实测地形对比也显示，人工岛周边未出现因动力变化形成的明显冲淤现象。

三亚新机场人工岛不同方案建成后，在新机场人工岛的西南侧和东北侧，产生冲刷，而在人工岛的东南和西北侧发生淤积，但冲淤幅度都不大。西南和东北角年冲刷强度为 $0.2\sim 0.3\text{m/a}$ ，东南和西北侧年淤积强度为 $0.1\sim 0.2 \text{ m/a}$ 。

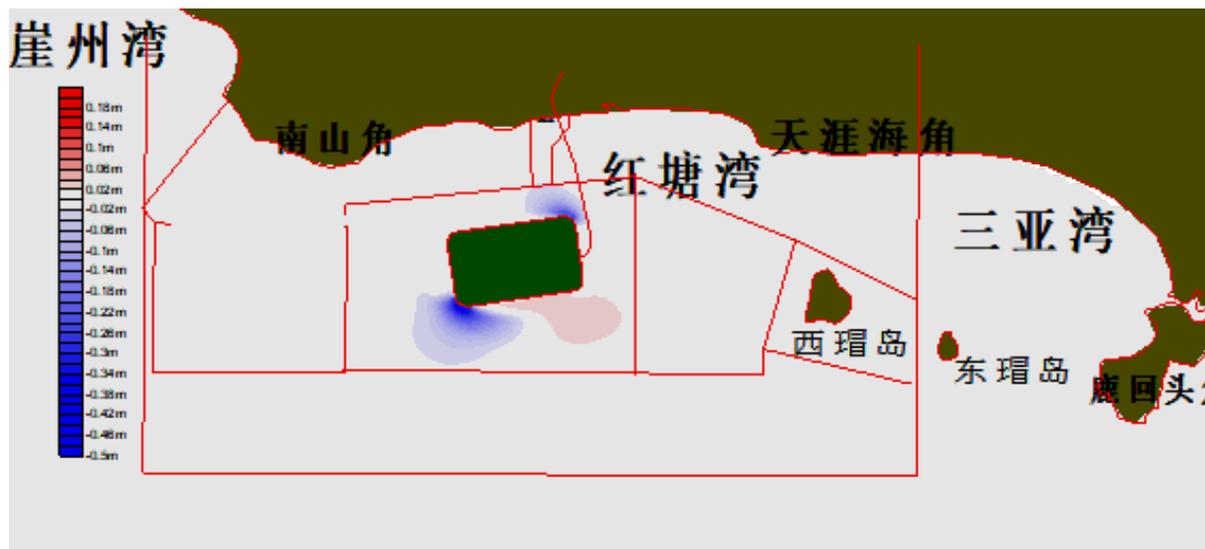


图 6.2-8 工程推荐方案实施后的年冲淤变化幅度

6.2.4 本工程引起的大风浪冲淤分析

针对大风浪期间可能的海床冲淤，在潮流泥沙数学模型基础上，考虑本海岸常浪向 SSE 向 20 年一遇和 100 年一遇波浪，叠加波浪数学模型给出的相应重现期波浪场（图 6.2-9），分别计算了 20 年一遇和 100 年一遇波浪与潮流共同作用 1 天的泥沙冲淤。

计算结果显示，拟建人工岛海域水深-20m 左右，潮流作用较弱，SSE 常浪向波浪与潮流共同作用 1 天，形成的海床冲淤主要集中在人工岛周边，且冲淤幅度很小。其中冲刷区域主要在人工岛南侧迎浪向且工程实施后流速有所增大的区域，在人工岛北侧流速增大区域也略有冲刷，人工岛东西两侧缓流区略有淤积。

20 年一遇波浪作用后的冲刷区冲刷幅度不超过 0.3m，淤积区淤积幅度不超过 0.2m；100 年一遇波浪作用后的冲刷幅度不超过 0.5m，淤积幅度也不超过 0.3m（图 6.2-10）。

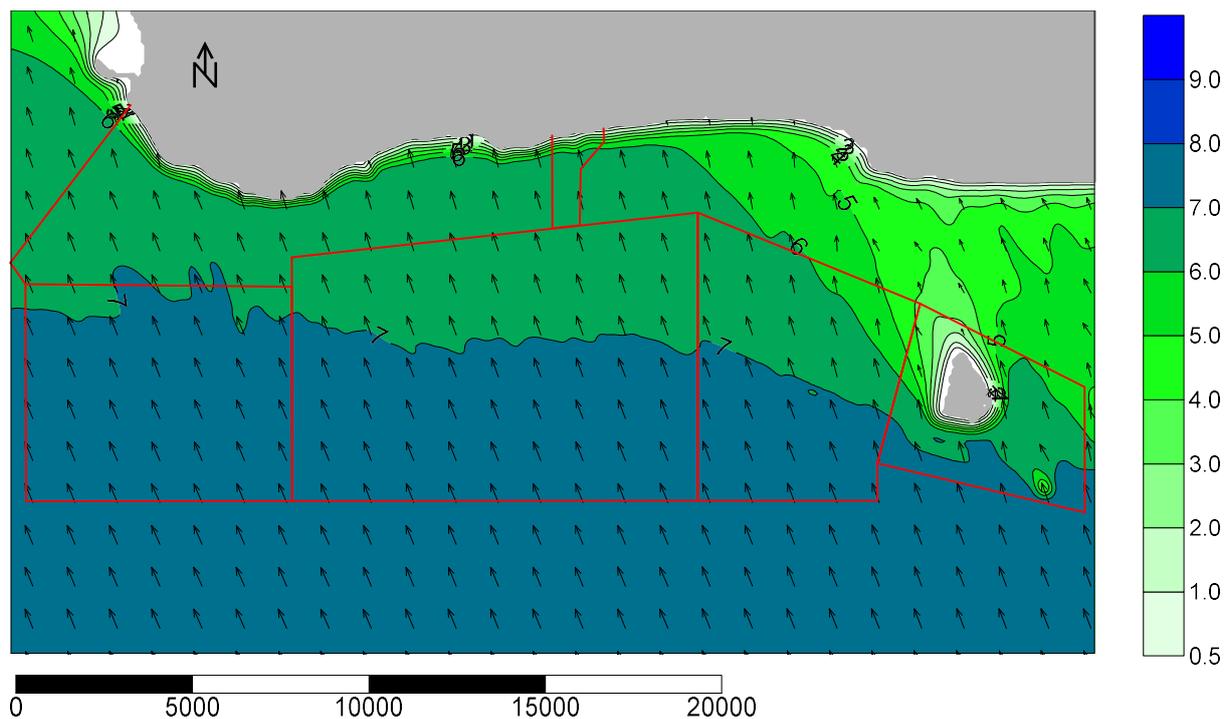


图 6.2-9a 20 年一遇 SSE 向波高分布图

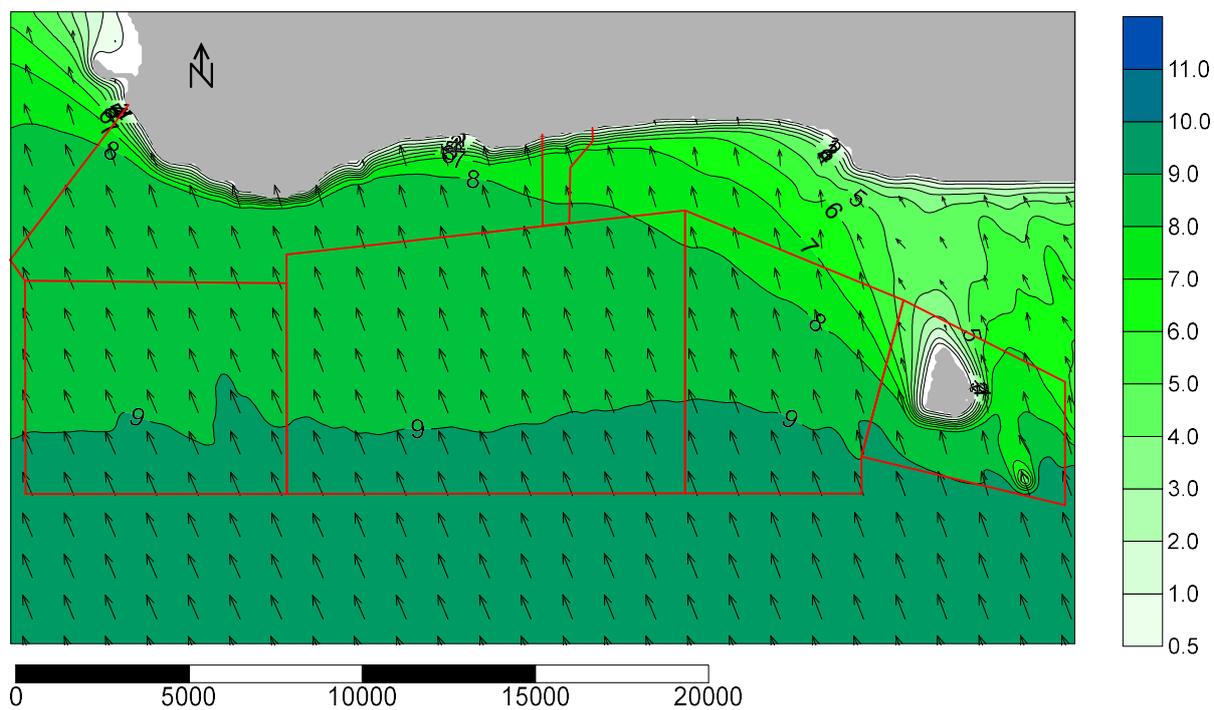


图 6.2-9b 100 年一遇 SSE 向波高分布图

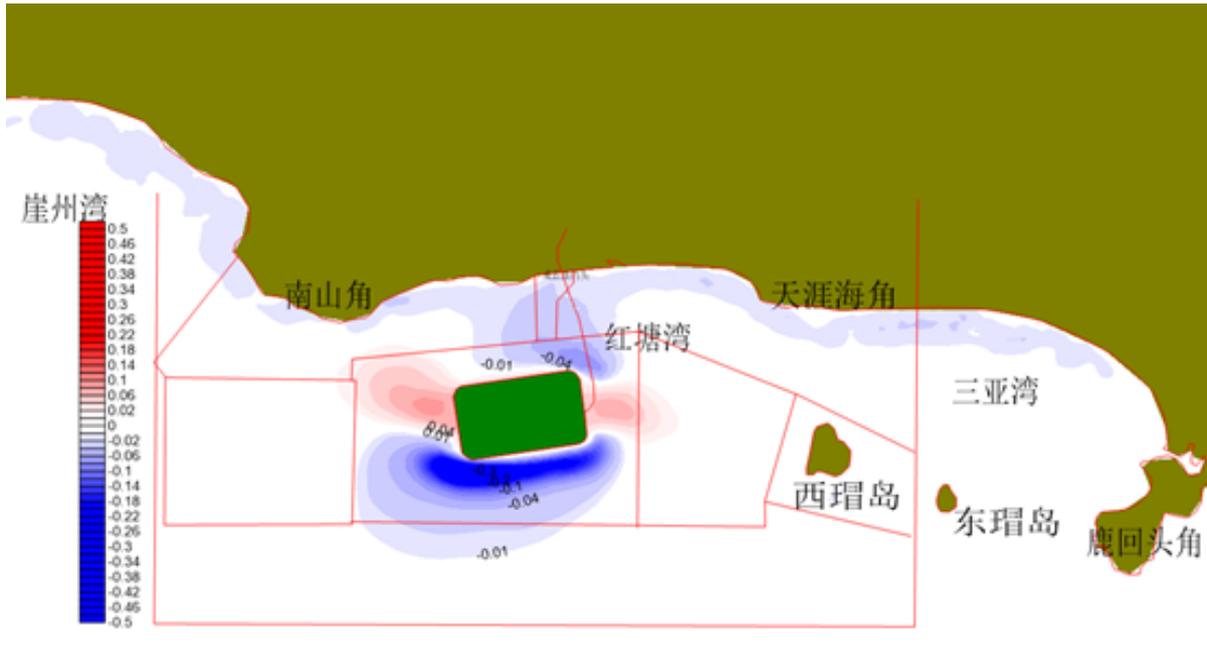


图 6-2.10a 20 年一遇大浪作用一天的冲淤分布

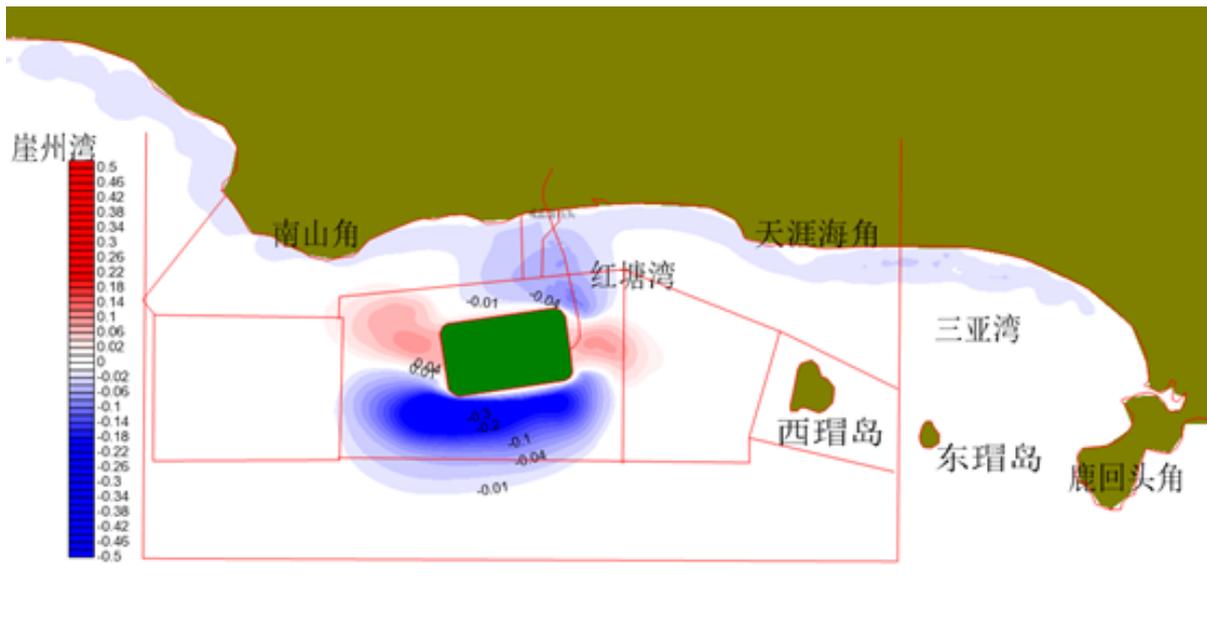


图 6.2-10b 100 年一遇大浪作用一天的冲淤分布

6.2.5 工程实施多年后的冲淤变化分析

针对推荐方案，在潮流泥沙数学模型基础上，考虑本海岸年平均代表波浪，分别计算了工程实施后 10 年和 30 年冲淤特征。

计算结果显示，多年后的地形冲淤分布特征与工程实施后的流场变化类似，冲刷范围主要在人工岛南侧及东北角附近，10 年的冲刷厚度不超过 1.5m，30 年的最大冲刷深度在 3.6m 左

右；人工岛东西两侧形成淤积，但淤积幅度不大，10 年的最大淤积幅度在 1.2m 左右，30 年的淤积幅度不超过 3m。

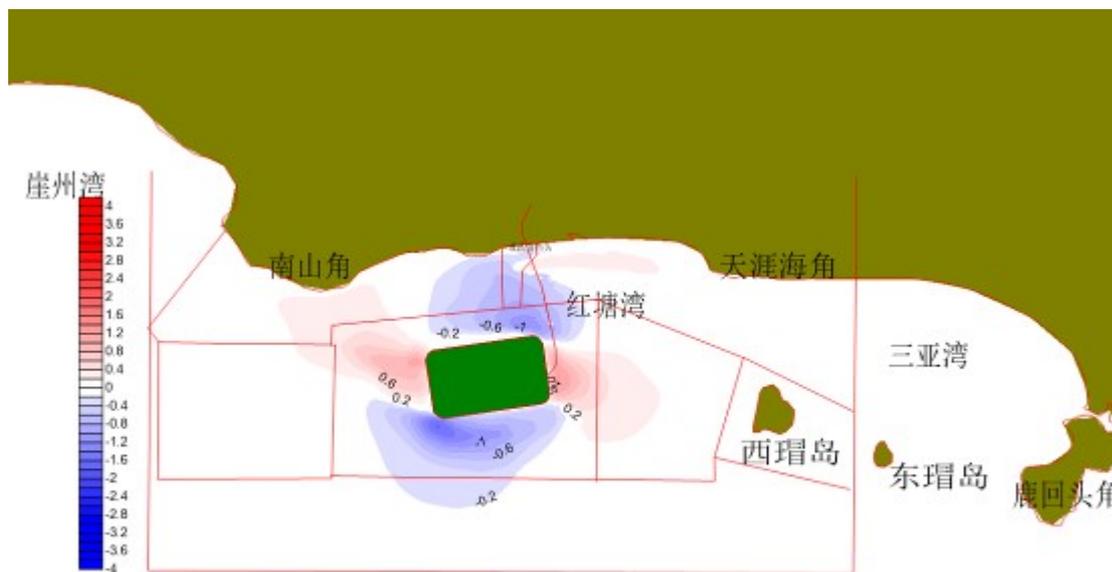


图 6.2-11a 工程实施后 10 年的海床冲淤分布

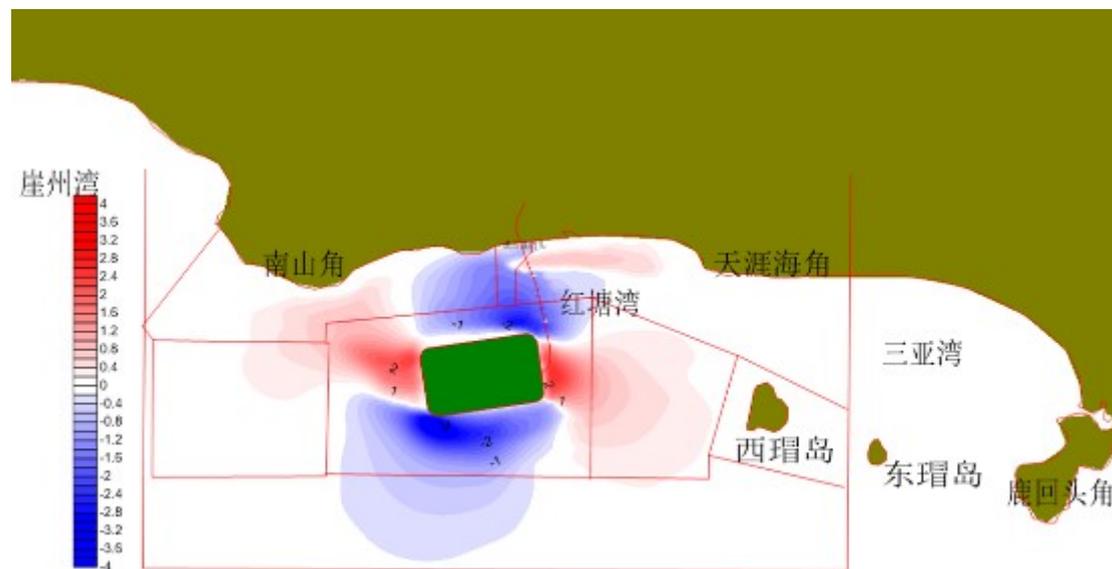


图 6.2-11b 工程实施后 30 年的海床冲淤分布

6.2.6 冲淤计算合理性分析

本次计算给出了正常天气条件下的年平均冲淤强度分布，以及 20 年一遇常浪向波浪、100 年一遇常浪向波浪条件下的冲淤分布。计算结果显示，在正常天气条件下和大风浪作用下，工

程海域的海床冲淤变化均很小，工程影响下的冲淤分布范围和冲淤强度也不大。这与这一海域常年海床基本稳定的历史演变情势接近。

已实施的临空产业园人工岛及原机场起步区工程实施后，2017年9月经历一次201719号杜苏芮台风影响，期间实测最大有效波高6.7m（大致相当于5年一遇）。包括台风影响在内的工程前后地形对比也显示，已建两个水沙较大区域的人工岛周边以及深水区海床均未出现明显冲淤。工程区附近已建成近20年的南山观音人工岛，其建成后引起的地形变化也仅表现为破波带区域的局部冲淤，周边海床未出现明显冲淤现象。

水流作用下的泥沙起动是水流对泥沙运动影响的重要因素之一。根据张瑞瑾公式对工程不同粒径和不同水深组合下的起动流速进行了计算

$$V_c = (h/D)^{0.14} \sqrt{17.6D \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} + 0.000000605 \frac{10+h}{D^{0.72}}}$$

式中： h 为水深， D 为泥沙粒径， γ_s 为沙粒比重，水体比重取为 $\gamma=1$ 。

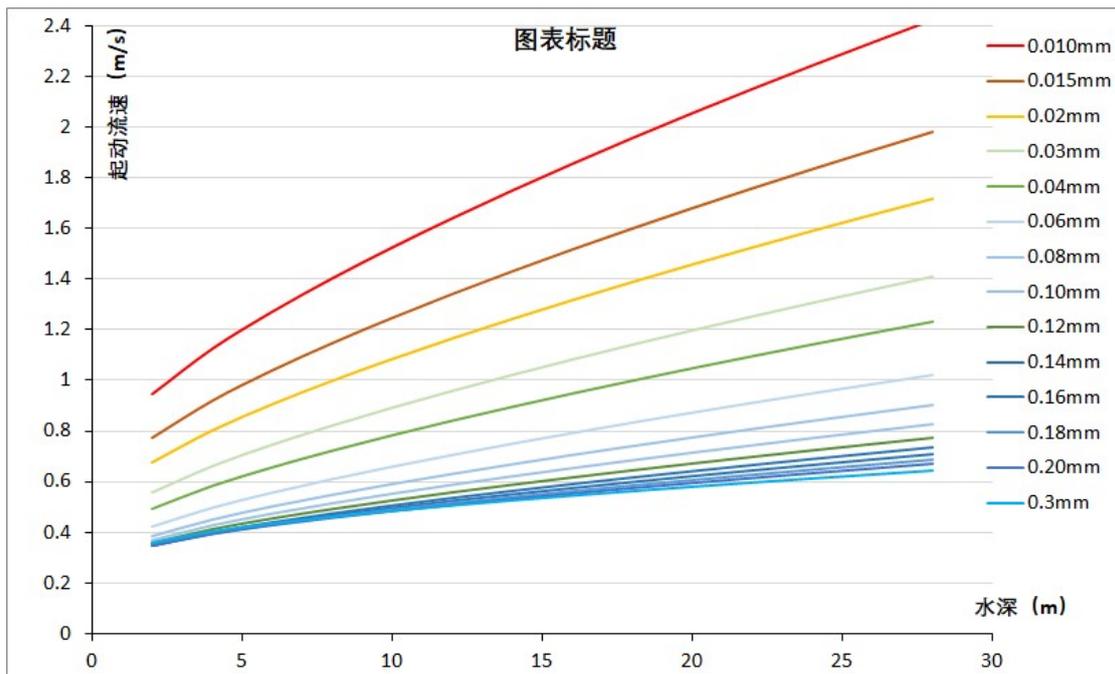


图 6.2-12 不同粒径泥沙在不同水深条件下的起动流速

计算结果表明（图 6.2-12），在同样水深条件下，大于 0.06mm 的左右的泥沙起动流速明显较小。小于 0.06mm 的细颗粒泥沙，起动流速明显增大，且随着水深增大起动流速进一步增大。在工程区附近中值粒径 0.015~0.020mm、水深 15m~25m 附近，起动流速在 1.3~1.9m/s 左右。根据现场实测水流资料，即便在 2019 年 7 月全年潮差排序前 2%左右的大潮期，实测最大流速 1.1m/s，也不具备起动当地泥沙的基本条件。工程实施后，即便局部流速增大 20~30%，

也仅有很少时段能够达到起动条件。

当粒径较大时，尽管泥沙可以活动，较大颗粒的泥沙很难形成远距离输运造成海床冲淤。本海域的水流特征表现为深水区流速相对较大近岸浅水区流速较小，而且以往复流为主，大流速出现时段很短，潮流和泥沙分布情况不具备形成大范围海床泥沙冲淤的条件。

从波浪泥沙运动角度，根据波浪数学模型计算得到的工程岸段近岸代表波波浪条件，用不考虑粘性影响的刘家驹天然沙起动公式计算了三亚湾近岸的泥沙起动水深。

$$d_* = \frac{L}{4\pi} \operatorname{arcsch} \left[\frac{\pi g H^2}{M^2 L \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g D + \beta \frac{\varepsilon_k}{D} \right)} \right]$$

式中： d_* 、 H 、 L ——分别代表水深、波高和波长；

D ——泥沙粒径，非粘性沙取中值粒径；

ρ_s ——密度

ε_k —— $\varepsilon_k = \varepsilon / \rho = 2.56 \text{ cm}^3 / \text{s}^2$ ， ε ——粘着力系数；

β ——常系数，取 $\beta = 0.039$ ；

M ——影响系数，一般取值 $M = 0.12 \left(\frac{L}{D} \right)^{1/3}$ 。

计算结果显示，波高 0.93m 的年平均代表波作用下，工程区近岸的泥沙起动水深为 4.5~5.3m，即通常的波浪作用下的泥沙起动主要集中在这一水深以浅的近岸部分，这也是本海域海床冲淤主要发生在近岸浅水区的重要原因之一。在 100 年一遇大浪作用时，泥沙起动水深可达 5m~18m。但因大浪作用时间周期很短，仅能形成较大水深区域小幅度冲淤波动。

从水流作用下的泥沙运动特性、波浪作用下的泥沙运动特性以及已有工程实施后的冲淤实例情况分析，本报告计算所得的泥沙冲淤符合当地实际情况。

6.2.7 小结

工程区附近底质取样分析和含沙量测量结果表明，工程区海床底质在不同岸段差异较大，自西向东逐渐变细，人工岛附近悬沙浓度很低且随潮时变化很小，全潮基本保持稳定，表明在潮流作用下海床泥沙与水体交换很少。工程海域潮流强度整体较小，目前的自然流速基本不具备起动当地泥沙的条件，加之外来泥沙供给有限，海床整体较为稳定。本海域底质起动流速超过 1.2m/s，在人工岛工程建设后的流速增大区域，最大流速可能达到泥沙起动流速，但因时段

极少，很难引起泥沙冲淤。现状已围填工程（莲花岛）的实践也表明，人工岛工程建设引起的流速改变，不致引起人工岛所在海域海床大的冲淤调整。

就波浪场变化而言，人工岛实施后引起的波浪变化主要包括人工岛波影区波高的减小、人工岛迎浪岸壁外侧因波浪反射出现的波高增大以及受影响区域波浪传播方向的调整。波高增大和减小直接影响泥沙的冲刷和落淤，也是对海床和岸滩地形冲淤最直接的影响。波浪传播方向的改变，对泥沙运动（特别是破波带附近）的改变同样不容忽视。从波浪作用下的泥沙运动角度，波浪本海域近岸浅水区泥沙运动的控制动力，近岸区域的波浪场改变将是人工岛工程建设引起泥沙运动调整的主要方面。

冲淤计算结果表明，三亚新机场人工岛建成后，因人工岛流场影响，流速增大区出现一定冲刷，流速减小区出现一定淤积。但因区域整体流速较小，影响区水深较大，冲刷能力有限，冲淤幅度很小。工程方案实施后，在新机场人工岛的西南侧和东北侧，产生一定冲刷，而在人工岛的东南和西北侧发生淤积。西南和东北角年冲刷强度为 0.2~0.3m/a 左右，东南和西北侧年淤积强度为 0.1~0.2m/a 左右。

6.3 岸线冲淤环境影响预测与评价

本节内容主要引用水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院 2019 年 11 月编制的《三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题》和《三亚新机场项目岸滩演变专题研究》，并在此基础上进行环境影响综合分析。

本工程建成后，引起岸线变化主要分布南山角至天涯海角附近约 20km 岸线上，因此这段岸线为本评价重点关注的评价范围。

6.3.1 岸线历史演变特征分析

6.3.1.1 评价范围内岸段人工工程建设历程

评价范围内岸段沙滩、基岩和海滩岩混合分布，多年来的的岸线变化主要表现为岸线曲折、靠近岬角等固定边界部位的冲淤波动，以及人工工程对岸滩冲淤的影响。

1999-2019 年，在评价评价区内陆续建成的人工工程有南海观音人工岛、临空产业园一期工程、临空产业园二期工程（部分）、天涯巴士码头。其中：1999 年建设的南海观音人工岛对岸线的影响范围影响在人工岛两侧岸线的 300m 以内，不会改变评价区岸线冲淤变化的格局。2015 年~2018 年间新建了天涯巴士码头一座，该码头及其栈桥为半透空式，对岸线冲淤影响较小。

因此引起评价范围内岸滩冲淤影响的人工工程主要为临空产业园一期工程、临空产业园二期工程（部分）。以下主要未经介绍临空产业园一期工程、临空产业园二期工程（部分）工程建设过程：

2016年前，塔岭至天涯海角的红塘湾海域涉海工程只有塔岭东侧的太平洋油码头（图 6.3-1）。2016年初，莲花岛（临空产业园）一期工程 49 公顷人工岛批复后开工建设，至 2016 年 10 月已基本完成，形成出露水面区域约 42.5 公顷，围堰总长约 2.6km（图 6.3-1）。

2017年初，莲花岛（临空产业园）开始吹填，至 2017 年 7 月全面停工时，共形成抛石围堰 6.1km 左右，约 90.5 公顷区域已吹填出水（含出水围堰）。加上 2016 年完成的一期工程，共形成出水区域面积约 133.0 公顷；机场起步区形成出水区域约 13.5 公顷（图 6.3-1）。

6.3.1.2 卫星影像选取与处理

（1）卫星影像选取

A 1969—2014 年 45 年卫星影像选取

为认识本项目评价区在没有大型人工工程影响下岸线多年冲淤变化情况，本评价收集了 1969 年 5 月 22 日美国解密的航拍图、1978 年 8 月 15 日、1991 年 10 月 30 日、1999 年 12 月 31 日、2008 年 8 月 25 日 4 个时期的 MSS 和 TM 卫星影像、2014 年 7 月 3 日的 Geoeye 卫星遥感影像图。成像时间跨度为 45 年。

B 2015-2019 年 5 卫星影像选取

- 1) 2015 年 11 月 3 日卫星影像，代表工程建设前的岸滩状况；
- 2) 2016 年 10 月 23 日卫星影像，代表临空岛一期工程实施后，即 2016 年第一次测量期间的岸线）；
- 3) 2017 年 11 月 11 日卫星影像，代表临空岛二期工程围堰实施以来，及 2017 年第二次测量期间的岸线）；
- 4) 2018 年 5 月 21 日卫星影像，代表临空岛二期工程围堰建设一年后的岸线情况；
- 5) 2019 年 5 月 20 日卫星影像，代表临空岛二期工程围堰建设二年后的岸线情况。

（2）卫星影像处理

卫星影像处理用三亚市陆域地形图上选取陆域控制点，主要在桥梁、道路交叉口和较小的岩礁等位置，对合成后的上述影像进行配准。配准后用位置相对稳定的基岩岸线对配准后的影像进行检验，以期达到可冲淤的非基岩岸线位置对比分析要求。



2015年11月人工岛建设前红塘湾卫星影像



2016年10月莲花岛一期基本建成时红塘湾卫星影像



2017年8月莲花岛围填海停工后红塘湾卫星影像



2019年2月红塘湾海域卫星影像

图 6.3-1 莲花岛（临空产业园）人工岛建设前后卫星影像

(3) 水边线提取

为获取工程区附近水边线信息，项目选取 Landsat TM/OLI 遥感影像中的水陆信息差异最明显的中红外波段（Landsat 4/5 TM 影像为波段 5；Landsat-8 OLI 影像为波段 6）。反映在红外遥感影像中岸滩水边线附近的像元亮度变化具有方向和幅度两个特征。沿水边线走向，像元亮度值变化比较平缓；而垂直于水边线走向，则像元亮度值变化比较剧烈，本评价通过边缘检测算法提取岸滩边缘，并采用 Canny 算法对岸滩边缘进行检测。

(4) 成像潮位影响分析

所采用的遥感影像中，不同时期成像潮位见表 6.3-1。

表 6.3-1 不同时期卫星影像成像潮位表

编号	卫星影像时间	成像时间	成像潮位	备注
1969—2014 年 45 年卫星影像	1969 年 5 月 22	上午 10:50	0.8m	美国解密航拍图
	1978 年 8 月 15 日	——	1.3m	MSS 和 TM 卫星影像
	1991 年 10 月 30 日	——	0.7m	MSS 和 TM 卫星影像
	1999 年 12 月 31 日	——	0.9m	MSS 和 TM 卫星影像
	2008 年 8 月 25 日	——	1.2m	MSS 和 TM 卫星影像
	2014 年 7 月 3 日	上午 9:31	1.0m	Geoeye-1 影像
2015-2019 年卫星影像	2015 年 11 月 3 日	——	0.66m	卫星影像
	2016 年 10 月 23 日	——	0.71m	卫星影像
	2017 年 11 月 11 日	——	0.80m	卫星影像
	2018 年 5 月 21 日	——	0.65m	卫星影像
	2019 年 5 月 20 日	——	0.74m	卫星影像

三亚海域平均潮差 0.84m 左右，平均高潮位和平均低潮位分别为 1.53m 和 0.66m。根据岸滩断面测量结果，研究岸段各断面在平均高潮位和平均低潮位之间的平均坡度在 1:4~1:10 之间。

1969 年至 2014 年研究采用的卫星遥感影像的成像潮位介于 0.7m 至 1.3m 之间，各影像潮位最大相差 0.6m，按照最小坡度 1:10 考虑，因成像潮位不同引起的水边线位置差异应不超过 6m。其中最早的 1969 年影像和最新的 2014 年影像的成像潮位仅相差 0.2m，对应的水边线位置相差应小于 2m，不影响对岸线冲淤的判断。

2015 年-2019 年成像潮位的最大差值为 0.14m。对应于研究岸段 0m~1m 附近的平均坡度 8%左右，因成像潮位导致的岸线误差应小于 1.1m，不致影响对岸线冲淤的判断。

6.3.1.3 岸线演变特征分析

6.3.1.3.1 1969—2014 年岸线演变特征分析

45 年来的非基岩岸段的水边线对比显示(图 6.3-2),该岸段近数十年来的变化特征表现为:

(1) 工程区西部的南山风景区沙滩岸段整体表现为冲刷,45 年间平均冲刷后退 20~40m。其中靠近南山角附近后退最为明显,原有植被生长的沙坝已冲刷成为岩滩;南山观音人工岛工程实施后,形成了岛体掩护区最大宽度约 50m 的沙嘴,人工岛两侧岸线的影响范围均在 300m 以内,为典型的离岸人工岛实施后对岸滩影响形成的沙嘴。南山观音以东海滩岩连续分布且高程较大,冲刷后退幅度较小,一般小于 20m,岸线平直,表现为整体缓慢冲刷,南山观音人工岛以西岸段海滩岩局部缺失,后方沙坝冲刷后退明显,岸线在 45 年间最大冲刷后退超过 40m,冲刷明显强于南山观音以东海滩岩连续分布岸段。

南山观音人工岛东侧的鸭仔塘附近受基岩边界和河口影响,冲淤波动较为活跃,1978 年比 1969 年向海推进约 40m,但未影响其东侧的基岩岸线,靠近塔岭的东侧岸段冲刷相对缓慢。

(2) 塔岭岬角向西 2.5km 和向东约 2km 岸段目前以基岩岸线为主,仅局部有沙滩分布,如三美湾。因沙滩规模较小,且两侧基岩岬角控制,未表现出明显的趋势性冲淤发展过程,但不同年份的冲淤波动明显。塔岭东侧太平洋石油码头附近岩滩发育,在其掩护下岩滩内侧的沙滩近数十年来变化很小。

(3) 太平洋石油码头以东至担油港潟湖口门段,陆侧沙坝陡坎发育,沙坝外局部海滩岩出露,海滩岩外侧已形成高约 1~2m 的陡坎,冲刷表现明显。

遥感影像对比显示,1969 年以来这一岸段整体表现为冲刷,但冲刷幅度相对缓于南山观音附近,最大后退幅度不超过 20m。

(4) 担油港口门至天涯海角附近岸滩相对平缓,泥沙颗粒较细,1969 年以来基本稳定,局部略有淤积,沙滩岸线淤长幅度不超过 20m,主要在景区向西 1km 左右的岸段。但担油港口门附近受河口影响在此期间冲淤波动较为活跃,岸线位置差异最大可达 50m 左右。

(5) 天涯镇东侧天涯码头附近是天涯海角外王八礁等岸外岩礁的掩护区段,岸线略有淤积,最大淤积幅度在 30m 左右。

(6) 天涯海角附近基岩岬角发育,近 45 年间冲淤波动较为频繁,但未表现出明显的趋势性过程。其中天涯石西侧的小海湾岸线波动幅度可达 60m 左右,天涯石以东景区岸线波动幅度达 30m 左右,主要在 1991 年之前曾有较大的冲刷后退,2008 年以来未发生明显变化。

不同岸段冲刷变化特征见表 6.3-2。

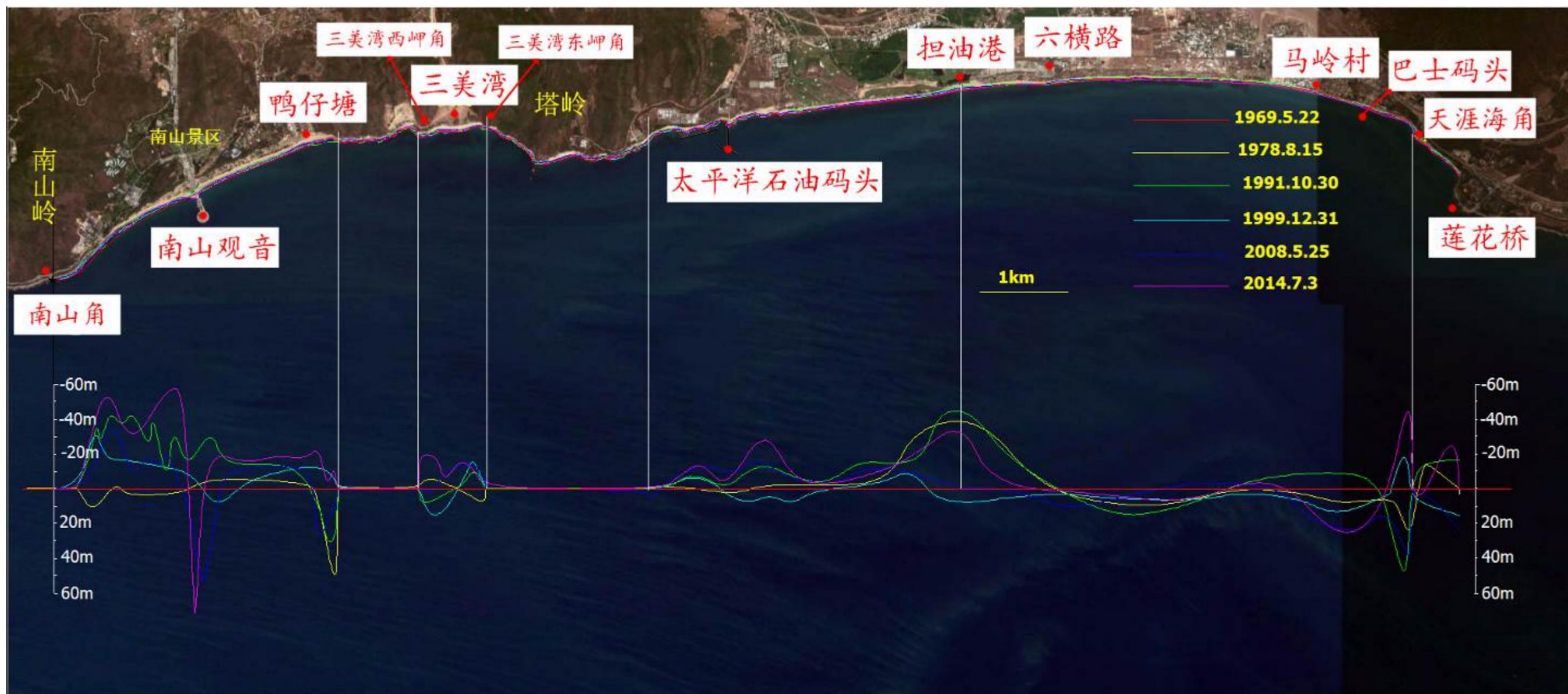


图 6.3-2 1969—2014 年岸线演变特征分析图

表 6.3-2 岸线历史演变特征分析表

岸段分布		岸线类型	岸线长度 (km)	45 年来岸线演变特征	2015-2019 年岸线演变特征	
南山景区至塔岭	南山角岸段		基岩岸线	2.9	基岩岸线，冲淤变化相对较小	基岩岸线，冲淤变化相对较小
	南山景区砂质海岸 2.5km	南山景区西部 (海上观音淤积段以西)	岩块+沙滩	0.8	沙滩岸段整体表现为冲刷，45 年间平均冲刷后退 20~40m，其中靠近南山角附近后退最为明显。2012 年海上观音人工岛工程实施后，形成了岛体掩护区最大宽度约 50m 的沙嘴，人工岛两侧岸线的影响范围均在 300m 以内	海上观音以西岸段，2015~2016 年，人工岛掩护区沙嘴以西变化较小，局部略有淤积，幅度在 2~5m，2017 年 9 月台风期间沙坝冲刷塌落大量泥沙在前沿堆积造成的岸线向海淤积的表现，沙嘴西侧约 400m 处相对凹入的岸段岸线向海淤长约 15m，其余部位相对较为稳定。岸线的局部淤积是岸段整体未得到外来泥沙的补给。2017 年至 2019 年未表现出明显的冲淤变化。2017 年台风期间沙坝冲刷塌落大量泥沙在前沿堆积造成的岸线向海淤积的表现，2017 年至 2019 年未表现出明显的冲淤变化。
		海上观音人工岛掩护段	完整沙滩岸线	0.3		2015~2016 年，人工岛掩护区沙嘴向西摆动约 50m，2016~2017 年间，人工岛掩护区沙嘴向东移动约 20m，2017 年至 2019 年未表现出明显的冲淤变化
		海上观音以东		1.2	海上观音人工岛以东，2015~2016 年间表现为整体冲刷后退，沙滩边界整体后退 3~5m，海滩岩广泛出露。但 2016 年~2017 年岸线对比显示，沙滩外边界在 2017 年基本恢复至 2015 年部位，这同样是台风期间沙滩冲刷塌落泥沙掩埋海滩岩形成沙滩边界外移的结果。2017 年至 2019 年未有明显的进一步冲刷。	
		鸭子塘河口附近	完整沙滩岸线	0.2	鸭子塘附近受基岩边界和河口影响，冲淤波动较为活跃，1978 年比 1969 年向海推进约 40m，但未影响至其东侧的基岩岸线	南山景区东端的鸭子塘附近，因靠近基岩岬角，且有河口分布，受不同方向波浪作用和河口来水来沙影响显著，冲淤波动较大，冲淤幅度 20m~25m。从历年鸭子塘部位的岸线变化情况看，鸭子塘河口在枯季时因上游来水较少河口淤塞封闭，在洪季时河口常处于开通状态。河口开通时，河口附近泥沙进入沙滩，形成沙滩岸线的外淤；河口封闭时，泥沙在波浪作用下越过沙坝向河口内堆积，沙滩向内曾宽，外侧沙滩边界冲刷后退。
	鸭子塘至塔岭 3.9km	鸭子塘至三美湾	基岩岸线	1.2	以基岩岸线为主，仅三美湾局部有沙滩分布，因沙滩规模较小，且两侧基岩岬角控制，冲淤变化相对较小，要表现为湾内岸线东冲西淤和东淤西冲的交替性演变过程，	基岩岸线，没有明显冲淤变化
		三美湾西段	海滩岩+沙滩	0.2		三美湾岸段较短，两侧均有基岩岬角，主要表现为湾内岸线东冲西淤和东淤西冲的交替性演变过程，近年来未表现出趋势性的冲刷和淤积特征，表明这一岸段尚未受到已建人工岛的明显影响。
		三美湾东段	完整沙滩岸线	0.3		
		三美湾东侧基岩至塔岭岬角	基岩岸线	1.2		基岩岸线，没有明显冲淤变化
	塔岭基岩岸线至担油港	塔岭岬角至太平洋石油码头以西	基岩岸线	1.0	基岩岸线，冲淤变化相对较小	太平洋石油码头以西至塔岭基岩岸线附近，海滩岩主要分布于岸外 50~100m，对岸滩形成较好掩护，尽管属于人工岛工程实施后波影区西侧的冲刷段，但属于基岩岸线，在海滩岩掩护下岸线暂未出现显著冲刷。
太平洋石油码头附近		海滩岩+沙滩	1.6	塔岭东侧油码头附近岩滩发育，在其掩护下岩滩内侧的沙滩近数十年来变化很小，整体处于缓慢冲刷，其中靠近西侧的约 1.6km 岸段（油码头两侧）海滩岩普遍出露，向东局部海滩岩出露，这种情势与上世纪 60 年代的岸线特征保持一致	2016 年，因临空岛起步区人工岛形成，太平洋石油码头附近成为人工岛掩护区西侧的冲刷区，2015 年~2016 年岸线整体冲刷，海滩岩出露范围向东扩大了约 250m 至连岛大桥根部，油码头向东至连岛大桥整体表现为冲刷，其中靠近连岛大桥根部附近沙滩岸线最大冲刷后退约 10m；	
太平洋石油码头至担油港		太平洋石油码头向东至临空岛连岛大桥接岸点	海滩岩+沙滩	1.0	太平洋石油码头以东至担油港潟湖口门段，1969 年以来这一岸段整体表现为冲刷，但冲刷幅度相对缓于南山观音附近，最大后退幅度不超过 20m。	2015 年~2016 年岸线整体冲刷，海滩岩出露范围向东扩大了约 300m 至连岛大桥根部。2016 年临空岛二期工程围堰部分整体形成后，太平洋石油码头至连岛大桥附近成为人工岛掩护区，2016 年至 2017 年间，连岛大桥至油码头附近冲刷减缓，局部淤积。
人工岛大桥接岸点向东至担油港口门东侧 (临空岛掩护区)	完整沙滩岸线，海滩岩间或出露	2.1	在 2015 至 2016 年间的岸线变化代表临空岛起步区形成后的岸滩冲淤影响，淤积段在临空岛起步区掩护的约 600m 岸段（连岛大桥以东），冲刷区在掩护区两侧，其中西侧的连岛大桥至油码头相对明显，东侧变化不明显；2016~2019 年间的岸线变化代表了临空岛整体轮廓形成后的影响，因掩护岸段长达 3km 左右，但因西侧来沙有限，真正淤积岸段长度约 2.1km，最大淤积部位在河口附近，平均向海淤积约 20m。			
担油港至天涯海角	担油港至天涯海角	担油港口门东侧至马岭村西侧	海滩岩+沙滩	3.0	担油港口门至天涯海角附近岸滩相对平缓，1969 年以来基本稳定，局部略有淤积，沙滩岸线淤积幅度不超过 20m，主要在天涯海角景区向西 1km 左右的岸段。担油港口门附近受河口影响在此期间冲淤波动较为活跃，岸线位置差异最大可达 50m 左右	根据断面监测和岸线对比，人工岛开始施工的 2016 年以来，冲刷岸段主要集中在六横路以东约 2km 的岸段，最大冲刷后退 10m，平均冲刷后退约 5m。
		马岭村 (巴士码头以西)	海滩岩+沙滩	0.9		在巴士码头建设期间，曾实施局部开挖和局部堤坝，对岸滩短期冲淤造成一定影响。主要表现在 2016~2017 年施工期间，西侧局部岸段的冲刷，岸线调整幅度最大可达 20m 左右
		巴士码头至天涯海角天涯石	完整沙滩岸线	0.6		在 2018 年码头完全建成后，巴士码头建设期间局部影响效应明显减弱，主要表现在码头掩护段的局部淤积，其西侧的冲刷也得到一定恢复。
	天涯海角附近	天涯海角	岩礁+沙滩	0.7	天涯海角附近基岩岬角发育，近 45 年间冲淤波动较为频繁，但未表现出明显的趋势性过程。其中天涯石西侧的小海湾岸线波动幅度可达 60m 左右，天涯石以东景区岸线波动幅度达 30m 左右，主要在 1991 年之前曾有较大的冲刷后退，2008 年以来未发生明显变化	在天涯海角景观石西侧，因天涯海角景观石的岬角作用，形成西侧小的弧形海湾，海湾内有一小的河沟入海，受河沟洪季供砂和不同方向波浪作用影响，海湾时有冲淤波动，最大波动幅度可达 20m 左右，但近年来未表现出明显的趋势性变化，未受到临空产业园人工岛等工程的影响。
	天涯海角东部	基岩岸线	1.9	基岩岸线，冲淤变化相对较小	基岩岸线，冲淤变化相对较小，未受到临空产业园人工岛等工程的影响。	

6.3.1.3.2 2015-2019 年岸线演变特征分析

评价区岸段沙滩、基岩和海滩岩混合分布，近年来的岸线变化主要表现为岸线曲折、靠近岬角等固定边界部位的冲淤波动，以及已建大型人工工程对岸滩冲淤的影响。

2016 年实施大型人工工程为临空产业园人工岛工程（临空岛一期）和二期人工岛工程已实施围堰部分，已实施围堰部分约为长轴 3km、短轴 2km 顺岸布置的椭圆形，最短离岸距离 670m 左右。

2016 年以来实施的临空产业园人工岛工程引起的岸滩冲淤主要集中在人工岛及其两侧约 6km 岸段，包括人工岛掩护区 2.1km 的淤积段、掩护区西侧约 2.1km 的冲刷段和掩护区东侧约 2.0km 的冲刷段。

6km 以东的天涯镇、天涯海角岸段，以西的三美湾、南山景区岸段未因已实施人工岛工程建设形成明显冲淤调整，其冲淤变化主要为海滩自然冲淤波动和局部工程（巴士码头、南山观音人工岛防护区扩大等）影响。

结合 2015-2019 年岸线实测结果，工程对岸线演变特征的影响分析如下，不同岸段的变化情况见表 6.3-3。

6.3.1.3.2.1 南山景区至塔岭

（1）南山景区岸段-砂质海岸

南山景区岸段冲淤变化明显的岸段主要在南山观音掩护部位和鸭子塘河口靠近岬角等固定边界附近，沙嘴的局部偏移摆动和河口附近的冲淤波动是不同季节水沙条件和波浪条件波动的自然结果，并未受已经实施的大型人工岛临空一期和二期工程的影响，未表现出趋势性的冲淤过程。鸭子塘至三美湾、三美湾东岬角至塔岭岬角为基岩岸线，不会受到外界的影响而表现出趋势性的冲淤过程。

（2）三美湾岸段

三美湾海滩长度仅约 600m，两侧均为基岩海岸，后方为高地，多年来整体稳定，因海湾规模较小，东西两侧基岩岬角发育，对不同方向波浪作用异常敏感。东南向浪作用时泥沙向西运动形成东冲西淤，西南向量作用时迅速回调形成西冲东淤，短期的冲淤波动可达 20m~30m。2015-2019 年历次在断面测量中也显示出无明显规律的冲淤波动，三美湾内岸线东冲西淤和东淤西冲的交替性演变，是多年历史演变的规律。

根据岸线对比和断面观测结果，该岸段无明显的趋势性趋势性冲刷和淤积变化，近年来的临空产业园人工岛等邻近工程未引起本岸段的明显冲淤变化

6.3.1.3.2塔岭基岩岸线至担油港

前期岸滩演变研究显示，塔岭基岩岸线至担油港附近岸线整体处于缓慢冲刷，其中靠近西侧的约 1.6km 岸段（油码头两侧）海滩岩普遍出露，向东局部海滩岩出露。这种情势与上世纪 60 年代的岸线特征保持一致，表明西侧冲刷更明显，但在海滩岩掩护下岸线自然冲淤变化较小。

受临空岛起步区及临空岛工程的影响，工程实施 3 年来掩护区平均向海淤积约 16m，淤积泥沙总量在 5 万方左右，主要集中在-2m 以上区段，形成高程约 2.5m~3.0m 的滩肩，担油港口门附近受河口影响波动较大；人工岛掩护区东侧（六横路向东约 2.0km 岸段）3 年来平均冲刷后退 5m 左右，流失泥沙约 3 万方，主要向西运移堆积在人工岛掩护区的担油港口门附近，最大冲刷部位在六横路东侧，3 年间断面最大后退约 10m。岸段岩滩海滩相间分布、岸线曲折，海滩岩对岸线已形成较好掩护，随着海滩岩出露范围增大冲刷逐渐趋缓。

（1）太平洋石油码头附近

2015 年临空岛起步区实施前，太平洋石油码头以西约 900m 和以东约 800m 海滩岩出露。

2016 年，因临空岛起步区人工岛形成，太平洋石油码头附近成为人工岛掩护区西侧的冲刷区。人工岛掩护区西侧约 2.1km 岸段平均冲刷后退 5m 左右，3 年间流失泥沙量约 2 万方，最大冲刷部位在油码头东侧。

太平洋石油码头向东约 1km 处至临空岛连岛大桥接岸点：2015 年~2016 年岸线整体冲刷，海滩岩出露范围向东扩大了约 300m 至连岛大桥根部，太平洋石油码头向东至连岛大桥整体表现为冲刷，其中靠近连岛大桥根部附近沙滩岸线最大冲刷后退约 10m；

2016 年临空岛二期工程围堰部分整体形成后，太平洋石油码头至连岛大桥附近成为人工岛掩护区，2016 年至 2017 年间，连岛大桥至太平洋石油码头附近冲刷减缓，局部淤积。

太平洋石油码头以西至塔岭基岩岸线附近，海滩岩主要分布于岸外 50~100m，对岸滩形成较好掩护，尽管属于人工岛工程实施后波影区西侧的冲刷段，但在海滩岩掩护下岸线暂未出现显著冲刷。

（2）人工岛大桥接岸点向东至担油港口门-临空岛掩护区附近

连岛大桥以东约 600m 的岸段是 2016 年完工的临空岛起步区的掩护段，也是 2017 年形成的临空岛掩护段，2015 年以来整体向海淤积 15m~20m。但这一岸段的淤积主要发生在 2015 年至 2016 年间，即临空岛起步区形成后这一掩护区迅速淤积，但 2017 年临空岛整体轮廓形成后，这一岸段处于掩护区中部，而岸线的淤长主要发生在掩护区的东段，中段因动力条件减弱明显，即便处于淤积环境，也未能进一步明显淤积。

担油港口门附近是临空岛形成后的掩护区东段，口门两侧约 900m 岸线在临空岛轮廓形成后淤积明显，沙滩岸线平均淤出 20m 左右。相对较大幅度的淤积也与这一岸段在工程前受河口影响岸线相对凹入有一定关系。

整体而言，在 2015 至 2016 年间的岸线变化代表临空岛起步区形成后的岸滩冲淤影响，淤积段在临空岛起步区掩护的约 600m 岸段（连岛大桥以东），冲刷区在掩护区两侧，其中西侧的连岛大桥至油码头相对明显，东侧变化不明显；

2016~2019 年间的岸线变化代表了临空岛整体轮廓形成后的影响，因掩护岸段长达 3km 左右，但因西侧来沙有限，真正淤积岸段长度约 2.1km，最大淤积部位在河口附近，平均向海淤积约 20m。

6.3.1.3.2.3 担油港至天涯海角

（1）担油港口门至天涯镇

临空产业园人工岛工程实施前，海滩岩普遍出露和后方沙坝塌方陡坎显示出侵蚀特征，但侵蚀后退速率相对较小，岸线变化不明显。

2016 年以来，人工岛工程实施后，作用在本岸段的西南向波浪受到掩护，东南向波浪作用频率相对增强，岸滩泥沙向西运移至人工岛掩护区形成淤积体，本岸段形成冲刷。根据断面监测和岸线对比，人工岛开始施工的 2016 年以来，冲刷岸段主要集中在六横路以东约 2km 的岸段，最大冲刷后退 10m，平均冲刷后退约 5m。

从时间上看，冲刷主要发生在 2016~2018 年，2018 年以来冲刷趋势明显减缓，现场调查显示，最主要的冲刷阶段在 2017 年 9 月的杜苏芮台风期间，高潮大浪引起的沙坝后方淘刷。从断面冲刷形式看，冲刷主要发生在 -2m 以上的非海滩岩分布区，-2m 以下多为岩礁，无明显冲淤变化（图 6-1）。

（2）天涯镇至天涯海角

天涯镇至天涯海角岸段岸线特征变化较大。在天涯镇马岭村所在岸段（金莎珺唐酒店至巴士码头）后方沙坝上建筑物密集，前沿海滩岩基本连续分布，海滩相对较窄；在巴士码头及其东侧部位，是天涯海角岸外王八礁等离岸岛礁对常浪向的掩护区域，自然岸滩平缓，滩肩宽阔；再向东是天涯岬角石景石岬角西侧的弧形海湾，滩肩平缓。

该岸段在 2015 年~2018 年间新建了天涯巴士码头一座，该码头及其栈桥为半透空式，建成后对水动力和岸滩影响相对较小。但在码头建设期间，曾实施局部开挖和局部堤坝，对岸滩短期冲淤造成一定影响。主要表现在 2016~2017 年施工期间，西侧局部岸段的冲刷，岸线调整

幅度最大可达 20m 左右，期间也有 2017 年 9 月的杜苏芮台风影响。但在 2018 年码头完全建成后，其局部影响效应明显减弱，主要表现在码头掩护段的局部淤积，其西侧的冲刷也得到一定恢复。

在天涯海角景观石西侧，因天涯海角景观石的岬角作用，形成西侧小的弧形海湾，海湾内有一小的河沟入海，受河沟洪季供砂和不同方向波浪作用影响，海湾时有冲淤波动，最大波动幅度可达 20m 左右，但近年来未表现出明显的趋势性变化。未受到临空产业园人工岛等工程的影响。

变化特征分析见表 6.3-3，2015 年以来冲淤变化统计见表 6.3-3。 -

表 6.3-3 三亚新机场项目周边岸滩 2015 年-2019 冲淤变化分析表

岸段		2015-2016	2016~2017	2017-2018	2018-2019	变化特征	是否受已建人工岛影响
天涯海角景区东段海滩	岸线长度(m)	200	200	200	200	天涯海角景区莲花桥以西无基岩分布的海滩岸段，常年冲淤波动较大，2017 年杜苏芮台风影响下冲刷较大	不影响
	平均冲淤幅度(m)	3	-10	4	-6		
	最大冲淤幅度(m)	-2~5	-18	-5~+11	-7~+3		
天涯海角景区西段海滩	岸线长度(m)	400	400	440	400	天涯海角景观石以东基岩与海滩相间分布的海滩岸段，常年基本稳定，有一定冲淤波动，台风浪影响下冲刷明显	不影响
	平均冲淤幅度(m)	-3	-6	4	-1		
	最大冲淤幅度(m)	-6~+3	-11~+5	-4~+7	-4~+2		
天涯海角西侧弧形岸段	冲淤岸线长度(m)	300	300	300	300	天涯海角景观石以西的弧形海岸岸段，常年基本稳定，有一定冲淤波动，台风浪影响下冲刷明显	不影响
	平均冲淤幅度(m)	5	-17	13	-9		
	最大冲淤幅度(m)	13	-30	22	-14		
天涯镇东侧淤积段	冲淤岸线长度(m)	900	900	900	900	巴士码头岸段，岸外礁石对常浪向的掩护段，常年略有淤积，海滩宽阔，整体略有淤积，受巴士码头建设期影响，2016~2018 年间局部冲淤变化较大	不影响
	平均冲淤幅度(m)	3	-2	2	1		
	最大冲淤幅度(m)	-5~+7	-26~+22	-21~+22	-5~+9		
天涯镇及以西岸段	冲淤岸线长度(m)	1400	1400	1400	1400	天涯镇马岭村中部向西 1.4km 岸段，岸外海滩岩和岩礁分布广泛，岸滩整体较为稳定略有冲淤波动，未表现出人工岛工程影响	不影响
	平均冲淤幅度(m)	1	-2	-1	1		
	最大冲淤幅度(m)	-6~+4	-8~+4	-5~+3	-4~+6		
临空岛掩护区以东冲刷岸段	冲淤岸线长度(m)	2000	2000	2000	2000	六横路以东约 2km 的人工岛掩护区东侧岸段。整体略有冲刷，海滩整体后退。六横路和七横路之间冲刷最强	冲刷段
	平均冲淤幅度(m)	-1	-3	-1	-1		
	最大冲淤幅度(m)	-4~+8	-10	-6	-4		
人工岛掩护区淤积段	冲淤岸线长度(m)	2100	2100	2110	2100	六横路以西人工岛掩护区淤积段工程前较为稳定，担油港口门冲淤波动大，工程后整体淤积 2016~2018 年掩护段整体淤积，后逐渐减缓	淤积影响
	平均冲淤幅度(m)	0	5	7	4		
	最大冲淤幅度(m)	-9~+7	16	20	14		
人工岛西侧冲刷段	冲淤岸线长度(m)	2100	2100	2100	2100	现状人工岛掩护下油码头附近冲刷段，岸外海滩岩和岩礁分布岸线曲折，基岩较多，冲淤波动较大，工程后整体冲刷油码头实堤东侧冲刷最大	冲刷影响
	平均冲淤幅度(m)	0	-2	-2	-1		
	最大冲淤幅度(m)	+8~-13	-17	-22	-15		
三美湾岸段	冲淤岸线长度(m)	600	600	600	600	三美湾砂质岸段无趋势性冲淤，未表现出已有人工岛建设的影响	不影响
	平均冲淤幅度(m)	0	-2	1	0		

	最大冲淤幅度(m)	-5~+8	-27~+15	+31~-20	-11~+10	海滩规模较小, 冲淤波动活跃	
南山景区鸭仔塘段	冲淤岸线长度(m)	380	380	380	380	南山景区东部的鸭仔塘河口岸段未有趋势性冲淤特征受河口和东侧基岩岸线影响, 冲淤波动活跃	不影响
	平均冲淤幅度(m)	1	-5	8	-6		
	最大冲淤幅度(m)	-2~+5	-16	23	-20		
南山景区东段	冲淤岸线长度(m)	1050	1050	1050	1050	海滩岩宽阔连续且高程较大, 岸线基本稳定岸滩常年冲淤变化较小	不影响
	平均冲淤幅度(m)	0	0	0	0		
	最大冲淤幅度(m)	-3~+3	-5~+4	-3~+7	-4~+4		
南山观音人工岛掩护区段	冲淤岸线长度(m)	500	500	500	500	南山观音人工岛掩护区附近 2016~2018 年间因人工岛护岸块体范围扩大, 淤积范围增大岸线曲折, 冲淤波动活跃	不影响
	平均冲淤幅度(m)	1	4	5	-3		
	最大冲淤幅度(m)	-15~+12	-5~+22	-5~+25	-10~+12		
南山景区西段	冲淤岸线长度(m)	620	620	620	620	南山观音人工岛掩护区西侧	不影响
	平均冲淤幅度(m)	-3	1	0	-3		
	最大冲淤幅度(m)	-16	7	-5~+5	-13		

6.3.1.4 小结

分析表明，三亚新机场项目岸段沙滩、基岩和海滩岩混合分布，近年来的岸线变化主要表现为岸线曲折、靠近岬角等固定边界部位的冲淤波动，以及已建工程附近的冲淤影响。

二期工程已实施围堰部分约为长轴 3km、短轴 2km 顺岸布置的椭圆形，最短离岸距离 670m 左右。在已建工程中 2016 年以来实施的临空产业园人工岛工程引起的岸滩冲淤主要集中在人工岛及其两侧约 6km 岸段，包括人工岛掩护区 2.1km 的淤积段、掩护区西侧约 2.1km 的冲刷段和掩护区东侧约 2.0km 的冲刷段。

工程实施 3 年来掩护区平均向海淤积约 16m，淤积泥沙总量在 5 万方左右，主要集中在-2m 以上区段，形成高程约 2.5m~3.0m 的滩肩，担油港口门附近受河口影响波动较大；

人工岛掩护区东侧（六横路向东约 2.0km 岸段）3 年来平均冲刷后退 5m 左右，流失泥沙约 3 万方，主要向西运移堆积在人工岛掩护区的担油港口门附近，最大冲刷部位在六横路东侧，3 年间断面最大后退约 10m。

人工岛掩护区西侧约 2.1km 岸段平均冲刷后退 5m 左右，3 年间流失泥沙量约 2 万方，最大冲刷部位在油码头东侧。岸段岩滩海滩相间分布、岸线曲折，海滩岩对岸线已形成较好掩护，随着海滩岩出露范围增大冲刷逐渐趋缓。

上述 6km 以东的天涯镇、天涯海角岸段，以西的三美湾、南山景区岸段未因已实施人工岛工程建设形成明显冲淤调整，其冲淤变化主要为海滩自然冲淤波动和局部工程（巴士码头、南山观音人工岛防护区扩大等）影响。具体见表 6.3-4。

表 6.3-4 已建工程冲淤环境影响分析表

岸段分布		岸线类型	岸线长度(km)	受影响岸线变化情况	
南山 景区 至塔 岭	南山角岸段		基岩岸线	2.9	未受影响
	南山景区砂 质海岸 2.5km	南山景区西部 (海上观音淤积段以西)	岩块+沙滩	0.8	不影响
		海上观音人工岛掩护段	完整沙滩岸线	0.3	不影响
		海上观音以东	海滩岩+沙滩	1.2	不影响
		鸭子塘河口附近	完整沙滩岸线	0.2	不影响
	鸭子塘至塔 岭 3.9km	鸭子塘至三美湾	基岩岸线	1.2	不影响
		三美湾西段	海滩岩+沙滩	0.2	不影响
		三美湾东段	完整沙滩岸线	0.3	不影响
三美湾东岬角至塔岭岬角		基岩岸线	1.2	不影响	
塔岭 基岩 岸线	塔岭至太平 洋石油码 头 2.6km	塔岭岬角至太平洋石油码头以西	基岩岸线	1.0	影响，加重冲刷，冲刷岸 段 2.1km
		太平洋石油码头附近	海滩岩+沙滩	1.6	
	太平洋石油	太平洋石油码头向东约 1km 处至	海滩岩+沙滩	1.0	由冲刷转为略有淤积

至担油港	码头至担油港	临空岛连岛大桥接岸点			
		人工岛大桥接岸点向东至担油港口门（临空岛掩护区）	完整沙滩岸线	2.1	冲刷转为淤积，主要分布在六横路以西人工岛掩护区淤积，长约 2.1 公里
担油港至天涯海角	担油港至天涯海角	担油港至天涯镇马岭村	海滩岩+沙滩	3.0	在人工岛掩护区东侧岸段，由多年略有淤积转为冲刷，主要分布在六横路以东，约 2km
		天涯镇至巴士码头	海滩岩+沙滩	0.9	未受影响
		巴士码头至天涯海角	完整沙滩岸线	0.3	未受影响
	天涯海角附近	天涯海角天涯石	岩块+沙滩	0.7	未受影响
		天涯海角东部	基岩岸线	1.9	未受影响

6.3.2 工程建设对岸线冲淤环境影响预测与评价

6.3.2.1 预测模型

6.3.2.1.1 模型建立

本工程采用丹麦水工试验所（DHI）开发的 Litpack 模型的 litline 模块，构建岸线演变模型，Litline 中的岸线演变计算建立在单线理论基础上，假设岸滩剖面在变形过程中保持不变，海岸泥沙运动的向岸和向海侧两条界线保持不变，等深线与岸线平行，岸滩演变可简化为剖面的前进或后退。由以上假设，根据沿岸输沙质量守恒（即认为某一段海岸中，进入和输出的沿岸输沙率的差值就等于该段海岸的淤积率或冲刷率），可得到沿岸输沙的连续方程如下：

$$\frac{\partial y_c}{\partial t} = -\frac{1}{h_{act}} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{Q_{sources}}{h_{act} \cdot \Delta x}$$

式中： y_c 为岸线距基线的距离； t 为时间； h_{act} 为可活动海岸剖面的高度； Q 为以体积衡量的沿岸输沙量； X 为沿岸方向上的距离； Δx 为沿岸方向上的计算步长 $Q_{sources}$ 为泥沙源汇项

(1) 沿岸输沙率计算公式

$$Q = Q_{byp} + (Q_{un} - Q_{byp}) \frac{Q_{dif}}{Q_{un}}$$

Q_{byp} — 当建筑物的头部处于破波带内时，发生在头部的离岸侧的沿岸输沙量；

Q_{dif} — 在无 Q_{byp} 时，考虑绕射影响的沿岸输沙率；

Q_{un} — 不受建筑物影响时，考虑波浪浅水变形和折射影响得到的沿岸输沙率。

(2) 岸线计算范围：人工岛建设后的波浪影响范围主要在天涯海角至南山角之间，考虑到本岸段特殊的地形和岸线特征，将肖旗港西侧的基岩岸线和崖州湾东侧的南山港基岩岸线之

间的岸段作为岸线计算范围，包括了南山景区沙滩、天涯海角等敏感目标，并在东西两侧预留不小于 2km 的缓冲岸段长度，模拟范围共约 24km，沿岸风险分为间隔 20m 共 1200 个计算单元。其中岬角附近的基岩岸段进行了固化处理，无冲淤变化。地形、岸线、沉积物采用本工程实测水下地形和底质取样分析结果。模型岸线采用 2015 年实测地形图 0m 线。根据地形测图、岸滩调查和剖面测量成果，岸线局部剧烈转折部位进行适当的平滑处理以避免模型计算发散。

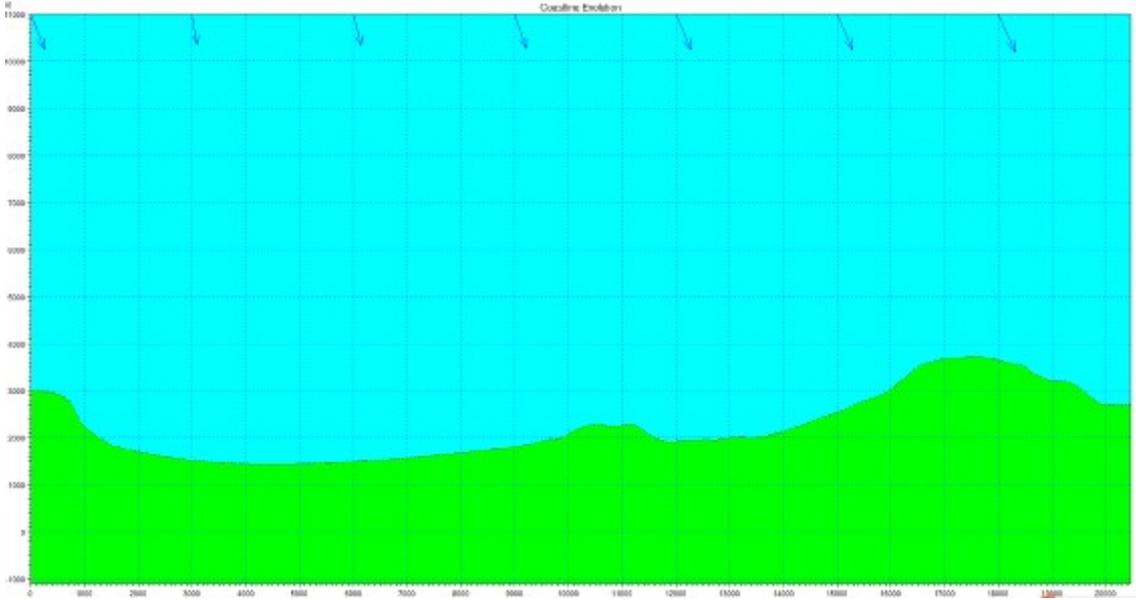


图 6.3-3 数值模拟范围示意图

6.3.2.1.2 岸线演变采用的波浪条件

因工程区岸线曲折，并非单一的平直砂质海岸，不同岸段的波浪作用条件差异较大，特别是工程区东侧岸段天涯海角附近因受西瑁洲和天涯海角外水下暗礁影响，与西侧岸段的波浪已有明显差异。因此为准确模拟沿岸泥沙输运以及工程建设后的岸线冲淤调整，本评价采用河海大学数学模型报告中根据 CCMP 风场数据，模拟 2001-2010 年全年南海海域大范围波浪场，统计从而得到 2001-2010 年工程海域深水（30m）的分级分向波浪数据，由波浪数学模型计算提供的近岸-6m 水深附近沿岸各点的年平均代表波浪条件。沿岸各点处计算所得的波浪玫瑰图见图 6.3-4。

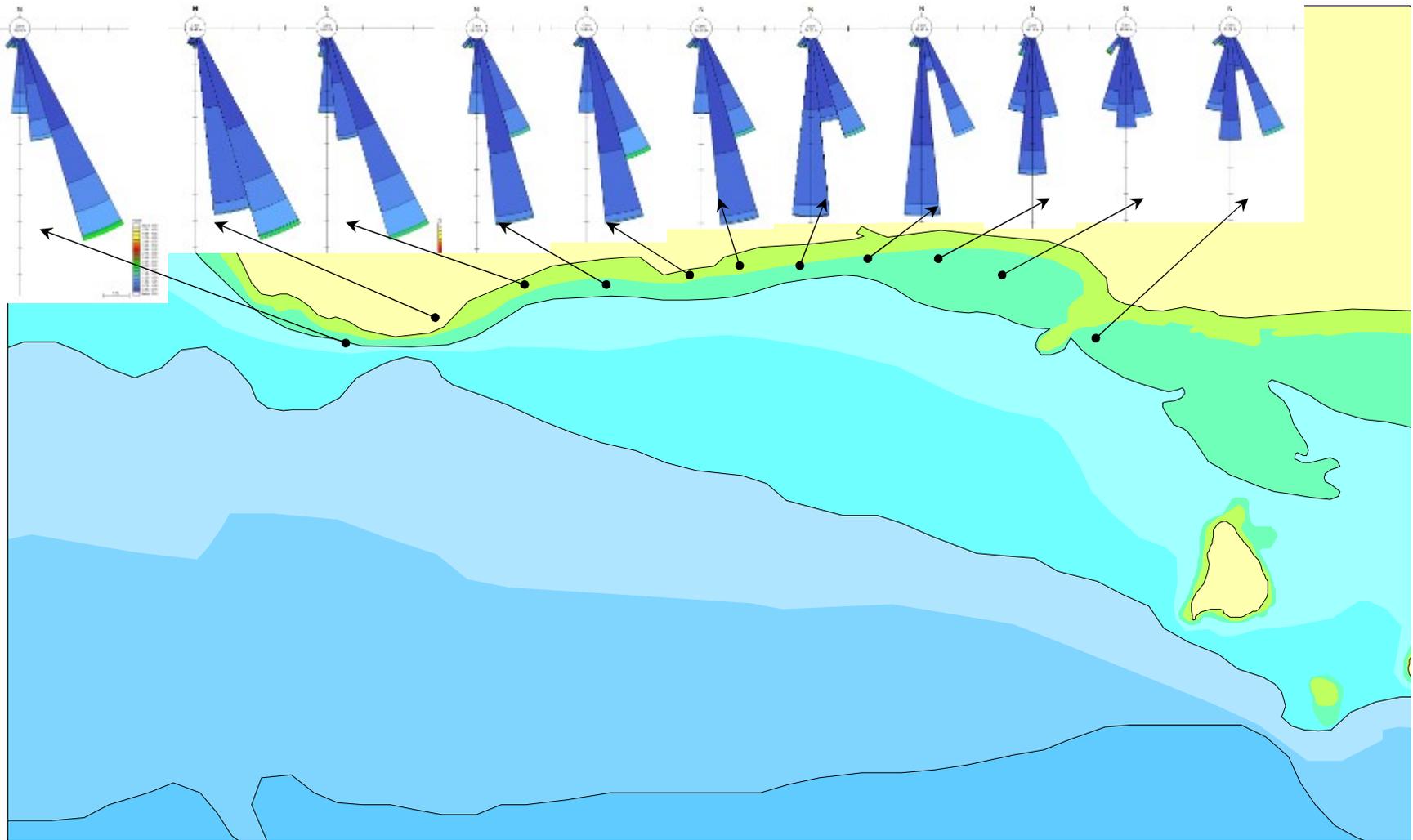


图 6.3-4 新机场海域近岸各计算点波浪玫瑰图

6.3.2.2 模型验证

6.3.2.2.1 南山观音人工岛实施后的岸线变化验证

模型所在岸段近年来没有大规模的工程建设，岸线冲淤变化幅度也相对较小。对工程岸段影响较为明显的工程为南山景区的南山观音人工岛工程。该工程于 1999 年 10 月 27 日正式开工，2000 年 1 月 5 日开始人工岛工程施工，2000 年 12 月完成了人工岛及圆通宝殿工程主体，2003 年 1 月工程主体完工。

在工程建设前期，于 2000 年修筑施工通道，连接陆地与人工岛，施工通道于 2011 年初拆除。在施工通道存在的 2011 年间，因拦截沿岸输砂，形成施工通道两侧的岸线冲淤调整。主要表现为西侧靠近人工岛施工通道岸段因拦截沿岸输砂形成淤积体，淤积体以西岸段冲刷，施工通道东侧缓慢冲刷。为此，以 2000 年岸线为基础，计算了 2000 年至 2010 年施工通道影响其两侧岸线的冲淤调整过程，并与在此期间卫星遥感影像显示的岸线变化情况进行了对比。

计算结果显示，施工通道形成 1 年后，其西侧约 130m 范围内即形成较大的堆积体，堆积体最大宽度约 45m，东侧堆积范围较小。堆积体向西约 800m 范围沙滩普遍冲刷，最大冲刷后退幅度 5m 左右，东侧冲刷范围约 400m，最大冲刷后退幅度约 6m。之后，堆积和冲刷幅度逐渐减缓，至 2005 年，堆积体最大宽度约 78m。通道建成 5 年后，堆积体的发展速度已小于 3m/a，两侧的冲刷后退幅度也小于 1m/a。至 2010 年施工通道拆除前，淤积体最大淤积宽度为 88m，西侧冲刷区最大冲刷后退约 10m，东侧最大冲刷后退幅度约为 8m。

从冲淤量级和分布情况看，模拟所得的工程影响下岸线冲淤变化与卫星遥感影响所显示的较为接近，见图 6.2-5 和图 6.2-6 及图图 6.2-7 和图 6.2-8。

从 2008 年和 2010 年影像资料冲淤发展过程看，至少至 2008 年，施工通道拦截沿岸泥沙形成的淤积体已基本达到稳定，2008 年至 2010 年未有显著变化，与模拟计算结果一致，淤积体基本稳定后的最大淤积宽度也与模拟计算结果一致。

6.3.2.2.2 台风浪影响下人工岛附近冲淤验证

台风浪影响是沙滩岸线冲淤变化的主要时段，特别是有工程影响或靠近固定边界的岸段，因台风浪期间的波浪条件与平常天气条件下存在较大差异，即便是在平常天气条件下达到动态平衡的岸线，在台风浪中心因靠近固定边界也可能形成较大的冲淤调整。

2016 年 10 月的 1621 号台风莎莉嘉在 10 月 17 日至 19 日影响工程海域，格局本工程外海实测资料，实测最大波高 4.21m，波高大于 2m 的时段约 1.5 天。这一阶段，工程区的临空岛一期围填工程已基本形成。

采用台风前后的卫星遥感影像数据，对本次台风前后的岸线变化进行分析。其中 2016 年 10 月 12 日影像代表台风前，成像时刻三亚港潮位为 1.18m。2016 年 10 月 23 日卫星影像代表台风后，成像时刻三亚港潮位 1.05m。两幅影像成像潮位相差仅 0.13m，按照这一部位沙滩坡度一般在 1:4~1:10 左右考虑，成像潮位的影响小于 2m。对比结果显示，在已实施人工岛掩护区的淤积岸段在台风过程中淤积体整体继续向海淤进，最大淤积幅度 7m（考虑潮位影响应在 6m 左右）。明显淤积的岸段长约 900m。淤积体东西两侧均有不同程度的冲刷，幅度不超过 5m。

在建立的模型中，依据工程区台风期间实测波浪过程模拟了临空岛一期工程实施后经过上述台风影响后的岸线变化。计算结果显示，在人工岛陆侧，台风后岸线淤积主要发生在人工岛掩护的约 1km 岸段。最大淤积幅度 5m；东侧至担油港附近普遍冲刷，冲刷后退幅度在 2~4m 之间；西侧油码头附近略有冲刷，冲刷后退幅度 2m 左右。

与同期卫星遥感影像资料对比结果比较，模拟计算的冲淤岸段分布基本一致，其中人工岛西侧油码头附近在卫星遥感影像中未表现出明显冲刷后退，与模拟计算结果略有差异，应与这一岸段海滩岩掩护下长期稳定的岸线格局有关；人工岛掩护段的淤积岸线从长度和淤积幅度方面，模拟结果和卫星影像对比结果一致；掩护区东侧至担油港附近的岸线冲刷后退情况，模拟结果与卫星影像显示的结果也较为接近。

验证结果显示，模型计算结果与实际情况在冲淤分布和最大冲淤幅度方面基本一致，为岸线冲淤演变模拟、工程实施对岸线冲淤的影响及防护对策研究提供了可靠基础。



图 6.3-5 南山观音人工岛附近 2010 年岸线特征（航拍）



图 6.3-6 南山观音人工岛附近 2010 年岸线特征（卫星照片）

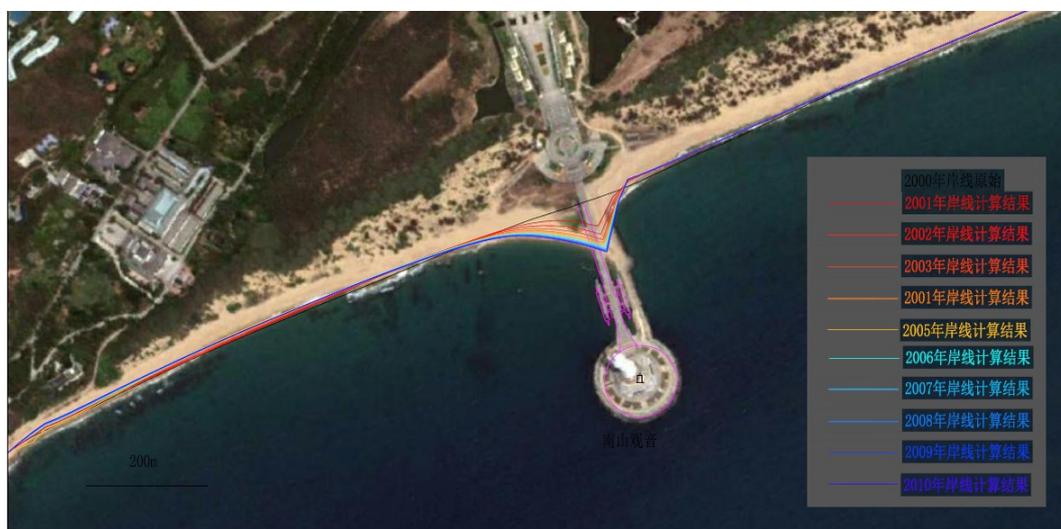


图 6.3-7 南山观音施工通道实施后岸线变化模拟（底图为 2010 年影像）



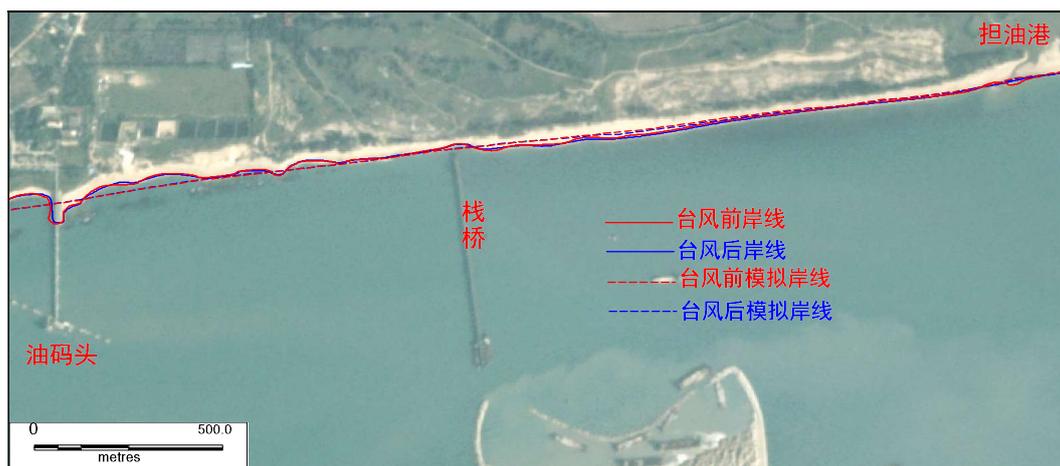


图 6.3-8 工程海域台风前后岸线变化实测与模拟结果对比

(上图 2016.10.12GF1 遥感影像底图, 下图 2016.10.23GF1 遥感影像底图)

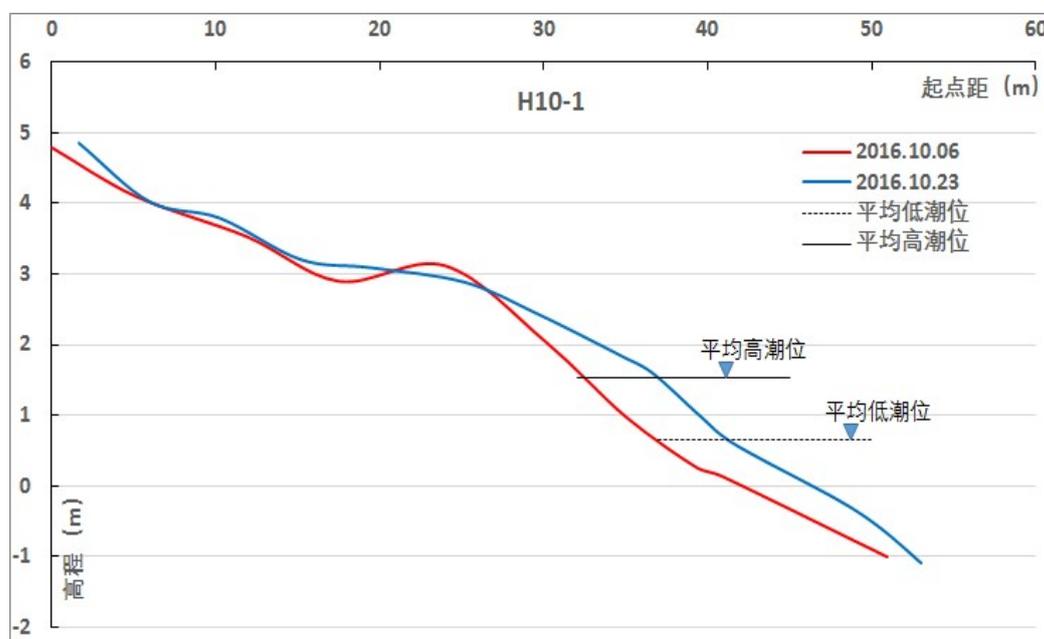


图 6.3-8 人工岛工程实施后 2016 年 10 月台风前后陆侧淤积体岸滩剖面对比

6.3.2.3 预测方案设计

目前工程区内能够对岸线演变产生影响的工程有临空产业园人工岛工程（面积 4.18km² 轮廓已基本形成，并对岸线造成事实影响），考虑到临空产业园人工岛工程将要拆除，因此本评价设计以下 2 种方案进行岸线冲淤计算与预测，具体见表 6.3-4。

表 6.3-4 预测方案表

编号	预测方案	模拟考虑的主要工程内容	预测情景说明
1	现状条件	岸线原始状态	没有临空产业园人工岛工程模拟计算工程海域岸线冲淤演变特征
2	拆除临空产业园人工岛后，叠加本工程	天涯镇巴士码头、机场本岛工程	论证机场本岛工程对岸线演变的叠加影响，模拟计算机场本岛工条件下岸线冲淤演变特征

6.3.2.4 岸线变化因素、评价范围、模拟岸线筛选

(1) 岸线变化因素

潮流和波浪动力场及供砂条件变化是地形和岸线冲淤调整主要因素。

工程区附近无大江大河入海，破波区底质相对较粗且无粘性颗粒的情况下，海域含沙量很低。2016 年 4 月至 12 月，中科院南海研究所在工程海区的水文泥沙调查结果显示，工程海区不同潮期悬浮泥沙浓度大部分不超过 0.02kg/m³，全年平均含沙量约为 0.017kg/m³。

本海域潮流强度整体较小，就潮流场变化而言，人工岛工程实施后，局部流速变化将引起一定的冲淤调整，仅就潮流变化引起的冲淤而言，其冲淤分布格局应与潮流变化的分布格局对应。但在缺少外来泥沙供给的情况下，潮流流速减小仅代表成为泥沙具备落淤条件的前提，不一定能在短时间内形成明显淤积。

因此引起岸线冲淤变化的因素是波浪，本评价给出的岸线变化均为波浪场变化作用下的预测结果。

就波浪场变化而言，近岸区域的波浪场改变将是人工岛工程建设引起泥沙运动调整的主要方面。人工岛实施后引起的波浪变化主要包括人工岛波影区波高的减小、人工岛迎浪岸壁外侧因波浪反射出现的波高增大以及受影响区域波浪传播方向的调整。波高增大和减小将直接影响泥沙的冲刷和落淤，从而直接影响岸滩地形冲淤。其主要表现为：

- 1) 人工岛掩护区波浪作用普遍减小，成为泥沙淤积区；
- 2) 人工岛两侧至近岸区域的波浪传播方向有向人工岛中轴线附近偏转的趋势，并形成自两侧向中间的泥沙运动，其中破波带区域最为明显。

(2) 岸线影响范围

波浪是本海域近岸浅水区泥沙运动的控制动力，波浪传播方向的改变，会改变沿岸泥沙运动（特别是破波带附近），因工程附近存在自西向东和自东向西两个方向的沿岸输砂，两个方向输砂的量级相当，净输砂量不大。当泥沙沿岸输运至人工岛掩护区后形成堆积，不再具有自人工岛附近向两侧输砂的动力条件，因此在人工岛掩护区形成局部淤积的同时，淤积岸段两侧会形成一定范围的冲刷。

人工岛工程建设不会引起近岸波浪的增强，而是起到对岸外有效消浪的岸线作用，对于来自外海的波浪能量不变的情况下，将整体削弱波浪对近岸岸滩的作用，对处于目前缺少外来泥沙且局部出现冲刷的海岸而言整体是有利的。人工岛实施后的岸滩冲淤调整应主要表现为破波带以浅泥沙的沿岸搬运，形成天涯海角至南山角之间岸线形态的调整，不具备引起近岸泥沙的大范围流失的条件。就本岸段而言，波浪场的改变范围向西可至南山角附近，向东可至天涯海角附近，即波浪场的影响主要局限在红塘湾海域。因此本评价确定岸线影响范围为南山角至天涯海角附近。

（3）预测岸段的筛选

潮流和波浪动力场及供砂条件变化是地形和岸线冲淤调整主要因素。动力场的改变是岸滩冲淤变化的重要因素之一，可活动泥沙是岸滩冲淤调整的物质基础。

就泥沙供给而言，南山角前沿水深超过 20m，塑造海滩所需的粗颗粒泥沙基本不具备绕过南山角向东运移的条件，对西侧岸段冲淤的影响应主要在南山风景区附近海滩和三美湾附近，以泥沙局部搬运为主。

三美湾向东，因塔岭岬角阻隔，加之处于人工岛波影区，泥沙输运能力骤减，因此泥沙淤积应主要发生在塔岭岬角西侧的三美湾附近，冲刷岸段应集中在其西部的南山景区沙滩区。人工岛向东至天涯海角附近主要为砂质海岸，波浪场的改变后泥沙具有向西运移形成冲淤调整的条件。但对于天涯海角以东区域，一是基岩海岸占主要部分，二是天涯海角前沿的水下岬角对泥沙运移也形成一定的阻隔，三是人工岛距离天涯海角较远，工程实施对天涯海角以东区域的波浪场影响甚微。因此根据工程实际可能影响的岸线结合岸线类型确定预测岸段见表 6.3-5。

表 6.3-5 模拟预测岸段

预测岸线分布		岸线类型	岸线长度(km)	影响类型	
南山景区岸段	南山景区砂质海岸 2.3km	南山景区西部	岩块+沙滩	0.8	
		海上观音人工岛掩护段	完整沙滩岸线	0.3	冲刷影响区
		海上观音以东	海滩岩+沙滩	1.2	冲刷影响区
	三美湾岸段	鸭子塘河口附近	完整沙滩岸线	0.2	淤积影响区
		鸭子塘至三美湾	基岩岸线	1.2	淤积影响区
		三美湾西段	海滩岩+沙滩	0.2	淤积影响区
		三美湾东段	完整沙滩岸线	0.3	淤积影响区
塔岭基岩岸线至担油港西	塔岭基岩至太平洋石油码头	海滩岩+沙滩	0.9	淤积影响区	
	太平洋石油码头至临空产业园人工岛大桥接岸点	海滩岩+沙滩	1.1	淤积影响区	
	临空产业园人工岛大桥接岸点至东侧约 1km (原临空岛掩护区)	完整沙滩岸线	1.0	淤积影响区	
担油港西至天涯海角	天涯镇马岭村以西至临空岛人工岛掩护区	人工岛大桥接岸点东约 1km 处至担油港口门东侧 (原临空岛掩护区)	完整沙滩岸线	1.1	冲刷影响区
		担油港东侧至天涯镇马岭村西侧	海滩岩+沙滩	3.0	冲刷影响区
	天涯镇以东至天涯海角附近	马岭村 (巴士码头以西)	海滩岩+沙滩	0.9	冲刷影响区
		巴士码头至天涯海角	完整沙滩岸线	0.6	冲刷影响区
	天涯海角附近	天涯海角附近	岩块+沙滩	0.7	冲刷影响

6.3.2.5 岸线冲淤环境影响预测结果

6.3.2.5.1 工程前岸线冲淤环境模拟计算

目前已实施的临空产业园人工岛工程在本项目新机场建成后将全部拆除，因此本评价现状条件下冲淤演变特征模拟计算仅考虑 无临空产业园人工岛影响下的岸线演变趋势预测结果分析如下：

计算采用 2015 临空产业园人工岛实施前的岸线和地形（相当于临空产业园人工岛工程和新机场已实施的起步工程全部拆除）。计算结果显示（图 6.3-9、表 6.3-6），在不考虑已有施工的人工岛情况下，冲刷岸段主要包括：

(1) 在南山景区岸段约 560m 岸段冲刷明显。因该岸段两侧基岩岬角发育，且受南山观音人工岛工程影响，局部冲淤波动活跃，趋势性冲刷不很明显，但局部冲淤调整幅度较大。冲刷段 30 年平均冲刷后退约 13.7m，最大冲刷后退约 30m，冲刷泥沙量约 11.9 万方。

(2) 天涯海角附近长约 500m 岸段，30 年平均冲刷后退 11.3m，最大冲刷后退 20.8m，30 年泥沙流失量约为 5.5 万方；

(3) 天涯镇以西长约 2.4km 岸段，整体冲刷，但因海滩岩掩护，局部差异较小，30 年平

均冲刷后退 7.9m，最大冲刷后退约 9.6m，泥沙流失量约 15.8 万方；

在天涯海角以西至天涯镇东侧（天涯巴士码头附近）长约 980m 岸段，天涯海角外的王八礁等礁体掩护，加上天涯巴士码头的掩护，有一定的淤积，30 年平均淤积约 18.1m，最大淤积约 25.5m，淤积泥沙总量约 14.4 万方。

其余岸段的趋势性冲淤变化幅度均较小，30 年的冲淤幅度一般都小于 5m。

南山景区附近整体冲刷，但冲淤分布不均匀，30 年平均冲刷 13.7m，最大冲刷 30m。

模拟计算的现状情况下岸线冲淤分布于近年来工程区岸段的岸线冲淤格局基本一致，最大冲淤幅度也基本接近，表明模型能够较为准确的模拟这一海岸的岸滩演变特征。

表 6.3-6 现状条件下冲淤环境模拟计算结果表

预测岸线分布		岸线类型	岸线长度(km)	冲淤环境模拟计算结果	
南山景区岸段	南山景区砂质海岸 2.3km	南山景区西部	岩块+沙滩	0.8	整体冲刷, 560m 岸段冲刷明显, 30 年平均冲刷 13.7m, 最大冲刷 30m, 符合历史上本段岸线变化特征
		海上观音人工岛掩护段	完整沙滩岸线	0.3	冲淤波动活跃, 趋势性冲刷不很明显, 在海上观音人工岛掩护以淤积为主, 符合海上观音人工岛建成后本岸段的历史变化特征
		海上观音以东	海滩岩+沙滩	1.2	
	三美湾岸段	鸭子塘河口附近	完整沙滩岸线	0.2	略有淤积, 30 年的淤积幅度小于 5m
		鸭子塘至三美湾	基岩岸线	1.2	淤积影响区
		三美湾西段	海滩岩+沙滩	0.2	主要表现为湾内岸线东冲西淤和东淤西冲的交替性演变过程和历史演变特征相符
		三美湾东段	完整沙滩岸线	0.3	
塔岭基岩岸线至担油港西	塔岭基岩岸线至担油港西侧约 1km	塔岭基岩至太平洋石油码头东侧	海滩岩+沙滩	0.9	塔岭东侧太平洋石油码头附近岩滩发育, 在其掩护下岩滩内侧的沙滩近数十年来变化很小
		太平洋石油码头东-临空产业园人工岛大桥接岸点	海滩岩+沙滩	1.1	受太平洋石油丁字码头掩护工程前基本不冲不淤积
		临空产业园人工岛大桥接岸点至担油港口门西侧约 1km (原临空岛掩护区)	完整沙滩岸线	1.0	临空产业园人工岛大桥接岸点基本没变化
担油港西至天涯海角	天涯镇马岭村以西至临空岛人工岛掩护区	人工岛大桥接岸点东约 1km 处至担油港口门东侧 (原临空岛掩护区)	完整沙滩岸线	1.1	不冲不淤积
		担油港东侧至天涯镇马岭村西侧	海滩岩+沙滩	3.0	约 2.4km, 整体冲刷, 但因海滩岩掩护, 局部差异较小, 30 年平均冲刷后退 7.9m, 最大冲刷后退约 9.6m, 泥沙流失量约 15.8 万方;
	天涯镇以东至天涯海角附近	马岭村 (巴士码头以西)	海滩岩+沙滩	0.9	在天涯巴士码头附近长约 980m 岸段淤积, 30 年平均淤积约 18.1m, 最大淤积约 25.5m, 淤积泥沙总量约 14.4 万方, 符合历史冲淤活跃的变化特征
		巴士码头至天涯海角	完整沙滩岸线	0.6	
	天涯海角附近	天涯海角附近	岩块+沙滩	0.7	天涯海角附近长约 500m 岸段, 30 年平均冲刷后退 11.3m, 最大冲刷后退 20.8m, 30 年泥沙流失量约为 5.5 万方; 符合历史冲淤活跃的变化特征



注：①上部为岸线冲淤变化情况；②下部为岸线冲淤变化幅度（南北方向上放大 20 倍）示意图。各图东西向比例相等，位置对应。

图 6.3-9 现状条件下工程区附近岸段的冲淤变化图

6.3.2.5.2 新机场人工岛实施后的岸线演变分析

三亚新机场人工岛实施后引起的岸线冲淤变化见图 6.3-10，计算结果显示，人工岛最大离岸距离 4km 左右，西北距离南海观音约 4.3km，东北距离天涯海角约 7.8km；对岸线冲淤变化影响范围相对较大，但影响幅度较小。工程建成后 30 年后岸线冲淤变化表现为：

(1) 南山景区砂质海岸岸段（现状南山景区淤积段和冲刷段）整体以冲刷为主，冲刷岸线长度约 1.7km，30 年平均冲刷后退约 16.9m，最大冲刷后退约 41.8m。因靠近基岩岬角且有南山观音人工岛影响，局部冲淤差异较大，且不同时段冲淤有差异较大。最大冲刷部位其实是南山观音人工岛掩护的淤积部位略有调整，也在该淤积部位季节性摆动的范围之内。该岸段 30 年总的冲刷和淤积泥沙量分别为 30.62 万方和 0.92 万方，净流失 29.7 万方。与工程前相比，冲刷岸线长度增加 1140m，平均冲刷幅度增加 3.2m，最大冲刷幅度增加 11.8m，前 10 年平均最大冲刷强度增加 0.16 m/a。

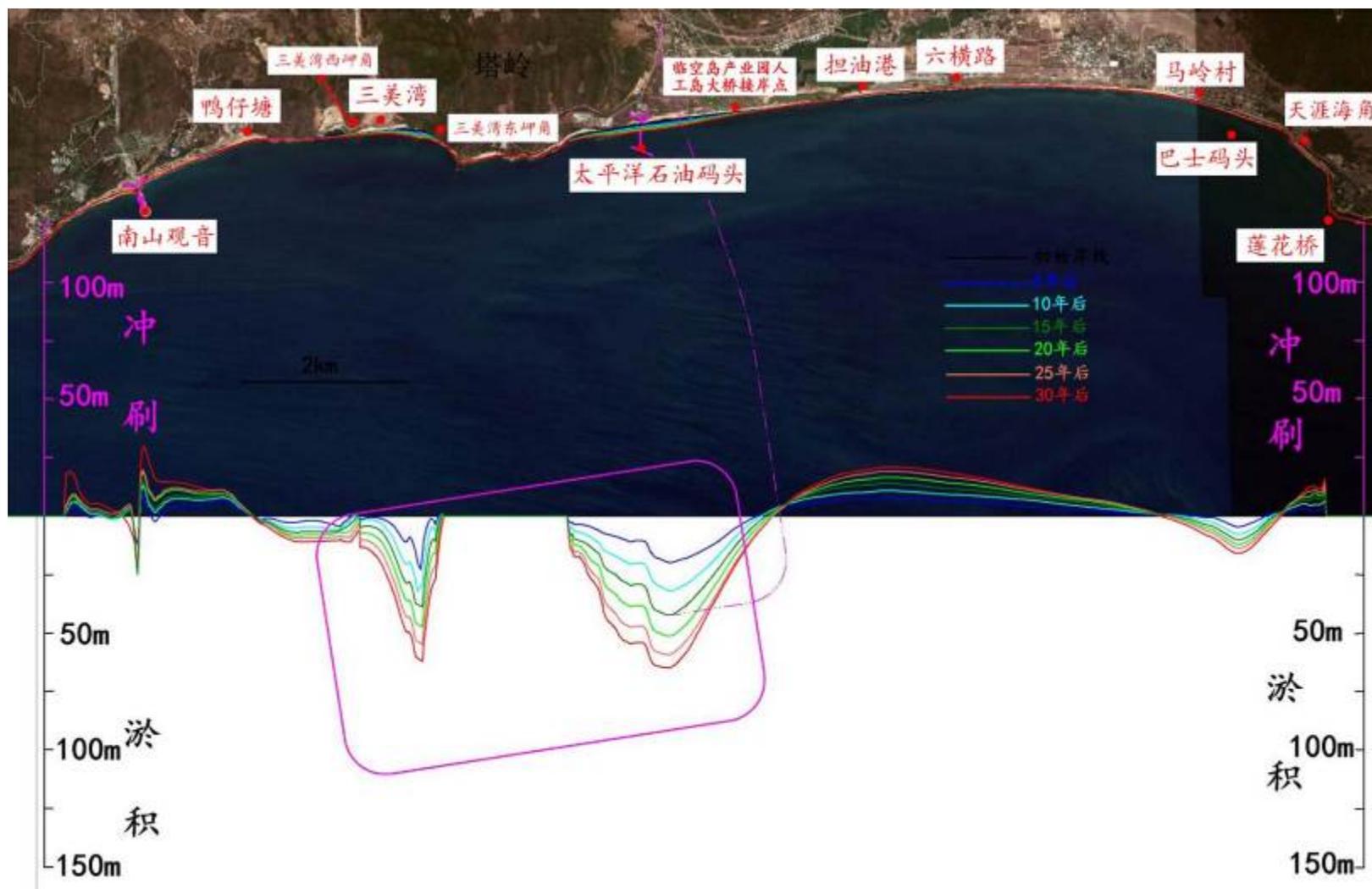
(2) 人工岛掩护的三美湾附近长约 960m 岸段表现为淤积，30 年平均向海淤积约 46.4m，最大淤积约 97m，30 年泥沙淤积总量 35.6 万方。与工程前相比，工程后淤积长度增加 960m，平均淤积幅度增加 46.4m 最大淤积幅度增加 97m。前 10 年平均最大淤积强度增加 2.32 m/a

(3) 在机场人工岛掩护的约 2340m 岸段明显淤积，淤积部位在塔岭基岩岸线起至担油港西侧 1km 左右的岸段。该岸段 30 年平均向海淤积约 55.2m，最大向海淤积约 90.3m，30 年泥沙淤积总量约 103.2 万方，年平均约 3.4 万方。与比工程前比，平均淤积幅度增加增大 55.2m，最大冲刷幅度增加 90.3m；前 10 年平均最大淤积强度增加 2.76 m/a。

(4) 天涯镇以西至担油港附近长约 4160m 岸段表现为明显冲刷，集中在担油港以西约 1km 至天涯镇附近，冲刷岸段比工程前延长约 1.78km；30 年平均冲刷后退约 19.6m，最大冲刷后退约 29.4m，与比工程前比，平均冲刷幅度增加增大 11.7m，最大冲刷幅度增加 19.8m；前 10 年平均最大冲刷强度增加 0.58 m/a，30 年冲刷泥沙总量增加 93.82 万方，年平均增加 3.6 万方。

(5) 天涯镇以东至天涯海角附近的淤积段淤积强度变缓，淤积岸线长度减小至 740m，30 年的平均淤积和最大淤积幅度 16.7m，最大向海淤积 22.2m，淤积泥沙量约 9.8 万方，与工程前相比，淤积岸线减少 240m，平均淤积幅度减少 1.4 米，最大淤积幅度减少 3.3 米，淤积泥沙量减少 4.57 万方。

(6) 天涯海角冲刷岸段受新机场人工岛影响冲刷范围和幅度略有增大，有约 540m 岸线明显冲刷，30 年平均冲刷后退约 12.3m，最大冲刷后退 22.2m，流失泥沙总量约 6.2 万方。与工程前相比，冲刷岸段延长 40m，30 年平均冲刷幅度增大 1m，最大冲刷后退幅度增大 1.4m，冲刷泥沙总量增大约 0.7 万方。30 年后现状条件与工程实施后冲淤环境变化特征预测结果分析见表 6.3-7。



注：①上部为岸线冲淤变化情况；②下部为岸线冲淤变化幅度（南北方向上放大 20 倍）示意图。各图东西向比例相等，位置对应。

图 6.3-10 新机场人工岛方案实施后附近岸段的冲淤变化

表 6.3-7 30 年后现状条件与工程实施后冲淤环境变化特征预测结果分析表

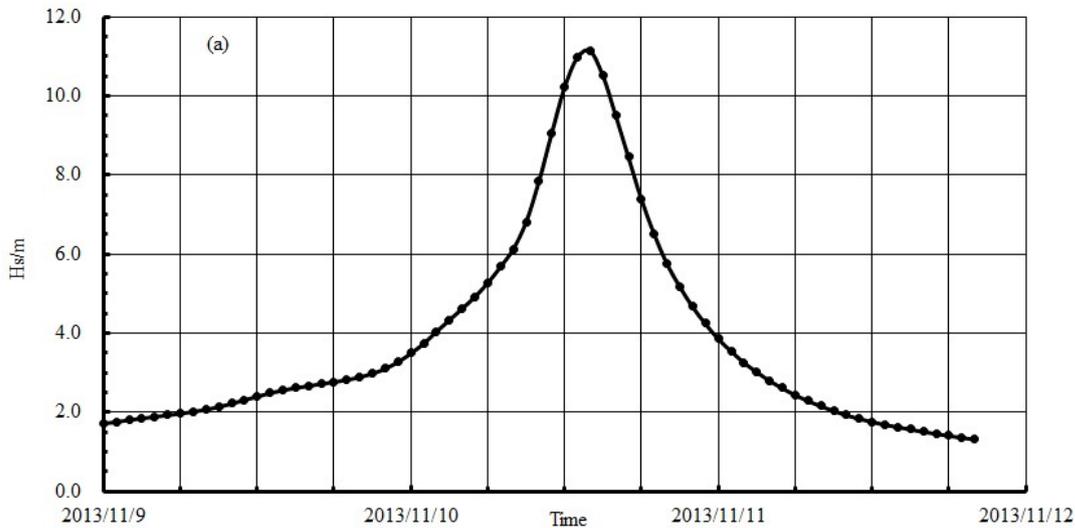
预测岸段	岸线类型	岸线长度(km)	冲淤变化特征	冲淤要素	现状条件(拆除全部 现有工程)	三亚新机场人工岛实施后	与现状相比冲淤变化情况	
南山景区淤积段	海上观音人工岛掩护段	完整沙滩岸线	0.3	现状淤积段, 工程后部分岸段转为冲刷	淤积岸线长度(m)	280	80	淤积岸线长度减少 200m
					平均淤积幅度(m)	10.9	20.1	平均淤积幅度增加 9.2m
					最大淤积幅度(m)	11.6	28	最大淤积幅度增加 16.4m
	海上观音以东	海滩岩+沙滩	1.2	现状沙滩部分淤积, 工程后全部转为冲刷	前 10 年平均最大淤积强度 (m/a)	0.55	1.01	前 10 年平均最大淤积强度增加 0.46 m/a
					单宽平均淤积量 (m ³ /m)	36	115	单宽平均淤积量增加 79 m ³ /m
南山景区冲刷段	南山景区西部	岩块+沙滩	0.8	现状沙滩部分冲刷, 工程后依然为冲刷	总淤积量(万 m ³)	1.008	0.92	总淤积量减少 0.088 万 m ³
					冲刷岸线长度(m)	560	1700	冲刷岸线长度增加 1140m
					平均冲刷幅度(m)	-13.7	-16.9	平均冲刷幅度增加 3.2m
	海上观音人工岛掩护段	完整沙滩岸线	0.3	现状淤积段, 工程后大部分岸段转为冲刷	最大冲刷幅度(m)	-30	-41.8	最大冲刷幅度增加 11.8m
					前 10 年平均最大冲刷强度 (m/a)	-0.685	-0.845	前 10 年平均最大冲刷强度增加 0.16 m/a
海上观音以东	海滩岩+沙滩	1.2	现状沙滩部分淤积, 工程后转为冲刷	单宽平均冲刷量 (m ³ /m)	157	-180	单宽平均冲刷量增加 337 m ³ /m	
				总冲刷量(万 m ³)	-8.78	-30.62	总冲刷量增加 21.84 万 m ³	
三美湾岸段	鸭子塘河口附近	完整沙滩岸线	0.2	随季节变化有冲有淤积, 无明显冲淤趋势, 工程后全部为淤积岸线	淤积岸线长度(m)	960	960	淤积岸线长度增加 960m
	鸭子塘至三美湾	基岩岸线	1.2	不冲不淤, 部分转淤积岸线	平均淤积幅度(m)	46.4	46.4	平均淤积幅度增加 46.4m
					最大淤积幅度(m)	97	97	最大淤积幅度增加 97m
					前 10 年平均最大淤积强度 (m/a)	2.32	2.32	前 10 年平均最大淤积强度增加 2.32 m/a
	三美湾西段	海滩岩+沙滩	0.2	东冲西淤动态变化, 无明显冲淤趋势, 工程后全部为淤积岸线	单宽平均淤积量 (m ³ /m)	371	371	单宽平均淤积量增加 371 m ³ /m
三美湾东段	完整沙滩岸线	0.3	后全部为淤积岸线	总淤积量(万 m ³)	35.62	35.62	总淤积量增加 35.62 万 m ³	
临空产业园人工岛西侧冲刷段(现状人工岛掩护下油码头附近的冲刷段)	塔岭基岩至太平洋石油码头西侧 1km 处	海滩岩+沙滩	0.9	现状不冲不淤, 工程后少量岸线转为淤积岸线, 约 240m	冲刷岸线长度(m)			淤积岸线长度 240m, 计算结果并入临空产业园人工岛掩护区淤积段
					平均冲刷幅度(m)			
					最大冲刷幅度(m)			
					前 10 年平均最大冲刷强度 (m/a)			
					单宽平均冲刷量 (m ³ /m)			
临空产业园人工岛掩护区淤积段(担油港以西人工岛掩护下的淤积岸段)	塔岭基岩至太平洋石油码头西侧 1km 处	海滩岩+沙滩	0.9	现状不冲不淤积, 工程后少量岸线转为淤积岸线, 约 240m	淤积岸线长度(m)	2340	2340	淤积岸线长度增加 2340m
					平均淤积幅度(m)	55.2	55.2	平均淤积幅度增加 55.2m
					最大淤积幅度(m)	90.3	90.3	最大淤积幅度增加 90.3m
					前 10 年平均最大淤积强度 (m/a)	2.76	2.76	前 10 年平均最大淤积强度增加 2.76 m/a
					单宽平均淤积量 (m ³ /m)	441	441	单宽平均淤积量增加 441 m ³ /m
天涯镇以西冲刷段(天涯镇至担油港附近)	担油港西侧约 1km 至担油港口门东侧(原临空岛掩护区)	完整沙滩岸线	1.1	现状不冲不淤, 工程后全部转为冲刷岸线	总淤积量(万 m ³)	103.19	103.19	总淤积量增加 103.19 万 m ³
					冲刷岸线长度(m)	2380	4160	冲刷岸线长度增加 1780m
					平均冲刷幅度(m)	-7.9	-19.6	平均冲刷幅度增加 11.7m
					最大冲刷幅度(m)	-9.6	-29.4	最大冲刷幅度增加 19.8m
					前 10 年平均最大冲刷强度 (m/a)	-0.40	-0.98	前 10 年平均最大冲刷强度增加 0.58 m/a
天涯镇东侧淤积段(天涯海角至天涯码头附近)	巴士码头至天涯海角	完整沙滩岸线	0.6	历史冲淤活跃, 现状总体表现为淤积, 工程建成后减缓了岸线淤积	前 10 年平均最大冲刷强度 (m ³ /m)	-65.5	-263	前 10 年平均最大冲刷强度增加 197.5 m ³ /m
					总冲刷量(万 m ³)	-15.59	-109.41	总冲刷量增加 93.82 万 m ³
					淤积岸线长度(m)	980	740	淤积岸线减少 240m
					平均淤积幅度(m)	18.1	16.7	淤积幅度减少 1.4 米
					最大淤积幅度(m)	25.5	22.2	最大淤积幅度减少 3.3 米
天涯海角(天涯海角风景区附近)	天涯海角附近	岩块+沙滩	0.7	现状为冲刷岸线, 工程建成后增加了岸线冲刷	前 10 年平均最大淤积强度 (m/a)	0.91	0.84	前 10 年最大淤积强度减少 0.07 m/a
					单宽平均淤积量 (m ³ /m)	147	133	单宽平均淤积量减少 14m ³ /m
					总淤积量(万 m ³)	14.41	9.84	淤积泥沙总量减少约 4.57 万方
					冲刷岸线长度(m)	500	540	冲刷岸线增加 40m
					平均冲刷幅度(m)	-11.3	-12.3	冲刷幅度增加 1 米
天涯镇至担油港附近)	担油港东侧至天涯镇马岭村西侧	海滩岩+沙滩	3.0	现状 2380m 冲刷, 工程后全部为冲刷岸线	最大冲刷幅度(m)	-20.8	-22.2	最大冲刷幅度增加 1.4 米
					前 10 年平均最大冲刷强度 (m/a)	-0.57	-0.62	前 10 年最大冲刷强度增加 0.05 m/a
					单宽平均冲刷量 (m ³ /m)	-110	-115	单宽平均冲刷量增加 5m ³ /m
					总冲刷量(万 m ³)	-5.50	-6.21	冲刷泥沙总量增大 0.71 万方

