

三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏

海域使用论证报告书

(公示稿)

中国海洋大学三亚海洋研究院

二〇二一年六月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4602042021000592		
论证报告所属项目名称	三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏		
一、编制单位基本情况			
单位名称	中国海洋大学三亚海洋研究院		
统一社会信用代码	12460200MB18184880		
法人代表	于志刚		
联系人	周海珍		
联系人手机	13907684270		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
于华明	BH000819	论证项目负责人	
于华明	BH000819	1. 概述 4. 项目用海资源环境影响分析 9. 结论与建议	
王启	BH001320	2. 项目用海基本情况 3. 项目所在海域概况	
胡信淼	BH000820	7. 项目用海合理性分析 8. 海域使用对策措施	
王沙沙	BH001319	5. 海域开发利用协调分析 6. 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析	
<p>本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。</p> <p style="text-align: center;">承诺主体(公章):</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>			

目 录

1 概述.....	5
1.1 论证工作来由.....	5
1.2 论证依据.....	6
1.2.1 法律法规.....	6
1.2.2 技术标准和规范.....	8
1.2.3 项目基础资料.....	9
1.3 论证工作等级和范围.....	10
1.3.1 论证工作等级.....	10
1.3.2 论证范围.....	10
1.4 论证重点.....	11
2 项目用海基本情况.....	12
2.1 用海项目建设内容.....	12
2.2 平面布置及结构.....	13
2.3 三亚凤凰岛二期项目拆除工程概述.....	16
2.3.1 工程现状概况.....	16
2.3.2 拆除原则.....	17
2.3.3 总体拆除方案.....	17
2.3.4 拆除方案.....	18
2.4 项目建设进度.....	26
2.5 项目申请用海情况.....	26
2.6 项目建设必要性.....	29
2.6.1 项目建设必要性.....	29
2.6.2 项目用海必要性.....	30
3 区域自然环境概况和社会经济概况.....	31
3.1 自然条件概况.....	31
3.1.1 自然条件.....	31
3.1.2 水文.....	37
3.1.3 地形、地貌.....	52
3.1.4 地质.....	53
3.1.5 地震.....	54
3.2 社会环境概况.....	54
3.2.1 社会环境.....	54
3.2.2 经济环境.....	54
3.2.3 自然资源概况.....	55
3.3 海域开发活动和海域使用现状.....	57
3.4 环境质量现状调查与评价.....	63
3.4.1 站位布设.....	63
3.4.2 调查项目及调查方法.....	64

3.4.3	评价标准与评价方法.....	65
3.4.4	水环境调查结果与评价.....	69
3.4.5	沉积物环境调查与评价.....	89
3.4.6	生物体质量调查与评价.....	96
3.5	海洋生态调查.....	99
3.5.1	站位布设.....	99
3.5.2	叶绿素 a 和初级生产力.....	100
3.5.3	浮游植物.....	105
3.5.4	浮游动物.....	109
3.5.5	大型底栖生物.....	114
3.5.6	潮间带生物.....	121
3.5.7	鱼类浮游生物.....	125
3.5.8	游泳生物.....	128
3.5.9	生态小结.....	135
4	项目用海资源环境影响分析.....	138
4.1	水文动力环境影响分析.....	138
4.2	水质环境的影响预测与评价.....	149
4.3	沉积物环境影响预测分析.....	149
4.4	工程建设对周围环境敏感目标影响分析.....	150
4.5	生态影响分析.....	151
4.6	海洋生态损害与补偿.....	152
4.7	项目用海风险分析.....	153
4.7.1	台风、风暴潮事故影响分析.....	153
4.7.2	溢油事故影响分析.....	154
5	海域开发利用协调性分析.....	160
5.1	项目用海对海域开发活动的影响.....	160
5.2	利益相关者界定.....	160
5.3	相关利益协调分析.....	161
5.4	项目用海对国防安全、国家权益的影响分析.....	161
5.4.1	对国防安全和军事活动的影响分析.....	161
5.4.2	对国家海洋权益的影响分析.....	161
6	项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析.....	162
6.1	海洋功能区划符合性分析.....	162
6.2	与《海南省生态保护红线管理规定》的符合性分析.....	167
7	项目用海合理性分析.....	168
7.1	用海选址合理性分析.....	168
7.1.1	用海选址的区位和社会条件适宜性.....	168
7.1.2	用海选址的自然资源、生态和环境条件适宜性.....	168
7.1.3	用海选址与周边海域其他用海活动的适应性分析.....	168
7.1.4	项目用海选址唯一性.....	169
7.2	用海方式和平面布置合理性分析.....	169
7.2.1	平面布置合理性分析.....	169
7.2.2	用海方式合理性分析.....	170
7.3	用海面积合理性分析.....	170

7.3.1 界址点的确定.....	170
7.3.2 面积量算.....	171
7.4 用海期限合理性分析.....	174
8 海域使用对策措施.....	175
8.1 区划实施对策措施.....	175
8.2 开发协调对策措施.....	175
8.3 风险防范对策措施.....	176
8.3.1 风暴潮事故防范措施.....	176
8.3.2 赤潮风险防范对策措施.....	177
8.3.3 溢油事故防范对策措施.....	178
8.4 监督管理对策措施.....	180
9 结论与建议.....	182
9.1 结论.....	182
9.1.1 项目用海基本情况.....	182
9.1.2 项目用海必要性结论.....	182
9.1.3 项目用海资源环境影响分析结论.....	182
9.1.4 海域开发利用协调分析结论.....	183
9.1.5 项目用海与海洋功能规划及相关规划符合性分析结论.....	183
9.1.6 项目用海合理性分析结论.....	183
9.1.7 项目用海可行性结论.....	183
9.2 建议.....	184
现场勘查资料.....	185

1 概述

1.1 论证工作来由

三亚市位于海南岛南端，属于热带滨海旅游城市，城市陆地总面积约 1919.6km²，海域总面积约 3226km²，其中规划市区面积约 37km²。东西长 91.6km，南北宽 51km，常住人口为 74.2 万人，聚居了汉、黎、苗、回等 20 多个民族。2009 年 12 月 31 日，国务院批准《关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》，海南国际旅游岛建设正式上升为国家战略。2020 年 6 月 1 日，中共中央、国务院印发了《海南自由贸易港建设总体方案》，方案强调，在海南建设自由贸易港，是推进高水平开放，建立开放型经济新体制的根本要求；是深化市场化改革，打造法治化、国际化、便利化营商环境的迫切需要；是贯彻新发展理念，推动高质量发展，建设现代化经济体系的战略选择；是支持经济全球化，构建人类命运共同体的实际行动。

为了实现将三亚建成国际邮轮中心港的目标，三亚凤凰岛国际邮轮港一期工程 8 万吨级邮轮泊位码头于 2006 年 11 月建成投入使用，是中国第一座邮轮专用码头。凤凰岛国际邮轮港的主体建筑凤凰岛一期工程是依托白排礁通过填海造地建成的人工岛，该岛四面临海，由一座长 394 米、宽 17 米的跨海观光大桥与市区滨海大道三亚湾路及光明路相连，距三亚市繁华商业主路解放路直线距离小于 1000 米。凤凰岛南侧临鹿回头公园，东南侧临三亚河入海口，西侧为东、西玳瑁岛，北侧濒临长 17 公里的三亚湾海滩。

为了满足日益增长的玩家吞吐量需求，三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程包括 2 座 15 万吨泊位，2 座 22.5 万吨泊位和 1 座 49.86 万 m² 的人工岛于 2014 年 4 月开工建设，2016 年 12 月建成。

2017 年 7 月，第一轮中央环保督察组进驻海南提出“由于填岛造成水流变化并降低水体交换能力，三亚湾西部岸线遭到侵蚀、三亚河污染加剧等不良后果已经显现。”

2020 年 5 月，中央第三生态环境保护督察组（以下简称督察组）对海南省开展了第二轮生态环境保护督察，并对自然保护区生态环境问题统筹开展专项督察。经党中央、国务院批准，督察组向海南省委、省政府进行了反馈。督察认为，海南省认真学习贯彻习近平总书记关于海南生态文明建设和生态环境保护重要

讲话和重要指示批示精神，把生态环境保护摆在重要位置，生态环境保护工作取得积极进展，全省大气和水环境质量保持全国领先水平。同时也指出，海南省生态环境保护工作虽然取得积极进展，但是仍存在对第一轮督查整改工作不力等问题。其中三亚市未依据最新评估意见开展凤凰岛填海项目区生态修复，修复治理大打折扣。

2020年10月，省委省政府公布的《海南省贯彻落实中央第三环境保护督察组督察报告方案》。2021年2月20日~21日，海南省生态环境厅组织对项目拆除技术方案及论证报告进行了专家审查，并提出了专家审查意见。2021年3月，省生态环境保护督察整改工作领导小组办公室在海口市组织召开了三亚凤凰岛二期项目整改拆除技术方案及论证报告审查会，审查意见为“会议原则同意推荐的凤凰岛二期项目拆除方案三”，即将三亚凤凰岛二期项目全部拆除，原则上恢复建设前原状。

三亚凤凰岛二期项目拆除工程中，为了减少拆除作业过程中海洋环境污染、减轻生态环境破坏，需要配套进行拦污屏建设，依据《中华人民共和国海域使用管理法》的规定以及《海域使用管理技术规范》的要求，拦污屏建设运营项目用海需进行海域使用论证。为此，三亚市天涯区交通运输局委托我单位承担三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏的海域使用论证工作。我单位对项目用海海域情况进行了详细的调查和分析，编制了《三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏海域使用论证报告书》。

1.2 论证依据

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

1.2.1 法律法规

1、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海域使用管理法》，2001年10月27日发布，2002年1月1日实施；

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

3、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017年11月5日实施；

4、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国港口法》，2003年6月28日发布，2004年1月1日实施；

5、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国渔业法》，2013年12月28日发布，2014年3月1日实施；

6、全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国海上交通安全法》，1983年9月2日发布，1984年1月1日实施；

7、中华人民共和国国务院，《防治船舶污染海洋环境管理条例》，2009年9月9日发布，2010年3月1日实施

8、《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018年3月19日，中华人民共和国国务院令 第698号；

9、中华人民共和国国务院，《中华人民共和国自然保护区条例》，2011年1月8日发布，2011年1月8日实施；

10、《海南经济特区海岸带保护与开发管理规定》，2013年3月30日海南省第五届人民代表大会常务委员会第一次会议通过，2013年5月1日起施行；

11、《海南省实施<中华人民共和国海域使用管理法>办法》，2005年5月27日海南省第三届人民代表大会常务委员会第十七次会议通过，2008年7月31日海南省第四届人民代表大会常务委员会第四次会议通过第一次修正 2014年11月26日海南省第五届人民代表大会常务委员会第十一次会议通过第二次修正；

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

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

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

15、《海南省红树林保护规定》，1998年9月24日海南省第二届人民代表大会常务委员会第三次会议通过，根据2004年8月6日海南省第三届人民代表

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

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

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

18、《海南省海洋主体功能区划》，2018年2月；19、《海南省海洋环境保护规划（2011-2020年）》，2012年7月；

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

21、《三亚总体规划（空间类）2015-2030》；

22、《三亚热带海滨风景名胜区总体规划（2017-2030年）》。

1.2.2 技术标准和规范

1.《海域使用论证技术导则》（2010年）；2、国家海洋局，《海籍调查规范》（HY/T124-2009），2009年3月发布，2009年5月实施；

3、国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会，《海洋监测规范》（GB17378-2007），2007年10月18日发布，2008年5月1日实施；

4、国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会，《海洋调查规范》（GB/T12763-2007），2007年8月13日发布，2008年2月1日实施；

5、中华人民共和国环境保护部，《近岸海域环境监测规范》（HJ442-2008），2008年11月发布，2009年1月1日实施；

6、国家环保总局，《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2004），2004年12月11日发布，2004年12月11日实施；

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

8、中华人民共和国交通运输部，《海港总体设计规范》（JTJ165-2013），2013年1月发布，2014年05月实施；

9、国家海洋局，《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002年4月30日实施；

10、国家环境保护总局，《海水水质标准》（GB3097-1997），1998年7月21日发布，1998年7月21日实施；

11、国家质量监督检验检疫总局，《海洋沉积物质量》（GB18668-2002），2002年3月发布，2002年10月实施；

12、国家质量监督检验检疫总局，《海洋生物质量》（GB18421-2001），2001年8月发布，2002年3月实施；

13、国家海洋局，《国家海洋局关于印发<宗海图编绘技术规范（试行）>的通知》，2016年5月3日；

1.2.3 项目基础资料

1、《三亚凤凰岛二期项目整改拆除技术方案（修编稿）》，中铁第四勘察设计院集团有限公司，2021年3月；

2、《凤凰岛二期项目整改生态环境改善效果数学模型方案论证》，南京水利科学研究院，2021年3月；

3、《凤凰岛二岛项目拆除工程交通组织方案》，中国城市规划设计研究院2021年2月；

4、《凤凰岛二期项目整改拆除施工安全影响论证》，南京水利科学研究院中铁第四勘察设计院集团有限公司，2020年10月；

5、《三亚凤凰国际邮轮母港功能布局》，海南省建设项目规划设计研究院，2020年10月；

6、《三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程工程可行性研究报告（报批稿）》，中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2011年10月；

7、《三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程初步设计（报批稿）》，中交第四航务工程勘察设计院有限公司，2012年11月；

8、《三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程施工图设计》，中交第四航务工程勘察设计院有限公司2014年5月。

9、其它项目工程资料。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保配套工程，通过设置拦污屏降低工程施工过程悬浮物扩散对海洋环境的影响。

本项目用海类型为其他用海，用海方式为开放式中的其它开放式，项目用海面积为 50.1618hm²。

本项目论证工作等级依据《海域使用论证技术导则》中确定评价工作等级的方法（见表 1.3.1-1）确定，根据导则要求：“项目用海存在表 1 中未包含的用海方式时，可根据用海特征、用海规模、对海域自然属性的影响程度和用海风险等，按相近的用海方式界定论证等级。”本项目参照明相近的用海方式（开放式养殖用海和浴场、游乐场用海）界定论证等级，本着就高不就低原则，最后确定论证等级为二级。

表 1.3.1-1 海域使用论证工作等级划分表

一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
开放式用海	开放式养殖用海		用海面积 ≥ 700 公顷	所有海域	二
			用海面积 < 700 公顷	所有海域	三
	浴场、游乐场用海		用海面积 ≥ 30 公顷；占用岸线 ≥ 500m	所有海域	二
			用海面积 < 30 公顷；占用岸线 < 500m	所有海域	三
	航道		长度 ≥ 10km	所有海域	一
			长度 < 10km	所有海域	二
	锚地	危险品锚地	所有规模	所有海域	二
		其他锚地	所有规模	所有海域	三
	温排水等开放式用海	核电、火电温排水	所有规模	所有海域	一
		其他温排水	所有规模	所有海域	二

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（2010年8月），论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，二级论证向外扩展 8km，因此本项目论证范围确定为以项目外边缘线向外扩展 8km，论证范围面积约 156km²（只对海域部分进行评价，陆域部分不在本报告评价范围），如图 1.3.2-1 所示，论证范围拐点坐标见表 1.3.2-1。

表 1.3.2-1 论证范围拐点坐标

点号	纬度 (N)	经度 (E)
A	109°25'21"	18°17'222"
B	109°21'5"	18°15'24"
C	109°26'37"	18°07'19"
D	109°32'22"	18°10'46"



图 1.3.2-1 论证工作范围示意图

1.4 论证重点

根据项目所在海域的自然环境条件、海洋资源分布、海洋功能区分布特点及海洋资源开发利用现状，结合项目用海性质及其对周边海域可能造成的影响，本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保配套工程，用海类型为其他用海，用海方式为开放式中的其它开放式，项目用海面积为 50.1618hm²。根据本项目用海类型、用海方式、用海规模和项目位置等基本情况，确定本项目的论证重点为：

- 1、项目选址合理性分析；
- 2、项目用海方式和平面布置合理性分析；

3、项目对资源环境影响分析。

表 1.4-1 本项目论证重点

用海类型	用海方式	论证重点						
		用海必要性	选址(线)合理性	用海方式和布置合理性	用海面积合理性	海域开发利用协调分析	资源环境影响	用海风险
其他用海	其它开放式		▲	▲				▲

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

- 1、用海项目名称：三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏。
- 2、项目性质：新建项目。
- 3、用海类型及方式：本用海类型为其他用海，用海方式为开放式中的其它开放式。
- 4、用海规模：本项目申请用海面积为 50.1618hm²。
- 5、项目建设单位：三亚市天涯区交通运输局。
- 6、用海地理位置：项目位于海南省三亚市三亚湾东侧，东侧临三亚河入海口，东南侧临鹿回头公园，西侧为东、西玳瑁岛，北侧濒临长 17 公里的三亚湾海滩。工程地理位置见图 2.1-1 至图 2.1-2。
- 7、建设内容：本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保配套工程，通过设置拦污屏降低海岛拆除过程中产生悬浮物对海洋环境的影响。拦污屏沿凤凰岛二期人工岛护岸岸线平行布置，距离凤凰岛二期填海区约 100m，北侧珊瑚礁区外扩约 200 米，拦污屏长度共计约 4.5km。
- 8、工程工期：工程建设总工期约 18 个月。



图 2.1-1 项目位置示意图



图 2.1-2 项目用海遥感位置图

2.2 平面布置及结构

1、平面布置原则

(1) 坚持环境保护优先，统筹凤凰岛二岛项目整改和国际邮轮母港功能发挥，科学论证，争取最大限度恢复生态环境。

(2) 在满足邮轮码头正常使用的前提下，减小平面布置尺度，增加透水式构筑物，尽可能降低对海洋环境影响。

(3) 合理进行总平面布置，确保邮轮码头结构安全和作业安全。

(4) 符合国家及地方颁布的相关法律、法规、规定和相关标准、规范、规程的规定。

2、总平面布置及结构尺寸

三亚凤凰岛二期项目拆除工程施工期间，施工扰动水体导致水体浑浊，为尽量减小其生态环境影响，考虑在施工区域周围设置拦污屏，拦污屏可随海水涨落，中间为土工布，起过滤作用，下面固定在海底，使得工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，阻止其向外扩散，减小相邻海水水质和生态的影响。

同时在施工期，对珊瑚礁、浮游生物等附近海域进行实时动态监测，根据悬浮泥沙浓度的大小对拦污屏层数的设置和布置进行适当调整，严防悬浮物扩散到保护区内。

拦污屏沿凤凰岛二期人工岛护岸岸线平行布置，距离凤凰岛二期填海区约100m，北侧珊瑚礁区外扩约200米，拦污屏长度共计约4.5km。拦污屏可随海水涨落，中间为土工布，起过滤作用，上面由自浮体牵引漂浮，下面由铁锚固定海底。拦污屏将设置两层以增强悬浮泥沙阻拦效果。

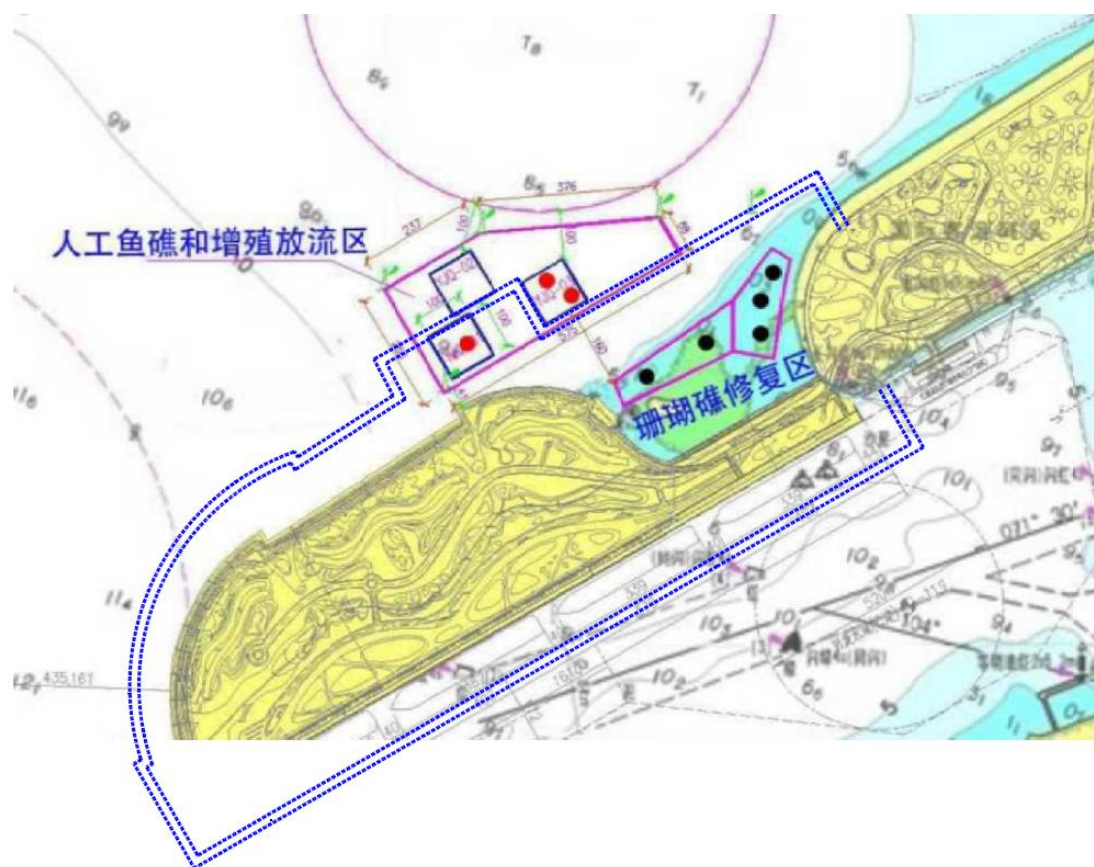


图 2.2-1 拦污屏布置示意

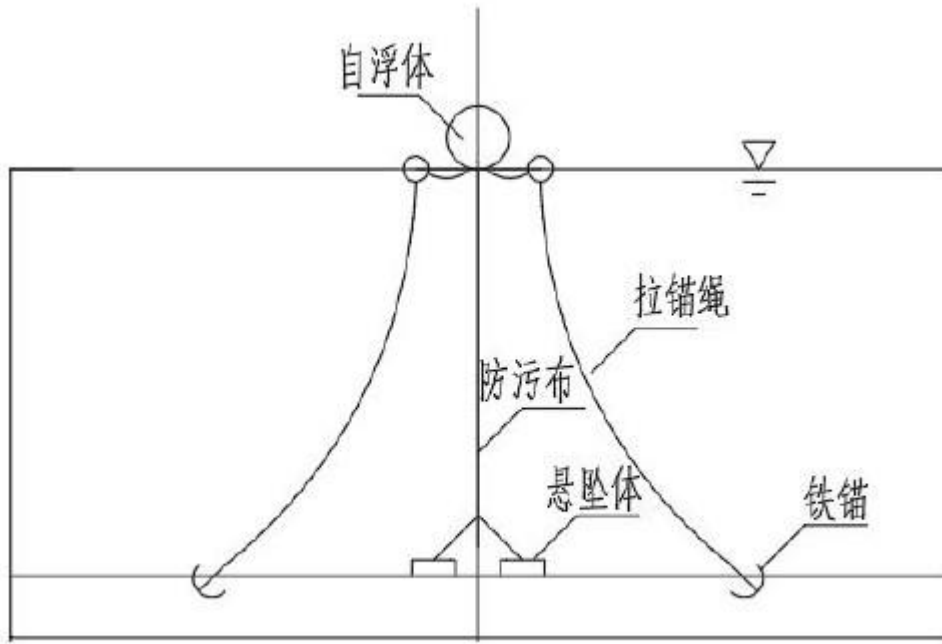


图 2.2-2 拦污屏断面图

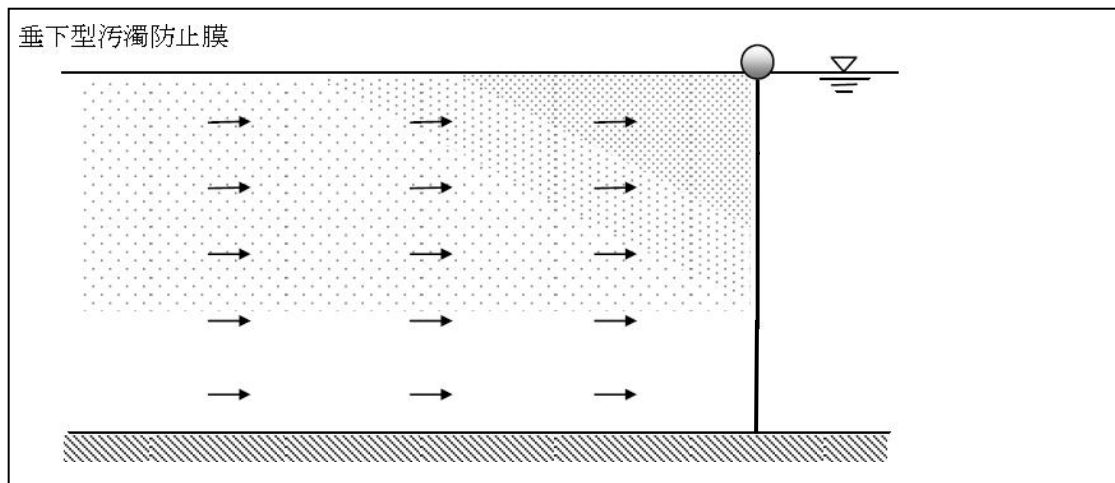


图 2.2-3 防污帘布置及悬浮泥沙拦截示意图



图 2.2-4 固定式防污帘实例

2.3 三亚凤凰岛二期项目拆除工程概述

2.3.1 工程现状概况

本工程要拆除的是三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程，共两个泊位，分别为 3#泊位和 4#泊位（以下长度统计数据来自于原凤凰岛施工图）。4#泊位为 15 万 GT 邮轮泊位 1 个，泊位岸线长 454.3m，3#泊位为 10 万 GT 邮轮泊位 1 个。码头前沿停泊水域设计底标高为-11.6m，港池、航道以及回旋水域设计底标高为-11.9m。码头后方填海造陆有效成陆面积约 49.75（45.2+4.55）万 m²。由南侧码头岸线（454.3m），西护岸（624.7m），北护岸直线段（480.6m）。北护岸弧线段（311.7m），南护岸（674m）、过渡段护岸 2（212.5m）、3#泊位岸线长（347m），结构过渡段长（29.715m）。过渡段护岸 1 长（365.7m），东护岸长（186.3m）。

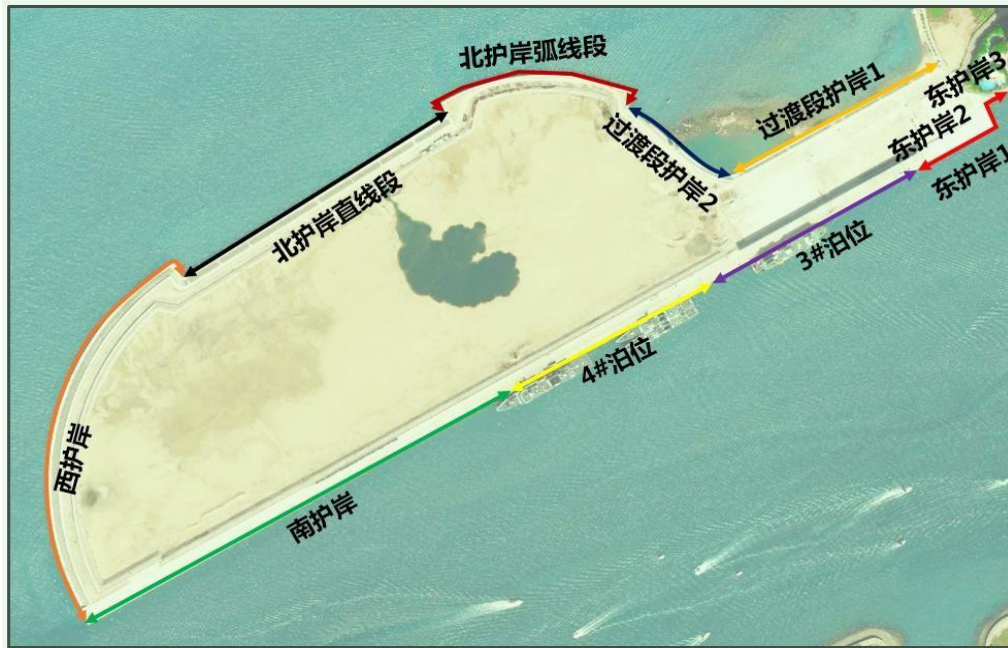


图 2.3.1-1 拆除工程总平面布置图

2.3.2 拆除原则

- (1) 制定合理可行的拆除方案，满足设计需求。
- (2) 拆除方案保证施工过程中的安全稳定，避免出现大范围坍塌、滑坡等事故。
- (3) 制定合理可行的环保专项方案，尽可能避免对海洋生态环境再次造成破坏。
- (4) 拆除方案尽可能避免施工对周边相邻工程的影响，保证周边构筑物安全。

2.3.3 总体拆除方案

根据现场实际情况及自然条件，为了减少悬浮物对周边水体造成污染，可利用现状护岸及码头结构作为防护屏障，因此拆除顺序为先拆除围堰内海砂，再进行码头、护岸结构拆除。为保证施工机械安全，码头及护岸结构拆除总体上由西南护岸内外两侧分别向一期工程通道方向进行拆除，最后进行东护岸拆除，为施工机械预留安全撤离通道。拆除工程结束后及时进行生态修复。



图 2.3.3-1 拆除顺序（平面顺序）

2.3.4 拆除方案

1、拆除顺序

(1) 拆除工序 1

①选择风浪较小的北护岸弧线段开辟船舶进岛缺口，缺口宽度约 100m。

北护岸弧线段为沉箱结构，首先采用液压破碎锤将混凝土胸墙破碎拆除，随后采用伸缩臂挖掘机将沉箱仓格内块石和沉箱后方块石棱体进行挖除，随后采用 1600t 起重船将沉箱整体吊运至破碎点进行破碎。预计拆除沉箱 10 个，施工周期约 2 个月。

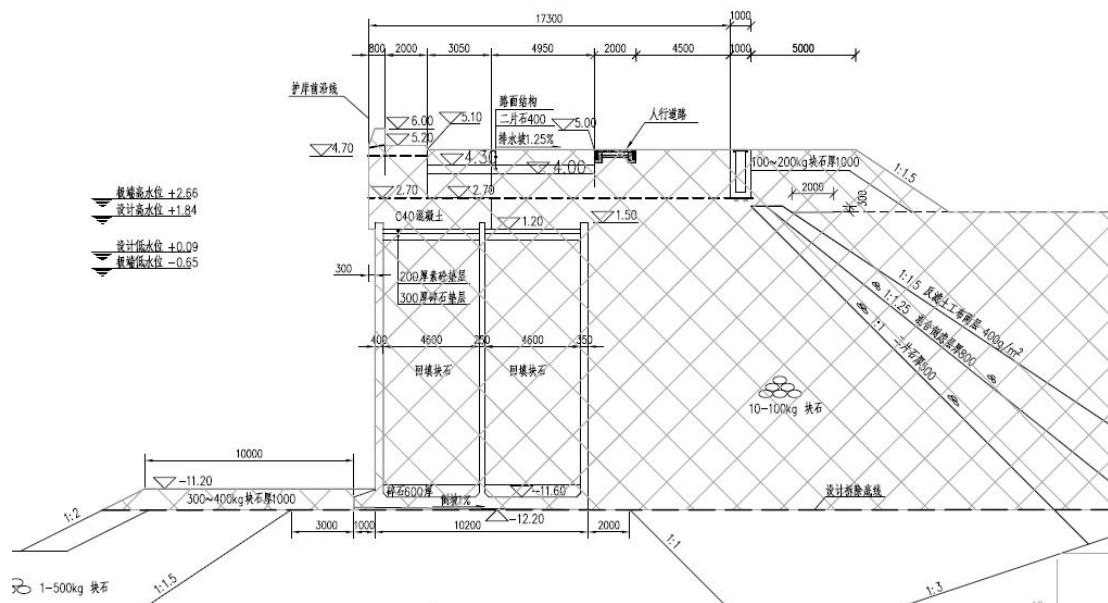


图 2.3.4-1 北护岸弧线段断面图

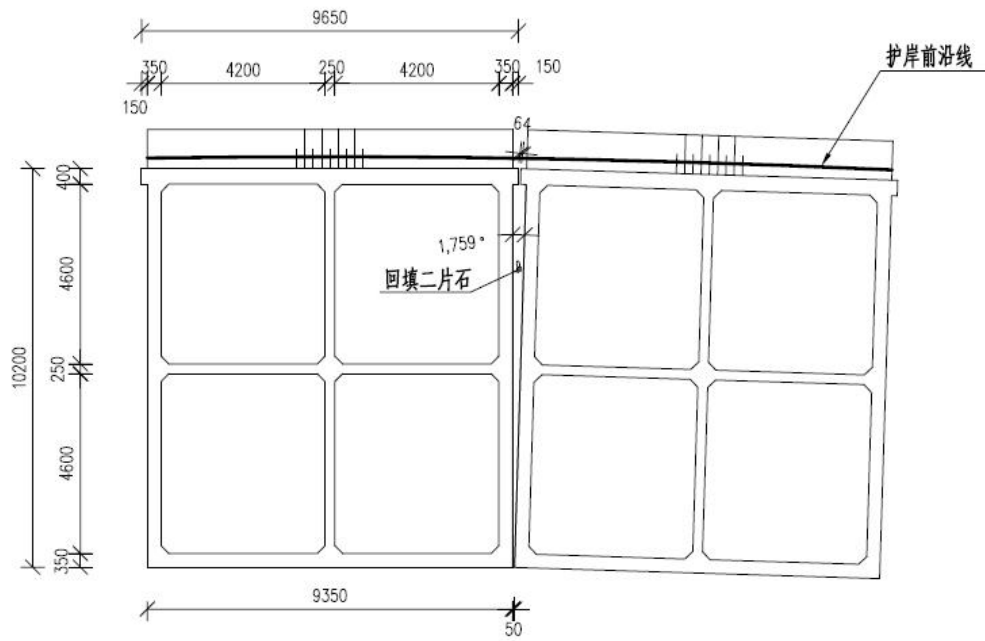


图 2.3.4-2 北护岸弧线段沉箱安装大样图



图 2.3.4-3 拆除工序 1 示意图

② 岛内砂石料开挖

岛内填料挖除分为陆上开挖和水上开挖两部分，-1.0m 标高以上部分采用陆上挖掘机开挖装自卸汽车运输至装料码头装驳，-1.0m 标高以下部分采用抓斗挖泥船配运输驳船进行开挖。

陆上开挖合计约 90 万 m^3 ，配置挖掘机 30 台，自卸汽车 60 台进行运输装驳，施工工期约 50 日历天。

水上开挖配备 3 艘 18 m^3 抓斗挖泥船施工，每个抓斗船配备 3 艘运输驳船。

水上开挖约 300 万 m³，预计施工周期约 6 个月。



图 2.3.4-4 拆除工序 2 示意图

③码头及护岸结构拆除

码头及护岸结构拆除工程量大，施工效率低，需多个作业面施工。计划开辟 2 个起点，一是由西南护岸两侧分别向一岛方向进行拆除，二是从进岛口门向两侧拆除。

直立式沉箱结构拆除工艺与进岛缺口施工工艺基本相同。首先采用液压破碎锤将上部混凝土胸墙破碎拆除，随后采用伸缩臂挖掘机将沉箱仓格内石料挖除，最后采用大型起重船将沉箱整体吊运至陆上进行破碎，破碎后的渣料装驳运输至南山港上岸，倒运至指定地点堆存。具体机械数量详见主要船机设备配置表。

斜坡式护岸结构采用液压破碎锤将混凝土结构破碎挖除，随后采用吊机将护面块体（扭王字块和栅栏板）吊运拆除。护岸堤身块石采用挖掘机进行水上部分挖除，水下部分采用 18m³抓斗挖泥船进行挖除。

码头及护岸结构拆除约需 10 个月。

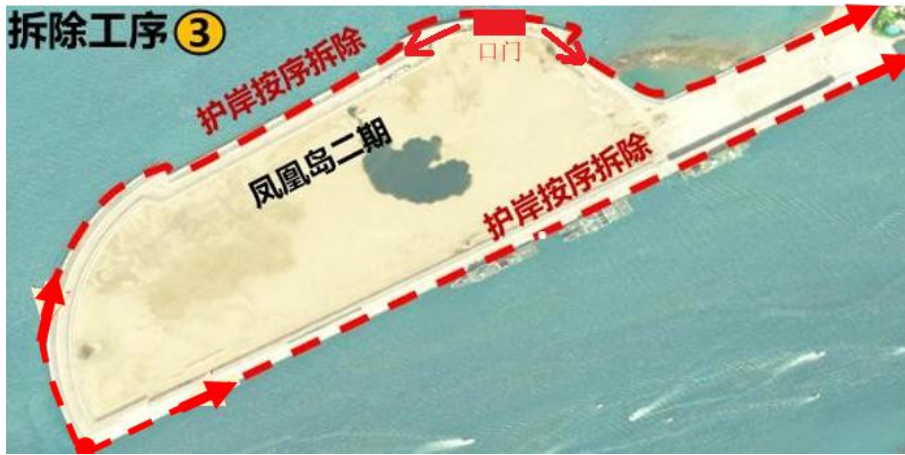
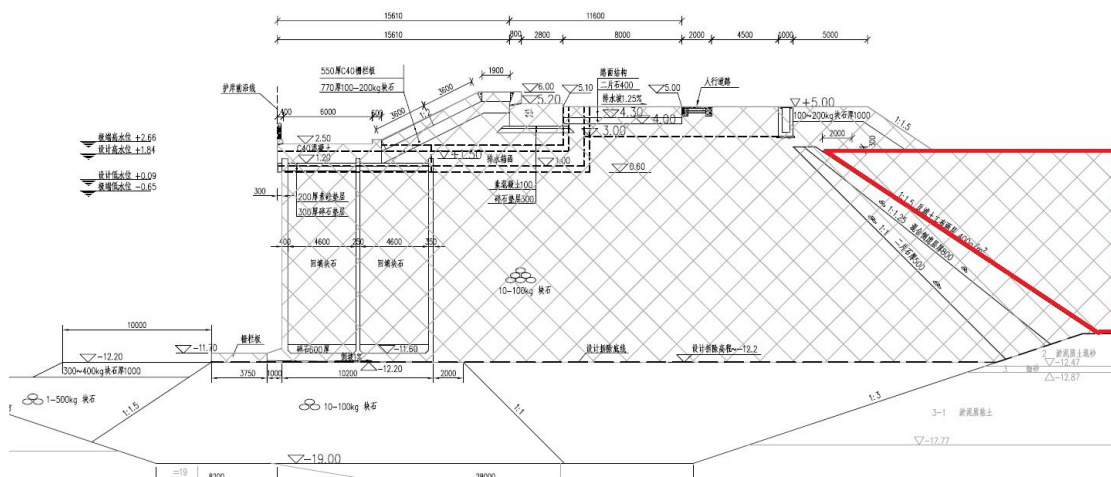


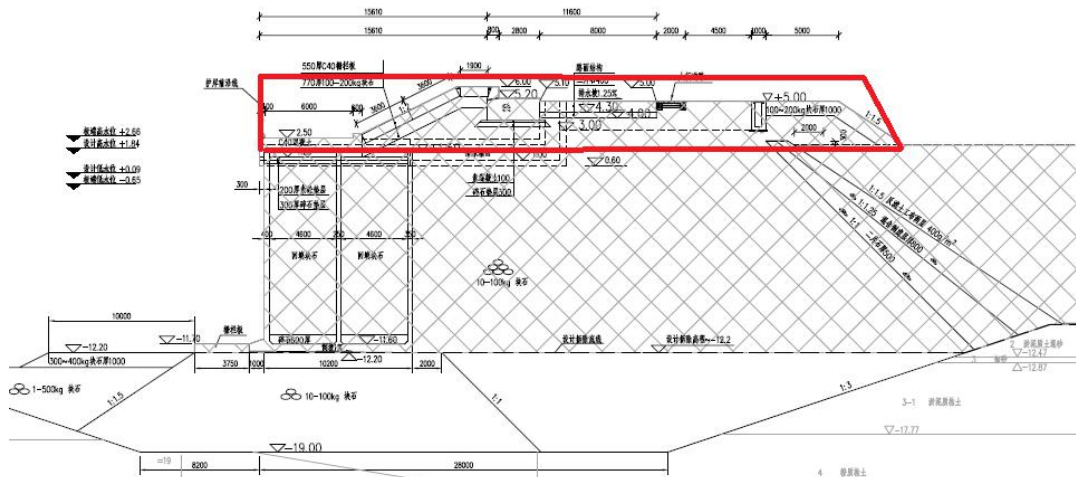
图 2.3.4-5 拆除工序 3 示意图

(2) 岛内部分拆除顺序

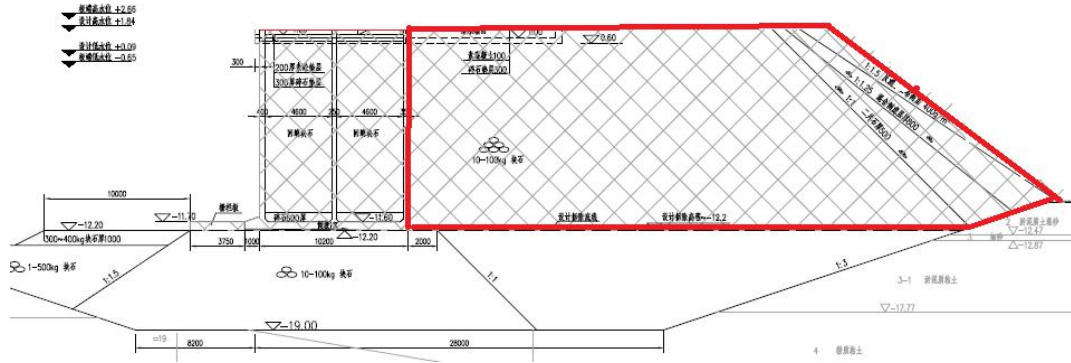
① 水上挖除海砂至自然海床；



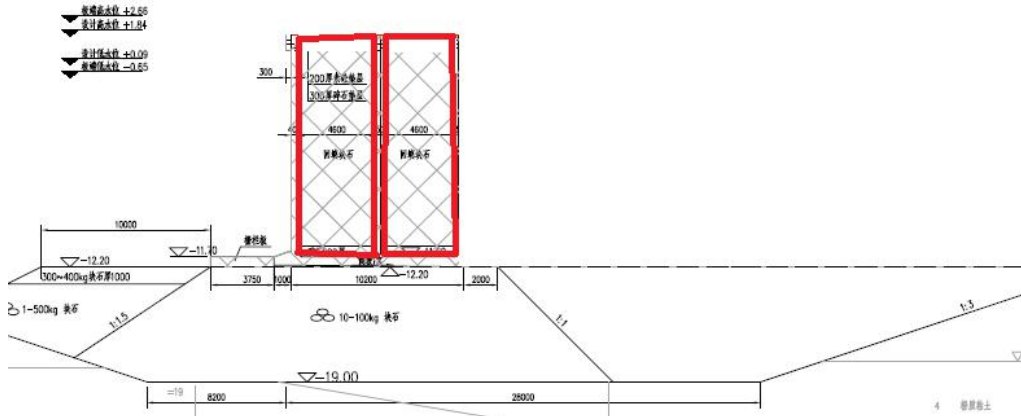
② 陆上挖除面层及块石至沉箱顶标高；



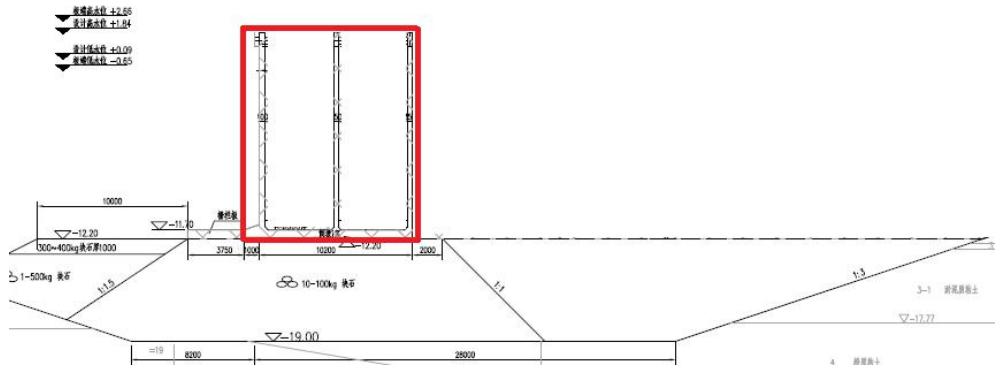
②水上挖除棱体块石至基床顶高程；



③ 水上逐步挖除沉箱内回填块石；

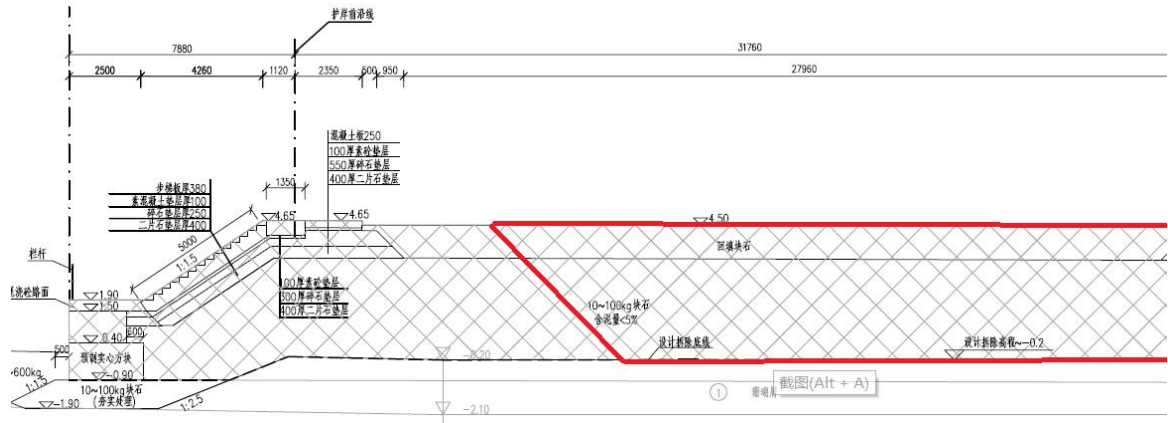


④水上拆除沉箱

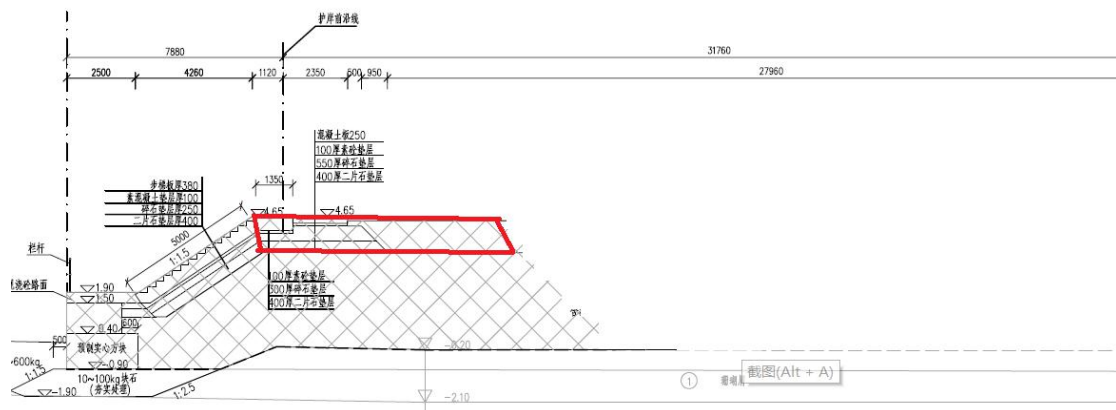


(2) 连通段拆除顺序

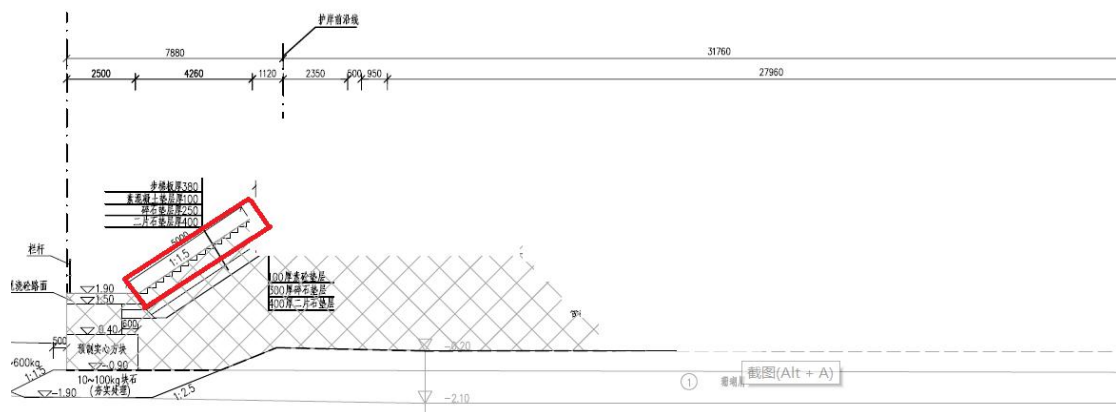
①陆上挖除回填块石至自然海床；



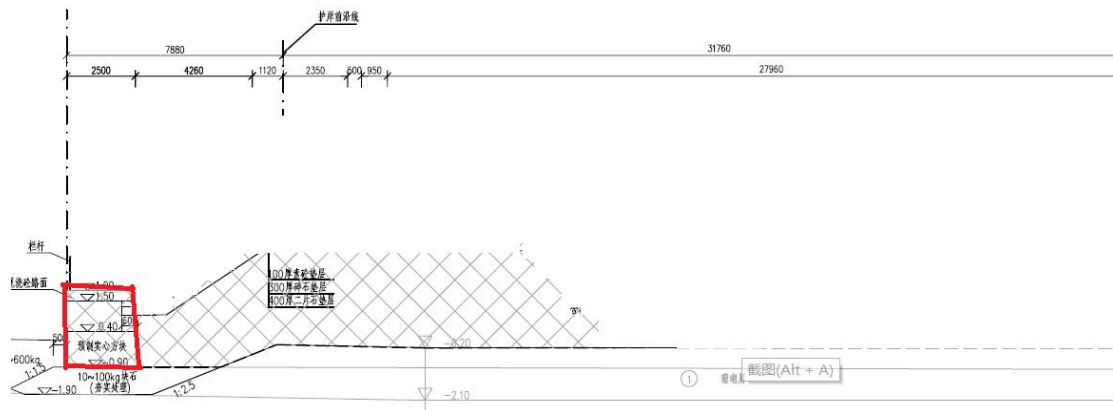
②陆上挖除面层及挡墙至挡墙底标高;



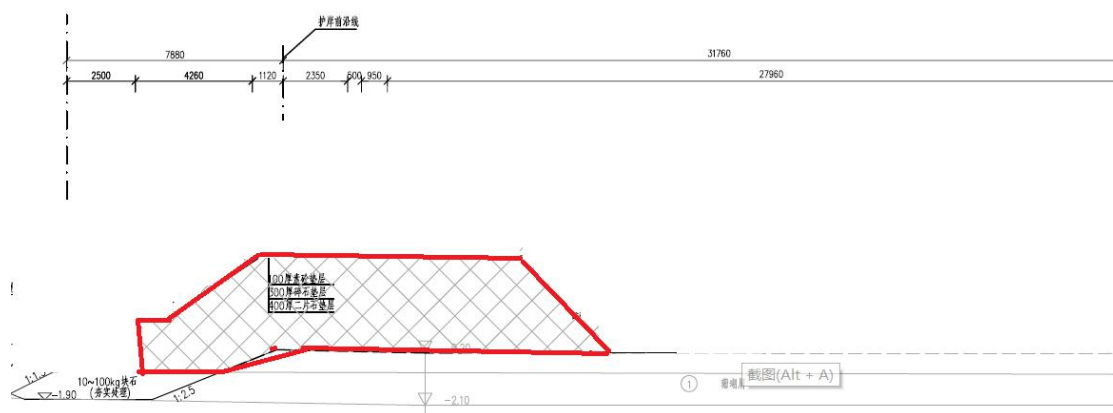
③陆上拆除栅栏板和压顶;



④陆上拆除块石和实心方块;



⑤陆上挖除回填块石至自然海床；



2、拆除工艺

(1) 胸墙及面层结构拆除

陆上使用液压破碎锤凿碎现状胸墙及堤顶面层结构，破碎后的渣料采用挖掘机装车运输至装料码头装驳，运输驳船将破碎的渣料运输至南山港码头，后陆上堆存处置。

混凝土破碎采用雾炮机进行降尘，同时合理安排作业时间，降低噪音对周边区域的影响。

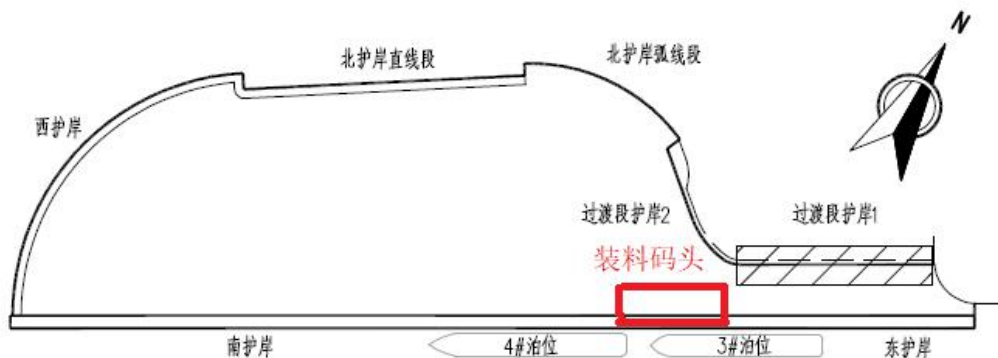


图 2.3.4-6 装料码头平面位置图

(2) 扭王字块拆除

扭王字块拆除采用水上、陆上相结合的方式拆除，扭王字块共计约 2000 块。

水上采用起重船进行海上起吊拆除施工，其中块体破损严重部分现场采用液压破碎锤破碎、装车，运至平板驳，经海运至南山港，卸船后陆上运输后至指定堆存位置，保存完好的块体现场临时储存，用于拆除完成后防护一岛南侧海堤。

陆上采用履带吊进行起吊拆除，块体处置方式同上。

(3) 栅栏板拆除

栅栏板采用陆上履带吊进行起吊拆除，起吊后运输装驳，经海运至南山港，卸船，陆上运输后至指定地点堆存。

(4) 水面以上砂石料挖除

水面以上部分（-1.0m 以上）挖除采用挖掘机进行，挖出砂石料由自卸汽车运输至临时装料码头装驳，经海运至南山港，卸船，陆上运输后至指定堆存位置。

(5) 水面以下砂石料挖除

① 岛内部分

水面以下（-1.0m 以下）砂石料挖除采用抓斗挖泥船+深仓船进行施工，抓斗挖泥船将砂石料抓起装入深仓船，深仓船将砂石料运到现场装料码头附近堆存，待砂石料脱水晾干后，再采用自卸汽车倒运装驳，经海运至南山港，卸船，陆上运输后至指定堆存位置。