6.4 大风浪作用下的岸线演变分析

大风浪作用是岸线冲淤演变的重要因素。在上述相关计算中，采用的波浪边界最大仅达 5 年一遇标准。为认识工程实施后的岸线在大风浪作用下的响应，模拟计算了以工程实施后以 2013 年 1330 号台风（海燕）为例，计算分析了台风浪引起的岸线冲淤演变特征。

本工程东侧的三亚湾海域位于 1330 号台风最大风速（半径）处，距 1330 号台风中心最近为 45km，三亚湾湾口最大有效波高达 11.4m，周期约 13.4s，波向约 130°；风速约 42m/s，风向约 115°。根据台风的波浪后报结果，台风期间工程区外海最大有效波高 11.14m，波高大于 8m 的时段持续 7.5 小时，波高大于 6m 的时段为 11.5 小时。根据波浪数学模型计算结果，该台风形成的最大有效波高大致相当于本海域 50 年一遇。本文以台风影响期间波高由小于 2m 逐渐增大并最后减小至小于 2m 的连续逐时波浪计算成果（图 8-8），分别模拟计算了工程前与方案二实施后遭受该台风影响下的岸线变化特征。

海燕台风期间工程区附近波高和周期变化过程见图 6.4-1。



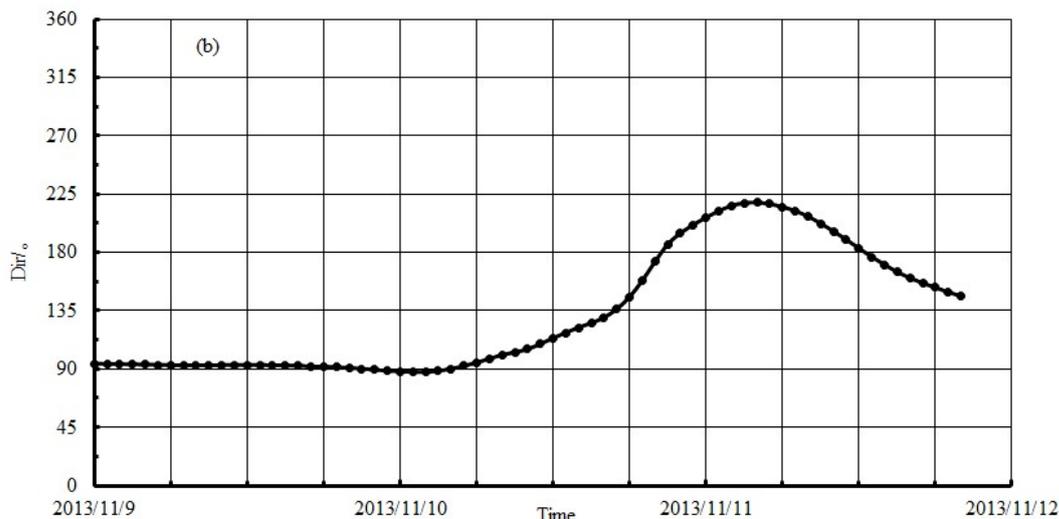


图 6.4-1 海燕台风期间工程区附近波高（上）和周期（下）变化过程

计算结果显示，海燕台风过程后，岸线冲淤主要表现为：

在工程前，台风海燕作用过程中，天涯海角至天涯镇附近岸线普遍冲刷，最大冲刷后退幅度在 10m 左右；三美湾岸段西冲东淤积，最大冲淤波动幅度 25m，南山风景区岸段的东、西两端均有不同程度冲刷，南山观音人工岛掩护段沙嘴向东偏转，形成西冲东淤，整体岸段最大冲淤幅度达 20m 左右（图 6.4-2）。

工程实施后的模拟结果显示（图 6.4-3），在人工岛掩护区以东是主要的冲刷，其中天涯海角和天涯镇附近岸线普遍冲刷后退 8~10m，与工程前较为接近。天涯镇以西至人工岛掩护区，特别是担油港附近，冲刷幅度也可达 5~8m，比工程前明显增大。

在人工岛掩护区，塔岭以东的油码头普遍淤积，即人工岛影响下形成沙嘴的部位，最大外淤幅度 25m 左右；

三美湾岸段的也出现西冲东淤状况，但冲淤形势和冲淤幅度与工程前变化不大。

南山景区沙滩岸线整体表现为西冲东淤，海滩两端和南山观音人工岛掩护岸段的冲淤波动幅度较大，最大超过 20m，略大于工程前同样波浪条件下的冲淤状况。

泥沙冲淤量角度：

- (1) 天涯海角附近 0.6km 岸段冲刷砂量约 0.8 万方；
- (2) 天涯镇附近约 1.5km 岸段冲刷 3.2 万方；
- (3) 天涯镇以西至人工岛掩护区东侧长约 3.5km 岸段共冲刷泥沙约 4.0 万方；
- (4) 担油港西侧的人工岛掩护区沙嘴淤积砂量为 4.5 万方；
- (5) 三美湾在工程实施后明显淤积，台风过程中流失泥沙 0.5 万方；

(6) 南山景区东部岸段冲刷流失泥沙 1.8 万方；

(7) 南山景区西部包括南山观音掩护区沙嘴共淤积泥沙约 2.1 万方。

整体而言，人工岛掩护区东侧在该台风期间的冲淤变化趋势与工程实施后的长周期变化趋势基本一致，泥沙表现为自东向西搬运，人工岛掩护区西侧在该台风期间；表现为东冲西淤，泥沙整体有向西运移的趋势，与人工岛工程实施后的长周期泥沙搬运过程相反。上述冲淤趋势，主要是因为本次台风阶段以东南向浪为主，波高最大的阶段主要为东南向浪，偏西向浪主要在台风影响后期波浪相对较小阶段，造成泥沙整体自东向西运移的趋势。

因台风路径不同，不同台风形成的波浪场差异很大，对岸线冲淤的影响也会有较大的差异。上述计算结果仅表明海燕台风可能形成的岸线调整，其他类型的台风形成的岸线冲淤格局也将与此存在较大差异。

2016 年 10 月的 1621 号台风莎莉嘉在 10 月 17 日至 19 日影响工程海域，格局本工程外海实测资料，实测最大波高 4.21m（最大波高时段部分数据缺失），波高大于 2m 的时段约 1.5 天。这一阶段，临空产业园一期围填工程已基本形成。采用台风前后的卫星遥感影像数据，对本次台风前后的岸线变化进行分析。其中 2016 年 10 月 12 日影像代表台风前，成像时刻三亚港潮位为 1.18m。2016 年 10 月 23 日卫星影像代表台风后，成像时刻三亚港潮位 1.05m。两幅影像成像潮位相差仅 0.13m，按照这一部位沙滩坡度一般在 1:4~1:10 左右考虑，成像潮位的影响小于 2m。

对比结果显示（图 6.4-4），在已实施的人工岛掩护区的淤积岸段在台风过程中淤积体整体继续向海淤进，最大淤积幅度 7m（考虑潮位影响应在 6m 左右）。明显淤积的岸段长约 900m。淤积体东西两侧均有不同程度的冲刷，但幅度不超过 5m。上述台风浪过程中的冲淤分布，与工程实施后长期的冲淤趋势一致，表现为工程影响下岸线的调整的加速过程，但形成的淤积和冲刷幅度均较为有限。

在人工岛影响区外，担油港以东至天涯镇附近岸线基本保持不变，天涯镇以东至天涯石岬角表现为西冲东淤，天涯石西侧弧形海湾内最大淤积幅度达到 11m；天涯石以东也有类似表现，西段冲刷后退约 4m，东段淤积约 10m。

在南山景区岸段，因岸线外围全部有海滩岩分布，本次台风过程中的岸线冲淤调整主要发生在南山观音人工岛掩护区附近，掩护区沙嘴西侧未见明显冲刷淤积，这与本次台风从陆地经过影响三亚以西南向浪作用为主有关。



图 6.4-2 工程前经历海燕台风过程的岸线冲淤变化



图 6.4-3 方案二实施后经历海燕台风过程的岸线冲淤变化



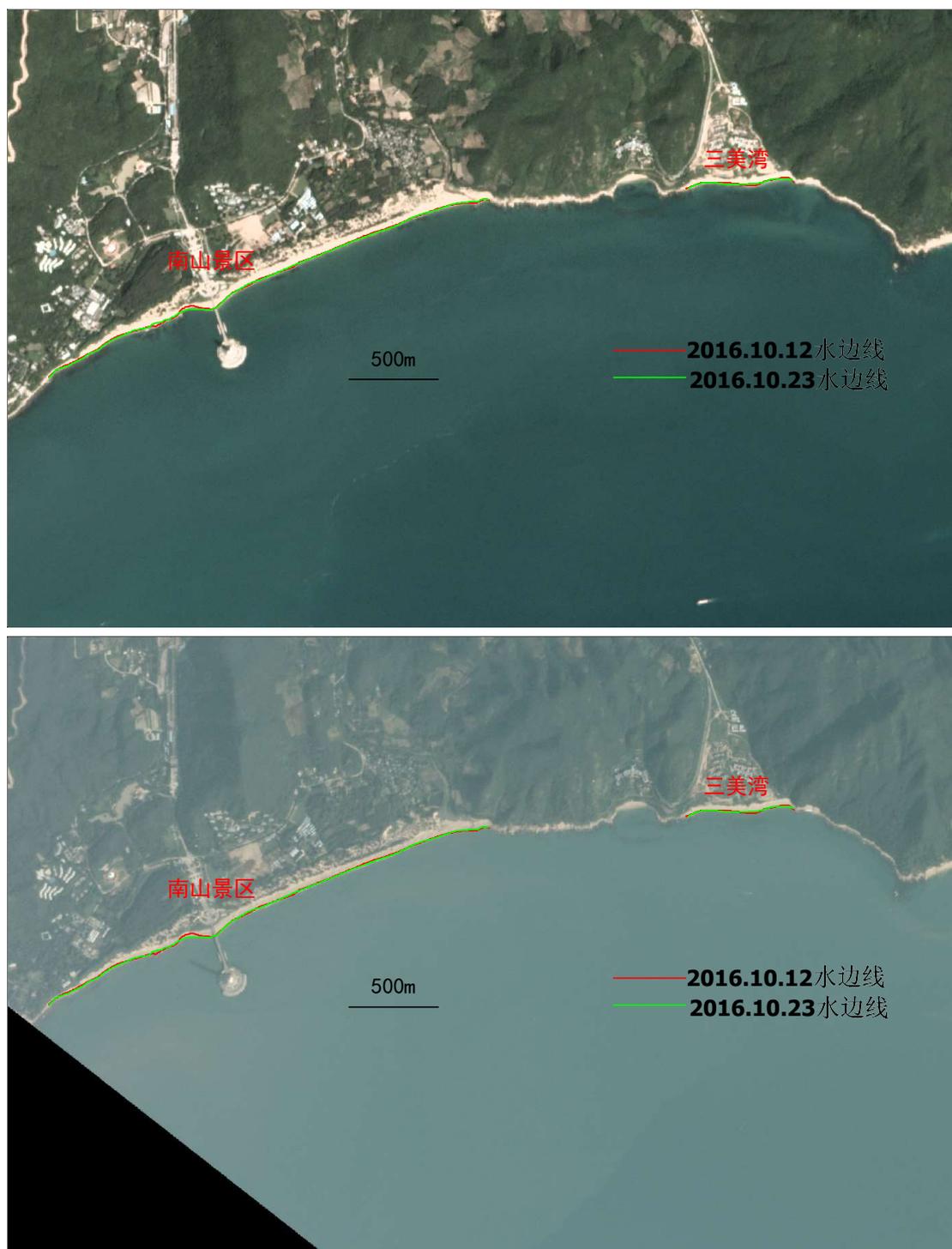
(上图底图为 2016.10.12，下部底图为 2016 年 10 月 23 日遥感影像)

图 6.4-4a 莲花岛一期工程附近岸线 2016 年 10 月台风前后对比



(上图底图为 2016.10.12, 下图底图为 2016 年 10 月 23 日遥感影像)

图 6.4-4b 天涯镇和天涯海角附近岸线 2016 年 10 月台风前后对比



(上图底图为 2016.10.12, 下图底图为 2016 年 10 月 23 日遥感影像)

图 6.4-4c 南山景区附近岸线 2016 年 10 月台风前后对比

6.4.1 岸线冲淤环境影响评价小结

工程区附近南山角至天涯海角之间约 20km 的岸线分布基岩岸线、沙滩岸线、海滩岩沙滩岸线、和岩块沙滩岸线, 评价价范围内岸段沙滩、基岩和海滩岩混合分布, 多年来的的岸线变化主要表现为岸线曲折、靠近岬角固定边界部位的冲淤波动, 以及人工工程对岸滩冲淤的影响

6.5 水环境影响预测与评价

6.5.1 预测模型

本工程水环境影响主要为施工期产生的悬浮砂对周边环境的影响，为了模拟计算悬沙影响，在潮流水动力数学模型的基础上，使用 MIKE21 软件包中的 MT 模块建立悬沙扩散数学模型，对施工期产生的悬沙随潮流的漂移扩散情况进行计算，给出工程施工期间引起泥沙扩散的影响范围。悬沙扩散数学模型计算域与潮流数学模型计算域一致，悬沙扩散基本方程如下：

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{h}$$

式中， \bar{c} 表示垂线平均悬沙浓度， D_x 、 D_y 分别为沿 x 、 y 向的悬沙紊动扩散系数， S_i 为冲淤项函数。

6.5.2 计算域及网络划分

模型的计算范围东西向 142km，南北向 90km，东边界至 110°E，西边界至 108.7°E，南边界至 17.7°N。计算域大范围水深提取由 DHI C-Map 电子海图数据库。拟建工程附近海域水深参考 CAD 平面布置图中的近期实测数据修正。工程海域岸线根据 2019 年 5 月份卫片提取，计算域水深如图 6.5-1 所示。

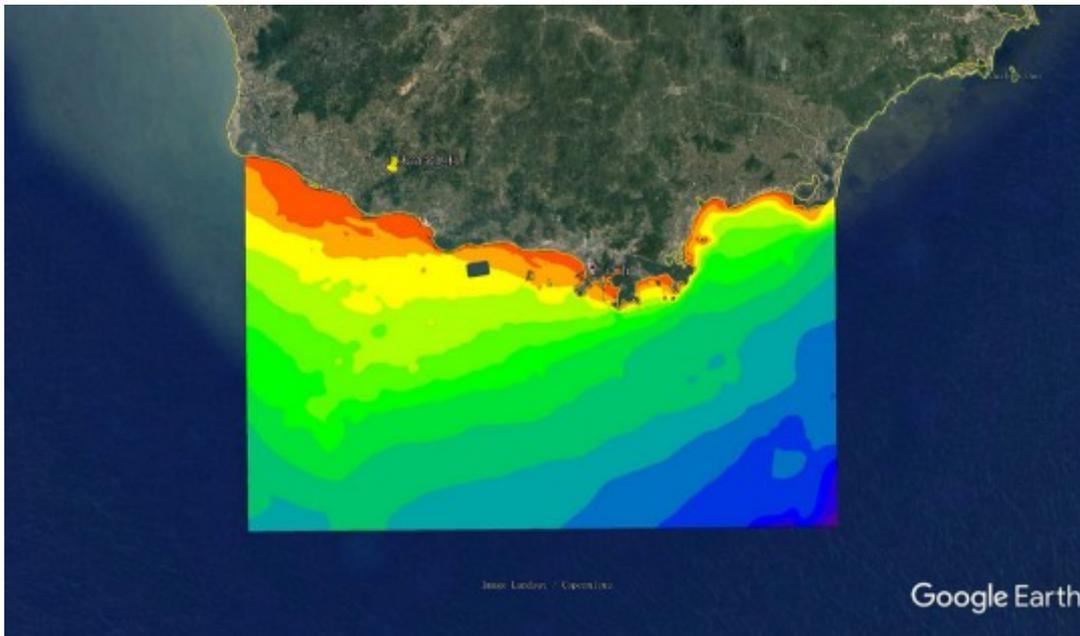


图 6.5-1 模型计算域

为了提高计算效率，同时又保证工程海域有足够的分辨率，采用局部加密的非结构三角形

网格对计算域进行划分。外海区域空间步长较大，在开边界约为 3000m，工程区域空间步长约为 20m。考虑到不同工况的水工建筑物不同，预测时局部网格的边界条件选取及采用的预测流场也不同，具体：

预测工况一~工况四需考虑未拆除的临空一期、临空二期及起步工程，计算域网格节点 45321 个，单元 88680 个，局部网格见图 6.5-2，预测时采用的流场见图 6.5-3。

预测工况五~工况六需考虑已建成的主体工程 and 未拆除的临空一期，计算域网格节点 47316 个，单元 92630 个，局部网格见图 6.5-4，预测时采用的流场见图 6.5-5。

预测工况七需考虑已建成的主体工程，计算域网格节点 46716 个，单元 91457 个，局部网格可见图 6.5-6，预测时采用的流场见图 6.5-7。

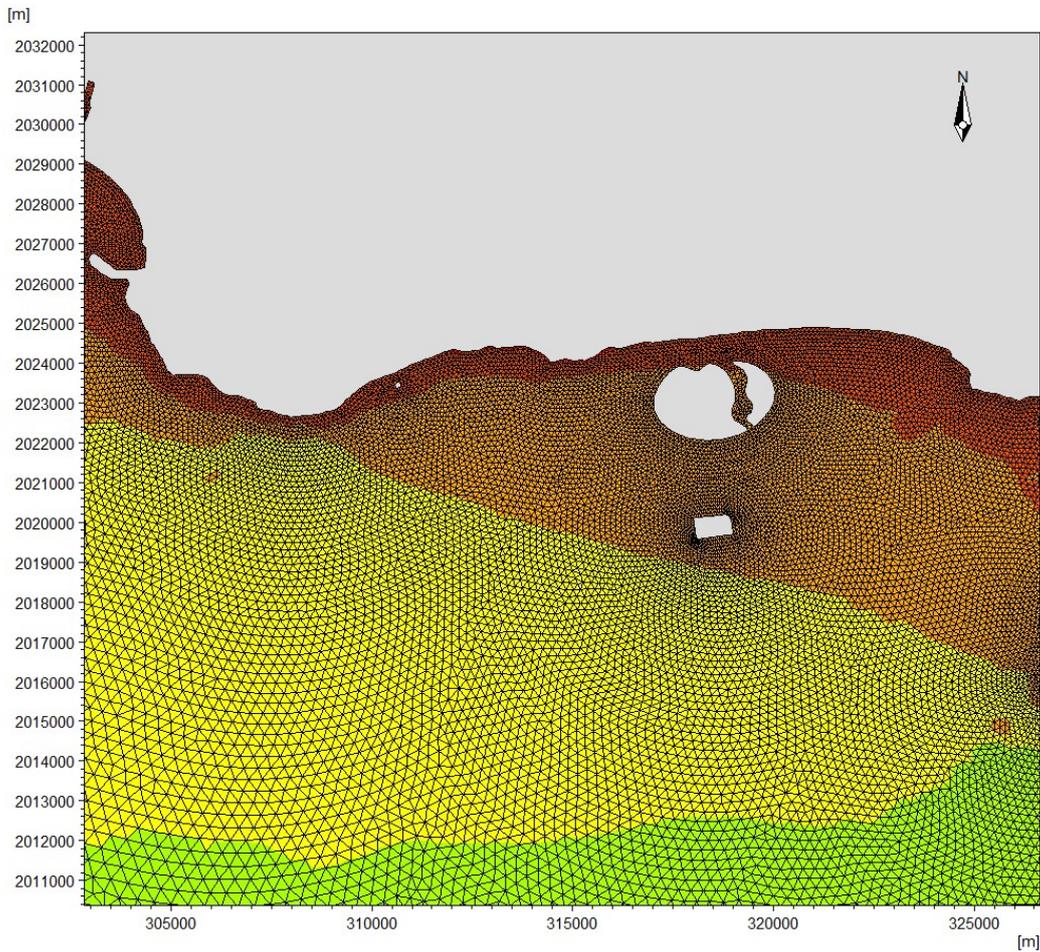


图 6.5-2 工况一~工况四局部网格

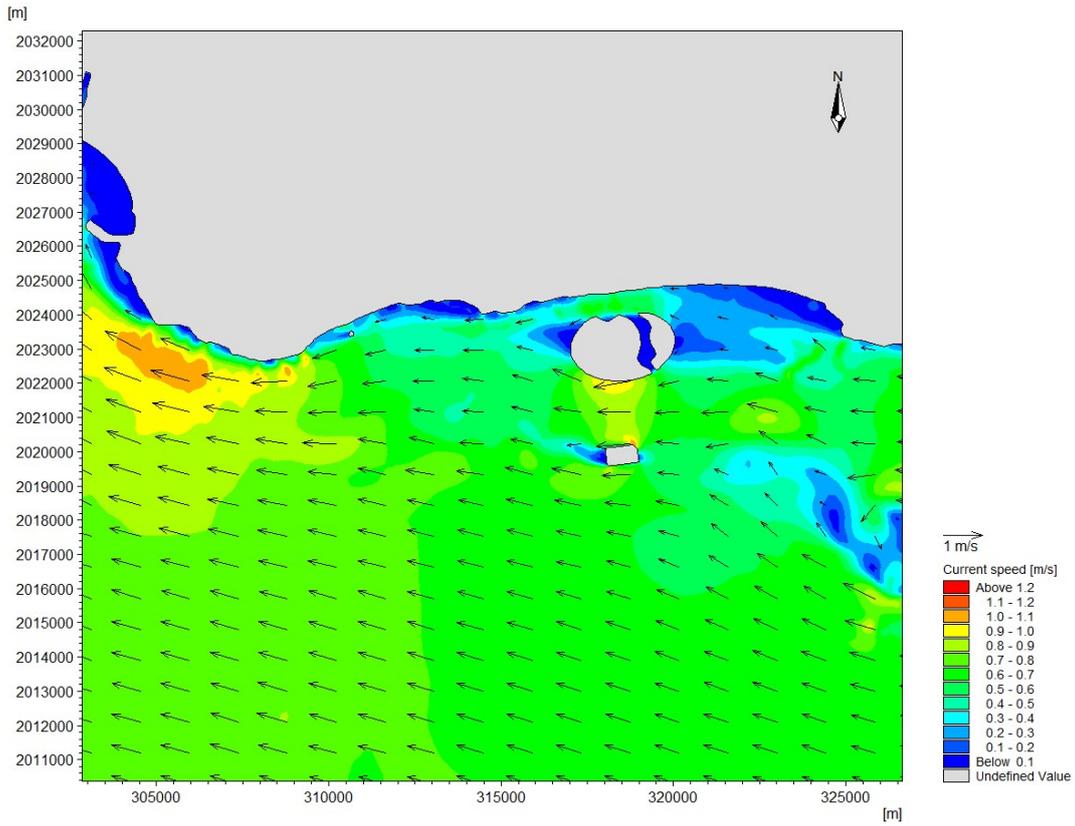


图 6.5-3 (a) 工况一~工况四工程海域涨潮时刻流场

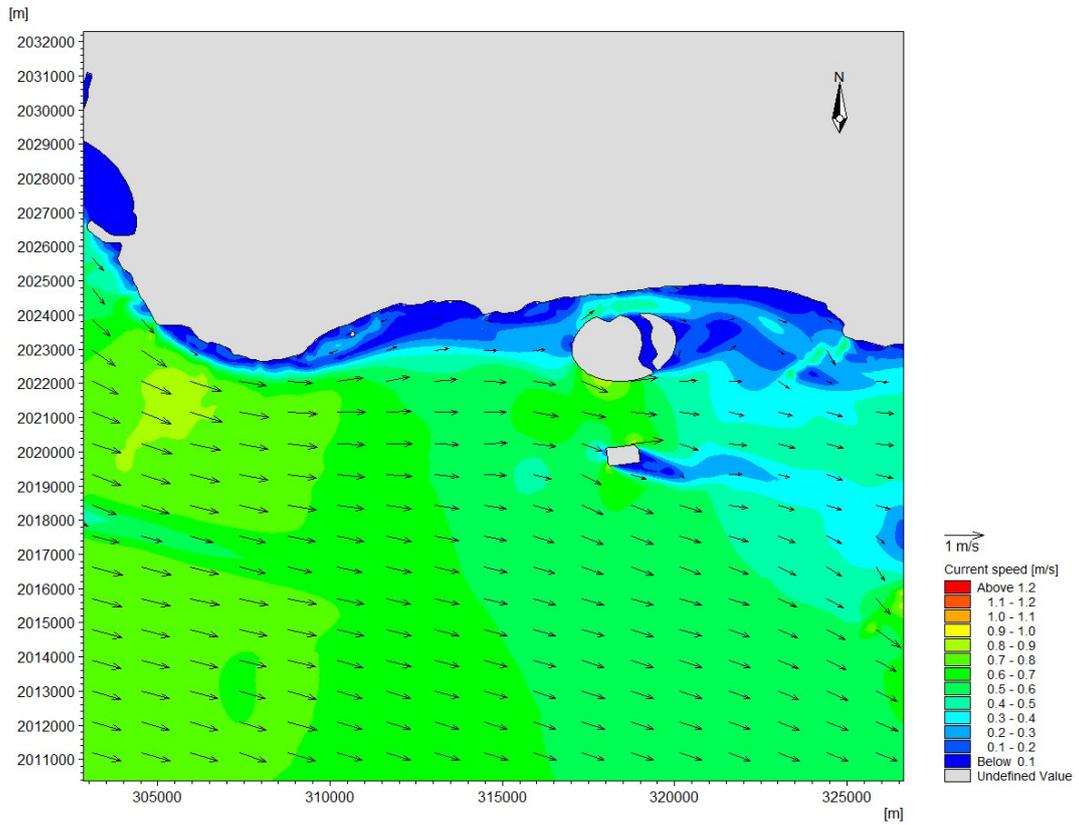


图 6.5-3 (b) 工况一~工况四工程海域落潮时刻流场

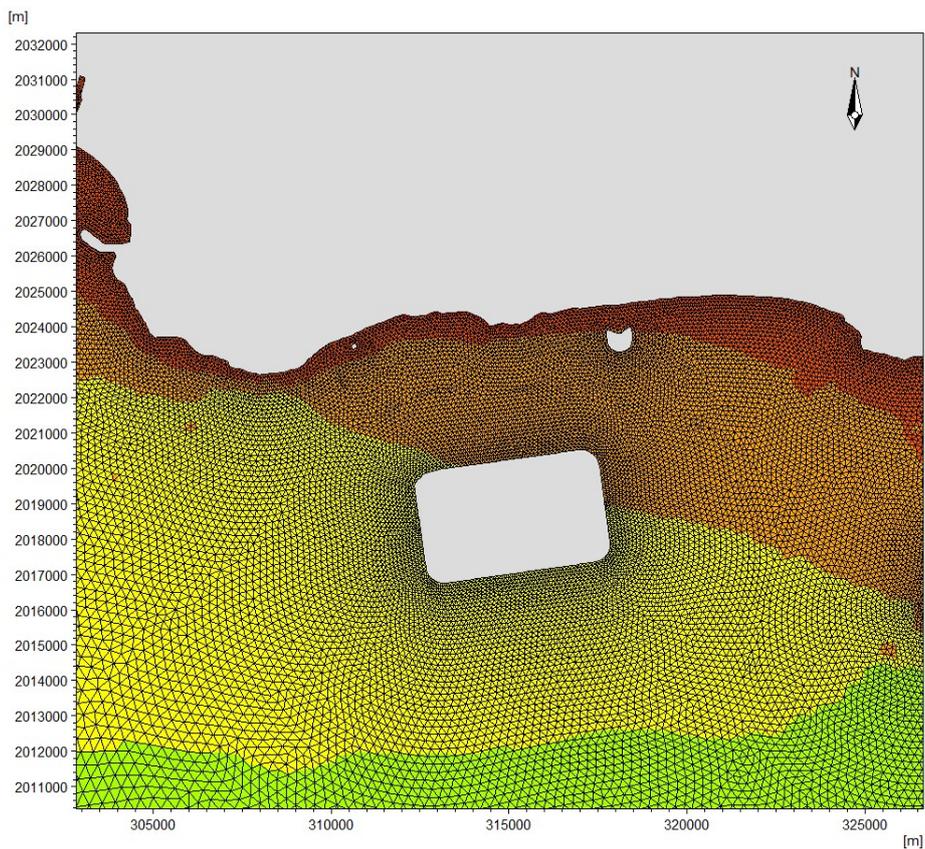


图 6.5-4 工况五~工况六局部网格

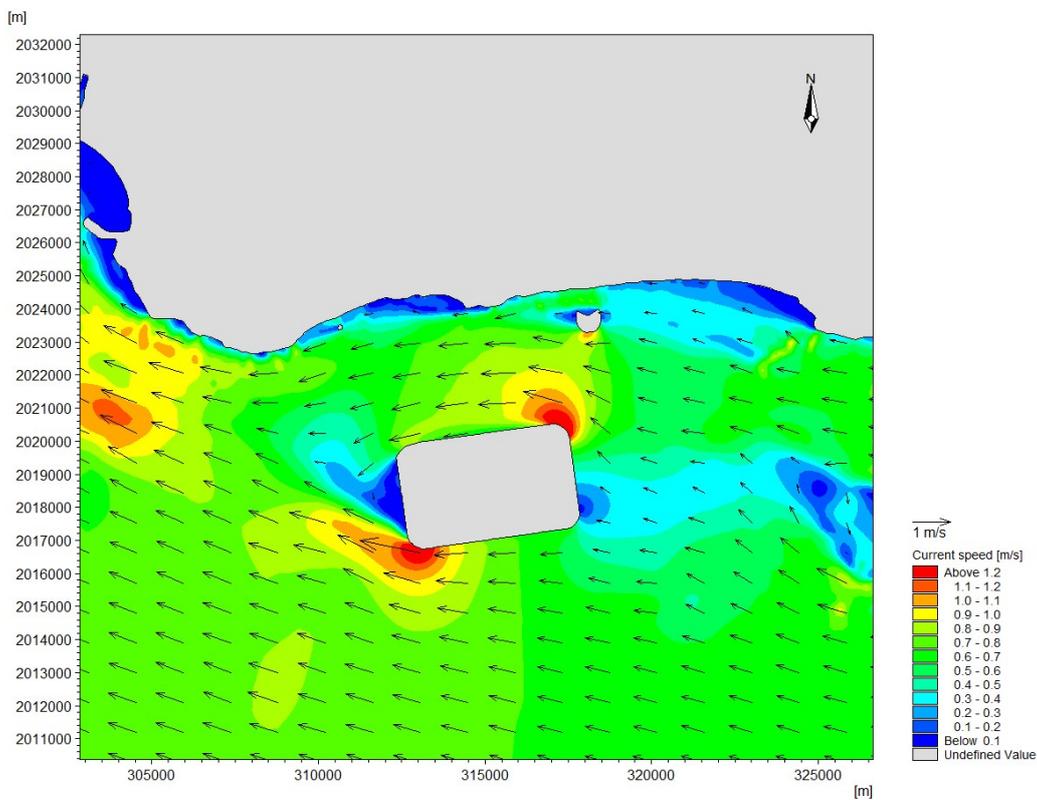


图 6.5-5 (a) 工况五~工况六工程海域涨潮时刻流场

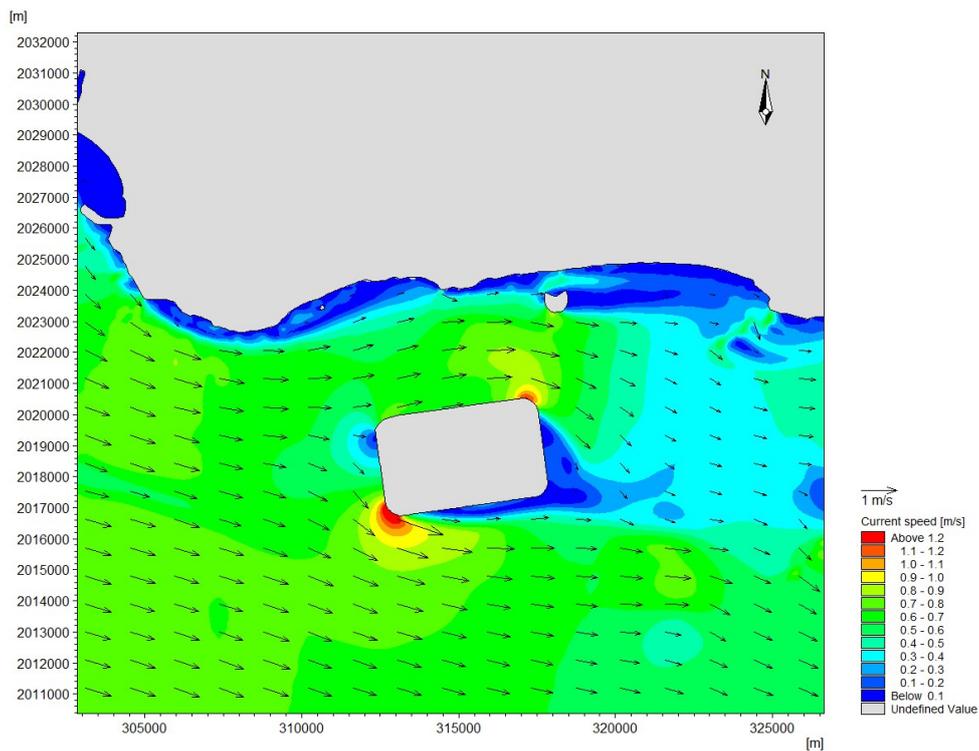


图 6.5-5 (b) 工况五~工况六工程海域落潮时刻流场

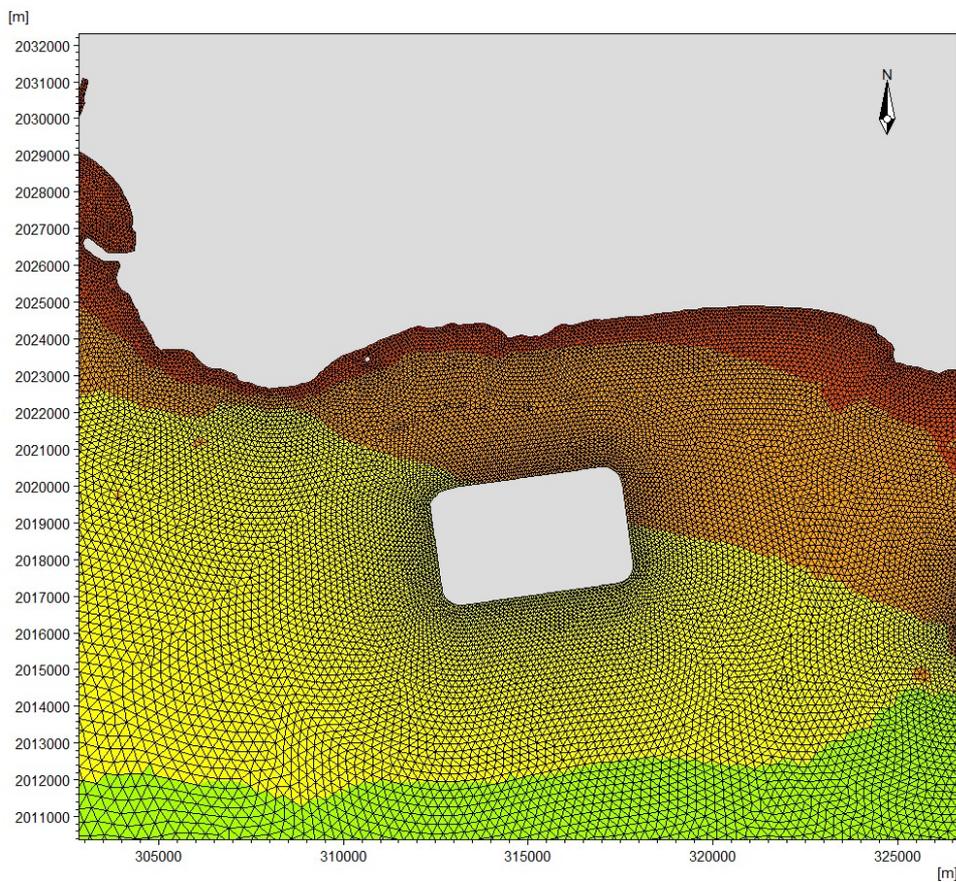


图 6.5-6 工况七局部网格

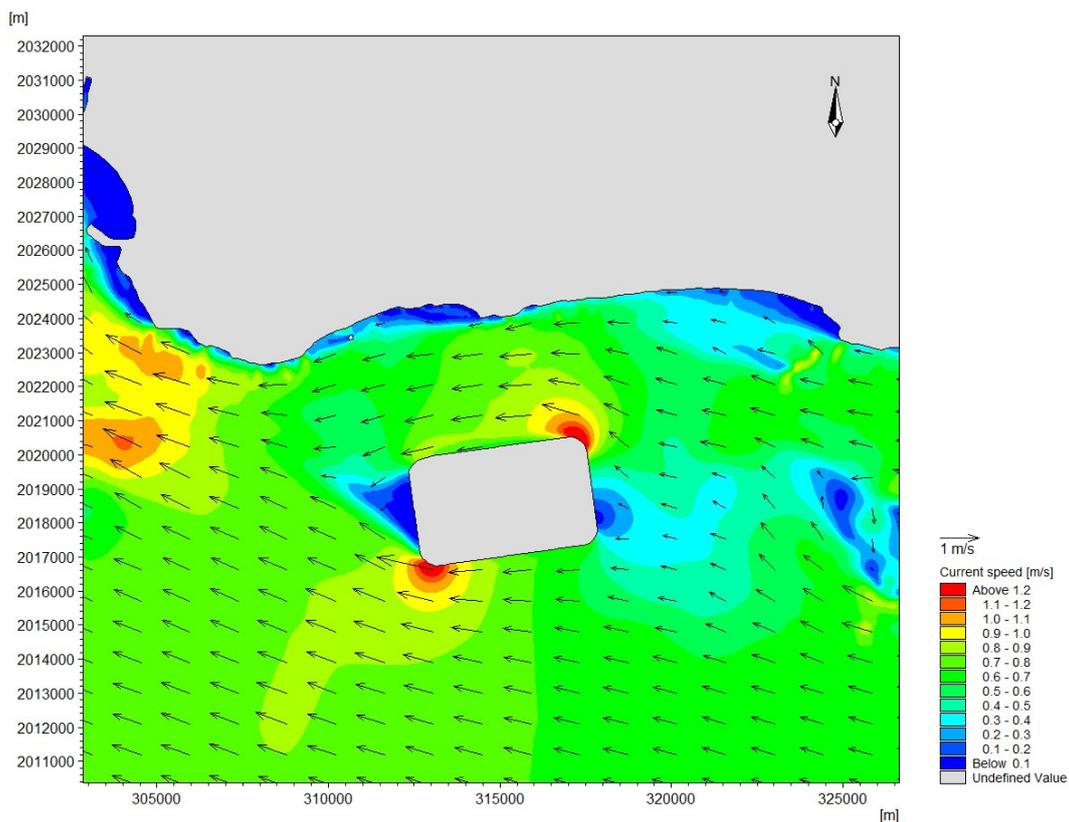


图 6.5-7 (a) 工况七工程海域涨潮时刻流场

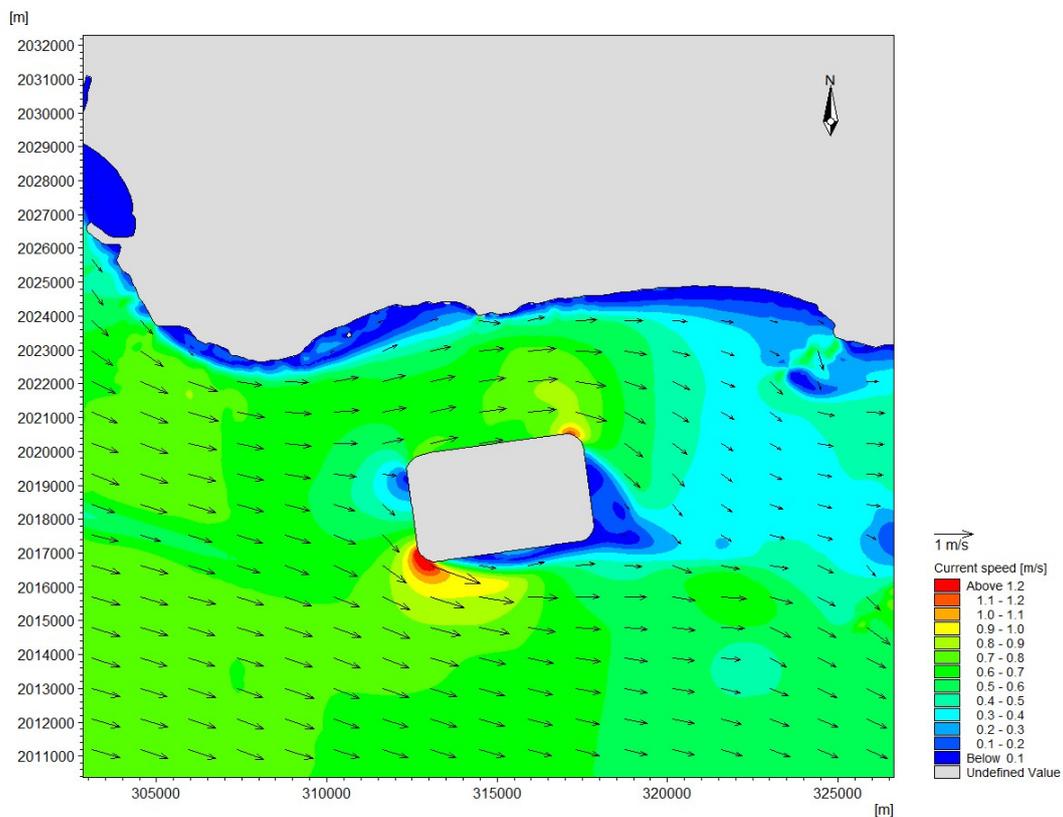


图 6.5-7 (b) 工况七工程海域落潮时刻流场

6.5.3 模型率定与验证

在外海给定潮位开边界，水位过程由 MIKE Global Tide Model 推算得到，小模型潮位开边界水位过程由大模型计算结果提供。计算时间步长为 0.05~30s。使用干湿判别法对水陆交界、码头等进行处理，参数取默认值：干水深为 0.005m，淹没水深为 0.05m，湿水深为 0.1m。需要率定的参数主要为 Smagorinsky 公式涡粘系数 C_s 和反映海床糙率的曼宁系数 M ，率定的结果为 $C_s=0.28$ ， M 取值 $32\text{m}^{1/3}/\text{s}\sim 70\text{m}^{1/3}/\text{s}$ 。

模型建立和验证的基础是 2019 年 7 月的 V4、V5、V7、V8、V11、V12 站的垂向平均流速流向资料。大潮、中潮和小潮期潮位对比曲线见图 6.5-8，流速流向对比曲线见图 6.5-9。总的来看，二维潮流数学模型能较好地反映工程海域潮流场的时空分布，可以进一步为分析工程后流场分析提供必要的水流动力条件。

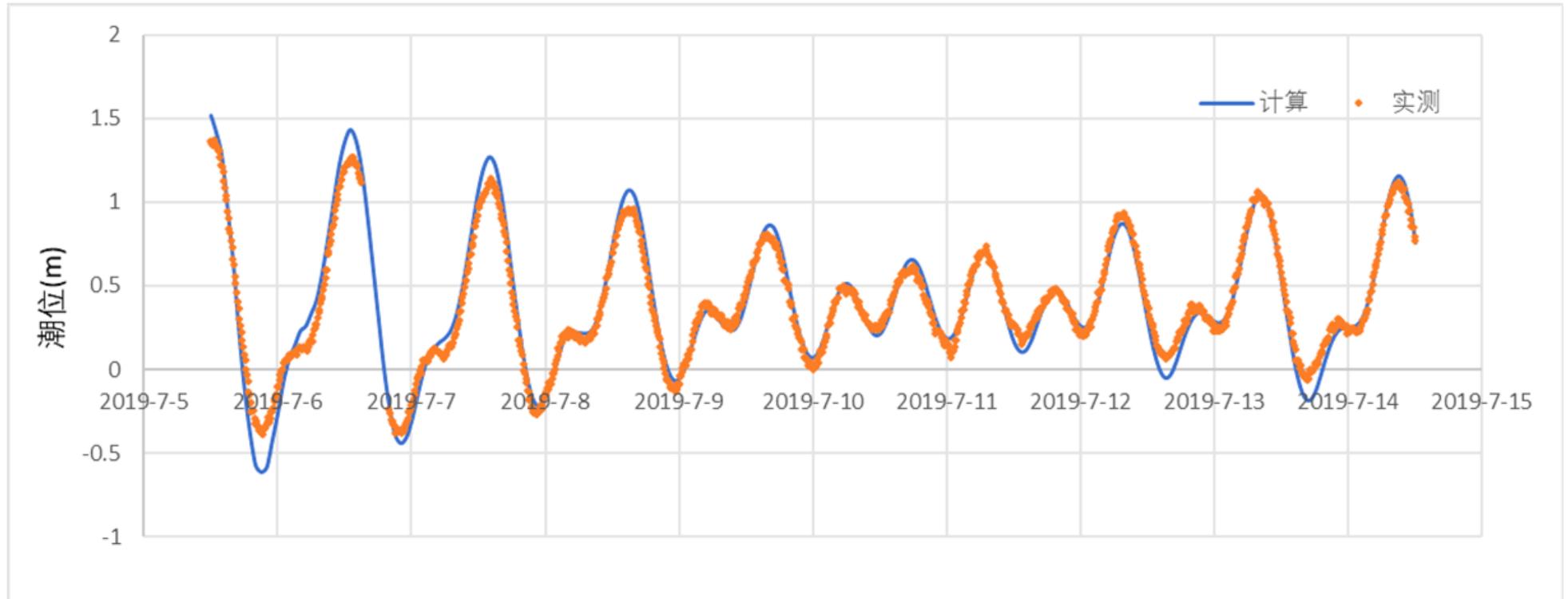


图 6.5-8 潮位对比曲线 (T3)

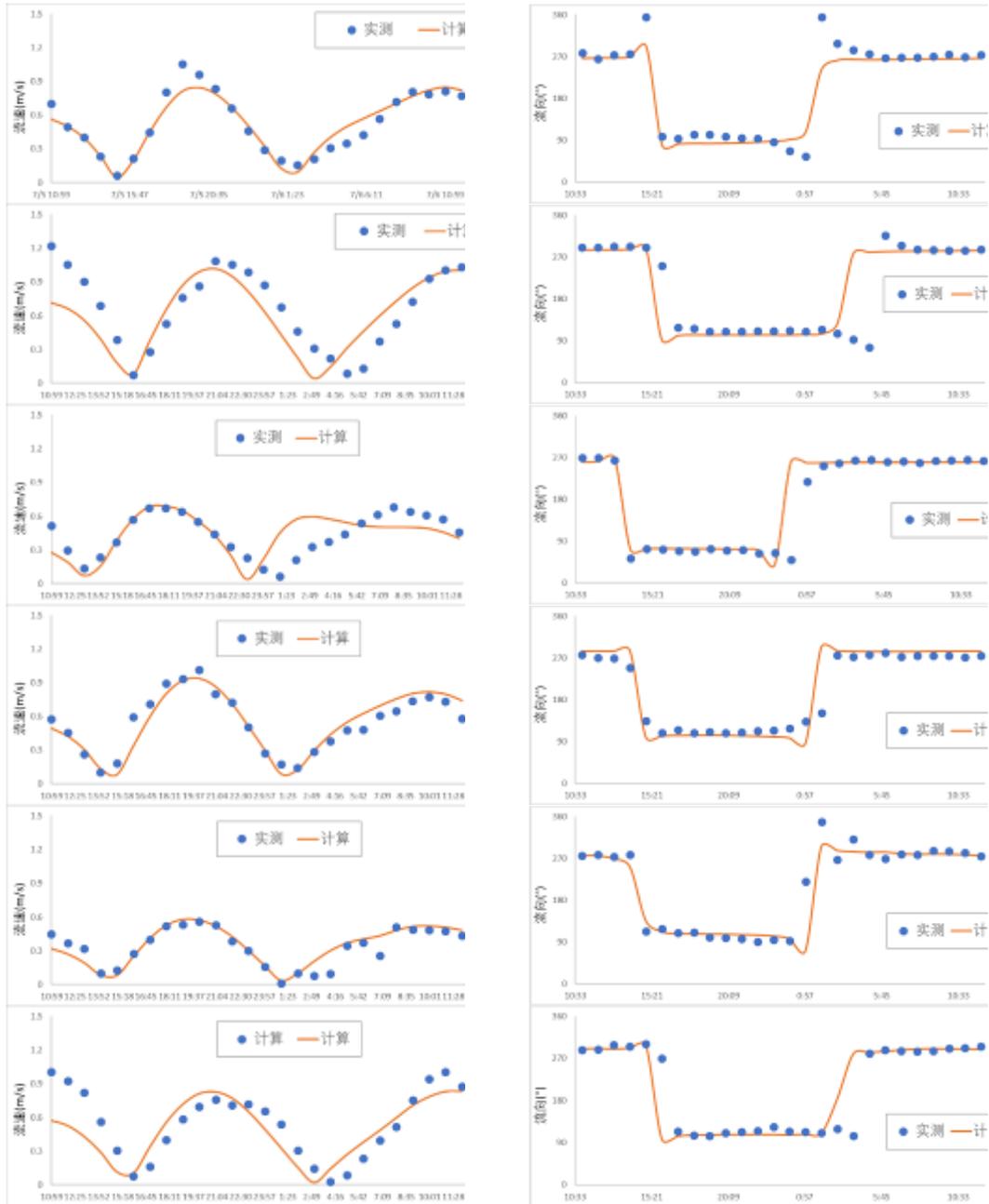


图 6.5-9(a) 流速、流向计算值与实测对比 (7月5日~7月6日)

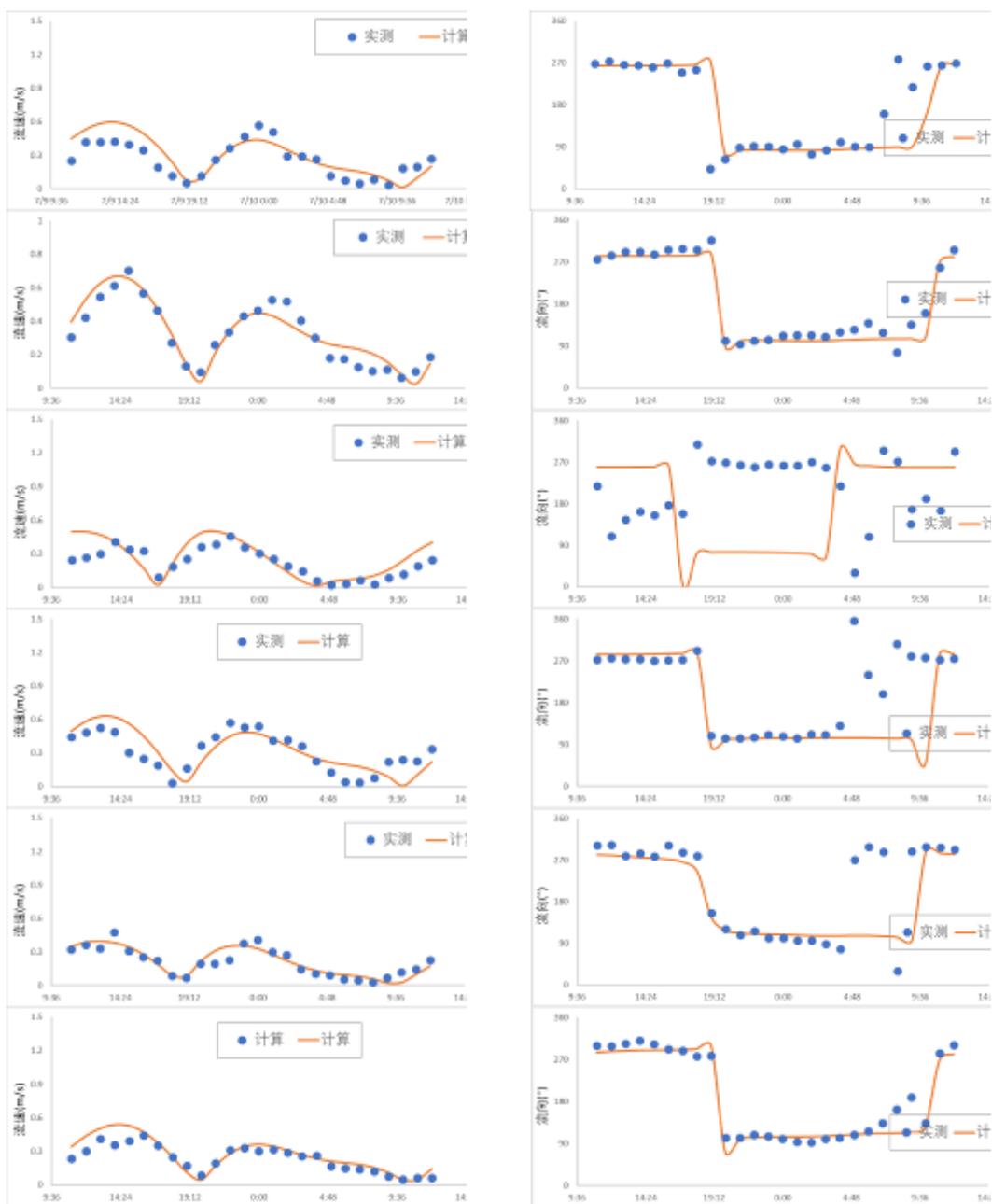


图 6.5-9(b) 流速、流向计算值与实测对比 (7月9日~7月10日)

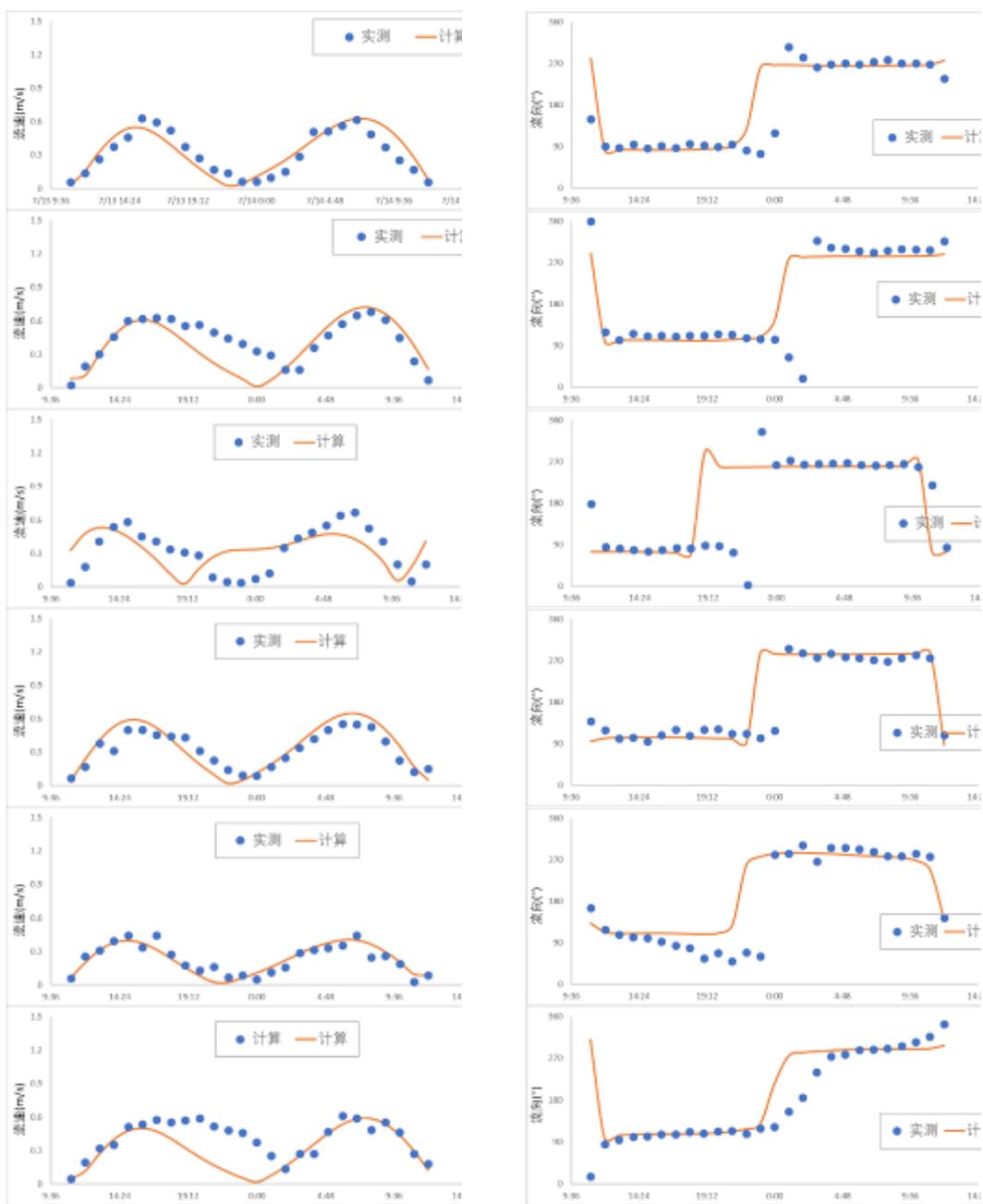


图 6.5-9(c) 流速、流向计算值与实测对比 (7月13日~7月14日)

6.5.4 预测工况和源强选取

本工程施工内容主要包括三亚新机场人工岛的主体工程及其配套的对外通道工程（涉海段），同时为缓解三亚新机场建设后对岸滩影响，设置岸滩防护工程施工内容，主体人工岛护岸工程、陆域形成工程和连岛大桥、岸滩防护工程在施工过程将会扰动工程区域水体，造成局部区域悬浮砂浓度增高，另外在施工后期临空一期、临空二期、起步工程和钢圆筒试验段护岸工程的拆除产生的悬浮物和工程会存在一定的叠加影响，在本评价中一并考虑。

本项目人工岛主体工程及对外通道工程（涉海段）的施工工期为五年，从2020年6月1日至2025年5月31日。岸滩防护工程是从工程实施（2025年5月31日）后开始进行。

其中，工况三为主体工程和起步工程、临空二期拆除工程交叉施工工况，工况六为主体工程和临空一期拆除工程交叉施工工况，工况7为岸滩防护工程施工工况。各预测工况设置和施工源强取值详述如下：

6.5.4.1 工况一

本阶段施工工况为东护岸基槽开挖+西护岸基槽开挖+南护岸基槽开挖+基槽开挖卸泥，水工建筑物为临空一期+临空二期+起步工程；施工期为2020年6月1日至2020年7月31日，入海源强选取见表6.5-1，工况一施工布局和预测位置见图6.5-10。

表 6.5-1 工况一入海源强选取表

编号	施工工况	悬浮沙源强 (kg/s)
1	护岸基础开挖	5.60
2	岸基础挖泥卸泥	19.1

6.5.4.2 工况二

本阶段施工工况为东护岸基槽开挖+西护岸基槽开挖+南护岸基槽开挖+北护岸基槽开挖+基槽开挖卸泥+东护岸抛石+西护岸抛石+南护岸抛石；水工建筑物为临空一期+临空二期+起步工程；施工期为2020年8月1日至2020年10月31日，入海源强选取见表6.5-2，工况二施工布局和预测位置见图6.5-11。

表 6.5-2 工况二入海源强选取表

编号	施工工况	悬浮沙源强 (kg/s)
1	东西南护岸基础开挖	5.60
2	北护岸基础开挖	4.90
3	护岸基础挖泥卸泥	19.1
4	东西南护岸抛石	45.49

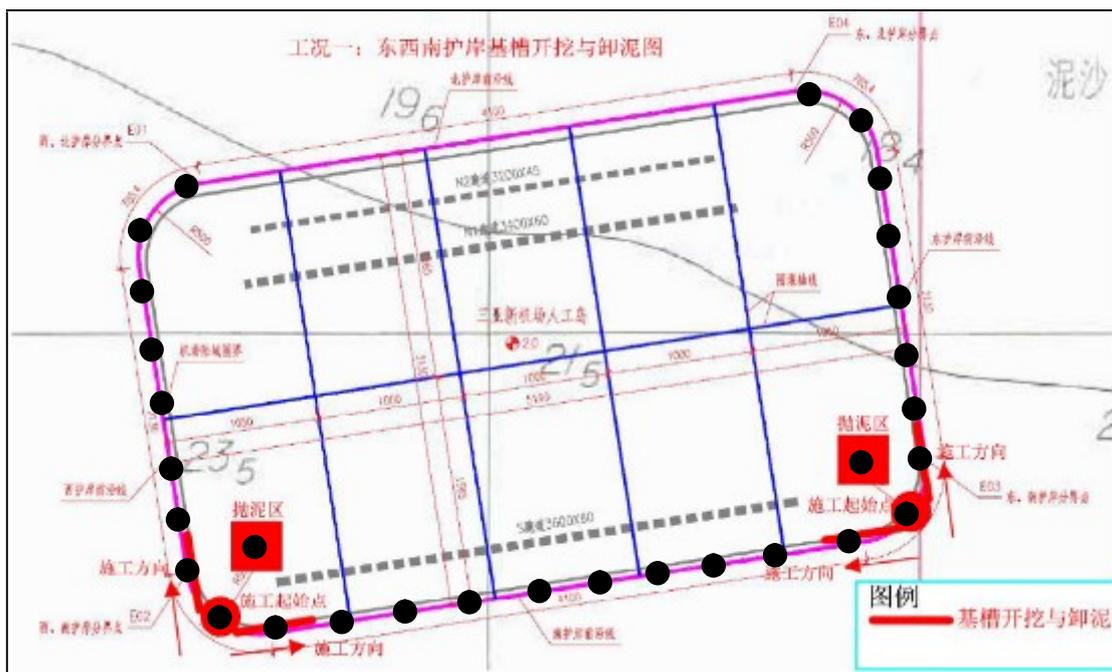


图 6.5-10 工况一施工内容布局与预测位置图

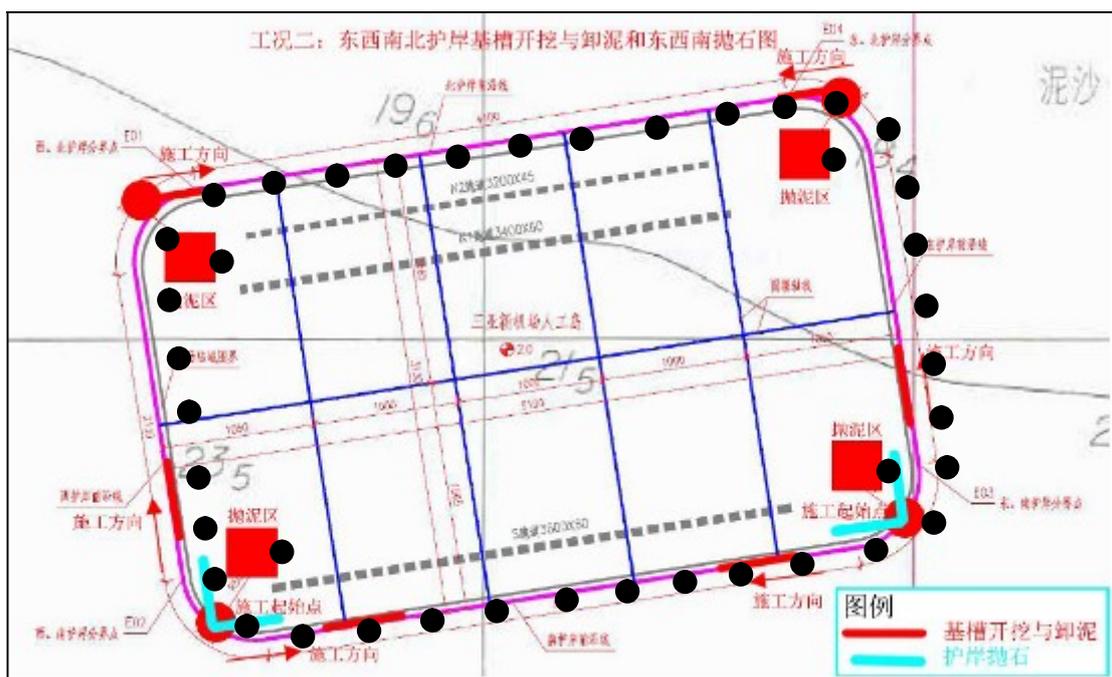


图 6.5-11 工况二施工内容布局与预测位置图

6.5.4.3 工况三

本阶段施工工况为东护岸基槽开挖+西护岸基槽开挖+南护岸基槽开挖+北护岸基槽开挖+基槽开挖卸泥+东护岸抛石+西护岸抛石+南护岸抛石+北护岸抛石+回填海砂区+临空一期、二期、起步工程、钢圆筒试验段+护岸基床拆除+临空二期栈桥拆除+起步工程护岸基床拆除+钢

圆筒试验段护岸基床拆除；水工建筑物为临空一期+临空二期+起步工程；施工期为2020年11月1日至2021年11月30日，本工况涉及的回填海砂区为内部围堰区，施工产生的悬浮沙均在围堰内，对海洋水质影响可以忽略不计，回填海砂区不考虑进行悬浮沙预测；本工况悬浮沙入海源强选取见表6.5-3，工况三施工布局 and 预测位置见图6.5-12。

表 6.5-3 工况三入海源强选取表

编号	施工工况	悬浮沙源强 (kg/s)
1	东西南护岸基础开挖	5.60
2	北护岸基础开挖	4.90
3	护岸基础挖泥卸泥	19.1
4	东西南护岸抛石	45.49
5	北护岸抛石	15.25
6	临空一期、二期、起步工程、钢圆筒试验段	5.60
7	临空二期栈桥拆除	1.76

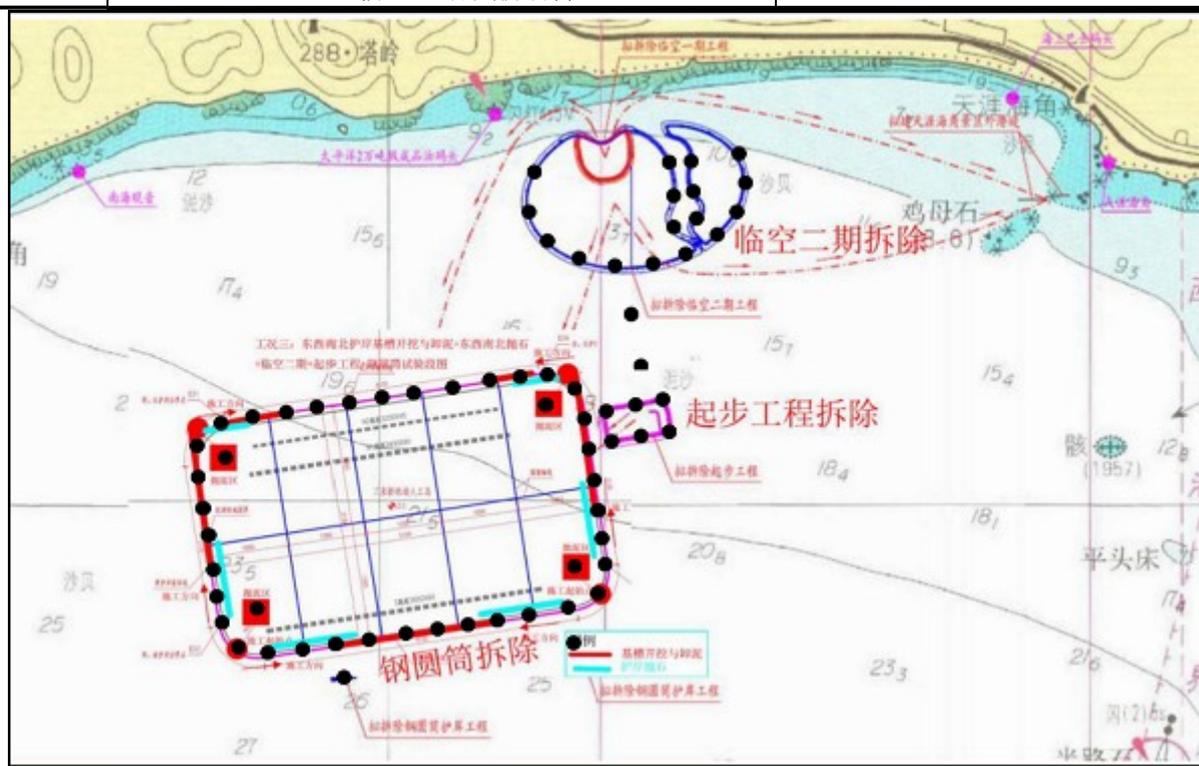


图 6.5-12 工况三施工内容布局与预测位置图

6.5.4.4 工况四

本阶段施工工况为北护岸基槽开挖+基槽开挖卸泥+东护岸抛石+西护岸抛石+南护岸抛石+北护岸抛石+回填海砂区+对外通道工程施工栈桥；水工建筑物为临空一期+临空二期+起步工程；施工期为2021年12月1日至2022年4月30日，本工况涉及的回填海砂区为内部围堰区，施工产生的悬浮沙均在围堰内，对海洋水质影响可以忽略不计，回填海砂区不考虑进行悬浮沙

预测。本工况入海源强选取见表 6.5-4，工况四施工布局和预测位置见图 6.5-13。

表 6.5-4 工况四入海源强选取表

编号	施工工况	悬浮沙源强 (kg/s)
1	北护岸基础开挖	4.90
2	护岸基础挖泥卸泥	19.1
3	东西南护岸抛石	45.49
4	北护岸抛石	15.25
5	对外通道施工栈桥	0.18

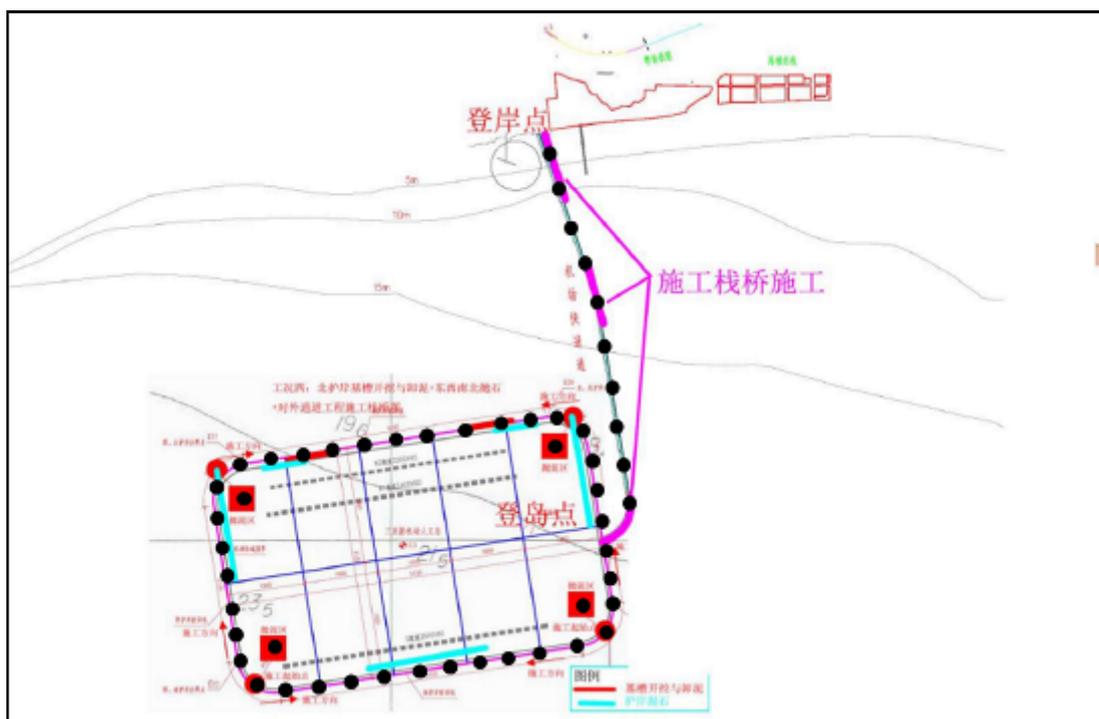


图 6.5-13 工况四施工内容布局与预测位置图

6.5.4.5 工况五

本阶段施工工况为北护岸基槽开挖+基槽开挖卸泥+北护岸抛石+回填海砂区+对外通道工程主线桥梁；水工建筑物主体工程+临空一期；施工期为 2022 年 5 月 1 日至 2024 年 5 月 31 日，本工况入海源强选取见表 6.5-5，工况五施工布局和预测位置见图 6.5-14。

表 6.5-5 工况五入海源强选取表

编号	施工工况	悬浮沙源强 (kg/s)
1	北护岸基础开挖	4.90
2	护岸基础挖泥卸泥	19.1
3	北护岸抛石	15.25
4	回填海砂区陆域形成溢流口	0.81
5	对外通道施工栈桥	0.18



图 6.5-14 工况五施工内容布局与预测位置图

6.5.4.6 工况六

本阶段施工工况为回填海砂区+对外通道工程施工栈桥拆除+临空一期护岸基床拆除+临空一期栈桥拆除；水工建筑物主体工程+临空一期；施工期为 2024 年 6 月 1 日至 2025 年 5 月 31 日，本工况入海源强选取见表 6.5-6，工况四施工布局 and 预测位置见图 6.5-15。

表 6.5-6 工况六入海源强选取表

编号	施工工况	悬浮沙源强	编号	施工工况	悬浮沙源强
1	回填海砂区陆域形成溢流口	0.81kg/s	3	临空一期护岸基床拆除	5.60 kg/s
2	对外通道施工栈桥拆除	1.76 kg/s	4	临空一期栈桥拆除	1.76

6.5.4.7 工况七

本阶段施工工况为南山角拦沙堤+南山景区潜堤+鸭仔塘拦沙堤+担油港潜堤，施工期为 2025 年 6 月 1 日之后，本工况入海源强选取见表 6.5-7，工况四施工布局 and 预测位置见图 6.5-16。

表 6.5-7 工况七入海源强选取表

编号	施工工况	悬浮沙源强 (kg/s)
1	南山角拦沙堤	8.25
2	南山景区潜堤	4.90
3	鸭仔塘拦沙堤	8.25
4	担油港附近潜堤	5.60



图 6.5-15 工况六施工内容布局与预测位置图

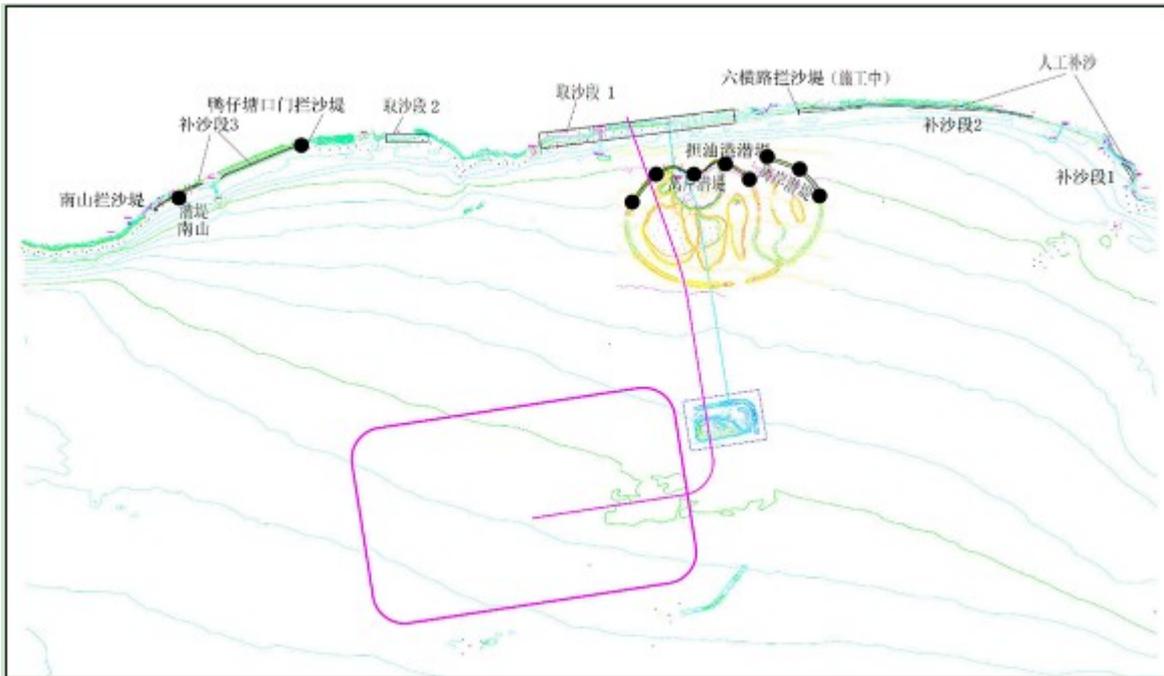


图 6.5-16 工况七施工内容布局与预测位置图

6.5.4.8 预测悬沙的粒径选取及源强处理

施工引起悬沙的粒径参考《三亚红塘湾附近海域海洋环境现状调查(春季航次)调查报告》中工程海区附近站位沉积物粒度分析结果进行取值。

在分析中仅考虑涉水作业项目产生的悬浮物增量的影响，潮流作用引起的底床泥沙起悬将

不参与计算。

模型预测时将护岸工程、拆除工程施工点位简化为连续点源排放，给出悬浮物最大浓度按照 10~20mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、100~150mg/L、大于 150mg/L 的水域范围分析结果。

6.5.5 预测结果

6.5.5.1 工况一预测结果

施工悬沙浓度超一（二）类海水水质标准的水域面积为 6.12km²，超标点距工程边界最远 0.95km；施工悬沙浓度未超三类海水水质标准。

施工悬沙超标倍数 $B_i \leq 1$ 的水域面积为 4.79km²，超标倍数 $1 < B_i \leq 4$ 的水域面积为 1.25km²，超标倍数 $4 < B_i \leq 9$ 的水域面积为 0.08km²，未有超标倍数 $B_i > 9$ 的水域。

施工结束后约 1.5h 工程水域可恢复至一类海水水质标准，悬浮沙沉降海底后覆盖厚度超 2cm 的面积为 0.61km²，覆盖厚度超 10cm 的面积为 0.14km²。预测结果见表 6.5-8，施工悬沙影响的最大浓度包络线见图 6.5-17。

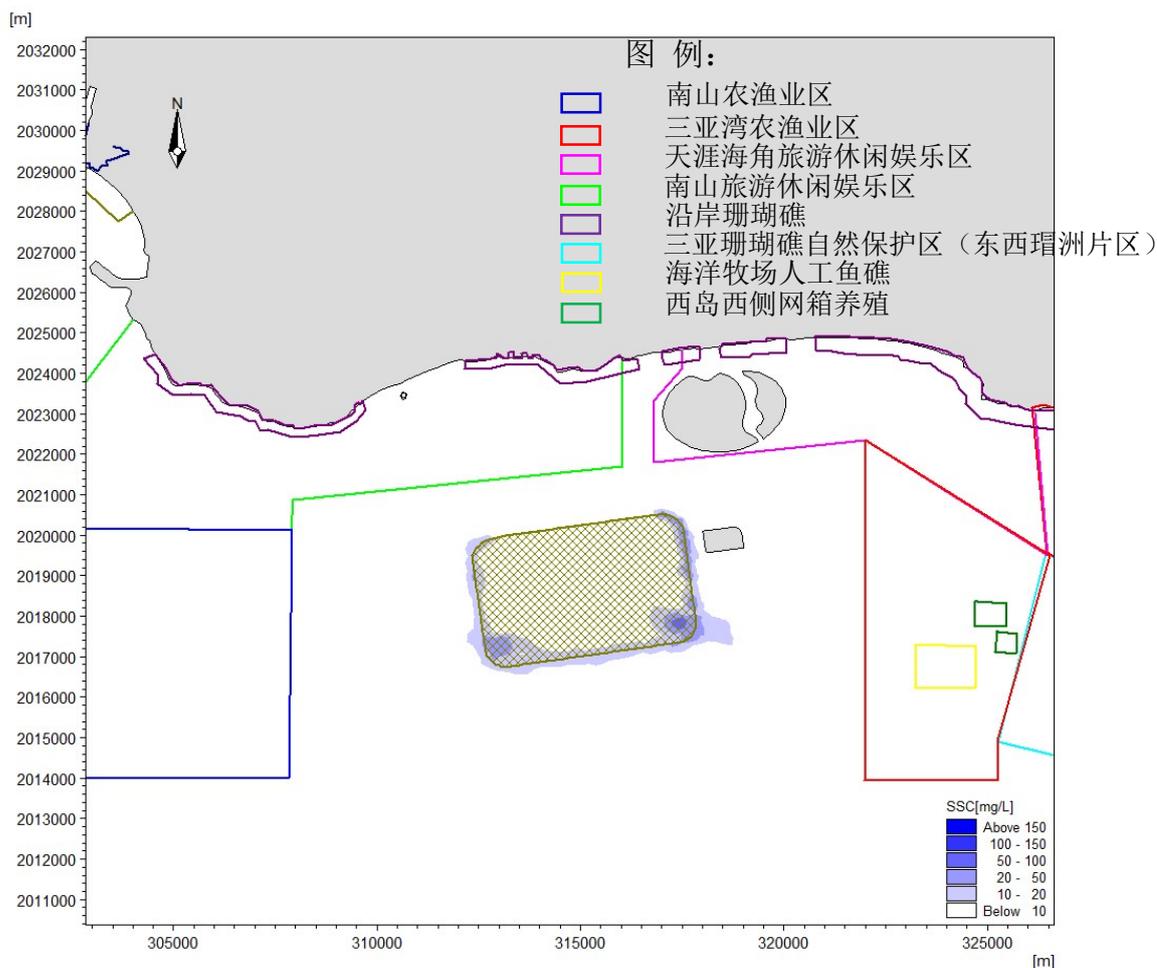


图 6.5-17 工况一施工悬沙最大浓度包络线影响范围图

6.5.5.2 工况二预测结果

悬沙影响范围主要沿涨落潮方向扩散。整个工程水域施工悬沙浓度超一（二）类海水水质标准的水域面积为 39.87km²，超标点距工程边界最远 4.59km；施工悬沙浓度超三类海水水质标准的水域面积为 3.13km²，超标点距工程边界最远 0.33km；施工悬沙浓度超四类海水水质标准的水域面积为 0.82km²，超标点距工程边界最远 0.21km。

施工悬沙超标倍数 $B_i \leq 1$ 的水域面积为 21.33km²

2，超标倍数 $1 < B_i \leq 4$ 的水域面积为 11.44km²，超标倍数 $4 < B_i \leq 9$ 的水域面积为 3.96km²，超标倍数 $B_i > 9$ 的水域面积为 3.13km²。

施工结束后约 3.25h 工程水域可恢复至一类海水水质标准，悬浮沙沉降海底后覆盖厚度超 2cm 的面积为 7.09km²，覆盖厚度超 10cm 的面积为 2.01km²。

预测结果见表 6.5-8，施工悬沙影响的最大浓度包络线见图 6.5-18。

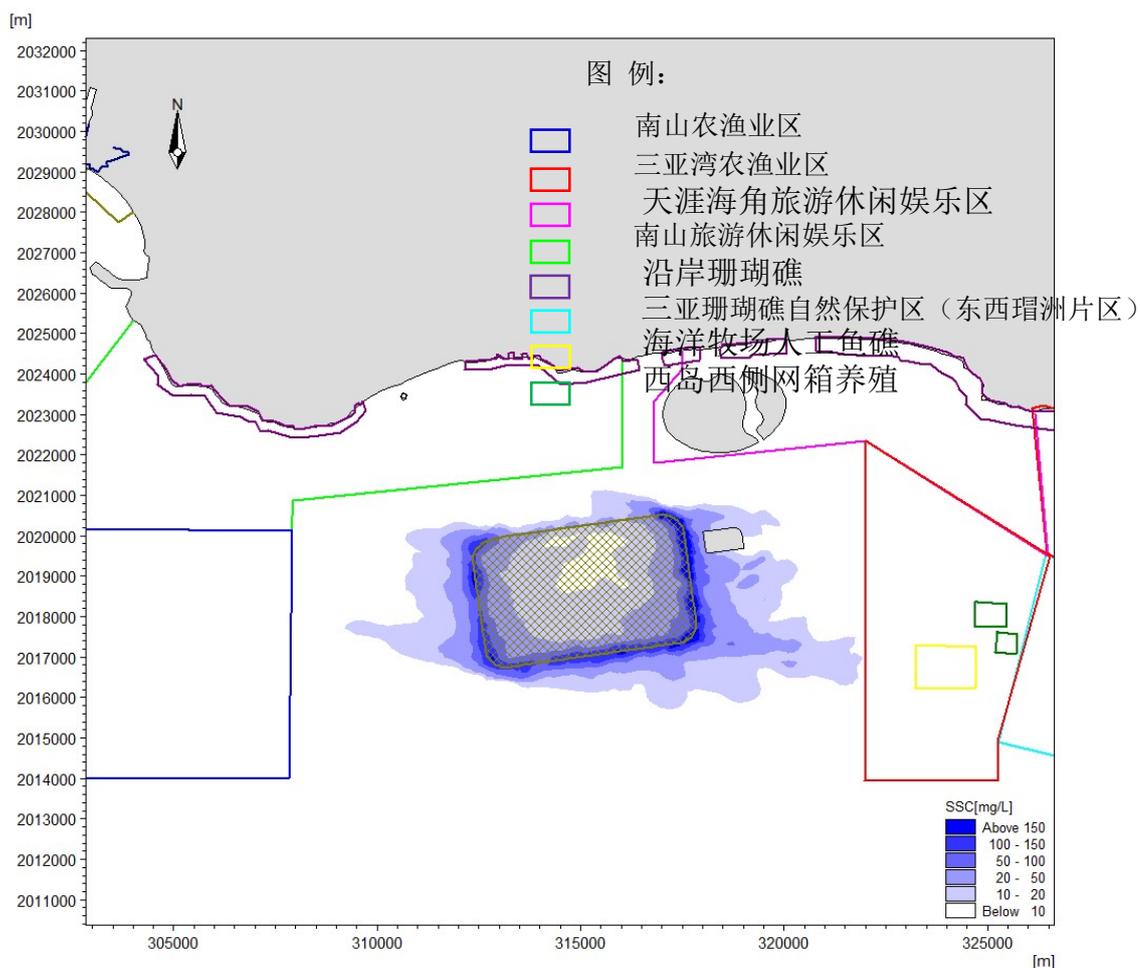


图 6.5-18 工况二施工悬沙最大浓度包络线影响范围图

6.5.5.3 工况三预测结果

工况三由于临空二期工程位于天涯海角旅游休闲娱乐区内，其拆除造成所在水域超四类海水水质标准。整个工程水域施工悬沙浓度超一（二）类海水水质标准的水域面积为 43.34km²，超标点距工程边界最远 4.62km；施工悬沙浓度超三类海水水质标准的水域面积为 3.30km²，超标点距工程边界最远 0.32km；施工悬沙浓度超四类海水水质标准的水域面积为 0.85km²，超标点距工程边界最远 0.20km。

施工悬沙超标倍数 $B_i \leq 1$ 的水域面积为 21.89km²，超标倍数 $1 < B_i \leq 4$ 的水域面积为 12.56km²，超标倍数 $4 < B_i \leq 9$ 的水域面积为 5.59km²，超标倍数 $B_i > 9$ 的水域面积为 3.30km²。

施工结束后约 3.25h 工程水域可恢复至一类海水水质标准，悬浮沙沉降海底后覆盖厚度超 2cm 的面积为 16.59km²，覆盖厚度超 10cm 的面积为 10.04km²。

预测结果见表 6.5-8，施工悬沙影响的最大浓度包络线见图 6.5-19。

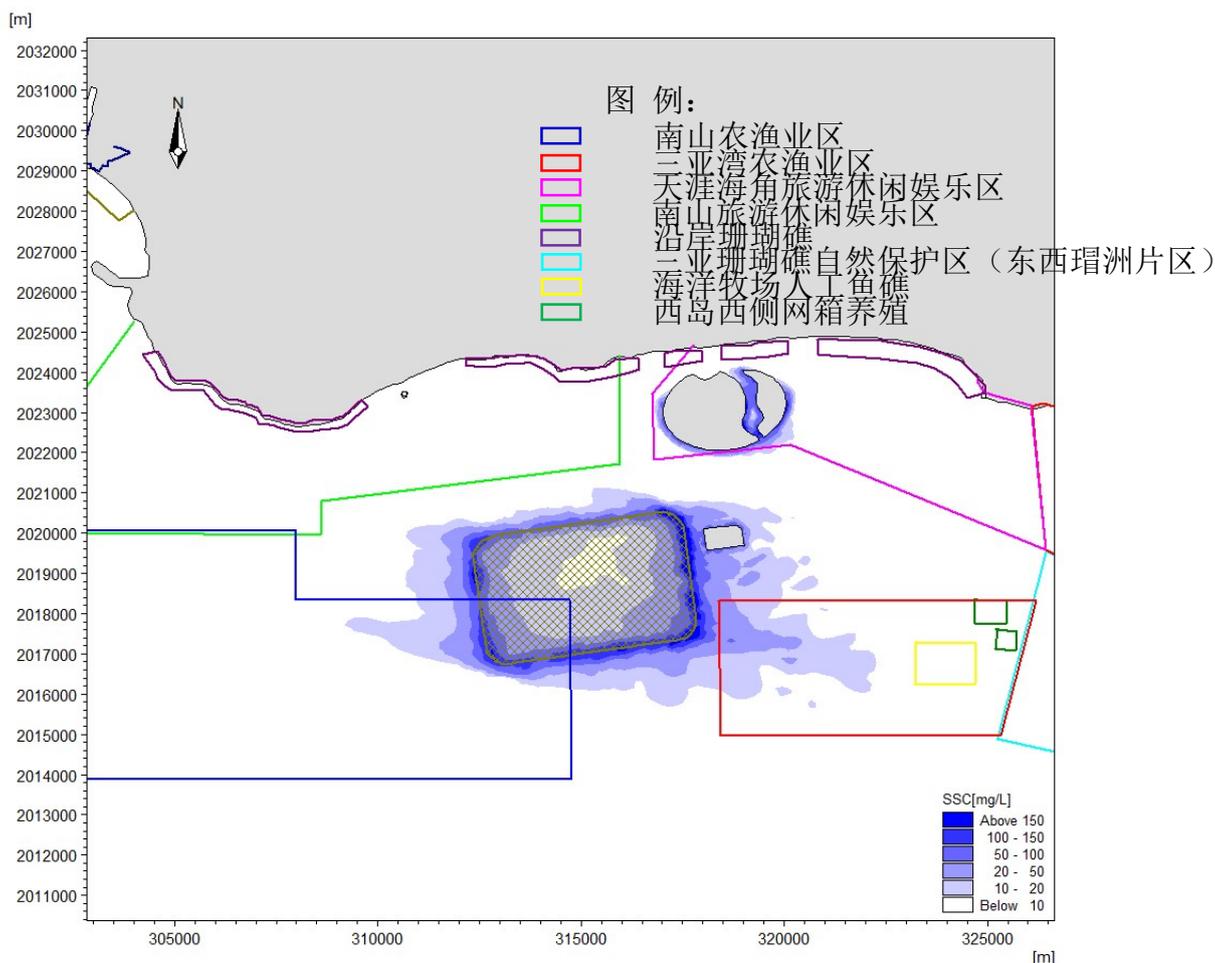


图 6.5-19 工况三施工悬沙最大浓度包络线影响范围图

6.5.5.4 工况四预测结果

工况四施工造成整个工程水域悬沙浓度超一(二)类海水水质标准的水域面积为 40.77km²，超标点距工程边界最远 4.61km；施工悬沙浓度超三类海水水质标准的水域面积为 3.14km²，超标点距工程边界最远 0.32km；施工悬沙浓度超四类海水水质标准的水域面积为 0.82km²，超标点距工程边界最远 0.21km。

施工悬沙超标倍数 $B_i \leq 1$ 的水域面积为 21.13km²，超标倍数 $1 < B_i \leq 4$ 的水域面积为 11.73km²，超标倍数 $4 < B_i \leq 9$ 的水域面积为 4.77km²，超标倍数 $B_i > 9$ 的水域面积为 3.14km²。

施工结束后约 3.75h 工程水域可恢复至一类海水水质标准，悬浮沙沉降海底后覆盖厚度超 2cm 的面积为 9.87km²，覆盖厚度超 10cm 的面积为 5.45km²。

预测结果见表 6.5-8，施工悬沙影响的最大浓度包络线见图 6.5-20。

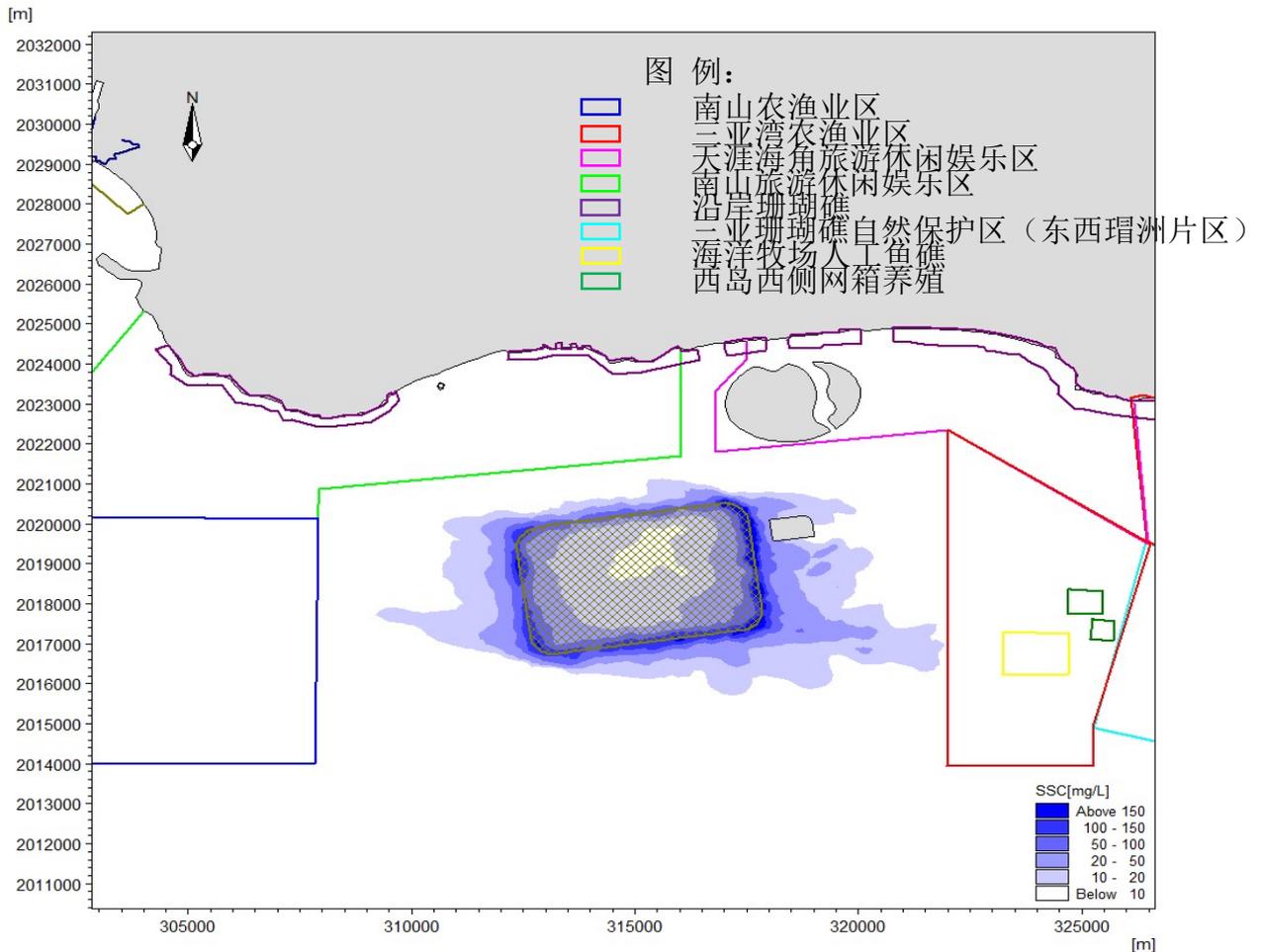


图 6.5-20 工况四施工悬沙最大浓度包络线影响范围图

6.5.5.5 工况五预测结果

工况五施工悬沙浓度超一（二）类海水水质标准的水域面积为 1.58km²，超标点距工程边界最远 0.41km；施工悬沙浓度超三类海水水质标准的水域面积为 0.22km²，超标点距工程边界最远 0.09km；施工悬沙浓度超四类海水水质标准的水域面积为 0.09km²，超标点距工程边界最远 0.06km。

施工悬沙超标倍数 $B_i \leq 1$ 的水域面积为 0.64km²，超标倍数 $1 < B_i \leq 4$ 的水域面积为 0.43km²，超标倍数 $4 < B_i \leq 9$ 的水域面积为 0.29km²，超标倍数 $B_i > 9$ 的水域面积为 0.22km²。

施工结束后约 5.15h 工程水域可恢复至一类海水水质标准，悬浮沙沉降海底后覆盖厚度超 2cm 的面积为 1.25km²，覆盖厚度超 10cm 的面积为 0.74km²。

预测结果见表 6.5-8，施工悬沙影响的最大浓度包络线见图 6.5-21。

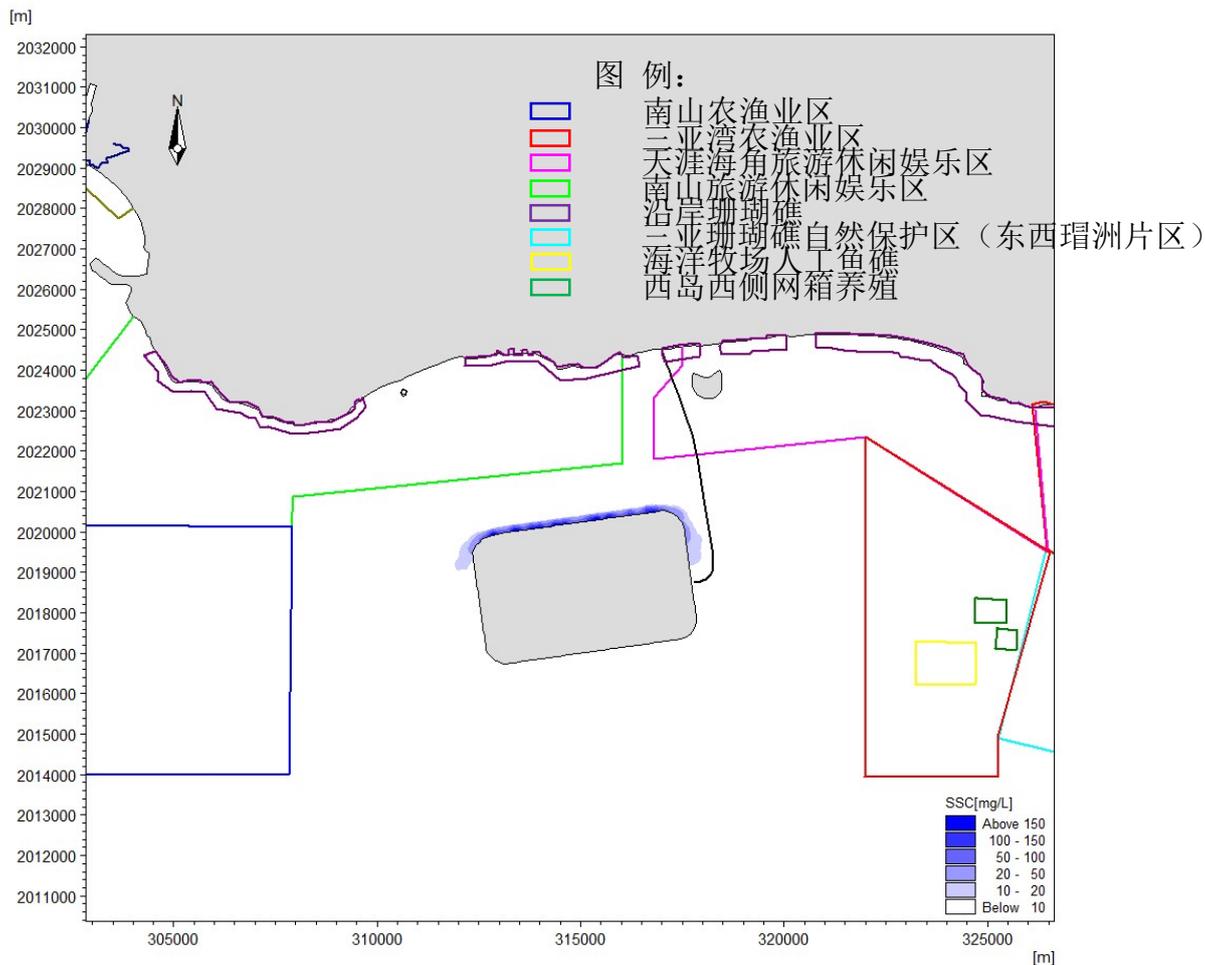


图 6.5-21 工况五施工悬沙最大浓度包络线影响范围图

6.5.5.6 工况六预测结果

工况六施工悬沙造成沿岸珊瑚礁分布区超一（二）类海水水质标准。另外，由于临空一期工程位于天涯海角旅游休闲娱乐区内，其拆除造成所在水域超三类海水水质标准。其中，整个施工水域施工悬沙浓度超一（二）类海水水质标准的水域面积为 0.84km²，超标点距工程边界最远 0.21km；施工悬沙浓度超三类海水水质标准的水域面积为 0.02km²，超标点距工程边界最远 0.04km；施工悬沙浓度未超四类海水水质标准。

施工悬沙超标倍数 $B_i \leq 1$ 的水域面积为 0.43km²，超标倍数 $1 < B_i \leq 4$ 的水域面积为 0.25km²，超标倍数 $4 < B_i \leq 9$ 的水域面积为 0.14km²，超标倍数 $B_i > 9$ 的水域面积为 0.02km²。

施工结束后约 1.75h 工程水域可恢复至一类海水水质标准，悬浮沙沉降海底后覆盖厚度超 2cm 的面积为 1.20km²，覆盖厚度超 10cm 的面积为 0.45km²。

预测结果见表 6.5-8，施工悬沙影响的最大浓度包络线见图 6.5-22。

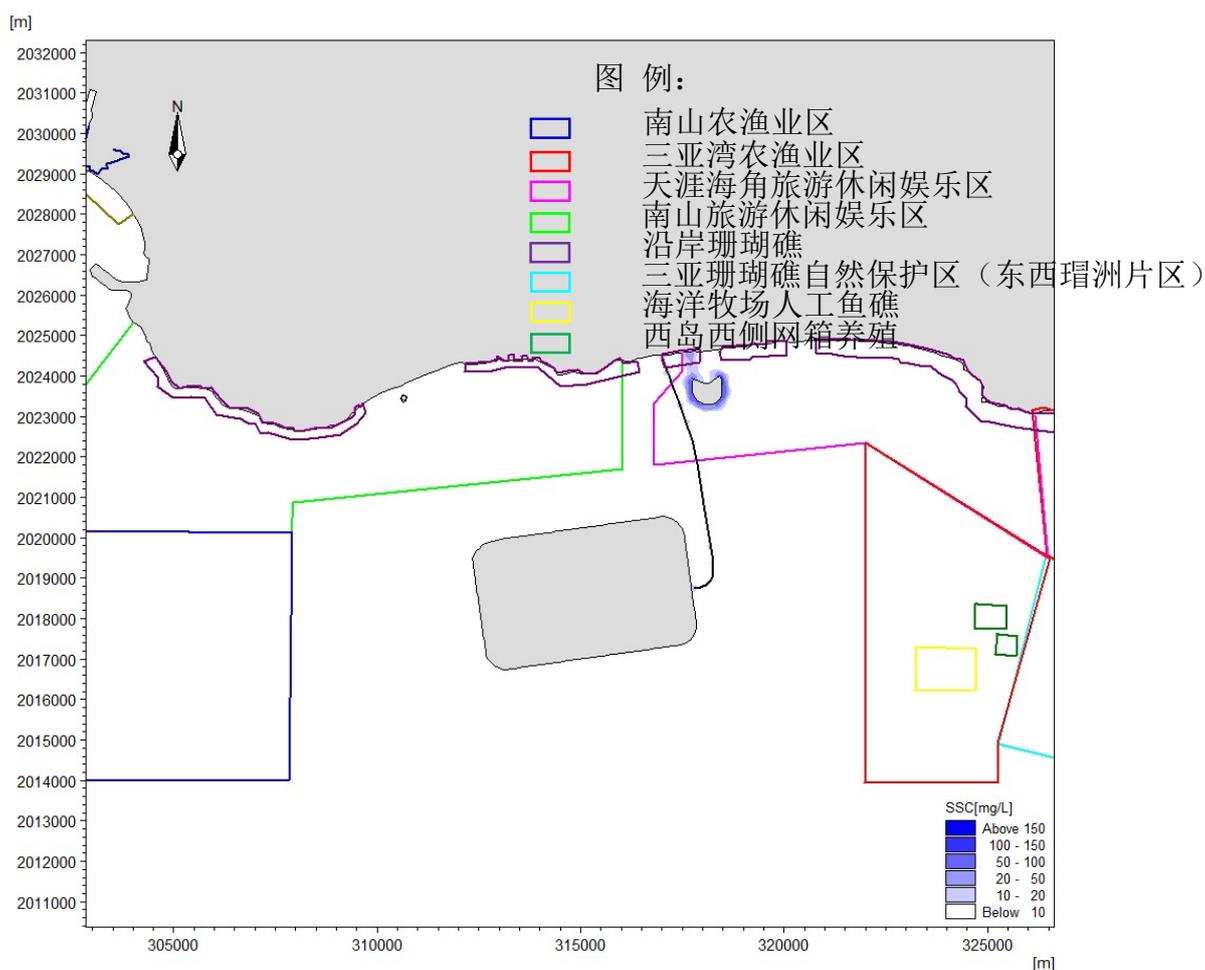


图 6.5-22 工况六施工悬沙最大浓度包络线影响范围图

6.5.6 工况七预测结果

工况七岸滩防护工程临近沿岸珊瑚礁区分布区内，其建设造成沿岸珊瑚礁分布区超三类海水水质标准。整个工程水域施工悬沙浓度超一（二）类海水水质标准的水域面积为 1.51km²，超标点距工程边界最远 0.38km；施工悬沙浓度超三类海水水质标准的水域面积为 0.06km²，超标点距工程边界最远 0.08km；施工悬沙浓度超四类海水水质标准的水域面积为 0.01km²，超标点距工程边界最远 0.04km。

施工悬沙超标倍数 $B_i \leq 1$ 的水域面积为 0.78km²，超标倍数 $1 < B_i \leq 4$ 的水域面积为 0.62km²，超标倍数 $4 < B_i \leq 9$ 的水域面积为 0.06km²，超标倍数 $B_i > 9$ 的水域面积为 0.06km²。

施工结束后约 2.00h 工程水域可恢复至一类海水水质标准，悬浮沙沉降海底后覆盖厚度超 2cm 的面积为 0.97km²，覆盖厚度超 10cm 的面积为 0.16km²。

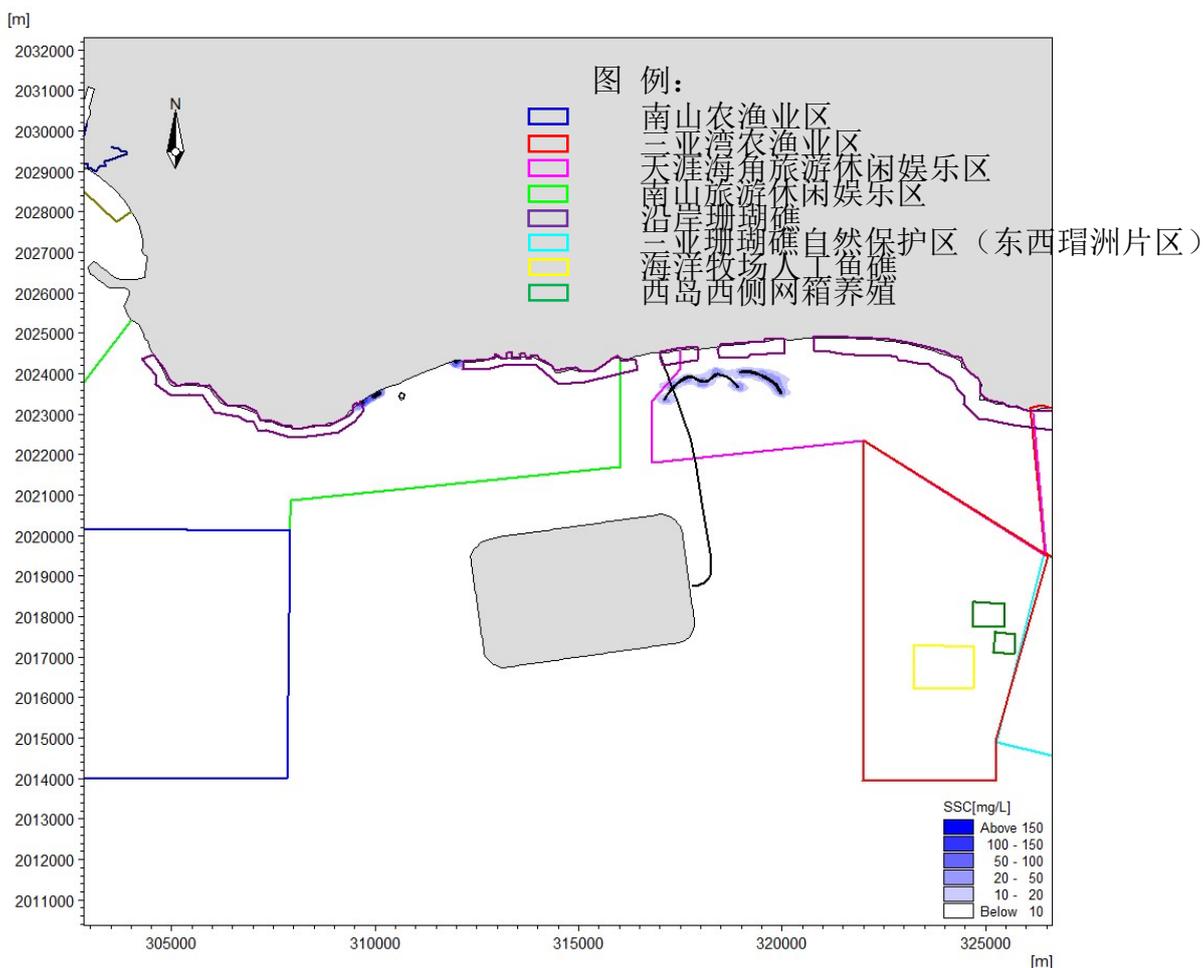


图 6.5-23 工况七施工悬沙最大浓度包络线影响范围图

6.5.6.1 小结

本研究根据工程所在水域现场水文实测资料，使用 MIKE21 软件包对新机场项目施工悬沙

的漂移扩散进行了计算分析，施工悬沙超标情况统计可见表 6.5-8。其中，主体工程和起步工程、临空二期拆除工程交叉施工工况（工况三）施工悬沙影响范围较大，超一（二）类海水水质标准的水域面积为 43.34km²（部分面积与主体工程占海重合）。由于临空一期和二期工程均位于天涯海角旅游休闲娱乐区内，二期工程拆除造成所在水域超四类海水水质标准，一期工程拆除造成所在水域超三类海水水质标准；岸滩防护工程临近沿岸珊瑚礁区分布区，其建设造成沿岸珊瑚礁分布区超三类海水水质标准。不同计算工况施工结束后约 1.5h~5.15h 工程水域可恢复至一类海水水质标准。

表 6.5-8 施工期间悬浮物预测结果统计

水质		工况一	工况二	工况三	工况四	工况五	工况六	工况七
超一（二）类	最大外包络线面积（km ² ）	6.12	39.87	43.34	40.77	1.58	0.84	1.51
	工程边界的最远距离（km）	0.95	4.59	4.62	4.61	0.41	0.21	0.38
超三类	最大外包络线面积（km ² ）	0	3.13	3.30	3.14	0.22	0.02	0.06
	工程边界的最远距离（km）	/	0.33	0.32	0.32	0.09	0.04	0.08
超四类	最大外包络线面积（km ² ）	0	0.82	0.85	0.82	0.09	0	0.01
	工程边界的最远距离（km）	/	0.21	0.20	0.21	0.06	/	0.04
恢复至一类水质时间（h）		1.50	3.25	3.25	3.75	5.15	1.75	2.00
悬浮沙海底覆盖厚度超 2cm 总面积(km ²)		0.61	7.09	16.59	9.87	1.25	1.20	0.97
悬浮沙海底覆盖厚度超 10cm 总面积(km ²)		0.14	2.01	10.04	5.45	0.74	0.45	0.16

6.6 围填海填充物质可行性分析和沉积环境影响分析

6.6.1 围填海填充物质成分分析

(1) 围填海填充物质来源

乐东二行沙西侧海域作为工程用砂取料区，平均运距 100km，平均水深-26m。采石场拟选三亚市大出水矿区和立村矿区，区周边有多条乡道、村道可通行汽车，交通方便，石料总储量约 0.59 亿 m³，能够满足本项目 0.25 亿 m³ 的石料需求。

(2) 检验项目

众多来源的填海物料可能对周围海域水质、沉积物环境造成一定影响。为保护海洋环境和资源，预防海域在围填海时造成海洋环境污染或资源损失，需要通过成分检验，了解填充物质的特性，评估填充物质的可行性，防止填充物质对海域造成污染损害。检验项目包括物理、化学、放射性等项目，具体监测因子见表 6.6-1。

表 6.6-1 填充物料成分检验项目表

序号	检验项目	检测因子
1	物理项目	材质、气味、块体大小、相对密度
2	化学项目	汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六氯化苯、DDT、PCBs
3	放射性项目	γ 辐射剂量率
4	生物项目	大肠菌群湿重比个数

(3) 检验项目控制标准

根据修改后的《海南省海洋功能区划》(2011~2020), 本项目所在的“B3-01 红塘湾工业与城镇用海区”执行二类海洋沉积物质量标准, 因此用于回填的海水物料和开山石执行《围填海工程填充物质成分限值》(GB30376-2014)中的“表 1 围填海工程填充物质成分限值(第二类)”。

(4) 检验结果及可行性分析

根据《三亚新机场人工岛工程海上物料项目海洋环境现状调查与评价》(福建中海检测技术有限公司, 2016 年 7 月)、《三亚新机场人工岛工程项目岩石检测报告》(国土资源部海口矿产资源监督检测中心, 2016 年 5 月), 采砂区及采石场的围填海填充物质成分与相应限值的比较见表 6.5-2。

结果表明, 海上物料的材质、气味、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类和开山石的材质、相对密度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六氯化苯、DDT、PCBs 均满足《围填海工程填充物质成分限值》第一类限值。因此, 海上物料和开山石可作为本工程的填海物料使用。