② 连通段

水面以下（+1.0m 以下）砂石料挖除采用长臂挖掘机+自卸汽车+平板驳船进行施工，长臂挖掘机将砂石料抓起装车，自卸车将砂石料装驳，由驳船将砂石料经海运至南山港，卸船，陆上运输后至指定堆存位置。

(6) 沉箱内块石回填料挖除

沉箱内块石回填料采用伸缩臂挖掘机进行清挖，伸缩臂挖掘机停靠在码头、护岸外侧进行施工，清出的块石装车，运至平板驳，经海运至南山港，卸船，陆上运输后至指定堆存位置。

(7) 沉箱结构拆除

沉箱结构拆除，待沉箱内块石回填料清理干净后，采用起重船整体吊出后，就近放置在未拆除的结构顶面进行现场破碎，破碎场地随着沉箱拆除施工进展而移动，破碎过程中采用雾炮机进行降尘处理，破碎完成后装车倒运至运输驳船，经海运至南山港，陆上倒运至指定堆存位置。

单个沉箱最大重量约 772t，采用 1600t 起重船，可满足起吊要求。

2.4 项目建设进度

本工程总工期约 18 个月。

2.5 项目申请用海情况

本用海类型为其他用海，用海方式为开放式中的其它开放式。项目申请用海面积为 50.1618hm²。根据工程施工安排，本项目申请用海期限为 18 个月。

项目申请用海时宗海位置图见图 2.5-1、宗海界址图见图 2.5-2。

三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏宗海位置图

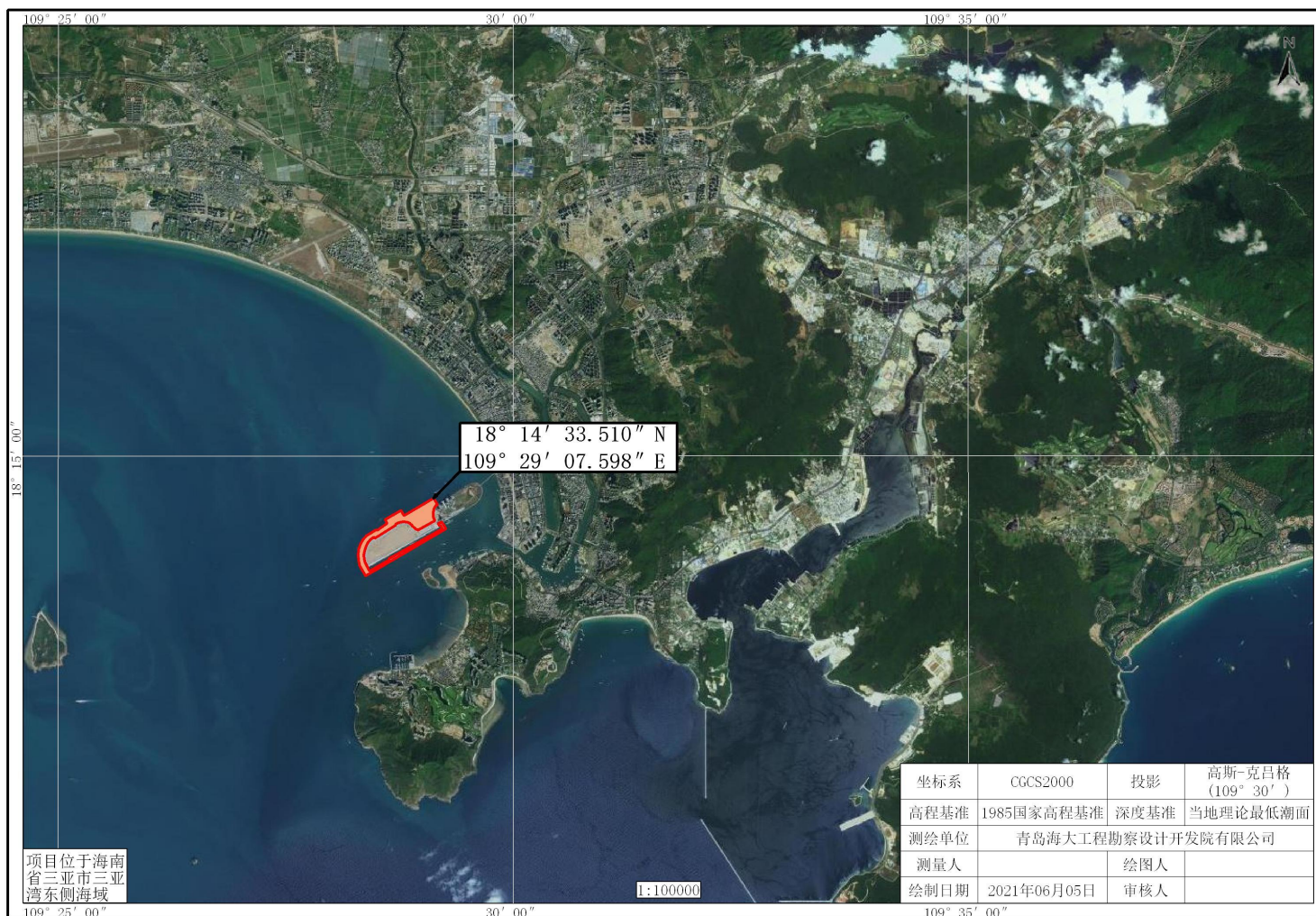
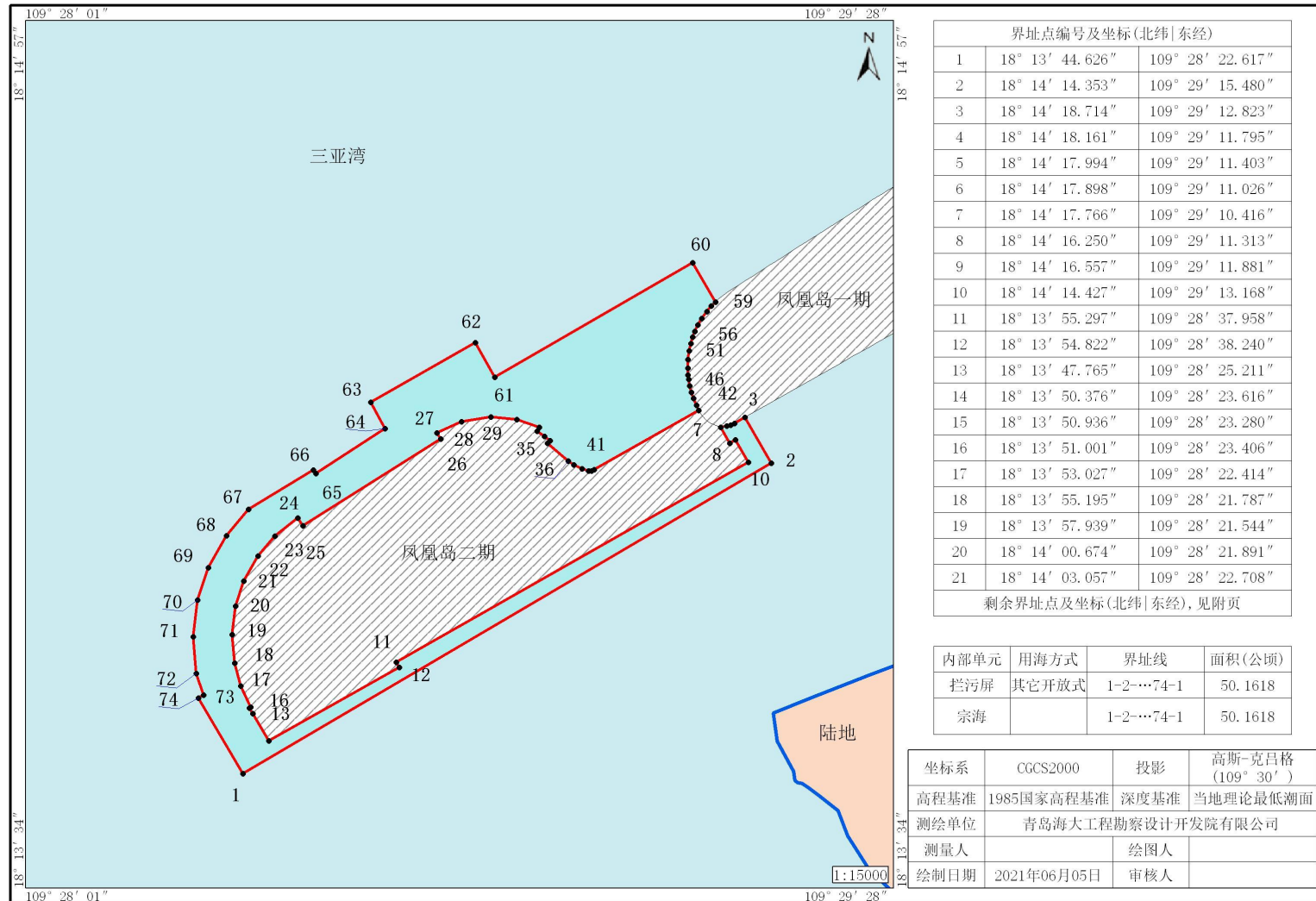


图 2.5-1 拦污屏工程宗海位置图

三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏宗海界址图



界址点编号及坐标(北纬 东经)		
1	18° 13' 44.626"	109° 28' 22.617"
2	18° 14' 14.353"	109° 29' 15.480"
3	18° 14' 18.714"	109° 29' 12.823"
4	18° 14' 18.161"	109° 29' 11.795"
5	18° 14' 17.994"	109° 29' 11.403"
6	18° 14' 17.898"	109° 29' 11.026"
7	18° 14' 17.766"	109° 29' 10.416"
8	18° 14' 16.250"	109° 29' 11.313"
9	18° 14' 16.557"	109° 29' 11.881"
10	18° 14' 14.427"	109° 29' 13.168"
11	18° 13' 55.297"	109° 28' 37.958"
12	18° 13' 54.822"	109° 28' 38.240"
13	18° 13' 47.765"	109° 28' 25.211"
14	18° 13' 50.376"	109° 28' 23.616"
15	18° 13' 50.936"	109° 28' 23.280"
16	18° 13' 51.001"	109° 28' 23.406"
17	18° 13' 53.027"	109° 28' 22.414"
18	18° 13' 55.195"	109° 28' 21.787"
19	18° 13' 57.939"	109° 28' 21.544"
20	18° 14' 00.674"	109° 28' 21.891"
21	18° 14' 03.057"	109° 28' 22.708"
剩余界址点及坐标(北纬 东经), 见附页		

内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
拦污屏	其它开放式	1-2-...74-1	50.1618
宗海		1-2-...74-1	50.1618

坐标系	CGCS2000	投影	高斯-克吕格 (109° 30')
高程基准	1985国家高程基准	深度基准	当地理论最低潮面
测绘单位	青岛海大工程勘察设计开发院有限公司		
测量人		绘图人	
绘制日期	2021年06月05日	审核人	

2.6 项目建设必要性

2.6.1 项目建设必要性

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

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央对生态文明建设高度重视，对贯彻绿色发展理念决心坚定。2018年4月13日，习近平总书记在庆祝海南建省办经济特区30周年大会上发表重要讲话，提出海南要牢固树立和全面践行绿水青山就是金山银山的理念，在生态文明体制改革上先行一步，为全国生态文明建设作出表率。中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《国家生态文明试验区（海南）实施方案》要求海南省加强海洋环境资源保护，严格按照主体功能定位要求，加强海岸带保护，实施最严格的围填海管控和岸线开发管控制度，除国家重大战略项目外，全面停止新增围填海项目审批，并加快处理围填海历史遗留问题。

2、本项目是落实中央生态环境保护督察整改要求的需要。

为深入贯彻落实习近平生态文明思想，根据《中央生态环境保护督察工作规定》，中央第三生态环境保护督察组（以下简称督察组）对海南省开展了第二轮生态环境保护督察，并向海南省委、省政府进行了反馈。督察认为，海南省认真学习贯彻习近平总书记关于海南生态文明建设和生态环境保护重要讲话和重要指示批示精神，把生态环境保护摆在重要位置，生态环境保护工作取得积极进展，全省大气和水环境质量保持全国领先水平。同时也指出，海南省生态环境保护工作虽然取得积极进展，但是仍存在对第一轮督查整改工作不力等问题。三亚市未依据最新评估意见开展凤凰岛填海项目区生态修复，修复治理大打折扣。

2020年5月，海南省委常委会全文传达《海南省中央生态环境保护督察报告》和中央环保督察反馈会精神，要求全省各级各部门要坚决贯彻习近平生态文明思想，在海南自由贸易港建设中始终坚守“海南的生态环境只能更好不能变差”的底线，立行立改、即知即改、举一反三，不折不扣将反馈问题按时整改到位，以实际行动加快国家生态文明试验区建设，切实扛起建设“美丽中国”的海南担当。7月15日至16日，时任省长沈晓明率省政府班子成员到三亚调研，强调要站在讲政治的高度，不折不扣、抓紧抓实推进中央环保督察整改工作。

3、本项目是统筹凤凰岛二岛项目整改和海南自由贸易港建设的需要。

根据交通运输部《全国沿海邮轮港口布局规划方案》（交规划发【2015】52号），西南沿海以三亚港为始发港，服务西南及其它地区，拓展东南亚始发航线及国际挂靠航线，加快开辟南海诸岛航线。根据《海南自由贸易港建设总体方案》，加快三亚向国际邮轮母港发展，支持建设邮轮旅游试验区，吸引国际邮轮注册。本项目的实施可以最大限度恢复生态环境，做到统筹凤凰岛二期项目整改和海南自由贸易港建设要求。

4、本项目是保障凤凰岛二期工程拆除顺利进行，防止造成新的海洋环境污染和生态环境破坏的有效途径。

本项目实施将有效减少施工期悬浮泥沙对周边环境的影响，保护渔业资源，减少海洋生物资源的损失。同时本项目减少施工对工程区周边环境敏感目标，如珊瑚礁自然保护区及红树林的影响，起到一定的缓冲保护作用。因此本项目实施具有显著的环境效应和生态效应。

综上所述，作为为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，通过设置拦污屏，使工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，有效降低悬浮物对海洋环境的影响。本工程的建设是必要的。

2.6.2 项目用海必要性

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保配套工程，拆除工程要持续约 18 个月，施工时间长，施工复杂难度大，船只往来频繁，距离珊瑚礁和保护区较近，具有一定的风险，通过本工程的实施，可以使得工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，降低悬浮物对海洋环境的影响，同时也可以防止溢油扩散的功能。

拦污屏沿凤凰岛二期人工岛护岸岸线平行布置，距离凤凰岛二期填海区约 100m，北侧珊瑚礁区外扩约 200 米，拦污屏长度共计约 4.5km。拦污屏设置需要占用一定面积的海域，结合项目性质要求，本项目用海是十分必要的。

3 区域自然环境概况和社会经济概况

3.1 自然条件概况

三亚市地处低纬度，属热带海洋性季风气候，日照时间长，平均气温较高，全年温差小，四季不分明。本报告气温、降水、风况、湿度、雷暴等资料均采用三亚市气象站自建站至 2018 年的观测资料进行统计。

3.1.1 自然条件

3.1.1.1 气温

年平均气温为 25.8℃，各月平均气温都在 21℃以上，5~8 月份较高，平均气温均达到 28℃以上，12 月至翌年 2 月份较低，均不到 23.0℃。本区极端最高气温为 35.9℃（1991 年 6 月 4 日），极端最低气温为 5.1℃（1974 年 1 月 2 日）。各月平均气温分布见表 3.1.1.1-1。

表 3.1.1.1-1 各月平均气温（单位：℃）

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

3.1.1.2 降水

三亚地区年降水量丰富，各月均有降水，年平均降水量为 1392mm，年平均降水日数为 113 天。有旱季和雨季之分，5 月~10 月为雨季，其间集中了全年 85%以上的降水量和 75%以上的降水日；11 月至翌年 4 月为旱季，降水量较少。年最大降水量为 1987.7mm（1990 年），年最小降水量为 673.7mm（1977 年），日最大降水量为 327.5mm（1986 年 5 月 20 日），最长连续降水日数为 18 天，降水量 245.8mm（1967 年 9 月 13 日至 30 日）。各月降水量、降水日数、平均大雨和暴雨日数分布见表 3.1.1.2-1。

表 3.1.1.2-1 各月降水量、降水日数、平均大雨和暴雨日数分布

月份	降水量（mm）	降水日数（天） （R≥0.1mm）	平均大雨（天） （R≥25mm）	平均暴雨（天） （R≥50mm）
1	8	3	0	0
2	12.8	4	0	0
3	19.2	4	0	0
4	43.3	6	0	0
5	142.3	10	2	1
6	197.5	14	2	1

7	192.6	14	2	1
8	221.5	16	2	1
9	251.4	17	3	1
10	234.5	14	3	1
11	58.2	7	1	0
12	10.7	4	0	0
全年	1392	113	15	6

3.1.1.3 风况

三亚大风天气主要来源于冷空气和热带气旋，其中热带气旋引起的大风强度更大，三亚大于或等于 20m/s 的风速出现在 6~10 月，都是热带气旋所致，热带气旋引起的最大瞬时风速达 45m/s，全年平均风速 2.5m/s。三亚以 E、NE 和 ENE 风向为最多，一年内几乎有 8 个月的时间被上述风向控制，其余 4 个月（5~8 月）风向较乱，但以 W、WSW 风向为主。风玫瑰图见图 3.1.1.3-1，各向平均风速、最大风速及频率见表 3.1.1.3-1，逐月平均风速见表 3.1.1.3-2。

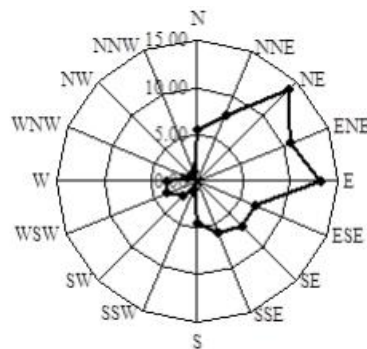


图 3.1.1.3-1 风玫瑰图

表 3.1.1.3-1 各向平均风速、最大风速及频率表

方位	最大风速 (m/s)	平均风速 (m/s)	频率 (%)
N	12.0	1.7	5.5
NNE	23.0	2.2	7.6
NE	20.0	3.1	13.6
ENE	18.0	3.4	10.8
E	23.0	3.0	13.2
ESE	17.0	3.1	6.6
SE	17.0	2.8	6.6
SSE	16.0	3.2	5.8
S	13.0	3.3	4.4
SSW	19.0	2.9	0.9

SW	20.0	3.2	2.2
WSW	18.0	3.5	3.4
W	20.0	3.4	3.2
WNW	12.0	3.0	1.1
NW	30.0	2.0	1
NNW	11.0	1.5	1.1

表 3.1.1.3-2 各月平均风速 (m/s)

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

3.1.1.4 雾

本区未曾有雾的记录。

3.1.1.5 相对湿度

区域年平均相对湿度 78%，全年各月相对湿度变化不大，其中 8 月份湿度最大，为 84%，12 月份气候相对干燥，但也有 70%。逐月平均相对湿度见表 3.1.1.5-1。

表 3.1.1.5-1 各月平均相对湿度 (%)

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

3.1.1.6 气象灾害

1、雷暴

年平均雷暴日数为 63 天，占全年天数的 17.26%。雷暴天数最多的年份可达 100 天，占总天数的 27.4%；最少的年份雷暴日数也有 51 天，占总天数的 13.97%。平均雷暴天数最多的 8 月和 9 月份，有 13 天，最多的年份可达 20 天，全月 2/3 的时间受雷暴影响。11 月到翌年的 2 月基本没有雷暴。各月平均雷暴日数见表 3.1.1.6-1。

表 3.1.1.6-1 各月平均雷暴日数

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

2、热带气旋

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

其次，1月~4月和12月没有热带气旋登陆，见表3.1.1.6-2。

表 3.1.1.6-2 登陆三亚的热带气旋按月统计频数表

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

以三亚站的气压为指标，根据各热带气旋对三亚市的影响严重程度，摘录热带气旋登陆时三亚实测气压<990hpa的热带气旋列于表3.1.1.6-3、图3.1.1.6-1、3.1.1.6-2。

表 3.1.1.6-3 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	登陆时				
			登陆强度	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	65	12
11	9508	08.24~08.30	T	三亚	08. 28. 10h	980	10
12	9612	08.18~08.23	T	三亚	08. 22. 06h	970	12
13	0016	09.02~09.10	T	陵水、三亚	09. 09. 08h	975	12
14	0518	09.20~09.28	T	陵水	09. 26. 03h	970	12
15	201002	7.12-7.17	TY	三亚	7.16.20h	968	12
16	201005	8.22-8.24	TD	三亚南部经过	8.23.22h	985	10
17	201108	7.25-7.30	STS	文昌	7.29.	980	10
18	201117	9.24-9.30	STY	文昌	9.29.14h	960	14
19	201309	7.31-8.2	TS	文昌东南侧	8.2.17h	980	8
20	201330	11.04-11.11	STY	三亚南部经过	11.10.14h	955	14
21	201409	7.12-7.20	STY	文昌	7.18.15h	910	17
22	201508	6.21-6.24	STS	万宁	6.24.19h	982	10
23	201603	7.26-7.28	STS	万宁	7.26.22h	985	10
24	201621	10.13-10.19	STY	万宁	10.18.10h	960	14

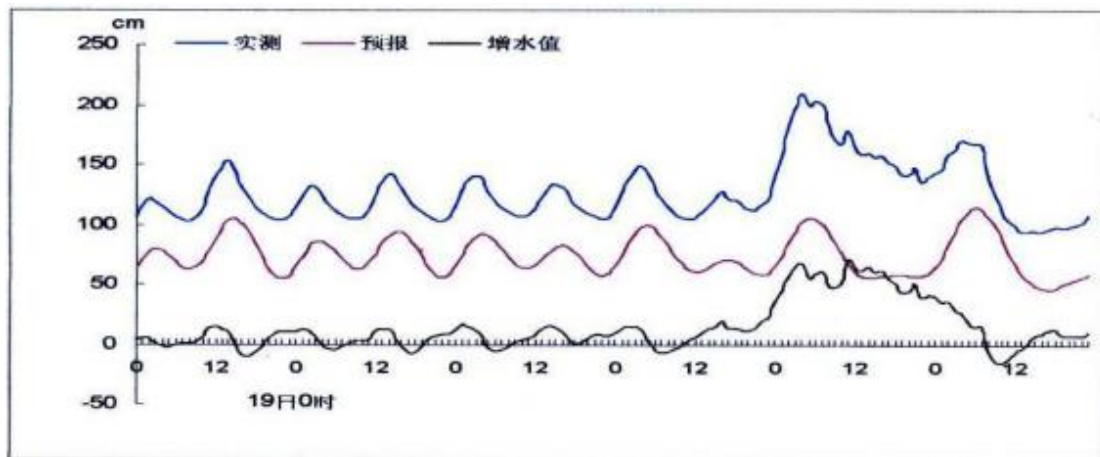


图 3.1.1.6-3 9612 号台风增水过程曲线图 (8 月)

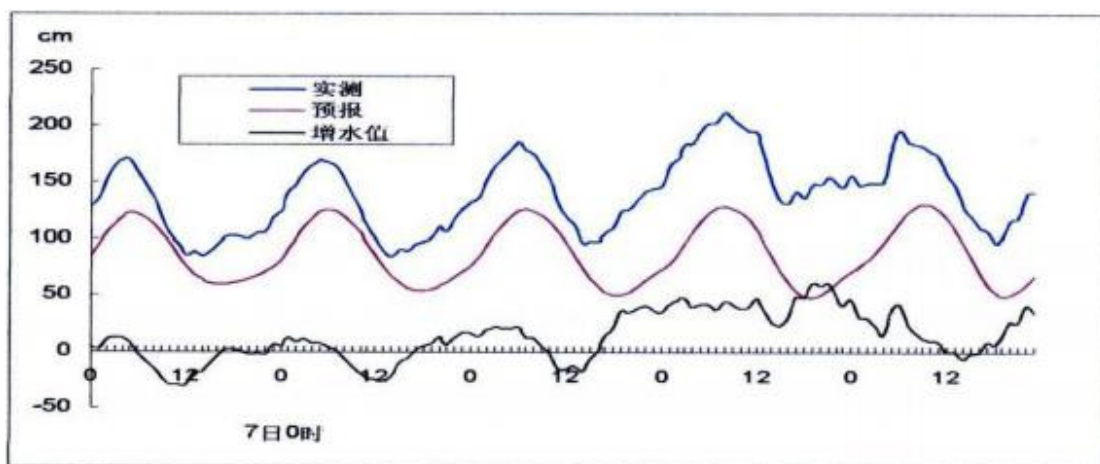


图 3.1.1.6-4 0016 号台风增水过程曲线图 (9 月)

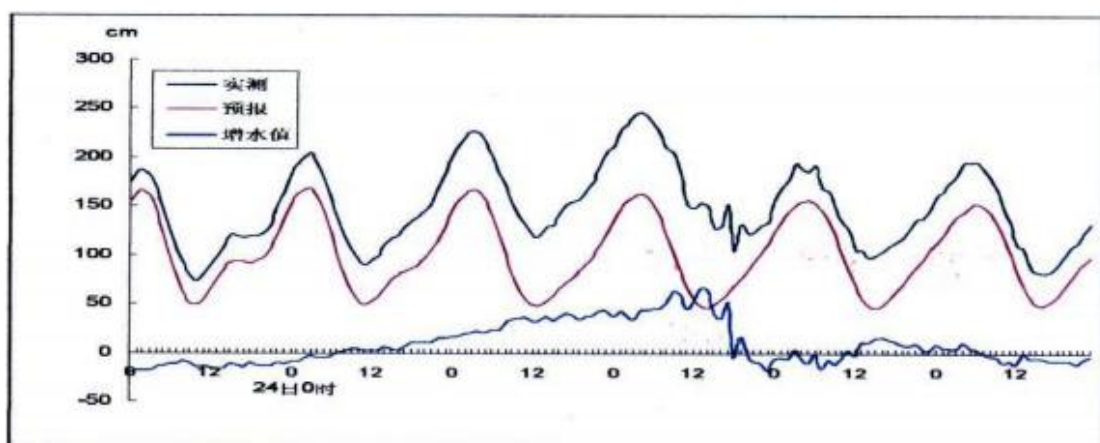


图 3.1.1.6-5 0518 号台风增水过程曲线图 (9 月)

据统计，三亚的风暴潮发生次数和强度与海南岛北部岸段接近，但成灾很少，1971 年的7126号台风在榆林港引发的风暴潮，迭加在天文高潮位上，潮水淹没榆林港码头面

约10cm，据调查该次台风过程最大增水1.11m，最高潮位2.60m。8906、8926、8928号台风在三亚登陆或经过三亚附近海面，一个月内有连续三个台风影响，在三亚有热带气旋记录以来，实属罕见。三个台风均在三亚造成一定增水，8926号台风从海南岛南部登陆，8928号台风使榆林验潮站实测潮位比正常潮位偏高1.24m，8928号台风使实测潮位比正常潮位偏高1.38m。

三亚海岸朝向基本为SE-S-SW，热带气旋在三亚以北的区域登陆，登陆前刮北风，在三亚沿岸基本上为离岸风，不利于三亚市沿岸的风暴增水；气旋登陆后，开始刮S-SW风，有利于三亚沿岸的风暴增水，但此时气旋往往已经开始减弱；直接登陆三亚的热带气旋由于低气压作用及强风作用，三亚有较明显增水。根据统计与分析，登陆三亚的热带气旋所引发的增水以单峰型为主，峰值通常在热带气登陆时或登陆后5h以内，登陆前则有小幅的增减水波动，9612、0016、0518号台风引发的风暴潮都表现出该特征，图4.1.1.6-3~图4.1.1.6-5为以上三场台风引发的增水过程曲线图。

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

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

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

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

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

3.1.2 水文

3.1.2.1 潮汐及水位

1、基准面及换算关系

本工程基准面采用当地理论最低潮面，该基准面与其他基准面的转换关系如下：

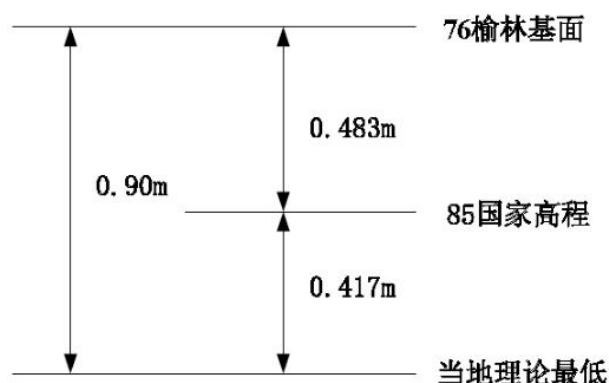


图 3.1.2.1-1 基准面换算关系

2、潮汐性质

三亚湾主要受南海前进潮波控制，潮波从南海传至湾口东南水域，继续向西传播，部分向西北偏西传向北部湾，部分向北进入三亚湾和三亚河口水域。

三亚湾海域为不正规日潮混合潮型，以日潮为主，具有明显的日潮不等现象。每月约有 14 天为日潮，11 天位半日潮，其余为混合潮。涨落潮历时显著不对称，涨潮历时约为 14 小时，落潮历时约为 10 小时。三亚湾海域属于南海弱潮海区，潮差不大，平均潮差 1.0m 左右，最大潮差为 2.0m 左右。历年最高潮位 2.64m（85 高程，下同），出现在 1971 年 10 月；历年最低潮位 -0.95m。海平面有明显的季节性变化，一般 10~11 月较高，6~7 月较低。下列若干潮汐特征值：

历年最高潮位：2.64m 平均高潮位：1.82m

平均潮位：0.71m 平均低潮位：0.21m

历年最低潮位：-1.43m 最大潮差：2.03m

平均潮差：1.10m 最小潮差：0.11m

平均涨潮历时：10.47h 平均落潮历时：7.63h

设计高水位：1.68m（高潮累计频率 10%）

设计低水位：-0.33m（低潮累计频率 90%）

3.1.2.2 波浪

三亚湾东部有鹿回头半岛屏障，湾口朝向西南，掩护条件较好，S 至 W 向波浪对湾内影响较大。由于该海域的优势风为 NE 向和 SE 向，NE 向风对于三亚湾来说属于离岸风，SE 向浪又受到鹿回头半岛的掩护，仅对开敞的海湾西部作用明显，湾内波高不大。只有海区强浪向（SW~WSW）波浪作用时湾内波高较大。

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

表 3.1.2.2-1 波浪观测站坐标

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

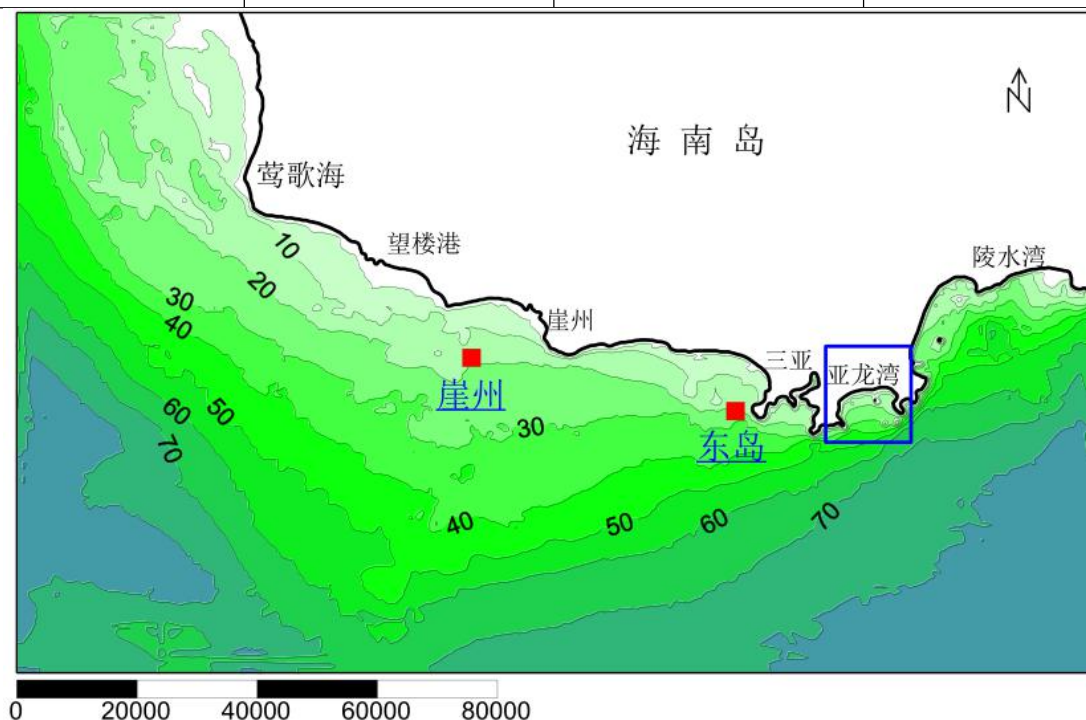


图 3.1.2.2-1 波浪观测站位置示意图

(1) 东岛测点波浪资料统计

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

表 3.1.2.2-2 分别列出了该站一周年各方向、不同级别有效波高按频率的统计结果；

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

从该站一整年的波浪统计结果，可以看出：

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

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

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

4) 统计结果来看，SE~SSW 方向的有效波高年平均值为 0.52m。

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

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

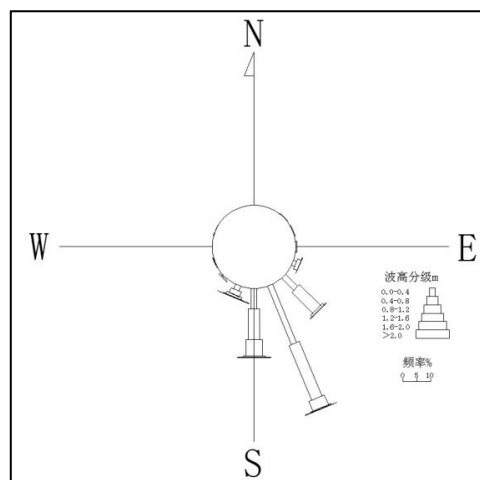


图 3.1.2.2-2 东岛浮标测点波浪玫瑰图

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

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

表 3. 1. 2. 2-3 东岛波浪浮标平均周期-波向分级频率统计表（频率：%；平均周期：S；2017. 6~2018. 6）

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

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

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

(2) 崖州测点波浪资料统计

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

从该站一整年的波浪统计结果，可以看出：

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

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

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

4) 统计结果来看，各方向有效波高年平均值为 0.72m。

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

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

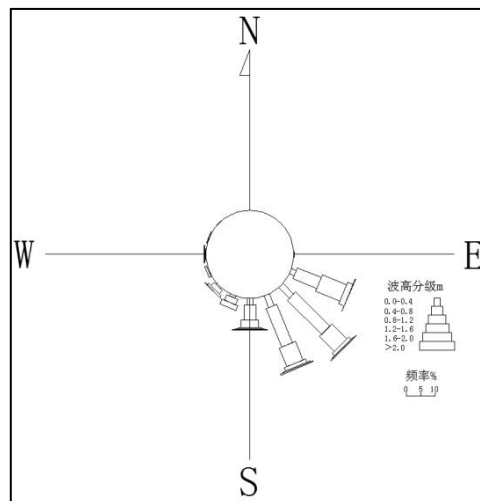


图 3.1.2.2-3 崖州测点波浪玫瑰图

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

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

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

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

表

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

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

3.1.2.3 海流

大潮期，受鹿回头掩护影响，三亚河口站位(1#~3#)海流流速较小，最大流速小于0.2m/s；其它站位海流流速较大，特别是外海各站位最大流速均高于0.5m/s。三亚河内(1#)各层最大流速为16cm/s左右，且各层最大流速相当。口门外2#站最大流速略低于1#站；中层最大流速略低于表底层。凤凰岛西北侧3#站海流最大流速约为18cm/s，表层较其它层略小。外海4#站最大流速达到最大，8#次之，6#略小，而榆林湾内7#受近岸影响，流速相对较小。4#、7#~8#各层流速随深度增加逐渐减小；5#站各层流速相当；而6#站则中层略低于表底层。实测最大流速为81.2cm/s，对应流向为323°，发生在4#站表层。

表 3.1.2.3-1 大潮期最大潮流速及对应流向统计(流速单位：cm/s，流向单位：°)

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

根据同步观测潮汐结果判断涨、落潮时，统计给出各站位涨落潮时的最大流速与流向，见表3.1.2.3-2。根据三亚验潮站潮位观测结果分析，得到项目海域观测期间潮型为不规则全日潮型，潮差为0.24m，涨潮历时18h，落潮历时8h，即涨潮历时明显大于落潮历时。

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

3.1.2.3-2 大潮期最大涨、落潮流速及对应流向统计(流速单位：cm/s，流向单位：°)

层次		站号		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
		流速	流向								
表层	涨潮	流速	11.0	10.7	14.2	81.2	44.3	46.0	39.0	63.5	
		流向	111	37	232	323	295	299	198	294	
	落潮	流速	16.3	14.4	14.3	39.7	38.5	51.4	26.6	71.3	
		流向	314	261	168	122	128	115	159	77	

0.6H	涨潮	流速	13.7	10.9	18.2	78.4	44.5	45.7	33.1	66.2
		流向	252	89	356	325	296	292	206	291
	落潮	流速	15.4	12.1	16.6	45.5	40.5	44.8	30.4	64.4
		流向	310	261	167	328	127	119	174	81
底层	涨潮	流速	13.9	16.1	18.4	61.5	35.5	52.8	32.2	52.4
		流向	130	113	340	322	105	306	43	299
	落潮	流速	16.7	10.8	15.6	43.0	44.1	54.0	27.4	60.1
		流向	302	247	173	329	119	116	141	95

就各站位潮时段平均而言，大潮期，调查海域平均流速在 7.1cm/s~39.6cm/s 之间。河内及口门各站位各层平均流速相当，且口门外流速较河内流速略小；近岸平均流速向外海逐渐增大。河内及口门平均流速明显低于其它海域。各站垂线平均流速在 7.3cm/s~38.2cm/s 之间。

表 3.1.2.3-3 大潮期平均流速统计(流速单位: cm/s)

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

依据涨、落潮时，统计给出各站位涨落潮时的平均流速，见表 3.1.2.3-4。大潮期，调查海域涨潮平均流速在 6.3cm/s~40.4cm/s 之间，落潮平均流速在 8.5cm/s~39.3cm/s 之间。河内 1#、口门外 2#和口门西北部 3#站位涨潮平均流速略低于落潮平均流速；4#~5#站位表、中层涨潮平均流速略高于落潮平均流速，底层则正相反；6#站位表层涨潮平均流速略低于落潮，底层与表层相反，中层则涨、落潮平均流速相当；7#站位涨潮平均流速略低于落潮平均流速；8#站位涨、落潮平均流速特征正好与 7#相反。

表 3.1.2.3-4 大潮期涨、落潮平均流速统计(流速单位: cm/s)

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

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

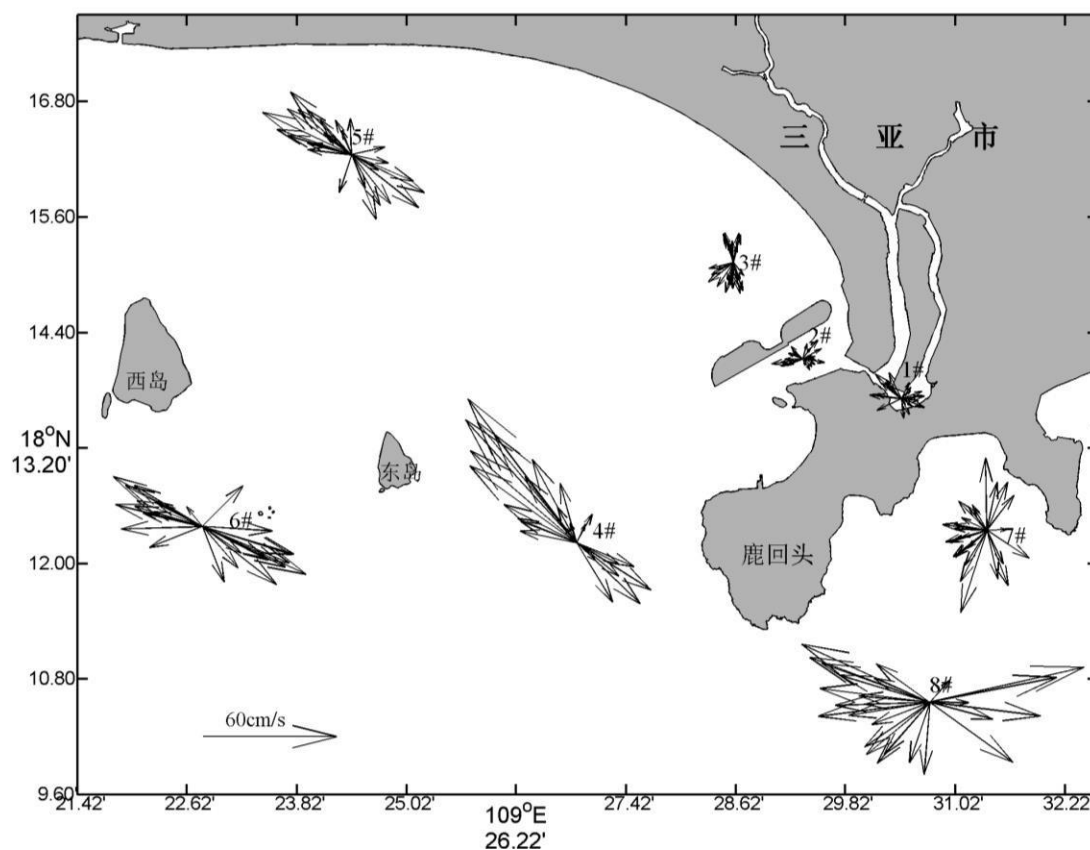


图 3.1.2.3-1 各站大潮表层潮流矢量图(2018 年 3 月 26 日~27 日)

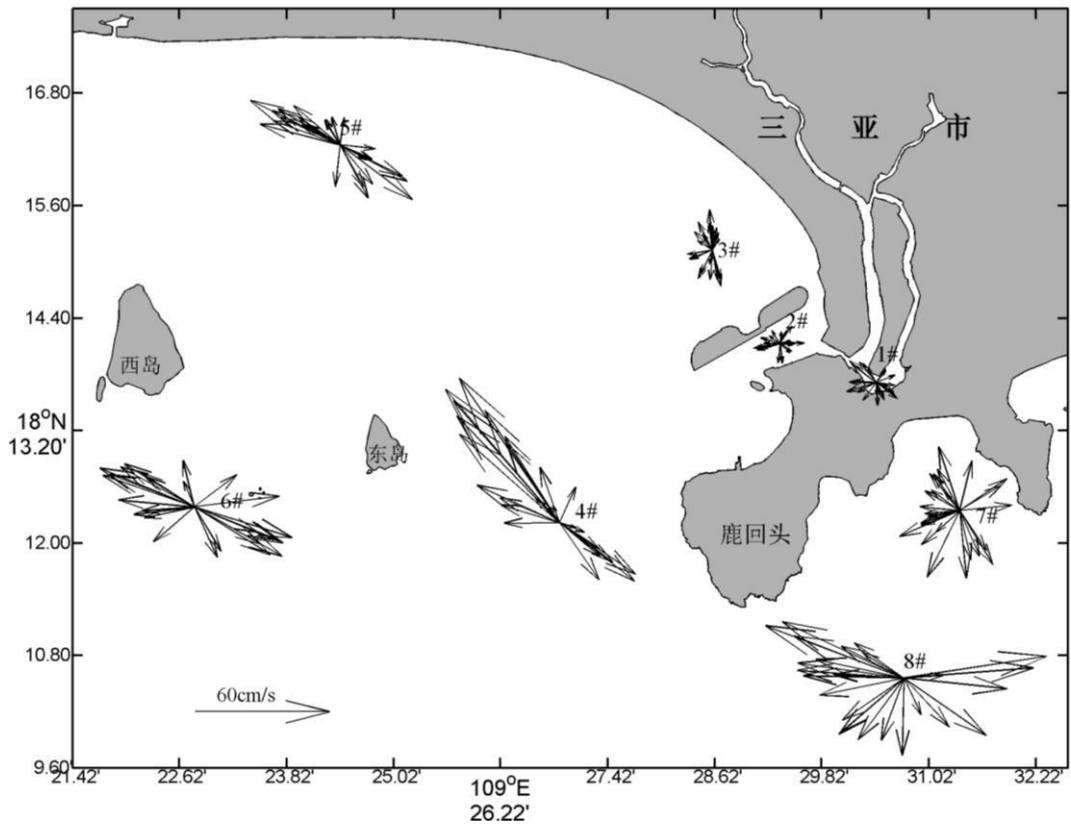


图 3.1.2.3-2 各站大潮 0.6H 层潮流矢量图(2018 年 3 月 26 日~27 日)

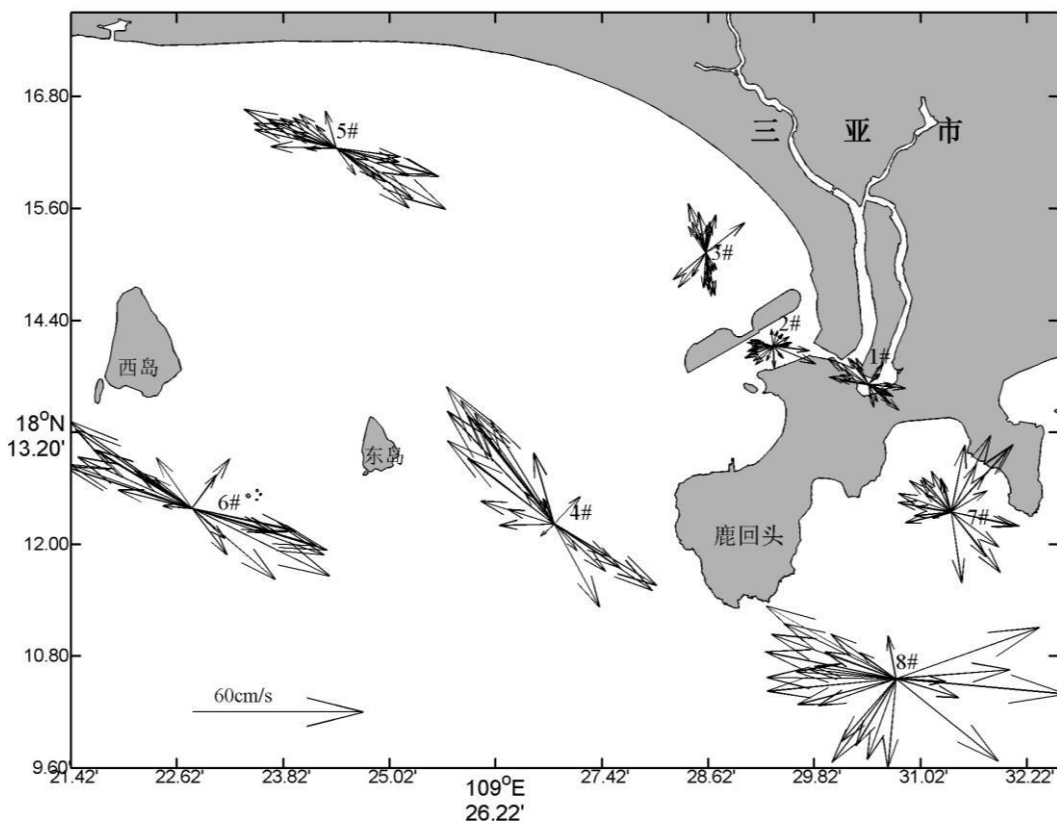


图 3.1.2.3-3 各站大潮底层潮流矢量图(2018 年 3 月 26 日~27 日)

余流：大潮期，调查海域余流差别很大，鹿回头外海(4#、8#)余流较大，其值介

于 12.5cm/s~18.2cm/s 之间，这可能受鹿回头凸出岬角地形有关(见表 3.1.2.3-5)；其它站位余流流速较小，介于 0.3cm/s~5.9cm/s 之间。4#、8#余流流向在不同深度十分稳定，分别为西北向、西南向；其它站位余流流向在不同深度则变化较大。1#~2#站位各层余流流速相当；3#~5#、7#~8#随深度增加逐渐减小；6#站中层余流流速最小。

表 3.1.2.3-5 大潮期余流(流速单位： cm/s， 流向单位： °)

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

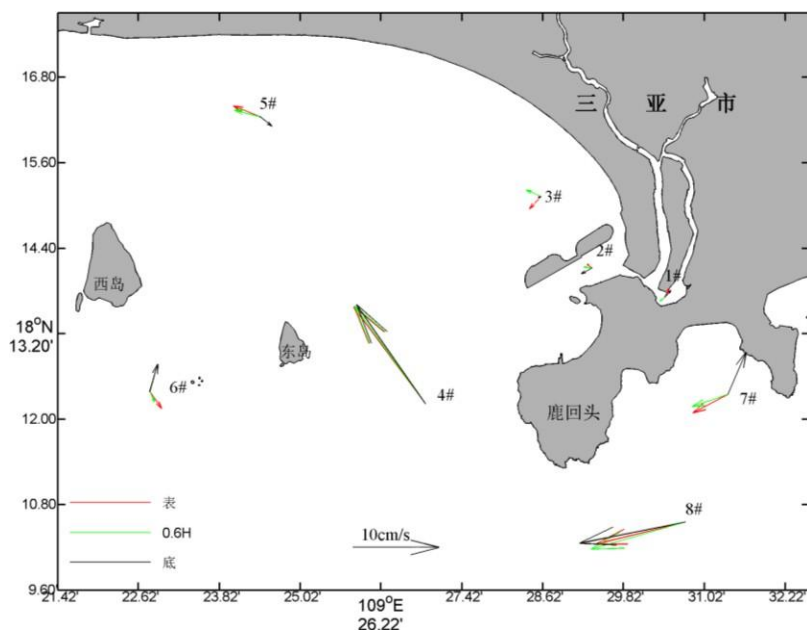


图 3.1.2.3-4 大潮期余流分布图

3.1.3 地形、地貌

工程区位于海南岛南岸的三亚市东侧三亚湾内，在弧形海湾内主要为沙滩，沙滩外侧水深较大。工程区岸线基本平顺，在平直岸段-5m 以浅区域为一个与岸线基本平行分布的狭长地带，宽度在 400~600m；-10m 以深区域的各等深线均表现为向外海偏转，即水深自西向东逐渐变浅。-5m 线与-20m 线之间呈 40 度左右的夹角。在此背景下，工程区所在的自西向东水深逐渐变浅。其中在工程水域-5m、-10m、-15m 和-20m 的离

岸距离分别约为 400m、900m、3000m 和 6000m。

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。

工程区岸线为狭长的砂质沙滩，海岸线直接面临着南部和西南部开阔海域，处于激浪作用强盛的环境，海岸带在南向波浪常年作用，泥沙运动以横向搬运为主。沙滩宽度 10~20m 不等，坡度较缓，沙滩组成物质以中值粒径 0.125~0.25mm 的中细砂为主，局部有贝碎屑分布。

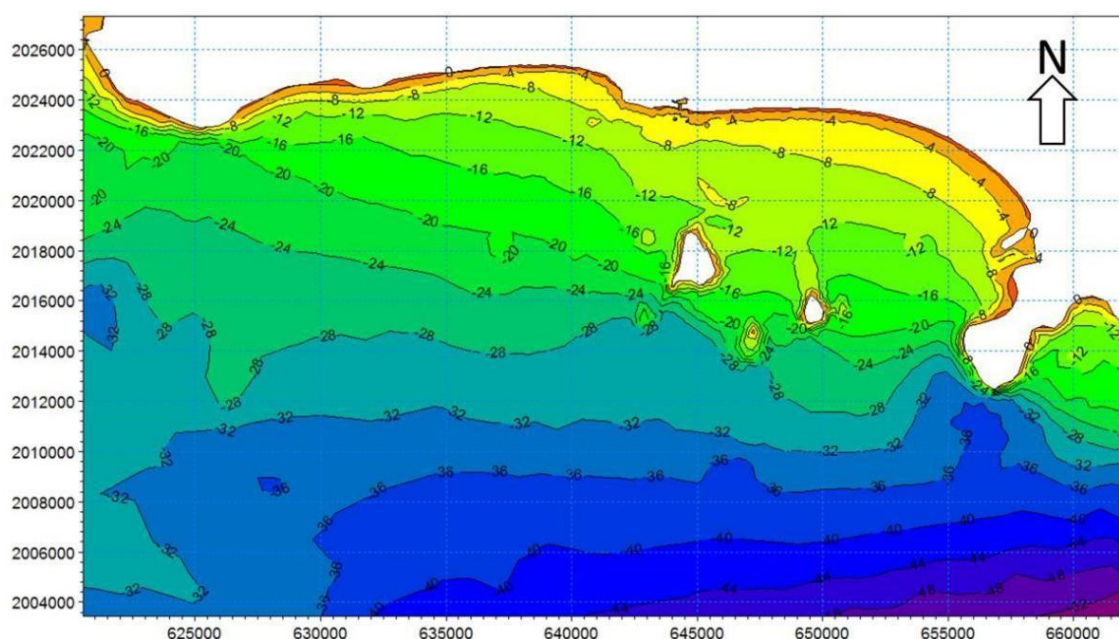


图 3.1.3-1 三亚湾水深地形图

3.1.4 地质

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

3.1.5 地震

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

3.2 社会环境概况

3.2.1 社会环境

三亚市地处海南岛最南端，位于北纬 18°09.5'~18°37.5'、东经 108°56.5'~109°48.5' 之间。东邻陵水县，北依保亭县，西毗乐东县，南临南海。东西长 91.6km，南北宽 51km，陆地总面积 1919.58km²，境内海岸线长 263.29km，管辖的海域面积 3500km²。2014 年 2 月 11 日，国务院批复三亚市撤六镇新设四区，分别为吉阳区、天涯区、海棠区和崖州区，吉阳区管辖原河东区和原吉阳镇的行政区域，共计 13 个社区和 19 个行政村；崖州区管辖 7 个社区和 24 个行政村；天涯区管辖育才镇和原河西区、原凤凰镇、原天涯镇的行政区域，共计 22 社区和 30 个行政村；海棠区管辖 3 个社区和 19 个行政村。三亚市汉、黎、苗、回等 20 多个民族聚居的地方，2016 年年末常住人口 75.4 万人，户籍人口 58.2 万人。

3.2.2 经济环境

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

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

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

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

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

3.2.3 自然资源概况

1、港口资源

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

三亚市沿海岸线曲折，港口资源丰富。已开发利用的港口岸线有三亚湾的三亚港，崖州湾的南山港，榆林湾的榆林港、六道渔港，海棠湾的后海村渔业码头、海南海景乐园码头等。三亚港区位于三亚湾内，背依三亚市，位于三亚市东南面，介于鹿回头岭与