表 6.6-2 围填海工程填充物质成分分析

序号	指标	标准值(第一类)	采砂区	采石场
1	材质	不应含有冶金废料、采矿废料、燃料废料、化工废料、城市生活垃圾(惰性拆建物料除外)、危险废物、农业垃圾、木质废料、明显的大型植物碎屑和动物尸体等损害海洋环境质量的物质	多为含砾石泥砂或砂	岩石
2	气味	无异味、异臭	无异臭	-
3	块体大小	单块体重量符合围填工程中堤坝或围堰的设计要求	-	-
4	相对密度	大于施工海域的海水相对密度	-	2.69~2.72
5	汞(Hg)/($\times 10^{-6}$)	0.20	0.011~0.074	0.002~0.040
6	镉(Cd)/($\times 10^{-6}$)	0.50	0.07~0.30	0.014~0.062
7	铅(Pb)/($\times 10^{-6}$)	60.0	8.17~22.09	31.3~35.6
8	锌(Zn)/($\times 10^{-6}$)	150.0	9.12~26.15	8.52~12.5
9	铜(Cu)/($\times 10^{-6}$)	35.0	2.51~20.05	3.46~18.1
10	铬(Cr)/($\times 10^{-6}$)	80.0	13.01~22.78	4.06~18.0
11	砷(As)/($\times 10^{-6}$)	20.0	4.17~14.01	1.09~2.75

12	有机碳/($\times 10^{-2}$)	2.0	0.13~1.11	0.037~0.060
13	硫化物/($\times 10^{-6}$)	300.0	17.3~41.5	8.6~10.2
14	石油类/($\times 10^{-6}$)	500.0	6.7~31.4	0.26~0.31
15	六氯化苯(666)/($\times 10^{-6}$)	0.50	-	$< 5 \times 10^{-5}$
16	双对氯苯基三氯乙烷(DDT)/($\times 10^{-6}$)	0.02	-	$< 5 \times 10^{-5}$
17	多氯联苯(PCBS)/($\times 10^{-6}$)	0.02	-	$< 5 \times 10^{-5}$
18	大肠菌群湿重比个数(个/g,湿重)	200	-	未检出
19	γ 辐射剂量率(nGy/h)	不大于围填海工程实施前一定区域范围 γ 辐射剂量率的环境背景值		-

6.6.2 沉积环境影响分析

6.6.2.1 工程占用海域对沉积物环境的影响

(1) 人工岛工程用海

工程位于红塘湾海域，人工岛的填海工程面积约 1697.1 万 m^2 ，对外通道工程桥梁桩基占用海域面积为 0.4201 万 m^2 ，工程建设将占用红塘湾约 1693.2934 万 m^2 的海域沉积环境，使其由浅海变为陆地，该范围内的海域沉积环境将不复存在。

(2) 施工栈桥用海

施工栈桥采用打桩船打设钢管桩。钢管桩占海面积为 0.0701 万 m^2 。钢管桩占用海域使沉积环境被掩埋、覆盖，绝大多数底栖生物将死亡。

(3) 岸滩防护工程用海

为减缓工程建设对岸滩冲淤影响，拟建设拦沙堤、离岸堤措施以维持岸滩稳定。南山角拦沙堤位于南山景区海滩西端，占海面积为 0.1984 万 m^2 ；鸭仔塘拦沙堤位于南山景区海滩东端的鸭仔塘河口，占海面积为 0.3527 万 m^2 。南山景区潜堤位于南山观音人工岛西侧海滩，占海面积为 15.9968 万 m^2 ；担油港附近潜堤占海面积为 0.2654 万 m^2 。

岸滩防护工程占用海域沉积环境，使其由浅海变为海堤，使沉积环境被掩埋、覆盖，绝大多数底栖生物将死亡。

6.6.2.2 施工产生的悬浮泥沙扩散和沉降对沉积物的影响

(1) 机场人工岛工程

本工程基槽开挖产生的 10mg/L 悬浮物增量的最大影响跨度约为 0.95km，主体工程 and 起步工程、临空二期拆除工程交叉施工工况产生的 10mg/L 悬浮物增量的最大影响跨度约为 4.62km。上述工况施工作业由于悬浮物源强大、施工范围边缘区域几乎全覆盖；施工期 10mg/L 悬浮物

最大可能影响面积约为 43.34km²。

本项目施工期施工作业会形成悬浮泥沙，进入水体中，其中颗粒较大的悬浮泥沙会直接沉降在挖泥区域内，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉降在挖泥区域周围的海底，将原有的表层沉积物覆盖。在上述沉降过程中，沉积物中原有的污染因子，会部分转移至水体中，其余部分仍保留在悬浮泥沙中，并随之沉降形成新的沉积物环境。项目填充物质主要来自三亚市大出水矿区和立村矿区、乐东二行沙西侧采砂区，均满足《围填海工程填充物质成分限值》的第一类限值；现状调查资料表明，所在海域沉积物环境质量尚好，均满足《海洋沉积物质量》的第一类标准；一般情况下，其化学溶出物有限。因此，泥沙悬浮扩散再沉降可能使工程区附近局部区表层沉积物类型、粒度参数等物理特性发生一定变化，但对表层沉积物化学质量指标的影响很小，不会引起海域总体沉积环境质量的变化。

(2) 岸滩防护工程

岸滩防护工程包括南山角拦沙堤、鸭仔塘拦沙堤、南山景区潜堤、担油港潜堤。

岸滩防护工程产生悬浮物主要在于抛石施工环节，抛石作业 10mg/L 浓度悬浮物距作业点最大影响距离约为 0.66km，浓度大于 10mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 0.62km²。

该范围内的悬浮泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮泥沙会直接沉降在该区域内，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉降在周边海域海底，将原有的表层沉积物覆盖。在上述沉降过程中，沉积物中原有的污染因子，会部分转移至水体中，其余部分仍保留在悬浮泥沙中，并随之沉降形成新的沉积物环境。现状调查资料表明，所在海域沉积物环境质量尚好，均满足《海洋沉积物质量》的第一类标准；一般情况下，其化学溶出物有限。因此，泥沙悬浮扩散再沉降可能使工程区附近局部区表层沉积物类型、粒度参数等物理特性发生一定变化，但对表层沉积物化学质量指标的影响很小，不会引起海域总体沉积环境质量的变化。

6.6.2.3 机场人工岛工程建成后海床冲淤对沉积物的影响

三亚新机场人工岛建成后，在新机场人工岛的西南侧和东北侧，产生较大的冲刷，而在人工岛的东南和西北侧发生淤积。依据水利部、交通运输部、国家能源局南京水利科学研究院等单位 2019 年 10 月编制的《三亚新机场人工岛工程潮流泥沙数学模型专题研究》报告，冲淤计算结果显示，西南和东北角年冲刷强度为 0.1~0.2m/a，东南和西北侧年淤积强度为 0.05~0.1m/a 左右。工程实施多年后的计算结果显示，工程实施 3 年后最大冲刷深度在 0.6m 左右，东西两侧最大淤积幅度在 0.4m 左右。10 年后西南角的冲刷深度在 1.6m 左右，东北角的冲刷深度在

1.2m 左右。可见，人工岛建设后整体的冲刷幅度不大。在桥墩区域，桥墩周边也存在一定的冲刷，但深度一般不超过 1.5m。

水动力及冲淤达到平衡后，形成稳定的海床地形，考虑到泥沙为逐年淤积，泥沙淤积对沉积物的损害程度有限。

本项目人工岛建成后产生的冲刷，使该冲刷区域的表层沉积物随潮流波浪输移，至缓流区逐渐沉降。冲刷区域的底层沉积物出露，冲刷平衡后，形成稳定的沉积物环境，仍为原沉积物环境，因此，不会引起海域总体沉积环境质量的变化。

本项目人工岛建成后产生的淤积，将原有的表层沉积物覆盖，形成新的沉积物环境。沉积泥沙来源于潮流中夹带的附近海域的泥沙，形成的新的沉积物环境与工程前变化不大。现状调查资料表明，所在海域沉积物环境质量尚好，均满足《海洋沉积物质量》的第一类标准。淤积可能使工程区附近局部区表层沉积物类型、粒度参数等物理特性发生一定变化，但对表层沉积物化学质量指标的影响很小，不会引起海域总体沉积环境质量的变化。

6.7 海洋生态环境影响分析

6.7.1 工程建设对海洋生态环境的影响分析

工程实施对海洋生态环境的影响主要是 1、施工期泥沙入海、施工泥沙沉降对底栖生物及其生境等对海洋生物、海水养殖造成的影响；2、工程占用海域对海洋生物的影响。

6.7.1.1 初级生产力

工程用海活动对海洋初级生产力将造成一定的直接影响，这里将保守估算初级生产力的损失量，核算用海区内的初级生产力完全被破坏时所造成的损失。根据现状调查结果，2019 年春夏秋冬共调查四季初级生产力的平均值为 $478.248\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，则工程用海造成每年（365 天）初级生产力损失量约为 $2985.29\text{tC}/\text{a}$ 。

6.7.1.2 对浮游生物的影响

施工作业引起施工水域内的局部浑浊，浮游生物将受到不同程度的影响，尤其是滤食性浮游动物受到的影响较大，这主要是由于施工作业引起水中悬浮物增加，悬浮颗粒会粘附在动物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。

此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的

抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。

比照长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物的毒性效应的试验结果，当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物的光合作用。因此，疏浚过程泥沙入海将对悬浮物增量超过 10mg/L 海域范围内的浮游生物产生一定的影响。由施工期悬浮泥沙预测结果可知，施工作业悬浮物浓度增值大于 10mg/L 最大影响范围为 43.34km² 的水域，在这一范围内，将可能对水生生物造成不良影响。施工引起的环境影响是局部的，且这种不良影响是暂时的，到施工结束后约 3.25h 基本恢复到正常值。

随着上述工程的结束，泥沙的沉降作用，水质将逐渐恢复，浮游生物和游泳生物群落会逐渐恢复正常。浮游生物群落的重新建立需要几天到几周时间，游泳生物由于活动力强，也会逐渐建立起新的群落。

6.7.1.3 对渔业资源的直接影响分析

工程施工产生的悬浮泥沙影响了该海域鱼类等水生生物的正常栖息、活动和繁殖。水体中悬浮物增多可能阻塞鱼类的鳃组织，造成其呼吸困难，严重的甚至会引起死亡，对渔业资源会产生一定的影响。悬浮物对渔业资源的影响除可产生直接致死效应外，还存在间接、慢性的影响，例如：a. 造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降；b. 造成水体中溶解氧、透光度和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，影响某些种类的生长和发育；c. 混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避致害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力等。

悬浮泥沙入海引起局部海域水中悬浮物质含量过高，使鱼类的腮腺积聚泥沙微粒，严重损害腮部的滤水和呼吸功能，甚至导致鱼类窒息死亡。不同的鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量为 80000mg/L 时，鱼类最多只能存活 1 天；含量为 6000mg/L 时，最多能存活 1 周；若每天作短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物质含量达到 2300mg/L 时，则鱼类能存活 3~4 周。通常认为悬浮物质的含量在 200mg/L 以下时，不会导致鱼类直接死亡。但在泥沙入海点中心区附近的鱼类，即使悬浮物浓度过高也未能引起死亡，但其腮部会严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。

根据施工期悬浮泥沙预测结果，悬浮泥沙浓度增量 10mg/L 等值线最大包络面积为 43.34km²，影响面积较大但其影响主要发生在施工期。

6.7.1.4 对物种多样性的影响

生物多样性是指从分子至景观各种层次生命形态的集合。生态系统不仅为各类生物进化及生物多样性的产生与形成提供了条件，同时，生态系统通过生物群落的整体创造了适宜生物生存的环境。物种多样性是生物多样性的中心，是生物多样性最主要的结构和功能单位，是指地球上动物、植物、微生物等生物种类的丰富程度。物种多样性包括两个方面：一方面是指一定区域内物种的丰富程度，可称为区域物种多样性；另一方面是指生态学方面的物种分布的均匀程度，可称为生态多样性或群落多样性。

该次调查中工程建设引起丧失的各种底栖、浮游生物在当地的广阔海域均有大量分布，因此工程建设不会造成物种多样性降低的生态问题。

6.7.1.5 工程占用海域对海洋生物的影响分析

项目填海施工将导致其所在海域的水体消失，填海区所在的浮游生物、渔业资源将全部消失。根据海洋生态环境现状调查结果：浮游植物主要以硅藻为主，浮游动物主要有肥胖箭虫、微刺哲水蚤、中型莹虾、粗新哲水蚤、双生水母、红纺锤水蚤等，底栖生物优势种类为曲角贝、七刺栗壳蟹、明管虫、金链卷管螺、角海蛹、双栉虫等。工程占用海域将造成上述优势种的数量减少。

6.7.2 海洋生物量损失的估算（修改）

6.7.2.1 工程占用海域生物损失核算

（1）工程占用海域对底栖生物的损失影响

本项目占用海域包含的工程为：三亚新机场人工岛主体工程、对外通道工程、施工栈桥工程。

本项目施工建设过程中，填海造地占用海域改变了生物原有的生境，尤其对底栖生物的影响最大。施工过程中海域大部分底栖生物种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致生物资源损失。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）（简称《规程》），填海彻底破坏了底栖、潮间带生物的生境，按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i —第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里指底栖、潮间带生物资

源受损量。

D_i —评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）/每平方千米[尾（个）/ km^2]、尾（个）/每立方千米[尾（个）/ km^3]或千克每平方千米（ kg/km^2 ）。在此为底栖、潮间带生物密度。

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

根据项目方案，三亚新机场人工岛填海面积约 1692.8733 万 m^2 ，对外通道工程桥梁桩基占用海域面积为 0.4201 万 m^2 ，施工栈桥占用海域面积为 0.0701 万 m^2 。根据现状调查结果，2019 年春、夏、秋、冬四季调查的 29 个大型底栖生物站位的底栖生物平均生物量为 $10.21\text{g}/\text{m}^2$ 。工程占用海域对底栖生物的损失计算参数见表 6.7-1。

表 6.7-1 项目用海造成底栖生物损失量核算参数

生物损失类型	占海面积（万 m^2 ）			底栖生物生物量	
	人工岛	1692.8733	1693.2934	2019 年春季	7.15 g/m^2
占用海域	对外通道工程桥梁桩基	0.4201			2019 年夏季
				2019 年秋季	9.72 g/m^2
	施工栈桥		0.0701	2019 年冬季	10.85 g/m^2
				平均值	10.21 g/m^2

项目用海造成的底栖生物损失量计算如下：

①人工岛填海工程、对外通道工程桥梁桩基和岸滩防护工程占海

$$\text{底栖生物损失量} = \text{填海面积} \times \text{平均生物量} = 1693.2934 \text{ 万 } \text{m}^2 \times 10.21 \text{g}/\text{m}^2 = 172.8429\text{t}$$

②施工栈桥桥梁桩基

$$\text{底栖生物损失量} = \text{填海面积} \times \text{平均生物量} = 0.0701 \text{ 万 } \text{m}^2 \times 10.21 \text{g}/\text{m}^2 = 0.0072\text{t}$$

则项目用海造成的底栖生物损失量约 172.8501t。

（2）工程占用海域对海洋生物的影响

项目对外通道及施工栈桥桥桩采用打桩船打设钢管桩，单个桥桩占海面积较小，岸滩防护工程占海面积有限，本次评价不做定量核算。

项目人工岛填海施工将导致其所在海域的水体消失，填海区所在的浮游生物、渔业资源将全部消失。根据项目方案，填海面积约 1692.8733 万 m^2 ，平均水深取 22m。

海洋生物资源浮游动物、浮游植物的平均受损量采用评价海域现状调查得到的 2019 年春、夏、秋、冬共四季的密度平均值（重量）进行计算。海洋生物资源鱼卵、仔稚鱼、游泳动物的平均受损量采用评价海域现状调查得到的 2016 年冬季、2019 年春、夏、秋三季，共四季密度平均值（重量）进行计算。工程占用海域对海洋生物损失量核算参数见表 6.7-2。

表 6.7-2 工程占用海域对海洋生物损失量核算参数

工程占用海域面积	平均水深	调查时间	鱼卵粒/m ³	仔稚鱼尾/m ³	游泳动物 kg/km ²	调查时间	浮游动物 mg/m ³	浮游植物 cells/m ³
1692.873 3 万 m ²	22m	2019 年春季	0.7	0.015	894.39	2019 年春季	53.54	41.79×10 ⁴
		2019 年夏季	0.42	0.02	1499.68	2019 年夏季	32.41	117.5×10 ⁴
		2019 年秋季	0.12	0	1501.15	2019 年秋季	32.73	1152.63×10 ⁴
		2016 年冬季	3.2	0	818.88	2019 年冬季	17.74	2.58×10 ⁴
		平均值	1.11	0.0088	1178.52	平均值	34.10	328.62×10 ⁴

工程占海引起的海洋生物损失量=海水损失量×生物资源密度，海洋生物损失量估算结果如表 6.7-3 所示。

表 6.7-3 工程占海造成的每年海洋生物损失量

类别	海水损失 (万 m ³)	鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
生物资源密度	37243.32126	1.11 粒/m ³	0.0088 尾/m ³	1178.5 kg/km ²	34.10 mg/m ³	328.62×10 ⁴ cells/m ³
每年海洋生物受损量		4.13×10 ⁸ 粒	3.26×10 ⁶ 尾	2.00×10 ⁴ kg	1.27×10 ⁴ kg	1.22×10 ¹⁵ cell

(3) 泥沙淤积对底栖生物的影响

依据水利部、交通运输部、国家能源局南京水利科学研究院 2019 年 10 月编制的《三亚新机场人工岛工程潮流泥沙数学模型专题研究》报告，冲淤计算结果显示，西南和东北角年冲刷强度为 0.1~0.2m/a，东南和西北侧年淤积强度为 0.05~0.1m/a 左右。工程实施多年后的计算结果显示，工程实施 3 年后最大冲刷深度在 0.6m 左右，东西两侧最大淤积幅度在 0.4m 左右。10 年后西南角的冲刷深度在 1.6m 左右，东北角的冲刷深度在 1.2m 左右。可见，人工岛建设后整体的冲刷幅度不大。在桥墩区域，桥墩周边也存在一定的冲刷，但深度一般不超过 1.5m。

6.7.2.2 悬浮泥沙入海生物损失核算

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，通过生物资源密度，浓度增量区的面积，对生物资源损失率计算如下：

(1) 一次性平均受损量=生物资源密度×污染物增量区面积×生物资源损失率

(2) 持续性损害受损量：当污染物浓度增量区域存在时间超过 15d 时，应计算生物资源的累积损害量。计算以年为单位的生物资源的累计损害量：

(3) 持续性损害受损量= 一次性平均受损量×污染物浓度增量影响的持续周期数

海洋生物资源浮游动物、浮游植物的平均受损量采用评价海域现状调查得到的 2019 年春、

夏、秋、冬共四季密度平均值（重量）进行计算。海洋生物资源鱼卵、仔稚鱼、游泳动物的平均受损量采用评价海域现状调查得到的 2016 年冬季、2019 年春、夏、秋三季，共四季密度平均值（重量）进行计算，具体见表 6.7-4。

表 6.7-4 工程占用海域对海洋生物损失量核算参数

调查时间	鱼卵 粒/m ³	仔稚鱼 尾/m ³	游泳动物 kg/km ²	调查时间	浮游动物 mg/m ³	浮游植物 cells/m ³
2019 年春季	0.7	0.015	894.39	2019 年春季	53.54	41.79×10 ⁴
2019 年夏季	0.42	0.02	1499.68	2019 年夏季	32.41	117.5×10 ⁴
2019 年秋季	0.12	0	1501.15	2019 年秋季	32.73	1152.63×10 ⁴
2016 年冬季	3.2	0	818.88	2019 年冬季	17.74	2.58×10 ⁴
平均值	1.11	0.0088	1178.5	平均值	34.10	328.62×10 ⁴

本工程施工内容主要包括三亚新机场人工岛的主体工程及其配套的对外通道工程（涉海段）。本项目人工岛主体工程及对外通道工程（涉海段）的施工工期为五年，从 2020 年 6 月 1 日至 2025 年 5 月 31 日。悬浮沙扩散预测各工况下损失生物量见表 6.7-5，各工况施工时间和核算周期见表 6.7-6。

表 6.7-5a 工况一悬浮沙扩散生物资源受损量

核算因子	超标面积 (km ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
各类生物损失 (Bi≤1)	4.79	5%	5%	0.5%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	1.25	17.5%	17.5%	5%	17.5%	17.5%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	0.08	40%	40%	15%	40%	40%
各类生物损失 (Bi>9)	0	75%	75%	60%	75%	75%
生物资源密度	—	1.11 粒/m ³	0.0088 尾/m ³	1178.5 kg/km ²	34.10 mg/m ³	328.62×10 ⁴ cells/m ³
一次性平均受损量	—	1.20×10 ⁷ 粒	9.44×10 ⁴ 尾	116.03 kg	367.84 kg	3.54×10 ¹³ cell
持续性损害受损量	—	4.79×10 ⁷ 粒	3.77×10 ⁵ 尾	464.10 kg	1471.36 kg	1.42×10 ¹⁴ cell

注：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》（10mg/L）的倍数。

表 6.7-5b 工况二悬浮沙扩散生物资源受损量

核算因子	超标面积 (km ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
各类生物损失 (Bi≤1)	21.33	5%	5%	0.5%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	11.44	17.5%	17.5%	5%	17.5%	17.5%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	3.96	40%	40%	15%	40%	40%

各类生物损失 (Bi>9)	3.13	75%	75%	60%	75%	75%
生物资源密度	—	1.11 粒/m ³	0.0088 尾/m ³	1178.5 kg/km ²	34.10 mg/m ³	328.62×10 ⁴ cells/m ³
一次性平均受损量	—	1.71×10 ⁸ 粒	1.35×10 ⁶ 尾	3713.12 kg	5252.17 kg	5.06×10 ¹⁴ cell
持续性损害受损量	—	1.02×10 ⁹ 粒	8.08×10 ⁶ 尾	2.23×10 ⁴ kg	3.15×10 ⁴ kg	3.04×10 ¹⁵ cell

注：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》(10mg/L) 的倍数。

表 6.7-5c 工况三悬浮沙扩散生物资源受损量

核算因子	超标面积 (km ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
各类生物损失 (Bi≤1)	21.89	5%	5%	0.5%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	12.56	17.5%	17.5%	5%	17.5%	17.5%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	5.59	40%	40%	15%	40%	40%
各类生物损失 (Bi>9)	3.30	75%	75%	60%	75%	75%
生物资源密度	—	1.11 粒/m ³	0.0088 尾/m ³	1178.5 kg/km ²	34.10 mg/m ³	328.62×10 ⁴ cells/m ³
一次性平均受损量	—	1.95×10 ⁸ 粒	1.54×10 ⁶ 尾	4190.78kg	6005.11kg	5.79×10 ¹⁴ cell
持续性损害受损量	—	4.69×10 ⁹ 粒	3.70×10 ⁷ 尾	1.00×10 ⁵ kg	1.44×10 ⁵ kg	1.39×10 ¹⁶ cell

注：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》(10mg/L) 的倍数。

表 6.7-5d 工况四悬浮沙扩散生物资源受损量

核算因子	超标面积 (km ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
各类生物损失 (Bi≤1)	21.13	5%	5%	0.5%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	11.73	17.5%	17.5%	5%	17.5%	17.5%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	4.77	40%	40%	15%	40%	40%
各类生物损失 (Bi>9)	3.14	75%	75%	60%	75%	75%
生物资源密度	—	1.11 粒/m ³	0.0088 尾/m ³	1178.5 kg/km ²	34.10 mg/m ³	328.62×10 ⁴ cells/m ³
一次性平均受损量	—	1.80×10 ⁸ 粒	1.42×10 ⁶ 尾	3879.29kg	5531.47kg	5.33×10 ¹⁴ cell
持续性损害受损量	—	1.80×10 ⁹ 粒	1.42×10 ⁷ 尾	3.88×10 ⁴ kg	5.53×10 ⁴ kg	5.33×10 ¹⁵ cell

注：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》(10mg/L) 的倍数。

表 6.7-5e 工况五悬浮沙扩散生物资源受损量

核算因子	超标面积 (km ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
各类生物损失 (Bi≤1)	0.64	5%	5%	0.5%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	0.43	17.5%	17.5%	5%	17.5%	17.5%
各类生物损失率	0.29	40%	40%	15%	40%	40%

(4<Bi≤9)						
各类生物损失 (Bi>9)	0.22	75%	75%	60%	75%	75%
生物资源密度	—	1.11 粒/m ³	0.0088 尾/m ³	1178.5 kg/km ²	34.10 mg/m ³	328.62×10 ⁴ cells/m ³
一次性平均受损量	—	9.48×10 ⁶ 粒	7.47×10 ⁴ 尾	235.94 kg	291.31 kg	2.81×10 ¹³ cell
持续性损害受损量	—	2.28×10 ⁸ 粒	1.79×10 ⁶ 尾	5662.58 kg	6991.39 kg	6.74×10 ¹⁴ cell

注：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》(10mg/L) 的倍数。

表 6.7-5f 工况六悬浮沙扩散生物资源受损量

核算因子	超标面积 (km ²)	各类生物平均损失率(%)及生物资源密度				
		鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
各类生物损失 (Bi≤1)	0.43	5%	5%	0.5%	5%	5%
各类生物损失率 (1<Bi≤4)	0.25	17.5%	17.5%	5%	17.5%	17.5%
各类生物损失率 (4<Bi≤9)	0.14	40%	40%	15%	40%	40%
各类生物损失 (Bi>9)	0.02	75%	75%	60%	75%	75%
生物资源密度	—	1.11 粒/m ³	0.0088 尾/m ³	1178.5 kg/km ²	34.10 mg/m ³	328.62×10 ⁴ cells/m ³
一次性平均受损量	—	3.33×10 ⁶ 粒	2.62×10 ⁴ 尾	56.16kg	102.23kg	9.85×10 ¹² cell
持续性损害受损量	—	7.99×10 ⁷ 粒	6.29×10 ⁵ 尾	1347.76 kg	2453.51kg	2.36×10 ¹⁴ cell

注：Bi 为悬浮泥沙浓度超过二类《海水水质标准》(10mg/L) 的倍数。

表 6.7-6 机场人工岛施工期悬沙包络面积及施工时间、核算周期

工况	施工工况	悬沙浓度 (mg/L)	全潮影响最大包络面积(km ²)	海上施工时间 (月)	核算周期	平均水深
工况一	护岸基础开挖	10~20	4.79	2 个月	4	22m
		20~50	1.25			
		50~100	0.08			
		>100	0			
工况二	东西南护岸基础开挖、北护岸基础开挖、护岸基础挖泥卸泥、东西南护岸抛石	10~20	21.33	3 个月	6	22m
		20~50	11.44			
		50~100	3.96			
		>100	3.13			
工况三	东西南护岸基础开挖、北护岸基础开挖、护岸基础挖泥卸泥、东西南护岸抛石、北护岸抛石	10~20	21.89	13 个月	24	22m
		20~50	12.56			
		50~100	5.59			
		>100	3.30			
工况四	北护岸基础开挖、护岸基础挖泥卸泥、东西南护岸抛石、北护岸抛石、对外通道施工栈桥	10~20	21.13	5 个月	10	22m
		20~50	11.73			
		50~100	4.77			
		>100	3.14			
工况	北护岸基础开挖、护	10~20	0.64	25 个月	24	22m

五	岸基础挖泥卸泥、北护岸抛石、回填海砂区陆域形成溢流口、对外通道施工栈桥	20~50	0.43			
		50~100	0.29			
		>100	0.22			
工况六	回填海砂区陆域形成溢流口、对外通道施工栈桥	10~20	0.43	12 个月	24	22m
		20~50	0.25			
		50~100	0.14			
		>100	0.02			

注：超过施工时间超过 1 年的工况以 1 年核算周期

6.7.2.3 海洋生物量损失补偿估算

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，生物资源损害补偿年限（倍数）的确定按如下原则：

——各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的，其生物资源损害的补偿年限均按不低于 20 年计算；

——占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 3 年~20 年的，按实际占用年限补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿；

——一次性生物资源的损害补偿为一次性损害额的 3 倍；

——持续性生物资源损害的补偿分 3 种情况，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年~20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。

1、工程占用海域生物损失补偿估算

(1) 占海导致底栖生物损失的补偿估算

①人工岛填海工程、对外通道工程桥梁桩基占海

项目人工岛主体工程用海属于永久性占海性质，造成的生物损失量属于长期的、不可逆的，因此损害补偿年限按不低于 20 年计算：

底栖生物经济损失=底栖生物损失量×价格×20 年=172.8429t×1 万元/t×20 年=3456.8585 万元

②施工栈桥占海

施工栈桥为人工岛填海施工服务，人工岛施工结束后随即拆除，人工岛填海工程施工年限为 5 年，因此，施工栈桥占用海域年限按 5 年计算：

底栖生物经济损失=底栖生物损失量×价格×5 年=0.0072t×1 万元/t×5 年=0.0358 万元

综上，填海造成底栖生物损失 3456.8943 万元。

(2) 工程占用海域造成海洋生物损失的补偿估算

工程人工岛占海损失造成的海洋生物损失属于长期的、不可逆的，因此损害补偿年限按不低于 20 年计算：工程占海引起的海洋生物经济损失=工程占海引起的海洋生物损失量×20 年×换算比例×价格，具体补偿情况如下表所示：

表 6.7-7 工程占海造成的海洋生物经济损失估算

核算因子	生物损失量				
	鱼卵	仔稚鱼	游泳生物	浮游动物	浮游植物
每年海洋生物受损量	4.13×10 ⁸ 粒	3.26×10 ⁶ 尾	2.00×10 ⁴ kg	1.27×10 ⁴ kg	1.22×10 ¹⁵ cell
单价	1 元/条	1 元/条	20 元/kg	20 元/kg	20 元/kg
生长到商品鱼苗的成活率	1%	5%	100%	10kg 浮游动物生产 1kg 鱼	30kg 浮游植物生产 1kg 鱼
经济损失价值 (万元)	413.40	16.29	39.90	2.54	113.42
损害补偿金额 (以 20 年计) (万元)	8267.99	325.88	798.04	50.81	2268.30
补偿额合计	11711.02 万元				

注:①浮游植物的单个细胞鲜重按孙军等《浮游植物生物量研究》(海洋学报, 1999 年 21 卷第 2 期 75-85)

确定: 取值约为 1.39×10⁶pg/cell。

2、施工悬沙海洋生物损失补偿估算

机场岛悬浮泥沙入海造成的海洋浮游生物损失为持续性生物资源损害, 各工况实际影响时间均低于 3 年, 按 3 年补偿。海洋生物经济损失=海洋生物持续性受损量×3 年×换算比例×价格, 具体补偿情况如下表所示:

表 6.7-8 机场人工岛悬浮泥沙造成的海洋生物经济损失估算

核算因子	生物持续性损失量				
	鱼卵	仔稚鱼	游泳动物	浮游动物	浮游植物
工况一持续性损失量	4.79×10 ⁷ 粒	3.77×10 ⁵ 尾	464.10kg	1471.36kg	1.42×10 ¹⁴ cell
工况二持续性损失量	1.02×10 ⁹ 粒	8.08×10 ⁶ 尾	2.23×10 ⁴ kg	3.15×10 ⁴ kg	3.04×10 ¹⁵ cell
工况三持续性损失量	4.69×10 ⁹ 粒	3.70×10 ⁷ 尾	1.00×10 ⁵ kg	1.44×10 ⁵ kg	1.39×10 ¹⁶ cell
工况四持续性损失量	1.80×10 ⁹ 粒	1.42×10 ⁷ 尾	3.88×10 ⁴ kg	5.53×10 ⁴ kg	5.33×10 ¹⁵ cell
工况五持续性损失量	2.28×10 ⁸ 粒	1.79×10 ⁶ 尾	5662.58 kg	6991.39kg	6.74×10 ¹⁴ cell
工况六持续性损失量	7.99×10 ⁷ 粒	6.29×10 ⁵ 尾	1347.76 kg	2453.51kg	2.36×10 ¹⁴ cell
单价	1 元/条	1 元/条	20 元/kg	20 元/kg	20 元/kg
生长到商品鱼苗的成活率	1%	5%	100%	10kg 浮游动物生产 1kg 鱼	30kg 浮游植物生产 1kg 鱼
损害补偿金额 (以 3 年计) (万元)	23615.76	930.80	1014.75	145.12	6478.93
补偿额合计	32185.36 万元				

6.7.2.4 珊瑚礁影响生态补偿

根据《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告》(第 2 稿)(中国科学院南海海洋研究所 2019 年 10 月)的影响分析结果, 项目填海不直接占用珊瑚礁, 对珊瑚礁基本不产生影响; 排污、固废等因素对珊瑚礁基本不产生影响。而潮流与水动力、岸滩演变、悬沙、事故溢油会对珊瑚礁生态系统的部分功能产生影响, 可通过管理措

施和手段来预防或者恢复。本工程对珊瑚礁最大的影响在于岸线冲淤，以及离岸堤施工悬浮物的影响。

6.7.2.4.1 珊瑚礁生态费用计算

(1) 补偿费用计算参数：本评价采用 Costanza 给出的珊瑚礁价值 $352249 \text{ 美元} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ 的估值，按美元汇率 1 美元：7 元人民币计算，珊瑚礁损失价格按照人民币 246.5743 万元/年/公顷核算。珊瑚礁修复/重建费用按照 40 万美元每公顷计，相当于人民币 280 万元每公顷。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，永久性损失的补偿年限按照不低于 20 年计。

(2) 三亚人工岛建设的珊瑚礁价值补偿估算

根据冲淤模拟预测结果，新机场建设后 30 年，工程沿岸 2.8 公里岸线的珊瑚礁分布区被淤积掩埋，造成珊瑚礁覆盖面积损失约 14.65 公顷。实施拦沙堤和潜堤等防护措施以后，造成珊瑚礁覆盖面积 4.78 公顷需要价值补偿人民币约 1178 万元·yr⁻¹。如果按照 20 年来补偿，一共需要补偿人民币约 2.36 亿元人民币。

根据《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告》补偿费用主要用于 1) 珊瑚礁修复、重建 2) 珊瑚礁生态系统连续观测 3) 开展珊瑚资源恢复研究 4) 科普宣传教育 5) 建立珊瑚养殖基地或者珊瑚科普馆，其中珊瑚礁修复、重建 15 公顷，珊瑚礁修复/重建费用人民币 280 万元每公顷，15 公顷修复/重建费用 4200 万元。

(3) 三亚人工岛建设的珊瑚礁迁地保护费用的估算

按照冲淤模拟预测结果，新机场建设后 30 年，工程沿岸 2.8 公里岸线淤积，将直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失。岸滩防护方案实施后，由于岸线淤积导致的珊瑚礁直接覆盖面积约为 4.78 公顷，大大改善了防护措施前的淤积情况。

Bayraktarov et al (2019)根据最新文献统计了国际上 20 个珊瑚礁移植费用的中位数是 218305 美元每公顷（按 2010 年美元计算），按美元汇率 1 美元：7 元人民币计算，相当于人民币 152.8 万元每公顷（万元·ha⁻¹）。

注：①浮游植物的单个细胞鲜重按孙军等《浮游植物生物量研究》（海洋学报，1999 年 21 卷第 2 期 75-85）确定：取值约为 $1.39 \times 10^6 \text{ pg/cell}$ 。

另外，根据我们 2007 年在广东大亚湾对中海石油炼化有限责任公司惠州炼油分公司修建海底输油管线项目需要将 1.52 公顷的造礁石珊瑚迁移到 6.5 km 外的迁入地进行迁地保护，当时的费用人民币 120 万元，折合人民币 80 万元每公顷，现在 12 年以后，按照每年 3% 的通货膨胀率计算则 1.42 倍，考虑到三亚物价高，迁地保护到亚龙湾或者西岛都比较远，现在的迁

地保护可以 $80 \times 1.5 = 120$ 万元每公顷估算，4.78 公顷珊瑚礁的迁地保护费用约为 570 万元。

综上，本项目珊瑚礁补偿人民币约 23600 万元，珊瑚礁迁地保护费用为 570 万元，珊瑚礁价值补偿总计 24170 万元。其中用于珊瑚礁修复/重建费用 4200 万元。

6.7.2.5 小结

综上所述，本项目造成的海洋生物经济损失即所需的海洋生物经济补偿金额估算约为：填海底栖生物损失 3456.8943 万元+工程占海生物损失 11711.02 万元+悬沙海洋生物损失 32185.36 万元+珊瑚礁价值补偿总计 24170 万元（珊瑚礁价值补偿 23600 万元+珊瑚礁迁地保护 570 万元）= 71523.27 万元（7.1523 亿元）。

6.7.3 海湾生态系统服务价值影响分析

6.7.3.1 生态系统服务价值评估

大规模填海将引起海域面积减小，以及海域水体减少，由此引起海域生态系统服务功能的损失。本节主要依据《海洋生态资本评估技术导则》（GBT 28058-2011）进行评价。

6.7.3.1.1 生态系统服务分类

根据《海洋生态资本评估技术导则》（GBT 28058-2011），海洋生态资本价值由海洋生态资源存量价值与海洋生态系统服务价值两部分组成。海洋生态系统服务价值指的是一定时期内海洋生态系统服务的货币化价值。其中海洋生态系统服务价值划分为供给服务、调节服务、文化服务与支持服务 4 大类 9 项子服务，详见表 6.7-9。

表 6.7-9 规划用海区生态系统服务功能分类

生态系统服务类型	子服务
供给服务	养殖生产、捕捞生产、氧气生产
调节服务	气候调节，废弃物处理
文化服务	休闲娱乐，科研服务
支持服务	物种多样性维持，生态系统多样性维持

6.7.3.1.2 评估方法

根据《海洋生态资本评估技术导则》（GBT 28058-2011），海洋生态系统各项服务功能的价值评估方法如下：

（1）海洋供给服务评估

①养殖生产

养殖生产的价值量采用市场价格法进行评估，计算公式见式(1):

$$V_{SM}=\Sigma(Q_{SMi}\times P_{Mi})\times 10^{-1} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

V_{SM} ——养殖生产价值, 单位为万元每年;

Q_{SMi} ——第 i 类养殖水产品的产量, 单位为吨每年 (t); $i=1,2,3,4,5$ 分别代表鱼类甲壳类、贝类、藻类、头足类和其他;

P_{Mi} ——第 i 类养殖水产品的平均市场价格, 单位为元每千克。

②捕捞生产

捕捞生产的价值量采用市场价格法进行评估, 计算公式见式(2):

$$V_{SC}=\Sigma(Q_{SCi}\times P_{Ci})\times 10^{-1} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

V_{SC} ——捕捞生产价值, 单位为万元每年;

Q_{SCi} ——第 i 类捕捞水产品的产量, 单位为吨每年(t/a), $t=1, 2,3,4,5,6$ 分别代表鱼类、甲壳类、贝类、藻类、头足类和其他;

P_{Ci} ——第 i 类捕捞水产品的平均市场价格, 单位为元每千克。

捕捞水产品的平均市场价格应采用评估海域临近海产品批发市场的同类海产品批发价格进行计算。

③氧气生产

物质质量评估: 氧气生产的物质质量应采用海洋植物通过光合作用过程生产氧气的数量进行评估。包括 2 个部分, 分别是浮游植物初级生产提供的氧气和大型藻类初级生产提供的氧气。

氧气生产的物质质量计算公式见式(3):

$$Q_{O_2}=Q'_{O_2}\times S\times 365\times 10^{-3}+Q''_{O_2} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

Q_{O_2} ——氧气生产的物质质量, 单位为吨每年(t/a);

Q'_{O_2} ——单位时间单位面积水域浮游植物产生的氧气量, 单位为毫克每平方米天 ($mg/m^2\cdot d$);

S ——评估海域的水域面积, 单位为平方千米 (km^2)

Q''_{O_2} ——大型藻类产生的氧气量, 单位为吨每年(t/a);

浮游植物初级生产提供氧气的计算公式见式(4):

$$Q'_{O_2}=2.67\times Q_{pp} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

Q'_{O_2} —单位时间单位面积水域浮游植物产生的氧气量，单位为毫克每平方米天($mg/m^2 \cdot d$)；

Q_{PP} —浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米天($mg/m^2 \cdot d$)。

浮游植物的初级生产力数据宜采用评估海域实测初级生产力数据的平均值。若评估海域内初级生产力空间变化较大，宜采用按克里金插值后获得的分区域初级生产力平均值进行分区计算，再进行加总。

大型藻类初级生产提供氧气的计算公式见式(5)：

$$Q''_{O_2} = 1.19 \times Q_A \dots\dots\dots(5)$$

式中：

Q''_{O_2} —大型藻类提供的氧气量，单位为吨每年(t/a)；

Q_A —大型藻类的干重，单位为吨每年(t/a)。

价值量评估：氧气生产的价值量应采用替代成本法进行评估。计算公式见式(6)：

$$V_{O_2} = Q_{O_2} \times P_{O_2} \times 10^{-4} \dots\dots\dots(6)$$

式中：

V_{O_2} —氧气生产价值，单位为万元每年；

Q_{O_2} —氧气生产的物质量，单位为吨每年(t/a)；

P_{O_2} —人工生产氧气的单位成本，单位为元每吨。

人工生产氧气的单位成本宜采用评估年份钢铁业液化空气法制造氧气的平均生产成本，主要包括设备折旧费用、动力费用、人工费用等，也可根据评估海域实际情况进行调整。

(2) 海洋调节服务评估

①气候调节

气候调节的物质量评估有两个方法可以选用：基于海洋吸收大气二氧化碳的原理计算，适用于有海气界面二氧化碳通量监测数据的大面积海域评估。气候调节的物质量等于评价海域的水域面积乘以单位面积水域吸收二氧化碳的量。我国各海域每年吸收二氧化碳的量分别是：渤海 36.88 t/km²，北黄海 35.21 t/km²，南黄海 20.94 t/km²，东海 2.50 t/km²，南海 4.76 t/km²。基于海洋植物(浮游植物和大型藻类)固定二氧化碳的原理计算，适用于小面积海域评估，也可用于大面积海域评估。气候调节的物质量等于评价海域的水域面积乘以单位面积水域浮游植物和大型藻类固定二氧化碳的量。

海洋生态系统通过生物泵作用来调控大气 CO₂ 浓度，对局部地区乃至全球的气候起到一定的调节作用，三亚湾海域的固碳主要体现浮游植物固定 C。

物质量评估：气候调节物质量评估采用的方法是基于海洋植物(浮游植物和大型藻类)固

定二氧化碳的原理计算，物质量等于评价海域的水域面积乘于单位面积水域浮游植物和大型藻类固定二氧化碳的量。气候调节的物质量计算公式为：

$$Q_{CO_2} = Q'_{CO_2} \times S \times 365 \times 10^{-3} + Q''_{CO_2}$$

式中：

Q_{CO_2} —气候调节的物质量，单位为吨每年（t/a）；

Q'_{CO_2} —单位时间单位面积水域浮游植物固定的二氧化碳量，单位为毫克每平方米每天（mg/m²·d）；

S —评估海域的水域面积，单位为平方千米（km²）；

Q''_{CO_2} —大型藻类固定的二氧化碳量，单位为吨每年（t/a）；

浮游植物固定二氧化碳量的计算公示为：

$$Q'_{CO_2} = 3.67 \times Q_{PP}$$

Q_{PP} —浮游植物的初级生产力，单位为毫克每平方米每天（mg/m²·d）。

本项目生态调查期间，未调查到大型藻类，在此仅计算浮游植物固定的二氧化碳量。则：

$$Q_{CO_2} = Q'_{CO_2} \times S \times 365 \times 10^{-3}$$

价值量评估：采用替代成本法，以人工方法固定同样数量 CO₂ 的费用来确定，公式为：

$$V_{CO_2} = Q_{CO_2} \times P_{CO_2} \times 10^{-4} \quad (7)$$

式中：

V_{CO_2} ——气候调节价值，单位为万元/a；

Q_{CO_2} ——气候调节的物质量，单位为 t/a；

P_{CO_2} ——二氧化碳排放权的市场交易价格，单位为元/t。

二氧化碳排放权的市场交易价格宜采用评估年份我国环境交易所或类似机构二氧化碳排放权的平均交易价格。中国碳排放交易市场还处在摸索阶段，参考欧盟气候交易市场的交易价格，结合中国实际情况，取每吨二氧化碳的交易价格为 10 美元/吨（62 元人民币）。

②废弃物处理

三亚湾海湾生态系统对于水质的净化调节体现在鱼虾贝藻类对于沿岸排入到海湾中的工业和生活废水中的污染物的吸收、消除、分解和转移。由于获取数据有限，仅选取占主要部分的浮游藻类对于 N、P 营养盐的吸收和对 COD 的移除进行价值评估。采用替代成本法，将水质净化调节的过程近似等同于污水处理净化的过程，即通过人工处理排海的污染物所需要的

费用间接计算评估其价值。公式为：

$$V_w = \sum Q_i \cdot P_i \quad (8)$$

式(8)中， V_w 为水质净化调节服务的价值， Q_i 为净化的第 i 种污染物数量， P_i 为人工处理第 i 种污染物成本费用。评价海域内海水水质状况良好，周围尚未建设重排污的工业企业，因此评价海域主要承担对宁远河与三亚河这两条主要入海河流污染物的净化服务功能，因此已这两条河流的污染物排海总量作为水质净化调节服务价值的计算依据。

(3) 海洋文化服务评估

①休闲娱乐服务价值量

三亚湾海域的旅游娱乐服务价值主要体现为沿岸区域的旅游增收。湾内绵延曲折的海岸线伴生了众多自然和人文景观，具备丰富的滨海旅游开发价值。由于滨海旅游场所的公共物品属性，其服务价值难以直接市场化，故采用旅行费用法以旅游增加值进行估算，公式为：

$$V_t = V_{tt} \cdot L_c / L_{tc} \quad (9)$$

式(9)中， V_t 为旅游娱乐服务的价值， V_{tt} 为三亚市的总海洋旅游价值， L_c 为本规划用海可能影响的海岸线长度， L_{tc} 为三亚市的海岸线总长度。

②科研服务

科研文化服务的内容主要体现为三亚市的科研文化成果，其服务价值本以各级政府部门投入的经费或产出的各种形式的科研文化成果(学术论文、技术发明专利、科研实践工程、海洋文化教育等) 进行衡量较为合理，但不同主管部门、科研单位以及海洋相关企业所投入的科研经费来源广泛，缺乏该方面的统计数据，同时科研文化成果仅以短期的价值体现是不合理的，所以本文采用效益转移法，参考进行估算，公式为：

$$V_k = VK_{av} \cdot S \quad (10)$$

式(10)中， V_k 为科研文化服务的价值， VK_{av} 为单位面积海域年均科研文化服务价值量， S 为海域面积。

(4) 海洋支持服务评估

①物种多样性维持

物种多样性维持的价值量应采用条件价值法进行评估。

宜采用评估海域毗邻行政区(省、市、县)的城镇人口对该海域内的海洋保护物种以及当地有重要价值的海洋物种的支付意愿来评估物种多样性维持的价值。

计算公式见式(11):

$$V_{SSD} = \sum WTP_j \times P_j / H_j \times \eta \dots \dots \dots (11)$$

式中:

V_{SSD} —物种多样性维持的价值量, 单位为万元每年;

WTP_j —物种多样性维持支付意愿, 即评估海域内第 J 个沿海行政区(省、市、县)以家庭为单位的物种保护支付意愿的平均值, 单位为元每户年;

P_j —评估海域内第 J 个沿海行政区(省、市、县)的城镇人口数, 单位为万人;

H_j —评估海域内第 J 个沿海行政区(省、市、县)的城镇平均家庭人口数, 单位为人每户;

η —被调查群体的支付率。

②生态系统多样性维持

生态系统多样性维持的价值量应采用条件价值法进行评估。

宜采用评估海域毗邻行政区(省、市、县)城镇人口对该海域内的海洋自然保护区、海洋特别保护区和水产种质资源保护区的支付意愿来评估生态系统多样性维持的价值。计算公式见式(12):

$$V_{SED} = \sum WTP_j \times P_j / H_j \times \eta \dots \dots \dots (12)$$

V_{SED} —物种多样性维持的价值量, 单位为万元每年;

WTP_j —生态系统多样性维持支付意愿, 即评估海域内第 J 个沿海行政区(省、市、县)以家庭为单位的保护区支付意愿的平均值, 单位为元每户年;

P_j —评估海域内第 J 个沿海行政区(省、市、县)的城镇人口数, 单位为万人;

H_j —评估海域内第 J 个沿海行政区(省、市、县)的城镇平均家庭人口数, 单位为人每户;

η —被调查群体的支付率

6.7.3.2 生态系统服务类型筛选

海洋生态系统服务价值划分为供给服务、调节服务、文化服务与支持服务。本项目为新建机场人工岛及其配套工程。根据工程特点, 对生态系统服务类型进行筛选, 具体见表 6.7-10。

表 6.7-10 评估类别筛选表

生态系统服务类型		描述	评价	取舍
供给服务	养殖生产	养殖产量根据海域毗邻形成区(省、市、县)“渔业统计年鉴(报表)”确定	本项目所占用海域不进行养殖生产	取
	捕捞生产	养殖产量根据海域毗邻形成区(省、市、县)“渔业统计年鉴(报表)”确定	本项目所占用海域仅进行简单的捕捞生产,捕捞生产物质量可相当于渔业资源损失量。渔业资源损失部分已经计算评价范围内影响范围内渔业资源损失,并进行补偿,故捕捞生产价值量不进行重复评估	取
	氧气生产	浮游植物的氧气产量应根据初级生产力实测值,运用光合作用方程计算获得		取
调节服务	气候调节	浮游植物吸收二氧化碳的量应根据初级生产力实测值,基于光合作用方程计算获得。		取
	废弃物处理	评估海域废弃物处理量应采用相关研究报告(论文)确定的环境容量值,或实际接纳的废弃物数量。排海废弃物数量数据应来自相关环境统计年鉴(报告)	项目所在红塘湾不存在倾倒区、垃圾处理区等。本项目不考虑废弃物处理功能	取
文化服务	休闲娱乐	年游客数可由省、市、县“统计年鉴”或“国民经济发展统计公报”中直接获取		取
	科研服务	三亚市的科研文化成果服务价值以各级政府部门投入的经费或产出的各种形式的科研文化成果(学术论文、技术发明专利、科研实践工程、海洋文化教育等)进行衡量		取
支持服务	物种多样性维持	物种多样性维持的物质质量应采用评估海域内分布的海洋保护物种数(国家级、省级)以及在当地有重要价值(科学的、文化的、宗教的、经济的)的海洋物种数来进行评估。		取
	生态系统多样性维持	国家、省级的海洋自然保护区、海洋特别保护区和水产种质资源保护区数量进行评估		取

6.7.3.3 评估结果

三亚新机场人工岛工程用海区各项生态系统服务类型的价值评估结果见表 6.7-11。结果表明,工程用海区生态系统服务价值合计约 78529.22 万元/年。

表 6.7-11 工程用海区用海区生态系统服务价值评估结果

生态系统服务类型		参数取值与来源	服务价值 (万元/a)
供给服务	养殖生产	根据《三亚统计年鉴-2019》三亚市 2018 年海水养殖总产量为 10117t。海水产品的单价取当地市场平均价 20 元/kg。本工程占海面积为 1692.8733ha，三亚市海域总面积 6000km ² 。	57.09
	捕捞生产	根据《三亚统计年鉴-2019》三亚市 2018 年海水捕捞总产量为 42441t。海水产品的单价取当地市场平均价 20 元/kg。本工程占海面积为 1692.8733ha，三亚市海域总面积 6000km ² 。	239.49
	氧气生产	根据现状调查情况，工程附近海域初级成产力为 478.248mgC/m ² ·d，占海面积为 1692.8733ha，未调查到大型藻类。生产氧气的单位成本取 600 元/t。	473.41
调节服务	气候调节	根据现状调查情况，工程附近海域初级成产力为 478.248mgC/m ² ·d，占海面积为 1692.8733ha，未调查到大型藻类。参考欧盟气候交易市场的交易价格，结合中国实际情况，取每吨二氧化碳的交易价格为 10 美元 a/吨。	75.92
	废弃物处理	2016 年海南省环境质量公报，宁远河及三亚河每年排入海洋的污染物总量为 COD25539t，总氮 1413.24t，总磷 203.47t。PCOD=4300 元/t；PN=1500 元/t；PP=2500 元/t	11244.62
文化服务	休闲娱乐	根据 2018 年三亚市国民经济和社会发展统计公报 2018 年旅游总收入 514.73 亿元。三亚旅游资源均为海洋资源，故按 70%的旅游总收入作为海洋旅游价值，本项目不占用自然岸线，不占用三亚景区空间，工程实施造成的岸滩的变化仅对南山景区及天涯海角景区带来影响，故取 10%的旅游总收入作为本工程的影响。本工程影响岸线长度为 4.5km，三亚市总岸线长度为 263.29km。南山景区为 5A 级景区，赋值 6 分；天涯海角景区为 4A 级景区赋值 5 分。三亚市景区景区级别分值总和取 84 分。	53341.81
	科研服务	根据 Costanza 等 b 人研究成果，单位面积海域年均科研文化服务价值量为 62 美元 a/ha·a。	73.47
支持服务	物种多样性维持	根据李铁军 c 等人研究成果，海域物种多样性维持服务价值为 210 元/ha·a。	355.50
	生态系统多样性维持	类比文献中的结果 d，每人愿意为生态系统多样性维持所支付的费用 206 元/人，根据《三亚统计年鉴-2019》三亚市 2018 年底共有 614947 人。	12667.91
合计			78529.22

注：a. 汇率取 1 美元=7 元；

b. Costanza R R,d' Arge R, De Groot R S, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J].Nature,1997,387:253-260.;

c. 山东近海生态系统多样性维持服务价值. 2013 年生物多样性评估国际研讨会, 2013;

d. 李铁军. 海洋生态系统服务功能价值评估研究[D]. 中国海洋大学, 2007.

6.7.4 海洋生物资源损失、生态系统服务功能损失小结

本工程共造成底栖生物损失 172.8501t、鱼卵损失 8.28×10^9 尾、仔稚鱼损失 6.53×10^7 尾、游泳动物损失 189.12t、浮游动物损失 254.57t、浮游植物损失 2.45×10^{16} cell。本工程造成的海洋生物资源损失总赔偿额为 4.7353 亿元。工程珊瑚礁修复/重建补偿损失、迁地保护管理资金估算费用约为 2.4170 亿元，工程造成的生态损失总赔偿额为 7.1523 亿元。

工程的建设导致海洋生态系统服务功能分为供给服务、调节服务、文化服务与支持服务价值损失约 7.8529 亿元/a。具体汇总见表 6.7-12

表 6.7-12 海洋生物资源损失、生态服务功能损失经济补偿汇总表

影响因素		生物资源	核算周期	损失量	补偿年限	补偿金额 (万元)	小计 (亿元)
工程 占用 海域 生物 损失	施工 栈桥	底栖生物	—	0.0072t	5 年（项目实际 占海 5 年）	0.0358	0.000004
	围填 海工 程占 海	底栖生物		172.8429	20 年（项目填海 按不低于 20 年 计算）	3456.8585	1.1711
		鱼卵		4.13×10^8 粒		8267.99	
		仔稚鱼		3.26×10^6 尾		325.88	
		游泳动物		2.00×10^4 kg		798.04	
		浮游动物		1.27×10^4 kg		50.81	
		浮游植物		1.22×10^{15} cell		2268.30	
施工 悬沙 海洋 生物 损失	机场 岛施 工悬 浮沙	鱼卵	按各工况 实际周期 核实	7.87×10^9 粒	3 年（各工况实 际影响时间均低 于 3 年，按 3 年 补偿）	23615.76	3.2185
		仔稚鱼		6.21×10^7 尾		930.80	
		游泳动物		1.69×10^5 kg		1014.75	
		浮游动物		2.42×10^5 kg		145.12	
		浮游植物		2.33×10^{16} cell		6478.93	
生物损失量 小计	底栖生物		—	172.8501t	—	—	—
	鱼卵		—	8.28×10^9 粒	—	—	—
	仔稚鱼		—	6.53×10^7 尾	—	—	—
	游泳动物		—	189.12t	—	—	—
	浮游动物		—	254.57t	—	—	—
	浮游植物		—	2.45×10^{16} cell	—	—	—
小计							4.7353
特殊物种损失	珊瑚礁	—	—	—	—	24170	2.4170
合计							7.1523
生态 系统 服务 价值 评估	供给 服务	养殖生产	—	—	—	—	0.0057
		捕捞生产	—	—	—	—	0.0239
		氧气生产	—	—	—	—	0.0473
	调节 服务	气候调节	—	—	—	—	0.0076
		废弃物处理	—	—	—	—	1.1245
	文化 服务	休闲娱乐	—	—	—	—	5.3342
		科研服务	—	—	—	—	0.0073
	支持 服务	物种多样性维持	—	—	—	—	0.0356
生态系统多样性维持		—	—	—	—	1.2668	
小计（亿元/a）							7.8529

6.8 对环境敏感目标和保护目标的影响分析

本工程对环境敏感目标的影响见表 6.8-1，由表 2.8-1 可以看出，受三亚新机场建设影响的敏感目标主要为沿岸珊瑚礁、南海北部幼鱼繁育场保护区、天涯海角旅游休闲娱乐区、南山旅游休闲娱乐区、海上观音苑、天涯石、海角石。以下对这些敏感目标的影响情况重点论述：

6.8.1 对珊瑚礁的影响分析

根据中科院南海所编制的《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评价及保护修复方案》的调查结果，在新机场人工岛区域水深一般为 20 米，底质以泥沙质为主，没有发现珊瑚存在；新机场人工岛周边区域，水深 3 米处底质以礁石和泥沙为主，有珊瑚分布，有些站点珊瑚覆盖率较高（>25%），珊瑚种类以角孔珊瑚、蔷薇珊瑚、滨珊瑚为主，底栖生物则以海绵、海百合、管虫等为主；6 米水深处底质以泥沙为主，珊瑚覆盖率较低（<5%），以团块状珊瑚为主，几乎没有底栖生物。调查结果显示，造礁石珊瑚种数分布最高的区域是三亚湾的东西瑁洲区域，即三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区），其次是红塘湾的沿岸区域。

项目建设施工过程中对珊瑚礁生态系统的影响为主要施工悬浮泥沙、岸滩冲淤以及施工期间的环境风险等。

6.8.1.1 对三亚珊瑚礁自然保护区的影响分析

（1）三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）影响分析

根据本项目“施工悬浮物影响预测”各工况下的预测结果，施工悬浮物影响仅局限于工程周边海域，悬浮泥沙入海含量增加 10mg/L 以上的影响区域未到达该保护区，不会对三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）的珊瑚礁生态系统造成影响。

根据“工程实施多年后的冲淤变化分析”结果，因工程区潮流动力较弱，冲刷和淤积发展缓慢，达到冲淤平衡将是漫长的过程。根据数学模型计算结果，30 年后人工岛西南角最大冲刷深度在 3.5m 左右，东北角最大冲刷深度在 2.2m 左右，东西两侧淤积厚度均不超过 2.5m，冲刷和淤积的范围均未涉及三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）。

根据“岸滩冲淤演变分析”结果，西瑁岛位于拟建三亚新机场人工岛东侧约 9km 处，其离岸最远距离与拟建的三亚新机场人工岛接近。现状情况下，西岛西、南和东南侧均为基岩或珊瑚礁岸线，仅东北部有沙滩分布。人工岛工程建设后的潮流影响流速减小幅度均不超过 5cm/s，波浪场影响仅在 WSW 向波浪作用时西岛西北部波高减小 5%左右，有沙滩分布的西岛东北部的波浪不因人工岛工程实施而有明显变化，且 WSW 向波浪在该海域的频率仅占 2%。就岸滩冲淤影响而言，三亚新机场人工岛工程不致对西岛产生明显影响。

表 6.8-1 工程对环境敏感目标影响情况分析表

类别	序号	名称	施工悬浮沙影响	水文动力影响	岸滩冲淤环境影响
环境敏感区	1	三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）	不会产生不利影响	不会产生不利影响	不会产生不利影响
		三亚珊瑚礁海洋保护区（鹿回头半岛-榆林角片区）	不会产生不利影响	不会产生不利影响	不会产生不利影响
	2	沿岸珊瑚礁	拆除工程影响	影响	影响
	3	南海北部幼鱼繁育场保护区	项目填海形成人工岛占用南海北部幼鱼繁育场保护区海域	不影响	不影响
		南海区幼鱼幼虾保护区	不影响	不影响	不影响
	4	崖县沿岸虾场	不影响	不影响	不影响
	5	天涯海角旅游休闲娱乐区	不影响	影响	影响
	6	南山旅游休闲娱乐区	不影响	影响	影响
	7	三亚湾旅游休闲娱乐区	不影响	不影响	不影响
	8	崖州湾旅游休闲娱乐区	不影响	不影响	不影响
	9	三亚河红树林自然保护区	不影响	不影响	不影响
	10	崖州湾西侧开放式养殖	不影响	不影响	不影响
	11	崖州湾围海养殖	不影响	不影响	不影响
	12	西岛西侧网箱养殖	不影响	不影响	不影响
13	三亚湾海洋牧场人工鱼礁	不影响	不影响	不影响	
14	中华白海豚分布区	不影响	不影响	不影响	
环境保护目标	1	西鼓岛领海基点	不影响	不影响	不影响
	2	深石礁领海基点	不影响	不影响	不影响
	3	海上观音苑	不影响	影响	影响
	4	鸭仔塘溪	不影响	影响	影响
	5	担油港潟湖	不影响	影响	影响
	6	天涯石、海角石	不影响	影响	影响
	7	天涯镇民宅	不影响	影响	影响

(2) 三亚珊瑚礁自然保护区（鹿回头半岛-榆林角片区）影响分析

机场人工岛距三亚珊瑚礁自然保护区（鹿回头半岛-榆林角片区）距离相比东西瑁洲片区更远，根据本项目悬浮泥沙影响预测以及冲淤影响预测结果可知，施工期悬浮沙扩散及项目建设引起的冲淤变化基本不会对三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）的珊瑚礁生态系统造成影响。

6.8.1.2 对沿岸珊瑚礁的影响分析

(1) 直接占用珊瑚礁的影响

本项目机场人工岛主要是在水深约为-20m~-30m，离岸距离约 4 公里，与珊瑚礁分布范围不重叠，不占用近岸珊瑚礁区域。因此，机场人工岛工程未直接占用珊瑚礁生境，不会造成珊瑚礁生境的直接损失。

(2) 潮流场变化对珊瑚礁影响

新机场人工岛建设区及以南地区均无珊瑚分布，人工岛以北近岸水深 6 米处珊瑚覆盖率较低（<5%），以团块状珊瑚为主；近岸水深 3 米处有珊瑚分布，且部分站点珊瑚覆盖率较高（>25%），珊瑚种类以角孔珊瑚、蔷薇珊瑚、滨珊瑚为主。大潮涨潮时，东北方流速变化增强，离岛越远流速变化逐渐降低，南山角近岸海域流速降低，红塘湾近岸海域流速增大幅度。南山角的珊瑚覆盖率在 5.8%-36.78%之间，珊瑚分布状态良好。一般来看，水流的适当增加会对珊瑚礁产生积极作用，比如增加营养物质含量与食物来源、抵御珊瑚白化和促进珊瑚繁殖等。但流速的高幅度变化会改变珊瑚礁生态系统的生境，严重时可能会导致泥沙沉降，覆盖至珊瑚表面，间接导致珊瑚死亡。但是，当流速超过珊瑚可承受范围，便会对珊瑚的生长与繁殖产生负面影响。新机场建设后，各站点的流速均在 100 cm/s 以下，不会影响珊瑚幼虫的本地补充。

(3) 岸滩冲刷和淤积对珊瑚礁的影响

根据岸滩演变模拟分析的结果，新机场人工岛建设后 30 年，天涯区以东、担油港、三美湾和南山沿岸约 2800 米岸线淤积，直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失，造成不可恢复的影响。岸滩防护方案实施后，由于岸线淤积导致的珊瑚礁直接覆盖面积约为 4.78 公顷，大大改善了防护措施前的淤积情况。但仍需要对岸滩淤积可能覆盖的珊瑚进行移植，采取迁地保护措施。天涯海角、天涯区以西、南山冲刷岸段共计约 6.3km。冲刷效应会使珊瑚生长的基础条件发生改变，可能会影响到珊瑚幼虫的附着和珊瑚补充，冲刷岸段的珊瑚礁在一个较长的时间尺度内呈现退化状态，建议经科学论证后对该岸段采取一定的保护措施减少冲刷程度，或者在长期的珊瑚礁保护规划内对该岸段的珊瑚礁采取逐步的移植保护措施。

(4) 悬浮物变化对珊瑚礁的影响

根据悬沙预测结果，工况二和四悬沙扩散范围较大，但并未对周边珊瑚礁造成直接影响。但是，护岸抛石施工阶段会导致周边海域悬浮物中泥沙、粘土等颗粒无机组分占比显著增加，改变施工前海域悬浮物的组分，可能对珊瑚礁的生物资源产生一定的影响。而工况二、六和七分别由于临空二期拆除、临空一期拆除和岸滩防护工程的影响对新机场北侧珊瑚礁生态系统产生了一定的直接影响。悬浮物增加导致的消光效应会降低虫黄藻光合有效辐射，降低珊瑚-虫黄藻共生体的光合作用能力，从而进一步影响珊瑚生长与钙化。

6.8.2 对旅游休闲娱乐区的影响

6.8.2.1 对天涯海角旅游休闲娱乐区的影响分析

项目与天涯海角旅游休闲娱乐区最近距离约 1.45km，机场人工岛建设对其影响主要表现在两个方面：一是悬浮物扩散导致水质变化，二是对岸滩冲淤的影响。

从悬浮沙影响预测结果看，在工况三、工况六和工况七下，悬沙扩散会对天涯海角旅游休闲娱乐区造成一定影响，由于工况三和工况六主要是由于临空经济区人工岛二期拆除以及临空一期拆除所引起，不属于本项目的工程内容，因此本项目对天涯海角旅游休闲娱乐区的悬沙影响主要是由于工况七岸滩防护工程（拦沙堤、潜堤）施工引起。岸滩防护工程施工工期较短，一旦施工完毕，环境质量将很快恢复到正常状态，总体来说对天涯海角旅游休闲娱乐区的水质影响较小。

根据冲淤环境影响预测结果，机场人工岛工程实施后，冲刷最大部位在人工岛西南角和东北角附近。3年后最大冲刷深度在 0.6m 左右，东西两侧最大淤积幅度在 0.4m 左右；10年后东北角的冲刷深度在 1.2m 左右。30年后东北角最大冲刷深度在 2.2m 左右。因此，本工程对天涯海角旅游休闲娱乐区西部的海床主要为冲刷影响，但冲刷强度不大，约为 0.1~0.2m/a 左右。在岸滩防护工程（担油港潜堤）附近表现为略有淤积。

6.8.2.2 对南山旅游休闲娱乐区的影响分析

项目与南山旅游休闲娱乐区最近距离约 1.35km，对南山文化景区的影响表现为：一是悬浮物扩散导致水质变化，二是对岸滩冲淤的影响。

从悬浮沙影响预测结果看，本项目对南山旅游休闲娱乐区的悬浮沙影响主要是由于岸滩防护工程（南山角拦沙堤、潜堤）施工所引起，由于岸滩防护工程施工工期较短，一旦施工完毕，环境质量将很快恢复到正常状态，总体来说对南山旅游休闲娱乐区的水质影响较小。

根据岸滩冲淤数模结果分析可知，南山景区砂质海岸岸段整体以冲刷为主，冲刷岸线长度约 1.7km，30 年平均冲刷后退约 16.9m，最大冲刷后退约 41.8m。淤积泥沙总量约因靠近基岩岬角且有南山观音人工岛影响，局部冲淤差异较大，且不同时段冲淤有差异较大。最大冲刷部位其实是南山观音人工岛掩护的淤积部位略有调整，也在该淤积部位季节性摆动的范围之内。该岸段 30 年总的冲刷和淤积泥沙量分别 48.6 万方和 11.6 万方，净流失 37 万方。工程实施对南山旅游休闲娱乐区的沙滩产生影响较大。

6.8.2.3 对三亚湾旅游休闲娱乐区的影响分析

项目与三亚湾旅游休闲娱乐区最近距离约 8.8km，根据悬浮沙影响预测结果看，施工期悬浮泥沙不会影响到该区域。

波浪和潮流影响预测结果可知，工程实施引起的潮流改变幅度小于 4cm/s，基本对本区域水动力条件没有影响。

冲淤影响预测分析结果可知，工程建设引起的冲淤范围和幅度均较小，基本不会对该区域造成影响。

6.8.2.4 对崖州湾旅游休闲娱乐区的影响分析

项目与崖州湾旅游休闲娱乐区最近距离约 12km，施工期悬浮泥沙不会影响到该区域；项目建设后对该区域的水动力和冲淤环境影响也较小。

6.8.3 对景区、景点的影响分析

6.8.3.1 对天涯海角风景区的影响分析

天涯海角景区位于天涯区东侧与肖旗港口以西基岩海岸之间，距机场人工岛约 7.8km，沙滩和石景是景区的主要组成部分，多为沙滩、岩礁相间分布。工程实施后的岸滩冲刷与淤积，对岸滩景观结构和功能可能产生一定影响。

潮流数学模型计算结果显示，工程实施引起的水流改变幅度在天涯海角附近的变化幅度小于 2cm/s，基本对本岸段水流条件没有影响。

波浪数学模型计算结果显示，人工岛工程实施后只有在 SW 向及 WSW 向波浪作用下对本岸段有一定影响，波高减小 15~20%，其它波向下没有不利影响。但这一海域 SW 和 WSW 向波高大于 0.5m 的频率波浪在全年中仅占约 5%，因此，工程实施对该海域波浪场影响不大。

岸线演变模拟计算结果显示，天涯海角附近岸线现状条件下 30 年平均冲刷后退约为 11.3m，人工岛工程实施后，30 年冲刷后退幅度约 12.3m，比现状自然条件的冲刷程度略有增

大，30年平均冲刷幅度增大1m，最大冲刷后退幅度增大1.4m。因此，虽然机场人工岛建设可能形成对天涯海角风景区的一定影响，但影响程度有限，采取适宜的措施应能有效弥补人工岛建设引起的冲刷增强。

6.8.3.2 对南海观音风景区的影响分析

项目距离南海观音约4.3km，海上观音是一在海中人造的三面观音，四周以扭王块进行消浪保护，工程建设后引起的海上观音周边的流速变化不会对海上观音产生影响，但是岸滩冲刷会对海上观音后方的沙滩造成较大影响。

潮流数学模型计算结果显示，工程实施引起的水流改变幅度在南海观音附近的变化幅度小于2cm/s，基本对本岸段水流条件没有影响。

波浪数学模型计算结果显示，人工岛工程实施后只有在SSE向及S向波浪作用下对本岸段有一定影响，波高减小7~27%，其它波向下没有不利影响。因此，工程实施对该海域波浪场影响不大。

表 6.8-2 南海观音潮流影响情况

预测指标	工程前	工程后	变化情况
涨潮平均流速	0.21~0.31m/s	0.19~0.29m/s	减小 0.01~0.02m/s
落潮平均流速	0.22~0.28m/s	0.22~0.28m/s	减小 0.01 m/s

表 6.8-3 南海观音波浪影响（波高变化率）情况

评价波浪年	SSE（常浪向）	S（次常浪向）	SW（强浪向）	WSW（次强浪向）
100年一遇	-17%	0%	0%	0%
20年一遇	-24%	-7%	0%	0%
2年一遇	-27%	-8%	0%	0%

6.8.4 对重要渔业保护目标的影响

根据中华人民共和国农业部公告第189号《中国海洋渔业水域图（第一批）》（2002.2）和《南海北部近海虾类资源调查报告》（中国水产科学研究院南海水产研究所，1982.12）本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和崖县沿岸虾场内，附近海域的重要渔业水域主要有南海底层、近底层鱼类产卵场。

6.8.4.1 对“三场一通道”的影响

“三场一通道”指鱼、虾、蟹、贝类的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，是海洋渔业水域的重要组成部分。我国海域辽阔，属封闭程度不同的太平洋西北部的陆缘海域，地跨温带、亚热带和热带三个气候带。特殊的气候与区域条件，构成了海洋渔业资源的多样性和区系的明

显差异。

南海区渔业资源呈热带暖水性种类的特点，海区内资源种类繁多，但单一种类的群体数量较少，多数鱼类没有明显的洄游路线（不作长距离洄游，仅有从深水至浅水域的往复移动），没有越冬场。南海多数鱼类生殖力强，产卵期长、产卵场分散。除少数鱼和有相对集中的产卵场外，多数鱼种均分期产卵，鱼卵、仔鱼、稚鱼广泛地分布于整个陆架区，但其分布的密度不高。历次调查均未发现明显密集的产卵分布区（中国南海海洋渔业，广东经济出版社，2007）。

（1）南海底层、近底层鱼类产卵场

南海底层、近底层鱼类产卵场主要包括金钱鱼、深水金线鱼、二长棘鲷、红笛鲷、绯鲤类、短尾大眼鲷、长尾大眼鲷、脂眼鲱和黄鲷产卵场。各产卵场中距本项目最近的为海南岛南部黄鲷产卵场，位于本项目的南侧，东经 $108^{\circ} 55'$ ~ $109^{\circ} 15'$ 、北纬 $17^{\circ} 15'$ ~ $17^{\circ} 50'$ ，水深约 70~120 米，产卵期 10~翌年 2 月。南海底层、近底层鱼类产卵场与项目的位置关系，见图 6.8-1。

（2）中上层鱼类产卵场

南海中上层鱼类产卵场主要包括蓝圆鲹、鲐鱼和竹筴鱼产卵场。其中位于项目所在海区附近的产卵场情况如下：

蓝圆鲹粤西外海区产卵场，约为东经 $110^{\circ} 30'$ ~ $112^{\circ} 40'$ ，北纬 $18^{\circ} 15'$ ~ $20^{\circ} 05'$ ，水深约为 70~180m，产卵期 4~6 月；蓝圆鲹北部湾产卵场：约为东经 $107^{\circ} 15'$ ~ $109^{\circ} 40'$ ，北纬 20° ~ $20^{\circ} 30'$ ，为水深 40m 以内海域，产卵期 3~7 月。鲐鱼粤西外海区产卵场，约为东经 $110^{\circ} 15'$ ~ $113^{\circ} 50'$ ，北纬 $18^{\circ} 15'$ ~ $19^{\circ} 20'$ ，水深约为 90~200m，产卵期 1~6 月。

（3）索饵场

海南岛周边海域分布的索饵场主要有：南海绯鲤类、鲐鱼、红笛鲷索饵场，见图 6.8-3。

根据数值模拟的预测结果，悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的影响范围距离上述鱼类的产卵场、索饵场均较远，工程建成后引起的局部海域流场流速等水动力和冲淤环境的改变区域距离上述鱼类产卵场、索饵场也较远，基本不会对其产生影响。

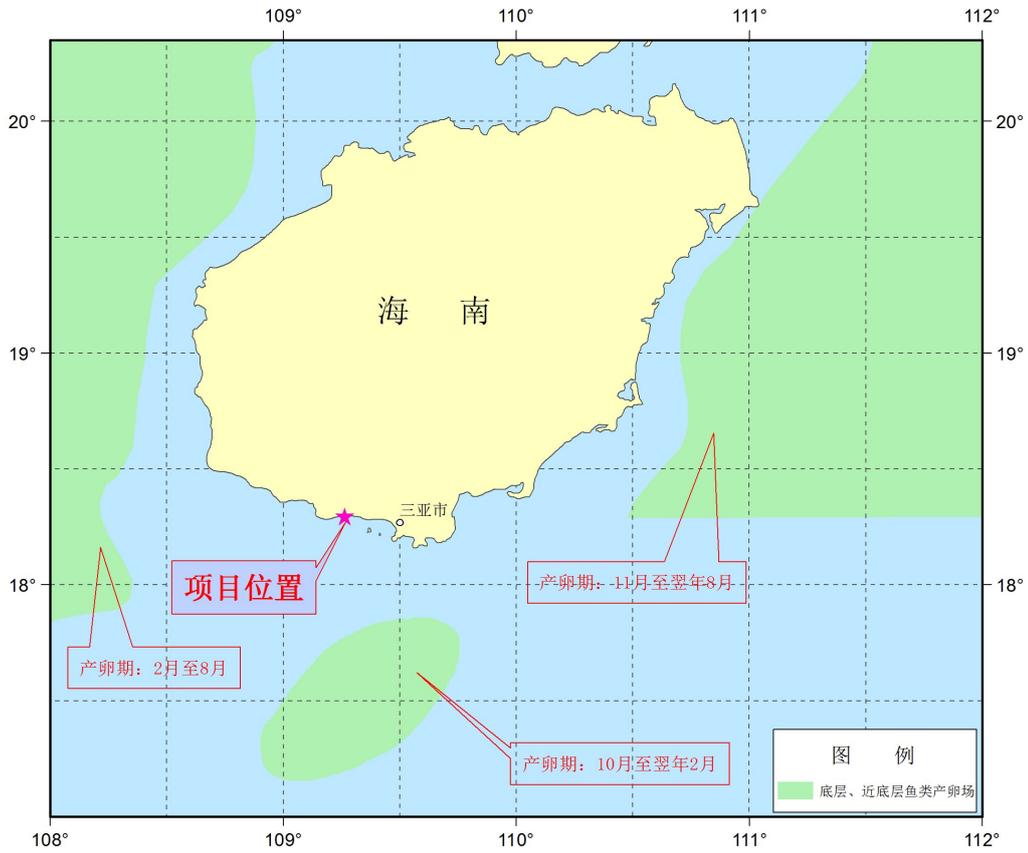


图 6.8-1 南海底层、近底层鱼类产卵场与项目的位置关系示意图

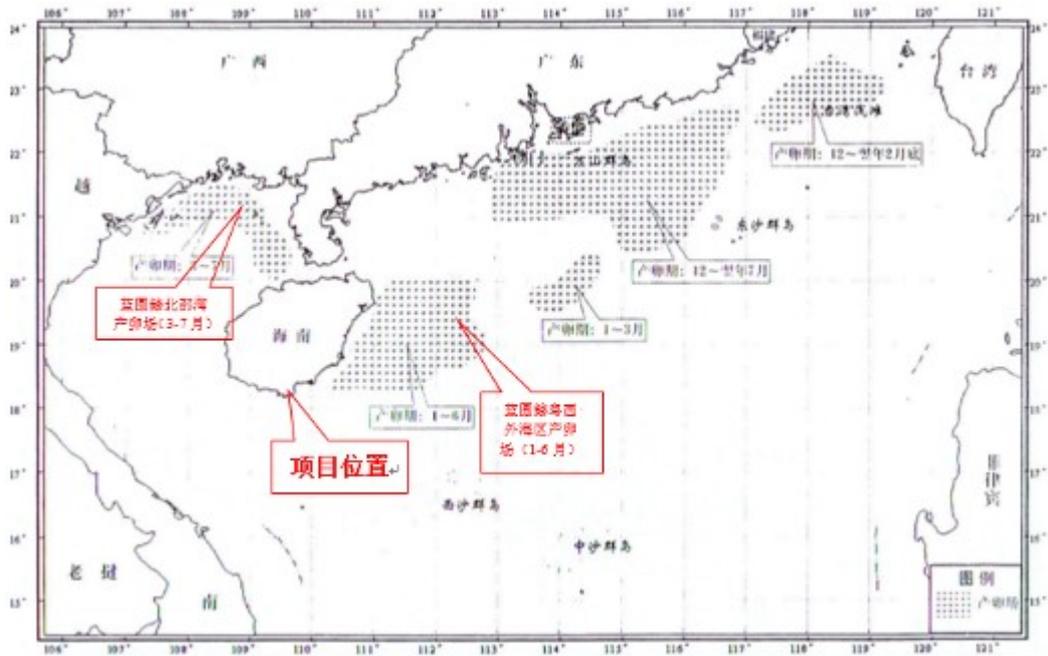
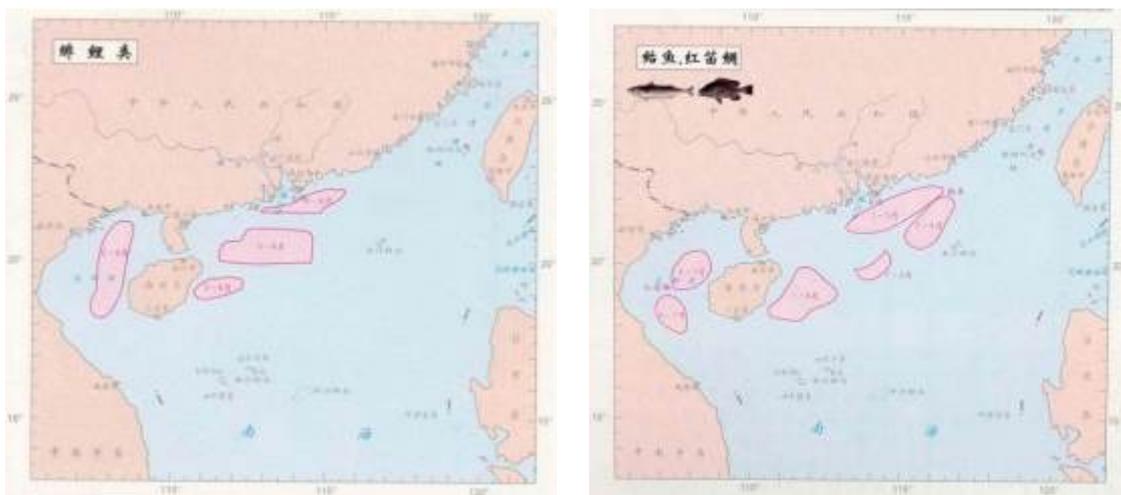


图 6.8-2 南海中上层鱼类产卵场示意图



(资料来源：国家农业部农业科学数据库)

图 6.8-3 鲱鲤类、鲈鱼、红笛鲷索饵场

6.8.4.2 对“幼鱼幼虾繁育场”的影响

(1) 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1~12 月。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内，保护区与项目的位置关系和 17 个基点的地理位置，见图 6.8-4。



图 6.8-4 南海北部幼鱼繁育场保护区与项目的位置关系示意图

南海北部幼鱼繁育场保护区的管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业，本项目位于南

海北部幼鱼繁育场保护区范围内，占用面积约为 16.93km²。项目填海形成人工岛占用南海北部幼鱼繁育场保护区海域，施工过程护岸抛石、吹填溢流等产生的悬浮泥沙扩散影响保护区水质和生态环境，影响鱼类的饵料生物资源，导致饵料资源减少，适宜栖息空间缩小，对项目周围海域的渔业资源产生一定的不利影响。项目施工虽然对鱼类的繁育产生一定影响，但可通过尽量避开主要保护鱼类的产卵盛期，施工结束后及时采取生态补偿措施恢复渔业资源等措施，将影响控制在一定范围和程度内。

(2) 南海区幼鱼、幼虾保护区

南海区幼鱼幼虾保护区：主要分布于沿岸海域内，共有 4 处，分别为：①广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻外罗港沿海水深 20 米以内的海域、②海南省东部沿岸文昌县木栏头浅滩东北至抱虎角水深 40 米以内海域、③海南省临高县高角至东方县八所港 20 米以浅海域、④海南省万宁县大洲岛至陵水县赤岭湾 50 米水深以内海域。

其中，海南省万宁县大洲岛至陵水县赤岭湾幼鱼幼虾保护区位于本项目东北侧，距本项目较近（见图 6.5-5），其保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

根据数值模拟的预测结果，悬浮泥沙增量大于 10mg/L 的影响范围距离南海区幼鱼、幼虾保护区较远，工程建成后引起的局部海域流场流速等水动力和冲淤环境的改变区域距离上述幼鱼幼虾保护区也较远，基本不会对其产生影响。



图 6.8-5 南海区幼鱼幼虾保护区与项目的位置关系示意图

6.8.5 对海洋养殖和人工鱼礁的影响分析

6.8.5.1 对崖州湾西侧开放式养殖区的影响分析

项目距离崖州湾西侧开放式养殖区约 16.6km，工程施工造成的悬浮泥沙不会影响到该养殖区。工程建设后该区域涨落潮流速影响较小（变化幅度为 0.01m/s），波浪影响较小（波高变化率最大为 11%），总体来说，工程建设对该养殖区影响不大。

6.8.5.2 对崖州湾围海养殖区的影响分析

项目距离崖州湾围海养殖区约 15.8km，工程施工造成的悬浮泥沙不会影响到该养殖区。工程建设后该区域涨落潮流速影响较小（变化幅度最大约 0.05m/s），波浪影响较小（波高变化率最大为 5%），总体来说，工程建设对该养殖区影响不大。

6.8.5.3 对西瑁州岛西侧深水网箱养殖区的影响分析

项目距离西瑁州岛西侧深水网箱养殖区约 6.8km，工程施工造成的悬浮泥沙不会影响到该养殖区。工程建设后该区域涨落潮流速略有降低（最大减小 0.06m/s），波浪影响较小（波高变化率最大为 2%），总体来说，工程建设对该养殖区影响不大。

6.8.5.4 对三亚湾海洋牧场人工鱼礁的影响分析

项目距离三亚湾海洋牧场人工鱼礁约 5.4km，工程施工造成的悬浮泥沙不会影响到该人工鱼礁。工程建设后该区域涨落潮流速略有降低（最大减小 0.07m/s），波浪影响较小（波高变化率最大为 2%），总体来说，工程建设对三亚湾海洋牧场人工鱼礁影响不大。

6.8.6 对中华白海豚的影响

本小节根据中国科学院深海科学与工程研究所编制的《三亚新机场项目对中华白海豚影响专题评价报告》编写。

6.8.6.1 工程周边海域中华白海豚的分布情况

根据专题评价报告中的调查结论，近年来已有的中华白海豚海上实地调查结果显示，虽然海南西南海域中华白海豚部分目击位点处于三亚新机场项目工程环境影响评价范围内，但主要出没地点位于崖城梅联村水域和望楼港水域以西，距离本工程区的距离为 20~30 km。被动声学监测结果显示项目工程所在海域 5 km 范围内偶有海豚出没（不能确定是否为中华白海豚），但三亚新机场项目工程所在红塘湾区域范围内（20 km 内）还未有中华白海豚目击发现记录。考虑到中华白海豚有能力进行 100km 以上的长距离迁移，本工程所在海域属于中华白海豚种

群的潜在活动区域。考虑到中华白海豚有能力进行 100 km 以上的长距离迁移，本项目在施工时极有可能会中华白海豚出没。因此，三亚新机场项目人工岛工程以及跨海大桥的建设极有可能会给海南岛西南海域的中华白海豚分布、摄食和活动等造成一定的影响。

6.8.6.2 施工期对中华白海豚的影响分析

6.8.6.2.1 填海造地迫使中华白海豚的生境减少

由于本项目需填海新建人工岛和跨海桥梁，将会永久占用一部分自然海床，工程完成后意味着约 15.75km² 的中华白海豚可活动水域的永久减少，造成中华白海豚栖息地永久性的丧失；填海造地和跨海大桥建设施工期间高强度的人类活动，如往来船舶、车辆等会对中华白海豚在附近的活动造成一定干扰，施工栈桥不是永久性建筑，工程结束后会即时拆除，长远来看不会占用中华白海豚的栖息地生境。总的来说，相比于渔民调查研究和实地生态考察所获得海南岛西南海域中华白海豚的活动范围，本工程占用的海域面积有限。当工程施工完成后，若施工区域的生态环境得到恢复，中华白海豚可能还会恢复其原来的活动范围。因此，新机场人工岛工程、跨海大桥建设的生境占地对中华白海豚的影响相对有限。

6.8.6.2.2 对中华白海豚饵料生物的影响

本项目工程海域鱼类资源较为丰富，现存鱼类 100 多种，其中的石首鱼科、鲱科、鳀科、鲐科为中华白海豚的主要饵料来源。本项目本底调查发现工程海域的鱼类优势种类为发光鲷、刺鲳、丝鳍鲷、短鰈等；头足类优势种类为剑尖枪乌贼、杜氏枪乌贼、金乌贼等，均可作为中华白海豚的饵料资源。项目对中华白海豚饵料生物资源的影响包括以下几点：

(1) 占用生境

新机场人工岛建成之后，这部分海域会永久消失，而原本当地的海洋动物会因这部分生境的消失而被迫迁移到别处。从短期来看，当地鱼类资源的破坏是不可避免的。

(2) 增加悬浮物

项目建设中的围填海和陆域吹填等作业环节产生的悬浮物，在重力、波浪、潮流、风力等因素作用下扩散、运动，对水质环境和海洋生物产生不良影响。中华白海豚主要饵料鱼类为鲱科、鳀科、鲐科和石首鱼科，这几类鱼大多主要以浮游动物和底栖动物为食。悬浮物作为海洋工程施工过程中最为普遍的污染物，可能会改变整个生态系统的群落结构。浮游动物和底栖动物生物量急剧下降，会严重影响上层捕食者鲱科、鳀科、鲐科和石首鱼科等鱼类的生存。而这些鱼类资源的下降进而给此处活动的中华白海豚的觅食和生存带来困难。

(3) 噪音干扰

项目建设工程如围填海和陆域吹填产生的环境噪声在 20-1000Hz 具有较高的能量。所以项目工程产生的噪声会给鱼类的活动带来较大的干扰。多数石首鱼（如大黄鱼、小黄鱼、黄姑鱼等）均能利用邻近鳔的“鼓肌”发出近似击鼓或“蛙一嘎”的声响，它们在春夏之交的繁殖季节，常会聚集并集体发出求偶的声音。项目建设工程产生的高强度环境噪音会掩蔽它们的繁殖求偶声信号，使其繁殖成功率降低。

本项目施工建设将因占用生境、增加悬浮物和噪音干扰等因素影响海洋鱼类生物资源而使中华白海豚的食物保障进一步下降。但是渔业资源属于可再生资源，它的损失可通过施工结束后实施渔业生态补偿措施得到一定程度的恢复。因此本项目造成的渔业资源减损对中华白海豚有一定影响，但可恢复。

6.8.6.2.3 施工期噪声的影响

由于海豚需利用声音以侦察周围环境及与同伴沟通，水中噪音可能对它们的生活造成不同程度的滋扰。本项目工程施工阶段的主要施工机械噪声源和源强最高的是震动打桩锤、液压锤组和夯锤，可达 110dB。新机场施工作业产生的水下噪声，震动打桩锤噪声谱级均远低于美国国家海洋渔业机构（NMFS）颁布的鲸类最大可承受声压标准 180dB，因此震动打桩锤作业产生的水下噪声中华白海豚是可以承受的。但是撞击式打桩产生的水下噪声频率影响范围较广，不论是在低频范围，还是在高频范围都显著高于中华白海豚的听力阈值（在 6-100 kHz 之间频带上低于 100 dB）。即使中华白海豚可以承受震动打桩锤作业产生的水下噪声，但是它们的行为和听觉能力仍然可能会受到干扰。美国国家海洋渔业机构（NMFS）及美国 NOAA 网站发布的最新数据也表明 120~180dB re 1 μ Pa 的有效噪声级对海豚的行为将造成一定影响，在水深约 20 米左右的浅海，声信号在水中的传播能量以圆柱形模式衰减。根据 Fisher and Simmons（1977）的声呐传播方程，1kHz 频带上声源级为 150dB 的水下噪声在传播 1km 后，接收声压级会降低到 120dB 以下。因此只要确保在震动打桩锤作业期间，中华白海豚距离作业地点 1km 以外，就可以认为对其不会造成明显干扰。综上所述，震动打桩锤作业会对中华白海豚的影响程度一般且可控，在采取适当的动物驱赶和保护措施后，对动物的影响可大大改善。

6.8.6.2.4 施工悬浮泥沙对中华白海豚的影响

悬浮物增加或海水含氧量下降对中华白海豚的直接影响可能不大。从生理结构上来说，中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，这有别于用鳃呼吸的鱼类，它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，不会因海水含氧量下降而对呼吸造成困难，浑浊的水体对其呼吸影响不大。中华白

海豚主要生活在河口海域，视觉不发达，主要靠位于头部的回声定位系统来探测周围环境和识别物体，进行摄食活动和个体间的沟通联系，因此推测水中泥沙悬浮物的增加以及能见度的降低对中华白海豚的觅食、社交活动影响较小。但是海洋工程产生的悬浮物增加可能会增加动物体表感染细菌的机会，特别是新生的幼体。

工程施工对海床沉积物和底土的扰动，导致悬浮物的扩散，会不同程度地使沉积物和底土中的污染物（如重金属、有机氯化物、石油烃类）释放到水体中造成二次污染。这种影响不是即时的，其滞后期可能很长，长远来说将对中华白海豚，特别是新出生幼体的健康造成损害。

根据施工期悬浮泥沙预测结果，悬浮物浓度会大于 100 mg/L 的区域基本局限在工程附近，悬浮物浓度会大于 10mg/L 的最远扩散范围为 6km，因此，本工程施工产生的悬浮物对中华白海豚本身的直接影响有限。

但考虑悬浮泥沙对工程海域的浮游生物、底栖生物、游泳动物造成一定程度的影响（见本报告 5.5 章节内容），造成海洋生物量的损失，对白海豚赖以生存的饵料环境存在一定的影响，进而影响中华白海豚在该海域的觅食和生存。

6.8.6.2.5 船舶碰撞海豚风险

项目的施工内容较多，来往穿梭于的船只类型和数量均较多，因此，船舶碰撞海豚的风险较高。考虑到本项目工程离中华白海豚的目视发现位点有一定距离，实际施工过程中船舶碰撞对中华白海豚的影响程度可能相对有限；但是采砂区和人工岛工程之间的运输路线会穿过中华白海豚的栖息地，运砂期间船舶对中华白海豚的碰撞风险较大。因此，施工船只航行对中华白海豚的影响不容忽视，应采取防范措施。根据已有的中华白海豚保护规定将航船的速度限制在 8 节以下，可以有效防止航船撞击海豚。因此在落实限速措施以及限制施工水域快艇数量的情况下，施工船舶对中华白海豚的碰撞伤害的影响一般且可控。

6.8.6.2.6 施工期水下作业直接伤害海豚

本项目设计方案中北护岸、东护岸、南护岸和西护岸的工程量均主要以基床挖泥、抛石、安装沉箱、浇灌混凝土等为主，而跨海大桥和施工栈桥的工程量主要是桩基钻孔，打桩等，并不需要进行水下爆破。而以上所述的水下作业尽管存在对海豚产生直接伤害的风险，但是比起水下爆破其影响程度较低且可控，在采取相应的预防和保护措施后，可以有效降低对中华白海豚的直接身体伤害。因此，本工程施工阶段对中华白海豚造成直接伤害的影响程度一般。

6.8.6.2.7 船舶水污染影响

本项目施工期间的水污染物和船舶垃圾均经过有效收集和处理，不随意排放入海，因此对中华白海豚的影响较小。但由于项目施工期间往来船只频繁，一旦发生船舶碰撞溢油事故，将对海洋生物带来严重影响。溢油对中华白海豚的影响分为物理作用和化学毒害。物理作用表现为大面积油污漂浮在水面，当中华白海豚浮出水面呼吸时，会产生一定的刺激，对白海豚造成影响。化学毒害作用表现为溢油事故造成的鱼类资源的变化以及在鱼类体内残留的毒性效应，当中华白海豚食用受溢油污染的鱼类就会影响海豚的生长发育。因此，溢油事故对中华白海豚的影响程度较大。

为了防患于未然，所有施工船舶均需经过严格船检，达到作业现场的抗风浪能力，并保持良好工况；应特别注意防范台风和大雾等恶劣天气对航船的不利影响。所有施工船只贯彻落实安全航速和紧急漏油事故应变措施，第一时间清理油污及防止扩散，可以有效避免事故的发生，以及最大程度的降低船舶溢油带来环境破坏的风险，在落实上述措施的情况下船舶溢油对海洋环境和中华白海豚造成影响可得到控制。

6.8.7 对红树林等重要水生生物及其生境的影响

三亚市红树林主要分布在三亚河口和榆林河口区域；其中三亚河口红树林 1992 年由市环保局报政府批准设立，现实际总面积为 343.83hm²（5157.5 亩），群落类型为白骨壤群落、红树群落，种类有红树、白骨壤、杯萼海桑、榄李、木果楝、桐花树、海漆、老鼠簕、卤蕨、尖叶卤蕨、黄槿、杨叶肖槿、苦郎树等约 17 种。榆林河口现有红树林覆盖区域的面积约为 6.65hm²，主要分布在榆林河下游沿岸。包括原生林和次生林，调查区域内共有真红树植物 9 科 10 种，半红树植物 3 科 5 种。

三亚市红树林分布区距离项目区最近距离约为 24.3km，距离较远；根据本项目施工期悬浮沙影响预测及岸滩影响预测结果可知，工程建设对三亚河红树林及其生境基本没有影响。

6.9 对工程周边海域开发利用现状的影响分析

6.9.1 对港口码头的影响分析

6.9.1.1 对崖城中心渔港的影响分析

项目距离崖城中心渔港约 15.6km，距离较远，工程建设前后流速变化值在 0.02m/s 以下，对渔港的进出船舶影响不大。

6.9.1.2 对南山港及周边码头的影响分析

南山港及周边码头包括：①南山港一期，距离 12.0km；②南山港南侧渔港及码头，距离 11.7km；③中海油南山基地终端码头，距离 11.5km。

根据数模预测结果，工程建设前后南山港及周边码头的流速、流态影响较小（最大减小 0.03m/s），波浪影响较小（波高变化率最大为 1%）。

6.9.1.3 对太平洋石油码头的影响分析

项目距离太平洋油码头约 3.7km；码头前沿离岸约 250m、工程实施后岸滩的淤积不会码头前沿造成影响；

根据数模预测结果，工程建设前后太平洋油石油公司海域流速有增有减，整体以增大为主，大潮涨急流速变化在 -0.27~0.33m/s，落急流速变化在 -0.13~0.22m/s；小潮涨急流速变化 -0.09~0.13m/s，小潮落急流速变化 -0.10~0.18m/s；大小潮涨落潮平均流速变化 -0.18~0.21m/s。工程建设后对该码头船舶的航行和停泊有一定影响。

6.9.1.4 对周边旅游码头的影响分析

工程区东侧天涯海角景区分布有天涯海角海上巴士码头（东北侧 7.3km）、天涯码头（东北侧 7.8km）和海角码头（东北侧 7.4km）。

工程实施后，码头区附近的各特征流速变化幅度在 -0.03~-0.01m/s 之间，波浪场影响较大（波高变化率最大约 36%）。

6.9.2 对海底管道、电缆的影响分析

6.9.2.1 对海底电缆的影响分析

项目用海区将占用中国船舶重工集团公司第七一五研究所的一条海底电缆，致其无法使用；项目业主已与中国船舶重工集团公司第七一五研究所签订补偿协议。

6.9.2.2 对西瑁洲输水管道的的影响分析

西瑁洲输水管道位于项目东侧 9.5km 处，工程实施后输水管道处流速、流态和海床冲淤基本没有变化；因此项目建设对西瑁洲输水管道影响不大。

6.9.3 对浅表海水环境试验的影响分析

该项目位于工程区西北 4.2km；主要设施包括潮差试验平台、飞溅试验平台、栈桥以及防浪设施。工程实施后，对该区域流速影响较大（增加幅度约 0.11~0.28m/s），波浪影响较大（波

高最大减小率为 65%)。由于该项目属于国防试验项目，试验对流速、流态和冲淤要求比较严格，但具体量值无法确定；建议本项目业主应与中国船舶重工集团公司第七一五研究所协商解决。

6.10 对其他重点功能区影响分析

6.10.1 南山农渔业区

根据施工悬浮物影响预测结果，项目施工产生的悬浮泥沙入海含量增加 10mg/L 以上的影响区域未到达该功能区。

根据冲淤环境影响预测结果，机场人工岛实施多年后在南山农渔业区东北侧海域出现了一定程度的淤积（淤积厚度小于 1m）。

6.10.2 三亚湾农渔业区

根据施工悬浮物影响预测结果，在工况二、工况三和工况四下，施工悬浮物会扩散至三亚湾农渔业区西部海域，造成部分海域水质超一（二）类海水水质标准。

根据冲淤环境影响预测结果，机场人工岛实施 30 年后，在三亚湾农渔业区的西部局部出现淤积，淤积厚度小于 1.6m。

6.11 其它环境要素环境影响预测与评价

6.11.1 大气环境影响预测与评价

本项目为人工岛填海造陆工程，对大气环境的影响主要集中在施工期。施工期间对片区及其附近区域大气环境产生影响的主要因素包括：护岸构筑、陆域回填、土地平整、道路建设、管网铺设等基础设施建设；各类建筑物的建设。大气污染物主要是施工扬尘、施工机械燃烧柴油或汽油排放的废气及汽车尾气污染。

（1）施工扬尘

施工扬尘来自护岸构筑、陆域回填、土建施工阶段及运输扬尘。按起尘原因可分为风力起尘和动力起尘。风力起尘主要是由于裸露的施工场地由于天气干燥及遇风及露天堆放的建材时产生的风力扬尘；而动力起尘，主要是土石方卸载或在建材的装卸、搅拌过程中，由于外力而产生的尘粒悬浮而造成。

①护岸构筑、陆域回填及土建施工阶段

护岸构筑和陆域回填的施工扬尘产生的大气环境影响与土建阶段阶段的影响类似，本次评价将其合并在一起进行分析。而土建施工阶段，包括土方的开挖、堆放、回填、土地平整；建筑材料装卸、堆放。

据类比调查表明，土建阶段产生的扬尘其影响范围为施工场界 200m 之内，以下风向 100m 内影响较明显，参见表 6.10-1。

表 6.10-1 某施工场界下风向 TSP 浓度实测值

风速 (m/s)	下风距离 (m)	TSP 浓度值 (mg/m ³)
0.9	50	0.389
	150	0.261
1.2	50	8.849
	100	1.703
	150	0.483

由表 8.9-1 可知，当风速为 0.9m/s 时，下风向 150m 处的 TSP 浓度可满足《环境空气质量》(GB3096-2012)的二级标准。随着风速的增大，起尘量增多，影响范围扩大。

风力起尘量与起尘风速、尘粒的粒径及其含水率有关。根据起尘的经验公式推导可得，粒径比例一定的粉尘，在一定含水率范围内，含水量每增加 n 倍，起尘量减少为原来的 1/n 次方。

护岸构筑物施工过程采用块石，起尘较小。而陆域回填中建议采用起尘较小的填料，减少起尘。在采取上述有效措施后，一般情况下在距施工现场 50m 范围以外基本可符合国标要求。

而土建施工阶段可通过采取减少露天堆放和保证一定的含水率等措施来减少风力起尘。混凝土搅拌采用封闭式混凝土搅拌车或其他封闭式结构可有效减少动力起尘量。在采取以上有效措施后，一般情况下在距施工现场 100m 范围以外基本可符合国标要求。

②运输扬尘

工程交通运输起尘采用下述公式进行计算：

$$Q_y = 0.123 \times \frac{V}{5} \times \left(\frac{M}{6.8}\right)^{0.85} \times \left(\frac{P}{0.5}\right)^{0.72}$$

式中： Q_y ——交通运输起尘量，Kg/Km·辆；

V ——汽车行驶速度，Kg/a；

P ——路面状况，以每平方米路面灰尘覆盖率表示，Kg/m²；

M ——车辆载重，t/辆。

表 6.10-2 给出了一辆载重量为 10t 的卡车，通过一段长度为 1km 的路面时，不同路面清

洁程度、不同行驶速度下的扬尘量。由此可见，在同一路面下，扬尘量与车速成正比；在同一车速下，扬尘量与路面粉尘量成正比。因此，限制车辆行驶速度及保持路面的清洁是减少汽车扬尘的有效手段。若施工阶段对场地内汽车行驶路面勤洒水(每天 4~5 次)，可使空气中粉尘量减少 70%左右，起到很好的降尘效果。

表 6.10-2 不同车速和地面清洁程度的汽车扬尘量一览表 (kg/辆·km)

粉尘 量 车速	0.1 (kg/m ²)	0.2 (kg/m ²)	0.3 (kg/m ²)	0.5 (kg/m ²)	0.8 (kg/m ²)	1 (kg/m ²)
5(km/h)	0.0536	0.0883	0.1182	0.1707	0.2394	0.2812
10(km/h)	0.1072	0.1766	0.2364	0.3414	0.4788	0.5624
15(km/h)	0.1608	0.2649	0.3546	0.5121	0.7182	0.8436
20(km/h)	0.2144	0.3532	0.4728	0.6828	0.9576	1.1248

③施工废气

施工废气主要来自施工船舶、施工机械驱动设备排放的废气和运输车辆尾气，主要污染物是 NO₂、CO、THC。该类污染物对环境的影响是暂时的，将随施工期结束而基本消失，且由于运输车辆为流动性的，施工机械、施工船舶较为分散，废气产生量有限，因此可预计这类污染物对大气环境的影响较小。

另外，本区域回填后片区内飞机跑道和道路的建设中，沥青熬炼、搅拌和路面铺浇过程会产生沥青烟，且施工中沥青温度需高于常温，易导致沥青烟污染。沥青烟中含有致癌物质苯并(a)芘和酚类物质，因此沥青融化必须在有环保设施的作业厂内进行，其他产生沥青烟较多的工序应在离居民区尽量远，且非上风向进行。据有关资料，沥青铺浇路面所排放的烟气污染物影响距离为主要下风向 100m 左右。

(2) 对周边村庄的影响：施工扬尘、废气等影响范围主要集中在周边 100m，本项目周边 100m 范围为海域。但土建材料在运输过程中会经过（敏感目标，需确定运输路线），运输过程中的扬尘属于流动性、间歇性大气污染源，一般来说，此类污染源的排放量较小，影响范围也不大。因此，只要在施工时采用具有净化设施的混凝土搅拌设备，利用扬尘的亲水性，对施工场地即使喷洒水，对易产生扬尘的土建材料在运输和堆存期间进行覆盖，则施工期间扬尘对本工程周边地区及沿途运输道路的影响基本可以得到控制。

6.11.2 声环境影响分析

施工阶段包括护岸构筑和陆域回填阶段，也将包括片区的基础设施建设阶段。噪声源主要来自船舶、施工机械和运输车辆，其噪声一般在 80~105dB。表 6.10-3 是几种常用的施工设备

噪声值。

施工噪声对周围环境的影响采用《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)进行评价,具体限值见表 6.10-4。

表 6.10-3 常用施工设备噪声值 (单位: dB)

施工设备名称	10m 处平均 A 声级	施工设备名称	10m 处平均 A 声级
绞吸式挖泥船	87	泵站	87
装载机	84	推土机	76
挖掘机	82	起重机	82
打桩机	105	平土机	84
电锯	84	压路机	82
搅拌机	84	卡车	85

表 6.10-4 不同施工阶段作业噪声限值

施工阶段	主要噪声源	噪声限值 dB (A)	
		昼间	夜间
土石方	装载机、挖掘机、推土机、压路机、平土机	75	55
打桩	打桩机	85	禁止施工

(1) 施工机械噪声影响预测模式: 施工机械声源当作点声源, 在半自由声场点声源影响预测模式为

$$L_{\text{施}} = L_{po} - 20 \lg \frac{r}{r_0}$$

式中: L_{po} ---距离声源 r_0 (m)处测点的施工机械噪声级, dB; r ---预测点与施工机械之间的距离(m)。

②预测点昼间或夜间的环境噪声预测值的计算公式为:

$$L_{\text{预}} = 10 \lg(10^{0.1L_{\text{施}}} + 10 \lg^{0.1L_{\text{背}}}) \quad \text{式中: } L_{\text{背}} \text{---预测点的环境噪声背景值, dB。}$$

(2) 预测结果: 实际施工过程中各施工机械交互作业, 各种噪声源辐射迭加, 同时使用率有较大变化, 因此很难计算其确切的施工场界噪声。本评价拟计算不同噪声级随距离的衰减值来预测施工噪声对周围声环境产生的影响, 由于船舶与施工机械一般均在室外作业, 因此在进行噪声影响预测时, 不考虑墙体、屏障的噪声衰减作用。

预测见表 6.10-5。

表 6.10-5 施工噪声影响预测结果 dB(A)

施工机械 噪声级	预测结果					
	50m	100m	150m	200m	300m	500m
85	71	65	61	60	55	51
90	76	70	66	64	60	56
95	81	75	71	69	65	61
100	96	80	76	74	70	66

由表 6.10-5 可知，即使仅考虑距离衰减作用，土石方阶段，在距施工点 200m 以外，船舶、打桩机、推土机等高噪声施工机械的噪声影响基本可低于 75dB，场界噪声符合《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)。夜间打桩机禁止施工，考虑推土机，挖掘机等施工机械的施工噪声叠加值，则在距施工机械 300m 以外区域，噪声影响基本可低于 55dB，场界噪声符合《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)。

由上述预测可见，施工期间的施工设备噪声级较高，对施工操作人员和周边居民区及其他敏感点有一定的影响，应从生产工艺、设备、劳动保护和管理等方面采取保护措施，如尽量采用较先进的低噪声施工设备；组织好施工安排，高声级的施工设备尽可能不同时使用，夜间不施工等，使各受声点的噪声水平降至可以接受的程度；合理疏导进入施工场地的车辆，减少汽车会车时的鸣笛声。但总体而言，施工期噪声影响面相对较窄，具有暂时性和间歇性的特点，随着施工活动的结束，影响即消失。

(3) 对周边村庄的影响：根据预测，施工期噪声在 200m 外可符合《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)的限值要求，本项目周边 200m 范围内均为海域，对周边声环境的影响很小。但运输车辆对周边经过的村庄会产生一定的噪声影响，建议合理设计施工材料运输路线，尽量远离居民区，避免噪声影响居民。并要求运输车辆在 8.30-12.00 及 2.00-6.00 之间可以通行村庄进行运输作业，同时建议加强路域绿化，同经过村庄的村委会协商应加强公路两侧绿化带的建设，进一步降低噪声对沿线居民的影响。

6.11.3 固体废物环境影响分析

项目实施过程产生的主要固体废物为施工船舶垃圾、施工人员生活垃圾、施工设施的清理等。其中，施工船舶垃圾若随意丢入海中，将影响海水环境质量。施工船舶应配备垃圾收集装置。建议施工船舶与经三亚市海事部门认可的船舶垃圾接收处理单位签订协议。通过有偿服务，落实施工船舶垃圾接收处理。在采取上述措施情况下，施工船舶正常情况下不会对海域环境造成直接影响。施工人员的生活垃圾主要为塑料薄膜、纸类、果皮、厨余物。厨余物应由有资质

的单位统一回收处理，其余固体废弃物经收集后由市政统一处理，对环境基本不产生影响。

6.11.4 通航环境影响分析

1、通航环境现状

(1) 工程未跨越、穿越航道建筑物。

(2) 本项目工程附近水域的主要港口是三亚港、红塘港、南山港、崖州中心渔港。主要分布有红塘岭专用油码头、南山基地码头、海上巴士大小洞天码头及天涯海角码头等。

(3) 本项目工程周边有南山锚地和三亚港锚地，分别本工程西侧约 8n mile 处，和东侧约 7n mile 处。

(4) 船舶航路

①海南岛环岛航线

海南岛环岛航线有沿岸航线和大船航线两条。其中环岛航路沿岸航线穿过取砂区。

②崖州中心渔港航路

崖州中心渔港位于本工程东南侧约 10 n mile。

③三亚港附近航路

本项目工程与三亚港直线距离约为 9n mile，附近水域的船舶航路主要是三亚港航道以及外海北水道、中水道和东水道。

④海上巴士航线

海上巴士航线为三亚港-西岛-天涯海角-南山-大小洞天-三亚港。

⑤工程附近海区航线

由于崖洲湾及红塘湾外海海区为三亚农渔业海区，本地渔民经常在该海区进行捕鱼作业，而工程所在海区对应的岸线处恰好是渔船停靠的位置，因此，小型渔船经常往来航行于工程所在海区。

2、通航环境影响分析

本工程通航环境影响主要表现在施工期。施工期用海及施工作业区周边海域船舶进出航线与施工运输船舶航线存在交叉，可能会对通航环境产生一定的影响。

1) 本工程施工作业区北侧临近红塘岭专用油码头，该码头船舶有西南方向进出港，锚地选择用南山锚地，油船进出航线与施工运输船舶航线存在交叉，尤其由材料出运基地往返施工水域的船舶，频繁横越油船进出港航线，施工船舶与油船间存在相互影响，另外施工船舶在进港航线及码头附近无序抛锚对油船存在碍航影响。

2) 工程施工投入作业船舶较多, 根据船舶进场计划, 最多有 130 艘施工船舶可能同时参与施工作业, 多船舶作业间存在相互影响; 另外届时连岛桥工程施工, 二者时间节点有部分重叠, 且二者共用材料出运码头, 本工程施工船舶与连岛桥工程施工船舶之间存在相互影响。

3) 沉箱、扭王字块等构件运输船舶往返南山港杂货码头与沿沿岸航线(近岸航行至三亚港)航行船舶间存在相互影响。

4) 沉箱、扭王字块等构件运输船舶进出南山港杂货码头与周边码头船舶进出存在相互影响, 建议沉箱出运采取拖轮护航, 在穿越南山锚地前应注意观察锚地内船舶动态, 避免出现紧迫局面。

5) 运输石料船舶对航经水域船舶有一定的碍航影响, 对航经水域附近船舶存在影响, 应提前制定运输线路。

6) 运输陆域回填砂船舶对沿岸航线上船舶有一定碍航影响。

7) 工程所在的红塘湾海域, 存在一定数量的渔船活动。渔船航路不固定, 活动规律不易掌握。运输沉箱、扭王字块及钢圆筒船舶及运砂石船与渔船活动产生相互影响。本工程建设期, 业主加强与渔业部门及渔民的沟通协调, 避免渔船活动对工程施工的妨碍。

8) 本工程施工船舶与海上巴士大小洞天码头及天涯海角码头施工船舶间航线可能产生交叉, 影响海上巴士的正常航行, 本工程施工船舶应知晓海上巴士航线, 若出现会遇局面及时沟通协调避让, 低速会遇;

9) 红塘湾沿岸有多个旅游景点, 沿海时有游艇活动, 游艇活动随意性较大, 且迅捷。工程施工船舶与游艇活动存在相互影响, 其中运输构件船舶及干舷较小船舶应尤其注意游艇船行波的影响。

10) 环岛航路沿岸航线穿过取砂区, 如图 6.10-1 所示, 采砂船舶采砂作业过程中移动速度慢, 往往关注于采砂作业而忽视对过往船舶的影响, 故对沿该航线航行船舶及周边航行船舶会造成碍航影响。因工程所需砂量较大, 采砂作业周期较长, 采砂区范围较广, 对周边水域通航环境影响应另行进行施工通航保障方案研究工作。