马岭之间，东隔与榆林港相邻，隔海与我国中沙、西沙、南沙群岛及越南相望。三亚港是目前海南省港口接待国外大型旅游船和装卸货轮的重要中转港口，是海南岛东南部和南部的的主要枢纽港，是开发南海诸岛的中继站，也是目前海南四大港口之一。随着南山港和三亚中心渔港的建成使用，三亚港的货运和渔港功能将转移，三亚港区主要功能调整为国内旅客客运港口。国际客运码头以国外大型邮轮客运为主要功能，规划建设成为亚洲最大邮轮母港。

2、旅游资源

三亚市地处祖国大陆最南端，具有热带海洋季风气候条件及热带海滨旅游景观和热带海岛风情，滨海旅游资源丰富，自然景色奇美，名胜古迹众多，是国内热带滨海旅游资源最密集的地区，聚集着阳光、海水、沙滩、气候、森林、动物、温泉、岩洞、风情、田园十大风景旅游资源。于一体，是世界上热带海洋旅游资源最密集的地区之一，是开展滨海旅游的最佳场所。

三亚市著名的旅游景点有亚龙湾、大东海、鹿回头、天涯海角、海山奇观、西瑁洲、蜈支洲等，其中天涯海角、大东海、亚龙湾风景区被评为全国四十个著名风景点之一，亚龙湾被国务院批准为全国十一个国家级旅游度假区之一。此外，还有崖州古城和鉴真和尚东渡日本的避风登陆遗址、雕像以及南山寺等人文景观。经过多年开发，三亚湾度假旅游区基础设施完善，国内外知名度逐年提高，接待游客逐年增加。目前，东部以海棠湾为核心打造国际休闲度假旅游区，中部以亚龙湾和三亚湾为核心打造特色滨海旅游度假区，西部以南山和大小洞天为核心打造宗教文化旅游区。随着旅游景点不断开发，旅游商品品种增加，旅游设施条件明显改善，旅游管理逐步规范有序化。

工程附近的鹿回头风景区坐落在三亚市西南端鹿回头半岛内，共有大小五座山峰，最高海拔 181 米，是国家 4A 级旅游景区。公园三面环海，一面毗邻三亚市区，是登高望海、观看日出日落与俯瞰三亚市全景的佳处。鹿回头风景区是三亚市历史文化的源泉，是三亚市得名“鹿城”的由来，也是三亚市的文化标志和历史记忆。景区的“鹿回头”雕塑，高 15 米，长 10 米，宽 5 米，是海南岛内极负盛名的花岗岩雕塑。

3、渔业资源

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

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

4、生态资源

主要为红树林和珊瑚礁，工程区主要的海洋生态资源为珊瑚礁。

根据三亚市林业局划定的三亚河红树林自然保护区，三亚河红树林保护区于 1992 年经市人民政府批准划定，总面积 343 公顷，位于三亚河下游、潮见桥和三亚桥以上区域，属市级自然保护区。保护区有红树林植物种类 19 种，主要有正红树、海桑、海莲、木榄、白骨壤等。三亚河沿岸均有红树林分布，但主要分布在潮见桥及三亚桥上游河岸，下游分布较少。由于近年三亚城市、港口建设和社会发展，潮见桥及三亚桥以下沿岸红树林破坏较为严重，只有零星分布。

三亚珊瑚礁国家级自然保护区分为亚龙湾、鹿回头和东西瑁洲三个片区，保护区用海总面积为 5568 公顷，主要保护对象为各种浅海造礁石珊瑚，软珊瑚及其他珊瑚、珊瑚礁及和其他生物构成的生态系统、相关的海洋生态环境。

5、海岛资源

项目区附近海岛资源主要有小青洲、凤凰岛、白排等，小青洲处于三亚珊瑚礁国家级自然保护区内，可开展海底生态观光旅游、海底潜水等多种水上、水下活动。白排是海南省航标之一，可作为人文景观供游客参观。凤凰岛三面依托山景，四面临海，拥有得天独厚的山海天旅游风光，具备海上娱乐、水上运动和全季候度假旅游的条件。

3.3 海域开发活动和海域使用现状

根据搜集的资料以及项目海区海域使用现状情况，附近海域主为交通运输用海及旅游娱乐用海两大类，用海二级类包括港口用海、航道用海、锚地用海、路桥用海、旅游基础设施用海、游乐场用海、浴场用海等。用海方式以游乐场、浴场、透水构筑物、非透水构筑物、港池、蓄水等为主。

项目用海相邻的海域使用确权现状分别见表 3.3.1-1 和图 3.3.1-1。

表 3.3.1-1 项目用海相邻确权用海项目信息表

序号	项目名称	使用权人	用海二级类	用海面积	用海方式	方式面积
1	船坞用海	三亚渔丰船舶维修有限责任公司	船舶工业用海	0.1860	专用航道、锚地及其它开放式	0.1860
2	缉私码头用海	中华人民共和国三亚海关	港口用海	0.0510	非透水构筑物	0.0510
3	交通运输部南海救助局交通运输用海	交通运输部南海救助局	港口用海	2.3592	非透水构筑物	0.1407
					港池、蓄水等	1.4243
					港池、蓄水等	0.7225
					透水构筑物	0.0717
4	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司交通运输用海	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	港口用海	5.2724	港池、蓄水等	4.9992
					透水构筑物	0.2732
5	三亚市渔政渔港监督管理处交通运输用海	三亚市渔政渔港监督管理处	港口用海	3.8003	港池、蓄水等	3.5607
					透水构筑物	0.2396
6	游艇码头	三亚鸿洲国际游艇会有限公司	港口用海	1.8040	透水构筑物	1.2009
					透水构筑物	0.6038
7	三亚凤凰岛客运码头	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	港口用海	4.6430	专用航道、锚地及其它开放式	4.6430
8	美亚旅游航空有限公司三亚水上临时起降场项目	美亚旅游航空有限公司	航道用海	87.9536	港池、蓄水等	4.2800
					透水构筑物	0.6532
					透水构筑物	0.6938
					专用航道、锚地及其它开放式	82.3266
9	六道渔港道路建设	三亚市交通局	路桥用海	17.1850	建设填海造地	17.1850
10	红沙大桥	三亚市城市投资建设有限公司	路桥用海	3.3940	跨海桥梁、海底隧道等	3.3940
11	三亚半山半岛帆船港项目	三亚鹿回头旅游区开发有限公司	旅游基础设施用海	16.9471	非透水构筑物	2.7810
					非透水构筑物	3.3990
					港池、蓄水等	8.8922
					透水构筑物	1.8749

12	三亚国宾馆有限责任公司在三亚珊瑚礁国家级保护区内旅游项目续期用海	海南三亚国宾馆有限责任公司	旅游基础设施用海	16.6580	非透水构筑物	1.2280
					港池、蓄水等	1.4370
					透水构筑物	0.1870
					透水构筑物	2.2850
					透水构筑物	0.3920
					浴场	5.8530
					专用航道、锚地及其它开放式	5.2760
13	三亚小洲岛及其峡道整治工程	三亚小洲岛酒店投资管理有限公司	旅游基础设施用海	0.8759	非透水构筑物	0.4135
					透水构筑物	0.4624
14	三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程项目	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	旅游基础设施用海	63.2233	港池、蓄水等	13.2600
					建设填海造地	49.9633
15	三亚凤凰岛置地发展有限公司滨海娱乐	三亚凤凰岛置地发展有限公司	旅游基础设施用海	3.0000	港池、蓄水等	3.0000
16	三亚海榆渔民合作社滨海旅游娱乐	三亚海榆渔民专业合作社	旅游基础设施用海	0.2795	港池、蓄水等	0.0958
					透水构筑物	0.1837
17	三亚鸿洲国际游艇会码头	三亚鸿洲国际游艇会有限公司	旅游基础设施用海	1.7530	港池、蓄水等	0.5800
					透水构筑物	1.1730
18	三亚凤凰岛国际油轮港二期工程新增预制场及变更美化利用白排礁用海项目	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	旅游基础设施用海	1.1234	建设填海造地	1.1234
19	三亚小洲岛及其峡道整治工程	三亚小洲岛酒店投资管理有限公司	旅游基础设施用海	8.7805	建设填海造地	8.7805
20	三亚小洲岛及其峡道整治工程	三亚小洲岛酒店投资管理有限公司	旅游基础设施用海	4.3877	建设填海造地	4.3877
21	三亚城投旅游投资有限公司旅游娱乐用海	三亚城投旅游投资有限公司	旅游基础设施用海	1.5621	透水构筑物	1.5621
22	三亚鸿洲国际游艇会码头三期工程	三亚鸿洲国际游艇会有限公司	旅游基础设施用海	6.3778	透水构筑物	1.0218
					透水构筑物	1.8752
					透水构筑物	3.4808
23	三亚鹿回头广场游船游艇码头工程项目	三亚城投旅游投资有限公司	旅游基础设施用海	6.7746	透水构筑物	6.7746

24	渔业、海监执法公务船艇及暂扣违规渔船停泊用海	中国海监三亚市支队	锚地用海	2.6800	专用航道、锚地及其它开放式	2.6800
25	滨海旅游娱乐	三亚国光豪生度假酒店有限公司	游乐场用海	7.8007	游乐场	7.8007
26	三亚辰光克拉码头酒店配套旅游娱乐用海	三亚辰光克拉码头酒店管理有限公司	游乐场用海	2.4000	游乐场	2.4000
27	三亚大东海经营管理有限公司在三亚珊瑚礁国家级自然保护区旅游活动用海	三亚大东海经营管理有限公司	游乐场用海	26.0849	游乐场	5.8400
					游乐场	4.0000
					游乐场	2.2000
					游乐场	2.2000
					游乐场	1.0000
					透水构筑物	2.3560
					游乐场	2.5489
游乐场	5.9400					
28	三亚大兴集团有限公司滨海旅游娱乐	三亚大兴集团有限公司	游乐场用海	0.9533	游乐场	0.9533
29	三亚凤凰顺龙海景酒店滨海旅游娱乐	三亚凤凰顺龙海景酒店	游乐场用海	5.1643	游乐场	5.1643
30	三亚国光豪生度假酒店有限公司滨海娱乐用海	三亚国光豪生度假酒店有限公司	游乐场用海	11.5700	游乐场	11.5700
31	三亚海悦湾度假酒店管理有限公司旅游娱乐用海	三亚海悦湾度假酒店管理有限公司	游乐场用海	3.9600	游乐场	3.9600
32	三亚海韵度假酒店有限公司滨海旅游娱乐	三亚海韵度假酒店有限公司	游乐场用海	13.9084	游乐场	13.9084
33	三亚金天地酒店物业管理有限公司滨海旅游娱乐	三亚金天地酒店物业管理有限公司	游乐场用海	3.2012	游乐场	3.2012
34	三亚金中海国际置业投资集团有限公司滨海旅游娱乐	三亚金中海国际置业投资集团有限公司	游乐场用海	4.0000	游乐场	4.0000
35	三亚景利莱酒店有限公司滨海旅游娱乐	三亚景利莱酒店有限公司	游乐场用海	6.1700	游乐场	6.1700
36	三亚胜意贸易发展有限公司旅游娱乐用海	三亚胜意贸易发展有限公司	游乐场用海	7.9533	游乐场	7.9533
37	三亚四所海景酒店滨海旅游娱乐	三亚四所海景酒店	游乐场用海	1.9997	游乐场	1.9997

38	三亚湾海居铂尔曼度假酒店配套旅游娱乐项目	三亚林海房地产开发有限公司	游乐场用海	11.5747	游乐场	11.5747
39	三亚小山旅业发展有限公司滨海旅游娱乐用海	三亚小山旅业发展有限公司	游乐场用海	1.0200	游乐场	1.0200
40	中国工商银行股份有限公司海南省分行三亚培训中心滨海旅游娱乐	中国工商银行股份有限公司海南省分行三亚培训中心	游乐场用海	6.0400	游乐场	6.0400
41	滨海旅游用海	三亚景利莱酒店有限公司	浴场用海	6.1700	浴场	6.1700
42	凤凰岛美化利用白排礁工程项目	三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司	浴场用海	6.8715	浴场	6.8715
43	中国人民解放军总参谋部管理保障部服务局接待处（三亚）配套旅游娱乐	中国人民解放军总参谋部管理保障部服务局接待处（三亚）	浴场用海	12.4771	浴场	12.4771
44	三亚海关 1 号缉私码头	中华人民共和国三亚海关		0.0500	透水构筑物	0.0500

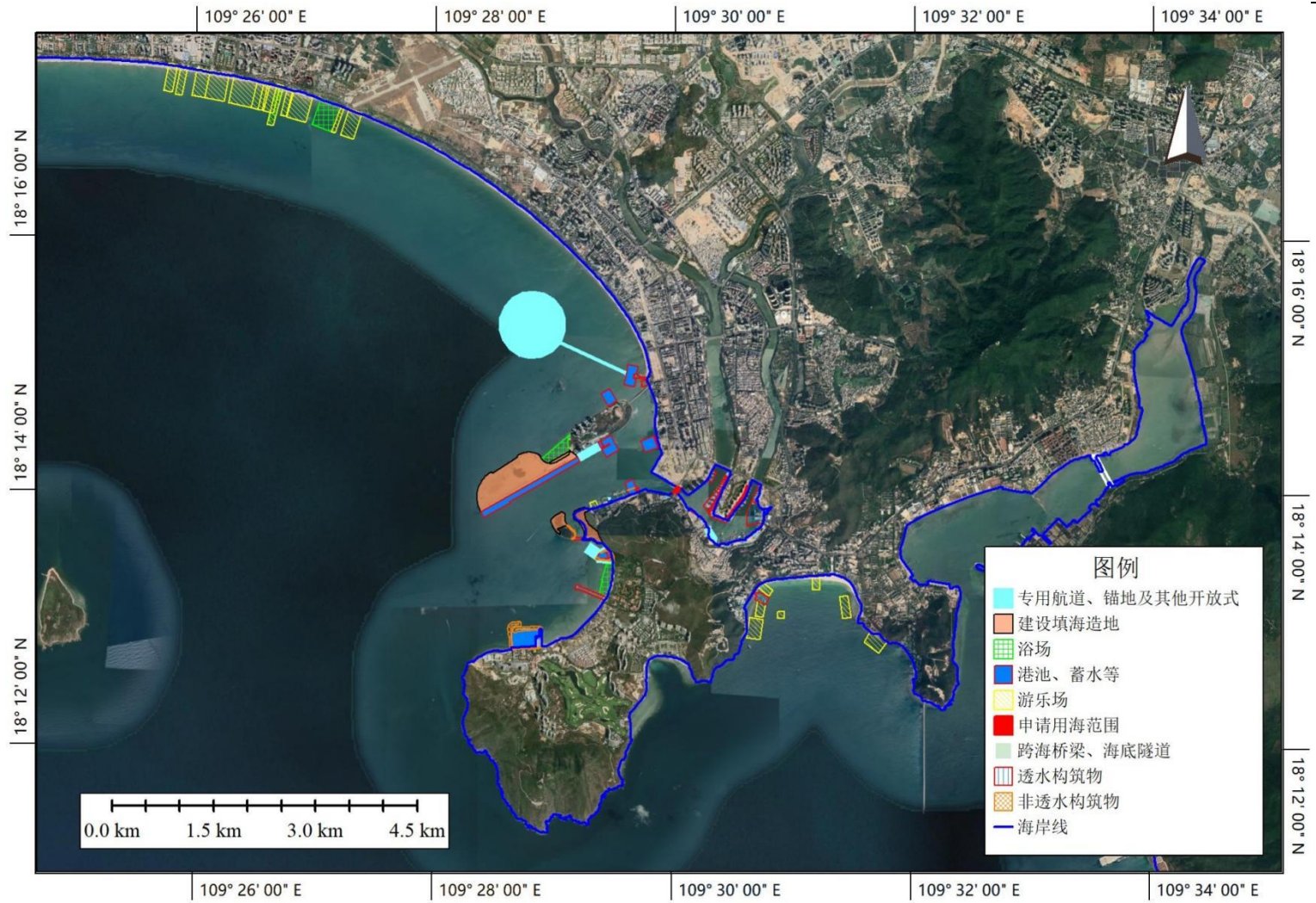


图 3.3.3-1 项目附近海域使用现状图

3.4 环境质量现状调查与评价

3.4.1 站位布设

为了解工程附近海域的海洋环境质量状况，自然资源部第三海洋研究所 2021 年 3 月在工程附近海域进行水质、沉积物和生物质量调查，在调查范围内共布设 20 个水质调查站位，水质站位中选取 10 个作为沉积物调查站位，水质站位中选取 12 个作为生物质量调查站位，引自《三亚凤凰岛二期项目拆除工程环境影响报告书》。站位图见表 3.4.1-1、图 3.4.1-1。

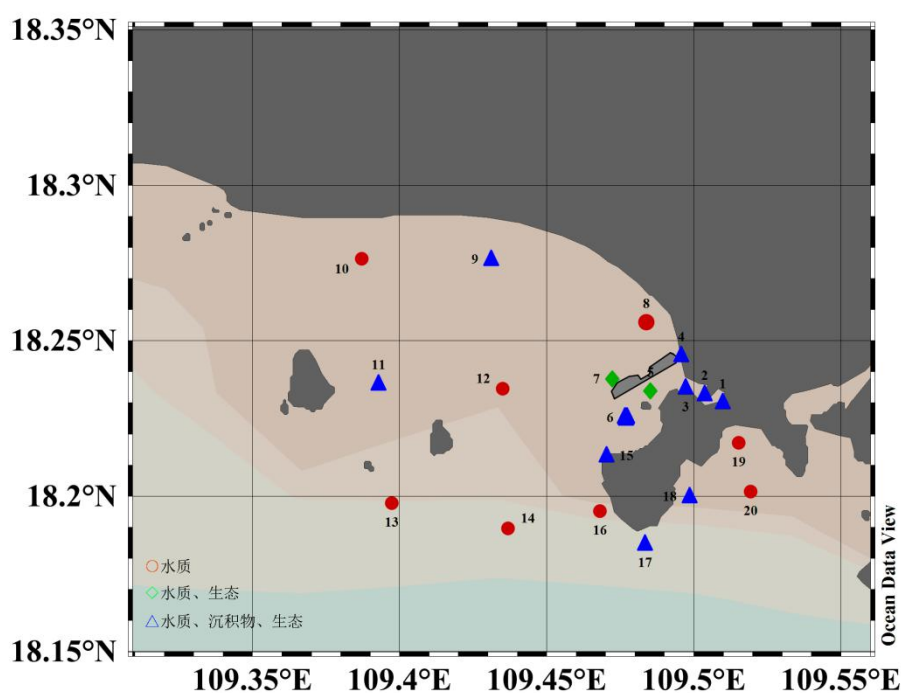


图 3.4.1-1 调查站位图

表 3.4.1-1 调查站位表

站号	东经 (°) E	北纬 (°) N	调查内容
1	109.509976	18.23000639	水质、沉积物、生态
2	109.5037876	18.23266125	水质、沉积物、生态
3	109.4973068	18.23470546	水质、沉积物、生态
4	109.4957301	18.24514882	水质、沉积物、生态
5	109.4852328	18.23373511	水质、生态
6	109.4770844	18.22528322	水质、沉积物、生态
7	109.4723939	18.23757784	水质、生态
8	109.4838508	18.25585096	水质
9	109.4311269	18.27618936	水质、沉积物、生态
10	109.3871197	18.27623905	水质

11	109.3929339	18.23604763	水质、沉积物、生态
12	109.4351427	18.23442394	水质
13	109.3974208	18.19769788	水质
14	109.4369454	18.18958017	水质
15	109.4703959	18.21298253	水质、沉积物、生态
16	109.4681022	18.19511619	水质
17	109.4833955	18.18464284	水质、沉积物、生态
18	109.4985964	18.19984012	水质、沉积物、生态
19	109.5153229	18.21702895	水质
20	109.5193118	18.20136435	水质

3.4.2 调查项目及调查方法

3.4.2.1 水质调查与分析

样品采集、保存和分析方法分别按《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378.4-2007）海水分析分册中规定的有关方法进行。分析方法详见表 3.4.2-1。

采样层次： $<10\text{ m}$ ，采集表层； $\geq 10\text{ m}$ ， $<15\text{ m}$ ，采集表底层； $\geq 10\text{ m}$ 时，采集表层、 10 m 、底层，其中油类只采集表层样品。

3.4.2.2 沉积物调查与分析

样品采集、保存和分析方法分别按《海洋监测规范》（GB 17378.5-2007）沉积物分析分册中规定的有关方法进行，采集表层沉积物样品。分析方法详见表 3.4.2-2。

3.4.2.3 生物质量调查与分析

样品采集、贮存与运输、分析方法严格按照《海洋监测规范第 3 部分：样品采集、贮存与运输》（GB 17378.3-2007），采集贝类、虾及鱼等海洋生物。分析方法详见表 3.4.2-3。

表 3.4.2-1 海水质量分析及执行标准

序号	项目	分析方法	执行标准
1	水温	温盐深仪（CTD）	GB/T 12763.2-2007
2	透明度	透明圆盘法	GB 17378.4-2007
3	盐度	温盐深仪（CTD）	GB 17378.4-2007
4	pH	pH 计法	GB/T 12763.4-2007
5	溶解氧	碘量滴定法	
6	活性磷酸盐	抗坏血酸还原磷钼蓝法	
7	亚硝酸盐	重氮-偶氮法	
8	硝酸盐	锌镉还原法	
9	氨盐	次溴酸钠氧化法	GB 17378.4-2007
10	化学需氧量	碱性高锰酸钾法	

111	悬浮物	重量法	
12	石油类	荧光分光光度法	
13	铜	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.1-2013
14	铅	电感耦合等离子体质谱法	
15	锌	电感耦合等离子体质谱法	
16	镉	电感耦合等离子体质谱法	
17	铬	电感耦合等离子体质谱法	
18	砷	电感耦合等离子体质谱法	
19	总汞	原子荧光法	GB 17378.4-2007

表 3.2-2 浅海沉积物质量分析方法及执行标准

序号	项目	分析方法	执行标准
1	硫化物	碘量法	GB17378.5-2007
2	石油类	荧光分光光度法	
3	铜	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.2-2013
4	铅	电感耦合等离子体质谱法	
5	锌	电感耦合等离子体质谱法	
6	镉	电感耦合等离子体质谱法	
7	总铬	电感耦合等离子体质谱法	
8	砷	电感耦合等离子体质谱法	GB17378.5-2007
9	汞	原子荧光法	
10	有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	

表 3.4.2-3 海洋生物体质量分析方法及执行标准

序号	项目	分析方法	执行标准
1	铜	电感耦合等离子体质谱法	HY/T147.3-2013
2	铅		
3	镉		
4	锌		
5	铬		
6	砷		
7	汞	原子荧光法	GB 17378.6-2007
8	石油烃	荧光分光光度法	

3.4.3 评价标准与评价方法

3.4.3.1 水质评价标准与评价方法

1、评价标准

水体环境质量评价标准参照海水水质标准（GB3097-1997）执行，具体评价等及阈值如表 3.4.3-1 所示：

表 3.4.3-1 海水水质标准（GB3097-1977） 单位：mg/L

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
----	-----	-----	-----	-----

pH	7.8~8.5 同时不超过该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超过该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	
溶解氧 >	6	5	4	3
化学需氧量 ≤	2	3	4	5
无机氮 (以 N 计) ≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐 (以 P 计) ≤	0.015	0.030		0.045
汞 ≤	0.00005	0.0002		0.0005
镉 ≤	0.001	0.005	0.010	
铅 ≤	0.001	0.005	0.010	0.050
总铬 ≤	0.05	0.10	0.20	0.50
砷 ≤	0.020	0.030	0.050	
铜 ≤	0.005	0.010	0.050	
锌 ≤	0.020	0.050	0.10	0.50
石油类 ≤	0.05		0.30	0.50

2、评价方法

(1) 标准阈值判别法

根据《海水水质标准》(GB3097-1997)、《海南省海洋功能区划》(2011~2020年),本次调查共涉及海洋功能区划包括三亚港口航运区、三亚湾旅游休闲娱乐区、三亚珊瑚礁海洋保护区、海南岛西南部保留区,不同功能区划和执行标准见表 3.4.3-2。根据表 5.2-1,共有 6 个站执行海水水质一类标准,4 个站执行海水水质二类标准,8 个站执行海水水质三类标准,2 个站位维持现状。

表 3.4.3-2 不同功能区站位分布及执行标准

序号	功能区	功能区内站位	执行标准
1	三亚港口航运区	1、2、3、4、5、6、7、14	海水水质三类标准
2	三亚湾旅游休闲娱乐区	8、9、10、12	海水水质二类标准
3	三亚珊瑚礁海洋保护区	11、15、16、17、18、19	海水水质一类标准
4	海南岛西南部保留区	13、20	保持现状

(2) 单因子指数法

水质评价采用单因子标准指数法。

(1) 单项水质标准指数法

具体的计算方法如下:

式中: ——第 i 站评价因子 j 的标准指数;

——第 i 站评价因子 j 的调查浓度, mg/L;

——评价因子 j 的评价标准, mg/L。

(2) 溶解氧的标准指数 $DO_j \geq DO_s$

$$DO_j < DO_s$$

式中： S_{DO_j} ——第 j 站上溶解氧的标准指数，mg/L；

DO_j ——溶解氧实测值，mg/L；

DO_f ——现场温度和盐度下的饱和溶解氧浓度，mg/L；

DO_s ——溶解氧的评价标准值，mg/L。

(3) pH 值的标准指数

海水中的 pH 标准指数具体计算公式如下：

其中，；

式中， PI_{pH} ——pH 的污染指数； pH ——pH 的实测值；

pH_{sd} ——分别为 pH 评价标准的上限值和下限值。

3.4.3.2 沉积物质量评价标准与评价方法

1、评价标准

海洋沉积物质量标准参照《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）执行，具体评价等级及阈值如表 3.4.3-3 如示。

表 3.4.3-3 海洋沉积物质量标准

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	总汞 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.20	0.50	1.00
2	镉 ($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.50	5.00
3	铅 ($\times 10^{-6}$) \leq	60.0	130.0	250.0
4	锌 ($\times 10^{-6}$) \leq	150.0	350.0	600.0
5	铜 ($\times 10^{-6}$) \leq	35.0	100.0	200.0
6	铬 ($\times 10^{-6}$) \leq	80.0	150.0	270.0
7	砷 ($\times 10^{-6}$) \leq	20.0	65.0	93.0
8	硫化物 ($\times 10^{-6}$) \leq	300.0	500.0	600.0
9	石油类 ($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0
10	有机碳 ($\times 10^{-2}$) \leq	2.0	3.0	4.0

注：均以干重计

2、评价方法

(1) 标准阈值判别法

根据《海洋沉积物质量标准》(GB18668-2002)、《海南省海洋功能区划》(2011~2020年),本次调查共涉及海洋功能区划包括三亚港口航运区、三亚湾旅游休闲娱乐区、三亚珊瑚礁海洋保护区,不同功能区划和执行标准见表 6.2-1。根据表 3.4.3-4,共有 5 个站执行海洋沉积物质量一类标准,5 个站执行海洋沉积物质量二类标准。

表 3.4.3-4 不同功能区站位分布及执行标准

序号	功能区	功能区内站位	执行标准
1	三亚港口航运区	1、2、3、4、6	海洋沉积物质量二类标准
2	三亚湾旅游休闲娱乐区	9	海洋沉积物质量一类标准
3	三亚珊瑚礁海洋保护区	11、15、17、18	海洋沉积物质量一类标准

(2) 单因子指数法

沉积物评价采用单项指数法进行,其指数计算方法如下:

其中, Q_j —j 站评价因子的质量分指数; C_j 实测值; C_0 标准值。

$Q_j \leq 1$ 属清洁; $Q_j > 1$ 属污染。

3.4.3.3 生物质量评价标准与评价方法

1、评价标准

(1) 双壳贝类评价标准

海洋贝类生物按《海洋生物质量》(GB/T 18421-2001)标准执行,具体见表 3.4.3-5。

表 3.4.3-5 贝类(双壳类)海洋生物体质量标准(单位:mg/kg)

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

注:样品含量以湿重计

(2) 非双壳贝类评价编制

非双壳贝类的生物质量评价,国家尚未颁布统一的评价标准,本报告采用《全国海岛资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的“海洋生物质量评价标准”进行评价。其中软体类、甲壳类和鱼类的生物体内污染物质(除石油类外)含量评价标准采用《全国海岛资源综合调查简明规程》中规定的标准值,石油类含量的

评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查报告》（第二分册）中规定的标准值，标准限值见表 3.4.3-6。藻类没有参考标准，暂不做评价。

表 3.4.3-6 海洋鱼类、甲壳类、软体类（非双壳类）生物体内污染物评价标准（单位：mg/kg）

项目	铜	锌	铅	镉	汞	石油烃
鱼类	20	40	2	0.6	0.3	20
甲壳类	100	150	2	2	0.2	20
软体类	100	250	10	5.5	0.3	20

2、评价方法

（1）标准阈值判别法

根据《海洋生物质量标准》（GB/T 18421-2001）、《海南省海洋功能区划》（2011~2020 年），本次调查共涉及海洋功能区划包括三亚港口航运区和三亚湾旅游休闲区，不同功能区划和执行标准见表 3.4.3-7。根据表 3.4.3-7，共有 12 个种类执行海洋生物体质量二类标准。

表 3.4.3-7 不同功能区站位分布及执行标准

序号	功能区	功能区内种数	执行标准
1	三亚湾旅游休闲区	1	海洋生物质量一类标准
2	三亚湾港口航运区	12	海洋生物质量二类标准

（2）单因子指数法

生物体评价方法采用单因子指数法，具体指数计算方法如下：

其中， P_j —j 站评价因子的质量分指数； C_j 实测值； C_0 标准值。

$P_j \leq 1$ 属清洁； $P_j > 1$ 属污染。

3.4.4 水环境调查结果与评价

表 3.4.4-1 水文要素统计结果

	特征值	水温 (°C)	透明度 (m)	盐度
表层	最小值	24.879		31.493
	最大值	26.312		33.440
	平均值	25.502		33.163
10 m	最小值	24.828		33.377
	最大值	25.059		33.440
	平均值	24.955		33.425
底层	最小值	24.458	1.6	33.352
	最大值	25.425	7.5	33.459
	平均值	24.971	4.0	33.424

3.4.4.1 水文要素

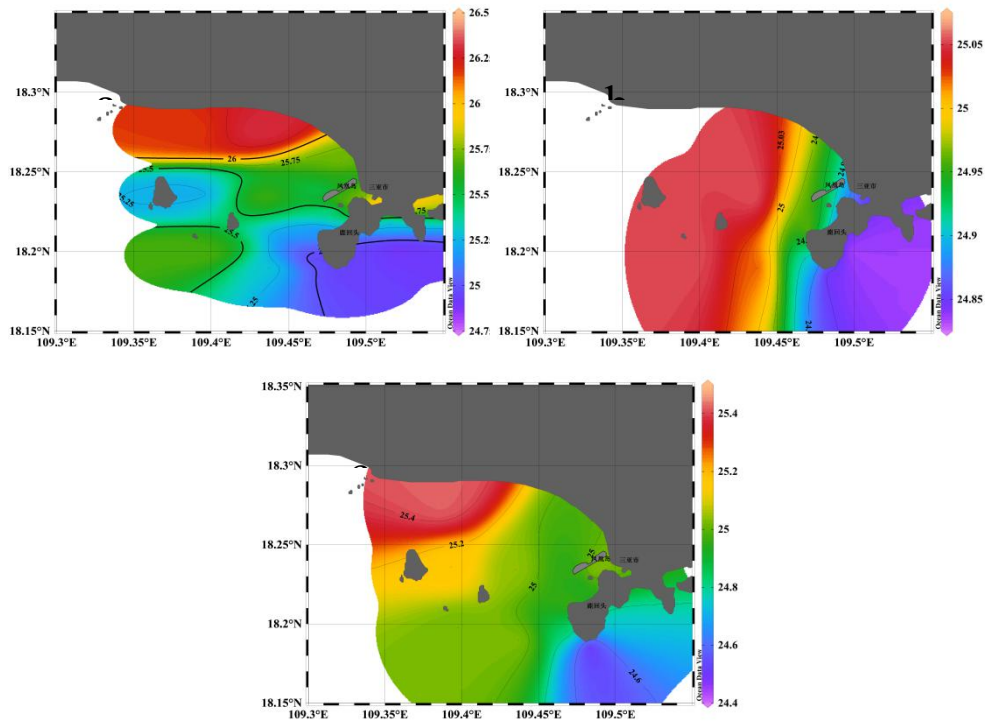
1、透明度

春季大潮期透明度介于 1.6 m~7.5 m 之间，平均透明度为 4.0 m。

2、水温

春季大潮期水温介于 24.458℃~26.312℃ 之间。表层水温介于 24.879℃~26.312℃，平均值为 25.502℃。10 m 层水温介于 24.828℃~25.059℃，平均值为 25.502℃。底层水温介于 24.458℃~25.425℃，平均值为 24.971℃。

调查数据表明，调查海域内水温符合该海域春季水体常规温度。调查海域水温平面分布如图 3.4.4-1 所示。水体温度分布相对均匀。表层水温高值位于三亚湾中北部海域，低值位于榆林湾海域。10 m 层水温分布均匀，相对低值位于榆林湾。底层水温分布与表层相同，高值位于三亚湾中北部海域，低值位于榆林湾海域。



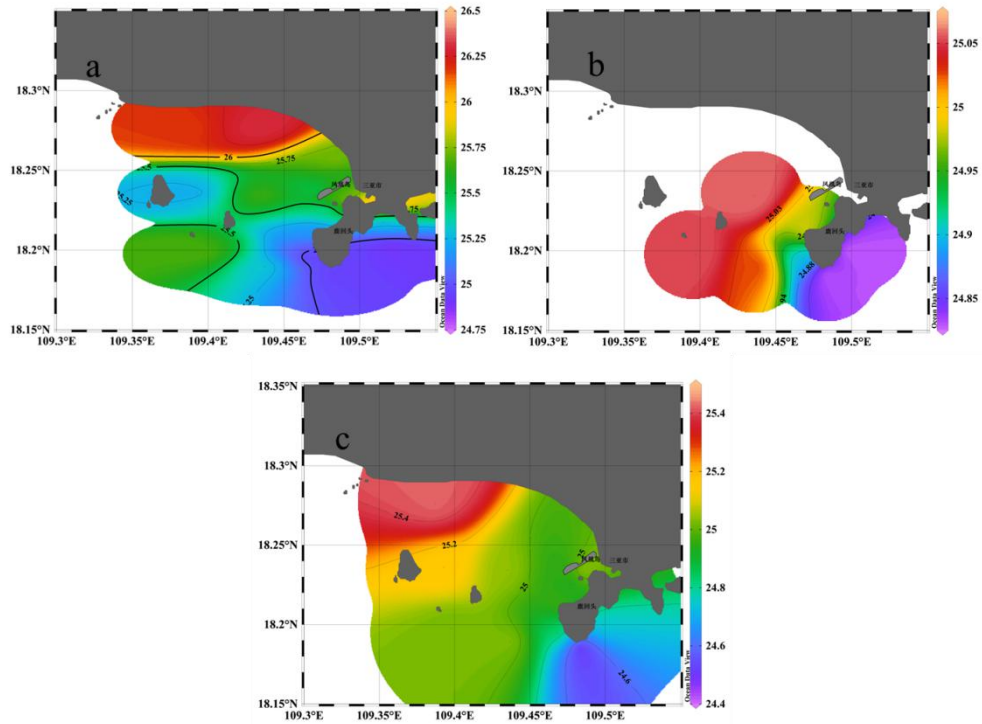


图 3.4.4-1 春季航次水温平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

3、盐度

春季大潮期盐度 31.493~33.459。表层盐度介于 31.493~33.440，平均值为 33.163。10 m 盐度介于 33.377~33.440，平均值为 33.425。底层盐度介于 33.352~33.459，平均值为 33.424。

调查数据表明，调查海域内盐度符合该海域春季水体常规盐度。调查海域盐度平面分布如图 3.4.4-2 所示。表层盐度分布均匀，相对低值位于三亚河口区域。10 m 层和底层海水海水盐度变化很小，相对低值位于 14 号站。

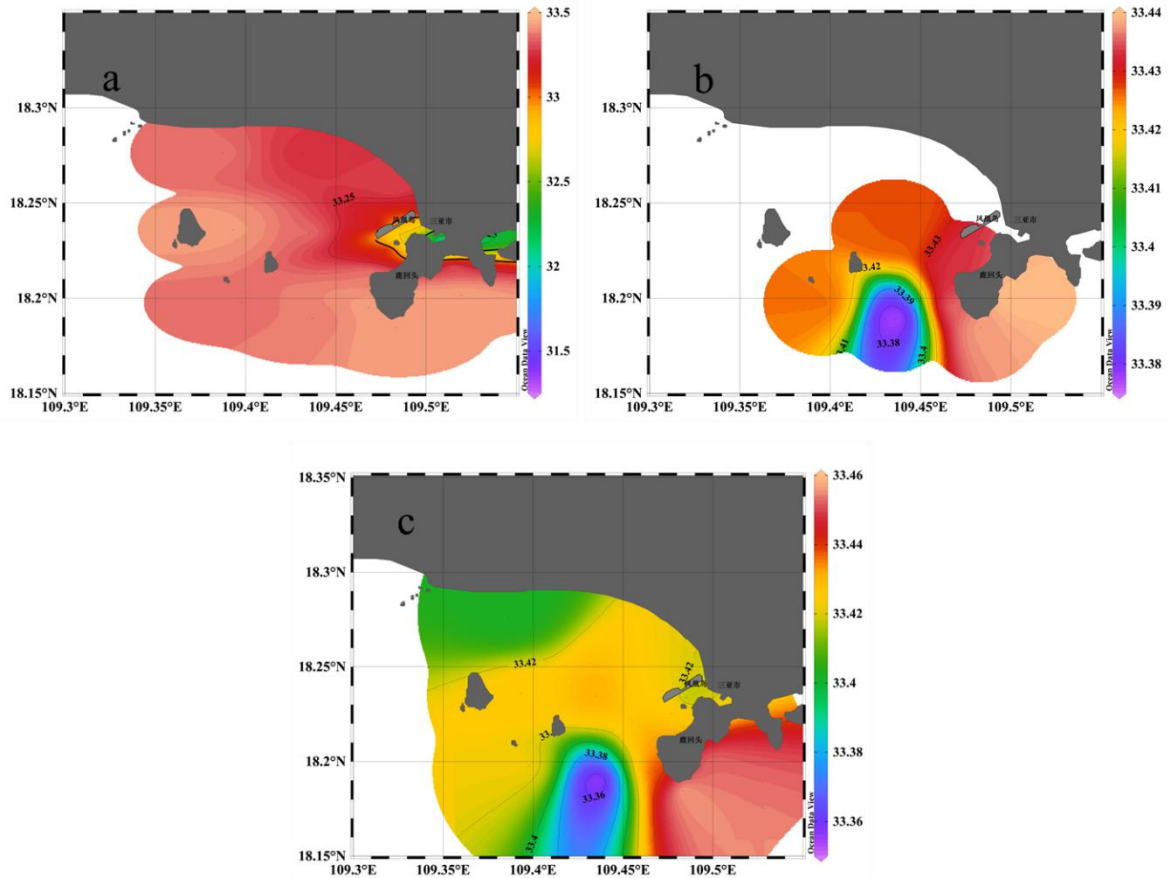


图 3.4.4-2 春季航次盐度平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

3.4.4.2 常规化学要素调查结果

表 3.4.4-2 常规化学要素特征值统计表

	特征值	pH	溶解氧 (mg/L)	悬浮物 (mg/L)
表层	最小值	8.10	6.45	2.6
	最大值	8.20	6.93	36.6
	平均值	8.16	6.72	13.5
10 m	最小值	8.16	6.36	5.9
	最大值	8.22	6.95	18.9
	平均值	8.18	6.80	10.8
底层	最小值	8.13	6.51	3.4
	最大值	8.21	6.91	32.9
	平均值	8.17	6.73	15.1

(1) pH

春季大潮期 pH 值介于 8.10-8.22 之间。表层 pH 值介于 8.10-8.20 之间，平均值为

8.16。10 m 层 pH 值介于 8.16~8.22 之间，平均值为 8.18。底层 pH 值介于 8.13~8.21 之间，平均值为 8.17。

调查站位的 pH 均达到一类、二类海水水质标准（7.80~8.50，同时不超出该海域正常变动范围 0.2 pH 单位）。

调查海域 pH 平面分布如图 3.4.4-3 所示。pH 值整体变化较小，表层相对高值位于三亚湾中、北部海域，相对低值位于榆林湾海域。10 m 层与底层分布 pH 分布与表层相似。

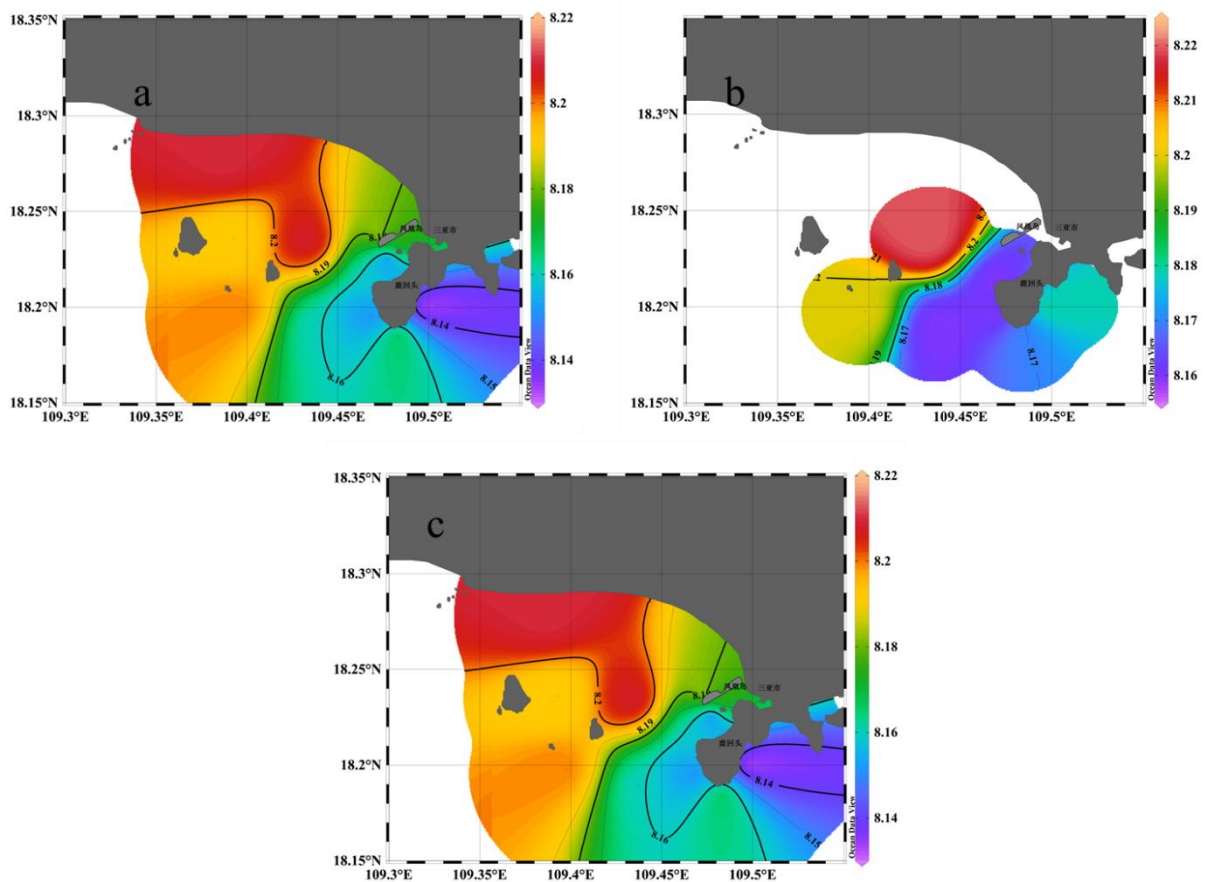


图 3.4.4-3 春季航次 pH 平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

(2) 溶解氧

春季大潮期溶解氧介于 6.36 mg/L~6.95 mg/L 之间。表层溶解氧介于 6.45 mg/L~6.93 mg/L 之间，平均值为 6.72 mg/L。10 m 溶解氧介于 6.36 mg/L~6.95 mg/L 之间，平均值为 6.80 mg/L。底层溶解氧介于 6.51 mg/L~6.91 mg/L 之间，平均值为 6.73 mg/L。

调查数据表明，所有站位溶解氧含量均符合海水水质一类标准（> 6 mg/L）。

调查海域溶解氧平面分布图如 3.4.4-4 所示。溶解氧整体分布相对均匀。春季表层

溶解氧高值位于东玳瑁岛南部海域，相对低值位于凤凰岛二期附近海域。10 m 层溶解氧分布三亚湾海域相对较高，鹿回头角附近海域相对较低。底层溶解氧高值位于东玳瑁岛附近海域，低值位于三亚港海域。

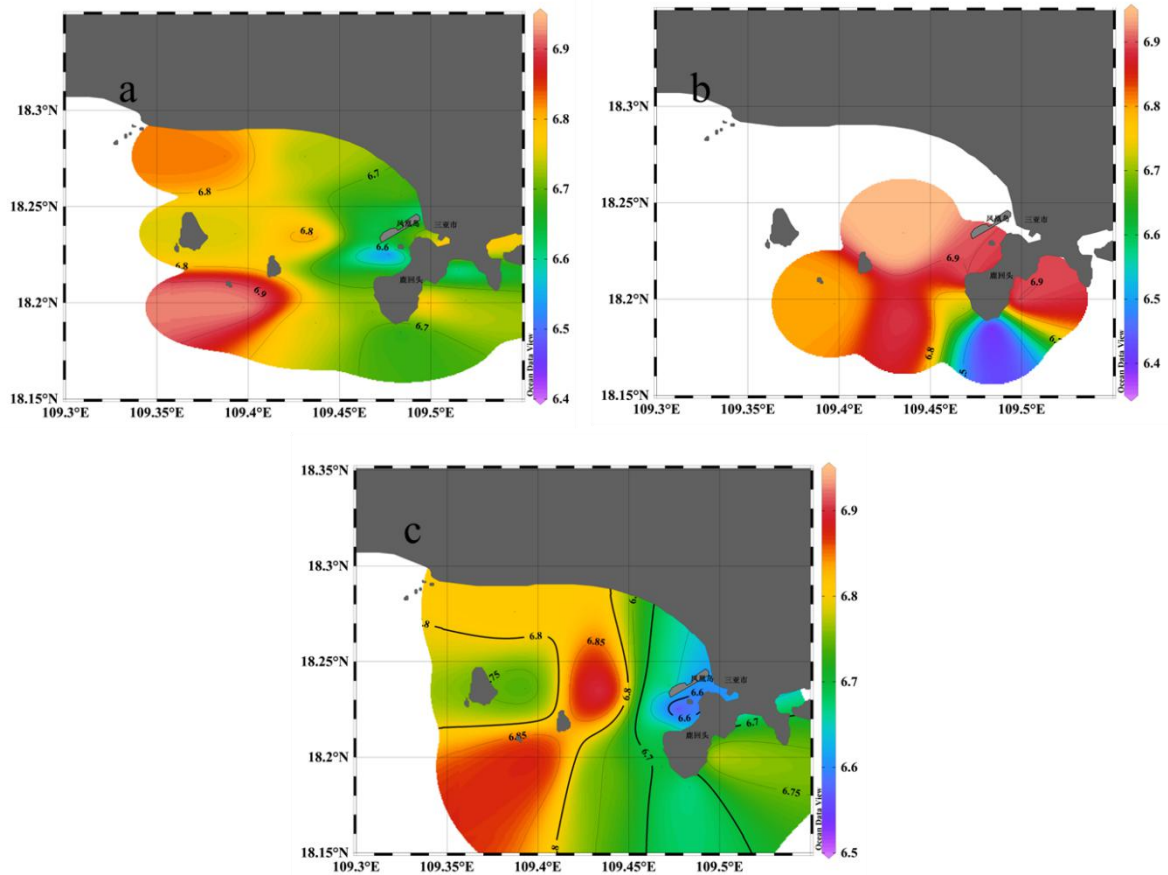


图 3.4.4-4 春季航次溶解氧平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

(3) 悬浮物

春季大潮期悬浮物介于 2.6 mg/L~36.6 mg/L 之间。表层悬浮物介于 2.6 mg/L~36.6 mg/L 之间，平均值为 13.5 mg/L。10 m 层悬浮物介于 5.9 mg/L~18.9 mg/L 之间，平均值为 10.8 mg/L。底层悬浮物介于 3.4 mg/L~32.9 mg/L 之间，平均值为 15.1 mg/L。

调查海域悬浮物平面分布如图 3.4.4-5 所示。表层悬浮物高值位于三亚湾东北部海域和三亚港港口海域，低值位于西玳瑁岛附近海域。10 m 层高值位于 14 号站，低值位于东、西玳瑁岛周边海域。底层悬浮物高值位于东、西玳瑁岛中间的 12 号站，低值位于榆林湾海域。

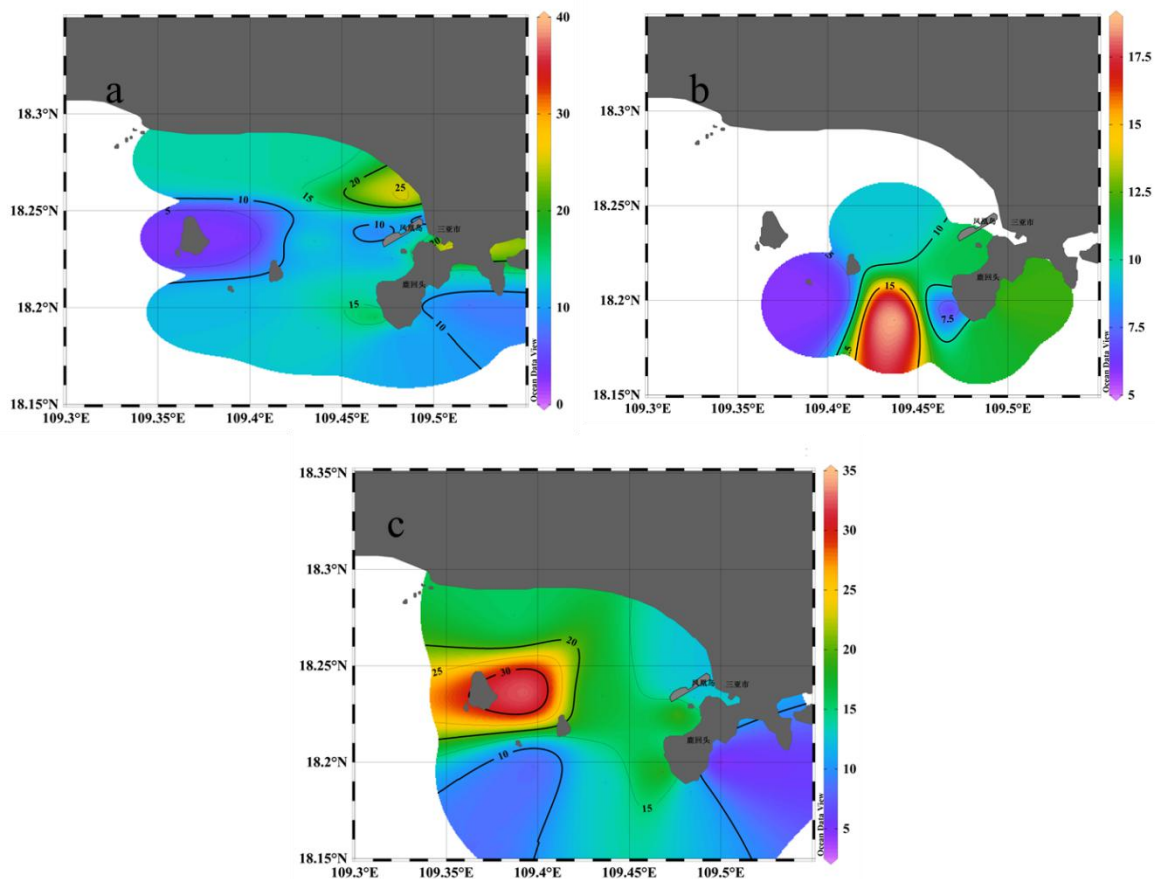


图 3.4.4-5 春季航次悬浮物平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

3.4.4.3 营养要素调查结果

表 3.4.4-3 营养要素特征值统计表

	特征值	硝酸盐 (mg/L)	亚硝酸盐 (mg/L)	铵盐 (mg/L)	无机氮(mg/L)	活性磷酸盐 (mg/L)
表层	最小值	未检出	未检出	0.004	0.006	0.001
	最大值	0.175	0.020	0.078	0.261	0.018
	平均值	0.035	0.005	0.022	0.052	0.004
10 m	最小值	未检出	未检出	0.005	0.006	0.001
	最大值	0.006	0.001	0.020	0.026	0.003
	平均值	0.005	0.001	0.011	0.015	0.002
底层	最小值	未检出	未检出	0.005	0.005	0.001
	最大值	0.006	0.002	0.046	0.053	0.003
	平均值	0.004	0.001	0.015	0.019	0.002

(1) 无机氮(硝酸盐、亚硝酸盐和铵盐)

春季大潮期无机氮介于 0.005 mg/L~0.261 mg/L 之间。表层无机氮介于 0.006 mg/L~

0.261 mg/L 之间, 平均值为 0.052 mg/L。10 m 层无机氮介于 0.006 mg/L~ 0.026 mg/L 之间, 平均值为 0.015 mg/L。底层无机氮介于 0.005 mg/L~ 0.053 mg/L 之间, 平均值为 0.019 mg/L。

其中表层硝酸盐含量介于未检出~0.175 mg/L 之间, 平均值为 0.035 mg/L; 亚硝酸盐含量介于未检出~0.020 mg/L 之间, 平均值为 0.005 mg/L; 铵盐含量介于 0.004 mg/L~0.078 mg/L 之间, 平均值为 0.022 mg/L。10 m 层硝酸盐含量介于未检出~0.006 mg/L 之间, 平均值为 0.005 mg/L; 亚硝酸盐含量介于未检出~0.001 mg/L 之间, 平均值为 0.001 mg/L; 铵盐含量介于 0.005 mg/L~0.020 mg/L 之间, 平均值为 0.011 mg/L。底层硝酸盐含量介于未检出~0.006 mg/L 之间, 平均值为 0.004 mg/L; 亚硝酸盐含量介于未检出~0.002 mg/L 之间, 平均值为 0.001 mg/L; 铵盐含量介于 0.005 mg/L~ 0.046 mg/L 之间, 平均值为 0.015 mg/L。

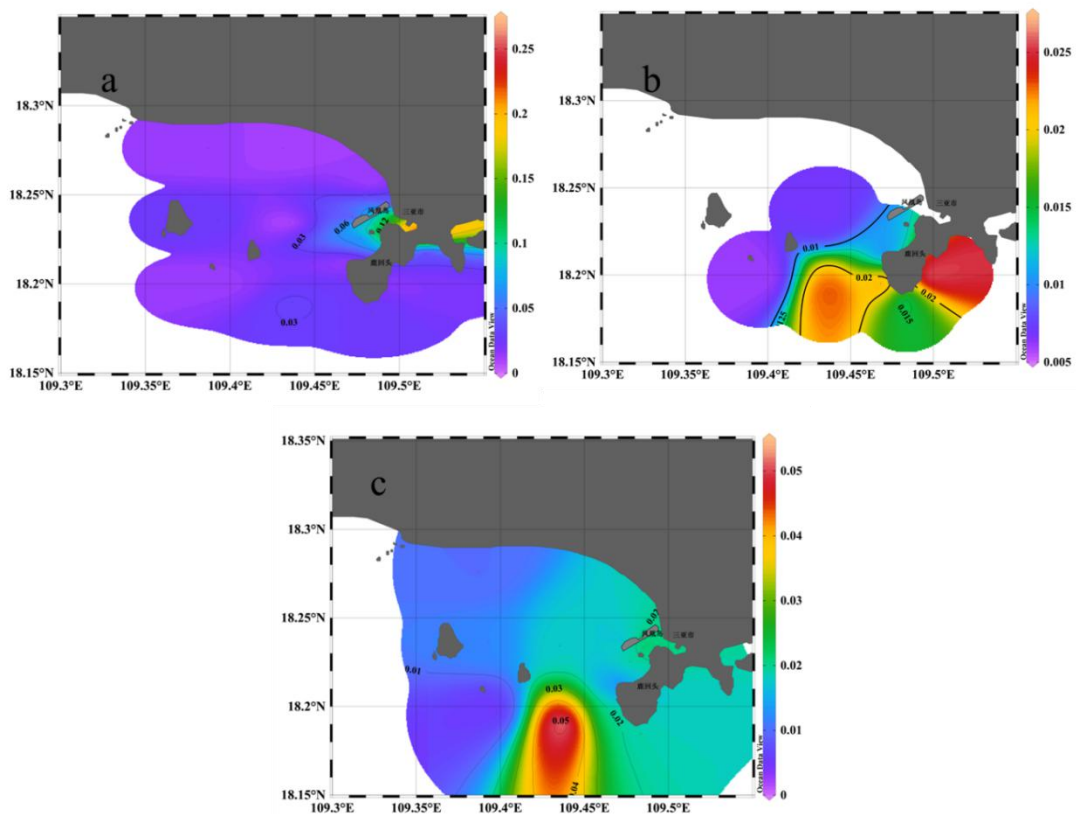


图 3.4.4-6 春季航次无机氮平面分布图 a 表层; b 10 m; c 底层

调查数据表明, 表层大部分站位无机氮含量符合一类海水水质类标准(≤ 0.20 mg/L), 占样品数的 90%; 仅 1 号站和 2 号站表层无机氮含量符合海水水质二类标准(≤ 0.30 mg/L, > 0.20 mg/L), 占样品数的 10%。10 m 层无机氮含量均符合一类海水水质类标准 (≤ 0.20 mg/L,)。底层无机氮含量均符合一类海水水质类标准 (≤ 0.20 mg/L)。

调查海域无机氮平面分布如图 3.4.4-6 所示。表层无机氮高值位于三亚河河口海域，其余海域无机氮分布较为均匀。10 m 层无机氮含量整体较低，相对高值位于榆林湾海域。底层无机氮含量较低，高值位于 14 号站。1 号和 2 号站位于三亚河河口区，受到径流影响，所以表层无机氮含量高于其他海域，仍满足所属海洋功能区的水质要求。

(2) 活性磷酸盐

春季大潮期活性磷酸盐介于 0.001 mg/L~0.018 mg/L 之间。表层活性磷酸盐介于 0.001 mg/L~0.018 mg/L 之间，平均值为 0.004 mg/L。10 m 层活性磷酸盐介于 0.001 mg/L~0.003 mg/L 之间，平均值为 0.002 mg/L。底层活性磷酸盐介于 0.001 mg/L~0.003 mg/L 之间，平均值为 0.002 mg/L。

调查数据表明，表层大部分站位活性磷酸盐含量符合一类海水水质类标准 (≤ 0.015 mg/L)，占样品数的 95%；仅有 2 号站表层活性磷酸盐含量符合二、三类海水水质标准 (≤ 0.030 mg/L, > 0.015 mg/L)，占样品数的 5%。10 m 层活性磷酸盐含量均符合一类海水水质类标准 (≤ 0.015 mg/L)。底层活性磷酸盐含量均符合一类海水水质类标准 (≤ 0.015 mg/L)

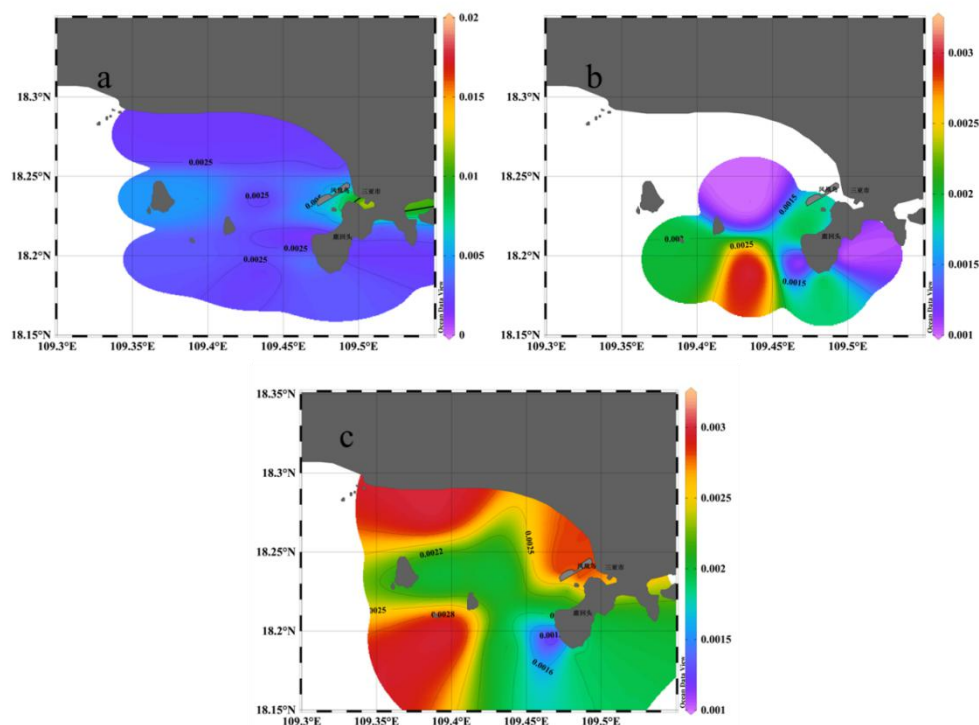


图 3.4.4-7 春季航次活性磷酸盐平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

调查海域活性磷酸盐平面分布如图 3.4.4-7 所示。表层活性磷酸盐高值位于三亚河河口海域，其它海域活性磷酸盐分布较为均匀。10m 层和底层活性磷酸盐含量低，分布

均匀。

2号站位于三亚河口海域，受到径流影响，所以表层活性磷酸盐含量高于其他海域，仍满足所属海洋功能区的水质要求。

3.4.4.4 有机污染物调查结果

表 3.4.4-4 有机污染物特征值统计表

	特征值	化学需氧量(mg/L)	石油类(μ g/L)
表层	最小值	0.38	7.5
	最大值	1.84	26.5
	平均值	1.07	12.8
10 m	最小值	0.22	-
	最大值	1.28	-
	平均值	0.81	-
底层	最小值	0.63	-
	最大值	1.22	-
	平均值	0.89	-

(1) 化学需氧量

春季大潮期化学需氧量介于 0.22 mg/L~1.84 mg/L 之间。表层化学需氧量介于 0.38 mg/L~1.84 mg/L 之间，平均值为 1.07 mg/L。10 m 层化学需氧量介于 0.22 mg/L~1.28 mg/L 之间，平均值为 0.81 mg/L。底层化学需氧量介于 0.63 mg/L~1.22 mg/L 之间，平均值为 0.89 mg/L。

调查数据表明，所有站位化学需氧量均符合海水水质一类标准 (≤ 2 mg/L)。

调查海域化学需氧量平面分布如图 3.4.4-8 所示。表层化学需氧量高值位于三亚河口区和凤凰岛周边海域，低值位于三亚湾南部海域和榆林湾海域。10 m 层化学需氧量高值位于三亚港海域及榆林湾，低值位于三亚湾中部海域。底层化学需氧量高值位于鹿回头西部附近海域。低值位于三亚湾南部海域。

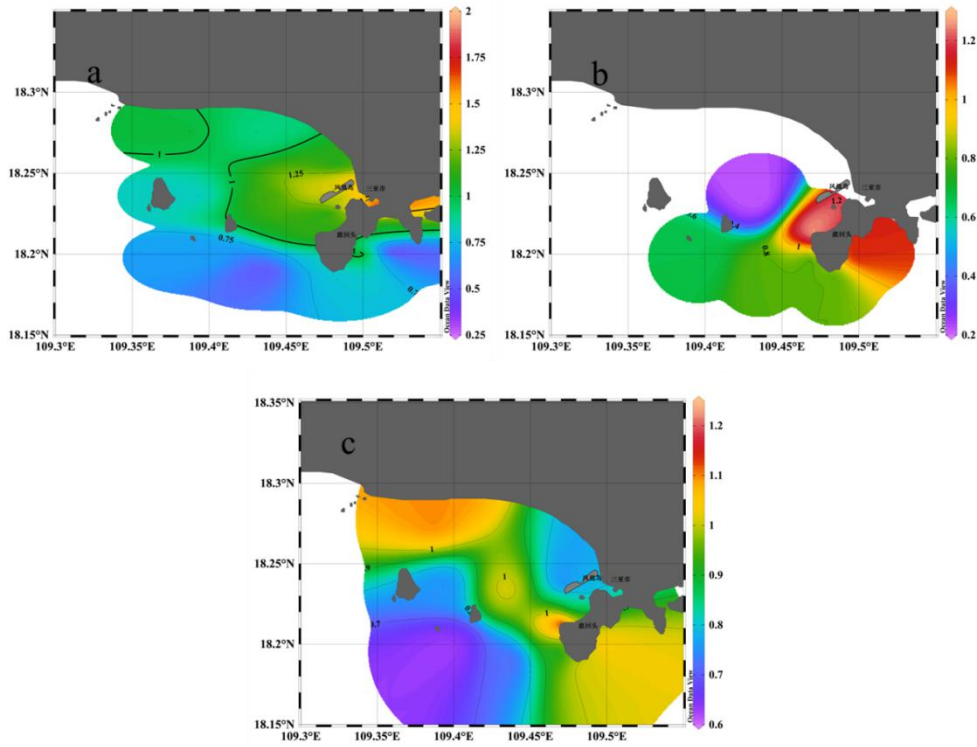


图 3.4.4-8 春季航次化学需氧量平面分布图 a 表层; b 10 m; c 底层

(2) 石油类

春季大潮期表层石油类介于 $7.5 \mu\text{g/L}$ ~ $26.5 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $12.8 \mu\text{g/L}$ 。调查数据表明，所有站位石油类含量均符合海水水质一类标准 ($\leq 50 \mu\text{g/L}$)。

调查海域表层石油类平面分布如图 3.4.4-9 所示。石油类高值位于三亚河河口及凤凰岛附近海域，其余海域分布较为均匀。

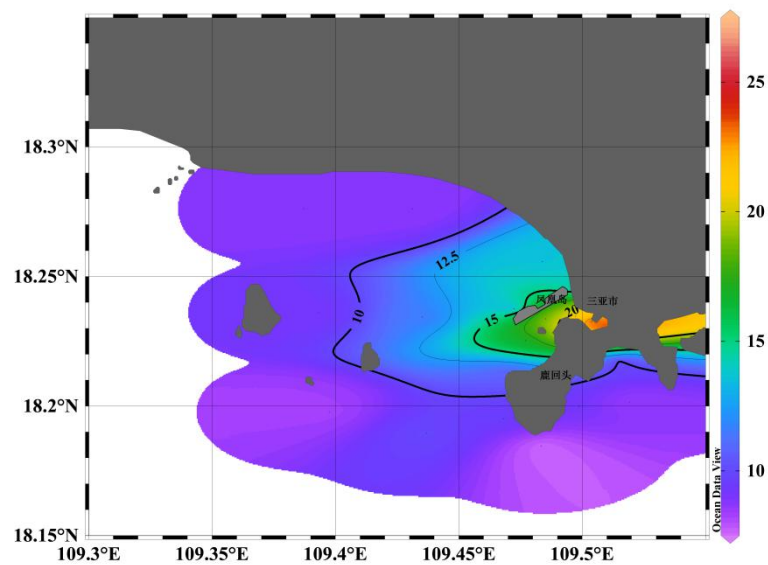


图 3.4.4-9 春季航次表层石油类平面分布图

3.4.4.5 重金属和砷调查结果

表 3.4.4-5 重金属特征值统计表

	特征值	铜(μ g/L)	铅(μ g/L)	锌(μ g/L)	镉(μ g/L)	铬(μ g/L)	汞(μ g/L)	砷(μ g/L)
表 层	最小值	0.227	0.0175	0.527	0.0880	0.764	0.010	1.70
	最大值	3.96	1.24	33.9	0.205	1.05	0.025	1.98
	平均值	1.03	0.557	7.57	0.132	0.893	0.016	1.83
10 m	最小值	0.261	0.0840	0.436	0.0877	0.731	0.010	1.66
	最大值	3.90	1.45	4.67	0.151	0.956	0.016	1.90
	平均值	1.00	0.369	3.17	0.130	0.852	0.012	1.77
底 层	最小值	0.176	0.331	0.580	0.0851	0.719	0.0087	1.68
	最大值	0.956	0.893	12.1	0.193	1.02	0.021	1.90
	平均值	0.641	0.533	5.32	0.132	0.867	0.014	1.80

(1) 铜

春季大潮期铜含量介于 0.176 μ g/L~3.96 μ g/L 之间。表层铜含量介于 0.227 μ g/L~3.96 μ g/L 之间，平均值为 1.03 μ g/L。10 m 层铜含量介于 0.261 μ g/L~3.90 μ g/L 之间，平均值为 1.00 μ g/L。底层铜含量介于 0.176 μ g/L~0.956 μ g/L 之间，平均值为 0.641 μ g/L。

调查数据表明，所有站位铜含量均符合海水水质一类标准 (≤ 5 μ g/L)。

调查海域铜含量平面分布如图 3.4.4-10 所示。表层铜含量高值位于三亚河河口及凤凰岛附近海域，其余海域分布较为均匀。10 m 层铜含量最大值出现在 18 号站，其余站位铜含量变化较小。底层铜含量相对较低，相对高值位于三亚中南部海域及凤凰岛周边海域。

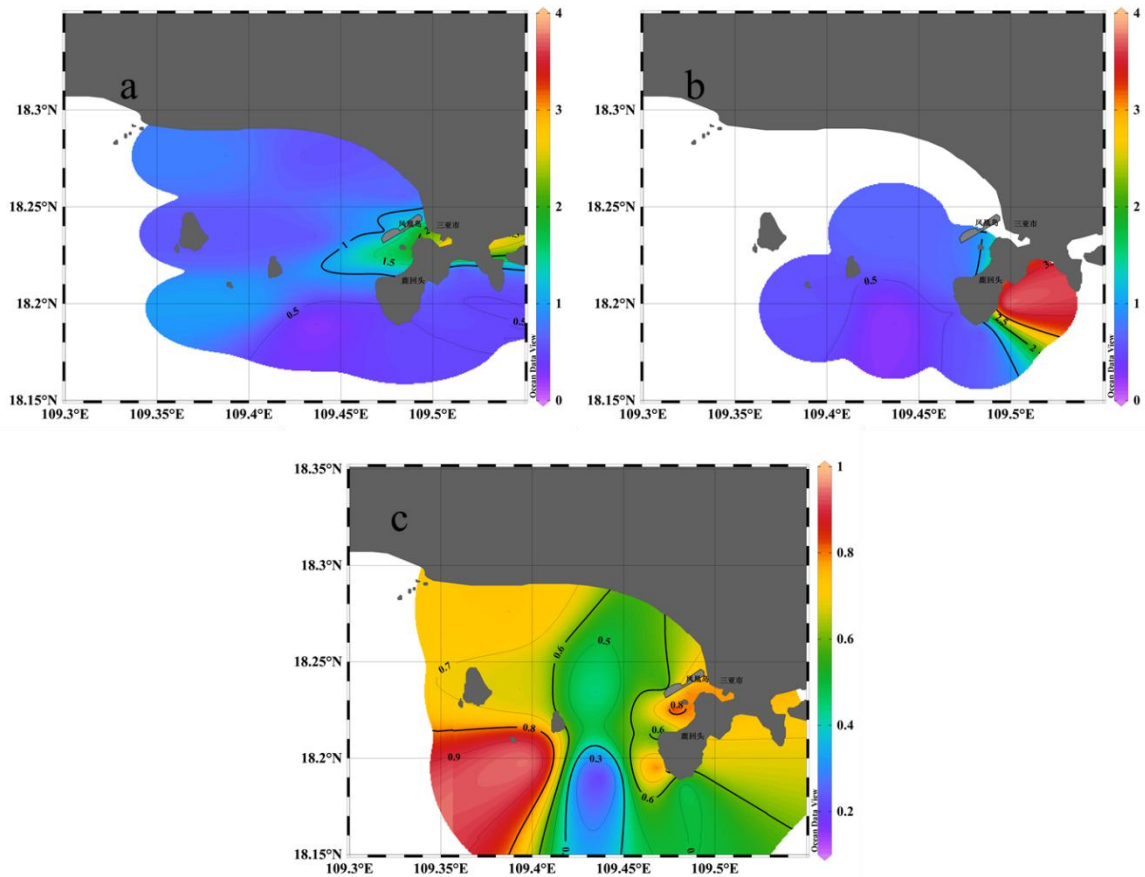


图 3.4.4-10 春季航次铜含量平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

(2) 铅

春季大潮期铅含量介于未检出~1.45 $\mu\text{g/L}$ 之间。表层铅含量介于未检出~1.24 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 0.557 $\mu\text{g/L}$ 。10 m 层铅含量介于 0.0840 $\mu\text{g/L}$ ~1.45 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 0.369 $\mu\text{g/L}$ 。底层铅含量介于 0.331 $\mu\text{g/L}$ ~0.893 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 0.533 $\mu\text{g/L}$ 。

调查数据表明，表层大部分站位铅含量均符合海水水质一类标准 ($\leq 1 \mu\text{g/L}$)，占样品数的 85%；仅有 6 号站、8 号站和 14 号站表层铅含量符合海水水质二类标准 ($\leq 5 \mu\text{g/L}$, $> 1 \mu\text{g/L}$)，占样品数的 15%。10 m 层大部分站位铅含量均符合海水水质一类标准 ($\leq 1 \mu\text{g/L}$)，占样品数的 85.7%；仅有 13 号站表层铅含量符合海水水质二类标准 ($\leq 5 \mu\text{g/L}$, $> 1 \mu\text{g/L}$)，占样品数的 14.3%。底层铅含量均符合海水水质一类标准 ($\leq 1 \mu\text{g/L}$)。均满足所属海洋功能区的水质要求。

调查海域铅含量平面分布如图 3.4.4-11 所示。表层铅高值位于三亚湾近岸海域和南部海域，低值位于三亚湾中部海域及榆林湾海域。10 m 层铅含量最大值出现在 13 号

站，其余海域分布较为均匀。底层铅含量分布较为均匀，相对高值位于三亚湾北部海域和榆林湾海域。

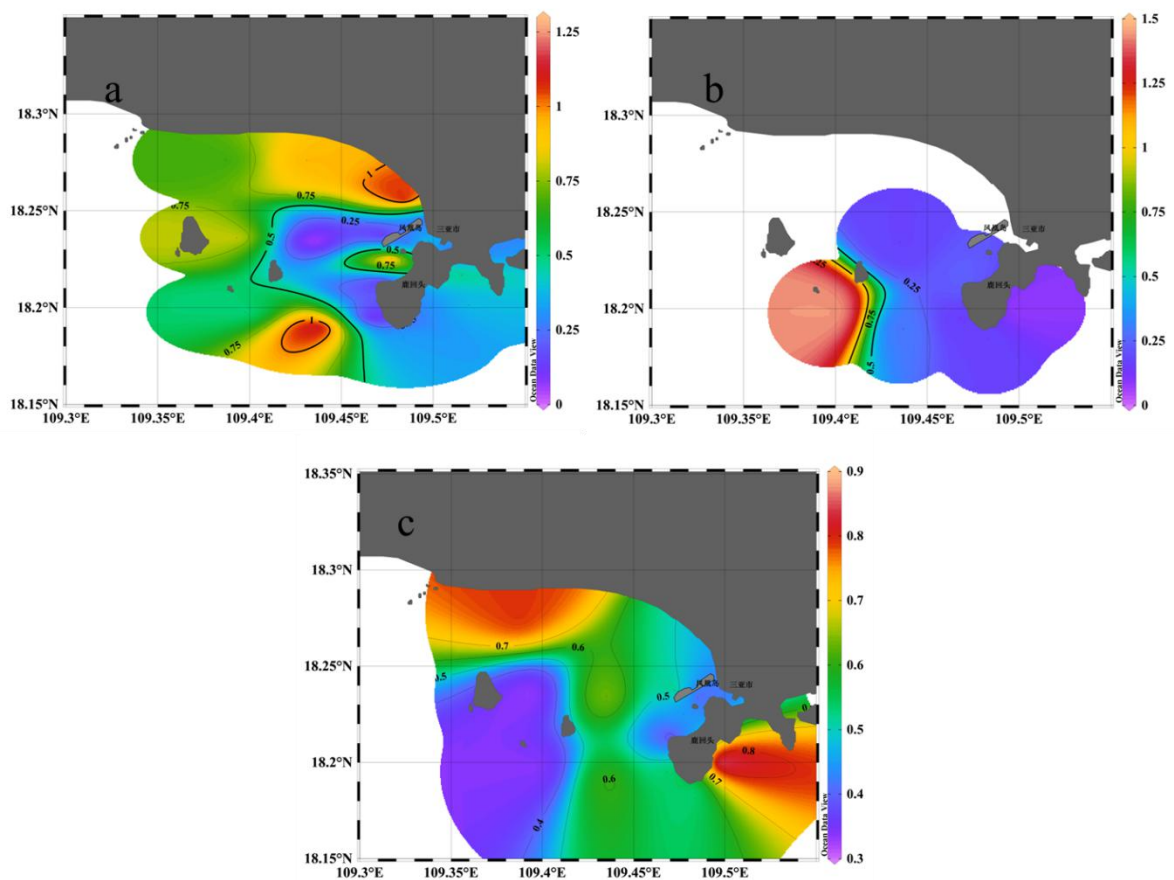


图 3.4.4-11 春季航次铅含量平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

(3) 锌

春季大潮期锌含量介于 $2.39 \mu\text{g/L} \sim 22.3 \mu\text{g/L}$ 之间。表层锌含量介于 $0.527 \mu\text{g/L} \sim 33.9 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $7.57 \mu\text{g/L}$ 。10 m 层锌含量介于 $0.436 \mu\text{g/L} \sim 4.67 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $3.17 \mu\text{g/L}$ 。底层锌含量介于 $0.580 \mu\text{g/L} \sim 12.1 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $5.32 \mu\text{g/L}$ 。

调查数据表明，表层大部分站位锌含量符合海水水质一类标准 ($\leq 20 \mu\text{g/L}$)，占样品数的 90%；仅有 2 号站和 3 号站表层锌含量符合海水水质二类标准 ($\leq 50 \mu\text{g/L}$, $> 20 \mu\text{g/L}$)。10 m 层和底层锌含量均符合符合海水水质一类标准 ($\leq 20 \mu\text{g/L}$)。均满足所属海洋功能区的水质要求。

调查海域锌含量平面分布如图 3.4.4-12 所示。表层锌高值位于三亚河口海域，低值位于榆林湾海域。10 m 层锌含量变化相对较小，相对低值位于三亚湾南部海域。底层

锌含量最大值位于 13 号站，其它海域分布较为均匀。

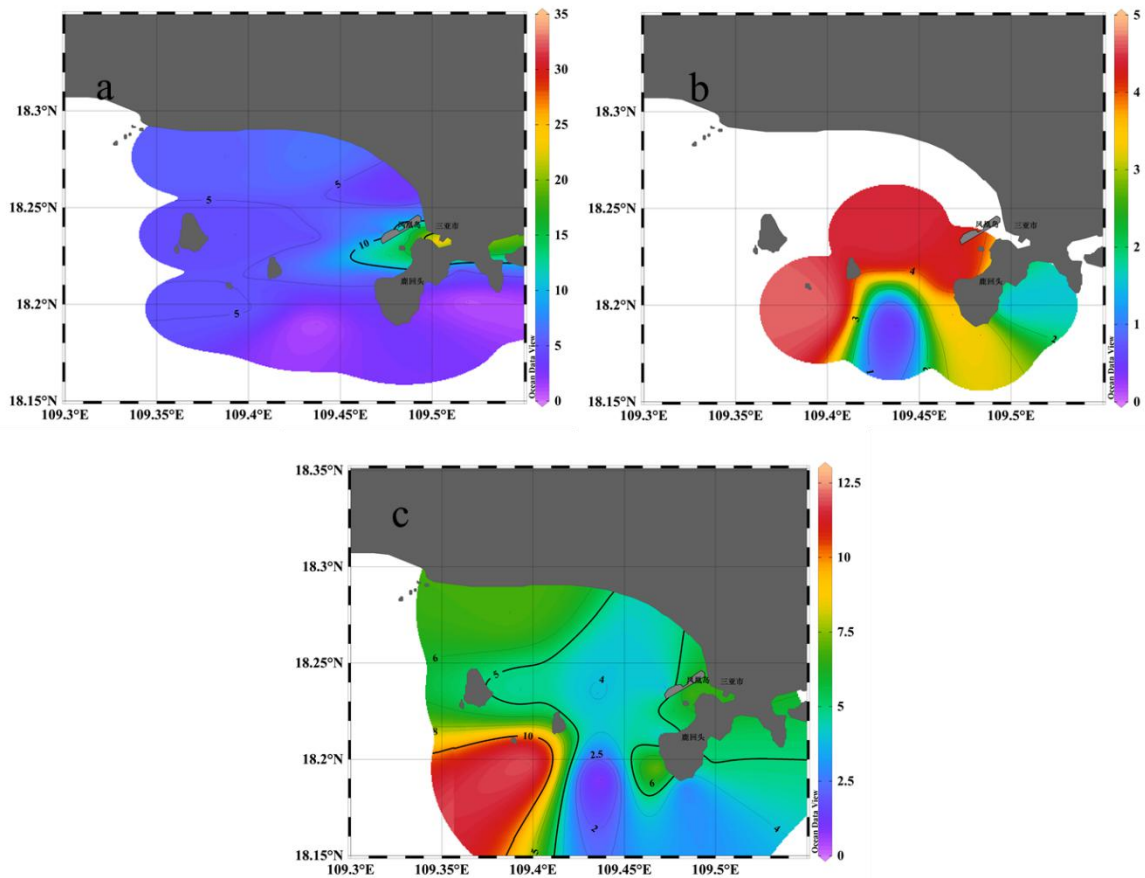


图 3.4.4-12 春季航次锌含量平面分布图 a 表层; b 10 m; c 底层

(4) 镉

春季大潮期镉含量介于 $0.0851 \mu\text{g/L} \sim 0.205 \mu\text{g/L}$ 之间。表层镉含量介于 $0.0880 \mu\text{g/L} \sim 0.205 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $0.132 \mu\text{g/L}$ 。10 m 层镉含量介于 $0.0877 \mu\text{g/L} \sim 0.151 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $0.130 \mu\text{g/L}$ 。底层镉含量介于 $0.0851 \mu\text{g/L} \sim 0.193 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $0.132 \mu\text{g/L}$ 。

调查数据表明，所有站位镉含量均符合海水水质一类标准 ($\leq 1 \mu\text{g/L}$)。

调查海域镉含量平面分布如图 3.4.4-13 所示。表层镉含量高值位于工程附近海域，低值位于榆林湾海域。10 m 层镉含量较低，变化相对较小，相对低值位于三亚湾南部海域。底层镉含量含量较低，相对高值位于鹿回头西南角海域，相对低值位于榆林湾海域。

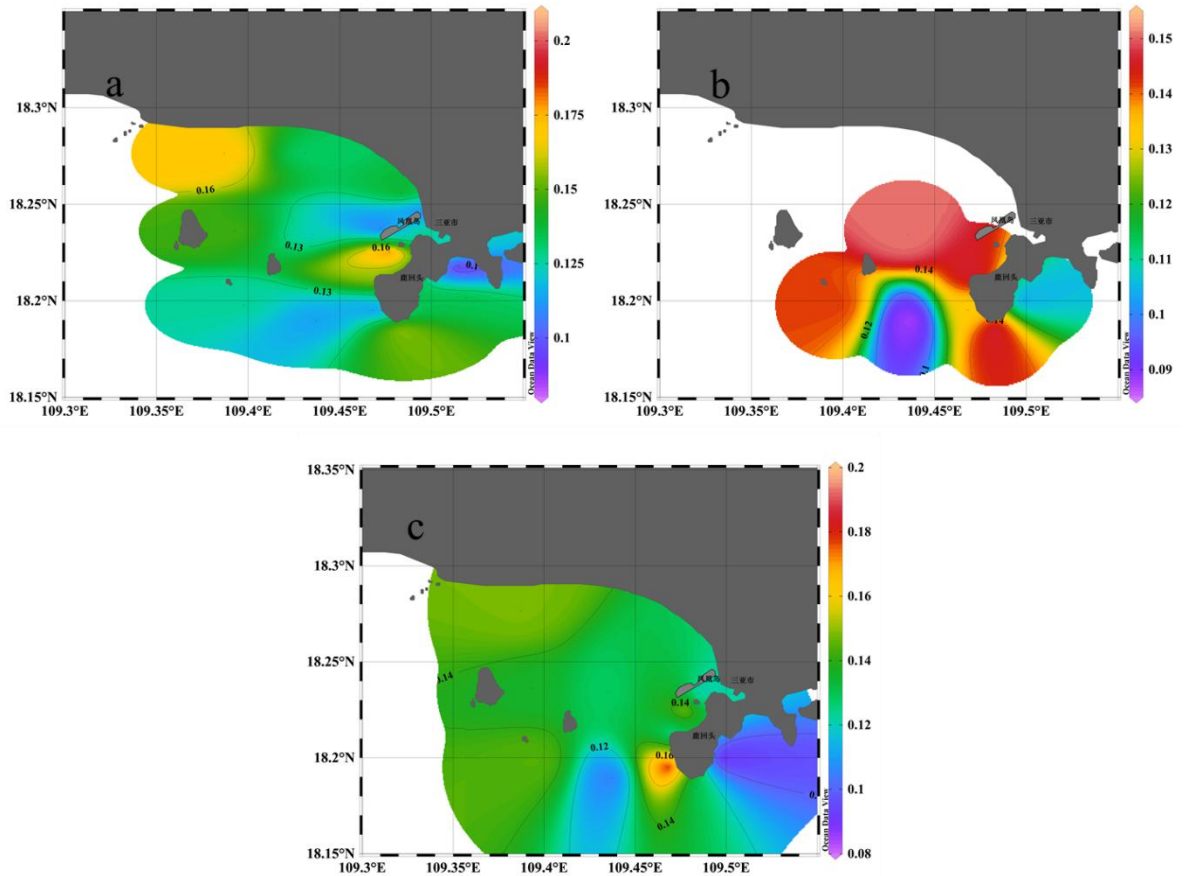


图 3.4.4-13 春季航次镉含量平面分布图 a 表层; b 10 m; c 底层

(5) 铬

春季大潮期铬含量介于 $0.874 \mu\text{g/L} \sim 1.69 \mu\text{g/L}$ 之间。表层铬含量介于 $0.764 \mu\text{g/L} \sim 1.05 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $0.893 \mu\text{g/L}$ 。10 m 层铬含量介于 $0.731 \mu\text{g/L} \sim 0.956 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $0.852 \mu\text{g/L}$ 。底层铬含量介于 $0.719 \mu\text{g/L} \sim 1.02 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $0.867 \mu\text{g/L}$ 。

调查数据表明，所有站位铬含量均符合海水水质一类标准 ($\leq 50 \mu\text{g/L}$)。

调查海域铬含量平面分布如图 3.4.4-14 所示。铬含量整体变化相对较小，分布较为均匀。三亚湾南部海域和榆林湾铬含量相对较低。表层和 10 m 层铬含量最大值位于 15 号站。底层铬含量最大值位于 5 号站和 10 号。

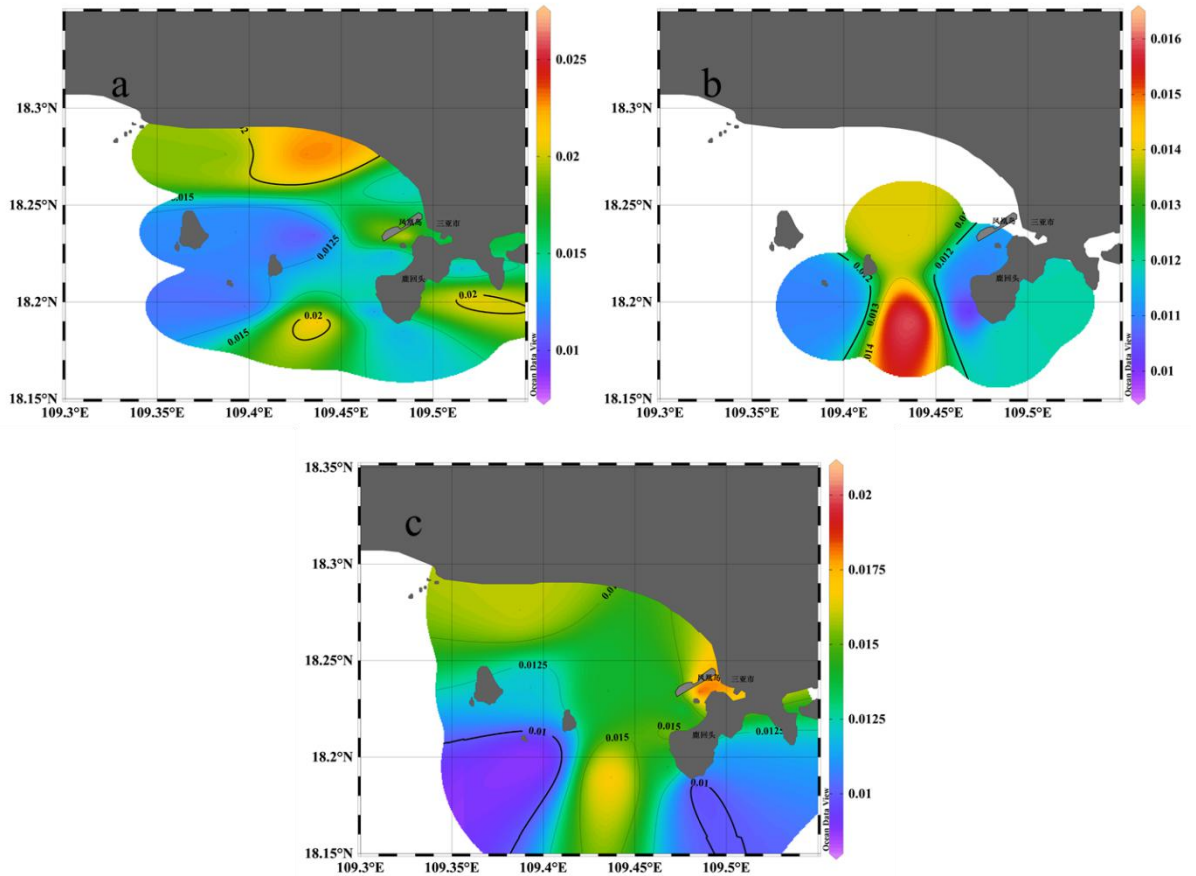


图 3.4.4-15 春季航次汞含量平面分布图 a 表层；b 10 m；c 底层

(7) 砷

春季大潮期砷含量介于 $1.66 \mu\text{g/L} \sim 1.98 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $2.05 \mu\text{g/L}$ 。表层砷含量介于 $1.70 \mu\text{g/L} \sim 1.98 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $1.83 \mu\text{g/L}$ 。10 m 层砷含量介于 $1.66 \mu\text{g/L} \sim 1.90 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $1.77 \mu\text{g/L}$ 。底层砷含量介于 $1.68 \mu\text{g/L} \sim 1.90 \mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $1.80 \mu\text{g/L}$ 。

调查数据表明，所有站位砷含量均符合海水水质一类标准 ($\leq 20 \mu\text{g/L}$)。

调查海域砷含量平面分布如图 3.4.4-16 所示。砷含量整体变化小，分布较为均匀。表层砷相对高值位于三亚河口海域及三亚北部近岸海域。10m 层砷含量相对高值位于三亚湾中部海域。底层砷含量相对高值位于下凤凰岛附近海域。

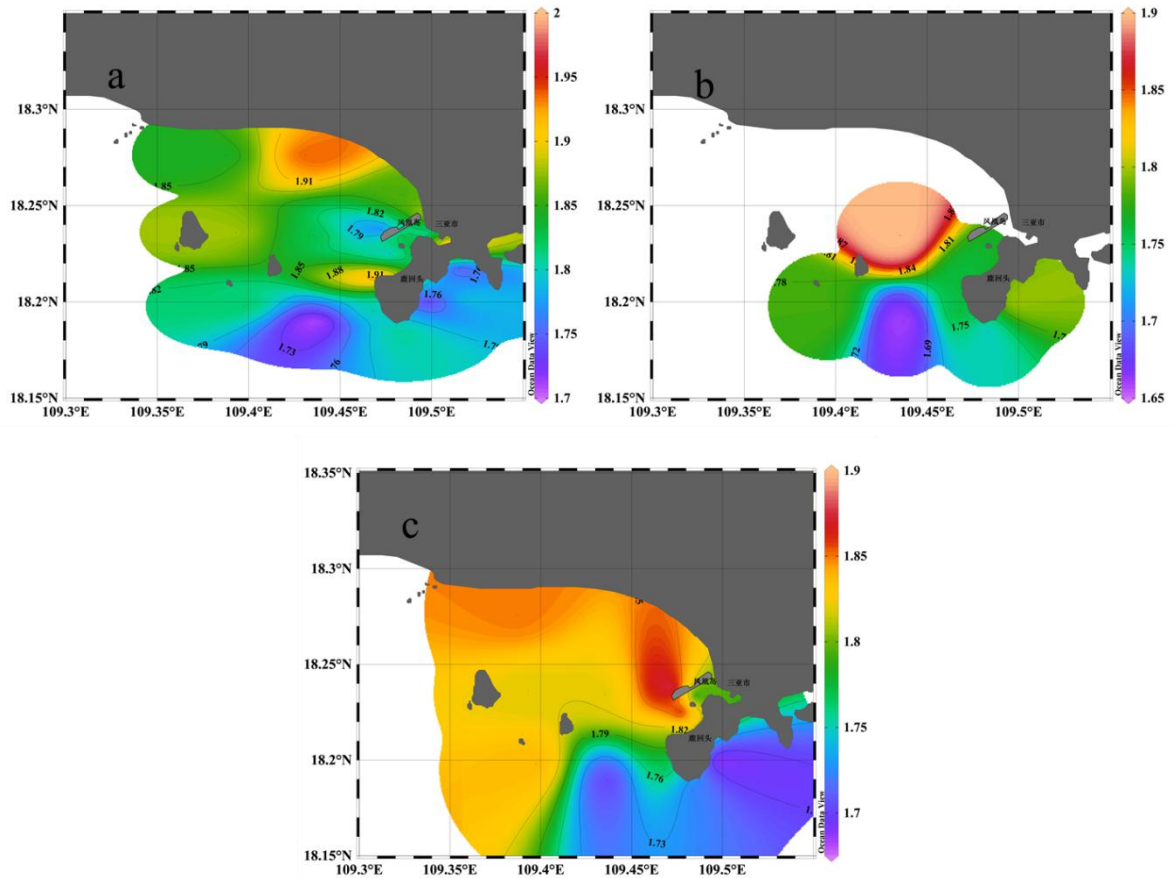


图 3.4.4-16 春季航次砷含量平面分布图

3.4.4.6 单因子评价结果

海水水质中所有调查参数的单因子指数评价结果均小于 1，详见表 3.4.4-6。

表 3.4.4-6 春季水质单因子指数评价结果

站位	pH	DO	COD	DIN	PO4	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	As	Oil
3	0.34	0.34	0.33	0.30	0.30	0.05	0.05	0.23	0.01	0.01	0.08	0.03	0.07
5	0.35	0.36	0.30	0.19	0.17	0.02	0.01	0.10	0.01	0.01	0.13	0.04	0.06
5	0.38	0.39	0.20	0.06	0.09	0.02	0.04	0.08	0.01	0.01	0.11	0.04	-
4	0.37	0.39	0.37	0.05	0.12	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01	0.07	0.04	0.04
2	0.30	0.34	0.43	0.65	0.60	0.04	0.03	0.34	0.01	0.00	0.07	0.04	0.09
1	0.30	0.29	0.46	0.65	0.35	0.08	0.01	0.17	0.01	0.00	0.09	0.04	0.08
7	0.37	0.38	0.35	0.05	0.09	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.10	0.03	0.04
7	0.39	0.37	0.18	0.04	0.10	0.01	0.06	0.03	0.01	0.00	0.07	0.04	-
8	0.10	0.46	0.36	0.03	0.05	0.06	0.24	0.05	0.03	0.01	0.07	0.06	0.27
9	0.15	0.44	0.30	0.04	0.08	0.06	0.19	0.13	0.03	0.01	0.12	0.06	0.18
10	0.13	0.41	0.34	0.05	0.07	0.08	0.13	0.11	0.03	0.01	0.10	0.06	0.18
10	0.18	0.44	0.37	0.03	0.09	0.07	0.16	0.14	0.03	0.01	0.08	0.06	-
11	0.00	0.67	0.41	0.14	0.30	0.12	0.83	0.23	0.15	0.02	0.24	0.09	0.18
11	0.11	0.67	0.38	0.06	0.14	0.13	0.33	0.24	0.14	0.02	0.24	0.09	-

13	0.14	0.57	0.35	0.07	0.18	0.20	0.49	0.26	0.13	0.02	0.22	0.09	0.17
13	0.16	0.64	0.34	0.03	0.14	0.11	1.45	0.23	0.14	0.02	0.22	0.09	-
13	0.14	0.61	0.32	0.03	0.22	0.19	0.34	0.61	0.15	0.02	0.17	0.09	-
12	0.14	0.42	0.38	0.02	0.07	0.06	0.00	0.09	0.02	0.01	0.05	0.06	0.23
12	0.19	0.40	0.07	0.02	0.04	0.07	0.00	0.09	0.03	0.01	0.07	0.06	-
12	0.17	0.42	0.34	0.06	0.07	0.04	0.00	0.08	0.03	0.01	0.07	0.06	-
6	0.30	0.42	0.26	0.13	0.13	0.03	0.12	0.14	0.02	0.00	0.11	0.04	0.06
6	0.34	0.41	0.21	0.05	0.06	0.02	0.05	0.06	0.02	0.00	0.12	0.04	
15	0.04	0.69	0.58	0.04	0.04	0.17	0.09	0.24	0.16	0.02	0.28	0.10	0.21
15	0.02	0.60	0.64	0.05	0.10	0.14	0.24	0.22	0.15	0.02	0.22	0.09	-
15	0.04	0.69	0.61	0.06	0.12	0.10	0.34	0.18	0.12	0.02	0.32	0.09	-
16	0.02	0.69	0.40	0.14	0.28	0.08	0.02	0.17	0.11	0.02	0.24	0.09	0.19
16	0.03	0.68	0.39	0.11	0.04	0.09	0.16	0.17	0.13	0.02	0.20	0.09	-
16	0.01	0.70	0.45	0.10	0.06	0.18	0.54	0.41	0.19	0.02	0.28	0.09	-
17	0.04	0.70	0.40	0.13	0.18	0.10	0.34	0.15	0.16	0.02	0.26	0.09	0.15
17	0.05	0.84	0.40	0.07	0.14	0.10	0.18	0.17	0.15	0.02	0.24	0.09	-
17	0.05	0.72	0.51	0.09	0.16	0.08	0.52	0.10	0.13	0.02	0.18	0.09	-
18	0.07	0.65	0.58	0.08	0.16	0.12	0.30	0.09	0.14	0.02	0.40	0.09	0.19
18	0.10	0.60	0.57	0.13	0.06	0.78	0.08	0.07	0.10	0.02	0.24	0.09	-
18	0.06	0.66	0.52	0.09	0.12	0.14	0.89	0.26	0.09	0.02	0.22	0.08	-
19	0.11	0.74	0.50	0.09	0.12	0.06	0.49	0.14	0.09	0.02	0.25	0.09	0.16
20	0.02	0.69	0.19	0.11	0.14	0.09	0.40	0.03	0.14	0.02	0.42	0.09	0.17
14	0.36	0.35	0.12	0.08	0.06	0.00	0.12	0.01	0.01	0.00	0.11	0.03	0.03
14	0.36	0.32	0.20	0.06	0.10	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.08	0.03	-
14	0.36	0.36	0.18	0.13	0.06	0.00	0.06	0.01	0.01	0.00	0.09	0.03	-

3.4.4.7 小结

本调查海区的水环境质量优良，pH、溶解氧、化学需氧量、铜、镉、铬、汞、砷和石油类等参数均符合一类海水水质标准；无机氮、活性磷酸盐、铅和锌个别站位符合二类海水水质标准，其余均符合一类海水水质标准。无机氮、活性磷酸盐和锌超标站位主要在三亚河口附近海域，且都是在表层超标，可能是三亚河径流输入。与2018年海口环境监测中心调查结果相比，本次调查结果符合调查海区实际情况。依据三亚海域污染源的历史调查数据，三亚沿岸不存在Pb的污染源，结合2018年调查数据，Pb含量超标原因可能是由于其海水中铅的本底值较高。海水水质中所有调查参数均符合海洋功能区划要求。

3.4.5 沉积物环境调查与评价

本次调查共采集 10 个大面站沉积物样品，并收集相关资料，开展沉积物质量对比分析。

3.4.5.1 海洋沉积物质量调查结果

表 3.4.5-1 海洋沉积物特征统计值

特征值	硫化物/ 10^{-6}	有机碳/ 10^{-2}	铜/ 10^{-6}	铅/ 10^{-6}	锌/ 10^{-6}	镉/ 10^{-6}	铬/ 10^{-6}	汞/ 10^{-6}	砷/ 10^{-6}	油/ 10^{-6}
最小值	未检出	0.18	1.38	6.38	4.07	未检出	1.70	0.013	1.77	9.8
最大值	885	2.02	42.6	41.2	158	0.143	30.4	0.113	12.9	68.2
平均值	224	0.75	12.5	20.2	56.1	0.0577	11.3	0.042	5.46	37.1

1、硫化物

春季大潮调查航次沉积物硫化物含量介于未检出~ 885×10^{-6} 之间，平均值为 224×10^{-6} 。

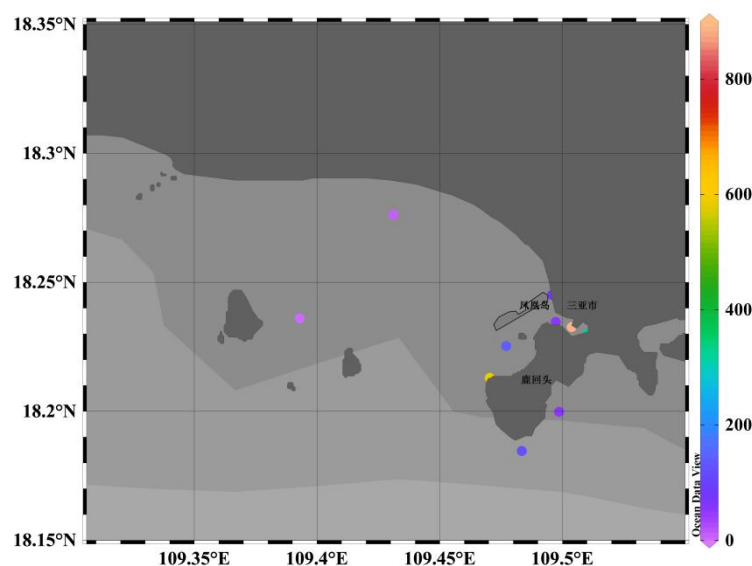


图 3.4.5-1 春季大潮航次沉积物硫化分布图

调查数据表明，大部分站位硫化物含量符合国家一类海洋沉积物质量标准 ($\leq 300.0 \times 10^{-6}$)，占站位数的 70%；1 号站符合国家二类海洋沉积物质量标准 ($\leq 500.0 \times 10^{-6}$, $>300.0 \times 10^{-6}$)；15 号站符合国家三类海洋沉积物质量标准 ($\leq 600.0 \times 10^{-6}$)；2 号站位超过国家三类海洋沉积物质量标准 ($> 600.0 \times 10^{-6}$)，超标率为 30%。本次调查沉积物硫化物分布如图 3.4.5-1 所示，高值出现在 2 号站三亚河口海域和 15 号站，低值在三亚湾中部 11 号站，位于三亚珊瑚礁海洋保护区内。

2、有机碳

春季大潮调查航次沉积物有机碳含量介于 0.18%~2.02%之间，平均值为 0.75%。

调查数据表明，大部分站位有机碳含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准（ $\leq 2.0 \times 10^{-2}$ ），占样品数的 90%；仅有 2 号站有机碳符合国家二类海洋沉积物质量标准（ $\leq 3.0 \times 10^{-2}$ ， $> 2.0 \times 10^{-2}$ ），超标率为 10%。本次调查沉积物有机碳分布如图 3.4.5-2，高值在 2 号站三亚河口海域，低值在 12 号站，与硫化物分布相似。2 号站位于三亚河口区，可能受到径流携带的生活污水影响。

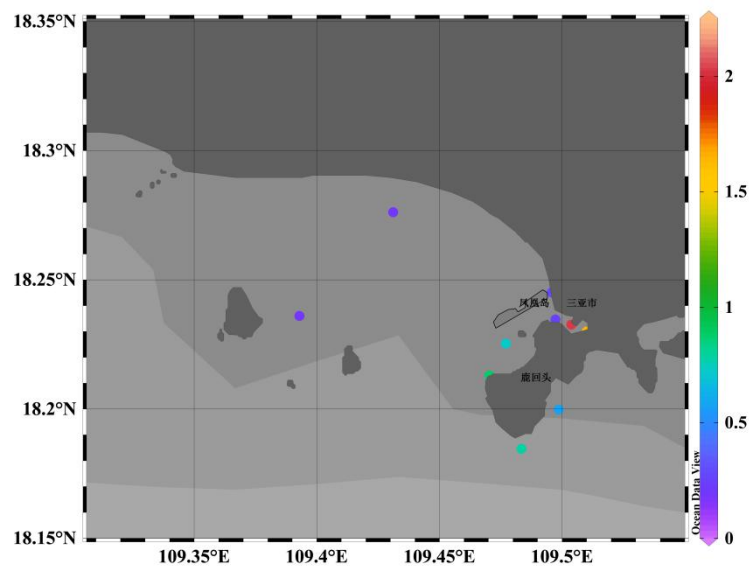


图 3.4.5-2 春季大潮航次沉积物有机碳分布图

3、铜

春季大潮调查航次沉积物铜含量介于 $1.38 \sim 42.6 \times 10^{-6}$ 之间，平均值为 12.5×10^{-6} 。

调查数据表明，大部分站位铜含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准（ $\leq 35.0 \times 10^{-6}$ ）占样品数的 90%；仅有 2 号站的铜含量符合国家二类海洋沉积物质量标准（ $\leq 100.0 \times 10^{-6}$ ， $> 35.0 \times 10^{-6}$ ），超标率 10%。本次调查沉积物铜含量分布如图 3.4.5-3 所示，高值在 2 号站三亚河口海域，低值在 11 号站，分布与有机碳相似。

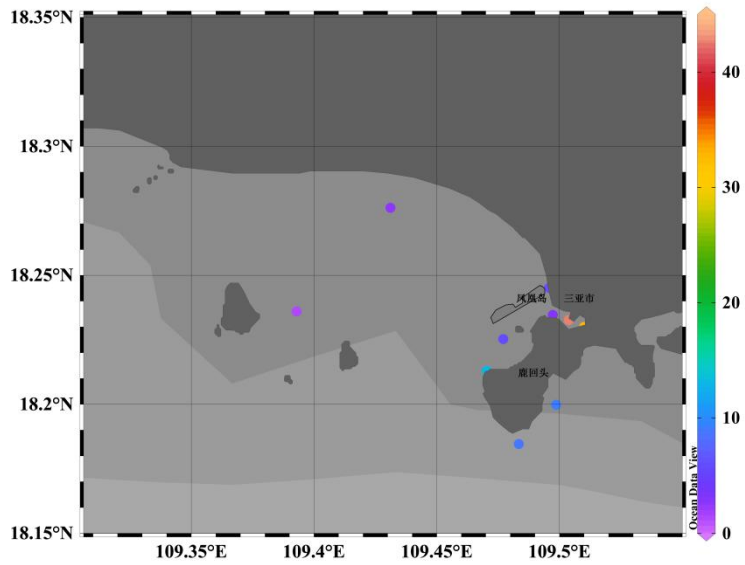


图 3.4.5-3 春季大潮航次沉积物铜含量分布图

4、铅

春季大潮调查航次沉积物铅含量介于 $6.38 \sim 41.2 \times 10^{-6}$ 之间，平均值为 20.2×10^{-6} 。

调查数据表明，所有站位铅含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准 ($\leq 60.0 \times 10^{-6}$)。本次调查沉积物铅含量分布如图 3.4.5-4 所示，相对高值在 11 号位和 2 号站，低值在 3 号站。

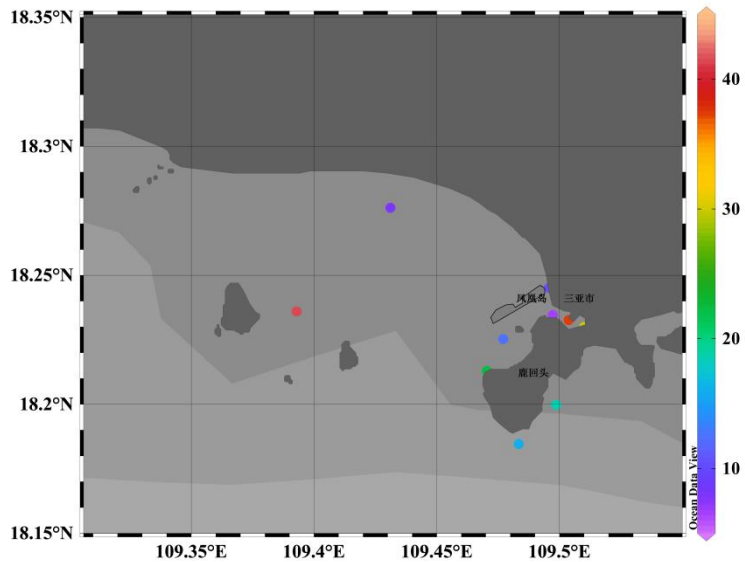


图 3.4.5-4 春季大潮航次沉积物铅含量分布图

5、锌

春季大潮调查航次沉积物锌含量介于 $4.07 \sim 158 \times 10^{-6}$ 之间，平均值为 56.1×10^{-6} 。

调查数据表明，大部分站位锌含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准 (≤ 150.0)。

$\times 10^{-6}$)，占样品数的 90%；仅有 2 号站符合国家二类海洋沉积物质量标准 ($\leq 350.0 \times 10^{-6}$, $> 150.0 \times 10^{-6}$)，超标率 10%。本次调查沉积物锌含量分布如图 3.4.5-5 所示，高值在 2 号站，低值在 11 号站，分布与铜含量分布相似。