11) 南山基地码头附近有一处海底油气管线, 施工船舶误抛锚易损坏光缆或管线。

12) 由于施工船舶较多, 而红塘湾水域无防台锚地布置, 且避风条件较差, 故施工期船舶防台存在不便, 应提前选择好施工船舶避风水域。

13) 施工单位施工前应编制施工通航安全保障方案, 并通过海事主管部门组织的专家技术评审, 取得水上水下活动许可证。

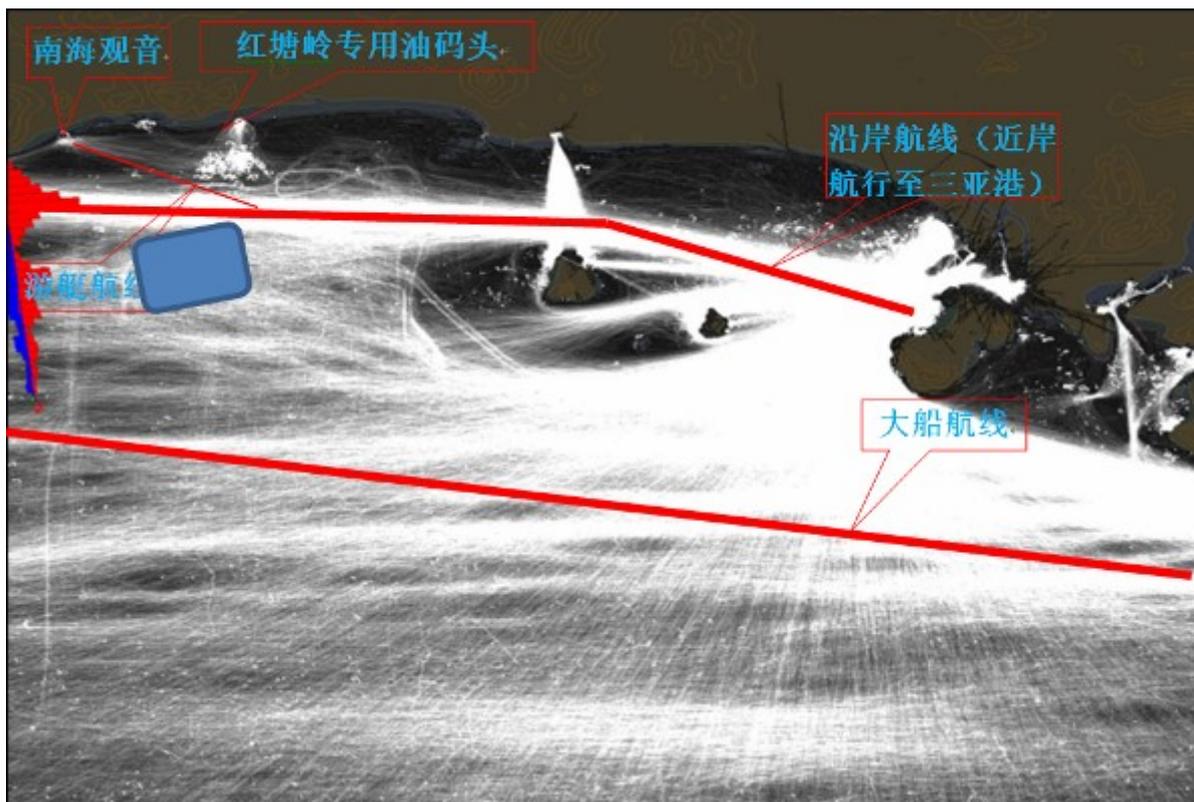


图 6.10-1 工程附近水域船舶航迹图

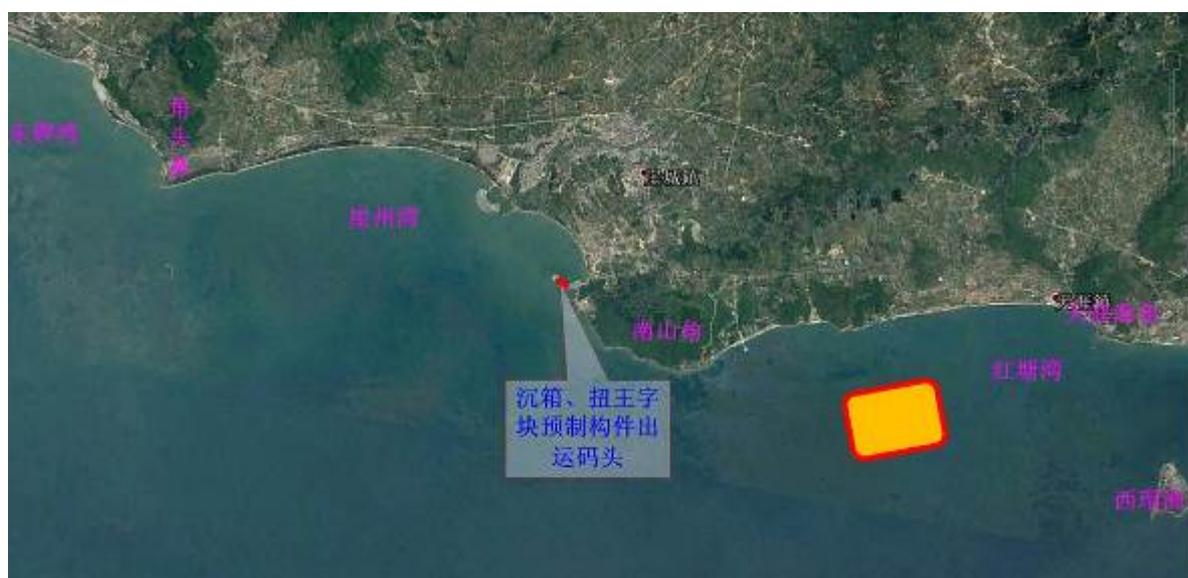


图 6.10-2 石料出运码头分布图



图 6.10-3 运输船推荐航路

图 6.10-4 运输船推荐航路

7 环境风险分析与评价

7.1 环境风险评价概述

7.1.1 评价目的、评价内容和评价重点

(1) 评价目的

环境风险评价的目的是以突发性事故导致的危险物质环境急性损害防控为目标,对建设项目的环境进行分析、预测和评估、提出环境风险预防、控制、减缓措施,明确环境风险监控及应急建议要求,为建设项目环境风险防控提供科学依据。

(2) 评价内容

本项目环境风险评价主要工作内容为:识别涉及环境风险的事故类型;分析事故风险概率;预测风险事故对环境的影响;制定相应的风险防范措施、应急对策以及设备配置方案。

表 7.1-1 环境风险评估内容一览表

序号	程序	主要内容
1	风险识别	污染风险事故类型
2	源项分析	事故发生概率、源强及事故高发区
3	风险影响预测	事故危害程度
4	风险评价	综合评价风险可接受水平
5	降低风险对策	减少事故概率和危害后果对策
6	应急能力评估	综合评估本项目污染风险能力,提出应急能力建设方案
7	评估结论	得到风险评估结论

7.1.2 环境风险评价等级

按照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)的要求,环境风险等级判定如下:

(1) 海域危险系统及危险性分级

根据国家标准 GB12268-2012《危险货物品名表》中易燃易爆化学物品的定义,指以燃烧爆炸为主要特性的压缩气体、液化气体、易燃液体、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品、氧化剂和有机过氧化物以及毒害品、腐蚀品中部分易燃易爆化学物品。本项目涉及的危险物质主要为施工船舶使用的燃料油临界量均 2500t。

根据本项目工程分析,本项目施工高峰期(2021~2022年)参与施工船舶约为 142 艘,按照大型耙吸挖泥船总舱容 2000t,施工驳船总舱容 200t 考虑,油类物质最大总存在量约 35600t,

由此计算危险物质数量与临界量比值（Q）为 14.24， $10 < Q < 100$ 。本项目属于涉及危险物质储存、使用的项目，M 值为 5，以 M4 表示。

根据表 7.1-2，确定海上部分危险物质及工艺系统危险性为 P4。

表 7.1-2 环境风险评估内容一览表

危险物质数量与临界量比值（Q）	行业及生产工艺（M）			
	M1	M2	M3	M4
$Q \geq 100$	P1	P1	P2	P3
$10 < Q < 100$	P1	P2	P3	P4
$Q \leq 10$	P2	P3	P4	P4

（2）环境敏感程度分级

海域环境风险评价要素主要为海水水质，参照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）中对地表水环境敏感程度判据，判定本项目海域环境敏感程度分级为 E1（环境高度敏感区）。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018），本项目海域部分的危险物质及工艺系统的危险性为 P4，环境敏感程度为 E1，因此判定环境风险潜势为 III，确定海域环境风险评价等级为二级。具体判据如表 7.1-3 所示。

表 7.1-3 《建设项目环境风险评价技术导则》中风险评价等级判据

环境敏感程度（E）	危险物质及工艺系统危险性（P）			
	极高危害（P1）	高度危害（P2）	中度危害（P3）	轻度危害（P4）
环境高度敏感区（E1）	IV+	IV	III	III
环境中度敏感区（E2）	IV	III	III	II
环境低度敏感区（E3）	III	III	II	I

7.2 风险识别

风险识别是开展风险评价的工作基础，包括项目风险类型识别，主要指项目工艺过程中发生风险事故的类型识别，根据项目的风险类型，可采取有效措施进而避免风险事故的发生；项目作业物质危险性识别，主要指识别项目作业过程中所涉及物质的有毒有害、易燃易爆的危险性，进而可采取相应有针对性的应急措施；有毒有害物质扩散途径的识别，主要指一旦发生风险事故，风险因子对环境造成不利影响的渠道，合理有效的控制风险因子对环境造成不利影响的渠道，可将风险事故对环境造成的不利影响降至最小；可能受影响的环境保护目标的识别可有效保护对应的环境敏感目标。

7.2.1 风险类型识别

本工程海域范围存在的事故风险主要为施工期船舶碰撞导致的燃料油泄漏风险。

船舶污染事故是指船舶在航行过程、靠泊和装卸过程，以及其他作业过程(如过驳、清舱、洗舱、修造、打捞、拆解、油料供受、污染清除等)中发生油类、油性混合物和其他有毒有害物质泄漏造成的海洋环境污染事故，可分为操作性污染事故和海难性污染事故。操作性船舶污染事故多发生于靠泊后船舶装卸货物及加装燃油环节，发生的原因多为人为因素、机械和设备故障等，尽管每次产生的泄漏量不大，但事故频率较高，污染物总量也较大。海难性船舶污染事故主要是海上交通事故导致，事故发生率较低，但一旦发生污染损害很大。

根据全国海域船舶历史溢油事故，船舶污染的操作性事故可分为工艺性泄漏、操作错误，海难性事故可分为船舶碰撞、船舶搁浅、船舶自身翻沉、船体破损、火灾等。根据船舶污染事故发生方式与原因，主要分为操作性污染事故和海难性污染事故。操作性污染事故按事故发生的环节又可分为码头装卸作业、加燃料油、其他作业等。海难性污染事故一般是伴随着船舶交通事故发生的，事故致因与船舶交通事故大体相同。操作性污染事故多发生的地点是码头、系泊区前沿及浅水地区，海难性污染事故多发地点在航道和锚地。

7.2.2 物质危险性识别

按照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)对本项目所涉及的有毒有害、易燃易爆物质进行危险性识别，物质危险性识别标准见表 7.2-1。

本项目施工期涉及的风险物质为船舶燃料油，运营期涉及的风险物质为船舶燃料油，油品特性表见表 7.2-2。

表 7.2-1 物质危险性标准

类别	序号	LD50(大鼠经口)mg/kg	LD50(大鼠经皮)mg/kg	LD50(小鼠吸入 4h)mg/L
有毒物质	1	<5	<1	<0.01
	2	5<LD50<25	10<LD50<50	0.1<LC50<0.5
	3	25<LD50<200	50<LD50<400	0.5<LC50<2
易燃物质	1	可燃气体—在常压下以气态存在并与空气混合形成可燃混合物；其沸点(常压下)是 20°C或 20°C以下的物质		
	2	易燃液体——闪点低于 21°C，沸点高于 20°C的物质		
	3	可燃液体——闪点低于 55°C，压力下保持液态，在实际操作条件下(如高温高压)可以引起重大事故的物质		
爆炸性物质		在火焰影响下可以爆炸，或者对冲击、摩擦比硝基苯更为敏感的物质		

表 7.2-2 柴油、燃料油的理化、燃烧爆炸性和毒理性质

类别	项目	柴油、燃料油
理化性质	外观与性状	黄色或棕色液体
	闪点/沸点(°C)	≥60°C/282~338°C
	相对密度	对水 0.856~0.941
	溶解性	不溶于水
燃烧爆炸危险性	危险性类别	第 3 类易燃液体
	闪点(°C)	52~55
	爆炸极限(v%)	3.1~11.6
	火灾危险性分类	乙 B
	禁忌物	硝酸、浓硫酸、高锰酸钾等强氧化剂
灭火方法	消防人员须穿全身消防服，佩戴空气呼吸器，在上风向灭火。喷水冷却燃烧罐和临近罐，直至灭火结束。处在火场中的储罐若发生异常变化或发出异常声音，须马上撤离。灭火剂：泡沫、干粉、二氧化碳。	
毒理性质	毒性	低毒
	健康危害	急性中毒主要表现为乏力、头痛、酩酊感、神志恍惚等；严重者出现定向力障碍、意识模糊等。吸入液体可引起肺炎，严重时可发生肺水肿。慢性影响以神经衰弱综合症为主要表现，还有呼吸道刺激症状，接触性皮炎等。

7.2.3 有毒有害物质扩散途径的识别

有毒有害物质扩散途径包括大气、地表水、海洋、地下水、土壤等途径。本工程位于海上，发生风险事故时，有毒有害物质主要通过大气、海洋等途径扩散。

(1) 水环境

当发生船舶燃料油泄漏事故时，燃料油会扩散至海水中，影响海水水质。若未能及时采取风险防范和应急措施，溢油会在风和波浪的共同作用下向外扩散，对工程周边的养殖区、自然保护区等敏感目标造成不利影响。

(2) 大气环境

海上发生船舶燃料油泄漏事故时，泄漏的原油在海上漂移并挥发；若泄漏的油品遇到静电或明火，将会发生火灾事故产生 SO₂、CO 等次生污染物，影响周围环境空气质量。

表 7.2-3 事故有毒有害物质扩散途径

	环境要素	泄漏事故	火灾爆炸事故
船舶燃料油泄漏	大气环境	√	√
	海洋环境	√	

7.2.4 可能受影响的环境保护目标的识别

当发生原油或船舶燃料油泄漏事故时，若未能及时采取风险防范措施，可能会对这周围的海洋环境保护目标造成污染。

本工程的海洋环境保护目标包括三亚珊瑚礁自然保护区、三亚河红树林自然保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、旅游休闲娱乐区、养殖区、港口码头、海底管线、领海基点等。

7.3 环境风险危害识别与事故频率估算

7.3.1 船舶事故统计与分析

根据三亚海域 2013 至 2015 年近 3 年的事故统计资料，3 年内该海域共发生碰撞等海上交通事故 27 起，主要以碰撞事故和搁浅事故为主，具体见表 7.3-1。

表 7.3-1 2013 至 2015 年三亚海域事故统计资料

序号	日期	事故名称	种类	地点	等级	天气海况	事故原因	总吨	功率	损害情况
1	2015 年 12 月 30 日	12.30 顺诚驳 8 号与安 港 1 碰撞	碰撞	乐东国电码头 港池	小事 故	东北风 6—7 级	瞭望疏忽	2998	744	船舶左舷前、中部轻微刮擦
								1448		船舶左前锚丢失，钢丝绳断 裂，左前锚机受损
2	2015 年 10 月 2 日	10.02 建功 3 与琼临高 11401 碰撞	碰撞	南山角外约 1 海里	小事 故	西南风 4—5 级		1845	700	无
								112	280	船首右侧木板破损
3	2015 年 10 月 2 日	10.02 建功 3 与琼临高 11401 碰撞	碰撞	南山角外约 1 海里	小事 故	西南风 4—5 级	瞭望疏忽	1845	700	无
								112	280	船首右侧木板破损
4	2015 年 8 月 11 日	08.11 顺辉 01 自沉(沉 没)	自沉 (沉没)	三亚港航道 6 号标北侧	小事 故	西南风 3—4 级	船体老旧破损进 水	864	440	该轮沉没，估计打捞费 20 万 元，维修费 60 万元
5	2015 年 8 月 9 日	08.09 蜈支洲 8 号与琼 临高 W02219 (无证) 碰撞	碰撞	三亚海棠湾	一般 事故	西南风 4—5 级		99	660	船舶右舷前部有两处约 10 厘 米的破损
								21	125	船舶沉没
6	2015 年 6 月 23 日	06.23 无与码头港务局 码头 7 号泊位北侧小码 头风灾	风灾	三亚港务局码 头 7 号泊位北 侧小码头	小事 故	西南风 8—11 级		372	315	船舶破损进水，向右翻沉
7	2015 年 6 月 22 日	06.22 自由海驿站 02 与 其他三亚晨海水产有 限公司养殖渔排风灾	风灾	三亚南山货运 港附近海域	小事 故	西风 8—11 级		143	0	船身四周漆面轻微受损，无明 显损失
8	2015 年 6 月 22 日	06.22 无船名风灾	风灾	三亚湾凤凰岛 桥以北约 50 米 处	小事 故	8—11 级				船舶搁浅于三亚湾的沙滩上， 左舵脱落，船舶其他地方未发 现破损
9	2015 年 6 月 22 日	06.22 粤中山工 6007 搁 浅	搁浅	三亚海棠湾海 域	一般 事故	北风 5—6 级				船体部门破损，生活区轻微损 坏，发电机等机械设备进水损 坏
10	2015 年 3 月 20 日	03.20 琼儋州 13107 与 生松 9696 碰撞	碰撞	三亚以南约 72 海里处	小事 故	南风 5—6 级			149.2	船尾损坏，检测器、伙房、卫 生间损坏
								2525	1396	
11	2015 年	03.09 琼临高 10082 与	碰撞	三亚鸿洲游艇	小事	东北风	船舶操纵不当，		2058	该游艇左舷前部有一条长约

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

序号	日期	事故名称	种类	地点	等级	天气海况	事故原因	总吨	功率	损害情况
	3月9日	美丽之冠七星号与RENHE与无名游艇碰撞		俱乐部一期码头东岸	故	3—4级	舵机故障			10厘米的裂纹,左舷前部、右舷前部、中部多处漆面受损
								140	1492	该游艇船尾水梯及上面木质地板受损
										该游艇左舷前部漆面轻微受损
									154	无
12	2015年3月2日	03.02 无船名火灾/爆炸	火灾/爆炸	三亚辖区东岛附近水域	小事故	东南风5—6级	高压油管破裂,燃滑油接触高温热源			
13	2014年9月16日	09.16 深洋工 58 风灾	风灾	三亚港务局码头北侧 700 米处	一般事故	西风 8—10 级	对恶劣天气存在侥幸心理,其他重要设备故障,其他环境因素	43	0	待脱浅后进一步核实
14	2014年9月16日	09.16 粤中山工 6007 风灾	风灾	三亚港务局码头北侧 550 米处	一般事故	西风 8—10 级	对恶劣天气存在侥幸心理,其他重要设备故障	320	0	该轮上浪进水,舱内设备被海水浸泡损坏,损失约 15 万元
15	2014年9月16日	09.16 浙安吉货 1911 风灾	风灾	三亚港务局码头北侧约 500 米处	一般事故	8—10 级	对恶劣天气存在侥幸心理,其他环境因素,其他重要设备故障	597	404	船底破损进水,舱内设备被海水浸泡损坏,损失约 30 万元
16	2014年9月1日	09.01 粤清远货 9848 火灾/爆炸	火灾/爆炸	三亚南山寺附近海域	小事故	西南风 5—6 级	其他人为因素,船舶设计存在缺陷,高压油管破裂,燃滑油接触高温热源	1599	436	机舱失火。机舱右侧大面积过火,机舱电路、发电机、右主机增压器损毁,部分管路损坏,直接经济损失约 5 万元
17	2014年7月29日	07.29 海洋骑士火灾/爆炸	火灾/爆炸	三亚湾东岛北侧水域	重大事故	东南风 3—4 级	电线电缆老化、过载或短路	63	1052	几乎全损
18	2014年2月4日	02.04 红珊瑚 10 号与无名船名碰撞	碰撞	亚龙湾	小事故	东北风 3—4 级			58.8	“红珊瑚 10 号”舷外机机罩损坏
										无明显损失

三亚新机场工程海洋环境影响报告书

序号	日期	事故名称	种类	地点	等级	天气海况	事故原因	总吨	功率	损害情况
19	2013年 12月26日	12.26 瑞丰龙 168 自沉 (沉没)	自沉 (沉没)	陵水县分界洲 岛附近海域	重大 事故	东北风 5—6 级		497	202	船舶沉没, 推定全损
20	2013年 11月11日	11.11 扬帆之星 2 与扬 帆之星 1 与 CN90063V 珠湾碰撞	碰撞	三亚榆亚盐场 码头	重大 事故	东北风 6—7 级	船舶操纵不当, 流的影响		746	右机舱进水; 右舵舱撕开
									452	
									1190.3	轻微损伤
21	2013年 11月10日	11.10 德浮 15002 搁浅	搁浅	三亚市三亚湾	小事 故	东南风 11—12 级	风的影响	9081		
22	2013年 11月10日	11.10 吸扬 12 号搁浅	搁浅	三亚市三亚湾	小事 故	东南风 11—12 级	风的影响	1626		
23	2013年 11月10日	11.10 华海 138 触损	触碰	三亚市凤凰岛 东南侧	小事 故	东南风 11—12 级		498	218	该轮后舱和机舱有少量进水, 主机及其他设备完好
24	2013年 11月10日	11.10 新鸿翔 17 触损	触碰	三亚市凤凰岛 东南侧	小事 故	东南风 11—12 级		497	218	
25	2013年 11月10日	11.10 闽宁德货 0183(曾 用名)与码头三亚南山 港码头与其他海上小 型渔排与其他三亚晨 海养殖渔排触损	触碰	三亚市崖州湾 东侧一在建码 头北侧	重大 事故	东南风 12—12 级	风的影响,其他 船舶因素	598	280	船首吸沙臂折断
26	2013年 11月10日	11.10 顺航 998 风灾	风灾	东岛南端	重大 事故	东北风 11—12 级		498	218	船舶漂失, 目前情况不明
27	2013年 9月18日	09.18 新海信 266 火灾/ 爆炸	火灾/ 爆炸	莺歌咀西南方 8 海里	小事 故	东风 4—5 级	电线电器老化、 过载或短路	499	218	据船员陈述: 由于机舱照明灯 的线路老化, 短路之后引起线 路着火。导致局部线路烧毁, 未影响其他设施设备

7.3.2 源项分析

(1) 最大可信事故概率

根据上述船舶事故统计分析和风险识别，本项目最大可信事故确定为施工期的护岸施工、吹填料运输等施工过程中发生的操作性、海损性船舶溢油事故。

根据上述船舶事故统计分析资料可知，2013~2015年，三亚海域共发生碰撞等海上交通事故引起的溢油7起，溢油事故的发生频率为2.3次/年；本项目附近的三亚海域进出船舶共计11069艘次/年。本项目施工期的船流密度共约14000艘次/年，则溢油事故的发生概率为2.9次/年。

(2) 溢油量

根据外海海砂开采工艺和施工方案，采砂施工过程的代表船型为万方级耙吸船，其油舱容量约1000m³，一般分设4个油舱，每个油舱舱容约250m³，油舱满载计算，每个油舱载油约250m³。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》，可按一个左右油舱或燃油舱的油全漏完作为最可能发生的船舶污染事故的溢油量。因此，溢油源强取250t燃料油。

7.4 环境风险影响预测方法和预测因素

7.4.1 油粒子模型

海上的溢油行为受气象条件和潮流特性等环境条件以及溢油本身化学性质的影响，会经历十分复杂的物理化学变化过程。溢油运动包括自身扩展、漂移和风化。油膜的扩展过程是由于其自身的重力、惯性力、粘性力以及表面张力相互作用的结果，可按主导作用力的不同将其划分为三个阶段。漂移运动是指在溢油在风、潮流等环境因素作用下的对流过程和紊动扩散。风化作用包括了溢油的蒸发、乳化和溶解等生化反应。根据模拟得到的水动力基础数据建立广西近海溢油扩散预测模型。模拟溢油在海上的扩展、漂移和风化过程。

根据影响预测章节中经过验证的水动力模型建立近海溢油扩散预测模型。采用 MIKE oil spill 模块基于拉格朗日随机走动法计算溢油漂移轨迹的“油粒子”模式，模拟溢油在海上的扩展、漂移和风化过程。

(1) 控制方程

在潮流场计算的基础上，采用拉格朗日法计算溢油漂移扩散影响范围，控制方程如下：

$$X = x_0 + (U + \alpha w_{10} \cos A + r \cos B) \Delta t$$

$$Y = y_0 + (V + \alpha w_{10} \sin A + r \sin B) \Delta t$$

式中： x_0 、 y_0 为某质点初始坐标(m)； U 、 V 为流速(m/s)； w_{10} 为风速(m/s)； A 为风向； r 为随机扩散项， R 为 0~1 之间的随机数， E 为扩散系数； B 为随机扩散方向。

模型同时还考虑了包括蒸发、溶解和形成乳化物等过程，在这些过程中油粒子的组分发生改变，但其水平位置没有发生变化。

7.4.2 计算工况组合

根据现有通航资料，人工岛北侧区域主要有太平洋 2 万吨油码头航道、沿岸航线（近岸航行至三亚港）、海上巴士航线。结合航线分布情况和本工程连岛路走向，取人工岛四个角海域（东北角、东南角、西北角、西南角）、连岛路中部和项目周边海域船舶活动频繁处作为溢油点，计算工况考虑夏、冬两季和不利风况下涨潮期、落潮期的溢油，其中风速为平均风速和最大作业风速。夏季风向为 WSW，风速为 3.5m/s；冬季风向为 NE，风速为 3.1m/s；不利风向为 SE 和 WSW，风速为 13.6m/s。



图 7.4-1 溢油预测点位示意图

表 7.4-1 计算工况组合

工况	预测点位置	潮期	风向		风速 (m/s)	备注
1	1#	涨潮	夏季主导风向	WSW	3.5	平均风速
2		落潮				
3		涨潮	冬季主导风向	NE	3.1	平均风速
4		落潮				
5		涨潮	不利风向	SE	13.6	最大作业风速
6		落潮				
7	2#	涨潮	夏季主导风向	WSW	3.5	平均风速
8		落潮				
9		涨潮	冬季主导风向	NE	3.1	平均风速
10		落潮				
11		涨潮	不利风向	SW	13.6	最大作业风速
12		落潮				
13	3#	涨潮	夏季主导风向	WSW	3.5	平均风速
14		落潮				
15		涨潮	冬季主导风向	NE	3.1	平均风速
16		落潮				
17		涨潮	不利风向	SE	13.6	最大作业风速
18		落潮				
19	4#	涨潮	夏季主导风向	WSW	3.5	平均风速
20		落潮				
21		涨潮	冬季主导风向	NE	3.1	平均风速
22		落潮				
23		涨潮	不利风向	SW	13.6	最大作业风速
24		落潮				
25	5#	涨潮	夏季主导风向	WSW	3.5	平均风速
26		落潮				
27		涨潮	冬季主导风向	NE	3.1	平均风速
28		落潮				
29		涨潮	不利风向	SW	13.6	最大作业风速
30		落潮				
31	6#	涨潮	夏季主导风向	WSW	3.5	平均风速
32		落潮				
33		涨潮	冬季主导风向	NE	3.1	平均风速
34		落潮				
35		涨潮	不利风向	S	13.6	最大作业风速
36		落潮				

7.5 溢油油膜迁移扩散路径、范围和扩散浓度、时空分布

溢油点 1#~6#在冬季、落潮条件下发生溢油 72 小时后扫海面积最大，各点溢油后 72 小时内油膜最大扫海面积。1#点溢油油膜最大扫海面积为 582.11km²，2#点溢油油膜最大扫海面积为 648.89km²，3#点溢油油膜最大扫海面积为 781.89km²，4#点溢油油膜最大扫海面积为

705.44km²，5#点溢油油膜最大扫海面积为 403.69km²。

表 7.5-1 给出了油膜最快抵达敏感区的时间和工况。油膜 3 小时内抵达天涯海角旅游休闲娱乐区、南山旅游休闲娱乐区；6 小时内三亚湾旅游休闲娱乐区、三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）、沿岸珊瑚礁、西岛西侧网箱养殖；12 小时内抵达海洋牧场人工鱼礁、天涯石、海角石；24 小时内抵达白海豚分布区域、崖州湾西侧养殖；30 小时内抵达南海观音苑、三亚珊瑚礁海洋保护区；42 小时内抵达崖州湾旅游休闲娱乐区；52 小时内抵达红树林；67 小时内抵达崖州湾围海养殖。

表 7.5-1 溢油风险影响范围

溢油时间 (小时)	冬季风况 (NE、3.1m/s)涨潮溢油					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
6	8.68	12.57	18.85	14.89	14.47	17.67
12	55.12	50.66	33.05	40.88	30.26	32.62
24	116.89	110.12	66.12	88.33	59.52	78.31
36	276.55	268.88	131.84	135.86	129.15	188.41
48	350.95	333.65	171.84	178.27	175.7	235.41
60	477.97	447.33	267.91	248.77	260.01	340.84
72	564.38	538.41	323.48	288.18	308.53	401.93
溢油时间 (小时)	冬季风况 (NE、3.1m/s)落潮溢油					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
6	7.49	6.28	12.68	5.7	8.73	12.34
12	22.36	25.59	38.93	27.22	17.79	25.64
24	143.58	167.33	217.53	167.09	69.48	106.09
36	217.83	258.95	308.47	262.91	114.43	178.93
48	350.47	403.01	493.81	416.09	230.9	331.54
60	464.51	525.57	620.59	549.31	309.26	412.96
72	582.11	648.89	781.89	705.44	403.69	518.48
溢油时间 (小时)	夏季风况 (WSW、3.5m/s)涨潮溢油					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
6	1.72	9.01	11.58	11.12	11.34	13.79
12	16.14	30.58	48.67	38.79	27.55	33.13
24	73.23	94.18	137.44	127.23	76.28	103.49
36	202.92	225.35	259.04	254.19	167.22	172.52
48	331.16	351.04	348.65	346.63	280.57	286.79
60	387.38	399.32	400.14	403.19	319.48	321.72
72	438.97	460.45	468.55	478.2	358.52	377.98
溢油时间 (小时)	夏季风况 (WSW、3.5m/s)落潮溢油					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
6	9.96	9.63	13.88	7.94	10.53	15.70
12	19.56	23.61	42.12	39.07	19.87	20.98
24	84.33	104.31	189.62	185.77	84.21	68.75

36	180.15	203.73	303.18	276.89	179.19	146.08
48	236.57	254.65	335.32	311.87	257.6	239.58
60	341.44	358.12	437.67	424.33	342.19	363.51
72	384.89	397.08	476.48	461.81	357.64	391.79
溢油时间 (小时)	不利风况 (SE/SW、13.1m/s)涨潮溢油					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
6	21.88	9.36	18.59	4.58	5.51	3.69
12	34.69	31.45	37.32	35.73	6.4	3.93
24	38.57	35.11	56.79	70.73	6.51	4.47
36	46.02	35.76	65.17	77.29	6.85	4.68
48	58.6	35.79	77.14	78.71	8.21	6.06
60	64.88	36.9	85.08	79.25	9.39	10.82
72	68.27	45.69	120.31	81.07	13.57	42.00
溢油时间 (小时)	不利风况 (SE/SW、13.1m/s)落潮溢油					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
6	10.66	22.18	0.37	14.01	12.52	7.19
12	10.94	37.65	13.54	36.41	13.25	7.21
24	11.21	37.78	55.28	38.24	13.8	7.46
36	12.43	37.78	61.62	38.26	13.82	7.46
48	19.23	37.78	77.19	38.26	13.84	7.46
60	27.8	38.4	80.28	38.86	14.38	8.13
72	72.24	48.5	86.16	49.05	23.38	24.76

表 7.5-2 溢油抵达敏感区情况统计

序号	敏感目标	溢油位置	不利条件	到达时间	到达时海域的残油量
1	白海豚分布区域	3# (西南角)	不利风况、落潮	21 小时 17 分	158.73t
2	海洋牧场人工鱼礁	2# (东北角)	夏季、落潮	6 小时 43 分	176.11t
3	南海观音苑	3# (西南角)	夏季、落潮	27 小时 01 分	154.99t
4	南山旅游休闲娱乐区	6#	冬季、落潮	2 小时 11 分	197.62t
5	三亚珊瑚礁海洋保护区	5#	夏季、落潮	29 小时 57 分	30.54t
6	三亚珊瑚礁自然保护区 (东西瑁洲片区)	2# (东北角)	不利风况、落潮	5 小时 15 分	182.76t
7	三亚湾旅游休闲娱乐区	5#	不利风况、落潮	4 小时 58 分	36.37t
8	天涯海角旅游休闲娱乐区	5#	不利风况、落潮	2 小时 04 分	38.72t
9	天涯石、海角石	4# (东南角)	不利风况、涨潮	11 小时 22 分	170.83t
10	西岛西侧网箱养殖 1-2	2# (东北角)	不利风况、落潮	4 小时 46 分	182.76t
11	崖州湾旅游休闲娱乐区	1# (西北角)	不利风况、落潮	41 小时 27 分	142.40t
12	崖州湾西侧养殖 1-4	3# (西南角)	冬季、落潮	19 小时 09 分	166.22t
13	沿岸珊瑚礁 1-4	5#	不利风况、涨潮	4 小时 06 分	36.95t
14	红树林	4# (东南角)	不利风况、涨潮	51 小时 37 分	135.98t
15	崖州湾围海养殖 1-3	1# (西北角)	不利风况、落潮	66 小时 49 分	132.97t

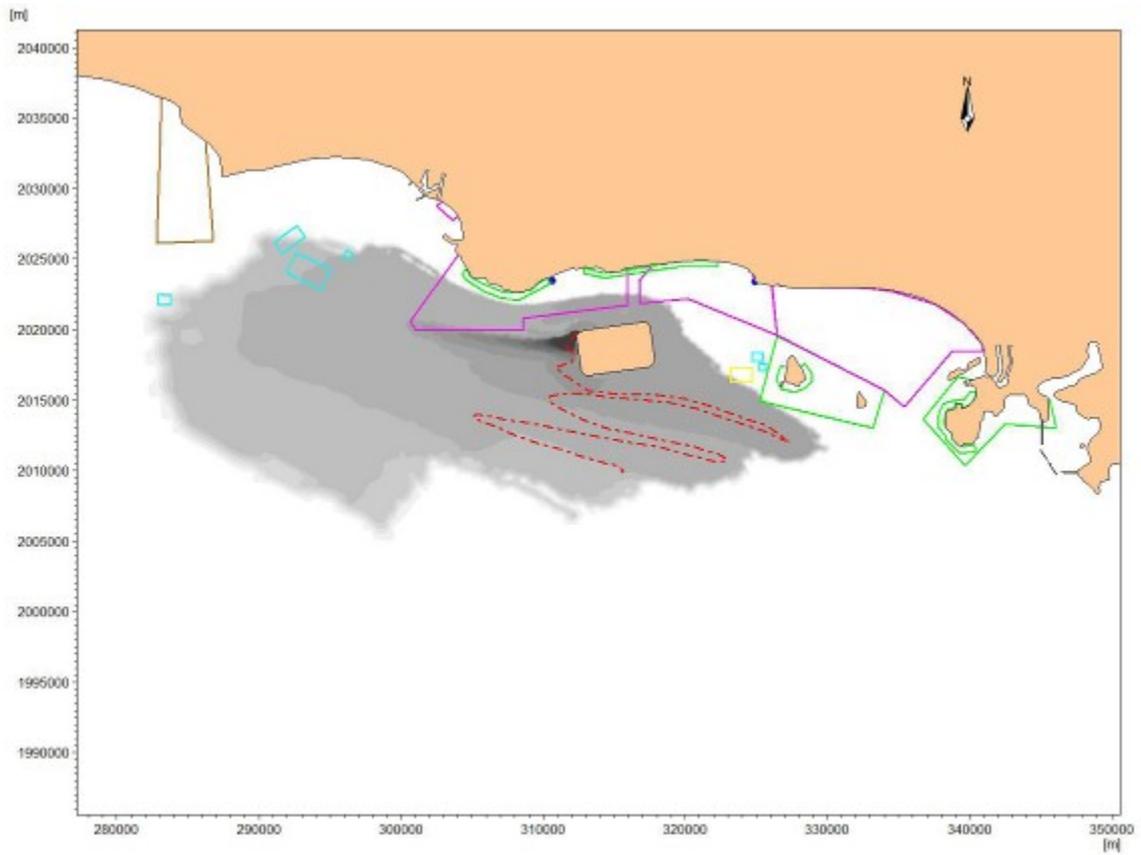


图 7.5-1 冬季涨潮 1#点溢油 72 小时油膜扫海范围

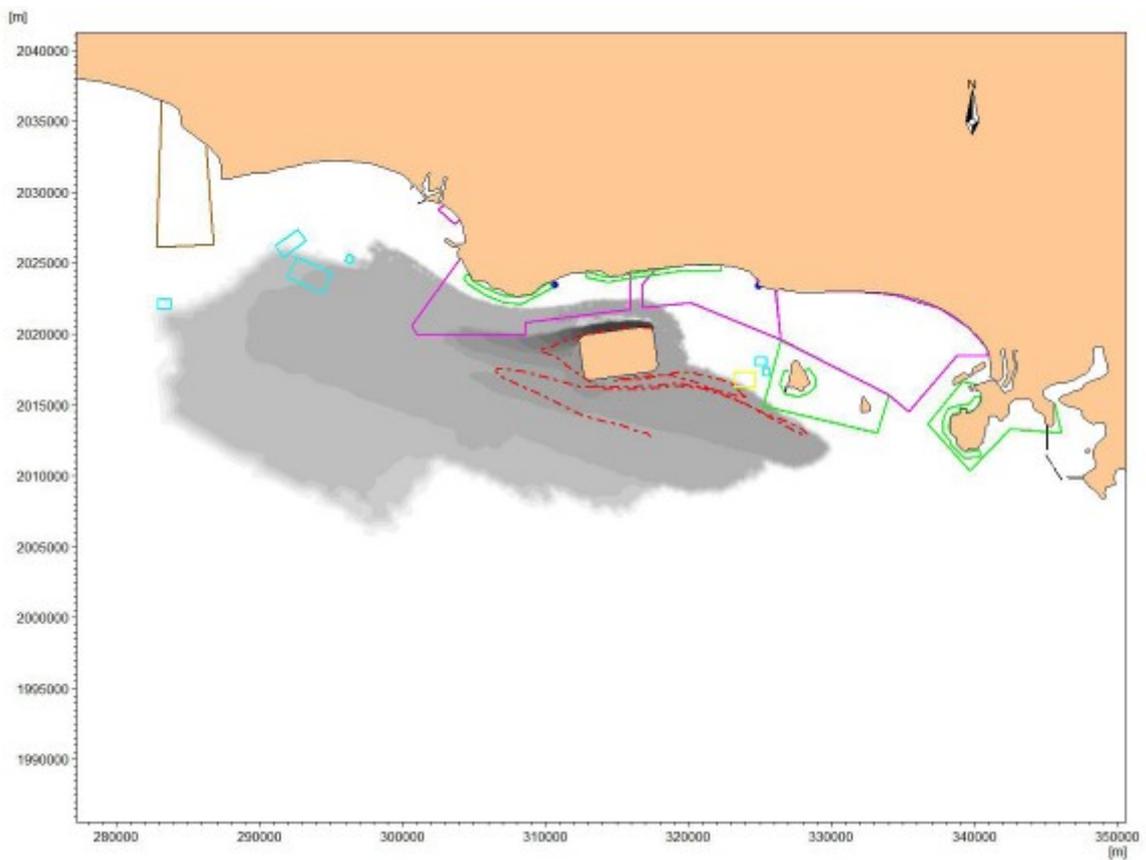


图 7.5-2 冬季涨潮 2#点溢油 72 小时油膜扫海范围

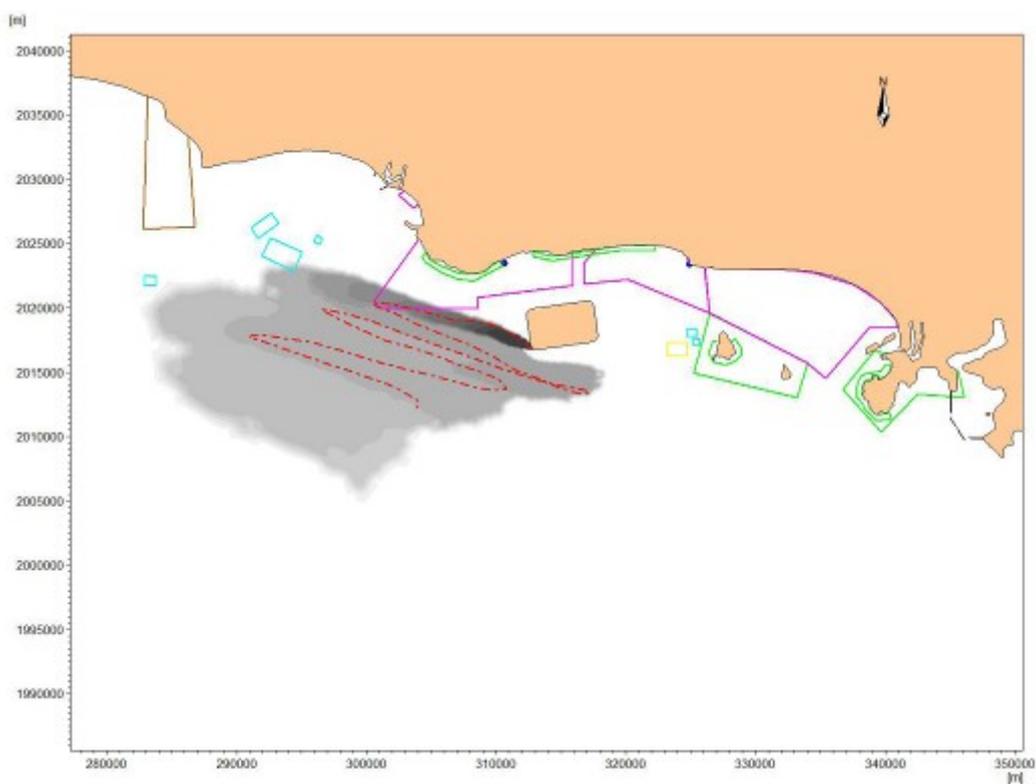


图 7.5-3 冬季涨潮 3#点溢油 72 小时油膜扫海范围

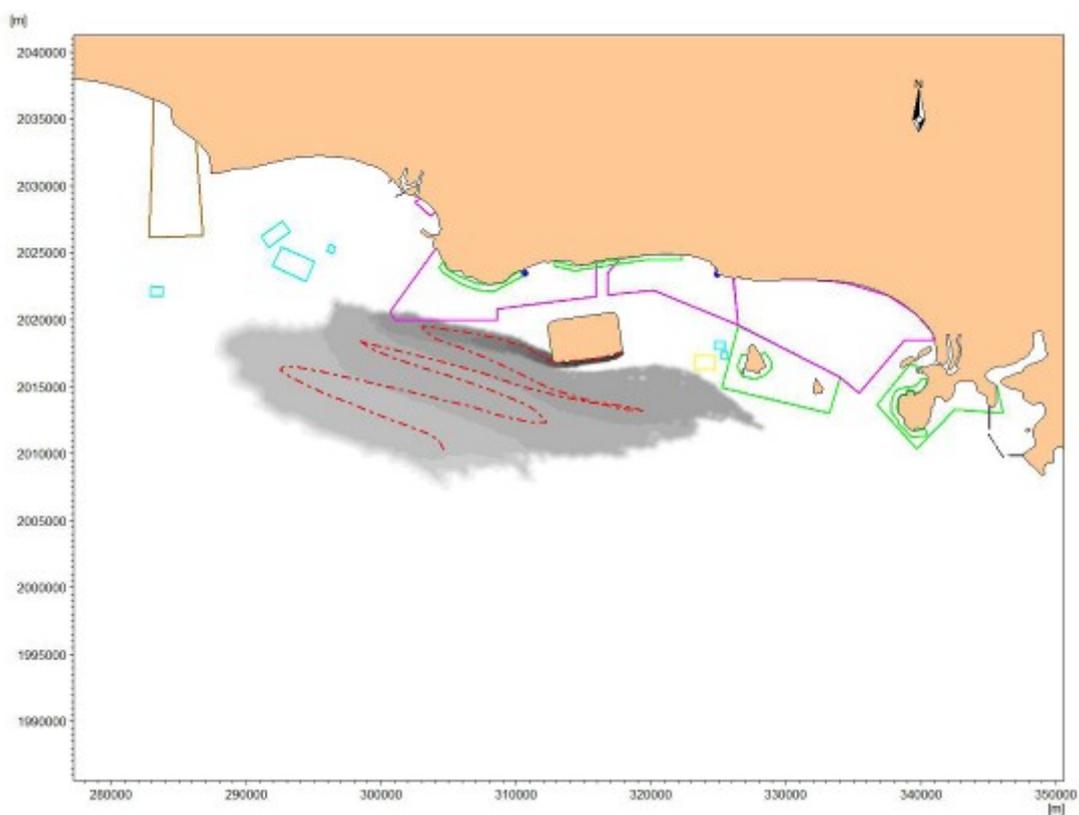


图 7.5-4 冬季涨潮 4#点溢油 72 小时油膜扫海范围

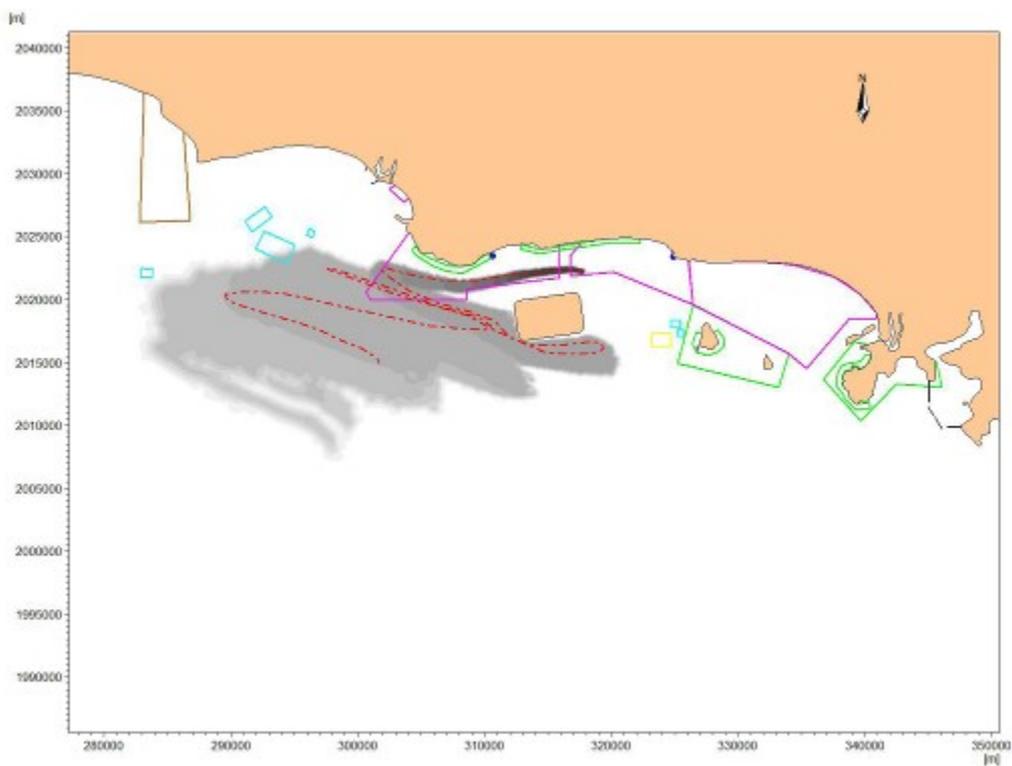


图 7.5-5 冬季涨潮 5#点溢油 72 小时油膜扫海范围

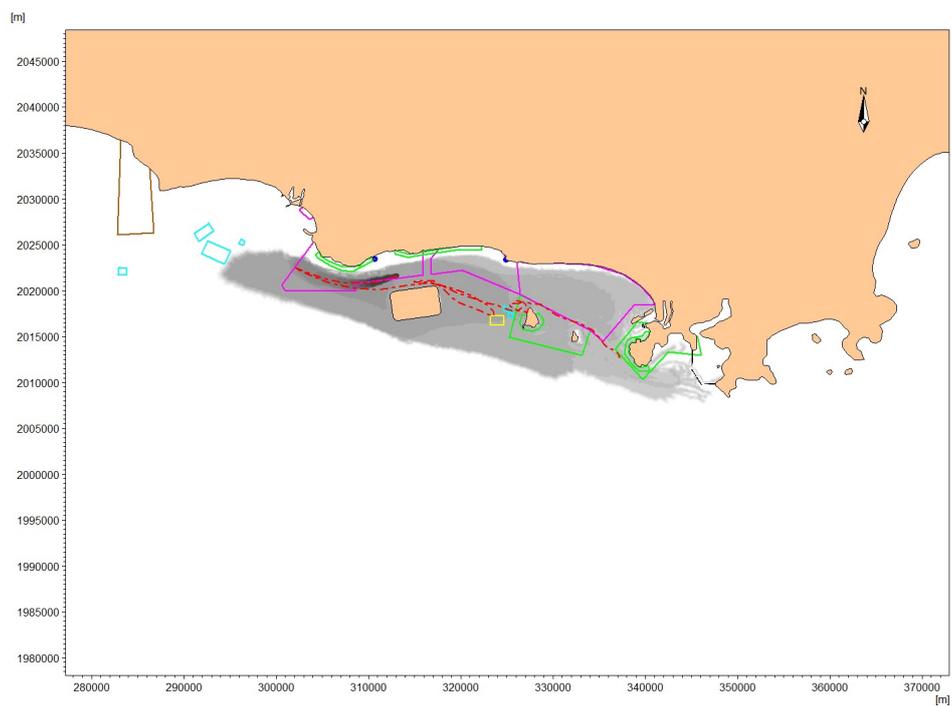


图 7.5-6 冬季涨潮 6#点溢油 72 小时油膜扫海范围

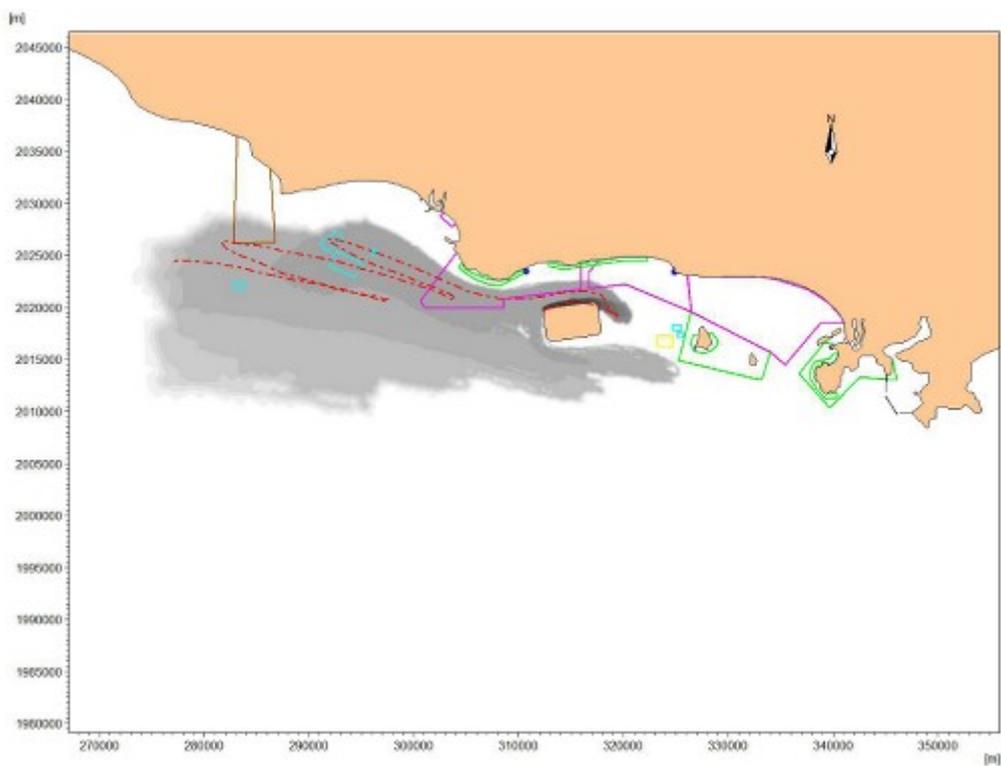


图 7.5-7 冬季落潮 1#点溢油 72 小时油膜扫海范围

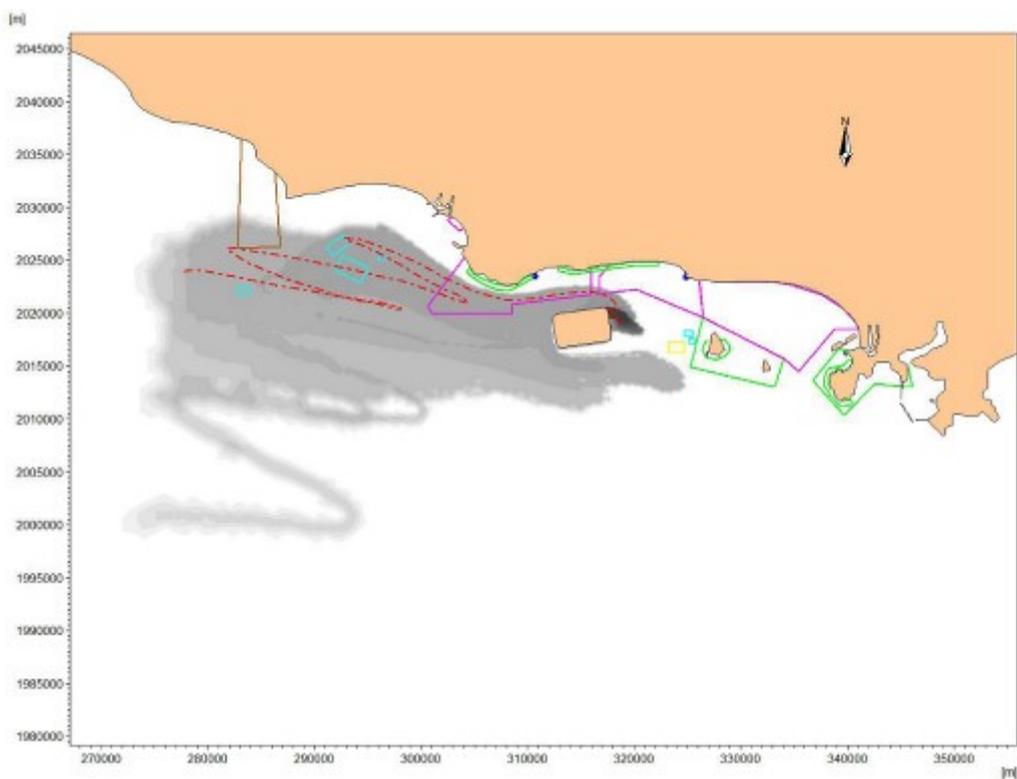


图 7.5-8 冬季落潮 2#点溢油 72 小时油膜扫海范围

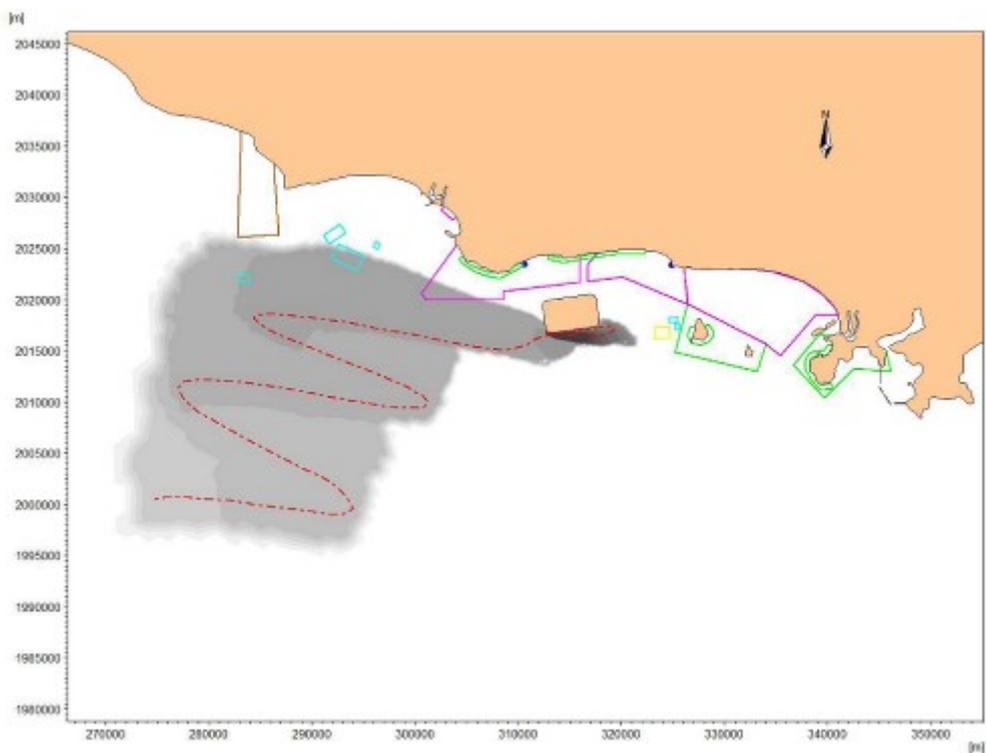


图 7.5-9 冬季落潮 3#点溢油 72 小时油膜扫海范围

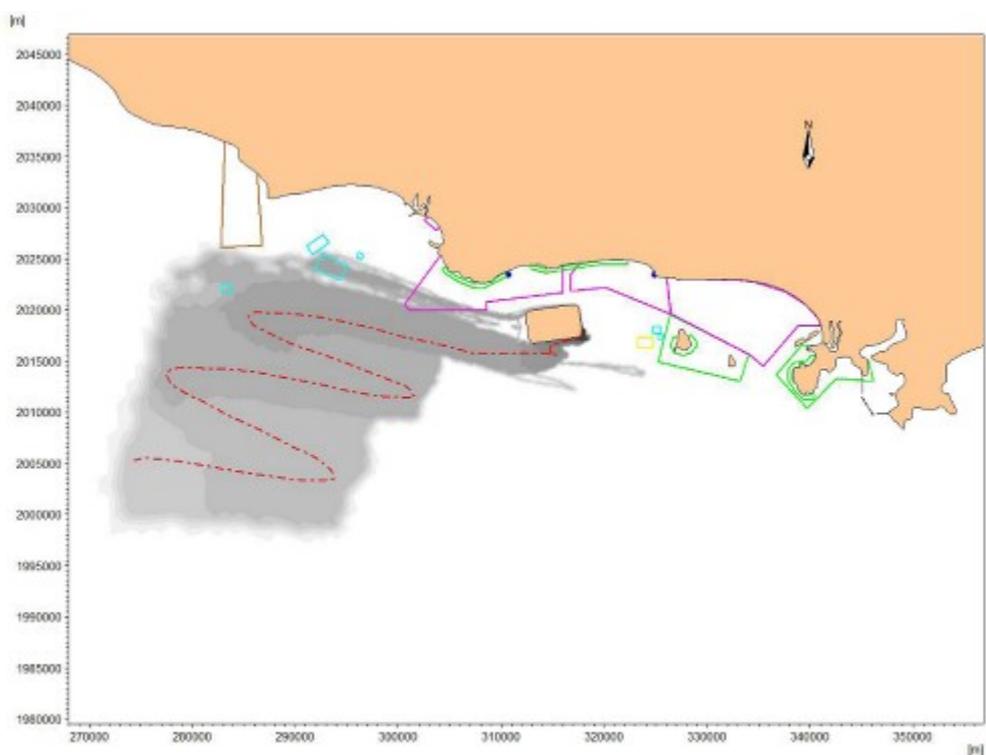


图 7.5-10 冬季落潮 4#点溢油 72 小时油膜扫海范围

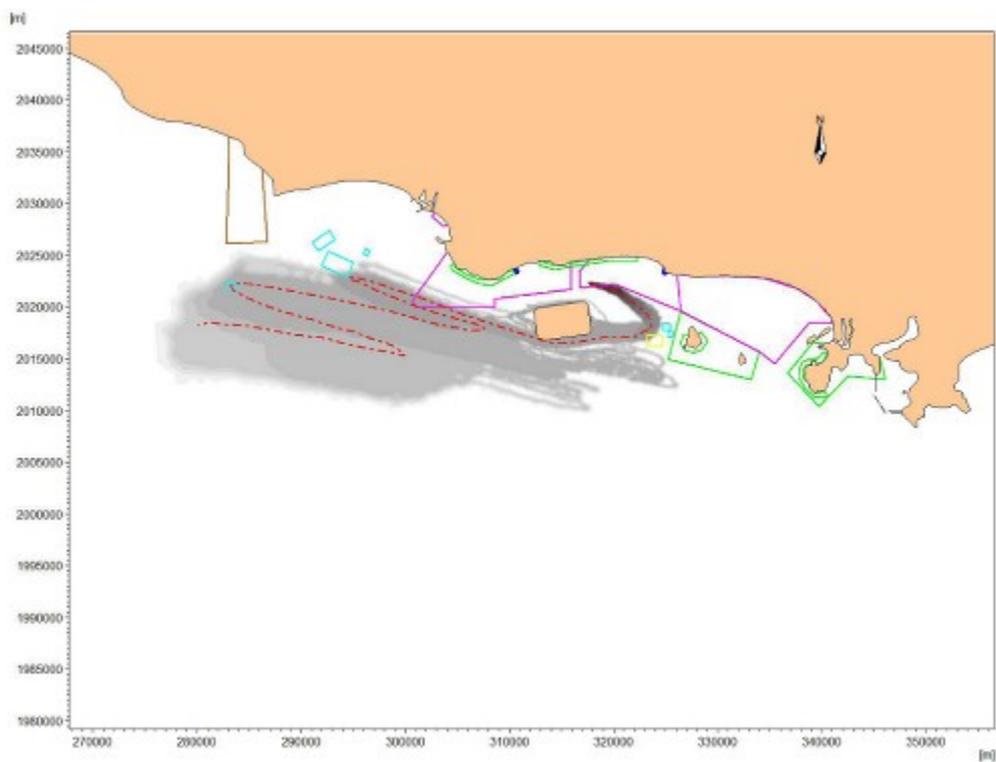


图 7.5-11 冬季落潮 5#点溢油 72 小时油膜扫海范围

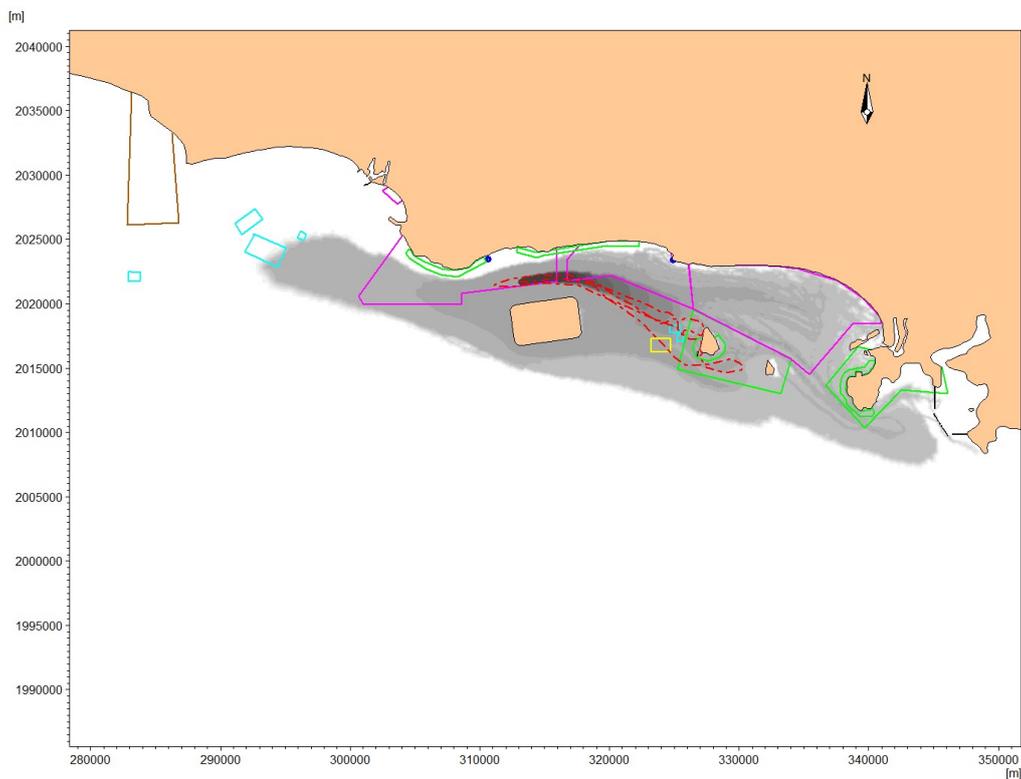


图 7.5-12 冬季落潮 6#点溢油 72 小时油膜扫海范围

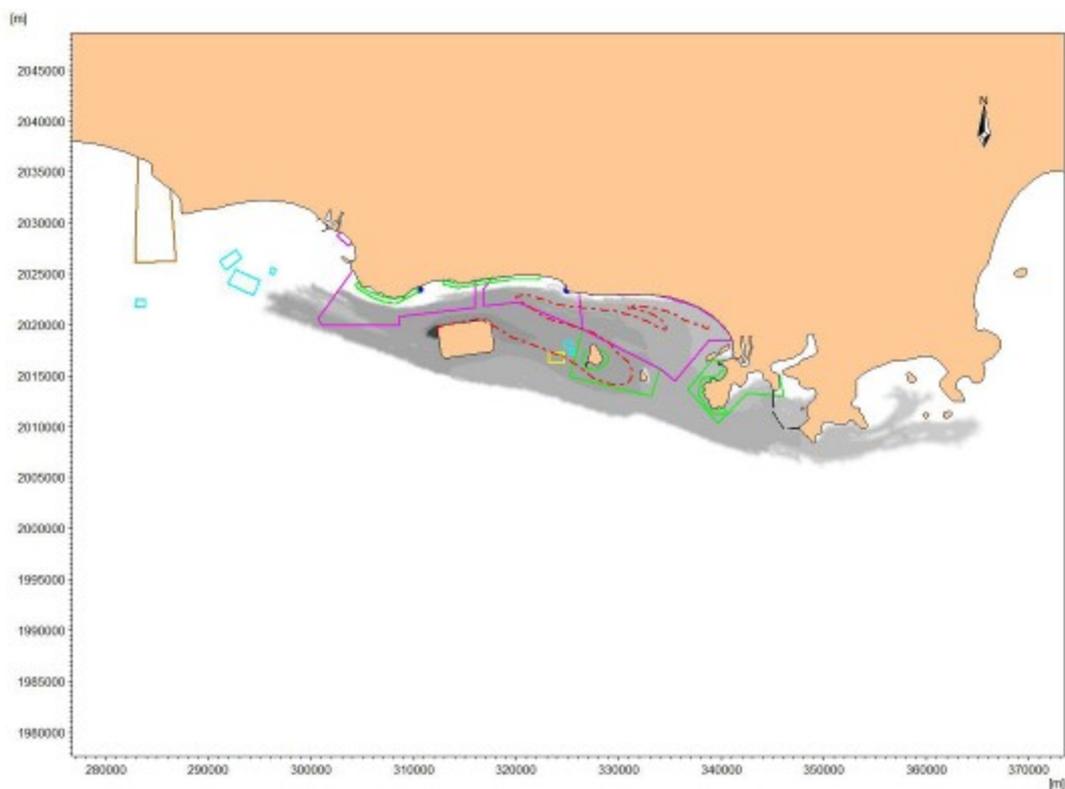


图 7.5-13 夏季涨潮 1#点溢油 72 小时油膜扫海范围

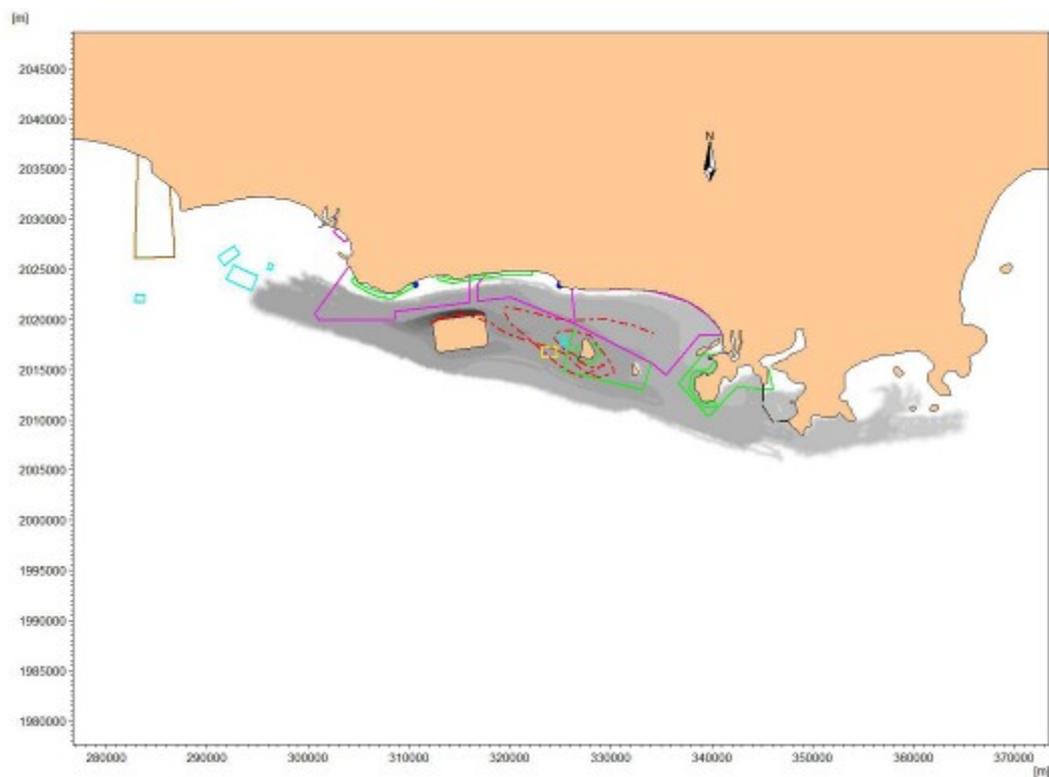


图 7.5-14 夏季涨潮 2#点溢油 72 小时油膜扫海范围

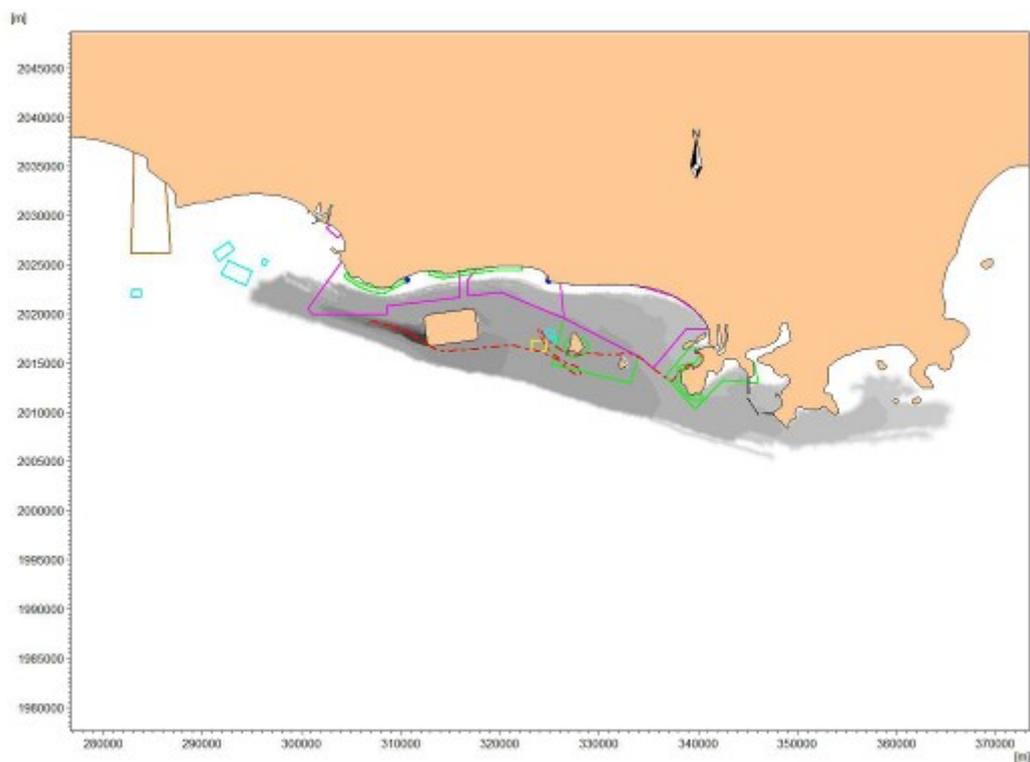


图 7.5-15 夏季涨潮 3#点溢油 72 小时油膜扫海范围

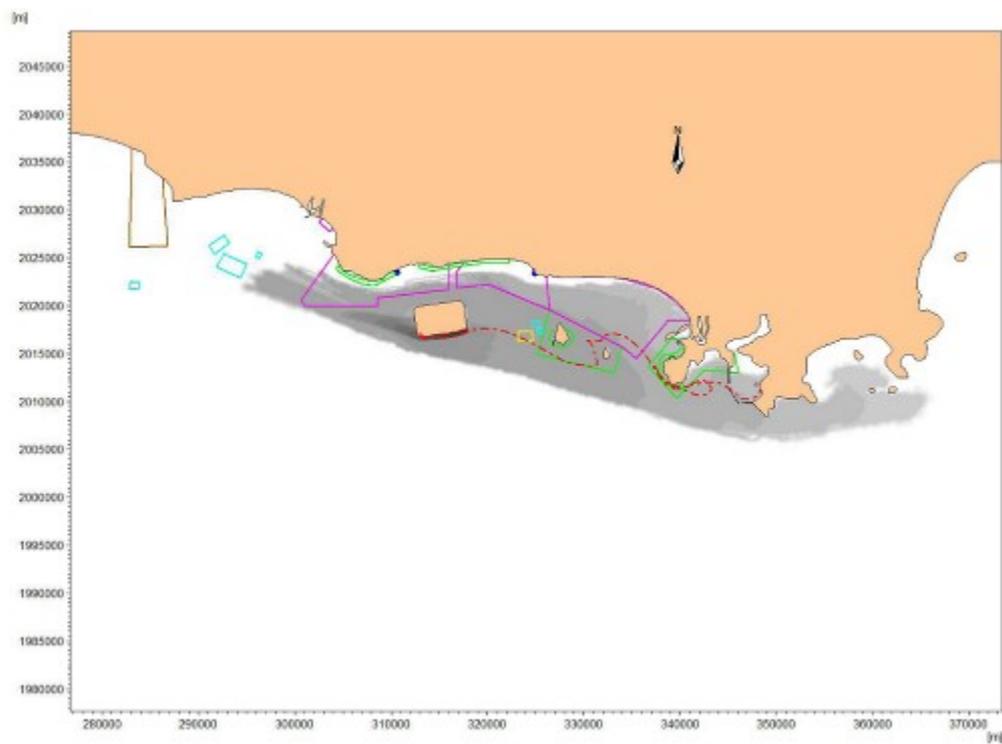


图 7.5-16 夏季涨潮 4#点溢油 72 小时油膜扫海范围



图 7.5-17 夏季涨潮 5#点溢油 72 小时油膜扫海范围

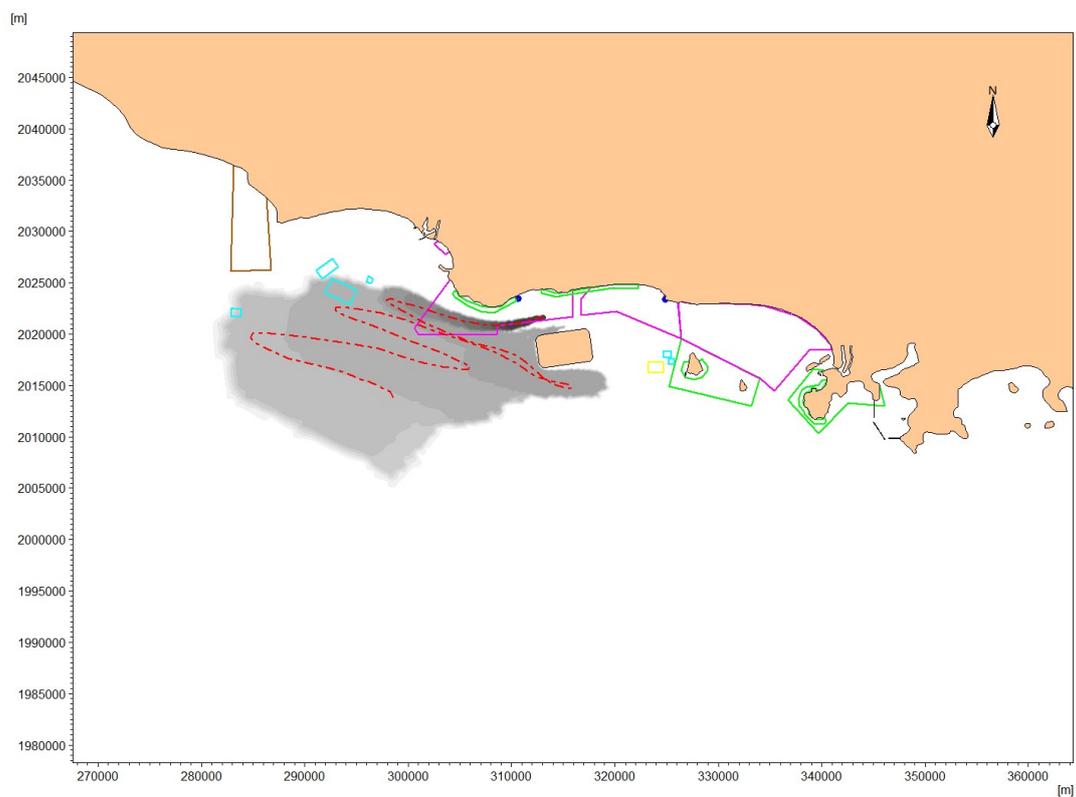


图 7.5-18 夏季涨潮 6#点溢油 72 小时油膜扫海范围



图 7.5-19 夏季落潮 1#点溢油 72 小时油膜扫海范围



图 7.5-20 夏季落潮 2#点溢油 72 小时油膜扫海范围

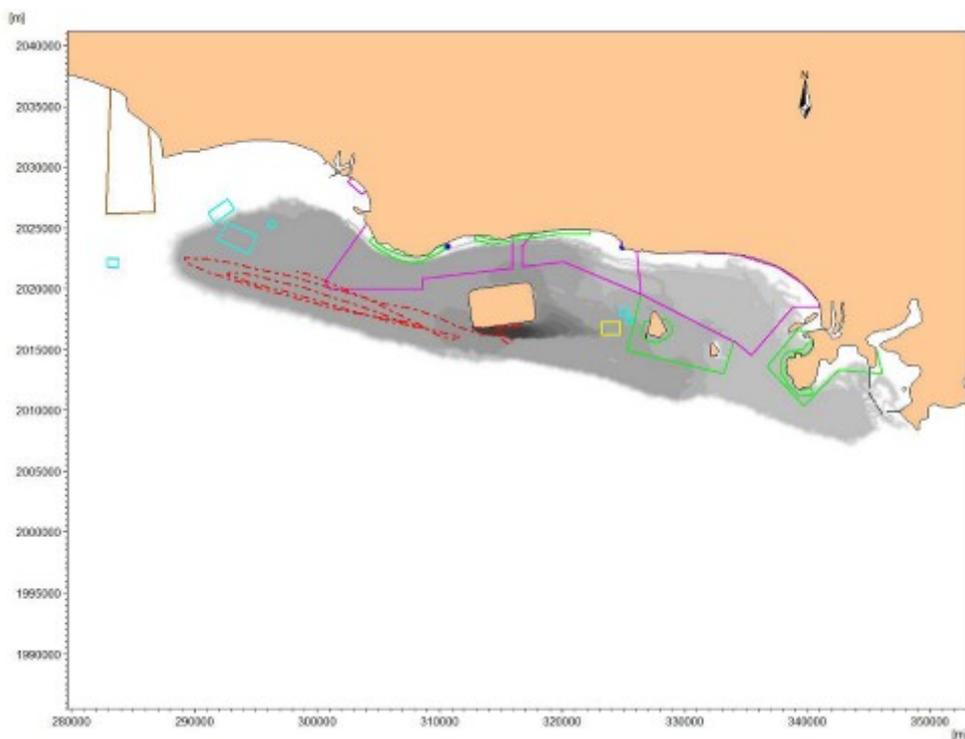


图 7.5-21 夏季落潮 3#点溢油 72 小时油膜扫海范围



图 7.5-22 夏季落潮 4#点溢油 72 小时油膜扫海范围



图 7.5-23 夏季落潮 5#点溢油 72 小时油膜扫海范围

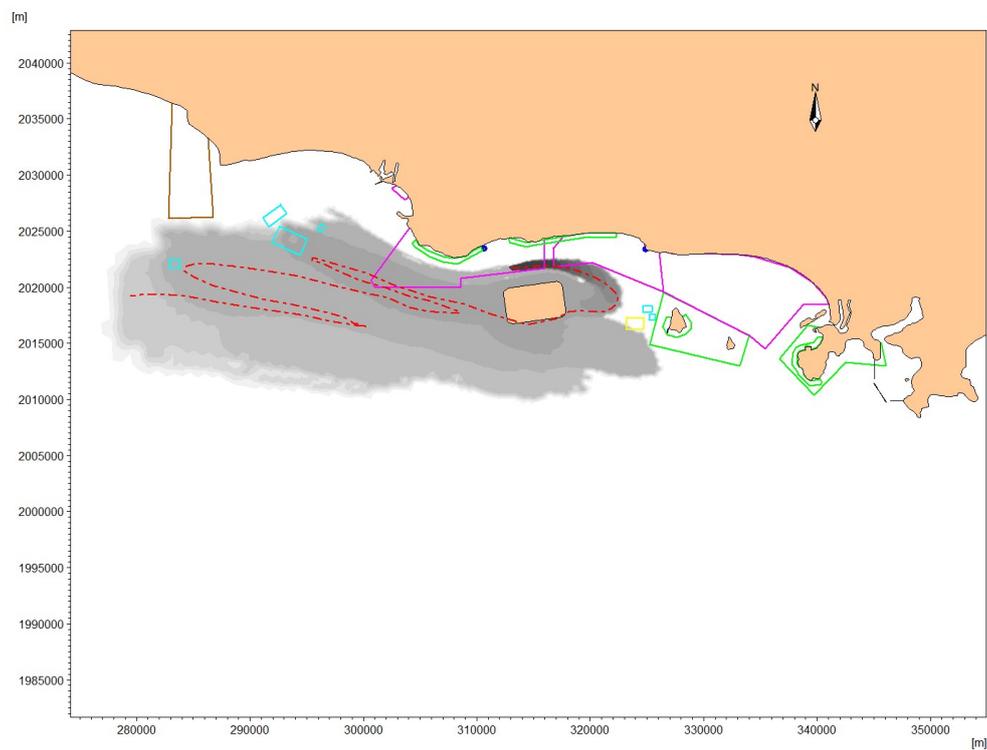


图 7.5-24 夏季落潮 6#点溢油 72 小时油膜扫海范围



图 7.5-25 不利风况涨潮 1#点溢油 72 小时油膜扫海范围

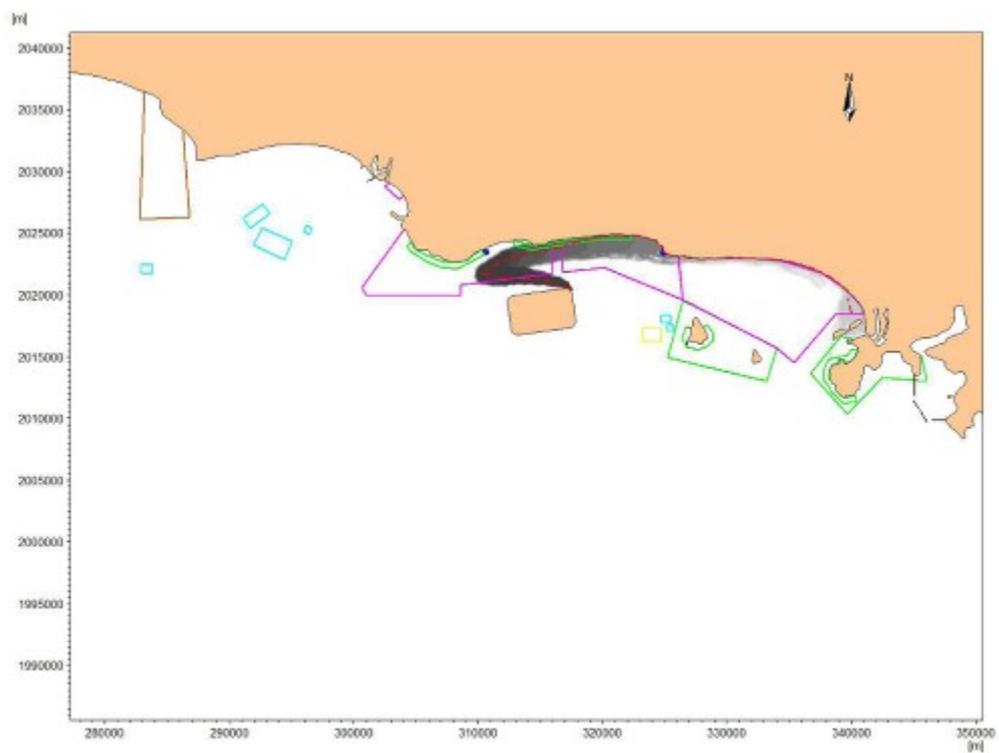


图 7.5-26 不利风况涨潮 2#点溢油 72 小时油膜扫海范围



图 7.5-27 不利风况涨潮 3#点溢油 72 小时油膜扫海范围

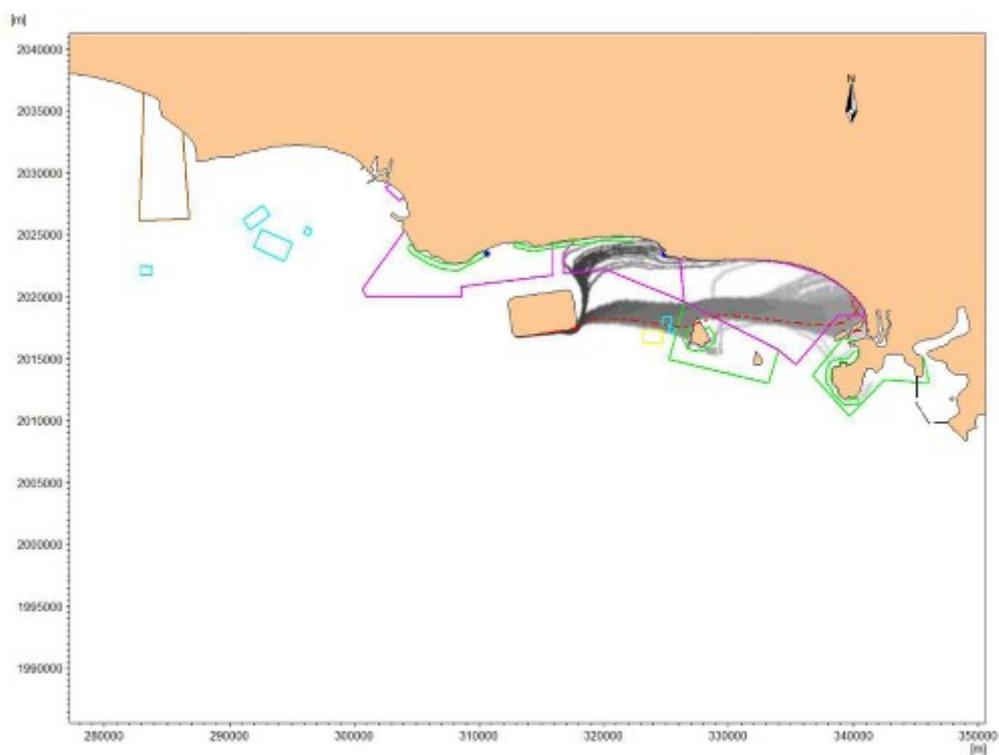


图 7.5-28 不利风况涨潮 4#点溢油 72 小时油膜扫海范围

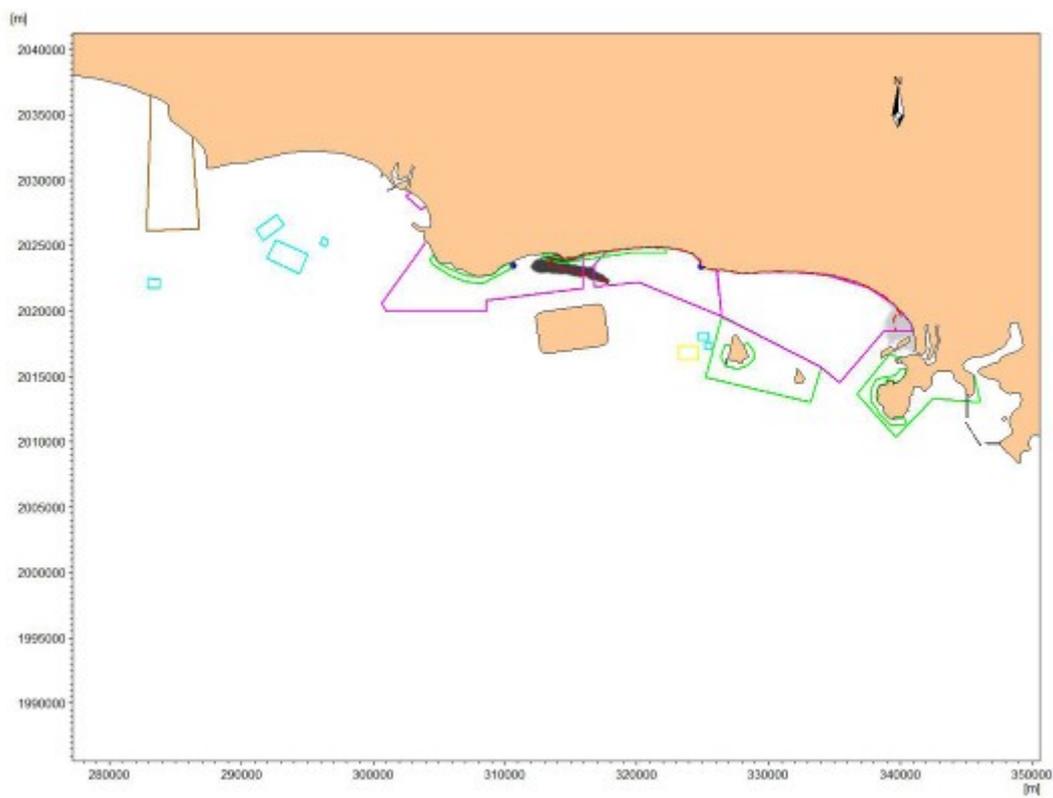


图 7.5-29 不利风况涨潮 5#点溢油 72 小时油膜扫海范围

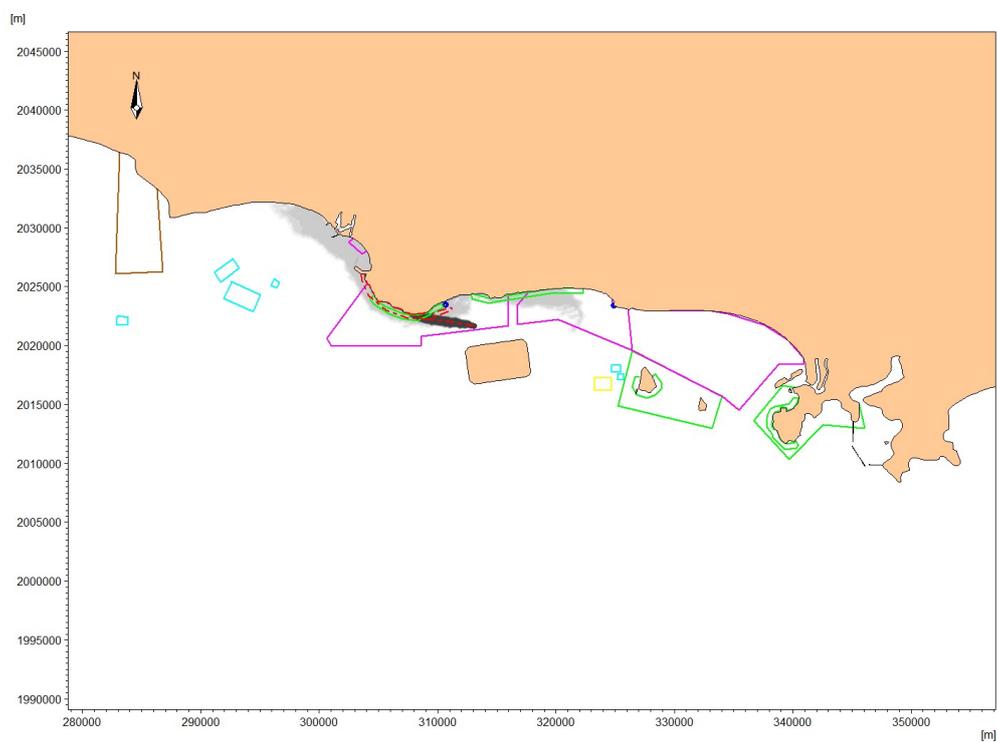


图 7.5-30 不利风况涨潮 6#点溢油 72 小时油膜扫海范围

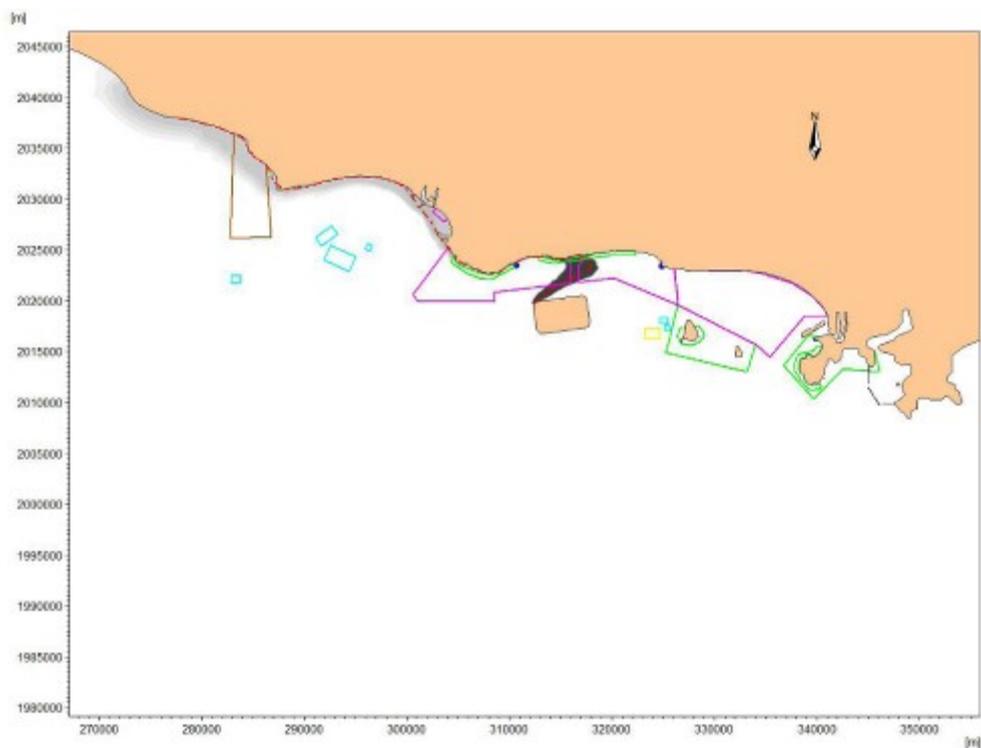


图 7.5-31 不利风况落潮 1#点溢油 72 小时油膜扫海范围

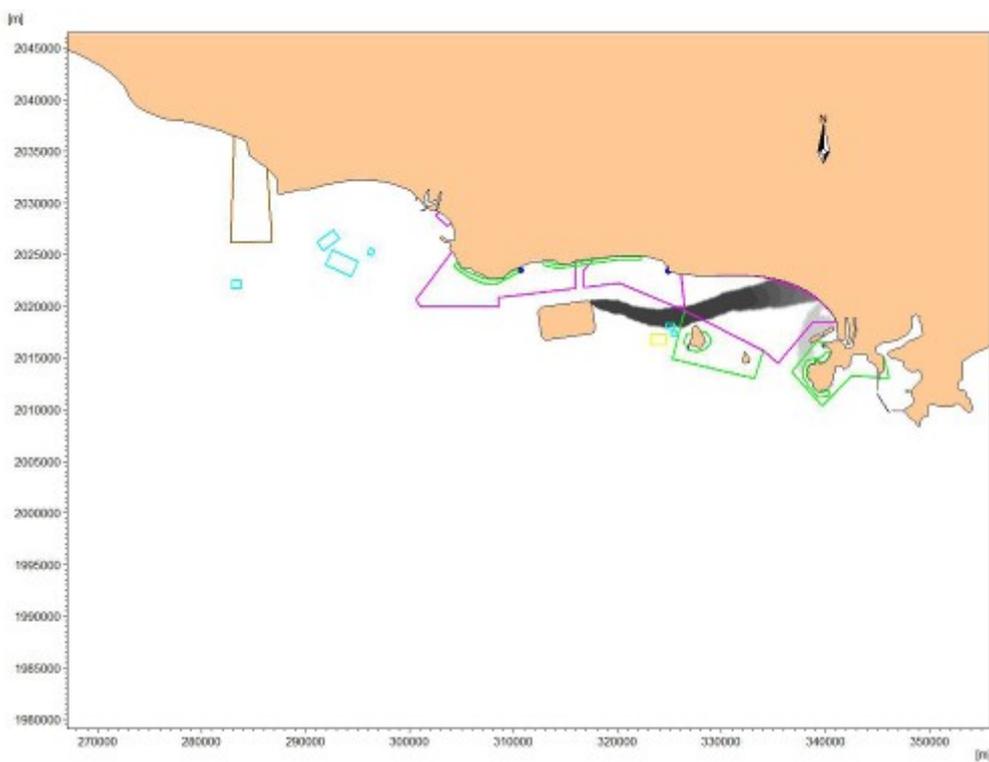


图 7.5-32 不利风况落潮 2#点溢油 72 小时油膜扫海范围

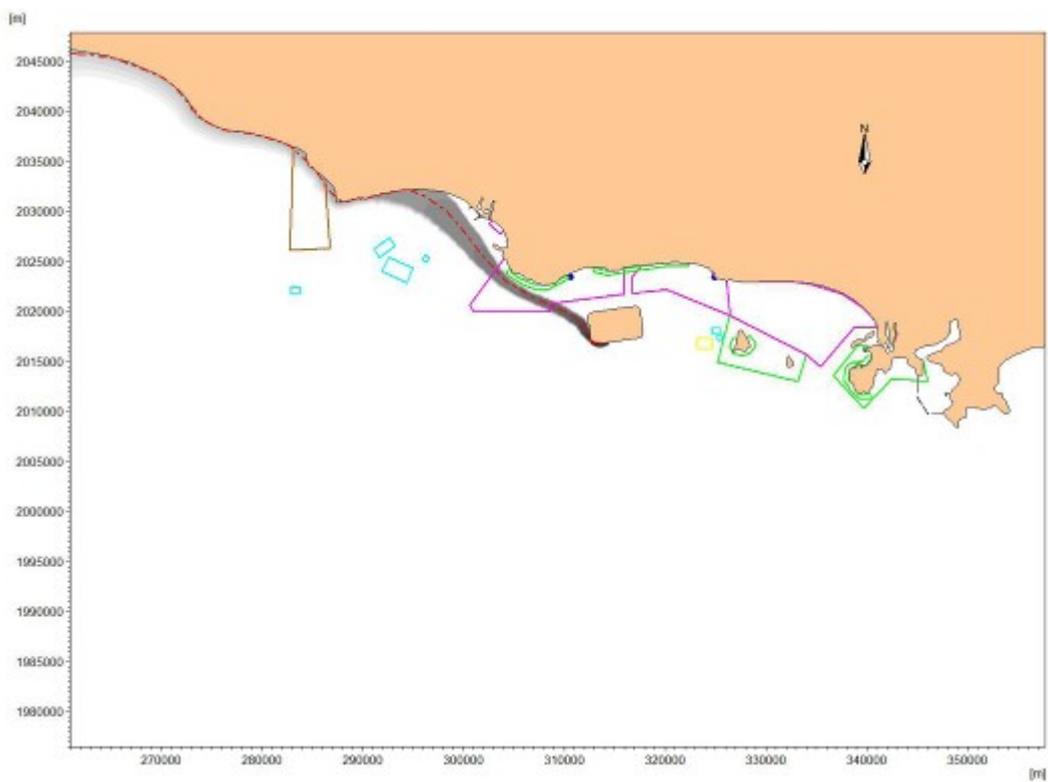


图 7.5-33 不利风况落潮 3#点溢油 72 小时油膜扫海范围

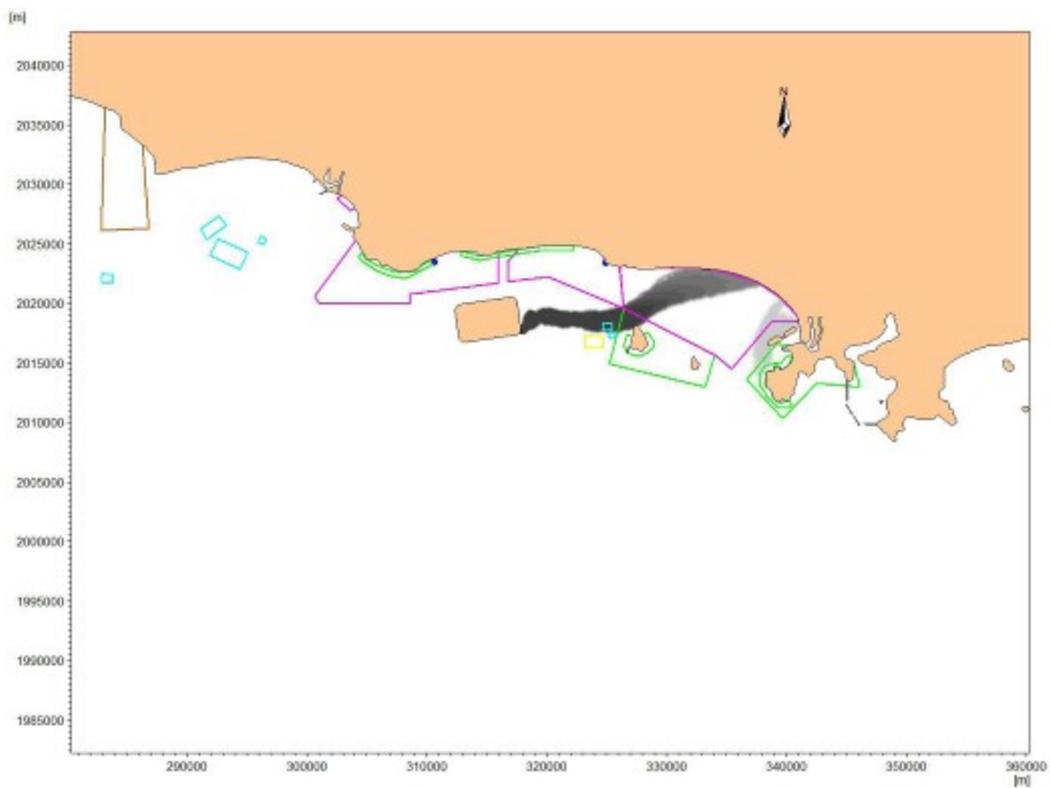


图 7.5-34 不利风况落潮 4#点溢油 72 小时油膜扫海范围

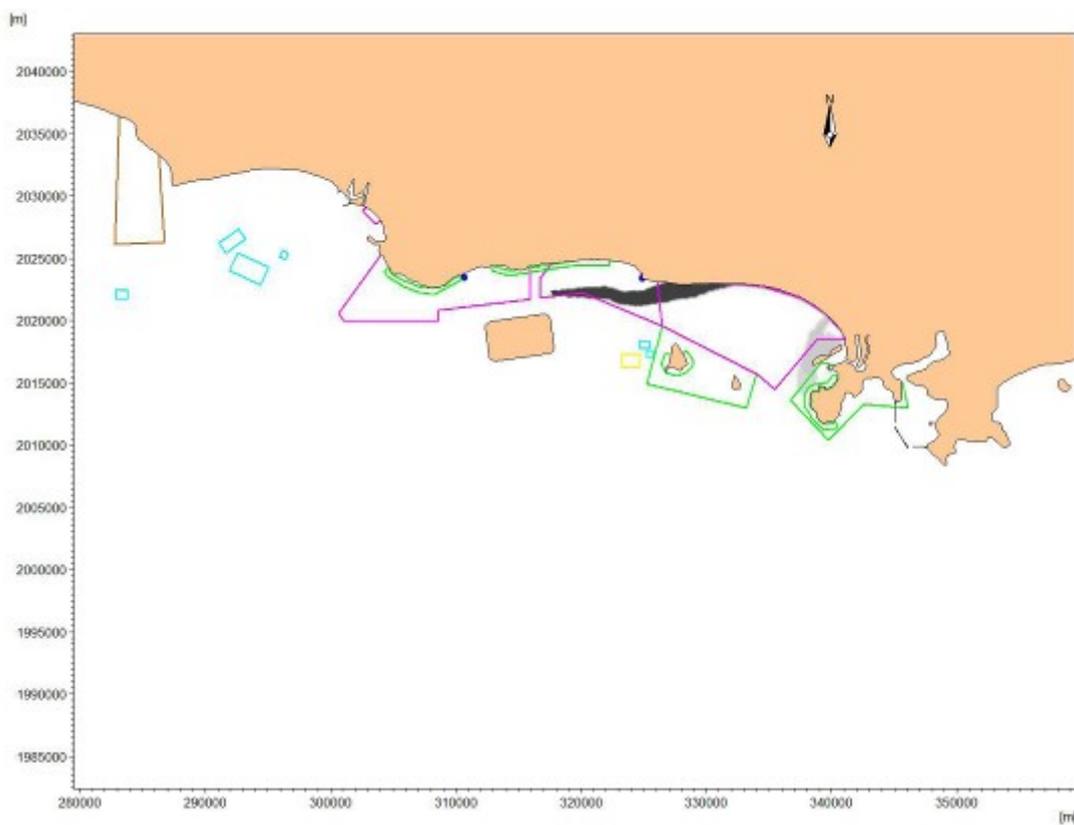


图 7.5-35 不利风况落潮 5#点溢油 72 小时油膜扫海范围

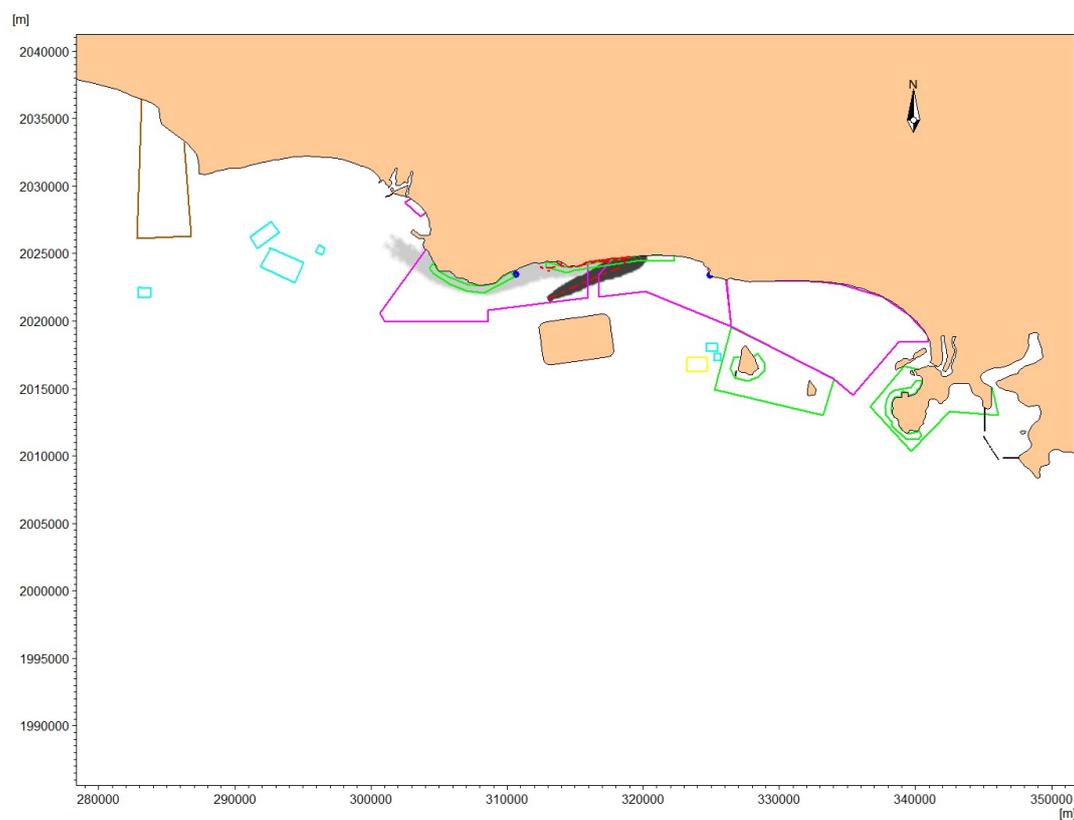


图 7.5-36 不利风况落潮 6#点溢油 72 小时油膜扫海范围

7.6 事故后果分析

燃料油微溶于水，入海后主要漂浮于海面，短期内进入水体的量一般较少，其环境影响主要是隔绝了水体和空气间的正常水气交换，限制了日光向水体的透入，使水质和水体自净能力变差，破坏水生生态系统的光合作用及其物质和能量流，对海洋哺乳类、海鸟等动物的生理功能均有很大伤害；随着燃料油在海面的漂移扩散，溶解或分散于水体中的燃料油量会逐渐增多，其环境影响主要体现在污染水质并毒害水生生物；燃料油一旦上岸，将对岸线及其资源造成污染和损害。

(1) 海洋环境中石油的转归

燃料油、航油等石油烃类物质在海洋环境中的转归比较复杂，在其进入水体后，可通过物理的、化学的和生物的过程从水体环境中去除，统称为风化。其变化过程主要有溶解、蒸发、光化学氧化、颗粒物吸附、表层水体混合乳化、微生物降解等。

表 7.6-1 石油的转归比例及时间

转归方式	经历时间(d)	百分率(%)	转归方式	经历时间(d)	百分率(%)
挥发	1~10	25	生物降解	50~500	30
溶解	1~10	5	分散和沉降	100~1000	15
光化学反应	10~100	5	残渣	100	20

表 7.6-1 是这些迁移、转化作用的大致比例及经历时间。对于燃料油、航油这类重油来说，不易于挥发但沉淀作用较为明显，因此对海底底质的影响较为明显。生物转归分为两个方面，一是海洋环境中微生物的降解作用；二是海洋生物对石油烃的摄取作用。此外，海洋中的植物也能富集和降解部分石油烃。在溢油初期，风化过程中的扩散、弥散、乳化和溶解等最为重要，而氧化、沉淀和生物降解则决定着溢油的最终去向。

(2) 对浮游生物的影响

浮游生物对石油污染极为敏感，特别是由于浮游生物缺乏运动能力，身体柔弱，多生毛、刺，更易为石油所附着和污染。溢油对海洋浮游生物的影响将对整个海洋食物链造成影响，并进而破坏海洋的生态平衡。

溢油对浮游生物的影响程度决定于石油的类型、浓度和浮游生物的种类。作为鱼、虾类饵料的浮游植物，对各类油类的耐受力都很低，石油急性中毒浓度范围为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。浮游动物通过摄食或直接吸收碳氢化合物而受到影响，其急性中毒浓度在 0.1~15mg/L。

通常幼体对于石油污染的敏感度大于成体，永久性浮游动物幼体的敏感性大于临时性幼体。

因此，若发生溢油事故，对油膜所漂过区域的浮游动、植物的损害是十分严重的。一般浮游植物的生命周期仅 5~7 天，在油膜覆盖下，加之其毒性作用，一般不超过 2~5 天即因细胞溶化、分解而死亡。同样，浮游动物也会在毒性作用或缺氧条件下大量死亡。

(3) 对潮下带和潮间带底栖生物的影响

多数底栖动物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0~15mg/L，幼体的致死浓度范围更小一些，而软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油。石油浓度为 0.01ppm 就能引起牡蛎、海胆、寄居蟹、海盘车等耐油性差的底栖动物的死亡；石油浓度在 0.01~0.1ppm 时，对某些底栖甲壳类动物(藤壶、蟹等)幼体有明显的毒性。

油品溢漏入海后，相当一部分石油污染衍生物甚至石油颗粒会渐渐的沉入海底，底栖生物上常附着厚厚的一层石油污染物，使其难以生存。一旦油膜接触海岸，将很难离开，导致该海域滩涂生物窒息死亡或中毒死亡。此外，滩涂及沉积物中未经降解的油又可能再次进入水中造成二次污染。严重的溢漏事故可改变底栖生物的群落结构，影响水生生物系统，造成局部海域有机质堆积，底质环境恶化，导致底栖生物资源量的减少。因此，一旦发生燃料油溢漏事故，必然对潮下带和潮间带底栖生物带来较大的伤害。

(4) 对鱼卵、仔鱼的影响

海洋中大部分经济鱼类都属于浮性卵，仔、稚鱼多营浮游生活，因此它们不仅受到海水中油溶解成分的毒性影响，还极易受海面浮油的影响。研究表明：高浓度的石油会使鱼卵和仔稚鱼在短时间内大量死亡，低浓度的长期的亚急性毒性，可干扰其繁殖和摄食。

漂浮在海面的油膜易黏附在鱼卵和仔稚鱼表面，使鱼卵不能正常孵化，仔稚鱼丧失或减弱活动能力，影响正常行为和生理功能，使受污个体沉降并最终死亡。海水中溶解油对鱼卵、仔稚鱼的危害主要是对生存系统的影响。海洋生物的幼体对石油类的毒性十分敏感，是因其神经中枢和呼吸器官都很接近其表皮，其表皮都很薄，有毒有害物质容易侵入体内。早期生命阶段的鱼卵和仔稚鱼对油污染的毒性最为敏感，油污染导致鱼卵成活率低，孵化仔鱼畸形率和死亡率增高，由此影响种群资源延续，造成资源补充量明显减少。

美国国家海洋大气局的生物学和遗传学家朗威尔指出：石油对鱼卵和鱼苗有毒性，反过来影响细胞的正常分裂。污染海区的鱼卵，由于染色体分裂中止，大部分不能孵化出鱼苗或卵变得干瘪；即使孵化出了鱼苗，也是畸形的。他的实验还表明：鳕鱼卵受精后的最初几个小时很容易被石油及其提炼的油类所污染，这样卵的发育停止，或孵化推迟，即使有的卵孵化出了鱼苗，发育也不正常，它们只能作上下垂直游动，几天后即死亡。

不同的油类对鱼类的毒性效应也不同，如胜利原油对鲮鱼幼体、真鲷仔鱼、哈牙鲆仔鱼的 96 小时半致死浓度分别为 6.5、1.0 和 1.6mg/L；20#燃料油对黑鲷的 96 小时半致死浓度为 2.34mg/L。事故性溢油一旦发生，在其扩散区内，海水中的石油烃浓度将大大超过鱼卵、仔鱼的安全浓度(一般安全浓度为 96 小时的半致死浓度的十分之一)，对浮性卵和漂浮的仔鱼造成严重伤害。如果溢油发生在鱼类的繁殖季节，那么对鱼卵、仔鱼的伤害程度则更为严重。

(5) 对渔业资源的影响

石油泄漏入海后，以油包水或水包油的形式分散在水中，形成乳化油。乳化油颗粒小，可吸附于鱼类的腮上，形成“黑腮”，导致鱼虾呼吸障碍而死亡。石油类对鱼类的化学毒害方面主要表现在通过鱼鳃呼吸、代谢、体表渗透和生物链传递逐渐富集于生物体内，导致对鱼类的毒性和中毒反映，其症状表现为急性、亚急性和慢性。急性和亚急性中毒是指大剂量、高浓度的中毒反映，其症状证据要表现为致死性、神经性、对造血功能的损伤和酶活性的抑制；慢性中毒的影响，既是在小剂量、低浓度下，仍表现代谢毒性、生活毒性以及致癌、致畸、致突变等毒理效应。同时，发生溢油时，不仅表现在对渔业生物的伤害和发育生长的影响，当海水中石油浓度达到一定含量时，就会使渔业生物致臭，不仅使鱼类失去鲜美的味道，更主要的是石油类富集于鱼体内，通过食物链危害人体健康。