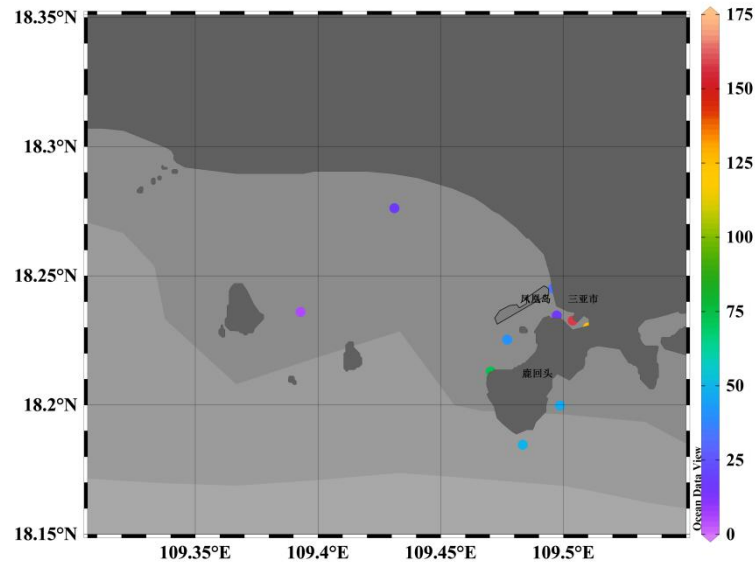


图 3.4.5-5 春季大潮航次沉积物锌含量分布图

6、镉

春季大潮调查航次沉积物镉含量介于未检出~ 0.143×10^{-6} 之间，平均值为 0.0577×10^{-6} 。

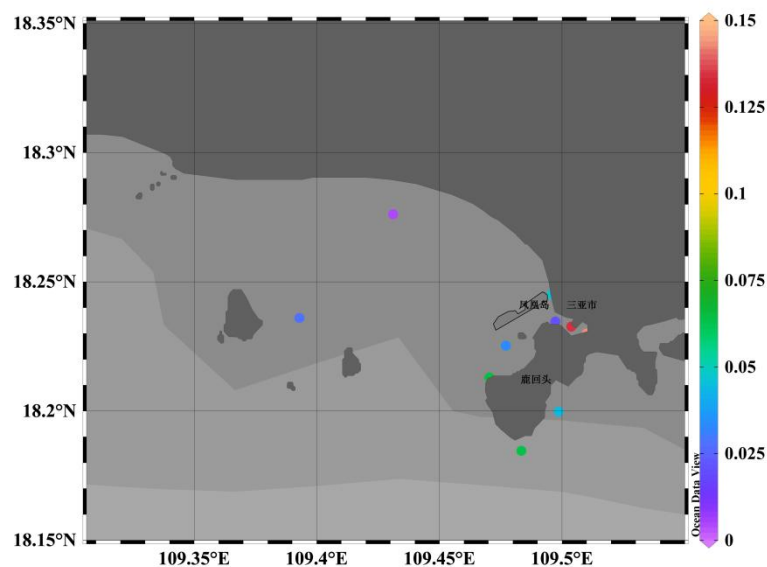


图 3.4.5-6 春季大潮航次沉积物镉含量分布图

调查数据表明，所有站位镉含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准 ($\leq 0.50 \times 10^{-6}$)。本次调查沉积物镉含量分布如图 3.4.5-6 所示，高值在 1 号站和 2 号站三亚河

口海域，低值在 9 号站。

7、铬

春季大潮调查航次沉积物铬含量介于 $1.70 \times 10^{-6} \sim 30.4 \times 10^{-6}$ 之间，平均值为 11.3×10^{-6} 。

调查数据表明，所有站位铬含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准 ($\leq 80.0 \times 10^{-6}$)。本次调查沉积物铬含量分布如图 3.4.5-7 所示，高值在 2 号站和 1 号站三亚河口海域，低值在 11 号站，分布与铜和锌分布相似。

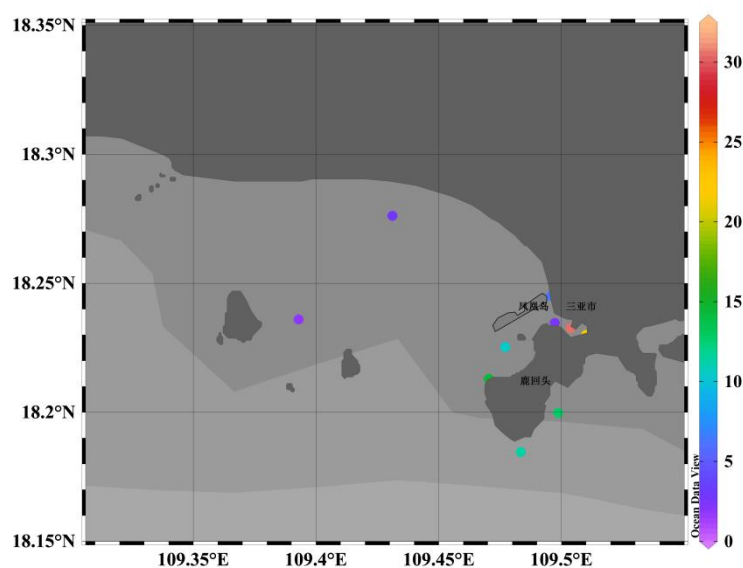


图 3.4.5-7 春季大潮航次沉积物铬含量分布图

8、汞

春季大潮调查航次沉积物汞含量介于 $0.013 \times 10^{-6} \sim 0.113 \times 10^{-6}$ 之间，平均值为 0.042×10^{-6} 。

调查数据表明，所有站位汞含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准 ($\leq 0.20 \times 10^{-6}$)。本次调查沉积物汞含量分布如图 3.4.5-8 所示，高值在 2 号站和 1 号站三亚河口海域，低值在 11 号站海域，分布与铜、锌和铬分布相似。

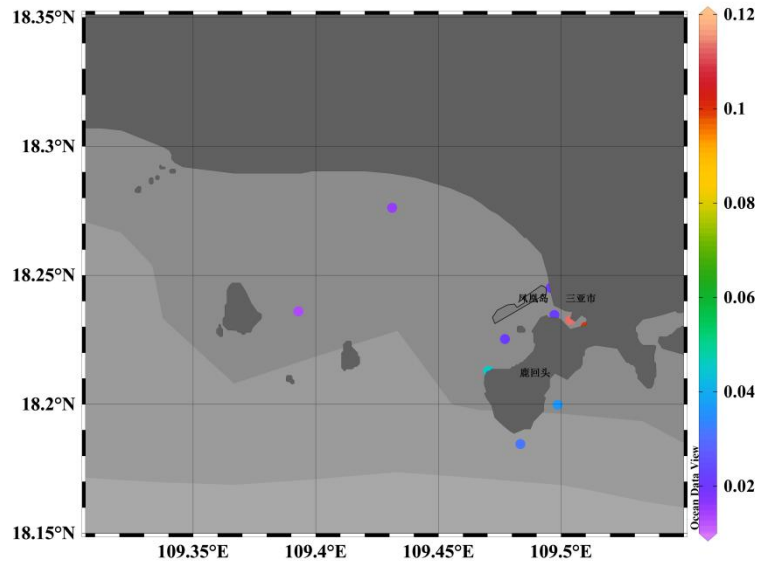


图 3.4.5-8 春季大潮航次沉积物汞含量分布图

9、砷

春季大潮调查航次沉积物砷含量介于 $1.77 \times 10^{-6} \sim 12.9 \times 10^{-6}$ 之间，平均值为 5.46×10^{-6} 。

调查数据表明，所有站位砷含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准 ($\leq 20.0 \times 10^{-6}$)。本次调查沉积物砷含量分布如图 3.4.5-9 所示，高值在 11 号站，低值在 9 号站。高值分布与铅分布相似。

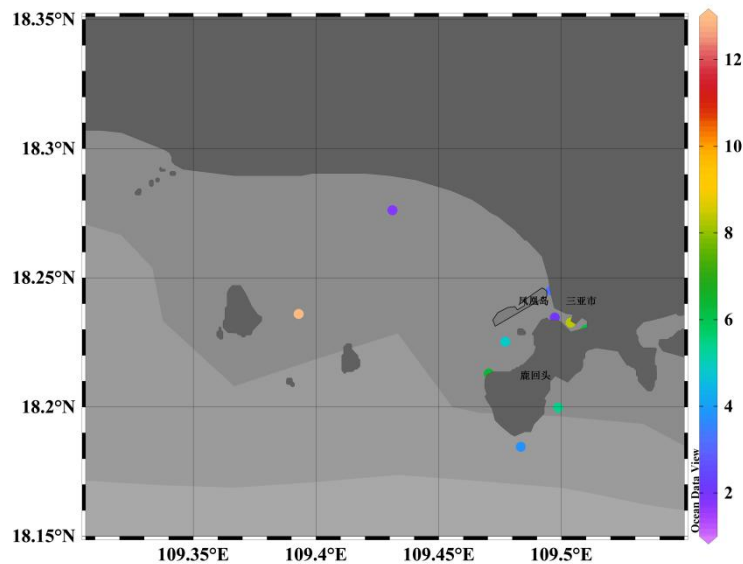


图 3.4.5-9 春季大潮航次沉积物砷含量分布图

10、石油类

春季大潮调查航次沉积物石油类含量介于 $9.8 \times 10^{-6} \sim 68.2 \times 10^{-6}$ 之间，平均值为

37.1×10^{-6} 。

调查数据表明，所有站位石油类含量均符合国家一类海洋沉积物质量标准（ $\leq 500.0 \times 10^{-6}$ ）。本次调查沉积物石油类含量分布如图 3.4.5-10 所示，高值在 1 号站和 6 号站，低值在 11 号站。

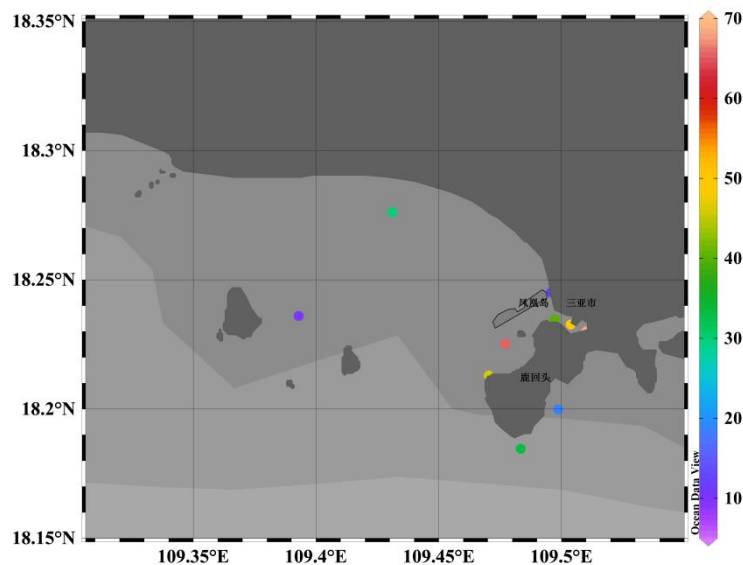


图 3.4.5-10 春季航次沉积物石油类含量分布图

3.4.5.2 单项评价结果

除 2 号站和 15 号站的硫化物外，春季沉积物质量单因子指数结果均小于 1（表 3.4.5-2），表明该海域沉积物较清洁。

表 3.4.5-2 春季沉积物质量单因子指数评价结果

站位	有机碳	硫化物	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	石油烃
3	0.08	0.09	0.03	0.05	0.05	0.01	0.02	0.04	0.03	0.04
4	0.10	0.15	0.06	0.08	0.09	0.03	0.04	0.04	0.05	0.01
2	0.67	1.77	0.43	0.29	0.45	0.09	0.20	0.23	0.13	0.05
1	0.55	0.66	0.33	0.23	0.36	0.10	0.14	0.20	0.09	0.07
9	0.09	0.02	0.07	0.13	0.10	0.01	0.03	0.08	0.09	0.06
11	0.09	0.00	0.04	0.69	0.03	0.06	0.02	0.07	0.65	0.02
6	0.24	0.46	0.16	0.21	0.27	0.07	0.13	0.11	0.24	0.13
15	0.44	1.95	0.37	0.37	0.48	0.13	0.18	0.23	0.32	0.09
17	0.39	0.41	0.25	0.26	0.33	0.12	0.14	0.16	0.19	0.07
18	0.29	0.17	0.25	0.31	0.31	0.09	0.16	0.18	0.27	0.04

3.4.5.3 小结

本次沉积物质量调查表明，调查海区底质铅、镉、铬、汞、砷和石油类含量均符合“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”一类标准。个别站位（2 号站）有机碳、铜

和锌符合“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”二类标准，其余站位均符合“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”一类标准。1号站硫化物符合“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”二类标准，15号站硫化物符合“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”三类标准，2号站位硫化物超过“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”三类标准（ $> 600.0 \times 10^{-6}$ ），其余站位硫化物含量均符合“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”一类标准。

大面站沉积物各项调查指标有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类均符合根据《海南省海洋功能区划》（2011-2020年）规定的沉积物质量执行标准，没有超标。硫化物有2个站位超标，占总站位数的20%。超标原因可能是三亚河陆源输入影响。

3.4.6 生物体质量调查与评价

样品选自2021年3月航次的渔业资源的渔获物（鱼类等）、潮间带采集（藻类）和市场购买的贝类等样品。因政策原因，所用三亚船舶不能采用拖网方式进行渔业资源调查，故本次调查渔业资源采用定置网采样，渔获物数量较少，有些未能满足生物质量分析需求，故本次生物质量鱼类只有5种。同时因未能采用底拖网因贝类生物量不满足分析需求，故本次贝类样品为渔民购买。本次调查采集了13个物种，鱼类5种（3个站位），头足类1种，甲壳类1种，双壳类5种，藻类1种。

3.4.6.1 生物体质量状况

本次生物质量监测项目为石油烃、铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷共8个要素。具体统计结果如表3.4.6-1和表3.4.6-2

表 3.4.6-1 春季大潮大面站生物质量统计

站位	名称	铜/ 10^{-6}	铅/ 10^{-6}	锌/ 10^{-6}	镉/ 10^{-6}	铬/ 10^{-6}	汞/ 10^{-6}	砷/ 10^{-6}	石油烃/ 10^{-6}
	多鳞鱧	0.120	0.0169	2.77	未检出	0.235	0.038	2.10	1.9
	褐蓝子鱼	0.717	0.0876	4.96	0.0290	0.263	0.049	0.681	4.8
	金线鱼	0.319	0.0596	3.08	0.0097	0.249	0.029	0.689	3
	伏氏眶棘鲈	0.225	0.108	3.16	未检出	0.290	0.043	1.03	3.1
	日本副单角鲀	0.288	0.117	4.66	0.0063	0.252	0.021	2.24	7.3
	曼氏无针乌贼	4.25	0.207	16.1	0.0496	0.227	0.045	19.6	4.6
	口虾蛄	16.6	0.0298	21.5	1.10	0.215	0.036	11.9	8.3

表 3.4.6-2 春季大潮航次潮间带生物质量统计

站位	名称	铜/ 10^{-6}	铅/ 10^{-6}	锌/ 10^{-6}	镉/ 10^{-6}	铬/ 10^{-6}	汞/ 10^{-6}	砷/ 10^{-6}	石油烃/ 10^{-6}
----	----	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------------

	翡翠贻贝	1.65	0.136	18.2	0.189	0.361	0.042	1.64	6.2
	华贵类栉孔扇贝	1.68	0.208	18.6	4.07	0.409	0.015	1.42	4.5
	文蛤	0.998	0.0598	12.0	0.1900	0.253	0.013	2.28	3.4
	泥蚶	0.691	0.0699	12.8	1.16	0.404	0.066	1.23	9.6
	裂纹格特蛤	0.817	0.0358	9.14	0.108	0.269	0.058	2.61	5.4
	浒苔	0.281	0.0666	1.11	0.0015	0.284	0.007	0.294	2.5

1、铜

调查海区多鳞鳢、褐蓝子鱼、金线鱼、伏氏眶棘鲈和日本副单角鲀铜含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的鱼类评价标准值（20 mg/kg）；曼氏无针乌贼铜含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的软体类评价标准值（100 mg/kg）；口虾蛄铜含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的甲壳类评价标准值（100 mg/kg）；翡翠贻贝、华贵类栉孔扇贝、文蛤和裂纹格特蛤铜含量均符合海洋生物质量一类标准（ ≤ 10 mg/kg）。

2、铅

调查海区多鳞鳢、褐蓝子鱼、金线鱼、伏氏眶棘鲈和日本副单角鲀铅含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的鱼类评价标准值（2 mg/kg）；曼氏无针乌贼铅含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的软体类评价标准值（2 mg/kg）；口虾蛄铅含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的甲壳类评价标准值（2 mg/kg）；文蛤和裂纹格特蛤铅含量均符合海洋生物质量一类标准（ ≤ 0.1 mg/kg），翡翠贻贝和华贵类栉孔扇贝铅含量均符合海洋生物质量二类标准（ ≤ 2 mg/kg, >0.1 mg/kg）。

3、锌

调查海区多鳞鳢、褐蓝子鱼、金线鱼、伏氏眶棘鲈和日本副单角鲀锌含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的鱼类评价标准值（40 mg/kg）；曼氏无针乌贼锌含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的软体类评价标准值（250 mg/kg）；口虾蛄锌含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的甲壳类评价标准值（150 mg/kg）；翡翠贻贝、华贵类栉孔扇贝、文蛤和裂纹格特蛤锌含量均符合海洋生物质量一类标准（ ≤ 20 mg/kg）。

4、镉

调查海区多鳞鳢、褐蓝子鱼、金线鱼、伏氏眶棘鲈和日本副单角鲀镉含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的鱼类评价标准值（0.6 mg/kg）；曼氏无针乌贼镉

含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的软体类评价标准值（5.5 mg/kg）；口虾蛄镉含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的甲壳类评价标准值（2 mg/kg）；翡翠贻贝、文蛤和裂纹格特蛤镉含量符合海洋生物质量一类标准（ ≤ 0.2 mg/kg）；华贵类栉孔扇贝符合海洋生物质量三类标准（ ≤ 5.0 mg/kg， >2 mg/kg）。

5、铬

调查海区翡翠贻贝、华贵类栉孔扇贝、文蛤和裂纹格特蛤铬含量均符合海洋生物质量一类标准（ ≤ 0.5 mg/kg）。

6、汞

调查海区多鳞鱧、褐蓝子鱼、金线鱼、伏氏眶棘鲈和日本副单角鲀汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的鱼类评价标准值（0.3 mg/kg）；曼氏无针乌贼汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的软体类评价标准值（0.3 mg/kg）；口虾蛄汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的甲壳类评价标准值（0.2 mg/kg）；翡翠贻贝、华贵类栉孔扇贝和文蛤汞含量均符合海洋生物质量一类标准（ ≤ 0.05 mg/kg）；裂纹格特蛤汞含量均符合海洋生物质量二类标准（ ≤ 0.1 mg/kg， >0.05 mg/kg）。

7、砷

调查海区翡翠贻贝、华贵类栉孔扇贝、文蛤和裂纹格特蛤砷含量均符合海洋生物质量二类标准（ ≤ 5 mg/kg， >1 mg/kg）。

8、石油烃

《全国海岛资源综合调查简明规程》中没有鱼类和甲壳类石油烃的评价标准，因此不进行评价。翡翠贻贝、华贵类栉孔扇贝、文蛤和裂纹格特蛤石油烃含量均符合海洋生物质量一类标准（ ≤ 15 mg/kg）。

3.4.6.2 单因子评价结果

春季生物质量单因子指数评价结果中，华贵类栉孔扇贝的镉单因子指数结果大于1，存在污染情况，其余生物体各调查要素的单因子指数评价均小于1，生物质量较优。

表 3.4.6-3 春季生物质量单因子指数评价结果（P_j）（一类）

站位	名称	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	石油烃
定置网 1、2 和 3 号站	多鳞鱧	0.01	0.01	0.07	0.04	-	0.13	-	0.10
	褐蓝子鱼	0.04	0.04	0.12	0.15	-	0.16	-	0.24
	金线鱼	0.02	0.03	0.08	0.05	-	0.10	-	0.15
	伏氏眶棘鲈	0.01	0.05	0.08	0.04	-	0.14	-	0.16

	日本副单角鲑	0.01	0.06	0.12	0.03	-	0.07	-	0.37
	曼氏无针乌贼	0.04	0.02	0.06	0.01	-	0.15	-	0.23
	口虾姑	0.17	0.01	0.14	0.55	-	0.18	-	0.42

表 3.4.6-4 春季生物质量单因子指数评价结果 (Pj) (二类)

站位	名称	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	石油烃
渔民购买	翡翠贻贝	0.07	0.07	0.36	0.09	0.18	0.42	0.33	0.12
	华贵类栉孔扇贝	0.07	0.10	0.37	2.04	0.20	0.15	0.28	0.09
	文蛤	0.04	0.03	0.24	0.10	0.13	0.13	0.46	0.07
	裂纹格特蛤	0.03	0.02	0.18	0.05	0.13	0.58	0.52	0.11
潮间带采集	浒苔	-	-	-	-	-	-	-	

3.4.6.3 小结

春季大潮调查海区鱼类、曼氏无针乌贼和口虾姑中的铜、铅、锌、镉和汞均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》生物质量评价标准；翡翠贻贝、华贵类栉孔扇贝、文蛤和裂纹格特蛤的铜含量、锌含量、铬含量和石油烃含量符合海洋生物质量一类标准，翡翠贻贝和华贵类栉孔扇贝的铅、裂纹格特蛤的汞、所有双壳类的砷含量符合海洋生物质量二类标准。华贵类栉孔扇贝的镉含量符合海洋生物质量三类标准。

生物体各项调查指标铜、铅、锌、铬、汞和石油烃均符合根据《海南省海洋功能区划》(2011-2020年)规定的生物体质量执行标准，没有超标。镉有1个种类超标，占总样品数的7.7%。超标原因可能是：三亚河途径三亚市区，携带大量生活污水，是镉和砷的重要来源。同时由于三亚旅游业的大力发展，河口区存在大量的观光船和渔船，产生的生活污水以及船漆剥落等也是镉的重要来源。三亚市具有一定规模的电镀化工业，其排放到三亚河的工业废水也是镉的来源之一。这些生活污水和工业废水等在河口区沉降，在沉积物和贝类等生物体内富集。

3.5 海洋生态调查

3.5.1 站位布设

调查时间为2021年3月，叶绿素a和初级生产力、浮游植物、浮游动物、潮下带大型底栖生物、鱼卵仔稚鱼和游泳生物调查站各布设12个，范围覆盖海洋生态与渔业资源调查海区。

潮间带底栖生物调查，在工程范围内布设3条潮间带断面，每条断面布设5个定量采样站位。

在生态调查站位中选择三个工程邻近站位进行水质和沉积物质量调查，调查站位布

设详见图 3.5.1-1 和表 3.5.1-1。

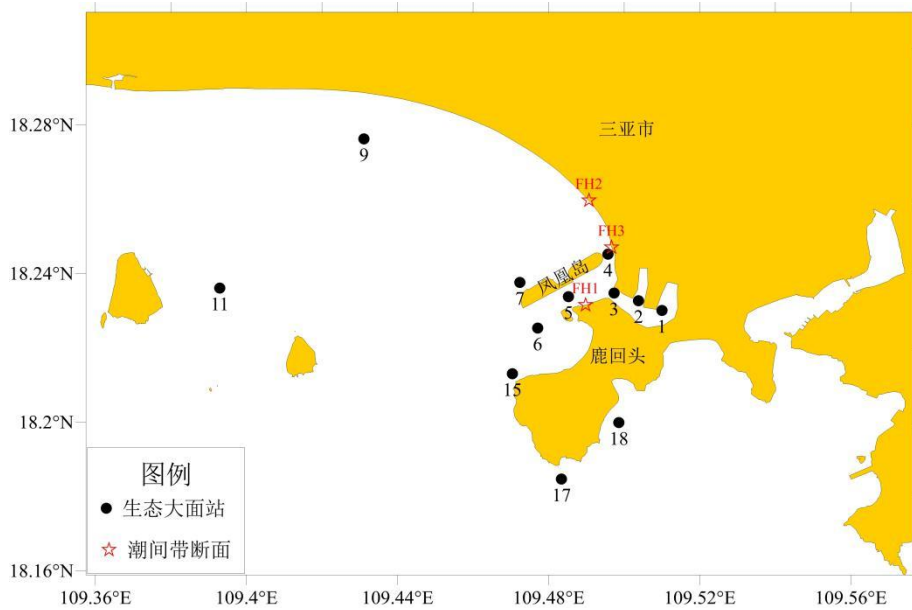


图 3.5.1-1 海洋生态调查站位图

表 3.5.1-1 调查海域海洋生物调查站位信息

站号	经度 (E)	纬度 (N)	底质
1	109° 30' 36.00"	18° 13' 48.04"	细沙
2	109° 30' 13.68"	18° 13' 57.58"	细沙
3	109° 29' 50.28"	18° 14' 04.96"	细沙
4	109° 29' 44.52"	18° 14' 42.54"	细沙
5	109° 29' 06.72"	18° 14' 01.46"	细沙
6	109° 28' 37.56"	18° 13' 31.01"	细沙
7	109° 28' 20.64"	18° 14' 15.29"	细沙
9	109° 25' 51.96"	18° 16' 34.28"	细沙
11	109° 23' 34.44"	18° 14' 09.78"	细沙
15	109° 28' 13.44"	18° 12' 46.73"	细沙
17	109° 29' 00.24"	18° 11' 04.70"	细沙
18	109° 29' 54.96"	18° 11' 59.42"	细沙

表 3.5.1-2 潮间带大型底栖生物调查断面

断面	纬度 (N)	经度 (E)	底质
FH1	18° 13' 53.40"	109° 29' 23.25"	沙
FH2	18° 15' 34.61"	109° 29' 26.40"	沙
FH3	18° 14' 49.22"	109° 29' 47.94"	沙

3.5.2 叶绿素 a 和初级生产力

3.5.2.1 材料与方法

1、叶绿素 a

调查海域叶绿素 a 的测定采用萃取荧光法。采样和测定过程按照《海洋监测规范》

(GB/T 12763.6-2007) 进行。首先使用 2.5L HYDRO-BIOS Niskin 采水器采集水样, 采样层次分为表层和底层。每份样取 370ml, 加入两滴 1%碳酸镁溶液, 用 Whatman GF/F 玻璃纤维滤膜过滤, 滤膜用 90%丙酮萃取, 定容至 10ml, 放置冰箱内低温 (0℃) 下萃取 20-24 小时后, 用 TURNER-10-AU-005-CE 荧光仪测定。

2、初级生产力

本调查采用 ^{14}C 示踪法和叶绿素同化指数法相结合的方法进行了调查海域初级生产力的测定和全面评估, 具体操作过程如下所述。

^{14}C 示踪法: 采样和测定过程按照《海洋监测规范》(GB/T 12763.6-2007) 进行。首先用透明度盘测定海水的透明度, 确定采样的光学深度后按预定深度使用 2.5L HYDRO-BIOS Niskin 采水器采样(根据现场调查情况选定)。每层水样取 175 mL 经孔径为 200 μm 左右的筛绢过滤, 分别装入二个白瓶和一个黑瓶中, 第一和第四层样品还应各分装一个零时间培养瓶。取相同体积 $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ 示踪液加入至每个培养瓶, 所加数量视浮游植物多少和培养时间而定。用微量吸液器从每一零时间培养瓶中吸取一定体积水样两份, 分别移入两个总计数闪烁瓶中, 加 2 mL 闪烁液, 供作放射性活度测定。将已加有 ^{14}C 的培养瓶罩上各相应的培养罩, 放入透明的培养箱内, 并用表层海水进行培养, 培养时间一般为 2~6 h, 并尽量接近当地中午时间。培养开始后, 立即过滤两个零时间样品, 将滤膜放入闪烁瓶后经 HCl 雾熏处理。培养结束后的其它样品均依此法过滤并保存滤膜。所有样品带回陆基实验室后向装有浮游植物滤膜的闪烁瓶中加入闪烁液, 振荡后把闪烁瓶置于液体闪烁计数仪内, 待样品暗适应完全达到测定标准后进行测定。

3.5.2.2 结果与分析

1、叶绿素 *a* 的水平分布

春季调查海域表层叶绿素 *a* 含量的平均值为 2.67 mg/m^3 , 变化范围介于 0.99~6.80 mg/m^3 之间; 底层叶绿素 *a* 含量的平均值为 2.53 mg/m^3 , 略低于表层, 变化范围介于 0.85~6.80 mg/m^3 之间; 表层叶绿素 *a* 含量高于 3.00 mg/m^3 的相对高值站有 4 个, 均位于三亚河的入海口位置, 分别处于凤凰岛东侧的 1、2、3、5 号站, 其中最高的是 1 号站, 叶绿素 *a* 含量高达 6.80 mg/m^3 ; 低于 1.00 mg/m^3 的相对低值站仅有 1 个, 为三亚湾湾顶的 9 号站, 其叶绿素 *a* 含量仅有 0.99 mg/m^3 ; 底层叶绿素 *a* 的总体平面分布与表层相差不大, 高于 3.00 mg/m^3 的相对高值站的比表层少一个, 分别为 1、2 和 3 号站, 最高值仍位于 1 号站; 低于 1.00 mg/m^3 的相对低值站较之表层有所外移, 从三亚湾湾顶转移至西岛附近海域, 最低值是 11 号站, 其叶绿素 *a* 含量仅有 0.85 mg/m^3 。总体来看, 无论是

表层还是底层，鹿回头的北面海域明显要高于南面海域（图 3.5.2-1~3.5.2-2）。

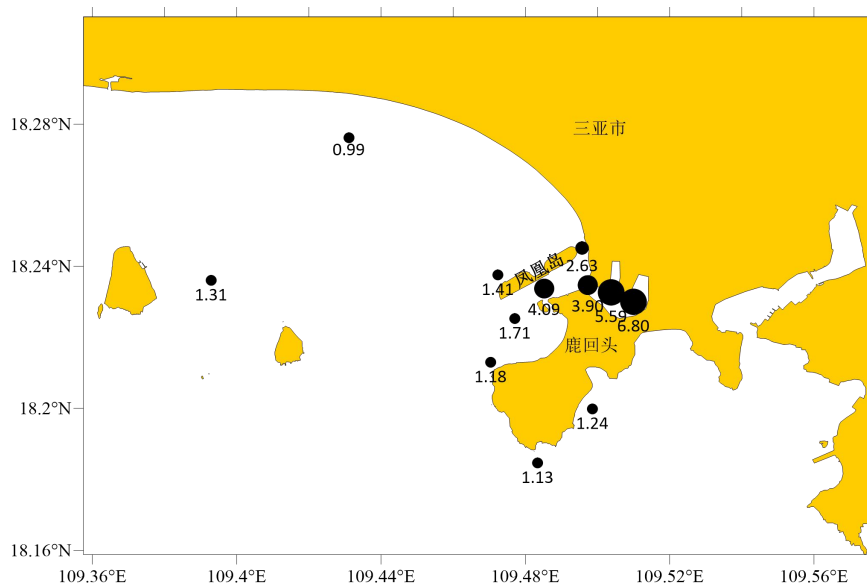


图 3.5.2-1 春季调查海域表层叶绿素 a (mg/m^3) 平面分布图

表 3.5.2-1 春季调查参数

站号	表层叶绿素 a	底层叶绿素 a	初级生产力
1	6.80	6.80	50.35
2	5.59	5.59	21.26
3	3.90	3.90	24.73
4	2.63	2.63	28.57
5	4.09	2.85	32.76
6	1.71	1.93	112.34
7	1.41	1.37	79.81
9	0.99	1.01	51.41
11	1.31	0.85	82.06
15	1.18	1.26	79.72
17	1.13	1.08	93.49
18	1.24	1.05	183.74

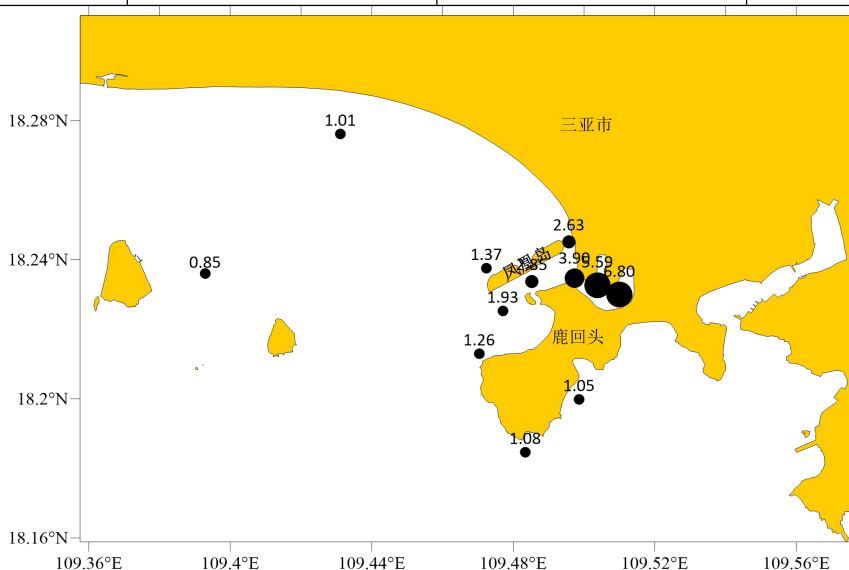


图 3.5.2-2 春季调查海域底层叶绿素 a (mg/m^3) 平面分布图

2、初级生产力的水平分布

春季调查海域初级生产力的平均值为 $70.02 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 变化范围在 $21.26 \sim 183.74 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 之间, 变化幅度相对较大。高于 $100 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的相对高值站有 2 个, 均位于鹿回头附近海域, 其中一个是在西面的 6 号站, 另一个最高值则是在东面的 18 号站, 此站的突出特点是透明度相对较高, 真光层深度高达 20m; 低于 $50.00 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的相对低值站有 4 个, 均位于三亚河的入海口, 分别是凤凰岛东侧的 2、3、4、5 号站, 其中 2 号站的初级生产力最低, 仅有 $21.26 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (表 3.5.2-1, 图 3.5.2-3)。

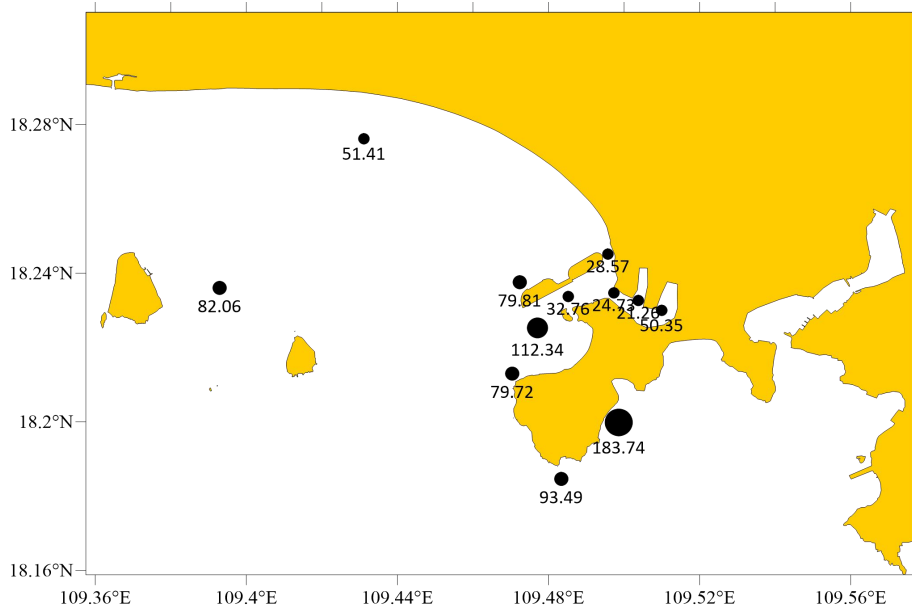


图 3.5.2-3 调查海域初级生产力 ($\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$) 平面分布图

总体来看, 调查海域初级生产力平面分布表现为湾顶高于湾外, 与叶绿素 a 的平面分布存在相反的趋势。

3、初级生产力的垂直分布

春季本次调查海域初级生产力的垂直分布均呈现为单峰型结构, 其垂直分布如图 3.5.2-4 所示, 总体来看, 该海域光合作用速率在表层光强 100% 层次时平均达 $6.18 \text{ mgC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$, 随着深度的增加, 在表层光强 50% 层次上, 光合作用平均速率达到最大, 平均为 $8.75 \text{ mgC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$, 而后随着深度进一步增加, 光合作用平均速率则呈现减弱趋势, 至相对光强为 1% 层次时达到最低, 仅为表层光强 50% 层深的三分之一, 即平均仅为 $2.90 \text{ mgC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$; 从各个站位上看, 三亚湾内西岛附近海域的 11 号站在表层光强为 50% 层次上的光合作用速率最高, 达 $10.57 \text{ mgC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$, 位于三亚河入海口的 1 号站在表层光强为 1% 的层次上光合作用速率最低, 仅 $0.49 \text{ mgC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。

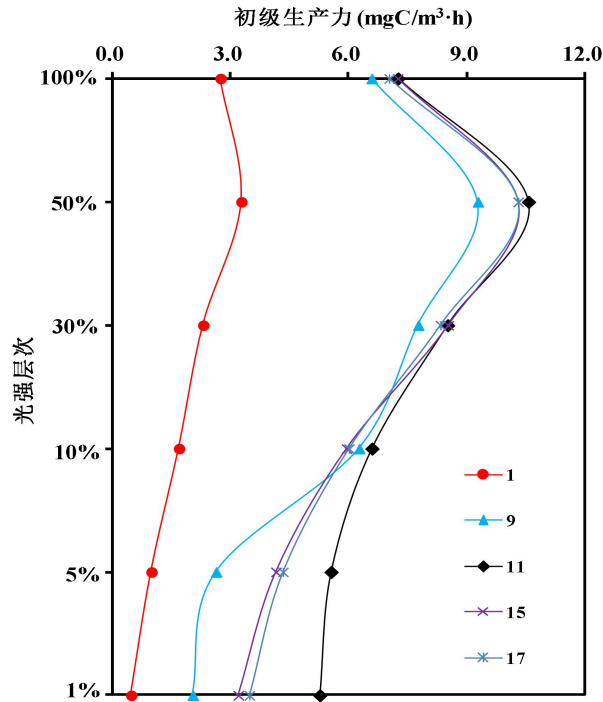


图 3.5.2-4 春季调查海域同位素示踪法初级生产力 ($\text{mgC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$) 垂直分布图

从同化系数的数值上来比较,各站位间的变化范围在 2.18~8.79 之间,变化幅度较大,由湾内向湾外方向总体趋势线呈现先逐渐增大(梯度爬坡)而后进入平台期的分布状况(图 3.5.2-5)。同化系数值最高的是位于西岛附近海域 11 号站,高达 8.79,最低的是三亚河入海口的 1 号站,仅为 11 号站的四分之一,低至 2.18。

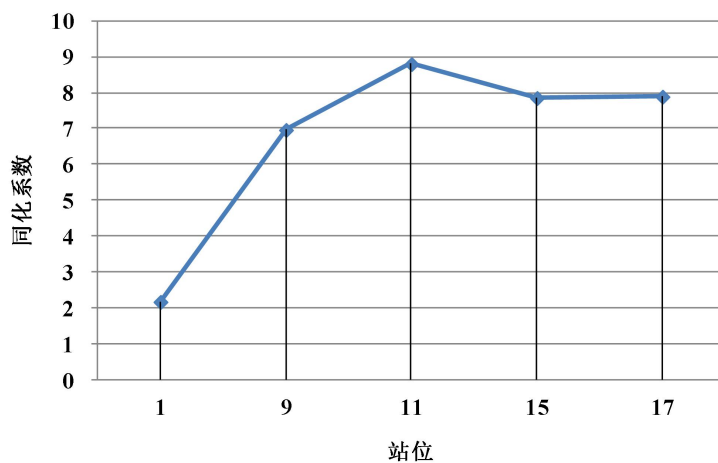


图 3.5.2-5 春季调查海域同位素示踪法的生产力站位的同化系数图

光照适宜的情况下,浮游植物会根据自身属性和适应性选择最适生长空间,此时光合作用速率一般能达最大化;当光照过于强烈时,浮游植物的生长受到强光的抑制,光合作用速率最大值一般会下移出现在次表层以及更深的层次;此次调查海域现场同位素

示踪法生产力站位的光合作用速率最大值层均出现在表层光强 50% 的层深位置，符合浮游植物光合作用过程的一般规律。

4、表层和底层叶绿素 a 比较分析

从平均含量上看，表层叶绿素 a 浓度略高于底层，为底层叶绿素 a 浓度的 1.06 倍；调查海域的所有站位中有 5 个站位表现为表层叶绿素 a 浓度高于底层，占站位总数的 5/12，其中变化最为剧烈的是西岛附近海域的 11 号站，表层叶绿素 a 浓度是底层的 1.56 倍；另外，有 3 个站表现为底层叶绿素 a 浓度高于表层，占站位总数的 1/4，其中变化最为剧烈的是凤凰岛南侧海域的 6 号站，底层叶绿素 a 浓度是表层的 1.12 倍；有 4 个站由于水深较浅，表、底层叶绿素 a 浓度基本一致（图 3.5.2-6）。

从平面分布上来看，表底层的叶绿素 a 变化并不明显，高值区均位于三亚河入海口，即凤凰岛的周边，而低值区均位于远离凤凰岛的西侧海域，鹿回头的北面海域明显高于南海海域。

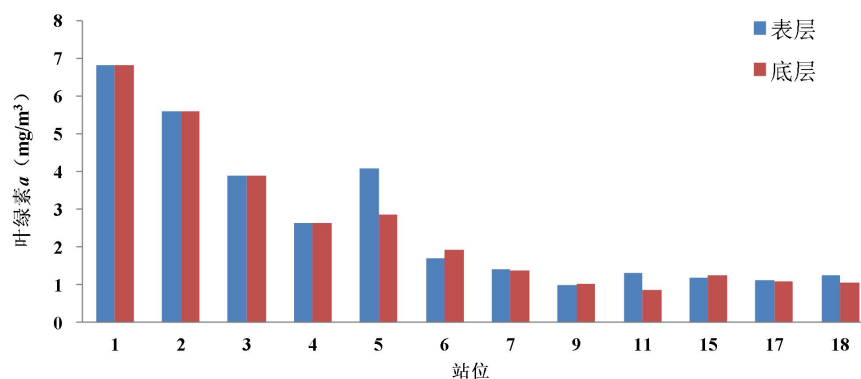


图 3.5.2-6 春季调查海域表层和底层叶绿素 a 含量比较图

3.5.3 浮游植物

3.5.3.1 材料与方法

浮游植物样品使用采水器取表底两层采水体积 0.5 L，水样用缓冲甲醛溶液固定带回实验室，鉴定计数前沉降 24 小时，除去上清液，浓集。室内分析随机抽取分样样品在正置显微镜下分析计数。结果以 cells/dm³ 表达。

结果包括浮游植物种类和丰度，主要类群，数据分析采用种类多样性指数 (H') (Shannon-Wiener)、均匀度 (J) (Pielou) 和种类丰富度 (d) (Margalef) (均以

$$2 \text{ 为底}) : H' = - \sum_{i=1}^S Pi \log_2 Pi; J = H' / \log_2 S; d = (S - 1) / \log_2 N$$

式中 N 为样品中所有种类的总个体数目， S 为样品中的种类总数， Pi 为第 i 种的个

体数与样品中的总个体数的比值(n_i/M)。详情见《海洋调查规范》第6部分第7节。

3.5.3.2 结果与分析

1、浮游植物种类与数量

(1) 种类组成与分布

本次调查共记录浮游植物2门29属57种(类),其中硅藻23属50种(类),甲藻6属7种(附表1-1)。3月该监测海域优势种主要是薄壁几内亚藻(*Guinardia flaccida*)和柔弱拟菱形藻(*Pseudo-nitzschia delicatissima*)。

(2) 丰度平面分布

2021年3月,调查海区浮游植物平均丰度较低,表、底层分别为 $696.33 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$ 和 $315.50 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$,表层浮游植物丰度高于底层。表层水体中最高值在调查海区的2号站,丰度达到 $4144.0 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$,次高值在5号站,丰度值为 $880.0 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$,最低值在15号站,为 $136.0 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$ 。底层水体中最高值在调查海区的9号站,丰度达 $904.0 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$,次高值出现在15号站,数值为 $348.0 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$,最低值为 $144.0 \times 10^2 \text{ cells/dm}^3$,出现在17号站(图3.5.3-1~3.5.3-2)。

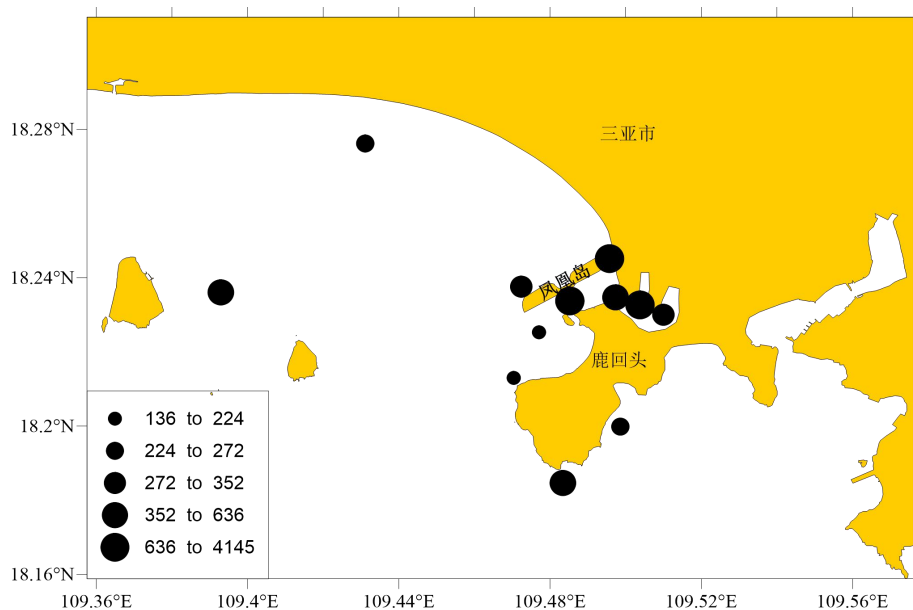


图 3.5.3-1 调查海域表层浮游植物丰度分布图 (单位: 10^2 cells/dm^3)

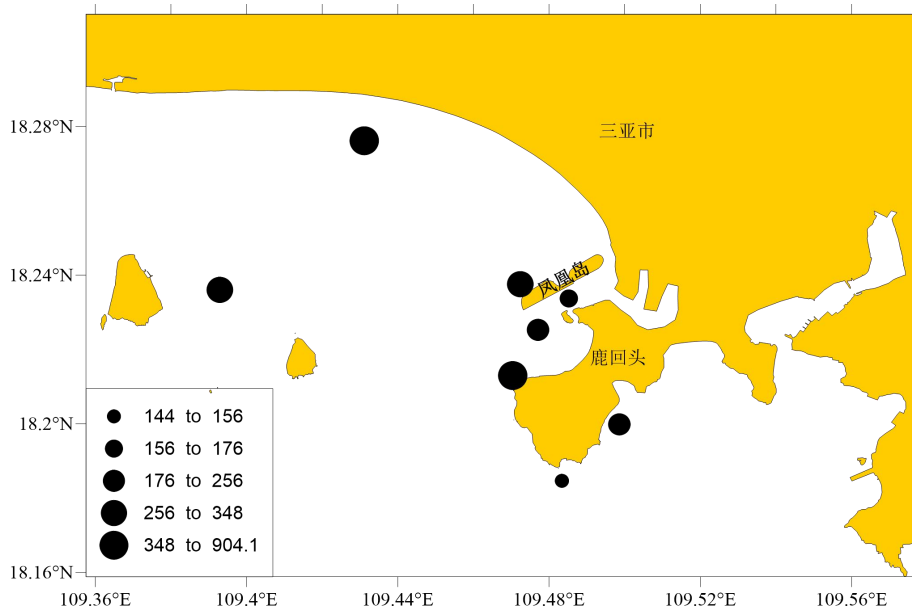


图 3.5.3-2 调查海域底层浮游植物丰度分布图（单位： $10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ）

2、主要优势种的分布

2021年3月，调查海区主要优势种在水体表层集中为少数种类，主要为薄壁几内亚藻。表层，薄壁几内亚藻平均丰度为 $180.0 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最高值出现在4号站，为 $460.0 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，次高值出现在11号站，为 $272.0 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最低值出现在18号站，为 $12.0 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ （图 3.5.3-3）；底层，薄壁几内亚藻平均丰度为 $203.5 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最高值出现在9号站，为 $756.0 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，次高值出现在15号站，为 $280.0 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ，最低值出现在18号站，为 $40.0 \times 10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ （图 3.5.3-4）。

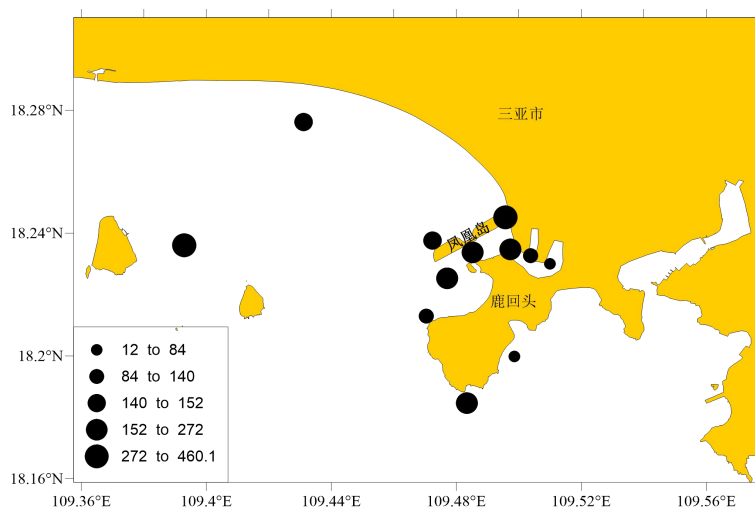


图 3.5.3-3 薄壁几内亚藻表层丰度分布图（单位： $10^2 \text{ cells}/\text{dm}^3$ ）

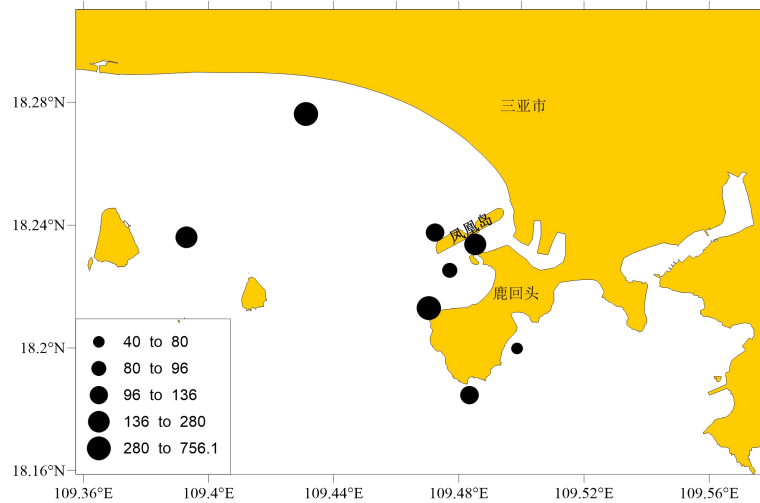


图 3.5.3-4 薄壁几内亚藻底层丰度分布图 (单位: 102 cells/ dm³)

3、群落指标

2021 年 3 月 (春季) 种类丰富度 (d)、均匀度 (J') 和多样性指数 (H') 分析如下 (表 3.5.3-1) :

(1) 丰富度 (d) : 调查海区表层和底层浮游植物丰富度分别为 0.64 和 0.76。总体上, 表层水体最高值出现在 3 号站, 最低值出现在 6 号站; 底层最高值出现在 7 号站, 最低值出现在 5 号站。

(2) 均匀度 (J') : 调查海区表层和底层浮游植物均匀度分别为 0.52、0.57。总体上, 表层水体最高值出现在 9 和 18 号站, 最低值出现在 2 号站; 底层最高值出现在 18 号站, 最低值出现在 9 号站。

(3) 多样性指数 (H') : 调查海区表层和底层浮游植物的多样性指数分别为 1.52 和 1.76。表底层全部展位的多样性指数皆低于 3.00, 表明群落结构不稳定。

从以上分析可见, 调查区浮游植物种间个体数量分配比较均匀, 群落结构不稳定。

表 3.5.3-1 调查区浮游植物群落丰富度 (d)、均匀度 (J') 和多样性指数 (H') 分布

站号	d		J'		$H'(\log_2)$	
	表层	底层	表层	底层	表层	底层
1	0.58	/	0.54	/	1.51	/
2	0.39	/	0.20	/	0.51	/
3	1.01	/	0.58	/	2.08	/
4	0.90	/	0.40	/	1.38	/
5	0.53	0.31	0.44	0.37	1.24	0.75
6	0.31	0.79	0.43	0.75	0.85	2.38
7	0.59	1.36	0.65	0.68	1.82	2.64
9	0.49	0.96	0.66	0.31	1.71	1.11

11	0.75	0.69	0.48	0.71	1.51	2.14
15	0.84	0.86	0.61	0.36	1.94	1.21
17	0.57	0.42	0.61	0.53	1.71	1.23
18	0.70	0.72	0.66	0.87	1.98	2.60

3.5.4 浮游动物

3.5.4.1 材料与方法

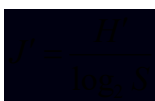

1、样品的采集

浮游动物样品均采用浅水 I 型网（网口直径50cm，网长145cm，筛绢孔径0.505cm）从底至表垂直或斜拖所获，并于现场用浮游动物样品体积量5%的中性甲醛溶液固定。

2、样品的分析与鉴定

浮游动物湿重生物量的测定是借助于电子天平（感量0.001g）和真空泵（30dm³/min）等器具将样品抽滤去除水份后称出样品的湿重，然后换算成 mg/m³。样品的鉴定与计数则是借助于浮游动物计数框、体视显微镜和光学显微镜等将全部样品进行种类鉴定并按种计个体数，然后换算成个体丰度（ind/m³）。

浮游动物物种多样性指数（ H' ）、均匀度（ J' ）和优势度（ Y ）等参数分别采用

以下计算公式：；；；

式中 S 为样品中的物种数， P_i 为第 i 种的个体数与每个种出现的个体数总和的比值， n_i 为第 i 种的个体数， f_i 是第 i 种的测站出现率， N 为样品个体数的总和。

3.5.4.2 调查结果与分析

1、种类组成与生态特点

2021 年 3 月春季航次共记录鉴定到种的浮游动物 65 种，浮游生物幼体若干。种类组成上以桡足类为最优势类群，共记录到 24 种，占浮游动物总种类数的 36.92%，水母类 21 种，占浮游动物总种类数的 32.31%；毛颚类和被囊类均为 6 种，介形类、樱虾类和栉水母均 2 种，其它类均为 1 种，此外还记录浮游幼虫 17 类（图 3.5.4-1）。