相对于鱼卵和仔稚鱼而言，溢油事故对成体鱼类的影响相对较小，主要是由于大量油在海水表面以漂浮形态存在，而大多数鱼类是在中层和底层水中生活。另外，许多上层和中层鱼能逃避黑色油块，底层鱼凭视觉和嗅觉尽量避免和下沉的油块接触。一般来说，如果溢油事故发生在开阔水域，鱼类伤害程度轻；若发生在半封闭或水体交换不良的水域，鱼类受损害程度重。

项目区位于红塘湾海域，水域较开阔。根据溢油事故影响预测结果，溢油油膜 72h 扫海范围内的鱼卵、仔稚鱼将受到不同程度的影响。溢油油膜大部分位于天涯海角景区、红塘湾、南山景区、崖州湾等周边海域，将使南山农渔业区、崖州湾农渔业区、三亚湾农渔业区等海域的鱼虾回避、捕捞业直接减产、渔业资源品质下降。

(6) 对海水养殖的影响

有关研究表明，只要海水中含有 4-8%的柴油，就可使花蛤、牡蛎这类生物深受其害，即使石油类浓度不致死亡，其毒性组分也能聚集于生物体内，使生物的抵抗力下降，也使致癌物质进入食物链。

有关石油及其组分使渔业生物致油臭的报道很多，如 Persson(1984)和 Nelson Smith(1972)指出，10ppb 浓度的石油，1 天即能使鱼沾污并致油臭。Moore 等人指出，鱼、虾、贝在石油浓度为 10ppb 的海水中，1 天即可沾上油味。黄海水产研究所关于石油污染对海洋生物品质影

响的实验表明，文蛤受试 10 天的油臭实验的阈值为 30ppb。

由此可见，若发生溢油事故，由于水产品对石油烃的富集作用，使水产品致油臭，降低产品质量，进而影响渔民的经济收入。燃料油随流漂浮，若进入定置渔业区后，油污将沾污网具，使网具报废；若漂移至沿岸，将对沿岸滩涂和浅海养殖业造成毁灭性的破坏，并在一段时间内，很难恢复至原有水平。这些都将影响沿海渔民正常作业。

(7) 对海洋生态的长期影响

溢油事故对渔业资源的中、长期累积影响主要是造成渔业资源种类、数量及组成的改变，从而使其长期逐渐减产。该影响在海域环境中可持续数年至十几年，因溢油规模及地点而异。一般在近岸、河口或盐沼地发生溢油的恢复时间相对要长些。

根据对法国布列塔尼发生的 Amoco Cadiz 溢油影响的研究表明，溢油后一年，在两个湾里有几种鱼类的幼体完全消失而其成体的生长则显著减少，并且出现病态及畸变，估计其资源恢复到平衡至少需几年时间。根据对美国马萨诸塞州 Buzzards 湾发生的佛罗里达号油驳轮溢油的研究发现，溢油后 3~4 年，大型底栖生物仍没有明显的恢复，而盐沼潮间带的某些蟹类在溢油 7 年后仍未完全恢复，估计溢油的影响最少持续 10 年。根据对加利福尼亚州附近发生的一次溢油观察也表明，大多数生物种群在溢油几年后才得到恢复，但水产资源鲍鱼在 16 年后仍未恢复，而且许多种类也没有达到溢油前的丰度。根据对 Chedabucto 发生的 Arrow 号油船溢油的研究表明，溢油后 6 年，底栖生物的种类多样性仍明显低于对照点，其中软壳蛤的生长率到 9 年后还比较低。Barry 等(1975)曾报道了一次溢油的研究结果，溢油初期潮间带蛤类大量死亡，估计其资源最少要在 5~6 年后才有明显的恢复。Hiyama(1979)报道了日本 Seto Inland Sea 一次溢油的观察，表明溢油初期沿岸渔业资源曾受严重损害，但一年后基本恢复正常，主要因迅速而有力的恢复工作。

(8) 对海岸线的影响

溢油入海后，在风、浪、流的作用下，油膜很难形成一片，往往是破碎成若干小片油膜；分散于水中的油，也往往破碎成大大小小的水团。破碎的油膜和分散的大小水团，随风和潮汐涨落，往往附着、沾粘在岸礁、滩涂泥沙上，根据上述数值模拟结果，施工期若发生溢油，可能对红塘湾、南山风景区、天涯海角风景区、崖州湾以及西岛等周边的岸线造成污染和破坏，对其生态系统造成长期严重影响，降低其滨海旅游价值，其恢复期可长达几年。

(9) 对中华白海豚的影响

施工期间，往来船舶频繁，存在因船舶碰撞或事故产生溢油的风险。溢油对中华白海豚的影响分为物理作用和化学毒害。物理作用表现为大面积油污漂浮在水面，当中华白海豚浮出水

面呼吸时，会产生一定的刺激，对白海豚造成一定的影响。化学毒害作用表现为溢油事故造成的鱼类资源的变化以及在鱼类体内残留的毒性效应，中华白海豚食用受溢油污染的鱼类后就会影响海豚的生长发育。

(10) 对珊瑚礁的影响

本项目东侧有三亚珊瑚礁国家级自然保护区、北侧沿岸分布有珊瑚礁。

根据溢油影响预测结果，SE(13.8m/s，极不利风向)风况下，在人工岛东北角发生事故时，5.25h 后可能到达三亚珊瑚礁海洋保护区。SE(13.8m/s，极不利风向)风况下，跨海桥梁中间位置发生事故时，约 4h 可能抵达沿岸珊瑚礁分布区，将对近岸珊瑚礁产生直接不利影响。

发生溢油事故后，体现为油膜抵达的时间最快，留给应急处置的时间最短。随着时间的推移，油膜将不断扩散，污染面积逐渐变大，因此，当发生溢油时，应当及时采取必要的消油或围油措施，防止溢油扩散，控制和减轻溢油事故所造成的损害程度，最大限度地降低溢油污染对海洋环境的影响。

7.7 环境风险防范对策措施和应急方法

7.7.1 环境风险防范对策措施

(1)设置施工管理机构。为了保障工程水域施工期间正常的通航秩序，确保通航安全维护工作的顺利进行，为港区建设提供有力的安全保障，建议港区在施工期设置管理机构：主要负责航道水域施工期与施工单位及其他单位之间的协调；对通航安全维护管理的内部工作进行组织；定期或不定期与海事部门联系，通报通航安全维护工作情况。按照施工维护方案，保障水上通航安全和施工作业顺利进行。遇有突发性事件时应及时向海事部门报告和请示，视情况采取相应的应急处置措施。

(2)施工单位应切实加强运输船舶的管理，认真制定船舶管理制度，加强船舶安全管理，确保船舶运输安全，制定符合规定并合理可行的碰撞、搁浅、火灾、防油污等各种应急预案。

(3)施工船舶应证照齐全（检验证书、适航证书、国籍证书、防油污证、防生活污染证及承载证书、船舶吨位证书等），船舶配员符合要求，船员应具有有效的适任证书，严禁无证或证书不齐全的船舶进场施工。

(4)业主和施工方应按规定办理施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。业主应督促施工方落实施工期间的监管措施和施工安全保障措施，在施工现场设置必要的警示装置，并确保施工船舶及人员的适航、适任。业主和施工方应和海事主管部门建立有效联系，请

求对施工水域的有效监管，包括申请安全作业区和警戒区、发布航行通告、设置有关标志、申请通航维护及巡航工作等。

(5)施工作业船舶和设施，应尽量避免影响正常航行船舶的通航安全，在有影响时应征得海事主管部门的同意。施工船舶应按规定显示有关信号，派专人守听指定的 VHF 频道，保证船舶间的避让协调通讯及接受海事主管机关的询问。航行船舶与施工船舶均应严格遵守《国际海上避碰规则》及海事主管机关制定的交通管理措施。

(6)施工船舶应严格执行《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》等相关法律法规，制定施工期间的防污染应急预案。施工方应备有足够的防止污染器材和设备，水上、水下船舶施工应采取预防措施，防止油类、油性混合物和其他废弃物污染海域。

(7)船舶驾驶员的业务技术应符合要求。按《防治船舶污染海洋环境管理条例（2009）》，对所用船舶及其人员应提出严格的书面管理要求及所应承担的防止船舶溢油责任和义务，并落实本条例规定的防治污染有关措施。船员对可能出现事故溢油的人为原因与自然因素应学习、了解，提高溢油危害的认识及安全运输的责任感和责任心。

(8)施工船舶应配备符合要求的消防救生设备，定期进行消防救生演习。作业人员应树立安全意识，解缆和冲洗甲板人员必须规范穿着救生衣、戴安全帽，严禁穿拖鞋作业。

(9)对施工设备定时检查和监控，对设备的安全隐患要及时整改，确保设备技术性能良好。

(10)实施值班、了望制度是减少船舶事故发生可能性的重要措施。

(11)及时掌握天气情况，避免在恶劣天气条件下施工作业。实时关注风向风速。

(12)必要的人力、物力和资金应具体落实到位，保证施工作业期间的监管工作顺利进行。

(13)应备有通讯联络器材设备，当出现事故时，能顺畅地与三亚海域溢油应急指挥部联络，并积极配合三亚海事局和环保部门、渔业部门等相关部门做好应急工作。

7.7.2 环境风险应急方法

7.7.2.1 三亚市船舶及其活动污染海洋环境应急预案概况

2015年三亚市政府编制的《三亚市船舶及其活动污染海洋环境应急预案》(以下简称预案)适用于对三亚管辖海域范围内造成或可能造成船舶及其有关作业活动污染海洋环境事故的应急响应组织、指挥和协调；主要包括总则、组织结构与工作职责、预警与预防机制、应急响应、应急行动、后期处置、信息发布、应急保障、监督与管理及附则十个部分组成。有关企业可能发生污染海洋环境的，应当依据有关的法律、法规和本预案的要求制定的应急预案。

在三亚市突发公共事件应急办公室的领导下，以“三亚海事局海上搜救应急指挥中心”为平台，设立“三亚市船舶污染事故应急指挥部”(简称“应急指挥部”)，负责三亚市防治船舶及其有关作业活动污染海洋环境工作，业务上受三亚海上搜救分中心、海南省海上搜救中心指导。应急指挥部下设办公室，挂靠三亚海事局指挥中心。

现场指挥由船舶污染事故应急指挥部授权的人员担任，可以是 1 人或多人，无授权情况下，由三亚海事或渔业主管部门现场最高行政人员担任。在应急处置期间，按照职责分工、专业特长，从各成员单位抽调一定数量的专业人员，组成若干个非常设编制的、具有码头消防和污染处置能力的应急工作组。

7.7.2.2 三亚周边海域船舶污染应急能力

本工程周边分布有三亚华利清污有限公司、海南江海实业有限公司、海南石油太平洋公司码头、崖城 13-1 气田南山终端码头等应急力量。一旦发生溢油事故，应及时、充分地调动、利用三亚周边现有的溢油应急设备，以减轻溢油对环境的影响。

表 7.7-1 海南石油太平洋公司码头防污应急设备清单

设备名称	规格型号	技术参数	生产厂家
绳式收油机	SS-10	10m ³ /h	青岛华海环保工业公司
真空收油机	ZK-10m ³ /h	10m ³ /h	广州泰洋环保公司
电动隔膜泵	DBY-15	15m ³ /h	青岛金奥工贸有限公司
PVC 围油栏	WGV-1-750	460m	青岛华海环保工业公司
吸油毡	PP-2	1.5t	青岛华海环保工业公司
消油剂	浓缩型	1.5t	青岛华海环保工业公司、广州泰洋环保公司
移动储油罐	QG-2	21m ³	青岛华海环保工业公司
油拖网	TYT-4	4m ³	广州泰洋环保公司
溢油分散剂喷洒装置	PS40	40L/min	广州泰洋环保公司
溢油报警系统		2 套	青岛华海环保工业公司

表 7.7-2 崖城 13-1 气田南山终端码头防污应急人员防护设备配备表

序号	项目名称	数量	序号	项目名称	数量
1	杜邦防护衣	20 套	9	吸收材料（消防砂）	5 套
2	防火隔热服	15 套	10	泄露处理桶	5 个
3	空气呼吸器	20 套	11	塑料软刷	10 个
4	防毒面具	30 个	12	塑料簸箕	10 个
5	护目罩	100 个	13	胶布	20 卷
6	防尘口罩	50 个	14	肥皂	20 卷
7	抗腐蚀手套	100 双	15	救生艇	1 艘
8	便携式可燃气体探测仪	2 台			

表 7.7-3 崖城 13-1 气田南山终端码头防污应急器材

名称	型号	数量	存放地点	备注	
消油剂	消油剂	GM-2(55 加仑/桶)	6 桶	南山终端 2#化学品仓库	有效期至 2015 年 8 月
	消油剂	GM-2(55 加仑/桶)	6 桶	海洋石油 606	有效期至 2015 年 8 月
	消油剂	GM-2(55 加仑/桶)	6 桶	南鸥	有效期至 2015 年 8 月
吸油类 设备	吸油粉末	56.6 升/袋	200 袋	南山终端	
	吸油垫纸	3M,T-151,17"×19", 200 片/袋	30 袋	南山终端	
	沾油丝	12.5 米/条	80 条	南山终端	
	吸油栏	2.9 米/条	250 条	南山终端	
	吸油栏	3MPetreleum	65 条	南山终端	
消油剂 喷洒 设备	船载喷洒装置		2 套	海洋石油 606、南 鸥各一套	总喷洒速率 2.4 吨/小时
	喷雾器	X-PERT/4 加仑	9	南山终端	
	喷雾器	2 加仑	2	南山终端	
	喷雾器	3 加仑	2	南山终端	
	喷雾器	21/4 加仑	18	南山终端	
围油栏	围油栏	6"×12"(30 米/节)	420m	南山终端	日常作业布放兼顾应急
	围油栏	12"×24"	600m	南山终端	应急
	围油栏	38"	200m	南山终端	应急
撇油器 及其 组件	撇油器	CRUCIAL	1 台	南山终端	
撇油器 及其 组件	撇油器	Skim-Pak	1 台	南山终端	
	液压吸油泵	CRUCIAL	1 台	南山终端	卸载速率 15m ³ /h
	撇油头	Skim-Pak	1 台	南山终端	
	撇油头	CRUCIAL	1 台	南山终端	
	吸油管	2"	2 条	南山终端	
	吸油管	2"	1 批	南山终端	
	柴油机	带驱动液压泵	1 台	南山终端	
	柴油机	带驱动液压泵	1 台	南山终端	
储存装 置	tote tank	550Gallon	16	南山终端	
	tote tank	250Gallon	16	南山终端	
其它	布栏机	BR-75*8HM	3 套	南山终端	
	围油栏布放艇		1 艘	南山终端	
	移动式水箱		5	南山终端	
	围油栏连接头		3 个	南山 C4	
	围油栏连接头插销		40 个	南山 C4	围油栏连接头插销
	围油栏潮汐增补器		4 个	南山 C4	围油栏潮汐增补器
	小推车		4 台	南山 C4	小推车

表 7.7-4 海南江海实业有限公司防污设备清单

设备名称	设备参数	类型	数量	存放地点
吸油毡	20KG/包	纤维型	3 包	公司仓库
消油剂	20KG/桶	浓缩型	10 桶	公司仓库
吸油拖栏	3 米/条	XTL-250	400 米	公司仓库
消油喷洒装置	20 立方/小时	PS40	1 套	公司仓库

表 7.7-5 三亚华利清污有限公司防污设备清单

设备名称	设备参数	类型	数量	存放地点	有效期
浮子式 PVC 围油栏	总高 1.5 米	WGV1500 型	1000 米	公司仓库	
浮子式橡胶围油栏	总高 0.9 米	WGV900 型	1000 米	公司仓库	
岸滩围油栏	总高 0.6 米	WAT600 型	2000 米	公司仓库	
防火围油栏	总高 0.9 米	WGF900 型	200 米	公司仓库	
充水机		WAT600 型	4 台	公司仓库	
转盘式收油机	20 立方/小时	ZSJ20	3 台	公司仓库	
硬刷式收油机	10 立方/小时	ZS10	1 台	公司仓库	
动态斜面收油机	100 立方/小时	DX100	2 台	公司仓库	
船用喷洒装置	20 立方/小时	PSH80	2 台	公司仓库	
便携式喷洒装置	20 立方/小时	PSH20	6 台	公司仓库	
热水清洗机	10 立方/小时	热水型	1 台	公司仓库	
冷水清洗机	20 立方/小时	冷水型	2 台	公司仓库	
吸油毡	20KG/包	pp-2/pp-5	6 吨	公司仓库	三年
吸油拖栏	3 米/条	XTL-200	1200 米	公司仓库	三年
油拖网		SW-6	1 套	公司仓库	
消油剂	20KG/桶	富肯-2	10 吨	公司仓库	三年
卸载泵装置	100 立方/小时	XZB100	2 台	公司仓库	
化学吸收剂	颗粒	英必斯	3 吨	公司仓库	三年
储油囊			4 套	公司仓库	
污油水车	5 立方		2 台	公司仓库	
污油水分离池	200 立方		1 个	公司仓库	
污油储存罐	30 立方		2 个	公司仓库	
番龙油 9	340 总吨	回收船	1 艘	三亚内港	
琼儋州渔油 10004	113 总吨	回收、储存	1 艘	三亚内港	
围油栏布放艇	60 匹	辅助船	1 艘	三亚内港	
华利 2 号	80KW	辅助船	1 艘	三亚内港	
华利 3 号	80KW	辅助船	1 艘	三亚内港	
华利 4 号	40KW	辅助船	1 艘	三亚内港	
华利 1 号	38 总吨	辅助船	1 艘	三亚内港	
琼三亚 L1093		辅助船	1 艘	三亚内港	

表 7.7-6 海事防污设备统计表

序号	设备名称	参数	类型	数量	存放地点	保管人	替代保管人
1	固体浮子式橡胶围油栏	米	WGJ1100	800	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
2	不锈钢连接夹板	件	1100 型	78	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
3	不锈钢铰链式快速接头兼拖头	套	1100 型	2	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
4	不锈钢螺栓	套	M12×35	650	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
5	吸油拖栏	米	XTL-Y220	1302	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
6	溢油分散剂	吨	浓缩型	2	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
7	转盘式收油机	台	ZSY20	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
8	消油剂喷洒装置	套	PS80	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
9	快速布放围油栏	米	KSW1000	200	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
10	卷绕机	套	1000 型	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
11	卷绕机动力站	台	1000 型	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
12	拖头	套	1000 型	2	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
13	轻便储油罐	个	QG-V10	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
14	吸油毡	吨	PP-5	2	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
15	下行式收油机	套	DXS40 型	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
16	高温高压清洗剂	套	BCH1217B	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
17	防爆卸载泵	套	XZB100F	1	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
18	防护服	套		10	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚
19	防护鞋	双	41#/42#	各 5	三亚华利公司仓库	林龙	刘志坚

7.7.2.3 应急响应时间与溢油应急设备配备要求

根据数值模拟结果，一旦溢油，溢油油膜最快 2~4h 左右以内将影响到环境敏感目标。

但根据三亚周边海域船舶污染应急能力状况，位于红塘的海南石油太平洋公司码头防污应急设备库距离本工程区最远处约 10km，约需 0.54h 可到达本工程区；崖城 13-1 气田南山终端码头防污应急设备库距离本工程区最远处约 20km，约需 1.08h 到达本工程；三亚周边海域其他现有应急设备与物资距离本工程区较远。根据《三亚市船舶及其活动污染海洋环境应急预案》（2015），“在应急行动启动，应急指挥部下达指令后，港区内水域发生船舶污染事故，应急力量在 30 分钟以内到达，1 小时内有效开展清污或防备行动，1.5 小时内完成岸线敏感资源保护”，可见三亚周边海域的现有防污应急设备与物资尚不能满足应急响应要求。

因此，本工程需配备相关的溢油应急设备。本工程最大施工船舶为万方耙吸式挖泥船，根据《港口码头溢油应急设备配备要求》（JT/T451-2009）中的“海港其它码头溢油应急设备配备要求(10000 吨级~50000 吨级(含))”，本工程应在人工岛的施工营地和交通艇、指挥艇上各配备如表 7.7-7 的溢油应急设备。其中，可使用经改造后符合相关要求的船舶兼用或专用为围油栏布放艇。应按照相关要求对溢油应急设备进行定期检查和及时更新，保持溢油应急设备处于有效状态。

表 7.7-7 本工程溢油应急设备配备要求

设备名称		人工岛施工营地的 配备要求	交通艇、指挥艇上的配 备要求
围油栏	应急型 (m)	500	500
收油机	总能力 (m ³ /h)	3	3
油拖网	数量 (套)	1	1
吸油材料	数量 (t)	0.5	0.5
溢油分散剂	浓缩型, 数量 (t)	0.4	0.4
溢油分散剂喷洒装置	数量 (套)	1	1
储存装置	有效容积 (m ³)	3	3
围油栏布放艇	数量 (艘)	1	1

7.7.2.4 本项目溢油事故应急预案

船舶溢油事故发生后, 能否迅速而有效地作出溢油应急反应, 对于控制污染、消除污染、减少污染损失等都起着关键性作用。本项目应建立严格的安全生产规章制度, 根据有关的法律、法规和《三亚市船舶及其活动污染海洋环境应急预案》编制溢油事故应急预案, 并报有关部门批准, 建立事故应急反应的组织指挥系统和通畅有效的应急指挥通讯网络, 积极配合海事局和海洋与渔业、环保等管理部门做好相关应急工作。一旦出现溢油事故, 立即启动应急预案。

(1) 应急预案内容

总则, 包括编制目的、编制依据、适用范围和工作原则等;

应急组织指挥体系与职责, 包括领导机构、工作机构、地方机构或者现场指挥机构、环境应急专家组等;

预防与预警机制, 包括应急准备措施、环境风险隐患排查和整治措施、预警分级指标、预警发布或者解除程序、预警相应措施等;

应急处置, 包括应急预案启动条件、信息报告、先期处置、分级响应、指挥与协调、信息发布、应急终止等程序和措施;

后期处置, 包括善后处置、调查与评估、恢复重建等;

应急保障, 包括人力资源保障、财力保障、物资保障、医疗卫生保障、交通运输保障、治安维护、通信保障、科技支撑等;

监督管理, 包括应急预案演练、宣教培训、责任与奖惩等;

本项目的概况、周边环境状况、环境敏感点等;

本项目的环境危险源情况分析, 主要包括环境危险源的基本情况以及可能产生的危害后果及严重程度;

应急物资储备情况, 针对单位危险源数量和性质应储备的应急物资品名和基本储量等;

附则，包括名词术语、预案解释、修订情况和实施日期等；

附件，包括相关单位和人员通讯录、标准化格式文本、工作流程图、应急物资储备清单等。

(2) 组织指挥

为保证快速反应，应组成本项目溢油应急指挥部，接受三亚市船舶污染事故应急指挥部的领导，负责组建本项目的应急队伍、培训与演习等。在发生溢油事故时，作为应急现场指挥部的成员。

(3) 应急培训与队伍建设

建立溢油防范教育和培训制度。全体人员都应接受溢油应急培训，了解溢油行动计划的有关常识，掌握应急设备器材的使用方法。按照《防治船舶污染海洋环境管理条例》，落实船舶及其人员应承担的防止船舶溢油责任和义务，以及该条例规定的防治污染有关措施。人的不安全行为是事故因果链中引发事故的直接原因，规范船员操作行为能直接阻止事故的发生。

(4) 应急通讯

船舶应配备必要的移动电话、VHF 等海上安全保障设施，负责海上通信联系、助航、航标指示、海事警报、气象海况预报等安全监督业务。当出现溢油事故时，能顺畅地与三亚海事局及相关应急队伍联络，并积极配合三亚海事局和环保部门、海洋渔业部门、自然保护区主管部门做好相关应急工作。

(5) 事故报告程序和报告内容

发生船舶污染事故时应及时报告，应立即向应急指挥部报告，应急指挥部办公室实行 24 小时值班，具体联系：

- ①甚高频（VHF）、中高频（MF、HF）等船用通信系统；
- ②全国统一水上遇险求救电话：12395；
- ③应急指挥部办公室值班电话：0898-88272063；

事故报告内容包括：事故源名称（发生溢油事故的船舶、设施或码头名称等）、时间和地点、事故类型或发生事故的原因、溢出油的部位与溢油品种、溢油初步估计及进一步溢油的可能性、发生事故处的气象与水文状况、溢油油膜漂移方向及受溢油污染威胁的区域、已采取和准备采取的溢油污染防治措施、报告人的姓名、单位、地址、日期和联系方式等。

此外，发生船舶溢油事故时，应及时通知相邻的码头，必要时要求相邻单位予以控制污染等方面的协助。

(6) 应急响应

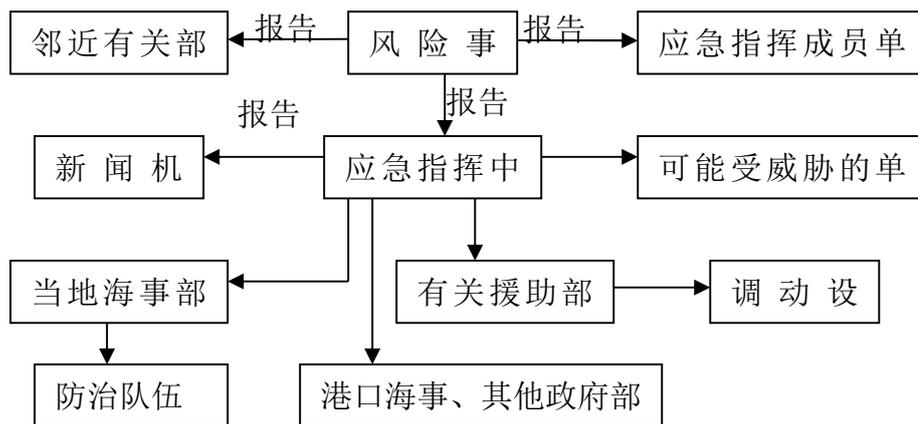


图 7.7-1 事故应急计划主要流程图

为了确保有关人员能在发生事故时能及时得到警报并针对发生的紧急情况作出相应的反应、采取应对措施而设定应急响应程序。应急指挥中心应根据事故溢油量、危害程度和发展事态、事故大小级别，作出适当的响应。

应制定事故应急计划流程，确保在溢油事故发生时，能立即启动应急预案，及时采取措施。

(7) 应急对策与污染控制措施

A.启动分级应急响应程序

发现溢油事故后，应立即通知相关操作人员，采取一切办法切断事故源。并作出判断，启动分级应急响应程序，迅速通知应急指挥部、海事部门和环保部门等主管部门。现场应急指挥中心立即按职责实施事故救援。

B.消除泄漏的措施

迅速查明事故发生的源点、泄漏部位和原因。初步判断船舶破损情况，组织堵漏和将残油转移。当肇事船舶作业有困难时，可按以下几点协助进行。作业要求：

①必要时，由救捞人员进行水下探摸。采取各种可能的方法，尽力封堵破损口。

②将残油驳至其他舱或可接收油的油驳及油囊中。

③为保证两船安全并靠，应在两船船舷之间设置足够的碰垫，并准备移动式球形碰垫。过驳时派专人随时调整和加固缆绳，密切监视输油管及油舱状况。

C.溢油的围控

①当船舶在码头前沿溢油时，在事故码头周围布设一道或多道围油栏进行围控。如果发生汽油等易燃油品泄漏时，还应增设防火围油栏，调用消防船待命，采取防火与防爆措施。

②船舶在锚地、航道上溢油时，事故现场的海况(波高、流速、风速等)符合围油栏的作业条件许可时，采用围油栏在海上进行定位围控。

③在现场围油不可能的情况下,可用围油栏将溢油诱导至利于进行清除作业且对环境敏感区影响较小的水域,再进行清除作业。

④当溢油受风和流的影响有可能向环境敏感区漂移时,需在敏感区周围布设围油栏,减少污染损害。

无论是围油栏围油,还是撇油器回收溢油,都受到海况的制约。因此,定期对海域环境参数进行监测,设置溢油漂移路径数值模拟实时预报系统,对准确而迅速地布置围油栏,控制油污污染以及保护海洋环境十分有益。

D.海域海岸溢油清除

溢油被限制在一定的水域之后,应及时对其进行回收、处理,根据溢油量的大小,油的扩散方向、气象及海况条件,迅速高速围油方向和面积,缩小围圈,用吸油船最大限度地回收流失的油,然后加分散剂进行分散乳化处理,破坏油膜,减轻其对海域的污染。水面溢油回收后的应急储存也很关键,除了利用当地储油设施和调动油船外,还应使用水上应急储油装置如浮动油囊,陆岸应急储油装置如轻便储油软罐等,以顺利完成水面溢油回收后的处理。

E.主要环境敏感目标的溢油围控及清除

船舶发生溢油事故后,除立即向指挥部报告外,还应立即通知三亚珊瑚礁国家级自然保护区等环境敏感目标的管理部门,立即采取预防溢油污染措施。

(8) 应急设备

建议本项目船舶事故应急处理可依托已有应急处理设施,与具有事故处理能力的单位签订事故处理合作协议,同时本项目应按《港口码头溢油应急设备配备要求》配置溢油应急设备。

(9) 应急状态终止与恢复措施

当事故现场得到控制、溢油污染无继发可能、溢油污染损害索赔取证记录已完成,进入索赔准备后,经环境、消防、卫生等有关主管部门批准,确认终止时机。应急状态终止后,应根据上级有关部门的指示和实际情况,继续进行环境监测和评价工作,直至自然过程或其他补救措施无需继续进行为止。

7.8 海洋灾害环境风险分析

7.8.1 海洋自然灾害统计分析

7.8.1.1 台风风暴潮

风暴潮一般伴随台风而产生的,风暴潮大小主要取决于台风强度。根据 1949~2015 年间西

北太平洋海域发生的热带气旋资料统计，工程海域岸段属于风暴潮的多发区，影响该岸段的热带气旋较多，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。

第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，在北部弯口的越南沿岸登录。

第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。

第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，多发于 3 月和 6 月。相较生成于南海的热带气旋，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。

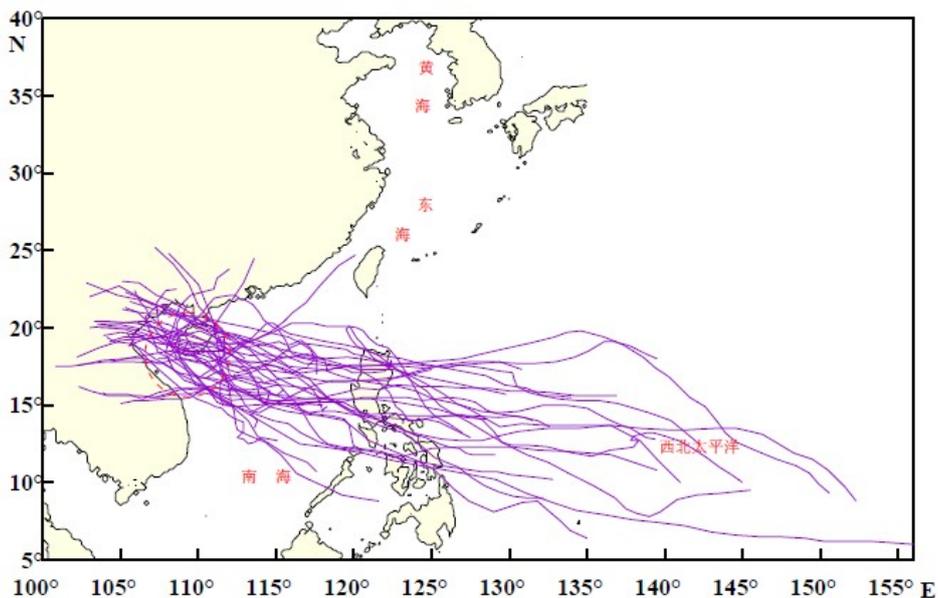


图 7.8-1 1995~2015 年间影响三亚湾的强热带风暴级以上热带气旋路径

表 7.8-1 1949~2015 年间影响三亚湾热带气旋的统计结果

月份\类型	热带低压	热带风暴	强热带风暴	台风	强台风	超强台风	Σ(次)	频率(%)
1 月	0	0	0	0	0	0	0	0
2 月	0	0	0	0	0	0	0	0
3 月	0	0	0	0	0	0	0	0
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
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
Σ(次)	93	48	72	61	37	29	340	—
频率(%)	27.35	14.12	21.18	17.94	10.88	8.53	—	100

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”(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”(1973年11月16日~11月26日)。

表 7.8-2 陆(或严重影响)三亚的部分热带气旋简况

序号	编号	起止时间	登陆强度	登陆时			
				登陆点	时间	中心气压/hpa	中心风力/级
1	7113	07.09~07.18	STS	三亚陵水	07.17.16~17h	983	9~10
2	7126	10.01~10.09	STS	三亚	10.9.05~17h	980	11
3	7318	11.11~11.20	T	三亚	10.18.19~20h	973	12
4	1809	08.09~08.13	TS	陵水、三亚	08.11.10h	983	8
5	8105	6.27~07.05	T	三亚	07.04.02~03h	965	12
6	8521	10.11~10.22	T	三亚	10.21.08	970	12
7	8905	06.04~06.12	T	陵水、三亚	06.10.11~12h	960	12
8	8926	09.29~10.03	T	三亚	10.02.23~24h	970	12
9	9016	08.24~08.30	T	三亚南部经过	08.29.02h	965	12
10	9204	06.24~07.01	T	三亚	06.28.05h	965	12
11	9508	08.24~08.30	T	三亚	08.28.10h	980	10
12	9612	08.18~08.23	T	三亚	08.22.06h	970	12
13	0016	09.02~09.10	T	陵水、三亚	09.09.08h	975	12
14	0518	09.20~09.28	T	万宁陵水	09.26.03h	970	12

根据各热带气旋对三亚市的影响严重程度，摘录热带气旋登陆时三亚站实测气压<990hpa的热带气旋列于表 7.8-2。

表 7.8-3 1953~2012 引起秀英站风暴潮增水大于 50cm 的各月统计

台风登陆或影响月份	西太平洋生成台风	南海生成台风	合计	频率
6	3	1	4	5.8%
7	12	4	16	23.2%
8	10	2	12	17.4%
9	12	7	19	27.5%
10	12	2	14	20.3%
11	3	1	4	5.8%
合计	52	17	69	100

近年来登录三亚海域的台风较少，但在南海活动的热带气旋中接近 60%会影响到海南岛，并造成不同程度的风暴潮。由于热带气旋路径及其影响的多变性，不同热带气旋在三亚所产生的风暴潮的特征是不同的。

2018 年 6 月 6 日 6 时 25 分，第 4 号台风（热带风暴级）在广东湛江市徐闻县新寮镇沿海地区登陆，登陆时中心附近最大风力 8 级。6 日 14 时 50 分，在海口市沿海再次登陆，登陆时中心附近最大风力有 8 级。7 日 20 时 30 分，广东阳江海陵岛再次登陆，最大风力 8 级。当天 14 时 50 分前后在海南海口沿海再次登陆。共造成受灾 21.47 万人，因灾死亡 5 人，直接经济损失 4.6 亿元。

2017 年第 19 号台风“杜苏芮”于 14 日夜间到 15 日上午掠过海南南部海面，并于 15 日傍晚前后在越南北部沿海登陆。13 日 20 时到 14 日 20 时，受“杜苏芮”影响，广东沿海、海南沿海、琼州海峡、南海大部、北部湾有 7-9 级大风，“杜苏芮”中心经过的附近海域风力可达 10-13 级，阵风 14-15 级。海南岛、广东西部的部分地区有中到大雨，其中海南岛东部局地有暴雨(50-80 毫米)，台风影响期间三亚测站最高潮位 2.17m。

7.8.1.2 海浪灾害

历史上工程海域遭受的海浪灾害大多由热带气旋引发的巨浪造成。南海海区灾害性海浪产生的因素主要是热带气旋和冷空气，一年之中，冬季由冷空气影响产生的灾害性海浪发生的日数较多，但夏季由热带气旋影响产生的灾害性海浪成酿成的灾害损失比较大。据统计，海南省海区的灾害性海浪具有明显的季节性。冬季受冷空气影响，易产生灾害性海浪，通常由北向南逐渐传播，影响海南省东北部、东部和南部海区；有时受冷空气和热带气旋配合影响，灾害性海浪则发生在两系统影响的过渡区。夏季，受热带气旋影响，灾害性海浪时有发生。根据多年资料统计，南海海区平均每年出现浪高大于 4 m 以上日数为 76 天，冬夏两季的灾害性海浪发生日数的比例约为 2:1。

7.8.1.3 海啸

海啸是由于海洋地壳错动引起的大面积水体上升或下降所产生巨大势能转变为水体的动能而生成的一系列周期很长的重力波，海啸波携带着巨大能量直冲岸边，波高骤增，这种巨浪可冲毁和卷去沿岸建筑和人畜，造成灾害。

地震是引发海啸的主要原因，但并不是所有的地震都会引发海啸。据中国地震局相关资料显示，在 1.5 万次海底构造地震中，大约只有 100 次能够引起海啸。海啸的发生需要满足大地震、深海和开阔逐渐变浅的海岸这三个条件，缺一不可。

我国是一个多地震的国家，地震西部多东部少，但地震海啸却不多见，据不完全统计，从公元前 47 年~2011 年，中国沿海共发生 51 次地震海啸，在各省份中，台湾发生的次数最多，有 28 次，其次是山东、浙江和广东，分别发生 4 次、4 次和 3 次，福建和上海有历史纪录的海啸均为 2 次，辽宁仅有一次，其它省份没有记录。按照区划，台湾周围是海啸的高发区，其次是大陆架区域，低发区是渤海区域。

根据历史资料，1605 年 7 月 13 日，海口 7.5 级地震，引起了近海 70 多个村庄沉陷为海，说明海南岛沿海存在地震海啸灾害的可能性¹。在 1992 年 1 月 4 日至 5 日；我国海南省西南部海域（18°N，108°E）海底发生弱群震，一天时间内就记录到 8 次地震，最大震级 3.7 级，震源深度 8~12km。受其影响海南岛南端的榆林验潮站 5 日 16 时左右记录到 0.78m 的海啸波，周期 30 分钟；三亚港也同时记录到 0.5~0.8 米的海啸波，并连续发生 4~5 次，与此同时，海南岛西南的东方站和北部的海口秀英站的验潮记录曲线上也明显地出现海啸波振动。海啸发生时，三亚港的潮水急涨急退，涨潮时潮势急促，目测可达 10 节以上，每次涨退潮过程 20~40 分钟不等。涨潮时带有轻微的响声，并出现明显流带，有些地方出现涡旋，海水较混浊，水面发现有小鱼翻白上浮。由于这一特异的水文变化过程，造成停泊在三亚港的渔船出现一片混乱，海啸波把一些船只冲到沙丘上搁浅，并使大量停泊于三亚港的船只相互碰撞、拥挤、拉断系泊缆绳和锚链，有的船碰撞在沿岸固定物体上而受到不同程度的损坏，大约 5~6 艘 30 到 50 吨的渔船险些翻沉，有一收购鱼苗的渔排被其它船只冲撞压坏而漏走珍贵的石斑鱼苗，损失数千元。港区附近居民见此异常海况，已准备弃家出走。榆林红沙港在 5 日下午，码头上系泊船只的木桩因受突发性涨潮影响，被漂动的船只拉断，幸好该港停泊的船只不很多，没有造成大的损失。港门港于 5 日 15 时前后，也出现异常海潮变化，由于该港港湾开阔，停在沙滩岸边的船只有被潮水推上拉下的往复现象，有的渔船受潮水冲击而跑锚漂流出港，也有的小舢板被潮水拥到岸上，但没有人员伤亡及船只破坏。

有学者认为中国近海海底地震伴生海啸的比例只有 6%，远低于 25% 的全球平均水平。20 世纪 80 年代后期国家海洋预报中心经详细考证，指出地震海啸仍是我国不容忽视的海洋灾害之一。从地理环境来看，中国大陆架宽广而平缓，对海啸传播的摩擦力强，并且有从日本列岛到琉球群岛的岛弧保护，不利于海啸的形成和传播。但南海水深平均在 1000m，具有发生海啸

的水深条件。东海、南海，尤其是台湾岛附近海域具备产生海啸的条件，发生在菲律宾海、琉球海沟的地震海啸可能传播过来。根据国家海洋预报中心海啸风险区划，海南岛北部、东部到南部为风暴潮三级风险区。

7.8.2 海洋灾害环境风险分析

7.8.2.1 风暴潮防御能力分析

表 7.8-4 给出了不同重现期高潮位三亚站推算值与工程设计采用值的对比结果（国家 85 高程）。从表中可以看出，三亚站 100 年一遇和 300 年一遇高潮位较工程设计采用值分别低 0.14m 和 0.37m。

表 7.8-4 重现期高潮位三亚站推算值与工程设计采用值对比(国家 85 高程)

重现期(a)	三亚站推算高潮位(m)	工程设计采用高潮位(m)	高潮位差值(m)
100(设计工况)	2.24	2.38	-0.14
300(极端工况)	2.31	2.68	-0.37

由于三亚海洋站距离本项目位置较近，采用三亚海洋站推算的重现期高潮位对工程设计采用的重现期高潮位进行复核具有一定的代表性和合理性。工程设计采用的重现期高潮位大于三亚站推算的重现期高潮位，可满足工程对风暴潮灾害防御能力设计标准的要求。

7.8.2.2 海浪防御能力分析

表 7.8-5 防浪墙顶高程评估计算值与工可设计值比较

护岸	水位(m)	波高(m)	海平面上升(m)	顶高程评估计算值(m)	顶高程工可设计值(m)
东	2.31	8.99	0.58	9.18	13.28
南	2.31	14.18	0.58	12.82	13.28
西	2.31	11.45	0.58	10.91	11.78
北	2.31	3.34	0.58	5.23	5.78

机场人工岛东护岸南段、南护岸及西护岸南段采用钢圆筒方案，东护岸北段、北护岸及西护岸北段采用直立式方沉箱方案，且允许少量越浪。根据《防波堤设计与施工规范》（JTS 154-1-2011），直立式防波堤允许少量越浪时，堤顶高程=设计高水位+（0.6~0.7）H。根据《2015 年中国海平面公报》，预计未来 30 年海南沿海海平面将上升 85~175mm，本项目设计使用年限为 100 年，保守估计海平面上升 0.58m。按 0.7 倍波高得到的护岸防浪墙顶高程评估计算值与工可设计值见表 7.8-5，在超设计重现期（300 年一遇）条件下，东、南、西和北四个护岸工程顶高程设计值均高于评估值。因此，结果表明，本项目护岸顶高程是满足设计规范要求的。

7.8.2.3 海啸防御能力分析

根据《沿海大型工程海洋灾害风险评价技术导则》(征求意见稿), 工程海域最大海啸波幅介于 1.2~2.8m, 工程海域海啸风险等级判定为较高风险。设计高潮位条件下工程海域最大海啸波幅小于 5.2m, 本工程的护岸高程为 5.78~13.28m, 其中东、南、西护岸高程较高, 但海啸具有强大的破坏力, 须积极重视相关风险, 且三亚新机场运营期人员密集, 建议建设单位在人工岛设置适当数量的庇护所以应对相关风险。

7.8.2.4 海洋灾害导致的回填料入海环境风险分析

在施工期, 由于台风风暴潮、海浪等海洋灾害, 导致尚未完工的护岸、围堰发生溃堤事故时, 大量尚未固结的吹填物料将倾泻入海, 造成水中的悬浮物浓度大幅增加, 对水质环境及水生生态环境产生严重影响。其中: 回填料造成水中悬浮物质含量过高, 浮游生物将受到不同程度的影响, 尤其滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒, 造成内部消化系统紊乱; 将使鱼类的腮腺积聚泥沙微粒, 严重损害腮部的滤水和呼吸功能, 甚至导致鱼类窒息死亡; 悬浮物中的细微颗粒会粘附在鱼卵的表面, 妨碍鱼卵呼吸, 不利于鱼卵的孵化, 从而影响鱼类繁殖。

此外, 还存在间接、慢性的影响, 例如: a. 造成生物栖息环境的改变或破坏, 引起食物链和生态结构的逐步变化, 导致生物多样性和生物丰度下降; b. 造成水体中溶解氧、透光度和可视性下降, 使光合作用强度和初级生产力发生变化, 影响某些种类的生长和发育; c. 混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避致害、抵抗疾病和繁殖的能力下降, 降低生物群体的更新能力等。

由于海洋灾害导致的施工期护岸、围堰溃堤事故的后果非常严重。因此, 工程开工前, 应编制详尽的质量控制计划, 护岸、围堰施工过程中必须按照相关规范、规定进行, 确保工作质量和工程质量; 施工时, 南护岸、东护岸南段、西护岸南段的钢圆筒结构应先进行施工, 以保证后续护岸、围堰、回填料施工的安全。施工期围堰、非达标海堤等的自然灾害环境风险防范措施、营运期护岸和防波堤等的自然灾害环境风险防范措施具体如下:

7.8.3 海洋灾害环境风险防范措施

7.8.3.1 施工期围堰、非达标海堤等的自然灾害环境风险防范措施

本项目施工工期约 60 个月, 需跨越台风期。当台风在本区附近登陆时, 经常出现狂风暴雨、巨浪以及风暴潮。施工期间, 未完成的岸堤和基础, 受风暴潮和台风浪袭击, 可能发生护

岸堤受毁，并引起填海工程区内沙石流失，其对海洋环境质量的影响主要表现在悬浮颗粒物浓度短时间内大量增加，降低海水透光率，影响浮游生物光合作用，短期内可能对海洋生态系统造成一定的影响。

因此，根据台风风暴潮灾害特点、现有防御能力和经济社会发展水平，在本项目的施工过程中，实行工程措施与非工程措施并举，提高防灾减灾的能力，把项目的环境风险和环境影响降到最低，以减轻灾害带来的损失。

(1) 编制台风或风暴潮事故应急预案。建立统一领导、分级负责、综合协调的组织指挥体系和通畅有效的应急指挥通讯网络，以及严格的安全生产规章制度，为各设施配备和设置防台风装置，并在施工营地的材料堆放场储备部分应急物资；积极配合三亚海洋与渔业等管理部门做好相关应急工作，做到及时有序地防御台风风暴潮灾害，最大限度地减少人员伤亡、财产损失、环境影响。

(2) 加强对台风、风暴潮的预警。台风、风暴潮预警是合理启动台风应急预案等级标准的依据。需要进一步加强与三亚气象、水利、海洋等部门的联系，及时跟踪台风及其风暴潮的发生、发展趋势动态，通报台风动向，发布防台状态命令。

(3) 加强区域防台抗台工作。台风季节作业时，应注意船舶的安全，并在台风来临前，对未完工的水工工程进行加固防护，以确保施工安全，避免造成巨大的经济损失和产生破坏性的环境影响。

要认真做好重点堤段、病险的安全检查，及时排除各类隐患和险情，确保不溃堤。高度重视和防范强降雨、热带气旋等对海上工程建设危害，严防发生溃堤灾害。

台风袭击过后，应检查遭受损失情况，特别注意检查护岸、围堰、管线各连接部位和船舶等在风浪中是否遭受潜在的损伤。在检查维修受损部分并确认安全无误的前提下，才能恢复正常施工。

(4) 优化施工工期安排，缩短台风期间的海堤、围堰的施工工期，减少风暴潮对海堤、围堰结构设施的影响，使工程能安全度汛。

(5) 加强宣传、提高对灾害风险的意识。部分人员缺乏防御灾害的基本常识，防灾意识淡薄，麻痹思想和侥幸心理严重，特别是缺乏自救、互救和避险、防灾能力。必须加强防灾意识、防灾能力的宣传教育工作，广泛地开展风暴潮知识的普及、宣传，监督、检查工程各基础设施的防台措施的落实情况，以有效地防御风暴潮灾害，提高防灾减灾意识和自救能力。

7.8.3.2 营运期护岸和防波堤等的自然灾害环境风险防范措施

根据台风风暴潮灾害特点、现有防御能力和经济社会发展水平，在本项目的运行过程中，实行工程措施与非工程措施并举，通过采取相关的技术措施、工程措施、管理措施，将项目运营期的环境风险和环境影响降到最低：

(1) 加强设计、施工和质量管理。施工前制定科学合理的施工工艺，护岸的设计应符合抗浪、抗震等相关规范要求，确保护岸的稳定性。

保证护岸防浪防潮设施按 100 年一遇的标准设计、护岸安全等级按一级设计、分隔围堰按三级设计，将可能存在的环境风险减小到最低程度。在经济条件允许的情况下，适当提高设计波浪标准、护面和护底块体的标准。

(2) 加强排水口、护岸、围堰的防护、维护。排水口、护岸、围堰基础等受海浪、潮流冲刷作用明显，应加强巡查与维护制度的落实。通过水深地形测量、声纳探测等手段，加强对岸堤稳定性和岸堤附近海域冲淤状况的监测，及时掌握工程海域稳定状况，提前发现隐患并采取有针对性的加固措施等工程防范措施，维护堤防和涵闸的安全和正常运行，减少台风引发的灾害。护岸、围堰的防护监测最好在重点防护地段定期监测和在风暴潮过后及时监测。

台风袭击过后，应检查遭受损失情况，特别注意检查护岸、排水口各部位等在风浪中是否遭受潜在的损伤。在检查维修受损部分并确认安全无误的前提下，才能恢复正常运行。

(3) 编制风暴潮应急预案。根据每年台风前的护岸、排水口设施状况，制定、完善防御和应对风暴潮的预案，明确设施潜在风险、抢险物资储量、存放点、人员安排等。

7.9 通航安全环境风险分析

本项目工程量大、施工期长、工程船舶数量多且船型多样、涉及水域范围广、通航环境复杂多变。本项目的最大通航安全环境风险来源于施工期。

7.9.1 施工期通航安全环境风险分析

1) 本工程施工作业区北侧临近红塘岭专用油码头，该码头船舶有西南方向进出港，锚地选择用南山锚地，油船进出航线与施工运输船舶航线存在交叉，尤其由材料出运基地往返施工水域的船舶，频繁横越油船进出港航线，施工船舶与油船间存在相互影响，另外施工船舶在进港航线及码头附近无序抛锚对油船存在碍航影响。

2) 工程施工投入作业船舶较多，根据船舶进场计划，最多有 130 艘施工船舶可能同时参与施工作业，多船舶作业间存在相互影响；另外届时连岛桥工程施工，二者时间节点有部分重

叠，且二者共用材料出运码头，本工程施工船舶与连岛桥工程施工船舶之间存在相互影响。

3) 沉箱、扭王字块等构件运输船舶往返南山港杂货码头与沿沿岸航线（近岸航行至三亚港）航行船舶间存在相互影响。

4) 沉箱、扭王字块等构件运输船舶进出南山港杂货码头与周边码头船舶进出存在相互影响，建议沉箱出运采取拖轮护航，在穿越南山锚地前应注意观察锚地内船舶动态，避免出现紧迫局面。

5) 运输石料船舶对航经水域船舶有一定的碍航影响，对航经水域附近船舶存在影响，应提前制定运输线路。

6) 运输陆域回填砂船舶对沿岸航线上船舶有一定碍航影响。

7) 工程所在的红塘湾海域，存在一定数量的渔船活动。渔船航路不固定，活动规律不易掌握。运输沉箱、扭王字块及钢圆筒船舶及运砂石船与渔船活动产生相互影响。本工程建设期，业主加强与渔业部门及渔民的沟通协调，避免渔船活动对工程施工的妨碍。

8) 本工程施工船舶与海上巴士大小洞天码头及天涯海角码头施工船舶间航线可能产生交叉，影响海上巴士的正常航行，本工程施工船舶应知晓海上巴士航线，若出现会遇局面及时沟通协调避让，低速会遇；

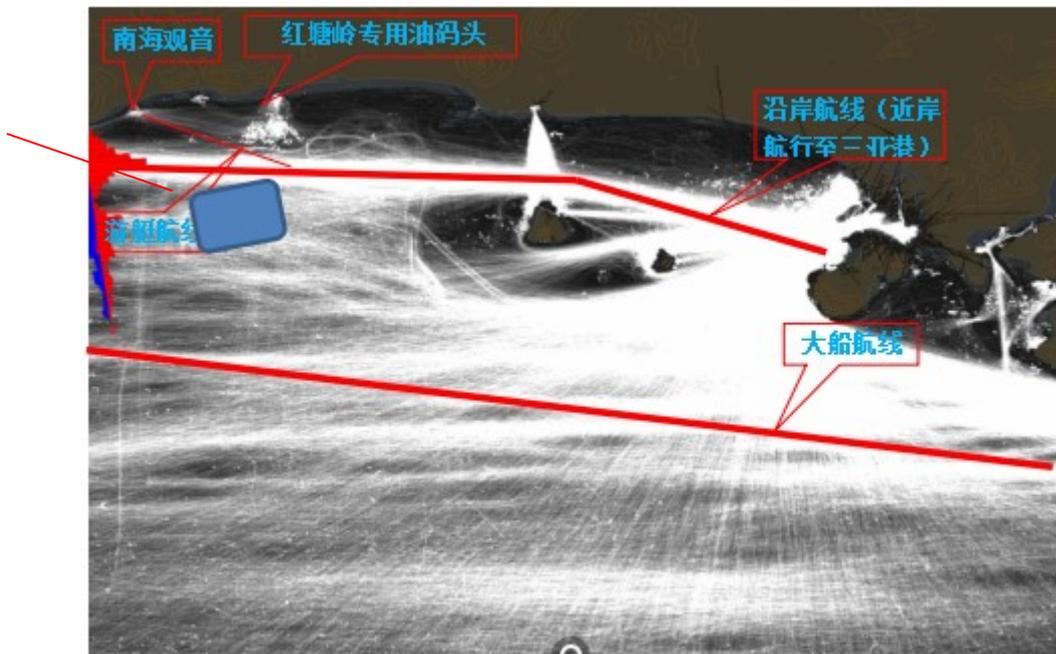


图 7.9-1 程附近水域船舶航迹图

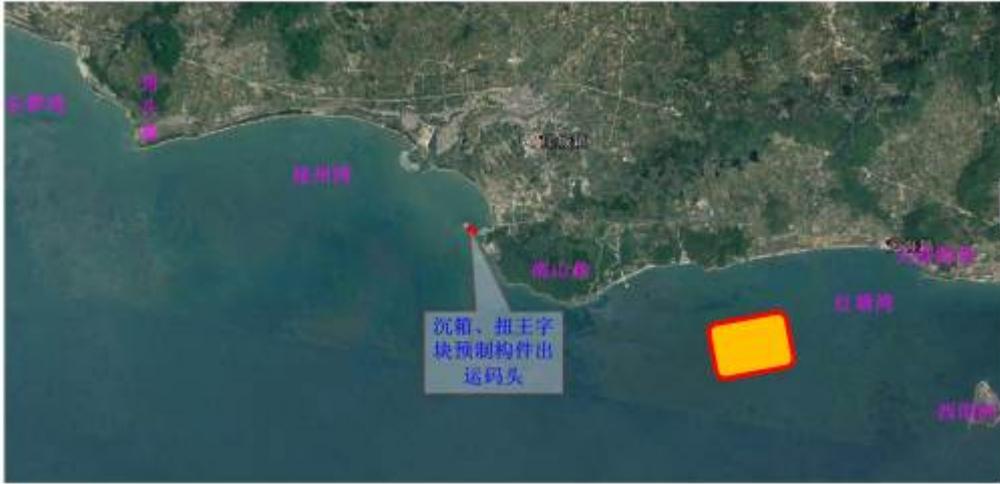


图 7.9-2 料出运码头分布图

红塘湾沿岸有多个旅游景点，沿海时有游艇活动，游艇活动随意性较大，且迅捷。工程施工船舶与游艇活动存在相互影响，其中运输构件船舶及干舷较小船舶应尤其注意游艇船行波的影响。

环岛航路沿岸航线穿过取砂区，如图 7.9-3 所示，采砂船舶采砂作业过程中移动速度慢，往往关注于采砂作业而忽视对过往船舶的影响，故对沿该航线航行船舶及周边航行船舶会造成碍航影响。因工程所需砂量较大，采砂作业周期较长，采砂区范围较广，对周边水域通航环境影响应另行进行施工通航保障方案研究工作。

图 7.9-3 运输船推荐航路

11) 南山基地码头附近有一处海底油气管线，施工船舶误抛锚易损坏光缆或管线。

12) 由于施工船舶较多，而红塘湾水域无防台锚地布置，且避风条件较差，故施工期船舶防台存在不便，应提前选择好施工船舶避风水域。

13) 施工单位施工前应编制施工通航安全保障方案，并通过海事主管部门组织的专家技术评审，取得水上水下活动许可证。

图 7.9-4 运砂拟选区域及运砂路线

7.9.2 工程完成后的通航安全环境风险分析

本项目投入使用后不会增加附近水域的交通量，但填海造地规模较大，对周边通航安全环境产生了一定影响。

(1) 对环岛航路的环境风险分析

工程附近沿岸航路主要为海南岛环岛航路，包括沿岸航路和大船航路两条。

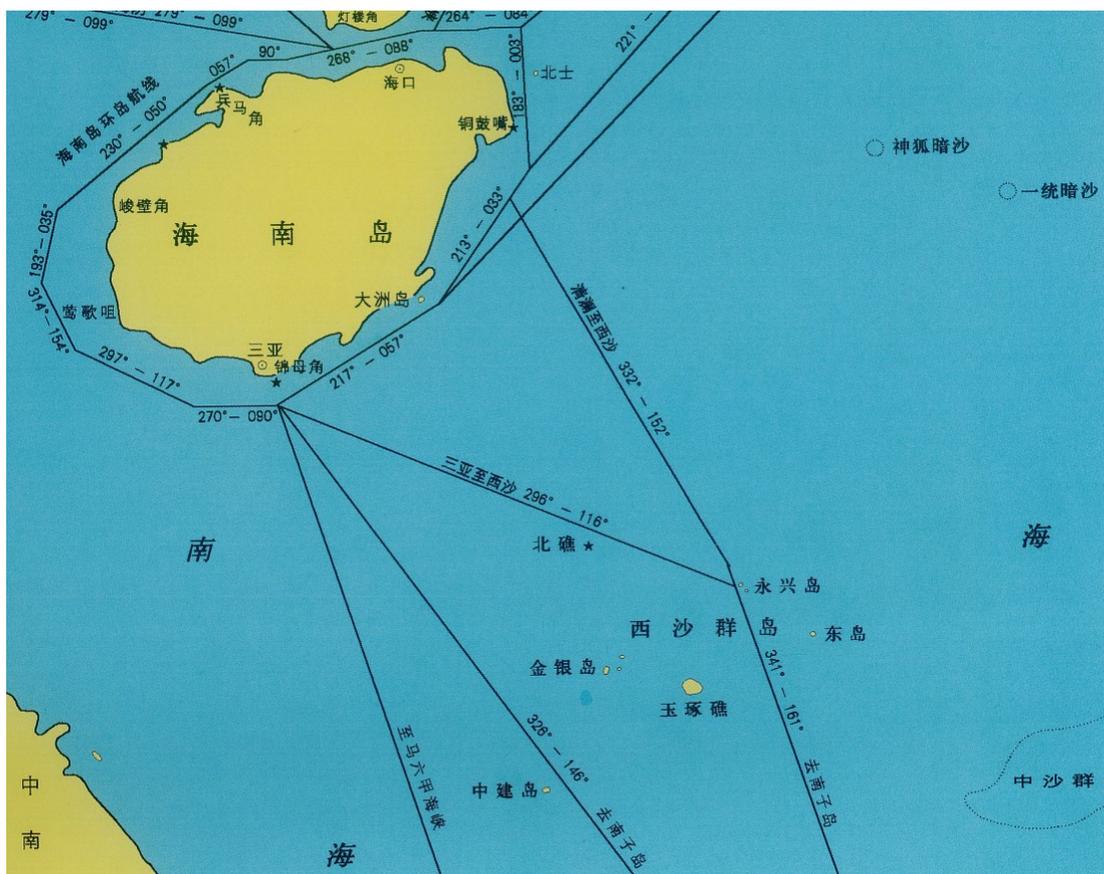


图 7.9-5 海南岛外海大船航路示意图

大船航路比沿岸航路距岸较远，水深较深，碍航物也较少，风浪相对较大，主要适合大中型船舶使用。据《中国航路指南》（南海海区 2011）和《海南岛水域船舶航行指南》海南岛外海大船航路示意图如 8.9-5，该航路上船舶航迹带距离新机场本岛较远，本工程的布局对其不存在影响。

海南岛环岛沿岸航路主要适用于各类中小型船舶。据《中国航路指南》（南海海区 2011）和《中国沿海航行里程表》（2006）可知，海南岛环岛沿岸航线示意图如图 7.9-6，航迹带穿过工程所处水域，工程建成后，现有航路将略微调整：各类船舶根据抗风浪等级选择本工程南侧水域或者穿越本工程连岛桥水域。



图 7.9-6 海南岛沿岸航路示意图

(2) 对附近码头的环境风险分析

目前，本工程北侧约 3.7km 为海南石油太平洋公司 2 万吨级（审核 5000 吨）成品油专用码头，该码头服务于三亚凤凰国际机场供油。跨海大桥工程距离码头最近距离约为 330m，连岛桥施工将对码头通航造成影响。

(3) 对航道的环境风险分析

海南石油太平洋公司 2 万吨级成品油专用码头船舶进出航道走向为 045°~225°，航道长度为 1344m，航道有效宽度为 150m，设计底高程-10.0m。工程建设后，进出海南石油太平洋公司 2 万吨级成品油专用码头的船舶需另辟航道或搬迁，考虑后期将在机场本岛上建设油品码头，届时太平洋公司 2 万吨级成品油专用码头可能被废弃，建议机场本岛油品码头投入运营前，将太平洋公司 2 万吨级成品油专用码头功能转移以满足现实需要。

(4) 对锚地的环境风险分析

本工程所在红塘湾附近有红塘锚地，锚地主要为红塘港太平洋公司 2 万吨级成品油专用码头船舶提供锚泊停泊需求。本工程占据了部分锚地水域，锚地的存在将不符合“《通航海轮桥梁通航标准》中：2.0.3 桥址应远离航道弯道、滩险、汇流口、渡口、港口作业区和锚地，其距离应能保证船舶安全通航”的要求。此外，后期若太平洋公司油气码头停止使用，红塘锚地

的功能作用将降低。

(5) 对渔业捕捞渔船的环境风险分析

由于红塘湾外海海区为三亚农渔业海区，本地渔民经常在该海区进行捕鱼作业，而工程所在海区对应的岸线处恰好是渔船停靠的位置，因此，小型渔船经常往来航行于工程所在海区，本工程的实施对渔业捕捞的小型渔船航行存在一定程度的影响。

7.9.3 通航安全环境风险防范措施

(1) 加强施工船舶管理

①施工单位应切实加强运输船舶的管理，认真制定船舶管理制度，加强船舶安全管理，确保船舶运输安全，制定符合规定并合理可行的碰撞、搁浅、火灾、防油污等各种应急预案。

②施工船舶应证照齐全（检验证书、适航证书、国籍证书、防油污证、防生活污染证及承载证书、船舶吨位证书等），船舶配员符合要求，船员应具有有效的适任证书，严禁无证或证书不齐全的船舶进场施工。

③监理单位应加强船舶进场管理，认真审核船舶证照是否满足相关规定，履行作业船舶审批程序，并做好安全技术交底和培训工作，督促施工单位建立健全船舶管理台帐，定期开展船舶安全检查，认真排查安全隐患，确保船舶工况满足工程施工安全要求，督促施工全面履行施工合同的约定。

④施工船舶应保持有良好的船况，进行定期维修，严禁带病运转。

⑤施工船舶应配备符合要求的消防救生设备，定期进行消防救生演习。作业人员应树立安全意识，解缆和冲洗甲板人员必须规范穿着救生衣、戴安全帽要，严禁穿拖鞋作业。

⑥施工船舶应遵守避碰规则等相关规定，在航行或施工作业时驾驶员要加强瞭望、谨慎操作，按规定悬挂号灯号型。

⑦施工船舶作业前，应主动了解掌握施工工况、水域环境、通航密度和当地季节气候情况。船长应结合施工工况、水域环境、通航密度和当地季节气候情况制定相应的安全技术措施，组织全体船员进行安全技术交底。

⑧设置施工作业区。施工作业前应向当地海事局申办妥《水上水下施工作业许可证》，划定施工水域，设立警示标，并向过往船只发出公告。在航经航路交叉航道应加强戒备，提前联系，协调避让措施，避免不协调动作导致事故发生。

在各施工作业点，夜间应按规定显示警戒灯标或采用灯光照明，避免航行船舶碰撞水中桩墩。在显示灯光照明时，应避免光直射水面，影响船舶人员的瞭望。

⑨本项目施工期对红塘港港口航运区的航运锚泊影响较大。施工期间，施工船舶不得影响红塘港水域航行，避免对航行船舶的安全造成影响；施工船舶与进出红塘港船舶相遇时，应注意避让，点亮作业标识灯，并鸣笛示意；夜间应有显示灯光以显示人工岛的位置，以对航行船舶起到指示作用。

⑩设置施工管理机构。为了保障工程水域施工期间正常的通航秩序，确保通航安全维护工作的顺利进行，为工程建设提供有力的安全保障，建议工程在施工期设置管理机构，其职能如下：主要负责航道水域施工期与施工单位及其他单位之间的协调；对通航安全维护管理的内部工作进行组织；定期或不定期与海事部门联系，通报通航安全维护工作情况。按照施工维护方案，保障水上通航安全和施工作业的顺利进行。遇有突发性事件时应及时向海事部门报告和请示，视情况采取相应的应急处置措施。

（2）做好防台防风工作

①进入强风季节前，全面检查船舶的车、舵、锚、通信、水密、堵漏、排水、消防、救生等设备，对查出的隐患应立即进行整改。

②按时收听气象预报，及时获取强风信息；加强气象海况瞭望，做好防御准备。

④风浪大时，作业人员不宜上、下船。

⑤风浪过大超过船舶抗风能力时，应采取有效措施避风。

（3）完善支持系统

①在现场建设指挥部入驻海事工作点，在严把准入关的同时，协调地方政府做好责任的层层落实工作，指导业主与施工单位、施工单位与船公司、船公司与船舶分别签定责任书等。

②按规定应安装 AIS 的船舶必须强制安装，安装有 AIS 的船舶必须开启 AIS，不得无故关闭。对于已安装 AIS 设备而故意不开启的船舶应给予警告，对拒不改正者应给予适当处罚并列入黑名单，不准进入施工现场。建设单位、施工单位和海事部门应制定相关管理规定引导、鼓励船舶安装 AIS。

7.10 地面不均匀沉降环境风险分析

（1）地面不均匀沉降风险分析

根据地质勘察成果，机场人工岛所在区域地质条件较为均匀，由原地基引起的不均匀沉降的可能性不大；场地的不均匀沉降主要是由填海材料引起的，主要原因可能有：填料不均匀、地基处理效果不均匀和使用荷载的不同。

在填海和地基处理工作完成后,需对场地进行沉降观测,对总沉降和不均匀沉降进行分析。观测点的布置以不影响机场正常运营为前提,在填料性质有明显变化或重要的建(构)筑物如跑道等位置可以加密观测点。由于工后残余沉降的发展趋势一般是初期较快,后期随着时间延长,沉降速率逐渐放缓,因此,监测频率也应为完工后初期高频率、后期低频率。

场地不均匀沉降可以根据同时期各个监测点之间的沉降差、测点间距来确定。根据监测得到各个方向的差异沉降,分析其是否满足场地各种建(构)筑物、设施和管线的使用要求。

(2) 地面不均匀沉降防范措施

在进行地基处理后,场地残余沉降的发展是一个长期缓慢的过程,通过定期观测可以分析评价残余沉降的发展趋势,预测场地的总沉降和差异沉降是否会超出允许的范围。

当不均匀沉降超出允许值、影响场地的正常使用时,应采取应急措施进行处理,主要措施如下:

- ①对不均匀沉降超出允许值的区域进行地基加固;
- ②对地面进行填高平整;
- ③对受影响的建筑物、设施和管线等进行加固。

8 清洁生产和总量控制

8.1 清洁生产

清洁生产是保护环境、保持社会经济与环境可持续发展的关键，它要求生产企业通过源头消减实现在生产过程中控制和减少污染物排放，是主动、有效的行为和对策，可达到节能、降耗、减污、增效的目标。针对围填海工程建设项目特征，本报告主要从施工方式、物料来源、施工设备、污染物处置方式、环境管理水平等方面，进行围填海工程的清洁生产分析。

8.1.1 建设项目清洁生产内容

8.1.1.1 施工方式的清洁生产分析

填海造陆一般有几种施工方案：一是直接把填海材料从陆上向海上推进，通过对底质淤泥的挤压稳固形成陆域；二是先修筑围堰，然后在围堰内填入填海材料，通过加压稳固等手段，将封闭在围堤内的海底淤泥固结形成陆域。本项目不具备外委护岸完全围闭后，再施工填海造地的条件，但陆域形成时各填海区块采取的施工方式是“先围后填”，开山石回填区（F1、F5、F6、F11区）陆域形成前，先行建设外侧围堤，再在围堤内回填开山石；海砂回填区（F7、F8区）陆域形成时，F7区四周均有开山石作为围堰，F8区施工前提前施工区块东侧的袋装砂分隔围堰，形成围闭结构后再回填海砂；海底物料回填区施工时，人工岛外围护岸工程基本形成，海砂回填沿距外护岸溢流口由远及近的方向逐区回填，在各区块推进方向上通过构筑临时围堰，实现先围后填。通过采用该施工方式，能很大程度减少入海泥沙对海水水质和海洋生物的影响，符合清洁生产要求。

8.1.1.2 物料来源的清洁生产分析

陆域回填材料初步选定采用项目西侧海域海砂和大出水矿区、立村矿区。

从对初选砂源海域的钻探分析来看，砂质主要为中粗砂，含泥量较小、砂源优质，根据福建中海检测技术有限公司对该海域海砂物质成分分析结果，海砂材质、气味、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类均满足《围填海工程填充物质成分限值》第一类限值要求。

根据国土资源部海口矿产资源监督检测中心对拟选矿区石料物质成分检测分析结果，开山石的材质、相对密度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六氯化苯、

DDT、PCBs 均满足《围填海工程填充物质成分限值》第一类限值要求。

项目填海物料符合《围填海工程填充物质成分限值》第一类限值要求，属于清洁的物料。

8.1.1.3 施工设备的清洁生产分析

本工程属于特大型围填海工程，施工采用的抓斗挖泥船、驳船、挖掘机、插板机、碾压机、强夯机等都是大型填海造地工程必备的设备，均属于较先进的施工机具。基本符合清洁生产要求。

8.1.1.4 污染物处置方式的清洁生产分析

本项目实施过程所产生的主要污染物包括施工船舶废水和船舶垃圾、施工人员生活废水和生活垃圾等。

本工程参与作业的船舶类型多样，船舶数量较多，施工时作业船舶将按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，对除机舱通岸接头（接收出口）管系外，船舶的油污水系统的排放阀以及能够替代该系统工作的其它系统与油污水管路直接相连的阀门严格实施铅封。作业船舶产生的油类、油性混合物及其他污水，船舶垃圾、废弃物和其他有毒有害物质均收集后上岸处理，严禁排放入海。

本项目施工高峰期的施工人员较多，生活废水包括作业船舶生活废水和陆域施工场地施工人员生活废水。海上施工船上的粪便污水收集在船上的卫生设施中，统一运往周边港区后，由有资质单位负责接收处理。陆上施工布置移动式环保型公厕，定期由环卫部门清运处理。施工人员的生活垃圾主要为塑料、纸类、果皮、厨余物。生活垃圾定期交城市环卫部门处理或运往市政垃圾处理场无害化处理。

由此可见，本项目在污染物处理处置方面，较全面地考虑了水、固废等污染源，符合清洁生产要求。

8.1.1.5 环境管理要求

项目建设过程中将实施严格的环境管理，施工时严格按照施工组织方案施工，不得随意更改施工作业计划、施工作业面布设、施工方式与施工工艺等；严格把控填海物料质量，定期抽检；严禁作业船舶带“病”作业，防止发生机油泄漏事故；严格落实污染物处理处置方案，认真核查废水、废弃物去向，各类污染物不得随意排海。此外，建设单位应会同地方海洋环保部门做好施工期间环境监测工作，加强工程施工过程的环境监测与管理，对施工质量和环境保护进行全盘掌控，对社会各方提出的环境投诉及时整改，通过环境管理保障和提升项目清洁生产水

平。

8.1.2 建设项目清洁生产评价

本项目建设过程中，采用“先围后填”的施工工艺，填海物料清洁，施工设备先进，各类污染物处理处置去向符合清洁生产要求，环境管理水平能够达到较高水平，这些都是清洁生产在本项目建设过程中的体现。总体来看，本项目清洁生产水平能够达到同类围填海项目中较好水平。

8.2 总量控制

8.2.1 污染物排放种类、排放方式与排放量

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

根据《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，“十三五”期间国家规定的“十二五”期间污染排放总量控制指标有：①大气环境污染物：二氧化硫，氮氧化物。②水环境污染物：化学需氧量，氨氮。

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

本工程施工内容主要是护岸的建设和陆域形成。其产生的污染物对海洋环境的主要影响表现在水质和生态两方面，主要污染物种类为废水和固体废物，包括施工期的悬浮泥沙、施工废水、生活污水、生活垃圾、噪声和施工船舶含油污水。

8.2.2 污染物的排放消减方法

项目施工期船舶生活污水随船舶含油污水一同接岸送交有资质单位接收与处理；陆域施工场地生活污水利用自建的化粪池进行预处理。工程施工还将产生大量的悬浮物，根据施工实际情况采取相应的削减措施，最大限度降低 SS 含量。

8.2.3 污染物排放总量控制方案与建议

本工程不考虑营运期污水处理和排放问题；建议业主对机场营运期污水问题另行评价。届时根据有关法律和政策，确定污染物排放及总量控制要求。

9 海洋环境保护对策措施及可行性分析

9.1 概述

本项目为三亚新机场人工岛填海工程，地处南海观音风景区和天涯海角风景区之间，离岸约 4.0km，西北距离南海观音约 4.3km，东北距离天涯海角约 7.8km。工程周边分布有沿岸珊瑚礁分布区、天涯海角旅游休闲娱乐区、南山旅游休闲娱乐区、中华白海豚分布区等环境敏感区，需要重点保护的环境目标有海上观音苑、天涯石和海角石、天涯镇民宅等。

三亚新机场主体工程为填海造地，工程在建设过程中及建成后对海洋环境的影响主要为：三亚新机场建设过程中产生的悬浮物对海水水质的影响；悬浮泥沙对工程海域浮游生物、底栖生物、游泳动物造成的损失与影响；悬浮泥沙对沿岸珊瑚礁生存环境的影响；悬浮泥沙造成海洋生物量的损失，对白海豚赖以生存的饵料环境产生一定的影响，进而影响中华白海豚在该海域的觅食和生存；

填海造地占用对海域海洋生态环境的影响，同时改变了海域水动力和冲淤环境平衡，岸线冲淤影响了天涯海角景区和南山风景区的岸滩稳定性，并对沿岸珊瑚礁分布区的生存环境产生一定的影响；

根据工程对海洋环境影响特点，本节重点论述减缓悬浮泥砂入海对策措施、海洋生态环境保护对策措施及生态建设方案、珊瑚礁保护对策措施及修复方案、岸滩冲淤环境影响防护措施。

本节“珊瑚礁保护对策措施及修复方案”引用《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告》（中国科学院南海海洋研究所 2019 年 12 月）的研究成果、“岸滩冲淤环境影响防护措施”主要引用《三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题》（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）“海洋生物资源修复方案”主要引用《三亚新机场项目生态保护修复方案》（浙江省环境科技有限公司北京分公司 2019 年 12 月）的研究成果。

9.2 污染防治环境保护对策措施及可行性分析

9.2.1 海洋水质污染防治措施

9.2.1.1 施工悬浮沙污染防治措施

本工程建设过程中入海悬浮物产生环节主要为填海护岸施工、吹填造地、溢流口尾水排放等，建设单位在施工过程采用的减缓悬浮物入海的具体措施分述如下：

(1) 优化施工组织作业面，合理布设先期开工段

施工单位在制定施工计划、安排进度时，考虑到施工悬浮泥砂入海对环境的影响，护岸形成尽可能在低潮时施工，以减少入海泥沙影响范围。

根据中国科学院南海海洋研究所于 2016 年 5 月至 2016 年 11 月在项目海域开展的潮流、波浪周年观测，工程海区常浪向为 SSE 向，该向浪年内出现频率高达 41.02%，是影响工程海域的主要浪向。海区潮流以西北-东南向往复流为主，加之项目区分布有国家级珊瑚礁保护区，**本评价建议：**施工时优先在主潮流、常浪向方向布设先期开工作业面，在满足整体施工计划和防台安全的前提下，在人工岛东南、西北部投入相对较多的施工力量，尽快形成施工区域的掩护，拦截悬浮泥沙向外海和近岸方向的扩散，有效减少悬浮沙影响范围。

(2) 优化施工工艺，减少入海悬浮泥沙的影响

1) 护岸施工工艺优化，悬浮泥沙入海

护岸施工产生悬浮沙入海主要发生在基槽开挖、基础挖泥的抛泥、基床抛石过程中，施工时，通过优化护岸施工工艺，可有效减少悬浮泥沙入海量，具体措施如下：

a. 护岸基槽开挖时尽量控制抓斗与海床刮擦程度，按照设计底标高精确开挖，避免多挖超挖；

b. 基础开挖淤泥抛填按照设计要求抛填至指定抛泥区，尽量在已形成围闭结构的区域抛泥，减少悬浮沙的影响范围；

本评价建议：基床抛石前严格把关抛填物料质量，定期抽查石料颗粒级配水平，控制石料中细颗粒物含量，从源头降低入海悬浮沙量；基床抛石时精准定位，分析水流对抛填块体位置的影响，控制抛填厚度和抛填宽度，避免无效抛填。

2) 优化陆域形成施工方案，最大程度减少悬浮泥沙入海量

a. 陆域形成时严格按照“先围后填”的原则，先利用护岸、围堰形成围闭后再进行回填，在护岸形成抛填石块时应尽量减少石方中的泥土含量；

b. 对于开山石回填区陆域形成前，先行建设外侧围堤，再在围堤内回填开山石，围堤抛

石施工时尽量做到定点抛石，严格按照设计的抛石位置进行抛填，减少抛石挤淤过程和石料中细颗粒的流失率；

c. 对于海砂回填区，考虑到四周均有围堰，海砂回填过程中悬浮沙扩散范围局限在围闭范围内，不会对回填区以外的海洋环境造成污染；

d. 对于海底物料回填区，施工时采用总体沿距外护岸溢流口由远及近的方式逐区回填，可以有效地增加吹填点到溢流口的流程，减缓流速，提高沉降效果，以达到控制溢流口出水悬浮物浓度的目的；

e. 各个回填区块通过外护岸、临时围堰、分隔围堰等形成围闭区域，在各个护岸合拢口处预留围填片区溢流口，并在溢流口外设置拦污帘、沉砂池、栅栏等，将绝大部分悬浮泥沙留在防污帘内，尽可能减少陆域形成施工过程悬浮物扩散和含泥污水对海域的影响；

本评价建议：①在工程区东侧护岸和北侧护岸外侧设置防污帘，阻挡悬浮泥沙扩散；防污帘每半年更换一次，在施工中发现破损应及时更换，以保证溢流口出水的水质。②围堤内应设置多条围堰形成多个沉淀区，并合理布置溢流口的位置，以增加吹填点到溢流口的流程，减缓流速，提高沉降效果，以达到控制溢流口出水悬浮物浓度的目的。吹填到最后一块造地区时，应控制吹填速率，增加溢流时间。

3) 优化人工补沙旁通输砂施工方案，减少悬浮泥沙入海量

a. 施工时设置临时拦沙潜坝道，减缓人工补沙旁通输砂过程产生的悬浮沙：在人工补沙施工前，在补沙工程区南侧配套建设一条由吹沙袋形成的临时拦沙潜坝道，其长度可根据实际情况铺设，间距可设为 0.5m；

b. 严格控制沙源品质，尽量选择中值粒径的砂，有利于增强海滩的抗冲刷能力。

(3) 加强海上施工营地管理，严防物料入海

1) 施工营地所需砂石料等散料规范堆放，物料堆放场地周边设置临时排水设施，防止砂石散料随水入海，对海水水质造成影响；

2) 施工现场坚持工完料清，余料备用品集中整齐堆放，及时清理。

本评价建议：开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船舶用油和回填物料）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的情况，一经发现，应立即采取措施。

(4) 响应项目海区海况条件施工，防止灾害天气施工引发污染事故

1) 本项目施工期为 5 年，工期很长，跨越台风期，因此本项目的岸堤围堰工程和基础工程设计标准均较高，提高其稳固性，护岸、围堰修筑到相应标高后再进行后续作业；

2) 提前做好安全防护准备工作,避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工以减少施工难度和风险,同时可减少沙土的冲刷流失量,并尽量缩短施工对海水水质影响的时间尺度:

3) 加强事故防范措施,遇到风暴潮、台风或暴雨等恶劣天气,提前做好安全防护工作,对溢流口等重点地段实施必要的加固强化手段,保证有足够的强度抵御风浪影响,避免发生坍塌导致泥砂外溢的泄漏污染事故。

(5) 有针对性的开展施工期跟踪监测,根据监测结果采取相应措施

1) 在空间上对主浪向和主潮流方向实施重点监控,及时检测防护措施完整性、破损情况,并适当提高监测频率;

2) 在基底开挖抛泥、抛石、吹沙和陆域回填等重要产污节点,应对施工海域进行悬浮泥沙入海情况进行跟踪监测,在监测点水质不达标时,根据监测结果及时采取补救措施:

3) 委托有资质的环境保护机构定期对溢流口出水水质进行监测,控制出水指标,同步监测疏浚吹填施工对周边环境的影响,及时发现问题,并针对具体的问题采取有效的环境保护措施:

4) 提高环保意识,严格施工监督管理。将施工期环保要求列入招投标内容,明确责任人,尽量减小泥沙入海量以及施工过程对海洋环境资源的影响。

9.2.1.2 施工废水污染防治措施

本工程建设过程中产生的施工废水主要为机舱含油污水、船舶生活污水、施工营地场地废水及施工人员产生的生活污水,具体污染防治措施分述如下:

(1) 机舱含油污水污染防治措施

1) 施工应按照海事局的要求,参加作业的船舶产生机舱含油污水,严格按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》的要求,除机舱通岸接头管系外,油污水系统的排放阀以及能够替代该系统工作的其它系统与油污水管路直接相连的阀门应予以铅封,运回陆地交由海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。接收处理协议见附件 8。

2) 施工船舶应加强管理,要经常检查机械设备性能完好情况,对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业,以防止发生机油溢漏事故,定期进行舱底检查,防止舱底漏水。甲板上机械出现设备漏冒油时,立即停机处理,使用吸油棉及时吸取,并迅速堵塞泄水口,防止油污水排放入海;

3) 不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器,船舶产生的油类、油性混合物及其他

污水经收集后上岸处理，严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物。

(2) 船舶生活污水污染防治措施

作业船舶产生的生活污水必须经处理达到《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)相应标准后，收集在船上的卫生设施中，运回陆地交由海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。接收协议见附件 8

本评价建议：各参加作业船舶必须配备生活污水处理装置并取得相应防污证书，处理后的生活污水应达到接收单位的接管标准。

(3) 施工营地场地污水、生活污水污染防治措施

1) 合理规划施工场地的临时供、排水设施，采取有效措施消除跑、冒、滴、漏现象。施工场地应建设连续、顺畅的排水系统，防止雨水漫流，进而侵蚀淋滤物料，造成污水入海污染，场地内受污雨水需进行处理后排入海域。

2) 针对施工营地产生的砼养护冲洗水、砂石料冲洗水等，设置临时水处理构筑物，如沉砂池、隔油池等，具体种类、数目根据施工现场废水量确定。生产废水经处理后回用于场地洒水抑尘，不外排。

3) 人工岛上严禁设置施工机械维修点，如需维修应到岸上进行。施工过程中，施工单位将在施工现场布置移动式环保型公厕，定期由环卫部门清运处理。

本评价建议：施工区设立环境保护宣传牌，从生活和生产的各个方面宣传环保知识，大力提高施工人员环境保护意识。

9.2.2 固体废弃物污染防治措施

本工程固体废弃物主要是水上、陆上施工人员产生的生活垃圾以及各种生产建筑垃圾。施工期垃圾由各施工单位负责处理，施工过程采取的污染防治措施如下：

9.2.2.1 船舶垃圾及施工人员生活垃圾

(1) 项目施工产生的船舶垃圾主要包括各种塑料废弃物、食品废弃物和生活废弃物等，根据《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)，项目施工过程中产生的船舶垃圾分类收集，运回陆地交由海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。接收处理协议见附件 8

(2) 陆域施工人员产生的生活垃圾，分类收集，交由环卫部门接收处理。

9.2.2.2 涉水施工固体废物污染防治措施

(1) 护岸结构施工采用先进、高效的施工机具，对护岸结构施工阶段产生的碎石弃渣及

时清理；

(2) 施工机械保养产生的固体废弃物不得随意倒入海域，应收集后送往指定地点进行接收，由垃圾场统一处理。

(3) 工程建设完成后，施工单位应尽快将工地上剩余的不能用于回填的建筑垃圾、工程渣土等处理干净，建设单位负责监督。

(4) 项目建设过程中产生的工业垃圾分类收集。其中一般废物交由环卫部门接收处理，含油危险废物海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。

9.2.2.3 陆域施工场地固体废物污染防治措施

(1) 加强对施工单位的监督管理，禁止将施工垃圾，特别是有毒有害固体废物混入填海石料中。

(2) 施工区设置杂物停滞区、垃圾箱和卫生责任区，经常清理各类施工垃圾，并确定责任人和定期清除的周期。

(3) 施工单位应加强施工管理和环保教育，施工垃圾应定点集中堆放，尽量回收利用，不能回收的应定期清理交城市环卫部门处理或运往市政垃圾处理场无害化处理。

(4) 工程竣工后，施工单位应在一个月内将工地的剩余建筑垃圾等处理干净，做到“工完、料净、场地清”。

(5) 项目建设过程中产生的工业垃圾分类收集。其中一般废物交由环卫部门接收处理，含油危险废物海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。

9.2.3 废气污染防治措施

废气污染源主要是工程施工过程中产生的施工扬尘、施工机械烟气和汽车、船舶尾气，为降低施工对该区域环境空气的影响，施工过程中应采取以下措施：

(1) 设置专用施工道路，禁止施工车辆驶入村道；禁止无牌无照车辆上路；所有施工车辆要求安装顶盖；

(2) 后方施工营地现场采用屏障围护，以减少施工现场道路自卸车辆颠簸洒漏物料；

(3) 装料施工现场应及时清扫场地的洒落物、适量洒水，以减少扬尘产生量，对主要运输便道上的路基进行夯实硬化处理，减轻施工场地及道路的扬尘污染；

(4) 建筑材料的堆场以及混凝土搅和处应定点定位；现场施工搅拌砂浆、混凝土时尽量做到不洒、不漏、不剩、不倒，搅拌时要有喷雾措施；

(5) 选用耗油量低的环保型机械设备，车辆和机械尾气应达标排放。加强机械和车辆的

保养，使其正常运行，避免非正常运行产生的的废气。

本评价建议：根据交通运输部于 2018 年 11 月印发了《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发〔2018〕168 号），严格控制要求如下：

2019 年 1 月 1 日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于 0.5% m/m 的船用燃油，大型内河船和江海直达船舶应使用符合新修订的船用燃料油国家标准要求的燃油；其他内河船应使用符合国家标准的柴油。2020 年 1 月 1 日起，海船进入内河控制区，应使用硫含量不大于 0.1% m/m 的船用燃油；

2015 年 3 月 1 日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的中国籍国内航行船舶，所使用的单台船用柴油发动机输出功率超过 130 千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求；

9.2.4 噪声污染防治措施

(1) 优先选用性能良好的低噪声施工设备，日常应注意对施工设备的维修保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

(2) 合理安排施工进度和时间，加强对施工船舶噪声的控制与管理，避免高噪声设施的夜间施工，减小施工噪声对周围居住环境的影响。

(3) 合理疏导进入施工区的运输石料和其他物料的来往车辆，尤其是靠近居民区附近路段，应设禁鸣标志牌。

9.2.5 污染防治环境保护对策措施可行性分析

9.2.5.1 悬浮泥沙污染防治措施可行性分析

本工程在施工时制定合理的施工计划，施工时优先在主潮流、常浪向方向先期开工作业面，形成施工区域的掩护，拦截悬浮泥沙向外海和近岸方向的扩散；在施工过程中根据不同施工节点优化护岸施工、陆域形成、人工补沙旁通输砂施工方案；同时采用溢流口防污措施，加强海上施工营地管理，严防物料入海，提前做好安全防护准备工作，避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工、有针对性的开展施工期跟踪监测等一系列措施，可有效地减少悬浮泥沙入海量，本项目为降低悬浮沙产生量所采取的防治措施，在现有技术具有可操作性。

9.2.5.2 废水、固体废弃物、大气、噪声污染防治措施可行性分析

本工程产生的机舱含油污水按照《沿海海域船舶排污设备铅封程序规定》要求收集运回陆上，不排海；施工船舶垃圾、施工机械冲洗水、施工人员的生活污水、生活垃圾等污染物处理

处置去向明确，没有直接排海，处理方式符合《船舶污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）标准，可有效降低对海洋环境的影响，工程采取的污染防治是可行的，为保证采用的污染防治环境保护措施落实到位，建设单位应委托具有相关处理措施和能力的施工单位，并明确相关污染物处置方案和处理要求。

为保证采用的措施落实到位，建设单位已经委托海南宇康船舶科技服务有限公司接收施工船舶污染物、机械维修油污水、油棉纱等固废，海南宇康船舶科技服务有限公司成立于 2013 年 01 月 14 日，营业期限至 2043 年 01 月 14 日，满足本项目施工期限要求；经营范围包括“为船舶提供垃圾接收，压舱水（含残油、污水）处理，围油栏供应船舶港口服务等”，具备船舶油污水接收、船舶残油接收、船舶洗舱水接收、船舶生活污水接收和船舶垃圾接收能力，因此本项目施工阶段产生的船舶污染物、机械维修油污水、油棉纱等污染物均交由该单位接收处理可行。

本工程建设阶段共产生舱底油污水总产生量为 95636.37t，其中第二年产生舱底油污水量最多，为 28853.07t；本工程建设阶段共产生船舶生活污水 125644.4m³，船舶垃圾 1570.56t，其中第三年产生的船舶生活污水和船舶垃圾最多，分别为 36276.16m³、453.45t。海南宇康船舶科技服务有限公司具有处理本工程舱底油污水、船舶生活污水和船舶垃圾的能力，措施可行。

9.3 海洋生态环境保护对策措施及可行性分析

9.3.1 海洋生物资源环境保护对策措施及可行性分析

本项目海造地占用直接造成底栖生物损失，施工过程中产生悬浮物造成海洋生态资源（包括浮游生物、底栖生物、渔业资源）的损失；项目的建设对项目所在的海域海洋生态环境及生态服务功能造成了事实上的负面影响。

工程在建设过程中通过优化施工组织作业面、优化施工工艺、加强海上施工营地管理、设置临时拦沙潜坝道、有针对性开展施工监测和响应项目海区海况条件施工等措施来减少项目施工过程中产生的悬浮沙，以减少悬浮物对海洋生态资源的影响。

为了减缓工程建设对海洋生态环境的影响，国内采取的生态恢复及补偿措施主要有以下几方面：对海洋生物资源损失经济补偿，海洋生物人工增殖放流、人工鱼礁建设、海洋保护区建设、海岸带湿地修复等。本工程采用的生态补偿措施为海洋生物资源损失经济补偿、海洋生物人工增殖放流、人工鱼礁建设等，具体措施如下：

9.3.1.1 海洋生物资源经济补偿

9.3.1.1.1 补偿年限与金额

本工程建设导致的海洋生物损失量为：浮游植物 4.29×10^{16} cell，浮游动物 1.73×10^9 kg，游泳生物 6.36×10^5 kg，鱼卵 3.13×10^{10} 粒，仔鱼 5.26×10^8 尾受损，工程建设导致的海洋生态系统服务功能损失主要有海洋供给服务功能、海洋调节服务功能、海洋文化服务功能及海洋支持服务功能的损失。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）的规定：“占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿；持续性生物资源的损害补偿分 3 种情形，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年~20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。”

本工程填海永久占用海床底土及生物资源空间、围填海工程泥沙淤积、填海施工过程中产生的悬浮泥沙共造成底栖生物损失 543.8992t、鱼卵损失 7.1582×10^9 尾、仔稚鱼损失 1.11987×10^8 尾、游泳动物损失 118.3800t、浮游动物损失 438.0878t、浮游植物损失 2.4763×10^{16} cell，珊瑚礁损失 4.78 公顷。本工程造成的生态损失总赔偿额为 7.1523 亿元，其中海洋生物资源损失补偿金额为 4.7353 亿元，珊瑚礁补偿金额为 2.4170 亿元。

工程的建设导致海洋生态系统服务功能分为供给服务、调节服务、文化服务与支持服务，价值损失约 7.8527 亿元/a。

建设单位应将生态损失补偿费用 7.1523 亿元纳入环保投资。

9.3.1.1.2 海洋生态补偿方式

根据工程建设对海洋生态环境可能造成的影响，结合工程所在海域的海洋生物种类分布特征，本工程采用海洋生物人工增殖放流和人工鱼礁建设方式进行生态补偿

9.3.1.1.3 海洋生态补偿方案的制定和实施

海洋生态补偿的具体方式可结合本区域海洋生态补偿工作的实际情况进行确定。工程建成投入运行前，建设单位应编制生态补偿方案，并报海洋行政主管部门审查，审查通过后方可实施；实施前，应向海洋行政主管部门报备，并在海洋行政主管部门的现场监督下实施。

9.3.1.1.4 生态保护补偿建议

根据本工程所在海域特征，在实施生态补偿措施时，**本评价建议：**

1) 施工过程中，完善环保设施，并采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，对

突发性事故，及时与有关渔业主管部门联系，并采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小。

2) 生态补偿由当地农渔业主管部门统一制定和实施生态恢复措施，有目的、有计划地进行修复。增殖放流物种应结合工程所在海域的海洋生物种类分布特征和目前人工育苗、增殖放流技术合理选取，确保生态补偿措施落实到位以取得预期恢复效果。

9.3.1.1.5 海洋生物人工增殖放流方案

本工程造成的海洋生物资源损失总赔偿额为 5.76 亿元，增殖放流按照 20 年，每年预算金额按照 3000 万元进行购买苗种开展实施。

本评价参考三亚市农业农村局在天涯海角至西岛海域一带开展的增殖放流活动，制定本项目增殖放流初步方案如下：

(1) 放流时间

每年的 5 月-8 月。

(2) 放流地点

亚龙湾和大东海海域，如下图 9.3-1 所示。



图 9.3-1 海洋生物人工增殖放流地点

(3) 放流品种

1、品种选择原则：本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；选择品质优良品种（优质经济鱼、虾、贝类）；选择当地海域自然生态状况中原有的、确需恢复资源种群的品种；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

2、根据三亚地区主要经济种类资源并参考周边海域放流苗种历史，增殖放流的品种主要为红鱼苗和金鲳鱼苗，同时考虑中华白海豚的饵料生物，建议增殖放流备选品种为：青石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、绿海龟、克氏海马、大珠母贝等。

(4) 增殖放流数量、规格

增殖放流按照 20 年，每年预算金额按照 3000 万元进行购买苗种开展实施，具体数量以采购为准。

(5) 苗种采购、宣传和公示

采取招标采购方式，确定种苗供应商，签订有关合同。认真做好增殖放流的宣传，通过广播、电视及标语等方式，宣传放流的意义，提高群众的认识和积极性。放流前要向社会公示放流区域、时间、物种、数量和规格等。

(6) 放流活动的实施

市农业农村局统筹协调相关人员，积极配合技术支撑单位认真做好放流苗种的规格测量、计数、验收等，严格把关，加强监督，确保放流苗种的规格整齐、体质活跃。

9.3.1.1.6 增殖放流生态保护措施可行性分析

增殖放流就是用人工方式向海洋、江河、湖泊等公共水域放流水生生物苗种或亲体活动，近几年，农业部和各地政府及渔业部门都非常重视增殖放流工作，每年都组织开展大规模的增殖放流活动，达到了非常好的效果。通过增殖放流，一方面补充和恢复了生物资源的群体；一方面改善了水质和水域的生态环境；同时，增加了渔民的收入，促进渔民增收。通过查阅资料，三亚渔业部门和相关单位、企业增殖放流的品种主要为红鱼苗和金鲳鱼苗，因此本项目于 5~8 月份放流红鱼苗和金鲳鱼苗的措施可行

9.3.1.2 海洋生物资源修复方案

本工程采用的是离岸人工岛形式，为了减少工程建设对海洋生态环境的影响，实现机场人工设施功能发挥与海洋生物生存环境的兼容，针对工程特点，本工程海洋生物资源修复采用对三亚新机场岛体护岸和岸滩防护设施（人工潜堤）进行生态化建设，使其兼具人工鱼礁的功能，为了实现这个目的建设单位在鱼礁结构设计、礁体材料选择（采用环境友好型建筑材料）、鱼类栖息地构建等方面，合理设计生物资源修复方案，具体设计方案如下：

9.3.1.2.1 鱼礁结构设计

根据本工程的特点初步选择本三亚新机场人工岛护岸和岸滩防护设施构建**鱼礁具体结构设计**如下：

(1) 三亚新机场岛体护岸人工鱼礁结构设计

1) 结构设计

➤ 堤型设计

三亚新机场人工岛地处开敞水域，水深大（平均水深达到 25m）、四周波浪均较大（南侧 300 年一遇有效波高达到罕见的 11.05m），设计标准高（人工岛设计使用年限为 100 年，设计潮位重现期及设计波浪重现期均为 300 年，100 年遇设计潮位+100 年一遇设计波浪条件下越浪量 $\leq 0.05\text{m}^3/\text{s}$ ），护岸结构设计的首要任务是防潮防浪以保证后方机场安全和公众生命财产安全，充分发挥其减灾功能。“在保障海堤（护岸）防洪防潮防浪安全的前提下，向海侧堤型宜采用斜坡式结构，在条件适宜时尽可能缓坡入海，促进近岸海洋生境的重建。”

根据各护岸的功能安排、水深条件、波浪条件、地质条件、大宗材料供应条件、施工条件等，同时考虑控制用海面积和工期要求，三亚新机场人工岛护岸结构进行了多方案比选，先后共完成 18 种断面结构设计。经过比选，北护岸因需兼顾码头功能，推荐采用方沉箱结构；东护岸、南护岸、西护岸推荐采用钢圆筒组合结构。2 种护岸结构均需在护岸前沿线向海一侧均设有斜坡式的抛石护底结构。

人工岛北护岸兼顾码头功能，不具备建设斜坡式护岸的条件；人工岛东护岸、西护岸、南护岸和岸滩防护工程的潜堤具备建设斜坡式护岸的条件，在设计时可采用抛石堤心斜坡式结构，增加海洋生境重建的面积，除北护在岸外其它护均设有大型混凝土护面块体（扭王字块）用于消浪。

在+1.0m 标高以下的水下抛石和混凝土块体可以起到人工鱼礁的作用，使其成为海洋生物

的新家园。

➤ **建筑材料**

“海堤（护岸）建筑材料应体现生态和景观方面的需求。因地制宜，科学论证，向海侧的海堤应采用生态混凝土和当地块石等绿色环保、适宜当地海域生态系统的无害化建筑材料，以利于植物生长和藻类、贝类附着，促进恢复生物多样性。”

➤ **海堤生态带构建**

“围填海工程新形成向海侧护坡的坡面、堤顶和堤脚应综合考虑生态、景观、亲水和防灾减灾等要素，应因地制宜地采用生态格栅、生态护面（含生态袋、植物砌块、生态溢水砖、箱式绿化挡墙等）等生态设计措施，构建海堤生态带建设的有利条件。参照南山观音人工岛西侧设置生态护岸，在+5.5m 以下部分建设生态护岸，补沙后大部分埋藏在滩肩下部，与滩肩形成一体，并种植耐盐植物形成，形成海滩后方的绿色沙坝外坡，美化景观。

2) 人工鱼礁布置范围

根据《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014），人工鱼礁选材要求无污染、环保、坚固耐用、易加工制造、来源丰富、经济性好。礁体形状可采用矩形、梯形、柱形、锥形及其他形状，内部结构应尽量复杂。礁体投放后使用过程中应不易离散、礁体形状和结构保持年限应不低于 30 年。本次人工鱼礁设计时，综合考虑鱼礁生态功能的发挥及礁体稳定性，对礁体材料布局设计见表 9.3-1。

三亚新机场项目成陆区北护岸、东护岸、南护岸、西护岸人工鱼礁布置见图 9.3-2.