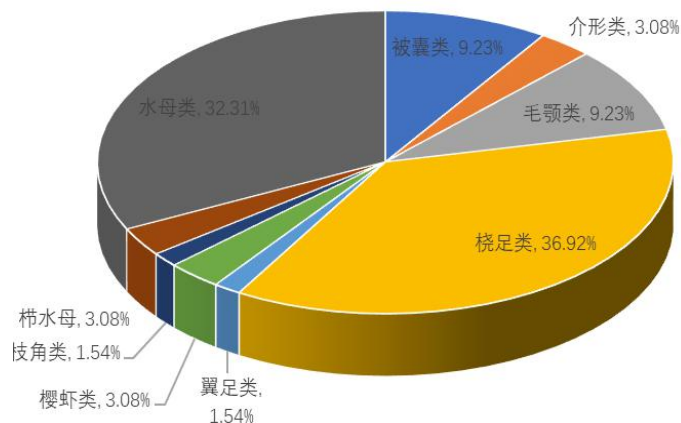


图 3.5.4-1 春季主要类别种类数量的百分组成

根据自身的生态属性与分布特点，调查区间浮游动物可分为 2 种生态类群：

(1) 近岸类群

由近岸暖水性的亨氏莹虾 (*Lucifer hansenii*)、异体住囊虫 (*Oikopleura dioica*)、微刺哲水蚤 (*Canthocalanus pauper*)、双生水母 (*Diphyes chamissonis*)、锥形宽水蚤 (*Temora turbinata*)、拟细浅室水母 (*Lensia subtiloides*)、大腺似杯水母 (*Phialella macrogona*) 组成，其中大腺似杯水母本调查丰度较高的种类

近岸广温性的太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*)、红纺锤水蚤 (*Acartia erythraea*)、鸟喙尖头蚤 (*Penilia avirostris*)、大平洋橈虫 (*Krohnitta pacifica*) 和球型侧腕水母 (*Pleurobrachia globosa*) 等组成。红纺锤水蚤和鸟喙尖头蚤其中是本调查丰度较高的种类

(2) 外海类群

均由适温适盐相对较高的广温性、广盐性暖水种组成，种类少。半口壮丽水母 (*Aglaura hemistoma*) 和肥胖箭虫 (*Sagitta enflata*) 为代表种，其中肥胖箭虫占绝对优势。

2、总生物量 (湿重) 的分布

春季调查海域各站位浮游动物湿重生物量的均值为 303.61 mg/m³，各站位湿重生物量介于 93.33~764.55 mg/m³ 之间；最高值见于近岸的 5 号站位，其湿重生物量值为 764.55 mg/m³，次高值出现在近岸的 7 号站位，其湿重生物量值为 698.95 mg/m³。浮游动物湿重生物量的低值出现在内湾的 2 号站位 (图 3.5.4-2)。

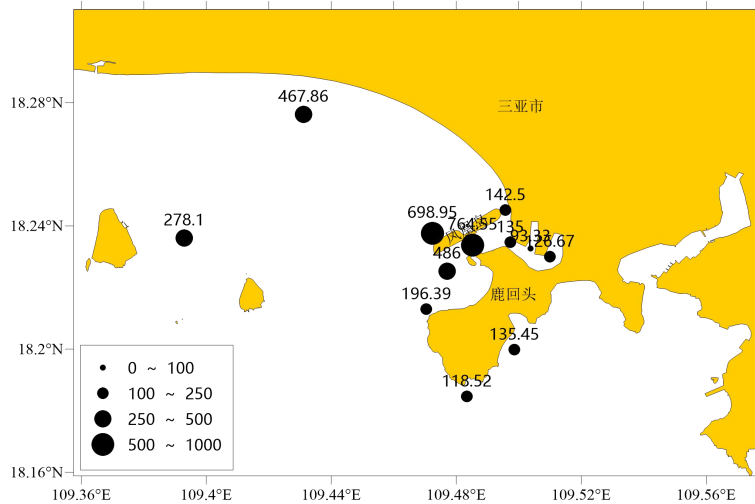


图 3.5.4-2 春季总生物量的平面分布 (mg/m³)

3、总个体数的分布

2021 年 3 月调查海域浮游动物总个体数的均值为 151.02 ind/m³，在各类群中，以毛颚类为最优势类群，占总个体数 35.54%，各站位均值为 53.66 ind/m³；樱虾类在调查海域各站位均值为 28.91 ind/m³，占浮游动物总个体数的 19.14%，各类群平均个体数占总个体数百分比见图 3.5.4-3。



图 3.5.4-3 春季主要类别个体数的百分组成

调查海域各站位浮游动物总个体数介于 5.81~ 365.27 ind/m³之间，总个体数呈沿岸低外海高的趋势，最大值出现在 7 号站位，该站位毛颚类占主要优势，个体数占浮游动物总个体数均为 44.67%；浮游动物个体数的次高值为 98.11 ind/m³，出现在调查海域北部的 9 号站位，该站位樱虾类占主要优势，个体数占浮游动物总个体数的 34.86%；调查海域浮游动物个体数最低值出现在 1 号站位；次低值出现在 4 号站位，其总个体数为

9.16 ind/m³，调查海域各站位浮游动物总个体数平面分布图见图 3.5.4-4。

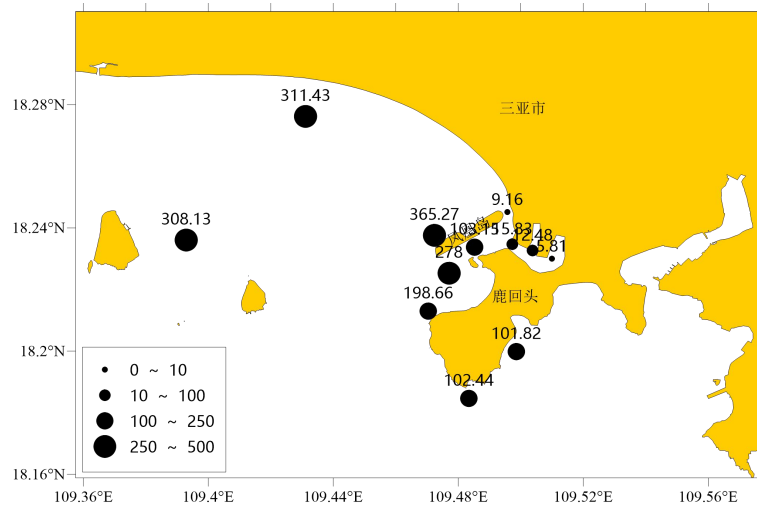


图 3.5.4-4 春季总个体数的平面分布 (ind/m³)

4、物种多样性指数与均匀度的分布

浮游动物物种多样性指数 H' (2.52~3.93) 和均匀度 J' (0.60~1.00) 的均值分别为 3.17 和 0.76 (表 3.5.4-1)。调查海域内湾 3 号站位多样性指数最低，而在调查海域南部 17 号站多样性指数值最高，这主要得益于较高的物种数量 (图 3.5.4-5)。

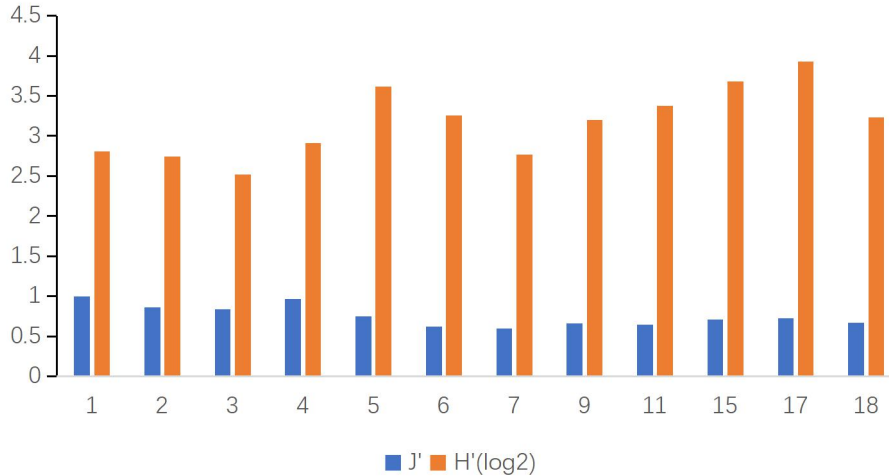


图 3.5.4-5 春季物种多样性指数和均匀度的区间分布

表 3.5.4-1 春季浮游动物各站位多样性指数与均匀度

站位	J'	$H' (\log^2)$
1	1.00	2.81
2	0.86	2.74
3	0.84	2.52
4	0.97	2.91
5	0.75	3.62
6	0.62	3.26

站位	J	$H (\log^2)$
7	0.60	2.77
9	0.66	3.20
11	0.65	3.38
15	0.71	3.68
17	0.73	3.93
18	0.67	3.23

5、主要种的优势度及其分布

优势度 (J) 大于 0.02 的浮游动物有 6 种 (表 3.5.4-2), 分别为肥胖箭虫、红纺锤水蚤、鸟喙尖头蚤、异体住囊虫、大腺似杯水母和双生水母, 其中肥胖箭虫优势度明显高于其他优势种, 各站位平均个体数分别为 45.49 ind/m³ (表 3.5.4-3)。在平面分布上, 肥胖箭虫最高值出现在调查海域中部的 7 号站, 最低值在内湾的 1 号站 (图 3.5.4-6)。红纺锤水蚤高值在调查海域北部 9 号站, 最低值在内湾的 1 号站 (图 3.5.4-7)。

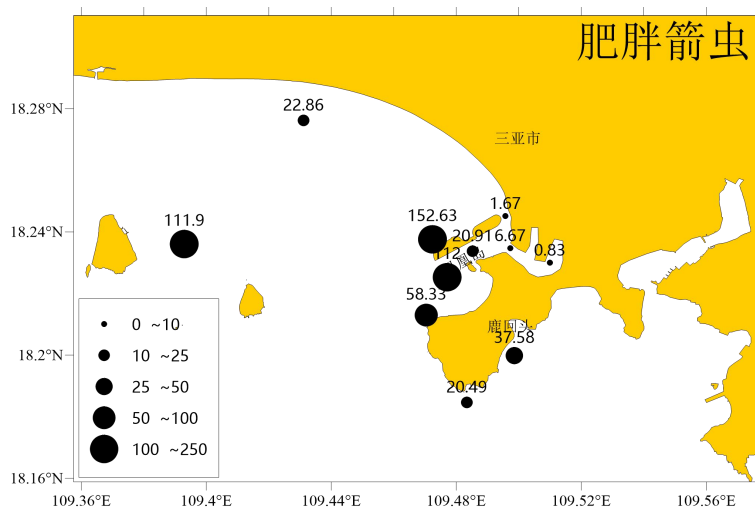


图 3.5.4-6 肥胖箭虫的平面分布 (ind/m³)

表 3.5.4-2 春季海区浮游动物优势种

中文名	拉丁名	频率	优势度
肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>	92%	0.48
红纺锤水蚤	<i>Acartia erythraea</i>	67%	0.07
鸟喙尖头蚤	<i>Penilia avirostris</i>	58%	0.05
异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>	50%	0.02
大腺似杯水母	<i>Phialella macrogona</i>	50%	0.02
双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>	67%	0.02

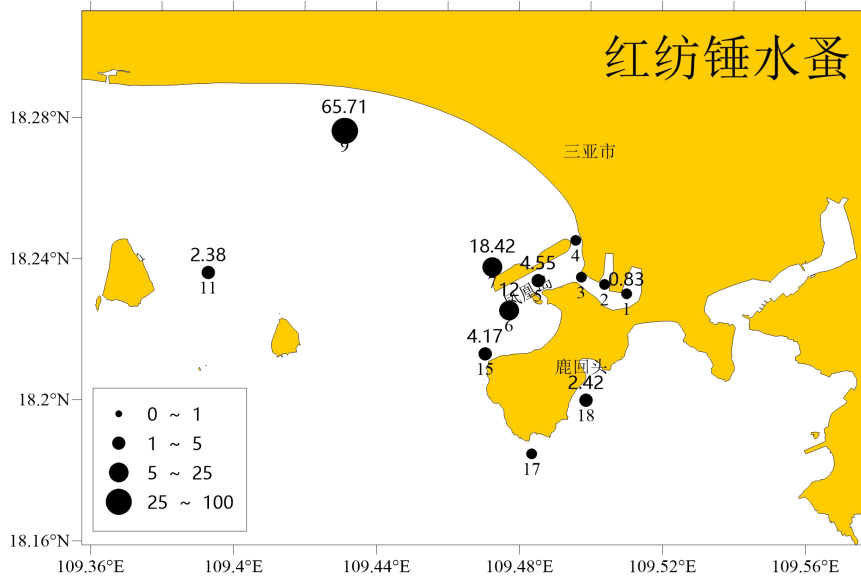


图 3.5.4-7 红纺锤水蚤的平面分布 (ind/m³)

表 3.5.4-3 春季浮游动物个体数、生物量及主要代表优势种各站位数值

站位	生物量 (mg/m ³)	个体数 (ind/m ³)	肥胖箭虫	红纺锤水蚤
1	126.67	5.81	0.83	0.83
2	93.33	12.48	/	/
3	135.00	15.83	6.67	/
4	142.50	9.16	1.67	/
5	764.55	103.15	20.91	4.55
6	486.00	278.00	112.00	12.00
7	698.95	365.27	152.63	18.42
9	467.86	311.43	22.86	65.71
11	278.10	308.13	111.90	2.38
15	196.39	198.66	58.33	4.17
17	118.52	102.44	20.49	/
18	135.45	101.82	37.58	2.42

3.5.5 大型底栖生物

3.5.5.1 材料与方法

使用 0.05m² 抓斗式采泥器，每站连续取样不少于 4 次（合计采样面积 0.2m²），放入“MSB 型底栖生物漩涡分选器”中淘洗，并用网目为 0.5mm 的过筛器分选标本，生物样品置样品瓶中用固定液保存。标本处理以及室内分析和资料整理均按《海洋调查规范》的技术要求进行。

底栖生物拖网采样依据《海洋监测规范》，使用网口宽度为 1.0 m 的三角拖网，调查船航速保持在 2 kn 左右，航向稳定后投网，拖网时间为 15 分钟，样品采集后用 7% 甲醛固定保存后带回实验室称重、分析。

研究过程中我们以物种优势度指数 (P) 分析捕获物种在群落中所占的优势程度, 当 $P > 0.020$ 时, 该物种为群落中的优势种。

群落生态特征指数分析采用种类丰富度 (d)、种类多样性指数 (H') 和均匀度 (J)

同浮游植物, 种类优势度 (D) 采用Simpson物种优势度: $D = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$

式中 S 为采泥样品中的种类总数, P_i 为第 i 种的个体数与样品中的总个体数的比值 (n_i/M)。物种丰富度计算方法为物种在各站位的平均分布密度, 如某站没有出现该种, 则不计入。采用 PRIMER6.0 软件进行上述指数的计算。

3.5.5.2 结果与分析

1、种类组成与分布

本航次调查所获样品, 经初步鉴定共有大型底栖生物 8 门 65 科 88 种。其中以环节动物最多 (34 种), 节肢动物次之 (23 种), 软体动物 19 种, 棘皮动物和其他动物物种数均较小, 分别为 2 种和 10 种 (图 3.5.5-1, 表 3.5.5-1)。综合分析, 该海域以环节动物、软体动物为主要贡献类群, 占总种数 86.37%。

表 3.5.5-1 大型底栖生物种类数 (种)

站位	环节动物	软体动物	节肢动物	棘皮动物	其他动物	总种数
1	8	2	1	0	1	12
2	5	2	1	0	1	9
3	8	3	1	1	3	16
4	17	3	0	0	2	22
5	7	1	4	0	1	13
6	5	2	2	0	0	9
7	13	5	5	0	1	24
9	4	6	4	0	1	15
11	1	4	6	1	0	12
15	2	2	0	0	1	5
17	4	3	6	1	1	15
18	4	2	2	0	0	8
种数	34	19	23	2	10	88

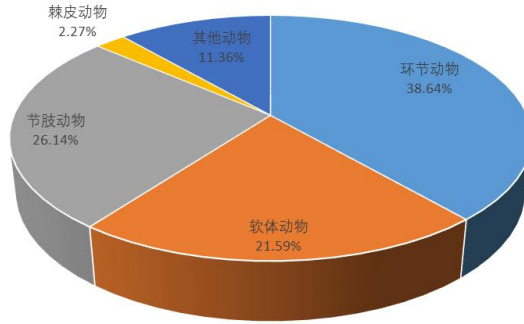


图 3.5.5-1 大型底栖生物种类数百分比图

本次调查各站大型底栖生物的物种数介于 5~24 种之间，平均每站有大型底栖生物 13 种。其中，超过 20 种的站位有 2 个，为 4 号和 7 号站，7 号站物种数最高，达 24 种。物种数 10 种以下的站位有 4 个，15 号站种数最低，只有 5 种。环节动物和软体动物分布最广，在各站均有分布，环节动物种数介于 1~17 种之间，软体动物物种数介于 1~6 种之间；环节动物物种数在 17 号站最高，软体动物物种数在 9 号站最高。节肢动物物种数介于 0~6 种，在 4 号和 15 号站位未获得节肢动物样品，在 11 号和 17 号站节肢动物物种数最高；棘皮动物在 3 号、11 号和 15 号站获得样品，每站各 1 种；其他动物的物种数介于 0~3 种，在 6 号、11 号和 18 号站未获得其他动物样品，3 号站其他动物物种数最高（图 3.5.5-2）。

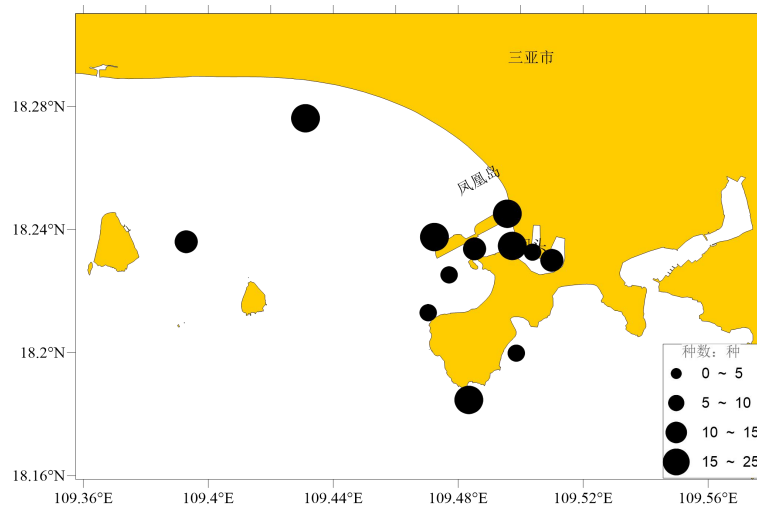


图 3.5.5-2 大型底栖生物物种数分布

2、栖息密度组成与分布

调查海域大型底栖生物的平均栖息密度为 102 ind./m²。其中，环节动物的栖息密度最高，为 57 ind./m²，占总平均密度的 56.39%。软体动物次之，为 23 ind./m²，占总平均密度 22.30%，节肢动物的栖息密度为 16 ind./m²，占总平均密度的 16.07%。棘皮

动物和其他动物的平均栖息密度较低，分别为 2 ind./m²和 3 ind./m²（图 3.5.5-3，表 3.5.5-2）。

表 3.5.5-2 大型底栖生物栖息密度 (ind/m²)

站位	环节动物	软体动物	节肢动物	棘皮动物	其它动物	总栖息密度
1	92	8	4	0	0	104
2	32	12	4	0	0	48
3	76	88	8	4	8	184
4	208	12	0	0	8	228
5	48	12	16	0	4	80
6	40	12	8	0	0	60
7	108	28	20	0	0	156
9	32	24	20	0	8	84
11	4	40	72	12	0	128
15	8	8	0	0	4	20
17	20	20	36	12	4	92
18	20	8	8	0	0	36
平均栖息密度	57	23	16	2	3	102

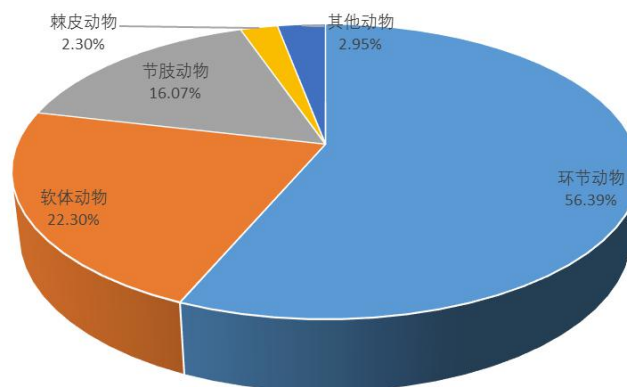


图 3.5.5-3 主要类群栖息密度百分比

各站栖息密度介于 20~228 ind./m²，其中，栖息密度超过总平均密度的站位共有 5 个，4 号站栖息密度最高。在各采样站位中，环节动物栖息密度介于 4~208 ind./m²之间，在 4 号站最高。软体动物介于 8~88 ind./m²之间，在 3 号栖息密度最高。节肢动物介于 0~72 ind./m²之间，在 11 号站最高。棘皮动物栖息密度最高在 11 号和 17 号站，为 12 ind./m²。其他动物栖息密度在 3 号、4 号和 9 号站最高，为 8 ind./m²（图 3.5.5-4）。

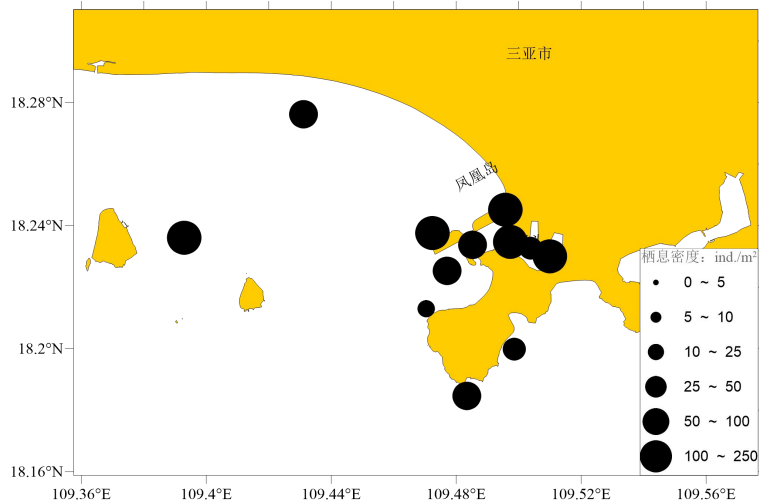


图 3.5.5-4 大型底栖生物栖息密度组成及分布

3、生物量组成与分布

大型底栖生物的总平均生物量为 3.55 g/m^2 ，节肢动物的平均生物量最高，为 1.35 g/m^2 ，占总平均生物量 38.06%，其他动物为 1.13 g/m^2 ，占总平均生物量 31.95%。环节动物、节肢动物和棘皮动物的生物量较小，分别为 0.66 g/m^2 、 0.39 g/m^2 和 0.01 g/m^2 （图 3.5.5-5，表 3.5.5-3）。

表 3.5.5-3 大型底栖生物生物量 (g/m^2)

站位	环节动物	软体动物	节肢动物	棘皮动物	其他动物	总生物量
1	0.96	0.24	2.76	0	5.2	9.16
2	0.88	0.08	6.28	0	5.36	12.6
3	0.52	0.88	0.04	0.04	0.6	2.08
4	1.68	1.04	0	0	0.24	2.96
5	1.2	0.56	0.48	0	1.16	3.4
6	0.92	0.16	0.4	0	0	1.48
7	0.64	0.4	4.84	0	0.56	6.44
9	0.2	0.52	0.16	0	0.28	1.16
11	0.04	0.2	0.24	0.04	0	0.52
15	0.08	0.08	0	0	0.16	0.32
17	0.24	0.16	0.88	0.04	0.04	1.36
18	0.56	0.4	0.12	0	0	1.08
平均生物量	0.66	0.39	1.35	0.01	1.13	3.55

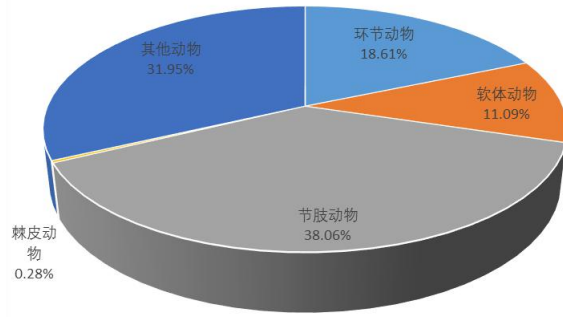


图 3.5.5-5 主要类群生物量的百分比

各站大型底栖生物的生物量分布差异比较大，介于 $0.32 \sim 12.60 \text{ g/m}^2$ 之间，生物量大于平均生物量的站位有 3 站，1 号站大型底栖生物的平均生物量最高，15 号站大型底栖生物的平均生物量最低。环节动物的平均生物量介于 $0.04 \sim 1.68 \text{ g/m}^2$ 之间，在 4 号站最高；软体动物的平均生物量介于 $0.08 \sim 1.04 \text{ g/m}^2$ 之间，在 4 号站最高；节肢动物的平均生物量介于 $0 \sim 6.28 \text{ g/m}^2$ 之间，在 2 号站最高；棘皮动物的平均生物量介于 $0 \sim 0.04 \text{ g/m}^2$ ，其他动物的平均生物量介于 $0 \sim 5.36 \text{ g/m}^2$ ，2 号站最高（图 3.5.5-6）。

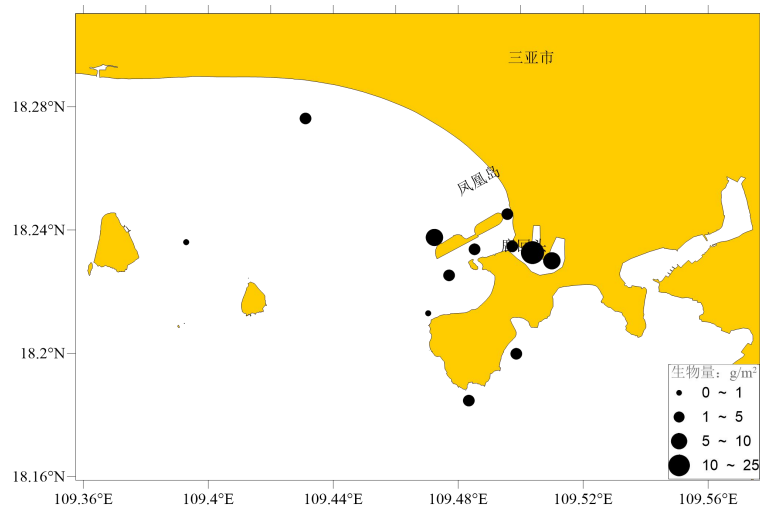


图 3.5.5-6 大型底栖生物生物量分布

4、群落生态特征

(1) 群落类型和结构

根据物种数量及其出现频率，该海域大型底栖生物群落中的优势种有：海蛹 (*Ophelina* sp.)、花冈钩毛虫 (*Sigambra hanaokai*)、内卷齿蚕 (*Aglaophamus* sp.)、齿吻齿蚕 (*Nephtys* sp.)、尖锥虫 (*Scoloplos* sp.)、洼颚倍棘蛇尾 (*Amphipolus depressus*)、红蛤 (*Scintilla* sp.)、羊印度尖头钩虾 (*Indischnopus capensis*) 和海尾钩虾 (*Urothoe marina*) (表 3.5.5-4)。

表 3.5.5-4 优势种优势度指数值 (Y)

优势物种	优势度 (Y)
海蛹	0.120
花冈钩毛虫	0.035
内卷齿蚕	0.040
齿吻齿蚕	0.084
尖锥虫	0.032
洼颚倍棘蛇尾	0.021
红蛤	0.173
羊印度尖头钩虾	0.201
海尾钩虾	0.144

根据生物群落分布特征, 可将调查海域的大型底栖生物划分为 3 个生物群落:

群落 I: 海蛹—花冈钩毛虫—内卷齿蚕群落。该群落在 1 号、2 号、4 号、5 号、6 号、7 号和 18 号站的栖息密度较高, 以环节动物为主要优势种。

群落 II: 齿吻齿蚕—尖锥虫—洼颚倍棘蛇尾群落, 该群落在 3 号、9 号、15 号和 17 号站中栖息密度高, 主要以环节动物和棘皮动物为主要优势种。

群落 III: 红蛤—羊印度尖头钩虾—海尾钩虾群落, 该群落节肢动物和软体动物为主要优势种。

(2) 群落特征指数

大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 H' 的平均值为 2.686, 介于 1.335~4.555 之间, H' 值高于 3.00 的站位只有有 4 个, 多样性水平较低; Pielou 物种均匀度指数 J' 的平均值为 0.916, 介于 0.855~1 之间, 在 1 号站最低; Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 3.296, 介于 2.322~4.292 之间; Simpson 优势度指数 D 的平均值为 0.130, 介于 0.060~0.222 之间, 7 号站位的优势度最低, 3 号站的优势度最高 (表 3.5.5-5)。

表 3.5.5-5 大型底栖生物多样性分析

站号	D	J'	H' (\log_2)	D
1	2.368	0.855	3.065	0.148
2	2.067	0.901	2.856	0.153
3	2.876	0.746	2.984	0.222
4	3.868	0.880	3.925	0.091
5	2.738	0.958	3.546	0.095
6	1.954	0.938	2.974	0.147
7	4.555	0.936	4.292	0.060
9	3.160	0.960	3.749	0.084
11	2.267	0.887	3.179	0.135

站号	D	J'	$H' (\log_2)$	D
15	1.335	1.000	2.322	0.200
17	3.096	0.949	3.708	0.089
18	1.953	0.983	2.948	0.136
平均值	2.686	0.916	3.296	0.130

3.5.6 潮间带生物

3.5.6.1 材料与方法

根据瓦扬 (Vaillant, 1891) 和斯蒂芬森 (Stephenson, 1949) 潮汐分布和生物自然分布法则, 将潮间带生物划分为高、中、低三个潮区。JM1, JM2 两条潮间带生物调查断面, 每条断面布设 5 个定量采样站位, 定量取样按每站 25cm×25cm 的样方采集 4 次, 并用网目孔径为 0.5mm 的过筛器淘洗分选样品。样品的取样、保存、分离、鉴定和分析按照国标《海洋调查规范》(GB/T12763.6—2007)。

数据分析采用 Margalef 的物种丰富度指数 (d)、Shannon—Wiener 多样性指数 (H')、Pielou 均匀度 (J) 以及 Simpson 物种优势度 (D) 进行多样性研究:

$$\text{Margalef 物种丰富度指数: } d = (S - 1) / \log_2 N \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Shannon—Wiener 指数: } H' = - \sum_{i=1}^S Pi \log_2 Pi \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } J = H' / \log_2 S \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Simpson 物种优势度: } D = \sum_{i=1}^S (P_i)^2 \dots\dots\dots (4)$$

式中 N 为采泥样品中所有种类的总个体数目, S 为采泥样品中的种类总数, P_i 为第 i 种的个体数与样品中的总个体数的比值 (n_i/N)。物种丰度计算方法为物种在各站位的平均分布密度, 如某站没有出现该种, 则不计入。采用 PRIMER6.0 软件进行上述指数的计算。

3.5.6.2 结果与分析

1、种类组成及分布

(1) 种类组成

此次调查共采获潮间带生物 29 种, 分属 4 门 23 科。潮间带生物样品包括环节动物 10 种, 占总物种数的 34.48%; 软体动物 11 种, 占总物种数的 37.93%; 节肢动物 7 种, 占总物种数的 24.14%; 其他动物 1 种, 占总物种数的 3.45% (图 3.5.6-1, 表 3.5.6-1)。

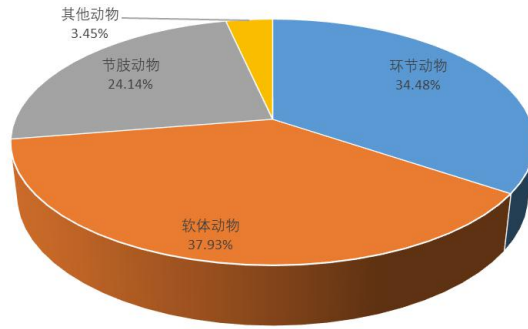


图 3.5.6-1 潮间带生物种类百分比组成

(2) 物种数空间分布

调查区域 3 条断面：FH1 断面潮间带生物 8 种，FH2 断面潮间带生物 15 种，FH3 断面潮间带生物 12 种。FH2 断面潮间带生物物种数垂直分布特征为低潮区>中潮区>高潮区，FH1 断面和 FH3 断面潮间带生物物种数垂直分布特征为中潮区>低潮区>高潮区（表 3.5.6-1）。

表 3.5.6-1 潮间带生物主要类群种类数组成

断面	潮区	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物	总物种数
FH1	高潮区	0	0	1	0	1
	中潮区	0	2	2	0	4
	低潮区	1	0	1	1	3
	物种数	1	2	4	1	8
FH2	高潮区	0	0	1	0	1
	中潮区	2	4	0	0	6
	低潮区	3	5	1	0	9
	物种数	5	8	2	0	15
FH3	高潮区	0	0	1	0	1
	中潮区	4	4	0	0	8
	低潮区	4	0	1	0	5
	物种数	6	4	2	0	12
总物种数		10	11	7	1	29

2、栖息密度组成与分布

(1) 栖息密度组成

此次调查潮间带生物平均栖息密度为 126 ind./m²。不同生物类群中以软体动物的平均栖息密度最高（87 ind./m²），占总密度的 68.84%；节肢动物次之（29 ind./m²），占总密度的 22.84%；环节动物平均栖息密度为 10 ind./m²，占总密度的 7.97%；其他动物平均栖息密度最低，其值为 0.4 ind./m²，占总密度的 0.35%（图 3.5.6-2）。

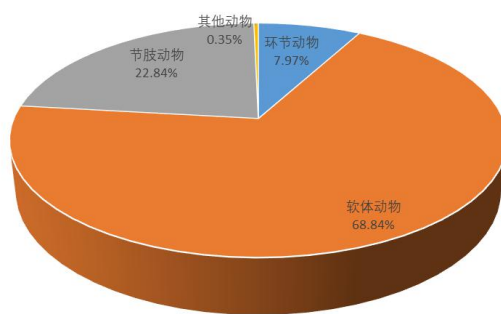


图 3.5.6-2 潮间带生物栖息密度百分比组成

(2) 密度空间分布

调查区域 3 条断面：FH1 断面潮间带生物平均栖息密度为 12 ind./m²，FH2 断面潮间带生物平均栖息密度为 268 ind./m²，FH3 断面潮间带生物平均栖息密度为 99 ind./m²。3 条断面潮间带生物平均栖息密度垂直分布特征均以低潮区 > 中潮区 > 高潮区，如图 3.5.6-3 所示。

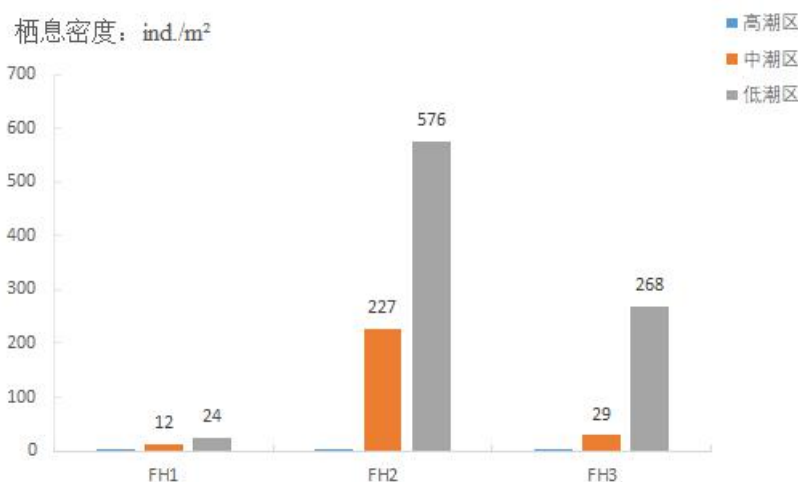


图 3.5.6-3 潮间带生物栖息密度垂直分布

3、生物量组成与分布

(1) 生物量组成

此次调查潮间带生物平均生物量为 25.87 g/m²。不同生物类群中以软体动物的平均生物量最高 (25.20 g/m²)，占总生物量的 97.40%；节肢动物次之 (0.59 g/m²)，占总生物量的 2.28%；环节动物平均生物量为 0.08 g/m²，占总生物量的 0.30%；其他动物平均生物量为 0.004 g/m²，占总生物量的 0.02% (图 3.5.6-4)。

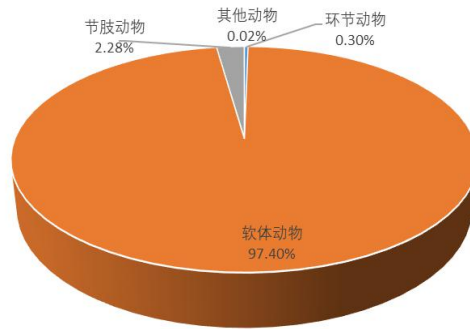


图 3.5.6-4 潮间带生物生物量百分比组成

(2) 生物量空间分布

调查区域 3 条断面：FH1 断面潮间带生物平均生物量为 0.32 g/m²，FH2 断面潮间带生物平均生物量为 75.89 g/m²，FH3 断面潮间带生物平均生物量为 1.40 g/m²。FH1 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以中潮区>低潮区>高潮区，FH2 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以低潮区>中潮区>高潮区，FH3 断面潮间带生物平均生物量的垂直分布特征以高潮区>中潮区>低潮区（图 3.5.6-5）。

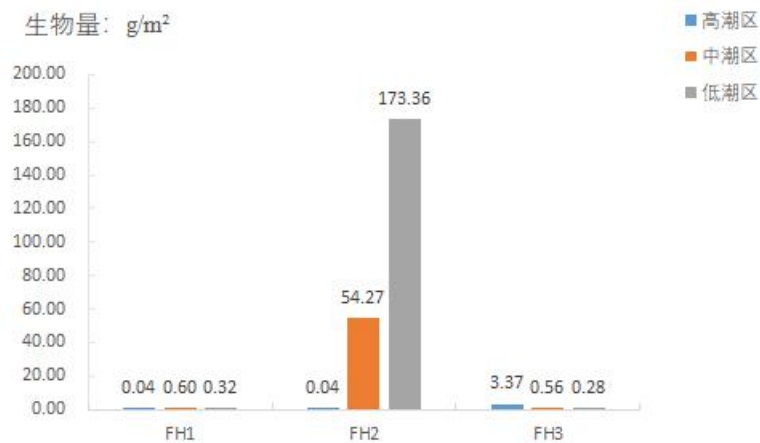


图 3.5.6-5 潮间带生物生物量垂直分布

4、群落生态特征

(1) 群落结构

本次调查的 3 条潮间带断面，其生物分布特征有所不同：

FH1 断面底质是沙。高潮区：痕掌沙蟹 (*Ocypode stimpsoni*) 带，痕掌沙蟹的栖息密度和生物量分别是 0.3 ind./m²和 0.04 g/m²；中潮区为昌螺 (*Umbonium vestiarium*)—企氏外圆柱水虱 (*Exciroлана chiltoni*) 带，昌螺分布在中潮区的中层，其栖息密度和生物量分别是 12 ind./m²和 1.12 g/m²；企氏外圆柱水虱分布在中潮区上层和下层，其栖息密度和生物量分别为 12 ind./m²和 0.32 g/m²；低潮区为尖锥虫 (*Scoloplos* sp.)

—强壮藻钩虾 (*Ampithoe valida*) 带。尖锥虫的栖息密度和生物量分别为 16 ind./m² 和 0.08 g/m²；强壮藻钩虾的栖息密度和生物量分别为 4 ind./m² 和 0.2 g/m²。

FH2 断面底质是沙，高潮区：痕掌沙蟹带，痕掌沙蟹的栖息密度和生物量分别是 0.3 ind./m² 和 0.04 g/m²；中潮区为昌螺带，昌螺分布在整个中潮区，其最大栖息密度和生物量分别是 328 ind./m² 和 92.44 g/m²；低潮区为昌螺带。其栖息密度和生物量分别为 524 ind./m² 和 168.2 g/m²。

FH3 断面底质是沙，高潮区：角眼沙蟹 (*Ocypode ceratophthalmus*) 带，角眼沙蟹的栖息密度和生物量分别是 0.3 ind./m² 和 3.67 g/m²；中潮区为尖锥虫—热带紫藤斧蛤 (*Donax semigranosus tropicus*) 带，尖锥虫分布在中潮区的中上层，其最大栖息密度和生物量分别是 40 ind./m² 和 0.4 g/m²；热带紫藤斧蛤分布在中潮区上层，其栖息密度和生物量分别为 12 ind./m² 和 0.48 g/m²；低潮区为潮间卡马钩虾 (*Kamaka littoralis*) 带。潮间卡马钩虾的栖息密度和生物量分别为 244 ind./m² 和 0.12 g/m²。

(2) 群落生态特征指数

本次调查，各断面潮间带生物多样性指数见表 3.5.6-3，潮间带生物丰度指数 (d) 均值为 2.568，其中 FH1 断面潮间带生物丰度指数为 2.807，FH2 断面潮间带生物的丰度指数为 2.505，FH3 断面潮间带生物的丰度指数为 2.393；潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数 (J) 均值为 0.448，其中 FH1 断面潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数为 0.797，FH2 断面潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数为 0.213，FH3 断面潮间带生物 Pielous 物种均匀度指数为 0.334；潮间带生物多样性指数 (H') 均值为 1.473，其中 FH1 断面潮间带生物多样性指数为 2.391，FH2 断面潮间带生物多样性指数为 0.834，FH3 断面潮间带生物多样性指数为 1.196；潮间带生物 Simpson 优势度 (D) 均值为 0.579，其中 FH1 断面潮间带生物 Simpson 优势度为 0.255，FH2 断面潮间带生物 Simpson 优势度为 0.805，FH3 断面潮间带生物 Simpson 优势度为 0.678。

表 3.5.6-3 潮间带生物群落特征值

断面	d	J	H' (\log_2)	D
FH1	2.807	0.797	2.391	0.255
FH2	2.505	0.213	0.834	0.805
FH3	2.393	0.334	1.196	0.678
平均值	2.568	0.448	1.473	0.579

3.5.7 鱼类浮游生物

3.5.7.1 材料与方法

1、样品的采集

鱼类浮游生物垂直拖网：采用浅水 I 型网（网口直径 50cm，网长 145cm，筛绢孔径 0.505cm）从底至表垂直或斜拖所获，并于现场用样品体积量 5% 的量加入甲醛溶液固定。

鱼类浮游生物水平拖网：采用大型浮游生物网（网口直径 80cm，长 280cm，孔径 0.505mm），网口系流量计在航速 1~2kn/时水平拖曳 10min 获取，并于现场用样品体积 5% 的量加入甲醛溶液固定。

2、样品鉴定、计数

在显微镜下，鉴定样品中鱼卵、仔稚鱼的种类（应鉴定到属或科）。

3、密度计算

$$G = \frac{N}{V}$$

式中：G—单位体积海水中鱼卵、仔稚鱼个体数（ind/m³或 ind/100m³）；

N—全网鱼卵、仔稚鱼个体数（ind）；

V—滤水量（m³）。

具体方法按《海洋调查规范》第 6 部分第 9 节。

3.5.7.2 结果与分析

1、种类组成

本季调查，共出现鱼类浮游生物 24 科 23 属 34 种（含未定种），种类上，以鳀科和鲱科种类略多为 3 种（含未定种），其它各科仅记录 1~2 种。

2、鱼卵的数量和分布

本次调查，鱼卵平均数量为 430.5ind/100m³。数量上，以鳕占绝对优势，约占鱼卵总量达 56%、其次是隆头鱼科约占 26%、小沙丁鱼和舌鳎各占 3%和 2%；其它类别如后鳍鱼、蛇鲻、日本鬼鲉、鹦嘴鱼、多磷鳉、角鳎和鲷科等种类所占的比例较低(图 3.5.7-1)。

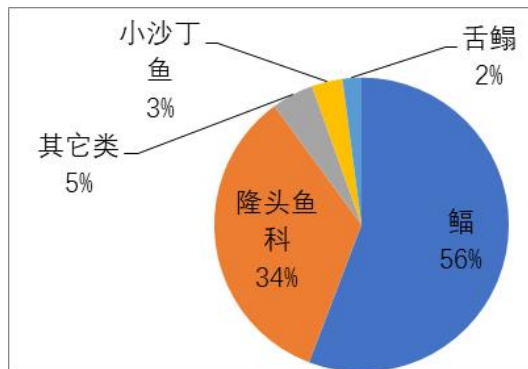


图 3.5.7-1 鱼卵数量的百分比组成

分布上, 鱼卵 ($6.8 \sim 1384.7 \text{ ind}/100\text{m}^3$) 遍及全区, 并在调查海域东南部 (17、18 号站) 水域形成数量大于 $1200 \text{ ind}/100\text{m}^3$ 高数量密集区, 这一密集区形成主要是鳮、隆头鱼科和小沙丁鱼等种类鱼卵大量出现所致。凤凰岛北部水域 (7 号站) 鱼卵数量明显较低小于 $10 \text{ ind}/100\text{m}^3$ (图 3.5.7-2)。

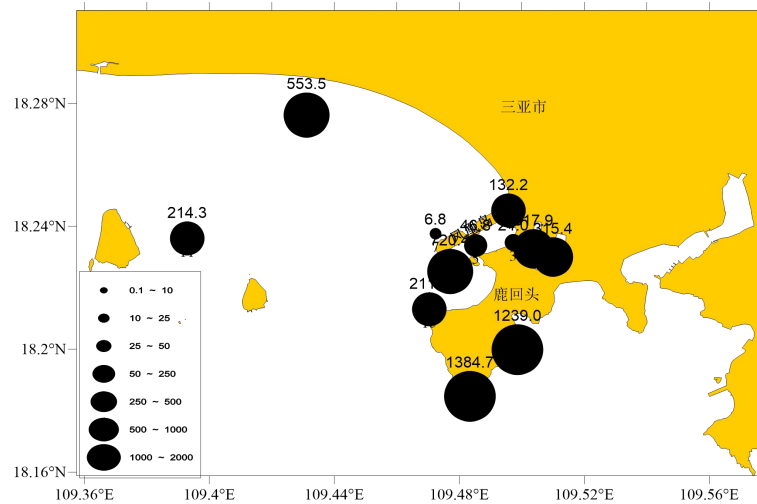


图 3.5.7-2 鱼卵数量的分布 ($\text{ind}/100\text{m}^3$)

3、仔稚鱼的数量和分布

调查区仔稚鱼数量明显较低, 平均仅为 $1.4 \text{ ind}/100\text{m}^3$ 。数量上, 仔稚鱼以小沙丁鱼居首 (约占仔稚鱼总量的 25%)、鳮属占 20% 居次、笛鲷属占 10%、鰕虎鱼占 8%、小公鱼属和金线鱼属分别占 7%; 其它类别如鱻、银汉鱼、丝背细磷鲷和红娘鱼等种类所占的份量小 (图 3.5.7-3)。

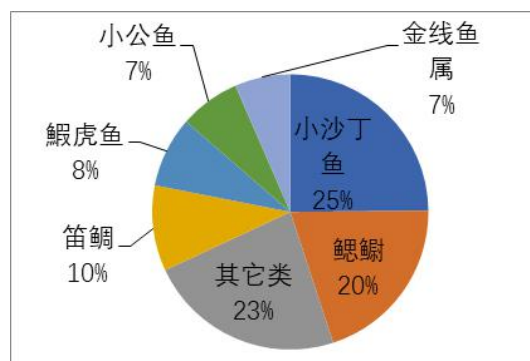


图 3.5.7-3 仔稚鱼数量的百分比组成

在平面分布上, 仔稚鱼 ($0 \sim 6.9 \text{ ind}/100\text{m}^3$) 全区数量低, 仅调查海域西侧 (11 号站) 数量较高大于 $5 \text{ ind}/100\text{m}^3$, 其它测站仔稚鱼数量均低或未见分布 (图 3.5.7-4)。

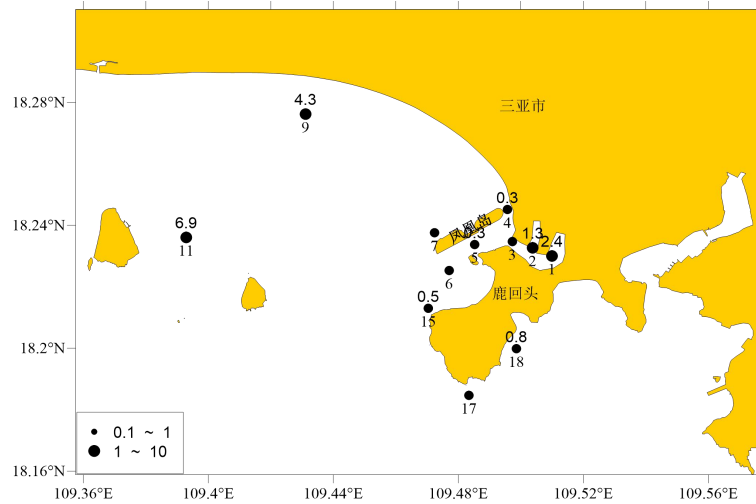


图 3.5.7-4 仔稚鱼数量的分布 (ind/100m³)

4、主要种类的分布特征

鳎属鱼卵为调查海域数量最占优势的种，平均数量为 240.2 ind/100m³。分布上，鳎鱼卵 (2.6~588.9 ind/100m³) 以调查海域东南部 (17、18 号站) 水域数量最高大于 500ind/100m³。凤凰岛西北侧 (7 号站) 水域数量最低小于 5 ind/100m³ (图 3.5.7-5)。

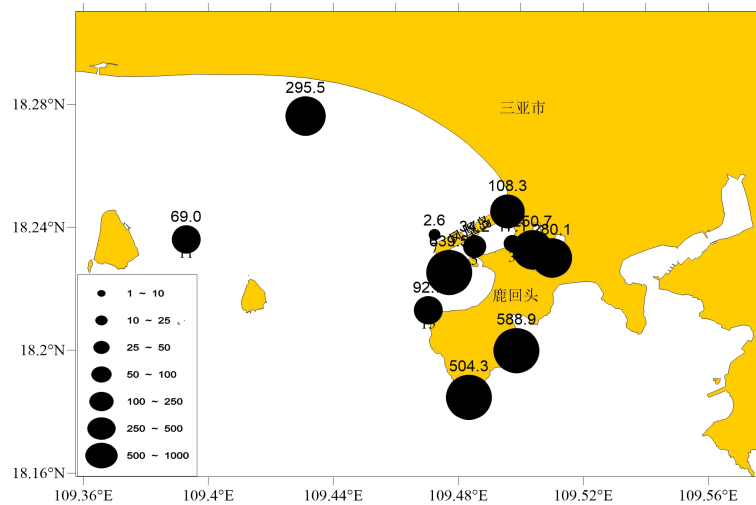


图 3.5.7-5 鳎鱼卵数量的分布 (ind/100m³)

3.5.8 游泳生物

3.5.8.1 材料与方法

1、调查站位和网具

根据调查海域底质和当地渔业生产情况，在凤凰岛周边设置了 3 个流刺网调查站位，站位图和站位经纬度见图 3.5.8-1 和表 3.5.8-1。春季试捕调查网具为三重流刺网，其网衣长为 200 m，高 1.5m，外网网目 15cm，内网网目 2.5cm。每个试捕站，以挂网作业

时间为 6h。放网时间计算从放网结束至起网开始时计算，样品处理按照 GB 12763. 6-2007 海洋调查规范进行。

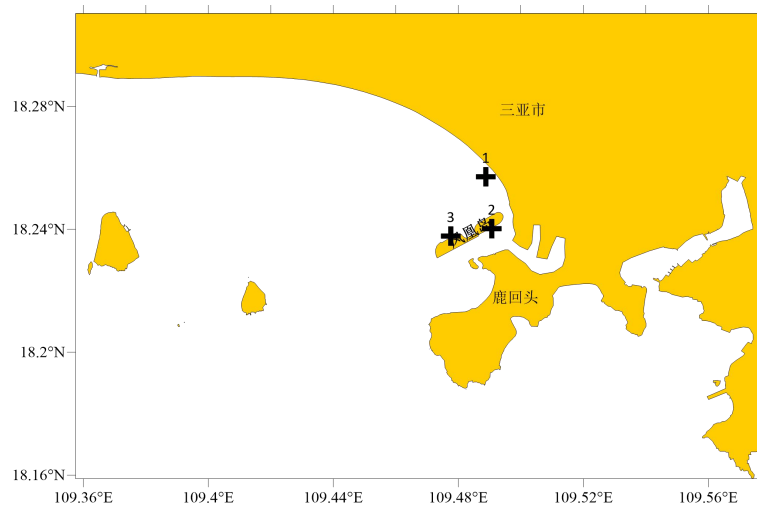


图 3. 5. 8-1 凤凰岛渔业资源调查站位图

表 3. 5. 8-1 凤凰岛渔业资源调查站位经纬度

站位	经度	纬度
1	109. 4888	18. 2571
2	109. 4907	18. 2402
3	109. 4776	18. 2378

2、样品采集

每个调查站位挂网作业 5 次，共 15 个网次的样品，本次调查所有渔获物全部收取。

3、渔获物样品分析

调查内容包括样品渔获物种类及其百分组成、数量分布、渔获物优势种、主要和重要经济品种的生物学特征、渔获物中幼鱼百分比值、现存相对资源密度、生物多样性等相关内容。

4、数据分析

(1) 相对重要性指数

优势种的优势度用 Pinkas 相对重要性指数 (*IRI*) 表示：

$$IRI = (W\% + N\%) \times F\% \dots\dots\dots (1)$$

其中：*W%*为该种类占总重量的百分比，*N%*为尾数占总尾数的百分比，*F%*为该种类出现的站数占调查总站数的百分比。

(2) 相对资源密度估算

定置网调查海域的资源密度（尾数和重量）按公式（2）计算：

$$S = \frac{C}{V \times t \times a \times q} \dots\dots\dots (1)$$

式中：S—调查水域资源密度，单位为尾每立方千米（ind./km³）或千克每立方千米（kg/km³）；

C—单位网次平均渔获量，单位为尾或千克（kg）；

a—为迎流网口面积，单位为平方千米（km²）；

t—为有效作业时间，平均取 6 小时，单位为小时（h）；

V—为涨、落潮平均流速，单位为千米每小时（km/h）；

q—为捕捞效率，取值为 0.5。

(3) 游泳动物多样性分析

生物多样性各指数计算如下：

Margalef 种类丰富度指数： $D = \frac{(S - 1)}{\ln N} \dots\dots\dots (3)$

Shannon-Weiner 种类多样性指数： $H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \dots\dots\dots (4)$

Pielou 均匀度指数： $J = \frac{H'}{\ln(S)} \dots\dots\dots (5)$

(3) ~ (5) 式中 S 为种类数，N 为个体丰度，P_i 为第 i 种鱼渔获重量/尾数占总渔获重量的比例。由于不同种类及同种类个体差异较大，因此本次调查分别采用渔获重量和尾数来计算种类多样性指数。

3.5.8.2 结果与分析

1、游泳动物种类组成及平面分布

本次调查共记录游泳动物 48 种，其中鱼类 33 种，占 68.75%，蟹类 13 种，占 27.08%，虾蛄类 1 种，占 2.08%，头足类 1 种，占 2.08%（表 3.5.8-2）。从渔获物种类数平面分布来看，3 号站种类数最多，为 32 种；其次为 1 号站，有 31 种，2 号站相对较少，仅有 21 种（图 3.5.8-2）。

表 3.5.8-2 游泳动物种数及百分比

类群	种类数	百分比 (%)
鱼类	33	68.75
蟹类	13	27.08
虾蛄类	1	2.08
头足类	1	2.08

总计	48	100.00
----	----	--------

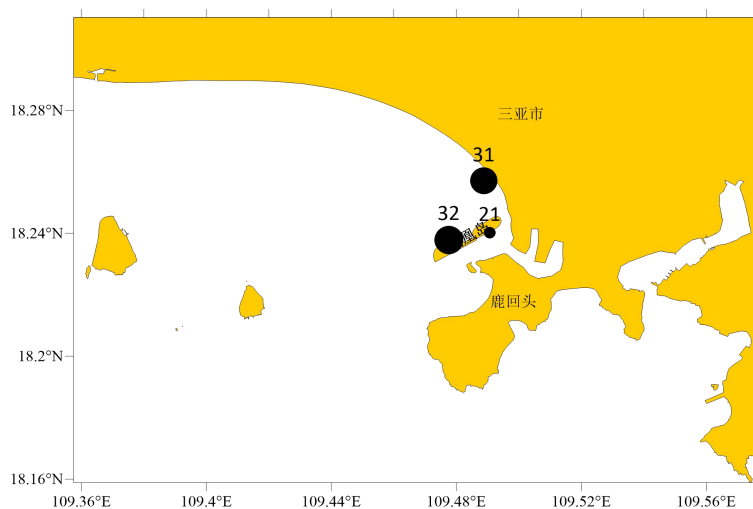


图 3.5.8-2 游泳动物种类数平面分布

2、渔获物（重量、尾数）分类群组成

从渔获重量和渔获尾数组成来看，本次调查 15 网次的渔获量约为 18.43 kg、444 ind.，其中鱼类渔获重量 10.37 kg，占 56.24%，鱼类渔获尾数 230 ind.，占 51.80%；蟹类渔获重量 6.50 kg，占 35.26%，蟹类渔获尾数 187 ind.，占 42.12%；虾蛄渔获重量 0.23 kg，占 1.23%，虾蛄渔获尾数 17 ind.，占 3.83%，头足类渔获重量 1.34 kg，占 7.28%，渔获尾数 10 ind.，占 2.25%（图 3.5.8-3、图 3.5.8-4）。

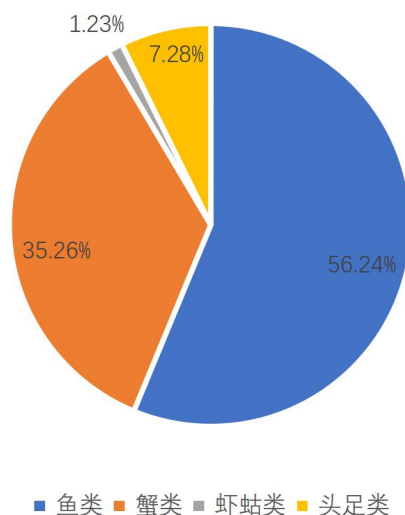


图 3.5.8-3 游泳动物调查主要渔获类群重量组成

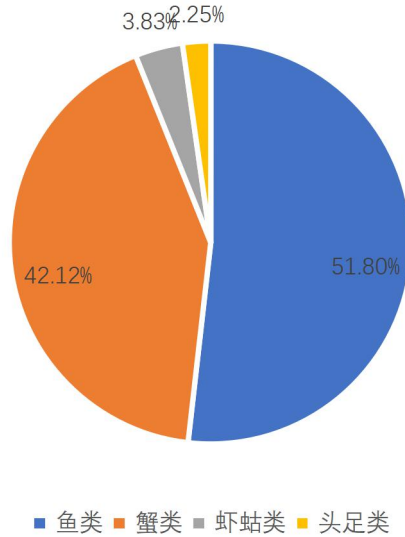


图 3.5.8-4 游泳动物调查主要渔获类群尾数组成

3、资源密度（重量、尾数）及平面分布

调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 4319.30 kg/ km³ 和 104042 ind./ km³。其中，鱼类为 2429.01kg/ km³、53896 ind./ km³，蟹类为 1522.91kg/ km³、43820 ind./ km³，虾蛄类为 52.96 kg/ km³、3984 ind./ km³，头足类为 314.42 kg/ km³、2343 ind./ km³。在本次调查中，调查海域渔获物总重量密度与总尾数密度分布在各站位间差异较大，重量密度最大值出现在 2 号站，为 6344.18kg/ km³，主要种类是褐篮子鱼，渔获率为 1.05kg/ net；重量密度最小值出现在 3 号站，仅为 2695.96kg/ km³。尾数密度最大值出现在 1，为 122320 ind./ km³，主要是由于多鳞鱧、短吻蝠等小型种类的大量出现所致，最小值出现在 2 号站，为 93497 ind./ km³（表 3.5.8-3，图 3.5.8-5~3.5.8-6）。

表 3.5.8-3 调查海域渔获物各类群资源密度（重量、尾数）

类群	重量相对资源密度 (kg/km ³)	尾数相对资源密度 (ind./km ³)
鱼类	2429.01	53896
蟹类	1522.91	43820
虾蛄类	52.96	3984
头足类	314.42	2343
游泳动物	4319.30	104042

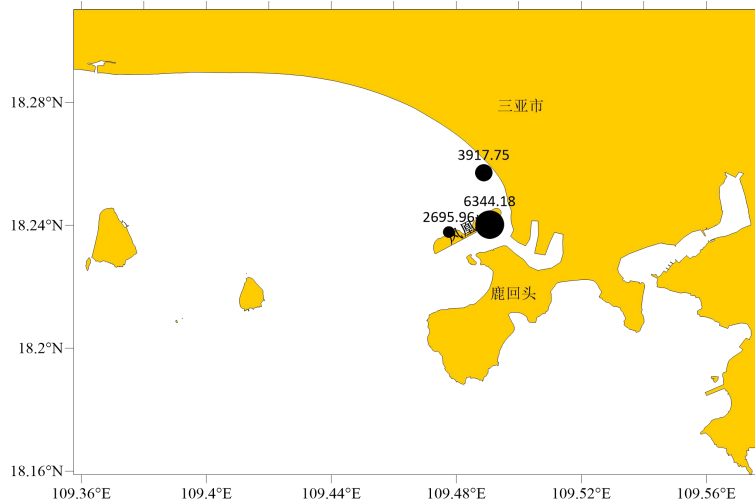


图 3.5.8-5 调查海域各站位总量资源密度分布 (kg/km^3)

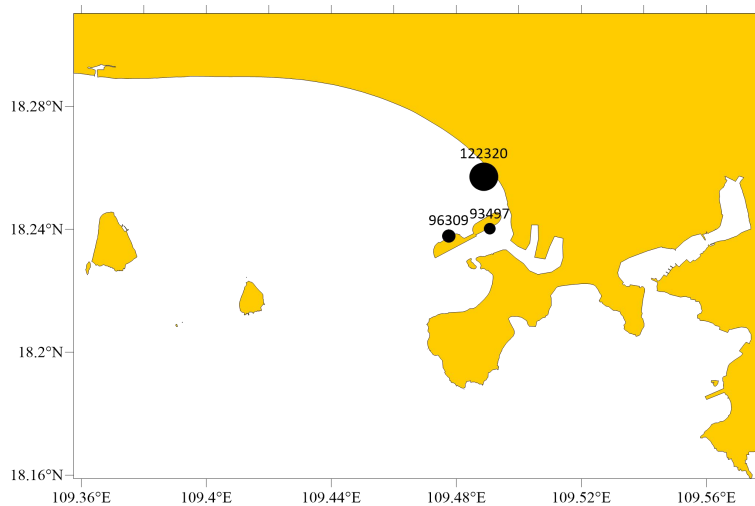


图 3.5.8-6 调查海域各站位总量资源密度分布 ($\text{ind.}/\text{km}^3$)

4、渔获物优势种

本次调查渔获物的优势度非常明显，褐篮子鱼的 *IRI* 指数达 2670.12，为最优势的种类，其它超过 500 的鱼类种类只有逍遥馒头蟹和短吻蝠，其余种类都在 500 以下（表 3.5.8-4）。

表 3.5.8-4 各类群渔获物优势种及其相对重要性指数

种类	<i>W%</i>	<i>N%</i>	<i>F%</i>	<i>IRI</i>
褐篮子鱼	34.52	15.54	53.33	2670.12
逍遥馒头蟹	10.47	6.31	40.00	671.18
短吻蝠	3.51	9.23	40.00	509.73
锐齿螳	4.52	5.86	46.67	484.24
红星梭子蟹	6.61	7.43	33.33	467.92
多鳞鳢	2.49	8.33	40.00	433.09
曼氏无针乌贼	7.28	2.25	33.33	317.72

沟纹拟盲蟹	1.02	9.91	20.00	218.50
中华关公蟹	1.41	3.38	40.00	191.47
肝叶馒头蟹	5.21	4.28	20.00	189.86
口虾蛄	1.23	3.83	33.33	168.50
短棘鲷	1.41	3.38	33.33	159.59

褐篮子鱼：褐篮子鱼为热带、亚热带沿岸暖水性鱼类，生活于 50m 以浅沿岸水域，成鱼常栖息于海藻茂盛的礁石、缓坡或礁沙混合区，杂食性，以藻类及小型底栖生物为主。本次调查中褐篮子鱼重量和尾数所占比例都最高，分别为 34.52%和 15.54%，出现频率为 53.33%，在 3 个站位的 8 个网次中有渔获，主要出现在 2 号站，渔获率为 1.05kg/net 和 10.6ind./net，褐篮子鱼在调查的平均渔获率为 0.42kg/net 和 4.6 ind./net，资源密度为 1491.20 kg/ km³和 16169 ind./ km³。本次调查褐篮子鱼体长范围 115-162mm，体重范围 51.2-162.5g，全部为成鱼。

5、渔获物幼体比例

本次调查鱼类平均体重 45.07(4.0-200.6)g，全部为成鱼；蟹类 37.75(1.9-178.4)g，幼体比例 26.20%；虾蛄类 13.29(9.0-18.2)g，全部为成体；头足类 134.18(84.2-225.0)g，全部为成体。本次调查游泳动物整体幼体比例为 11.71%（表 3.5.8-5）。

表 3.5.8-5 调查海域渔获物主要种类幼体比例

种类	最小体长 /mm	最大体长 /mm	最小体重 /g	最大体重 /g	平均体重 /g	幼鱼比例%
褐篮子鱼	115	162	51.2	162.5	92.23	0
逍遥馒头蟹	27	71	7.1	156.4	68.95	10.71
短吻鲷	58	104	6.6	34.3	15.78	0
锐齿螭	28	50	3.8	68.4	32.05	15.38
红星梭子蟹	23	52	7.7	122.6	36.89	9.09
多鳞鱉	69	135	3.6	85.3	12.42	0
曼氏无针乌贼	45	127	84.2	225	134.18	0
沟纹拟盲蟹	13	18	1.9	10.2	4.25	68.18

6、渔获物物种多样性分析

2021 年 3 月渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 1.41 (1.00~1.70)，丰富度指数 (D) 均值为 1.07 (0.68~1.29)，均匀度指数 (J') 为 0.71 (0.60~0.83)；尾数多样性指数 (H') 均值为 1.35 (0.79~1.72)，丰富度指数 (D) 均值为 2.20 (1.60~2.57)，均匀度指数 (J') 为 0.76 (0.71~0.79)（表 3.5.8-6）。

表 3.5.8-6 各站位多样性指数

站位	重量密度多样性			尾数密度多样性		
	D	J'	H'	D	J'	H'

1	1.29	0.69	1.53	2.57	0.77	1.72
2	0.68	0.60	1.00	1.60	0.79	0.79
3	1.25	0.83	1.70	2.42	0.71	1.53
均值	1.07	0.71	1.41	2.20	0.76	1.35

3.5.9 生态小结

3.5.9.1 叶绿素 a 和初级生产力

1、叶绿素 a

春季调查海域表层叶绿素 *a* 含量的平均值为 2.67 mg/m, 变化范围介于 0.99~6.80 mg/m³ 之间; 底层叶绿素 *a* 含量的平均值为 2.53 mg/m³, 变化范围介于 0.85~6.80 mg/m³ 之间; 表层和底层叶绿素 *a* 含量最高值均位于三亚河的入海口的 1 号站, 最低值区均位于远离凤凰岛的西侧海域, 表层处于三亚湾湾顶, 底层则转移至西岛附近海域。

从平面分布来看, 无论是表层还是底层, 鹿回头的北面海域叶绿素 *a* 含量明显要高于南面海域。从平均含量上看, 表层叶绿素 *a* 浓度略高于底层, 为底层叶绿素 *a* 浓度的 1.06 倍; 有 5 个站表现为表层叶绿素 *a* 浓度高于底层, 其中表底层浓度变化最为剧烈的是西岛附近海域的 11 号站, 表层是底层的 1.56 倍; 另外, 有 3 个站表现为底层叶绿素 *a* 浓度高于表层, 其中变化最为剧烈的是凤凰岛南侧海域的 6 号站, 底层叶绿素 *a* 浓度是表层的 1.12 倍。

2、初级生产力

春季调查海域初级生产力的平均值为 70.02 mgC/(m²·h), 变化范围在 21.26~183.74 mgC/(m²·h) 之间, 最高值位于鹿回头东面的 18 号站, 最低值位于三亚河的入海口的 2 号站。总体来看, 调查海域初级生产力平面分布表现为湾顶高于湾外, 与叶绿素 *a* 的平面分布存在相反的趋势。

春季调查海域初级生产力在垂直方向上基本呈现单峰型分布结构, 光合作用速率的最高值发生在表层光强 50% 层深位置, 最低值发生在表层光强 1% 层深位置。

调查海域初级生产力同化系数的变化范围在 2.18~8.79 之间, 其中最高值位于西岛附近海域 11 号站, 最低值则位于三亚河入海口的 1 号站。总体来看, 湾内的同化系数明显低于湾外。

3.5.9.2 浮游植物

(1) 本次调查共记录浮游植物 2 门 29 属 57 种 (类), 其中硅藻 23 属 50 种 (类), 甲藻 6 属 7 种。3 月该监测海域优势种主要是薄壁几内亚藻和柔弱拟菱形藻。

(2) 调查海区浮游植物平均丰度较低, 表、底层分别为 696.33×10^2 cells/dm³

和 $315.50 \times 10^2 \text{ cells/ dm}^3$ ，表层浮游植物丰度高于底层。表层水体中最高值在调查海区的 2 号站，次高值在 5 号站，最低值在 15 号站；底层水体中最高值在调查海区的 9 号站，次高值出现在 15 号站，最低值出现在 17 号站。

(3) 调查区浮游植物种间个体数量分配比较均匀，群落结构不稳定。

3.5.9.3 浮游动物

三亚凤凰岛春季调查记录到种的浮游动物共有 66 种，此外，还记录了 17 类浮游幼虫。在数量百分比中，物种数以桡足类占绝对优势，个体数则以毛颚类占比较大。单一物种则以肥胖箭虫占绝对优势。浮游动物总生物量 ($93.33 \sim 764.5 \text{ mg/m}^3$) 和总个体数 ($5.81 \sim 365.27 \text{ ind/m}^3$) 的均值分别为 303.61 mg/m^3 和 151.02 ind/m^3 ，在平面分布上，总生物量最高值和次高值分别见于近岸的 5 号站和 7 号站，而调查海域内湾的 1 号站位生物量最低；个体数分布呈近岸低外海高趋势，最高值出现在调查海域北部 9 号站，主要由肥胖箭虫和萤虾幼体大量聚集所致，最低值在 1 号站位。浮游动物物种多样性指数 H' ($2.52 \sim 3.93$) 和均匀度 J' ($0.60 \sim 1.00$) 的均值分别为 3.17 和 0.76。各站位浮游动物多样性指数均值大于 3.00，说明调查海域浮游动物的群落结构稳定。

3.5.9.4 大型底栖生物

本航次调查所获样品经鉴定共有大型底栖生物 8 门 65 科 88 种，该海域以环节动物、软体动物为主要贡献类群，占总种数 86.37%。各站的物种数介于 5~24 种之间，平均每站有大型底栖生物 13 种。其中，超过 20 种的站位有 2 个，为 4 号和 7 号站，7 号站物种数最高，达 24 种。物种数 10 种以下的站位有 4 个，15 号站种数最低，只有 5 种；各站栖息密度介于 $20 \sim 228 \text{ ind./m}^2$ ，其中，栖息密度超过总平均密度的站位共有 5 个，4 号站栖息密度最高。各站生物量分布差异比较大，介于 $0.32 \sim 12.60 \text{ g/m}^2$ 之间，生物量大于平均生物量的站位有 3 站，1 号站大型底栖生物的平均生物量最高，15 号站大型底栖生物的平均生物量最低。

根据物种数量及其出现频率，该海域大型底栖生物群落中的优势种包括海蛹、花冈钩毛虫、内卷齿蚕、齿吻齿蚕、尖锥虫、洼颚倍棘蛇尾、红蛤、羊印度尖头钩虾和海尾钩虾。根据群落分布特征，可分为 3 个群落，群落 I：海蛹—花冈钩毛虫—内卷齿蚕群落；群落 II：齿吻齿蚕—尖锥虫—洼颚倍棘蛇尾群落；群落 III：红蛤—羊印度尖头钩虾—海尾钩虾群落。

大型底栖生物 Shannon-wiener 物种多样性指数 H' 的平均值为 2.686，介于 1.335~4.555 之间， H' 值高于 3.00 的站位只有有 4 个，多样性水平较低；Pielou 物种

均匀度指数 J' 的平均值为 0.916, 介于 0.855~1 之间, 在 1 号站最低; Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 3.296, 介于 2.322~4.292 之间; Simpson 优势度指数 D 的平均值为 0.130, 介于 0.060~0.222 之间, 7 号站位的优势度最低, 3 号站的优势度最高。

3.5.9.5 潮间带底栖生物

此次调查共采获潮间带生物 29 种, 分属 4 门 23 科, 包括环节动物 10 种, 软体动物 11 种, 节肢动物 7 种和其他动物 1 种。

潮间带生物平均栖息密度为 126 ind/m²; 平均生物量为 25.87 g/m²。潮间带生物丰度指数 (d) 均值为 2.568, Pielous 物种均匀度指数 (J) 均值为 0.448, 多样性指数 (H') 均值为 1.473, Simpson 优势度 (D) 均值为 0.579。

3.5.9.6 鱼类浮游生物

本次调查共记录浮性鱼卵和仔稚鱼 34 种 (含未定种), 其中数量较高的种类是鳊属鱼卵。调查期间, 鱼卵的平均数量为 430.5 ind/100m³, 分布上, 鱼卵 (6.8~1384.7 ind/100m³) 密集区出现于调查海域的东南部水域。仔稚鱼平均数量为 1.4 ind/100m³, 分布上, 仔稚鱼 (0~6.9 ind/100m³) 以调查海域西部水域密度较高门岛之间中部水域。由此说明, 本海区有一些鱼类在此栖居和繁殖。

3.5.9.7 游泳动物

2021 年 3 月流刺网调查共记录游泳动物 48 种, 其中鱼类 33 种, 蟹类 13 种, 虾蛄类 1 种, 头足类 1 种。从渔获物种类数平面分布来看, 3 号站种类数最多, 为 32 种; 其次为 1 号站, 有 31 种, 2 号站相对较少, 仅有 21 种。

调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 4319.30 kg/km³ 和 104042 ind./km³。其中, 鱼类为 2429.01 kg/km³、53896 ind./km³, 蟹类为 1522.91 kg/km³、43820 ind./km³, 虾蛄类为 52.96 kg/km³、3984 ind./km³, 头足类为 314.42 kg/km³、2343 ind./km³。

本次调查渔获物的优势度非常明显, 褐篮子鱼的 IRI 指数达 2670.12, 为最优势的种类, 其它超过 500 的鱼类种类只有逍遥馒头蟹和短吻鳊。

本次调查游泳动物整体幼体比例为 11.71%, 除蟹类幼体比例为 26.20% 外, 鱼类、虾蛄类和头足类均为成体。

2021 年 3 月渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 1.41 (1.00~1.70), 丰富度指数 (D) 均值为 1.07 (0.68~1.29), 均匀度指数 (J') 为 0.71 (0.60~0.83); 尾数多样性指数 (H') 均值为 1.35 (0.79~1.72), 丰富度指数 (D) 均值为 2.20 (1.60~2.57), 均匀度指数 (J') 为 0.76 (0.71~0.79)。

4 项目用海资源环境影响分析

4.1 水文动力环境影响分析

本章节引用南京水利科学研究院《凤凰岛二期项目整改生态环境改善效果数学模型方案论证》（2021年3月）中内容。

4.1.1 潮流场数学模型

FVCOM 潮流数学模型是一种 3D、无结构三角形网格、有限体积法、并行计算的模式。

其控制方程类似于 POM 模型，包括自由表面、非线性平流项、耦合的密度和速度场、径流、垂直混合的 2.5 阶湍流闭合模型等，数值模型采用有限体积法，可应用于各种河口、海湾、陆架和海洋问题。FVCOM 模型采用 σ 垂向坐标和水平三角形非结构网格坐标的结合，可以使模型对感兴趣的区域网格进行加密处理，既可控制计算量，又不牺牲笛卡尔坐标的特性。FVCOM 采用类似 POM 的外模、内模分裂的模型求解。二维外模数值格式为基于三角形网格的有限体积法，将连续方程、动量方程在三角形区域积分后，通过改进的四阶龙格-库塔法求解。三维内模的动量方程求解采用简单的显式和隐式相结合的差分格式求解，其中流速的局部变换采用一阶精度的迎风格式，对流项采用二阶精度的改进龙格-库塔时间推进格式，垂向扩散则用隐式求解。此外，对于潮间带的处理，FVCOM 引入了干/湿网格技术来处理露滩问题，具有较高的精度。

1、 3D 控制方程

控制方程由连续方程、动量方程等组成：

(1) 连续方程

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

(2) x 方向动量方程

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

(3) y 方向动量方程

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

式中, x 、 y 和 z 分别为笛卡尔坐标系中的东、北、垂直方向的空间坐标 (m); t 为时间 (s); u 、 v 、 w 是三个方向上的速度分量, T 是温度, s 是盐度, ρ 是密度, ρ_0 是淡水的密度, P 是压力, f 是科氏力参数, g 是重力加速度, K_m 是垂向涡粘性系数, K_h 是垂向热力涡动扩散系数, 而 F_u 、 F_v 、 F_T 、 F_s 分别是 x 、 y 向水平动量扩散系数和温度、盐度扩散系数。

K_m 、 K_h 采用 Mellor and Yamada (1982) level-2.5 (MY-2.5) 紊流封闭方程进行参数化。

$$\frac{\partial q^2}{\partial t} + u \frac{\partial q^2}{\partial x} + v \frac{\partial q^2}{\partial y} + w \frac{\partial q^2}{\partial z} = 2(P_s + P_b - \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial z} (K_q \frac{\partial q^2}{\partial z}) + F_q$$

$$\frac{\partial q^2 l}{\partial t} + u \frac{\partial q^2 l}{\partial x} + v \frac{\partial q^2 l}{\partial y} + w \frac{\partial q^2 l}{\partial z} = l E_l (P_s + P_b - \frac{\tilde{W}}{E_l} \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial z} (K_q \frac{\partial q^2 l}{\partial z}) + F_l$$

式中, $q^2 = (u^2 + v^2)/2$ 是紊动动能, l 是紊动尺度, K_q 是紊动动能的垂向涡粘性扩散系数, F_q 是紊动动能的水平扩散, F_l 是紊动尺度的水平扩散, $P_s = K_m(u_z^2 + v_z^2)$, $P_b = (gK_h \rho_z)/\rho_0$ 分别是紊动动能的剪切贡献项和浮力贡献项, $\varepsilon = q^3/B_l$ 是紊动能量耗散率, $W = 1 + E_2 l^2 / (\kappa L)^2$ 是壁面近似函数, $L^{-1} = (\zeta - z)^{-1} + (H + z)^{-1}$, $\kappa = 0.4$ 是 von Karman 常量。

紊动动能和尺度方程通过如下的定义来封闭:

$$K_m = lqS_m, \quad K_h = lqS_h, \quad K_q = 0.2lq$$

而稳定函数 S_m 、 S_h 定义为:

$$S_m = \frac{0.4275 - 3.354G_h}{(1 - 34.676G_h)(1 - 6.127G_h)}, \quad S_h = \frac{0.494}{1 - 34.676G_h}$$

这里 $G_h = (l^2 g / q^2 \rho_0) \rho_z$ 。

2、垂向坐标变换

为了更好地表示浅水区域复杂的水下地形, 对原始控制方程进行了 σ 垂向坐标变换, 其定义为:

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

式中, ζ 是自由面位置, H 是某一静止水面以下的水深。 σ 从底部的-1 变化到水面的 0。

在 σ 坐标系下, 控制方程相应地变为:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Du}{\partial x} + \frac{\partial Dv}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - fvD = \\ -gD \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{gD}{\rho_0} \left[\frac{\partial}{\partial x} (D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma') + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial x} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_m \frac{\partial u}{\partial \sigma}) + DF_x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial vD}{\partial t} + \frac{\partial uvD}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial \sigma} - fuD = \\ -gD \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{gD}{\rho_0} \left[\frac{\partial}{\partial y} (D \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma') + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial y} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_m \frac{\partial v}{\partial \sigma}) + DF_y \end{aligned}$$

$$\frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TuD}{\partial x} + \frac{\partial TvD}{\partial y} + \frac{\partial Tw}{\partial \sigma} = \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_h \frac{\partial T}{\partial \sigma}) + D\hat{H} + DF_T$$

$$\frac{\partial sD}{\partial t} + \frac{\partial suD}{\partial x} + \frac{\partial svD}{\partial y} + \frac{\partial sw}{\partial \sigma} = \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_h \frac{\partial s}{\partial \sigma}) + DF_s$$

$$\frac{\partial q^2 D}{\partial t} + \frac{\partial q^2 uD}{\partial x} + \frac{\partial q^2 vD}{\partial y} + \frac{\partial q^2 w}{\partial \sigma} = 2D(P_s + P_b - \varepsilon) + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_q \frac{\partial q^2}{\partial \sigma}) + DF_q$$

$$\frac{\partial q^2 lD}{\partial t} + \frac{\partial q^2 luD}{\partial x} + \frac{\partial q^2 lvD}{\partial y} + \frac{w}{D} \frac{\partial q^2 lw}{\partial \sigma} =$$

$$lE_l D(P_s + P_b - \frac{\tilde{W}}{E_l} \varepsilon) + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} (K_q \frac{\partial q^2 l}{\partial \sigma}) + DF_l$$

这里, 水平扩散项定义为:

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

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

$$D(F_T, F_s, F_{q^2}, F_{q^2 l}) \approx [\frac{\partial}{\partial x} (A_h H \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_m H \frac{\partial}{\partial y})](T, s, q^2, q^2 l)$$

其中， A_m 、 A_h 分别是水平涡粘性系数和热力扩散系数。

边界条件分别给为：

在水面 $\sigma=0$ 处，

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) &= \frac{D}{\rho_0 K_m} (\tau_{sx}, \tau_{sy}), w = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial \sigma} &= \frac{D}{\rho c_p K_h} [Q_n(x, y, t) - SW(x, y, 0, t)] \\ \frac{\partial s}{\partial \sigma} &= -\frac{s(P-E)D}{K_h}, q^2 l = 0 \\ q^2 &= B_f^{2/3} u_{\tau s}^2 \end{aligned}$$

在底部 $\sigma=-1$ 处，

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) &= \frac{D}{\rho_0 K_m} (\tau_{bx}, \tau_{by}), w = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial \sigma} &= \frac{\partial s}{\partial \sigma} = 0, q^2 l = 0 \\ q^2 &= B_f^{2/3} u_{\tau b}^2 \end{aligned}$$

4.1.2 数学模型建立

数学模型的西边界在南山角附近，东边界在榆林港附近，南边界在-40m 水深附近，涵盖整个三亚湾水域，模拟范围约 18km（39km）。模型共有三角形单元数 19667 个，节点数 10649 个，外海开边界网格的尺度在 200m~1500m，在三亚河口段则缩小到 8m 左右。

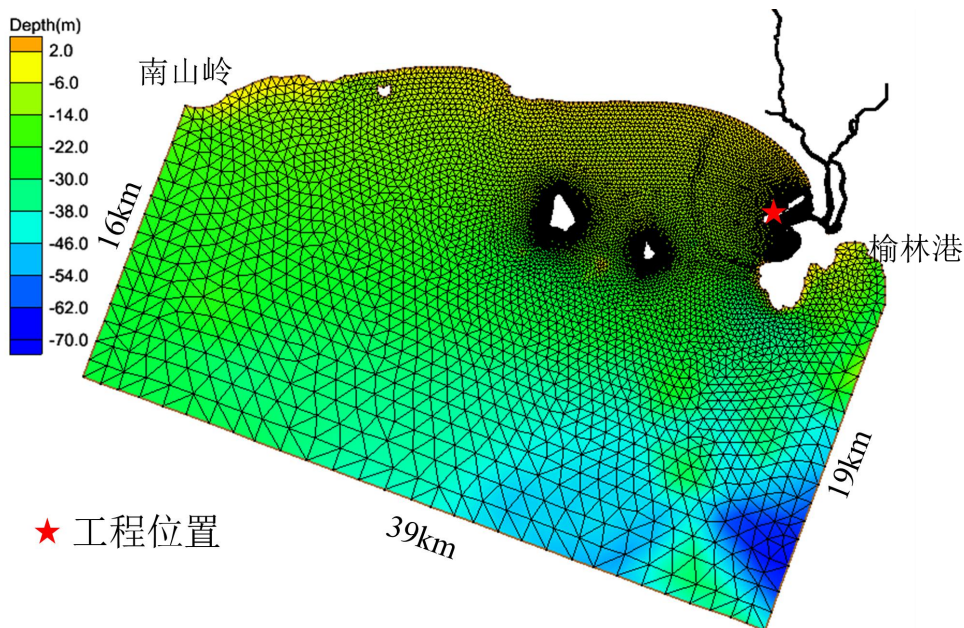


图 4.1-1 潮流数学模型模拟范围及网格剖分

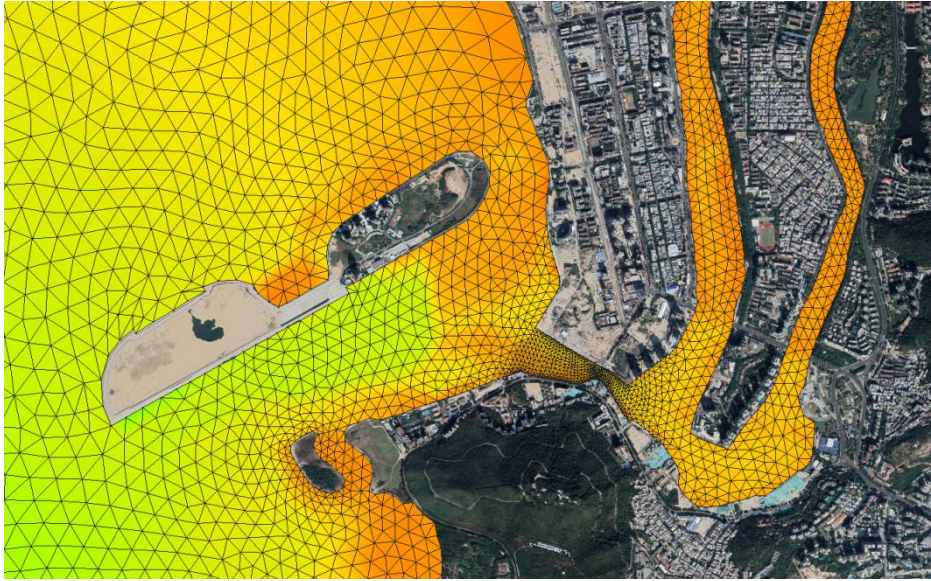


图 4.1-2 三亚河口网格剖分局部放大图

4.1.3 数学模型率定

1、潮位率定

依据 2015 年 11 月 13 日~14 日三亚湾临时验潮站（T1、T2）的潮位数据对水动力模型进行了潮位验证，验证结果见图 4.1-3。从图 3-2 中可以看出，潮位验证结果良好，符合相关规范的精度要求。

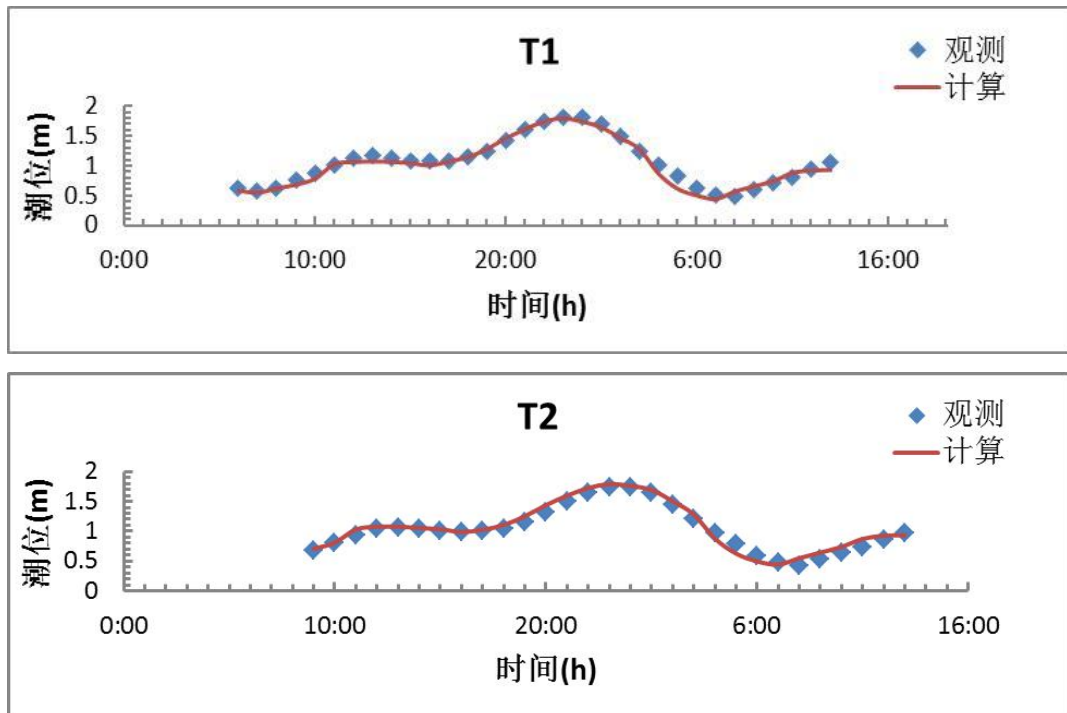


图 4.1-3 大潮潮位验证

2、水流率定

依据 2015 年 11 月 13 日~14 日在三亚湾水域实施的现场大潮同步水文测站 (C1~C5) 潮流的逐时流速、流向数据对 2D 水动力模型进行了潮流验证, 验证结果见图 4.1-4。从图中可以看出, 位于三亚河口的 C1 测站和位于三亚湾的 C3、C4、C5 测站呈现出往复流的特征, 而位于鹿回头与东帽岛之间的 C2 测站则表现出旋转流的特征, 模型从流速大小和流向上均再现了实测潮流的特征, 验证结果良好, 符合相关规范的精度要求。

图 3-4 显示了三亚湾涨急和落急时刻的流场, 主流向呈 SE~NW, 此时潮位分别为最高和最低, 相应地也是涨潮最大流速和落潮最大流速出现时刻, 表现出南海前进潮波的特征。

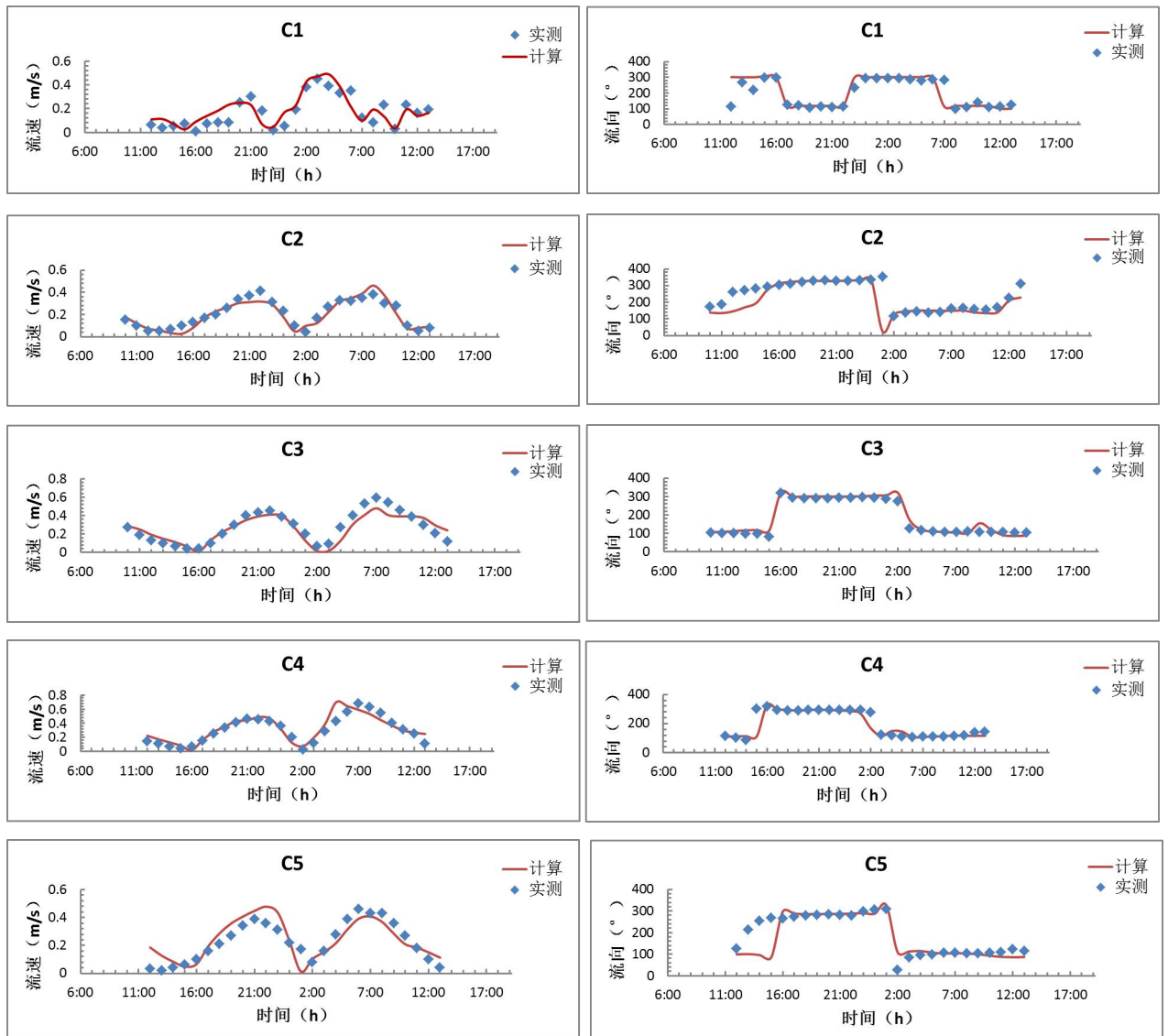


图 4.1-4 大潮流速、流向验证

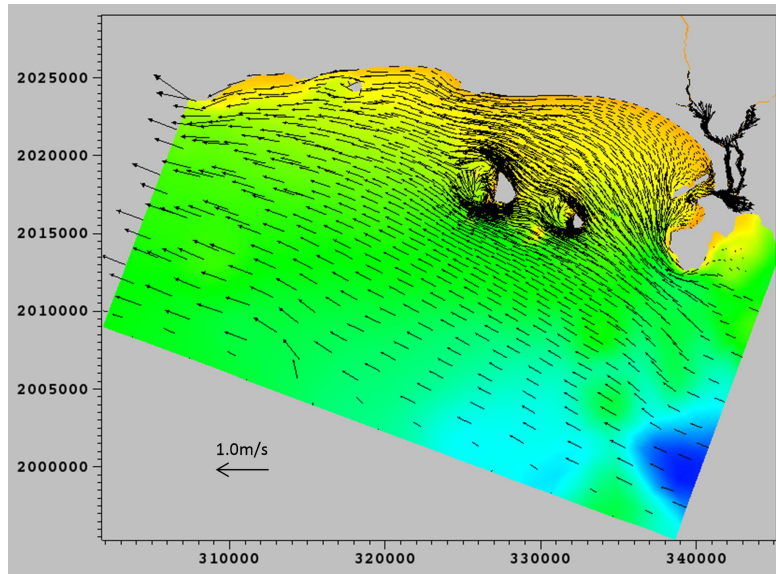


图 4.1-5 三亚湾大潮涨急时刻流场

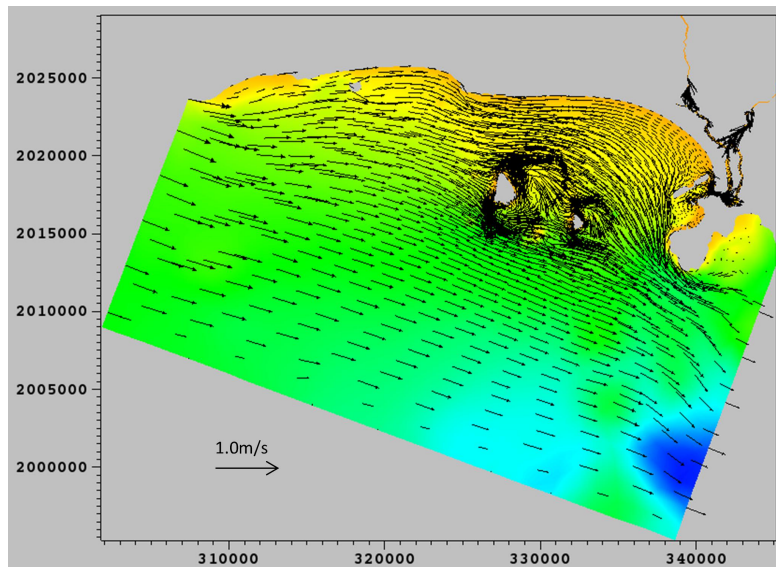


图 4.1-6 三亚湾大潮落急时刻流场

4.1.4 潮流计算结果分析（待增加拦污屏工况）

三亚湾海域属于弱潮海区，潮流动力较弱。水动力条件的影响计算主要针对现状条件、凤凰岛二期整体拆除方案实施后、增加拦污屏项目后。不同工况下三亚湾附近水域的涨急、涨憩、落急、落憩流态见图 4.1-7 至 4.1-15。

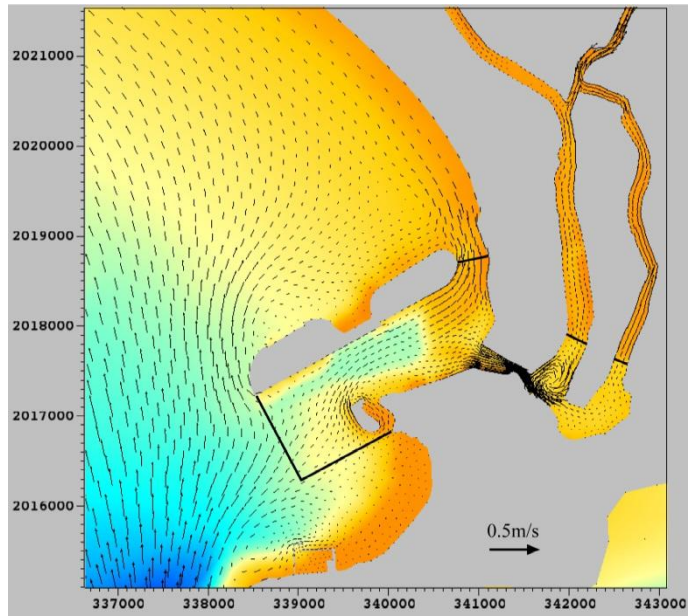


图 4.1-7 现状条件下三亚湾东部水域大潮涨急流场

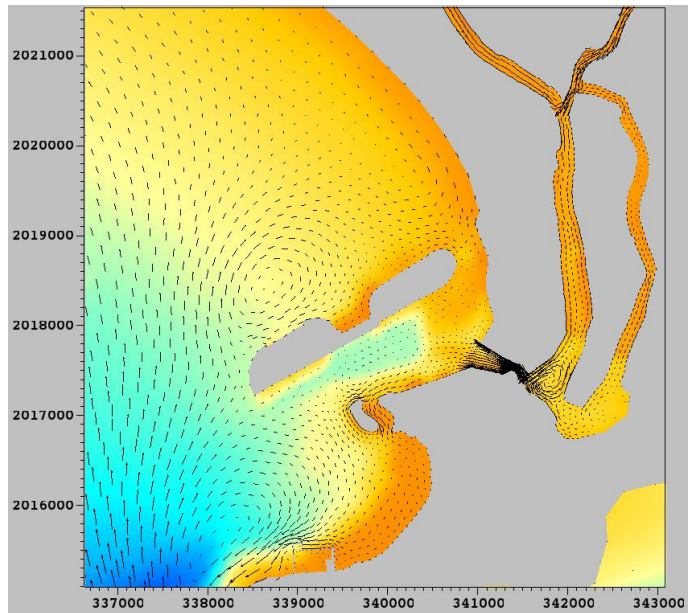


图 4.1-8 现状条件下三亚湾东部水域大潮涨憩流场

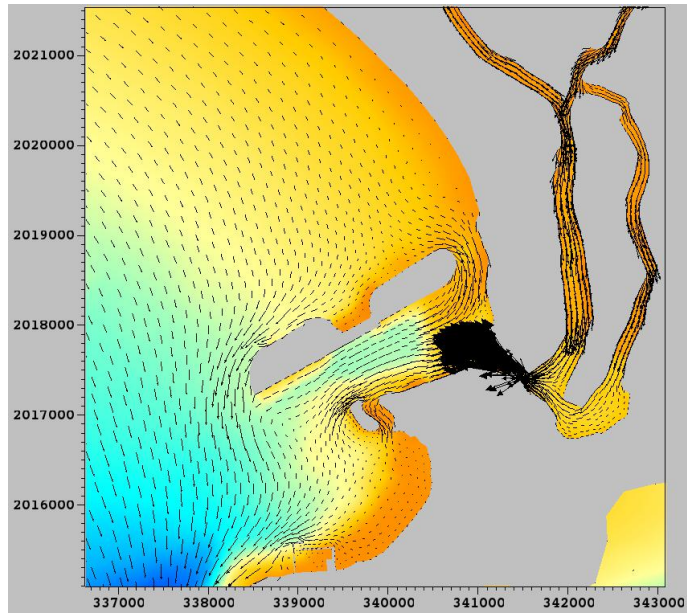


图 4.1-9 现状条件下三亚湾东部水域大潮落急流场

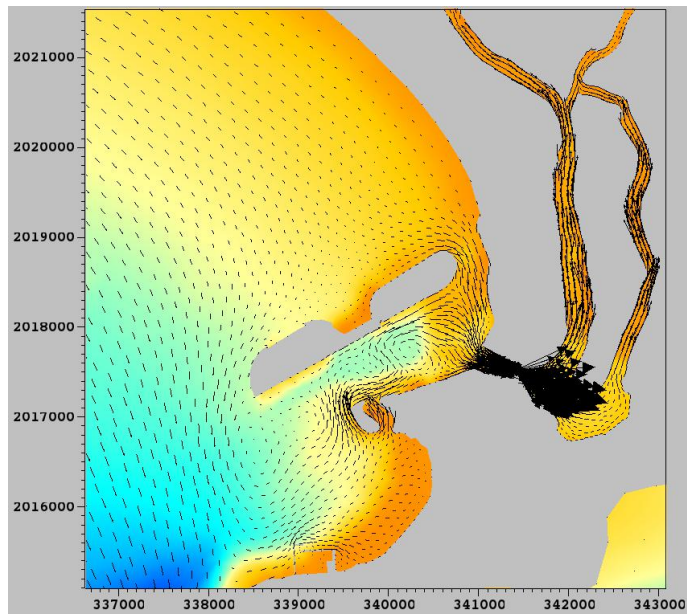


图 4.1-10 现状条件下三亚湾东部水域大潮落憩流场

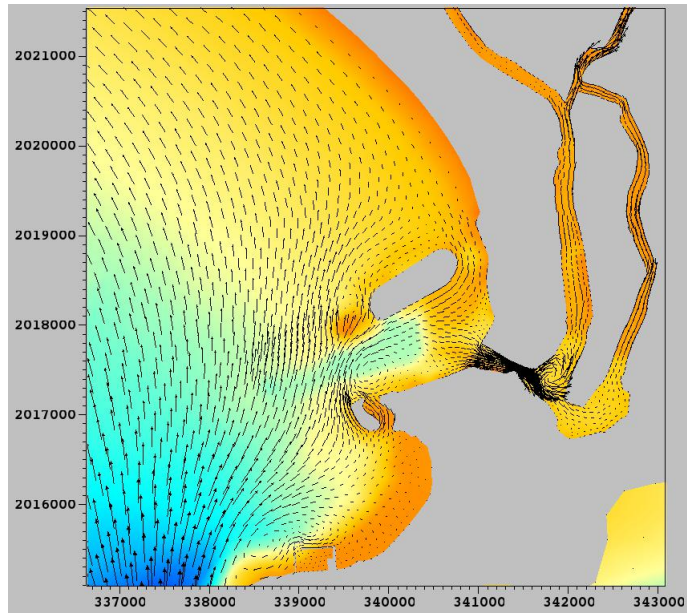


图 4.1-10 凤凰岛建二期建设前三亚湾东部水域大潮涨急流场

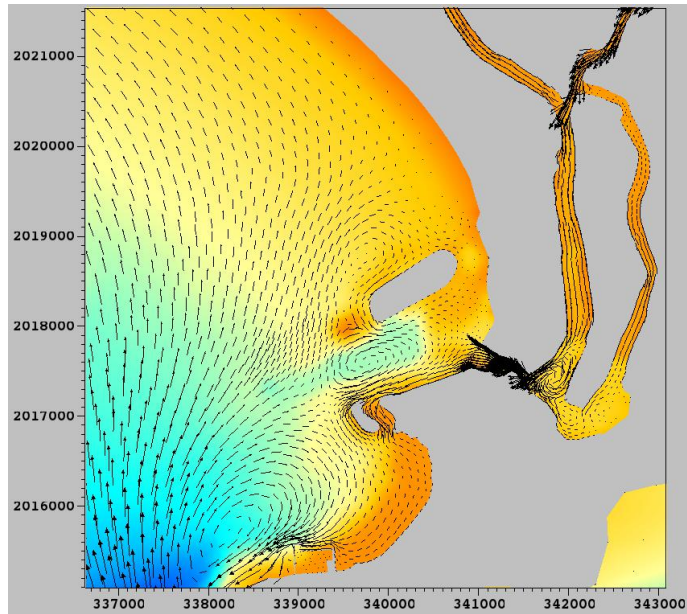


图 4.1-11 凤凰岛建二期建设前三亚湾东部水域大潮涨憩流场

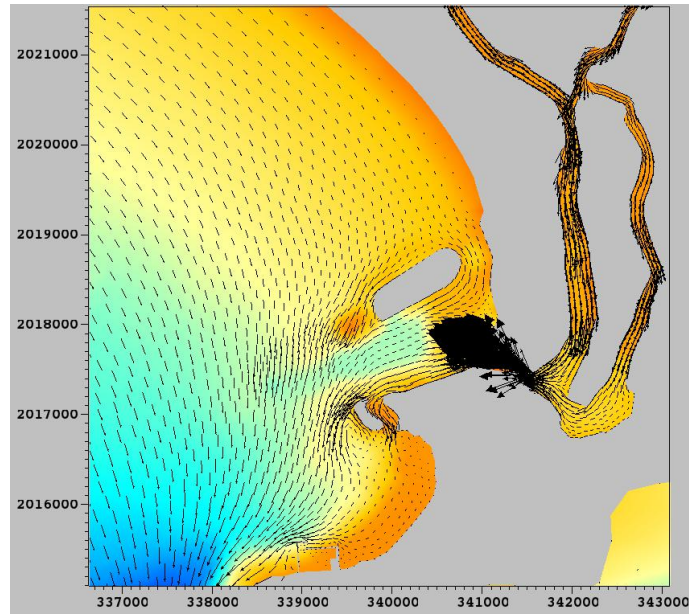


图 4.1-12 凤凰岛建二期建设前三亚湾东部水域大潮落急流场

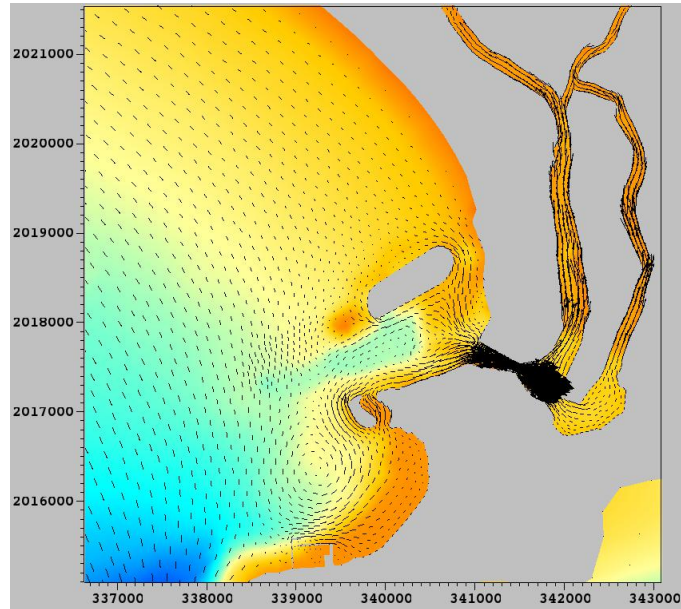


图 4.1-13 凤凰岛建二期建设前三亚湾东部水域大潮落憩流场

从数值模拟结果中可以看出，现状条件下的凤凰岛一岛和二岛对三亚河口外的水域起着束流作用，流态以涨、落往复流为主。对于凤凰岛二期建设前，涨潮阶段容易在凤凰岛前沿一带形成尺度不等的大范围回流并且流速相对较慢上述流态分析表明，于现状条件，污染物更容易随涨潮流再次进入凤凰岛周边水域富集，扩散能力相对较弱。

为了了解拆除工程方案对河口水域流速的影响，以图 4.1-7 中黑色实线所代表的区域的流速值进行统计。统计结果表明，在现状条件下，从凤凰岛至三亚河口内三亚大桥一带的水域在大潮涨急时刻平均流速在 0.139m/s 左右，只是在港