表 9.3-1 人工鱼礁单位鱼礁设置范围

位置		人工鱼礁材料	厚度	设置范围
人工岛北侧沉箱护岸		石材礁	1100mm	见图 1.3-2(a)
人工岛西侧	北段沉箱护岸	石材礁	1550mm	见图 1.3-2(a)
		混凝土礁	2450mm	
	南段钢圆筒护岸	石材礁	4230mm	见图 1.3-2(b)
		混凝土礁	2430mm	
人工岛东侧	北段沉箱护岸	石材礁	1550mm	同图 5.2-9
		混凝土礁	2450m	
	南段钢圆筒护岸	石材礁	4230mm	同图 1.3-2(c)
		混凝土礁	2430mm	
人工岛南侧	中段钢圆筒护岸	石材礁	4230mm	同图 1.3-2(b)
		混凝土礁	2430mm	
	东段、西段斜坡护岸	石材礁	1910mm(护面) 26980mm(堤芯)	见图 1.3-2(b)
		混凝土礁	3130mm	

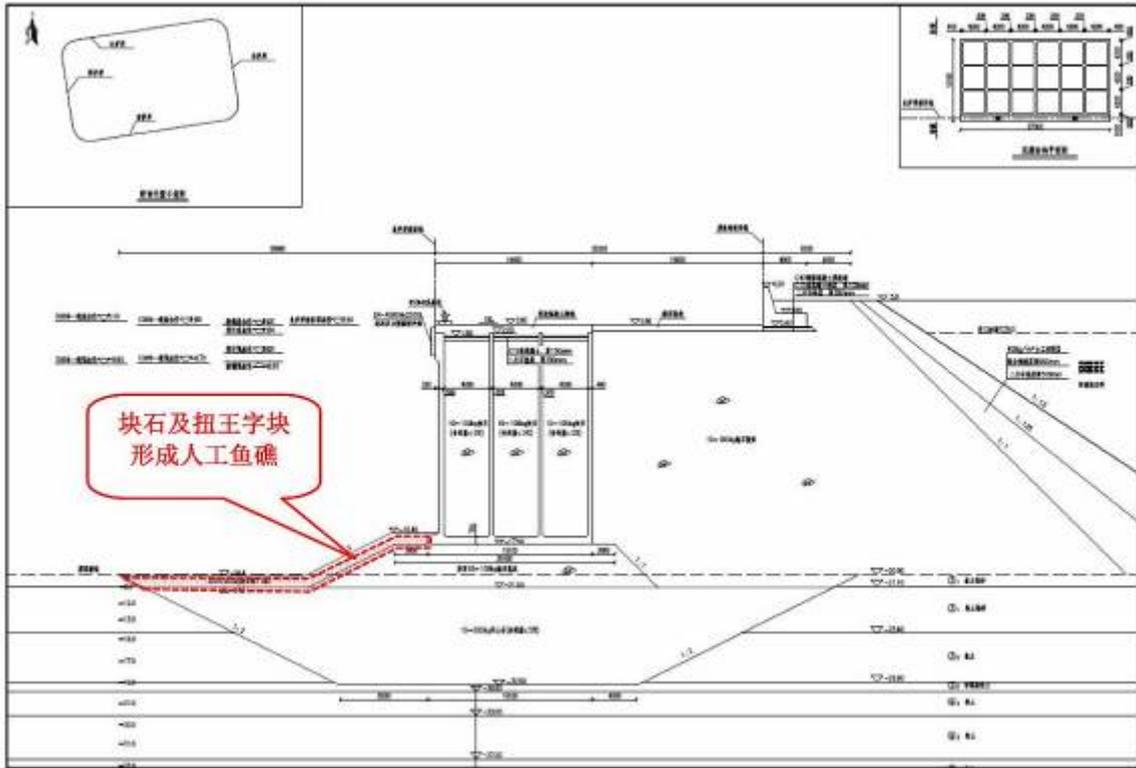


图 9.3-2 (a) 北护岸典型断面及形成人工鱼礁范围示意图 (方沉箱结构)

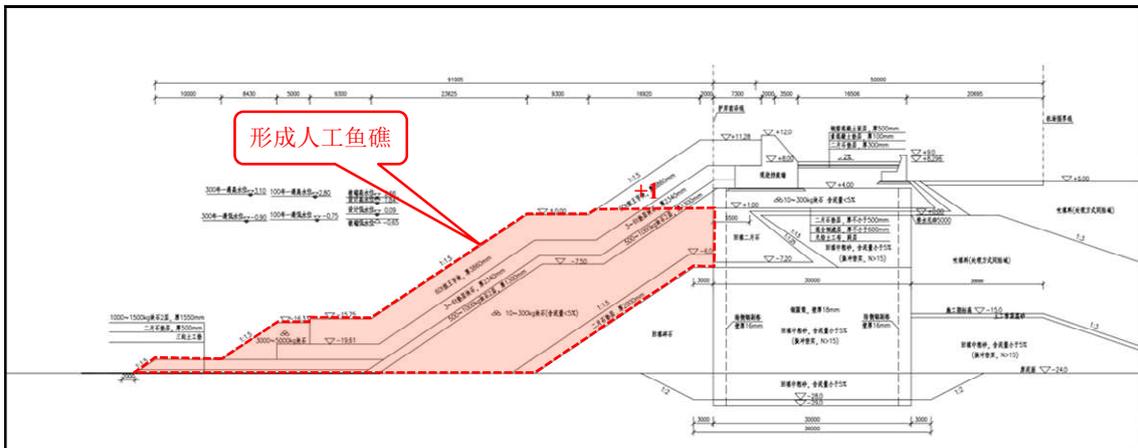


图 9.3-2 (b) 东护岸典型断面及形成人工鱼礁范围示意图 (钢圆筒组合结构)

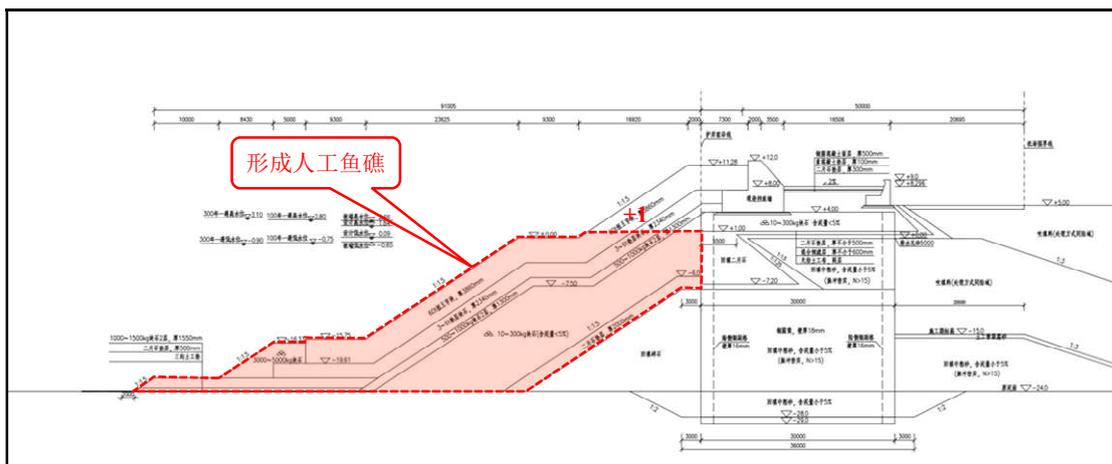


图 9.3-2 (c) 南护岸典型断面及形成人工鱼礁范围示意图 (钢圆筒组合结构)

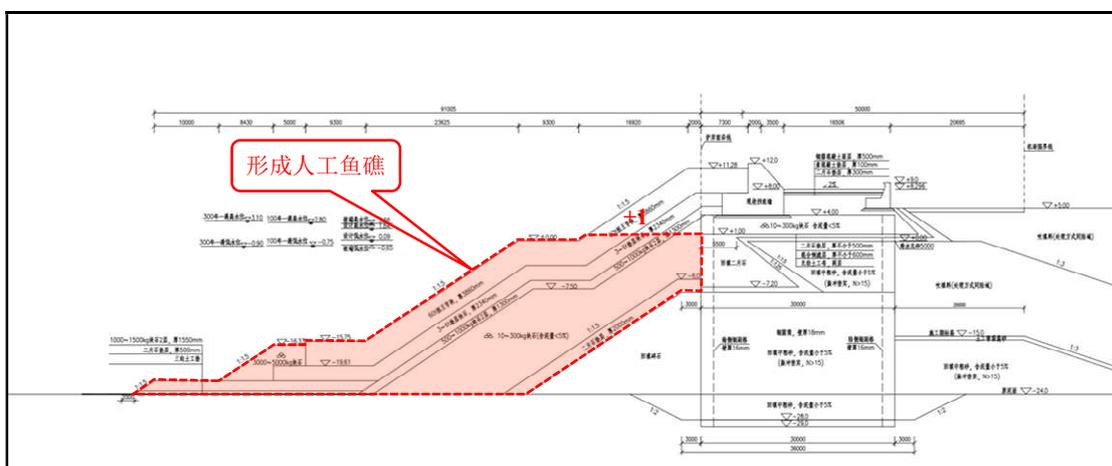


图 9.3-2 (d) 西护岸典型断面及形成人工鱼礁范围示意图 (钢圆筒组合结构)

(2) 岸滩防护设施人工鱼礁结构设计

根据南京水利科学院研究院《三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题》研究成果，三亚新机场岸滩防护设施主要包括南山潜堤，南山拦砂堤，临空一期、临空二期工程北侧潜堤等，均由块石、预制扭王字块等建成，+1.0m 标高以下的水下抛石和混凝土块体可以起到人工鱼礁作用，使其成为海洋生物的新家园。

1) 南山潜堤

南山潜堤位置在天涯海角景区南侧，自然水深-2.0~-3m，布置长 200m 的潜堤。潜堤顶高程为 0.0m，顶宽 8.05m，为两层扭王字块结构，在海床面上抛填块石整平后安装扭王字块，上层安放 6 件 6t 扭王字块，下层安放 8 件 6t 扭王字块（图 9.3-3）。

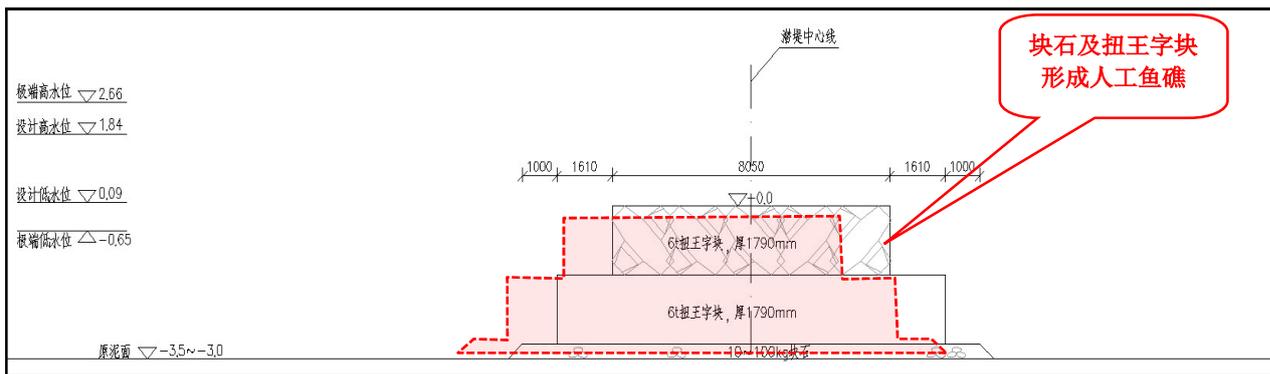


图 9.3-3 南山潜堤典型断面及形成人工鱼礁范围示意图

2) 南山拦沙堤

在南山和鸭仔塘口门位置分别布置 2 条拦沙堤，南山拦沙堤长 45m，顶宽 5.9m，顶高程 +4.0m；鸭仔塘口门拦沙堤长 80m，顶宽 5.9m，顶高程+5.0m。拦沙堤所在水域水深-2.0m，采用抛石斜坡堤结构。堤心石为 10~500kg 开山石，内外坡安放一层 6t 扭王字块体护面，厚度为 1.79m，坡度为 1:1.5；护面层下抛填 1.1m 厚的 300~600kg 块石垫层，护底采用 500~1000kg，长 10m（图 9.3-4）。

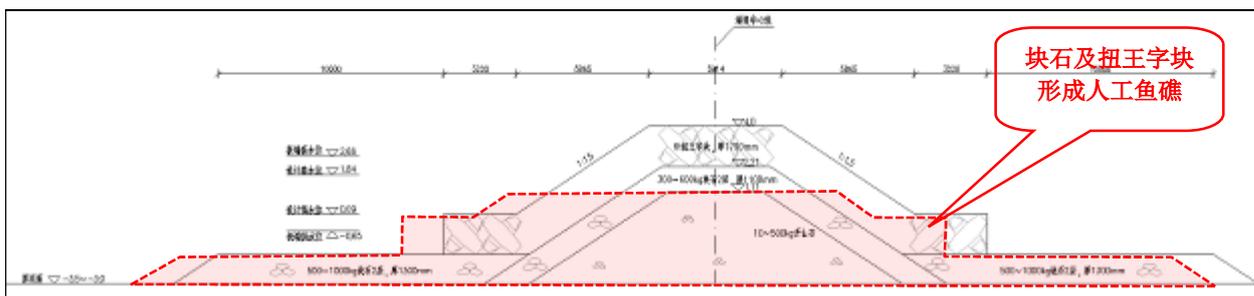


图 9.3-4 南山拦沙堤典型断面及形成人工鱼礁范围示意图

3) 临空一期、二期工程北侧潜堤

根据南京水利科学院研究院《三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题》研究成果，临空一期工程北侧护岸 740m，需拆除至标高 0.0m，并改造后作为岸滩防护的潜堤。临空二期工程西北侧护岸 980m，东北侧护岸 730m，东侧护岸 1210m，需拆除至标高 0.0m，并改造后作为岸滩防护的潜堤。

临空一期工程沉箱拆除后，基床顶部抛填块石，外海侧采用 32t 扭王字块护面，内海侧采用 19t 扭王字块护面。针对临空二期工程西北侧护岸 980m，东北侧护岸 730m，东侧护岸 1210m，拆除至标高 0.0m 后，需进行改造加固，作为岸滩防护的潜堤。对于拆除后的断面北侧采用 19t 扭王字块防护，南侧先铺垫层块石，后安装 32t 扭王字块防护。临空一期、二期潜堤加固改造

的扭王字块和垫层块石全部来源于临空一期、二期工程的拆除料。改造加固形成的潜堤断面如下图所示：

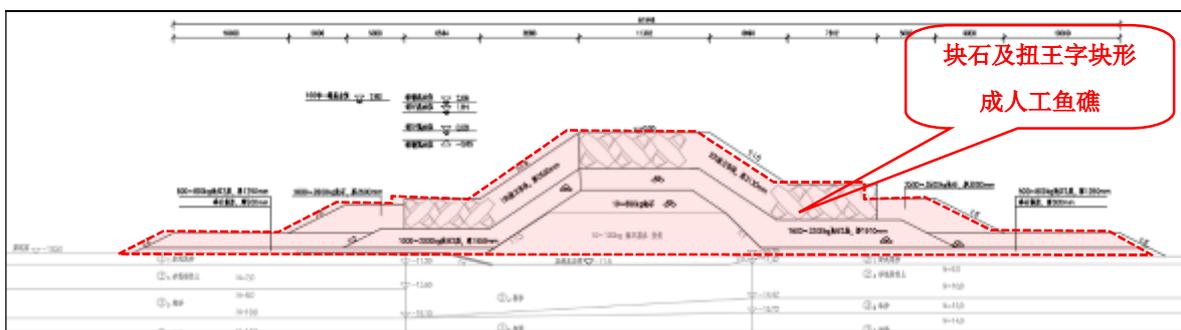


图 9.3-5 临空一期工程北侧潜堤典型断面及形成人工鱼礁范围示意图

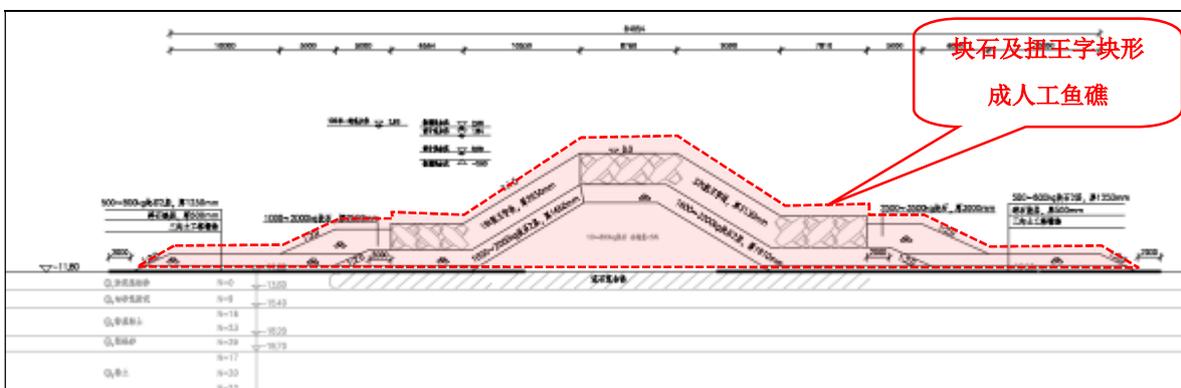


图 9.3-6 临空二期工程北侧潜堤典型断面及形成人工鱼礁范围示意图

9.3.1.2.2 礁体材料选择

(1) 礁体材料类型选择

考虑到工程海域地处开敞水域，水深浪大，礁体选材在满足发挥鱼礁功能前提下，需耐久、稳定。目前，人工鱼礁材料包括天然材料和人工材料，其中天然礁材料主要有石材、木材、贝壳，人工礁材料主要有构建材料（混凝土、钢材、玻璃钢）和废弃物材料（废弃军用设备、废弃石油平台、废弃渔船等）。从国内外人工鱼礁建设经验来看，由于各礁体材料性能不同，在适宜的环境条件下，选用适宜的天然礁或人工礁礁体材料，都能够很好的发挥鱼礁的功能。

从天然礁材料应用来看，传统的木材礁、贝壳礁等天然材料集鱼效果好，生物易附着，且来源容易、无毒、易制作加工，但耐久性、稳定性均较差，容易被海底生物侵蚀或被海浪破坏。天然石材礁集鱼、养护效果也较好，且礁体坚硬、稳定、抗腐蚀性强、成本低，耐久性、稳定性相对较好；从人工礁材料应用来看，目前使用最多的人工鱼礁材料是废旧物材料（废弃船舶、石油平台、渔船等），其耐久性较好，短时间内即可引来多种海洋生物在礁体中栖息、繁殖，

但受工程海域自然条件因素及周边水域通航安全要求,在本工程人工鱼礁的建设中应用有一定的局限性。人工构建材料目前国内主要是将混凝土作为基础礁体材料,稳定性好,经济性强,且施工制作容易,可做成各种形状,可以为甲壳类和附着生物的定居和生长提供极好的附着表面和栖息地,还可以为其他无脊椎动物和鱼类提供食物和避难所。

综合考虑工程海域自然条件限制因素、周边海域通航安全因素及各类人工鱼礁应用适宜性和应用效果,本工程人工鱼礁选材采用“天然礁+人工礁”组合方式,天然礁选材设计采用石材礁,人工礁选材设计采用混凝土构建礁。

(2) 礁体材质的选择

根据前述人工岛护岸(包括人工岛护岸和人工鱼礁)设计方案,护岸材料主要有商品砼、钢材和石料,鱼礁材料主要是商品砼和石料。设计护岸材料选用适宜当地海域生态系统的环境友好型建筑材料。

护岸石料初步选址大出水矿区和立村矿区,根据国土资源部海口矿产资源监督检测中心对石料选址区岩石检测结果,设计石材来源地石料中汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六氯化苯、DDT、PCBs均满足《围填海工程填充物质成分限值》第一类限值,不会对海洋环境造成不利影响。

施工时对石料重量、级配、强度、形状及含泥量等严格按照按照设计要求控制,以利于构建生态化护岸。如:要求块石的重度不小于 26.5kN/m^3 ,块石重量应有良好级配,基床块石重量小于 10kg 的石料不超过总量的 10% ,不得采用遇水易软化的石料,一般石料在水中浸透后的强度不应低于 30MPa ,垫层块石、护底块石等规格石料要求水中浸透后的强度不低于 50Mpa ,石料不成片状,无明显风化和裂缝,含泥量不超过 5% 。

护岸商品砼材料属于相对稳定的材料,但在混凝土质量不能达标时,海水中的化学成分也能引起混凝土溶蚀破坏、碱-骨料反应。工程海域风浪大,极端海况天数相对较多,混凝土结构长期暴露在这种海况下,可能导致钢筋被氯离子腐蚀。此外,混凝土作为人工鱼礁材料,对表面粗糙度、结构要求较高。据此,商品砼材料选材设计重点是制作工艺,参照GB50010、GB50204的规定制作,采用清洁环保的骨料,混凝土构件所用的碎石应采用质地坚硬、级配良好的碎石,严禁使用活性粗骨料,骨料中不得混入煅烧过的石灰石块、白云石块;骨料颗粒表面不宜附有黏土薄膜,骨料中水溶性硫酸盐及硫化物含量应 $\leq 1.0\%$;骨料粒径不大于 80mm ;不大于构件截面最小尺寸的 $1/4$;不大于钢筋最小净距的 $3/4$;不大于混凝土保护层厚度的 $4/5$ 。混凝土外加剂不得掺用氯盐外加剂;混凝土拌和用水不得采用沼泽水、工业废水或含有害杂质

的水，拌合用水中硫酸盐含量 $<600\text{mg/L}$ ，氯化物含量 $<200\text{mg/L}$ 。

(3) 礁体形状

混凝土礁采用扭王字块形状，石材礁采用不规则形状，陆上初选石料场址所采开山石经岩石破碎机破碎，由出料口格栅控制破碎至设计规格，礁体外形不做其他特殊处理。

(4) 礁体规格

礁体规格设计在满足预选礁体形状稳定性前提下开展，礁体规格设计内容主要是单体鱼礁重量、尺寸及单位鱼礁厚度。根据礁体稳定性计算结果要求，本工程单体鱼礁规格详见表 9.3-2。

表 9.3-2 人工鱼礁单体礁规格

鱼礁材料	位置	单体鱼礁重量	单体礁尺寸
混凝土礁	人工岛斜坡护岸	10t	
	人工岛斜坡护岸	15t	2.43m×2.43 m×2.43m
	人工岛斜坡护岸	30t	3.06m×3.06m×3.06m
	人工岛斜坡护岸	100t	
	人工岛斜坡护岸	120t	
石材礁	人工岛斜坡护岸	300kg~500kg	/
	人工岛斜坡护岸	500kg~1000kg	
	人工岛斜坡护岸	3~6t	

9.3.1.2.3 鱼类栖息地构建

本工程护岸结构设计时，在满足工程安全前提下，护岸前沿原则上尽量采用人工鱼礁生态设计方案，以实现为海洋生物提供繁殖、生长、索饵和庇敌场所，营造海洋生物栖息环境。根据《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014），人工鱼礁构建基本要求如下：

明确能够构建人工鱼礁栖息地的区段、位置及层位。（包括人工岛护岸、南山潜堤，南山拦砂堤，临空一期、临空二期工程北侧潜堤）

(1) 投放水域

根据《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014），人工鱼礁投放水域选择时主要考虑海底地形、水深、底质条件及海流流速因素。应选择海底地形坡度平缓或平坦的海域；底质条件选择较硬、泥沙淤积少的底质，不宜在淤泥较深的软泥底和流速大的细沙底水域设置，以保证礁体的稳定性和抗淤性；非沿岸养殖类型鱼礁水深宜设置在 100m 以内，最好设置于 10m~60m；底质条件选择较硬、泥沙淤积少的底质，不宜在淤泥较深的软泥底和流速大的细沙底水域设置，以保证礁体的稳定性和抗淤性。

(2) 建礁水层及生物对象

以设置底鱼礁为主，中鱼礁和浮鱼礁为辅；建礁生物对象底层和近底层对象生物为鱼类，表层对象生物为藻类

(3) 生态功能要求

南山潜堤，南山拦砂堤设置以产卵礁为主，兼具养护礁；人工岛本岛以设置养护礁为主，兼具产卵礁。

(4) 构建材料

混凝土礁、石材礁，单体鱼礁结构应尽量复杂，底鱼礁、中鱼礁应选择内部结构复杂多孔洞的材料；浮鱼礁应选择易于饵料生物附着和繁育的材料，材料应尽量选择增大礁体表面积和表面粗糙度的结构。礁体投放后，形状和结构保持应不低于 30 年

(5) 礁体布局

礁体布局排列方式直接关系到礁体投放后所形成的空隙空间。礁体布局设计包括不同礁体材料间的布局和礁体材料内部的布局。

①不同礁体材料间的布局设计

考虑到扭王字块混凝土礁体量大，形成的空隙空间相对大，且抗浪性更强，而符合前述规格的石材礁礁体形成的空隙空间相对较小，易失稳，因此礁体布局设计原则确定为：在风浪小、流速低的近岸水域尽量采用石材礁，主要用于为海洋生物提供栖息、产卵场；在风浪大、流速高的水域采用“混凝土礁+石材礁”的组合方式，主要用于为海洋生物饵料富集、生物避敌、栖息。断面布局上，空隙空间较大的设置在外侧，空隙空间相对较小的设置在里侧。具体设计方案如下：

人工岛北护岸——全断面礁体均采用石材礁；

人工岛东护岸、西护岸、南护岸——外侧礁体采用混凝土礁，里侧礁体采用石材礁；

人工岛潜堤及掩护范围护岸——表层礁体采用混凝土礁，里层礁体采用石材礁。

②同一礁体材料内部的布局

工程海域海洋游泳生物以 I 型、II 型鱼礁生物为主，一般来说，以 I 型、II 型鱼礁生物为主要对象生物的鱼礁，单体礁或单位鱼礁结构空隙大小以 2-3m 为最佳，礁体内部结构宜复杂。据此，本次对选定的两种礁体材料布局设计如下：

混凝土礁：混凝土礁扭王字块设计采取随机相互钩连的排列布局，礁体投放时定点定量不

规则投放，投放后由于扭王字块结构本身的造型决定块体钩连后杆件之间必将存在大量孔隙。从现场施工经验来看，扭王字块随机安放后块体间空隙在 2m 左右，满足目标鱼礁生物对礁体空隙空间的需求。典型混凝土扭王块鱼礁不规则安放后效果见图 9.3-7。



图 9.3-7 扭王字块混凝土礁随机安放布局效果图

石材礁：石材礁采取随机堆填的排列布局，根据前述礁体稳定性分析，石材礁单体礁规格为 100kg~500kg，石材密度 2650kg/m^3 ，则单体石材礁等效正方体边长为 0.34~0.58m，施工时石料规格由岩石破碎机出料口格栅控制，不会产生过大差异，随机堆放后形成的空隙空间在 1m 左右。典型石材礁不规则安放后效果见图 9.3-8。



图 9.3-8 石材礁随机堆填布局效果图

③水泥构件的表面处理及不规则摆放，以便于珊瑚的附着和生长

鉴于现新机场莲花岛区域外边界多以扭王石堆叠组成，深度一般为 10-15 米，底质以泥沙质为主，在扭王石目前有鹿角杯形珊瑚幼体生产，因此人工岛护岸礁石生态化建设也要考虑有利于珊瑚在表面附着和生长。由于普通水泥制作的构件，如扭王块的水泥表面碱性很强，不利

于珊瑚在表面附着和生长，建议在不太影响构件质量要求的情况下，对水泥构件的表面进行中性化处理，减少碱性，同时表面尽量制作的粗糙一些，利于生物附着。水泥构件的不规则摆放，有利于形成各种复杂多样的小生境，有利于珊瑚和其他生物的生长繁殖和形成生态系统。

9.3.1.2.4 人工鱼礁工程量及投资估算

三亚新机场人工岛护岸和南山潜堤，南山拦砂堤，临空一期、二期工程北侧潜堤等岸滩防护设施+1.0m 标高以下的水下的抛石、扭王字块为理想的鱼礁材料，工程量及投资估算（合计约 44.3 亿元）详见下表 9.3-3。

表 9.3-3 工程量及投资估算

工程位置	项目名称	单位	工程数量	投资（元）	备注
东护岸	10~300kg 堤芯块石，水上	m ³	1248717	169475849	
	500~1000kg 块石垫层，水上	m ³	211209	45515991	
	1000~1500kg 块石护底，水上	m ³	181224	44216291	
	3000~5000kg 块石，水上	m ³	132126	34414052	
	预制 10t 扭王字块，C40	m ³	205698	176437034	掺加聚乙烯醇纤维
	安装 10t 扭王字块，水上	件	47311	55862884	
	预制 100t 扭王字块，C40，高性能	m ³	336220	339791381	含钢量 80kg/m ³ ，掺加 CPA
	安装 100t 扭王字块，水上	件	7733	34701422	
	小计			900414904	
西护岸	10~300kg 堤芯块石，水上	m ³	2923161	396731452	
	500~1000kg 块石垫层，水上	m ³	462289	99624298	
	1000~1500kg 块石护底，水上	m ³	363419	88669379	
	3000~5000kg 块石，水上	m ³	257001	66939427	
	预制 10t 扭王字块，C40	m ³	450004	385989999	掺加聚乙烯醇纤维
	安装 10t 扭王字块，水上	件	103501	122209715	
	预制 120t 扭王字块，C40，高性能	m ³	799506	807998477	含钢量 80kg/m ³ ，掺加 CPA
	安装 120t 扭王字块，水上	件	15324	116774793	
	小计			2084937540	
南护岸	10~300kg 堤芯块石，水上	m ³	1381987	187563284	
	抛填碎石，水上	m ³	904846	274826694	
	500~1000kg 块石垫层，水上	m ³	226185	48743439	
	3000~6000kg 块石垫层，水上	m ³	481522	125419171	
	1000~1500kg 块石护底，水上	m ³	172020	41970658	
	3000~5000kg 块石，水上	m ³	128598	33495230	
	预制 60t 扭王字块，C40，高性能	m ³	301260	304460030	含钢量 80kg/m ³ ，掺加 CPA
	安装 60t 扭王字块，水上	件	11548	37351638	
	小计			1053830144	
北护	300~500kg 块石，水上	m ³	156167	32367705	

岸	小计			32367705	
南山 拦砂 堤 45m	10~500kg 堤芯块石, 水上	m ³	1605	217778	
	300~600kg 块石, 水上	m ³	886	183545	
	500~1000kg 块石垫层, 水上	m ³	1352	291463	
	预制 6t 扭王字块, C40	m ³	896	768806	掺加聚乙烯醇纤维
	安装 6t 扭王字块, 水上	件	344	406181	
	小计			1867773	
南山 潜堤 200m	10~100kg 块石 (垫层块石)	m ³	2400	391900	
	预制 6t 扭王字块, C40	m ³	4149	3558762	掺加聚乙烯醇纤维
	安装 6t 扭王字块, 水上	件	1591	1878587	
	小计			5829249	
临空 一期 潜堤 740m	10~100kg 块石	m ³	59873	9776698	
	10~800kg 块石	m ³	20176	4181765	
	500~800kg 块石	m ³	34706	7479178	
	1000~2000kg 块石	m ³	42212	10299277	
	1600~3200kg 块石	m ³	56570	14734474	
	2500~3500kg 块石	m ³	16660	4339445	
	19t 扭王字块体 (拆+装)	件	1756	5391739	
	32t 扭王字块体 (拆+装)	件	2068	10033053	
小计			66235629		
临空 二期 工程 北侧 潜堤 2920m	10~800kg 块石	m ³	377153	78170025	
	500~800kg 块石	m ³	140043	30179600	
	1000~2000kg 块石	m ³	178587	43572903	
	1600~3200kg 块石	m ³	190247	49552438	
	2500~3500kg 块石	m ³	71435	18606217	
	19t 扭王字块体 (拆+装)	件	7970	24471618	
	32t 扭王字块体 (拆+装)	件	8334	40433010	
小计			284985811		
合计			4430468756		

9.3.1.2.5 海洋生物资源修复方案可行性分析

(1) 设计方案的可行性

国家海洋局 2017 年 10 月发布的《围填海工程生态建设技术指南（试行）》第 5.4.2 款“栖息地构建”规定“根据填海工程所在海区条件和特点,在不危及防护工程坡脚和基础安全的前提下,海堤(护岸)前沿水下可采用人工鱼礁等生态设计,为鱼类、贝类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所,营造海洋生物栖息的良好环境。”

如前所述,三亚新机场人工岛护岸和南山潜堤,南山拦砂堤,临空一期、二期工程北侧潜堤等岸滩防护设施所采用的块石及扭王字块均属于适宜当地海域生态系统的无害化建筑材料,其本身就是理想的人工鱼礁材料,有利于植物生长和藻类、贝类附着,有利于促进恢复生物多样性,符合国家《围填海工程生态建设技术指南（试行）》的相关规定。

(2) 人工鱼礁的投放水域选址可行性

①地形：三亚新机场人工岛护岸和南山潜堤，南山拦砂堤，临空一期、二期工程北侧潜堤等岸滩防护设施所处的红塘湾海域地形坡度平缓，满足《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）第 5.3 条“拟投放人工鱼礁海域的要求”第 5.3.1.1 条“地形”“选择海底地形坡度平缓或平坦的海域”的规定。

②水深：三亚新机场人工岛海底高程-16m~-26m（当地理论最低潮面，下同），南山拦砂堤海底高程为-1.2m~+2.2m 左右，临空一期、二期工程北侧潜堤海底高程-9.2m~-12.1m，而红塘湾海域设计低水位为 0.09m，水深条件满足《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）第 5.3 条“拟投放人工鱼礁海域的要求”第 5.3.1.2 条“水深”“根据真光层深度、对象生物栖息的适宜深度等，确定人工鱼礁投放的水深（指低潮位下水深）。沿岸以养殖为主的鱼礁投放适宜水深为 2m~30m，其他类型鱼礁适宜水深为 100m 以内，最好设置于 10m~60m”的规定。

③底质：钻孔资料显示，红塘湾海域工程地质条件好，土层相对均匀平缓，上部软土层较薄，其下为中硬土层（表层淤泥 0~2m，以下为砂层和粘土层，标贯一般在 20 击以上）。上部为第四系全新统地层(Q4al+pl、Q4m)，如：淤泥、淤泥混砂，松散~稍密的中粗砂及其混合土层；下部为第四系中更新统北海组土层(Q2al+pl)，如中等~坚硬状的粘土~粉质粘土，中密、密实、极密实的粉细砂、中粗、粗砂、砾砂层。

岸滩演变分析报告表明，根据地形对比和断面对比，红塘湾海域在-15m 以深区域海床在 1939 年以来保持了基本稳定，为工程建设提供了良好的海床稳定性条件。

因此，红塘湾海域底质条件满足《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）第 5.3 条“拟投放人工鱼礁海域的要求”第 5.3.1.3 条“底质”“对于底鱼礁应选择较硬、泥沙淤积少的底质，不宜在淤泥较深的软泥底和流速大的细沙底水域设置，以保证礁体的稳定性和抗淤性”的规定。

(3) 拟投放人工鱼礁海域环境质量可行性

①海域水环境质量：国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2015 年 6 月 6-7 日（夏季）、9 月 10-17 日（秋季）、12 月 15-19 日（冬季），2016 年 3 月 16~21 日、24-25 日（春季）四个季节在红塘湾海域设置 48 个海洋水质站位。调查结果表明，红塘湾海域水体环境质量状况总体良好，大多数指标均符合第一类海水水质标准要求，主要超标因子为铅，海水铅含量超第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准。

②海域沉积物质量：国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2015 年 6 月 6-7 日在评价海域进行了现状调查，沉积物调查站位为同期水质调查站位中的 1、4、6、7、9、11、14、16、18、19、21、23、26、28、30、31、33、35、37、39、41、43、45、48，共 24 个站。调查海域所有测站各项监测指标均符合相应 GB18668-2002《海洋监测规范》中沉积物一类标准要求，调查海域沉积物质量状况良好。

③海洋生物质量：2015 年 6 月（夏季调查）、2015 年 9 月-10 月（秋季调查）、2015 年 12 月-2016 年 2 月（冬季调查）和 2016 年 3 月（春季调查），国家海洋局海口海洋环境监测中心站在工程所在的红塘湾海域附近进行生物质量现状调查；调查站位 29 个。调查结果显示，春、夏、秋、冬四季红塘湾海区的海洋生物质量优良，鱼类、甲壳类、双壳类海洋生物体内的总汞、砷、铜、铅、镉、铬、锌和石油烃含量均符合相应的评价标准。

因此，红塘湾海域环境质量现状满足《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）第 5.3 条“拟投放人工鱼礁海域的要求”第 5.3.1.4 条“水质”“应符合 GB 11607 的规定”的要求。

（4）投放海域水文动力条件可行性

潮流泥沙数学模型专题研究成果表明，三亚新机场人工岛工程建成前大潮期涨、落急时最大流速绝大部分点位小于 0.6m/s，小潮期涨、落急时最大流速绝大部分点位小于 0.4m/s，人工岛建成前后涨、落潮平均流速变化幅度在-0.15m/s~0.15 m/s 之间，绝大多数点位平均流速变化幅度在-0.05m/s~0.05 m/s 之间。

三亚新机场人工岛护岸和南山潜堤，南山拦砂堤，临空一期、二期工程北侧潜堤等岸滩防护设施均按高标准进行了最不利工况条件下的稳定性计算，计算结果表明上述水工结构稳定性满足要求。

因此，红塘湾海域流速条件满足《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）第 5.3 条“拟投放人工鱼礁海域的要求”第 5.3.1.5 条“流速”“一般应以最大流速不能推动鱼礁以及鱼礁不见移动或倾倒是为宜，可通过模拟试验或理论计算确定”的规定。

（2）人工鱼礁的构件材料

三亚新机场人工岛护岸和南山潜堤，南山拦砂堤，临空一期、二期工程北侧潜堤等岸滩防护设施+1.0m 标高以下的水下的抛石、扭王字块为理想的鱼礁材料，按《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）第 4.4 条“按人工鱼礁主要构件材料分类”的规定，属石材礁、混凝土礁。

综上，本工程人工鱼礁投放海域选址可行，拟投放的海域海洋水质、沉积物环境符合相关规定，拟投放海域水文动力条件符合水工结构稳定性设计要求，选用的构件材料符合《人工鱼礁建设技术规范》（SC/T 9416-2014）要求，因此本项目对三亚新机场岛体护岸和岸滩防护设施（人工潜堤）进行生态化建设，使其兼具人工鱼礁的功能的生态海洋生物资源修复方案可行。

9.3.2 珊瑚礁环境保护对策措施及可行性分析

本章节引用《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告》（中国科学院南海海洋研究所 2019 年 12 月）研究成果。三亚新机场建设对附近珊瑚礁生态系统造成的影响和破坏主要表现在：

（1）三亚新机场人工岛施工带来的悬浮在岸边不断悬浮—沉积—再悬浮过程，使得红塘湾附近海域珊瑚礁生态系统，在施工期和人工岛建成以后很多年处于高浓度悬浮物的胁迫中，造成造礁石珊瑚覆盖率降低，特别是造礁石珊瑚种类和群落结构的很大变化，以及珊瑚礁鱼类种群数量的下降。这方面的损失通过经济和生态补偿，以及珊瑚礁修复重建来补偿。

（2）三亚新机场人工岛建设导致的岸滩淤积造成的沿岸珊瑚礁损失：工程实施后的 30 年间，工程实施区域沿岸将有 2800 米岸线珊瑚礁分布区被淤积掩埋，直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失，造成不可恢复的影响。采取防护措施，淤积的珊瑚礁面积减少为 4.78 公顷。因此，必须对受到淤积的珊瑚进行移植，采取迁地保护措施。

（3）新机场建设配套的连岛大桥建设，主要是桥墩位置可能占用珊瑚礁区域及桥墩建设施工带来的悬浮物影响。为了避开桥墩及其建设对珊瑚礁的直接影响，尽可能把桥址移位。大桥恰好位于珊瑚礁分布区和没有珊瑚礁分布区的交界部位，通过把桥墩布置图与珊瑚礁分布图叠加分析和多次的设计-环评-专题之间的对话沟通，形成了一个尽可能避开对珊瑚礁直接占用又能满足工程需要的方案。连岛大桥建设对珊瑚礁影响的面积较小，将结合人工岛周边生态护岸建设进行珊瑚礁修复重建工作进行生境补偿。

（4）项目施工期和运营期的风险事故例如偶发性的溢油也会造成项目海域的海水受到不同程度的污染，如果溢油飘到珊瑚礁海域，会严重破坏珊瑚礁生态系统。

围绕以上几个方面，本评价采用的主要珊瑚礁保护措施为：减少入海悬浮物控制措施、受影响区域珊瑚的迁地保护措施、珊瑚礁的补偿与修复，具体分述如下：

9.3.2.1 减少入海悬浮物控制措施

根据《三亚新机场项目红塘湾沿岸珊瑚礁调查、影响评估及保护修复方案专题研究报告》（中国科学院南海海洋研究所 2019 年 12 月）研究成果：悬浮物含量超过 10 mg /L 时会对珊

瑚造成不利影响，长期超过此值则会造成严重的胁迫(Rogers 1990)。当周边水质长期的浊度超过 2~3 NTU，会对造礁石珊瑚产生一定程度的胁迫，当长期浊度超过 5 NTU 将会对珊瑚礁产生较为严重的胁迫 (Cooper et al. 2008)。有研究表明，海水透明度低于 10 m 将会促进大型海藻覆盖率的增多和石珊瑚丰富度的降低 (De'ath and Fabricius 2010)。另外悬浮物中，粒径<63 微米的偏泥性的悬浮物对珊瑚的不利影响远远大于大颗粒的悬浮物。因此针对珊瑚礁对入海悬浮物的敏感性，建设单位在工程建设过程中除采用前述章节常规减缓悬浮物入海控制措施外，还需要采用以下悬浮物入海控制措施：

(1) 所用填海材料的选择和预处理

本工程机场人工岛抛填、回填材料主要为海砂和开山石，材料本身带来的泥和细砂不经过预处理将造成大量悬浮物入海，故在海砂和开山石应尽量选择本身含泥和细砂少的材料，必要时需经过预处理以后再行使用，应在洗沙、过筛以后再行使用。

严格控制海砂和开山石含泥量，回填海砂粒径小于 0.075mm 的颗粒含量不超过 5%，开山土石在采石地经过预先过筛，去掉其中的泥土，要求采用的开山石含泥量（粒径小于 0.075mm 的颗粒含量）不超过 10%。

(2) 优化人工岛的施工方案

① 施工期避开珊瑚主要繁殖季节 3~5 月份，特别是悬浮物源强大的护岸抛石、基础挖泥卸泥、基础开挖等施工；

② 施工尽量选择海流方向有利于悬浮物向外海扩散，而不扩散向有珊瑚礁的海域；

③ 溢流口设置在有利于悬浮物向外扩散，而不扩散向有珊瑚礁的海域；

④ 在台风、暴雨等恶劣天气下，应提前做好防护工作，对海堤堤头、排水口等进行必要的加固措施，以保证有足够的强度抵御风浪，避免海堤坍塌泥沙泄漏；

⑤ 合理安排施工顺序和进度，减小挖泥船、泥驳、起重船、方驳等船只和设备对底质的搅动，避免泥沙的再悬浮和扩散；

⑥ 做好陆域的水土保持工作，合理安排土石方运输和抛填的进度，减少陆上堆存土石方量，以免堆存的材料或暴雨径流携带的泥沙等污染海域。

(3) 加强项目施工过程中和建成后的监督管理

项目施工过程中和建成后的监督和监测能够大大改善工程对珊瑚礁的影响与破坏。尤其是要加强项目施工期过程中环评提出的各项要求和措施的落实监管。如围堰措施、防波堤建设

置防护帘，合理安排施工工期，控制单位时间内的悬浮物浓度，减少悬浮物扩散影响范围措施等。施工船舶不得带病作业，防止发生跑、漏、冒油。禁止船只在珊瑚生长区内抛锚。采取有效措施，避免和消除施工过程中可能造成的污染。

定期对工程附近海域的珊瑚礁资源开展监测活动。对项目施工前后和项目运营后的珊瑚礁资源变化趋势进行分析比较，及时发现和解决在项目运营过程中出现的问题。

9.3.2.2 风险事故珊瑚礁保护应急措施

(1) 施工作业期，应划定施工船舶作业范围和进出航道，航道设置应避免避开珊瑚分布区。

(2) 施工作业船舶严禁将产生的污水和废弃物直接排放到项目海域；船舶产生的含油污水、维修废水应统一回收送至污水处理厂处理，严禁在本海区排放。保持该海域的海水水质质量；

(3) 加强项目施工和运营过程中的环境保护管理，尤其是对该海区珊瑚礁生态系统的保护；

(4) 夏季主导风向下溢油发生后对珊瑚礁的风险较大，主要体现为影响面积大，范围广。在发生溢油时，应当及时采取相应措施防止溢油扩散，最大限度地减少溢油污染对海洋环境的影响。控制和减轻溢油事故所造成的损害程度的最合理时间是在溢油发生后 2 小时内，需采取必要的消油或围油措施防止油膜范围扩大，尤其是东南风向时，油膜扩散极为迅速，留给应急处理的时间很短。

9.3.2.3 珊瑚礁受影响区域的迁地保护措施

根据冲淤模拟预测结果，新机场建设后 30 年，工程沿岸 2.8 公里岸线淤积，将直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失。采取岸滩防护措施后仍有 4.78 公顷珊瑚礁被淤积覆盖，本着“先保护、后迁建”的原则，在无法避免对项目影响海区的珊瑚礁生态系统造成破坏的情况下，尽可能地对海区的珊瑚礁资源进行迁地保护，对于无法实施迁地保护的其它生物资源进行一定的补偿。本工程对于珊瑚礁实施迁地保护措施的具体实施方案如下：

(1) 珊瑚礁本底调查

要成功地进行造礁石珊瑚的移植，首先要对珊瑚移出地进行详细的调查，准确估算出可供移植的造礁石珊瑚的种类、数量分布及面积，论证需要实施移植的珊瑚大小和珊瑚移出地和移入地点的适合性等等。通过实地现状调查，可以查清项目工程用海范围及影响海域的海洋环境、珊瑚分布情况，特别是造礁石珊瑚的种类、数量和分布范围，为以后评估项目影响以及评估移植效果提供本底资料。本项目在珊瑚迁地前期主要开展以下 2 个区域的调查：

红塘湾—南山港**本底调查**：调查需要迁地保护的珊瑚的详细分布、种类、珊瑚个体大小、数量和可移植数量等；

西岛、东岛、亚龙湾、后海、蜈支洲岛**本底调查**：调查备选迁入地的海洋自然条件、资源、海洋环境和珊瑚的分布情况等。

珊瑚调查方法参照“我国近海海洋综合调查与评价专项”的珊瑚礁调查规程和国际上通用的调查方法。

(2) 移出地点和范围

移出地点为人工岛造成的淤积区。由于目前的模拟预测有很大的不确定性和误差，移出地点和范围的具体确定还需要项目施工过程中不断监测来确定。

根据水利部、交通运输部、国家能源局南京水利科学研究院 2019 年 10 月《三亚新机场人工岛工程岸滩演变专题研究》及《三亚新机场项目岸滩影响对策研究专题》报告，根据冲淤模拟预测结果，新机场建设后 30 年，工程沿岸 2.8 公里岸线淤积，将直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失。岸滩防护方案实施后，受到三亚人工岛建设的珊瑚礁主要有 4 个淤积段：

(1) 天涯镇东侧淤积段（天涯海角至天涯码头附近），淤积岸线长 740 米，平均冲淤幅度 16.7 米，面积 1.24 公顷，本段岸线珊瑚覆盖率较低在 0-10%之间；

(2) 人工岛掩护淤积岸线长 2340 米，平均冲淤幅度 55.2 米，据珊瑚礁调查结果表明，该段油码头对应 500 米左右岸线为沙质底，基本没有珊瑚礁分布，实施拦沙堤和潜堤等防护措施以后，该岸段 30 年平均向海淤积幅度仅 7.9 米，覆盖珊瑚礁面积为 1.45 公顷，本段岸线珊瑚覆盖率 20-30%之间；

(3) 人工岛掩护区淤积段（三美湾岸段），淤积岸线长 960 米，平均冲淤幅度 46.4 米，实施拦沙堤和潜堤等防护措施以后，该岸段 30 年平均向海淤积幅度仅 8.9 米，覆盖珊瑚礁面积减少到 0.85 公顷，本段岸线珊瑚覆盖率大于 30%；

(4) 南山景区淤积段，淤积岸线长 80 米，平均冲淤幅度 20.1 米，面积 0.16 公顷。四个淤积段中，

第 1 段“天涯镇东侧淤积段”根据我们的珊瑚礁调查，该段绝大部分为沙底，基本没有珊瑚分布，只有少量站位记录到零星珊瑚分布，而且淤积范围仅约 17 米，因此对这一段不考虑进行迁地保护及珊瑚礁价值补偿；

第 4 段“南山景区淤积段”的淤积主要不是本工程引起，应该主要是南海观音建设引起，另外根据我们的珊瑚礁调查，该段大部分为沙底，珊瑚分布不多，而且淤积范围小，大约 20 米，因此对这一段也不考虑进行迁地保护及珊瑚礁价值补偿；

这样真正考虑迁地保护的是第 2~3 段，除了上述 2 段，还要加上防护措施带来的淤积：包括天涯镇以西至拦沙堤岸段约 3.5km 岸段补沙以后表现为淤积，平均向海淤积 3.6 米，淤积面积约 1.26 公顷。离岸堤掩护的约 2.1km 岸段平均向海淤积 5.08 米，面积 1.01 公顷。

综上：由于岸线淤积导致的珊瑚礁直接覆盖，需要移出的面积约为 4.57 公顷，具体移出地点见图 9.3-9。

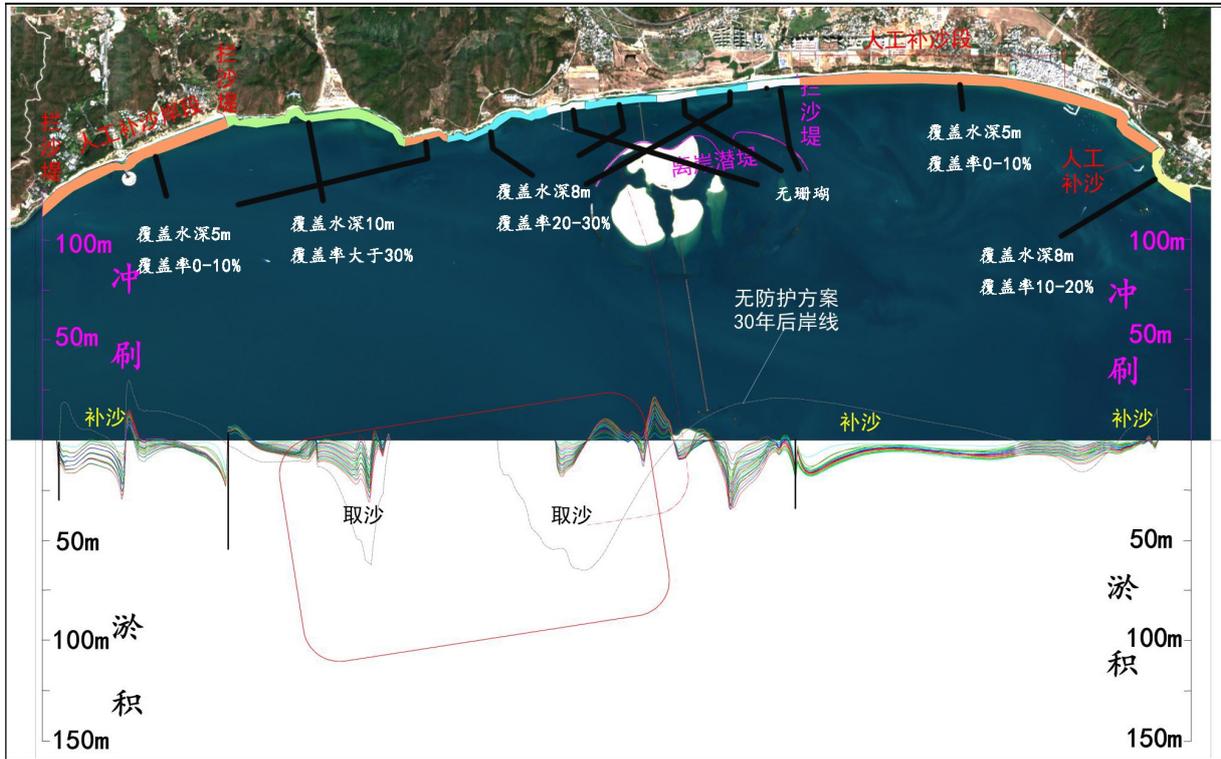


图 9.3-9 珊瑚礁移出位置图

(2) 珊瑚迁入地选择

珊瑚的移植要提出合适的移植时间。由于珊瑚移植工作对水下的作业条件要求较高，如海水温度不能太低，因为珊瑚在温度太低情况下处于胁迫状态，不利于珊瑚移植后的生长、恢复；珊瑚移植要求海况较好、海水透明度较高的时间，利于操作。

珊瑚移入地的选择要依据一些基本条件（必要条件）和一些便利条件。珊瑚移入地要符合政策、法律和功能区划；合适的珊瑚自然生长条件，合适的面积，合适的活珊瑚覆盖率才能有足够的移植空间；珊瑚移入地水流较平缓、最好有大块岩石可以抗风浪等。珊瑚迁入地的选择需要考虑的基本条件和便利条件，具体见表 9.3-4。

表 9.3-4 珊瑚迁入地的基本条件和便利条件

基本条件	便利条件
水质较好、能够满足珊瑚生长的条件；	离珊瑚移出地较近；
硬底质；	已经有珊瑚生长；
水深合适；	珊瑚覆盖率适中，有足够空间用于放置移植进来的珊瑚而不拥挤；
符合政策、法律和功能区划	比较安全，少有人为干扰；
有足够面积；	水流较平缓的小海湾；
水流较平缓；	有大块岩石抗台风等恶劣天气；
风浪不太大；	地形平缓又有足够的多样性；
没有珊瑚病害；	珊瑚易于固定；
没有珊瑚敌害生物（如长棘海星和核果螺）	操作方便；

理想的珊瑚移入地也需要满足一系列条件，需要专门详细论证，本评价初步考虑移植到水质条件较好，移植后的珊瑚又不会受到严重的人为或者自然破坏（特别是台风）而且便于管护等条件，初步选择亚龙湾的太阳湾和白虎湾作为移入地（下图 9.3-10）。另外，保护区内的西岛和亚龙湾西排岛为本项目的珊瑚移植移入地的良好候选。



图 9.3-10 初步考虑的珊瑚移入区

(3) 小规模珊瑚移植试验

珊瑚移植的实施由有资质的人员使用 SCUBA 水肺潜水，参照国际上最先进、最经济的方

法结合我们的经验进行珊瑚移植。

实施移植活动前对实施移植的各类工作人员和潜水员进行培训，以保证珊瑚移植的效果，并且预先在保护区内的西岛安排一些小规模的试验：

- i. 大块珊瑚固定实验；
- ii. 水下胶水和速硬水泥将珊瑚粘结在预制水泥板上的试验。

对于小个体珊瑚（<20cm）最好先开展适合小个体珊瑚的直接底播技术研发，以减少迁地保护过程中使用水泥板等人工礁体，尽量不使用或少使用人工礁体。

（4）珊瑚迁地实施方案

①工作实施方案制定

根据对珊瑚迁出地和迁入地的环境与海底珊瑚的详细种类、数量和分布的调查估算需要移植的有石珊瑚分布的面积多少，可移植的石珊瑚的种类数量，可以多少条船同时作业等信息，提出细致的珊瑚移植工作实施方案，选择并论证合适的珊瑚迁入地的，提出珊瑚移植量和工作量、工作时间、人员等。

②珊瑚的采挖和运输

可用铁撬、铁钎和铁锤将整个珊瑚群体采挖出来。珊瑚采挖由 SCUBA 专业潜水员人力为主，借助机械，地毯式按地段分别进行。采挖出来的珊瑚分两种处理：a. 取其中较小个体（<20cm）全部拿到船上的大塑料缸里暂养，并取很小部分进行分类、拍照、测量等各种统计调查；珊瑚经过粘固在移植板上然后移植到新的栖息地；b.其它大块的珊瑚（>20cm）直接放入一张吊在海里的网箱或拿到船上的大塑料缸里暂养，以后直接用船拖运到新的栖息地。

运输：水中运输保持平稳、慢船速，船速在 3~4km/h，运输速度随海流和海况等因素作相应调整，直接运到目的地。

下卸：在移入地，直接解下网上、绳子上的珊瑚，或从架子或水箱搬挪出移植珊瑚，将移植水泥板卸载直接放入海底。

③移植珊瑚在迁入地的固定

大块的珊瑚（>20cm）则直接放入移入地，尽量利用水下地形，将珊瑚放入石缝中固定，或在迁入地用铁钎、角铁、预制水泥板等用于固定大块的珊瑚。

小块珊瑚（<20cm）则用水下胶水粘结在预制水泥板上，水泥板或用水泥钉加固固定在海床上、或以三角铁四周固定。希望找到小个体珊瑚的直接底播的可靠技术，尽量在迁地保护过程中不使用水泥板等人工礁体。

(5) 珊瑚移植后的管护与监测

珊瑚移植后的管护主要是确保移植后的珊瑚又不会受到严重的人为或者自然破坏,包括渔民和游客的破坏,防止珊瑚病害和长棘海星等敌害生物的危害,以及台风的影响

移植完成后分别在移植后 2 个月、半年、一年各进行一次监测,主要监测珊瑚移植后存活率、死亡率、死亡原因、珊瑚种类、覆盖率的变化。具体监测内容有:

- 活珊瑚种类及覆盖率
- 底质类型
- 珊瑚礁病害及硬珊瑚死亡率
- 长棘海星等敌害生物的情况及石珊瑚白化情况

9.3.2.4 珊瑚礁的补偿与修复

珊瑚礁保的原则是“不破坏就是最大的保护”,如果非必要,就不进行迁地保护,因为迁地保护始终不如原地保护,在无法避免对项目影响海区的珊瑚礁生态系统造成破坏的情况下,应尽可能地对海区的珊瑚礁资源进行迁地保护,对于无法实施迁地保护的情况下,则进行修复或者重建,最后的办法才是选择补偿。

9.3.2.4.1 珊瑚礁的修复重建方案

正如我们前面强调的,珊瑚礁保护的重要性远远大于对珊瑚礁破坏以后的修复。但是,在无法避免对项目影响海区的珊瑚礁生态系统造成破坏的情况下,应尽可能地对海区的珊瑚礁资源进行迁地保护,同时进行珊瑚礁修复或者重建,这可以看作是一种生境补偿,最后的办法才是选择经济补偿。

因此,建议在新机场人工岛四周进行珊瑚礁修复或者说重建 15 公顷以上的珊瑚礁,也可以看作为一种生境补偿,这是一种更有效的补偿方式。

(1) 珊瑚礁修复/重建的地点

2019 年 7 月的珊瑚礁外业调查在临空产业园(莲花岛)和起步区工程周边围堰石块上好些地方发现有造礁石珊瑚——鹿角杯形珊瑚(*Pocillopora damicornis*)自然生长(图 9.3-11),

因此建议充分利用临空产业园和起步区周边的围堰形成的离岸潜堤,与新机场人工岛周边一并作为珊瑚礁修复重建的场所。



图 9.3-11 莲花岛周边围堰石块上自然生长的鹿角杯形珊瑚 (*Pocillopora damicornis*)

新机场人工岛四周除了北护岸 4.1 公里作为码头不能用作珊瑚礁恢复重建的场地，其他三边护岸约 12 公里的边界，加上潜堤（已有的临空产业园和起步区外围用作潜堤的两段，长度分别为 2.4km 和 1.1km）合计约 16 公里护岸。建议在这约 16 公里人工岛+潜堤周边护岸分 10 年重建 15 公顷以上的珊瑚礁，通过这些重建的珊瑚礁为进一步生长的种子，促进人工岛+潜堤周边 16 公里岸线范围的自然恢复，经过 10~20 年的生长扩散和自然恢复，相当于再造了一个西岛珊瑚礁。

珊瑚礁生态系统对海洋环境的变化极为敏感，珊瑚礁修复地点的选择主要考虑修复海域的物理环境和水质环境是否适合。如避免在人类活动频繁、沉积物、污染物含量高的地方，水动力条件合适和有利于珊瑚礁的自然恢复的地方。

考虑到新机场离岸边 4 千米以上，工程运营期没有污染物排海，加上机场有安全范围要求，使得人工岛四周远离人类活动特别是渔民和其他人为因素的破坏，所以，总体上经过 10~15 年的重建，可以期望在人工岛+潜堤周边约 16 公里范围新生长出很好的珊瑚礁。

(2) 珊瑚礁修复/重建的造礁石珊瑚种群增殖技术

本评价珊瑚礁修复/重建采用有性和无性二种技术进行造礁石珊瑚种群增殖，主要技术如下：

造礁石珊瑚的有性繁殖技术+幼虫幼苗底播技术

造礁石珊瑚的无性培植技术+底播移植技术

其中以造礁石珊瑚的无性培植技术+底播移植技术为主，因为目前这个技术更成熟，在修复地原位附近建立培植苗圃就可以大规模生产，然后底播到修复区。辅助以造礁石珊瑚的有性繁殖技术+幼虫幼苗底播技术，后面这个技术需要一定的实验室条件，通过有性繁殖可以补充

生物多样性和特别是遗传多样性。

(3) 珊瑚种类的选择

造礁石珊瑚种类的选择首先考虑的应当是该区域的造礁石珊瑚优势种，因为优势种对该环境较为适应，并且构成了造礁石珊瑚群落的主要组成部分，所以选择优势种才能保证用于修复的造礁石珊瑚能够在修复区的环境中正常生存，促进珊瑚礁的造礁石珊瑚种群恢复正常。

针对本项目特点：可以选取能够快速增长的优势造礁石珊瑚种类用于修复，其中多以鹿角珊瑚、蔷薇珊瑚、杯型珊瑚等为主。它们能够快速增加造礁石珊瑚数量，提高珊瑚覆盖率。但值得注意的是，在选择主要的修复种类的同时也要选取一些其他的珊瑚种类用于修复，避免修复后的珊瑚礁生态系统种类构成单一、抗逆性差，容易在疾病或环境胁迫下迅速退化。

(4) 造礁石珊瑚增殖地选择

造礁石珊瑚的野外增殖地点对于其增殖效果至关重要。增殖地的环境应当不受人干扰、也没有显著的环境胁迫、并且不易受到风浪的侵袭、水流交换较好、鱼类与无脊椎动物的数量也应比较丰富、无敌害生物与珊瑚疾病。这些都是关系到造礁石珊瑚在增殖时能否具有一个适宜的环境，可以促使其达到或接近最大生长率生长。

可以考虑在新机场人工岛形成的施工完成以后 1 年可以开始在人工岛西面海域进行珊瑚礁修复重建的苗圃建设，逐步扩展到人工岛东面和南面。

(5) 珊瑚礁修复生态护岸建设建议

本项目在新机场人工岛四周进行 15 公顷以上的珊瑚礁修复重建，作为新机场建设引起的珊瑚礁无可避免的生境损失的补偿。本评价从有利于珊瑚礁保护与修复的角度对生态护岸建设提出几点建议：

①机场人工岛周边护岸、围堤尽量多一些有利于珊瑚生长的面积，例如尽量多一些斜坡，增加适合珊瑚生长的水深，尤其是 3~8 米水深的范围。由于人工岛离岸较远，水质较好，目前珊瑚生长可以到 10 米，将来三亚湾水质改善了，珊瑚生长应该可以到更深，预计将来人工岛周边珊瑚礁可以生长在 20 米水深以浅；

水泥构件的表面处理。由于普通水泥制作的构件，如扭王块的水泥表面碱性很强，不利于珊瑚在表面附着和生长，建议在不太影响构件质量要求的情况下，对水泥构件的表面进行中性化处理，减少碱性；

②水泥构件的不规则摆放，有利于形成各种复杂多样的小生境，有利于珊瑚和其他生物的生长繁殖和形成生态系统。最好有小海湾式的设计，比如防波堤外围高，里面低，还有高低不平等制造复杂生境；

③尽量用天然材料，如果是水泥制作的扭王块之类，表面尽量制作的粗糙一些，预留多一些孔状结构，利于生物生长附着；

堤脚大部分在 20 米左右，尽量多一些面积，这样有利于各种生物的生长和栖息。

9.3.2.4.2 珊瑚礁的补偿方案

(1) 补偿形式

①经济补偿 经济补偿主要用于支付珊瑚礁保护管理、珊瑚礁迁地保护、受损珊瑚礁生物资源恢复及邻近保护区基础设施建设和维护等费用。经济补偿可以通过企业和政府财政转移支付和专项基金相结合的方式。由于工程实施后珊瑚礁的保护和恢复是一个长期过程，可以在企业和政府补偿的基础上，尝试设立长期专项基金，专门用于红塘湾当地及其邻近保护区的珊瑚礁的保护和恢复，从而保证补偿的力度和延续性。

②生境补偿 除了经济补偿以外，更有效的补偿应该是对珊瑚礁生境的补偿和海洋生态功能的补偿。建议通过在新机场人工岛四周珊瑚礁修复重建进行生境补偿，保证原有珊瑚礁的分布总面积不减少，红塘湾内珊瑚礁生态系统的整体功能不减退。

③政策补偿 建议政府相关管理部门可通过制定珊瑚礁保护计划或规定、扶持邻近保护区建设和管理工作开展、鼓励开展珊瑚礁和海洋环境保护的宣传教育等政策方面的倾斜来补偿由于工程开发造成的珊瑚礁损失和影响，促进区域的生态-经济可持续发展，推进海洋生态文明建设。

(2) 珊瑚礁经济补偿费用

①珊瑚礁生态补偿费：根据冲淤模拟预测结果，新机场建设后 30 年，工程沿岸 2.8 公里岸线的珊瑚礁分布区被淤积掩埋，造成珊瑚礁覆盖面积损失约 14.65 公顷。实施拦沙堤和潜堤等防护措施以后，造成珊瑚礁覆盖面积 4.78 公顷，珊瑚礁生态补偿年限按 20 年计，一共需要补偿人民币约 2.36 亿元。

珊瑚礁生态补偿费用主要用于 1) 珊瑚礁修复、重建 2) 珊瑚礁生态系统连续观测 3) 开展珊瑚资源恢复研究 4) 科普宣传教育 5) 建立珊瑚养殖基地或者珊瑚科普馆，其中珊瑚礁修复、重建 15 公顷，珊瑚礁修复/重建费用人民币 280 万元每公顷，15 公顷修复/重建费用 4200 万元

②珊瑚礁迁地保护费用：考虑到三亚物价高，迁地保护到亚龙湾或者西岛都比较远，4.78 公顷珊瑚礁的迁地保护费用约为 570 万元。

综上，本项目珊瑚礁经济补偿人民币约 23600 万元，珊瑚礁迁地保护费用为 570 万元，珊瑚礁价值补偿总计 24170 万元。其中用于珊瑚礁修复/重建费用 4200 万元。

9.3.2.5 环境管理措施

(1) 开展珊瑚礁连续跟踪监测活动

跟踪监测的重点是在工程的建设期和运营期海域水质和生态环境变化、岸滩冲淤造成的珊瑚礁分布区被淤积掩埋的情况，以及工程带来的悬浮物和泥沙导致珊瑚礁退化的情况。由于各种模拟预测都有很大的不确定性，特别要吸取像海南万宁日月岛工程实施后的岸滩变化预测不准的教训，必须加强悬浮物、岸滩冲淤、和珊瑚礁生态系统的跟踪监测。对项目施工前后和项目运营后的珊瑚礁资源变化趋势进行分析比较，及时发现和解决在项目建设和运营过程中出现的问题。

(2) 加强项目施工过程中的环保监督和管理

目施工期严格控制施工船舶的数量和航行路线，防止船舶的碰撞等过程对该海区珊瑚礁生态系统的影响，航道应避免珊瑚生长海区。护岸外侧必须设置防护帘，合理安排施工工期，控制单位时间内的悬浮物浓度，悬浮物扩散影响范围。施工船舶不得带病作业，防止发生跑、漏、冒油。禁止船只在珊瑚生长区内抛锚。采取有效措施，避免和消除施工过程中可能造成的污染。

(3) 管护与风险控制

风险控制主要防台风破坏和人为破坏。防台风破坏主要是选择好地点、有预见性地在整个规划设计中把台风破坏等因素考虑进去。

管护除了防止人为破坏，最主要的是保证和提高珊瑚存活率。具体对于受新机场人工岛影响确定会被淤积影响或采取防护措施后仍会被淤积覆盖的珊瑚礁才考虑实施迁地保护。许多珊瑚由于表覆型生长、或者大块生长在基岩上而不可迁移，或者迁地保护工程本身漏采等原因造成迁地保护并不能 100%保护珊瑚。迁地保护以后的珊瑚礁应该作为珊瑚礁的新的栖息地建设来做，一定要保证尽可能高的成活率。做到查清需要迁地保护的珊瑚的详细分布、种类、珊瑚个体大小、数量和可移植数量等情况以及认真研究最佳珊瑚迁入地的基础上，制定详细的保护方案，并且先小规模移植试验，认真规划，找好迁入地，并特别重视后续的珊瑚礁养护。

9.3.2.6 珊瑚礁保护措施可行性分析

9.3.2.6.1 珊瑚迁地保护措施可行性分析

(1) 技术可行性

在国际上通过珊瑚移植进行珊瑚迁地保护的工作已有 40 多年历史,技术上较成熟。中国科学院南海海洋研究所于 1993 年在海南三亚鹿回头湾海区进行过两次造礁石珊瑚移植实验,利用水泥板作固定基座,用水下胶粘剂固定珊瑚,6 个月~4 个月存活率为 75%。不能存活的原因有群体死亡、群体脱落、或波浪冲击导致基座翻倒。移植后存活下来的珊瑚显示了正常的生长和局部的生态效应,超过一半出现了轴向或水平扩展的生长。中国科学院南海海洋研究所于 1994 年 12 月在海南三亚鹿回头珊瑚礁自然保护区约 2000m² 面积的海区内,从邻近礁体上选择移植了造礁石珊瑚 14 属、30 种共 200 个群体。移植后 22 个月,43 个珊瑚群体死亡或失踪,其余 157 个群体正常生长,平均成活率为 78.5%。

2003 年南海石油化工项目在广东大亚湾北岸建设“石化城”,其引堤建设区有大面积珊瑚分布,密集区的覆盖率高达 52.5%,面积约 5 万平方米。中海壳牌南海石油化工有限公司即将海洋施工之时,大亚湾水产资源省级自然保护区与南海水产研究所一起也进行过珊瑚移植,共移植了 6 种珊瑚,3000 多个珊瑚群体,把原位于大亚湾北岸引堤附近两个密集珊瑚分布中心的珊瑚移植到距离引堤 6 至 10 公里的大亚湾鸡心岛和芒洲岛的西岸。

2007 年中海石油炼化有限责任公司惠州炼油分公司在广东大亚湾北部修建海底输油管线,该项目用海海域属于大亚湾水产资源省级自然保护区的实验区范围,海域内有受国家保护的造礁石珊瑚。为了补救施工对珊瑚的可能影响,中国科学院南海海洋研究所承担本次珊瑚移植工程,将主要受影响区域的造礁石珊瑚迁移到 6.5 km 外的赤洲岛。为保证移植珊瑚的成活率,科研人员通过把小个体珊瑚用无毒无害的水下胶水粘结在预制水泥板上再搬移至移入地的办法,解决了移植过程中小个体珊瑚容易死亡的问题。总的造礁石珊瑚移植一年后成活率为 95.2%。移植后造礁石珊瑚健康状况良好。

2010 年广东惠州大亚湾华瀛石油化工有限公司燃料油调和中心及配套码头项目及燃料油码头工程,在大亚湾芒洲岛及其周围海域进行围海造地、修建港池及开挖航道。芒洲岛及其附近水域有造礁石珊瑚分布,2010 年 6 月中国科学院南海海洋研究所完成了造礁石珊瑚移植工作,大约一周年以后造礁石珊瑚移植成活率为 91.5%。移植后造礁石珊瑚健康状况良好。

2012 年惠州港荃湾港区主航道进行扩建项目,穿越大亚湾水产资源自然保护区,用海海域及建设工程影响到有造礁石珊瑚分布的海域,中国科学院南海海洋研究所于 2012 年 4 月就

航道周边 300m 以内的范围的造礁石珊瑚进行移植，移植面积共计 39831m²。移植完成三个月后存活率 90.73%，效果良好。

以上国内国外的珊瑚迁地保护成功实践表明，珊瑚迁地保护工作在技术上具有可行性，只要认真做好前期调查，仔细规划每一个细节、完全可以做到高成活率的珊瑚迁地保护。

(2) 移植方案科学性

移植成功的另一重要保证是制定科学的移植方案。首先根据海底现场调查资料，以客观、科学的定性和定量相结合的方法分析珊瑚移出地需移植的造礁石珊瑚面积、分布、数量、群体大小、珊瑚健康状况，在此基础上估算移植的工作量，提出详实的移植方案并论证移植方案的适宜性，最后由有资质的人员使用 SCUBA 水肺潜水，参照国际上最先进、最经济的方法结合我们的经验实施珊瑚移植。

移植方案将给出合适的珊瑚移出地大小；移植方案将提出合适的珊瑚移入地。珊瑚移入地的选择要依据一些基本条件（必要条件）和一些便利条件。如珊瑚移入地要符合政策、法律和功能区划；合适的珊瑚自然生长条件，合适的面积，合适的活珊瑚覆盖率才能有足够的移植空间；珊瑚移入地水流较平缓、最好有大块岩石可以抗风浪等。目前初步选择亚龙湾的太阳湾和白虎湾作为移入地具有水质条件好，有足够面积，可以移入较深水域以抗台风和风浪，具有管护条件等。

移植方案要提出合适的移植时间。由于珊瑚移植工作对水下的作业条件要求较高，如海水温度不能太低，因为珊瑚在温度太低情况下处于胁迫状态，不利于珊瑚移植后的生长、恢复；珊瑚移植要求海况较好、海水透明度较高的时间，利于操作。

移植由一支专业的有经验的队伍来实施移植活动。同时在移植前对实施移植的各类工作人员和潜水员进行培训，以保证珊瑚移植的效果；并且预先安排一些小规模的试验，包括对大块珊瑚的水下固定实验；对小块珊瑚用水下胶水和速硬水泥将珊瑚粘结在预制水泥板上的试验。

(3) 管护与风险控制措施可行性

珊瑚移植后的管护主要是确保移植后的珊瑚又不会受到严重的人为或者自然破坏，包括渔民和游客的破坏，防止珊瑚病害和长棘海星等敌害生物的危害，以及台风的影响。初步选择亚龙湾的太阳湾和白虎湾作为移入地就具备这些条件。

9.3.2.6.2 珊瑚礁栖息修复/重建的可行性分析

珊瑚礁栖息地的恢复、修复或者重建在国际上已经有接近 20 年的历史，主要有美国、日

本、澳大利亚和东南亚各国的大量工作。国内也已经有十年的研究和实践，我们从 2007 年开始在西沙群岛，近期在南沙群岛都有大量的工作基础，目前正在写作珊瑚礁修复专著以及行标的申请。技术上的可行性是没有问题的，应该说，珊瑚礁栖息地的恢复、修复或者重建已经是技术上相当成熟的。

本评价建议：在人工岛施工开始 1 年~1.5 年内进行珊瑚礁的迁地保护，并且利用这些迁地保护移植的珊瑚可以作为新机场人工岛周边护岸进行珊瑚礁重建的初始种苗来源，这样珊瑚礁修复重建不需要再从其他野生种群获取种源。建议人工岛施工结束 1 年后结合人工岛周边生态护岸建设进行珊瑚礁修复重建工作作为一种生境补偿。

9.3.3 中华白海豚环境保护措施及可行性分析

本工程对中华白海豚的主要为施工噪音对中华白海豚生存环境的干扰、工程占用生境及建设过程中悬浮物排海造成中华白海豚食物资源的损失，本节重点论述这 2 方面的减缓措施

本章节内容引自中《三亚新机场人工岛工程对中华白海豚影响专题评价报告》（国科学院深海科学与工程研究所 2019 年 11 月）的研究成果。

9.3.3.1 施工过程中对中华白海豚的保护对策措施

（1）施工噪音缓解措施

本工程施工作业机械类型较多，包括打桩机、钻孔机、挖泥船、交通运输船、真空压力泵、砼拌和机和卷扬机等。这些机械运行时产生的突发性非稳态噪声和振动将惊扰中华白海豚和其它水生动物，并使它们产生回避行为，如对强噪声回避不及，甚至有可能导致中华白海豚个体在生理和器官上的损伤，因此，应考虑采取相应的避免或缓解措施。

1) 撞击式打桩作业噪音缓解措施

撞击式打桩作业制造的高频噪音会严重影响海洋哺乳动物的听觉，短期内这些噪音会增加它们的压力及改变它们的行为，而长期则可能令它们迁离原本的栖身地、甚至令它们受伤致死（Richardson et al. 1995； National Research Council 2003）。因此，在施工过程中尽量避免利用撞击式打桩方法，而改用制造较低噪音的钻探式打桩方法，或者采用环保型的油压式打桩机替代柴油打桩机，以减低对施工区内中华白海豚的影响。若无替代方案，建议此类作业方式采气泡屏幕等有效减缓措施。气泡帷幕技术及工艺介绍如下：

①原理：水中喷射流（气体、液体）形成的气液两相流帷幕具有与水不同的声阻抗并且会在顶部产生涌浪，同时气泡密度小、弹性大，具有对声音的反射和吸收作用。水下气泡能够有

效抑制冲击波及阻止施工噪声在水中的传播，有利于保护施工水域的中华白海豚。

②设备及安置方法：以施工区为中心，将耐压软管在施工区周围水底形成环形包围圈，该环形包围圈采用铅块固定于海底。每块铅块重 20 公斤，每 3 米安置 1 铅块。软管内径 5 厘米，管壁上每 20 厘米凿一直径 1.5 毫米的喷气孔。软管两终端各加长 50 米，且不开孔，此两根无孔软管的水面端分别连接 1 台空气压缩机的出气口。在施工机械启动前 15 分钟，启动空压机产生稳定气流，形成水下环形气泡帷幕。空压机安装在施工船上或声学驱赶船上。

③注意事项：a、受空气压缩机功率限制，水下气泡帷幕只适合保护极小施工区范围外的中华白海豚。b、气泡帷幕运行初期，会搅动底泥，对水质产生一定的不利影响。约 15 分钟后，气泡趋于稳定，水体透明度也逐渐恢复正常。c、耐压软管内充满高压气体，在操作时应注意管间连接的气密性。

2) 挖掘作业噪音缓解措施

在进行挖掘作业前，应由专门的海豚监察员使用望远镜及肉眼搜索施工地点半径 500m 范围内的水面，以确定该范围内是否有海豚出没，以减轻噪音干扰，避免机器突然开动惊吓海豚及被机器直接撞伤。如监视范围内有海豚出没，则应暂时延迟施工，直至海豚完全游离施工监视范围。为了减少施工噪音，应尽量减少同时作业的挖泥船数量，并尽量避免因机械操作而产生噪音。所有施工机械均应保持良好的性能状态。

3) 水上抛填堤心石块噪音缓解措施

本工程护岸施工采用抛石堤心，施工设备包括软体铺排船、自航运石船、开体驳、平板驳、挖掘机等。施工作业产生的噪声复杂，包括低频和高频噪声，对中华白海豚有一定影响。因此，需依照施工作业区的海豚监视指引，设立 500m 监视缓冲范围，监视动物的出没。施工地点半径 500m 监视范围内连续 5 分钟没有中华白海豚出现时施工可以开始。如监视范围内有海豚出没，则应暂时延迟施工，直至海豚完全游离施工监视范围。

4) 施工船只的来往航行噪音缓解措施

人工岛建设期间，施工和水上交通运输船只的来往将会非常繁忙。为减缓对中华白海豚的不利影响，应加强对水上交通运输的管理。

为防止航船撞击海豚和水上交通事故，建议进入施工区的所有船只限速在 10 节以内，小型快艇的速度应严格控制在 8 节以内，对超速行为进行严厉惩罚；并加强教育驾船者遵守有关限制，航行时留意海豚的出没并加以回避。同时，应为施工船及配合施工的交通运输船制订相对固定的航线，影响范围尽可能缩小。

5) 敏感季节的保护

人工岛建设应减少在敏感的中华白海豚繁殖季节进行滋扰较大的施工工序。比如 4~8 月份为中华白海豚育婴和交配较频繁的季节,为了不严重影响其繁殖行为,在 4~8 月份高峰期保护区水域内应加强对施工活动的监管,如撞击式打桩等。

(2) 污染物影响的缓解措施

本工程在建设过程中采用了一系列减少悬浮物入海措施,考虑到中华白海豚可以在悬浮物浓度为 22mg/L~27mg/L 的水环境中活动,悬浮物入海缓解措施的目标应使施工现场 1000 米以外的范围悬浮物浓度小于 20mg/L,从而有效的避免中华白海豚受到施工产生的悬浮物影响。

本工程施工机产生的建筑废料、生活垃圾、粪便和污水集中收备,并及时清运,可有效杜绝水上现场抛弃和排放。

人工岛施工尽量采用预制组件,减少现场作业时间、作业量和在施工现场的材料堆放,以减少现场建筑废料、污染物排放和对附近水环境的扰动。所有预制组件的生产和临时堆放均应在中华白海豚活动范围以外进行。

(3) 船舶事故应急生态保护措施

人工岛施工及与此有关的船只来往将增加水上污染事故的风险。一旦发生船舶事故,造成溢油或危险化学品泄漏,将给水域生态带来严重危害。应进一步加强水上交通管理,避免发生碰撞、沉船、溢油和物料泄漏等航行事故。为了防患于未然,所有施工船舶均需经过严格船检,达到作业现场的抗风浪能力,并保持良好工况;应特别注意防范台风和大雾等恶劣天气对航船的不利影响。实施安全航速是避免事故的重要措施,结合防止碰撞中华白海豚的需要,所有施工船舶均应实施限速 8 节/小时。应预早制定紧急漏油事故应变措施,以准备第一时间尽快清理油污及防止扩散。发生溢油事故后,针对中华白海豚的保护:

①在第一时间内向三亚海事局报告,并保持密切联系。同时应及时通知相邻的单位和其他可能受污染的单位,必要时要求相邻单位予以控制污染的协助。

②采取各种驱赶方法,在溢油区及周围海域内进行驱赶海豚作业,若溢油情况较为严重,需增加驱赶船只。

9.3.3.2 中华白海豚食物资源减少的缓解

(1) 开展白海豚饵料的增殖放流及加强渔业管理

对中华白海豚来说最为重要的是有充足的食物来源。由于新机场填海工占用海域会对当地

的渔业资源造成影响，进而会对以鱼类为饵料的白海豚造成影响，如压迫白海豚迁往其他饵料更丰富的水域活动。

但是人工岛的存在也有可能产生类似岛礁和岛屿的生态效应，即生态学上的所谓边缘效应。人工鱼礁的效应与此相似。虽然人造的边缘效应改变了原有的生物群落，但这种效应可能会增加群落的生产力和物种多样性，因而也可能是有益的。

因此我们建议可以结合人工岛的建设，在其护岸堤围建造类似人工鱼礁的构造物。该构造物应有利于幼鱼和小型鱼类栖息。护岸堤围的设计可以请有关渔业设计单位参与。同时建议每隔三年左右时间，开展一次白海豚饵料资源调查，对白海豚的食物来源进行监测。

本工程在人工岛岸线建设人工鱼礁从本质上来说是对海洋生物栖息地的修复，但需要较长的时间，因此不能在短期内对海洋环境起作用，也不能减少海洋工程所造成的即时影响。就目前来看，人工鱼礁对长远的海洋生态环境的养护以及渔业的增殖作用效果是非常好的，这对于依赖于海洋鱼类资源生存的中华白海豚具有非常积极的作用，可以为中华白海豚种群的延续和就地保护提供良好的外部环境条件。

本评价建议每年在重要的摄食地投放人工鱼礁或开展白海豚饵料鱼类的增殖放流，为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所，改善局部海域生态环境，营造海洋生物栖息的良好环境，以达到保护、增殖和提高白海豚饵料生物的目的，最大程度降低新机场人工岛填海工程对白海豚饵料造成的影响。

中华白海豚摄食的鱼类同时也是渔业的捕捞对象，中华白海豚与捕捞渔业构成重要的食物竞争关系。鉴于此，应加强渔业管理，尤其对白海豚的主要适口饵料加强渔业管理。人工岛机场建设施工及营运期间可通过降低捕捞强度等措施提升中华白海豚的食物保障。对中华白海豚食物保障的影响可通过加强渔业管理得到有效缓解。在渔业管理部门控制捕捞强度的同时，通过生态补偿机制，支持人工鱼礁建设、资源增殖等渔业管理措施，弥补对水域生态和捕捞渔业造成的不利影响。

(2) 探索中华白海豚的人工饲养和繁殖

保护珍稀濒危动物的途径主要有三种，即就地保护、迁地保护和离体保护。就地保护是在原栖息地保护物种的一种保护方法。迁地保护是指动物原来的生存环境遭到了严重的破坏，已难于生存和发展，须把它们重新转移到合适的新环境中生活。离体保护是指建立精子、卵子、胚胎库等。由于中华白海豚个体较大，材料难得，人工饲养困难等原因，目前进行就地保护仍是保护中华白海豚最主要也是切实可行的方法。当然，在必要的情况下，也可考虑对中华白海

豚进行迁地保护和离体保护。进行人工饲养和人工饲养条件下的自然繁殖和人工繁殖是迁地保护的一种有效方式，大熊猫、扬子鳄、江豚等珍稀濒危动物都已成功实现人工饲养和繁殖。应充分利用中科院深海所海洋哺乳动物研究团队的科研技术力量，开展中华白海豚人工饲养和繁育的前期研究工作，为将来必要的情况下开展中华白海豚人工饲养和繁殖工作积累经验和技術方法。

9.3.3.3 监测管理措施

(1) 开展中华白海豚连续跟踪监测活动

鉴于保护海洋哺乳动物尤其是国家一级保护动物中华白海豚的重要性，从施工前期开始，对三亚红塘湾及其毗邻海域中华白海豚的分布、种群数量、行为习性和健康状况进行持续的监测评估，以便及时评价人为干扰对其产生的效应，以及各项缓解措施的效果，并为长期保护和管理提供技术依据。

(2) 加强项目施工过程中的环保监督和管理

为了落实施工期中华白海豚保护及其它环境管理措施，聘请环境监理公司对各施工内容进行监理。与中华白海豚保护有关的监察内容主要包括：避免施工噪音干扰的措施，挖掘和吹填的悬浮泥沙控制，污染物入海及水上交通等。同时，应对浚挖物的装载、运输和抛弃进行监控，避免浚挖物的不当处置行为，特别是浚挖物不按指定地点倾倒。环境监理公司应有专门负责中华白海豚保护的监察人员，及时告知施工人员需要采取的保护或预防措施；向业主和保护区管理局及时报告损害中华白海豚的意外情况。此外，机场业主在与各工程分包商签订的施工合同中应明确分包商所应承担的中华白海豚和环境保护责任。

(3) 设立中华白海豚的应急救护预案

针对有可能出现的中华白海豚意外突发事故，要做到能够及时进行应急救援，从而最大限度地降低工程建设对中华白海豚所造成的损失。建设单位应设立白海豚救助中心，或者委托有条件的单位进行白海豚的救护工作，由受委托的单位提供应急救治器材和药品，经费由建设单位承担。

(4) 开展教育与培训

大力宣传保护中华白海豚的相关规定和奖惩机制，着重对海上作业人员，包括渔民、工程作业人员以及船只、快艇驾驶员，实施中华白海豚保护及救助方面的宣传和培训，提高他们对

白海豚的关注度及责任感。所有现场工作人员均应接受有关中华白海豚保护知识的宣传和培训。宣传和培训由保护区管理部门组织，专家应针对本工程的特点制定施工现场的海豚保护行为守则，并向现场作业人员进行讲解，以便现场作业人员了解和遵守。

9.3.3.4 中华白海豚的保护措施可行性分析

(1) 气泡帷幕法缓解施工噪音干扰的可行性

香港在建设水下输油管道时，为了减少打桩产生的噪音，应用了气泡帷幕法。一般能将250~1000m区间内的声音降低3~5dB，最大降幅为25dB，特别有效降低400Hz~6.4kHz之间的声音；同时，依据香港新机场建设的经验，也是在打桩施工现场，定向设置气泡屏幕，可以有效地减缓水中噪声的强度（噪音降低3dB时超压降为1/2，噪音降低6dB时超压降为1/4）。

因此，气泡帷幕法缓解施工噪音对中华白海豚干扰被认为是有效的。

(2) 限制航船速度减缓对中华白海豚影响的可行性

根据在香港沙洲和龙鼓洲海岸公园实施航船限速的经验，将航船的速度限制在10节以下，可以有效防止航船撞击海豚。厦门市通过对中国白海豚调查，规定船舶在中华白海豚自然保护区内活动时，内港航速不得超过8节，同安湾海域航速不得超过10节。

所以，通过限制施工船只的航船速度可以有效缓解对中华白海豚的影响。由于小型快艇对中华白海豚的影响大于大型船舶。根据中科院深海所的最新研究，小型快艇行驶过程中产生高强度的宽频水下噪声，会对中华白海豚造成多种不良影响。因此，建议进入施工区的所有船只限速在10节以内，小型快艇的速度应严格控制在8节以内的措施是可行的。

9.4 岸滩冲淤防护措施及可行性分析

本章节内容引自《三亚新机场项目对岸滩冲淤影响的工程对策研究》（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）的研究成果。

根据三亚新机场项目岸滩演变专题研究报告，新机场人工岛工程实施后，因改变了岸滩演变主导动力（波浪动力），形成人工岛掩护区段的岸滩淤积和掩护区东、西两侧岸滩的冲刷，三亚新机场人工岛工程实施后岸滩冲淤在不同岸段的表现如下：

(1) 天涯海角附近岸段冲刷：受新机场人工岛影响，天涯海角附近冲刷范围和幅度略有增大，有约540m岸线明显冲刷；与工程前相比，冲刷岸段延长40m，30年平均冲刷幅度增大1m，最大冲刷后退幅度增大1.4m，冲刷泥沙总量增大约0.7万方。

(2) 天涯镇以西至人工岛掩护区岸段冲刷增强：受新机场人工岛影响，天涯镇以西至人工岛掩护区长约 4.1km 岸段冲刷较为明显，冲刷部位主要集中在担油港以西约 1km 至天涯镇附近；人工岛工程建设引起的岸滩冲刷增强主要是因为人工岛掩护了本岸段的 WSW 向波浪，造成向西的沿岸净输砂。

(3) 塔岭以东的人工岛掩护区岸段淤积：受新机场人工岛影响，塔岭基岩岸线以东至担油港西侧 1km 总长约 2.4km 的岸段有明显淤积；人工岛工程实施后，掩护区波浪作用减弱，同时减少了自人工岛附近岸段向两侧输砂的能力，增加了自两侧向人工岛掩护区的沿岸输砂能力，造成掩护区的淤积和两侧岸段的冲刷。

(4) 塔岭以西的三美湾人工岛掩护区岸段淤积：受新机场人工岛影响，人工岛掩护的三美湾附近长约 960m 岸段表现为淤积；该岸段处于人工岛掩护区西部，掩护区西侧冲刷泥沙可能淤积至本岸段形成岸线外推。

(5) 人工岛西侧的南山景区沙滩岸段的冲刷：受新机场人工岛影响，南山景区砂质海岸岸段整体以冲刷为主，冲刷岸线长度约 1.7km。淤积泥沙总量因靠近基岩岬角且有南山观音人工岛影响，局部冲淤差异较大，且不同时段冲淤有差异较大。最大冲刷部位其实是南山观音人工岛掩护的淤积部位略有调整。

对于沙滩冲刷问题，常用的防护工程包括海堤、护岸、人工补沙、人工补沙加丁坝、人工补沙加离岸堤、近岸鱼礁、水草或仿生草等。本评价选择适用本项目的丁坝、离岸堤、近岸鱼礁、人工补沙等岸滩冲淤防护措施，具体冲淤防护措施分述如下：

9.4.1 不同岸段岸滩冲淤防护措施

9.4.1.1 天涯海角岸段

天涯海角附近岸段冲刷约 540m，叠加现状条件的冲刷后 30 年内的年平均冲刷量约为 6.2 万方，年平均 0.2 万方左右。新机场人工岛工程对岸段影响相对较小，本岸段冲刷不强，且工程影响下沿岸净输砂方向为向西。从柔性防护和减小次生影响角度考虑，结合上述因素和对景区运营的可能影响，提出以景区沙滩东段非核心景点区实施人工补沙的对策方案，作为海滩补充沙源，由自东向西的沿岸净输砂向西侧岸段运移，形成泥沙引擎。

根据岸滩地形、补沙量、容纳能力和现场滩肩高程等方面需求，提出如下修复方案：在天涯海角景区砂质海岸东部约 350m 岸段实施人工补沙，形成干滩 3.0 高程的滩肩（干滩）1.7 万平方米。首次补沙 3 万方，满足 5 年流失泥沙不超过一半的基本需求。天涯海角岸段人工补沙岸段见图 9-4-1、图 9.4-2、图 9.4-5。

9.4.1.2 塔岭以东的人工岛掩护区岸段淤积和三美湾岸段

采用旁通输沙方案，工程后每 5 年实施一次，分别为第 7 年、12 年、17 年、22 年、27 年实施取沙，塔岭以东的人工岛掩护区岸段取出沙源输送至人工岛掩护区东侧及天涯海角岸段，三美湾岸段取出沙源输送至南山风景区岸段。塔岭以东的人工岛掩护区岸段淤积区和三美湾岸段取沙位置见图 9.4-5



图 9-4-1 天涯海角附近人工补沙岸段示意图

9.4.1.3 天涯镇以西至人工岛掩护区岸段-人工岛掩护区东侧

拟建三亚新机场人工岛以东至天涯镇附近是工程实施后引起岸滩冲刷的主要区段。因人工岛建设减少了西南向波浪对该岸段的作用，引起东南向波浪作用下向西运移的泥沙恢复量减少，形成冲刷。本岸段海滩连续分布超过 7km（天涯海角至油码头），人工岛离岸又相对较远，对岸滩的影响幅度较小但影响范围较大，冲刷岸线总长达 4.1km。

因本岸段岸滩较长，防浪掩护和拦沙等硬性工程措施仅在局部岸段较为有效。为此，本岸段考虑整体以人工补沙措施为主，在冲刷严重部位实施生态友好型防护，后续实施定期续补，达到维持海滩基本稳定的目标。具体方案如下：

(1) 在马岭村中部起向西约 3.5km 岸段实施人工补沙，首次补沙量 20 万方；补沙形式为海滩岩以上的滩肩补沙，滩肩高程 3.0m，滩肩宽度 20m~30m；

(2) 因本方案考虑全部拆除已建的临空产业园人工岛，海床恢复原状。工程方案实施后冲刷岸段较长，冲刷严重的岸段有必要实施离岸潜堤防护。在担油港口门外 2km 的冲刷严重

岸段建设离岸潜堤，潜堤所在区域现状为水下岩礁与砂质交错分布区域，水深-4m左右，潜堤高程理论基面 0m，低潮不基本不出露，不影响景观。潜堤总长 2.0km。

本段岸滩冲淤防护方案布置见图 9.4-2、图 9.4-5。

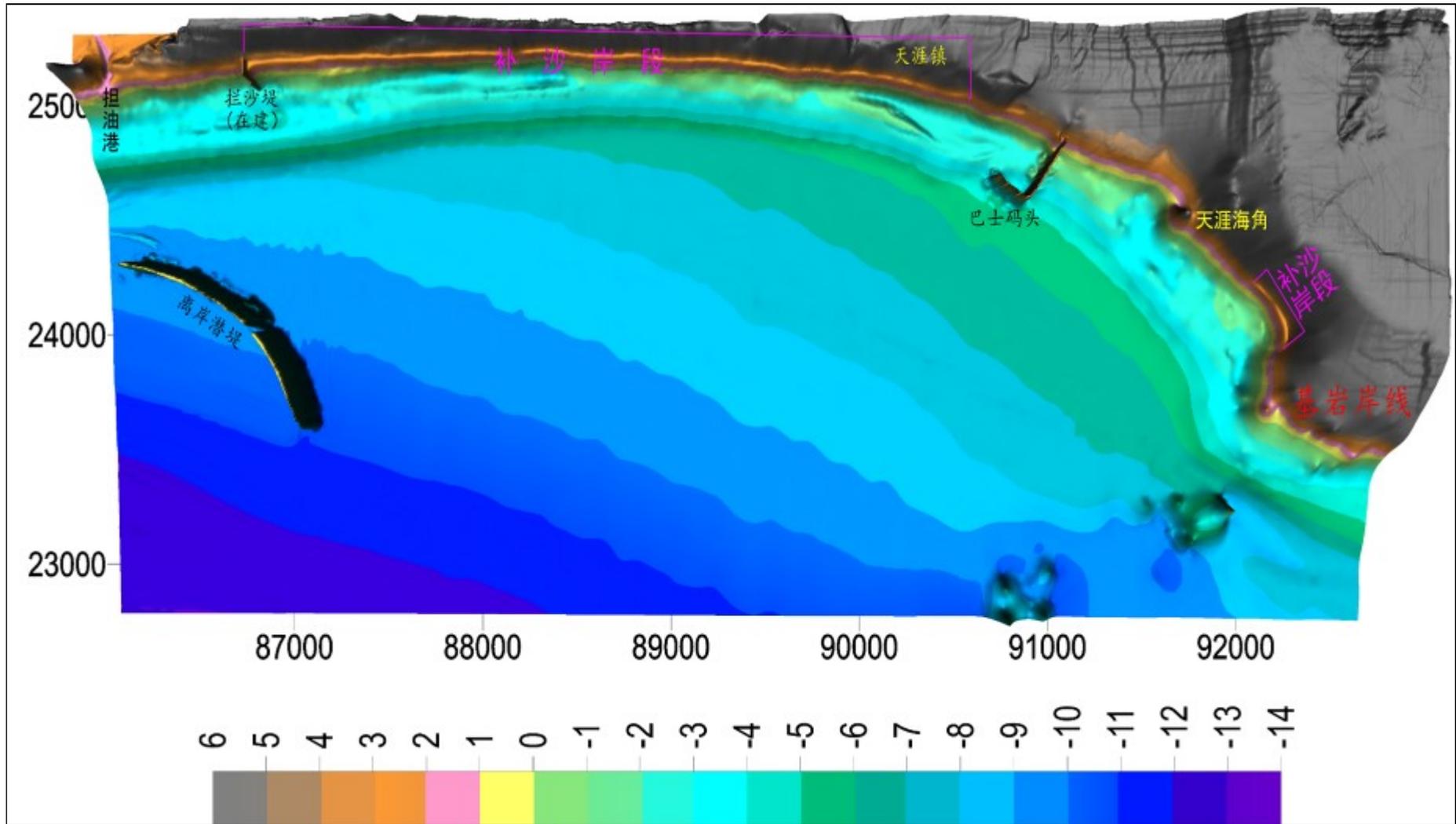


图 9.4-2 天涯海角岸段和人工岛掩护区东侧岸段岸滩冲淤防护措施方案布置地形特征图

9.4.1.4 南山风景区岸段

南山风景区岸段是人工岛工程实施后的主要冲刷岸段之一。人工岛工程实施后该岸段接受东南向波浪作用减少，西南向波浪作用频率相对增多，向东的沿岸净输砂明显，岸滩表现为冲刷，年平均冲刷泥沙量 1.2 万方左右。冲淤情势看，目前南山观音人工岛西侧岸段冲刷较为明显，局部海滩岩断开，后方沙坝在大风浪作用下淘刷根部后坍塌较多；东部海滩岩完整连续且分布较高，对后方沙坝形成较好掩护。综合考虑本岸段基本情况和工程实施后的影响机制，提出如下防护措施：

(1) 人工补沙

在南山观音人工岛两侧共约 2240m（西侧约 840m、东侧约 1400m）实施人工补沙。本岸段海滩岩分布较高，波浪较强，根据现场自然滩肩状况，补沙形成的滩肩高程应在 4m 左右，补沙主要以海滩岩以上部分为主。初步考虑首次补沙量 10 万方。

(2) 离岸潜堤

南山观音人工岛西侧 200m 左右岸段海滩岩缺失，后方沙坝根部淘刷严重。为此，在该缺口位置布设离岸潜堤，潜堤顶高程 0m，低潮不出水，顶宽 8m，水深部位在 -2m 左右，可与两侧现状海滩岩对接形成连续的岩滩分布，保护后方沙坝和补沙成效。

(3) 拦沙堤

该海岸虽然是两侧有固定岬角的独立海湾，但因两侧岬角均较短，海湾凹入深度有限，在斜向波浪作用下容易形成向两侧基岩岬角外围深水区流失。在海滩东端的鸭仔塘口门附近，常因泥沙在此堆积堵塞鸭仔塘口门，旱季内侧多为“死水”，水质难以保障。人工岛工程实施并辅以人工补沙后，后这一问题将更为明显。为此，在海滩东、西两侧建设分别建设鸭仔塘拦沙堤和南山拦沙堤，其中鸭仔塘拦沙堤建在基岩以西约 50m 处（现状鸭仔塘洪季口门西侧），与基岩海岸之间形成鸭仔塘口门进出水通道，拦截沿岸泥沙向东流失，保护鸭仔塘口门；海滩西端的基岩岸线部位设南山拦沙堤，拦截泥沙主要向东运移。

(4) 生态护岸

在南山观音人工岛西侧，岸线相对开敞，波浪作用较强，现状后方沙坝坍塌严重。实施人工补沙后大风浪作用时后方沙坝仍有根部淘刷形成坍塌的可能。在 +5.5m 以下部分建设生态护岸，补沙后大部分埋藏在滩肩下部，与滩肩形成一体，并种植耐盐植物形成，形成海滩后方的绿色沙坝外坡，美化景观。上述措施在三亚湾西段已进行成功试验。

南山风景区岸段岸滩冲淤防护措施方案布置见图 9.4-3、图 9.4-4、图 9.4-5。

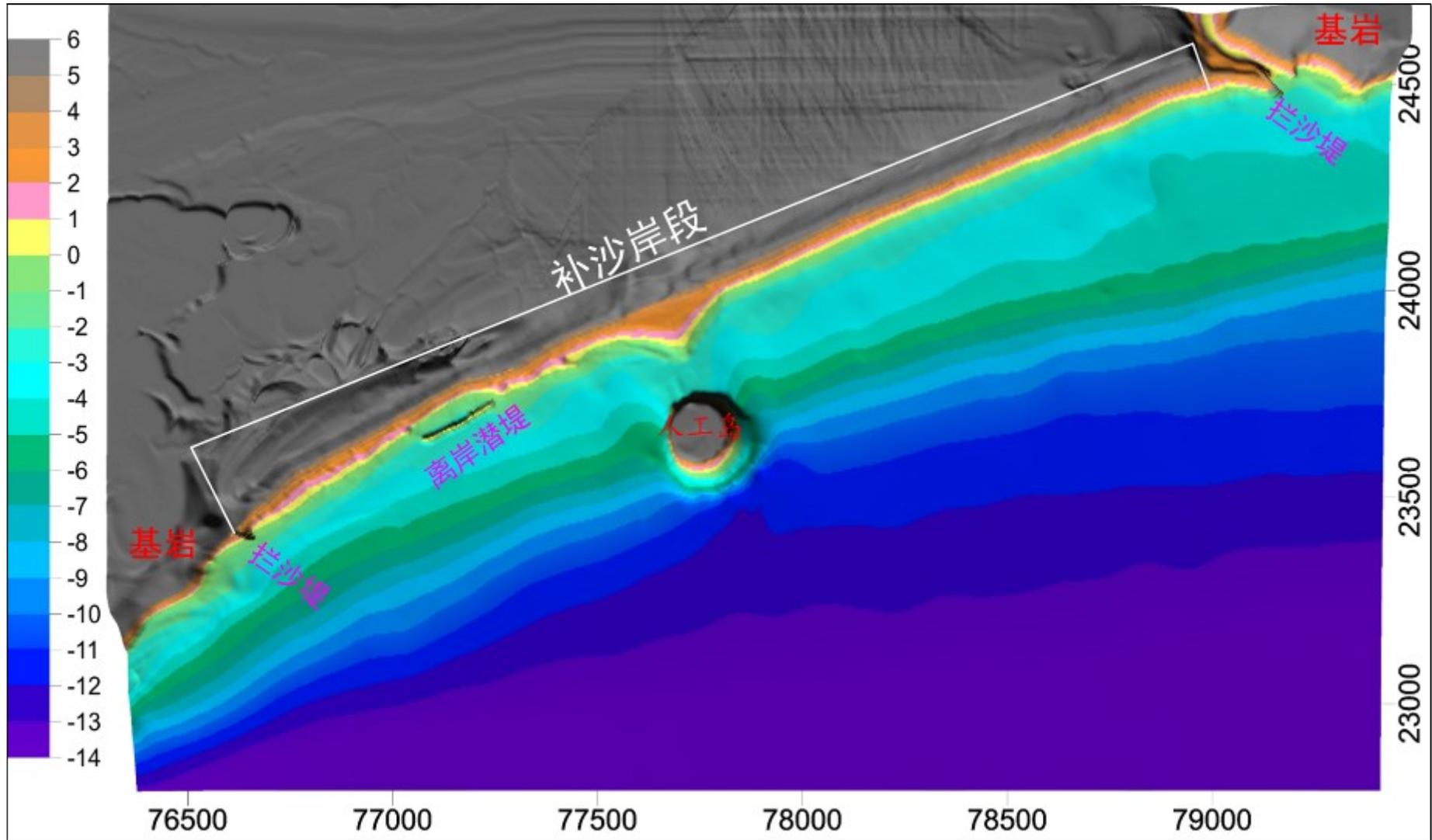


图 9.4-3 南山景区岸段岸滩冲淤防护措施方案布置地形特征图

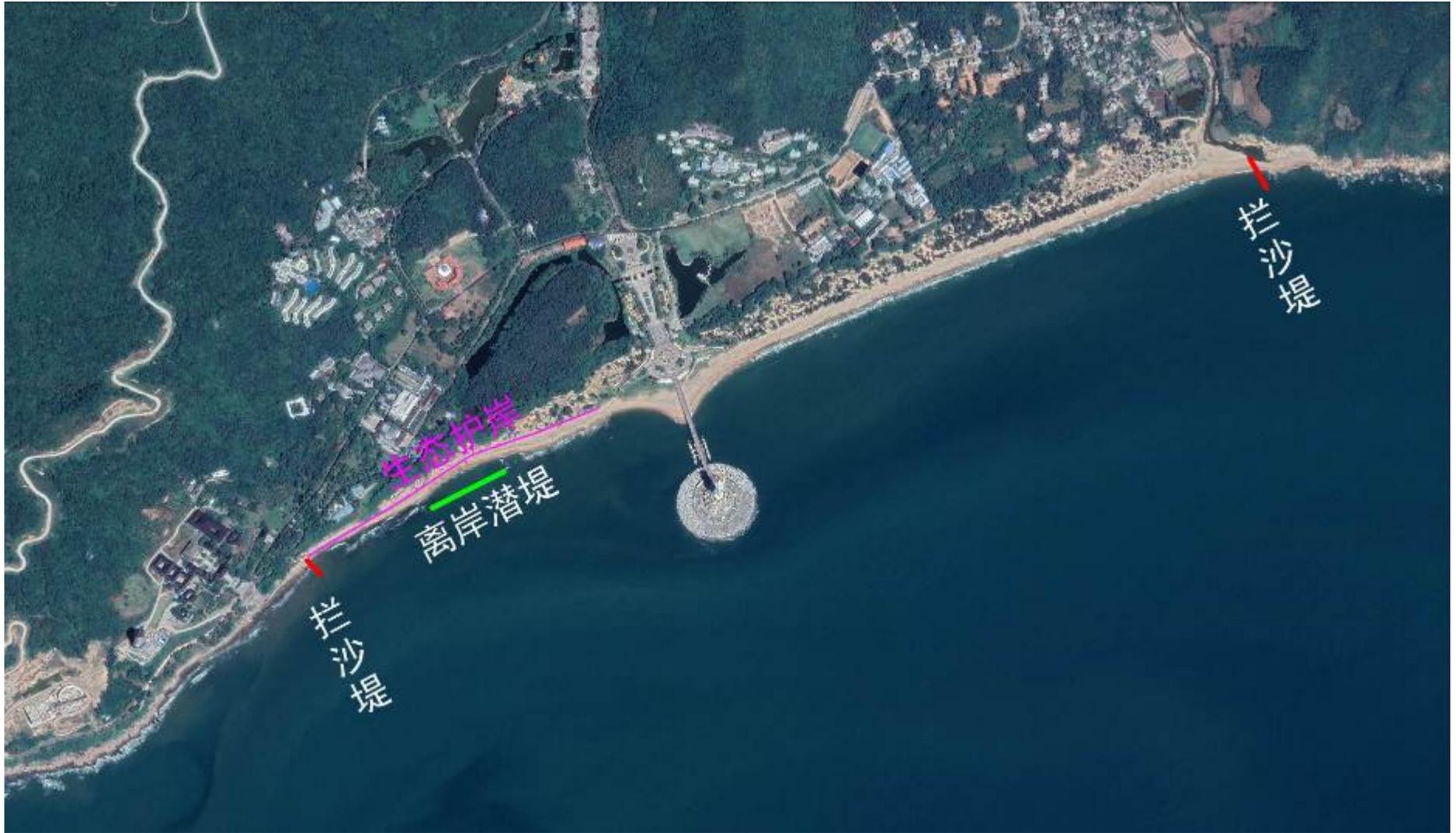


图 9.4-4 南山风景区岸段防护对策方案示意图

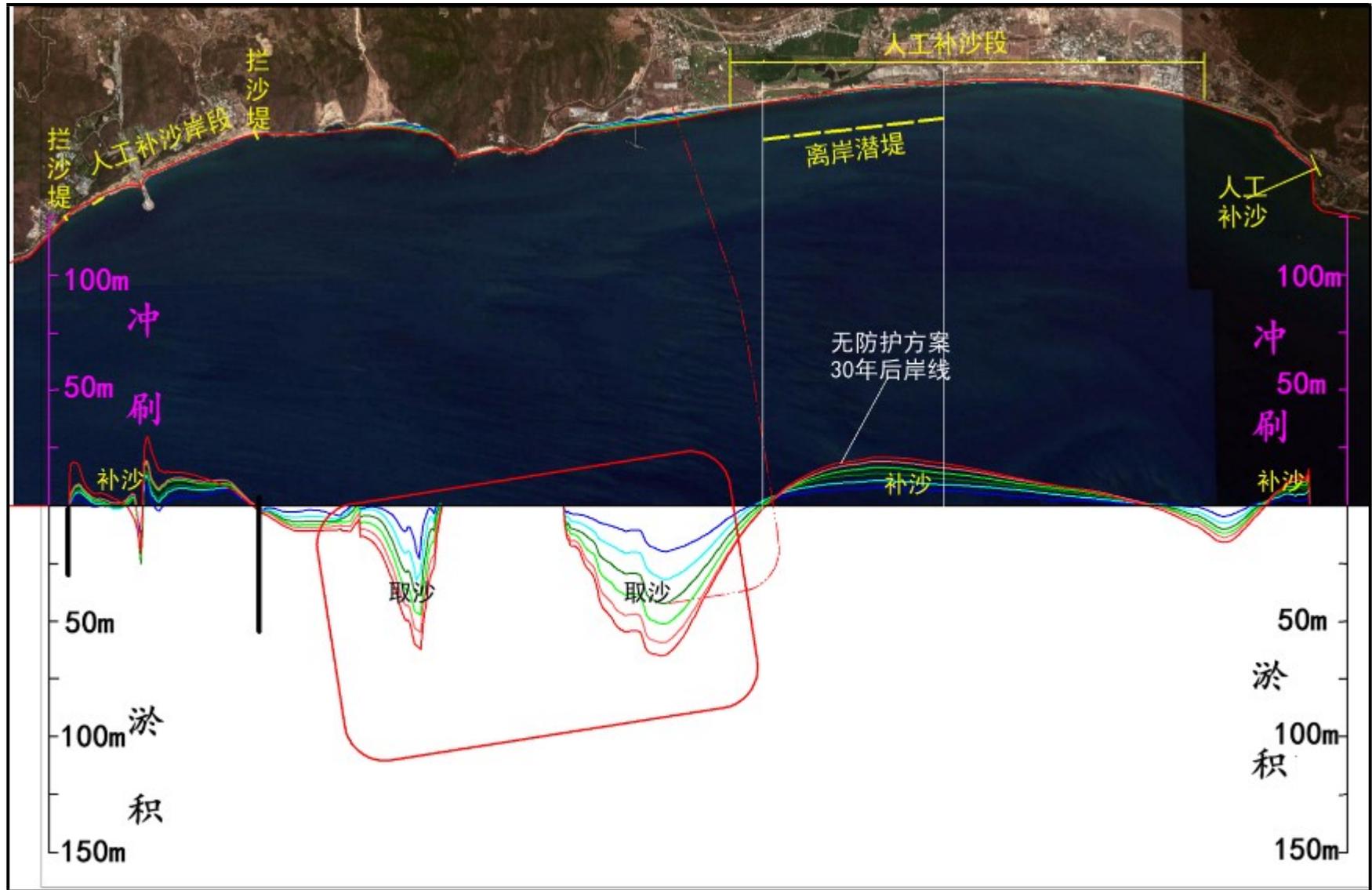


图 9.4-5 不同岸段岸滩冲淤防护方案示意图

9.4.2 岸滩冲淤防护措施实施方案

(1) 首次人工补沙实施方案

工程实施后第2年首次实施人工补沙，补沙岸段设置在受新机场人工岛影响冲刷岸段：补沙段1-天涯海角岸段，补沙段2-人工岛掩护区至天涯镇附近，补沙段3-南山风景区岸段，补沙量为33万方，其中天涯海角3万方，人工岛掩护区至天涯镇附近20万方，南山风景区沙滩岸线10万方。人工补沙位置见图9.4-5、图9.4-15。

补沙形式采用滩肩补沙，不直接向水域填沙。滩肩高程设计为3.0m~4.0m，与现状有滩肩分布岸段的滩肩自然高程接近，外侧剖面由波浪自然塑造形成。首次人工补沙岸段典型剖面见图9.4-6。

沙源地选择合适的沙源取沙至运沙船→运沙船运输至补沙岸段外围→吹沙船将泥沙吹填至沙滩陆上滩肩区域→陆上滩肩由推土机整平至滩肩设计高程。

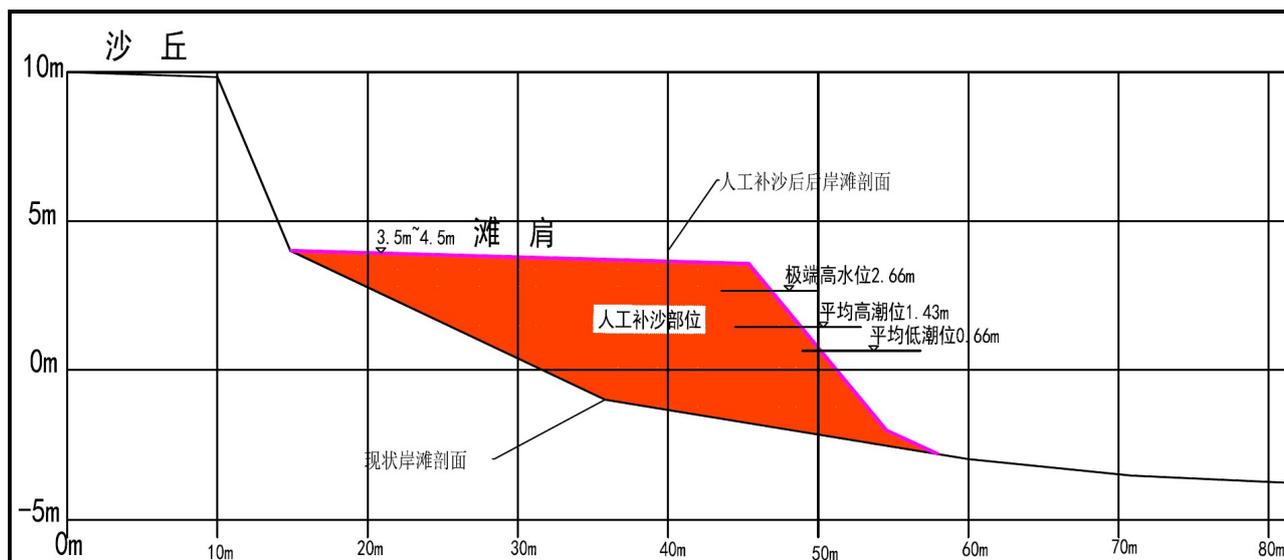


图 9.4-6 人工补沙岸段典型剖面示意图

在人工岛吹填取沙区选择与补沙段岸滩泥沙粒径一致的沙源。为减小岸滩吹填中悬浮泥沙对水域水质的影响，沙源含泥量严格控制在2%以下，每段人工补沙具体实施方案如下：

①补沙段1-天涯海角岸段：天涯海角东部莲花桥西侧长约350m岸段，形成向西侧石景景区段的泥沙供给，起到泥沙引擎功效，供应天涯海角600m的海滩岸段。首次补沙3万方，大致相当于工程实施后该岸段10年的冲刷量。单位岸线长度补供量约为 $50\text{m}^3/\text{m}$ 。

②补沙段2-人工岛掩护区至天涯镇附近：天涯镇在马岭村中部起向西约3.5km岸段实施人工补沙，首次补沙量20万方，单位岸线长度补沙量 $35\text{m}^3/\text{m}$ ；补沙形式为海滩岩以上的滩肩补沙，滩肩高程3.0m，滩肩宽度20m~30m；

③补沙段 3-南山风景区岸段：在南山观音人工岛两侧共约 2240m（西侧约 840m、东侧约 1400m）实施人工补沙。本岸段海滩岩分布较高，波浪较强，补沙形成的滩肩高程应在 4m 左右，补沙主要以海滩岩以上部分为主。本岸段以中粗砂为主，沙源中值粒径宜选择 0.5~0.8mm 左右泥沙。设计滩肩高程 4m，滩肩宽度 20m~30m，初步考虑首次补沙量 10 万方。大致相当于工程实施后该岸段 10 年的冲刷量。单位岸线长度补沙量约为 45m³/m。

(2) 旁通输砂实施方案

工程后每 5 年实施一次旁通输砂，分别为第 7 年、12 年、17 年、22 年、27 年，旁通输砂岸段取沙段设置在受新机场人工岛影响淤积岸段，自淤积岸段取沙输运至前述 3 个冲刷岸段，2 个取沙段分别为取沙段 1-人工岛掩护区油码头附近，取沙段 2-三美湾岸段，3 个补沙段分别为补沙段 1-天涯海角岸段，补沙段 2-人工岛掩护区至天涯镇附近，补沙段 3-南山风景区岸段。

为减小取沙施工对当地水环境的影响，旁通输砂施工方式推荐采用陆上施工的形式。具体施工方案为：沿沙滩边缘布置输砂管，在取沙区附近由车载吹填设备取沙并直接吹填至补沙岸段，最大吹距可达 4km。实施过程中，在淤积区先形成能够有海水进入的取沙坑，吸沙头在取沙坑内取沙，旁通输砂取沙区全部在 0m 线以上，用推土机将周边取沙区的泥沙推入取沙坑，满足取沙运量。在吹填区，首先将泥沙吹填至滩肩部位，然后由推土机整平达到设计滩肩高度和宽度。旁通输砂人工取沙沙岸段典剖面见图 9.4-7，旁通输砂补沙部位剖面见图 9.4-8。

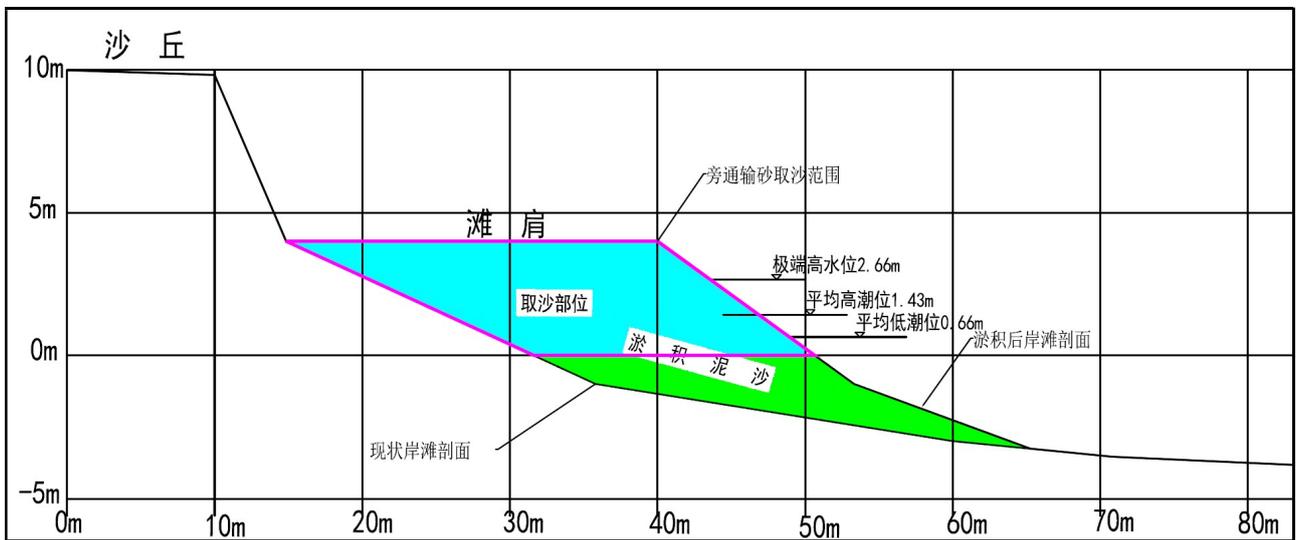


图 9.4-7 旁通输砂取沙部位剖面示意图

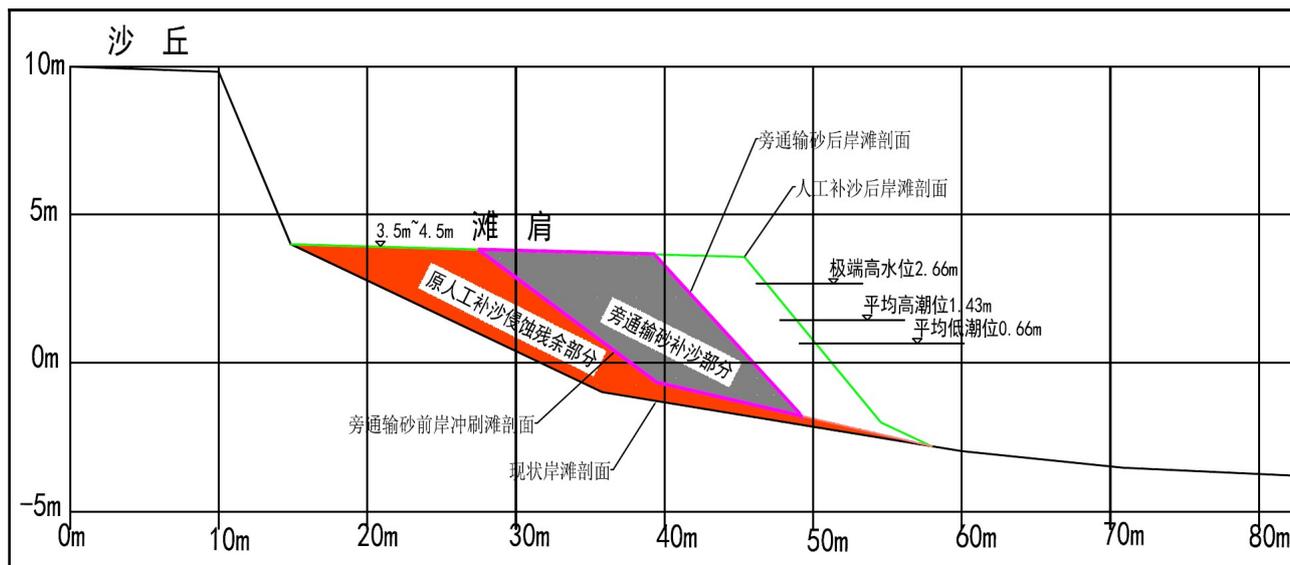


图 9.4-8 旁通输砂补沙部位剖面示意图

旁通输砂沙源地为工程实施后的淤积区，初步设计的旁通输砂周期为 5 年，实际操作中需根据具体情况适当调整。实施旁通输砂的基本原则是当淤积体的最大淤积宽度接近现状岸线外 50m、或主要冲刷岸段的岸滩整体冲刷后退幅度超过 10m 时实施。具体砂量可根据监测结果中淤积区的实际淤积量进一步核定。

旁通输砂方案在工程实施后 30 年内共进行 5 次旁通输砂，初步考虑每 5 年一次，旁通输砂每次输沙量约为 16 万方，3 个补沙段补沙量约为 16.5 万方，外购 0.5 万方。每段旁通输砂实施方案如下：

①取沙段 1-人工岛掩护区油码头：人工岛掩护区油码头附近，每次取砂量 10 万方，大致相当于这一岸段 5 年的淤积量。

②取沙段 2-三美湾岸段：三美湾岸段，长约 0.6km，每次取砂量 6.0 万方，大致相当于这一岸段 5 年的淤积量。

③旁通补砂补沙段 1-天涯海角岸段：旁通补砂在天涯海角东部莲花桥西侧长约 350m 岸段实施，形成向西侧石景区段的泥沙供给，供应天涯海角 600m 沙滩岸段。每次补沙 1.5 万方，大致相当于工程实施后该岸段 5 年的冲刷量。单位岸线长度供沙量约为 $25\text{m}^3/\text{m}$ 。沙源取自人工岛掩护区淤积段。

④旁通补砂补沙段 2-人工岛掩护区至天涯镇附近：在天涯镇马岭村中部起向西约 3.5km 岸段实施人工补沙，每次补沙量 10 万方，单位岸线长度补沙量 $18\text{m}^3/\text{m}$ ；补沙形式为海滩岩以上的滩肩补沙，滩肩高程 3.0m，滩肩宽度 20m~30m；沙源取自人工岛掩护区淤积段。

⑤旁通补砂补沙段 3-南山风景区岸段：在南山观音人工岛两侧共约 2240m 岸段（西侧约

840m、东侧约 1400m) 实施人工补沙。本岸段海滩岩分布较高，波浪较强，补沙形成的滩肩高程应在 4m 左右，补沙主要以海滩岩以上部分为主。本岸段以中粗砂为主，沙源中值粒径宜选择 0.5~0.8mm 左右泥沙。设计滩肩高程 4m，滩肩宽度 20m~30m，每次补沙量 5 万方。大致相当于工程实施后该岸段 5 年的冲刷量。单位岸线长度补沙量约为 23m³/m。沙源取自人工岛掩护下淤积的三美湾淤积岸段。

(3) 拦沙堤实施方案

本项目为改善拦沙堤设置在南山角鸭仔塘六横路，具体实施方案如下：

①南山角拦沙堤

在南山景区海滩西端与基岩岸线交界处布置拦沙堤，以减少补沙后泥沙向西侧基岩海岸的深水区流失长，堤 45m，顶宽 5.9m，顶高程+4.0m，堤头在-2m 水深附近，。

②鸭仔塘拦沙堤

在南山景区海滩东端的鸭仔塘河口西侧布置拦沙堤，与河口东侧的基岩岸线形成河口通道，并拦截补沙后泥沙向东侧基岩岸线深水区流失，保护河口。拦沙堤长 80m，顶宽 5.9m，顶高程+5.0m，堤头至-2m 水深附近。鸭仔塘拦沙堤位置示意图 9.4-9。



图 9.4-9 南山风景区岸东端鸭仔塘口门拦沙堤位置示意图

③六横路拦沙堤（正在施工）

针对已有工程引起的冲淤，目前正在实施拦沙堤和旁通输砂防护。拦沙堤位于担油港口门东侧六横路位置，堤长 70m，堤头位于水深-2m 附近，堤顶高程 3.5m。该工程为临时防护对策，新机场项目实施后的防护工程，可借助已实施的该拦沙堤进行整体防护。

拦沙堤均采用抛石斜坡堤结构。堤心石为 10~500kg 开山石，内外坡安放一层 6t 扭王字块体护面，厚度为 1.79m，坡度为 1:1.5；护面层下抛填 1.1m 厚的 300~600kg 块石垫层，护底采用 500~1000kg，长 10m。

拦沙堤的典型断面形式见图 9.4-10。

(4) 离岸潜堤实施方案

①南山景区潜堤

南山潜堤位置在天涯海角景区西侧，以减缓方沙坝根部淘刷，该区域自然水深-2.0~-3m，南山潜堤长 200m，潜堤顶高程为 0.0m，顶宽 8.05m，低潮不出水，为两层扭王字块结构，在海床面上抛填块石整平后安装扭王字块，上层安放 6 件 6t 扭王字块，下层安放 8 件 6t 扭王字块，南山观音西侧潜堤断面见图 9.4-11。

南山观音人工岛海滩岩确实部位，后。在该缺口位置布设离岸潜堤，潜堤顶高程 0m，可与两侧现状海滩岩对接形成连续的岩滩分布，保护后方沙坝和补沙成效。

②担油港南侧潜堤

已部分完成的临空产业园工程拟实施拆除，恢复原状。但在工程新机场项目实施后，拟拆除部分对应位置为冲刷严重岸段，有必要实施离岸潜堤防护。为此，考虑在拆除过程中，部分保留已实施的围堰，形成离岸潜堤，即在拆除已吹填部分的同时，部分保留北部围堰，形成 0m 水深的潜堤，保护近岸冲刷岸段，临空产业园工程拆除前后对比见图 9.4-12，潜堤位于担油港南侧潜堤形态保持现状弧形布置，分东西两段，长度分别为 2.4km 和 1.1km，详见图 9.4-13。

(4) 生态护岸

在南山观音人工岛西侧长约 1km 的岸段，岸线相对开敞，波浪作用较强，现状后方沙坝坍塌严重。在+5.5m 以下部分建设生态护岸，补沙后大部分埋藏在滩肩下部，与滩肩形成一体，并种植耐盐植物形成，形成海滩后方的绿色沙坝外坡，美化景观。上述措施在三亚湾西段已进行成功试验。南山景区生态护岸断面图见图 9.4-14。

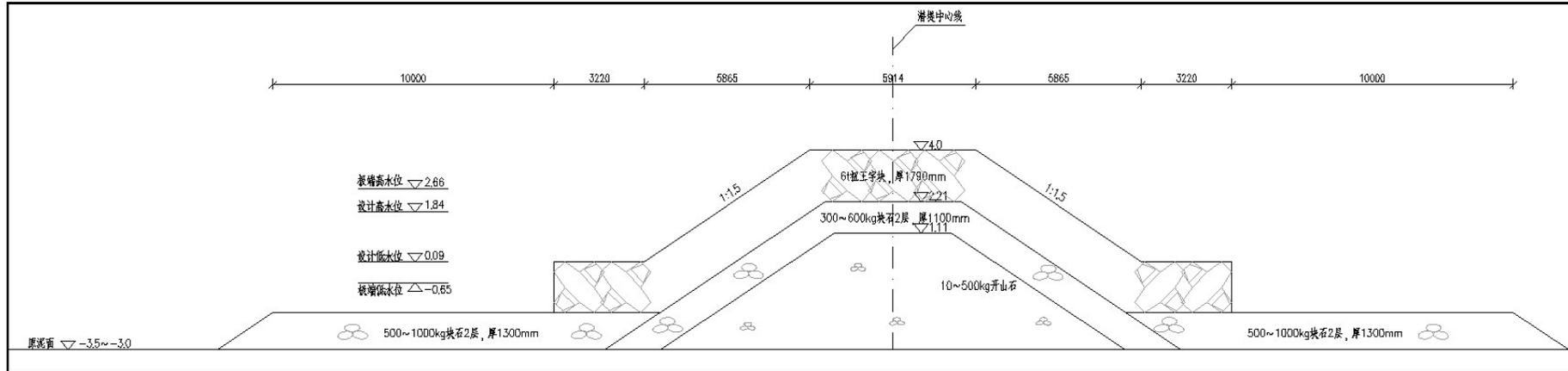


图 9.4-10 拦沙堤的典型断面图

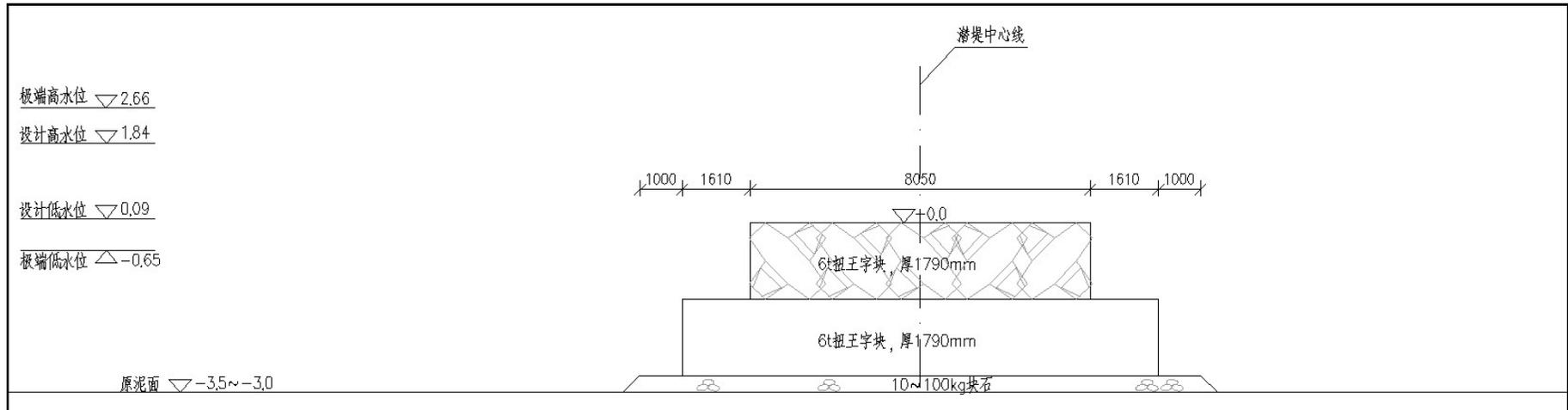


图 9.4-11 南山观音西侧潜堤断面图

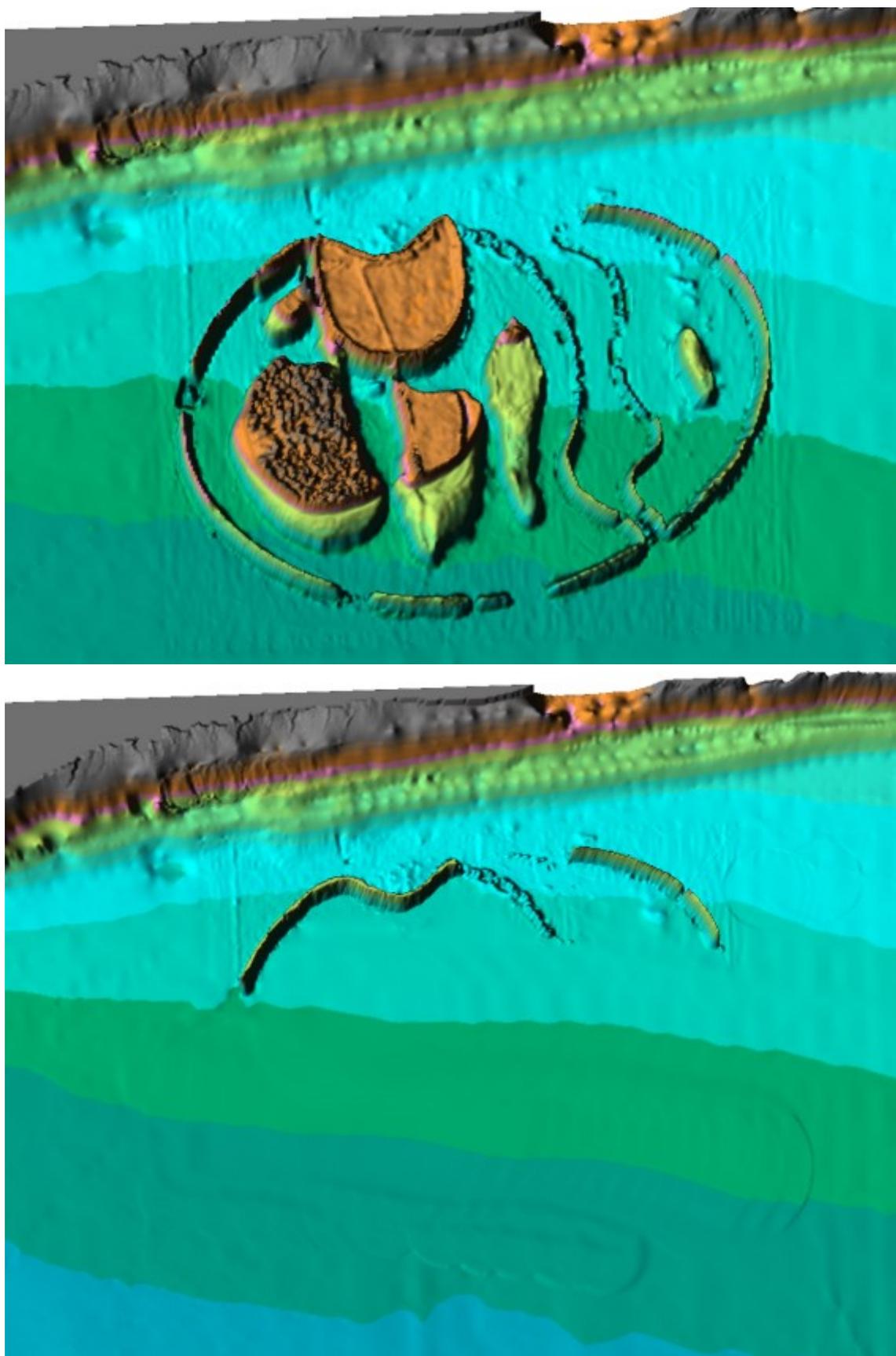


图 9.4-12 临空产业园工程拆除前后对比图

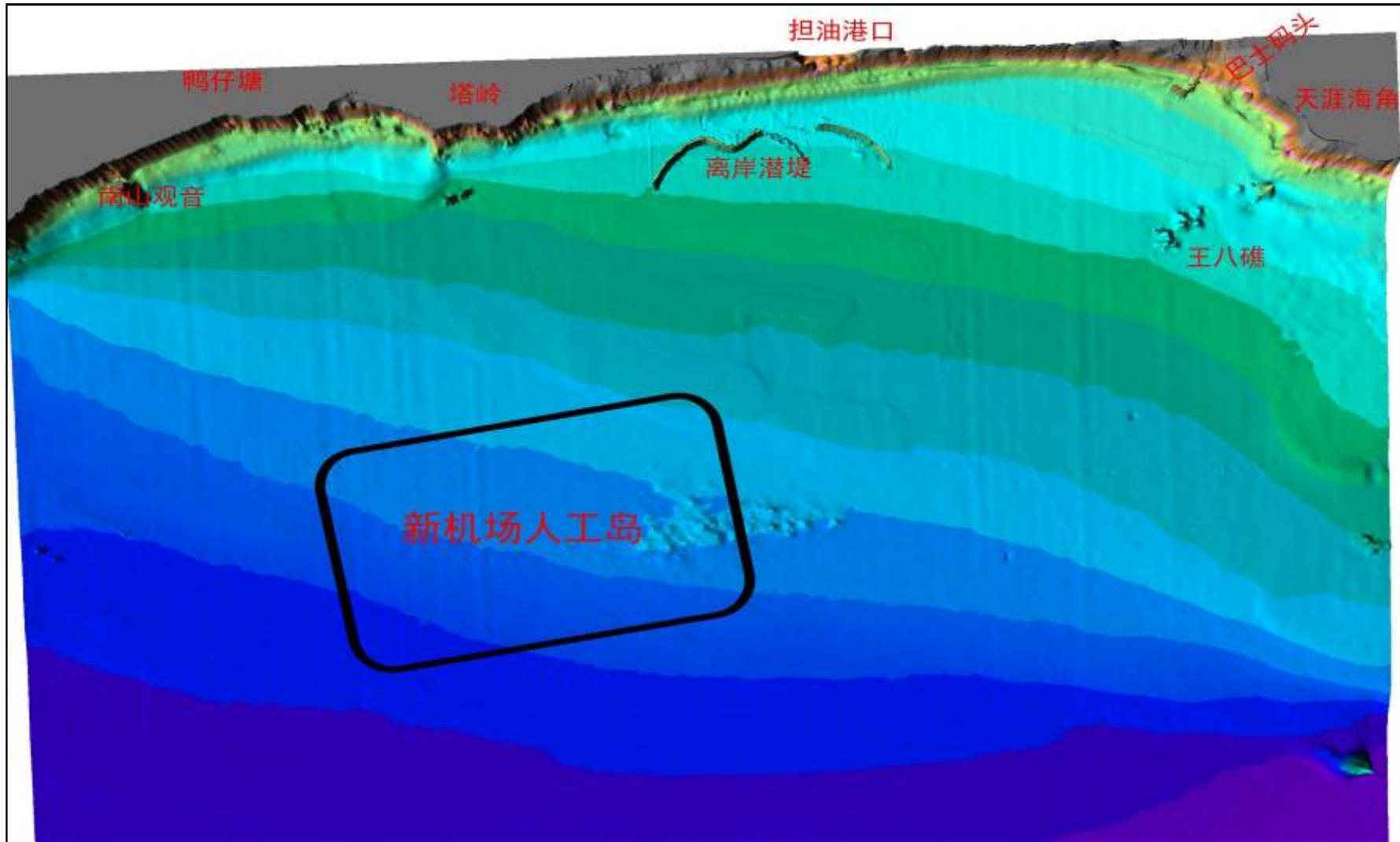


图 9.4-13 已实施吹填区域拆除后防护对策方案离岸潜堤示意图

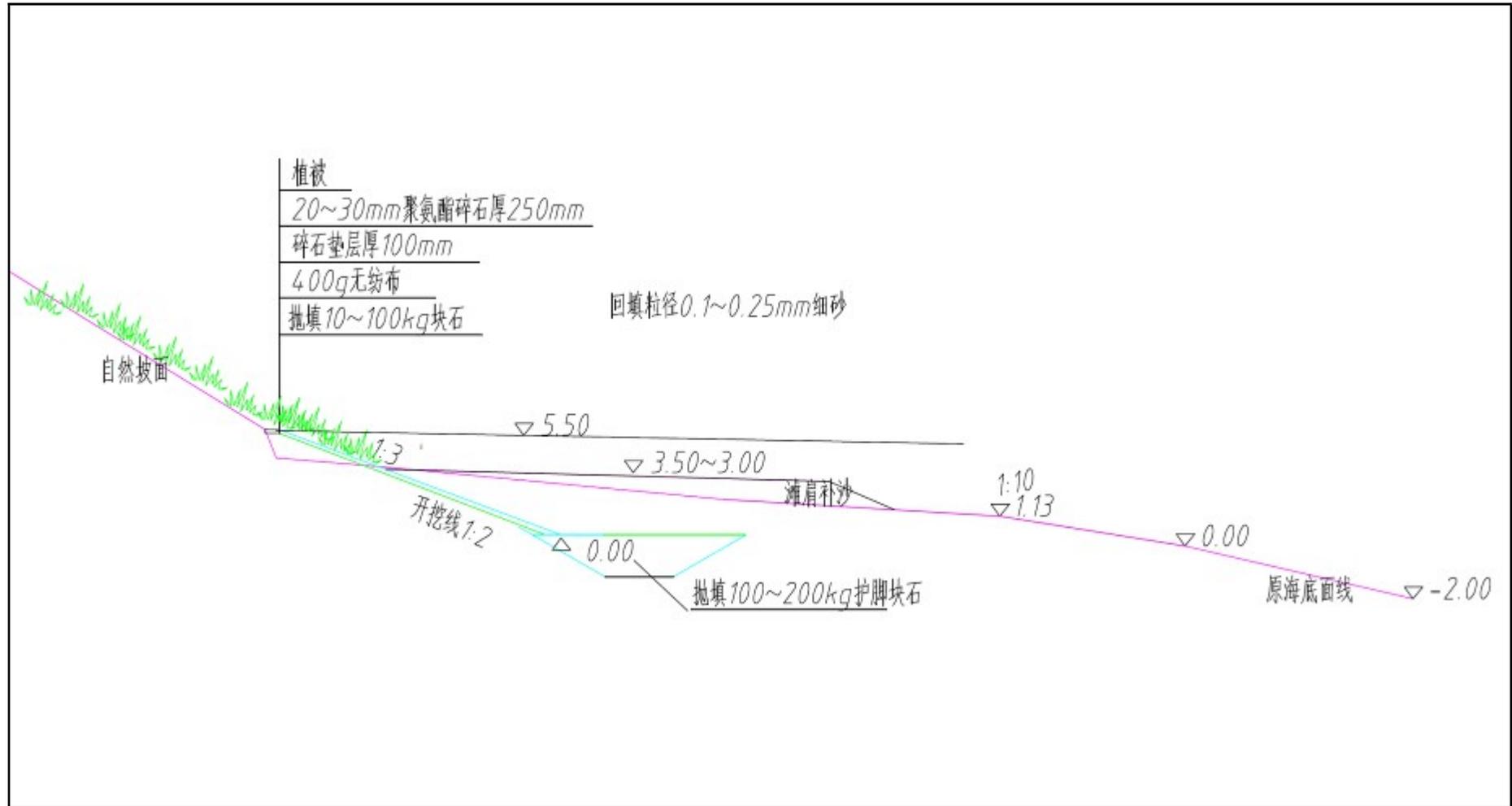


图 9.4-14 南山景区生态护岸断面图



图 9.4-15 不同岸段岸滩冲淤防护措施总体布置图

9.4.3 岸滩冲淤防护措施可行性分析

9.4.3.1 岸滩冲淤防护措施的适宜性

结合本项目工程特点，海堤、护岸、水草或仿生草均不适合三亚新机场工程；生态护岸、拦沙堤、离岸堤、人工补沙等防护工程与本项目有一定适用性。后续对生态护岸、拦沙堤、离岸潜堤、人工补沙做进一步研究，研究表明：拦沙堤不一定是本工程海岸防护的最佳选择；生态护岸和离岸潜堤对局部冲刷岸段的掩护具有一定功效，但难以形成对整个冲刷岸段的防护；人工补沙是解决因人工岛建设引起的沙滩冲刷问题较为理想的选项。最后提出了基于人工补沙为主的岸滩冲淤防护方案，“适时采用人工补沙方案。待人工岛工程完全形成后，适时采用生态护岸、拦沙堤、离岸潜堤、人工补沙。”

9.4.3.2 岸滩冲淤防护措施防护效果的可行性

三亚新机场人工岛工程的实施将有一个较长的时间过程，人工岛施工的不同阶段，对岸线的影响有所差异，因此在本节中只考虑方案实施后岸线冲淤情况的效果。

按照方案一的砂量和拦沙堤、潜堤布置，三亚新机场人工岛工程实施后第二年，首次补沙沙源由异地开采，增加本岸段的泥沙有效补给。之后，每5年（第7年、12年、17年、22年和27年）实施一次旁通输沙，沙源取自相应的淤积区，即对冲刷岸段进行补沙，对沙嘴部位实施清淤。以此为条件，在模型中计算了人工岛工程后的岸线冲淤情况。

以此为背景的岸线演变模型计算表明（表9.4-1，图9.4-16），实施先期人工补沙之后旁通输砂后，东西两个冲刷岸段的冲刷将明显改善，其中：

（1）天涯海角600m岸段首次补沙3万方，单宽补沙量约为 $50\text{m}^3/\text{m}$ ，之后每5年补沙1.5万方，每5年的单宽补沙量约为 $25\text{m}^3/\text{m}$ 。对策方案工程实施后，随着逐年补沙，冲淤调整幅度减小，30年内整体表现为淤积，30年后整体淤积泥沙量约1.2万方，平均向海淤积2.2m。

（2）天涯镇以西至拦沙堤岸段约3.5km岸段首次补沙20万方，单宽补沙量约为 $27\text{m}^3/\text{m}$ ，之后每5年补沙10万方，每5年的单宽补沙量约为 $29\text{m}^3/\text{m}$ 。对策方案工程实施后，随着逐年补沙，冲淤调整幅度减小，30年内整体表现为淤积，30年后整体淤积泥沙量约11.3万方，平均向海淤积3.6m。比采取措施前明显改善，也好于工程前现状条件。

（3）离岸堤掩护的约2.1km岸段不实施补沙，在离岸堤掩护下略有淤积。工程实施后，30年内整体表现为淤积，30年后整体淤积泥沙量约9.6万方，平均向海淤积5.8m。比采取措施前明显改善。

(4) 人工岛掩护的塔岭以东 2.3km 岸段（油码头附近）为新机场人工岛工程实施后的淤积区，采取旁通输砂情况下，每 5 年取沙 10 万方左右，淤积幅度明显下降。方案实施后，30 年内整体表现为淤积，30 年后整体淤积泥沙量约 16.4 万方，平均向海淤积 7.9m。比采取措施前明显改善。

(5) 人工岛掩护的塔岭以西三美湾 960m 岸段为新机场人工岛工程实施后的淤积区，采取旁通输砂情况下，每 5 年取沙 5 万方左右，淤积幅度明显下降。方案实施后，30 年内整体表现为淤积，30 年后整体淤积泥沙量约 7.4 万方，平均向海淤积 8.9m。比采取措施前明显改善。

(6) 南山景区东段（南山观音至鸭仔塘）长约 1.4km 岸段海滩岩分布连续，鸭仔塘口门实施拦沙堤，首次补沙 4 万方，单宽补沙量约为 $29\text{m}^3/\text{m}$ ，之后每 5 年补沙 2 万方，每 5 年的单宽补沙量约为 $14\text{m}^3/\text{m}$ 。对策方案工程实施后，随着逐年补沙，冲淤调整幅度减小，30 年内整体表现为淤积，30 年后整体淤积泥沙量约 4.6 万方，平均向海淤积 3.7m。比采取措施前明显改善，也好于工程前现状条件。

(7) 南山景区西段（南山观音至南山角基岩岸线）长约 840m 岸段海滩岩间断分布。实施海滩岩确实部位离岸堤、南山基岩海岸拦沙堤，首次补沙 6 万方，单宽补沙量约为 $29\text{m}^3/\text{m}$ ，之后每 5 年补沙 3 万方，每 5 年的单宽补沙量约为 $14\text{m}^3/\text{m}$ 。对策方案工程实施后，随着逐年补沙，冲淤调整幅度减小，30 年内整体表现为淤积，30 年后整体淤积泥沙量约 4.6 万方，平均向海淤积 3.7m。比采取措施前明显改善，也好于工程前现状条件。

表 9.4-1 岸滩冲淤防护措施实施后 30 年岸线冲淤模拟结果

	岸线长度 (m)	首次补沙量 (万方)	旁通输砂量 (万方)	首次单宽补沙量 (m ³ /m)	每5年单宽输沙量 (m ³ /m)	方案 30 后冲淤量 (万方)	方案 30 后平均冲淤幅度 (m)	不采取防护措施 30 后冲淤量 (万方)	不采取防护措施 30 后平均冲淤幅度 (m)	对策方案实施 30 后冲淤量 (万方)	对策方案实施 30 后平均冲淤幅度 (m)	0 方案单宽年冲淤量 (m ³ /m)	工程后单宽年冲淤量 (m ³ /m)	工程加防护对策后单宽年冲淤量 (m ³ /m)
天涯海角	600	3	1.5	50	25	-5.4	-11.3	-6.8	-13.0	1.2	2.22	-3	-3.8	0.67
天涯镇以西人工补沙段	3500	20	10	57	29	-22.1	-7.5	-91.4	-19.6	11.3	3.59	-2.1	-8.7	1.08
离岸潜堤掩护段	2100	0	0	0	0	-10.7	-7.5	-59.9	-19.6	9.6	5.08	-1.7	-9.5	1.52
人工岛掩护区 (油码头附近)	2300	0	0	-5	0	0.0	0.0	101.4	55.2	16.4	7.92	0	14.7	2.38
三美湾	960	0	-5	0	-52	0.0	0.0	35.4	46.4	7.7	8.91	0	12.3	2.67
南山景区东段	1400	4	2	29	14	0.0	-4.4	-15.5	-7.7	4.6	3.65	0	-3.7	1.10
南山景区西段	840	6	3	71	36	-7.1	-13.7	-19.7	-16.9	5.7	7.54	-2.8	-7.8	2.26



图 9.4-16 岸滩冲淤防护措施实施后 30 年内的岸线演变模拟结果

9.5 环境保护设施投资及对策措施汇总表

9.5.1 环境保护设施投资

9.5.1.1 岸滩冲淤防护投资估算

按工程实施后维护 30 年计，岸滩冲淤防护投资为 1343.95 万元。详见表 9.5-1。

9.5.1.2 珊瑚礁保护工程费用估算

建议利用珊瑚礁损失的生态补偿金进行珊瑚礁栖息地的重建、新建或者保护与修复工作。实施和落实珊瑚礁保护工程的费用初步估算大约 8500 万元，具体项目及其费用估算见表 9.5-2。

表 9.5-2 珊瑚礁保护工程费用估算

序号	珊瑚礁保护工程分项	费用估算 (万元)	备注 费用估算范围
1	工程前珊瑚礁本底调查；	180	
2	选择珊瑚保护的迁入地；		
3	珊瑚移出区域的确定		
4	小规模珊瑚移植试验；	70	
5	实施珊瑚迁地保护；	800	500~800
6	建设珊瑚苗圃和养护站及珊瑚迁地保护以后的管理和养护；	1500	
7	新建珊瑚礁栖息地	2000	1000~2000
	基于人工礁的恢复或者重建珊瑚礁栖息地	950	
8	珊瑚礁长期监测与管理（15 年以上总费用，技术部门和管理部门）	2000	
9	对三亚国家级珊瑚礁自然保护区的补偿	1000	
	合计	8500	

9.5.2 环境保护设施对策措施汇总表

(1) 污染防治环保措施

本项目施工期影响海洋环境的污染物主要是悬浮沙、施工船舶废水、施工人员产生的生活污水和垃圾、施工产生的建筑垃圾。本评价采用的主要污染防治对策措施见表 9.5-3。

(2) 海洋生态环境保护措施

本项目施工对珊瑚礁、中华白海豚、渔业资源造成一定影响，对项目所在海域海洋生态环境及生态服务功能造成了事实上的负面影响，建设单位应采取的措施见表 9.5-4。

(3) 岸滩冲淤防护措施

本项目施工对岸滩冲淤环境造成一定影响，建设单位应采取的岸滩冲淤防护措施见表 9.5-5。

表 9.5-1 投资估算表

序号	项目名称	单位	方案			备注
			工程数量	单价(元)	合计(元)	
人工补砂(工程实施后第2年实施)	补砂段1(天涯海角)	m ³	30000	84.12	2523600	人工补砂拟在已吹填待拆除的临空产业园人工岛选择优质沙源,要求中值粒径0.3~0.8mm,与现状海滩沙粒径接近,含泥量小于5%
	补砂段2(天涯镇以西)	m ³	200000	84.12	16824000	
	补砂段3(南山景区)	m ³	100000	84.12	8412000	
	小计	---	---	---	27759600	
旁通输砂	补砂段1(含取砂补砂的费用)	m ³	15000	84.12	1261800	沙源外购,要求粒径在0.3~0.8mm,与当地海滩沙一致
	补砂段2(含取砂补砂的费用)	m ³	100000	25.00	2500000	沙源来自取砂段1(油码头附近),平均运距3.3km
	补砂段3(含取砂补砂的费用)	m ³	50000	25.00	1250000	沙源来自取砂段2(三美湾),平均运距3.0km
	小计	---	---	---	5011800	---
南山拦沙堤	10~500kg块石(堤心石)	m ³	2292.30	142.08	325690	---
	300~600kg块石(垫层块石)	m ³	1265.22	225.32	285085	
	300~600kg块石(垫层块石)	m ³	1932.12	233.34	450847	
	预制扭王字块体(6t)		1280.44	857.75	1098299	
	安装扭王字块体(10t)	m ³	491	1180.76	579753	
	小计	---	---	---	2739673	
南山潜堤	10~100kg块石(垫层块石)	m ³	2400.00	163.29	391900	---
	预制扭王字块体(6t)	m ³	4148.96	857.75	3558764	
	安装扭王字块体(6t)	件	1591.00	1180.76	1878587	
	小计	---	---	---	5829251	
鸭仔塘口门拦沙堤	10~500kg块石(堤心石)	m ³	4075.20	142.08	579004	---
	300~600kg块石(垫层块石)	m ³	2249.28	225.32	506817	
	500~1000kg块石(护底块石)	m ³	3434.88	233.34	801505	
	预制扭王字块体6t	m ³	2276.35	857.75	1952531	
	安装扭王字块体6t	件	873.00	1180.76	1030803	
	小计	---	---	---	4870660	
工程费合计:					13439548	

表 9.5-3 污染防治环境保护对策措施一览表

序号	环境保护对策措施	环境保护措施内容	规模及数量	预期效果	实施地点及投入时间	责任主体及运行机制
1	悬浮沙减缓措施	(1) 优化施工组织作业面, 合理布设先期开工段 (2) 优化施工工艺, 减少入海悬浮泥沙的影响 (3) 加强海上施工营地管理, 严防物料入海 (4) 响应项目海区海况条件施工, 防止灾害天气施工引发污染事故 (5) 有针对性的开展施工期跟踪监测, 根据监测结果采取相应措施	防污帘-无纺布数个	1. 施工计划合理, 减少了对海洋环境扰动时间和扰动范围; 2. 有效控制了陆域推填尾水悬浮沙扩散范围	整个海上施工过程	建设单位负责落实和管理, 建设单位进行监督。
2	船舶机舱含油污水、生活污水处理措施	1. 施工应按照海事局的要求, 实施船舶污水的铅封管理; 2. 施工船舶应加强管理, 对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业; 3. 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物; 不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器; 4. 海上施工船上的生活污水应收集在船上的卫生设施中, 统一运往周边港区由有资质单位负责接收处理。	--	船舶机舱含油污水、生活污水不在海上排放, 不会对海洋环境造成影响	整个海上施工过程	
3	施工废水处理措施	1. 合理规划施工场地的临时供、排水设施; 场地内受污雨水需进行处理后排入海域。 2. 对生产废水如砼养护冲洗水、砂石料冲洗水等, 设置临时水处理构筑物; 经处理后回用于场地洒水抑尘, 不外排。 3. 施工场地设立环保型公厕, 生活污水定期由环卫部门清运处理	--	可有效减小对水质的影响	施工场地, 整个海上施工过程	
4	固体废弃物处理措施	1. 船舶垃圾收集后由海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。接收处理协议见附件 8 2. 施工人员产生的生活垃圾, 分类收集, 交由环卫部门接收处理 3. 施工产生的固体废弃物收集后送往指定地点进行接收, 不排海 4. 工程竣工后, 施工单位应在一个月内将工地的剩余建筑垃圾等处理干净, 做到“工完、料净、场地清”	--	1. 船舶垃圾尽量回收由海南宇康船舶科技服务有限公司接收利用; 2. 其它固体废弃物不可回收利用的由施工单位负责清运, 防止固体废弃物排放入海	施工场地, 整个施工过程	
5	废气污染防治处理措施	1. 设置专用施工道路, 禁止无牌无照车辆上路, 所有施工车辆要求安装顶盖, 后方施工营地现场采用屏障围护; 2. 装料施工现场应及时清扫场地的洒落物、适量洒水, 对主要运输便道上的路基进行夯实硬化处理; 3. 使用环保型运输车辆、船舶, 并选用清洁的燃料, 使尾气达标排放	--	采用的措施要有利于降低施工扬尘, 施工船舶大气污染物排放要符合《船舶大气污染物排放控制区实施方案》(交海	施工场地, 整个施工过程。	

序号	环境保护对策措施	环境保护措施内容	规模及数量	预期效果	实施地点及投入时间	责任主体及运行机制
				发(2018)168号)的控制要求		
6	噪声减缓措施	1. 优先选用性能良好的低噪声施工设备, 2. 合理安排施工进度和时间, 加强对施工船舶噪声的控制与管理 3. 合理疏导进入施工区的运输石料和其他物料的来往车辆, 降低车辆施工噪声	--	采用的措施要有利于减小施工噪声影响	施工场地, 整个施工过程。	

表 9.5-4 海洋生态环境保护对策措施一览表

序号	环境保护对策措施	环境保护对策措施内容	规模及数量	污染防治的预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体及运行机制
1	海洋生物资源环境保护对策措施	海洋生物资源经济补偿	生态损失总金额为 5.9508 亿元, 其中海洋生物资源损失补偿金额为 5.76 亿元, 珊瑚礁修复/重建 1338 万元、珊瑚礁迁地保护 570 万元	有效补充工程建设过程造成的海洋生物资源损失	1. 施工结束后, 由建设单位和农渔业主管部门协商确定具体的生态损失金额和生态补偿实方案 2. 增殖放流地点为亚龙湾和大东海海域 3. 人工鱼礁设置在人工岛护岸周边和岸滩冲淤防护工程处	建设单位负责落实和管理, 建设单位进行监督
		人工增殖放流	1. 增殖放流的主要品种为红鱼苗和金鲳鱼苗, 放流时间 5-8 月; 2. 增殖放流备选品种为: 青石斑鱼、卵形鲳鲹、军曹鱼、紫红笛鲷、红笛鲷、斑节对虾、日本对虾、长毛对虾、墨吉对虾、绿海龟、克氏海马、大珠母贝等			
		人工鱼礁建设	建设人工鱼礁 7 处, 分别为人工岛西侧、人工岛东侧、人工岛南侧、南山潜堤, 南山拦砂堤, 临空一期、临空二期工程北侧潜堤			
2	珊瑚礁环境保护对策措施	减少入海悬浮物控制措施	1. 填海海砂粒径应 0.075mm 的颗粒含量小于 5%、开山石含泥量不超过 10%; 2. 悬浮物源强大的护岸抛石、基础挖泥卸泥、基础开挖等施工期避开珊瑚主要繁殖季节 3~5 月份	有效减少工程对沿岸珊瑚礁的损失	整个海上施工过程	施工单位和建设单位
		珊瑚礁受影响区域的迁地保护措施	1. 人工岛掩护区淤积岸线 1840 米, 迁出珊瑚礁面积 1.45 公顷 2. 人工岛掩护区淤积区三美湾岸段, 迁出珊瑚礁面积 0.85 公顷 3. 天涯镇以西至拦沙堤岸段 3.5km 岸段, 迁出珊瑚礁面积 0.85 公顷 4. 临空产业园离岸堤掩护的淤积约岸段 2.1km 岸段, 迁出珊瑚礁面积 1.01 公顷, 初步选择亚龙湾的太阳湾和白虎湾作为迁出珊瑚礁的移入地		工程施工结束后, 根据岸滩冲淤环境对珊瑚礁的实际损失情况确定需要迁出珊瑚礁的实际位置	

		珊瑚礁的补偿与修复	1、珊瑚礁生态补偿 24170 万元，其中珊瑚礁迁地保护费 570 万元，珊瑚礁修复/重建费用 4200 万元； 2、珊瑚礁修复/重建 15 公顷，主要考虑在人工岛周边护岸约 12 公里+潜堤周边护岸，共计 16 公里实施		工程施工结束后，分 10 年重建 15 公顷的珊瑚礁	施工单位和建设单位
3	中华白海豚环境保护措施	施工过程中对中华白海豚的保护对策措施	1、施工噪声减缓措施：采用气泡帷幕等有效减缓措施安装海上测速装置，对来往船只超速行为进行管理；海豚一旦在施工海域 500 米范围内，施工能立马停止 2、施工作业尽量减少在大潮期及退潮时作业，悬浮物入海缓解措施的目标应使施工现场 1000 米以外的范围悬浮物浓度小于 20mg/L； 3、施工现场应设置建筑废料、生活垃圾、粪便和污水收集设备，并及时清运。 4、施工船舶均应实施限速，制定相关的溢油事故应急处理措施	1.使施工现场 500 米范围外的中华白海豚不受施工的噪声干扰及其它污染物有影响； 2、尽量杜绝溢油事故的发生 3、恢复当地的鱼类资源量，补充中华白海豚赖以生存的食物资源	施工过程中	施工单位和建设单位
		中华白海豚食物资源减少的缓解措施	在重要的摄食地投放人工鱼礁或开展白海豚饵料鱼类的增殖放流，为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所		施工过程中	

表 9.5-5 岸滩冲淤防护措施一览表

编号	岸滩冲淤防护措施内容	规模及数量	污染防治的预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体及运行机制
1	天涯海角岸段	实施人工补沙，首次补沙量 3 万方，以后每 5 年实施 1 次，每次补沙 1.5 万方供应天涯海角 600m 沙滩岸段	有效减缓岸滩冲刷与淤积	工程实施后第 2 年首次实施人工补沙，以后每 5 年实施 1 次	建设单位
2	人工岛掩护岸段	实施旁通输沙，每次取砂量 10 万方，大致相当于这一岸段 5 年的淤积量		人工岛掩护区油码头附近实施，每 5 年实施一次旁通输砂，分别为工程实施后第 7 年、12 年、17 年、22 年、27 年	
3	三美湾岸段	实施旁通输沙，每次取砂量 6.0 万方，大致相当于这一岸段 5 年的淤积量。		在三美湾淤积岸段实施，每 5 年实施一次旁通输砂，分别为工程实施后第 7 年、12 年、17 年、22 年、27 年	
4	人工岛掩护区东侧	实施人工补沙，首次补沙量 20 万方，以后每 5 年实施 1 次，每次补沙 10 万方		在天涯镇马岭村中部起向西约 3.5km 岸段实施，工程实施后第 2 年首次实施人工补沙，以后每 5 年实施 1 次	
		利用临空产业园人工岛拆除剩余护岸部分建设离岸潜堤，潜堤总长 2.0km		担油港口门外 2km 处实施	
5	南山风景区岸段	实施人工补沙，首次补沙量 10 万方，以后每 5 年实施 1 次，每次补沙 5 万方		在南山观音人工岛两侧共约 2240m（西侧约 840m、东侧约 1400m）实施人工补沙，工程实施后第 2 年首次实施人工补沙，以后每 5 年实施 1 次	
		离岸潜堤，长 200m 左右		工程建成后，根据岸滩跟踪监测情况实施，实施地点在南山观音人工岛西侧岸段	
		在南山景区海滩西端与基岩岸线交界处布置拦沙堤其中①南山角拦沙堤，堤长 45m②鸭仔塘拦沙堤，堤长 80m		工程建成后，根据岸滩跟踪监测情况实施，实施地点在南山景区海滩西端与基岩岸线交界处和鸭仔塘河口西侧	
		生态护岸 1km		程建成后，根据岸滩跟踪监测情况实施，实施地点在南山观音人工岛西侧	

10 海洋工程的环境可行性

10.1 海洋功能区划和的符合性

10.1.1 全国海洋功能区划符合性

(1) 海洋功能区划

本工程位于海南省三亚市，工程报在海域海洋功能区划属于《全国海洋功能区划（2011-2020年）》“海南岛西南部海域”

(2) 主要功能与管理要求

主要功能为“旅游休闲娱乐、渔业、海洋保护、矿产与能源开发”。其中“三亚、陵水和乐东海域主要主要发展滨海旅游和生态保护，优先安排**海南国际旅游岛发展用海**，打造**世界级热带滨海旅游城市**，带动周边旅游产业发展。保护三亚红树林、珊瑚礁、海草床等海洋生态系统；……。区域应协调旅游用海与渔业生产布局，加速传统海洋产业升级与改造，建设一批高标准海岛旅游、渔业、交通基础设施，提升海洋服务功能”。

(3) 功能区划符合性分析

目前三亚已经成为国际著名的海滨旅游城市，**三亚新机场**项目建设在海南国际旅游岛民航服务设施水平不足以满足游客吞吐量需求的背景下提出的，根据《三亚机场总体规划》，三亚机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，因此**三亚新机场**项目的实施是海南省滨海旅游业发展的必要交通保障，**是海南国际旅游岛建设的重要载体，项目的建设可以有效地“带动周边旅游产业发展”，有利于三亚市“发展滨海旅游功能”**的发挥。

建设世界一流的海岛休闲度假旅游目的地，是国家赋予三亚的历史使命，建设**三亚新机场**，有利于促进本地区的旅游开发、促进世界旅游城市的建设，有利于提高三亚市及整个海南省的休闲旅游服务水平，推进海南岛的旅游观光，符合《全国海洋功能区划（2011-2020年）》对本海域“建设一批高标准海岛旅游、渔业、交通基础设施，提升海洋服务功能”的管理要求。

项目选址在设计、建设过程中充分贯彻开发与保护并重的理念，最大程度地降低了对海洋环境的负面影响，对工程建设导致的沿岸珊瑚礁等生态损害，通过异地迁建、生态修复和补偿等措施予以减缓，通过建立全过程海洋环境保护与生态环境监测机制，可有效实现“发展滨海旅游和生态保护”的目的。

综上,本工程是三亚新机场项目人工岛工程,项目建设符合《全国海洋功能区划(2011-2020年)》对本海域的功能定位和管理要求。

10.1.2 海南海洋功能区划的符合性

(1) 海洋功能区划

本工程位于海南省三亚市红塘湾海域,三亚新机场人工岛所在海域海洋功能区划属于《海南省海洋功能区划(红塘湾海域)修改方案》(国海管字[2016]218号)【国家海洋局于2016年5月批复】“红塘湾工业与城镇用海区(B3-01)”,对外交通工程穿越“天涯海角旅游休闲娱乐区(A5-32)”和“红塘湾港口航运区(A2-10)”本工程与《海南省海洋功能区划》的位置关系见图10.1-1。

临近海洋功能区有“红塘湾港口航运区A2-10”、“天涯海角旅游休闲娱乐区(A5-32)”、“南山旅游休闲娱乐区A5-31”、“南山农渔业区B1-06”、“三亚湾农渔业区B1-05”和“海南岛西南部保留区B8-06”。

(2) 主要功能与管理要求

根据《海南省海洋功能区划(红塘湾海域)修改方案》(国海管字[2016]218号),本工程占用的主要功能分述如下:

红塘湾工业与城镇用海区-主导用海类型为城镇建设用海,兼顾交通运输用海与旅游娱乐功能;的用途管制为“填海造地实施总量控制,重点保障海上机场建设需求”。本海域主要功能与管理要求见表10.1-1。

天涯海角旅游休闲娱乐区-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,兼顾农渔业用海,本海域主要功能与管理要求见表10.1-2。

红塘湾港口航运区-主导用海类型为交通运输用海,保证船舶停靠、装卸作业、避风和调头、通航所需海域;兼顾海底管道、路桥交通功能;新机场建成,油码头搬迁后转划为旅游码头功能,本海域主要功能与管理要求见表10.1-3。

(3) 符合性分析

本工程与《海南省海洋功能区划(红塘湾海域)修改方案》(国海管字[2016]218号)【国家海洋局于2016年5月批复】的符合性分析如下:

A 海域使用管理要求的符合性分析

本工程主体工程位于“红塘湾工业与城镇用海区(4-7)”,对外交通工程穿越“天涯海角

旅游休闲娱乐区（4-7）”和“红塘湾港口航运区（4-7）”属于“交通运输用海”，项目用海属于红塘湾工业与城镇用海区“重点保障海上机场建设需求”的范畴，项目建设改变了所在海域自然属性，在建设过程中采用岸滩防护、珊瑚礁异地迁建、生态修复和补偿等措施减缓工程建设对海洋生态环境的影响，项目建设符合所在海洋功能区对于用途管制和用海方式的管理要求。本项目与海域使用管理要求符合性分析见表 10.1-1、10.1-2、10.1-3。

B 海洋环境保护要求的符合性分析

本项目不直接占用沙滩、砾石滩、沿岸岸线，工过程中悬浮泥沙扩散区水质可能短暂超标，但持续期较短，施工结束后水质恢复至原状；建设过程产生的污染物处理处置去向明确，不直接排放入海，不会改变工程周边海域海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量标准；因此本工程建设不会对生态保护重点目标和环境保护目标产生不利影响，本项目与工程所在海域海洋环境保护要求符合性分析见表 10.1-1、10.1-2、10.1-3。

C 项目建设对周边海洋功能区的影响

本工程周边相邻海洋功能区有“红塘港港口航运区 A2-10”、“天涯海角旅游休闲娱乐区（A5-32）”、“南山旅游休闲娱乐区 A5-31”、“南山农渔业区 B1-06”、“三亚湾农渔业区 B1-05”和“海南岛西南部保留区 B8-06”。施工期间，浓度大于 10mg/L 悬浮物最大可能影响面积约为 36.15km²，主要影响红塘湾工业与城镇用海区。随着施工期的结束，悬浮物对海水水质的影响逐渐减小直至消失；工程的实施对海洋生态环境造成了一定的影响，可以通过生态修复、生态补偿措施予以恢复；工程建成后改变了周边海域潮流场和波浪场，导致岸滩冲淤平衡发生变化，主要表现在对“红塘港港口航运区 A2-10”、“天涯海角旅游休闲娱乐区（A5-32）”、“南山旅游休闲娱乐区 A5-31”岸线的影响，通过采取人工补沙、输砂等措施，可有效减缓岸滩冲淤环境的影响。由图 10.1-1 可以看出，本工程区填海范围控制在“红塘湾工业与城镇用海区”范围内，不会改变周边海洋功能区的海域自然属性。总体上，工程建设对周边海洋功能区的影响是可控的。

综上所述，本项目符合所在海洋环境功能区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，工程实施不会影响周边海洋功能区的功能，因此，项目建设与《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案》（国海管字〔2016〕218号）【国家海洋局于2016年5月批复】相符合。

表 10.1-1 与“红塘湾工业与城镇用海区”管理要求符合性分析

功能区管理要求		符合性分析	是否符合	
海域使用 管理要求	用途管制	主导用海类型为城镇建设用海，兼顾交通运输用海与旅游娱乐功能，填海造地实施总量控制，重点保障海上机场建设需求，涉海工程建设需征求相关部门意见	本项目填海造地后用于建设三亚新机场，属于“交通运输用海”，项目用海属于“重点保障海上机场建设需求”范畴；根据三亚新机场建设用海需求，本项目经过多次比选论证，选择了填海面积最小、对环境的影响最小的方案，在项目选址、论证过程中多途径地征求了军事部门、生态环境保护部门、农渔业部门、海域使用管理等相关部门的初步意见，符合“填海造地实施总量控制...涉海工程建设需征求相关部门意见”的管理要求，综上，项目建设符合本海域的用途管制。	符合
	用海方式	允许改变海域自然属性。根据海上机场、交通运输港口码头、旅游服务设施等建设需要可填海造地，但需注意填海造地对生态环境的影响	本项目建设属于填海造地，工程的实施是为了满足海上机场建设，工程拟占用海域面积约 1697.2hm ² ，改变了用海海域的自然属性，项目建设过程中采用岸滩防护、珊瑚礁异地迁建、生态修复和补偿等措施减缓工程建设对海洋生态环境的影响，项目建设符合本海域的用海方式	符合
	海域整治	实施海域环境综合整治，海洋工程需协调好与周边功能区的关系	本项目建设过程中及建成后，将采用岸滩防护、珊瑚礁异地迁建、生态修复和补偿等措施，对工程周边海域环境进行综合整治，工程建设不会影响周边功能区的功能，项目建设符合海域整治管理要求。	符合
海洋环境 保护要求	重点保护目标	保护海域自然生态环境	本项目在选址、设计、建设过程中充分贯彻开发与保护并重的理念，最大程度地降低了对海洋环境的负面影响，对工程建设导致的沿岸珊瑚礁等生态损害，通过异地迁建、生态修复和补偿等措施予以减缓，通过建立全过程海洋环境保护与生态环境监测机制，可有效保护海域自然生态环境	符合
	海洋环境保护要求	执行三类海水水质标准，二类海洋沉积物质量标准，二类海洋生物质量标准	施工过程中悬浮泥沙扩散区水质可能短暂超标，但持续期较短，施工结束后水质恢复至原态；建设过程产生的污染物处理处置去向明确，不直接排放入海，不会改变工程周边海域海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量标准	符合

表 10.1-2 与“天涯海角旅游休闲娱乐区”管理要求符合性分析

功能区管理要求			符合性分析	是否符合
海域使用 管理要求	用途管制	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，兼顾农渔业用海，开展名贵品种增殖和休闲渔业开发；涉海工程建设需征求相关部门意见	本项目三亚新机场对外交通工程穿越天涯海角旅游休闲娱乐区，三亚新机场项目工程是城市基础设施建设，项目的建设有利于促进三亚市旅游开发、促进世界旅游城市的发展，项目建设用海符合本海域的用途管制。	符合
	用海方式	天涯海角岸段禁止改变海域自然属性，红塘湾岸段允许适度改变海域自然属性，合理规划论证旅游开发必须的基础设施建设，控制开发容量	本项目三亚新机场对外交通工程穿越段位于红塘湾岸段，本岸段可以“适度改变海域自然属性”项目建设符合本海域的用海方式	符合
	海域整治	保持岸滩原有形态，强化海岸治理工程，严格控制生活污水直接排放入海，防止海洋环境状况恶化。	三亚新机场对外交通工程采用跨海桥梁的方式穿越天涯海角旅游休闲娱乐区，工程不占用岸线，可以“保持岸滩原有形态”工程建设过程没有污染物直接排海，不会造成本海域海洋环境状况的恶化，项目建设符合本海域整治管理要求。	符合
海洋环境 保护要求	重点保护目标	保护沙滩、砾石滩、沿岸地质地貌和水质；保护旅游资源	三亚新机场对外交通工程采用跨海桥梁的方式穿越天涯海角旅游休闲娱乐区，不直接占用沙滩、砾石滩、沿岸岸线，工程建设过程没有污染物直接排海，不会造成本海域水质环境影响，项目距离天涯海角岸段较远，项目建设不会对本海域重点保护目标造成不利影响	符合
	海洋环境保护要求	执行二类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准	本项目施工过程中悬浮泥沙扩散区水质可能短暂超标，但持续期较短，施工结束后水质恢复至原态；建设过程产生的污染物处理处置去向明确，不直接排放入海，不会改变工程周边海域海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量标准	符合

表 10.1-3 与“红塘湾港口航运区”管理要求符合性分析

功能区管理要求			符合性分析	是否符合
海域使用 管理要求	用途管制	主导用海类型为交通运输用海，保证船舶停靠、装卸作业、避风和调动、通航所需海域；兼顾海底管道、路桥交通功能；涉海工程建设需征求相关部门意见。新机场建成，油码头搬迁后转划为旅游码头功能。	三亚新机场对外交通工程穿越“红塘湾港口航运区”，属于“交通运输用海”，本海域“兼顾...、路桥交通功能”，本工程与主体工程经充分论证后将按照相关法律法规要求征求军事部门、生态环境保护部门、农渔业部门、海域使用管理等相关部门的意见，获得审批后在投入建设。	符合
	用海方式	允许适度改变海域自然属性，围填海用于港口配套设施、路桥交通等建设	本项目是三亚新机场配套工程，采用跨海桥梁的方式穿越本海域，项目在建设过程中合理设计桥墩的尺寸，尽量少占用海域，适度改变海域自然属性，项目建设符合本海域用海方式	符合
	海域整治	保持岸滩原有形态，强化海岸治理工程，严格控制生活等污水直接排入海，防止海洋环境状况恶化	三亚新机场对外交通工程采用跨海桥梁的方式穿越“红塘湾港口航运区”，工程不占用岸线，可以“保持岸滩原有形态”工程建设过程没有污染物直接排海，不会造成本海域海洋环境状况的恶化，项目建设符合本海域整治管理要求。	符合
海洋环境 保护要求	重点保护 目标	保护港口、航道水深条件；保护水域宽度，防止淤积	项目在建设过程中合理设计桥墩的尺寸，尽量少占用海域，项目建设不会对不会对“航道水深条件和水域宽度”造成不利影响，项目引起的淤积仅限于桥墩附近，不会造成本海域大范围的淤积，项目建设不会对本海域 重点保护目标造成不利影响	符合
	海洋环境 保护要求	执行三类海水水质标准，一类海洋沉积物质量标准，一类海洋生物质量标准	本项目施工过程中悬浮泥沙扩散区水质可能短暂超标，但持续期较短，施工结束后水质恢复至原态；建设过程产生的污染物处理处置去向明确，不直接排入海，不会改变工程周边海域海水水质、海洋沉积物和海洋生物质量标准	符合

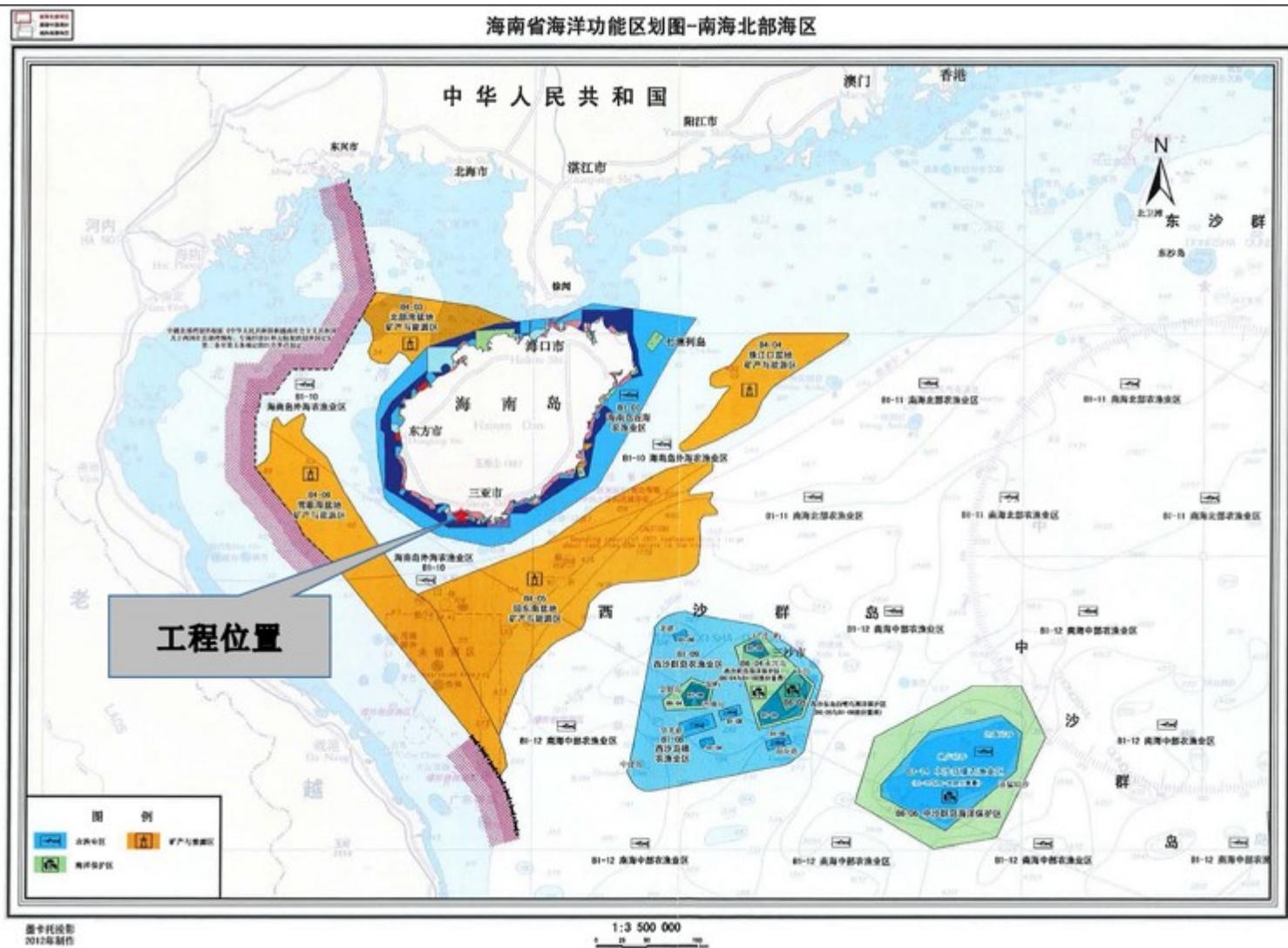


图 10.1-1 (a) 工程与《海南省海洋功能区划（2016-2020）》的位置关系



图 10.1-1 (b) 工程与《海南省海洋功能区划 (2016-2020)》(红塘湾海域) 的位置关系

10.2 海洋主体功能区规划的符合性分析

10.2.1 全国海洋主体功能区规划的符合性分析

(1) 海洋主体功能区

本工程位于海南省三亚市，依据《全国海洋主体功能区规划（2015年）》，海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。本工程所在海域**海洋主体功能区**属于《全国海洋主体功能区规划》海南岛海域，为优化开发区域。

(2) 区域的发展方向与开发原则

海南岛海域包括海南岛周边及三沙海域。该区域的发展方向与开发原则是“应加大渔业结构调整力度，实施捕养结合，加快海洋牧场建设。加强海洋水产种质资源保存和选育。有序推进海岛旅游观光，提高休闲旅游服务水平。完善港口功能与布局。严格直排污染源环境监测和入海排污口监管。加强红树林、珊瑚礁、海草床等保护”。

(3) 符合性分析

本工程位于《全国海洋主体功能区规划（2015年）》中的优化开发区域，是“现有开发利用强度较高，资源环境约束较强，产业结构亟需调整和优化的海域”。

根据《三亚机场总体规划》**三亚新机场**项目定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，因此建设三亚新机场，有利于促进本地区的旅游开发、促进世界旅游城市的建设，有利于“推进海岛的旅游观光”，提高三亚市及整个海南省的“休闲旅游服务水平”。

本工程建设会对工程区北侧的珊瑚礁分布带造成一定的影响，本项目在建设过程中采用岸滩防护、珊瑚礁异地迁建、生态修复和补偿等措施，有效地减缓了工程建设对珊瑚礁等海洋生态环境的影响；建设过程产生的污染物处理处置去向明确，不直接排放入海，项目在施工过程中通过建立全过程海洋环境保护与生态环境监测机制，严格落实“直排污染源环境监测和入海排污口监管”管理要求。

综上，本项目建设符合《全国海洋主体功能区规划（2015年）》对本海域确定的**区域发展方向与开发原则**。

10.2.2 海南省海洋主体功能区规划的符合性分析

(1) 海洋主体功能区

本工程位于海南省三亚市，属于《海南省海洋主体功能区规划（2018年）》“海南岛南部区”，海南岛南部区。包括三亚、陵水、乐东三市县近岸海域，海岸线长 466.55 千米，占全省海岸线总长的 24.00%。其中三亚在主体功能区划分上属于“海洋重点开发区域”。本工程所在海域**海洋主体功能区**属于《海南省海洋主体功能区规划（2018年）》海南岛南部区，为海洋重点开发区域。

(2) 功能定位

海洋重点开发区域是指“在沿海经济社会发展中具有重要地位，发展潜力较大，资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域”。海南省海洋重点开发区域包括三亚市、海口市重点开发海域。

功能定位：“重点开发区域是支撑全省海洋经济持续增长的区域。充分发挥海口市和三亚市作为我省 21 世纪海上丝绸之路的重要战略支点作用，打造以海口、三亚为中心的现代服务业合作战略支点。我省海洋经济发展的增长极，是未来我省经济发展的重要载体。城镇建设用海、港口和临港产业用海、海洋工程和资源开发的重点建设区域。”

(3) 发展方向和开发原则

海南岛南部区发展方向和开发原则：“充分发挥三亚世界著名、亚洲一流的国际性热带海滨风景旅游城市的集聚辐射作用，重点发展滨海旅游服务业和(旅游)交通运输业，发展临空产业。保障滨海旅游业、交通运输业发展用海；优先安排海南国际旅游岛建设发展用海，保障旅游、港口、渔港等基础设施建设用海，满足三亚海上机场建设用海，加强国防建设和保护区建设用海”。

海洋重点开发区域发展方向和开发原则：本海域与本项目相关的发展方向 and 开发原则主要包括围填海实施总量控制、加强海洋工程监管、大力推进滨海旅游发展、注重海洋生态环境保护，具体管理要求见表 10.2-1。

(3) 符合性分析

海南岛南部区发展方向和开发原则符合性：本项目为三亚海上机场填海工程，属于“交通运输业发展用海”项目的建设符合**海南岛南部区**“……保障滨海旅游业、交通运输业发展用海……满足三亚海上机场建设用海”的发展方向 and 开发原则；

三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的

国际机场”，因此三亚新机场项目的实施是海南省滨海旅游业发展的必要交通保障，是海南国际旅游岛建设的重要载体，项目的建设有利于三亚市发展滨海旅游功能的发挥，因此项目建设符合海南岛南部区“充分发挥三亚世界著名、亚洲一流的国际性热带海滨风景旅游城市的集聚辐射作用，重点发展滨海旅游服务业和(旅游)交通运输业.... 优先安排海南国际旅游岛建设发展用海，保障旅游、港口、渔港等基础设施建设用海.....”的发展方向和开发原则。

总体上，本项目的建设符合海南岛南部区发展方向和开发原则。

海洋重点开发区域发展方向和开发原则符合性：本项目填海造地后用于建设三亚新机场，工程所在海域属于海南省海洋重点开发区域，三亚新机场项目的实施是海南省滨海旅游业发展的必要交通保障，是海南国际旅游岛建设的重要载体，项目建设符合本海域“大力推进滨海旅游发展”用“重点保障三亚门户机场建设需要”的发展方向，项目建设在建设过程中采用岸滩防护、珊瑚礁异地迁建、生态修复和补偿等措施减缓工程建设对海洋生态环境的影响，项目建设符合本海域“加强海洋工程监管”及“注重海洋生态环境保护”的开发原则。本项目与海南省海洋重点开发区域发展方向和开发原则符合性分析见表 10.2-1。

综上，本项目建设符合《海南省海洋主体功能区规划（2018 年）》对本海域确定的区域发展方向与开发原则。

表 10.2-1 与“海南省海洋重点开发区域”发展方向和开发原则符合性分析表

海洋重点开发区域发展方向和开发原则		符合性分析	是否符合
围填海实施总量控制	实施围填海总量控制，科学选择围填海位置和方式，最大程度降低围填海对海域自然岸线、海域功能和海洋生态环境造成的损害。严格监管围填海开发活动。重点保障三亚门户机场建设需要	本项目填海造地后用于建设三亚新机场，符合本海域“重点保障三亚门户机场建设需要”的发展方向；项目经过多次平面位置和填海面积比选论证，选择了填海面积最小、对环境影响最小的方案，符合本海域“最大程度降低围填海对海域自然岸线、海域功能和海洋生态环境造成的损害”的开发原则。综上，项目建设符合本海域发展方向和开发原则。	符合
加强海洋工程监管	统筹规划港口、桥梁、隧道及其配套设施等海洋工程建设，形成陆海协调、安全高效的基础设施网络；海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。加强对重大海洋工程特别是围填海项目的环境影响评价，对临港工业集中区和重大海洋工程施工过程实施严格的环境监控	本项目在建设属于填海造地，工程的实施是为了满足海上机场建设，项目在建设前建设单位委托我单位及时开展了环境影响评价，评价工程建设过程对海域造成的环境影响，并根据环境影响评价结果选择有针对性的岸滩防护、珊瑚礁异地迁建、生态修复和补偿等措施，以减缓工程建设对海洋生态环境的影响，项目建设符合本海域“加强海洋工程监管”的开发原则。	符合
大力推进滨海旅游发展	依托独特的海洋资源，充分利用沙滩和海岛资源，大力发展滨海度假、海岛休闲、海洋观光、邮轮游艇、海上运动等特色旅游项目，提升丰富海洋旅游产品，以海口和三亚为中心，重点推进海上丝绸之路旅游门户建设区建设	三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，三亚新机场项目是海南省滨海旅游业发展的必要交通保障，是海南国际旅游岛建设的重要载体，是一带一路的重要门户，项目建设符合本海域“大力推进滨海旅游发展”的发展方向	符合
注重海洋生态环境保护	注重该区域海洋自然保护区、滨海湿地、红树林、珊瑚礁等海洋生态系统的保护，维护海洋生物多样性，保持海洋生态系统的健康性，增强海洋生态系统调节能力。海洋工程建设等活动应注重对海洋生态环境的影响，尽量减少海洋开发利用活动对海洋生态环境造成的损失	本项目在选址、设计、建设过程中充分贯彻开发与保护并重的理念，最大程度地降低了对海洋环境的负面影响，对工程建设导致的沿岸珊瑚礁等生态损害，通过异地迁建、生态修复和补偿等措施予以减缓，通过建立全过程海洋环境保护与生态环境监测机制，可有效“尽量减少海洋开发利用活动对海洋生态环境造成的损失”，项目建设符合本海域“注重海洋生态环境保护”的开发原则。	符合

10.3 海洋环境保护规划符合性

10.3.1 《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》符合性

（1）总体布局

全国海洋生态环境保护规划的总体布局包括“一线一链”的修复治理格局、“九区多点”的开发利用格局、“一带多区”的生态保护格局、“七域多湾”的陆海污染联防联控格局、“三区一网三工程”的监测评价布局、“三域五类十一区”的风险防范布局，其中海南岛海域属于“九区多点”的开发利用格局范畴，区域规划布局要求：“调整优化辽东半岛海域、渤海湾海域、...北部湾海域、海南岛海域等九区，保障国家沿海发展战略所确定的重点城市、重点产业和重大基础设施建设，形成我国海洋开发战略格局”。

（2）主要目标

到2020年，力争实现近岸水质稳中趋好、海洋生境和生物多样性得到有效保护、受损岸线海岛得以修复、海洋生态环境风险防范应对能力显著提升等目标，我国海洋生态环境质量实现整体改善，海洋生态安全水平得到有效提升，沿海地区人民群众对海洋生态环境的满意度得到切实提升。

（3）海洋生态环境保护任务

加强海洋生态保护：“划定守好海洋生态红线”：.....在全国全面建立实施海洋生态红线制度，...科学划定海洋生态红线。多措并举加强海洋生态红线区管控，制定出台海洋生态红线监督管理办法，实施最严格的管控措施和海洋环境标准，在建设项目环境影响评价、排污许可、入海排污口设置等方面严格落实红线管控要求，.....“健全完善海洋保护区网络”.....“保护海洋生物多样性”“保护自然岸线、重要岛礁等重要生境”：有效保护自然岸线，划定严格保护、限制开发和优化利用岸段，明确保护边界，对于严格保护岸线及毗邻海域，禁止开展永久性建筑物建设、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动.....加大红树林、珊瑚礁、海草床、滨海湿地等典型海洋生态系统，以及三场一通道（产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道）、20米以内浅海海域重要海洋生物繁育场等重要渔业水域的保护力度，有效保护近岸重要生境。...。

（4）规划符合性分析

三亚新机场人工岛工程位于海南岛海域三亚市红塘湾，属于重大基础设施建设，国家赋予三亚建设世界一流的海岛休闲度假旅游目的地历史使命，三亚是海南省实现建设国际旅游岛

的重要城市，是国家沿海发展战略所确定的重点城市，本项目建设符合全国海洋生态环境保护规划对海南岛海域的“保障国家沿海发展战略所确定的重点城市、重点产业和重大基础设施建设”的海洋开发战略格局。

本工程的建设不占用自然岸线，工程所在海域不属于“严格保护岸线及毗邻海域”，工程实施造成了工程所在海域的生态损失，本项目建设在过程中采取了一系列生态补偿和恢复措施，有利于“海洋生境和生物多样性得到有效保护”目标的实现；工程实施引起的岸线冲淤变化，本项目通过采取人工补沙加旁通输砂措施，能够有效减小冲刷岸段的冲刷强度和淤积岸段的淤积幅度。可使“受损岸线得以修复”，本项目的实施不会影响《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》主要目标和海洋生态环境保护任务的实现。

综上，在落实各项环境和生态保护措施的前提下，本项目建设符合《全国海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》。

10.3.2 《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》符合性

（1）规划目标

总体目标：围绕海南省建设国际旅游岛的总体目标，坚持海洋开发与环境保护相结合，加强陆源和海域污染控制、海洋保护区建设及生态恢复，强化海岸、海湾、河口的环境综合整治，有效保护自然海岸、河口、潟湖、海岛等海域单元，重点保护珊瑚礁、红树林、海草床等典型热带海洋生态系统，继续保持海南省海洋生态环境的优良状况，为全面推进国际旅游岛建设提供海洋生态环境支撑。

其中，海岸基本功能区海域的规划目标：“防治陆源和海域污染，有效控制城镇、港口、渔港、临港工业、养殖污染物排放，重要港湾、河口、潟湖环境综合整治取得明显成效，保障重要旅游岸线的生态安全，增强海洋保护区的管护能力，修复受损的珊瑚礁、红树林、海草床等典型热带海洋生态系统，进一步提升海洋环境监测监控能力和污染事故应急处置能力，有效遏制近岸海域水体环境恶化趋势，明显改善环境质量。”

（2）规划污染控制、海洋生态保护与恢复任务

污染源控制的主要任务：控制海域污染，加强海洋工程项目的监管。“海洋工程项目严格执行《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》等有关海洋污染管理的法律法规，海洋环境影响评价制度及环境保护设施三同时制度。实行海上排污许可证制度和收费制度，加强对海上流动污染源的管理。认真落实围填海年度计划管理制度。”

海洋生态保护与恢复的主要任务：强化对重要海洋生态系统的保护，严格管理围海、填海

工程。“根据海洋功能区划及相关专项规划，严格围填海项目审查；加强围填海区域的规划和管理，坚持围填海用海的总量控制制度，严格执行围填海年度计划指标管理制度，推进集中集约用海与发展高端高质高效产业相结合，打造一批海洋优势特色产业聚集区；优化围填海工程平面设计，坚持保护自然岸线，控制人工岸线，在科学研究和论证的基础上，大力推动围填海项目向湾外拓展，鼓励建设离岸人工岛群。”

（2）规划符合性分析

三亚新机场人工岛工程属于新建项目，位于三亚市红塘湾，工程的建设有利于海南省建设国际旅游岛的总体目标的实现，满足三亚机场的发展需求。工程的建设不占用珊瑚礁等典型热带海洋生态系统，但是对项目区北侧的珊瑚礁造成一定的影响，本项目采取了一系列生态保护和恢复措施；由于工程实施引起的岸线冲淤变化，通过采取人工补沙加旁通输砂措施，能够有效减小冲刷岸段的冲刷强度和淤积岸段的淤积幅度。可见，通过采取一系列工程措施和环境、生态保护措施，可以保证《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》规划目标的实现。

三亚新机场项目在建设过程中将严格执行《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》等有关海洋污染管理的法律法规，执行海洋环境影响评价制度，落实环境保护设施三同时制度，项目建设符合《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》**污染源控制的任务管理要求**；

三亚新机场项目在设计阶段通过多种方式比选论证，优化用海面积、优化围填海工程平面设计，项目用海符合《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》的“坚持围填海用海的总量控制制度”；

本项目选址符合海洋功能区划的功能区类型和用途管制要求，工程采用离岸人工岛建设方案，不占用自然岸线，项目建设过程中采取人工补沙、旁通输沙、离岸潜堤等措施减缓工程对岸线冲淤环境的影响，项目建设符合《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》“坚持保护自然岸线，控制人工岸线，在科学研究和论证的基础上，大力推动围填海项目向湾外拓展，鼓励建设离岸人工岛群”的**海洋生态保护与恢复任务要求**；

综上所述，在落实各项环境和生态保护措施的前提下，本项目建设符合《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》。

10.4 区域和行业规划的符合性分析

10.4.1 《全国海洋经济发展“十三五”规划》符合性

三亚新机场人工岛工程位于海南省三亚市红塘湾，属于全国海洋经济发展“十三五”规划的南部海洋经济圈“海南岛沿岸及海域”，《全国海洋经济发展“十三五”规划》（国家发展改革委 国家海洋局 2017 年 5 月）。“海南岛沿岸及海域”发展的功能定位是：“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、……。“十三五”时期，重点是做精做强特色滨海旅游，加快发展邮轮旅游，积极开发帆船、游艇旅游。……，加快发展国际物流和保税物流。……。”，本工程三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，因此三亚新机场项目的实施有利于全国海洋经济发展规划“海南岛沿岸及海域”实现发展“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……“十三五”时期做精做强特色滨海旅游…… 加快发展国际物流和保税物流”的功能。

因此，本项目建设符合《全国海洋经济发展“十三五”规划》（国家发展改革委 国家海洋局 2017 年 5 月）。

10.4.2 《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性分析

海南省国民经济和社会发展第十三个五年（2016~2020 年）规划纲要“十三五”时期，海南省国民经济和社会发展主要目标为“以全面建成小康社会为总目标、总牵引，坚持发展是第一要务，以提高发展质量和效益为中心，到 2020 年与全国同步全面建成小康社会，基本建成国际旅游岛，努力将海南建设成为全省人民的幸福家园、中华民族的四季花园、中外游客的度假天堂，谱写美丽中国海南篇章！”。

其中，统筹推进城乡和区域协调发展中提出“构建陆海空一体化互联互通网”，“形成海南岛‘南北东西、两干两支’的机场布局。建成运营琼海博鳌机场，完成海口美兰国际机场二期扩建工程和三亚凤凰国际机场三期改扩建工程。开工建设三亚新机场和儋州机场。通用航空布局合理。”，三亚新机场和其它机场工程一并列入第“十三个五年规划”的“重点基础设施有十大工程，见表 10.4-1。

本工程三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，因此三亚新机场项目的实施是海南省滨海旅游业发展的必要交通保障，是

海南国际旅游岛建设的重要载体，三亚新机场建设的实施有利于促进海南省“十三五”规划主要目标的实现，本工程是重点基础设施十大工程之一，对促进城乡和区域协调发展、完善基础设施具有重要意义。

综上所述，本工程的实施符合《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。

表 10.4-1 重点基础设施十大工程（摘自规划纲要专栏 16，部分）

2	铁路和城市轨道交通工程	1.规划建设项目：海口至湛江高铁项目，既有西线扩能改造（三亚至乐东段旅游铁路一期），环岛高速铁路海棠湾站增建工程，适时建设洋浦支线，三亚城市轨道交通。 2.规划研究项目：既有西线电气化改造（海口至乐东段货运铁路），三亚临空经济区支线铁路，海口城市轨道交通等，“海澄文”、“大三亚”和那大—滨海新区城际轨道交通。
3	机场工程	海口美兰机场二期扩建，三亚凤凰机场三期改扩建，琼海博鳌机场，三亚新机场，儋州机场，通用机场。
4	港口工程	加快建设三亚凤凰岛国际邮轮母港二期工程，海口邮轮始发港，海口港新海港区汽车客货滚装码头二期工程，海口港马村港区三期散货码头工程，海口港马村港区扩建三期集装箱码头工程，华信洋浦石油储备基地项目二三期工程配套码头工程，华能洋浦热电联产工程配套码头工程。
5	光网工程	1.海南电信信息基础设施建设项目。对海南城市、乡村地区进行光网覆盖、铜缆接入改造、4G 网络覆盖和 Wi-Fi 网络建设，新建一条出省光缆，提高出省带宽。 2.海南移动信息基础设施建设项目。开展全岛 4G 网络覆盖、光纤网络覆盖、Wi-Fi 网络、数字化项目等信息基础设施建设。 3.海南联通信息基础设施建设项目。进行全省光网、4G、Wi-Fi 等网络覆盖建设，建设联通云计算中心及 16 个市县数据中心。 4.海南铁塔全省基站铁塔建设项目。在全省进行移动通信基站站址铁塔及配套设施建设，满足 4G 移动宽带覆盖的全部需求。 5.民营企业接入网改造建设项目。引入民间资本，按光纤到户建设标准，对全省城乡末端接入网进行改造、建设。

10.4.3 《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》符合性

根据《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（2016-2020）》，“十三五”时期三亚市经济社会发展的总体目标是：“经济保持中高速增长，创新发展能力显著增强，居民生活品质明显改善，生态环境继续保持优良，城市治理管理能力大幅提升、城市文明程度普遍提高，到 2020 年全面建成小康社会，初步建成国际化热带滨海旅游精品城市。”

创新与转型：“以打造国际一流的热带滨海旅游精品城市和三亚人民的幸福家园为目标，坚持国际标准、精品思维、高端发展，通过创新驱动三亚全面转型升级，推动三亚从“规模扩张”型经济增长，向效率提升、结构优化、经济社会均衡发展的“品质提升”型全面发展转型。”

一是加快构建以旅游业为龙头的多元化产业体系；二是着力提升城市基础设施和综合承载能力“建设立体化交通网络，构建互联互通开放格局..... 继续推进三亚国际门户枢纽机场建设.... 强化口岸通关服务保障功能，提升国际航空客运能力；积极推动三亚新机场建设工作，并力争尽早开工建设；加快机场物流中心、首都航空三亚基地、空勤保障基地、飞机维修机库、停车场及旅客集散中心等配套项目建设，努力把三亚新机场建成我国旅游航空港、国家“一带一路”

战略的国际门户枢纽机场。”

本项目填海后，用于三亚新机场建设，三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，本项目的实施有利于实现三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划“.....初步建成国际化热带滨海旅游精品城市。”的总体目标，有利于三亚“打造国际一流的热带滨海旅游精品城市”，有利于“积极推动三亚新机场建设工作，并力争尽早开工建设；”

因此本项目建设符合《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（2016-2020）》。本项目已经被列入三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划中的重点基础设施工程，具体见表 10.4-2。

表 10.4-2 三亚市第十三个五年规划纲要重点基础设施工程（部分）

专栏 11：重点基础设施工程		
序号	重点工程	具体项目
3	机场工程	<p>[1] 凤凰国际机场三期改扩建工程：按双跑道运行的规划原则控制机场周边用地，加快航站楼东扩、站前综合体、空港口岸综合办公大楼，国际航站楼扩建（国际中转厅）、站坪滑行道、基础服务中心、盲降系统等及基础设施建设，缓解机场办公和生产保障能力，保障旅客吞吐量达到 2500 万人次/年。</p> <p>[2] 三亚新机场建设工程：规划新机场旅客年吞吐量近期达到 4200 万人次/年，远期达到 6000 万人次/年。以新机场为核心，充分整合环岛高速、环岛铁路、远洋运输等交通资源，积极发展空地联运、空港联运等多式联运，构建海、陆、空立体交通运输枢纽网。</p> <p>[3] 通用机场及服务保障基地工程：建设通用航空机场跑道，提供飞行后勤保障服务、私人飞行训练、飞机展示销售与托管、FBO 俱乐部等相关服务。</p> <p>[10]通用航空直升机机场：加快建设通用航空直升机机场，争取开通海南岛环岛飞行包机航线及三亚—三沙飞行航线，提供游客乘机、航空文化展览、直升机起降、停车场维护等服务。</p>

10.4.4 《海南省总体规划纲要（2015—2030）》的符合性分析

（1）规划目标与战略定位

《海南省总体规划（2015—2030）纲要》对海南省的战略目标和战略定位如下：

战略目标：将生态与发展作为“出发点”和“归属点”，突出海南“生态、经济特区、国际旅游岛”三大优势，把握“一带一路、消费时代、创新发展”三大机遇，确定战略总目标为：2020

年，全面建成小康社会，基本建成国际旅游岛。2030 年，国际旅游岛发展成为中国特色社会主义的实践范例。

战略定位：规划战略定位概括为：“一点、两区、三地”。“一点”即 21 世纪海上丝绸之路的战略支点；“两区”即全国生态文明建设示范区、全国改革创新试验区；“三地”即世界一流的海岛海洋休闲度假旅游目的地、国家热带特色产业基地、南海资源开发服务及海上救援基地。

（2）开发建设结构与基础设施的任务目

开发建设结构：建设海口、澄迈、文昌一体化的琼北综合经济圈和三亚、陵水、乐东、保亭一体化的琼南旅游经济圈，辐射带动全省；以高速公路、高速铁路、滨海旅游公路、机场港口为依托，优化全省城镇、旅游度假区和产业园区布局；加快特色产业小镇和美丽乡村建设，机场航空、港口码头等基础设施建设，建立“布局合理、配套完善、保障有力”的海洋资源开发格局。

其中**基础设施的任务目标**为“推动全省‘海陆空立体化交通系统的一体化互联互通。’，航空形成“南北东西、两干两支”的机场布局，两干是指海口美兰机场、三亚机场。其中**三亚机场选址**在三亚市红塘湾，具体见图 10.4-1、图 10.4-2、10.4-3。

（3）规划符合性分析

三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，因此三亚新机场项目的实施是海南省滨海旅游业发展的必要交通保障，**是海南国际旅游岛建设的重要载体，三亚新机场建设有利于实现《海南省总体规划（2015—2030）纲要》“2020 年，全面建成小康社会，基本建成国际旅游岛。2030 年，国际旅游岛发展成为中国特色社会主义的实践范例”的战略目标，符合规划的战略定位；**

本工程位于三亚市红塘湾海域，属于“三亚、陵水、乐东、保亭一体化的琼南旅游经济圈”本区开发建设结构要“加快...，机场航空、港口码头等基础设施建设”，本项目建设有利于《海南省总体规划（2015—2030）纲要》的“建立‘布局合理、配套完善、保障有力’的海洋资源开发格局”的形成，目前本项目已经纳入海南省空间类总体规划中综合交通系统规划的民航运输机场布局规划中，本工程与海南省空间类总体规划的位置关系见图 10.5-1，与海南省综合交通系统规划的位置关系见图 10.5-2；与海南省民航运输机场布局规划中的位置关系见图 10.5-3。

综上所述，本工程建设符合《海南省总体规划（2015-2030）》



图 10.4-2 本工程在海南省综合交通系统规划中的位置示意图



图 10.4-3 本工程在海南省民航运输机场布局规划中的位置示意图

10.4.5 《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》符合性

（1）战略定位与核心职能

《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》战略定位：海上丝绸之路的战略支点、双港支撑的国际门户、国际热带海滨旅游精品城市。

城市核心职能在国际层面为“重点体现 21 世纪海上丝路战略支点的职能，包括国际自由港和南海自贸区、休闲外交和首脑外交基地、东盟及南海周边国家交流中心等”；

在国家层面为“重点承担全国人民休闲度假、南海资源开发和战略服务及热带特色科技研发等职能，具体包括以海滨旅游为特色的国家休闲中心、国际门户枢纽、南海战略基地、南海旅游服务基地、国家热带科技和教育中心等”；

在海南省层面为“重点是在海南省发挥南部中心城市的作用，...三亚发展需要成为能够引领陵水、乐东、保亭实现一体化发展的海南省南部中心城市，具体包括南部门户和交通枢纽、贸易和物流中心、旅游服务中心和海洋产业基地等职能”。

（2）市域空间结构

三亚城市远景发展采取“西拓、北进、东精、中优、南联”的空间实施战略，最终形成“一带三城区、一主两副、一环两楔、多点”的空间结构。其中南联空间实施战略为“加强三亚南部沿海地区陆海统筹和联动，**推进红塘湾三亚海上新机场建设**，丰富海上旅游活动，建设沟通南海、三沙的多元化交通体系，将三亚国际旅游精品城市由陆域延伸到海洋。”

（3）重大基础设施规划

一交通：（一）公路、（二）铁路、....（五）航空 民航：“推进凤凰机场三期扩建工程，开展航站楼东扩、站坪扩建、停车楼综合体等项目建设。**尽快开展红塘湾三亚新机场前期工作，规划期内建成投入使用**；同时完善相关对外集疏运设施，加强公路、高铁、有轨电车等方式与新机场的衔接，实现机场“零换乘”。”

（4）符合性分析

本项目填海后用于三亚新机场的建设，三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”本项目的建设将进一步强化三亚国际门户枢纽、南海战略基地、南海旅游服务基地功能，促进 21 世纪海上丝绸之路战略支点城市的建设，项目建设有利于战略定位和需要功能的实施，**推进红塘湾三亚海上新机场建设**，有利于**市域空间结构**南联空间战略实施，本项目属于三亚市总体规划的**重大基础设施**，目前已经三亚新机场建设被纳入《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》对外交通重点工程，“十三五”期间实施计划见表 10.4-3。本项目与《三亚市总体规划》空间结构位置关系见图 10.4-4。

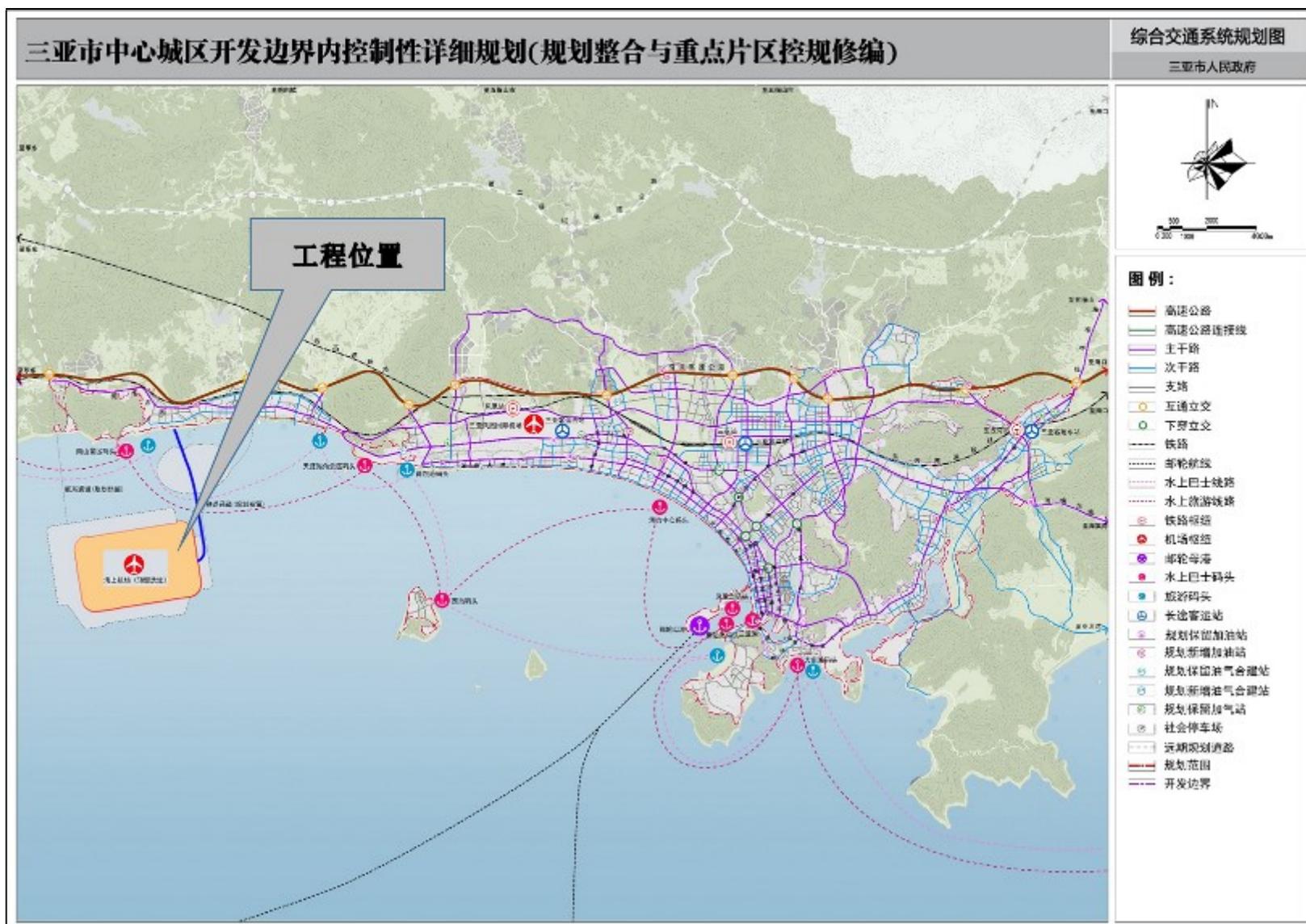


图 10.4-4 本项目与《三亚市总体规划》中综合交通规划空间结构位置关系

综上，本工程建设符合《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》。

表 10.4-3 三亚市“十三五”重点项目实施计划（节选）

序号	项目名称	建设内容	建设地点	建设年限
55	国际邮轮新航线开发和国际邮轮中港、旅游邮轮航线项目	1. 开通三亚-西沙-南沙-文莱和东京-西沙国际邮轮新航线，在三亚上建设邮轮码头，进行航线开发，解决邮轮进港面临的泊位问题。 2. 建设凤凰岛、半岛-凤凰岛邮轮旅游码头-国际邮轮中港。 3. 建立半岛-凤凰岛邮轮旅游码头建设基金。	天涯区	2016-2020
IV	空中交通基础设施			
56	三亚新机场项目	机场总体规划报批立项、征地融资、建设航站楼、国际综合运输新产业。	红塘湾	2017-2020
57	水上航空运营基地	建设藤桥井河口至行河滩为水上跑道，以河滩河口东北处河叉北岸为航空保障运营基地。	待定	2016-2020
58	三亚水上救助综合训练基地建设		待定	2016-2020
59	亚龙湾通航直升机机场	建设通用航空直升机机场，包含游客乘机区、航空文化展馆、直升机起降区、停场维护区、办公区等，开通海南岛环岛飞行包机航线。	海棠区	2016-2020
60	通用机场项目	建设通用航空机场跑道，提供飞行后勤保障服务、私人飞行训练、飞机展示销售与托管、FBO 俱乐部等相关服务。	待定	2016-2020

10.4.6 《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》符合性

根据《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》（国务院 国发〔2017〕11 号）；十三五期间，要“以高速铁路、高速公路、民用航空等为主体，构建服务品质高、运行速度快的综合交通骨干网络”“完善运输机场功能布局。打造**国际枢纽机场**，建设京津冀、长三角、珠三角世界级机场群，……优化完善航线网络，推进国内国际、客运货运、干线支线、运输通用协调发展。加快空管基础设施建设，优化空域资源配置，推进军民航空管融合发展，提高空管服务保障水平”。

本项目填海后用于三亚新机场的建设，三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”本项目建设符合《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》“构建服务品质高、运行速度快的综合交通骨干网络……完善运输机场功能布局。打造国际枢纽机场”的发展规划目标。

目前三亚新机场前期研究已经被列入《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》“快速交通网重点工程”，具体见表 10.4-4。

因此本项目建设符合《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》（国务院 国发〔2017〕11 号）。

表 10.4-4 《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》
“快速交通网重点工程”（摘录部分）

专栏 4 快速交通网重点工程
<p>(一) 高速铁路。</p> <p>.....</p> <p>(二) 高速公路。</p> <p>.....</p> <p>(三) 民用航空。</p> <p>建成北京新机场、成都新机场以及承德、霍林郭勒、松原、白城、建三江、五大连池、上饶、信阳、武冈、岳阳、巫山、巴中、仁怀、澜沧、陇南、祁连、莎车、若羌、图木舒克、绥芬河、芜湖/宣城、瑞金、商丘、荆州、鄂州/黄冈、郴州、湘西、玉林、武隆、甘孜、黔北、红河等机场。</p> <p>建设青岛、厦门、呼和浩特新机场，邢台、正蓝旗、丽水、安阳、乐山、元阳等机场。建设郑州等以货运功能为主的机场。研究建设大连新机场、聊城等机场。开展广州、三亚、拉萨新机场前期研究。</p> <p>扩建上海浦东、广州、深圳、昆明、重庆、西安、乌鲁木齐、哈尔滨、长沙、武汉、郑州、海口、沈阳、贵阳、南宁、福州、兰州、西宁等机场。</p> <p>推进京沪、京广、中韩、沪哈、沪昆、沪广、沪兰、胶昆等单向循环空中大通道建设，基本形成以单向运行为主的民航干线航路网格局。</p>

10.4.7 《中国民用航空发展第十三个五年规划》符合性

根据《中国民用航空发展第十三个五年规划》（中国民用航空局国家发展和改革委员会交通运输部，2016 年 12 月 30 日）；十三五期间，要构建国家综合机场体系，

完善机场布局，“主要适应‘一带一路’建设.....继续增加机场数量，扩大覆盖范围，优化结构，构建国际机场、区域枢纽机场功能定位，完善和大中小型机场枢纽、非枢纽运输机场、通用机场层次结构明晰的现代机场体系。....打造国际枢纽.....巩固和培育区域枢纽，积极推动天津、太原.....南宁、桂林、海口、三亚....等机场形成各具特色的**区域枢纽**”....“加快机场设施建设，着力加快枢纽机场建设，.....着力提升大型机场群整体效率...,加快上海、广州等机场的改扩建工程，.....开展珠三角枢纽（广州新）机场和三亚新机场前期研究工作....”

本项目填海后用于三亚新机场的建设，三亚新机场的定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场；远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”，在国家“一带一路”战略部署中，党中央、国务院明确提出要把三亚打造为海上丝绸之路合作的重要战略支点。

本项目的建设有利于中国民用航空发展第十三个五年规划“适应‘一带一路’建设、构建国际机场、区域枢纽机场”的机场布局；

本项目填海用于三亚新机场建设，三亚新机场近期定位为“区域性的旅游航空枢纽机场”，符合民航第十三个五年规划对三亚机场的功能定位，规划明确十三五期间要“开展三亚新机场前期研究工作”，目前三亚新机场前期研究已经被列入《中国民用航空发展第十三个五年规划》“十三五”时期运输机场建设项目，具体见表 10.4-5。

因此本项目建设符合《中国民用航空发展第十三个五年规划》（中国民用航空局 国家发展和改革委员会 交通运输部，2016 年 12 月 30 日）。

表 10.4-5 “十三五”时期运输机场建设项目
（摘自《中国民用航空发展第十三个五年规划》专栏 3，部分）

性质		机场名称
改扩建机场 (139 个)		唐山、张家口、长治、大同、包头、鄂尔多斯、赤峰、锡林浩特、通辽、二连浩特、巴彦淖尔、阿尔山、朝阳、长海、鞍山、吉林、长白山、通化、齐齐哈尔、佳木斯、黑河、漠河、鸡西、大庆、伊春、无锡、常州、徐州、南通、淮安、盐城、扬州泰州、温州、义乌、舟山、衢州、台州、黄山、安庆、阜阳、九华山、泉州、连城、赣州、景德镇、井冈山、宜春、威海、临沂、东营、洛阳、南阳、宜昌、襄阳、邯郸、张家界、常德、怀化、珠海、揭阳、惠州、桂林、柳州、万州、黔江、九寨、绵阳、南充、广元、西昌、铜仁、兴义、黎平、荔波、安顺、遵义、毕节、六盘水、西双版纳、丽江、大理、德宏、保山、临沧、普洱、文山、腾冲、林芝、昌都、榆林、敦煌、嘉峪关、庆阳、金昌、格尔木、固原、喀什、伊宁、库尔勒、阿勒泰、和田、阿克苏、塔城、哈密、吐鲁番
迁建机场 (19 个)		秦皇岛、呼和浩特、延吉、连云港、厦门、武夷山、青岛、潍坊、济宁、湛江、梧州、宜宾、泸州、达州、昭通、延安、安康、天水、天水
前期 工作 (51 个)	新建类 (46 个)	珠三角枢纽（广州新）机场、三亚新机场、拉萨新机场； 桓仁、辽源、敦化、白山、通榆、榆树、珲春、饶河、虎林、鹤岗、尚志亚布力、宿州、滁州、莆田、漳州、宁德、平潭、抚州、聊城、云浮、阳江、贺州、防城港/钦州、儋州、阆中、盘县、罗甸、勐腊、丘北、宣威、亚东、普兰、隆子、华山、临夏、武威、黄南、阿拉尔、和布克赛尔、和静、乌苏/奎屯、巴里坤、准东
	迁建类 (5 个)	大连、梅县、永州、海拉尔、牡丹江

注：新建类机场项目（含前期工作）以国务院批复《全国民用运输机场布局规划》为准；所有项目以国家正式批复意见为准。

10.4.8 《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》符合性

根据《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》（三府【2017】4号），三亚市交通发展总体战略目标为“构建以专业化旅游交通系统服务为主导、支撑旅游和城市协调发展的旅游城市综合交通体系。”十三五期间发展要求“紧抓国家和省里重大发展战略机遇，积极落实各项政策，首先发挥国家战略支点作用，提升对外开放水平，……充分利用三亚“两港”（空港与海港）优势，谋划开展三亚新机场及临空经济区建设的相关工作，……”

十三五期间，三亚市综合交通运输发展主要任务之一是“以现代化的基础设施支撑三亚‘枢

纽城市’发展”....“打造能力充分，衔接紧密、转换便捷的现代化国际空港枢纽。.....开展新机场及其集输设施体系研究建设工作，服务远景航空发展 5500 万人次的吞吐能力目标。”

本项目填海用于三亚新机场建设，三亚新机场服务远景航空发展 5500 万人次，本项目建设符合《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》（三府 【2017】 4 号）十三五期间发展要求和发展主要任务。目前三亚新机场建设工程已经被列入《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》（三府 【2017】 4 号）“十三五”主要交通项目建设计划，十三五期间红塘湾新建大型 4F 级机场，设计能力达 5500 万人次/年，具体见表 10.4-6。

因此本项目建设符合《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》（三府 【2017】 4 号）。

表 10.4-6“十三五”主要交通项目建设计划表
（摘自《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》，部分）

	项目名称	建设内容	建设年限	归属片区	建设性质	总投资 (万元)	“十三五”投资 (万元)
						18,605,455	15,081,426
一、航空						10,400,000	10,250,000
1	三亚新机场新建工程	红塘湾新建大型 4F 级机场，设计能力达 5500 万人次/年。	2016~2020	天涯区	新建	10,000,000	10,000,000
2	凤凰机场三期扩建工程	公务机停机坪西扩、国内航站楼扩建、西区货运站等	2014~2016	天涯区	续建	300,000	150,000
3	通用航空建设项目	力争建设一类通用机场 1~2 处（三亚凤凰机场区域、崖州区域），一类水上飞机机场 1 处（鹿回头西侧区域），二类通用机场或直升机场 1 处（三公里村区域、三亚西側光头岭区域），三类水上飞机基地 1 处（南山景区区域），三类直升机起降场 2~3 处（鹿回头区域、天涯海角区域、海棠湾区域、三亚湾二期等）。	2016~2020	天涯区	新建	100,000	100,000

10.5 建设项目的政策符合性分析

10.5.1 与产业政策的符合性分析

（1）与“产业结构调整指导目录”的符合性

根据国家发改委公布的《产业结构调整指导目录》（2019 年本），机场建设被列入航空运输类的鼓励建设项目【《产业结构调整指导目录》（2019 年本）第一类鼓励类 二十六、航空运输 1、机场及配套建设与运营】。本工程为三亚新机场人工岛工程，工程建成后主要服务于三亚新机场，是国家产业结构调整指导目录中的鼓励类产业，项目建设符合国家产业政策。

(2) 与“国务院关于促进民航业发展的若干意见”的符合性

国务院在 2012 年印发“国务院关于促进民航业发展的若干意见”（国发[2012]24 号），发展目标为“到 2020 年，我国民航服务领域明显扩大，服务质量明显提高，国际竞争力和影响力明显提升，可持续发展能力明显增强，初步形成安全、便捷、高效、绿色的现代化民用航空体系。”主要任务之一为“加强机场规划和建设”。“机场特别是运输机场是重要公共基础设施，要按照国家经济社会发展和对外开放总体战略的要求，抓紧完善布局，加大建设力度。机场规划建设既要适度超前，又要量力而行，同时预留好发展空间，做到确保安全、经济适用、节能环保。”

本工程建设有效的满足了三亚及周边区域航空运输长远发展的需求，完善了区域民用机场布局，符合“国务院关于促进民航业发展的若干意见”的发展目标和主要任务。

(3) 与区域产业政策的符合性分析

根据《海南省人民政府关于促进产业发展定位指导意见（琼府〔2008〕80 号）》（以下简称《指导意见》），海南省产业发展方向涵盖“农业、港口工业、旅游业、高新技术产业、海洋经济产业、循环经济产业、基础设施、环境保护”共八个方面，在区域发展方向上，《指导意见》明确了“南北带动、两翼推动，发展周边，扶持中间”的发展思路，打造包括琼北综合经济区、琼南旅游经济圈、东部沿海经济带、西部工业园区、中部生态经济区共五大功能区，并明确了海南省促进产业发展指导目录。

由于海南省特殊的地理位置，在对外交通方面主要依靠民航和水运，而民航以其速度快、舒适性强、便捷性高等优势，在区域综合运输体系中的地位与作用是其他运输方式所难以替代的。目前，海南省已建民用运输机场包括海口美兰国际机场、三亚凤凰国际机场、琼海博鳌机场，正在开展儋州机场选址工作。其中三亚机场定位是“近期为我国南部地区的大型机场与国际机场，海南国际旅游岛的门户机场，区域性的旅游航空枢纽机场，远期为拥有多家基地公司进驻的国内大型机场与重要的国际机场”。多年来，三亚凤凰机场旅客吞吐量持续飙升，这与当地国民经济和社会发展，特别是旅游业的总体发展态势基本保持一致，区域旅游业与民航业的融合发展已是不争的事实，民航发展作为基础设施为当地经济发展提供了强劲的发展动力和运输保障。随着海南国际旅游岛建设，三亚凤凰机场基础设施与未来航空旅客、货邮吞吐量需求不平衡的矛盾将日益凸显。

本工程为三亚新机场人工岛工程，工程建成后主要服务于三亚新机场，属于“航空运输业-机场建设”产业，是海南省促进产业发展指导目录中定位的“鼓励类产业-五、基础设施—（六）、航空运输”产业类别。机场人工岛建设投入运营后，将主要服务于三亚市国内出发与到达、国际出发与到达及中转服务，缓解三亚凤凰机场公共航空运力不足的瓶颈，推动琼南乃至海南全

省旅游业长远发展。项目建设符合三亚市国民经济社会发展对航空运输业发展的迫切需求，符合海南省产业政策。

10.5.2 与国家发展战略的符合性分析

(1) 与国家“一带一路”战略的符合性分析

2013 年 10 月，国家主席习近平在印尼国会发言中强调：东南亚地区自古以来就是“海上丝绸之路”的重要枢纽，中国愿同东盟国家加强海上合作，发展好海洋合作伙伴关系，共同建设 21 世纪“海上丝绸之路”。国务院总理李克强 2013 年 11 月在上合组织成员国总理会议和 10 月出访泰国时，也明确表达了建设陆上丝绸之路经济带和海上丝绸之路的重要性。

2015 年 3 月，国家发展改革委、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》。“一带一路”将构建起世界跨度最长、最具发展潜力的经济走廊，而共建运量大、成本低、安全度高的 21 世纪海上丝绸之路，尤为关键。愿景与行动中的“中国各地方开放态势-沿海和港澳台地区”将“利用长三角、珠三角、海峡西岸、环渤海等经济区开放程度高.....,加快推进中国(上海)自由贸易试验区建设,.....**加大海南国际旅游岛开发开放力度**。加强上海、天津、宁波—舟山、广州、深圳、湛江、汕头、青岛、烟台、大连、福州、厦门、泉州、海口、**三亚等沿海城市港口建设**,.....。以扩大开放倒逼深层次改革,创新开放型经济体制机制,加大科技创新力度,形成参与和引领国际合作竞争新优势,成为“一带一路”特别是 21 世纪海上丝绸之路建设的排头兵和主力军。.....”。

根据国家“一带一路”战略部署，党中央、国务院印发《丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路战略规划》，规划中提出：支持海南建设南海资源开发服务保障基地和海上救援基地，加大海南国际旅游岛开发开放力度，把海口、三亚列为海上合作战略支点，强化三亚国际门户机场功能，充分发挥博鳌亚洲论坛平台作用。

海南是往来“两洲”（亚洲、大洋洲）和“两洋”（太平洋、印度洋）的必经之地，也是通往“两亚”（东南亚、东北亚）的十字路”，而三亚自古以来就是我国海外贸易的重要交通门户，是古代丝绸之路的中转站，这也就决定了其必然会成为海上丝绸之路的关键节点，在国家“一带一路”战略部署中，党中央、国务院明确提出要把三亚打造为海上丝绸之路合作的重要战略支点。

本项目的建设将进一步强化三亚国际门户机场功能，促进 21 世纪海上丝绸之路战略支点城市的建设，带动关联产业发展，发挥三亚作为我国东南沿海对外开放、连通世界重要门户作用，对于助推我国扩大和深化对外开放，加强和亚欧非及世界各国互联互通和互利合作方面

具有重要作用。项目建设符合国家“一带一路”战略。

(2) 与建设海南国际旅游岛国家战略的符合性分析

2009年12月31日，国务院发布《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》。2010年6月《海南国际旅游岛建设发展规划纲要》获国家发改委正式批复。由此，海南国际旅游岛的建设逐步步入正轨。

建设国际旅游岛是中央在深思熟虑、审时度势之后作出的国家战略，国际旅游岛的战略定位是将海南岛建设成为中国旅游业改革创新试验区，世界一流的海岛休闲度假旅游目的地，全国生态文明建设示范区，国际经济合作和文化交流的重要平台，南海资源开发和服务基地，国家热带现代农业基地。

经过多年的全面推进和建设，海南国际旅游岛建设已经取得显著成就，海南也已经赢得了“美丽三亚 浪漫天涯”的著名旅游名片，基础设施已日趋完善，环岛高速公路已全线贯通，环岛铁路客运专线已投入使用，建设有三亚凤凰、海口美兰南北两个国际机场，海陆空主体交通体系全部建成，现今已到了提档升级的关键时期。但与此同时，作为海南国际旅游岛前沿城市的三亚市，现有机场的设备设施能力、运力保障能力与城市发展对地方民航业服务水平的需求之间的矛盾不断凸显，适时建设三亚新机场是海南国际旅游岛冲刺发展的必然选择。

本项目建设将缓解三亚凤凰机场航空服务水平对当地经济社会发展的瓶颈制约局面，为区域旅游及相关产业发展提供强有力的运输保障，项目建成后，将推进国际旅游岛现代服务业创新发展，大大促进对外人员和货物的交流，强化三亚作为南疆战略性门户城市尤其是作为国际交流平台的职能，为海南国际旅游岛建设提供持续有力的后盾支撑。

(3) 与国家南海战略的符合性分析

海南省是我国最大的海洋省，管辖着200平方千米的南海海域，面对极其复杂的南海诸多矛盾，海南省具有极其独特的地位和作用。而三亚市作为南海的前哨，是南海资源开发和服务基地的桥头堡，战略地位异常重要。

本项目建设对于我国南海地区建立安全的空防网络，提高战时的后勤保障能力将具有十分重要的意义，真正体现在满足民用航空运输需求的同时，兼顾国防建设需要，从而达到平战结合、实现军地融合式发展。对于维护我国主权和领土完整、服务国防建设、支援地方经济建设都具有重大意义。

10.5.3 与国家填海政策符合性分析

10.5.3.1 围填海管控政策符合性分析

2016年12月5日，中央全面深化改革领导小组第三十次会议审议通过《围填海管控办法》（以下简称《办法》）。该《办法》是党中央国务院对海洋领域全面深化改革、推进生态文明建设的重大决策部署，是全面加强围填海管控的纲领性文件。《办法》规定“围填海要按照保护优先、适度开发、陆海统筹、节约利用的原则，坚持依法治海、生态管海，对围填海活动实施有效管控，严格控制围填海活动对海洋生态环境的不利影响，实现围填海经济效益、社会效益、生态效益相统一。要严格控制总量，依法科学配置，集约节约用海”。以下分析本项目建设与《围填海管控办法》的符合性

(1) 与依法重点保障国家重大基础设施用海政策的符合性

根据《围填海管控办法》“围填海应当严格落实生态保护红线的管控要求，同时围填海项目应该符合国家产业结构调整指导目录和国防安全、海洋产业发展政策要求。重点保障国家重大基础设施、国防工程、重大民生工程和国家重大战略规划用海”。本项目位于海南省海洋生态保护红线范围以外，符合生态保护红线的管控要求；项目建设关乎琼南地区社会经济发展水平和居民美好生活需要，属海南省重大民生工程，随着一带一路战略规划的推进，三亚作为国际门户城市的职能将进一步强化，对区域网络体系的运输保障能力将提出更高的要求；另外，项目建设对构建我国南海地区空防网络，提高战时保障能力意义重大。项目建设符合《围填海管控办法》提出的海域资源依法“重点保障国家重大基础设施用海”的管控要求。

(2) 与集约节约用海政策的符合性

《围填海管控办法》管控要求要“严格控制总量，依法科学配置，集约节约用海”“保障国家和地方重大建设项目、基础设施项目、民生领域项目、战略性新兴产业项目的合理用海需求。严格控制过剩产能项目的用海供给，限制落后的用海方式，对高耗能、高污染、低水平重复建设的项目用海，对于《产业指导目录》淘汰类项目，一律不批准用海”。

三亚新机场建设属于地方重大建设项目、基础设施项目，不属于高能耗、高污染、低水平重复建设的项目用海，属于《产业结构调整指导目录》中的鼓励类建设项目。本工程设计了多种平面设计方案，通过工程比选、环境比选，选择了填海面积最小、对环境影响最小的方案。

本项目为海岛机场建设项目，目前国内民航机场配套功能设施建设经验比较成熟，本工程在**集约节约用海**方面主要体现以下三点：一是机场跑道规模对用海需求的合理界定，二是机场功能布局的集约紧凑布置，三是人工岛用海机种优化，外轮廓的局部调整。具体分述如下：

①根据机场跑道规模，合理界定用海需求

2014年，中国国际工程咨询公司对三亚民航功能定位及“一市一场”和“一市两场”方案进行了论证分析。报告在三亚民航多年航空运量统计数据基础上，采取多种方法预测了对当地未来航空旅客、货邮吞吐量，在基础上提出未来与航空运量相适应的民航机场应具备的服务设施条件，结合三亚机场现有设施及周边环境条件制约，三亚机场现有设施难于满足三亚市未来全面发展对航空市场的需求，即使采取相应的措施，也仅能承担年旅客吞吐量 2200 万人次左右，如采取扩建跑道条件下，也刚好能消化近期 3000 万人次的旅客吞吐量，仍然不能满足三亚地区未来需求。据此中咨公司对“一市一场”方案和“一市两场”方案进行了分析论证，综合考虑空域条件、地面环境、城市发展、资源条件、航空服务水平，中咨公司明确提出建议采用“一市一场”方案，按照两组跑道的规模选址新建三亚机场，原机场不再承担民航运输任务。本项目机场人工岛建设即按照前期界定的两组跑道规模建设，配套功能设施根据国内民航机场建设经验及建设国际化门户机场定位实施。

②机场功能布局紧凑、集约节约用海

本项目机场人工岛功能布局方面，综合考虑三亚机场功能定位及国内民航未来发展趋势，在满足机场的使用功能的前提下，按照国内民航机场配套设施建设经验，设置飞行区、货运区、机务维修区、航站区。机场平面远期采用三条平行跑道、航站楼居中的布置形式。其中，飞行区建设三条跑道，其中北一跑道与南跑道为一组远距平行跑道，北一跑道为 3400*60m，南跑道为 3600*60m，跑道间距 2060m。北二跑道为 3200*45m，近距平行跑道间距 360m。三条跑道居中对齐，航站区位于两条远距跑道之间，货运区、机务维修区和工作区布置在航站区东、西两侧。

类比 2016 年，民航重大推进的基础设施项目包括北京、成都、青岛、厦门、大连新机场。类比国内机场，按照预测吞吐量规模和用地规模等比测算，本工程与其他新机场单位面积旅客吞吐量的比较情况见表 10.6-1，由表 10.6-1 可以看出，近期（到 2025 年），本工程单位用地规模的旅客吞吐量指标在近期（2025 年）和远期远高于陆上机场，也高于同样采用填海形成用地的大连新机场和厦门新机场，航站楼面积均小于其它 5 个类比机场，从类比结果分析，本工程**机场功能布局紧凑**，航站楼建筑面积合理，工程填海面积进行了合理优化，体现了集约节约用海的原则。

表 10.5-1 本工程与其他新机场工程单位面积旅客吞吐量比较一览表

序号	机场名称	建设跑道		用地规模 (km ²) (涉及填海的为陆域形成面积)		航站楼面积 (hm ²)		旅客吞吐量 (万人次)		单位用地规模旅客吞吐量 (万人次/km ²)	
		2025 年规模	远期规模	2025 年规模	远期规模	2025 年	远期	2025 年	远期	2025 年	远期
1	北京新机场	4 条	7 条	29.4	65.3	80	140	7200	10000 以上	244.90	153.14
2	成都天府国际机场	3 条	6 条	20.88	49.2	60	126	4000	9000	191.57	182.93
3	青岛新机场	2 条	4 条	15.63	30.66	45	70	3500	6000	223.93	195.69
4	厦门新机场 (部分填海形成)	2 条	4 条	填海 14.75	27.49 (填海 23.19)	55	89	4500	7000	305.08	254.64
5	大连新机场 (填海形成)	2 条	4 条	12.62	20.29	61	98	4200	7200	332.81	354.85
6	三亚新机场 (填海形成)	2 条	4 条	13.86	15.75	40.8	76.2	5500	7000	396.83	444.44

③优化填海面积，并在机场人工岛外轮廓进行局部调整

本工程在比选过程中进行了面积优化，选择了面积较小的填海方案，由原 24km²，经优化后，填海面积确定为 15.75 km²，

根据项目前期确定的推荐机场人工岛岛型方案，工程设计对机场人工岛岛型进行了局部调整优化，包括：一是压缩人工岛护岸前沿线与机场围界之间的距离；二是机场人工岛护岸前沿线外轮廓由直角全部修改为半径较大的圆角，最大程度减小了填海面积。

从以上三方面可以看出，项目**建设规模和用海方案符合集约节约用海的政策管控要求**

综上， 三亚新机场建设为《产业结构调整指导目录》中的鼓励类建设项目，属于地方重大建设项目、基础设施项目，不属于高能耗、高污染、低水平重复建设的项目用海，**项目在建设规模和用海方案方面体现了集约节约用海政策，项目建设符合《围填海管控办法》的围填海管控政策。**

10.5.3.2 国务院《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》相关政策符合性

2018 年 7 月 14 日，国务院发布《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》（国发【2018】24 号，以下简称《通知》），通知中的滨海湿地是指沿海滩涂、河口、浅海、红树林、珊瑚礁等，是近海生物重要栖息繁殖地和鸟类迁徙中转站，是珍贵的湿地资源，具有重要的生态功能。通知旨在切实提高滨海湿地保护水平，严格管控围填海活动，严控新增围填海造地，加快处理围填海历史遗留问题，加强海洋生态保护修复，建立长效机制。本项目属于新增围填海造地项目，以下主要分析与《通知》中“**严控新增围填海造地**”相关政策符合性：

（1）严控新增围填海造地政策规定

一是要“**严控新增项目**。完善围填海总量管控，取消围填海地方年度计划指标，除国家重大战略项目外，全面停止新增围填海项目审批。新增围填海项目要同步强化生态保护修复，边施工边修复，最大程度避免降低生态系统服务功能。……”

二是要“**严格审批程序**。党中央、国务院、中央军委确定的国家重大战略项目涉及围填海的，由国家发展改革委、自然资源部按照严格管控、生态优先、节约集约的原则，会同有关部门提出选址、围填海规模、生态影响等审核意见，按程序报国务院审批。

省级人民政府为落实党中央、国务院、中央军委决策部署，提出的具有国家重大战略意义的围填海项目，由省级人民政府报国家发展改革委、自然资源部；国家发展改革委、自然

资源部会同有关部门进行论证，出具围填海必要性、围填海规模、生态影响等审核意见，按程序报国务院审批。原则上，不再受理有关省级人民政府提出的涉及辽东湾、渤海湾、莱州湾、胶州湾等生态脆弱敏感、自净能力弱海域的围填海项目。”

（2）符合性分析

2014年4月，国务院总理李克强在博鳌亚洲论坛年会期间，明确指示同意推进三亚新机场建设，纳入国家重大战略，并提出“在三亚建立一个航空运输的枢纽，作为一个货运的中心，这可能要有条件的，还可以论证”的要求。

2015年3月28日，经国务院授权，国家发展改革委、外交部、商务部联合发布《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》中确定“中国各地方开放态势”其中“沿海和港澳台地区。将利用长三角、珠三角、海峡西岸、环渤海等经济区开放程度高....加快推进中国(上海)自由贸易试验区建设，.....加大海南国际旅游岛开发开放力度。加强上海、天津.....、海口、**三亚等沿海城市港口建设**，.....形成参与和引领国际合作竞争新优势，成为“一带一路”特别是21世纪海上丝绸之路建设的排头兵和主力军。.....”。在国家“一带一路”**决策部署中，海南省和三亚市是沿海和港澳台地区开放的重点地区，是“形成参与和引领国际合作竞争新优势，成为“一带一路”特别是21世纪海上丝绸之路建设的排头兵和主力军”。**

2015年，党中央、国务院在《丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路战略规划》中提出：支持海南建设南海资源开发服务保障基地和海上救援基地，加大海南国际旅游岛开发开放力度，把海口、三亚列为海上合作战略支点，强化三亚国际门户机场功能，充分发挥博鳌亚洲论坛平台作用。

2018年4月11日，中共中央 国务院《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》中明确：“支持海南全面深化改革开放，赋予海南经济特区改革开放新使命，建设自由贸易试验区和中国特色自由贸易港”，海南省战略定位为“全面深化改革开放试验区.....适应经济全球化新形势，.....把海南打造成为我国面向太平洋和印度洋的重要对外开放门户；国家生态文明试验区。...国际旅游消费中心。.....国家重大战略服务保障区。深度融入海洋强国、“一带一路”建设、军民融合发展等重大战略，全面加强支撑保障能力建设，切实履行好党中央赋予的重要使命，提升海南在国家战略格局中的地位和作用。”