务局码头附近的窄段流速较大，最大可达 0.676m/s 左右；在大潮落急时刻，河口水域的平均流速在 0.192m/s 左右，港务局码头河段的最大流速可达 0.894m/s。

在凤凰岛二期建设前，三亚河口水域大潮涨急时刻的平均流速在 0.125m/s 左右，比现状减小 10.07%；港务局码头附近的窄段最大流速在 0.653m/s 左右，比现状减小 3.4%；大潮落急时刻该水域的平均流速在 0.179m/s 左右，比现状减小 6.77%；港务局码头附近的窄段最大流速只有 0.803m/s 左右，比现状减小 10.18%。

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，通过设置拦污屏降低悬浮物对海洋环境的影响。项目为用海方式为开放式，不改变海域自然属性，本项目为透水性结构，不阻止水体正常流动的情况下，可以拦住水体中的泥沙、悬浮物等污染物质，对潮流影响较少，本项目实施对周边水动力环境基本没有影响。

4.2 水质环境的影响预测与评价

项目施工期除拦污屏安装布放外无其它工程建设，收放过程中会产生周边海域悬浮泥沙含量轻微增大情况，且悬浮泥沙含量增大范围局限在本项目用海范围以内，悬浮泥沙扩散对外影响可忽略不计，故本项目不会对周边其它海域水质环境造成不利影响。

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，项目本身运营期不产生污染物，不会对工程周边海域水质环境造成不利影响。

4.3 沉积物环境影响预测分析

现状调查结果表明，工程海区沉积物质量符合一类沉积物质量标准。拦污屏利用锚链固定在海上，锚链会对海底局部沉积物造成扰动，会使海底局部悬浮物含量增大，悬浮泥沙粒径小、粘度大，沉降到海底后使海底表层沉积物粒径变小，粘性变大，但抛锚导致悬浮物发生速率低、悬浮物影响范围很小，因此，悬沙沉降对海底局部沉积物底质粒径影响较小。项目实施过程中除对海底沉积物产生部分扰动外，没有其它污染物混入，不会影响海底沉积物质量。

本工程拦污屏部分采用金属材质，受海水及海底沉积物腐蚀环境影响随着时间会产生一定程度的腐蚀，由于腐蚀量远小于海洋沉积物相关质量标准的第一类标准值，因此设备备的腐蚀不会引起沉积物中的污染。

此外，项目施工期间产生的污水和垃圾均不向海域排放，项目运营期不产生

污染物，本项目的建设不会对工程周边的沉积物环境造成明显影响。

4.4 工程建设对周围环境敏感目标影响分析

项目周边主要环境敏感目标为交通运输用海、旅游娱乐用海、海洋保护区用海等。

根据数学模型成果，项目的实施对改变周边海域水流流态效果不明显，因此，不会对区域内交通运输、旅游娱乐造成不利影响。

但是，三亚凤凰岛二期与一期之间的连接段南侧有珊瑚礁分布，北侧有珊瑚礁生态修复区，距离工程区仅 40m。本工程的建设对该区域的珊瑚礁存在一定的影响。

根据《三亚国家级珊瑚礁自然保护区综合科学考察报告（报批稿）》（2019年3月），中科院南海海洋研究所于2018年9月在凤凰岛布设了11个珊瑚礁调查站位，调查结果显示：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，其他站点的是珊瑚覆盖率几乎为0。21号站点珊瑚覆盖率达到30%，有较多的管虫、海绵和皮群海葵。21号站位位于三亚凤凰岛二期与一期之间连接段南侧，位置示意图4.4-1。

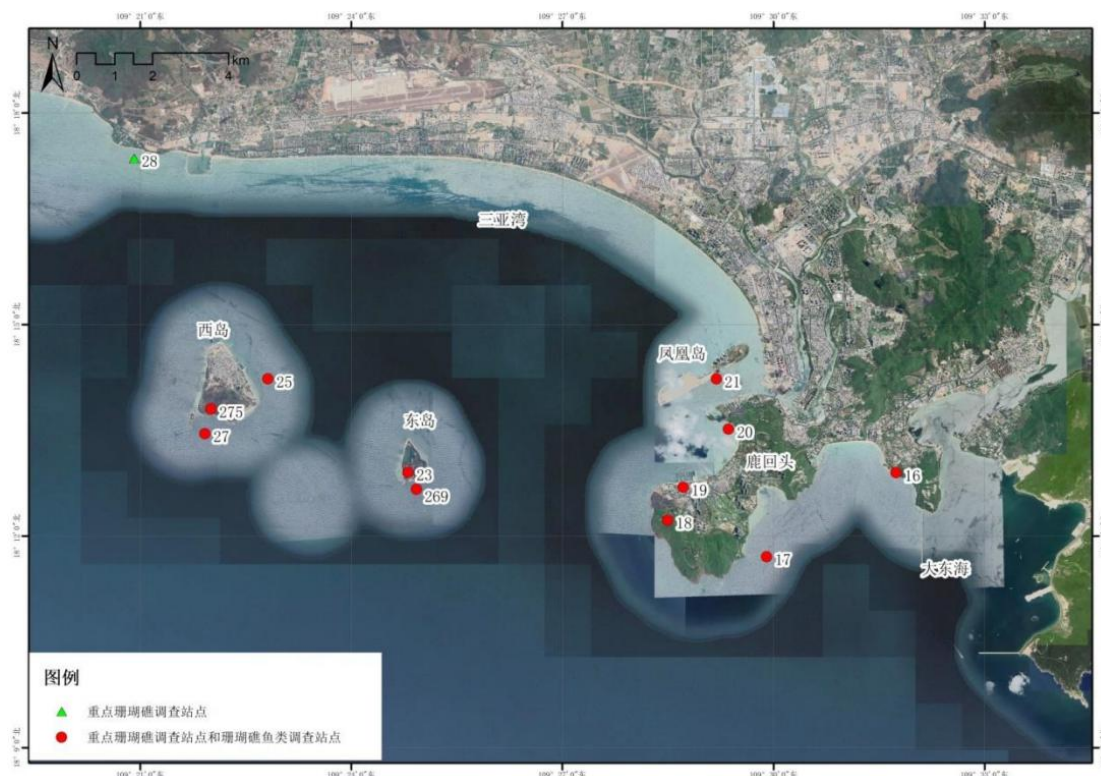


图 4.4-1 21 号站位位置示意图

三亚凤凰岛国际邮轮港发展有限公司委托海南省海洋与渔业科学院和海南南海热带海洋研究所共同编制《三亚凤凰岛国际邮轮港二期工程项目海洋生态修复规划方案》，在三亚凤凰岛二期项目过渡段西北侧布置珊瑚礁生态修复区，面积为 4hm²，见图 4.4-2。2019 年 11 月在珊瑚礁生态修复区投放人工生态礁，并移植美丽鹿角珊瑚、鹿角杯形珊瑚、指状蔷薇珊瑚等枝状珊瑚进行分株种植。根据 2020 年 4 月的监测结果，珊瑚礁生态修复区的珊瑚成活率在 86~93%之间，覆盖率在 9.4~34.6%之间。珊瑚礁生态修复区距离本工程仅 40m。



图 4.4-2 珊瑚礁修复区位置示意图

根据本项目的实施范围，局部拦污屏将穿越珊瑚礁修复区，对修复区的珊瑚礁所在的底质造成影响（锚固拦污屏等工程措施）。项目的实施应考虑本区域内的珊瑚礁的保护或迁移。

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

4.5 生态影响分析

1、施工期

本项目生态环境的影响主要为拦污屏收放过程周边水域的悬浮物浓度略有增加，导致水质变差从而影响海洋生态环境。

对浮游生物的影响：拦污屏收放过程产生的悬浮泥沙使周围海水中悬浮物浓度稍有增大，透明度降低，引起浮游植物的光合作用的减少，同样会对浮游植物会产生一定的影响和破坏作用。但随着拦污屏收放过程结束，对悬沙浓度和浮游生物的影响很快恢复正常。。

对游泳生物的影响：悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。项目不会产生悬浮物含量高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响使该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。项目建设和拆除，不会对游泳生物造成较大的影响。

对底栖生物的影响：由于悬浮物含量增高，影响到底栖生物的生存环境，悬浮物覆盖厚度超过 2cm 还会对底栖生物造成致命性损害。本项目对海底扰动很小，对底栖生物的影响也非常小。

2、运营期

拦污屏放置后周边海域水动力、沉积物和海底冲淤环境与工程建设前变化不大，不会对周边水动力、沉积物和海底冲淤环境造成明显影响。因此，项目建成后周边海域的生态环境不会受到明显影响。

项目运营期间，禁止生活污水及垃圾直接入海，避免对水质造成影响，因此项目运营期间，只要严格管理，一般不会发生污染，不会对海域生态环境产生不良影响。

项目运营期，拦污屏虽透水，但对游泳生物游泳路径可能会产生一定影响，游泳生物的回避效应可能使得该海域的生物量有所下降，从而影响使该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。且不会造成游泳生物的死亡。随着项目结束，游泳生物的种类和数量会迅速得到恢复。

4.6 海洋生态损害与补偿

根据《中华人民共和国渔业法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》应对

使用海域内的海洋生物资源以增殖放流方式进行补偿。增殖放流需要指定有资质的专业部门在渔业、环保部门的监督下执行，同时需要进行跟踪监测，具体的投放站位、物种、数量和时间应与当地渔业部门协商确定。根据建设项目生态补偿的相关规定，结合项目附近海域水生生物的生态特点，建议对该海域进行增殖放流的种类以海域的常见经济贝类、鱼、虾类为主。

本项目为开放式用海，三亚凤凰岛二期项目拆除工程施工期间，通过设置拦污屏，使得工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，降低悬浮物对海洋环境的影响。本项目建设 and 拆除过程中可能会造成短暂的悬沙浓度的增高，造成一定生态环境的影响，但随着收放过程结束，悬浮泥沙及生态状况将迅速恢复正常。

本项目为透水性结构临时性用海项目，运营过程中拦污屏不阻止水体正常流动的情况下，可以拦住水体中的泥沙、悬浮物等污染物质，对水动力影响较小，对部分游泳生物游泳路径可能产生一定影响，但不至游泳生物的死亡。随着项目结束，游泳生物的种类和数量会迅速得到恢复。

4.7 项目用海风险分析

项目用海风险分析一般来自两个方面：一是所建工程自身引发的突发或缓发事件对海域资源、环境造成的危害；二是周边环境有可能对建设工程构成的风险性影响，是由外力造成的。经分析，本项目的用海风险主要是台风、风暴潮引发的施工安全和拦污屏破损的风险，以及施工期船舶溢油事故的风险

4.7.1 台风、风暴潮事故影响分析

2009~2019 年登陆海南岛的热带气旋共计 23 个。在强度上，台风及以 5 次，热带风暴 15 次，热带低压 3 次；在登陆地点上，近十年间从文昌市和万宁的热带气旋占 65% 以上，仅 2010 年 2 号台风“康森”从三亚市登陆；在月度上，热带气旋多发生于 6~10 月间，其中在 7 月份登陆的热带气旋占 30% 以上。

风暴潮一般伴随着台风而产生，据统计，中心风力十级的强热带风暴会使海上产生 6 米以上的巨浪和沿岸 80 厘米风暴潮

项目区域属于风暴潮的多发区，项目施工时可能会受到台风、风暴潮的影响，主要表现在对施工机械、设备的安全性产生影响，施工过程将避开台风和风暴潮期间，保证施工作业的安全性。此外，项目运营期，台风、风暴潮等可能会造成

拦污屏的部分损坏，将定期巡查，检查拦污屏的完好状态，一旦发现损坏，拆除工程应停工，及时修复活更换拦污屏。

4.7.2 溢油事故影响分析

本项目溢油事故风险主要为施工期船舶之间发生的碰撞，发生船舶自身携带的燃料溢油。由于本工程使用船舶船型未知，因此，参考拆除工程使用的代表船型，施工过程的代表船型为 2000m³ 自航深舱运砂船和 2000m³ 平板驳船。根据《水上溢油环境风险评估技术导则》（JT/T1143-2017），可能最大水上溢油事故溢油量按照设计代表船型的 1 个货油边舱或燃料油边舱的容积确定，估算溢油源强为 55t 燃料油。

根据《凤凰岛二期项目拆除工程环境影响报告书》中的溢油风险与评价内容，利用数学模型计算工程海域发生溢油后，受到风和海流的共同作用，72 小时内溢油的影响。两个溢油点位如图 4.7.2-1 所示。计算工况如表 4.7.2-1 所示。

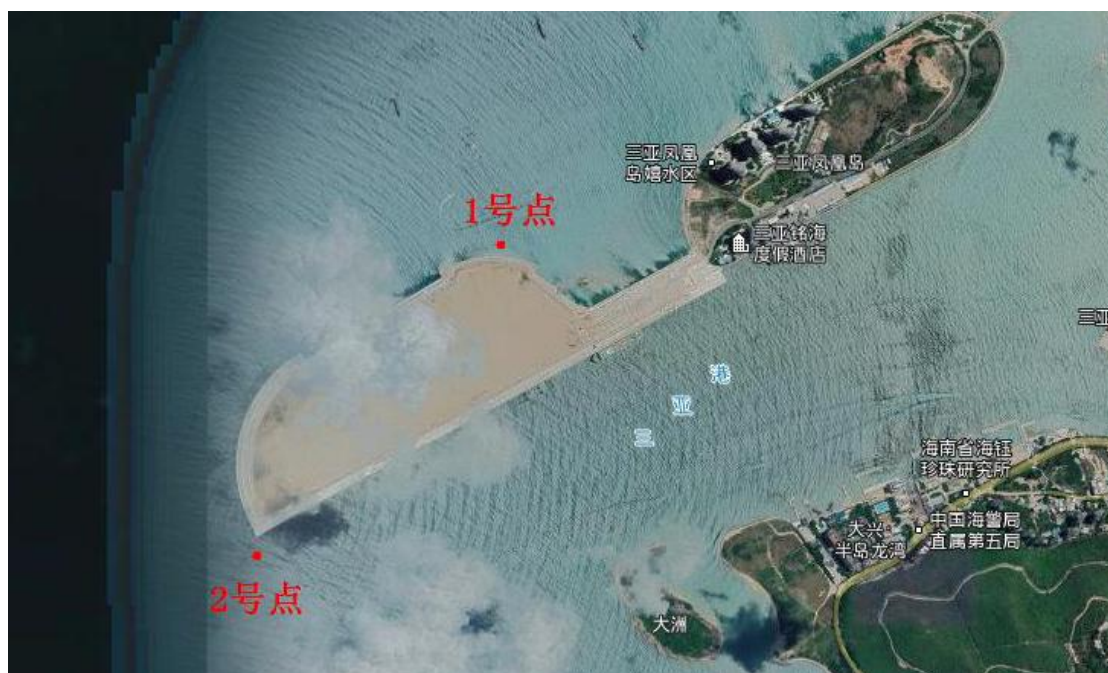


图 4.7.2-1 溢油点

表 4.7.2-1 计算工况组合

溢油点	溢油时刻	静风	主导风向， 东风8.6m/s	不利风向（1号点位SW风， 10.4m/s；2号点位N风，8.2m/s）
1号点	高潮	A-1	B-1	C-1
	落半潮	A-2	B-2	C-2

	低潮	A-3	B-3	C-3
	涨半潮	A-4	B-4	C-4
2号点	高潮	D-1	E-1	F-1
	落半潮	D-2	E-2	F-2
	低潮	D-3	E-3	F-3
	涨半潮	D-4	E-4	F-4
备注	燃料油，55t油量，比重0.92kg/L。溢油点位：开挖区域两侧；计算潮型：验证大潮，计算72小时。			

不同工况下，初始溢油时刻潮流场不同、风况不同，油膜漂移轨迹、油膜扫海面积、油膜影响范围也不同。溢油初始几个小时内，油膜面积较小、厚度较厚，而后油膜逐渐分散，面积增大而厚度变薄。表 4.7.2-2 为各个工况溢油影响面积统计。

表 4.7.2-2 各个工况下溢油影响面积统计 (km²)

1号点	24小时	48小时	72小时	2号点	24小时	48小时	72小时
A-1	140.79	326.25	423.66	D-1	148.57	331.56	431.51
A-2	109.99	209.95	308.13	D-2	140.30	320.74	409.12
A-3	36.25	165.63	251.90	D-3	46.99	187.22	314.37
A-4	98.97	273.14	393.78	D-4	103.04	266.97	369.56
B-1	137.62	241.00	342.90	E-1	147.84	280.42	351.26
B-2	141.69	226.84	382.97	E-2	161.19	252.61	382.70
B-3	93.00	179.57	412.46	E-3	94.17	183.94	386.28
B-4	103.66	232.44	353.86	E-4	103.33	221.70	367.62
C-1	1.36	1.37	1.37	F-1	170.94	380.07	537.68
C-2	1.38	1.38	1.38	F-2	286.09	581.90	831.04
C-3	1.31	1.31	1.31	F-3	264.27	515.10	636.29
C-4	1.18	1.18	1.18	F-4	179.65	394.43	576.47

工程海域发生溢油后，受到风和海流的共同作用，72 小时内溢油的影响面积从 1.18km² 至 831.04km² 不等。工程区周边的环境敏感目标，包括凤凰岛周边、三亚河、三亚珊瑚礁自然保护区、三亚湾度假旅游区、东岛、西岛、大东海以及亚龙湾以及海棠湾部分区域均可能受到溢油的影响。

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。

（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。

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，如胜利原油对鲱鱼幼体、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损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。

项目区位于三亚湾沿岸，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三亚湾、大东海、亚龙湾等周边海域，将使该海区的鱼虾回避、捕捞业直接减产、渔业资源品质下降。

（6）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，从而使渔业长期逐渐减产。这种影响在海域环境中可持续数年至十几年，因溢油规模及溢油地点而异。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。

（7）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，可能对三亚湾、大东海、亚龙湾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。

因此，一旦发生溢油事故，应立即启动应急预案，尽可能回收溢油，使油膜不会或不大范围漂移至三亚湾、大东海、亚龙湾，尽量避免对周边海域和岸线的影响。

5 海域开发利用协调性分析

5.1 项目用海对海域开发活动的影响

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保配套工程，三亚凤凰岛二期项目拆除工程施工期间，通过设置拦污屏，使得工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，降低悬浮物对海洋环境的影响。

本项目用海所在海域开发活动主要有交通运输用海及旅游娱乐用海等。

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目用海所在海域的海洋功能区为三亚港港口航运区（A2-09）。拦污屏工程占用海面面积约为0.45km²，由于工程区域南侧距离三亚珊瑚礁国家级自然保护区仅360m，因此本工程的主要影响区域为工程区域南侧航道，本工程的实施压缩了该区域的航运海面宽度，对海域的交通运输活动产生一定的影响。

根据数学模型结果，本工程的实施对周围海域潮流流场影响很小，因此，不会对航行区内船只航行安全产生不利影响。

本工程为临时用海工程，凤凰岛二期拆除工程完成后将拆除拦污屏，恢复海域自然状态，因此，不会对本海区的交通运输造成长期影响。

项目所在地及其周边海域的功能区主要有：三亚珊瑚礁自然保护区（鹿回头半岛、榆林湾片区）（A6-11）、三亚珊瑚礁自然保护区（东、西瑁洲片区）（A6-11）、三亚湾旅游休闲娱乐区（A5-31）和海南岛西南部保留区（B8-04）。由于工程范围与以上区域均未重叠，且根据数学模型结果，工程影响范围也与以上区域无重叠，因此，工程的实施也不会对以上区域产生影响。

本项目用海不会改变海域自然属性，施工期严禁向海域内排放污水和垃圾，运营期无污染源的产生。

综上所述，本项目的实施对周边海域开发活动影响较小。

5.2 利益相关者界定

1、利益相关者的定义

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

2、利益相关者的界定原则

项目用海利益相关者可按下述基本原则进行界定：

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

(2) 利益相关者的界定范围应根据项目对资源环境的最大影响范围来确定；

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

3、本项目利益相关者的界定

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

根据前述章节分析，该项目不存在利益相关者。

5.3 相关利益协调分析

项目不存在利益相关者，无需进行协调。

5.4 项目用海对国防安全、国家权益的影响分析

5.4.1 对国防安全和军事活动的影响分析

项目拟用海域内及其附近区域没有国防设施，项目所属海域没有军事机密或军事禁区，不涉及军事设施，因此，项目实施后对周边的军事行为、国防安全不会产生不利影响。

5.4.2 对国家海洋权益的影响分析

本项目位于海南省海岸，远离领海基线附近海域；本项目用海区及临近也没有对国家海洋权益有特殊意义的海上构造物、标志物，本项目用海不会对国家海洋权益产生影响。因此，本工程建设不会对国家的海洋权益产生不利影响。

6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析

6.1 海洋功能区划符合性分析

1、项目所在海洋功能区划

根据《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目用海所在海域的海洋功能区为三亚港港口航运区（A2-09）。项目所在地及其周边海域的功能区主要有：三亚珊瑚礁自然保护区（鹿回头半岛、榆林湾片区）（A6-11）、三亚珊瑚礁自然保护区（东、西瑁洲片区）（A6-11）、三亚湾旅游休闲娱乐区（A5-31）和海南岛西南部保留区（B8-04）。

海南省海洋功能区划图见图 6.1-1，项目所在区域和周围海洋功能区分布一览表见表 6.1-1。

三亚港港口航运区用途管制要求：“主导用海类型为交通运输用海，合理规划港区基础设施建设，保证船舶停靠、避风和通航所需海域，可兼顾旅游娱乐用海和渔业基础设施用海，可建游艇码头。客运及渔业生产功能转移后，调整为旅游港口开发功能；涉海工程建设需征求相关部门意见”。

用海方式管理要求是：“允许适度改变海域自然属性，凤凰岛西南经进一步论证可适度围填海，用于港口建设，三亚河内禁止围填海”。

海域整治要求：“加强项目用海动态监测和跟踪管理，防淤、防污染”。

重点保护目标：“保护三亚河河口水动力环境；保护港口、航道水深条件；保护水域宽度，防止淤积”。

环境保护要求：“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”。

海南省海洋功能区划图-三亚湾



表 6.1-1 项目所在海域功能区划表 6.1-1 项目所在海域功能区管控措施和要求海域使用管理要求

序号	代码	功能区名称	地理范围	功能区类型	面积 (hm ²)	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
1	A2-09	三亚港港口航运区	位于三亚河河口及白排礁人工岛附近海域。	港口航运区	2316.96	主导用海类型为交通运输用海，合理规划港区基础设施建设，保证船舶停靠、避风和通航所需海域；可兼顾旅游娱乐用海和渔业基础设施用海，可建游艇码头。客运及渔业生产功能转移后，调整为旅游港口开发功能；涉海工程建设需征求相关部门意见。	允许适度改变海域自然属性，凤凰岛西南经进一步论证可适度围填海，用于港口建设，三亚河内禁止围填海。	加强项目用海动态监测和跟踪管理，防淤、防污染。	保护三亚河河口水动力环境；保护港口、航道水深条件；保护水域宽度，防止淤积。	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。
2	A5-31	三亚湾旅游休闲娱乐区	位于三亚河至肖旗河岸段海域。	旅游休闲区	7561.83	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。

3	B8-04	海南岛西南部保留区	位于海南岛西南部近海海域。	保留区	240122.77	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。
4	A6-11	三亚珊瑚礁海洋保护区（东西瑁洲片区）	位于三亚市三亚湾东西瑁洲岛海域。	海洋保护区	2852.51	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（鹿回头半岛、榆林湾片区）	位于三亚鹿回头至大小东海海域。							

2、项目于所在海洋功能区划符合性分析

(1) 与用途管制要求的符合性分析

三亚港港口航运区的用途管制要求：“主导用海类型为交通运输用海，合理规划港区基础设施建设，保证船舶停靠、避风和通航所需海域，可兼顾旅游娱乐用海和渔业基础设施用海，可建游艇码头。客运及渔业生产功能转移后，调整为旅游港口开发功能；涉海工程建设需征求相关部门意见”。

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，为开放式用海，三亚凤凰岛二期项目拆除工程实施完成后即恢复海域原状。项目的施工范围和强度均较小，对近岸海域功能区的海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量影响均较小，近岸海域功能区的海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量基本可以保持原有状态。因此项目符合该功能区的用途管制要求。

(2) 与用海方式的符合性分析

三亚港港口航运区的用海方式管理要求是：“允许适度改变海域自然属性，凤凰岛西南经进一步论证可适度围填海，用于港口建设，三亚河内禁止围填海”。

本项目的用海方式为其它开放式，该用海方式不会对海域水动力和自然生态环境造成明显影响；项目运营期无污染物排海，在严格论证和落实环保措施的前提下，该项目用海方式符合该功能区的用海方式要求。

(3) 与海域整治要求的符合性分析

三亚港港口航运区的海域整治要求：“加强项目用海动态监测和跟踪管理，防淤、防污染”。

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，通过设置拦污屏，使得工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，降低悬浮物对海洋环境的影响。三亚凤凰岛二期项目拆除工程制定了施工和运营期的海域动态监测和跟踪管理措施，本项目实施符合该功能区的海域整治要求。

(4) 与海洋环境保护要求的符合性分析

三亚港港口航运区的海洋环境保护要求：“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”。

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，三亚凤凰岛二期项目拆除工程施工期间，通过设置拦污屏，使得工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，降低悬浮物对海洋环境的影响。项目用海不会改变海域自然属性，无污

染源的产生，可有效降低施工产生悬浮物对海洋环境的影响。并且三亚凤凰岛二期项目拆除工程实施完成后即恢复海域原状。因此项目符合该功能区海洋环境保护要求。

综上所述，本项目用海符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》。

6.2 与《海南省生态保护红线管理规定》的符合性分析

2016年9月，海南省人民政府以琼府〔2016〕90号文发布了《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》，海南省生态保护红线包括陆域生态保护红线和近岸海域生态保护红线两部分。海南岛近岸海域生态保护红线分为Ⅰ类红线区和Ⅱ类红线区，包含17个功能区。

本项目不占用海南省海洋生态保护红线区禁止红线区和限制红线区，与海南省生态保护红线管理规定是相符合的。

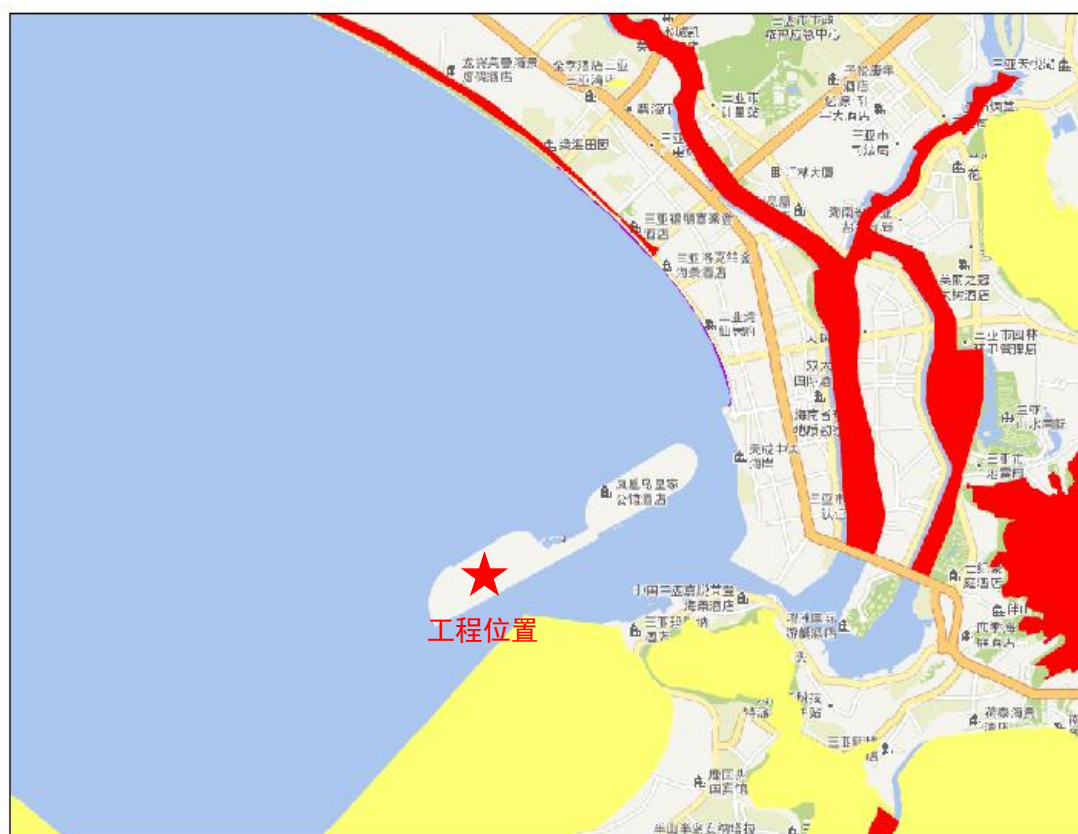


图 6.2-1 本项目与三亚湾生态红线区位置关系

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 用海选址的区位和社会条件适宜性

本项目位于海南省三亚市三亚湾东侧，所处的地理位置比较优越。本项目周边水陆交通便利，配套生产、生活设施齐全，完全可以满足项目建设的用水、用电及通讯需要。工程所处地理位置优越，地区拥有多家技术力量雄厚、设备齐全及施工经验丰富的水工、筑港建设队伍，为项目选择优良的施工技术力量提供了有力条件。项目所在区域的基础设施条件和社会条件优越，能够满足自身的需要。本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，通过设置拦污屏降低悬浮物对海洋环境的影响，改善海岸生态环境，提升三亚湾可持续发展能力。

因此，本项目用海选址与三亚市三亚湾社会条件相适应并能促进三亚湾经济更好发展。

7.1.2 用海选址的自然资源、生态和环境条件适宜性

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

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

综上，项目选址的自然资源和生态环境适宜，能够满足项目建设和营运要求。

7.1.3 用海选址与周边海域其他用海活动的适应性分析

项目用海所在海域的海洋功能区为三亚港港口航运区（A2-09），。本项目

建设符合功能区划对本海域的海域使用管理和海洋环境保护要求。拟建项目为实施后将降低三亚凤凰岛二期项目拆除工程产生悬浮泥沙对海洋环境的影响,对海洋环境产生积极的作用,对周边用海功能造成的影响也不大,符合海洋功能区划。

通过对周边海洋开发活动及利益相关者影响分析和项目周围用海现状的调查,本项目的实施对周边海域开发活动影响较小,且不存在利益相关者。

综上,项目建设与周围用海活动是相适宜的。

7.1.4 项目用海选址唯一性

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程,项目选址充分考虑了平面布置与现状相结合,因此,本项目选址具有唯一性,不再开展用海比选分析。

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

7.2 用海方式和平面布置合理性分析

7.2.1 平面布置合理性分析

1、体现集约、节约用海的原则

本项目建设是三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程,用海面积为用海面积为 50.1618hm²,平面布置在满足建设项目需要的基础上,最大程度减少了对海域的改变,最大限度的节约了用海面积。因此平面布置体现集约、节约用海的原则。

2、最大程度减少对水文动力、冲淤环境的影响

本项目用海方式为其它开放式,不改变海域自然属性,根据本项目的平面布置,项目主要起过滤作用,项目实施对周围海域水动力影响较小,工程建设基本不改变该海域的潮流场和冲淤环境。

因此,工程建设最大程度减少对水动力环境、冲淤环境的影响。

3、有利于生态、环境的保护

本项目建设施工期间所有固体废弃物及生活污水全部收集集中送至陆地处理。项目实施后,将有效过滤凤凰岛二期项目拆除工程施工产生的悬浮物,有效

降低悬浮物对海洋环境的影响。因此，项目建设对该区域的生态和环境保护起到积极作用。

4、与周边其他用海活动相适应

本项目不会对其他用海活动造成影响，而且项目符合海洋功能区划及相关规划，并与周边产业有很好的互补作用。

总体来说，平面布置与周边其他用海活动是相适应的。

7.2.2 用海方式合理性分析

本项目是三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，用海类型为其他用海，用海方式为开放式中的其它开放式，本项目用海与本功能区管理要求兼容。该用海方式不改变海域自然属性，项目实施对周围海域水动力影响较小。该项目用海方式维护了海域的基本功能，最大程度的减少对水文动力和冲淤环境的影响，保护了自然岸线和海域自然属性。

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

7.3 用海面积合理性分析

用海面积界定参考《海籍调查规范》并结合周边用海情况对用海面积进行界定分析。本项目用海方式是透水构筑物，根据海籍调查规范要求，结合本项目实际特点和平面布置图，本项目用海外边界以实际设计和使用的范围为界。

本项目用海面积合理且满足项目建设需要，据此测算出的用海面积也符合相关行业规定。

7.3.1 界址点的确定

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009），“透水构筑物用海安全防护要求较低的透水构筑物用海以构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线为界，其他透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，根据安全防护要求的程度，外扩不小于 10m 保护距离为界”。

根据工程平面布置原则，在工程平面布置图和水工建筑物断面图等图件基础上，按照《海籍调查规范》的有关规定界定项目用海范围。海籍调查所使用的定位设备为美国 Trimble 公司 PROXRGPS 接收机，该仪器配合 Recon 掌上电脑

进行测量数据采集工作，该仪器设备的定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，完全满足《海域使用面积测量规范》要求。依据现场测量数据及各宗海范围确定的方法，分别解析计算出该项目的界址点坐标，据此绘制该项目的宗海位置图和项目用海宗海界址图。

海籍调查所使用的定位设备为美国 Trimble 公司 PROXR DGPS 接收机，该仪器配合 Recon 掌上电脑进行测量数据采集工作，该仪器设备的定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，完全满足《海域使用面积测量规范》要求。依据现场测量数据及各宗海范围确定的方法，分别解析计算出该项目的界址点坐标，据此绘制该项目的宗海位置图和项目用海宗海界址图。

7.3.2 面积量算

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

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）及本项目建设的要求，本项目面积测算采用 CGCS2000 坐标系，高斯-克吕格投影方式，中央子午线为 109.5°E 。绘图采用 CAD 软件成图，面积量算直接采用该软件面积量算功能，其算法与坐标解析法原理一致。即对于有 n 个界址点的宗海内部单元，根据界址点的平面直角坐标 x_i 、 y_i （ i 为界址点序号），计算各宗海的面积 S （ m^2 ）并转换为公顷，面积计算公式为：

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

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

本项目在确定面积时，本着集约用海的原则和行政主管部门的要求，根据实测数据解算出界址点的点位坐标，本项目申请用海面积为 50.1618hm^2 。

三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏宗海位置图

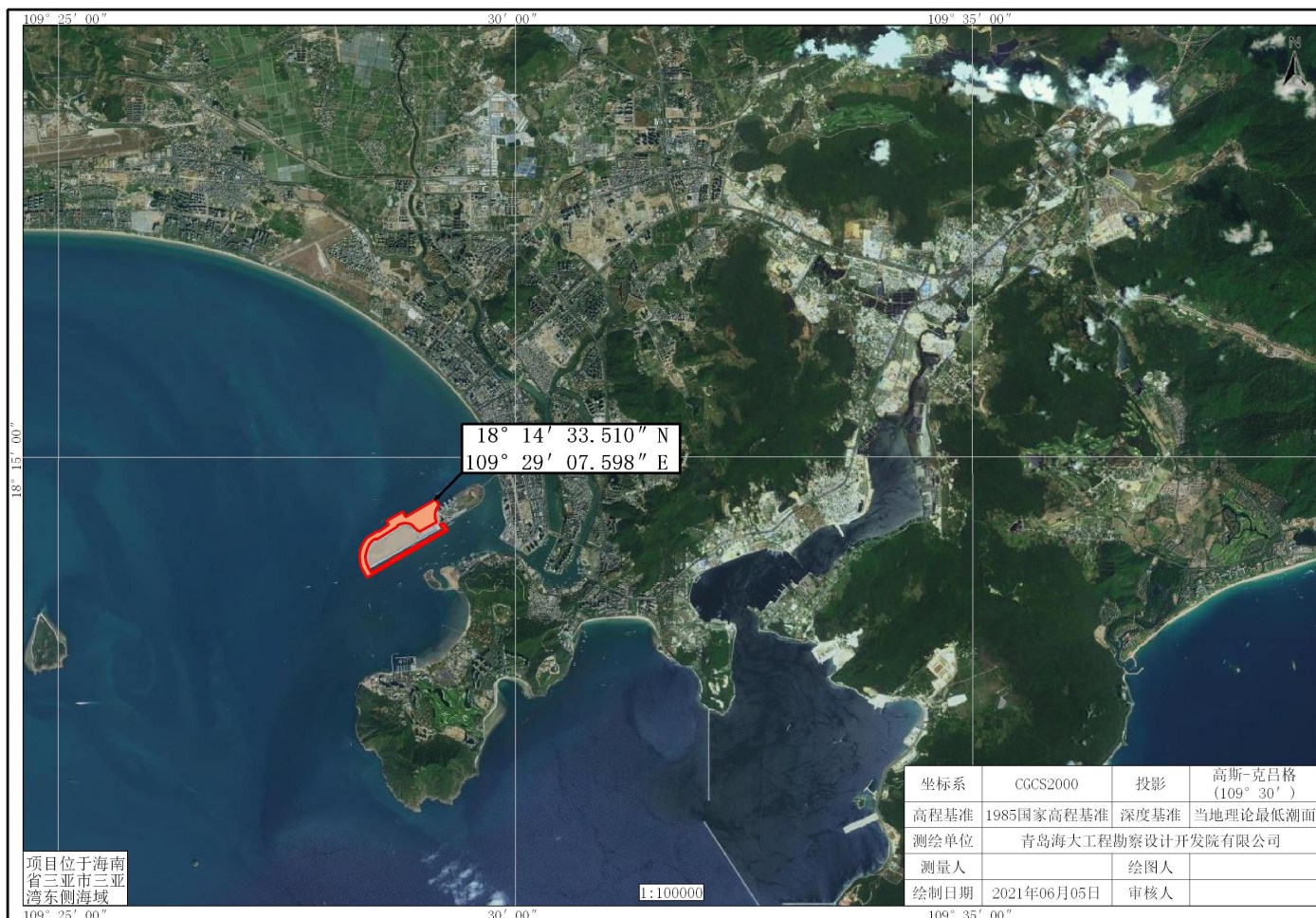


图 7.3-1 工程宗海位置图

三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏宗海界址图

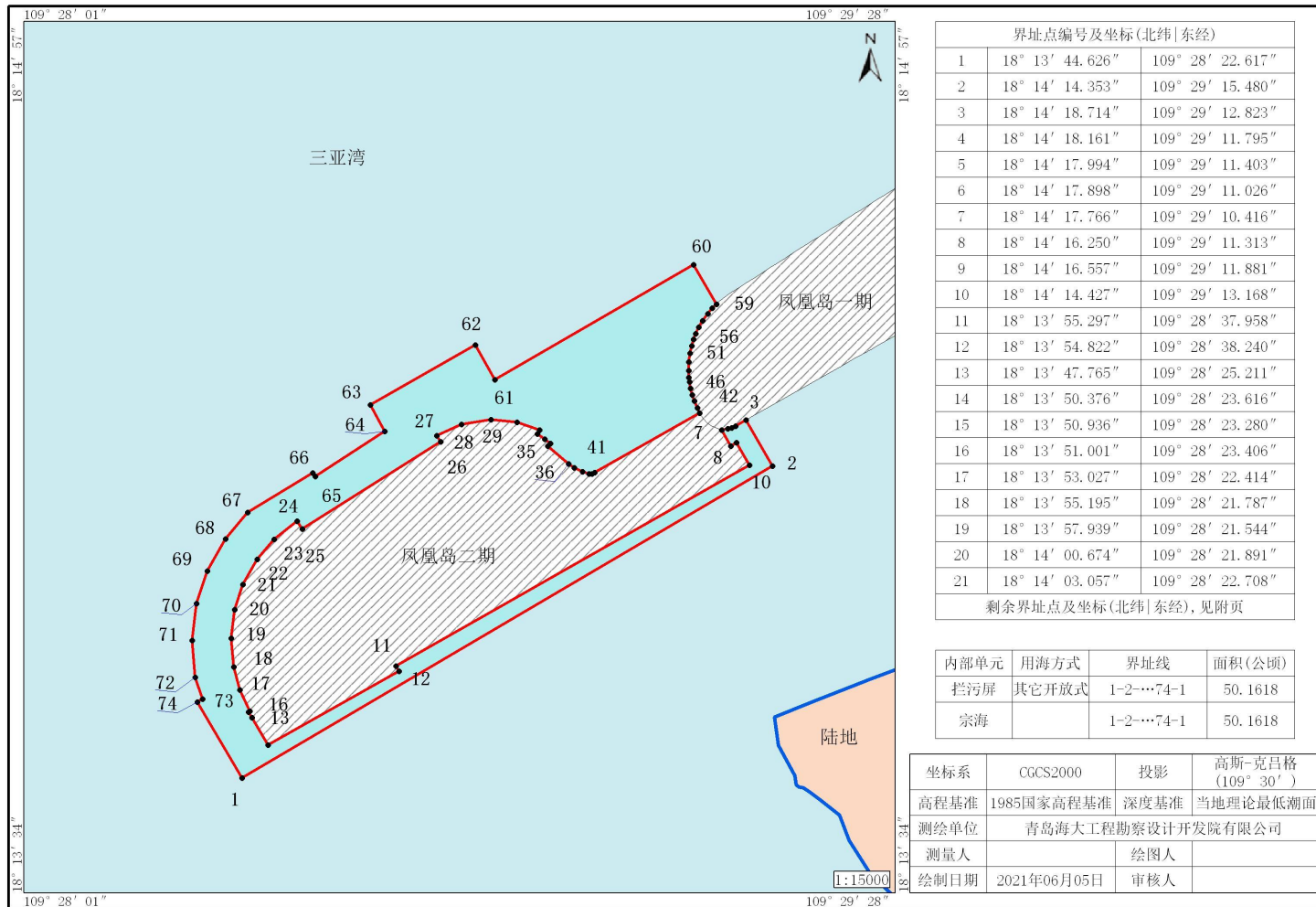


图 7.3-2 工程宗海界址图

7.4 用海期限合理性分析

依据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定：

- （一）养殖用海十五年；
- （二）拆船用海二十年；
- （三）旅游、娱乐用海二十五年；
- （四）盐业、矿业用海三十年；
- （五）公益事业用海四十年；
- （六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，通过设置拦污屏降低悬浮物对海洋环境的影响，属于临时工程，本工程施工期预计 18 个月，三亚凤凰岛二期项目拆除后撤走拦污屏，恢复海域原貌。根据项目的实际情况综合考虑，本工程申请用海期限为 18 个月，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的要求。

因此，本项目申请用海期限 18 个月是合理的。

8 海域使用对策措施

8.1 区划实施对策措施

项目建设符合海洋功能区的用途管制、用海方式控制及环境保护要求。

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

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

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

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

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

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

8.2 开发协调对策措施

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

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

8.3 风险防范对策措施

8.3.1 风暴潮事故防范措施

为确保工程和施工安全，降低灾害损失，施工期间应制定风暴潮应急预案。

1、风暴潮安全防护体系：

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

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

2、具体措施

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

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

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

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

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

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

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

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

(3) 以防风暴潮预案指导平时工作

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

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

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

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

(4) 风暴潮后的处理

①风暴潮造成的损失由领导小组及时专人赴现场落实。

②风暴潮过后现场领导小组要及时组织施工人员返回工地并及时恢复施工。

8.3.2 赤潮风险防范对策措施

赤潮是局部海域因浮游生物突发性地大量增殖和高密度聚集（几百万~几千万个赤潮生物/ml 海水）而使海水变色发臭的异常现象。它是海洋严重污染的结果。赤潮的成因首先是携带大量无机营养盐和有机物的工业废水和生活污水排入海洋所引起的海水富营养化，它是赤潮形成的物质基础。

1、关于赤潮的治理方法，据报道已有多种，如工程物理方法、化学方法以及生物学的方法。物理法——粘土法国际上公认的一种方法是撒播粘土法。利用粘土微粒对赤潮生物的絮凝作用去除赤潮生物，撒播粘土浓度达到 1000mg/L 时，赤潮藻去除率可达 65%左右。有报道称在小型实验场去除率可达 95%~99%。20 世纪 80 年代初，日本在鹿儿岛海面上进行过具有一定规模撒播粘土治理赤潮的实验。1996 年韩国曾用 6×10^4 T 粘土制剂治理 100km² 海域赤潮。

2、化学除藻法是利用化学药剂对藻类细胞产生的破坏和抑制生物活性的方法进行杀灭控制赤潮生物，具有见效快的特点。最早使用的化学药剂是 CuSO₄，易溶于水，在使用过程中极易造成局部浓度过高而危害渔业，同时在海水的波动下迁移转化太快，药效的持久性差，也易引起铜 Cu 的二次污染，有机化合物在淡水除藻中具有药力持续时间长、对非赤潮生物影响小等优点，用有机化合物杀

灭和去除赤潮生物也已有相关的报道。已有多种化学制剂用于赤潮生物治理的实验研究：如硫酸铜和缓释铜离子除藻剂、臭氧、二氧化氯以及新洁尔灭、碘伏、异噻唑啉酮等有机除藻剂。

3、生物学方法治理赤潮的办法主要是有三个方面，一是以鱼类控制藻类的生长；二是以水生高等植物控制水体富营养盐以及藻类；三是以微生物来控制藻类的生长。其中由于微生物易于繁殖的特点，使得微生物控藻是生物控藻里最有前途的一种控藻方式。这些杀藻微生物主要是包括细菌（溶藻细菌）、病毒（噬菌体）、原生动物、真菌和放线菌等五类。多数溶藻细菌能够分泌细胞外物质，对宿主藻类起抑制或杀灭作用，因此通过溶藻细菌筛选高效、专一，能够生物降解的杀藻物质是灭杀赤潮藻的一个新的研究方向。治理中比较现实的方法就是利用海洋微生物对赤潮藻的灭活作用，及其对藻类毒素的有效降解作用，可使海洋环境长期保持稳定的生态平衡，从而达到防治赤潮的目的。

8.3.3 溢油事故防范对策措施

1、溢油事故防范措施

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

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

（2）船舶驾驶员的业务技术应符合要求。

（3）应实施值班、了望制度。

（4）做到有序施工，施工船在预先规定的区域内作业，严禁乱穿乱越。

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

（6）实施施工作业的船舶、设施须按有关规定在明显处昼夜显示规定的号

灯、号型；在现场作业船舶上应配备有效的通信设备。

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

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

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

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

2、溢油风险应急预案

(1) 应急预案

溢油风险事故发生后，能否迅速而有效地做出溢油应急反应，对于控制污染、减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为使施工期对于一旦发生的溢油事故能快速做出反应，最大限度的减少溢油污染对附近水域和敏感点的损失，建设单位应在工程开工前制定可操作的溢油应急预案。

(2) 溢油风险事故应急设备配备

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

1) 围油栏

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

2) 吸附材料

吸附材料要求吸附性能好，吸附量至少应在自身重量的 10 倍以下，而且不易变质，弹性和韧性好，能够反复使用。目前，应用最多的是以聚丙烯和聚氨脂高分子材料制成的吸油材料。吸附材料在使用时通常是直接向泄漏面上散布，吸附饱和时，用人力或船拖带网袋方式回收。也可把吸附材料装在长形网袋中，形

成一条围油栏形状，用拖船拖带。

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

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

8.4 监督管理对策措施

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

1、海域使用范围、面积跟踪监测

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

2、海域使用用途和用海方式跟踪监测

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

3、施工方式、工程进展跟踪监测

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

4、监测时间及频率

定期监测：在施工前和施工后分别开展一次。

不定期监测：海洋行政主管部门采取不定期抽查的形式对海域使用动态进行

监控管理。

9 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

项目位于海南省三亚市三亚湾东侧，东侧临三亚河入海口，东南侧临鹿回头公园，西侧为东、西玳瑁岛，北侧濒临长 17 公里的三亚湾海滩。

本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，通过设置拦污屏降低悬浮物对海洋环境的影响。拦污屏沿凤凰岛二期人工岛护岸岸线平行布置，距离凤凰岛二期填海区约 100m，拦污屏长度共计约 4.5km。

本用海类型为其他用海，用海方式为开放式中的其它开放式。本项目申请用海面积为 50.1618hm²。

本项目申请用海期限 18 个月。

9.1.2 项目用海必要性结论

三亚凤凰岛二期项目拆除工程的实施是贯彻习近平总书记关于海南生态文明建设和生态环境保护重要讲话和重要指示批示精神，建设国家生态文明试验区的需要，本项目是落实中央生态环境保护督察整改要求的需要，是统筹凤凰岛二岛项目整改和海南自由贸易港建设的需要。作为为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，通过设置拦污屏，使工程施工产生的悬浮物最大程度的被过滤下来，有效降低悬浮物对海洋环境的影响。因此项目用海必要。

9.1.3 项目用海资源环境影响分析结论

1、水动力、冲淤环境影响

本项目为用海方式为开放式，不改变海域自然属性，工程实施对周边水动力、冲淤环境基本没有影响。

2、海水水质环境影响

项目施工期除拦污屏安装布放外无其它工程建设，海上设备安装不会对周边其它海域水质环境造成不利影响。本项目为三亚凤凰岛二期项目拆除工程的环保工程，项目本身运营期不产生污染物，不会对工程周边海域水质环境造成不利影响。。

3、对沉积物环境的影响分析

项目实施过程中除对海底沉积物产生部分扰动外，没有其它污染物混入，不会影响海底沉积物质量。项目施工期间产生的污水和垃圾均不向海域排放，项目运营期不产生污染物，本项目的实施不会对工程周边海域的沉积物环境造成明显影响。

4、工程建设对周围环境敏感目标影响分析

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

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

项目不存在利益相关者，无需进行协调。项目建成后对周边的军事行为、国防安全不会产生不利影响，不会对国家的海洋权益产生不利影响。

9.1.5 项目用海与海洋功能规划及相关规划符合性分析结论

本项目实施符合《海南省海洋功能区划（2011-2020年）》，符合《海南省生态保护红线管理规定》等相关规划。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

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

本项目用海类型为其他用海，用海方式为其它开放式。与区域社会和自然条件相适应，不会破坏该海域的海洋生态系统，项目用海方式和平面布置合理。

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

9.1.7 项目用海可行性结论

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

9.2 建议

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

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

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

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

现场勘查资料

现场勘查记录表

项目名称	三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏			
序号	勘查概况			
1	勘查人员	黄健、于华明	勘查责任单位	中国海洋大学三亚海洋研究院
	勘查时间	2021年5月30日	勘查地点	海南省三亚市三亚湾东侧海域
	勘查内容简述	<p>项目所在海域现场勘察</p>  		
项目负责人	于华明	技术负责人	黄健	

附件 1 附页 三亚凤凰岛二期项目拆除工程拦污屏宗海界址点（续）

界址点编号及坐标（北纬 东经）					
1	18° 13' 44.626"	109° 28' 22.617"	38	18° 14' 13.787"	109° 28' 56.551"
2	18° 14' 14.353"	109° 29' 15.480"	39	18° 14' 13.584"	109° 28' 57.202"
3	18° 14' 18.714"	109° 29' 12.823"	40	18° 14' 13.605"	109° 28' 57.495"
4	18° 14' 18.161"	109° 29' 11.795"	41	18° 14' 13.725"	109° 28' 57.755"
5	18° 14' 17.994"	109° 29' 11.403"	42	18° 14' 19.393"	109° 29' 08.220"
6	18° 14' 17.898"	109° 29' 11.026"	43	18° 14' 19.895"	109° 29' 07.980"
7	18° 14' 17.766"	109° 29' 10.416"	44	18° 14' 20.555"	109° 29' 07.689"
8	18° 14' 16.250"	109° 29' 11.313"	45	18° 14' 21.103"	109° 29' 07.493"
9	18° 14' 16.557"	109° 29' 11.881"	46	18° 14' 21.722"	109° 29' 07.325"
10	18° 14' 14.427"	109° 29' 13.168"	47	18° 14' 22.373"	109° 29' 07.210"
11	18° 13' 55.297"	109° 28' 37.958"	48	18° 14' 22.755"	109° 29' 07.150"
12	18° 13' 54.822"	109° 28' 38.240"	49	18° 14' 23.417"	109° 29' 07.113"
13	18° 13' 47.765"	109° 28' 25.211"	50	18° 14' 24.263"	109° 29' 07.146"
14	18° 13' 50.376"	109° 28' 23.616"	51	18° 14' 25.085"	109° 29' 07.256"
15	18° 13' 50.936"	109° 28' 23.280"	52	18° 14' 25.775"	109° 29' 07.418"
16	18° 13' 51.001"	109° 28' 23.406"	53	18° 14' 26.396"	109° 29' 07.619"
17	18° 13' 53.027"	109° 28' 22.414"	54	18° 14' 26.928"	109° 29' 07.832"
18	18° 13' 55.195"	109° 28' 21.787"	55	18° 14' 27.543"	109° 29' 08.136"
19	18° 13' 57.939"	109° 28' 21.544"	56	18° 14' 28.164"	109° 29' 08.509"
20	18° 14' 00.674"	109° 28' 21.891"	57	18° 14' 28.858"	109° 29' 09.023"
21	18° 14' 03.057"	109° 28' 22.708"	58	18° 14' 29.363"	109° 29' 09.460"
22	18° 14' 05.455"	109° 28' 24.120"	59	18° 14' 29.760"	109° 29' 09.878"
23	18° 14' 07.357"	109° 28' 25.822"	60	18° 14' 33.510"	109° 29' 07.598"
24	18° 14' 09.077"	109° 28' 28.114"	61	18° 14' 22.551"	109° 28' 47.829"
25	18° 14' 08.333"	109° 28' 28.606"	62	18° 14' 25.871"	109° 28' 45.842"
26	18° 14' 16.669"	109° 28' 42.393"	63	18° 14' 20.164"	109° 28' 35.396"
27	18° 14' 17.230"	109° 28' 42.020"	64	18° 14' 17.649"	109° 28' 36.808"
28	18° 14' 18.295"	109° 28' 44.476"	65	18° 14' 13.330"	109° 28' 29.912"
29	18° 14' 18.754"	109° 28' 47.405"	66	18° 14' 13.695"	109° 28' 29.662"
30	18° 14' 18.507"	109° 28' 50.032"	67	18° 14' 09.899"	109° 28' 23.179"

31	18° 14' 17.780"	109° 28' 52.253"	68	18° 14' 07.413"	109° 28' 20.954"
32	18° 14' 17.380"	109° 28' 52.066"	69	18° 14' 04.348"	109° 28' 19.149"
33	18° 14' 16.920"	109° 28' 52.794"	70	18° 14' 01.236"	109° 28' 18.082"
34	18° 14' 16.499"	109° 28' 53.331"	71	18° 13' 57.722"	109° 28' 17.636"
35	18° 14' 16.236"	109° 28' 53.096"	72	18° 13' 54.216"	109° 28' 17.947"
36	18° 14' 14.560"	109° 28' 55.168"	73	18° 13' 52.144"	109° 28' 18.664"
37	18° 14' 14.184"	109° 28' 55.720"	74	18° 13' 51.861"	109° 28' 18.161"

测绘单位	青岛海大工程勘察设计开发院有限公司		
测量人	胡信淼	绘图人	于华明
绘制日期		审核人	任现伟