《指导意见》指出到2020年海南省要“**建设现代化经济体系...提高基础设施网络化智能化水平:.....大力实施一批重大基础设施工程，加快构建现代基础设施体系。.....推进海口机场改扩建工程，开展三亚新机场、儋州机场、东方/五指山机场前期工作，加密海南直达全球主要客源地的国际航线。.....。**”，“**服务和融入国家重大战略.....支持海南履行好党中央赋予**

的重要使命，持续加强支撑保障能力建设，更好服务海洋强国、“一带一路”建设、军民融合发展等国家重大战略实施。加强南海维权和开发服务保障能力建设……支持三亚海上旅游合作开发基地、澄迈等油气勘探生产服务基地建设。……”

2018年9月24日，国务院为落实《中共中央 国务院关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》要求，高标准高质量建设自贸试验区，制定了《中国(海南)自由贸易试验区总体方案》，进一步明确海南省“...建设国家重大战略服务保障区，...把海南打造成为我国面向太平洋和印度洋的重要对外开放门户”的战略定位

《方案》明确“在海南全岛建设自由贸易试验区，加快构建开放型经济新体制在海南全岛建设自由贸易试验区“加强‘一带一路’国际合作……鼓励‘一带一路’国家和地区参与自贸试验区建设。……推动海口、三亚与“一带一路”国家和地区扩大包括第五航权在内的航权安排，提高机场航班保障能力，吸引相关国家和地区航空公司开辟经停海南的航线。……。”

国家赋予海南经济特区改革开放新的使命，赋予三亚建设世界一流的海岛休闲度假旅游目的地的重要使命，是习近平总书记亲自谋划、亲自部署、亲自推动的重大国家战略。本项目三亚新机场人工岛工程位于**海南岛海域**三亚市红塘湾，三亚是海南省实现建设国际旅游岛的重要城市，是国家“一带一路”战略规划“海上合作战略支点”，是国家沿海发展战略所确定的重点城市。根据《指导意见》和《总体方案》海南省是“我国面向太平洋和印度洋的重要对外开放门户”，三亚市是海南省“服务和融入国家重大战略”的“海上旅游合作开发基地”，三亚新机场是“提高机场航班保障能力，吸引相关国家和地区航空公司开辟经停海南的航线”，实现海南省“国家重大战略服务保障区”战略定位的重大基础设施工程。

因此三亚新机场填海项目是省级人民政府为落实党中央、国务院决策部署，提出的具有国家重大战略意义的围填海项目。

目前三亚新机场项目及其前期研究工作已经被列入国务院《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》、《中国民用航空发展第十三个五年规划》、《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《三亚市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《三亚市综合交通运输“十三五”发展规划》中的重点基础建设工程。

根据2013年7月海南省政府《研究三亚凤凰国际机场迁建选址工作会议纪要》，初步确定三亚未来机场建设方式为“一市一场”，原则上“三亚凤凰机场迁建选址通过填海获取土地”；见附件4。

经多轮比选后，三亚新机场选址最终确定为红塘湾场址，位于三亚市红塘湾海域，采用离岸人工岛形式通过填海造陆进行建设。2018年3月12日，中国民用航空局批复了海南三亚新

机场红塘湾选址，民航局批复意见见附件 10。

目前三亚新机场项目红塘湾选址已经被纳入《海南省总体规划纲要（2015—2030）》和《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》二级规划。

综上所述，本工程建成后主要服务于三亚新机场，属于**省级人民政府为落实党中央、国务院决策部署，提出的具有国家重大战略意义的围填海项目**，项目建设单位正在积极推进“由省级人民政府报国家发展改革委、自然资源部；国家发展改革委、自然资源部会同有关部门进行论证，出具围填海必要性、围填海规模、生态影响等审核意见，按程序报国务院审批。”的**报审、报批工作**；

本工程位于红塘湾工业与城镇用海区，工程不占用滨海湿地、海洋生态红线区和自然岸线，工程不占用，工程建成后会对沿岸珊瑚礁造成不利影响，项目在建设过程中采用岸滩防护、珊瑚礁异地迁建、生态修复和补偿等措施有效地减缓了工程建设对海洋生态环和沿岸珊瑚礁的影响，同时开展有针对性的生态修复专题研究，制定可行的生态修复方案，同步强化生态保护修复，边施工边修复，最大程度避免降低生态系统服务功能。因此本项目建设符合《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》管控要求。

10.5.3.3 环境保护“三线一单”符合性

本工程位于三亚市红塘湾，根据《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》（三亚市人民政府 2017 年 05 月）确定了本海域的“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线”，没有明确生态环境准入清单，以下分析“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线”符合性：

（1）生态保护红线

生态保护红线分区：根据《海南省生态保护红线》【琼府（2016）90 号】，三亚市近岸海域海洋生态红线区划分为 I 类红线区（禁止红线区）、II 类红线区（限制红线区），其中：I 类红线区指海主要包括自然保护区的核心区和缓冲区、领海基点保护范围等。II 类红线区主要包括自然保护区的实验区、省级海洋功能区划海洋保护区域、珊瑚礁主要分布区、海草床主要分布区、红树林主要分布区、部分泻湖、重要岸线与邻近海域、海岸带控制区（向海侧）、海洋功能区划中的增养殖区等。

三亚市海洋生态红线保护目标：I 类红线区：禁止一切开发活动，主要包括自然保护区的核心区和缓冲区、领海基点保护范围。II 类红线区：严格限制围填海；禁止采挖海砂；不得新增入海陆源工业直排口；严格控制河流入海污染物排放；控制养殖规模，鼓励生态化养殖；

对已遭受破坏的海洋生态红线区，实施可行的整治修复措施，恢复原有生态功能；实行海洋垃圾巡查清理制度，有效清理海洋垃圾。

符合性分析：本项目工程所在海域海区不占用三亚市近岸海域海洋生态红线，不在限制红线区、禁止红线区海域内，见图 10.5-1，10.5-2。工程建设符合《海南省生态保护红线》管理要求，符合《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》生态保护红线的保护目标。

(2) 环境质量底线

坚持水质不下降原则，确定近岸海域水质保持优良。主要滨海旅游区近岸海域环境质量底线为水质优良（一、二类）比例达到 100%，具体见表 10.5-2。

表 10.5-2 三亚市海水环境质量底线

指标		2020 年	2030 年
近岸海域	近岸海域水质优良率	≥95%	≥98%
	滨海旅游区水质优良率	100%	100%
	工业园区	符合或优于功能区目标	

本工程建设过程中产生的施工废水及船舶生活污水全部运回陆上处理，施工 SS 主要在工程区周边引起一定范围的超标，工程建设不会改变近岸海域水质和滨海旅游区水质，项目建设符合《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》的环境质量底线。

(3) 资源利用底线

三亚市资源利用底线

耕地：全市耕地保有量 226.86 平方公里。

林地：全市林地保有量 1291.80 平方公里，森林覆盖率不低于 69%。

海岸线和岸段：自然岸线保有率达到 60%以上，维持现有砂质岸线长度，自然岸段保有量达到 52%以上。

湿地保有量：全市湿地保有量 177.57 平方公里。

本项目为离岸式人工岛，项目不占用自然岸线和湿地，不会降低自然岸线保有率及湿地保有量。工程建成后改变了现有砂质岸线的冲淤平衡，需要通过采取人工补沙、输砂等措施，有效地减缓岸滩冲淤环境的影响，工程建成后，要通过后期跟踪监测的手段，根据本工程中对岸滩冲淤环境的实际影响情况，调整岸滩防护方案，确保维持现有砂质岸线长度，自然岸段保有量达到 52%以上。在此前期下，工程建设符合《三亚市总体规划（空间类 2015-2030）》的资源利用底线

三亚市生态保护红线分布图



图 10.5-1 海南省三亚市生态保护红线分布图

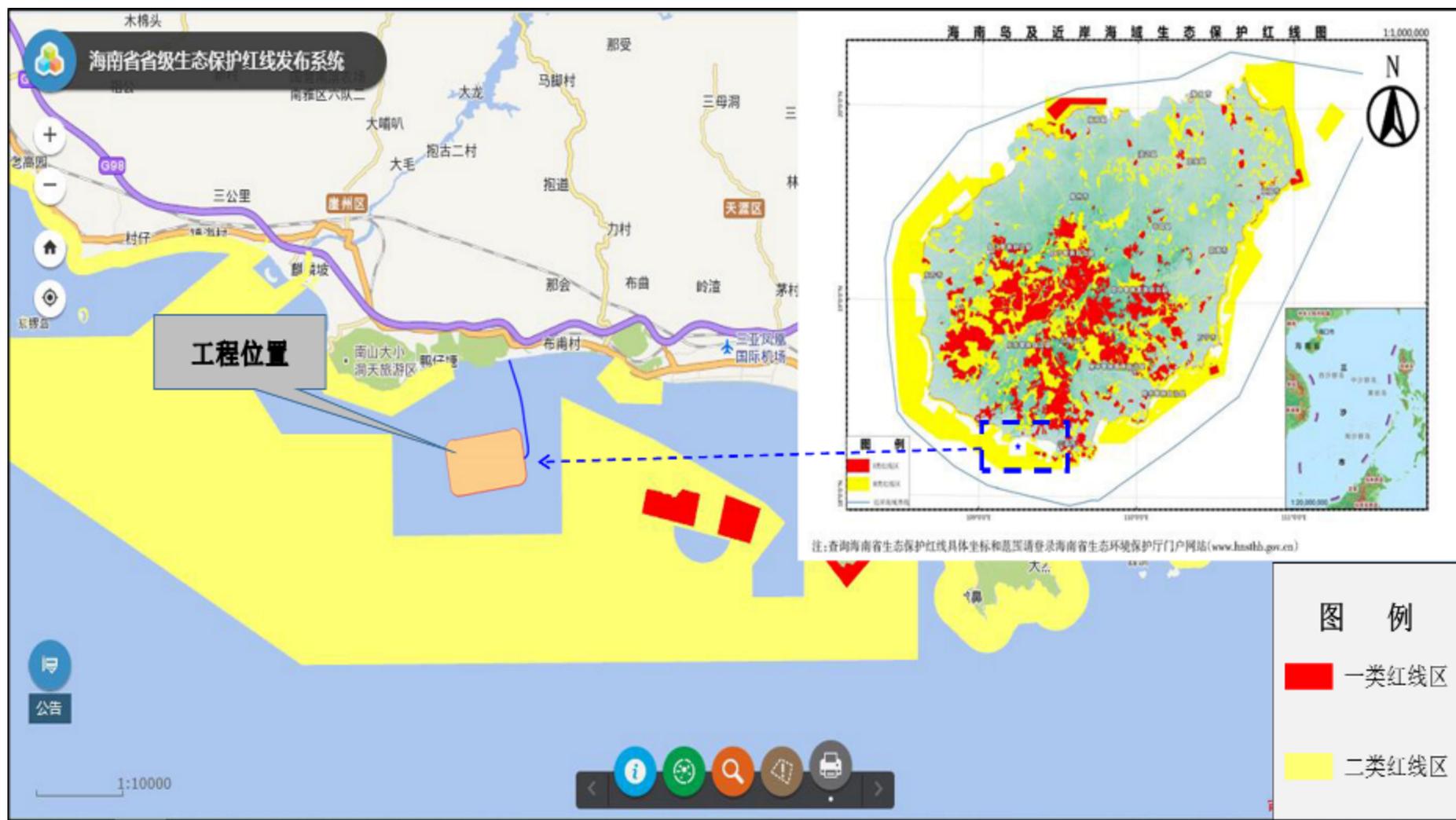


图 10.5-2 工程与海南省三亚市生态保护红线位置关系

10.6 工程选址与布置的合理性分析

10.6.1 工程选址方案分析

三亚新机场选址范围在排除乐东、陵水军用机场空域范围、军事禁区、风景名胜及自然保护区等区域后，选出了崖州湾场址、红塘湾场址、黑岭场址、赤岭场址、加茂场址和莺歌海场址共 6 个初选场址。并经过进一步论证后，重点在洪塘湾场址、优化后黑岭场址、崖州湾场址中进行比较。

红塘湾场址与城市距离最近，旅客服务便捷性最好，配套设施相对最完善，空域条件、净空条件最好。但存在填海较深（平均水深 22m），施工难度大、不确定性强；投资相对最高；与城市规划存在一定矛盾（可协调）等缺点。

崖州湾场址对城市规划影响最小，投资相对最少，但存在与城市距离较远，旅客服务便捷性较差、配套设施相对不完善；填海较深（18m），施工难度大、不确定性强；净空相对较差，空域协调难度大等缺点；

优化后的黑岭场址作为唯一陆上场址，施工难度相对较小，不确定性小；但存在与城市距离较远，旅客服务便捷性较差、配套设施相对不完善；与城市规划矛盾较大，且协调难度大；征地拆迁难度大；净空相对最差，空域协调难度相对最大等缺点。

综合比较后，红塘湾场址被列为推荐场址。

10.6.2 社会条件适宜性分析

（1）经济发展水平

三亚市地处海岛最南端，是海南省南部的中心城市和交通中心，是我国东南沿海黄金海岸线上最南端的对外贸易重要口岸，是我国唯一的热带滨海国际旅游城市。2014 年，全市实现国内生产总值 404.38 亿元，同比增长 5.5%；人均生产总值 54872 元，同比增长 4.0%。全市接待旅游过夜人数达 1352.76 万人次，同比增长 10.12%。其中，接待国内游客 1313.90 万人次，同比增长 11.33%，接待入境旅游者 38.86 万人次，同比下降 19.34%。全年旅游总收入 269.73 亿元，同比增长 15.60%。

本工程的建设能促进三亚地区旅游业的发展，满足区域社会经济发展的需要。

（2）三亚航空市场分析

三亚机场建成投产以来，航空业务量持续快速增长。2015 年，三亚凤凰机场客运量、货运量、起降架次分别达到 1619 万人次、8.3 万吨和 10.8 万架次，2005-2015 年分别年均增长

18.1%、14.7%和 18.4%。三亚是著名的热带海滨风井旅游城市和旅游度假胜地，也是“一路一带”国家发展战略的重要支点城市，三亚机场在城区旅游业发展中发挥了支撑和引领作用。总体看，推进实施国家“一路一带”发展战略、加快建设国际旅游岛，将为三亚机场的发展奠定坚实的基础。预计三亚地区 2025 年、2045 年的航空运输年旅客吞吐量将分别达到 3800 万人次、5500 万人次，远大于机场现有单条跑道满负荷运行的容量。

（3）外部配套条件

交通条件：本工程该道路系统依托三亚市的道路交通系统，后方陆上交通干道有 225 国道和西线高速公路。三亚市具有完善的集疏运系统，对外交通便利，完全能满足工程对外交通要求。

市政配套条件：本工程临近三亚市近郊，人工岛的水、电核通信系统等将寄托三亚市的市政公用设施。

环境条件：人工岛由填海方式形成，无征地拆迁项目，易于开发；用地、用海位置和规模符合相关规划。

水文、气象条件：红塘湾潮汐作用较弱，海域泥沙来沙有限；工程区域主要受到南向波浪的影响。夏季施工过程中须做好防台工作。

建筑材料供应条件：三亚建筑材料供应充足，在大规模开发建设期水泥可由海南岛水泥厂供应或由大陆水泥厂经水路和铁路运到三亚。

石料来源方面：拟在本工程北侧的塔岭、红塘岭自建采石场解决，初步调研结果表明可开采石料总量约 $1.5\sim 2\times 10^8\text{m}^3$ ，可满足本工程建设的需要。

回填料方面：考虑将本工程以西约 15~50km 三亚市所属海域范围内 3 个初步探明的砂源区作为取砂区；砂垫层和堆载用砂考虑在本工程以西约 80~120km 的乐东近岸海域表层裸露砂源取砂。

10.6.3 自然条件适宜性分析

（1）场地稳定性较好

海南三亚地区位于九所-陵水东西向深大断裂带之南。本区经历了加里东、海西、印支、燕山和喜马拉雅等构造运动，构造形迹交错穿插、迭次出现，构造形迹主要由近东西向和北东或北北东向构造组成。

本区自第三纪以来的新构造运动是以地壳缓慢上升为主，伴有局部下降且没有大的地震活动。现今构造活动性较弱，区域稳定性较好，有利于工程建设。

(2) 地质条件适宜

工程勘察范围内所揭示的地层主要为海陆交互沉积的地层。堪区上部为第四系全新统地层(Q4al+pl、Q4m)，如：淤泥、淤泥混砂，松散~稍密的细砂及其混合土层；下部为第四系中更新统北海组土层(Q2al+pl)及下更新统湛江土层(Q1mc)中等~坚硬状的黏土~粉质粘土，中密、密实、极密实的粉细砂、中粗、粗砂、砾砂层。上述土层根据土质的差异又分为若干亚层。地层结构比较简单，不会产生地面塌陷、地裂缝等地质灾害；不存在滑坡、危岩、泥石流等不良地质作用。场地地层属均匀地基土，土层工程性质较好。

本区地震烈度为VI度区。根据区域地震资料，场地内历史上未发生过强烈地震，场区稳定性良好。

场地内表层分布的②1淤泥~淤泥质土、②2淤泥质土，属软弱土，但本区域抗震设防烈度为6度，且软土层厚度较小，可不考虑软土震陷影响。场地或场地附近不存在滑坡、滑移、崩塌、塌陷、泥石流、采空区等不良地质作用。

可见，区域的工程地质条件对于工程建设具有一定的适宜性。

(3) 净空条件较好

本工程位于三亚市西面海域，距现三亚机场16km，北侧有南山(海拔478.7m)、马岭(海拔高415.6m)、南海观世音菩萨雕塑(高108m)，北侧净空条件较差；场址南侧为海域，净空良好，跑道端部净空较优。根据空域及飞行程序设计单位的障碍物评价结果，净空限值范围内超高障碍物无需处理。

(4) 气象条件

三亚全年主要风向以东北和东风为主，二者频率分别为13.6%和13.2%，平均风速以ENE为最大，为4.2m/s；次之有NE和SSE向，为3.8m/s。计算跑道风力负荷99.6%。总平面布置跑道方位尽可能与主导风向一致。

10.6.4 工程平面布置设计合理性分析

工可单位提出3个平面布置设计方案，经比选后，推荐平面布置设计方案二。平面布置设计方案四东西长度较长，近岸侧波影区面积较大，对岸滩演变影响较大，不推荐。方案五与方案二相比增加了施工风险，不推荐；同时方案二对填海区四个边角进行了优化，尽量减少对局部海域挑流、紊流等起到了一定的改善作用。

10.7 污染、非污染环境影响的可接受性

本工程符合国家产业政策、《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》等，在落实好相关生态环境保护措施、生态补偿措施和岸滩保护措施的前提下，本工程建设总体上符合《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案》、《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》和《海南生态红线区域保护规划》。建设单位应尽快制定各项工程防护措施和生态保护措施的具体实施方案，并保证各项措施在工程上具体、可操作，且工程措施的次生环境影响可控、可接受。在此前提下，本工程建设造成的污染、非污染环境影响是可接受的。

11 环境经济损益分析

项目建设会给当地的环境、社会和经济造成影响。一般来说，项目的建设对当地社会、经济的影响主要是正面的，对环境的影响主要是负面的。经济损益易于用货币表示，表达较为直观；社会损益、环境损益有关因素较多，难以用货币定量表示，仅做定性分析。

11.1 环境保护管理投入费用估算

根据《海洋环境保护法》第四十二条：“新建、改建、扩建海岸工程建设项目，必须遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定，并把防治污染所需资金纳入建设项目投资计划”。本工程建设的环保工程投资主要包括污染防治设施设备的配备和运行费用、环境跟踪监测、生态资源修复与补偿、环境监理、环境管理等相关费用的投入。具体分述如下：

11.1.1 污染物处理处置费用

(1) 船舶污水和船舶垃圾接收处理投资估算

根据工程分析，基床处理，包括基槽开挖及回填；护岸结构，包括沉箱运输及安装，钢圆筒运输、振沉，筒内及后方回填，扭王字块安放，回填砂振冲密实等需要采用船上作业，现场施工人员高峰期需 1000 人次。

推荐方案的施工期约 60 个月，其中第一年~第四年全年均存在船舶作业，第五年 264 天存在船舶作业，舱底油污水产生量为 95707.12t，生活污水 125870.80m³，生活垃圾 1573.39t，估算费用详见表 11.1-1。

表 11.1-1 船舶含油污水及船舶垃圾接收处理费

序号	主要环保措施	投资估算（万元）	估算依据
1	船舶含油污水接收处理费	34.48	每天接收一次，每次 200 元。 接收费：200 元/次×1 次/天×（365×4+264）天=34.48 万元
2	船舶生活污水接收处理费	34.48	每天接收一次，每次 200 元。 接收费：200 元/次×1 次/天×（365×4+264）天=34.48 万元
3	船舶生活垃圾接收处理费	23.56	收集运输到环卫接收点的费用按 150 元/吨。 接收费：150 元/吨×1573.39 吨=23.56 万元
小计		92.52	

(2) 施工场废水、废气、固废污染防治费

施工场废水、废气、固废污染防治措施主要包括悬浮泥沙扩散区域设置防污帘、施工营地配备生活垃圾收集转运设施、施工营地旱厕并配备三级化粪池、施工场地及施工便道道路洒水

等防尘设备等，估算费用详见表 11.1-2。

表 11.1-2 施工场废水、废气、固废污染防治费

序号	主要环保措施	投资估算（万元）
1	防污帘：200 元/m ² ，防护范围：西护岸+北护岸+东护岸按 13km 计，工程区平均水深按 20m 估算，破损更换周期每半年/次	52000 万元（10400 万元/年）
2	施工营地旱厕并配备三级化粪池（含弃用消毒）	20
3	施工营地配备生活垃圾收集、清运	15
4	施工场地、施工便道道路喷淋、洒水等防尘设备	15
小计	——	52050

11.1.2 生态补偿/修复费用

资源损失补偿费用主要包括珊瑚礁、渔业资源、中华白海豚等海洋生物资源损失的补偿，详见表 11.1-3。

表 11.1-3 资源损失补偿费用估算

序号	项目	内容说明	投资估算（万元）
1	珊瑚礁迁地保护	珊瑚礁栖息地的重建/新建、保护与修复：包括珊瑚移植及其后期的养护管理等	570
2	珊瑚礁补偿	1) 珊瑚礁修复、重建 2) 珊瑚礁生态系统连续观测 3) 开展珊瑚资源恢复研究 4) 科普宣传教育 5) 建立珊瑚养殖基地或者珊瑚科普馆	23600
3	渔业资源补偿	在三亚红塘湾及其毗邻水域选择合适海域，投放人工渔礁、增殖放流	47353
4	中华白海豚适口饵料鱼类的增殖放流及放流效果评估	主要适口饵料鱼类，如中小型的鲱科、鳀科、鲷科和石首科鱼类进行增殖，并对人工增殖效果进行评估。每年 100 万元，连续 20 年	2000
5	中华白海豚救护暂养设施配备、救护人员培训	配备救护暂养平台基本救护设备（包括救护网箱、维持系统、救护担架、药品等）的完善等，400 万元。救护人员的培训，每年至少举办一次相关技能培训，每次 50 万元，连续 5 年。	650
6	岸滩修复治理	人工补沙和旁通输砂、岸外潜堤、离岸堤等工程措施	8129.8
7	合计	——	75516.95

11.1.3 环境跟踪监测费用

本项目环境监测主要的包括工程区及其影响海域的水动力和海床冲淤、岸滩冲淤、海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态、珊瑚礁及其生境、中华白海豚观测等内容。费用估算参照《海南省环境监测服务费收费标准》，未列入该收费标准的项目参照外省、市同类行业的收费标准。各项费用估算详见表 11.1-4。

表 11.1-4 环境监测费估算

序号	监测内容	投资估算 (万元)	估算依据
1	水文动力、地形地貌与冲淤	625	潮流、悬沙施工期每季度监测一次，水深、底质类型施工期每年监测一次，施工结束后进行长期跟踪监测评估（每两年测一次，费用按 5 次估算），监测费用按 100 万元/年估算。 费用：100 万元/年×5 年+100 万元/年÷4×5 次=625 万元
2	岸滩地形、地貌和沉积物监测	2500	天涯海角景区附近至南山角约 19km 岸段布设 10 条断面，与 2016 年完成的工程区 H6~H13 断面。为满足敏感目标监测需要，在天涯海角和天涯镇附近以及南山景区附近，增设 12 个岸滩断面，跟踪沙滩变化岸滩地貌和沉积物监测与岸滩断面监测同步，在各沙滩断面位置设置采样点，每次监测采集高滩区和低滩区沉积物各一个，基岩岸段在未发生淤积前暂不采样，仅记录岸滩性质。 监测频率：每年 5 月和 11 月前后各一次。若遇对三亚海域产生较大影响的强台风，台风后加测一次。每年共监测 2~3 次。 按照工程后岸滩监测 30 年计，工程开始的前 10 年每年监测费用为 100 万元，后续监测内容减半，每年 50 万元。30 年监测总费用约为 100 万元/年×(10+5) 年+50 万元/年×20 年=2500 万元
3	海水水质	29.99	施工期每季度监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。 站位：拟设 11 个站位。 累计监测站次：11 站×(5+1) 年×4 季=264 站次。 海水水质标准层取样每个站位收费基价为 954 元。另每次加租船费 2000 元。 费用：954 元/站次×264 站次+2000 元/船次×24 船次=29.99 万元。
4	海洋沉积物	4.92	频次：施工期每年监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。 海洋沉积物化学取样每个站位收费基价为 745 元。取样航次可与水质同期。累计监测站次：11 站×6 年=66 站次。 费用：745 元×66 站次=4.92 万元。
5	海洋生物生态（叶绿素 a、初级生产力、浮游生物、底栖生物、游泳动物、鱼卵仔鱼）	191.52	根据国家海洋局于 2003 年 3 月发布的《海域使用论证收费标准(试行)》中海洋生物取样与实验室分析收费基价表，每站次的叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳动物、鱼卵仔鱼等调查项目的取样分析收费基价分别为 900 元、900 元、2500 元、3000 元、4500 元、8000 元、3000 元 频次：施工期每年春秋两季各监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。累计监测站次：7 站×6 年×2 季=84 站次。 费用：(900+900+2500+3000+4500+8000+3000) 元×84 站次=194.52 万元
6	围填区溢流口悬浮物监测	4.8	频次：吹填期每个月监测一次。 站位：人工岛设置有 5 个溢流口各设一个监测点。每个监测点设置（溢流口内、溢流口前沿海域约 50mg/l 处、溢流口前沿海域约 20mg/l 处、溢流口前沿海域约 10mg/l 处）四个悬浮物浓度测站，共 4×4=16 个站位。累计监测站次：16 站×5 年×12 月=960 站次。 共 5 个溢流口，采样费 15 元/次，悬浮物监测 35 元/样。 溢流口悬浮物监测费用：960 站次×50 元/样=4.8 万元
7	珊瑚礁跟踪监测	3600	频次：1、珊瑚礁保护区及沿岸珊瑚礁集中区水质监测、生境监测：施工期每 2 个月监测一次，施工结束后进行后每年进行一次评估监测（费用按 3 年估算）；2、珊瑚移植后后监测：移植后 2 个月、半年、一年各进行一次生境监测。 监测按照 400 万元/年估算

序号	监测内容	投资估算 (万元)	估算依据
			费用：400 万元/年×(5+3+1) 年=3600 万元
8	中华白海豚观测	2400	频次：1、海豚目视：施工期每月一次，施工结束后 3 年每月一次，每次根据天气考察 3~5 天，红塘湾人工岛施工区周边海域 20-30km 范围内；2、被动声学观测：距人工岛施工区域 5-10km 范围处设 1 到 2 个定点监测，从施工期起连续监测，每月更换一次仪器并下载分析数据，直至施工结束；3、水下噪声监测：施工工序噪声源强较大时在不同水深处、不同横向距离处测量水下噪声；4、搁浅信息收集：施工期间。 监测按照按 300 万元/年估算 费用：300 万元/年×(5+3) 年=2400 万元
9	应急监测	200	对台风等灾害性天气导致的不可预见环境风险事故应急性监测
小计	——	9556.23	

11.1.4 环保工程投资汇总

各项环保投资估算汇总见表 11.1-5。

表 11.1-5 环保投资估算汇总表

序号	项目	估算经费(万元)
1	船舶含油污水及船舶垃圾接收处理费	92.52
2	施工场废水、废气、固废污染防治费	52050
3	环境跟踪监测	9556.23
4	资源损失补偿	75516.95
5	合计	137215.7

11.2 环境保护的经济损益分析

本项目总投资估算为 9490876 万元（其中工程费用 7871514 万元），其中三亚新机场人工岛主体工程投资估算为 8967211 万元（其中工程费用 7445352 万元），连岛大桥工程投资估算为 523661.54 万元（其中工程费用 426161.60 万元）。本项目环境保护工程的投资总额约为 137215.7 万元，占总投资的 1.45%。

其环境经济效益主要体现在：通过各项环保措施的落实，减小项目建设过程中各环境污染因子产生的强度，并进行必要的生态防护，使工程址区附近海域水环境和生态环境得到有效保护，降低对保护区特殊生境的影响，将本项目建设可能产生的环境影响降到最低；通过制定和落实事故风险防范和应急保护措施，降低对生态环境潜在的环境风险影响，从而确实有效的保护生态环境，实现海洋资源与环境保护和经济建设协调发展。

11.2.1 社会效益

(1) 直接经济效益

本项目为填海造地项目，项目建成后的直接经济效益主要来自土地价值（填海造地完成后机场建设运营的效益不在本海洋环评中考虑）。围填海工程增加可利用土地，为城市建设提供宝贵的发展新空间，有效缓解航空港用地与城市用地需求的矛盾。

三亚市土地单价按 6000 元/m² 计算，本工程设计推荐方案围填海工程形成的陆域面积约 1574.8hm²，初步估算本项目形成土地产生的直接经济价值约为 944.9 亿元。本项目填海造地总投资 8967211 万元，折算出造地成本约为 5694 元/m²。因此，本项目填海形成土地产生的直接经济效益高于项目造地的工程投入成本（环境资源损失另计）。

(2) 间接社会效益

① 符合国家战略发展需求

三亚是著名的热带海滨风景旅游城市和旅游度假胜地，也是“一路一带”国家发展战略的重要支点城市。党中央、国务院印发的“一带一路”战略规划，明确提出：“支持海南建设南海资源开发服务保障基地和海上救援基地，加大海南国际旅游岛开发开放力度，把海口、三亚列为海上合作战略支点，强化三亚国际门户机场功能”。三亚新机场人工岛填海区位于三亚市红塘湾，地处南海观音风景区和天涯海角风景区之间，离岸约 4.0km，采用连岛桥梁通行，后方交通便利。三亚新机场的建设为加快三亚国际旅游岛的建设，落实党中央、国务院“一带一路”战略规划奠定了坚实的基础。

② 促进经济增长，优化区域产业合理布局，创造就业机会

三亚经济的持续稳定发展需要各产业结构的共同支撑，航空运输业作为交通运输业的重要支柱之一，在国内外经贸往来和国际旅游方面有其自身的发展优势，这种优势将在机场的安全、高效的运行当中，转化成促进经济增长，创造就业机会的源动力。三亚新机场的建设在很大程度上满足了三亚地区优化区域产业布局的需要，因此，本项目陆域形成及土地开发是三亚产业调整和产业发展得以实现的重要基础条件。

航空港是地区经济发展的“发动机”，世界上新的国际经济中心城市崛起的一个重要因素是依托航空港。国际有关权威机构通过大量实例研究发现，每一百万航空旅客一年可以为城市创造 1.3 亿美元的经济收益和 2500 个就业岗位。三亚新机场的建成和发展，可为本地区直接或间接提供相当数量的就业机会，拉动当地经济的增长。

③ 有利于航空业和旅游业的互动发展

三亚的旅游资源开发潜力巨大，交通通讯等基础条件的改善将为建设旅游经济强市奠定良

好的基础。旅游业的蓬勃发展也将给三亚地区经济注入强劲的活力，旅游强市的发展战略将为三亚旅游业和航空业发展带来新机遇。本项目建成后，三亚新机场的辐射范围可达整个海南岛南部地区，对扩大海南国际旅游岛的辐射力产生积极的影响。

④ 有助于改善地区基础设施建设

本项目及其配套设施的建设将会提升三亚市的城市综合竞争力和投资环境，促进三亚市旅游业的全面发展。

11.2.2 围填海经济损益评价

参照《海湾围填海规划环境影响评价技术导则》(GB/T29726-2013)中“表 6: 经济损益评价指标与标准”估算本项目的围填海经济损益评价指数。围填海效益按土地收益计算，采用当地基准地价；围填海成本包括当地围填海成本（并增加 2%维护费）、资源与环境(包括生态系统服务)损失。

围填海损益比 Beni: $Beni = P/C$

单位面积围填海效益 P:

$$P = P_0 + \sum_{t=1}^{t=50} \frac{P_x}{(1+i)^t}$$

式中: P₀- 当地基准地价; P_x- 每年土地对经济的贡献，通常取 P₀×10%，i-折现率，统一按 4.5%计算; t(=1, 2,...50)。围填海是一种永久性占海行为，为了充分考虑围填海带来的损与益，土地使用年限取 50 年。三亚市当地基准地价取 6000 元/m²，则 P 为 17857.2 元/m²。

单位面积围填海成本 C:

$$C = C_0 + \sum_{t=1}^{t=50} \frac{C_0 \times 2\%}{(1+i)^t} + \sum_{j=1}^{j=m} C_{roj} + \sum_{k=1}^{k=n} C_{eok} + \sum_{t=1}^{t=50} \left[\sum_{j=1}^{j=m} \frac{C_{roj}}{(1+i)^t} + \sum_{k=1}^{k=n} \frac{C_{eok}}{(1+i)^t} \right]$$

式中:

C₀: 单位面积围填海成本，单位为元每平方米; C₀×2%: 每年维护成本，单位为元每年每平方米; i: 折现率，统一按 4.5%计算; t (=1, 2,...50) : 土地使用年限，取 50 年; j, k: 分别为所估算的资源与环境（生态系统服务）的类型; m, n: 分别为所估算的资源与环境（生态系统服务）的类型数; C_{roj}: 单位围填海面积造成的第 j 类资源的年损失额，单位为元每年每平方米; C_{eok}: 单位围填海面积造成的第 k 类环境（生态系统服务）的年损失额，单位为元每年每平方米。

经计算，本项目单位面积围填海成本 8464.42 元每平方米，用海围填海经济损益评价指数 Beni 为 2.11。

经计算，本项目单位面积围填海成本 8464.42 元每平方米，用海围填海经济损益评价指数 Beni 为 2.11。

本评价对工程围填海建设造成海洋生物资源（底栖生物、鱼卵、仔稚鱼、游泳生物、浮游动物、浮游植物）、生态系统服务价值（供给服务、调节服务、文化服务）中易于货币化的资源与环境损失进行了价值估算，其他难以货币化估算的资源与环境损失（初级生产力、珊瑚礁、中华白海豚损失；水下地形与岸滩冲淤改变影响、水文动力改变等）未列入估算。综上所述，本工程围填海建设造成的环境影响和生态破坏的损失比较显著且价值难以定量。另一方面，三亚新机场建设项目属于国家重大交通基础设施项目，具有重要的战略意义和社会价值，从国家战略发展需求考虑，应支持项目建设，在项目实施前必须切实制定和严格落实各项海洋污染防治和生态保护措施，应及时落实本报告提出的各项资源与环境补偿措施，实现社会经济建设和环境资源保护的协调发展。

12 环境管理与监测计划

通过实施环境管理，制定并落实建设项目环境监理、监测计划，对项目建设施工全过程进行环境管理和环境监测，及时发现与项目建设有关的环境问题，对环保措施进行修正和改进，保证全过程环保工程措施的有效运行，使项目的建设与环境、资源的保护相协调，保障经济和社会的可持续发展。

12.1 施工期环境管理

12.1.1 环境管理机构的建立

根据《建设项目环境保护设计规定》第五章第五十七条规定，新建、扩建企业设置环境保护管理机构。因此，本项目性质为新建，项目实施应设立环境管理职能机构，配备相应数量的环境保护监督管理和环境监测人员，专职负责开展环境保护管理业务工作及相应的环境监测。本项目的环境保护管理工作应接受各级海洋主管部门、环保主管部门的监督和指导，同时还应接受公众的监督。

12.1.2 环境保护管理机构职责

环境保护管理机构的任务是负责组织、落实、监督本企业的环境保护工作，其工作职责主要有：

(1) 宣传并执行国家、地方有关环境保护法规、条例、标准，并监督有关部门（各施工单位）执行。

(2) 按报告书提出的环保工程措施与对策，与各施工单位签订环保措施责任书，施工合同应有施工环保要求内容，以使施工过程中各项环保工程措施得到有效执行。并监督施工环保措施的实施情况。

(3) 落实环保工程设施的建设情况。

(4) 落实本报告提出的环境监测计划，建立相应的环境监测机构，或委托有资质的环境监测部门实施海洋环境跟踪监测。

(5) 制订防范风险事故和应急处理计划。

(6) 其他环境保护工作事宜。

12.2 施工期环境监理

12.2.1 施工期环境监理组织

(1) 施工期环境监理是在项目施工期实施的环境保护措施。施工期环境监理工作应由建设单位委托具有相应资质的施工监理机构，要求施工监理机构配备专职环境保护监理工程师，负责施工期的环境管理与监督。

(2) 环境监理单位应成立环境监察工作小组，实施环境监察审核具体工作。

(3) 环境监理工作小组应根据环评报告书中环境监理内容及项目建设实际情况，提出环境监理工作计划，并报送相应环境管理部门和建设单位。

12.2.2 环境监理应遵循的原则

从事工程建设环境监理活动，应当遵循守法、诚信、科学的准则。确立环境监理是“第三方”的原则，应当将环境监理和业主的环境管理、政府部门的环境监督执法严格区分开来，并为业主和政府的环境管理服务。监理工作中应理顺和协调好业主单位、施工单位、工程监理单位、环境监理单位、环境监测单位及政府环境行政主管部门及各方面的关系，为搞好环境监理工作创造有利条件。

监理单位应根据工程特点，制定符合工程实际情况规范化的监理制度，使监理工作有序开展。

12.2.3 环境监理范围及阶段

(1) 环境监理范围

围填海工程项目建设区与工程直接影响区域，包括围填海主体工程施工现场、施工营地、承担大量工程运输的施工道路，以及上述范围内施工对周边造成环境污染和生态破坏的区域。

监理内容：包括海洋生态环境保护、污染防治、水土保持、地质灾害防治、以及社会环境等环境保护工作的所有方面，以海洋生态环境保护和水土保持措施的落实为重点。

(2) 监理阶段

本项目的工程环境监理阶段分为施工准备阶段、施工阶段以及工程保修阶段（交工验收及缺陷责任期）三个阶段。

(3) 环境监理的工作程序

本项目的环保监理工作程序见图 11.2-1。

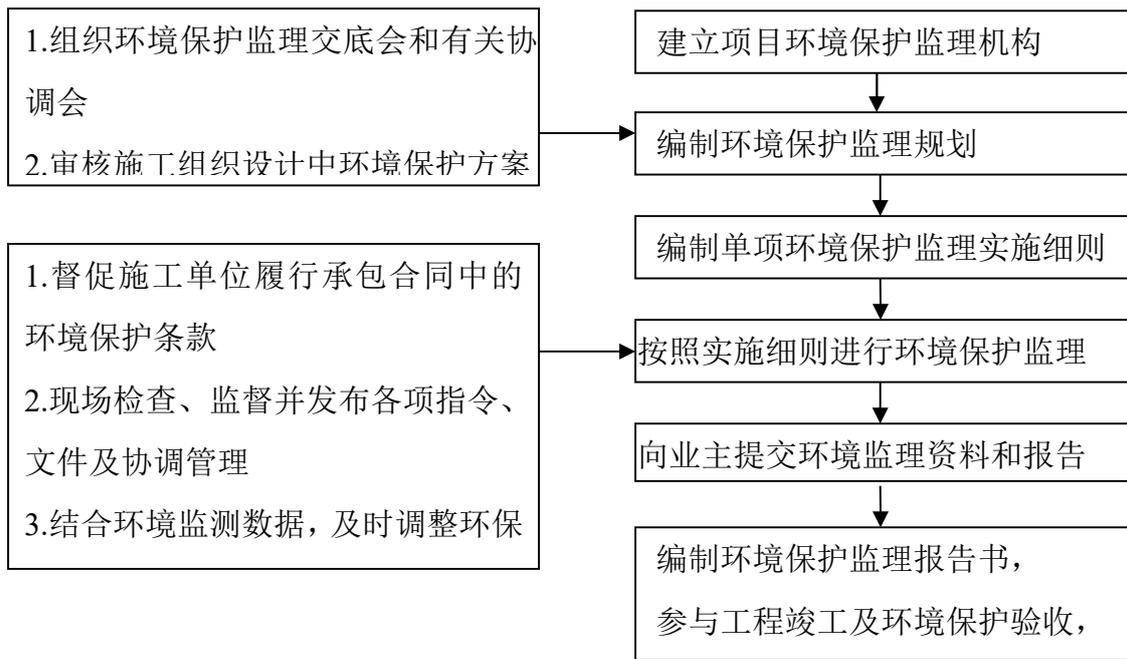


图 11.2-1 监理的工作程序图

12.2.4 环境监理工作方式

根据本工程施工范围大、工期相对较长的特点，环境监理应按照施工进度实施动态管理。环境监理工作方式以日常巡视为主，辅以必要的环境监测，以便及时调整环保监控力度。对主要污染工序进行全过程的旁站监理，确保各承包商的施工行为符合有关环保法律、法规和合同中环境保护条款的规定。

对于环评中的相关要求和内容，环保监理人员应在开工前熟悉与工程有关内容。

12.2.5 环境监理工作方法

环境监理是业主和承包商之外经济独立的第三方，它严格按照合同条款和相关环境保护法律、法规，公正、独立的开展工作，即在维护业主利益的同时，也必须维护承包商的合法权益。同时环境监理工作是工程监理的重要组成部分，它既与工程监理有着密切的联系，又具有特殊性和相对独立性。具体环境监理工作方法如下：

- (1) 审查工程初步设计、施工图设计中环境保护措施是否正确落实了经批准的环境影响报告书提出的环境保护措施；
- (2) 协助建设单位组织工程施工、设计、管理人员的环境保护培训；
- (3) 审核招标文件、工程合同有关环境保护条款；
- (4) 对承包商提出的施工组织设计、施工技术方案的施工进度计划提出环保方面的改进意见，并且审查进场施工机构、船舶设备等环保指标；

(5) 对施工过程中保护海洋生态、水质、气、声环境，减少工程环境影响的措施，环境保护工程施工质量进行监理，并按照标准进行阶段验收和签字；

(6) 对施工现场和生活营地进行日常巡视监理，系统记录工程施工环境影响，环境保护措施效果，环境保护工程施工质量；

(7) 对巡视监理中发现的环境问题当场予以记录，并口头通知或形成备忘录，要求承包商限期整改；

(8) 对施工现场环境污染较大的污染源要求进行监测，必要时建议业主聘请有资质的监测单位进行跟踪监测，依据监测结果，对存在的环境问题要求承包商进行有针对性的处理。要求承包商限期解决的重大环境问题，在与业主协商后对其下发“环境问题整改通知单”；

(9) 及时向环境监理领导小组反映有关环境保护设计和施工的意外问题，并提出解决建议；

(10) 负责起草工程环境监理工作计划和总结。

12.2.6 环境监理机构及工作制度

拟建项目可参照主体工程监理的组织管理体系设置环境监理组织机构。设立环保总监，主管工程环境监理工作；成立环监办负责组织实施；设立各环监代表处和环监驻地办，具体承担环境监理任务。现场环境监理工程师由驻地办专业监理工程师兼任。

环境监理的工作制度主要包括：工作记录、人员环境培训、报告、函件来往、例会、环境监理奖惩以及环境监理资料归档等制度。

12.2.7 环境监理重点

工程环境监理主要包括环保达标监理和环保工程监理。环保达标监理是使主体工程的施工符合环境保护的要求，如污水、噪声、废气等排放应达到有关的标准等。环保工程监理包括海洋生态环境保护、生态补偿等在内的环保措施落实的监理。

环境监理工程师除应根据本监理重点开展工作外，还应根据工程施工的实际情况采取相应的临时措施。

12.2.7.1 环保达标监理

(1) 施工准备阶段

施工准备阶段的主要环境监理内容是：检查施工合同中环境保护条款落实情况，审查施工组织设计中的环保措施，与建设单位、设计单位、工程监理单位、施工单位一同进行工程区、

施工场地、施工便道现场核对优化以及对施工环保措施的审查等。其监理要点见表 12.2-1。

表 12.2-1 施工准备阶段环境监理重点

施工活动	监理重点	监理方法
施工招投标	编制工程环境监理工作计划	文件审查
	复核施工合同中的环保条款	文件复核
	复核施工标段现场环境敏感点和保护目标	现场巡视、记录
	审查承包商的施工组织设计中的环保措施	文件审查
	审批承包商的施工期环境管理计划	文件审查
	审查分项工程开工申请中的施工方案及相应环保措施	文件审查
拌合站建设	审查拌合站的选址及占地规模	文件审查、巡视、抽检
施工便道修筑	检查施工便道布设是否满足施工图设计规定	文件审查、巡视、抽检
砂石料场	审核砂石料场的审批手续、合法性	文件审查
临时材料堆放场	检查材料仓库和临时材料堆放场防止物料散漏的污染措施	巡视

(2) 施工阶段

施工期是环境监理的重点阶段，本项目施工阶段环保达标监理的重点包括护岸工程、抛（吹）填工程、地基处理工程、施工临时场地等，其监理要点见表 12.2-2。

表 12.2-2 建设与施工工艺控制监理内容

单位工程	监理地点	监理方法	监理重点及内容
护岸工程	全段护岸	现场巡视、跟踪监测	<ul style="list-style-type: none"> ◆检查护岸形成的现场工作界线，确定护岸边界； ◆施工海域是否设置警示标志； ◆落实先形成外护岸再吹填的施工工艺； ◆是否在抛填、开挖等悬浮物污染较大的施工点设置防污帘防护； ◆检查护岸抛填土方中的泥土含量是否达到设计要求； ◆检查护岸填料的理化性质是否满足《围填海工程填充物质成分限值》(GB30376-2014)中表 1 第二类围填海工程填充物质成分限值。 ◆检查护岸施工是否尽量安排在在低潮期施工；是否避开雨季、台风及天文大潮等不利条件；
抛（吹）填工程	工程区、施工船舶	现场巡视、跟踪监测、检查跟踪监测报告	<ul style="list-style-type: none"> ◆跟踪监测抛填、开挖等施工时段的悬浮泥沙浓度； ◆检查各类运载船的泥舱是否存在泄漏污染物（包括淤泥及船用油）； ◆检查回填料来源是否与环评报告书一致，理化性质应符合《围填海工程填充物质成分限值》要求； ◆检查吹填时产生的尾水是否经过护岸倒滤层以及围堰的多级沉淀后排放； ◆定期监测溢流口的悬浮泥沙浓度，溢流口悬沙浓度大时是否及时采取减缓措施； ◆检查悬浮泥沙扩散区否设置防污屏，定期检查防污屏破损情况
地基处理工程	围填区	旁站巡视	<ul style="list-style-type: none"> ◆检查基础强度 ◆检查地理沉降程度 ◆检查基地处理后地表裸露情况及水土流失情况，是否进行简易绿

单位工程	监理地点	监理方法	监理重点及内容
			化或覆盖薄膜减少扬尘和水土流失；
施工全过程	施工营地	现场巡查、现场监测	<ul style="list-style-type: none"> ◆检查是否配备三级化粪池对施工营地生活污水进行预处理，是否存在随意排放、乱泼乱倒等现象； ◆工程结束后，检查是否对废弃的化粪池对其进行消毒处理后填埋； ◆检查施工人员生活区是否设置临时垃圾桶和垃圾箱，是否配置运输车定期收集垃圾，是否存在任意焚烧或向海域倾倒等现象； ◆检查散装材料、土石方运输和堆放的遮盖、洒水等防尘措施，其混合料拌和情况； <ul style="list-style-type: none"> ◆检查是否设置施工车辆进出施工营地的轮胎冲洗设备。 ◆检查是否对施工场地和敏感点（主要指村庄）附近的运输道路进行洒水、围挡，减轻扬尘污染； <ul style="list-style-type: none"> ◆现场抽测附近村庄的的噪声达标情况； ◆是否对进入施工区的运输石料和其他物料的来往车辆，尤其是靠近居民区附近路段，设置禁鸣标志牌；
海上施工	施工船舶	上船检查并查阅登记记录	<ul style="list-style-type: none"> ◆检查施工船舶吨位、类型、工艺是否与环评报告书一致。 ◆检查施工船舶是否有海事部门出具的符合安全生产条件的相关证明材料。 <ul style="list-style-type: none"> ◆施工船舶作业期间是否取得船舶通航许可； ◆检查施工单位是否编制《施工船舶油污污染应急计划》，并落实到位，职责分明。 ◆检查施工船舶、机械设备性能的情况，禁止跑、冒、滴、漏严重的船只参加作业； ◆监督检查施工船舶是否配备生活污水和生产污水（含油污水）的收集装置，并定期委托由有资质单位接收处置，污水接收单位应填写《船舶接收/排放污水登记记录》。 ◆监督检查施工船舶是否配备生产和生活垃圾存放措施，做到垃圾分类并且标识明显，并定期委托由有资质单位接收处置，垃圾接收单位应填写《垃圾排放登记记录》。
施工现场、施工便道以及临时材料堆放场	施工范围	现场监测巡视	<ul style="list-style-type: none"> ◆监督临时工程设置情况，尽量减少对植被的破坏； ◆检查施工现场生产废水是否达到排放标准、有关要求及处理设施建设情况； <ul style="list-style-type: none"> ◆检查土石方运输车辆是否采用了密封作业和除尘措施； ◆现场抽测施工便道两侧敏感点噪声达标情况； ◆检查材料仓库和临时材料堆放场的防止物料散漏污染措施； ◆禁止在行洪区范围内设置施工场地、料场及临时堆放废弃物；

此外，施工期其他环境保护措施监理重点，主要包括以下内容：

① 施工期环境监测计划落实情况；

② 监理工程征地（海）与拆迁补偿措施落实情况，建立监督、制约机制，切实保护被征地（海）农（渔）民合法权，确保移民原有生活水平不降低；密切监测弱势群体安置后的生活情况，保证没有困难。

（3）竣工验收阶段

竣工验收阶段的环境监理工作=主要包括：施工场地、施工便道、拌合站等临时用地清场

及恢复措施监理；环保工程、生态补偿等的落实情况监理，环境监理预验收工作，整理资料，编写总结报告，协助业主准备竣工环保验收工作等。

12.2.7.2 环保工程监理

环保工程与其它围填海主体工程一样，实施质量、进度和费用监理，其中重点为质量监理，监理要点为：

- (1) 检查环境工程设计单位的环保专业设计资质；
- (2) 检查环境工程设计图纸的完整性；
- (3) 检查设施的环境效果是否达到相应设计要求。

12.2.8 环境监理文件编制

(1) 环境保护监理计划编制

环境保护监理计划是环境保护监理单位接受业务委托之后，监理单位应根据合同、环评要求、施工计划及工程的实际情况，制定本项目环境保护监理计划，明确环境保护监理工作范围、内容、方式和目标。

(2) 环境保护监理实施细则编制

环境保护监理实施细则是在环境保护监理规划的基础上，由项目环境保护监理机构的专业环境保护监理工程师针对建设工程单项工程编制的操作性文件。本项目应根据工程实际情况及环评要求编制环境保护监理实施细则。

(3) 环境保护监理总结报告编制

环境保护监理工作完成后，项目环境保护监理机构应及时进行监理工作总结，向建设单位提交监理工作总结，主要内容包括：委托监理合同履行情况概述，监理任务或监理目标完成情况评价。

12.2.9 环境监理考核

建设单位每半年对环境监理工作进行一次考核，主要考核对国家和地方有关的环境保护法律、法规和文件以及指挥部相关文件的执行情况、环境监理工作开展情况和各施工单位施工现场环境保护和水土保持的现状。环境监理工作完成后，应及时提交就工程环境监理情况的总结报告，该报告作为环保单项验收的资料之一。建设单位在环境保护单项工程考核和验收时，应请项目主管及地方环保单位、海洋、渔业、海事管理部门有关人员参加。

12.2.10 环境监理档案管理

环境监理档案应包括环境监理文件和监理资料等。

(1) 环境监理文件主要包括：环境保护监理规划、环境保护监理实施细则、环境保护监理总结报告等。

(2) 环境监理资料主要包括：

① 日常工作记录：主要记录当天环境监理的工作内容、发生环境影响时采取的措施以及执行情况等；

② 环境监理月报：主要对本月的监理工作进行汇总总结，记录本月环境监理工作内容，施工中发生环境影响时采取的措施以及执行情况等；

③ 与业主、施工单位往来函件及与工程环境监理有关的其它资料。

环境监理档案的管理应制定相应管理制度，专人负责本项目各类环境监理资料的收集、分类、整理与归档，作为工程环境保护验收的重要资料及环境管理的重要资料。

12.3 环境监测计划

环境监测是实施环境管理和监督的手段，也是对环境影响评价结果进行验证的重要手段。环境监测计划包括环境监测的项目、频次、监测实施机构、监督机构等内容。建设单位应切实落实本评价提出的跟踪监测计划，如在跟踪监测的过程中发现异常，应及时上报海洋行政主管部门，并及时采取防治措施。

12.3.1 海水水质、沉积物、海洋生态环境跟踪监测

施工期各阶段及施工结束后，应根据建设项目海洋环境质量现状监测相关规定实施海水水质、沉积物、海洋生态环境的跟踪监测，跟踪监测应委托有资质的监测机构，具体监测计划见表 12.3-1。

表 12.3-1 海洋环境监测计划

监测时段	序号	监测项目	站位布设与监测频次
基底清淤、开挖、抛石/砂、吹填等水下施工阶段	1	海水水质（水温、盐度、pH、悬浮物、BOD5、COD、溶解氧、活性磷酸盐、无机氮、石油类、汞、铬、锌、砷、铜、铅、镉）	频次：施工期每季度监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。 站位：拟设 11 个站位（距离工程远近设对比点），如图 12.3-1。 累计监测站次：11 站×（5+1）年×4 季=264 站次。
	2	沉积物（有机碳、硫化物、石油类、锌、镉、铅、铜、铬、砷、汞）	频次：施工期每年监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。 站位：拟设 11 个站位，如图 12.3-1。 累计监测站次：11 站×（5+1）年=66 站次。
	3	海洋生态（叶绿素 a、初级生产力、浮游生物、底栖生物、游泳动物、鱼卵仔鱼）	频次：施工期每年春秋两季各监测一次，施工结束后进行一次后评估监测。站位：拟设 7 个站位，如图 12.3-1。 累计监测站次：7 站×（5+1）年×2 季=84 站次。
陆域回填	4	溢流口悬浮物浓度	频次：吹填期每个月监测一次。 站位：人工岛设置有 5 个溢流口各设一个监测点。每个监测点设置（溢流口内、溢流口前沿海域约 50mg/l 处、溢流口前沿海域约 20mg/l 处、溢流口前沿海域约 10mg/l 处）四个悬浮物浓度测站，共 4×4=16 个站位，如图 12.3-1。 累计监测站次：16 站×5 年×12 月=960 站次。
施工期及施工结束	5	水文动力、地形地貌与冲淤	站位：1、覆盖工程区周边影响区、珊瑚礁保护区、沿岸珊瑚集中分布区。拟设 12 个潮流、悬沙站位（5 个断面、每个断面 2~3 个站），施工期每季度监测一次，每季度大小潮各进行一次观测，营运期每两年测一次，如图 12.3-2。 累计监测站次：12 站×5 年×4 季=240 站次。 2、评价范围内布设 63 个海底底质表层取样站位，施工期每年监测一次，营运期每两年测一次，测量水深、底质类型，表层沉积粒度参数（每个底质取样不少于 1kg），如图 12.3-3。
	6	岸滩地形、地貌和沉积物跟踪监测	详见 12.3.2 小节
	7	填海区地面不均匀沉降跟踪监测	详见 12.3.3 小节
	8	珊瑚礁跟踪监测	详见 12.3.4 小节
	9	中华白海豚跟踪监测	详见 12.3.5 小节

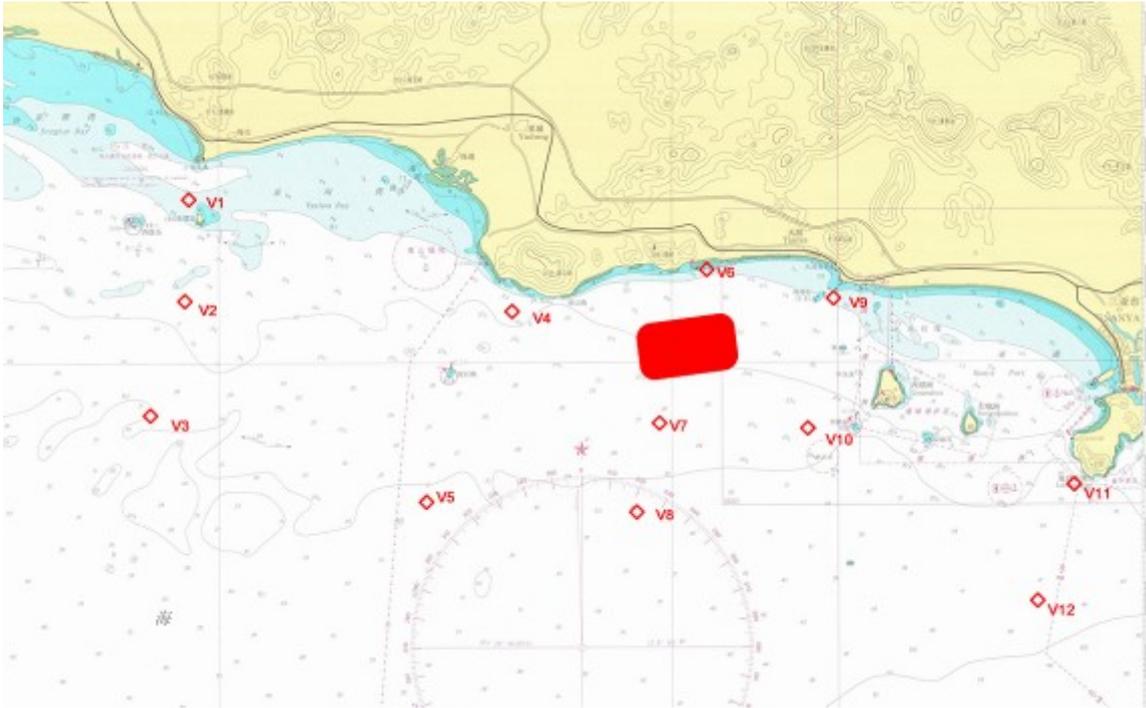


图 12.3-2 环境跟踪监测水文调查站位示意图

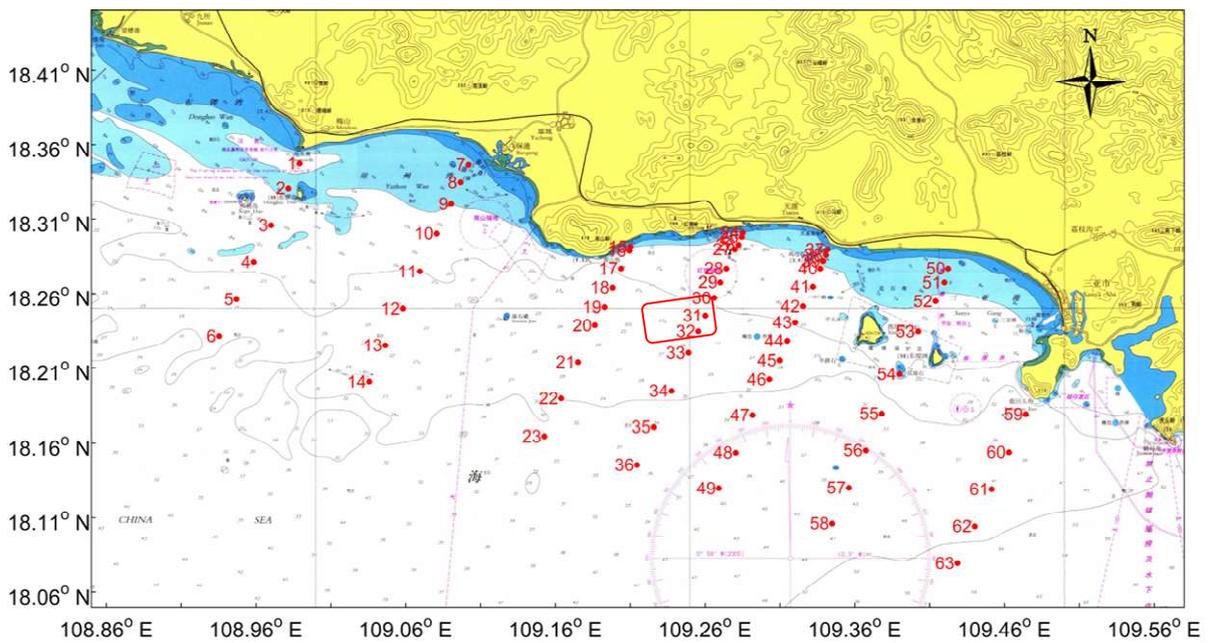


图 12.3-3 环境跟踪监测海底底质调查站位示意图

12.3.2 岸滩地形、地貌和沉积物跟踪监测

人工岛工程实施后,对工程区附近的沙滩岸线将产生一定影响,尽管通过一定的工程措施,能够有效减缓或消除不利影响。为更好的保护人工岛可能影响的岸滩,优化工程对策,如人工补沙时机、旁通输砂频率等和更具体的工程量,有必要在工程开工后随即开展对工程区附近岸滩的跟踪监测和分析研究,及时掌握岸滩冲淤变化情况,包括极端天气条件影响下的岸滩冲淤,

研究采取有效措施，避免对工程区岸滩特别是敏感目标岸滩产生不利的影晌。为此，建议在工程开工起即实施相应的监测和分析研究工作，具体内容如下：

（1）岸滩地形断面监测

在天涯海角景区附近至南山角约 19km 岸段布设 10 条断面，与 2016 年完成的工程区 H6~H13 断面对应，因局部基岩海岸可能成为淤积岸段，监测断面将包括基岩岸线。监测范围包括岸上沙坝顶部至水下-10m 水深（图 12.3-4）。沙滩区测点间距应小于 2m，水下部分测点间距应小于 20m。

为满足敏感目标监测需要，在天涯海角和天涯镇附近以及南山景区附近，增设 12 个岸滩断面，跟踪沙滩变化（图 12.3-4）。

根据岸滩冲淤环境影响预测结果，在担油港以西约 1km 至天涯镇附近、塔岭基岩岸线起至担油港西侧 1km 左右的岸段、人工岛掩护的三美湾附近、南山景区附近增设 6 个岸滩监测断面，跟踪沙滩变化（图 12.3-4）。

监测频率为每年 5 月和 11 月前后各一次。若遇对三亚海域产生较大影响的强台风，台风后加测一次。每年共监测 2~3 次。

（2）岸滩地貌和沉积物监测

与岸滩断面监测同步，在各沙滩断面位置设置采样点，每次监测采集高滩区和低滩区沉积物各一个，基岩岸段在未发生淤积前暂不采样，仅记录岸滩性质。

调查工程区附近自天涯海角至南山角岸段的岸滩地貌，以及西岛西北部岸滩地貌，标注记录特征地貌和冲淤表现，典型部位拍照记录。调查部位不仅限于断面测量位置，应整个岸段连续实施调查，记录岸滩各种变化，掌握岸滩形态变化的地貌表现特征。

（3）遥感监测

订购并解译每年春季和秋季工程区附近卫星遥感影像各一幅，对比分析工程区岸段整体的岸线变化情况。

（4）分析研究

与监测成果同步，对每次岸滩断面、地貌和沉积物监测成果进行对比分析和总结，给出各种地形地貌、冲淤和沉积物变化的分析计算结果，分析给出各种冲淤变化的原因和机理，并提出相应的对策建议。

在分析研究基础上，每年提交年度监测研究分析报告，组织专家评审，并邀请相关主管单位、利益相关单位和个人代表参加，进一步优化和明确防护对策，包括确定人工补沙具体时机、旁通输砂实施频率、补沙量等。会商解决特殊天气因素引起的和未预见岸滩问题及应对措施。



注：H6#~H13#为岸滩至水下-10m 的断面，其余为岸滩断面（沙坝至水下-1m 左右）

图 12.3-4 岸滩监测断面布置示意图

12.3.3 填海区地面沉降跟踪监测

(1) 填海区地面不均匀沉降跟踪监测

根据地质勘察成果，机场人工岛所在区域地质条件较为均匀，由原地基引起的不均匀沉降的可能性不大；场地的不均匀沉降主要是由填海材料引起的，主要的原因可能有：填料不均匀、地基处理效果不均匀和使用荷载的不同。

在填海和地基处理工作完成后，需对场地进行沉降观测，对总沉降和不均匀沉降进行分析。观测点的布置以不影响机场正常运营为前提，大面积观测可按照 500m×500m 的网格布置，在填料性质有明显变化或重要的建（构）筑物如跑道等位置可以加密观测点。

由于工后残余沉降的发展趋势一般是初期较快，后期随着时间延长，沉降速率逐渐放缓，因此监测频率也应采用完工后初期高频率、后期低频率的做法。建议在完工后初期的沉降观测频率为 1 次/3 个月，而后可降至 1 次/半年，随着时间推移可将观测频率降低至 1 次/1 年或者更低。

场地不均匀沉降可以根据同时期各个监测点之间的沉降差、测点间距来确定，目前有多种三维分析软件，可以方便地得到场地在各个方向的差异沉降。

根据监测的差异沉降，分析其是否满足场地各种建（构）筑物、设施和管线的使用要求。

(2) 地面不均匀沉降应急防范措施

在进行地基处理后，场地残余沉降的发展是一个长期缓慢的过程，通过定期观测可以分析评价残余沉降的发展趋势，预测场地的总沉降和差异沉降是否会超出允许的范围。

当不均匀沉降超出允许值、影响场地的正常使用时，应采取应急措施进行处理，主要措施如下：

- A、对不均匀沉降超出允许值的区域进行地基加固；
- B、对地面进行填高平整；
- C、对受影响的建筑物、设施和管线等进行加固。

12.3.4 珊瑚礁跟踪监测

定期对工程附近海域的珊瑚礁资源开展监测活动。对项目施工前后和项目运营后的珊瑚礁资源变化趋势进行分析比较，及时发现和解决在项目运营过程中出现的问题。

(1) 监测珊瑚礁保护区、红塘湾沿岸珊瑚礁集中分布区的监测

水质监测项目：悬浮物、水体颗粒物含量、透明度、浊度、沉积速率、光衰减系数、不同水深的光照强度、石油类

珊瑚礁的生长及其生境：活珊瑚种类及覆盖率、底质类型、造礁石珊瑚死亡率、珊瑚礁病害、长棘海星等敌害生物的情况、大型底栖生物及海胆、石珊瑚白化情况

监测频次：水质监测项目施工期第 1 年每个月监测一次，施工其余年份每 3 个月监测 1 次，营运期前面 5 年每 6 个月进行一次后评估监测；珊瑚礁的生长及其生境施工期第 1 年每 3 个月监测一次，施工其余年份每 6 个月监测 1 次，营运期前面 5 年每年进行一次后评估监测后面第 6~30 年每 2 年进行一次后评估监测。

监测站位：共设监测站位 23 个。具体监测站位分布图如图 12.3-1。

(2) 珊瑚移植后的监测

移植完成后分别在移植后 2 个月、半年、一年各进行一次监测，主要监测珊瑚移植后存活率、死亡率、死亡原因、珊瑚种类、覆盖率的变化。具体内容有：

- 活珊瑚种类及覆盖率
- 底质类型
- 硬珊瑚死亡率
- 珊瑚礁病害
- 长棘海星等敌害生物的情况
- 石珊瑚白化情况

珊瑚移植成活率跟踪监测完成后提交《珊瑚移植后监测报告》。

12.3.5 中华白海豚跟踪监测

鉴于保护海洋哺乳动物尤其是国家一级保护动物中华白海豚的重要性，建议借鉴香港水域长期进行海豚监测的做法，从施工前期开始，对三亚红塘湾及其毗邻海域中华白海豚的分布、种群数量、行为习性和健康状况进行持续的监测评估，以便及时评价人为干扰对其产生的效应，以及各项缓解措施的效果，并为长期保护和管理提供技术依据。

(1) 施工期中华白海豚跟踪监测

① 目视截线调查

通过目视观察的方法在红塘湾人工岛建设邻近海域进行海豚截线调查，以掌握海豚分布和数量变化趋势，了解施工对海豚行为习性的影响。

调查区域：红塘湾人工岛施工区周边海域 20-30km 范围内。

调查时间：从施工期开始，每月进行一次，每次根据天气情况考察 3-5 天，考察直至施工结束。

调查路线：截线抽样。

②被动声学监测

通过监测海豚的发声在三亚红塘湾附近海域进行长期的被动声学监测，摸清海豚在该海域的昼夜活动规律，季度和年度变化。并依此合理分配施工活动的时间，尽量避开动物出没高峰期和繁殖抚幼期。

调查区域：距人工岛施工区域 5-10km 范围处，不干扰工程的施工作业。

调查时间：从施工期起连续监测，每月更换一次仪器并下载分析数据，直至施工结束。

调查路线：在人工岛施工区域外设 1 到 2 个定点监测位置视海底地形及施工情况而定。

③工程区声学环境监测

施工期间，针对一般施工阶段作业（如打桩、钻探、挖泥，石块抛填等）以及来往大型航行船舶，分别在不同水深处、不同横向距离处测量水下噪声，分析水下噪声的声源级强度和声谱特征，并以此评估施工作业和航行船舶引起的水下噪声对中华白海豚的影响，为合适的施工管理措施提供科学依据。

调查区域：施工作业以及船舶航行区域 500m 以内。

调查时间：在施工期选择合适的施工时间进行现场实时监测，到施工期结束为止。

④搁浅受伤情况收集

收集施工期间海豚搁浅死亡情况。整个施工期应留意海豚的搁浅受伤信息。倘若有足够的数据显示大型工程施工开展后海豚的搁浅或死亡率有显著增加，应实时检讨一些可能对海豚造成显著影响的施工活动，并立即采取适当的缓解措施以减低负面影响，确保工程不会对海豚种群带来太大的影响。

（2）营运期中华白海豚监测

在本项目营运期 2~3 年内，进行中华白海豚的目视、被动声学观测以及人工岛附近海域的水下噪声监测，评估中华白海豚在三亚新机场运行后的生存状态，并以此来制定相应的后续工作计划。营运期中华白海豚监测与施工期保持一致。

12.4 环境保护管理和环境监测的可行性和时效性

完备的环境保护管理机构设置、完善的环境管理制度是落实各项环保措施的基本保证。施工期的海洋水质监测，可以及时地反映工程施工引起的海洋环境质量变化，有效地指导施工期的环境保护管理。施工期期间每季度 1 次的海洋水质监测，可以反映工程施工引起的海洋水质

环境质量变化，施工期期间每年 2 次的海洋生态监测，可以反映工程施工引起的海洋生态环境质量变化。施工期期间每年 1 次的海洋沉积物监测，可以反映工程施工引起的海洋沉积物环境质量变化，对特殊物种（珊瑚礁、中华白海豚）的监测，可以有效地掌握珊瑚礁、中华白海豚的生境情况。

根据对工程施工期和工程完成后邻近海域悬浮泥沙、底质、水深变化的监测，可以准确描述工程海域的冲淤变化趋势。

从监测站位布设、监测项目设置、监测时段和监测频率分析，本工程区域水环境质量、海洋生态环境和水文动力与冲淤环境等海洋环境要素的跟踪监测计划是可行的，且具有较强的实效性。

13 评价结论

13.1 工程分析结论

13.1.1 工程概况

三亚新机场人工岛工程位于海南省三亚市红塘湾水深-15m~-25m之间海域,离岸约4.0km,西北距离南海观音约4.3km,东北距离天涯海角约7.8km。工程总投资9490876万元,其中环保投资为137215.7万元,约占总投资的1.45%。建设总工期为5年。

三亚新机场人工岛工程建设包括护岸工程、陆域形成工程及地基处理工程。护岸工程护岸总长15601.6m,其中,北护岸长4100m,东护岸长2915.4m,南护岸长5670.8m,西护岸长2915.4m;三亚新机场人工岛填海造陆面积约1697.1万m²,其中形成陆域面积约1574.8万m²,总填方量约46274.1万m³。

三亚新机场对外交通工程,采用公路、轨道交通分开建设的跨海桥梁方案,并联建设两座跨海桥梁,公路、轨道交通桥梁长度均为6040m,其中直线长4450m、曲线长1590m。桥梁宽度55.5m,对外交通工程用海面积45.8996hm²,桥梁工程投资523661.54万元,施工工期为3年。

岸滩防护工程包括人工补沙、拦沙堤、离岸潜堤和生态护岸。其中人工补沙3个补沙段,总长6090m,首次补沙28万m³;工程实施后第2年开始实施,每5年实施一次,工程实施后30年内共进行5次补沙,取沙段2段;拦沙堤3处,总长195m;离岸潜堤(2处)长3.7km;在南山观音人工岛西侧后方沙坝+6m以下建设生态护岸。

13.1.2 工程分析主要结论

(1) 施工期主要污染物及源强

机场人工岛工程施工工期5年,施工环节包括护岸基础开挖、钢圆筒振沉、护岸抛石、陆域形成、地基处理;其中护岸基础开挖、钢圆筒振沉、护岸抛石施工过程中产生的SS排放源强为4.90 kg/s-45.49 kg/s,陆域形成溢流口形成的悬浮物排放源强为0.81kg/s。施工船舶机舱含油污水产生总量为93373.48t、施工人员产生的生活垃圾总量1532.22t、生活废水总量为122577.04 m³,均运回陆上处理;

连岛大桥跨海段工期3年。施工环节包括承台施工、墩柱施工、连续钢构现浇施工、整孔箱梁架设施工、临时栈桥拆除,施工期间产生的SS环节主要为临时栈桥拆除,排放源强为

1.76kg/s，施工船舶机舱含油污水产生总量为 2262.89t、施工人员产生的生活垃圾总量 38.34t、生活废水总量为 3067.36 m³，均运回陆上处理；

岸滩防护工程工期 1 年，施工环节包括拦沙堤抛石、南山潜堤抛石、担油港潜堤施工，施工期间产生的 SS 排放源强为 4.90 kg/s -8.25kg/s，施工船舶机舱含油污水产生总量为 70.75t、施工人员产生的生活垃圾总量 2.83t、生活废水总量为 226.4m³，均运回陆上处理；

(2) 非污染环境影响因素

海域水动力及海底冲淤变化的影响：机场人工岛实施将形成新的陆域，将改变海域自然属性，工程周边潮流流态将产生变化，由此引发海域水动力和冲淤环境发生变化，并改变局部海域原有的冲淤平衡。工程形成之后在海中形成类似消浪堤工程，在后方海域形成一个较大范围的波影区，将对后方岸线造成冲刷或淤积影响。

施工泥沙入海对海域生态环境的影响：项目实施过程中，产生施工悬浮泥砂影响海水水质，将对工程区附近海域水质、海洋生态造成一定的影响。

围填海对海洋生态环境的影响：项目实施后，将占用海域，造成底栖生物的损失，对该区域的生态环境产生一定的影响。

围填海对海洋珍稀物种的影响：施工期入海泥沙、围填海工程(含厂区回填和海工构筑物)、对海洋生物(重要水生生物-珊瑚、中华白海豚)及其栖息生境和生态系统服务功能产生一定的影响。

围填海对周边海域开发活动的影响：施工期施工对附近海域海水养殖、滨海旅游、海洋捕捞及其他海洋开发活动产生一定的影响。

(3) 环境风险

施工期环境事故风险主要来自于施工船舶事故溢油环境风险、风暴潮造成护岸围堰工程坍塌造成大量泥沙入海。

13.2 环境现状分析与评价结论

13.2.1 水文动力和冲淤环境现状

13.2.1.1 海洋水文动力环境现状与评价

根据 2016 年 4 月、8 月、10 月、12 月的调查结果：评价海域潮汐为不规则日潮混合潮，以日潮为主。实测海流在涨潮时段流向以西北向为主，落潮时段内流向为以东南向为主，流速随涨落潮变化而变化。2016 年 4 月各测站实测大潮落潮时段最大流速 0.70m/s，涨潮时段最大

流速流速 0.86m/s；大潮落潮时段平均最大流速 0.39m/s，涨潮时段平均最大流速 0.56m/s。2016 年 8 月各测站落潮时段最大流速 0.84m/s；涨潮时段最大流速 1.38m/s；大潮落潮时段平均最大流速 0.57m/s，涨潮时段平均最大流速流速 0.71m/s。2016 年 10 月各测站落潮时段最大流速 0.79m/s；涨潮时段最大流速 1.09m/s；大潮落潮时段平均最大流速 0.48m/s，涨潮时段平均最大流速流速 0.66m/s。2016 年 12 月各测站落潮时段最大流速 1.06m/s；涨潮时段最大流速 1.03m/s；大潮落潮时段平均最大流速 0.59m/s，涨潮时段平均最大流速流速 0.67m/s。

悬浮泥沙各测站含沙量一般不超过 0.03 kg/m³，悬浮泥沙 4 月、8 月、10 月浓度分布规律为，近岸海域较高，离岸海域较低，12 月浓度分布规律为沙浓度近岸海域较低，离岸海域较高。根据中国科学院南海海洋研究所在工程附近海域进行的波浪观测结果表明，观测年中，全年最大浪的浪向为 SW，次最大浪的浪向为 WSW，常浪向为 SSE，次常浪向为 S。所有月份的常浪向均为偏 SSE 向，全年 S-SE 方位间浪的出现率为 86.15%。

13.2.1.2 海洋冲淤环境现状与评价

岸滩：本工程海域附近分布了砂质海湾、基岩岬角、岩滩和海滩等不同的岸线类型和地貌特征，通过历史卫星遥感影像资料进行对比分析。南山风景区沙滩岸段，45 年间平均冲刷后退 20~40m。塔岭岬角向西 2.5km 和向东约 2km 岸段目前以基岩岸线为主，仅局部有沙滩分布，且两侧基岩岬角控制，冲淤变化相对较小。太平洋石油码头以东至担油港潟湖口门段整体表现为冲刷，但冲刷幅度相对缓于南山观音附近，最大后退幅度不超过 20m。担油港口门至天涯海角附近岸滩相对平缓，1969 年以来基本稳定，局部略有淤积，沙滩岸线淤长幅度不超过 20m，主要在景区向西 1km 左右的岸段，天涯海角附近基岩岬角发育，近 45 年间冲淤波动较为频繁，但未表现出明显的趋势性过程。

海床：因工程区无大江大河入海，外来泥沙影响很小，在边界条件未有明显变化的情况下，海床整体较为稳定，特别是波浪作用较小的深水区与，海床长期冲淤活动很小。在近岸波浪作用明显的区域，基岩岬角部位和掩护较好的区域相对较为稳定，在松散物质为主的岸段，仍存在一定的冲淤波动。在工程区所在的红塘湾海域，1939 年以来在沿岸方向上主要表现为西段海岸的冲刷后退，主要冲刷区段在-15m 以浅区域。东段基本稳定，局部冲刷主要发生在-10m 以浅区域。整体表现为近岸海床局部冲刷，西段-15m 以深、东段-10m 以深海床基本稳定。

13.2.2 海水水质环境现状评价结论

2019 年 4 月 10~17 日春季航次调查海区水质环境质量状况总体良好，主要超标因子为铅容解氧、无机氮。其中铅含量在表层、10m 层、50m 层、底层均超一类海水水质标准，超标率

分别为 45.2%、53.8%、75%、48.3%；容解氧表层、底层超一类海水水质标，超标率分别为 3.2%、3.5%；无机氮表层、底层一类海水水质标准，超标率分别为 3.2%、3.5%、10.3%。

2019 年 6 月 14~21 日夏季航次调查区水质环境质量状况总体良好，主要超标因子为铅、锌、石油类、溶解氧，其中铅在铅含量在表层、10m 层、50m 层、底层均一类海水水质标准，超标率分别为 67%、57.7%、81.8%、72.4%；锌在表层、10m、底层一类海水水质标准，超标率分别为 3.23%、3.8%、3.4%；溶解氧在表层、10m 层、50m 层、底层均一类海水水质标准，超标率分别 6.5%、7.7%、9.1%、20.7%；石油类超标率为 21.4%。

2019 年 9 月 6-9 日秋季航次调查区水质环境质量状况总体良好，主要超标因子为铅。在表层、10m 层、50m 层、底层均超一类海水水质标准，超标率分别为 32.3%、30.8%、16.7%、31%。

2019 年 12 月 9~13 日冬季航次调查区水质环境质量状况总体良好，主要超标因子为铅。铅含量在表层、10m 层、50m 层、底层均超一类海水水质标准，超标率分别为 32.3%、30.8%、16.7%、31%。

13.2.3 沉积物环境质量现状评价结论

国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2019 年 4 月 10~17 日（春季）在评价海域进行了沉积物现状调查，沉积物调查站位 27 个站位。评价结果表明除位于三亚河河口区域的 P55 和 P56 号站位，石油类含量超第二类沉积物质量标准。P56 号站位的硫化物含量超第三类沉积物质量标准外。其他调查海域沉积物质量为均满足一级标准要求。

13.2.4 海洋生物质量现状评价结论

海洋生物质量调查于 2016 年 3 月、2016 年 8 月，2016 年 12 月、2017 年 2 月进行。每个季节从 29 个水质监测站位的附近海域采集生物质量样品。

四个季节调查与评价结果显示：红塘湾海区的海洋生物质量优良。鱼类、头足类、甲壳类、双壳类海洋生物体内的总汞、砷、铜、铅、镉、铬、锌含量均符合相应的评价标准。

13.2.5 海域生物生态现状评价结论

国家海洋局海口海洋环境监测中心站于 2019 年 4 月 10~17 日（春季）、2019 年 6 月 14~21 日（夏季）、2019 年 9 月 6-9 日（秋季）、2019 年 12 月 9~13 日冬季在工程所在的红塘湾海域附近进行海洋生态环境现状调查。

（1）叶绿素 a 和初级生产力

叶绿素 a：整个调查海区属于贫营养，不存在富营养化现象。各站点之间叶绿素-a 含量的

变化幅度不大, 不同层间海水叶绿素-a 含量无明显差异。

初级生产力: 调查海区春季初级生产力的平面分布表现为自西北-东南向, 初级生产力逐渐升高; 在调查海区的西北偏西部区域, 初级生产力较低, 分布均匀, 夏季初级生产力的分布规律与表层叶绿素-a 分布相似, 三亚湾附近海域初级生产力相对较低。

(2) 浮游植物

1) 春季调查中调查海域浮游植物 3 门 36 属 96 种, 以硅藻占多数。细胞丰度为 41.79×10^4 cells/m³。优势种为薄壁几内亚藻 (*Guinardia flaccida*)、柔弱拟菱形藻、汉氏束毛藻、红海束毛藻等, 各站位浮游植物种间分布均匀, 浮游植物群落结构稳定。

2) 夏季调查共鉴定到浮游植物 3 门 36 属 106 种, 种类以硅藻为主。平均细胞丰度为 11.75×10^5 cells/m³。浮游植物优势种为海洋角毛藻、太阳双尾藻、海链藻等。调查海域大部分站位浮游植物种间比例均匀, 浮游植物群落结构稳定。

3) 秋季调查共鉴定到浮游植物 3 门 36 属 110 种, 种类以硅藻为主, 各站位平均丰度为 1152.63×10^4 cells/m³。优势种类主要为铁氏束毛藻、海洋角毛藻、伏氏海毛藻等。调查海域浮游植物种间比例均匀, 浮游植物群落结构稳定。

4) 冬季调查共鉴定到浮游植物 3 门 85 种, 种类以硅藻为主。平均丰度 2.58×10^4 cell/m³, 优势种类主要有丹麦细柱藻、菱形海线藻、柔弱拟菱形藻等。调查海域浮游植物种间比例均匀, 浮游植物群落结构稳定。

(3) 浮游动物

1) 春季调查共鉴定浮游动物 91 种, 浮游动物生物量范围为 (11.67~306.10) mg/m³, 平均生物量为 115.69mg/m³, 丰度范围为(8.89~520.73)ind/m³, 平均丰度为 144.81 ind/m³。浮游动物多样性指数范围在 2.41~3.61 之间, 平均为 3.13, 多样性指数较高。

2) 夏季调查共鉴定浮游动物 88 种, 浮游动物生物量范围为 (6.56~126.75) mg/m³, 平均生物量为 32.41mg/m³。丰度范围为(6.11~231.11)ind/m³, 平均丰度为 28.78 ind/m³。浮游动物多样性指数较高, 多样性指数范围在 1.60~4.07 之间, 平均为 2.91。均匀度指数范围在 0.38~0.97 之间, 平均为 0.91。

3) 秋季调查共鉴定浮游动物 105 种, 浮游动物生物量范围为 (4.22~142.6) mg/m³, 平均生物量为 32.73mg/m³, 丰度范围为(3.34~240)ind/m³, 平均丰度为 43.82 ind/m³。浮游动物多样性指数较高, 范围为 2.42~4.40, 平均为 3.40。均匀度指数范围为 0.71~0.95, 平均为 0.85。

4) 冬季调查共鉴定浮游动物 98 种, 浮游动物生物量范围为 3.85~76.67mg/m³, 平均生物量为 116.11mg/m³; 丰度范围为 4.17~22.22) ind/m³, 平均丰度为 12.34ind/m³。浮游动物多样

性指范围为 2.39~3.84 之间, 平均为 3.26。均匀度指数范围为 0.87~1.28 之间, 平均为 1.05。调查期间该海域浮游动物优势种有磁蟹溞状幼体、肥胖箭虫、亚强次真哲水蚤、中型莹虾

(4) 底栖生物

1) 春季调查共采获大型底栖生物 44 种, 生物量范围为(0.2~41.47) g/m³, 平均生物量为 7.15 g/m²; 栖息密度范围为(7~40)ind./m², 平均栖息密度为 20.06ind./m²。多样性指数的幅度为 0~1.92, 平均值为 1.02; 各站底栖生物均匀度的幅度为 0~1.00, 平均值为 0.73。

2) 夏季调查共采集鉴定到 51 种, 生物栖息密度的幅度为(1.13~46.60) g/m³, 平均密度为 20.06ind./m²; 生物量的幅度为(1.13~46.60) g/m³, 平均生物量为 13.11 g/m²。多样性指数的幅度为 0.00~3.32, 平均值为 2.11; 各站底栖生物均匀度的幅度为 0.00~1.00, 平均值为 0.93。

3) 秋季调查共采集鉴定到 57 种, 生物栖息密度的幅度为(7~47)ind./m², 平均密度为 21.44ind./m², 生物量的幅度为(0.87~30.20) g/m³, 平均生物量为 9.72 g/m², 多样性指数的幅度为 1~2.32, 平均值为 1.38, 各站底栖生物均匀度的幅度为 0.87~1.00, 平均值为 0.98。

4) 冬季调查共采集鉴定到 181 种, 生物栖息密度的幅度为(60.00~620.00)ind/m³, 平均密度为 176.55ind/m²; 生物量的幅度为(8.80~504.53)g/m², 平均生物量为 98.45g/m²。多样性指数的幅度为 2.20~4.12, 平均值为 3.25; 各站底栖生物均匀度的幅度为 0.70~0.99, 平均值为 0.91。

(5) 潮间带生物现状

1) 春季调查共采获了 2 个生物类别中的 9 科 11 种生物。高滩区平均栖息密度为 7ind/m², 平均生物量为 3.58g/m²; 中滩区平均栖息密度为 8.66ind/m², 平均生物量为 2.98g/m²; 低滩区平均栖息密度为 86ind/m², 平均生物量为 73.05g/m²。调查期间该生物优势种类为痕掌沙蟹。

2) 夏季调查共采获了 2 个生物类别中的 10 科 10 种生物。高滩区平均栖息密度为 12.66ind/m², 平均生物量为 5.99g/m²; 中滩区平均栖息密度为 12ind/m², 平均生物量为 6.22g/m²; 低滩区平均栖息密度为 20ind/m², 平均生物量为 32.16g/m², 调查期间潮间带生物优势种为痕掌沙蟹、楔形斧蛤。

3) 秋季调查共采获了 2 个生物类别中的 14 科 21 种生物。高滩区平均栖息密度为 5ind/m², 平均生物量为 19.71g/m²; 中滩区平均栖息密度为 35.33ind/m², 平均生物量为 25.46g/m²; 低滩区平均栖息密度为 51.33ind/m², 平均生物量为 26.96g/m²。调查期间潮间带生物优势种类为痕掌沙蟹、平轴螺。

4) 冬季共采获了 4 个生物类别 18 科 28 种生物。高潮区平均栖息密度为 8.00ind/m², 平均生物量为 10.53g/m²; 中潮区平均栖息密度为 15.33ind/m², 平均生物量为 16.95g/m²; 低潮区平均栖息密度为 34.67ind/m², 平均生物量为 121.42g/m²。调查期间优势种为小盾桑椹螺和痕

掌沙蟹。

13.2.6 海洋渔业资源调查结论

(1) 鱼卵、仔稚鱼调查结论

2019年春季鉴定出14个种类,隶属于14属14科,鱼卵数量以鳕科鱼卵占优势,仔鱼数量以小沙丁鱼最多。水平拖网鱼卵平均密度为6063粒/1000m³,仔稚鱼平均密度为23.2尾/1000m³垂直拖网,鱼卵平均密度为696粒/1000m³,仔鱼平均密度为14.9尾/1000m³。

2019年夏季共鉴定出15个种类,隶属于15属15科,鱼卵数量以鳕科鱼卵占优势,仔鱼数量以小沙丁鱼最多。水平拖网鱼卵平均密度为5003粒/1000m³,仔稚鱼平均密度为9.1尾/1000m,垂直拖网,鱼卵平均密度为417粒/1000m³,仔鱼平均密度为19.8尾/1000m³。

2019年秋季鉴定出13个种类,隶属于13属13科,鱼卵数量以鳕科鱼卵占优势,仔鱼数量以小沙丁鱼最多。水平拖网鱼卵平均密度为2835粒/1000m³,仔稚鱼平均密度为22.8尾/1000m,垂直拖网,鱼卵平均密度为121粒/1000m³,未采到仔鱼。

2017年冬季共鉴定出10个种类,隶属于10属10科,鱼卵数量以鲷科鱼卵最多,仔鱼数量以鳕科最多。水平拖网到鱼卵平均密度为2339粒/1000m³,仔稚鱼平均密度为15.2尾/1000m³。垂直拖网鱼卵平均密度为3246粒/1000m³,未采到仔鱼。。

(2) 渔业资源调查结论

2019年春季调查渔获游泳动物177种,其中鱼类136种,头足类13种,甲壳类28种。本期调查游泳动物的资源密度为894.39 kg/km²,其中鱼类约为807.32 kg/km²,甲壳类约为38.83 kg/km²,头足类约为48.24 kg/km²。

2019年夏季调查渔获游泳动物175种,其中鱼类135种,头足类17种,甲壳类23种。本期调查游泳动物的资源密度约为1499.68 kg/km²,其中鱼类约为1210.50 kg/km²,甲壳类约为142.86 kg/km²,头足类约为146.32 kg/km²。

2019年秋季调查渔获游泳动物170种,其中鱼类128种,头足类9种,甲壳类33种。本期调查游泳动物的资源密度约为1501.15 kg/km²,其中鱼类约为1052.23 kg/km²,甲壳类约为392.77 kg/km²,头足类约为56.15 kg/km²。

2017年冬季调查渔获游泳动物145种,其中鱼类95种,头足类15种,甲壳类35种。本期调查游泳动物的资源密度约为818.88 kg/km²,其中鱼类约为543.21 kg/km²,甲壳类约为206.28 kg/km²,头足类约为69.38 kg/km²。

13.2.7 主要海洋珍稀物种

(1) 中华白海豚：自 2014 年 4 月开始，中科院深海所在三亚西部海域进行了海上考察，2014 年 4 月至 2019 年 4 月五年间，科研人员共计在研究海域发现鲸类 52 群次，其中中华白海豚共计 47 群次，海上科考结果表明，三亚和乐东接壤水域至昌江入海口海域是中华白海豚的重要分布区域之一。

(2) 珊瑚礁：2018 年 10~11 月进行了大范围的珊瑚礁现状调查，珊瑚礁本底调查范围覆盖三亚湾、红塘湾和崖州湾区域，整个区域范围东至鹿回头区域，西至崖州湾西部，并且涵盖了东西瑁洲。总计共设置 171 个珊瑚礁调查站位和 13 个作为珊瑚礁鱼类调查站位。鹿回头区域珊瑚平均覆盖率为 16.17%，石珊瑚造礁石珊瑚的种类有 33 种，东西瑁洲区域珊瑚平均覆盖率 20.71%，造礁石珊瑚的种类有 69 种，红塘湾区域造礁石珊瑚的平均覆盖率为 17.97%，造礁石珊瑚的种类有 51 种，南山角-大小洞天区域造礁石珊瑚的平均覆盖率为 12.96%。2019 年珊瑚礁补充调查结果表明，已建莲花岛周边区域造礁石珊瑚的平均覆盖率为 0.44%。

13.3 环境影响预测分析与评价结论

13.3.1 海洋水文动力环境影响评价结论

(1) 潮流场环境影响评价结论

新机场人工岛工程实施后受人工岛与水流主轴向垂直方向（南北向）阻水影响，人工岛东西两侧普遍形成缓流区，流速减小幅度越靠近人工岛越大。涨潮时人工岛西侧平均流速减小 0.1~0.2m/s。落潮时人工岛西侧平均流速减小 0.1~0.2m/s，东侧平均流速减小 0.3~0.4m/s。涨潮期间西侧影响范围更大，落潮期间东侧影响范围较大，即潮流影响主要集中在水流的下游方向，上游影响相对较小。新机场人工岛建设后，人工岛西南角大潮涨潮平均流速增大 0.1~0.2m/s、落潮平均流速增大 0.1~0.4m/s。人工岛东北角大潮涨、落潮平均流速增大 0.2~0.4m/s；人工岛北侧人工岛与陆域之间大潮平均流速增大 0.1~0.3 m/s。

与此同时，南北两侧在人工岛调流后形成绕流，南北两侧流速普遍增大，其中南侧开敞区流速增大的范围更大，但增幅较小，靠陆一侧为人工岛与陆岸之间的海峡区域，过水断面减小，流速增大明显，主要集中在靠近人工岛的附近，流速变化的范围明显小于人工岛南侧区域。

小潮期间工程影响的流速变化趋势与大潮基本相似，影响的范围和程度明显小于大潮。

评价范围内的环境敏感目标 三亚珊瑚礁自然保护区（东西瑁洲片区）、三亚湾旅游休闲娱乐区、中华白海豚分布区等周边的潮流在大、小潮的涨落急流速均略有减小，但因相对远离人

工岛，流速的变化幅度均小于 0.05m/s，其中大潮影响略大于小潮。

在人工岛与陆地之间通道区段的红塘湾沿岸珊瑚礁区、南山旅游休闲娱乐区、国防武器装备浅表海水环境试验区以及太平洋石油公司海域，流速变化相对较大，整体以增大为主，局部最大流速增大幅度在 0.2~0.3m/s。

(2) 悬沙场环境影响评价结论

现状条件下红塘湾内的含沙量约为 0.007~0.012kg/m³，近岸区含沙量可达 0.01kg/m³ 以上。在天涯海角岸线全潮平均含沙量为 0.01 kg/m³~0.013 kg/m³ 左右，三亚湾东侧含沙量相对较低，在 0.008~0.010 kg/m³。

新机场人工岛的建成后，新机场人工岛周边的含沙量略有增大，整体在 0.01~0.013kg/m³；含沙量增大主要与局部流速增大有关，新机场人工岛的建成导致本区域的流速增加，含沙量有所增加，但是增加幅度很小；减缓措施离岸潜堤实施后对含沙量场没有显著影响。

13.3.2 波浪场环境影响分析

工程方案实施后的波浪场影响计算表明，受人工岛掩护作用，人工岛北侧邻近海域波高显著减小，偏 SSE 向波浪波高最大减小 76%，波向变化幅度为-23°~16°；偏 S 向波浪波高最大减小 68%，波向变化幅度为-17°~24°；偏 SW 向波浪波高最大减小 45%，波向变化幅度为-12°~22°；偏 WSW 向波浪波高最大减小 42%，波向变化幅度为-8°~16°；偏 ESE 向波高最大减小 70%，波向变化幅度为-30°~9°；偏 SE 向波高最大减小 65%，波向变化幅度为-28°~15°；偏 SSW 向波浪波高最大减小 52%，波向变化幅度为-12°~26°。机场人工岛工程建成后，各敏感目标中天涯海角旅游休闲娱乐区海域波浪波高最大减少为 42%，南山旅游休闲娱乐区海域波浪波高最大减少为 76%，沿岸珊瑚礁波浪波高最大减少为 67%，其他敏感目标波浪影响较小。

13.3.3 海洋冲淤环境影响评价结论

(1) 海床冲淤环境影响评价结论

工程方案实施后正常天气条件下，工程建设对周边地形冲淤的影响较小，不超过 0.2m。尽管人工岛影响下局部水流增大和减小明显，水流改变后仍未达到形成明显冲淤的动力条件，人工岛周边水流影响明显的区域也未出现明显的冲淤变化。已有人工岛实施两年多来的实测地形对比也显示，人工岛周边未出现因动力变化形成的明显冲淤现象。三亚新机场人工岛建成后，在新机场人工岛的西南侧和东北侧，产生冲刷，而在人工岛的东南和西北侧发生淤积，但冲淤幅度都不大。西南和东北角年冲刷强度为 0.1~0.2m/a，东南和西北侧年淤积强度为 0.05~0.1 m/a。

20 年一遇和 100 年一遇波浪与潮流共同作用 1 天情况下，拟建人工岛海域水深-20m 左右，

潮流作用较弱, SSE 常浪向波浪与潮流共同作用 1 天, 形成的海床冲淤主要集中在人工岛周边, 且冲淤幅度很小。其中冲刷区域主要在人工岛南侧迎浪向且工程实施后流速有所增大的区域, 在人工岛北侧流速增大区域也略有冲刷, 人工岛东西两侧缓流区略有淤积。

20 年一遇波浪作用后的冲刷区冲刷幅度不超过 0.12m, 淤积区淤积幅度不超过 0.1m; 100 年一遇波浪作用后的冲刷幅度不超过 0.2m, 淤积幅度也不超过 0.1m。

(2) 岸线冲淤影响评价结论

受机场人工岛建设的影响, 在塔岭基岩岸线起至担油港西侧 1km 左右的岸段和三美湾附近由现状的无明显冲淤岸线转为淤积岸线, 与现状相比, 塔岭基岩岸线起至担油港西侧 1km 左右的岸段平均淤积幅度增加增大 55.2m, 最大冲刷幅度增加 90.3m; 前 10 年平均最大淤积强度增加 2.76 m/a。

机场人工岛建成后, 在人工岛掩护区的两侧为冲刷影响段, 天涯镇以西至临空产业园人工岛掩护区长约 4.1km 岸段表现为明显冲刷, 集中在担油港以西约 1km 至天涯镇附近, 冲刷岸段比工程前延长约 1.78km; 30 年平均冲刷后退约 19.6m, 最大冲刷后退约 29.4m, 与比工程前比, 平均冲刷幅度增加增大 11.7m, 最大冲刷幅度增加 19.8m; 前 10 年平均最大冲刷强度增加 0.58 m/a。

南山景区砂质海岸岸段整体以冲刷为主, 冲刷岸线长度约 1.7km, 30 年平均冲刷后退约 16.9m, 最大冲刷后退约 41.8m。与现状相比, 冲刷岸线长度增加 1140m, 平均冲刷幅度增加 3.2m, 最大冲刷幅度增加 11.8m, 前 10 年平均最大冲刷强度增加 0.16 m/a。

天涯海角附近岸段受新机场人工岛影响冲刷范围和幅度略有增大, 30 年平均冲刷后退约 12.3m, 最大冲刷后退 22.2m, 与工程前相比, 冲刷岸段延长 40m, 30 年平均冲刷幅度增大 1m, 最大冲刷后退幅度增大 1.4m。

13.3.4 海洋水环境影响评价

13.3.4.1 施工期悬浮泥沙入海对海水水质环境的影响分析

主体工程和起步工程、临空二期拆除工程交叉施工工况施工悬沙影响范围较大, 超一(二)类海水水质标准的水域面积为 43.34km² (部分面积与主体工程占海重合)。由于临空一期和二期工程均位于天涯海角旅游休闲娱乐区内, 二期工程拆除造成所在水域超四类海水水质标准, 一期工程拆除造成所在水域超三类海水水质标准; 岸滩防护工程位于沿岸珊瑚礁区分布区内, 施工过程将造成沿岸珊瑚礁分布区超三类海水水质标准。不同计算工况施工结束后约 1.5h~5.15h 工程水域可恢复至一类海水水质标准。

13.3.4.2 施工船舶污染物对海水水质环境影响分析

在施工船舶正常并遵守有关规定的情况下（铅封管理规定和委托有资质单位接收船舶污水），船舶含油污水不会对海域环境造成直接影响。

13.3.4.3 施工期生活污水对海水水质环境影响分析

施工生活污水如未经处理直接排海，将对海洋环境造成影响；施工临时场地拟布置临空一期人工岛，施工过程中，应根据现场施工人数修建三级化粪池，污水在化粪池中停留时间不低于 12 小时后，回收运回陆上处理，对海域海水水质不会产生影响。

13.3.5 围填海填充物质可行性分析和沉积环境影响分析

13.3.5.1 围填海填充物质可行性分析

填海物料的材质、气味、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类和开山石的材质、相对密度、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷、有机碳、硫化物、石油类、六氯化苯、DDT、PCBs 均满足《围填海工程填充物质成分限值》的第一类限值。因此，海上物料和开山石可作为本工程的填海物料使用。

13.3.5.2 沉积环境影响分析

工程位于红塘湾海域，人工岛的填海工程面积约 1697.1 万 m^2 ，对外通道工程桥梁桩基占用海域面积为 0.4201 万 m^2 ，工程建设将占用红塘湾约 1697.1 万 m^2 的海域沉积环境，使其由浅海变为陆地，该范围内的海域沉积环境将不复存在。岸滩防护工程占用海域沉积环境，使其由浅海变为海堤，使沉积环境被掩埋、覆盖。

施工采用的填海物料主要来自三亚市大出水矿区和立村矿区、乐东及三亚西部外海采砂区；调查资料表明，采砂区所在海域沉积物环境质量尚好，一般情况下，其化学溶出物有限。因此，泥沙悬浮扩散再沉降可能使工程区附近局部区表层沉积物类型、粒度参数等物理特性发生一定变化，但对表层沉积物化学质量指标的影响很小，不会引起海域总体沉积环境质量的改变。

13.3.6 海洋生态环境影响评价

施工产生的悬浮泥沙将对浮游生物、渔业资源等产生一定的影响，但这种影响是暂时的，将随着施工结束而消失。项目实施用海占用了大片海域，对浮游植物、浮游动物、底栖生物和游泳生物的栖息地以及该区域的生态系统造成较大影响。本项目填海永久占用海床底土及生物

资源空间、围填海工程泥沙淤积、填海施工过程中产生的悬浮泥沙共造成底栖生物损失 172.8501t、鱼卵损失 8.28×10^9 粒、仔稚鱼损失 6.53×10^7 尾、游泳动物损失 189.12t、浮游动物损失 254.57t、浮游植物损失 2.45×10^{16} cell，珊瑚礁损失 4.78 公顷。本工程造成的海洋生物资源损失金额为 4.1366 亿元，工程珊瑚礁修复/重建补偿损失、迁地保护管理金额为 2.4170 亿元。

工程的建设导致海洋生态系统服务功能分为供给服务、调节服务、文化服务与支持服务价值损失约 7.8529 亿元/a。

13.3.7 重要水生生物的影响分析

13.3.7.1 对珊瑚礁及珊瑚资源的影响

本工程所在区域主要是在水深约为-20m~-30m 的区域，离岸距离 3 公里以上，与珊瑚礁分布范围不重叠。因此，不存在直接占用珊瑚礁。工程建成后珊瑚礁分布区周边特征点涨急落急流速在 0.09m/s~0.82m/s 范围内，流速变化幅度为-0.28m/s~0.39m/s 之间，潮流场流速变化不会对珊瑚礁必备的生境条件产生明显的有害影响；

新机场人工岛建设后 30 年，天涯镇以东、担油港、三美湾和南山沿岸约 2800 米岸线淤积，直接导致 14.65 公顷珊瑚礁的消失，造成不可恢复的影响。岸滩防护方案实施后，由于岸线淤积导致的珊瑚礁直接覆盖面积减少至 4.78 公顷，大大改善了采用岸滩防护措施前的淤积情况。但仍需要对岸滩淤积可能覆盖的珊瑚进行移植，采取迁地保护措施。天涯海角、天涯镇以西、南山冲刷岸段共计约 6.3km。冲刷效应会使珊瑚生长的基础条件发生改变，可能会影响到珊瑚幼虫的附着和珊瑚补充，冲刷岸段的珊瑚礁在一个较长的时间尺度内呈现退化状态，建议经科学论证后对该岸段采取一定的保护措施减少冲刷程度，或者在长期的珊瑚礁保护规划内对该岸段的珊瑚礁采取逐步的移植保护措施。

施工期悬浮物变化主要在距离珊瑚礁分布区 1.5 公里之外，珊瑚礁分布区的悬浮泥沙很少，基本不影响珊瑚发育和繁殖。工程实施后，珊瑚礁分布范围大部分区域含沙量基本不变或者略有减少，因此工程实施后对珊瑚礁分布区的整体影响较小。

13.3.7.2 对中华白海豚的影响

本工程所在区域 10 公里范围内未有中华白海豚目视发现记录，最近的中华白海豚活动距人工岛施工区约 25km，考虑到中华白海豚有能力进行 100km 以上的长距离迁移，本工程所在海域属于中华白海豚种群的潜在活动区域。三亚红塘湾新机场人工岛工程占用约 15.75 km^2 的海域，导致中华白海豚可活动水域的减少，会给海南岛西南海域的中华白海豚分布、摄食和活

动产生一定的影响。但本工程占用的海域面积有限。当工程施工完成后，若三亚红塘湾海域的生态环境得到恢复，中华白海豚会恢复其原来的活动范围。

填海造地施工期间高强度的施工作业及船舶噪音会干扰动物的听觉和声呐发声系统，从而对中华白海豚在附近的活动造成一定干扰。同时施工船舶密集将增加中华白海豚遭受船舶撞击的风险。施工单位和建设单位应充分的重视工程施工对中华白海豚的影响，并及时采取有效的预防和补救措施，以尽量避免或最大程度的减轻对附近海域可能出现的中华白海豚的影响。

13.3.8 对工程附近海域重要渔业水域的影响

南海区内资源种类繁多，多数鱼类没有明显的洄游路线，没有越冬场。南海多数鱼类生殖力强，产卵期长、产卵场分散，除少数鱼和有相对集中的产卵场外，多数鱼种均分期产卵，鱼卵、仔鱼、稚鱼广泛地分布于整个陆架区，但其分布的密度不高。本工程不占用南海区相对集中的产卵场、索饵场。工程建设将直接占用的重要渔业水域为“南海北部幼鱼繁育场保护区”，占用面积为 16.93km²、“红塘湾沿海虾场”，占用面积为 12.61km²，其他重要生物种类的“三场一通道”和保护区与本工程的位置较远。工程施工产生的悬浮泥沙、施工噪声、水动力环境变化等会对鱼类的繁育、索饵等产生一定影响，但可通过在施工结束后及时采取增殖放流、构建人工鱼礁等生态补偿措施恢复渔业资源等措施，将影响控制在一定范围和程度内。

13.4 环境风险分析与评价结论

根据船舶事故统计分析和风险识别，本项目最大可信事故确定为施工期的护岸施工、吹填料运输等施工过程发生的操作性、海损性船舶溢油事故。

工程位于完全开放的海域，附近即为环境敏感的功能区海域，如果发生溢油事故，在不确定的风况条件下，油膜将不可避免地对各功能区产生直接不利影响。事故一旦发生，应立即采取铺设围油栏等措施，防止扩散。同时要注意如果有火灾危险，应先用凝油剂固化溢油，再用网式回收法回收；没有火灾危险时，则应尽量以回收为主，并使用吸油材料、撇油器或集油器等进行人工回收，尽力使事故危害性降到最低。

13.5 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

(1) 施工悬浮物防治措施

本项目建设过程中减少施工过程产生的悬浮物对海洋环境的影响，主要采用先围后填，设置防污帘、设置围堰提高沉降效果，加强对挖泥船、驳船等的监管等措施，在施工过程中定期

跟踪监测。可有效减少悬浮物入海造成的不良影响；

（2）岸滩冲淤环境及生态环境影响减缓措施

为减小项目建设对岸滩冲淤的影响，通过人工补沙、拦沙堤、离岸潜堤、生态护岸组合方案进行减缓。

工程建设造成一定程度的海洋生态、渔业资源损失，建设单位通过人工育苗、增殖放流的方式对海洋生物资源进行修复。其中，人工育苗、增殖放流的品种主要为红鱼苗和金鲳鱼苗，时间为5~8月份；

为减小对珊瑚礁的影响，工程施工时严格抛填、回填材料，尽量选择含泥和细砂尽可能少的材料，必要时进行洗沙、过筛以后再用；优化人工岛的施工方案，施工期避开珊瑚主要繁殖季节3~5月份；溢流口设置在有利于悬浮物远离珊瑚礁扩散的海域。

针对因岸线冲淤造成珊瑚礁的损失，工程采用人工补沙、拦沙堤、离岸潜堤等方式减缓岸线淤积，采用有效的岸滩防护方案实施后，由于岸线淤积导致的珊瑚礁直接覆盖面积由14.65减少到4.78公顷，大大改善了防护措施前的淤积导致珊瑚礁消失的情况

（3）施工废水污染防治措施

参加作业的船舶产生机舱含油污水，将按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》的要求予以铅封，运回陆地交由海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。船舶产生生活污水，将按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）的要求，收集在船上的卫生设施中，运回

施工营地产生的砼养护冲洗水、砂石料冲洗水等，设置临时水处理构筑物，如沉砂池、隔油池等，经处理后用于场地洒水抑尘，不外排；施工过程中，施工单位将在施工现场布置移动式环保型公厕，定期由环卫部门清运处理。

（4）固体废弃物污染防治措施

项目施工产生的船舶垃圾主要包括各种塑料废弃物、食品废弃物和生活废弃物等，根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018），项目施工过程中产生的船舶垃圾分类收集，运回陆地交由海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。陆域施工人员产生的生活垃圾，分类收集，交由环卫部门接收处理。项目建设过程中产生的工业垃圾主要包括废弃边角料、包装材料、油棉纱等，将其分类收集。其中一般废物交由环卫部门接收处理，含油危险废物海南宇康船舶科技服务有限公司接收处理。

综上，本工程采用的施工悬浮物、岸滩冲淤环境及生态环境影响、施工废水污染物、固体废弃物污染防治等一系列措施可有减缓工程建设对海洋环境的影响，工程采用的环境保护对策

措施的合理性、可行。

为保证采用的环境保护措施落实到位，建设单位应委托具有相关处理措施和能力的施工单位，并明确相关污染物处理要求。

13.6 环境管理措施

施工监理：应对围填海工程进行环境监理，监理内容包括生态保护、污染防治以及社会环境等环境保护工作的所有方面，以海洋生态环境保护和水土保持措施的落实为重点。

跟踪监测：根据工程的环境影响预测，针对现状监测站位选取了主要敏感目标所在的位置跟踪监测，在溢流口各设置一个站位进行跟踪监测，同时针对重要水生生物珊瑚、白海豚开展针对性跟踪监测，施工过程和施工后应在三亚湾至南山港之间对岸滩进行长期的跟踪调查。

13.7 区划规划和与政策符合性结论

13.7.1 海洋功能区划符合性结论

三亚新机场人工岛工程为三亚新机场的基础工程，新机场人工岛位于海南省三亚市红塘湾，属于《全国海洋功能区划（2011-2020年）》海南岛西南部海域，用海属性为工业与城镇用海。根据《全国海洋功能区划》对三亚市的功能要求为“主要发展滨海旅游和生态保护”建设三亚新机场，有利于促进本地区的旅游开发、促进世界旅游城市的建设，有利于提高三亚市及整个海南省的休闲旅游服务水平，推进海南岛的旅游观光，因此本项目有利于三亚市发展滨海旅游功能的发挥，本工程做为三亚新机场的基础工程，工程建设符合《全国海洋功能区划（2011-2020年）》。

根据《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案》（国海管字〔2016〕218号）【国家海洋局于2016年5月批复】，本工程所在海域海洋功能为“红塘湾工业与城镇用海区”本工程填海区范围控制在“红塘湾工业与城镇用海区”内，不会改变周边海洋功能区的海域自然属性，工程建设符合《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案-2016年》。

因此，因此工程建设符合《全国海洋功能区划》（2011-2020）、《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案-2016年》（2011-2020）两级海洋功能区划要求。

13.7.2 选址合理性评价结论

工程所在海域属于海南岛西南部海域，工程用海属性为工业与城镇用海。工程所在海域不

属于军事用海区、排洪泄洪区、航道、船舶定线制海区等敏感限制区，工程所在海域不属于《海南省生态保护红线》【琼府〔2016〕90号】限制红线区和禁止红线区。工程与“红塘港港口航运区”、“天涯海角旅游休闲娱乐区”、“南山旅游休闲娱乐区”、“南山农渔业区”和“三亚湾农渔业区”临近，正常情况下，工程建设不会影响上述功能区的主导功能，与全国海洋功能区划和山东省海洋功能区划的协调性较好，工程选址合理。

13.7.3 产业政策符合性结论

本项目属于国家发改委公布的《产业结构调整指导目录》（2019年本）中的鼓励建设项目，项目建设符合《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》及当地经济发展规划，符合清洁生产政策、节能减排政策、集约节约用海政策。

13.8 评价结论

三亚新机场人工岛工程符合《海南省海洋功能区划（红塘湾海域）修改方案》、《海南省海洋环境保护规划（2011-2020）》，符合国家产业政策，符合《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》及当地经济发展规划。工程建设对促进地方经济和海南旅游行业的发展具有积极的意义。三亚新机场人工岛工程所在海域海洋水质、沉积物和生物质量良好。施工期主要环境影响是护岸施工、填海造地引起的悬浮泥沙对海洋环境和海洋生态的影响。人工岛建成后的影响主要是对岸线冲淤环境的影响。

工程造成的海洋生态损失需要采用增值放流等生态补偿措施，工程建成后，人工岛后方形成波影区，造成一定范围内岸线的淤积与冲刷，淤积岸线造成一定面积珊瑚的损害，建设单位拟通过建设潜堤、离岸堤和人工补沙等方式减缓对岸滩冲刷的影响，通过迁地保护、生境重建、投放人工鱼礁等措施减缓因工程建设对沿岸珊瑚造成的损害。

总体来看，项目采用的海洋环境影响措施具有针对性，可有效减缓三亚新机场人工岛工程建设带来的不利影响。公众参与调查表明，未收到公众反对意见。在落实上述所提的各项工程防护措施、生态保护措施和风险防范措施，从区域社会经济发展和海洋环境影响角度综合考虑，三亚新机场项目设是可行的。